

**VLASTNOSTI NADLOŽNÍHO HUMUSU A PŮDY POD BUKOVÝM A SMRKOVÝM
POROSTEM – SROVNÁVACÍ STUDIE**

**PROPERTIES OF FOREST FLOOR AND SOIL UNDER BEECH AND SPRUCE STANDS
– A COMPARATIVE STUDY**

DUŠAN KACÁLEK, VLADIMÍR ČERNOHOUS,
JIŘÍ NOVÁK, MARIAN SLODIČÁK, DAVID DUŠEK

ABSTRACT

Forest floor occur as litter falls to the ground and it is subsequently being decomposed. The decomposition of the organic matter releases nutrients to be recycled by plants. The forest floor may differ by tree species and by age. Our study deals with both forest floor and soil properties under beech and spruce stands on two sites. Both sites include beech and spruce forest. The site which is situated near Potštejn, north-eastern Bohemia, represents a former agricultural land with 10-year-old plantation. The mountain site with mature stands (spruce at 80 – 100 years; beech at 140 years) is situated within U Dvou louček watershed, the Orlické hory Mts., north-eastern Bohemia. Since the data were not replicated, we conducted a comparative study using means and standard deviations. New stands (near Potštejn) differ in terms of pH both measured in water and KCl; there are higher values under beech. Soil has lower C/N ratio and it is also higher in Ca concentration under beech compared to spruce. Old-growth stands (U Dvou louček) differ in forest floor C/N ratio (both LF and FH layers). The C/N ratio is significantly lower under beech. Mineral soil is higher in plant-available Mg and K in the mature stands. Forest floor of beech origin is higher in total P and mineral topsoil is higher in total P and Ca. The proved differences are a basis for sustainable forest management. Beech forest floor decomposes readily so nutrient-rich beech litter-fall can balance differences between the tree species. There should be planted mixed stands on the same sites though spruce does not affect negatively the soil environment.

Keywords: forest floor; soil; European beech; Norway spruce; afforested field; long-term forest

Klíčová slova: nadložní humus; půda; buk lesní; smrk ztepilý; zalesněné pole; dlouhodobý les

Úvod

Opad rostlinných částí na půdní povrch, jejich rozklad, humifikace a opětovné zpřístupnění živin pro další využití všemi organismy má nesporný význam pro koloběh látek v lesních ekosystémech. BINKLEY (1986) uvádí, že každoroční recyklování živin v ekosystémech formou opadu tvoří jejich hlavní zdroj využitelný rostlinami. Nicméně množství opadu se může lišit jednak podle druhů dřevin, ale také podle věku porostu. Kromě rozdílů v kvantitě nadložního humusu byly již dříve doloženy i rozdíly ve vlastnostech půdy pod různými dřevinami (KANTOR 1989, BINKLEY a VALENTINE 1991, VESTERDAL a RAULUND-RASMUSSEN 1998, RITTER et al. 2003, HAGEN-THORN et al. 2004, PODRÁZSKÝ et al. 2010). Přestože poznatků na toto téma byla již publikována celá řada, zhodnocení vlastností nadložního humusu pod smrkem ztepilým (*Picea abies* (L.) Karst.) a bukem lesním (*Fagus sylvatica* L.) má pro naše lesní hospodářství stále velký význam. Jedním z důvodů

je, že smrk je naší hlavní hospodářskou dřevinou a buk je doporučován jako meliorační a zpevňující příměs v naprosté většině cílových hospodářských souborů (VYHLÁŠKA č. 83/1996 Sb.). Kromě toho otázky spojené s využíváním obou dřevin jsou stále diskutovány a dokonce vzbuzují silné emoce jak u lesnické veřejnosti, tak u ochránců přírody. Řešením zvolené problematiky se snažíme nalézt odpovědi na otázky: (1) Existuje rozdíl ve vlastnostech nadložního humusu pod vlivem buku a smrku? a (2) Můžeme doložit rozdíly ve vlastnostech horizontů minerální půdy pod oběma dřevinami?

METODIKA A MATERIÁL

Pro srovnání vlastností nadložního humusu a půdy byly provedeny párové odběry vzorků pod bukem a smrkem na dvou stanovištích v lesních oblastech 26 - Předhoří Orlických hor a 25 - Orlické hory (tab. 1).

Tab. 1: Stanovištní charakteristiky hodnocených lokalit
Site characteristics of the localities investigated

Lokalita ¹	Dřevina ²	Věk ³	Geologické podloží ⁴	Půda ⁵	Nadmořská výška ⁶
Potštejn (zalesněná louka)	<i>Picea abies</i> (L.) Karst	10	křídové sedimenty ^b	kambizem ^a	360 m
	<i>Fagus sylvatica</i> L.	10			
U Dvou louček (dlouhodobý les)	<i>Picea abies</i> (L.) Karst	80 - 100	dvojslídňá rula ^c	podzol ^b	930 m
	<i>Fagus sylvatica</i> L.	140			900 m

Captions: ¹ – localities investigated; *afforested arable land (zalesněná louka); old-growth forest (dlouhodobý les);* ² tree species; ³ age; ⁴ bedrock (*b – Cretaceous sediments (SVOBODA 1990); c – two-mica gneiss (OPLETAL, DOMEČKA 1983)*); ⁵ soil (*a – cambisol; b – spodosol*); ⁶ altitude above sea level

První párová lokalita je situována u Potštejna a reprezentuje bývalou zemědělskou půdu. Druhá párová lokalita se nachází 1 – 1,5 km severovýchodně od Anenského vrchu (991 m n. m.); tato lokalita představuje dospělý porost na stanovišti dlouhodobého lesa. Na stanovišti bývalé zemědělské půdy bylo pod každou dřevinou odebráno 6 vzorků a na stanovišti dlouhodobého lesa byly odebrány čtyři vzorky pomocí čtvercového rámečku 25 x 25 cm. Vzorky z první lokality byly smíšeny do tří vzorků. Na lokalitě bývalé zemědělské půdy byly odebrány vrstva nadložního humusu (LF) a svrchních 10 cm minerální půdy. Na lokalitě dlouhodobé lesní půdy byly odebrány horizont opadu L, nadložní humus (FH) a dvě vrstvy minerální půdy (A 0 – 10 cm; B 10 – 20 cm). Analýzy byly provedeny v akreditované chemické laboratoři Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti ve Strnadlech. Nadložní humus byl hodnocen z hlediska množství sušiny stanovené při 105 °C gravimetrickou metodou.

Obsah uhlíku a dusíku v humusu a půdě pro výpočet jejich poměru (C/N) byly stanoveny pomocí analyzátoru Vario MAX CNS. Obsahy živin v rostlinném materiálu nadložního humusu byly zjišťovány v mineralizátu rostlinného materiálu pomocí ICP-OES. Hodnoty pH v půdní suspenzi byly zjišťovány potenciometrickou metodou. Obsahy rostlinám přístupných bází (K, Ca, Mg) v půdě byly

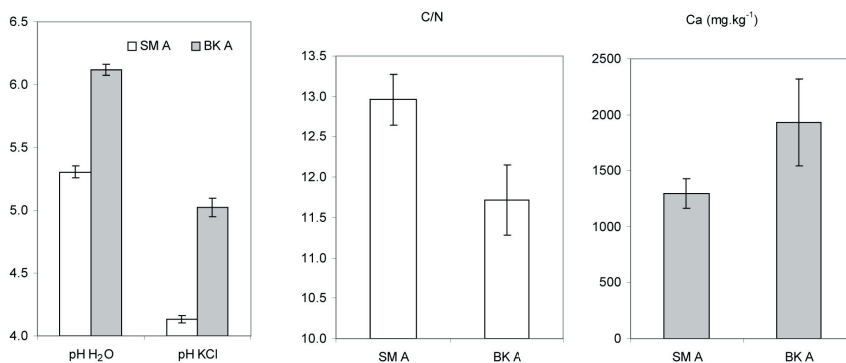
zjišťovány ve výluhu NH_4Cl . Obsah přístupného fosforu byl zjišťován průtokovým analyzátozem se spektrometrickou indikací. Celkové živiny (P, K, Ca, Mg) v minerální půdě byly zjišťovány pomocí výluhu v lučavce královské. Vzhledem k tomu, že opakované odběry nemohou být považovány za pravá opakování, jsme vlastnosti nadložního humusu a půdy vyhodnotili formou srovnávací studie s použitím popisné statistiky. Pro jednotlivé parametry byl vypočítán aritmetický průměr a charakteristika variability (odhad směrodatné odchylky výběru) v prostředí softwaru MS Excel. Předmětem srovnávání byly vždy dvě varianty téže lokality tj. výsledky z Potštejna nebyly srovnávány s výsledky z povodí U Dvou louček.

VÝSLEDKY

Desetiletý porost první generace lesa

Bukový a smrkový porost srovnatelného věku (ca 10 let) na bývalé zemědělské půdě nedaleko Potštejna vytvořily iniciální stadium nadložního humusu; zcela převažoval podíl opadu (L) s minimem drti (F) a horizont měli (H) nebyl vyvinutý. Opad buku pokrýval celou plochu povrchu půdy. Jeho množství odhadujeme podle odebraných vzorků na 10 tun na hektar. Vzorky smrkového opadu byly těžší, nicméně vzhledem k tomu, že opad dosud nevytvořil souvislou vrstvu, nebylo možné přesněji stanovit množství materiálu na hektar. Průměrný vzorek z plochy 25×25 cm činil pod smrkem 78 a pod bukem 63 gramů. Nadložní humus se nelišil také kvalitou; hodnota C/N byla pouze mírně vyšší pod bukem než smrkem. Opad buku a smrku se v zásadě nelišil ani koncentracemi živin (P, K, Ca, Mg) ani procentem uhlíku a dusíku.

Ve svrchní vrstvě minerální půdy jsme konstatovali významně vyšší pH (6,1 v H_2O , 5,0 v KCl) a nižší C/N (11,7) pod bukem než pod smrkem (obr. 1). Pod bukem byla dále vyšší koncentrace rostlinám přístupného vápníku ($1\ 930\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Koncentrace dalších rostlinám přístupných živin pod bukem a smrkem (P 5,7 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$;

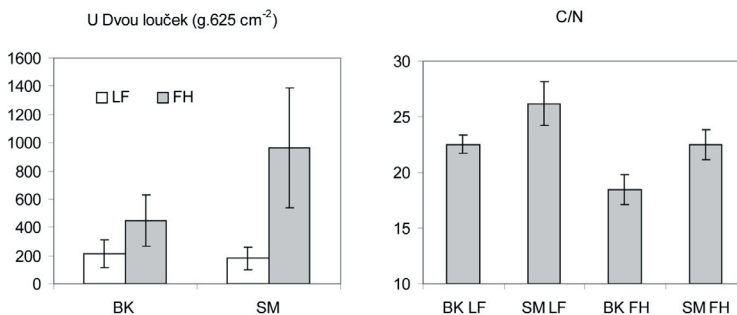


Obr. 1: Charakteristiky svrchní minerální půdy (horizont A) zalesněné bukem (BK) a smrkem (SM) na lokalitě Potštejn. Chybové úsečky vyjadřují směrodatnou odchylku *Afforested topsoil (A horizon) properties by tree species (BK – beech; SM – spruce), Potštejn locality. Error bars denote standard deviation*

5,8 mg.kg⁻¹; K; 123,3 mg.kg⁻¹; 124,7 mg.kg⁻¹; Mg 238,8 mg.kg⁻¹; 183,4 mg.kg⁻¹) se vzhledem k variabilitě hodnot nelišily.

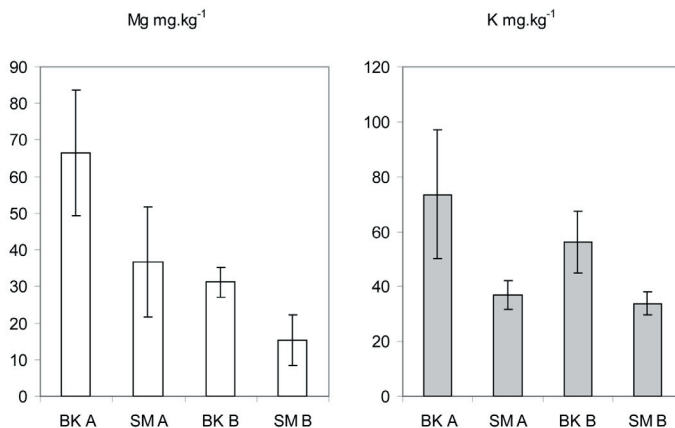
Dospělé horské porosty

Bukový a smrkový porost akumulovaly srovnatelné množství méně rozloženého rostlinného materiálu ve vrstvě LF. Více rozložená vrstva (FH) obsahovala téměř dvojnásobné množství materiálu pod smrkem (964 g.625 cm²) ve srovnání s bukem (449 g.625 cm²). Nicméně u vzorků smrku jsme konstatovali značnou



Obr. 2: Množství nadložního humusu (LF, FH) a poměr C/N pod dospělými porosty buku (BK) a smrku (SM) na lokalitě U Dvou louček. Chybové úsečky vyjadřují směrodatnou odchylku

Amount of forest floor (LF, FH) and C/N ratio under mature beech and spruce stands, U Dvou louček locality. Error bars denote standard deviation

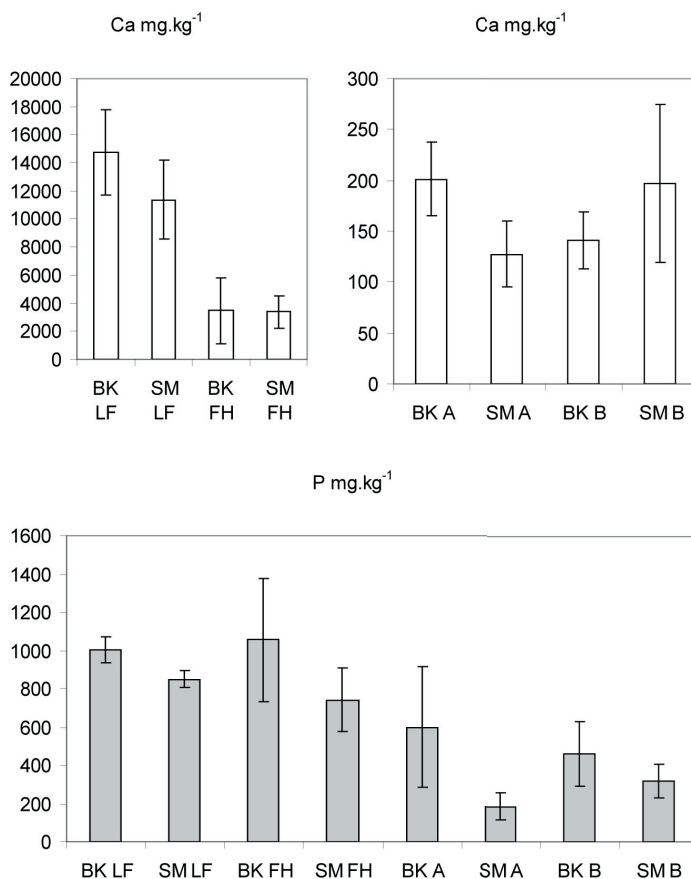


Obr. 3: Koncentrace rostlinám přístupného hořčíku a draslíku pod bukem (BK) a smrkem (SM) ve dvou horizontech půdy (A, B) na lokalitě U Dvou louček. Chybové úsečky vyjadřují směrodatnou odchylku

Concentrations of plant-available Magnesium and Potassium in two soil horizons (A, B) of mineral soil under beech (BK) and spruce (SM), U Dvou louček locality. Error bars denote standard deviation

variabilitu hmotnosti. Nadložní humus pod smrkovým porostem se lišil v obou analyzovaných vrstvách vyššími hodnotami poměru C/N (LF 26,2; FH 22,5) od nadložního humusu pod bukem (obr. 2). Koncentrace rostlinám přístupných živin pod bukem a smrkem (Ca 1 620 mg.kg⁻¹; 2 222 mg.kg⁻¹, Mg 845 mg.kg⁻¹; 991 mg.kg⁻¹ a K 244 mg.kg⁻¹; 265 mg.kg⁻¹) ani hodnoty pH H₂O (4,2; 4,1) a pH KCl (3,3; 3,1) se ve vrstvě FH nadložního humusu vzhledem k variabilitě hodnot mezi oběma dřevinami nelišily.

Hodnoty pH a C/N se nelišily mezi oběma dřevinami ani v horizontech minerální půdy A, B. Z hodnocených koncentrací rostlinám přístupných živin byly rozdíly mezi dřevinami nalezeny v případě hořčíku (horizont A – 67 mg.kg⁻¹; hori-



Obr. 4: Koncentrace celkového vápníku a fosforu v nadložním humusu (LF, FH) a půdě (A, B) pod dospělými porosty buku (BK) a smrku (SM) na lokalitě U Dvou louček. Chybové úsečky vyjadřují směrodatnou odchylku
Concentrations of pseudo-total Calcium and Magnesium in forest floor (LF, FH) and soil (A, B) horizons under mature beech (BK) and spruce (SM) stands, U Dvou louček locality. Error bars denote standard deviation

zont B – 31 mg.kg⁻¹) a draslíku (horizont A – 74 mg.kg⁻¹; horizont B – 56 mg.kg⁻¹) tj. vyšší koncentrace v minerální půdě pod bukem (obr. 3). Výsledky analýzy pseudototálních obsahů živin výluhem lučavkou královskou ukázaly vyšší koncentraci vápníku ve svrchní minerální půdě (horizont A – 201 mg.kg⁻¹) a významně vyšší koncentraci fosforu v opadu (LF – 1 003 mg.kg⁻¹) a svrchní minerální půdě (horizont A – 600 mg.kg⁻¹) pod bukem (obr. 4).

DISKUSE

Vrstva nahromaděného opadu pod desetiletým porostem na bývalém poli představuje iniciální stadium vývoje nadložního humusu. Ačkoliv ve věku 10 let se pod bukem vyskytovala souvislá vrstva z částečně rozložených listů, pod smrkem jsme vrstvy opadu našli pouze uvnitř obvodu korun. Pod smrkem se tato souvislá vrstva tvoří déle pravděpodobně proto, že ve stejně starých porostech buku dochází dříve k zapojení koronové vrstvy. Buk tak shazuje každoročně všechny listy na celé ploše, zatímco u smrku opadávají nejdříve nejstarší ročníky jehličí z vnitřního prostoru korun. Vytvoření vrstev nadložního humusu má velký význam v procesu obnovy prostředí lesní půdy. To, že se nadložní humus objevuje pod 10 let starými výsadbami potvrzuje také OUIMET et al. (2007) na příkladu studie s chronosekvencí výsadby s borovicí smolnou (*Pinus resinosa* Ait.) situovaných na bývalé zemědělské půdě v jižním Quebecu. Na rozdíl od porostu první generace lesa, pod dospělými porosty se již vyskytovala výrazná vrstva fermentovaného a humifikovaného rostlinného materiálu (horizonty FH). Více než dvojnásobné množství (průměrně 968 g, Sx 425) tohoto materiálu pod smrkem má význam pro hodnocení celkových zásob živin. Nicméně tento kvantitativní rozdíl není vzhledem k velké variabilitě vzorků pod smrkem významný. Trend zvýšeného množství humusu až na dvojnásobek pod smrkem ve srovnání s bukem našel také např. AUGUSTO et al. (2002) na příkladu srovnání hmotnosti opadu. Množství materiálu v nadložním humusu má těsný vztah k zásobě uhlíku. VESTERDAL a RAULUND-RASMUSSEN (1998) našli významně vyšší zásobu uhlíku v nadložním humusu 30 let starých porostů smrku ztepilého ve srovnání se stejně starými porosty buku.

Poměr uhlíku a dusíku (C/N) je důležitým ukazatelem rychlosti rozkladu organické hmoty v opadu (AUGUSTO et al. 2002). Buk a smrk v první generaci lesa na lokalitě Potštejn neukázaly rozdíl C/N v nadložním humusu; vyšší C/N pod smrkem bylo nalezeno v minerální půdě. MATĚJKA a STARÝ (2009) také našli významně vyšší C/N ve svrchní vrstvě půdy pod smrkem ve srovnání se smíšenými porosty s bukem na Šumavě. V literatuře (ZHIYANSKI et al. 2008) jsou nicméně dokládány i hodnoty C/N svrchní půdy nižší pod smrkem než pod bukem v pohoří Stara Planina v Bulharsku. V jiné naší studii ze zalesněné zemědělské půdy mezi Bystřím a Janovem v PLO Předhoří Orlických hor jsme také konstatovali nesignifikantní rozdíl C/N mezi nadložním humusem buku a smrku z 12 let staré výsadby (KACÁLEK et al. 2010). I přes různý původ si jsou bukový a smrkový nadložní humus v tomto smyslu podobné zejména v mladých porostech. VESTERDAL a RAULUND-RASMUSSEN (1998) doložili shodné hodnoty C/N také ve 30 let starých bukových a smrkových porostech v Dánsku. Na rozdíl od první generace lesa v podhůří, v dospělých porostech na lokalitě U Dvou louček jsme konstatovali význam-

ně vyšší hodnoty C/N pod smrkem než pod bukem a to jak ve směsi opadu s drtí (LF), tak ve směsi drtí a měli (FH). Různá rychlost rozkladu opadu se totiž projevuje v rozdílných množstvích akumulovaného nadložního humusu (AUGUSTO et al. 2002).

SINGER a MUNNS (1996) uvádějí, že půdy se stávají kyselými vzhledem k dlouhodobému opakovanému vyluhování spojenému se vstupy kyselin tj. látek schopných uvolňovat vodíkové kationy (H^+). Kyselé půdy mají také málo výměnných bazických kationů (Ca, Mg, K, Na) a vyskytují se často na matečných horninách, kde jsou tyto prvky v nedostatku. Významným faktorem ovlivňujícím acidifikaci jsou také vysoké srážky. SINGER a MUNNS (1996) dále uvádějí, že přirozeným procesem vedoucím ke snížení pH půdy je také nitrifikace amonných kationů (NH_4^+) v jejímž důsledku vzniká nitrátový anion (NO_3^-), voda a volné vodíkové kationy. Připomínají, že tento proces může být také podpořen uměle při hnojení zemědělských pozemků. Lokalita Potštejn je bývalou zemědělskou půdou, nicméně pokud by acidita byla ovlivněna dodáním amonných kationů v hnojivu, pH pod bukem i smrkem by bylo srovnatelné. Naše výsledky ukazují jiný obraz. Hodnota pH (H_2O) i pH (KCl) pod bukem je vyšší. AUGUSTO et al. (2002) uvádí, že rozdíl v pH svrchní půdy mezi dvěma dřevinami může představovat celou jednotku. Tito autoři konstatovali ve své studii nicméně rozdíl 0,2 – 0,4 jednotky. Přesto v jeho studii bylo pH pod bukem významně vyšší než pod smrkem. V naší studii dosáhl rozdíl mezi bukem a smrkem první generace lesa 0,8 jednotky pH (H_2O) a 0,9 jednotky pH (KCl). Přesto obě varianty jsou podle REJŠKA (1999) klasifikovatelné jako středně kyselé půdy; pH (H_2O) pod bukem odpovídá mírně kyselé půdě. VESTERDAL a RAULUND-RASMUSSEN (1998) dokládají v bukovém nadložním humusu o 0,4 jednotky pH ($CaCl_2$) vyšší hodnoty oproti smrku. Ve svrchní vrstvě půdy se pH pod oběma dřevinami nelišilo. Naopak HAGEN-THORN et al. (2004) našel o 0,4 pH (H_2O) vyšší hodnoty ve svrchní minerální půdě 0-10 cm a o 0,6 pH (H_2O) vyšší hodnoty v hlubší 20-30 cm vrstvě pod bukem ve srovnání se smrkem. Orlické hory jsou oblastí silně zasaženou vlivem antropogenního znečištění ovzduší. I přes aplikaci programu odsíření v druhé polovině 90. let 20. století, zdokumentovala FOTTOVÁ (2003) v roce 1998 významnou podkorunovou depozici síry na stanovišti totožném s námi sledovaným smrkovým porostem na lokalitě U Dvou louček; podkorunová depozice v bukovém porostu stejné lokality byla v té době také paralelně sledována. FOTTOVÁ (2003) dále konstatuje, že rozdíl mezi jehličnatými (vyšší) a listnatými (nižší) podkorunovými toky byl významný z důvodu většího povrchu asimilačního aparátu jehličnanů. Tento povrch byl také celoročně exponován síře v ovzduší. O dva roky později konstatovala zvýšení toku dusíku, který se po snížení toku sloučenin síry stal hlavním zdrojem acidifikace. Nejvyšší hodnoty toku dusíku v síti GEOMON byly opět naměřeny na lokalitě U Dvou louček. V rámci naší studie jsme pod oběma dřevinami nenalezli v roce 2008 žádný rozdíl v pH (H_2O i KCl) nadložního humusu a minerální půdy. Výsledky FOTTOVÉ (2003) totiž pochází z experimentu, ve kterém není brána v úvahu část podkorunových srážek stékajících po kmenech stromů. Tato složka srážkové bilance však má průkazný význam. Tak například LOCHMAN a KANTOR (1985) dokládají ve studii z Orlických hor, že celková depozice SO_4^{2-} ve vegetačním období

(IV - X) 1981 byla jen ve stoku po kmeni 1,8 krát vyšší v porostu buku, a to i přesto, že jednotková koncentrace (mg.l^{-1}) tohoto anionu byla v daném období více než 7krát vyšší ve smrku. PAVLŮ et al. (2007) nenalezla rozdíl v pH (H_2O) mezi bukovým a smrkovým nadložním humusem na transektu v Jizerských horách, ale jak pH (KCl), tak pH (CaCl_2) měly vyšší hodnoty pod bukem. Dominance buku v porostech také zvýšila pH horských půd v Krkonoších (MATĚJKA et al. 2010). V literatuře (MARESCHAL et al. 2010) se nicméně vyskytují také informace o reverzním působení smrku a buku tj. o sníženém pH pod bukem. Autoři sami připouští, že jejich výsledky jsou ve srovnání s podobnými studiemi neobvyklé.

Z chemického hlediska je přístupnost živin schopností půdy udržet vysokou koncentraci živiny v půdním roztoku (SINGER a MUNNS 1996). Tito autoři dále uvádějí, že z biologického hlediska představuje dostupnost živin pro rostliny komplexnější problém tj. nejde jen o chemicky zjištěnou přístupnost, ale také o pohyb živin a nároky rostlin. V nově se utvářejícím nadložním humusu buku v první generaci lesa (Potštejn) jsme rozdílů oproti novému opadu smrku konstatovali v případě vyšší koncentrace přístupného hořčíku a nižší koncentrace přístupného fosforu. V minerální půdě, nicméně, tyto rozdílů patrné nebyly a naopak zde byla konstатовána vyšší koncentrace vápníku pod bukem. Je zřejmé, že prokázané rozdílné koncentrace přístupných živin v humusu se ne vždy odrazí v rozdílech v půdě a naopak. V jiné studii (KACÁLEK et al. 2010) zabývající se obnovou lesního prostředí pod stejnými dřevinami jsme našli vztah mezi koncentracemi vápníku a hořčíku v humusu i půdě. HAGEN-THORN et al. (2004) nenalezl rozdíl v koncentracích ($\mu\text{g.g}^{-1}$) bazických kationů v půdě pod smrkem a bukem. Také VESTERDAL a RAULUND-RASMUSSEN (1998) dokládají nevýznamné rozdíly v zásobě (kg.ha^{-1}) bazických kationů a fosforu v nadložním humusu buku a smrku. Také dospělé porosty buku a smrku na lokalitě U Dvou louček ukazují, že koncentrace fosforu a bazických kationů v humusu (FH) jsou u obou dřevin prakticky shodné. Vápník a fosfor se navíc neliší ani v obou vrstvách minerální půdy. Zato hořčík a draslík ukazují vyšší koncentrace pod bukem než smrkem. PAVLŮ et al. (2007) ukazuje nesignifikantní trend vyššího celkového obsahu vápníku a hořčíku (výluh lučavkou královskou) v nadložním humusu buku ve srovnání se smrkem v Jizerských horách. PAVLŮ et al. (2007) srovnává nicméně pět různověkových smrkových porostů (věk 10 – 90 roků) s dospělými porosty buku (věk 80 – 170 roků). Naše výsledky z výluhu lučavkou královskou ukazují také trend zvýšených koncentrací báží a fosforu v opadu, nadložním humusu i minerální půdě. Vyšší koncentrace pod bukem jsme konstatovali pouze u vápníku ve svrchní minerální půdě (A) a u v opadu (LF) a svrchní minerální půdě (A). Nicméně pro rozhodování v lesním hospodářství jsou rozdílů v koncentracích a zásobách živin mezi dřevinami pravděpodobně méně důležité. SINGER a MUNNS (1996) připomínají, že dosud existuje jediné spolehlivé kritérium dostupnosti živin a tím je reakce rostlin.

ZÁVĚR

Na základě výsledků srovnávací studie mezi porosty smrku a buku lze konstatovat následující závěry.

Porosty první generace lesa se liší:

- Pokryvností nadložního humusu – smrkový opad nepokrývá celou plochu porostu.
- Významně vyšším pH a koncentrací přístupného vápníku v minerální půdě pod bukem a významně vyšším C/N minerální půdy pod smrkem.

Dospělé porosty horského lesa se liší:

- Vyšším poměrem C/N potvrzujícím trend vyšší akumulace rostlinného materiálu pod smrkem.
- Vyššími koncentracemi přístupného Mg a K a vyššími koncentracemi celkového Ca a P v minerální půdě pod bukem.

PODĚKOVÁNÍ

Príspevek byl vypracován v rámci podpory projektu NAZV QH91072 „Role lesních dřevin a pěstebních opatření v procesu formování půdního prostředí lesního ekosystému“ a projektu MZe ČR č. 0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“. Touto cestou autoři vyjadřují dík za pomoc při terénních pracích zaměstnancům VÚLHM, v.v.i., VS Opocno, paním Evě Ráčkové, Aleně Hvězdové a panu Tomáši Petrovi.

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, 3: s. 233-253.
- BIKLEY, D. 1986. *Forest Nutrition Management*. John Wiley & Sons, New York: 290 s.
- BINKLEY D., VALENTINE D. 1991. Fifty-year biogeochemical effects of green ash, white pine, and Norway spruce in a replicated experiment. *Forest and Ecology Management*, 40: s. 13-25.
- FOTTOVÁ D. 2003. Trends in sulphur and nitrogen deposition fluxes in the GEOMON network, Czech Republic, between 1994 and 2000. *Water, Air, and Soil Pollution*, 150, 1/4: 73-87.
- HAGEN-THORN A., CALLESEN I., ARMOLAITIS K., NIHLGÅRD B. 2004. The impact of six European tree species on the chemistry of mineral topsoil in forest plantations on former agricultural land. *Forest and Ecology Management*, 195: s. 373-384.
- KACÁLEK D., NOVÁK J., BARTOŠ J., SLODIČÁK M., BALCAR V., ČERNOHOUS V. 2010. Vlastnosti nadložního humusu a svrchní vrstvy půdy ve vztahu k druhům dřevin. *Zprávy lesnického výzkumu*, 55, 1: s. 19-24.
- LOCHMAN V., KANTOR P. 1985. Působení smrkových a bukových porostů v Orlických horách na chemismus vody při odtoku do vodních zdrojů. *Zprávy lesnického výzkumu*, 30, 4: 5-9.
- KANTOR P. 1989. Meliorační účinky porostů náhradních dřevin. *Lesnictví*, 35: 1047-1066.
- MARESCAL L., BONNAUD P., TURPAULT M. P., RANGER J. 2010. Impact of common

- European tree species on the chemical and physicochemical properties of fine earth: an unusual pattern. *European Journal of Soil Science*, 61, 1: s. 14-23.
- MATĚJKA K., STARÝ J. 2009. Differences in top-soil features between beech-mixture and Norway spruce forests of the Šumava Mts. *Journal of Forest Science*, 55, 12: s. 540-555.
- MATĚJKA K., VACEK S., PODRÁZSKÝ V. 2010. Development of forest soils in the Krkonoše Mts. in the period 1980-2009. *Journal of Forest Science*, 56, 11: 485-504.
- OPLETAL M., DOMEČKA K. (eds.). 1983. Synoptic geological map of the Orlické hory Mts. Geological Survey, Prague.
- OUMET R., TREMBLAY S., PÉRIÉ C., PRÉGENT G. 2007. Ecosystem carbon accumulation following fallow farmland afforestation with red pine in southern Quebec. *Canadian Journal of Forest Research*, 37: s. 1118-1133.
- PAVLŮ L., BORŮVKA L., NIKODEM A., ROHOŠKOVÁ M., PENÍŽEK V. 2007. Altitude and Forest Type Effects on Soils in the Jizera Mountains Region. *Soil and Water Research*, 2: s. 35-44.
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J., TAUCHMAN P., HART V. 2010. Douglaska tisolistá a její funkční účinky na zalesněných zemědělských půdách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 55, 2010, č. 1: s. 12-18.
- REJŠEK K. 1999. *Lesnická pedologie, cvičení*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno: 152 s.
- RITTER E., VESTERDAL L., GUNDERSEN P. 2003. Changes in soil properties after afforestation of former intensively managed soils with oak and Norway spruce. *Plant and Soil*, 249: s. 319-330.
- SINGER J. S., MUNNS D. N. 1996. *Soils: An Introduction*. Prentice Hall, New Jersey: 480 s.
- SVOBODA J. (ed.). 1990. *Geologická mapa ČSSR – Mapa předčtvrtohorních útvarů 1:200 000, List Náchod*.
- VESTERDAL L., RAULUND-RASMUSSEN K. 1998. Forest floor chemistry under seven tree species along a soil fertility gradient. *Canadian Journal of Forest Research*, 28: s. 1636-1647.
- VYHLÁŠKA č. 83/1996 Sb., Příloha č. 4: *Rámcové vymezení cílových hospodářských souborů*: s. 64-65.
- ZHYIANSKI M., KOLEV K., SOKOLOVSKA M. 2008. Tree species effect on soils in central Stara Planina Mountains. *Nauka za Gorata – Forest Science*, 4: s. 65-82.

Adresa autorů:

*Ing. Dušan Kacálek, Ph.D.,
Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., Strnady,
Výzkumná stanice Opočno,
Na Olivě 550, 517 73 Opočno
kacalek@vulhmop.cz*