

VLIV CÍLENÉ POVRCHOVÉ APLIKACE DOLOMITICKÉHO VÁPENCE NA PEDOCHEMICKÉ PARAMETRY PŮDY NA IMISNÍ HOLINĚ VE VRCHOLOVÝCH PARTIÍCH JIZERSKÝCH HOR

Influence of precisely applied liming on chemical properties of soil in clear-felled area located in highest elevation of air polluted mountains (the Jizerské hory Mts.)

Abstract

The object of this contribution is an effect assessment of dolomitic limestone powder on soil under harsh conditions of an acidic mountain site. The limestone powder was used to support young Norway spruce (*Picea abies* /L./ KARST.) plants. The amendment was applied as a top dressing immediately after the trees had been planted, i. e. no incorporation was used. In more concrete terms, 1 kg of the limestone powder was applied onto a soil surface around each tree so that 50 kg of limestone per 100 m² were applied. The diameter of the "application circles" with the spruce plants in their centres was approximately 1 m. On the whole, the liming impacts, regarding the dosage applied, were not marked. Liming influenced positively soil reaction, sorption complex parameters and Ca and Mg contents. On the other hand, undesirable impacts were registered as far as soil organic matter and nitrogen are concerned. The P₂O₅ and K₂O contents were also lower in the limed soil. However, it is necessary to consider a more intensive nutrient uptake by better prospering and growing plantations of the limed variant in this case.

Klíčová slova: vápnění, povrchová meliorace, kyselé půdy, pedochemické parametry, Jizerské hory

Key words: liming, precisely applied amelioration, acidic soils, chemical soil properties, the Jizerské hory Mts.

ÚVOD

V roce 2003 byl proveden první výchovný zásah ve dvanáctileté experimentální výsadbě smrku ztepilého založené za účelem zjištění vlivu cílené aplikace dolomitického vápence na prosperitu mladých smrků v nepříznivých environmentálních podmínkách. Prosperitu hodnotil například KUNEŠ (2003). Mezi cíle, které byly výsadbou pokusem sledovány, patřilo ale i posouzení dopadů použitého způsobu chemické meliorace na stanoviště. Zmiňovaná prořezávka ukončila období existence výsadby, během něhož nebylo do jejího vývoje zasahováno porostní výchovou. Ukončení tohoto období a také fakt, že stanoviště pomalu přestává mít charakter imisní holiny, byly podnětem ke zpracování několika dílčích studií, které tuto časovou periodu z různých úhlů pohledu rekapitulují.

Jednou z těchto dílčích studií je také předkládaný příspěvek, který se zabývá ovlivněním půdního prostředí povrchovou aplikací dolomitického vápence. Pedochemické charakteristiky jsou vyhodnocovány na vzorcích odebíraných v průběhu dvanácti a půl roku po realizaci této formy cílené meliorace, která byla provedena spolu s výsadbou kultury smrku ztepilého na stanovišti horské imisní holiny. Jsou zde porovnávány výstupy analýz půdních vzorků odebraných na kontrolní variantě s charakteristikami vzorků odebraných v kruzích kolem jednotlivých stromků o průměru 1 m, kam byla na nenarušený povrch půdy aplikována moučka dolomitického vápence v dávce 1 kg na sazenici.

METODIKA

Výsadbou experiment byl založen v roce 1991 na pokusné ploše Jizerka a sleduje vliv aplikace jemné moučky dolomitického vápence na prosperitu mladé výsadby smrku ztepilého (*Picea abies* /L./ KARST.). Oplocená plocha se nachází na imisní holině v nadmořské výšce 960 m na Středním Jizerském hřebeni asi 1 km severně od osady Jizerka. Vlastní experimentální výsadba je pak situována ve svahu s jihozápadní expozicí. Stanoviště je řazeno do lesního typu

kyselá smrčina třtinová (8 K 2), hospodářského souboru 721 a pásma imisního ohrožení B (BALCAR, PODRÁZSKÝ 1994). Průměrná roční teplota stanoviště (za období 1996 – 2003) je 4,9 °C a celkové roční srážky (průměr za období 1994 – 2003) dosahují 1 046 mm (BALCAR in SLODIČÁK 2005). Horninové podloží je tvořeno biotitickou žulou, půdním typem je horský humusový podzol. Svrchní část profilu půdy byla v roce 1993 na místě výsadby popsána následovně: horizont L byl integrován do travního drnu, následovala intenzivně prokořeněná vrstva zahrnující horizont F a část horizontu H (0 - 5 cm), vlastní horizont H (5 - 10 cm) a horizont Aeh (10 - 22 cm).

Průměrná koncentrace SO₂ ve vzduchu je 11 g.m⁻³ (v současné době jsou zaznamenávané koncentrace SO₂ nižší), u F pak činí 0,18 g.m⁻³. Lokalita experimentu byla v druhé polovině 80. let 20. století před založením výzkumné plochy provozně vápněna. Podle dostupných informací se mělo jednat o jednu leteckou aplikaci dolomitického vápence původem ze Slovenska v dávce 2,4 t/ha.

Pokusná výsadba sestává z deseti čtvercových plošek o velikosti 100 m², přičemž na každou z nich bylo vysázeno po 50 ks čtyřletých sazenic smrku ztepilého ve sponu 2 x 1 m. Vzhledem k tomu, že výsadba se nachází ve svahu, plošky jsou uspořádány v řadě sledující vrstevnici s pravidelným střídáním plošek (opakování) příslušejících jednotlivým variantám.

Vedle kontroly sestávající ze 4 plošek (opakování) byly založeny dvě vápněné varianty, každá po třech ploškách (opakování). První z nich byla varianta „jamka“, kde byl při výsadbě kultury na jaře 1991 na každou sazenici použit 1 kg jemné moučky dolomitického vápence a promíšen s půdou v jamce (bodová aplikace). Velikost jamek byla přibližně 35 x 35 x 25 cm. Druhou vápněnou variantou byla varianta „povrch“. Jemná moučka dolomitického vápence se u této výsadbové obměny na jaře 1991 ihned po výsadbě rozptýlila na povrch půdy kolem jednotlivých stromků v kruzích o průměru 1 m (pomístná aplikace). I zde činila dávka vápence 1 kg na stromek. Právě zhodnocení vlivu povrchové aplikace vápence je náplní této práce. Jamková aplikace je posuzována v práci KUNEŠE et al. (2006).

Obsah Ca v moučce dolomitického vápence činil 21,5 % a obsah Mg byl 11,3 %. Moučka obsahovala 5,8 % částic větších než 1 mm, 16,3 % částic s průměrem mezi 1 a 0,5 mm, 20,4 % částic o velikosti mezi 0,5 a 0,2 mm a 57,5 % částic menších než 0,2 mm. Byl použit vápence z lomu Horní Lánov (PODRÁZSKÝ, ULBRICOVÁ 2001).

Vzorky půdy pro analýzy se odebíraly v letech 1991, 1994, 1996, 1998, 2000 a 2003 vždy v září nebo v říjnu po ukončení vegetační sezony. První odběr tedy proběhl až po aplikaci experimentálního vápnění. Odběry se prováděly polní lopatkou, poslední série v roce 2003 byla odebrána pomocí sondýrky o světlosti 7 cm. Z půdy (mimo povrch výsadbových jamek) se vždy vyrýpl „bloček“ zeminy o mocnosti cca 25 cm zahrnující drn trávy, horizonty nadložního humusu a svrchní minerální vrstvu půdy. Travní drn, do něž byla integrována i většina horizontu L, se poté ze vzorků půdy pokaždé odstraňoval. Každý vzorek byl dále rozdělen do tří vrstev. Jednalo se o vrstvu F („drť“ + zbytky humusového horizontu „opad“), vrstvu H („měl“) a vrstvu minerální zeminy A, která v sobě zahrnovala horizonty Ah, resp. Ae. Toto zjednodušené rozdělení na vrstvy (horizonty) F, H a A pak autoři používají i v této práci.

Vzorky z přívápněné varianty „povrch“ se odebíraly z prostoru přívápněných kruhů, vzorky kontrolní pak byly odebírány nahodile v prostoru kontrolních výsadbových plošek. Pro každou vrstvu v rámci porovnávaných dvou variant („kontrola“ x „povrch“) byly vytvořeny dva až tři směsné vzorky, přičemž jeden směsný vzorek v sobě obsahoval materiál zpravidla ze 3 nebo 4 odebraných půdních „bločků“. Jedna sada směsných vzorků, tj. komplet 3 vzorků z horizontů F, H, A, reprezentující určitou variantu, tedy pokrývala zpravidla jednu až dvě arové plošky (opakování) příslušné varianty. Směsné vzorky pak byly podrobeny pedochemické analýze. Vzhledem k malému počtu analyzovaných vzorků na variantu v jednotlivých letech je vývoj pedochemických charakteristik posuzován v čase statistickým testováním rovnoběžnosti regresních přímek proložených hodnotami parametrů v jednotlivých horizontech a variantách za celé období 1991 až 2003 na hladině významnosti 0,05. Metodu popisuje například ANDĚL (1998).

Zpracování vzorků v naprosté většině případů proběhlo v laboratoři při Výzkumné stanici VÚLHM v Opočně (v současnosti se jedná o Laboratoř Tomáš), i když v počátečním období byly některé pedochemické charakteristiky stanovovány také v ústřední laboratoři VÚLHM v Jilovišti-Strnadlech. Byla prováděna pedochemická analýza zahrnující stanovení následujících pedochemických parametrů: pH (H₂O), pH (KCl), obsah oxidovatelného půdního uhlíku, obsah půdního dusíku N, obsah přístupnýchází S, kationtová sorpční výměnná kapacita T, hydrolytická acidita H, nasycení sorpčního komplexu bázemi V, množství přístupné formy P, K, Ca, Mg a K.

Půdní reakce se zjišťovala potenciometricky. U pH (H₂O) byla pro potenciometrické měření používána suspenze vzniklá rozmícháním homogenizované půdní sušiny s destilovanou vodou v hmotnostním poměru 1 : 10 u humusových horizontů a 1 : 5 u minerálních horizontů. U výměnné reakce pH (KCl) bylo 5 g půdní sušiny z humusového, resp. 10 g sušiny z minerálního horizontu rozmícháno v 50 ml 1M KCl. Charakteristiky sorpčního výměnného komplexu (S, T, H, V) byly stanovovány Kappenovou metodou, obsah oxidovatelného uhlíku podle postupu Springer-Klee. Pro určování zastoupení půdního dusíku se do roku 1996 používal postup Springer-Klee, od roku 1996 se přešlo na Kjeldahlovu metodu. Přístupné formy základních živin se zjišťovaly ve výluhu kyselinnou citronovou: přístupný P byl stanoven přístrojem Spekol 210,

přístupný K pomocí plamenné fotometrie, dostupný Ca a Mg prostřednictvím AAS. Podrobné postupy zpracování uvádí ŠMÍDOVÁ (1991) a ZBÍRAL (1995).

VÝSLEDKY

pH (H₂O)

Povrchová aplikace dolomitického vápence aktivní půdní reakci zvýšila, ale nikterak výrazně. Míra ovlivnění pH (H₂O) povrchovým vápněním byla u horizontů F a H prakticky stejná a o něco vyšší než u horizontu A, kde je rozdíl hodnot aktivní reakce mezi vápněnou a kontrolní variantou relativně malý.

Mezivariantní rozdíly byly nejzřetelnější v roce 1996, kdy bylo u horizontů F a H registrováno v případě vápněných variant o 0,56, resp. 0,61 jednotky vyšší pH (H₂O) než u kontroly. U horizontu A tento rozdíl v roce 1996 nepřesáhl 0,36 jednotky. Na podzim 2003, tedy dvanáct a půl roku po vápnění, byla aktivní reakce půdy z horizontů F a H u vápněné varianty vyšší o 0,29, resp. 0,28 jednotky než u kontroly, v případě horizontu A byl tento rozdíl jen 0,05 jednotky.

Mírný trend nárůstu registrovatelný u obou variant v jednotlivých horizontech není statisticky průkazný, tj. regresní přímky proložené hodnotami pH (H₂O) žádné z variant nejsou ani u jednoho horizontu průkazně nerovnoběžné s osou času. V žádném horizontu nebyla prokázána ani různoběžnost regresních přímek vývoje pH (H₂O) srovnávaných variant vůči sobě.

Tab. 1.

Vývoj aktivní půdní reakce

Development of soil reaction in terms of pH (H₂O)

		pH (H ₂ O)					
Horizont/ Layer	Rok/ Year	1991	1994	1996	1998	2000	2003
	Varianta/ Variant	(-)					
F	Kontrola/ Control	3,65	4,30	4,22	4,20	4,90	4,41
	Vápněno/ Limed	3,81	4,40	4,78	4,20	4,80	4,70
H	Kontrola/ Control	3,59	4,17	4,05	4,00	4,80	4,22
	Vápněno/ Limed	3,66	4,35	4,66	4,10	4,80	4,50
A	Kontrola/ Control	3,77	4,47	4,64	4,30	5,10	4,13
	Vápněno/ Limed	3,86	4,60	5,00	4,27	5,10	4,18

pH (KCl)

Situace týkající se hodnot pH (KCl) je do značné míry analogická jako u předchozího parametru s tím, že rozdíly mezi variantami jsou zde ještě méně patrné. Vápnění zvedlo hodnoty i v případě výměnné půdní reakce pH (KCl), nicméně toto navýšení bylo velmi malé. Výraznější projev vápnění u této půdní charakteristiky byl patrný pouze v roce 1996, a to jen u půdních horizontů F a A.

V roce 2003 byla u vápněné varianty výměnná půdní reakce horizontu F vyšší než u kontroly o 0,22 jednotky a horizontu H o 0,28 jednotky. U horizontu A byly hodnoty výměnné reakce obou variant téměř stejné.

Vzestup hodnot pH (KCl) v čase u horizontu F vápněné varianty je průkazný, tj. regresní přímka proložená hodnotami pH (KCl) v horizontu F vápněné varianty je průkazně různoběžná s osou času a směřuje vzhůru. V ostatních případech nebyla vzestupná tendence vyhodnocena jako signifikantní. Nebyla prokázána ani různoběžnost regresních přímek vývoje pH (KCl) v jednotlivých variantách vůči sobě.

Tab. 2.
Vývoj výměnné půdní reakce

Development of soil reaction in terms of pH (KCl)

		pH (KCl)					
Horizont/ Layer	Rok/ Year	1991	1994	1996	1998	2000	2003
	Varianta/ Variant	(-)					
F	Kontrola/ Control	3,17	3,44	2,93	3,63	3,65	4,11
	Vápněno/ Limed	3,27	3,63	3,62	3,76	3,66	4,33
H	Kontrola/ Control	3,12	3,34	3,63	3,60	3,30	3,74
	Vápněno/ Limed	3,12	3,51	3,53	3,63	3,20	4,02
A	Kontrola/ Control	3,22	3,54	2,76	3,77	3,20	3,85
	Vápněno/ Limed	3,23	3,52	3,44	3,83	3,30	3,82

Půdní dusík N

V případě půdního dusíku situaci částečně komplikuje změna analytické metody používané k jeho stanovení. Přesto však lze v celkovém pohledu konstatovat pokles podílu této živiny u vápněné varianty ve srovnání s kontrolou, a to ve všech třech sledovaných horizontech. V roce 2003 bylo zastoupení půdního dusíku na vápněné variantě v horizontu F o necelou sedminu nižší než u kontroly, v případě horizontů H a A byl podíl této živiny u vápněné varianty nižší ve vztahu ke kontrole o necelou pětinu.

Tab. 3.
Vývoj obsahu celkového půdního dusíku

Total soil nitrogen development

		N					
Horizont/ Layer	Rok/Year		1991	1996	1998	2000	2003
	Varianta/ Variant	Metoda/ Method	%				
F	Kontrola/ Control	S. K.	1,08	1,57	-	-	-
		Kjel.	-	1,55	1,62	1,81	1,47
	Vápněno/ Limed	S. K.	0,70	1,41	-	-	-
		Kjel.	-	1,33	1,37	1,89	1,27
H	Kontrola/ Control	S. K.	0,83	1,31	-	-	-
		Kjel.	-	1,21	0,77	1,68	1,10
	Vápněno/ Limed	S. K.	0,36	1,30	-	-	-
		Kjel.	-	1,20	1,31	1,51	0,89
A	Kontrola/ Control	S. K.	0,15	0,16	-	-	-
		Kjel.	-	0,21	0,18	0,22	0,27
	Vápněno/ Limed	S. K.	0,13	0,17	-	-	-
		Kjel.	-	0,26	0,12	0,17	0,22

Vzhledem ke změně analytické metody stanovení nebyly trendy vývoje obsahu půdního dusíku v čase statisticky hodnoceny.

Obsah oxidovatelného uhlíku Cox

Ve srovnání s kontrolou bylo v půdním horizontu F vápněné varianty v první polovině sledovaného období nižší množství oxidovatelného uhlíku. Tento schodek však po roce 1996 téměř vymizel. V horizontu H nebyla bilance tohoto biogenního prvku vápněním výrazněji ovlivněna.

Poněkud jiná je situace v případě horizontu A. V roce 1998 zde bylo u vápněné varianty zastoupení Cox o polovinu nižší než u kontroly. V letech 2000 a 2003 však podíl oxidovatelného uhlíku v A horizontech obou variant vzrostl a rovněž mezivariantní rozdíl se snížil na 15,1 %.

Statistická analýza hodnot Cox v čase neprokázala u kontroly ani u vápněné varianty v žádném ze sledovaných horizontů signifikantně vzestupný či sestupný trend. Ani u jednoho z horizontů rovněž nebyla prokázána různoběžnost regresních přímek vývoje obsahu Cox v jednotlivých variantách vůči sobě.

Tab. 4.
Vývoj obsahu oxidovatelného uhlíku

Development of oxidable soil carbon percentage

		Cox				
Horizont/ Layer	Rok/Year	1991	1996	1998	2000	2003
	Varianta/ Variant	%				
F	Kontrola/ Control	31,1	30,4	26,5	31,6	25,8
	Vápněno/ Limed	25,7	26,6	29,8	31,4	23,7
H	Kontrola/ Control	19,4	23,0	11,5	25,4	19,7
	Vápněno/ Limed	16,7	22,6	22,8	24,9	21,5
A	Kontrola/ Control	4,9	2,6	3,3	3,3	5,3
	Vápněno/ Limed	3,6	3,1	1,6	2,4	4,5

Obsah bázi S

Při celkovém hodnocení sledovaného období 1991 - 2003 je i přes fluktuaci hodnot patrné, že vápnění zvýšilo obsah přístupných bází, a to především v horizontu H. V horizontu F účinek povrchové aplikace přestal být výrazným po roce 1994. V případě horizontu A jsou hodnoty registrované u srovnávaných variant v rámci jednotlivých let víceméně vyrovnané.

Statistická analýza parametru S u vápněné varianty ani u kontroly neprokázala v žádném ze sledovaných horizontů signifikantně vzestupný či sestupný trend. Ani u jednoho horizontu rovněž nebyla prokázána různoběžnost regresních přímek vývoje charakteristiky S v jednotlivých variantách vůči sobě.

Tab. 5.

Vývoj obsahu přístupných bází

Development of sum of exchangeable bases (KAPPEN)

Obsah přístupných bází S/Sum of exchangeable bases							
Horizont/ Layer	Rok/ Year	1991	1994	1996	1998	2000	2003
	Varianta/ Variant	mval/100g			meq/100g		
F	Kontrola/ Control	15,3	21,9	26,4	16,7	26,7	27,6
	Vápněno/ Limed	23,7	31,4	24,9	19,6	27,4	33,6
H	Kontrola/ Control	6,3	14,4	9,6	4,5	16,9	13,3
	Vápněno/ Limed	6,3	22,6	9,6	13,5	17,8	19,5
A	Kontrola/ Control	1,6	0,2	0,6	2,7	1,9	4,0
	Vápněno/ Limed	1,6	0,4	1,0	1,7	1,7	3,9

Kationtová sorpční výměnná kapacita T

Kationtová sorpční výměnná kapacita byla povrchovým vápněním ovlivněna jen mírně. Pozitivní účinek povrchového vápnění se zde dostavil nejdříve u horizontu F, a to již na podzim po aplikaci. V horizontu H byl vzestup parametru T u vápněné varianty registrován až při odběrech uskutečněných v roce 1994, ve srovnání s horizontem F si zde ale vápněná varianta uchovala větší hodnoty T proti kontrole i v roce 2003. U horizontu A se, na rozdíl od holorganických horizontů, účinek vápnění na sorpční výměnnou kapacitu jeví spíše jako mírně negativní.

Při srovnání hodnot parametru T v rámci polohy v půdním profilu jsou podle očekávání největší hodnoty sorpční výměnné kapacity registrovány u horizontu F. V horizontu H je již patrný pokles hodnot této charakteristiky. Ke skokovému snížení kationtové sorpční výměnné kapacity dochází, ve shodě s předpoklady po přechodu z holorganické vrstvy půdy (horizonty F a H) do organominerálního horizontu A.

Tab. 6.

Vývoj kationtové sorpční výměnné kapacity

Development of cation exchangeable capacity (KAPPEN)

Kationtová sorpční výměnná kapacita T/Cation exchange capacity							
Horizont/ Layer	Rok/ Year	1991	1994	1996	1998	2000	2003
	Varianta/ Variant	mval/100g			meq/100g		
F	Kontrola/ Control	63,6	73,8	73,1	55,4	72,0	63,7
	Vápněno/ Limed	77,1	79,2	64,5	58,6	71,1	63,9
H	Kontrola/ Control	50,0	60,8	51,4	25,8	64,3	39,8
	Vápněno/ Limed	50,1	69,4	53,5	49,6	66,6	48,4
A	Kontrola/ Control	18,0	8,2	9,1	9,8	11,8	15,6
	Vápněno/ Limed	14,0	9,2	10,4	7,3	10,7	14,1

Statistická analýza hodnot T z hlediska časového vývoje neprokázala u kontroly ani u vápněné varianty v žádném ze sledovaných horizontů signifikantně vzestupný či sestupný trend. V žádném z horizontů rovněž nebyla konstatována průkazná nerovnoběžnost regresních přímků vývoje parametru T ve srovnávaných variantách vůči sobě.

Nasycení sorpčního komplexu bázemi V

Povrchové vápnění zřetelně, avšak nikoliv razantně, zvýšilo nasycení sorpčního komplexu bázemi u horizontů F a H. Tento účinek meliorace přetrvává i do současnosti. Zvýšení tohoto parametru lze, s výjimkou roku 1998, vypořádat i u horizontu A. Zajímavá je tendence postupného nárůstu procenta nasycení sorpčního komplexu v čase, registrovatelná v posledních letech u všech horizontů bez ohledu na variantu. Vzestup V u horizontu F obou variant je signifikantní. V horizontu H je časový vzestup hodnot označen jako průkazný u kontroly, na vápněné variantě zůstává těsně mimo hranice průkaznosti. V horizontu A je jako průkazně vzestupný označen trend nárůstu hodnot V u vápněné varianty, na kontrole zůstává tento nárůst neprůkazný. Ani v jednom horizontu nebyla konstatována průkazná různoběžnost regresních přímků vývoje parametru V srovnávaných variant vůči sobě.

Tab. 7.

Vývoj nasycení sorpčního komplexu bázemi

Development of base saturation (KAPPEN)

Nasycení sorpčního komplexu bázemi V/Base saturation							
Horizont/ Layer	Rok/ Year	1991	1994	1996	1998	2000	2003
	Varianta/ Variant	%					
F	Kontrola/ Control	20,2	29,3	35,3	29,4	37,2	43,2
	Vápněno/ Limed	30,3	32,4	38,6	33,2	38,4	52,6
H	Kontrola/ Control	11,4	23,5	17,0	17,8	26,1	33,0
	Vápněno/ Limed	13,2	31,1	24,9	27,2	26,8	41,1
A	Kontrola/ Control	8,8	1,7	6,0	27,9	15,9	25,9
	Vápněno/ Limed	10,1	3,3	8,4	19,6	16,2	27,5

Hydrolytická acidita H (T-S)

Především v případě horizontu F je patrný sice pozvolný, avšak v konečném důsledku významný, pokles hydrolytické acidity za sledované období 1991 až 2003. Vliv vápnění na tento parametr má jen relativně malý význam v kontextu s mírou změn, k nimž došlo bez ohledu na chemickou melioraci. U horizontu A přišel po poklesu hydrolytické acidity, který byl registrován v období 1994 až 1998, její opětovný nárůst, a to prakticky na výchozí úroveň z roku 1991. U horizontu H je vývoj tohoto parametru po roce 1996 dosti rozkolísaný, takže prozatím nelze přikládat nějakou větší důležitost relativně značnému poklesu, který zde byl zaznamenán v roce 2003. Vápnění nemělo výraznější vliv na hydrolytickou aciditu ani v případě horizontů H a A.

Postupný pokles hodnot hydrolytické acidity v čase statistická analýza označila jako průkazný v horizontu F u obou variant. V dalších horizontech nebyl ani u jedné z variant konstatován signifikantně vzestupný či sestupný trend. Nebyla rovněž v žádném z horizontů konstatována průkazná nerovnoběžnost regresních přímků vývoje charakteristiky H ve srovnávaných variantách vůči sobě.

Tab. 8.
Vývoj hodnot hydrolytické acidity půdy
Development of hydrolytic acidity (K_{APPEN})

		H (T-S)					
Horizont/ Layer	Rok/Year	1991	1994	1996	1998	2000	2003
	Varianta/ Variant	mval/100g meq/100g					
F	Kontrola/ Control	57,7	52,0	46,7	39,7	45,3	36,1
	Vápněno/ Limed	53,5	47,8	39,6	39,0	43,7	30,3
H	Kontrola/ Control	43,7	46,3	41,8	21,3	47,4	26,5
	Vápněno/ Limed	43,1	46,8	40,1	36,1	48,8	28,9
A	Kontrola/ Control	11,5	8,0	8,5	7,1	10,0	11,6
	Vápněno/ Limed	11,1	8,8	9,4	5,6	8,9	10,2

Přístupný draslík

Na podzim 1991, tedy několik měsíců po aplikaci dolomitického vápence, byl podíl přístupného draslíku v půdě vzorků z horizontu F u vápněné varianty ve srovnání s jejich protějšky z kontrolní varianty výrazně nižší. Pak ale došlo u vápněné varianty k opětovnému nárůstu množství dostupné formy této živiny, takže o tři roky později, v roce 1994, byl tento rozdíl již podstatně menší. V letech 1998 a 2000 se v horizontu F obsahy tohoto prvku u obou variant pohybovaly na vzájemně srovnatelných úrovních a zároveň docházelo ke vzestupu hladiny draslíku v půdě. V roce 2003 byl u obou variant registrován pokles množství přístupného draslíku, který byl v případě vápněné varianty mnohem výraznější.

U horizontu H neiniciovalo povrchové vápnění žádnou okamžitou odezvu ve vývoji přístupného draslíku. Tento vývoj v podstatě vykazoval, navzdory určitým výkyvům v absolutních hodnotách (roky 1998 a 2000), i stejnou dynamiku v čase. K podobnému závěru jako u horizontu H lze dospět také v případě horizontu A. Odchylna v obsahu draslíku u vápněné varianty v roce 1996 patrně není, vzhledem ke značné velikosti registrované hodnoty, zcela relevantní skutečnému stavu.

V horizontu F na kontrole byl trend nárůstu přístupného draslíku v čase průkazný, na vápněné variantě vzestupná tendence v čase zůstala těsně mimo hranice průkaznosti. V dalších horizontech nebyl ani u jedné z variant konstatován signifikantně vzestupný či sestupný trend. U žádného z horizontů nebyla také konstatována průkazná různoběžnost regresních přímků vývoje obsahu draslíku ve srovnávaných variantách vůči sobě.

Přístupný fosfor

Při celkovém hodnocení sledovaného období 1991 až 2003 je zřejmé, že povrchová aplikace přeci jen o něco snížila množství dostupného fosforu v půdě všech tří horizontů. Pokud bychom si hodnoty vynesli do grafů, potom křivky obsahu této živiny by se u vápněné varianty pohybovaly převážně pod křivkami vnesenými pro kontrolu. A to přestože v jednotlivých letech došlo v tom či onom horizontu k epizodním výkyvům, kdy se hladina fosforu v půdě vápněné varianty dostala prakticky na úroveň kontroly nebo i mírně nad ní.

U vápněné varianty ani u kontroly nebyl statisticky prokázán v žádném ze sledovaných horizontů signifikantně vzestupný či sestupný trend. Ani v jednom horizontu nebyla rovněž konstatována průkazná nerovnoběžnost regresních přímků vývoje obsahu fosforu ve srovnávaných variantách vůči sobě.

Tab. 9.
Vývoj obsahu přístupného draslíku
Development of content of citric acid soluble potassium

		K ₂ O					
Horizont/ Layer	Rok/Year	1991	1994	1996	1998	2000	2003
	Varianta/ Variant	mg/100g					
F	Kontrola/ Control	26,8	27,1	23,9	34,8	67,4	60,9
	Vápněno/ Limed	10,8	22,6	17,3	33,1	63,4	40,9
H	Kontrola/ Control	19,9	19,2	14,1	16,4	44,7	15,2
	Vápněno/ Limed	19,5	17,6	15,0	25,2	34,8	13,4
A	Kontrola/ Control	3,1	2,8	3,3	3,4	6,5	5,4
	Vápněno/ Limed	2,7	2,6	11,1	3,0	5,3	4,6

Tab. 10.
Vývoj obsahu přístupného fosforu
Development of content of citric acid soluble phosphorus

		P ₂ O ₅					
Horizont/ Layer	Rok/Year	1991	1994	1996	1998	2000	2003
	Varianta/ Variant	mg/100g					
F	Kontrola/ Control	32,7	28,3	30,3	33,8	27,6	18,1
	Vápněno/ Limed	27,3	25,7	25,2	15,3	27,6	22,0
H	Kontrola/ Control	30,0	32,6	19,2	16,0	30,1	17,6
	Vápněno/ Limed	32,3	22,2	23,8	12,4	25,6	12,1
A	Kontrola/ Control	13,0	9,1	9,3	10,8	12,8	11,8
	Vápněno/ Limed	10,3	6,8	10,4	7,1	11,9	8,9

Přístupný vápník

Podle výstupů z laboratorních analýz nebyl obsah přístupného vápníku u horizontu F povrchovým vápněním v prvních letech překvapivě vůbec ovlivněn a pohyboval se na srovnatelné nebo dokonce nepatrně nižší úrovni než u kontrolní varianty. Teprve v roce 2000 došlo k výraznější diferenciaci hodnot ve prospěch vápněné varianty a tento trend byl potvrzen také údaji z roku 2003.

V horizontu H byla situace odlišná a zcela odpovídala očekávaním. V roce 1991 zde podíl přístupného vápníku několikanásobně převyšoval hodnoty registrované u kontrolní varianty. Poté došlo k postupnému sblížení hodnot. Přesto si zde ale vápněná varianta stále zachovává jasně viditelný náskok.

Zřetelně vyšší hodnoty obsahu přístupné formy této bazické živiny u vápněné varianty je možné ve většině případů vidět také v horizontu A.

V horizontu F označila testovací statistika trend nárůstu koncentrací přístupného vápníku v čase za průkazný u obou variant. V horizontu H je průkazný časový vzestup obsahu vápníku na kontrole; u vápněné varianty není prokázán klesající či rostoucí trend. V horizontu A nebyl ani u jedné z variant konstatován signifikantně vzestupný či sestupný trend.

Ani v jednom z horizontů rovněž nebyla konstatována signifikantní nerovnoběžnost regresních přímků vývoje obsahu vápníku v jednotlivých variantách vůči sobě.

Tab. 11.

Vývoj obsahu přístupného vápníku

Development of content of citric acid soluble calcium

		CaO					
Horizont/ Layer	Rok/Year	1991	1994	1996	1998	2000	2003
	Varianta/ Variant	mg/100g					
F	Kontrola/ Control	111,7	168,8	274,2	204,8	299,3	441,3
	Vápněno/ Limed	76,1	175,4	225,6	199,1	484,4	786,7
H	Kontrola/ Control	54,3	82,7	83,8	88,9	125,0	101,3
	Vápněno/ Limed	193,6	167,9	110,0	136,4	130,7	183,3
A	Kontrola/ Control	14,0	11,3	11,7	44,4	19,5	31,3
	Vápněno/ Limed	23,9	17,8	21,1	30,0	18,9	40,3

Tab. 12.

Vývoj obsahu přístupného hořčíku

Development of content of citric acid soluble magnesium

		MgO					
Horizont/ Layer	Rok/Year	1991	1994	1996	1998	2000	2003
	Varianta/ Variant	mg/100g					
F	Kontrola/ Control	58,0	121,5	214,1	86,3	133,3	209,9
	Vápněno/ Limed	37,8	121,9	157,6	78,6	217,3	382,7
H	Kontrola/ Control	22,5	52,8	51,7	29,7	46,8	33,7
	Vápněno/ Limed	126,0	135,6	73,4	46,5	48,8	61,1
A	Kontrola/ Control	5,1	7,2	7,3	7,7	7,5	10,5
	Vápněno/ Limed	12,2	12,5	13,3	6,7	8,2	14,7

Přístupný hořčík

U hořčíku je situace v podstatě analogická jako byla registrována v případě vápníku. V horizontu F se podle výstupů laboratorních analýz povrchové vápnění výrazněji projevilo, stejně jako u vápníku, až v letech 2000 a 2003.

V horizontu H oproti tomu došlo u vápněné varianty k výraznému navýšení podílu přístupné formy této živiny již na podzim 1991 a diametrální rozdíl mezi vápněnou a kontrolní variantou v této charakteristice přetrvával i v roce 1994. V roce 1996 již došlo k podstatnému zmenšení difference obsahu hořčíku mezi kontrolní a vápněnou variantou. Přesto obsah přístupného hořčíku stále zůstává, s výjimkou roku 2000, zřetelně až výrazně vyšší do současnosti (rok 2003).

Vápnění se okamžitě projevilo i v nárůstu hladiny přístupného hořčíku v horizontu A. Povrchově vápněná varianta zde vykazovala zřetelně vyšší podíl této živiny až do roku 1996, poté, v letech 1998 a 2000, došlo k vyrovnání hodnot. Na podzim 2003 se nicméně převaha vápněné varianty v obsahu této živiny opět projevila.

Průkazně vzestupný je časový trend koncentrace hořčíku v horizontu F vápněné varianty. V horizontu H nebyl ani u jedné z variant konstatován signifikantně vzestupný či sestupný trend, přestože u vápněné varianty je zřetelný postupný pokles hodnot s přibývajícím lety od experimentálního přivápnění. U horizontu A statistika hodnotí jako průkazně rostoucí obsah hořčíku na kontrole.

V horizontu F ani A nebyla konstatována vzájemná nerovnoběžnost regresních přímků vývoje obsahu přístupného hořčíku na srovnávaných variantách. V horizontu H se ale postupný pokles obsahu hořčíku na vápněné variantě s přibývajícím lety od experimentálního přivápnění projevilo. Regresní přímka vývoje obsahu hořčíku vápněné varianty je v horizontu H průkazně nerovnoběžná s regresní přímkou vývoje obsahu hořčíku u kontroly, a to i přes fakt, že ani u jedné varianty nebyla prokázána nerovnoběžnost regresních přímků s osou času.

DISKUSE

Půdní reakce

Fakt, že povrchová aplikace vápence ovlivnila obě formy půdní reakce v rámci celého sledovaného půdního profilu vcelku nevýrazně, je překvapivý. Je totiž potřeba brát v úvahu, že u každého stromku byl 1 kg melioračního materiálu aplikován na kruhovou plochu o průměru přibližně 1 m. Půda v rámci plošek, na něž byl vápencem rozptýlen, tedy byla vystavena dávce odpovídající 12,7 t/ha a aplikovaný materiál byl navíc velmi jemnozrný.

PODRÁZSKÝ (1993) uvádí, že v případě aplikace 9 tun dolomitického vápence na hektar v relativně podobných podmínkách Orlických hor (lokality Velká Deštná) došlo po třech vegetačních sezonách v horizontu F ke zvýšení pH (H₂O) o 0,9 jednotky, což je podstatně větší nárůst než v experimentu na Jizerce. Materiál použitý při pokusech v Orlických horách byl přitom zrnitostně i chemicky totožný s tím, který byl aplikován na Jizerce. Oproti tomu v horizontech H a A se u jizerskohorského experimentu půdní reakce povrchovým vápněním zvýšila o trochu více než v Orlických horách. Míra ovlivnění pH v těchto hlouběji položených horizontech však zůstává v obou případech velmi malá.

Stejný autor (PODRÁZSKÝ 2003a) v jedné ze svých pozdějších prací doplnil časovou řadu hodnot některých pedochemických parametrů včetně pH na ploše v Orlických horách o novější údaje. V horizontu F bylo 14,5 roku po vápnění (9 t/ha) registrováno pH (H₂O) na hodnotě 5,4, v horizontu H bylo 4,7 a v horizontu A se rovnalo 5 hodnotovým jednotkám. Kontrolní varianta (2002) vykazovala v horizontech F, H a A hodnoty 4,6; 4,6 a 4,2. Došlo tedy k výraznému rozrůznění hodnot mezi variantami i v hlouběji položeném horizontu A. To v případě našeho pokusu dosud nebylo pozorováno.

Proti výraznějším změnám půdní reakce na ploše Jizerka patrně působí velká pufrační schopnost horizontů nadložního humusu a nepochybně také fakt, že meliorant nebyl při své aplikaci zapravován do půdního profilu. Je také potřeba brát v úvahu logaritmický charakter funkce pH. Podobné faktory nicméně vystupovaly i v Orlických horách.

Na pokusné ploše Jizerka je zajímavé i opoždění projevu povrchového vápnění u obou forem půdní reakce. Nejvýraznější rozdíl mezi kontrolní a povrchově vápněnou variantou byl u aktivní a výměnné reakce detekován až v roce 1996, zatímco u některých

jiných pedochemických charakteristik (N, Cox, S atd.) byly účinky vápnění zřejmě hned na podzim po aplikaci, která byla realizována na jaře 1991.

Z hlediska stavu půdy stojí za pozornost postupný nárůst hodnot půdní reakce u obou variant, i když jej testovací statistika (s výjimkou hodnot pH (KCl) v horizontu F u vápněné varianty) neoznačila jako průkazný vývojový trend. Tento nárůst se týká jak vrstvy nadložního humusu, tak svrchního minerálního horizontu a patrně nemá přímou souvislost s experimentálním cíleným povrchovým vápněním, protože je registrovatelný i u kontroly. V této souvislosti je na místě uvést, že jako žádoucí se obvykle považuje hodnota pH (KCl) kolem 4,2 (ne o mnoho více) dosažená v minerální vrstvě půdy (ULRICH 1986a, b).

Některé z uvedených pozorování by částečně mohlo vysvětlovat provozní letecké vápnění, které bylo na lokalitě experimentu provedeno před založením výzkumné plochy koncem 80. let 20. století a rovněž vliv opadu trav a další přizemní vegetace.

Půdní dusík N

Na rozdíl od půdní reakce byla odezva půdního dusíku alespoň v horizontech F a H na povrchové vápnění prakticky okamžitá a je nutné konstatovat, že vliv vápnění na bilanci této živiny nebyl příznivý. Negativní dopad vápnění na množství půdního dusíku popisují také např. SCHÜLER (1987), OLSSON (1986) a KREUTZER et al. (1991).

V posledních letech se zdá, že účinky vápnění na množství půdního dusíku začínají v horizontu F pomalu ustupovat a rozdíl v obsahu dusíku mezi oběma variantami by se mohl i nadále do budoucna zmenšovat. Vzhledem k relativní rozkolísanosti hodnot je však nutné s formulováním konkrétnějších závěrů ještě vyčkat.

V nejnižší situovaném horizontu A se u vápněné varianty v roce 1996 přechodně zvýšilo množství půdního dusíku oproti kontrole. Je možné, že tato odchylka indikovala vyplavování z výše položených horizontů, nicméně po zbytek sledovaného období se i v horizontu A pohybovalo množství půdního dusíku na vápněné variantě pod úrovní kontroly.

Poněkud nižší množství dusíku na vápněné variantě patrně není pouze důsledkem ztrát této živiny vyplavováním z půdního profilu. S velkou pravděpodobností do bilance této živiny výrazně promlouvá také její odběr lépe prosperujícími a rychleji odrůstajícími smrky na povrchově přivápněné variantě. Tak například, zatímco kořenový systém průměrného smrkového jedince z kontrolní varianty v sobě obsahoval 0,896 g dusíku, výrazně větší kořenová biomasa průměrného povrchově vápněného jedince v sobě poutala 1,307 g této živiny, přestože relativní zastoupení dusíku na jednotku kořenové sušiny bylo u této vápněné varianty nižší než u kontroly (KUNEŠ et al. 2004). Ze zahraničních autorů popsali význam kořenového systému vitálních lesních porostů pro omezení ztrát dusíku, ale i půdních bází, z ekosystému vyplavováním například LUNDELL, JOHANNISSON a HÖGBERG (2001).

Obsah oxidovatelného uhlíku Cox, resp. humusu

Vápnění obvykle zintenzivňuje biologickou aktivitu půd, která se projevuje ve zrychleném odbourávání organických látek. Může tak mít příznivý účinek na kvalitu humusu (DELEPORTE, TILLIER 1999), ale také vést k poklesu celkového množství organické hmoty, jak to uvádějí například KREUTZER (1995), DEROME (1985) a MATZNER (1985), MARSCHNER, WILCZYNSKI (1991) a ROSENBERG et al. (2003). Nepříznivý účinek vápnění na půdní organickou hmotu

a v důsledku jejich ztrát také na množství půdního uhlíku či dusíku popisují i další autoři (ULRICH, KEUFEL 1970, SEIBT, REEMTSMA 1977, SEIBT, WITTICH 1977).

Výsledky chemických analýz prezentované v této studii zatím nenaznačují, že by experimentální vápnění v případě jizerskohorského pokusu iniciovalo nějaké dalekosáhlé a dlouhodobé změny v tomto směru. Žádný odlišný časový trend vápněné varianty od kontroly není prokázán. Vápnění se nejvíce projevuje v nejhloběji položeném horizontu A, kde je oxidovatelného uhlíku nejméně. Proto zde i takový mezivariantní rozdíl, který by byl v horizontech nadložního humusu nevýznamný, znamená výraznou proporcionální odlišnost. To lze obecně formulovat tak, že s hloubkou sice velikost účinků povrchového vápnění postupně klesá, stoupá ale význam každé jednotky rozdílu, který vápnění vyvolá. Zóna projevů vápnění v půdě se u povrchové aplikace navíc rozšiřuje směrem k hlouběji položeným horizontům pozvolna, jak se látky z meliorantu a produkty vzájemných reakcí těchto látek s ostatními složkami půdy dostávají hlouběji do půdního profilu.

I když se hodnoty Cox v sušině vzorků z horizontů nadložního humusu (F a H) u srovnávaných variant výrazně nelišily, nelze vyloučit, že povrchové vápnění mohlo ovlivnit mocnost vrstev nadložního humusu.

Jako hodný pozornosti se jeví fakt, že v posledních letech došlo u obou srovnávaných variant v horizontu A k nárůstu obsahu oxidovatelného uhlíku a dusíku, i když tento nárůst není podložen statisticky. I zde zatím uplynul jen krátký čas na vyvozování jakýchkoliv jednoznačných závěrů, ale tento nárůst by mohl signalizovat zvýšenou mineralizaci organické hmoty v horizontech nadložního humusu obou variant a postupné vyplavování produktů této mineralizace do minerálních vrstev půdy. Může zde hrát roli provozní letecké vápnění z 80. let, které se týkalo celé lokality, avšak velmi podobný účinek na organickou hmotu v půdě, jako se připisuje vápnění, může mít i samotné prosvětlení porostu nebo úplná ztráta porostního krytu na imisních holinách (PODRÁZSKÝ 2003b).

Hypotézu o zvýšené mineralizaci v horizontech nadložního humusu v našem případě nelze podepřít exaktněji formulovanými důkazy, protože v dlouhodobé časové řadě byly na výzkumné ploše zjišťovány pouze kvalitativní pedochemické ukazatele v rámci jednotlivých horizontů. Nebyly bohužel sledovány kvantitativní údaje. Jinými slovy, zjišťovalo se, jak se vyvíjela chemická kvalita půdního materiálu v rámci jednotlivých horizontů, ale nezjišťovalo se již, jak se vyvíjelo množství sušiny tohoto materiálu na jednotku plochy. Bylo by proto velice žádoucí rozšířit analýzy prováděné na výzkumné ploše o tuto kvantitativní dimenzi.

Obsah bází S

Ve srovnání s jinými experimenty byl na Jizerce vliv vápnění na obsah bází, alespoň podle výstupů analýz, v horizontu F překvapivě nevýrazný.

PODRÁZSKÝ (2003a) ještě čtrnáct a půl roku po aplikaci dolomitického vápence v dávce 9 t/ha registruje výrazné ovlivnění obsahu bází napříč třemi svrchními horizonty (F, H, A) drnového horského podzolu.

V případě experimentu na Jizerce se náskok přivápněné varianty po roce 1994 v horizontu F výrazně zmenšil a vývojové křivky tohoto parametru zde od té doby procházejí analogickým vývojem a velmi podobnými hodnotami jen s nepatrnou převahou vápněné varianty v jednotlivých letech. Předpokládána větší trvalost účinků povrchového vápnění se projevuje pouze v horizontu H.

Zajímavý je výrazný vzestup obsahu bázi registrovaný v horizontu A u obou variant v roce 2003. Může se jednat pouze o skokovou odchylku danou odběrem nebo laboratorním zpracováním, která se v následujících letech vrátí k „normálu“. Nelze zatím ale ani vyloučit, že se jedná o indikaci zvýšené míry vyplavování. Podobně jako nárůst obsahu celkového dusíku a oxidovatelného uhlíku, registrovaný od roku 2000, i vzestup obsahu bázi v horizontu A totiž může souviset s intenzivní mineralizací ve vrstvách nadložního humusu, či s vyplavováním bázi v důsledku kyselých depozic. Nicméně statistická analýza dosavadních dat neprokázala různoběžnost regresních přímek proložených hodnotami obsahu bázi s časovou osou. Až další série odběrů nám v tomto ohledu napovědí více.

Kationtová sorpční výměnná kapacita T

Dosavadní práce jiných autorů, které zahrnují posouzení vlivu vápnění na tento parametr, hodnotí účinky vápnění na kationtovou výměnnou kapacitu veskrze kladně. Kupříkladu KREUTZER (1995) zmiňuje vyšší hodnoty sorpční výměnné kapacity ještě 8 let po vápnění. PODRÁZSKÝ (1994), který vyhodnocoval výsledky vápnění ve vrcholových partiích Orlických hor (lokality Velká Deštná), uvádí, že čtyři a půl roku po aplikaci jemnozrné moučky dolomitického vápence v dávkách, které odpovídaly množství 3 t a 9 t na 1 hektar, byla sorpční výměnná kapacita v horizontu F na vápněných variantách vůči kontrole o 24 mval/100 g, resp. o 42 mval/100 g vyšší. Jedenáct a půl roku po aplikaci vápence v případě pokusu v Orlických horách činily rozdíly v horizontu F u parametru T mezi kontrolou a přívápněnými variantami 15,9 mval/100 g, resp. 14,2 mval/100 g (NOVOTNÝ 2002). Pozitivní účinek vápnění však s hloubkou v rámci profilu rychle klesal. K podobným závěrům došel v Krušných horách například CZERNEY (1968).

U výsadbového pokusu na ploše Jizerka hovoří výstupy analýz v zóně nadložního humusu také spíše ve prospěch přívápněných variant. Rozdíly nicméně nejsou velké, takže lze říci, že kationtová výměnná kapacita zde byla povrchovým vápněním ve sledovaném období 1991 až 2003 ovlivněna jen velmi mírně.

Zajímavým se ve sledovaném období jeví časový vývoj hodnot tohoto parametru v horizontu A. Zde, po výrazném poklesu a čtyřletém období, kdy se kapacita dočasně ustálila na snížené hladině, dochází po roce 1998 k opětovnému nárůstu kationtové výměnné kapacity prakticky na úroveň z roku 1991. To je ovlivněno patrně především zvyšujícím se podílem organické složky v horizontu A po roce 1998. Za zmínku stojí také nepatrně nižší hodnoty kationtové výměnné kapacity v horizontu A u přívápněných variant, které lze na Jizerce pozorovat po roce 1998. Tento hodnotový výkyv ve svrchním minerálním horizontu byl totiž zaznamenán také v případě pokusu v Orlických horách (NOVOTNÝ 2002), i když i tam byly rozdíly mezi variantami velmi malé.

Nasycení sorpčního komplexu bázemi

HEINSDORF et al. (1990) uvádí, že ve vrcholových polohách Durynského lesa bylo během tří let již při dávce 4 t hořečnatého slíny na hektar dosaženo prakticky plné saturace sorpčního komplexu ve vrstvě F + H. Podobně, velmi pronikavé, účinky chemické meliorace na nasycení sorpčního komplexu popisují také např. NILSON et al. (2001), PODRÁZSKÝ (1995), PODRÁZSKÝ, BALCAR (1996), KREUTZER (1995), BAKKER et al. (1999), LUNDSTRÖM et al. (2003), SIKSTRÖM (2001), VAN HEES et al. (2003).

KUNEŠ s PODRÁZSKÝM (2003) posuzovali vliv povrchového vápnění v Orlických horách na stanovišti, které je svými ekologickými

podmínkami relativně podobně lokalitě výzkumné plochy Jizerka. Jedná se o meliorační experiment, který byl uveden také v předchozí pasáži věnované sorpční výměnné kapacitě. Zmiňovaní autoři u pokusu v Orlických horách konstatovali výrazný vliv vápnění ještě 14,5 roku po aplikaci. Po uplynutí této doby bylo nasycení sorpčního komplexu u dávky odpovídající 3 t jemnozrného dolomitického vápence na hektar v horizontu F 78,8 %, u dávky ekvivalentní 9 t dolomitického vápence na hektar pak činilo 80,3 %. I kontrola však vykazovala překvapivě vysokou hodnotu 46,1 %. Ačkoliv nebylo provedeno zapracování, vliv vápnění v tomto případě pronikl i do hlubších horizontů. V horizontu H byly hodnoty parametru V po necelých patnácti letech na přívápněných variantách 56,5 % (3 t/ha) a 61,7 % (9 t/ha), na kontrole pak 29,2 %. U horizontu H nasycení sorpčního komplexu přívápněných variant dosahovalo 28,6 % (3 t/ha), resp. 53,5 % (9 t/ha), u kontroly činilo 17,1 %.

Za zmínku v případě orlickohorského experimentu stojí také nárůst hodnot nasycení sorpčního komplexu u kontroly, který lze v časové řadě přes fluktuaci vysledovat. K analogickému nárůstu totiž dochází také na stanovišti pokusné plochy Jizerka.

V experimentu na Jizerce by se u horizontů F a H mohlo na první pohled zdát, že trend nárůstu nasycení sorpčního komplexu bázemi v sobě odráží určitý pokles hodnot T u obou variant registrovaný v roce 2003. Avšak v roce 2000 v těchto horizontech byly na vzestupu hodnotové křivky jak u parametru T, tak i u parametru V. Rovněž u horizontu A jsou např. v roce 2003 na vzestupu křivky V a T zároveň. Jeví se tedy, že do nasycení sorpčního komplexu bázemi nepromlouvá zdaleka pouze vzájemný vztah mezi parametry T a V, ale např. také kvalita produktů humifikace apod. Nikoliv jen mineralizační, ale i humifikační procesy v půdě totiž mohou být ztrátou porostního krytu výrazně ovlivněny. I zde okamžitě vyvstává otázka, zda zvýšená kvalita humifikačních produktů není vykoupena ztrátami v zásobě nerozložené organické hmoty na stanovišti. Otázky bilance množství organického materiálu se v tomto kontextu jeví jako vysoce aktuální téma, i když výzkum, který by směřoval k jejich zodpovězení, by byl vysoce časově, technologicky i finančně náročný.

Přístupný draslík

Vývoj obsahu přístupného draslíku v půdě naznačuje vysokou pohyblivost tohoto prvku. Podle hodnot z pokusu na Jizerce se zdá, že aplikované povrchové vápnění může množství přístupného draslíku skutečně přechodně snížit. Určitý, i když statisticky neprůkazný, posun obsahu draslíku po vápnění směrem k nižším hodnotám zaznamenal také například NOHRSTEDT (2002), a to i v případě, že vápnění bylo kombinováno s PK hnojiv. Tomuto posunu však nepřikládal větší význam. V našem experimentu fluktovaly vývojové křivky obsahu draslíku u obou variant podle stejných vývojových trendů a odchylky hodnot v časové řadě jednotlivých variant diametrálně převyšovaly mezivariantní rozdílnosti v jednotlivých letech. To naznačuje, že souhrn ostatních faktorů promlouvajících do množství přístupného draslíku v jednotlivých letech nad vlivem experimentálního vápnění na lokalitě Jizerka výrazně převažoval.

Jako nezanedbatelný faktor je zde určitě opodstatněné uvést, že lépe prosperující smrkové kultury na povrchově přívápněných variantách z půdy odebraly, a ve své živé biomase fixovaly, podstatně větší množství tohoto prvku než výsadby kontrolní, což mohlo bilanci tohoto prvku do jisté míry také ovlivnit. Například jen v kořenovém systému jednoho průměrného smrkového jedince z povrchově vápněných variant bylo obsaženo asi 0,95 g draslíku,

zatímco kořenový systém průměrného smrkového protějšku z kontrolní varianty obsahoval asi 0,67 g této živiny. Některé výsledky týkající se biomasy pokusných výsadeb v rámci srovnávaných variant prezentovali KUNEŠ et al. (2004).

Přístupný fosfor

Povrchové vápnění částečně zvýšilo půdní reakci, která na stanovišti kolísá mezi silně až středně kyselou. Tomuto, i když podle výsledků analýz jen mírnému, zvýšení půdní reakce by v dané zóně pH stupnice mělo odpovídat i navýšení množství přístupného fosforu (BRADY 1990, BINKLEY 1986). V našem případě je ale množství dostupného fosforu v půdě po povrchovém vápnění ve většině pozorování menší. Nelze vyloučit, že vápnění mohlo indukovat tvorbu hůře rozpustných Ca-fosfátů v okolí částic aplikovaného vápence, jak to po vápnění kyselé lesní půdy popisuje například FRANSSON et al. (1999).

PODRÁZSKÝ (1993) uvádí, že množství fosforu by mohlo být v prvním období po vápnění ovlivněno zvýšeným odběrem travní buřně, především třtiny chloupkaté (*Calamagrostis villosa* CHAIX./GMEL.), která na vápnění reaguje posílením zastoupení svých společenstev (PELC 1997). Na ploše Jizerka bohužel chybějí informace o reakci buřně na experimentální vápnění v prvních letech po aplikaci. Ze šetření, která byla na Jizerce provedena později (KUNEŠ et al. 2006b), ale vyplývá, že třtina chloupkatá má sice na vápněných plochách vyšší pokrývnost, ale akumuluje ve svých porostech méně biomasy i fosforu na jednotku plochy než u kontroly. Otázka množství dostupného fosforu v první polovině sledovaného období, než kultury smrku začaly intenzivněji odrůstat, tedy není zcela dorešena.

Ve druhé polovině hodnoceného období již do bilance přístupného fosforu začaly patrně promlouvat smrkové výsadby. Ty na povrchově vápněné ploše přirůstaly podstatně intenzivněji (KUNEŠ 2003), s čímž mohl být spojen i zvýšený odběr fosforu z půdy. Zatímco kořenový systém průměrného jedince kontrolní varianty ve své biomase poutal celkem 0,0565 g čisté živiny, kořeny průměrného jedince z povrchově přívápněné varianty v sobě obsahovaly celkem 0,0804 g čistého fosforu a to přesto, že relativní zastoupení této živiny bylo na jednotku kořenové sušiny u vápněné varianty nižší. Z výsledků, které prezentuje KUNEŠ et al. (2004) a doplňuje KUNEŠ et al. (v tisku), vyplývá, že povrchově přívápněné smrky akumuluji vzhledem k množství své biomasy podstatně více fosforu než smrky z kontrolních výsadeb i ve svém jehličí, dřevě a kůře.

Přístupný vápník a hořčík

Přinejmenším velmi diskutabilní výsledky poskytly analýzy obsahu přístupného vápníku a hořčíku v horizontu F přívápněné varianty za období 1991 až 1998. Pochyby o relevantnosti zmiňovaných velice nízkých údajů u vápněné varianty, které by mohly být i několikanásobně vyšší, vyvstávají obzvláště v kontrastu s hodnotami registrovanými ve vrstvách půdy H a A, které zcela odpovídají očekáváním. Sada dat z období 1991 až 1998 v horizontu F přívápněné varianty se zdá být v rozporu se všemi dosavadními poznatky o účincích povrchového vápnění na neporušený půdní profil horské půdy.

Kupříkladu PODRÁZSKÝ (1993) uvádí, že dva a půl roku po povrchovém vápnění v Orlických horách (lokality Malá Deštná) dávkou ekvivalentní 9 t na hektar se obsah přístupného vápníku v horizontu F zvětšil proti kontrole téměř na devítinásobek a množství dostupného hořčíku stoupl na více jak dvacetinásobek hladiny registrované u kontroly. Na exponovanějším stanovišti tohoto pohorí (lokality

Velká Deštná) zvýšila stejná dávka moučky dolomitického vápence ve 2,5letém časovém horizontu obsah přístupného vápníku v horizontu F více jak čtyřikrát a množství přístupného hořčíku bylo oproti kontrole navýšeno na devítinásobek. Výrazný nárůst množství přístupného hořčíku a vápníku v humusové vrstvě po vápnění popisují také ULRICH a KEUFEL (1970) nebo z novějších prací např. NOHRSTEDT (2002), MEIWES et al. (2002), ŠRÁMEK, FADRHOŇSOVÁ, LOMSKÝ (2003).

Autoři této práce neznají mechanismy, kterými by bylo možné takové výsledky vysvětlit. Při dávkce jemnozrného vápence, která v podstatě odpovídá 12,7 t na hektar, nelze předpokládat, že by materiál navýšil koncentrace hořčíku a vápníku až v horizontu H, aniž by jakkoliv ovlivnil obsah těchto prvků v horizontu F. Ani schopnost bylinné buřně odčerpávat u vápněné varianty z horizontu F takové množství hořčíku a vápníku, že by se jejich hladiny vyrovnaly s kontrolou, se nezdá jako pravděpodobná,

Autoři mají za to, že sporné údaje v horizontu F, které jsou navíc v rozporu s vývojem některých dalších parametrů, jako je například obsah bázi, neodpovídají realitě. Přesto se je rozhodli uvést jako podnět k přemýšlení o tom, kde by mohl být problém, protože se jedná o výstupy ze čtyř samostatných analýz v relativně dlouhém časovém období.

V horizontech H a A, jak již bylo zmíněno, je vývoj obsahů zcela podle očekávání. Velmi výrazné rozdíly z počátku sledované periody 1991 až 2003 se v průběhu času postupně zmenšují. Vliv vápnění je zde však přes určité fluktuace časových řad stále jasně zřetelný.

ZÁVĚR

Pro celkové zhodnocení reakce půdního prostředí i smrkových výsadeb na vápnění v rámci tohoto experimentu je nepochybně důležitá následující perioda sledování, která bude spadat do období odeznívání až úplného odeznění účinků vápnění na stanovišti.

Za dosavadní období lze konstatovat, že vápnění sice velice mírně, přesto ale převážně příznivě, ovlivnilo půdní reakci, parametry sorpčního komplexu a obsah přístupného vápníku a hořčíku. Naopak, jeho účinky na celkovou organickou hmotu v půdě a na půdní dusík byly spíše negativní, i když ne dramaticky. Zmíněna by měla být nižší hladina fosforu a draslíku u vápněné varianty. V tomto kontextu může ale celkovou bilanci ovlivňovat také zvýšený odběr těchto prvků lépe prosperujícími a rychleji odrůstajícími přívápněnými smrky.

Je celkem překvapivé, že vápnění vyvolalo u pedochemických parametrů tak „nevýraznou“ odezvu. Meliorovaná půda byla přitom vystavena množství vápence odpovídajícímu dávkce 12,7 tun na hektar. Jedním z možných vysvětlení by mohla být informace, že lokalita Jizerka byla v minulosti, ještě před založením výzkumné plochy, provozně vápněna.

Negativní dopady vápnění, přes vcelku nevýrazný projev, rozhodně nelze podceňovat. Nebezpečí nadměrné mineralizace a živinových ztrát je na imisních holinách samo o sobě velmi vysoké. To ostatně naznačují i časové řady z kontrolní varianty tohoto experimentu. Vápnění přitom uvedeně riziko dále stupňuje. Kupříkladu PODRÁZSKÝ (2003a, b) proto zastává názor, že ekologická rizika, která vápnění nepochybně má, činí toto opatření právě na imisních holinách velmi problematickým. Pokud je řeč o celoplošné necílené aplikaci, autoři předkládané studie se s tímto stanoviskem zcela ztotožňují.

Hovoříme-li ale o cíleném melioračním zásahu, situace může být přeci jen jiná, obzvláště pokud by se uvažovalo o použití živinově komplexněji vybavených moderních materiálů s pomalým výdejem živin. Je zde totiž potřeba brát v potaz celkovou prosperitu kultur a jejich odrůstání, které chemická meliorace může (nikoliv musí) podpořit.

Vápnění nepochybně stimuluje mineralizaci organické hmoty v půdě. Prostřednictvím cíleně použitého vápnění však v našem případě bylo možné díky urychlení přírůstu kultur o něco dříve přitlumit hlavní příčnu mineralizačního procesu, kterou je ztráta porostního krytu. Navíc přivápněné stromy ve své biomase poutaly větší množství živin než jejich kontrolní protějšky.

Problematika celkové bilance organické hmoty a dusíku v rostlinné biomase a v půdě po vápnění na lokalitě Jizerka je předmětem výzkumu. To ale rozhodně neubírá na důležitosti otázce, zda by přesně cílená chemická meliorace v jasné daných podmínkách a za použití moderních materiálů nemohla napomoci obnově a stabilizaci lesního ekosystému na některých lokalitách horských stanovišť včetně imisních holin. Téma se stává ještě aktuálnější v souvislosti s potřebou zvýšit v imisních oblastech podíl listnatých dřevin. Řada listnáčů je totiž stanovištně náročnější, než jsou jehličnany. Je však zcela nezbytné snažit se experimentálně dodefinovat podmínky, za kterých budou minimalizována rizika cílené meliorace a posílena pravděpodobnost projevu jejich pozitivních účinků.

Z dosavadních pozorování na ploše Jizerka se zdá, že například mikrostanovištní podmínky mohou výsledky melioračních zásahů výrazně ovlivnit (KUNEŠ 2003). Značné rozdíly v reakci na meliorační stimul lze očekávat také při srovnání různých druhů dřevin. KUNEŠ (2001) a BALCAR (2001) kupříkladu dospěli k názoru, že vápnění není žádoucí v případě výsadeb břízy karpatské (*Betula carpatica* WILLD.), což je pro obnovu lesa v Jizerských horách velmi významný druh. Aplikace jemně mletého dolomitického vápence u tohoto taxonu zpomalila výškový přírůst i růst koruny. Autoři v dohledné době zamýšlejí publikování některých výsledků vztažených právě k této problematice.

Velkou pozornost je třeba věnovat testování vlastních melioračních materiálů, jejichž výběr je v současnosti podstatně větší než v roce 1991, kdy byl pokus zakládán. Ve spojitosti s cílenou meliorací by do budoucna měly hrát stále větší roli moderní hnojivé či meliorační prostředky s kontrolovaným výdejem živin a možností volby odpovídajícího zastoupení živin. Cílená aplikace těchto meliorantů by výrazně snížila možná rizika pro ekosystém a kompenzovala by jejich vyšší pořizovací cenu.

Poznámka:

Výsledky prezentované v příspěvku vznikly v rámci institucionální podpory výzkumu a vývoje z veřejných prostředků – výzkumného záměru MZE ČR č. 0002070201 „Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnících se podmínkách prostředí“ a z prostředků FRVŠ přidělených na projekt č. 1475, TO G4 „Spontánní sukcese a meliorační opatření při obnově lesů Jizerských hor“. Při terénních pracích byla rovněž využita finanční podpora poskytnutá Vnitřní grantovou agenturou Fakulty lesnické a environmentální. Za spolupráci při zakládání pokusné plochy a zajištění jejího provozu autoři děkují pracovníkům LČR, lesní správě Frýdlant v Čechách.

LITERATURA

- ANDĚL, J.: Statistické metody. Praha, Matfyzpress 1998. 274 s.
- BAKKER, M., KERISIT, R., VERBIST, K., NYS, C.: Effects of liming on rhizosphere chemistry and growth of fine roots and of shoots of sessile oak (*Quercus petraea*). Plant and Soil, 217, 1999, s. 243-255.
- BALCAR, V.: Some experience of European birch (*Betula pendula* ROTH) and Carpathian birch (*Betula carpatica* W. et K.) planted on the ridge part of the Jizerské hory Mts. Journal of Forest Science, 47 (Special Issue), 2001, s. 150-155.
- BALCAR, V., PODRÁZSKÝ, V.: Založení výsadbového experimentu v hřebenové partii Jizerských hor. Zprávy lesnického výzkumu, 39, 1994, č. 2, s. 1-7.
- BINKLEY, D.: Forest nutrition management. New York: J. Wiley 1986, 289 s.
- BRADY, N. C.: The nature and properties of soils. The 10th edition. New York: Mac Millan 1990, 621 s.
- CZERNEY, P.: Über dem Einfluss der Kalkdüngung auf die chemische Eigenschaften von Fichtenhumus. Archiv für Forstwesen, 17, 1968, č. 5, s. 513-530.
- DELEPORTE, S., TILLIER, P.: Long-term effects of mineral amendments on soil fauna and humus in an acid beech forest floor. Forest Ecology and Management, 118, 1999, s. 245-252.
- DEROME, J.: Forest liming as a mean of counteracting the effect of soil acidification. In: Symposium on the effects of air pollution on forest and water ecosystem. Helsinki, 1985, s. 89-100.
- FRANSSON, A. M., BERGKVIST, B., TYLER, G.: Phosphorus solubility in an acid forest soil as influenced by applied phosphorus and liming. Scandinavian Journal of Forest Research, 14, 1999, s. 538-544.
- HEINSDORF, D. et al.: Bericht über boden- und nadelanalytischen Untersuchungen nach „Revitalisierungsdüngungen“ in immissionsgeschädigten Fichtenbeständen der Kamm und oberen Berg-lagen des Thüringer Waldes. Beiträge für die Forstwirtschaft, 24, 1990, č. 2, s. 74-85.
- KREUTZER, K.: Effects of forest liming on soil processes. Plant and Soil, 168/169, 1995, s. 447-470.
- KREUTZER, K., GÖTTLEIN, A., PRÖBSTLE, P.: Dynamik und chemische Auswirkungen der Auflösung von Dolomitskalk unter Fichte (*Picea abies* /L./ KARST.). In: Ökosystemforschung Höglwald. Eds. Kreutzer, K. und Göttlein, A. Parey, Hamburg, 1991, s. 186-204.
- KUNEŠ, I.: Vliv vápnění a aplikace mouček bazických hornin na prosperitu a vývoj výsadeb lesních dřevin na imisní holině lokality Jizerka. Diplomová práce. Praha: FL ČZU 2001. 110 s.
- KUNEŠ, I.: Prosperity of spruce plantation after application of dolomitic limestone powder. Journal of Forest Science, 49, 2003, č. 5, s. 220-228.
- KUNEŠ, I., BALCAR, V., VYKYPĚLOVÁ, E., ZADINA, J.: Vliv jamkové aplikace moučky dolomitického vápence na půdní prostředí kyselého horského stanoviště. Zprávy lesnického výzkumu, 51, 2006a, č. 2, s. 84-91.
- KUNEŠ, I., BALCAR, V., ZAHRADNÍK, D., VYKYPĚLOVÁ, E., ZADINA, J., ŠEDLBAUEROVÁ, J.: Vliv bodové jamkové a pomísné povrchové aplikace dolomitického vápence na množství a chemické složení biomasy vzorníků smrku ztepilého (*Picea abies* /L./ KARST.) odebraných z experimentální výsadby v Jizerských horách. Rukopis zaslán redakci Zpráv lesnického výzkumu, v tisku.

- KUNEŠ, I., ČÍZEK, M., BALCAR, V., VYKYPĚLOVÁ, E.: Vliv bodové jamkové a pomístné povrchové aplikace dolomitického vápence na biomasu mladých smrků (*Picea abies* [L.] KARST.). In: Obnova lesních ekosystémů Jizerských hor. Restoration of the forest ecosystems of the Jizerské hory Mts. Sborník z konference, Kostelec nad Černými lesy, 23. 11. 2004, Pavla Neuhöferova (ed.). Praha: ČZU FLE 2004, s. 117-128. ISBN 80-213-1244-0
- KUNEŠ, I., PODRÁZSKÝ, V.: Trvalost efektu chemické meliorace na imisních holinách. In: Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách v roce 2002. Sborník z konference v Teplicích. Jiloviště–Strnady: VÚLHM 2003, s. 25-32.
- KUNEŠ, I., VYKYPĚLOVÁ, E., MÖLLEROVÁ, J., ŠEDLBAUEROVÁ, J., FRITSCHEROVÁ, H., BENEŠOVÁ, T., KOHOUTOVÁ, J., ZADINA, J.: Bylinné patro v rámci výsadby smrku ztepilého na chemicky meliorovaných plochách horského imisního stanoviště Jizerka. Zprávy lesnického výzkumu, 51, 2006b, č. 4, s. 219-229.
- LUNDELL, Y., JOHANNISSON, C., HÖGBERG, P.: Ion leakage after liming or acidifying of Swedish forests – a study of lysimeters with and without active tree roots. Forest Ecology and Management, 147, 2001, s. 151-170.
- LUNDSTRÖM, U. S., BAIN, D. C., TAYLOR, A. F. S., VAN HEES, P. A. W., GEIBE, C. E., HOLMSTÖRM, S. J. M., MELKERUD, P. A., FINLAY, R., JONES, D. L., NYBERG, L., GUSTAFSSON, J. P., RIISE, G., TAU STRAND, L.: Effects of acidification and its mitigation with lime and wood ash on forest soil processes in southern Sweden. A joint multidisciplinary study. Water, Air, and Soil Pollution: Focus 3, 2003, s. 167-188.
- MARSCHNER, B., WILCZYNSKI, W. A.: The effect of liming on quantity and chemical composition of soil organic matter in a pine forest in Berlin, Germany. Plant and Soil, 137, 1991, č. 2, s. 229-236
- MATZNER, E.: Auswirkungen von Düngung und Kalkung auf den Elementumsatz und die Elementverteilung in zwei Waldökosystemen im Solling. Allgemeine Forstzeitschrift, 41, 1985, č. 43, s. 1143-1147.
- MEIWES, K. J., MINDRUP, M., KHANNA, P. K.: Retention of Ca and Mg in the forest floor of a spruce stand after application of various liming materials. Forest Ecology and Management, 159, 2002, s. 27-36.
- NILSSON, S. I. et al.: Influence of dolomite lime on leaching and storage of C, N and S in a Spodosol under Norway spruce (*Picea abies* (L.) KARST.). Forest Ecology and Management, 146, 2001, s. 55-73.
- NOHRSTEDT, H. Ö.: Effects of liming and fertilisation (N, PK) on chemistry and nitrogen turnover in acidic forest soils in SW Sweden. Water, Air, and Soil Pollution, 139, 2002, s. 343-354
- NOVOTNÝ, P.: Vyhodnocení vlivu povrchového vápnění na růst kultury smrku v Orlických horách. Diplomová práce. Praha: FL ČZU 2002. 80 s.
- OLSSON, M. T.: Long-term impact of lime on the humus form in a beech stand on sandy till. Studia Forestalia Suecica No. 174. Uppsala, Swedish University of Agricultural Sciences 1986. 12 s.
- PELC, F.: Obnova lesa v imisně zatížené Chráněné krajinné oblasti Jizerské hory. In: Sborník referátů České meteorologické společnosti při AV ČR a ČHMÚ ze semináře „Stoleté výročí extrémních atmosférických srážek“. Praha, 1997, s. 31-41.
- PODRÁZSKÝ, V.: Krátkodobé účinky vápnění v extrémních imisních ekologických podmínkách Orlických hor. Lesnictví-Forestry, 39, 1993, č. 3/4, s. 97-105.
- PODRÁZSKÝ, V.: Význam meliorace lesních půd pro obnovu lesa v imisních oblastech. Zprávy lesnického výzkumu, 39, 1994, č. 4, s. 53-54.
- PODRÁZSKÝ, V.: Effects of liming on forest soils in severe site and immission conditions. Comm. Inst. For. Boh., 18, 1995, s. 97-105. ISSN 0231-7257
- PODRÁZSKÝ, V.: Velkoplošné povrchové vápnění imisních holin: rizika a přínosy. In: Využití chemické meliorace v lesním hospodářství ČR. Sborník ze semináře, Kostelec nad Černými lesy, 18. února, 2003. Praha: FL ČZU 2003a, s. 60-65. ISBN 80-213-1008-1
- PODRÁZSKÝ, V.: Chemická meliorace v komplexu lesnických opatření. In: Využití chemické meliorace v lesním hospodářství ČR. Sborník ze semináře, Kostelec nad Černými lesy, 18. února, 2003. Praha: FL ČZU 2003b, s. 6-7. ISBN 80-213-1008-1
- PODRÁZSKÝ, V., BALCAR, V.: Liming of spruce plantation on the top locality of the Jizerské Mts. Scientia Agriculturae Bohemica, 27, 1996, č. 4, s. 271-282.
- PODRÁZSKÝ, V., ULBRICHOVÁ, I.: Vývoj lesních půd a experimentálních výsadeb po povrchovém vápnění na imisních holinách. In: Krajina, les a lesní hospodářství. Sborník z celostátní konference, Kostelec nad Černými lesy, 22. – 23. 1. 2001. Praha: LF ČZU, 2000, s. 111-122. ISBN 80-213-0703-X
- ROSENBERG, W. et al.: Liming effects on the chemical composition of the organic surface layer of a mature Norway spruce stand (*Picea abies* [L.] KARST.). Soil Biology and Biochemistry, 35, 2003, s. 155-165.
- SEIBT, G., REMTSMAN, J. B.: Ertragskundliche und bodenkundliche Ergebnisse langfristiger Kalkungsversuche im nord- und westdeutschen Bergland, weitere Kalkungsversuche. Mitt. Niedersächs. Versuchsanst. Göttingen: Forstliche Fakultät der Universität Göttingen, 50, 1977, s. 89-298.
- SEIBT, G., WITTICH, W.: Der älteste Kalkungsversuch in Neuenheerse und bodenkundliche Grundlagen. Mitt. Niedersächs. Versuchsanst. Göttingen: Forstliche Fakultät der Universität Göttingen, 50, 1977, s. 5-88.
- SCHÜLER, G.: Neue Wege bei der Kompensationskalkung. Forst- und Holzwirt, 42, 1987, č. 15, s. 400-401.
- SIKSTRÖM, U.: Effect of pre-harvest soil acidification, liming and N-fertilization on the survival, growth and needle element concentrations of *Picea abies* L. KARST. seedlings. Plant and Soil, 231, 2001, s. 255-266.
- SLODIČÁK, M. et al.: Lesnické hospodaření v Jizerských horách. LČR a VÚLHM, Hradec Králové a Jiloviště-Strnady, 2005, 232 s. ISBN 80-86461-51-3
- ŠMÍDOVÁ, V.: Metodiky používané při rozborech na VÚLHM VS Opočno. Opočno, 1991.
- ŠRÁMEK, V., FADRHOŇSOVÁ, V., LOMSKÝ, B.: Vápnění lesních porostů v ČR v letech 2000 až 2004. In: Využití chemické meliorace v lesním hospodářství ČR. Sborník ze semináře, Kostelec nad Černými lesy, 18. února, 2003. Praha: LF ČZU 2003, s. 17-21. ISBN 80-213-1008-1
- ULRICH, B.: Natural and anthropogenic components of soil acidification. Z. Pfl. Ernähr. Bodenkunde, 149, 1986a, s. 702-717.
- ULRICH, B.: Factors affecting the stability of temperate forest ecosystems. In: 18th IUFRO World Congress. Division 1. Vol. 1. Ljubljana, IUFRO, 1986b, s. 121-135.

ULRICH, B., KEUFEL, W.: Auswirkungen einer Bestandeskalkung zu Fichte auf den Nährstoffhaushalt des Bodens. Forstarchiv, 41, 1970, s. 30-35.

VAN HEES, P. A. W., NYBERG, L., HOLMSTRÖM, S. J. M., LUNDSTRÖM, U. S.: Pools and fluxes of cations, anions and DOC in two forest soils treated with lime and ash. Water, Air, and Soil Pollution: Focus 3, 2003, s. 145-165.

Influence of precisely applied liming on chemical properties of soil in clear-felled area located in highest elevation of air polluted mountains (the Jizerské hory Mts.)

Summary

The contribution evaluates the effects of an application of dolomitic limestone powder on soil under harsh conditions of an acidic mountain site. The limestone powder was used to support young Norway spruce (*Picea abies* /L./ KARST.) plants. The experimental spruce plantation is situated in the Jizerka research plot (Forestry and Game Management Research Institute) on a southwest-facing slope of the Střední Jizerský hřeben ridge in the Jizerské hory Mts. (lat. 50°49'39''N, long. 15°21'16''E). The mean annual air temperature is 4.9 °C on the site and the mean annual precipitation equals 1,046 mm there. The experimental Norway spruce culture was planted at a spacing of 1 x 2 m (50 trees per 100 m²).

Apart from the control (no liming), a surface limed variant was installed. The applied dolomitic limestone originated from the Horní Lánov quarry (northern Bohemia). This amendment contained 21.5% of Ca and 11.3% of Mg. In terms of particle-size distribution, the limestone powder consisted of 5.8% of particles with a diameter over 1 mm, 16.3% of particles with a diameter between 1.0 and 0.5 (mm), 20.4% of particles with a diameter between 0.5 and 0.2 (mm) and 57.2% of particles whose diameter was below 0.2 mm.

One kilogramme of the limestone powder was applied to a soil surface around each tree so that 50 kg of limestone per 100 m² were applied. The diameter of the "application circles" with spruce plants in their centres was approximately 1 m. The crushed limestone was applied as a top dressing immediately after the trees had been planted in 1991. No incorporation was used.

The sampling was carried out in September or October of 1991, 1994, 1996, 1998, 2000 and 2003. The soil samples were collected in small blocks from the surface layer of soil (0 – 25 cm). The sod including the L horizon was removed and the remaining part of each block was divided into the F, H and A horizons. The material of these horizons was then included into the composite samples representing a particular horizon (F, H or A) in a particular treatment variant (control vs. limed variant). There were 2 to 3 composite samples formed for each horizon in each variant in the particular years of sampling.

The main pedochemical characteristics of the composites from the limed variant were determined and compared with those of the control samples. The results of the analyses of soil chemistry are summarised in the bilingual tables (tables 1 to 12).

On the whole, the liming impacts, regarding the dosage applied, were not marked. Liming influenced positively soil reaction, sorption complex parameters and Ca and Mg contents. On the other hand, undesirable impacts were registered as far as soil organic matter and total nitrogen are concerned. The P₂O₅ and K₂O contents were also lower in limed soil. However, it is necessary to consider a more intensive nutrient uptake by better prospering and growing plantations of the limed variant in this case.

Recenzováno