

Biologický korespondenční seminář



Biozvěst

Ročník 0

Serie 1 - řešení

Milí řešitelé

První série Biozvěstu se uzavírá, řešení úloh je tady. Moc nás potěšil Váš zájem o řešení úloh a doufáme, že nám zachováte přízeň i nadále.

Oproti zadání byla provedena drobná korekce bodového ohodnocení úloh, tak se Vám omlouváme za případné zmatení. Pokud byste měli připomínky k autorskému řešení, neváhejte a ozvěte se, věcné chyby v řešení, které naleznete a podložíte relevantním literárním zdrojem budou ohodnoceny speciálními body.

Ve Vašich řešeních byste měli najít komentáře, které zdůvodňují bodové hodnocení odpovědí jiným než maximálním počtem bodů. Pokud komentáře nenaleznete, nahrálo se zřejmě řešení v režimu, který nám neumožňoval editaci při opravování. Pokud by Vám nebylo jasné, proč jste získali konkrétní počet bodů, ozvěte se.

Přeji mnoho zdaru při řešení druhé série,
Stanislav Vosolsobě

Úloha 1: Slavníkovci

Autor: Stanislav Vosolsobě

Počet bodů: 13

Kdyby v českém dávnověku nedošlo k vyvraždění rodu Slavníkovců Přemyslovci, ale k opačné události, nemuselo být hlavní české město v Praze, nýbrž v místě tehdejší tvrze Slavníkovců. Dnes se v její těsné blízkosti rozkládá významná národní přírodní rezervace.

1) Kdy, kde a za jakých okolností došlo ke genocidě Slavníkovců

28.9.995, v den sv. Václava na hradišti v Libici nad Cidlinou v době, kdy většina slavníkovských bojovníků byla na válečné výpravě a navíc byl porušeno obecně uznávané právo na mír v době slavení svátku (hlavní masakr se navíc uskutečnil v kostele, kam se většina obyvatel, hlavně ženy a děti, shromáždili). Přežil jen kníže Soběslav a sv. Vojtěch, kteří byli tou dobou mimo Libici, o jejich osudech jistě najdete plno zajímavých pramenů. Hradiště nebylo nikdy obnoveno a rod ztratil historický význam. 1,5 bodu

2) Jaká rezervace se zde rozkládá a co je předmětem ochrany?

Národní přírodní rezervace Libický luh. Chrání komplexy lužních lesů s tůněmi a slepými rameny a několika nelesními ekosystémy. Zajímavé organismy jsou např. listonoh jarní *Lepidurus apus*, žábřonozka sněžní *Eubranchipus grubii*, páchník hnědý *Osmoderma eremita*, žebratka bahenní *Hottonia palustris* a hadilka obecná *Ophioglossum vulgatum*. Více informací naleznete např. v článku

<http://www.casopis.ochranaprirody.cz/clanky/libicky-luh.html>

1 bod

3) Chráněný biotop je významným a velmi cenným fenoménem této části české krajiny. Jaké mohlo být jeho rozšíření v minulosti a jaké by bylo jeho přirozené rozšíření v české krajině (v hypotetické krajině bez vlivu člověka)?

Ve středověku bylo zřejmě rozšíření lužních lesů větší než dnes a luhy lemovaly toky velkých řek. Úbytek nastal především v 19. a 20. století při destrukci řek napřimováním koryt a melioracích podmáčených pozemků (doporučuji podívat se na www.mapy.cz na vrstvy z 19. století a uvidíte, jaké zvrstvení na české krajině bylo učiněno). V hypotetické krajině bez vlivu člověka (analogií je předchozí interglaciál) by však luhy pravděpodobně tvořily jen fragmentovaný vzácný biotop, neboť luh je závislý na akumulaci sedimentů v říčních nivách díky častým povodním a velké erozi z okolního území - to probíhá dnes díky zemědělské činnosti a velkoplošnému odlesnění krajiny, čili luhy jsou do značné míry

antropogenně podmíněný biotop.

1,5 bodu, bez významu člověka -1 bod

4) Objasněte vznik tohoto biotopu v souvislosti s říční aktivitou.

Pro vznik luhu je nezbytná plochá niva s meandrujícím tokem, vysoko položenou hladinou spodní vody (ta je dána hladinou řeky, řeka tedy nesmí být příliš zařizlá do sedimentů) a častými povodněmi, které přináší živiny (luh je vysoce eutrofní ekosystém). 1 bod

5) Aktivita velkých řek se během čtvrtohorních cyklů významně mění, patrným důsledkem těchto cyklů je existence říčních teras. Popište a vysvětlete jak se liší aktivita řek v glaciálu a interglaciálu, jaký typ aktivity panuje současnosti a proč?

V glaciálu je malý vegetační kryt a celoplošně působí silná erozní činnost (ledovcová, mrazová, větrná i vodní, přestože srážek je v glaciálech obecně málo). V nižších polohách v okolí velkých řek dochází k masivním akumulacím splavovaného materiálu, nivy jsou ploché a široké, řeky meandrují a rozvodňují se, neboť odtokový režim z krajiny je nepravidelný díky absenci vegetačního krytu. Úroveň říční hladiny se postupně zvyšuje, tak jak se nivy zanáší materiálem. 1 bod

Naopak v interglaciálu je souvislý vegetační pokryv, eroze je minimální, odtokový režim pravidelný a povodně minimální. Řeky neakumulují na dolním toku materiál, ale naopak se postupně zahlubují do sedimentů z glaciálu. Koryta jsou hluboce zahlubena do říční nivy. 1 bod

Dnes je sice interglaciál, avšak vegetační pokryv díky lidské činnosti odpovídá glaciálu - zejména polní pozemky. Eroze je extrémní a časté jsou povodně. Na dolním toku převládá akumulace a z hlediska sedimentárního záznamu panuje od neolitické revoluce „zvláště silný glaciál“. Např. v Polabí bývají archeologické lokality z přelomu tisíciletí pohřbeny několika metry sedimentů... 1,5 bod

6) Z výše zmíněné rezervace byl popsán nový druh orchideje. O který druh se jedná, jaké je jeho rozšíření a jaký je hlavní znak, kterým se liší od příbuzných druhů rodu?

Kruštík polabský *Epipactis albensis*, dnes nalézán i na Moravě a v dalších středoevropských zemích. Vždy se nalézá jen v lužních lesích do cca 300 m n. m., je striktně vázán na topoly díky mykorhize. Hlavní znak od příbuzné skupiny kruštíku široolistého *E. helleborine* je striktní samosprašnost (autogamie). V květu nemá rostellum, které brání vypadávání pylu na bliznu. Další znaky jsou pozdní doba květu (až září) a celkově malý vzrůst. Podobné autogamické kruštíky jsou popisovány i z jiných míst Evropy a zřejmě vznikly nezávisle. 1 bod

druh 1 bod
rozšíření 1 bod

Za hlavní znak 1 bod, bez uvedení autogamie -1 bod,

bez zdůraznění jakéhokoliv relevantního hlavního znaku -0,5 bodu

7) Uveďte nejvýznamnější zločiny na přírodě, které byly (či jsou) konány v této lokalitě.

Ač je lokalita chráněna jako NPR (tudíž s vyloučením vstupu člověka), nebránilo to výstavbě dálnice (částečně přes typovou lokalitu kruštíku), vysazování nepůvodních druhů dřevin (nalezneme zde cizokrajné topoly, ale dokonce i jeden malý roztomilý „smrčák“), příkopy cest byly bagrovány (přestože zde byl doložen výskyt vzácných druhů), luční prvky nejsou sekány a již před mnoha desítkami let bylo regulováno Labe a biotop není tudíž pravidelně zaplavován. 1,5 bodu za alespoň 3 hříchy

Úloha 2: Typický experiment

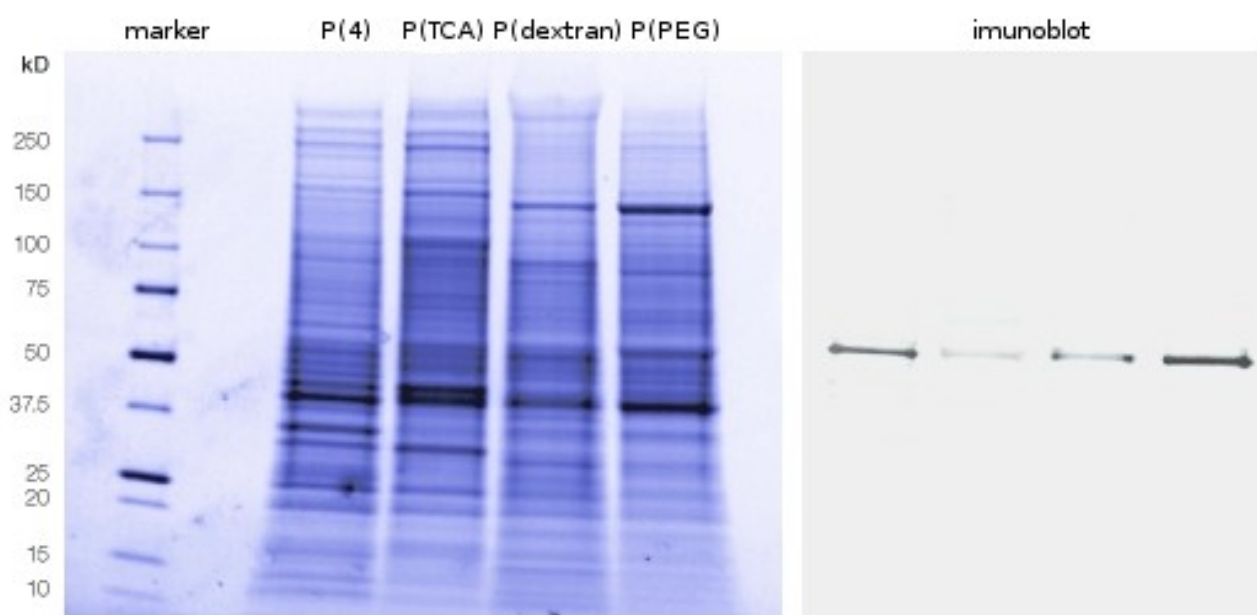
Autor: Stanislav Vosolsobě

Počet bodů: 22

Při hledání významu genu *X* v buňkách suspenzní kultury BY-2 jsme pátrali po vnitrobuněčné lokalitaci jím kódovaného proteinu *X*. Buňky suspenzní kultury jsme odfiltrovali od růstového media, zmrazily v tekutém dusíku a rozdrtili je ve třecí misce. Poté jsme k homogenisátu přidali

pufř, který stabilisuje pH, upravuje osmotickou aktivitu a obsahuje inhibitory proteáz. Vše jsme centrifugovali 10 minut při 4 000 g za teploty 4°C. Na dně centrifugační kyvety se usadil pelet P₄ a nad ním zůstal supernatant S₄. Supernatant S₄ jsme přelili do nové kyvety a centrifugovali hodinu při 30 000 g při 4°C. Získali jsme frakce P₃₀ a S₃₀. K supernatantu S₃₀ jsme přidali trichloroctovou kyselinu (TCA), vznikl bílý precipitát P_{TCA}, který jsme oddělili od zbytku roztoku centrifugací. Pelet P₃₀ jsme důkladně resuspendovali ve fosfátovém pufru a navrstvili do kyvety nad vrstvy roztoků dextransu a polyethylenglykolu (PEG). Vše jsme důkladně promíchali a nechali přes noc stát při 4°C, kdy se obnovilo fázové rozhraní mezi roztoky dextransu a PEG. Obě fáze jsme druhý den naředili fosfátovým pufr̄em a podrobili centrifugaci (tentokrát 1 hodinu při 100 000 g a 4°C). Získali jsme pelety P_{dextran} a P_{PEG}.

Všechny čtyři získané pelety (P₄, P_{TCA}, P_{dextran}, P_{PEG}) jsme rozpustili za tepla v pufru s SDS a močovinou a provedli jsme proteinovou elektroforezu. Díky tomu, že jsme si předtím připravili protilátku proti našemu proteinu, mohli jsme provést po elektroforese western blot a detekovat, ve které frakci je náš protein obsažen. Výsledek elektroforezy a následné imunodetekce je na obrázku.



- 1) **Co je kultura BY-2, z jakého organismu byla odvozena, za jakým účelem a k čemu se využívá dnes?**

Kultura BY-2 je buněčná suspenze odvozená z kalusu tabáku *Nicotiana tabacum* kultivaru 'Bright Yellow'. Na jejím odvození se podílel tabákový průmysl, ale jako zdroj nikotinu se kultura neosvědčila. Je základním modelem při studium buněčné biologie u rostlin díky snadné kultivaci.

1 bod

- 2) **Proč se k homogenisátu přidávají inhibitory proteáz?**

Proteasy jsou přítomny v každém buněčném extraktu a degradovaly by ostatní proteiny během izolace (v živé buňce proteasy slouží k řízené degradaci nepotřebných bílkovin).

1 bod

- 3) **V jaké podobě se budou vyskytovat membránové organely po homogenisaci?**

Membrány (plasmatická, vakuolární, ER, Golgiho aparátu aj.) se fragmentují a balí do malých váčků, tzv. mikrosomů, které zachovávají stejnou strukturu jako měla výchozí membrána (fosfolipidová dvouvrstva, integrální a periferní proteiny).

1 bod

- 4) **Popište princip centrifugace, které všechny parametry ovlivňují sedimentační rychlost částic?**

Separace mikročástic pomocí rotace - odstředování. Částice s vyšší sedimentační rychlostí se dostávají dále od středu. Rychlost sedimentace je ovlivňována rychlostí rotace a rotačním poloměrem, poměrem hustot částice a media a velikostí částice (na té závisí třecí odporová

síla). Při zvyšující se rychlosti rotace typicky sedimentují postupně buňky, organely, membránové váčky, ribosomy, proteinové komplexy, proteiny. Např. označení podjednotek ribosomu 40S, 60S,... je právě odvozeno ze sedimentační rychlosti.

Za princip 0,5 bodu, za faktory 2 body

5) Co vyjadřuje jednotka g a jak souvisí s rychlostí rotace, objasněte pojmy rcf a rpm.

Jednotka g je ekvivalent rcf a vyjadřuje relativní centrifugační zrychlení (poměr zrychlení při centrifugaci vůči tíhovému zrychlení na Zemi g). Centrifugační zrychlení je přímo úměrné poloměru rotoru a kvadraticky roste s frekvencí rotace (neboli rpm, počet otáček za minutu).

$$rcf = \left(2\pi \frac{rpm}{60} \right)^2 \frac{r}{g}$$

kde r je poloměr rotoru centrifugy v metrech a g je tíhové zrychlení.

Za význam g 1 bod

za vzorec či slovní popis kvadratického vztahu 1,5 bod

(pokud není zmíněn kvadratický vztah -0,5 bodu,

pokud není uvedena závislost na poloměru -0,5 bodu)

Za rpm a rcf 1 bod

6) Specifikujte složení peletu P₄ a supernatantu S₄ z hlediska organel, sacharidů, lipidů, proteinů a nukleových kyselin.

Po rozdrcení buněk v tekutém dusíku sedimentují při nejmenších otáčkách jádra, která zůstávají po homogenisaci celistvá, fragmenty buněčných stěn a neúplně rozdrcené buňky, plastidy, částečně mitochondrie a v malé míře přicházíme i o mikrosomální váčky. V supernatantu zůstává veškerá cytoplazma s proteiny, sacharidy, mRNA, ribosomy a většinou membránových organel (endoplasmatické retikulum, Golgiho aparát, různé drobné váčky, většina mitochondrií, fragmenty vakuoly a plasmatické membrány, vše je ve formě drobných váčků, které se nazývají mikrosomy).

2 body

7) Stejným způsobem charakterizujte frakce P₃₀ a S₃₀.

Při vyšších otáčkách získáme pelet mikrosomální frakce, tj. směs fragmentů membránových organel. V supernatantu zůstávají proteiny, sacharidy, mRNA a ribosomy z cytoplazmy a samozřejmě také obsah vakuoly (převážně oligosacharidy).

2 body

8) Co se stalo po přidání TCA k S₃₀?

Trichloroctová kyselina denaturuje a sráží proteiny, získáme tak koncentrovaný pelet cytoplasmatických proteinů.

1 bod

9) Za jakým účelem jsme prováděli extrakci P₃₀ systémem PEG-dextran, jaký je její princip a co obsahují frakce P_{dextran} a P_{PEG}?

PEG a dextran jsou polymery rozpustné ve vodě, které se liší polaritou. Po smísení vytvářejí dvě oddělené fáze, podobně jako voda a olej, s tím rozdílem, že obě fáze jsou založeny na vodním prostředí. Přidáme-li do systému emulsi mikrosomů, rozdělují se váčky původem z plasmatické membrány od váčků vnitřních membránových organel (ER, GA, vakuola...), neboť se liší afinitou k PEGu či dextranu. Plasmatická membrána má na povrchu více polární lipidy a sacharidy a má větší afinitu k PEGu, ve frakci P_{PEG} bude tedy především plasmatická membrána, v P_{dextran} budou zbývající membránové organely. Dělení však nemá 100% selektivitu a tak musíme vždy počítat s kontaminacemi.

1 bod za princip + 2 body za složení fází.

Za jinou smysluplnou hypotézu použití dělicího systému 0,5 bodu

10) Proč jsme celou dobu pracovali při 4°C?

Zabraňujeme rozpadu a denuraci proteinů a účinkům proteáz.

1 bod

11) Na základě výsledného obrázku stanovte, ve které části buňky se zkoumaný protein X vyskytuje. Diskutujte, proč byl protein detekován ve více frakcích.

Protein X dominuje v PEG frakci pocházející z plasmatické membrány, protein se tedy nacházel nejpravděpodobněji na plasmatické membráně. Jeho výskyt v endomembránové dextranové frakci je buď kontaminace, nebo reflektuje syntézu membránového proteinu v

ER a jeho váčkový transport přes GA na PM. V cytoplasmatické frakci je jen jako kontaminace, do frakce jader a fragmentů buněčných stěn byl zřejmě stržen s nedostatečně homogenizovanými buňkami a část membrány zůstala možná zachycena na buněčné stěně.

4 body za každou vysvětlenou frakci

Úloha 3: Fylogenetika

Autor: Stanislav Vosolsobě

Počet bodů: 10

Podobností mezi různými druhy organismů si lidé všímali od nepaměti. Už v Bibli jsou rozlišovány hlavní třídy organismů (rostliny, ryby, ptáci, savci,...) a zároveň již i tehdejší mudrci intuitivně vnímali hierarchie mezi různými skupinami dle komplexity jejich tělní stavby a vysvětlovali to stářím těchto skupin (tj. dobou stvoření). Biosféra si o podrobnou hierarchizaci přímo žádá a podrobný systém organismů vytvořil již Aristoteles a k dokonalosti ho dovedl Carl von Linné, přestože nebyl tehdy zatím vysloven základní postulát fylogenetiky - Darwinova evoluční teorie, dle které jsou si všechny organismy genealogicky příbuzné, z čehož vyplývá jejich podobnost a tudíž má smysl hledat strom jejich příbuznosti.

1) Který z velikánů biologie 19. století (a mimo jiné i významný inspirátor secese) prvně znázornil evoluci organismů v podobě stromu (statného letitého dubu)?

Ernst Haeckel. V Jeně, kde působil je dodnes fyletické museum, které se věnuje ryze fylogenetice. Jeho ilustrace přesahují rámec klasické vědecké ilustrace jsou fenomenálními výtvy.

1 bod

2) Nejstarší fylogenetické rekonstrukce byly často zakládány pouze na jednom znaku a mnohdy nebyly přesné. Proč se může mýlit strom založený na jednom znaku? Jak se nazývají situace, kdy jsou si organismy v konkrétním znaku podobné, ale přesto si nejsou příbuzné?

V jednom znaku hrozí nebezpečí konvergenčí (nepříbuzné skupiny sdílí stejný znak - např. teplokrevnost ptáků a savců) a paralelismů (u příbuzných skupin se nezávisle vyvine stejný znak - např. přeměny listu v rámci jedné čeledi). Oba termíny významově poněkud splývají, dále se můžete setkat s termíny analogie (tj. podobnost, která nemusí být nutně způsobená příbuzností) a homoplázie (obecné pojmenování pro výše uvedené jevy). Jeden samotný znak také nemusí být dostatečně informativní.

1 bod

3) Až po polovině 20. století se fylogenetika stává vědou a předchozí systémy vytvářené dle intuice a letitých zkušeností taxonomů mohou být kriticky a objektivně hodnoceny. Nový progresivní proud se nazývá kladistika. Kdo byl zakladatelem kladistiky?

Willi Hennig, německý entomolog. Metoda však našla uplatnění až v 80. letech díky výpočetní síle počítačů (a také byly Hennigovy práce dlouho opomíjeny, neboť byly německy).

1 bod

4) Jaké jsou požadavky na znaky používané při rekonstrukci - objasněte termíny „homologický znak“, „ancestrální“, „odvozený“ a „outgroup“.

Homologie - porovnávaný znak u dvou druhů má stejný původ – odpovídající strukturu měl i jejich předek a současné druhy ho zdělili (např. přední končetiny savců - křídlo netopýra a ruka), naproti tomu nehomologické (homoplázie) by byly třeba ocasní ploutve delfinů a ryb. Ancestrální - primitivní, znak v původní formě (přední končetiny jsou ancestrální forma křídel).

Odvozený - moderní stav znaku (změněný ve srovnání s předky)

Outgroup - slouží k výše popsané polarizaci znaků. Je to druh či skupina druhů, která nespadá do skupiny jejichž fylogenezi zkoumáme, ale zároveň musí být blízce příbuzný, aby měl všechny sledované znaky, které používáme k porovnávání (tj. třeba bakterie není dobrý outgroup pro studium evoluce ryb).

4 body

5) Jak se vypořádává kladistika při rekonstrukci fylogeneze se základním problémem uvedeným v otázce 2?

Jediným možným způsobem je maximalisovat množství znaků a zahrnout při posuzování homologie anatomii, embryologii, paleontologii a pod., které mohou lépe proniknout do souvislostí mezi znaky lépe, než prostá morfologie. *1 bod*

6) Příbuznost je z podobnosti vyvozována dle kritéria maximální parsimonie. Popište tento princip. (Inspirace k úvahám na dlouhé zimní večery: musí tento princip vždy reflektovat realitu, nebo může evoluce probíhat i divoceji?)

Nejparsimonnější model evoluce je ten, který popíše stavový vývoj znaků s použitím nejmenšího počtu evolučních změn. Tedy např. vysvětlení skutečnosti, že člověk se pohybuje po dvou končetinách a šimpanz a gorila po čtyřech jedinou změnou v linii vedoucí k člověku je parsimonnější, než předpokládat, že společný předchůdce všech byl dvounohý a oba lidoopi se nezávisle naučili lézt po čtyřech. Podobně, pokud rekonstruujeme příbuznost, vybíráme ten strom, který vyžaduje nejmenší celkový počet evolučních změn. Je však třeba zdůraznit, že pokud jsou nějaké indicie, že evoluce probíhala složitější cestou, nesmíme se parsimonistického přístupu křečovitě držet. *1 bod*

7) Co znamená „parsimonně informativní znak“?

Je to znak, na základě kterého můžeme vytvořit alespoň jednu taxonomickou skupinu, neboli seskupit alespoň dva druhy k sobě. Pro rekonstrukci fylogeneze je nepodstatná informace o změně znaku u jediného druhu. Potřebujeme, aby tuto změnu sdílely minimálně dva druhy. Taktéž se používají pojmy „informativní“ a „evolučně informativní znak“. *1 bod*

Skutečnou tvorbu stromu si vyzkoušíte v následující úloze.

Úloha 4: Fylogenetika v praxi

Autor: Stanislav Vosolsobě

Počet bodů: 10

Nyní si budete moci vyzkoušet rekonstrukci fylogeneze na vlastní kůži. Vyberte si optimálně deset druhů, rostlin, hub či zvířat (nemusíte je určovat), nasbírejte je a pokuste se na nich najít co možná největší množství znaků, které by měly splňovat podmínku homologičnosti a být parsimonně informativní. Znaky vyplňte do tabulky. Vždy používejte binární kódování znaků (0/1). Všimněte si, jakým způsobem jsou kódovány znaky o barvě - nesprávná forma je v poslední, sloupečku. Proč jsme nezavedli sloupeček „barva květů zelená“? Dále nezapomeňte přidat do tabulky druh, který bude sloužit jako outgroup. Výrobě stromu z dat se budeme věnovat v příští sérii.

Ve vzorové tabulce znaků nebyl použit sloupec pro třetí barvu, neboť vyplývá z předchozích dvou znaků. *1 bod*

Hodnocení vlastní praktické úlohy bylo provedeno podle následných kritérií:

<i>Výchozí počet bodů</i>	<i>5 bodů</i>
<i>Za nadstandardní počet znaků (>15)</i>	<i>+1 bod</i>
<i>Za znaky, které vyžadují nadměrné anatomické úsilí (pitva, použití lupy/mikroskopu)</i>	<i>+2 body</i>
<i>Za práci s taxony, které vyžadují zvýšené úsilí při sběru a analýze</i>	<i>+1 bod</i>
<i>Počet znaků < (9-10)</i>	<i>-1 bod</i>
<i>Použity znaky a druhy které nevyžadují praktickou práci s materiálem</i>	<i>-(1-2) bod</i>
<i>Za každý parsimonně neinformativní znak</i>	<i>-1 bod</i>
<i>Použití znaků zjevně nehomologických</i>	<i>-1 bod</i>
	<i>maximum 9 bodů</i>

Z hlediska relevantnosti analýzy bych spíše doporučoval studium taxonů v rámci jedné čeledi, neboť se lépe hledají homologické znaky a je šance, že triviální morfologické znaky, které jste schopni nejsnadněji získat, nebudou podléhat konvergencím. Na velké škále (řády, oddělení) ztrácí hledání znaků na zajímavosti, neboť použitelných morfologických znaků je málo a člověk je nucen

používat znaky známé ze základoškolské výuky (typ žilnatin, ssavost...) a od praktické úlohy přecházíme k rešeršní. Dále bych se u praktických úloh přimlouval za pár řádek metodiky (kdy byly druhy sebrány, jak analyzovány) - jen tak se dá odlišit praktická práce od rešerše a o pár slov diskuse zhodnocující experiment.

Úloha 4: Databáze

Autor: Stanislav Vosolsobě

Počet bodů: 8

Vyzkoušíme si na vlastní kůži práci s genovými databázemi. Zaměříme se na protein keratin, který je jedním ze základních stavebních prvků živočišného organismu.

8) Například na anglické Wikipedii si prostudujte, jaké bohatství typů keratinu se vyskytuje v lidském těle.

Celkem je u člověka 54 genů pro různé keratiny. Dva základní typy jsou I (kyselé) a II (neutrální až bazické). Dále v každé skupině jsou epiteliální (těch je celkem 20 základních + 7 doplňkových a zbývající jsou vlasové). Tedy je třeba rozlišit minimálně 4 skupiny.

Za zevrubnou charakterisaci genové rodiny až 2 body

9) Vyhledejte pro každou skupinu lidských keratinů některý z proteinů v databázi ncbi a uložte si sekvence ve formátu fasta. Obsah souboru zkopírujte do řešení úlohy.

4 body za jednu sekvenci z každé skupiny

+1 bod při větším počtu sekvencí

-1 bod, pokud není řešení přehledně strukturováno,

celkem 5 bodů

10) Porovnejte, jak výrazně se jednotlivé proteiny, které vznikly prapůvodně z jediného předka, liší.

Proteiny jsou silně odlišné. Konzervované bloky nejsou na první pohled zřejmé a proteiny se silně liší i délkou a unikátními doménami. Srovnávání jednotlivých aminokyselinových pozic zatím nemělo smysl, neboť jsme neprovedli homologisaci pozic mezi proteiny.

Evoluce proteinů probíhá insercemi a delecemi, tudíž např. 30. pozice u jednoho proteinu může být evolučně stejný původ jako třeba 50. pozice u druhého. Blíže se tomu budeme věnovat ve třetí serii.

1 bod