

Jak si houby povídají

Houba, to zdaleka není jen noha a klobouk, jak si většina lidí představuje. Většina jejich „těla“ je našemu oku neviditelná. Známe ji jako podhoubí a v lesním ekosystému sehraává důležitou roli. Houby a rostliny si vzájemně předávají živiny a zdá se, že díky houbám funguje v lese cosi jako „internet“, jehož prostřednictvím spolu komunikují také stromy. Jak to funguje? A netrpí les každoročními ataky houbařů? O tom jsme si povídali s **Mgr. PETREM KOHOUTEM (34), Ph.D.**, z Mikrobiologického ústavu AV ČR, který byl předloni za svůj výzkum oceněn vědeckou cenou Neuron.

■ Houby jsou složité a rozsáhlé organismy. Jak si je máme představit?

Plodnice (ta část houby, která je nad zemským povrchem a je viditelná, obvykle především noha a klobouk, pozn. red.) bych mohl připodobnit třeba k jablku. Představte si jablko, na níž roste jablko, ovšem s tím, že je celý strom schovaný v půdě a ze země roste pouze plod. Podobně je to i u hub, kdy je většina biomasy organismu schovaná uvnitř půdy. To je ta část, jíž houbaři říkají podhoubí. Odborně se však nazývá mycelium a jedná se o jednotlivá vlákna složená z buněk navazujících na sebe, která prostupují celou půdou. A právě mycelium je hlavní tělo houby.

■ Jak je mycelium jednotlivých hub rozsáhlé?

To se výrazně liší druh od druhu. Může to být v řádu jednotek milimetrů, centimetrů nebo metrů čtverečních, dokonce i hektarů. Největším organismem na světě je václavka smrková v národním parku Malheur v Oregonu, kde jeden organismus pokrývá plochu o velikosti 10 km².

■ Stáří této václavky se odhaduje na 2 tisíce až 8 tisíc let. Platí tedy, že čím je houba starší, tím je také rozsáhlejší?

Určovat stáří hub je velmi složité, ba téměř nemožné, a zde se tedy jedná pouze o určitý kvalifikovaný odhad. Za sebe bych si netroufl stáří hub odhadovat.

■ Mohou být nesmrtelné?

U mikroorganismů, mezi něž řadíme i houby, se stáří jedinců prakticky nedá určit. U většiny hub máme vůbec problém definovat, co je vlastně jedinec. V půdě můžeme najít houby se stejnou genetikou informací, čili klony. Ty mohou dávat vznik dalším klonům, a tím teoreticky přežívat velmi dlouhý čas. Pojetí jedince z lidského pohledu u hub ale neplatí.

■ Jak je možné, že mycelia některých druhů hub dokážou pokrýt tak velkou plochu?

Výhodou modulárních organismů, které nemají začátek ani konec, je to, že dokážou růst všude tam, kde mají výhodný substrát a podmínky. Když je takový substrát na několika hektarech, houbě nic v růstu nebrání, protože je schopná přijímat živiny téměř celým svým povrchem a stavět další buňky. Na rozdíl třeba od rostlin, jež přijímají živiny kořeny a následně je transportují někam dál. U mikroorganismů, kam řadíme i houby, ale distribuce živin probíhá všude najednou, a tak nejsou nuceny

k dlouhým transportům živin, i když i ty samozřejmě v rámci mycelia probíhají.

■ Uvědomuje si houba, kde je její začátek a konec? Má nějaké vědomí?

Určitě ne v tom smyslu, jak si vědomí představujeme my, ale informace o tom, kam roste, má. Houba roste tím způsobem, že se její mycelium větví a začíná kolonizovat okolní substrát. Pokud v něm narazí na zdroj živin v podobě odumřelého semene nebo kořene, je schopna tam transportovat více živin, vytvořit tam větší činnost biomasy a kolonizovat tento substrát víc, což je její vnímání okolního prostředí.

„Určovat stáří hub je velmi složité.“

■ A má něco jako mozek? Řídící středisko, z něhož tyto signály vydává?

Informační komunikace houby probíhá v rámci buněk celého organismu v zásadě stejnocenně, což znamená, že se každá z buněk účastní toku informací podobně, a pravděpodobnost, že by měla nějaký specializovaný systém na přenos informace, mi přijde spíš jako science fiction.

■ Jak rychlý je přenos informací prostřednictvím mycelia?

Přenos informací musí přecházet skrz nějaké signální molekuly, a tudíž je rychlost přenosu informace daná tím, jak moc je daná molekula schopna šířit se prostředím. Houba je však určitě schopna odpo-



Žampion pozná snad každý. Ale... Málokdo už ví, že houba zdaleka není jen její nadzemní část, tedy noha a klobouk (jimž se odborně říká plodnice). Většina houby je schovaná v půdě. Houbaři jí říkají podhoubí a odborně se nazývá mycelium. „Jedná se o jednotlivá vlákna složená z buněk navazujících na sebe, která prostupují celou půdou. Mycelium je hlavní tělo houby,“ vysvětluje odborník Petr Kohout.

vídat na podněty nebo změny v prostředí v řádu desítek minut nebo jednotek hodin naprosto bez problému.

■ Jaké informace v myceliu putují?

Většinou se jedná o informace ohledně zdrojů, tedy kam růst, nebo nějaké reakce na stres. Když se tedy sníží teplota vzduchu, reaguje na to celé mycelium. K cílenému transportu informací pak typicky dochází u mykorhizních hub, tedy hub, které žijí v prospěšné symbióze s rostlinami, kde nedochází pouze k transportu informací v rámci houby, ale i k výměně informací mezi houbou a rostlinou.

■ Kolik procent hub patří mezi prospěšné, mykorhizní houby?

Zhruba deset až patnáct procent a jedná se o většinu druhů hub, které lidé sbírají v lese, tedy hříby, lišky, holubinky nebo muchomůrky. Tohle všechno jsou houby, jež jsou naprosto závislé na svém hosti-

teli, v těchto případech na smrk, buku nebo třeba dub, a nebyly by bez něj schopny žít. A stejně tak by nedokázaly žít stromy bez hub. Pro les je tato vzájemná symbióza důležitá a nemohl by bez ní fungovat.

■ Pojďme se v čase vrátit o stovky milionů let zpátky. Co bylo dřív? Houba, nebo rostlina?

Pokud bychom se v čase vraceli opravdu hodně hluboko do historie, stejně bychom tuto otázku nejspíš nerozřešili. Je ale velmi pravděpodobné, že v období devonu, někdy před 416 miliony lety, umožnily právě mykorhizní houby rostlinám přechod z vody na souš. První rostliny, které kolonizovaly zemi, takzvaná *Rhyniophyta*, neměly kořeny, ale už tehdy měly ve svých zemních orgánech mykorhizní houby, jež jim pravděpodobně pomáhaly s příjmem živin.

■ Takže jim mykorhizní houby nahradily kořeny?

V zásadě ano. Později se rostlinám kořenový systém vyvinul zřejmě proto, aby vytvořil jakýsi domeček, do něhož si houba vleze. Asi jen deset procent ze všech druhů rostlin na světě přijímá živiny z půdy jen svými kořeny. Devadesát procent druhů rostlin se v příjmu živin spoléhá převážně na mykorhizní houby a jejich kořenový systém pak spíše funguje jako jakási kontaktní zóna mezi houbou a rostlinou, k vzájemné výměně živin a informací.

■ Co všechno si tedy houby s rostlinami vyměňují?

Houby dávají rostlinám živiny, které vstřebávají z půdy. Dnes už sice mají rostliny svůj kořenový systém, jímž živiny z půdy získávají, ale oproti myceliu je příliš velký. Mycelium je mikroskopické, a proto

se v půdě dokáže dostat i do těch nejmenších pórů půdy a čerpat živiny i z míst, do nichž se kořenový systém rostlin nedostane. Mykorhizní houby tak rostlinám př dávají vodu, minerální látky jako fosfor, dusík, draslík a v neposlední řadě fungují jako ochrana proti patogenům (choroboplodné zárodky a původci nemocí jako bakterie, viry, ale také hniloba či některé houby, pozn. red.).

„Máme problém definovat u hub, co je jedinec.“

■ Jak je to možné?

Když je kořen rostliny kolonizován nějakou mykorhizní houbou, pak klesá pravděpodobnost, že tam nalezne jiná houba, která by mohla rostlinu ohrozit.

Václavka smrková neboli *Armillaria ostoyae*. To je nejen houba, ale především největší organismus na světě. V národním parku Malheur v americkém Oregonu pokrývá jeden takový organismus plochu o velikosti 10 km² a je stár několik tisíc let. Kam se hrabe třicetimetrový plejtvák obrovský, největší žijící živočich!

■ Bojují mykorhizní houby proti těm patogenním, jež hostiteli škodí? Snaží se svého hostitele ochránit?

Je otázka, zda jsou houby schopny produkovat nějaké sekundární metabolity (produkty látkové přeměny, pozn. red.) a látky, které by mohly mít repelentní (odpuzející, pozn. red.) účinky nebo by mohly nějakým způsobem ovlivňovat růst ostatních druhů hub. Je to možné, ale s největší pravděpodobností chrání rostliny před patogenními houbami tím, že kolonizují substrát v okolí rostliny a vytvoří tam jakousi bariéru, jež je pro ostatní houby hůře prostupná.

■ Co naopak nabízí rostlina houbě?

To, čeho má dostatek rostlina a čeho je naopak nedostatek v půdě, a to je zdroj energie ve formě cukrů. Rostlina fotosyntetizuje, z vody, CO₂ a světelné energie vytváří glukózu a jiné jednoduché cukry, které jsou v půdě extrémně nedostupné, a proto po nich každý organismus okamžitě skočí. Protože jsou rostliny primárními producenty cukrů, mají jich v uvozovkách nadbytek, a tudíž je mohou houbám vyměnou za minerální látky poskytnout.

■ S kolika rostlinami se může mycelium jedné houby propojit?

S neomezeným počtem, a dokonce jsou schopny se pomocí mycelia propojovat rostliny různých druhů. Když si tedy představíme nějakou pěknou květnatou louku například v Čertoryjích na jižní Moravě, kde se na malém území mohou vykytovat desítky druhů rostlin, pak všechny tyto druhy mohou být propojeny společnou mykorhizní sítí.



■ **V této souvislosti se o myceliu mluví jako o jakémsi lesním internetu, pomocí něhož mohou rostliny komunikovat mezi sebou. Jak to funguje?**

Tohle je pochopitelně velice populární téma a opravdu existuje několik výzkumů, jež ukazují, že mezi sebou rostliny pomocí společné mykorhizní sítě komunikují a předávají si například informace o napadení nějakým patogenem. U stromů v lese zatím ale nebyla tato schopnost prokázána, protože se jedná o komplexní systém, který se velmi špatně studuje. Z velice pěkných experimentů je ovšem opravdu známo, že si rostliny nějakou formou informace předávají, a když jednu rostlinu napadne patogen, skrze mykorhizní síť varuje rostliny další. Jak se ale informace šíří, zatím nevíme.

■ **Co mají houby z toho, že dovolují rostlinám komunikovat přes svou myceliární síť?**

Pravděpodobně to umožňují, protože si tak zachovávají své hostitele. Kdyby takto nespolupracovaly, mělo by to pro ně fatální následky a pravděpodobně bychom i jinde pozorovali to, co poslední dva roky pozorujeme v našich lesích, a to je masivní odumírání smrkových porostů na velkých plochách. Jakmile v lese odumřou všechny smrky, zemřou i mykorhizní houby. Pro ně je to tedy způsob přežití.

■ **Přestože komunikace skrz myceliární síť u stromů potvrzená není, je velice pravděpodobné, že ji používají. Pokud by tedy smrk, napadený třeba lýkožroutem, informoval prostřednictvím mycelia svého souseda o přítomnosti brouka ve svém kmeni, k čemu by to dalšímu smrku bylo? Dokáže se bránit, když včas získá tuto informaci?**



▲ Češi jsou vášniví houbaři. Nejsou jejich nájezdy škodlivé? „Houbám to je v podstatě jedno,“ tvrdí Petr Kohout.

Je velice složité vztáhnout toto pozorování konkrétně na případ lýkožrouta smrkového. Obecně ale platí, že rostlina, která například skrze myceliární síť získá informaci o tom, že některá ze sousedních rostlin byla napadena parazitem, může začít do okolí produkovat látky, které přilákají parazita toho jejího parazita, a ten ho zahubí.

„Houby s největší pravděpodobností chrání rostliny.“

■ **Už jste zmínil, že pokud v lese vymřou smrky, zemřou také mykorhizní houby. To se houby, které kolonizují smrkové porosty, neumějí adaptovat na jiné stromy?**

Umějí, ale ty tam nejsou. Pokud budeme mít v lese čistě smrkovou nebo bukovou monokulturu a všichni jedinci daného druhu odumřou, pak houby končí.

■ **Věříte, že dokážeme masivnímu odumírání lesů a hub zabránit?**

Osobně doufám v to, že se podaří docílit vyšší druhové pestrosti dřevin v příští generaci lesa.

■ **Už jsme se bavili o tom, že mykorhizní houby chrání své hostitele před nepřáteli. Tyto houby je zatím téměř nemožné uměle pěstovat a nefunguje ani přesazování mycelia. Kdybychom se to ale naučili, mohli bychom stav našich lesů dosazováním hub zlepšit?**

Tohle není úplně jednoduchá otázka. My přesně nevíme, nakolik složení společenstva mykorhizních hub (to, jaké houby v lese porostou) ovlivňuje fungování lesa. Prozatím je to předmětem zkoumání, je muž se věnuje mnoho projektů na celém světě. Dokud si na tyto otázky nebudeme umět odpovědět, není uměle vysazování hub na pořadu dne. S jistotou například víme, že malé nezelené rostliny nebo například orchideje mají relativně specializovanou symbiózu, kterou vytvářejí jen s malým počtem hub. Pokud tyto symbiotické druhy hub z ekosystému zmizí, zmizí i rostlina na nich závislá, což ochudí ekosystém. Oproti tomu každý jedinec dubu, buku, smrku a tak dále vytváří symbiózu s desítkami, spíše se stovkami druhů hub v jednu chvíli na jednom místě. A pořad nevíme, co se stane, kdyby jich nebyly stovky, ale pouze desítky druhů. Na základě mnoha studií se ovšem ukazuje, že pokud snižujeme diverzitu hub, snižuje se také schopnost primární produkce rostliny, tedy to, jak rychle rostlina roste. A také se snižuje zadržování vody v ekosystému. Nevíme však, kde je ten zlomový bod, neboli kolik druhů hub je potřeba k tomu, aby les fungoval tak, jak má.

■ **Proč rostliny spolupracují se stovkami druhů hub? Dává jim každá něco jiného?**

Je to pravděpodobné. A hlavně, každá ta houba je navíc jinak přizpůsobená na různé podmínky prostředí. Některé houby lépe zvládají sucho a dokážou fungovat při nižší vlhkosti půdy, jiným se víc daří v chladu.

■ **Existují na planetě nějaká místa, na nichž by bylo hodně rostlin, ale málo hub, nebo je to nemyslitelné?**

V přirozeném prostředí ne, ale dá se říct, že mají mykorhizní houby nižší početnost na místech, kde je hodně dostupných živin v půdě. Typicky třeba zemědělská půda v Evropě. V přehnojených polních monokulturách se budou mykorhizní houby uplatňovat mnohem méně, protože má rostlina v podstatě nadbytek lehce dostupných živin, které jí do půdy dodává v anorganické podobě člověk. Už jí ale nedodává potřebnou vláhu, a protože jí chybí myceliární síť, může být taková rostlina citlivější na sucho, protože nemá připravený vlastní aparát, jak se se suchem vypořádat, a miliony let spoléhala na spolupráci s houbami.

■ **Jakým způsobem se houby podílely na další evoluci?**

Houby měly v průběhu evoluce roli zásadní. A to i ty patogenní, což je skupina hub, které napadají oslabené organismy rostlin i živočichů, čímž odebírají slabší jedince z boje o přežití, a tím urychlují evoluční proces. Největší skupinou hub jsou houby saprotrófní, které rozkládají organickou hmotu. Pokud by jich nebylo, organická hmota by se tady hromadila a s velkou nadsázkou by byla planeta zaplavená „uhlím a ropou“. Všechno organické a veškerý uhlík v atmosféře by se do organické hmoty zafixoval a život by skončil. Houby nám tedy vlastně zajišťují jakousi bilanci na zemi. Prospěšná symbióza umožnila vznik mnoha linií rostlin. Například orchideje by bez hub nikdy nevznikly, protože jsou od prvního semínka naprosto závislé na houbách. Kdyby tedy nebylo hub, svět by nevypadal a nefungoval tak, jak jej známe dnes.

■ **Když se opět podíváme 400 milionů let zpátky do prvohorního období devonu, tehdy byly největším suchozemským organismem *Proxotaxites*, tedy mohutné houby připomínající stromy. Dorůstaly až do výšky osmi metrů. Vypadá to, že houby jsou odolným organismem, jenž se umí vyrovnávat s klimatickými změnami.**

To rozhodně ne. *Proxotaxites* je jen jakýsi prapředek dnešních hub. V devonu byly i prapředci dnešních rostlin. *Proxotaxites* jen svou biomasou převyšoval všechny popsané druhy dané doby, a proto je tak známým příkladem. Rozhodně ale není důkazem toho, že by byly houby klimaticky

odolné. Některé skupiny hub jsou naopak na klimatické změny velice citlivé, a pokud s sebou klimatická změna přinese nějaké větší stresy, nebudou to mít ani houby v našich lesích zrovna lehké. České lesy jsou kvůli špatnému managementu na klimatické změny připraveny mnohem hůř než například německé nebo švédské lesy, což s sebou může nést snížení početnosti nebo rozmanitosti druhů. Může se stát, že mykorhizních hub ubude, patogenních zase přibude, a pak máme zaděláno na pořádný problém.

„Orchideje by bez hub nikdy nevznikly.“

■ **Jaký je mezi nimi aktuální poměr?**

V každé části životního cyklu lesa je to různé. Do nějakých dvaceti třiceti let růstu lesa se v něm tolik patogenních hub nehromadí. Čím je les starší, tím víc jich tam přibývá. Pokud je ale les zdravý, má dostatek živin a vláhy, mykorhizní houby v něm narůstají a logicky v něm vzniká pozitivní zpětná vazba. Jakmile tuhle pozitivní zpětnou vazbu narušíme, ať už změnou klimatu, nebo špatným hospodařením, pak se

nám celý systém rozpadne a může se nastartovat růst patogenů.

■ **Je tedy možné, že nám mykorhizní houby kvůli klimatické změně z lesů opravdu zmizí?**

Nejen naše, ale i studie z Japonska a Ameriky, jež jsou na té naší nezávislé, ukazují, že bude na mnohých místech docházet k výraznému snížení druhové bohatosti mykorhizních hub. V některých lesích to mohou být dokonce desítky procent. Co to bude znamenat pro les, nevíme, ale očekáváme, že to nebude nic dobrého. Změny ve složení společenstev hub způsobené klimatickými změnami probíhají již teď.

■ **Češi patří mezi nejvášnivější houbaře na světě. Znamenají pro naše lesy nějaké nebezpečí?**

Houbám to je v podstatě jedno. Lesy trpí mnohem víc způsobem managementu, který se v České republice v lesním hospodářství uplatňuje. V zemích na sever a na západ od nás není vůbec myslitelné holinové hospodaření, kdy se vykácí celý les. A moji zahraniční kolegové často ani nechápou, že u nás ještě něco takového existuje. To je pro naše lesy daleko větší hrozba než houbaři.

Veronika Tardonová



Mykorhizní houba. Už jste to někdy slyšeli? „Mykorhizní houby žijí v prospěšné symbióze s rostlinami,“ vysvětluje mykolog Kohout. „Nedochází pouze k transportu informací v rámci houby, ale i k výměně informací mezi houbou a rostlinou.“



Listopad 2019 – mykolog Petr Kohout dostal za svůj výzkum prospěšného vztahu mezi houbami a rostlinami cenu Nadačního fondu Neuron pro mladé nadějně vědce v oboru biologie.