

## ÚČINKY APLIKÁCIE KOMERČNÝCH STIMULAČNÝCH PRÍPRAVKOV NA PREŽÍVANIE, RASTOVÉ A FYZIOLOGICKÉ PARAMETRE VÝSADBY SMREKA OBYČAJNÉHO A BUKA LESNÉHO

EFFECTS OF COMMERCIAL PRODUCTS APPLICATION ON SURVIVAL, GROWTH AND PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF NORWAY SPRUCE AND EUROPEAN BEECH PLANTATIONS

IVAN REPÁČ - JAROSLAV KMEŤ - JAROSLAV VENCURIK - MIROSLAV BALANDA

*Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Zvolen*

### ABSTRACT

Four-year-old bareroot Norway spruce and European beech seedlings were outplanted on planting site in the Kremnické vrchy Mts. (Central Slovakia) in spring 2010. In addition to untreated control, commercial mycorrhizal products Ectovit and Mycorrhizaroots or hydrogel Stockosorb were applied into root system of outplanted seedlings. After the second growing season, survival percentage ranged from 81 (control) to 89 (Ectovit and Stockosorb treatments) in spruce, and from 61 (Ectovit) to 79 (control and Stockosorb) in beech experiments. About 15% of survived seedlings were damaged; spruce most frequently by game browsing, while dry leading shoot was prevalent in beech. The used products had no significant effect on seedling growth. Chemical soil and photosynthetic apparatus analyses and measuring of parameters of photosynthetic activity of seedlings revealed differences between control and commercial additive treatments. Application of the additives increased nutrient content in photosynthetic apparatus of seedlings; however, photosynthetic activity was higher in control than treated seedlings.

**Kľúčové slová:** výsadba, voľnokorenné sadenice, hubová inokulácia, hydroabsorbent, minerálna výživa, fluorescencia chlorofylu, smrek obyčajný, buk lesný

**Key words:** outplanting, bareroot seedlings, fungal inoculation, hydrogel, nutrition, chlorophyll fluorescence, Norway spruce, European beech

### ÚVOD

V súčasnosti môžeme pozorovať pozitívny trend v uplatňovaní prírode blízkych spôsobov obhospodarovania lesných porastov, ktorý spravidla maximalizuje možnosť využitia prirodzenej obnovy autochtónnych lesných drevín (KUCBEL 2007; PITTNER 2008). Avšak podľa údajov uverejnených v Správe o stave lesného hospodárstva na Slovensku (SPRÁVA 2011) bolo v roku 2010 na Slovensku umelo obnovených 61 % z celkovej výmery obnovovaných porastov. Uvedený rozsah umelej obnovy lesa je na približne rovnakej úrovni od roku 2006. Vzhľadom na túto skutočnosť je uplatnenie umelej obnovy lesných porastov významným prvkom, uplatňovaným predovšetkým v podmienkach aktuálne sa rozpadajúcich, kalamitou (či už veternou, podkôrníkovou alebo snehovou) poškodených lesných porastov. Špecifikom kalamitných plôch z pohľadu obnovy lesa je prítomnosť extrémnych podmienok prostredia, extrémny vlhkosťný režim, degradácia humusového horizontu ako i celková zmena fyzikálnych vlastností narušenej pôdy (KRIEDEL 1999). Vhodný sadbový materiál, z hľadiska voľby druhu a jeho vhodného ekotypu zohráva hlavnú úlohu vo vypestovaní perspektívnych porastov zo statického ako i produkčného hľadiska (KONŔPKA 2008). Taktiež kvalita sadbového materiálu predstavuje jeden z kľúčových faktorov ovplyvňujúcich mieru ujatosti sadeníc na konkrétnom stanovišti (TUČEKOVÁ 2006; JALOVÍAR, SARVAŠOVÁ 2007; REPÁČ et al. 2011a). Nevhodné ekologické podmienky bezprostredného miesta pri výsadbe sadenice je možné do značnej miery vylepšiť použitím hnojenia ako i pôdnych kondicionérov.

Široko boli diskutované vplyvy spolužitia huby a koreňového systému sadeníc (STENSTRÖM et al. 1990; CHMELÍKOVÁ et al. 1992; REPÁČ 2000; PEŠKOVÁ, TUMA 2010 a ďalší). Aplikácia hubového inokula v podobe komerčných prípravkov (Mycorrhizaroots), resp. kombinácie kondicionéra a inokula (napr. Ectovit) môže významnou mierou ovplyvniť hydrologický ako i živinový režim pôdy v bezprostrednej blízkosti koreňového systému sadenice.

Vplyv stresových faktorov daného prostredia je možné posudzovať na rôznych úrovniach biologických systémov: pomocou hodnotenia makroskopických znakov, fyziologických alebo fyziologicko-biochemických parametrov. Bioindikácia stresového stavu u rastlín je zložitý proces, ktorý si vyžaduje komplexný pohľad. Využitie fyziologicko-biochemických parametrov na determinovanie skorých štádií stresu a charakterizovanie reakcie rastliny na environmentálny stres sa stáva veľmi frekvencovaným postupom (KMEŤ et al. 2009; JURÁSEK et al. 2010; LEUGNER et al. 2010; ŠPULÁK et al. 2011).

Analýza fluorescencie chlorofylu *a* je jednou z metód, ktorá poskytuje informácie o schopnosti rastlín tolerovať environmentálny stres a tiež o rozsahu poškodenia fotosyntetického aparátu (MAXWELL, JOHNSON 2000). Metóda fluorescencie chlorofylu patrí medzi moderné biofyzikálne techniky pri získavaní kvalitatívnych a kvantitatívnych informácií o účinnosti fotochemických a nefotochemických procesov vo vnútri chloroplastov. Vyhodnotením časového záznamu fluorescencie, tzv. fluorescenčnej indukčnej krivky možno stanoviť hodnoty rôznych fluorescenčných parametrov, ktoré umožňujú charakterizo-

vať funkčnosť fotosyntetického aparátu rastlín, ich fyziologický stav a tiež detailne študovať procesy prebiehajúce v tylakoidných membránach vo vnútri chloroplastov. Fluorescencia má svoj pôvod vo fotosyntetických pigmentoch zelených rastlín a odráža širokú škálu fotofyzikálnych procesov, ktoré prebiehajú v chloroplastoch počas premeny energie slnečného žiarenia na biochemicky využiteľnú formu (GOGOLÁKOVÁ, ŠTRBA 2011). Meranie fluorescence chlorofylu *a* je rýchla, nedeštruktívna diagnostická metóda porovnateľná s inými metódami hodnotenia kvantity a kvality fotosyntetických procesov *in vivo* (KMEŤ 1999) a je vhodná aj pre posúdenie fyziologického stavu sadeníc smreka a buka v takto koncipovanom pokuse po aplikácii komerčných prípravkov.

Cieľom tejto práce je zhodnotiť vplyv aplikácie komerčných hubových prípravkov Mycorrhizaroots, Ectovit a hydroabsorbenta Stockosorb na ujatost, poškodenie, rast a fyziologické parametre výsadiel smreka obyčajného a buka lesného po dvoch vegetačných obdobiach.

## MATERIÁL A METODIKA

### Charakteristika výskumnej plochy a sadeníc

Výskumná výsadbová plocha bola založená na jar 2010 na území Vysokoskolského lesníckeho podniku Technickej univerzity vo Zvolene, v orografickom celku Kremnické vrchy, lokalita Kamenná. Materská hornina lokality je andezit, dominantný pôdny typ kambizem. Výskumná plocha je umiestnená na jednom z obnovných prvkov v dielci 726, v ktorom prebieha plánovaná obnova. Vlastnosti stanovišťa charakterizuje skupina lesných typov *Fagetum typicum*, lesný typ 4316 nitrofilná typická bučina (Prevádzkový súbor 41169), pôda je skalnatá, miestami balvanitá. Materský porast je rôznoveká stredná kmeňovina (priemerný vek 100 rokov), zastúpenie drevín buk lesný 70 %, jedľa biela 25 %, javor horský 3 %, jaseň štíhly 2 %, ojedinele hrab, lipa, dub, jelša, zmiešanie jednotlivé až skupinové, zakmenenie 0,8 nerovnomerné, miestami zmladenie buka, javora, jaseňa, jedle. Dielec je uznaným zdrojom pre zber reprodukčného materiálu – uznaný porast kategórie B pre dreviny jedľa a buk. Expozícia plochy je západná, sklon 40 %, nadmorská výška 750 m. Zásoba na 1 ha 469 m<sup>3</sup>, rubná doba 110 r., obnovná doba 30 r., hospodársky spôsob podrastový, maloplošná forma, rub okrajový clonný v pásoch šírky na 2 výšky porastu, obnovné zastúpenie buk 60 %, jedľa 20 %, jaseň 10 %, smrek 10 %, javor horský, očakávané zmladenie buka, jaseňa 100 %, jedle 50 %.

Na výskumnú plochu boli v apríli 2010 vysadené voľnokorenné sadenice smreka obyčajného (*Picea abies* /L./ Karst.) a buka lesného (*Fagus sylvatica* L.). Sadenice smreka boli štvorročné (f1+3), evidenčný kód pab544ZV-578 (uznaný porast pre zber semena kat. B, územie mimo určených semenárskych oblastí, lesný vegetačný stupeň bukový), sadenice buka tiež štvorročné (1+3), evidenčný kód fsy514ZV-697 (uznaný porast pre zber semena kat. B, stredoslovenská semenárska oblasť, lesný vegetačný stupeň bukový), vypestované po preškólkovaní v lesnej škôlke lokalizovanej neďaleko výskumnej výsadbovej plochy.

### Prípravky a ich aplikácia

Sadenice boli ošetrené komerčnými prípravkami Ectovit (Symbio-m, s. r. o., Česká republika), Mycorrhizaroots (ENGO, s. r. o., Slovenská republika) alebo Stockosorb (Evonik Stockhausen, GmbH, Nemecoko), štvrtina sadeníc zostala neošetrená (kontrola). Ectovit obsahuje mycélium štyroch druhov ektomykorizných (EKM) húb (*Cenococcum geophilum*, *Hebeloma velutipes*, *Laccaria proxima* a *Paxillus involutus*) a spóry dvoch druhov EKM húb (*Pisolithus arrhizus* a *Scleroderma citrinum*). Prípravok bol aplikovaný vo forme gélu, do ktorého sa na-

máčali korene. Gél bol pripravený zmiešaním suchej zložky (zmes perlitu a jemnej rašeliny obsahujúca spóry húb, zmes prírodných látok a práškový hydrogel), hubového mycélia a primeraného množstva vody, aby prípravok priľnul na korene. Rovnako boli koreňové sústavy vysádzaných sadeníc ošetrené (namočené) do gélovej formy hydroabsorbenta Stockosorb, ktorá bola pripravená miešaním práškoveho prípravku s primeraným množstvom vody. Mycorrhizaroots obsahuje spóry endomykorizných a EKM húb (2–3 %), kyselinu humínovú (29 %), výťažok morských rias (18 %), vitamín C (12 %), aminokyseliny (8,5 %), vitamín B1 (2 %) a vitamín E (1 %). Producent udáva spóry EKM húb *Pisolithus arrhizus* a rodov *Rhizopogon*, *Scleroderma* a *Laccaria*. Prípravok bol aplikovaný vo forme zálievky, niekoľko dní po výsadbe a ešte raz počas vegetačného obdobia (v júli). Do bezprostredného okolia sadenice bola aplikovaná dávka 0,3 g prípravku dôsledne premiešaného v 0,5 l vody. Množstvo spór v prípravkoch a teda ani aplikčné dávky producenti neuvádzajú.

Každý prípravok bol aplikovaný k 50 ks sadeníc v každom z troch opakovaní (blokovi). Sadenice boli vysádzané jamkovou sadbou, v štvorcovom spon, smrek v rozstupe 2,0 × 2,0 m (2500 ks.ha<sup>-1</sup>), teda 50 ks na ploche 200 m<sup>2</sup>, buk v rozstupe 1,6 × 1,6 m (4000 ks.ha<sup>-1</sup>), 50 ks na ploche 130 m<sup>2</sup>. Pravidelný spon výsadby nebolo možné vždy dodržať kvôli hromadám zbytkov po ťažbe a koreňovým balom po vývratoch. Spolu bolo vysadených 1200 ks sadeníc (50 ks × 2 dreviny × 4 varianty × 3 bloky). Veľkosť jedného bloku (2 dreviny, 4 varianty) bola 1320 m<sup>2</sup>, celej pokusnej výsadbovej plochy 3960 m<sup>2</sup> (0,40 ha).

Pred zimou v prvom i druhom roku po výsadbe bola vykonaná individuálna ochrana sadeníc proti zveri náterom terminálneho výhonka chemickým repelentom Cervacol. V priebehu vegetačných období bola na ploche 2krát vykonaná individuálna ochrana proti burine ručne vyžínaním.

### Analýza fluorescence chlorofylu *a*

Parametre rýchlej kinetiky fluorescence chlorofylu *a* boli merané prístrojom *Plant efficiency analyzer* (Handy PEA, Hansatech Instruments Ltd., Kings Lynn, Norfolk, England). V rámci každej varianty bolo vybraných päť sadeníc buka a smreka. Na každom z týchto jedincov sme meranie uskutočnili na dvoch asimilačných orgánoch. Na základe testovacích meraní bola určená 20minútová temnostná adaptácia asimilačných orgánov, po ktorej boli ožiarené saturáčnym impulzom o intenzite 1500 μmol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> pri Isekundovom intervale zaznamenávania údajov. V priebehu rýchlej kinetiky fluorescence chlorofylu *a* boli merané tieto parametre: F<sub>0</sub> – minimálna fluorescence, F<sub>m</sub> – maximálna fluorescence, F<sub>v</sub> – variabilná fluorescence, F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub> – maximálna fotochemická efektívnosť fotosystému II, T<sub>FM</sub> – čas v milisekundách, kedy bola dosiahnutá maximálna fluorescence, Area – plocha nad fluorescenčnou indukčnou krivkou, PI – Performance Index. Meranie sa uskutočnilo v roku 2011, v druhom vegetačnom období po výsadbe, v dvoch termínoch (03. 08. a 26. 09.).

Na rozdiel od iných optických meraní, fluorescence nemá štandardné jednotky merania. Fluorescenčný signál je kvantifikovaný termími relatívnej odpovede/reakcie detektora fluorescence. Citlivý merací obvod získava charakteristiky kinetiky emisie počas indukcie fluorescence.

### Zber a hodnotenie experimentálneho materiálu

Po ukončení rastu v prvom a druhom roku po výsadbe, koncom septembra, začiatkom októbra, bol zistený počet prežitých a poškodených sadeníc a meraná hrúbka krčka, výška stonky a výškový prírastok. Z hodnôt hrúbky krčka a výšky bol vypočítaný objem stonky dosadením do vzorca 1/3.π.1/2.h<sup>2</sup>.v (modifikácia RUEHLE 1982, ktorý stanovil objem nadzemnej časti podľa vzorca h<sup>2</sup>.v). Boli zaznamenané straty

(chýbajúce, suché) a poškodenie sadeníc (suché terminálne výhonky, zver, hľadavce, vyžínanie).

Z viacerých jedincov z každého z troch opakovaní príslušného variantu boli v druhom roku v septembri odobrané asimilačné orgány a vzorky pôdy z okolia koreňov pre chemické analýzy za účelom zistenia základných živín a charakteristík ( $pH_{H_2O}$ ,  $pH_{KCl}$ , C,  $C_{org}$ , N, P, K, Ca, Mg). Chemické rozborov boli robené len z jednej zmiešanej vzorky pre každý variant. Dusík a uhlík bol stanovený analyzátorom NCS-FLASH 1112, ďalšie minerálne prvky po zmineralizovaní materiálu použitím metódy AES-ICP. Tiež boli odobrané časti koreňových sústav pre hodnotenie výskytu ektomykoríz a v laboratóriu odobrané vzorky pre identifikáciu húb tvoriacich ektomykorízy molekulárnymi metódami. Hodnotenie ektomykoríz, vrátane molekulárných analýz ich identifikácie, bude prezentované v inej práci.

Rastové a fyziologické charakteristiky boli analyzované jednofaktorovou analýzou rozptylu (hlavný účinok aplikácia prípravku). Pre posúdenie významnosti rozdielov priemerných hodnôt úrovni sledovaného faktora bol použitý Tukeyov test ( $p \leq 0,05$ ). Výpočty boli urobené na PC v programe SAS. Ujatosť (prežívanie) sadeníc boli vyjadrené ako percento počtu živých jedincov z počtu vysadených, poškodenie ako percento počtu poškodených z počtu prežitých jedincov.

## VÝSLEDKY

Priemerná ujatosť sadeníc (bez ohľadu na druh dreviny) vysadených bez aplikácie a s aplikáciou komerčných prípravkov bola 94 % po prvom a 79 % po druhom vegetačnom období (tab. 1). Pri smreku bola priemerná ujatosť na úrovni 96 % po prvom a 86 % po druhom vegetačnom období. Najhoršia ujatosť smrekových sadeníc po prvom a druhom vegetačnom období bola zistená pri kontrolnom variante

(91 %, resp. 81 %), najlepšia pri variante s aplikáciou hubového prípravku Ectovit (100 %, resp. 89 %). Pri buku bola priemerná ujatosť 92 % po prvom a 72 % po druhom vegetačnom období, čo je o 4 %, resp. 14 % menej ako pri drevine smrek. V oboch vegetačných obdobiach bol najhorší variant s Ectovitom (85 %, resp. 61 %). Najvyššia ujatosť sadeníc po prvom vegetačnom období bola zaznamenaná pri variante s hydroabsorbentom Stockosorb (98 %), po druhom vegetačnom období pri kontrolnom variante (79 %).

Priemerné poškodenie vyjadrené ako percento poškodených z celkového počtu ujatých živých sadeníc sa pri smreku pohybovalo na úrovni 4 % po prvom a 16 % po druhom vegetačnom období, a pri buku na úrovni 7 %, resp. 13 %. Najčastejšie sa vyskytovalo poškodenie sadeníc ohryzom zverou a uschnutím terminálneho výhonku. V menšej miere boli sadenice poškodzované mechanicky pri vyžínaní, zlomením, ohnutím a uschnutím celej nadzemnej časti. Pri smreku prevládalo poškodenie zverou, pri buku poškodenie v dôsledku uschnutia terminálneho výhonku. Najväčší rozsah poškodenia výsadiieb oboch drevín bol zaznamenaný predovšetkým pri kontrolnom variante a variante s aplikáciou hubového prípravku Mycorrhizaroots.

Aplikácia komerčných hubových prípravkov Mycorrhizaroots, Ectovit a hydroabsorbenta Stockosorb neovplyvnila štatisticky významne ( $p > 0,05$ ) hodnoty meraných rastových parametrov sadeníc smreka a buka po prvom a druhom vegetačnom období (tab. 2). Napriek tomu konštatovaniu je možné pozorovať mierne pozitívny efekt aplikácie Ectovitu a Stockosorbu na rast smrekových sadeníc. V prípade buka boli najlepšie priemerné hodnoty rastových parametrov zistené pri variante s aplikáciou prípravku Mycorrhizaroots (tab. 3).

Vyšší obsah uhlíka a dusíka v pôdnych vzorkách v prípade smreka, vo vzorkách buka aj fosforu, bol zistený pre kontrolu a Stockosorb, než pre hubové prípravky Mycorrhizaroots a Ectovit. Hodnoty draslíka, vápnika a horčíka boli v podstate vyrovnané, pre buk predsa len o nie-

Tab. 1.

Ujatosť a poškodenie výsadiieb smreka obyčajného a buka lesného po prvom (1. rok) a druhom (2. rok) vegetačnom období bez aplikácie a s aplikáciou komerčných hubových prípravkov (Mycorrhizaroots, Ectovit) a hydroabsorbentu Stockosorb  
Survival and damage of Norway spruce and European beech plantations treated with commercial fungal products (Mycorrhizaroots, Ectovit) and hydrogel Stockosorb after the first and second growing season

Variant <sup>1</sup>	1. rok <sup>2</sup>				2. rok <sup>3</sup>			
	Ujatosť <sup>4</sup> [%]	Poškodené z ujatých [%] <sup>5</sup>			Ujatosť <sup>4</sup> (%)	Poškodené z ujatých [%] <sup>5</sup>		
		Zver <sup>6</sup>	Suchý <sup>7</sup> vrchol	Iné <sup>8</sup> poškodenie		Zver <sup>6</sup>	Suchý <sup>7</sup> vrchol	Iné <sup>8</sup> poškodenie
<b>Smrek obyčajný<sup>9</sup></b>								
Mycorrhizaroots	95,8	0,0	1,0	0,9	84,8	9,4	2,3	12,5
Ectovit	100,0	0,0	2,3	0,0	89,3	5,7	2,2	0,7
Stockosorb	97,2	0,0	1,1	3,1	89,1	8,2	2,2	2,2
Kontrola <sup>10</sup>	91,1	0,8	2,9	5,2	80,9	11,5	3,3	3,3
Priemer <sup>11</sup>	96,0	0,2	1,8	2,3	86,0	8,7	2,5	4,7
<b>Buk lesný<sup>12</sup></b>								
Mycorrhizaroots	88,0	4,8	4,7	0,9	68,0	2,0	8,8	0,0
Ectovit	85,2	0,7	0,7	0,0	61,3	6,6	0,0	2,2
Stockosorb	97,8	1,9	5,2	0,0	78,9	2,5	5,1	6,8
Kontrola <sup>10</sup>	95,1	2,2	4,1	1,2	79,1	4,2	14,3	0,8
Priemer <sup>11</sup>	91,5	2,4	3,7	0,5	71,8	3,8	7,1	2,5

<sup>1</sup>Treatment; <sup>2</sup>After the first growing season; <sup>3</sup>After the second growing season; <sup>4</sup>Survival; <sup>5</sup>Damaged seedlings from survived; <sup>6</sup>Game; <sup>7</sup>Dry leading shoot; <sup>8</sup>Another damage; <sup>9</sup>Norway spruce; <sup>10</sup>Control; <sup>11</sup>Average; <sup>12</sup>European beech

**Tab. 2.**

Analýza variancie (F a p hodnoty) účinku aplikácie komerčných hubových prípravkov (Mycorrhizaroots, Ectovit) a hydroabsorbentu Stockosorb na rastové parametre sadeníc smreka obyčajného a buka lesného po prvom (1. rok) a druhom (2. rok) vegetačnom období  
 Analysis of variance (F- and P-values) of effects of application of commercial fungal products (Mycorrhizaroots, Ectovit) and hydrogel Stockosorb on growth parameters of outplanted Norway spruce and European beech seedlings after the first and the second growing season

Rastové parametre <sup>1</sup>	Smrek obyčajný <sup>2</sup>				Buk lesný <sup>3</sup>			
	1. rok <sup>4</sup>		2. rok <sup>5</sup>		1. rok <sup>4</sup>		2. rok <sup>5</sup>	
	F	P	F	P	F	P	F	P
Hrúbka koreň. krčka <sup>6</sup>	1,01	0,452	0,84	0,521	0,58	0,648	0,63	0,623
Výška nadzemnej časti <sup>7</sup>	3,02	0,116	0,56	0,661	1,01	0,452	0,87	0,505
Objem nadzemnej časti <sup>8</sup>	0,24	0,108	0,84	0,519	0,59	0,644	0,54	0,674
Výškový prírastok <sup>9</sup>	3,10	0,111	0,58	0,649	0,76	0,554	0,44	0,729

Stupne voľnosti: Prípravok – 3, Opakovanie – 2, Experimentálna chyba – 6, Rezíduum – 387, Celkom – 398

Degrees of freedom: Treatment – 3, Block – 2, Experimental error – 6, Residual – 387, Total – 398. <sup>1</sup>Growth parameters; <sup>2</sup>Norway spruce;

<sup>3</sup>European beech; <sup>4</sup>After the first growing season; <sup>5</sup>After the second growing season; <sup>6</sup>Diameter of root collar; <sup>7</sup>Stem height; <sup>8</sup>Stem volume; <sup>9</sup>Height increment

**Tab. 3.**

Priemerné hodnoty rastových parametrov sadeníc smreka obyčajného a buka lesného po prvom (1. rok) a druhom (2. rok) vegetačnom období vysadených bez aplikácie a s aplikáciou komerčných hubových prípravkov (Mycorrhizaroots, Ectovit) a hydroabsorbentu Stockosorb  
 Mean values of growth parameters of Norway spruce and European beech seedlings treated in planting time with commercial fungal products (Mycorrhizaroots, Ectovit) and hydrogel Stockosorb after the first and second growing season

Variant <sup>1</sup>	Hrúbka koreň. krčka [mm] <sup>2</sup>		Výška nadzemnej časti [cm] <sup>3</sup>		Objem nadzemnej časti [cm <sup>3</sup> ] <sup>4</sup>		Výškový prírastok [cm] <sup>5</sup>	
	1. rok <sup>6</sup>	2. rok <sup>7</sup>	1. rok <sup>6</sup>	2. rok <sup>7</sup>	1. rok <sup>6</sup>	2. rok <sup>7</sup>	1. rok <sup>6</sup>	2. rok <sup>7</sup>
Smrek obyčajný <sup>8</sup>								
Mycorrhizaroots	7,38	10,56	32,96	46,87	22,93	59,60	8,50	13,91
Ectovit	7,61	11,26	33,08	49,33	25,59	72,65	8,92	16,25
Stockosorb	7,27	11,53	32,41	48,67	21,83	74,59	7,13	16,26
Kontrola <sup>9</sup>	6,75	10,91	29,14	45,72	17,98	63,50	6,60	16,58
Buk lesný <sup>10</sup>								
Mycorrhizaroots	5,25	8,31	38,64	49,30	14,31	43,21	8,76	10,66
Ectovit	5,05	7,93	33,02	44,15	11,74	34,28	7,38	11,13
Stockosorb	5,69	7,47	38,03	47,59	16,48	31,35	7,25	9,56
Kontrola <sup>9</sup>	5,45	8,34	37,87	46,97	14,34	36,64	6,55	9,10

Rozdiely medzi priemernými hodnotami nie sú štatisticky významné/Differences between mean values are not significant. <sup>1</sup>Treatment; <sup>2</sup>Root collar diameter; <sup>3</sup>Stem height; <sup>4</sup>Stem volume; <sup>5</sup>Height increment; <sup>6</sup>After the first growing season; <sup>7</sup>After the second growing season; <sup>8</sup>Norway spruce; <sup>9</sup>Control; <sup>10</sup>European beech

**Tab. 4.**

Chemická analýza pôdnych vzoriek odobraných po druhom vegetačnom období z rhizosféry sadeníc smreka obyčajného a buka lesného ošetrených pri výsadbe komerčnými hubovými prípravkami (Mycorrhizaroots, Ectovit) a hydroabsorbentom Stockosorb  
 Chemical analyses of soil sampled two growing seasons after outplanting from rhizosphere of Norway spruce and European beech seedlings treated in planting time with commercial fungal products (Mycorrhizaroots, Ectovit) and hydrogel Stockosorb

Variant <sup>1</sup>	Sušina <sup>2</sup> (%)	pH <sub>H2O</sub>	pH <sub>KCL</sub>	C (%)	C <sub>org.</sub> (%)	N (%)	P (mg.kg <sup>-1</sup> )	K (mg.kg <sup>-1</sup> )	Ca (mg.kg <sup>-1</sup> )	Mg (mg.kg <sup>-1</sup> )
Smrek obyčajný <sup>3</sup>										
Mycorrhizaroots	95,51	5,40	4,19	3,06	3,06	0,22	10,4	376	1901	165
Ectovit	95,72	5,52	4,34	3,79	3,79	0,29	12,2	345	1838	137
Stockosorb	95,36	5,30	4,14	5,46	5,46	0,37	9,4	278	1773	125
Kontrola <sup>4</sup>	95,03	5,41	4,33	5,57	5,57	0,40	10,0	346	2018	153
Buk lesný <sup>5</sup>										
Mycorrhizaroots	95,14	5,36	4,14	3,86	3,86	0,30	7,2	385	1865	153
Ectovit	96,21	5,45	4,24	3,45	3,45	0,25	7,7	322	1801	134
Stockosorb	95,61	5,42	4,44	5,26	5,26	0,34	10,4	318	2030	138
Kontrola <sup>4</sup>	94,70	5,54	4,62	6,08	6,08	0,43	14,7	390	2537	182

<sup>1</sup>Treatment; <sup>2</sup>Dry matter; <sup>3</sup>Norway spruce; <sup>4</sup>Control; <sup>5</sup>European beech



čo vyššie v kontrolnom než ostatných variantoch (tab. 4). V ihliciach smrekových sadeníc bol najvyšší obsah draslíka, vápnika a horčíka vo variantoch s Mycorrhizaroots a Ectovitom, v obsahu uhlíka, dusíka a fosforu boli medzi variantmi len malé rozdiely (tab. 5). Je zaujímavé, že v listoch sadeníc buka boli najvyššie hodnoty obsahu fosforu, draslíka, vápnika a horčíka jednoznačne vo variante s hydroabsorbentom Stockosorb. V ďalších variantoch boli obsahy sledovaných minerálnych živín v podstate vyrovnané (tab. 5).

Maximálny kvantový výtazok fotosystému II ( $F_v/F_m$ ), parameter Area a Performance index ako ukazovateľ vitality (PI) poukazujú, že priebeh primárnych procesov fotosyntézy ako odraz fyziologického stavu sadeníc smreka bol v augustovom meraní najlepší vo variante kontrola (tab. 6). Parameter  $F_v/F_m$  len v jedinom prípade zo všetkých meraní v tomto termíne klesol pod hranicu fyziologických porúch (0,725). Meranie koncom septembra bolo po dlhšej teplej a suchej perióde a tiež viac-menej už na konci vegetačného obdobia. Tomu odpovedá

Tab. 5.

Chemická analýza fotosyntetického aparátu sadeníc smreka obyčajného a buka lesného po druhom vegetačnom období bez aplikácie a s aplikáciou komerčných hubových prípravkov (Mycorrhizaroots, Ectovit) a hydroabsorbentu Stockosorb

Chemical analyses of photosynthetic apparatus sampled two growing seasons after outplanting of Norway spruce and European beech seedlings treated in planting time with commercial fungal products (Mycorrhizaroots, Ectovit) and hydrogel Stockosorb

Variant <sup>1</sup>	Sušina <sup>2</sup> (%)	C (%)	N (%)	P (mg.kg <sup>-1</sup> )	K (mg.kg <sup>-1</sup> )	Ca (mg.kg <sup>-1</sup> )	Mg (mg.kg <sup>-1</sup> )
Smrek obyčajný <sup>3</sup>							
Mycorrhizaroots	95,44	53,12	1,99	1718	9000	9797	1215
Ectovit	95,21	52,62	2,41	2048	8896	10230	1323
Stockosorb	95,13	54,87	2,05	1619	6339	7705	1093
Kontrola <sup>4</sup>	94,94	54,46	1,98	2180	7057	8258	794
Buk lesný <sup>5</sup>							
Mycorrhizaroots	95,08	51,22	2,16	1294	6332	9466	1073
Ectovit	94,77	50,23	2,00	1498	7196	11185	926
Stockosorb	94,91	51,21	1,86	2697	12960	24444	2213
Kontrola <sup>4</sup>	94,98	53,03	2,08	1779	8286	12529	750

<sup>1</sup>Treatment; <sup>2</sup>Dry matter; <sup>3</sup>Norway spruce; <sup>4</sup>Control; <sup>5</sup>European beech

Tab. 6.

Priemerné hodnoty parametrov fluorescencie chlorofylu *a* sadeníc smreka obyčajného a buka lesného vysadených bez aplikácie a s aplikáciou komerčných hubových prípravkov (Mycorrhizaroots, Ectovit) a hydroabsorbentu Stockosorb

Mean values of chlorophyll *a* fluorescence parameters of Norway spruce and European beech seedlings treated in planting time with commercial fungal products (Mycorrhizaroots, Ectovit) and hydrogel Stockosorb

Variant <sup>1</sup>	F <sub>0</sub>	F <sub>m</sub>	F <sub>v</sub>	F <sub>v</sub> /F <sub>m</sub>	T <sub>FM</sub>	Area	PI
Smrek obyčajný <sup>2</sup> – 03.08.2011							
Ectovit	0,190	0,799	0,608	0,762ab	292b	27039b	5,021
Mycorrhizaroots	0,169	0,713	0,545	0,760ab	269b	23072b	5,277
Stockosorb	0,185	0,764	0,579	0,756b	328b	27895b	4,792
Kontrola <sup>3</sup>	0,176	0,823	0,646	0,784a	480a	36240a	6,691
Smrek obyčajný <sup>2</sup> – 26.09.2011							
Ectovit	3,154	3,484	0,330	0,101	0,305	32,5	0
Mycorrhizaroots	3,008	3,495	0,487	0,151	0,450	159,2	0,037
Stockosorb	3,823	3,840	0,018	0,005	0,042	1,6	0
Kontrola <sup>3</sup>	3,180	3,842	0,662	0,172	0,817	298,8	0
Buk lesný <sup>4</sup> – 03.08.2011							
Ectovit	0,204b	0,816ab	0,611	0,748	312b	22448ab	1,951
Mycorrhizaroots	0,245a	0,908ab	0,663	0,719	610a	25381ab	1,681
Stockosorb	0,202b	0,760b	0,559	0,696	381b	20794b	2,245
Kontrola <sup>3</sup>	0,245a	1,008a	0,763	0,733	578a	31020a	2,435
Buk lesný <sup>4</sup> – 26.09.2011							
Ectovit	3,755a	3,840b	0,085b	0,022b	0,058b	5,90b	0
Mycorrhizaroots	3,841a	3,948a	0,107b	0,026b	0,046b	6,80b	0
Stockosorb	3,347b	3,938a	0,591a	0,150a	0,130a	40,00a	0
Kontrola <sup>3</sup>	3,896a	3,937a	0,041b	0,010b	0,043b	3,10b	0

Rozdiely medzi hodnotami označenými rôznym písmenom sú štatisticky významné/Differences between values marked with different letter are significant.

<sup>1</sup>Treatment; <sup>2</sup>Norway spruce; <sup>3</sup>Control; <sup>4</sup>European beech

aj veľmi nízka fotosyntetická aktivita. Naopak môžeme pozorovať nárast ako minimálnej ( $F_0$ ), tak aj maximálnej fluorescence ( $F_m$ ) chlorofylu *a*.

Sadenice buka vykazovali štatisticky významný rozdiel medzi kontrolou a aplikáciou hydroabsorbenta Stockosorb v parametroch  $F_m$ ,  $T_{FM}$  a Area v augustovom meraní a v parametroch  $F_v/F_m$ ,  $T_{FM}$  a Area v septembrovom meraní, v prvom termíne s vyššou aktivitou kontroly, v druhom Stockosorbu. Priemerné hodnoty kardinálneho parametra rýchlej kinetiky fluorescence chlorofylu *a*  $F_v/F_m$  vo variante s aplikáciou Mycorrhizaroots a Stockosorb v augustovom meraní potvrdzujú nízku úroveň svetelnej úrovne fotosyntézy. Celkovo môžeme konštatovať nepriaznivejšie hodnoty tohto parametra v listoch sadeníc buka v porovnaní so sadenicami smreka, čomu odpovedajú aj údaje vitality (Performance index-PI). Meraniu v septembri, na konci vegetačného obdobia, rovnako ako pri smreku odpovedá veľmi nízka fyziologická aktivita, ako dôsledok konkrétnych podmienok prostredia a termínu merania (fotosynteticky aktívna radiácia je spätne vyžiarená ako fluorescence, čo sa prejavuje vysokými hodnotami minimálnej aj maximálnej fluorescence, a naopak nízkymi hodnotami maximálneho kvantového výťažku fotosystému II). V období prechodu do vegetačného pokoja mal na fotosyntetickú aktivitu buka pozitívny účinok Stockosorb.

## DISKUSIA

Po prvom vegetačnom období sa hodnoty ujatosti sadeníc smreka v závislosti od aplikovaného prípravku pohybovali v rozpätí 91–100 %, buka 85–98 %. Po druhom vegetačnom období boli tieto hodnoty pre smrek vzhľadom na voľnokorený materiál tiež pomerne vysoké (81–89 %), pri buku boli zaznamenané výraznejšie straty (prežívanie 61–79 %). Ani vplyv aplikácie Ectovitu na ujatosť smreka (100 %) a Stockosorbu na ujatosť buka (98 %) po prvom vegetačnom období nie je možné, vzhľadom na nie príliš veľký rozdiel oproti kontrole, považovať za jednoznačný a výrazne stimulačný. Pozorované hodnoty ujatosti po dvoch vegetačných obdobiach po výsadbe sú v zhode s výsledkami REPÁČA et al. (2011b), ktorí uvádzajú priemernú ujatosť smreka 82 % a buka 61 % na výsadbovej ploche po vetrovej kalamite vo Vysokých Tatrách. Z piatich vysadených drevín najlepšie prežival smrek, najhoršie borovica, pri ktorej však výsledok ovplyvnila nižšia kvalita vysádzaných sadeníc, hlavne mechanicky poškodené korene pri vyzdvíhovaní v škôlke.

Po prvom vegetačnom období bolo poškodených len okolo 5 % a po druhom vegetačnom období okolo 15 % ujatých sadeníc. Vysoký podiel poškodenia výsadieb už po prvom vegetačnom období zaznamenali TUČEKOVÁ et al. (2010) a REPÁČ et al. (2011a). Autori pozorovali najvyššie poškodenie (aj viac ako 50 %) pri drevinách javor horský a buk lesný, hlavne ako dôsledok potravinovej atraktivity týchto drevín pre jeleniu zver, ktorej populačná hustota zaznamenáva v súčasnom období výrazný nárast. Vzhľadom na uvedenú skutočnosť je možné zistené percento poškodenia na nami pozorovaných plochách považovať za relatívne nízke, čo zrejme súvisí s umiestnením výsadbových plôch, ktoré sa v tomto prípade nenachádzajú v oblastiach s výrazným výskytom jelenej zveri v zimnom období. Aj výsledky hodnotenia poškodenia lesných kultúr však budú dôležitejšie po dlhšom období. Napr. SENN, SCHÖNNENBERGER (2001), napriek pomerne priaznivým krátkodobým výsledkom, za dvadsaťročné obdobie zaznamenali vo švajčiarskych Alpách až 95,5 % poškodenie vysadených drevín.

Vplyv aplikácie komerčných prípravkov na rast sadeníc nebol štatisticky významný. Tiež TUČEKOVÁ et al. (2010) nezistili štatisticky významný vplyv aplikácie piatich prípravkov na rastové parametre nadzemnej časti výsadieb viacerých drevín, REPÁČ et al. (2011b) nepozorovali významný vplyv aplikácie Ectovitu. V súvislosti s hubovou inokuláciou

je však potrebné prihliadať na skutočnosť, že výskyt a rozsah ektomykoriz sú ovplyvnené predovšetkým dlhodobou existujúcimi lokálnymi podmienkami, a tiež že veľmi citlivo reagujú na okamžité podmienky prostredia (FELLNER, PEŠKOVÁ 1995). Pozitívny vplyv mykorrhizácie sadeníc lesných drevín bol pozorovaný viacerými domácimi i zahraničnými autormi (napr. STENSTRÖM et al. 1990; KOVALSKI 2007; REPÁČ 2009). HOLUŠA et al. (2009) prezentujú pozitívny vplyv umelej mykorrhizácie na prežívanie a rast smrekových sadeníc dva roky po výsadbe. PEŠKOVÁ, TUMA (2010) pozorovali mierne pozitívny vplyv umelej inokulácie smrekových sadeníc prípravkom Ectovit na rozvoj aktívnych mykoriz, avšak pri hodnotení rastových charakteristík sadeníc (výška nadzemnej časti, dĺžka koreňa, sušina nadzemnej a koreňovej časti) bol pozorovaný mierne negatívny efekt.

Chemická analýza pôdnych vzoriek po druhom vegetačnom období ukázala vysoký až veľmi vysoký obsah dusíka (REJŠEK 1999) pre sadenice smreka aj buka. Spomínaný autor uvádza ako veľmi nízky obsah dusíka pod hranicou 0,03 %, stredný obsah 0,06–0,2 % a veľmi vysoký obsah v rozsahu nad 0,3 %. Obsah draslíka a vápnika môžeme tiež označiť za vysoký, obsah horčíka sa vo všetkých variantoch pohybuje v oblasti stredných hodnôt (REJŠEK 1999; MARX et al. 1999). Podľa MARXA et al. (1999) za nízky obsah fosforu môžeme považovať hodnoty pod 20 mg.kg<sup>-1</sup>. Z toho je zrejme, že obsah fosforu je v našom prípade vo všetkých variantoch na nízkej úrovni (zvlášť hodnoty 7,2 mg.kg<sup>-1</sup> po použití prípravku Mycorrhizaroots a 7,7 mg.kg<sup>-1</sup> prípravku Ectovit pri výsadbe buka).

Zistené hodnoty obsahu minerálnych živín v ihliciach sadeníc smreka sa v podstate pohybovali na úrovni normálnych zásob (FIEDLER, HÖHNE 1984; BERGMANN 1988). Je však potrebné upozorniť na nízky obsah horčíka v kontrolnom variante (794 mg.kg<sup>-1</sup>), ktorý sa nachádza pod hranicou dostatočnej zásoby. Podľa BERGMANNA (1988) dostatočná zásoba horčíka v jednoročných a dvojrôčnych ihliciach smreka sa pohybuje v rozmedzí 1000 až 2500 mg.kg<sup>-1</sup> sušiny. Tesne na tejto úrovni sa pohybuje aj obsah Mg vo variante s prípravkom Stockosorb (1093 mg.kg<sup>-1</sup>). Práve vo variante so Stockosorbom boli zistené najnižšie priemerné hodnoty aj vápnika, draslíka a fosforu. Iná situácia je v obsahu minerálnych živín v listoch sadeníc buka. Jedine v prípade obsahu vápnika vo všetkých variantoch môžeme hovoriť o normálnej zásobe (BERGMANN 1988). Boli zistené podprahové hodnoty obsahu horčíka, draslíka a fosforu (Ectovit, Mycorrhizaroots, kontrola), na hranici normálnej zásoby obsah dusíka s prípravkom Stockosorb (1,86 %), avšak neboli pozorované vizuálne príznaky nedostatku na asimilačných orgánoch. Podľa BUBLINCA (2011) optimálne hodnoty z hľadiska minerálnej výživy buka sa pohybujú pre dusík v rozpätí od 1,90 do 2,60 %, fosfor 0,15–0,30 %, draslík 0,10–0,50 %, vápnik 0,50–1,50 % a pre horčík 0,10–0,30 %. Hodnoty nad a pod toto rozpätie sú nežiadúce (BUBLINEC, GÁPER 1991). Vzhľadom na dostatočné zásoby minerálnych živín v pôde nemôžeme hovoriť o strese spôsobenom výživou. Nižší obsah živín v asimilačných orgánoch môže byť spôsobený termínom ich odberu (na konci vegetačného obdobia) a spomaleným rozvojom koreňových systémov.

Spojenie hodnotenia úrovne minerálnej výživy a fluorescence chlorofylu *a* nám umožňuje posúdiť fyziologický stav sadeníc buka a smreka po použití komerčných prípravkov z viacerých aspektov. Podobný postup použili aj ŠPULÁK et al. (2011), ktorí hodnotili fluorescenciu chlorofylu, chemizmus a obsah fotosynteticky aktívnych pigmentov v listoch buka vápneného do jamky. Po dvoch rokoch od výsadby sadeníc sa v našom prípade vo väčšom rozsahu nepotvrdil kladný vplyv komerčných hubových prípravkov (Ectovit, Mycorrhizaroots) a hydroabsorbenta Stockosorb na priebeh primárnych procesov fotosyntézy, hodnotených pomocou vybraných parametrov rýchlej fázy fluorescence chlorofylu *a*. Je potrebné zobrať do úvahy, že v tomto prípade ide o experiment v nekontrolovaných podmienkach, kde nie je možné vylúčiť vplyv faktorov prostredia a tiež je tu otázka časo-

vého faktora účinku daných prípravkov. V rámci poloprevádzkového experimentu hodnotiaceho účinok stresu zo sucha na fyziologický stav troch proveniencií sadeníc buka lesného sa potvrdil kladný vplyv hydroabsorbenta Stockosorb na primárne procesy fotosyntézy (Pšidová et al. 2012). Odozva sa prejavila predovšetkým v parametroch  $F/F_m$ , Area, PI a ETR (rýchlosť transportu elektrónov). Potenciálny pozitívny vplyv ošetrenia prípravkami nebol v našom experimente potvrdený ani na prežívanie a rast sadeníc, čo zrejme súvisí s celkovým priaznivým vlhkosťným režimom pôdy v doterajšom priebehu experimentu. K dispozícii sú poznatky, že viazanie disponibilnej vody v blízkosti koreňového systému sadenice látkou absorbujúcou vodu zvyšuje prežívanie sadeníc hlavne v podmienkach, kedy je pôdna vlhkosť limitujúcim faktorom (napr. MAUER 2007; SARVAŠOVÁ, FERENCOVÁ 2009).

## ZÁVER

Prezentované výsledky analyzujú vplyv aplikácie komerčných hubových prípravkov (Mycorrhizaroots, Ectovit) a hydroabsorbenta Stockosorb na ujatosť, poškodenie, rast a fyziologické parametre výsadeb smreka obyčajného a buka lesného po dvoch vegetačných obdobiach. Priemerná ujatosť sadeníc oboch druhov drevín bola 94 % po prvom a 79 % po druhom vegetačnom období. Ujatosť buka bola po druhom vegetačnom období o 14 % nižšia ako ujatosť smreka. Aplikácia komerčných prípravkov mala mierny pozitívny vplyv na ujatosť smrekových sadeníc, pričom najlepšie výsledky boli dosiahnuté pri variante s prípravkom Ectovit (89 %). Pri buku bola najvyššia ujatosť zaznamenaná pri kontrolnom variante (79 %). Sadenice smreka boli prevažne poškodené zverou, buka uschnutím terminálneho výhonka. Aplikácia komerčných prípravkov neovplyvnila významne hodnoty rastových parametrov sadeníc. V pôdných vzorkách bol zistený najvyšší obsah C a pre buk aj minerálnych živín pri kontrolných sadenicích, čo nasvedčuje na určitý vplyv aplikovaných prípravkov. Aplikácia hubových prípravkov tiež zvýšila obsah viacerých živín v asimilačných orgánoch smreka, aplikácia Stockosorbu v listoch buka. Jednorazové meranie parametrov fluorescencie chlorofylu počas vegetačného obdobia nepreukázalo zvýšenú fyziologickú aktivitu sadeníc ošetrených prípravkami, v závere vegetačného obdobia bol zaznamenaný pozitívny vplyv Stockosorbu na aktivitu buka. Je potrebné dlhodobejšie sledovanie účinku prípravkov na sadbový materiál, vrátane fyziologických procesov, zvlášť pod vplyvom stresu napr. pri nedostatku vody alebo nevyrovnanej minerálnej výžive.

## Podakovanie:

Táto práca vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Dobudovanie centra excelentnosti: Adaptívne lesné ekosystémy, ITMS: 26220120049, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja, a projektu VEGA č. 1/0521/13.

## LITERATÚRA

- BERGMANN W. 1988. Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Entstehung, visuelle und analytische Diagnose. Jena, VEB Gustav Fischer Verlag: 762 s.
- BUBLINEC E. 2011. Pôda a minerálna výživa. In: Barna M. et al. (eds.): Buk a bukové ekosystémy Slovenska. Bratislava, Veda: 75–101.
- BUBLINEC E., GÁPER J. 1991. Pedologické kritériá pre tvorbu sídelnej zelene. In: Supuka, J. et al. (ed.): Ekologické princípy tvorby a ochrany zelene. Bratislava, Veda: 45–115.
- FELLNER R., PEŠKOVÁ V. 1995. Effects of industrial pollutants on ectomycorrhizal relationship in temperate forests. Canadian Journal of Botany, 73 (Suppl. 1): 1310–1315.
- FIEDLER H.J., HÖHNE H. 1984. Die Bor-Ernährung von Koniferen und ihre Beziehung zum Gehalt an Calcium und Kalium in den Assimilationsorganen. Beiträge für die Forstwirtschaft, 18: 73–80.
- GOGOLÁKOVÁ A., ŠTRBA P. 2011. Využitie fluorescenčnej metódy pre identifikáciu stresu rastlín. In: Bláha, L., Hnilička, F.: Aktuální kapitoly z fyziologie rostlin a zemědělského výzkumu 2011. Praha, Výzkumný ústav rostlinné výroby: 92–113.
- 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.
- CHMELÍKOVÁ E., CUDLÍN P., RADOSTA P. 1992. Stimulation of short root and mycorrhiza formation of Norway spruce cuttings by mycorrhizal fungi. In: Kutschera, L. et al. (ed.): Root ecology and its practical application. Proceedings of the 3. ISRR symposium. September 2–6, 1991, Wien, Austria. Klagenfurt, Verein für Wurzelforschung: 597–600.
- JALOVÍAR P., SARVAŠOVÁ I. 2007. Vybrané charakteristiky semenáčikov smreka vyprodukovaných rôznymi technológiami. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 49 (1): 77–86.
- JURÁSEK A., LEUGNER J., MARTINCOVÁ J. 2010. Growth and physiological state of beech seedlings grown in a nursery in different light conditions. Journal of Forest Science, 56 (10): 442–450.
- KMEŤ J. 1999. Fluorescencia chlorofylu ako indikátor stresového zaťaženia drevín a jej aplikácia v lesníctve. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 67 s. Vedecké štúdie 3/1999/A.
- KMEŤ J., DITMAROVÁ L., KURJAK D. 2009. Fyziologicko-biochemické parametre ako možné bioindikátory stresu zo sucha. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 51 (3): 67–76.
- KONŔPKA B. 2008. Vietor, sneh a námraza - významné škodlivé činitele v lesoch Slovenska. Lesnícká práce, 87 (2): 38–41.
- KOVALSKI S. 2007. Ektomikoryzy. Nowe biotechnologie w polskim skolkarstwie lesny. Warszawa, Centrum informacyjne Lasow Panstwowych: 398 s.
- KRIEGL H. 1999. Technologie obnovy lesa na pôdách náchylných k introskeletové erozi. In: Slodičák, M. (ed.): Obnova a stabilizácia horských lesov. Sborník z celostátní konferencie s mezinárodnou účasťou Bedřichov v Jizerských horách 12–13. 10. 1999. Opočno, VÚLHM – Výzkumná stanice: 95–100.
- KUCBEL S. 2007. Analýza stavu prirodzenej obnovy vo vysokohorском smrekovom lese Nizkych Tatier. In: Saniga M. et al. (ed.): Obhospodarovanie lesa v meniacich sa podmienkach prostredia. Zborník referátov. Zvolen, TU: 396–402.
- LEUGNER J., MARTINCOVÁ M., JURÁSEK A. 2010. Sledování stavu asimilačního aparátu jedle bělokore (Abies alba MILL.) v růstové

- komoře měřením fluorescence chlorofylu. Zprávy lesnického výzkumu, 55 (1): 38–42.
- MARX E.S., HART J., STEVENS R.G. 1999. Soil test interpretation guide. Oregon State University EC 1478: 8 s.
- MAUER O. 2007. Možnosti ochrany lesních kultur v období příušku. In: Sarvaš, M., Sušková, M. (eds.): Aktuálne problémy lesného škôlkárstva, semenárstva a umelej obnovy lesa. Zborník referátov z medzinárodného seminára, ktorý sa konal 27.–28. marca 2007 v Liptovskom Jáne. Zvolen, NLC: 145–149.
- MAXWELL K., JOHNSON G. J. 2000. Chlorophyll fluorescence – a practical guide. Journal of Experimental Botany, 51: 659–668.
- PĚŠKOVÁ V., TUMA M. 2010. Ověření vlivu mykorhizního preparátu na růst a vývoj smrkových sazenic na LS Jablunkov. Zprávy lesnického výzkumu, 55: 211–220.
- PITTNER J. 2008. Stav nekromasy a prirodzená obnova drevín smrekového prírodného lesa v doline Nefcerka. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 50 (1): 71–84.
- PŠIDOVÁ E., JAMNICKÁ G., DITMAROVÁ L., MAJEROVÁ J., KMEŤ J., MACKOVÁ M. 2012. Zmeny parametrov fluorescence chlorofylu *a* u kontrastných proveniencií buka lesného (*Fagus sylvatica* L.) ako odozva na postupujúci stres zo sucha. In: Hnilička, F. (ed.): Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin 2012. Sborník příspěvků. ČZU v Praze, 1.–2. února 2012. Praha, Výzkumný ústav rostlinné výroby: 134–137.
- REJŠEK K. 1999. Lesnická pedologie – cvičení (skriptum). Brno, MZLU: 152 s.
- REPÁČ I. 2000. Mykorízna symbióza lesných drevín a jej uplatnenie v škôlkárstve. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 69 s.
- REPÁČ I. 2009. Rast odrezkovancov smreka obyčajného inokulovaných ektomykoríznyimi hubami v lesnej škôlke a na výsadbovej ploche. In: Štefančík I., Kamenský M. (eds.): Pestovanie lesa ako nástroj cielavedomého využívania potenciálu lesov. Zborník recenzovaných príspevkov z medzinárodnej vedeckej konferencie konanej dňa 8. a 9. septembra 2009 vo Zvolene. Zvolen, NLC – LVÚ: 30–37.
- REPÁČ I., TUČEKOVÁ A., SARVAŠOVÁ I., VENCURIK J. 2011a. Survival and growth of outplanted seedlings of selected tree species on the High Tatra Mts. windthrow area after the first growing season. Journal of Forest Science, 57 (8): 349–358.
- REPÁČ I., TUČEKOVÁ A., VENCURIK J., PITTNER J. 2011b. Vývoj lesných kultúr vybraných drevín na kalamitnej ploche vo Vysokých Tatrách. In: Tužinský, L., Gregor, J. (eds.): Veterná kalamita a smrekové ekosystémy. Zvolen, TU: 185–194.
- RUEHLE J.L. 1982. Field performance of container-grown loblolly pine seedlings with specific ectomycorrhizae on a reforestation site in South Caroline. Southern Journal of Applied Forestry, 6: 30–33.
- SARVAŠOVÁ I., FERENCOVÁ I. 2009. Vyhodnotenie adaptability a prežívania smreka obyčajného (*Picea abies* /L./ Karst.) na výskumnej ploche Dúbravica – Lešť. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 51 (2): 39–48.
- SENN J., SCHÖNNENBERGER W. 2001. Zwanzig Jahre Versuchsaufforstung Stillberg: Überleben und Wachstum einer subalpinen Aufforstung in Abhängigkeit vom Standort. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 152 (6): 226–246.
- SPRÁVA. 2011. Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike za rok 2010. [online]. Bratislava, Ministerstvo pôdohospodárstva SR: 84 s. [cit. 14. marca 2012]. Dostupné na World Wide Web: <http://www.mpsr.sk/index.php?navID=123&id=5250>
- STENSTRÖM E., EK M., UNESTAM T. 1990. Variation in field response of *Pinus sylvestris* to nursery inoculation with four different ectomycorrhizal fungi. Canadian Journal of Forest Research, 20: 1796–1803.
- ŠPULÁK O., VÍTÁMVÁS J., KACÁLEK D., KUNEŠ I. 2011. Fluorescence chlorofylu, chemismus a obsah fotosynteticky aktívnych pigmentů u listů buků vápněných do jamky. Zprávy lesnického výzkumu, 56 (4): 301–309.
- TUČEKOVÁ A. 2006. Umelá obnova lesa kvalitným sadbovým materiálom a s využitím netradičných postupov. In: Sarvaš, M., Sušková, M. (eds.): Aktuálne problémy lesného škôlkárstva semenárstva a umelej obnovy lesa. Zborník referátov z medzinárodného seminára, ktorý sa konal 22.–23. marca 2006 v Liptovskom Mikuláši. Zvolen, NLC: 35–40.
- TUČEKOVÁ A., REPÁČ I., SARVAŠOVÁ I., VENCURIK J. 2010. Vplyv aplikácie pôdnych aditív na rast a prežívanie výsadič po prvom vegetačnom období. In: Sušková, M., Debnárová, G. (ed.): Aktuálne problémy lesného škôlkárstva, semenárstva a umelej obnovy lesa. Zborník referátov z medzinárodného seminára, ktorý sa konal 16.–17. júna 2010 v Liptovskom Jáne. Zvolen, NLC: 123–130.



## EFFECTS OF COMMERCIAL PRODUCTS APPLICATION ON SURVIVAL, GROWTH AND PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF NORWAY SPRUCE AND EUROPEAN BEECH PLANTATIONS

### SUMMARY

The objective of this study was to test the effects of commercial products Ectovit, Mycorrhizaroots (both containing symbiotic ectomycorrhizal fungi) and Stockosorb (hydrogel) applied into root systems on survival, growth, soil and photosynthetic apparatus nutrient contents and a photosynthetic activity of bareroot Norway spruce and European beech seedlings outplanted in spring (April) on planting site in the Kremnické vrchy Mts. (Central Slovakia). The experiment was arranged as one factorial randomized complete block design. Fifty seedlings were planted for each tree species in each of 4 treatments (3 products + untreated control) and 3 replications (1,200 seedlings totally) on 0.40 ha area. The root systems were soaked into the slurry of Ectovit and Stockosorb products. Water suspension of spores of Mycorrhizaroots product was poured around seedling stems a few days after planting and repeatedly in July. Survival, damage, root collar diameter, stem height and height increment were recorded, and volume of aboveground part of seedlings calculated one and two years after planting. Soil and photosynthetic apparatus chemical analyses were carried out and photosynthetic activity parameters measured at the end of the second growing season. Growth and photosynthetic activity parameters were analysed by one-way analysis of variance followed by a Tukey's test to determined treatment differences.

Eighty six percent of spruce and 72% of beech seedlings survived two growing seasons after their outplanting. The most seedlings survived in Ectovit (89%) and control (79%), less in control (81%) and Ectovit (61%) treatments in spruce and beech experiments, respectively (Tab. 1). The reasons for different effect of Ectovit on spruce and beech seedlings survival are the most probably composition of ectomycorrhizal fungi naturally occurred in soil of planting site and difference in root systems pattern of the two tree species tested and thus their different response after soaking into Ectovit slurry. Sixteen percent of spruce (the most frequently by game browsing) and 13% of beech seedlings (dry leading shoot) was damaged two years after outplanting. Although the products had a mild positive effect on any growth variables of seedlings, differences of mean values of these variables between treatments were not significant (Tab. 3). Chemical soil analyses revealed a lower content of C in Ectovit and Mycorrhizaroots treatments than in control for both tree species and in addition of P and Ca for beech (Tab. 4). Application of fungal products and hydrogel increased nutrient content (K, Ca, Mg) in photosynthetic apparatus of spruce and beech, respectively (Tab. 5). Mean values of some parameters of photosynthetic activity measured in August 2011 were significantly higher for control seedlings of both tree species than those treated with the additives but lower for control than Stockosorb treatment in beech when measured in September 2011 (end of the second growing season after outplanting) (Tab. 6).

Recenzováno

---

#### ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

doc. Ing. Ivan Repáč, PhD., Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta  
T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika  
tel.: +421 455 206 244; e-mail: repac@tuzvo.sk