

SROVNÁNÍ STAVU PŮD POD POROSTNÍMI SKUPINAMI JEDLE BĚLOKORÉ A SMRKU ZTEPILÉHO - PŘÍPADOVÁ STUDIE

COMPARISON OF SOIL STATE BETWEEN STAND GROUPS OF SILVER FIR AND NORWAY SPRUCE - CASE STUDY

VILÉM PODRÁZSKÝ ✉ - IVO KUPKA - JITKA STAŇOVÁ

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra pěstování lesů, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 - Suchbátka, Czech Republic

✉ e-mail: podrazsky@fld.czu.cz

ORCID: V. Podrázský 0000-0002-6736-5640

I. Kupka 0000-0003-4874-6007

ABSTRACT

The state of upper horizons of forest soils under forest stand groups of silver fir (*Abies alba* Mill.) and Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst.) was compared in the same site conditions. The study was performed on the site characterized as oak-fir with *Luzula nemorosa*, soils were determined as Luvisols, altitude 420–440 m a.s.l. Upper soil horizons (L+F1, F2+H, Ah and B) were sampled in five replications, holorganic horizons quantitatively. The amount of surface humus as well as basic pedochemic characteristics were determined: pH, soil adsorption complex characteristics, exchangeable acidity, the content of total carbon and nitrogen, and content of total and plant available macronutrients. The cellulolytic potential of H and Ah horizons was determined in a laboratory experiment. Results confirmed only mild effects of silver fir on the soil chemistry: soil reaction, base saturation, and especially on nitrogen content and C/N ratio. Basic elements content was slightly affected as well. No visible effects of fir on the cellulolytic activity were detected. Silver fir, compared to Norway spruce, showed only minor soil improving function.

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

Klíčová slova: druhová skladba; půdní chemismus; biologická aktivita; humusové formy; meliorační funkce

Key words: species composition; soil chemistry; biological activity; humus forms; soil improving function

ÚVOD

Jedle bělokora (*Abies alba* Mill.) představuje nejvýznamnější jehličnatou dřevinu přirozené druhové skladby středoevropských lesů a zároveň druh řazený k nejvýznamnějším dřevinám melioračním a zpevňujícím (KACÁLEK et al. 2017; ŠUMICHRASŤ et al. 2023). Je zároveň druhem, který vykazuje ve vhodných podmínkách nejvyšší produkční potenciál mezi domácimi jehličnany, včetně modřínu a smrku. Její podíl v přírodních lesích českých zemí je odhadován na zhruba 19 %, nicméně po zvýšeném zastoupení počátkem novověku je doložen její pokles ve skladbě českých lesů na současné hodnoty. Ústup jedle začal již od 18. století (MÁLEK 1983; PRŮŠA 1990), ve 20. stol. pak gradoval i v souvislosti s tzv. odumíráním jedle. Jako příčina je uváděn soubor faktorů, konkrétně příklon k holosečnému hospodaření na degradovaných lesních stanovištích s rozvíjející se umělou obnovou především borovicí a smrkem (MÁLEK 1983; MRKVA 1994; ZATLOUKAL 2001),

spolu s diskutovanou citlivostí na průmyslové znečištění ovzduší, napadení patogeny (korovnice kavkazská – *Dreyfusia nordmannianae*) a tlakem zvěře (ČERNÝ 1989; JANKOVSKÝ 2005; PODRÁZSKÝ et al 2022). Jedle nepříznivě reaguje na změnu klimatu, na pokles dešťových srážek (změna půdní a vzdušné vlhkosti), dlouhotrvající sucho nebo silné zimní mrazy. Otázkou tak zůstává, jak se na jejím ústupu projevil konec tzv. malé doby ledové na přelomu 19. a 20. století (BEHRINGER 2010), kdy se začalo hynutí jedle ještě výrazněji projevovat.

V současné době je opět jedli bělokora věnována zvýšená pozornost. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2020 (Zpráva 2021) dokladuje mírný nárůst plochy jedle (včetně jedle obrovské) z 23 138 ha v roce 2001 (0,9 %) na 31 129 ha v roce 2020 (cca 1,2 %) z celkové porostní plochy. Jedním z hlavních důvodů mírně se zvyšujícího zastoupení jedle v našich lesích je její zařazení jako stanovištně vhodné meliorační a zpevňující dřeviny do většiny

cílových hospodářských souborů (CHS) ve vyhlášce Ministerstva zemědělství č. 298/2018 Sb., o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů. Přesto má do doporučeného podílu 4,4 % stále velice daleko. Je třeba zdůraznit, že vyšší uplatnění jedle s sebou nese i změnu v přístupu k lesnickému hospodaření směrem k více přírodě blízkým principům.

Dosud publikované práce dokládají dostatečně výraznou stabilizační funkci jedle, zejména ve srovnání se smrkem (např. FÉR, POKORNÝ 1993; ÚRADNÍČEK et al. 2009; KACÁLEK et al. 2017). Věnována je pozornost i provenienčnímu výzkumu, kde byla potvrzena vhodnost místních populací jako nejvýhodnějších pro další pěstování porostů jedle (FULÍN et al. 2023), reakci na klimatické faktory (VEJPUŠKOVÁ et al. 2023) i stavu výživy ve srovnání se smrkem (NOVOTNÝ 2023). Sledován je i růst a produkce porostů s příměsí jedle (ŠTEFANČÍK 2019; KACÁLEK et al. 2023). Značný zájem je věnován jednotlivým druhům této dřeviny, i z hlediska genetické variability a vlivu lesnických opatření na ni (ROSALES-ISTAS, AGUILAR 2023; ZAREK, KEMPF 2023), a problémům spojeným s jejím vnášením do porostů (BARTOŠ, KACÁLEK 2013; SURAWEEERA et al. 2023).

Prozatím je k dispozici omezený počet studií, zabývajících se meliorační funkcí jedle v porostech smrku, kde se předpokládá zlepšení stavu půd, a to i z hlediska půdní mikrobiologické aktivity a půdního chemismu. Dosavadní dílčí studie výrazný vliv jedle neprokázaly, doložily pouze částečné zlepšení některých půdních charakteristik, jak shrnuje práce PODRÁZSKÝ et al. (2022). Autoři konstatovali při porovnání změn humusových forem v porostu s přirozeným složením (jedle s dubem) se smrkovou monokulturou, že obsah bází a nasycení sorpčního komplexu bázemi je výrazně nižší v porostu smrku. Ostatní pedochemické charakteristiky vykazovaly minimální rozdíly. Podobné výsledky doložili ve srovnatelných podmínkách (ŠLP Kostelec nad Černými lesy) i v oblasti Orlických hor. Podobně neprůkazné rozdíly pedochemických charakteristik a mikrobiologické celulólytické aktivity byly prokázány opakovaně v oblasti středních Čech (PODRÁZSKÝ et al. 2022).

Cílem předkládané studie je doložit vliv jedle bělokore na stav humusových forem (holorganických vrstev a humusového organominerálního horizontu; GREEN et al. 1993) ve smíšeném smrko-jedlovém porostu opět v oblasti Lesů ČZU – Kostelec nad Černými lesy. Byla testována pracovní hypotéza, že jedle výrazně přispěje ke zlepšení pedochemických půdních charakteristik a vykáže výrazně vyšší aktivitu vzhledem k rozkladu celulózy.

MATERÁL A METODIKA

V oblasti Lesů ČZU Kostelec nad Černými lesy (dříve ŠLP) byly půdní vzorky odebrány 13. 10. 2019 (pedochemické analýzy) a 24. 7. 2020 (celulólytická aktivita) v jednotlivých porostních skupinách. Jednalo se o porost 411C13/1 (N 49.972, E 14.795), kde byly odebrány vzorky pro hodnocení půdního chemismu ve vrstvách humusových forem a hodnocení celulólytické aktivity v horizontech H a Ah. Stanoviště je charakterizováno lesním typem 4P1, kyselá dubová jedlina s bikou hajní (VIEWEGH et al. 2003), geologický podklad je tvořen křídovým pískovcem se sprašovým překryvem, půdy byly určeny jako luvisemě. Terén je plochý, nadmořská výška je mezi 420–440 m n. m., průměrné roční teploty kolísají mezi 7–8 °C, průměrné srážky se pohybují kolem 650 mm.

Vzorky pro potřeby chemických analýz byly odebrány pomocí kovového rámečku 25 × 25 cm v počtu opakování 5, hlubší horizonty byly odebrány pouze kvalitativně. Pro potřeby mikrobiologických aktivit byly vzorky z příslušných vrstev využity pro vytvoření směsných vzorků. Srovnávány byly porostní skupiny:

- dospělý smrkový porost – 102 let,

- dospělý jedlový porost – oplocenka – 105 let,
- bukový kotlík – 50 let.

Výsledky tak mohou dokumentovat nejen rozdíly jedle vs. smrk, ale i vliv zakládání kotlíků listnáčů. U jednotlivých typů vzorků bylo analyzováno:

u holorganických horizontů:

- množství sušiny při 105 °C a obsah celkových živin po mineralizaci kyselinou sírovou ve směsi se selenem (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,
- charakteristiky půdního sorpčního komplexu podle KAPPENA (1929) (S – obsah bází, V – nasycení sorpčního komplexu bázemi, H – hydrolytická acidita, T – kationtová výměnná kapacita),
- obsah uhlíku a organické hmoty (metoda Springer-Klee, např. CIAVATTA et al. 1989),
- obsah celkového dusíku (Kjeldahlova metoda, např. KIRK 1950),
- obsah přístupných živin ve výluhu (MEHLICH 1984).

Pro pedobiologické charakteristiky – potenciál rozkladu celulózy – byl vytvořen směsný vzorek: H-SM, H-JD, Ah-SM, Ah-JD, z horizontů F2+H a Ah jako směsný vzorek z pěti míst odběru. Z každého směsného vzorku byly odebrány 3 oddíly substrátu, rozprostřeny na dně plastových boxů ve vrstvě 2 cm a jejich povrch byl urovnan. Na povrch v každém boxu bylo položeno 10 pásků filtračního papíru (80 g/m²), rozděleného po 1 × 10 cm. V následujících týdnech byl hodnocen postup:

- barevných změn filtračního papíru, indikující napadení substrátu celulólytickými organismy,
- postupný úplný rozklad filtračního papíru, tedy jeho absence.

Vzorky byly inkubovány v laboratorních srovnatelných podmínkách: teploty cca 20–23 °C, uzavření boxů umožňuje předpokládat 100% vzdušnou vlhkost. Uspořádání pokusu je demonstrováno na obr. 1. Použitá metoda dokumentuje relativní potenciál rozkladných aktivit poměrně jednoduchým způsobem, nicméně daná metoda je dosud standardně používána. Vzorky byly hodnoceny v termínech:

- 24. 7. 2020 – založení experimentu, odběr v terénu, založení substrátů do boxů a jejich instalace,
- 1) 15. 8., 2) 28. 8., 3) 11. 9., 4) 26. 9., 5) 10. 10., 6) 24. 10., 7) 12. 12.

Výsledky analýz byly zpracovány statistickým softwarem STATISTICA (v 13.5.0.17). Po ověření normality rozložení údajů byla použita metoda jednofaktorové analýzy rozptylu ANOVA a post-hoc test Scheffého na významnost rozdílnosti průměrů na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

VÝSLEDKY

Akumulace nadložního humusu klesala v pořadí smrk-jedle-buk (tab. 1), přitom rozdíly mezi porostem smrku a buku byly statisticky významné. Celková hodnota akumulace holorganických horizontů dosahovala hodnot (v uvedeném pořadí) 80,75 – 54,41 – 41,78 t.ha⁻¹, tedy hodnot typických pro dané stanovištní podmínky, druhovou skladbu a věk porostů. V porostu jedle tak ve srovnání se smrkem došlo k nižší akumulaci nadložního humusu, jeho zásoba byla dále výrazně snížena v porostu buku, kde se skládal efekt kotlíku (holé plochy,

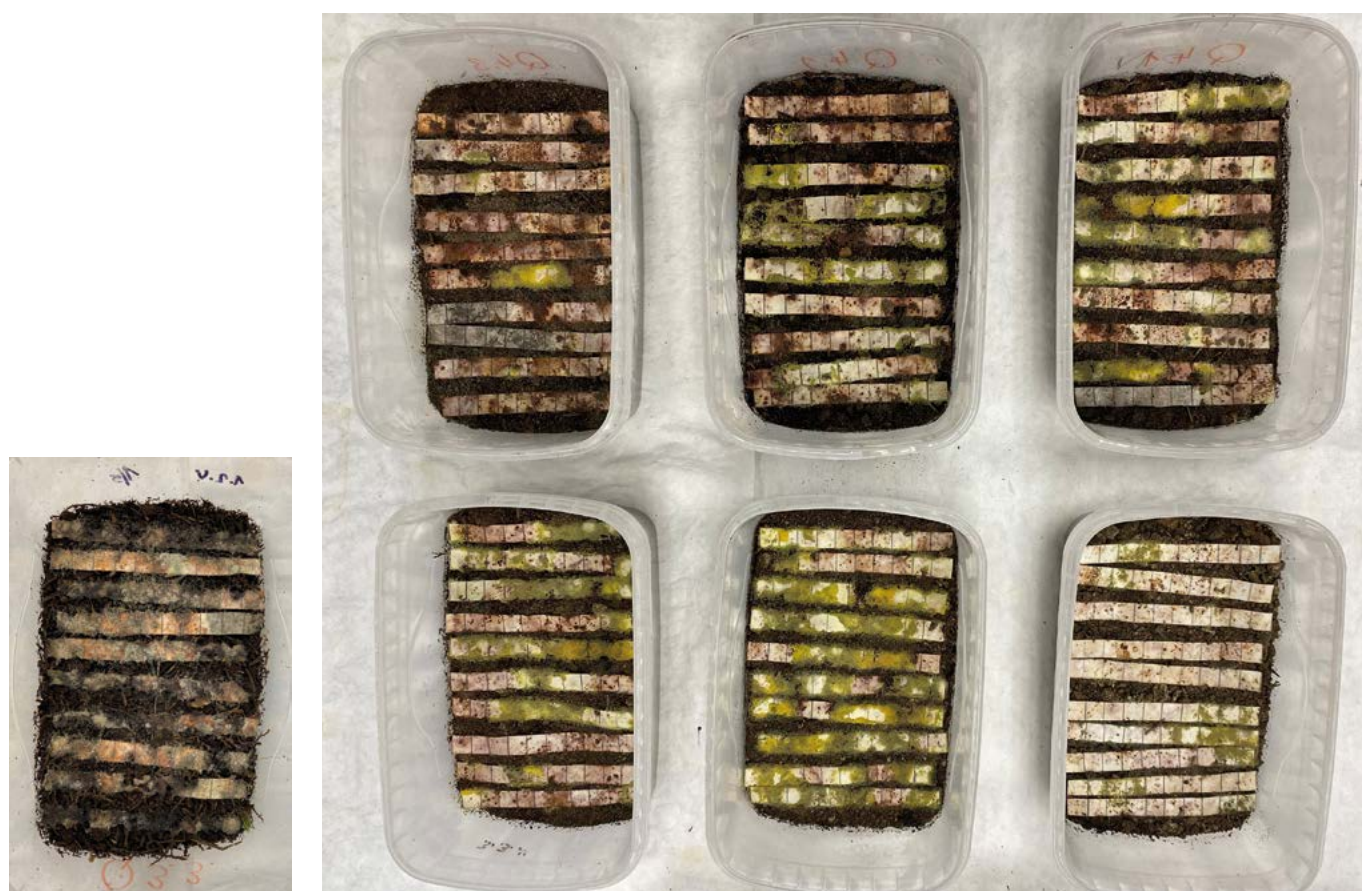
obnovy) a efekt změny druhové skladby. Mocnost svrchního minimálně transformovaného holorganického horizontu byla prakticky stejná ve všech porostech, mocnost spodního holorganického horizontu klesala rovněž v uvedeném pořadí. Mocnost odebíraného B horizontu byla stejná ve všech případech.

Půdní reakce aktivní byla významně nejnižší v porostu jedle (L+F1 horizont). V hlubších horizontech byly hodnoty $pH_{akt} (H_2O)$ průkazně nejvyšší v porostu buku, v porostu jedle a smrku se hodnoty v podstatě nelišily. Stejný trend byl doložen v případě výměnné půdní reakce, nicméně rozdíly mezi smrkem a jedlí nebyly průkazné, a naopak hodnoty zjištěné v půdním profilu bukového porostu se lišily ve všech případech statisticky významně.

Obsah výměnných bází (hodnota S) se v holorganických horizontech porostu smrku a jedle významně nelišil, v porostu buku byl významně nižší ve spodním holorganickém horizontu. V horizontu Ah byly hodnoty významně vyšší v porostu buku a jedle ve srovnání se smrkem, v horizontu B tomu bylo naopak, vesměs pak byly hodnoty velmi nízké. Hodnoty hydrolytické acidity (hodnota H, resp. T-S) významně klesaly ve svrchním holorganickém horizontu v pořadí JD, SM, BK, ve spodním holorganickém horizontu pak v pořadí SM, JD, BK, statisticky významně se však lišily jen v případě BK. V horizontu Ah byly významně nižší pod bukem, v horizontu B byl trend podobný, leč méně významný. Výměnná titrační kapacita (hodnota T) byla významně

nižší v porostu buku v celém sledovaném profilu, v porostu SM a JD se hodnoty v podstatě nelišily, třebaže pod jedlí byly nepatrně vyšší. Hodnoty nasycení sorpčního komplexu bázemi (hodnota V) se ve sledovaném profilu mezi porosty smrku a jedle nelišily, pouze v horizontu B byly významně nižší pod jedlí. V porostu buku byly statisticky významně vyšší pouze v horizontu Ah.

Obsah celkového (oxidovatelného) uhlíku se v porostech smrku a jedle významně nelišil, přes lehkou tendenci nižšího obsahu v holorganických horizontech a vyššího obsahu v minerálních horizontech v jedlovém porostu (tab. 2). V porostu buku byly hodnoty této charakteristiky vesměs významně nižší, s výjimkou horizontu Ah. Indikuje to výrazně rychlejší transformaci bukového opadu a rychlejší dynamiku organické hmoty v porostech buku. Obsah celkového dusíku se jevil jako nejnižší pod porostem smrku, alespoň ve srovnání s jedlí. V porostu buku pak byl jeho obsah významně nižší, což sledovalo dynamiku organické hmoty. Naproti tomu poměr C/N jevil jednoznačnou tendenci poklesu v pořadí SM-JD-BK, v tomto smyslu tak rostla i kvalita půdního humusu, alespoň podle obecných představ. Výměnná titrační acidita byla pod jedlí a bukem vesměs významně nižší, s výjimkou vrstvy opadu, což indikuje jeho rychlejší rozklad, eventuálně mísení s minerálními částicemi. To je v souladu s obsahem přístupného hliníku. Obsah výměnného vodíku se mezi smrkem a jedlí významně nelišil, naopak rozhraní H-Ah pod bukem jevílo vyšší dynamiku.



Obr. 1.

Uspořádání pokusu: SM vs. JD, 3 boxy se substráty z horizontů F2+H a Ah u každé dřeviny

Fig. 1.

Laboratory experiment: spruce and fir, 3 boxes with substrates from horizons F2+H and Ah for individual species

Obsah přístupného fosforu byl pod jedlí ve srovnání se smrkem a bukem vesměs vyšší, v horizontu Ah dokonce statisticky významně a velký rozdíl, byť díky velké variabilitě nevýznamný, byl i v horizontu B. Porost buku nejevil významně odlišnou tendenci (tab. 3). Obsah přístupného draslíku byl statisticky významně vyšší v porostu jedle, v porostech smrku a buku se významně nelišil (svrchní holorganický horizont), ve spodním holorganickém horizontu byl obsah této živiny v přístupné formě významně nižší v porostu buku. V horizontu Ah byl významně vyšší obsah přístupného draslíku v porostech jedle a buku, v horizontu B byl významně nejnižší obsah této živiny v buku. Obsah přístupného vápníku byl ve svrchním holorganickém horizontu do-

sti vyrovnaný, ve spodním pak byl obsah této živiny významně nižší v porostu buku. Obsah přístupného hořčíku se opět mezi smrkem a jedlí významně nelišil, s výjimkou průkazně nižší hodnoty pod jedlí v horizontu F₂+H, pod bukem byl kromě svrchního holorganického horizontu vesměs nižší.

Obsah celkového dusíku stanoveného ve vyluhu kyselinou sírovou se mezi jedlí a smrkem významně nelišil, byl nižší v porostu buku. Obsah celkového fosforu byl nevýznamně vyšší pod jedlí ve srovnání s ostatními dřevinami, obsah celkového draslíku v holorganických horizontech významně rostl v pořadí smrk-jedle-buk. Rozdíly v obsahu

Tab. 1.

Stav nadložního humusu, půdní reakce a charakteristiky půdního sorpčního komplexu v jednotlivých porostech na lokalitě Švýcar
Amount of surface humus, soil reaction and characteristics of soil adsorption complex in particular horizons at the Švýcar locality

Dřevina/ Species	Vrstva/ Horizon	D.M./Sample g	Mocnost/Thickness cm	pH H ₂ O	pH KCl	S	H mval/100 g D.M.	T	V %
1 – SM	1 – L+F1	64,86 ac	1,0 a	5,04 b	3,91 a	29,86 a	31,43 b	61,29 a	48,72 ab
	2 – F2+H	439,84 b	3,0 a	4,42 a	3,08 a	10,67 a	62,52 a	73,21 a	14,49 a
	3 – Ah		3,8 a	4,07 a	3,06 a	1,61 b	18,22 a	19,83 a	7,68 a
	4 – B		10,0	4,53 a	3,49 a	2,08 b	10,23 b	12,31 b	18,46 a
2 – JD	1 – L+F1	50,34 c	1,0 a	4,89 a	3,87 a	28,94 a	34,71 a	63,65 a	45,43 ab
	2 – F2+H	334,72 ab	2,8 a	4,46 a	3,23 a	9,62 a	50,77 a	60,39 a	15,65 a
	3 – Ah		3,6 a	4,02 a	3,07 a	3,19 a	22,88 a	25,98 a	10,76 a
	4 – B		10,0	4,23 a	3,26 a	0,88 c	11,92 a	12,80 b	7,58 b
3 – BK	1 – L+F1	42,65 c	1,0 a	5,15 b	4,22 c	30,85 a	23,00 c	53,85 b	56,05 b
	2 – F2+H	218,50 a	2,0 a	4,96 b	3,74 b	3,55 b	22,38 b	25,94 b	12,14 a
	3 – Ah		3,0 a	4,60 c	3,49 b	4,05 a	14,40 b	18,45 b	21,93 b
	4 – B		10,0	4,93 b	3,54 a	0,89 c	7,88 b	8,77 b	9,68 b

Pozn.: statisticky významné rozdíly jsou vyznačeny odlišnými písmeny; D.M. – zásoba sušiny

Notes: statistically significant differences are indicated by different letters; D.M. – dry matter amount, SM – Norway spruce, JD – silver fir, BK – European beech

Tab. 2.

Obsah celkového uhlíku, dusíku, poměr C/N a charakteristiky výměnné acidity v jednotlivých porostech na lokalitě Švýcar
Content of total (oxideable carbon), nitrogen and characteristics of exchangeable acidity in particular horizons at the Švýcar locality

Dřevina/ Species	Vrstva/ Horizon	C _{ox} %	N _{Kjel} %	C/N	Ac _{vým}	H ⁺ vým mval/1000 g	Al ³⁺ vým
1 – SM	1 – L+F1	44,39 a	1,52 a	29,2	20,44 b	13,76 a	6,68 b
	2 – F2+H	37,88 a	1,43 a	26,5	75,80 ab	10,88 a	64,92 b
	3 – Ah	6,41 a	0,35 b	18,3	94,55ab	4,11 a	90,44 ab
	4 – B	4,05 b	0,13 b	21,4	77,85 a	2,15 a	75,71 b
2 – JD	1 – L+F1	42,39 a	1,69 a	25,1	25,54 a	15,58 a	9,96 ab
	2 – F2+H	32,65 a	1,53 a	21,3	59,69 b	14,78 a	44,90 b
	3 – Ah	11,66 a	0,69 a	16,9	73,08 b	3,99 a	69,10 b
	4 – B	3,73 ab	0,19 b	19,6	71,56 b	2,17 a	69,39 b
3 – BK	1 – L+F1	31,93 b	1,39 b	23,0	22,98 a	12,26 a	10,72 ab
	2 – F2+H	14,78 b	0,89 b	16,6	46,12 b	8,88 a	37,40 b
	3 – Ah	8,44 a	0,60 ab	14,1	59,31 b	8,18 b	57,13 b
	4 – B	1,91 b	0,12 b	15,9	70,39 b	1,83 a	68,56 b

Pozn.: statisticky významné rozdíly jsou vyznačeny různými písmeny

Notes: statistically significant differences are indicated by different letters; SM – Norway spruce, JD – silver fir, BK – European beech

celkového vápníku nebyly průkazné, přes tendenci nejnižších hodnot pod bukem; podobně tomu bylo v případě celkového hořčíku.

Nástup zbarvení, tedy osídlování substrátu, nastal velmi časně, výrazněji v případě holorganických horizontů jedlového porostu. Podobný trend, i když méně výrazný, byl doložen v případě substrátů z horizontů organominerálních (Ah). Nicméně od 5. termínu byly všechny varianty na podobné úrovni (tab. 4). Rozklad celulózových proužků byl rychlejší v případě holorganických horizontů v porostu smrku, v horizontech Ah dosud po dobu sledování k rozkladu nedocházelo (tab. 4; obr. 2). Celulolytická aktivita v horizontech půdního svršku pod oběma dřevinami se tak příliš nelišila, v každém případě se neprojevily vyšší hodnoty v porostu jedle. Podobně jako v případě půdního chemismu tak nevykazovaly obě sledované dřeviny výrazné rozdíly ve sledované pedobiologické charakteristice. Výrazné meliorační účinky tak nebyly pro jedli bělokorou v této studii prokázány.

DISKUSE

Domácí práce shrnul příspěvek PODRÁZSKÉHO et al. (2022, 2023). Podobně jako v jiných případových studiích byla v tomto případě doložena většinou nižší zásoba nadložního humusu pod skupinami jedle ve srovnání se smrkem, což mohlo být způsobeno rychlejším rozkladem jejího opadu a jeho transformací. Podobná tendence převažovala ve většině studovaných případů, s výjimkou porostu sledovaného v Jeseníkách (PODRÁZSKÝ et al. 2023). V uvedených zdrojích se rovněž poměrně málo lišily charakteristiky půdního chemismu, ale podobně jako v našem případě převažovaly tendence mírně příznivějšího stavu pod jedlí ve srovnání se smrkem. Tyto poměrně nevýrazné rozdíly jsou způsobeny i dosti podobným stavem výživy obou dřevin, pokud jsou sledovány na stejných stanovištích. Odumřelé asimilační orgány pak představují hlavní zdroj pro tvorbu opadu a po jeho transformaci i půdní organické hmoty (GREEN et al. 1993; EMMER 1998).

Tab. 3.

Obsah přístupných a celkových živin v jednotlivých porostech na lokalitě Švýcar
Content of plant available and total nutrients in particular horizons at the Švýcar locality

Dřevina/ Species	Vrstva/ Horizon	P _{přist.} mg/kg	K _{přist.} mg/kg	Ca _{přist.} mg/kg	Mg _{přist.} mg/kg	N _{tot} %	P _{tot} %	K _{tot} %	Ca _{tot} %	Mg _{tot} %
1 – SM	1 – L+F1	38,8 a	593,2 ab	2546,4 a	273,6 a	1,469 a	0,086 a	0,096 a	0,326 a	0,046 a
	2 – F2+H	28,4 a	490,0 b	1710,0 a	232,0 a	1,441 a	0,076 c	0,156 c	0,042 a	0,032 a
	3 – Ah	2,80 b	82,6 a	204,2 a	62,8 a					
	4 – B	1,20 b	46,2 a	180,6 a	50,0 a					
2 – JD	1 – L+F1	54,8 ab	820,8 b	2593,6 a	272,4 a	1,624 a	0,100 a	0,172 a	0,318 a	0,041 a
	2 – F2+H	34,2 a	478,8 b	1663,6 a	194,8 b	1,449 a	0,088 c	0,216 c	0,038 a	0,024 a
	3 – Ah	13,20 a	159,6 b	371,0 a	82,0 a					
	4 – B	7,60 ab	61,2 a	185,2 ab	56,8 a					
3 – BK	1 – L+F1	49,60 ab	696,8 ab	2864,8 a	431,6 b	1,368 b	0,088 a	0,208 b	0,230 a	0,064 a
	2 – F2+H	20,0 b	278,8 a	1091,2 b	159,2 b	0,748 b	0,073 c	0,356 a	0,034 a	0,011 a
	3 – Ah	7,60 b	147,4 b	411,4 a	74,8 a					
	4 – B	20,00 b	36,8 b	154,0 b	45,6 c					

Pozn.: statisticky významné rozdíly jsou vyznačeny různými písmeny a zvýrazněny

Notes: statistically significant differences are indicated by different bold letters; SM – Norway spruce, JD – silver fir, BK – European beech, X_{přist.} – plant available nutrient, X_{tot} – total nutrient

Tab. 4.

Postup zbarvení a rozkladu vzorků celulózy v laboratorním experimentu
Dynamics and coloration and decomposition of cellulose samples in the laboratory experiment

Dřevina/ Species	Horizont/ Horizon	Termín ³ 1	Termín 2	Termín 3	Termín 4	Termín 5	Termín 6	Termín 7	Termín 8
Zbarvení ¹ SM	F+H	1,82	18,61	52,75	93,31	99,04	99,56	100	100
	Ah	0,42	7,4	37,51	75,19	93,03	96,45	99,12	99,66
Zbarvení JD	F+H	4,09	47,79	70,27	97,54	99,5	99,83	100	100
	Ah	0,82	15,47	20,72	84,04	94,55	97,97	98,82	99,09
Rozklad ² SM	F+H	0	0,63	2,97	5,92	9,4	12,19	20,24	25,93
	Ah	0	0	0	0	0	0	0	0
Rozklad JD	F+H	0	0	1,35	3,6	4,73	5,95	12,51	16,38
	Ah	0	0	0	0,02	0,02	0	0	0,02

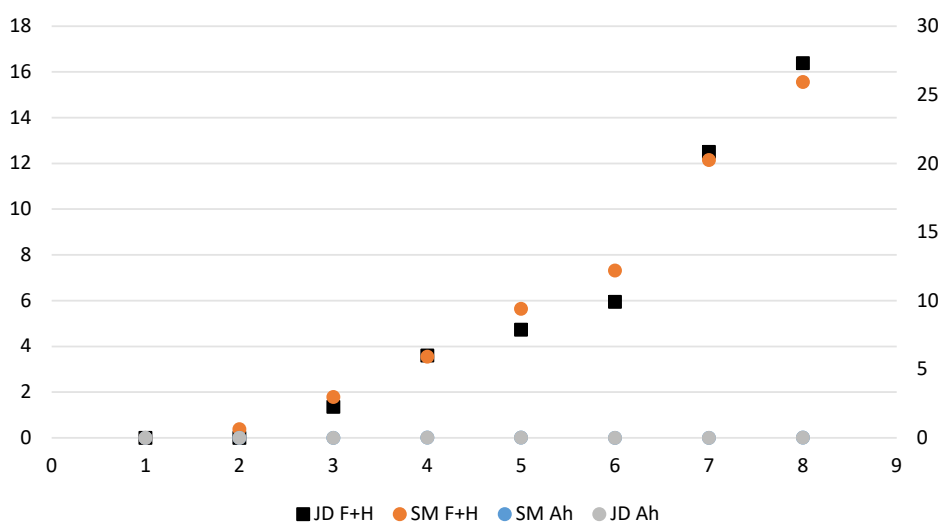
Captions: SM – Norway spruce, JD – silver fir, BK European beech; ¹Coloration, ²Decomposition, ³Date

Již BERGMANN (1988) uvádí velmi podobné hodnoty pro stav výživy jedle a smrku, považované za limitní. Také při vlastní analýze srovnání výživy smrku a jedle byly prokázány většinou minimální rozdíly, popřípadě jen poměrně malé rozdíly ve výživě obou dřevin rostoucích ve srovnatelných podmínkách, rozdíly se týkaly většinou jen jednotlivých živin a souvisely s jejich nároky na jednotlivé elementy. DUŠEK et al. (2020) studovali stav výživy obou dřevin na stanovišti jedlových bučin v oblasti Nízkého Jeseníku a prokázali u obou stav výživy pod hladinou optima. V prvním ročníku jehličí byly koncentrace živin a jejich poměry velmi podobné, u smrku byla zjištěna vyšší koncentrace dusíku. U druhého ročníku byly stanoveny vyšší koncentrace draslíku a nižší koncentrace hořčíku u jedle, stejně jako vyšší poměr N/Mg a K/Mg. U smrku byl vyšší poměr N/K, což souhlasí se stavem v nadložním humusu, zjištěném ve výše uvedených pracích. V Jeseníkách na lokalitě Hochwald pak analyzovali stav výživy smrku a jedle PODRÁZSKÝ et al. (2023). V tomto případě byly rozdíly v prvním ročníku jehlic minimální v případě dusíku, fosforu a draslíku, významně nižší byly u smrku v případě vápníku a hořčíku. Stejný trend byl prokázán ve druhém ročníku jehlic. Rozsáhlejší studii týkající se stavu výživy smrku a jedle na srovnatelných stanovištích publikoval NOVOTNÝ (2023). Na 14 dvojicích smrkových a jedlových porostů autor srovnával stav výživy obou dřevin v různých regionech České republiky, prokázal rozdíly ve výživě smrku a jedle. Jedle se projevila jako intenzivněji přijímající živiny, rozdíly byly významné pro dusík, vápník, hořčík, zinek a síru, nevýznamné pro fosfor a draslík. Rozdíly v příjmu živin byly v některých případech velmi výrazné. Dynamika výživy obou dřevin a její vliv na tvorbu opadu a půdní organické hmoty tak vyžaduje rozhodně další intenzivní výzkum.

Stejně práce, uvedené výše, prokázaly jen mírný vliv jedle na stav půd ve smrkových porostech. Slabě, většinou statisticky neprůkazně, byly ovlivněny charakteristiky půdního chemismu. Ukazatele výměnné acidity byly mírně vyšší pod porostem jedle, rozdíly v půdní reakci nebyly doloženy a charakteristiky půdního sorpčního komplexu byly také srovnatelné. Na jedné straně obsahovaly humusové horizonty pod jedlí významně vyšší obsah celkového dusíku a vápníku, na dru-

hé pak nižší obsah celkového hořčíku. V přístupné formě živin byl významně příznivější stav pod jedlí doložen pouze v případě fosforu a draslíku. Zvýšený obsah celkového dusíku v holorganických vrstvách a svrchní vrstvě minerální půdy ukazuje na poněkud bohatší opad této dřeviny a jeho rychlejší dekompozici. Vcelku je možno shrnout, že na sledovaných lokalitách byl meliorační vliv jedle na půdu ve srovnání se smrkem nevýrazný. Podobně minimální rozdíly jako na plochách ve středních Čechách byly prokázány při srovnání smrku a jedle v podhůří Orlických hor. V tomto případě byla i akumulace nadložního humusu srovnatelná, pod jedlí byl rovněž vyšší obsah přístupného vápníku, jinak se pedochemické charakteristiky svrchních půdních horizontů pod oběma dřevinami významně nelišily. Na lokalitě v Jeseníkách pak byly hodnoty půdní reakce v podstatě srovnatelné, byla zde nevýznamná tendence vyšších hodnot obsahu bázi a nasycení sorpčního komplexu bázemi pod jedlí. Obsahy celkového humusu byly rovněž srovnatelné, půdy pod skupinami jedle jeví tendenci vyššího obsahu dusíku. V minerálním Ah horizontu byly tyto trendy výraznější, jakkoli statisticky nevýznamné. To se projevilo v obecně příznivějším poměru C/N pod jedlí. Obsah živin, konkrétně bázi, především draslíku a vápníku v celkové formě (holorganické horizonty) i v přístupné formě jeví podobně malé rozdíly, nicméně pod jedlí byly hodnoty vyšší, což vcelku také souhlasí s ostatními studiemi. Obecně tak jsou humusové formy pod jedlí mírně příznivější ve srovnání se smrkem. Tyto tendence jsou velmi podobné trendům, prokázaným v předkládané studii. Stejnou neprůkaznou tendenci pak vykazují i hodnoty pedofyzikálních charakteristik (PODRÁZSKÝ et al. 2022, 2023).

Poměrně malé rozdíly v působení jedle a smrku na stav lesních půd uvádějí i AUGUSTO et al. (2002), kteří řadí dřeviny podle jejich acidifikačního potenciálu do několika skupin: smrk ztepilý, sitka, borovice lesní > jedle bělokorá, douglaska > bříza bradavičnatá, buk, dub zimní, letní > javor mléč, habr, jasan ztepilý, lípa srdčitá. Je zajímavé, že do stejné skupiny řadí jedlí a douglasku, u které byla naopak meliorační funkce ve smrkových porostech prokázána podstatně výrazněji (MONDEK, BALÁŠ 2019). Poměrně řídké práce dokládající vliv jednotlivých dřevin na půdy se ale spíše soustřeďují na jiné dřeviny a doklá-



Obr. 2.

Rozklad vzorků celulózy během doby experimentu (%)

Fig. 2.

Cellulose decomposition in the run of experiment (%); SM – Norway spruce, JD – silver fir

dají především rozdíly mezi jehličnany, zejména smrkem, a listnatými druhy (AUGUSTO et al. 2002; HAGEN-THORN et al. 2004; FABIÁNEK et al. 2009).

Ještě méně informací je dostupných v případě vlivu jedle na pedobiologické vlastnosti půd. Poměrně ojedinělou publikací je starší článek, jehož autorem je SEIFERT (1957), který zdůrazňuje význam pedobiologických šetření, schopných postihnout rozdíly i při nedostatečné průkaznosti pedofyzikálních či pedochemických šetření. Jeho práce dokumentuje vliv skupin jedle o věku zhruba 20 let v dospělém smrkovém porostu (80–100 let). Především uzavřené ucelené skupiny jedle mají příznivý vliv na pedobiologické půdní charakteristiky, v první řadě na nitrifikaci jako jednu z hlavních mineralizačních aktivit. Zde je však třeba mít na paměti, že se sbíhá vliv tvorby kotlíků, tedy maloplošné holé seče, a vliv různé dřevinné skladby. Dalším srovnáním může být studie provedená podle stejné metodiky v oblasti Jeseníků (PODRÁZSKÝ 2023). V tomto případě se různá dynamika rozkladu celulózy neprojevila vůbec.

Dosavadní výzkum tak sice potvrdil příznivější vliv jedle na půdu, rozdíly však nejsou příliš patrné, a to přes rozdílný potenciál jednotlivých dřevin využívat půdní živiny (ČIHÁK, VEJPUSTKOVÁ 2023; NOVOTNÝ 2023). Oproti tomu je nezpochybnitelný její význam jako produkčně velmi zajímavé dřeviny a pak jako dřeviny přispívající velkou měrou k mechanické stabilitě lesních porostů (KACÁLEK et al. 2017).

ZÁVĚR

Dosavadní výsledky výzkumu potvrdily zatím omezený vliv jedle na půdní charakteristiky ve srovnání se smrkem. Přesto je mírný vliv na zlepšení stavu humusových forem patrný, především s ohledem na efektivnější využívání kořenového prostoru jedlí a tvorbu mírně příznivějšího opadu. Projevuje se to poněkud lepším stavem půdního chemismu, především zvýšením obsahu bázi pod skupinami jedle. Rozkladné aktivity nejevily výrazné rozdíly. Výzkum půdotvorné funkce jedle tak vyžaduje další výzkum, nicméně bezesporná je její role stabilizační. Konkrétněji je možno uvést výsledky předkládané studie:

- zásoba holorganických horizontů klesala v pořadí smrk – jedle – buk, což naznačuje intenzitu rozkladných a transformačních aktivit,
- v porostu buku byl patrný, leč nevýznamný pokles mocnosti horizontu F_2+H a Ah,
- půdní reakce obou typů se v porostech smrku a jedle prakticky nelišila, příznivější byla v porostu buku,
- jedle neovlivnila výrazně příznivě stav půdního sorpčního komplexu, na rozdíl od buku,
- obsah celkového (oxidovatelného) uhlíku jedle neprůkazně zvýšila v minerálních půdních horizontech, obsah celkového dusíku byl zvýšen mírně v minerálních horizontech,
- poměr C/N byl pod jedlí jen mírně příznivější, vcelku neprůkazně,
- pod jedlí ve srovnání se smrkem byl patrněji zvýšen obsah přístupného fosforu a draslíku, obsah přístupného vápníku se nelišil,
- hodnoty výměnné acidity a výměnného hliníku byly příznivější pod jedlí ve srovnání se smrkem,
- výraznější rozdíly v obsahu celkových živin nebyly doloženy, výjimku představovaly vyšší hodnoty obsahu celkového fosforu pod jedlí,
- potenciál rozkladu celulózy nebyl změnou druhové skladby ovlivněn.

Také v této sérii porostů nebyly doloženy výrazné meliorační účinky jedle, ani srovnání jehličnatých dřevin a buku nedoložilo jednoznačné

výsledky, třebaže jeho meliorační působení bylo patrné. Vliv má stanoviště, které je živinově napjaté a lze předpokládat výrazný selektivní příjem živin jednotlivými dřevinami.

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu NAZV QK1910292 „Postupy pro podporu jedle bělokore v lesním hospodářství ČR“.

LITERATURA

- AUGUSTO L., RANGER J., BINKLEY D., ROTHE A. 2002. Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. *Annals of Forest Science*, 59: 233–253. DOI: 10.1051/forest:2002020
- BARTOŠ J., KACÁLEK D. 2013. Přihnojení mladého porostu jedle bělokore na zemědělské půdě. *Zprávy lesnického výzkumu*, 58 (3): 2013–217.
- BERGMANN W. 1988. Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Entstehung, visuelle und analytische Diagnose. Jena, G. Fischer Verlag: 762 s.
- BEHRINGER W. 2010. Kulturní dějiny klimatu. Praha, Nakladatelství Ladislav Horáček – Paseka: 408 s.
- 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
- ČIHÁK T., VEJPUSTKOVÁ M. 2023. Comparison of nutrient and carbon stocks in the aboveground biomass of mature silver fir (*Abies alba* Mill.) and Norway spruce (*Picea abies* L. Karst) stands. *Journal of Forest Science*, 69 (8): 334–347. DOI 10.17221/37/2023-JFS
- DUŠEK D., KACÁLEK D., NOVÁK J., SLODIČÁK M. 2020. Obsah živin ve dvou nejmladších ročnících jehlic smrku ztepilého a jedle bělokore původem z přirozené obnovy. *Zprávy lesnického výzkumu*, 65, 3: 146–152.
- ČERNÝ A. 1989. Současný zdravotní stav jedle bělokore na území ČSSR. *Lesnická práce*, 68: 402–407.
- EMMER I.M. 1998. Methodology of humus form research. *Lesnictví-Forestry*, 44: 16–22.
- FABIÁNEK T., MENŠÍK L., TOMÁŠKOVÁ I., KULHAVÝ J. 2009. Effect of spruce, beech and mixed commercial stand on humus conditions of forest soils. *Journal of Forest Science*, 55 (3): 119–126.
- FÉR F., POKORNÝ J. 1993. *Lesnická dendrologie*. 1. část. Jehličnany. Praha, VŠZ LF Praha; Písek, Matice lesnická: 131 s.
- FULÍN M., DOSTÁL J., ČÁP J., NOVOTNÝ P. 2023. Evaluation of silver fir provenances at 51 years of age in provenance trials in the Předhoří Hrubý Jeseník and Nízký Jeseník Mts. regions, Czech Republic. *Journal of Forest Science* 69, 2: 44–59. DOI: 10.17221/181/2022-JFS
- GREEN R.N., TROWBRIDGE R.L., KLINKA K. 1993. Towards a taxonomic classification of humus forms. *Forest Science*, 39, Suppl. 1: <https://doi.org/10.1093/forestscience/39.s1.a0001>
- HAGEN-THORN A., CALLESEN I., ARMOLAITIS K., NIHLGÅRD A. 2004. The impact of six European tree species on the chemistry of mineral top soil in forest plantation on former agricultural land. *Forest Ecology and Management*, 195: 373–384. DOI: 10.1016/j.foreco.2004.02.036

- JANKOVSKÝ L. 2005. Chřadnutí a choroby jedle bělokoré (*Abies alba* Mill.) In: Neuhöferová, P. (ed.): Jedle bělokorá – 2005. European silver fir – 2005. Sborník referátů. Srní, 31. 10. – 1. 11. 2005. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 43–48.
- KACÁLEK D., MAUER O., PODRÁZSKÝ V., SLODIČÁK M. et al. (eds.) 2017. Meliorační a zpevňující funkce lesních dřevin. Kostelec n. Č. l., Lesnická práce: 300 s.
- KAPPEN H. 1929. Die Bodenazidität. Springer, Berlin: 363.
- KACÁLEK D., BARTOŠ J., ŠPULÁK O. 2023. Positive effect of fir-rowan intimate mixture on new forest floor and topsoil following afforestation. *Journal of Forest Science*, 69 (2): 80–92. DOI: 10.17221/180/2022-JFS
- KIRK P.L. 1950. Kjeldahl method for total nitrogen. *Analytical Chemistry*, 22: 354–358. DOI:10.1021/ac60038a038
- MÁLEK J. 1983. Problematika ekologie jedle bělokoré a jejího odumírání. Praha, Academia: 108 s.
- MEHLICH A. 1984. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 15: 1409–1416.
- MONDEK J., BALÁŠ M. 2019. Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* / Mirb./ Franco) and its role in the Czech forests. *Journal of Forest Science*, 65 (2): 41–50.
- MRKVA R. 1994. Korovnice kavkazská [*Adelges* (= *Dreyfusia nordmanniana* Eckstein)], obrana proti ní a její podíl na ústupu jedle. *Lesnictví-Forestry*, 40: 361–370.
- NOVOTNÝ R. 2023. Nutrition of silver fir (*Abies alba* Mill.) and its comparison with Norway spruce (*Picea abies* L. H. Karst) from the same forest sites in the Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 69 (2): 60–66. DOI: 10.17221/162/2022-JFS
- PODRÁZSKÝ V., KUPKA I., NOVOTNÝ S., STAŇOVÁ J., GALLO J. 2022. Srovnání potenciálu rozkladu celulózy v humusových formách porostních skupin smrku a jedle. In: Belko, M. (ed.): Pestovanie lesa v strednej Európe. Zborník vedeckých prác, Zvolen, Národné lesnícke centrum: 151–158. *Proceedings of Central European silviculture*. [Vol. 11].
- PODRÁZSKÝ V., KUPKA I., STAŇOVÁ J., D'ANDREA G., VACEK O. 2023. Vliv jedle bělokoré na stav půd v porostech smrku ztepilého. In: Pestovanie lesa v Strednej Európe. Zborník vedeckých prác na tému pestovanie lesa v Strednej Európe. [Zvolen, 5.– 6. 9. 2023]. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 102–111. [*Proceedings of Central European silviculture*]. Volume 12. – ISBN 978-80-228-3380-6
- PRŮŠA E. 1990. Přirozené lesy České republiky. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 248 s.
- ROSALES-ISTAS E., AGUILAR P.O. 2023. Effect of forest management on the genetic diversity of *Abies hidalgensis*, a threatened species with restricted distribution. *Journal of Forest Science*, 69, 5: 193–204. DOI: 10.17221/13/2023-JFS
- SEIFERT J. 1957. Vliv jedlového porostu na biologický stav půdy. *Folia Microbiologica*, 2 (4): 234–237.
- SURAWEEA C., BALÁŠ M., GALLO J., D'ANDREA G., VACEK S., REMEŠ J. 2023. Intensive initial care of silver fir using improving compounds. *Journal of Forest Science*, 69 (5): 179–192. DOI: 10.17221/178/2022-JFS
- ŠTEFANČÍK I. 2019. Porovnanie rastu jedle bielej (*Abies alba* Mill.) v rovnomerom a zmiešaných porastoch smreka, jedle a buka [Comparison of growth of silver fir (*Abies alba* Mill.) in pure and mixed spruce, fir and beech stands]. *Zprávy lesnického výzkumu*, 64 (2): 94–101.
- ŠUMICHRAST L., JALOVÍAR P., KOMENDÁK M., TARGOŠ S., KUCBEL S. 2023. Vital rates and their multidecadal trends in the fir-beech old growth forest of Baďinsky prales. *Journal of Forest Science*, 69 (3): 93–100. DOI: 10.17221/167/2022-JFS
- ÚRADNÍČEK L., MADĚRA P., TICHÁ S., KOBLÍŽEK J. 2009. Dřeviny České republiky. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 367 s.
- VEJPUSKOVÁ M., ČIHÁK T., FIŠER P. 2023. The increasing drought sensitivity of silver fir (*Abies alba* Mill.) is evident in the last two decades. *Journal of Forest Science*, 69 (2): 67–79.
- VIEWEGH J., KUSBACH A., MIKESKA M. 2003. Czech forest ecosystem classification. *Journal of Forest Science*, 49 (2): 85–93.
- ZATLOUKAL V. 2001. Možnosti pěstování jedle s ohledem na její ekologické nároky a přirozené rozšíření In: Pěstování a umělá obnova jedle bělokoré. Sborník referátů z celostátního semináře dne 28. 8. 2001 v Chudobíně u Litovle. Praha, AVE Centrum: 18–27.
- ZAREK M., KEMPF M. 2023. Distribution of genetic variability in mature and progeny population of *Abies alba* Mill. From the Polish Western and Eastern Carpathians. *Journal of Forest Science*, 69 (4): 144–157. DOI: 10.17221/11/2023-JFS
- ZBÍRAL J. et al. 2001. Porovnání extrakčních postupů pro stanovení základních živin v půdách ČR. ÚKZÚZ, Brno, Czech Republic: 205.
- Zpráva 2021. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství ČR v roce 2020. Praha, MZe: 124.

COMPARISON OF SOIL STATE BETWEEN STAND GROUPS OF SILVER FIR AND NORWAY SPRUCE - CASE STUDY

SUMMARY

Silver fir (*Abies alba* Mill.) represents the most important coniferous species of the natural forest species composition in Central Europe, including the Czech Republic. Its share was ca. 19%, and this proportion was substantially lowered between the 17th – 20th centuries. In the year 2020, it occupied some 31,129 ha (1.2%) of the Czech forest area (23,138 ha and 1.2% in 2001). There is the enormous effort of the forestry practice to increase the share of silver fir, for its obvious stabilizing and supposed site improving function. The aim of the presented case study is to compare soil chemistry and cellulolytic activity in the soil substrates from the upper soil layers under silver fir and Norway spruce at a typical Central Bohemian site – altitude 420–440 m a.s.l., Luvisol soil type, forest site 4P1, acid oak-fir forest with *Luzula nemorosa*, age 102–105 years. European beech, planted in the gap (age 50 years) was compared as well. The soil sampling for chemical analyses and surface humus quantification was performed in autumn 2019, and for soil biological analysis in spring 2020. In the first case, 5 particular samples were taken from stands groups of each species at the same locality, the holorganic horizons (L+F₁, F₂+H) were taken quantitatively (plots 20 cm × 20 cm), the organomineral (Ah) and mineral (B) horizons only for quality assessment. Standard laboratory and statistical methods were used for samples and data processing. For cellulolytic activity analysis, the bulk samples were created for spruce and fir substrates from H and Ah horizons in the spring 2020, and 3 replications were placed in plastic boxes. On the surface of substrates, strips of filter paper 80 gm² were located (source of cellulose) and incubated at 20–23°C and full air moisture. In regular terms the color changes and total decomposition were evaluated (Fig. 1).

Results are presented in Tab. 1, 2, 3 and 4; and Fig.2. It can be concluded that:

- amount of surface humus (L, F, H horizons) was declining in the order spruce-fir-beech, indicating general decomposition processes;
- in the beech stand, visible lowering of the F₂+H and Ah horizon thickness was documented;
- soil pH was comparable in the stand parts of spruce and fir, more favorable in the beech stand;
- silver fir did not significantly affect the characteristics of soil adsorption complex, differently from beech;
- content of total (oxidable) carbon was insignificantly increased under fir in the mineral soil horizons, and the content of Kjeldahl's nitrogen as well;
- C/N ratio was slightly more favorable under fir;
- under fir, compared to spruce, there was visibly increased content of plant-available phosphorus and potassium, the content of calcium did not differ;
- total macronutrient contents did not differ in holorganic horizons as well, with the exception of higher values of total phosphorus content under fir;
- characteristics of exchangeable acidity, especially AL³⁺_{exch} were lower under fir;
- cellulose decomposition potential was comparable in the soil substrates taken under both compared species.

At the same time, in these series of stands there was no evidence of significant amelioration effects of fir, and the comparison of coniferous trees and beech did not show unambiguous results, although its amelioration effect was noticeable. The influence is on the habitat, which is nutrient-limited, and a significant selective uptake of nutrients by individual tree species can be expected.

Zasláno/Received: 09. 08. 2023

Přijato do tisku/Accepted: 08. 09. 2023