

PRODUKCE A VÝVOJ PŮDNÍHO PROSTŘEDÍ POROSTŮ NA BÝVALÝCH ZEMĚDĚLSKÝCH PŮDÁCH V OBLASTI ČESKOMORAVSKÉ VRCHOVINY

PRODUCTION AND DEVELOPMENT OF SOIL ENVIROMENT OF FOREST STANDS ON FORMER AGRICULTURAL LANDS IN THE REGION OF CZECH-MORAVIAN HIGHLAND

VILÉM PODRÁZSKÝ - JIŘÍ PROCHÁZKA - JIŘÍ REMEŠ

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

ABSTRACT

Presented study evaluates the stands established in the 1960s on former agricultural lands, from the production and soil forming point of view in higher elevations (610 – 640 m a.s.l.) of the Czech-Moravian Highland (Českomoravská vrchovina). The standing volume, amount and soil chemistry characteristics as well as the soil chemistry in mineral soil layers 0 – 10 and 10 – 20 cm were compared in new stands in 2 Norway spruce (*Picea abies* L. (KARST.)), 1 European larch (*Larix decidua* MILL.), 1 sycamore maple (*Acer pseudoplatanus* L.) stands and on meadow and arable soil. The production was roughly 50% superior comparing to stands on permanent forest sites. Stands of conifers accumulated considerable amount of surface humus, the soil improvement effects of sycamore were documented in the mineral soil horizons. In general, main tree species effects consisted in the nutrients uptake and in organic matter enrichment of soils.

Klíčová slova: zalesnění zemědělských půd, smrk, modřín, klen, produkce porostů, stav půd, akumulace humusu, Českomoravská vrchovina

Key words: afforestation of agricultural lands, spruce, larch, sycamore, stand production, soil conditions, humus accumulation, Czech-Moravian Highland

ÚVOD

Zalesňování zemědělských půd patří k historii krajiny Českomoravské vrchoviny stejně jako k historii jiných, především podhorských a horských oblastí České republiky. Zejména období padesátých a šedesátých let minulého století představovalo významnou etapu ve změnách využití půdy, kdy docházelo k rozsáhlému zalesňování půd, které neměly další perspektivní zemědělské využití (HATLAPATKOVÁ, PODRÁZSKÝ 2011; PODRÁZSKÝ, PROCHÁZKA 2009; ŠPULÁK 2006). Vyhodnocení stavu a vývoje porostů založených na těchto půdách je důležité pro jejich další obhospodařování. Diskutovaná nadprůměrná produkce jehličnanů na těchto stanovištích je v kontrastu s kvalitou dříví, jež je zhoršená častými hnilobami. Velký význam má pak především kvalita půdního prostředí, které jsou různé dřeviny do jisté míry schopny ovlivnit. Do popředí se dostává otázka obnovení humusových vrstev a koloběhu látek typického pro lesní půdy (KACÁLEK et al. 2006, 2010; PODRÁZSKÝ et al. 2010a). Aktuální jsou poznatky, do jaké míry jsou jednotlivé dřeviny a jejich směsi schopné využít dostupné živiny v půdě a zároveň přispět k obnovení lesního charakteru půd, především doplněním půdy o organickou hmotu. Cílem této práce bylo proto zjistit produkční schopnost různých dřevin, a to smrku ztepilého (*Picea abies* L. (KARST.)), modřínu opadavého (*Larix decidua* MILL.)

a javoru kleny (*Acer pseudoplatanus* L.) na bývalých zemědělských půdách v oblasti Českomoravské vrchoviny a dále na základě rozborů vzorků půdy a humusu popsat vliv těchto dřevin na dynamicky se vyvíjející půdní prostředí a přispět tak k rozšíření poznatků v problematice vývoje půdního prostředí po zalesnění (např. BARTOŠ et al. 2007; MAREŠ 2006; NOVÁK, SLODIČÁK 2006; PODRÁZSKÝ, ŠTĚPÁNÍK 2002; PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2008; HAGEN-THRON et al. 2004; KACÁLEK et al. 2010) v rámci dané případové studie.

MATERIÁL A METODIKA

Zájmová lokalita se nachází u obce Krucemburk v PLO 16 – Českomoravská vrchovina. Soubor výzkumných ploch je situován na mírném svahu se severní expozicí v nadmořské výšce 610 – 640 m n. m. Roční srážkový úhrn je 700 – 800 mm, průměrné roční teploty činí 5 – 6 °C. Horninové podloží tvoří především metamorfity fylit a metaryolit. Jako původní půdní typy lze předpokládat oglejené kambizemě, na zamokřených místech až gleje (NĚMEČEK et al. 2001), zemědělským hospodařením ale výrazně změněné. Na přelomu padesátých a šedesátých let minulého století zde bylo zalesněno cca 45 ha zemědělské půdy. Jednalo se především o vlhké, nebo naopak velmi suché louky

bez perspektivy dalšího rentabilního zemědělského využití. Zalesnění bylo provedeno do naoraných brázd, místy byla půda připravena celoplošně, vlhké části byly odvodněny systémem struh. Různorodost stanovištních podmínek se odrazila ve výběru dřevin. Byly použity především dřeviny: smrk ztepilý (*Picea abies* L.), borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) a olše (*Alnus glutinosa* (L.) GAERTN., *Alnus incana* L., nehodnoceno), místy modřín evropský (*Larix decidua* MILL.), javor klen (*Acer pseudoplatanus* L.), bříza bradavičnatá (*Betula pendula* L., nehodnoceno) a jiné vtroušené dřeviny. V září 2010 bylo založeno pět trvalých výzkumných ploch na poměrně homogenní části v porostech smrku (tři plochy), modřínu a kleny na bývalé zemědělské půdě (tab. 1). Kontrolní plochy na trvalé lesní půdě byly založeny ve dvou stanovištně i věkově odpovídajících smrkových porostech mezi obcemi Košinov a Vortová (vzdálené 3 a 6 km).

Plochy byly založeny jako kruhové o velikosti 0,1 ha, pouze plocha kleny je vzhledem k tvaru a rozloze porostní skupiny obdélníková o velikosti 0,06 ha (15 x 40 m). Pro založení ploch byly vybrány souvislé, plně zapojené části porostů, aby bylo možno demonstrovat maximální produkční možnosti dřevin na těchto stanovištích. Inventarizace zásoby porostů byla provedena podle metodiky ŠMELKA (2000). Plochy byly vyprůměrkovány naplno, sestaveny tloušťkové grafikonky. V každém zastoupeném tloušťkovém stupni bylo vybráno 3 – 7 stromů, u kterých byla změřena výška. Počet vybraných stromů na měření výšky odpovídal četnosti zastoupení jednotlivých tloušťkových stupňů. Celkově byla měřena výška u 30 – 40 stromů na každé ploše. Byly sestaveny výškové křivky porostů. Využita byla Michajlovova funkce: kde h je výška stromu, $d_{1,3}$ je výčetní tloušťka, e základ přirozeného logaritmu. Koeficienty a, b byly vypočteny na základě regresní analýzy pro každou plochu zvlášť. Byl vypočten objem hroubí s kůrou každého stromu podle objemových rovnic PETRÁŠE, PAJTÍKA (1991) a údaje přepočteny na plochu jednoho hektaru. Zásoby porostů byly porovnány s růstovými a taxačními tabulkami (ČERNÝ et al. 1996).

Odběr vzorků půdy a humusu byl proveden v září 2010 ve zhruba padesátiletých porostech na bývalé zemědělské půdě (plochy SM I, SM II, KL, MD), pro kontrolu také na přilehlém poli a louce. Kvantitativní odběry holorganických horizontů v jehličnatých porostech byly provedeny pomocí kovového rámečku o rozměrech 25 x 25 cm, byly odebírány jednotlivé humusové vrstvy L+F1, F2, H (GREEN et al. 1993). Na rozdíl od uvedených autorů, horizont F byl diverzifikován do dvou vrstev díky dosud iniciálnímu stavu vývoje nadložních horizontů. Méně rozložená část tak byla při odběru zahrnuta

do vrstvy opadu. Dále byly odebrány vzorky minerálních horizontů v hloubkách 0 – 10 a 10 – 20 cm u všech porostů a na poli a louce. Ani v minerálních půdních vrstvách nebyly dosud výrazně diferencovány pedogenetické horizonty. Na každé ploše byla provedena čtyři opakovaní odběru. Laboratorní analýzu vzorků provedla laboratoř Tomáš se sídlem ve VÚLHM v Opočně podle standardně používaných metodik:

- zásoba sušiny holorganických horizontů (t/ha) při 105 °C,
- pH aktivní a výměnné v 1 N KCl, potenciometricky,
- vlastnosti sorpčního komplexu podle Kappena (S – obsah bází, T – kationtová výměnná acidita, H – hydrolytická acidita, V – nasycení sorpčního komplexu bázemi)
- obsah celkových živin v holorganických horizontech po mineralizaci kyselinou sírovou a selenem (N, P, K, Ca, Mg),
- obsah celkového oxidovatelného uhlíku (humusu) a dusíku podle Kjeldahla,
- obsah přístupných živin (P, K, Ca, Mg) metodou Mehlich III a ve vyluhu kyseliny citrónové (např. PODRÁZSKÝ 2006).

Pro statistické zpracování byla použita analýza rozptylu pro vícenásobné porovnávání (ANOVA), následně byly statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými plochami stanoveny metodou párového srovnávání pomocí Tukeyho testů. Testy byly provedeny na hladině významnosti 95 % (software Statistica). Porovnávány byly odpovídající si horizonty.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Přes zaznamenané či předpokládané rozdíly ve stanovištních podmínkách (6O, 6P), mírné rozdíly ve věku i dosavadním vývoji porostů představuje sledované lokalita v našich podmínkách jednu z nevhodnějších pro studium dané problematiky. Do inventarizace zásob byly zahrnuty tři porosty smrku na bývalé zemědělské půdě, k nim dva srovnávací porosty smrku na trvalé lesní půdě a dále porosty modřínu a kleny na bývalé zemědělské půdě, v co nejhomogennějších podmínkách a stavu. Výsledky inventarizace porostní zásoby ukazují na významně vyšší produkci zkoumaných porostů v porovnání s růstovými tabulkami (ČERNÝ et al. 1996) (tab. 2, 3).

Nejvyšší zásoba hroubí s. k. byla stanovena na ploše SM II, a to 866 m³/ha ve věku 53 let. Při přepočtu na věk 50 let je to 817 m³/ha, což

Tab. 1.
Výzkumné na plochy na lokalitě Krucemburk
Research plots in the locality Krucemburk

Plocha/Plot	Věk/Age (2010)	LT/Ecosite	Velikost plochy/ Size of plot [ha]	Využití půdy/Land use
SM I/Spruce I	48	6P1	0,1	Bývalá zemědělská půda/ Former agricultural land
SM II/Spruce II	53	6O1	0,1	
SM III/Spruce III	38	6O1	0,1	
MD/Larch	52	6O1	0,1	
KL/Sycamore	53	6O1	0,06	
SM I kontrola/Spruce I control	52	6P1	0,1	Trvale lesní půda/Standing forest soil
SM III kontrola/Spruce III control	39	6O1	0,1	
Pole/Field	-	-	-	Zemědělské využití/ Agricultural use
Louka/Meadow	-	-	-	

Pozn.: 6P1 – kyselá smrková jedlina se třtinou, 6O1 – svěží smrková jedlina šfavelová.

Note: 6P1 – Acidic Spruce – Fir with *Calamagrostis villosa*, 6O1 – Fresh (Nutrient medium) Spruce – Fir with *Oxalis acetosella*.

je o 53 % více než pro daný porost udávají růstové a taxační tabulky. Na ploše SM I byla rovněž zjištěna zásoba o téměř 50 % přesahující tabulkové hodnoty. Takto vysoké zásoby dřeva ve smrkových porostech demonstrují velmi výmluvně vysokou produkční schopnost smrku na daných stanovištích, na druhou stranu je nutné vzít v potaz, že pro měření byly vybrány souvislé, neproředěné, plně zapojené části porostů a nelze očekávat tuto zásobu na celé ploše několikahektarových porostů. Mezi plochami SM I a SM II je dobře vidět rozdíl ve výchově. Vysoká produkce obou porostů je zapříčiněna různými faktory. Zatímco u plochy SM I je to především velký počet slabších kmenů (1 730 ks/ha) o průměrné hmotnosti 0,37 m³, na ploše SM

II hraje hlavní roli výška (27,4 m) i větší tloušťka stromů. Průměrná hmotnost je zde 0,87 m³. Vyšší než tabulkové hodnoty však byly zjištěny i u kontrolních porostů na trvalé lesní půdě. Při porovnání dvou čtyřicetiletých porostů smrku (plochy SM III a SM III kontrola) byla dokonce zjištěna vyšší zásoba u kontrolního porostu na trvalé lesní půdě. V porostu modřínu byla sice zjištěna zásoba menší než tabulkové hodnoty, to bylo ovšem dáno silnou výchovou porostu. Průměrná tloušťka měřených modřínů 30,2 cm a výška 27,9 m rovněž vypovídají o vysoké produkční schopnosti této dřeviny na daném stanovišti. Celkově byla na plochách na lokalitě Krucemburk zjištěna velmi vysoká produkce porostů první generace lesa, a to u všech zkoumaných dře-

Tab. 2.

Výsledky měření porostních charakteristik na jednotlivých plochách
Results of measurements of stands characteristics on particular plots

Plocha/Plot	Věk/ Age	Dřevina/ Tree species	Zastoupení [%]/Species composition	d _{1,3}	h	V _{SK}	N/ha (ks)	G/ha	V m ³ /ha s. k.	AVB
SM I/Spruce I	48	SM/Spruce	100	19,5	22,2	0,37	1 730	56,3	632	32
SM II/Spruce II	53	SM/Spruce	100	27,8	27,4	0,84	1 030	66,8	866	38
SM III/Spruce III	39	SM/Spruce	93	19,6	19,9	0,33	1 440	52,4	477	34
		OLS/Adler	7	25,6	16,0	0,42	90	4,9	38	24
		Celkem/Total	100				1 530	57	515	
MD/Larch	52	MD/Larch	82	30,2	27,9	0,98	440	33,3	432	38
		SM/Spruce	18	29,2	24,4	0,81	120	7,1	97	36
		Celkem/Total	100				560	40	529	
KL/Sycamore	53	KL/Sycamore	100	19,5	21,7	0,37	1 217	40,0	455	32
SM I kontrola/ Spruce I control	51	SM/Spruce	100	24,9	22,1	0,56	1 000	52,5	558	32
SM III kontrola/ Spruce III control	38	SM/Spruce	100	21,3	20,1	0,38	1 350	51,7	515	34

Note: V_{SK} – Volume of mean stem, N/ha [ks] – Number of stems per ha [pcs], G/ha – Basal area per ha, V m³/ha s. k. – Volume with bark per ha, AVB Absolutní výšková bonita – Absolute height site index

Tab. 3.

Stanovení porostní zásoby a porovnání s růstovými a taxačními tabulkami (ČERNÝ et al. 1996)
Determination of stand volume and comparison with growth tables

Plocha/Plot	Reálný věk/ Real age (2010)	Věk srovnávací/ Age for comparison	Korekce věku/Age correction	V m ³ /ha *	V m ³ /ha **	V _{tab} ***	PRP m ³ /ha/rok	Zakmenění /Stocking (V/V _{tab})
SM/Spruce I	48	50	+2	632	658	444	13,2	1,48
SM/Spruce II	53	50	-3	866	817	534	16,3	1,53
SM/Spruce III	39	40	+1	513	526	380	13,2	1,39
MD/Larch	52	50	-2	526	506	530	10,1	0,95
KL/Sycamore	53	50	-3	455	429	318	8,6	1,35
SM I kontrola/ Spruce I control	51	50	-1	558	547	444	10,9	1,23
SM III kontrola/ Spruce III control	38	40	+2	515	543	380	13,6	1,43

Captions: *) V reálně naměřeny na výzkumných plochách/Forest stands volume measured on research plots

**) V přepočtené na srovnávací věk pomocí průměrného ročního objemového přírůstu PRP/Recalculated volume with using of mean annual volume increment PRP

**) V pro danou dřevinu, věk a bonitu podle růstových tabulek/Volume for tree species, age and site index according to yield tables

vin, což potvrzují i vysoké hodnoty průměrného ročního objemového přírůstu, který se ve všech případech (s výjimkou kleny) pohyboval nad úrovní 10 m³/ha.rok. To je často zjišťovaný fakt doložený studii dalšími autorů (např. DUŠEK, SLODIČÁK 2009; BARTOŠ et al. 2006; PODRÁZSKÝ et al. 2010b), včetně extrémně vysokých hodnot přírůstu.

Tab. 4.

Množství akumulovaného humusu v jednotlivých horizontech sledovaných porostů

Amount of accumulated surface humus in particular layers of studied stands

Plocha/Plot	SM I/ Spruce I	SM II/ Spruce II	MD/Larch
	t/ha		
Horizont/Horizon			
L+F1	9,0 a	12,7 ab	16,9 b
F2	14,76	15,13	12,40
H	39,82	54,21	47,90
Celkem/Total	63,62	82,02	77,19

Pozn.: Statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými plochami v rámci příslušného horizontu jsou označeny různými indexy

Note: Statistically significant differences among particular plots for corresponding horizons are indicated with different indexes

I zde bude ale kvalita dřeva na zkoumaných plochách otázkou dosti problematickou (MAUER 2006) vzhledem k častému výskytu kořenové hniloby i poškození zvěří na sledovaných plochách.

Významným faktorem určujícím obnovu lesního charakteru prostředí bývalé zemědělské půdy je obnova půdního prostředí, především pak vytvoření nadložních vrstev humusu typických pro lesní půdy (PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2008; KACÁLEK et al. 2006, 2007, 2010; KACÁLEK et al. 2007). Podobně tak tomu je i v případě degradovaných půd, například tzv. buldozerovou přípravou (PODRÁZSKÝ et al. 2006). Všechny tři zkoumané porosty (SM I, SM II a MD) akumulovaly během padesáti let poměrně velké množství nadložního humusu (tab. 4). Nejvíce humusu bylo zjištěno pod smrkovým a modřínovým porostem na LT 6O1, a to 82,02 t/ha, respektive 77,19 t/ha. Množství humusu pod smrkovým porostem na LT 6P1 je 63,62 t/ha. Statisticky významné rozdíly byly zjištěny pouze u vrstvy opadu mezi porostem modřínu a smrku na LT 6P1. Akumulace humusu je dosti rychlá (1,3 – 1,5 t/ha/rok) a odpovídá výsledkům měření na jiných lokalitách (PODRÁZSKÝ, ŠTĚPÁNÍK 2002; PODRÁZSKÝ, PROCHÁZKA 2009). V porostu kleny nebylo možno díky dobré dekompozici opadu vylišit a odebrat jednotlivé vrstvy nadložního humusu, což je při rychle rozložitelném opadu na bohatším stanovišti běžný jev.

Hodnoty půdní reakce aktivní i v 1N roztoku KCl nevykazovaly v holorganických horizontech významné rozdíly mezi jehličnatými porosty (tab. 5). V minerálních horizontech 0 – 10 a 10 – 20 cm bylo nejnižší pH (KCl) v obou porostech smrku, následované modřínem a klenem. Smrk se zde projevil jako dřevina nejvíce okyselující půdní prostředí (podobně i PODRÁZSKÝ, ŠTĚPÁNÍK (2002) a HAGEN-THORN

Tab. 5.

Půdní reakce aktivní a potenciální, stav charakteristik půdního sorpčního komplexu (S, H, T, V) v jednotlivých horizontech sledovaných ploch

Soil reaction active and potential and soil adsorption complex characteristics (S, H, T, V) in particular horizons of studied plots

Plocha/Plot	Horizont/Horizon	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	S mval/100g	H (T-S) mval/100g	T mval/100g	V %
SM I/Spruce I	L+F1	5,4	4,7	30,0	36,4 a	66,4 a	44,6
	F2	4,7	4,0	24,5	59,0	83,5	28,7
	H	4,5	3,8	16,7	60,6	77,3	21,0
	0-10	4,5	3,5 a	3,0 a	11,8 b	14,8 a	19,8 a
	10-20	4,7 ab	3,7 ab	4,3 a	7,9 b	12,2 a	33,9 a
SM II/Spruce II	L+F1	5,3	4,5	25,4	44,9 ab	70,4 ab	36,2
	F2	4,5	3,8	16,6	60,9	77,5	21,5
	H	4,3	3,6	11,9	55,3	67,2	18,5
	0-10	4,5	3,5 ab	10,3 c	11,8 b	22,1 b	46,5 bc
	10-20	4,5 a	3,6 ab	11,2 b	6,8 ab	18,1 b	62,2 c
MD/Larch	L+F1	5,3	4,3	30,7	53,1 b	83,8 b	36,8
	F2	4,6	3,8	23,2	71,7	94,8	24,1
	H	4,3	3,4	16,9	72,3	89,2	18,8
	0-10	4,7	3,9 abc	10,3 c	10,2 b	20,5 b	50,1 bc
	10-20	4,9 ab	4,2 c	13,2 b	7,3 b	20,4 b	64,4 c
KL/Sycamore	0-10	4,6	3,9 abc	12,2 c	11,2 b	23,4 b	52,4 bc
	10-20	4,7 ab	3,9 abc	10,7 b	7,9 b	18,5	57,4 bc
Pole/Field	0-10	4,7	4,1 c	6,6 b	5,2 a	11,8 a	55,2 c
	10-20	4,8 ab	4,1 bc	6,5 a	4,8 a	11,3 a	57,6 bc
Louka/Meadow	0-10	4,9	4,0 bc	4,7 ab	6,7 a	11,4 a	40,7 b
	10-20	5,0 b	4,1 bc	4,7 a	6,3 ab	11,1 a	42,2 ab

Pozn.: Statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými plochami v rámci příslušného horizontu jsou označeny různými indexy

Note: Statistically significant differences among particular plots for corresponding horizons are indicated with different indexes

et al. (2004). Nejvyšší hodnoty (4,0 – 4,1) byly zjištěny na zemědělské půdě. Celkově jsou však hodnoty půdní reakce velmi nízké. VACEK et al. (2009) hodnotí výměnnou půdní reakci zemědělské půdy v podobných poměrech okolo 4 jako extrémně kyselou a odpovídající zdejším přírodním podmínkám, tj. kyselému podloží a ovlivněním vodou. Vzhledem k těmto podmínkám lze očekávat ještě další pokles pH do započítání obnovy těchto porostů.

Stav půdního sorpčního komplexu v holorganických vrstvách nevykazoval významné rozdíly mezi jehličnatými porosty. V minerálních horizontech se však již projevil vliv stanoviště a způsobu využití půdy. Prokazatelně vyšší obsah výměnných bází (S), kationtové výměnné kapacity (T) a nasycenosti sorpčního komplexu bázemi (V) byly v porostech na bohatších stanovištích 6O1 (plochy SM II, MD, KL). Oproti tomu v porostu smrku na LT 6P1 (plocha SM I) a na louce byly hodnoty těchto charakteristik významně nižší. V orné půdě je oproti lesním porostům na LT 6O1 menší celkový obsah bází, ale nasycení sorpčního komplexu bázemi je s nimi porovnatelné (50 – 60 %). Vzhledem k vysoké produkci porostů lze očekávat další odběr bází z půdy jehličnatými porosty a jejich další pokles. Nižší obsah bází ve starších lesních porostech na trvalé lesní půdě uvádějí např. PODRÁZSKÝ, PROCHÁZKA (2009) a PODRÁZSKÝ et al. (2010b). Naopak listnaté dřeviny (v této práci klen, v jiných bříza, olše) vykazují lepší koloběh bazických živin a nevedou k jejich nadměrnému odběru a následnému okyselování půdy. Hydrolytická acidita byla vyšší pod porosty lesních dřevin ve srovnání se zemědělskou půdou. Tyto rozdíly se promítly výrazně i do hodnot kationtové výměnné kapacity, které byly významně nižší v zemědělsky využívané půdě. Rozdíly nasycení sorpčního komplexu bázemi byly výrazně nižší pod porostem smrku a na louce. Všechny tyto difference byly kromě dřevinného složení založených lesních porostů ovlivněny i stanovištními rozdíly a neznámými vlivy v minulosti.

Hodnoty obsahu celkového dusíku nevykazují mezi jednotlivými porosty v humusových vrstvách statisticky významné rozdíly. Situace se ale mění v minerálních horizontech v hloubkách 0 – 10 cm a 10 – 20 cm. Nejvyšší obsah dusíku je pod porostem kleny a pod smrkem na LT 6P1 (SM I). Nejnížší hodnoty byly naopak zjištěny na orné půdě a pod smrkem na LT 6O1 (SM II). Mezi zemědělskou a lesní půdou se přitom u ostatních porostů příliš nelišily.

Nejvyšší obsah celkového humusu (tab. 6) byl v holorganických horizontech zjištěn pod porostem modřínu, na což může mít vliv začínající podzimní opad jehličí a také opad vyvinutého bylinného a keřového patra v prosvětleném modřínovém porostu. Vyloučen není ani pomalejší rozklad a míšení organických a minerálních půdních součástí, to by bylo v souladu se staršími pracemi (PODRÁZSKÝ 2006), kdy byla v porostech modřínu také indikována pomalejší dekompozice a transformace modřínu ve srovnání se smrkem. Tomu odpovídá i nižší obsah uhlíku (humusu) v minerální půdě modřínového porostu, vyšší pod smrkem a nejvyšší ze sledovaných lesních dřevin pod klenem (0 – 10 cm, hlouběji hodnoty vyrovnanější). Nejméně humusu bylo zjištěno na orné půdě (do 2 %), což vypovídá o zdejší velmi nepříznivé bilanci uhlíku. Na louce se obsah humusu blíží 3 %. Celkově je ale obsah humusu v minerálních horizontech nových lesních porostů zatím nízký (4 – 7 %). Obvyklý obsah humusu v horizontu Ah porostů na trvalé lesní půdě je přitom násobně vyšší, v některých případech až 20 – 30 % (NĚMEČEK et al. 2001; PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2008). PODRÁZSKÝ, PROCHÁZKA (2009) uvádějí téměř dvojnásobně vyšší obsah humusu ve smrkovém porostu s příměsí břízy oproti čisté smrčině na bývalé zemědělské půdě. Proces obohacování půdy humusem je tedy teprve v iniciační fázi a hodnot obvyklých pro trvalé lesní porosty bude pravděpodobně dosaženo až v další generaci lesa.

Obsah živin v celkové formě (tab. 7) bylo možno sledovat pouze v nadložních horizontech porostů smrku a modřínu. Celkového dusíku je nejméně v porostu smrku na LT 6O1, opad modřínu indikuje

rovněž pomalejší dekompozici. Nejvíce fosforu je naopak v obou sousedních porostech smrku a modřínu na LT 6O1. Tyto rozdíly souvisejí zcela určitě s charakterem stanoviště i dřívějším obhospodařováním sledovaných ploch. V horizontu L+F1 bylo doloženo nejvíce draslíku v porostu modřínu. Nejvíce vápníku je ve svrchních humusových horizontech L+F1. V nižších horizontech je patrný značný pokles obsahu této živiny (především ve smrkových porostech), což vypovídá o účinném odběru této živiny intenzivně rostoucím porostem a současně o možném vyplavování z hlubších půdních horizontů. Smrkový porost na chudším stanovišti 6P1 má výrazně menší obsah hořčíku v opadu, což je patrné především v hlubších holorganických horizontech a v budoucnu to může představovat problém z hlediska výživy hořčíkem na chudých stanovištích (NOVOTNÝ et al. 2010; VAVŘÍČEK et al. 2010).

Obsah přístupného fosforu ve vyluhu činidlem Mehlich III nevykazoval významné rozdíly v humusových horizontech jehličnatých porostů, pouze ve vrstvě opadu byl obsah P významně vyšší pod modřínovým porostem, tendence vyšších hodnot byla zaznamenána i hlouběji (tab. 8). Značné rozdíly byly zjištěny v minerálním horizontu, a to mezi lesními porosty a zemědělskou půdou. Na zemědělské půdě je obsah fosforu až 5 x vyšší než v lesních porostech, což je zřejmým důsledkem

Tab. 6.

Stanovení obsahu celkového dusíku a oxidovatelného uhlíku (humusu) v jednotlivých horizontech sledovaných ploch
Total nitrogen and oxidizable carbon (humus) content in particular horizons of studied plots

Plocha/Plot	Horizont/ Horizon	N (Kjeldahl) %	C ox %	Humus %
SM I/ Spruce I	L+F1	1,66	18,43 a	31,77 a
	F2	1,52	21,46	36,99
	H	1,10	17,47	30,12
	0-10	0,31 bc	3,68 c	6,34 c
	10-20	0,25 b	2,47 bc	4,25 bc
SM II/ Spruce II	L+F1	1,52	21,78 a	37,55 a
	F2	1,37	23,06	39,76
	H	1,02	16,82	28,99
	0-10	0,19 a	2,32 b	4,00 b
	10-20	0,14 a	3,32 c	5,72 c
MD/Larch	L+F1	1,76	29,97 b	51,67 b
	F2	1,53	25,94	44,73
	H	1,18	20,76	35,80
	0-10	0,17 a	2,22 ab	3,83 ab
	10-20	0,20 ab	2,13 abc	3,67 abc
KL/ Sycamore	0-10	0,38 c	4,20 c	7,24 c
	10-20	0,23 ab	2,58 bc	4,45 bc
Pole/Field	0-10	0,15 a	1,09 a	1,88 a
	10-20	0,13 a	1,13 ab	1,94 a
Louka/ Meadow	0-10	0,24 ab	2,32 b	4,00 b
	10-20	0,19 ab	1,83 ab	3,16 ab

Pozn.: Statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými plochami v rámci příslušného horizontu jsou označeny různými indexy

Note: Statistically significant differences among particular plots for corresponding horizons are indicated with different indexes

Tab. 7.

Celkový obsah makroživin v holorganických horizontech sledovaných ploch
Total macronutrients content in particular holorganic horizons of studied plots

Plocha/Plot	Horizont/ Horizon	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
SM I/Spruce I	L+F1	1,64 ab	0,08	0,12 a	0,55	0,06 a
	F2	1,51	0,10 a	0,16	0,10 a	0,06
	H	1,16	0,10 a	0,22	0,07	0,04 a
SM II/Spruce II	L+F1	1,50 a	0,08	0,11 a	0,51	0,08 b
	F2	1,39	0,08 ab	0,12	0,12 ab	0,17
	H	1,01	0,09 ab	0,20	0,06	0,41 b
MD/Larch	L+F1	1,70 b	0,08	0,24 b	0,43	0,08 ab
	F2	1,45	0,07 b	0,14	0,23 b	0,13
	H	1,19	0,08 b	0,21	0,14	0,34 b

Pozn.: Statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými plochami v rámci příslušného horizontu jsou označeny různými indexy

Note: Statistically significant differences among particular plots for corresponding horizons are indicated with different indexes

Tab. 8.

Obsah přístupných živin ve výluhu Mehlich III v jednotlivých horizontech sledovaných ploch
Plant available macronutrients content in the Mehlich III leach in particular horizons of studied stands

Plocha/Plot	Horizont/ Horizon	P	K	Ca mg/kg	Mg
SM I/Spruce I	L+F1	23 a	407	2 185 a	286 a
	F2	24	299	1 872	260 a
	H	23	344 b	1 811	269
	0-10	5 a	70 a	414 a	77 a
	10-20	5 a	54 a	368 a	69 ab
SM II/Spruce II	L+F1	26 a	420	2 410 ab	285 a
	F2	23	273	2 014	271 a
	H	18	195 a	1 463	227
	0-10	5 a	67 a	573 a	119 a
	10-20	1 a	54 a	751 bc	164 cd
MD/Larch	L+F1	41 b	601	3 004 b	503 b
	F2	31	277	2 532	408 b
	H	34	183 a	1 733	314
	0-10	10 ab	79 a	508 a	113 a
	10-20	5 a	92 ab	1 097 cd	220 e
KL/Sycamore	0-10	2 a	359 b	903 b	231 b
	10-20	1 a	191 b	737 abc	217 de
Pole/Field	0-10	29 c	87 a	1 045 b	108 a
	10-20	24 c	87 ab	1 141 d	115 bc
Louka/Meadow	0-10	20 bc	78 a	642 a	77 a
	10-20	14 b	55 a	626 ab	51 a

Pozn.: Statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými plochami v rámci příslušného horizontu jsou označeny různými indexy

Note: Statistically significant differences among particular plots for corresponding horizons are indicated with different indexes

hnojení těchto půd. Naopak velmi intenzivně rostoucí lesní porosty v průběhu padesáti let efektivně využily přístupný fosfor a zabudovaly jej do své biomasy. Množství této živiny pod lesními porosty nyní odpovídá podobným hodnotám zjištěným na Českomoravské vrchovině (PODRÁZSKÝ, PROCHÁZKA 2009) a na ŠLP Kostelec nad Černými lesy (PODRÁZSKÝ et al. 2010b). Nejvíce přístupného draslíku bylo zjištěno v porostu kleny, a to i v porovnání se zemědělskou půdou. Nejednoznačná je situace u vápníku. Nejvyšší hodnoty byly zjištěny na orné půdě, dále v porostu kleny. Nejméně Ca je na živinově chudším stanovišti ve smrku na LT 6P1. Významně vyšší obsah Mg je v humusových horizontech MD oproti SM. V minerálních horizontech je více hořčíku v porostech na LT 6O1 než ve smrkovém porostu na LT 6P1, přičemž nejvíce Mg je v porostu kleny. V porostu kleny je tedy více přístupných dvoumocnýchází než v jehličnatých porostech, půdní sorpční komplex je více nasycený bázemi a příznivější je i pH půdy, což ukazuje na významný meliorační vliv této dřeviny. Vcelku se potvrdila u většiny sledovaných veličin meliorační funkce kleny, nicméně plochy pod lesními dřevinami vykazovaly do značné míry vliv předchozího zemědělského využívání. Velkým otazníkem ale bude stabilita a zdravotní stav, především předpokládaný výskyt kmenových hnilob u těchto porostů a jejich další obhospodařování bude vyžadovat velkou pozornost a pravděpodobně i časnější začátek obnovy (VACEK et al. 2009).

ZÁVĚR

Předkládaný článek rozšiřuje zatím nepočtenou řadu prací, komplexněji popisujících vývoj porostů a změny půdního prostředí na zalesněných zemědělských půdách v našich podmínkách. Porosty lesních dřevin vykazovaly značný vliv na stav půd, a to v poměrně mladém věku 40 – 50 let. Došlo především k výrazné akumulaci biomasy dřevin, přírůst vesměs dosahoval hodnot přesahujících běžnou úroveň sledovanou u porostů na trvale lesní půdě. Dále byla doložena značná akumulace zásob nadložního humusu v porostech jehličnatých dřevin, která dosáhla hodnot běžných pro lesní porosty v podobných stanovištních podmínkách, třebaže stupeň transformace byl dosud nižší.

Jehličnany také nejvýrazněji ovlivnily pokles půdní reakce a vzestup hydrolytické acidity minerálních půdních horizontů, což je v souladu s očekáváním, v zemědělsky využívaných půdách byla pak nižší kationtová výměnná kapacita. Díky extrémnímu stanovišti nebyly změny charakteristik výrazné a jednoznačné. Nejnižší obsah humusu a celkového dusíku vykazovala orná půda, trvalý travní porost a zejména lesní dřeviny pak přispěly výrazně ke zvýšení obsahu obou typů látek v minerálních půdních horizontech. Značná množství živin pak byla poutána v holorganických vrstvách.

Zemědělská půda si dosud uchovala značné množství přístupného fosforu jako méně pohyblivé živiny, naopak obsah bází uchoval ve srovnání s koniferami porost kleny jako výrazné meliorační dřeviny. Změny v lesních půdách probíhaly především jako důsledek odběru živin a jejich fixace v biomase, a pak dále v důsledku zvýšení obsahu organických látek v hlubších horizontech ve srovnání se zemědělskou půdou.

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu NAZV QI102A085 „Optimalizace pěstebních opatření pro zvyšování biodiverzity v hospodářských lesích“.

LITERATURA

- BARTOŠ J., PETR T., KACÁLEK D., ČERNOHOUS V. 2006. Dřevoprodukční funkce porostů první generace lesa na zemědělských půdách. In: Neuhöferová, P. (ed): Zalesňování zemědělských půd – výzva pro lesnický sektor. Sborník referátů. Kostelec n. Černými lesy, 17. 1. 2006. Praha, ČZU v Praze: 81-88.
- BARTOŠ J., ŠACH F., KACÁLEK D., ČERNOHOUS V. 2007. Ekonomické aspekty druhového složení první generace lesa na bývalé zemědělské půdě. Zprávy lesnického výzkumu, 52: 11-17.
- ČERNÝ M., PAŘEZ J., MALÍK Z. 1996. Růstové a taxační tabulky hlavních dřevin České republiky (smrk, borovice, buk, dub). Jílové u Prahy, IFER – Ústav pro výzkum lesních ekosystémů: 245 s.
- DUŠEK D., SLODIČÁK M. 2009. Struktura a statická stabilita porostů pod různým režimem výchovy na zemědělské půdě. Zprávy lesnického výzkumu, 54: 12-16.
- GREEN R.N., TROWBRIDGE R.L., KLINKA K. 1993. Towards a taxonomic classification of humus forms. Forest Science Monograph, 29: 49 s.
- HAGEN-THORN A., CALLESEN I., ARMOLAITIS K. 2004. The impact of six European tree species on the chemistry of mineral topsoil in forest plantation on former agricultural land. Forest Ecology and Management, 195: 373-384.
- HATLAPATKOVÁ L., PODRÁZSKÝ V. 2011. Obnova vrstev nadložního humusu na zalesněných zemědělských půdách. Zprávy lesnického výzkumu, 56: 228-234.
- KACÁLEK D., BARTOŠ J., ČERNOHOUS V. 2006. Půdní poměry zalesněných zemědělských pozemků. In: Neuhöferová, P. (ed): Zalesňování zemědělských půd – výzva pro lesnický sektor. Sborník referátů. Kostelec n. Černými lesy, 17. 1. 2006. Praha, ČZU v Praze: 169-178.
- 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., ČERNOHOUS V., SLODIČÁK M., BARTOŠ J., BALCAR V. 2010. Vlastnosti nadložního humusu a svrchní vrstvy půdy pod smrkem, modřínem a olší v podmínkách bývalé zemědělské půdy. Zprávy lesnického výzkumu, 55: 158-164.
- MAREŠ R. 2006. Houby v lesních porostech na bývalých zemědělských půdách – metodické přístupy k studiu jejich role. In: Neuhöferová, P. (ed): Zalesňování zemědělských půd – výzva pro lesnický sektor. Sborník referátů. Kostelec n. Černými lesy, 17. 1. 2006. Praha, ČZU v Praze: 133-138.
- MAUER O. 2006. Zalesňování zemědělských půd v nadmořských výškách 400 – 700 metrů na vodou neovlivněných stanovištích. In: Neuhöferová, P. (ed): Zalesňování zemědělských půd – výzva pro lesnický sektor. Sborník referátů. Kostelec n. Černými lesy, 17. 1. 2006. Praha, ČZU v Praze: 201-208.
- NĚMEČEK J. et al. 2001. Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. Praha, ČZU, VÚMOP: 79 s.
- 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 n. Černými lesy, 17. 1. 2006. Praha, ČZU v Praze: 155-162.
- NOVOTNÝ R., ČERNÝ D., ŠRÁMEK V. 2010. Nutrition of silver fir (*Abies alba* Mill) growing at the upper limit of its occurrence in the

- Šumava National Park and Protected Landscape Area. *Journal of Forest Science*, 56: 381-388.
- PETRÁŠ R., PAJTÍK J. 1991. Sústava česko-slovenských objemových tabuliek drevín. *Lesnícky časopis*, 37: 49-56.
- PODRÁZSKÝ V., ŠTĚPÁNÍK R. 2002. Vývoj půd na zalesněných zemědělských plochách – oblast LS Český Rudolec. *Zprávy lesnického výzkumu*, 47: 53-56.
- PODRÁZSKÝ V. 2006. Effects of thinning regime on the humus form state. *Ekológia (Bratislava)*, 25: 298-305.
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J., ULBRICHOVÁ I. 2006. Rychlost regenerace lesních půd v horských oblastech z hlediska kvantity nadložního humusu. *Zprávy lesnického výzkumu*, 51: 230-234.
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J. 2008. Rychlost obnovy charakteru lesních půd na zalesněných lokalitách Orlických hor. *Zprávy lesnického výzkumu*, 53: 89-93.
- PODRÁZSKÝ V., PROCHÁZKA J. 2009. Effects of the reforestation of agricultural lands on the humus form development in the middle altitudes. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 40: 41-46.
- PODRÁZSKÝ V., KAPIČKA A., KOUBA M. 2010a. Restoration of forest soils after bulldozer site preparation in the Ore Mountains over 20 years development. *Ekológia (Bratislava)*, 29: 281-289.
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J., TAUCHMAN P., HART V. 2010b. Douglaska tisolista a její účinky na zalesněných zemědělských půdách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 55: 12-17.
- ŠMELKO Š. 2000. *Dendrometria*. Vysokoškolská učebnica. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 399 s.
- ŠPULÁK O. 2006. Příspěvek k historii zalesňování zemědělských půd v České republice. In: Neuhöferová, P. (ed): *Zalesňování zemědělských půd – výzva pro lesnický sektor*. Sborník referátů. Kostelec n. Černými lesy, 17. 1. 2006. Praha, ČZU v Praze: 15-24.
- VACEK S. et al. 2009. Zakládání a stabilizace lesních porostů na bývalých zemědělských a degradovaných půdách. Kostelec nad Černými lesy, *Lesnická práce*: 792 s.
- VAVŘÍČEK D., PECHÁČEK J., JONÁK P., SAMEC P. 2010. The effect of point application of fertilizers on the soil environment of spread line windrows in the Krušné hory Mts. *Journal of Forest Science*, 56: 195-208.

PRODUCTION AND DEVELOPMENT OF SOIL ENVIROMENT OF FOREST STANDS ON FORMER AGRICULTURAL LANDS IN THE REGION OF CZECH-MORAVIAN HIGHLAND

SUMMARY

The presented study evaluates the production and soil forming characteristics of forest stands established in the 1960s on former agricultural lands and compares them with stands on the forest sites. The studied stands are located close to village Krucemburk in the Czech-Moravian Highland on water-affected sites in the 6th vegetation altitudinal zone. The set of permanent research plots was established in 2 Norway spruce (*Picea abies* (L.) KARST.) stands, 1 European larch (*Larix decidua* MILL.) and 1 sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.) stands (Tab.1). In selected stands, the soil conditions were described and the humus form restoration was documented, comparing with the meadow and arable soil sites in the vicinity. Altitude ranges between 610 – 640 m a.s.l., average year temperature between 5 – 6 °C, average precipitation reaches 700 – 800 mm, bedrock is formed by acid poor metamorphites: phyllite and metarhyolite.

The standing volume inventory documents high production potential of stands on former agricultural lands. The highest standing volume was quantified in the Norway spruce stand on the ecosite LT 6O1 (Fresh (Nutrient medium) Spruce – Fir with *Oxalis acetosella*), 866 m³/ha at the age of 53 years, exceeding the model production of respective species by 50% (Tab. 3). For compared pairs of spruce stands, in one case higher standing volume was documented compared to steadily forested site, in the other this characteristic was comparable. There were determined the surface humus layers of 60 – 80 t/ha in the coniferous stands (Tab. 4). The effects of former agricultural use are still visible, especially the lowering of humus content and higher macronutrient contents. The most favorable effect was documented under sycamore; Norway spruce has a pioneer character to a certain extent, owing to rapid restoration of the surface humus (Tab. 5 – 8).

The results support the fact that the afforestation of agricultural lands represents a highly economical treatment comparing to former (agriculture in marginal condition) use. Production of new stands is high; they need a special care because of the threat of root rot danger, and also a qualified thinning for higher stability. The shortening of rotation period, earlier regeneration start and completing of species composition with site corresponding stabilizing and soil improving species represent proper management. On the contrary, the restoration of forest soil character is quite fast.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

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