

# VÝVOJ LESNEJ KULTÚRY SMREKA OBYČAJNÉHO A BUKA LESNÉHO PO APLIKÁCII HNOJIVA A HYDROGELU NA KALAMITNEJ PLOCHE V POHORÍ JAVORIE, STREDNÉ SLOVENSKO

## DEVELOPMENT OF NORWAY SPRUCE AND EUROPEAN BEECH PLANTATIONS TREATED WITH FERTILIZER AND HYDROGEL ON WINDTHROW AREA IN THE JAVORIE MTS., CENTRAL SLOVAKIA

IVAN REPÁČ✉ - MARTIN BELKO

*Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen, Slovak Republic*

✉ e-mail: repac@tuzvo.sk

### ABSTRACT

This study estimates effects of hydrogel Stockosorb and slow-release fertilizer Silvamix on survival, damage, aboveground and root growth, and foliar nutrients concentration of bareroot and containerized Norway spruce (spruce) and European beech (beech) seedlings five years after planting on windthrow area in the Javorie Mts., Central Slovakia. The average survival rate of all seedlings was 74% and 54% one and five years after planting, respectively. Spruce survived better, but was damaged by game more and by drying leading shoot in a similar extent, when compared to beech. Within tree species, bareroot and containerized seedlings showed a comparable survival and growth. Silvamix decreased survival of spruce seedlings, and on the contrary, increased foliar concentration of some macronutrients in all seedlings, and temporarily the aboveground growth of bareroot seedlings; however, a significant effect of the additives neither on the aboveground growth nor on root dry weight, short root frequency and relative abundance of ectomycorrhizal roots was found five years after planting. The results suggest a relatively low survival rate of seedlings, the most probably due to a precipitation deficiency in the first growing season after planting and a certain but inconsistent effects of the additives tested on outplanting seedling performance depending on tree species and planting stocktype used.

For more information see Summary at the end of the article.

**Kľúčové slová:** umelá obnova; smrek obyčajný; buk lesný; voľnokorenné sadenice; krytokorenné sadenice; hydrogel; hnojenie

**Key words:** reforestation; Norway spruce; European beech; bareroot seedlings; containerized seedlings; hydrogel; fertilization

### ÚVOD

V prípade náhleho rozpadu komplexov lesa vznikajú rozsiahle holiny, v podmienkach ktorých je prirodzená obnova hospodársky významných drevín v krátkodobom horizonte takmer vylúčená. Zachovanie kontinuity lesa a plnenia všetkých jeho produkčných a mimoprodukčných funkcií je možné dosiahnuť prostredníctvom umelej obnovy, ktorá sa v podmienkach Slovenska v poslednom desaťročí uplatňuje na takmer 60 % obnovovanej plochy (REPÁČ et al. 2017; SPRÁVA 2018). Úspešnosť štandardne používanej výsadby neošetreného voľnokorenného sadbového materiálu je však v podmienkach veľkoplošných holín, pri súčasných zmenách klímy neistá.

Výrazne lepšia adaptácia krytokorenného sadbového materiálu na podmienky výsadbovej plochy, ako aj menšie riziko výskytu šoku z presadenia v prvých rokoch po výsadbe v porovnaní s voľnokorennými sadenicami bola preukázaná v mnohých experimentoch (GROSSNICKLE, EL-KASSABY 2016). Aj napriek tomu je krytokorenný sadbový materiál, profitujúci predovšetkým z prítomnosti substrátu obklopujúceho koreňový systém semenáčikov (DUBSKÝ et al. 2013; JURÁSEK 2013), používaný na Slovensku v obmedzenej miere (REPÁČ, VENCURIK 2015).

Založené kultúry sú v prvých rokoch po výsadbe často poškodzované raticovou zverou. Taktiež musia v dôsledku rýchleho rozvoja konkurenčnej vegetácie súťažiť o živiny, vodu a rastový priestor. Tieto skutočnosti vytvárajú požiadavku na zabezpečenie rýchlejšieho odrastania sadeníc. Hnojivá s pomalým a kontrolovaným uvoľňovaním živín, ktoré dokážu uvoľňovať živiny počas dlhšieho obdobia (v závislosti od výrobcu a produktu 1–24 mesiacov), nepredstavujú žiadnu záťaž pre životné prostredie (TRENKEL 2010), čo je hlavná požiadavka pre použitie chemických látok v lesnom hospodárstve.

Založené kultúry sú v prvých rokoch po výsadbe často poškodzované raticovou zverou. Taktiež musia v dôsledku rýchleho rozvoja konkurenčnej vegetácie súťažiť o živiny, vodu a rastový priestor. Tieto skutočnosti vytvárajú požiadavku na zabezpečenie rýchlejšieho odrastania sadeníc. Hnojivá s pomalým a kontrolovaným uvoľňovaním živín, ktoré dokážu uvoľňovať živiny počas dlhšieho obdobia (v závislosti od výrobcu a produktu 1–24 mesiacov), nepredstavujú žiadnu záťaž pre životné prostredie (TRENKEL 2010), čo je hlavná požiadavka pre použitie chemických látok v lesnom hospodárstve.

Zmeny v časovom a priestorovom rozložení zrážok počas vegetačného obdobia, spolu s intenzívnymi obdobiami sucha, majú negatívny dopad na prežívanie sadeníc. Zvýšenie obsahu prístupnej vody, prípadne predĺženie obdobia, počas ktorého je sadenica schopná vodu prijať prostredníctvom aplikácie rôznych vododržných materiálov, bolo doteraz predmetom záujmu viacerých autorov, najmä v subtropických a tropických oblastiach (BENIWAŁ et al. 2011; CHIRINO et al. 2011). Pozitívne skúsenosti s používaním hydrogelov ako spôsobu ochrany koreňov vyzdvižných sadeníc a počas manipulácie s nimi boli zaznamenané aj v našich podmienkach (SARVAŠ et al. 2007). Naproti tomu skúsenosti s výsadbou sadeníc, ktorých koreňový systém bol ošetrovaný hydrogelom pred výsadbou, nie sú jednoznačné (MAUER 2007; TUČEKOVÁ et al. 2008; REPÁČ, VENCURIK 2015).

V lesoch Slovenska majú najvyššie zastúpenie autochtónne dreviny buk lesný (*Fagus sylvatica* L.) a smrek obyčajný (*Picea abies* [L.] Karst.) (SPRÁVA 2018). Hoci sa v dôsledku pôsobenia škodlivých činiteľov zastúpenie smreka znižuje, zostáva z ekologického a ekonomického hľadiska najvýznamnejšou ihličnatou drevinou. Výsadba smreka na vhodné stanovišťa v hlúčikovom až skupinovom zmiešaní aj mimo areál jeho prirodzeného rozšírenia má stále potenciál zvýšiť objemovú, ale aj hodnotovú produkciu rovnorodých bukových lesov. Tento prístup je uplatňovaný aj v geomorfologickom celku Javorie v centrálnej časti Slovenska. Obnova smreka je tu realizovaná výhradne sadbou, obnova buka je v prevažnej miere zabezpečovaná prostredníctvom prirodzenej obnovy; na rozsiahlejších holiňách sa uplatňuje aj umelá obnova sadbou.

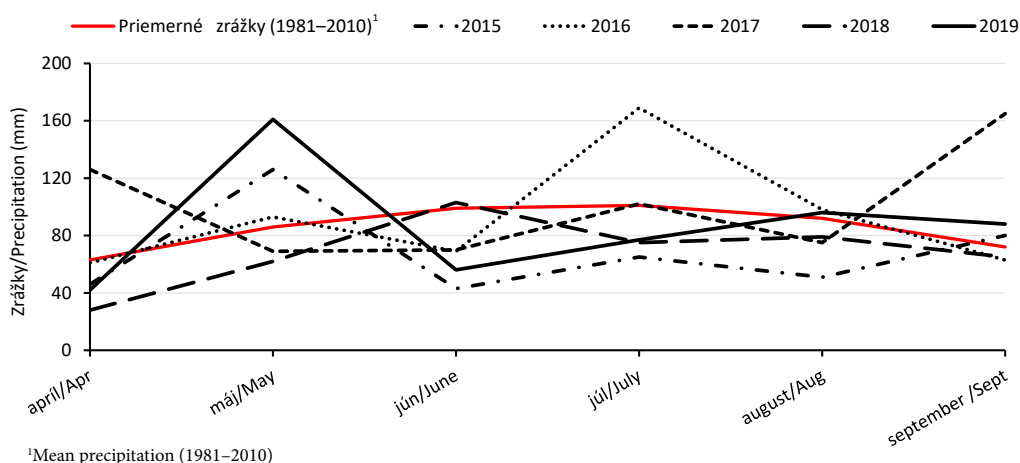
Vzhľadom na nepriaznivé podmienky veľkoplošných kalamitných holín, a v dôsledku zvyšujúcej sa teploty a nedostatku zrážok zhoršujúce sa podmienky všetkých výsadbových plôch, je potrebné testovať materiál a postupy potenciálne zmiernujúce stres zo sucha sadbového materiálu a pôsobenie iných škodlivých činiteľov po výsadbe na plochu. Cieľom tejto práce je zhodnotenie vplyvu aplikácie hnojiva Silvamix Forte a hydrogelu Stockosorb na vývoj voľnokorenného a krytokorenného sadbového materiálu buka lesného a smreka obyčajného na holine po vetrovej kalamite v pohorí Javorie v priebehu piatich rokov od jej založenia.

## MATERIÁL A METODIKA

### Charakteristika výskumnej výsadbovej plochy

Výskumná výsadbová plocha (VVP) bola založená v apríli 2015 na holine po vetrovej kalamite na území obhospodarovanom Vysokoškolským lesníckym podnikom Technickej univerzity vo Zvolene (VŠLP TUZVO), v centrálnej časti Slovenska, geomorfologickom celku Javorie, lokalita Geberanica (48,90 N; 19,38 E). VVP sa nachádza v dubovo-bukovom lesnom vegetačnom stupni (skupina lesných typov *Querceto-Fagetum*), v nadmorskej výške 490 m n. m., expozícia SV, sklon 30 %. Pôvodný porast mal vek 110 rokov, zakmenenie 0,7 nerovnomerné, zastúpenie drevín v hlavnej úrovni buk lesný 50 %, smrek obyčajný 43 %, dub zimný 5 %, hrab obyčajný 2 %. Predpísané obnovné zastúpenie drevín podľa Programu starostlivosti o les je buk 70 %, dub 10 %, hrab 10 % a smrek 10 %. Geologické podložie je tvorené andezitmi a ich pyroklastikami, pôdny typ kambizem modálna, s mierne kyslou pôdnou reakciou (pH 4,9). Koncentrácia základných prvkov vo vzorkách pôdy odobraných z VVP pred výsadbou dosahovala hodnoty: C 1,10 %; N 0,06 %; P 11,0 mg kg<sup>-1</sup>; K 95,2 mg kg<sup>-1</sup>; Ca 526,3 mg kg<sup>-1</sup>; Mg 70,7 mg kg<sup>-1</sup>.

Na VVP bol umiestnený datalogger (EMS, Brno) zaznamenávajúci vlhkosť a teplotu pôdy v hĺbke 15 cm a teplotu vzduchu vo výške 20 cm nad zemou, avšak z dôvodu technických problémov sú k dispozícii len údaje z druhého a tretieho roka po založení VVP. Vzhľadom na vysokú kladnú závislosť medzi priebehom vlhkosti pôdy zaznamenatej dataloggerom a dynamikou zrážok na skúmanej lokalite, zistenou extrapoláciou údajov z troch najbližších staníc Slovenského hydrometeorologického ústavu (2019), sú vlhkosťové pomery na VVP počas piatich vegetačných období trvania experimentu charakterizované priemernými zrážkami extrapolovanými z meteorologických staníc (obr. 1). Počas piatich rokov (2015–2019) bol v skúmanej oblasti zaznamenaný výraznejší podnormálny úhrn zrážok len v letných mesiacoch roku 2015 (obr. 1), v prvom roku po výsadbe. Dlhodobé (1981–2010) priemerné ročné zrážky a teplota (766 mm a 7,19 °C) a priemerné zrážky a teplota počas vegetačného obdobia (433 mm



**Obr. 1.**

Dlhodobý priemer (1981–2010) zrážok a mesačné zrážkové úhrny počas vegetačného obdobia (apríl–september) v rokoch 2015–2019; zrážky boli extrapolované z troch k výsadbovej ploche najbližších zrážkomerných staníc

**Fig. 1.**

Long-term (1981–2010) mean and 2015–2019 growing seasons months' (April–September) precipitation totals; precipitations were extrapolated from data recorded by three precipitation stations situated nearest to the planting site

a 13,65 °C) boli pre lokalitu VVP tiež stanovené extrapoláciou údajov z troch najbližších meteorologických staníc.

### Sadbový materiál, založenie a usporiadanie experimentálnej výsadby

Na VVP bol vysadený voľnokorenný (VK) a krytokorenný (KK) sadbový materiál smreka obyčajného (smrek) a buka lesného (buk). VK materiál obidvoch druhov drevín bol vypestovaný v lesnej škôlke VŠLP TUZVO (48,62 N; 19,06 E); na plochu boli vysadené štvorročné sadenice smreka (2+2) a jednorocné semenáčiky buka (1+0). KK semenáčiky obidvoch drevín boli pestované v obaloch Plantek F v škôlkarskom stredisku Jochy (49,10 N; 19,75 E), Lesy SR, š. p.; na plochu boli vysadené jednorocné semenáčiky (fk1+0). Reprodukčný materiál obidvoch drevín spĺňal všetky ustanovenia vyplývajúce zo zákona č. 138/2010 Národnej rady SR, o lesnom reprodukčnom materiáli v znení neskorších predpisov. V experimente bol použitý v rámci kombinácie drevena × typ sadbového materiálu morfológicky relatívne homogénny materiál, s rozdielmi medzi výškami stonky maximálne 3 cm.

Sadbový materiál obidvoch drevín bol vysadený jamkovou sadbou na jar 2015 v rozstupe 1,3 m (6000 ks ha<sup>-1</sup>). Počas výsadby boli popri neošetrených sadenicách (kontrola) vysadené aj sadenice, ku ktorým bolo aplikované hnojivo Silvamix alebo hydrogel Stockosorb. V dôsledku výskytu vývratov na VVP nebolo možné vždy dodržať pravidelný spon. Experiment bol založený v znáhodnených blokoch v trojnásobnom opakovaní. V jednom opakovaní (bloku) bolo vysadených 50 ks sadenic každej kombinácie drevena, typu sadbového materiálu a porovnávaného variantu (Jar, Jar+Silvamix, Jar+Stockosorb). Spolu bolo vysadených 1800 ks sadenic (50 ks × 2 drevena × 2 typy sadbového materiálu × 3 varianty × 3 bloky).

Každoročne po skončení vegetačného obdobia (po zdrevnatení výhonkov) bola vykonaná individuálna ochrana sadenic proti odhrzy zverou náterom terminálneho výhonka repelentom. Ochrana kultúr proti burine bola vykonaná mechanicky vyžínaním v najbližšom okolí každej sadenice 2krát počas každého vegetačného obdobia.

### Prípravky a ich aplikácia

V experimente boli aplikované prípravky Silvamix (ECOLAB, Znojmo, Czech Republic) a Stockosorb (Evonik Nutrition & Care GmbH, Essen, Germany). Silvamix je pomaly rozpustné bezchloridové zásobné hnojivo s vysokým obsahom živín (N, P, K, Mg). Zdrojom pomaly pôsobiaceho dusíka v pôde sú makromolekulárne látky – polykondenzáty metylenmočoviny (ureaform). Postupné uvoľňovanie ostatných živín (P, K, Mg) je dôsledkom malej vodorozpustnosti použitého podvojného fosforečnanu horečnato-draselného. Živiny sa do pôdy uvoľňujú po dobu 2 rokov. V experimente bolo použité hnojivo Silvamix Forte vo forme tabliet s obsahom živín N 17,5 %; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 17,5 %; K<sub>2</sub>O 10,5 %; MgO 9 %. Okolo jednej sadenice boli 14 dní po vykonaní jarnej výsadby v pravidelnej vzdialenosti aplikované 3 tablety (hmotnosť 1 tablety 10 g) približne 10 cm od stonky do hĺbky 3 cm. Stockosorb je hydroabsorbent, ktorý má v základnom stave podobu bielych granúl s veľkosťou 0,2–1,0 mm, ktoré pri kontakte s vodou vytvárajú gelovú substanciu schopnú viazať extrémne množstvo vody (1 g až 300 ml vody), ktorá je prístupná viazať extrémne sadenicám. Aplikácia Stockosorbu bola vykonaná namáčaním koreňových systémov sadenic pred výsadbou do hydrogelu, ktorý bol pripravený zmiešaním granulového prípravku s primeraným množstvom vody (500 g na 100 l vody).

### Hodnotenie experimentálnej výsadby

Hodnotenie prežívania a rastu nadzemnej časti kultúr bolo vykonané v každom z piatich rokov od založenia experimentálnej výsadby po skončení vegetačného obdobia. Prežívanie bolo vyjadrené ako percen-

to počtu živých (zdravé + poškodené) z počtu vysadených jedincov, poškodenie ako percento počtu poškodených z počtu prežitých jedincov. V práci sú prezentované výsledky prežívania sadenic po skončení každého vegetačného obdobia, výsledky poškodenia len v období najväčšieho zaznamenaného rozsahu poškodenia – po skončení prvého a druhého vegetačného obdobia. Rastové parametre výška kmienka, výškový prírastok a hrúbka kmienka 1 cm nad povrchom terénu boli merané na všetkých nepoškodených jedincoch. V práci sú prezentované výsledky rastu nadzemnej časti po prvom, druhom a piatom vegetačnom období.

Z každej kombinácie drevena, typu sadbového materiálu, porovnávaného variantu a bloku boli po skončení vegetačného obdobia v prvých troch rokoch po založení výsadby vyzdvihnuté a hodnotené koreňové systémy 4 sadenic; v práci sú prezentované výsledky hodnotenia po treťom roku. Z očistených koreňových systémov boli z troch rôznych miest (horná, stredná, dolná časť) odobrané sekcie jemných koreňov (hrúbka < 1 mm) dĺžky 4–5 cm (sumárna dĺžka približne 25 cm) za účelom zisťovania počtu krátkych koreňov vyskytujúcich sa na jemných koreňoch. Krátke koreňky boli počítané pomocou binokulárnej lupy a zatriedované podľa makroskopických znakov do troch skupín: i) aktívne mykorízne koreňky, ii) neaktívne mykorízne koreňky, iii) nemykorízne koreňky (Pešková et al. 2015). Zo zistených počtov bol stanovený počet všetkých krátkych koreňov na 1 cm dĺžky jemných koreňov (ks cm<sup>-1</sup>) a percentuálny podiel aktívnych mykoríznych koreňov z celkového počtu krátkych koreňov. Koreňové systémy boli následne vysušené (80 °C, 48 h) a zvážené.

Po druhom vegetačnom období boli z každého variantu v rámci kombinácie drevena × typ sadbového materiálu, vo všetkých troch opakovaní, z hornej tretiny viacerých náhodne vybraných sadenic odobrané vzorky asimilačných orgánov pre chemické analýzy. Analýzy boli robené len z jednej zmiešanej vzorky pre každý variant v laboratóriu Národného lesníckeho centra vo Zvolene. Celková koncentrácia dusíka bola stanovená analyzátorom NCS-FLASH 1112, koncentrácia ďalších základných živín (fosfor, draslík a horčík) po zmineralizovaní vzoriek použitím metódy ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy).

Vzhľadom na rozdiely medzi vysadenými drevinami a VK a KK materiálom (rôzny pôvod, spôsob pestovania, vek, morfológická a fyziologická kvalita), boli namerané hodnoty parametrov nadzemnej časti a koreňového systému analyzované samostatne v rámci každej kombinácie drevena a typu sadbového materiálu jednofaktorovou analýzou rozptylu (porovnávané varianty Jar, Jar+Silvamix, Jar+Stockosorb) v programe SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Významnosť rozdielov medzi variantmi bola posúdená Tuckeyovým testom ( $p \leq 0,05$ ). Normálne rozdelenie hodnôt parametrov nadzemnej časti a koreňového systému bolo overené Shapiro-Wilk testom v programe STATISTICA 12 (StatSoft Inc., Tulsa, USA).

## VÝSLEDKY

### Prežívanie a poškodenie výsadby

Priemerné prežívanie sadenic bez ohľadu na druh drevena, typ sadbového materiálu a aplikovaný prípravok bolo 74 % po prvom a 54 % po piatom vegetačnom období. V každom z hodnotených rokov prežíval smrek lepšie ako buk, rozdiely sa pohybovali v rámci jednotlivých rokov v rozpätí 5–15 %, po piatom roku 12 % (smrek 60 %, buk 48 %). V rámci drevena a aplikovaného prípravku (kontroly) dosiahol VK a KK materiál, zvlášť od druhého roka, podobné hodnoty prežívania (obr. 2).

Neošetrený a Stockosorbom ošetrený VK i KK smrek prežíval od začiatku hodnotenia približne o 15 % lepšie ako prihnojený Silvamixom (obr. 2). Určité rozdiely v účinku prípravkov na prežívanie semenáči-

kov buka v prvých rokoch (napr. 10 % horšie prežívanie prihnojených semenáčikov KK buka oproti neprihnojeným v prvom roku) sa v ďalších rokoch zmiernili a po štvrtom a piatom nepresiahli 6 %.

V prvom a druhom roku po založení bola lesná kultúra v najväčšom rozsahu poškodená zverou (odhryz, vytiahnutie, odvlečenie) a vysychaním terminálneho výhonka (suchý vrchol) (tab. 1). V malej miere sa vyskytlo poškodenie vyžínaním, burinou po nedôsledne vykonanom vyžínaní, mechanické poškodenie, dvojité vrcholy. Zverou bol rozsiahlejší a podľa prípravkov rovnomernejšie poškodený smrek než buk, VK sadbový materiál obidvoch drevín bol poškodzovaný intenzívnejšie ako KK semenáčiky (tab. 1). Celkový rozsah výskytu suchého vrcholu bol pre obidve dreviny podobný. Vyšší podiel jedincov s týmto poškodením bol zaznamenaný pre VK než KK smrek, a naopak, pre KK než VK semenáčiky buka (tab. 1). Podľa prípravkov boli rozdiely v tomto poškodení zistené pre KK buk, keď po prvom roku boli viac poškodené ošetrené než kontrolné semenáčiky.

### Rast nadzemnej časti sadbového materiálu

V porovnaní s prvým rokom po výsadbe, kedy bol výškový prírastok smreka okolo 10 cm, sa prírastok v ďalších rokoch zdvojnásobil. Buk začal intenzívnejšie prirastať, a v prírastku len málo zaostal za smrekom až v piatom roku. Päť rokov po založení výsadby bola priemerná výška smreka v intervale 126,1–158,7 cm, hrúbka 17,0–25,6 mm, výška buka 88,8–106,9 cm a hrúbka 11,4–13,6 mm, v závislosti od porovnávaného variantu, avšak vplyv prípravkov na výšku a hrúbku lesných kultúr pri porovnaní s kontrolou nebol významný (tab. 2).

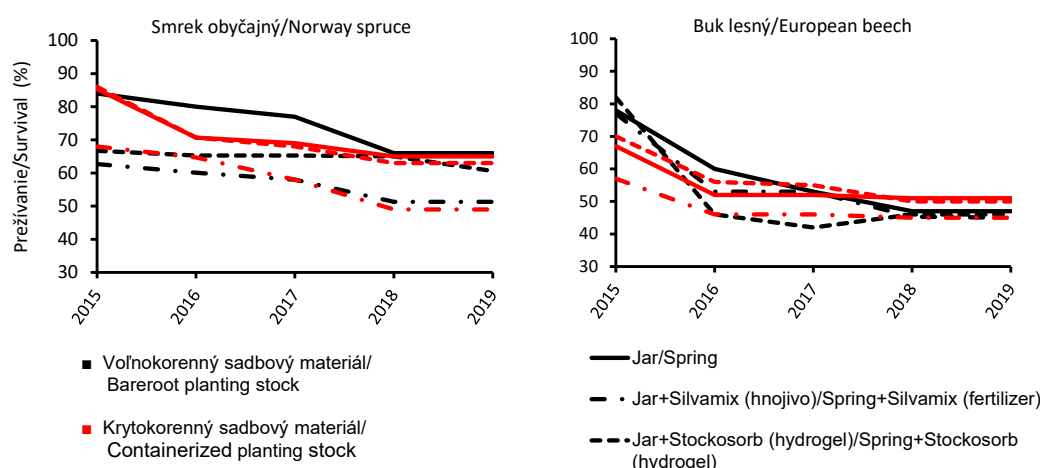
V druhom vegetačnom období síce hnojivo Silvamix významne stimulovalo výškový rast VK semenáčikov buka a po piatom roku tieto semenáčiky dosiahli najvyššiu výšku (106,9 cm) a hrúbku (13,6 mm), avšak rozdiely výšky a hrúbky oproti ostatným variantom neboli významné, a dokonca výškový prírastok prihnojených semenáčikov bol

v piatom roku významne nižší ako kontrolných semenáčikov (tab. 2). Podobne VK smrek s aplikáciou Silvamixu päť rokov po výsadbe dosiahol najlepší rast, rozdiely v porovnaní s kontrolou však neboli významné. Výsadby VK smreka a buka ošetrené Stockosorbom mali najnižšie hodnoty rastových parametrov spomedzi porovnávaných variantov, ale významný rozdiel oproti neošetreným výsadbám bol zaznamenaný len pre výškový prírastok VK buka päť rokov po výsadbe. V niekoľkých prípadoch dosiahol prihnojený sadbový materiál významne vyššie hodnoty rastových parametrov v porovnaní s materiálom ošetreným hydrogelom (tab. 2).

### Hmotnosť sušiny koreňov, početnosť koreňov a rozsah mykoríznych koreňov

Tri roky po výsadbe dosiahol najvyššiu priemernú hmotnosť sušiny koreňových systémov VK smrek (31,0 g), čo bolo očakávané vzhľadom na rozdiely medzi vyspelosťou sadbového materiálu v čase výsadby. Hmotnosť sušiny koreňových systémov KK smreka, VK a KK buka nepresiahla 13,0 g. Silvamix mierne stimuloval (nie významne) tvorbu biomasy koreňov VK smreka (obr. 3). Významný rozdiel v hmotnosti sušiny koreňov bol zaznamenaný pre VK smrek len medzi sadenicami ošetrenými Stockosorbom a prihnojenými Silvamixom (obr. 3). Prípravky nemali významný vplyv na biomasu koreňov v ostatných kombináciách dreviny a typu sadbového materiálu.

V prvom, druhom ani treťom roku po výsadbe neboli zaznamenané žiadne výraznejšie rozdiely v početnosti krátkych koreňov a podiele aktívnych mykoríznych koreňov bez ohľadu na druh dreviny, typ sadeníc a porovnávaný variant. Tri roky po výsadbe dosahoval priemerný počet krátkych koreňov, vyskytujúcich sa na 1 cm dĺžky jemných koreňov, hodnoty pre smrek 9,19–10,87 a pre buk 9,22–9,84 (obr. 3). Aktívne mykorízne koreňky tvorili najpočetnejšiu kategóriu krátkych koreňov, s podielom viac ako 80 % bez ohľadu na drevinu, typ sadbového materiálu a porovnávaný variant (obr. 3).



Obr. 2.

Prežívanie voľnokorenného a krytokorenného sadbového materiálu smreka obyčajného a buka lesného počas piatich rokov od jarnej výsadby na kalamitnej ploche s aplikáciou hnojiva Silvamix a hydrogelu Stockosorb

Fig. 2.

Survival of bareroot and containerized Norway spruce and European beech seedlings five consecutive years after spring planting on windthrow area with the application of fertilizer Silvamix and hydrogel Stockosorb

### Koncentrácia živín v asimilačných orgánoch

Analýza koncentrácie živín v asimilačných orgánoch sadbového materiálu po druhom roku ukázala pri smreku mierne vyšší obsah dusíka a draslíka v ihličí KK semenáčikov v porovnaní s VK sadenicami (tab. 3). Pri buku neboli v koncentrácii živín medzi VK a KK semenáčikmi výraznejšie rozdiely. Vo variante Silvamix bol pre VK smrek zaznamenaný vyšší obsah dusíka, pre VK buk vyšší obsah draslíka, ako aj vyšší obsah fosforu pre obidve dreviny a typy sadbového materiálu. Výrazne nižšia koncentrácia draslíka v ihličiach VK smreka ako aj dusíka v listoch VK buka bola zaznamenaná vo variante Stockosorb, (tab. 3).

## DISKUSIA

Priemerné prežívanie lesných kultúr smreka a buka päť rokov po ich založení bolo len 54 %, čo vyplynulo z relatívne nízkej ujatosti sadbového materiálu rok po výsadbe (74 %). Nízka ujatost bola pravdepodobne v najväčšej miere dôsledok podpriemerného úhrnu zrážok v letných mesiacoch prvého vegetačného obdobia po založení kultúry. Sadbový materiál smreka prežíval v podmienkach VVP lepšie ako semenáčiky buka. Všeobecne nižšia schopnosť adaptácie sadbového materiálu buka v porovnaní so smrekom na podmienky holej plochy bola zaznamenaná napr. v Kremnických vrchoch (REPÁČ 2019), Kysuckých Beskydách (TUČEKOVÁ, TAKÁČOVÁ 2014) alebo Dražanskej vrchovine (MARTINÍK et al. 2014; BUREŠ, ČERMÁK 2017). Väčší rozsah výskytu suchých vrcholov KK semenáčikov buka v tomto experimente a zjavne vyššie straty buka než smreka v druhom roku po výsadbe, v ktorom sa intenzívnejšie zrážky vyskytli až v júli a nenahradili deficit z predchádzajúceho obdobia, poukazujú na nižšiu toleranciu buka než smreka na nedostatok pôdnej vlhky. Je potrebné pripustiť, že straty boli v menšej miere spôsobené aj závažnejším poškodením výsadby zverou, ktoré zapríčinilo úhyn sadenic, a straty nemuseli byť, čo sa týka drevín, adekvátne väčšiemu rozsahu poškodenia prežitých jedincov smreka.

Rozsah poškodenia zverou podľa prípravkov, ktorých vplyv na takéto poškodenie je nepravdepodobný, bol pomerne vyrovnaný, s výnimkou VK buka po prvom vegetačnom období. Vo variante Stockosorb bolo zverou poškodených až 20 %, na druhej strane vo variante Silvamix neboli žiadne poškodené z prežitých semenáčikov VK buka, čo

s najväčšou pravdepodobnosťou nie je možné prisúdiť vplyvu prípravku, ale náhodnosti rozmiestnenia variantov v rámci VVP a pohybu zveri po kalamitnej a výskumnej ploche. Aplikácia prípravkov, zvlášť hydrogelu, by mohla mať pomerne výrazný vplyv na vysychanie výhonkov, pretože toto poškodenie priamo súvisí s príjmom vody. Vyrovnaný rozsah výskytu suchého vrcholu, dokonca vyššie poškodenie KK buka s aplikáciou prípravkov, však nenasvedčuje na potenciálny podporný vplyv prípravkov na zmiernenie takeého poškodenia a na ujatost a prežívanie výsadiieb.

Na obnovu plôch s nepriaznivými podmienkami prostredia je vo všeobecnosti odporúčaná výsadba vyspelejšieho sadbového materiálu (REPÁČ, VENCURIK 2015; BALÁŠ et al. 2017; REPÁČ et al. 2017). Aj skutočnosť, že v tejto práci bol použitý vyspelejší VK materiál smreka než buka, zvlášť veľkosťou koreňového systému, mohla byť dôležitou okolnosťou výrazne lepšieho prežívania smreka. Avšak menej vyspelé jednorocné KK semenáčiky smreka v porovnaní s vyspelejšími štvorročnými VK sadenicami dosiahli v podmienkach VVP podobné hodnoty prežívania, ako aj rastu. V období po výsadbe je jednou z najdôležitejších predností KK sadbového materiálu substrát obklopujúci koreňový systém sadenic (JURÁSEK 2013), ktorý dokáže akumulovať viac vody ako minerálna pôda (DUBSKÝ et al. 2013), môže obsahovať zostatkové množstvá hnojív aplikovaných pri pestovaní sadenic v škôlke (QUORESHI, TIMMER 2000) a súčasne svojimi fyzikálnymi vlastnosťami stimuluje rast nových koreňov po výsadbe (GROSSNICKLE, EL-KASSABY 2016). Avšak organický substrát KK semenáčikov môže v období intenzívneho a dlhšie trvajúceho sucha preschnúť viac a na dlhšiu dobu ako minerálna pôda, čo znamená intenzívnejší stres zo sucha a jeho nepriaznivé dôsledky pre KK materiál (MICHEL 2010; GROSSNICKLE 2012). Tento účinok sa mohol v určitej miere podieľať na nižšom prežívaní a rozsiahlejšom vysychaní výhonov KK než VK semenáčikov BK v suchom prvom vegetačnom období. Chemická analýza asimilačných orgánov v našom experimente ukázala vyšší obsah dusíka a draslíka v KK semenáčikoch smreka v porovnaní s VK sadenicami. Pri buku boli rozdiely v obsahu živín v listoch medzi VK a KK semenáčikmi zanedbateľné.

Positívny účinok aplikácie hnojív s postupným uvoľňovaním živín na vývoj výsadiieb lesných drevín je na minerálne chudobných stanovištiach, napr. skládky banského odpadu, viac než očakávaný (BULIŘ

Tab. 1.

Poškodenie voľnokorenného a krytokorenného sadbového materiálu smreka obyčajného a buka lesného po prvom a druhom roku po jarnej výsadbe na kalamitnú plochu s aplikáciou hnojiva Silvamix a hydrogelu Stockosorb  
Damage of bareroot and containerized Norway spruce and European beech seedlings one and two years after spring planting on windthrow area with application of slow-release fertilizer Silvamix and hydrogel Stockosorb

Variant/ Treatment	Poškodené z prežitých/Damaged from survived (%)							
	Smrek obyčajný <sup>1</sup>				Buk lesný <sup>2</sup>			
	Voľnokorenný <sup>3</sup>		Krytokorenný <sup>4</sup>		Voľnokorenný <sup>3</sup>		Krytokorenný <sup>4</sup>	
	Zver <sup>5</sup>	Suchý vrchol <sup>6</sup>	Zver <sup>5</sup>	Suchý vrchol <sup>6</sup>	Zver <sup>5</sup>	Suchý vrchol <sup>6</sup>	Zver <sup>5</sup>	Suchý vrchol <sup>6</sup>
1. rok / 1 <sup>st</sup> year								
Jar/Spring	16,7	8,7	0,0	4,7	0,8	0,7	0,8	3,7
Jar+Silvamix	18,1	10,6	1,0	8,9	0,0	2,8	0,0	11,1
Jar+Stockosorb	5,0	9,0	0,0	3,1	20,3	4,6	0,8	17,0
2. rok / 2 <sup>nd</sup> year								
Jar/Spring	5,8	4,1	5,7	0,0	5,2	2,6	3,0	4,5
Jar+Silvamix	7,7	4,4	10,3	4,1	4,8	1,6	1,9	7,5
Jar+Stockosorb	5,5	2,0	6,6	1,0	1,8	3,6	0,0	0,0

<sup>1</sup>Norway spruce, <sup>2</sup>European beech, <sup>3</sup>Bareroot, <sup>4</sup>Containerized, <sup>5</sup>Game, <sup>6</sup>Dry leading shoot

2006; SLOAN, DOUGLAS 2013). Avšak pomaly rozpustné hnojivá dokážu významne stimulovať rast lesných drevín aj na lesných pôdach (KUPKA 2005; KUNEŠ et al. 2013). Aplikácia pomaly rozpustného hnojiva v tejto práci významne stimulovala len rast VK semenáčikov buka v druhom roku po výsadbe. Pozorovaný bol aj o niečo lepší rast prihnojených VK sadeníc smreka v druhom a piatom roku. Na stimulačný účinok aplikácie hnojiva na rast výsadiel VK buka i smreka poukazuje aj zvýšený, dokonca nadnormálny obsah niektorých živín (MELLERT, GÖTTLEIN 2012) v listoch a ihličí tohto sadbového materiálu. Okrem vlastností stanovišťa ovplyvňuje účinok pomaly rozpustných hnojív na rast sadbového materiálu aj druh dreviny, typ hnojiva a veľkosť aplikovanej dávky. Aplikácia 40 g pomaly rozpustného hnojiva k jednej sadenici stimulovala rast smreka obyčajného (KUNEŠ et al. 2013), jedle bielej (KUPKA 2005) a borovice čiernej (BULÍŘ 2006) v rôznych oblastiach a podmienkach Českej republiky, naproti tomu aplikácia

50 g hnojiva nemala žiadny výraznejší vplyv na rast výsadiel smreka obyčajného v Nízkych Tatrách (ŠTOFKO 2010) a jedle bielej v predhorí Orlických hôr (BARTOŠ, KACÁLEK 2013). JACOBS et al. (2004) upozorňujú na riziko nepriaznivého účinku hnojenia, keď živiny uvoľňované z použitého hnojiva vo forme solí môžu znížiť dostupnosť pôdnej vody v dôsledku zvýšenia koncentrácie pôdneho roztoku, napr. pri nadmernej dávke hnojiva. Znížená dostupnosť pôdnej vody, pravdepodobne v dôsledku kombinácie vplyvu hnojiva a nedostatku zrážok vo vegetačnom období, mohla byť aj napriek primeranej dávke hnojiva v našom experimente príčinou nižšej ujatosti prihnojeného sadbového materiálu smreka v porovnaní s neprihnojeným po prvom roku po výsadbe. Tento približne 15% rozdiel v ujatosti pretrval aj v ostatných rokoch experimentu. Absenciu takéhoto nepriaznivého účinku hnojenia na semenáčky buka je možné vysvetliť rôznou architektúrou koreňových systémov testovaných drevín, a tak menším dosahom zvýšenej koncen-

Tab. 2.

Rastové ukazovatele nadzemnej časti (priemer ± smerodajná odchýlka) voľnokorenného a krytokorenného sadbového materiálu smreka obyčajného a buka lesného po prvom, druhom a piatom roku po jarnej výsadbe na kalamitnú plochu s aplikáciou hnojiva Silvamix a hydrogelu Stockosorb. Medzi variantmi označenými rovnakým písmenom alebo bez písmena nie je štatisticky významný rozdiel ( $p < 0,05$ )  
Growth parameters of aboveground part (mean ± standart deviation) of bareroot and containerized Norway spruce and European beech seedlings after the first, second and fifth year after spring planting on windthrow area with application of slow-release fertilizer Silvamix and hydrogel Stockosorb. Treatment means followed by the same letter or without letter did not differ significantly ( $p < 0.05$ )

Variant <sup>3</sup>	Voľnokorenný sadbový materiál <sup>1</sup>			Krytokorenný sadbový materiál <sup>2</sup>		
	Hrúbka kmienka <sup>4</sup> (mm)	Výška kmienka <sup>5</sup> (cm)	Výškový prírastok <sup>6</sup> (cm)	Hrúbka kmienka <sup>4</sup> (mm)	Výška kmienka <sup>5</sup> (cm)	Výškový prírastok <sup>6</sup> (cm)
Smrek obyčajný/Norway spruce						
1. rok/1 <sup>st</sup> year						
Jar/Spring	6,5±1,3	34,8±7,0	8,7±3,3	4,4±1,2	30,6±4,7	11,1 ± 4,2
Jar+Silvamix	6,5±1,7	36,5±7,0	7,8±4,3	4,4±1,0	32,1±5,1	11,2 ± 3,4
Jar+Stockosorb	6,7±1,9	33,7±6,7	8,6±3,0	4,1±0,9	28,6±5,0	9,6± 2,7
2. rok/2 <sup>nd</sup> year						
Jar/Spring	9,3±2,9	63,2±13,6	22,2±8,9	6,2±1,1	51,3±10,3	21,1±7,6
Jar+Silvamix	9,9±2,7	62,0±12,4	26,4±8,0	6,8±1,6	52,1±11,3	21,5±7,5
Jar+Stockosorb	8,7±1,6	57,3±12,3	21,4±8,7	6,6±1,5	47,6±9,0	20,4±5,4
5. rok/5 <sup>th</sup> year						
Jar/Spring	23,3±5,8ab	146,3±24,0	28,3±9,0	18,6±4,5	127,2±17,4	26,7±8,2
Jar+Silvamix	25,6±6,4a	158,7±31,3	32,3±11,5	17,0±5,3	127,0±29,0	24,4±7,5
Jar+Stockosorb	19,3±3,4b	131,9±22,3	24,8±10,6	17,4±3,8	126,1±19,3	24,0±7,3
Buk lesný/European beech						
1. rok/1 <sup>st</sup> year						
Jar/Spring	3,8±0,9	32,6±6,0	5,1±1,8	4,3±1,1ab	35,1±7,3	6,6±3,2
Jar+Silvamix	4,5±1,1	36,2±6,1	5,9±2,8	4,8±1,2a	34,7±7,0	7,4±4,1
Jar+Stockosorb	3,2±1,0	30,4±4,7	4,9±2,3	4,0±0,9b	34,3±8,4	6,5±3,2
2. rok/2 <sup>nd</sup> year						
Jar/Spring	5,6±1,3	40,1±8,5b	7,9±3,1b	6,0±1,5	39,5±7,9	9,7±4,3
Jar+Silvamix	7,2±2,4	46,3±11,0a	10,7±4,6a	6,0±1,5	42,7±11,2	9,1±3,2
Jar+Stockosorb	5,1±1,4	35,4±7,4b	7,8±3,3b	5,7±1,3	39,8±7,8	8,6±3,0
5. rok/5 <sup>th</sup> year						
Jar/Spring	12,9±2,4	95,5±17,7	26,4±3,1a	12,35±2,34	89,7±14,1	21,1±4,0
Jar+Silvamix	13,6±2,7	106,9±28,1	21,2±8,0b	12,77±2,26	92,5±19,2	21,2±5,8
Jar+Stockosorb	11,4±2,2	90,4±21,0	19,3±8,3b	12,85±2,95	88,8±21,3	20,3±5,5

<sup>1</sup>Bareroot planting stock, <sup>2</sup>Containerized planting stock, <sup>3</sup>Treatment, <sup>4</sup>Stem diameter, <sup>5</sup>Stem height, <sup>6</sup>Height increment

trácie pôdneho roztoku na korene buka. Avšak viac ako 80% podiel aktívnych mykoríznych korieňov z celkového počtu krátkych korieňov vo všetkých hodnotených variantoch nenavieduje na nepriaznivé a rozdielne pôsobenie hnojiva. Pravdepodobne ostatné vlastnosti pôdy vytvorili dostatočne priaznivé prostredie pre tvorbu mykoríznej symbiôzy a hnojenie nemalo v daných podmienkach na tento ukazovateľ vplyv, aj keď sa mu všeobecne prisudzuje značná dôležitosť.

Pozitívny účinok hydrogelu na rast a prežívanie sadbového materiálu v podmienkach simulovaného vlahového deficitu bol potvrdený viacerými experimentmi zhrnutými v práci CROUSA (2017). Pri výsadbových experimentoch mala aplikácia hydrogelu jednoznačne pozitívny vplyv na vývoj výsadiel hlavne vtedy, ak bol sadbový materiál pred výsadbou vystavený desikácii (APOSTOL et al. 2009; BENIWAL et al. 2011). Zistenia CHIRINA et al. (2011) a REPÁČA et al. (2016), ktorí zaznamenali lepšie prežívanie KK semenáčikov ošetrovaných v čase výsadby hydrogelom až od druhého roka po výsadbe ukazujú, že hydrogely môžu prejaviť účinok neskôr, nie len v krátkom období po výsadbe. Nevýznamný vplyv hydrogelu na prežívanie a rast výsadiel v podmienkach našej VVP, napriek zrážkovému deficitu v letných mesiacoch prvého roka po výsadbe, mohol byť do istej miery ovplyvnený zmenou v štruktúre molekúl hydrogelu spôsobenou absorpciou solí obsahujúcich predovšetkým kationy  $Ca^{2+}$  a  $Mg^{2+}$  (CROUSA 2017). Navyše, všetka voda z hydrogelu môže byť po jeho aplikácii uvoľnená, zvlášť v suchej pôde, v dôsledku čoho medzi koreňmi obalenými zmršteným hydrogelom, neschopným absorbovať ďalšiu vodu, a okolitou pôdou dochádza k prerušeniu kontaktu a obmedzeniu prístupu k pôdnej vlaha (ROWE et al. 2005).

Nevýznamný až negatívny vplyv hydrogelu môže byť spôsobený aj nadmernou vlhkosťou pôdy (ALLAN, CARLSON 1998; REPÁČ 2019) alebo aplikáciou nadmerného množstva hydrogelu priamo do jamky pred výsadbou sadeníc (SARVAŠ et al. 2007). Aplikácia hydrogelu síce zvyšuje vlhkosť v bezprostrednom okolí koreňov, ale zároveň môže znížiť množstvo pôdneho vzduchu, ktoré korene a celá sadenica potrebujú pre svoj vývoj. Efektívnosť použitia hydrogelov pri zakladaní výsadiel drevín je podľa CROUSA (2017) ovplyvnená predovšetkým zrnitosťou zložením a chemickými vlastnosťami pôdy, druhom, veľkosťou častíc a dávkou aplikovaného hydrogelu, spôsobom aplikácie a manipuláciou so sadbovým materiálom pred výsadbou.

## ZÁVER

Rok po založení experimentálnej výsadby na holine po vetrovej kalamite situovanej v dubovo-bukovom lesnom vegetačnom stupni v pohorí Javorie na strednom Slovensku preživalo v priemere 74 %, po piatich rokoch 54 % všetkých sadeníc. Smrek prežíval lepšie ako buk. Relatívne nízke prežívanie lesnej kultúry bolo zapríčinené hlavne nedostatkom vlhky v dôsledku podpriemerných zrážok v prvom vegetačnom období po výsadbe. Obidve dreviny boli mierne poškodené zverou a vysychaním terminálneho výhonka. O 15 % nižšie prežívanie smreka prihnojeného pomaly rozpustným hnojivom Silvamix v porovnaní s neprihnojeným poukazuje na nepriaznivý účinok hnojiva. Sadbový materiál ošetrovaný hydrogelom Stockosorb prežíval po piatich rokoch podobne ako neošetrovaný. Ani hnojivo, ani hydrogel nemali po piatich rokoch významný vplyv na rast lesných kultúr. Silvamix však významne stimuloval výškový rast VK semenáčikov buka a mierne rast nadzemnej časti i koreňového systému VK sadeníc smreka v priebehu experimentu. Tiež v asimilačných orgánoch prihnojeného, zvlášť VK sadbového materiálu bol po druhom roku zistený zvýšený obsah dusíka, draslíka a fosforu. Hmotnosť sušiny koreňových systémov zisťovaná tri roky po výsadbe nebola v rámci hodnotených kombinácií dreviny a typu sadbového materiálu aplikáciou prípravkov významne ovplyvnená. Aplikované prípravky taktiež nemali vplyv na početnosť krátkych korieňov a percentuálny podiel aktívnych ektomykoríznych korieňov (vo všetkých variantoch nad 80 % z počtu všetkých krátkych korieňov). Výsledky ukazujú, že aplikácia hnojiva a hydrogelu nemala komplexný výrazný vplyv na prežívanie a rast kultúr, a tiež že ich účinky boli rozdielne v závislosti od dreviny a typu sadbového materiálu.

## Podakovanie:

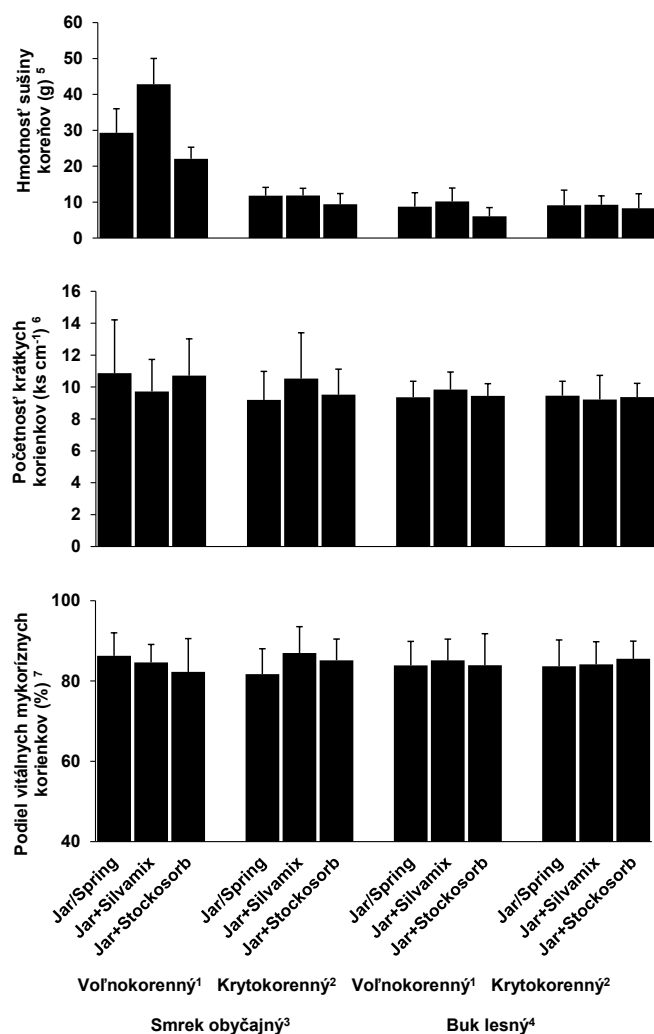
Práca vznikla vďaka finančnej podpore vedeckej agentúry Ministerstva školstva SR a Slovenskej akadémie vied, projekt VEGA 1/521/13. Autori ďakujú J. Povaľačovej, M. Sendeckému a J. Hroncovi za technické práce.

**Tab. 3.**

Chemická analýza asimilačných orgánov voľnokorenného a krytokorenného sadbového materiálu smreka obyčajného a buka lesného po druhom roku po jarnej výsadbe na kalamitnú plochu s aplikáciou hnojiva Silvamix a hydrogelu Stockosorb  
Foliar chemical analysis of bareroot and containerized Norway spruce and European beech seedlings two years after spring planting on windthrow area with application of slow-release fertilizer Silvamix and hydrogel Stockosorb

Variant/Treatment	Smrek obyčajný/Norway spruce				Buk lesný/European beech			
	N (%)	P	K (mg kg <sup>-1</sup> )	Mg	N (%)	P	K (mg kg <sup>-1</sup> )	Mg
Voľnokorenný sadbový materiál/Bareroot planting stock								
Jar/Spring	2,01	2210	7680	1130	1,79	1560	6790	1180
Jar+Silvamix	2,18	2940	7880	1220	1,86	2370	7170	1380
Jar+Stockosorb	1,91	2180	6830	1080	1,61	1640	6650	1290
Krytokorenný sadbový materiál/Containerized planting stock								
Jar/Spring	2,08	2100	9260	1080	1,65	1700	6230	1350
Jar+Silvamix	2,13	3030	9620	1190	1,80	2090	6770	1570
Jar+Stockosorb	2,27	2240	8880	1020	1,53	1500	6360	1570
Normálny obsah živín <sup>1</sup>	1,4-1,7	1500-2200	5200-8200	800-1300	1,8-2,3	1200-1900	6100-9700	1100-2300

<sup>1</sup> Normal foliar nutrient concentration (MELLERT, GÖTTLEIN 2012)



<sup>1</sup>Bareroot, <sup>2</sup>Containerized, <sup>3</sup>Norway spruce, <sup>4</sup>European beech, <sup>5</sup>Root dry weight, <sup>6</sup>Frequency of short roots, <sup>7</sup>Relative abundance of active ectomycorrhizal roots

### Obr. 3.

Hmotnosť sušiny koreňov, početnosť krátkych korieňov a podiel aktívnych ektomykorizálnych korieňov (priemer + smerodajná odchýlka) voľnokorenného a krytokorenného sadbového materiálu smreka obyčajného a buka lesného tri roky po jarnej výsadbe na kalamitnú plochu s aplikáciou hnojiva Silvamix a hydrogelu Stockosorb. Medzi variantmi označenými rovnakým písmenom alebo bez písmena nie je štatisticky významný rozdiel ( $p < 0,05$ )

### Fig. 3.

Root dry weight, frequency of short roots and relative abundance of active ectomycorrhizal roots (mean + standard deviation) of bareroot and containerized Norway spruce and European beech seedlings three years after spring planting on windthrow area with application of fertilizer Silvamix and hydrogel Stockosorb. Treatment means followed by the same letter or without letter did not differ significantly ( $p < 0.05$ )

## LITERATÚRA

ALLAN R., CARLSON C. 1998. An investigation into the re-establishment of severely burnt sites. Institute for Commercial Forestry Research Bulletin, 10 (1): 23–29.

APOSTOL K.G., JACOBS D.F., DUMROESE R.K. 2009. Root desiccation and drought stress responses of bareroot *Quercus rubra* seedlings treated with a hydrophilic polymer root dip. Plant and Soil, 315: 229–240.

BALÁŠ M., NÁROVCOVÁ J., KUNEŠ I., NÁROVEC V., BURDA P., MACHOVIČ I., ŠIMERDA L. 2017. Použití listnatých poloodrostků a odrostků nové generace v lesnictví. Jiloviště–Strnady, VÚLHM: 34 s.

BARTOŠ J., KACÁLEK D. 2013. Přihnojení jedle bělokoré na zemědělské půdě. Zprávy lesnického výzkumu, 58: 213–217.

BENIWAŁ S.R., HOODA S.M., POLLE A. 2011. Amelioration of planting stress by soil amendment with a hydrogel–mycorrhiza mixture for early establishment of beech (*Fagus sylvatica* L.) seedlings. Annals of Forest Science, 68: 803–810.

BULÍŘ P. 2006. Growth of Austrian pine (*Pinus nigra* Arnold) treated with soil conditioners on Loket spoil bank. Journal of Forest Science, 52 (12): 556–564.

BUREŠ M., ČERMÁK P. 2017. Weeds and weed control as factors for game damage to and growth of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.). Austrian Journal of Forest Science, 2: 181–198.



- CROUS W.J. 2017. Use of hydrogels in the planting of industrial wood plantations. *Southern Forests: a Journal of Forest Science*, 79: 197–213. DOI: 10.2989/20702620.2016.1221698
- CHIRINO E., VILLAGROSA A., VALLEJO R. V. 2011. Using hydrogel and clay to improve the water status of seedlings for dryland restoration. *Plant and Soil*, 344: 99–110. DOI: 10.1007/s11104-011-0730-1
- DUBSKÝ M., ŠRÁMEK F., NÁROVEC V., NÁROVCOVÁ J. 2013. Požadavky na fyzikální a chemické vlastnosti organických pěstebních substrátů používaných při výrobě krytokořenného materiálu lesních dřevin. In: Drašík, P., Skála, V. (eds.): Certifikace PEFC – trvale udržitelné hospodaření v lesích ČR. Krytokořenný sadební materiál. Sborník referátů. Praha, Česká lesnická společnost: 18–30.
- GROSSNICKLE S.C. 2012. Why seedlings survive: influence of plant attributes. *New Forests*, 43: 711–738.
- GROSSNICKLE S.C., EL-KASSABY A.Y. 2016. Bareroot versus container stocktypes: a performance comparison. *New Forests*, 47: 1–51. DOI: 10.1007/s11056-015-9476-6
- JACOBS D.F., ROSE R., HAASE D.L., ALZUGARAY P.Y. 2004. Fertilization at planting impairs root system development and drought avoidance of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) seedlings. *Annals of Forest Science*, 61: 643–651.
- JURÁSEK A. 2013. Poznatky o potřebné kvalitě krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin pro úspěšnou umělou obnovu lesa a zalesňování. In: Novák, J. et al. (eds.): Aktuální problémy pěstování lesa. Sborník přednášek. Opočno, 28. listopadu 2013. Jíloviště–Strnady, VÚLHM: 5–8.
- KUNEŠ I., BALÁŠ M., BALCAR V., KACÁLEK D., MILLEROVÁ K., JANČOVÁ A., NOVÁKOVÁ O., ŠPULÁK O., ZAHRADNÍK D., VÍTÁMVÁS J., KOŇASOVÁ T. 2013. Effects of fertilisation on growth and nutrition of Norway spruce on a harsh mountain site. *Journal of Forest Science*, 59 (8): 306–318.
- KUPKA I. 2005. Reaction of Silver fir (*Abies alba* Mill.) plantation to fertilization. *Journal of Forest Science*, 51 (3): 95–100.
- MARTINÍK A., DOBROVOLNÝ L., HURT V. 2014. Comparison of different forest regeneration methods after windthrow. *Journal of Forest Science*, 60 (5): 190–197.
- MAUER O. 2007. Možnosti ochrany lesních kultur v období přísušky. In: Sarvaš, M., Sušková, M. (eds.): Aktuálně problémy lesného škôlkárstva, semenárstva a umelej obnovy lesa. Zborník referátov. Liptovský Ján, 27.–28. marca 2007. Zvolen, NLC: 145–149.
- MELLERT H.K., GÖTTLEIN A. 2012. Comparison of new foliar nutrient thresholds derived from van den Burg's literature compilation with established central European references. *European Journal of Forest Research*, 131: 1461–1472. DOI: 10.1007/s10342-012-0615-8
- MICHEL J. C. 2010. The physical properties of peat: a key factor for modern growing media. *Mires and Peat*, 6: 1–6.
- PEŠKOVÁ P., LORENC F., MODLINGER V., POKORNÁ V. 2015. Impact of drought and stand edge on mycorrhizal density on the fine roots of Norway spruce. *Annals of Forest Research*, 58 (2): 245–257. DOI: 10.15287/afr.2015.364
- QUORESHI A.M., TIMMER V.R. 2000. Growth, nutrient dynamics and ectomycorrhizal development of container-grown *Picea mariana* seedlings in response to exponential nutrient loading. *Canadian Journal of Forest Research*, 30: 191–201. DOI: 10.1139/x99-208
- REPÁČ I., VENCURIK J. 2015. Intenzifikácia technológií zakladania lesných kultúr so zameraním na aplikáciu stimulačných prípravkov. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 132 s.
- REPÁČ I., SENDECKÝ M., PAROBEKOVÁ Z. 2016. Vplyv hydroabsorbentov a termínu výsadby na vývin výsadbí smreka obyčajného a borovice lesnej na ploche v Strážovských vrchoch. In: Kacálek, D. et al. (eds.): Funkce lesa v měnících se podmínkách prostředí. Sborník původních vědeckých prací. Opočno, 30.–31. srpna 2016. Opočno, VÚLHM: 37–42.
- REPÁČ I., PAROBEKOVÁ Z., SENDECKÝ M. 2017. Reforestation in Slovakia: History, current practice and perspectives. *Reforesta*, 3: 53–88.
- REPÁČ I. 2019. Hodnotenie vývoja lesnej kultúry buka lesného a smreka obyčajného päť rokov po aplikácii mykorrhíznych a hydroabsorbčných prípravkov pri výsadbe. *Zprávy lesnického výzkumu*, 64: 57–64.
- ROWE E.C., WILLIAMSON J.C., JONES D.L., HOLLIMAN P., HEALEY J.R. 2005. Initial tree establishment on blocky quarry waste ameliorated with hydrogel or slate processing fines. *Journal of Environmental Quality*, 34: 994–1003. DOI: 10.2134/jeq2004.0287
- SARVAŠ M., PAVLENDÁ P., TAKÁČOVÁ E. 2007. Effect of hydrogel application on survival and growth of pine seedlings in reclamations. *Journal of Forest Science*, 53: 204–209.
- SLOAN L.J., DOUGLASS F.J. 2013. Fertilization at planting influences seedling growth and vegetative competition on a post-mining boreal reclamation site. *New Forests*, 44: 687–701. DOI: 10.1007/s11056-013-9378-4
- SHMŮ. 2019. Klimaatlas [online]. Bratislava, Slovenský hydrometeorologický ústav; Ministerstvo životného prostredia SR [cit. 2019-12-1]. Dostupné na/Available on: <http://klimat.shmu.sk/kas/>
- SPRÁVA. 2018. Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike za rok 2018 – Zelená správa [online]. Bratislava, Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR: 66 s. [cit. 2019-12-1]. Dostupné na/Available on: <http://www.mpsr.sk/index.php?navID=123&id=14927>.
- ŠTOFKO P. 2010. Effects of slow-release fertilizers of Silvamix and Silvagen line on growth of a young spruce and larch forest plantation three years after application. *Folia Forestalia Polonica*, 52 (1): 54–60.
- TRENKEL M. 2010. Slow- and controlled-release and stabilized fertilizers: an option for enhancing nutrient efficiency in agriculture. Paris, International Fertilizer Industry Association: 160 s.
- TUČEKOVÁ A., HALÁK A., SLAMKA M. 2008. Hydrogely v umelej obnove lesa. *Lesnícky Časopis – Forestry Journal*, 54 (4): 347–369.
- TUČEKOVÁ A., TAKÁČOVÁ E. 2014. Aktuálne výsledky umelej obnovy na demonštračnom objekte Husárik na Kysuciach. In: Bednárová, D. (ed.): Aktuálne problémy v zakladaní a pestovaní lesa. Zborník referátov. Štrbské pleso, 10.–11. Septembra 2014. Zvolen, NLC: 86–96.

## DEVELOPMENT OF NORWAY SPRUCE AND EUROPEAN BEECH PLANTATIONS TREATED WITH FERTILIZER AND HYDROGEL ON WINDTHROW AREA IN THE JAVORIE MTS., CENTRAL SLOVAKIA

### SUMMARY

In managed forests of Slovakia, planting of seedlings is essential approach for reforestation of large disturbed areas including extensively damaged or disrupted Norway spruce predominated forests. However, environmental conditions of large clear sites induced by climate change as well as organizational and personal possibilities in forestry put at risk the success of routinely used planting of bareroot seedlings in spring planting term. The use of containerized seedlings, fertilizers, hydrogels and various soil additives should improve outplanting performance of seedlings in these conditions.

In this study, four-year-old bareroot (BR) Norway spruce (spruce), and one-year-old containerized (CR) spruce, BR and CR European beech (beech) seedlings were outplanted in spring planting term (April 2015) on windthrow area in the Javorie Mts., Central Slovakia. The soil of the research plot is loam dystric cambisol (pH 4.9), the underlying bedrock is mainly composed of acid rock (andesite) weathering products. The altitude of the plot is 490 m a.s.l., aspect NE and slope 30%. Long-term (1981–2010) mean and 2015–2019 growing seasons months' (April–September) precipitation totals are shown in Fig. 1.

During planting, root systems of the seedlings were treated either by hydrogel Stockosorb or slow-release fertilizer Silvamix Forte (duration of nutrient leaching 24 months) or remained untreated (control). Silvamix contained 17.5% N, 17.5% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 10.5% K<sub>2</sub>O and 9.0% MgO. It was applied in form of tablets (3 tablets per seedling, weight of 1 tablet 10 g) that were incorporated into soil approximately to the depth of 3 cm at 10 cm distance from seedling stem two weeks after planting. Stockosorb is a small granule water-holding synthetic substance that was applied by dipping of root systems into the gel (slurry) prepared by mixing of the granule substance with adequate amount of water immediately before planting.

The experiment was established in a complete randomized block design with three replications. Fifty seedlings were planted in each tree species, planting stocktype, treatment (Spring, Spring+Silvamix, Spring+Stockosorb) and block combination. The seedlings were planted into the holes at spacing 1.3 m × 1.3 m (1,800 seedlings in total). The size of one block (2 tree species, 2 stocktypes, 4 treatments) and of the whole experimental plot was 0.12 ha and 0.36 ha, respectively.

Survival, damage, root collar diameter, stem height and height increment were recorded at the end of each of five growing seasons (years) after planting. After the first, second and third year, four seedlings per treatment and block for each tree species and stocktype combination were lifted for estimation of the number of short roots, active ectomycorrhizal roots and root dry weight. Foliar samples were collected in the second half of the second year for chemical analysis. Aboveground growth and root system parameters were analysed by one-way analysis of variance followed by Tukey's test to determine treatment differences.

Summer-drought period in the first growing season after planting was a considerable reason of a low average survival rate of all seedlings (74% and 54% one and five years after planting, respectively). Spruce survived better than beech, probably due to a better developed planting stock and a higher drought avoidance potential of spruce than beech. Both tree species were slightly damaged by game and drying of leading shoots (Tab. 1). Spring-non-treated and hydrogel-treated BR and CR spruce survived by 15% better than fertilized by Silvamix in the last years of the experiment (Fig. 2). There were no differences in survival among hydrogel- and fertilizer-treated and untreated BR and CR beech seedlings. Of the effects of the additives tested on growth, just stimulating effect of fertilizer Silvamix on the growth of BR beech in the second year was significant (Tab. 2). However, several other moderate (insignificant) effects of the additives were found, e.g. Silvamix-treated BR spruce had the largest diameter, height and height increment after the fifth year. On the other hand, Stockosorb slightly suppressed growth of BR spruce in the fifth year (Tab. 2). Chemical analyses of foliar nutrients revealed slightly higher concentration of nitrogen and potassium in needles of CR than BR spruce and markedly higher concentration of any macronutrients in seedlings treated by fertilizer Silvamix (nitrogen for BR spruce, potassium for BR beech and phosphorus in all seedlings) (Tab. 3). None of the additives affected activity and frequency of short roots. Average short root frequency ranged from 9.19 to 10.87 for spruce and from 9.22 to 9.84 for beech. Relative abundance of active ectomycorrhizal roots was over 80% of all short roots regardless of the treatment (Fig. 3). Three years after planting, root dry weight of BR spruce was obviously higher than that of the other tree species and stocktype combinations. Slightly stimulating effect of Silvamix on root biomass of BR spruce seedlings was found (Fig. 3). These findings suggest a certain different response of the tree species and planting stocktypes to the additives tested but not a more complex significant effects of the additives tested on plantation development.

Zasláno/Received: 23. 03. 2020

Přijato do tisku/Accepted: 16. 06. 2020