

ZLEPŠUJE DOUGLASKA TISOLISTÁ PŮDNÍ PODMÍNKY? SROVNÁNÍ HUMUSOVÝCH FOREM SE SMRKEM ZTEPILÝM V JIŽNÍCH ČECHÁCH

DOES DOUGLAS-FIR IMPROVE SOIL CONDITIONS?
A COMPARISON OF HUMUS FORMS WITH NORWAY SPRUCE IN SOUTH BOHEMIA

VÁCLAV TROJAN✉ - JOSEF GALLO - IVO KUPKA

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra pěstování lesů, Kamýcká 129,
165 00 Praha 6 - Suchbátka, Czech Republic

✉ e-mail: trojanv@fd.czu.cz

ORCID: J. Gallo 0000-0002-7169-6477

I. Kupka 0000-0003-4874-6007

ABSTRACT

Douglas-fir is one of the most successful examples of introduction in forestry. It plays also important role in the European as well as Czech forestry for its production, site stabilization and effects on soil. Presented article compares Douglas-fir and Norway-spruce forest soils at an oak-beech acidic-Cambisol site at an altitude of 455 m above sea level; the age of both monospecific parts of the stand was 39 years. Holorganic horizons (L+F1, F2+H) were sampled quantitatively (the samples were enclosed in 25 cm × 25 cm steel frame), mineral horizons (Ah, B) only qualitatively in 5 replications under both tree species. Results showed a higher accumulation of holorganic matter (67.82 t/ha vs. 53.36 t/ha) under Douglas-fir. Under this species, soil properties (higher pH, bases content, base saturation, lower exchangeable acidity and aluminum content) were more favorable. The total and plant-available nutrient contents were more variable, but in general indicated better nutrient dynamics under Douglas-fir. For this reason, Douglas-fir can be considered as site improving species in the Norway spruce stands.

[For more information see Summary at the end of the article.](#)

Klíčová slova: stav půdy; chemie půdy; druhové složení; střední nadmořské výšky

Key words: soil conditions; soil chemistry; species composition; middle altitudes

ÚVOD

Douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) je předmětem zvýšeného zájmu v evropském i v českém lesním hospodářství (KUBEČEK et al. 2014; MONDEK, BALÁŠ 2019; NICOLESCU et al. 2023). Důvodem je její mimořádný produkční potenciál objemový i hodnotový, stabilizační funkce v porostech i relativně jednoduchý způsob pěstování, v podstatě srovnatelný se smrkem ztepilým (*Picea abies* /L./ Karst.). Potenciál introdukovaných dřevin, včetně douglasky, je v centru pozornosti evropských, ale i českých lesníků i v souvislosti s globální klimatickou změnou (GKZ) a potřebou zvýšit odolnost a stabilitu lesních porostů (VACEK Z. et al. 2021, 2023a). V kontextu GKZ a zmírňování jejích dopadů je přitom klíčová také znalost vlastností půd, jejich funkčního stavu a schopnosti sekvestrace uhlíku, která významně ovlivňuje stabilitu a adaptační potenciál lesních ekosystémů (CUKOR et al. 2017, 2022; VACEK Z. et al. 2022).

Kromě výše zmíněných rešerší vyhodnotili produkční potenciál douglasky v konkrétních domácích podmínkách i KANTOR et al. (2001), PODRÁZSKÝ et al. (2013, 2016), MONDEK et al. (2021) či HLAVICA, ADAMEC (2023), kteří prokázali převahu této dřeviny ve srovnání se všemi domácími i jinými významnými introdukovanými dřevinami. Týká se to i hodnotové produkce (PODRÁZSKÝ et al. 2013). Přitom záleží na stanovišti, v určitých podmínkách může její produkce zao- stávat za jinými dřevinami (PODRÁZSKÝ et al. 2025), v závislosti na konkrétních stanovištních podmínkách. Analýzy vlivu půd pak ve- směř prokazují příznivý vliv douglasky na půdu jak v mezinárodních podmínkách (WOHLGEMUTH et al. 2022), tak i v domácích poměrech (KUPKA, PODRÁZSKÝ 2010; KUPKA et al. 2013; FULÍN et al. 2017), třebaže vliv na pedofyzikální půdní charakteristiky nejsou tak významné, což indikuje i analýzy mikrobiálních půdních charakteristik pod porosty douglasky ve srovnání se smrkem (PODRÁZSKÝ et al. 2020a). Vliv na fytoocenózy nebyl významný, maximálně byly porosty obohaceny

o druhy indikující jistou nitrifikaci a ruderalizaci společenstev v čistých douglaskových porostech (MATĚJKA et al. 2015).

V širším kontextu se douglaska stává součástí úvah o možnostech náhrady smrku ztepilého, jehož stabilita pod vlivem klimatických extrémů a disturbancí (kúrovcové kalamity, dlouhodobá sucha, vítr) výrazně klesá (ŠIMŮNEK et al. 2020, 2024, 2025; D'ANDREA et al. 2022). V této souvislosti se zvažuje využití různých introdukovaných dřevin včetně douglasky, borovice černé (*Pinus nigra* JF Arnold; VACEK Z. et al. 2023b; ZEIDLER et al. 2024b), borovice těžké (*Pinus ponderosa* Douglas ex C. Hawson; PODRÁZSKÝ et al. 2020b), smrku omorika (*Picea omorika* [Pančič] Purk.; VACEK Z., VACEK S. 2023; ZEIDLER et al. 2024a) nebo dalších nepůvodních dřevin, a to s ohledem na jejich růstový potenciál, ekologickou přizpůsobivost a interakce s půdou a biodiverzitou (VACEK S. et al. 2022; BRABEC et al. 2023; VACEK Z. et al. 2023c).

Cílem předkládaného příspěvku je vyhodnocení stavu půd pod porosty smrku ztepilého a douglasky tisolisté na majetku (ŠP) Hůrky, Vyšší odborné školy lesnické a Střední lesnické školy Bedřicha Schwarzenberga Písek. Záměrem je rozšíření znalostí o douglasce tisolisté prostřednictvím této případové studie.

MATERIÁL A METODIKA

Zájmové území

Na majetku ŠP Písek byl srovnáván stav humusových forem v porostu douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco, DG) a smrku ztepilého (*Picea abies* /L./ Karst, SM) na stejném stanovišti v porostu ve věku 39 let. Vzorky byly odebrány v porostu 15E4b na území polesí Hůrky, ŠP Písek. Nadmořská výška lokality je 455 m n. m., SLT byl určen jako 3K, půda jako oligotrofní kambizem. Průměrná roční teplota se pohybuje okolo 8,8 °C a průměrný roční úhrn srážek dosahuje 607 mm za období 1989–2024 (ČHMÚ). Lokalita se podle Köppenovy klimatické klasifikace nachází v oblasti mírně teplého a vlhkého klimatu typu Cfb, tedy s rovnoměrným rozložením srážek během roku a teplým létem (PEEL et al. 2007).

Sběr dat

Vzorky byly odebrány 22. 9. 2021 pomocí železného rámečku 25 cm × 25 cm (holorganické horizonty), hlubší horizonty byly vzorkovány pouze kvalitativně. Počet odběrů byl 5 pod skupinami každé ze sledovaných dřevin: SM vs. DG. U jednotlivých vzorků bylo analyzováno:

- u holorganických horizontů: množství sušiny při 105 °C a obsah celkových živin po mineralizaci kyselinou sírovou ve směsi se selemem (ZBÍRAL 2001)
- u všech vzorků: půdní reakce aktivní (výluh H₂O) a potenciální (1 N KCl), potenciometricky, výměnná acidita, obsah výměnného vodíku a hliníku, základní charakteristiky půdního sorpčního komplexu podle KAPPEN (1929) – (S – obsah bází, V – nasycení sorpčního komplexu bázemi, H – hydrolytická acidita, T – kationtová výměnná kapacita), obsah uhlíku a organické hmoty (metoda Springer-Klee), podle CIAVATTA et al. (1989), obsah celkového dusíku (Kjeldahlova metoda), podle KIRK (1950), obsah přístupných živin ve výluhu (MEHLICH 1984).

Analýza dat

Ke statistické analýze byl použit software STATISTICA (v. 13.5.0.17., TIBCO). Data byla nejdříve analyzována pomocí popisné statistiky. Vzhledem k nižšímu počtu měření nemají data normální rozdělení, a proto byly použity neparametrické testy Kruskal-Wallis, ANOVA a median test na obvyklé hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Porovnává-

ny byly vždy hodnoty zjištěné ve shodných půdních horizontech pod oběma dřevinami. Hodnoty, které se na této hladině významnosti statisticky významně nelišily jsou v Tab. 1 označeny stejným písmenem a statisticky významně odlišné hodnoty jsou zvýrazněny různými písmeny/indexy a typem písma.

VÝSLEDKY A DISKUSE

V porostu douglasky byla zaznamenána vyšší akumulace nadložního humusu – 67,82 t/ha – v porostu smrku nižší – 53,36 t/ha (Tab. 1). V obou sledovaných holorganických horizontech byly hodnoty akumulace nevýrazně vyšší v porostu douglasky, což není v souladu s dosud sledovanými trendy (KUPKA, PODRÁZSKÝ 2010; KUPKA et al. 2013; MONDEK, BALÁŠ 2019). Danou skutečnost je možno vysvětliv větší akumulací biomasy v korunovém prostoru smrku a dosud slabší produkci opadu v relativně mladém porostu. Ve starších porostech je pak situace opačná.

Půdní reakce aktivní byla srovnatelná v horizontu L+F1 a B, v horizontu F2+H a Ah byly hodnoty statisticky významně vyšší pod douglaskou. Půdní reakce potenciální se v horizontech L+F1 a B rovněž významně nelišila, třebaže byla patrná tendence vyšších hodnot pod douglaskou, v horizontu F2+H a Ah byly hodnoty také statisticky významně vyšší pod touto dřevinou. Půdní reakce tak byla výrazně příznivější pod porostem douglasky. To souhlasí s údaji shrnutými pro domácí i zahraniční podmínky (PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2008; PODRÁZSKÝ et al. 2009; KUPKA et al. 2013; KUBEČEK et al. 2014; WOHLGEMUTH et al. 2022; NICOLESCU et al. 2023). Meliorační role douglasky se uplatňuje v jehličnatých porostech, v porostech listnáčů se naopak projevuje mírně acidifikačním trendem (KANTOR et al. 2001).

S půdní reakcí souvisí charakteristiky půdního sorpčního komplexu. Obsah výměnných bází byl vyšší pod porostem douglasky, v horizontu organominerálním (Ah) byl rozdíl dokonce statisticky významný. Hydrolytická acidita byla srovnatelná ve vrstvě opadu, hlouběji byla statisticky významně vyšší pod porostem smrku, rozdíl v horizontu B již opět nebyl významný, byť patrný. Výměnná kationtová kapacita byla velmi významně vyšší pod porostem smrku, na tom se podílel především výrazně vyšší obsah výměnného hliníku. Obsah výměnného vodíku byl mnohem více vyrovnaný, třebaže významné rozdíly byly dokumentovány – nižší v horizontech L+F1 a B pod smrkem. Lze předpokládat větší podíl bází na sorpčním komplexu pod douglaskou ve srovnání se smrkem. To se potvrdilo v případě charakteristiky V – nasycení sorpčního komplexu bázemi, kde nebyly rozdíly ve vrstvě opadu, ale významně byly vyšší hodnoty pod porostem douglasky v případě všech ostatních srovnávaných horizontů. Lze konstatovat, že opad douglasky a jeho transformace příznivě ovlivňuje chemismus lesních půd ve srovnání se smrkem, což potvrzují další práce, uvedené výše.

Obsah humusu byl nevýznamně, ale systematicky poněkud vyšší pod porostem smrku – analogicky tomu tak bylo v případě obsahu celkového uhlíku a spalitelných látek, což jsou autokorelované hodnoty, v podstatě odrážející tutéž skutečnost. Podobně byl pod smrkem vyšší obsah celkového dusíku určeného Kjeldahlovou metodou, v horizontu B se hodnoty významně lišily, vyšší byly pod smrkem až o 50 %. V důsledku toho byly hodnoty C/N nesignifikantně příznivější pod douglaskou s výjimkou horizontu B, kde byl trend opačný. Analýzy dekompozičních aktivit v porostu douglasky a smrku ve stanovištně srovnatelných podmínkách Černokostelecka prokázaly vyšší potenciál respirační aktivity, celulolytické aktivity a nitrifikace v porostu douglasky, což pouze částečně souhlasí s našimi výsledky (PODRÁZSKÝ et al. 2020a). Studovaná lokalita se však lišila věkem, což mělo za následek poněkud odlišný trend v akumulaci nadložního humusu. Dynamika půdního uhlíku a dusíku se pak mezi porosty obou dřevin významně nelišila.

Obsah přístupného fosforu byl statisticky významně vyšší ve vrstvě L+F1 pod douglaskou, opačná, nesignifikantní tendence je doložena v ostatních sledovaných horizontech. To indikuje bohatší opad, ale rychlejší transformaci humusu a příjem fosforu douglaskou. Obsah celkové formy fosforu naznačuje podobnou tendenci. Obsah přístupného draslíku byl statisticky významně vyšší ve vrstvě L+F1 pod douglaskou také, hlouběji nebyly rozdíly průkazné. Obsah přístupného vápníku byl pod porostem douglasky vesměs významně vyšší ve srovnání se smrkem, s výjimkou horizontu B, kde byl mírně nižší. Méně významné rozdíly byly prokázány i v případě přístupné formy hořčíku, kde byly průkazné rozdíly detekovány jen v horizontech L+F1 a Ah.

Obsah celkového dusíku stanovený druhou použitou metodou byl srovnatelný v holorganických horizontech pod oběma dřevinami, to- též platí i pro obsah celkového fosforu. Obsah celkového draslíku byl

vyšší v nadložním humusu douglaskového porostu, ve vrstvě F2+H byly rozdíly statisticky významné. Naopak obsah celkového vápníku byl vyšší pod smrkem. Obsah celkového hořčíku v holorganických vrstvách byl významně nižší pod smrkem. Vcelku tak vykazovaly lesní půdy pod douglaskou mírně příznivější stav daný nižší aciditou a vyšším obsahem makroelementů, což do značné míry souhlasí s jinými případy, doloženými v literatuře (KUPKA, PODRÁZSKÝ 2010; KUPKA et al. 2013; MONDEK, BALÁŠ 2019). Je však nutno uvést, že příznivé působení je třeba chápat ve vztahu k domácím jehličnatým dřevinám (KANTOR et al. 2001; KANTOR 2008).

Rizika, vyplývající z pěstování intenzivně rostoucích douglaskových porostů je možno charakterizovat jako zvýšené čerpání živin z půdy a dopad na dynamiku půdního dusíku (PODRÁZSKÝ et al. 2020a), což se na druhé straně jen mírně odráží v charakteru fytoocenóz (PODRÁZSKÝ et al. 2011, 2014; VIEWEGH et al. 2014; MATĚJKA et al. 2015).

Tab. 1.

Srovnání pedochemických charakteristik pod porostem douglasky a smrku na lokalitě Písek. Comparison of soil chemical properties under the stand parts with Douglas-fir and Norway spruce.

Proměnná/Variable	Jednotka/ Unit	L+F1		F2+H		Ah		B	
		DG	SM	DG	SM	DG	SM	DG	SM
Hmotnost/Mass	t/ha	13,46 a	11,74 a	54,36 a	41,62 a				
pH H ² O		5,23 a	5,24 a	4,93 a	4,56 b	4,72 a	4,40 b	4,88 a	4,74 a
pH KCl		4,38 a	4,17 a	3,88 a	3,18 b	3,50 a	3,11 b	3,61 a	3,49 a
S	mval/100 g	43,43 a	37,86 a	29,10 a	17,54 a	8,76 a	3,48 b	2,70 a	1,41 a
H	mval/100 g	29,18 a	29,66 a	30,83 a	51,50 b	17,75 a	23,77 b	10,02 a	12,49 a
T	mval/100 g	74,01 a	67,52 a	59,93 a	69,05 a	26,51 a	27,25 a	12,72 a	13,90 a
V	mval/100 g	58,71 a	55,85 a	47,89 a	25,42 b	32,16 a	12,68 b	20,37 a	10,32 b
humus	%	73,29 a	78,57 a	49,16 a	63,78 a	17,28 a	20,88 a	5,84 a	7,90 a
Cox	%	42,51 a	45,58 a	28,52 a	37,0 a	10,02 a	12,11 a	3,39 a	4,58 a
Spal.látky/ Combustible matter	%	81,61 a	90,29 a	56,67 a	74,29 a	22,24 a	26,14 a	8,69 a	11,23 a
N kjehl	%	1,70 a	1,76 a	1,39 a	1,54 a	0,53 a	0,63 a	0,14 a	0,21 b
C/N		25,14 a	25,98 a	20,30 a	24,18 a	19,08 a	19,34 a	23,28 a	20,84 a
Vým./exch. Ac	mval/kg	18,36 a	24,72 b	20,75 a	67,31 b	48,11 a	94,00 b	59,25 a	83,29 b
Vým./exch. H	mval/kg	8,78 a	5,04 b	5,39 a	7,58 a	2,59 a	3,28 a	1,92 a	1,25 b
Vým./exch. Al	mval/kg	9,58 a	19,68 b	15,36 a	59,73 b	45,52 a	90,72 b	57,33 a	82,03 b
P	mg/kg	27,6 a	22,0 b	16,0 a	20,40 a	9,00 a	9,40 a	18,60 a	26,80 a
K	mg/kg	472,0 a	377,2 b	288,8 a	302,8 a	116,8 a	95,0 a	46,0 a	37,6 a
Ca	mg/kg	4163,2 a	3410,0 b	3318,8 a	2020,4 b	929,6 a	311,2 b	195,6 a	216,6 a
Mg	mg/kg	406,0 a	349,2 b	351,6 a	314,8 a	138,6 a	98,8 b	73,8 a	61,8 a
N	%	1,70a	1,71 a	1,36 a	1,55 a				
P	%	0,069 a	0,062 a	0,058 a	0,063 a				
K	%	0,096 a	0,052 a	0,204 a	0,112 b				
Ca	%	0,448 a	0,546 a	0,116 a	0,169 a				
Mg	%	0,076 a	0,048 b	0,093 a	0,020 b				

Také vliv na pedofyzikální vlastnosti půd je sice příznivější ve srovnání se smrkem, ale celkově má méně příznivé účinky na půdu, což je dáno intenzivním růstem a využíváním kořenového prostoru pro výživu dřevin (PODRÁZSKÝ, KUPKA 2011). Na druhé straně přispívá kořenový systém ke značné stabilizaci lesních porostů (MAUER, PALÁTOVÁ 2012; KACÁLEK et al. 2017). Většinu rizik tak lze eliminovat pěstováním douglasky ve smíšených porostech (NOVÁK et al. 2018), přičemž doporučený podíl této dřeviny se pohybuje v rozmezí 20–40 %.

ZÁVĚR

Výsledky případové studie z jižních Čech potvrdily ve vztahu ke smrku příznivější vliv douglasky na lesní půdy, respektive méně acidifikační dopady. Při náhradě smrku douglaskou je tedy možno předpokládat méně negativní působení na stav půdního chemismu a na cykly makroelementů. Douglaska tak může v nižších polohách nahradit smrk z hlediska produkce kvalitního jehličnatého dříví. Její potenciální negativní dopady, týkající se dynamiky dusíku a většího nároku na živiny pak lze eliminovat pěstováním douglasky ve smíšených porostech s vhodnými dřevinami. Presentované závěry vycházejí z jednorázového šetření na konkrétní lokalitě s omezeným počtem opakování, a proto je třeba k výsledkům přistupovat s opatrností při jejich zobecňování na jiné stanovištní podmínky, věkové kategorie porostů či půdní typy. Pro komplexnější posouzení vlivu douglasky tisolisté na půdní prostředí by byly vhodné dlouhodobější experimenty zahrnující širší spektrum stanovišť.

Poděkování:

Článek vznikl za podpory Interní grantové agentury Fakulty lesnické a dřevařské České zemědělské univerzity v Praze (registrační číslo projektu IGA 3149).

LITERATURA

- BRABEC P., VACEK Z., VACEK S., ŠTEFANČÍK I., CUKOR J., WEATHERALL A., GALLO J., SLÁVIK M., SITKOVÁ Z., PUTALOVÁ, T. 2023. Growth-climate responses of *Picea sitchensis* [Bong.] Carr. versus *Picea abies* [L.] Karst. in the British Isles and Central Europe. *Central European Forestry Journal*, 69 (3): 167–178. DOI: 10.2478/forj-2022-0011
- CIAVATTA C., VITTORI ANTISARI L., SEQUI P. 1989. Determination of organic carbon in soils and fertilizers. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 20: 759–773. DOI: 10.1080/00103628909368115
- CUKOR J., VACEK Z., LINDA R., BÍLEK L. 2017. Carbon sequestration in soil following afforestation of former agricultural land in the Czech Republic. *Central European Forestry Journal*, 63 (2–3): 97–104. DOI: 10.1515/forj-2017-0011
- CUKOR J., VACEK Z., VACEK S., LINDA R., PODRÁZSKÝ V. 2022. Biomass productivity, forest stability, carbon balance, and soil transformation of agricultural land afforestation: A case study of suitability of native tree species in the submontane zone in Czechia. *Catena*, 210: 105893. DOI: 10.1016/j.catena.2021.105893
- D'ANDREA G., ŠIMŮNEK V., CASTELLANETA M., VACEK Z., VACEK S., PERICOLO O., ZITO R. G., RIPULLONE F. 2022. Mismatch between annual tree-ring width growth and NDVI index in Norway spruce stands of Central Europe. *Forests*, 13 (9): 1417. DOI: 10.3390/f13091417
- FULÍN M., NOVOTNÝ P., PODRÁZSKÝ V., BERAN F., DOSTÁL J., JEHLIČKA J. 2017. Evaluation of the provenance plot "Hrubá Skála" (Northern Bohemia) with grand fir at the age of 36 years. *Journal of Forest Science*, 63: 75–87. DOI: 10.17221/79/2016-JFS
- HLAVICA R., ADAMEC Z. 2023. Development of Douglas fir merchantable stem volume model in the conditions of the Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 69 (12): 515–524. DOI: 10.17221/92/2023-JFS
- KACÁLEK D., MAUER O., PODRÁZSKÝ V., SLODIČÁK M., ŠPULÁK O., SOUČEK J., NOVÁK J., JURÁSEK A., LEUGNER J., DUŠEK D. 2017. Meliorační a zpevňující funkce lesních dřevin. *Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce*: 300 s.
- KANTOR P., KNOTT R., MARTINÍK A. 2001. Production potential and ecological stability of mixed forest stands in uplands-III. A single tree mixed stand with Douglas fir on an eutrophic site of the Křtiny Training Forest Enterprise. *Journal of Forest Science*, 47: 45–59. DOI: 10.17221/2170-JFS
- KANTOR P. 2008. Production potential of Douglas fir at mesotrophic sites of Křtiny Training Forest Enterprise. *Journal of Forest Science*, 54 (7): 321–332. DOI: 10.17221/35/2008-JFS
- KAPPEN H. 1929. *Die Bodenazidität*. Springer, Berlin, Germany: 363 s.
- KIRK PL. 1950. Kjeldahl method for total nitrogen. *Analytical Chemistry*, 22 (2): 354–358. DOI: 10.1021/ac60038a038
- 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: 120–129. DOI: 10.2478/forj-2014-0012
- KUPKA I., PODRÁZSKÝ V. 2010. Vliv druhového složení porostů na zalesněné zemědělské půdě na pedofyzikální vlastnosti a poutání uhlíku v povrchových horizontech. In: *Pěstování lesů v nižších vegetačních stupních*. Křtiny 6. – 8. 9.2010. Brno, LDF Mendel: 71–76.
- KUPKA I., PODRÁZSKÝ V., KUBEČEK J. 2013. Soil-forming effect of Douglas fir at lower altitudes. *Journal of Forest Science*, 59 (9): 345–351. DOI: 10.17221/27/2013-JFS
- MAUER O., PALÁTOVÁ E. 2012. Root system development in Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb./Franco]) on fertile sites. *Journal of Forest Science*, 58 (9): 400–409. DOI: 10.17221/94/2011-JFS
- MATĚJKA K., PODRÁZSKÝ V., VIEWEGH J., MARTINÍK A. 2015. Srovnání bylinné etáže v porostech douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb./Franco]) a v porostech jiných dřevin. *Zprávy lesnického výzkumu*, 60: 201–210.
- MEHLICH A. 1984. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 15: 1409–1416. DOI: 10.1080/00103628409367568
- MONDEK J., BALÁŠ M. 2019. Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb./Franco]) and its role in the Czech forests. *Journal of Forest Science*, 65: 41–50. DOI: 10.17221/9/2019-JFS
- MONDEK J., MATĚJKA K., GALLO J., PROKŮPKOVÁ A., HÁJEK V. 2021. *Picea abies* and *Pseudotsuga menziesii* radial growth in relation to climate: case study from South Bohemia. *Austrian Journal of Forest Science*, 138: 209–244.
- NICOLESCU V.N., MASON W., BASTIEN J.C., VOR T., PETKOVA K., PODRÁZSKÝ V., DODAN M., PERIC S., LA PORTA N., BRUS R., ANDRAŠEV S., SLÁVIK M. 2023. Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb./Franco]) in Europe: an overview of management practices. *Journal of Forestry Research*, 34 (4): 871–888. DOI: 10.1007/s11676-023-01607-4
- NOVÁK J., KACÁLEK D., PODRÁZSKÝ V., ŠIMERDA L., BERAN F., BEZDĚČKOVÁ L., BORŮVKA V., CAFOUREK J., ČIHÁK T., DUŠEK D., FADRHOŇSOVÁ V., NEUDERTOVÁ-HELLEBRANDOVÁ K., KOTRLA P.

- KUPKA I., LEUGNER J., LUBOJACKÝ J., MATĚJKA K., MODLINGER R., NOVOTNÝ R., PEŠKOVÁ V., SAMEK M., SLODIČÁK M., ŠRÁMEK V., VEJPUŠTKOVÁ M., VIEWEGH J., ZEIDLER A. 2018. Uplatnění douglasky tisolisté v lesním hospodářství ČR. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 214 s. ISBN 978-80-7417-167-3
- PEEL M.C., FINLAYSON B.L., MCMAHON T.A. 2007. Updated world map of the Köppen–Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11: 1633–1644. DOI: 10.5194/hess-11-1633-2007
- 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., 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. DOI: 10.17221/11/2009-JFS
- PODRÁZSKÝ V., KUPKA I. 2011. Vliv douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) na základní pedofyzikální charakteristiky lesních půd. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56: 1–5.
- PODRÁZSKÝ V., VIEWEGH J., MATĚJKA K. 2011. Vliv douglasky na rostlinná společenstva lesů ve srovnání s jinými dřevinami. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56: 44–51.
- PODRÁZSKÝ V., ZAHRADNÍK D., PULKRAB K., KUBEČEK J., PEŇA J.F.B. 2013. Hodnotová produkce douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) na kyselých stanovištích Školního poleší 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: 263–271. DOI: 10.17221/49/2014-JFS
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J., SLOUP R., PULKRAB K., NOVOTNÝ S. 2016. Douglas-fir – partial substitution for declining conifer timber supply – review of Czech data. *Wood Research*, 61: 525–530.
- PODRÁZSKÝ V., KUPKA I., PRKNOVÁ H. 2020a. Substitution of Norway spruce for Douglas-fir: changes of soil microbial activities as climate change induced shift in species composition, a case study. *Central European Forestry Journal*, 66 (2):71–77. DOI: 10.2478/forj-2020-0007
- PODRÁZSKÝ V., VACEK Z., VACEK S., VÍTÁMVÁS J., GALLO J., PROKŮPKOVÁ A., D'ANDREA G. 2020b. Production potential and structural variability of pine stands in the Czech Republic: Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) vs. introduced pines – case study and problem review. *Journal of Forest Science*, 66 (5):197–207. DOI: 10.17221/42/2020-JFS
- PODRÁZSKÝ V., TROJAN V., VACEK Z., ČERNÝ J., VACEK S., CUKOR J., KUPKA I., JŮNOVÁ L., PLASSOVÁ L. 2025. Testování růstového potenciálu introdukovaných dřevin pro budoucí lesnictví Střední Evropy: zkušenosti z pěstování 16 druhů dřevin v Arboretu Truba. *Zprávy lesnického výzkumu*, 70 (2): 93–101. DOI: 10.59269/zlv/2025/2/761
- ŠIMŮNEK V., VACEK Z., VACEK S. 2020. Solar cycles in salvage logging: National data from the Czech Republic confirm significant correlation. *Forests*, 11 (9): 973. DOI: 10.3390/f11090973
- ŠIMŮNEK V., VACEK Z., VACEK S., ŠVANDA M., HÁJEK V., D'ANDREA G. 2024. Norway spruce forest management in the Czech Republic is linked to the solar cycle under conditions of climate change – from tree rings to salvage harvesting. *Journal of Space Weather and Space Climate*, 14: 37. DOI: 10.1051/swsc/2024030
- ŠIMŮNEK V., VACEK Z., VACEK S., ŠVANDA M., PODRÁZSKÝ V., CUKOR J., GALLO J., ZAHRADNÍK P. 2025. Bark beetle-induced salvage logging cycle is caused by weather patterns linked to the NAO and solar cycle in Central Europe. *Forest Ecosystems*, 13: 100328. DOI: 10.1016/j.fecs.2025.100328
- VACEK S., VACEK Z., CUKOR J., PODRÁZSKÝ V., GALLO J. 2022. *Pinus contorta* Douglas ex Loudon and climate change: A literature review of opportunities, challenges, and risks in European forests. *Journal of Forest Science*, 68 (9): 329–343. DOI: 10.17221/101/2022-JFS
- VACEK Z., CUKOR J., VACEK S., LINDA R., PROKŮPKOVÁ A., PODRÁZSKÝ V., GALLO J., VACEK O., ŠIMŮNEK V., DRÁBEK O. 2021. Production potential, biodiversity and soil properties of forest reclamation: Opportunities or risk of introduced coniferous tree species under climate change? *European Journal of Forest Research*, 140: 1243–1266. DOI: 10.1007/s10342-021-01392-x
- VACEK Z., BÍLEK L., REMEŠ J., VACEK S., CUKOR J., GALLO J., ŠIMŮNEK V., BULUŠEK D., BRICHTA J., VACEK O., DRÁBEK O., ZAHRADNÍK D. 2022. Afforestation suitability and production potential of five tree species on abandoned farmland in response to climate change, Czech Republic. *Trees*, 36 (4): 1369–1385. DOI: 10.1007/s00468-022-02295-z
- VACEK Z., VACEK S. 2023. Challenges and risks of Serbian spruce (*Picea omorika* [Pančić] Purk.) in the time of climate change—a literature review. *Central European Forestry Journal*, 69 (3): 152–166. DOI: 10.2478/forj-2022-0016
- VACEK Z., VACEK S., CUKOR J. 2023a. European forests under global climate change: Review of tree growth processes, crises and management strategies. *Journal of Environmental Management*, 332: 117353. DOI: 10.1016/j.jenvman.2023.117353
- VACEK Z., CUKOR J., VACEK S., GALLO J., BAŽANT V., ZEIDLER A. 2023b. Role of black pine (*Pinus nigra* JF Arnold) in European forests modified by climate change. *European Journal of Forest Research*, 142 (6): 1239–1258. DOI: 10.1007/s10342-023-01605-5
- VACEK Z., ZEIDLER A., CUKOR J., VACEK S., BORŮVKA V., ŠIMŮNEK V., SKOTÁK V., GALLO J. 2023c. Sustainable biomass production of introduced spruce species plantations under climate change. *Trees*, 37 (6): 1781–1799. DOI: 10.1007/s00468-023-02460-y
- VIEWEGH J., PODRÁZSKÝ V., MATĚJKA K. 2014. Charakterystyka roślinności runa kształtującej się pod drzewostanami daglezjowymi (*Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco) w lasach gospodarczych Republiki Czeskiej. *Sylvan*, 158: 277–284.
- WOHLGEMUTH T., GOSSNER M. M., CAMPAGNARO T., MARCHANTE H., VAN LOO M., VACCHIANO G., CASTRO-DIEZ P., DOBROWOLSKA D., GAZDA A., KEREN S., KESERU Z., KOPROWSKI M., LA PORTA N., MAROZAS V., NYGAARD P.H., PODRÁZSKÝ V., PUCHALKA R., REISMAN-BERMAN O., STRAIGYTE L., YLIOJA T., POTZELSBERGER E., SILVA J.S. 2022. Impact of non-native tree species in Europe on soil properties and biodiversity: a review. *NeoBiota*, 78: 45–69.
- ZBÍRAL J. et al. 2001. Porovnání extrakčních postupů pro stanovení základních živin v půdách ČR. Brno, ÚKZÚZ: 205 s.
- ZEIDLER A., BORŮVKA V., BRABEC P., TOMCZAK K., BEDŘICH J., VACEK Z., CUKOR J., VACEK S. 2024a. The possibility of using non-native spruces for Norway spruce wood replacement – A case study from the Czech Republic. *Forests*, 15 (2): 255. DOI: 10.3390/f15020255
- ZEIDLER A., BORŮVKA V., TOMCZAK K., VACEK Z., CUKOR J., VACEK S., TOMCZAK A. 2024b. The potential of non-native pines for timber production – A case study from afforested post-mining sites. *Forests*, 15 (8): 1388. DOI: 10.3390/f15081388

DOES DOUGLAS-FIR IMPROVE SOIL CONDITIONS? A COMPARISON OF HUMUS FORMS WITH NORWAY SPRUCE IN SOUTH BOHEMIA

SUMMARY

Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) is the subject of increased interest in European as well as in Czech forestry (NICOLESCU et al. 2023; KUBEČEK et al. 2014; MONDEK, BALÁŠ 2019). The reason is its extraordinary production potential in terms of volume and value, stabilization function in stands, and a relatively simple method of cultivation, basically comparable to Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst.). The potential of introduced tree species, including Douglas-fir, is in the center of attention of European and Czech foresters in connection with climate change because their need to do is to increase both the resilience and stability of forest stands.

The study compares a forest-floor humus form and mineral soil properties below 39-year-old Douglas-fir and Norway spruce of the same age at an altitude of 455 metres above sea level, at an acid oak-beech site on acidic, nutrient-poor Cambisol. Sampling was performed on 22. 9. 2021, 5 samples under both tree species in monospecific stand parts were collected. Steel frame enclosing a 25 cm × 25 cm area was used for quantitative sampling of holorganic layers (L+F1, F2+H), mineral soil horizons (Ah, B) were not sampled quantitatively. Laboratory analyses were done using following standard methods. In holorganic horizons were analyzed: a dry-matter weight of samples and a total (pseudototal) content of macronutrients (N, P, K, Ca, Mg, see ZBÍRAL et al. 2001). In all samples were analyzed: pH active and potential potentiometrically, soil adsorption complex characteristics (see KAPPEN 1929), a total carbon organic matter content (see CIAVATTA et al. 1989), a total nitrogen content (KIRK 1950) and plant-available nutrients (see MEHLICH 1984).

Results confirmed relatively favorable effects of Douglas-fir on soil compared to Norway spruce stand part. Despite higher amount of holorganic horizons – 67.82 t/ha in Douglas-fir compared to 53.36 t/ha in Norway spruce – the chemical soil characteristics were more favorable under Douglas-fir, indicating lesser acidification effects, whereas improvement processes favored Douglas-fir compared to Norway spruce. At the same time, the values of soil reaction, a bases content and base saturation were more favorable under Douglas-fir, whereas hydrolytical acidity and content of exchangeable aluminum were higher below Norway spruce. The total carbon (humus) and total nitrogen were higher under spruce, indicating more intense turnover of these two elements in the Douglas-fir stand. Dynamics of nutrients, both in total and plant available form, also indicated more favorable situation under Douglas-fir.

In general, relatively favorable effects of Douglas-fir on soil were found compared to Norway spruce on the same forest site, thus Douglas-fir can be considered a site improver. However, one should have kept in mind that even Douglas-fir can show negative effects on nutrient cycle rate unless it is not cultivated in mixed stands. Owing to this case study, it can be concluded that the findings can be generalized only to similar site conditions and age of stands.

Zasláno/Received: 08. 08. 2025

Přijato do tisku/Accepted: 04. 11. 2025