

A. BUNKOVÁ BIOLÓGIA A MIKROBIOLÓGIA

1. Pomalky (*Tardigrada*) sú malé, segmentované, maximálne 1 mm veľké živočíchy, ktoré vynikajú schopnosťou prežívania v extrémnych podmienkach. Krátkodobo sú schopné prežívať pri teplote blízkej absolútnej nule (-273°C) ako aj pri teplote 150°C . V pokojovom štádiu vedia prežiť bez prístupu k potrave a vode viac ako 30 rokov. Zároveň zvládnu radiačnú záťaž, ktorá je 1000x vyššia ako tá, pri ktorej stráca svoju viabilitu väčšina živočíchov. Pomalky si vyvinuli viacero anomálií, ktoré im umožňujú prežívať takéto extrémne podmienky prostredia. Priradte k jednotlivým adaptáciám pomaliek ich funkciu.

- A. Kutikula bohatá na lipidy na povrchu organizmu
- B. Akumulácia neredukujúceho disacharidu – trehalózy, ktorá je schopná formovať vodíkové mostíky s makromolekulami bunky
- C. Produkcia vnútorne neusporiadaných proteínov v cytoplazme, ktoré nemajú stabilnú štruktúru, v dôsledku čoho vytvárajú v cytoplazme gélovité prostredie
- D. Obsahujú Dsup proteín, ktorého C-terminálny koniec umožňuje interakciu s DNA, čím stabilizuje jej štruktúru

- 1. Zvládanie extrémnej dehydratácie ako aj ochrana vnútorných štruktúr pred pôsobením nízkych teplôt v dôsledku absencie kryštalickej štruktúry vnútorného prostredia
- 2. Zlepšenie prežívania pri vystavení ionizačnému žiareniu
- 3. Stabilizácia proteínov v ich natívnej štruktúre a zachovanie integrity membrán počas procesu dehydratácie
- 4. Redukcia transpirácie a zlepšenie prežívania v extrémne suchom prostredí

2. Erytropoetín (EPO) je glykoproteínový hormón produkovaný najmä bunkami obličiek ako odpoveď na bunkovú hypoxiu. Erytropoetín stimuluje tvorbu erytrocytov, inhibovaním apoptózy u progenitorov červených krviniek. Preto sa receptor pre erytropoetín nevyskytuje na samotných diferencovaných červených krvinkách, ale len na ich predchodcoch (progenitoroch), z ktorých vznikajú v procese erytopoézy diferencované erytrocyty. Na základe týchto poznatkov označte správne tvrdenia.

- A. Zvýšené koncentrácie EPO môžeme pozorovať napríklad pri väčšej strate krvi alebo dlhšom pobyte v oblasti s nízkym parciálnym tlakom kyslíka
- B. Zníženie koncentrácie EPO v krvi vedie k aktivácii programovanej bunkovej smrti erytrocytov
- C. Zvýšenie koncentrácie EPO spôsobí rapidný rozpad progenitorov erytrocytov
- D. Použitím antagonistu erytropoetínu u človeka (látka viažuca sa na jeho receptor a blokujúca jeho dostupnosť/aktiváciu) dochádza k postupnému zhoršovaniu zásobovania tkanív kyslíkom

3. Náboj membrány ako aj rozdiel elektrochemických potenciálov vnútorného a vonkajšieho prostredia eukaryotických buniek je dôležitým nástrojom pre mnohé fyziologické a biochemické procesy buniek organizmu. Označte kombináciu správnych odpovedí, kde tieto vlastnosti membrány bunky zohrávajú dôležitú úlohu pre priebeh daného procesu.

- I. negatívny náboj na povrchu červených krviniek zabraňuje ich zhlukovaniu tzv. koagulácii
- II. zmena elektrochemického potenciálu otvorením alebo uzavretím iónových kanálov zabezpečuje vedenie vzruchu
- III. zmena elektrochemického potenciálu sarkoplazmatického retikula uvoľní Ca^{2+} ióny, čoho výsledkom je skracovanie svalového vlákna
- IV. zmena koncentrácie Na^+ katiónov vo vnútornom prostredí jadra (tzv. karyoplazme) spúšťa proces delenia jadra ako aj jadrovej membrány

- A. správna je kombinácia odpovedí III. a IV.
- B. správna je kombinácia odpovedí I., II. a III.
- C. správna je kombinácia odpovedí I., II. a IV.
- D. správne sú všetky odpovede

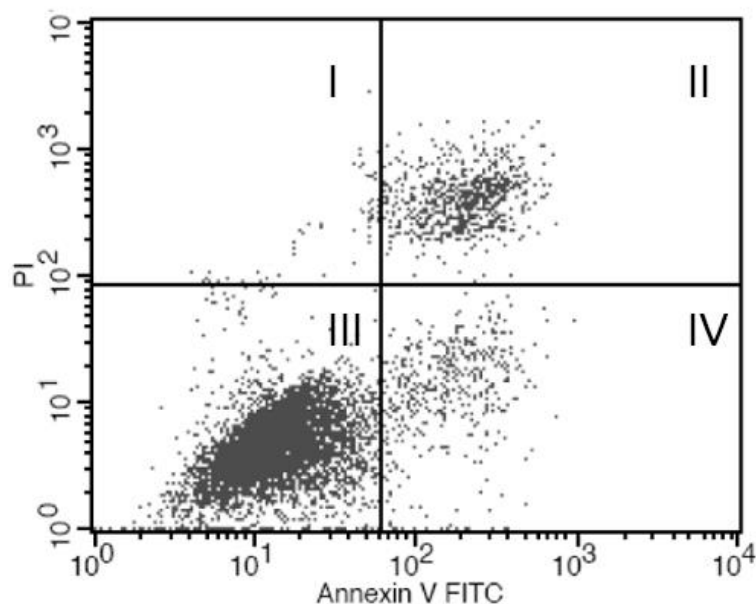
4. Apoptóza je proces regulovanej bunkovej smrti, kľúčový v rôznych fázach ontogenézy (napr. pri vývine končatín štvornožcov alebo pri formovaní nervového a imunitného systému). Na rozdiel od nekrózy, pri apoptóze nedochádza k uvoľneniu obsahu bunky do medzibunkového priestoru, čo predchádza vzniku zápalu.

Na rozlíšenie živých, apoptických a nekrotických buniek sa často využíva propídium jodid (viaže sa na DNA) a anexín V-FITC (viaže sa na fosfolipidy na vnútornej strane cytoplazmatickej membrány (CM), ktoré sú pri apoptóze prenášané na vonkajšiu stranu CM). Obidve chemikálie sú tvorené veľkými molekulami a na CM pre ne nie sú transportéry.

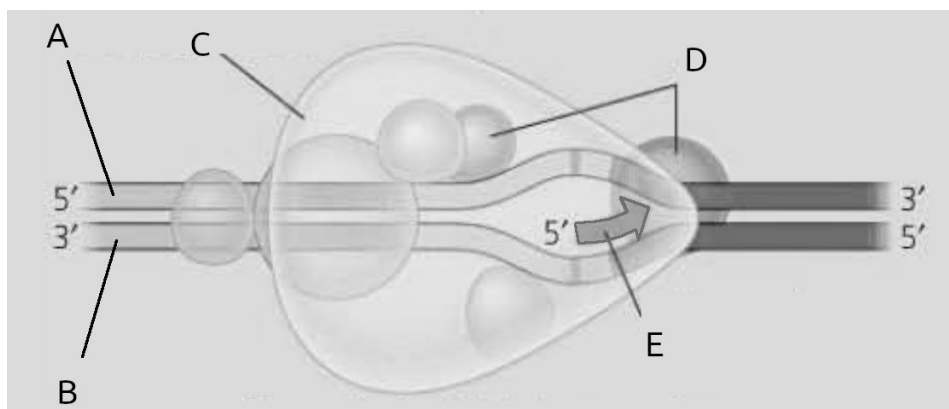
a) Označte pravdivé odpovede:

- A. Živé bunky sa zafarbia propídium jodidom aj anexínom.
- B. Anexín V-FITC farbí apoptické bunky, propídium jodid ich nefarbí.
- C. Farbenie propídium jodidom a zároveň anexínom V-FITC je typické iba pre nekrotické bunky.
- D. Anexín V-FITC farbí apoptické aj nekrotické bunky, propídium jodid iba nekrotické bunky.
- E. Živé bunky sa nefarbia ani jedným farbivom.

b) Na obrázku je graf, v ktorom je na osi y intenzita farbenia propídium jodidom a na osi x intenzita farbenia anexínom V-FITC v arbitrárnych jednotkách. Každá bodka v grafe reprezentuje 1 bunku. Graf je rozdelený na 4 kvartály. Označte, v ktorom kvartáli sa nachádzajú apoptické bunky, v ktorom nekrotické a v ktorom živé bunky. Kvartál, ktorý obsahuje najmenej buniek, označte ako "neurčený".



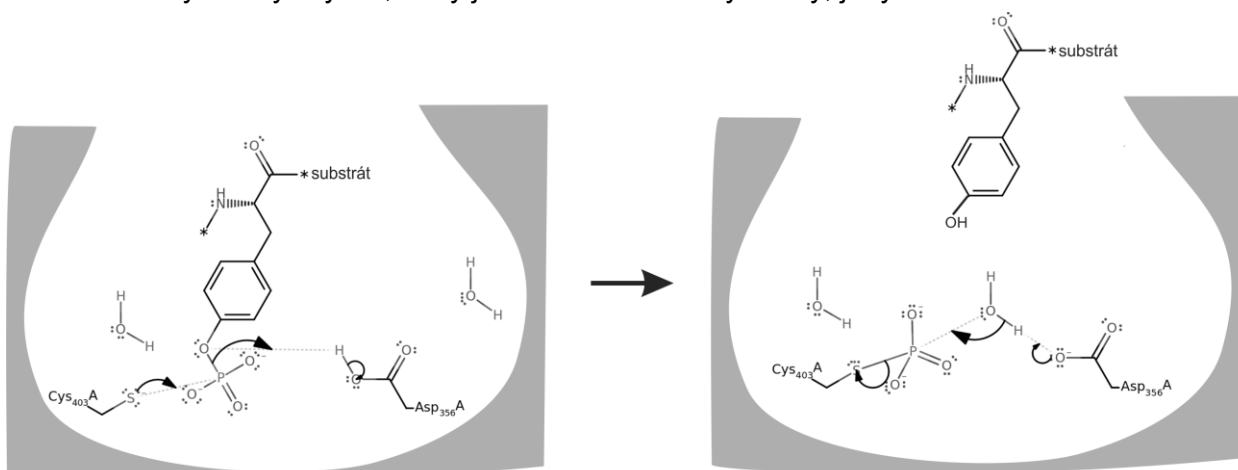
5. Na obrázku je schéma eukaryotickej transkripcie (konkrétne transkripčný iniciačný komplex). Priradte k písmenám v obrázku príslušné názvy zo zoznamu termínov: zaostávajúce vlákno, terminačné faktory, kódujúce vlákno, RNA polymeráza, rRNA, jadierkové proteíny, templátové vlákno, telomeráza, mRNA, transkripčné faktory, transportné proteíny, DNA polymeráza, tRNA, vedúce vlákno



6. Na obrázku vidíte katalytický mechanizmus proteín-tyrozínfosfatázy z baktérie *Yersinia pestis*: V prvom kroku funguje tiolová skupina cysteínu (Cys_{403}) ako nukleofil a v substitučnej reakcii spôsobí odštiepenie fosfátovej skupiny zo substrátu, pričom zároveň dôjde k deprotonizácii asparagínu (Asp_{356}). V druhom kroku deprotonovaný asparagín iniciuje deprotonizáciu vody, pričom zvyšok molekuly atakuje fosfátovú skupinu viazanú na cysteín a spôsobí jej odštiepenie.

Označte pravdivé tvrdenia:

- A. Jedným z produktov reakcie je anorganický fosfát.
- B. Výmena Cys_{403} alebo Asp_{356} za alanín znefunkční enzým.
- C. Ak pri oxidačnom strese dôjde k reakcii sulfhydrylovej skupiny ($-\text{SH}$) cysteínu Cys_{403} na S-OH , znefunkční to enzým
- D. Súčasná výmena Cys_{403} aj Asp_{356} za alanín nebude mať žiadny vplyv na aktivitu enzýmu
- E. Aminokyslinový zvyšok, ktorý je v reakcii defosforylovaný, je tyrozín



7. Keď vedci zistili, že vírusy sú tvorené proteínovým obalom, obsahujúcim nukleovú kyselinu, zaujímalo ich, či môže byť kapsid vírusu tvorený iba jedným obrovským proteínom. Ešte predtým, než bola táto otázka experimentálne preskúmaná, odvodili Watson a Crick, že to nie je možné, pretože genóm vírusu je príliš malý na to, aby kódoval taký veľký proteín. Vo svojej argumentácii vychádzali z analýzy dát o víruse tabakovej mozaiky. Bolo známe, že jedna častica tohto vírusu má hmotnosť 45×10^6 Da a že 6% hmotnosti viriónu zodpovedá nukleovým kyselinám a zvyšok proteínom. Vypočítajte, koľkokrát by bolo potrebné zväčšiť genóm vírusu tabakovej mozaiky aby

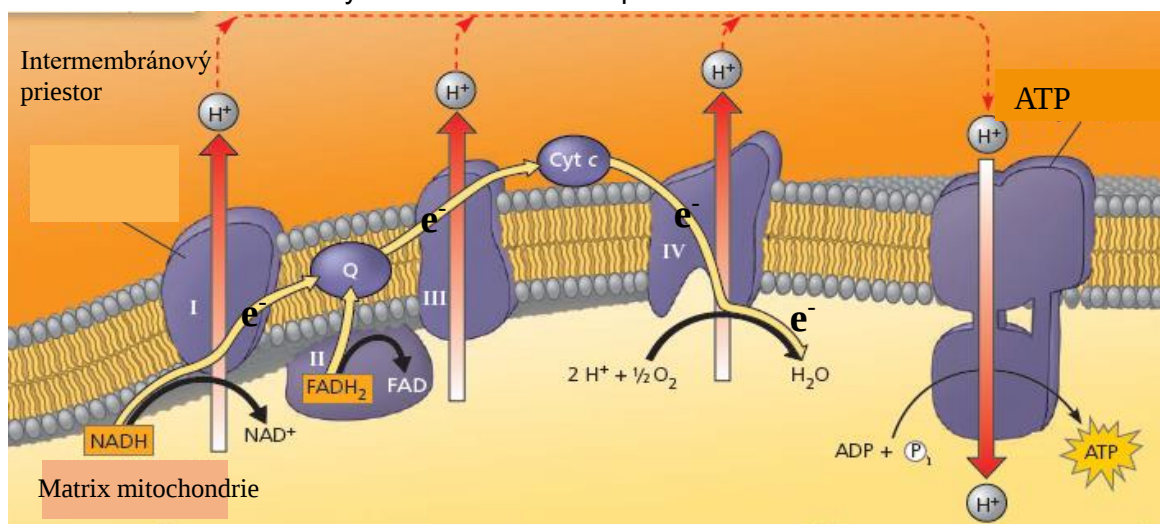
bol schopný kódovať jeden proteín hmotnosti celého kapsidu. Počítajte, že úplne celý genóm kóduje proteín (zanedbáme regulačné sekvencie) a že hmotnosť jednej aminokyseliny je 110 Da a jedného nukleotidu 500 Da.

Uveďte výsledok zaokrúhlený **na stovky** do políčka A v odpovedovom hárku

Ako je teda tvorený kapsid vírusov (označte krížikom)?

- B. Nukleová kyselina sa nachádza na povrchu kapsidu, takže v skutočnosti stačí na jej zbalenie aj malý proteín.
- C. Kapsidy sú tvorené mnohonásobne sa opakujúcim jedným alebo viacerými malými proteínmi.
- D. Kapsidové proteíny všetkých vírusov sú kódované hostiteľskou bunkou.
- E. Každý z viriónov kóduje iba časť obalového proteínu, a preto je pre jeho správnu tvorbu potrebná viacnásobná infekcia bunky niekoľkými vírusovými časticami.

8. Na obrázku vidíte schému dýchacieho reťazca (komplexy I – IV) – kľúčového komponentu bunkového dýchania. Jeho účelom je usmerniť prechod elektrónov z NADH na ich akceptor – molekulu kyslíka a zároveň pumpovanie molekúl H^+ z mitochondriálnej matrix cez vnútornú mitochondriálnu membránu do intermembránového priestoru – tým komplexy dýchacieho reťazca vytvárajú koncentračný gradient, ktorý využíva ATP syntáza na tvorbu ATP z anorganického fosfátu a ADP. Ktoré tvrdenia o dýchacom reťazci sú správne?

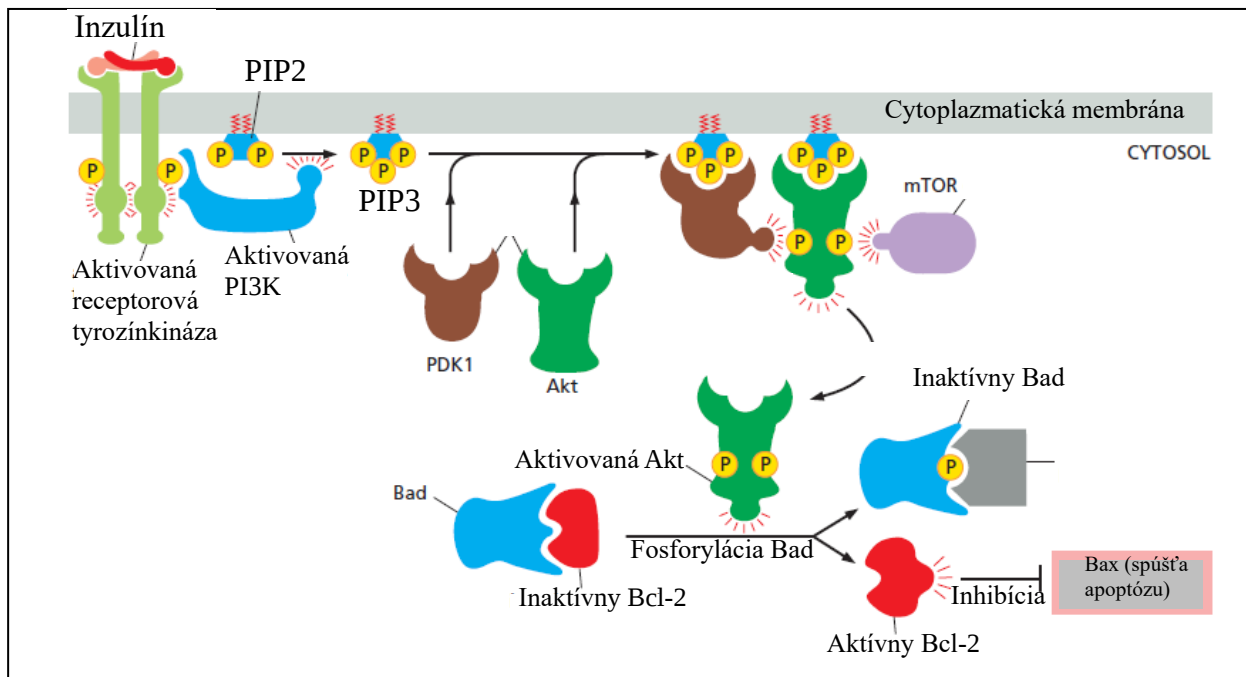


- I. Dýchací reťazec je jediný proces živočíšnej bunky, vďaka ktorému si dokáže vytvoriť ATP.
 - II. Väčšie pH je v medzimembránovom priestore oproti matrix.
 - III. Väčšie pH je v matrix oproti medzimembránovému priestoru.
 - IV. Komplexy dýchacieho reťazca patria medzi oxidoreduktázy.
 - V. Komplexy dýchacieho reťazca patria medzi transferázy.
 - VI. V hneďom tuku nájdeme UCP (uncoupling proteins – odprahovacie proteíny), ktoré sú alternatívnou cestou návratu H^+ do matrix mitochondrie, vďaka čomu sa tvorí viac ATP a tým pádom aj tepla.
 - VII. V hneďom tuku nájdeme UCP (uncoupling proteins – odprahovacie proteíny), ktorými H^+ obchádzajú ATP syntázu, a tak rýchlym tokom H^+ cez vnútornú mitochondriálnu membránu sa vyrába teplo.
- A. I, II, IV, V, VII
 B. I, III, V, VII
 C. II, V, VI,
 D. III, IV, VII
 E. III, IV, V, VI

9. Na to, aby bunky vedeli reagovať na zmeny a signály či už z prostredia alebo zvnútra bunky sa vyvinuli signálne dráhy. Na obrázku vám predstavujeme tzv. PI3K/Akt kinázovú signálnu dráhu,

ktorá vedie k inhibícii apoptózy. Na **receptorovú tyrozínkinázu** sa naviaže jeden z **rastových faktorov** (najznámejším je asi **inzulín**). Aktívna receptorová tyrozínkináza **aktivuje PI3-kinázu (PI3K)**, ktorá **fosforyluje fosfoinositiddifosfát (PIP2)**, vďaka čomu vzniká **fosfoinositidtrifosfát (PIP3)**, ktorý **aktivuje** ďalšiu kinázu (**PDK1**), ktorá spolu so samotným PIP3 **aktivuje** koncovú **Akt kinázu**. Tá **fosforyluje** proteín **Bad**, čím ho **deaktivuje**, vďaka čomu sa **vyviaže** proteín **Bcl-2**, ktorý bráni apoptóze tým, že **inhibuje** proteín **Bax**, ktorý by inak tvoril kanály v mitochondriách, čo by spôsobilo vypustenie mitochondriálneho obsahu do cytosolu a spustilo apoptózu. Na základe uvedeného rozhodnite o pravdivosti nasledujúcich tvrdení.

Pozn.: „kináza“ je enzým, ktorý fosforyluje substrát, čím mení jeho konformáciu, a tým ho môže aktivovať alebo deaktivovať.



- Neregulovaná aktivácia apoptózy môže viesť k nadmernému deleniu buniek a rozvoju rakoviny.
- Neregulovaná inhibícia apoptózy môže viesť k nadmernému deleniu buniek a rozvoju rakoviny.
- Mutácia vedúca ku konštantnej aktivácii Akt kinázy by mohla viesť k neregulovanej inhibícii apoptózy.
- Mutácia, vďaka ktorej by Akt kináza nemohla byť fosforylovaná, by mohla viesť k neregulovanej inhibícii apoptózy.
- Inzulín je signálom pre apoptózu.

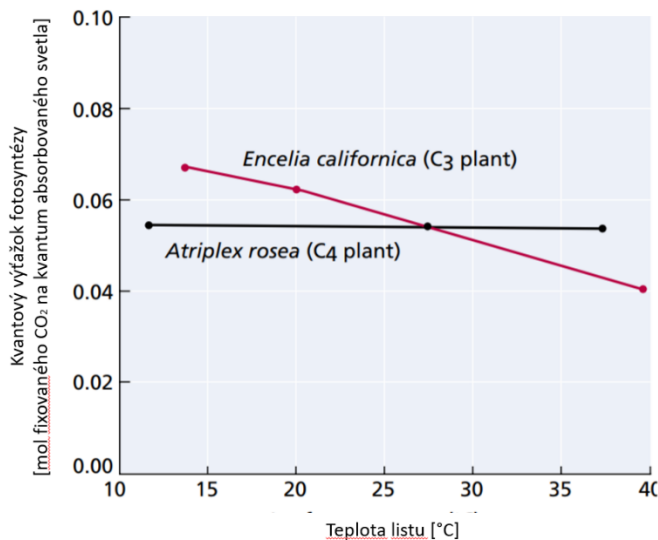
10. Fotoreceptory v sietnici oka sú bunky, ktoré fungujú veľmi podobne ako neuróny – s tým rozdielom, že ich iónové kanály (ktoré prepúšťajú sodné kationy vďaka čomu vzniká akčný potenciál a depolarizačná vlna), nie sú primárne ovplyvňované membránovým potenciálom, ani mechanickým napätím, ale rodopsínom. Rodopsín je molekula, ktorá je „svetelným čidlom“ – ak na ňu dopadne svetlo, aktivuje sa, čo spôsobí zatvorenie iónových kanálov. Na základe toho, či sú kanály otvorené alebo zatvorené, je membrána fotoreceptoru buď depolarizovaná alebo hyperpolarizovaná. Ak je membrána depolarizovaná, fotoreceptor „posiela signál“ neurónu, s ktorým je spojený vo forme inhibičného neurotransmiteru. Na základe uvedeného vyberte pravdivé tvrdenia:

- Ak na rodopsín dopadne svetlo, membrána fotoreceptoru sa depolarizuje a fotoreceptor začne vylučovať neurotransmiter.
- Ak na rodopsín dopadne svetlo, membrána fotoreceptoru sa depolarizuje a fotoreceptor prestane vylučovať neurotransmiter.
- Ak na rodopsín dopadne svetlo, membrána fotoreceptoru sa hyperpolarizuje a fotoreceptor začne vylučovať neurotransmiter.

D. Ak na rodopsín dopadne svetlo, membrána fotoreceptoru sa hyperpolarizuje a fotoreceptor prestane vylučovať neurotransmiter.

B. ANATÓMIA A FYZIOLOGIA RASTLÍN A HÚB

11. Nasledujúci graf ukazuje závislosť kvantového výťažku fotosyntézy od teploty pre C₃ a C₄ rastliny.



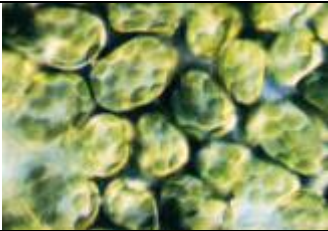
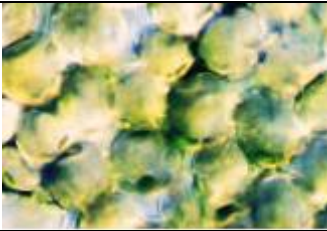
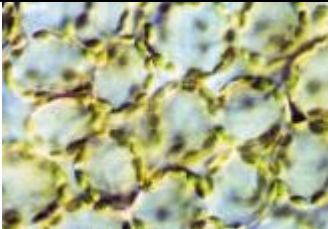
Označte pravdivé tvrdenia:

- A. Nezávislosť kvantového výťažku na teplote u C₄ rastliny je spôsobená tým, že RuBisCO C₄ rastlín má vyššiu afinitu k CO₂ ako rovnaký enzým C₃ rastlín.
- B. Ak by sme zhotovili rovnaký graf pre CAM rastlinu, mal by tvar stúpajúcej priamky.
- C. Negatívna korelácia medzi kvantovým výťažkom a teplotou listu u C₃ rastliny je výsledkom zvýšenej fotorespirácie pri vyšších teplotách.
- D. Rýchlosť transpirácie C₄ rastlín je nezávislá od teploty.

12. Na rast a vývin rastliny vplyvajú rastlinné hormóny. Auxín je hormón, ktorý podporuje rast stonky, koreňov, ich vetvenie a diferenciáciu buniek, Cytokín stimuluje rast koreňov, podporuje klíčenie a spomaľuje starnutie organizmu. Kyselina abscisová bráni bunkovému deleniu a spôsobuje uzatváranie prieduchov. Uvedte, ktorý z týchto hormónov hrá kľúčovú úlohu v nasledujúcich procesoch:

- A. Udržiavanie rastových vrcholov v pokojovom štádiu počas teplejších dní zimy, aby neskôr, keď teplota klesne, neboli prípadné nové puky zničené mrazom.
- B. Reakcia na nedostatok živín v pôde alebo dlho trvajúce such.
- C. Reakcia na nedostatok svetla.

13. Priestorové rozdelenie organel v bunke je dôležité pre jej správnu funkciu. V rastlinnej bunke sa chloroplasty pohybujú v závislosti od svetelných podmienok. Ide o reakciu závislú od modrého svetla. Boli izolované mutančné rastliny, ktorých chloroplasty nie sú schopné presunu v závislosti od svetelných podmienok. Ukázalo sa, že pohyb chloroplastov prebieha zmenami v cytoskelete. Proteín CHUP1 (CHLOROPLAST UNUSUAL POSITIONING 1) sa presunie do obalu chloroplastu a v podmienkach vysokého ožiarenia aktivuje G aktín a aktín polymerizujúce proteíny. Výsledkom je odtlačenie chloroplastu smerom k laterálnym stenám bunky. Podľa tabuľky označte správne tvrdenia:

	A	B
Nízke ožiarenie		
Vysoké ožiarenie		

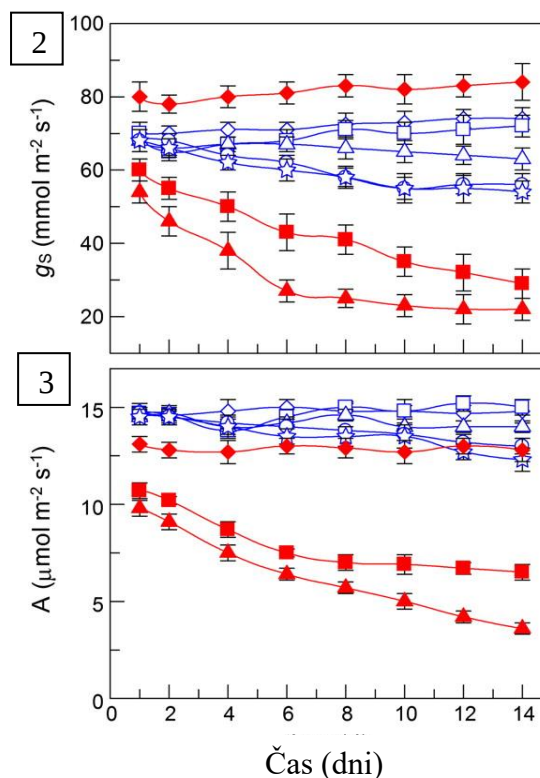
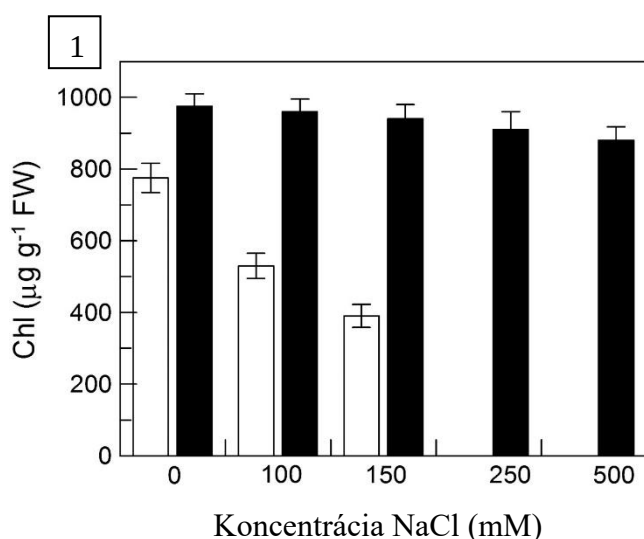
A. Na základe informácií v zadaní by sme očakávali, že mutant *chup1* (s nefunkčným CHUP1 proteínom) bude mať fenotyp A

B. Na základe informácií v zadaní by sme očakávali, že mutant *chup1* bude mať fenotyp B

C. Chloroplasty by sa za zmeny svetelných podmienok nepresunuli, ak by sme na mezofyl pôsobili kolchicínom – chemickou látkou, ktorá bráni polymerizácii mikrotubulárnych vlákien

D. V sekvencii CHUP1 by sme očakávali prítomnosť lokalizačného signálu do chloroplastu

14. Zasolené pôdy sú jedným zo závažných faktorov prostredia limitujúcich poľnohospodársky výnos. Odhaduje sa, že zasolenie ovplyvňuje výnosy až 50% zavlažovanej pôdy na Zemi a spôsobuje ročné straty až 27 miliárd dolárov. Výskum rastlín, ktoré sú schopné tolerovať zasolenie, je preto z hľadiska globálnej udržateľnosti veľmi významný. Fylogeneticky príbuzným modelom *Arabidopsis*, ktorý umožňuje štúdium stresovej fyziológie zasolenia, je *Eutrema salsugineum*. V grafe 1 je zobrazená závislosť obsahu chlorofylu na koncentrácii NaCl v pôde, a to u *Arabidopsis thaliana* (biela) a *Eutrema salsugineum* (čierna). Graf 2 znázorňuje závislosť vodivosti prieduchov u *Arabidopsis thaliana* (červená) a *Eutrema salsugineum* (modrá) pri 0 mM NaCl (kosoštvorec), 150 mM NaCl (trojuholník), 250 mM NaCl (kruh) a 500 mM NaCl (hviezda) v čase. Graf 3 znázorňuje závislosť rýchlosti asimilácie CO₂ (A) v čase a využíva rovnakú symboliku ako graf 2.

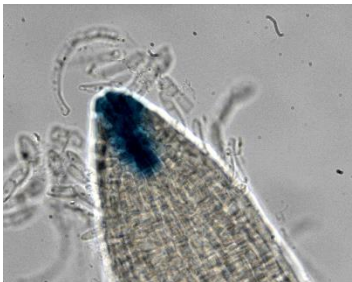
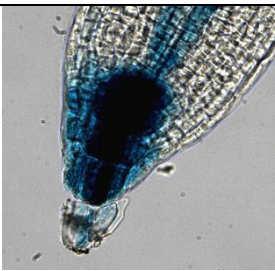
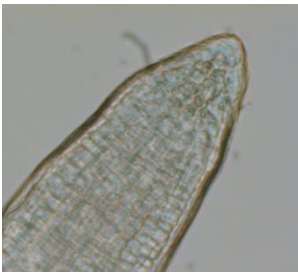
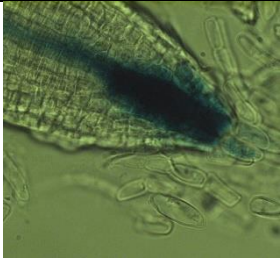


Označte správne tvrdenia:

- A. Pri *Eutrema salsugineum* pozorujeme signifikantný nárast v obsahu chlorofylu pri zvyšujúcej sa koncetrácii soli v pôde.
- B. *Arabidopsis thaliana* toleruje zasolenie rovnako dobre ako *Eutrema salsugineum*.
- C. So zvyšujúcou sa koncentráciou solí v pôde dochádza k signifikantnému poklesu rýchlosti asimilácie CO₂, a to u oboch študovaných druhov.
- D. Rýchlosť asimilácie CO₂ je u *Eutrema salsugineum* pri 0 mM koncentrácii NaCl vyššia ako u *Arabidopsis thaliana*, a to aj napriek tomu, že vodivosť prieduchov je nižšia.

15. Rastlina sa v priestore orientuje už krátko po vyklíčení – koreň rastie v smere gravitácie a výhonok proti tomuto smeru. V prípade, že koreň vychýliť z pôvodného smeru rastu, je rastlina schopná túto zmenu zaznamenať a vyvolať rast v smere pôsobenia gravitácie. Zásadnú úlohu v gravitropizme hrá hormón auxín. Keď koreň umiestnime do horizontálnej polohy, mení sa rozmiestnenie prenášačov auxínu v plazmatickej membráne a v koreni sa posúva auxínové maximum. Táto zmena následne vyvoláva diferenciálny rast. U mutantov s defektnými prenášačmi posun auxínového maxima nezaznamenáme.

V našom experimente sme rastliny *A. thaliana* geneticky modifikovali – do ich genómu sme vniesli syntetický promotor citlivý na auxín (DR5) a translačne sme ho spojili s enzýmom kódujúcim β -glukuronidázou (GUS). Expresia sa spustí iba tam, kde je dostatočná koncentrácia auxínu. Aktivita GUS spôsobí vytvorenie modrej zrazeniny, keď sa k rastlinám pridá substrát X-gluc. Pozorovali sme koreň netransformovanej wild type rastliny, transformovanej wild type rastliny a transformovaného mutantu *aux* po reakcii s X-gluc pred a po gravitropickom stimule.

	A	B	C
Pred gravitropickým stimulom			
Po gravitropickom stimule			

V odpovedovom hárku označte 1 netransformovaný wild type, 2 transformovaný wild type a 3 transformovaného mutantu.

16. Receptorom červeného svetla je fitochróm. Môže sa vyskytovať v dvoch izoformách – v izoforme absorbujúcej červené svetlo P_r a v izoforme absorbujúcej infračervené svetlo P_{fr}. Fyziologicky aktívna forma je P_{fr} forma. P_r forma sa po absorbovaní červeného svetla mení na P_{fr} a P_{fr} sa po absorbovaní infračerveného svetla mení na P_r. V prírode je často dôležitý pomer jednotlivých izoform, napríklad v regulácii rastu pri zatienení. Chlorofyl absorbuje červené svetlo, ale neabsorbuje infračervené svetlo. U zatienenej rastliny by ste preto očakávali:

- A. Pomer P_r : P_{fr} väčší ako 1.
- B. Pomer P_r : P_{fr} v intervale (0,1).

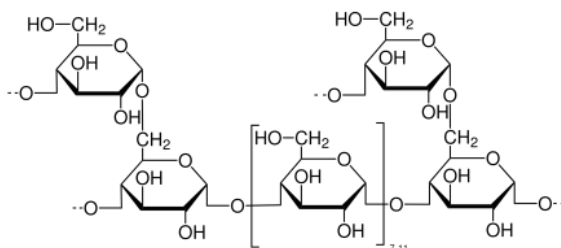
- C. Pomer $P_r : P_{fr}$ rovný 1.
D. Pomer $P_r : P_{fr}$ rovný 0.

C. ANATÓMIA A FYZIOLOGIA ŽIVOČÍCHOV A ČLOVEKA, ETOLÓGIA

17. Vysoký tlak krvi sa udáva ako jeden z rizikových faktorov, ktorý ovplyvňuje zdravotný stav človeka. Ako 1. stupeň hypertenzie sa udáva tlak krvi od 140/90 mmHg, ako prehypertenzia od 130/80 mmHg. Ktoré orgány sú medzi prvými poškodené vysokým krvným tlakom?

- A. Svaly
B. Obličky
C. Srdcovo-cievny systém
D. Slezina
E. Pečeň

18. Na obrázku je znázornený vzorec jednej látky ktorá je skladovaná u živočíchov v pečeni a kostrových svaloch. Jej množstvo v pečeni môže kolísať od 5-6 % hmotnosti pečene v najedenom stave až po 1% hmotnosti v čase pred najedením. Označte pravdivé tvrdenie/tvrdenia o tejto látke.

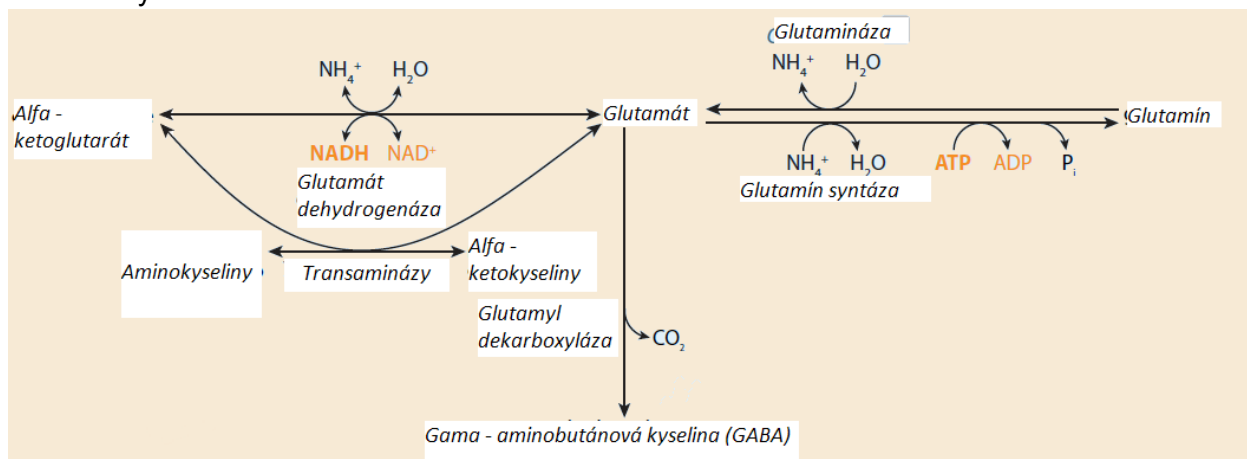


- A. Je to bielkovina
B. Má úlohu pri detoxikácii potravy - na voľné kyslíky viaže toxíny
C. Je zdrojom glukózy v čase potreby
D. Je to zásobný polysacharid živočíchov niekedy nazývaný aj „živočíšny škrob“
E. Je to mierne osmoticky aktívna látka

19. 60-ročný muž mal diagnostikovanú amyotrofickú laterálnu sklerózu, ktorá sa prejavuje celkovou slabosťou, svalovou atrofiou, záškľbmi svalov, postupnou stratou reči a prehĺtania. Možno povedať že ide o:

- A. Dysfunkciu autonómneho nervového systému - sympatika
B. Dysfunkciu autonómneho nervového systému – parasympatika
C. Dysfunkciu miechy
D. Degenaráciu motorických neurónov

20. *Hepatálna encefalopatia* je stav, ktorý nastáva v prípade, že telo nie je schopné odbúravať nadbytočný amoniak, ktorý následne reaguje s inými molekulami – viď obrázok. Tým sa narušuje rovnováha týchto molekúl v mozgu, ktorý následkom toho nefunguje správne – človek je letargický až komatózny.

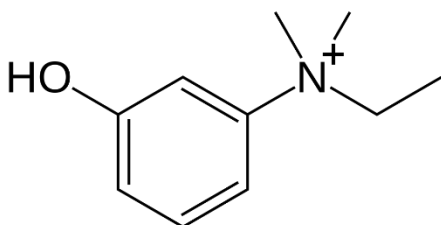


Na základe uvedeného určte, ktoré tvrdenia sú správne.

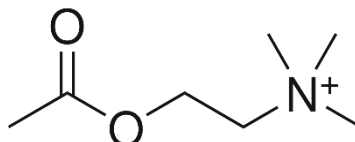
- A. Zvýšená koncentrácia amoniaku znižuje koncentráciu alfa-ketoglutarátu a zvyšuje koncentráciu glutamínu.
- B. Koncentrácia neurotransmiteru GABA sa znižuje, čo narúša funkciu mozgu.
- C. Koncentrácia neurotransmiteru GABA sa zvyšuje, čo narúša funkciu mozgu.
- D. GABA je excitačný neurotransmitter.
- E. Hepatálna encefalopatia môže nastať pri poškodení pečene, napríklad alkoholom.

21. Prenos informácie o kontrakcii svalu medzi neurónom a svalovou bunkou sprostredkuje acetylcholín – ten je vylučovaný neurónom a viaže sa na acetylcholínové receptory na svalovej bunke. Potom, ako takto odovzdá informáciu, je štiepený enzýmom *acetylcholinesteráza* na *acetát* a *cholín*. *Edrophonium* je organická látka, ktorá sa používa na diagnostiku autoimunitného ochorenia *myasthenia gravis* (ťažká svalová slabosť). Po jeho podaní sa na pár minút pacientovi vracajú normálne pohybové schopnosti. Toto ochorenie je charakteristické tvorbou autoprotilátok na acetylcholínové receptory a tým pádom sa znižuje efektivita prenosu informácie. Na základe uvedeného, vašich znalostí a priložených obrázkov rozhodnite o mechanizme účinku *Edrophonia* v nervovo svalovej platničke:

EDROPHONIUM



ACETYLCHOLÍN

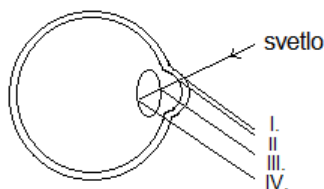


- A. *Edrophonium* sa viaže na receptory acetylcholínu, a tak ich chráni pred autoprotilátkami.
- B. *Edrophonium* je pre jeho podobnú štruktúru s acetylcholínom kompetitívnym inhibítorom acetylcholinesterázy
- C. *Edrophonium* nemá podobnú štruktúru ako acetylcholín a preto je nekompetitívnym inhibítorom acetylcholinesterázy.
- D. Po podaní *edrophonia* sa vďaka jeho účinku zvýši hladina acetylcholínu v nervovo svalovej platničke, signál pre kontrakciu sa zosilní, vďaka čomu sa efektívnejšie využijú zostávajúce receptory .
- E. *Edrophonium* je liek, vďaka ktorému sa autoprotilátky netvoria.

22. Už v roku 1890 si pán Viault všimol, že pri prechode z hladiny mora do výšky 4200 m. n. morom sa mu v priebehu 2 týždňov zvýšil počet červených krviniek z 5 mil/mm³ na 7,1 miliónov/mm³. Dnes vieme, že stimuláciu tvorby červených krviniek (erytropoézu) má na starosti hormón, ktorého tvorba sa zvyšuje pri hypoxii. Zároveň túto látku vieme umelo vytvoriť a ja zaradená na zozname látok, ktoré majú športovci zakázanú užívať.

- I. Ako sa nazýva tento hormón? (napíšte do odpovedového hárku)
- II. Kde je tento hormón tvorený?
 - A. V cievach
 - B. V kostnej dreni
 - C. V obličkách
 - D. V hypotalame

23. Na obrázku je schematicky znázornený vznik tzv. Purkyného obrázkov. Môžeme ich pozorovať napr. v zatemnenej miestnosti, kde svietime pokusnej osobe do oka napr. sviečkou, pričom pri pozeraní do oka pokusnej osoby môžeme vidieť obrazy sviečky, ktorý vzniká odrazom svetla na štruktúrach oka. Ku každému výroku napíšte či je výrok pravdivý (P) alebo nepravdivý (N).



- A. V spomenutom pokuse prakticky možno vidieť iba 3 obrázky, keďže prvé dva obrázky splývajú do jedného
- B. Obrázky I. a II. sú vzpriamené (sviečka by mala plameň hore), obrázky III a IV obrátené (sviečka by mala plameň dole)
- C. Obrátený obrázok by bol iba obrázok IV, keďže šošovka láme obraz
- D. Obrázok I vzniká odrazom z prednej strany rohovky
- E. Obrázok II vzniká odrazom zo sklovca

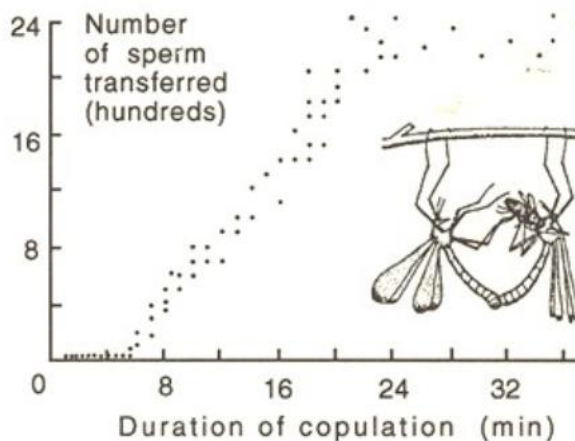
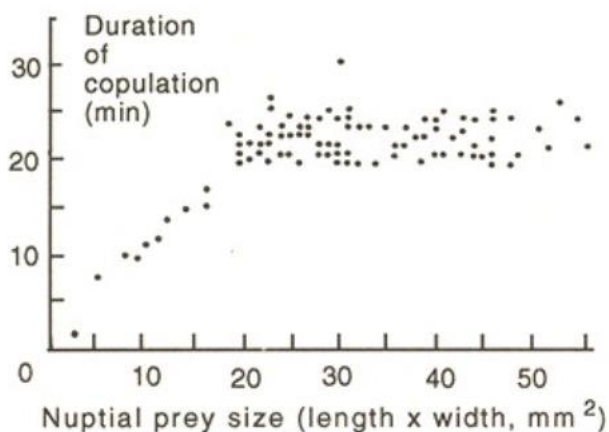
24. Na obrázku vidíte potáпку chochlatú (*Colymbus cristatus*), ktorá



- A. kŕmi svoje mláďa - táto forma správania je zaradovaná medzi tzv. epimeletické správanie
- B. spolu s partnerom stavia hniezdo - vykazuje tzv. stavebné aktivity
- C. so svojim sokom bojuje o teritórium - vykazuje prvky agonistického správania
- D. spolu s partnerom „tancuje“ pri dvorení – typický príklad ritualizácie

25. U srpice *Hylobittacus apicalis* ponúka samček samičke pred kopuláciou svadobný dar v podobe ulovenej koristi. Grafy (Thornbill 1980) zobrazujú závislosť dĺžky kopulácie (duration of copulation) na veľkosti svadobného daru (nuptial prey size) a počtu prenesených spermií (number of sperm transferred) na dĺžke kopulácie (duration of copulation). Ktoré z nasledujúcich tvrdení sú podporené týmito výsledkami?

- A. Dĺžka kopulácie je závislá na veľkosti svadobného daru iba v určitom rozmedzí veľkostí daru.
- B. Množstvo prenesených spermií je úplne nezávislé na dĺžke kopulácie.
- C. Samec, ktorého svadobný dar je veľký 20 mm² pravdepodobne oplodní viac vajíčok, ako samec s darom veľkosti 10 mm².
- D. Vzťah medzi veľkosťou svadobného daru a dĺžkou kopulácie naznačuje silné súperenie samičiek týchto srpíc o partnerov.
- E. Čím dlhšie trvá kopulácia, tým väčší svadobný dar samička vyžaduje.



D.

GENETIKA

26. Jedným zo systémov krvných skupín u človeka je systém AB0. Alela pre krvnú skupinu A (I^A) kóduje enzým, ktorý na sacharidový skelet, nachádzajúci sa na povrchu červenej krvinky pripája ďalší charakteristický sacharid pre danú krvnú skupinu. Enzým kódovaný alelou pre krvnú skupinu B (I^B) pripája na sacharidový skelet iný charakteristický sacharid. Ak človek nemá ani jednu z týchto alel, sacharidový skelet ostáva „nahý“ (človek má alelu „i“). Samotný sacharidový skelet na membránu erytrocytu pripája zas iný enzým, kódovaný dominantnou alelou (H). V jej neprítomnosti (genotyp hh) nemôžu enzýmy kódované alelami I^A a I^B napojiť svoje sacharidy a krvná skupina ostáva 0 – tomuto stavu sa hovorí „Fenotyp Bombay“.

Rozhodnite, či daná kombinácia krvných skupín rodičov a detí je možná. Berte do úvahy aj fenotyp Bombay – v prípade, že naň narazíte, určte, ktorý z členov rodiny ho má.

- A. Otec: AB, Matka: A, Dieťa: 0.
- B. Otec: AB, Matka: A, Dieťa: B.
- C. Otec: A, Matka: 0, Dieťa: AB.
- D. Otec: A, Matka: A, Dieťa: AB.
- E. Otec: AB, Matka: AB, Dieťa: AB.

Predpokladajte, že o krvných skupinách príbuzných nič neviete.

27. Rozvoj Downovho syndrómu (DS) najčastejšie závisí od veku matky. Existuje však aj dedičná forma DS, a to v prípade, kedy sa chromozóm 21 pripojí na chromozóm 14 (tzv. Robertsonská translokácia – RobT(14/21)). Zdravý nosič takejto translokácie má jeden sfúzovaný chromozóm 21 a 14, jeden chromozóm 14 a jeden chromozóm 21 (čiže jeho celková genetická výbava je v poriadku). Človek s DS má v tomto prípade jeden sfúzovaný chromozóm, jeden chromozóm 14 a dva chromozómy 21 (čiže má dokopy o jeden chromozóm 21 navyše).

Predstavte si, že dvaja zdraví ľudia chcú mať dieťa, ale jeden z nich je nosičom Robertsonskej translokácie 14/21. Zdravý jedinec tvorí gaméty s jedným chromozómom 14 a s jedným chromozómom 21.



1. Uvažujte, že chromozóm RobT(14/21) je homologický s chromozómom 14 – v prvom meiotickom delení tvoria dvojicu a následne segregujú do gamét. Chromozóm 21 dvojicu nemá. Ktorá možnosť obsahuje VŠETKY gaméty tvorené nosičom?
 - A. RobT(14/21) + 0; RobT(14/21) + RobT(14/21); 14 + 21; 21 + 0
 - B. RobT(14/21) + 0; RobT(14/21) + 21; 14 + 0; 14 + 21
 - C. RobT(14/21) + 0; 21 + 21; 14 + 0; 14 + 21
 - D. RobT(14/21) + 0; RobT(14/21) + 21; 14 + 0
2. Predstavte si, že takéto gaméty splynú s (normálnymi) gamétami od druhého rodiča. Z akej časti takto vzniknutých zygot sa vyvinie jedinec s DS?
 - A. 1/3
 - B. 1/2
 - C. 1/4
 - D. 1/6

28. Sledujete dedičnosť dvoch génov – s dominantnými alelami A a B a recesívnymi alelami a a b, ktoré sú v úplnej väzbe – to znamená, že je vysoko nepravdepodobné, že medzi nimi prebehne crossing over, keďže sú veľmi blízko pri sebe, takže alely sa dedia vždy spolu. Predstavte si, že máme heterozygota pre oba gény (AaBb). Na jednom chromozóme môžeme mať pre každý gén dominantnú alelu - AB (recesívne alely oboch génov – ab, by boli na druhom chromozóme), alebo môžeme byť dominantná alela pre každý gén na inom chromozóme (Ab pre

jeden chromozóm a aB pre druhý). Prvému prípadu hovoríme cis fáza a takýto genotyp zapíšeme ako $\frac{AB}{ab}$ (nad čiarou sú alely na jednom chromozóme a pod čiarou na druhom). Druhému prípadu hovoríme trans fáza a genotyp zapíšeme ako $\frac{Ab}{aB}$.

Zistite, aké genotypy vznikajú pri krížení dvoch jedincov, ak sú gény v trans fáze ($P: \frac{Ab}{aB} \times \frac{Ab}{aB}$) a aké genotypy vznikajú, ak sú gény v cis fáze ($P: \frac{AB}{ab} \times \frac{AB}{ab}$). Nezabúdajte, že alely dvoch génov na jednom chromozóme sa v tomto prípade dedia vždy spolu.

Do odpovedového hárka k jednotlivým možnostiam (genotypom), zapíšte, či daný genotyp v F1 generácii môže vzniknúť len ak sú gény v cis fáze (zapíšte „cis“), len ak sú gény v trans fáze (zapíšte „trans“), alebo či daný genotyp môže vzniknúť pri oboch prípadoch (zapíšte „oboje“).

- A. aaBB
- B. AABB
- C. AaBb
- D. aabb
- E. AAbb

29. Achondroplázia je autozomálne dominantné genetické ochorenie, ktoré sa fenotypovo prejavuje trpasličím vzrastom. Pri tomto ochorení má trup jedinca normálnu dĺžku, zatiaľ čo ruky a nohy sú neúmerne malé k zvyšku tela. Homozygotne dominantný jedinci nie sú životaschopní a zomierajú v rannom veku.

Ak vieme, že výskyt ochorenia (heterozygotní jedinci) je 1 : 27 500, na základe Hardy-Weinbergovho princípu vypočítajte frekvenciu dominantnej alely.

Aká je pravdepodobnosť, že potomok dvoch rodičov postihnutých týmto ochorením bude zdravý?

30. Počas proliferácie B-lymfocytov dochádza k extrémne vysokej miere mutácií (10^5 - 10^6 vyššia frekvencia ako v zvyšnom genóme) v lokuse pre B-lymfocytárny receptor (gén kódujúci reťazce protilátok). Ide o riadený bunkový proces zvaný somatická hypermutácia, ktorá je typická práve pre aktivované B-lymfocyty. Samotná hypermutácia prebieha v regiónoch kódujúcich časti reťazcov protilátok, ktoré sú zodpovedné za rozpoznávanie antigénu (molekula proti, ktorej je namierená protilátka). Aký je význam takejto cielenej mutagenézy v B-lymfocytoch?

A. Ako modelový organizmus na sledovanie dedičnosti použijeme recesívne mutantného bieleho potkana, ktorý má poškodené obidve kópie autozomálneho génu kódujúceho tmavý pigment, v dôsledku čoho sa expresia pigmentového proteínu zastaví v polovičke syntézy polypeptidového reťazca. Sledujeme frekvenciu spätnej mutácie, ktorá by obnovila kompletný proces proteosyntézy a teda hnedé zafarbenie potkanov. Po prvom krížení dvoch bielych potkanov homozygotných v danom géne, sme dostali 20 bielych potkanov a jedného bieleho s jednou tmavou prednou labkou. Ak expresiu pigmentu neovplyvňujú iné gény a ani faktory prostredia (tzv. epigenetické faktory), ako vysvetlite prítomnosť bieleho potkana s hnedou labkou? Došlo k spätnej mutácii v celom organizme?

Akých potomkov by sme mohli očakávať pri krížení tohto jedinca s iným bielym homozygotným jedincom v danom géne (nad novými reverznými mutáciami pri potomkoch už neuvažujeme).

32. CRISPR je rodina repetitívnych palindromových sekvencií u prokaryotických organizmov určená na detekciu a deštrukciu cudzorodej DNA/RNA vírusov po predchádzajúcej infekcii – ide teda o akýsi prokaryotický druh získanej imunity. Pri prvotnej infekcii je DNA bakteriofágu naštípená a vložená do genómu baktérie v locuse medzi repetitívnymi sekvenciami (CRISPR gény). Následnou transkripciou vznikajú RNA s vlásenkovou štruktúrou, ktoré slúžia na interferenciu na základe komplementarity s cudzorodou DNA prípadne RNA.

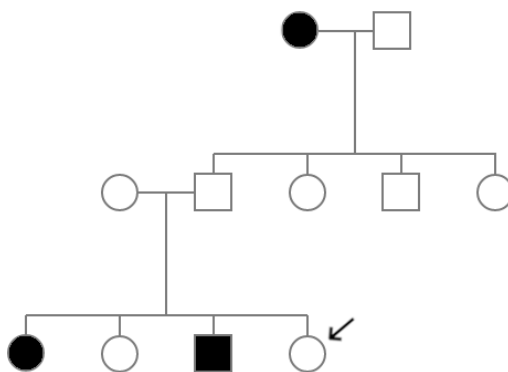
Spojte jednotlivé charakteristiky zložiek CRISPR mašinérie s ich predpokladanou funkciou.

- A. Cas9 proteín vykazuje endonukleázovú aktivitu po komplementárnom spárovaní RNA transkribovanej z CRISPR génu
- B. Cas6 proteín vykazuje endonukleázovú aktivitu po rozpoznaní vlásenky

- C. Cas1 proteín vykazuje nukleázovú/integrázovú funkciu – je schopný vytvorenia zlomu v DNA a následného spojenia s druhou molekulou DNA
- D. crRNA je RNA vzniknutá prepisom a vystrihnutím sekvencie bakteriofága začlenenej v genóme a má vlásenkovú štruktúru

- I. Začlenenie cudzorodej DNA vírusu do genómu baktérie
- II. Vystrihnutie konkrétnej sekvencie bakteriofága po transkripcii z CRISPR génu baktérie
- III. Degradácia cudzorodej genetickej informácie bakteriofága
- IV. Templát pre deštrukciu cudzorodej DNA alebo RNA

33. Na obrázku je rodokmeň rodiny, u ktorej sa vyskytlo vzácne genetické ochorenie.



a) Aký typ dedičnosti s najväčšou pravdepodobnosťou vysvetľuje výskyt ochorenia v rodokmeni?

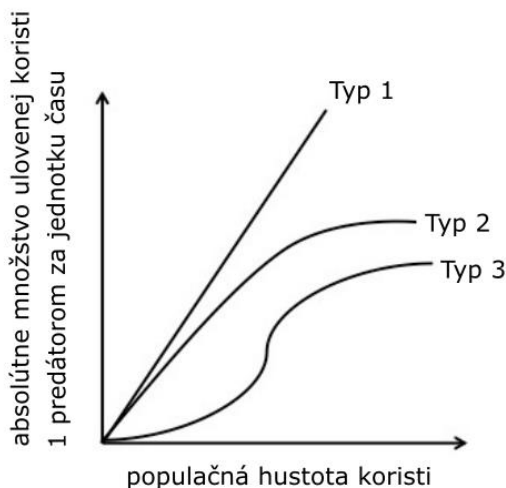
- A. na X viazaný gén, recesívne podmienené ochorenie
- B. na X viazaný gén, dominantne podmienené ochorenie
- C. autozomálne dominantne podmienené ochorenie
- D. autozomálne recesívne podmienené ochorenie
- E. mimojadrová dedičnosť

b) Proband (žena označená šípkou) sa vydala za muža s rovnakým ochorením, ktorého rodičia boli zdraví. Aká je pravdepodobnosť, že ich prvé dieťa bude mať danú chorobu? (Výsledok uveďte zaokrúhlený na jedno desatinné miesto, v percentách.)

E. EKOLÓGIA

34. Rozlišujeme tri základné typy funkčnej odpovede predátora na zvyšujúcu sa hustotu koristi, ktoré môžete vidieť aj v nasledujúcom grafe. Rozhodnite, u ktorého typu funkčnej odpovede:

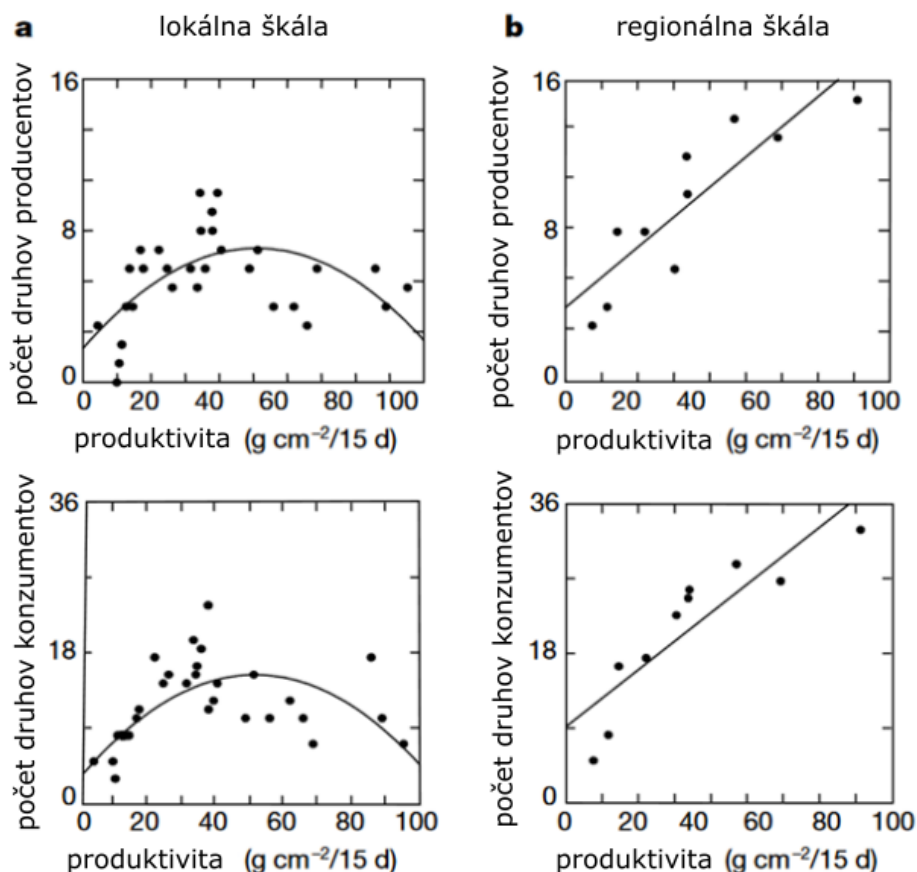
- A. je predátor najmenej limitovaný časom potrebným na spracovanie koristi
- B. sa predátor až po čase špecializuje na korisť, resp. sa ju naučí efektívnejšie loviť, až keď je hustota koristi vyššia
- C. bude málopočetný druh koristi pred predátorom relatívne chránený



35. Interakcie medzi jednotlivými organizmami môžu mať najrôznejšiu podobu. Vyberte z nasledujúcich možností tie, ktoré **nepredstavujú** mutualistický vzťah.

- A. zubovník (nezelená rastlina) a lieska
- B. muchotrávka a dub
- C. zelená riasa a lichenizovaná huba
- D. akácia a mravce žijúce v jej dutých trňoch
- E. háľkotvorná hrčiarka a dub

36. Primárna produktivita je určená množstvom biomasy vytvoreným za jednotku času na jednotku plochy, pričom táto veličina má okrem iného vplyv aj na druhovú bohatosť ekosystémov. Nižšie vidíte grafy zobrazujúce vzťah medzi primárnou produktivitou a diverzitou na lokálnej škále (v rámci jazera) a regionálnej škále (v rámci povodia). Rozhodnite, ktoré z nasledujúcich tvrdení je/sú pravdivé.

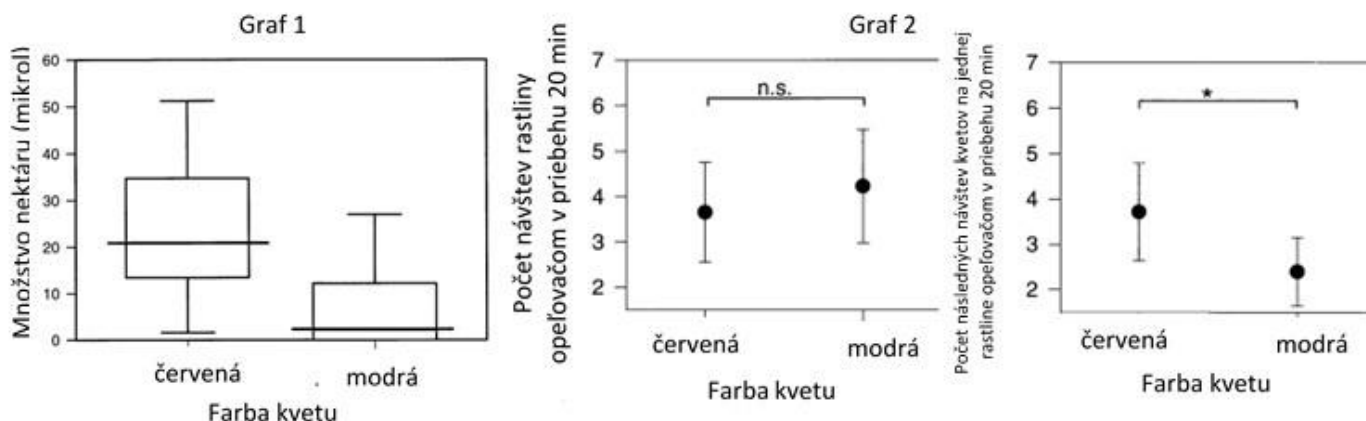


- A. Extrémne produktívne miesta v rámci jazera sú oproti stredne produktívnym miestam menej druhovo bohaté.
- B. Druhová diverzita konzumentov býva nižšia ako druhová diverzita primárnych producentov.
- C. Vzťah medzi primárnou produktivitou a druhovou bohatosťou je na väčších priestorových škálach lineárna, pretože vyššia produktivita vedie tiež k vyššej gama diverzite.
- D. Primárna produkcia je vyššia v povodí Dunaja než v povodí Orinoka.

37. Bežným fenoménom u krytosemenných rastlín je zmena farby kvetu. Farbu menia aj kvety *Pulmonaria collina*, mladé kvety majú červenú farbu a neskôr menia farbu na modrú. Opeľovač pri opelení musí urobiť dve rozhodnutia – z ďalekej vzdialenosti sa musí rozhodnúť, ktorá rastlina je najatraktívnejšia a následne sa z krátkej vzdialenosti musí rozhodnúť, ktorý kvet navštívi. Ak je rastlina atraktívna z ďalekej vzdialenosti, navštívi ju veľké množstvo opeľovačov. Ak je atraktívna z krátkej vzdialenosti, navštívia opeľovači po sebe viaceré jej kvety. U *Pulmonaria collina* sa skúmalo množstvo nektáru v červených kvetoch a v modrých kvetoch (graf 1) a závislosť frekvencie, s akou opeľovač navštívi rastlinu s výlučne červenými kvetmi a výlučne modrými kvetmi a závislosť frekvencie, s akou opeľovač po sebe navštívi kvety na rastline s výlučne červenými

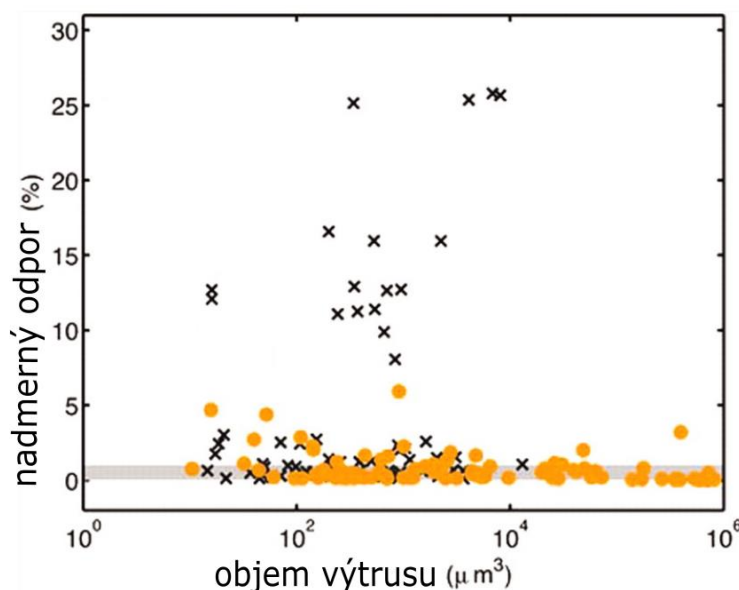
kvetmi a výlučne modrými kvetmi (graf 2). Označte pravdivé tvrdenia. Popisky v grafe: ns – štatisticky nesignifikančný rozdiel, * štatisticky signifikantný rozdiel).

- A. Množstvo nektáru je vyššie v mladých kvetoch ako v starších kvetoch.
- B. Množstvo nektáru sa v starších a mladších kvetoch nelíši.
- C. Farba kvetu nemá vplyv na rozhodovanie opeľovača z veľkej vzdialenosti.
- D. Farba kvetu nemá vplyv na rozhodovanie opeľovača z krátkej vzdialenosti.



F. EVOLÚCIA A SYSTEMATIKA

38. Pohlavné výtrusy vreckatých húb (Ascomycota) vznikajú vo špecializovaných útvaroch – vreckách. U väčšiny skupín sú výtrusy z vrečka aktívne vystreľované do okolia. Ich tvar je pritom pod silným selekčným tlakom na minimalizáciu odporu vzduchu. Nasledujúci graf zobrazuje nadmerný odpor vzduchu reálnych výtrusov v porovnaní s ideálnym, najaerodynamickým možným tvarom u niekoľkých desiatok predstaviteľov tohto oddelenia húb s rôzne veľkými výtrusmi. Bodkami sú znázornené druhy tvoriace plodnice nad zemou, krížikmi sú znázornené huby s podzemnými plodnicami (ako napríklad hľuzovky). Rozhodnite, ktoré z nasledujúcich tvrdení je/sú pravdivé.



- A. U výtrusov húb z nadzemnými plodnicami nájdeme pravdepodobne veľké množstvo výrastkov a prívěskov na výtrusoch, ktoré slúžia k zachyteniu vystreleného výtrusu na substrát.

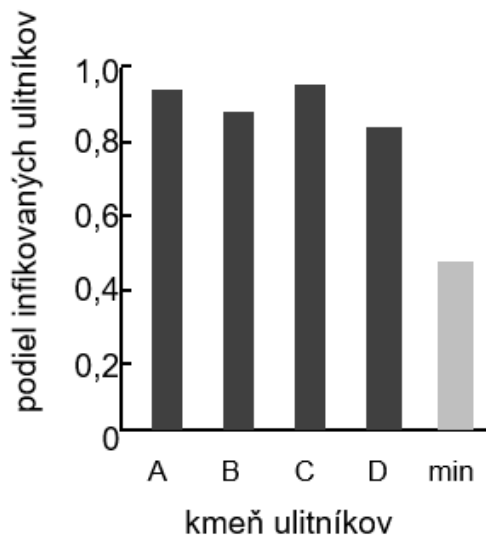
B. Výtrusy väčšiny podzemných húb sú výrazne väčšie, keďže nemusia byť aktívne vystreľované.

C. Podzemné huby predstavujú starobylú skupinu, u ktorej sa postupne vyvinulo aktívne vystreľovanie výtrusov. Svedčí o tom aj to, že u niektorých predstaviteľov týchto húb už majú výtrusy minimálny odpor vzduchu.

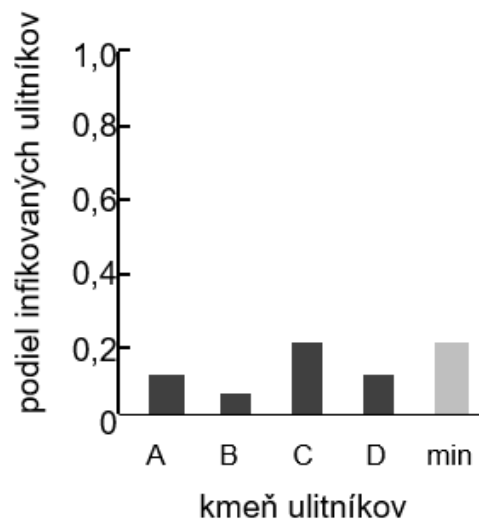
D. Podzemné huby rozširujú svoje výtrusy iným spôsobom (napríklad pomocou živočíšnych vektorov), nie sú preto pod selekčným tlakom na minimalizáciu odporu vzduchu.

39. Vzťahy parazitov a ich hostiteľov sú obľúbeným modelom pre skúmanie rozličných evolučných procesov. Na grafoch nižšie vidíte výsledky experimentu, pri ktorom boli vodné ulitníky *Potamopyrgus antipodarum* experimentálne vystavené infekcii larvami motolice rodu *Microphallus*, ktoré hostiteľovi spôsobia sterilitu. K infekcii boli použité jednak motolice pochádzajúce z rovnakého jazera ako pokusné ulitníky (Graf 1), a zároveň aj motolice z iného jazera ako pokusné ulitníky (Graf 2). Ulitníky pochádzali z rôznych kmeňov, a to majoritných kmeňov A, B, C a D, ktoré v jazerách dominovali, a ďalej cca 100 minoritných kmeňov, ktoré sú zobrazené dohromady v stĺpci označenom ako "min". Vyberte pravdivá tvrdenie/a.

Graf 1: Motolice z rovnakého jazera



Graf 2: Motolice z iného jazera



A. Študovaná populácia ulitníkov je veľmi pravdepodobne partenogenetická, čo vedie k nízkej genetickej variabilite v rámci kmeňov a umožňuje motoliciam špecializovať sa na najčastejšie kmene ulitníkov.

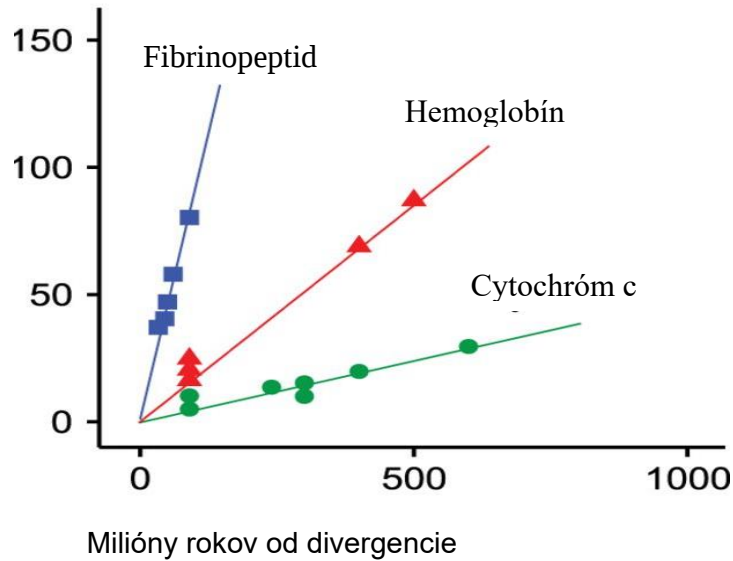
B. Špecializácia motolice na ulitníky vyskytujúce sa v rovnakom jazere pravdepodobne časom povedie k speciácii ulitníkov prostredníctvom polyploidizácie.

C. V budúcej sezóne budú pravdepodobne dominovať opäť ulitníky kmeňov A, B, C a D.

D. Minoritné kmene ulitníkov sú extrémne rezistentné proti infekcii motolicami. Menej však investujú do reprodukcie, kvôli čomu v jazere nedosahujú vyššiu početnosť.

40. V 60. rokoch minulého storočia Zuckerkandl a Pauling zaviedli pojem molekulárnych evolučných hodín. V ich štúdiu hemoglobínu u rôznych druhov pozorovali, že zmeny v aminokyselinovej sekvencii proteínu sa akumulovali konštantnou rýchlosťou – pozorovali vzťah priamej úmery medzi počtom zmien v aminokyselinovej sekvencii proteínu u dvoch rôznych druhov a časom, ktorý uplynul od existencie posledného spoločného predka týchto druhov.

I. Graf vyjadruje závislosť počtu zmien v aminokyselinovej sekvencii troch proteínov na 100 aminokyselinových zvyškov na čase, ktorý uplynul od divergencie sledovaných taxónov. Vyberte proteín, v ktorého aminokyselinovej sekvencii by ste na 100 aminokyselinových zvyškov po uplynutí 100 miliónov rokov pozorovali najväčšie množstvo zmien. A – fibrinopeptid, B – hemoglobín, C – cytochróm c



Os Y - Počet zmien na 100 aminokyselinových zvyškov

II. Neskôr Kimura navrhol, že konštantnú rýchlosť evolučnej zmeny by mohli vysvetliť neutrálne mutácie. Kimura predpokladal, že značná časť mutácií je selekčne neutrálna (neovplyvňuje fitness). Frekvencia fixácie neutrálnej mutácie sa rovná mutačnej rýchlosti – na základe počtu substitúcií je možné určiť dobu, ktorá uplynula od divergencie dvoch taxónov od spoločného predka. Vyberte nutný predpoklad platnosti tohto tvrdenia:

- A. Mutačná rýchlosť sa medzi rôznymi druhmi líši.
- B. Mutačná rýchlosť sa medzi rôznymi druhmi nelíši.
- C. Gén kóduje u sledovaných druhov proteín, ktorý plní rôzne funkcie.

	A	B	C	D	E	Body
1.						
2.						
3.						
4. a,						
b.						
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10.						
11.						
12.						
13.						
14.						
15.						
16.						
17.						
18.						
19.						
20.						
21.						
22.						
23.						
24.						
25.						
26.						
27.						
28.						
29.						
30.						
31.						
32.						
33.						
34.						
35.						
36.						
37.						
38.						
39.						
40.						
Spolu						90

Autori: doc. Mgr. Miroslava Slaninová, PhD., Mgr. Zuzana Dzirbíková, PhD., Mgr. Tomáš Augustín, PhD., Mgr. Katarína Juríková, PhD., Mgr. Jaroslav Ferenc, Bc. Lukáš Janošík, Mgr. Filip Červenák, PhD., Ján Hunák, Oliver Pitoňak,
Recenzia: Mgr. Zuzana Dzirbíková, PhD., prof. RNDr. Peter Fedor, PhD.
Test zostavil: doc. Mgr. Miroslava Slaninová, PhD.
Redakčná úprava: doc. Mgr. Miroslava Slaninová, PhD.
Slovenská komisia Biologickej olympiády
Vydal: IUVENTA Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2019