

## OBNOVA VRSTEV NADLOŽNÍHO HUMUSU NA ZALESNĚNÝCH ZEMĚDĚLSKÝCH PŮDÁCH

## RESTORATION OF SURFACE HUMUS LAYERS ON AFFORESTED AGRICULTURAL SOILS

LENKA HATLAPATKOVÁ - VILÉM PODRÁZSKÝ

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Praha

## ABSTRACT

The paper documents the state of upper layers on both forest and afforested agricultural soils in Norway spruce and beech stands compared with grassland. The research was conducted in the Orlické hory Mts., on the ecosite of 6K – acid beech-with-spruce forests. Altitude ranges between 780 – 920 m above sea level. The amount and chemical characteristics of the L, F, H and Ah horizons were compared. The restoration of surface humus was described as relatively rapid, showing a legacy of former agricultural use. The effects of beech on afforested agricultural soils were comparable with the spruce though we can suppose the effect of aerial liming at higher altitudes.

**Klíčová slova:** zalesněná zemědělská půda, humusové formy, dřevinná skladba, půdní chemismus, půdní reakce

**Key words:** afforested agriculture land, humus forms, tree species composition, soil chemistry, soil reaction

## ÚVOD

Nadložní organické horizonty (nadložní humus) jsou specifickou součástí půdního profilu lesních porostů. Spolu s nejsvrchnější vrstvou minerální zeminy, organominerálním horizontem, tak představují humusovou formu jako specifickou součást lesního ekosystému (GREEN et al. 1993). Rozkladem a transformací opadu vznikají a jsou modifikovány složitější organické sloučeniny, které se v průběhu času stávají složkami půdního humusu. Na obsahu humusu v půdě, ale i na množství a kvalitě nadložního humusu, je závislý vývoj, výživa a zdravotní stav lesních porostů (PODRÁZSKÝ, ULBRICHOVÁ 2004). Přestože na tvorbu nadložního humusu působí mnoho faktorů (charakter stanoviště, mikroklima, výchovné zásahy apod.), klíčovým faktorem vzhledem ke složení a množství této organické vrstvy je právě vliv dřevinného složení a následně kvalita a množství opadu vegetace, tedy materiálu, z něhož se nadložní humusová forma vytváří (KACÁLEK et al. 2007, 2009; MATĚJKA, STARÝ 2009; MENŠÍK et al. 2009; PODRÁZSKÝ et al. 2003; PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2007a, 2008; VACEK et al. 2005).

Základní členění humusových forem představuje diferenciaci na humus typu mor (surový humus), moder a mul. Pro jehličnaté lesy vyšších poloh je typický zejména mor, který vykazuje nejnižší rychlost rozkladu organické hmoty. V rámci této humusové formy lze většinou snadno vylíčit 3 výrazné holorganické vrstvy (horizonty L, F a H), které se od sebe dají odlišit morfologicky a strukturně pouhým okem. Hodnocení humusových forem zahrnuje dále svrchní minerální horizont, který bývá velmi silně obohacen humusem – Ah (GREEN et al. 1993; NĚMEČEK et al. 2004).

Množství nadložního humusu v lesních ekosystémech je závislé na mnoha faktorech a liší se podle stanoviště. Např. ve smrčinách vyšších poloh se zásoba nadložního humusu pohybuje obvykle mezi 80 – 100 t.ha<sup>-1</sup> (SÁŇKA, MATERNA 2004), v Krušných horách byly

stanoveny hodnoty i kolem 200 t.ha<sup>-1</sup> (PODRÁZSKÝ 2008b). Velmi variabilní hodnoty akumulace nadložního humusu s výrazným vlivem dřeviny v přirozených lesích doložil i PODRÁZSKÝ (2007, 2009). K dispozici je i řada dílčích studií, dokumentujících akumulaci vrstvy nadložního humusu a postup vytváření typické dynamiky organické hmoty na nově zalesněných plochách vyšších poloh. NOVÁK a SLODIČÁK (2006) uvádějí, že v jimi sledovaných 40letých porostech smrku ztepilého založených na zemědělských půdách došlo k akumulaci 60 – 100 tun nadložního humusu na hektar. PODRÁZSKÝ (2001) uvádí z Krušných hor akumulaci průměrně 28,4 t.ha<sup>-1</sup> za 28 let (tzn. zhruba 1 t.ha<sup>-1</sup> ročně) ve smrkových porostech založených na nelesní půdě a potvrzuje tak značný potenciál smrku ztepilého v tvorbě nadložního humusu. Dále např. PODRÁZSKÝ, ULBRICHOVÁ (2004) a PODRÁZSKÝ (2008) provedli řadu komplexních šetření humusových profilů v Krušných horách, kterými doložili akumulaci nadložního humusu až 44,8 t.ha<sup>-1</sup> ve 30 – 40letých smrkových porostech. KLIMO et al. (2006) dokládá vývoj akumulace nadložního humusu v porostech přeměněných z bukových na buko-smrkové a smrkové, a to z hodnoty 16,9 t.ha<sup>-1</sup> až na 77,8 t.ha<sup>-1</sup> během první generace smrkového porostu. KACÁLEK et al. (2010) uvádí ve studii z Orlických hor akumulaci nadložního humusu ve 12letém smrkovém a bukovém porostu na zalesněné zemědělské půdě mírně nad 20 t.ha<sup>-1</sup>, ve 12letém porostu břízy pouze 10,9 t.ha<sup>-1</sup>, v 50letém smrkovém porostu 55,9 t.ha<sup>-1</sup>. S akumulací půdní organické hmoty pak úzce souvisí i fixace uhlíku lesními ekosystémy (PODRÁZSKÝ 1998).

Cílem předkládaného příspěvku je popsat stav akumulace humusových forem a jejich základní pedochemické charakteristiky na zalesněných lokalitách v oblasti Orlických hor, zejména srovnat vliv různých dřevin a způsobu využití ploch na mocnost, hmotnost a základní půdně chemické vlastnosti, jakož i posoudit dosavadní průběh pedogenetického procesu na nově zalesněných lokalitách.

## METODIKA

Výzkum byl proveden v okolí Deštného v Orlických horách. Byla vybrána série ploch, zahrnující porosty na půdě, která byla pokryta lesem již v minulosti (trvalá lesní půda – L), porosty na zemědělské půdě zalesněné po 2. světové válce (zalesněná zemědělská půda – Z) a plochy dodnes zemědělsky využívané (trvalý travní porost – TTP) (HATLAPATKOVÁ et al. 2006a, b). V první fázi se hodnocení zaměřilo na dřeviny smrk (*Picea abies* (L.) Karsten) a buk (*Fagus sylvatica* L.) ve srovnatelných stanovištních podmínkách (tab. 1). Geologický podklad na sledovaném území tvoří proterozoické horniny kadomsky (assyntsky) zvrásněné, s různě silným variským přepracováním (svory až ruly, fylonit) (Geologická mapa). Zemědělské a lesní půdy tvoří přechod od kambizemí ke kryptopodzolům; na předmětných plochách jde konkrétně o kambizem dystrickou a kryptopodzol modál-

ní (Půdní mapa). Pro srovnání byla zvolena plocha na nelesní půdě využívané jako trvalý travní porost. Soubor lesních typů u všech ploch bylo možno určit nebo předpokládat jako 6K – kyselá smrková bučina v nadmořské výšce mezi 780 a 920 m n.m.

Odběr vzorků humusových forem se uskutečnil v říjnu a listopadu 2005, kdy byly odebírány vrstvy L, F, H a nejsvrchnější minerální horizont obohacený humusem – Ah. Odběry byly provedeny kvantitativně, a to kovovým rámečkem 25 x 25 cm, včetně horizontu Ah, na každé ploše v 6 opakováních a byla zaznamenána jejich tloušťka v cm. Vzorky byly odeslány do laboratoře Tomáš (Opočno), kde byla určena akumulace horizontů humusových forem, tzn. hmotnost (g) sušiny odebraných vzorků horizontů nadložního humusu – L, F, H a horizontu Ah. Sušina byla stanovená při 105 °C a dále zde byl stanoven obsah živin metodikou podle Mehlich III (obsah P, K, Ca a Mg v mg.kg<sup>-1</sup>).

Tab. 1.

Porostní a stanovištní charakteristiky výzkumných ploch  
Stand and site characteristics of the research plots

Plocha/Plot	Porost/ Forest stand	Dřevina/ Tree species	Lesní typ/ Ecosite	Věk (roky) k 11/2005/ Age (years) in 11/2005	Nadmořská výška (m n. m.)/ Altitude (m a. s. l.)
Z18	355D6	SM/Spruce	6K	57	860
Z24	355D6a/4	BK/Beech	6K	40	800
L42	2C14	SM/Spruce	6K	136	920
L38	354C10	BK/Beech	6K	100	850
26	Trvalý travní porost (TTP)/grassland				780

Vysvětlivky: Z = porosty I. generace/stands on former agricultural land  
L = trvale lesní porost/permanent forest land

Tab. 2.

Tloušťka jednotlivých horizontů a hmotnost sušiny na plochách  
Thickness and amount of dry matter of surface humus layers on the plots

Plocha/Plot	Hmotnost (Weight)				
	Z18	Z24	L42	L38	26
Dřevina/Tree species	SM/spruce	BK/beech	SM/spruce	BK/beech	TTP/grassland
Horizon(t)	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>
L	0,3 a	0,1 b	0,3 ab	0,3 ab	0,4 a
F	1,0 ab	0,7 a	2,2 b	2,2 b	1,3 ab
H	4,2 b	1,0 a	1,9 ab	4,5 b	3,7 ab
ΣLFH	5,5 b	1,8 a	4,4 ab	6,9 b	5,4 b
Ah	18,9 ab	12,5 ab	5,3 b	7,5 ab	14,4 a
Celkem/In total	24,4	14,3	9,7	14,5	19,8
Plocha/Plot	Tloušťka (Thickness)				
	Z18	Z24	L42	L38	26
Dřevina/Tree species	SM/spruce	BK/beech	SM/spruce	BK/beech	TTP/grassland
Horizon(t)	cm	cm	cm	cm	cm
L	1,0 ac	2,8 b	2,1 abc	0,8 a	2,5 bc
F	1,0 a	2,0 ab	2,8 b	2,8 b	1,9 ab
H	2,1 ab	0,8 a	1,4 ab	2,9 b	1,9 ab
ΣLFH	4,1	5,6	6,3	6,5	6,3
Ah	4,1	2,9	1,8	2,6	2,5
Celkem/In total	8,2	8,5	8,1	9,1	8,8

Pozn.: různé indexy označují statisticky významné rozdíly v rámci srovnatelného horizontu  
Note: different indexes mean significant differences within comparable horizon

Další analýzy byly provedeny v laboratoři ÚHÚL v Brandýse nad Labem dle standardních operačních postupů (SOP), kde byly u jednotlivých vzorků stanoveny tyto hodnoty:

- půdní reakce aktivní a výměnná jako pH/H<sub>2</sub>O, pH/KCl, podle ČSN ISO 10390 a SOP-004,
- titrační výměnná acidita (TVK) (mval. 100g<sup>-1</sup>), dle metodiky ÚHÚL, výluh 1M roztokem KCl (SOP-019),
- výměnný H<sup>+</sup> dle metodiky ÚHÚL (mval.100g<sup>-1</sup>),
- výměnný Al<sup>3+</sup> stanovený výpočtem (TVK - H<sup>+</sup>) (mval.100g<sup>-1</sup>),
- charakteristiky půdního sorpčního komplexu se stanovily dle SOP-020 ve výluhu 0,1M BaCl<sub>2</sub>, po získání výluhu byly výměnné báze stanoveny pomocí plamenové atomové absorpční spektrometrie (FAAS), suma výměnných bází - SVB = Σ (K, Na, Ca, Mg) (mval.100g<sup>-1</sup>), celková výměnná kationtová kapacita (CEC, T) byla stanovena jako součet SVB a TVK (mval.100g<sup>-1</sup>), nasycení sorpčního komplexu bázemi (BS) jako podíl SVB/CEC (%),
- obsah celkového humusu (%) byl stanoven pomocí přepočtu koeficientem 1,724 z obsahu celkového uhlíku (TOC) (%) stanoveného pomocí přístroje PRIMACS<sup>SLC</sup> (SOP-018),
- obsah celkového dusíku (N) byl stanoven dle ISO 130878 (metodou dle Dumase, SOP-017, přístroj PRIMACS<sup>SLC</sup>) (%),
- C/N - poměr TOC/N (výpočet ze stanoveného TOC a N),
- obsah celkových živin dle SOP 10: obsah fosforu fotometricky, ostatní živiny pomocí FAAS (Fe, Al, Mn, Ca, Mg a K) (hmotnostní % příslušného oxidu).

Průměrné hodnoty pro jednotlivé plochy a horizonty byly mezi sebou porovnány s využitím programu STATISTICA Cz 7 (StatSoft ČR). Srovnávány byly hodnoty stejných horizontů. Vzhledem k tomu, že ve většině případů nebyla prokázána homogenita rozptylů či normalita rozložení dat, byly k mnohonásobnému srovnávání jednotlivých charakteristik pro všechny vzorky použity neparametrické testy (Kruskal-Wallisova ANOVA - vícenásobné porovnání průměrného pořadí pro všechny skupiny). Testována byla vždy hypotéza H<sub>0</sub> = porovnávané plochy se v daných vlastnostech v rámci jednotlivých horizontů neliší na hladině významnosti p < 0,05.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Statisticky významné rozdíly v tloušťce jednotlivých horizontů humusových forem a v jejich zásobě byly prokázány i přes velkou variabilitu hodnot (tab. 2). V bukových porostech přitom převládala humusová forma moder, ve smrkových mor (vylišeno dle GREEN et al. 1993). Ke značné akumulaci organických látek došlo přitom i v trvalém travním porostu, a to kvůli rozvoji výrazného drnu; nebyla však přitom oddělena bio- a nekromasa. U humusových forem v lesních porostech se jednalo vesměs o hmotnost horizontů nadložního humusu bez součástí živého drnu. Tloušťka a zásoba jednotlivých holorganických horizontů zde byla srovnatelná s lesními porosty.

Je možno konstatovat, že mocnost kumulativních holorganických vrstev byla nevýznamně vyšší v bukových porostech, což může souviset s lehčím uložením bukových humusových horizontů. Mocnost pak byla vyšší na stále zalesněných lokalitách. Variabilita v jednotlivých horizontech byla velmi vysoká. Mocnost drnového horizontu byla naprosto srovnatelná s povrchovým horizontem lesních půd. Hmotnost nadložních vrstev byla velmi významně nejnižší v případě mladého bukového porostu na zalesněné zemědělské půdě, jinak byla včetně nezalesněné plochy srovnatelná. Vcelku lze říci, že rychlost akumulace se blížila hodnotám zjištěným na srovnatelných plochách stejné PLO, v oblasti NPR Trčkov (PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2007b) a hodnoty jak v bukových, tak i ve smrkových porostech dosahovaly běžných hodnot

pro dané stanovištní podmínky (MENŠÍK et al. 2009; NOVÁK, SLODIČÁK 2006; PODRÁZSKÝ 1998, 2007, 2009). Hmotnost travního drnu se pak vyrovnala zásobě nekromasy horizontů nadložního humusu v lesních porostech. Rychlost akumulace nadložního humusu byla na daných stanovištích velmi vysoká a obě dřeviny se nelišily, což kontrastuje s obecnými představami, ale i s poznatky z příznivějších podmínek. Oproti tomu například KACÁLEK et al. (2010) z podmínek Předhoří Orlických hor dokládá týž výsledek u porostů buku a smrku, i když mladších (12 let). Byla prokázána vysoká akumulace nadložního humusu v mladých bukových porostech s hustým zápojem a velkou produkcí opadu (PODRÁZSKÝ et al. 2003).

Horizont Ah byl na daných stanovištích poměrně mělký. Překvapující byla jeho větší mocnost i zásoba v porostech smrku na zalesněné půdě ve srovnání s bukem a naopak nižší mocnost i zásoba na trvale lesní půdě. Možné vysvětlení (pro které však není srovnání v literatuře) je, že bukový opad je v daných podmínkách rychle mineralizován a akumuluje se tak méně organické hmoty v humusových formách ve srovnání se smrkem, a to včetně horizontu Ah. Na zalesněných zemědělských půdách je pak dosud patrný „zdeděný“ horizont Ah, poněkud mocnější ve srovnání s trvale lesní půdou.

Tabulka 3 dokládá charakteristiky půdní acidity, vyjádřené jako půdní reakce aktuální a potenciální a výměnný hliník a vodík. Jako statisticky průkazné byly prokázány nejvyšší hodnoty pH (obou typů) na zemědělské půdě. Na zemědělské zalesněné půdě byly neprůkazné vyšší hodnoty pH doloženy v buku, na lesní půdě tomu bylo naopak – nelze vyloučit vliv předchozího i opakovaného provozního vápnění ve vyšších polohách. U buku byly slabě vyšší hodnoty pH na trvale zalesněné půdě, u smrku byly ve svrchních horizontech i významně vyšší hodnoty na trvale lesní půdě, hlouběji se hodnoty blížily – opět tak lze předpokládat vliv ošetření vápněním v minulých obdobích. Těmto trendům odpovídaly i hodnoty výměnné acidity a jejich složek, třebaže významnější a průkazné rozdíly byly i zde prokázány především vzhledem k půdě travního porostu.

Obsah přístupných bází (tab. 4) byl průkazně nejvyšší v humusových vrstvách porostu smrku na lesní půdě, což opět indikuje velice předpodobný vliv vápnění, jinak byly významně vyšší hodnoty oproti ostatním stanovištím prokázány i na nelesní lokalitě. Hodnoty této charakteristiky pod bukem vykazovaly tendenci mírně vyšší úrovně. Nasycení sorpčního komplexu bázemi bylo opět významně nejvyšší v půdě travního porostu, vysoké hodnoty byly rovněž ve smrkovém porostu na trvale lesní půdě. Jinak tendence vyšších hodnot pod bukem nebyla průkazná.

Holorganické a především minerální horizonty lesních porostů obsahovaly průkazně vyšší obsahy celkového humusu; tento trend se projevoval i ve srovnání trvale lesní a zalesněné zemědělské půdy. Porosty smrku jevíly tendenci vyšších hodnot, i když neprůkaznou, u porostů na trvale lesní půdě byly hodnoty obsahu velmi podobné. Obsah humusu korespondoval s celkovou kationtovou výměnnou kapacitou.

Velmi podobná dynamika byla pozorována v případě obsahu celkového dusíku. I v tomto případě byly významně nižší hodnoty pozorovány v horizontech svršku půdy v trvalém travním porostu, s výjimkou nejbohatšího opadu, s velkým podílem živých pletiv; v případě lesních půd byla pozorována dynamika typická pro chudý opad lesních dřevin. Poměrně chudý opad byl díky transformačním procesům obohacen danou živinou, takže horizont F s maximální intenzitou mikrobiální transformace (WESEMAEL 1992) vykazoval nejvyšší hodnoty obsahu celkového dusíku. Smrkové porosty na zemědělské půdě pak obsahovaly menší koncentrace N ve srovnání s trvale lesní půdou, u bukových byl tento neprůkazný trend naznačen jen v hlubších vrstvách.

Poměr C/N byl významně nejnižší v půdě trvalého travního porostu a v porostu buku na zemědělské půdě, která po této stránce vykazovala dosud podobný charakter. V ostatních porostech byly hodnoty podobné, velmi variabilní.

**Tab. 3.**

 Půdní reakce a obsah výměnného hliníku, vodíku a výměnná acidita v nadložním humusu na jednotlivých stanovištích  
 Soil pH and content of exchangeable aluminum, hydrogen and exchangeable acidity in the surface humus of the stands

	Plocha/Plot	Hor.	pH/H <sub>2</sub> O	pH/KCl	Al <sup>3+</sup> mval/100g	H <sup>+</sup> mval/100g	(TVK) acidita/ acidity mval/100g
18	SM/spruce	L	4,0 a	3,4 a	2,5 a	5,6 a	8,2 a
		Z	4,0 a	3,2 a	3,1 a	4,3 ac	7,4 a
		H	3,8 ac	3,0 ac	11,0 a	3,8 ac	14,7 a
		Ah	3,9 abc	3,2 abc	9,9 ab	1,7 abc	11,6 abc
24	BK/beechn	L	4,5 ac	3,7 ac	málo vzorku/low sample		
		Z	4,5 abc	3,7 abc	2,2 abc	2,6 bc	4,8 ab
		H	4,1 ab	3,4 ab	8,2 ab	1,7 bc	9,9 ab
		Ah	4,0 bc	3,5 bc	7,6 ab	0,9 bc	8,5 bc
42	SM/spruce	L	5,8 b	5,0 b	0,4 b	1,7 b	2,1 b
		L	4,6 bc	3,9 bc	1,1 b	4,3 ac	5,4 ab
		H	4,0 abc	3,2 abc	5,3 ab	4,1 ac	9,3 ab
		Ah	3,9 ac	3,2 ac	12,2 b	3,1 ac	15,3 ac
38	BK/beechn	L	4,5 abc	3,7 abc	1,0 ab	4,7 a	5,7 ac
		L	4,1 ac	3,2 ac	2,7 ac	5,2 a	7,9 a
		H	3,5 c	2,8 c	9,8 a	5,2 a	15,1 a
		Ah	3,5 a	2,8 a	12,5 b	4,8 a	17,3 a
26	TTP	L	5,6 bc	5,3 bc	2,3 a	1,9 b	4,2 bc
		grassland	F	5,5 b	4,8 b	1,3 bc	0,3 b
		H	5,2 b	4,3 b	1,8 b	0,5 b	2,3 b
		Ah	5,0 b	4,0 b	3,7 a	0,5 b	4,1 b

 Pozn.: různé indexy označují statisticky významné rozdíly v rámci srovnatelného horizontu  
 Note: different indexes mean significant differences within comparable horizon

**Tab. 4.**

 Charakteristiky půdního sorpčního komplexu, obsah humusu a dusíku a poměr C/N v nadložním humusu na plochách  
 Soil adsorption complex characteristics, humus and nitrogen contents, and C/N ratio in the humus form layers on the plots

	Plocha/Plot	Hor.	SVB mval/100g	CEC mval/100g	BS %	Humus %	N %	C/N
18	SM/spruce	L	14,3 a	22,4 a	64,2 a	68,2 abc	1,2 ac	33,6 abc
		Z	12,5 a	19,9 a	62,9 a	76,2 a	1,5 abc	30,5 a
		H	5,5 a	20,1 abc	27,0 a	52,0 a	1,2 ab	25,6 a
		Ah	1,2 a	12,8 ab	9,6 a	14,7 ab	0,5 a	18,6 bc
24	BK/beechn	L	málo vzorku/ low sample			35,5 a	1,3 abc	15,6 a
		Z	20,2 ab	25,1 ab	80,7 abc	58,5 ab	1,9 b	17,8 b
		H	6,0 a	15,9 ac	38,5 abc	27,8 ab	1,2 ab	14,1 b
		Ah	1,5 a	9,9 a	14,7 ab	10,4 a	0,5 abc	11,8 a
42	SM/spruce	L	42,2 b	44,3 b	95,3 b	76,2 bc	0,9 a	47,5 b
		L	43,7 b	49,1 b	88,8 bc	76,8 a	1,8 b	25,0 ab
		H	21,6 b	30,9 b	69,8 bc	63,2 a	1,7 b	21,8 ab
		Ah	5,2 b	20,5 b	25,1 b	33,7 b	1,1 b	18,3 abc
38	BK/beechn	L	26,6 ab	32,3 ab	82,4 ac	81,6 b	1,3 bc	35,6 bc
		L	17,4 a	25,3 ab	68,5 ac	77,0 a	1,8 b	25,3 ab
		H	9,1 ab	24,1 bc	37,4 ac	59,3 a	1,4 b	24,5 a
		Ah	3,1 ab	20,4 b	15,3 ab	34,5 b	0,9 bc	22,4 b
26	TTP	L	48,2 b	52,5 b	91,9 bc	61,9 ac	1,8 b	19,8 ac
		grassland	F	20,0 ab	21,5 a	91,7 b	29,4 b	1,0 a
		H	10,3 ab	12,5 a	80,3 b	15,8 b	0,6 a	14,5 b
		Ah	5,2 b	9,3 a	55,0 b	10,5 a	0,5 ac	12,7 ac

 Pozn.: různé indexy označují statisticky významné rozdíly v rámci srovnatelného horizontu  
 Note: different indexes mean significant differences within comparable horizon

 SVB suma výměnných bází/sum of exchange basis  
 CEC kationtová výměnná kapacita/cation exchange capacity  
 BS nasycení bázemi/base saturation

Obsah přístupného fosforu (tab. 5) byl ve svrchních horizontech nejvyšší na travní ploše, tendence vysokého obsahu se zachovala i na zalesněné zemědělské půdě pod bukem. Ve smrku byly hodnoty průkazně nižší. Smrkové porosty jeví trend nižšího obsahu této živiny v minerálním půdním horizontu, zejména na trvale zalesněné lokalitě.

Maximální hodnoty obsahu přístupného draslíku byly pozorovány rovněž na zatravněné ploše. Na tom se zcela jistě podílel i vliv dominantního travního drnu, s vysokými nároky trav na tuto živinu (LARCHER 1988). Naopak velmi nízké, průkazně nejnižší obsahy K byly doloženy v nadložních humusových horizontech ve smrku na zalesněné zemědělské půdě, kde se může projevovat jak značné vyplavování po zalesnění, tak příjem K a jeho fixace v biomase v mladém, intenzivně rostoucím porostu. Naopak na trvale zalesněné půdě byl vyšší obsah draslíku pozorován v humusové formě smrku, v porostu prosvětleném, s rozvojem přízemní, především travní vegetace, ovlivňující svrchní vrstvy opadu.

Statisticky významně se navýšením obsahu přístupného vápníku projevuje zemědělské využívání plochy (plocha 26 – TTP) a stejně tak pravděpodobně provozní vápnění smrkového porostu ve vyšších nadmořských výškách (plocha 42 – SM L). U bukových porostů byly vyšší obsahy doloženy na zemědělské půdě a na trvale lesní půdě byly vyšší obsahy Ca v přístupné formě dokumentovány pod bukem, což je srovnatelné s řadou prací z jiných lokalit (PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2007b). Stejná dynamika byla dokumentována v případě přístupného hořčíku. U porostů lesních dřevin je zajímavá tendence nižšího obsahu výměnného hořčíku na bývalých zemědělských půdách, obdobně i na ploše nelesní.

Podobná dynamika tvorby humusových forem byla doložena na zalesněných půdách v oblasti Trčkova ve stejném regionu (PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2007b; KLIMO et al. 2006). V mladých porostech buku

docházelo i v přirozených podmínkách k silné akumulaci nadložního humusu (PODRÁZSKÝ et al. 2003), což koresponduje i se zde zjištěnými údaji. Obnova humusové vrstvy je poměrně rychlá a lze počítat, alespoň z kvantitativního hlediska, dosažení množství typického pro lokální lesní porosty v rozmezí 100 – 150 let (NOVÁK, SLODIČÁK 2006; PODRÁZSKÝ, ULBRICHOVÁ 2004).

## ZÁVĚR

Výsledky výzkumu potvrdily rychlou akumulaci nadložního humusu na zalesněných zemědělských půdách; ve smrkovém porostu již hodnoty zásoby holorganických horizontů dosáhly výše srovnatelné s lesními stanovišti. V buku probíhala akumulace nadložních horizontů z hlediska zásoby výrazně pomaleji. Akumulace nadložní organické hmoty byla na trvale zalesněných půdách pro smrk a buk srovnatelná.

V charakteristikách půdní kyselosti a sorpčního komplexu se rovněž odrazilo současné i dřívější zemědělské využívání půdy, u smrkových porostů vyšších poloh je pravděpodobný i vliv provedeného provozního vápnění. Rozdílný vliv obou dřevin byl na zalesněných lokalitách patrný, i když neprůkazně, a charakter půd pod smrkem a pod bukem se z tohoto hlediska dramaticky nelišil.

Akumulace humusu a dusíku postupuje kontinuálně, drn rovněž obsahuje značné zásoby těchto elementů – i když nebyla v jeho případě důsledně separována bio- a nekromasa.

V obsahu přístupných živin se u fosforu projevuje obohacení na současných i dřívějších zemědělských půdách, imobilizace v biomase smrku s větší produkcí, což se projevovalo i v obsahu přístupného draslíku.

Tab. 5.

Přístupné živiny podle Mehlicha III v nadložním humusu na jednotlivých plochách  
Plant available nutrients content by the Mehlich III method in the humus form layers on the plots

Plocha/Plot	Horizon(t)	P	K	Ca	Mg
18 SM/spruce	L	10,0 a	149,0 a	697,0 a	101,0 a
	Z	32,0 a	280,0 a	1173,7 a	160,7 a
	H	24,3 a	256,0 ab	933,0 ac	150,7 ac
	Ah	12,5	92,7 a	231,5 a	54,7 a
24 BK/beechn	L	126,0 bc	3560,0 bc	2190,0 bc	604,0 abc
	Z	69,3 b	758,7 ab	2412,7 bc	270,0 ab
	H	48,0 b	229,3 a	830,0 a	98,7 a
	Ah	26,5	111,2 ab	255,2 ac	43,0 a
42 SM/spruce	L	42,0 abc	2708,0 abc	1956,0 abc	774,0 bc
	L	47,3 ab	1190,3 b	4665,7 b	731,3 b
	H	28,0 b	488,0 b	1941,7 b	429,3 b
	Ah	9,8	202,5 b	518,8 bc	186,8 b
38 BK/beechn	L	32,0 ac	920,0 ac	782,0 ac	182,0 ac
	L	44,7 ab	621,0 ab	1537,3 ac	188,7 a
	H	31,3 ab	265,7 ab	1067,3 abc	151,3 abc
	Ah	27,2	165,7 ab	393,8 abc	102,0 ab
26 TTP grassland	L	232,0 b	5064,0 b	3347,0 b	1464,0 b
	F	66,0 b	1350,0 b	2330,0 abc	549,0 b
	H	28,7 ab	492,7 b	1426,3 bc	226,0 bc
	Ah	5,5	234,0 b	687,0 b	88,5 ab

Pozn.: různé indexy označují statisticky významné rozdíly v rámci srovnatelného horizontu  
Note: different indexes mean significant differences within comparable horizon

V obsahu vápníku a hořčíku se projevilo kromě zemědělského využití trvale nelesní lokality i vápnění, které ovlivnilo výše položený smrkový porost. Bukový opad příznivěji ovlivnil dynamiku dvojmocných bází na zalesněné zemědělské půdě.

Prostředí lesních půd tak ve sledované oblasti jeví tendence poměrně rychlé obnovy stavu a dynamiky typické pro lesní ekosystémy, i když zhruba v polovině obmýtí je bývalý typ využití dosud patrný. Vliv dřeviny se neuplatňuje nijak dramaticky, na druhé straně jsou pravděpodobně registrované vlivy provedených melioračních zásahů.

#### Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu NAZV QG50105 Obnova lesního prostředí při zalesnění nelesních a devastovaných stanovišť.

## LITERATURA

- Geologická mapa, 1 : 50 000 [online]. Česká geologická služba 2000-2010 [cit. 11.03.2011]. Dostupné na World Wide Web: [http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show\\_map.php?mapa=g50&y=602343&x=1034930&r=1500&s=1&legselect=0](http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50&y=602343&x=1034930&r=1500&s=1&legselect=0)
- GREEN R.N., TROWBRIDGE R.L., KLINKA K. 1993. Towards a taxonomic classification of humus forms. Forest Science Monograph, No. 29: 49 s.
- HATLAPATKOVÁ L., VACEK S., MIKESKA M. 2006a. Zalesňování zemědělských půd v Orlických horách a v jejich podhůří. Panorama. Z přírody, historie a současnosti Orlických hor a podhůří, č. 14: 19-28.
- HATLAPATKOVÁ L., PODRÁZSKÝ V., VACEK S. 2006b. Výzkum v lesních porostech na bývalých zemědělských půdách v oblasti Deštného a Neratova v PLO 25 - Orlické hory. In: Neuhöferová, P. (ed.): Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor. Sborník referátů. Kostelec nad Černými lesy, 17. 1. 2006. Praha, ČZU v Praze; Jíloviště-Strnady, VÚLHM – VS Opočno: 185-191.
- KACÁLEK D., NOVÁK J., ŠPULÁK O., ČERNOHOUS V., BARTOŠ J. 2007. Přeměna půdního prostředí zalesněných zemědělských pozemků na půdní prostředí lesního ekosystému – přehled poznatků. Zprávy lesnického výzkumu, 52: 334-340.
- KACÁLEK D., NOVÁK J., DUŠEK D., BARTOŠ J., ČERNOHOUS V. 2009. How does legacy of agriculture play role in formation of afforested soil properties? Journal of Forest Science, 55: 9-14.
- 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: 19-24.
- KLIMO, E., MATERNA, J., LOCHMAN, V., KULHAVÝ, J. 1988. Forest soil acidification in the Czech Republic. Journal of Forest Science, 2006, 52 (Special Issue): 14-22.
- LARCHER, W. 1988. Fyziologická ekologie rostlin. Praha, Academia: 368 s.
- 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: 540-555.
- MENŠÍK L., KULHAVÝ J., KANTOR P., REMEŠ M. 2009. Humus conditions of stands with different proportion of Douglas fir in the Hůrky Training Forest District and Křtiny Training Forest Enterprise. Journal of Forest Science, 55: 345-356.
- NĚMEČEK J. et al. 2004. Elektronický taxonomický klasifikační systém půd ČR. [online]. [cit. 12. března 2011]. Dostupné na World Wide Web: <http://klasifikace.pedologie.cz/>.
- NOVÁK J., SLODIČÁK M. 2006. Opad a dekompozice biomasy ve smrkových porostech na bývalých zemědělských půdách. In: Neuhöferová, P. (ed.): Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor. Sborník referátů. Kostelec nad Černými lesy, 17. 1. 2006. Praha, ČZU v Praze; Jíloviště-Strnady, VÚLHM – VS Opočno: 155-162.
- PODRÁZSKÝ V. 1998. Akumulace uhlíku v lesních ekosystémech – příklad smrkového a bukového porostu ve vyšších nadmořských výškách. Lesnictví – Forestry, 44: 392-397.
- PODRÁZSKÝ V. 2001. Role smrku ztepilého jako přípravné dřeviny při obnově půdního prostředí lesních ekosystémů. In: Krajina, les a lesní hospodářství. Výzkumné záměry LF ČZU v Praze 2000. Sborník z celostátní konference. I. díl. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze: 136-140.
- PODRÁZSKÝ V., VIEWEGH J., REMEŠ J. 2003. Srovnání stavu humusových forem v mladých porostech smrku a buku na území NPR Žákova hora. Zprávy lesnického výzkumu, 48: 62-64.
- PODRÁZSKÝ V. V., ULBRICHOVÁ I. 2004. Restoration of forest soils on reforested abandoned agricultural lands. Journal of Forest Science, 50: 249-255.
- PODRÁZSKÝ V. 2007. Stav lesních půd ve výškovém transektu na lokalitě Plechý – NP Šumava. Lesnícky časopis – Forestry Journal, 53: 333-345.
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J. 2007a. Effects of the wild cherry (*Cerasus avium* /L./ Moench) on the humus forms in the mixed stand. Lesnícky časopis – Forestry Journal, 53: 215-220.
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J. 2007b. Humus form status in close-to-nature forest parts in comparison with afforested agricultural lands. Lesnícky časopis – Forestry Journal, 53: 99-106.
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J. 2008. Půdotvorná role významných introdukovaných jehličnanů – douglasky tisolisté, jedle obrovské a borovice vejmutovky. Zprávy lesnického výzkumu, 53: 27-33.
- PODRÁZSKÝ V. 2008a. Restoration of humus forms on the bulldozed plots and reforested agricultural lands in the Ore. Mts. Scientia Agriculturae Bohemica, 39: 232-237.
- PODRÁZSKÝ V. 2008b. Tvorba povrchového humusu při zalesňování zemědělských ploch a po buldozerové přípravě v Krušných horách. Zprávy lesnického výzkumu, 53: 258-263.
- PODRÁZSKÝ V. 2009. Variabilita humusových forem v rámci dynamiky porostů NPR Žákova hora. In: Národní přírodní rezervace Žákova hora. Konference konaná na počest hraběte Dr. Radslava Kinského k výročí 80. let od začátku ochrany NPR Žákova hora 14. 6. 2009 v zámku ve Žďáru nad Sázavou. Sborník příspěvků. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze: 44-53.
- Půdní mapa 1 : 100 000. [online]. CENIA 2010. [cit. 11. března 2011]. Dostupné na: [http://geoportal.cenia.cz/mapmaker/MapWin.aspx?M\\_Site=cenia&M\\_Lang=cs](http://geoportal.cenia.cz/mapmaker/MapWin.aspx?M_Site=cenia&M_Lang=cs)
- SÁNKA M., MATERNA J. 2004. Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR. Praha, MŽP: 84 s. Planeta 11/2004.
- VACEK S., SIMON J., KACÁLEK D. 2005. Strategie zalesňování nelesních půd. Lesnická práce, 84: 13-15.
- WESEMAEL B. VAN 1992. Soil organic matter in Mediterranean forests and its implications for nutrient cycling and weathering of acid, low-grade metamorphic rocks. Thesis, Universiteit van Amsterdam. Amsterdam, University of Amsterdam: 140 s.

---

**RESTORATION OF SURFACE HUMUS LAYERS ON AFFORESTED AGRICULTURAL SOILS****SUMMARY**

Among all basic ecosystem compartments, surface humus has a vital importance for effective nutrient cycling. Its restoration after afforestation indicates the revitalization of the functional forest ecosystem, especially at higher altitudes. The study was carried out in the Orlické hory Mts., near Deštné, north-eastern Bohemia. The studied sites with different land-use history were as follows: permanent grassland, Norway spruce aged 136 years, beech of 100 years, both on stable forest localities, Norway spruce aged 57 and beech 40 on afforested agricultural soils. Altitude ranges between 780 (grassland) and 920 m above sea level (permanent Norway spruce site) (Tab. 1). Accumulation of the surface humus is documented in Tab. 2. The research confirmed relatively rapid accumulation of the surface humus on the afforested agricultural sites, the amount in the spruce stand ( $55.1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) was fully comparable with the stable forest ecosystems ( $43.6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  for spruce,  $69.4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  for beech). In the beech site the surface organic layer restoration was much lower ( $17.9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). In the permanent forest stands the situation in the spruce and the beech was similar. The soil acidity and adsorption complex characteristics reflected visibly the former land use type; in the spruce stands of the highest altitudes, the properties of soil seem to be affected by liming (Tab. 3 and 4). The soil properties under both spruce and beech did not differ significantly, the trends were partly detectable. The grassland soil showed significantly higher soil pH. The land use affects also the total C and N dynamics (Tab. 4). Their accumulation is continuous and increases significantly after afforestation. The plant available phosphorus content reflects the effects of former and recent agricultural use (Tab. 5); spruce probably immobilizes considerable part of this element in the fast growing biomass. Similar trend was found for plant available potassium. Bivalent bases were affected more favorably by the beech. The afforested agricultural soils showed high potential for fast restoration to conditions of forest soil. The species effect was not so visible.

Recenzováno

---

**ADRESA AUTORŮ/CORRESPONDING AUTHORS:**

Ing. Lenka Hatlapatková, Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra pěstování lesů  
Kamýcká 1176, 165 21 Praha 6 - Suchdol, Česká republika  
tel.: 224 383 792; e-mail: hatlapatkova@fld.czu.cz

prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc., Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra pěstování lesů  
Kamýcká 1176, 165 21 Praha 6 - Suchdol, Česká republika  
tel.: 224 383 403; e-mail: podrazsky@fld.czu.cz