

**VYUŽITÍ HNOJIVA S OBSAHEM HUMÁTU DRASELNÉHO PŘI OBNOVĚ LESA
NA SPECIFICKÝCH STANOVIŠTÍCH**

**USING OF THE FERTILISER WITH A CONTENT OF POTASSIUM HUMATE
IN THE FOREST REGENERATION ON THE SPECIFIC SITES**

IVAN KUNEŠ¹, MARTIN BALÁŠ¹, ROSTISLAV LINDA¹, JARMILA NÁROVCOVÁ²,
JOSEF GALLO¹, VÁCLAV NÁROVEC¹

¹ Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra pěstování lesů. Kamýcká 1176, 165 00 Praha-Suchdol, Česká republika

² Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady, Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika

ABSTRACT

The paper presents particular and preliminary results of the evaluation of the effectiveness Rucultan fertilizer with a content of potassium humate on the growth of Norway spruce seedlings in controlled conditions sown in a permeable sandy soil substrate. The Recultan II (potassium salts of humic acids content 6%) fertilizer option showed the highest effect. Furthermore, the effect of Recultan fertilizer on the foliar nutrient content of „new generation broad-leaved and saplings“ in the field condition of restored sand-quarry Hůrka was also assessed. In the second year after application, the highest content of most of the major nutrients (specifically nitrogen, phosphorus, magnesium and sulphur) was recorded in the option Recultan II. An overview of the findings and recommendations concerning the restoration process of the Hůrka sand-quarry is presented in the conclusion.

Keywords: potassium humate, new generation semi-saplings and saplings, restoration

ABSTRAKT

Příspěvek prezentuje dílčí a předběžné výsledky vyhodnocení účinnosti hnojiva Recultan, obsahujícího humát draselný, na růst semenáčků smrku v kontrolovaných podmínkách vysetých do propustného písčitého substrátu. Nejvyšší účinek byl zaznamenán u verze Recultan II (obsah draselných solí huminových kyselin 6%). Dále je hodnocen vliv hnojiva Recultan na obsah živin v asimilačním aparátu odrostků nové generace v terénních podmínkách rekultivované pískovny Hůrka. Ve druhém roce po aplikaci byl nejvyšší obsah většiny hlavních živin (konkrétně dusík, fosfor; hořčík a síra) zaznamenán u varianty přihnojené verzi Recultan II. V závěru je dále uveden přehled poznatků a doporučení ohledně postupu rekultivace pískovny Hůrka, vyplývající z poznatků získaných při řešení zmíněného projektu.

Klíčová slova: humát draselný, poloodrostky a odrostky nové generace, rekultivace

Úvod

Trvale udržitelné využívání přírodních zdrojů je možné jen tehdy, pokud je založeno na respektování základních principů pedologie a ekologie. Je možné jen, pokud odráží pochopení vzájemných vztahů mezi půdou a rostlinami a vychází z porozumění tokům živin a živinovým cyklům v ekosystému. Historie přinesla mnoho příkladů, kde nepochopení nebo nedostatečné pochopení biogeochemie vedlo k neočekávaným a často i nežádoucím následkům (VAN MIEGROET, JOHNSON 2009).

Písčité půdy jsou obvykle na živiny velmi chudé. Rekultivační a zalesňovací projekty se velmi často omezují na aplikaci přípravků obsahujících základní (NPK), případně druhotné (Ca, Mg) živiny bez ohledu na vlastnosti aplikovaných hnojiv. Často se neřeší dlouhodobá potřeba a optimálně dosažitelná účinnost výživy, kterou je nutné lesním výsadbám zabezpečit pro žádoucí vývoj bohatého kořenového systému individuálních rostlin, jenž je základem pro urychlené a úspěšné zapojení výsadeb a jejich prosperitu v dalších letech. Občas projektuje nevhodný hnojivý přípravek, a to běžně dostupné a ve vodě dobře rozpustné standardní anorganické hnojivo, vyvinuté k výživě intenzivně pěstovaných zemědělských plodin s krátkou vegetační dobou a potřebou příjmu rychle dostupných živin. Je to přesný opak požadavku na optimalizovanou výživu víceletých rostlin – stromů a keřů. Účinnost tohoto způsobu hnojení je problematická a aplikace může být riziková. Rostlina v těchto případech využije pouze nepatrný podíl aplikovaných živin. Většina z nich odtéká neefektivně do vodotečí, zhoršuje kvalitu podzemních vod a životní prostředí obecně.

Zalesňování rekultivovaných ploch po těžbě průmyslových surovin (např. písku), ploch po asanaci průmyslových skládek a imisně nebo erozně degradovaných lesních ploch s nízkou zásobou organické hmoty a omezenou sorpční výměnnou kapacitou vyžaduje použití speciálních hnojiv s dlouhodobým uvolňováním živin (tzv. Slow Release Fertilizer – SRF). Především se to týká dusíku, nejmobilnější živiny v půdě. Tento typ speciálních dlouhodobě působících hnojiv musí být rovněž zdrojem efektivních uhlíkatých látek, které by příznivě ovlivňovaly sorpční výměnnou kapacitu půdy, tj. schopnost půdy vázat živiny ve formě dostupné pro rostliny a zabraňovat vyplavování živin, které se již z hnojiva uvolnily. Uvedené problémy na degradovaných a málo úrodných půdách při zalesňování lze účinně řešit s použitím speciálně připravených dlouhodobě působících hnojiv.

Na rekultivovaných stanovištích po těžbě surovin, majících charakter volné plochy, se mohou ve zvýšené míře vyskytovat klimatické extrémy, a to zejména v přízemní vrstvě vzduchu. Jeden z argumentů doporučujících použití sadebního materiálu v dimenzích poloodrostků a odrostků při zalesňování těchto stanovišť je jeho předpokládaná vyšší odolnost, která spočívá ve faktu, že terminální pupeny tohoto sadebního materiálu se nacházejí ve větší výšce nad povrchem země (cca 100 cm a výše) než terminální pupeny sadebního materiálu obvyklých obchodních dimenzí, který má vrcholové pupeny v zóně od 20 cm do 40 cm nad zemí. Přízemní vrstva vzduchu je přitom obvykle teplotně výrazně extrémnější (např. fluktuace teploty, teplotní minima a maxima) než zóna umístěná ve standardní výšce pro měření (200 cm nad povrchem terénu), (GEIGER 1950; GALLO et al. 2014; ŠPULÁK 2009).

V souladu s ustanoveními použitými v ČSN 48 2115 *Sadební materiál lesních dřevin* (ÚNMZ 2012) je používán pojem poloodrostky a odrostky nové generace (PONG), čímž

se rozumějí cíleně pěstované víceleté prostokořenné poloodrostky (o výšce 81–120 cm) a odrostky (121–180 cm) listnatých dřevin, jejichž kořenový systém byl během pěstování ve školce minimálně dvakrát upravován, a to ručním stříhem při školkování nebo při strojním podřezávání. Kořenové systémy PONG musejí být kompaktní (koncentrované přímo pod hlavní osou rostliny) a současně musejí mít dostatečný objem, resp. musí být u nich vytvořen příznivý poměr objemu kořenové soustavy vůči objemu nadzemní části (KUNEŠ et al. 2011; BURDA et al. 2015).

Cílem příspěvku je prezentovat dílčí a předběžné výsledky vyhodnocení účinnosti hnojiva Recultan na růst semenáčků smrku v kontrolovaných podmínkách a jeho vliv na obsah živin v asimilačním aparátu odrostků nové generace v terénních podmínkách rekultivované pískovny Hůrka. V závěru je dále uveden přehled poznatků a doporučení ohledně postupu rekultivace pískovny Hůrka, vyplývající z poznatků získaných při řešení zmíněného projektu.

MATERIÁL A METODIKA

Lokalita Hůrka se nachází ve 3. LVS na hranici PLO 15 (Třeboňské pánve) a PLO 10 (Středočeské pahorkatiny). Z klimatického hlediska spadá oblast do mírného klimatu. Průměrná roční teplota v okolí Plané nad Lužnicí se pohybuje okolo 8–9 °C. Průměrné roční srážky se pohybují okolo 550 mm (TOLASZ 2007). Nadmořská výška výzkumné plochy je cca 400 m.

Výzkumná plocha sestává z výsadeb PONG dubu letního a lípy srdčité, založených v několika etapách v letech 2012–2015. Plocha je umístěna v jihovýchodní části pískovny Hůrka, která se nachází cca 2 km jižně od města Planá nad Lužnicí. Pozemky pro dobývání jsou postupně odlesňovány a skrývková zemina je spolu s dalším materiálem (např. přebytečné výkopy ze stavby komunikací) ukládána ve vytěženém prostoru. Takto vzniklé výsypky jsou postupně rekultivovány, zejména lesnickým způsobem (LEHEČKA 2006). Pro finální rekultivaci byly na části plochy využity sedimenty z rybníka Jordán v Táboře, kde v letech 2012 až 2014 probíhalo odbahňování. Celková plocha pískovny je v současnosti cca 44 ha.

Půdní prostředí lze charakterizovat jako antropozem. Je pro růst dřevin dosti nepříznivé a jeho vlastnosti se v rámci výzkumné plochy značně liší. Při hloubení výsadbových jamek byly zjištěny půdy z nejrůznějších materiálů – od těžkých plastických jíílů až po hrubozrnný štěrk. Zřejmě vlivem výskytu méně propustné jílovité vrstvy pod povrchem půdy a také vlivem nedostatečného vyspádování dochází na části plochy v období s vyššími srážkami k výraznému zamokření, což indikuje hojná pokryvnost sítiny (*Juncus* sp.). Během delšího bezsrážkového období naopak půda značně přesychá a tvrdne. Tento střídavý režim výrazně omezuje růst některých druhů dřevin.

Na podzim 2014 byly starší výsadby odrostků lípy a dubu v trvaleji zamokřených místech jednotlivě doplněny olší lepkavou, která hned od prvního roku po výsadbě prokazuje velmi dobrou vitalitu a přírůst.

V květnu 2015 bylo provedeno přihnojení výsadby odrostků nové generace dubu letního, založené na lokalitě Hůrka na jaře 2012. Byly testovány tři varianty speciálního hnojiva s pracovním názvem Recultan (MARTINŮ et al. 2016) podle specifikace uvedené v Tab. 1. Hnojivo bylo aplikováno „na misku“, tj. v sypké formě povrchově kolem strom-

ků na kruhové plošky o průměru 50 cm, přičemž střed ošetřených plošek tvořily krčky stromků. Dávka činila 50 g na stromek.

Hnojivo Recultan obsahuje kromě základních živin (NPK), také hořčík (MgO), stopové živiny (B, Cu, Fe, Mo, Mn, Zn) a pomocnou látku k úpravě poměru C : N v půdě (humitan draselný). Hnojivo obsahuje 80 % dusíku vázaného v pozvolně působící formě, konkrétně močovino-formaldehydových kondenzátů. Místo běžně používaného humitanu sodného je v hnojivu Recultan použit humitan draselný, čímž se eliminuje přítomnost nežádoucího balastního kationtu (sodík) a omezí se tak zaselování půd. Hnojivo má práškově-zrnitý charakter s obsahem protiprašné přísady (přírodně degradovatelný separační řepkový olej BISOL – viz Tab. 1).

Tab. 1: Chemické složení testovaných variant prototypu pomalu rozpustného hnojiva Recultan.
Table 1: Chemical composition of tested options of Recultan – the prototype of slow-release fertilizer.

Složení [%] <i>Composition</i>	Verze I <i>Option I</i>	Verze II <i>Option II</i>	Verze III <i>Option III</i>
Celkový dusík (N total)	20,0	20,0	20,0
Dusík z močovinoformaldehydu (N) ¹	16,2	16,2	16,2
Dusík rozpustný ve studené vodě (N) ²	5,2	5,2	5,2
Dusík rozpustný pouze v horké vodě (N) ³	5,3	5,3	5,3
Močovinový dusík (N) ⁴	3,8	3,8	3,8
Celkový fosfor (P ₂ O ₅ total)	10,0	10,0	10,0
K ₂ O rozpustný ve vodě ⁵	10,0	10,0	10,0
Celkový hořčík (MgO total)	2,0	2,0	2,0
Humát draselný TC ⁶	20,0	10,0	0,0
Draselné soli huminových kyselin⁷	12,0	6,0	0,0

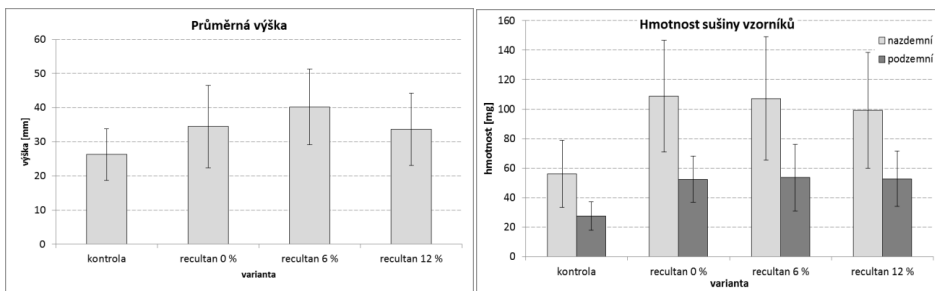
Legend: ¹nitrogen in a form of ureaformaldehyd, ²nitrogen soluble also in cold water, ³nitrogen soluble only in hot water, ⁴nitrogen in a form of urea, ⁵soluble in water, ⁶potassium humate, ⁷potassium salts of humic acids.

V květnu 2015 byly ve skleníku na Výzkumné stanici Truba založeny školkařské výsevy, které sloužily k ověřování účinnosti jednotlivých variant hnojiva Recultan na chudém písčitém substrátu (90 % písek, 10 % rašelina). Aplikovaná dávka činila 270 g na 100 l substrátu. Vedle testovaných tří variant prototypu hnojiva (Recultan I, II a III – viz Tab. 1) byla založena také kontrolní varianta bez přihnojení. Jako testovací dřevina byl pro svůj relativně rychlý růst vybrán smrk ztepilý. Výsevy byly provedeny do sadbovačů QuickPot QP D 144 T/6 R, každá ze čtyř variant sestávala ze 4 sadbovačů po 144 buňkách, do každé buňky byla vyseta dvě semena. V každé variantě bylo tedy vyseto celkem 1 152 ks semen. Během sezony byly buňky se dvěma vyklíčenými semenáčky vyjednoceny. Na podzim po ukončení přírůstu byla u semenáček změřena výška, tloušťka v krčku a u náhodně vybraných vzorků (25 ks z každé varianty) bylo stanoveno množství biomasy nadzemních částí i kořenů. V době vyhodnocování průměrný počet přeživších semenáček na jednu variantu činil 207 ks.

Odběr asimilačního aparátu ve výsadbě PONG na lokalitě Hůrka proběhl vždy na konci vegetační sezony (září 2015 a 2016). Zhodnocení výškového přírůstu výsadeb bude naplní dalších studií.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Všechny tři varianty hnojiva měly oproti kontrole pozitivní vliv na výškový přírůst semenáčků v prvním roce od výsevu. Nejvyšší přírůst byl dosažen u varianty hnojiva Recultan s 10 % lignohumátu (6 % draselných solí huminových kyselin). Průměrná hmotnost nadzemní biomasy byla u všech variant zhruba dvojnásobná oproti podzemní biomase. U všech hnojených variant byla hmotnost nadzemní i podzemní biomasy vyšší oproti kontrole. Rozdíly mezi hnojenými variantami byly nízké. Vybrané výstupy získané měřeními po konci sezóny sumarizují Obr. 1.



Obr. 1: Vlevo: Průměrná výška jednoletých semenáčků smrku ve výsevu. Byly vylíšeny tři varianty s hnojivem Recultan s různým obsahem draselných solí huminových kyselin (0, 6 a 12 %) a kontrolní varianta bez přihnojení. Vpravo: Průměrná hmotnost nadzemní a podzemní biomasy vzorkových semenáčků. Chybové úsečky znázorňují směrodatné odchylky.

Fig. 1: Left: Mean height of one-year-old spruce seedlings in the sowing bed. There were established three treatments amended by Recultan fertilizer with the different content of potassium salts of humic acids (0, 6 and 12%) and the control treatment without any fertilization was also established. Right: Average weight of aboveground and underground biomass of sample seedlings. Error bars represent standard deviations.

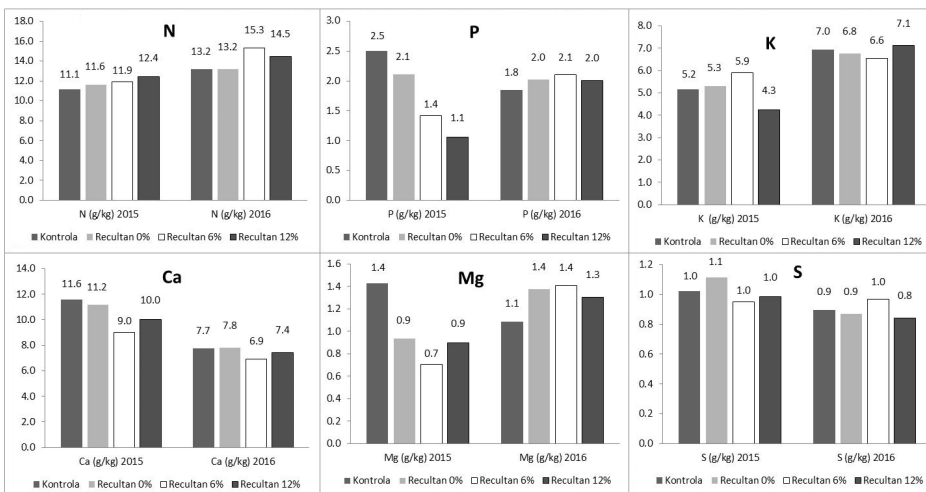
Výsledky rozborů chemického složení listů dubových odrostků v letech 2015 a 2016 shrnuje Obr. 2.

Na základě rozboru literatury (BERGMANN 1993; KOPINGA, VAN DEN BURG 1995; DE VRIES et al. 1998) lze u dubu letního pro jednotlivé živiny stanovit následující přibližné hranice nedostatečné výživy: dusík (N) < 15 g na 1 kg sušiny, fosfor (P) < 1,0 g.kg⁻¹, draslík (K) < 5 g.kg⁻¹, vápník (Ca) < 3,0 g.kg⁻¹ a hořčík (Mg) < 1,1 g.kg⁻¹.

Z výsledků uvedených na Obr. 2 lze vyvodit několik poznatků. Příjem většiny živin byl v roce 2015 nepříznivě ovlivněn extrémně suchým průběhem vegetační sezóny. V roce 2016 se výživa dřevin bez ohledu na variantu ošetření výrazně upravila.

Výživa dusíkem je na stanovišti Hůrka deficitní. Hnojivo Recultan pomohlo upravit zásobení dusíkem, ale nad úroveň deficitu se výživa tímto prvkem dostala pouze v případě formulace s 6% podílem draselných solí huminových kyselin (Varianta II). Výživa fosforem ve sledovaném období nesestoupila pod hranici nedostatečnosti, i když v roce 2015 přechodně výrazně poklesly koncentrace tohoto prvku v asimilačním aparátu dubů ošetřených hnojivem. K tomuto jevu došlo, ačkoliv hnojivo fosfor ve své formulaci obsahuje. Přechodné snížení zřejmě souviselo s projevem sorpčních schopností hnojiva v kombinaci s extrémním suchem zhoršujícím příjem živin. V roce 2016 se již koncentrace fosforu

v asimilačním aparátu dubů upravily a v případě Recultanu se 6% podílem draselných solí huminových kyselin se dostaly do optima. Výživa draslíkem byla na stanovišti ve všech variantách v obou letech dostatečná, přičemž v roce 2016 se dostala do optima. V luxusních hodnotách se v roce 2015 bez ohledu na variantu pohybovaly koncentrace vápníku, které se ve srážkově bohatším roce upravily do optimálních hodnot. Hnojivo Recultan na obsah vápníku v asimilačním aparátu dubů nemělo zásadnější vliv. Zajímavý kontrast mezi variantami přineslo srovnání koncentrací listového hořčíku v letech 2015 a 2016. Extrémní sucho během roku 2015 dostalo koncentraci této živiny u všech variant s Recultanem pod úroveň dostatečnosti, i když hnojivo hořčík ve své formulaci obsahuje. Naopak ve srážkově průměrném roce 2016 se přihnojené varianty přiblížily u hořčíku k adekvátním koncentracím v sušině, zatímco kontrola poklesla k deficitu. Koncentrace síry v asimilačním aparátu se mezi variantami ani jednotlivými lety neliší a spíše indikují, že stanoviště není zatížením sírou kontaminováno.



Obr. 2: Obsah živin v listech odrostků dubu letního. Výsadba byla založena na jaře 2012 a přihnojena hnojivy Recultan I, II a III (viz Tab. 1) na jaře 2015 v dávce 50 g ke každému stromku. Fig. 2: Nutrient content in leaves of oak saplings. The plantation was established in spring 2012 and amended with Recultan I, II and III fertilizers (see Tab. 1). Amount of 50 g of fertilizers was applied to each tree.

Na poloprovozním experimentu v lokalitě Hůrka se ukazuje, že hnojivo Recultan má schopnost upravit zásadní problém ve výživě výsadb na rekultivovaném stanovišti po těžbě písku, kterým je nedostatek dusíku. Aplikovaná dávka se ale nezdá být dostatečná. Větší sadební materiál obecně má větší nároky na výživu než menší rostliny. Odrostky nebo poloodrostky mohou být tudíž na chudém stanovišti v prvních několika letech po výsadbě více stresovány nedostatečnou výživou.

Aplikace hnojiva není jedinou cestou k obnovení úrodnosti a kvality stanoviště. Vedle chemické meliorace, která by měla být aplikována cíleně k jednotlivým dřevinám, by se měla výrazněji uplatňovat biologická meliorace za využití přípravných porostů pionýrských dřevin, jako je olše, jeřáb a bříza, které jsou schopny dobře plnit funkce přípravného

porostu a obohacovat stanoviště o cennou organickou hmotu. Velmi účinná se může jevit kombinace biologické a chemické meliorace, kdy se melioranty budou aplikovat k přípravným dřevinám, které jsou schopny na meliorační stimul i ve značně extrémních podmínkách velmi dobře reagovat (KUNEŠ et al. 2006, 2014).

Význam použití poloodrostků a odrostků lze spatřovat především v tom, že umožňují dosáhnout určitého kompozičně strukturního stavu mladého porostu v kratším čase, než jaký by byl potřeba v případě použití pouze sadebního materiálu běžné obchodní dimenze. Kombinací odrostků a poloodrostků s přirozeným zmlazením nebo sadebním materiálem běžné obchodní dimenze lze zakládaný porost již od počátku prostorově diverzifikovat. Je tedy například možné vytvořit dvě korunové úrovně, což je vhodný stav pro míšení stinných a světlomilných dřevin. Pomocí poloodrostků a odrostků lze rovněž vnášet druhovou příměs do již existujícího porostu.

Pokud má porost plnit funkci produkce organické hmoty, která bude formovat půdu stanoviště, splní tuto úlohu podstatně lépe kultury sadebního materiálu pionýrských dřevin obvyklé obchodní velikosti zakládané ve větší hustotě nebo dokonce výsevy těchto dřevin, než výsadby odrostků. Toto tvrzení lze opřít o studie řady autorů zaměřené na pionýrské dřeviny a akumulaci biomasy v jejich porostech (PODRÁZSKÝ, MORAVČÍK 1992; MORAVČÍK 1994; URI et al. 2002; KUNEŠ et al. 2014). Jiná situace může nicméně existovat na extrémních mrazových nebo zabařených lokalitách, kde výška může poskytovat sadebnímu materiálu určitou výhodu, zejména s ohledem na klima přízemní vrstvy.

ZÁVĚR

Ze studií, jejichž součástí je tento příspěvek, vyplývají následující poznatky:

- Nahradit rychle rozpustná hnojiva, která se dosud provozně používají k iniciačnímu hnojení kultur na rekultivovaných stanovištích, vhodnými melioranty s pozvolným výdejem živin. Integrovat do zlepšení živinové bilance biologickou meliorací.
- Kromě standardního sadebního materiálu zařadit ve vhodných situacích do rekultivačního schématu tzv. poloodrostky a odrostky nové generace.
- Ve větší míře zapojit do rekultivačních postupů sukcesí a přirozené zmlazení dřevin, které se na plochách vyskytuje. Sukcesnímu potenciálu přizpůsobit druhové složení uměle vnášených (tj. vysazovaných, příp. vysévaných) dřevin, aby se přirozeně i uměle obnovující dřeviny doplňovaly.
- Při umělé obnově využívat kromě běžných hospodářských druhů rovněž vhodné přípravné a pionýrské dřeviny.
- Respektovat půdní a klimatické parametry stanovišť.

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu TAČR (TA04021671) s názvem „Zakládání a obnova lesa na rekultivovaných a ekologicky specifických lesních stanovištích za využití poloodrostků a odrostků nové generace“.

LITERATURA

- BERGMANN, W. 1993. Ernährungstörungen bei Kulturpflanzen. Entstehung, visuelle und analytische Diagnose. 3rd ed. Jena, Gustav Fisher Verlag.
- BURDA, P., NÁROVCOVÁ, J., NÁROVEC, V., KUNEŠ, I., BALÁŠ, M., MACHOVIČ, I. 2015. Technologie pěstování listnatých poloodrostků a odrostků nové generace v lesních školkách. Certifikovaná metodika. Strnady, VÚLHM: 56 s. – Lesnický průvodce č. 3/2015.
- DE VRIES, W., 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.
- GALLO, J., KUNEŠ, I., BALÁŠ, M., NOVÁKOVÁ, O., DRURY, M. L. 2014. Occurrence of frost episodes and their dynamics in height gradient above the ground in the Jizerské hory Mts. *Journal of Forest Science*, 60 (1): 35–41.
- GEIGER, R. 1950. *The Climate Near the Ground*. Cambridge, Harvard University Printing Office, 482 s.
- KOPINGA, J., VAN DEN BURG, J. 1995. Using soil and foliar analysis to diagnose the nutritional status of urban trees. *Journal of Arboriculture*, 21 (1): 17–24.
- KUNEŠ, I., BALCAR, V., VYKYPĚLOVÁ, E., ZADINA, J. 2006. 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 (2): 84–91.
- KUNEŠ, I., BALÁŠ, M., KOŇASOVÁ, T., ŠPULÁK, O., BALCAR, V., BEDNÁŘOVÁ MILLEROVÁ, K., KACÁLEK, D., JAKL, M., ZAHRADNÍK, D., VÍTÁMVÁS, J., ŠTASTNÁ, J., JAKLOVÁ DYTRTOVÁ, J. 2014. Biomass of Speckled Alder on an Air-Polluted Mountain Site and its Response to Fertilization. *Environmental Management*, 54 (6): 1421–1433.
- KUNEŠ, I., BALÁŠ, M., MILLEROVÁ, K., BALCAR, V. 2011. Vnášení listnaté příměsi a jedle do jehličnatých porostů Jizerských hor. Certifikovaná metodika. Strnady, VÚLHM: 36 s. – Lesnický průvodce č. 9/2011.
- LEHEČKA, J. 2006. Plán rekultivace dobývacího prostoru Planá nad Lužnicí. Blatná, Báňské a měřičské služby, 14 s.
- MARTINŮ, V., NÁROVCOVÁ, J., NÁROVEC, V., KUNEŠ, I., BALÁŠ, M., MACHOVIČ, I., BURDA, P. 2016. Speciální dlouhodobě působící hnojivo s humitanem draselným pro využití v lesním hospodářství. Užitečný vzor. Úřad průmyslového vlastnictví. Číslo přihlášky: 2016-32680. Dostupné na: <http://isdv.upv.cz/webapp/webapp.pts.det?xprim=10225906&lan=cs&s_majs=&s_puvo=&s_naze=&s_annot=>, [cit. 20-04-2017].
- MORAVČÍK, P. 1994. Development of new forest stands after a large scale forest decline in the Krušné hory Mountains. *Ecological engineering*, 3: 57–69.
- PODRÁZSKÝ, V., MORAVČÍK, P. 1992. Akumulace živin a biomasy v jeřábových porostech na lokalitě Pomezní boudy v Krkonoších. *Opera Corcontica*, 29: 123–137
- ŠPULÁK, O. 2009. Příspěvek k poznání teplotních souvislostí prosadeb jehličnatých porostů náhradních dřevin. *Zprávy lesnického výzkumu*, 54 (Special): 53–61.
- TOLASZ, R. (ed.) 2007. *Atlas podnebí Česka*. Praha a Olomouc, ČHMÚ a Univerzita Palackého, 256 s.
- URI, V., TULLUS, H., LÖHMUS, K. 2002. Biomass production and nutrient accumulation in short-rotation grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) plantation on abandoned land. *Forest Ecology and Management*, 161: 169–179.
- ÚNMZ 2012. ČSN 48 2115 Sadební materiál lesních dřevin. Praha, Úřad pro normalizaci, metrologii a zkušebnictví.
- VAN MIEGROET, H., JOHNSON, D. W. 2009. Feedbacks and synergism among biogeochemistry, basic ecology, and forest soil science. *Forest Ecology and Management*, 258: 2214–2223.