

Effect of controlled liming on the soil chemistry on the immission clear-cut

V. V. PODRÁZSKÝ

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

ABSTRACT: Results obtained during 14 years of the experiment are presented. Extreme site conditions are determined by: 8th vegetation altitudinal zone, podzolic soil and hard climate – average annual temperature 4°C, average annual precipitation around 1,200 mm. Effects of surface experimental liming were studied on immission clear-cuts in long time period, study area is located on the Velká Deštná locality on the main Orlické hory Mts. range. Research plots were established and the basic survey was done in spring of 1988, studies of liming effects were performed in the period 1987–2002. On particular plots, 0, 1,308, 2,826, 3,924 and 8,478 kg/ha of fine limestone (grain size under 1 mm) was distributed by hands on the soil surface, as an application of 3 and 9 t/ha of “fine” and “coarse” material (together 5 variants including the control one). Results are available for the forestry practice, research has to continue in the future – potential of negative liming impacts is topical here, consisting in humus mineralization and nutrients losses. Maximum effects on the soil reaction were observed in 8–10 years after limestone application at the soil surface (F – horizon) and in the period 10–15 years lower (H, A – horizons). Base saturation dynamics shows the time delay 2–4 years following pH values. For the site protection, efficient forest stands are vitally important of pioneer as well as climax species.

Keywords: immission areas; liming; soil chemistry; soil reaction; sorption complex

The duration of effects of liming treatments is a broadly discussed topic at the liming evaluation of forest soils and sites. The available results confirm relatively slight effects and their limited duration in some cases (PODRÁZSKÝ, PEŘINA 1989), in other experiments the results are considerable for decades (DEROME 1985). They were obtained usually on plots limed by the forestry practice, under non-controlled conditions, there is a lack of experimental results (BALEK et al. 2001). The aim of the presented paper is so the documentation of outputs of a controlled experimental liming trial, evaluating the effects of dolomitic limestone application on the forest soil and plantation in concrete extreme site and immission conditions. The case studied enables the considering of liming effects on the basic soil chemistry and

plantation nutrition in a relatively long-term period. No comparable results for relevant site conditions and experiment pattern are disposable.

MATERIAL AND METHODS

Experimental plots were established in extreme site and ecological conditions of the Orlické hory Mts. (Czech – Polish border) close to the highest top (Velká Deštná, 1,115 m a.s.l., 8th forest altitudinal zone). It is a crystalline part of the Czech Massif, the territory of the former Forest Enterprise Opočno, today Kolowrat Forests. Extremely unfavorable sites are conditioned by unfavorable climate (average annual temperature 4°C, average annual precipitation around 1,200 mm), by the soils of podzol type and

Supported by the Grant Agency of the Czech University of Agriculture in Prague (CIGA), Project No. 62/2003 *Humus Composition and Properties as a Indicator of Soil Properties*.

by elevated immission load in the past. At present, changed micro- and mezoclimatic conditions play also important role on extreme high elevation clear-cuts. Site type is characterized by the forest type 8Z2, rowan-spruce forest with *Vaccinium myrtillus* on slopes, geological bedrock is formed by schists. Soil type is by Morphogenetic classification system represented by Histic Podzols (PZo), in the Institute of Forest Management (Ústav pro hospodářskou úpravu lesů) classification by grassy mountain podzol or peat podzol – at least at half of 80ies (HRAŠKO et al. 1987). The top part of the Orlické hory Mts. was limed repeatedly by the forestry practice, but the size and arrangement of experimental plot enable to suppose the evenly distributed effects on the whole area. Mineralization of surface humus was registered in the last period and the soil state needs re-evaluation. Research plot was established in the spring 1988 (after survey and preliminary soil sampling in autumn 1987) in growing 4-year old Norway spruce plantation, it included following variants: K – control, zero variant, without experimental limestone application and then variants 3H, 3J, 9H, 9J, representing the use of 3 and 9 t/ha of coarse (H) or fine (J) dolomitic limestone from the pit Horní Lánov (21.5% Ca, 11.25% Mg – pure nutrients). Coarse limestone was composed by 56.4% of mass of particles over 1 mm, considered as without amelioration effects, then 15.6% of particles 1–0.5 mm, 11.1% of particles with size 0.5–0.2 mm and 16.9% less than 0.2 mm. Corresponding share of fractions in the fine limestone was 5.8–16.3–20.4 and 57.5%.

Liming was performed by hands evenly on the surface of particular sub-plots of 10 × 10 m size, in two applications, amount of particles less than 1 mm was in particular variants (K, 3H, 3J, 9H, 9J): 0, 1,308, 2,826, 3,924 and 8,478 kg/ha. Soil samples were taken from horizons F, H and A (Ae or E types – uppermost 10 cm of mineral soil) in autumns of years 1987, 1988, 1990, 1992, 1994, 1998 and 2002. Basic soil survey was done by standard methods in 1987. On particular variants, there was taken 10 replications in 1988 and 1990, 5 replications in other years. In 1988, 1990 and 2002, the samples were analyzed individually, bulk samples were formed in other years from particular horizons. Un-soluted limestone, both coarse as well as the fine, is still forming a distinct layer in the litter of the holorganic horizon, excluded from analyses. From a wide spectrum of analyses performed by standard methods, results are documented of: soil pH, soil adsorption complex characteristics by Kappen (S – base content, H – hydrolytical acidity,

T – cation exchange capacity, V – base saturation, exchangeable aluminum, total humus content, total nitrogen content by Kjeldahl, plant available nutrients in the citric acid solution [P – spectrophotometer, others AAS], total nutrients content by AAS after mineralization by the sulphuric acid and selene). Only some of results (selected – the mostly relevant) are documented in this presentation. The plantation growth was measured in the previous period (until 1999, next measurement 2004), and nutrition status was determined in 1998 and 2003. Standard statistical methods – one-way analysis of variance – were used for results processing.

RESULTS AND DISCUSSION

Results document visible effects of liming on the studied pedochemical characteristics and on the plantation growth and development in the whole period of study. Considerable effect was observed since the first vegetation period of the experiment after the spring liming, especially in the uppermost horizons – F (Fig. 1), as for soil pH and the variant 9J. The differences among variants increased in the next 6 years, they decrease again since 1994. Nevertheless, they were still statistically significant in the last 15 years of the experiment duration. The same dynamics is observed in the H-layer, i.e. in the metamorphed holorganic layer. In the mineral layer (of the Ae or E type), the effects of liming are observed only in the last period. Bigger differences appear since 1994 and only in the years 1998–2002 were registered in greater extent (Fig. 1).

Base saturation reacted with a time delay on the liming treatment in lower horizons. In the F layer, the differences among variants increased in the period 1988–1998 and they start to decrease in the year 2002 probably. Differences are obviously greater comparing to soil reaction (Fig. 2). Differences in the base saturation are raising to the last sampling years in the lower horizons, the effects of increasing limestone amounts are obvious.

Liming affected also the active soil reaction (pH H₂O) significantly with the highest limestone amount in the year 2002. In the same way, the significant trends of base content (S-value) and cation exchange capacity (T-value) were increased and the exchangeable aluminum content slightly decreased by liming (Table 1). The total N contents were higher in the Ah horizon of the more strongly limed plots – probably due to the relative enrichment and N-leaching in the lower horizons (POPOVIC 1984).

Higher amounts of limestone applied increased also the growth rate of plantations (Table 2). Only

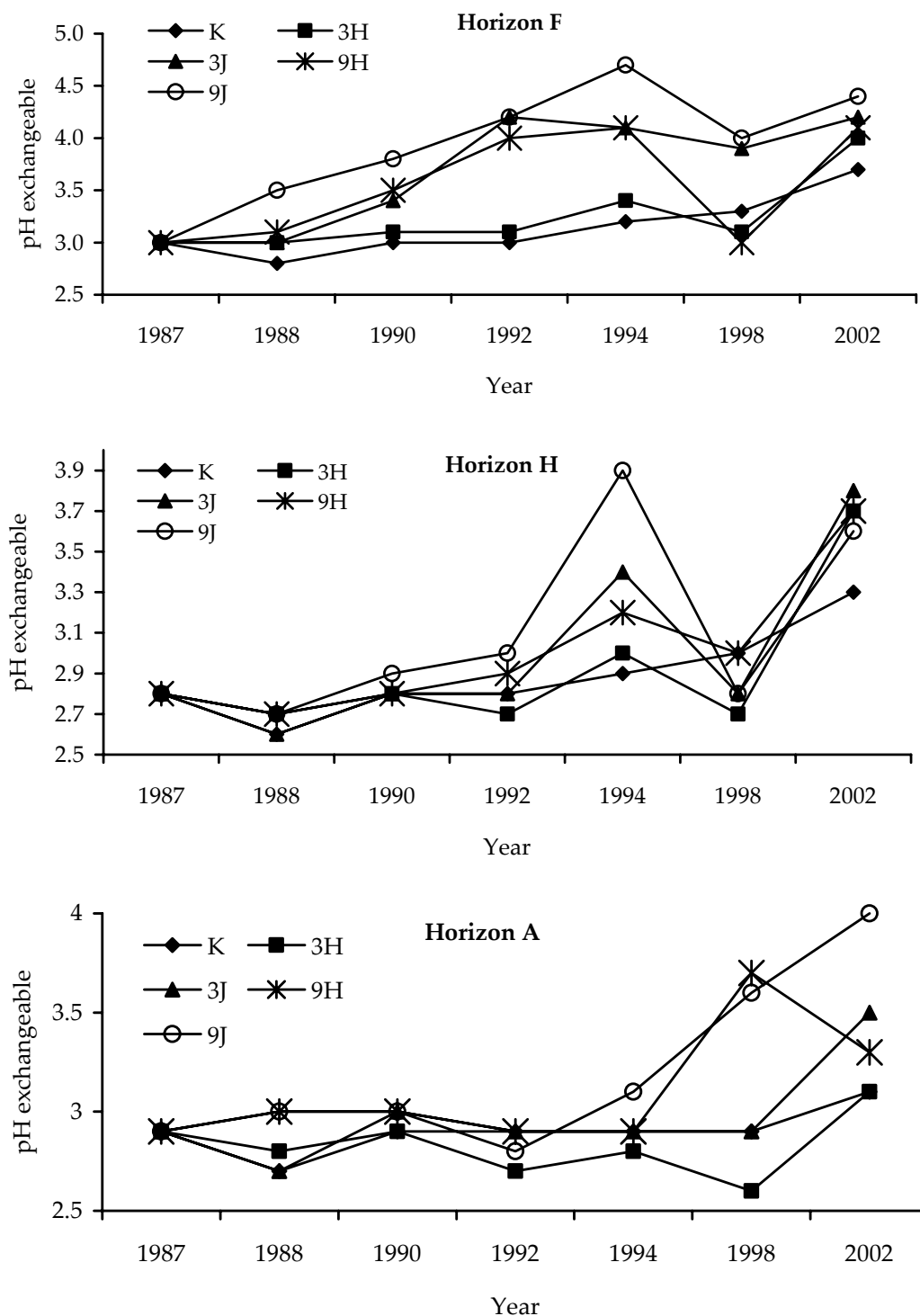


Fig. 1. Dynamics of soil potential reaction (pH KCl) on research plots in the period 1987–2002 in particular horizons F, H, Ae

the biggest limestone application did not show this trend. Also the mortality trend was unfavorable here, initial number of plants being app. 50 in each variant. The trends could be related to the nitrogen dynamics effects, but the nutrition of plantations does not show any visible trends yet (Table 3). The nutrient content did not differ among variants, with the exception of magnesium. Only potassium

and magnesium contents increased in the period 1998–2003 slightly, all the macroelements were in the sufficiency range.

There are not comparable results of other authors in the literature. In the Czech countries, no other research team established such experiment. Moreover, the liming of immission clear-cuts was used only in the Czech Republic, so similar experiments were not

Table 1. State of pedochemical characteristics on the limed plots of the Velká Deštná locality in 2002

Variant	Horizon	Thickness (cm)	pH H ₂ O	S		T		Al ex (mval/1,000 g)	N total (%)
				(mval/100 g)					
1 K	1 – F	4.4 a	4.6 a	36.7 a	79.7 a	22.4	1.46		
	2 – H	4.1	4.6	15.9 a	55.1 a	25.6 ab	1.33		
	3 – Ae	10	4.2 a	1.3 a	7.5 a	17.8	0.16 a		
2 3H	1 – F	4.5 a	5.2 ab	38.3 a	73.4 a	23.5	1.67		
	2 – H	4.2	4.4	25.8 a	67.6 ab	25.2 ab	1.32		
	3 – Ae	10	4.3 ab	2.3 a	11.6 a	18.4	0.23 ab		
3 3J	1 – F	4.2 a	5.2 ab	66.7 b	84.3 ab	14.6	1.51		
	2 – H	3.8	4.7	33.6 ab	60.9 ab	8.2 ab	1.20		
	3 – Ae	10	4.7 ab	2.7 a	8.5 ab	13.7	0.17 a		
9H	1 – F	5.6 b	5.1 ab	35.4 a	71.8 a	18.8	1.57		
	2 – H	5.0	4.7	22.0 a	58.4 ab	34.5 b	1.37		
	3 – Ae	10	4.2 a	4.5 a	14.9 bc	17.8	0.32 b		
9J	1 – F	4.2 a	5.4 b	84.6 b	100.3 b	23.2	1.42		
	2 – H	4.2	4.7	48.8 b	76.2 b	16.3 a	1.18		
	3 – Ae	10	5.0 b	10.1 b	17.6 c	9.3	0.27 ab		

Different indexes indicate statistically significant differences

Table 2. Height growth of the plantations after liming on the Velká Deštná locality in 1996–1999

Variant	H96 (cm)	H97 (cm)	H98 (cm)	H99 (cm)	Tree number
K	94.1 a	109.1 a	129.4 a	145.7 a	48
3H	124.8 b	143.0 b	167.6 b	184.4 b	43
3J	111.3 ab	128.3 ab	151.6 ab	167.6 ab	34
9H	120.7 b	137.4 b	160.0 b	178.4 b	47
9J	90.2 a	101.6 a	116.4 a	126.7 a	19

Different indexes indicate statistically significant differences

Table 3. Nutrition status of the spruce plantation by macroelements on particular limed plots in 1998 and 2003 (% in the 1-year needles)

Variant	N %		P %		K %		Ca %		Mg %	
	30. 9. 1998	2. 10. 2003	30. 9. 1998	2. 10. 2003	30. 9. 1998	2. 10. 2003	30. 9. 1998	2. 10. 2003	30. 9. 1998	2. 10. 2003
K	1.64	1.50	0.19	0.16	0.37	0.67	0.46	0.50	0.070	0.130
3H	1.57	1.50	0.19	0.14	0.39	0.63	0.42	0.46	0.078	0.144
3J	1.42	1.51	0.17	0.17	0.35	0.72	0.45	0.48	0.072	0.144
9H	1.51	1.45	0.17	0.16	0.38	0.67	0.46	0.45	0.086	0.154
9J	1.51	1.52	0.19	0.17	0.31	0.70	0.45	0.45	0.083	0.164

studied abroad. This is why the discussion possibility is quite limited, despite this, results have high impor-

tance for the forestry practice – there are still ideas to use liming of clear-cuts on the regional scale.

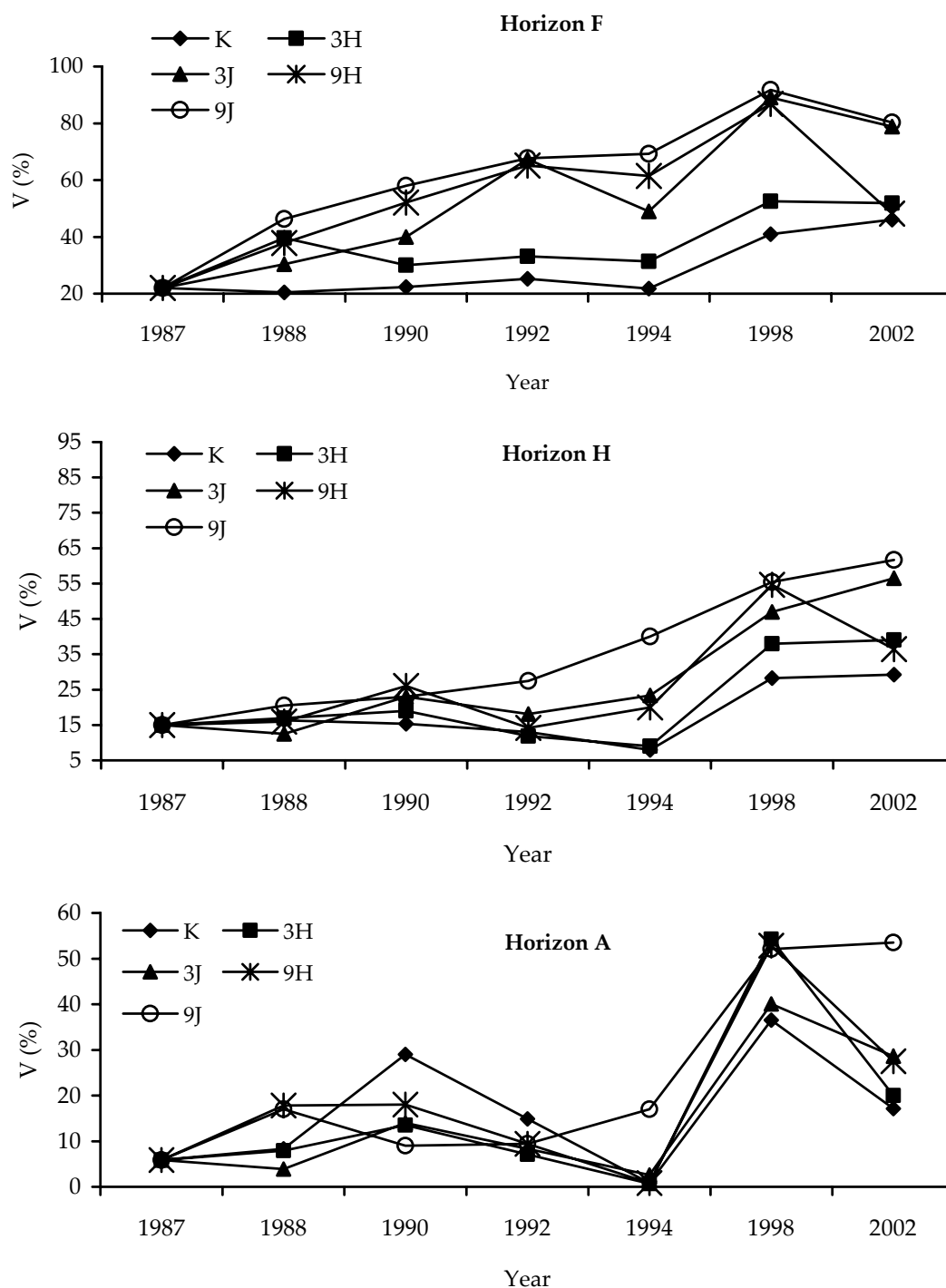


Fig. 2. Dynamics of base saturation on research plots in the period 1987–2002 in particular horizons F, H, Ae

Comparing to practical liming of immission clear-cuts, practiced in the 80ies of the last century, the controlled experimental liming did show much more observable effects. This was conditioned by the manual spread of the ameliorative material of the fine granulometric composition. The use of the coarse limestone in the past could not show any profound effects (PEŘINA, PODRÁZSKÝ 1988; PODRÁZSKÝ 1989; PODRÁZSKÝ, PEŘINA 1989) because of the slow solubility of such a material.

Laboratory and field experiments documented close relationship between the effects of the limestones and dimension of their grains. The effects were connected only with the grain size under 1 mm, with an optimum between 0.2–0.5 mm (PODRÁZSKÝ 1990, 1992). This was supported also with the more recent studies (e.g. ULBRICHOVÁ, PODRÁZSKÝ 2002). High attention has to be paid to the nitrogen dynamics as a potential hazard (PODRÁZSKÝ 2003).

Very interesting is also the improved state of the humus forms even on the control plots, probably caused by the vegetation change (conifers replaced by grasses) and surely also due to the practical liming on the whole area of the Orlické hory Mts. main ridge. The question of the spontaneous soil restoration since the deposition lowering is problematic, as well as the role of annual fluctuation of studied soil characteristics (PODRÁZSKÝ 1993).

CONCLUSIONS

Obtained results enable several important conclusions from the viewpoint of the further strategy of the liming use:

- liming and its effects need further complex research to consider its importance and to prevent the negative impacts,
- liming has visible effects on the changes of pedochemical characteristics,
- at surface application of limestone, the maximum effects on soil reaction (pH) are observable in the uppermost layers of the surface humus in the period 8–10 years, deeper (H, A, E horizons) in the period 10–15 years,
- intensity of changes in the soil adsorption complex characteristics follows the soil reaction in 2–5 years.

References

BALEK J., ŠRÁMEK V., LOMSKÝ B., 2001. Vápnění a hnojení lesních porostů v letech 2000–2001. *Lesnická práce*, 80: 483.

DEROME J., 1985. Forest liming as a means of counteracting the effect of soil acidification. In: *Symposium of the Effects of Air Pollution on Forest and Water Ecosystem*. Helsinki, University of Helsinki: 89–100.

HRAŠKO J. et al., 1987. Morfogenetický klasifikačný systém pôd ČSSR. Bratislava, ČSAV: 107.

PEŘINA V., PODRÁZSKÝ V., 1988. Účinnost vápnění v Jizerských horách. *Lesnická práce*, 67: 12–17.

PODRÁZSKÝ V., 1989. Vliv vápnění na chemické vlastnosti lesních půd Jizerských hor, Orlických hor a Krkonoš. *Práce VÚLHM*, 74: 169–205.

PODRÁZSKÝ V., 1990. Relativní účinnost zrnitostních frakcí dolomitického vápence v laboratorních podmínkách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 35: 15–18.

PODRÁZSKÝ V., 1992. Dolomitický vápenec – složení a účinnost. *Zprávy lesnického výzkumu*, 37: 36–39.

PODRÁZSKÝ V., 1993. Zhodnocení půdní reakce (pH) jako ukazatele stavu lesních půd z hlediska statistické analýzy. [Závěrečná práce PGS.] Praha, Filozofická fakulta UK: 43.

PODRÁZSKÝ V., 2003. Velkoplošné povrchové vápnění imisních holin: rizika a přínosy. In: *Sborník Využití chemické meliorace v lesním hospodářství ČR*. Kostelec nad Černými lesy, 18. 2. 2003. Praha, ČZU: 60–65.

PODRÁZSKÝ V., PEŘINA V., 1989. Zahraniční zkušenosti s vápněním lesních půd. *Lesnická práce*, 68: 111–120.

POPOVIC B., 1984. Mineralization of carbon and nitrogen in humus from field acidification studies. *Forest Ecology and Management*, 8: 81–94.

ULBRICHOVÁ I., PODRÁZSKÝ V., 2002. Dlouhodobé účinky povrchového vápnění na stav kultur smrku a lesní půdy. In: *Sborník Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách v roce 2001*. Teplice, VÚLHM: 29–36.

Vliv kontrolovaného vápnění na půdní chemismus na imisní holině

V. V. PODRÁZSKÝ

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

ABSTRAKT: Příspěvek dokumentuje výsledky čtrnáctiletého výzkumu účinků experimentálního vápnění na extrémních stanovištích. Extrémní podmínky jsou dány: 8. vegetačním stupněm, horskými podzoly a nepříznivým klimatem – průměrná roční teplota 4 °C a průměrné roční srážky kolem 1 200 mm. Vliv vápnění, provedeného ručně za kontrolovaných podmínek, byl sledován na imisní holině během relativně dlouhé doby, výzkumná plocha je situována blízko vrcholu Velké Deštné na hlavním hřebeni Orlických hor. Plochy byly vybrány a průzkum lokality byl proveden v roce 1987, plochy byly sledovány v letech 1987–2002. Na jednotlivých dílčích plochách bylo aplikováno 0, 1 308, 2 826, 3 924 a 8 478 kg/ha jemného vápence s velikostí zrna pod 1 mm v rámci aplikace 3 a 9 t/ha tzv. jemného a hrubého vápence (celkem pět variant včetně zdvojené kontrolní). Meliorační hmota byla aplikována na povrch půdy ručně. Příspěvek uvádí výsledky dosažené v prvním období výzkumu a dokládá pozitivní i negativní vlivy vápnění; ty nepříznivé spočívají především v zintenzívnění mineralizace humusu a ve ztrátách živin. Příznivé efekty spočívají v úpravě půdního chemismu. Maximální změny

půdní reakce byly pozorovány 8–10 let po aplikaci vápnění v povrchových horizontech (F) a hlouběji (H a A horizonty) po 10–15 letech. Nasycení sorpčního komplexu bázemi vykazuje zpoždění 2–4 let po hodnotách pH. Kvůli ochraně půd a stanoviště je žádoucí dosažení a udržení zápoje lesních dřevin, ať již přípravných, nebo cílových.

Klíčová slova: imisní oblasti; vápnění; půdní chemismus; půdní reakce; sorpční komplex

Vápnění je dosud široce používáno jako metoda meliorace na různých typech stanovišť a v různých ekologických podmínkách. Z nich imisní holiny ve výše položených horských polohách příhraničních oblastí jsou pro Českou republiku specifické.

Příspěvek dokumentuje výsledky čtrnáctiletého výzkumu výsledků experimentálního vápnění na extrémních stanovištích. Extrémní podmínky jsou dány 8. vegetačním stupněm, horskými podzoly a nepříznivým klimatem – průměrná roční teplota 4 °C a průměrné roční srážky kolem 1 200 mm. Vliv vápnění, provedeného ručně za kontrolovaných podmínek, byl sledován na imisní holině během relativně dlouhé doby, výzkumná plocha je situována blízko vrcholu Velké Deštné na hlavním hřebeni Orlických hor. Byla založena na jaře 1988 a sledována v letech 1987–2002. Na jednotlivých dílčích plochách bylo aplikováno 0, 1 308, 2 826, 3 924 a 8 478 kg/ha jemného vápence s velikostí zrna pod 1 mm (3 a 9 t/ha tzv. jemného a hrubého vápence). Meliorační hmota byla aplikována na povrch půdy ručně.

Příspěvek uvádí výsledky dosažené v prvním období výzkumu a dokládá pozitivní i negativní vlivy vápnění, ty nepříznivé spočívají především v zintenzivnění mineralizace humusu a ve ztrátách živin. Vliv vápnění je silně závislý na dávce, a zejména na

jemnosti mletí aplikovaného vápence. Příznivé efekty spočívají v úpravě půdního chemismu. Maximální změny půdní reakce byly pozorovány 8–10 let po aplikaci vápnění v povrchových horizontech (F) a hlouběji (H a A horizonty) po 10 až 15 letech. Nasycení sorpčního komplexu bázemi vykazuje zpoždění 2–4 let po hodnotách pH (obr. 1 a 2). V roce 2002 se obsah bází pohyboval v holorganických horizontech od hodnot 15,9 a 36,7 mval na 1 000 g jemnozeme (kontrola) po hodnoty 48,8 a 84,6 (varianta 9J), zvýšila se i kationtová výměnná kapacita z hodnot 79,7 a 55,1 na 100,3 a 76,2 mval na 1 000 g jemnozeme (tab. 1). Výškový růst sazenic byl ve sledovaném období dost výrazně ovlivněn, v posledním roce měření (1999) byla průměrná výška na kontrolní variantě 145,7 cm a na variantě 9H až 178,4 cm. Na nejsilněji vápněné variantě byla doložena růstová deprese (126,7 cm – tab. 2). Stav výživy sazenic smrku se mezi jednotlivými variantami v roce 2003 výrazně nelišil (tab. 3).

Kvůli ochraně půd a stanoviště – zejména obsahu organické hmoty povrchových horizontů – je velmi důležité dosažení a udržení zápoje lesních dřevin, ať již přípravných, nebo cílových. Výsledky tohoto výzkumu jsou významné i pro použití v praxi a výzkum bude pokračovat zejména pro zhodnocení negativních vlivů vápnění.

Corresponding author:

Prof. Ing. VILÉM V. PODRÁZSKÝ, Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a environmentální,
165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika
tel.: + 420 224 383 403, fax: + 420 220 923 132, e-mail: podrazsky@fle.czu.cz
