

VPLYV DREVNÉHO POPOLA NA OBSAH MAKROPRVKOV V JUVENILNÝCH JEDINCOCH SMREKA OBYČAJNÉHO

Andrea ZACHAROVÁ¹ – Oľga KONTRIŠOVÁ¹ – Jaroslav KONTRIŠ²
– Hana OLLEROVÁ¹

¹Katedra environmentálneho inžinierstva, Fakulta ekológie a environmentalistiky, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen; andrea.m.zacharova@gmail.com, kontris@tuzvo.sk, ollerova@tuzvo.sk

²Katedra fytoológie, Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

ABSTRACT

Zacharová, A., Kontrišová, O., Kontriš, J., Ollerová, H.: Influence of wood ash on nutrients content in Norway spruce juveniles

Paper deals with influence of wood ash applied in spruce forest ecosystem on nutrients (Ca, P, Mg, K and S) content in biomass of juveniles of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Wood ash used in the study represents waste produced by heating plant which incinerate only chemically non-contaminated dendromass. Ash was applied in forest included in Forest Management Unit Hriňová. After its application in autumn 2010, spruce juveniles were taken during vegetation period 2011. Analyses were done in needles and stems of spruce juveniles. Nutrients were determinate by ICP – MS method. Results show increased content of all analysed nutrients in spruce juvenile biomass after wood ash application on soil in the forest.

Key words: wood ash, juveniles, Norway spruce, nutrients

ÚVOD

Drevný popol je vápenato-draselný, silne zásaditý odpad (TÓTHOVA 2007), ktorého fyzikálne a chemické vlastnosti sa líšia v závislosti od mnohých faktorov, ako je napr. veľkosť, vek stromov, technika zberu a skladovania, teplota spaľovania, typ kotla ako aj samotné druh spaľovanej dendromasy – kôra, drevo, asimilačné orgány (KUOKKANEN ET AL. 2009). Mäkké drevo produkuje menej popola ako tvrdé drevo, kôra a listy zvyčajne produkujú viac popola ako vnútorné drevné časti stromov. Produkcia popola z buka, brezy a borovicových druhov je nižšia ako zo smrekového dreva alebo osiky. Všeobecne platí, že popol z tvrdého dreva obsahuje viac draslíka a fosforu ako ihličnany, ale menej vápnika a kremika (PITMAN 2006).

Drevný popol je charakteristický jeho heterogénnou povahou. Viac ako 80 % popola sa skladá z častíc menších ako 1,0 mm, zvyšok je nespálené drevo (DEMEYER ET AL. 2001).

Popol je zložený z mnohých hlavných a vedľajších prvkov, ktoré dreviny potrebujú pre rast. Medzi hlavné zložky patria vápnik, draslík, železo, horčík, fosfor, sodík, mangán. Z vedľajších prvkov môžeme uviesť kadmium, molybdén, chróm, ortuť, olovo, nikel (VESTERINEN 2003). Množstvo hlavných prvkov v drevnom popole je veľmi premenlivé a mení sa s typom rastlinných tkanív, ktoré sú súčasťou palivového dreva (PITMAN 2006). Vápnik je cenný prvok v drevnom popole, dáva popolu vlastnosti podobné poľnohospodárskemu vápnu. Popol je tiež dobrý zdroj draslíka, fosforu a horčíka (SAHOTA 2007). Draslík v popole je veľmi rozpustný čo vysvetľuje jeho vysokú citlivosť na lúhovanie. Vápnik, horčík a draslík sú rozpustné prvky. Naopak kremík a hliník sú najmenej rozpustné a patria ku konštrukčným prvkom popola (DEMEYER ET AL. 2001). Okrem týchto zložiek je popol dobrým zdrojom mnohých mikroprvkov (SAHOTA 2007). Na druhej strane uhlík a dusík sú oxidované a pri spaľovaní transformované do plynnej zložky.

Sú prítomné v popole v zanedbateľnom množstve (DEMEYER ET AL. 2001).

Vďaka svojim vlastnostiam bol drevný popol v minulosti bežne používaný ako hnojivo aplikované na poľnohospodársku pôdu. V súčasnej dobe sa v škandinávskych krajinách používa na úpravu kvality pôdy a doplnenie živín aj v lesných porastoch. Aplikácia popola do pôdy (lesnej alebo poľnohospodárskej) napĺňa myšlienku nielen trvalo udržateľného využívania pôdy (FAZEKAŠOVÁ, 2003), ale aj sekundárneho využívania odpadov.

Experimentálne potvrdenie pozitívneho vplyvu dreveného popola na lesnú pôdu a produkčné vlastnosti ako aj chemizmus biomasy v našich podmienkach by mohlo viesť k úprave legislatívy a následne vyústiť do využitia dreveného popola ako hnojiva.

Predkladaná práca je súčasťou projektu OP Výskum a vývoj – Využitie dreveného popola v lesnom hospodárstve (26 220 2200 16) a skúma čiastkový cieľ projektu – zmeny v obsahu makroprvkov (Ca, P, K, Mg a S) v juvenilných jedincoch smreka obyčajného po aplikácii dreveného popola v lesnom poraste.

MATERIÁL A METÓDY

Vplyv dreveného popola na obsah makroprvkov v biomase juvenilných jedincov (2–3 ročné jedince) smreka obyčajného sme skúmali v približne 40-ročnom smrekovom poraste LHC Hriňová. Na jeseň roku 2010 tu bol aplikovaný drevný popol v množstve 5 t.ha⁻¹. Aplikovaný popol predstavuje odpad z teplárne Hriňová, kde sa spaľuje len chemicky neošetrené drevo. Použitý bol roštový popol, ktorý bol stabilizovaný niekoľkomesačnou expozíciou na vzduchu.

Juvenilné jedince druhu *Picea abies* boli odobrané v júli 2011 z plochy, na ktorej bol aplikovaný popol a rovnako aj z kontrolnej plochy. Odobrané boli celé jedince. Biomasa bola vysušená pri

laboratórnej teplote. Vzorky, ihlice a drevnaté stonky (kmene) boli zomleté na guľovom mlyne (ihlice boli mleté 2 min. pri frekvencii 25 Hz a drevnaté stonky 4 min., opäť pri frekvencii 25 Hz).

Navážka 1 g vzorky bola najskôr hodinu lúhovaná v 2 ml HNO₃, potom bolo pridaných po 2 ml z HCl, HNO₃ a H₂O, pričom vzniknutá zmes bola vystavená teplote 95 °C po dobu ďalšej hodiny. Po zriedení do 20 ml boli vo vzorkách stanovené prvky Ca, P, K, Mg a S metódou hmotnostnej spektrometrie s indukčne viazanou plazmou. Rozklad a analýza vzoriek prebehla v akreditovanom laboratóriu Acme Analytical Laboratories Ltd. v Kanade.

Prevádzka laboratórií Acme Analytical Laboratories Ltd. prebieha v rámci noriem ISO 9001 a ISO 17025. Laboratórium deklaruje zhodu svojich analýz s certifikovanými referenčnými materiálmi a súčasne zabezpečuje kvalitu prevedením paralelných analýz vybraných vzoriek, pričom relatívna smerodajná odchýlka týchto paralelných analýz nepresahuje 10 %.

V samotnom drevenom popole boli makroprvky (tab. 1) stanovené v Centrálnych lesníckych laboratóriách Národného lesníckeho centra. Metodika stanovenia je uvedená v práci KONTRIŠOVÁ ET AL. (2010).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výsledky analýz (tab. 2) ukazujú nárast množstva makroprvkov v biomase juvenilných jedincov smreka obyčajného po aplikácii dreveného popola. Množstvo vápnika sa v ihliciach zvýšilo o 21 %, v drevnatej stonke o 12,5 %. Vápnik pritom priaznivo pôsobí na rast koreňov (BRAINER & BRAINEROVÁ 1985), usmerňuje syntézu bielkovín a výmenu cukrov, taktiež má vplyv na obsah vody v rastlinách (ŠMELKOVÁ 2002). V kyslých pôdach, pri nedostatku vápnika, sa inhibuje tvorba koreňových vláskov (IVANOVIČ ET AL. 1984).

Tab. 1 Obsah P, Ca, K a Mg v aplikovanom drevenom popole (KONTRIŠOVÁ ET AL. 2010)

Tab. 1 The content of P, Ca, K and Mg in applied wood ash (KONTRIŠOVÁ ET AL. 2010)

Vzorka	P	Ca	K	Mg
	g.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹
Celkový obsah	7905	118	36	12

Tab. 2. Obsah makroprvkov v sušine biomasy juvenilných jedincov smreka obyčajného
 Tab. 2 The nutrient content in dry weigh in biomass of Norway spruce juveniles

Analyzovaná vzorka		Ca	P	Mg	K	S
		%	%	%	%	%
Ihlice	Kontrola	0,33	0,159	0,11	0,31	0,08
	Popol	0,42	0,2	0,132	0,57	0,11
Kmene	Kontrola	0,35	0,108	0,089	0,28	0,1
	Popol	0,4	0,132	0,098	0,44	0,13

Zvýšené množstvo fosforu v pôde sa urýchľuje vývoj, zvyšuje odolnosť proti nízkym teplotám a podporuje vývin koreňového systému (BRAINER & BRAINEROVÁ 1985). Z výsledkov je zrejmé, že došlo k nárastu obsahu P v ihliciach o 20,5 % a o 18 % v drevnatej stonke.

Množstvo horčička sa v drevnatej fyto-mase zvýšilo v menšej miere (nárast len o 9 %) ako u ihlíc, kde rozdiel predstavoval prírastok takmer 17 %. Horčik je esenciálny prvok pre činnosť fotosyntézy.

Nedostatok draslíka môže obmedzovať rozvoj koreňovej sústavy, ďalej dochádza k vzniku listových chloróz (ŠMELKOVÁ 2002). Po aplikácii drevného popola sa jeho obsah v ihliciach zvýšil až o 45,6 % a v drevnatých častiach o 36 %.

Síra je esenciálny prvok pre všetky organizmy a zúčastňuje sa na tvorbe bielkovín. Je súčasťou aminokyselín (cystein a menthionín), koenzýmov, mukopolysacharidových kyselín a esterov kyseliny sírovej (MAŇKOVSKÁ 1996). Množstvo tohto prvku v biomase juvenilných smrekov po aplikácii popola zvýšilo priemerne o 25 %.

REIMANN ET AL. (2007) uvádzajú v ihliciach smreka obyčajného v Nórsku nasledovné mediány obsahu makroprvkov: Ca = 0,63 %, P = 0,15 %;

Mg = 0,09 %; K = 0,72 % a množstvo síry na úrovni 0,09 %. Pri porovnaní s údajmi z tab. 1 zistíme, že obsah vápnika v ihliciach z Hriňovej je pred posypom len polovičný, pričom obsah draslíka v nami analyzovaných ihliciach nedosahuje ani polovičnú úroveň. Množstvo fosforu a síry je približne rovnaké. Analýzou sa preukázal vyšší obsah horčička v ihliciach z LHC Hriňová, pričom jeho koncentrácia sa po aplikácii popola ešte zvýšila.

BUBLINEC (1991) vo svojej práci definuje hladiny prvkov v 1–2 ročných ihliciach horných praslénov smreka obyčajného (tab. 3). V zmysle uvedeného, môžeme obsah vápnika v ihliciach juvenilných jedincov smreka považovať za dobrý. Množstvo draslíka vo vzorke ihlic juvenilných smrekov je v LHC Hriňová nedostatočná (0,31 %), na dostatočnú hladinu sa zvýšila až po aplikácii popola (0,57 %).

Podobná situácia sa opakovala aj v prípade síry, kde obsah 0,08 % možno považovať za nedostatočný a požadovaná úroveň 0,11 % a viac sa dosiahla až po aplikácii drevného popola v poraste. Množstvo horčička pred aj po aplikácii popola možno označiť za dostatočné, aj keď pôvodne ihlice obsahovali hraničnú hodnotu (0,11 %) Mg. Obsah fosforu bol v oboch analyzovaných vzorkách

Tab. 3 Hladiny makroprvkov v ihliciach smreka obyčajného podľa BUBLINCA (1991) a porovnanie s obsahom v ihliciach smreka obyčajného pred a po aplikácii popola

Tab. 3 Levels of nutrients in spruce needles according to BUBLINEC (1991) and their comparison to nutrient content in spruce needles before and after wood ash application

Obsah živín	Ca (%)	K (%)	Mg (%)	P (%)	S (%)
Nedostatočný	< 0,25	< 0,4	< 0,10	< 0,13	< 0,11
Dobrý	0,25 – 0,70	0,4 – 1,0	0,10 – 0,20	0,13 – 0,20	0,11 – 0,18
Nežiadúci	> 0,70	> 1,0	> 0,20	> 0,20	> 0,18

Pozn. *kurzívou* je zvýraznený obsah pred aplikáciou popola; podčiarknutím obsah po aplikácii drevného popola

na dostačujúcej úrovni pre správne prebiehajúce fyziologické procesy.

Chemizmus v ihliciach mladých smrekov (1–4 ročné jedince) po aplikácii 3 t popola na hektár lesného porastu sledovali aj ARVIDSSON & LUNDKVIST (2002). Na 12 výskumných plochách hodnotili obsah makroprvkov jeden rok a päť rokov po aplikácii popola. V prvom roku bol len na dvoch lokalitách štatisticky významne vyšší obsah fosforu, ale vplyv popola na množstvo draslíka v ihliciach sa nepreukázal. Vápnik dosahoval významne vyššie koncentrácie len na troch plochách a obsah horčíka a síry nebol ovplyvnený aplikáciou popola. Odlišné výsledky sa však dosiahli pri analýze ihlíc po piatich rokoch od aplikácie popola, kedy koncentrácie fosforu, draslíka a vápnika boli signifikantne vyššie ako na kontrolnej ploche. Vplyv dreveného popola na obsah horčíka a síry nebol potvrdený ani po 5 rokoch.

Podobnú štúdiu robili aj SOLLA-GULLÓN ET AL. (2008), ktorí analyzovali vplyv dreveného popola na rast druhov *Pinus radiata*. Použili popol z dreva a kôry, ktorý aplikovali v množstve 5 t.ha⁻¹ priamo pri vysádzaní 5-ročných sadeníc. V prvých troch rokoch sa vplyv popola neprejavil. Po štyroch vegetačných obdobiach boli sadenice vyššie, ale štatisticky významný vplyv sa prejavil až po 5 rokoch. Autori sledovali aj obsah Ca, P, Mg a K v ihliciach *Pinus radiata*. Obsah vápnika sa po aplikácii popola signifikantne zvýšil. Z pôvodne nedostatočného množstva sa v ihliciach zvýšil aj obsah horčíka. Z krátkodobého pohľadu nedošlo k zvýšeniu koncentrácie fosforu.

Obsah draslíka v ihliciach sa začal znižovať už po pol roku od vysadenia sadeníc a ani po 5 rokoch nedosiahol pôvodné hodnoty. Pokles draslíka v ihliciach nekorešpondoval s obsahom tohto prvku v pôde. Autori predpokladajú, že sa prejavil tzv. zriedňovací efekt. Zaujímavé je, že na plochách s popolom bola zaznamenaná nižšia mortalita sadeníc ako na kontrolnej ploche a plochách, kde bolo aplikované NPK hnojivo (SOLLA-GULLÓN ET AL. 2008). Pre porovnanie uvádzame obsah sledovaných makroprvkov v biomase sadeníc po 5 rokoch po aplikácii popola, NPK hnojiva a hodnoty z kontrolnej plochy (tab. 4).

Positívny vplyv dreveného popola na obsah makroprvkov v biomase drevnín je zrejmý aj z údajov v tab. 4. Hodnoty P, K, Ca a Mg v ihliciach boli vyššie po aplikácii popola ako po použití NPK hnojiva. Tento trend v prípade kmeňov už taký výrazný nie je.

ZÁVER

Drevený popol, ktorý bol aplikovaný v lesnom poraste LHC Hriňová, pozitívne ovplyvnil obsah makroprvkov (Ca, P, K, Mg a S) v biomase juvenilných jedincov *Picea abies*. V prípade draslíka a síry dokonca došlo k vyrovnaniu deficitu v koncentrácii týchto prvkov v ihliciach smreka. Naše výsledky korešpondujú s výsledkami uvádzanými v literatúre a potvrdzujú obohacovanie biomasy živinami po aplikácii popola v lesnom ekosystéme. Je dôležité zopakovať analýzy po piatich rokoch od aplikácie dreveného popola, teda v roku

Tab. 4 Obsah makroprvkov v ihliciach a kmeňoch (mg.g⁻¹) 10-ročných jedincov *Pinus radiata* po 5 rokoch od aplikácie hnojív (SOLLA-GULLÓN ET AL. 2008)

Tab. 4 Nutrient content in needles and stems (mg.g⁻¹) of 10 years old *Pinus radiata* individuals after 5 years from NPK fertilizer and wood ash application (SOLLA-GULLÓN ET AL. 2008)

Vzorka	Lokalita	P	K	Ca	Mg
		mg.g ⁻¹			
Ihlice	Kontrola	1,88	9,18	1,04	0,90
	Popol	1,79	8,61	1,49	1,09
	NPK hnojivo	1,63	7,99	1,19	1,05
Kmene	Kontrola	0,41	2,94	1,11	0,78
	Popol	0,35	2,97	1,11	0,59
	NPK hnojivo	0,37	3,13	0,96	0,62

2016, kedy by sa vplyv popola mal prejavieť výraznejšie. Po spracovaní celkových výsledkov projektu by bolo vhodné upraviť legislatívu tak, aby sa drevný popol mohol využívať ako hnojivo v lesných porastoch, čím by došlo k zlepšeniu kvality pôdy a produkčných vlastností drevín. Vloženie popola do lesného prostredia uzatvára prirodzený kolobeh živín, ktorý je v súčasnosti umelo prerušený ukladaním popola na skládkach odpadu. Toto má za následok vyššie finančné náklady na prevádzku teplární spaľujúcich biomasu, ale aj vyššiu environmentálnu záťaž v podobe rýchlejšieho nahŕňania skládok odpadu.

PodĎakovanie

Práca vznikla vďaka OP Výskum a vývoj, v rámci ktorého bol financovaný projekt 26 220 2200 16 Využitie drevného popola v lesnom hospodárstve a agentúre VEGA, ktorá podporila projekt 1/1275/12.

LITERATÚRA

- BUBLINEC, E., 1991. Ekoedafické kritériá pre tvorbu zelene. In SUPUKA, J., BENČAĎ, F., BUBLINEC, E., GÁPER, J., HRUBÍK, P., JUHÁSOVÁ, G., MAGLOCKÝ, Š., VREŠTIK, P.: *Ekologické princípy tvorby a ochrany zelene*. Bratislava : Veda – vydavateľstvo SAV, s. 51–57. ISBN 80-224-0128-5.
- BRAINER, J., BRAINEROVÁ, V., 1985. *Abeceda výživy rastlín a hnojení*. Praha : Štátné poľnohospodárske vydavateľstvo. 364 s.
- DEMEYER, A., VOUNDI-NKANA, J. C., VERLO, M. G., 2001. Characteristics of wood ash and influence on soil properties and nutrient uptake: an overview. In *Bioresource Technology* 3, vol 77, s. 287–295.
- FAZEKAŠOVÁ, D., 2003. *Trvalo udržateľné využívanie pôdy – vymedzenie a hodnotenie indikátorov a parametrov vývoja pôdy*. Prešov: FHPV PU, 76 s. ISBN 80-8068-228-3.
- KONTRIŠOVÁ, O., KONTRIŠ, J., MARUŠKOVÁ, A., OLLEROVÁ, H., 2010. Testovanie toxicity výluhu drevného popola na semenách lesných drevín. In KONTRIŠOVÁ, O., MARUŠKOVÁ, A., VÁLKA, J. (eds.): *Monitorovanie a hodnotenie stavu životného prostredia IX*. Zvolen : Vydav. Technickej univerzity vo Zvolene, s. 123–139. ISBN 978-80-228-2271-8.
- KUOKKANEN, M., POYKIO, R., KUOKKANEN, T., NURMESNIEMI, H., 2009. Wood ash – a potential forest fertilizer. In *Energy research at the University of Oulu*. s. 89–93.
- PITMAN, R., 2006. Wood ash use in forestry – a review of the environmental impacts. In *Forestry* 5. Vol. 79, s. 563–588.
- REIMANN, C., ARNOLDUSSEN, A., BOYD, R., FINNE, T. E., KOLLER, F., NORDGULEN, Ø., ENGLMAIER, P., 2007. Element contents in leaves of four plant species (birch, mountain ash, fern and spruce) along anthropogenic and geogenic concentration gradient. In *Science of the Total Environment* 377, s. 416–433.
- SAHOTA, T. S., 2007. Lime or wood ash? Which one should I apply? In *Northwest Link*, s. 6–7.
- SOLLA-GULLÓN, F., SANTALLA, M., PÉREZ-CRUZADO, C., MERINO, A., RODRÍGUEZ-SOALLEIRO, R., 2008. Response of *Pinus radiata* seedlings to application of mixed wood-bark ash at planting in a temperate region: Nutrition and growth. In *Forest Ecology and Management* 255, s. 3873–3884.
- ŠMELKOVÁ, L., 2002. *Zakladanie lesa*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 257 s. ISBN 80-228-1238-2.
- TÓTHOVÁ, S., 2007. *Aplikácia drevného popola do pôdy a jeho vplyv na chemizmus pôdy a výživu drevín*. Doktorandská dizertačná práca, LF TU Zvolen, 113 s.
- VESTERINEN, P., 2003. *Wood ash recycling state of the art in Finland and Sweden*. 52 s. Dostupné na internete: <http://www.cti2000it/solidi/WoodAshReport%20VTT.pdf> (30. 1. 2012).