

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Pedagogická fakulta

Katedra biologie

Symbióza - zpracování tématu pro výuku

Bakalářská práce

Autor: Michaela Jehlářová

Vedoucí práce: Mgr. Kristýna Janišová

Olomouc 2015

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci zhotovila samostatně a že jsem uvedla veškerou literaturu a další zdroje, se kterými jsem pracovala.

V Olomouci dne 20. 4. 2015

.....

Michaela Jehlářová

Děkuji své vedoucí bakalářské práce, paní Mgr. Kristýně Janišové, za projevenou trpělivost.

Obsah

1 Úvod	6
2 Cíle práce	7
3 Metodika	8
4.1 Definice symbiózy	9
4.2 Rozdělení symbiózy	10
4.3 Symbiogene - vznik nových druhů	10
5 Endosymbióza	12
5.1 Mitochondrie	12
5.1.1 Původ mitochondrií	14
5.2 Plastid	14
5.2.1 Vznik plastidů	15
5.2.2 Rozdělení plastidů	16
5.2.3 Leukoplasty	17
5.2.4 Chloroplasty	18
5.2.5 Chromoplasty	19
6 Mezidruhové vztahy	20
6.1 Neutrální vztahy	20
6.2 Kladné vztahy	20
6.2.1 Protokooperace	20
6.2.2 Mutualismus	21
6.2.2.1 Mykorhiza	22
6.2.2.1.1 Endomykorhiza	23
6.2.2.1.2 Ektomykorhiza	24
6.2.2.2 Lišejníky	27
6.2.2.3 Endofytické houby	27
6.2.3 Komenzalismus	27

6.3 Záporné vztahy	29
6.3.1 Amenzalismus	29
6.3.2 Kompetice	29
6.3.3 Predace	31
6.3.4 Parazitismus	31
7 Slovník pojmů	33
8 Pracovní listy	36
9 Klíče k pracovním listům a metodika pro učitele	43
10 Závěr	51
11 Zdroje	52

1 Úvod

V doslovném překladu symbióza znamená ‚žít spolu‘. Vznikla složením řeckých slov *sym* což znamená spolu a *bios* neboli život. Tedy život spolu (slovník.CZIN 2009).

V literatuře existuje mnoho definic, které značí i mnoho významů, například podle učebnice Ekologie živočichů je symbióza definována jako blízké soužití dvou nebo více organismů za všeobecného prospěchu (LOSOS et al 1985). Jiná kniha říká, že symbióza znamená jakékoliv soužití, tedy i vztah, kdy nedochází k oboustrannému užitku. Tímto můžeme chápat například i parazitismus, kdy jeden ze symbiontů, parazit zneužívá hostitele (ODUM 1977). Symbióza může být pochopena jako vztah, který je prospěšný, ale není nutný, stejně jako velice těsné soužití, bez kterého by jedinec nemusel přežít (ČEPIČKA, KOLÁŘ, SYNEK 2007). O takový vztah se jedná například v případě mykorhizy, kdy jde v principu o velice těsné soužití hub s kořeny různých rostlin (GRYNDLER 2009).

Z důvodu mnohoznačného výkladu tohoto pojmu je důležité, aby bylo toto téma zpracované komplexně a sjednoceno do jedné práce.

2 Cíle práce

Ve své bakalářské práci bych chtěla prozkoumat a důkladně rozebrat veškeré případy symbiózy. Protože v literatuře najdeme mnoho různých výkladů symbiózy, je důležité si tento pojem ujasnit, popřípadě zmapovat jednotlivé názory na tuto problematiku. Chtěla bych vytvořit materiál, který by sloužil jako přípravný text učitelům na základních školách. Dále chci ucelit pojem symbióza pro žáky druhého stupně základních škol pomocí pracovních listů, díky kterým si uvědomí rozmanitost symbiózy.

3 Metodika

Metodikou literární rešerše byla vyhledávání literatury související s mým tématem bakalářské práce. Byla využita odborná literatura, jako jsou např. učebnice, skripta a různé atlasy. Z použité literatury byla největší inspiraci získána především z díla Lynn Margulis, Symbiotická planeta (2004). Bylo zmapováno spoustu pramenů zabývajících se ekologií, ze kterých byly čerpány informace o mezidruhových vztazích (ODDUM 1977, STROCH, MIHULKA 2000), informace o buněčných organelách jsou získány hlavně z učebnic a skript biologie (HUDÁK, HERICH, BOBÁK 1984). Za pomoci klíčových slov byl využit i internet a to především Google vyhledávač.

Na základě informací použitých v práci byl vytvořen slovník obsažených pojmů, který usnadní orientaci v textu. Definice použité ve slovníku jsou považovány za důležité výrazy vhodné k zapamatování.

Na 2. stupni ZŠ není symbióza probírána jako samostatné téma, ale poznatky související se symbiózou jsou součástí učiva různých témat v různých ročnících – houby, lišejníky (Biologie hub), buňka (Obecná biologie), systém a význam rostlin (biologie rostlin), systém a význam živočichů (Biologie živočichů), orgánové soustavy člověka (Biologie člověka), organismy a prostředí (Základy ekologie) (Rámcový vzdělávací program 2007).

Pracovní listy jsou vytvořené na základě problematiky, která je uvedena v Rámcovém vzdělávacím programu (2007) a za pomoci odborné literatury, která se zabývá didaktikou (SALKOVÁ 2011, KALHOUS et al 2009). Díky těmto publikacím byly vytvořeny přehledné a jasně definované otázky v pracovních listech, které jsou názorné a přiměřené věku žáků základních škol.

Samotné listy obsahují metodiku pro učitele, díky které má učitel přehled o časové náročnosti listů, přiřazení k ročníku a cíle pracovních listů. Listy slouží ke shrnutí učiva, či k jeho zopakování. Mohou být využity na začátku hodiny, nebo na jejím konci, a to převážně v hodinách přírodopisu nebo environmentální výchovy. Obsahují úlohy, ve kterých se pracuje s textem, nebo s obrázky. Typy úloh použité v pracovních listech jsou doplňování slov do textu, popis a pojmenování obrázků a výběr vhodných možností.

4 Symbióza

4.1 Definice symbiomy

Pojem symbióza znamená soužití mezi organismy. Doslovný překlad je život spolu, slovo vzniklo složením řeckých slov *sym* (spolu) a *bios* (život) (slovník. CZIN 2009). Toto označení pro „soužití odlišně pojmenovaných druhů“ poprvé navrhnul už v roce 1873 německý botanik Anton de Bary (MARGULIS 2004).

Pojem symbióza je chápán jako těsné soužití jedinců za předpokladu, že na sebe nějakým způsobem působí, tedy probíhá mezi nimi interakce. Slovo symbióza někteří vědci také používají pro kladné vztahy, těm záporným říkají antibióza. V učebnici biologie podle Rozsypala (2003) je symbióza definována jako vzájemně prospěšné a závazné vztahy mezi dvěma populacemi s uvedenými příklady jako jsou hlízovité bakterie, které spolupracují s kořeny bobovitých rostlin. Jinými slovy, symbióza je takový vztah, ze kterého mají všichni zúčastnění symbionti prospěch. Je tedy na stejném stupni jako například konkurence či predace.

Další názory se ztotožňují s tím, že pojem symbióza znamená blízké soužití, což zahrnuje jak soužití prospěšné pro všechny zúčastněné, tak soužití prospěšné třeba jen pro jednoho symbionta. Například kniha Úvod do současné ekologie napsaná Storchem a Mihulkou (2000) zastává tento názor a pro popis soužití výhodného pro všechny zúčastněné používá termín mutualismus.

Často nejde zjistit, zda se jedná o symbiózu kladnou, či zápornou. Je těžké určit, jestli je parazit opravdu škůdcem, nebo může svou přítomností chránit hostitele před nebezpečnějšími parazity. V častých případech je možné vidět, že organismus zahrnující endosymbionty může růst rychleji, nebo více, ale je patrná neschopnost rozmnožování tohoto organismu, endosymbionti obývající toho hostitele jsou jen parazité zvětšující si svoje teritorium. Není výjimkou ani případ, když zdánlivě potřebná a nutná látka produkována jedním symbiontem působí jako narkotikum pro druhého symbionta a ten si na ni získá závislost. Vždy záleží i na okolních podmínkách (ČEPIČKA, KOLÁŘ, SYNEK 2007).

Organismy, které jsou za jedné podmínky mutualistické se mnou rázem změnit na parazitické. Příkladem je třeba *Escherichia coli*, která za daných okolností žije ve střevech a napomáhá organismu, ale za jiných okolností může napáchat velké škody. Na mutualistickou symbiózu může být nahlíženo i jako na špatný jev, v případě, že jeden organismus ovlivňuje

druhý, přeci když ho využívá, a má z něj prospěch, tak mu jde o to, aby „hostitel“ přežíval a těšil se dobrému zdraví, jen tak přeci může z tohoto vztahu profitovat, proto je pojem symbióza těžko definovatelný a tyto vztahy jsou těžko identifikovatelné (ČEPIČKA, KOLÁŘ, SYNEK 2007).

4.2 Rozdělení symbiomy

Je rozlišována ektosymbióza, kdy jeden ze symbiontů žije na povrchu těla toho druhého. Příkladem může být například klaun a sasanka. Když jeden ze symbiontů žije uvnitř těla druhého symbionta, mluví se o nich jako o endosymbiontovi a hostiteli. Příkladem mohou být bakterie ve střevech jakýchkoliv organismů. Rozlišuje se také symbióza fakultativní a obligátní. Fakultativní znamená, že soužití není pro organismy nutné k přežití, jedná se tedy o „náhodné“ soužití známé například v případě mravenců a mšic, zvané také komenzalismus. Obligátní symbióza je ta symbióza, bez které se jednotliví symbionti neobejdou, jednoznačným příkladem jsou určité včely a rostliny (ČEPIČKA, KOLÁŘ, SYNEK 2007).

4.3 Symbiogene - vznik nových druhů

Symbióza probíhá na populační úrovni, stejně jako na úrovni jedince.

Úrovní jedince se rozumí například začlenění chloroplastů do těla buněk, což popisuje Lynn Margulis ve své knize Symbiotická planeta z roku 2004. Lynn Margulis dále také zastává názor, že symbióza je téměř všude a když vynaložíme úsilí, můžeme ji najít – například symbiotické bakterie v našich střevech nebo na řasách.

Symbiózu doktorka Margulis chápe jako jeden z nástrojů ke vzniku nových biologických druhů, jedná se o tzv. symbiogenezi. Je přesvědčena, že dlouhotrvající symbióza, která se odvíjela nejdříve od evoluce složitějších jaderných buněk, vedla až k vývoji hub, rostlin a živočichů. Takovým příkladem mohou být lišejníky, u kterých je pořád možné rozlišit jednotlivé složky.

Lynn Margulis ve své knize vychází z myšlenek Ivana E. Wallina, který se těmito vztahy zabýval a ačkoliv sám tento pojem nepoužil, tak ho ve svých knihách popsal. Symbiogeneze je evoluční změna, která je umožněna zděděným souborem získaných genů. Obzvlášť se zabýval symbiózou živočichů s bakteriemi.

Lynn Margulis si ve své knize dovoluje tvrdit, že spojením se jednotlivých bakterií endosymbiózou v jednu buňku, která byla mnohem větší a schopnější přežít byl vytvořen

základ pro buňky rostlinné i živočišné, to už je v dnešní době uznávaná informace. Lynn Margulis zastává názor, že eukaryotická buňka vznikla sledem několika spojení různých buněk, tomu odpovídá její teorie sériové endosymbiózy.

Příkladem může být muška *Drosophila*, se kterou byl pod vedením Theodosia Dobzhanského veden experiment, proběhlo genetické oddělení populace ovocných mušek, některé byly chovány v postupně vyšších a vyšších teplotách a jiné v chladnějších podmínkách. Mušky chované v horkých podmínkách, na rozdíl od mušek žijících ve studenějším prostředí, přibližně po dvou letech nebyly schopné zplodit další plodné jedince. Ukázalo se, že na vině je absence vnitrobuněčné symbiotické bakterie, která nedokázala snášet teplejší podmínky (MARGULIS 2004).

5 Endosymbióza

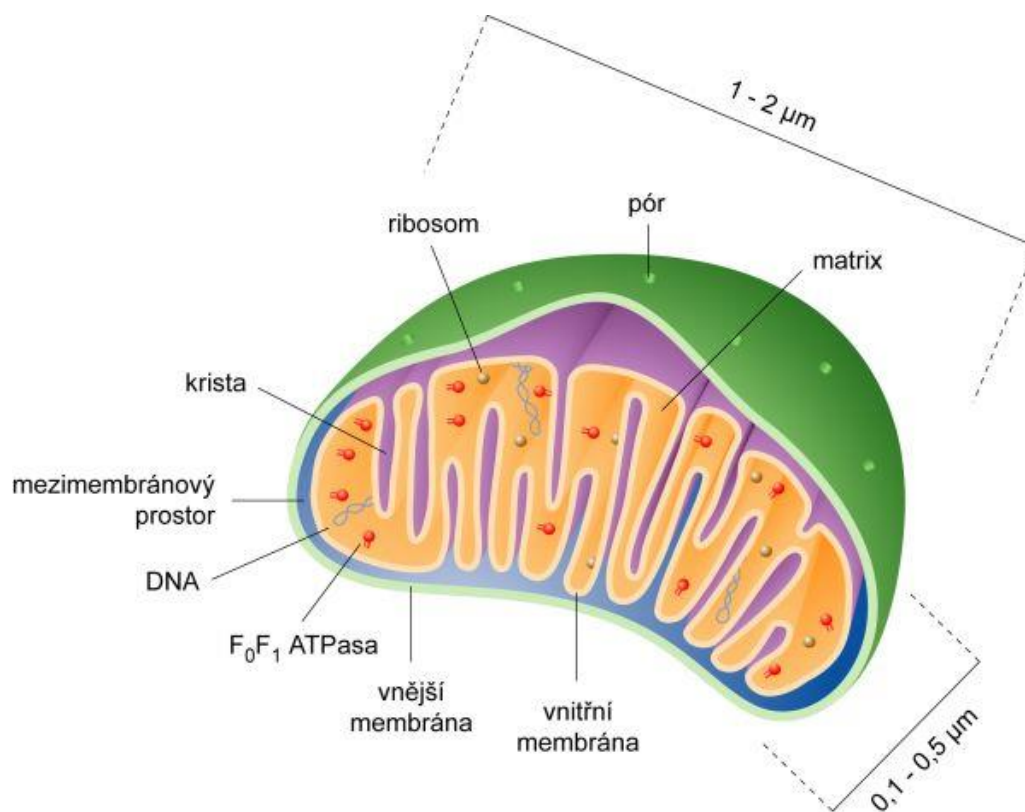
Při endosymbióze, se jedná o vztah dvou nebo více organismů, kdy jeden z nich je hostitel a poskytuje útočiště druhému, symbiontovi, uvnitř svého těla. Typickým příkladem endosymbiózy jsou bakterie žijící uvnitř střev různých organismů, nebo třeba v žaludku krav. Endosymbióza může probíhat jak na úrovni interspecifické neboli mezidruhové, tak v rámci jednoho organismu.

O endosymbiózu na úrovni jednoho druhu se jedná i v případě semiautonomních organel eukaryotické buňky.

Semiautonomní doslova tedy napůl samostatné organely jsou mitochondrie, plastidy a jejich deriváty. Je pro ně typické, že mají vlastní genom (genetickou informaci uloženou na DNA). Ve výjimečných případech se vyskytují bez vlastního genomu nebo se dvěma zcela rozdílnými genomy, jeden z nich je prokaryotický a jeden eukaryotický. To, že tyto organely mají vlastní geny, je podle Lynn Margulis důkazem toho, že musely vzniknout včleněním do těla jiného organismu. Tuto teorii potvrzuje už jen to, že chloroplast v těle řasy má DNA více podobnou DNA sinici, než DNA řasy, v jejímž těle žije. S mitochondriemi je to podobné. Uznání symbiotického původu mitochondrií a plastidů bylo definitivní, po objevu Forda Doolittle a Michaela Graye, že sekvence DNA v mitochondriích a plastidech jsou velice podobné sekvencím DNA určitých volně žijících bakterií a syntéza bílkovin probíhá v mitochondriích a plastidech přesně tak, jako v těchto volně žijících bakteriích (MARGULIS 2004). Jejich oddělení od cytoplazmy je realizováno pomocí minimálně dvou membrán a množí se dělením (ČEPIČKA, KOLÁŘ, SYNEK 2007).

5.1 Mitochondrie

Mitochondrie jsou semiautonomní organely oválného, kulovitého nebo tyčinkovitého tvaru, které se mohou lišit velikostí a počtem jedinců v buňce. Její jméno je odvozeno od spojení slov *mitos* („vlákno“) a *chondrin* („malá granula“) (LANE 2012). Mitochondrie mají dva vnější obaly a oba vznikly bakteriálním původem. Vnější je hladká, ta vnitřní tvoří *kristy*-vchlípeniny do vnitřního prostoru mitochondrie, to je vidět na obrázku č. 1. Hmota nacházející se uvnitř mitochondrie se nazývá *matrix*.



(Obr. 1 Popis stavby mitochondrie, dostupné z: http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-002_v1/hesla/mitochondrie.html)

V mitochondriích probíhá tvorba ATP a oxidativní fosforylace, z toho důvodu se dá mitochondrii říkat dýchacím a energetickým centrem buňky (FIALA 2004). Citrátový cyklus, díky kterému dochází k syntéze ATP, v eukaryotických buňkách probíhá právě v mitochondriích. Je to soubor reakcí, které společně tvoří metabolickou dráhu při aerobní oxidaci cukrů, tuků a bílkovin. (MURRAY et al 2002).

Každá buňka má jiné nároky na energii a proto se jednotlivé buňky mohou lišit počtem mitochondrií, například v játrech, ledvinách a svalech mozku mohou zabírat až 40 % objemu cytoplazmy (LANE 2012).

Rozmnožování mitochondrií probíhá podobně jako u bakterií a zdá se, že je nezávislé na buňce, tato nezávislost se ale týká pouze dělení, protože mitochondrie jako taková, projevuje závislost na genomu obsaženém v jádře hostitelské buňky, proto Nick Lane ve své knize Síla, sexualita a sebevražda (Mitochondrie a smysl života 2012) zdůrazňuje, že ačkoliv je původ

mitochondrií potvrzen jako symbiotický, mitochondrie není symbiont, ale organela. Důkazem toho je, že mitochondrie nelze pěstovat v umělých podmínkách, ke svému životu potřebuje geny kódované v jádře buňky, uvnitř které mitochondrie žije, tyto geny kódují mitochondriální proteiny, které jsou kódovány i mitochondriálními geny, avšak počet těch jaderných převládá.

5.1.1 Původ mitochondrií

Mitochondrie pravděpodobně vznikla z α - proteobakterií (gramnegativní), kteří jsou nejbližší příbuzní doted' žijících endoparazitů rickettsie. Mezi další významné funkce patří redukce kyslíku, syntéza hemu a různých steroidů. Mitochondrie jsou závislé na kyslíku, proto některá eukaryota, která žijí bez kyslíku, nevykazují známky přítomnosti žádné pravé mitochondrie. U těchto organismů však byly nalezeny organely podobné mitochondriím, obalené dvojitými membránami a vědci se dohadují a mitochondriálním původu těchto organel. Jedná se například o trichomonády (*Trichomonas vaginalis*), nebo diplomonády (*Giardia intestinalis*) u kterých byly nalezeny energetické organely hydrogenosomy (místo, kde se uskutečňuje anaerobní metabolismus kyseliny pyrohroznové, při které vzniká molekulární vodík), nebo mitosomy, které sice nemají žádnou energetickou funkci, ale mohou se podílet na několika biosyntetických pochodech. Obvykle u těchto organel není vlastní genom. Tyto organely jsou podobné mitochondriím, proto se uvažuje o jejich vzniku přeměnou mitochondrií nebo alespoň o společném předkovi. Protože dnes každý známý eukaryotní organismus obsahuje mitochondrie, předpokládá se, že mitochondrie jsou přímo spojené se vznikem eukaryot (řecké označení pro „pravé jádro“), tento proces se nazývá eukaryogeneze. Eukaryotní organismy bez mitochondrií tedy nejsou známy, ale se zřejmě vyskytlo několik organismů, u kterých se nikdy nevyskytovaly plastidy, je tedy prokazatelné, že ty se nikdy eukaryogeneze nezúčastnily (ČEPIČKA, KOLÁŘ, SYNEK 2007).

5.2 Plastid

Plastid je také semiautonomní organela, která je ale charakteristická pro rostlinné buňky. Jsou pouze v eukaryotických rostlinných buňkách a podmiňují autotrofní způsob výživy rostlin. To, že plastidy mohly vzniknout ze sinic pomocí symbiózy, vyslovil na začátku 20. století vědec Merežkovskij, a propagována byla až od druhé poloviny 20. století Risem a Plautem (HUDÁK, HERICH, BOBÁK 1984).

První plastidy se objevily až u eukaryotických buněk. Plastidy jsou také známy jako fotosyntetické semiautonómny organely a jejich nefotosyntetizující deriváty. Ovšem kromě syntézy ATP a fotosyntézy mají i spoustu jiných důležitých funkcí, jako je například syntéza mastných kyselin (ČEPIČKA, KOLÁŘ, SYNEK 2007).

Jsou tvořeny dvojitou membránou, která dodává tvar celému plastidu. Uvnitř vnitřní membrány se nachází stroma s thylakoidy. Membrána jako taková je tvořena tuky a bílkoviny. Vnitřní a vnější membrány se od sebe liší svojí strukturou. Chování membrán se odvíjí od podmínek prostředí, na světle je zvýšený výdej vody, proto se celá membrána zmenší, naopak při temnějším prostředí plastid opět nabývá na velikosti (HUDÁK, HERICH, BOBÁK 1984).

5.2.1 Vznik plastidů

Původ plastidů nelze jednoznačně určit, tak, jako u mitochondrií, protože plastidů je hned několik typů a je možné, že plastidy různých typů vznikaly různými způsoby (možná až 9 typy endosymbióz) (ČEPIČKA, KOLÁŘ, SYNEK 2007). Ovšem základní představa o vzniku plastidů je endosymbiotická hypotéza, podle které vznikly plastidy z volně žijících jednobuněčných sinic, která se dostala do eukaryotické buňky a vytvořila v ní specializované vnitrobuněčné organely (HUDÁK, HERICH, BOBÁK 1984).

Plastidy se rozdělují do tří skupin v závislosti na vzniku. První skupinou jsou **primární plastidy**, pravděpodobně vzešly ze sinic (*cyanobakterie*, v rámci eubakterií, je pro ně charakteristická fotosyntéza, při které se syntetizuje kyslík), jsou obaleny dvěma membránami, které jsou obě sinicového původu (ARCHIBALD 2009). Objevují se například v ruduchách (*Rhodophyta*), v zelených řasách a suchozemských rostlinách (celá větev nese název *Viridiplantae*) (ČEPIČKA, KOLÁŘ, SYNEK 2007).

Sekundární plastidy vznikly tak, že nefotosyntetizující buňka pohltila ruduchu nebo zelenou řasu (která už měla primární plastidy) a sžila se s ní. Tento útvar se postupně redukoval, až na podobu primárního plastidu. Mají tři až čtyři membrány, dvě vnitřní jsou pozůstatkem sinice, třetí membrána je cytoplazmatická membrána nefotosyntetizujícího symbionta a čtvrtá může být pozůstatkem trávící vakuoly (u plastidů jen se třemi membránami není úplně jisté, jakého původu je čtvrtá membrána). Sekundární plastidy, které pocházejí z ruduch, najdeme například u chaluh (*Phaeophyceae*), rozsivek (*Bacillariophyceae*) a většiny výtrusovců (*Apicomplexa*, u těch není plastid fotosyntetický). Sekundární plastidy pocházející ze zelených řas je možné najít v buňkách některých krásnooček (*Euglenophyceae*) a také v buňce

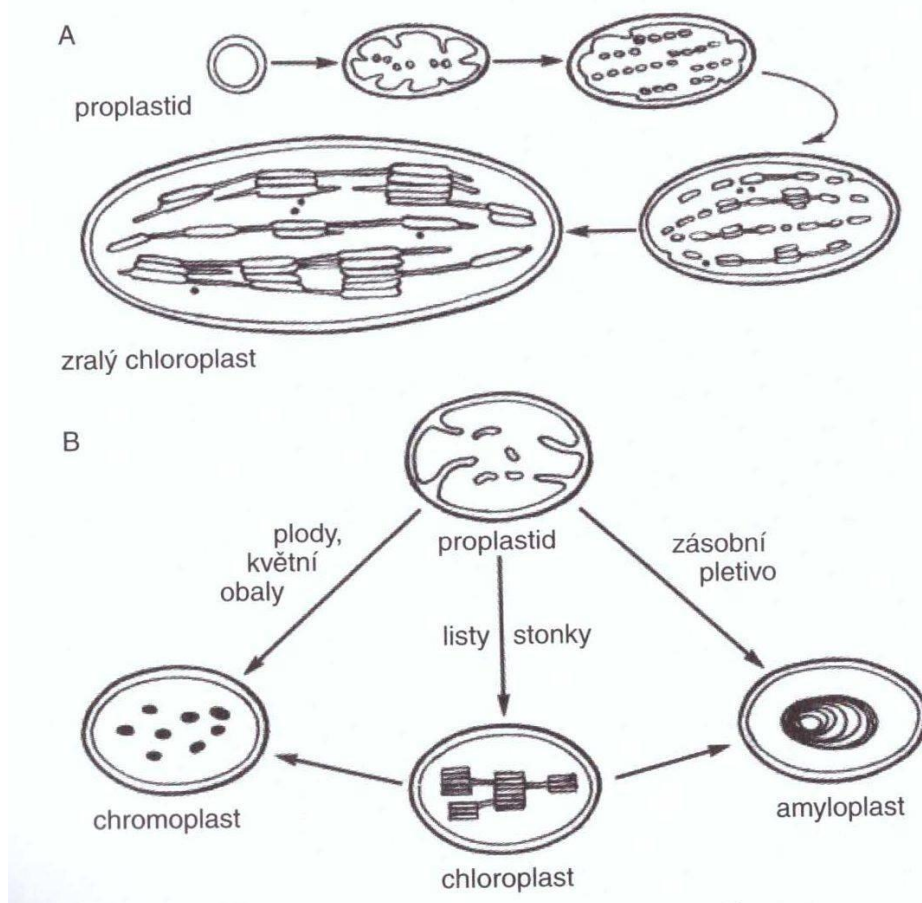
jedné obrněnky (*Lepidodinium viride*), která svůj původní plastid z ruduch nahradila plastidem ze zelených řas. Sekundární plastidy z ruduch vznikly pravděpodobně jednou a následně došlo k jejich rozrůznění, zatímco sekundární plastidy se pravděpodobně vyvíjely nezávisle na sobě (ČEPIČKA, KOLÁŘ, SYNEK 2007).

A **terciární plastidy** jsou extrémní skupinou, objevily se z organismů (obrněnek *dinoflagellata*) již nesoucích sekundární plastidy, ruduchového původu. Mají jen tři membrány, několik jich zaniklo pravděpodobně z důvodu velkého počtu membrán při přenosu látek (ČEPIČKA, KOLÁŘ, SYNEK 2007).

5.2.2 Rozdělení plastidů

Mohou být děleny na zelené **chloroplasty**, které se vyskytují v zelených rostlinách, obsahují zelené barvivo chlorofyl, díky kterým jsou rostliny schopné fotosyntézy, červené **rodoplasty**, ty jsou v buňkách ruduch a zbarvují se červeně díky červenému barvivu fykoerytrinu a fykocyaninu, hnědé **feoplasty** v buňkách hnědých řas, barvivo se nazývá fukoxantin, žluté, oranžové nebo červené **chromoplasty** obsažené především v květech, plodech a kořenech, jejichž barviva jsou karotenoidy a xantofyly. A také **leukoplasty**, ty jsou bezbarvé a jsou převážně v kořenu a oddencích (FIALA 2004). Obrázek č. 3 znázorňuje diferenciaci jednotlivých typů plastidů.

Rozdělení může být klasifikováno také jako fotosynteticky aktivní a inaktivní. Barvu plastidů určují barviva v nich obsažená a mohou to být buď chlorofyly, nebo karotenoidy. Chlorofyl je zelené barvivo vázané na bílkoviny, vzniká přeměnou kyseliny aminolevulové, tento proces probíhá přímo v plastidech na světle, chlorofyly mohou být chlorofyl a, chlorofyl b, chlorofyl c, chlorofyl d, bakteriochlorofyl a chlorobium- chlorofyl. Karotenoidy jsou žluté, až červené pigmenty, které pomáhají zachycovat sluneční energii a přenášet ji na chlorofyly, také pomáhají redukovat zbytečné množství kyslíku, který vzniká při fotosyntéze a hubí chloroplasty. Tyto karotenoidy účastníci se na metabolismu buňky jsou nazývány primární karotenoidy. Ty, které se nachází v květech a plodech jsou sekundární. Mezi nejznámější karotenoidy patří α -karoten, β -karoten a γ -karoten, jsou to karotenoidy, které neobsahují kyslík (HUDÁK, HERICH, BOBÁK 1984).



(Obr. 3 Diferenciace plastidů, dostupné z: KINCL, KINCL, JARKLOVÁ, 2008).

5.2.3 Leukoplasty

Mezi leukoplasty jsou řazeny bezbarvé plastidy, které mají slabě vyvinutou membránovou soustavu. Mohou být rozděleny podle zásobních látek, které obsahují. Jsou to amyloplasty, proplastidy, proteinoplasty a elaioplasty (HUDÁK, HERICH, BOBÁK 1984).

Amyloplasty mají jako svou hlavní zásobní látku škrob, a objevují se převážně v zásobních orgánech rostlin, jako jsou hlízy a kořeny. Vzniká v nich hlavně zásobní škrob, vyskytující se ve formě škrobových zrn (HUDÁK, HERICH, BOBÁK 1984).

Proteinoplasty jsou plastidy, které obsahují bílkovinné krystalky, nejvíce jsou přítomny v buňkách kořenového systému (HUDÁK, HERICH, BOBÁK 1984).

Elaioplasty mají velké množství tukových částic a jsou typické například pro hnědé řasy a rostliny z čeledě *Orchideaceae* a *Liliaceae* ve formě tukových globul, jejichž výskyt v buňce je možné regulovat pomocí teploty. Diferenciace těchto plastidů probíhá v temném

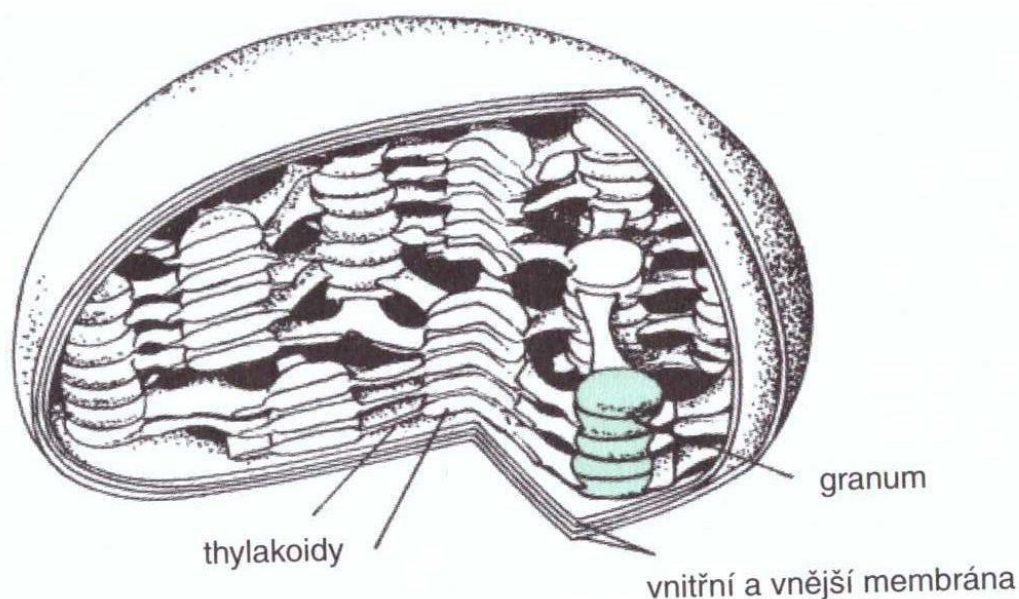
prostředí. Takto tvořené vezikuly netvoří lamely, ale jsou shluknuty v určité části plastidu (HUDÁK, HERICH, BOBÁK 1984).

Proplastidy jsou bezbarvé nerozčleněné plastidy, které se nacházejí hlavně v kořenech rostlin, listech a stoncích. Jejich přeměnou mohou vznikat chloroplasty (HUDÁK, HERICH, BOBÁK 1984).

5.2.4 Chloroplasty

Nejlépe prozkoumaným typem plastidů jsou chloroplasty, je to dané jejich velikostí a barvou. Jsou umístěny v nadzemních, zelených částech rostlin, především v listech, jsou ale i ve stoncích a vyvíjejících se květech a plodech (KINCL, KINCL, JARKLOVÁ 2008).

Velikost, počet i tvar chloroplastů jsou různé a závisí na rostlinném druhu, podmínkách růstu i na ontogenetickém stádiu buněk. Bývá pravidlem, že velkých chloroplastů je v buňce méně, než malých. Typický tvar chloroplastů je oválný, až kulatý, ale u některých druhů řas je možné najít méně typické tvary, jako jsou například hvězdice. Také rozmístění chloroplastů v buňce závisí na podmínkách, ve kterých rostlina je, pokud má buňka dostatečné množství světla, tak jsou chloroplasty shluknuty do skupin ve středu buňky, naopak, když má rostlina málo světla, chloroplasty bývají rovnoměrně rozloženy. V kořenech se běžně chloroplasty nevyskytují, ale pokud nastane výjimečný případ a v kořenu se objeví, přemění se po určité době na leukoplasty. Tento případ nastává u některých vodních rostlin (HUDÁK, HERICH, BOBÁK 1984).



(Obr. 2 Stavba plastidu, dostupné z: KINCL, KINCL, JARKLOVÁ, 2008).

5.2.5 Chromoplasty

Chromoplasty jsou plastidy červené, žluté nebo oranžové barvy. Tyto barevné variace jsou umožněny karotenoidy. Chromoplasty jsou charakteristické pro plody a listy, těsně před jejich opadnutím. Mrkev je zvláštním případem, protože chromoplasty jsou obsaženy i v jejím kořeni. Chromoplasty téměř výhradně vznikají ze zcela diferencovaných chloroplastů, chromoplasty v kořenech se však vytváří z leukoplastů. Z tohoto důvodu je tvar chromoplastů ze začátku vývoje podobný chloroplastům, je tedy oválný až kruhovitý, ovšem v pozdějších stádiích vývoje začíná být tvar chromoplastu více nepravidelný (HUDÁK, HERICH, BOBÁK 1984).

6 Mezidruhové vztahy

Mezi populacemi probíhá řada interspecifických neboli mezidruhových vztahů. Na základě těchto vztahů je udržován rovnovážný stav celého společenstva. Spojení jsou důležitá při strukturalizaci společenstev. Tyto vztahy mohou mít různou podobu, která není stejná, může se v průběhu roku i měnit. Změny mohou nastávat i vlivem vniknutí jiných druhů nebo zavlečením. Intenzita vztahů může být rozdílná a jedna populace může být současně v několika typech těchto vztahů. Rozděluje se celkem 8 kategorií mezidruhových vztahů a to podle ovlivňování jednotlivými populacemi na kladné, záporné a neutrální, podle prospěchu pro zúčastněné partnery (LOSOS et al 1985). Jsou to: neutrální vztahy, protokooperace, mutualismus, komenzalismus, amenzalismus, kompetice, predace a parazitismus.

6.1 Neutrální vztahy

Neutrální vztahy jsou vztahy takové, ve kterých na sebe organismy mohou vzájemně působit, ale neovlivňují se. Jestliže se organismy neovlivňují, nedochází k adaptaci. Je to výchozí stadium pro vztahy kladné i záporné (LOSOS et al 1985). Někteří vědci zastávají názor, že z původního parazitického vztahu se mohlo vyvinout „příměří“ tzv. neutrální vztah (FARB 1977).

Příkladem neutralismu mohou být třeba podobné druhy, žijící na stejném území, které na sebe ale vzájemně nepůsobí. Jejich nároky na život mohou být rozdílné, a proto se neovlivňují. To, že neutralismus existuje, je nepravděpodobné a neprokazatelné, takže pojem neutralismus se používá v případech, kdy působení organismů na sebe navzájem je zanedbatelné (ČEPIČKA, KOLÁŘ, SYNEK 2007).

6.2 Kladné vztahy

6.2.1 Protokooperace

Mezi kladné vztahy bývá jednoznačně zařazena protokooperace.

Protokooperace je soužití jedinců za prospěchu všech zúčastněných, ale není to vztah nutný a nemusí být ani trvalý. Jedinci, kteří do vztahu vstupují, mají sice z tohoto vztahu výhody, ale pokud se soužití rozpadne nebo rozdělí, není to pro organismus existenční problém, na rozdíl od dalšího vztahu, kterým je mutualismus. Jedná se o sdružování za účelem rozmnožování nebo třeba získávání potravy. Příkladem protokooperace může být hnízdění ptáků poblíž sebe, nebo tvoření zimních hejn. Za účelem využití smyslů, které mají lepší jiné

druhy, se vytváří aliance. Jedná se o soužití, kdy jeden druh využívá lepší zrak druhu jiného, zatímco přispívá do vztahu lepším čichem. Toto spojení je známé například u ptáků s kopytníky, nebo slony a žirafami (LOSOS et al 1985).

6.2.2 Mutualismus

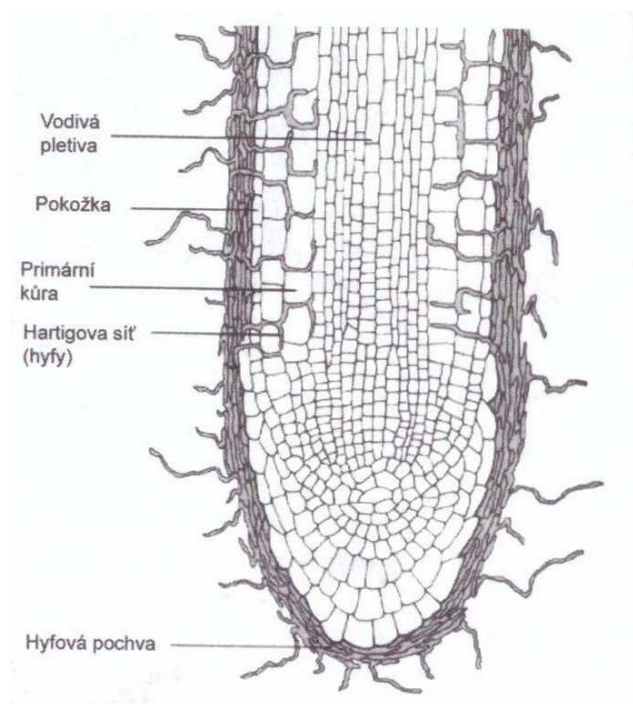
Mutualismus je vztah, který je nutný a trvalý, bývá mnohem těsnější, než protokooperace. Někdy se o mutualismu hovoří jako o symbióze v užším slova smyslu. Když se řekne symbióza, každý si představí mutualistické spojení rybích klaunů z rodu *Amphiprion*, které žijí mezi chapadly sasank. Jak je možné, že žahavá sasanka klauna nežahá, když ostatní drobné rybky tímto způsobem loví a živí se jimi? Klaun má totiž na povrchu svého těla vrstvu slizu, podobnou slizu, který vylučuje sasanka. Spojení je výhodné pro oba, protože rybka má ochranu před jinými predátory a sasanka má díky klaunovi přísun čerstvé potravy, která odpadne „nájemníkovi“. Podobný případ spolupráce se sasankou najdeme i u poustevníčků, kteří si na střechu ulity posadí sasanku, která ho svými žahavými buňkami chrání a on jí za to poskytuje transport či přísun k potravě. Příkladem může být třeba poustevníček druhu *Eupagurus prideauxi* a sasanka *Asamsia palliata*. Různé druhy takto výhodné spolupráce fungují i na souši, například v afrických savanách nalezneme ptáky druhu kubák (*Buphagus*), kteří svou potravu (drobný hmyz) získávají obléváním africké zvěře (ČEPIČKA, KOLÁŘ, SYNEK 2007).

Je to interakce prospěšná pro všechny zúčastněné symbionty, tento vztah je velice úzký a potřebný. Platí, že zisk ze soužití je větší, než investice. Nejzákladnějším příkladem mutualismu je opylování rostlin nebo prvoci nacházející se v bachorech přežvýkavců (LOSOS et al 1985). Přežvýkavci jako takoví totiž nemají schopnost strávit celulózu, která je základem jejich stravy, musí k tomu ve svých žaludcích využít pomoc spolupracujících mikrobů. Ty se nachází především v bachoru, což je jeden z předžaludků přežvýkavců (dalšími jsou kniha-omasum a čepce- reticulum, jako vlastní žláznatý žaludek, kde probíhá chemické trávení, slouží slez- abomasum). Je tam k nalezení spoustu druhově rozmanitých organismů, díky kterým jsou přežvýkavci schopni využít glukózu, nacházející se v celulóze ve velmi pevných vazbách. Tyto organismy mohou být houbové, bakteriální nebo patří mezi nálevníky. Jsou to striktně anaerobní organismy. Nejvýznamnější a pravděpodobně nejpočetnější jsou bakterie a to především druh *Bacteroides succinogenes*, nebo rody *Clostridium* a *Ruminococcus*. Z nálevníků se zde vyskytuje zástupce bachořců- *Entodiniomorphida*. Jejich počty jsou sice menší, než počty bakterií, ale se svou větší velikostí se objem hmoty lehce vyrovná bakteriálnímu. Stravitelnost potravy však přežvýkavci zaručuje hlavně činnost bakterií

(ČEPIČKA, KOLÁŘ, SYNEK 2007). O mutualismus se jedná i v případě nitrifikačních, hlízkových bakterií, které žijí v blízkém společenství s kořeny bobovitých rostlin a vážou vzdušný dusík do půdy.

6.2.2.1 Mykorhiza

Mykorhiza je soužití kořenů vyšších rostlin s houbami. Je to symbiotické, oboustranně prospěšné spojení mezi houbou a kořenovým systémem rostlin. Slovo mykorhiza vzniklo z řeckých slov *mykés*, *mykétas* (houba, hřib) a *rhíza*, *ríza* (kořen) doslova tedy „houbokořen“. Houba je označována jako mykobiont a rostlina jako fytoiont. Spojení je opravdu velmi těsné a někteří vědci si dovolí tvrdit, že bez takového soužití by některé druhy hub, či takto žijících rostlin dávno vymřely. Většina rostlin prý ve svých kořenech hostí nějakou houbu, takže pěstovat rostliny bez přítomnosti mykorhizních hub je téměř nemožné (ČEPIČKA, KOLÁŘ, SYNEK 2007).



(Obr. 6 Podélný řez kořenem rostliny za přítomnosti mykozhizní houby, dostupné z: GRYNDLER et al 2004).

Mykorhizní houby mohou být stopkovýtrusé, vřeckovýtrusé nebo spájivé. Je možné, že tyto druhy žijí pospolitě a vytvářejí společenstva. Pojem mykorhiza je vykládán buď jako mykorhizní soužití, symbiózu nebo orgán vznikající při soužití hub s kořeny rostlin. Tento orgán se vytváří na rhizodermis (kořenovou pokožku) a pletiva těsně pod ní, houby neprorůstají až do kořenového středního válce (GRYNDLER 2009).

6.2.2.1.1 Endomykorhiza

Endomykorhiza znamená, že houba prorůstá do vnitřního prostoru buněk hostitelského kořenu, na rozdíl od ektomykorhizní symbiózy, kde houba proniká jen mezi buňky kořene hostitele (GRYNDLER 2009).

Endomykorhizu rozdělujeme na arbuskulární, orchideoidní, a erikoidní.

Mezi základní typy endomykorhizy patří arbuskulární mykorhiza, která je nejrozšířenější a vývojově nejstarší a jsou pro ni typická mezibuněčná i vnitrobuněčná vlákna houby (hyfy) a bohatě větvené vnitrobuněčné útvary- arbuskuly. Životní cyklus arbuskulární mykorhizní houby začíná jako v případě všech ostatních hub výtrusem (sporou), ze kterého vyrůstá houbové vlákno (hyfa), vlákno začne prorůstat půdou a vyčkává na signál od kořenu rostliny. Tento signál pochází z poraněné části kořene a přenašečem je flavonoid (signální molekula běžně vylučovaná při poranění kořene). Po přijetí signálu začne hyfa prorůstat ve směru kořene, až k němu dorazí, vytvoří přísavný terčík, díky kterému se chystá proniknout do kořenového pletiva. Houba nejprve musí překonat obranné mechanismy rostliny, kterými se rostlina snaží bránit přítomnosti škodlivým a patogenním houbám. Rostlina vylučuje chitinázy, to jsou enzymy, které tráví chitin, což je látka obsažená v buněčných stěnách všech hub. Když se houbovému vláknu podaří úspěšně proniknout do kořenového systému rostliny, začne se rozvětlovat a dostávat se do mezibuněčných prostor nebo i skrz některé buňky kořenového systému. Větvení probíhá až do doby, než se vytvoří stromečkovitý útvar nazývaný arbuskulus (z latinského překladu „stromeček“). Arbuskulus je základní struktura arbuskulární mykorhizy, díky svému bohatému větvení zvětšuje styčnou plochu s rostlinou, ale je důležité podotknout, že stejně jako v případě jiných endosymbióz, houbové vlákno není v přímém kontaktu s cytoplazmou hostitelské buňky, ale je od ní odděleno cytoplazmatickou membránou rostliny i jednou svou vlastní cytoplazmatickou membránou. Tím vzniká prostor, mezi membránami obou organismů, ve kterém je uloženo velké množství molekul, které mohou mít minerální povahu, nebo jsou to asimiláty, tyto látky si houba i rostlina vyměňují mezi sebou. Životnost těchto arbuskulárních vláken je velmi krátká, jedná se o několik dní, poté se rozpadnou, a buď jsou rostlinou částečně stráveny, nebo zůstanou v buňce rostlinných kořenů. Kromě arbuskuly se mohou na konci některých hyf tvořit kulovité váčky (vezikuly) které v sobě obsahují molekuly tuku, slouží tedy pravděpodobně jako zásobní orgány a mohou být jak v mezibuněčných prostorech, tak i v buňkách samotných. Mimo rostlinu se tvoří velká spousta vláken, díky kterým houba přijímá dostatečné množství vody

a minerálních živin pro sebe i rostlinu a na těchto vláknech vznikají kulovitá sporangia s výtrusnicemi (ČEPIČKA, KOLÁŘ, SYNEK 2007).

Orchideoidní mykorhizní symbióza je význačná pouze pro orchideje (rostliny řádu *Orchidales*) a je pro ni charakteristická dvojí kolonizace, první nastává po vyklíčení semen v prvoklíčku a druhá v kořenových pletivech, kolonizovány jsou buňky kořenové soustavy, pokožka ne. Přímě v buňkách kolonizované rostliny se tvoří závitky (smotky) houbových vláken, které mají omezenou životnost, protože jsou postupně stráveny rostlinou. V uvolněné buňce může znovu dojít k osidlování novou hyfou (GRYNDLER et al 2004).

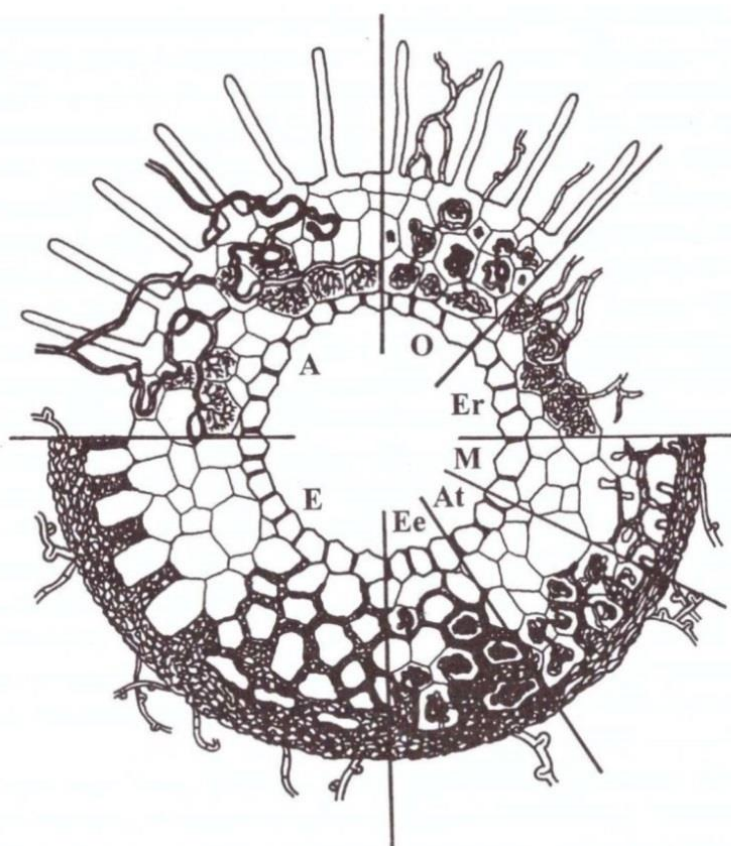
Erikoidní mykorhiza je typická také závitky hyf (smotky) jako přechodní skupina, ale kolonizace houbou probíhá především na povrchu kořenové pokožky a směrem ke středu středního válci houbových pletiv rychle ubývá (GRYNDLER et al 2004). Tento typ mykorhizy převažuje u řádu *Ericales*, česky tedy vřesovcotvarých, do kterých jsou řazeny vřes nebo borůvku (ČEPIČKA, KOLÁŘ, SYNEK 2007).

6.2.2.1.2 Ektomykorhiza

Ektomykorhiza znamená, že houbová vlákna neprorůstají do buněk rostlin.

Často je úsek kolonizovaný houbou snadno rozpoznatelný díky zduřelinám, které se odlišují od zbytku kořenů. Hyfy hub tvoří v mezibuněčných prostorách tzv. Hartigovu síť a hyfy na povrchu kolonizovaného kořene jsou známy jako hyfový plášť. Ektomykorhizní soužití často značně změny morfologickou stavbu kořene, který je nápadně zkrácený, ztlustlý a vidličnatě rozvětvený. Změny probíhají na základě rostlinného hormonu auxinu, který vylučuje houba. Ektomykorhiza je charakteristická především pro dřeviny (ČEPIČKA, KOLÁŘ, SYNEK 2007).

Ektendomykorhizní symbióza je termín používaný v případě, kdy jinak ektomykorhizní houby, prorůstají dovnitř buněk kořenového systému. Vyskytuje se především u dřevnatých rostlin. Spolu s arbutoidní a monotropoidní mykorhizní symbiózou znamená jakýsi mezistupeň mezi ektomykorhizou a endomykorhizou (GRYNDLER et al 2004).



(Obr. 4 Typy mykorhizních symbióz znázorněné v příčném řezu. A: Arbuskulární mykorhiza, O: Orchideoidní mykorhiza, Er: Erikoidní mykorhiza, M: Monotropoidní mykorhiza, At: Arbutoidní mykorhiza, Ee: Ektendomykorhiza, E: Ektomykorhiza. Dostupné z: GRYNLER et al 2004).

U zástupců rostlinné říše může být často nalezeno i několik typů mykorhizních symbióz. Stejně tak jedna houba může tvořit několik typů mykorhiz. Mykorhizní symbióza se vyskytuje především u cévnatých rostlin, ale můžeme ji najít i u některých bezcévných, jako jsou například mechy a játrovky. Mnohé kapradiny také poskytují útočiště mykorhizním houbám. Nahosemenné rostliny jsou hostiteli ne příliš častými ve srovnání s krytosemennými rostlinami, u kterých můžeme pozorovat všechny typy mykorhiz. Ovšem některé čeledi z krytosemenných rostlin, kořenovou soustavou, vylučují látky, inhibující růst houbových hyf. Například brukvovité, hvozdíkovité, nebo merlíkovité. Výskyt mykorhizních hub u vodních rostlin je závislý na podmínkách prostředí (GRYNLER et al 2004).

Při mykorhize se jedná o výměnu látek organických a anorganických, ve směru rostlina-houba organické a houba-rostlina anorganické. K této výměně může docházet za předpokladu tří důležitých vlastností mykorhizních hub. Je to zaprvé velký povrch mycelia, který může zasahovat do malých půdních prostor, které není schopný kořenový systém rostlin obsadit. Za

druhé je to přímá výměna látek s obývanou rostlinou umožněná těsným soužitím, stejně jako výměna látek s okolním prostředím. A za třetí je důležitý transport na velké vzdálenosti za pomoci mycelia (GRYNDLER 2009). Jedná se především o transport fosforu, který se v půdě snadno vyčerpá díky jeho malé schopnosti pohyblivosti, díky speciálnímu metabolismu hub je příjem fosforu z půdy i mnohem větší u mykorhizujících rostlin, než u těch nemyorhizujících. Důležitá je i ochrana, kterou poskytují houbová vlákna rostlinám před těžkými kovy, které jsou ukládány v houbových hyfách a tak znemožňují přechod těchto látek do těla rostlin (ČEPIČKA, KOLÁŘ, SYNEK 2007).

Mladé orchideje jsou heterotrofní a některé druhy orchidejí zůstávají heterotrofní až do dospělosti, příjem důležitých uhlíkatých látek závisí na mykorhizním způsobu soužití, proto mluvíme o mykotrofii. Autor dále popisuje, nejasnosti mezi mutualistickou a parazitickou symbiózou a považuje tuto oblast za stále málo prozkoumanou (GRYNDLER et al 2004).

Mykorhizní houby se vyskytují na místech, kde je vysoká diverzita rostlinných druhů a na zastoupení druhů, či na produkci jejich biomasy se houby samy i podílejí. Druhy mohou žít pospolitě, což umožňuje dynamiku společenstva v případě různých změn (BURROWS, PFLEGER 2002).

Na obrázku 5 je znázorněno, jak mykorhiza ovlivňuje růst rostliny, mykorhizní soužití má dopad na kořenový systém rostlin i na jejich celkový vzrůst. Rostliny na obrázku vlevo žijí bez mykorhizních hub, je patrné, že jejich kořenová soustava i celková velikost rostlin je méně bohatá, než na obrázku mykorhizujících rostlin vpravo.



(Obr. 5 Srovnání mykorhizních rostlin s rostlinami neprovozující mykorhizu, dostupné z: GRYNDLER et al 2004).

6.2.2.2 Lišejníky

Symbiotickým vztahem mezi houbou a organismem schopným fotosyntézy (řasa, nebo sinice) vzniká lišejník. Tímto spojením jsou lišejníky schopné obsadit taková místa, která by jako houba nebo řasa/sinice samostatně nebyly schopné obydlovat. Pro lišejníky není problém extrémní sucho, nízké či příliš vysoké teploty, vysoký stupeň ozáření, nebo nedostatek živin. To jim zajišťuje schopnost přežít, i když nejsou konkurence schopné. Díky tomu jsou lišejníky řazeny mezi bioindikátory, to jsou látky, díky kterým je možné pozorovat změny v kvalitě životního prostředí (ČEPIČKA, KOLÁŘ, SYNEK 2007).

Houby, které vstupují do vztahu s lišejníky, označujeme jako houby lichenizované a je to více než pětina veškerých hub. Fotosyntetizující organismus bývá častěji řasa, než sinice a houby vyskytující se v tomto spojení jsou převážně vřeckovýtrusé. Některé druhy hub, vstupující do lišejníkového spojení mohou vytvořit různé typy lišejníků v závislosti na fotosyntetizujícím organismu (ČEPIČKA, KOLÁŘ, SYNEK 2007).

Může se stát, že houba svého fotobionta (podobně jako v případě, kdy houba spolupracuje s kořeny rostlin u mykorhizní symbiózy, houbu označujeme jako mykobionta a v tomto případě fotosyntetizující organismus jako fotobionta) v průběhu života i vymění a tím dochází k výrazné změně lišejníku. K základnímu uskupení jednoho mykobionta a jednoho fotobionta se mohou přidávat další houby, sinice nebo řasy, vznikají tak tříčlenná až čtyřčlenná společenstva (ČEPIČKA, KOLÁŘ, SYNEK 2007).

6.2.2.3 Endofytické houby

Jsou to houby, žijící uvnitř rostliny, termín endofyt se všeobecně používá pro všechny organismy, které žijí uvnitř rostliny. Mnoho hub, které se nacházejí v mezibuněčných prostorech rostlin, bývají parazitické a rostlinám spíše škodí, ale najdeme i skupinu hub, které buď sami produkují, nebo nutí rostlinu produkovat toxiny, účinné proti parazitům a herbivorům (ČEPIČKA, KOLÁŘ, SYNEK 2007).

6.2.3 Komenzalismus

Komenzalismus je symbióza, kdy komenzál profituje na hostiteli, aniž by mu svým jednáním nějak ubližoval, či ho ovlivňoval. Význam slova komenzalismus pochází ze spojení latinských slov mensa (stůl) a předpony con- (s, spolu), tedy spolustolování. Původně byl tento termín užíván pro vyjádření vztahu mrchožroutů s jejich potravou (Komenzalismus. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online].).

Mezistupněm mezi komenzalismem a predací, či parazitismem je tzv. synekie, kdy se jedná o trvalé nastěhování jednoho druhu, do hnízd druhů jiných. Když nastěhovaný druh hostitele nijak neovlivňuje, pořád se jedná o komenzalismus, ale vztah se může i změnit (LOSOS et al 1985).

6.3 Záporné vztahy

6.3.1 Amenzalismus

Záporné vztahy jsou takové, kdy působení jednoho nebo více organismů negativně ovlivňuje jeden nebo více jiných organismů.

Příkladem je amenzalismus. Amenzalismus je vzájemná interakce mezi dvěma nebo více organismy, kdy jeden organismus- inhibitor negativně ovlivňuje svými chemickými výměšky organismus druhý- amenzál. Můžou ho zpomalovat, záporně ovlivňovat jeho rozmnožování, nebo až jej usmrtit. Druh, který produkuje metabolity, nazývá se inhibitor a soužitím není nijak dotčen. Druhý člen „amenzál“ je ovlivňován a tímto spojením trpí. Je znám především u mikroorganismů. Tyto výměšky mohou být velice účinnými antibiotiky, které jsou využívány zejména v lékařství. Bakterie nebo sinice také produkují toxiny, které jsou naopak jedovaté (LOSOS et al 1985).

Alelopatické látky jsou látky produkované inhibitory za účelem ovlivňování amenzálů. Jsou to antibiotika, které jsou produktem mikroorganismy (převážně houbami) a ovlivňují růst jiných mikroorganismů. Dále pak fytoncidy, které vylučují vyšší rostliny a ty zpomalují růst bakterií a prvoků. I toxiny patří mezi alelopatické látky a jsou to jedovaté zplodiny bakterií a sinic, které negativně ovlivňují vyšší rostliny a živočichy (Alelopatie. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online].).

6.3.2 Kompetice

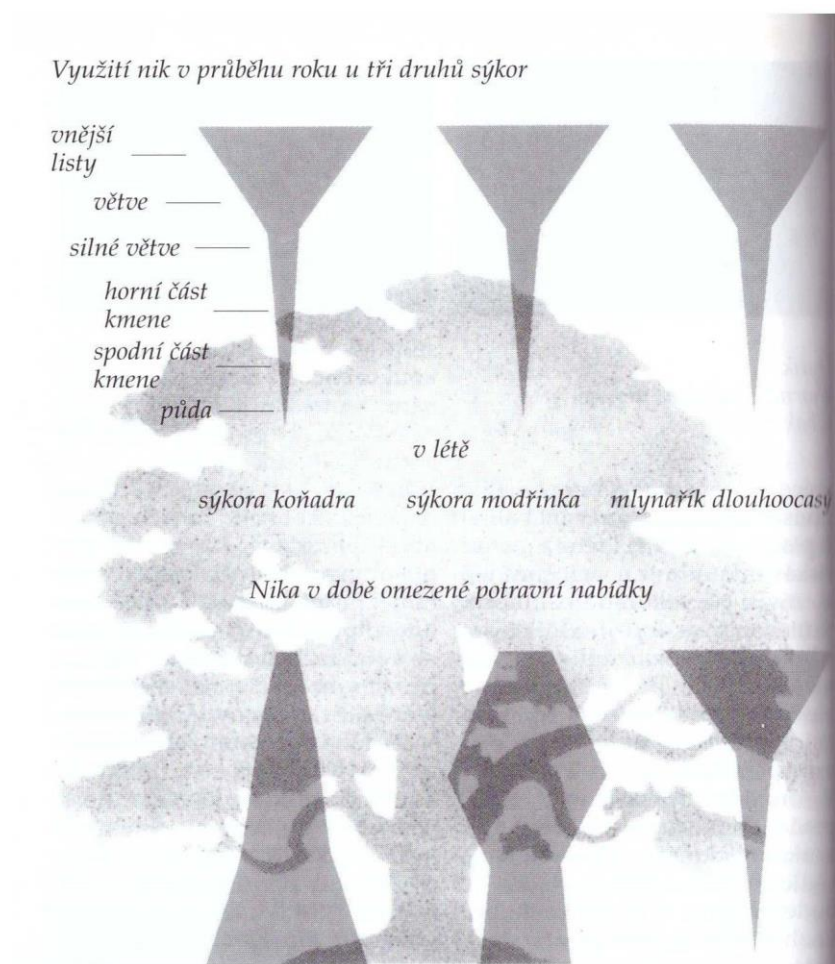
Kompetice nebo konkurence je negativní ovlivňování dvou populací, které si navzájem čerpají potřeby ze stejné lokace. Konkurenční vztahy také vznikají v případě zavlečení nového druhu do nepůvodního území (REICHHOLF 2002).

Častým případem je, že pohyblivější a silnější druhy vytěsňují druhy slabší a méně pohybuschopné. Buď strádají oba druhy, nebo jeden eliminuje ten druhý v daném prostoru. Konkurence má velký význam u rostlin vzhledem k velice podobným nárokům na podmínky, jako jsou světlo a voda (LOSOS et al 1985).

Konkurence v rámci jedné populace, tedy ovlivněna hlavně životními podmínkami, se nazývá intraspecifická a je to nejostřejší forma konkurence. Tento stav je vysvětlen na populaci labutí, když se začnou ztenčovat příjmy potravy, labutě se přestávají rozmnožovat a jejich úmrtnost stoupá, až dojde k rovnovážnému stavu. Interspecifická neboli mezidruhová konkurence je vysvětlena také na příkladu labutí. Labutě, které se běžně živí především vodní

vegetací, nepohrdnou měkkýši a pobřežními rostlinami, když přichází zima. Jenže tyto zásoby potravy vyhledávají i například kachny a lysky černé. Velká část labutí se je proto nucena opustit místo svého primárního výskytu a odebrat se do měst, kde přijímají potravu od lidí (REICHHOLF 2002).

Gaus- Volterrovo pravidlo, také známo jako zákon vyloučení konkurence. Tento princip je založen na tom, že dva druhy nemohou mít úplně stejné nároky na život, spočívá tedy v rozmanitosti a rozdílnosti potravních nik. Pokud jsou stejné (stejná potrava a stejný způsob získávání potravy), tak mezi těmito druhy dochází k masivní konkurenci a vytlačování. Tento princip je vysvětlen na obrázku č. 7 (REICHHOLF 2002).



(Obr. 7 Potravní niky konkurentů v různých časových obdobích, dostupné z: REICHHOLF, 2002).

Rostliny mají velké množství adaptací na tyto podmínky, jako jsou například velké listy, rychlý růst nebo velké množství kořenů. I u zvířat dochází k různým morfologickým

adaptacím, u zmíněných druhů ptáku to mohou být různě tvarovaná těla, přizpůsobené tvary, či velikosti zobáků, popřípadě i změna velikosti příslušného druhu. Důležité jsou i strategie získávání potravy, které mohou také být rozdílné (LOSOS et al 1985).

6.3.3 Predace

Predace je vztah, ve kterém působí zpravidla větší predátor na svou kořist, rozdíl mezi predací a parazitismem je v tom, že predátor svou kořist nejprve zabíjí. Predátoři jsou obvykle potravně vázáni na více druhů, ale jeden druh potravy pro ně může být hlavním. Tím se také vysvětluje kolísání mezi počty populací. Když dojde k úbytku kořisti, většinou dochází k eliminaci i predátorů, což umožňuje kořisti zvýšit početnost, která opět dovoluje rozmnožení predátorů a tato situace se neustále opakuje. Proto se u kořisti i predátorů vyvinuly různé mechanismy ke zlepšení šance na přežití podobně jako v případě konkurentů. Jedná se o různé adaptace vůči mechanickému či chemickému poškození, jako jsou krunýře, silná kůže, šupiny a jiné. Také může jít o krycí zbarvení těla, kterému se říká mimikry, nebo různé chemické obranné mechanismy, jako je například vylučování slizu, zápachu nebo i jedovatých výměšků. Některé druhy kořisti se mohou bránit i velkým množstvím potomků, kteří zajistí přežití určitého druhu, popřípadě vyvinuté tělo k rychlému útěku, či k aktivní obraně (LOSOS et al 1985).

Podle Reichholfy (2002) je predace nápomocná a přínosná. Organismy pod tlakem zůstávají v dobře kondici a produktivě a také díky snižování stavu druhů ulehčuje situaci, která by mohla nastat vyčerpáním zdrojů. Predace také napomáhá druhové diverzitě neboli rozmanitosti. Predátoři jsou nezbytností pro vyrovnaný stav populací.

6.3.4 Parazitismus

Při parazitismu se jedná o trvalé nebo dočasné soužití, které může probíhat buď tak, že parazit žije na povrchu hostitele- ektoparazitismus, nebo uvnitř jeho těla- endoparazitismus. Slovo parazitismus vzniklo z řeckého slova *parasitos* a doslovný překlad znamená „kdo při někom jí“ (FARB 1977).

Hostitel bývá zpravidla větší, než parazit. A nesnaží se o přímou smrt hostitele, ta nastává jen v případě, když se parazit přemnoží a hostitel není schopný zbavit se parazitů sám. K tomuto následku může docházet například, když hostitel trpí nějakou chorobou, nebo když parazit jako například komár nemá problém s opuštěním hostitele a rychlým vyhledáním náhrady. Častým případem je, že komár jako ektoparazit přenese do těla hostitele spolu s výměšky, které produkuje během sání hostitelovi krve (antikoagulanty), i endoparazity jako mohou být

například zimničky (způsobují malárii), které se v hostitelově těle rychle rozmnoží a napadnou krvinky, což může vést až ke smrti (SCOTT 1996).

Parazité mohou být fakultativní, což znamená, že parazitismus je náhodný, nastává jen za určitých podmínek. Nebo obligátní, parazitismus je nezbytný pro jejich přežití. Parazité mohou brzdit metabolismus svého hostitele, jeho růst nebo i rozmnožování (REICHHOLF 2002).

Různým parazitům napomáhá v jejich činnosti mnoho adaptačních úprav, jako jsou velké reprodukční možnosti (velké množství vajíček například), nebo zakrnělé smyslové orgány. Jiné adaptace umožňující parazitovi využívat hostitelovy živiny je například jmelí, které se k větvím stromů přichytí kořeny tzv. haustorii (SCOTT 1996).

Mnoho parazitů má složité životní cykly, díky kterým nepřežívá tak vysoké procento jedinců. Jedná se například o tasemnici článkovanou, která jednu etapu svého života žije v prasečím meziphostiteli a požitím špatně upraveného infikovaného masa se může tasemnice dostat až do tlustého střeva člověka, kde přichytí své článkované tělo k výstelce střeva a spotřebovává živiny, které kolem ní procházejí střechem. Koncové články tasemnic se odlupují a se stolicí vycházejí ven, jsou plné vajíček. Pokud jsou snědeny vepřem, tento cyklus může začít nanovo (SCOTT 2002).

S parazitismem souvisí patogenie, což je návaznost živočichů s prvky, bakteriemi, viry a jinými patogeny, které způsobují hostiteli infekční onemocnění (LOSOS 1985). Pokud dojde k nákaze velkého množství jedinců, jedná se o epidemii. Ta může nastat například v případě přemnožení bakterie *Clostridium botulinum*, která roste v anaerobním prostředí a produkuje velice silný jed ochromující nervstvo. Zejména u vodních ptáků způsobuje zadušení a utonutí, když jedovatý toxin pozřou. Uhynulá těla ptáků slouží jako další zdroj nákazy (REICHHOLF 2002).

7 Slovník pojmů

Autotrofní způsob výživy- schopnost přeměňovat látky anorganické na látky organické, například fotosyntéza

Améby- měňavky, jednobuněčné eukaryotické organismy

Amenzalizmus- negativní soužití, kdy jeden z organismů ten druhý ovlivňuje svými výměškami

Antibióza- negativní blízké soužití

Antikoagulanty- látky zamezující srážení krve

ATP- adenosintrifosfát, při jeho štěpení se uvolňuje energie významná téměř pro všechny buňky

Bioindikátor- organismus ukazující vlastnosti okolního životního prostředí

Chlorofyl- zelený pigment obsažený v chloroplastech

Chloroplast- buněčná organela, umožňuje fotosyntézu díky zelenému barvivu chlorofyl

Chromoplasty- buněčné organely obsahující pomocná barviva karotenoidy nebo xantofyly,

Ektoparazit- parazit, který je na povrchu hostitelova těla

Endoparazit- parazit nacházející se uvnitř těla hostitele

Eukaryogeneze- evoluční proces, kterým vznikla eukaryotní buňka

Fakultativní symbióza- soužití, které je prospěšné, ale není nutné

Fotobiont- organismus schopný fotosyntézy v lišejníkovém spojení

Fotooxidace- oxidace, která probíhá za přítomnosti slunečního záření

Genom- genetická informace

Haustoria- speciální kořeny parazitů

Herbivorie- vztah mezi organismem a rostlinou, kdy se organismus živí rostlinou

Heterotrofní způsob výživy- organismy nejsou schopny sami přeměňovat organické látky z anorganických

Hostitel- organismus okupovaný parazity

Hyfy- houbová vlákna

Interakce- vzájemné působení

Interspecifické vztahy- vztahy mezidruhové

Karotenoidy- barvivo obsažené v chromoplastech

Komenzalizmus- soužití výhodné pro jeden organismus a neutrální pro druhý

Konkurence- soutěž, kompetice, vztah mezi dvěma nebo více organismy, kdy se vzájemně negativně ovlivňují

Kořist- potrava predátorů

Krebsův cyklus- Citrátový cyklus, tvorba ATP

Leukoplasty- bezbarvé plastidy, jejichž funkce je zásobní

Lišejník- mutualistické soužití houby s fotosyntetizujícím organismem

Membrána- tenká hmota ohraničující rozhraní prostředí, může být na povrchu nějakého tělesa nebo i uvnitř něj

Metabolismus- látková přeměna

Mimikry- obranné mechanismy kořisti

Mitochondrie- semiautonomní organela sloužící jako dýchací centrum buňky

Mitosomy- organela eukaryotních buněk vyskytujících se v prostředí s nedostatkem kyslíku

Mutualismus- symbiotický vztah, který je prospěšný pro všechny zúčastněné

Mycelium- podhoubí

Mykobiont- houbový organismus v lišejníkové symbióze

Mykorhiza- soužití hub s kořeny stromů

Mykotrofie- způsob výživy, kdy jsou rostliny závislé na přísunu potravy z hub, známé u orchidejí

Narkotikum- látky, které utlumují nervovou soustavu

Obligátní symbióza- soužití, které je prospěšné a nutné pro všechny zúčastněné

Parazitismus- soužití, kdy jeden organismus využívá druhého, aniž by mu přinášel užitek, škodí mu

Plastidy- semiautonomní organely s vlastní genetickou informací

Populace- soubor jedinců jednoho druhu, kteří se nachází na tom samém místě, ve stejném čase

Predace- vztah, kdy jeden organismus využívá jiný organismus jako potravu

Protokooperace- oboustranně výhodný mezidruhový vztah

Semiautonomní organely- organely, které mají vlastní genetickou informaci, jsou to mitochondrie a plastidy

Speciace- vývoj nových druhů

Symbiogeneze- evoluční změna zapříčiněná symbiózou

Symbiont- organismus, který je v symbiotickém vztahu s jiným organismem

Symbióza- „žít spolu“, úzké soužití dvou, nebo více organismů

Thylakoidy- membránové struktury v chloroplastech

Toxiny- jedovaté látky, které produkují organismy

Vezikuly- vnitrobuněčná struktura, jejímž úkolem je skladování nebo přesun zásobních látek

Xantofyly- barvivo, viz karotenoidy

8 Pracovní listy

Pracovní list plastidy a mitochondrie

1) Odpověz na otázku:

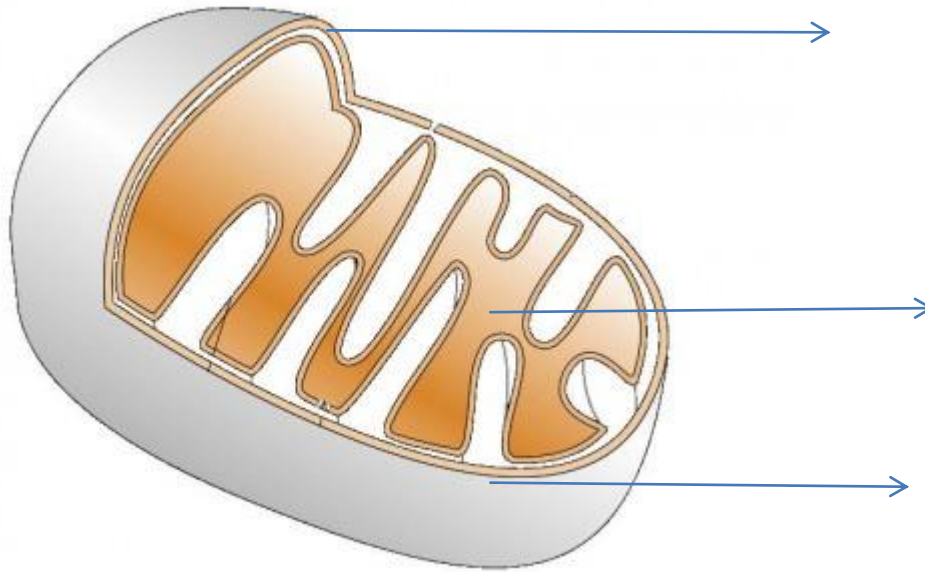
V buňkách organismů najdeme organely, které slouží k výrobě energie a dýchání, jak se nazývají?

2) Nakresli chloroplast a popiš jeho části:

3) Doplně slova do textu:

Chloroplasty jsou tělíška, která najdeme uvnitř buňky. Jejich barva je způsobena barvivem..... Říkáme jim organely. Buňky jsou díky nim schopné..... Díky tomu jsou rostliny schopné samy se vyživovat. K buněčnému dýchání slouží....., která má tvar. Může být v buňkách, i v těch živočišných.

4) Pojmenuj obrázek a popiš ho:



5) Vyber správnou odpověď:

Ve kterých buňkách najdeme chloroplasty?

- a) Chloroplasty najdeme pouze v živočišné buňce.
- b) Chloroplasty jsou jen v rostlinné buňce.
- c) Chloroplasty jsou i v buňce živočišné, i v buňce rostlinné.

K čemu slouží mitochondrie?

- a) Mitochondrie slouží k fotosyntéze.
- b) Mitochondrie jsou okrasným centrem buňky.
- c) Buněčné dýchání probíhá pomocí mitochondrií.

6) Zakroužkuj:

Barva chloroplastu je:

zelená červená modrá

Mitochondrie slouží buňce k:

vylučování dýchání rozmnožování

Pracovní list mykorhiza a lišejníky

1) Odpověz na otázku:

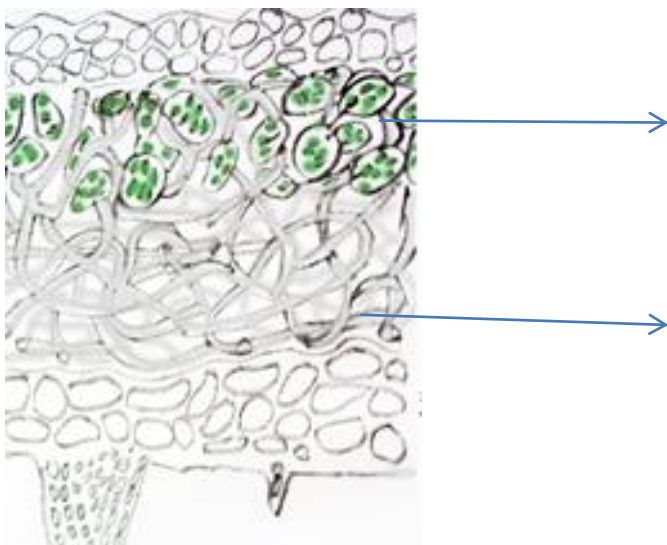
Oboustranně prospěšné soužití hub s kořeny rostlin nazýváme:

2) Nakresli houbu a popiš stavu těla:

3) Doplň slova do textu:

Mykorhiza znamená prospěšné soužití mezi a kořeny
.....

4) Pojmenuj obrázek a popiš ho:



5) Vyber správnou odpověď:

Lišejníky vznikají spojením:

- a) Rostlin a živočichů.
- b) Řas a živočichů.
- c) Řas a hub.

Mykorrhiza znamená soužití mezi houbami.

- a) Ano
- b) Ne

6) Zakroužkuj:

Lišejníky se považují za organismy:

houbové živočišné umělohmotné

Mykorrhiza vzniká:

v koupelně v lesích v rybníku

Pracovní list symbióza a parazitismus

1) Odpověz na otázku:

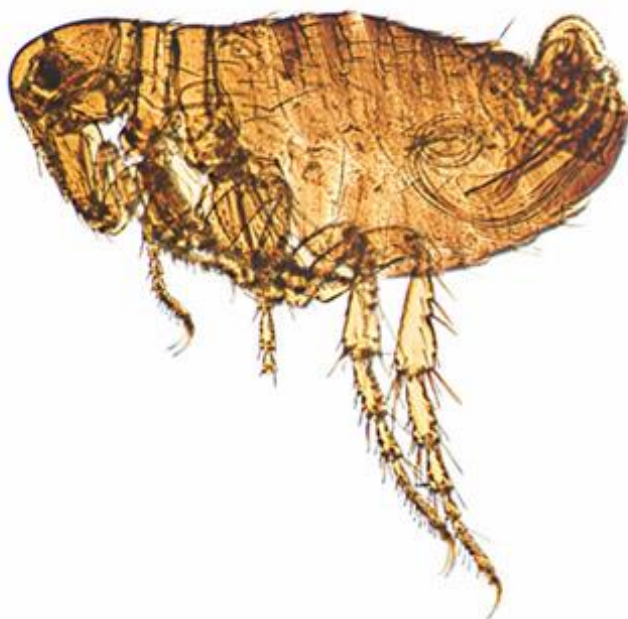
Jak se jmenuje soužití dvou organismů, které je pro oba prospěšné?

2) Vyjmenuj tři parazity:

3) Doplně slova do textu:

..... je organismus využívající jiný organismus (hostitele) k přežití. Mohou být a vnitřní.

4) Pojmenuj obrázek a urči druh parazita:



5) Vyber správnou odpověď:

Tasemnice je vnitřní parazit.

a) Ano

b) Ne

Symbióza je parazitismus, při kterém parazit zabije hostitele.

a) Ano

b) Ne

6) Zakroužkuj:

Komár je:

vnitřní parazit

vnější parazit

hostitel

Kladný symbiotický vztah probíhá mezi:

kráva-rostlina

blecha-pes

včela-rostlina

9 Klíče k pracovním listům a metodika pro učitele

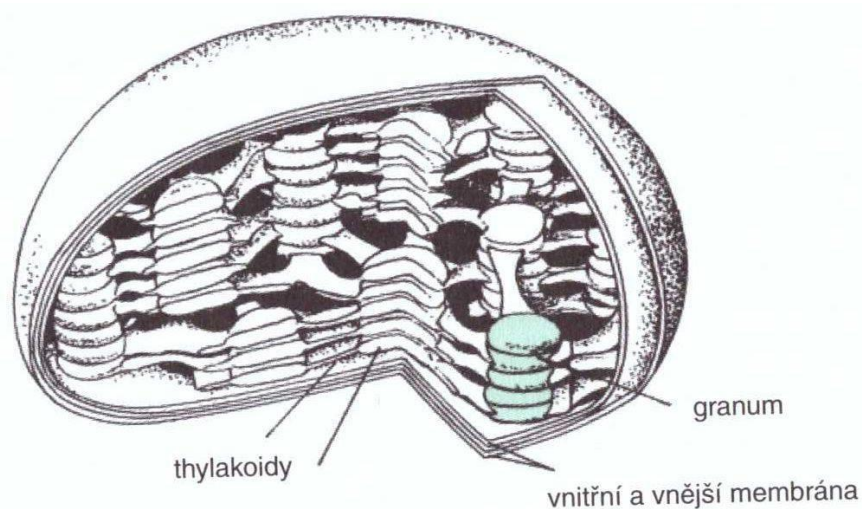
Pracovní list plastidy a mitochondrie

1) Odpověz na otázku:

V buňkách organismů najdeme organely, které slouží k výrobě energie a dýchání, jak se nazývají?

Mitochondrie

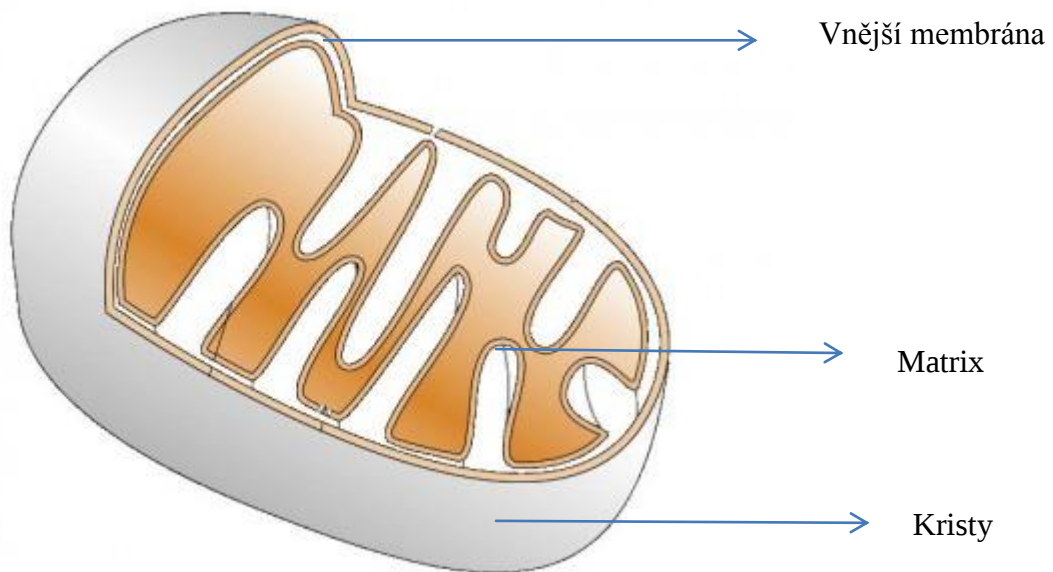
2) Nakresli chloroplast a popiš jeho části:



3) Doplně slova do textu:

Chloroplasty jsou ...zelená... tělíska, která najdeme uvnitř ...roslinné... buňky. Jejich barva je způsobena barvivem...chlorofyl... Říkáme jim ...semiautonomní... organely. Buňky jsou díky nim schopné...fotosyntézy... Díky tomu jsou rostliny schopné samy se vyživovat. K buněčnému dýchání slouží...mitochondrie..., která má ...tyčinkovitý... tvar. Může být v ...roslinných... buňkách, i v těch živočišných.

4) Pojmenuj obrázek a popiš ho:



5) Vyber správnou odpověď:

Ve kterých buňkách najdeme chloroplasty?

a) Chloroplasty najdeme pouze v živočišné buňce.

b) Chloroplasty jsou jen v rostlinné buňce.

c) Chloroplasty jsou i v buňce živočišné, i v buňce rostlinné.

K čemu slouží mitochondrie?

a) Mitochondrie slouží k fotosyntéze.

b) Mitochondrie jsou okrasným centrem buňky.

c) Buněčné dýchání probíhá pomocí mitochondrií.

6) Zakroužkuj:

Barva chloroplastu je:

zelená červená modrá

Mitochondrie slouží buňce k:

vylučování dýchání rozmnožování

Metodika pro učitele

Téma	Mitochondrie a chloroplast
Časová náročnost	20 minut
Cílová skupina	6. -7. Třída základních škol (13- 14 let)
Cíl hodiny	Znalostní a opakovací
Mezipředmětové vztahy	Enviromentální výchova
Pracovní postup	Prce s textem a obrázky

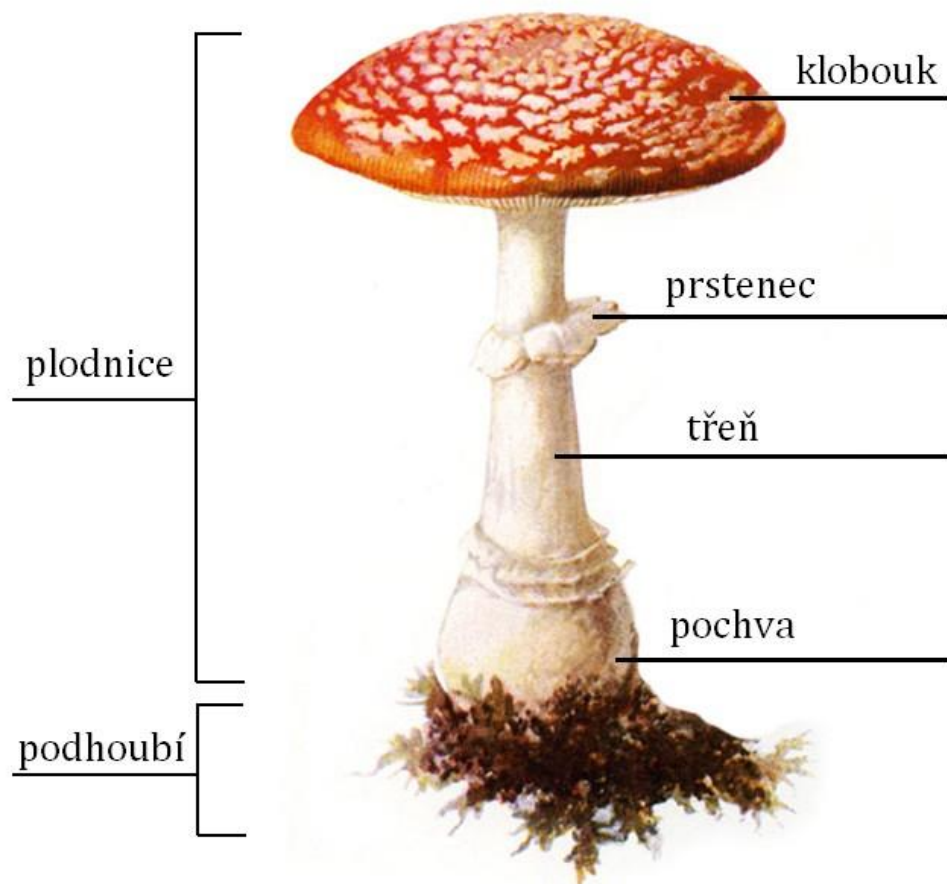
Pracovní list mykorhiza a lišejníky

1) Odpověz na otázku:

Oboustranně prospěšné soužití hub s kořeny rostlin nazýváme:

mykorhiza

2) Nakresli houbu a popiš stavu těla:

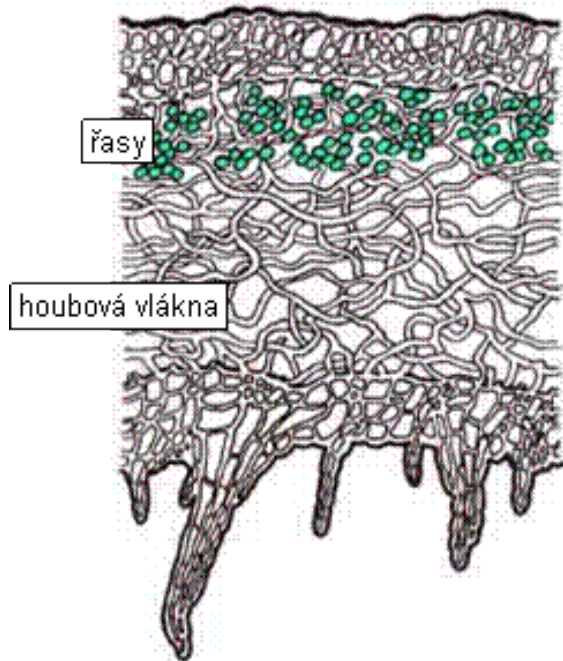


3) Doplň slova do textu:

Mykorhiza znamená ...oboustranně... prospěšné soužití mezi ...houbami... a kořeny ...rostlin...

4) Pojmenuj obrázek a popiš ho:

Lišejník



5) Vyber správnou odpověď:

Lišejníky vznikají spojením:

a) Rostlin a živočichů.

b) Řas a živočichů.

c) Řas a hub.

Mykorrhiza znamená soužití mezi houbami.

a) Ano

b) Ne

6) Zakroužkuj:

Lišejníky se považují za organismy:

houbové živočišné umělohmotné

Mykorhiza vzniká

v koupelně v lesích v rybníku

Metodika pro učitele

Téma	Mykorhiza a lišejníky
Časová náročnost	20 minut
Cílová skupina	6. – 7. Třída základních škol (13- 14 let)
Cíl hodiny	Znalostní a opakovací
Mezipředmětové vztahy	Enviromentální výchova
Pracovní postup	Práce s textem a obrázky

Pracovní list symbióza a parazitismus

1) Odpověz na otázku

Jak se jmenuje soužití dvou organismů, které je pro oba prospěšné?

Kladná symbióza

2) Vyjmenuj tři parazity:

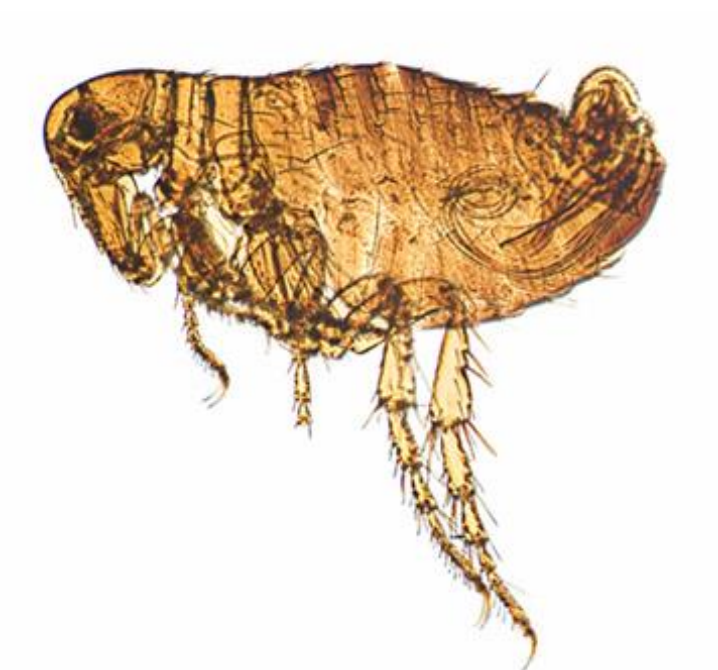
Blecha, komár, tasemnice

3) Dopln slova do textu:

Parazit. je organismus využívající jiný organismus (hostitele) k přežití. Mohou být ...vnější.
a vnitřní.

4) Pojmenuj obrázek a urči druh parazita:

Blecha- vnější parazit :



5) Vyber správnou odpověď:

Tasemnice je vnitřní parazit.

a) Ano

b) Ne

Symbióza je parazitismus, při kterém parazit zabije hostitele.

a) Ano

b) Ne

6) Zakroužkuj:

Komár je:

vnitřní parazit

vnější parazit

hostitel

Kladný symbiotický vztah probíhá mezi:

kráva-rostlina

blecha-pes

včela-rostlina

Metodika pro učitele

Téma	Symbióza
Časová náročnost	15- 20 minut
Cílová skupina	7. třída základních škol (13- 14 let)
Cíl hodiny	Opakovací, utříd'ovací a znalostní
Mezipředmětové vztahy	Enviromentální výchova
Pracovní postup	Práce s textem a obrázky

Obrázky, které jsou v pracovních listech použity, byly přejaty z internetových zdrojů a z knih. Lišejníky (Lišejníky. Stránky pro děti. [online].), obrázky týkající se hub (Stavba těla. Pančelino. [online].) a obrázky parazitů (Blecha, blechy. ŠKŮDCI.COM. [online].), mitochondrie (Eukaryotická buňka. eStránky.cz. [online]. Chloroplasty jsou přejaty z učebnice biologie (KINCL, KINCL, JARKLOVÁ 2008).

10 Závěr

Bakalářská práce se věnuje pojmu symbióza. Cílem bakalářské práce bylo, ujasnění pojmu symbióza, a využití tohoto pojmu ve výuce přírodopisu a environmentální výchovy na základních školách.

Toho bylo dosaženo pomocí výukového materiálu pro učitele, který je rozdělen na kapitoly symbióza, endosymbióza, mezidruhové vztahy a slovník pojmů. Tyto kapitoly jsou dále členěny na podkapitoly zahrnující podrobné informace.

Další kapitolou v práci jsou pracovní listy pro žáky druhého stupně základních škol, věnující se symbiotickým vztahům, které mohou být použity ve výuce předmětů přírodopis a environmentální výchova. Pracovní listy jsou vytvořeny jednoduchou, ne příliš složitou a zábavnou formou. Každý pracovní list obsahuje řešení a metodiku pro učitele, ve které je uvedeno, pro jakou třídu je list vhodný, co je cílem určitého listu a doporučená doba pro jeho řešení.

11 Zdroje

Alelopatie. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-03-30]. Dostupné

z: <http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Alelopatie&redirect=no>

ARCHIBALD, J. The puzzle of plastid evolution. *CB Review*, 2009.

Blecha,blechy. ŠKŮDCI.COM. [online]. 15.4.2015 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z:

<http://www.skudci.com/blecha-blechy>

BURROWS, R. L. et PFLEGER, F. L. (2002) Arbuscular mycorrhizal fungi respond to increasing plant diversity. *Canadian Journal of Botany* 80: 120-130.

.Czin.eu. In: *Slovník* [online]. 2009 [cit. 2015-03-11]. Dostupné

z: <http://slovník.czin.eu/vyznam/?slovo=symbios>

Eukaryotická buňka. eStránky.cz [online]. 15.4.2015 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z:

<http://www.kurtincovam.estranky.cz/fotoalbum/biologie/eukaryoticka-bunka/>

FARB, P. *Ekologie*. Vydání první. Praha: Svoboda, 1977. ISBN 23-085-77

FIALA, J. *Biologie 1*. První vydání. Praha: K-effectCZ, 2004. ISBN 80-85834-97-9

GRYNDLER, M. *Mykorhiza v lesích a možnost její podpory*. Česká lesnická společnost, 2009. ISBN 978-80-02-02121-6

GRYNDLER, M. et al. *Mykorhizní symbioza*. Praha: Academia, 2004. ISBN 80-200-1240-0

HUDÁK, J. et HERICH, R. et BOBÁK, M. *Plastidy*. První vydání. Bratislava: SNP, Neografia, 1984. ISBN 71-022-83

KALHOUS, Z. et al. *Školní didaktika*. První vydání. Praha: Portál s.r.o., 2009.

KINCL, L. et. KINCL, M. et. JARKLOVÁ, J. *Biologie rostlin*. 4. vydání. Praha: Fortuna, 2008. ISBN 80-7168-947-5

Komenzalismus. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-03-30]. Dostupné

z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Komenz%C3%A1lismus>

LANE, N. *Síla, sexualita, sebevražda (Mitochondrie a smysl života)*. První vydání. Praha: Academia, 2012. ISBN 978-80-200-2073-4

Lišejníky. Stránky pro děti. [online]. 15.4.2015 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://www.voderek.cz/prirodopis/prirodopis6/ptisk6-3.htm>

LOSOS, Bohumil, et al. Ekologie živočichů. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1985. ISBN

MARGULIS, Lynn. *Symbiotická Planeta: Nový Pohled Na Evoluci*. Praha: Academia, 2004. (Vyd. 1) ISBN 80-200-1206-0

MURRAY, R. K., et al. *Harperova biochemie*. 4. vydání. Praha: H & H, 2002. ix, 872 s. ISBN 80-7319-013-3

ODUM, E. P. Základy ekologie. Vydání první. Praha: Academia, 1977. ISBN 0-86542-111-0

Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání. [online]. Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze, 2007. 126 s. [cit. 2015-03-11]. Dostupné z: http://www.vuppraha.cz/wp-content/uploads/2009/12/RVPZV_2007-07.pdf

ROZSYPAL, Stanislav. Nový přehled biologie. 1.vyd. Praha: Scientia, 2003, 797 s. ISBN 80-7183-268-5.

REICHHOLF, J. Žít a přežít v přírodě- ekologické souvislosti. Druhé vydání. Praha: Euromedia Group, 2002. ISBN 80-249-0040-8

SALKOVÁ, J. Obecná didaktika. První vydání. Praha: Grada publishing, 2011.

SCOTT, M. Příroda a ekologie. První vydání. Praha: Svojtka a Vašut, 1996. ISBN 80-7180-070-8

Stavba těla. Pančelčino. [online]. 15.4.2015 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://www.pancelcino.cz/prirodoveda/houby/stavba-tela/>

STRORCH, D. et MIHULKA, S. Úvod do současné ekologie. Praha: Portál, 2000. ISBN 80-7178-462-1

Jméno a příjmení:	Michaela Jehlářová
Katedra:	Biologie
Vedoucí práce:	Mgr. Kristýna Janišová
Rok obhajoby:	2015

Název práce:	Symbióza - zpracování tématu pro výuku
Název v angličtině:	Symbiosis- topic for education
Anotace práce:	Bakalářská práce zpracovává téma symbióza jako mezidruhové vztahy- kladné, neutrální a záporné a také se zaměřuje na autonomní organely prokaryotických buněk. Práce obsahuje návrh na didaktické zpracování tohoto tématu (přípravný text, pracovní listy).
Klíčová slova:	Symbióza, mitochondrie, plastidy, mezidruhové vztahy
Anotace v angličtině:	Bachelor thesis processes theme symbiosis as interspecific relationships- positive, neutral and negative and also the thesis focuses on semi-autonomic organelles of prokaryotic cells. The thesis contains suggestions of didactic processing of this theme (introductory text, working sheets).
Klíčová slova v angličtině:	Symbiosi, mitochondrias, plastids, interspecific relationships
Rozsah práce:	54 stran
Jazyk práce:	český