

Biologický korespondenční seminář



Biozvěst

Ročník 6

Série 2

Milé řešitelky, milí řešitelé,

s druhou sérií se vrátíme do letní doby, do rozkvetlých luk plných květů a pestrobarevných motýlů. Ale protože v biologii není nic jednobarevné, podíváme se i na smutnější věci, na příčiny, proč se nám stále ztrácí motýli z krajiny. A to, že jsou život a evoluce často velmi tvrdé, si plně uvědomíte v úloze věnované takovým věcem, jako jsou sourozenecké vraždy. Pochmurnost snad trochu odlehčí experimentální úloha zaměřená na zkoumání vlastností zraku a vše uzavře seriál, ve kterém se budete moci mimo jiné potěšit krásami schránek různých mikroorganismů...

Jak řešit

Veškeré pokyny k řešení semináře získáte na [internetové stránce Biozvěstu](#) (nebo zadejte „Biozvěst“ do Google). Na stránce také naleznete přihlášku, kterou vyplíte (pouze v případě, že je tato série Vaše první řešení v rámci aktuálního ročníku). 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.

Vaše řešení nám posílejte 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. **6-2-5-Bioslav_Biomilný** v případě páté úlohy druhé série aktuálního ročníku. Moc nám pomůže, když uvedený zápis dodržíte (na jeho základě si došlá řešení filtrujeme).

Uzávěrka 2. série: pondělí 21. 1. 2019 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 vosolsob@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!

Stanislav Vosolsobě a Václav Bočan

Úloha 1: Život a smrt motýlů

Autor: Tereza Štochlová

Počet bodů: 14

Dnešní doba je spojená s rapidním ubýváním druhů z přírody. Tato situace je dobře známá a řeší se zejména u výrazných skupin, jako jsou ptáci nebo velcí savci, a aktivní snaha o záchranu těchto druhů často přináší dobré výsledky. Jsou ale i organismy, u nichž si mnohdy všimneme závažnosti jejich stavu, až když je příliš pozdě – mizí totiž z krajiny s velkou rychlostí a jsou poměrně nároční na podmínky prostředí. Mezi tyto skupiny patří i denní motýli (Rhopalocera).

Vzhledem k tomu, že motýli jsou nejen krásní, ale i užiteční a zajímaví, je tato úloha zaměřena na jejich ekologii a možnosti ochrany.



Obr. 1: Reintrodukce motýlů. (Česká televize)

1. Výše jsme si řekli, že motýli mají poměrně vysoké biotopové nároky. Čím je to dáno? Jaké základní charakteristiky musí mít prostředí, ve kterém motýli žijí, a tedy, co všechno potřebují k přežití? Uveďte alespoň tři faktory, zamyslete se přitom nad životním cyklem motýlů.
2. Mnoho druhů motýlů postupně mizí i z České republiky. Jeden z vrchů v Českém středohoří poskytuje útočiště stepnímu druhu motýla, který byl v minulosti hojně rozšířen, dnes je však kriticky ohrožený. Jak se tento druh z podčeledi Satyrinae jmenuje? Jak se jmenuje vrch, jenž je zvláště chráněn jako národní přírodní rezervace, tzn. kde se nalézá poslední česká populace tohoto druhu? Z jakého důvodu byl tento motýl schopen přežít zrovna zde?
3. Naprostá většina motýlů ke svému přežívání potřebuje raná sukcesní stadia biotopů. Vypište alespoň tři procesy, které mohou stanoviště v takovém stavu udržovat, a uveďte pojem, který v ekologii takováto narušení biotopů souhrnně označuje.

Při ochraně přírody se často spoléhá na to, že si příroda nejlépe poradí sama, a chráněná území se tak ponechávají takzvané bezzásahová. Člověk však svými aktivitami v mnoha případech narušil přirozené přírodní procesy, a proto tento pasivní přístup k ochraně životního prostředí nestačí. Zavádějí se tedy různé způsoby aktivní ochrany, kdy člověk cíleně do přírodních procesů zasahuje tak, aby co nejlépe simuloval přirozený stav. Jedním z těchto způsobů jsou tzv. reintrodukce (obr. 1). Při nich jsou organismy člověkem vypouštěny na místa, kde se dříve vyskytovaly, ale poté na nich vymřely.

4. Reintrodukce se provádějí na místech, kam se druhy již nemohou zpětně rozšířit samy – proto tedy potřebují pomoc člověka. Jak se nazývá proces, který toto způsobil? Stručně ho vysvětlete.
5. I v péči o populace denních motýlů slavily reintrodukce několik velkých úspěchů. Jmenujte alespoň jednu zahraniční a jednu českou úspěšnou reintrodukci denního motýla. Ke každé stačí napsat název druhu a místo reintrodukce.
6. Každý pokus o reintrodukci s sebou však nese i velké riziko neúspěchu. Jedním z důvodů, proč se populace na novém místě nemusí dlouhodobě ustavit, je příliš malý počet vypuštěných jedinců. Velmi malé populace totiž ovlivňují dva procesy, které zhoršují nebo znemožňují rozmnožování. Jak se tyto dva procesy nazývají a jak fungují?
7. Zkuste si o reintrodukcích něco přečíst a zamyslete se nad jejich výhodami a nevýhodami. Myslíte si, že jsou dobrým nástrojem ochrany druhů? Nebo byste ve snaze zachránit ohrožený druh volili raději jiný postup? Není zde správná odpověď, chci slyšet Váš názor, ovšem samozřejmě podložený fakty. Shrňte své myšlenky několika větami.

Úloha 2: Ať už hodní, nebo zlí, vždy jsou všichni sobečtí

Autor: Eliška Pšeničková

Počet bodů: 20

Během svého studia biologie jste si již nejspíš setkali s pojmem altruismus a také s problémy, jež se týkají vysvětlení tohoto jevu pomocí evolučních mechanismů. Obětovat své zdroje nebo dokonce svůj život ve prospěch jiného organismu se zdá být jako jistá slepá ulička v evoluci. Opravdu to vypadá, že pravý altruismus v přírodě neexistuje, nicméně i tak známe případy, kdy si organismy navzájem prokazatelně pomáhají. Právě některými z těchto případů, ale také těmi opačnými – kdy si organismy zdánlivě nesmyslně škodí, se budeme v této úloze zabývat.

1. Reciproční altruismus je zajímavý a v přírodě i relativně vzácný jev. Definujte vlastními slovy, co to reciproční altruismus je. Poté jmenujte organismus z řádu letounů (Chiroptera), u kterého se reciproční altruismus vyskytuje, a tento konkrétní případ recipročního altruismu podrobně popište.
2. Jaké předpoklady by měly být splněny, aby reciproční altruismus mohl zdárně fungovat?
3. Komu všemu se tedy vyplácí pomáhat? Seřad'te všechny možné adepty v logickém pořadí od těch, u kterých je pomoc nejvíce nasnadě (z hlediska zájmů toho, kdo pomáhá) po ty, kterým se pomáhat nevyplácí a bylo by to zcela kontraproduktivní.
4. Výhodné, nebo nevýhodné? Toť otázka, kterou si v určitém momentě může položit dospělý jedinec, který stojí před otázkou začátku vlastní reprodukce. Kdy a proč se vyplatí začít se rozmnožovat a kdy a proč naopak ne? Uvažujete to i ve smyslu „Kdy je výhodný *helping*?“. Definujte, co je *helper*.
5. Jako model reciprocity mezi nepříbuznými jedinci můžeme použít tzv. věžňovo dilema, se kterým přišel Robert Trivers. Objasněte problém, o který v tomto dilematu jde. Představte si, že se vás věžňovo dilema týká – co uděláte, abyste

ze situace vyšli co nejlépe. Jak se může situace zkomplikovat, aby vás přiměla změnit vaše rozhodnutí, kterým jste vyřešili předchozí situaci? Zamyslete se nad možnými strategiemi. Myslete na to, že vždy chceme dosáhnout co nejlepšího výsledku pro nás samotné a naše motivace je zcela sobecká.

6. Krutá a nelitostná umí být i zvířata, zvláště pak, jde-li o sourozeneckou rivalitu. Podívejme se na příklad orla skalního (*Aquila chrysaetos*, obr. 2), u kterého pozorujeme jev, který lze nazvat téměř jako obligátní siblicidu. Orli kládou dvě vejce, téměř vždy mají nakonec ale jen jedno mládě. Proč prvně vyklubané mládě téměř vždy zabije druhé, a to hned v první chvíli, kdy je to možné, zatím neumíme uspokojivě vysvětlit, třebaže jistě teorie jsou. Proč orli nekládou rovnou jen jedno vejce?



Obr. 2: Orel skalní, příklad siblicidního druhu. (San Francisco Zoo)

7. Ještě podivnější obligátní siblicidu nacházíme u volavky bílé (*Egretta alba*). Vysvětlete, v čem tkví problém – kolik vajec volavka naklade a kolik mláďat nakonec má? Tzn. jak a proč je onen optimální počet mláďat klíčový pro rodiče a jak pro sourozence?
8. Navzájem se ale mohou zabíjet nejen sourozenci. Někdy mláďata zabijí maminka, někdy nový tatínek. Jak se tento jev označuje? Proč se to děje? Kdy zabije maminka a kdy nový tatínek? Uveďte příklady.
9. Jako pojem hledaný v předchozí otázce lze nazvat i jev, který u samice vyvolá zánik mateřských zárodků v děloze. Pojmenujte tento jev. Vysvětlete, proč se tak děje.
10. Ať už hodní nebo zlí, vždy jsou všichni sobečtí – v čem spočívá ona sobeckost?

Úloha 3: Intimní chvíle rostlin

Autor: Jakub Štenc

Počet bodů: 14

Jedním z největších rozdílů mezi rostlinami a většinou živočichů je neschopnost rostlin aktivního pohybu (tato „neschopnost“ je označována jako *sesilita*). Rostliny proto na rozdíl od živočichů nemohou utéct před svými predátory, patogeny nebo konkurenty a nemohou aktivně vyhledávat partnery k rozmnožování. Pokud se zaměříme na sexuální rozmnožování rostlin, zjistíme, že nejen na celém světě, ale i na každé louce se lze

setkat s obrovskou diverzitou strategií a adaptací ke zprostředkovanému přenosu pohlavních buněk. Poodhalme v následujících otázkách vztahy mezi zoogamními rostlinami a jejich opylovači.

Podívejme se nejdříve na to, „jak to funguje a vypadá“. Připomeňme si známé struktury, které nalezneme v neredukovaných oboupohlavních květech. Zaměříme se nyní na tyčinky.

1. Z jakého orgánu tyčinky původně vznikly?

Na tyčinkách lze rozlišit prašníky, kde se v prašných pouzdrech tvoří pyl. Ten je zpravidla uvolňován při pukání prašníku, a právě způsob a směr, jakým prašík pukne, je zajímavým morfologickým znakem.

2. Vyjmenujte způsoby a směry puknutí prašníku, puká-li podélnou štrbinou. Uveďte ke každému způsobu a směru puknutí prašníku jeden příklad rostliny, u které ho lze pozorovat.

3. Proč může být směr pukání prašníku pro opylení rostliny důležitý?

Možná jste při hledání odpovědi na druhou otázku narazili na typ prašníků v angličtině označovaný jako poricidal anthers.

4. Jakým způsobem tento typ prašníků uvolňuje pyl?

5. Jakou skupinou opylovačů jsou květy s tímto typem prašníků navštěvovány a proč? (nápopěda: buzz pollination)

6. Jaký může být význam této struktury a typu pukání pro rostlinu?

Při pukání prašníků dochází k uvolnění pylu. Jak nejspíš víte, pyl je pro velkou část rostlin důležitý k úspěšnému oplodnění vajíčka. Nejen proto je z pohledu rostlin velice cenný. Zároveň je pro mnoho opylovačů zdrojem velice hodnotné potravy, a to i u rostlin, které opylovačům nabízejí odměnu v podobě nektaru.

7. Z jakého důvodu je pyl tak ceněný zdroj potravy?

8. Porovnejte vlastnosti pylu (hlavně složení) s nektarem. Jak se liší ve svém významu pro výživu opylovačů?

9. Proč velká část rostlin investuje do tvorby nektaru, přestože by k přilákání opylovačů teoreticky mohl stačit pyl?

Úloha 4 (experimentální): Na vlastní oči

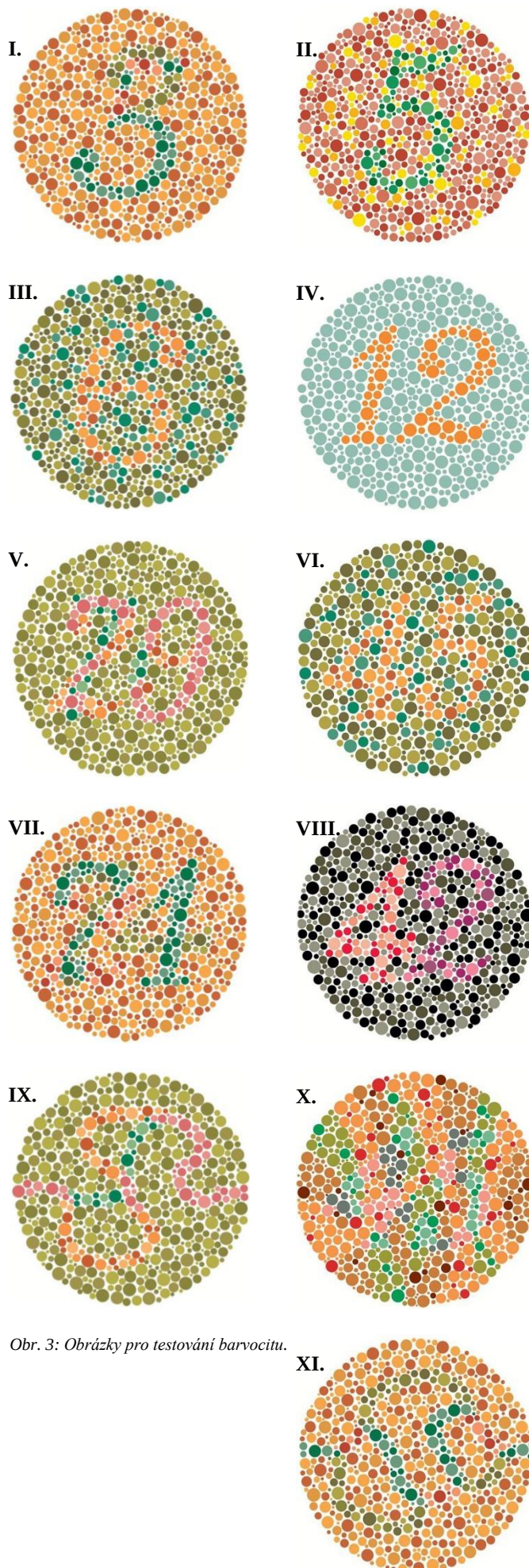
Autor: Kristýna Minářová

Počet bodů: 20

Člověk i ostatní živočichové vnímají své okolí pomocí receptorů, které souborně nazýváme smyslové orgány. Nicméně k rozeznání vlastního vjemu je třeba zpracování a následného vyhodnocení v mozkových centrech. Z okolí jsme totiž vystaveni nepřehlednému množství signálů, z nichž pouze některé jsou potřebné a užitečné. Zrakem člověk přijímá zhruba 70 % informací ze svého okolí. Jeho postižení či dokonce ztráta svého nositele velmi limituje v orientaci prostoru. V následující úloze se tedy na vlastní přesvědčíte, jak Vám oči slouží...

Barvocit

Jako první si vyšetříte barvocit. Člověk vnímá 3 základní druhy barvy – červenou ve vlnové délce 580 nm, zelenou v 550 nm a modrou ve vlnové délce 440 nm. To je dáno tím, že máme tři druhy světločivných buněk, tzv. čípků. Podívejte se na následujících 11 obrázků.



Obr. 3: Obrázky pro testování barvocitu.

1. Jeden obrázek je kontrolní, vnímá ho i člověk s poruchou barvocitu. O který obrázek jde?
2. Co vidíte na zbylých 10 obrazech?
3. Nejčastější porucha barvocitu je zapříčiněna špatným rozlišením červené a zelené barvy. Jak se odborně nazývá neschopnost odlišení těchto dvou barev?
4. Porucha vnímání zelené barvy je nejčastěji dána geneticky. Díky mechanismu vzniku jsou ženy pouze přenašečky genu, zatímco u mužů se tato mutace manifestuje poruchou vnímání zelené barvy. O jaký genetický mechanismus se jedná?

Zraková ostrost

Dále se zaměříme na vyšetření zrakové ostrosti. Jedná se o jeden z nejdůležitějších parametrů oka. Zraková ostrost odráží nejmenší vzdálenosti mezi dvěma body, kterou je oko schopno rozlišit, a odpovídá úhlu, pod jakým dopadá světlo na žlutou skvrnu, místo nejostřejšího vidění. Oftalmolog používá k vyšetření zrakové ostrosti tzv. Snellenovy optotypy. Jsou to ony prosvícené tabule s řádky postupně se zmenšujících písmen, jež znáte z ordinace praktického lékaře. Klesající velikost písmen imituje narůstající vzdálenost oka od tabule; je jednodušší číst různě velký text z konstantní vzdálenosti než se při čtení stále oddalovat. Největší písmeno je u zdravého oka rozlišitelné z 60 metrů, nejmenší písmenka ze 4 metrů. Celkem je na Snellenově optotypu 8 řádků.

Podobný optotyp si můžete vyrobit doma. Poslední řádek, který by měl zdravý člověk přečíst, by měl být vysoký 8,8 mm a zdravé oko jej přečte z 6 metrů. Zraková vzdálenost zdravého člověka se označuje jako 6/6 (ve vzdálenosti 6 metrů rozliší text odpovídající velikosti). Pokud člověk rozliší ze 6 metrů pouze text, který by bezvadný zrak přečetl z 60 metrů, označuje se tato ostrost jako 6/60, zkráceně 1/6. Takový člověk je již prakticky slepý, protože vidí pouze největší písmeno na tabuli. Jeho velikost je desetkrát větší než nejmenšího písmenka, tedy 88 mm. Velikost písmen odpovídá úhlu 5 minut.

5. Spočítejte tedy velikost jednotlivých písmen pro vzdálenost 4, 9, 12, 18, 24 a 36 metrů. Podle vypočtené velikosti vyrobte jednotlivá písmena optotypu a otestujte svou zrakovou ostrost.

Vzhledem k tomu, že všechna písmena nejsou stejně dobře rozlišitelná, dává se přednost písmenům S, D, K, H, N, O, C, R a Z. Tloušťka písmen by měla odpovídat 1 úhlové minutě. Poté umístíte písmena na tabuli a postavte se do vzdálenosti 6 metrů. Pokud nemáte dostatečně dlouhý byt nebo chodbu, umístíte písmena naproti zrcadlu. Vy se postavte pod písmena a čtete. V takovém případě vám stačí pouze třímetrová vzdálenost. Co se týče nasvícení, není přesně stanoveno, jak by měla být tabule osvětlena. Každé oko byste měli testovat zvlášť, protože mozek si nedostatky jednoho oka kompenzuje signálem z druhého oka, takže binokulárně člověk vidí lépe. Zapište do protokolu výsledek. Pokud nosíte brýle, vyzkoušejte si, jaký je rozdíl mezi ostroty s brýlemi a bez nich. Vzhledem k tomu, že mozek má schopnost chybějící informaci doplnit, bylo by vhodné, kdyby test podstoupil dobrovolník, který nezná písmena, která jste poctivě vyrobili. Vy sami si je totiž budete s největší pravděpodobností pamatovat...

Purkyňovy obrázky

Tzv. Purkyňovy obrázky jsou velmi zajímavým a na pomůcky nenáročným testem. K vyšetření budete potřebovat jen svíčku, zápalky a dobrovolníka, kterému nebude vadit manipulace s otevřeným ohněm kousek od oka. Tento test využívá toho, že

světelný paprsek při průchodu okem prochází několika různými prostředními s různým indexem lomu. K lomu paprsku dochází celkem čtyřikrát – na přední a zadní ploše rohovky a na přední a zadní ploše čočky. Každé rozhraní část paprsků odrazí a vytváří tzv. Purkyňův obrázek. První vzniká na přední straně rohovky a je ze všech nejjasnější a přímý. Druhý obrázek se vytváří na přední straně čočky. Je ze všech obrázků největší, přímý a nejasný. Na zadní straně čočky vzniká poslední, třetí, Purkyňův obrázek, který je převrácený a nejasný. Jistě Vám ve výčtu obrázků jeden obrázek chybí; Je to ten, který vzniká odrazem od zadní plochy rohovky. Bývá velmi nejasný, proto ho nejspíš neuvidíte a obvykle se ani nepopisuje. Pro pozorování obrázků využijte zapálenou svíčku a statečného dobrovolníka.

6. V minimálně osvětlené místnosti držte svíčku přibližně 30 cm od oka dobrovolníka a pokuste se v jeho očích pozorovat jednotlivé obrázky. Poté zkuste svíčku přiblížit a oddálit od oka a sledujte, jak se obrázky změni. Svíčku držte tak, aby oči vyšetřovaného dobrovolníka byly vždy ve středním postavení, tzn. aby směřovaly rovně dopředu. Pozorované obrázky zakreslete do protokolu a vysvětlete, proč ke změně charakteru obrázků došlo.
7. Který obrázek se změnil nejvíce a proč?

Úloha 5: Buněčné stěny

Autor: Stanislav Vosolsobě

Počet bodů: 15

V prvním díle seriálu jsme se věnovali intracelulárnímu skeletu (mikrotubulům, aktinovým mikrofilamentům a středním filamentům) a jejich roli v utváření struktury buněk u savců, ale zároveň jste byli varováni, abyste nezobecňovali uvedené informace na všechny organismy. Nyní si náš pohled výrazně rozšíříme: podíváme se na rostliny a prvoky.

1. Jako první prozkoumejte, zdali tři vyjmenované typy cytoskeletu jsou přítomny či mají své předchůdce v rámci celých těchto skupin: bakterie, eukaryota, rostliny, živočichové. Je některý z typů cytoskeletu specifickou záležitostí omezené skupiny organismů?

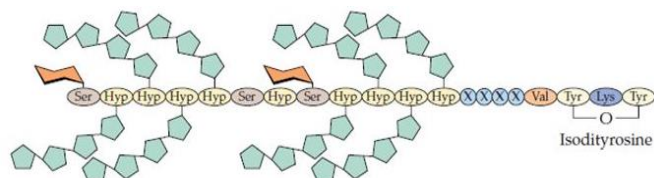
V minulém dílu jste se taktéž dozvěděli, že ačkoliv všechny zmíněné struktury zahrnujeme pod pojem cytoskelet, který se překládá do českých učebnic jako „buněčná kostra“, je tento termín poněkud zavádějící. Hlavní role cytoskeletu spočívá ve tvorbě signální sítě uvnitř buňky, která se na udržování tvaru buňky významně podílí, ale roli vlastní mechanické opory plní zpravidla jiné struktury. Jako první se podíváme, jak je opora buňky zajišťována u rostlin, potom si ukážeme, jaké fascinující výtvořky jsou schopny vytvořit prvoci (protista).

Buněčná stěna rostlin

U rostlin je pro udržování tvaru jejich buněk i celé stélky nezbytná extracelulární opora ve formě buněčné stěny. Učebnice nám často velmi expresivně líčí buněčnou stěnu jako **unikátní** strukturu rostlin, ale neměli bychom se jimi nechat zmást, poněkud přehánějí. Buněčná stěna je v podstatě jen speciálním příkladem mezibuněčné hmoty (**extracelulární matrix**), s jejíž živočišnou variantou jste se setkali již v minulém seriálu. A pojem extracelulární matrix, v doslovném překladu „vněbuněčná“ hmota, můžeme zcela obecně používat v souvislosti se všemi organismy, ať už jde o slizovitý obal bakterií, pevnou ochrannou schránku řas nebo „klasickou“ mezibuněčnou hmotu v lidské tkáni.

Mezibuněčná hmota v různých tkáních živočichů nabývá různých konzistencí, což známe z vlastní zkušenosti – od slizovité přes želatinovou až po šlachovitou. O její viskozitě z velké části rozhoduje obsah vody. V tomto ohledu jsou významné molekuly **glykoproteinů** (vzpomeňte na proteoglykany zmiňované v prvním dílu seriálu).

2. Obr. 4 je ilustrativní schéma struktury glykoproteinu na příkladu rostlinného extenzinu. Popište, ze kterých základních stavebních kamenů je jeho molekula tvořena. Na jakém principu funguje jeho vysoká hydratace a čím je umožněna?



Obr. 4: Schéma molekuly glykoproteinu extenzinu z rajčete.

3. Glykoproteiny jsou bílkoviny, tudíž musí vznikat translací. Popište podrobně osud glykoproteinu.

- Kde probíhá jeho translace?
- Ve které organelle získá schopnost poutat vodu?
- Jakým procesem se dostane na buněčný povrch?

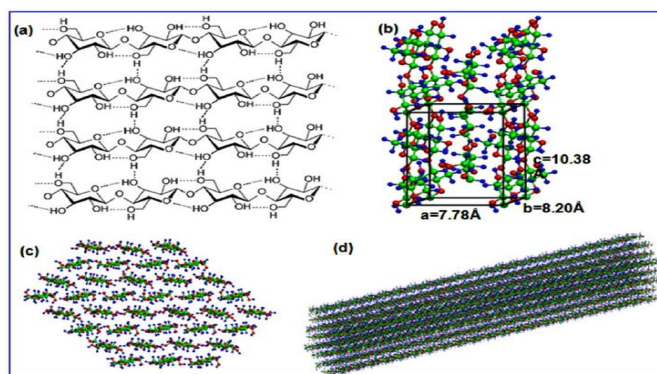
Glykoproteiny mohou buď zcela volně „plavat“ v extracelulárním prostoru, anebo mohou být svojí proteinovou částí ukotveny v plazmatické membráně. Prvním způsobem vytvoříme slizovitý obal buňky, druhým spíše kompaktní ochrannou vrstvu na povrchu plazmatické membrány, kterou bychom našli třeba na povrchu krvinek či volně žijících bičíkatých prvoků. Pojmenovává se termínem **glykokalyx**.

Kromě glykoproteinů bývají v extracelulární matrix zastoupeny i samotné **sacharidy**, nikoliv však jednoduché typu glukózy a sacharózy, ale složitě větvené s pestrá chemickou stavbou, viz glykosaminoglykany z předchozího seriálu. Sacharidy tvoří dominantní složku právě u rostlinné stěny. Jejím základem jsou **pektiny**, jejichž chování důvěrně známe z ovocných zavařenin – podobně jako želatina jsou schopné tvořit gelovitou hmotu, nikoliv však proteinového, ale sacharidového základu.

4. Zjistěte, v jaké organelle buňky vytvářejí složité sacharidy extracelulární matrix (například rostlinný pektin) a jak je dostávají na povrch buňky.

Nicméně pokud by byla buněčná stěna rostlin či mezibuněčná hmota živočichů tvořena pouze pektinem, respektive glykoproteiny, zdaleka by neměly potřebné mechanické vlastnosti, byly by to pouze rosolovité obaly. Pevnost jim dodávají další vláknité polymerní struktury. U živočichů tuto roli zastávají proteiny – **kolagen** a **elastin**. Proto je také živočišná strava bohatší na bílkoviny. Například molekuly kolagenu, které jsou tvořeny zhruba 1500 aminokyselinami, se vně buňky po trojicích stáčí do dlouhých a pevných vláken. U rostlin mechanickou pevnost zajišťuje celulóza, polysacharid glukózy. Celulóza má vlastně podobu „drátů“, které oplétají celou buňku. Každý drát je svazkem několika předlouhých molekul polymerní glukózy, které se splétají do drátu díky pevným vodíkovým můstkům. Tento drát se nazývá **celulózová mikrofibrila** (obr. 5).

5. Proces, kterým vzniká celulózový obal buňky, je zcela unikátní. Popište jeho princip.
6. Pro regulaci tohoto procesu je důležitý jeden typ cytoskeletu. O který cytoskelet se jedná a jaká je spojitost mezi ním a uspořádáním mikrofibril?



Obr. 5: Stavba mikrofibrily celulózy. (a) vodorovné paralelní řetězce polymerní glukózy se vzájemně vážou vodíkovými vazbami mezi -OH skupinami. (c) výsledná mikrofibrila na příčném řezu, (d) je podélný pohled.

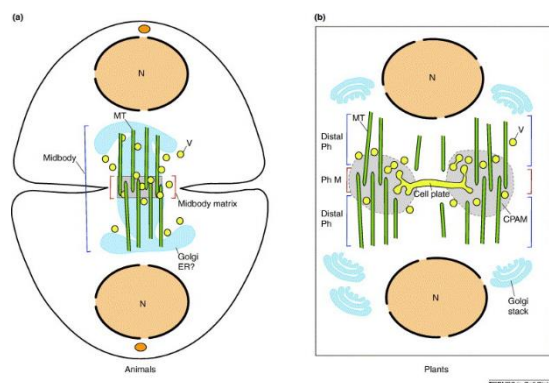
Kromě celulózy najdeme v buněčné stěně i **hemicelulózy**. Oproti celulóze je jejich základní řetězec tvořen směsicí různých monosacharidů (xylóza, galaktóza, arabinóza) a má i boční větve. Proto nevytváří tuhé mikrofibrily, nýbrž gelovitou hmotu. Hemicelulózy se do stěny dostávají stejným způsobem jako pektin a mají vysokou přilnavost k celulóze. Jejich role ale není zpevňovat celulózovou síť, naopak! Zajišťují, aby se dráty celulózy **neslepily** vodíkovými vazbami mezi sebou. Takže fungují jako mazivo, aby byla celulózová síť elastická. K hemicelulózám se připojují různé proteiny s enzymatickou funkcí, které modifikují jejich vazbu na celulózu a tím regulují pevnost a pružnost celé struktury stěny.

Rostlinná buněčná stěna se začíná vytvářet v okamžiku **dělení buněk**. I u tohoto procesu se velmi často uvádí, že je odlišný u živočichů a rostlin, což je opět pravda jen částečně. Pro živočišnou buňku je charakteristické, že po rozdělení jader dochází k zaškrcení buňky činností aktinového cytoskeletu. To by u rostlin nešlo, protože jsou jejich buňky mnohem rigidnější sevrány buněčnou stěnou. Proto se oddělují tvorbou **buněčné přehrádky**. Ta vzniká v rámci útvaru **fragmoplastu**, který je tvořen mikrotubuly uspořádanými kolmo na rovinu dělení. Tyto mikrotubuly jsou pozůstatkem dělicího vřeténka a podél nich jsou dopravovány exocytické váčky z Golgiho aparátu do prostoru, kde má vzniknout buněčná přehrádka. Váčky splývají a vzniká z nich jeden velký disk, který je zárodkem nových plazmatických membrán; v jeho nitru se začíná vytvářet i buněčná stěna (nejdříve pouze pektinová, následně se přidá též celulóza, obr. 6). Nové výzkumy dělení odhalily, že strukturu odpovídající fragmoplastu mají ale i živočišné, nazývá se **midbody**, ale na rozdíl od fragmoplastu, který se postupně rozšiřuje od středu buňky do stran, dokud nevytvoří celou přepážku (obr. 7), midbody slouží pouze k zacyklení drobného otvoru, který zůstal po zaškrcení buněk aktinovým prstencem (obr. 6).

Nově vytvořená buněčná stěna je poměrně tenká a pružná. Je to potřeba, neboť buňka musí ještě **růst**. Růst rostlinné buňky probíhá tak, že se nafukuje **vakuola** uvnitř buňky vodou a zvýšený tlak „natahuje“ buněčnou stěnu. Je nezbytné, aby byly celulózové mikrofibrily uspořádány všechny rovnoběžně a kolmo na směr prodlužování buňky, protože stěna se může natahovat jen tak, že se dráty celulózy vzdalují od sebe, nikoliv tak, že by se protahovaly samotné dráty; to není možné, protože celulózová mikrofibrila je v tahu extrémně pevná. Rozestoupení mikrofibril je stimulováno okyselením buněčné stěny, což rostlina zajišťuje pumpováním iontů H^+ z cytoplazmy do buněčné stěny (takzvaný kyselý růst buněčné stěny).

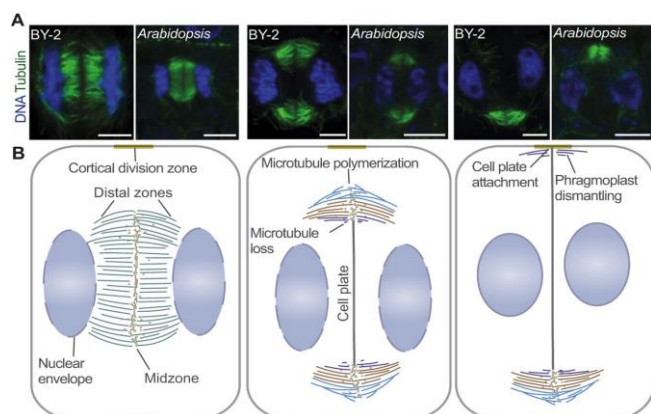
7. Představte si klíčící semenáček, jehož hypokotyl roste díky

enormnímu prodlužování buněk. Odvodte, jak konkrétně musí být v jeho buňkách orientován cytoskelet, kterým jsme se zabývali v předchozí otázce, ideálně ilustруйте obrazkem struktury cytoskeletu v buňce.

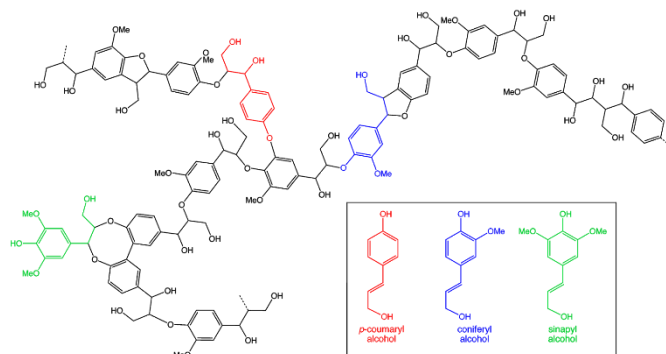


Obr. 6: Podobnost finální fáze dělení živočišné buňky (a) a tvorby přepážky mezi rostlinnými buňkami (b). MT jsou mikrotubuly, světle žlutě (V) jsou zobrazeny exocytické vaky tvořící novou plazmatickou membránu, okrově (N) jsou zobrazena jádra. Modré útvary jsou Golgiho aparát, ze kterého se odštěpují exocytické vaky. Fragmoplast je označen Ph.

Když buňka ukončí růst, zpevňuje se její buněčná stěna ukládáním dalších vrstev a zejména **lignifikací**, procesem zabudovávání ligninu, jímž vzniká hmota označovaná jako dřevo. Lignin je polymer, který je založen na fenolických sloučeninách (obr. 8), které jsou evolučně zřejmě odvozeny od látek zajišťujících ochranu před UV zářením. Lignin vzniká **přímo** v buněčné stěně enzymatickými reakcemi. Na vynález dřeva mají patent cévnaté rostliny a byl to jeden z nejradikálnějších objevů v historii Země. Díky dřevu totiž mohla tato linie rostlin vytvořit pevnější cévy schopné vést vodu na mnohem větší vzdálenosti. Tím se výška rostlin mohla zvýšit z jednotek centimetrů (s nimiž se musí dodnes spokojit mechorosty) na desítky metrů u stromů. Spustilo to jejich obrovskou expanzi na souši, což vedlo k vytvoření zcela nových ekosystémů. Akumulující se dřevní hmota stimulovala evoluci hub, pro něž byla novou potravou. Na houby se poté potravně navázalo mnoho bezobratlých. Rozvoj rostlin vedl k nárůstu koncentrace kyslíku v atmosféře, což umožnilo evoluci létajícího hmyzu s velkými energetickými nároky. Vysoká míra fixace oxidu uhličitého do dřevní hmoty dokonce vedla k poklesu skleníkovému efektu a vzniku doby ledové na konci karbonu. Uhlí vzniklé v této době pak v 18. století odstartovalo průmyslovou (r)evoluci člověka.



Obr. 7: Průběh tvorby buněčné přepážky u rostlin. Na sérii obrázků A jsou ukázány snímky dělení buněk tabáku (BY-2) a huseníčku (Arabidopsis thaliana) z fluorescenčního mikroskopu. Modře jsou obarveny jaderné chromozomy, zeleně mikrotubuly. Na sérii B je schéma vývoje fragmoplastu od středu buňky k okrajům.



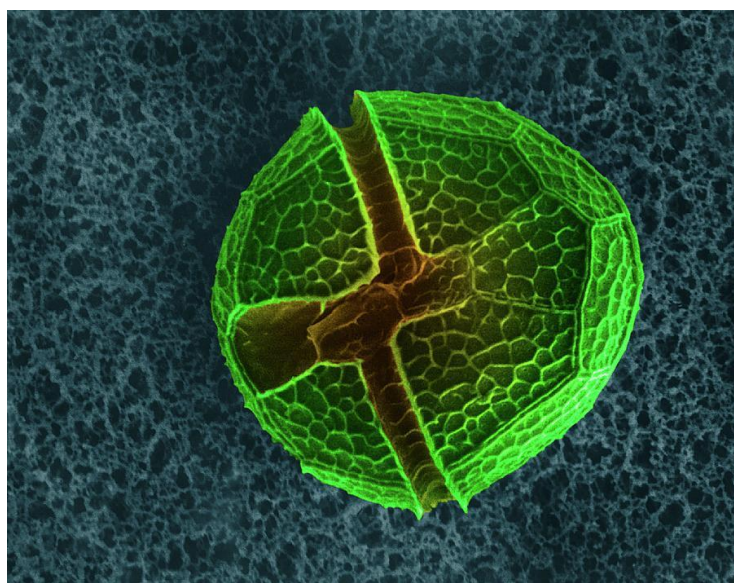
Obr. 8: Lignifikace buněčné stěny. Aromatické prekurzory (například p-koumaryl alkohol) polymerují navzájem a s ostatními komponenty buněčné stěny, zejména hemicelulózami.

Buněčná stěna prvoků

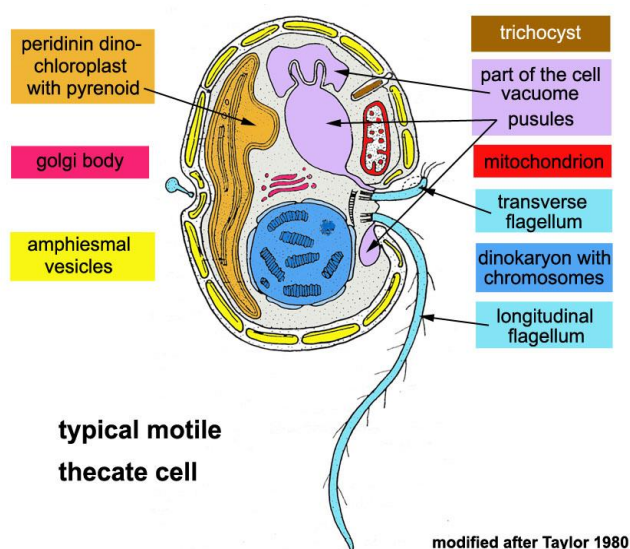
Rostliny jsou jen jednou z mnoha eukaryotických linií. Teprve studiem různých skupin prvoků jsme schopni představit si obrovskou variabilitu povrchových buněčných struktur. Mnoho druhů, které mají životní formu pohyblivých bičíkatých buněk či měňavek, výrazné povrchové struktury nemají. Ochranu pak zajišťuje pouze glykokalyx, aby mohla být zachována plasticita buňky. Řada linií však vytváří různé buněčné schránky (v nichž samozřejmě může sedět bičíkatá buňka či měňavka). Často je jako stavební materiál používána celulóza, ale setkáváme se i se schránkami vápenatými či křemičitými.

U **zelených řas** jsou časté buněčné stěny z různých polysacharidů. Zajímavé jsou starodávné zelené řasy z parafyletické linie „Prasinophyceae“, které mají povrch krytý drobnými polysacharidovými šupinkami, jež se vylučují hotové na povrch buňky exocytózou. U **ruduch** pak nalezneme stěny tvořené polysacharidy, ze kterých se získává karagen či agar, látky nezbytné v cukrářství pro tvorbu želé a v biologii pro přípravu kultivačních médií.

Velmi zajímavé jsou povrchové struktury u skupiny **Alveolata**, do níž patří nálevníci, obrněnky a parazitičtí výtrusovci reprezentovaní zimničnou, původcem malárie. Celou tuto skupinu sjednocuje výskyt alveol, rozsáhlých váčků těsně pod plazmatickou membránou, které mají mechanickou a ochrannou roli. Ta je nejvýraznější u obrněnek (obr. 9), které do těchto váčků ukládají celulózu a vytváří si pozoruhodnou **vnitrobuněčnou** schránku (obr. 10).



Obr. 9: Obrněnka Peridinium zobrazená elektronovým mikroskopem.

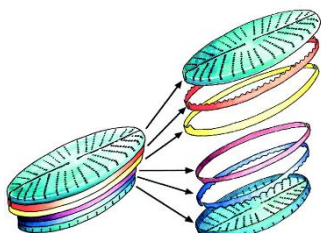


typical motile
thecate cell

modified after Taylor 1980

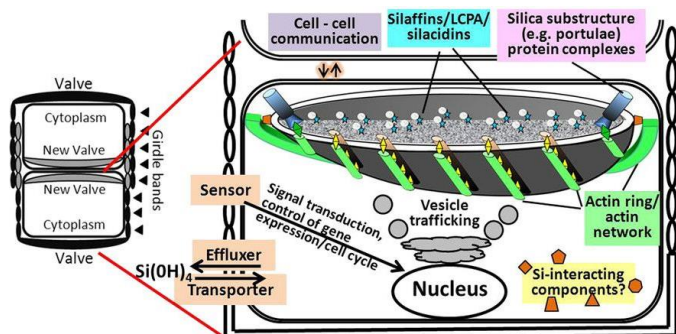
Obr. 10: Uspořádání alveolárních váčků (amphiesmal vesicle) u obrněnek.

Pevnou schránku mají i **rozsvivky** patřící společně třeba s chaluhami a jinými „nerostlinnými“ řasami do linie prvoků Stramenopila (Heterokonta), která je sesterská ke skupině Alveolata. Rozsvivky mají schránku křemičitou tvořenou dvěma spojenými víčky, můžeme ji přirovnat k Petriho misce (obr. 11).



Obr. 11: Schránka rozsvivek se skládá ze dvou křemičitých víček a dalších dodatečných prstenců.

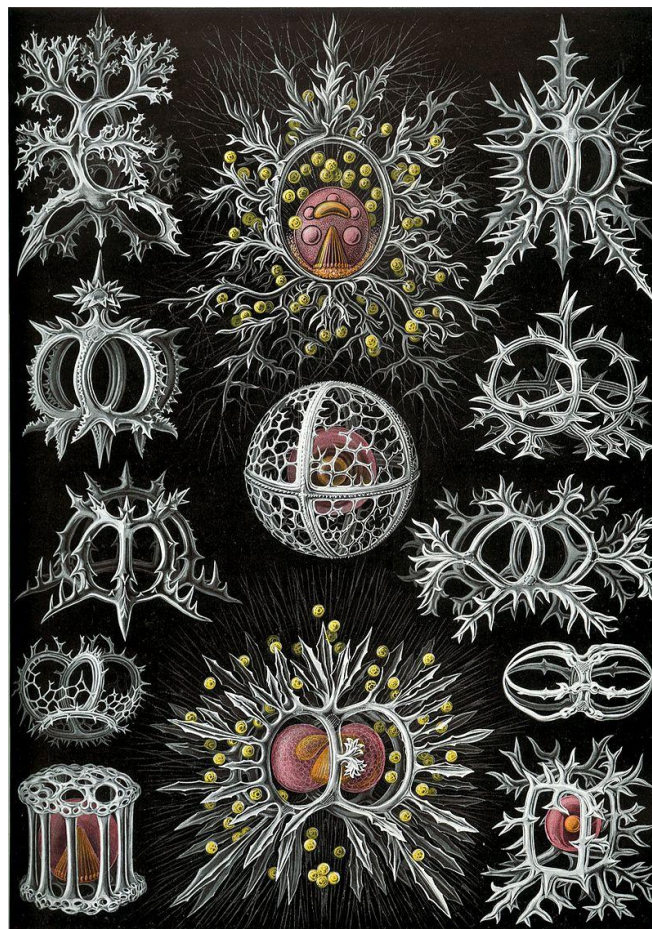
Jak takováto schránka vznikne? Při dělení buňky si dceřiná buňka ponechává jedno z původních víček, druhé musí dotvořit. Jeho základ vzniká v obrovském váčku pod plazmatickou membránou, ve kterém za asistence proteinové matrix polymeruje kyselina křemičitá. Když je nové víčko hotové, vyloučí se exocytózou na povrch buňky (obr. 12). Tímto procesem se buňky s každým dělením zmenšují, opětovné dosažení původní velikosti je umožněno až pohlavním rozmnožováním.



Obr. 12: Tvorba nové schránky rozsvivky probíhá ve váčku uvnitř buňky a pak se vyloučí na povrch.

- Při kultivaci některých druhů řas se do média přidává oxid germaničitý. Pokuste se odvodit, k čemu by to mohlo být dobré a jak to funguje.

Ve skupině Stramenopila nacházíme nepřehlednou pestrost tvarů a materiálů schránek – doporučuji Vám prohlédnout si obrázky organizmů na internetu – kromě rozsvivek nalézáme křemičité schránku i řasy **Synura** či u **zlativek**, které využívají též chitin. Naproti tomu vápnitou schránku má třeba mořská **kokolitka** *Emiliania huxleyi*, která je i přes svou miniaturní velikost klíčová pro celosvětový koloběh prvků, zejména vápníku a uhlíku, které s jejími mrtvými schránkami sedimentují na mořském dně. Křemičité schránky spektakulárních tvarů vytvářejí také **mřížovci** (obr. 13) ze skupiny Rhizaria, sesterské ke Stramenopila. Jim příbuzní **dírkonošci** vytváří zase schránky vápnité...



Obr. 13: Schránky mřížovců podle Ernsta Haeckela (19. století).

Toto byl jen velmi bleskový průlet světem prvoků, pestrost struktur, s nimiž se můžeme setkat v mořích a rybnících je nepřehledná. A příště se podíváme blíže na bezobratlé živočichy.

