



Výsledky výzkumu douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* / Mirb./ Franco) v České republice a na Slovensku – přehled

Results of the research of Douglas-fir in the Czech Republic and Slovakia: a review

Jiří Kubeček^{1*}, Igor Štefančík^{1, 2}, Vilém Podrázský¹, Roman Longauer^{2, 3}

¹Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 129, CZ – 165 21, Praha 6 – Suchbát, Česká republika

²Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 2175/22, SK – 960 92 Zvolen, Slovenská republika

³Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Zemědělská 3, CZ – 613 00 Brno, Česká republika

Abstract

The paper summarises the results concerning the effects of cultivation of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* / Mirb./ Franco), especially in the last decades, on the intensity of production as well as non-production forest functions in the conditions of the Czech Republic and Slovak Republics. It analyses the research outcomes from the point of volume and value production in comparison with other native tree species, from the point of species effects on the soil and on the ground vegetation diversity, and from the point of stability and cultivation in the last period. The main aim was to compare this species with Norway spruce, which can be replaced by Douglas fir in suitable conditions. Douglas fir can have a favourable impact on the amount and the value of timber production, as well as on the soil and the biodiversity of ground vegetation. The stability of forest stands can also be considerably supported in this way. Hence, Douglas-fir represents a suitable alternative to Norway spruce at lower and middle altitudes and it can contribute to greater competitiveness of the Czech as well as Slovak forestry.

Keywords: Douglas-fir; Czech Republic; Slovak Republic; growth; effect on soil; effect on herb layer; economics

Abstrakt

Príspevok shrnuje poznatky o vplyvu pestovania douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* / Mirb./ Franco), predovšetkým z posledných desaťročí, na plnení produkčných a mimoprodukčných funkcií lesov v podmienkach Českej a Slovenskej republiky. Analyzuje výsledky výskumu z hľadiska srovnania objemovej i hodnotovej produkcie s ostatnými domácimi drevinami, z hľadiska vplyvu na pôdu a spoločenstva prízemnej vegetácie i z hľadiska aspektu stability a pestovania z posledného obdobia. Cieľom príspevku je zhodnotenie potenciálu využitia douglasky v českém a slovenském lesní hospodárstve a ďalej zejména zhodnotenie možnosti náhrady zatiaľ dominantního smrku ztepilého douglaskou tisolistou a posouzení dopadu tohoto procesu na produkci lesních porostů, stav lesních půd a diverzitu lesních společenstev, stejně tak i formulace potřebných směrů dalšího výzkumu a praktického využívání douglasky tisolisté v českých a slovenských podmínkách. Také stabilita porostů může být tímto procesem výrazně podpořena. Douglaska tak představuje vhodnou náhradu za smrk v nižších a středních polohách a může přispět k vyšší konkurenceschopnosti českého a slovenského lesního hospodářství.

Klíčová slova: douglaska; Česká republika; Slovensko; růst; vliv na půdy; vliv na přízemní vegetaci; ekonomika

1. Úvod

Introdukce představuje lesnické opatření, které má v celosvětovém měřítku zvýšit produkci lesov, stabilitu lesních porostů a bezpečnost produkce. Stejně tak je zaměřena v jednotlivých případech na zvýšení plnění specifických funkcí lesov. Je využívána v nejrozličnějších geografických i stanovištních, jakož i antropogenně pozměněných podmínkách. Tyto aspekty bývají zdůrazňovány i v případě předpokládané klimatické změny ve světle dokládáných klimatických extrémů v antropogenně ovlivněné biosféře. Výzkum introdukovaných dřevin je v první řadě zaměřen na vyhodnocení jejich produkce a provozních aspektů pěstování, méně již na jejich environmentální funkce (Carter & Lowe 1986; Grier & MacColl 1971; Jussy et al. 2000; Knoep & Swank 1997; Konnert & Ruetz 2006; Sicard et al. 2006; Sverdrup et al. 2006; Turpault et al. 2005; Turpault et al. 2007). Lesnický výzkum stanovil pro Českou republiku jako optimální podíl

produkčně významných exot hodnotu 7 % (Beran & Šindelář 1996), třebaže jejich větší využití musí v našich podmínkách překonávat řadu překážek. Mezi uvedenými dřevinami zaujímá nejvýznamnější místo ve světovém, evropském, ale potenciálně i českém a slovenském měřítku douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii* / Mirb./ Franco), introdukovaná do Evropy v roce 1827 (Holubčík 1968). Je uvažována jako jedna z komerčně nejvýznamnějších dřevin světa s rozsáhlým přirozeným areálem v Severní Americe i s úspěšnými výsadbami po celém světě (Evropa, Argentina, Nový Zéland, Írán aj.). Prospívá díky své značné ekovalenci v nejrozličnějším prostředí a tvoří zde stabilní porosty (Larson 2010). Například ve Francii patří k nejdůležitějším hospodářským dřevinám využívaným k zalesňování a obnově lesa ve druhé polovině 20. století, roste zde na více než 400 tis. ha s roční výsadbou kolem 5 mil. sazenic (Ferron & Douglas 2010). Podobná situace je pak ve většině zemí západní Evropy.

*Corresponding author. Jiří Kubeček, e-mail: kubecek@fd.czu.cz

Také na území bývalého Československa byla této dřevině věnována značná pozornost, zejména v minulém období a ze strany soukromých vlastníků lesa, na druhé straně se především v posledních desetiletích setkává s odporem orgánů státní správy a environmentalistických organizací, podobně jako jiné introdukované dřeviny (Podrázský et al. 2009a; 2013b, c, d; Ťavoda 2007; Ťavoda & Lengyelová 1996). V posledních dekádách klesaly roční výsadby douglasky, na druhé straně roste střední věk porostů a výrazně pak jejich zásoba (Kouba & Zahradník 2011; Podrázský et al. 2013c). Plocha porostů douglasky tak dosahuje v současné době v českých zemích kolem 5 600 ha (Podrázský et al. 2013a,c). Na Slovensku roste na ploše 1 300 ha jako součást zhruba 130 většinou smíšených porostů, jejichž dnešní věk je odhadován na 103–123 let (Ťavoda & Lengyelová 1998; Ťavoda 2007; Šmidriak 2010). Podle Chlepka et al. (1996) jsou na Slovensku pro douglasku optimální stanoviště v nadmořských výškách 300 až 800 m ve 3. dubo-bukovém až 4. bukovém lesním vegetačním stupni, a také vlhčí stanoviště 2. buko-dubového lesního vegetačního stupně. Limitní je pro ni roční úhrn srážek alespoň 600 mm. V obou uvažovaných zemích jsou další výsadby dosti omezené, přes velký zájem praxe.

I v českých a slovenských poměrech je tedy douglaska dlouhodobě považována za jednu z nejperspektivnějších dřevin (Hofman 1964; Petráš & Mecko 2008; Podrázský et al. 2009a; Ťavoda 2007). Ve druhé polovině minulého století bylo založeno i několik provenienčních pokusů ke studiu proměnlivosti této dřeviny, které pak prokázaly značný význam výběru místa původu a značnou endogenní variabilitu douglasky. Jsou potvrzeny regiony, odkud lze odebírat osivo z původního areálu s nejvyšší pravděpodobností úspěchu následných výsadeb (Beran 1993, 1995; Cafourek 2006; Hofman et al. 1964; Šika 1974, 1975, 1985; Šika & Heger 1972; Šika & Páv 1990; Ťavoda & Krajňáková 1993; Ťavoda & Lengyelová 1998). Na této bázi pak může nadále pokračovat úspěšná introdukce a šlechtění (Martiník & Palátová 2012).

Cílem předkládaného souhrnu dosavadních poznatků je zhodnocení potenciálu využití douglasky v českém a slovenském lesním hospodářství a dále zejména zhodnocení možnosti náhrady zatím dominantního smrku ztepilého douglaskou tisolistou a posouzení dopadu tohoto procesu na produkci lesních porostů, stav lesních půd a diverzitu lesních společenstev, stejně tak i formulace potřebných směrů dalšího výzkumu a praktického využívání douglasky tisoliste v českých a slovenských podmínkách.

2. Produkce a růst douglasky

V posledním období, zhruba od počátku milénia, opětovně vzrostl zájem o douglasku, a to jak z hlediska produkce cenného dříví, tak i z hlediska stabilizace lesních porostů. K důvodům této změny patří jednak vyšší zájem o ekonomiku lesního hospodářství a dále problémy, které se začínají projevovat v oblasti vitality a stability porostů smrku ztepilého zejména v nižších polohách (Podrázský et al. 2013d). Pěstování smrku je považováno za příčinu snížené stability lesních porostů a poklesu biodiverzity lesů ve značné části Evropy (Augusto & Dupouey & Ranger 2003; Máliš et al.

2010). Vliv smrku je doložen jako rostoucí s dobou uplynulou od změny druhové skladby (Hadač & Sofron 1980) a byl dokumentován v řadě studií v českém a slovenském prostoru (Ambros 1990; Poleno 2001; Šomšák 2003; Šomšák & Balkovič 2002). Do jisté míry sleduje rozdíly mezi přirozenými bukovými a smrkovými porosty (Vacek & Matějka 2010). Náhrada dřevin přirozené druhové skladby smrkem je rovněž považována za příčinu rozsáhlé acidifikace lesních půd (Oulehle & Hruška 2005). Největší pozornost byla vždy věnována produkční funkci douglasky. V současné době bylo navázáno na starší práce, které dokládaly vhodnost této dřeviny a její produkční schopnosti (Beran & Šindelář 1996; Hofman 1964; Pagan 1999; Šindelář 2003). Rovněž novější studie potvrdily výrazné zvýšení produkce porostů při zavedení douglasky do porostních směsí. Kantor et al. (2001a, b) například doložili v porostech středního věku (68 let, ve směsi s dalšími 6 dřevinami (BO, MD, DB, BK, HB, LP) dominantní produkční pozici douglasky. V daném věku činil objem jednotlivých stromů až 2,9 m³, ve věku 100 let lze očekávat objem jednoho stromu až 6 m³. Doporučují příměs douglasky ve výši 10–30 %.

Při podrobnější růstové analýze 29 dospělých smíšených porostů ve věku 85 až 136 let na živných stanovištích ŠLP Křtiny studoval Kantor (2008) parametry 10 nejvzrůstlejších smrkových a douglaskových jedinců v jednotlivých porostech s jednoznačnou převahou douglasky. Ta dosahovala dvou až trojnásobného objemu jednotlivých stromů. Například v jednom případě dosahoval střední objem 10 nejvyspělejších jedinců v porostu hodnoty 9,12 m³ u douglasky, 3,17 m³ u smrku a 3,70 m³ u modřínu. Letokruhové analýzy umožnily odvodit roční objemový přírůst jednoho kmene ve výši 0,12 až 0,16 m³, což může dosáhnout až hodnoty 1,5 m³ u jedince během 10 let.

Na stejném pracovišti byla studována produkční role douglasky na kyselých stanovištích ŠP Hůrky písecké lesnické školy, za využití stejné metodiky (Kantor & Mareš 2009). Celkově bylo analyzováno 17 smíšených porostů s výrazným zastoupením douglasky ve věku 88 až 121 let. Při srovnání 10 nejvyspělejších stromů v porostu u douglasky, smrku, borovice lesní a modřínu byl prokázán jednoznačně nejvyšší produkční potenciál u douglasky, a to ve zhruba stejném poměru jako v předešlém případě. Například v jednom ze sledovaných porostů byl střední objem 10 nejvzrůstlejších stromů douglasky 6,30 m³, naproti tomu u smrku 1,93 m³, a 2,25 m³ u modřínu. Objemový přírůst na základě letokruhových analýz byl pro jednotlivé stromy určen ve výši 0,06 až 0,10 m³.rok⁻¹.

Martiník & Kantor (2007, 2009) analyzovali nadzemní biomasu douglasky ve dvou porostech středního věku (69 a 75 let) na bohatých stanovištích (SLT 3B) na území ŠLP Křtiny z hlediska množství a ve druhém případě i obsahu živin. Doložili zásadní význam pozice stromu v porostní struktuře pro růstové parametry, utváření asimilačního aparátu a poutání živin nadzemními složkami biomasy. Jako výrazné riziko pro pěstování douglasky hodnotili její schopnost čerpat živiny z půdního prostředí ve vysoké míře, což při neuváženém odběru biomasy může vést k ochuzení stanoviště. Jako prevenci doporučili pěstování této dřeviny ve směsi se stanovištně původními dřevinami a ponechání maxima nevyužitelné biomasy po těžbě na místě.

Značný produkční potenciál této dřeviny byl doložen i na ŠLP Kostelec nad Černými lesy. Douglaska je zde vysazována od 80. let 19. století, dnes zde roste na ploše zhruba 10,5 ha. Nejstarší studovaný porost je charakterizován nadmořskou výškou 410 m n. m., průměrnými ročními srážkami 650 mm a průměrnou roční teplotou 8 °C. Zásoba byla stanovena ve věku 97 let. Podle zastoupení smrku a douglasky kolísala zásoba porostu na trvalých výzkumných plochách mezi 830 až 1 030 m³.ha⁻¹, přičemž douglaska představovala 14 – 30 % počtu zastoupení jedinců, 32,4 – 42,4 % výčetní kruhové základny a 36,6 až 58,3 % zásoby. Po chemické přípravě dosahoval počet jedinců zmlazení 16 – 31 tis. jedinců na 1 ha, v dosud zapojeném porostu však zmlazení rychle mizí (Remeš & Podrázský & Hart 2006; Remeš & Pulkrab & Tauchman 2010).

Další porost reprezentuje změnu od porostu stanovištně původních dřevin (DB, HB, LP) ve věku 69 let k monokulturám smrku (61 let) a douglasky (45 let) na stanovišti charakterizovaném SLT 3K (420 m n. m., 8,5 °C, 550 – 650 mm, luvizemě). Zásoba v tomto případě činila 266 m³.ha⁻¹ pro listnáče, 507 m³.ha⁻¹ pro smrk a pro nejmladší douglasku 579 m³.ha⁻¹. Průměrný roční přírůst byl určen ve výši 4,43 m³.ha⁻¹.rok⁻¹ pro listnáče, 8,45 m³.ha⁻¹.rok⁻¹ pro smrk a 12,87 m³.ha⁻¹.rok⁻¹ pro poslední dřevinu (Podrázský & Remeš 2010; Podrázský et al. 2009a).

Zatím poslední zveřejněná studie dokumentuje produkční (a půdotvornou) funkci porostů různých dřevin na zalesněné zemědělské půdě. Byla srovnávána zásoba porostů smrku, borovice lesní, břízy bělokoré a douglasky ve věku 39 let na stanovišti charakterizovaném nadmořskou výškou 430 m n. m., 7,5 °C průměrné roční teploty a 600 mm ročních srážek, půdní typ byl charakterizován jako oglejená luvizem až pseudoglej. Za těchto podmínek dosáhly hodnoty středních kmenů u borovice 20,6 m výšky a 19,5 cm výčetní tloušťky, analogicky u smrku 20,1 m a 19,5 cm, u břízy 24 m a 21,4 cm a u douglasky 21,6 m a 23,8 cm, což při počtu kmenů 1 408; 1 157; 440 a 928 ks.ha⁻¹ činilo 352,1; 349,4; 157,1 a u douglasky 438,6 m³.ha⁻¹, ta tak představovala jednoznačně nejproduktivnější dřevinu v daných poměrech (Podrázský et al. 2009a, b, 2010).

Při zalesňování zemědělských půd je třeba vždy respektovat vhodnost stanoviště pro jednotlivé dřeviny, jak prokázali například Bartoš & Kacálek (2011). Na jednotlivých plo-

chách tak douglasku může předrůst modřín, v závislosti na vlhkostních a obecně půdních podmínkách. I jejich výsledky doložily minimální rovnocennost růstu douglasky a smrku v prvních letech po výsadbě na různých lokalitách Podorlicka.

Na Slovensku se v 80. letech minulého století věnovala zvýšená pozornost zakládání intenzivních porostů – průmyslových plantáží s cílem dosáhnout při zkráceném obmětí vyšší produkci dřeva, zejména s ohledem na využití v celulózo-papírenském průmyslu (Remiš & Soják 1986; Soják 1991). V této souvislosti bylo založeno několik výzkumných ploch zejména v jižních a západních oblastech Slovenska. Na výzkumné ploše Pribeta na jižním Slovensku, založené ve věku porostu 18 let, v nadmořské výšce 160 m, dosáhla střední výška porostu 19,1 m a střední výčetní tloušťka 21,4 cm ve věku 30 let, průměrný objem kmene s kůrou 0,325 m³, což činilo 74 % objemu celkové stromové biomasy a objem větví dosáhl 15 % z celkové stromové biomasy. Zásoba ve věku 30 let byla 442 m³.ha⁻¹ (s kůrou) a průměrný roční objemový přírůst kmene činil 14,7 m³.ha⁻¹.rok⁻¹. Průměrný objem pařezů a kořenů douglasky dosáhl 11 % z celkové stromové biomasy. Hmotnost jehličí dosahovala v čerstvém stavu 63 tun.ha⁻¹ a v sušině 32 tun.ha⁻¹ (Soják 1991).

Studie zaměřené na srovnání produkce douglasky s hlavními dřevinami dokládají podstatné zvýšení produkční funkce lesních porostů při zavádění této dřeviny do porostní směsi. Jedná se o významné navýšení nejen objemové, ale i hodnotové produkce, a to i při srovnání se smrkem ztepilým jako nejvýznamnější domácí hospodářskou dřevinou.

Při hodnocení produkční funkce douglasky je třeba mít na paměti, že rozdíly mezi jednotlivými dřevinami se mohou dosti výrazně lišit, pokud hodnotíme jednotlivé, například nejvzrůstnější stromy a celé porosty (Koudela 2013). Při studii hodnotící parametry DG a SM na souboru všech porostů daných dřevin na území ŠLP Kostelec nad Černými lesy na různých stanovištích (vodou ovlivněná, kyselá a svěží + bohatá stanoviště) byly dosaženy výsledky, uvedené v tabulce 1.

Například na vodou ovlivněných stanovištích byl objem středního kmene douglasky na úrovni 316 % ve srovnání se smrkem, zatímco zásoba porostu „pouze“ na úrovni 150%. Důvodem je nižší hustota douglaskových porostů, jejich větší světlost a více vyrovnaná produkce na jednotku plochy korunových projekcí. To ještě více zvyšuje význam

Tabulka 1. Parametry jednotlivých stromů a porostů douglasky a smrku ve věku 100 let na území ŠLP Kostelec nad Černými lesy
Table 1. Parameters of individual trees and stands of Douglas fir and Norway spruce at a stand age of 100 years in Training Forest Enterprise Kostelec nad Černými lesy

Dřevina ⁶⁾	Parametr ¹⁾		Tloušťka ²⁾ d _{1,3} [cm]		Výška ³⁾ [m]		Průměrná ⁴⁾ hmotnost [m ³]		Zásoba ⁵⁾ [m ³ .ha ⁻¹]	
	DG ⁷⁾	SM ⁸⁾	DG ⁷⁾	SM ⁸⁾	DG ⁷⁾	SM ⁸⁾	DG ⁷⁾	SM ⁸⁾	DG ⁷⁾	SM ⁸⁾
Vodou ovlivněná stanoviště ⁹⁾										
Počet porostů ¹⁰⁾ : DG 14, SM 359	53,0	33,0	39,4	28,9	3,57	1,13	893,7	653,5		
Procento ¹¹⁾	160	100	136	100	316	100	150	100		
Kyselá stanoviště ¹²⁾										
Počet porostů ¹⁰⁾ : DG 17, SM 658	47,4	32,7	32,0	28,0	2,50	1,10	698,6	631,0		
Procento ¹¹⁾	145	100	114	100	227	100	111	100		
Svěží a bohatá stanoviště ¹³⁾										
Počet porostů ¹⁰⁾ : DG 46, SM 987	50,1	35,3	34,5	29,3	3,20	1,40	768,8	669,8		
Procento ¹¹⁾	142	100	162	100	229	100	115	100		

¹⁾Parameter, ²⁾Diameter at breast height, ³⁾Height, ⁴⁾Average volume, ⁵⁾Growing stock, ⁶⁾Tree species, ⁷⁾Douglas fir, ⁸⁾Norway spruce, ⁹⁾Sites affected by water, ¹⁰⁾Number of stands,

¹¹⁾Percentage, ¹²⁾Acid sites, ¹³⁾Fresh and fertile sites

vhodné příměsi v douglaskových porostech a stanovení optimálního stupně smíšení s jinými dřevinami.

Význam vhodné směsi pro plné pěstební uplatnění douglasky je patrný i na analýze práce Petráše & Mecka (2008). Ti doložili na základě hodnocení modelů růstových tabulek pro nesmíšené porosty jednotlivých dřevin při srovnatelných bonitních ukazatelích o 26–35 % nižší produkci douglasky (objemovou i hodnotovou) ve srovnání se smrkem a jedlí a dokonce o 22 % nižší produkci ve srovnání s bukem. Příčinou je především nižší hustota douglaskových porostů ve srovnání s jinými dřevinami.

Při růstu jednotlivých srovnávaných dřevin na stejném stanovišti a srovnatelného věku však vyplývá na základě výše provedené analýzy výrazně vyšší produkční potenciál (objemový i hodnotový) douglasky, který ještě může být zvýrazněn pěstováním vhodné směsi. Je tedy nezpochybnitelné, že po stránce objemové produkce znamená pěstování douglasky značný přínos.

Ojedinelý je prozatím výzkum hodnotové produkce douglasky. V českých podmínkách je zatím jedinou výraznější publikovanou studií práce Podrázského et al. (2013a). Autoři hodnotili objemovou a hodnotovou produkci na základě údajů LHP na ŠP Hůrky Vyšší odborné školy lesnické a Střední lesnické školy Bedřicha Schwarzenberga v Písku. Byly analyzovány všechny porostní skupiny, ve kterých měla douglaska větší zastoupení než 20 % a které dosahovaly věku vyššího než 30 let. Pro potřeby tohoto srovnání byly vybrány porosty na stanovišti charakterizovaném SLT 3K, celkem se jednalo o zpracování 372 porostních skupin: 92 skupin se zastoupením DG ve věku 30–124 let, buku (130 skupin, 30–160 let), dubu (164 skupin, 34–160 let) a modřínu (120 skupin, 32–160 let). Objem stojící zásoby v $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ v členění podle jednotlivých dřevin a věk byly převzaty z LHP (na r. 2010–2019). Zjištěný objem stojící zásoby analyzovaných dřevin byl upraven na plné zakmenění a na plochu jednoho hektaru, aby mohla být realizována komparace dosahovaného efektu jednotlivých dřevin. Ke studiu průběhu produkčních parametrů byla využita Korfova funkce (Korf 1939). V době kulminace byl běžný hodnotový přírůst douglasky roven hodnotě $26.622 \text{ Kč} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, dubu $19.926 \text{ Kč} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, smrku $19.494 \text{ Kč} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, modřínu $14.427 \text{ Kč} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ a buku $9.360 \text{ Kč} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Průměrný hodnotový přírůst byl pro jednotlivé dřeviny kalkulován ve výši: 13.098 $\text{Kč} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ (DG), 10.698 $\text{Kč} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ (SM), 7.831 $\text{Kč} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ (MD), 7.751 $\text{Kč} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ (DB) a 5.293 $\text{Kč} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ (BK). Přesto, že produkce douglasky byla pro nedostatek reálných dat podceněna (např. ceny sortimentů byly kalkulovány podle SM), byla prokázána nejen objemová, ale i hodnotová produkce DG výrazně vyšší ve srovnání s ostatními sledovanými dřevinami. Výrazná potenciální hodnotová produkce byla doložena i v případě porostů, dosahujících mytní zralosti (Remeš & Pulkrab & Tauchman 2010), smrk dosahoval zhruba 70 % hodnotové produkce douglasky. Také v porostech středního věku byla hodnotová produkce douglasky výrazně vyšší než jiných srovnávaných dřevin. V již výše popisovaném porostu (Podrázský & Remeš 2010; Podrázský et al. 2009a) doložili Remeš et al. (2010) průměrný roční přírůst hodnotový v relativních hodnotách u douglasky 100 %, u smrku ztepilého 66 % a u smíšeného porostu listnáčů 34 %.

3. Zdroje lesního reprodukčního materiálu, šlechtění a výsledky provenienčních pokusů

Dle národních seznamů zdrojů reprodukčního materiálu (www.erma.uhul.cz a www.nlcsk.sk – Kontrola lesního reprodukčního materiálu) bylo v r. 2013 pro reprodukční materiál douglasky kategorie „selektovaný“ v ČR k dispozici 221 uznaných porostů (UP) o redukované výměře 173 ha a na Slovensku 24 uznaných porostů o redukované výměře 35 ha. Uznané porosty fenotypové kategorie A mají v ČR zhruba třetinový a na Slovensku čtvrtinový podíl. Na území ČR jsou uznané porosty i rodičovské stromy rozloženy relativně rovnoměrně, na Slovensku je jich nejvíce v západní, severozápadní a střední části země. O geografickém původu semen použitých na založení starších douglaskových porostů, včetně dnešních uznaných porostů, nevíme téměř nic. Na Slovensku je i u porostů mladších 40 let původ známý jen ve zhruba 20 % případů (Tavoda et al. 1998). V podobných situacích lze k identifikaci provenienční oblasti (původní provenience) v přirozeném areálu douglasky využít izoenzymových genetických markerů (Kluppp 1996).

V ČR je 60 % a na Slovensku 30 % uznaných porostů menších než půl hektaru. Z hlediska genetické kvality a možnosti reprodukce genofondu douglasky je ovšem dle Konnerth & Fussi (2012) důležité, aby uznané porosty douglasky nebyly tvořeny několika polosesterskými potomstvy (skupinami spříbuzněných stromů, křížení kterých vede k vysokým podílům prázdných semen) a aby se semena sbírala z alespoň 20 stromů. Splnitelnost uvedených požadavků je sporná v nejmenších uznaných porostech do 0,20 ha, jichž je v ČR kolem 50. Vzdálenosti mezi stromy v uznaných porostech by také neměly být příliš velké, protože pylová zrna douglasky nemají vzduchové váčky a většinou je vítr od zdrojového stromu rozptýlí jen do vzdálenosti několika desítek metrů (Prat 1995). Dle platné legislativy ČR i SR se musí semeno douglasky a jiných méně častých dřevin v porostech sbírat z minimálně 10 stromů.

Východiskem udržovacího šlechtění douglasky v ČR je 304 a v SR 263 rodičovských stromů. Šindelář & Beran (2004) pro ČR uvádějí 4 klonové sady o ploše 4,37 ha, ve kterých bylo zastoupeno 209 rodičovských stromů. V současnosti jsou uznány pouze dva klonové sady o ploše 2,24 ha. Ve srovnání s borovicí nebo modřínem se semenné sady douglasky vyznačují podstatně nižší plodností (Beran 1990). V ČR bylo v letech 1961–1969 založeno také 8 výsadeb charakteru klonových archivů s 232 klony (Šindelář & Beran 2004) a na Slovensku v r. 1998 archiv se 48 výběrovými stromy (Tavoda et al. 1998). Stejní autoři zmiňují v ČR výsadby polosesterských potomstev 26 stromů z r. 1962 a 1968 v Jilovišti a osmi stromů spolu s 4 proveniencemi v r. 1998 v Mestských lesích Krupina na Slovensku.

Provenienční pokusy slouží na vyhodnocení vnitrodruhové variability v ekologicky a produkčně významných znacích a vlastnostech. U douglasky, jako nepůvodní dřeviny, umožňují identifikovat provenience, resp. zdroje reprodukčního materiálu vhodné pro introdukci do různých podmínek prostředí. Specifický význam má největší mezinárodní provenienční pokus s douglaskou IUFRO 1968, pro který bylo v letech 1966–1967 v přirozeném areálu sesbíráno semeno 184 proveniencí. Semeno bylo poskytnuto 28 evropským

a 12 mimoevropským institucím a založilo se z něho 50 provenienčních pokusných ploch ve 30 státech (Kleinschmit & Bastien, 1992). Z 11 provenienčních ploch založených v bývalém Československu k pokusu IUFRO 1968 náleží 5 ploch v ČR v obvodech bývalých LS Písek, Vlašim, Stranady a Jíloviště a 2 plochy v SR (Slovenská Lupča a Velká Stráž-Zvolen) s 25 proveniencemi. Na Moravě byl ještě v r. 1959 založen pokus s 11 proveniencemi vysazenými na 2 plochách na LS Luhačovice a Litovel a ve středních Čechách v r. 1991 pokus s 9 proveniencemi na 2 plochách na LS Vlašim a Zbraslav.

Z výsledků Berana (1995), Šindeláře & Berana (2004) a našich vlastních je zřejmé, že volba vhodné provenience u douglasky hraje podstatnou roli ve vztahu k produkci a stabilitě zakládaných porostů. Provenience se ve výškovém nebo tloušťkovém růstu sice liší jen o 15–20 procent, ale v objemu středního kmene až o 50 %, a v objemu stromové biomasy, která závisí i od přežívání, byly zjištěny více než dvounásobné rozdíly.

Šindelář & Beran (2004) na základě hodnocení provenienčních pokusů do věku 20–30 let doporučují pro ČR osivo z oblastí západních svahů Kaskádového pohoří ve státě Washington (USA) a jižní Britské Kolumbie (Kanada) z poloh do 600 m nadmořské výšky. Vhodné provenience lze získat i z centrálních oblastí Kaskádového pohoří (nižší polohy). Rychle rostoucí provenience z pobřeží Washingtonu a Oregonu, které se osvědčily v Západní Evropě, jsou v ČR citlivé na klimatické extrémy. Některé provenience z kontinentálních oblastí areálu zas můžou být ve zvýšené míře ohrožovány sypavkami.

Na základě hodnocení dvou pokusů s 23 proveniencemi douglasky na středním Slovensku (350 a 500 m n. m.) ve věku 40 let lze z hlediska růstu a přežívání doporučit provenience ze středních až vyšších poloh (400–1 650 m n. m.) severozápadní části Kaskádového pohoří ve státě Washington. K dobře rostoucím patří ovšem i několik proveniencí z Pobřežních hor a dokonce i vnitrozemí jihu Britské Kolumbie. Hlavním zdrojem poškození douglasky na slovenských provenienčních plochách je těžký sníh.

4. Využití dřeva douglasky

Jedním z problémových aspektů při pěstování douglasky je právě využitelnost dřevní suroviny. Přitom se jedná o kvalitní a všestranně upotřebitelné dřevo (Zeidler 2013). Jedná se o jádrovou dřevinu, běl je bělavá až světle žlutá, poměrně úzká. Barva jádra je v závislosti na stanovišti a rychlosti růstu hodně variabilní, od žlutohnědé až po červenou barvu (Bormann 1984; Wagenführ 2004; Wiemann 2010). Letokruhy jsou výrazné, přechod z jarního do letního dřeva je náhlý (Panshin & De Zeeuw 1980). Dřevo samo je pevné, středně tvrdé a houževnaté. Dobře se opracovává i suší. Je středně odolné proti hnilobám, ale špatně se impregnuje (Bormann 1984). Je využíváno na výrobu řeziva, překližek, vlákniny. Jedná se o vynikající dřevo stavební a konstrukční (Alden 1997; Bormann 1984). Považuje se za výborný materiál pro výrobu lepených nosníků (Rendle 1969). V USA je douglaska nejdůležitější dřevinou pro výrobu řeziva (Bormann 1984).

Od této situace se ostře odlišuje situace v českých (slovenských) zemích. Na západ od našich hranic je dřevo této dřeviny hodnoceno poměrně vysoko, minimálně na úrovni smrku či modřínu. Toho využívají s výhodou producenti douglaskového dříví, mající napojení na německý či rakouský trh (Podrázský et al. 2013a). Naopak v domácích podmínkách mají vlastníci lesa s odbytem tohoto druhu suroviny často potíže a dříví je tak často prodáváno pod cenou běžnou v jiných oblastech Evropy. Také na slovenském trhu je poptávka prakticky nulová a dřevo douglasky vypěstované na Slovensku se většinou exportuje (Šmidriak 2010). Neschopnost dřevozpracujícího sektoru v tomto případě ještě prohlubuje situaci, kdy je značná část produkce českých lesů vyvážena bez jakéhokoli pokusu o zpracování. Sektor tak má do značné míry spíše exploatační charakter a uvedená nepříznivá situace se mění jen velmi, velmi pomalu. Na tomto místě je nutno uvést, že douglaskové dříví je po stránce možností využití naprosto srovnatelné s dřívím běžných jehličnanů, jako je smrk, borovice a modřín, i to po stránce mechanického a chemického zpracování, což potvrzují i evropské prameny. Podle Rieglera (2008) překonává svojí kvalitou a upotřebitelností smrk. Z hlediska zpracování a využití dřeva by tedy částečná substituce smrku douglaskou neměla představovat výraznější problém, naopak spíše příležitost a přínos, jakkoli dnes spíše potenciální.

5. Vliv douglasky na půdní prostředí

Již první práce, dokládající vliv douglasky na půdní prostředí, prokázaly jednak vyšší nároky na půdní živiny, na druhé straně i příznivější rozklad a transformaci opadu této dřeviny zejména ve srovnání se smrkem ztepilým (Podrázský et al. 2001a; Podrázský et al. 2001b; Podrázský et al. 2002). Při srovnání na stanovištích charakteru 3K až 3S na území ŠLP Kostelec nad Černými lesy bylo prokázáno, že ve srovnání s přirozenou druhovou skladbou (DB, HB, LP) probíhá výraznější akumulace humusu s vyššími charakteristikami půdní acidity, na druhé straně byly tyto půdní vlastnosti značně příznivější ve srovnání se smrkovými porosty na stejném stanovišti. Douglaska tedy vykazovala méně nepříznivý vliv na stav lesních půd, konkrétně humusových forem, ve srovnání se smrkem.

K podobným závěrům došel Martiník (2003) při studiu smíšeného porostu ve věku 73 let na bohatém stanovišti (3B) na území ŠLP Křtiny. Sledovány byly pedochemické vlastnosti a minerální výživa v závislosti na zastoupení douglasky v porostní směsi. Výsledky doložily zhoršování půdních vlastností se zvyšujícím se podílem douglasky ve směsi (s bukem), především jako snížení obsahu bazických kationtů (Ca, Mg) v A horizontu. Projevilo se tak poutání živin v biomase intenzivně přirůstajícího porostu. Výživa se blížila optimu podle evropských standardů. Doporučení autora tedy směřuje k individuální, popřípadě skupinové příměsi této dřeviny v lesních porostech.

Menšík et al. (2009) srovnávali stav půd ve smíšeném porostu smrku a buku, dále v porostech smrku a douglasky na kyselých (3K) a středně bohatých (4H) stanovištích školních lesů na Písecku a Křtinsku. Jejich šetření vedlo k závěru, že porosty DG akumulovaly 25,0 t.ha⁻¹ nadložního humusu ve

srovnání se 79,4 – 79,6 t.ha⁻¹ smrkových porostů. V porostech douglasky byly hodnoty půdní reakce příznivě vyšší v holorganických i organominerálních horizontech, také hodnoty C/N byly ovlivněny douglaskou příznivě, při srovnání jednotlivých dřevin na stejných stanovištích.

Ve výše popisovaném porostu na území ŠLP Kostelce nad Černými lesy (např. Podrázský et al. 2010) byly rovněž doloženy příznivé účinky douglasky ve srovnání se smrkem (Podrázský & Remeš 2005, 2008). Pedochemické charakteristiky byly výrazně příznivější v profilu humusových forem: půdní reakce, charakteristiky půdního sorpčního komplexu, dynamika půdní organické hmoty a dusíku. Vliv douglasky se blížil účinkům jedle obrovské, byl méně příznivý ve srovnání s listnatými porosty, ale výrazně příznivější ve srovnání se smrkem ztepilým.

Výrazné působení douglasky na stav humusových forem z hlediska půdního chemizmu bylo doloženo i na zalesněné zemědělské půdě (Podrázský et al. 2009a, b, 2010). Humusové formy v 39 let starých porostech douglasky, smrku ztepilého, borovice lesní, břízy bělokore byly srovnávány s odpovídající složkou ekosystému mýtného lesa (BO, SM) na trvale zalesněné půdě a se sousedním polem. V nadložním humusu byly nejpříznivější ukazatele půdního chemizmu (pH, S, H, T, V) průkazně doloženy v porostu douglasky (v porostu břízy se nadložní humus dosud nevytvořil). Intenzivně rostoucí porost DG se projevil v poklesu obsahu přístupného fosforu. Ve všech porostech založených na zemědělské půdě byl podstatně příznivější stav ve srovnání se starším jehličnatým porostem, porost břízy se od půdního prostředí sousedního pole lišil nejméně. Působení douglasky lze hodnotit jako méně acidifikující ve srovnání s ostatními koniferami.

Ve stejných porostech hodnotili stav pedofyzikálních charakteristik horizontu A Podrázský & Kupka (2011). Výsledky sledování doložily určité změny ve stavu hydrofyzikálních charakteristik lesních půd v závislosti na dřevinné skladbě, těžbě porostu, nebo na zalesnění zemědělské půdy. Zalesnění zemědělských půd vede podle předběžných výsledků, zřejmě v důsledku aktivity kořenových systémů, edafonu a míšení organické a minerální půdní hmoty, k významnému snížení objemové hmotnosti půdy, měrné hmotnosti půdy, a naopak k výraznému zvýšení pórovitosti a provzdušnění. Těžební aktivity působí výrazným opačným trendem. Ze sledovaných lesních dřevin vykazovala douglaska tisolistá poměrně nejméně výrazné vlivy, což je dáno jejím intenzivním růstem spojeným s nároky na vodu a živiny a rychlostí rozkladu jejího opadu. Lesnická opatření na druhé straně zřejmě neohrožují výrazným způsobem retenční vlastnosti lesních půd, naopak zalesnění vede k lepším retenčním a vodohospodářským poměrům v krajině. Pěstování douglasky ve vhodně zvolené příměsi pak vodní režim lesních půd významně neovlivní.

Ze zahraničních pramenů, např. Augusto et al. (2003) potvrdili, že ve větším krajinném měřítku ovlivňují stav půd a přízemní vegetace ve větší míře geografické a geologické podmínky a lesnická opatření, než aktuální dřevinná skladba lesních porostů (borovice lesní, douglaska, jedle bělokora, buk, dub), jen smrk má výraznější vliv na stanoviště. Studie, zaměřené na jednotlivé lokality a zvyrazňující tak vliv jednotlivých dřevin, však jednoznačně potvrdily v našich podmínkách takové působení douglasky na půdní vlastnosti, které nás opravňuje hodnotit ji velice příznivě ve srovnání

s dominantně obnovovanými jehličnany, konkrétně smrkem ztepilým. Při jejím pěstování ve smíšených porostech pak lze předpokládat potenciál udržení relativně příznivých půdních vlastností, s přihlédnutím k podmínkám jednotlivých lokalit.

6. Další environmentální a ekologické funkce douglasky a její pěstování

O vlivu douglasky na další složky životního prostředí a na biodiverzitu lesních ekosystémů je v domácích podmínkách minimum údajů. Pouze Podrázský et al. (2011) studovali složení přízemní vegetace v porostech s různým druhovým složením včetně douglasky na souboru 44 ploch v různých stanovištních podmínkách České republiky. V porostech této dřeviny bylo prokázáno nevýznamné, ale patrné zvýšení počtu druhů ve srovnání s jinými dřevinami, především smrkem, a zároveň posun společenstev směrem k bohatším stanovištím, zejména s ohledem na dusík, což bylo odpovídající výsledkům doloženým v zahraničí (Augusto et al. 2003). Dosud nepublikované výsledky z našich šetření z další sezóny, na podstatně větším souboru ploch (přes 100), dokládají podobné poznatky.

Jako důležitá funkce sledované dřeviny se jeví její podpora statické stability lesních porostů. Mauer & Palátová (2012) studovali vývoj kořenových systémů na živých stanovištích ŠLP Křtiny ve věku porostů 10, 20, 30, 60 a 80 let. Již od mladého věku potvrdili vývoj kompaktního kořenového systému zajišťujícího značnou stabilitu jedinců. Douglaska tak může představovat významný stabilizační prvek lesních porostů, což potvrzují i zahraniční zdroje (Sergent et al. 2010). Domácí i zahraniční zdroje potvrdily vyšší odolnost vůči suchu a lepší využívání dostupné půdní vody (Eilmann & Rigling 2010; Urban et al. 2009; Urban et al. 2010). Jako jedno z možných rizik výraznějšího zavádění douglasky je uváděna zvýšená míra nitrifikace a potenciální ztráty dusíku především v nesmíšených porostech (Zeller et al. 2010), což koresponduje s přirozenou dynamikou douglaskových porostů a jejich společenstev, s častými disturbancemi a s výrazným zastoupením olší na přirozených lokalitách s častým výskytem požárů (Binkley 1986).

Značný je i potenciál douglasky z hlediska přirozené obnovy. Na kyselých stanovištích je prokázáno její masivní zmlazování, bez problémů využitelné pro obnovu porostů (Bušina 2007; Kantor et al. 2010), na bohatších stanovištích mohou být problémy s konkurencí buřeně (Hart et al. 2010). Vcelku ale lze začlenit douglasku do systémů podrostního hospodářství a přirozené obnovy bez větších těžkostí.

Martiník & Palátová (2012) studovali a ověřovali vhodnost různých způsobů předsevní přípravy osiva douglasky. Srovnávali 7 oddílů zelené varianty (z toho jeden vzorek neznámého původu z ČR) a 7 oddílů varianty šedé. Prokázali vhodnost různých způsobů předsevní přípravy a jejich upotřebitelnost a nezbytnost z hlediska plného využití zdrojů osiva. Byly prokázány i rozdíly mezi proveniencemi, což musí být respektováno při další introdukci z původních oblastí rozšíření douglasky.

7. Závěry dosavadních šetření v českých a slovenských podmínkách

Rozbor prací původem z české i slovenské oblasti potvrdil, že pozornost věnovaná douglasci tisolisté je plně oprávněná, a jeví se, podobně jako v jiných evropských (i dalších) zemích, jako dřevina s velkým potenciálem využití v lesním hospodářství. Zejména významné je její srovnání se smrkem ztepilým, který je v rámci českého i slovenského lesnictví dosti na ústupu, ať již pro své účinky na prostředí lesního ekosystému, nebo z hlediska zdravotního stavu. Jeho podíl v českých lesích a zejména na těžbě dříví se bude v příštích desetiletích zřejmě výrazně snižovat (Podrázský et al. 2013b). Douglaska se pak ukazuje jako jeho možná a více než plnohodnotná náhrada z řady důvodů:

- produkční potenciál douglasky v nižších i středních polohách je výrazně vyšší než ostatních domácích dřevin, včetně smrku ztepilého,
- její působení na stav půd je méně výrazné, acidifikační vliv je výrazně nižší a v porostech jehličnanů má douglaska charakter meliorační dřeviny,
- méně ovlivňuje biodiverzitu přízemní vegetace, v jejich porostech je srovnatelná nebo vyšší ve srovnání s přírodními společenstvy a dochází k méně výraznému posunu v jejich stanovištně indikačním charakteru,
- douglaska působí výrazně stabilizačním vlivem z hlediska statiky porostů a jejich mechanické stabilizace,
- její nároky na pěstování se v daných nižších a středních podmínkách nebudou diametrálně lišit od nároků smrkového hospodářství, nebo pěstování jiných jehličnanů, a to včetně školkařských technologií a využití přirozené obnovy.

Většinu potenciálně negativních důsledků jejího pěstování, především výrazný odběr živin intenzivním přírůstem, lze do značné míry eliminovat jejím dominantním způsobem pěstování ve směsi s jinými dřevinami. Otázkou pak zůstává ponechání těžebních zbytků na lokalitě z hlediska minimalizace odběru živin a ztrát organické hmoty a orientace na dřevní surovinu, která je v našich podmínkách méně běžná, třebaže je její potenciál využití rovněž minimálně srovnatelný s domácími jehličnany, jako je smrk nebo modřín. Může tak být přínosem nejen pro vlastníky a správce lesa, ale i pro stabilitu a vitalitu českých lesů a přispět tak výrazným způsobem ke konkurenceschopnosti českého a slovenského lesního hospodářství.

Poděkování

Příspěvek vznikl jako součást řešení výzkumného projektu NAZV Q/112A172 „Pěstební postupy při zavádění douglasky do porostních směsí v podmínkách ČR“ a projektu IGA reg. č. A05/14 (3110) „Optimalizace pěstební směsi s douglaskou tisolistou (Pseudotsuga menziesii [Mirb.] Franco) – cíl pěstování této dřeviny“.

Literatura

Alden, H. A., 1997: Softwoods of North America [online]. Madison, WI: U.S.D.A., Forest Service, Forest Products Laboratory, září 1997, 151 s. [cit. 2013-02-17]. Dostupné na internetu: <<http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fplgtr102.pdf>>.

- Ambros, Z., 1990: Herbaceous synusia as an indicator of changes in the abiotic environment of spruce monoculture. *Preslia* 62:205–214 (in Czech).
- Augusto, L., Dupouey, J.-L., Ranger, J., 2003: Effects of tree species on understory vegetation and environmental conditions in temperate forests. *Ann.For.Sci.* 60:823–831.
- Bartoš, J., Kacálek, D., 2011: Douglaska tisolistá – dřevina vhodná k zalesňování bývalých zemědělských půd. *Zprávy lesnického výzkumu* 56 (Speciál): 6–13.
- Bastien, J. CH., Sanchez, L., Michaud, D., 2013: Douglas Fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). In: Paques, Luc, E. (ed.): *Forest Tree Breeding in Europe. Current State-of-the-Art and Perspectives*. Springer Netherlands, Series: Managing Forest Ecosystems 25:325–369.
- Beran, F., 1993: Fenotypová proměnlivost a růst douglasky tisolisté na školním polesí Hůrka (SLŠ Písek). *Zprávy lesnického výzkumu* 38:5–15.
- Beran, F., 1995: Dosavadní výsledky provenienčního výzkumu douglasky tisolisté v ČR. *Zprávy lesnického výzkumu* 40:7–13.
- Beran, F., Šindelář, J., 1996: Perspektivy vybraných cizokrajných dřevin v lesním hospodářství České republiky. *Lesnictví – Forestry* 42:337–355.
- Binkley, D., 1986: *Forest nutrition management*. New York: J. Wiley, 289 s.
- Bormann, B. T., 1984: Douglas-Fir an American wood. Washington, DC: USDA Forest Service, 235:7.
- Bušina, F., 2007: Natural regeneration of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) in forest stands of Training Forest District Hůrky, Higher Forestry School and Secondary Forestry School in Písek. *Journal of Forest Science* 53:20–34.
- Carter, R. E., Lowe, I. E., 1986: Lateral variability of forest floor properties under second-growth Douglas-fir stands and the usefulness of composite sampling techniques. *Canadian Journal of Forest Research* 16: 1128–1132.
- Cafourek, J., 2006: Provenienční pokusy douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) v oblasti středozápadní Moravy. In: *Douglaska a jedle obrovská – opomíjené giganti. Sborník referátů konference v Kostelci nad Černými lesy 12. – 13. 10. 2006, Praha, ČZU*, p. 7–15.
- Eilmann, B., Rigling, A., 2010: Douglas fir – a substitute species for Scots pine in dry inner-Alpine valleys? In: *Opportunities and risks for Douglas fir in a changing climate*. Oc. 18-20, 2010 Freiburg, *Berichte Freiburger Forstliche Forschung*, Freiburg, 85: 10.
- Ferron, J. L., Douglas, F., 2010: Douglas-fir in France: history, recent economic development, overviews for the future. In: *Opportunities and risks for Douglas fir in a changing climate*. Oc. 18-20, 2010 Freiburg, *Berichte Freiburger Forstliche Forschung*, Freiburg, 85: XI.
- Grier, C. C., MacColl, J. G., 1971: Forest floor characteristics within a small plot in Douglas-fir in western Washington. *Soil Science Society of America Proceedings* 35:988–991.
- Hadač, E., Sofron, J., 1980: Notes on syntaxonomy of cultural forest communities. *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica* 15:245–258.
- Hart, V., Hartová, M., Tauchman, P., 2010: Analysis of herbicide effects on Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) natural regeneration. *Journal of Forest Science* 56:209–217.
- Hofman, J., 1964: *Pěstování douglasky*. 1. vydání, Praha, SZN, 253 p.
- Hofman, J., Vacková, M., Heger, B., 1964: Zpráva o prvních provenienčních pokusech s douglaskou tisolistou v ČSSR. *Acta musei Silesiae CIII*, Opava, p. 43–50.
- Holubčík, M., 1968: *Introdukcia douglasky – hodnotenie provenienції douglasky z hľadiska produkcie, kvality a odolnosti*. (Závěrečná správa), Zvolen, VÚLH, 48 p.

- Chlepkov, V. et al., 1996: Biologické aspekty zásad hospodárenia a nápravné opatrenia v lesných oblastiach Slovenska. (Záverečná správa), Zvolen, LVÚ, 109 p.
- Jussy, J.H., Colin-Belbrand, M., Ranger, J., 2000: Production and root uptake of mineral nitrogen in a chronosequence of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) in the Beaujolais Mounts. *Forest Ecology and Management* 128:197–209.
- Kantor, P., Knott, R., Martiník, A., 2001a: Production capacity of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) in a mixed stand. *Ekológia* (Bratislava), 20(Suppl. 1): 5–14.
- Kantor, P., Knott, R., Martiník, A., 2001b: Production potential and ecological stability of mixed forest stands in uplands. III. A single tree mixed stand with Douglas fir on a eutrophic site of the Křtiny Training Forest Enterprise. *Journal of Forest Science* 47:45–59.
- Kantor, P., 2008: Production potential of Douglas fir at mesotrophic sites of Křtiny Training Forest Enterprise, *Journal of Forest Science* 54:321–332.
- Kantor, P., Mareš, R., 2009: Production potential of Douglas fir in acid sites of Hůrky Training Forest District, Secondary Forestry School in Písek, *Journal of Forest Science* 55:312–322.
- Kantor, P., Bušina, F., Knott, R., 2010: Postavení douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) a její přirozená obnova na školním poli Hůrky středních lesnických škol Písek. *Zprávy lesnického výzkumu* 55:251–263.
- Klumpp, R., 1995: Area-specific variations of isoenzyme gene markers in Douglas-fir. In: Baradat, Ph., Adams, W.T., Müller-Starck, G. (eds.): *Population Genetics and Genetic Conservation of Forest Trees*. SPB Academic Publisher: 193–198.
- Kleinschmit, J., Bastien, J. CH., 1992: IUFRO's role in Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) tree improvement. *Silvae Genetica* 41:161–173.
- Knoepf, J. D., Swank, W. T., 1997: Forest management effects on surface soil carbon and nitrogen. *Soil Science Society of America Journal* 61:928–935.
- Konnert, M., Ruetz, W., 2006: Genetic aspects of artificial regeneration of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) in Bavaria. *European Journal of Forest Research* 125:261–270.
- Korf, V., 1939: Příspěvek k matematické definici vzrůstového zákona lesních porostů. *Lesnická práce* 18:339–379.
- Kouba, J., Zahradník, D., 2011: Produkce nejdůležitějších introdukovaných dřevin v ČR podle lesnické statistiky. In: *Aktuality v pěstování méně častých dřevin v České republice*, 21st November 2011, Prague, Czech Republic: 52–66.
- Koudela, J., 2013: Pěstební a ekonomický potenciál douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./Franco.) ve vybraných oblastech ČR. (Diplomová práce), Praha, ČZU: 67 p.
- Kupka, I., Podrázský, V., Kubeček, J., 2013: Soil-forming effect of Douglas fir at lower altitudes. *Journal of Forest Research* 59:345–351.
- Larson, B., 2010: The dynamics of Douglas-fir stands. In: *Opportunities and risks for Douglas fir in a changing climate*. Oc. 18–20, 2010 Freiburg, *Berichte Freiburger Forstliche Forschung*, Freiburg 85:9–10.
- Máliš, F., Vladovič, J., Čaboun, V., Vodálová, A., 2010: The influence of *Picea abies* in forest plant communities of the Veporské vrchy Mts. *Journal of Forest Science* 56:58–67.
- Martiník, A., 2003: Possibilities of growing Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) in the conception of sustainable forest management. *Ekológia* (Bratislava) 22(Suppl. 3): 136–146.
- Martiník, A., Kantor, P., 2007: Branches and the assimilatory apparatus of full-grown trees of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) of a different coenotic position. *Ekológia* (Bratislava) 26:223–239.
- Martiník, A., Kantor, P., 2009: Analýza nadzemní biomasy douglasky tisolisté. *Lesnická práce* 88:24–25.
- Martiník, A., Palátová, E., 2012: Je předosevní příprava osiva douglasky tisolisté nezbytná? *Zprávy lesnického výzkumu* 57:47–55.
- Mauer, O., Palátová, E., 2012: Root system development in Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) on fertile sites. *Journal of Forest Science* 58:400–409.
- Menšík, L., Kulhavý, J., Kantor, P., Remeš, M., 2009: Humus conditions of stands with the different proportion of Douglas fir in training forest district Hůrky and the Křtiny Forest Training Enterprise. *Journal of Forest Sciences* 55:345–356.
- Oulehle, F., Hruška, J., 2005: Tree species (*Picea abies* and *Fagus sylvatica*) effects on soil water acidification and aluminium chemistry at sites subjected to long-term acidification in the Ore Mts., Czech Republic. *Journal of Inorganic Biochemistry* 99:1822–1829.
- Pagan, J., 1999: *Lesnická dendrológia*. (Skriptá). Zvolen, TU, p. 109–117.
- Panshin, A. J., De Zeeuw, C., 1980: *Textbook of wood technology*. 4. ed. New York: Mc-Graw-Hill, 722 p.
- Petráš, R., Mecko, J., 2008: Rastový a produkčný potenciál douglasky na Slovensku. In: *Pěstování nepůvodních dřevin*. Kroměříž 26. 6. 2008. ČLS, Kroměříž, p. 59–64.
- Podrázský, V., Remeš, J., Liao, C.Y., 2001a: Vliv douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) na stav lesních půd. In: *Krajina, les a lesní hospodářství*. I. /Sborník z konference 22. a 23. 1. 2001/. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze: 24–29.
- Podrázský, V., Remeš, J., Maxa, M., 2001b: Má douglaska degrační vliv na lesní půdy? *Lesnická práce* 80:393–395.
- Podrázský, V., Remeš, J., Liao, C.Y., 2002c: Vliv douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) na stav humusových forem lesních půd – srovnání se smrkem ztepilým. *Zprávy lesnického výzkumu* 46:86–89.
- Podrázský, V., Remeš, J., 2005: Retenční schopnost svrchní vrstvy půd lesních porostů s různým druhovým složením. *Zprávy lesnického výzkumu* 50:46–48.
- Podrázský, V., Remeš, J., 2008: Půdotvorná role významných introdukovaných jehličnanů – douglasky tisolisté, jedle obrovské a borovice vejmutovky. *Zprávy lesnického výzkumu* 53:27–34.
- Podrázský, V., Remeš, J., Hart, V., Tauchman, P., 2009a: Douglaska a její pěstování – test českého lesnictví. *Lesnická práce* 88:376–381.
- Podrázský, V., Remeš, J., Hart, V., Moser, W. K., 2009: Production and humus form development in forest stands established on agricultural lands – Kostelec nad Černými lesy region. *Journal of Forest Science* 55:299–305.
- Podrázský, V., Remeš, J., 2010: Production and environmental functions of Douglas-fir on the School Training Forest Kostelec nad Černými lesy territory. In: *Opportunities and risks for Douglas fir in a changing climate*. Oc. 18–20, 2010 Freiburg, *Berichte Freiburger Forstliche Forschung*, Freiburg 85:64 p.
- Podrázský, V., Remeš, J., Tauchman, P., Hart, V., 2010: Douglaska tisolistá a její funkční účinky na zalesněných zemědělských půdách. *Zprávy lesnického výzkumu* 55:12–17.
- Podrázský, V., Kupka, I., 2011: Vliv douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) na základní pedofyzikální charakteristiky lesních půd. *Zprávy lesnického výzkumu* 56(Special):1–5.
- Podrázský, V., Viewegh, J., Matějka, K., 2011: Vliv douglasky na rostlinná společenstva lesů ve srovnání s jinými dřevinami. *Zprávy lesnického výzkumu* 56(Special):44–51.
- Podrázský, V., Zahradník, D., Pulkrab, K., Kubeček, J., Peňa, J. B., 2013a: Hodnotová produkce douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) na kyselých stanovištích Školního pole Hůrky, Písecko. *Zprávy lesnického výzkumu* 59:(přijato).

- Podrázský, V., Kouba, J., Zahradník, D., Štefančík, I., 2013b: Změny v druhové skladbě českých lesů – výzva pro lesnický i dřevozpracující sektor. In: Dřevostavby 2013. Volyně 27. – 28.3.2013, VOŠ a SPŠ, Volyně, p. 3–7.
- Podrázský, V., Čermák, R., Zahradník, D., Kouba, J., 2013c: Production of Douglas-fir in the Czech Republic based on national forest inventory data. *Journal of Forest Science* 59:398–404.
- Podrázský, V., Kubeček, J., Čermák, R., Štefančík, I., 2013d: Zhodnocení dosavadního výzkumu douglasky tisolisté v České republice – přehled. In: Baláš, M. et al. (eds.): *Proceedings of Central European Silviculture*. Kostelec nad Černými lesy 2. – 3. 7. 2013. Praha, ČZU, p. 192–203.
- Poleno, Z., 2001: Influence of transformation of spruce monocultures on state and development of forest soil and herbal vegetation. *Zprávy lesnického výzkumu* 46:6–15.
- Prat, D., 1995: Mating system in a clonal Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) seed orchard. II. Effective pollen dispersal. *Annales des Sciences Forestières* 52:213–222.
- Remeš, J., Podrázský, V., Hart, V., 2006: Růst a produkce nejstaršího porostu douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* / Mirbel/ Franco) na území ŠLP Kostelec nad Černými lesy. In: *Douglaska a jedle obrovská – opomíjený giganti*. Sborník referátů konference v Kostelci nad Černými lesy 12. – 13. 10. 2006, Praha, ČZU, p. 65–69.
- Remeš, J., Pulkrab, K., Tauchman, P., 2010: Production and economical potential of Douglas fir on selected locality of the School Training Forest Kostelec nad Černými lesy. In: *News in silviculture of introduced tree species*. Kostelec Oc 21th, 2010, CULS Prague, p. 68–69.
- Remiš, J., Soják, D., 1986: Priemyselné plantáže ihličnatých a tvrdých listnaných drevín na Slovensku. *Lesnícke štúdie* č. 41, Bratislava: Príroda, 245 p.
- Rendle, J., 1969: *World Timbers: North & South America, including Central America and the West Indies*. London: Ernest Benn limited, 192 p.
- Riegler, J., 2008: Die Douglasie aus Sicht der Verarbeiters. BFW Praxis Information Nr. 16:23–25.
- Sergent, A. S., Rozenberg, P., Marçais, B., Lefevre, Y., Bastien, J. C., Nageleisen, L. M. et al., 2010: Vulnerability of Douglas-fir in a changing climate: study of decline in France after the extreme 2003's drought. In: *Opportunities and risks for Douglas fir in a changing climate*. Oc. 18–20, 2010 Freiburg, Berichte Freiburger Forstliche Forschung, Freiburg 85:21–22.
- Sicard, C., Saint-Andre, L., Gelhaye, D., Ranger, J., 2006: Effect of initial fertilization on biomass and nutrient content of Norway spruce and Douglas-fir plantations at the same site. *Trees* 20:229–246.
- Soják, D., 1991: Výskum tvorby stromovej biomasy douglasky tisolistej (*Pseudotsuga menziesii*) v intenzívnych porastoch. In: *Vedecké práce VÚLH vo Zvolene*, 41. Bratislava: Príroda, p. 253–271.
- Sverdrup, H., Thelin, G., Robles, M., Stjernquist, I., Sörensen, J., 2006: Assessing nutrient sustainability of forest production for different tree species considering Ca, Mg, K, N and P at Björnstorp Estate, Sweden. *Biogeochemistry* 81:219–238.
- Šika, A., 1974: První výsledky mezinárodního provenienčního pokusu s douglaskou v Čechách. *Časopis Slezského muzea*, Opava, XXIII.
- Šika, A., 1975: Rozdíly v odolnosti proveniencí douglasky vůči zimnímu vysychání. *Práce Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti* 46:171–183.
- Šika, A., 1985: Reprodukční možnosti douglasky tisolisté v ČR z domácích zdrojů. *Práce Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti* 67:41–62.
- Šika, A., Heger, B., 1972: Vyhodnocení prvních provenienčních pokusů s douglaskou tisolistou v českých zemích. *Práce Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti* 41:105–121.
- Šika, A., Páv, B., 1990: Výškový růst douglasky na provenienčních plochách ČR v různých fázích vývoje. *Lesnictví* 36:367–380.
- Šindelář, J., 2003: Aktuální problémy a možnosti pěstování douglasky tisolisté. *Lesnická práce* 82:14–16.
- Šmidriak, V., 2010: Možnosti využitia dreveny douglasky tisolistej / *Pseudotsuga menziesii* (Mirbel/Franco) v Slovenskej republike. Zvolen, DF TU Zvolen. DF-3580-6890: 110 p.
- Šomšák, L., 2003: Effect of secondary spruce forests on phytoenvironment in the Slovenské rudohorie Mountains. *Folia Oecologica* 30:41–59.
- Šomšák, L., Balkovič, J., 2002: Cyclic succession and plant biodiversity within the secondary spruce forests in the Hnilec river watershed. *Phytopedon* 1:45–51.
- Turpault, M. P., Utérano, C., Boudot, J. P., Ranger, J., 2005: Influence of mature Douglas fir roots on the solid soil phase of the rhizosphere and its solution chemistry. *Plant and soil* 275:327–336.
- Turpault, M. P., Gobran, G. R., Bonnaud, P., 2007: Temporal variations of rhizosphere and bulk soil chemistry in a Douglas fir stand. *Geoderma* 137: 490–496.
- Ťavoda, P., 2007: Ekologické nároky a rozšírenie douglasky tisolistej na Slovensku. In: *Ekológia a environmentalistika 2007*, Zvolen, p. 194–202.
- Ťavoda, P., Krajňáková, J., 1993: Reprodukčné schopnosti a odolnosť potomstiev douglasky z domácich vysokohodnotných porastov. In: *Dendrologické dni (zborník referátov)*. VŠP Nitra: 59 p.
- Ťavoda, P., Lengyelová, A., 1996: Možnosti introdukcie drevín v lesných oblastiach Slovenska. In: Chlepko, V. et al.: *Biologické aspekty zásad hospodárenia a nápravné opatrenia v lesných oblastiach Slovenska*. (Záverečná správa), Zvolen, LVÚ, 109 p.
- Ťavoda, P., Lengyelová, A., 1998: Výber, reprodukcia a testovanie potomstiev domácich populácií douglasky a jedle obrovskej. (Záverečná správa), Zvolen, LVÚ, 74 p.
- Ťavoda, P., Longauer, R., Krajňáková, J., 1998: Výskum šľachtenia lesných drevín pre zhoršené ekologické podmienky. (Záverečná správa). Zvolen, LVÚ, 105 p.
- Urban, J., Čermák, J., Nadyezhdina, N., Kantor, P., 2009: Growth and transpiration of the Norway spruce and Douglas fir at two contrasting sites. *Water issues in dryland forestry*. 1st ed., Sede Boquer, Israel, Ben Gurion university, 47 p.
- Urban, J., Čermák, J., Kantor, P., 2010: Comparison of radial increment and transpiration of Douglas fir and Norway spruce. In: *News in silviculture of introduced tree species*. Kostelec nad Č. lesy, Oc 21th, 2010, CULS Prague, p. 77–81.
- Vacek, S., Matějka, K., 2010: State and development of phytocenoses on research plots in the Krkonoše Mts. *Forest stands. Journal of Forest Science* 56:505–517.
- Wagenführ, R., 2004: *Bildlexikon Holz*. Leipzig: Fachbuchverlag. 370 p.
- Wiemann, M. C., 2010: Characteristics and Availability of Commercially Important Woods. In: *Wood handbook – Wood as an engineering material (2010)* [online]. General Technical Report FPL-GTR-190. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory: 2.1-2.45 [cit. 2013-01-15]. Dostupné na internete: <http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fpl_gtr190.pdf>.
- Zeidler, A., 2013: Prínos perspektívnych introdukovaných drevín z hľadiska vlastností dreva. (Habilitation práce), Praha, ČZU, 187 p.
- Zeller, B., Andrianarisoa, S., Jussy, J. H., 2010: Impact of Douglas-fir on the N cycle: Douglas fir promote nitrification? In: *Opportunities and risks for Douglas fir in a changing climate*. Oc. 18–20, 2010 Freiburg, Berichte Freiburger Forstliche Forschung, Freiburg 85:11 p.