

Otázka: Mykorhiza

Předmět: Biologie

Přidal(a): Kryštof Vágner

Abstrakt

Ve své seminární práci zpracovávám téma mykorhizní symbiózy, tzn. mutualismu mezi houbami a cévnatými rostlinami. V první kapitole vysvětluji, co a k čemu mykorhiza je. V druhé popisuji typy mykorhizy, se kterými se můžeme setkat. Dál se věnuji zvláštní studii vědkyně Susanne Simard, podle které se mykorhiza stává jakousi komunikační sítí mezi stromy a podle které jsou stromy schopné rozpoznat své vlastní semenáčky od cizích. Nakonec popisuji její možné využití jak v zemědělství a představuji firmu, jenž prodává symbiózní houby pro soukromé využití.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem seminární práci vypracoval samostatně, použil jsem pouze podklady uvedené v příloženém seznamu a postup při zpracování a dalším nakládání s prací je v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Poděkování

Děkuji panu profesoru Zdeňku Lerchovi, Mgr., za vstřícnost, ochotu a pomoc při vedení mé seminární práce.

Obsah

Úvod

1 Termín mykorhiza

1.1 Vznik mykorhizy

1.2 Výhody mykorhizy

2 Typy mykorhizní symbiózy

2.1 Arbuskulární mykorhiza

2.2 Erikoidní mykorhiza

2.3 Orchideoidní mykorhiza

2.4 Ektomykorhyza

3 Mykorhiza jako komunikační síť

3.1 Výzkum Susanne W. Simard

3.2 Lesní internet

4 Využití Mykorhizy

4.1 Zemědělství

4.2 Užívání fungicidů

4.3 Komerčně prodávané produkty

4.3.1 Firma Simbiom

Závěr

Seznam pramenů

Úvod

Ve své seminární práci se budu věnovat Mykorhize, tedy symbiotickému vztahu vyšších rostlin a hub. Téma je velmi zajímavé a je s podivem, že se o něm mezi lidmi tak málo ví. Proto se pokusím jev mykorhizy přiblížit, popsat, o co se jedná a jak funguje. Zaměřím se také na zajímavé komunikační funkce mykorhizy a její využití při zvyšování produkce rostlin.

Termín mykorhiza

Termín Mykorhiza pochází z řeckých slov mykes (houba) a rhiza (kořen). Poprvé byl tento termín použit Albertem Bernhardem Frankem.¹ Frank byl německý botanik a mykolog. V roce 1885 publikoval práci o kořenové symbióze některých stromů s podzemními houbami, právě ve které se mykorhiza vyskytuje poprvé.²

Mykorhiza je tedy symbiotické (*Symbiózou se označuje vztah mezi dvěma a více organismy, a to jak mutualismus, tak parazitismus*)³ soužití rostlin a hub. Až 90% všech suchozemských cévnatých rostlin využívá mykorhizy, z čehož soudíme, že je to pro rostliny velmi výhodné s houbou do vztahu vstupovat. Rostlina od houby čerpá vodu a minerální látky a houba od rostliny dostává organické produkty.

Vznik mykorhizy

Pro vznik mykorhizy jsou důležité dva faktory. První mít vhodnou houbu, a druhý mít vhodnou rostlinu. V laboratorních podmínkách jsme schopni přimět k symbióze prakticky jakoukoli vyšší

rostlinu a houbu. Je zvláštní, že v přírodě tomu tak ale není, většinou mykorrhizu tvoří dohromady jen specifické druhy hub a rostlin.

Pokud tedy spora houby, či už i podhoubí (houba může tvořit mykorrhizu najednou i s více stromy) narazí na vhodný strom, tak většinou mykorrhizu spolu vytvoří.

Pro výměnu látek je potřeba proniknutí houbových hyf do kořene rostliny. Houba proniká pouze do některých částí kořene, a to do kořenové pokožky (povrch kořene) nebo kořenové kůry. Mykorrhizní houby nikdy nepronikají do středového válce kořene.⁴ Skrz prorostlé hyfy spojí kořen s půdním prostředím a probíhá výměna látek.

Výhody mykorrhizy

Mykorrhiza je tedy oboustranně prospěšná. Rostlina díky ní získává více vody a anorganických sloučenin z půdy. To je dáno především tím, že hyfy extraradikálního mycelia pronikají do míst, které jsou dál, než dosáhnou kořeny rostliny a do míst, kam by se nedostaly. Tím několikrát zvětší kořenový systém rostliny, ta potom lépe přijímá minerály, ionty a vodu, než rostlina bez mykorrhizy. Houba navíc umí ukládat si ve svém těle živiny a tak může být později v horších podmínkách využívána jako zásobník.

Některé mykorrhizní houby dokonce umí vytvářet růstové hormony (cytokininy, auxiny). Díky nim dochází k morfologickým změnám kořene a ke zlepšení výměny látek.

Další funkcí houby je ochrana kořenového systému hostitelské rostliny. Mykorrhizní houby zamezují vstupu cizích půdních látek do rostliny. Chrání kořen před patogenními infekcemi a umožňuje komunikaci mezi rostlinami napojenými na mycelium. Již napojené houby ochraňují kořeny před jinými houbovými onemocněními rostlin a dokonce působí antibioticky, což napomáhá k omezení růstu kořenové mikroflóry. Houby i zvyšují odolnost rostliny vůči stresovým faktorům, jako jsou například nízká či vysoká teplota, sucho, salinita a nízké pH.

Mykorrhizní houby tedy umožňují růst rostlinám na místech, která pro rostliny nejsou vůbec ideální. Rychleji tedy díky nim rostliny osidlují místa bez rostlin.

Pro houbu je zase výhodou snadné získání organických produktů fotosyntézy a jiných uhlíkatých sloučenin.⁵

Typy mykorhizní symbiózy

Vnímáme rozdíl především mezi endomykorhizním a ektomykorhizním typem mykorhizní symbiózy. Pro endomykorhizní symbiózu je charakteristické pronikání houby do vnitřního prostoru buněk kořen hostitele. Endomykorhizní jsou mykorhizy arbuskulární, erikoidní a orchideoidní. Ektomykorhizní symbióza se naopak nachází pouze v mezibuněčných prostorech hostitele. Dalšími typy jsou například ektendomykorhiza, arbutoidní mykorhiza a monotropoidní mykorhiza. Jsou to ale typy málo známé, přechodné a málo časté, proto se jim nebudu více věnovat.⁶

Arbuskulární mykorhiza

Arbuskulární mykorhizní symbióza je nejstarším typem mykorhizy. Je také v přírodě nejrozšířenějším typem mykorhizy, vyskytuje se zhruba u 95% druhů mykorhizních rostlin. Pro člověka je velmi významná, jelikož se vyskytuje u většiny kulturních a velmi pěstovaných rostlin. Hyfy houby prorůstají nejen do mezibuněčných prostor, ale dostanou se až dovnitř rostlinných buněk, kde tvoří charakteristické velmi větvené útvary, takzvané arbuskuly (podle nich název mykorhizy). Při průniku do hostitelské buňky ale houba nepoškozuje plazmatickou membránu, plazmatické membrána se vchlípí a vytvoří spolu s houbovou hyfou rozvětvenou strukturu, kde dochází k velmi intenzivní výměně metabolitů, informací a vody mezi houbou a hostitelskou rostlinou. Houba netvoří ale pouze arbuskuly, v kořeni tvoří i válcovité a nepravidelné útvary, takzvané vezikuly (kvůli nim se dříve této mykorhize říkalo vezikulo-arbuskulární mykorhiza). Vezikuly jsou rozšířené houbové hyfy, které mají především zásobní funkci – obsahují živiny.⁷

Erikoidní mykorhiza

Erikoidní mykorhizní symbióza je dalším typem mykorhizní symbiózy. Vytváří jí zejména většina rostlin z čeledi *Ericaceae* (vřesovcovité). Je typické především pro kyselé biotopy s nedostatkem minerálů, a to hlavně dusíku a fosforu. Mykorhiza má tedy hlavně funkci nutriční a je nápomocna rostlině při získávání z okolí právě těchto nedostatkových živin. Kořeny, které jsou kolonizované houbou, nemají jemné kořenové vlášení. Vlášeni ale plně

nahrazuje symbiotická houba (její mycelium). Hyfy kolonizují buňky rhizodermis (pokožky) a občas i nejsvrchnější vrstvy primární kůry (endodermis). Vevnitř buňky z hyf tvoří smotky. Erikoidně mykorhizní houby jsou většinou askomycety.⁸

Orchideoidní mykorhiza

Orchideoidní mykorhizní symbióza je jedinečná mykorhiza vyskytující se pouze u rostlin z čeledi *Orchidaceae* (vstavačovitých). Pro tuto čeleď má velký význam při ontogenetickém vývoji. Rostlina je v ideálním případě kolonizována ihned po vyklíčení, vývoj mladých semenáčků je totiž na houbě závislý. Hyfy hub při orchideoidní mykorhize prorůstají až do buněk primární kůry (endodermis). Hyfa penetruje do buňky a vytvoří hustou propletenou strukturu, poté prorůstá do další buňky.⁹

Ektomykorhyza

Ektomykorhizní symbióza je od předešlých odlišná. Hyfy nepronikají až do buněk hostitelské rostliny, ale tvoří hustou síť hyf v mezibuněčných prostorech, takzvanou Hartigovu síť, a typický kompaktní spletenec hyf, zvaný hyfový plášť, která je napovrch kořene rostliny. Způsobuje i změněnou morfologii kořene v porovnání s kořeny bez houby. Tento typ mykorhizy je zvláštní tím, že je typický pro dřeviny. Ektomykorhizní houby tvoří dokonce plodnice, které jsou často sbírány ke konzumaci.¹⁰

Mykorhiza jako komunikační síť

Když se řekne les, tak si asi velká většina z nás představí jen jakési zástupy stromů a jiných rostlin. Les ale není jen to, co je vidět na první pohled, les je i pod zemí. Tam, kam nevidíme, se rozprostírá obrovské množství kořenů, kořínků a houbových mycelií. I o tom jsme již možná slyšeli. Co nás ale naprosto šokuje a ochromí, je fakt, že stromy mezi sebou jaksí komunikují. Prostředníkem pro takovouto komunikaci se stává právě mykorhiza.

První pokusy v 80. letech zkoumaly komunikační síť ektomykorhizního podhoubí. Prokázalo se, že mycelium ektomykorhizních hub spojuje dospělé stromy se semenáčky a že poskytuje

mladému stromečku uhlíkaté sloučeniny. Ukázalo se, že na mycelium může být napojeno velké množství rostlin, a že v případě zastínění jedné z rostlin dochází k jednostrannému toku živin k poškozované dřevině. Tento tok byl významný zejména při pokácení dřeviny nezastíněné. Tento jev má velký význam při udržování biodiverzity v porostu. ¹¹

Výzkum Susanne W. Simard

Podle výzkumů bioložky Susanne W. Simard, se také ukazuje, že mykorhiza nemá pouze funkci při získávání živin a vody, ale že tím, že mycelia hub spolu spojují několik stromů najednou (i celý les), umožňují komunikaci mezi stromy. ¹²

Tento výzkum je velmi srozumitelně popsán, proto se ho pokusím přiblížit.

Výzkum byl prováděn na malých stromkách v lesích Kanady. Susanne zkoumala hlavně jedli bělokorou (*abies alba*)¹³, břízu bradavičnatou (*betula verrucosa*)¹⁴ a tují (*thuja*). Na některé rostliny nasadila igelitové pytle, které napustila oxidem uhličitým a radioaktivním izotopem uhlíku C14, na jiné zase nandala světlo nepropustné pytle. Po několika hodinách měřila Susanne rostliny Griegerovým čítačem (*je zařízení sloužící k detekci ionizujícího záření*)¹⁵. Krom rostlin na které byl vpraven plyn s radioaktivním izotopem, vykazovaly radioaktivitu i břízy a jedle které byly přikryty tmavým pytle. Túje ne. ¹⁶

Z toho můžeme soudit, že některé stromy si v případě potřeby jaksi pomáhají. V tomto případě dodaly stromy, které byly na světle, uhlík stromům, které nemohly fotosyntetizovat, jelikož byly zakryté. Přenos látek podle všeho probíhá pomocí houbového mycelia napojeného na kořeny.

Túje ale takovýto jev nevykazovala, neplatí tedy vždy, ne všechny stromy si tedy pomáhají a pravděpodobně žijí jen na vlastní pěst.

Další výzkum se snažil podobnou metodou zjistit, jestli strom je schopen rozeznat své vlastní semenáčky. V okolí staršího stromu bylo nalezeno množství mladých semenáčků a ukázalo se, že některé mateřský strom vyživoval pomocí mykorhizy více, a některé méně. Pomocí rozboru DNA semenáčků a stromu se ukázalo, že mateřský strom posílal živiny především do semenáčků, které byly jeho vlastní. Zatím nevíme sice jak, ale výzkum naznačuje, že strom rodič dokáže pomáhat a zvýhodňovat své semenáčky. ¹⁷

Lesní internet

Pokud vztáhneme komunikaci mezi stromy pomocí houbových mycelií v měřítku celého lesa, můžeme se domnívat, že stromy mají mezi sebou nataženou jakousi komunikační síť. Komunikací sice nerozumíme rozhovor, ale i tak nám toto zjištění znatelně mění pohled na les jako celek. Stromy si tedy mezi sebou vyměňují především uhlík, ale i třeba fosfor, dusík a hormony. Krom toho si dokáží předávat i jakési obrané signály, informace o nebezpečí (například o lesním požáru).¹⁸

Je pro nás také překvapivé, že velké, staré stromy pomáhají v růstu mladým rostlinám, dosud jsme je zatím vnímali spíš jako konkurenty.

Zajisté nám ale bude ještě dlouho trvat, než vyluštím tajemství lesního internetu úplně, a než se změní naše uvažování o lese.

Využití Mykorhizy

Jelikož mykorhiza očividně podporuje růst hub a rostlin, má význam pro zemědělskou, lesnickou i zahradnickou produkci. Má velký potenciál přirozeně navýšit úrodu a produkci biomasy a zároveň zvýšit odolnost vůči patogenům a snížit potřebu hnojení.

Zemědělství

Využití mykorhizy v zemědělství se sice nabízí, ale bohužel není tak snadné. Intenzivní zemědělství se snaží o vysoké výnosy, což bohužel nesouvisí se zachováním mykorhizy. Nové odrůdy jsou vyšlechtěny pro vysoké výnosy v podmínkách intenzivního zemědělství, které ale bohužel nepočítá s mykorhizou. Šlechtěné rostliny tedy postupně ztrácí schopnost mykorhizy.¹⁹

Jsou zde i další faktory, které omezují mykorhizu. Například nadměrné hnojení. Intenzivní zemědělství je založené na dodávání živin do půdy, aby nebyly pro rostliny limitující. Do půdy byl u nás, především druhé polovině minulého století dodáván ve velkém množství dusík a fosfor. Fosfor se, na rozdíl od dusíku ze země neztrácí, a tak jsou půdy přesycené

fosforem, ale ostatní živiny chybí. Mykorrhiza sice zvýší využití látek v půdě, ale chybějící látky nedodá.²⁰

Mykorrhizu také nepodporují monokultury pěstovaných rostlin. Některé plodiny dokonce mykorrhizu vůbec netvoří, například řepka olejka (*Brassica napus*)²¹, která se u nás pěstuje asi na 16%²² orné půdy. V půdách tak postupně odmírají propagule hub (část organismu sloužící k šíření a reprodukci)²³, které nenalézají vhodnou hostitelskou rostlinu. Pokud se na takové půdě začne pěstovat rostlina, která mykorrhizu tvoří, mykorrhiz sice vznikne, bude ale výrazně zpomalená.²⁴

Užívání fungicidů

Jelikož užíváme fungicidy, kterými nejen ošetřujeme plody proti nemocem, ale také samotná semena, která takzvaně moříme, abychom zabránili plísním, tak tím blokuje možnost vzniku mykorrhizy. Principiálně, pokud se snažíme zbavit se hub, nemůžeme následně očekávat pozitiva, která by nám přinesla mykorrhiza.

Komerčně prodávané produkty

Není s podivem, že se objevily komerční produkty, které slibují výhod mykorrhizy. Je však diskutabilní, jak budou jednotlivé produkty fungovat. Je například jasné, že produkt, který má dodat mykorrhizní houby orchideám, bude spíše ke škodě, než k užitku. Jelikož orchidej bez mykorrhizní houby neumí vyrůst, tak je jasné, že nějakou již na sobě má, a že není potřeba další dodávat. Navíc orchidej tvoří mykorrhizu pouze s houbami tvořícími orchideoidní mykorrhizní symbiózu a většina produktů obsahuje pouze houby tvořící mykorrhizu arbuskulární.

Firma Simbiom

Firma Symbiom je tuzemská firma nabízející přípravky, o kterých tvrdí, že rostlinám dodají mykorrhizní houby. Z jejich stránek bychom mohli nabýt pocitu, že mykorrhiza je u rostlin jakousi nadstavbou, kterou většina nedisponuje. Dozvíme se, že klasické pěstování rostlin je dost neúčinné. Máme tedy našim rostlinkám poskytnout péči jejich přípravků. Pokud si zakoupíme mykorrhizní houby pro naši rostlinu, je výhodné k nim prý přikoupit i ostatní

produkty firmy. Pokud se ale podíváme pořádně, zjistíme, že mykorhizní houby obsahují jen právě základní produkty, ostatní jsou jen jakási "lepší" hnojiva či jen hydrofilní látky zadržující vodu v půdě. Je dobré ale, že přípravky mají rozlišené podle druhů rostlin.²⁵

Firma se nesnaží zákazníka cíleně oklamat, informace, které poskytuje, jsou pravdivé, ale v kontextu v nás vytvářejí mylnou představu. Chytrým marketingem tak vytvoří pocit potřeby tam, kde potřeba není. Kdo by přeci nedopřál své chudinké rostlince trošku té drahé péče navíc?

Závěr

Má seminární práce sice není vědeckou publikací a rozhodně mykorhizu nepopisuje dokonale, ale i tak si myslím, že o ní srozumitelně pojednává. Čtenář zjistí, co to vlastně mykorhiza je a k čemu je dobrá. Uvidí, že spolupracovat umí i houby a rostliny a je udiven, kam až takováto práce sahá. Přeci jen je vzájemná komunikace, i když na nižší úrovni, rostlin mezi sebou je pro nás dost fantastickou představou. Doufám, že má práce pomůže přinést trošku osvěty. Možná, že jednou budeme na les nahlížet úplně odlišně, než jsme tomu byli zvyklí doposud.

Pro mě samého byla tato práce velkým přínosem, s termínem mykorhiza jsem se sice již setkal, ale nikdy jsem o něm více nebádal. Zjistil jsem, že je to jev velmi zajímavý a je toho na něm toho ještě mnoho k bádání. Jsem rád, že nyní vztah rostlin a hub budu již vnímat jinak.
Seznam pramenů

Knižní zdroje:

- ¹³ ČIHAR, Jiří a kol. *Příroda v ČSSR*. Praha: Nakladatelství Práce, 1976, ISBN 24-110-76.
- ¹⁴ Tamtéž
- ¹⁹ JANOUŠKOVÁ, Martina. Může arbuskulární mykorhiza pomoci v zemědělské produkci?. *Živa*. Národní 1009/3 110 00 Praha 1: Nakladatelství Academia, 5/2017, ISSN 0044-4812.
- ²⁰ Tamtéž

- ²⁴ Tamtéž

Internetové zdroje:

- ¹ Vysokoškolské kvalifikační práce [online]. Copyright © [cit. 06.01.2019]. Dostupné z: https://theses.cz/id/yqy64t/zaverecna_prace.pdf
- ² Albert Bernhard Frank | Revolvy. *Trending Topics* | Revolvy [online]. Dostupné z: <https://www.revolvy.com/page/Albert-Bernhard-Frank>
- ³ BALZAROVÁ, Martina. *Symbióza* [online]. [cit. 12.1.2019]. Dostupný na: <https://www.ifauna.cz/ruzne/clanky/r/detail/5393/symbioza/>
- ⁴ *Charakteristika mykorhizních symbióz* [online]. [cit. 6.1.2019]. Dostupné z: http://www.sci.muni.cz/~mykorhiz/html/charakteristicke_znaky.htm
- ⁵ Jak funguje mykorhiza? - Symbiom mykorhiza. *Přinášíme zdraví a krásu Vaším rostlinám - Symbiom mykorhiza* [online]. Copyright © 2019 Symbiom, s.r.o. [cit. 06.01.2019]. Dostupné z: <https://www.symbiom.cz/cs/m-4-jak-funguje-mykorhiza>
- ⁶ BOTANICKÝ ÚSTAV AV ČR. *Oddělení mykorhizních symbióz* [online]. [cit. 6.1.2019]. Dostupný na: <http://www.ibot.cas.cz/mykosym/mykorhiza.html>
- ⁷ AUTOR NEUVEDEN. *Arbuskulární mykorhizní symbióza* [online]. [cit. 6.1.2019]. Dostupný na: http://kfrserver.natur.cuni.cz/studium/prednasky/fr_prakt/mykor/arbuskularni.html
- ⁸ AUTOR NEUVEDEN. *Erikoidní mykorhizní symbióza* [online]. [cit. 6.1.2019]. Dostupný na: http://kfrserver.natur.cuni.cz/studium/prednasky/fr_prakt/mykor/erikoidni.html
- ⁹ BOTANICKÝ ÚSTAV AV ČR. *Orchideoidní mykorhiza* [online]. [cit. 6.1.2019]. Dostupný na: <https://www.ibot.cas.cz/mykosym/orch.html>
- ¹⁰ AUTOR NEUVEDEN. *Ektomykorhizní symbióza* [online]. [cit. 6.1.2019]. Dostupný na: http://kfrserver.natur.cuni.cz/studium/prednasky/fr_prakt/mykor/ektomykorhiza.html
- ¹¹ Les jako ektomykorhizní systém | Lesnická práce - nakladatelství a vydavatelství | Lesnická práce - nakladatelství a vydavatelství. *LP | Lesnická práce - nakladatelství a vydavatelství | Lesnická práce - nakladatelství a vydavatelství* [online]. Dostupné z: <http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-82-2003/lesnicka-prace-c-04-03/les-jako-ektomykorhizni-system>
- ¹² SIMARD, Susanne. *How do trees talk to each other* [online]. [cit. 12.1.2019]. Dostupný na: https://www.ted.com/talks/suzanne_simard_how_trees_talk_to_each_other/transcript?language=cs#t-1087112

- ¹⁵ GREGOROVÁ, Bára; NEČAS, Pavol; NOVOTNÝ, Radek. *Geiger-Müllerův čítač* [online]. [cit. 12.1.2019]. Dostupný na: <http://fyzsem.fjfi.cvut.cz/2011-2012/Zima11/proc/gm.pdf>
- ¹⁶ SIMARD, Susanne. *How do trees talk to each other* [online]. [cit. 12.1.2019]. Dostupný na: https://www.ted.com/talks/suzanne_simard_how_trees_talk_to_each_other/transcript?language=cs#t-1087112
- ¹⁷ Tamtéž
- ¹⁸ Plant-Plant Communication Through Common Mycorrhizal Networks - ScienceDirect. *ScienceDirect.com | Science, health and medical journals, full text articles and books*. [online]. Copyright © 2017 Elsevier Ltd. All rights reserved. [cit. 12.01.2019]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065229616300878>
- ²¹ Řepka olejka, ozimá - Atlas - Agromanual.cz. *Profesionální informace pro agronomy - Agromanual.cz* [online]. Copyright © 2018 [cit. 13.01.2019]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/atlas/plodiny/plodina/repka-olejka-ozima>
- ²² Evropské žluté prvenství Česka. Otázky a odpovědi k pěstování řepky olejky | iROZHLAS - spolehlivé zprávy. *iROZHLAS - spolehlivé a rychlé zprávy* [online]. Copyright © 1997 [cit. 13.01.2019]. Dostupné z: https://www.irozhlas.cz/zpravy-domov/repka-dotace-zlute-pole_1805100610_pek
- ²³ Výkladový slovník - Atlas. *Profesionální informace pro agronomy - Agromanual.cz* [online]. Copyright © 2018 [cit. 13.01.2019]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/atlas/vykladovy-slovník/propagule&asort=P>
- ²⁵ Přinášíme zdraví a krásu Vaším rostlinám - Symbiom mykorhiza. *Přinášíme zdraví a krásu Vaším rostlinám - Symbiom mykorhiza*[online]. Copyright © 2019 Symbiom, s.r.o. [cit. 13.01.2019]. Dostupné z: <https://www.symbiom.cz/>

[1]¹ *Vysokoškolské kvalifikační práce* [online]. Copyright © [cit. 06.01.2019]. Dostupné z: https://theses.cz/id/yqy64t/zaverecna_prace.pdf

² Albert Bernhard Frank | Revolvy. *Trending Topics | Revolvy* [online]. Dostupné z: <https://www.revolvy.com/page/Albert-Bernhard-Frank>

³ BALZAROVÁ, Martina. *Symbióza* [online]. [cit. 12.1.2019]. Dostupný na: <https://www.ifauna.cz/ruzne/clanky/r/detail/5393/symbioza/>

⁴ *Charakteristika mykorhizních symbióz* [online]. [cit. 6.1.2019]. Dostupné z: http://www.sci.muni.cz/~mykorrh/html/charakteristicke_znaky.htm

⁵ Jak funguje mykorhiza? – Symbiom mykorhiza. *Přinášíme zdraví a krásu Vaším rostlinám – Symbiom mykorhiza* [online]. Copyright © 2019 Symbiom, s.r.o. [cit. 06.01.2019]. Dostupné z: <https://www.symbiom.cz/cs/m-4-jak-funguje-mykorhiza>

⁶ BOTANICKÝ ÚSTAV AV ČR. *Oddělení mykorhizních symbióz* [online]. [cit. 6.1.2019]. Dostupný na: <http://www.ibot.cas.cz/mykosym/mykorhiza.html>

⁷ AUTOR NEUVEDEN. *Arbuskulární mykorhizní symbióza* [online]. [cit. 6.1.2019]. Dostupný na: http://kfrserver.natur.cuni.cz/studium/prednasky/fr_prakt/mykor/arbuskularni.html

⁸ AUTOR NEUVEDEN. *Erikoidní mykorhizní symbióza* [online]. [cit. 6.1.2019]. Dostupný na: http://kfrserver.natur.cuni.cz/studium/prednasky/fr_prakt/mykor/erikoidni.html

Dostupný na: http://kfrserver.natur.cuni.cz/studium/prednasky/fr_prakt/mykor/erikoidni.html

⁹ BOTANICKÝ ÚSTAV AV ČR. *Orchideoidní mykorhiza* [online]. [cit. 6.1.2019].

¹⁰ AUTOR NEUVEDEN. *Ektomykorhizní symbióza* [online]. [cit. 6.1.2019]. Dostupný na: http://kfrserver.natur.cuni.cz/studium/prednasky/fr_prakt/mykor/ektomykorhiza.html

¹¹ Les jako ektomykorhizní systém | Lesnická práce – nakladatelství a vydavatelství | Lesnická práce – nakladatelství a vydavatelství. *LP | Lesnická práce – nakladatelství a vydavatelství | Lesnická práce – nakladatelství a vydavatelství* [online]. Dostupné z: <http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-82-2003/lesnicka-prace-c-04-03/les-jako-ektomykorhizni-system>

¹² SIMARD, Susanne. *How do trees talk to each other* [online]. [cit. 12.1.2019]. Dostupný na: https://www.ted.com/talks/suzanne_simard_how_trees_talk_to_each_other/transcript?language=cs#t-1087112

¹³ ČIHAR, Jiří a kol. *Příroda v ČSSR*. Praha: Nakladatelství Práce, 1976, ISBN 24-110-76.

¹⁴ Tamtéž

¹⁵ GREGOROVÁ, Bára; NEČAS, Pavol; NOVOTNÝ, Radek. *Geiger-Müllerův čítač* [online]. [cit. 12.1.2019]. Dostupný na: <http://fyzsem.fjfi.cvut.cz/2011-2012/Zima11/proc/gm.pdf>

¹⁶ SIMARD, Susanne. *How do trees talk to each other* [online]. [cit. 12.1.2019]. Dostupný

na:
https://www.ted.com/talks/suzanne_simard_how_trees_talk_to_each_other/transcript?language=cs#t-1087112

¹⁷ Tamtéž

¹⁸ Plant-Plant Communication Through Common Mycorrhizal Networks - ScienceDirect. *ScienceDirect.com | Science, health and medical journals, full text articles and books*. [online]. Copyright © 2017 Elsevier Ltd. All rights reserved. [cit. 12.01.2019]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065229616300878>

¹⁹ JANOUŠKOVÁ, Martina. Může arbuskulární mykorhiza pomoci v zemědělské produkci?. *Živa*. Národní 1009/3 110 00 Praha 1: Nakladatelství Academia, 5/2017, ISSN 0044-4812.

²⁰ Tamtéž

²¹ Řepka olejka, ozimá - Atlas - Agromanuál.cz. *Profesionální informace pro agronomy - Agromanual.cz* [online]. Copyright © 2018 [cit. 13.01.2019]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/atlas/plodiny/plodina/repka-olejka-ozima>

²² Evropské žluté prvenství Česka. Otázky a odpovědi k pěstování řepky olejky | iROZHLAS - spolehlivé zprávy. *iROZHLAS - spolehlivé a rychlé zprávy* [online]. Copyright © 1997 [cit. 13.01.2019]. Dostupné z: https://www.irozhlas.cz/zpravy-domov/repka-dotace-zlute-pole_1805100610_pek

²³ Výkladový slovník - Atlas. *Profesionální informace pro agronomy - Agromanual.cz* [online]. Copyright © 2018 [cit. 13.01.2019]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/atlas/vykladovy-slovník/propagule&asort=P>

²⁴ JANOUŠKOVÁ, Martina. Může arbuskulární mykorhiza pomoci v zemědělské produkci?. *Živa*. Národní 1009/3 110 00 Praha 1: Nakladatelství Academia, 5/2017, ISSN 0044-4812.

²⁵ Přinášíme zdraví a krásu Vaším rostlinám - Symbiom mykorhiza. *Přinášíme zdraví a krásu Vaším rostlinám - Symbiom mykorhiza* [online]. Copyright © 2019 Symbiom, s.r.o. [cit. 13.01.2019]. Dostupné z: <https://www.symbiom.cz/>

1. Dárcovství krve - seminární práce

2. Denaturace bílkovin - seminární práce
3. Arabská alchymie - seminární práce VŠ