

Biologický korespondenční seminář



Biozvěst

Ročník 6

Série 1

Milé řešitelky, milí řešitelé,

je nejvyšší čas zahájit další ročník biologického korespondenčního seriálu Biozvěst. Stejně jako v předchozích ročnících na Vás čekají rozličné úlohy, po pěti v každé ze čtyř sérií, vymyšlené tak, abyste se při jejich řešení museli zamyslet a zároveň se i něco naučit.

Nezměněn zůstal formát úloh: tři teoretické, jedna praktická a jedna seriálová – téma pro šestý ročník budou oporné struktury. Dále prozkoumáme hálky, zaposloucháme se a podíváme se na biotu pod našima nohama. Experimentování bude protentokrát patřit rostlinám.

Jak řešit

Veškeré pokyny k řešení semináře získáte na internetové stránce Biozvěstu

<http://www.biozvest.arach.cz>

(nebo zadejte „Biozvěst“ do Google). Na stránce také naleznete přihlášku, kterou vyplňte. Úlohy Vám budeme zasílat automaticky na e-mailovou adresu uvedenou v přihlášce. Pokud budete chtít ukončit odběr novinek o Biozvěstu, napište nám e-mail.

Dále se k nám můžete připojit prostřednictvím Facebooku, skupina „Biozvěst“, kde lze probírat aktuality a diskutovat dle libosti.

<https://www.facebook.com/groups/175384482597684/>

Vaše řešení úloh nám pošlete na adresu:

biozvest@gmail.com

Nejpraktičtější formou řešení bude prostý text v e-mailu, ale přijímáme veškeré formáty příloh. Každou úlohu pište do samostatného e-mailu a v předmětu uveďte

Ročník-Série-Úloha-Jméno_Příjmení,

např. **6-1-3-Bioslav_Biomilný** v případě třetí úlohy první série aktuálního ročníku.

Uzávěrka 1. série: pondělí 3. 12. 2018 o půlnoci.

Vyhodnocení Vašich řešení dostanete e-mailem.

Nelekejte se, když Vám přijdou úlohy na první pohled příliš těžké, ponořte se do informačních zdrojů a uvidíte, že na vše lze někde nalézt odpověď. Dobré tipy k řešení naleznete také na stránce Biozvěstu v sekci „Návody“. Není nutné, abyste kompletně vyřešili všechny úlohy a asi se to ani nikomu nepodaří, stačí odeslat libovolně velký fragment. Oceníme, pokud přiložíte jakékoliv připomínky (např. úloha byla příliš lehká/těžká, nesrozumitelná, nudná), úlohy se pokusíme tvořit k Vaší maximální spokojenosti.

Veškeré dotazy či připomínky směřujte na adresy

biozvest@gmail.com či vosolob@natur.cuni.cz (na druhé adrese máte větší šanci na rychlé zodpovězení otázky), nebo na e-mailové adresy autorů konkrétních úloh. Kontakty naleznete na webu Biozvěstu.

Biodiverzitě a řešení Biozvěstu zdar!

Václav Bočan

Úloha 1: Život v půdě

Autor: Jasna Simonová

Počet bodů: 18

Věnováno památce prof. J. Smrže.

Půda je prostředím, které je nám lidem poněkud skryté. Pod povrch půdy nevidíme a organismy, které tam žijí, jsou často velmi malé (už třeba takové žížaly řadíme k půdní megafauně). Mnoho důležitých půdních organismů také na první pohled nevypadá příliš zajímavě, jako třeba kořeny rostlin či hyfy hub. Navíc zde velkou roli hrají různé dlouhotrvající chemické procesy, které mohou být těžko představitelné. Na půdě však závisí (téměř) veškerý nadzemní život. Pojďme se tedy podívat pod její povrch.



Obr. 1: Část odkrytého půdního profilu. (Chris Yeates)

- Nejhluběji pod povrch půdy vidíme většinou na místech, kde někdo vyhloubil velkou díru – tedy tam, kde právě probíhají stavební práce, na okraji nějakého lomu či v místě, kdy řeka eroduje okolní nivu. V odkrytém půdním profilu můžeme rozeznat rozdílné vrstvy, půdní horizonty. Každý je charakteristický svým vzhledem a procesy, které v něm probíhají. Organismy jsou nejvíce činné ve svrchních horizontech, které obsahují hodně organické hmoty (především zbytků mrtvých těl rostlin, hub a živočichů). Na rozkladu této organické hmoty a její mineralizaci se podílejí různí rozkladači (saprotrofové), jejichž složení je v různých typech půd velmi rozdílné.
 - Jaké půdní rozkladače byste našli v jehličnatém lese někde na Šumavě a jaké v tvrdém luhu ve středních Čechách? Popište na úrovni skupin jako jsou třeba bakterie, houby, chvostoskoci, žížaly...
 - Jak nazýváme typy humusu, které jsou pro tato prostředí typické?
 - Typ humusu do značné míry souvisí s tím, které organismy jej vytvářejí (produkty metabolismu a vlastního rozkladu těl zmíněných skupin organismů se liší konzistencí, obsahem látek i třeba kyselostí). Které faktory prostředí určují, jaký na daném místě vznikne humus (a spolu s tím i kteří rozkladači zde budou působit především)?
- V první otázce jsme se už dotkli faktorů ovlivňujících to, jak bude půda na konkrétním místě vypadat. Proces pedogeneze, neboli tvorby půd, je velmi komplexní a dochází při něm ke vzájemným interakcím půdy a nadzemní části biosféry, které jsou společně ovlivňovány klimatem a podložím. Důležitou součástí svrchní části půdy je organická hmota. Její část se v půdě mineralizuje na jednoduché produkty, jako jsou třeba oxid uhličitý, amoniak nebo sodík.

V půdě však najdeme také chemicky stabilnější a složitější organické sloučeniny, které nevznikají pouze přímým rozkladem organické hmoty, ale i syntézou produktů tohoto rozkladu. Tyto tzv. humifikované organické látky mají důležitou roli v půdotvorných procesech – dokáží dobře vázat živiny, umožňují jejich migraci mezi různými půdními horizonty a ovlivňují také strukturu půdy. Mezi humifikované organické látky bývají řazeny huminové kyseliny, fulvokyseliny, huminy a huminové uhlí. Huminy a huminové uhlí se vyznačují především nerozpustností, někteří autoři je chápou jako huminové kyseliny pevně vázané na minerální částice v půdě.

- a. Čím se chemicky liší huminové kyseliny a fulvokyseliny?
 - b. Z kterého typu opadu vznikají?
3. Když se podíváme na zem třeba ve smíšeném lese, dobře uvidíme, že rychlosti rozkladu různého rostlinného materiálu se velmi liší – jinak rychle se rozkládá dřevo a jinak jehličí či listí, velké rozdíly jsou i mezi stejným materiálem z různých druhů stromů. Proč trvá tak dlouho, než se z dřeva stane půda? Samotné dřevo obsahuje pektiny, hemicelulózu a celulózu, které jsou rozložitelné snadněji, a lignin, který rozkladu odolává lépe. Zejména pak jádrové dřevo, tvořené už mrtvými buňkami, je plné látek, které jsou pro potenciální rozkladače toxické a které tak rozkladu dřeva mají bránit – patří mezi ně například různé terpeny, fenoly a alkaloidy. Primárními rozkladači dřeva jsou houby, spousta druhů hub si však dokáže poradit jen s některými složkami dřeva. Podle toho, jaké složky dřeva dovedou houby rozložit, v jakém prostředí rozklad probíhá a jak napadené dřevo vypadá, dělíme dřevokazné houby do tří ekologických skupin.
- a. Vyjmenujte tyto skupiny, popište, čím se liší a ke každé vypište alespoň dva zástupce. Přidejte i jejich obrázek (nezapomeňte uvést zdroj).
 - b. V kterých částech rostlinných buněk se zmiňované složky dřeva nacházejí?
 - c. Proč je lignin rozložitelný tak těžko (vzhledem k ostatním zmiňovaným složkám dřeva)? Popište, s jakými chemickými záludnostmi se jeho rozkladači musejí potýkat.
4. Houbové hyfy prorůstající dřevní hmotu usnadňují také přístup ostatním organismům, které dřevo postupně kolonizují. Mezi ně patří jak ty nejmenší, bakterie, tak také větší organismy, jako jsou třeba hlísti, roztoči, stejnonožci, mnohožky, chvostoskoci, larvy brouků, žížaly, roupice a plži. Mezi kolonizátory rozkládajícího se dřeva najdeme také predátory a parazity, vzájemné vztahy všech obyvatel tu tedy mohou být velmi složité. Představte si pěkný rozkládající se kmen (nespecifikovaného druhu stromu) v nížinném vlhkém a živinami bohatém lese, na kterém žijí výše uvedené organismy, a pokuste se sestavit jejich potravní síť. Nezapomeňte, že organismy z jedné skupiny se často nacházejí na různých tzv. trofických úrovních (patrech potravní pyramidy) – například někteří roztoči se živí houbami, někteří bakteriemi, jiní hlísty, jiní třeba dravými chvostoskoky, kteří se živí hlísty. Stačí, pokud v potravní síti uvedete ekologické skupiny vyšších taxonomických jednotek (např. hlísti živící se houbami), musíte si však být jisti, že taková skupina opravdu existuje. Za konkrétnější uvedení organismů v potravní síti (rody nebo druhy) můžete dostat bonusové body. Pokud budete chtít, do potravní

sítě můžete přidat i další vhodné organismy. Šipka v potravní síti vždy ukazuje tím směrem, kterým se přesouvá energie (tedy od kořisti k predátorovi, od hostitele k parazitovi). Nezapomeňte uvést zdroje informací, ze kterých jste při sestavování sítě čerpali.



Obr. 2: Chvostoskok rodu *Dicyrtomina* ze skupiny *Symphyleona*; pod kůrou v obnoveném lese, Nový Zéland. (Andy Murray)

5. Jedněmi z neznámějších půdních živočichů vůbec jsou žížaly. Setkali jsme se s nimi už na naší rozkládající se kládě, kde se chovají tak, jak bychom to spíše nečekali – nevtají v půdě, ale prolézají pod kůrou a skrz samotné dřevo. Po nich zůstává v chodbičkách velké množství trusu zvaného trusinky, které už mají v půdě hodně blízko. Tyto tzv. pozemní žížaly, jež žijí v organické hmotě na povrchu půdy, jsou často krátkověké a lidé je přímo využívají například při kompostování. Jak se od nich liší tzv. endogeické a anektické žížaly? Jmenujte příklad nějakého druhu pro obě skupiny.
6. O významu žížal pro půdu (a potažmo samozřejmě zemědělství) se mluví hodně.
 - a. Popište alespoň tři principiálně rozdílné způsoby, kterými žížaly charakter a vývoj půdy ovlivňují.
 - b. Jaké skupiny organismů mají pro půdy podobný význam v biotopech, které nejsou pro žížaly moc příznivé (kvůli velmi suchému či kyselému a zamokřenému prostředí)?
7. Žížaly patří k organismům, které zlepšují vlastnosti půdy tak, aby z ní rostliny mohly snadněji přijímat minerální látky. Některé tyto látky, například železo, mohou však být v půdě dost pevně vázané a rostliny musí nejprve aktivně zvýšit jejich rozpustnost alespoň v nejbližším okolí kořenů, v tzv. rhizosféře. Jakým způsobem to rostliny dělají? Tento princip se uplatňuje také při získávání živin, které jsou v okolí rostliny vzácné.
8. Důležitým prvkem, který může limitovat růst rostlin, je dusík. Přestože tvoří většinu atmosféry, rostliny (ani živočichové) ho v podobě molekul N_2 , kde jsou atomy dusíku spojené pevnou trojnou vazbou, nemohou přijímat. Proto je často zdůrazňován význam bobovitých rostlin, které žijí v symbióze s tzv. hlízkovými bakteriemi, které vzdušný dusík dokáží fixovat a převádět do podoby, která je rostlinami využitelná. Jakými dalšími cestami se dusík do půdy dostává? Jmenujte alespoň dvě.
9. Když mluvíme o životě v půdě, neměli bychom opomenout mykorrhizy, tedy symbiotické vztahy mezi rostlinami a houbami. Dochází při nich k propojení kořenového systému rostlin a mycelia hub a k transportu různých látek mezi těmito organismy. Od rostliny tak do podzemního houbového mycelia proudí organické látky vzniklé během fotosyntézy, naopak houbové mycelium napojené na kořenový systém usnadňuje rostlině příjem minerálních látek z půdy. To samozřejmě zdaleka není všechno, vztahy mezi účastníky mykorrhizní symbiózy mohou být dost složité a směr toku

zmiňovaných látek může být i obrácený. Jaké důsledky na pohyb dusíku v ekosystému by podle vás mohl mít fakt, že bobovité rostliny jsou častými účastníky mykorrhizních vztahů? Jak byste svoji hypotézu ověřili?

10. Neměli bychom zapomenout ještě na jednoho slavného půdního živočicha, a to krtka obecného (*Talpa europaea*). Krtci jsou známí svým vrtáním podzemních horizontálních chodeb, uvolněný materiál pak vyhrnují na povrch půdy v podobě známých krtinců. Nalezené žízály krtci dovedou obratným kousnutím do nervového centra znehybnit a mohou si je tak živé schovat na později, aniž by jim žízály utekly. V jedné takové krtčí zásobárně bylo nalezeno až 1200 žízál o hmotnosti 2 kg. Krtčí chodby nicméně nejsou jen pouhým důsledkem hledání hlavní potravy krtků, žízál, ale i jejím nástrojem. Popište, jak může krtčí chodba fungovat jako žízálí past.



Obr. 3: Krtek obecný (*Talpa europaea*), vlastním jménem Krteček, na hromádce materiálu vyhrnuté z podzemní chodby, tzv. krtině. (Zdeněk Miller)

Úloha 2: Hálky

Autor: Kateřina Kubíková

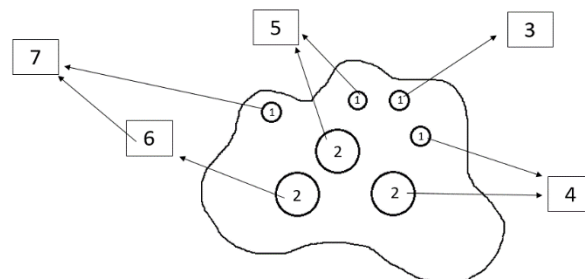
Počet bodů: 17

Jak se uchránit před větrem, deštěm, kroupami, hromy, blesky či duhou? Odpověď je nasnadě – postavit si domeček. Anebo ještě lépe přimět někoho, aby ho postavil za mě. A zadarmo. A proč pouze obyčejný domek, proč ne rovnou perníkovou chaloupku? Ač to zní trochu fantaskně, přesně takovou strategii zvolilo mnoho organismů a lidé jejich perníkovým chaloupkám začali říkat hálky.

- Hned na začátku se podíváme na to, co přesně tedy hálka je. Na české wikipedii se dočteme, že: „Hálka je útvar vznikající na rostlinách působením látek produkovaných jiným organismem, kterým může být hmyz, houba, bakterie nebo roztoč.“ Tato definice je však v některých případech nedostačující. Zamyslete se nad tím, zdali by nešlo tuto definici zobecnit či upravit tak, aby pod ní spadalo opravdu všechno, co bychom nazvali hálkou a vysvětlíte proč (ukážte na příkladech).
- Během řešení prvního úkolu jste si již určitě všimli, že existuje široké spektrum hálkotvorných organismů a jejich hostitelů. Navíc mohou vznikat takřka na jakékoli části těla hostitele a variabilita tvarů, velikostí a barev je ohromná. Jmenujte ke každému popisu příklad jednoho hálkotvorného organismu splňující daná kritéria:
 - hmyz způsobující hálky na kořenech rostliny,
 - houba indukující změnu celého listu rostliny,
 - organismus způsobující vznik hálky na lišejníku,
 - živočich způsobující hálku na jiném živočichovi.
- Proč se tolik organismů naučilo vznik hálek indukovat a co vše tento způsob života obnáší? Uveďte alespoň tři výhody a jednu nevýhodu, které život v hálce mláděti hálkotvor-

ného organismu může přinášet. Znáš nějaký příklad mutualistického vztahu (výhodného pro obě strany, tedy i pro „hostitele“), kdy také dochází k tvorbě hálky? Jaký je v tomto případě její hlavní význam?

- Teď už víme, kdo všechno hálky umí vytvářet a k čemu je mu to dobré. Každý hálkotvorný organismus má pochopitelně trochu jiné metody, jak donutit hostitele k vytvoření takové abnormality na svém těle. Vyberte si jeden příklad a u něj stručně popište, která vývojová stádia a jakým způsobem donutí hostitele vytvořit hálku.
- Pokud se podíváme na vznik hálek z pohledu genetické informace, zjistíme, že genotyp (soubor veškeré genetické informace) hálkotvorného organismu zde ovlivňuje fenotyp (soubor všech znaků pozorovaných na daném organismu) jeho hostitele. Jak obecně takovéto působení genů ne na své vlastní tělo, ale na okolní prostředí včetně jiných organismů nazýváme?
- Bioslav se jednou rozhodl, že zkusí zjistit, jak vypadá ten, kdo vznik hálky způsobil. Přinesl si tedy domů několik kusů jednoho druhu hálek, které nasbíral na růži, zavřel je doma do prodyšné nádoby a za nějaký čas mu z nich vylétalo spoustu dospělců. Při pohledu na ně si ale všiml, že se mezi sebou značně liší – určil, že se jedná o příslušníky dokonce šesti druhů, a to: *Periclistus brandtii*, *Eurytoma rosae*, *Torymus bedeguaris*, *Orthopelma mediator*, *Diplolepis rosae* a *Caenacis inflexa*. Zjistil také, že mezi nimi je kromě původce hálky i jeden tzv. inquilinní druh (klade své potomky do již vzniklé hálky, kde se následně vyvíjejí, původnímu obyvateli hálky povětšinou nijak neškodí) a také několik parazitoidů (ne nutně parazitujících na původním obyvateli hálky). Na následujícím schématu (obr. 4) průřezu Bioslavovou hálkou jsou kolečky znázorněny komůrky hálkotvorného i inquilinního druhu a obdélníčky označují jednotlivé druhy parazitoidů (šipky směřují vždy od hostitele k parazitoidu). Přiřaďte k jednotlivým číslům druhy hmyzu nalezené Bioslavem tak, aby odpovídaly svému umístění v hálce i zařazení do vzájemných potravních vztahů.



Obr. 4: Schéma průřezu hálkou se znázorněnými vztahy mezi jejími obyvateli.

- Řada druhů hálek není k užítku jenom svému obyvateli, ale (k obyvatelově směle) i člověku.
 - Jedním z nejznámějších způsobů využití hálek je výroba duběnkového inkoustu, který byl ve své době velmi populární, o čemž svědčí třeba i to, že je jím naspán Sinajský kódex, kreslil s ním Leonardo da Vinci a je jím vedena řada právních a královských záznamů nejen ve viktoriánské Anglii, ale i v moderní historii. Vyrobit si ho doma můžete snadno i vy. Stačí, když povaříte nadrcené „duběnky“ ve vodě, přidáte zelenou skalici a arabskou gumu. Stručně popište, jaký je význam jednotlivých ingrediencí a jaká chemická reakce

stojí za vznikem výsledného zbarvení inkoustu.

- b. Výroba inkoustu ovšem není zdaleka tím jediným, k čemu byly háčky v historii využívány. Uveďte další dva příklady jejich (historického) využití.

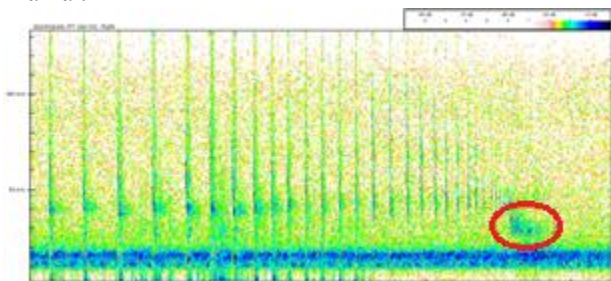
Úloha 3: Slyšet neslychané

Autor: Eva Matoušková, Markéta Staňková

Počet bodů:

Blížil se večer, stmívalo se a Bioslav se blížil k domovu po jedné ze svých oblíbených výprav za biodiverzitou. Nešlo se mu ale příliš snadno, neboť byl co chvíli donucen zastavit a zaposlouchat se do hlasů kolem něj. Tu byla slyšet křepelka, tu kos v koruně stromů, támhle v trávě stridulovala kobylka a vysoko nad ním se ozýval netopýr. Byl tak oslněn tou nepřehlednou sbírkou hlasů, že se jen tak na chvíli posadil do trávy a ztratil se v myšlenkách. Hloubal a dloubal, vrtal se v mozku a přemítal nad mnoha způsoby využití hlasu. Hlasem dokáže skokan skřehotavý okouzlit samičku. Kos zpěvem varuje své soky, aby se vyhnuli jeho teritoriu. Ptáčata v hnízdech si jimi vynucují krmení od rodičů. Kňučení a vrčení rozděluje role ve vlčí smečce. Takto uvažoval, až se dostal k echolokaci. Tak geniální využití hlasu!

1. Dokázali byste popsat, co to je echolokace a jak vlastně funguje?
2. I v České republice můžeme hojně najít skupinu, která echolokaci využívá. Jak se nazývají její dvě čeledi a jak se mezi sebou liší způsobem echolokace?
3. Bioslav si vzpomněl na své mládí a toulky pralesem v jihovýchodní Asii, kde pozoroval zástupce jedné čeledi z předchozí skupiny, již měli podivný způsob echolokace a velice dobře při orientaci spoléhali i na jiný smysl. Mnoho z nich končí pečených na talířích, jeden z nich podle toho dostal i své jméno. Jak se tato skupina jmenovala? Kde nejbližší od nás bychom ji našli a čím je jejich echolokace tak výjimečná?
4. Vraťme se ale do našich končin. Bioslav pozoroval nebe a tu se objevil první netopýr. Chvilí létal sem a tam a hledal nějakou šťavnatou kořist. To je škoda, že téměř není slyšet, co za zvuky právě vydává, pomyslel si Bioslav. Naštěstí měl ale u sebe detektor, na který si echolokujícího netopýra nahrál.



Obr. 5: Sonogram netopýřího hlasu.

Na tomto obrázku vidíte sonogram, záznam průběhu echolokace v čase. Jednotlivé svislé čáry reprezentují jednotlivé výkřiky. Na ose y je uvedena frekvence, osa x zobrazuje čas. Pořádně si prohlédněte tento sonogram. Co z něj můžeme odvodit o chování netopýra? Co zobrazuje zakroužkovaná oblast, jak se odborně nazývá a k čemu slouží?

5. Způsob života jednotlivých druhů se může velice lišit. Asi je jasné, že ne všichni žijí v lese, ale můžeme je najít i v otevřených krajině, nad rybníky, loukami, ve městech i na horách. Odrazí se ale nějakým způsobem to, kde daný druh žije, na jejich způsobu echolokace a jiných charakteristikách s touto odlišností spojených? Popište proč a v čem se budou lišit v echolokaci (a případně v jiných charakteristikách) a demonstруйте to na několika druzích.
6. Echolokaci je podobná hydrolokace. Čím je specifická a u koho bychom se ní mohli setkat?
7. Mít schopnost využívat takto hlas však není jen tak. Skupiny, které to dovedou, prošly dlouhým vývojem, při kterém jejich smyslové orgány doznaly značných změn a často si vyvinuly i části, které danou schopnost vylepšují. Jedním z takových prvků, které si vyvinula právě skupina využívající hydrolokaci, se nazývá meloun. Správně tušíte, že zelenina to nebude. Popište, k čemu je jim dobrý. Napište alespoň tři zástupce, u kterých bychom se s ním mohli setkat.
8. Kvůli prostředí, ve kterém se daná skupina vyskytuje, bylo potřeba ještě jedné výrazné změny, a to v orgánu na přijímání zvuku. Ačkoliv jejich prapředci měli ucho podobné stavby jako dnešní suchozemští savci, po přechodu do vody už svou roli neplnilo tak dobře a bylo potřeba ho trochu pozměnit. Uměli byste vysvětlit, v čem byl problém a jak tedy zvuk přijímají dnes?
9. Neméně zajímavé jsou i zvuky, které do kategorie hydrolokace nepatří, ale také jsou zástupci této skupiny využívány ke komunikaci. Proslavené jsou jejich zpěvy, které se nesou na velké vzdálenosti. Dokázali byste si tipnout, jak daleko se takový zvuk může šířit? Jak je možné, že se šíří dál, než hlas při hydrolokaci? Šířil by se stejně rychle a daleko i na vzduchu? Proč ano/ne?
10. Jak už bylo psáno na počátku, Bioslav si velmi rád poslechl různé zvuky přírody. Vzdušné árie i podmořské symfonie se poslední dobou zařadily mezi jeho nejoblíbenější. Abyste i vy nebyli ochuzeni o tyto skvosty, máte [zde k poslechnutí 11 zvuků](#). Rozpoznejte, co je na nahrávce za zvuk a zda je o echolokaci či nikoli. Pomůže vám následující nabídka organismů (nepoužijete nutně všechny): *Alpheus* sp. (pistolník), Cicadidae (cikáda), *Balaena* sp. (velryba), *Myotis daubentoni* (netopýr vodní), *Nyctalus noctula* (netopýr rezavý), *Physeter macrocephalus* (vorvaň obrovský), *Pipistrellus pipistrellus* (netopýr hvízdavý), *Tettigonia viridissima* (kobylka zelená), *Tursiops truncatus* (delfín)

Úloha 4 (experimentální): Rostlina pod drobnohledem

Autor: Radek Vítek

Počet bodů: 12

Rostliny potkáváme každý den doma, cestou do školy a dokonce i ve škole. Na první pohled nás můžou zaujmout svými krásnými květy či kresbou na listech... Co kdybychom se ale podívali pozorněji a užřeli krásy rostlinných buněk? K této úloze budete potřebovat mikroskop a standardní mikroskopovací vybavení; nemáte-li, zkuste se domluvit s vaším vyučujícím biologie, nadšeným studentům vyjde jistě vstříc.

1. Jako první se podíváme na pokožku cibule kuchyňské. Použijte červenou cibuli, protože barviva v ní obsažená nám ulehčí pozorování. Cibuli rozkrojte, vyjměte jednu šupinu a z ní sejměte vrstvu pokožky (je to jemná blanka na vnějším povrchu). Zhotovte preparát, pozorujte a zaznamenejte do protokolu co jste viděli (popište významné struktury). Můžete buď kreslit, ale klidně je možné udělat i fotografii mobilním telefonem, nebo foťákem, stačí si s tím jen trochu pohrát a najít správnou vzdálenost mezi okulárem a objektivem foťáku.
 2. S preparátem budeme dále pracovat a vyzkoušíme si osmotické jevy.
 - a. Jako první si vytvoříme hypertonický roztok z jedné lžičky soli a jednoho decilitru vody. Ten nabere do kapátka a na boční hranu krycího sklíčka kápneme 2–3 kapky. Poté z opačné strany přiložíme papírový ubrousek a rovnou pozorujeme. Tím docílíme, že ubrousek saje z jedné strany roztok pod sklíčkem a zároveň nasává nový roztok kapátkem z druhé strany. Zakreslete a popište, co se děje během tohoto procesu a proč k tomu dochází.
 - b. Proč je v některých místech cytoplazmatická membrána stále spojena s buněčnou stěnou?
 - c. Následně provedeme to samé, jen s hypotonickým roztokem. K tomu budeme potřebovat destilovanou vodu, kterou získáte v lékárně nebo v drogerii. Opět ji nabere do kapátka (jiného, než kterým jsme brali hypertonický roztok) a buňky promyjeme stejným způsobem jako prve, klidně i 2×.
 - d. Za jakých podmínek v přírodě můžeme oba tyto jevy pozorovat? Proč nám po dešti na zahradě praskají plody rajčat, a ne třeba i stonky?
 3. Déle budeme potřebovat lístek mechu, ideálně ploníku nebo měříku, jež předtím byly dostatečně dlouho na světle. Lístky jsou rovné, hladké a mají dostatečně velké chloroplasty. Zhotovte preparát, pozorujte při větším zvětšení a zaměřte se hlavně na chloroplasty. Poté stejným způsobem jako u cibule přidejte k preparátu Lugolův roztok a pozorujte změny.
 - a. K čemu se využívá Lugolův roztok a co je jeho hlavní součástí?
 - b. Co se nám v chloroplastech obarvilo?
 4. Dále si zhotovíme preparát například ze suchých slupek cibule, stonku poděanky nebo diffenbachie (jsou to běžné pokojové rostliny, bývá často ve školách). Slupku cibule namočte před tím do lihu (tak na 10 minut). Z ostatních rostlin zkuste vymáčknout šťávu (dávejte pozor, aby se vám šťáva nedostala do očí, je dráždivá). Měli by jít vidět útvary, které jsou tvořeny z metabolitu rostlinného původu, ale nevypadají jako typická biologická struktura. Pozorujte, zakreslete a popište.
 - a. Jak se pozorované útvary nazývají a k čemu slouží?
 - b. Z čeho jsou tvořeny a jak dopadne člověk, který často konzumuje rostliny bohaté na tento metabolit?
 - c. K čemu se využíval stonky diffenbachie?
- Nezapomeňte vše pečlivě zpracovat do protokolu, který by měl obsahovat vše důležité (popisky, postup, diskuze, ...), aby mohl být postup znovu zopakován někým dalším. V dnešní době zobrazovacích technologií se kresby preparátů už nepožijí, zkuste tedy využít modernějších technik.

Úloha 5: O buněčných oporách

Autor: Václav Bočan

Počet bodů: 15

Opory a obory biologie – to bude téma seriálu 6. ročníku Biozvěstu. Čeká vás výlet několikaletými odvětvími biologie, při kterém budou podpěry a pevné struktury ústředním motivem (kromě buněčné biologie navštívíte rostlinnou anatomii a cytologii, zoologii vybraných bezobratlých a osteologii; máte se rozhodně na co těšit). Ale nepředbíhejme a začněme hezky od začátku, totiž u buněk a **cytoskeletu**.

Poznámka: Text tohoto dílu seriálu pojednává o lidských buňkách a tkáních, není-li uvedeno jinak. Některá fakta lze vztáhnout na celá eukaryota, jiná naopak neplatí ani pro všechny savce. Zobečňujte proto opatrně.

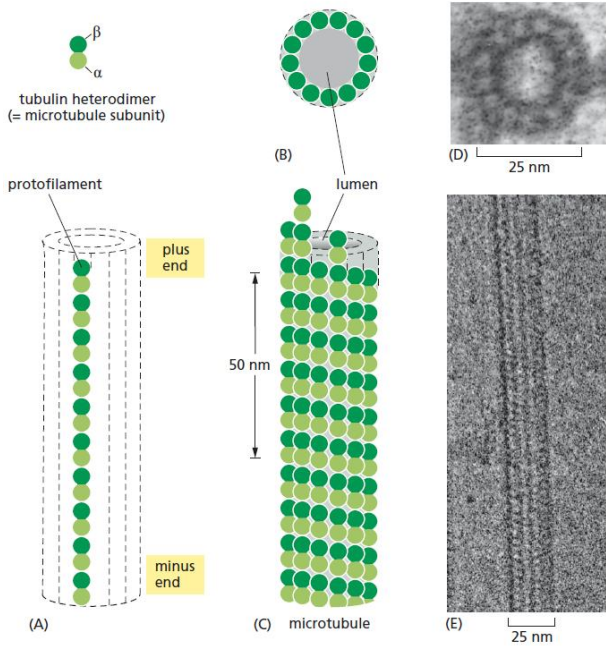
Nejprve zešíroka: **co a k čemu vlastně cytoskelet je?** Tímto pojmem poněkud neurčitě označujeme vláknité proteinové struktury, které mají (mimo jiné) mechanické funkce. Cytoskelet udržuje správný tvar celé buňky, např. neuronu. Uděluje buňkám a tkáním tuhost nebo pružnost a umožňuje jim odolávat působícím silám (významná je v tomto též **mezibuněčná hmota**, o které se též stručně zmíníme). A kromě toho sílu i generuje, např. při svalovém stahu. Nepředstavujme si však cytoskelet jako analogii lidské kostry na buněčné úrovni – kosti se vám například samy nestěhují z jedné končetiny do druhé (pokud ano, navštivte exorcistu). Buněčná kostra je **extrémně dynamická**, stále mění svůj tvar, směrovost, zastoupení různých molekul a jiné parametry podle toho, co buňka právě potřebuje nebo jakým (mechanickým) vlivům je vystavena. Cytoskelet hraje roli v mnoha dalších procesech, nejen v pouhém udržování tvaru: bez něj by se buňka nerozdělila, nefungoval by její bičík, váčky by nikdy nedoputovaly na místo určení...

Tradičně se cytoskeletální proteiny dělí na **tři typy**, tohoto zjednodušeného výkladu se přidržíme i my. Začneme **mikrotubuly**, pak se podíváme na **aktinová mikrofilamenta** a posléze na **střední (intermediární) filamenta**. Vězte ale, že všechny tyto složky navzájem úzce spolupracují. K tomu navíc existuje celá řádka strukturně a funkčně podobných proteinů (hlavně v mezibuněčné hmotě), které termín cytoskelet v úzkém slova smyslu nezahrnuje. Pro soudržnost tkání jsou ale také nezbytné; v některých aspektech připomínají střední filamenta.

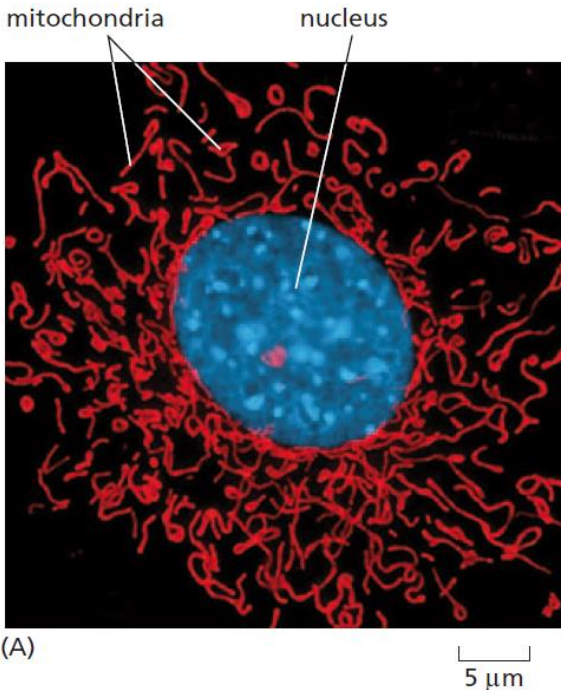
MIKROTUBULY

Mikrotubuly (jednotné číslo mikrotubul) jsou tvořeny dvěma proteiny: **α -** a **β -tubulin** dimerizuje (= spojuje se do dvojice) a tyto základní stavební bloky pak utváří celou **trubicovitou strukturu** mikrotubulu. Řada těchto dimerů za sebou, ve které se α - a β -tubulin pravidelně střídají, se označuje jako protofilament. Celý mikrotubul je tvořen většinou 13 protofilamenty uspořádanými do kruhu tak, že uzavírají dutinu uprostřed (viz obr. 6). Počet protofilamentů se ale může různit.

Mikrotubul je **orientovaná struktura**: oba konce lze rozlišit. α -tubulin směřuje k minus konci, β -tubulin k plus konci. Jak jsme naznačili v úvodu, mikrotubuly jsou struktura dynamická, mohou se **zkracovat** a **prodlužovat**. Růst převažuje na plus konci, depolymerace na opačném. Záleží ale na koncentraci dostupného tubulinu v okolí a na dalších proteinových regulátorech; za určitých podmínek nastává růst či rozpad na obou koncích. Naopak je-li to žádoucí, umí si buňka své mikrotubuly udržet stabilní z obou stran.



Obr. 6: Struktura mikrotubulu. (D) a (E) jsou snímky z elektronového transmisního mikroskopu. (Alberts et al. Essential Cell Biology, 4th edition)

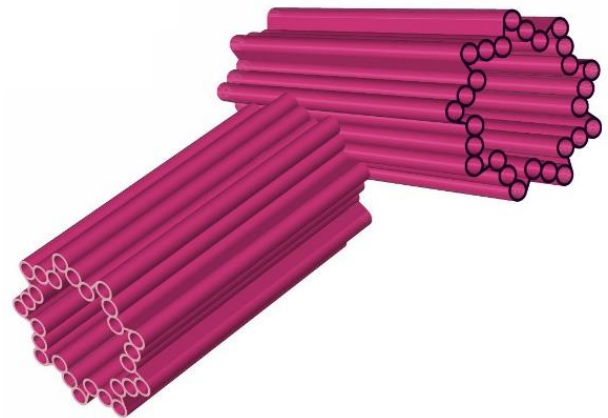


Obr. 7: Mitochondriální síť (červeně) v živé buňce, neustále natahovaná podél mikrotubulů. Tvar srovnajte s obrázky mitochondrií ve vaší učebnici biologie. (Alberts et al. Essential Cell Biology, 4th edition)

Mikrotubuly jsou kvůli své struktuře docela **tuhé**, snadno **praskají** při působení vnější síly (vyzkoušejte na ruličce od kuchyňských utěrek). Neslouží tedy primárně jako mechanická výztuha buněk, jejich hlavní funkcí je doprava váčků, udržování tvaru organel, pohyb bičíku či řasinek a rozchod chromosomů do dceřiných buněk při buněčném dělení. Například mitochondrie jsou neustále natahovány na mikrotubulech jako na skřipci, a proto nabývají tvaru protáhlých větvených provázků (viz obr. 7). To se děje pomocí tzv. **molekulárních motorů** – proteinů, které umí využít chemickou energii z ATP (molekuly adenosin trifosfátu), při jejím štěpení měnit svůj tvar a takto po mikrotubulu doslova kráčet. Hlavními motory na mi-

krotubulech jsou **kinesiny** (kráčejí obvykle k plus konci) a **dyneiny** (směřují k mínus konci). Zajišťují transport váčků i organel (např. zmíněných mitochondrií). Umělecké ztvárnění tohoto procesu můžete zhlédnout na [tomto videu](#); uvidíte, že molekulární motor je opravdu přiléhavě označen (používá se i v angličtině).

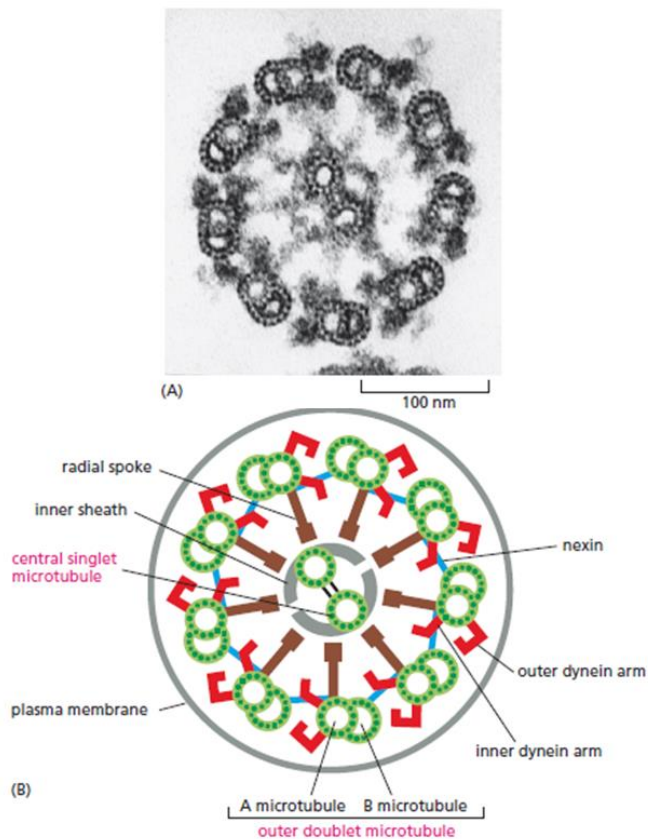
Výstavbu mikrotubulární sítě organizují tzv. **microtubule organizing centres (MTOC)**. Takovým MTOC je **centrosom**, složitý proteinový komplex v cytoplazmě, nejčastěji poblíž jádra. V buňce bývá většinou jeden. Na jeho povrchu se nachází kroužky z γ -tubulinu, které slouží jako základ pro růst mikrotubulů. Uvnitř centrosomu jsou skryty dvě centrioly. **Centrioly** sestávají z devíti trojic krátkých mikrotubulů, uspořádání zachycuje obr. 8.



Obr. 8: Dvě na sebe kolmé centrioly, složené z devíti trojic mikrotubulů. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmedhealth/PMHT0029343/?figure=1>)

V buňkách se **nevytvářejí de novo**, mohou vznikat pouze jako kopie již přítomných centriol (tedy, alespoň většinou). Uplatňují se při buněčném dělení (řídí vytvoření mikrotubulárního dělicího vřeténka, které odtahuje chromosomy od sebe k pólům buňky). Centrosomu jsou podobná **bazální tělíska**, která se nacházejí u báze bičíků a řasinek (také mají roli MTOC). Funkce centriol je dosud poněkud záhadná; rostlinné buňky se bez nich totiž obejdou (zase s výjimkami, např. spermatické buňky jich mají).

Zmínili jsme **bičíky** a **řasinky** (cilie). Tyto výběžky cytoplazmatické membrány uvnitř skrývají mikrotubulární kostru, která má docela konzervativní uspořádání nejen u člověka, ale u všech eukaryot (nalezneme ovšem řadu odchylek, jak jinak). Rozložení mikrotubulů v řasince/bičíku zachycuje obr. 9. Oba útvary sdílejí vnitřní stavbu, ale odlišují se funkčně. Bičík tlačí celou buňku vpřed, u lidí jím disponují jen spermie. Řasinky rozpohybávají okolní tekutinu nebo objekty. Uplatňují se při odstraňování hlenu a nečistot z plic (epitely dýchacích cest), postrkují vajíčko ve vejcovodu, dále tvoří endometrium (epitel dělohy) a vystylají také mozkové komory (neurální epitel označovaný jako ependym), kde se řasinky podílejí na cirkulaci mozkomíšního moku. Nezanedbatelná je též role řasinkového epitelu, který se přechodně vytváří během embryonálního vývoje. Pohyb řasinky či bičíku zajišťují dyneiny pohybující se po mikrotubulech (viz obr. 9). Pomocí krácejících dyneinů se jednotlivé mikrotubuly vůči sobě posouvají. Jelikož ale jsou vlákna pevně propojena spojky, místo posunu se ohýbají. Proto se bičík spermie a řasinka vlní.



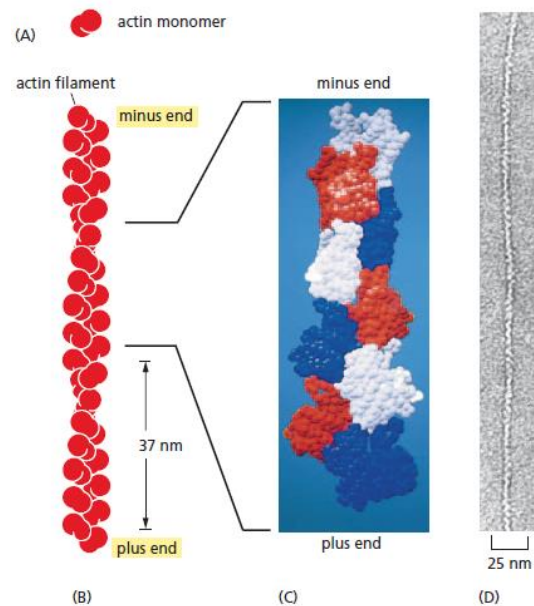
Obr. 9: Struktura bičíku a řasinky na průřezu. (A) Snímek z transmisního elektronového mikroskopu. (B) To samé schematicky. Všimněte si uspořádání „9 dvojic mikrotubulů + 2 centrální“, které je zachováno u mnoha druhů napříč eukaryoty. (Alberts et al. *Essential Cell Biology*, 4th edition)

1. Nezbytnost centriol pro dělení (lidských) buněk a fakt, že běžně nevznikají de novo, má významný důsledek při oplodnění oocyty spermií u člověka. Jak se to má s centriolou v lidském oocytu? S tímto vším souvisí jeden typ rozmnožování, který známe např. u krocana. O který jev jde? Je možný i u lidí? Proč ano/ne?
2. Jaká je souvislost mezi rody *Taxus*, *Catharanthus* a *Colchicum* a mikrotubulárním cytoskeletem? Lze je nějak medicínsky využít?

AKTINOVÁ MIKROFILAMENTA

Jako (aktinová) mikrofilamenta se označují dlouhé řetězce aktinu, jednoho z nejhodnějších proteinů v buňce. Předpona mikro- je historická, průměr vlákna je daleko menší než mikrometr (asi 7 nm); pro srovnání u mikrotubulů je průměr 25 nm, u intermediárních filament pak asi 10 nm. V lidských tkáních nalezneme tři typy aktinu, α -, β - a γ -aktin (nehleďte zde žádnou spojitost či analogii s tubulinem). Ač lze vyzorovat odlišné tendence distribuce u každého z typů aktinů po buňce, mohou se spolu vyskytovat i v jednom vlákně. Na rozdíl od tubulinů se aktin neshlukuje do dimerů. I struktura vlákna je odlišná: aktin vytváří dvojřadnou šroubovici (obdobně jako DNA), viz obr. 10.

Co do mechanických vlastností jsou aktinová vlákna odolnější vůči působícím silám (taky z toho důvodu, že se sdružují do větších svazků). Funkce výtuhy buněčných struktur je u nich tedy důležitá. Liší se i rozložení v buňce: zatímco mikrotubuly vyrůstají ze svých MTOC a nejvíc jich bývá kolem jádra (nebo v bičících a řasinkách), aktinový cytoskelet je soustředěn pod cytoplazmatickou membránu, které dodává jistou tuhost (tato

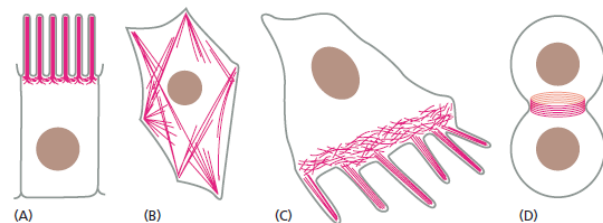


Obr. 10: Struktura aktinového mikrofilamenta. (Alberts et al. *Essential Cell Biology*, 4th edition)

síť se označuje jako **kortikální aktin**). Aktin se ochotněji větví než mikrotubuly, u kterých tvorba sítě není běžná. Kromě toho je aktin součástí stažitelných **stresových vláken**, což jsou pevné svazky mnoha mikrofilament křížující celou buňku. Spolu s dalšími proteiny pomáhají buňce pevně přilnout k okolní hmotě.

Když se buňce její současné místo znelíbí a rozhodne se, že se přesune někam jinam, opět využije služeb aktinu. Pomocí něho si vytvoří pátrací **panožky**, kterými ohmatává své okolí. Panožky se umí zachytávat za okolní buňky a mezibuněčnou hmotu a pomocí aktinových vláken (a motorech na nich) se za nimi celá buňka přitáhne.

Nalezneme ale také **společné vlastnosti mikrofilament a mikrotubulů**. I aktinová vlákna jsou **polarizovaná** s jedním koncem spíše přirůstajícím a druhým ubývajícím. Sdílejí též dynamiku, rychlou a neustálou výstavbu a bourání. Molekulární motory pochodující po aktinu se nazývají **myosiny** (je jich mnoho typů) a také mohou přepravovat náklady po buňce. Aktino-myosinové komplexy jsou základem všech tří typů **svalů** (kosterních, srdečních i hladkých). A stejně jako mikrotubuly je i aktin nezbytný při **buněčném dělení**. Vytváří stažitelný (kontraktilní) prstenec pod cytoplazmatickou membránou, který buňku přeškrtní na dvě poloviny. Výskyt aktinu v buňce shrnuje obr. 11.



Obr. 11: Výskyt aktinu v buňce. (A) Mikrovily (mikroklky). (B) Stažitelná stresová vlákna. (C) Filopodie (panožky). (D) Aktinový prstenec při cytokinězi. Kortikální aktin není zobrazen, rozprostíral by se pod celý povrch cytoplazmatické membrány. (Alberts et al. *Essential Cell Biology*, 4th edition)

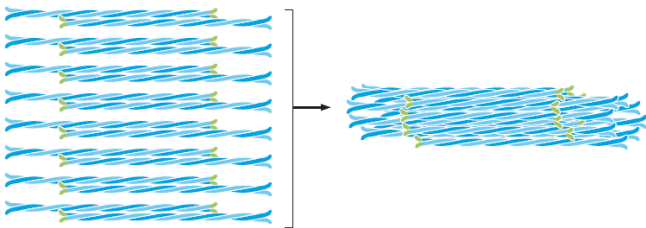
Paralela bičíků/řasinek vyztužených mikrotubuly jsou aktinem podepřené mikroklky. **Mikroklky** (mikrovily) jsou protáhlé vychlípeniny cytoplazmatické membrány zdánlivě podobné řasinkám, uvnitř jsou ale vyztuženy aktinem a nejsou pohyblivé.

Kromě enterocytů (buněk epitelu střeva) umí aktinem vyztužené výběžky vytvořit mnoho buněčných typů, od fibroblastů přes lymfocyty až po neurony. Vlásokvé buňky ve vnitřním uchu, jež vnímají vibrace a umožňují nám slyšet, mají své výběžky (tzv. kinocilie) také odvozeny od mikrovilů.

3. Můžeme aktin a tubulin označit za enzymy? Proč (ne)? Pokud ano, popište, jaké reakce katalyzují.
4. Vysvětlíte, co je a jak vzniká stav rigor mortis. Pomůže vám odpověď na předchozí otázku.
5. Stará rada při otravě muchomůrkou zelenou údajně doporučovala sníst mozek králíka. Je toto doporučení vědecky odůvodnitelné? Vysvětlíte, jaký je mechanismus otravy a zda a jak by vám králíčí mozek mohl pomoci.

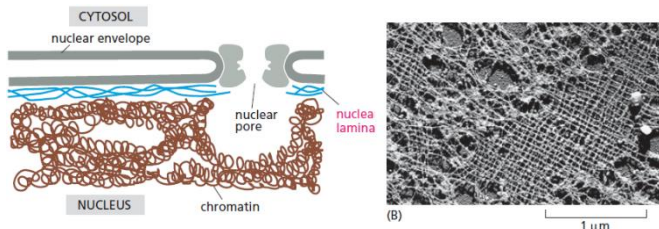
STŘEDNÍ FILAMENTA

Třetím typem cytoskeletu jsou **střední** (intermediární) **filamenta**. Tento termín označuje mnoho různých druhů vláken složených z široké plejády proteinů. Popsat jejich společné vlastnosti je proto poněkud ošemetné. Střední filamenta jsou skutečně **pevná a odolná v tahu**, pevnější než aktinová vlákna i mikrotubuly, a zodpovídají za mechanickou integritu buňky i celé tkáně. Strukturálně jde o spletené šroubovice proteinů uspořádané podobně jako ocelová lana (obr. 12), což je příčina jejich odolnosti. Odolávají i chemickému působení, zvládnou ledasjaké extrémní podmínky. Střední filamenta jsou obecně trvanlivější a **méně dynamická** než ostatní typy cytoskeletu, protože je nelze tak snadno rozebrat a zase složit. Nepochodují po nich **žádné molekulární motory**.



Obr. 12: Struktura středního filamenta (vpravo), složeného z mnoha čtveřic antiparalelně orientovaných proteinových molekul. (Alberts et al. *Essential Cell Biology*, 4th edition)

V buňce se střední filamenta vyskytují v cytoplasmě i v jádře. **Jaderná lamina** (obr. 13) je proteinová síť uvnitř jádra těsně pod jadernou membránou. Tvoří ji hlavně proteiny **laminy** (několika typů). Lamina brání deformaci jádra, která by mohla vést k poškození DNA a smrti buňky. Během mitózy se jaderná membrána rozpadá ve váčky, které jsou zvenku obaleny zbytky laminy (tak se pozná, které z mnoha váčků v buňce mají jádro zase vystavět po konci mitózy).



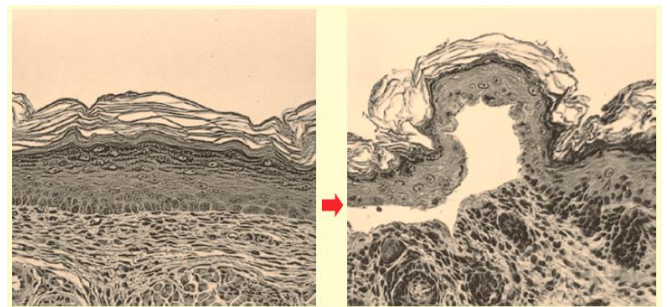
Obr. 13: Jaderná lamina znázorněná schematicky a na snímku (jádro oocyty žaby *Xenopus*) z elektronového mikroskopu. (Alberts et al. *Essential Cell Biology*, 4th edition)

V cytoplasmě prochází střední filamenta skrz naskrz celou buňkou. Je zcela zásadní, aby byla napojena nejen v rámci jedné buňky, ale na **úrovni celé tkáně** (a to jak na své sousedky, tak i na mezibuněčnou hmotu kolem). Díky mezibuněčným

spojům a středním filamentům se tkáň chová jako kompaktní celek a netrhá se ani nedeformuje tak snadno. Velmi významné je napojení na tzv. bazální laminu. **Bazální lamina** tvoří podklad většiny epitelálních tkání. Jde o mezibuněčnou spletinu proteinů (např. laminin, neplést s laminem) a glykoproteinů (proteinů s navázanými cukry). Buňky epitelu velmi dobře vnímají kontakt s bazální laminou. Pokud jej ztratí, spustí apoptózu (buněčnou sebevraždu).

Když už jsme u epitelů, jsou pro ně typické proteiny **keratiny**. Každý typ epitelu (ať je to pokožka, výstelka střeva nebo tkáň mléčné žlázy) má vlastní unikátní kombinace keratinů. Jejich odolnost si můžete sami vyzkoušet na svých vlasech, které jsou téměř výlučně z keratinů. V mezibuněčné hmotě kolem buněk pak nejčastěji nalézáme velmi odolný **kolagen**, pružný **elastin** a silně hydratované **proteoglykany** a glykosaminoglykany (ty už do středních filament neřadíme), které vyvazují mnoho molekul vody. Tkáň je pak objemná a hůře stlačitelná.

6. Vysvětlíte na základě obr. 12, proč nejsou na intermediárních filamentech žádné molekulární motory.
7. Obr. 14 zachycuje histologický řez lidskou tkání. Část vlevo je zdravá tkáň, část vpravo vzorek pacienta trpícího genetickým onemocněním souvisejícím se středními filamenty. Co je na obrázku zachyceno, jak se nemoc jmenuje a jaká je její příčina?



Obr. 14: Zdravá (vlevo) a patologická tkáň na histologickém řezu.

