

KOMPETIČNÍ VZTAHY V POROSTECH S ROZDÍLNOU STRUKTUROU A JEJICH VLIV NA TLOUŠŤKOVÝ PŘÍRŮST

COMPETITIVE RELATIONSHIPS IN STANDS WITH DIFFERENT STRUCTURES AND THEIR EFFECT ON RADIAL INCREMENT

Martin Kománek¹, Eliška Žižková¹, Černý Jakub^{1,2}

¹Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav zakládání a pěstění lesů, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Česká republika

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

Abstrakt

Tato studie se zabývala kompeticí v lesních porostech s diferencovanou strukturou. Struktura lesních porostů má významnou roli pro produkci jednotlivých stromů a ekosystému jako celku. Monokultury jsou náchylnější k rozpadu více než lesy smíšené se zastoupením alespoň dvou druhů dřevin. V České republice dochází primárně k narušení lesních ekosystémů abiotickými činiteli, nejčastěji v kombinaci snížené dostupnosti vody a poškozením větrem. S měnící se skladbou lesa je zaměřením se na porostní směsi a jejich produkční schopnosti žádáno. Analyzovány byly smrkové a bukové monokultury (A), stejnověký smíšený porost (B) a porost s diferencovanou strukturou v převodu na les výběrný (C). Přírůst smrku u výčetní kruhové základny v diferencovaném porostu v převodu na les výběrný měl signifikantně vyšší tloušťkový přírůst ($p < 0,05$) než smrky v jiných variantách a buk v monokultuře. U buku rozdíly nebyly signifikantní i díky nižšímu DBH ve variantě smíšeného porostu, kde je smrk vůči buku dominantní při porovnání výčetních tloušťek.

Klíčová slova: Smrk ztepilý, buk lesní, kompetice, smíšené porosty, monokultury

Abstract

This study examined competition in forest stands with varying structures. The structure of forest stands plays a significant role in the production of individual trees and the wider ecosystem. Monocultures are more susceptible to decay than mixed forests, which comprise at least two tree species. In the Czech Republic, forest ecosystems are primarily disrupted by abiotic factors, most frequently a combination of water shortage and wind damage. With changing forest composition, there is a necessity to focus on stand mixtures and their production capacity. Norway spruce and European beech monocultures (A), even-aged mixed stands (B), and stands with a differentiated structure converted to selection forest (C) were analysed. The increment of spruce at the basal area in differentiated stands converted to uneven-aged forest was significantly higher ($p < 0.05$) than that of spruce in other variants and beech in monoculture. The differences were not significant for beech, partly due to the lower DBH in the mixed stand variant, where spruce dominates over beech when comparing diameter at breast height.

Keywords: Norway spruce, European beech, competition, mixed forests, monocultures

1 ÚVOD

Do současné doby byly jednoetážové a monokulturní porosty převažujícím způsobem pěstování lesa (Hilmers *et al.*, 2020) pro jeho vyšší produkci a jednodušší způsob pěstování (Grossiord *et al.*, 2014; Johann, 2006). V kontextu měnících se klimatických podmínek a rostoucích disturbancí narůstá význam výzkumu porostů s různou úrovní strukturální komplexity s cílem optimalizovat hospodářské způsoby podporující rezilienci a adaptabilitu lesa (Lebourgeois *et al.*, 2013; Pretzsch *et al.*, 2020). Tato adaptabilita se následně odráží i v celkové produkci lesních ekosystémů v závislosti na druhové pestrosti a tloušťkové diferenciaci (Zeller, Pretzsch, 2019; Pretzsch *et al.*, 2020).

Individuální přírůst výčetní kruhové základny (basal area increment – BAI) reflektuje nejen vitalitu jedince, ale zároveň integruje účinek vnějších environmentálních podmínek a kompetičních tlaků v daném porostním uspořádání. Monokulturní porosty, charakteristické vyšší uniformitou a omezenou strukturální diferenciací, vykazují typicky silnou vnitrodruhovou kompetici o zdroje (voda, živiny), přičemž růstová odezva je často negativně modulována nízkou ekologickou plasticitou druhu. V důsledku působení stresorů dochází ke snížení přírůstu i celkové produkce, což kontrastuje se stabilnějším růstem smíšených a strukturálně bohatých porostů (Zeller, Pretzsch, 2019). Smíšené a diferencované porosty umožňují prostorovou a funkční komplementaritu, což může vést k redukci interspecifické kompetice a efektivnějšímu využívání vertikálního a horizontálního profilu stanoviště (Pretzsch, 2020).

Cílem práce je kvantitativně porovnat růstové reakce jednotlivých stromů v závislosti na porostní struktuře a analyzovat rozdíly v intenzitě kompetičních vztahů v různých druhových a prostorových konfiguracích.

2 MATERIÁL A METODY

Výzkumné plochy se nacházejí přibližně 25 km severně od Brna, na území Školního lesního podniku Masarykův les Křtiny (dále jen ŠLP), konkrétně na polesí Habrůvka. ŠLP spadá do přírodní lesní oblasti (PLO) č. 30 – Dražanská vrchovina. Geologické podloží v dané lokalitě tvoří přechod mezi granodiority, kulmskými drobami a vápencem (Hammond *et al.*, 2021). Převažujícím půdním typem je kambizem (Kadavý *et al.*, 2024). Podle Köppenovy klasifikace se jedná o oblast vlhkého kontinentálního klimatu mírného pásma (Déliege, Nicolay, 2016). Průměrná roční teplota dosahuje 7,5 °C (Mašinová *et al.*, 2017), přičemž roční úhrn srážek se pohybuje mezi 550 a 650 mm (Kománek *et al.*, 2024). Základní charakteristiky stanoviště jsou shrnuty v Tab. 1.

Na výzkumných plochách byla provedena v roce 2022 inventarizace všech stromů přítomných na ploše; změřena byla jejich výčetní tloušťka (DBH), výška, nasazení koruny a korunové projekce ve čtyřech kardinálních směrech (S, V, J, Z). Dále byly všichni jedinci s DBH > 2 cm zaměřeni pomocí systému Field-Map (IFER, ČR) spolu s okrajovou zónou, která je definována všemi jedinci, kteří svojí korunovou projekcí zasahují do výzkumné plochy. Z těchto měření byly počítány objem jedinců, zásoba dřeva a výčetní kruhová základna, které byly následně přepočítány na plochu 1 ha (Tab. 2).

Pro zjišťování přírůstů byly odebrány dva vzorky z vybraných stromů ve směru S-J v počtu 20 úrovněvých jedinců na jednu variantu pomocí Presslerova přírůstového nebozezu.

Opracované vzorky byly naskenovány pomocí skeneru Epson Perfection V600 Photo ve formátu .jpg v rozlišení 2400 dpi. Poté byly vzorky změřeny pomocí softwaru Coorecorder a CDendro (Maxwell a Larsson, 2021). Změřené vzorky byly dále podrobeny procesu křížového datování za využití softwaru CDendro, který umožňuje jak vizuální, tak kvantitativní porovnávání letokruhových řad. Pro zpětné stanovení ročního přírůstu kruhové základny byl použit balíček dplR (Bunn, 2008), který nabízí širokou škálu funkcí pro zpracování a analýzu dendrochronologických dat, včetně převodu šířky letokruhů na metriky růstu stromu s vyšší biologickou vypovídací hodnotou.

Tab. 1: Stanovištní charakteristiky ploch

Site characteristics of experimental plots

Plocha (Plot)	GPS	Nadmořská výška (Altitude) (m n. m.)	Rozměry (Dimensions) (m)	Sklon (Slope) (°)	Expozice (Aspect)	CHS (Management set of stands) ⁵
A ₁ ¹	49.3176850N 16.7775264E	530	40 × 40	9,09	V/E	45
A ₂ ²	49.3146881N 16.7305503E	532	40 × 40	5,71	JV/SE	45
B1 ³ a B2 ⁴	49.3219581N 16.7622217E	553	50 × 50	3,43	JZ/SW	45
C ⁵	49.3434083N 16.6708711E	397	50 × 55	5,71	JZ/SW	45

¹ Monokultura SM / Norway spruce monoculture

² Monokultura BK/European beech monoculture

^{3,4} Smíšený porost SM (B1) a BK (B2) / Mixed stand of Norway spruce (B1) and European beech (B2)

⁵ Diferencovaný porost SM, BK a JD / Differentiated stand of Norway spruce, European beech and silver fir

⁶ CHS 45 – živná stanoviště středních poloh/nutrient-rich sites at middle altitudes

Tab. 2: Základní charakteristiky porostů

Basic characteristics of stands

Plocha Stand	Dřevinná skladba (Tree composition) (%)	Věk (Age) (years)	Průměrná výčetní tloušťka (Mean DBH) (cm)	Průměrná výška (Mean height) (m)	G _{1,3} (Basal area _{1,3}) (m ² /ha)	Zásoba porostu (Growing stock) (m ³ /ha)
A1 ¹	SM 98, BO 2	89	42,7 ± 8,16	37,2 ± 2,51	55,61	849,98
A2 ²	BK 98, SM 2	108	31,3 ± 13,72	30,3 ± 8,78	41,24	661,98
B1 ³ a B2 ⁴	BK 48, SM 47, DG 5	82	30,0 ± 14,14	25,2 ± 7,11	40,57	503,79
C ⁵	SM 46, JD 44, BK 10	1–160	22,4 ± 13,50	16,7 ± 6,32	30,74	307,28

¹ Monokultura SM / Norway spruce monoculture

² Monokultura BK / European beech monoculture

^{3,4} Smíšený porost SM (B1) a BK (B2) / Mixed stand of Norway spruce (B1) and European beech (B2)

⁵ Diferencovaný porost SM, BK a JD / Differentiated stand of Norway spruce, European beech and Silver fir

Podle pozic jednotlivých stromů byly vypočteny vzdálenosti mezi sledovaným jedincem a konkurenty a byl pro ně stanoven index kompetice, aby bylo možné vyjádřit mezidruhovou a vnitrodruhovou kompetici. Index kompetice podle Hegyiho (1974):

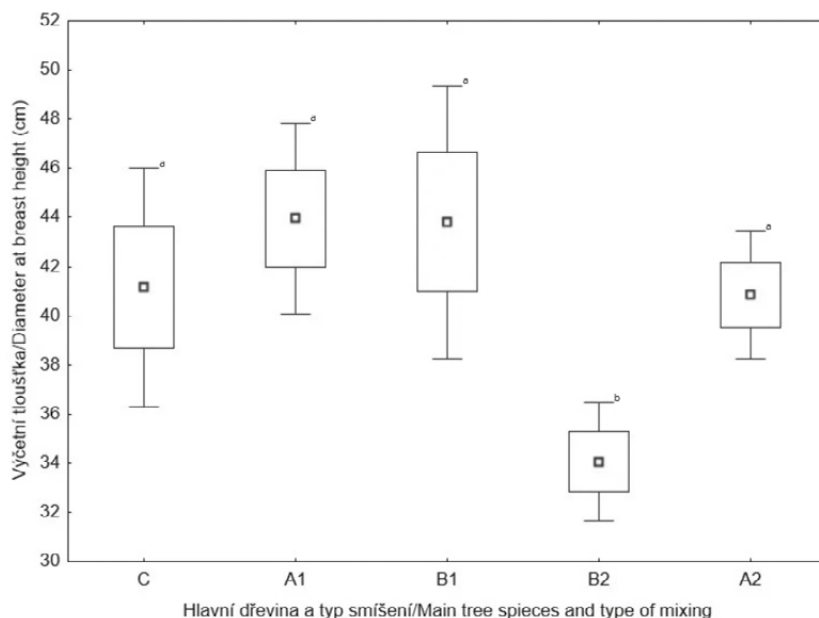
(1)

$$CI = \sum_{j=1}^n n \left(\frac{DBH_j / DBH_i}{DIST_{ij}} \right) \times w_n$$

kde CI = celkový index kompetice cílového stromu, DBH_j = průměr kmene kompetičního stromu, DBH_i = průměr kmene cílového stromu, DIST_{ij} = vzdálenost mezi cílovým stromem a kompetičním stromem, n = 5 kompetičních stromů, w_n = 1, protože úmrtnost nebyla zohledněna.

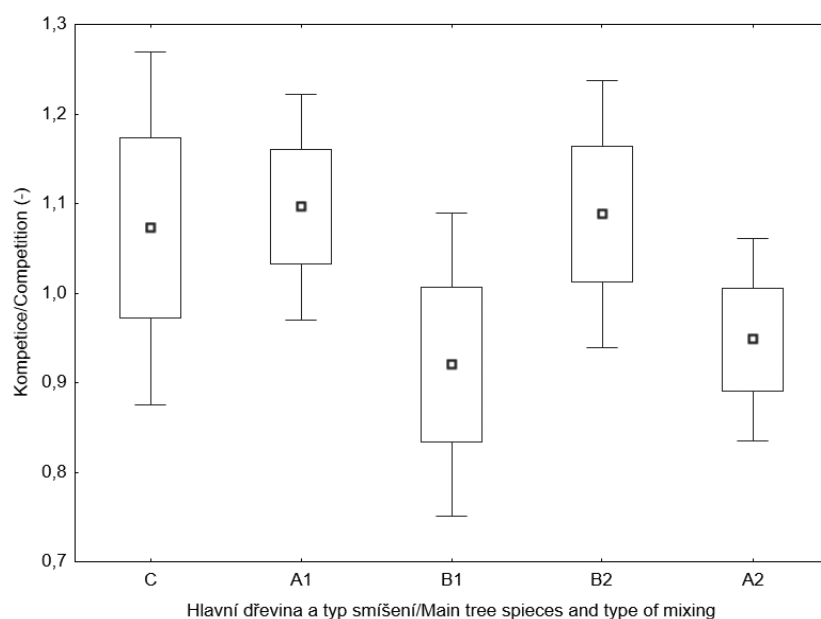
3 VÝSLEDKY

Rozložení výčetních tloušťek (DBH) ve sledovaných porostech ukazuje na signifikantní rozdíl pouze u buku ve směsi se smrkem (B2). Nejvyšší střední hodnoty DBH byly zaznamenány u smrku v monokultuře (A1), smrku ve směsi s bukem (B1) a smrku v převodu na výběrný les (C), přičemž rozdíly mezi těmito variantami nebyly statisticky významné ($p > 0,05$). Naproti tomu buk ve směsi se smrkem (B2) vykazoval signifikantně nižší tloušťky ($p < 0,05$), což může být interpretováno jako důsledek zvýšené asymetrické kompetice o světlo a prostor, vyplývající z ekologické dominance smrku v této kombinaci. Buk v monokultuře (A2) dosahoval středních hodnot DBH, které byly statisticky srovnatelné s ostatními variantami s výjimkou B2.



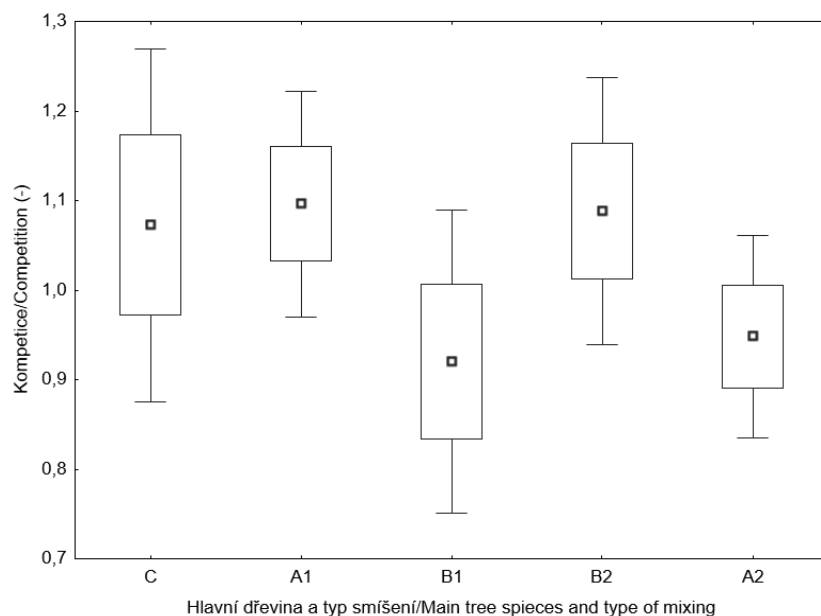
Obr. 1: Krabicový graf pro výčetní tloušťky smrku v převodu na les výběrný (C), v monokultuře (A1), smíšeném porostu (B1) a buku smíšeném porostu (B2) a v monokultuře (A2)

Box-plot for diameter at breast height of spruce in monoclulture (A1), mixed stand (B1), conversion to selection forest (C), and beech in monoclulture (A2) and mixed stand (B2)



Obr. 2: Krabicový graf pro kompetici smrku v převodu na les výběrný (C), v monokultuře (A1), smíšeném porostu (B1) a buku smíšeném porostu (B2) a v monokultuře (A2)

Box-plot for competition of spruce in conversion to selection forest (C), monoculture (A1), mixed stand (B1), and beech in mixed stand (B2) and monoculture (A2)



Obr. 3: Krabicový graf pro BAI smrku v převodu na les výběrný (C), v monokultuře (A1), smíšeném porostu (B1) a buku smíšeném porostu (B2) a v monokultuře (A2)

Box-plot for BAI of spruce in conversion to selection forest (C), monoculture (A1), mixed stand (B1), and beech in mixed stand (B2) and monoculture (A2)

Na Obr. 2 je znázorněna kompetice v jednotlivých porostech s diferencovanou strukturou. Subjektivně se může zdát, že v porostech A1, B2 a C lze vidět vyšší kompetici vybraných jedinců v dané variantě, ale ani v jedné sledované variantě není pozorován statisticky významný rozdíl. Kompetici tedy musíme posuzovat jako stejný faktor ve všech variantách.

Rozložení BAI (mm²) ve sledovaných porostních variantách ukazuje na významné rozdíly v přírůstové dynamice jednotlivých variant. Smrk ve variantách A1, B1 a C měl rozdílnou tloušťku od bukové monokultury (A2) a kompetiční vztahy dosahovaly vyšších výčetních tloušťek při nižších kompeticích, změna nastala při hodnocení průměrného pětiletého přírůstu z období (2018–2022). Z Obr. 3 vyplývá, že smrk vychovávaný ve výběrném lese intenzivnějšími iniciálními zásahy (C) odrůstá lépe než smrky ve stejnověkové směsi a monokultuře se statisticky významným rozdílem ($p > 0,05$). Signifikantně rozdílný růst od smrků má už jen buk, který roste ve stejnověkové směsi se smrkem (B2).

4 DISKUSE

Výsledky potvrzují, že porostní struktura a druhová skladba výrazně ovlivňují růstové reakce stromů. Smrk v monokultuře (A1) i ve výběrném lese (C) dosahoval vysokých hodnot DBH a BAI, což ukazuje na jeho schopnost těžit z homogenního prostředí (Johann, 2006) i ze strukturálně diferencovaných porostů, kde má prospěch z redukované kompetice a výchovných zásahů (Pretzsch *et al.*, 2020).

Naproti tomu buk ve směsi se smrkem (B2) dosahoval signifikantně nižší DBH s vyšším přírůstem v obdobích kdy smrk ve směsi odrůstal hůře (Zeller, Pretzsch, 2019). Buk v monokultuře (A2) vykazoval stabilní růst.

Kompetiční vztahy nebyly statisticky rozdílné mezi variantami, což naznačuje, že růst je více ovlivněn strukturou a druhovým složením než intenzitou samotné kompetice (Grossiord *et al.*, 2014). Nejvyšší přírůst smrku ve výběrném lese (C) podtrhuje význam prostorové a funkční diversity pro růstovou stabilitu a odolnost vůči stresům (Lebourgeois *et al.*, 2013; Pretzsch, 2020). Tyto výsledky podporují přechod od stejnověkových monokultur k víceetážovým, smíšeným porostům jako adaptační strategii v kontextu klimatické změny (Hilmers *et al.*, 2020).

5 ZÁVĚR

Studie prokázala, že struktura porostu ovlivňuje růstové parametry studovaných dřevin, především u smrku ztepilého. Nejvyšší hodnoty přírůstu kruhové základny (BAI) byly zjištěny u smrku v diferencovaném porostu (varianta C), což potvrzuje výhodnost růstu této dřeviny v prostředí s vyšší prostorovou heterogenitou. Naopak buk ve směsi se smrkem (varianta B2) dosahoval signifikantně nižších tloušťek, což lze přičíst převaze smrku v horní etáži. Kompetiční indexy se mezi porosty s diferencovanou strukturou signifikantně nelišily, což naznačuje, že kompetice nebyla hlavním faktorem určujícím rozdíly v tloušťkovém růstu. Výsledky podtrhují význam strukturní rozrůzněnosti zejména pro produkční výkonnost smrku, nikoli však jednoznačně pro buk, jehož radiální růst byl výrazněji ovlivněn kompetičním postavením v porostu.

LITERATURA

- BUNN, A. G. 2008. A dendrochronology program library in R (dplR). *Dendrochronologia*. 26(2), 115–124.
- DELIÈGE, A., NICOLAY, S. 2016. Köppen–Geiger climate classification for Europe recaptured via the Hölder regularity of air temperature data. *Pure and Applied Geophysics*. 173(8), 2885–2898.
- GROSSIORD, C. H., GRANIER, A., GESSLER, A., POLLASTRINI, M., BONAL, D. 2014. The influence of tree species mixture on ecosystem-level carbon accumulation and water use in a mixed boreal plantation. *Forest Ecology and Management*. 298, 82–92. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.03.001>
- HAMMOND, M. E., POKORNÝ, R., DOBROVOLNÝ, L. 2021. Gap regeneration and dynamics: the case study of mixed forests at Křtiny in the Czech Republic. *Central European Forestry Journal*. 67, 135–147.

- HEGYI, F. 1974. A simulation model for managing jack-pine stands. In: FRIES, J. (Ed.). *Growth models for tree and stand simulation*. Stockholm, Sweden: Royal College of Forestry, p. 74–90
- HILMERS, T., BIBER, P., KNOKE, T., PRETZSCH, H. 2020. Assessing transformation scenarios from pure Norway spruce to mixed uneven-aged forests in mountain areas. *European Journal of Forest Research*. 139(4), 567–584.
- JOHANN, E. 2006. Historical development of nature-based forestry in Central Europe. In: *Nature based forestry in Central Europe*. Alternatives to industrial forestry and strict preservation. Proceedings, Univ. of Ljubljana, p. 1–18.
- KADAVÝ, J., KNEIFLOVÁ, J., KNEIFL, M., UHERKOVÁ, B. 2024. Using Marteloscope in selection forestry – Study case from „Pokojná hora“. *Journal of Forest Science*. 70(9), 447–457.
- KOMÁNEK, M., KNOTT, R., KADAVÝ, J., KNEIFL, M. 2024. Is the Concentric Plot Design Reliable for Estimating Structural Parameters of Forest Stands? *Forests*. 15(12), 2246.
- LEBOURGEOIS, F., GOMEZ, N., PINTO, P., MÉRIAN, P. 2013. Mixed stands reduce *Abies alba* tree ring sensitivity to summer drought in the Vosges mountains, western Europe. *Forest Ecology and Management*. 303, 61–71. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.04.003>
- MAŠÍNOVÁ, T., BAHNMANN, B. D., VĚTROVSKÝ, T., TOMŠOVSKÝ, M., MERUNKOVÁ, K., BALDRIAN, P. 2017. Drivers of yeast community composition in the litter and soil of a temperate forest. *FEMS Microbiology Ecology*. 93, 1–10.
- MAXWELL, R. S., LARSON, L.-A. 2021. Measuring tree-ring widths using the CooRecorder software application. *Dendrochronologia*. 67, 125841.
- PRETZSCH, H. *et al.* 2020. Comparison between the productivity of pure and mixed stands of Norway spruce and European beech along an ecological gradient. *Annals of Forest Science*. 67(7), 712.
- PRETZSCH, H. *et al.* 2020. Stand growth and structure of mixed-species and monospecific stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and oak (*Q. robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) analysed along a productivity gradient through Europe. *European Journal of Forest Research*. 139: 349–367. <https://doi.org/10.1017/s10342-019-01233-y>
- ZELLER, L., PRETZSCH, H. 2019. Effect of forest structure on stand productivity in Central European forests depends on developmental stage and tree species diversity. *Forest Ecology and Management*. 434, 193–204. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.12.024>

Poděkování

Tento příspěvek byl financován z projektu TAČR TQ03000107 Bohatě strukturované smíšené porosty jako klíčová forma adaptace lesního hospodářství na probíhající změny klimatu.

Kontakty | Contact Information

Martin Kománek: e-mail: martin.komanek@mendelu.cz