

# RŮST KULTUR DOUGLASKY VE SMĚSI S DOMÁCÍMI DŘEVINAMI NA RŮZNÝCH LESNÍCH STANOVIŠTÍCH

## GROWTH OF JUVENILE DOUGLAS-FIR MIXED WITH NATIVE TREE SPECIES ON DIFFERENT FOREST SITES

JIŘÍ NOVÁK ✉ - DAVID DUŠEK - DUŠAN KACÁLEK

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Czech Republic

✉ e-mail: novak@vulhmop.cz

### ABSTRACT

Douglas-fir (DF) performance was investigated in mixed plantations across a range of forest site conditions in the Czech Republic. DF showed both comparable and superior capability to perform well within transect from lowland natural-pine to higher and mountainous sites. DF root collar diameter increment exceeded all other native species such as Norway spruce (NS), silver fir (NSF), sessile oak (OK) and European beech (BE). Higher to mountainous conditions favored the native species compared to DF. Mortality of DF ranged 5–53% over investigated period; the only exception was the site where DF was attacked by large pine weevil and showed mortality 54–97%. Generally, DF showed comparable or even lower mortality compared to the native species.

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

**Klíčová slova:** douglaska tisolistá; *Pseudotsuga menziesii*; smíšené porosty

**Key words:** Douglas-fir; *Pseudotsuga menziesii*; mixed stands

### ÚVOD

Zastoupení douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) v lesích České republiky (ČR) je v současnosti minimální (0,2 %), ačkoli má pěstování této dřeviny ve střední Evropě více než 100letou tradici (např. PODRÁZSKÝ et al. 2013a). Současné změny podmínek prostředí a s nimi spojený ústup smrkových porostů v části nižších a středních poloh ČR vedou k hledání alternativního řešení. Tím by mohlo být mimo jiné širší využití ekonomicky cenných a zároveň klimatickým výkyvům lépe odolných dřevin, včetně introdukovaných druhů. Předpokládá se, že douglaska má potenciál částečně nahradit ekonomickou produkci smrku a její zastoupení v lesích ČR by se v budoucnu mohlo pohybovat kolem 5 % (PODRÁZSKÝ et al. 2016a). Pro zavádění douglasky svědčí její výborné produkční vlastnosti, které na široké škále stanovišť předčí smrk a další domácí hospodářské dřeviny (KANTOR et al. 2010; TAUCHMAN et al. 2010; PODRÁZSKÝ et al. 2013b; KUBEČEK et al. 2014). Dosavadní poznatky o pěstování douglasky v našich podmínkách shrnuli v monografiích HOFMAN (1964) a SLODIČÁK et al. (2014).

V problematice zavádění a pěstování douglasky ve středoevropských podmínkách jsou již dnes k dispozici některé údaje, například o vlivu přimíšení této dřeviny ve směsích s domácimi dřevinami na produkci (THURM et al. 2016; LU et al. 2018; VITALI et al. 2018), stav svrchních půdních horizontů (KUPKA et al. 2013; CREMER et al. 2016; PODRÁZSKÝ et al. 2016b; CREMER, PRIETZEL 2017; DAWUD et al. 2017) nebo biodiverzitu (např. PODRÁZSKÝ et al. 2014; VIEWEGH et al. 2014; TSCHOPP et al. 2015). Z poznatků pak vychází praktická doporučení o tvorbě směsí douglasky s domácimi dřevinami, např. borovicí, bukem nebo smrkem v německých zemích (GALONSKA 2009; Grundsätze 2003; Kulturbegründung 2010; Douglasie 2016). Pro přírodní podmínky ČR jsou však informace o růstu a prosperitě douglasky v porostních směsích s dalšími dřevinami stále nedostatečné. Přitom porostní směsi budou pravděpodobně těžištěm budoucího výskytu douglasky v našich lesních porostech.

Cílem práce bylo získat exaktní podklady k formulaci doporučení pro zakládání směsí dřevin s douglaskou a doporučení adekvátních pěstebních opatření v takto vzniklých mladých porostech. Pro tyto

účely byl vyhodnocen růst a mortalita výsadby douglasky ve směsích se smrkem, jedlím, borovicí, bukem a dubem v podmínkách prvního až sedmého lesního vegetačního stupně na kyselých a živných stanovištích.

## MATERIÁL A METODIKA

Pro porovnání růstu kultur douglasky tisolisté a domácích dřevin bylo zvoleno modelové území majetku Kristiny Colloredo-Mansfeldové v Opočně, kde jsou zastoupeny pestré stanovištní podmínky od borů po horské polohy. Tato skutečnost vyhovovala naší hypotéze, že douglasku lze při umělé obnově využít i na stanovištích, kde se s jejím rozšířením dosud neuvažovalo, a že je zde schopna odpovídajícího růstu v porovnání s domácími dřevinami. Celkem devět pokusných ploch tedy bylo založeno v CHS 13, 23, 45, 53 a 73 (tab. 1).

Umělá obnova výsadbou proběhla na uvedených lokalitách v letech 2010 až 2012. Plochy pro sledování byly zakládány tak, aby na každé lokalitě byla k douglascce přimíšena alespoň jedna další domácí hospodářská dřevina (smrk, buk, borovice, jedle, dub). Vlastní měřené plošky měly rozměr 1 až 4 ary se skupinovou směsí. Pouze u plochy Kounov byla douglaska jednotlivě smíšena se smrkem a bukem. Na plochách Týniště a Kounov byla využita možnost sledovat i varianty s bočním stíněním dospělého porostu.

Výběr lokalit proběhl tak, aby působení faktorů (klimatické charakteristiky, půdní podmínky) bylo vždy na stejné úrovni pro všechny sledované dřeviny na jednotlivých plochách. Vzhledem k tomu, že z technických důvodů nebylo možné u sledovaných kultur použít úplně shodný způsob jejich založení (sadební materiál krytokořenný vs. prostokořenný, termín výsadby apod.), bylo naše sledování zaměřeno pouze na základní dendrometrické charakteristiky (tloušťka krčku, výška sazenic) a mortalitu. Každoročně v období po ukončení vegetační doby byla u všech sledovaných jedinců měřena celková výška (výškoměrnou tyčí s přesností na 1 cm) a průměr kořenového krčku (digitálním posuvným měřítkem s přesností na 1 mm). Ve stejném období proběhla také evidence mortality. Celkově byla k dispozici data

z období 2011–2017. Při analýze dat jsme zohlednili skutečnost, že v průběhu sledování došlo k vylepšování kultury douglasky na ploše Trčkov z důvodů poškození žírem klikoroha.

Abychom mohli analyzovat a porovnávat různé tloušťkové a výškové vospělé kultury, použili jsme relativní roční tloušťkový a výškový přírůst, který byl vypočten ze vzorce:

$$(1) r_{iy} = \frac{\ln(y_{0+t}) - \ln(y_0)}{t};$$

kde  $y_0$  je hodnota růstové veličiny na začátku období,  $y_{0+t}$  je hodnota růstové veličiny na konci období,  $t$  je počet let růstového období a  $\ln$  je přirozený logaritmus.

Hodnotu růstové veličiny na konci období  $y_{0+t}$  lze vyjádřit jako:

$$(2) y_{0+t} = y_0(e^{r_{iy}})^t;$$

kde  $e$  je základ přirozeného logaritmu,  $t_0$  je hodnota růstové veličiny na začátku období sledování a  $t$  je počet let růstového období. Použitá hodnota  $\exp(r_{iy})$  tedy představuje násobek, o který se průměrně zvýší hodnota růstové veličiny za jeden rok.

Mortalita byla vypočtena z každoroční evidence ztrát na jednotlivých plochách a byla vyjádřena souhrnně za sledované období jako podíl (v %) vůči původnímu počtu sledovaných jedinců. Na ploše Trčkov, kde bylo během sledování přistoupeno k vylepšování douglasky, je údaj o mortalitě rozdělen na období před a po doplnění kultury.

## VÝSLEDKY

### Dynamika výškového a tloušťkového růstu

Z hodnocení dynamiky růstu douglasky v podmínkách prvního vegetačního stupně (SLT 1M) je zřejmé, že tato dřevina zde dokáže prosperovat (obr. 1 a 2) a vykazuje průměrné roční zvětšení výšky o 1,3- a 1,6násobek a tloušťky krčku o 1,2–1,5násobek. U výškového růstu předčila nebo se vyrovnala smrku (Polánky I). Lepší dynamiku výš-

Tab. 1.

Popis ploch s kulturami douglasky a domácích dřevin  
Characteristics of plots with plantation of Douglas-fir and native tree species

Lokalita <sup>1</sup>	Označení <sup>2</sup>	Rok zalesnění <sup>3</sup>	SLT <sup>4</sup>	Srovnávané dřeviny <sup>5</sup> (hustota na počátku sledování v ks na ha/initial density per ha)
Polánky I*	PI	2010/11	1M	DG1 (2600), DG2 (2432), SM (5600)
Polánky II*	PII	2012	1M	DG (2950), BO (6600), DB (10200), BK (5300)
Týniště*	Ty	2011	2K	DG (1975), DGs (2138), BO (19500)
Chlum*	Ch	2010	2B	DG (4284), SM (4600), BK (8200)
Ledce*	Le	2011	3I	DG (5117), SM (4600), DB (8400)
Kounov**	Ko	2010	5K	DG (2000), DGs (1850), SM (1150), SMs (1650), BK (1250), BKs (1850)
Sedloňov**	Se	2011	6K	DG (1420), SM (3300), BK (5800)
Trčkov**	Tr	2012	6S	DG1-5 (3000), SM1-5 (3500)
Vrchmezí**	Vr	2011	7K	DG1 (3394), DG2 (2614), SM (3800), JD (3900), BK (5200)

Evidenční číslo uznané jednotky pro použitý sadební materiál DG (Sources of Douglas-fir planting stock): \* CZ-2-2B-DG-03094-33-2-B, \*\* CZ-2-2A-DG-00415-21-5-L

<sup>1</sup>Locality, <sup>2</sup>Sign by abbreviation, <sup>3</sup>Year of planting, <sup>4</sup>Ecosite according to VIEWEGH et al. (2003) – 1M *Pineto - Quercetum oligotrophicum (arenosum)*, 2K *Fageto - Quercetum acidophilum*, 2B *Fageto - Quercetum eutrophicum*, 3I *Querceto - Fagetum illimerosum acidophilum*, 5K *Abieto - Fagetum acidophilum*, 6K *Piceeto - Fagetum acidophilum*, 6S *Piceeto - Fagetum mesotrophicum*, 7K *Fageto - Piceetum acidophilum*, <sup>5</sup>Dřeviny (Tree species): DG – douglaska tisolistá (Douglas-fir), SM – smrk ztepilý (Norway spruce), BO – borovice lesní (Scots pine), BK – buk lesní (European beech), DB – dub zimní (sessile oak), JD – jedle bělokorá (silver fir), s – boční stínění dospělého porostu (Tree species marked by „s“ are side-sheltered by mature stand).

kového i tloušťkového růstu vykazala douglaska ve srovnání s listnáči – dubem a bukem (Polánky II). Zhodnocením dynamiky výškového růstu bylo potvrzeno, že podmínky SLT 1M (Polánky I a II) a 2K (Týniště) vyhovují nejlépe borovici lesní (průměrné roční zvětšení výšky o 1,6–1,7násobek). V tloušťkovém přírůstu krčku se však dokázala douglaska domácí borovici na obou těchto lokalitách vyrovnat (1,5násobek na ploše Polánky II a 1,3–1,4násobek na ploše Týniště). Na lokalitě Týniště byl také zaznamenán pomalejší růst (výšky i tloušťky) u bočně stíněné kultury douglasky ve srovnání s kulturou douglasky na volné ploše.

V podmínkách 2. a 3. lesního vegetačního stupně na živném (plocha Chlum, SLT 2B) a kyselém (plocha Ledce, SLT 3I) stanovišti se potvrdilo, že tato stanoviště jsou pro pěstování douglasky velmi vhodná. Douglaska se zde ve výškovém růstu dokázala vyrovnat domácím dřevinám (smrku na plochách Chlum i Ledce a buku na ploše Chlum), nebo je i předrůst (dub na ploše Chlum). V tloušťkovém růstu krčku překonala na obou plochách všechny sledované domácí dřeviny.

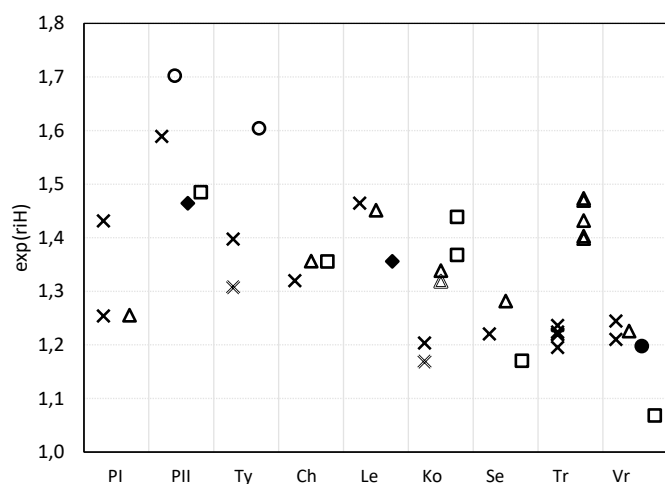
Na plochách v 5. a 6. lesním vegetačním stupni již douglaska vykazovala většinou nižší dynamiku výškového a tloušťkového růstu než domácí dřeviny smrk a buk. Na ploše Kounov (SLT 5K) byl u douglasky zjištěn průměrný roční nárůst výšky a tloušťky o 1,1–1,2násobek, zatímco u smrku a buku o 1,2–1,4násobek. Také na této ploše se projevil vliv bočního stínění na sledované kultury, a to u všech dřevin, i když rozdíl přírůstu výšky a přírůstu tloušťky krčku jsou prakticky nevýznamné.

Také na plochách Sedloňov (SLT 6K) a Trčkov (SLT 6S) douglaska ve výškovém i tloušťkovém přírůstu zaostávala za domácím smrkem. Rozdíly však nepřesáhly 0,2násobek průměrného ročního přírůstu. Ve srovnání s bukem (plocha Sedloňov) vykazovala douglaska srovnatelnou dynamiku výškového růstu a nižší u tloušťkového růstu.

Na horské lokalitě (plocha Vrchmezi, SLT 7K) limitují extrémní podmínky prostředí růst všech sledovaných dřevin (douglaska, smrk, jedle, buk). Z pohledu využití douglasky i v těchto horských podmínkách je důležité zjištění, že douglaska zde nebyla nejhůře přirůstající dřevinou. U výškového růstu se vyrovnala smrku a jedli a předčila (o více jak 0,1násobek ročního přírůstu) domácí buk. U tloušťkového růstu zaostávala douglaska za smrkem, ale předčila jedli i buk.

### Mortalita

Zaznamenaná mortalita douglasky ve sledovaných kulturách se ve sledovaném období pohybovala od 5 do 53 % (obr. 3). Výjimkou byla plocha Trčkov, kde (jak již bylo zmíněno v metodice) došlo k poškození kultur žírem klikoroha s mortalitou do roku 2014 v rozmezí 54–97 %. Poměrně vysoké ztráty (48–53 %) byly zaznamenány na ploše Polánky I (SLT 1M), a to nejen u douglasky, ale také u smrku. Na stejném stanovišti (SLT 1M) plochy Polánky II však douglaska vykazovala velmi nízkou mortalitu (5 %) ve srovnání s domácími dřevinami bukem (13 %) a dubem (34 %) a zejména borovicí (50 %).

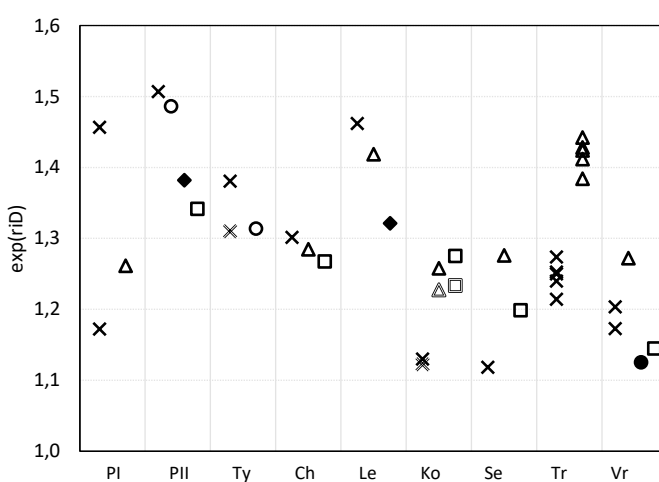


**Obr. 1.**

Dynamika výškového přírůstu douglasky ve srovnání s domácími dřevinami na různých stanovištích, vyjádřená hodnotou  $\exp(riH)$ , která představuje násobek, o který se průměrně zvětší výška za jeden rok (popis ploch viz tab. 1). Legenda: douglaska – křížek, smrk – trojúhelník, borovice – prázdný kroužek, buk – čtverec, dub – plný kosočtverec, jedle – plný kroužek. Zdvojený symbol označuje variantu s bočním stíněním dospělého porostu.

**Fig. 1.**

Height increment dynamics of Douglas-fir compared to native tree species presented by value  $\exp(riH)$ , which means multiple of mean annual height increment (for description of plots see Tab. 1). Legend: Douglas-fir – cross, spruce – triangle, pine – blank ring, beech – square, oak – diamond, fir – full ring. Doubled symbols mean variants in the side shelter of mature stand.



**Obr. 2.**

Dynamika tloušťkového přírůstu kořenového krčku douglasky ve srovnání s domácími dřevinami na různých stanovištích, vyjádřená hodnotou  $\exp(riD)$ , která představuje násobek, o který se průměrně zvětší tloušťka za jeden rok (popis ploch viz tab. 1, legenda viz obr. 1).

**Fig. 2.**

Dynamics of root collar diameter increment of Douglas-fir compared to native tree species presented by value  $\exp(riD)$ , which means multiple of mean annual diameter increment (for description of plots see Tab. 1, for legend Fig. 1).



## ZÁVĚR

Douglaska ukázala lepší či srovnatelné růstové parametry v komparaci s domácimi dřevinami napříč transektem stanovišť od nížin do hor v podmínkách ČR. V praxi lze tedy aplikovat poznatek, že tato dřevina má potenciál využití pro tvorbu směsí s domácimi dřevinami nejen na optimálních stanovištích kyselé a živné řady v nižších a středních polohách, ale i v podmínkách přirozených borových stanovišť nebo ve vyšších až horských polohách.

### Poděkování:

Studie byla vypracována v rámci řešení projektu NAZV QJ1520299 „Uplatnění douglasky tisolisté v lesním hospodářství ČR“ a institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace MZE-RO0118.

## LITERATURA

- CAMERON A.D. 2015. Building resilience into Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) forests in Scotland in response to the threat of climate change. *Forests*, 6: 398–415.
- CORTINI F, COMEAU P.G. 2008. Effects of red alder and paper birch competition on juvenile growth of three conifer species in southwestern British Columbia. *Forest Ecology and Management*, 256: 1795–1803. DOI: 10.1016/j.foreco.2008.03.022
- CREMER M., KERN N.V., PRIETZEL J. 2016. Soil organic carbon and nitrogen stocks under pure and mixed stands of European beech, Douglas fir and Norway spruce. *Forest Ecology and Management*, 367: 30–40. DOI: 10.1016/j.foreco.2016.02.020
- CREMER M., PRIETZEL J. 2017. Soil acidity and exchangeable base cation stocks under pure and mixed stands of European beech, Douglas fir and Norway spruce. *Plant and Soil*, 415: 393–405. DOI: 10.1007/s11104-017-3177-1
- DAWUD S.M., VESTERDAL L., RAULUND-RASMUSSEN K. 2017. Mixed-species effects on soil C and N stocks, C/N ratio and pH using a transboundary approach in adjacent common garden Douglas-fir and beech stands. *Forests*, 8, 95: 14 s. DOI: 10.3390/f8040095
- DOBROVOLNÝ L., ŠTĚRBA T., KODEŠ J. 2012. Effect of stand edge on the natural regeneration of spruce, beech and Douglas-fir. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, LX (6): 49–56.
- DODSON E.K., BURTON J.I., PUETTMANN K.J. 2014. Multiscale controls on natural regeneration dynamics after partial overstory removal in Douglas-fir forests in western Oregon, USA. *Forest Science*, 60, 5: 953–961. DOI: 10.5849/forsci.13-011
- Douglasie. 2016. Douglasie. Merkblatt zur Bewirtschaftung von Douglasienbeständen des Landes Sachsen-Anhalt. Magdeburg, Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt: 11 s. Dostupné na/Available on: [https://www.nw-fva.de/fileadmin/user\\_upload/Verwaltung/Publikationen/Merkblaetter/Dgl\\_ST\\_Merkblatt\\_zur\\_Bewirtschaftung\\_von\\_Douglasienbestaenden\\_des\\_Landes\\_ST.pdf](https://www.nw-fva.de/fileadmin/user_upload/Verwaltung/Publikationen/Merkblaetter/Dgl_ST_Merkblatt_zur_Bewirtschaftung_von_Douglasienbestaenden_des_Landes_ST.pdf)
- GALONSKA H. 2009. Waldbauliche Behandlung und wirtschaftliche Bedeutung der Douglasie in der Praxis. In: Die Douglasie im nordostdeutschen Tiefland. Chancen und Risiken in Klimawandel. Brandenburg, Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft des Landes Brandenburg: 42–48. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band 43.
- Grundsätze. 2003. Grundsätze für die Pflege der Baumarten im Landeswald Mecklenburg-Vorpommern. Schwerin, Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern: 25 s. Heft D4. Dostupné na/Available on: [https://www.wald-mv.de/static/Wald-mv/Dateien/GruenerOrdner/D4\\_sonstige\\_Baumarten.pdf](https://www.wald-mv.de/static/Wald-mv/Dateien/GruenerOrdner/D4_sonstige_Baumarten.pdf)
- HOFMAN J. 1964. Pěstování douglasky. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 253 s.
- JENKINS T.A.R., GILBERT ., MACKIE E.D., MATTHEWS R.W. 2012. Tree species. A document listing the tree species included in the 2011 production forecast. Forecast technical document. Forestry Commission: 7 s. Dostupné na/Available on: file:///C:/Users/PC/Downloads/PF2011\_Tree\_Species\_xc0lMv9.pdf
- 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, (4): 251–263.
- KUBEČEK J., ŠTEFANČÍK I., PODRÁZSKÝ V., LONGAUER R. 2014. Výsledky výzkumu douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) v České republice a na Slovensku – přehled. *Lesnický časopis – Forestry Journal*, 60: 116–124.
- Kulturbegründung. 2010. Kulturbegründung und Jungwuchspflege. Wegweiser für bayerische Waldbesitzer. München, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten: 47 s.
- KUPKA I., PODRÁZSKÝ V., KUBEČEK J. 2013. Soil-forming effect of Douglas fir at lower altitudes. *Journal of Forest Science*, 59 (9): 345–351.
- LAVERY J.M., COMEAU P.G., PRESCOTT C E. 2004. The influence of red alder patches on light, litterfall, and soil nutrients in adjacent conifer stands. *Canadian Journal of Forest Research*, 34: 56–64.
- LU H., CONDÉS S., RÍO M. DEL, GOUDIABY V., OUDEN J. DEN, MOHREN G.M.J., SCHELHAAS M.-J., WAAL R. DE, STERCK F.J. 2018. Species and soil effects on overyielding of tree species mixtures in the Netherlands. *Forest Ecology and Management*, 409: 105–118. DOI: 10.1016/j.foreco.2017.11.010
- NEUNER S., BEINHOFER B., KNOKE T. 2013. The optimal tree species composition for a private forest enterprise – applying the theory of portfolio selection. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 28: 38–48. DOI: 10.1080/02827581.2012.683038
- NORD-LARSEN T., MEILBY H. 2016. Effects of nurse trees, spacing, and tree species on biomass production in mixed forest plantations. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 31, 6: 592–601.
- OLIVER CH.D., LARSON B.C. 1996. Forest stand dynamics. New York, John Wiley & Sons: 520 s.
- PODRÁZSKÝ V., ČERMÁK R., ZAHRADNÍK D., KOUBA J. 2013a. Production of Douglas-fir in the Czech Republic based on national forest inventory data. *Journal of Forest Science*, 59 (10): 398–404.
- PODRÁZSKÝ V., ZAHRADNÍK D., PULKRAB K., KUBEČEK J., PEŇA J.F.B. 2013b. Hodnotová produkce douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) na kyselých stanovištích Školního polesí Hůrky, Písecko. *Zprávy lesnického výzkumu*, 58, 3: 226–232.
- PODRÁZSKÝ V., MARTINÍK A., MATĚJKA K., VIEWEGH, J. 2014. Effects of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) on understorey layer species diversity in managed forests. *Journal of Forest Science*, 60 (7): 263–271.

- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J., SLOUP R., PULKRAB K., NOVOTNÝ S. 2016a. Douglas-fir – partial substitution for declining conifer timber supply – review of Czech data. *Wood Research*, 61, 4: 525–530.
- PODRÁZSKÝ V., FULÍN M., PRKNOVÁ H., BERAN F., TŘEŠTÍK M. 2016b. Changes of agricultural land characteristics as a result of afforestation using introduced tree species. *Journal of Forest Science*, 62 (2): 72–79. DOI: 10.17221/96/2015-JFS
- RADOSEVICH S.R., HIBBS D.E., GHERSA C.M. 2006. Effects of species mixtures on growth and stand development of Douglas-fir and red alder. *Canadian Journal of Forest Research*, 36: 768–782.
- SLODIČÁK M., NOVÁK J., MAUER O., PODRÁZSKÝ V. (eds.) 2014. Pěstební postupy při zavádění douglasky do porostních směsí v podmínkách ČR. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 272 s.
- TAUCHMAN P., HART V., REMEŠ J. 2010. Srovnání produkce porostu douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirbel/ Franco) s porostem smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.) a stanovištně původním smíšeným porostem středního věku na území ŠLP v Kostelci nad Černými lesy. *Zprávy lesnického výzkumu*, 55 (3): 187–194.
- THURM E.A., UHL E., PRETZSCH H. 2016. Mixture reduces climate sensitivity of Douglas-fir stem growth. *Forest Ecology and Management*, 376: 205–220. DOI: 10.1016/j.foreco.2016.06.020
- TSCHOPP T., HOLDEREGGER R., BOLLMANN K. 2015. Auswirkungen der Douglasie auf die Waldbiodiversität. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 166 (1): 9–15.
- TUŽINSKÝ M., KUPKA I., PODRÁZSKÝ V., PRKNOVÁ H. 2015. Influence of the mineral rock alginite on survival rate and re-growth of selected tree species on agricultural land. *Journal of Forest Science*, 61: 399–405. DOI: 10.17221/11/2015-JFS
- VIEWEGH J., PODRÁZSKÝ V., MATĚJKA K. 2014. Charakterystyka roslinnosci runa ksztaltujacej sie pod drzewostanami daglezjowymi (*Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco) w lasach gospodarczych Republiki Czeskiej. *Sylwan*, 158 (4): 277–284.
- VITALI V., FORRESTER D. I., BAUHUS J. 2018. Know your neighbours: drought response of Norway spruce, silver fir and Douglas fir in mixed forests depends on species identity and diversity of tree neighbourhoods. *Ecosystems*, 21: 1215–1229.

## GROWTH OF JUVENILE DOUGLAS-FIR MIXED WITH NATIVE TREE SPECIES ON DIFFERENT FOREST SITES

### SUMMARY

Although Douglas-fir (DF\*) is capable of performing very well compared to other tree species that are native to Czech forest sites, it shares mere 0.2% within the forested area in the Czech Republic. At present time, ongoing change of environmental conditions forces local forestry practitioners to find a substitution of declining Norway spruce stands at lower and middle altitudes. DF is one of the non-native tree species that can be used that way within 5% of the Czech forested area in the future (PODRÁZSKÝ et al. 2016a). Moreover, DF shows a resilience against climate fluctuations and wood merchantability as well as a superior production capability, and exceeds all native tree species (KANTOR et al. 2010; TAUCHMAN et al. 2010; PODRÁZSKÝ et al. 2013b; KUBEČEK et al. 2014). Up-to-date knowledge on growing DF was published by HOFMAN (1964) and SLODIČÁK et al. (2014). Other authors dealt with growing mixtures of native trees with DF (KUPKA et al. 2013; PODRÁZSKÝ et al. 2016b; THURM et al. 2016; LU et al. 2018; VITALI et al. 2018), forest floor and soil conditions (CREMER et al. 2016; CREMER, PRIETZEL 2017; DAWUD et al. 2017), or biodiversity (e. g. PODRÁZSKÝ et al. 2014; VIEWEGH et al. 2014; TSCHOPP et al. 2015). Based on the knowledge, silvicultural methods were prescribed (GALONSKA 2009; Grundsätze 2003; Kulturbegründung 2010; Douglasie 2016). Those are still lacking in the Czech conditions; the mixtures with DF should be grown preferentially in the future.

The objective of this paper was to develop such prescriptions based on scientific experiments in young stands across a range of sites from natural-pine to mountainous ones. Experiments (see Table 1) were planted in 2010–2012 so as to mix at least one native tree species (Norway spruce – NS, Scots pine – SP, silver fir – ESF, European beech – BE and sessile oak – OK) with DF. Mixed plantations were designed as patches of 1–4 ares size, only one plot was an intimate individual mixture of DF into NS and BE. Plantation's height, root collar diameter and mortality were investigated every year. To get comparable values, relative annual increments of both height and diameter were calculated using formula (1) where  $y_0$  is the initial value of growth characteristics,  $y_0+t$  is the final value of growth quantity,  $t$  is the years of growing period and  $\ln$  is the natural logarithm. The final value of growth quantity  $y_0+t$  can be expressed using formula (2) where  $e$  is the base of natural logarithm,  $y_0$  is the initial value of growth quantity and  $t$  is number of years in investigated period. The *exp (riy)* value is the multiple expressing how much increased is the value of growth quantity in one year. Mortality was calculated as sum of losses every year over the investigated period expressed as % of the initial number of trees (cumulative losses). DF performed well on nutrient-poor, natural-pine sites (Fig. 1, 2) as it showed 1.3–1.6 fold increase of annual height increment and 1.2–1.5 fold increase of annual root collar diameter increment. As for the height growth, DF equaled or exceeded NS (Polánky I). Also both height and diameter growth parameters of DF were better compared to broadleaves such as BE and OK (Polánky II). SP showed 1.6–1.7 fold increase of annual height increment; this confirmed the best growing conditions for this species compared to others. As for the diameter growth, DF kept up with native SP showing 1.3–1.4 fold and 1.5 fold increase of annual root collar diameter increment on Polánky II and Týniště plots respectively. A side-shaded DF had both height and diameter growth reduced compared to DF in open area (Týniště). In conditions of 2<sup>nd</sup> (oak with beech) and 3<sup>rd</sup> (beech with oak) forest vegetation zones (plot Chlum on nutrient rich site, plot Ledce on compacted-acidic site), DF height growth was equal compared to NS, BE or higher than OK. DF diameter growth exceeded all native species on both plots. At higher altitudes of 5<sup>th</sup> (beech with fir) forest vegetation zone, DF growth fell behind the native NS, BE showing 1.1–1.2 fold increase of DF increments compared to 1.2–1.4 fold increase of NS on Kounov plot on acidic site. At higher altitudes of 6<sup>th</sup> (spruce with beech) forest vegetation zone, DF showed slightly lower mean annual increment (not exceeding 0.2 fold value) compared to NS. Comparable height growth and reduced diameter growth of DF compared to BE was found on plot Sedloňov. Mountainous conditions plot Vrchmezí on acidic site seemed to affect all species such as DF, NS, NSF and BE. DF was not, however, the worst performing species as its height growth was comparable with NS and NSF and exceeded BE. As for diameter growth, DF fell behind NS while exceeded NSF and BE. Mortality of DF ranged 5–53% over investigated period (Fig. 3) with one exception of plot Trčkov where DF was attacked by large pine weevil showing mortality 54–97% till 2014. DF showed comparable or even lower mortality compared to the native species. Capability of DF to compete with fast-growing conifers such as Sitka spruce (SS) confirms also CAMERON (2015). Actually, DF should be mixed with tree species that do not overgrow it; DF is more shade intolerant species (e. g. DOBROVOLNÝ et al. 2012; DODSON et al. 2014). This explain DF's good performance within clearings where its height growth was comparable or better and diameter growth exceeded all native species present on site. DF can be more productive in mixture with BE compared to pure DF stands (THURM et al. 2016; LU et al. 2018). In our conditions, native species such as NS, NSF and BE compete with DF more strongly at higher altitudes. To control this competition, native species should be placed apart from DF groups. For example DF and NS plantations grow the best within clearings. DF shows acceptable performance also under canopy of stand adjacent to clearing; the further from the edge the worse DF vigor occur (DOBROVOLNÝ et al. 2012). DF can be negatively affected by other species in mixture. In its natural range, red alder (RAR) was found to eliminate DF understory (OLIVER, LARSON 1996), reduce growth (RADOSEVICH et al. 2006) or reduce stem volume (CORTINI, COMEAU 2008) of DFs. LAVERY et al. (2004) prescribed a group and/or strip design of plantations where 10 m wide RAR strips are 20 apart within the clearing. Mixture can also pose a risk as VITALI et al. (2018) found mixed DFs more stressed by drought compared to unmixed ones; DF was, however found to perform well in mixtures with NS and ESF. Although the use of DF is in question sometimes (TSCHOPP et al. 2015), an indisputable potential to contribute to multi-purpose forestry lies in planting mixtures with DF. If DF shares less than 40%, both economically sound and less-risky forests can be expected (NEUNER et al. 2013). DF showed both better and comparable performance compared to native tree species across a range of sites from Czech lowlands to mountains. DF proved to be a convenient part of mixtures on acidic and nutrient-rich sites at lower and middle altitudes and also on natural-pine sites or higher to mountain conditions.

\* For English tree species acronyms explanation see JENKINS et al. (2012).

Zasláno/Received: 04. 01. 2019

Přijato do tisku/Accepted: 23. 01. 2019