

VLASTNOSTI NADLOŽNÍHO HUMUSU A SVRCHNÍ VRSTVY PŮDY VE VZTAHU K DRUHŮM DŘEVIN

FOREST-FLOOR HUMUS AND TOPSOIL PROPERTIES RELATED TO FOREST-TREE SPECIES

DUŠAN KACÁLEK - JIŘÍ NOVÁK - JAN BARTOŠ - MARIAN SLODIČÁK - VRATISLAV BALCAR - VLADIMÍR ČERNOHOUS
 Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno

ABSTRACT

An accumulation of forest floor layer covering soil is likely to be the most important visible feature of forest soil distinguishing it from that one used for agricultural purposes. Tree species are considered an important factors influencing topsoil due to litterfall, i. e. conifers are usually reported as more-acidifying than broadleaves. There are, however, more factors to be found in soil forming process, and more favourable conditions beneath the broadleaves may not be only a result of "litter to humus" transformation. Therefore we have chosen two localities; the first one to compare beech with spruce and the second to compare birch with two stands of spruce. Beech forest floor beneath 12-year-old stand was higher in Ca (4,959 mg.kg⁻¹) and Mg (691 mg.kg⁻¹) concentrations compared to spruce (Ca 2,626 mg.kg⁻¹; Mg 380 mg.kg⁻¹). The differences in forest floor can be attributed to the same trends of those nutrients' concentrations in mineral soil. Both forest-floor and topsoil beneath 12-year-old birch were significantly higher in all nutrients analyzed (P, K, Ca, Mg) compared to both spruce variants situated beneath 50-year-old and 100-year-old stands. The birch-variant concentrations were likely to reflect legacy of agricultural cultivation since the site was found to be a former arable land.

Klíčová slova: lesní dřeviny, nadložní humus, stav lesního prostředí, lesní půda, vlastnosti kultivované půdy
Key words: forest tree species, forest-floor humus, forest environment status, forest soil, legacy of agriculture

ÚVOD

Z lesnického hlediska je nejvýraznějším rysem lesního půdního prostředí zformování organických horizontů vznikajících opadem a rozkladem nadzemní rostlinné biomasy. Tyto akumulované organické vrstvy jsou považovány za nadložní humus (BRIGGS 2004) a jsou významným rysem odlišujícím lesní půdy od zemědělských (TORREANO 2004). Opad rostlinné biomasy v lesních porostech je významnou částí koloběhu živin v ekosystému; k jejich hromadění dochází díky pomalému rozkladu (SINGER, MUNNS 1996). Na základě současných poznatků nelze dosud potvrdit, zda jsou vlastnosti nadložního humusu závislé spíše na druzích dřevin tvořících lesní porosty nebo na vlastnostech svrchní minerální půdy. Přesto jsou vyhláškou č. 83/1996 Sb. definovány meliorační a zpevňující dřeviny, u kterých se předpokládá vliv zabraňující postupné degradaci půd opadem a rozkladem listů a tím pronikání živin a organických látek do půdy. Problematikou vlivu dřevin na půdní prostředí se zabývají četné zahraniční a domácí práce (viz kapitolu Diskuse), přesto existuje potřeba vyhodnocení poměrů akumulace humusu a stavu svrchních vrstev půdy z listnatých a jehličnatých porostů situovaných ve srovnatelných podmínkách prostředí.

Náš příspěvek si klade za cíl porovnat vlastnosti horizontů nadložního humusu včetně svršku minerální půdy pomocí odběrů v listnatých a jehličnatých porostech na zalesněných zemědělských půdách a také v porostech na dlouhodobé lesní půdě, tj. tam, kde doba krytu lesními dřevinami přesáhla jedno obmýetí (tj. více než 100 let). Zvoleným přístupem chceme vyřešit otázky:

- (1) Jaký je vliv opadu dřevin na vlastnosti humusu a minerální půdy?
- (2) Je charakter půdního prostředí pod porosty ovlivněn historií využití půdy?

METODIKA

Řešení problematiky bylo realizováno na experimentálních objektech Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., výzkumné stanice v Opočně (tab. 1) situovaných v přírodních lesních oblastech Předhoří Orlických hor (experimenty Bystré a Krahulec). Hodnocení se týkalo lokalit, kde byly kromě odběrů horizontů nadložního humusu (opadu – L, drti – F, měli – H) ve smrku (*Picea abies* (L.) KARST.) analyzovány vzorky ze sousedních listnatých porostů břízy (*Betula pendula* ROTH) a buku (*Fagus sylvatica* L.). V rámci experimentu Bystré byly provedeny odběry vzorků opadu na bývalé zemědělské půdě a na experimentu Krahulec se jednalo o bývalou zemědělskou (věk bříza 12 let; smrk 50 let) i dlouhodobě lesní půdu (věk smrk 100 let). Na všech lokalitách byla provedena biometrická šetření v porostech (tab. 2). Na zkusných plochách o velikosti 0,02 až 0,04 ha byla zjišťována hustota porostů (N), střední výčetní tloušťka ($d_{1,3}$), výčetní základna (G) a horní výška porostu (h_{dom}). Z porovnání s tabulkovými hodnotami (UHÚL, VÚLHM 1990, ČERNÝ et al. 1996) pak bylo stanoveno zakmenění porostů.

Tab. 1.Lokality odběrů vzorků nadložního humusu a půdy
Description of sampled localities

Lokalita ¹	Dřeviny (Věk) ²	Hornina - Půda ³	N. výška (m) ⁴	Historie využití ⁵	GPS
Bystré	SM (12)	metabazity, fylit/ kambizem	517	louka	50°19'39.421"N, 16°14'57.658"E
Bystré	BK (12)	metabazity, fylit/ kambizem	517	louka	50°19'39.338"N, 16°14'59.376"E
Krahulec	BR (12)	fylit/kambizem	590	orná půda	50°19'45.109"N, 16°16'28.144"E
Krahulec	SM (50)	fylit/kambizem	600	zemědělská půda	50°19'33.658"N, 16°16'27.13"E
Krahulec	SM (100)	fylit/kambizem	590	lesní půda	50°19'44.691"N, 16°16'30.865"E

Zkratky dřevin: SM – smrk ztepilý; BK – buk lesní; BR – břiza bělokorá

Captions: 1 – Locality; 2 – Tree species (Age); 3 – Bedrock/Soil; 4 – Altitude (m above sea level); 5 – Land-use history (louka – meadow; orná půda – arable land; zemědělská půda – agricultural land; lesní půda – forested site). Species symbols: SM – Norway spruce; BK – European beech; BR – silver birch. Metabazity – metabasites; fylit – phyllite; kambizem – cambisol

Tab. 2.Biometrické charakteristiky sledovaných porostů
Biometric characteristics of the investigated stands

Lokalita ¹	Dřeviny (Věk) ²	N (ks.ha ⁻¹)	G (m ² .ha ⁻¹)	d (cm)	h _{dom} (m)	Zakmenění ³	G tab
Bystré	SM (12)	2 600	21,0	10,2	7,7	0,8	25 (bon 36)*
Bystré	BK (12)	6 733	12,4	4,5	8,0	0,7	17 (bon 36)*
Krahulec	BR (12)	4 729	8,0	10,4	13,1	0,5	17 (bon 30)**
Krahulec	SM (50)	850	52,9	28,0	27,4	1,1	47,5 (bon.1 - 34)**
Krahulec	SM (100)	967	58,9	27,9	27,1	1,1	51,5 (bon. 4 - 28)**

Zakmenění stanoveno podle poměru G a Gtab (tabulková hodnota výčetní základny odpovídající bonity určené podle věku a horní výšky, *ÚHÚL, VÚLHM 1990, **ČERNÝ et al. 1996). Captions: 1 – Locality; 2 – Tree species (Age); 3 – Stocking calculated by ratio between G and Gtab (basal area from the tables by the site index which was determined by age and top height, *ÚHÚL 1990, **ČERNÝ et al. 1996), N – Number of trees per ha, G – Basal area, d – diameter at breast height (DBH), h_{dom} – mean height of dominant trees, SM – Norway spruce; BK – European beech; BR – silver birch

Vzorky pokryvného humusu (směsi horizontů L + F + H dohromady) byly odebrány pomocí kovového rámečku 25 x 25 cm za účelem kvantifikace množství sušiny na jednotku plochy (tuny na hektar). Svrchní část minerální půdy (horizontu A) byla odebrána v hloubce do 10 cm a na experimentu Bystré také v 11 – 20 cm (10⁺). V rámci jedné varianty (dřeviny) byl paralelně proveden odběr tří až pěti vzorků za účelem statistického vyhodnocení dat.

Půdní profily ve vykopaných sondách byly hodnoceny podle platné klasifikace půd (NĚMEČEK et al. 2001). Odebrané půdní vzorky byly analyzovány v laboratoři ing. Tomáše se sídlem ve výzkumné

stanici v Opočně těmito metodami: procento humusu metodou Sprin-gel-Klee, procento dusíku metodou Kjeldahl; rostlinám přístupné živiny (P, K, Ca, Mg – Mehlich III) (MEHLICH 1984, ZBÍRAL 1995); stanovení hmotnosti suchého vzorku; koncentrace výměnných bází (S), saturace bázemi (V %) podle Kappena (VALLA et al. 1983).

Pro statistické testování byla použita jednofaktorová analýza rozptylu (mnohonásobná porovnávání, Tukey-test) výpočty byly provedeny v statistickém programu UNISTAT®.

Tab. 3.

Bystré – 12 let staré porostní skupiny se smrkem (SM) a bukem (BK). Průměrné hodnoty charakteristik nadložního humusu (LFH) a minerální půdy (hloubka profilu do 10 cm (10) a 11 – 20 cm (10+)) se směrodatnými odchylkami (Sx dole). Statisticky významné rozdíly ($p \leq 0,05$) mezi variantami jsou indikovány různými písmeny.

Bystré locality – 12-year-old thickets of spruce (SM) and beech (BK). Mean characteristics in forest floor (LFH) and soil (layers at depths of 0 – 10 cm (10) and 11 – 20 cm (10+)); values of standard deviation (see SD below). Different letters indicate statistically significant differences ($p \leq 0.05$) between variants.

		Sušina	Humus	N	C	C/N	pH	pH	V	P	K	Ca	Mg
		(t.ha ⁻¹)	(%)	(%)	(%)		H ₂ O	KCl	(%)	(mg.kg ⁻¹)	(mg.kg ⁻¹)	(mg.kg ⁻¹)	(mg.kg ⁻¹)
Průměr/Mean													
SM	LFH	20,4 a	46,8 a	1,6 a	27,1 a	16,6 a	4,9 a	4,2 a	53,0 a	70,8 a	599,2 a	2625,6 a	380,4 a
BK	LFH	20,1 a	50,0 a	1,4 a	29,0 a	21,6 a	5,4 a	4,6 a	71,2 a	61,2 a	520,8 a	4959,2 b	690,8 b
SM	>10 cm	--	11,8 a	0,4 a	6,8 a	17,5 a	4,4 a	3,6 a	31,4 a	31,6 a	92,4 a	285,0 a	73,0 a
BK	>10 cm	--	8,5 b	0,4 a	4,9 b	13,0 b	4,9 b	3,9 b	41,5 b	19,8 a	94,2 a	665,8 b	104,4 b
SM	<10 cm	--	4,4 a	0,2 a	2,6 a	11,8 a	5,1 a	4,1 a	22,7 a	11,8 a	50,0 a	383,2 a	45,6 a
BK	<10 cm	--	3,7 a	0,2 a	2,1 a	9,3 a	5,4 b	4,1 a	52,1 b	9,4 a	37,8 a	713,8 b	61,0 b
Sx/SD													
SM	LFH	4,27	11,25	0,18	6,52	3,77	0,53	0,48	17,48	24,5	257,3	990,6	140,6
BK	LFH	6,11	8,55	0,21	4,96	4,65	0,27	0,20	11,04	9,9	124,9	582,9	150,4
SM	>10 cm	--	0,86	0,06	0,50	3,01	0,24	0,22	6,36	17,6	24,5	26,3	7,8
BK	>10 cm	--	1,54	0,02	0,89	2,07	0,14	0,13	4,42	7,9	14,9	211,2	24,8
SM	<10 cm	--	0,90	0,01	0,52	2,44	0,15	0,08	5,78	5,6	20,6	106,5	5,2
BK	<10 cm	--	0,18	0,02	0,10	0,78	0,07	0,05	7,14	5,1	2,6	120,6	10,9

Captions: N – nitrogen; C – carbon; S – exchangeable base cations; V – sorption saturation; sušina – dry matter

Tab. 4.

Charakteristiky nadložního humusu (LFH) a svrchní vrstvy minerální půdy (Ah) a množství nadložního humusu (viz Sušina) v rámci jednotlivých variant na lokalitě Krahulec. Statisticky významné rozdíly ($p \leq 0,05$) mezi variantami jsou indikovány různými písmeny.

Forest-floor (LFH) and topsoil (Ah) characteristics including forest floor amount (see Sušina) in locality of Krahulec. Different letters indicate statistically significant differences ($p \leq 0.05$) between variants.

		Sušina	Humus	N	C	C/N	pH	pH	V	P	K	Ca	Mg
		(t.ha ⁻¹)	(%)	(%)	(%)		H ₂ O	KCl	(%)	(mg.kg ⁻¹)	(mg.kg ⁻¹)	(mg.kg ⁻¹)	(mg.kg ⁻¹)
Průměr/Mean													
BR (10)	LFH	10,6 a	38,5 a	1,3 a	22,3 a	17,4 a	5,9 a	5,1 a	84,3 a	211 a	1404 a	5218 a	877 a
SM (50)	LFH	55,9 b	54,5 a	1,5 a	31,6 a	21,4 a	4,1 b	3,4 b	35,2 b	42 b	362 b	2018 b	133 b
SM (100)	LFH	149,9 c	55,0 a	1,5 a	31,9 a	21,0 a	3,9 c	3,0 b	22,0 c	20 b	300 b	1590 b	162 b
BR (10)	Ah	--	4,8 a	0,3 a	2,8 a	11,0 a	6,0 a	5,2 a	84,9 a	123 a	215 a	2127 a	192 a
SM (50)	Ah	--	6,8 b	0,3 a	3,9 b	14,7 ab	4,3 b	3,7 b	23,0 b	16 b	57 b	209 b	28 b
SM (100)	Ah	--	5,6 ab	0,2 b	3,3 ab	19,6 b	4,0 b	3,2 c	13,8 b	4 b	57 b	199 b	36 b
Sx/SD													
BR (10)	LFH	1,36	1,92	0,16	1,10	1,50	0,11	0,37	1,74	15,5	55,6	542,0	96,9
SM (50)	LFH	17,78	10,94	0,13	6,31	2,47	0,04	0,10	3,55	7,2	23,1	456,7	19,6
SM (100)	LFH	10,89	8,04	0,16	4,66	2,39	0,08	0,09	1,64	3,5	116,8	230,0	11,1
BR (10)	Ah	--	0,79	0,04	0,46	2,31	0,18	0,26	3,84	18,3	17,9	376,5	39,1
SM (50)	Ah	--	0,07	0,02	0,04	1,41	0,20	0,18	5,01	14,5	4,0	7,5	1,0
SM (100)	Ah	--	0,99	0,01	0,58	2,82	0,07	0,04	2,28	2,3	4,4	22,3	4,6

Captions: BR (10), SM (50), SM (100) – for explanation see Tab. 1; Sušina – Dry mass; N – nitrogen; C – carbon; S – exchangeable base cations; V – sorption saturation; sušina – dry matter

VÝSLEDKY

Experiment Bystré

Bukový a smrkový porost srovnatelného zakmenění na zemědělské půdě ve věku 12 let vytvořil iniciální stadium nadložního humusu; zcela převažoval podíl opadu (L) s minimem drti (F) a horizont měli (H) nebyl vyvinutý. Kvantitativně se množství opadu pod bukem ($20,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) a smrkem ($20,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) nelišilo, ačkoliv jsou obě varianty odlišné ve smyslu hustoty porostu, G a $d_{1,3}$. Nadložní humus se nelišil také kvalitou; hodnota C/N byla pouze mírně vyšší pod bukem než smrkem. Významně vyšší procento humusu a hodnota C/N byly konstatovány pouze ve svrchní vrstvě (do 10 cm) minerální půdy pod smrkem. Jedinými charakteristikami, ve kterých se opad buku významně lišil od opadu smrku, byly vyšší koncentrace vápníku (BK $4\,959 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; SM $2\,626 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a hořčíku (BK $691 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; SM $380 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Stejný trend byl konstatován i ve vrstvách do 10 cm a také v 11 – 20 cm hloubky profilu minerální půdy (tab. 3). Koncentrace těchto dvou prvků jsou tedy jedinými signifikantními rozdíly patrnými v celém sledovaném profilu. Významně vyšší hodnoty saturace bázemi (V %) pod bukem byly konstatovány pouze v obou vrstvách minerální půdy do 10 cm (BK 41,5 %; SM 31,4 %) i 11 – 20 cm (BK 52,1 %; SM 22,7 %); podobný trend byl v obou minerálních vrstvách potvrzen i pro pH H_2O .

Experiment Krahulec

V rámci lokality se všechny tři typy porostů, tj. bříza (BR) a smrk (SM) na bývalé zemědělské půdě a smrk na dlouhodobě lesní půdě od sebe navzájem významně lišily zejména v kvantitě organického materiálu z opadu (BR $10,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ve věku 12 let; SM ve věku 50 let $55,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$; a SM ve věku 100 let $149,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Porost břízy vykazoval snížené zakmenění. Porosty obou smrkových variant se mírně lišily z hlediska hustoty porostu a kruhové výčetní základny. Střední tloušťky a horní výšky obou smrkových variant byly podobné. Oba porosty byly mírně překmeněné a lišily se bonitou. Celkově se velmi významně liší chemické charakteristiky nadložního humusu a půdy pod nejmladším porostem břízy ve srovnání s oběma porosty smrkovými. Na této variantě jsme doložili např. významně vyšší saturaci bázemi (hodnota V 84,3 %), ale také vyšší koncentraci všech rostlinám přístupných živin ve srovnání s oběma smrkovými variantami v nadložním humusu i minerální půdě (tab. 4). Smrkové porosty se i přes rozdílný věk v těchto charakteristikách od sebe nelišily. Hodnota C/N a procento humusu se v nadložních organických vrstvách ve srovnání mezi variantami nelišily. Bříza se hodnotou C/N v minerální půdě (11,0) lišila pouze od stoletého smrku (19,6). Signifikantně vyšší hodnoty pH byly pod břízou doloženy jak v nadložním humusu, tak v minerální půdě.

DISKUSE

V našem příspěvku jsme se zaměřili na hodnocení organického krytu půdy včetně vrchní vrstvy minerálního profilu, protože předpokládáme nejlépe měřitelné změny půdního chemismu vlivem nadložního humusu právě u svrchních půdních horizontů. To potvrzují BINKLEY a VALENTINE (1991), kteří našli podstatně kyselejší půdu ve svrchních pěti centimetrech půdy pod smrkem ve srovnání s vejmutovkou a jasanem pensylvánským. Navíc jimi sledované smrkové porosty vykazovaly ve vrstvách do 15 cm poloviční množství

bazických kationtů (Ca, Mg, K) ve srovnání s porosty jasanu. Podobné srovnání účinků různých dřevin na svrchní vrstvu minerální půdy uvádí HAGEN-THORN et al. (2004). V rámci této studie smrk opět nejvíce acidifikoval svrchní vrstvu půdy, která vykazovala nižší saturaci bázemi a vyšší úroveň kationtů hliníku; z listnatých dřevin byl smrk nejblíže buk a nejdále lípa s významně vyšším pH a saturací bázemi. Podobně AUGUSTO et al. (2003) konstatoval zvyšující se acidifikační efekt dřevin na svrchní půdu v pořadí: buk lesní; duby < douglaska; jedle bělokora < borovice lesní; smrk ztepilý. ALRIKSSON a OLSSON (1995) hodnotili acidifikaci půdy pod smrkovými porosty různého stáří. Nalezli významně nižší hodnoty pH a saturace bázemi ve svrchní části profilu pod staršími (40 a 55 let) než mladšími (20 let) porosty. My jsme srovnávali smrkové porosty odlišného věku (50 a 100 let) na experimentu Krahulec, kde jsme nejvýznamnější rozdíl konstatovali v případě zhruba trojnásobné zásoby nadložního humusu (L + F + H) pod dospělým porostem. Hodnoty pH v humusu byly v tomto případě také významně nižší pod starším porostem. V podmínkách Orlických hor srovnávali účinky buku a smrku na půdní prostředí bývalé zemědělské půdy také PODRÁZSKÝ a REMEŠ (2007). Nalezli pozitivní vliv buku na vlastnosti nadložního humusu; vliv smrku hodnotili jako nepříznivý. Na experimentu Bystré jsme také konstatovali signifikantně vyšší pH ve svrchních 10 cm minerální půdy pod bukem než pod smrkem. Zároveň zde byly potvrzeny významné rozdíly v saturaci bázemi; pod bukem byla hodnota vyšší v obou hodnocených vrstvách (do 10 a 11 – 20 cm) minerální půdy. Jedinými charakteristikami v minerální půdě, které měly významný vliv na rozdílný stav nadložního humusu, byly vyšší koncentrace rostlinám přístupného vápníku a hořčíku pod bukem, které se projeví jako vyšší koncentrace obou živin v nadložním humusu buku. Je pravděpodobné, že zvýšená koncentrace Ca a Mg v opadu buku je spíše výsledkem signifikantně různých koncentrací v minerální půdě a nikoliv výsledkem příznivějšího



Obr. 1.

Iniciální stadium akumulace povrchových organických horizontů pod mlazinou buku v rámci experimentu Bystré
An initial stage of forest floor accumulated beneath a beech thicket situated within the experimental plot of Bystré

působení bukového opadu. Toto zjištění můžeme podpořit i faktorem nízkého věku porostu, kde pod oběma dřevinami jsou vyvinuta pouze iniciální stadia akumulace nadložního humusu bez vrstev drti a měli (obr. 1).

V rámci našeho šetření jsme v případě 12 let starých mlazín smrku a buku na experimentu Bystré nenalezli téměř žádný rozdíl v kvantitě opadu. Acidifikace smrkem nemusí mít vždy stejnou roli v procesu vlivu na půdní vlastnosti. Například RITTER et al. (2003) konstatoval pokles pH ve svrchních 5 cm, ale jako významnější faktor ovlivňující půdu stanovil předchozí způsob jejího využití, tj. vlastnosti půdy získané kultivací. Tak například výsledky ze srovnatelných profilů krátce zalesněné, dlouhodobě zalesněné a lesní půdy ukázaly relativně nižší aciditu svrchních a středních horizontů nově zalesněných zemědělských půd ve srovnání s desítky let starými nebo vícegeneračními lesními porosty (srovnej WALL, HYTÖNEN 2005).

Toto bylo zřejmé i ze srovnání smrkových a mladého březového porostu na experimentu Krahulec. Desetiletý porost břízy na nedávno opuštěné orné půdě vykazoval významné, v případě koncentrací fosforu řádově vyšší hodnoty v humusu i svrchní minerální půdě. Zde se nepochybně jedná o pozůstatek dřívější kultivace půdy. Optimalizace zásob fosforu v půdě je totiž vzhledem k jeho často nízkému přirozenému obsahu považována za základní součást kultivace (BEDRNA 2002). Nadložní humus pod břízou měl ovšem charakter iniciálního stadia hromadění opadu; výskyt nadložního humusu pod břízou je totiž vázán na existenci hustého zápoje, v opačném případě tyto vrstvy často chybí, jak dokládají PODRÁZSKÝ a REMEŠ (2009).

O vyšší akumulaci pokryvného humusu pod jehličnany (smrk i modřín ca 45 t.ha⁻¹) než pod listnáči (dub červený a bříza ca 13 t.ha⁻¹) referovali PODRÁZSKÝ a ŠTĚPÁNIK (2002). Na lokalitě Krahulec se množství akumulovaného humusu v bříze lišilo významně od obou variant se smrkem; tyto varianty se ale také od sebe významně lišily. Důvodem rozdílů zde byl faktor věku (viz tab. 1).

Vedle acidity a saturace bazickými kationty jsou velmi významnými ukazateli půdních změn množství uhlíku a dusíku. Jako společný rys dřívě kultivovaných půd bylo konstatováno snížení hodnoty poměru C/N ve srovnání s odpovídajícími nedotčenými lesními lokalitami (ELLERT, GREGORICH 1996, KOERNER et al. 1997, COMPTON et al. 1998, JUSSY et al. 2002, RITTER et al. 2003, PRÉVOSTO et al. 2004, OHEIMB et al. 2008, SMAL, OLSZEWSKA 2008, VALTINAT et al. 2008).

Snížený poměr C/N jsme našli v minerální půdě experimentu Krahulec také na obou variantách na bývalé zemědělské půdě (bříza a 50 let starý smrkový porost). Jejich hodnoty se od sebe významně nelišily, ale bříza byla výrazně nižší ve srovnání s půdou pod stářím smrkem. Padesátiletý smrk na bývalé zemědělské půdě se nelišil od břízy ani od staršího smrku. Rozdíly přičítáme různé minulosti využití půdy. Co se týká C/N nadložního humusu, tak mezi variantami nebyl nalezen rozdíl.

ZÁVĚR

Rozdíly vlastností nadložního humusu a půdy v sousedících porostech pod různými dřevinami jsme našli. Zároveň jsme v rámci sledovaných lokalit konstatovali odlišné vlastnosti půdního prostředí související s jinou historií využití půdy, tj. zejména u zalesněných zemědělsky kultivovaných půd.

- (1) Na zalesněné louce experimentu Bystré byly doloženy vyšší koncentrace Ca a Mg v nadložní organické vrstvě původem z buku. Nicméně vzhledem k analogickému trendu v obou sledovaných minerálních půdních vrstvách, nízkému věku porostu a nedokonalé vyvinutému nadložnímu humusu lze příčinu vyšších koncentrací v opadu buku přičítat spíše zvýšeným koncentracím zmíněných prvků v minerální půdě.
- (2) Na experimentu Krahulec jsme prokázali různorodost stanoviště v rámci skupiny tří srovnávaných ploch. Z hlediska poměru C/N půdy si byly podobné obě bývalé zemědělské půdy a zároveň obě různě staré smrkové varianty. Koncentrace výměnných bází a fosforu ukázala významně vyšší hodnoty pod břízou na nedávno (ca před 12 lety) opuštěné orné půdě jako důkaz přetrvávajících pozůstatků kultivace.

Poděkování:

Příspěvek byl vypracován v rámci podpory projektu NAZV č. 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“.

LITERATURA

- ALRIKSSON A., OLSSON M. T. 1995. Soil changes in different age classes of Norway spruce (*Picea abies* (L.) KARST.) on afforested farmland. *Plant and Soil*, 168/169: 103-110.
- AUGUSTO L., DUPOUEY J.-L., RANGER J. 2003. Effects of tree species on understory vegetation and environmental conditions in temperate forests. *Annals of Forest Science*, 60: 823-831.
- BEDRNA Z. 2002. *Environmentálne pôdoznanectvo*. 1st ed. Bratislava, Veda: 352 s.
- BINKLEY D., VALENTINE D. 1991. Fifty-year biogeochemical effects of green ash, white pine, and Norway spruce in a replicated experiment. *Forest Ecology and Management*, 40: 13-25.
- BRIGGS R. D. 2004. *The Forest Floor*. In: *Encyclopedia of Forest Sciences*, Vol. 3. Oxford, Elsevier: 1223-1227.
- COMPTON J. E., BOONE R. D., MOTZKIN G., FOSTER D. R. 1998. Soil carbon and nitrogen in pine-oak sand plain in central Massachusetts: Role of vegetation and land-use history. *Oecologia*, 116: 536-542.
- ČERNÝ M., PAŘEZ J., MALÍK Z. 1996. Růstové a taxační tabulky hlavních dřevin České republiky (smrk, borovice, buk, dub). *Jílové u Prahy, IFER*: 245 s.
- ELLERT B. H., GREGORICH E. G. 1996. Storage of carbon, nitrogen and phosphorus in cultivated and adjacent forested soils of Ontario. *Soil Science*, 161: 587-602.
- HAGEN-THORN A., CALLESEN I., ARMOLAITS 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: 373-384.
- JUSSY J. H., KOERNER W., DAMBRINE É., DUPOUEY J. L., BENOÎT M. 2002. Influence of former agricultural land use on net nitrate production of forest soils. *European Journal of Forest Science*, 53: 367-374.
- KOERNER W., DUPOUEY J. L., DAMBRINE E., BENOÎT M. 1997. Influence of past land use on the vegetation and soils of present day forest in the Vosges Mountains, France. *Journal of Ecology*, 85: 351-358.
- MEHLICH A. 1984. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 15: 1409-1416.
- NĚMEČEK J., MACKŮ J., VOKOUN J., VAVŘÍČEK D., NOVÁK P. 2001. *Taxonomický klasifikační systém půd České republiky*. Praha, Česká zemědělská univerzita: 78 s.
- OHEIMB G. VON, HÄRDTLE W., NAUMANN P., WESTPHAL CH., ASSMANN T., MEYER H. 2008. Long-term effects of historical heathland farming on soil properties of forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 255: 1984-1993.
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J. 2007. Humus form status in close-to-nature forest parts in comparison with afforested agricultural lands. *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, 53/2: 99-106.
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J. 2009. Production and humus form development in forest stands established on former agricultural lands – Kostelec nad Černými lesy region. *Journal of Forest Science*, 55/7: 299-305.
- PODRÁZSKÝ V., ŠTĚPÁNIK R. 2002. Vývoj půd na zalesněných zemědělských plochách – oblast LS Český Rudolec. *Zprávy lesnického výzkumu*, 47/2: 53-56.
- PRÉVOSTO B., DAMBRINE E., MOARES C., CURT T. 2004. Effects of volcanic ash chemistry and former agricultural use on the soils and vegetation of naturally regenerated woodlands in the Massif Central, France. *Catena*, 56: 239-261.
- 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: 319-330.
- SINGER J. S., MUNNS D. N. 1996. *Soils, an introduction*. New Jersey, Prentice Hall: 480 s.
- SMAL H., OLSZEWSKA M. 2008. The effect of afforestation with Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) of sandy post-arable soils on their selected properties. II. Reaction, carbon, nitrogen and phosphorus. *Plant and Soil*, 305: 171-187.
- TORREANO S. 2004. Soil development and properties. In: Burley J., Evans J., Youngquist J. A. (eds.): *Encyclopedia of Forest Sciences*, Vol. 3. Oxford, Elsevier: 1208-1216.
- ÚHÚL, VÚLHM, 1990. *Taxační tabulky*. Brandýs nad Labem, ÚHÚL, Zbraslav-Strnady, VÚLHM: nestr.
- VALLA M., KOZÁK J., DRBAL J. 1983. *Cvičení z půdoznalství II*. Praha, Státní pedagogické nakladatelství: 281 s.
- VALTINAT K., BRUUN H. H., BRUNET J. 2008. Restoration of oak forest: Effects of former arable land use on soil chemistry and herb layer vegetation. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 23: 513-521.
- WALL A., HYTÖNEN J. 2005. Soil fertility of afforested arable land compared to continuously forested sites. *Plant and Soil*, 275: 247-260.
- ZBÍRAL J. 1995. *Analýza půd I (Jednotné pracovní postupy)*. Brno, Státní kontrolní a zkušební ústav zemědělský: 248 s.

FOREST-FLOOR HUMUS AND TOPSOIL PROPERTIES RELATED TO FOREST-TREE SPECIES

SUMMARY

A surface organic layer is an important source of soil organic matter for soil that due to slow decomposition process accumulates (SINGER, MUNNS 1996). The organic remnants of plants accumulated on the soil surface are collectively referred to as forest floor (BRIGGS 2004). During decomposition this forest floor creates particular organic horizons of litter (L), fermented material (F) and humus (H) (NĚMEČEK et al. 2001). A presence of these surface organic layers distinguishes forest soils from agricultural ones (TORREANO 2004). Because some tree species are regarded as soil-ameliorative while others are considered less suitable or even threatening soil fertility under particular site conditions, there are many scientific articles dealing with species-specific interactions between forest and soil. Despite number of worldwide results, relationship between soil properties and plant is still needed to reveal. Two principal questions formulate the aim of our study: (1) do forest floor and topsoil properties depend on the tree species? And (2) does land-use history influence soil environment?

Forest floor and topsoil chemistry were investigated in this study using comparative sampling beneath different forest tree species stands of different age (Tab. 1). The stands were also studied in terms of mensurational data (stand density, basal area, DBH, height of dominant trees and stocking – see Tab. 2). Two species (beech and birch) were compared to adjacent or at least nearby-situated spruce forest stand. Also land-use history was taken into consideration since almost all localities have been situated on the former agricultural land. We collected 3 (Krahulec) and 5 (Bystré) samples for each variant (species). The data were statistically analyzed using one-way ANOVA (multiple comparisons, Tukey-test). The data were processed using UNISTAT® software.

Experiment of Bystré: Both beech and spruce stands accumulated forest floor at age of 12 years; among particular organic layers, litter (L) prevailed while humus horizon (H) was missing. Therefore we consider the layer an initial stage of surface humus formation. From quantitative point of view, amounts of forest floor did not differ between the beech (20.1 t.ha⁻¹) and spruce (20.4 t.ha⁻¹) though the variants were different in terms of stand density, basal area and DBH. Also quality of forest floor humus (C/N ratio) was the same. Significantly higher C/N was found in mineral topsoil beneath the spruce variant compared to the beech one. The only characteristics showed difference between the two variants in forest floor and mineral layers, the concentrations of calcium and magnesium. The beech forest floor was higher (Ca 4,959 mg.kg⁻¹; Mg 690.8 mg.kg⁻¹) in both nutrients compared to spruce (Ca 2,626 mg.kg⁻¹; Mg 380.4 mg.kg⁻¹). We found also mineral soil (both 0 – 10 and 11 – 20 cm layers) significantly more saturated with base cations (beech 42% and 52%; spruce 31% and 23%). Similar trend was confirmed also for pH measured in water.

Experiment of Krahulec: The birch seemed to be under-stocked whereas both spruce variants were slightly overstocked. Moreover, the spruce stands were similar in stand density and basal area having the same DBH and dominant height though they were different in terms of age and yield class. All variants, i. e. birch and spruce on former agricultural land and spruce on long-term-forested site, differ in terms of amount of forest floor (10-year-old birch 10.6 t.ha⁻¹; 50-year-old spruce 55.9 t.ha⁻¹; and 100-year-old spruce 149.9 t.ha⁻¹). Generally birch forest floor and soil chemical characteristics differed from both spruce variants. For instance we found a significantly increased base saturation (V 84.3%) and increased concentrations of plant-available nutrients (P, K, Ca, Mg using Mehlich III method) in birch forest floor; we found no difference between the spruce variants. C/N ratio and percentage of humus did not differ in forest floor between variants. The only birch C/N was significantly lower in mineral soil compared to the oldest spruce. The birch forest floor and soil differed also in pH; the values were significantly higher compared to both spruce variants.

Answering the research questions, we can conclude that we found significant differences in both forest floor and topsoil samples compared. All deciduous species showed either better or the same parameters of chemical properties of samples compared to spruce.

- (1) In Bystré locality, the increased concentrations of calcium and magnesium in beech litter are rather attributable to increased Ca and Mg concentrations in mineral soil than to an intake of nutrients by tree species. The land-use history of site was the same (meadow) for both the beech and the spruce variants.
- (2) Concerning land-use history, it is the legacy of former agricultural cultivation which is still the most important site characteristic contributing to differences such as increased concentrations of base cations and phosphorus in both forest floor and mineral soil beneath birch compared to spruce in Krahulec.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Dušan Kacálek Ph.D., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno
Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika
tel.: 494 668 391-2;-mail: kacalek@vulhmop.cz