

Ivan Kuneš¹ – Vratislav Balcar² - Eva Vykypělová¹ - Jiří Zadina¹ - Jana Šedlbauerová¹ - Daniel Zahradník¹; ¹Fakulta lesnická a dřevařská, ČZU Praha; ²Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno

VLIV JAMKOVÉ A POMÍSTNÉ POVRCHOVÉ APLIKACE DOLOMITICKÉHO VÁPENCE NA MNOŽSTVÍ A CHEMICKÉ SLOŽENÍ BIOMASY SMRKU ZTEPILÉHO V JIZERSKÝCH HORÁCH

Effects of planting hole application or spot surface application of finely ground dolomitic limestone on amount and chemical composition of biomass of Norway spruce in the Jizerské hory Mts.

Abstract

The subject of this contribution is to assess the effects of liming and the chosen form of application of dolomitic limestone powder on the biomass of young Norway spruce (*Picea abies* /L./ KARST.) trees. The analysis was carried out 12 years after planting. Both the roots and above-ground biomass of the carefully chosen sample trees belonging to the "control" variant are compared with the ones of sample trees belonging to ameliorated variants. Two different forms of limestone application are evaluated in this case: surface application and application in planting holes. There have been no negative impacts of liming observed in this particular experiment. On the contrary, liming has stimulated the production of roots as well as the above-ground biomass, and raised the total amounts of macronutrients bound in the sample trees. The top/root ratio in terms of biomass volume remained equal for all the compared variants. In spite of the flat-shaped root system of Norway spruce, an unusually shallow anchoring of roots of all the sample trees was surprising.

Klíčová slova: Jizerské hory, *Picea abies*, kořenová biomasa, nadzemní biomasa, vápnění, bodová meliorace, pomístná meliorace
Key words: The Jizerské hory Mts., *Picea abies*, root biomass, above-ground biomass, liming, spot amelioration

ÚVOD

Znalost množství a chemického složení biomasy vzorníků smrku ztepilého odebraných z porostů na zalesněných imisních holinách umožňuje odhadnout celkové množství a distribuci živin a biomasy ve stromové složce smrkových porostů v období těsně po vytvoření zápoje. Právě v tomto období se stává aktuálním první výchovný zásah (SLODIČÁK, 2005), který ukončuje periodu, v níž porost nebyl ovlivňován porostní výchovou.

Předkládaná práce hodnotí výstupy z destrukčních analýz smrkových vzorníků odebraných včetně kořenových systémů 12 let po zalesnění imisní holiny při prvním výchovném zásahu do porostu. Představuje tak příspěvek do problematiky biomasy smrku ztepilého. Práce navíc hodnotí míru ovlivnění tvorby a chemického složení biomasy mladých vzorníků jamkovou a pomístnou povrchovou aplikací dolomitického vápence (cíleným vápněním). Příspěvek navazuje na publikace KUNEŠE (2003), kde je hodnocena mortalita a odrůs-

tání smrkové výsadby včetně jejího ovlivnění cíleným vápněním a KUNEŠE et al. (2006a, b, 2007), kde je posuzován účinek cíleného vápnění na chemismus půdy a na druhové složení a biomasy bylinného patra ve smrkové kultuře.

METODIKA

Pokusná kultura se smrkem ztepilým (*Picea abies* /L./ KARST.) byla založena v roce 1991 v rámci výzkumného objektu VÚLHM – VS Opočno (BALCAR, PODRÁZSKÝ 1994, 1995).

Smrková kultura se nachází na oplocené ploše na zalesněné imisní holině v nadmořské výšce 960 m ve svahu s jihozápadní expozicí pod vrcholem Středního Jizerského hřebene (SZŠ 50°49'39", VZD 15°21'16") asi 1 km severně od osady Jizerka. Stanoviště je řazeno do lesního typu kyselá smrčina titinová (8K2), hospodářského souboru 721 a pásma imisního ohrožení B.

Tab. 1.

Aritmetické průměry výšky, koruny a tloušťky v krčku vždy u pěti vybraných vzorníků na každou variantu (tučně) ve vztahu k průměrným hodnotám těchto parametrů pro celou jim příslušející variantu, kterou vzorníky reprezentují

Parameters of sample trees (bold) in relation to mean characteristics of whole variant represented

Varianta/ Variant	Parametr/Parameter	Výška 02/ Height 02 (cm)	Rozdíl/ Difference	Koruna 02/ Crown 02 (cm)	Rozdíl/ Difference	Krček 02/ Stem base diameter 02 (cm)	Rozdíl/ Difference
Kontrola/ Control	zpracované vzorníky/sample trees	158	- 1 %	125	+ 6 %	4,7	+ 4 %
	celá varianta/whole variant	159		118		4,5	
Povrch/ Surface	zpracované vzorníky/sample trees	203	0 %	146	+ 9 %	5,6	0 %
	celá varianta/whole variant	202		134		5,6	
Jamka/ Planting hole	zpracované vzorníky/sample trees	217	- 2 %	127	- 12 %	6,1	0 %
	celá varianta/whole variant	222		145		6,1	

Průměrná roční teplota (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.

Průměrná koncentrace SO₂ v ovzduší byla v době založení experimentu 25 μg m⁻³ (BALCAR, PODRÁZSKÝ 1994), avšak v současné době jsou zaznamenávané koncentrace SO₂ výrazně nižší, v období 1999 až 2002 se průměrné koncentrace SO₂ ve vzduchu pohybovaly pod 10 μg m⁻³. Koncentrace F v ovzduší (1978 - 1998) byla 0,18 μg m⁻³ (SLODIČÁK et al. 2005).

Pokusná výsadba sestává z desíti čtvercových plošek (100 m²), na každou z nich bylo vysázeno 50 ks čtyřletých sazenic smrku ztepilého ve sponu 2 x 1 m (BALCAR, PODRÁZSKÝ 1994, 1995). Výsadba se nachází ve svahu, proto jsou plošky uspořádány v řadě sledující vrstevnici a pravidelně se střídají podle své příslušnosti k jednotlivým variantám.

Vedle kontroly se čtyřmi opakováními, která jsou představována jednotlivými ploškami, byly založeny dvě vápněné varianty, každá se třemi opakováními. Ve vápněné variantě „jamka“, byl při výsadbě kultury na každou sazenici použit 1 kg jemné moučky dolomitického vápence a promíšen s půdou v jamce (bodová aplikace). Velikost jamek zde byla přibližně 35 x 35 x 25 cm. U vápněné varianty „povrch“ byla jemná moučka dolomitického vápence rozptýlena na povrch půdy kolem jednotlivých stromků v kruzích o průměru 1 m (pomístná plošková aplikace). I zde činila dávka vápence 1 kg na stromek.

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 57,2 % částic menších než 0,2 mm (BALCAR, PODRÁZSKÝ 1994, 1995).

Pro potřeby destruktivní analýzy bylo na počátku léta 2003 těsně před realizací prořezávky vybráno na každou výsadbovou variantu 5 vzorníkových stromů (vzorníků), tj. na celou experimentální výsadbu bylo odebráno celkem 15 stromů. Každý vzorník byl pečlivě vytypován tak, aby z hlediska všech tří hlavních dendrometrických charakteristik zároveň (výška, průměr při bázi kmínku a průměr koruny) odpovídal středním hodnotám výsadbové varianty, kterou reprezentuje.

Střední hodnoty (aritmetické průměry) výsadeb jednotlivých variant u výše zmíněných dendrometrických charakteristik byly použity jako standard (100 %) pro výběr vzorníků. Střední hodnoty sady pěti vzorníků reprezentujících určitou variantu se u výšky a tloušťky v krčku nesměly lišit od průměrů celé jim příslušející výsadbové varianty (standardu) o více jak 10 %. V případě rozměru koruny, u níž je přesnost měření nižší, nesměla odchylka aritmetického průměru sady vzorníků od průměru celé varianty (standardu) překročit 15 %. Obvykle byl ale tento rozdíl menší, viz tabulku 1.

Odběr vzorníků v letním období umožňuje vyzvednutí stromů včetně kořenových systémů a tudíž i kalkulace celkového množství biomasy a základních živin, které v sobě stromy jednotlivých variant poutají.

Léto však není standardní dobou odběru asimilačního aparátu jehličnanů pro posouzení stavu výživy. Koncentrace živin v pletivech dřevin v průběhu roku kolísají (MATERNA 1963, ŠRÁMEK et al. 2004). Proto se pletiva jehličnatých dřevin pro účely chemické analýzy za účelem zjištění stavu výživy standardně odebírají na podzim po přechodu dřevin do vegetačního klidu. V tuto dobu již nicméně na výzkumné ploše Jizerka panují podmínky (sníh, mráz), které nedovolují odběr

kořenů. Z tohoto důvodu byly tři z pěti vzorníků na každou variantu odebrány v létě (červenec 2003) včetně kořenů, aby byl k dispozici materiál pro analýzy vedoucí ke stanovení celkového množství živin, které v sobě celé stromy poutají. Zbývající dva vzorníky na každou variantu byly odebrány na podzim (listopad 2003) bez kořenových systémů k posouzení stavu výživy nadzemních pletiv.

Vzorníky odebrané v létě 2003

Na počátku léta 2003, tedy 12 let po založení pokusu, byly pro každou ze tří porovnávaných variant odebrány tři vzorníkové stromky (vzorníky).

Kořenové systémy všech vzorníků byly separovány od okolní půdy a vcelku vyzvednuty ze země. Byly očištěny a prudkým proudem vody zbaveny zbytků zeminy a travního drnu, kterým prorůstaly.

U kořenového systému každého vzorníku byly provedeny následující operace: Byla změřena délka všech kosterních kořenů. Dále byly vybrány tři dominantní kosterní kořeny: jako kritérium sloužila kombinace celkové délky kořene a jeho tloušťky před zaústěním do kmínku. V naprosté většině případů měly dominantní kosterní kořeny největší délku, ale nemuselo tak tomu být vždy. Na třech dominantních kosterních kořenech se evidovaly všechny vedlejší kořeny silnější než 2 mm a dále všechny jemné kořeny s tloušťkou pod 2 mm. Případně další větvení kořenů s tloušťkou pod 2 mm, ani jejich výskyt na vedlejších kořenech vybihajících z kosterního kořene, nebyly při evidenci zohledňovány.

Při určování délky kosterních kořenů se měřící pásmo vedlo od kmínku a při jakémkoliv větvení sledovalo vždy silnější kořen. Délka vedlejších kořenů vyúsťujících z kosterního kořene se do údaje délky kosterního kořene nezapočítávala.

Protože i velmi pečlivý přístup při oddělování kořenových systémů od země nemohl zabránit odtržení některých jemných kořenů, byly všechny čerstvé jizvy po jemných kořenech započítány do celkového počtu kořenů s tloušťkou pod 2 mm. Poté byl celý kořenový systém rozdělen a rozstřihán do následujících tloušťkových tříd (cm): (0,0; 0,5>; (0,5; 1,0>; (1,0; 1,5>; (1,5; 2,0>; (2,0; 3,0> a 3 cm a více. Xylometricky byl stanoven objem biomasy kořenů v rámci těchto tloušťkových tříd.

Následně byly vzorky kořenů, u každého vzorníku rozdělené podle tloušťkových tříd, předány do laboratoře ke stanovení hmotnosti sušiny. Po odvážení pak byly vzorky sušiny vždy tří příslušných vzorníků v rámci každé varianty, které patřily do stejné tloušťkové třídy, sloučeny ve směsný vzorek. Pro každý takovýto směsný vzorek, reprezentující danou tloušťkovou třídu kořenů v rámci jedné varianty, bylo stanoveno procento hlavních živin (N, P, K, Ca, Mg, S) a celkový obsah spalitelných látek.

U vzorníků byla hodnocena i nadzemní část. U stromů odebráných v létě byl nejprve (vedle objemu kořenů) samostatně stanoven objem kmínků s kůrou a větví s jehličím. Poté byla u nadzemních částí každého vzorníku oddělena kůra od kmínků a po předsušení také veškeré jehličí od větví. Větve byly následně rozštěpkovány zahradním štěpkovačem, aby bylo usnadněno jejich laboratorní zpracování. Nadzemní část každého vzorníkového stromu tedy byla rozdělena do následujících sekcí: dřevo z kmínku, kůra z kmínku, rozštěpkované neodkorněné větve a jehličí. Na rozdíl od kořenů se zde materiál ze vzorníků jedné varianty neslučoval do směsných vzorků a pro každý jednotlivý vzorek (tj. sekci z každého vzorníku, nikoliv z celé varianty) byla laboratorně stanovena jak hmotnost veškeré sušiny vzorku, tak i chemické složení (N, P, K, Ca, Mg, S).

Pro analýzu chemického složení jehličí vzorníku se náhodně odebral materiál ze směsi všeho jehličí daného stromu, stejně tomu bylo u rozštěpkovaných větví a kůry kmínku.

Materiál pro chemickou analýzu dřeva kmínku se získával z pilin uvolněných provrtáním báze kmínku, dále provrtáním jeho středové části a rovněž části v blízkosti terminálu. Vzhledem k odlišnému průměru kmínku v jednotlivých místech odběru tak bylo nejvíce dřevní hmoty pro analýzu uvolněno provrtáním báze, nejméně pak provrtáním kmínku v blízkosti terminálu. Dřevní materiál uvolněný vrtáním z uvedených třech odběrových partií se smíchal a podstoupil analýzu jako jeden vzorek. Byla tím alespoň rámcově zachována proporce mezi množstvím dřeva na bázi kmene, v jeho středové a terminální části.

Vzorníky odebrané na podzim 2003

Důvodem podzimního odběru vzorníkových stromů bylo získání dat o chemickém složení pletiv k posouzení výživy srovnatelných s údaji z jiných studií. Období vegetačního klidu je u jehličnanů standardní odběrová doba pro diagnostiku výživy (STEFAN et al. 2000). Odlišnému cíli analýz vzorníků z podzimního odběru je proto přizpůsobena i metodika jejich zpracování, která není totožná jako u vzorníků odebraných v létě.

Ke stanovení chemického složení asimilačního aparátu smrků bylo u podzimních vzorníků použito pouze nové jehličí z letorostů druhého řádu na třetím přeslenu, což je konvence používaná na ploše Jizerka. Kůra a dřevo kmínku k chemickým analýzám pocházely z báze kmínku, jeho středu a ze zóny pod terminálem kmínku. Chemické složení rozštěpkovaných větví s kůrou se nestanovovalo.

Do každého „podzimního“ směsného vzorku z určité části stromu (jehličí, kůra a dřevo kmínku) bylo zahrnuto přibližně stejné množství materiálu z obou vzorníkových stromů dané varianty.

Hmotnost sušiny byla u vzorníků z podzimního odběru stanovena stejným způsobem a pro stejné části jako u vzorků z léta. Byly k ní přičteny hmotnosti vzorků, které samostatně prošly chemickou analýzou.

Odhad množství biomasy a živin poutaných ve stromech

Pro kalkulace množství sušiny a distribuce živin ve stromech jednotlivých variant byla použita hmotnost sušiny jak vzorníků z podzimu, tak vzorníků z léta. Autoři předpokládají, že případný přírůstek mezi vrcholným červencem, kdy byla odebrána první část vzorníků, a listopadem, kdy se odebral zbytek vzorníkových stromů, lze v horských podmínkách s krátkou vegetační dobou zanedbat. Odhad průměrné hmotnosti sušiny určité sekce nadzemní části (dřevo kmínku, kůra kmínku, rozštěpkované neodkorněné větve a jehličí) ve stromech příslušné varianty se tedy kalkuloval ze všech pěti odebraných stromů v dané variantě.

Průměrná hmotnost sušiny podzemní biomasy je určena součtem průměrných hmotností jednotlivých tloušťkových tříd kořenů pro každou trojici kořenových systémů odebraných v létě na příslušné variantě.

Odhad celkového množství živin se kalkuloval vynásobením průměrné hmotnosti sušiny každé části stromu v dané variantě hodnotami letní koncentrace živin v pletivech příslušné části vzorníku. Použily se tedy hodnoty zastoupení živin v sušině pletiv zjištěné u vzorníků odebraných v létě, protože v létě byly, na rozdíl od podzimu, odebrány i kořeny.

Laboratorní zpracování vzorků

Chemické analýzy rostlinného materiálu byly provedeny v Laboratoři Tomáš se sídlem ve Výzkumné stanici v Opočně podle metodik, které podrobně popisuje ZBÍRAL (1994).

Statistické zpracování

Statistická analýza je založena na mezivariantním srovnání koncentrací živin v sušině jednotlivých částí nadzemní biomasy a kořenů. U nadzemní biomasy byla použita neparametrická Kruskal–Wallisova analýza rozptylu, u kořenů byl použit párový Wilcoxonův test. V případě koncentrací živin v kořenech musely být varianty srovnávány po dvojicích. U každé dvojice variant byl Wilcoxonův test aplikován na párové srovnání sad koncentrací v šesti tloušťkových třídách kořenů. U obou typů statistických analýz byla zvolena 5% hladina významnosti. Objem čerstvé biomasy, množství sušiny ani na sušině závislý celkový obsah živin nebyly statisticky hodnoceny. Vzorníky byly vybírány podle dendrometrických charakteristik tak, aby co nejlépe reprezentovaly svou variantu. Vzhledem k tomu, že výška, tloušťka v krčku i průměr koruny přímo ovlivňují množství biomasy, není výběr vzorníků z tohoto hlediska náhodný a tedy nelze aplikovat statistiku založenou na náhodném výběru.

VÝSLEDKY

Distribuce biomasy kořenů a morfologická struktura kořenového systému vzorníků srovnávaných variant

Průměrný objem kořenů vzorníků u varianty s povrchovou aplikací cca o dvě třetiny převyšuje kontrolu a u varianty „jamka“ dosahuje téměř dvojnásobku hodnoty zaznamenané u kontroly. Podrobnější informace o rozložení objemu čerstvé biomasy kořenů podává tabulka 2.

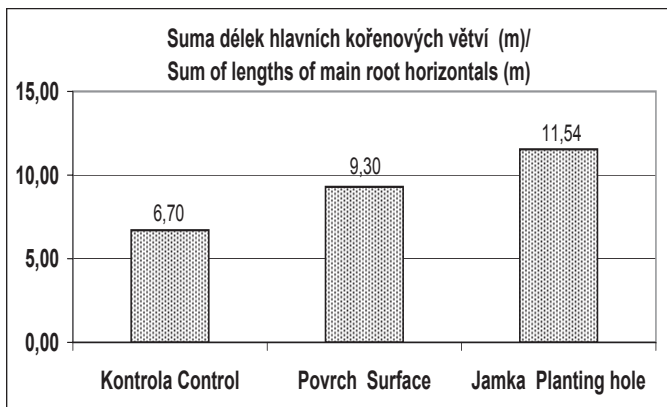
Tab. 2.

Biomasa kořenů a její distribuce do tloušťkových tříd
Root biomass distribution to thickness classes

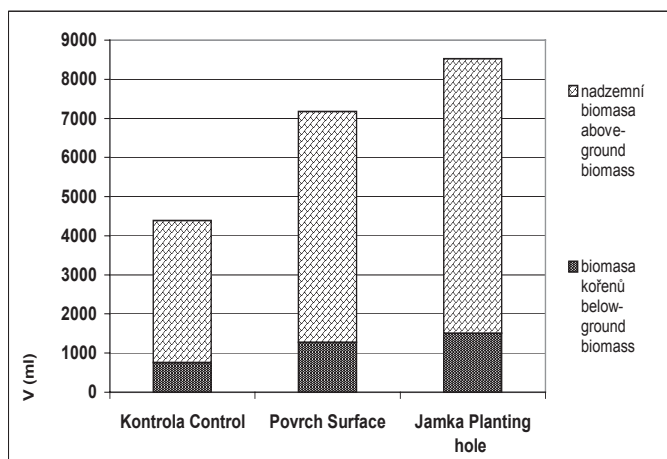
Distribuce objemu kořenové biomasy (ml)/ Volume of particular root thickness classes (ml)			
Třída tloušťková/Root thickness class (cm)	Kontrola/ Control	Povrch/ Surface	Jamka/ Planting hole
(0,0 - 0,5>	135	196	281
(0,5 - 1,0>	53	118	124
(1,0 - 1,5>	56	83	58
(1,5 - 2,0>	42	60	97
(2,0 - 3,0>	68	133	150
(3+)	410	683	795
Celkem/Sum	763	1273	1506

Vzorníky jamkové varianty měly ve svém kořenovém systému také nejvíce kosterních kořenových větví, průměr zde vychází 10,3 ks na vzorník. Následuje varianta „povrch“, kde na jeden vzorník připadá v průměru 7,3 ks kosterních kořenových větví, u kontroly to je 6,7 ks na jeden vzorník.

Při mezivariantním srovnání průměrných hodnot sumy délek všech hlavních kořenových větví (L) v jednom kořenovém systému vyšla opět nejlépe do jamky vápněná varianta. U varianty „jamka“ je L o 72 % větší než u kontroly, varianta „povrch“ předstihuje z hlediska L kontrolu o 32 %, viz obrázek 1.



Obr. 1.
Průměrné hodnoty součtu délek kosterních kořenových větví na jeden kořenový systém
Sum of length values of main root horizontals within one root system



Obr. 2.
Průměrný objem celkové biomasy vzorníků u jednotlivých variant
Average volume of total biomass of the sample trees within the particular variants

Počet jemných kořenů ($d < 2$ mm) zjišťovaný na vybraných třech dominantních kosterních kořenech dosahoval u kontroly v průměru 71 ks na jeden kořen, u varianty s povrchovou aplikací to bylo v průměru 82 ks na jeden dominantní kořen a u varianty s jamkovou aplikací v průměru 86 ks na jeden dominantní kořen. Pokud jsou ale počty jemných kořenů vztaženy na 1 metr délky dominantního kosterního kořene, vychází kontrola lépe než vápněné varianty: průměrné relativní počty jemných kořenů jsou u kontroly 49 ks/m, u varianty „povrch“ 42 ks/m a u varianty „jamka“ 43 ks/m.

Počet vedlejších kořenů silnějších než 2 mm, zjišťovaný na vybraných třech dominantních kosterních kořenech, dosahoval u kontroly v průměru 2,8 ks na jednu kořenovou větev, u povrchové vápněné varianty to byly 3 kusy a u jamkové vápněné varianty v průměru 3,4 ks vedlejších kořenů ($d > 2$ mm) na jeden kosterní kořen.

Objem celkové biomasy vzorníků - relace mezi nadzemní a kořenovou biomasou

Při srovnání objemu celkové čerstvé (kořenové + nadzemní) biomasy vzorníků (obr. 2) dosahuje varianta „povrch“ více jak 1,6násobku a varianta „jamka“ více jak 1,9násobku průměrné hodnoty objemu kontrolních vzorníků. Poměr mezi objemem nadzemní biomasy a biomasy podzemní kořenové je u všech tří variant velmi podobný; u kontroly a varianty „jamka“ se rovná 4,7 a u varianty „povrch“ odpovídá 4,6.

Obsah živin a spalitelných látek v kořenovém systému vzorníků srovnávaných variant

Chemické analýzy kořenové biomasy potvrdily u všech tří variant očekávaný pokles zastoupení sledovaných živin (N, P, K, Ca a Mg) v závislosti na zvětšující se tloušťce kořenů.

Procentuální obsah N u varianty „jamka“ v podstatě dosahoval úrovně registrované u kořenů kontrolní varianty. To je v jistém smyslu překvapivé, protože u jamkové aplikace lze v jamkovém prostoru mladých dřevin předpokládat nejintenzivnější účinek vápnění na dynamiku tohoto prvku; míněny jsou zde především potenciální negativní dopady. Ve srovnání s kontrolou se zdá být procentuální zastoupení N zřetelně, avšak nijak dramaticky, nižší u varianty s povrchovou aplikací vápence. Statistická analýza však neshledala rozdíly v koncentraci N mezi variantami jako průkazné.

Relativní zastoupení P a K se zdá být v kořenech vzorníků vápněných variant nižší než u kontroly. Tento rozdíl mezi variantami ustupuje s přibývajícím tloušťkou kořenů. Statistická analýza rozdíl v koncentraci P a K v kořenech mezi variantami neoznačila jako průkazný.

Procentuální obsah Ca je v nejtenčích kořenech vzorníků obou vápněných variant zřetelně vyšší než u kontroly, avšak rozdíl kontroly a varianty „povrch“ není označen jako signifikantní. Párový Wilcoxonův test shledává jako průkazný pouze rozdíl varianty „jamka“ od variant „povrch“ a „kontrola“.

Překvapením bylo relativní zastoupení Mg. Ačkoliv použitý vápenc obsahoval 11,3 % tohoto prvku, jeho procento v kořenech nejnižší tloušťkové třídy bylo u vápněných variant nižší, než jaké bylo registrováno u kontroly. V případě vápněné varianty „jamka“ je přítom tento „hořčíkový skluz“ vůči kontrole značný. U žádné z dvojic variant ale párový Wilcoxonův test neoznačil rozdíly koncentrací Mg v sušině kořenů za průkazné.

U S je distribuce v jednotlivých variantách a tloušťkových třídách kořenů velice proměnlivá. Obecně se ale zdá, že procento zastoupení tohoto prvku je u vzorníků vápněných variant spíše vyšší než v případě kontrolních vzorníků. Statistická analýza ani zde neoznačila rozdíly mezi variantami jako průkazné.

Z pohledu celkového množství živin poutaných kořenovým systémem vzorníků bude hodnocení odlišné než v případě relativních koncentrací v sušině. Jak vyplývá z tabulky 4, kořenové systémy vzorníků vápněných variant poutají ve své biomase v celkovém úhrnu ve všech případech větší množství sledovaných prvků než kořenové systémy vzorníků z kontrolní varianty. Do celkového množství poutaných prvků totiž významně promlouvá zásoba sušiny kořenové biomasy, která je u vzorníků vápněných variant významně vyšší než u kontroly.

Tab. 3.

Procento zastoupení živin a spalitelných látek v sušině kořenové biomasy vzorníků srovnávaných výsadbových variant v rámci jednotlivých tloušťkových tříd kořenů, intervaly tloušťkových tříd jsou uvedeny v cm

Percentage of selected macroelements and combustibles proportion (LOI) in dry root biomass within particular root thickness classes

Varianta/Variant	Tloušťková třída kořenů (cm)/ Root thickness class (cm)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)	Spalitelné látky/ Combustibles percentage (LOI) (%)
Kontrola/Control	(0,0 - 0,5>	0,46	0,05	0,43	0,27	0,125	0,082	98,290
	(0,5 - 1,0>	0,34	0,03	0,25	0,16	0,047	0,078	99,856
	(1,0 - 1,5>	0,21	0,02	0,13	0,06	0,02	0,073	99,283
	(1,5 - 2,0>	0,18	0,01	0,11	0,10	0,018	0,136	99,134
	(2,0 - 3,0>	0,23	0,01	0,16	0,12	0,025	0,099	99,307
	(3+)	0,19	0,01	0,12	0,17	0,023	0,058	99,319
Povrch/Surface	(0,0 - 0,5>	0,41	0,04	0,37	0,31	0,116	0,100	99,811
Povrch/Surface	(0,5 - 1,0>	0,26	0,02	0,19	0,12	0,033	0,084	99,018
Povrch/Surface	(1,0 - 1,5>	0,21	0,01	0,14	0,14	0,029	0,140	99,318
Povrch/Surface	(1,5 - 2,0>	0,22	0,01	0,16	0,17	0,033	0,099	99,174
Povrch/Surface	(2,0 - 3,0>	0,23	0,01	0,14	0,14	0,028	0,044	99,423
Povrch/Surface	(3+)	0,16	0,01	0,10	0,15	0,022	0,126	99,556
Jamka/Planting hole	(0,0 - 0,5>	0,45	0,03	0,27	0,37	0,083	0,153	98,480
Jamka/Planting hole	(0,5 - 1,0>	0,33	0,03	0,19	0,18	0,043	0,100	99,148
Jamka/Planting hole	(1,0 - 1,5>	0,25	0,01	0,15	0,22	0,032	0,085	99,150
Jamka/Planting hole	(1,5 - 2,0>	0,23	0,01	0,13	0,21	0,029	0,098	99,334
Jamka/Planting hole	(2,0 - 3,0>	0,21	0,01	0,11	0,15	0,026	0,133	98,871
Jamka/Planting hole	(3+)	0,18	0,01	0,08	0,16	0,026	0,093	99,914

Tab. 4.

Absolutní množství biomasy, živin a síry na kořenový systém jednoho vzorníku u srovnávaných variant

Amount of biomass and macroelements bound in biomass of one average root system within particular variants

Varianta/Variant	Tloušťková třída kořenů (cm)/ Root thickness class (cm)	Hmotnost sušiny (g)/ Dry mass weight (g)	N tot (g)	P tot (g)	K tot (g)	Ca tot (g)	Mg tot (g)	S tot (g)
Kontrola/Control	(0,0 - 0,5>	69,1	0,315	0,031	0,297	0,186	0,086	0,057
	(0,5 - 1,0>	26,5	0,090	0,007	0,066	0,042	0,012	0,021
	(1,0 - 1,5>	24,7	0,052	0,005	0,032	0,015	0,005	0,018
	(1,5 - 2,0>	17,9	0,032	0,002	0,020	0,018	0,003	0,024
	(2,0 - 3,0>	28,3	0,066	0,003	0,045	0,034	0,007	0,028
	(3+)	178,6	0,340	0,009	0,214	0,304	0,041	0,103
	Celkem/Sum	345,1	0,896	0,056	0,675	0,599	0,155	0,251
Povrch/Surface	(0,0 - 0,5>	98,1	0,406	0,036	0,363	0,304	0,114	0,098
Povrch/Surface	(0,5 - 1,0>	57,4	0,149	0,010	0,109	0,069	0,019	0,048
Povrch/Surface	(1,0 - 1,5>	44,8	0,093	0,004	0,063	0,063	0,013	0,063
Povrch/Surface	(1,5 - 2,0>	26,8	0,060	0,003	0,043	0,046	0,009	0,027
Povrch/Surface	(2,0 - 3,0>	61,7	0,142	0,007	0,086	0,086	0,017	0,027
Povrch/Surface	(3+)	288,1	0,458	0,020	0,288	0,432	0,063	0,364
Povrch/Surface	Celkem/Sum	576,9	1,307	0,080	0,952	1,000	0,235	0,627
Jamka/Planting hole	(0,0 - 0,5>	138,8	0,626	0,039	0,375	0,513	0,115	0,212
Jamka/Planting hole	(0,5 - 1,0>	57,8	0,189	0,016	0,110	0,104	0,025	0,058
Jamka/Planting hole	(1,0 - 1,5>	28,0	0,069	0,003	0,042	0,062	0,009	0,024
Jamka/Planting hole	(1,5 - 2,0>	41,8	0,097	0,004	0,054	0,088	0,012	0,041
Jamka/Planting hole	(2,0 - 3,0>	68,5	0,142	0,005	0,075	0,103	0,018	0,091
Jamka/Planting hole	(3+)	355,4	0,631	0,018	0,284	0,569	0,092	0,332
Jamka/Planting hole	Celkem/Sum	690,3	1,754	0,085	0,941	1,438	0,271	0,758

Uložení kořenů v půdním profilu

Kořenové systémy vzorníků byly u všech variant v půdě uloženy velice mělce. Kořeny prorůstaly půdou na spodní hranici humusového horizontu F (drť) těsně pod drnem travní buřně, se kterým byly v těsném kontaktu. Pokud narazily na překážku (kámen, pařez), obvykle jí nepodrůstaly, ale obrůstaly kolem ní. Přestože smrk vytváří plochý povrchový kořenový systém, takto extrémně mělké zapuštění kořenů u vzorníků všech variant bylo překvapivé. Tento jev autoři nemohou dokladovat číselně, ale byl zcela zřejmý při archeologickém vyvedávání kořenových systémů.

Chemické složení nadzemních pletiv z podzemních odběrů

U všech tří variant je možné konstatovat, že s výjimkou Ca jsou sledované prvky (N, P, K, Mg, S) procentuálně nejvíce zastoupeny v jehličí, poté následuje kůra a nejméně jich obsahuje dřevo. Ca je proti tomu nejvíce zastoupeno v kůře, poté v jehličí a nakonec ve dřevě (viz tab. 5).

Koncentrace N v sušině jehličí a kůry z podzimního odběru je u kontrolní varianty vyšší než u vápněných variant. Zastoupení N v jehličí na kontrole a variantě „povrch“ je na hranici deficitu, u jamkově vápněné varianty je zásobení N již deficitní.

Procentuální obsah P v jehličí je u vápněných variant nepatrně vyšší než u kontroly. U všech tří variant naznačuje koncentrace P v sušině jehličí zhoršené zásobení. V kůře a dřevě obsahuje nejvíce P varianta „povrch“, o něco méně je tohoto prvku u kontrolní varianty a nejméně je ho u vzorníků z varianty „jamka“.

Draslíkem v jehličí jsou nelépe zásobeny vzorníky z jamkově přivápněné varianty, následuje kontrolní varianta a nejméně K je v jehličí povrchově vápněných smrků. U všech tří variant je výživa draslíkem dostatečná. V kůře a ve dřevě mají ale proti tomu vzorníky varianty „povrch“ podíl K největší, menší zastoupení tohoto prvku má varianta „jamka“ a nejméně K je obsaženo v kůře a ve dřevě kontrolních vzorníků.

Podíl Ca v jehličí a v kůře mají obě vápněné varianty podle očekávání vyšší než kontrola. Koncentrace Ca v jehličí všech tří variant nicméně odpovídá dostatečnému zásobení. V případě dřevní hmoty kmínku je procento tohoto prvku u vzorníků všech tří variant prakticky vyrovnané.

Mg je v pletivu asimilačního aparátu obsažen nejvíce u vzorníků z varianty s povrchovou aplikací. Obsah Mg v jehličí vzorníků pocházejících z variant „jamka“ a „kontrola“ je nižší. Koncentrace Mg v jehličí všech tří variant je ale na postačující úrovni. V kůře a ve dřevě vzorníků je obsah hořčíku všech tří variant podobný s mírným nárůstem jamkové přivápněných smrků.

Nejvyšší obsah S v jehličí, v kůře i ve dřevní hmotě byl registrován u vzorků kontrolní varianty. Vzorky vápněných variant „povrch“ a „jamka“ obsahovaly síry zřetelně méně. Koncentrace S v asimilačním aparátu indikují přetrvávající zatížení stanoviště sirnými polutanty.

Poměr N/P v jehličí byl na kontrole 14,7, u varianty „povrch“ 12,5 a u varianty „jamka“ 11,6. Poměr N/K byl u kontroly 2,22, na variantě „povrch“ 2,57 a na variantě „jamka“ 1,95. Poměr N/Ca byl na kontrolní variantě 3,95, u varianty „povrch“ 2,74 a na variantě „jamka“ 2,79. Poměr N/Mg byl na kontrole 12,0 a na variantách „povrch“ a „jamka“ 9,6 a 11,0. Všechny zjištěné poměry odpovídaly u všech tří variant normálu. Pro hodnocení stavu výživy jak z hlediska koncentrací živin, tak vzájemných poměrů živin v sušině jehličí byla použita kritéria podle VRIESE et al. (1998).

Chemické složení nadzemních pletiv z letních odběrů

Přehled koncentrací makroelementů v pletivech vzorníků odebraných v létě 2003 je uveden v tabulce 6.

U materiálu ze vzorníků odebraných v létě („letní sušina“) vykazovaly směsné vzorky ze všech ročníků jehličí při srovnání s pletivem z ostatních částí u všech variant největší koncentrace N, K, S a ve většině případů i P. Nejvyšší podíl vápníku na hmotnostní jednotku letní sušiny byl zaznamenán u kůry. Nejnižší koncentrace živin v sušině byly registrovány u odkorněného dřeva kmínku.

Z hlediska mezivariantního srovnání vykazovaly nejvyšší průměrnou koncentraci N v letní sušině jehličí vzorníky z jamkově vápněné varianty. U větví, dřeva a kůry byl však podíl N na hmotnostní jednotku sušiny nejvyšší u kontroly. Statistická analýza ale rozdílů v koncentracích N mezi variantami neshledala jako průkazné ani u jedné části nadzemní biomasy (jehličí, dřevo kmínku, větve, kůra).

Tab. 5.

Koncentrace hlavních živin ve vybraných nadzemních pletivech vzorníků odebraných ve standardní odběrovou dobu v prosinci 2003
Nutrition of chosen above-ground tissues of the trees sampled in the autumn of 2003

Část vzorníku/ Plant compartment	Varianta/Variant	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)
Poslední ročník jehličí (podzimní odběr)/ Current-year needles (autumn sampling)	Kontrola/Control	1,26	0,09	0,57	0,32	0,105	0,159
	Surface/Povrch	1,23	0,10	0,48	0,45	0,129	0,121
	Planting hole/Jamka	1,17	0,10	0,60	0,42	0,106	0,132
Kůra kmínku (podzimní odběr)/ Stem bark (autumn sampling)	Kontrola/Control	0,76	0,05	0,34	0,6	0,072	0,114
	Surface/Povrch	0,60	0,06	0,39	0,74	0,075	0,071
	Planting hole/Jamka	0,57	0,05	0,37	0,85	0,080	0,070
Dřevo kmínku (podzimní odběr)/ Stem wood (autumn sampling)	Kontrola/Control	0,12	0,03	0,07	0,11	0,015	0,092
	Surface/Povrch	0,13	0,04	0,11	0,11	0,015	0,060
	Planting hole/Jamka	0,14	0,03	0,09	0,13	0,018	0,043

Procentuální obsah P v letní sušině jehličí a naštěpkovaných větví je nejvyšší u kontroly, naopak v sušině dřeva kmínku vykazuje P nepatrně vyšší podíl u variant vápněných. Kruskal-Wallisova analýza ale rozdíl v koncentracích P mezi variantami neshledala jako průkazné ani u jedné části nadzemní biomasy.

Koncentrace K v letní sušině všech čtyř částí nadzemní biomasy je nejmenší u jamkově vápněných vzorníků. Statistická analýza ale rozdíl v koncentracích K mezi variantami neoznačila jako průkazné ani u jedné části nadzemní biomasy.

Procento Ca v jehličí a kůře je nejvyšší u varianty „jamka“. V případě sušiny větví a dřeva kmínku je průměrná koncentrace tohoto prvku u vzorníků obou vápněných variant podobná a pohybuje se nad hodnotami zaznamenanými u kontrolní varianty. Statistická analýza ale rozdíl v koncentracích Ca mezi variantami neoznačila jako signifikantní ani u jedné části nadzemní biomasy.

Relativní zastoupení Mg v jehličí je nejvyšší u jamkově vápněné varianty. U ostatních částí nadzemní biomasy mají jamkově vápněné smrky koncentraci Mg nejnižší. V rozštěpkovaných větvích, dřevě kmínku a kůře je koncentrace Mg nejvyšší u povrchově vápněné varianty. Statistická analýza nicméně rozdíl v koncentracích Mg mezi variantami neoznačila jako průkazné ani u jedné části nadzemní biomasy.

Vzorníky povrchově vápněné varianty vykazují ve většině případů rovněž nejvyšší koncentraci S v nadzemní sušině. Pouze v případě kůry je koncentrace síry nepatrně vyšší u kontrolních vzorníků. Statistická analýza rozdíl v koncentracích S mezi variantami neshledala jako průkazné ani u jedné části nadzemní biomasy.

Smyslem letních odběrů byla především kvantifikace živin v celých stromech, proto způsob sestavení vzorků pro laboratorní chemické analýzy je u letních odběrů odlišný od odběrů z podzimu, kde šlo především o zhodnocení stavu výživy (viz metodika). Výsledky analýz z léta a podzimu tudíž nelze, právě vzhledem k metodickým odlišnostem jejich odběru, vzájemně konfrontovat.

Celkové množství sušiny a živin akumulované v nadzemní a podzemní biomase smrkových vzorníků

Ucelený přehled týkající se distribuce biomasy a jednotlivých živin v rámci stromových vzorníků jednotlivých variant uvádí tabulka 7.

Jak vyplývá z tabulky 7, vzorníky obou vápněných variant vytvořily výrazně větší množství celkové biomasy než jejich protějšky z kontrolní varianty. Stromy reprezentující variantu „povrch“ v sobě akumulují o 71 % více sušiny a smrky z varianty „jamka“ o 110 % více sušiny než stromy na kontrole.

Tab. 6.
Koncentrace živin v pletivech nadzemních částí vzorníků odebraných v létě 2003
Nutrition of chosen above-ground tissues of the trees sampled in the summer of 2003

Část stromku/Compartment	Varianta/Variant		N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)
Jehličí/Needles	kontrola/control	x	1,10	0,077	0,50	0,79	0,086	0,145
		s	0,10	0,026	0,09	0,17	0,020	0,028
	povrch/surface	x	0,99	0,073	0,51	0,73	0,089	0,184
		s	0,09	0,005	0,07	0,02	0,012	0,024
	jamka/planting hole	x	1,24	0,064	0,47	0,80	0,095	0,151
		s	0,15	0,006	0,08	0,15	0,024	0,025
Větvě/Branches	kontrola/control	x	0,55	0,050	0,36	0,42	0,061	0,077
		s	0,11	0,022	0,09	0,02	0,011	0,012
	povrch/surface	x	0,44	0,038	0,28	0,51	0,061	0,102
		s	0,08	0,009	0,07	0,09	0,007	0,015
	jamka/planting hole	x	0,46	0,033	0,25	0,51	0,054	0,085
		s	0,12	0,006	0,07	0,15	0,017	0,011
Dřevo kmínku/Stem wood	kontrola/control	x	0,15	0,005	0,08	0,12	0,018	0,076
		s	0,01	0,004	0,02	0,01	0,003	0,021
	povrch/surface	x	0,14	0,007	0,09	0,14	0,022	0,077
		s	0,01	0,005	0,02	0,01	0,003	0,008
	jamka/planting hole	x	0,14	0,006	0,07	0,13	0,015	0,047
		s	0,01	0,004	0,01	0,04	0,002	0,014
Kůra kmínku/Stem bark	kontrola/control	x	0,68	0,072	0,45	0,87	0,098	0,099
		s	0,12	0,020	0,12	0,04	0,012	0,002
	povrch/surface	x	0,64	0,075	0,40	0,87	0,103	0,097
		s	0,05	0,010	0,02	0,01	0,008	0,004
	jamka/planting hole	x	0,61	0,058	0,39	0,94	0,078	0,082
		s	0,05	0,021	0,11	0,12	0,016	0,010

Tab. 7.

Celkové množství biomasy a živin a jejich distribuce v jednotlivých částech vzorkových stromů reprezentujících příslušné varianty

The total average contents of dry mass and macronutrients in particular compartments of sample trees representing the compared plantation variants

Varianta/Variant	Část/Compartment	Hmotnost sušiny (g)/ Dry mass weight (g)	N (g)	P (g)	K (g)	Ca (g)	Mg (g)	S (g)
Kontrola/Control	jehličí/needles	693	7,628	0,536	3,466	5,476	0,596	1,006
	větve/branches	511	2,827	0,254	1,856	2,146	0,313	0,395
	dřevo kmínku/stem wood	489	0,721	0,024	0,375	0,587	0,088	0,370
	kůra kmínku/stem bark	79	0,539	0,057	0,352	0,683	0,078	0,078
	kořeny/roots	345	0,896	0,056	0,675	0,599	0,155	0,251
	Celkem/Sum	2117	12,610	0,927	6,724	9,491	1,230	2,101
Povrch/Surface	jehličí/needles	1169	11,579	0,850	5,963	8,535	1,045	2,153
	větve/branches	872	3,845	0,334	2,442	4,419	0,529	0,891
	dřevo kmínku/stem wood	860	1,192	0,060	0,803	1,233	0,192	0,666
	kůra kmínku/stem bark	151	0,970	0,113	0,597	1,305	0,155	0,146
	kořeny/roots	577	1,307	0,080	0,952	1,000	0,235	0,627
	Celkem/Sum	3629	18,893	1,438	10,757	16,492	2,156	4,483
Jamka/Planting hole	jehličí/needles	1310	16,212	0,838	6,158	10,525	1,249	1,980
	větve/branches	1125	5,144	0,367	2,812	5,699	0,611	0,958
	dřevo kmínku/stem wood	1141	1,545	0,072	0,799	1,446	0,175	0,538
	kůra kmínku/stem bark	180	1,103	0,105	0,697	1,694	0,141	0,149
	kořeny/roots	690	1,754	0,085	0,941	1,438	0,271	0,758
	Celkem/Sum	4447	25,757	1,468	11,406	20,801	2,447	4,383

Tab. 8.

Poměry mezi hmotností sušiny nadzemní a podzemní biomasy a mezi hmotností jednotlivých makroelementů akumulovaných v nadzemních pletivech a v pletivech kořenů u jednotlivých variant

Shoot-to-root ratios in terms of dry mass and macronutrient contents within particular treatment variants

Varianta/Variant	Část/Compartment	Hmotnost sušiny/ Dry mass weight	N	P	K	Ca	Mg	S
Kontrola/Control	poměr nadzemní části a kořenů/ shoot-to-root ratio	5,1	13,1	15,4	9,0	14,8	6,9	7,4
Povrch/Surface	poměr nadzemní části a kořenů/ shoot-to-root ratio	5,3	13,5	16,9	10,3	15,5	8,2	6,1
Jamka/Planting hole	poměr nadzemní části a kořenů/ shoot-to-root ratio	5,4	13,7	16,3	11,1	13,5	8,0	4,8

Vzhledem k množství sušiny vzorníky z vápněných variant v sobě celkově akumulují výrazně větší absolutní množství všech sledovaných živin, i když koncentrace sledovaných prvků v pletivech stromů byla u vápněných variant v řadě případů srovnatelná nebo i nižší než na kontrole.

Vzorníky varianty „povrch“ a „jamka“ poutají o 50 %, resp. o 104 % více N než jejich kontrolní protějšky. Stromy z variant „povrch“ a „jamka“ předstihují kontrolu při srovnání celkového množství P akumulovaného v pletivech o 55 %, resp. o 58 %, u K o 60 %, resp. o 70 %, v případě Ca o 74 %, resp. o 119 %, u Mg o 75 %, resp. o 99 % a v případě S pak o 113 %, resp. 109 %.

Tabulka 8 podává informaci o poměrech sušiny a absolutního množství živin mezi nadzemní a podzemní biomasou vzorníků v jednotlivých variantách. Vzájemný poměr mezi hmotností nadzemní a podzemní sušiny u všech variant přesahuje hodnotu 5 a je vyšší, než jaký byl zjištěn u objemu čerstvých pletiv. Na rozdíl od poměrů zjišťovaných u objemu čerstvé biomasy jsou hodnoty poměru hmotnosti nadzemní a podzemní sušiny mezi jednotlivými variantami rozrůzněnější. U vápněných variant nadzemní biomasa vůči kořenům mírně posiluje, což se promítá i na poměrech množství N, P, K a Mg.

DISKUSE

Otázka, jaký vliv mají v imisních oblastech hnojivé či meliorační substráty na růst nadzemních částí a kořenů při různých formách aplikace, je velice aktuální. Existují hypotézy, že v extrémně nepříznivých půdních podmínkách může především jamková forma použití těchto materiálů vést ke kořenovým deformacím a v jejich důsledku i k pozdější stagnaci růstu a nestabilitě porostů.

TESAŘ (1986) sledoval vývoj výsadby s jamkovou aplikací 4 kg diabasu na sazenici. Po prvních letech výrazně rychlejšího přírůstu došlo u přihnojených výsadby k přírůstové depresi, takže tyto výsadby byly dostiženy svými kontrolními nepřihnojenými protějšky. U stagnujících výsadby s jamkovou aplikací hnojiva se navíc začaly objevovat vývraty stromků, což u kontroly podle TESAŘE pozorováno nebylo. Následná analýza kořenového systému dřevin z výsadby s jamkovou aplikací hnojiva ukázala, že kořeny těchto stromů se omezovaly pouze na prostředí jamky vylepšené hnojivým substrátem a do okolní půdy prakticky nepronikaly. Vytvářel se tak nepoměr mezi nadzemní částí dřevin a deformující se kořenovou sférou. Ten se razantně projevil po odeznění účinků meliorace a byl také příčinou nízké stability mladých stromů, jež se následně projevovala jejich vývraty. Při povrchové aplikaci přitom k těmto jevům nedocházelo.

V případě výsadby smrku ztepilého, které se týká předkládaný příspěvek, k žádným podobným negativním dopadům nedošlo. Povrchová i jamková aplikace moučky dolomitického vápence pozitivně ovlivnila přírůst mladých smrků a snížila jejich mortalitu.

Kořenový systém vzorníků z varianty s jamkovou aplikací se v případě naší výsadby neomezoval pouze na jamkový prostor s vylepšenou půdou. Smrkové vzorníky této varianty do vlastní jamky obvykle spustily pouze chomáč jemných vyživovacích kořenů, zatímco jejich kosterní kořeny jamku opouštěly a často prorůstaly ve formě jakýchsi laterálních kořenových šlahounů těsně pod spodní hranici travního drnu až k jamkám sousedních stromů, kam opět spustily jemné vyživovací kořánky.

V této souvislosti třeba uvést, že stanoviště experimentu bylo v druhé polovině 80. let 20. století před založením výzkumné plochy provozně vápněno. Podle dostupných informací se mělo jednat o jednu leteckou aplikaci dolomitického vápence původem ze Slovenska v dávce 2,4 t/ha. Provozní vápnění tedy mohlo snížit extremitu půdního chemismu na stanovišti a umožnit tak snazší prorůstání kořenů jamkově vápněných smrků i mimo jamky. Na druhou stranu s provozním leteckým vápněním může souviset i velmi mělké uložení kořenových systémů vzorníkových stromů, které bylo pozorováno u všech variant.

Při snižování extremity půdního chemismu, které mohlo umožnit snazší prorůstání kořenů do okolí vzorníků, se mohla projevit také přízemní vegetace s výrazným zastoupením třtiny chloupkaté (*Calamagrostis villosa* /CHAIX/ J. F. GMELIN). FIALA et al. (2005) uvádí, že v lesní půdě horského imisního stanoviště v Moravskoslezských Beskydech, kde byl vytvořen travní pokryv, došlo k mírnému zvýšení pH a obsahu Ca a Mg proti půdě, která travou porostlá nebyla, a to v relativně velmi krátkém období tří let.

Experimentální meliorace se příznivě projevila i na objemu kořenové biomasy (tab. 2, obr. 2), takže u vápněných variant přes výrazně rychlejší přírůst zůstal zachován stejný poměr objemu čerstvé nadzemní a kořenové biomasy jako u kontroly. U hmotnosti vysušených pletiv však v případě vápněných variant přeci jen došlo k mírnému posunu poměrů ve prospěch sušiny nadzemní. Autoři nicméně předpokládají, že z hlediska odolnosti stromu vůči vyvrácení by měl být důležitější poměr objemu čerstvých pletiv.

Vzorníky vápněných variant obsahovaly díky množství své sušiny výrazně vyšší absolutní úhrny živin než jejich kontrolní protějšky (tab. 7). Avšak z hlediska koncentrace živin na hmotnostní jednotku sušiny již situace není zdaleka tak jednoznačná (tab. 6). Pletiva jemných koncových kořenů u kontrolních stromů měla větší procentuální zastoupení P, K a překvapivě i Mg v sušině. Podobně štěpka větví s kůrou obsahovala u kontrolních stromů větší procento N, P a K, než bylo zjištěno u stromů z vápněných variant. Kromě jehličí u jamkově vápněné varianty měly vápněné vzorníky ve všech svých pletivech menší koncentraci N než stromy z kontroly. I když statistická analýza v naprosté většině případů neoznačila rozdíly v koncentracích živin za průkazné, je třeba brát v úvahu, že její závěry byly ovlivněny omezeným množstvím dat z malého počtu vzorníků.

Při posouzení stavu výživy vzorníků podle koncentrací makroelementů v sušině nejnovějšího ročníku jehličí (tab. 5) se N spolu s P jeví jako nejslabší články výživy výsadby u všech variant.

U vápněných výsadby může připadat v úvahu riziko možných nepříznivých dopadů vápnění na půdní N (KREUTZER 1995, NILSSON et al. 2001, PRIHA, SMOLANDER 1995, PODRÁZSKÝ 2003). V imisním zatížení našich hor sice začíná hrát postupně čím dál větší roli depozice dusíku (SLODIČÁK et al. 2005), ale i na stanovištích, která jsou zatížena relativně vysokým dusíkatým spadem, může za určitých okolností docházet v celkovém výsledku k ochuzování ekosystému o tuto živinu (DISE et al. 1998). Právě v tomto světle zůstávají možné dopady vápnění na půdní N půdní organickou hmotu stále velkým problémem.

Jak vyplývá z jedné další studie (KUNEŠ et al. 2006) provedené v rámci stejné výsadby, tráva třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa* /CHAIX/ J. F. GMELIN) na vápněné variantě vykazuje ve srovnání s kontrolou větší zastoupení. Oproti kontrole má však tato tráva na vápněné variantě nižší koncentraci N ve svých pletivech, vytváří méně biomasy a poutá menší absolutní množství N na plošnou jednotku svého porostu.

Na druhou stranu autoři považují za možné, že nižší koncentrace některých živin včetně dusíku v biomase vápněných vzorníků nemusí být v tomto konkrétním experimentu ani tak výsledkem jejich zhoršené dostupnosti v důsledku potenciálních negativních účinků vápnění na půdní prostředí jako spíše podstatně většího objemu biomasy vápněných smrků v podmínkách chudého horského stanoviště („efekt ředění“).

Dané stanoviště v některých případech nemuselo být schopno poskytnout rychleji rostoucím vápněným stromům takové množství určité živiny, aby pletiva vápněných jedinců mohla obsahovat koncentrace srovnatelné s koncentracemi u smrků na pomaleji odrůstající kontrole. Limitované množství živin na chudém horském stanovišti musí být u vápněných vzorníků distribuováno do většího množství biomasy, než jaké vyprodukovaly referenční stromy kontrolní varianty.

Je otázkou dalšího výzkumu, do jaké míry se na obsahu dusíku v pletivech rostlinné složky podílí vzájemná konkurenční interakce mezi dřevinami a bylinným patrem na stanovišti s limitním obsahem dusíku a do jaké míry může jít o přímé ovlivnění bilance dusíku v ekosystému vápněním.

Významným faktorem ovlivňujícím chemické složení jednotlivých částí vzorníků je pravděpodobně také translokace živin do partií, kde je stromy nejvíce potřebují. Translokace živin nemusí vždy sledovat stejné schéma, závisí na stanovišti a dostupnosti živin. Kupříkladu INGERSLEV (1999) na lokalitě v Dánsku popisuje u nejnovějšího ročníku smrkového jehličí nižší koncentraci Mg, než jaká byla zaznamenána u starších ročníků. ŠRÁMEK et al. (2004) ale v podmínkách Jizerských hor konstatuje, že poslední ročník smr-

kového jehličí je Mg zásoben spíše lépe než ročníky starší. Odlišností distribuce Mg v jednotlivých ročnících smrkového jehličí, jak vyplývají z pozorování dánského a českého autora, by bylo možné vysvětlit různým typem stanoviště. V prvním případě se díky blízkosti moře jednalo o Mg dostatečně zásobenou lokalitu (INGERSLEV 1997), zatímco v případě druhém vystupuje Mg jako živina v nedostatku a smrky jej zřejmě preferenčně distribuovaly do pletiv, kde byl nejvíce potřeba.

Hlavní otázka, kterou si autoři této studie položili, byla: „Může cíleně aplikovaná chemická meliorace v drsných podmínkách horské holiny pozitivně ovlivnit vitalitu a prosperitu mladých výsad, aniž by v budoucnu nutně došlo k projevu některých vážných negativních dopadů tohoto opatření v oblasti morfologie a výživy mladých stromů?“ Právě tyto negativní dopady by totiž do budoucna mohly znamenat zvýšené riziko zvratu v pozitivním vývoji, který je cílená iniciační meliorace v počátečním období existence výsad obvykle schopna nastartovat. Předběžnou odpovědí na tuto otázku je „opatrné“ ano.

Cílené iniciační vápnění totiž v tomto případě nebylo spojeno s problémy v morfologii mladých smrků, jak na ně upozorňuje např. TESAŘ (1986) a nebyly konstatovány problémy ve výživě, které by bylo možno jednoznačně přičíst účinkům vápnění. Koncentrace fosforu v deficitních hodnotách se vyskytovaly u vzorníků všech tří variant a nižší koncentrace dusíku v pletivech vápněných stromů se zatím nikterak neprojevovaly na přirůstání.

O pozitivním vlivu cíleného vápnění na prosperitu této výsadby přitom referuje KUNEŠ (2003) a lze jej vyvodit i z průměrných charakteristik (tab. 1).

Vápnění a chemická meliorace jako celek však přesto může být dvousečným opatřením. K jeho nepříznivým projevům v oblasti morfologie stromů a jejich výživy může teprve dojít, obzvláště na odlesněných horských stanovištích. Tato studie nicméně vyvrací, alespoň ve 12letém časovém horizontu, že k nim musí docházet zákonitě. Přesnější definici podmínek, za jakých okolností k melioračním opatřením přistoupit a jakým způsobem je provádět, aby byla minimalizována možná rizika a zároveň posílena pravděpodobnost projevu pozitivních účinků, však předkládaná studie jistě poskytnout nemůže. To je dlouhodobým úkolem lesnického výzkumu do budoucna.

Z hlediska budoucí perspektivy vývoje vápněných výsad je třeba zmínit obavu, aby intenzivnější přírůst stimulovaný chemickou meliorací za vlivu dusíkatého spadu nepodnítil tvorbu méně pevného dřeva, které by vůči namáhání sněhem a větrem vykazovalo sníženou odolnost. Autoři proto považují za velmi žádoucí provést šetření zaměřená rovněž na tuto oblast.

Autoři studie zastávají názor, že u budoucích experimentů by spíše než vápnění měla být testována nová generace hnojiv s komplexním pokrytím spektra bazických iontů a fosforu a s pomalým či kontrolovaným výdejem živin. Výzkum cílené chemické meliorace za použití těchto nových typů hnojiv by měl být v horských imisních oblastech zaměřen především na podporu prosadů či podsadů druhově obohacující příměsí dřevin.

ZÁVĚR

Ani u jedné z forem aplikace moučky dolomitického vápence nedošlo u hodnocené výsadby k negativnímu projevu tohoto opatření na kořenovém systému mladých smrkových vzorníků. Vápnění urychlilo přírůst nadzemní i kořenové biomasy ve srovnání s kontrolní variantou. Poměr objemu mezi nadzemní biomasou a biomasou kořenů přitom zůstal u všech variant téměř stejný. Překvapivé bylo velice mělké uložení kořenů v půdě zaznamenané u vzorníků všech tří variant.

Vzorníky vápněných variant obsahovaly, díky množství své sušiny, výrazně vyšší absolutní úhrny živin (N, P, K, Ca, Mg, S) než jejich kontrolní protějšky. Avšak z hlediska koncentrace živin na hmotnostní jednotku sušiny již situace nebyla zdaleka tak jednoznačná.

Nej slabší články ve výživě vzorníků všech tří variant se zdají být dusík a fosfor.

Poděkování:

Výzkum, jehož výsledky jsou prezentovány v tomto příspěvku, byl kryt z prostředků Vnitřní grantové agentury Fakulty lesnické a environmentální ČZU Praha, dále z prostředků Nadace pro záchranu a obnovu Jizerských hor ZGP 5/2006 „Vliv chemické meliorace na distribuci živin a biomasy ve smrkové kultuře na opětovně zalesněné horské imisní holině v Jizerských horách“, výzkumného záměru MZe ČR č. 0002070201 „Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnících se podmínkách prostředí“ a z projektu NAZV č. 1G57073 „Faktory ovlivňující změny vlastností lesních půd v antropogenně pozměněných podmínkách“.

LITERATURA

- BALCAR, V., PODRÁZSKÝ, V.: Založení výsadbového pokusu v hřebcové části Jizerských hor. Zprávy lesnického výzkumu, 39, 1994, č. 2, s.1-7.
- BALCAR, V., PODRÁZSKÝ, V.: Zvýšení vitality kultur lesních dřevin aplikací horninových mouček při obnově lesa na kalamitních holinách Jizerských hor. Zprávy lesnického výzkumu., 40, 1995, č. 3/4, s. 44-49.
- DISE, N. B., MATZNER, F., GUNDERSEN, P.: Synthesis of nitrogen pools and fluxes from European forest ecosystems. Water, Air, and Soil Pollution, 105, 1998, s. 143-154.
- INGERSLEV, M.: 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, 1999, s. 13-20.
- INGERSLEV, M.: Effects of liming and fertilization on growth, soil chemistry and soil water chemistry in a Norway spruce plantation on a nutrient-poor soil in Denmark. Forest Ecology and Management, 92, 1997, s. 55-56.
- KREUTZER, K.: Effects of forest liming on soil processes. Plant and Soil, 168-169, 1995, s. 447-470
- 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 uvnitř sadebních jamek a mimo jamkový prostor v rámci podmínek kyselého horského stanoviště v Jizerských horách. Zprávy lesnického výzkumu, 51, 2006a, č. 2, s. 84-91.
- KUNEŠ, I., VYKYPĚLOVÁ, E., MÖLLEROVÁ, J., ŠEDLBAUEROVÁ, J., FRITSCHEROVÁ, H., KOHOUTOVÁ, J., BENEŠOVÁ, T., 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.
- KUNEŠ, I., BALCAR, V., ZAHRADNÍK, D.: Vliv cílené povrchové aplikace dolomitického vápence na pedochemické parametry půdy na imisní holině ve vrcholových partiích Jizerských hor. Zprávy lesnického výzkumu, 52, 2007, č. 3, s. 246-257.
- MATERNA, J.: Výživa a hnojení lesních porostů. Praha: Státní zemědělské nakladatelství 1963. 227 s.
- 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.
- 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: ČZU Lesnická fakulta, 2003a, s. 60-65. ISBN 80-213-1008-1
- PRIHA, O., SMOLANDER, A.: Nitrification, denitrification and microbial biomass N in soil from two N-fertilized and limed Norway spruce forests. Soil Biology and Biochemistry, 27, 1995, č. 3, s. 305-310.
- ŠLODIČÁK, M. (ed.) et al.: Lesnické hospodaření v Jizerských horách. [Forestry Management in the Jizerské hory Mts.] Hradec Králové a Jiloviště-Strnady, Lesy České republiky a Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti 2005. 232 s. ISBN: 80-86945-00-6 (LČR), 80-86461-51-3 (VÚLHM).
- STEFAN, K., RAITIO, H., BARTELS, U., FÜRST, A.: Sampling and analysis of needles and leaves. In: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests – Part IV/. UN/ECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution ICP-Forests, 2000, 8 s.
- ŠRÁMEK, V., NOVOTNÝ, R., LOMSKÝ, B., MAXA, N., NEUMAN, L., FADRHOŇSOVÁ, V.: Změny obsahů prvků v porostech smrku, buku, jeřábu a břízy v průběhu roku. Závěrečná zpráva projektu GS LČR. Jiloviště-Strnady: VÚLHM 2004. 99 s.
- TESAŘ, V.: Reakce smrku ztepilého na přihnojení vápencem a diabasem v imisní oblasti. In: Vápnění lesních půd v lesních oblastech. Sborník z konference. Ústí nad Labem: ČSVTS 1986, s. 36-45.
- VRIES, W.: Intensive Monitoring of Forest Ecosystems in Europe. Technical Report. FIMCI, 1998, s. 48-49.
- ZBÍRAL, J.: Analýza rostlinného materiálu. Jednotlivé pracovní postupy. Brno: SKZUZ 1994. Přeruš. str.

Effects of planting hole application or spot surface application of finely ground dolomitic limestone on amount and chemical composition of biomass of Norway spruce in the Jizerské hory Mts.

Summary

The experimental plot (lat. 50°49'39"N, long.15°21'16"E) is located on a formerly clear-felled and replanted patch in the air-polluted Jizerské hory Mts. The Norway spruce culture was planted at the spacing of 1 x 2 m (50 trees per 100 m²) on the southwest-facing slope of the Střední Jizerský hřeben ridge (960 m a. s. l., mountain humus podzol) in 1991. The mean annual air temperature is 5.2 °C on the site and the mean annual precipitation equals 1,089 mm. The plantation consists of three variants ("control", "surface" and "planting hole"). The "surface" and "planting hole" are limed variants. In the "surface" variant, 1 kg of limestone powder was applied on the soil surface in circles (D = 1 m) around the spruces immediately after planting. In the "planting hole" variant, 1 kg of the limestone powder was incorporated into the soil within the planting holes at the time of planting the spruce cultures.

The analysis presented in this paper was carried out in the summer of 2003. There were five sample trees taken per each variant 12 years after planting and (in case of limed variants) after limestone application. The sample trees corresponded closely to the average parameters (height, stem base diameter and crown diameter) of the plantation in the particular variant, which they represented.

As for the results, liming stimulated the growth of young spruces and decreased the mortality rate of young spruce cultures in the ameliorated variants. The shoot-to-root ratio (in terms of fresh biomass volume) remained almost equal in all three variants. In spite of the naturally flat-shaped root system of Norway spruce, an unusually shallow anchoring of roots of all the sample trees irrespectively of variant was very surprising.

The limed sample trees produced a substantially higher quantity of total biomass in which they also confined markedly higher total amounts of macronutrients (N, P, K, Ca, Mg, S) than their control counterparts. As for the nutrient concentration per weight unit of the dry mass, the situation is much more diversified. In terms of nutrient concentration, the variant ranking differs depending on particular tree compartment as well as the element assessed.

As far as nutrition of young spruces is concerned, the supply of phosphorus and nitrogen seems to be the most critical factor in all three variants.

Recenzováno