

## VÝVOJ KOŘENOVÝCH SYSTÉMŮ SMRKU ZTEPILÉHO V KULTURÁCH ZALOŽENÝCH KRYTOKOŘENNÝM A PROSTOKOŘENNÝM SADEBNÍM MATERIÁLEM V EXTRÉMNÍCH HORSKÝCH PODMÍNKÁCH

### POST-PLANTING DEVELOPMENT OF ROOT SYSTEMS OF BARE-ROOTED AND CONTAINERIZED NORWAY SPRUCES PLANTED UNDER EXTREME MOUNTAIN CONDITIONS

JAN LEUGNER - ANTONÍN JURÁSEK - JARMILA MARTINCOVÁ

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno

#### ABSTRACT

The potential risk of impaired root expansion from the space of container or plug into surrounding soil exists after planting of containerized plants under extreme climatic and soil conditions of mountain localities. On research plot in the Krkonoše Mts. (Harrachov, 940 m a. s. l.) the growth of bare-rooted plants of Norway spruce (*Picea abies* (L.) KARST.) has been compared to containerized plants. In more concrete terms, the seedlings grown in peat pots (Jiffy pots) and seedlings (plugs) intensively grown in plastic trays in greenhouses have been tested. The development of root systems, namely growth of roots outside the planting hole, was assessed 7 years after planting. Results indicate very good root growth of seedlings grown intensively in nursery greenhouses (plugs) even under extreme conditions of mountain localities. During seven years after planting the plugs drew up the size advance of bare rooted planting stock. A different architecture of root systems among plant types was observed 7 years after planting. In all types of plants, however, a good growth of roots out of original root ball occurred, which is a prerequisite for good performance and stability of stands.

**Klíčová slova:** smrk ztepilý, horské podmínky, kořenový růst, prostokořenný sadební materiál, krytokořenný sadební materiál

**Key words:** Norway spruce, mountain conditions, root growth, bare rooted plants, Jiffy pots, plugs

#### ÚVOD

Odlesněním rozsáhlých ploch došlo k výrazné negativní změně přírodních podmínek. Vzniklé horské holiny se velmi často stávají obtížně zalesnitelnými lokalitami, které kladou zvýšené nároky na kvalitu sadebního materiálu. Jednou z možností, jak zvýšit úspěšnost při zalesňování, je používání krytokořenného sadebního materiálu. V České republice jsou poměrně velké zkušenosti s používáním krytokořenných sazenic pěstovaných v prorůstavých obalech – rašelino-celulózových kelímcích (dále RCK), ve kterých jsou sazenice pouze po relativně krátkou dobu (maximálně 1 rok) zakořeňovány (LOKVENEC 1975, 1990). V současné době se i ve středoevropských podmínkách rychle rozšiřují intenzivní školkařské technologie (WESOŁY 1999). Tyto technologie používají při pěstování semenáčků nebo sazenic řízené prostředí skleníků a speciálních tepelně izolovaných foliových krytů (TINUS, MACDONALD 1979, LANDIS et al. 1993). V těchto zařízeních je komplexním systémem řízeno mikroklima (závlaha, teplotní a světelný režim). Detailně je řešeno i přihnojování. Režim hnojení je dokonale přizpůsoben jednotlivým fázím vývoje rostlin. Sadební materiál je pěstován v obalech, nejčastěji v různých typech neprorůstavých typů obalů – sadbovačů (JURÁSEK 1994). Pro výpěstky z intenzivních školkařských technologií se používá označení „plug“. Tento sadební materiál vykazuje velmi dobrou ujmavost a růst v běžných podmínkách (SZABLA 2004). V současnosti je využíván i pro zales-

ňování exponovaných horských poloh. Dosud však chybí informace o růstu plugů v extrémních klimatických a půdních podmínkách. V těchto podmínkách potenciálně hrozí nebezpečí omezeného rozrůstání kořenů z prostoru obalu do okolního půdního prostředí (LOKVENEC 1990). Problémy s kvalitou kořenových systémů by mohly být jednou z příčin špatného zdravotního stavu nebo odumírání smrkových kultur v extrémních horských podmínkách. Omezené a zejména mělké rozrůstání kořenů na horských lokalitách bylo v podmínkách ČR pozorováno již dříve (MARTINCOVÁ 2004).

Mnoho odborných prací se zabývá porovnáváním krytokořenného a prostokořenného sadebního materiálu z hlediska dalšího růstu založených kultur. Tato srovnání přinášejí velmi nejednoznačné výsledky, což odpovídá velké variabilitě jak použitého sadebního materiálu (a typů pěstebních obalů), tak velké rozdílnosti přírodních podmínek, kam byl vysazován (MENES et al. 1996, TUČEKOVÁ 2004). Mnozí autoři uvádějí zkušenost, že počáteční velikostní rozdíly sadebního materiálu přetrvávají ještě mnoho let po výsadbě. To se týká i porovnání menších krytokořenných semenáčků s většími prostokořennými sazenicemi (ALM 1983, DUDDLES, OWSTON 1990, GARDNER 1982, MATTICE 1982, WOOD 1990). Na druhé straně například BURDETT et al. (1984) uvádějí u některých druhů smrku snížení stíhlostního koeficientu (intenzivním tloušťkovým růstem) krytokořenných semenáčků během 3 let po výsadbě z původních 73 na 43, což odpovídá hodnotě běžné u prostokořenných sazenic. Rozrůstáním kořenových systémů smrku ztepilého

i dalších dřevin se podrobně věnují MAUER et al. (2004, 2008). Jejich sledování je zaměřeno především na rozdíly mezi charakteristikami kořenových systémů poškozených a nepoškozených stromů přibližně stejně starých a stejně vysokých jedinců. Z jejich výsledků jsou patrné výrazné rozdíly v některých charakteristikách kořenových systémů mezi zdravými a poškozenými jedinci.

Cílem našeho experimentu je posouzení, zda sadební materiál z pevných neprorůstáných obalů (plug) je možno bez rizika používat při umělé obnově v horských polohách. V našich pokusech tedy sledujeme růst sadebního materiálu horských populací smrku ztepilého pěstovaného intenzivními skleníkovými technologiemi v porovnání s růstem sadebního materiálu vypěstovaného klasickými postupy (prostokořenné sazenice, klasické krytokořenné sazenice pěstované v prorůstáných rašelino-celulósových kelímcích – RCK). Výzkum se zaměřuje především na problematické aspekty technologie (rozzrůstání kořenových systémů) ve vztahu k extrémním horským polohám.

## MATERIÁL A METODY

V roce 2002 byla založena experimentální výsadba smrku ztepilého na lokalitě Harrachov (HS 501, SLT 6N, nadmořská výška 940 m n. m.) zaměřená na sledování vývoje kořenových systémů prostokořených a krytokořených sazenic v extrémních horských podmínkách. Použit byl sadební materiál krkonošského původu. Na jaře byly vysazeny čtyřleté prostokořenné sazenice (1 + 3) a dvouleté krytokořenné sazenice (plugs) vypěstované intenzivní technologií ve fóliovém krytu (1fk + 1fk). Tyto krytokořenné sazenice byly pěstovány v prvním roce v tabletách Jiffy, následně byly přesazeny do větších plastových sadbovačů. Část prostokořených sazenic byla použita pro osazení do rašelino-celulósových kelímků (RCK) a po zakořenění (po dobu 3 měsíců) v červnu (1 + 3 + 0,5k) vysazena na stejnou lokalitu (obr. 1). Výsadba všech variant byla provedena do jamek o velikosti 35 x 35 cm. Při osazování do obalů byla věnována velká pozornost úpravě kořenů a zabránění vzniku kořenových deformací. Také výsadba byla prováděna pečlivě, s maximálním důrazem na omezení deformací kořenů.

Během 7 let po výsadbě byl průběžně sledován výškový a tloušťkový růst všech vysazených sazenic. Na podzim roku 2008 byla část sazenic (24 ks z varianty) opatrně vyzvednuta pro detailní analýzy kořenových systémů.

### Detailní analýza vzorníků na podzim 2008

Smrky pečlivě vykopané na podzim 2008 (7 let po výsadbě) byly převezeny do výzkumné stanice v Opočně pro podrobné laboratorní hodnocení morfologických charakteristik sadebního materiálu, především pak jeho kořenových systémů. Měření se uskutečnilo v akreditované laboratoři „Školkařská kontrola“, která je součástí Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Výzkumné stanice Opočno. Vizualně byla hodnocena přítomnost významnějších deformací a adventivních kořenů. Stabilita byla dále posuzována pomocí největšího úhlu mezi dvěma sousedními horizontálními kosterními kořeny. Za kosterní kořeny v dalším hodnocení byly považovány takové, jejichž průměr v místě hodnocení činil alespoň 1/10 průměru kořenového krčku.

Rozrůstání horizontálních kořenů mimo prostor původního kořenového balu bylo hodnoceno ve vzdálenosti 5 a 15 cm od svislé osy. Vertikální kosterní kořeny byly hodnoceny v hloubce 5 a 15 cm. Zjišťován byl počet kosterních kořenů a jejich průměry a počítána celková kruhová plocha všech kosterních kořenů rostoucích v jednotlivých vzdálenostech od osy a hloubkách. Ve vzdálenosti 15 cm od kořenového krčku a v hloubce 15 cm byly pak odstríženy přerůstající kořeny a byla zjištěna sušina kořenových systémů v předpokládaném prostoru výsadbové jamky. Odstrížení dlouhých kořenů snížilo chybu způsobenou nemožností vykopání celých nepoškozených kořenových systémů v náročném horském terénu.

Dále byl vypočítán „Index P“, který udává, jak velký je kořenový systém ve vztahu k velikosti nadzemní části. Jde o poměr součtu příčných ploch průřezů ve vzdálenosti 5 cm od osy kmene všech kosterních kořenů (v mm<sup>2</sup>) k výšce nadzemní části (v cm). Čím větší je hodnota Indexu P, tím lepší je poměr vývinu kořenového systému k nadzem-



**Obr. 1.**

Různé typy sadebního materiálu použité pro pokusnou výsadbu v Harrachově (zleva: prostokořenné sazenice, krytokořenné sazenice v neprorůstáných obalech—plugs a prorůstáných obalech - RCK)

Different type of planting stocks use for out-planting on research plot Harrachov (on the left: barerooting plants, plugs, peat pots)

ní části (MAUER et al. 2004). Z důvodů posouzení rozrůstání kořenů z prostoru výsadbových jamek byl proveden výpočet indexu P ve vzdálenosti 15 cm od osy kmene (poměr sumy průřezů kořenů ve vzdálenosti 15 cm ke výšce stromu – označení Index P15).

Statistické hodnocení získaných výsledků bylo prováděno v programu Excel a QC Expert.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

### Růst nadzemních částí

Výškový a tloušťkový růst výsadeb je znázorněn na obrázcích 2 a 3, další znaky včetně statistického hodnocení vzorníků vyzvednutých 7 let po výsadbě jsou uvedeny v tabulce 1.

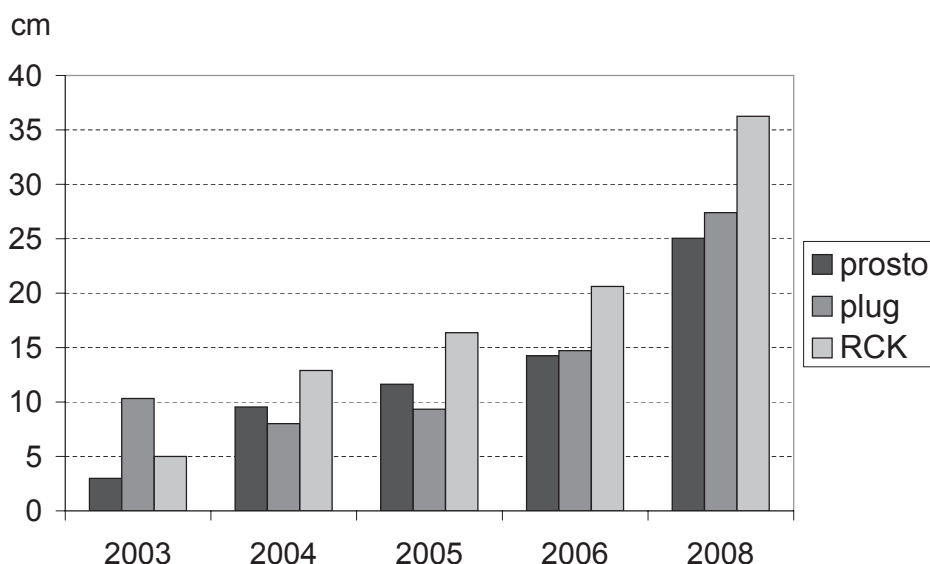
Výsledky ukázaly nejlepší výškový i tloušťkový růst klasických krytokořenných sazenic v RCK. Velmi dobře odrůstaly také dvouleté sazenice vypěstované intenzivní technologií – plugy. Jak je patrné z výškového přírůstu v jednotlivých letech, negativní reakce na přesazení

do extrémních podmínek se u nich projevila později než u ostatních variant a byla poměrně slabá. Díky intenzivnímu růstu po výsadbě se zpočátku výrazně menší plugy během 7 let vyrovnaly prostokořenným sazenicím, a to jak svou výškou, tak tloušťkou kořenového krčku, ale také hmotností nadzemních částí i kořenů (tabulka 1).

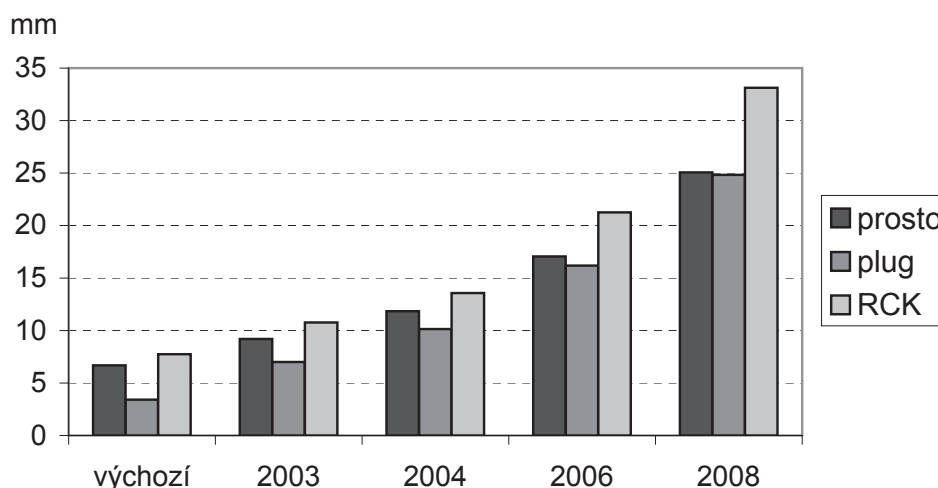
Hodnocení struktury kořenových systémů (tabulka 2) ukázalo, že u krytokořenného sadebního materiálu (plugy, RCK) nedošlo k přednostnímu růstu kořenů v prostoru původních kořenových balů, které by znamenalo nebezpečí vzniku druhotných deformací kořenů. Většina sazenic vytvářela po výsadbě adventivní kořeny, které se intenzivně rozrůstaly do okolního půdního prostoru.

Tyto výsledky potvrzuje i detailní analýza kořenových systémů (tabulka 3). Z těchto analýz je patrné vyšší zastoupení horizontálních kořenů u variant RCK a prostokořenné, zatímco u jedinců pocházejících z plugů byl zaznamenán větší podíl vertikálních kořenů.

Z těchto důvodů byl proveden výpočet indexu P ve vzdálenosti 15 cm od osy kmene (poměr sumy průřezů kořenů ve vzdálenosti 15 cm k výšce stromu – označení Index P 15). Výsledky Indexu P a Index P15 jsou zobrazeny na obrázku 4.



**Obr. 2.** Roční výškový přírůst různých typů sadebního materiálu (průměrné hodnoty celých variant) na experimentální ploše Harrachov  
Height increments of the compared types of planting stock (average of variant) used on research plot Harrachov



**Obr. 3.** Vývoj hodnot průměrné tloušťky v krčku všech jedinců u srovnávaných typů sadebního materiálu na experimentální ploše Harrachov  
Average of diameter of root collar all trees of compared types of planting stocks used on research plot Harrachov

**Tab. 1.**

Základní morfologické znaky vzorníků smrků 7 let po výsadbě na extrémní horskou lokalitu  
Basic morphological traits of sample trees of Norway spruce 7 years after planting on extreme mountain locality

Morfologický znak/Morphological feature		Prostokořenné/Bare-rooted	Plugy/Plugs	RCK/Peat pots
Výška nadzemní části/ Height	(cm)	průměr <sup>1)</sup>	118	150
		Sx <sup>2)</sup>	38,734	43,517
		průkaznost <sup>3)</sup>	a	a
Výškový přírůst 2008/ Height increment	(cm)	průměr <sup>1)</sup>	25	36
		Sx <sup>2)</sup>	14,211	15,476
		průkaznost <sup>3)</sup>	a	a
Průměr kořenového krčku/ Root collar diameter	(mm)	průměr <sup>1)</sup>	25,1	33,1
		Sx <sup>2)</sup>	8,661	9,619
		průkaznost <sup>3)</sup>	a	a
Sušina nadzemní části/ Shoot dry weight	(g)	průměr <sup>1)</sup>	366,3	631,3
		Sx <sup>2)</sup>	267,369	258,704
		průkaznost <sup>3)</sup>	a	a
Sušina kořenů/ Root dry weight	(g)	průměr <sup>1)</sup>	86,9	131,8
		Sx <sup>2)</sup>	55,155	62,814
		průkaznost <sup>3)</sup>	a	a
Poměr sušiny K/N/ Root/shoot dry mass ratio		průměr <sup>1)</sup>	0,26	0,21
		Sx <sup>2)</sup>	0,071	0,107
		průkaznost <sup>3)</sup>	a	a
Počet/Number	(ks)	23	25	24

<sup>1)</sup>mean, <sup>2)</sup>standard deviation, <sup>3)</sup>Different letters in rows (treatments) indicate statistically significant differences at  $\alpha = 0.05$  level

**Tab. 2.**

Charakteristiky stability kořenových systémů vyzvednutých vzorníků  
Characteristic of stability of root systems of sample trees

Podíl sazenic/Share of planting stock (%)	Adventivní kořeny/ Adventitious roots		Maximální úhel mezi dvěma sousedními kosterními kořeny/Maximal angle between two neighbouring skeletal roots			Počet sazenic (ks)/ Number of plants (pcs)
	Ano/Yes	Ne/No	>= 180°	< 180°	nejsou/none	
Prostokořenné/ Barerooted	95,5	4,5	22	78	0	23
Plugy/Plugs	84,0	16,0	40	52	8	25
RCK/Peat pots	100,0	0,0	25	75	0	24

Výsledky hodnocení velikosti kořenového systému pomocí Indexu P a Indexu P15 potvrdily rozdíly mezi jednotlivými variantami, které jsou pravděpodobně způsobeny pěstební technologií při pěstování ve školce. Vyšší hodnoty Indexu P15 u varianty „plug“ naznačují bezproblémové rozrůstání kořenů mimo původní prostor výsadbové jamky.

Z výsledků našeho experimentu porovnávaného růst sadebního materiálu ze skleníkových technologií (plugů) se sadebním materiálem pěstovaným klasickými technologiemi tedy vyplývá, že nebyly zjištěny vážnější problémy s růstem sadebního materiálu z intenzivních technologií na extrémních horských holinách. I když si tento sadební materiál udržoval po řadu let určitá specifika (sadební materiál tohoto typu má v prvních letech po výsadbě nižší mrazuodolnost (MARTIN-

COVÁ 1990), neobjevily se vážnější anomálie růstu v porovnání s klasicky pěstovaným sadebním materiálem. Sedm let po výsadbě „plugy“ intenzivnějším růstem vyrovnaly velikostní předstih prostokořenného sadebního materiálu. Klasicky pěstovaný krytokořenný sadební materiál v RCK si po sedmiletém období od výsadby zachoval dobrou růstovou dynamiku a ve všech morfologických parametrech nadzemní části byl statisticky průkazně větší než zbývající dvě varianty experimentu. Mimo jiné se tím potvrdily výsledky, které zaznamenali BURDETT et al. (1984) o velmi intenzivním tloušťkovém růstu krytokořenných semenáčků smrku.

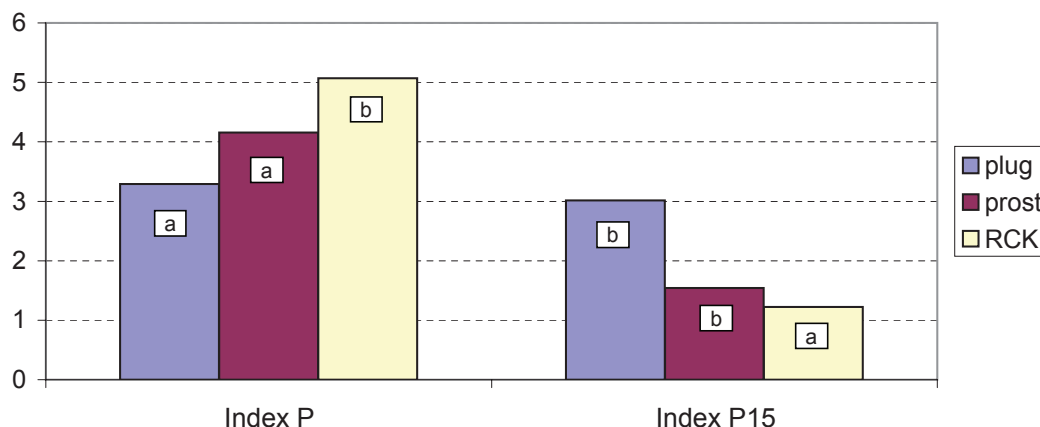
Relativně málo informací je k dispozici v problematice rozvoje kořenového systému. Například MAUER (2004) upozorňuje na nebezpečí vzniku druhotných deformací při velkém rozdílu v chemickém složení

**Tab. 3.**

Detailní analýza kořenových systémů vzorníků  
Detail analyses of root systems of sample trees

Hodnocený znak/Morphological feature			Plug/Plugs	Prostokořenné/ Barerooted	RCK/Peat pots
Horizontální kosterní kořeny/ Horizontal skeletal roots	Počet kořenů ve vzdálenosti od osy/ No. of roots in distance from stem	5 cm	4,4 a	7,1 b	7,7 b
		15 cm	4,2 a	6,9 b	7,4 b
Horizontální kořeny/ Horizontal skeletal roots	Suma kruhové plochy kořenů (mm <sup>2</sup> ) ve vzdálenosti od osy/Sum of circular plots of roots in distance from stem:	5 cm	283,4 a	413,8 ab	650,4 b
		15 cm	115,9 a	134,0 a	215,4 a
Vertikální kořeny/ Vertical roots	Počet kořenů v hloubce/ No. of roots at depth	5 cm	3,3 b	1,9 a	2,1 a
		15 cm	2,6 a	1,7 a	1,7 a
Vertikální kořeny/ Vertical roots	Suma kruhové plochy kořenů (mm <sup>2</sup> ) v hloubce/ Sum of circular plots of roots at depth:	5 cm	199,0 a	122,0 a	174,3 a
		15 cm	46,1 a	23,2 a	30,6 a
<b>Index P</b>			<b>3,3 a</b>	<b>4,2 a</b>	<b>5,1 b</b>
<b>Index P15</b>			<b>3.0 b</b>	<b>1.5 ab</b>	<b>1.2 a</b>
Počet hodnocených sazenic/No. of planting stocks			25	23	24

Zjištěné signifikantní rozdíly mezi variantami jsou uvedeny v tabulce jednotlivých charakteristik (odlišná písmena ukazují rozdíly signifikantní na 5% hladině významnosti)./Different letters in rows (treatments) indicate statistically significant differences at  $\alpha = 0.05$  level



**Obr. 4.**

Hodnoty Indexu P a P 15 vzorníků (Odlišná písmena ukazují rozdíly signifikantní na 5% hladině významnosti.)

Parameters of „Index P“ and Index P15“ of sample trees (The letters in rows (treatments) indicate statistically significant differences at  $\alpha = 0.05$  level)

balů krytokořenného sadebního materiálu a okolní půdy. Na základě detailního hodnocení našeho experimentu lze konstatovat, že kořenové systémy jednotlivých variant pokusu se výrazně lišily. Z výsledků je zřejmé, že odlišná architektura kořenových systémů je 7 let po výsadbě výrazně ovlivněna technologií pěstování sadebního materiálu ve školce. U krytokořenného sadebního materiálu pěstovaného v RCK byla zjištěna signifikantně vyšší suma kruhové plochy kořenů ve vzdálenosti 5 cm od osy kmene (viz tab. 3), která souvisí s technologickým postupem, kdy jsou RCK osazovány vyspělými prostokořennými sazenicemi (před osazením je kořenový systém krácen pro zamezení deformací kořenového systému).

Z analýz kořenových systémů je dále zřejmé, že výsledky většiny sledovaných charakteristik jsou srovnatelné pro varianty „plug“ a „prostokořenné“. Statisticky významné rozdíly vůči zbývajícím dvěma variantám byly zaznamenány u varianty „RCK“ (viz tab. 2 a 3). Rozdíly v morfologii kořenových systémů jsou tedy v souladu s růstem nadzemních částí stromů. Jedinci vypěstovaní v RCK mají více

horizontálních kořenů, které mají větší tloušťku než varianta „plug“, u které byl naopak zjištěn větší počet vertikálních kořenů. Větší objem nadzemní části (téměř dvojnásobný objem nadzemních částí u RCK – způsobený technologií pěstování – osazování kelímků vyspělými sazenicemi) měla u varianty RCK za následek nejméně příznivý poměr sušiny nadzemních částí ku kořenovému systému.

Zjištěné parametry „Index P“ (viz obr. 3), který udává, jak velký je kořenový systém k velikosti nadzemní části, jsou srovnatelné s výsledky publikovanými MAUEREM et al. (2008), kteří zjistili v 10letém porostu z oblasti Krkonoš Index P v rozpětí (3,67 – 5,62). Z pohledu budoucí stability jedinců (a celých porostů) je důležitý „Index P15“, který naznačuje velikost kořenového systému mimo prostor původní výsadbové jamky. Za významný výsledek zjištěný v rámci našeho experimentu považujeme to, že hodnota tohoto indexu byla největší u „plugů“. Z tohoto zjištění se tedy dá odvodit, že u této varianty dochází k relativně velmi dobrému a bezproblémovému růstu kořenů z prostoru původního kořenového balu do okolí.

## ZÁVĚR

Výsledky pokusů ukázaly velmi dobrý růst krytokořeného sadebního materiálu vypěstovaného ve školce intenzivními postupy ve fóliových krytech (tzv. „plugů“) i v extrémnějších podmínkách horských lokalit.

Nezbytným předpokladem úspěšného použití tohoto sadebního materiálu je dodržení komplexní technologie pěstování ve školce (vhodný biologicky ověřený typ pěstební obalu, kvalitní „vzduchový polštář“, vyvážená výživa...) a vyloučení druhotných deformací kořenového systému správnou výsadbou při výsadbě na stanoviště. Poznatky o rozrůstání kořenových systémů v nepříznivém půdním prostředí neukázaly větší problémy s rozrůstáním kořenů z plugů mimo původní bal. Na stanovištích umožňujících využití těchto velikostních kategorií sadebního materiálu by tyto výpěstky mohly výrazně přispět ke zvýšení úspěšnosti umělé obnovy lesa.

### Poděkování:

Poznatky byly získány v souvislosti s řešením výzkumného záměru MZE č. 002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“.

## LITERATURA

- ALM A. A. 1983. Black and white spruce plantings in Minnesota: Container vs bareroot stock and fall vs spring planting. *For. Chron.*, 59/4: 189-191.
- BURDETT A. N., HERRING L. J., THOMPSON C. F. 1984. Early growth of planted spruce. *Canad. J. For. Res.*, 14: 644-651.
- DUDDLES R. E., OWSTON P. W. 1990. Performance of conifer stocktypes on national forests in the Oregon and Washington Coast Ranges. In: Rose R., Campbell S. J., Landis T. D. (eds.): *Target Seedling Symposium. Proc., Comb. Meet. West. For. Nursery Assoc.* August 13-17, 1990. Rosenberg, Oregon. Gen. Techn. Rep. RM-200. Fort Collins (Colorado), Rocky Mount. For. and Range Exp. Stat.: 263-68.
- GARDNER A. C. 1982. Field performance of containerized seedlings in interior British Columbia. In: Scarrat J. B., Glerum C., Plexman C. A. (eds.): *Proc. Canadian Containerized Tree Seedling Symp.* Toronto, ON., Sep. 14 – 16, 1981. Gt. Lakes For. Res. Cent., Sault Ste. Marie.: 321-330.
- JURÁSEK A. 1994. Netradiční způsoby pěstování sadebního materiálu lesních dřevin. In: *Nové směry v pěstování a ochraně sadebního materiálu ve školkách.* Sborník referátů z celostátního odborného semináře. Opočno, 26. a 27. 10. 1994. Opočno, VÚLHM-VS: 39-54.
- LANDIS T. D., TINUS R. W., McDONALD S.C.E., BARNETT J. P. 1993. *The Container Tree Nursery Manual. Volume 2. Containers and Growing Media.* Washington, D.C., U.S. Department of Agriculture: 87 s.
- LOKVENEC T. 1975. Vliv nadmořské výšky na růst smrku (*Picea excelsa* LINK) v juvenilním stadiu. *Opera corcontica*, 12: 91-107.
- LOKVENEC T. 1990. Poznatky se zaváděním obalené sadby, zejména typu Jiffy pots v ČR. In: *Technika obalované sadby. Mezinárodní konference Jiffy Research and Service.* Špindlerův Mlýn 18. – 19. 9. 1990. Hradec Králové, Východočeské státní lesy: 9 s.
- MARTINCOVÁ J. 2004. Zkušenosti s použitím krytokořeného sadebního materiálu smrku v horských oblastech. In: *Možnosti použití sadebního materiálu z intenzivních školkařských technologií pro obnovu lesa.* Sborník z mezinárodního semináře. Opočno, 3. a 4. 6. 2004. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 49-56. ISBN 80-86386-51-1.
- MATTICE C. R. 1982. Comparative field performance of paperpot and bare-root planting stock in northeastern Ontario. In: Scarrat J. B., Glerum C., Plexman C. A. (eds.): *Proc. Canadian Containerized Tree Seedlings Symp.* Toronto, ON, Sep. 14-16, 1981. Sault Ste. Marie, Great Lakes For. Res. Cent.: 321-330.
- MAUER O. 2004. Deformace kořenového systému a stabilita lesních porostů. In: *Možnosti použití sadebního materiálu z intenzivních školkařských technologií pro obnovu lesa.* Sborník z mezinárodního semináře. Opočno, 3. a 4. 6. 2004. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 22-26.
- MENES P. A., ODLUM K. D., PATERSON J. M. 1996. Comparative performance of bareroot and container-grown seedlings: an annotated bibliography. *Forest Research Information Paper No. 132.* Sault Ste. Marie, Ontario Forest Research Institute: 151 s.
- SZABLA K. 2004. Ekonomiczne uwarunkowania produkcji sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym w szkołkach kontenerowych. In: *Sborník z mezinárodního semináře.* Opočno, 3. a 4. 6. 2004. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 74-79.
- TINUS R. W., McDONALD S. E. 1979. How to grow tree seedlings in containers in greenhouses. *USDA Forest Service General Technical Report RM 60:* 225 s.
- TUČEKOVÁ A. 2004. Výsledky zalesňovania imisných holin voľnokorennými a obalenými sadenicami. *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, 50/1: 17-39.
- WESOŁY W. 1999. Seedlings' production with covered root system in Polish nurseries. In: *Sborník referátů z mezinárodní konference.* Trutnov, 26. – 28. 5. 1999. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita: 87-90.
- WOOD J. E. 1990. Black spruce and jack pine plantation performance in boreal Ontario: 10-year results. *North. J. Appl. For.*, 7/4: 175-179.

## POST-PLANTING DEVELOPMENT OF ROOT SYSTEMS OF BARE-ROOTED AND CONTAINERIZED NORWAY SPRUCES PLANTED UNDER EXTREME MOUNTAIN CONDITIONS

### SUMMARY

After planting of containerized plants of Norway spruce (*Picea abies* (L.) KARST.) to extreme mountain climatic and soil conditions there is a risk of an impaired root growth out of space of a container into surrounding soil. Therefore, the growth of bare-rooted plants of Norway spruce has been compared to containerized plants on a research plot in the Krkonoše Mts. (Harrachov, 940 m a. s. l.). In more concrete terms, the seedlings grown in peat pots (Jiffy pots) and seedlings intensively grown in trays in greenhouses (plugs) have been tested. The development of root systems, namely growth of roots outside the original planting hole, was assessed 7 years after planting.

Results showed the best height and diameter growth of common containerized plants (Jiffy pots). Nonetheless, the two-year-old plugs produced by an intensive way also grew very well (Fig. 2, 3). Initially noticeably smaller plugs overgrew bare-rooted plants in height, root collar diameter and in root and shoot mass in the course of 7 years after planting (Table 1). No preferential root growth in space of original root balls, that means no risk of secondary root deformations, occurred.

Most of the plants formed adventitious roots after planting which intensively grew to surrounding soil (Table 2).

Significantly greater sum of root cross-sectional areas of roots in the distance of 5 cm from stem axis occurred in plants in Jiffy pots (Table 3). It is related to the way of cultivation when bare-rooted plants with shortened roots (because of prevention of root deformation) are planted into Jiffy pots. On the other hand higher number of vertical roots occurred in plugs.

Index P15 was calculated for quantification of roots growing out of planting hole. It represents the ratio of plots of crosswise root cuts in the distance of 15 cm from stem axis.

Our study did not show any indications of an impaired root expansion from plugs into surroundings even in harsh soil environment of a mountain site. On localities where the use of this plant-size category is acceptable, the plugs can contribute to an increased success of artificial regeneration.

Recenzováno

---

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Jan Leugner, Ph.D., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.  
Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika  
tel.: 494 668 391-2; e-mail: leugner@vulhmop.cz