

MOŽNOSTI INTENZIFIKACE PĚSTOVÁNÍ PROSTOKOŘENNÝCH SAZENIC DOUGLASKY TISOLISTÉ S VYUŽITÍM MINERÁLNÍCH HNOJIV S RŮSTOVÝMI REGULÁTORY A POMOCNÝCH ROSTLINNÝCH PŘÍPRAVKŮ

OPPORTUNITIES IN INTENSIFICATION OF DOUGLAS-FIR BARERoot NURSERY STOCK CULTIVATION USING MINERAL FERTILIZERS WITH PLANT GROWTH REGULATORS AND PHYTOSTIMULANTS

ALEŠ KUČERA ✉ - RADKA TÉROVÁ

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav geologie a pedologie, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Czech Republic

✉ e-mail: ales.kucera@mendelu.cz

ABSTRACT

The presented study deals with an intensification of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) nursery stock cultivation using (1) combined fertilizers with specific composition of N-P-K-Mg with addition of plant growth regulators, (2) organic-mineral substances, acid-alkaline alcoholic-water extract with phytostimulants, and (3) combination of both the preceding treatments. Preparations were applied in nursery bed with bareroot one-year and two-year-old seedlings in 2015 to evaluate seasonal effect of single-shot application with reflection of starting position of biometrical parameters, soil and nutrition status. The biometrical measurement was performed in three categories of seedlings (small, medium and high). Aboveground biomass growth reacted significantly on organic-mineral stimulative treatment (2) and (3); fine roots developed better after application of combined fertilizer with plant growth regulators (1). Results show perspectives in use of modern technologies in nursery stock production, with regard to proportional optimization of fine roots, as well as total root biomass, after reflection of height differentiation of one- and two-year-old seedlings.

Klíčová slova: douglaska tisolistá, lesní školky, hnojení, růstové regulátory

Key words: Douglas-fir, nursery, fertilization, plant growth regulators

ÚVOD

Douglasku tisolistou (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) lze s ohledem na ekologické nároky, měnící se podmínky prostředí i technologické vlastnosti a navazující zpracování dřevní suroviny považovat za dřevinu s potenciálním uplatněním a perspektivou pro lesní hospodářství, a to i s ohledem na její nepůvodnost v Evropě (BERAN et al. 2016). Vysoká produkce i široká ekologická valence vyplývající z charakteru kořenového systému (MAUER, PALÁTOVÁ 2012), melioračního účinku opadu (AUGUSTO et al. 2003; PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2008; Příloha č. 4, vyhláška č. 83/1996 Sb.) a celkové odolnosti vůči klimatickým excesům ve srovnání se smrkem ztepilým (*Picea abies* (L.) H. Karst.) vytvářejí možnosti pro zvýšení jejího zastoupení v celé řadě lesních porostů, jak také nasvědčuje současná lesnická diskuse i praxe (DOLEJSKÝ 2000; SLODIČÁK et al. 2014; SLODIČÁK, NOVÁK 2015).

Možnosti uplatnění douglasky v lesních porostech jsou uváděny max. v rámci pahorkatin (s horní hranicí 700–800; max. 1000 m n. m.)

a níže položených oblastí, v závislosti na mezoklimatu i provenienci (BERAN 1995; KANTOR 2008; SLODIČÁK et al. 2014). Zejména stanoviště definovaná v rámci lesnicko-typologických jednotek edafickou kategorií B, H a D, při menší dotaci vodou přecházející do edafické kategorie C (cf. BLAŠČÁK 2003; ŠINDELÁŘ 2003; POLENO, VACEK 2009), představují alternativu neúspěšných výsadeb smrku ztepilého. Stejně tak bývalé zemědělské půdy jsou diskutovanými typy stanovišť pro použití douglasky (BARTOŠ, KACÁLEK 2011).

Úspěšnost výsadeb, zejména na stanoviště představující ekologický limit pro dřeviny v obnovním cíli, do značné míry závisí na kvalitě sazenic vypěstovaných v lesních školkách (ALDHOUS 1972; LUPKE 1981). S ohledem na ČSN 48 2115 lze kvalitu sadebního materiálu definovat podle biometrických charakteristik jako je výška nadzemní části, objem kořenu a asimilačního aparátu apod. Kvalitu vypěstovaných jedinců lze zajistit vhodnou volbou školkařské technologie, ale také úpravou půdního prostředí, mimo jiné spočívající v zajištění nutričního optima a vitality s využitím růstových regulátorů (KIMBALL 1990).

Možnosti využití moderních technologií intenzifikace produkce sadebního materiálu jsou předmětem zájmu některých studií a výzkumných úkolů (SEABY, SELBY 1990; ŠAVRDA, VAVŘÍČEK 2014; VAVŘÍČEK et al. 2016; KUČERA et al. 2017). Především růstové regulátory s účinky na bázi auxinů se významně podílejí na rozvoji laterálních kořenů (HARTMANN, KESTER 1975). Efekt kyseliny naftyloctové (Na-NAA) i indolylmáslé (Na-IBA) byl u douglasky dokumentován právě rozvojem jemného kořenového vlášení a zvětšením kořenového balu v závislosti na vývojové fázi rozvoje kořenů a také v závislosti na způsobu pěstování (SIMPSON 1986).

Cílem této studie je zhodnocení možností využití technologií dodávky živin formou kombinovaných minerálních hnojiv s růstovými regulátory v kombinaci s pomocnými rostlinnými přípravky vzhledem k produkci výsadby schopných sazenic douglasky tisolisté.

MATERIÁL A METODIKA

Charakteristika výzkumných ploch

Lesní školka Hejtmánkovice – Pasa (LŠ) se orientuje především na pěstování prostokořenného sadebního materiálu uplatňovaného hlavně v lesních oblastech 23 – Podkrkonoší a 26 – Předhůří Orlických hor. LŠ je vybudována na kontinentálních permokarbonských sedimentech (mj. slepence a pískovce s složkami prachovců) s dominancí kambizemí modálních s přechodem do hnědozemí na texturně těžkých substrátech a do arenických subtypů na psamitických substrátech.

Ve vrstvě ornice je půda texturně lehká (hlinitopísčítá), středně pórovitá, mj. středně až silně provzdušněná se středními retenčními účinky (tab. 1). Při poměrně nízké hodnotě bodu vadnutí a až 16 % diference ve srovnání s objemem kapilárních pórů je půda optimálně provzdušněná za optimalizované dotace vodou i při krátkodobých srážkových deficitech (viz také hodnoty využitelné vodní kapacity s možností retence až 34 mm srážek, resp. závlah ve 20cm orniční vrstvě).

V souladu se školkařským provozem byly plochy historicky jednotně ošetřovány kombinovaným hnojivem YaraMilaTM COMPLEX (N-P-K-Mg-S = 12-11-18-2,7-8 při obsahu stopových prvků celkem max. 1,255 %) v množství 300 kg.ha⁻¹.

Svým chemismem (tab. 2) je půda na variantě dvouletých semenáčků kyselejší (středně kyselá) ve srovnání s mírně kyselou až neutrální půdou varianty jednoletých semenáčků. Celkově nízká půdní sorpce spočívá zejména na prohumóznění orniční vrstvy (T v mezích nízké až nižší střední; C_{ox} středně humózní až humózní). Při 70–96% sorpčním nasycení na ploše jednoletých semenáčků je zajištěn optimální obsah živin s mírně sníženým obsahem draslíku; na ploše dvouletých semenáčků (sorpční nasycení 44–56%) je méně zastoupený hořčík a vápník.

Obsah dusíku v asimilačním aparátu (tab. 3) je na spodní hranici optima pro douglasku tisolistou (BINKLEY 1986) a stejně tak draslíku; obě živiny by však měly být dodávkou směsného hnojiva Silvamix[®]R30S optimalizovány s odezvou v podpoře rozvoje kořenového vlášení i nadzemní části.

Testované přípravky Silvamix[®]R30S a VERMAKTIV Stimul v současnosti patří k často používaným produktům a jsou předmětem testování ve smyslu pokročilých technologií v rámci lesního hospodářství ve školkách i kulturách (VAVŘÍČEK et al. 2016; KUČERA et al. 2017).

Tab. 1.

Výsledky laboratorních rozborů hydrofyzikálních vlastností půdy na záhonové ploše v jednotlivých variantách ošetření a stáří semenáčků (Θ_{MCK} – maximální kapilární kapacita; BV – bod vadnutí; BSD – bod snížené dostupnosti; VVK – využitelná vodní kapacita; P – pórovitost; Amkk – minimální vzdušná kapacita)

Results of hydrophysical properties assessment of the soil in nursery bed in individual treatments and seedling age (Θ_{MCK} – maximum capillary capacity [% vol.]; BV – permanent wilting point [% vol.]; BSD – point of decreased availability [% vol.]; VVK – soil water storage capacity [mm]; P – porosity [% vol.]; Amkk – minimum aeration capacity [% vol.]

Stáří semenáčků/ Seedlings' age	Varianta/ Treatment	stat	Θ_{MCK} [% obj.]	BV [% obj.]	LB [% obj.]	BSD [% obj.]	VVK [mm]	P [% obj.]	Amkk [% obj.]
jednoletky ¹	K	\bar{x}	26,1	5,5	10,5	13,1	30,1	46,7	20,6
		sd	2,3	0,8	1,4	1,8	4,3	3,6	5,9
jednoletky	Kombinace	\bar{x}	31,7	8,2	13,8	16,6	33,7	41,5	9,9
		sd	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4	0,5	0,4
jednoletky	SR_s	\bar{x}	28,1	6,5	11,8	14,5	31,9	43,0	14,9
		sd	0,2	0,2	0,0	0,1	1,3	4,6	4,3
jednoletky	Verm	\bar{x}	29,0	7,1	12,3	15,0	31,7	44,9	15,9
		sd	0,7	0,5	0,4	0,4	1,8	0,8	1,3
dvouletky ²	K	\bar{x}	30,4	6,5	12,8	16,0	38,2	48,9	18,5
		sd	1,4	0,2	0,6	0,9	3,4	3,9	2,5
dvouletky	Kombinace	\bar{x}	27,3	6,6	11,6	14,2	30,2	46,1	18,8
		sd	0,7	0,4	0,5	0,5	0,4	1,6	2,1
dvouletky	SR_s	\bar{x}	28,0	7,3	12,9	15,8	34,2	43,8	15,8
		sd	1,6	0,1	0,1	0,2	0,9	3,0	4,3
dvouletky	Verm	\bar{x}	25,1	6,4	11,1	13,5	28,5	48,1	23,0
		sd	2,8	0,6	0,6	1,0	5,0	3,4	1,1

¹one-year-old seedlings; ²two-year-old seedlings

Charakteristika testovaných přípravků

Silvamix®R30S je kombinované minerální hnojivo N-P-K-Mg s koncentracemi živin 10-7-18-7,5% s jejich postupným uvolňováním. Zejména díky eliminaci vysokých koncentrací prvků v půdním roztoku bezprostředně po aplikaci jsou hnojiva na bázi močovino-formaldehydových kondenzátů a podvojných draselnohořečnatých fosforečnanů vhodná pro lehké půdy s nízkou sorpcí. Obohacení o růstové regulátory v koncentraci 0,35% (SNP, DA-6, Na-NAA, K-IBA) je zacíleno na rozvoj jemného kořenového vlášení a tvorbu robustnější nadzemní části rostliny.

VERMAKTIV Stimul je tekutý pomocný rostlinný přípravek, kyselý a zásaditý alkoholicko-vodní výluh vermikompostu, doplněný aminokyselinami, peptidickými štěpy z enzymolýzy rybí moučky a syrovátky, enzymy, fytoestimulátory, humusovými látkami, cytokininy, auxiny aj. K aplikaci se přistupuje nikoli s cílem přímé dodávky živin, nýbrž s cílem zvýšení efektivity jejich příjmu, regenerace po abiotickém poškození či stimulace růstu a zesílení účinku přípravků na ochranu rostlin.

Založení studie

Na v květnu 2015 byly vymezeny 2 záhonové plochy, každá o délce 120 m: jednoleté semenáčky DG 1+0 („jednoletky“) o hustotě 400 ks/m² a dvouleté semenáčky DG 2+0 („dvouletky“) o hustotě 150 ks/m². Po zjištění výchozího stavu (odběr směsných a neporušených půdních vzorků z kořenové vrstvy – vždy 1 směsný vzorek a 3 fyzikální válečky o objemu 100 cm³/varianta – a směsných vzorků asimilačního aparátu – vždy 1/varianta) byly záhony rozčleněny na 4 varianty (tab. 4): kontrola, kombinace Silvamix®R30S + VERMAKTIV Stimul, Silvamix®R30S, VERMAKTIV Stimul.

Plošná aplikace práškového přípravku Silvamix®R30S proběhla na přelomu května a června 2015 v dávce 1 t.ha⁻¹. Plošná aplikace VERMAKTIV Stimul proběhla na přelomu června a července po vyrašení letorostů plošným postřikem v dávce 6 litrů koncentráta.ha⁻¹ při zředění 1 : 50.

Stanovení půdních vlastností

Hydrofyzikální vlastnosti byly stanoveny před aplikací přípravků analýzou Kopeckého fyzikálního válečku – neporušeného vzorku (ZBÍRAL et al. 2004), přičemž: Θ_{MCK} je maximální kapilární kapacita ($\Theta_{MCK} = Q2 - rd$, kde Q2 je hmotnost válečku po 2 hodinách odsávání po jeho plném nasycení vodou, rd je objemová hmotnost redukováná); BV je bod vadnutí ($BV = Vh \cdot 3$, kde Vh je číslo hygroskopicity, vyjádřené jako $Vh = Qh - rd$, kde Qh je hmotnost válečku po nasátí vodních par); LB je lentokapilární bod ($LB = BV + [(\Theta_{RVK} - BV) \cdot 0,33]$, kde Θ_{RVK} je retenční vodní kapacita vyjádřená jako $\Theta_{RVK} = Q_{RVK} - rd$, kde Q_{RVK} je hmotnost válečku po 24 hodinách odsávání po jeho plném nasycení vodou); BSD je bod snížené dostupnosti ($BSD = BV + [(\Theta_{RVK} - BV) \cdot 0,50]$); VVK je využitelná vodní kapacita ($VVK = (\Theta_{RVK} - BV) \cdot 2$); P je pórovitost ($P = (rs - rd) / rs \cdot 100$, kde rs je měrná hmotnost stanovená pyknometricky); Amkk je minimální vzdušná kapacita ($Amkk = P - \Theta_{MCK}$).

Z fyzikálně-chemických a chemických vlastností byly před aplikací přípravků stanovovány (ZBÍRAL 2002; ZBÍRAL et al. 2004): půdní reakce aktivní (pH/H₂O) a potenciální výměnná (pH/KCl) v poměru půda : reakční činidlo 1 : 2,5 (H₂O; 1M KCl); obsah výměnných bazických kationtů Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ ve výluhu Mehlich II metodou atomové adsorpční spektrofotometrie; obsah kyselých kationtů H⁺ podle Adamse a Evanse a Al³⁺; kationtová výměnná kapacita (T) součtovou metodou; celkový dusík (Nt) podle Kjeldahla; organický uhlík jako oxidovatelný uhlík (Cox) oxidací chromsírovou směsí se spektrofotometrickou koncovkou. Z parametrů sorpčního komplexu byl stanoven celkový obsah bazických kationtů (S) a bazická saturace (BS).

Charakteristiky sadebního materiálu

Nutriční status (obsah N, P, K, Ca, Mg) byl zjišťován ve výchozím stavu semenáčků zvlášť pro jednoleté a dvouleté semenáčky v posledním ročníku jehličí mineralizací v H₂SO₄ po předchozím rozkladu H₂O₂ (ZBÍRAL 1994).

Biometrické charakteristiky byly zjišťovány před aplikací přípravků v květnu 2015 (ozn. „jaro“) a na konci vegetační sezóny 2015 (ozn. „podzim“) (1) na záhonové ploše pro jednotlivé varianty jednoletých a dvouletých semenáčků pro zjištění výšky nadzemní části v cm měřené na jednom běžném metru záhonu „naplno“ ve třech opakováních na každé variantě – pro všechny zaujaté jedince; (2) laboratorně destrukční metodou pro stanovení hmotnosti sušiny hrubých kořenů, kořenového vlášení, nadzemní části jedinců s vyjádřením vzájemných poměrů jednotlivých parametrů a hmotnosti 100 jehlic ze směsného vzorku. Z důvodu výrazné výškové rozrůzněnosti, zjištěné při měření výšek „naplno“ na záhonové ploše byly pro laboratorní zpracování semenáčky rozděleny do třech výškových kategorií, ve kterých byly další biometrické charakteristiky posuzovány: M – „malé“ (< 15 cm pro jednoletky a < 36 pro dvouletky); S – „střední“ (15–25 cm pro jednoletky a 36–50 cm pro dvouletky), V – „velké“ (> 25 cm pro jednoletky a > 50 cm pro dvouletky).

Zpracování dat bylo provedeno v softwaru R verze 3.3.2 (1) graficky formou krabicových grafů a bodových grafů a (2) analýzou rozptylu (ANOVA) s navazujícím Tukeyovým testem mnohonásobného porovnání, byla-li zamítnuta nulová hypotéza (H₀) o shodě středních hodnot zjišťovaných parametrů při hladině významnosti $\alpha = 0,05$, přičemž H₀ byla zamítnuta, byla-li p-hodnota < 0,05. Z důvodu jisté specifčnosti chemismu půdy (tab. 2) na záhonech byly výsledky hodnoceny pro jednoletky a dvouletky zvlášť.

VÝSLEDKY

Terénní biometrické charakteristiky

Semenáčky se vyznačují výraznou výškovou rozrůzněností, což se odráží ve vysoké variabilitě dat (obr. 1). I přesto byly výšky v jednotlivých variantách ošetření statisticky významně rozdílné – vůči kontrole i při vzájemném porovnání: z výsledků ANOVA je u jednoletek p-hodnota < 2e⁻¹⁶, u dvouletek je p-hodnota = 2,41e⁻⁹. Navazující mnohonásobná porovnání (obr. 2) prokazují významné rozdíly s podobným trendem jednoletek i dvouletek: výrazně vyšší semenáčky jsou na variantě Komb vůči všem ostatním variantám.

U jednoletek i dvouletek je největší odezva na ošetření na variantě Komb, zatímco výšky na variantách K a SR_s jsou víceméně shodné. Na variantě Verm jsou výšky semenáčků druhé nejvyšší. Nevýznamné rozdíly ve výškách (takřka shodné výšky) byly při porovnání SR_s a K u jednoletek (p = 0,648) i dvouletek (p = 0,993) a těsně nevýznamný rozdíl byl při porovnání Verm a SR_s u dvouletek (p = 0,052).

Laboratorní biometrické charakteristiky

U jednoletek je v jarním výchozím stavu zjištěná biomasa ve všech parametrech srovnatelná. Nejmenší odezva na testované přípravky jsou u malých semenáčků (obr. 3).

Na podzim je hmotnost hrubých kořenů výrazně vyšší na variantě SR_s u velkých semenáčků (obr. 3a), v sestupné tendenci při porovnání variant Verm – Kombinace – Kontrola při úzké variabilitě v rámci výškové kategorie. Více rozrůzněné jsou středně velké semenáčky ve variantě Kombinace při současně těsně nejvyšší střední hodnotě.

Podpora rozvoje kořenového vlášení byla nejvýraznější na variantě SR_s u středních a velkých semenáčků (obr. 3b). Při celkovém zhodnocení rozvoje kořenového systému jsou nejvýraznější účinky na va-

Tab. 2.

Výsledky laboratorních rozborů fyzikálně-chemických a chemických vlastností půdy na záhonové ploše v jednotlivých variantách ošetření v květnu 2015 před aplikací testovaných přípravků (pH/H₂O – půdní reakce aktivní; pH/KCl – půdní reakce potenciální výměnná; Cox – obsah oxidovatelného uhlíku; Nt – obsah celkového dusíku; P, Mg, Ca, K – obsah jednotlivých živin; H⁺ – obsah výměnného vodíku; Al³⁺ – obsah výměnného hliníku; T – kationtová výměnná kapacita; S – obsah výměnných bazí; BS – bazická saturace)

Physical and chemical properties assessment of the soil in nursery bed in individual treatments in May 2015 before application (pH/H₂O – active soil reaction; pH/KCl – potential soil reaction; Cox – organic carbon content; Nt – total nitrogen content; P, Mg, Ca, K – nutrient content; H⁺ – exchangeable hydrogen content; Al³⁺ – exchangeable aluminium content; T – cation exchangeable capacity; S – base cation content; BS – base saturation)

Stáří semenáčků/ Seedlings' age	Varianta/ Treatment	pH/H ₂ O	pH/KCl	Cox	Nt	C/N	P	Mg	Ca	K	H ⁺	Al ³⁺	T	S	BS
					[%]			[mg/kg]			[mmol chem. ekv./kg]				[%]
jednoletky ¹	K	6,2	5,7	2,8	0,1	21,7	151,0	109,0	1577,0	50,0	29,0	1,0	118,9	88,9	74,8
jednoletky	Kombinace	6,8	6,5	3,1	0,1	21,8	228,0	161,0	2422,0	70,0	10,0	1,0	146,9	135,9	92,5
jednoletky	SR_s	6,1	5,6	3,3	0,1	23,6	144,0	96,0	1492,0	73,0	34,0	1,0	119,2	84,2	70,6
jednoletky	Verm	6,5	6,1	3,1	0,1	21,8	148,0	150,0	1901,0	86,0	26,0	1,0	136,4	109,4	80,2
dvouletky	K	5,2	4,5	3,1	0,2	20,5	115,0	84,0	772,0	95,0	50,0	6,0	103,9	47,9	46,1
dvouletky	Kombinace	5,5	4,8	3,0	0,1	23,2	75,0	85,0	855,0	72,0	39,0	2,0	92,5	51,5	55,7
dvouletky	SR_s	5,3	4,5	3,2	0,2	20,0	111,0	85,0	834,0	61,0	54,0	5,2	109,4	50,2	45,9
dvouletky	Verm	5,3	4,5	3,2	0,2	21,1	118,0	90,0	875,0	66,0	55,0	6,0	113,8	52,8	46,4

¹one-year-old seedlings; ²two-year-old seedlings

Tab. 3.

Výchozí nutriční stav na jednotlivých záhonových plochách jednoletých a dvouletých semenáčků (N; P; K; Ca; Mg – obsah jednotlivých živin v asimilačním aparátu ve směsném vzorku jehličí)

Nutrient status before fertilizers application in nursery bed for each seedling age (N; P; K; Ca; Mg – nutrient content in mixed sample of leaves)

Stáří semenáčků/ Seedlings' age	N	P	K	Ca	Mg
	[%]		[g/kg]		
jednoletky ¹	1,31	1,89	5,83	7,74	1,07
dvouletky ²	1,23	1,40	5,58	5,18	0,84

¹one-year-old seedlings; ²two-year-old seedlings

Tab. 5.

Poměr obsahu živin v asimilačním aparátu jednoletých a dvouletých semenáčků

Nutrient ratios in needles of one- and two-year-old seedlings

Stáří semenáčků/ Seedlings' age	K/Mg	Ca/Mg	N/Ca	N/Mg	K/Ca
jednoletky ¹	5,45	7,23	1,69	12,24	0,75
dvouletky ²	6,64	6,17	2,37	14,64	1,08

¹one-year-old seedlings; ²two-year-old seedlings

Tab. 4.

Přehled variant ošetření jednoletých i dvouletých semenáčků a testovaných přípravků a složení kombinovaného minerálního hnojiva

Overview of treatments of one- and two-year-old seedlings and composition of combined fertilizer

Označení přípravku/ Treatment	Obchodní označení/ Trade mark	Koncentrace živin/Nutrient concentration				Růstové regulátory/ Plant growth stimulants
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	[%]
K	(Kontrola)	-	-	-	-	-
SR_s	Silvamix®R30S	10	7	18	7,5	0,35
Kombinace (Komb)	Silvamix®R30S2+VERMAKTIV	10	7	18	7,5	0,35
Verm	Stimul	-	-	-	-	-
	VERMAKTIV Stimul					

riantě SR_s (obr. 3c) u velkých semenáčků. Podíl kořenového vlášení na celkové hmotnosti kořenů je nejméně příznivý v kategorii velkých semenáčků na variantě Verm, kde však při 24% podílu (obr. 3d) i tak nelze vyloučit dosažení závazných kritérií vyplývajících z ČSN 48 2115 o objemovém podílu jemných kořenů na celkovém objemu kořenového systému.

Hmotnost nadzemní části středních a velkých semenáčků je ve všech variantách ošetření výrazně vyšší vzhledem ke kontrole a zároveň je mezi variantami ošetření poměrně vyrovnaná (obr. 3e). Tato sku-

tečnost se odráží v poměru nadzemní a podzemní části semenáčku (obr. 3f). Ten je pouze ve variantě Kombinace u malých semenáčků ve prospěch kořenů (> 1), v ostatních variantách a výškových kategoriích je nižší než 1 s nejužším poměrem na variantě Verm u velkých semenáčků.

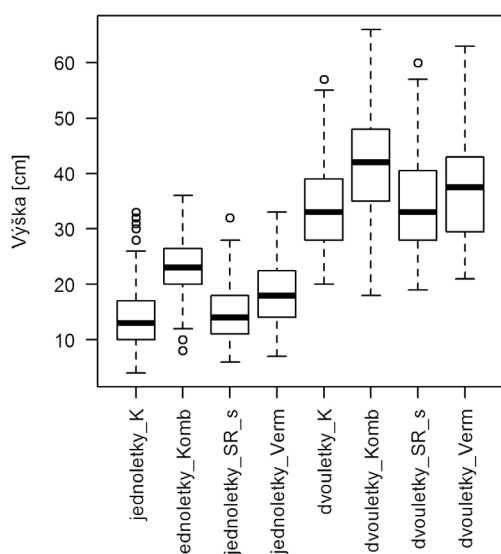
Nejvyšší hmotnost 100 jehlic (obr. 3g) byla zjištěna u varianty Verm u středních a malých semenáčků; u velkých je největší hmotnost na variantě Kombinace: při porovnání výškových kategorií je hmotnost jehlic velkých semenáčků až trojnásobná v porovnání s malými.

V případě dvouletých semenáčků je rozvoj hrubých kořenů i celého kořenového systému nejvýraznější u středních a velkých semenáčků na variantách Kombinace a SR_s (obr. 4a, 4c). Méně výrazný efekt je v případě jemných kořenů, které jsou nejčtenější na variantě Kombinace (obr. 4b). Samotný podíl kořenového vlášení je tak příznivý právě na variantě kombinace, kde jemné kořeny zauímají až 35% v případě velkých semenáčků a až 42% v případě malých semenáčků (obr. 4d). Celkově u dvouletých sazenic je proporční podíl jemných kořenů vyšší se snižující se nadzemní výškou semenáčků na všech variantách po ošetření (při podzimním měření).

Testované přípravky u dvouletých semenáčků výrazně zvýšily celkovou hmotnost nadzemní části (obr. 4e) i její podíl na celkové hmotnosti sušiny jedinců (u velkých semenáčků je poměr téměř bez rozdílu; u malých je největší hmotnostní podíl kořenů na nehojených variantách K a Verm) (obr. 4f).

Budování asimilačního aparátu (obr. 4g) je nejvýraznější u velkých semenáčků na variantě SR_s, u středních na Verm. V porovnání s jarním biometrickým měřením se hmotnost jehlic zvýšila na všech variantách s výjimkou kontrolní; mírné zvýšení u kontrolní varianty nastalo pouze u velkých semenáčků.

Výška nadzemní části (podzim 2015)

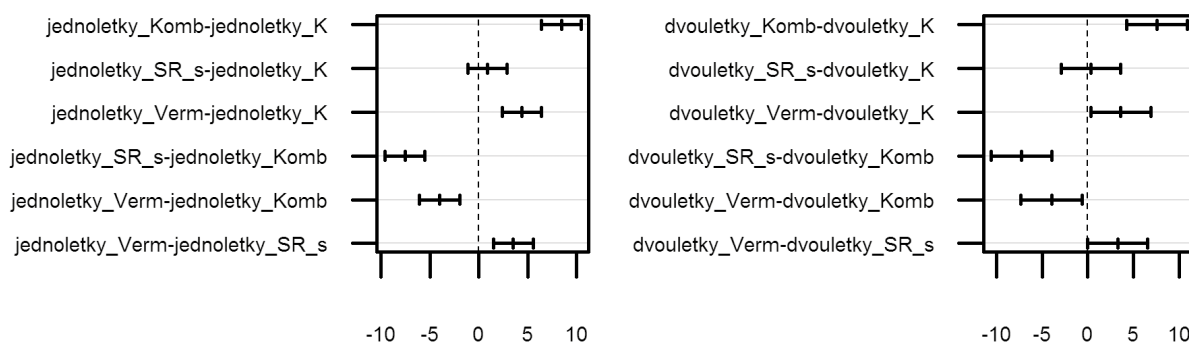


Obr. 1. Krabicové grafy nadzemních výšek jednoletých a dvouletých jedinců v jednotlivých variantách ošetření na záhonové ploše

Fig. 1. Boxplots of aboveground height of 1- and 2-year-old seedlings in individual treatments of nursery bed (jednoletky – one-year-old seedlings; dvouletky – two-year-old seedlings; výška – height)

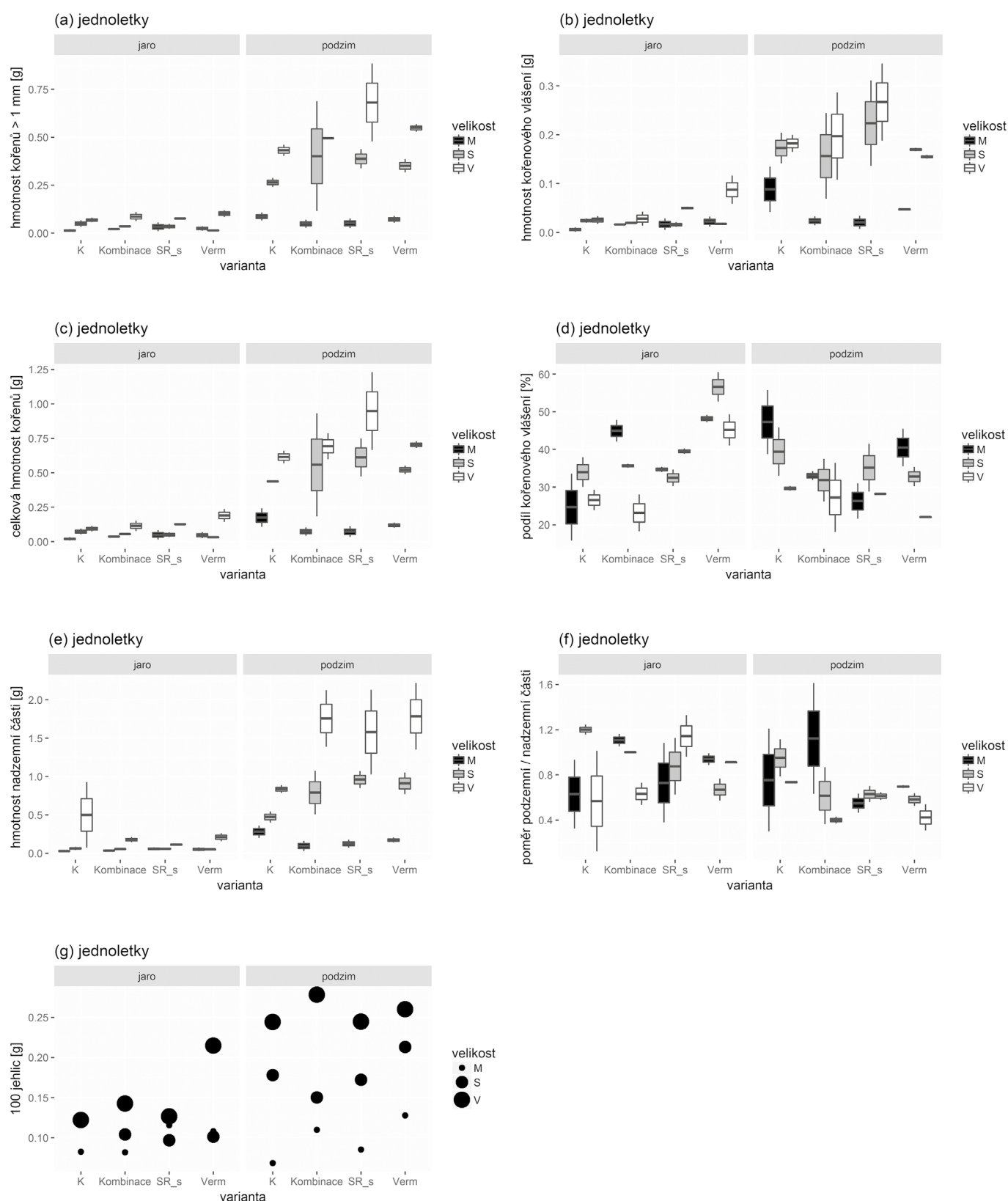
DISKUSE

V závěru vegetační sezóny byl efekt testování jednotlivých přípravků Silvamix®30S2, Vermaktiv STIMUL a kombinace přípravků následující: nadzemní výška byla u jednoletých semenáčků nejnižší na kontrolní variantě, vyšší na variantě SR_s, dále na Verm a kombinace; u dvouletých semenáčků byla shodná na kontrolní variantě a SR_s, vyšší na Verm a nejvyšší na kombinaci. Hrubé kořeny byly nejvíce budovány u jednoletých semenáčků, a to na variantě SR_s a dále na Verm. Rozvoj kořenového vlášení byl nejvýraznější u jednoletek na variantě SR_s u středně vysokých a vysokých výškových kategorií.



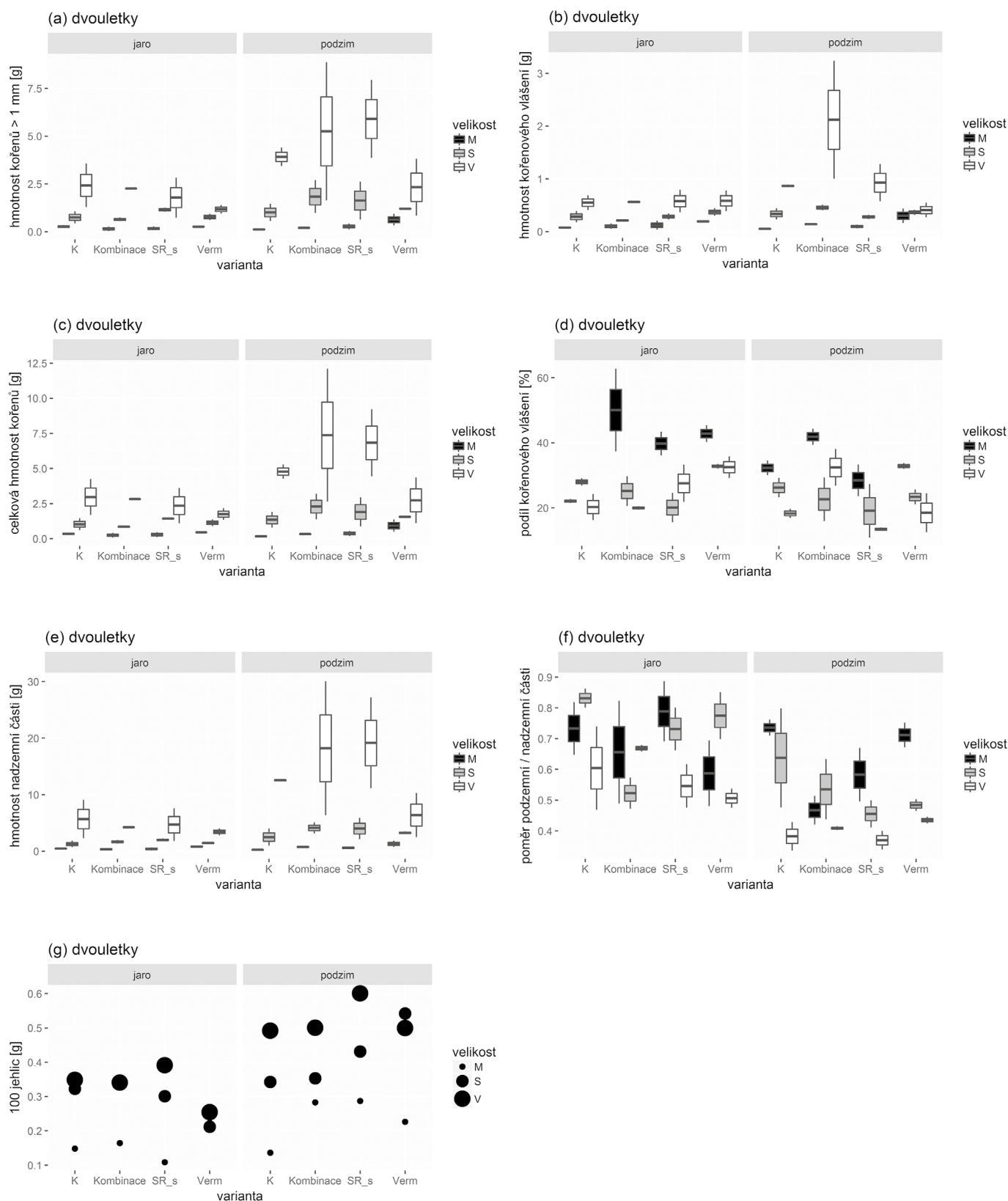
Obr. 2. Grafické zobrazení výsledků mnohonásobného porovnání výšek na jednotlivých variantách ošetření jednoletých (vlevo) a dvouletých (vpravo) semenáčků na záhonové ploše; úsečky představují 95% intervaly spolehlivosti

Fig. 2. Graphical representation of multiple comparison of seedling heights in individual treatments of one-year-old (left) and two-year-old (right) seedlings in nursery bed; segments show 95% confidence intervals (jednoletky = one-year-old seedlings; dvouletky = two-year-old seedlings)



Obr. 3. Výsledky biometrického měření jednoletých semenáčků: (a) hmotnost kořenů o průměru > 1 mm; (b) hmotnost kořenového vlášení; (c) celková hmotnost kořenů; (d) podíl kořenového vlášení na celkové hmotnosti kořenů; (e) hmotnost nadzemní části; (f) poměr hmotností podzemní a nadzemní části; (g) hmotnost smíšeného vzorku 100 jehlic (jaro – spring; podzim – autumn; jednoletky – one-year-old seedlings; dvouletky – two-year-old seedlings; velikost – height: M = small, S = medium, V = high)

Fig. 3. Results of biometrical measurements of one-year-old seedlings: (a) coarse roots (> 1 mm) weight; (b) fine roots weight; (c) total root biomass weight; (d) percentage share of fine roots in total root biomass; (e) shoot weight; (f) root/shoot ratio; (g) 100 needles weight (jaro – spring; podzim – autumn; jednoletky – one-year-old seedlings; dvouletky – two-year-old seedlings; velikost – height: M = small, S = medium, V = high)



Obr. 4.

Výsledky biometrického měření dvouletých semenáčků: (a) hmotnost kořenů o průměru > 1 mm; (b) hmotnost kořenového vlášení; (c) celková hmotnost kořenů; (d) podíl kořenového vlášení na celkové hmotnosti kořenů; (e) hmotnost nadzemní části; (f) poměr hmotností podzemní a nadzemní části; (g) hmotnost směšného vzorku 100 jehlic (jaro – spring; podzim – autumn; jednoletky – one-year-old seedlings; dvouletky – two-year-old seedlings; velikost – height: M = small, S = medium, V = high)

Fig. 4.

Results of biometrical measurements of two-year-old seedlings: (a) coarse roots (> 1 mm) weight; (b) fine roots weight; (c) total root biomass weight; (d) percentage share of fine roots in total root biomass; (e) shoot weight; (f) root/shoot ratio; (g) 100 needles weight (jaro – spring; podzim – autumn; jednoletky – one-year-old seedlings; dvouletky – two-year-old seedlings; velikost – height: M = small, S = medium, V = high)

Na variantě Verm je rozvoj kořenového vlášení nejnižší. Nejprůzračnější poměr kořenů a nadzemní části byl u jednoletých semenáčků v případě kombinované varianty u malých výškových kategorií (> 1); varianta Verm sama osobě je význačně především budováním nadzemní části rostliny. U dvouletků byly hrubé kořeny nejvíce rozvinuty u středních a velkých semenáčků na variantě SR_s a kombinace; kořenové vlášení bylo nejvíce rozvinuto také na variantě kombinace u velkých semenáčků. Rozvoj nadzemní části rostlin byl nejvýraznější u velkých semenáčků na variantách kombinace a SR_s.

Biometrické charakteristiky zjišťované na záhonové ploše (nadzemní výška) byly vyhodnocovány bez výškové diferenciace z důvodu měření výšek „naplno“. V návaznosti na zjištěnou výškovou variabilitu byla užita při laboratorně zjišťovaných biometrických charakteristikách výšková diferenciace na malé, střední a velké semenáčky, a to z důvodu výstižnějšího hodnocení efektu jednotlivých variant ošetření.

Vzhledem k trofnostnímu statutu ornice ve výchozím stavu studie je kořenová vrstva pro pěstování douglasky tisolisté optimálně zajištěna s mírným deficitem v obsahu draslíku v půdě jednoletků zejména na kontrolní variantě. Fyzikálně-chemické vlastnosti (pH, KVK, BS, obsah výměnných bazí) jsou příznivější na záhoně jednoletků vyjma zmíněného draslíku, který by byl při neuvážené dodávce antagonistických živin blokován v příjmu; při 18% obsahu K₂O v kombinovaném hnojivu lze předpokládat proporcčně optimalizovaný stav. V produkci biomasy, zejména kořenové, se deficit draslíku na kontrolní variantě ani na variantě Verm neprojevil.

Problematika výživy douglasky tisolisté v lesních školkách a související optimalizace půdního prostředí jsou historicky široce řešená témata (RADWAN et al. 1971; RADWAN, BRIX 1986; KAMMINGA-VAN WIJK 1993; HAWKINS et al. 1998). Komplikovanost srovnání s analogickými studii spočívá především ve specifickém složení testovaných přípravků – na bázi kombinovaných minerálních hnojiv s růstovými regulátory a na bázi organických rostlinných přípravků obohacených o látky s fyto-stimulačním účinkem.

Např. při hodnocení izolovaného efektu různých typů dusíkatých hnojiv (nitratové, amonné, močovina) se významně liší biometrické charakteristiky i nutriční statut rostlin (RADWAN et al. 1971), přičemž výraznějšího efektu ve výškovém přírůstu nadzemní části semenáčků bylo u douglasky dosaženo v případě nitratového dusíku (Ca(NO₃)₂), dále močoviny (CH₄N₂O) a nejmenší efekt po aplikaci síranu amonného ((NH₄)₂SO₄). Rozdíl ve srovnání s hnojivy řady Silvamix® spočívá především v dlouhodobějším uvolňování dusíku z močovino-formaldehydové formy a v navazujícím efektu růstových regulátorů se stimulačním účinkem zabudování živin do rostlinných pletiv s důrazem na rozvoj kořenového vlášení. Koncentrace jednotlivých stimulačních složek však ovlivňuje nejen růst jemných kořenů (KHAD-DURI 2013), ale i vzájemný poměr podzemní a nadzemní části dřeviny (GRUFFMAN 2013).

Na růstovém efektu se také výrazně podílí způsob aplikace s tím, že s ohledem na výškovou kategorizaci se jako nejvíce efektivní jeví kombinace minerálního hnojiva a přípravku VERMAKTIV Stimul. Ačkoli VERMAKTIV Stimul sám o sobě není deklarován jako hnojivo, nýbrž pomocný rostlinný přípravek aplikovaný s cílem (1) regenerace po abiotickém stresu např. mrazem, průsušky apod. a (2) podpory příjmu živin, v důsledku jeho aplikace dochází (při zajištěném obsahu živin v kořenové vrstvě) k optimalizaci výživy a produkci biomasy.

Efekt příjmu živin však výrazně závisí nejen na samotném obsahu, resp. koncentraci dané živiny v půdě, nýbrž také na fyziologickém účinku hnojiv (HERSHEY 1991) a na vzájemném poměru a redistribuci živin v rámci rostliny (RADWAN, BRIX 1986).

Při hodnocení vzájemného poměru živin v asimilačním aparátu je ve výchozím stavu mírně deficitní na záhonu jednoletých semenáčků

hořčík ve vztahu k obsahu vápníku (tab. 5) – jakkoli v absolutní koncentraci je jeho stav stále při spodní hranici optima. To se však v návaznosti projevuje v užším poměru kořenů a nadzemní části. Vedle hořčíku je v koncentraci ve výchozím stavu výživy draslík pod spodní hranici optima, což lze zohlednit při hodnocení rizik poškození mrazem.

Zvýšenou odolnost vůči abiotickému stresu však lze zajistit právě aplikací růstových regulátorů (NZOKOU, NIKIEMA 2008). S ohledem na následnou dotaci v 18% koncentrací K₂O v minerálním hnojivu lze také zvažovat optimalizaci nutričního stavu, která se odráží ve zvýšené hmotnosti sušiny kořenového vlášení ve variantách s hnojením Silvamix® – mj. u dvouletých semenáčků ve variantě kombinující Silvamix® a VERMAKTIV Stimul. Efekt hnojení v předkládané studii reflektuje růstové vlastnosti douglasky ve smyslu proporcčně optimálního nárůstu podzemní a nadzemní biomasy, růstové dynamiky a příjmu živin v rámci vegetační sezóny (HAWKINS et al. 1998).

ZÁVĚR

Hnojivý pokus na lesní školce Hejtmánkovice-Pasa poukázal v případě douglasky tisolisté na možnosti využití moderních technologií v zajištění produkce biomasy sadebního materiálu za optimálního trofnostního a hydrického zajištění kořenové vrstvy půdy.

Z testovaných přípravků Silvamix®30S2 a VERMAKTIV Stimul byla na čtyřech variantách jednoletých a dvouletých volných záhonových ploch prokázána odezva v produkci podzemní a nadzemní biomasy. Výšky měřené na záhonové ploše se vyznačovaly zvýšenou variabilitou a semenáčky proto byly pro další biometrické charakteristiky diferencovány na malé, střední a velké výškové kategorie.

Oba přípravky výrazně stimulovaly produkci biomasy v porovnání s kontrolní variantou. Přípravek VERMAKTIV Stimul se při výškové diferenciaci jednoletých semenáčků (v kategorii malých semenáčků < 15 cm) podílel na budování kořenového systému v poměru k nadzemní části a přispěl také k budování asimilačního aparátu: u semenáčků malých dimenzí se kombinace obou přípravků projevila jako příznivá ve smyslu zvýšeného poměru kořenové a nadzemní biomasy. Silvamix®30S2 podpořil rozvoj hrubých kořenů i kořenového vlášení u jednoletých semenáčků. Rozvoj kořenového systému byl s využitím testovaných přípravků při jejich kombinaci podpořen také u dvouletých semenáčků ve výškové diferencované kategorii nad 50 cm nadzemní výšky.

Celkově lze využití přípravků zhodnotit jako perspektivní pro jednoleté semenáčky (1) u přípravku VERMAKTIV Stimul při budování nadzemní biomasy při současném optimálním nutričním zajištění a (2) u hnojiva Silvamix®30S2 při budování kořenového systému; pro dvouleté semenáčky u hnojiva Silvamix®30S2 a při jeho kombinaci s přípravkem VERMAKTIV Stimul při budování nadzemní části i kořenového systému.

V navazujících studiích obdobného charakteru je vhodné zaměřit se na nutriční statut rostlin a také na navazující výsadby v prostředí lesního stanoviště.

Poděkování:

Článek byl zpracován s podporou projektu KUS (NAZV) QJ1320040 „Revitalizace ekosystémových jednotek s využitím ekologických přístupů na stanovištích v minulosti antropogenně ovlivňovaných lokalit a extrémních lokalit současnosti“.

LITERATURA

- ALDHOUS J.R. 1972. Nursery practice. London, HMSO: 184 s. Forestry Commission Bulletin No. 43.
- AUGUSTO L., DUPUEY J.L., RANGER J. 2003. Effect of tree species on understory vegetation and environmental conditions in temperate forests. *Annals of Forest Science*, 60: 823–831.
- BARTOŠ J., KACÁLEK D. 2011. Douglaska tisolistá – dřevina vhodná k zalesňování bývalých zemědělských půd. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56, (Special): 6–13.
- BERAN F. 1995. Dosavadní výsledky provenienčního výzkumu douglasky tisolisté v ČR. *Zprávy lesnického výzkumu*, 40 (3–4): 7–13.
- BERAN F., CAFOUREK J., NOVOTNÝ P., DOSTÁL J. 2016. Návrh změny pravidel přenosu reprodukčního materiálu douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) z USA a Kanady. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 21 s.
- BINKLEY D. 1986. Forest nutrition management. New York, Wiley: 290 s.
- BLAŠČÁK V. 2003. Zkušenosti s pěstováním douglasky tisolisté na LS Vodňany. *Lesu zdar*, (9/12): 10–11.
- ČSN 48 2115. 2012. Sadební materiál lesních dřevin. Praha, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví: 23 s.
- DOLEJSKÝ V. 2000. Najde douglaska větší uplatnění v našich lesích? *Lesnická práce*, 79 (11/00): 292–294.
- GRUFFMAN L. 2013. Nitrogen nutrition and biomass distribution in conifers aspects of organic and inorganic nitrogen acquisition. Umeå, Swedish University of Agricultural Sciences: 47 s. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*.
- HARTMANN H.T., KESTER D.E. 1975. Plant propagation: principles and practices. Englewood Cliffs, Prentice-Hall: 662 s.
- HAWKINS B.J., HENRY G., KIISKILA S.B.R. 1998. Biomass and nutrient allocation in Douglas-fir and amabilis fir seedlings: influence of growth rate and nutrition. *Tree Physiology*, 18 (12): 803–810.
- HERSHEY D.R. 1991. Acidity and basicity of fertilizers. *Journal of Chemical Education*, 68 (8): 642. DOI: 10.1021/ed068p642
- KAMMINGA-VAN WIJK C., PRINS H.B.A. 1993. The kinetics of NH_4^+ and NO_3^- – uptake by Douglas fir from single N-solutions and from solutions containing both NH_4^+ and NO_3^- . *Plant and Soil*, 151 (1): 91–96. DOI: 10.1007/BF00010789
- KANTOR P. 2008. Production potential of Douglas fir at mesotrophic sites of Křtiny Training Forest Enterprise. *Journal of Forest Science*, 54 (7): 321–332.
- KHADDURI N. 2013. Using plant growth regulators on red alder and Douglas-fir plugs. *Tree Planters' Notes*, 72–77.
- KIMBALL S.L. 1990. The physiology of tree growth regulators. *Journal of Arboriculture*, 16 (2): 39–41.
- KUČERA A. et al. 2017. Revitalizace ekosystémových jednotek s využitím ekologických přístupů na stanovištích v minulosti antropogenně ovlivňovaných lokalit a extrémních lokalit současnosti. Postupová výzkumná zpráva projektu QJ1320040. Brno, Mendelova univerzita v Brně: 189 s.
- LUPKE B. von 1981. Besserer Kulturerfolg bei Douglasien nach Unterscheiden in der Baumschule. *Forstarchiv*, 52: 10–13.
- MAUER O., PALÁTOVÁ E. 2012. Root system development in Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) on fertile sites. *Journal of Forest Science*, 58 (9): 400–409.
- NZOKOU P., NIKIEMA P. 2008. The influence of three plant growth regulators on susceptibility to cold injury following warm winter spells in Fraser fir [*Abies fraseri* (Pursh) Poir] and Colorado Blue Spruce (*Picea pungens*). *HortScience*, 43 (3): 742–746.
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J. 2008. Půdotvorná role významných introdukovaných jehličnanů – douglasky tisolisté, jedle obrovské a borovice vejmutovky. *Zprávy lesnického výzkumu*, 53: 29–36.
- POLENO Z., VACEK S. et al. 2009. Pěstování lesů III. Praktické postupy pěstování lesů. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 951 s.
- RADWAN M.A., CROUCH G.L., WARD H.S. 1971. Nursery fertilization of Douglas-fir seedlings with different forms of nitrogen. Portland, Pacific Northwest Forest and Range Experimental Station: 1 v. USDA Forest Service Research Paper PNW-113.
- RADWAN M.A., BRIX H. 1986. Nutrition of Douglas-fir. In: Oliver, Ch.D. et al. (eds): Douglas-fir: stand management for the future. Proceedings of a symposium held at the University of Washington, June 18–20, 1985. Seattle: 177–188.
- SEABY D.A., SELBY C. 1990. Enhanced seedling root development in 8 conifer species induced by naphthalene acetic-acid. *Forestry*, 63 (2): 197–207.
- SIMPSON D.G. 1986. Auxin stimulates lateral root formation in container grown interior Douglas-fir seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*, 16: 1135–1139.
- SLODIČÁK M., NOVÁK J., MAUER O., PODRÁZSKÝ V. et al. 2014. Pěstební postupy při zavádění douglasky tisolisté do porostních směsí v podmínkách ČR. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 272 s.
- SLODIČÁK M., NOVÁK J. 2015. Douglaska tisolistá – „smrk“ pro lesy s nedostatkem srážek. *Zemědělec*, 26. 1. 2015: 14. Dostupné též na/Available also on: <http://www.slpkrtiny.cz/slp-krtiny/napsali-o-nas/douglaska-tisolista-smrk-pro-lesy-s-nedostatke-a4740225>.
- ŠAVRDA Z., VAVŘÍČEK D. 2014. Hnojivo s potenciačním účinkem na stimulaci růstu plodin. Užité vzor číslo 27010. Praha, Úřad průmyslového vlastnictví.
- ŠINDELÁŘ J. 2003. Aktuální problémy a možnosti pěstování douglasky tisolisté. *Lesnická práce*, 82 (25/03): 14–16.
- VAVŘÍČEK et al. 2016. Revitalizace ekosystémových jednotek s využitím ekologických přístupů na stanovištích v minulosti antropogenně ovlivňovaných lokalit a extrémních lokalit současnosti. Postupová výzkumná zpráva projektu QJ1320040. Brno, Mendelova univerzita v Brně: 142 s.
- Vyhlaška č. 83/1996 Sb. o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů – příloha č. 4: 64–65.
- ZBÍRAL J. 1994. Analýza rostlinného materiálu. Jednotné pracovní postupy. Brno, ÚKZÚZ: 170 s.
- ZBÍRAL J. 2002. Analýza půd I. Jednotné pracovní postupy. Brno, ÚKZÚZ: 197 s.
- ZBÍRAL J., HONSA I., MALÝ S., ČIŽMÁR D. 2004. Analýza půd III. Jednotné pracovní postupy. Brno, ÚKZÚZ: 199 s.

OPPORTUNITIES IN INTENSIFICATION OF DOUGLAS-FIR BAREROOT NURSERY STOCK CULTIVATION USING MINERAL FERTILIZERS WITH PLANT GROWTH REGULATORS AND PHYTOSTIMULANTS

SUMMARY

The presented study deals with possibilities in intensification of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) nursery stock cultivation using (1) Silvamix®R30S, which is combined fertilizer with percentage composition of N-P-K-Mg 10-7-18-7,5 (Tab. 4) with different forms of nitrogen, such as urine formaldehyde, urea and nitrates, and with addition of plant growth regulators (marked as "SR_s"); (2) VERMAKTIV Stimul, which is organic-mineral stimulative preparation, acid-alkaline alcoholic-water extract of the vermicompost, supplemented with amino acids, enzymes, phytostimulants, phytohormones, and other substances (marked as "Verm"); (3) combination of the preceding (marked as "Komb" or "Kombinace"), compared with control measurement without any preparation addition (marked as "K").

Treatments were applied in nursery bed with bareroot seedlings in Hejtmánkovice-Pasa nursery in 2015 on one-year and two-year-old seedlings, to evaluate seasonal effect of single-shot application with reflection of starting position of biometrical parameters, soil and nutrition status (Tab. 1, 2, 3, and 5). The biometrical measurement (aboveground height, weight of shoots, coarse and fine roots and 100 needles) was performed after height differentiation to three categories (marked as "small", "medium" and "high"). Aboveground biomass growth (Fig. 1 and 2) was the most significant in reaction on organic-mineral stimulative preparation (applied alone, as well as combined with combined fertilizer with plant growth regulators). Fine roots development was the most prominent after application of combined fertilizer with plant growth regulators. Aboveground height of one-year-old seedlings was the lowest in K, followed by SR_s, Verm and Komb. Among two-year-old seedlings, the height was the lowest in K and SR_s, followed by Verm and Komb. Among one-year-old seedlings (Fig. 3), the coarse roots are mostly built in SR_s, followed by Verm, while fine roots are mostly abundant in SR_s only in medium and high height categories; in Verm the root development is the weakest. The most favourable root/shoot ratio was in one-year-old seedlings in small category (> 1) in Komb; in general, Verm is notable mainly for development of aboveground biomass when soil is well-saturated by nutrients. Among two-year-old seedlings (Fig. 4), coarse roots were mostly developed in medium and high category in SR_s and Komb, while fine roots were mostly developed in Komb of high category.

Results show perspectives in use of modern technologies in nursery stock production, with regard to proportional optimization of fine roots, as well as total root biomass, after reflection of height differentiation of one-year and two-year-old seedlings. In following studies, perspectives can be regarded in nutrition status assessment and utilization of the planted seedlings in forest stands for reforestation.

Zasláno/Received: 16. 02. 2017

Přijato do tisku/Accepted: 05. 05. 2017