

VPLYV DEZINFEKČIE A INOKULÁCIE SUBSTRÁTU SYMBIOTICKÝMI HUBAMI NA TVORBU EKTOMYKORÍZ A RAST SEMENÁČIKOV SMREKA OBYČAJNÉHO (*PICEA ABIES* [L.] KARST.)

EFFECTS OF DISINFECTION AND INOCULATION OF SUBSTRATE WITH SYMBIOTIC FUNGI ON ECTOMYCORRHIZA FORMATION AND GROWTH OF NORWAY SPRUCE (*PICEA ABIES* [L.] KARST.) SEEDLINGS

IVAN REPÁČ

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Zvolen

ABSTRACT

Effects of disinfection with fumigant Basamid and inoculation of peat substrate with vegetative alginate-bead inoculum of ectomycorrhizal fungi *Gomphidius glutinosus* and *Tricholoma sejunctum* on development of one- and two-year-old bareroot Norway spruce seedlings were estimated. Two substrate treatments (disinfected and nondisinfected) and four inoculation treatments (2 fungi, beads lack of mycelium, no application) set up 8 combinations of main effects arranged in a randomized complete block design. Growth variables were assessed after the first and second, ectomycorrhiza formation only after the first growing season. Data were analyzed by two-way analysis of variance. The disinfection suppressed weed growth but affected unfavorably survival, needle color and seedling growth. Fungal inoculation had a mild stimulate effect on growth of one-year-old seedlings; differences between inoculated and uninoculated seedlings disappeared in two-year-old seedlings. Inoculation was not successful to form specific ectomycorrhizal morphotypes or increase total ectomycorrhizal rate of inoculated seedlings; the applied fungi were not sufficiently competitive to naturally occurred ectomycorrhizal fungi. Significant effect of interaction of disinfection and inoculation on occurrence of some ectomycorrhizal morphotypes was found. The results suggest the possible unfavorable effects of substrate disinfection on seedling development and difficulties of artificial mycorrhization of seedlings in operational conditions.

Kľúčové slová: dezinfekcia substrátu, mykorizácia substrátu, voľnokorenné semenáčky, rast semenáčikov, ektomykorizna symbióza, smrek obyčajný

Key words: substrate disinfection, substrate mycorrhization, bareroot seedlings, seedling growth, ectomycorrhizal symbiosis, Norway spruce

ÚVOD

Napriek výhodám prirodzenej obnovy lesa a snahe o jej maximálne uplatnenie, podiel umelej obnovy na Slovensku sa v ostatných rokoch ustálil na približne 60 % z celkového rozsahu obnovy. Vzhľadom na poškodzovanie lesa klimatickými (z významných drevín zvlášť smreka obyčajného) aj biotickými činiteľmi, ktoré komplikujú uplatnenie prirodzenej obnovy, je predpoklad, že význam umelej obnovy sa v budúcnosti ešte zvýši. Zabezpečenie úloh umelej obnovy vyžaduje efektívne pestovanie morfológicky a fyziologicky kvalitného sadbového materiálu, schopného adaptovať sa na často nepriaznivé podmienky prostredia výsadbových plôch (CASTELLANO 1996; LEUGNER et al. 2009; JURÁSEK 2010; MAUER, MAUEROVÁ 2010). Rozhodujúci význam pre prežitie a ďalší vývin vysadených sadenic má kvalita koreňovej sústavy (MAUER, PALÁTOVÁ 2000; REPÁČ 2007; JALOVÍAR 2010).

Jednou z nevyhnutných rutinných činností procesu výroby sadbového materiálu je dezinfekcia rastového substrátu, ktorej účelom je potlačiť rast buriny a výskyt škodcov a chorôb, a tak znížiť náklady na obranné opatrenia proti týmto škodlivým činiteľom a zvýšiť výťažnosť

osiva a prežívanie semenáčikov. V súčasnosti sa na Slovensku takmer výhradne používa chemická dezinfekcia, pri ktorej sa substrát prelieva vodným roztokom dezinfekčnej látky, alebo sa pripravok (tekutý, práškový) zapracuje do substrátu. V zahraničí sa popri chemickej (MARX et al. 1978; BORKENHAGEN 1995; YAMAMOTO et al. 2008) používa aj dezinfekcia horúcou parou (BARTOK 1995; MALKOMES, ZWARGER 2007). V minulosti sa viac používala aj termická dezinfekcia spaľovaním pevných látok na záhonoch (JANČAŘÍK 1970). Z praktického hľadiska je najvhodnejší termín dezinfekcie pred výsevom, kedy je možné použiť i fytotoxické pesticídy, ktoré zo substrátu vypychajú alebo sa rozkladajú.

Obligátne ektotrofné dreviny, medzi ktoré patria aj najvýznamnejšie dreviny mierneho pásma (rody *Abies*, *Larix*, *Picea*, *Pinus*, *Betula*, *Fagus*, *Quercus*), sú v nepriaznivých podmienkach pôdneho prostredia existenčne závislé na symbióze s ektomykoriznými (EKM) hubami (HARLEY, SMITH 1983; REPÁČ 2011). Práce mnohých autorov potvrdili pozitívny účinok užitočných mikroorganizmov, zvlášť EKM húb (CASTELLANO 1996; HOLUŠA et al. 2009) a nesymbiotických pôdnych baktérií (BENDING et al. 2002; TUČEKOVÁ, LONGAUEROVÁ 2008) na

prežívanie, zdravotný stav, odolnosť proti extrémom prostredia a/alebo rast sadbového materiálu. Z biologického, ekonomického i praktického hľadiska je výhodná aplikácia užitočných mikroorganizmov pri pestovaní sadbového materiálu v lesnej škôlke, kde by mohli nahradiť použitie klasických fungicídov a plniť úlohu biologického ochranného prostriedku proti patogénnym mikroorganizmom, a po výsadbe zabezpečiť lepšiu adaptabilitu a rast lesných kultúr.

Hoci na Slovensku je zámer znížiť zastúpenie smreka obyčajného na úkor odolnejších drevín, jeho postavenie v niektorých oblastiach je nezastupiteľné. Vzhľadom na často jedinou možnosť obnovy tejto dreveniny sadbou, väčšinou v nepriaznivých až extrémnych podmienkach, je potrebná intenzifikácia technológií pestovania sadeníc pre zlepšenie ich kvality a zvýšenie ujatosti a odolnosti založených lesných kultúr. Hoci v ostatnom období sa zvýšila produkcia krytokorenných semenáčikov smreka pestovaných pod fóliovými krytmi, ťažisko výroby stále predstavuje pestovanie 3-5ročných voľnokorenných škôlkovaných sadeníc.

Cieľom tejto práce je hodnotenie účinku aplikácie granulového inokula ektomykorizných húb čirovka zelenohnedastá (*Tricholoma sejunctum* [Sowerby] Quél.) a sliziak mazlavý (*Gomphidius glutinosus* [Schaeff.] Fr.) do rastového substrátu a dezinfekcie substrátu dezinfekčným prostriedkom Basamid granulát na rast a rozsah ektomykoriznej symbiomy voľnokorenných semenáčikov smreka obyčajného pestovaných prvý rok pod polyetylénovým krytom a druhý rok na voľnej ploche.

MATERIÁL A METODIKA

Usporiadanie a rozsah experimentu

V experimente boli sledované a hodnotené účinky dvoch faktorov, umelej mykorrhizácie a dezinfekcie rastového substrátu na rast semenáčikov smreka obyčajného. Mykorrhizácia bola vykonaná formou aplikácie granulového inokula symbiotických húb čirovka zelenohnedastá (*Tricholoma sejunctum* [Sowerby] Quél.) a sliziak mazlavý (*Gomphidius glutinosus* [Schaeff.] Fr.) do rastového substrátu bezprostredne pred výsevom. Ďalšími variantmi (úrovňami faktora mykorrhizácia) bola aplikácia „čistých“ granul neobsahujúcich hubu a „čistý“ substrát bez aplikácie inokula (kontrolný variant). Faktor dezinfekcia mal len dve úrovne; substrát dezinfikovaný prípravkom Basamid granulát a nedeinfikovaný substrát. Štyri varianty faktora mykorrhizácia a dva dezinfekcia vytvorili spolu osem kombinácií sledovaných faktorov. Základná experimentálna jednotka (plôška) pre každú z 8 uvedených kombinácií bola umelohmotná nádoba 15 × 46 × 12 cm (šírka × dĺžka × výška) s perforovaným dnom. Každá kombinácia bola založená v troch opakovaní (nádobách). Dvojfaktorový experiment v úplných znáhodnených blokoch pozostával spolu z 8 (kombinácie sledovaných účinkov) × 3 (bloky) = 24 nádob, v ktorých boli pestované semenáčiky v lesnej škôlke Vysokoškolského lesníckeho podniku Technickej univerzity vo Zvolene, lokalizovanej v areáli Arboréta Borová hora TU Zvolen (severný okraj mesta Zvolen, orografický celok Zvolenská kotlina, nadmorská výška 320 m).

Dezinfekcia substrátu, hubová inokulácia, pestovanie semenáčikov

Použitý rastový substrát bol tzv. lesnícky substrát BORA BOBROV. Tvoria ho vrchovisková rašelina s malým podielom agropertitu, vermikulitu, zeolitu, bentonitu, zeolitického vápenca, prihnojená NPK (14 %, 16 %, 18 %). Polovičné množstvo substrátu použitého v experimente bolo dezinfikované prípravkom Basamid granulát. „Zoznam registrovaných prípravkov na ochranu rastlín a iných prípravkov SR“ zaraďuje tento prípravok medzi dezinfekčné a konzervačné prostried-

ky určené na dezinfekciu pôdy proti pôdnym hádatkám a patogénnym hubám. Účinnou látkou je dazomet, jej obsah v prípravku je 97 %. Jeho použitie je obmedzené v 1. pásme hygienickej ochrany vôd. V lesnom škôlkárstve SR je jeho použitie veľmi rozšírené ako polyfunkčného prípravku pre dezinfekciu pôdy a rastových substrátov, vrátane predvýsevovej dezinfekcie substrátov. Basamid granulát bol dôsledne rovnomerne zapracovaný a premiešaný so substrátom (200 g.m⁻³). Substrát bol primerane zvlhčený a 5 dní prikrytý čiernou PE fóliou pre zabezpečenie vyvíjania prípravku. Po odstránení fólie bol substrát prekyprený a vetraný 16 dní pred inokuláciou a výsevom.

Vegetatívne (mycéliové) granulové hubové inokulum bolo pripravené podľa KROPÁČKA a CUDLÍNA (1989). Základné kroky výroby inokula sú pestovanie mycélia v tekutom živnom médiu na trepačke, premytie a homogenizácia mycélia, príprava pasty obsahujúcej mycélium (zmes 2% vodnej suspenzie Agricolu, nosiča agropertitu a mycélia), odkvapkávanie pasty cez sito do a tvorba granul v 5% roztoku chloridu vápenatého, premytie a sušenie granul. Tzv. čisté kultúry použitých EKM húb boli získané izoláciou z dužiny plodníc a udržiavané na Katedre pestovania lesa Technickej univerzity vo Zvolene. Podrobný postup izolácie, kultivácie a udržiavania hubového mycélia opisuje napr. REPÁČ (1993). Čisté kultúry čirovky zelenohnedastej (izolát TUZ182) boli izolované v roku 1995, slizliaka mazlavého (izolát TUZ500) v r. 2006, u oboch húb na agarové živné médium BAF, z plodníc získaných v lesoch neďaleko Zvolena na okraji Kremnických vrchov (cca 400 m n. m.).

Granule boli aplikované vo vrstve (2300 ml.m⁻²) asi 3 cm pod povrch substrátu. Na mierne zhutnený povrch substrátu bolo bezprostredne po inokulácii vysiate semeno smreka obyčajného a zasypané 0,5 – 1,0 cm vrstvou substrátu. Semeno (evidenčný kód 01564PU – 042) pochádzalo z uznaného porastu kategórie B, západoslovenská semenárska oblasť, výšková zóna 601 – 800 m, zber v r. 1999. Pred výsevom bolo semeno premyté v tečúcej vode, namáčané 15 min. v 30% H₂O₂, premyté niekoľkokrát destilovanou vodou a potom pretrepané s fungicídnym prípravkom Dithane M-45 (1,5% hmotnosti semena). Výsevová dávka 24 g.m⁻² bola vypočítaná na základe kvalitatívnych charakteristík osiva a odhadnutého vhodného počtu 700 ks semenáčikov na plochu 1 m² v daných podmienkach. Nádoby boli umiestnené v polyetylénovom kryte a výsevy zakryté netkanou textíliou, ktorá bola odstránená po vzídení semenáčikov. Semenáčiky boli pravidelne zavlažované, ošetrované preventívne kontaktnými fungicídmi a len mierne prihnojené, aby nebol potlačený prípadný pozitívny účinok inokulácie, burina bola odstraňovaná ručne. Po skončení vegetačného obdobia boli semenáčiky zazimované pilinami. Na začiatku 2. vegetačného obdobia boli nádoby so semenáčikmi umiestnené na nekrytú plochu, dočasne zatienené, podľa potreby zavlažované a pleté, hnojivá ani pesticídy neboli aplikované.

Odber a hodnotenie semenáčikov

Opatrne, aby neboli poškodené korene, bolo z každej nádoby náhodne odobratých 15 semenáčikov po prvom (spolu 15 × 8 × 3 = 360 semenáčikov) i druhom vegetačnom období. Výskyt ektomykoriz sme hodnotili len na jednoročných semenáčikoch. Pred hodnotením boli koreničky vyzdvihnutých jednoročných semenáčikov dôkladne očistené od častôčiek substrátu pod tečúcou vodou. Výskyt ektomykoriz sme hodnotili vizuálne pomocou binokulárnej lupy pri 10 – 25násobnom zväčšení. Na celej koreňovej sústave sme odhadli percentuálny podiel jednotlivých morfológických typov ektomykoriz, rozlíšených podľa makroskopických znakov (hlavne farby hubového plášťa) z celkovej počtu krátkych korieňov s presnosťou na 5 % (pri nepatrnom alebo takmer výlučnom zastúpení niektorého morfortypu sme sa pokúsili o odhad s presnosťou 1 %). Súčtom percentuálneho zastúpenia morfortypov sme zistili celkový rozsah ektomykoriz (percentuálny podiel aktívnych ektomykoriz z celkovej počtu krátkych korieňov).

Rozlíšili sme 5 EKM morfortypov:

- Svetlohnedé ektomykorízy – svetlé až belavé mykorízy, mierne kyjačkovito zhrubnuté vo vrcholovej časti
- Hnedé ektomykorízy – rôzne odtiene hnedej a tmavohnedej farby, koreňové špičky často svetlejšie, mierne zhrubnuté po celej dĺžke, veľmi lesklé
- Hrdzavé ektomykorízy – s výrazným hrdzavým odtieňom najmä vo vrcholovej časti, zhrubnuté najviac v strednej časti
- Šedé ektomykorízy – najviac zhrubnuté mykorízy šedobelavej farby, kratšie
- Ektomykorízy s mycéliom – mykorízy s bielymi vatovitými útvarmi

Všeobecným znakom všetkých ektomykoríz bolo, že boli kratšie ako nemykorízne korenky, tiež boli viac alebo menej zhrubnuté, pri niektorých morfortypoch (najmä šedých) až veľmi výrazne. Boli bez koreňových vláskov. Pri niektorých ektomykorízach bolo pozorované extramatrikálne mycélium rôzneho charakteru, väčšinou bol povrch ektomykoríz (hubového plášťa) celkom hladký, často lesklý. Koriienky, ktoré nebolo možné podľa makromorfologických znakov spoľahlivo identifikovať ako aktívne ektomykorízy, boli považované za nemykorízne. Výskyt jednoznačne nemykoríznych koriienok (tenké, svetlé až čiastočne priehľadné, s koreňovými vláskami) bol sporadický.

Na jednoročných a dvojročných semenáčikoch sme zisťovali výšku stonky, hrúbku koreňového krčka, hmotnosť sušiny nadzemnej a koreňovej časti po sušení 48 hod pri teplote 80 °C v sušiarňi. Z hmotností sme vypočítali celkovú hmotnosť semenáča a pomer hmotností koreňa a nadzemnej časti. Biometrické charakteristiky a rozsah ektomykoríz boli analyzované dvojfaktorovou analýzou variancie. Pre elimináciu veľkej variability výskytu ektomykoríz na semenáčikoch v rámci hodnotených variantov, boli pred štatistickou analýzou percentá transformované na logaritmy. Pre posúdenie významnosti rozdielov priemerných hodnôt sledovaných znakov medzi jednotlivými variantmi (úrovňami faktora) sa použil Tukeyov test ($P \leq 0,05$). Výpočty boli urobené na PC v štatistickom programe SAS.

Tab. 1.

Percentage of survived one- and two-year-old bareroot Norway spruce seedlings grown in disinfected and nondisinfected substrate inoculated with ectomycorrhizal fungi

Substrát ¹	Inokulum ⁵				Priemer ⁴
	Čírovka ⁶	Sliziak ⁷	Granule ⁸	Kontrola ⁹	
Prežitie semenáčiky [%]/Survived seedlings [%]					
Jednorôčné semenáčiky – 1-year-old seedlings					
Dezinfikovaný ²	88,6	91,1	76,3	91,7	86,9
Nedezinfikovaný ³	94,5	111,1	104,9	100,0	102,6
Priemer ⁴	91,6	101,1	90,6	95,9	94,8
Dvojročné semenáčiky – 2-year-old seedlings					
Dezinfikovaný ²	69,2	72,7	60,7	75,3	69,5
Nedezinfikovaný ³	90,6	98,1	95,8	100,0	96,1
Priemer ⁴	79,9	85,4	78,3	87,7	82,8

Captions: ¹Substrate, ²Disinfected, ³Nondisinfected, ⁴Mean value, ⁵Inoculum, ⁶Tricholoma sejunctum, ⁷Gomphidius glutinosus, ⁸Beads without fungi, ⁹Control

VÝSLEDKY

Dezinfekcia substrátu bola účinná proti rastu buriny v prvých týždňoch po výseve (obr. 1). V priebehu 1. vegetačného obdobia neboli vizuálne viditeľné výraznejšie rozdiely v zdravotnom stave a sfarbení ihlič semenačikov. Na začiatku 2. vegetačného obdobia semenačiky z nedezinfikovaného substrátu začali pučať skôr, odrastať rýchlejšie a mali sýtejšiu zelenú farbu ihličia než z dezinfikovaného substrátu (obr. 2), čo čiastočne pretrvalo až do konca vegetačného obdobia (obr. 3). Percento prežitých semenačikov v jednotlivých variantoch z počtu prežitých v nedezinfikovanom neinokulovanom substráte po 1. a 2. vegetačnom období je uvedené v tab. 1. Viac semenačikov prežilo v nedezinfikovanom než dezinfikovanom substráte, po 2. vegetačnom období sa tento rozdiel ešte zväčšil. Inokulácia nemala výrazný vplyv na prežívanie semenačikov a rozdiely medzi inokulovanými a neinokulovanými semenačkami sa nezväčšili ani po 2. roku. Z kombinácií sledovaných faktorov najviac semenačikov po 1. roku prežilo v nedezinfikovanom substráte inokulovanom sliziakom, najmenej v dezinfikovanom substráte s aplikáciou čistých granúl, kde prežilo 76,3 % semenačikov v porovnaní s kontrolným variantom (nedezinfikovaný neinokulovaný substrát) (tab. 1). Po 2. roku bol zistený najvyšší počet kontrolných semenačikov, rozdiely s inokulovanými semenačkami v nedezinfikovanom substráte však neboli veľké. Najnižšie prežívanie pretrvalo v dezinfikovanom substráte s čistými granulami (60,7 % z kontrolných).

Hubová inokulácia mala významný vplyv ($P \leq 0,05$) na výšku stonky jednorôčných semenačikov, vplyv dezinfekcie substrátu ani interakcie dezinfekcie a inokulácie neboli významné na rast semenačikov. Pri dvojročných semenačkoch výsledky analýzy variancie ukázali len významný vplyv substrátu na hrúbku koreňového krčka (tab. 2). Jednorôčné semenačiky pestované v substráte inokulovanom granulovým inokulom čírovky zelenohnedastej dosiahli významne vyššiu výšku stonky než semenačiky v substráte s aplikáciou nosiča mycélia – čistých granúl (tab. 3). U semenačikov inokulovaných sliziakom mazlavým bol zistený len o málo menší výškový rast, ani jedna huba však



Obr. 1.

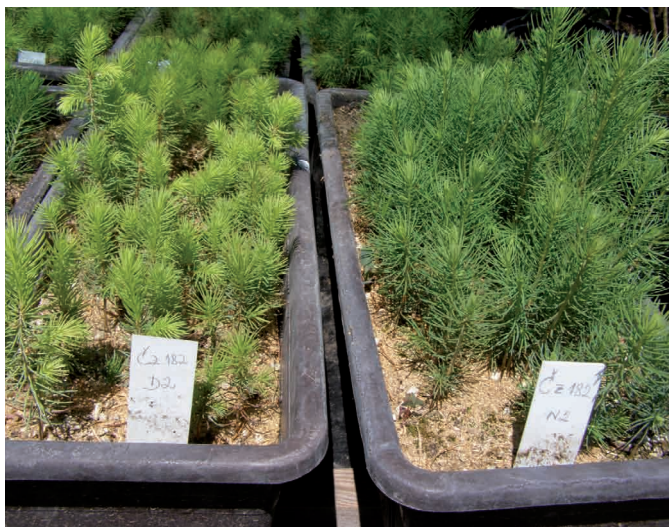
Dezinfekcia substrátu prípravkom Basamid granulát (nádobu vpredu) bola účinná proti rastu buriny v prvých týždňoch po výseve (foto I. Repáč)

Fig. 1.

Disinfection of substrate with fumigant Basamid granulate (vessel in front) was weed control effective during the first weeks after sowing (photo I. Repáč)

významne nestimulovala rast oproti kontrolným neinokulovaným semenáčikom. Podobná tendencia, hoci nie s významnými rozdielmi, sa prejavila u hmotnosti sušiny nadzemnej časti. Keďže hodnoty hmotnosti koreňovej sústavy inokulovaných semenáčikov boli vyrovnané, semenáčky inokulované čírovkou i sliziakom dosiahli o niečo vyššiu celkovú hmotnosť v porovnaní s kontrolou (tab. 3). Dvojročné semenáčky pestované v nedezinfikovanom substráte dosiahli významne vyššiu hodnotu hrúbky koreňového krčka než semenáčky v substráte dezinfikovanom Basamidom granulát. Semenáčky z nedezinfikovaného substrátu boli vyspelejšie aj podľa ostatných ukazovateľov, nie však štatisticky významne. Inokulácia substrátu EKM hubami nestimulovala rast dvojročných semenáčikov. Najvyššie hodnoty rastových ukazovateľov boli zistené pre semenáčky zo substrátu s aplikáciou čistých granúl, najnižšie pre inokulované sliziakom (takmer 50% rozdiel, hoci nie významný, v produkcii biomasy) (tab. 3).

Ani dezinfekcia ani inokulácia substrátu nemali vplyv na celkový rozsah ektomykoríz semenáčikov (spolu všetkých morfológických typov ektomykoríz). Dezinfekcia substrátu významne stimulovala výskyt hnedých ektomykoríz semenáčikov. Pre ostatné morfológie neboli zistené významné rozdiely medzi dezinfikovaným a nedezinfikovaným substrátom (tab. 4, 5). Aj napriek pomerne veľkým rozdielom vo výskytie niektorých morfológií medzi semenáčikmi inokulovanými rôznymi hubami alebo medzi inokulovanými a neinokulovanými semenáčikmi, v dôsledku veľkej variability výskytu ektomykoríz v rámci jednotlivých variantov tieto rozdiely neboli významné. Vplyv interakcie dezinfekcie a mykorrhizácie bol významný na rozsah hnedých aj šedých ektomykoríz (tab. 4). Výskyt šedých ektomykoríz semenáčikov bol významne vyšší v dezinfikovanom substráte inokulovanom čírovkou než sliziakom (obr. 4). Na semenáčikoch v substráte inokulovanom čírovkou sa vyskytovalo viac šedých ektomykoríz v dezinfikovanom než nedezinfikovanom substráte, na semenáčikoch po aplikácii sliziaka, čistých granúl alebo bez aplikácie naopak viac ektomykoríz v nedezinfikovanom než dezinfikovanom substráte. Hnedých ektomykoríz bolo významne viac v dezinfikovanom substráte inokulovanom sliziakom než čírovkou a tento



Obr. 2. V druhom vegetačnom období semenáčky z nedezinfikovaného substrátu (vpravo) začali pučať skôr, odrastať rýchlejšie a mali sýtejšiu zelenú farbu ihličia než z dezinfikovaného substrátu (foto I. Repáč)

Fig. 2. The seedlings in nondisinfected substrate (right vessel) began sprout earlier, grew faster and had darker green needles than those in disinfected substrate throughout the second growing season (photo I. Repáč)

morfortyp ektomykoríz mal vyššie zastúpenie v nedezinfikovanom než dezinfikovanom substráte inokulovanom čírovkou, v ostatných inokulovaných variantoch naopak vyššie zastúpenie v dezinfikovanom než nedezinfikovanom substráte (obr. 4).

DISKUSIA

Dezinfekcia substrátu sa rutinne používa pre zamedzenie rastu buriny a potlačenie patogénnych mikroorganizmov, ktoré môžu byť v počiatočných štádiách vývinu semenáčikov jedným z činiteľov spôsobujúcich padanie semenáčikov. Dezinfekcia substrátu prípravkom Basamid granulát v našom experimente viditeľne eliminovala rast buriny, ale aj redukovala počet a rast semenáčikov smreka obyčajného v porovnaní s nedezinfikovaným substrátom. Tento výsledok naznačuje, že dezinfekcia substrátu v daných podmienkach proti škodlivým činiteľom (s výnimkou buriny) nebola potrebná a že jednou z príčin nižšieho počtu prežitých semenáčikov a mierneho utlmenia rastu v dezinfikovanom substráte mohli byť pretrvávajúce fyto toxické účinky de-



Obr. 3. Semenáčky z nedezinfikovaného substrátu (vpravo) boli na konci 2. vegetačného obdobia vyspelejšie, s ihličím tmavšej zelenej farby než z dezinfikovaného substrátu (foto I. Repáč)

Fig. 3. The seedlings in nondisinfected substrate (right) were better developed and had darker green needles than those in disinfected substrate at the end of the second growing season (photo I. Repáč)

Tab. 2.

Analýza variancie (F a P hodnoty) účinku dezinfekcie a hubovej inokulácie substrátu na rastové ukazovatele jednorokných a dvojročných voľnokorenných semenáčikov smreka obyčajného
Analysis of variance (F- and P-values) of the effects of disinfection and fungal inoculation of substrate on growth parameters of one- and two-year-old bareroot Norway spruce seedlings

Rastová charakteristika ¹	Substrát ⁸		Inokulum ⁹		Substrát×Inokulum ¹⁰	
	F	P	F	P	F	P
Jednorokné semenáčky/1-year-old seedlings						
Výška stonky ²	0,04	0,864	5,06	0,044	0,36	0,782
Hrúbka koreňového krčka ³	0,23	0,680	1,97	0,220	0,11	0,952
Hmotnosť sušiny nadz. časti ⁴	0,02	0,890	1,43	0,323	0,20	0,890
Hmotn. sušiny koreň. sústavy ⁵	0,68	0,498	0,62	0,630	0,87	0,506
Hmotnosť sušiny spolu ⁶	0,10	0,785	1,01	0,452	0,49	0,704
Pomer hmotností KS/NČ ⁷	0,01	0,976	2,25	0,183	0,10	0,954
Dvojročné semenáčky/2-year-old seedlings						
Výška stonky ²	2,83	0,234	0,92	0,488	1,26	0,368
Hrúbka koreňového krčka ³	52,21	0,019	0,45	0,726	0,47	0,707
Hmotnosť sušiny nadz. časti ⁴	1,28	0,375	0,57	0,654	0,99	0,457
Hmotn. sušiny koreň. sústavy ⁵	6,15	0,131	1,03	0,444	0,60	0,640
Hmotnosť sušiny spolu ⁶	3,29	0,211	0,62	0,626	0,88	0,504
Pomer hmotností KS/NČ ⁷	0,82	0,460	2,86	0,127	0,94	0,478

Stupne voľnosti (Degrees of freedom): Substrát (Substrate) – 1, Inokulum (Inoculum) – 3, Blok (Block) – 2, Substrát × Inokulum (Substrate × Inoculum) – 3, Chyba pre substrát (Error for substrate) – 2, Chyba pre inokulum (Error for inoculum) – 6, Chyba pre substrát × inokulum (Error for substrate × inoculum) – 6, Reziduál (Residual) – 336, Celkom (Total) – 359

Captions: ¹Variable, ²Stem height, ³Root collar diameter, ⁴Top dry weight, ⁵Root dry weight, ⁶Total dry weight, ⁷Ratio of root and top dry weights, ⁸Substrate, ⁹Inoculum, ¹⁰Substrate × Inoculum

Tab. 3.

Priemerné hodnoty biometrických znakov (± smerodajné odchýlky) jednorokných a dvojročných voľnokorenných semenáčikov smreka obyčajného pestovaných v dezinfikovanom a nedezinfikovanom substráte inokulovanom ektomykoriznými hubami
Mean values of growth characteristics (± standard deviations) of one- and two-year-old bareroot Norway spruce seedlings grown in disinfected and nondisinfected substrate inoculated with ectomycorrhizal fungi

Variant ¹	Výška stonky ¹⁰ [cm]	Hrúbka koreňového krčka ¹¹ [mm]	Hmotnosť sušiny nadzem. časti ¹² [mg]	Hmotn. sušiny koreňovej sústavy ¹³ [mg]	Hmotn. sušiny spolu ¹⁴ [mg]	Pomer hmotn. KS/NČ ¹⁵
Jednorokné semenáčky/1-year-old seedlings						
Substrát ²						
Dezinfikovaný ³	4,94±1,43	0,89±0,17	71±31	47±19	118±45	0,70±0,28
Nedezinfikovaný ⁴	4,81±1,44	0,85±0,30	69±34	43±21	112±51	0,70±0,30
Huba ⁵						
Čírovka ⁶	5,28±1,49a ¹⁶	0,88±0,19	75±39	45±18	120±53	0,67±0,28
Sliziak ⁷	5,23±1,70ab	0,91±0,35	78±41	47±24	125±62	0,66±0,22
Granule ⁸	4,38±1,15b	0,90±0,16	61±27	46±19	107±37	0,80±0,33
Kontrola ⁹	4,63±1,17ab	0,78±0,20	65±29	41±18	106±42	0,68±0,29
Dvojročné semenáčky/2-year-old seedlings						
Substrát ²						
Dezinfikovaný ³	8,50±2,76	1,58±0,45b ¹⁶	300±115	128±60	428±167	0,46±0,17
Nedezinfikovaný ⁴	9,15±2,75	1,77±0,47a	366±145	173±76	539±232	0,54±0,22
Huba ⁵						
Čírovka ⁶	9,48±2,89	1,64±0,47	356±168	134±71	491±53	0,44±0,20
Sliziak ⁷	8,18±2,17	1,60±0,39	281±128	121±58	402±188	0,44±0,15
Granule ⁸	9,28±3,40	1,80±0,57	392±166	196±81	588±206	0,58±0,22
Kontrola ⁹	8,41±2,39	1,67±0,43	309±120	154±73	463±192	0,54±0,23

Captions: ¹Treatment, ²Substrate, ³Disinfected, ⁴Nondisinfected, ⁵Fungus, ⁶Tricholoma sejunctum, ⁷Gomphidius glutinosus, ⁸Beads without fungi, ⁹Control, ¹⁰Stem height, ¹¹Root collar diameter, ¹²Top dry weight, ¹³Root dry weight, ¹⁴Total dry weight, ¹⁵Ratio of root and top dry weights

Poznámka/Note: ¹⁶Medzi priemernými hodnotami označenými rôznymi písmenami je významný rozdiel (P ≤ 0,05) podľa Tukeya. Means sharing the different letter are significantly different (P ≤ 0,05) by Tukey

zinfekčného prostriedku. Vyvíjanie, reziduálne účinky a pôsobenie fumigantov závisia od podmienok prostredia, zvlášť teploty a vlhkosti substrátu (MARX et al. 1978; BORKENHAGEN 1995). Podobne ako v tejto práci MALKOMES a ZWERGER (2007) zistili, že dezinfekcia Basamidom granulát a horúcou parou bola účinná proti burine v dlhodobozaburinatej pôde v lesnej škôlke. MARX et al. (1978) uvádzajú, že v nedezinfikovanej minerálnej pôde bolo vyprodukovaných o 129 % viac semenáčikov *Pinus taeda* a ich hmotnosť bola o 59 % vyššia než v pôde dezinfikovanej metyl bromidom. Inokulácia dezinfikovanej pôdy mycéliovým inokulom a spórami EKM húb zvýšila počet a stimulovala rast semenáčikov, inokulácia nedezinfikovanej pôdy takýto pozitívny účinok nemala. Naopak v experimente BORKENHAGENA (1995) bol v minerálnej pôde dezinfikovanej Basamidom vypestovaný dvojnásobný počet jednoročných semenáčikov viacerých druhov severoamerických borovíc, než v nedezinfikovanej pôde.

K poznaniu príčin a mechanizmu mierneho inhibičného účinku dezinfekcie substrátu na rast semenáčikov a farebné zmeny ihličia až v druhom roku by prispeli chemický rozbor ihličia a hodnotenie fyziologického stavu semenáčikov, ktoré v tomto experimente neboli robené. Koncentrácia a účinok dezinfekčného prípravku počas intenzívneho rastu a výmeny látok v priebehu prvého vegetačného obdobia pravdepodobne neboli také silné, aby sa zmeny prejavili už v tomto období. Nepriaznivý vplyv dezinfekcie v druhom roku je pravdepodobne dôsledok akumulácie toxických látok a reziduálneho pôsobenia prípravku. V prípade ďalšieho riešenia tejto problematiky budú nevyhnutné chemické a fyziologické analýzy materiálu.

Očakávaný vývin ektomykoríz v umelo mykorizovaných substrátoch môžu potlačiť mikroorganizmy (huby a parazitické hárčatá) prítomné v týchto substrátoch. Dezinfekcia substrátu je možnosťou ako elimi-

Tab. 4.

Analýza variancie (F a P hodnoty) účinku dezinfekcie a hubovej inokulácie substrátu na percento ektomykoríznych morfortypov a celkový rozsah ektomykoríz jednoročných voľnokorenných semenáčikov smreka obyčajného

Analysis of variance (F- and P-values) of the effects of disinfection and fungal inoculation of substrate on percent of ectomycorrhizal morphotypes and total ectomycorrhizal rate of one-year-old bareroot Norway spruce seedlings

Morfortyp ektomykoríz ¹	Substrát ⁸		Inokulum ⁹		Substrát×Inokulum ¹⁰	
	F	P	F	P	F	P
Svetlohnedé ektomykorízy ²	3,35	0,208	0,31	0,816	0,47	0,712
Hnedé ektomykorízy ³	20,24	0,046	0,75	0,559	5,62	0,035
Hrdzavé ektomykorízy ⁴	3,11	0,219	1,01	0,452	0,12	0,942
Šedé ektomykorízy ⁵	0,06	0,822	0,91	0,488	5,96	0,031
Ektomykorízy s mycéliom ⁶	0,05	0,841	0,62	0,628	0,84	0,521
Celkový rozsah ektomykoríz ⁷	0,72	0,485	0,31	0,817	2,86	0,126

Stupne voľnosti: pozri tab. 2. Degrees of freedom: see Tab. 2

Captions: ¹Ectomycorrhizal morphotypes, ²Light brown ectomycorrhizas, ³Brown ectomycorrhizas, ⁴Rusty ectomycorrhizas, ⁵Grey ectomycorrhizas, ⁶Ectomycorrhizas with mycelium, ⁷Total ectomycorrhizal colonization, ⁸Substrate, ⁹Inoculum, ¹⁰Substrate × Inoculum

Tab. 5.

Priemerné hodnoty zastúpenia ektomykoríznych typov a celkový rozsah ektomykoríz (%) jednoročných voľnokorenných semenáčikov smreka obyčajného pestovaných v dezinfikovanom a nedezinfikovanom substráte inokulovanom ektomykoríznychmi hubami

Mean values of occurrence of ectomycorrhizal morphotypes and total ectomycorrhizal rate (%) of one-year-old bareroot Norway spruce seedlings grown in disinfected and nondisinfected substrates inoculated with ectomycorrhizal fungi

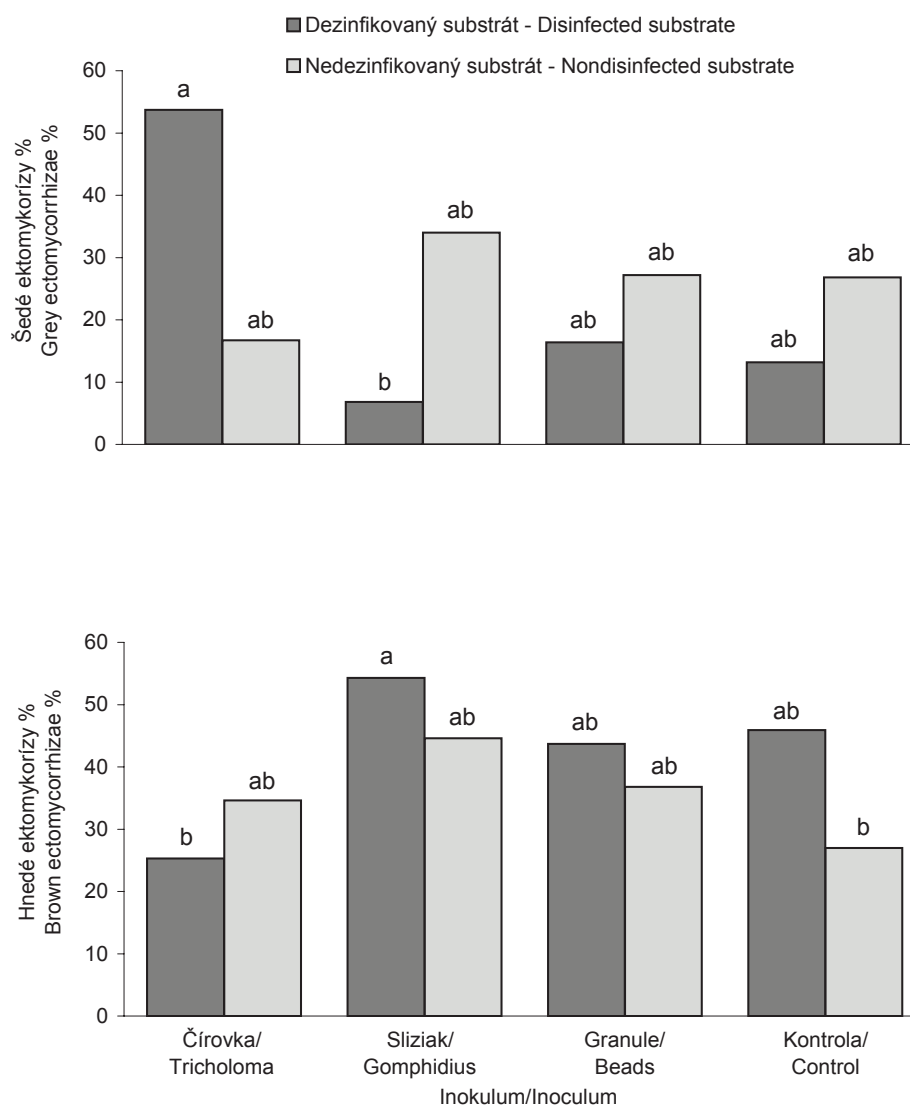
Variant ¹	Substrát ²		Huba ⁵			
	Dezinfikovaný ³	Nedezinfikovaný ⁴	Čírovka ⁶	Sliziak ⁷	Granule ⁸	Kontrola ⁹
Svetlohnedé ektomykorízy ¹⁰	2,6	9,2	6,6	3,6	6,3	7,1
Hnedé ektomykorízy ¹¹	42,3a ¹⁶	35,7b	29,9	49,4	40,2	36,4
Hrdzavé ektomykorízy ¹²	18,1	5,8	11,4	11,6	7,7	17,0
Šedé ektomykorízy ¹³	22,5	26,2	35,2	20,4	21,8	20,0
Ektomykorízy s mycéliom ¹⁴	0,5	0,6	0,9	0,2	0,7	0,4
Celkový rozsah ektomykoríz ¹⁵	86,0	77,4	84,0	85,2	76,7	80,8

Captions: ¹Treatment, ²Substrate, ³Disinfected, ⁴Nondisinfected, ⁵Fungus, ⁶*Tricholoma sejunctum*, ⁷*Gomphidius glutinosus*, ⁸Beads without fungi, ⁹Control, ¹⁰ - ¹⁴Ectomycorrhizal types, ¹⁰Light brown ectomycorrhizas, ¹¹Brown ectomycorrhizas, ¹²Rusty ectomycorrhizas, ¹³Grey ectomycorrhizas, ¹⁴Ectomycorrhizas with mycelium, ¹⁵Total ectomycorrhizal rate Poznámka/Note: ¹⁶Medzi priemernými hodnotami označenými rôznymi písmenami je významný rozdiel ($P \leq 0,05$) podľa Tukeya. Means sharing the different letter are significantly different ($P \leq 0.05$) by Tukey

novat' alebo obmedziť koreňových patogénov a konkurenčné prirodzene sa vyskytujúce symbiotické huby a podporiť tvorbu ektomykoríz aplikovanými hubami (THEODOROU 1971; MARX et al. 1976, 1978; DUPPONOIS et al. 1993; REPÁČ 2011). Termická dezinfekcia a fumigácia pôdy lesných škôlok metyl bromidom silno redukovala populácie húb a baktérií, zatiaľ čo Basamid pôsobil miernejšie (RIDGE, THEODOROU 1972; MALKOMES, ZWERTGER 2007). Ako alternatíva chemickej dezinfekcie za účelom vytvorenia vhodných podmienok pre uplatnenie aplikovaných EKM húb a rast semenáčikov môžu slúžiť špecificky viazané baktérie (GARBAYE et al. 1992; DUPPONOIS et al. 1993). Podľa JANČAŘÍKA (1970) neutrálne a užitočné organizmy zostávajú dezinfekciou spravidla nedotknuté a niekedy dokonca získavajú priaznivejšie podmienky pre svoj rozvoj.

Inokulácia substrátu granulovým inokulom čirovky zelenohnedastej v tomto experimente mierne stimulovala rast jednoročných seme-

náčikov, ani dezinfekcia ani hubová inokulácia substrátu však nemala vplyv na celkový rozsah ektomykoríz semenáčikov. Rozdiely vo výskyte hodnotených morfológických typov ektomykoríz neboli významné, s výnimkou významne vyššieho zastúpenia hnedých ektomykoríz v dezinfikovanom, než nedezinfikovanom substráte. Rozsiahla kolonizácia koreňov EKM hubami v neinokulovanom substráte a podiel EKM morfortypov v jednotlivých variantoch svedčia o rozhodujúcom vplyve prirodzene sa vyskytujúcich miestnych húb, ktoré sa vyskytovali v substráte pravdepodobne z dôvodu neúčinnnej dezinfekcie na túto skupinu mikroorganizmov a/alebo rýchlej rekolonizácie substrátu týmito hubami (RIDGE, THEODOROU 1972; INGLEBY et al. 1994; REPÁČ 2007; VENCURIK, BALANDA 2011). GARBAYE et al. (1992) pozorovali, že dezinfekcia rašelinového substrátu metyl bromidom alebo parou stimulovala alebo inhibovala tvorbu ektomykoríz na semenáčikoch duba letného inokulovaných hubou *Laccaria laccata* v závislosti od počiatočného stavu mikroflóry



Obr. 4.

Výskyt šedých a hnedých ektomykoríz (% z počtu krátkych vyživovacích koreňov) jednoročných semenáčikov smreka obyčajného pestovaných v dezinfikovanom a nedezinfikovanom substráte inokulovanom ektomykorízovými hubami. Medzi hodnotami označenými rôznym písmenom je významný rozdiel ($P \leq 0,05$)

Fig. 4.

Occurrence of grey and brown ectomycorrhizae (% of number of short roots) of one-year-old Norway spruce seedlings grown in disinfected and nondisinfected substrate inoculated with ectomycorrhizal fungi. Different letters indicate statistically different values ($P \leq 0.05$)

v substráte. Významná interakcia účinku dezinfekcie a inokulácie substrátu na výskyt niektorých morfológií ektomykoríz v našom experimente poukazuje na určité spolupôsobenie aplikovaných a miestnych húb na tvorbu ektomykoríz. Aplikované huby však neboli dostatočne účinné, aby v procese formovania mykoríz boli konkurencie schopné miestnym podmienkam prispôbeným domácim hubám a vytvorili špecifické, podľa makromorfológických znakov odlišné ektomykorízy. Je nemožné posúdiť podiel jednotlivých húb na tvorbe mykoríz na základe morfológických znakov, zvlášť ak sú mykorízy bežne formované viacerými rodmi húb a morfológia mykoríz je hlavne ovplyvnená podmienkami prostredia (EGLI et al. 1993).

Reakcia semenáčikov na inokuláciu závisí od mnohých faktorov, ako sú vlastnosti a spôsob aplikácie inokula, medzidruhová a vnútrodruhová variabilita testovaných húb a drevín, vlastnosti rastového substrátu a iné podmienky prostredia, technológia pestovania semenáčikov a ďalšie. Medzi najvýznamnejšie okolnosti pôsobiace na tvorbu ektomykoríz a rast semenáčikov patria druh substrátu (rašelina a pod.) s jeho fyzikálnymi vlastnosťami, obsah živín, obsah organického materiálu, mikrobiálne pomery vrátane mykoríznych vzťahov a pH (LEHTO 1994; TAMMI et al. 2001; REPÁČ 2007). Výsledky umelej mykorizácie v lesných škôlkach sú variabilné. Viacerí autori dosiahli aplikáciou vegetatívneho hubového inokula stimuláciu vzchádzania, tvorby ektomykoríz alebo rastu semenáčikov viacerých druhov lesných drevín (MARX et al. 1978; INGLEBY et al. 1994; REPÁČ 1996; PARLADÉ et al. 1999). V ďalších experimentoch bol vplyv hubovej inokulácie na vývin EKM a rast semenáčikov indiferentný (MARX et al. 1976; KROPÁČEK et al. 1989; PARLADÉ et al. 1999; REPÁČ 2007), a nie je nezvyčajné, že inokulácia utlmila rast semenáčikov (GAGNON et al. 1991; RINCÓN et al. 2001). Stimulácia rastu v lesnej škôlke je síce vítaným prínosom mykorizácie, ale jej zámerom je hlavne vypestovanie mykorízneho sadbového materiálu, schopného odolávať nepriaznivým podmienkam výsadbových plôch. Umelá mykorizácia semenáčikov smreka obyčajného bola v prevádzkových podmienkach robená len v niekoľkých experimentoch (KROPÁČEK et al. 1989; LEHTO 1994; VODNIK, GOGALA 1994; REPÁČ 1996, 2007), pričom huby použité v tejto práci podľa našich poznatkov neboli zatiaľ testované.

ZÁVER

V práci bol hodnotený vplyv dezinfekcie rašelinového substrátu prípravkom Basamid granulát a inokulácie substrátu ektomykoríznymi hubami čirovka zelenohnedastá a sliziak mazľavý na vývin jedno a dvojročných voľnokorenných semenáčikov smreka obyčajného. Dezinfekcia potlačila rast buriny, avšak pôsobila nepriaznivo na prežívanie, sfarbenie ihličia a rast semenáčikov. Hubová inokulácia mierne stimulovala rast jednoročných semenáčikov, pri dvojročných sa rozdiely s neinokulovanými semenáčikmi vyrovnali. Z hľadiska celkovej tvorby ektomykoríz inokulácia substrátu nebola úspešná; aplikované huby neboli dostatočne konkurencie schopné prirodzene sa vyskytujúcim mykoríznyh hubám. Na výskyt niektorých hodnotených morfológických typov ektomykoríz mala vplyv interakcia dezinfekcie a inokulácie substrátu. Výsledky poukazujú na možný nepriaznivý vplyv dezinfekcie substrátu na vývin semenáčikov a náročnosť umelej mykorizácie semenáčikov v prevádzkových podmienkach, ktoré nie sú všeobecne priaznivé pre uplatnenie aplikovaných húb.

Podakovanie:

Práca vznikla s podporou agentúry VEGA Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR a Slovenskej akadémie vied, projekt č. 1/0521/13.

LITERATÚRA

- BARTOK JR. J.W. 1995. Steam sterilization of growing media. In: Landis T.D., Dumroese R.K. (eds.): National proceedings: forest and conservation nursery associations. Gen. Tech. Rep. RM-GTR-257. Fort Collins, CO, USDA Forest Service: 163-165.
- BENDING G.D., POOLE E.J., WHIPPS J.M., READ D.J. 2002. Characterisation of bacteria from *Pinus sylvestris-Suillus luteus* mycorrhizas and their effects on root-fungus interactions and plant growth. FEMS Microbiology Ecology, 39: 219-227.
- BORKENHAGEN J. E. 1995. Basamid use and results in the Hayward State Nursery. In: Landis T. D., Dumroese R. K. (eds.): National proceedings: forest and conservation nursery associations. Gen. Tech. Rep. RM-GTR-257. Fort Collins, CO, USDA Forest Service: 16-18.
- CASTELLANO M.A. 1996. Outplanting performance of mycorrhizal inoculated seedlings. In: Mukerji K.G. (ed.): Concepts in mycorrhizal research. Dordrech, Kluwer Academic Publishers: 223-301.
- DUPONNOIS R., GARBAYE J., BUOCHARD D., CHURIN J.L. 1993. The fungus-specificity of mycorrhization helper bacteria (MHBs) used as an alternative to soil fumigation for ectomycorrhizal inoculation of bare-root Douglas-fir planting stocks with *Laccaria laccata*. Plant and Soil, 157: 257-262.
- EGLI S., AMIET R., ZOLLINGER M., SCHNEIDER B. 1993. Characterization of *Picea Abies* (L.) Karst. ectomycorrhizas: discrepancy between classification according to macroscopic versus microscopic features. Trees, 7: 123-129.
- GAGNON J., LANGLOIS C.G., GARBAYE J. 1991. Growth and ectomycorrhiza formation of container-grown red oak seedlings as a function of nitrogen and inoculum type of *Laccaria bicolor*. Canadian Journal of Forest Research, 21: 966-973.
- GARBAYE J., CHURIN J.L., DUPONNOIS R. 1992. Effects of substrate sterilization, fungicide treatment, and mycorrhization helper bacteria on ectomycorrhizal formation of pedunculate oak (*Quercus robur*) inoculated with *Laccaria laccata* in two peat bare-root nurseries. Biology and Fertility of Soils, 13: 55-57.
- HARLEY J.L., SMITH S.E. 1983. Mycorrhizal symbiosis. London, Academic Press: 483 s.
- HOLUŠA J., PEŠKOVÁ V., VOŠTRÁ 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: 413-417.
- INGLEBY K., WILSON J., MASON P.A., MUNRO R.C. 1994. Effects of mycorrhizal inoculation and fertilizer regime on emergence of Sitka spruce seedlings in bare-root nursery seedbeds. Canadian Journal of Forest Research, 24: 618-623.
- JALOVIAK P. 2010. Produkcia a morfológické znaky jemných koreňov smreka. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 71 s. Vedecké štúdie.
- JANČAŘÍK V. 1970. Dezinfekce půdy. In: Dušek V. et al.: Moderní lesní školkařství. Praha, SZN: 480 s.
- JURÁSEK A. 2010. Využití poznatků výzkumu při úpravě standardů kvality sadebního materiálu lesních dřevin. In: Sušková M., Debnárová G. (eds.): Aktuální problémy lesného školkařstva, semenářstva a umelej obnovy lesa. Zvolen, Národné lesnícke centrum: 42-47.
- KROPÁČEK K., CUDLÍN P. 1989. Preparation of granulated mycorrhizal inoculum and its use in forest nurseries. In: Vančura V., Kunc

- F. (eds.): Interrelationships between microorganisms and plants in soil. Praha, Academia: 177-182.
- KROPÁČEK K., CUDLÍN P., MEJSTRÍK V. 1989. The use of granulated ectomycorrhizal inoculum for reforestation of deteriorated regions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 28: 263-269.
- LEHTO T. 1994. Effects of soil pH and calcium on mycorrhizas of *Picea Abies*. *Plant and Soil*, 163: 69-75.
- LEUGNER J., JURÁSEK A., MARTINCOVÁ J. 2009. Comparison of morphological and physiological parameters of the planting material of Norway spruce (*Picea Abies* [L.] Karst.) from intensive nursery technologies with current bareroot plants. *Journal of Forest Science*, 55: 511-517.
- MALKOMES H.P., ZWERGER P. 2007. Influence of soil disinfection methods on the weed seed potential and on microbial activities in the soil. *Gesunde Pflanzen*, 59: 77-86.
- MARX D.H., BRYAN W.C., CORDELL C.E. 1976. Growth and ectomycorrhizal development of pine seedlings in nursery soils infested with the fungal symbiont *Pisolithus tinctorius*. *Forest Science*, 22: 91-100.
- MARX D.H., MORRIS W.G., MEXAL J.G. 1978. Growth and ectomycorrhizal development of loblolly pine seedlings in fumigated and nonfumigated nursery soil infested with different fungal symbionts. *Forest Science*, 24: 193-203.
- MAUER O., PALÁTOVÁ E. 2000. Root system response to stress in artificially established Norway spruce stands. *Ekológia (Bratislava)*, 19: 151-161.
- MAUER O., MAUEROVÁ P. 2010. Vliv kvality užitého sadebního materiálu na následnou kvalitu a stabilitu založených porostů. In: Sušková M., Debnárová G. (eds.): Aktuálne problémy lesného škôlkárstva, semenárstva a umelej obnovy lesa. Zvolen, Národné lesnícke centrum: 117-122.
- PARLADÉ J., ALVAREZ I.F., PERA J. 1999. Coinoculation of containerized Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) and maritime pine (*Pinus pinaster*) seedlings with the ectomycorrhizal fungi *Laccaria bicolor* and *Rhizopogon* spp. *Mycorrhiza*, 8: 189-195.
- REPÁČ I. 1993. Izolácia, udržiavanie a kultivácia in vitro (čistých) kultúr ektomykorrhíznych húb. *Lesnictví-Forestry*, 39: 497-501.
- REPÁČ I. 1996. Inoculation of *Picea Abies* (L.) Karst. seedlings with vegetative inocula of ectomycorrhizal fungi *Suillus bovinus* (L.: Fr.) O. Kuntze and *Inocybe lacera* (Fr.) Kumm. *New Forests*, 12: 41-54.
- REPÁČ I. 2007. Ectomycorrhiza formation and growth of *Picea Abies* seedlings inoculated with alginate-bead fungal inoculum in peat and bark compost substrates. *Forestry*, 80: 518-530.
- REPÁČ I. 2011. Ectomycorrhizal inoculum and inoculation techniques. In: Rai M., Varma A. (eds.): Diversity and biotechnology of ectomycorrhizae. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag: 43-63.
- RIDGE E.H., THEODOROU C. 1972. The effect of soil fumigation on microbial recolonization and mycorrhizal infection. *Soil Biology and Biochemistry*, 4: 295-305.
- RINCÓN A., ÁLVAREZ I.F., PERA J. 2001. Inoculation of containerized *Pinus pinea* L. seedlings with seven ectomycorrhizal fungi. *Mycorrhiza*, 11: 265-271.
- TAMMI H., TIMONEN S., SEN R. 2001. Spatiotemporal colonization of Scots pine roots by introduced and indigenous ectomycorrhizal fungi in forest humus and nursery Sphagnum peat microcosms. *Canadian Journal of Forest Research*, 31: 746-756.
- THEODOROU C. 1971. Introduction of ectomycorrhizal fungi into soil by spore inoculation of seed. *Australian Forest Research*, 35: 23-26.
- TUČEKOVÁ A., LONGAUEROVÁ V. 2008. Vplyv ekologických a mikrobiologických prípravkov na zdravotný stav a rast drevín v juvenilnom štádiu v oblasti kalamitných holín Kysúc. In: Prknová H. (ed.): Pěstování lesů na počátku 21. století. Sborník recenzovaných příspěvků z konference. Praha, ČZU: 14 s.
- VENCURIK J., BALANDA M. 2011. Účinky hubového inokula a komerčných prípravkov na zakoreňovanie a rast osových odrezkov smreka obyčajného. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, 53: 61-70.
- VODNIK D., GOGALA N. 1994. Seasonal fluctuations of photosynthesis and its pigments in 1-year mycorrhized spruce seedlings. *Mycorrhiza*, 4: 277-281.
- YAMAMOTO T., ULTRA JR. V.U., TANAKA S., SAKURAI K., IWASAKI K. 2008. Effects of methyl bromide fumigation, chloropicrin fumigation and steam sterilization on soil nitrogen dynamics and microbial properties in a pot culture experiment. *Soil Science and Plant Nutrition*, 54: 886-894.

EFFECTS OF DISINFECTION AND INOCULATION OF SUBSTRATE WITH SYMBIOTIC FUNGI ON ECTOMYCORRHIZA FORMATION AND GROWTH OF NORWAY SPRUCE (*PICEA ABIES* [L.] KARST.) SEEDLINGS

SUMMARY

One of the unavoidable routine operations of forest tree seedlings production is disinfection of growth substrate. The most suitable time of disinfection is that before sowing, when the use of phytotoxic pesticides is feasible. Quality of root system is essential prerequisite for survival and further development of outplanted seedlings. The positive effect of beneficial microorganisms, especially ectomycorrhizal fungi and soil bacteria on seedling development was found. Application of these microorganisms is the most convenient in forest nurseries. Despite the tendency to alter Norway spruce by more resistant tree species in Slovakia, its occurrence in certain sites is of high importance. Because of the fact that seedlings outplanting is often the one way of spruce reforestation, intensification of nursery practices is needed.

The objective of this study was to evaluate the effects of disinfection and artificial inoculation of substrate with ectomycorrhizal fungi *Tricholoma sejunctum* and *Gomphidius glutinosus* on growth and ectomycorrhiza formation of one- and two-year-old bareroot Norway spruce seedlings. Growth substrate (peat amended with perlite, vermiculite, zeolit and NPK) was disinfected with Basamid Granulat (200 g.m⁻³, 5 days fumigation, 16 days aeration). The fungi were applied as vegetative-bead inoculum in a layer in 3cm depth of substrate immediately before sowing. Experimental design was a three-way classification (substrate, inoculation and block) arranged in a randomized complete block design. Two substrate treatments (disinfected and non-disinfected) and four inoculation treatments (2 fungi, beads without fungus, no application) set up 8 combinations of main effects. The growth measurements (stem height, root collar diameter, top, root, and total dry weight, root/top ratio) were evaluated after the first and second growing season, percent of morphological types of ectomycorrhizas and all ectomycorrhizas from number of short roots only after the first growing season. Data were analyzed by two-way analysis of variance followed by Tukey's test.

Disinfection of substrate with fumigant Basamid Granulat was weed control effective (Fig. 1). The seedlings in non-disinfected substrate began sprout earlier, had darker green needles and were better developed than those in disinfected substrate at the end of the second growing season (Fig. 2, 3). More seedlings survived in non-disinfected than disinfected substrate; inoculation had not pronounced effect on seedling survival. The lowest number of seedlings in disinfected substrate with application of pure beads was detected (60.7% of number from non-disinfected uninoculated substrate) (Tab. 1). Application of the both test fungi moderately (insignificantly) stimulated growth of above ground part of one-year-old seedlings. Seedlings inoculated with *Tricholoma sejunctum* were significantly higher than those grown in substrate with pure beads (Tab. 2, 3). Two-year-old seedlings in non-disinfected substrate were better developed than in disinfected one, but only difference in root collar diameter was significant. Inoculation did not stimulate seedling growth. Neither disinfection nor inoculation affected total ectomycorrhizal rate, but disinfection significantly supported occurrence of brown ectomycorrhizas (Tab. 4, 5). Interaction of investigated treatments significantly influenced occurrence of brown and grey ectomycorrhizas (Fig. 4). Extensive ectomycorrhiza formation in uninoculated substrate and morphotype rates in the particular treatments indicate crucial influence of indigenous, naturally occurred ectomycorrhizal fungi on ectomycorrhiza formation.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

doc. Ing. Ivan Repáč, PhD., Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa
T.G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika
tel.: +421 45 5206 244; e-mail: repac@tuzvo.sk