

STAV VÝŽIVY SMRKU ZTEPILÉHO JAKO PODKLAD PRO ZVÁŽENÍ POTŘEBY PŘIHNODNĚNÍ LISTNÁČŮ A JEDLE VNÁŠENÝCH DO JEHLIČNATÝCH POROSTŮ

NUTRITIONAL STATUS OF NORWAY SPRUCE AS AN INFORMATION SOURCE FOR DECISION WHETHER TO FERTILIZE THE BROADLEAVES AND SILVER FIR INTRODUCED TO CONIFEROUS STANDS

IVAN KUNEŠ¹⁾ - MARTIN BALÁŠ¹⁾ - ONDŘEJ ŠPULÁK²⁾ - DUŠAN KACÁLEK²⁾ - VRATISLAV BALCAR²⁾ - JAN ŠESTÁK¹⁾ - KATEŘINA MILLEROVÁ¹⁾

¹⁾ Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Praha

²⁾ Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno

ABSTRACT

The paper evaluates the nutritional status of young Norway spruce stands on five forest sites that were chosen for introduction of admixture consisting of broadleaves and silver fir. Since no broadleaves and firs were present in the pure spruce stands to be diversified, Norway spruce was used as an indicator of nutritional potential (trophy) of forest sites. The concentrations of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), magnesium (Mg), calcium (Ca) and sulphur (S) were determined in the dry mass of spruce needles. The achieved macroelement concentrations were confronted with the nutritional criteria used for evaluating the nutrition of spruce to elicit the information on nutritional status of spruce on the forest sites. Authors suggest that this information could be generalized and the potential of the forest sites to supply also another native species (including broadleaves and silver fir) with nutrients could be derived from nutritional status of spruce. The obtained results suggest that the nutrition of young Norway spruce is sufficient on all five forest sites at present time; nonetheless, the uptake of nutrients from soil will probably rise to considerably higher levels than now whilst the young forest will form its crown and foliage biomass. Phosphorus and potassium seem to be the most limiting components in tree nutrition during the future development of young forest stand on the evaluated sites. Therefore, the initial fertilization of the broadleaves and silver fir introduced to the coniferous stands with slow-release PK fertilizers was recommended. To help the young plantations of broadleaves and silver fir to surmount the post-planting shock, the addition of slow-release N is also desirable in the amendment intended for the initial fertilization.

Klíčová slova: *Picea abies*, živiny, stav výživy, asimilační aparát, prosadbová centra

Key words: *Picea abies*, nutrients, nutritional status, assimilatory apparatus, enrichment centers

ÚVOD

V Jizerských horách probíhají v současnosti aktivity, jejichž cílem je obohacení druhové skladby porostů na náhorním platu Jizerských hor o příměs listnatých dřevin a místy také jedle. Principem projektů je vnášení druhové příměsi do smrkových kultur prostřednictvím tzv. prosadbových a podsadbových center (PPC), kde se uplatní nejen sadební materiál obvyklých dimenzí, ale rovněž poloostrodky a odrostky nové generace (KUNEŠ et al. 2011; BALÁŠ, KUNEŠ 2010; KUNEŠ et al. 2010; KUNEŠ, BURDA 2007). V souvislosti se zakládáním těchto center jsou prováděna stanovištní šetření, jejichž účelem je jednak stanovení výchozích růstových podmínek v zakládání PPC, jednak posouzení potřeby podpůrných opatření, jako je úprava chemismu půdy a zlepšení výživy vnášených dřevin iniciálním přihnojením.

Iniciální cílené přihnojení může být účinným nástrojem, jak v nepříznivých ekologických podmínkách zvýšit ujmavost nově zakládaných výsadb, podpořit jejich růst, vitalitu (ÓSKARSSON et al. 2006) a omezit dopady povýsadbového šoku. Proto by iniciální přihnojení mělo být aplikováno při výsadbě nebo v krátkém časovém intervalu po ní (KUNEŠ et al. 2004).

Hnojení by mělo respektovat aktuální poměry v nabídce živin na stanovišti a doplnit především takové živiny, jejichž dostupnost je na deficitní úrovni nebo se na ni může časem dostat. Z chemismu půdy na stanovišti lze aktuální dostupnost živin pro rostliny často odvozovat jen velmi problematicky a za spolehlivější a snáze interpretovatelnou je považována analýza chemického složení asimilačního aparátu (KOPINGA, BURG 1995). Z tohoto hlediska však u iniciálního přihnojení vzniká metodický problém, protože je třeba přihnojit nově vysazované

kultury v krátkém časovém horizontu po výsadbě, kdy ještě chemismus jejich asimilačního aparátu bude stále ovlivněn výživou z lesní školky. Myšlenkou studie je tedy snaha využít pro posouzení potřeby a pro volbu složení hnojiva k iniciálnímu přihnojení plánovaných listnatých prosadů a podsadů stav výživy přeměňovaných smrkových porostů.

Cílem předkládané práce je na základě výsledků chemických analýz a studia literatury posoudit stav výživy smrkových porostů na stanovištích prosadových a podsadových center, zvážit potřebu přihnojení a navrhnout způsob jeho realizace.

METODIKA

Odběr asimilačního aparátu proběhl v místech stávajících nebo budoucích prosadových a podsadových center. Základní údaje o lokalitách jsou uvedeny v tab. 1. Typologická klasifikace zájmových lokalit byla provedena podle mapových podkladů Ústavu pro hospodářskou úpravu lesa.

Na většině lokalit bylo provedeno rovněž stanovení půdního chemismu. Přehled vybraných základních pedochemických parametrů je uveden v tab. 2. Půdní analýzy byly provedeny v akreditované laboratoři VÚLHM Jíloviště-Strnady.

Na každé lokalitě bylo ve dnech 26. až 28. 10. 2009 odebráno jehličí ze šesti až devíti jedinců smrku ztepilého z porostů na prosadbových centrech nebo v jejich bezprostředním okolí. Podle stanoviště se věk vzorkovaných smrků pohyboval od 15 do 40 let. Za každou lokalitu byly vytvořeny tři směsné vzorky. Každý směsný vzorek obsahoval aktuální ročník (2009) plně vyvinutého jehličí odebraného ze dvou až tří stromů po obvodu korun v jejich osluněné části. Pokud to bylo možné, odběry proběhly ve směrech všech čtyř hlavních světových stran (na jeden strom čtyři výhony; z každé světové strany po jednom).

Vzorky byly usušeny při pokojové teplotě, poté bylo jehličí separováno od větviček a předáno do laboratoře k chemickým analýzám. Analýzy byly provedeny v Laboratoři Tomáš se sídlem ve VÚLHM, VS Opočno podle postupů publikovaných v práci ZBÍRAL (1994). Mineralizace byla provedena v mineralizačním bloku s regulací teploty. Dusík byl stanoven destilačně s následnou titrací na automatickém titrátoru TTT 85. Hořčík, draslík a vápník byly stanoveny absorpčně na atomovém absorpčním spektrometru Spektr AA – 400plus. Fosfor byl stanoven fotometricky na spektrálním fotometru Spekol 211. Síra byla stanovena vážkově po mineralizaci vzorku kyselinami ($\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$) na pískové lázni.

Koncentrace makroelementů v sušině jehličí byly porovnávány s klasifikačními limity obsahu, jak jsou uváděny institucí Forest Foliar Coordinating Centre (FFCC) (FÜRST 2005). Informativní přehled limitních koncentrací makroelementů v sušině jehličí pro klasifikaci

Tab 1.

Přehled lokalit odběrů asimilačního aparátu
List of sampled localities

Č./No.	Název/Locality	Nadmořská výška/ Altitude [m]	SLT/ Ecosite	GPS
1	Pod Černým vrchem	920	7K ¹	50°48'52,8" N 15°18'57,2" E
2	U Lánského	870	8K ²	50°49'28,9" N 15°20'36,4" E
3	Jelenka	890	8G ³	50°50'56,4" N 15°19'34,9" E
4	U Smědavské cesty	890	8K	50°50'14,7" N 15°19'0,5" E
5	U Panelové cesty	860	8K	50°49'8,6" N 15°21'11,8" E

Captions: ¹Acidic Beech – Spruce; ²Acidic Spruce; ³Nutrient-medium, Wet Spruce

Tab. 2.

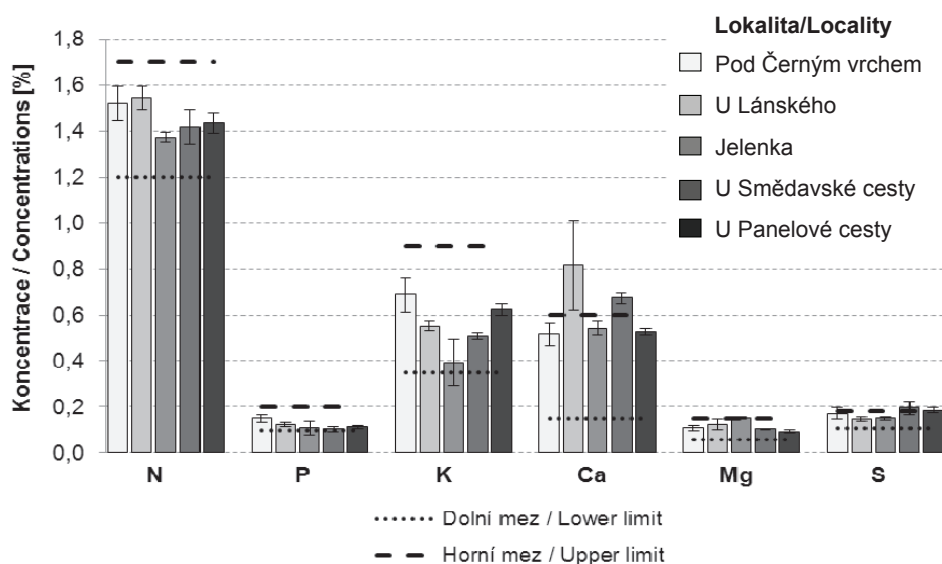
Půdní chemismus na lokalitách odběru
Soil chemistry in chosen sampled localities

Č./No.	Lokalita/ Locality	Půdní hori- zont/Soil layer	pH _(H₂O)	pH _(CaCl₂)	C _{tot}	N _{tot}	S _{tot}	P _{přist.} P _{avail.}	Al	K	Mg
1	Pod Černým vrchem	0–10	4,58	3,72	5,71	0,28	440	9,9	387	50	26
		10–30	4,70	3,80	4,37	0,20	295	11,9	326	15	26
2	U Lánského	0–10	4,57	3,53	18,33	1,01	1280	9,7	919	106	171
		10–30	4,61	3,71	2,94	0,16	150	< 5,6	442	17	32
3	Jelenka	0–10	4,58	3,50	27,09	1,22	1920	16,4	629	122	–
		10–30	4,54	3,68	4,47	0,18	290	25,7	443	12	43
4	U Smědavské cesty	0–10	4,54	3,53	12,94	0,74	950	9,8	788	105	64
		10–30	4,65	3,81	2,76	0,14	150	< 5,6	375	10	14

Tab. 3.

Přehled limitních koncentrací makroelementů v sušině jehličí pro klasifikaci stavu výživy smrku ztepilého podle různých autorů
Summary of classification limits of dry-mass concentrations of macroelements in foliage of Norway spruce according various authors

Prvek/ Macroelement	Obsah prvku v sušině jehličí/ Dry-mass concentration of macroelements in foliage [%]			Citace/Source
	Deficit Deficiency	Optimum	Luxusní zásobení Luxurious supply	
N	< 1,5	1,5–1,7	> 1,7	INGERSLEV 1999
	< 1,3	1,3–2,0	> 2,0	ŠRÁMEK et al. 2004
	< 1,2	1,2–1,7	> 1,7	VRIES et al. 1998
	< 1,2	1,2–1,5	> 1,5	RENOU-WILSON, FARRELL 2007
P	< 0,15	0,15–0,26	> 0,26	INGERSLEV 1999
	< 0,12	0,12–0,20	> 0,20	ŠRÁMEK et al. 2004
	< 0,10	0,10–0,20	> 0,20	VRIES et al. 1998
	< 0,12	0,12–0,18	> 0,18	RENOU-WILSON, FARRELL 2007
K	< 0,60	0,60–0,10	> 0,10	INGERSLEV 1999
	< 0,30	0,30–0,10	> 0,10	ŠRÁMEK et al. 2004
	< 0,35	0,35–0,90	> 0,90	VRIES et al. 1998
	< 0,50	0,50–0,70	> 0,70	RENOU-WILSON, FARRELL 2007
Ca	< 0,15	0,15–0,60	> 0,60	ŠRÁMEK et al. 2004
	< 0,15	0,15–0,60	> 0,60	VRIES et al. 1998
	< 0,07	0,07–0,10	> 0,10	RENOU-WILSON, FARRELL 2007
Mg	< 0,07	0,07–0,15	> 0,15	ŠRÁMEK et al. 2004
	< 0,06	0,06–0,15	> 0,15	VRIES et al. 1998
	< 0,03	0,03–0,07	> 0,07	RENOU-WILSON, FARRELL 2007
S	< 0,11	0,11–0,18	> 0,18	VRIES et al. 1998
	< 0,09	0,09–0,15	> 0,18	RENOU-WILSON, FARRELL 2007
			> 0,18	ŠRÁMEK et al. 2004



Obr. 1.

Koncentrace N, P, K, Ca, Mg a S v aktuálním ročníku jehličí (2009) smrku ztepilého na pěti lokalitách v Jizerských horách. Čárkované a tečkované linie znázorňují horní a dolní mez adekvátní výživy, chybové úsečky značí směrodatnou odchylku

Fig. 1.

Dry-mass concentrations of N, P, K, Ca, Mg and S, respectively, in the current-year needles (2009) of Norway spruce growing on five forest sites in the Jizera Mts. The dashed and dotted lines depict the lower and upper limits of normal or adequate elemental concentrations, error bars denote standard deviations

stavu výživy smrku ztepilého podle různých autorů je uveden v tab. 3. Jako kritéria pro hodnocení poměrů koncentrací živin byly použity hodnoty uváděné v práci VRIES et al. (1998).

Síra je v jehličí smrku obsažena v koncentracích vypovídajících o plně dostačující až luxusní úrovni výživy. Vyšší koncentrace (nad 0,18 %) byly zaznamenány na lokalitách U Smědavské cesty a U Panelové cesty.

VÝSLEDKY

Koncentrace živin v asimilačním aparátu

Koncentrace dusíku, fosforu, draslíku, vápníku, hořčíku a síry v sušině asimilačního aparátu smrku ztepilého na pěti zájmových lokalitách jsou znázorněny na obr. 1.

Koncentrace dusíku v sušině asimilačního aparátu smrku ztepilého ze všech pěti lokalit byly v roce 2009 na dostatečné úrovni. Nejnižší zastoupení dusíku v jehličí bylo na lokalitě Jelenka (1,37 %), nejvyšší na lokalitě U Lánského (1,54 %).

Množství fosforu v sušině jehličí smrku ztepilého se u tří lokalit z pěti pohybuje na hodnotách jen o málo vyšších než je hranice deficitu. Jedná se o lokality U Smědavské cesty (0,104 %), Jelenka (0,109 %) a U Panelové cesty (0,113 %). Nejvyšší koncentrace fosforu je na lokalitě Pod Černým vrchem (0,150 %).

Koncentrace draslíku v jehličí je nejnižší na lokalitě Jelenka (0,39 %), kde se pohybuje blízko spodní hranice dostatečné výživy (0,35 %). Nejlépe jsou draslíkem zásobeny porosty na lokalitě Pod Černým vrchem (0,69 %).

Vápník vykazuje na všech pěti hodnocených lokalitách koncentrace, které se pro smrk ztepilý pohybují v zóně plně adekvátní až luxusní výživy. Nejvyšší obsah Ca v sušině jehličí vykazují porosty smrku na lokalitě U Lánského (0,82 %), což je více jak pětinašobek koncentrace indikující hranici mezi nízkým a adekvátním obsahem (0,15 %).

Rovněž koncentrace hořčíku v jehličí indikují plně dostačující příjem na všech pěti stanovištích. Na lokalitě Jelenka dokonce dosahují hranice luxusního příjmu (0,15 %).

Poměr koncentrací dusíku a dalších živin

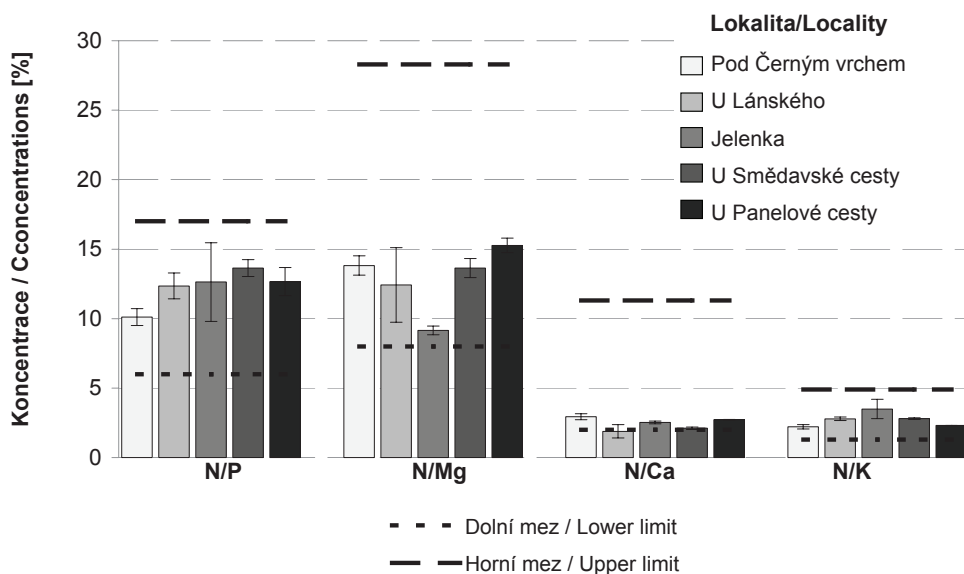
Vzájemné poměry koncentrací dusíku vůči koncentracím fosforu, hořčíku, vápníku a draslíku v sušině asimilačního aparátu smrku ztepilého na pěti zájmových lokalitách jsou znázorněny na obr. 2.

Poměr koncentrace N a P v jehličí smrku dosahuje na všech pěti stanovištích normálních hodnot, za které je pro smrk považováno rozmezí 6 až 17. Nejvyšší hodnota poměru N/P (13,6) byla zaznamenána na lokalitě U Smědavské cesty, nejnižší hodnota (10,1) na lokalitě Pod Černým vrchem.

Poměr koncentrace N a Mg v jehličí smrku se na všech stanovištích pohybuje v normálním rozmezí, které je pro smrk podle FFCC mezi 8 až 28, resp. podle novější studie autorů LOMSKÝ et al. (2011) mezi 8 až 25. Nejvyšší hodnoty (15,3) dosahuje poměr N/Mg na lokalitě U Panelové cesty, naopak nejnižší průměrná hodnota N/Mg (9,2) byla registrována na lokalitě Jelenka.

Poměr koncentrace N vůči koncentraci Ca v jehličí smrku ztepilého se na všech pěti lokalitách pohybuje v blízkosti spodní hranice rozmezí normálních hodnot, které je pro smrk mezi hodnotami 2,0 a 11,3. Na lokalitě U Lánského byla průměrná hodnota poměru N/Ca dosahující hodnoty 1,9 dokonce pod spodním limitem normálního rozmezí.

Poměr koncentrace N a K v jehličí smrku dosahuje adekvátních hodnot, které se pro smrk pohybují v rozmezí 1,3 až 4,9, přičemž nejvyšší hodnota poměru N/K (3,5) byla zaznamenána na stanovišti Jelenka a nejnižší hodnota (2,2) na lokalitě Pod Černým vrchem.



Obr. 2.

Poměry koncentrací N vůči koncentracím P, Mg, Ca a K v sušině aktuálního ročníku jehličí (2009) smrku ztepilého na pěti lokalitách v Jizerských horách. Čárkované a tečkované linie znázorňují horní a dolní mez pro normální výživu, chybové úsečky značí směrodatnou odchylku

Fig. 2. Concentration ratios of N to P, Mg, Ca and K, respectively, in current-year needle dry-mass (2009) of Norway spruce growing on five forest sites in the Jizera Mts. The dashed and dotted lines denote the lower and upper limits of normal N/P ratios, error bars denote standard deviations

DISKUSE

Sumarizace výsledků analýz a posouzení stavu výživy

Z hodnot pedochemických analýz, jak jsou uvedeny v tab. 2, vyplývá značná proměnlivost, ačkoliv každý vzorek byl vytvořen pomocí 6 a 8 vpichů sondýrkou rovnoměrně po hodnoceném stanovišti. Je to pravděpodobně dáno velkou variabilitou půdy na lesním stanovišti, která často činí při interpretaci velké komplikace. I to je důvod, proč je chemické složení asimilačního aparátu vegetace obvykle více vypovídajícím parametrem o stavu výživy než chemismus půdních vzorků.

Koncentrace makroelementů v sušině jehličí porostů smrku ztepilého (indikační dřeviny) podle kritérií FFCC (FÜRST 2005) zatím na všech pěti vyhodnocovaných stanovištích charakterizují nabídku živin jako dostatečnou.

Zájmové území je i po výrazné redukci imisního zatížení v 90. letech 20. století (ФОРТОВА, СКОЖЕПОВА 1998) stále pod acidifikačním tlakem (HOŠEK et al. 2007; SLODIČÁK et al. 2005). Koncentrace Ca a Mg v jehličí smrku jsou však navzdory acidifikačnímu tlaku ve všech pěti PPC na zcela dostačující úrovni a v některých případech dosahují i hranic luxusního zásobení (obr. 1). Je možné, že nabídku těchto prvků ovlivnilo v 80. letech probíhající provozní letecké vápnění (KUNEŠ 2005) jako opatření upravující chemismus stanovišť, která byla v 70. a 80. letech 20. století těžce poškozena imisní kalamitou (VACEK 2003). Nelze vyloučit ani pozitivní vliv přízemní bylinné vegetace. Kupříkladu společenstva třtiny chloupkaté, která během imisní kalamity kolonizovala stanoviště pod rozpadajícími se lesními porosty, mohla mít příznivý vliv na půdní chemismus (FIALA et al. 2005).

Smrky, které byly vzorkovány na stanovištích budoucích center, rostou zpravidla v rozvolněných porostech. S odrůstáním a formováním biomasy korun dřevin (větve a olistění) je spojen trend zvyšujících se nároků lesního porostu na půdní živiny. Biomasa korun je totiž hlavním rezervoárem živin v biomase mladého porostu (KUNEŠ et al. 2007; MILLER 1981). Na jejím utváření se v prvních růstových fázích lesa dominantně podílejí živiny z půdy, protože nedochází ještě k významnější recyklaci živin opadem. Navíc před zapojením porostu a potlačením patra přízemní vegetace je část živin odebírána rovněž buňí (MILLER 1981).

Po zapojení porostů se výrazně zpomalí odběr živin z půdy pro tvorbu asimilačního aparátu a drobných větví a sníží se tak závislost porostu na dodávce živin z minerálních půdních horizontů. I když příjem živin porostem zůstane vysoký i po jeho zapojení, až dvě třetiny živin mohou být kryty retranslokací a jejich recyklací z vlastního opadu (MILLER 1981, 1995).

Díky uvažovaným výchovným zásahům upravujícím porostní prostředí ve prospěch vnášených cílových listnáčů a jedle dojde však v PPC k oddálení celkového zapojení porostů. Část biomasy vytěžených stromů bude vyklizena kvůli průchodnosti porostu, aby byla umožněna kontrola a péče o listnaté výsadby. Význam živin v půdě proto vzrůstá. Vyšší hektarové počty dřevin a zvýšená živinová náročnost v období utváření korunového zápoje může vést k poklesu zásobení některými živinami pod kritickou úroveň, ačkoli v současné době je u rozvolněných porostů nabídka ještě dostatečná.

Některé cílové druhy, které budou do smrkových porostů vnášeny, např. buk, klen, jedle, jsou náročnější na minerální výživu (KOPINGA, BURG 1995), než je smrk ztepilý. Je proto třeba zajistit, aby u nich v období kulminace odběru živin z půdy nevznikly problémy s výživou.

Z chemismu asimilačního aparátu smrku ztepilého vyplývá, že pozornost při zakládání kultur listnatých dřevin a jedle by měla být na většině stanovišť PPC věnována především P (s výjimkou lokality

Pod Černým vrchem) a na lokalitě Jelenka rovněž K. Koncentrace P v jehličí smrku jsou sice ještě na úrovni dostatečného zásobení (obr. 1), ale pohybují se v blízkosti spodního limitu normální výživy. Totéž platí pro K na lokalitě Jelenka.

Poznatky o nedostatku P na náhorním platu Jizerských hor prezentovali rovněž KUNEŠ et al. (2007) u smrku ztepilého a ŠPULÁK (2009) u smrku pichlavého. V případě draslíku byly pozorovány přechodné problémy ve výživě výsadeb např. u jilmu horského (BALCAR et al. 2009).

Avšak kupříkladu poměr N/Ca (obr. 2) a také zkušenosti z experimentálních kultur lesních dřevin jinde na náhorním platu Jizerských hor naznačují, že pro vyváženou výživu bude třeba pozornost věnovat také N (BALCAR et al. 2009; KUNEŠ et al. 2007), případně (především u jedle) Mg (BALCAR, KACÁLEK 2008).

Návrh podpůrných opatření (přihnojení)

Z provedených analýz vyplývá, že spíše než podpora hořečnatovápennatými melioranty je v hodnocených PPC (kromě lokality Pod Černým vrchem) aktuální dodat vysazovaným dřevinám P, případně K, a to v pomalu rozpustné formě, která má na lesním stanovišti větší potenciál upravit výživu (viz další text).

Pro úpravu poměru dostupného N a Ca, který na PPC není ideální (obr. 2), by bylo vhodné uvažovat o doplnění prvků v hnojení také o adekvátní dávku pomalu rozpustného N. Vyšší dostupnost N podpoří překonání přírůstové stagnace, která je u sadebního materiálu z lesních školek po výsadbě na nepříznivá horská stanoviště obvyklá (KUNEŠ et al. 2004, 2009).

MILLER (1981) uvádí, že živiny by při hnojení lesa měly být dodávány především stromům, nikoliv stanovišti. Pokud účinky hnojení na růst stromů přetrvávají i poté, kdy hnojení skončilo, bývá to obvykle proto, že hnojené dřeviny využívají živiny, které stihly akumulovat ve své biomase (MILLER 1995), nebo využívají růstového náskoku, který jim hnojení umožnilo, a to například ve formě větší biomasy kořenů, což usnadňuje příjem živin z půdy.

Pláštná aplikace rychle rozpustných hnojiv má na lesním stanovišti pouze omezenou schopnost upravit podmínky ve výživě (JACOBS et al. 2005). Proto je žádoucí vnášené dřeviny v prosadbových centrech přihnojovat individuálně a pomalu rozpustné hnojivo aplikovat přímo ke stromům. Uvedený přístup je rovněž výrazně ekologicky citlivější než aplikace celoplošná.

Živiny by měly být dodávány především na jimi prokazatelně chudá stanoviště. Například výsledky autorů VAVŘÍČEK et al. (2011) ukazují, že stav výživy smrku ztepilého podle analýz jehlic vysazeného v podmínkách rozhrnutého valu v Krušných horách byl optimální i na kontrole a přihnojení se projevovalo pouze mírně. Tudiž zásoba živin v rozhrnutých valech byla hodnocena jako příznivá a hnojení nebylo nezbytné.

Způsobů cílené individuální aplikace hnojiv je několik. U pomalu rozpustných hnojiv, kde není riziko poškození kořenů kontaktem s hnojivým materiálem, je možná aplikace sypkých forem hnojiva zamícháním do půdy v jamce při výsadbě. Uvedený způsob eliminuje ztráty smyvkem a odnosem hnojivového materiálu z povrchu půdy a zmenšuje riziko, že hnojení spíše než cílová kultura zužitkuje konkurenční buňí (AUSTIN, STRAND 1960). Jamková aplikace byla v Jizerských horách otestována například v pokusech s přihnojováním smrku (KUNEŠ et al. 2004), jedle (BALCAR, KACÁLEK 2008) a olše (KUNEŠ et al. 2008). Nevýhodou je značná pracnost této metody. Pro úplnost je na místě uvést, že jamkovou aplikaci nelze doporučit na stanovištích, která jsou ohrožena vysycháním půdního profilu (JACOBS et al. 2004; JACOBS, TIMMER 2005). V Jizerských horách toto nebezpečí může připadat v úvahu jen vzácně na extrémně mělkých půdách ve svazích orientovaných k jihu.

Dalším způsobem je aplikace sypkých forem hnojiva na povrch půdy kolem stromků v kruzích o průměru cca 0,5 až 0,8 m v závislosti na velikosti kořenů sadebního materiálu, respektive na velikosti jamky, tzv. aplikace „na misku“ (AUSTIN, STRAND 1960). Tato forma byla prověřena např. na výsadbách olše šedé (KUNEŠ et al. 2008, 2009), smrku ztepilého (PODRÁZSKÝ, BALCAR 1996) a v současnosti se testuje u výsadeb břízy karpatské. Aplikace je méně pracná, ale u některých hnojiv může vést k posunu kořenové biomasy směrem ke zdroji živin, tedy k povrchu půdy, kde může být více ohrožená přísušky nebo mrazem. Existuje zde i vyšší riziko, že z přihnojení bude profitovat i konkurenční buřeň.

U tabletovaných forem hnojiv je žádoucí aplikace tablet rovnoměrně po vnějším obvodu průmětu korun (NÁROVEC 2004a). U sadebního materiálu, u kterého korunka není ještě zřetelně vyvinuta, by tablety měly být umístovány kolem kmínku ve vzdálenosti cca 20 až 40 cm, podle velikosti kořenů. Autoři studie v navrhovaných prosadbových a podsadbových centrech doporučují zapuštění tablet 5 až 10 cm pod povrch půdy, protože hnojiva pro správné uvolňování živin potřebují kontakt s půdní vlhkostí, případně i s půdními mikroorganismy, a poloha tablety je také zajištěna s ohledem na posuny sněhu. U neagresivních pomalu rozpustných hnojiv je někdy možné jednu z tablet umístit při výsadbě na dno jamky. Tabletová forma hnojiv byla v Jizerských horách s úspěchem testována u výsadeb smrku ztepilého (KUNEŠ et al. 2004). Pozitivní vliv aplikace tablet Silvamixu na růst smrku ztepilého konstatovali v podmínkách rozhrnutého valu také VAVŘÍČEK et al. (2011). V současné době probíhá ověřování aplikace tabletových a sypkých granulovaných hnojiv u výsadeb jeřábu, buku a břízy karpatské. Možná je samozřejmě kombinace různých způsobů aplikace přihnojení, ale mělo by se jednat vždy o aplikaci cílenou.

Pro individuální přihnojení výsadeb lze dnes doporučit syntetická pomalu rozpustná hnojiva. Horninové moučky, jejichž využití mělo u nás v minulosti tradici (NĚMEC 1956), jsou dnes vedle své extrémně náročné aplikace (ruční manipulace se značným množstvím materiálu) diskvalifikovány – s výjimkou vápence – často i legislativně (NÁROVEC 2004b).

Dávkování závisí na koncentraci živin v použitém hnojivu. U hnojiv typu Silvamix lze uvažovat množství pomalu rozpustného hnojiva o hmotnosti 40 g (sadební materiál obvyklé velikosti) až 60 g (odrostky) na jeden stromek.

ZÁVĚR

Podle koncentrací makroelementů v sušině jehličí porostů smrku ztepilého (indikační dřeviny) lze zatím všechna hodnocená stanoviště označit jako dostatečně úživná. Koncentrace žádného ze sledovaných elementů se nedostala do deficitních hodnot.

Odběr půdních živin porosty v prosadbových a podsadbových centrech však bude s výsadbou a odrůstáním cílových dřevin stoupat, a to až do vytvoření plného zápoje porostu. Proto v období tvorby a rozvoje korun před jejich zapojením může u některých PPC vzniknout problém s nedostatečnou dostupností některých živin. Na základě analýz lze na sledovaných lokalitách s výjimkou lokality Pod Černým vrchem za nejrizikovější prvek v tomto ohledu označit fosfor a na lokalitě Jelenka rovněž draslík. Pomalu rozpustný dusík v hnojivu lze doporučit jako stimulant, který by měl napomoci obnovení růstu a překonání šoku z přesazení po výsadbě na stanoviště.

Spíše než aplikaci hořečnatu-vápenatých hnojiv, která se běžně doporučují pro imisní oblasti, lze v našem případě jako prevenci vzniku nedostatečné výživy i jako podpůrné opatření pro překonání šoku výsady doporučit aplikaci pomalu rozpustného NPK hnojiva,

a to jednou z forem individuálního přihnojení – do jamky, na povrch půdy při obvodu sazenice, případně jejich kombinací. Aplikaci lze doporučit u vnášených listnatých odrostků a u jedle.

Poděkování:

Výzkumná šetření včetně vyhodnocení získaných výsledků uvedených v příspěvku byla provedena za institucionální podpory výzkumu a vývoje z veřejných prostředků – NAZV QH 92087 „Funkční potenciál vybraných listnatých dřevin a jejich vnášení do porostů v Jizerských horách“ a za přispění Celouniverzitní interní grantové agentury ČZU – projekt CIGA č. 20114314 „Reakce lesních dřevin na extrémní klimatické podmínky“.

Náš dík patří organizaci Lesy ČR, s. p., lesní správě Frýdlant v Čechách, za pomoc při zakládání a údržbě výzkumných ploch a Správě CHKO Jizerské hory za spolupráci při realizaci projektů v provozních podmínkách.

LITERATURA

- AUSTIN R. C., STRAND R. F. 1960. The use of slowly soluble fertilizers in forest planting in the Pacific Northwest. *Journal of Forestry*, 58: 619-627.
- BALÁŠ M., KUNEŠ I. 2010. Zkušenosti s výsadbou odrostků listnatých dřevin v horských polohách. *Lesnická práce*, 89: 716-718.
- BALCAR V., KACÁLEK D. 2008. Growth and health state of silver fir (*Abies alba* Mill.) in the ridge area of the Jizerské hory Mts. *Journal of Forest Science*, 54: 509-518.
- BALCAR V., KACÁLEK D., KUNEŠ I. 2009. Vývoj kultury jilmu horského (*Ulmus glabra* Huds.) v hřebenové poloze Jizerských hor. *Zprávy lesnického výzkumu*, 54: 3-8.
- FIALA K., TŮMA I., HOLUB P., JANDÁK J. 2005. The role of Calamagrostis communities in preventing soil acidification and base cation losses in a deforested mountain area affected by acid deposition. *Plant and Soil*, 268: 35-49.
- FOTTOVÁ D., SKOŘEPOVÁ I. 1998. Changes in mass element fluxes and their importance for critical loads: Geomon Network, Czech Republic. *Water, Air, and Soil Pollution*, 105: 365-376.
- FÜRST A. 2005. Classification values for European foliage data. [online]. Forest Foliar Coordinating Centre – FFCC. [cit. 10. prosince 2011]. Dostupné na World Wide Web: <http://bfw.ac.at/rz/bfwcms.web?dok=2888>
- HOŠEK J., SCHWARZ O., SVOBODA T. 2007. Výsledky desetiletého měření atmosférické depozice v Krkonoších. *Opera Corcontica*, 44 (1): 179-191.
- INGERSLEV M. 1999. Above ground biomass and nutrient distribution in a limed and fertilized Norway spruce (*Picea abies*) plantation – Part I. Nutrient concentration. *Forest Ecology and Management*, 119: 13-20.
- JACOBS D. F., ROSE R., HAASE D. L., ALZUGARAY P. O. 2004. Fertilization at planting impairs root system development and drought avoidance of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) seedlings. *Annals of Forest Science*, 61: 643-651.
- JACOBS D. F., TIMMER V. R. 2005. Fertilizer-induced changes in rhizosphere electrical conductivity: relation to forest tree seedling root system growth and function. *New Forests*, 30: 147-166.

- JACOBS D. F., SALIFU K. F., SEIFERT J. R. 2005. Growth and nutritional response of hardwood seedlings to controlled-release fertilization at outplanting. *Forest Ecology and Management*, 214: 28-39.
- KOPINGA J., BURG J. VAN DEN 1995. Using soil and foliar analysis to diagnose the nutritional status of urban trees. *Journal of Arboriculture*, 21: 17-24.
- KUNEŠ I., BALCAR V., ČÍŽEK M. 2004. Influence of amphibolite powder and Silvamix fertiliser on Norway spruce plantation in conditions of air-polluted mountains. *Journal of Forest Science*, 50: 366-373.
- KUNEŠ I. 2005. Využití melioračních opatření při obnově lesů Jizerských hor. *Doktorská disertační práce*. Praha, FLD ČZU v Praze, Katedra pěstování lesů: 60 s.
- KUNEŠ I., BALCAR V., VYKYPĚLOVÁ E., ZADINA J., ŠEDLBAUEROVÁ J., ZAHRADNÍK D. 2007. Vliv jamkové a pomístné povrchové aplikace dolomitického vápence na množství a chemické složení biomasy smrku ztepilého v Jizerských horách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 52: 316-327.
- KUNEŠ I., BURDA P. 2007. Vnášení listnaté příměsi do mladých smrkových porostů na zalesněných imisních holinách našich hor. In: *Zvyšování druhové pestrosti lesů. Setkání lesníků východních Čech konané ke stému výročí první lesnické exkurze České jednoty lesnické do vysokomýtských lesů. Sborník referátů z odborného semináře. Vysoké Mýto, 30. 8. 2007*. Praha, Česká lesnická společnost: 35-39.
- KUNEŠ I., BALÁŠ M., BALCAR V., ZADINA J., BENEŠOVÁ T., ŠRENK M. 2008. Potenciál využití olše šedé při stabilizaci horských stanovišť po imisní kalamitě. In: *Prknová, H. (ed.): Obnova lesního prostředí při zalesňování nelesních a devastovaných stanovišť. Sborník z konference. Kostelec nad Černými lesy, 5. 11. 2008*. Praha, ČZU; Hradec Králové, Lesy ČR: 34-38.
- KUNEŠ I., BALCAR V., BENEŠOVÁ T., BALÁŠ M., ZADINA J., ZAHRADNÍK D., VÍTÁMVÁS J., KACÁLEK D., ŠPULÁK O., JAKLOVÁ DYTRTOVÁ J., JAKL M., PODRÁZSKÝ V. 2009. Influence of pulverised limestone and amphibolite mixture on growth performance of *Alnus incana* (L.) Moench culture on an acidified mountain site. *Journal of Forest Science*, 55: 469-476.
- KUNEŠ I., BALÁŠ M., BURDA P. 2010. Vnášení listnatých odrostků do horských jehličnatých porostů. *Lesnická práce*, 89: 656-658.
- KUNEŠ I., BALÁŠ M., BURDA P., MILLEROVÁ K. 2011. Reintroducing broadleaves to mountain coniferous stands under harsh environmental conditions. *Bulletin of Szent István University*, 123-134.
- LOMSKÝ B., ŠRÁMEK V., NOVOTNÝ R. 2011. Changes in the air pollution load in the Jizera Mts.: effects on the health status and mineral nutrition of the young Norway spruce stands. *European Journal of Forest Research*, first online article DOI 10.1007/s10342-011-0549-6.
- MILLER H. G. 1981. Forest fertilization: some guiding concepts. *Forestry*, 54: 157-167.
- MILLER H. G. 1995. The influence of stand development on nutrient demand, growth and allocation. *Plant and Soil*, 168-169: 225-232.
- NÁROVEC V. 2004a. Hnojivé tablety v soustavách hnojení lesních kultur. *Lesnická práce*, 83: 16-17.
- NÁROVEC V. 2004b. K aplikacím bazických mouček po deseti letech. *Lesnická práce*, 83: 18-19.
- NĚMEC A. 1956. Meliorace degradovaných lesních půd. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 291.
- ÓSKARSSON H., SIGURGEIRSSON A., RAULUND-RASMUSSEN K. 2006. Survival, growth, and nutrition of tree seedlings fertilized at planting on Andisol soils in Iceland: Six-year results. *Forest Ecology and Management*, 229: 88-97.
- PODRÁZSKÝ V., BALCAR V. 1996. Liming of spruce plantation on the top locality of the Jizerské Mts. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 27: 271-282.
- RENOU-WILSON F., FARRELL, E. P. 2007. The use of foliage and soil information for managing the nutrition of Sitka and Norway spruce on cutaway peatlands. *Silva Fennica*, 41: 409-424.
- SLODIČÁK M. et al. 2005. Lesnické hospodaření v Jizerských horách. Hradec Králové, Lesy České republiky; Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 232 s.
- ŠPULÁK O. 2009. Produkční potenciál mladého porostu smrku pichlavého a akumulace živin v nadzemní biomase. *Zprávy lesnického výzkumu*, 54: 85-91.
- ŠRÁMEK V., NOVOTNÝ R., LOMSKÝ B., MAXA M., NEUMAN L., FADRHOŇSOVÁ V. 2004. Změny obsahů prvků v porostech smrku, buku, jeřábu a břízy v průběhu roku. *Závěrečná zpráva projektu. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 99 s.*
- VACEK S. 2003. *Mountain Forests of the Czech Republic*. Prague, Ministry of Agriculture of the Czech Republic: 308 s.
- VAVŘÍČEK D., PECHÁČEK J., BALÁŽ G. 2011. Vliv hnojení na výživu a růst smrku ztepilého (*Picea abies* /L./ Karsten) na lokalitě Špičák v oblasti Krušných hor. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56: 130-136.
- VRIES W. DE, REINDS G. J., DEELSTRA H. D., KLAP J. M., VEL E. M. 1998. *Intensive monitoring of forest ecosystems in Europe*. Technical Report. Brussels, EC-UN/ECE: 104 s.
- ZBÍRAL J. 1994. *Analýza rostlinného materiálu. Jednotlivé pracovní postupy*. Brno, SKZUZ.

NUTRITIONAL STATUS OF NORWAY SPRUCE AS AN INFORMATION SOURCE FOR DECISION WHETHER TO FERTILIZE THE BROADLEAVES AND SILVER FIR INTRODUCED TO CONIFEROUS STANDS

SUMMARY

The present study evaluates the nutritional status of Norway spruce growing on five localities chosen for establishing the enrichment centres. The enrichment centres are sites where the pure coniferous stands should be enriched with an admixture of broad-leaved species through the use of large-sized bare-rooted planting stock with a high-quality root system (saplings) sometimes combined with common-sized transplants or seedlings of broadleaves and silver fir. The method of enrichment centres was described e.g. by KUNEŠ et al. (2011).

Poor and acidic sites could be expected in the area where enrichment centres are proposed. Moreover, silver fir and some broadleaves such as beech and maple are rather more nutrient-requiring species. The initial fertilizing could be, therefore, an actual topic. Nonetheless, the decision whether to fertilize or not, and which amendment to use should be based on some tangible and site relevant data.

Since the soil properties (Tab. 2) are highly variable even on localities with the same ecosite classification (Tab. 1), the analyses of assimilatory tissue seem more suitable to assess the actual need of initial fertilization. The problem was that no broadleaves and silver fir grew on the sites of enrichment centres to enable assessment of their nutritional status prior admixture introduction. For this reason Norway spruce was chosen as an indirect indicator of nutritional conditions on the evaluated localities because it grew on all of them. The nutritional status of Norway spruce was used for inferring the situation in nutrient supply on the enrichment centres. Based on the nutritional status of Norway spruce the most limiting components in nutrient supply on particular localities were derived. This information was subsequently used to judge the need of initial fertilization of introduced broadleaves and silver fir and propose the chemical composition of fertilizer.

The dry-mass concentrations of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg) and sulphur (S) were determined in the samples of spruce foliage taken in the off-season period (late October). The obtained concentrations and their ratios (P/N, K/N, Mg/N Ca/N) were compared with the diagnostic limits of nutrient status for spruce and used for assessment of nutritional status of spruce stands on the sites of interest. The classification limits of dry-mass concentrations of macroelements in spruce foliage according various authors are summarised in Tab. 3.

The obtained results suggest that the nutritional status of spruce stands is sufficient at present time on all five forest sites (Fig. 1, 2). Since Norway spruce is a common native species in the area it can be deduced that the availability of nutrients on all forest sites might be sufficient at present time. Nonetheless, the sites support currently only young forest stands of low density and open canopy. The uptake of mineral nutrients from soil is high during the forthcoming process of forming fully developed crowns prior canopy closure of the stand (MILLER 1981, 1995). Therefore, it can be expected that the uptake of nutrients from soil will rise to considerably higher levels than at present whilst the forest will form its crown and foliage biomass. Phosphorus and K seem to be the most limiting components in tree nutrition on the sites (Fig. 1). The concentrations of P and K might decrease below the limits of deficiency as the consumption of nutrients will rise in the forthcoming period of forming crown biomass by trees and closing the canopy of forest. Moreover, the nutritional requirements of some target broadleaves such as beech and sycamore maple are higher than those of Norway spruce. Therefore, in our case, the initial fertilization of the broadleaves introduced to the coniferous stands with slow-release PK fertilizers is recommendable instead of Ca-Mg fertilizing commonly used in the acidified air-polluted areas. To help the young plantations surmount the post-planting shock, the addition of slow release N is also desirable in the amendment intended for the initial fertilization. Since fertilizers are generally of benefit to the trees, not the site (MILLER 1981), the fertilizer should be applied individually to interplanted or underplanted broadleaves. The tablets of slow-release fertiliser can be placed in circles around planted trees (cca 5 cm under the soil surface) or the pulverised or granulated forms of amendment can be sprinkled on the soil surface around the stems of the introduced broadleaves.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR

Ing. Ivan Kuneš, Ph.D., Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská
Kamýcká 1176, 165 51 Praha 6 - Suchbátka, Česká republika
tel.: 224 383 792; e-mail: kunes@fld.czu.cz