

VÝŽIVA SMRKOVÝCH POROSTŮ NA VÁPŇNÝCH PLOCHÁCH S RŮZNOU INTENZITOU PROBÍR- KOVÉHO ZÁSAHU V MORAVSKOSLEZSKÝCH BESKYDECH

MINERAL NUTRITION OF LIMED PLOTS WITH DIFFERENCE INTENSITY OF THINNING IN MORAVIAN-SILESIAN BESKIDS MTS.

SABINA TRUPAROVÁ - JIŘÍ KULHAVÝ

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Brno

ABSTRACT

The condition of mineral nutrition of spruce stands was evaluated on limed plots of the Moravian-Silesian Beskids 23 years after the last application of limestone and at the various intensity of tending measures. The age of the stands is 30 years. The contents of N, P, Mg, K, Ca, Mn, Cu and Zn were monitored in the first and second needle year-classes. Simultaneously, K/Ca, K/Mg, N/Mg, N/Ca and P/Zn ratios were calculated. Positive effects of liming on the content of magnesium and phosphorus were found. On the contrary, effects of liming on the content of nitrogen, potassium, calcium, microelements and K/Ca, K/Mg, N/Mg and P/Zn ratios were not proved. Unfavourable effects of liming became evident in the N/Ca ratio on limed plots. On the control plot, this ratio was balanced.

Klíčová slova: minerální výživa, vápnění, Moravskoslezské Beskydy

Key words: mineral nutrition, liming, Moravian-Silesian Beskids Mts.

ÚVOD

Česká republika patří i v současnosti k územím s nejvyšší úrovní atmosférické depozice dusíku v Evropě (LORENZ, GRANKE 2009; BOHÁČKOVÁ et al. 2010). I přes značný pokles koncentrace těchto sloučenin v ovzduší překračují zejména vstupy dusíku na mnoha místech hodnoty, které mohou negativně působit změny v minerální výživě lesních dřevin a v dalším zakyselování půdy (NIHLGÅRD 1985; ROELOFS et al. 1985; SCHULTZE 1989; THELIN et al. 2002; LOMSKÝ 2006). Zdravotní stav jehličnatých porostů v České republice je z 90 % ovlivněn spolupůsobením znečištění ovzduší, velikostí atmosférické depozice v průběhu vegetačního období a průměrné roční teploty vzduchu (HADAŠ 2004). V minulosti byla snaha pomoci takto poškozeným porostům hnojením nebo vápněním. Tato meliorační opatření zanechávají viditelnou stopu i po mnoha letech od jejich uskutečnění. Bylo prokázáno, že vápnění a hnojení na živinami chudých půdách smrkových porostů snížilo rizika acidifikace lesních půd a zlepšilo minerální výživu lesních porostů na mnoha lokalitách v České republice (ŠRÁMEK et al. 2006; LOMSKÝ 2006; KULHAVÝ et al. 2009), Švédsku (ROSENGRENBRINCK 1994; SVENSON et al. 1995) a Německu (HÜTTL, ZÖTTL 1993; INGERSLEV 1999).

Výživa lesních dřevin je spjata nejen s přírodními podmínkami (klima, obsah živin v půdě), ale také antropogenní činností jako jsou kyselá srážka, těžba dřeva, změny druhové skladby, hnojení, vápnění a další (KULHAVÝ et al. 2009). Růst lesních dřevin často závisí na obsahu živin v asimilačních orgánech (LYR et al. 1967; BERGMANN 1993; LARCHER 1988; MATERNA 1986; ŠRÁMEK et al. 2009). Koncentrace živin ve vegetačních orgánech silně ovlivňuje jejich biochemickou kapacitu pro fotosyntézu, růst a odráží jejich anatomii (JOJELA et

al. 1998). Minerální živiny dále nepřímo ovlivňují četnost průduchů, vodivost a tím změny v transpiračním proudu, což ovlivňuje výživu listů (BONAN, CLEVE 1992; DITMAROVÁ et al. 2007). Aplikace vápence na mladé smrkové porosty mohou vyvolat zlepšení stavu minerální výživy. Především dochází ke zvýšení obsahu hořčíku v asimilačních orgánech (DREYER et al. 1994).

Předkládaný příspěvek se zabývá zhodnocením minerální výživy porostů smrku ztepilého (*Picea abies* [L.] Karst.) na vápněných plochách s odstupem 23 let od poslední aplikace vápence a při různé intenzitě výchovného zásahu. V této studii byl hodnocen obsah živin v prvních a druhých ročnících jehličí: dusík, fosfor, draslík, vápník, hořčík, mangan, měď, zinek a železo. Naměřené hodnoty byly porovnávány s hodnotami, které jsou dle BERGMANA (1993) dostatečné pro optimální výživu smrku ztepilého. Současně byla sledována vyváženost výživy na základě kritérií dle CAPE et al. (1990) a KAZDY (1990). V prvních ročnících jehličí byly rovněž sledovány sezónní koncentrace dusíku.

METODIKA

Charakteristika lokality

Lokalita Bílý Kříž se nachází v PLO 40 Moravskoslezské Beskydy. Geologické podloží tvoří flyšové vrstvy s převahou godulských pískovců. Charakteristika výzkumných ploch je uvedena v tabulce 1. V tabulce 2 je uveden obsah přístupných živin v půdním profilu a půdní acidi-

ta. Povrchový humus mor-moderového typu, vzniklý pod původním smrkovým porostem byl po těžbě v roce 1980 postupně překryt drnem trav a bylin (KLIMO a VAVŘÍČEK 1991). Průměrná roční teplota vzduchu je 4,9 °C, průměrná relativní vlhkost vzduchu je 80 % a průměrný roční úhrn srážek 1100 mm (KRATOCHVÍLOVÁ et al. 1989). Průměrná velikost atmosférické depozice dusíku v letech 2006 – 2009 je na volné ploše 11,2 kg.ha⁻¹.rok⁻¹, pod porostem 15,0 kg.ha⁻¹.rok⁻¹. Lesní porosty jsou tvořeny monokulturou smrku, stáří porostu je 34 let.

Na lokalitě Bílý Kříž se nacházejí jednak výzkumné plochy, které byly v minulosti vápněny (FD a FS) a kontrolní výzkumná plocha (FK), která vápněna nebyla. K vápnění byl použit dolomitický vápenec v množství 3 tuny na hektar ve třech opakováních v letech 1983, 1985 a 1987. Podle provedených měření byla skutečná dávka dolomitického vápence v důsledku konkrétních povětrnostních podmínek a použití velmi jemné frakce (70 % vápence mělo zrno menší než 0,2 mm) při letecké aplikaci o 25 % nižší (KLIMO a VAVŘÍČEK 1991). Plochy FD (vyšší hustota zápoje) a FS (nižší hustota zápoje) se liší intenzitou provedeného výchovného zásahu, který byl postupně upravován jak úmyslným pěstebním zásahem, tak v důsledku působení sněhu, námrazy a bořivého větru.

Použité metody

Vzorky pro stanovení minerální výživy byly odebírány v únoru v letech 2006 – 2009 a sezónní zásoby dusíku pak měsíčně v průběhu výše uvedených let vždy z 8 vybraných jedinců na každé ploše (FD, FS a FK). Vzorky byly odebírány dle metodiky ICP Forest (2004).

Jehlice z odběrů uskutečněných v únoru 2006 – 2009 byly sušeny hodinu při 105 °C, dále pak dosušeny při 80 °C do konstantní hmotnosti. Poté byly rozemlety a opět usušeny při teplotě 105 °C. Z takto připravených vzorků byl stanoven obsah dusíku, fosforu, vápníku, draslíku, hořčíku, železa, manganu, zinku a mědi. Obsahy dusíku byly měřeny v 1. a 2. ročníku jehličí ve všech sledovaných letech (2006 – 2009), obsahy fosforu, vápníku, draslíku, hořčíku, železa, manganu, zinku a mědi byly v 1. ročníku měřeny v letech 2006 – 2009, v druhém ročníku v letech 2006, 2008, 2009. Analýza pro stanovení dusíku byla prováděna vysokoteplotní oxidací na suché cestě, při teplotě 1 000 °C, za použití přístroje LECO CNS-2000. Vzorky pro stanovení obsahu železa, manganu, zinku, mědi a hliníku byly mineralizovány směsí kyseliny sírové a peroxidu vodíku (ZBÍRAL 1995) a dále byla použita metoda FAAS (ZBÍRAL 1996). Fosfor, vápník, draslík a hořčík byly mineralizovány suchou cestou (ZBÍRAL 1995). Fosfor byl měřen spektrofotometricky (ZBÍRAL 1996), vápník a hořčík za pomoci metody FAAS (ZBÍRAL 1996), a draslík metodou AES (ZBÍRAL 1996). Analýzy pro stanovení dusíku byly uskutečněny v laboratoři Ústavu Ekologie lesa, Mendelovy univerzity v Brně, analýzy zbývajících prvků byly provedeny v externí laboratoři Ekola Bruzovice. Obsah dusíku je vyjadřován v %, fosforu, vápníku, draslíku, hořčíku v gramech na kilogram sušiny a mikroelementy v miligramech na kilogram sušiny (ZBÍRAL 2004). Úroveň minerální výživy byla hodnocena podle kritérií BERGMANA (1993) a vyváženost výživy na základě kritérií dle CAPE et al. (1990) a KAZDÝ (1990) (tab. 3).

Výsledky experimentu byly hodnoceny s použitím ANOVA a Tukeyova HSD testu.

Tab. 1.

Charakteristika výzkumných ploch
Characteristics of research plots

Plocha/Plot	FD	FS	FK
Druhové složení (%)/ Species composition (%)	smrk 100%/spruce 100%	smrk 100%/spruce 100%	smrk 100%/spruce 100%
Věk/Age	30	30	30
Lesní typ/Forest type	5S1	5S1	5S1
Půdní typ/Soil type	Humusoželezitý podzol/ Humoferric Podzol	Humusoželezitý podzol/ Humoferric Podzol	Podzol/Typical Podzol
Humusová forma/Humus form	Mor-Moder/Mor-Moder	Mor-Moder/Mor-Moder	Mor-Moder/Mor-Moder

Tab. 2.

Obsah přístupných živin a pH půdy
Available nutrient of soil, pH of soil

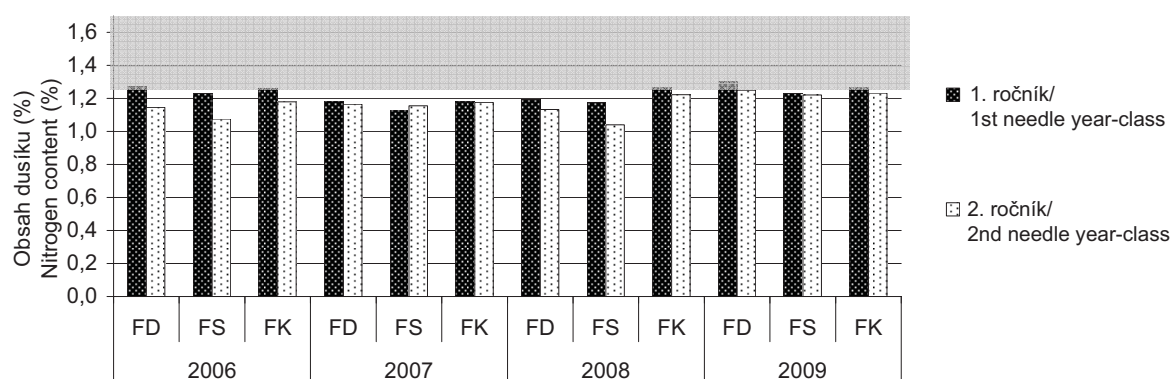
Plocha/ Plot	Hloubka/ Depth (cm)	Horizont/ Horizont of soil	pH		C	N	P	Mg	K	Ca	Fe	Mn	Zn	Cu
			pH(H ₂ O)	pH(KCl)	C N P			(mg.kg ⁻¹)						
FD a FS	0 - 0,5	Ol	5,453	5,113	51,5	1,74	184,00	742,00	845,00	7461	4,87	89,60	23,90	<0,2
	0,5 - 1	Of	4,936	4,588	39,3	1,53	219,00	672,00	580,00	6616	19,50	166,00	32,10	<0,2
	1,5 - 4	Oh	5,298	4,27	27	1,21	35,00	702,00	141,00	2222	20,20	19,10	10,60	<0,2
	10 - 25	Ep	4,139	3,168	2,5	0,11	3,00	218,00	19,00	515	801,00	1,21	1,51	<0,2
	25 - 60	Bhs	4,547	4,096	2,9	0,11	5,00	79,00	18,00	357	74,60	1,97	1,03	<0,2
	80	Cd	4,795	4,187	0,4	0,02	7,00	73,00	27,00	438	36,20	3,27	1,33	<0,2
FK	0 - 1	Ol	4,521	3,709	51,6	1,54	90,00	364,00	634,00	3916	9,87	89,70	11,00	<0,2
	1 - 4	Of	4,701	3,804	50,1	1,82	109,00	352,00	675,00	3937	12,50	119,00	14,80	0,21
	4 - 6	Oh1	4,422	3,078	40,8	2,08	107,00	253,00	399,00	1667	25,10	36,50	11,00	0,21
	6 - 9	Oh2	4,637	3,588	21,9	1,02	37,00	93,00	146,00	510	42,90	4,61	8,10	0,22
	9 - 14	Ah	3,932	3,021	4,1	0,22	6,00	68,00	62,00	379	162,00	2,65	3,61	0,24
	40 - 50	Bv1	4,407	4,074	0,9	0,05	3,00	48,00	23,00	273	38,90	2,74	2,31	<0,2
70	Bv2	4,507	4,122	0,9	0,03	4,00	45,00	20,00	261	39,50	4,92	1,28	<0,2	

Tab. 3.

Poměr prvků pro zajištění vyvážené výživy dle CAPE et al. (1990) a KAZDY (1990)
Elements ratio for reservation nutritional balanced (CAPE et al. 1990; KAZDA 1990)

Poměr/Ratio	Hodnota/Limit Value
N/Ca	2 – 20
N/Mg	8 – 30
P/Zn	30 – 150
K/Ca	< 2*
K/Mg	2 – 15

* kritická hodnota

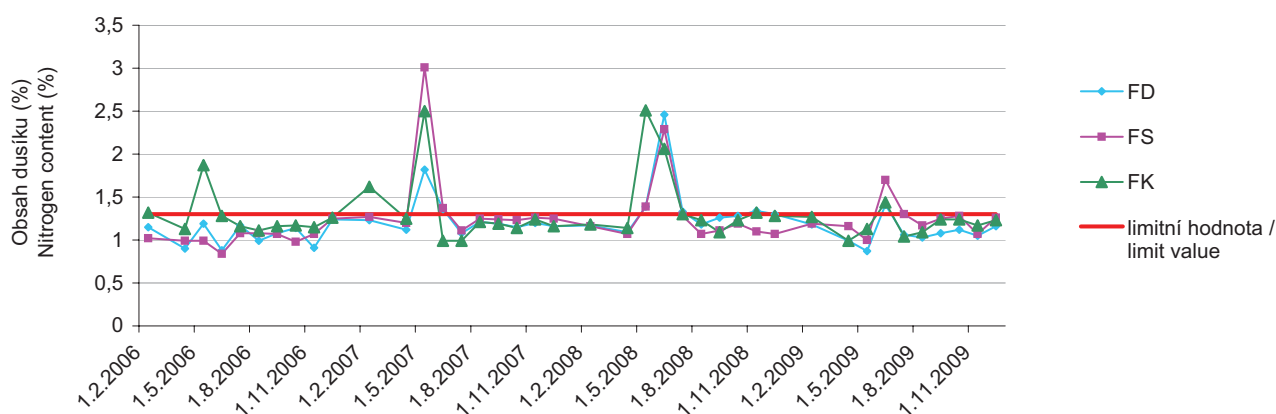


Obr. 1.

Obsah dusíku v 1. a 2. ročníku jehličí v období vegetačního klidu na vápněných plochách (FD a FS) a kontrolní ploše FK. Obsah dusíku byl měřen v 1. ročníku v letech 2006 – 2009, 2. ročníku v letech 2006 – 2009. (Šedě vyznačené pásmo vymezuje hranici kritického obsahu dusíku v jehličí, I-interval konfidence, n = 8)

Fig. 1.

The content of nitrogen in the 1st and 2nd needle year-class in the period of dormancy on limed plots (FD and FS) and on the control plot FK. The content of nitrogen was measured in the 1st needle year-class in 2006 – 2009, the 2nd needle year-class in 2006 – 2009. (Grey letters specify the limit of the critical content of nitrogen in needles, I-confidence interval, n = 8)

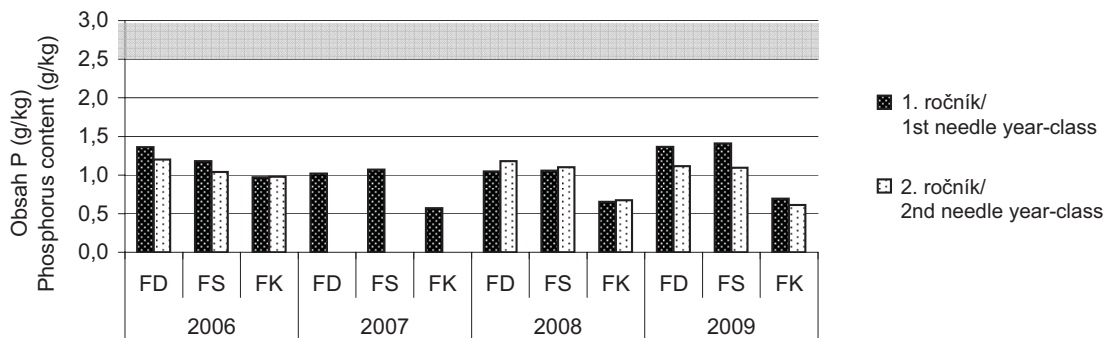


Obr. 2.

Obsah dusíku v 1. ročníku jehličí v průběhu roku na vápněných plochách (FD a FS) a kontrolní ploše FK. Údaje za období let 2006 – 2009. (Šedě vyznačené pásmo vymezuje hranici kritického obsahu dusíku v jehličí, I-interval konfidence, n = 8)

Fig. 2.

The content of nitrogen in the 1st needle year-class in the course of a year on limed plots (FD and FS) and on the control plot FK. Data for the period 2006 – 2009. (Grey letters specify the limit of the critical content of nitrogen in needles, I - confidence interval, n = 8)

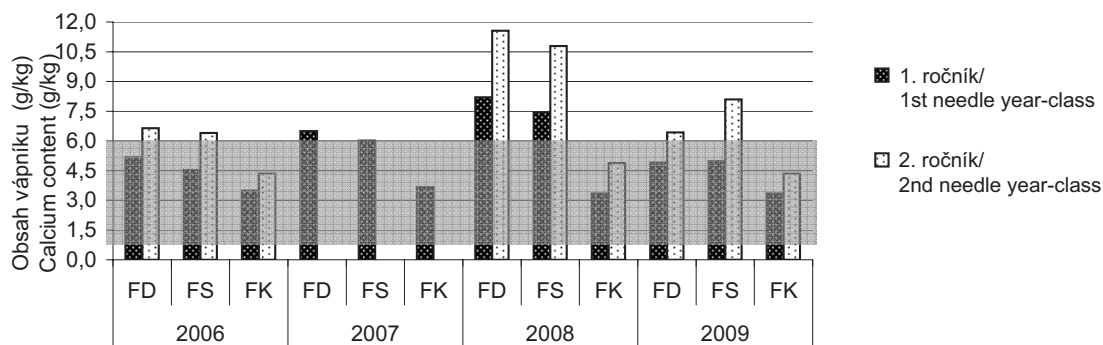


Obr. 3.

Obsah fosforu v 1. a 2. ročníku jehličí v období vegetačního klidu na vápněných plochách (FD a FS) a kontrolní ploše FK. Obsah fosforu byl měřen v 1. ročníku v letech 2006 – 2009, 2. ročníku v letech 2006, 2008 a 2009. (Šedě vyznačené pásmo vymezuje hranici kritického obsahu fosforu v jehličí, I-interval konfidence, n = 8)

Fig. 3.

The content of phosphorus in the 1st and 2nd needle year-class in the period of dormancy on limed plots (FD and FS) and on the control plot FK. The content of phosphorus was measured in the 1st needle-year-class in 2006 – 2009, the 2nd needle-year-class in 2006, 2008 and 2009. (Grey letters specify the limit of the critical content of phosphorus in needles, I – confidence interval, n = 8)

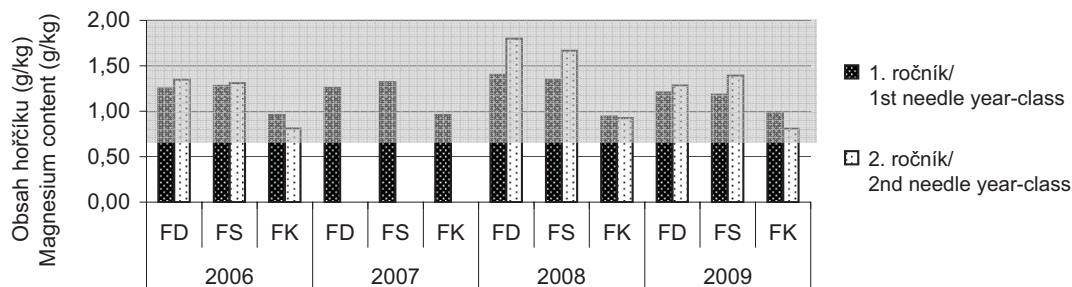


Obr. 4.

Obsah vápníku v 1. a 2. ročníku jehličí v průběhu roku na vápněných plochách (FD a FS) a kontrolní ploše FK. Obsah vápníku byl měřen v 1. ročníku v letech 2006 – 2009, 2. ročníku v letech 2006, 2008 a 2009. Údaje za období let 2006 – 2009. (Šedě vyznačené pásmo vymezuje hranici kritického obsahu vápníku v jehličí, I-interval konfidence, n = 8)

Fig. 4.

The content of calcium in the 1st and 2nd needle year-class in the period of dormancy on limed plots (FD and FS) and on the control plot FK. The content of calcium was measured in the 1st needle year-class in 2006 – 2009, the 2nd needle year-class in 2006, 2008 and 2009. (Grey letters specify the limit of the critical content of calcium in needles, I – confidence interval, n = 8)



Obr. 5.

Obsah hořčíku v 1. a 2. ročníku jehličí v období vegetačního klidu na vápněných plochách (FD a FS) a kontrolní ploše FK. Obsah hořčíku byl měřen v 1. ročníku v letech 2006 – 2009, 2. ročníku v letech 2006, 2008 a 2009. (Šedě vyznačené pásmo vymezuje hranici kritického obsahu hořčíku v jehličí, I-interval konfidence, n = 8)

Fig. 5.

The content of magnesium in the 1st and 2nd needle year-class in the period of dormancy on limed plots (FD and FS) and on the control plot FK. The content of magnesium was measured in the 1st needle year-class in 2006–2009, the 2nd needle year-class in 2006, 2008 and 2009. (Grey letters specify the limit of the critical content of magnesium in needles, I – confidence interval, n = 8)

VÝSLEDKY A DISKUSE

Dusík

Obsah dusíku v asimilačních orgánech se ve sledovaném období pohyboval v rozmezí průměrných ročních hodnot 1,13 – 1,30 % na vápněných plochách FD, FS a 1,18 – 1,27 % na nevápněné ploše FK (obr. 1). Statistické porovnání neprokázalo statisticky významný rozdíl mezi vápněnými plochami FD, FS a nevápněnou plochou FK. Současně nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi plochami s různou intenzitou výchovného zásahu. Výsledky chemických analýz asimilačních orgánů ukázaly nedostatečnost minerální výživy dusíkem na všech sledovaných plochách. Nedostatek dusíku v minerální výživě bez ohledu na aplikaci vápence byl v zájmové oblasti zaznamenán již v předchozích letech (HRDLIČKA 1996). Je to poněkud překvapivé zjištění s ohledem na relativně vysoké vstupy dusíku do lesních porostů srážkami (DRÁPELOVÁ, KULHAVÝ 2008). S odstupem 23 let od poslední aplikace vápence se neprojevily změny v celkovém obsahu dusíku v jehličí, ani při změnách obsahu nitratového a amonného dusíku v půdě v důsledku vápnění s odstupem 20 let od poslední aplikace vápence (KULHAVÝ et al. 2000).

Obsah dusíku v jehličí v průběhu roku (obr. 2) vykazuje stejný každoroční průběh. Před vyrašením nového ročníku dochází k poklesu obsahu dusíku v 1. ročníku jehličí, vždy pod hranici nedostatku (1,3 %). Nově rašící ročník jehličí vykazuje velmi vysoké obsahy dusíku (2 %), v letech 2007 a 2008 tuto hodnotu výrazně přesáhly. Během letních měsíců (červenec, srpen) se obsah dusíku postupně stabilizují k podobným hodnotám jako v mimovegetačním období. S vyzráním asimilačních orgánů došlo také k poklesu obsahu dusíku v letorostech a jeho hodnoty se ustálily pod hranici dostatečné výživy. K obdobným výsledkům došli také KULHAVÝ et al. (2009) a ŠRÁMEK et al. (2009).

Fosfor

Obsah fosforu v asimilačních orgánech se ve sledovaných letech pohyboval v rozmezí průměrných ročních hodnot 0,97 – 1,40 g.kg⁻¹ na vápněných plochách FD, FS a 0,61 – 0,98 g.kg⁻¹ na kontrolní ploše FK (obr. 3). Obsah fosforu v jehličí na sledovaných vápněných plochách FD, FS se pohybuje na hranici dostatečné výživy. Na kontrolní ploše FK je výživa fosforem nedostatečná, průměrně jsou tyto hodnoty o 50 % nižší než na vápněných plochách. Tato skutečnost může být spojena s výrazně nižší zásobou přístupného fosforu na této ploše. Také výrazná půdní acidita může snižovat dostupnost fosforu pro rostliny. Mezi vápněnými plochami s různou intenzitou výchovného zásahu nebyly v obsahu fosforu zaznamenány výraznější rozdíly. Obsah fosforu mírně klesá se stářím jehlic, což odpovídá mobilnosti tohoto prvku do mladších ročníků. Tuto skutečnost uvádí i další autoři (HRDLIČKA 1996; LOMSKÝ 2006; MENGEL, KIRBY 1978). Při statistickém hodnocení byly zjištěny velmi významné rozdíly mezi vápněnými plochami a kontrolou v obou sledovaných ročnících. Ke stejnému zjištění došel také KULHAVÝ et al. (2009).

Vápník

Obsah vápníku v asimilačních orgánech se ve sledovaných letech pohyboval v rozmezí průměrných ročních hodnot 4,54 – 11,57 g.kg⁻¹ na vápněných plochách FD, FS a 3,35 – 4,88 g.kg⁻¹ na nevápněné ploše FK (obr. 4). Srovnání obsahu vápníku s hodnotami vymezujícími různou úroveň výživy uváděnými BERGMANNEM (1993) ukazuje, že na všech plochách je zajištěna optimální výživa. Mezi vápněnými plochami nebyly v obsahu vápníku zjištěny výraznější rozdíly. Vápněné plochy vykazovaly o 50 % vyšší obsahy přístupného vápníku v půdě a o 40 % v jehličí. V oblasti Jizerských hor zjistil LOMSKÝ

(2006) zvýšení obsahu vápníku v porostech, které byly meliorovány vápněním. Na všech sledovaných plochách byl obsah vápníku v 2. ročníku jehličí vyšší než v 1. ročníku. Tyto výsledky odpovídají ukládání vápníku ve starších ročnících jehlic (CAPE et al. 1990). LARCHER (1988) uvádí, že vápník se velmi špatně transportuje v rostlině. V roce 2008 byl na vápněných plochách zjištěn výrazný vzestup obsahu vápníku, který může být způsoben suchým a méně vlhkým počasím v roce 2008.

Hořčík

Obsah hořčíku v asimilačních orgánech se ve sledovaných letech pohyboval v rozmezí průměrných ročních hodnot 1,21 – 1,80 g.kg⁻¹ na vápněných plochách FD, FS a 0,81 – 0,96 g.kg⁻¹ na nevápněné ploše FK (obr. 5). Podle dosažených výsledků je výživa lesních porostů hořčíkem na nevápněné ploše FK dostatečná, na vápněných plochách FD, FS optimální. Mezi vápněnými plochami FD a FS nebyl v obsahu hořčíku zjištěn vliv intenzity výchovného zásahu. Na vápněných plochách byl tedy obsah vyšší než na nevápněných plochách a byl zde zjištěn statisticky významný rozdíl. S ohledem na daleko vyšší obsahy přístupného hořčíku v půdním profilu na vápněných plochách se tyto výsledky daly očekávat. Na plochách s různou hustotou zápoje statisticky významné rozdíly zjištěny nebyly. Obsah hořčíku je na nevápněné ploše FK nižší než na vápněných plochách FD, FS. Jak uvádí HÜTTL a SCHAFF (1997), nejvyšší obsah hořčíku byl zaznamenán v asimilačních orgánech a je dobře transportován v rámci rostliny. Také BAUER et al. (1999), DUCHESNE et al. (2001), LYR et al. (1967), MIEGROET et al. (1993), SCHULTZE (1989) a ŠRÁMEK et al. (2009) zaznamenali obsahy hořčíku v rozmezí 1,0 – 2,5 g.kg⁻¹. V roce 2008 jsou zaznamenány výrazně vyšší obsahy hořčíku v 2. ročnících, kdy vlivem teplého počasí v průběhu roku mohlo dojít k vyššímu ukládání tohoto prvku v rostlinách.

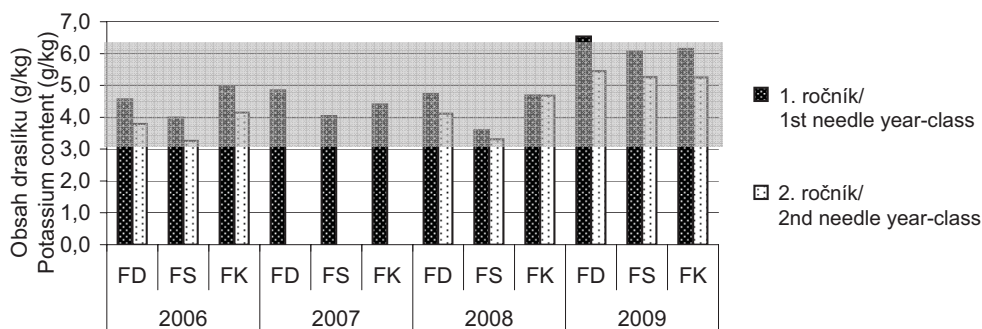
Draslík

Obsah draslíku v asimilačních orgánech se ve sledovaných letech pohyboval v rozmezí průměrných ročních hodnot 3,26 – 6,54 g.kg⁻¹ na vápněných plochách FD, FS a 4,15 – 6,14 g.kg⁻¹ na kontrolní ploše FK (obr. 6). Obsah draslíku prokázal nedostatečný obsah u většiny měřených vzorků, avšak v lesních porostech vizuální symptomy nedostatku draslíku zaznamenány nebyly. V obsahu draslíku nebyl mezi sledovanými plochami prokázán vliv probírky a vápnění. Pouze v posledním sledovaném roce (2009) byly zjištěny hodnoty odpovídající optimální výživě. Taktéž HUBER et al. (2004) nepozorovali výrazné změny v obsahu draslíku na vápněných a kontrolních plochách. Zvýšené depozice dusíku a síry do lesních porostů mohou být důvodem k nedostatečné výživě draslíkem. Na tuto skutečnost upozorňuje také THELIN et al. (1998).

U tohoto prvku nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi sledovanými plochami. Draslík je mobilní prvek a jeho obsah obecně se stářím jehlic klesá (ALBERT 1989; CAPE et al. 1990; HRDLIČKA 1996), čemuž odpovídají i námi naměřené hodnoty. Draslík se stává málokdy limitujícím prvkem minerální výživy (LARCHER 1988).

Mikroelementy (Fe, Mn, Zn, Cu)

Obsah mikroelementů (Fe, Mn, Zn, Cu) značně kolísá jak na vápněných plochách FD, FS, tak na kontrolní ploše FK. Obsah železa (obr. 7) byl na všech plochách dostatečný a značně kolísá. Pohyboval se v rozmezí průměrných ročních hodnot 55 – 136 mg.kg⁻¹ na vápněných plochách FD, FS a 50 – 103 mg.kg⁻¹ na nevápněné ploše FK. Mezi vápněnými plochami (FD, FS) s různou intenzitou výchovného zásahu a kontrolní plochou (FK) nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly

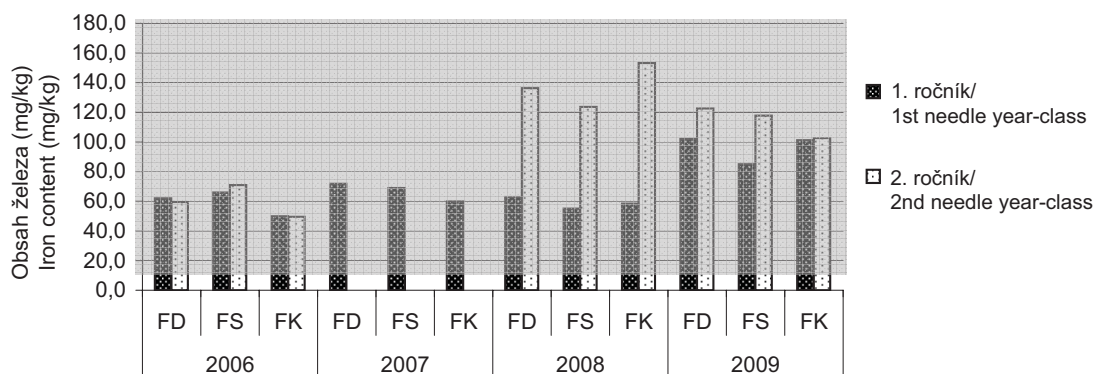


Obr. 6.

Obsah draslíku v 1. a 2. ročníku jehličí v období vegetačního klidu na vápněných plochách (FD a FS) a kontrolní ploše FK. Obsah draslíku byl měřen v 1. ročníku v letech 2006 – 2009, 2. ročníku v letech 2006, 2008 a 2009. (Šedě vyznačené pásmo vymezuje hranici kritického obsahu draslíku v jehličí, I-interval konfidence, n = 8)

Fig. 6.

The content of potassium in the 1st and 2nd needle year-class in the period of dormancy on limed plots (FD and FS) and on the control plot FK. The content of potassium was measured in the 1st needle year-class in 2006 – 2009, the 2nd needle year-class in 2006, 2008 and 2009. (Grey letters specify the limit of the critical content of potassium in needles, I – confidence interval, n = 8)

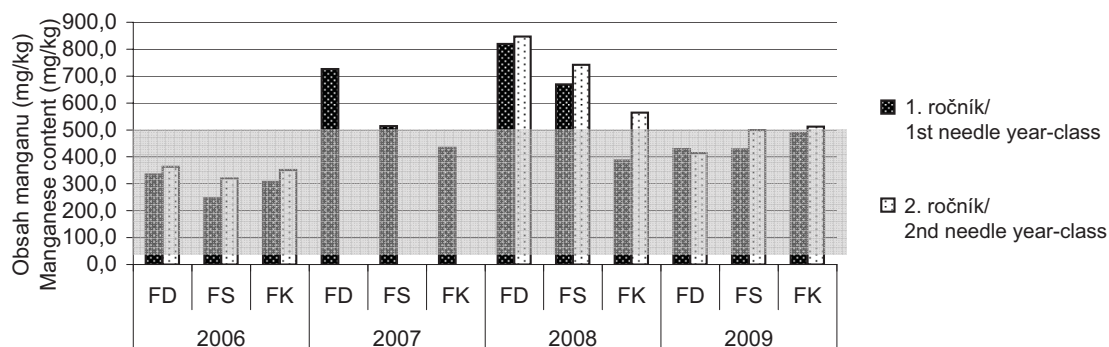


Obr. 7.

Obsah železa v 1. a 2. ročníku jehličí v období vegetačního klidu na vápněných plochách (FD a FS) a kontrolní ploše FK. Obsah železa byl měřen v 1. ročníku v letech 2006 – 2009, 2. ročníku v letech 2006, 2008 a 2009. (Šedě vyznačené pásmo vymezuje hranici kritického obsahu železa v jehličí, I-interval konfidence, n = 8)

Fig. 7.

The content of iron in the 1st and 2nd needle year-class in the period of dormancy on limed plots (FD and FS) and on the control plot FK. The content of iron was measured in the 1st needle year-class in 2006 – 2009, the 2nd needle year-class in 2006, 2008 and 2009. (Grey letters specify the limit of the critical content of iron in needles, I – confidence interval, n = 8)

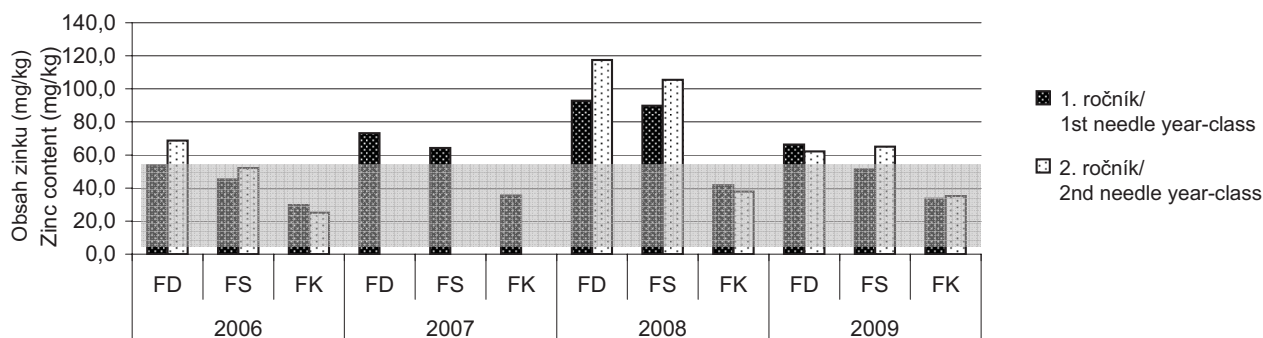


Obr. 8.

Obsah manganu v 1. a 2. ročníku jehličí v období vegetačního klidu na vápněných plochách (FD a FS) a kontrolní ploše FK. Obsah manganu byl měřen v 1. ročníku v letech 2006 – 2009, 2. ročníku v letech 2006, 2008 a 2009. (Šedě vyznačené pásmo vymezuje hranici kritického obsahu manganu v jehličí, I-interval konfidence, n = 8)

Fig. 8.

The content of manganese in the 1st and 2nd needle year-class in the period of dormancy on limed plots (FD and FS) and on the control plot FK. The content of manganese was measured in the 1st needle year-class in 2006 – 2009, the 2nd needle year-class in 2006, 2008 and 2009. (Grey letters specify the limit of the critical content of manganese in needles, I – confidence interval, n = 8)

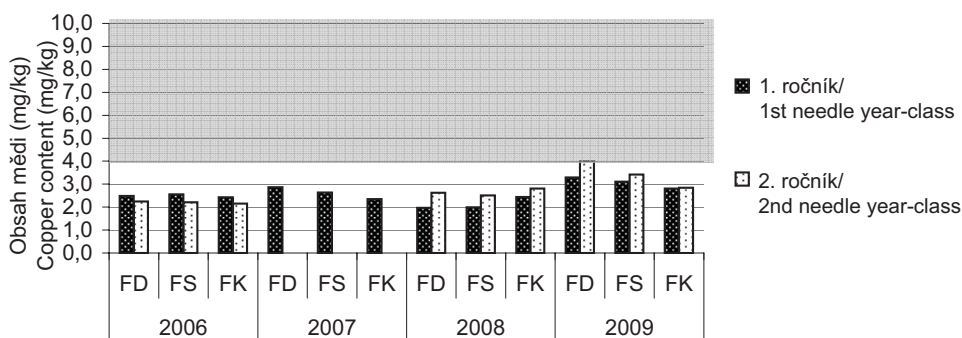


Obr. 9.

Obsah zinku v 1. a 2. ročníku jehličí v období vegetačního klidu na vápněných plochách (FD a FS) a kontrolní ploše FK. Obsah zinku byl měřen v 1. ročníku v letech 2006 – 2009, 2. ročníku v letech 2006, 2008 a 2009. (Šedě vyznačené pásmo vymezuje hranici kritického obsahu zinku v jehličí, I-interval konfidence, n = 8)

Fig. 9.

The content of zinc in the 1st and 2nd needle year-class in the period of dormancy on limed plots (FD and FS) and on the control plot FK. The content of zinc was measured in the 1st needle year-class in 2006 – 2009, the 2nd needle year-class in 2006, 2008 and 2009. (Grey letters specify the limit of the critical content of zinc in needles, I – confidence interval, n = 8)



Obr. 10.

Obsah mědi v 1. a 2. ročníku jehličí v období vegetačního klidu na vápněných plochách (FD a FS) a kontrolní ploše FK. Obsah mědi byl měřen v 1. ročníku v letech 2006 – 2009, 2. ročníku v letech 2006, 2008 a 2009. (Šedě vyznačené pásmo vymezuje hranici kritického obsahu mědi v jehličí, I-interval konfidence, n = 8)

Fig. 10.

The content of copper in the 1st and 2nd needle year-class in the period of dormancy on limed plots (FD and FS) and on the control plot FK. The content of copper was measured in the 1st needle year-class in 2006 – 2009, the 2nd needle year-class in 2006, 2008 and 2009. (Grey letters specify the limit of the critical content of copper in needles, I – confidence interval, n = 8)

v obsahu železa. V roce 2008 byl zaznamenán výrazný nárůst obsahu železa v 2. ročnících jehličí. Tyto změny mohly být způsobeny teplem a na srážky méně vydatným rokem (o 200 mm méně v průběhu vegetační sezóny). To mohlo vést k zvýšenému příjmu a následnému uložení železa do starších ročníků. Také LARCHER (1988) poukazuje na zvyšování železa ve starších ročnících. Obsah manganu v asimilačních orgánech se ve sledovaných letech pohyboval v rozmezí průměrných ročních hodnot 246 – 847 mg.kg⁻¹ na vápněné ploše FD, FS a 307 – 512 mg.kg⁻¹ na kontrolní ploše FK (obr. 8). Podle rozdělení hodnot obsahu manganu v jehličí je u všech vzorků hladina manganu na optimální úrovni. Obsah manganu na všech sledovaných plochách stoupá se stářím jehlic. V obsahu manganu nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi vápněnými plochami s různou intenzitou výchovného zásahu. Taktéž nebyl prokázán vliv vápnění. Obsah manganu byl v roce 2008 výrazně vyšší než v ostatních sledovaných letech. Tuto skutečnost stejně jako v případě železa přisuzujeme teplému a poměrně suchému roku 2008. Zjištěný obsah zinku v asimilačních orgánech (obr. 9) se sledovaných letech na vápněné ploše

FD a FS pohybuje v rozmezí průměrných ročních hodnot je 45,16 – 117,54 mg.kg⁻¹, na kontrolní ploše 25,13 – 41,70,1 mg.kg⁻¹. V obou ročnících jehlic je obsah zinku vyrovnaný, avšak na nevápněné ploše FK byly zaznamenány hodnoty, které jsou průměrně o 53 % nižší než na vápněných plochách. V obsahu zinku byly mezi plochou vápěnou FK a plochami FD, FS zjištěny staticky významné rozdíly. Mezi vápněnými plochami s různou intenzitou výchovného zásahu nebyly v obsahu zinku zjištěny statisticky významné rozdíly. V roce 2008 byl zjištěn vyšší obsah zinku v 1. i 2. ročníku jehličí, tento výrazný rozdíl může být způsoben vyšší teplotou a na srážky méně bohatým rokem. Obsah mědi (obr. 10) v asimilačních orgánech ve sledovaných letech je u většiny vzorků optimální a pohybuje se v rozmezí průměrných ročních hodnot 1,97 – 4,01 mg.kg⁻¹ na vápněné ploše FD, FS a 2,15 – 2,85 mg.kg⁻¹ na kontrolní ploše FK. U obou ročníků jehličí jsou poměrně srovnatelné hodnoty. V obsahu mědi nebyl prokázán vliv intenzity výchovného zásahu ani vliv vápnění. Obsah mědi zaznamenal v letech 2008 pokles a v roce 2009 následný nárůst. Tyto výrazné výkyvy mohou být způsobeny charakterem počasí ve sledovaných letech.

Vyváženost minerální výživy

Poměry mezi živinami jsou v řadě případů citlivějším indikátorem poruchy zásobení než obsah samostatného prvku (CAPE et al. 1990; NILSSON, WIKLUND 1995; HRDLIČKA 1996). Indexy se mění podle obsahu jednotlivých prvků.

Index N/Ca, P/Zn, K/Ca, N/Mg indikují narušení harmonické výživy smrku ve sledované oblasti (tab. 4). Také MORAVČÍK et al. (1996) uvádí nevyváženou výživu u poměru K/Ca v porostech Moravskoslezských Beskyd (okolí přehrady Šance). Pouze na nevápňené ploše FK byly hodnoty poměru N/Ca v rozmezí odpovídajícím vyvážené výživě. Především poměry P/Ca, K/Ca a N/Mg byly naměřeny pod hranicí kritické hodnoty. Poměr K/Ca byl na vápňených plochách o 42 % nižší než na nevápňené ploše. Výrazný rozdíl v poměru těchto prvků je způsoben nedostatečným obsahem draslíku, a naopak zvýšeným obsahem vápníku ve vápňených porostech. Také poměr N/Mg dosahuje až o 29 % nižších hodnot na vápňených plochách FD a FS než na kontrolní ploše FK. Index K/Mg se na všech plochách pohyboval v rozmezí 2,5 – 6,9 (tab. 3), které odpovídá hodnotám pro zajištění dostatečné výživy. I přesto byly na nevápňené ploše zaznamenány průměrně o 40 % vyšší hodnoty. Tato nerovnováha je způsobena nedostatečnou zásobou draslíku v jehličí. Mezi sledovanými plochami (FD, FS a FK) byly zaznamenány statisticky významné rozdíly ve sledovaných poměrech N/Ca, K/Ca, N/Mg a K/Mg v 1. i 2. ročníku jehličí. V poměru P/Zn statisticky významné rozdíly mezi sledovanými plochami zjištěny nebyly.

Tab. 4.

Vzájemné poměry obsahu prvků (N/Ca, N/Mg, P/Zn, K/Ca, K/Mg)
N/Ca, N/Mg, P/Zn, K/Ca and K/Mg ratios

Rok/ Year	Plocha/ Plot	Ročník/ Needle year-class	n	N/Ca	s.o.	N/Mg	s.o.	P/Zn	s.o.	K/Ca	s.o.	K/Mg	s.o.
2006	FD	I.	8	2,62	±0,74	10,15	±1,28	26,15	±6,44	0,94	±0,30	3,66	±0,73
	FS		8	2,73	±0,52	9,66	±1,73	26,68	±4,37	0,90	±0,25	3,19	±0,88
	FK		8	4,92	±1,53	16,98	±2,42	33,48	±5,88	1,47	±0,26	5,24	±0,82
	FD	II.	8	1,78	±0,43	8,60	±1,71	18,93	±6,19	0,59	±0,15	2,83	±0,60
	FS		8	1,68	±0,26	8,20	±0,74	21,93	±7,52	0,52	±0,12	2,53	±0,56
	FK		8	3,55	±1,05	18,43	±3,84	43,04	±12,86	1,03	±0,34	5,38	±1,61
2007	FD	I.	8	1,93	±0,53	9,52	±1,33	16,16	±6,23	0,80	±0,27	3,92	±0,89
	FS		8	2,01	±0,52	8,63	±0,84	17,31	±5,95	0,73	±0,27	3,13	±0,92
	FK		8	3,27	±0,44	12,79	±2,61	17,42	±4,82	1,22	±0,32	4,78	±1,44
2008	FD	I.	8	1,61	±0,57	8,65	±1,52	12,79	±4,49	0,67	±0,34	3,52	±1,34
	FS		8	1,80	±0,74	8,88	±1,67	13,11	±5,83	0,60	±0,45	2,79	±1,37
	FK		8	3,87	±0,56	13,93	±2,86	17,44	±5,54	1,43	±0,32	5,14	±1,27
	FD	II.	8	1,05	±0,24	6,44	±1,32	10,98	±2,97	0,38	±0,09	2,35	±0,57
	FS		8	1,05	±0,36	6,40	±1,23	11,68	±5,64	0,36	±0,23	2,11	±1,02
	FK		8	2,58	±0,36	13,80	±2,89	21,18	±8,53	1,01	±0,30	5,39	±1,71
2009	FD	I.	8	2,76	±0,54	10,99	±1,60	22,81	±6,34	1,37	±0,28	5,49	±0,97
	FS		8	2,50	±0,24	10,43	±0,71	27,80	±4,90	1,23	±0,17	5,13	±0,44
	FK		8	4,03	±1,02	13,80	±3,44	23,56	±7,43	1,92	±0,36	6,70	±1,78
	FD	II.	8	2,01	±0,39	10,11	±2,11	18,46	±4,09	0,86	±0,14	4,41	±1,08
	FS		8	1,53	±0,24	8,94	±1,47	17,50	±3,62	0,65	±0,08	3,83	±0,59
	FK		8	2,93	±0,65	16,49	±5,17	21,81	±9,58	1,25	±0,33	6,95	±2,11

ZÁVĚR

Výživa smrkových porostů byla sledována na vápňených plochách s různou intenzitou výchovného zásahu a kontrolní ploše na lokalitě Bílý Kříž v Moravskoslezských Beskydech v letech 2006 – 2009. Vápňení smrkových porostů bylo uskutečněno v letech 1983, 1985 a 1987. Výsledky hodnocení stavu minerální výživy po 23 letech od poslední aplikace vápence prokázaly pozitivní účinek vápňení v případě vápníku a hořčíku, taktéž u sledovaných poměrů N/Ca, K/Ca, N/Mg a K/Mg. Naopak u obsahu draslíku, dusíku a fosforu účinek vápňení nebyl prokázán. Mezi plochami s různou intenzitou výchovného zásahu nebyly zjištěny rozdíly ve výživě smrkových porostů u žádného prvku. Současně nebyl prokázán vliv vápňení a intenzity provedeného výchovného zásahu v obsahu mikroelementů sledovaného poměru P/Zn. Na sledovaných vápňených plochách s různou intenzitou výchovného zásahu byl zjištěn nevyvážený poměr N/Ca. Tento nevyvážený poměr N/Ca může být způsoben zvýšením obsahu vápníku po vápňení. Na kontrolní ploše byl poměr N/Ca vyvážený.

Poděkování:

Tento příspěvek vznikl za podpory Výzkumného záměru MSM 6215648902 „Les a dřevo – podpora funkčně integrovaného lesního hospodářství a využívání dřeva jako obnovitelné suroviny.“ Dále děkujeme RNDr. Drápelové a jejímu kolektivu z laboratoře Ústavu Ekologie lesa za stanovení obsahu dusíku.

LITERATURA

- ALBERT R. 1989. Mineralstoff- und Ionenhaushalt von Fichten entlang eines Höhenprofil im Zillertal (Österreich), *Phyton*: 111-131.
- BAUER G., SCHULTZE E. D., MUND M. 1997. Nutrient contents and concentrations in relation to growth of *Picea abies* and *Fagus sylvatica* along a European transect. *Tree Physiology*, 17: 777-786.
- BERGMANN W. 1993. Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Jena, Gustav Fischer: 835 s.
- BOHÁČKOVÁ L., LOMSKÝ B., ŠRÁMEK V. 2010. Monitoring zdravotního stavu lesa v České republice. Ročenka programu ICP Forest/Fut-Mon, data 2008 – 2009. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 159 s.
- BONAN G. B., CLEVE K. VAN 1992. Soil temperature, nitrogen mineralization, and carbon source-sink relationship in boreal forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 22:629-639.
- CAPE J. N., FREER-SMITH P. H., PATERSON I. S., PARKINSON J. A., WOLFENDEN J. 1990. The nutritional status of *Picea abies* [L.] Karst. across Europe and implications for forest decline. *Trees*, 4: 211-224.
- DITMAROVÁ L., KMEŤ J., JEŽÍK M., VÁLKA J. 2007. Mineral nutrition in relation to the Norway spruce forest decline in the region Horný Spiš (Northern Slovakia). *Journal of Forest Science*, 52: 93-100.
- DUCHESNE L., OIMET R., CAMIRE C., HOULE D. 2001. Seasonal nutrient transfers by folia resorption, leaching, and litter fall in a northern hardwood forest at Lake Clair Watershed, Quebec, Canada. *Canadian Journal of Forest Research*, 31: 333-344.
- DRÁPELOVÁ I., KULHAVÝ J. 2008. Deposition flows and chemical composition of seepage waters in stands with spruce monoculture managed in different ways – results in 2007. *Beskydy*, 1: 117-124.
- DREYER E., FICHTER J., BONNEAU M. 1994. Nutrient content and photosynthesis of young yellowing Norway spruce trees (*Picea abies* [L.] Karst.) following calcium and magnesium fertilisation. *Plant and Soil*, 160: 67-78.
- GEBAUER G., SCHULTZE E. D. 1988. Forest decline of spruce as a result of nutrient imbalance and nutrient stress. *Aspect of Applied Biology*, 17: 123-130.
- HADAŠ P. 2004. Příčinná souvislost mezi klimatem, depozicí S, N a H⁺ a zdravotním stavem lesních porostů na území ČR. *Beskydy*, 17: 9-16.
- HUBER C., KREUTZER K., RÖHLE H., ROTHE A. et al. 2004. Response of artificial acid irrigation, liming, and N-fertilisation on elemental concentrations in needles, litter fluxes, volume increment, and crown transparency of an N saturated Norway spruce stand. *Forest Ecology and Management*, 200: 3-21.
- HÜTTL R. F., ZÖTTL H. W. 1993. Liming as a mitigation tool in Germany's declining forest – reviewing results from former and recent trials. *Forest Ecology and Management*, 61: 325- 338.
- HÜTTL R. F., SCHAAF W. 1997. Magnesium deficiency in forest ecosystems. Dordrecht, Kluwer Academic Publisher: 362 s.
- HRDLIČKA P. 1996. Změny obsahu makroprvků v jehličí smrku. In: *Zpravodaj Beskydy*. Sv. 8. Vliv imisí na lesy a lesní hospodářství Beskyd. Brno, MZLU: 49-56.
- INGERSLEV M. 1999. Above ground biomass and nutrient distribution in a limed and fertilized Norway spruce (*Picea abies*) plantation, Part I. Nutrient concentrations. *Forest Ecology and Management*, 119: 13-20.
- ICP Forest. 2004. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effect of air pollution on forest. Part IV. Samplings on analysis of needles and leaves.
- JOKELA A., SARJALA T., HUTTUNEN S. 1988. The structure and hardening status of Scots pine needles at different potassium availability levels. *Trees*, 12: 490-498.
- KAZDA M. 1990. Indications of unbalanced nitrogen nutrition of Norway spruce stands. *Plant and Soil*, 128: 97-101.
- KLIMO E., VAVŘÍČEK D. 1991. Acidifikace a vápnění lesních půd v Beskydech. *Lesnictví*, 37: 61-68.
- KULHAVÝ J., FORMÁNEK P., BETUŠOVÁ M. 2000. Ekologické aspekty pěstování smrkových monokultur ve 2. generaci na stanovištích vyšších poloh Moravskoslezských Beskyd. *Ekológia*, 19: 130-150.
- KULHAVÝ J., MARKOVÁ I., DRÁPELOVÁ I., TRUPAROVÁ S., POKORNÝ R. 2009. Depoziční toky, minerální výživa a zásoba uhlíku a dusíku ve smrkových porostech na lokalitě Bílý Kříž (Moravskoslezské Beskydy) v letech 1999-2006. *Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce*: 76 s.
- KRATOCHVÍLOVÁ I., JANOUŠ D., MAREK M., BARTÁK M., ŘÍHA L. 1989. Production activity of mountain cultivated Norway spruce stands under the impact of air pollution. I. General description of problems. *Ekológia (ČSSR)*, 8: 407-419.
- LARCHER W. 1988. *Fyziologická ekologie rostlin*. Praha, Academia: 361 s.
- LOMSKÝ B. 2006. Minerální výživa smrku ztepilého (*Picea abies* [L.] Karst.) v imisních oblastech. *Habilitační práce*. Brno, Mendelova univerzita v Brně: 274 s.
- LORENZ M., GRANKE O. 2009. Deposition measurements and critical loads calculations: monitoring data, results and perspective. *iForest*, 2: 11-14.
- LYR H., POSTLER H., FIEDLER H. J. 1967. *Gehölzphysiologie*. Jena, G. Fischer: 444 s.
- MATERNA J. 1986. Vliv imisí na minerální výživu dřevin. *Lesnictví*, 32: 569-580.
- MENGEL E., KIRBY E. A. 1978. *Principles of plant nutrition*. Bern, International Potash Institute: 593 s.
- MIEGROET H. VAN, JOHNSON D. W., TODD D. E. 1993. Foliar response of red spruce samplings to fertilization with Ca and Mg in the Great Smoky Mountains National Park. *Canadian Journal of Forest Research*, 23: 89-95.
- MORAVČÍK P., HRDLIČKA P., HOLÁ Š. 1996. Obsah prvků v jehličí smrku a stav jeho výživy. In: *Zpravodaj Beskydy*. Sv. 8. Vliv imisí na lesy a lesní hospodářství Beskyd. Brno, MZLU: 41-48.
- NIHLGÅRD B. 1985. The ammonium hypothesis. An additional explanation to the forest dieback in Europe. *Ambio*, 14: 2-8.
- NILSSON L. O., WIKLUND K. 1995. Nutrient balance and P, K, Ca, Mg and B accumulation in a Norway spruce stand following ammonium sulphate application, fertigation, irrigation, drought and N-free-fertilization. *Plant and Soil*, 168-169: 437-446.
- ROELOFS J.G.M., KEMPERS A. J., HOUDIJK A.L.F.M., JANSEN J. 1985. The effect of air-borne ammonium sulphate on *Pinus nigra* var. *maritima* in the Netherlands. *Plant and Soil*, 84: 45-56.
- ROSENGREN-BRINCK U. 1994. The influence of nitrogen on the nutrient status in Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.). Ph.D. thesis. Lund, Department of Ecology, Plant Ecology, Lund University: 139 s.

- SCHULTZE E. D. 1989. Air pollution and forest decline in a spruce (*Picea abies*) forest. *Science*, 1989, 244: 776-783.
- SMOLANDER A., KITUNEN V., PRIHA O., MALKONEN E. 1995. Nitrogen transformations in limed and nitrogen-fertilized soil in Norway spruce stands. *Plant and Soil*, 172: 107-115.
- SVENSON T., DICKSON W., HELLBERG J., MOBERG G., MUNTHE N. 1995. The Swedish liming programme. *Water, Air and Soil Pollution*, 85: 1003-1008.
- ŠRÁMEK V., MATERNA J., NOVOTNÝ R., FADRHOŇSOVÁ V. 2006. Effect of forest liming in the Western Krušné hory Mts. *Journal of Forest Science*, 52: 45-51.
- ŠRÁMEK V., NOVOTNÝ R., LOMSKÝ B., MAXA M., NEUMAN L., FADRHOŇSOVÁ V. 2009. Změny obsahu prvků v porostech smrku, buku, jeřábu a břízy v průběhu roku. Hradec Králové, Lesy České republiky: 109 s.
- THELIN G., ROSENGREN-BRINCK U., CALLESEN I., INGERSLEV M. 2002. The nutrient status of Norway spruce in pure and in mixed-species stands. *Forest Ecology and Management*, 160: 115-125.
- ZBÍRAL J. 1995. Analýza půd I. Jednotné pracovní postupy. Brno, Státní kontrolní a zkušební ústav zemědělský.
- ZBÍRAL J. 1996. Analýza půd II. Jednotné pracovní postupy. Brno, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský.
- ZBÍRAL J. 2004. Analýza půd. Jednotné pracovní postupy. Brno, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský: 199 s.

MINERAL NUTRITION OF LIMED PLOTS WITH DIFFERENCE INTENSITY OF THINNING IN MORAVIAN-SILESIA BESKIDS MTS.**SUMMARY**

The presented paper evaluates the condition of mineral nutrition of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) stands on limed plots 23 years after the last application of limestone and at various intensities of tending measures. The nutrition of spruce stands was monitored on limed plots of the various intensity of tending measures and on a control plot at the Bílý Kříž locality in the Moravian-Silesian Beskids in 2006 – 2009. The liming of spruce stands was carried out in 1983, 1985 and 1987. In this study, the content of nutrients was evaluated in the first and second needle-year-class: nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, manganese, copper, zinc and iron. Measured values were compared with values, which are according to BERGMAN (1993), sufficient for the optimum nutrition of Norway spruce. At the same time, the balance of nutrition was monitored on the basis of criteria according to CAPE et al. (1990) and KAZDA (1990).

In the first needle-year-class, seasonal concentrations of nitrogen were also monitored. Results of the evaluation of mineral nutrition after 23 years from the last application of limestone demonstrated positive effects of liming in case of calcium and magnesium and some monitored ratios of K/Ca, K/Mg, N/Mg. On the contrary, as for the content of potassium, nitrogen and phosphorus, effects of liming were not proved. Among plots with the various intensity of tending measures, differences in the nutrition of spruce stands were not found at any element. At the same time, effects of liming and intensity of tending measures were not proved in the content of microelements and monitored ratio of P/Zn. On monitored limed plots with the various intensity of tending measures, an unfavourable N/Ca ratio was found. On the control plot, the N/Ca ratio was balanced. This unbalanced N/Ca ratio can be caused by the higher content of calcium after liming.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Sabina Truparová, Ph.D.
Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav ekologie lesa
Zemědělská 3, 613 00, Brno, Česká republika
tel.: 545 134 189; e-mail: truparova@mendelu.cz