

ODRŮSTÁNÍ SAZENIC VYBRANÝCH INTRODUKOVANÝCH JEHLIČNATÝCH DŘEVIN NA SUCHÉM OHROŽENÉM STANOVIŠTI VE VZTAHU K JEJICH ADAPTAČNÍMU POTENCIÁLU

GROWTH PERFORMANCE OF SELECTED INTRODUCED CONIFEROUS TREE SEEDLINGS ON A DROUGHT-PRONE SITE IN RELATION TO THEIR ADAPTIVE POTENTIAL

Václav Trojan¹, Jaroslav Moravec¹, Zdeněk Vacek¹, Stanislav Vacek¹, Jan Cukor^{1,2}, Matěj Škrleta¹

¹Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 126, 165 00 Praha-Suchdol, Česká republika

²Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika

Abstrakt

V důsledku klimatické změny narůstá frekvence a intenzita narušení, což negativně ovlivňuje stabilitu a funkci lesních ekosystémů. Nárůst teplot a změna distribuce srážek oslabují vitalitu domácích dřevin, což vede k vyšší mortalitě, rozpadu porostů, erozi půdy a snížené retenci vody. Je nutné hledat odolnější druhy, mezi něž patří i introdukované dřeviny s vyšší rezistencí vůči extrémním podmínkám. Studie hodnotila růst a zdravotní stav devíti introdukovaných jehličnanů (*Pseudotsuga menziesii*, *Pinus nigra*, *Cedrus libani*, *Cedrus atlantica*, *Cedrus deodara*, *Abies nordmanniana*, *Thuja plicata*, *Thuja occidentalis*, *Abies grandis*) ve srovnání s domácí jedlí bělokorou (*Abies alba*) na lokalitě bývalé školky Budišov. U více než 5000 sazenic byla sledována mortalita, vitalita, výška, přírůst a tloušťka kořenového krčku. Ve všech charakteristikách byly zjištěny signifikantní rozdíly. *Pinus nigra*, *Thuja plicata* a *Abies grandis* vykazaly vysoký potenciál jako alternativy pro obnovu lesů. Jejich použití může podpořit druhovou diverzitu a adaptaci na klimatickou změnu, klíčová je však volba provenience, smíšené výsadby a dlouhodobé sledování.

Klíčová slova: obnova lesa, zalesňování, nepůvodní dřeviny, experimentální postupy

Abstract

As a result of climate change, the frequency and intensity of disturbances are increasing, negatively affecting the stability and functioning of forest ecosystems. Increase in temperatures and changes in precipitation patterns are weakening the vitality of native tree species, leading to higher mortality, stand disintegration, soil erosion, and reduced water retention. It is therefore essential to identify more resilient species, including introduced tree species that exhibit greater resistance to extreme environmental conditions. This study evaluated the growth performance and health status of 9 introduced conifer species (*Pseudotsuga menziesii*, *Pinus nigra*, *Cedrus spp.*, *Abies spp.*, *Thuja spp.*) in comparison with the native silver fir (*Abies alba*) at the site of a former forest nursery in Budišov. More than 5,000 seedlings were monitored for mortality, vitality, total height, height increment, and root collar diameter. Significant differences were observed across all assessed parameters. *Pinus nigra*, *Thuja plicata*, and *Abies grandis* showed high potential as alternative species for forest regeneration. Their use may enhance species diversity and contribute to forest adaptation under climate change. However, appropriate provenance selection, mixed-species planting, and long-term monitoring are crucial.

Keywords: forest regeneration, afforestation, non-native tree species, experimental approaches

1 LESNÍ EKOSYSTÉMY A KLIMATICKÁ ZMĚNA

Současné lesní hospodářství již neklade důraz pouze na produkční a ekonomické funkce, ale stále více zohledňuje i ekologické, environmentální, klimatické, sociální a rekreační aspekty, včetně ochrany půdy a vody. Podporuje se udržitelnost, stabilita, biodiverzita a schopnost lesů vázat uhlík (Bonan, 2008; Felton *et al.*, 2020). Lesy hrají klíčovou roli v sekvestraci uhlíku a přispívají ke snižování koncentrace skleníkových plynů (Cukor *et al.*, 2022). Lesní ekosystémy tak zároveň napomáhají ke zmírnění klimatických změn (Bošela *et al.*, 2021).

V důsledku těchto změn se očekává posun areálů některých druhů a preferování dřevin tolerantních k teplotním extrémům, například dubů (*Quercus* spp.) či buku lesního (*Fagus sylvatica*) v horských oblastech (Hanewinkel *et al.*, 2013). Adaptační strategie v lesnictví proto směřují k větší druhové, věkové a prostorové pestrosti porostů, podpoře přirozené obnovy a výběru odolnějších genotypů (Lindner *et al.*, 2014; Vacek *et al.*, 2020).

2 LEGISLATIVA VYUŽITÍ INTRODUKOVANÝCH DŘEVIN

Introdukované dřeviny ve střední Evropě jsou regulovány mnohovrstevnatým právním rámcem (Pötzelsberger *et al.*, 2020). Mezinárodní smlouvy, například Úmluva OSN o biologické rozmanitosti, stanovují obecné zásady, zatímco směrnice Evropské unie a nařízení, jako je nařízení Evropské unie číslo 1143 z roku 2014 o invazních nepůvodních druzích a souvisejících strategiích v oblasti biologické rozmanitosti vyžadují, aby členské státy přijaly omezení pro jednotlivé druhy (Pötzelsberger *et al.*, 2020; Vítková *et al.*, 2017). Národní legislativa tato opatření dále zpřesňuje (Pergl *et al.*, 2016; Pötzelsberger *et al.*, 2020).

Studie dokládají značné rozdíly v intenzitě regulace v Evropě. Kvantitativně se právní nástroje objevují na pěti úrovních jurisdikce. Některé země zavádějí pouze minimální omezení, jak bylo zaznamenáno například v Irsku a Dánsku, zatímco jiné prosazují komplexní zákazy, což dokládají příklady z Kypru (Pötzelsberger *et al.*, 2020). Ve střední Evropě se objevují rozdíly v jurisdikcích; například zatímco na Slovensku a v Polsku chybí konkrétní právní předpisy týkající se druhů, jako je trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*), jiné regiony tyto druhy výslovně označují jako invazní (Sádlo *et al.*, 2017; Vítková *et al.*, 2017). Trnovník akát je v České republice hodnocen za invazní nepůvodní druh (AOPK, 2025).

3 MATERIÁL A METODY

3.1 Zájmové území

Lesní školka Budišov, jejíž areál se nachází v katastrálním území Valdíkov (okres Třebíč, kraj Vysočina), leží v blízkosti městyse Budišov. Produkční činnost školky zde byla ukončena na počátku 21. století, přičemž hlavním důvodem byl nedostatek dostupných vodních zdrojů nezbytných pro zajištění adekvátní závlahy sadebního materiálu. Pozemky školky jsou převážně ve správě Lesů České republiky, s. p. Území se nachází v nadmořské výšce 470 m n.m. s průměrným sklonem nepřesahujícím 2°. Geologickým podložím jsou granity a křemité syenity. Z půdních typů zde převažují kambizemě modální. Tyto půdy jsou zařazeny do hydrologické skupiny A, což značí vysokou infiltrační schopnost a propustnost, avšak nízkou retenční kapacitu, která omezuje zásobu využitelné půdní vody a zvyšuje riziko sucha. Nízkou retenční kapacitu půdního profilu též snížila dlouhodobě používaná zásypka sítí pískem. Z typologického hlediska lokalita náleží k lesnímu typu 4S1 (Vacek *et al.*, 2024).

Klimatické podmínky oblasti se vyznačují průměrnou roční teplotou v rozmezí 6–9 °C a průměrným ročním úhrnem srážek 500–650 mm (ÚHÚL, 2022).

3.2 Sběr a analýza dat

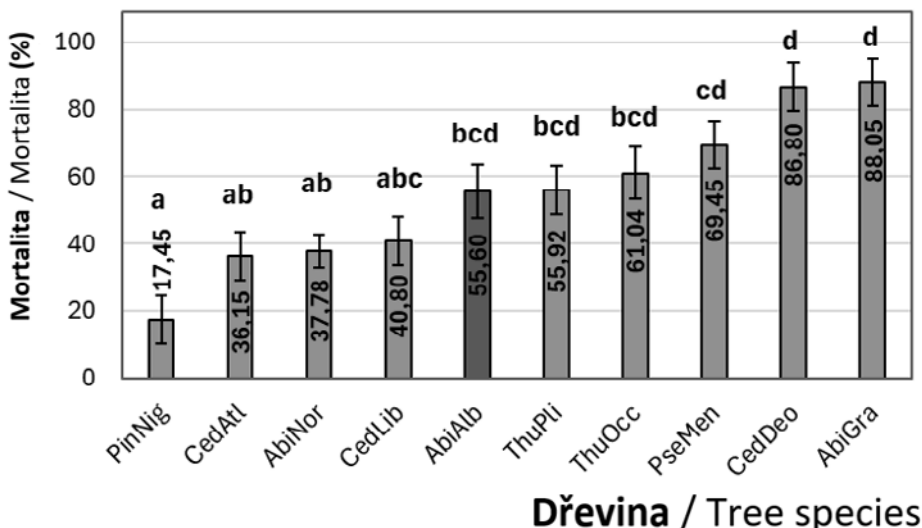
Sběr dat byl prováděn na konci vegetačního období v roce 2024, konkrétně od září do poloviny října. Měření bylo provedeno na čtvercích o rozměrech 15 × 15 m v jedno druhových variantách. Výsadba byla realizována ve sponu 140 × 140 cm a 220 × 220 cm. Každá kombinace sponu byla na ploše opakována třikrát. Výsadba byla provedena krytokořeným sadebním materiálem pomocí zemního vrtáku během jara a podzimu v roce 2023 a následně na jaře 2024. Výsadba byla provedena vyspělým sadebním materiálem 14–25 cm a 26–35 cm. Na experimentálních plochách byly hodnoceny celkem čtyři rody introdukovaných dřevin (*Pseudotsuga*, *Pinus*, *Cedrus*, *Abies*, *Thuja*) s devíti druhy: *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus nigra*, *Cedrus libani*, *Cedrus atlantica*, *Cedrus deodara*, *Abies nordmanniana*, *Thuja plicata*, *Thuja occidentalis*, *Abies grandis*. Pro porovnání byla do experimentu zahrnuta i domácí dřevina *Abies alba*.

Měření probíhala po ukončení prvního vegetačního období, v závěrečné fázi vegetačního období roku 2024, konkrétně v období od září do poloviny října. Měření dat bylo prováděno za pomoci skládacího metru a posuvného měřítka. Celková výška, výškový přírůst za poslední vegetační období byly měřeny s přesností na 1 cm. Tloušťka kořenového krčku byla měřena s přesností na 0,1 mm. Hodnocena byla též mortalita a vitalita dřevin. Hodnocení stupně vitality bylo rozděleno do 4 stupňů podle jejich vzhledu a růstových projevů. Nejvitálnější jedinci vykazují optimální růst a vysokou vitalitu. Jehličí je husté, zdravě zelené, bez známek poškození nebo stresu a růstový přírůst je výrazný. Vitální jedinci mají stále zachovanou růstovou vitalitu, ale jsou na nich patrné známky stresu. Jehličí je méně husté, mírně zesvětlené nebo nerovnoměrně rozmístěné. Růstový přírůst je snížený oproti nejvitálnějším jedincům. Odumírající jedinci mají velmi slabý růst a zhoršený zdravotní stav. Jehličí je řídké, částečně hnědé nebo opadávající. Růstový přírůst je minimální a dřevina vykazuje známky postupného odumírání. Odumřelí jedinci nevykazují žádné známky vitality. Jehličí zcela opadalo, větve jsou suché a bez fyziologické aktivity. Žádný růstový přírůst nebyl zaznamenán (Vacek *et al.*, 2024). Statistické analýzy získaných dat byly provedeny pomocí základních deskriptivních a statistických metod (testování normality a shody rozptylů → ANOVA vs. K-W test) v softwaru Statistica (TIBCO).

4 VÝSLEDKY A DISKUZE

4.1 Mortalita a vitalita

Na základě výsledků analýzy byla nejnižší mortalita zaznamenána u *Pinus nigra* (17,45 %), což potvrzuje její vysokou adaptační schopnost na místní podmínky. Tento výsledek odpovídá jejím ekologickým nárokům a přirozenému rozšíření v oblastech se suchými a nepříznivými podmínkami (Vacek *et al.*, 2021). Podobná zjištění byla zaznamenána také ve studii Trasobares *et al.* (2004), kde bylo prokázáno, že i starší porosty této dřeviny vykazují obdobné hodnoty mortality. Dále byla zaznamenána mortalita u druhu dřevin *Cedrus atlantica* (36,15 %), *Abies nordmanniana* (37,78 %), *Cedrus libani* (40,80 %), *Abies alba* (55,60 %), *Thuja plicata* (55,92 %) a *Thuja occidentalis* (61,04 %). U *Pseudotsuga menziesii* byla zjištěna mortalita 69,45 %, což je výrazně vyšší hodnota ve srovnání s výsledky zahraničních studií. Například studie Harrington *et al.* (2009) prokázala, že konkurenčně indukovaná mortalita začíná, když index hustoty porostu přesáhne 52 % maximální hodnoty pro tento druh. Zároveň bylo zjištěno, že při optimálním rozestupu 3 metry je mortalita relativně nízká, zatímco při hustších výsadbách dochází k jejímu výraznému nárůstu. Nejvyšší mortalita byla zaznamenána u *Cedrus deodara* (86,80 %) a *Abies grandis* (88,05 %). Celkové výsledky potvrzují, že mortalita jednotlivých druhů je ovlivněna jejich ekologickou strategií a schopností adaptace na místní podmínky, přičemž druhy s nižší tolerancí k suchu a degradovaným půdám vykazují vyšší úhyn. *Pinus nigra* se jeví jako druh s nejvyšším potenciálem přežití, zatímco *Abies grandis* a *Cedrus deodara* vykazují výrazné adaptační problémy. Signifikantní rozdílnost a průměrná mortalita jednotlivých dřevin, vyjádřená v procentech, je znázorněna na Obr. 1.



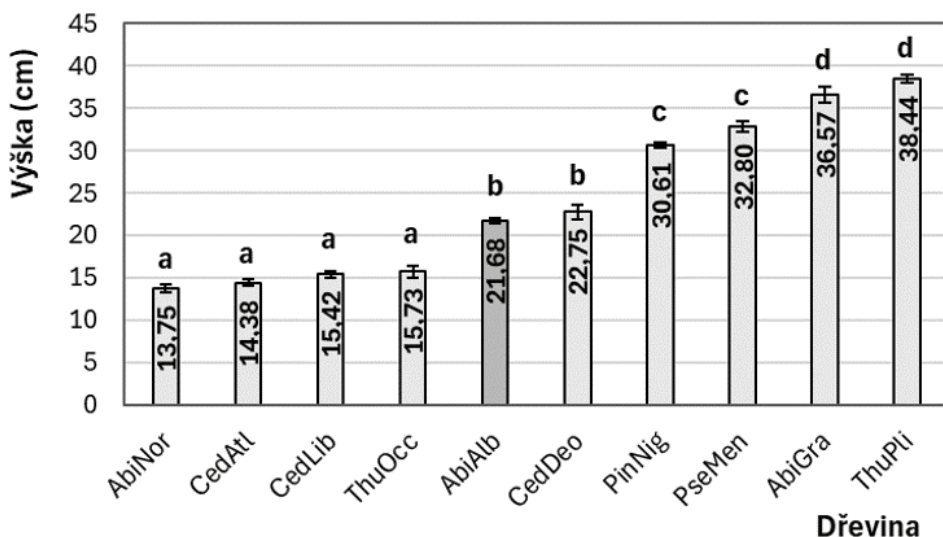
Obr. 1: Mortalita vybraných druhů dřevin. Signifikantní rozdíly ($p < 0,001$) jsou znázorněny odlišnými písmeny. Popisky dřevin jsou odvozeny ze zkratk latinských názvů. Písmena nad sloupce označují statisticky homogenní skupiny. Druhy stromů označené stejným písmenem patří do stejné skupiny. N pro introdukované dřeviny je stejné, a to 408 kusů na jednu dřevinu, a pro jedli bělokorou (*Abies alba*) 820 kusů. Chybové úsečky představují střední chybu průměru (SE)

Obr. 2: Mortality of selected tree species. Significant differences ($p < 0.001$) are shown with different letters. Tree species descriptions are derived from abbreviations of Latin names. The letters above the columns indicate statistically homogeneous groups. Tree species marked with the same letter belong to the same group. N for introduced tree species is the same for one tree species 408 pieces and for *Abies alba* 820 pieces. Error bars represent the standard error of the mean (SE)

Nejlepší průměrné hodnoty vitality byly zaznamenány u *Pinus nigra* (1,74), *Cedrus atlantica* (2,45), *Cedrus libani* (2,71) a *Abies nordmanniana* (2,83), což naznačuje jejich schopnost efektivně se adaptovat na místní podmínky a udržet si stabilní fyziologický stav. Naopak nejhorší hodnoty vitality, tedy největší míra stresu a fyziologického oslabení, vykazovaly *Cedrus deodara* (3,80) a *Abies grandis* (3,78), což poukazuje na jejich omezenou adaptabilitu v daném prostředí.

4.2 Výškový přírůst a růstový potenciál

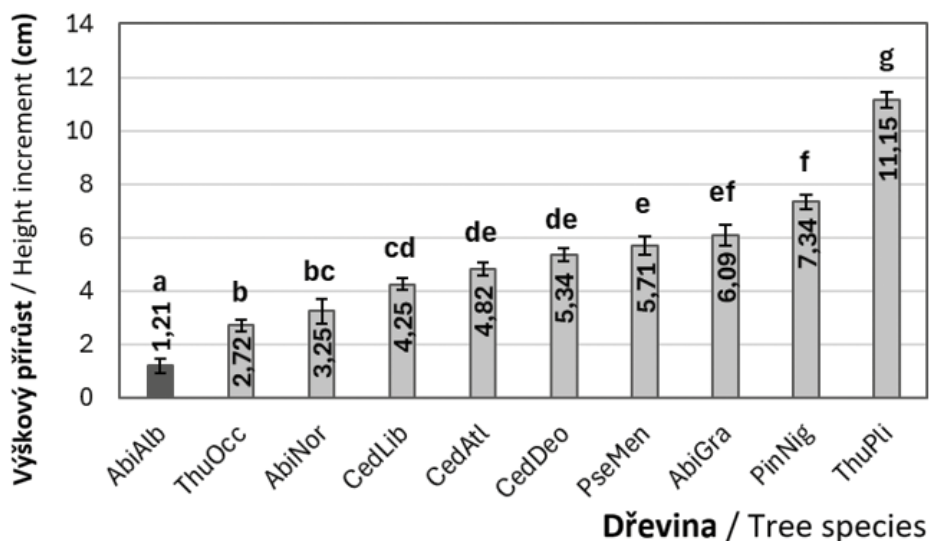
Hodnocením výškového přírůstu sledovaných dřevin byly zjištěny signifikantní rozdíly mezi jednotlivými druhy. Nejvyšší hodnoty celkové výšky byly zaznamenány u *Thuja plicata* (38,44 cm), následované *Abies grandis* (36,57 cm) a *Pseudotsuga menziesii* (32,80 cm). Tyto dřeviny dosáhly výraznějšího počátečního růstu, což může být vysvětleno jejich vysokým růstovým potenciálem, efektivním využíváním dostupných zdrojů a strategií rychlého růstu v raných vývojových fázích. Naopak nejnižší hodnoty celkové výšky byly zjištěny u *Abies nordmanniana* (13,75 cm), *Cedrus atlantica* (14,38 cm) a *Cedrus libani* (15,42 cm), což naznačuje jejich pomalejší počáteční růstovou dynamiku. Tento trend může souviset s vyššími ekologickými nároky těchto druhů na půdní a klimatické podmínky, případně s jejich přirozeně pomalejším juvenilním růstem. Signifikantní rozdílnost a výšková struktura jednotlivých dřevin je znázorněn na Obr. 2.



Obr. 3: Výšková struktura vybraných druhů dřevin. Signifikantní rozdíly ($p < 0,001$) jsou znázorněny odlišnými písmeny. Popisky dřevin jsou odvozeny ze zkratk latinských názvů. Písmena nad sloupce označují statisticky homogenní skupiny. Druhy stromů označené stejným písmenem patří do stejné skupiny. N pro introdukované dřeviny je stejné, a to 408 kusů na jednu dřevinu, a pro jedli bělokorou (*Abies alba*) 820 kusů. Chybové úsečky představují střední chybu průměru (SE)

Height structure of selected tree species. Significant differences ($p < 0,001$) are shown with different letters. Tree species descriptions are derived from abbreviations of Latin names. The letters above the columns indicate statistically homogeneous groups. Tree species marked with the same letter belong to the same group. N for introduced tree species is the same for one tree species 408 pieces and for *Abies alba* 820 pieces. Error bars represent the standard error of the mean (SE)

Výškový přírůst sledovaných dřevin rovněž vykázal značné rozdíly. Nejvyšší roční přírůst byl zjištěn u *Thuja plicata* (11,15 cm), která se výrazně odlišovala od ostatních druhů. Významný přírůst byl zaznamenán také u *Pinus nigra* (7,34 cm) a *Abies grandis* (6,09 cm), což potvrzuje jejich schopnost rychlé regenerace a adaptace na místní podmínky. Z odrostlejších výsadeb na Sokolovsku se jeví jako nejen výškově, ale i produkčně nejvhodnější introdukované dřeviny *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus nigra* a *Picea omorika* (Vacek *et al.*, 2021b). Nejnižší přírůst byl zjištěn u *Abies alba* (1,21 cm) a *Thuja occidentalis* (2,72 cm), což ukazuje na jejich nižší růstovou dynamiku v prvních letech po výsadbě. Podle Öner a Eren (2008) byl u semenáčků *Pinus nigra* v tureckých školkách zaznamenán vyšší výškový přírůst než u *Pinus sylvestris*. Nižší růst v této studii mohl být způsoben degradovaným půdním prostředím a zvýšeným stresem ze sucha. Podobné závěry byly formulovány i pro *Abies grandis*. Ve výzkumu Wilczyński a Kulej (2019) bylo zjištěno, že výškový přírůst se výrazně liší mezi proveniencemi. Nejvyšších hodnot dosáhly jedinci pocházející z Britské Kolumbie a ze západních svahů Kaskádového pohoří ve státě Washington. V rámci této práce dosáhla *Abies grandis* maximální výšky 36,57 cm a její roční průměrný přírůst činil 6,09 cm, což potvrzuje vysoký růstový potenciál tohoto druhu. U *Pseudotsuga menziesii* bylo ve studii Harrington *et al.* (2009) prokázáno, že její výšková dynamika je závislá na dostupnosti vody, přičemž příliš husté výsadby snižují růst. Výsledky této studie potvrzují, že druh dosahuje poměrně vysokého výškového přírůstu (6,79 cm), což je v souladu s jeho ekologickým potenciálem v mírném klimatu (Harrington *et al.*, 2009). Signifikantní rozdílnost a průměrný výškový přírůst jednotlivých dřevin je znázorněn na Obr. 3.



Obr. 4: Průměrný výškový přírůst vybraných druhů dřevin. Signifikantní rozdíly ($p < 0,001$) jsou znázorněny odlišnými písmeny. Popisky dřevin jsou odvozeny ze zkratk latinských názvů. Písmena nad sloupci označují statisticky homogenní skupiny. Druhy stromů označené stejným písmenem patří do stejné skupiny. N pro introdukované dřeviny je stejné, a to 408 kusů na jednu dřevinu, a pro jedli bělokorou (*Abies alba*) 820 kusů. Chybové úsečky představují střední chybu průměru (SE)

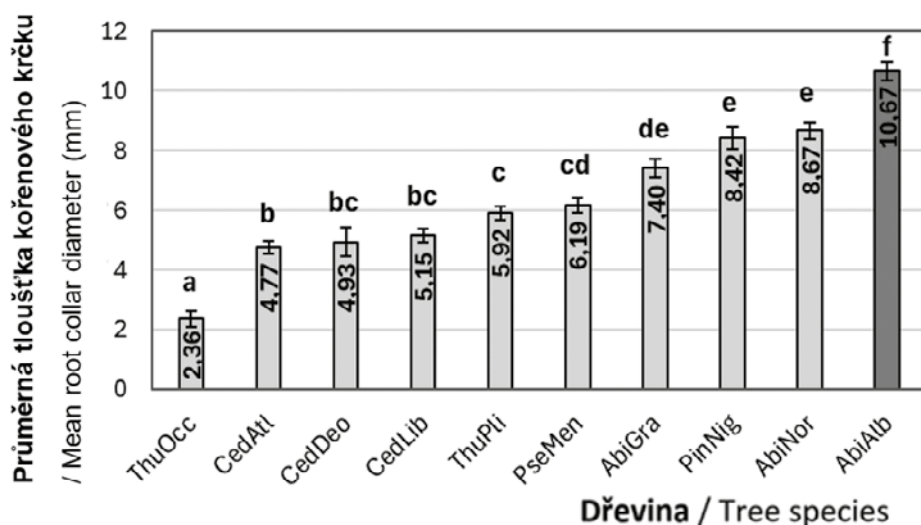
Height increment of selected tree species. Significant differences ($p < 0.001$) are shown with different letters. Tree species descriptions are derived from abbreviations of Latin names. The letters above the columns indicate statistically homogeneous groups. Tree species marked with the same letter belong to the same group. N for introduced tree species is the same for one tree species 408 pieces and for *Abies alba* 820 pieces. Error bars represent the standard error of the mean (SE)

4.3 Tloušťková struktura

Statistická analýza prokázala významné rozdíly v tloušťce kořenového krčku mezi sledovanými druhy dřevin ($p < 0,001$). Nejnižší hodnoty byly zjištěny u *Thuja occidentalis* (2,36 mm), která tvořila samostatnou statistickou skupinu. Mírně vyšší tloušťky vykazovaly *Cedrus atlantica*, *Cedrus deodara*, *Cedrus libani* a *Thuja plicata*, jež se řadily do skupin se středními hodnotami. Do této střední kategorie dále patřily i *Pseudotsuga menziesii* a *Abies grandis*. Výrazně vyšší tloušťku krčku měly *Pinus nigra* a *Abies nordmanniana*, zatímco největší průměrná tloušťka byla zaznamenána u *Abies alba* (10,67 mm), která dosáhla statisticky nejvyšších hodnot mezi všemi hodnoceným druhy. Průměrná tloušťka kořenového krčku je znázorněna na Obr.4.

5 ZÁVĚR

Tato studie prokázala, že některé introdukované dřeviny vykazují výrazný potenciál pro využití v obnově lesních porostů v podmínkách střední Evropy, zejména na klimaticky zatížených a degradovaných stanovištích. Nejlepších výsledků dosáhla *Pinus nigra*, následovaná druhem *Thuja plicata*, které kombinovaly nízkou mortalitu a dobrou vitalitu s nadprůměrným růstem. Naopak *Cedrus deodara* a *Abies grandis* vykazovaly nízkou adaptabilitu a špatný zdravotní stav, což poukazuje na jejich pravděpodobně omezené využití na stanovištích ohrožených suchem. Zjištěné rozdíly mezi dřevinami potvrzují význam výběru druhů, proveniencí a pěstebních strategií. Introdukované dřeviny mohou přispět k udržení ekologické i produkční funkce lesa, avšak



Obr. 5: Průměrná tloušťka kořenového krčku vybraných druhů dřevin. Signifikantní rozdíly ($p < 0,001$) jsou znázorněny odlišnými písmeny. Popisky dřevin jsou odvozeny ze zkratk latinských názvů. Písmena nad sloupci označují statisticky homogenní skupiny. Druhy stromů označené stejným písmenem patří do stejné skupiny. N pro introdukované dřeviny je stejné, a to 408 kusů na jednu dřevinu, a pro jedli bělokorou (*Abies alba*) 820 kusů. Chybové úsečky představují střední chybu průměru (SE)

Mean root collar diameter of selected tree species. Significant differences ($p < 0.001$) are indicated by different letters. Tree species are labeled using abbreviations derived from their Latin names. Letters above the bars represent statistically homogeneous groups; species marked with the same letter do not differ significantly from each other. N for introduced tree species is the same for one tree species 408 pieces and for *Abies alba* 820 pieces. Error bars represent the standard error of the mean (SE)

jejich využití musí vycházet z dlouhodobého monitoringu a respektu k ekologickým a legislativním limitům. Výsledky této studie poskytují relevantní podklady pro plánování obnovy porostů a zdůrazňují potřebu pokračování výzkumu zaměřeného na širší spektrum introdukovaných druhů dřevin a delší časový horizont hodnocení.

LITERATURA

- AGENTURA OCHRANY PŘÍRODY A KRAJINY ČR. 2025. *Robinia pseudoacacia* L. – trnovník akát. ISOP [cit. 2025-06-20]. <https://portal.nature.cz/w/druh-107125#/>
- BONAN, G. B. 2008. Forests and Climate Change: Forcings, Feedbacks, and the Climate Benefits of Forests. *Science*. 320(5882), 1444–1449.
- BOŠEĽA, M., TUMAJER, J., CIENCIALA, E., DOBOR, L., KULLA, L., MARČIŠ, P., POPA, I., SEDMÁK, R., SEDMÁKOVÁ, D., SITKO, R., ŠEBEŇ, V., ŠTĚPÁNEK, P., BÜNTGEN, U. 2021. Climate warming induced synchronous growth decline in Norway spruce populations across biogeographical gradients since 2000. *Science of The Total Environment*. 752, 141794.
- 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.
- FELTON, A., LÖFROTH, T., ANGELSTAM, P., GUSTAFSSON, L., HJÄLTÉN, J., FELTON, A. M., PER SIMONSSON, P., DAHLBERG, A., LINDBLADH, M., SVENSSON, J., NILSSON, U., LODIN, I., HEDWALL, P. O., STÉNS, A., LÄMÄS, T., BRUNET, J., KALÉN, C., KRISTRÖM, B., GEMMEL, P., RANIUS, T. 2019. Multi-scale conservation in a changing production forest matrix. *Ambio*. 49(5), 1050–1064

- HANEWINKEL, M., CULLMANN, D. A., SCHELHAAS, M.-J., NABUURS, G.-J., ZIMMERMANN, N. E. 2013. Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. *Nature Climate Change*. 3(3), 203–207.
- HARRINGTON, T. B., HARRINGTON, C. A., DEBELL, D. S. 2009. Effects of planting spacing and site quality on 25-year growth and mortality relationships of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii*). *Forest Ecology and Management*. 258(1), 18–25.
- LINDNER, M., FITZGERALD, J. B., ZIMMERMANN, N. E., REYER, C., DELZON, S., VAN DER MAATEN, E., SCHELHAAS, M., LASCH, P., EGGERS, J., VAN DER MAATEN-THEUNISSEN, M., SUCKOW, F., PSOMAS, A., POULTER, B., HANEWINKEL, M. 2014. Climate change and European forests: What do we know, what are the uncertainties, and what are the implications for forest management? *Journal of Environmental Management*. 146, 69–83.
- ÖNER, N., EREN, F. 2008. The comparisons between root collar diameter and height growth of black pine (*Pinus nigra* Arnold.) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings in Bolu Forest Nursery. *Journal of Applied Biological Sciences*. 2(1), 7–12.
- PERGL, J., SÁDLO, J., PETRUSEK, A., LAŠTŮVKA, Z., MUSIL, J., PERGLOVÁ, I., ŠANDA, R., ŠEFROVÁ, H., ŠÍMA, J., VOHRALÍK, V., PYŠEK, P. 2016. Black, grey and watch lists of alien species in the Czech Republic based on environmental impacts and management strategy. *NeoBiota*. 28, 1–37.
- PÖTZELSDERGER, E., SPIECKER, H., NEOPHYTOU, C., MOHREN, F., GAZDA, A., HASENAUER, H. 2020. Growing non-native trees in European forests brings benefits and opportunities but also has its risks and limits. *Curr Forestry Rep.* 6, 339–353.
- SÁDLO, J., VÍTKOVÁ, M., PERGL, J., PYŠEK, P. 2017. Towards site-specific management of invasive alien trees based on the assessment of their impacts: the case of *Robinia pseudoacacia*. *NeoBiota*. 35, 1–34.
- TRASOBARES, A., PUKKALA, T., MIINA, J. 2004. Growth and yield model for uneven-aged mixtures of *Pinus sylvestris* L. and *Pinus nigra* Arn. in Catalonia, north-east Spain. *Annals of Forest Science*. 61(1), 9–24.
- ÚHÚL. 2022. Přírodní lesní oblast č. 33 – Předhoří Českomoravské vrchoviny. *Národní lesnický institut* [cit. 2025-06-6]. <https://www.uhul.cz/nase-cinnost/prirodni-lesni-oblast-c-33-predhori-ceskomoravske-vrchoviny/>
- VACEK, Z., CUKOR, J., LINDA, R., VACEK, S., ŠIMŮNEK, V., BRICHTA, J., GALLO, J., PROKŮPKOVÁ, A. 2020. Bark stripping, the crucial factor affecting stem rot development and timber production of Norway spruce forests in Central Europe. *Forest Ecology and Management*. 474, 118360.
- VACEK, Z., CUKOR, J., VACEK, S., LINDA, R., PROKŮPKOVÁ, A., PODRÁZSKÝ, V., GALLO, J., VACEK, O., ŠIMŮNEK, V., DRÁBEK, O., HÁJEK, V., SPASIĆ, M., BRICHTA, J. 2021a. Production potential, biodiversity and soil properties of forest reclamations: Opportunities or risk of introduced coniferous tree species under climate change? *European Journal of Forest Research*. 140(5), 1243–1266.
- VACEK, Z., PROKŮPKOVÁ, A., VACEK, S., BULUŠEK, D., ŠIMŮNEK, V., HÁJEK, V., KRÁLÍČEK, I. 2021b. Mixed vs. monospecific mountain forests in response to climate change: structural and growth perspectives of Norway spruce and European beech. *Forest Ecology and Management*. 488, 119019.
- VACEK, Z., VACEK, S., CUKOR, J., GALLO, J., LEUGNER, J., PODRÁZSKÝ, V. 2024. *Experimentální postupy obnovy lesa domácími a introdukovanými dřevinami v podmínkách klimatických změn*. II. kontrolní zpráva projektu, FLD ČZU v Praze, 127 s.
- VÍTKOVÁ, M., MÜLLEROVÁ, J., SÁDLO, J., PERGL, J., PYŠEK, P. 2017. Black locust (*Robinia pseudoacacia*) beloved and despised: A story of an invasive tree in Central Europe. *Forest Ecology and Management*. 384, 287–302.
- WILCZYŃSKI, S., KULEJ, M. 2019. The growth of seven *Abies grandis* provenances in the climatic conditions of the Polish Carpathian Mountains. *Dendrobiology*. 81, 1–13.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory Grantové služby Lesů ČR v rámci projektu „Experimentální postupy obnovy lesa domácími a introdukovanými dřevinami v podmínkách klimatických změn“ (č. 125).

Kontakty | Contact Information

Václav Trojan: e-mail: trojanv@fld.czu.cz