



lesní ochranná služba

Houby na kořenech lesních dřevin

Mykorrhizy





ÚVOD

Vedle hub saprofytických existuje v půdě velké množství druhů s přímým vztahem k cévnatým rostlinám, od pozitivních symbióz až po silnou patogenitu.

Mykorhizní symbióza je zvláštní formou interakce. Kombinací kořenů rostlin s houbovými organismy vznikají specifické útvary (mykorhizy) s fyziologickou aktivitou odvozenou od obou zúčastněných složek. Vzhledem ke své stavbě a fyziologii mají mykorhizy mnoho společných vlastností jak s kořeny rostlin, tak i s houbami.

Mykorhizní symbióza se vyskytuje u více než 95 % cévnatých rostlin. Jedna z prvních zmínek o mykorhizní symbióze je z roku 1899 v práci O. Kramáře. Již v roce 1910 se J. Peklo zabýval významem mykorhiz pro lesní hospodářství. Patogenní působení hub je známo podstatně delší dobu (Hartig 1874).

TYPY MYKORHIZNÍ SYMBIÓZY

Existuje několik forem mykorhizní symbiózy, které se v zásadě dělí na dva typy – ektomykorhizní a endomykorhizní. Endomykorhizní symbióza se dále dělí na podtypy arbuskulární, erikoidní (ta se rozpadá na dvě skupiny: arbutoidní a monotropoidní) a orchideoidní. Přechodným typem mezi ektomykorhizní a endomykorhizní symbiózou je ektendomykorhizní symbióza.

U všech typů mykorhizní symbiózy platí, že má-li vůbec vzniknout, je třeba, aby půda obsahovala živé mykorhizní houby. Ty mohou být přítomny ve formě klidových stadií (spor) nebo jako již symbioticky rostoucí či vegetativní mycelium (dočasně přežívající bez hostitele).



Plodnice ektomykorhizní houby - hřib smrkový (*Boletus edulis*).



Plodnice ektomykorhizní houby - muchomůrka červená (*Amanita muscaria*).

Ektomykorhizní symbióza

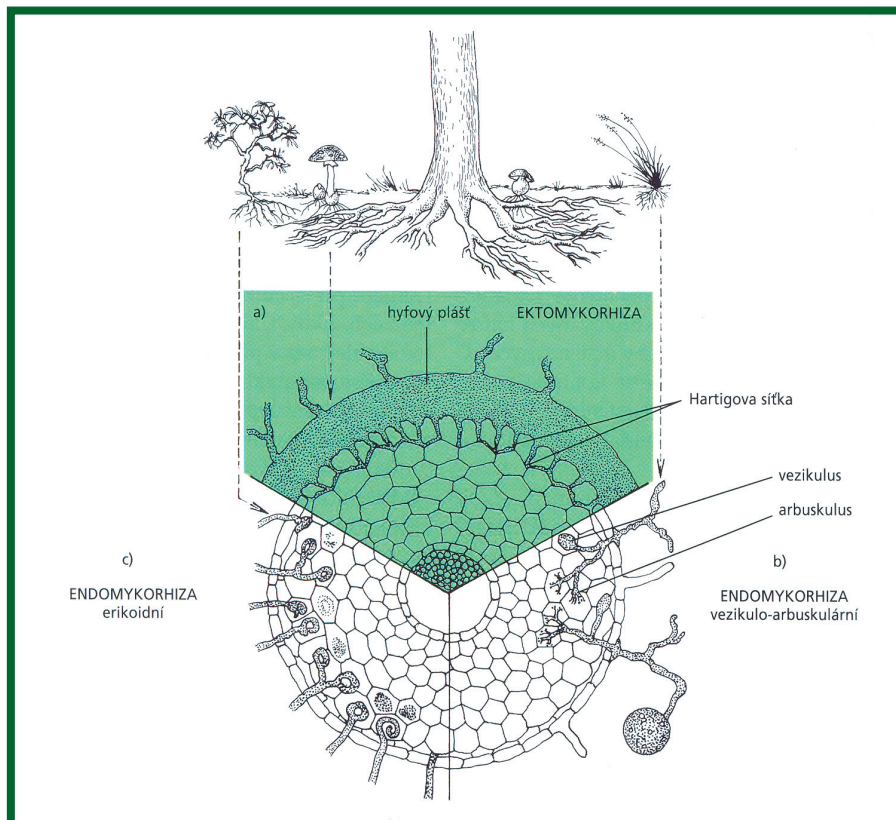
Kořeny dřevin v oblastech mírného pásma vytvářejí mykorhizu se specifickými druhy hub. Převážná většina ektomykorhizních (EKM) kořinek má velmi charakteristickou anatomickou stavbu. Krátké EKM kořinky postrádají kořenové vlášení, které je charakteristické pro nemykorhizní kořinky nebo kořinky s endomykorhizou. EKM kořinky rostou pomaleji a delší dobu v porovnání s nemykorhizními. Vyskytují se především na kořenech v nejsvrchnějších vrstvách půdy s vysokým obsahem surového humusu.

Na povrchu kořinek infikovaných mykorhizní houbou se vytváří hyfový plášť, růst kořinek se zpomalí a dochází k jejich charakteristickému větvení. Tloušťka pláště je závislá na druhu symbionta, délce vývoje EKM, stanovištních podmínkách i na druhu hostitelské dřeviny. Z povrchu pláště často vyrůstají do půdního prostředí další myceliální struktury (extramatrikální mycelium, hyfové provazce a rhizomorfy). Do nitra kořene houba mechanicky proniká pro-

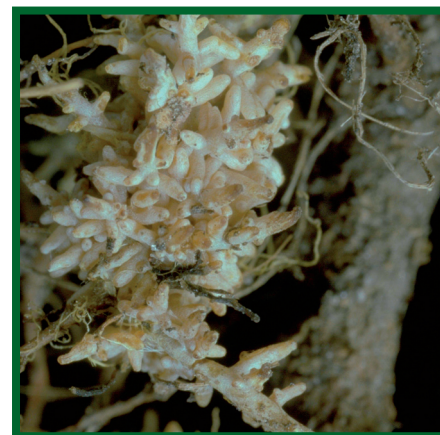
storami mezi buňkami primární kůry, kde vytváří tzv. Hartigovu síť, která je jednovrstevná. V době optimálního rozvoje vzniká velmi rozsáhlá kontaktní plocha vzájemného styku mezi mykobiontem, hostitelem, ale i prostředím. Tento velký povrch umožňuje i značný objem vzájemné výměny látek.

Základní morfologická stavba EKM kořinek i jejich anatomické složení je v podstatě jednotné, bez ohledu na druhovou příslušnost dřevin a hub. Pouze mezi různými rody jsou patrné určité rozdíly ve větvení (u dubu, buku jsou monopodiálně větvené i nevětvené formy, u borovice jsou vidličnatě větvené atd.). Morfologie EKM kořinek není charakteristická pro určitého houbového symbionta (proto je velmi obtížné přímé určení druhu houby), spíše je ovlivněna hostitelskou dřevinou. Životnost EKM kořinek je různá a je závislá na mnoha vnějších i vnitřních faktorech. Předpokládaná maximální životnost je dva roky.

Ektomykorhizní symbióza byla zatím popsána asi u 2000 druhů rostlin. V přírodních ekosysté-



Morfologie hlavních typů mykorhiz (překresleno z Rosypala 2003).



Aktivní ektomykorhizní kořinky dubu.



Aktivní ektomykorhizní kořinky smrku.



mech hraje významnou roli, protože mezi EKM druhy patří všechny důležité dřeviny (smrk, borovice, jedle, dub, buk, břiza atd.) a čeleď dvoukřídlačovité (*Dipterocarpaceae*). Některé listnaté dřeviny mohou vytvářet jak ektomykorhizy, tak i endomykorhizy (olše, vrba, lípa aj.). Předpokládá se, že kolem pěti tisíc druhů hub může vytvářet EKM, přičemž největší počet druhů hub patří do třídy stopkovýtusých (*Basidiomycetes*) a vřeckovýtusých (*Ascomycetes*).

Endomykorhizní symbióza

Endomykorhizní symbióza reprezentuje symbiózu hub a rostlin uvnitř struktury kořenů, a proto není na rozdíl od EKM na kořenech rostlin prostým okem patrná. Houbová vlákna pronikají z okolní půdy do kořenů, nejen do mezibuněčných prostorů, ale i do buněk vnitřní kůry. Nikdy se nevytváří hyfový plášť ani Hartigova síť, nedochází k morfologickým změnám ve stavbě kořínků a kořeny mají většinou kořenové vlášení. Nejběžnějším typem je arbuskulární mykorhiza. Ta vytváří charakteristické rozvětvené útvary (arbuskuly), které mají funkci vstřebávací; později se tvoří v buňkách kořenů kulovité útvary (vezikuly), které mají funkci zásobní. Arbuskulární mykorhiza byla zjištěna u většiny cévnatých rostlin. Erikoidní mykorhiza představuje soužití mezi houbou a kořeny rostlin z čeledi (*Ericaceae*). Charakteristickou anatomickou strukturou jsou tenké, tzv. vlasové kořínky. Je výhodná především pro přežití rostlin v podmínkách s nízkým obsahem minerálních látek v půdě, vysokým poměrem C:N nebo nízkým pH (např. rašeliniště, vřesoviště). Do orchideoidní mykorhizy vstupují houby a rostliny z čeledi *Orchidaceae*. Houbová vlákna pronikají do buněk primární kůry kořene a tvoří v nich klubička hyf. Zcela závislé na mykorhizní houbě jsou heterotrofní nezelené orchideje a klíční stadia všech druhů orchidejí.

Endomykorhizní symbióza byla zatím popsána u asi 1000 rodů rostlin patřících do 200 čeledí, avšak soudí se, že se vyskytuje asi u 300 000 druhů rostlin, mezi něž patří převážná většina zemědělských plodin. Naopak počet druhů endomykorhizních hub je malý. Většinou patří do třídy *Zygomycetes*.

KOŘENOVÉ HNILOBY

Specifickým problémem interakce houby a kořenů jsou patogenní houby působící hniloby



Václavka smrková (*Armillaria ostoyae*) na mladém odumírajícím smrku.

kořenů, které tvoří jakýsi protipól k mykorhizní symbióze.

Zatímco u semenáčků, resp. sazenic lesních dřevin jsou dominantními původci kořenových hnilob houby ze skupiny *Deuteromycetes* (např. zástupci rodu *Fusarium*, *Verticillium*, *Cylindrocarpum*), popř. *Oomycetes* (*Pythium*, *Phytophthora*), s narůstajícím věkem dřevin se jako původci kořenových hnilob prosazují stále častěji houby vřeckovýtusé (*Ascomycetes*), a především stopkovýtusé (*Basidiomycetes*).

Tyto dřevokazné houby a jimi působené hniloby kořenů, kmenů i větví patří mezi velmi vážné problémy lesních porostů. Patří k neškodlivějším organismům, které nejen rozkládají vyprodukovanou dřevní hmotu, ale infikováním kořenů mohou zavinit i odumírání napadených stromů, které může vést až k rozpadu porostů.

V lesích je šíření dřevokazných hub – původců kořenových hnilob zpravidla podporováno třemi hlavními negativními predispozičními faktory:

- suchými periodami (výrazné opakované letní přísušky),
- poškozováním stromů, zejména kořenů a kořenových náběhů při těžbě a přibližování,
- poškozením stromů zvěří ohryzem, a zejména loupáním.

Dřevokazné houby pak vnikají do stromů buď těmito poraněními anebo i jinými cestami (mrazovými trhlinami, prasklinami po sluneční spále, zlomy po námraze, bořivých větrech, požerky podkorního a dřevokazného hmyzu atd.), ale i drobnými mikroskopickými trhlinami jemných kořínků způsobenými při periodickém vysychání půdy, kořenovými srůsty z již infikovaného stromu apod.

Nejzávažnějšími původci kořenových hnilob jsou druhy hub napadající živé zdravé stromy, kteří bývají často označováni jako primární parazité (na rozdíl od sekundárních – ranových parazitů, vyžadujících k infekci vznik výraznějšího poranění na hostitelské dřevině).

Z hospodářského hlediska jsou v našich podmínkách nejvýznamnější václavky a kořenovník vrstevnatý. Převážná většina dosavadních poznatků o václavkách v lesnictví se vztahuje ke kumulativnímu druhu václavka obecná *Armillaria mellea*. V Česku má dnes největší hospodářský význam václavka smrková *Armillaria ostoyae*, patřící mezi václavky s blanitým prstenem. Kořenovník vrstevnatý *Heterobasidion annosum* – původce tzv. „červené hniloby“, patří mezi neškodlivější houby v lesních porostech, zejména smrku a borovice. Tyto houby infikují kořenový systém a výrazně tak narušují nejen jeho funkčnost, ale i stabilitu stromu. Kořenovník v ČR jako hostitelské dřeviny výrazně upřednostňuje jehličnany, václavky působí významné škody nejen v porostech jehličnanů, ale i listnáčů.

VÝZNAM A FUNKCE MYKORHIZNÍ SYMBIÓZY

Srovnání růstu lesních dřevin z různých stanovišť ukazuje, že stromy s mykorhizou jsou lépe adaptovány na nepříznivé podmínky prostředí a rostou lépe než stromy s málo rozvinutou mykorhizní symbiózou.

Experimentálně bylo zjištěno, že u rostlin s mykorhizními kořeny je zvýšen příjem živin, především fosforu, dusíku a draslíku, zejména pokud jsou tyto látky v prostředí v nízkých koncentracích nebo v nerozpustné formě.

Mykorhizy mají ještě jednu významnou schopnost – dovedou přijaté minerální látky kumulovat a v období nedostatku živin je pak uvolňovat a předávat hostitelské rostlině. Rostlina naopak dodává mykorhizní houbě cukry, především monosacharidy. Rozsáhlá myceliální síť tvořená mykorhizními houbami obohacuje půdy organickými látkami. Mykorhizní symbióza je tedy procesem oboustranně výhodným.

Protože antropickými vlivy dochází ke stálému zhoršování kvality životního prostředí, okyselování půd a akumulaci toxických látek v nich, je nutné tuto skutečnost respektovat. V takto postižených oblastech by se měly vysazovat sazenice s dobře vyvinutými mykorhizami. Jen takové lépe čelí stresu a nepříznivým vlivům prostředí po přesazení.

Hlavní ekologické vlastnosti mykorhizní symbiomy odvozuji svoji funkci ze speciálních vlastností mycelia:

- rozsáhlé mycelium svým velkým povrchem výrazně zvyšuje kontakt s větším objemem půdy a současně je schopno zasahovat i do nepatrných půdních prostor, které jsou pro kořenové systémy rostlin nedostupné,
- mycelium je prostředníkem, který zajišťuje přímou výměnu látek mezi hostitelskou rostlinou a půdním prostředím,
- existence mycelia umožňuje přenos látek cytoplazmou na významné vzdálenosti.

VYUŽITÍ UMĚLÉ MYKORHIZNÍ INOKULACE PŘI ZALESŇOVÁNÍ

Umělá inokulace (očkování) se stává výhodnou nejen při introdukci dřeviny mimo oblast jejího přirozeného rozšíření, ale využívá se i při rekultivaci poškozených ekosystémů (výsypky, úložišťě popílku, požářiště, zalesňování nelesních půd, rekultivace skládek a odpadů z průmyslových činností). Velmi často se používá při kontejnerové výrobě např. okrasných a ovocných dřevin, ale i květin.

Positivní vliv umělé inokulace semenáčků a sazenic byl popsán řadou autorů. Ne vždy je však jednoduché tyto výsledky porovnávat. Je třeba si uvědomit, že i půdy na zalesňovaných plochách obsahují oproti umělým substrátům autochtonní mykorhizní houby s potenciálními symbiotickými vztahy. Proměnlivost výskytu těchto půdních mikroorganismů v přirozených podmínkách a také vliv neopakovatelných klimatických podmínek po několik testovaných vegetačních obdobích jsou hlavními příčinami velkých rozdílů u experimentálně získaných výsledků s umělou inokulací.

Produkce účinného houbového inokula vyžaduje především výběr vhodného houbového symbionta pro umělé očkování na základě znalostí vlastností různých druhů hub. Důležitá je



Čistá kultura houby *Hebeloma crustuliniforme* na agarové živné pěstě.



Mykorhizní inokulum.



také jeho příprava pro snadnou a efektivní aplikaci. Je třeba, aby houby co nejrychleji kolonizovaly kořenový systém rostliny, aby byly schopny se rychle množit a aby byly schopny konkurovat jiným houbám s méně příznivými vlastnostmi. V současné době se jako osvědčené houbové symbionty využívají: *Amanita muscaria*, *Hebeloma crustuliniforme*, *H. mesophaeum*, *Laccaria bicolor*, *L. laccata*, *Lactarius rufus*, *Pisolithus tinctorius*, *Suillus bovinus* aj. Vlastní izolace, kultivace a udržení *in vitro* kultur mykorrhizních hub, která je pro přípravu inokula nevyhnutelná, je v současné době již poměrně dobře popracována. Čistá kultura hub se nejčastěji izoluje z mladých, čerstvých plodnic, z rozhraní klobouku a třeni. Sterilně odebrané pletivo je dále kultivováno na agarových živných půdách. Další možnost získání izolátů je přímo ze spor mykorrhizních hub, které se vypráší z plodnic. Takto získané čisté kultury hub se nechají rozrůst a smíchají s vhodným nosným materiálem, kterým bývá nejčastěji vermikulit, perlit a rašelina.

Aplikaci houbového inokula je třeba co nejdříve zjednodušit, aby pěstitelé ve školkách nebyli odrazeni komplikovanými postupy. Mykorrhizní preparáty se aplikují v pevné či suché formě přímo do výsadbových jamek nebo se zapravují do kultivačních substrátů, případně přímo do záhonů pod semena. Další možností je využití roztoků gelové konzistence, které se velmi snadno použijí při namáčení prostokořenné sadby. Je možné aplikovat i sprejové formy, kdy je tekuté inokulum použito na postřikování školkových substrátů, sadbovačů nebo obalované sadby. Všechny uvedené postupy mají své přednosti, ale i větší či menší úskalí.

Je jen málo míst, kde původní les při své obnově poskytuje v půdě semenáčům odpovídající přirozené symbionty v dostatečné míře a pestrosti. Změněné půdní podmínky vyžadují pečlivé posouzení, zda místní situace umožňuje semenáčům a sazenicím získat postupně přirozenou mykorrhizní infekci, nebo zda je nutné podpořit zdárný vývoj mykorrhiz umělou inokulací. Jedním z hlavních cílů inokulace je především úspěšné přežití sazenic po přesazení a stimulace jejich dalšího efektivního růstu ve stresových podmínkách v delším časovém úseku. Nejvýznamnější je tento



Borové semenáčky mykorrhizně inokulované.



Borové semenáčky bez mykorrhizní inokulace.

postup např. při zalesňování původně nelesných ploch.

V současnosti se řada firem v zahraničí (Polsko, Německo, USA, Francie aj.) zabývá průmyslovou výrobou a distribucí mykorrhizních přípravků vysoké kvality. Rovněž v Česku je mykorrhizní technologie na vysoké úrovni a vhodné přípravy pro umělou mykorrhizní inokulaci sadebního materiálu jsou běžně v distribuci.

VYBRANÁ LITERATURA

Cudlín P., Mejstřík V., Skoupý J., 1983: Effect of pesticides on ectomycorrhizae of *Pinus sylvestris* seedlings. – *Plant and Soil* 71: 353–361.

Gryndler M., Baláz M., Hršelová H., Jansa J., Vosátka M., 2004: Mykorrhizní symbióza. O soužití hub s kořeny rostlin. – Akademie Praha, 366 str.

Kowalski S. et al., 2007: Ektomikoryzy. Nowe biotechnologie w polskim szkółkarstwie leśnym. Centrum Informacyjnej Lasów Państwowych, Warszawa, 398 str.

Kropáček M., 1989: Umělá mykorrhizace sadebního materiálu lesních dřevin. – Kandidátská disertace VŠZ Praha, rukopis, 145 str.

Mejstřík V., 1988: Mykorrhizní symbiózy. – Academia, Praha, 150 str.

Pešková V., Soukup F., 2006: Houby vázané na kořenové systémy: metodické přístupy ke studiu. Review. – *Zprávy lesnického výzkumu*, 51 (4): 279–286.

Peterson R. L., Massicotte H. B., Melville H., 2004: *Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology*. – Ottawa, NRC Research Press, 173 str.

Rosypal S. et al., 2003: Nový přehled biologie. – Scientia Praha: 305–330.

K vypracování této studie byly použity výsledky získané při řešení výzkumného záměru MZE 000207020 „Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnících se podmínkách prostředí“.

Autor:

Ing. Vítězslava Pešková, Ph. D.

e-mail: peskova@vulhm.cz

VÚLHM, v. v. i., Strnady 136, Jíloviště

156 04 Praha 5 – Zbraslav

Foto: archiv útvaru Lesní ochranné služby

VÚLHM, v. v. i.

(V. Pešková)

*Foto na titulní straně: Jednoroční sazenice smrku s ektomykorrhizní houbou *Hebeloma crustuliniforme*. Detail rozvoje mycelia na kořínku smrku s ektomykorrhizní houbou *Hebeloma crustuliniforme*.*



Sazenice smrku mykorrhizované ektomykorrhizní houbou *Hebeloma crustuliniforme*.



Rozvinuté mycelium s ektomykorrhizní houbou *Hebeloma crustuliniforme* na sazenici smrku.



Smrk mykorrhizně inokulovaný (vlevo), kontrolní (vpravo).