

Effect of forest tree species on the humus form state at lower altitudes

V. V. PODRÁZSKÝ, J. REMEŠ

Faculty of Forestry and Environment, Czech University of Agriculture in Prague, Prague, Czech Republic

ABSTRACT: The paper documents the effects of forest stands of different species composition on the humus form state and soil profile chemistry. It compares the situation in mixed broadleaved (ash, oak, hornbeam), basswood and spruce stands. Spruce demonstrates the site degradation effects: raw humus accumulation, soil acidification, negative effects on nutrient dynamics. Both broadleaved stands were similar as for site effects, lower litter accumulation, more rapid organic matter mineralization and more rapid nutrient cycling and intense uptake were documented in the basswood stand.

Keywords: humus forms; species composition; site degradation; species effect on soil

Trends of close-to-nature forestry have been supported worldwide in the last decades. Sustainable forest management is a standard of forest policy strategy in European countries including the Czech Republic. On the other hand, the impacts of these processes and tendencies on the environment have not been evaluated. Problems of forest soils including humus forms were studied relatively often in former Czechoslovakia by the nineties (KLIMO 1983; LOCHMAN 1976; PEŘINA, VINTROVÁ 1958; PRUDIČ 1972, 1975; ŠARMAN 1979, 1981, 1982a,b, 1985, 1986, 1987; ŠKOLEK, BUBLINEC 1981), but studies of this type are missing almost completely since the forestry research base was reduced in the last two decades. Only a limited number of recent papers is available (KANTOR 1989; PODRÁZSKÝ 1994, 1995a,b).

Study of the relation tree species – forest soil is vitally important from at least two aspects: (1) quantification of impacts of changes in the tree species composition on the forest soils and on the contrary,

(2) necessary soil changes enabling and supporting this desirable shift. The aim of the present study is to evaluate the tree species change effects on the humus form amount as well as quality at lower altitudes. Results of international experience exchange and contacts will be used in the methodical and discussion parts (EMMER 1995; WESEMAEL 1992).

MATERIAL AND METHODS

Research activities were located in the territory of former Vřešřov Forest District, today Hořice District, in Forest Stand 584 E (former 48 c). The altitude of the study area was 300 m above sea level, average annual precipitation derived from 4 neighbouring meteorological stations (Doubravice, Hořice, Jaroměř, Kuks) was 680 mm, 390 mm in the vegetation period. Average annual temperature was 7.8°C, rain factor (Lang) 87. The geological bedrock is built of Cretaceous sediments, marly shales, marls, marly stones, heavy

Supported by Ministry of Education, Youth and Sports, Research Project MSM No. 414100009 *Restoration of the Functioning Forest Ecosystems of the Krušné hory Mts.*, of the Faculty of Forestry and Environment of Czech University of Agriculture in Prague. Results were presented to the Conference *Sustain Life – Secure Survival*, CUA Prague, Prague September 22nd–25th 2004.

Table 1. Thickness of particular pedogenetic horizons and dry mass amount of holorganic horizons in stand parts dominated by different tree species

Plot	Horizon	Depth (cm)	Weight	
			(g/m ²)	(t/ha)
1 – oak, ash, hornbeam	L + F1	0–0.5	165.44	1.65
	F2 + H	0.5–1	640.40	6.40
	Ah	1–5	Total	805.84
	Ae	5–18		
	Bg	18+		
2 – basswood	L + F + H	0–0.5	Total	316.2
	Ah	0.5–5		
	Ae	5–18		
	B	18+		
3 – spruce	L + F1	0–1	486.52	4.87
	F2 + H	1–2	2,653.72	26.54
	Ah	2–6	Total	3,140.24
	Ae	6–19		
	B	19+		

soils have developed through pedogenesis, especially the Luvisols.

The history of forest management included several stages. Original mixed stands with oak dominance (usually coppices) were replaced by spruce monocultures more than a century ago. Regenerating these even-aged spruce monocultures, particular parts were restored by planting broadleaved tree species. New Norway spruce and Douglas fir stands were es-

tablished only in some parts. Our study was focused on three stands (age 30–40 years):

Stand 1 was a mixture of broadleaved tree species (oak – *Quercus robur* L., sycamore – *Acer pseudo-platanus* L., maple – *Acer platanoides* L., basswood – *Tilia* spp., ash – *Fraxinus excelsior* L.), Stand 2 is a gap of basswood (*Tilia cordata* Mill. and *Tilia platyphyllos* Scop. admixture), Stand 3 is a Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) and Douglas fir (*Pseudotsuga*

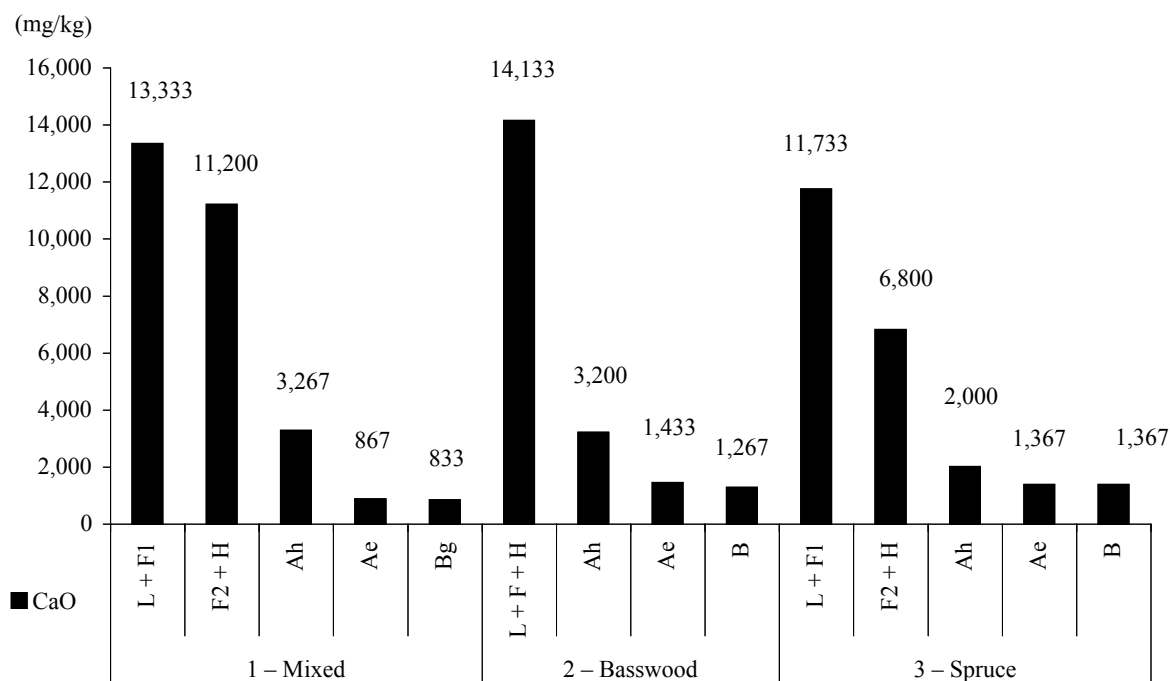


Fig. 1. Available calcium content in stand parts dominated by different tree species

Table 2. Total nutrient content in holorganic horizons in stand parts dominated by different tree species (%)

Plot	Horizon	N	P	K	Ca	Mg
1 – mixed	L + F1	1.92	0.03	0.20	1.10	1.102
	F2 + H	1.52	0.02	0.28	1.14	0.068
2 – basswood	L + F + H	1.06	0.02	0.31	1.06	0.062
3 – spruce	L + F1	1.54	0.01	1.17	1.04	0.052
	F2 + H	1.19	0.01	1.34	0.42	0.042

menziesii [Mirbel] Franco.) part. In the studied part, Norway spruce dominated.

Samples of particular holorganic and mineral soil horizons were taken in all stands in autumn 1998, in four replications in each stand (GREEN et al. 1993). Bulk samples from particular horizons were prepared directly in the field, analyses were performed by standard methods in a laboratory at Opočno Forest Research Station. The following analyses were performed: thickness and amount of individual holorganic horizons (dry matter at 105°C), content of total nutrients (mineralization by sulphuric acid and selenium, AAS). For all samples, holorganic and mineral ones, we determined: pH in water and 1 N KCl, adsorption complex characteristics according to Kappen (S – base content, H – hydrolytic acidity, T – cation exchange capacity, V – base saturation), total carbon and nitrogen content by combustion and Kjeldahl methods and plant available macronutrient content in a 1% citric acid solution. Statistical evaluation is limited using the bulk sample method,

financial reasons were the major limiting factor. Despite of this fact, the used method is accepted in literature.

RESULTS AND DISCUSSION

Results are summarized in Tables 1 to 4. In the first of them the measured thickness of particular pedo-genetic horizons is presented and the mass of holorganic horizons in individual stands is determined. Results documented the humus form Vermimull in the broadleaved stands and the Mullmoder type in the spruce stand (GREEN et al. 1993). The tendency of surface humus accumulation and slowed organic matter turnover were documented in the coniferous stand parts, correspondingly to generally supposed trends. The same is confirmed by the evaluation of surface humus accumulation. In the mixed stand, the surface humus amount was determined as 8.05 t/ha, being 3.16 t/ha in the basswood part, and 10 times higher amount of 31.40 t/ha was documented in the

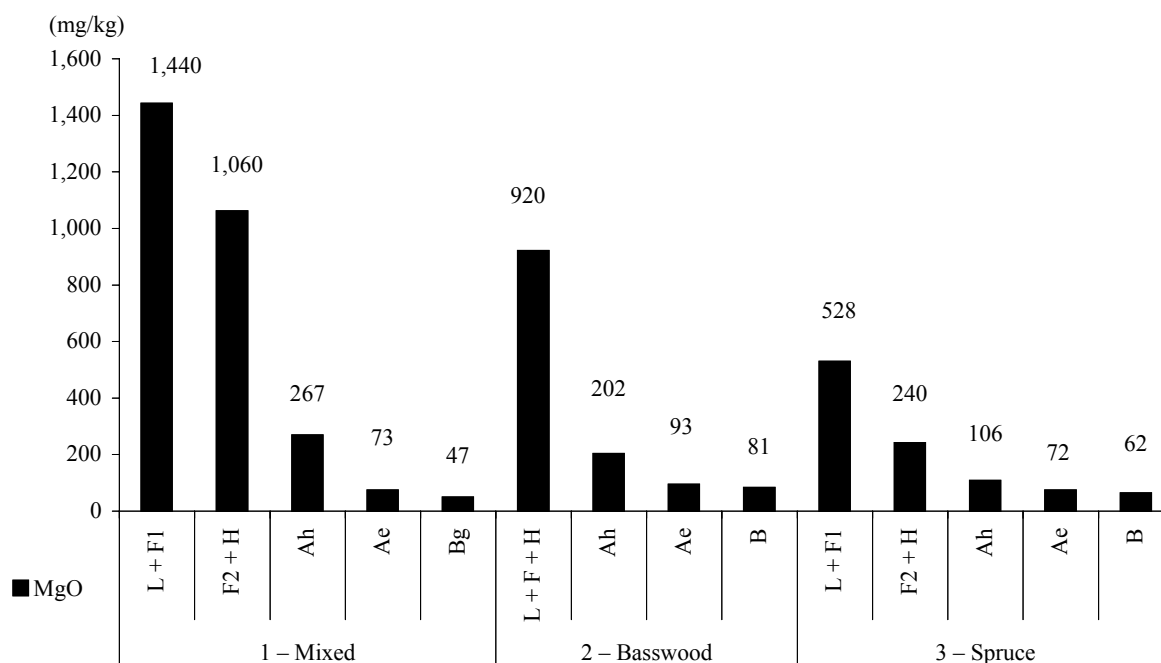


Fig. 2. Available magnesium content in stand parts dominated by different tree species

Table 3. Soil chemistry in stand parts dominated by different tree species

Plot	Horizon	pH H ₂ O	pH KCl	S	H	T	V
				(mval/100 g)			(%)
1 – mixed	L + F1	6.3	5.2	70.4	16.6	87.0	80.9
	F2 + H	6.4	5.3	82.9	10.5	93.4	88.8
	Ah	5.9	4.4	25.2	7.4	32.6	77.3
	Ae	5.5	3.4	6.6	7.6	14.1	46.4
	Bg	5.7	3.4	4.2	6.2	10.4	40.2
2 – basswood	L + F + H	7.0	5.5	68.1	6.6	74.7	91.1
	Ah	6.1	4.5	23.7	5.3	29.1	81.7
	Ae	5.6	3.6	13.6	5.3	19.2	72.3
	B	5.9	3.5	9.5	7.9	17.4	54.7
3 – spruce	L + F1	6.9	4.9	45.1	6.1	51.2	88.2
	F2 + H	6.1	4.5	38.0	16.4	54.4	69.8
	Ah	5.3	3.5	15.0	9.8	24.8	60.4
	Ae	5.4	3.4	10.8	8.4	19.2	56.3
	B	5.6	3.6	11.6	5.8	17.4	66.8

Table 4. Total humus, nitrogen and available nutrient content in stand parts dominated by different tree species

Plot	Horizon	Humus	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
		(%)	(%)	(mg/kg)			
1 – mixed	L + F1	78.7	1.20	495	2,160	13,333	1,440
	F2 + H	52.4	1.16	266	1,013	11,200	1,060
	Ah	14.9	0.64	138	240	3,267	267
	Ae	4.5	0.18	60	83	867	73
	Bg	2.5	0.10	91	52	833	47
2 – basswood	L + F + H	51.6	1.13	204	2,213	14,133	920
	Ah	10.5	0.43	98	265	3,200	202
	Ae	5.4	0.21	33	128	1,433	93
	B	2.5	0.16	17	82	1,267	81
3 – spruce	L + F1	56.5	1.49	457	1,173	11,733	528
	F2 + H	41.4	1.21	113	327	6,800	240
	Ah	8.0	0.37	35	135	2,000	106
	Ae	5.0	0.21	16	90	1,367	72
	B	3.4	0.13	8	67	1,367	62

spruce one. In similar site conditions, the amount of the surface humus accumulation was comparable (PODRÁZSKÝ 2003; PODRÁZSKÝ et al. 2002).

Content of total nutrients in the holorganic layers is documented in Table 2. The lowest content of total nitrogen was registered in the basswood stand, higher in the spruce one and the highest under the mixed stand of oak, ash and hornbeam. Basswood is probably a species with very high requirements for this macroelement and fixes it effectively. On the contrary, the lowest phosphorus content was registered under spruce, other species having a similar

effect on the P content of the surface humus. Potassium content was the highest under the spruce stand, both stands of broadleaved species showed much higher requirements for this nutrient – probably also the herb layer contributed to this fact. Similar trends were documented at other sites, accordingly to site character and site-specific nutrient supply (PODRÁZSKÝ 2003; PODRÁZSKÝ, ŠTĚPÁNÍK 2002). The content of divalent bases (Ca, Mg) decreased in the supposed order: mixed stand – basswood – spruce, documenting an increased trend of soil acidification (Figs. 1 and 2).

Table 3 documents a site of very high quality – pH (H_2O) is almost neutral, base saturation (V-value) reached 40–90%. This fact is the consequence of the geological bedrock, very rich in bases. Soil reaction determined in the water documents similar pH dynamics under both broadleaved stands, slightly higher acidity than under spruce. As for pH_{KCl} , the values were similar in the soil of broadleaved stands, being lower in the litter and Ah horizon of the spruce stand. Almost the same dynamics was documented for base content and base saturation. For these two characteristics, different dynamics in the soil profile was observed in the B-horizon. In the stands of broadleaves, the values in the mineral horizon part decreased downwards, a slight increase was determined in the spruce stand – accumulation of bases in the B-horizon again. This was observed in other cases after needle-trees cultivation too (PODRÁZSKÝ 2003), this could probably indicate incipient site degradation (leaching of bases and/or peptized clays, probably “luvization type”). Hydrolytic acidity was higher under spruce (A-horizons), as for the soil adsorption complex characteristics the differences observed between the stands were not very obvious.

Total humus content was the highest under mixed broadleaved stand (Table 4), followed by the basswood one and finally the lowest values (down to Ah horizon) were documented under spruce. In the B-horizons, the humus content was increased under spruce slightly again. Leaching of soluble carbon substances is probable there.

Total N-content was the highest under the spruce stand in the holorganic horizons, documenting slower organic matter turnover. The tendency was the contrary in the Ah horizon. Lower, the N-contents were quite similar among all stands. The results indicate slower N-mineralization and more intense incorporation in the mineral Ah-horizon under both broadleaved stands (PODRÁZSKÝ, KANTOR 1990; PRUDIČ 1972, 1975). The plant available nutrient contents also showed a remarkable decrease in the order: mixed stand – basswood – spruce, with several deviations from this general trend. The basswood stand is selectively very demanding for some nutrients, causing their decrease in the studied soil profile. The mixed stand conserves the nutrients most effectively in the solum, which supports the tendencies of mixed stand cultivation for environmental reasons.

CONCLUSIONS

Obtained results confirmed the considerably different dynamics of humus forms under stands of

different species composition. The soil as well as humus form state in the stands of coniferous species can be described as incipient degradation and acidification. In the mixed stand, the surface humus amount was determined as 8.05 t/ha, being 3.16 t/ha in the basswood part, and 10 times higher amount of 31.40 t/ha was documented in the spruce stand. The mixed stand showed the soil characteristics that can be considered as the most favourable. Any mono-specific stand (needle-trees, basswood) showed worse soil conditions. This can be observed in the case of soil reaction, soil adsorption complex characteristics and nutrient dynamics. As a recommendation for the forestry practice, the cultivation of mixed forest stands with the site corresponding species can be proposed.

References

- EMMER M.I., 1995. Humus form and soil development during a primary succession of monoculture *Pinus sylvestris* forests on poor sandy substrates. (Thesis Universiteit van Amsterdam.) Amsterdam, University of Amsterdam: 135.
- GREEN R.N., TROWBRIDGE R.L., KLINKA K., 1993. Towards a Taxonomic Classification of Humus Forms. Forest Science, 39, Monograph Nr. 29, Supplement to Nr. 1: 49.
- KANTOR P., 1989. Meliorační účinky porostů náhradních dřevin. Lesnictví, 35: 1047–1066.
- KLIMO E., 1983. Vliv holopasečného způsobu těžby dřeva na půdní vlastnosti a koloběh elementů v ekosystému smrkového lesa. Lesnictví, 29: 497–512.
- LOCHMAN V., 1976. Vliv pěstebních zásahů na chemické vlastnosti humusu a jeho dynamiku v půdách smrkových porostů v objektu Želivka. Lesnictví, 22: 861–880.
- PEŘINA V., VINTROVÁ E., 1958. Vliv opadu na humusové poměry borových porostů na pleistocenních písčích. Lesnictví, 4: 673–688.
- PODRÁZSKÝ V., 1994. Effects of substitute tree species on the upper soil status. In: TESAŘ. V. (ed.), Management of Forests Damaged by Air Pollution. Trutnov, IUFRO: 71–74.
- PODRÁZSKÝ V., 1995a. Vliv porostů náhradních dřevin na svrchní vrstvu půdy. Práce VÚLHM, 80: 33–40.
- PODRÁZSKÝ V., 1995b. Vliv pěstebních opatření na akumulaci a pedochemické vlastnosti nadložního humusu a charakter svrchní vrstvy minerální půdy. [Habilitační práce.] Opočno, ČZU v Praze: 165.
- PODRÁZSKÝ V., 2003. Effects of Giant fir cultivation on the humus form. Scientia agriculturae bohemica, 34: 63–66.
- PODRÁZSKÝ V., KANTOR P., 1990. Meliorační účinky porostů náhradních dřevin. [Závěrečná zpráva.] Opočno, VÚLHM, VS: 28.
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ, J., KARNET P., 2002. Hodnotová produkce a půdotvorná funkce třešně ptačí. Lesnická práce, 81: 255–257.

- PODRÁZSKÝ V., ŠTĚPÁNÍK R., 2002. Vývoj půd na zalesněných zemědělských plochách – oblast LS Český Rudolec. Zprávy lesnického výzkumu, 47: 53–56.
- PRUDIČ Z., 1972. Vliv habru na půdu a produkci borových porostů předhoří Moravských Karpat. Lesnictví, 18: 689–700.
- PRUDIČ Z., 1975. Vliv osiky na humusové a půdní podmínky smrkových porostů bukové doubravy a jedlové bučiny. Lesnictví, 21: 621–625.
- ŠARMAN J., 1979. Vliv pěstebního zásahu na stav povrchového humusu v jedlovém porostu. Lesnictví, 25: 595–604.
- ŠARMAN J., 1981. Lesnické půdoznalství s mikrobiologií. Praha, Státní pedagogické nakladatelství: 225.
- ŠARMAN J., 1982a. Vliv probírky na povrchový humus ve smrkovém porostu. Lesnictví, 28: 31–42.
- ŠARMAN J., 1982b. Příspěvek k poznání dynamiky kvantity a kvality povrchového humusu smrkového porostu. Lesnictví, 28: 793–808.
- ŠARMAN J., 1985. Vliv probírky na humusový profil v bukovém porostu. Lesnictví, 31: 341–349.
- ŠARMAN J., 1986. Vliv různé intenzity prořezávky v dubové mlazině na některé půdní vlastnosti. Lesnictví, 32: 637–644.
- ŠARMAN J., 1987. Vliv věku porostu na půdní vlastnosti ve smrčinách. Acta Universitatis Agriculturae, Series C, Silviculturae, 56: 57–70.
- ŠKOLEK J., BUBLINEC E., 1981. Pôdno-mikrobiologické aspekty smrekového, zmiešaného a bukového ekosystému. Lesnictví, 27: 371–382.
- 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.

Received for publication September 30, 2004

Accepted after corrections December 20, 2004

Vliv lesních dřevin na stav humusových forem v nižších polohách

V. V. PODRÁZSKÝ, J. REMEŠ

Fakulta lesnická a environmentální, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, Česká republika

ABSTRAKT: Příspěvek dokumentuje vliv lesních porostů s různým druhovým složením na humusové formy a půdní chemismus. Srovnává stav v porostu s přirozeným druhovým složením (dub, habr, jasan) v porostní části s dominancí lípy a v části s dominancí smrku. Smrk vykazuje degradační vliv: akumulaci nadložního humusu, acidifikaci půdy, negativní dopady na cykly živin. Oba listnaté porosty vykazovaly podobné charakteristiky půd, v porostu lípy byla doložena nižší akumulace povrchového humusu, rychlejší mineralizace a koloběh živin.

Klíčová slova: humusové formy; druhové složení; degradace stanoviště; vliv dřevin na půdu

Vlivu lesopěstebních opatření včetně vlivu lesních dřevin na stav humusových forem je dosud věnována poměrně malá pozornost. Přitom humusové formy představují ekosystémovou složku, vykazující poměrně snadno – na rozdíl od minerálních půdních horizontů i cenóz – změny vlivem opatření managementu. V příspěvku je doložen vliv porostů s různým druhovým složením na stav humusových forem v nižších polohách. Výzkum byl prováděn na LS Hořice, v porostu 584 E (dříve polesí Vřeštev, 48 c, LZ Dvůr Králové nad Labem). Nadmořská výška lokality je okolo 300 m, průměrné roční srážky

680 mm, ve vegetační sezoně 390 mm, průměrná roční teplota 7,8 °C. Geologický podklad je tvořen druhohorními sedimenty, opukami, slínovci a slíny, půda je většinou typu luvizemě.

Původní smíšené lesy byly v minulosti obhospodařovány jako pařeziny, později převáděny na jehličnaté monokultury. V posledních 30–40 letech pak vznikaly na lokalitě části s odlišným druhovým složením: (1) smíšený les s převahou dubu, klenu, mléče a jasanu, (2) čistý porost lípy a (3) porost smrku (s douglaskou). Vzorky humusových forem byly odebírány kvantitativně na podzim r. 1998 (holorga-

nické vrstvy) ve čtyřech opakováních (směsné vzorky připraveny v terénu) a byly u nich stanoveny kvantita a základní pedochemické vlastnosti: množství sušiny při 105 °C, obsah celkových živin (N, P, K, Ca, Mg) po mineralizaci směsí selenu a kyseliny sírové (AAS), pH ve vodě a v 1 N KCl, charakteristiky sorpčního komplexu podle Kappena (S – obsah bází, H – hydrolytická acidita, T – kationtová výměnná kapacita, V – nasycení sorpčního komplexu bázemi), obsah celkového uhlíku a dusíku a v minerálním horizontu obsah přístupných živin ve výluhu 1% kyselinou citronovou.

Výsledky jsou shrnuty v tab. 1–4. Doložily značné rozdíly v charakteru humusových forem. V porostech jehličnanů lze pozorovat počínající degradaci a acidifikaci půdy. Ve smíšeném porostu byla doložena zásoba nadložního humusu 8,05 t/ha, v lipovém porostu

3,16 t/ha a desetkrát více, 31,40 t/ha, v porostu smrku (tab. 1). Tab. 2 dokládá obsah celkových živin v holorganických vrstvách, kde byly doloženy nejvyšší hodnoty ve smíšeném listnatém porostu. Podobně tomu bylo se základními charakteristikami půdního sorpčního komplexu (tab. 3) i přístupných živin (tab. 4). V jehličnatém porostu bylo dokumentováno lokální zvýšení pH KCl, obsahu bází a nasycení sorpčního komplexu bázemi v horizontech B. To již může indikovat translokaci živin v rámci půdního profilu. Stav půdního chemismu byl celkově nejpříznivější v porostu smíšeném, každý monokulturní porost vykazoval známky jednostranné zátěže půdy. Lze tedy doporučit pěstování smíšených porostů optimálně využívajících půdní prostředí.

Corresponding author:

Prof. Ing. VILÉM V. PODRÁZSKÝ, CSc., Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a environmentální,
165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika
tel.: + 420 224 382 720, fax: + 420 224 381 860, e-mail: podrazsky@lf.czu.cz
