

# Symbióza, kam se podíváš. O arbuskulárně mykorhizních houbách a soužití s rostlinami

Většina suchozemských rostlin žije v symbióze s houbami, které prorůstají kořeny i půdu, hledajíce živiny, jež mohou poskytovat svým hostitelům. Soužití nazývané mykorhizní symbiózou nebo mykorhizou (někdy se v odborné literatuře setkáváme s přepisem mykorrhiza) nabývá rozmanitých podob. Jednou z nich je např. propojení stromů s podhoubím (myceliem) kloboukatých (i jiných) hub – kdo by neznal kozáky březové a hříby smrkové? V tomto článku se však podíváme na mykorhizu méně nápadnou, ale neméně významnou – na arbuskulárně mykorhizní symbiózu tvořenou sice „jen“ mikroskopickými houbami, ale zato rozšířenou u většiny našich bylin (a některých druhů dřevin), včetně zemědělských plodin. Které houby si našly cestu k tak rozmanitým rostlinám, jako je játrovka, česnek nebo slunečnice? A co rostlinám soužití s těmito houbami přináší?

Mykorhizní houby byly v kořenech rostlin pozorovány a popsány již v polovině 19. stol. Slovo mykorrhiza (řecky mykés – houba, rhíza – kořen) vzniklo o něco později, zavedl je v r. 1885 německý přírodovědec Albert Bernhard Frank, který z pokynu Jeho excelence ministra zemědělství zkoumal možnosti pěstování lanýžů v Pruském království. Při plnění tohoto praktického úkolu zjistil, že kořeny mnoha druhů stromů jsou zevnitř i zevnitř kolonizovány houbami, jež svému hostiteli zjevně neškodí. Nazval toto pravidelně se vyskytující spojení mykorhizou a správně odhadl, že stélka hub zde nahrazuje kořenové vlášení a zároveň je živou rostlinou. Ve své práci se také podíval, že se tak četnému jevu nedostalo již dříve patřičné pozornosti fytopatologů (rostlinolékařů).

Útvary pozorované Frankem a jeho předchůdci na kořenech dřevin náležely k ektomykorhizní symbióze, tvořené makroskopickými stopko- i vřekovýtusnými houbami (Basidiomycota a Ascomycota). I arbuskulární mykorrhiza, týkající se výhradně hub mikroskopických, byla pozorována již v polovině 19. stol., kdy švýcarský botanik Karl Wilhelm von Nägeli zkoumal hyfy v kořenech kosatce. Které houby arbuskulární mykorhizu tvoří, však zůstávalo záhadou celé století. Teprve v 50. letech 20. stol. prokázala britská badatelka Barbara Mosse spojení mezi touto symbiózou (v té době zvanou vezikulárně-arbuskulární) a konkrétní houbou, tehdy řazenou do rodu *Endogone*. Ve stejné době byl rovněž popsán příznivý vliv arbuskulární mykorhizy na výživu rostlin. (O mykorhize a jiných vztazích rostlin s houbami pojednává-

ly i články v Živě, např. 2008, 5: 199–201; 2009, 4: 150–152; 2010, 5: 207–208; 2014, 6: 266–269, 2016, 4: 168–171.)

## Podstata mykorhizy

Kořeny rostlin obývá několik ekologických skupin hub – vedle těch mykorhizních jsou to nejrůznější kořenoví paraziti a také houby endofytní, žijící v hostitelích, aniž by na nich zanechávaly zřetelné příznaky (viz článek na str. 227 této Živy). Pro mykorhizní houby je typické, že kolonizují kořen rostliny i okolní půdu a mezi nimi a hostitelem probíhá oboustranná výměna látek – zpravidla jde o tok produktů fotosyntézy z rostlin do hub a tok minerálních živin, jež houba získá v půdě, do rostlin. Houba tak vlastně rozšiřuje kořenový systém rostliny – ale zůstává samostatnou jednotkou mající i jiné cíle než jen blaho hostitele. Dalším důležitým rysem mykorhizy je vzájemná signalizace a odezvy na ni (genetické i anatomické) u obou partnerů – vždyť rostlina vlastně vpustí cizí organismus do svých pletiv, aniž by na něj reagovala jako na patogen. Mykorhizu obvykle vnímáme jako symbiózu mutualistickou, tedy vzájemně prospěšnou oběma partnerům, a mnohdy tomu tak skutečně je. Dále však uvidíme složitost této otázky.

Jak již bylo naznačeno, existuje několik typů mykorhizní symbiózy, lišících se jak houbami a rostlinami, které ji tvoří, tak mnohými morfologickými a fyziologickými aspekty společného života. Některé typy se dokonce významně odchyľují od výše uvedeného schématu výměny látek, arbuskulárně mykorhizní symbióza se ho však přidrzuje.

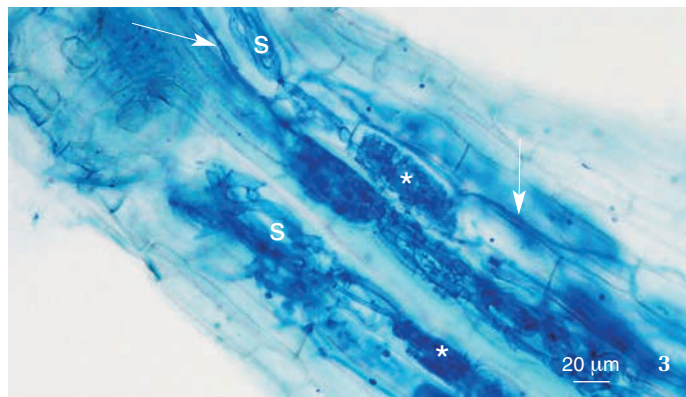
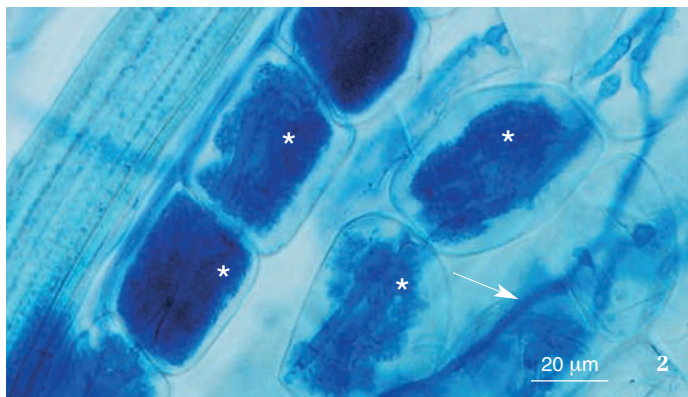
## Arbuskulárně mykorhizní houby

Všechny tyto houby patří do jediné vývojové skupiny, donedávna považované za samostatné oddělení Glomeromycota, v rámci nejnovějšího taxonomického pojetí zařazené jako pododdělení Glomeromycotina do oddělení Mucoromycota (houby spájivé). Je ale nutné přiznat, že toto zařazení nemusí být definitivní, neboť naše poznatky o vývoji hub (i jiných organismů) se dynamicky mění. Glomeromycotina však zjevně představují skupinu starobylou, pomalu se vyvíjející a vysoce specializovanou. Soudí se dokonce, že arbuskulární mykorhiza pomohla rostlinám s přechodem z vody na souš v období ordoviku a siluru před více než 420 miliony let – usnadněním příjmu živin z nového (suchozemského) prostředí, i když zkameněliny interpretované jako struktury arbuskulárně mykorhizních hub v rostlinných pletivech máme až z pozdějšího období (před 400 miliony let).

Až na jediný rod se všichni zástupci této skupiny účastní arbuskulární mykorhizy. Jediným zástupcem, který mykorhizu netvoří, je *Geosiphon pyriforme*, rostoucí volně v půdě jehličnatých lesů a vytvářející mycelium s váčky naplněnými buňkami symbiotické sinice rodu *Nostoc*. Arbuskulárně mykorhizní houby ve své specializaci došly tak daleko, že nejsou schopny žít bez živé hostitelské rostliny. To znamená velkou výzvu pro experimentální biology, neboť tyto houby prakticky



1 Mycelium arbuskulárně mykorhizních hub propojuje půdní částice.



nelze pěstovat samostatně na umělém živném médiu. Některé druhy se podařilo převést za sterilních podmínek do kultury tím způsobem, že jsou pěstovány na agarové živné půdě spolu s kořeny rostlin, geneticky upravenými tak, aby rostly bez prýtů. Většinou se ale badatelé neobejdou bez kultur udržovaných v méně sterilních podmínkách – houba prorůstá substrát v květináčích s celými rostlinami. Naštěstí mají tyto houby poměrně velké a těžké spory, takže se obvykle nešíří samovolně mezi květináči.

Stélku arbuskulárně mykorhizních hub tvoří nepřehrádkované (coenocytické) mycelium. Nepřehrádkované v tomto případě znamená, že mycelium je vlastně jedinou větvenou buňkou, jež obsahuje značné množství jader. Přepážky od mycelia oddělují již zmíněné spory, rovněž mnohjaderné (obr. 6, 8 a 9). Zajímavé je, že u těchto hub mohou být jednotlivá jádra obsažená v jedné spoře nebo v jednom myceliu geneticky značně rozmanitá – jako bychom je izolovali z různých jedinců. Jak k tomu dochází, nevíme. Rovněž není známo, jak a zda se tyto houby pohlavně rozmnožují – zdá se, že spory vznikají nepohlavně. Absence pohlavního rozmnožování navíc znemožňuje použít na tyto houby klasický koncept druhů – druhy tu proto bývají definovány především na základě genetických podobností a morfologických znaků. Celkově bylo popsáno jen necelých 300 druhů.

Mycelium arbuskulárně mykorhizních hub je velice tenké (průměrně 3–4 μm, tedy tenčí než kořenové vlásky, obr. 1 a 7) a vytváří několik typických útvarů. Nejprve apresorium – specializovanou strukturu vzniklou na místě, kde mycelium vyrůstající ze spory nebo z již kolonizovaného jedince vniká do kořene nového hostitele. Dále mycelium roste v mezibuněčných i vnitrobuněčných prostorách kořenových buněk, kde tvoří závitě a jemně rozvětvené stromekovitě útvary zvané arbuskuly (obr. 2 a 3). Tyto útvary se svým relativně velkým povrchem specializovaly pro přenos látek mezi houbou a hostitelem, který je obklopuje cytoplazmatickou membránou. Patrně však nejde o jediné místo přenosu, mimo jiné proto, že některé arbuskulárně mykorhizní houby tyto útvary netvoří, nebo alespoň ne ve všech svých hostitelích. Poslední pro některé druhy typickou strukturou jsou vezikuly – váčky, sloužící patrně jako zásobárny a podobně jako spory k přečkání nepříznivých podmínek (např. odumření hostitele). Žádné z těchto struktur nepronikají do cytoplazmy hostitele.

### Kde všude nalézáme arbuskulární mykorhizu?

Je rozšířena u většiny cévnatých rostlin – uvádí se přes 60 % druhů. V současnosti se vyskytuje především u bylin – rozhlédneme-li se např. po kvetoucí louce, obilném poli i trávníku mezi paneláky, naprostá většina zdejších rostlin bude mít ve svých kořenech arbuskulárně mykorhizní houby. Podstatnou výjimku představují v našich podmínkách rostliny brukvovité (*Brassicaceae*), merlíkovité (*Chenopodiaceae*), hvozdíkovité (*Caryophyllaceae*) a šachorovité (*Cyperaceae*), u nichž bývá tvorba mykorhiz potlačena, a dále orchideje (vstavačovité – *Orchidaceae*), jež tvoří odlišný typ mykorhizy (nezbytný i k jejich rozmnožování; např. Živa 2016, 4: 168–171). Mezi dřevinami je velmi rozšířen další typ mykorhizy (ektomykorhiza, viz např. Živa 2008, 5: 199–201 nebo 2009, 4: 150–152), přesto se u dřevin setkáme i s mykorhizou arbuskulární – vyskytuje se např. u javoru nebo u většiny u nás pěstovaných ovocných stromů. Dále ji nacházíme u části cykasů, plavuní, a dokonce v rhizoidech (přichytných vláknecích) některých druhů jatrovek. Značné rozšíření tohoto fenoménu jistě souvisí s jeho starobylým původem, ale i tak se musíme ptát, k čemu je tato symbióza současným rostlinám dobrá?

### Složité přijem fosforu

Jak již bylo řečeno, arbuskulárně mykorhizní houby zásobují hostitelské rostliny minerálními živinami, jež získávají z půdy. Jde o dusík, zinek, měď i další prvky – hlavní roli však v této symbióze hraje příjem fosforu. Rostliny ho potřebují relativně velké množství (vyskytuje se v tak hojných látkách, jako jsou DNA, adenosin trifosfát nebo membránové fosfolipidy) a zároveň je prvek pro rostliny obtížně dostupný. Rostliny i houby přijímají fosfor především ve formě fosfátového iontu ( $H_2PO_4^-$ ), který se však silně váže na povrchy půdních částic, místo aby se nechal volně unášet půdním roztokem. A tady se ukazuje, v čem může být rozšíření kořenového systému o symbiotické houby výhodné. Houbová vlákna jsou mnohonásobně tenčí než kořeny, pronikají i do menších půdních pórů, ale zejména je jejich stavba na jednotku délky méně nákladná než stavba kořenů.

Část fosforu, který houba v půdě získá, uvolňuje ve formě fosfátového iontu do úzkého prostoru mezi arbuskulou (případně jinou částí vnitrokořenového mycelia) a cytoplazmatickou membránou rostlinné buňky. Dosud si nejsme jisti mechanismem, jímž se zde fosfát uvolňuje – výdej

2 a 3 Arbuskulárně mykorhizní houby v kořenu hostitele. Houbové struktury jsou silně obarvené trypanovou modří, přirozeně jsou bezbarvé. Vidíme arbuskuly (označené \*) a hyfóvé závitě (s) uvnitř buněk hostitele a mezibuněčné mycelium (šipky).

4 a 5 Příklady systémů pro výzkum arbuskulární mykorhizy. V rhizoboxech jsou sousedící rostliny odděleny hustou sítí, jež brání prorůstání kořenů, ne však mycelia (obr. 4). Kapsy uzavřené sítí (5) budou po zakončení prorůstány houbami. Foto D. Püschel (obr. 4 a 5)

6 Spory různých druhů arbuskulárně mykorhizních hub: *Gigaspora margarita* (a), *Funneliformis mosseae* (b), *Rhizophagus irregularis* (c), *Claroideoglossum claroideum* (d)

potřebné minerální živiny ven z mycelia znamená z fyziologického hlediska cosi abnormálního. Pro příjem fosfátu z arbuskulární mykorhizy mají rostliny v plazmatice membráně specializované přenašeče, které nacházíme jen v okolí houbových struktur a téměř chybějí, pokud rostliny pokusně pěstujeme bez přítomnosti mykorhizních hub. Naopak tvorba přenašečů pro přímý příjem fosforu kořeny rostlin bývá při mykorhizě potlačena. Zvláštní je, že k potlačení přímého příjmu dochází i v případech, že houba svou roli z nějakého důvodu neplní dobře a rostlina tak může vlivem její přítomnosti dokonce strádat nedostatkem živin.

A jak velký díl hostitelova příjmu fosforu arbuskulárně mykorhizní houby zajišťují? Pokusy s dělenými nádobami, v nichž byla jedna část půdy dostupná jak rostlinným kořenům, tak houbám, zatímco do další (většinou malé) části mohlo skrze hustou síťovinu proniknout pouze mycelium hub, ukázaly, že až 100 % fosforu v hostitelské rostlině pochází z arbuskulární mykorhizy (Smith a kol. 2004). To ale představuje pouze mezní hodnotu – zároveň je těžké říci, jak velký podíl symbiózy na hostitelově příjmu fosforu je skutečně běžný, neboť výsledky zveřejněných pokusů se poměrně rovnoměrně rozkládají mezi hodnotami 0–100 %.

Kromě toho ale může arbuskulární mykorhiza hostitelům přinášet i jiné výhody. Často diskutované jsou např. pokusy, v nichž kolonizace rostlin arbuskulárně mykorhizními houbami zvýšila jejich obranyschopnost vůči kořenovým patogenům nebo dokonce vůči hmyzu sajícímu na listech. V jiných pokusech však byly naopak mykorhizní rostliny pro hmyzí škůdce lákavější. Další studie zase ukázaly



větší toleranci mykorhizních rostlin k abiotickým stresům, např. k suchu. Je také možné, že mycelium hub slouží pasivně jako knot, který přivádí půdní vodu ke kořenům. Musíme ale doplnit, že mnohé práce zkoumající vliv arbuskulární mykorhizy na odolnost rostlin vůči parazitům nebo abiotickým stresům žádnou souvislost neprokázaly.

### Cena mykorhizy

Již jsme uvedli, že arbuskulárně mykorhizní houby nedokážou žít bez hostitelské rostliny, protože podle všeho nejsou schopny získávat energii rozkladem orga-

nické hmoty, a plně tak závisejí na přísunu organických látek od svých hostitelů. Jak velkou část fotosyntetické produkce hostitele spotřebují? První pokusy, v nichž se vědci pokusili toto číslo odhadnout, pocházejí ze začátku 80. let. Pomocí značení toku uhlíku v rostlině a z rostliny radioaktivním izotopem  $^{14}\text{C}$  a s využitím důmyslných experimentálních sestav (např. rostlin s kořenovým systémem rozděleným na poloviny, z nichž pouze jedna je kolonizována symbiotickými houbami) určili, že arbuskulárně mykorhizní houby spotřebují 4–10 % uhlíku fixovaného fotosyntézou. Tyto nečekaně vysoké hodnoty byly získány v pokusech s bobem obecným, pórkem nebo citrusy, inokulovanými vždy jen jedním druhem houby. Později byly zjištěny i hodnoty vyšší, dokonce až 20 % u sazenice okurky. V dalších letech došlo k rozvoji a hlavně lepší dostupnosti technologií pro analýzu stabilních izotopů, takže vědci mohli využít ke značení uhlíkových toků bezpečný izotop  $^{13}\text{C}$ . K „boomu“ experimentů na téma uhlíkové ceny nejrozšířenějšího typu mykorhizy však nedošlo, a tak se i dnes můžeme obrátit jen na omezený počet prací zabývajících se několika rostlinnými a houbovými druhy. Ty novější

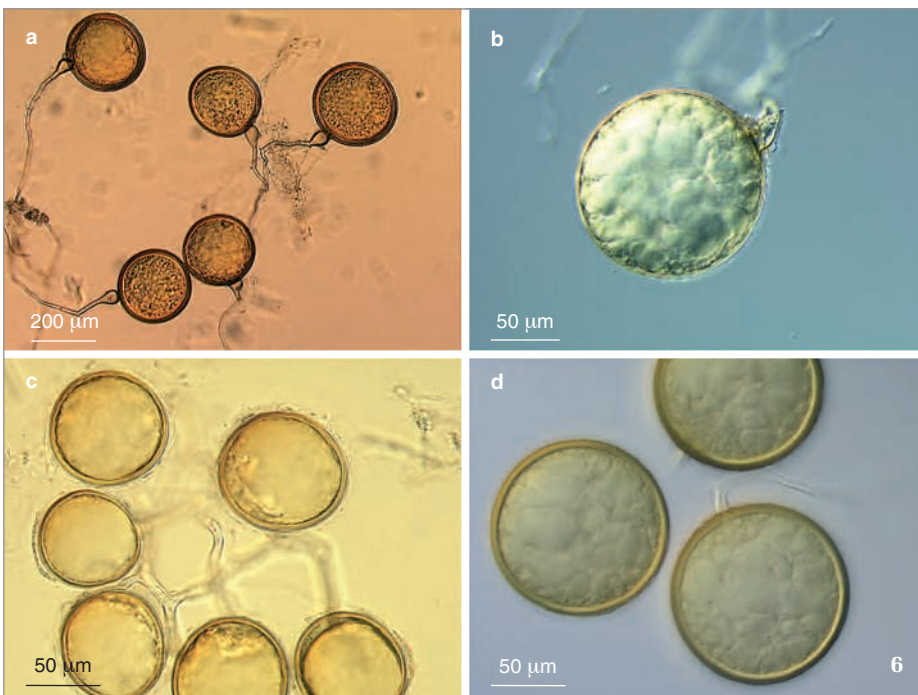
vesměs ukazují hodnoty pod 10 % fotosyntetické produkce. Podobné výsledky vyplynuly i ze současných pokusů v naší Laboratoři biologie hub Mikrobiologického ústavu Akademie věd ČR, kde byly rostliny inokulovány přirozeným společenstvem hub (Konvalinková a kol. 2017). Za zvláštní zmínku stojí práce britských vědců (Johnson a kol. 2002), kteří označili izotopem  $^{13}\text{C}$  komplexní luční společenstvo rostlin. Části louky přikryli průhlednými poklapy a krátce vystavili atmosféře obohacené o  $^{13}\text{CO}_2$ ; rostliny tak fotosynteticky fixovaly  $^{13}\text{C}$ . Ještě předtím vědci do půdy zakopali válcovité sondy, oddělené od okolí sítkou, jež zabraňovala prorůstání kořenů dovnitř válce, ale umožnila prorůstání mykorhizních hub. Část sond krátce před značením otočili kolem osy, čímž přerušili činnost symbiotického mycelia, ne však volně žijících mikroorganismů. Po značení sondy postupně odebrali a v laboratoři pak jímali respiraci půdních organismů. Porovnáním výskytu  $^{13}\text{C}$  v respiraci z obou typů sond určili cenu arbuskulární mykorhizy v daném společenstvu na 4–6 % fixovaného uhlíku.

Na druhou stranu mykorhizní rostliny mnohdy mají vyšší celkovou fotosyntetickou produkci než rostliny pokusně pěstované bez symbiotických hub. Byly odhaleny dva mechanismy zodpovědné za stimulaci fotosyntézy arbuskulárně mykorhizními houbami. Lepší minerální výživa umožňuje rostlinám vystavět více a výkonnějších fotosyntetických pletiv, a fotosyntetická pletiva jsou stimulována k vyššímu výkonu větší silou sinku (míst spotřeby), jinými slovy větší spotřebou fotosyntetických produktů. Pokud je tedy pro rostlinu světlo, oxid uhličitý a voda v nadbytku oproti živinám dodávaným symbiotickými houbami, nebo pokud dodatečný příjem živin mykorhizou umožní dostatečně zvýšit kapacitu fotosyntetického aparátu, není pro rostlinu tok uhlíku do symbiotických hub nakonec ztrátou.

### Obchod, nebo vydírání?

Podle toho, jak jsou v daných podmínkách pro rostlinu vyváženy zisky a ztráty z mykorhizní symbiomy, může být soužití pro rostlinu výhodné či nikoli. Musíme si uvědomit, že druhy rostlin, které běžně arbuskulární mykorhizu tvoří, na ní nejsou existenčně závislé. Ve skleníku nám obvykle nečiní potíže vypěstovat tyto rostliny bez mykorhiz. Často se jim sice daří viditelně (nebo měřitelně) hůře, jindy si ale vedou stejně dobře nebo i lépe než rostliny mykorhizní. Rozmanitě dopadly i polní pokusy, v nichž bylo nemykorhizního stavu rostlin docíleno aplikací fungicidu. Role těchto hub se tak někdy jeví (v ekologickém smyslu) jako mutualistická, jindy komenzální nebo parazitická.

Bylo mnohokrát pozorováno, že míra kolonizace kořenů arbuskulárně mykorhizními houbami klesá, pokud rostliny žijí v podmínkách, v nichž pro ně mykorhiza může být relativně méně přínosná, např. při vyšším zastínění nebo při hnojení fosforem. Na druhou stranu kolonizace zpravidla nevymizí úplně, a to ani za extrémních podmínek, např. v místech znečištěných výrobou hnojiv. Asi není třeba dodávat, že v řadě jiných pokusů ke snížení kolonizace



v důsledku silného stínění či hnojení nedošlo. Zajímavější je ale otázka, zda opakovaně pozorované potlačení kolonizace bylo důsledkem přímého aktu rostliny, „snažící se“ likvidací nepotřebných hub co nejlépe přizpůsobit prostředí, anebo vycházelo z jiných příčin. Ačkoli se zdá aktivní úloha rostliny v tomto případě logická, přímé důkazy pro ni zřejmě dosud chybějí. Růst symbiotických hub totiž může být potlačen i z důvodů na rostlině nezávislých, nebo jako vedlejší produkt celkově snížené alokace rostlinných zdrojů do kořenů. Výsledky z naší laboratoře naznačují, že omezení toku uhlíku do arbuskulárních hub nezávisí na toku uhlíku do kořenů. To by mohlo ukazovat na cílený akt rostliny.

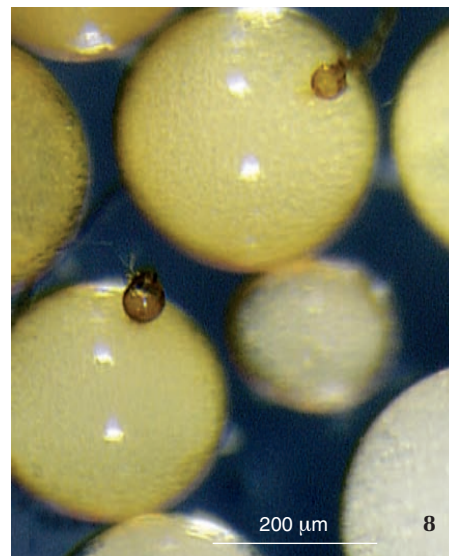
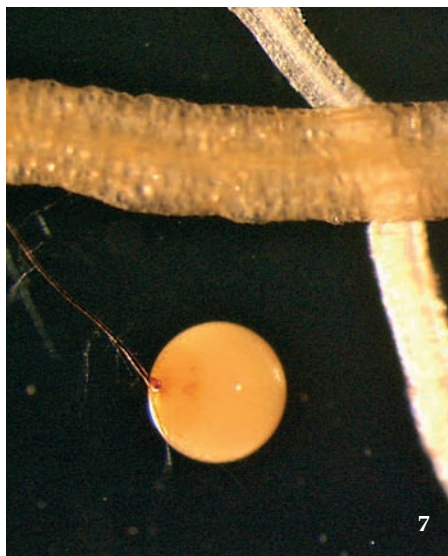
Arbuskulárně mykorrhizní houby jsou zcela závislé na svých rostlinných hostitelích. To ale neznamená, že v soužití hrají jen pasivní úlohu a čekají, co hostitel udělá. Bylo např. pozorováno, že pokud v kořenových kulturách omezíme cukernou výživu (snížením obsahu cukru v živné půdě), arbuskulárně mykorrhizní houby začnou akumulovat minerální živiny, aniž by je dodávaly kořenům (Hammer a kol. 2011). Zdá se, že zadržením minerálů se snaží rostlinu přinutit k vyššímu výdeji energetických látek. V naší laboratoři jsme doložili, že podobně se mohou chovat i v přirozenějším prostředí květináčů s kompletními rostlinami. V tomto případě houby zadržovaly fosfor v reakci na náhlé zastínění hostitele.

O vztahu mykorrhizních hub a jejich hostitelů tedy můžeme uvažovat v rovině ekonomických analogií, kdy hovoříme o ziscích a ztrátách, výměnu látek nazýváme obchodem a vyživování hub rostlinou vnímáme jako její investici, která se může, ale nemusí vyplatit. Nakolik jsou tato přirovnání pravdivá a zda nám pomáhají okolní svět pochopit, nebo spíše matou, je otázkou. Debata na toto téma je v „mykorrhizologických“ kruzích nečekaně vášnivá.

### Připojení na síti

Situaci ještě více komplikuje, že v přirozených podmínkách jsou jednotlivé rostliny v soužití s mycelii různých druhů arbuskulárně mykorrhizních hub, a naopak že jedno mycelium může být napojeno na kořeny více hostitelů. Navíc se u arbuskulárně mykorrhizních hub neseťkáváme s úzkou hostitelskou specificitou, tak typickou pro mnoho jiné symbionty (např. pro mnoho druhů ektomykorrhizních hub nebo opylivačů). I tak se u nich ale vyskytují jisté druhové preference, takže na jedné lokalitě můžeme v kořenech různých druhů rostlin nalézt odlišné složení společenstev arbuskulárně mykorrhizních hub. Vědci testovali, zda a podle čeho si rostliny své symbionty vybírají, případně zda rostlina některou z hub, které ji kolonizují, upřednostňuje v přísunu uhlíkatých látek (Kiers a kol. 2011). Kořenům v kultuře dali na výběr mezi mycelii téhož druhu houby lišícími se množstvím fosforu, který mohla nabídnout. Kořeny mrkve dávaly přednostně uhlík bohatšímu myceliu, ale jen u jednoho ze dvou testovaných druhů hub.

Jednotlivá mycelia představují síť (common mycorrhizal networks), vyživované několika hostiteli, mezi nimiž mycelium distribuuje minerální živiny. Podle jakých



7 Spora druhu *Gigaspora margarita* vyrůstající z tenkého mycelia.

Jsou vidět též kořeny hostitele (mrkve).

8 Spory rodu *Gigaspora* nesou pozůstatky kyjovitých sporogenních buněk.

Na snímku *G. margarita*

9 Spora druhu *G. gigantea* (udávaná velikost ca 260–400 µm). Silná vrstevnatá stěna spor je pro tento rod typická. Snímky J. Jansy, není-li uvedeno jinak

živě hub, a daleko menší len, který z nich více profitoval.

Podobně nevyvážený vztah může existovat mezi dospělými rostlinami a jejich semenáčky. Nabízí se představa, že semenáčky mohou získávat živiny z myceliálních sítí podporovaných velkými rostlinami, které tak vlastně nepřímo podporují i zastíněné semenáčky. Nicméně pokusy a pozorování přinesly rozporuplné výsledky – v mnohých byl růst semenáčků skutečně podpořen přítomností myceliálních sítí, mnohdy ale díky nim naopak přišly semenáčky zkrátka, neboť houby vytěžily z půdy více živin, než by dokázaly samotné kořeny dospělých rostlin, a předaly je větším rostlinám. To na druhou stranu může naznačovat, proč nejsou rostliny schopny arbuskulární mykorhizy opustit ani za podmínek, kdy pro ně – ve srovnání se zcela nemykorrhizním stavem – není výhodná (např. při silném hnojení). Kdyby totiž jedna rostlina přestala síť využívat, musela by o živiny soupeřit nikoli s ostatními rostlinami, ale s mykorrhizními houbami podporovanými celým rostlinným společenstvem.

Takové koncepční úvahy, mnohdy vycházející z ekonomických teorií, jsou mezi vědci předmětem živé diskuze, stejně jako evoluční mechanismy, které se v této prastaré, druhově nespecifické symbióze uplatňují. Vědci se zaměřují také např. na molekulární mechanismy přenosu látek mezi symbionty, na možnost přenosu informací myceliem hub mezi hostitelskými rostlinami, na roli této rozšířené symbiózy v koloběhu uhlíku nebo na její význam v zemědělství (blíže v následujícím článku).

*Práce byla podpořena projektem Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky (č. LO1417).*

Použitá literatura je na webu Živa.