

# ROZDÍLY VE VLASTNOSTECH HORSKÝCH LESNÍCH PŮD NA KYSELÝCH A BAZICKÝCH MATEČNÍCH HORNINÁCH

Differences in characteristics of mountain forest soils on acid and basic parent rocks

Josef Kratina<sup>1</sup>, Luboš Borůvka<sup>1</sup>, Václav Tejnecký<sup>1</sup>, Ondřej Drábek<sup>1</sup>, Ondřej Šebek<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6; e-mail: josef.kratina@email.cz

<sup>2</sup> Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Laboratoře geologických ústavů, Albertov 6, 128 43 Praha 2

(03–14 Liberec, 03–24 Malá Úpa)

**Key words:** forest soil, parent rock, acidification

## Abstract

Mountain forest soils in the region of the Jizera Mountains are polluted by acidification. These soils have a poor quality of humus substances, are highly acidic throughout the whole profile and the main substance bound in the soil sorption complex is aluminium. This study monitors what effect have the consequences of natural processes and human activities on properties of soils that develop close together and therefore are exposed to the same negative effects, covered by the same vegetation, but are situated on bedrocks with different properties. The study only partially confirmed the assumption that the soils developed on alkaline parent rock have better quality than the soils on acid parent rock. It can be concluded that the soils on alkaline bedrock are in most aspects of better quality. However, base components of a relatively rich substrate which would naturally appear on this bedrock are leached out. Analysis results include these soils into the group of soils with low quality threatened by acidification.

## Úvod

Mezi přirozené faktory, které ovlivňují vznik a vývoj půdy, patří složení půdotvorného substrátu, klima, biologické faktory, reliéf terénu a čas. Přirozený vývoj půdy však může být ovlivněn činností člověka, která se významně dotkla i Jizerských hor. Negativním působením člověka je například změna druhové skladby lesního porostu (původní buky byly nahrazeny smrky), či vstupy kyselých depozic v důsledku rozvoje průmyslu.

Velmi diskutovaným jevem v Jizerských horách je půdní acidifikace a další procesy s ní spojené. Acidifikace půd je považována za významný degradační faktor, který působí na půdu a narušuje její funkce přirozené, produkční i ekologické. Jedná se o jev charakteristický převážně pro horské lesní půdy. Acidifikace je obecně proces okyselování půdy spojený s vzrůstem aktivity vodíkových kationtů ve vodním prostředí. Můžeme ji definovat jako pokles neutralizační kapacity půd (Hruška – Cienciala 2001, Borůvka et al. 2004). Přirozená půdní acidifikace je důsledkem tvorby organických kyselin, které vznikají při rozkladu organického materiálu. Vzniklé organické kyseliny na sebe poutají v půdním prostředí mobilní kationty (zejména Ca, Mg, Na, K, Al) a dochází k procesu neutralizace. Vznikají soli organických kyselin, které jsou i díky vyšším srážkám vyplavovány z půdy, což způsobuje její okyselení (Hruška – Cienciala 2001, Mládková et al. 2006). Přirozená acidifikace může být významně umocněna acidifikací v důsledku antropogenní činnosti. Do skupiny vlivů antropogenní činnosti patří vstupy kyselých depozic oxidů S a N do půdy a nevhodné způsoby hospodaření v lesích, především pěstování jehličnatých monokultur, které produkují oproti listnatým porostům kyselější opad (Barton et al. 1999, Hruška – Cienciala 2001).

Acidifikace napomáhá k uvolňování hliníku z minerálů mateční horniny. Minerálně i organicky poutaný

potenciálně toxický hliník se pak dostává do půdního roztoku, kde se může stát výrazně fyto toxický. Vysoká koncentrace hliníku působí fyziologické problémy kořenového systému lesního porostu. Koncentrace Al v půdním roztoku závisí především na pH půdy. Důležitý je poměr kationtů Ca, Mg a K s Al. Při nízkém poměru se hliník usazuje na výměnných místech buněčných membrán a brání aktivnímu transportu iontů. Tyto procesy, které způsobují úhyn kořenů, špatný příjem živin a celkové oslabení rostliny, se uplatňují již při pH půdy nižším než 5 (Hruška – Cienciala 2001, Drábek et al. 2005, Álvarez et al. 2005, Larssen et al. 1998).

Cílem tohoto příspěvku je posoudit, jaký efekt mají důsledky lidské činnosti na vlastnosti půd, které se vyvíjejí blízko sebe a jsou vystavovány stejným zátěžím, avšak nacházejí se na matečních horninách s rozdílnými chemickými vlastnostmi.

## Materiál a metody

Přirozeně zvýšená kyselost půd oblasti je z části způsobena mateční horninou chudou na Ca a Mg, která tvoří podloží většiny území Jizerských hor. Jedná se o výrazně porfyrickou středně zrnitou biotitickou žulu až granodiorit. Nacházíme zde však i místa s geologickým podložím rozdílným. Například vrch Bukovec (1 005 m n. m.), jehož podložím je ultrabazický olivinický nefelinit. Granitoid obsahuje oproti bazaltoidu větší množství SiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O a K<sub>2</sub>O a menší množství CaO a MgO (Chaloupský et al. 1989). Na sledovaném území byly vybrány lokality, které se liší svým geologickým podložím, jsou shodně porostlé buky, mají podobnou nadmořskou výšku a nejsou od sebe příliš vzdálené. Půdy na nich tedy byly vystavovány obdobným vnějším vlivům (klima, znečištění ovzduší, atd.). Konkrétně se jednalo o vrchy Paličník a Bukovec a stanoviště v mírném svahu pod vrchem Zámky, na nichž byly

vykopány půdní sondy na různých stranách elevace. Důraz při výběru byl kladen na přítomnost a hustotu bukového porostu, expozici svahu a nadmořskou výšku.

Odběr vzorků byl proveden v roce 2009. Z každého místa byl odebrán vzorek z fermentačního horizontu F a humifikačního horizontu H. Dále z organominerálních horizontů (Ah – organominerální humózní lesní horizont nebo Ahe – koloidy ochuzený humózní horizont), z minerálních horizontů (Bhs – humososeskvioidický horizont, Bs – seskvioidický horizont, Bv – kambický horizont hnědý nebo Bvs – rezivý horizont) a pokud to bylo možné i z půdotvorného substrátu C. Na Bukovci byly půdy klasifikovány jako kambizem rankerová, kambizem dystriická podzolovaná a kryptopodzol modální. Na vrchu Paličnick kambizem modální, na vrchu Zámky podzol modální. Typem nadložního humusu byl ve všech případech typický mor.

Odebrané vzorky byly vysušeny a byla z nich připravena jemnozeme. Ta byla použita k chemickým analýzám. Potenciometricky dle metodiky Vally et al. (2008) byla stanovena aktivní a výměnná půdní reakce (pH<sub>H2O</sub> a pH<sub>KCl</sub>). Kationtová výměnná kapacita (KVK) byla stanovena plamenovou fotometrií (přístroj Varian AA280FS) a hydrolytická acidita (Ha) byla stanovena titračně. Z rozdílu Ha a KVK byl spočítán stupeň nasycení komplexu bazickými kationty (V) podle vztahu  $V = \frac{KVK - (H)}{KVK} * 100 [\%]$  (Valla et al. 2008). Množství oxidovatelného uhlíku (Cox) bylo stanoveno titrací po oxidaci chromsírovou směsí (Zbiral 2004). Kvalita humusových látek (Q<sub>4/6</sub>) byla stanovena spektrofotometricky proměřením roztoku při vlnových délkách 400 a 600 nm (Chen et al. 1976). Pro měření byl použit spektrofotometr Unicam Helios Gamma. Ve vodním výluhu byl stanoven rozpustný organický uhlík (DOC) (Yakovchenko – Sikora 1998) a anorganické anionty (F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) pomocí iontové chromatografie (přístroj Dionex, USA). Na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy byly metodou ICP – OES

stanoveny obsahy vybraných prvků (Ca, Cd, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Pb, Si a Zn). Dále byly stanoveny celkové obsahy hliníku a formy hliníku ve výluhu H<sub>2</sub>O (Al<sub>H2O</sub>) a 0,5 M KCl (Al<sub>KCl</sub>) (Drábek et al. 2003). Koncentrace Al byly stanoveny metodou plamenové atomové absorpční spektrometrie (přístroj Varian AA280FS). Formy Al byly stanoveny kapalinovou chromatografií (HPLC/IC) na přístroji Dionex s UV/VIS detektorem.

Výsledky byly zpracovány pomocí programů MS Excel 2007 a STATISTICA 7. Vztah mezi typem mateční horniny a půdními charakteristikami byl zjišťován pomocí studentova párového t – testu (hladina významnosti p < 0,05).

### Výsledky a diskuze

Tabulky 1 a 2 znázorňují statistické ukazatele základních analýz. Výsledky korelace (tab. 3) ukazují, jak se půdní vlastnosti navzájem ovlivňují.

Grafy na obr. 1 znázorňují výsledky aktivní a výměnné půdní reakce (pH<sub>H2O</sub> a pH<sub>KCl</sub>), které potvrzují fakt uváděný v mnohých publikacích (např. Slodičák et al. 2005), že jsou půdy Jizerských hor velmi kyselé. Nejkyselejší jsou horizonty F, kyselost s hloubkou klesá. Bylo zjištěno, že půdy vyvíjející se na olivinitickém nefelinitu jsou méně kyselé, než půdy na podloží tvořeném výrazně porfyrickou středně zrnitou biotitickou žulou, což odpovídá předpokladům, které vycházejí ze znalosti chemismu obou hornin. Granitoid pomaleji zvětrává, má velký podíl oxidu křemičitého na celkovém složení a nízké obsahy minerálů obsahujících vápník a hořčík (Hruška – Cienciala 2001).

Rozdíly v kyselosti půd vyvíjejících se na odlišných geologických podložích jsou průkazné, kromě výsledků výměnné půdní reakce v horizontech F a H. Tyto organické nadložní horizonty jsou geologickým podlozím ovlivněny minimálně, ale jsou snadno ovlivnitelné vnějším prostředím, a mají proto velkou variabilitu vlastností. Přes svoji průkaznost však nejsou rozdíly tak vysoké, jak by se dalo

	Analýza	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Sm. odch.
Podloží tvořené granitoidem	pH <sub>H2O</sub>	3,95	3,96	3,67	4,15	0,16
	pH <sub>KCl</sub>	2,99	3,04	2,51	3,32	0,26
	Al <sub>H2O</sub>	37,33	29,17	3,44	89,46	29,68
	Al <sub>KCl</sub>	411,7	469,7	74,4	720,4	294,9
	Ha	84,97	91,32	46,67	109,7	23,97
	KVK	119,3	125,6	49,25	183	44,61
	V	24,86	20,47	5,25	51,26	14,99
	DOC	1856,1	1508,3	796,5	4290,2	1298,1
	Cox	26,32	29,05	15,48	32,39	6,81
	Podloží tvořené bazaltoidem	pH <sub>H2O</sub>	4,24	4,27	3,66	4,67
pH <sub>KCl</sub>		3,16	3,15	2,85	3,57	0,23
Al <sub>H2O</sub>		77,48	49,68	36,35	275,8	75,36
Al <sub>KCl</sub>		490	352,3	97,8	1061,2	314,3
Ha		83,39	85,86	59,21	114,9	18,04
KVK		111,1	103,5	79	188,8	31,66
V		23,57	23,09	3,33	39,15	10,51
DOC		1963,4	1964,6	865,7	4509,1	1032,3
Cox		24,43	27,11	15,72	30,28	5,43

Tab. 1: Statistické ukazatele základních analýz, horizonty F a H.  
Tab. 1: Statistical indicators of basic analysis, F and H horizons.

	Analýza	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Sm. odch.
Podloží tvořené granitoidem	pH <sub>H2O</sub>	4,38	4,43	3,93	4,67	0,23
	pH <sub>KCl</sub>	3,77	3,76	3,26	4,17	0,32
	Al <sub>H2O</sub>	25,03	20,92	4,1	83,64	20,98
	Al <sub>KCl</sub>	454,4	461,7	271,9	590,8	109,1
	Ha	22,34	22,71	14,02	30,63	5,67
	KVK	39,06	39,5	29	50,75	6,88
	V	43,13	43,6	30,19	59,62	8,36
	DOC	251,3	195,2	58,66	1037	259,8
	Cox	6,19	6,21	2,22	9,54	2,72
	Podloží tvořené bazaltoidem	pH <sub>H2O</sub>	4,77	4,72	4,19	5,66
pH <sub>KCl</sub>		4,13	4,11	3,52	4,67	0,37
Al <sub>H2O</sub>		22,97	13,9	1,17	106,1	27,46
Al <sub>KCl</sub>		347,3	336,3	21,3	977,4	251,7
Ha		23,57	23,78	8,66	42,97	9,3
KVK		57,43	58	20,75	97	20,63
V		58,59	58,64	42,41	74,72	7,61
DOC		378,5	277,9	25,61	1570,8	414,3
Cox		9,2	9,6	1,79	14,96	3,75

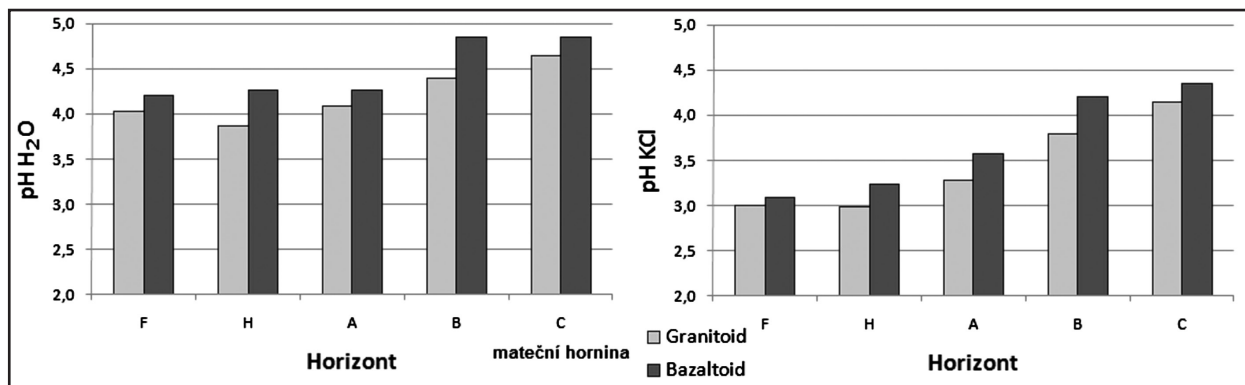
Tab. 2: Statistické ukazatele základních analýz, horizonty A, B a C.  
Tab. 2: Statistical indicators of basic analysis, A, B and C horizons.

	pH <sub>H2O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	Al <sub>H2O</sub>	Al <sub>KCl</sub>	Ha	KVK	V	DOC	Cox	Q <sub>4/6</sub>
pH <sub>H2O</sub>	-									
pH <sub>KCl</sub>	0,85 ***	-								
Al <sub>H2O</sub>	-0,32 **	-0,33 **	-							
Al <sub>KCl</sub>	-0,57 ***	-0,4 **	0,5 ***	-						
Ha	-0,58 ***	-0,81 ***	0,41 **	0,11	-					
KVK	-0,45 **	-0,63 ***	0,5 ***	0,06	0,88 ***	-				
V	0,7 ***	0,82 ***	-0,2	-0,27	-0,67 ***	-0,36 **	-			
DOC	-0,5 ***	-0,59 ***	0,64 ***	0,17	0,75 ***	0,88 ***	-0,36 **	-		
Cox	-0,51 ***	-0,75 ***	0,41 **	0,04	0,96 ***	0,93 ***	-0,61 ***	0,79 ***	-	
Q <sub>4/6</sub>	-0,06	-0,11	-0,09	-0,28	0,24	0,18	-0,11	0,16	0,15	-

\*, \*\*, \*\*\* - průkazná závislost na hladině významnosti 0,05, 0,01 a 0,001

Tab. 3: Výsledky korelační analýzy.

Tab. 3: Results of correlation analysis.



Obr. 1: Grafy průměrných výsledků pH<sub>H2O</sub> a pH<sub>KCl</sub>

Fig. 1: Graphs of pH<sub>H2O</sub> and pH<sub>KCl</sub> average results.

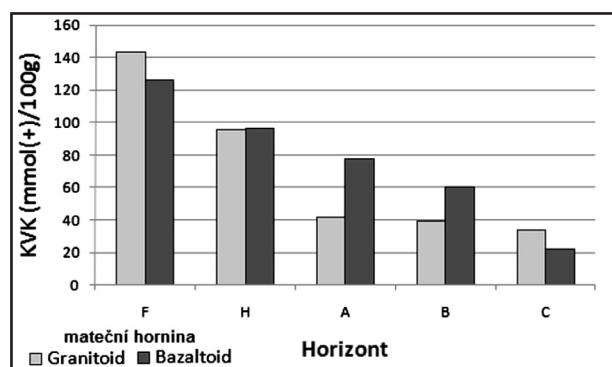
čekat, a je tedy patrné, že i půdy na ultrabazickém nefelinitu jsou ve vyšších polohách působením okyselujících procesů velmi ohrožené.

Výsledky hydrolytické acidity (Ha) udávají množství kyselých kationtů. Kationtová výměnná kapacita (KVK) vyjadřuje množství iontů, které je půda schopná poutat, a nasycení sorpčního komplexu (V) udává poměr okamžitého obsahu výměnných bází k hodnotě KVK (obr. 2, 3 a 4). Tyto charakteristiky úzce souvisí s obsahem oxidovatelného uhlíku (Cox). To potvrzují také výsledky korelace i značná podobnost průběhu grafů průměrného Cox, KVK i Ha. Organická hmota je v horských lesních půdách s nízkými obsahy jílnatých částic hlavní složkou sorpčního komplexu. Půdy s vysokým obsahem organické hmoty tak obsahují více sorpčních míst a mají tedy vyšší KVK.

Půdy ve zkoumané oblasti mají velmi silnou hydrolytickou aciditu, velmi vysokou kationtovou výměnnou kapacitu a jsou slabě nasycené, až nenasycené bázemi. Maximální i okamžitý obsah bází (KVK i V) je v horizontech A, B a C průkazně vyšší v půdách na bazickém podloží (s čímž souvisí také vyšší Ha). Obdobně jako v případě pH, souvisí tento fakt s chemickým složením matečních hornin. Podle Chaloupského et al. (1989) obsahuje ultrabazický nefelinit proti kyselému granitoidu větší množství

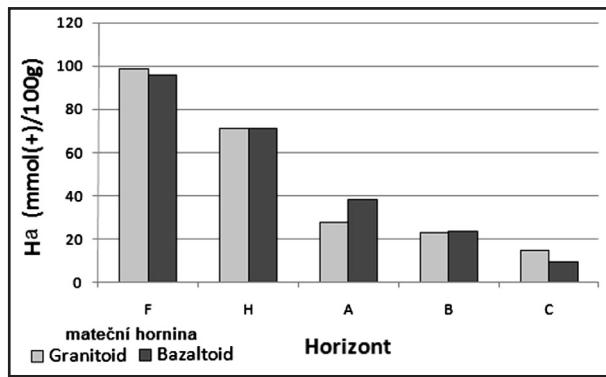
především CaO, MgO, které jsou při větrání horniny uvolňovány do půdy. Na sledované vlastnosti horizontů F a H již geologické podloží průkazný vliv nemá.

Rozpuštěná organická hmota (DOM) tvoří relativně malou část celkového obsahu organické hmoty v půdách. Její vysoká mobilita a přirozená labilita ji však řadí mezi nejaktivnější složky (Chantigny et al. 2008). Tvoří proměnlivou složku půdního roztoku a jejími zdroji jsou rostlinný odpad, humus, mikroorganismy a kořenové exudáty. Jednu

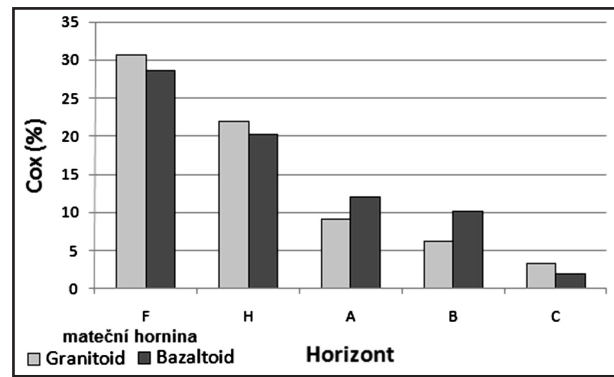


Obr. 2: Graf průměrných výsledků KVK.

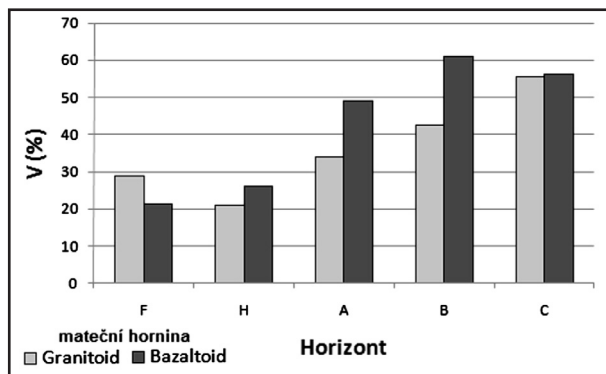
Fig. 2: Graph of CEC average results.



Obr. 3: Graf průměrných výsledků Ha.  
Fig. 3: Graph of hydrolytic acidity average results.



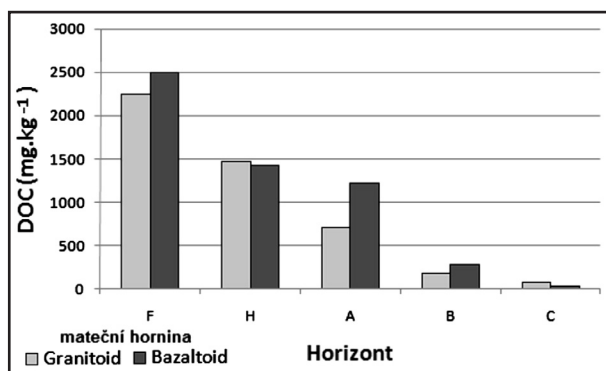
Obr. 6: Graf průměrných výsledků Cox.  
Fig. 6: Graph of Cox average results.



Obr. 4: Graf průměrných výsledků V.  
Fig. 4: Graph of base cations saturation level – average results.

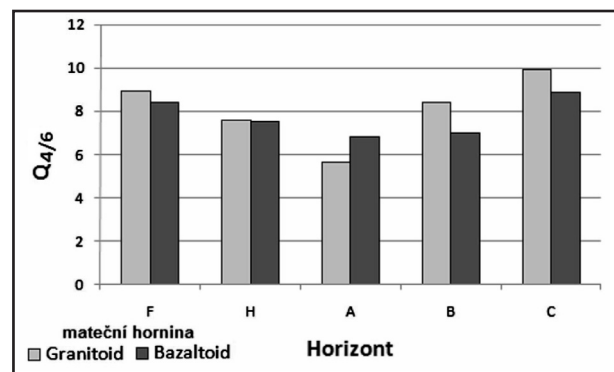
z jejich základních složek tvoří rozpuštěný organický uhlík (DOC, obr. 5). Výsledky korelační analýzy prokázaly fakt uváděný např. Tippingem et al. (1999), že koncentrace DOC stoupá se zvyšujícím se množstvím organické hmoty. V horizontech A, B a C je obsah Cox (obr. 6) průkazně vyšší na bazickém podloží, což souvisí s vyšším obsahem DOC v této půdě. Ve zkoumaných půdách sice nebyla zjištěna průkazná závislost obsahu DOC na geologickém podloží, ale rozdíl je patrný. Množství Cox je velmi vysoký. V horizontech F a H je Cox vyšší v půdách na granitickém podloží. V horizontech A a B je množství humusu i DOC nezanedbatelně vyšší v půdě na podloží bazickém. Tento jev může souviset s lokálními faktory na hoře Bukovec, například svahovými pochody v průběhu pedogeneze.

Kvalita humusových látek je tím vyšší, čím je kvocient  $Q_{4/6}$  nižší. Při narůstající acidifikaci se snižuje poměr



Obr. 5: Graf průměrných výsledků DOC.  
Fig. 5: Graph of DOC average results.

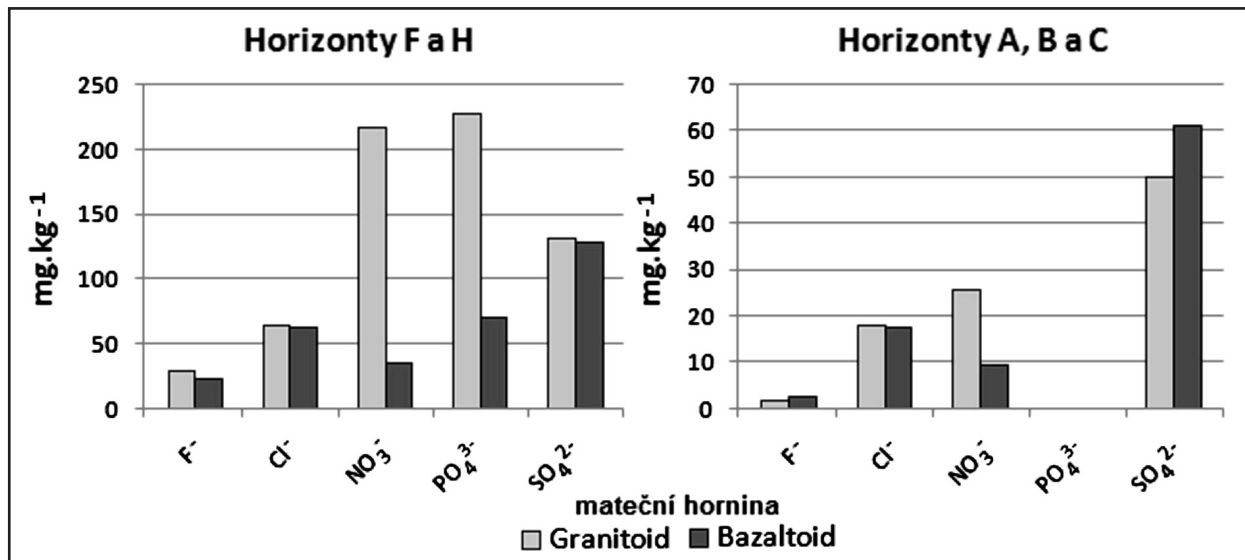
humusových kyselin ku fulvokyselinám (HK:FK), zvyšuje se podíl slaběji vázaných HK a volných agresivních FK, migrujících do horizontu B, a zvyšuje se barevný kvocient  $Q_{4/6}$  jako indikátor slabé kondenzace humusových látek. Sledované půdy mají velmi nízkou kvalitu humusu (obr. 7), což je podle Němečka et al. (2001) pro lesní půdy typu kambizem a kryptopodzol typické. Nejnižší hodnoty  $Q_{4/6}$  jsou v horizontech A, kde se nachází výrazněji přeměněná organická hmota. V horizontech F a H je kvalita lehce vyšší v půdách na bazickém podloží. V horizontech A, B a C je vliv bazického podloží na vyšší kvalitu humusu průkazný. Nižší kvalita humusu v půdách na granitickém podloží má zřejmě spojitost s nižším pH v těchto půdách. Při snižujícím se pH se hromadí více organické hmoty, je ale méně kvalitní.



Obr. 7: Graf průměrných výsledků  $Q_{4/6}$ .  
Fig. 7: Graph of  $Q_{4/6}$  average results.

Ze změřených anorganických aniontů ( $F$ ,  $Cl$ ,  $Br$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ) byl na geologickém podloží průkazně závislý pouze obsah  $NO_3^-$ , který je výrazně vyšší v půdách na granitickém podloží (obr. 8). Z výsledků je patrné, že množství dusičnanů v půdě je vyšší při nižším pH. Dusičnany patří společně s  $SO_4^{2-}$  mezi důležité indikátory acidifikace (Hruška – Cienciala 2001). Další vliv na množství dusičnanů v půdě může mít různé složení organického materiálu. Podle Pelíška (1956) se dusičnany i jiné formy dusíku uvolňují do půdy při rozkladu rostlinných bílkovinných látek. V případě  $SO_4^{2-}$  je však situace jiná. V horizontech F a H je obsah  $SO_4^{2-}$  velice podobný v půdách na obou podložích, v horizontech A, B a C je dokonce průměrně vyšší obsah v půdách na bazickém podloží. Sloučeniny síry se do půd dostaly pravděpodobně s kyselými depozicemi





Obr. 8: Grafy průměrné koncentrace aniontů.  
Fig. 8: Graphs of average anions concentration.

a jejich vysoká koncentrace může být jedním z faktorů, které souvisejí s kyselostí půd na bazickém podloží.

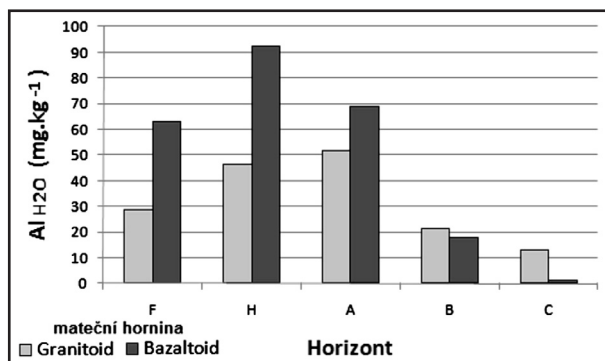
Stanovení obsahu a forem hliníku ve vodním výluhu simuluje uvolňování hliníku do půdního prostředí v přirozených podmínkách. Na základě výsledků lze pak hodnotit aktuální nebezpečí toxicity hliníku. Hliník stanovený v extraktu KCl udává potenciální nebezpečí v případě narušení přirozených podmínek. Vyšší obsahy celkového Al<sub>KCl</sub> i Al<sub>H<sub>2</sub>O</sub> v horizontech B a C v půdách na granitoidu jsou důsledkem složení mateční horniny, nižšího pH a nízké zásoby organické hmoty. Vyšší obsahy celkového

Al ve výluhu v půdách na bazaltoidu jsou vzhledem k vyššímu pH i vyšším obsahům organické hmoty překvapivé (obr. 9 a 10).

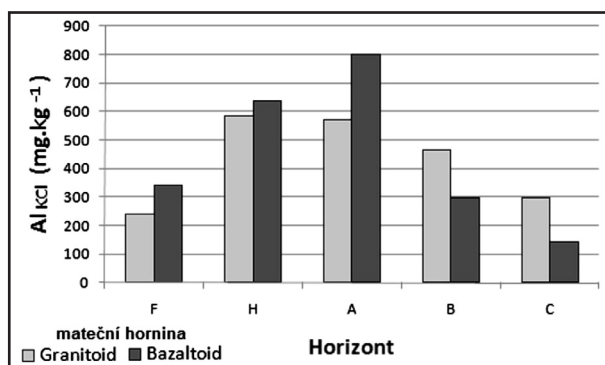
Možnou příčinou tohoto jevu může být fakt, že půdy vyvinuté na granitoidu jsou historicky kyselější a hliník je již vyplaven. Dále je třeba zvážit možnost, že ve svahu na Bukovci probíhá transport rozpuštěných látek z vrcholových partií vrchu, kde převažuje smrkový porost, pod kterým je půda v důsledku charakteru jeho opadu kyselější a obsahuje vyšší koncentrace hliníku. To mohlo zvýšit zjištěné koncentrace Al v půdách na bazaltoidu. Dále byly stanoveny obsahy forem hliníku (obr. 11 a 12). Použitá metoda HPCL/IC umožňuje rozdělit jednotlivé specie Al podle náboje do tří rozdílných skupin. Tyto skupiny obsahují následující formy Al: Al(X)<sup>1+</sup> {Al(OH)<sub>2</sub><sup>+</sup>, Al(SO<sub>4</sub>)<sup>+</sup>, AlF<sub>2</sub><sup>+</sup>, Al(org.)<sup>ε1+</sup>, atd.}; Al(Y)<sup>2+</sup> {Al(OH)<sub>2</sub><sup>2+</sup>, (AlF)<sup>2+</sup>, atd.} a Al<sup>3+</sup> {Al<sup>3+</sup> a transformované Al hydroxy polymery} (Drábek et al. 2005). Nejvíce fytotoxická forma Al je podle Drábka et al. (2003) Al<sup>3+</sup>. Ve vodním výluhu převládá specie Al(X)<sup>1+</sup>, zatímco ve výluhu KCl převládá potenciálně nebezpečnější Al<sup>3+</sup>.

Kromě Si ve spodních horizontech nebyl zjištěn vliv geologického podloží na obsah prvků (Ca, Mg, Na, K a Si). Množství důležitých živin (Ca, Mg, a K) jsou v půdách zkoumané oblasti velice nízká (obr. 13 a 14). Tento jev souvisí s acidifikací, při které tvoří kationty s kyselinami pohyblivé soli a jsou, díky vysokým úhrnům srážek v oblasti, vymývány z půdy. Odnos je rychlejší, než zvětrávání půdních minerálů a vstup v podobě depozice. Vzhledem k očekávanému složení půd, které se vyvíjejí na odlišných geologických podložích, jsou výsledky překvapivé. Půdy na olivinitickém nefelinitu by měly obsahovat výrazně větší množství dostupných kationtů (Ca a Mg). Fakt, že tomu tak není, napovídá, že je kvalita půdy na tomto ultrabazickém podloží značně snižována působením přirozených i antropogenních faktorů.

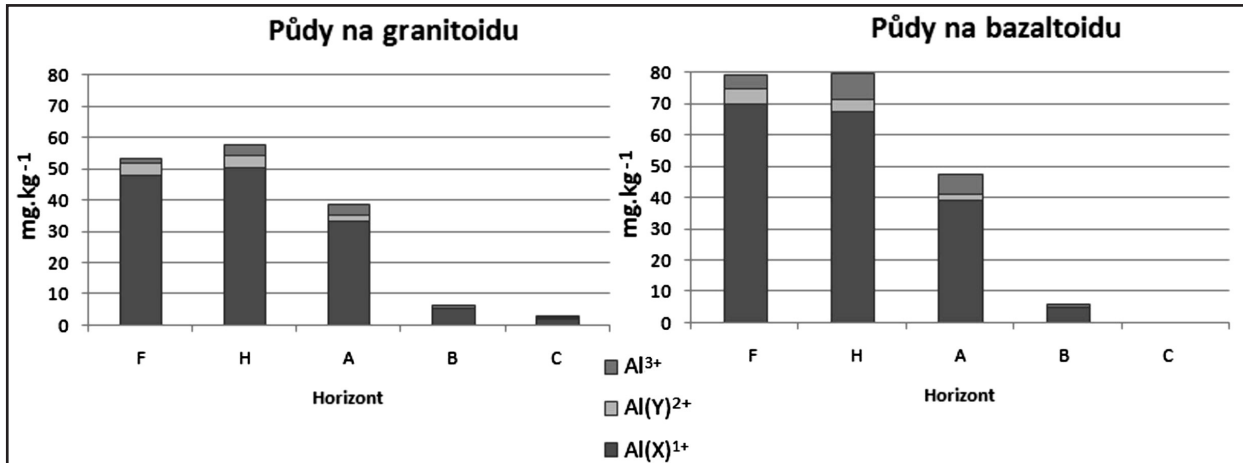
Byl zjištěn vyšší obsah křemíku v půdách na bazaltoidu. Olivinitický nefelinit obsahuje tohoto prvku podstatně menší množství, než výrazně porfyrická středně zrnitá



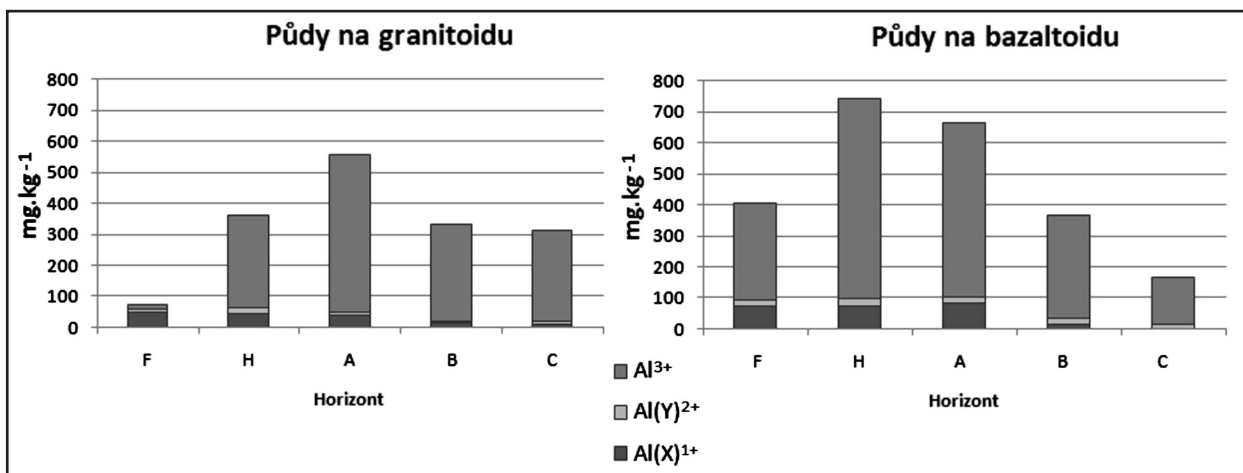
Obr. 9: Graf průměrné koncentrace Al<sub>H<sub>2</sub>O</sub>.  
Fig. 9: Graph of average Al<sub>H<sub>2</sub>O</sub> concentrations.



Obr. 10: Graf průměrné koncentrace Al<sub>KCl</sub>.  
Fig. 10: Graph of average Al<sub>KCl</sub> concentrations.



Obr. 11: Zastoupení specií Al<sub>H<sub>2</sub>O</sub>  
 Fig. 11: Share of Al<sub>H<sub>2</sub>O</sub> species.

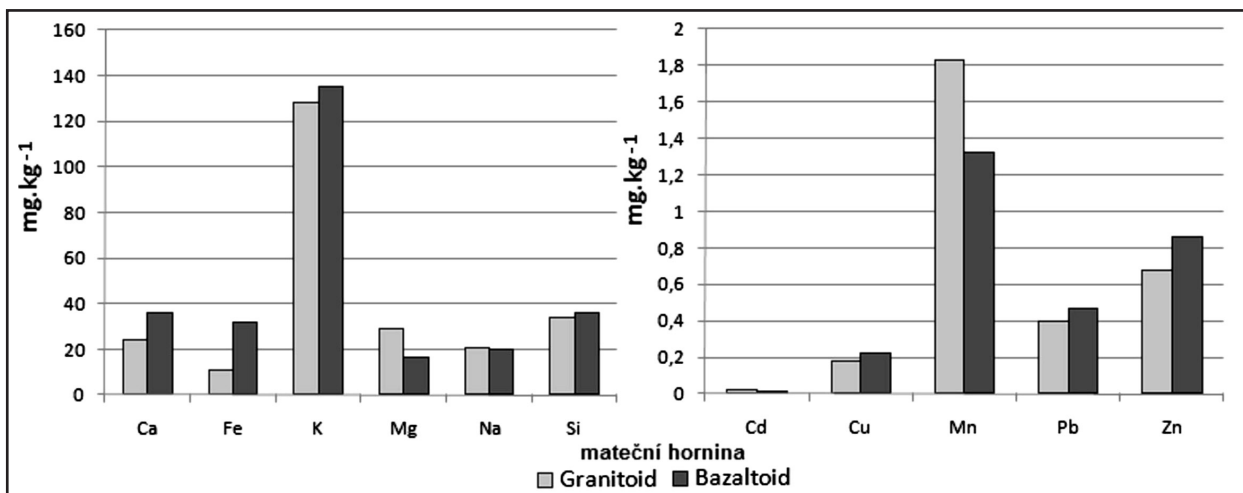


Obr. 12: Zastoupení specií Al<sub>KCl</sub>  
 Fig. 12: Share of Al<sub>KCl</sub> species.

biotická žula. Půdy, které se na něm vyskytují, mají proti půdám na granitickém podloží vyšší obsah skeletu, což značí pokročilejší rozpad mateční horniny a pravděpodobně i intenzivnější uvolňování křemíku do půdy. Rozdíl může být způsoben také rozdílnou rychlostí zvětrávání a interakcí hornin s půdním roztokem.

**Závěr**

Na bazickém podloží (olivinický nefelinit) by měly principiálně vznikat mnohem kvalitnější půdy, než na Ca a Mg chudším podloží (výrazně porfyrická středně zrnitá biotická žula). Na svrchní organické horizonty nemá geologické podloží výrazný vliv, jsou ovlivňovány pře-

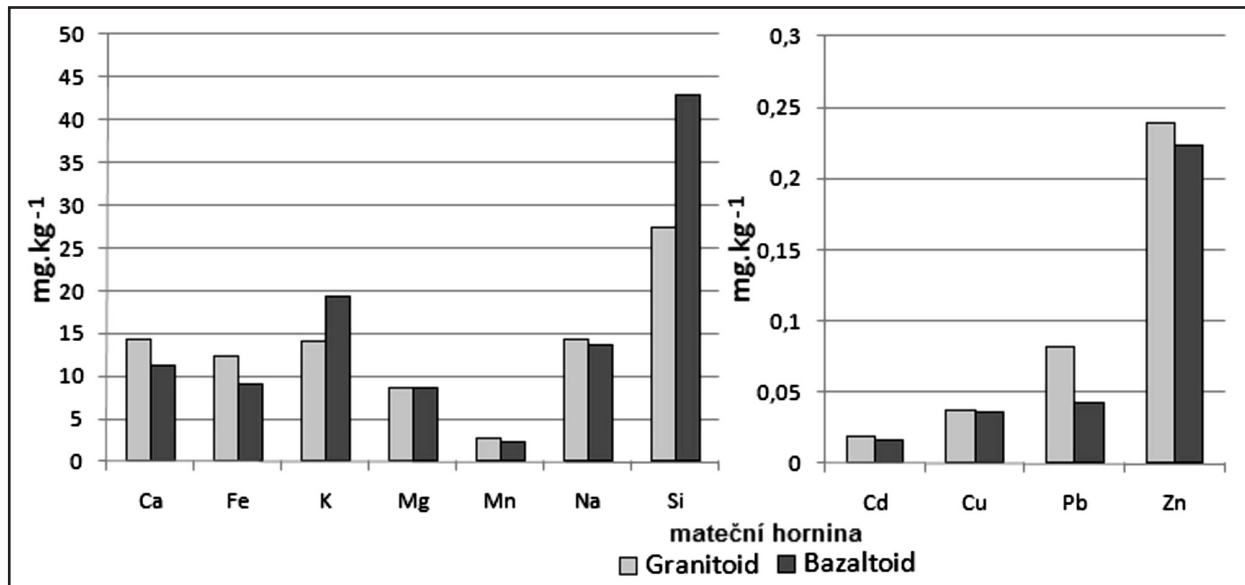


Obr. 13: Grafy průměrných obsahů prvků, horizonty F a H.  
 Fig. 13: Graphs of elements average contents in F and H horizons.

devším vnějšími faktory. Mnohem těsnější je vztah mezi geologickým podložím a vlastnostmi organominerálních a minerálních horizontů. Podle předpokladů jsou půdy na bazickém podloží méně kyselé, obsahují více humusových látek lepší kvality a poutají větší množství bází. Některá zjištění však vyzněla v neprospěch těchto půd. V půdách na bazaltoidu je překvapivě vyšší obsah aniontu  $\text{SO}_4^{2-}$  v horizontech A, B a C, či toxických forem hliníku v horizontech F, H a A.

Výsledky studie poukázaly na fakt, že jsou horské lesní půdy Jizerských hor zatíženy acidifikací. Mají nízkou

kvalitu humusových látek, jsou velmi kyselé v celém profilu a hlavním prvkem poutaným v sorpčním komplexu je hliník. Kvalita půd je značně snižována vstupem kyselých depozic. Půdy na bazaltoidu jsou z většiny hledisek oproti půdám na granitoidu kvalitnější, přesto jsou bazické složky z relativně bohatého substrátu, který by se na tomto podloží přirozeně vyskytoval, vyplaveny a výsledky analýz řadí tyto půdy do skupiny nekvalitních a acidifikací ohrožených půd.



Obr. 14: Grafy průměrných obsahů prvků, horizonty A, B a C.

Fig. 14: Graphs of elements average contents in A, B and C horizons.

**Literatura**

- Álvarez, E. – Fernández-Marcos, M. L. – Monterroso, C. – Fernández-Sanjurjo, M. J. (2005): Application of aluminium toxicity indices to soils under various forest species. – *Forest Ecology and Management*, 211, 227–239.
- Barton, D. – Gammack, S. M. – Billett, M. F. – Cresser, M. S. (1999): Sulphate adsorption and acidification of Calluna heathland and Scots pine forest podzol soils in north-east Scotland. – *Forest Ecology and Management*, 114, 151–164.
- Borůvka, L. – Mládková, L. – Drábek, O. – Vašát, R. (2004): Prostorové rozložení ukazatelů acidifikace na území Jizerských hor. – In: Neuhöferová, P. (ed.): *Obnova lesních ekosystémů Jizerských hor*. Kostelec nad Č.l., 23.11.2004, 59–70, KPL FLE ČZU. Praha.
- Chantigny, M. H. – Angers, D. A. – Kaiser, K. – Kalbitz, K. (2008): Extraction and characterization of dissolved organic matter. – In: Carter M.R., Gregorich E.G. (eds): *Soil Sampling and Methods of Analysis*. 2<sup>nd</sup> ed., 617–636, Canadian Society of Soil Science, CRC Press. Boca Raton.
- Chen, Y. – Senesi, N. – Schnitzer, M. (1976): Information Provided on Humic Substances by E4/E6 Ratios. – Contribution No. 606, Soil Research Institute, Agriculture Canada, Ont. Canada K1A 0C6. Ottawa.
- Drábek, O. – Borůvka, L. – Mládková, L. – Kočárek, M. (2003): Possible method of aluminium speciation in forest soils. – *Journal of Inorganic Biochemistry*, 97, 8–15.
- Drábek, O. – Mládková, L. – Borůvka, L. – Szaková, J. – Nikodem, A. – Němeček, K. (2005): Comparison of water-soluble and exchangeable forms of Al in acid forest soils. – *Journal of Inorganic Biochemistry*, 99, 1788–1795.
- Hruška, J. – Cienciala, E. (eds.) (2001): *Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd – limitující faktor současného lesnictví*. 1–159, Ministerstvo životního prostředí. Praha.
- Chaloupský, J. – Červenka, J. – Jetel, J. – Králík, F. – Líbalová, J. – Píchová, E. – Pokorný, J. – Pošmourný, K. – Sekyra, J. – Shrbený, O. – Šalanský, K. – Šrámek, J. – Václ. J. (1989): *Geologie Krkonoš a Jizerských hor*. 1–288, ÚÚG. Praha.
- Larssen, T. – Vogt, R. D. – Seip, H. M. – Furuberg, G. – Liao, J. – Xiong, J. (1998): Mechanisms for aluminium release in Chinese acid forest soils. – *Geoderma*, 91, 65–86.
- Mládková, L. – Borůvka, L. – Drábek, O. – Vašát, R. (2006): Factors influencing distribution of different Al forms in forest soils of the Jizerské hory Mountains forest soils. – *Journal of Forest Science*, 52, (Special Issue), 87–92.
- Němeček, J. – Macků, J. – Vokoun, J. – Vavříček, D. – Novák, P. (2001): *Taxonomický klasifikační systém půd České republiky*. 1–79. ČZU Praha – VÚMOP. Praha.
- Pelíšek, J. (1956): *Pedologie lesnická. Státní nakladatelství technické literatury*. Praha.
- Slodičák, M. – Balcar, V. – Borůvka, L. – Fadrhonsová, V. – Jurásek, A. – Hadaš, P. – Kacálek, D. – Kantor, P. – Kulasová, A. – Kulhavý, J. – Leube, F. – Lomský, B. – Matějka, K. – Mauer, O. – Navrátil, P. – Nárovec, V. – Novák, J. – Ostrovský, J. – Palátová, E. – Podrázský, V. – Rychnovská, A. – Řičář, L. – Skorupski, M. – Smejkal, J. – Souček, J. – Stoklasa, M. – Šach, F. – Šrámek, V. – Vacek, S. (2005): *Lesnické hospodaření v Jizerských horách*. 1–232, Lesy České republiky, s.p. Hradec Králové.
- Tipping, E. – Woof, C. – Rigg, E. – Harrison, A. F. – Inneson, P. – Taylor, K. – Benham, D. – Poskitt, J. – Rowland, A. P. – Bol, R. – Harkness, D. D. (1999): Climatic influences on the leaching of dissolved organic matter from upland UK moorland soils, investigated by a field manipulation experiment. – *Environment International*, 25, 83–95.
- Valla, M. – Kozák, J. – Němeček, J. – Matula, S. – Borůvka, L. – Drábek, O. (2008): *Pedologické praktikum*. 1–151, Skriptum, Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha.
- Yakovchenko, V. P. – Sikora, L. J. (1998): Modified dichromate method for determining low concentrations of extractable organic carbon in soil. – *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 29, 421–433.
- Zbíral, J. (2004): *Analýza půd III*. 1–195, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Brno.