

**SKETCH OF THE CHEMICAL VARIABILITY OF SOILS IN THE UPPER LIMIT
OF BEECH OCCURRENCE IN THE JIZERSKÉ HORY MTS.**

*NÁSTIN VARIABILITY CHEMISMU PŮD PŘI HORNÍ HRANICI ROZŠÍŘENÍ BUKU
V JIZERSKÝCH HORÁCH*

ONDŘEJ ŠPULÁK

ABSTRACT

In the upper part of the Jizerské hory Mts., beech forests and forests with higher proportion of beech are preserved in surroundings of Ptačí kupy and Ořešník localities only. The composition of ground vegetation is limited to three main species: Calamagrostis villosa, Vaccinium myrtillus and Avenella flexuosa. In autumn 2004, totally 111 soil pits (L, F, H and Ah horizons) were taken to assess variability of pedochemical properties and possible differences of site fertility in relation to predominate forest weed species. Variants of sampling were: "C. villosa – sparse", "C. villosa – medium dense", "C. villosa – dense", "Avenella flexuosa", "Vaccinium myrtillus" and "litter". The samples were analysed to gain active and exchangeable acidity, characteristics of adsorption complex (next to Kappen: S – content of extensible bases, T – kation exchangeable capacity, H – hydrolytical acidity and V – saturation of the adsorption complex with bases), total C and N content (Springer-Klee method), accessible nutrient content and total nutrient content in humus horizons (after mineralization (H₂SO₄ + Se). This paper brings first results of the evaluation.

Keywords: soils, chemical analysis, variability, beech forests

ABSTRAKT

Bukové porosty a porosty s vyšším zastoupením buku jsou v horních partiích Jizerských hor zachovány v okolí lokalit Ptačí kupy a Ořešník. Bylinný podrost zde tvoří převážně kombinace Calamagrostis villosa, Vaccinium myrtillus a Avenella flexuosa. Cílem práce bylo posouzení rozpětí pedochemických charakteristik zdejších půd a zjištění, zda jsou signifikantní rozdíly mezi trojností stanovišť ve vztahu k převládajícímu bylinnému pokryvu. Proto bylo na podzim roku 2004 odebrána série vzorků z celkem 111 odběrných míst pod porostem ve variantách C. villosa – řídká, C. v. – středně hustá a C. v. – hustá, Avenella flexuosa, Vaccinium myrtillus a hraban-ka. Byly odebrány humusové horizonty (L, F, H) a první minerální horizont (Ah), rozbory bylo stanoveno aktivní a výměnné pH, charakteristiky půdního sorpčního komplexu podle Kappena (S – obsah výměnných bází, T – kationtová výměnná kapacita, H – hydrolytická acidita a V – nasycení sorpčního komplexu bázemi), dále obsah celkového uhlíku a dusíku metodou Springer-Klee, obsah makroelementů (P, K, Ca, Mg, Fe) ve výluhu 1% kyselinou citrónovou a obsah celkových živin v humusových horizontech (po mineralizaci H₂SO₄ + Se). Příspěvek přináší první výsledky tohoto šetření.

Klíčová slova: půdy, chemický rozbor, variabilita, bukové porosty

INTRODUCTION

Edaphical factors (parent rock, soil type and soil texture class, depth of soil, its chemistry, soil water, edaphon, humus etc.) influence presence, character and de-

velopment of forest ecosystems (Poleno, Vacek 2005). Soil chemistry is one of the most important parameters affecting plant nutrition and prosperity. The supply of nutrients and their reciprocal proportion influence tolerance and stability of plants too. Soil quality is strongly dependent on parent rock and climate. However organisms – animals and plants – have considerable ability to influence and utilize physical and chemical processes in soil and so participate on the soil development (Otto 1994).

In the central Europe, beech is the tree species with wide ecological amplitude. In the Czech Republic, beech is a natural component of forest ecosystems from 2nd (1st) to 7th (8th) forest vegetation zones (FVZ), with dominance in the 3rd to 6th FVZ. It grows on a wide spectrum of edaphic categories from extreme, acidic, fertile to enriched ones. In the upper localities, number of species of ground vegetation in these forests is restricted but can influence natural regeneration of beech (Špulák 2005).

Ground plant vegetation can characterise microsite conditions of the forest locations. From the occurrence of specific species we can speculate light, soil moisture and maybe rough soil nutrient content. The swards of grasses (*Calamagrostis* sp.) were demonstrated to mitigate the acidification of soil solution and the leaching of basic cations (Ca^{2+} , Mg^{2+}) from soil (Fiala et al. 2005).

The question is, whether there are real significant differences of chemical characters of the soils covered with various main species of forest weed in the forests of the upper limit of the occurrence of beech. This paper brings partial solution only.

EXPERIMENT LAYOUT AND METHODS

Beech stands and stands with higher proportion of beech in the upper part of the Jizerské hory Mts. are nowadays situated in a few localities only. The localities of Ptačí kupy and Ořešník, which are the highest ones, were in 2004 chosen for research of regeneration of beech in these conditions.

The beech stands and spruce with beech stands on the locality of Ptačí kupy (880 – 1013 m above sea level) are maintained in three fragments. Research object Ptačí kupy I. (880 – 930 m a. s. l.) was established in the northern one. It lays on the upper edge of the 6th FVZ, NE exposition, slope ca 18°. Stand is about 25 m high beech forest with medium to heavily broken canopy.

Research object Ptačí kupy II. is localised to the highest elevation of the locality (950 – 970 m above sea level. Parent stand is about 20 m high slightly canopy opened beech with spruce forest, 10° slope is oriented to SW. The object Ptačí kupy III. (880 m a. s. l.) is localized in the third, southern part of the locality, SW oriented slope ca 5°, parent stand is about 25 m high slightly opened beech stand. Research object Ořešník occupies locality (780 - 840 m a. s. l.) of beech stand fragments on the plateau or moderate NW slope (0° - 15°) of the identically called ridge. Mean height of the medium opened parent stand is about 20 to 25 m.

For the research of natural regeneration, stabilized little plots (square 2 x 2 m) on

the research objects were set. They were situated in six variants of main plant cover (PCV): “*Calamagrostis villosa*” with three various densities (Ca – sparse, Cb – middle density, Cc – dense), “*Vaccinium myrtillus*” (V), “*Avenella flexuosa*” (A) and “litter” (h). Positions with initial stadium of regeneration were preferred.

In autumn 2004, pedological investigation was made. Humus horizons (L, F, H) and first mineral horizon (Ah) were sampled in the neighborhood of every little plot (444 samples totally – tab. 1). The samples were analysed in the Tomáš chemical laboratory in Opočno. The parameters checked were: active and exchangeable acidity, characteristics of adsorption complex (by Kappen: S – content of exchangeable bases, T – cation exchangeable capacity, H – hydrolytical acidity and V – saturation of the adsorption complex with bases), total C and N content (Springer-Klee method), accessible nutrient content (in citric acid) and total nutrient content (N, P, K, Ca, Mg) in humus horizons (after mineralization in sulphuric acid and selenium).

Tab. 1: Number of soil pits (L, F, H and A horizon) in accordance with localities and variants.
Počet odebraných půdních sond (L, F, H a Ah horizonty) podle lokalit a variant.

Plant cover variant: <i>Varianta vegetačního krytu:</i>	Ptačí kupy 1	Ptačí kupy 2	Ptačí kupy 3	Ořešník	Total <i>Celkem</i>
„litter“ – <i>opad</i> (h)	7	3	4	6	20
„ <i>Avenella flexuosa</i> “ (A)	6	5	1	5	17
„ <i>Calamagrostis villosa</i> “					
sparse – <i>řidká</i> (Ca)	6	4	3	4	17
middle dense – <i>středně hustá</i> (Cb)	6	4	6	7	23
dense – <i>hustá</i> (Cc)	4	4	3	6	17
„ <i>Vaccinium myrtillus</i> “ (V)	6	3	4	4	17
Total - <i>Celkem</i>	35	23	21	32	111

The dataset of chemical properties of collected and analyzed material was computed to gain basic characteristic (average and standard deviations) for every chemical character, horizon, variant and object. Afterwards preliminary statistical analysis by paired T-test was done, variants as common were tested and objects were compared reciprocally as well.

RESULTS AND DISCUSSION

Mean active acidity (pH H₂O) of horizons (computed from whole dataset) in accordance to vegetation variants varied between 3.6 and 5.0 pH, the highest values are in L horizon (4.7 - 5.0 pH). Towards lower horizons the values mostly decreased, in variants h and V occur little higher values in horizon Ah then in H (fig. 1a). Horizons in variants tested by paired T-test show significant differences at p ≤ 0.05 in three combinations in F only (A/Cc, Ca/Cc, h/Cc). Exchangeable acidity ranged from 3.1 to 4.2 pH, its manner was comparable with pH H₂O (fig. 1b). It co-

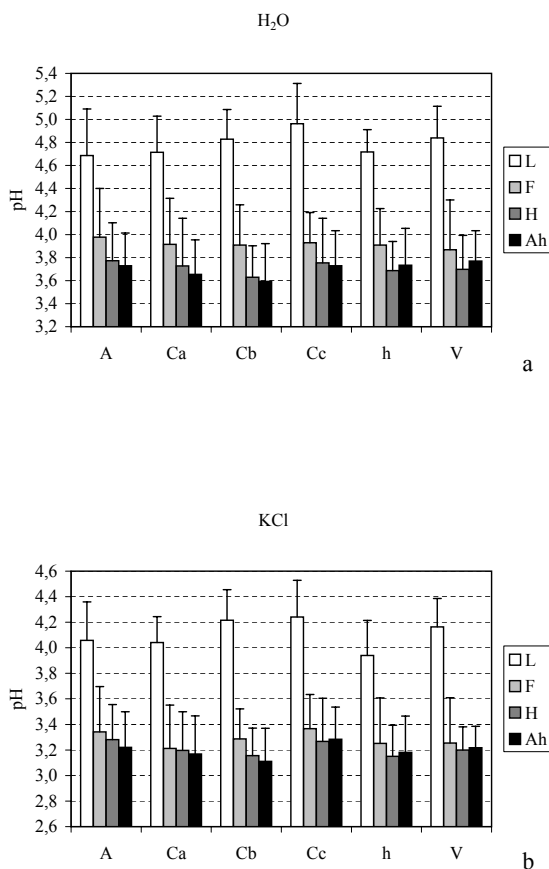


Fig. 1: Average active acidity (a) and exchangeable acidity (b) of all samples according to plant cover variants with standard deviations.

Průměrná aktivní (a) a výměnná acidita (b) podle variant vegetačního krytu z celého souboru vzorků se směrodatnými odchylkami.

range from 3.6 to 4.9 pH. Our values are separated for every horizon but included in this ranges. Vacek et al. (2005) show mean active acidity 4.0 pH in measured beech forests in the Krkonoše Mts. in 2003 and mean exchangeable acidity 3.17 pH for upper part of soil profile (L, F, H, Ah).

Average reserve of accessible phosphorus in P₂O₅ (computed from the data of all pits) is in every horizon in the level of high supply (criteria by Lesprojekt 1983). Mean reserve of accessible potassium and magnesium is high except horizon Ah and amount of calcium declined from the high to sufficient level already in horizon H (tab. 2). Comparisons of the averages of accessible nutrients on the research objects show significant differences in CaO and MgO between almost all objects (except P3/O), significant differences in phosphorus occurred in lower horizons

responded (as well as active pH) to the strongly acid and medium acid degree of soil acidity. Horizons and variants tested showed significant differences in litter at $p \leq 0.01$ in the case of comparing Cb/h and Cc/h, at $p \leq 0.05$ in Ca/Cb, Ca/Cc and V/h. Other horizons had no significant differences in the whole dataset.

Rather different situation was in comparison of samples without reference to plant cover variant in accordance to research objects. Significance appeared in many pairs of variants especially in pH H₂O (data not shown).

Data of active pH in Jizerské hory Mts. published by Slodičák et al. (2005) for humus layer of soil samples taken in 2000 – 2004 ranged from 3.5 to 5.0 pH and for the depth to 10 cm

(H and Ah) only. Vacek et al. (2005) showed mean values of upper soil horizons (to Ah) in 2003 in beech research forests of the Krkonoše Mts. 523.3 mg.kg⁻¹ of P₂O_{5,3}, 67.2 mg.kg⁻¹ of K₂O, 497.7 mg.kg⁻¹ of CaO and 1543.0 mg.kg⁻¹ of MgO. In our material the average amount of potassium and calcium is significantly higher, but amount of magnesium is lower.

Average content of nitrogen (plant cover variants from the whole dataset) after mineralization (H₂SO₄ + Se) was the highest of all variants in horizons F and did not exceed 2% (fig. 2a). High significant differences (p≤0.01) were in L horizon between variants Cb/V and Cc/V, significant (p≤0.05) in Ca/Cc, Cb/Cc, Cb/h and Cc/h. Values of other horizons were without sufficient difference. The mean amount of potassium (fig. 2b) commonly reached the highest proportion in H horizon. Significance of the differences of values in L horizon is similar to nitrogen, in this nutrient, significance of horizon F (p≤0.05 – A/Ca and Ca/Cc) and horizon H (p≤0.01 – A/V and p≤0.05 – A/Ca, Cb/V and V/h) occurred too.

Tab. 2: Mean content of accessible nutrients in horizons (mg.kg⁻¹). All data included.

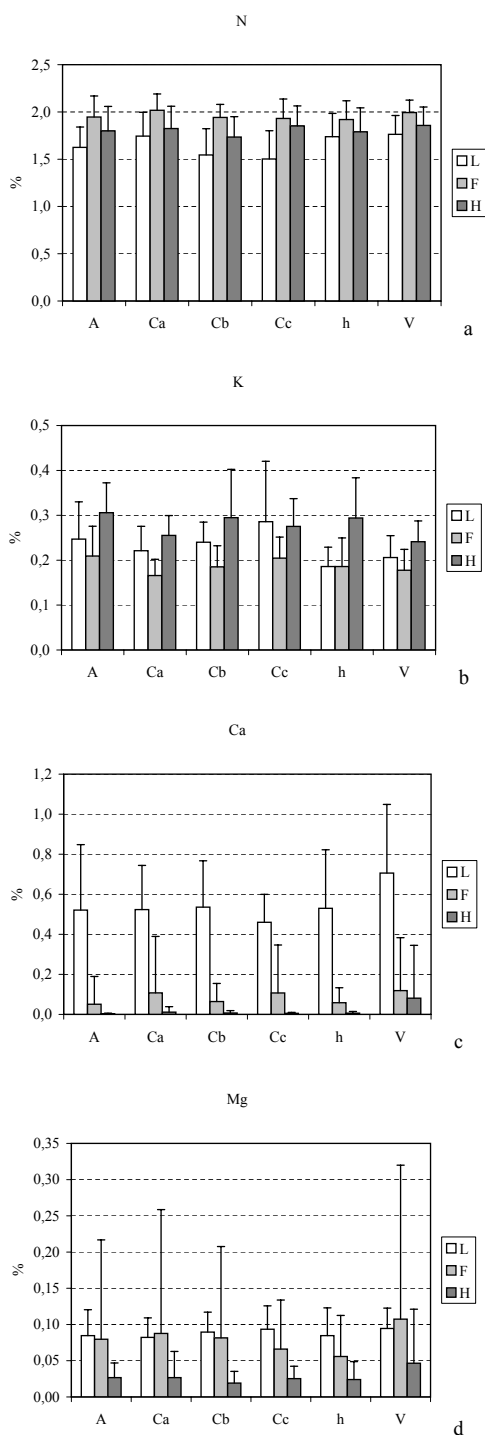
Průměrný obsah přístupných živin podle horizontů (mg.kg⁻¹) vypočítaná z celého souboru vzorků.

	P ₂ O ₅		K ₂ O		CaO		MgO		Fe ₂ O ₃	
	Mean <i>Prů- měr</i>	St.dev. <i>Sm. odch.</i>	Mean <i>Prů- měr</i>	St.dev. <i>Sm. odch.</i>	Mean <i>Prů- měr</i>	St.dev. <i>Sm. odch.</i>	Mean <i>Prů- měr</i>	St.dev. <i>Sm. odch.</i>	Mean <i>Prů- měr</i>	St.dev. <i>Sm. odch.</i>
L	562.3	343.4	1872.3	813.3	6443.7	1481.6	1093.1	397.9	127.9	94.7
F	331.7	183.0	540.5	255.7	3034.0	2402.3	783.9	1001.6	862.4	691.9
H	376.5	174.7	222.2	68.6	557.5	885.2	275.8	487.7	2070.2	922.4
Ah	312.8	141.6	139.0	65.1	216.2	154.8	108.6	74.8	1974.5	1066.9

There were proportionally higher amounts of calcium in horizons L computed for every plant cover variant than in other horizons (fig. 2c). The differences between variants except Cc/V in L horizon (p≤0.05) were not significant. To consider differences between plant cover variants in research objects, for example variation of calcium is shown (tab. 3). Mean values in L horizon varied from 0.31% (variant “*Vaccinium*” in Ptačí kupy II.) to the highest amount of 0.82% reached in “*Avenella flexuosa*” in Ptačí kupy III. (but one pit only). Values in horizon F ranged from 0.00% (no detected for 1/100%) to 0.28% and in H varied between 0.00% and 0.22%. Proportions in the same plant cover variant varied between research objects strongly.

Amount of magnesium had high variation of values especially in horizon F, in most cases was lower than 0.1% (fig. 2d).

When we compared average values of accessible nutrients of horizons between research objects, significant differences occurred more frequently (no showed data). Significant differences mostly appeared in litter, from nutrients the most frequent significant differences were in phosphorus (which though had no signi-



ficance when we compared values for horizons of all dataset) and nitrogen contents.

Fiala et al. (2005) found out, that higher accumulation of nitrogen in *Calamagrostis* grass biomass coincides with lower contents of leached nitrogen in lysimetric water. Outcomes in our study show no significant differences between plant cover variants in amount of nitrogen in litter (horizon F), so the accumulation seems to be comparable.

From our study we can conclude, there is high variability of the soil conditions in beech stands of summit localities of the Jizerské hory Mts. Their chemical variability indicates low influence of forest weed cover to be proved explicitly by comparison by comparison of single soil characteristics. Significant differences computed by paired T-test varied between variants considerably. Differences can be influenced by local conditions more than by different ground plant species. Ap-

Fig. 2: Mean amount of total nutrients after mineralization (computed from whole dataset): nitrogen (a), potassium (b), calcium (c) and magnesium (d) according to plant cover variants with standard deviations.

Průměrný obsah celkových živin po mineralizaci (vypočítaný z celého souboru vzorků): obsah dusíku (a), draslíku (b), vápníku (c) a hořčíku (d) podle variant vegetačního krytu se směrodatnými odchylkami.

plication of paired T-test for the evaluation of such large amount of composed data is very limited.

Tab. 3: Mean proportion of total calcium (%) with standard deviations in research objects due to variants and horizons as an example of variability.

Průměrný obsah celkového vápníku (%) se standardními odchylkami na výzkumných objektech podle variant vegetačního krytu a horizontů.

Research object:		Ptačí kupy I.		Ptačí kupy II.		Ptačí kupy III.		Ořešník	
Horizon	Variant	Mean	St. dev.	Mean	St. dev.	Mean	St. dev.	Mean	St. dev.
Horizont	Varianta	Průměr	Sm. odch.	Průměr	Sm. odch.	Průměr	Sm. odch.	Průměr	Sm. odch.
L	Ca	0.57	0.27	0.41	0.19	0.43	0.12	0.64	0.12
	Cb	0.69	0.30	0.36	0.10	0.49	0.13	0.55	0.20
	Cc	0.58	0.21	0.38	0.04	0.41	0.05	0.46	0.09
	A	0.49	0.35	0.35	0.17	0.82	0.00	0.67	0.34
	V	0.89	0.45	0.31	0.07	0.65	0.05	0.79	0.11
	h	0.49	0.38	0.41	0.18	0.54	0.25	0.63	0.21
F	Ca	0.24	0.44	0.01	0.01	0.04	0.04	0.07	0.06
	Cb	0.07	0.10	0.01	0.01	0.02	0.01	0.12	0.10
	Cc	0.07	0.08	0.01	0.01	0.03	0.02	0.24	0.36
	A	0.12	0.22	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.01
	V	0.28	0.39	0.00	0.00	0.03	0.03	0.06	0.07
	h	0.03	0.03	0.00	0.00	0.09	0.10	0.10	0.07
H	Ca	0.02	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	Cb	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Cc	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
	A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	V	0.22	0.41	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	h	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00

CONCLUSIONS

In our study we compared chemical properties of soil samples taken in 2004 in 4 research objects in beech forests in the upper part of the Jizerské hory Mts. Data show high differences of values, explanation only by main plant cover of the soil surface is not possible with the method of paired T-test variance only. Multicriterial analysis would bring more sufficient outcomes. More sophisticated processing will be subject of the next work.

LITERATURE

- Fiala, K., Tůma, I., Holub, P., Jandák, J.: The role of Calamagrostis communities in preventing soil acidification and base cation losses in a deforested mountain area affected by acid deposition. *Plant and Soil*, 268, 2005, pp. 35 – 49.
- Lesprojekt: Hodnocení lesních půd. Pracovní postupy. Lesprojekt Brandýs n. L., 1983. 5 p.
- Otto, H.-J.: *Waldökologie*. Stuttgart, Ulmer, 1994. 383 p.

- Poleno, Z., Vacek, S.: Pěstování lesů I. Ekologické základy pěstování lesů. Praha, ČZU v Praze, Fakulta lesnická a environmentální, 2005. 218 p. Preliminary electronic version.
- Slodičák, M. et al.: Lesnické hospodaření v Jizerských horách. Hradec Králové, Lesy České republiky; Jíloviště-Strnady, VÚLHM 2005. 232 p.
- Špulák, O.: Možnosti přirozené obnovy buku jako významné meliorační a zpevňující dřeviny. In: Místo biologické meliorace v obnově lesních stanovišť. Sborník referátů. Kostelec nad Černými lesy 17. 2. 2005. Ed. P. Neuhöferová. Praha, Česká zemědělská univerzita 2005, pp. 43 – 52.
- Vacek, S., Podrázský, V., Špulák, O.: Půdy základních porostních typů Krkonoš a možnosti jejich biologické meliorace. In: Místo biologické meliorace v obnově lesních stanovišť. Sborník referátů. Kostelec nad Černými lesy 17. 2. 2005. Ed. P. Neuhöferová. Praha, Česká zemědělská univerzita 2005, pp. 29 – 41.

SOUHRN

Půdní chemismus je jedním z faktorů, který výrazně ovlivňuje výskyt, charakter a vývoj lesních společenstev. Kvalita půd je silně závislá na matečné hornině a klimatu, je však zároveň ovlivňována živými organismy.

Ve střední Evropě je buk lesní dřevina s širokou ekologickou amplitudou. Dosahují až do 7. (8.) lesního vegetačního stupně na široké škále edafických kategorií. V horních partiích Jizerských hor se bukové porosty dochovaly pouze v okolí lokality Ptačí kupy a Ořešník. Ve fragmentech těchto porostů byly v roce 2004 založeny tři výzkumné objekty zaměřené na sledování přirozené obnovy buku. Pro posouzení vlivu převládající vegetace byla na každém objektu stabilizována série plošek 2 x 2 m ve variantách *Calamagrostis villosa* – řídká (Ca), *C. v.* – středně hustá (Cb) a *C. v.* – hustá (Cc), *Avenella flexuosa* (A), *Vaccinium myrtillus* (V) a hrabanka (h). Na podzim 2004 byly v okolí každé plošky odebrány humusové horizonty (L, F, H) a první minerální horizont (Ah), rozbory bylo stanoveno aktivní a výměnné pH, charakteristiky půdního sorpčního komplexu podle Kappena (S – obsah výměnných bází, T – kationtová výměnná kapacita, H – hydrolytická acidita a V – nasycení sorpčního komplexu bázemi), dále obsah celkového uhlíku a dusíku metodou Springer–Klee, obsah makroelementů (P, K, Ca, Mg, Fe) ve výluhu 1% kyselinou citrónovou a obsah celkových živin v humusových horizontech (po mineralizaci H₂SO₄ + Se). Ze získaných dat byly vypočítány průměrné hodnoty a standardní odchylky podle horizontů, variant vegetačního krytu a výzkumných objektů. K předběžné statistické analýze byl použit párový T-test. Příspěvek přináší vybrané výsledky.

Průměrné aktivní pH horizontů vypočtené ze všech vzorků se pohybuje v intervalu 3,6 – 5,0 pH, výměnná reakce pak má hodnoty mezi 3,1 – 4,2 pH (obr. 1a, 1b). Jedná se tedy o půdy silně až středně kyselé. Srovnání variant ukázalo výskyt průkazných rozdílů v několika případech u horizontu opadu. Zásoba přístupných živin ve výluhu 1% kyseliny citronové je ve většině případů vysoká až dobrá (tab. 2). Srovnání průměrů přístupných živin mezi výzkumnými objekty ukázalo průkazné rozdíly mezi téměř všemi objekty (kromě kombinace P3/O) u oxidů vápníku a hořčíku.

Nejvyšší průměrná zásoba celkového dusíku po mineralizaci (H_2SO_4+Se) byla v horizontu F a nepřesáhla 2% (obr. 2a). Průměrný obsah celkového draslíku (obr. 2b) dosahoval nejvyšších hodnot u horizontu H (do 0,3%), obsah celkového vápníku v horizontu opadu byl několikanásobně vyšší než v hlubších horizontech (obr. 2c). Variabilitu podmínek podle variant vegetačního krytu na jednotlivých výzkumných objektech demonstruje obsah celkového vápníku v tabulce 3. Průměrné hodnoty v horizontu L kolísají od 0,31% (varianta V na Ptačích kupách II.) po 0,82% (varianta A na Ptačích kupách III., reprezentovaná však pouze jedním odběrem). Poměr obsahu CaO u stejných variant mezi výzkumnými objekty silně kolísá. Také obsah oxidů hořčíku kolísá silně, největší variabilita byla zaznamenána u horizontu F (obr. 2d).

Z našeho šetření je patrná značná variabilita chemických vlastností půd sledovaných bukových porostů na horních partiích Jizerských hor. Zdá se, že variabilitu podmínek nelze vztahovat pouze na výskyt převládajícího druhu přizemní vegetace, ať již jako jejího indikátoru či ovlivňujícího činitele. Pro toto tvrzení však bude třeba důkladnější vyhodnocení dat za přispění metod multikriteriální analýzy.

ACKNOWLEDGMENTS

This paper was written thanks to research plan MZe 002070201 “Stabilisation of the forest functions in biotopes disturbed by anthropogenic activity under changing ecological conditions“ (Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnících se podmínkách prostředí). I would like to thank to anonymous reviewer for constructive remarks too.

Author adress:

Ing. Ondřej Špulák
VÚLHM Výzkumná stanice Opočno
Na Olivě 550
517 73 Opočno
spulak@vulhmop.cz