

Biologický korespondenční seminář



Biozvěst

Ročník 2

Série 3 - řešení

Milí přátelé,

Předkládáme Vám autorské řešení předposlední série. Zároveň by Vám mělo již přijít závazné pozvání na jarní expedici do Bílých Karpat. Myslím, že si ji všichni zasloužíte jako odměnu za řešení úloh.

Za celá tým autorů
vám pěkné jaro přeje,
Stanislav Vosolsobě

Úloha 1: Bioterorismus

Autor: Stanislav Vosolsobě

Počet bodů: 18

Už rok Bioslav balancuje na hraně zákona svojí snahou vytvořit si GMO. Už zvládl PCR, o Vánocích rozběhl transformaci rostliny pomocí *Agrobacteria*. Již víme, že v *Agrobacteriu* je Ti-plasmid, jehož část zvaná T-DNA se přenáší do rostlinného genomu. Nyní zbývá už jen poslední krok, přenést gen získaný pomocí PCR do bakteriálního plasmidu a pak už může transformovat rostlinu. Bioslav dlouho přemýšlel, čím bude transformovat, pak se dočetl o kukuřici NK603 a uvědomil si, že už dále nestrpí, aby technické služby každý rok zničily jeho oblíbený plevel, který roste mezi dlaždicemi v chodníku před Bioslavovým domem a zabrání tomu. Představa, že se stane bioteroristou, ho zcela pohltila.

1. Co je podstata kukuřice NK603? Proč byla vytvořena? Na jakém principu bude fungovat spása zmíněného plevele, pokud Bioslav využije mechanismus z kukuřice NK603?

Kukuřice nese resistenci ke glyfosfátovému herbicidu RoundUp, byla vytvořena, aby mohla být kultura intenzivně herbicidována a tím se eliminovaly plevelné rostliny. Pokud Bioslav vnese gen pro resistenci do plevele, nebude moci být zničen RoundUpem, který se používá jako totální herbicid s účinkem na většinu rostlin při údržbě chodníků, železničních náspů a podobně.

2 body

2. Co má tato kukuřice za nový gen? Z jakého organismu byl získán?

Kukuřice má gen pro 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthasu (EPSPS) z bakterie *Agrobacterium tumefaciens*. Tato bakterie byla ulovena v půdě továrny Monsanto, kde se vyrábí RoundUp. To, že se *Agrobacterium* používá na transformace rostlin, zde nehraje roli. Je to jen donor genu, který kóduje enzym resistantní ke glyfosfátu.

2 body

3. Co tento gen zajistí kukuřici po biochemické stránce, popište princip, jak to funguje.

Enzym kódovaný genem je součástí šikimátové dráhy, která se v rostlinných chloroplastech podílí na syntéze aromatických kyselin tyrosinu, fenylalaninu a tryptofanu. Bakteriální forma genu je přirozeně rezistentní k herbicidu, na rozdíl od rostlinné. U lidí je metabolismus těchto aminokyselin závislý na jejich příjmu z potravy a šikimátovou dráhu nemáme. Proto je RoundUp striktně herbicidní látka (tím ovšem nechci tvrdit, že bude zcela neškodný pro živočichy). Glyfosfát inhibuje enzym tak, že se váže do jeho aktivního místa mnohem pevněji než přirozený substrát a už tam zůstane a vyřadí tak enzym z činnosti. Takto funguje většina inhibitorů.

2 body

4. Bioslav už umí PCR. Předpokládejme, že si objednal i primery na zmíněný gen zájmu (genetická mapa elementu vkládaného do kukuřice je známá a veřejně dostupná a tudíž lze zjistit sekvenci a navrhnout primery). Kde ale sehnat tento gen? Nejjednodušší by bylo ho ilegálně ukradnout z GMO kukuřice. Do kukuřice nestačí totiž vložit jen vlastní gen, ale ten musí být uzpůsoben pro expresi v rostlině, což vyžaduje přidat k němu transkripční promotor a terminátor a v případě tohoto genu i krátký genový úsek, který po translaci slouží jako signální sekvence pro lokalizování proteinu do chloroplastu, kde má fungovat. Celý tento genový úsek se nazývá „kazeta“ a její příprava *de novo* by trvala mnoho týdnů. Pěstuje se tato kukuřice v ČR? Pokud ne, tak kam by Bioslav pro ni mohl jet?

Zmíněná kukuřice se u nás testovala před lety, ale nyní se nepěstuje, není povolena ani v EU jako osivo. Pěstuje se třeba v Argentině či v USA.

1 body

5. Nastiňte způsob, jak z kukuřice získat DNA, abychom mohli udělat PCR.

Vezmeme malé množství pletiva (0,1 g), nejlépe z pupenu, zmrazíme a rozdrtíme ve třecí misce. Pak přidáme pufr s detergentem, který denaturuje proteiny a „odmývá“ je od DNA, ta se dostává do roztoku. Můžeme přidat i proteinasu K, enzym štěpící proteiny (např. histony). V pufru musí být také EDTA (etylendiaminotetraoctová kyselina), která váže vápenaté ionty. Ty jsou kofaktory nukleáz, enzymů, které štěpí DNA, po přidání EDTA budou inaktivní. Směs centrifugujeme, abychom odstranili nerozpustné zbytky pletiva a čistý supernatant srážíme ethanolom, čímž dojde k sedimentaci DNA. Tu získáme opět centrifugací, promyjeme 70 % ethanolom a rozpustíme ve vodě. Pokud chceme čistší DNA, předchází ethanolové precipitaci srážení se směsí fenol – chloroform. Přidání fenolu způsobí vysrážení proteinů z buněčného extraktu, chloroform, který se nemísí s vodným roztokem, slouží poté k vychytání fenolu (používá se ve směsi i isoamylalkoholem). Po centrifugaci se směs rozdělí na spodní chloroformovou fázi s fenolem,

nad tím plavou denaturované proteiny a horní vodná fáze obsahuje DNA. U hub a rostlin se přidává cetyltrimetylamonium bromid (CTAB), což je detergent, který umožňuje extrakci polysacharidů. Protože ethanolom nezískáme jen DNA, ale všechny nukleové kyseliny, přičemž nejvíce je tam ribosomální rRNA, přidává se k roztoku RNasa k likvidaci RNA. Moderní postupy využívají adsorpci DNA na silikátovou kolonku, takovou kolonku si člověk zakoupí (cca od 50 Kč) a po pokusu vyhodí.

<http://biologie.upol.cz/metody/>

2 body

6. Po PCR má Bioslav epinku s DNA kódující onu žádanou kasetu. Nyní ji musí dostat do Ti-plasmidu. Nastíháte princip, jakým se dá izolovat plasmid z bakterie?

Principem izolace plasmidu je alkalická lyse buněk v roztoku louhu a detergentu. K lyzátu se potom přidá kyselina a chaotropní agens, například guanidium chlorid, což způsobí vysrážení proteinů. Spolu s proteiny se vysráží i velká chromozomální DNA a v roztoku zůstane pouze malý plasmid. Ten potom v praxi izolujeme také pomocí kolonky.

2 body

7. A teď vlastní vložení DNA do plasmidu. Používají se k tomu speciální enzymy, kterými lze plasmid rozstříhnout a něco do něj vlepít. Jaké dva typy enzymů potřebujeme a k čemu slouží v přírodě? Jak nejjednodušeji zařídit, abychom je měli v epince v mrazáku?

První skupinou jsou restrikční enzymy. Ty mají bakterie jako obraný systém proti cizorodé, nejčastěji virové, DNA a fungují tak, že zcela specificky štěpí DNA v místě výskytu určité sekvence. Typický je sekvenční motiv symetrickým komplementárním palindromem, např. 5'-ATGCGCAT-3', pokud si přeložíme sekvenci ve směru komplementárního vlákna, získáme identickou sekvenci. Délka motivů je v průměru 4-8 bází, což je délka DNA velikostně srovnatelná s proteinem (ano skutečně DNA je tak obrovská ve srovnání s proteiny). Bakterie má pak jeden, či několik málo typů restrikčních enzymů a její vlastní genom je uzpůsoben tak, že motiv rozeznávaný vlastním restrikčním enzymem je methylován stejně specifickou methylasou. U cizorodé DNA se čistě kvůli náhodě tento motiv objevuje (v průměru odhadem tak každých pár tisíc bází u osmibázového motivu) a není nijak methylován. Tato DNA bude degradována.

Druhým enzymem je ligáza. Ta souží ke spojování Okazakiho fragmentů při replikaci DNA. Vyžaduje ATP jako kofaktor.

Oba enzymy si jednoduše objednáme u společností, které dodávají biochemikálie (např. Fermentas). Jedna epinka se třeba 200 mikrolitry enzymu, což je tak na 400 reakcí, může stát několik tisíc korun. Průmyslově se vyrábějí v bakteriálních bioreaktorech.

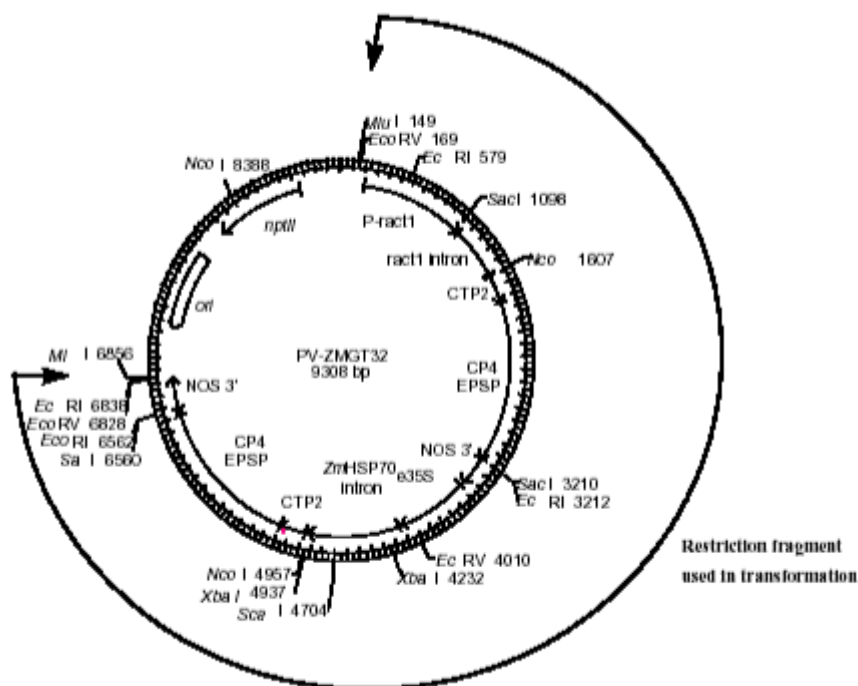
2 body

8. Jak to funguje, že štěpení plasmidu probíhá na určitém žádaném místě?

Plasmidy jsou právě připraveny tak, že obsahují veliké množství restrikčních míst v regionu, kam se vkládají geny našeho zájmu. Typický konstrukt, který máme v plasmidu, se sestává z promotoru, vlastního genu, často pak i genu pro fluorescenční protein, pokud chceme protein detekovat fluorescenčním mikroskopem, a terminátoru. Před vkládáním jednotlivých fragmentů bylo v plasmidu řízenou mutagenezí připraveno mnoho restrikčních míst těsně za sebou a mezi každé dvě sousední restrikční místa můžeme vložit DNA fragment tak, že provedeme štěpení dvěma enzymy zároveň, rozdělíme na elektroforese vyštěpený fragment od zbytku plasmidu a k tomu přidáme vnášený genový fragment, který byl na konci také štěpen stejnou kombinací enzymů na místech, které jsme si tam vnesli při PCR pomocí primerů, jež kromě sekvence nutné k nasednutí na amplifikovaný úsek DNA obsahují navíc i sekvenci restrikčního místa.

1 bod

9. Bioslav ulovil kukuřici, která byla původně transformovaná plasmidem PV-ZMGT32. Sežeňte si mapu tohoto plasmidu a zjistěte podle ní, s pomocí kterého konkrétního enzymu lze pracovat s touto kasetou, potom, co ji po PCR získáme z rostliny.



Pro vložení kazety do plasmidu bylo použito restriční místo *Mlu*I. Častěji se vkládá fragment mezi dvě různá restriční místa, protože se plasmid nemůže při ligaci spojit sám se sebou. Zde, zřejmě kvůli úspoře restričních míst, použili jen jedno.

2 body

10. A konečně tedy máme v epince roztok Ti-plasmidu, který nese žádaný gen pro genetickou modifikaci. Už jen ho dostat do *Agrobacteria*. Uveďte jeden způsob (ze dvou v praxi používaných), kterým lze vnést cizí DNA do bakterie. Popište stručně podstatu procesu.

V praxi se používá elektroporace, kdy se elektrickým impulsem v řádu tisíců Voltů na krátkou dobu udělají pory v membráně bakterie (ale lze to použít i na jakékoliv buňky bez silné buněčné stěny) a plasmid poháněný elektrickým polem se dostane dovnitř. Dělá se to v malé kyvetě s 0,1 ml bakteriální suspenze a mikrolitrem DNA, která má kovové stěny a vloží se do přístroje velikosti menšího rádia. Druhý použitelný postup je heat-shock. Nejdříve se při 0 °C smíchá bakterie s plasmidem a vápenatou solí, což způsobí vysrážení DNA na povrchu bakterie. Pak se na krátkou dobu asi 1 minutu epinka s bakteriemi přenesse do 42 °C a zpět na led. Teplotní šok opět způsobí opět prostupnost membrány pro DNA.

2 body

Úloha 2: Prvohory

Autor: Jiří Hadrava

Počet bodů: 12

V této úloze se podíváme do dávných dob a stručně si přiblížíme historii prvohorních živočichů a rostlin. Začátek prvohor datujeme do doby před téměř 550 miliony let a jedná se o období v nichž byla vyvrátna nejstarší dodnes stojící pohoří. Prvohory dělíme na šest základních období, od nejstaršího po nejmladší to jsou kambrium, ordovik, silur, devon, karbon a perm.

1. **Nejstarší fosilní živočichy, u nichž jsme schopni vysledovat podobnosti s dnes žijícími zvířaty, známe z kambria. Ve fosilním záznamu však nacházíme i organismy starší než kambriické. Jak se nazývají a čím se vyznačuje fauna, jež naši planetu obývala před obdobím kambria?**

Jde o tzv. ediakarskou faunu, kterou tvořily podivné organismy, jejichž fosílie často mají liché počty rovin symetrie.

2. **Kdo byl vrcholným predátorem kambriických moří?**

Zřejmě tuto roli zastávali členovcům příbuzní lovci rodu *Anomalocaris*.

3. **Napište alespoň jednoho dalšího prvoústého a alespoň jednoho druhoústého živočicha, kteří v kambriu žili.**

Početní byli např. trilobiti, z druhoústých, obratlovcům příbuzných živočichů jsou pak z kambriických moří známy např. rody *Pikaia*, *Haikouella* či *Haikouichthys*, koncem kambria se také objevují např. konodonti, skupina strunatců, která vymřela až ve druhohorách.

4. V průběhu ordoviku začaly živé organismy asi vůbec poprvé osidlovat suchozemské prostředí. Které dvě suchozemské skupiny se v tomto období objevily a jaký vztah mezi nimi nejspíš panoval?

Na souš se zřejmě dostaly první rostliny (připomínající nejvíc asi dnešní mechy) a první houby (*Glomeromycota*), které s těmito rostlinami tvořily mykorhizní symbiózu, čímž rostlinám pomohly překonat problém s vodou, o níž se jejich předci v mořském prostředí nemuseli starat.

5. Většina linií suchozemských živočichů se na souš dostává na přelomu siluru a devonu. Toto období je zajímavé vzhledem k našemu území. V České republice se totiž nachází stratotyp přelomu mezi silurem a devonem. Kde byste jej hledali a v jakém prostředí bylo toto místo v dobách, z nichž příslušné sedimenty pocházejí?

Stratotyp (to je linie mezi vrstvami usazenin, kde je předěl mezi geologickými epochami, definuje se přítomností či absencí určitých fosilií a je nutné, aby bylo v daném místě zachováno kontinuálně proběhlé usazování v celém období, nemohlo být přerušeno například vyschnutím moře) se nachází u obce Suchomaty v Českém krasu, parastratotyp (vedlejší, pomocný) pak můžete vidět u Karlštejna, půjdete-li cestou od vlakové zastávky na hrad. Během siluru bylo území Českého krasu na dně oceánu a usazovaly se zde hlubokomořské sedimenty, v devonu však bylo dno vyzvednuto a moře bylo natolik mělké, že se zde utvořil korálový útes a došlo tedy ke změně charakteru sedimentace. Naše oblast se podobala třeba dnešnímu Karibskému moři s ostrovním obloukem. Taktéž u nás byly podmořské sopky a ty díky častým erupcím a zemětřesením způsobovali bahnotok na dně moře a usazování periodických vrstev, které známe z Českého krasu. Jižně od nás začínala souvislá Gondwanská pevnina. Vyskytovali jsme se tehdy na jižní polokouli v teplém pásu.

6. Z devonu již známe první suchozemské klepítkatce, hmyz a dokonce i první suchozemské obratlovce. Která známá skupina živočichů ale naopak v devonu nebo krátce po něm vymírá?

Na konci devonu vymřela většina trilobitů, pár přeživších pak vymřelo v karbonu.

7. Karbon je období, které proslavily známé obrázky močálů a přesličkových pralesů plných gigantických vážek. Věděli byste však, jaká zásadní adaptace v tomto období vznikla u našich přímých předků, suchozemských obratlovců?

Obratlovci si vytvářejí vaječné obaly - amnion a chorion, které chrání embryo před vyschnutím a oprašují tak tuto linii, Amniota, od závislosti na vodních plochách pro ostatní obratlovce nutných alespoň v některé části jejich životního cyklu. Na rozdíl od obojživelníků, například plazi, jak známo, mohou klást vejce třeba do suchého písku.

8. Perm bylo období oproti karbonu mnohem sušší. Kterým tehdejšími organismům aridizace uškodila a kdo ji naopak dokázal vzdorovat?

Aridizace vedla ke zvětšení pouštních oblastí, uškodila tak rostlinám tvořícím karbonské pralesy či hmyzu na ně vázanému, výrazně pak poškodila sladkovodní organismy (např. rozličné skupiny vodních či napůl vodních obratlovců). Na vysoušení se naopak dokázali přizpůsobit mnozí Amnioti. S kartami však následně zamíchalo ještě hromadné vymírání, které na konci permu postihlo i mnoho mořských organismů. To bylo největší vymírání v historii a zřejmě bylo způsobeno gigantickou sopečnou činností na Sibiři. Ta způsobila naprostý rozvrat biosféry.

Úloha 3: Podivné onemocnění domorodce

Autor: Kristýna Minářová

Počet bodů: 9

Bioslav Biomilný při svých cestách po Ugandě navštívil rovněž místní vesnici u **Viktoriina jezera**. Byl zde svědkem šamanského rituálu vyhánění zlých duchů z těla zdejšího domorodce. Druhý den se šel na pacienta podívat a vyšetřit ho. Zjistil, že cca před **5 měsíci byl poštípán hmyzem**. Za týden se v místě vpichu vytvořil **bolestivý otok cca 2-3 cm** v průměru, který si rozškrábal. Rána sice zhnisala, nicméně za 2-3 týdny se vyhojila. Stejného vředu si všiml u další místní obyvateľky a nálezy vyfotografoval (obr. č. 1). Poté se cítil zcela zdravý, nicméně za 2 měsíce od vyhojení léze dostal **horečku**, cca 38°C, ale teplotu si neměřil, protože nemá teploměr. Bolely ho klouby, svaly, cítil se unavený, měl nauseu (nevolnost, pocit na zvracení). Za další měsíc přestal mít chuť k jídlu nebo naopak užíval jídlo ostatním členům rodiny. Začal hubnout, ale nebylo to příliš patrné přes otoky obličejové a dolních končetin, které se mezitím rozvinuly. V dalším průběhu se mu objevily nebolestivé mízní uzliny za krkem, v tříselech a v podpaží. Při vyšetřování si Bioslav všiml, že jsou tuhé a volně se pohybují proti spodině. Při vyšetřování byly zřetelné především krční lymfatické uzliny (obr. č. 2). Pacient se zadýchával, dokonce i při mluvě, fyzikálním vyšetřením byl zjištěn zkrácený poklep na hrudník a oslabené dýchání oboustranně, ale především vlevo, odpovídající výpotku v hrudní dutině (**fluidothorax**). Po vypuštění hrudního výpotku začal výrazně lépe dýchat. Zároveň udával bolest na hrudníku, pocit **bušení srdce** (palpitace). Bioslav si vlastnoručně sestrojil EKG přístroj, který odhalil změny odpovídající **myokarditidě**, v.č. převodních poruch- arytmie. Rodina pacienta se obávala o jeho život, protože již několikrát náhle upadl do bezvědomí (synkopa). V průběhu nemoci se rozvinula stěžejí patrná **vyrážka**, která pacientka ovšem velice svědila. Ostatní fyzikální nálezy byly zcela v mezích normy. Bioslav správně identifikoval onemocnění a od zdejších humanitárních pracovníků zakoupil Suramin, kterým pacienta úspěšně léčil po dobu 5 týdnů.

1. O jakou chorobu se jedná a proč. Jak se nazývá původce onemocnění. 2b.

Spavá nemoc, rhodeská forma. Jinak zvaná Africká trypanosomiáza. Jedná se o akutní formu. Původcem je *Trypanosoma brucei rhodensiense*. Rhodéská forma se vyskytuje pouze ve východní Africe, u Viktoriina jezera se

druhá, gambijská forma nevyskytuje. Meningoencefalitické stádium zde není zmíněno proto, že rhodeská forma probíhá jako akutní onemocnění s horečkami, pacient většinou umírá ještě před rozvojem meningoencefalitidy. I akutní průběh probíhá několik měsíců, což u většiny infekčních onemocnění nebývá obvyklé. Zcela patognomický je pro spavou nemoc trypanomový šankr (viz. Obr. č.1) a Winterbottomovo znamení, viz obr. č.2. Počáteční příznaky jsou nespecifické, ale pro diagnosu svědčí výpotek na plicích, zcela typický je rozvoj srdečních příznaků (synkopa, arytmie). Srdeční postižení je rovněž častější pro rhodeskou formu. Velkou nápovědou je i použití Suraminu při terapii, Spavá nemoc je (kromě onchocerkosy, což je onemocnění vlasovcem *Onchocerca volvulus* projevující se jako velké boule v podkoží, nejčastěji v okolí očí vedoucí ke slepotě), jedinou chorobou, která se Suraminem léčí.

2. Který hmyz pravděpodobně pacienta infikoval? 1b.

Moucha tse-tse. *Glossina morsitans* (*G. Palpalis* je vektorem Gambijské formy)

3. Jak se nazývají příznaky na obrázcích č. 1 a 2. 2b.



Obr. č. 1. Trypanomový šankr

Obr. č. 2. Winterbottomovo znamení



4. Bylo by možné (případně jak) tuto nemoc eradikovat? Je možné se očkovat? 2b

Vzhledem k velkému množství reservoirných zvířat, které jsou navíc volně žijící, eradikaci provést nelze. Dalším důvodem je složitá terapie spavé nemoci, kvůli které není možné adekvátně léčit postižené lidi. Stejně složitě by bylo vymýtit spavou nemoc v mouchách tse-tse. Očkování možné není vzhledem velké antigenní variabilitě trypanosom.

5. O jaké další choroby by se mohlo jednat a proč. 2b.

V podstatě se jedná o unikátní onemocnění. Z onemocnění, která by mohla připadat v úvahu, je nutné vyloučit leukemii, tuberkulosu, HIV, mor, syfilis, brucelosu.

Úloha 4: Solný stres

Autor: Stanislav Vosolsobě

Počet bodů: 15

Solný stres je termín, kterým se nazývá pocit rostliny, pokud klíčí a roste v zasolené půdě. Zkusíme prozkoumat, jak se liší klíčivost semen při různých koncentracích solí. Pokuste se vytvořit hydroponickou kulturu tak, že semena vysejete do nádob s pískem, který zalijete roztokem s různou koncentrací chloridu sodného a nechte klíčit. V případě, že bude klíčení poněkud pomalejší, můžete odevzdat řešení této úlohy až o dva týdny později bez penalizace.

- 1. Zjistěte si meze, při kterých dochází k inhibici klíčení, a podle toho si vytvořte škálu různých koncentrací soli. Odvážení soli lze provést i pokud nemáte váhu snadno na váze v supermarketu, pak si vytvoříte základní roztok**

známé koncentrace (např. 100 g/l) a z něj pomocí odměřování objemů vytvořte požadovanou škálu.

Například pro pšenici jsou limitní koncentrace okolo 0,5 %, ječmen přežije i 1 %. Tedy testovat by mělo smysl například škálu 0 – 0,1 – 0,5 – 1 – 1,5 – 2 – 5 %. Při tvorbě škály lze také využít faktu, že sůl se rozpouští za tvorby nasyceného roztoku o koncentraci cca 30 %. Ten snadno připravíme a pak naředíme.

2. **Sežente si několik různých semen (například běžné plodiny ze zahrady) a pokuste se sehnat alespoň jeden druh se zvýšenou resistencí k zasolení (nejodvážnější se mohou vydat do přírody pro semena ruderalních druhů, např. *Atriplex*, ale pozor, vytváří několik různých typů semen a jen jeden z typů má rychlou klíčivost (viz Wikipedie).**

Výsev by bylo dobré provést například do kelímků od jogurtu s pískem a zalévat roztokem soli. Ke každé variantě by bylo potřeba alespoň 20 semen. Sledujte procento vyklíčených semen.

3. **Proveďte výsev a sledujte několik týdnů, zaznamenejte rozdíly. Zpracujte výsledky formou grafů.**
4. **Problém se zasolením půdy patří k nejhorším globálním problémům. Jaké jsou příčiny tohoto jevu? Které země jsou ohroženy?**

Zasolení je způsobováno intenzivním zemědělstvím v teplých oblastech s vysokým odparem, kdy je nutné zavlažovat půdu. Na polích se jednak usazuje sůl ze závlahové vody, ale taktéž zvlhčení půdního horizontu v době sucha způsobí migraci iontů v půdě, které se, tak jak se voda odpařuje, dostávají z hloubky na povrch a tvoří pevnou krustu. Problém je spojen s rozvojovými zeměmi v subtropickém pásu, zejména Indie, Pákistán, arabské země, okolí Aralského jezera, ale i jih USA, kde lidé nejsou schopni hospodařit šetrně s vodou a i přes teplé suché klima spotřebovávají vodu na závlahy zahrad, napouštění bazénů a podobně. Na zasolení skončila, jak známo, Mezopotámie a z tohoto stavu není úniku, protože sůl se samovolně z půdy neodstraní, leda až v době ledové, kdy se zvlhčí klima v těchto zemích. Právě z těchto důvodů je prioritním cílem biotechnologií příprava odolných odrůd či rostlin, které umí hyperakumulovat sůl a mohlo by se jich použít k odsolování půd.

Úloha 5: Tropické šílenství III

Autor: Albert Damaška

Počet bodů: 15

Minule jsme v našem seriálu poodhalili tajemství deštných lesů a savan, oněch „velkých barevných ploch“, které je v tropech vidět z vesmíru. Nyní se zaměříme na dva menší, spíše ostrůvkovitě rozmístěné, o to však zajímavější tropické fenomény, a to jsou tropické hory a korálové útesy.

Hory v tropickém pásu obecně bývají jedním z hlavních center místní biodiversity. Je tomu tak mimo jiné už jen proto, že členitost terénu do jisté míry určuje i rozmanitost biotopů na něm (v členitém, skalnatém terénu je daleko víc nejrůznějších okrajů a často rozrušovaných svahů).^{Otázka 1.} Důležité na tropických horách ale bývá to, že se na nich udržuje spousta vlhkosti. Teplý, vlhký vzduch z nížinného lesa stoupá po svazích vzhůru a při tom na těchto stráních kondensuje obrovské množství oné vlhkosti. Kondensaci vlhkosti umožňuje mimo jiné i to, že vysoko v horách je přirozeně nižší teplota (teploty kolem 12°C nejsou ničím neobvyklým) a v teplém vzduchu plném vody tak při kontaktu s chladným vzduchem v horách se mlha sráží ještě rychleji. Výsledkem je to, že hory jsou zahaleny vrstvou mraků, a na jejich stráních vznikají ve vysokých nadmořských výškách tzv. **horské mlžné lesy**. Jak bylo již řečeno, v tomto typu ekosystému jsou na první pohled znát tři výrazné jevy – je zde extrémně vlhko, spousta organismů a ve srovnání s nížinnými tropy i celkem dost zima. V hodně vlhkém prostředí se výborně daří nejrůznějším mechům a epifytickým rostlinám (žijí totiž, jak jsme se přesvědčili v minulém díle, hlavně ze vzdušné vlhkosti).^{Otázka 2.} Představte si nyní, že stoupáte po spádnicí takové vysoké tropické hory, jako je třeba Mt. Kilimanjaro v Africe. Pot se z vás v mlžném lese jen lije, ale jak stoupáte stále vzhůru a klesá teplota, les mizí, začíná se prosvětlovat a brzy se krajina otevře. Nastupuje jakýsi předstupěň tropického alpínského pásma, charakteristický tím, že je zde stále vysoká vlhkost, ale stromům už se tolik nedaří a nahrazují je spíše velké keře a různé rostliny s velkými přízemními růžicemi. Ještě výše vstoupíte do nefalšovaného alpínského pásma. Zní to možná zvláště, ale i v tropech sněží – a to právě zde, vysoko v horách, nad hranicí lesa. Pokud vystoupíte ještě výše, setkáte se dokonce s ledovci – ledovec na vrcholu Kilimanjara leží téměř na rovníku. Hranice lesa je ale samozřejmě v daleko vyšší nadmořské výšce, než je tomu v našem temperátním pásmu – počítat s alpinem lze v tropech až zhruba ve čtyřech tisících metrech. Pokud ale budete od úrovně moře stoupat do hor, tak i v tisících metrech už poznáte určitý rozdíl v typu krajiny, posun k charakteru mlžného lesa.^{Otázka 3.}

Přesuňme se nyní od chladných horských vrcholů zpět k nížinám, dokonce rovnou k teplému mořskému pobřeží, kde se ve sluncem prohřátých mělčinách skvěle daří korálovým útesům. Zvláštností má tento proslavený ekosystém celou řadu. V první řadě se jedná o jednu z hlavních zásobáren podmořské biodiversity – uvádí se, že přestože korálové útesy nezaujmají ani půl procenta plochy oceánu, žije v nich asi čtvrtina všech mořských zvířat. Je také celkem zajímavé uvědomit si, že se jedná o biotop, který, ač doslova překypuje biodiverzitou, prakticky vůbec nezahrnuje jedny z nejmarkantnějších a nejrozmanitějších skupin organismů ze suchozemských tropů – hmyz a rostliny.^{Otázka 4.} Místo rostlin jsou zde těmi všudypřítomnými přisedlými organismy, schopnými fotosyntézy, právě nejrůznější koráli – tedy živočichové. Ti však, jak bylo řečeno, dovedou zajišťovat fotosyntézu – ve svých vápenatých schránkách, které si koráli staví, mají symbiotická fotosyntetická protista – obrněnky zvané **zooxantelly**.^{Otázka 5.} Samotná výroba vápenatých schránek je vlastně jedním z nejdůležitějších projevů, který umožňuje existenci korálového útesu. Korál je tvořen jednotlivými polypy (ti

mohou být, podle druhu korálu, velmi malí a ve velkém počtu, nebo naopak velcí v počtu malém). Polypi kolem sebe produkují ony velmi tvrdé, vápenaté schránky. Když polypy uhynou, nahradí je polypy nové (všechny polypy v rámci jednoho korálu mají stejnou DNA – nejedná se tedy ani tak o kolonii jedinců, jak se často uvádí, jako spíše o jeden velký modulární organismus) a přistaví si tak nový kus vápenaté schránky. Za desítky a stovky let tak korál naroste monstrosních rozměrů. Většina jeho „těla“, tedy vápenaté schránky, je už mrtvá, jen na místech, kde přirůstá, jsou polypi živí. Korál si tedy de facto sám vytváří skálu, na které roste. Z toho vyplývá, že koráli mohou být (a jsou) živočichové, kteří zcela bez nadsázky vyrábějí svou vlastní, mnohasetletou činnost, velké podmořské skály (korálové útesy se nejmenují útesy jen tak z legrace) a za dostatečně dlouhou dobu jsou dokonce schopny postavit v moři i ostrovy. Tropická souostroví drobných ostrůvků, jako jsou například Maldivy nebo Mikronésie, jsou tvořena stovkami tzv. atolů, korálových ostrovů, které byly dříve korálovými útesy.

Otázka 6.

1. Pro skalnatá pohoří (nejen v tropech, ale naopak velmi výrazně i v temperátu) je typickým jevem tzv. osypový kužel. Co to osypový kužel je a čím je zajímavý pro geobotanika na nedělním výletě?

Osypový kužel je struktura, která vzniká neustálým uvolňováním materiálu kamení a šterku ze skal. Šterk a kamení padá ze skály dolů (ideálně nějakým korytem ve skále) a pod skálou se akumuluje ve formě kužele – doslova hromady kamení. Tato hromada se neustále obnovuje, takže nemůže zarůst lesem, dokud je spad kamení aktivní. Stále se tam tak udržují raná sukcesní stádia, což žádného geobotanika nenechá chladným.

2. Krom jmenovaných skupin existuje ještě další typ organismu (terestrického i epifytického), který rád roste za vysoké vzdušné vlhkosti. Zástupce této skupiny najdeme i u nás. Jaká skupina to je?

Jsou to lišejníky.

3. Velmi charakteristickou vlastností hor (opět není typická jen pro tropy) je velmi výrazný endemismus. Mt. Kilimanjaro nebylo v textu zvoleno náhodou – právě v Africe můžeme výrazný endemismus v jejích tropických horách pozorovat úplně zřetelně. Jaké důvody pro to zrovna v Africe jsou? V čem je zajímavá tzv. Kamerunská hora a proč se některé důvody pro místní endemismus od ostatních afrických hor liší?

V Africe jsou pohoří, tedy místa s výskytem horských biotopů, velmi izolována. Zatímco jinde v tropech, vyskytují se vysoká pásemná pohoří, v Africe nacházíme spíše ostrůvkovitá pohoří či solitérní hory. To přispívá endemismu – jednotlivé ostrovy horských ekosystémů jsou izolované. Kamerunská hora je zajímavá skutečností, že radiace velkého množství organismů v Africe (zejména hmyzu, samozřejmě nikoli např. velkých savců) pochází pravděpodobně z jednoho refugia, a to právě na Kamerunské hoře. Kamerunská hora je tak zajímavá z hlediska evoluce afrických organismů a zároveň se jedná o místo, kde nalezneme jednu z nejvyšších biodiverzit v Africe.

4. Zamyslete se, proč hmyz nežije v moři. Především, že odpověď není úplně jednoznačná a o této zajímavé otázce se vedou časté spory. Napadne vás některý z majoritně uznávaných názorů?

Jsou různé názory na to, proč hmyz v moři nežije. Oblíbenou myšlenkou je, že hmyzu vadí mořské proudění a vlnění. Také se uvažuje, že hmyz v moři nežije proto, že jeho niky zde zaujímají jiní korýši (hmyz patří mezi korýše, tedy do skupiny Pancrustacea). Tato myšlenka se dá zobecnit – v době rané evoluce hmyzu byly niky na souši zcela uvolněny, zatímco moře kypělo životem a kompetice byla velká. Hmyz měl tedy tu výhodu, že na souši a v limnickém prostředí (sladké vodě) měl mnoho míst pro radiaci, zatímco v moři by musel složitě kompetovat s ostatními, už úspěšnými skupinami. Stal se tak úspěšným na souši, do moře se mu ale nikdy vrátit nepovedlo právě proto, že by musel kompetovat s těmi primárně mořskými bezobratlými.

5. Se zooxantelami úzce souvisí jedna z největších současných hrozeb pro korálové útesy – tzv. bělení korálů. Co to bělení korálů je, proč je to takový problém a co ještě korálové útesy ohrožuje?

Bělení korálů je „choroba“, jejíž podstatou je vymírání zooxantel v tělech korálů vlivem eutrofisace vody či změny její teploty. Koráli se tak stávají „nedoživými“ a choulolistivými a snadno umírají. Dalším nebezpečím pro korály je těžba vápence z korálových útesů, pro konkrétní druhy může být problematickým i jejich využití ve šperkařství.

6. Popište, jak vzniká atol. Najděte nějaké organismy, které žijí na korálových útesech přisedle, ale nepatří mezi žahavce. Kterí z nich patří mezi strunatce?

Základem pro atol je vyhaslá podmořská sopka, která ční nad hladinu. Okolo jejího kužele, který je pod hladinou, začnou růst korály a vznikne korálový útes. Časem sopka ční nad hladinu eroduje a poklesá, avšak živý korálový prstenec stále přirůstá a zůstává těsně pod hladinou. Přisedle žijí třeba houbovci a mechovky, přisedlí strunatci jsou např. sumky.

