

## OVĚŘENÍ VLIVU MYKORHIZNÍHO PREPARÁTU NA RŮST A VÝVOJ SMRKOVÝCH SAZENIC NA LS JABLUNKOV

### INFLUENCE OF ARTIFICIAL MYCORRHIZATION ON DEVELOPMENT OF SPRUCE SEEDLINGS AT JABLUNKOV (FOREST DISTRICT)

VÍTĚZSLAVA PEŠKOVÁ - MAREK TUMA

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady

#### ABSTRACT

We studied growth of spruce (*Picea abies*) seedlings growing on four study plots at Jablunkov (forest district Jablunkov Forests of the Czech Republic, p. p.). Experimental seedlings were treated with the ectomycorrhizal preparation Ectovit. In following 3 years we examined samples of treated and control plants what concerns of size features as well as mycorrhizal conditions. Results show that artificial inoculation of spruce seedlings with Ectovit slightly positively influenced on numbers of active mycorrhizae. In comparison of growth features we noticed a slight opposite effect.

**Klíčová slova:** mykorrhizní symbióza, smrk, inokulace, ektomykorrhizní přípravek

**Key words:** mycorrhizal symbioses, spruce, inoculation, ectomycorrhizal preparation

#### ÚVOD

V České republice dochází k rozpadu smrkových porostů nižších a středních poloh na nevhodných stanovištích. Nejvíce je postižena oblast Ostravské pánve, Podbeskydské pahorkatiny, ale též oblasti vyšších nadmořských výšek ve Slezských Beskydech. Lesy stresované suchem jsou následně napadány václavkou a kolonizovány lýkožrouty (ŠRÁMEK et al. 2009). Chřadnoucí stromy jsou aktivně vyhledávány a následně káceny a asanovány. Na některých místech již smrk zcela vymizel z dřevinné skladby. Řešením je přeměna smrkových porostů na smíšené lesy (HOLUŠA, LIŠKA 2002).

V ohrožených lokalitách jsou vysazovány přednostně listnaté dřeviny (buk, klen, jasan) se snahou přiblížit se přirozené dřevinné skladbě. I když hlavním cílem je změna dřevinné skladby, teoretickou podpůrnou možností ochrany proti václavce by mohlo být i ošetření kořenového systému sazenic smrku mykorrhizními přípravky.

Právě jedním z hlavních cílů umělé inokulace je úspěšné přežití sazenic po přesazení a stimulace jejich dalšího efektivního růstu ve stresových podmínkách. Zlepšení zdravotního stavu vede zároveň k zvýšení odolnosti vůči různým abiotickým vlivům a biotickým škodlivým činitelům. Experimentálně bylo zjištěno, že u rostlin s mykorrhizními kořeny je zvýšen příjem živin, především fosforu, dusíku a draslíku, zejména pokud jsou tyto látky v prostředí v nízkých koncentracích nebo v nerozpustné formě (GRYNDLER et al. 2004). Mykorrhizy mají ještě jednu významnou schopnost – doveudou přijaté minerální látky kumulovat a v období nedostatku živin je pak uvolňovat a předávat hostitelské rostlině. Rostlina nao-

pak zásobuje mykorrhizní houbu cukry, především monosacharidy. Mykorrhizní symbióza je tedy procesem oboustranně výhodným (PETERSON et al. 2004).

Přípravků k podpoření mykorrhizní symbiózy je využíváno v lesnictví, školkařství, zahradnictví a zemědělství při rekultivaci půd, osazování svahů a okrajů silnic.

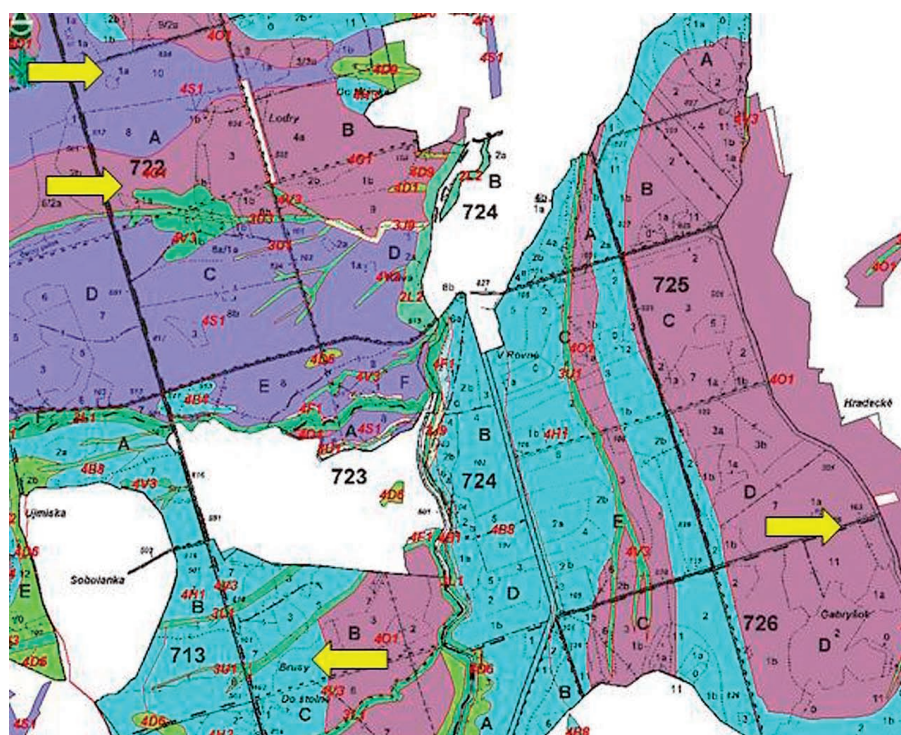
#### MATERIÁL A METODY

Ověření vlivu mykorrhizního preparátu na růst a vývoj smrkových sazenic bylo provedeno na vybraných pokusných plochách. Všechny plochy (obr. 1) byly umístěny na LS Jablunkov, revíru Rovina. Plocha č. 1 se podle platného lesního hospodářského plánu nachází v porostní skupině 725 D 7 v 405 m n. m. a leží na úzké holoseči mezi odvozní cestou a jižním okrajem smrkového porostu. Jedná se o rovinu, plně pokrytou travní a bylinnou vegetací a náleží do lesního typu 4O1 – svěží dubová jedlina šťavelová.

Plocha č. 2 se nachází v porostní skupině 723 B 7 v 403 m n. m. a leží v menší kruhové holoseči ve smrkovém porostu. Jedná se o mírně zvlněnou rovinu s minimálním pokryvem bylinami a travami. Náleží do lesního typu 4H3 – hlinitá bučina oglejená.

Plocha č. 3 se nachází v porostní skupině 722 A 10 v 448 m n. m. a leží v úzké holoseči mezi odvozní cestou a severním okrajem smrkového porostu. Jedná se o plošinu, plně pokrytou travní a bylinnou vegetací. Náleží do lesního typu 4S1 – svěží bučina šťavelová.

Plocha č. 4 se nachází v porostní skupině 722 A 8 v 415 m n. m. a leží na holoseči mezi odvozní cestou a západním okrajem smrkového porostu. Jedná se o velmi mírný svah, částečně pokrytý trav-



Obr. 1.

Lokalizace pokusných ploch  
Location of study plots

ní a bylinnou vegetací. Náleží do lesního typu 401 – svěží dubová jedlina šřavelová.

K zalesnění byly použity čtyřleté prostokořenné sazenice smrku ztepilého. Na plochách nebyla provedena příprava před zalesněním a výsadba byla ruční, jamková.

#### Rok 2007

Na jaře byl na plochách č. 1 – 4 založen pokus s mykorrhizní inokulovanými (ošetřenými) sazenicemi a s kontrolními (neošetřenými) sazenicemi. Sazenice smrku byly ošetřeny ektomykorrhizním přípravkem Ectovit (výrobce Symbiom, s. r. o.). Ectovit (obr. 2) je očkovací látka obsahující spory ektomykorrhizních hub (*Scleroderma* spp., *Pisolithus* spp. aj.), dvě složky pevného nosiče (směs perlitu a rašeliny) a směsi přírodních látek podporující vznik mykorrhizní symbiózy (výtažky z mořských řas, přírodní zdroje dusíku, hořčíku a draslíku). Druhou složkou bylo tekuté médium v polyetylenových sáčcích, které obsahovalo sterilně pěstované mycelium dalších ektomykorrhizních hub, vybraných podle cílové dřeviny (<http://www.symbiom.cz/eshop/index.php>).

Na každé z pokusných ploch bylo vysazeno 100 kusů smrkových sazenic máčených v tomto tekutém mykorrhizním přípravku a 100 kusů sazenic neošetřených, celkem 800 kusů sazenic.

Na podzim bylo na všech pokusných plochách provedeno vyhodnocení ujmavosti smrkových sazenic. Vzhledem k značným nezdarům provedené výsadby byly z každé plochy odebrány pouze tři ošetřené a tři kontrolní sazenice (celkem 24) pro zhodnocení parametrů sazenic (výška nadzemní části, maximální délka kořene, hmotnost sušiny nadzemní a kořenové části) a mykorrhizních pomě-

rů. Pro zajištění maximální objektivnosti hodnocení byl výběr odebraných sazenic v rámci kategorie náhodný. Odebrané vzorky byly označeny v terénu pouze čísly a teprve po provedení analýz jednotlivých sazenic byl k takto anonymně získaným hodnotám přiřazen i typ ošetření (inokulované/kontrolní).

Vlastní vyhodnocení mykorrhiz bylo provedeno standardní metodou identifikace všech aktivních a neaktivních mykorrhizních špiček na standardních vzorcích všech odebraných sazenic. Hlavní jednotkou při stanovení počtu mykorrhiz byl segment kořenu 5 cm dlouhý o průměru do 1 mm. Takto bylo hodnoceno 20 kořenových segmentů na každém kořenovém systému. Úroveň mykorrhizních vztahů pak byla hodnocena s využitím dvou parametrů: hustota mykorrhizních špiček a jejich procentuální podíl (PEŠKOVÁ, SOUKUP 2006).

Na jednotlivých sazenicích byly dále zjišťovány následující morfologické resp. anatomické znaky, charakterizující jejich stav a vzrůst.

#### Hodnotící parametry:

1. Hustota aktivních mykorrhizních špiček – počítána jako průměrná hodnota zjištěného počtu aktivních mykorrhiz vztahena na 1 cm délky kořene ( $\text{cm}^{-1}$ )
2. Hustota neaktivních mykorrhizních špiček - počítána jako průměrná hodnota zjištěného počtu neaktivních mykorrhiz vztahena na 1 cm délky kořene ( $\text{cm}^{-1}$ )
3. Procentuální podíl aktivních mykorrhizních špiček – poměr aktivních a neaktivních mykorrhiz (%)



4. Výška nadzemní části – měřená od kořenového krčku po vrchol terminálního pupenu (cm)
5. Délka hlavního kořene – měřená od kořenového krčku po špičku nebo konec záměrně upravené části kořene (cm)
6. Hmotnost sušiny kořene – průměrná hodnota kořenové sušiny (g)
7. Hmotnost sušiny nadzemní části – průměrná hodnota sušiny nadzemní části (g)

Kořenové systémy i nadzemní části odebraných sazenic byly následně využity pro stanovení hmotnosti sušiny. Vzorky byly usušeny v sušárně při 105 °C a zváženy. Naměřené parametry inokulovaných a kontrolních sazenic byly testovány párovým t-testem v programu Statistica.

#### Roky 2008 - 2009

Na jaře roku 2008 bylo realizováno vylepšení zalesnění provedeného v roce 2007 na všech pokusných plochách. Na ploše č. 1 bylo provedeno vylepšení 70 sazenicemi kontrolními

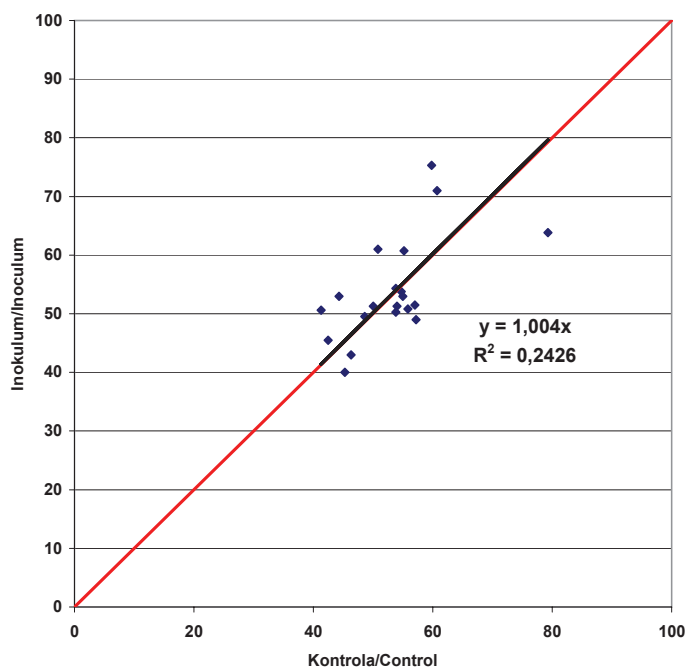
a 50 sazenicemi inokulovanými. Na ploše č. 2 bylo provedeno vylepšení 50 sazenicemi kontrolními a 50 sazenicemi inokulovanými. Na ploše č. 3 bylo realizováno vylepšení 50 sazenicemi kontrolními a 40 sazenicemi inokulovanými. Na ploše č. 4 bylo realizováno vylepšení 50 sazenicemi kontrolními a 50 sazenicemi inokulovanými. Pro jejich vzájemné odlišení byly sazenice z nové výsadby označeny barevnými páskami. K inokulaci kořenových systémů sazenic byl použit stejný přípravek a stejný způsob aplikace jako při zakládání pokusu v roce 2007.

Na podzim roku 2008 a v létě roku 2009 bylo provedeno vyhodnocení ujímavosti a stavu smrkových sazenic. Z každé pokusné plochy byly dále odebrány tři ošetřené a tři kontrolní sazenice z výsadby z roku 2007, dvě sazenice ošetřené a dvě kontrolní z výsadby z roku 2008 (celkem 40 + 40) pro laboratorní zhodnocení parametrů sazenic a mykorrhizních charakteristik. Výběr sazenic byl náhodný. Podobně jako v předešlém roce i zde byly odebrané vzorky označeny pouze čísly a teprve po provedení analýz jim byl přiřazen typ ošetření (inokulované/kontrolní).

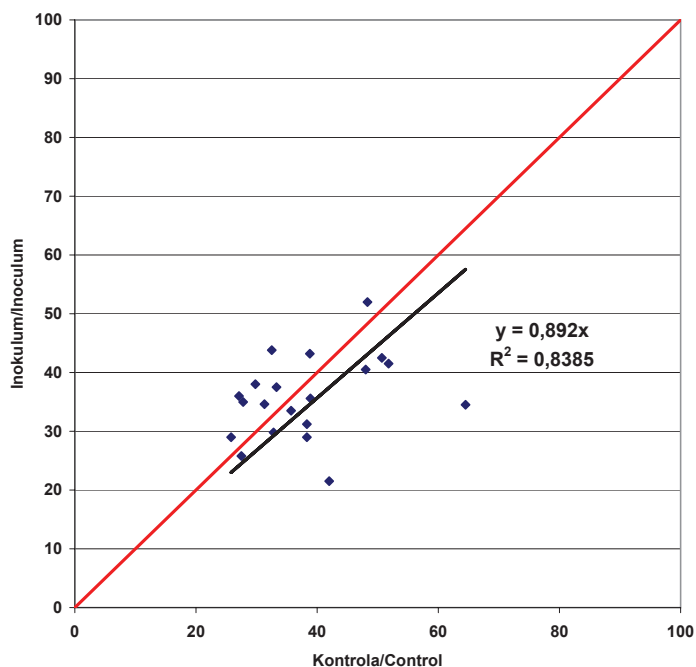


**Obr. 2.**

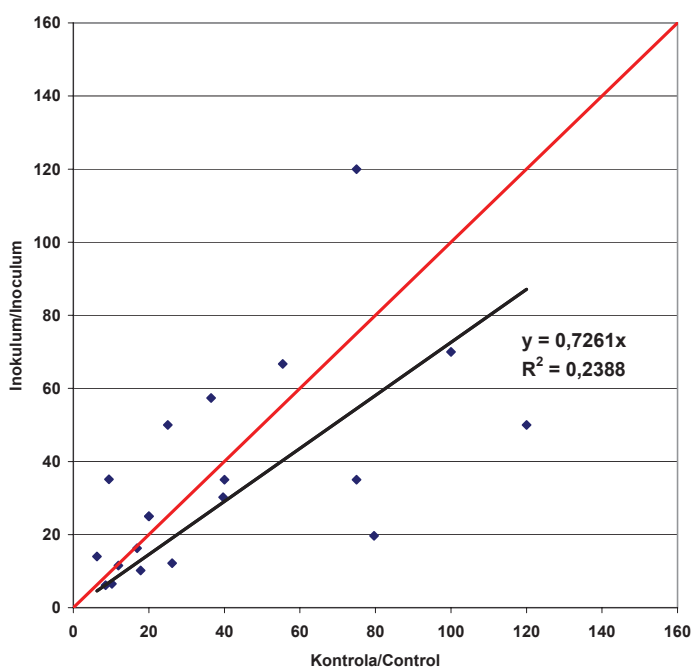
Ekatomykorrhizní přípravek a jeho aplikace na kořenech smrku  
Application of ectomycorrhizal preparation on spruce roots



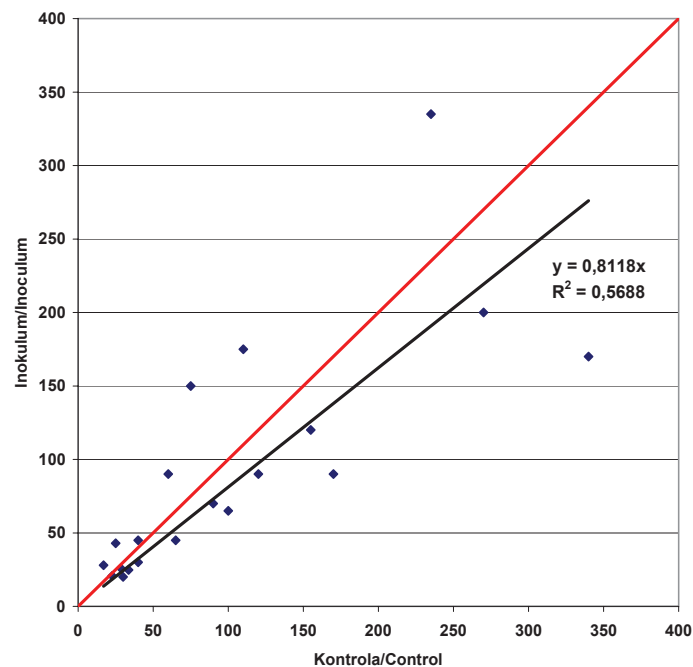
**Obr. 3.**  
Porovnání výšky nadzemní části inokulovaných a kontrolních sazenic  
Comparison of treated and control plants: above-ground height



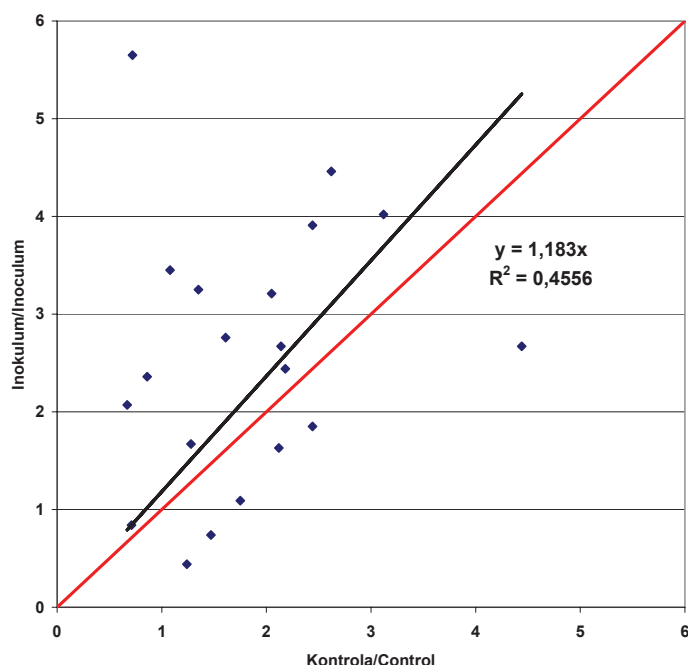
**Obr. 4.**  
Porovnání délky kořene inokulovaných a kontrolních sazenic  
Comparison of treated and control plants: maximum length of root



**Obr. 5.**  
Porovnání sušiny kořenů inokulovaných a kontrolních sazenic  
Comparison of treated and control plants: dry matter of roots

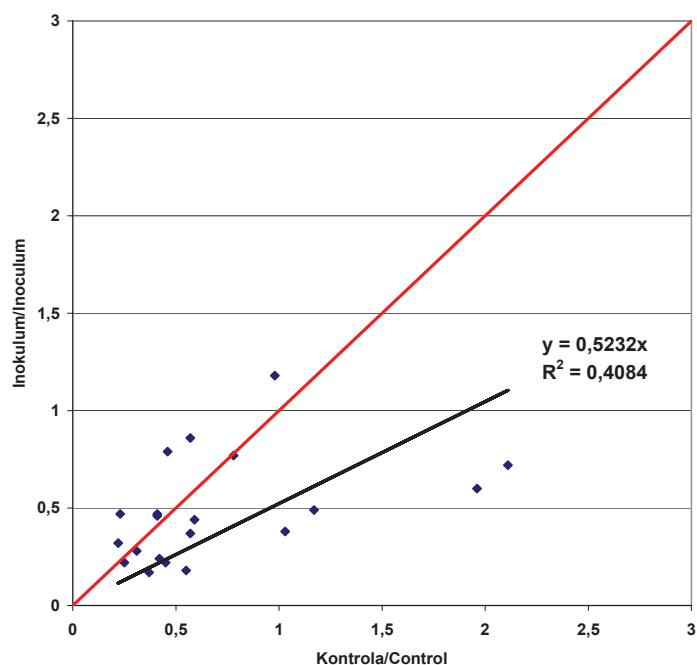


**Obr. 6.**  
Porovnání sušiny nadzemní části inokulovaných a kontrolních sazenic  
Comparison of treated and control plants: dry matter of above-ground parts



**Obr. 7.**

Porovnání hustoty aktivních mykorhiz inokulovaných a kontrolních sazenic  
Comparison of treated and control plants: density of active mycorrhizae



**Obr. 8.**

Porovnání hustoty neaktivních mykorhiz inokulovaných a kontrolních sazenic  
Comparison of treated and control plants: density of non-active mycorrhizae

## VÝSLEDKY

### Rok 2007

Pro zjištění schopnosti mykorhizního přípravku stimulovat růst sazenic v chřadnoucích smrkových porostech a lépe tak odolávat škodlivým abiotickým vlivům či biotickým činitelům jsme použili jednoduché srovnání sazenic s aplikací mykorhizního přípravku proti kontrolním sazenicím, které přineslo tyto výsledky:

Ujímavost a růst sazenic byla do značné míry ovlivněna průběhem počasí, které se v první polovině roku vyznačovalo trvale nadprůměrnými teplotami a zároveň po celé období výrazným srážkovým deficitem. Především v dubnu při zalesňování byl měsíční úhrn srážek jen 10,8 mm. Ujímavost sazenic se pohybovala od 25 do 54 %. Porovnání kontrolních a inokulovaných variant přineslo tyto výsledky:

Na kontrolních výsadbách byla zjištěna ujímavost sazenic 41 % a na plochách s inokulovanými sazenicemi 45 %.

Výška nadzemní části inokulovaných sazenic se pohybovala od 44,0 cm do 58,5 cm a kontrolních od 35,4 cm do 68,0 cm. Délka kořene inokulovaných sazenic se pohybovala od 25,2 cm do 44,2 cm a kontrolní varianta vykazovala délku od 18,5 cm do 49,3 cm.

Průměrná hmotnost sušiny nadzemních částí inokulovaných sazenic se pohybovala od 20,7 g do 28,0 g a kontrolních od 16,9 g do 33,6 g. Průměrná hmotnost sušiny kořenů inokulovaných sazenic byla od 6,5 g do 14,0 g. Průměrná hmotnost sušiny kořenů u kontrolní varianty byla od 6,3 g do 11,9 g.

Studium mykorhizních poměrů na pokusných plochách ukázalo, že hustota aktivních mykorhiz u inokulovaných sazenic se pohybovala od 0,01 cm<sup>-1</sup> do 8,23 cm<sup>-1</sup> a kontrolních od 0 cm<sup>-1</sup>

do 4,09 cm<sup>-1</sup>. V případě hustoty neaktivních mykorhiz inokulovaných sazenic byly zjištěny hodnoty od 0,23 cm<sup>-1</sup> do 1,75 cm<sup>-1</sup>, u kontrolní varianty od 0,23 cm<sup>-1</sup> do 2,49 cm<sup>-1</sup>. Procentuální podíl aktivních mykorhiz inokulovaných sazenic se pohyboval od 2 % do 97 % a kontrolních sazenic od 0 % do 86 %.

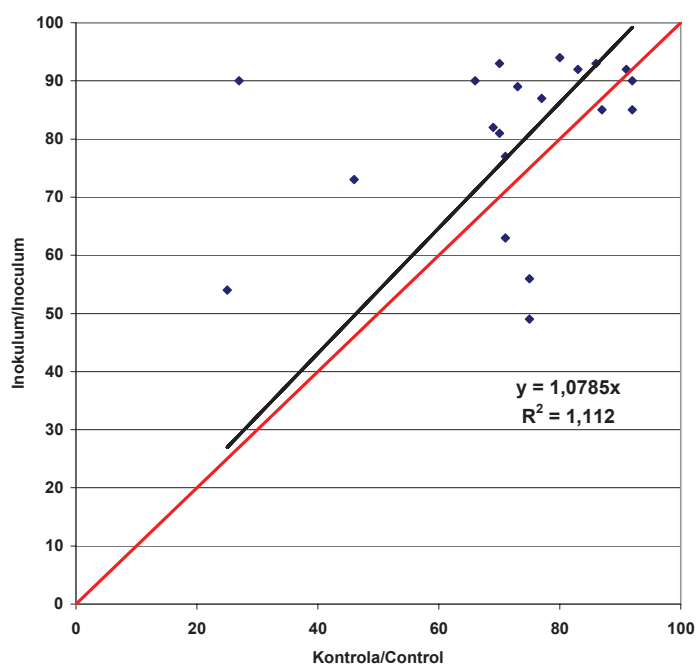
Při podzimní kontrole byly na pokusných plochách nalézány plodnice václavky smrkové (*Armillaria ostoyae*), avšak na odebraných sazenicích nebyla její přítomnost zaznamenána.

### Rok 2008

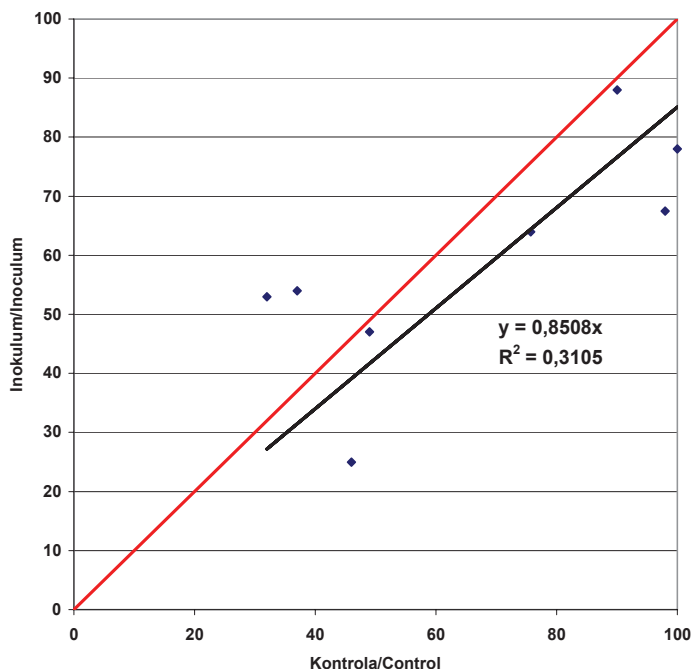
Srovnání sazenic s aplikací mykorhizního přípravku proti kontrolním přineslo tyto výsledky:

Z výsadby provedené na jaře roku 2007 přežilo na plochách s kontrolními sazenicemi 34 % a na plochách s inokulovanými sazenicemi 29 %. Z jarního vylepšení roku 2008 byla ujímavost kontrolních sazenic 90 % a inokulovaných 75 %.

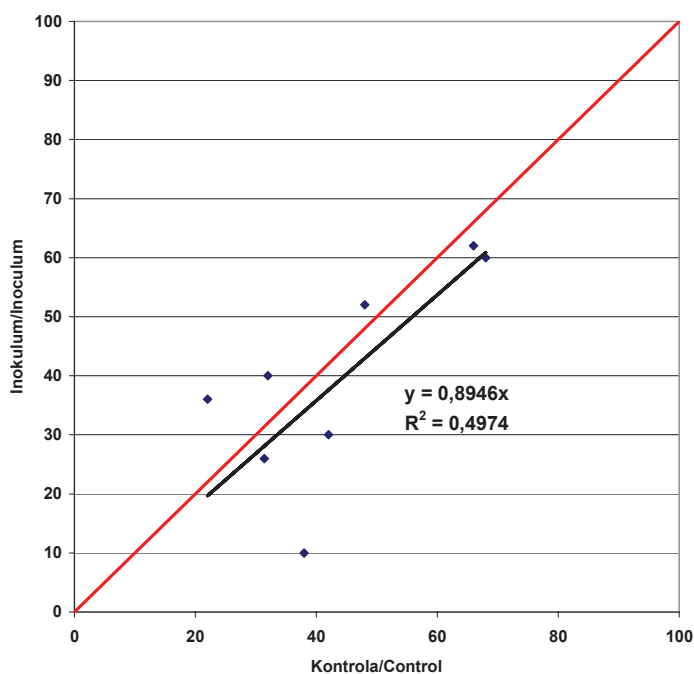
Výška nadzemní části u inokulovaných sazenic z roku 2007 se pohybovala v rozmezí od 39,0 cm do 74,0 cm, u kontrolních sazenic od 39,0 cm do 62,0 cm. V případě sazenic z vylepšení se výška inokulovaných sazenic pohybovala od 40,0 cm do 51,5 cm a kontrolních od 41,5 cm do 52,0 cm. Délka kořene inokulovaných sazenic z roku 2007 se pohybovala od 19,0 cm do 49,0 cm a kontrolních od 22,0 cm do 44,0 cm. Délka kořene u inokulovaných sazenic z vylepšení se pohybovala od 20,5 cm do 56,0 cm a kontrolních od 23,0 cm do 49,0 cm. Průměrná hmotnost sušiny nadzemní části inokulovaných sazenic z výsadby roku 2007 se pohybovala od 90,0 g do 175,0 g a kontrolních od 75,0 g do 155,0 g. Sušina inokulovaných sazenic z vylepšení se pohybovala od 20,0 g do 45,0 g a kontrolních od 25,0 g do 40,0 g. Průměrná sušina



**Obr. 9.**  
Porovnání procentuálního podílu aktivních mykorhiz inokulovaných a kontrolních sazenic  
Comparison of treated and control plants: percentage of active mycorrhizae



**Obr. 10.**  
Porovnání ujmavosti inokulovaných a kontrolních sazenic po prvním roce  
Comparison of treated and control plants: rooting



**Obr. 11.**  
Porovnání přežití inokulovaných a kontrolních sazenic po druhém roce  
Comparison of treated and control plants: survival

kořenů inokulovaných sazenic z roku 2007 se pohybovala v hodnotách od 19,7 g do 66,7 g a kontrolních od 36,5 g do 79,6 g. Sušina kořenů inokulovaných sazenic z vylepšení se pohybovala od 6,1 g do 35,1 g a kontrolních od 8,6 g do 26,2 g.

Vyhodnocení mykorhizních parametrů ukázalo, že hustota aktivních mykorhiz inokulovaných sazenic z roku 2007 se pohybovala od 0 cm<sup>-1</sup> do 2,95 cm<sup>-1</sup> a kontrolních od 0,23 cm<sup>-1</sup> do 2,21 cm<sup>-1</sup>. Hustota aktivních mykorhiz z vylepšení se pohybovala u inokulovaných sazenic od 0,12 cm<sup>-1</sup> do 4,43 cm<sup>-1</sup> a kontrolních od 0,18 cm<sup>-1</sup> do 2,57 cm<sup>-1</sup>. Hustota neaktivních mykorhiz z výsadby v roce 2007 inokulovaných sazenic byla od 0,17 cm<sup>-1</sup> do 1,20 cm<sup>-1</sup> a kontrolních od 0,31 cm<sup>-1</sup> do 3,71 cm<sup>-1</sup>. U inokulovaných sazenic z vylepšení se pohybovala od 0,14 cm<sup>-1</sup> do 0,52 cm<sup>-1</sup> a u kontrolních od 0,16 cm<sup>-1</sup> do 0,52 cm<sup>-1</sup>. Procentuální podíl aktivních mykorhiz sazenic inokulovaných v roce 2007 se pohyboval od 0 % do 89 %, u kontrolních od 13 % do 88 %. U inokulovaných sazenic z vylepšení byl od 26 % do 95 %, u kontrolních od 30 % do 94 %.

Při provedené podzimní kontrole nebyly plodnice václavky smrkové (*Armillaria ostoyae*) na pokusných plochách nalézány, avšak při laboratorním zpracování odumřelých sazenic bylo na bázi kmínku dvou sazenic kontrolní varianty z výsadby z roku 2007 a jedné kontrolní sazenice z vylepšení zjištěno syroccium václavky.

#### Rok 2009

Srovnání hodnocených parametrů sazenic s aplikací mykorhizního přípravku proti kontrolním variantám přineslo tyto výsledky:



Z jarní výsadby roku 2007 přežilo 25 % kontrolních sazenic a 25 % inokulovaných sazenic. Z vylepšení provedeného na jaře 2008 přežilo 51 % kontrolních sazenic a 49 % inokulovaných sazenic.

Výška nadzemní části u inokulovaných sazenic z roku 2007 se pohybovala v rozmezí od 52,5 cm do 87,0 cm, u kontrolních sazenic od 52,5 cm do 85,5 cm. V případě sazenic z vylepšení se výška inokulovaných sazenic pohybovala od 45,0 cm do 68,0 cm a kontrolních od 47,5 cm do 59,0 cm. Délka kořene inokulovaných sazenic z roku 2007 se pohybovala od 23,0 cm do 67,0 cm a kontrolních sazenic od 26,0 cm do 83,0 cm. Délka kořene u inokulovaných sazenic z vylepšení se pohybovala od 22,0 cm do 55,0 cm a kontrolních od 17,0 cm do 63,0 cm. Průměrná hmotnost sušiny nadzemní části inokulovaných sazenic z výsadby roku 2007 se pohybovala od 90,0 g do 335,0 g a kontrolních od 170,0 g do 340,0 g. Sušina inokulovaných sazenic z vylepšení se pohybovala od 45,0 g do 90,0 g a kontrolních od 60,0 g do 100,0 g. Průměrná sušina kořenů inokulovaných sazenic z roku 2007 se pohybovala v hodnotách od 35,0 g do 120,0 g a kontrolní varianty od 75,0 g do 120,0 g. Sušina kořenů inokulovaných sazenic z vylepšení se pohybovala od 25,0 g do 50,0 g a kontrolních od 20,0 g do 40,0 g.

Vyhodnocení mykorrhizních charakteristik ukázalo, že hustota aktivních mykorrhiz inokulovaných sazenic z roku 2007 se pohybovala od 1,50 cm<sup>-1</sup> do 9,14 cm<sup>-1</sup> a kontrolních od 0,50 cm<sup>-1</sup> do 3,83 cm<sup>-1</sup>. Hustota aktivních mykorrhiz z vylepšení se pohybovala u inokulovaných sazenic od 1,76 cm<sup>-1</sup> do 4,72 cm<sup>-1</sup> a kontrolních od 1,42 cm<sup>-1</sup> do 5,92 cm<sup>-1</sup>. Hustota neaktivních mykorrhiz z inokulovaných sazenic z výsadby v roce 2007 se pohybovala od 0,20 cm<sup>-1</sup> do 1,41 cm<sup>-1</sup> a kontrolních od 0,13 cm<sup>-1</sup> do 1,64 cm<sup>-1</sup>. U inokulovaných sazenic z vylepšení se hodnoty pohybovaly od 0,12 cm<sup>-1</sup> do 0,48 cm<sup>-1</sup> a kontrolních od 0,35 cm<sup>-1</sup> do 1,37 cm<sup>-1</sup>. Procentuální podíl aktivních mykorrhiz sazenic inokulovaných v roce 2007 se pohyboval od 62 % do 94 %, u kontrolních od 43 % do 95 %. U inokulovaných sazenic z vylepšení byl od 86 % do 96 %, u kontrolních od 55 % do 92 %.

Při kontrole nebyly plodnice václavky smrkové (*Armillaria ostoyae*) na pokusných plochách nalézány. Při laboratorním zpracování odumřelých sazenic bylo na bázi kmínku jedné sazenice inokulované varianty z výsadby z roku 2007 potvrzeno *Syrrocium* václavky.

#### Souhrnné porovnání inokulovaných a kontrolních sazenic

Průměrná ujmavost inokulovaných sazenic smrku (výsadba z r. 2007) byla 60 % a kontrolních sazenic 66 %. Přežití sazenic do druhého roku (2008, 2009) u inokulovaných sazenic bylo 40 % a kontrolních sazenic 43 %. Průměrná výška nadzemní části inokulovaných sazenic (výsadba z r. 2007, vylepšení z r. 2008: 2007 – 2009) byla 53,9 cm a kontrolních 53,3 cm. Průměrná délka kořene inokulovaných sazenic (výsadba z r. 2007, vylepšení z r. 2008: 2007 – 2009) byla 35,7 cm a kontrolních 38,2 cm. Průměrná hmotnost sušiny nadzemní části inokulovaných sazenic (výsadba z r. 2007, vylepšení z r. 2008: 2007 – 2009) byla 91,9 g a kontrolních sazenic 101,4 g. Průměrná hmotnost sušiny kořenů inokulovaných sazenic (výsadba z r. 2007, vylepšení z r. 2008: 2007 – 2009) byla 34,8 g a kontrolních 39,7 g. Průměrné hodnoty hustoty aktivních mykorrhiz (výsadba z r. 2007, vylepšení z r. 2008: 2007 – 2009) inokulovaných sazenic byly 2,56 cm<sup>-1</sup> a kontrolních sazenic 1,81 cm<sup>-1</sup>. Hodnoty hustoty neaktivních mykorrhiz (výsadba z r. 2007, vylepšení z r. 2008: 2007 – 2009) inokulovaných sazenic byly 0,48 cm<sup>-1</sup>

a kontrolních sazenic 0,69 cm<sup>-1</sup>. Procentuální podíl aktivních mykorrhiz (výsadba z r. 2007, vylepšení z r. 2008: 2007 – 2009) inokulovaných sazenic byl 80 % a kontrolních 71 %.

Vzhledem k tomu, že v pokusu jsou hodnoceny různě staré sazenice a analýza zahrnuje poměrně malý počet vzorků v mnoha kategoriích, bylo zvoleno grafické porovnání inokulovaných a kontrolních sazenic. Pro odfiltrování vlivu roku, stanoviště a různého věku sazenic byly porovnávány průměrné hodnoty inokulovaných a kontrolních sazenic získané ze stejných ploch. Sledovanými parametry byla délka kořene, výška nadzemní části, sušina nadzemní a kořenové části, hustota aktivních a neaktivních mykorrhiz, procento aktivních mykorrhiz. Pokud by ošetření části sadebního materiálu nemělo vliv, obě sledované hodnoty parametru by měly být podobné, tj. v ideálním případě hodnoty z kontrolních sazenic rovny hodnotám inokulovaných rostlin. V tom případě by tyto hodnoty v grafickém vyjádření ležely na přímce se směrnici 1. Jednotlivé body jsou samozřejmě díky vlivu přirozené biologické variability v různé míře odchýleny od této přímky. Pokud má inokulace vliv, lze tyto body charakterizovat regresní přímkou, která má jiný sklon. Čím je odklon větší, tím je odchylka sledované veličiny a tedy vliv ošetření výraznější. Pokud má tato regresní přímka směrnici menší než 1, hodnoty naměřené na kontrolních sazenicích jsou větší než hodnoty měřených inokulovaných sazenic a opačně. Hodnota R<sup>2</sup> charakterizuje, v jaké míře se jednotlivé hodnoty odchylují od této přímky (jak přesně regrese reprezentuje naměřená data).

Při srovnání výšky nadzemní části (obr. 3) leží přímka přímo na neutrální ose, z čehož je možné odvodit, že kontrolní sazenice a ty inokulované se neliší. Při hodnocení délky kořene (obr. 4) můžeme body charakterizovat přímkou se směrnici 0,89. Tato přímka leží mírně pod neutrálními hodnotami, což naznačuje, že délka kořene u kontrolních rostlin byla mírně vyšší než u inokulovaných. Odchylka není příliš velká.

Sušina kořenové části má směrnici 0,73 (obr. 5), to znamená, že hmotnost kořenů u inokulovaných sazenic byla výrazně nižší než u kontrolních. Sušina nadzemní části (obr. 6) vykazuje velmi podobné hodnoty (směrnice je 0,81) a hodnota R<sup>2</sup> vyjadřuje velmi dobrou shodu těchto bodů. Sušina je v průměru nižší u inokulovaných sazenic než u kontrolních.

Při vlastní analýze mykorrhizních charakteristik se však ukázalo, že hustota aktivních mykorrhiz (obr. 7) je podle očekávání vyšší u inokulovaných sazenic. Přímka, která aproximuje tyto hodnoty, má směrnici 1,18 a korelace je poměrně vysoká. Hustota neaktivních mykorrhiz (obr. 8) při přibližně stejné korelaci je výrazně nižší, prakticky poloviční (zjištěná směrnice je 0,52). Z toho lze usuzovat, že inokulace sazenic měla pozitivní vliv na zastoupení mykorrhiz na kořenech. Procento aktivních mykorrhiz (obr. 9) při malé korelaci těchto bodů je však velmi blízké neutrální hodnotě.

Z hodnocení ujmavosti sazenic z prvního roku (obr. 10) vyplývá, že srovnání obou variant lze charakterizovat regresí se směrnici 0,85, která leží značně mimo neutrální osu. To znamená, že ujmavost kontrolních sazenic byla vyšší než inokulovaných. Přežití po druhém roce (obr. 11) se již blíží neutrální přímce.

Neparametrické testy souborů inokulovaných a kontrolních neprokázaly statisticky významné rozdíly v žádné ze zkoumaných veličin. Pouze hodnoty hustoty aktivních mykorrhiz se při parametrickém t-testu přiblížily kritické hodnotě ( $p = 0,056$ ).

## DISKUSE

Pozitivní vliv umělé inokulace semenáčků mykorhizními houbami je prokázán ve sterilních kulturách, hrncových a polních pokusech (CUDLÍN et al. 1983, DIXON et al. 1998, HATCH 1937, KROPÁČEK 1987, 1989, MORTIER et al. 1989, KOWALSKI 2007, PARKE et al. 1984, SZABLA 2005, THEODOROU 1968, aj.). Přehled výsledků pokusů s mykorhizními houbami přináší práce CASTELLANA (1996), ve které analyzuje dostupné výsledky převážně terénních inokulačních experimentů. Ze statistické analýzy provedené pro všechny druhy dřevin i typy inokula dohromady vyplývá, že aplikace mykorhizního inokula velmi zřídka vede k inhibici růstu dřevin. K prokazatelné stimulaci došlo asi u poloviny pokusů.

Jedním z důvodů nejednoznačnosti výsledků může být nemožnost srovnání mykorhizních dřevin s čistě nemyorhizními, kontrolními variantami, které je velmi obtížné v terénu získat. Proměnlivost výskytu těchto mikroorganismů v přirozených podmínkách i v závislosti na půdních poměrech a také vliv neopakovatelných klimatických podmínek po několik testovaných vegetačních období jsou jednou z hlavních příčin velkých rozdílů u experimentálně získaných výsledků s umělou inokulací semenáčů a sazenic (PEŠKOVÁ 2000).

Všechna srovnání růstových charakteristik smrkových sazenic ošetřených přípravkem Ectovit v našich pokusech buď naznačují, že inokulum nemělo vliv na sledované parametry nebo byl vliv negativní. Uvedená zjištění jsou v rozporu s deklarovaným vlivem inokula na růst a vývoj sazenic v rozsáhlých studiích realizovaných v Polsku, kde byly prokázány statisticky průkazné rozdíly u sazenic borovice lesní inokulovaných houbami *Hebeloma crustuliniforme* a *Laccaria bicolor* proti sazenicím kontrolním v případě hodnocených růstových charakteristik - výška nadzemní části, roční přírůsty, tloušťka kořenového krčku aj. (KOWALSKI 2007). Vyšší hodnoty výšky nadzemní části u mykorhizovaných sazenic byly prokázány i u několika dalších dřevin včetně smrku (KOWALSKI 2007, SZABLA 2005). Naopak TUČEKOVÁ et al. (2009) ve svých prvních výsledcích s ověřováním efektivnosti mykorhizního preparátu VAMBAC na růst sazenic vysázených na kalamitních holinách Kysúc uvádí slabý pozitivní vliv preparátu na výšku sazenic a tloušťku kořenového krčku. Příznivě se po prvním vegetačním období od ošetření smrku mykorhizním přípravkem vyvíjely jemné vlásečnicové kořeny (TUČEKOVÁ et al. 2009).

Nebyl prokázán ani rozdíl v ujmavosti inokulovaných a kontrolních sazenic na všech našich testovaných plochách. Výzkumy v Polsku v oblastech zničených požárem ukázaly, že po pěti letech přežilo 37 % sazenic inokulovaných mykorhizní houbou *H. crustuliniforme* a 26 % inokulovaných houbou *L. bicolor*, kontrolní sazenice odumřely všechny (KOWALSKI 2007).

Při vlastní analýze mykorhizních charakteristik se však ukázalo, že hustota aktivních mykorhiz je podle očekávání vyšší u inokulovaných sazenic. Hustota neaktivních mykorhiz při přibližně stejné korelaci je výrazně nižší, prakticky poloviční. Z toho lze usuzovat,

že inokulace měla pozitivní vliv na zastoupení mykorhiz na kořenech. V práci HOLUŠA et al. (2009) se rovněž potvrdilo, že hustota aktivních mykorhiz i procentuální podíl aktivních mykorhiz byla prokazatelně vyšší u inokulovaných sazenic. Výsledky byly průkazné i přesto, že půdy na zalesňovaných plochách obsahují oproti umělým substrátům autochtonní ektomykorhizní houby a celou řadu mikroorganismů s potenciálními symbiotickými vztahy, které mohou vytvořit nekontrolovatelné interakce, ovlivnit růst sazenic a zastřít případně i rozdíl mezi očkovanými a kontrolními variantami (GRYNDLER et al. 2004). Ve svých pokusech s umělou inokulací borovic REPÁČ (2007) rovněž uvádí, že semenáčky borovic bývají významnou měrou kolonizovány původními, přirozeně se vyskytujícími symbiotickými houbami. K spontánnímu vzniku mykorhiz tak dochází i u neočkovaných kontrol, které v některých pokusech vykazovaly i vyšší průměrné hodnoty (CAISOVÁ 1994).

## ZÁVĚR

Umělá inokulace smrkových sazenic mykorhizním přípravkem slabě pozitivně ovlivnila rozvoj aktivních mykorhiz. V hodnocení růstových charakteristik (výška nadzemní části, délka kořene, sušina nadzemní a kořenové části) byl pozorován mírný opačný efekt. Na rozvoji mykorhiz a vzrůstu sazenic se podílí mnoho faktorů, které lokálně a časově kolísají. Vzhledem k rozsahu souboru jde o závěry předběžné, založené na minimálním počtu zkoumaných jedinců. Výsledky by bylo vhodné upřesnit dalším sledováním na rozsáhlejší materiálu včetně případného zapojení dalších metod, jako je např. identifikace hub molekulárními metodami.

Vyhodnocení pokusu přineslo nejednoznačné výsledky. Jedním z důvodů nejednoznačnosti výsledků může být kvalita inokula a mimo jiné i proměnlivost výskytu přirozených mikroorganismů (primární přirozená mykorhizace) v závislosti na půdních poměrech a také vliv neopakovatelných klimatických podmínek a případné mikroklimatické rozdíly v průběhu testovaného období. Na základě vyhodnocení tohoto pokusu nelze metodu umělé inokulace sazenic pro lesnickou praxi v inkriminované oblasti odmítnout (vede patrně k vyššímu zastoupení aktivních mykorhiz). Je však nutné zohlednit ekonomické náklady.

Na druhou stranu je třeba mít na paměti, že umělou mykorhizací provádíme nekontrolovatelnou a neomezenou distribuci různých očkovacích přípravků do prostředí (bez přesné znalosti druhového složení).

### Poděkování:

Příspěvek byl zpracován v rámci řešení výzkumného záměru MZe č. 0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“ za přispění Lesů České republiky, s. p., Grantové služby LČR.



## LITERATURA

- CAISOVÁ V. 1994. Hodnocení mykorrhizace sazenic smrku pichlavého (*Picea pungens*) po aplikaci tekutého a suchého inokula lakovky (*Laccaria proxima*). Práce VÚLHM, 79: 117-123.
- CASTELLANO M. A. 1996. Outplanting performance of mycorrhizal inoculated seedlings. In: Mukerji K. G. (ed.): Concepts in Mycorrhizal Research. The Netherlands, Kluwer Academic Publishers B.V.: 223-301.
- CUDLÍN P., MEJSTRÍK V., SKOUPÝ J. 1983. Effect of pesticides on ectomycorrhizae of *Pinus sylvestris* seedlings. Plant Soil, 71: 353-361.
- DIXON R. K., GARRETT H. E., COX G. S., MARX D. H., SANDER I. L. 1998. Inoculation of three *Quercus species* with eleven isolates of ectomycorrhizal fungi. I. Inoculation success and seedling growth relationships. Forest Science, 30/2: 364-372.
- GRYNDLER M., BALÁŽ M., HRŠELOVÁ H., JANSÁ J., VOSÁTKA M. 2004. Mykorrhizní symbióza. O soužití hub s kořeny rostlin. Praha, Academia: 366 s.
- HATCH A. B. 1937. The physical basis of mycotrophy in genus *Pinus*. Black Rock Forest Bull., 6: 168 s.
- HOLUŠA J., LIŠKA J. 2002. Hypotéza hynutí smrkových porostů ve Slezsku (Česká republika). Zprávy lesnického výzkumu, 47/1: 9-15.
- HOLUŠA J., PEŠKOVÁ V., VOSTRÁ L., PERNEK M. 2009. Impact of mycorrhizal inoculation on spruce seedling: comparisons of a 5-year experiment in forests infested by honey fungus. Periodicum Biologorum, 111/4: 413-417.
- KOWALSKI S. (ed.) 2007. Ektomikoryzy. Nowe biotechnologie w polskim szkółkarstwie leśnym. Warszawa, Centrum Informacyjne Lasów Państwowych: 398 s.
- KROPÁČEK K. 1987. Testování granulovaného inokula za sterilních a polosterilních podmínek. In: Ekologie mykorrhiz a mykorrhizních hub. Sborník referátů, DT Pardubice, ČSVTS: 65-71.
- KROPÁČEK M. 1989. Umělá mykorrhizace sadebního materiálu lesních dřevin. Kandidátská disertace. Rukopis. Praha, VŠZ: 145 s.
- MORTIER F., LE TACON F., GARBAYE J. 1989. Effect of dose and formulation of *Laccaria laccata* inoculum on mycorrhizal infection and growth of Douglas-fir in a nursery. Agric., Ecosystems Environ., 28: 351-354.
- PARKE J. L., LINDERMAN R. G., TRAPPE J. M. 1984. Inoculum potential of ectomycorrhizal fungi in forest soils of Southwest Oregon and Northern California. Forest Science, 30/2: 300-304.
- PEŠKOVÁ V. 2000. Mykorrhizní inokulace, cesta, jak zlepšit ujímavost sazenic. Lesnická práce, 79/3: 120-121.
- PEŠKOVÁ V., SOUKUP F. 2006. Houby vázané na kořenové systémy: Metodické přístupy ke studiu. Review. Zprávy lesnického výzkumu, 51/4: 61-68.
- PETERSON R. L., MASSICOTTE H. B., MELVILLE L. H. 2004. Mycorrhizas: anatomy and cell biology. National Research Council of Canada: 173 s.
- REPÁČ I. 2007. Poznatky z aplikácie symbiotických húb pri pestovaní semenáčikov borovice lesnej (*Pinus sylvestris* L.). In: Saniga M., Jaloviár P., Kucbel S. (eds.): Obhospodarovanie lesa v meniacich sa podmienkach prostredia, Zborník pôvodných vedeckých prác. Zvolen, Technická univerzita: 163-170.
- SZABLA K. 2005. Mikoryzacja sadzonek a efekty hodowlane w uprawach. Autoreferát disertační práce. Warszawa, Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych: 67 s.
- ŠRÁMEK V., SOUKUP F., SLODIČÁK M., BALCAR V., HELLEBRANDTOVÁ K., LACHMANOVÁ Z., NOVÁK J., NOVOTNÝ R., PEŠKOVÁ V., VÍCHA Z., VEJPUŠKOVÁ M., VORTELOVÁ L., LOMSKÝ B. 2009. Chřadnutí lesních porostů na LS Jablunkov – určení komplexu příčin poškození a návrh opatření na revitalizaci lesa. Grantová služba LČR – 05/09: 100 s.
- THEODOROU C. 1968. Inositol phosphate in needles of *Pinus radiata* D. DON. and the phytase activity of mycorrhizal fungi. Proceedings of the 9th International Congress of Soil Science, 3: 483-493.
- TUČEKOVÁ A., LONGAUEROVÁ V., LEONTOVÝČ R. 2009. Poznatky z testovania mykorizovaného preparátu Vambac na smreku (*Picea abies* L.) v oblasti s dlhodobou zvýšeným stavom *Armillaria* sp. In: Mykorrhiza v leších a možnosti její podpory. Sborník referátů. ČLS, VÚLHM, MZE: 52-58.

## INFLUENCE OF ARTIFICIAL MYCORRHIZATION ON DEVELOPMENT OF SPRUCE SEEDLINGS AT JABLUNKOV (FOREST DISTRICT)

### SUMMARY

Forests in forest district Jablunkov Forests of the Czech Republic, p. p., have been partly affected by intensive development of spruce chlorosis in the last years. As a result, some trees are drying up and eventually die. There is a plan to alter spruce monocultures to mixed forests. Other possible approach is application of a root mycorrhizal preparation that may improve survival and successful development of seedlings after replanting and reinforce their effective growth in stress conditions. It should theoretically improve their health status and resistance against abiotic and biotic damaging agent (GRYNDLER 2004, KOWALSKI 2007).

We established four study plots in typical biotopes where 100 treated and 100 control seedlings of Norway spruce were planted. For inoculation we used liquid ectomycorrhizal preparation Ectovit (a product from Symbiom, Ltd.) according to recommended procedure.

In subsequent 3 years we randomly sampled treated and control plants for analyses of size features like: above-ground height, maximum length of roots, dry matter of roots and above-ground part. Development of mycorrhizal conditions was investigated by analysing some plants.

Results show that artificial inoculation of spruce seedlings with Ectovit slightly positively influenced on numbers of active mycorrhizae. In comparison of growth features we noticed a slight opposite effect.

Recenzováno

---

#### ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Vítězslava Pešková, Ph.D., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.  
Strnady 136, 252 02 Jíloviště, Česká republika  
tel.: 257 892 299; e-mail: peskova@vulhm.cz