

OBSAH ŽIVIN V BIOMASE BŘÍZY BĚLOKORÉ NA CHUDÝCH OGLEJENÝCH STANOVIŠTÍCH

NUTRIENT CONTENT IN SILVER BIRCH BIOMASS ON NUTRIENT-POOR, GLEYIC SITES

JIŘÍ NOVÁK ✉ - DAVID DUŠEK - DUŠAN KACÁLEK - MARIAN SLODIČÁK

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Czech Republic

✉ e-mail: novak@vulhmop.cz

ABSTRACT

Silver birch is a common tree species in Czech forests. It is, however, still considered by some forestry practitioners a weed species though it has been listed as soil-improving and stabilizing component of forest stands since 1996. Silver birch grows naturally on many forested sites from lowlands to foothills. This study focused on biomass production of 22-year-old birch forest stand on nutrient-poor, gleyic sites. Six experimental plots were established to investigate stand characteristics such as number of trees, DBH, basal area, standing volume and weight of below-ground and above-ground biomass. Both above- and below-ground biomass were divided into particular components, such as leaves, branches, bark of stem, wood of stem, bark of stump, wood of stump, fine roots (up to 1cm), medium roots (up to 5 cm) and coarse roots (up to 10 cm). The components were dried and analyzed to investigate biomass nutrient concentrations and pools. The 62% of the total biomass was over-bark stem (95–139 t.ha⁻¹), 19% were stumps with roots (27–45 t.ha⁻¹), and 19% were branches with leaves (29–45 t.ha⁻¹). The most nutrient-rich components were leaves and branches, the least one was wood of stem. The greatest nutrient pool were branches, the least one were leaves. Below-ground nutrient pool assessed using allometric equations was 15–17% of the total biomass nutrient pool. As for the management implications, full-tree removal should be avoided in the birch stands on nutrient-poor gleyic sites over the rotation.

Klíčová slova: nadzemní biomasa; podzemní biomasa; *Betula pendula*; živiny; pěstování; nižší polohy

Key words: above-ground biomass; below-ground biomass; *Betula pendula*; nutrients; silviculture; lowlands

ÚVOD

Bříza bělokorá (*Betula pendula* Roth) je běžnou domácí dřevinou našich lesů. V lesnické praxi je na ni stále tradičně nahlíženo spíše jako na dřevinu plevelnou, v lepším případě trpěnou. V příloze č. 4 vyhlášky 83/1996 Sb. je bříza uvedena jako meliorační a zpevňující dřevina pouze pro přirozená borová stanoviště, exponovaná kyselá stanoviště a vodou ovlivněná stanoviště nižších poloh. Bříza bělokorá patří mezi pionýrské dřeviny formující tzv. les přípravný po katastrofických rozpadech porostů dřevin v rámci „velkého“ vývojového cyklu (MÍČHAL et al. 1992). K jejímu širšímu použití v druhé polovině minulého století vedla až potřeba obnovy lesa v imisemi zasažených oblastech, kde vznikly tzv. porosty náhradních dřevin (SLODIČÁK et al. 2008, 2009; TESAŘ et al. 2011).

S trendem stále vyššího využívání obnovitelných zdrojů roste tlak na intenzivní využívání biomasy lesních dřevin. Produkční schopnosti břízy se v zahraničí zabývala celá řada studií (CAMERON 1996; JOHANSSON 1999; NIEUWENHUIS, BARRETT 2002; SIMARD et al. 2004; JOHANSSON 2007; URI et al. 2007a, 2012; HYNYNEN et al. 2010; KUZNETSOVA et al. 2011; HANSSON et al. 2013b; HYTÖNEN et al. 2014; JAGODZIŃSKI

et al. 2017). Současné vize o využívání biomasy lesních dřevin pro energetické účely (viz např. JOHANSSON 1999) však nastolují otázku udržitelnosti koloběhu živin v lesních porostech. Značná část prací zabývajících se touto problematikou přináší informace ze severovýchodních a středoevropských horských podmínek (PALVIAINEN et al. 2004, 2010a, 2010b; URI et al. 2012; HANSSON et al. 2013a; KIKAMÄGI et al. 2013; HELLSTEN et al. 2013; HYTÖNEN et al. 2014; SCHUA et al. 2015). V našich podmínkách je patrný stoupající zájem o výzkum produkce a meliorační funkce břízy (např. MARTÍNEK et al. 2017). Bříza bělokorá je nicméně v České republice také součástí lesů v nížinách a pahorkatinách. Informace o produkci a pěstebních opatřeních v březových porostech na podobných stanovištích v českých podmínkách chybí.

Cílem naší studie je kvantifikace nadzemní i podzemní biomasy břízy v podmínkách chudých oglejených stanovišť a stanovení obsahu hlavních živin v jednotlivých komponentách biomasy. Studie tak může přispět k optimalizaci postupů hospodaření v březových porostech 1. a 2. lesního vegetačního stupně. Navržené postupy pak budou směřovat k využití produkčního potenciálu těchto porostů z hlediska kvantity i kvality produkce tak, aby byl minimalizován dopad těžby lesní biomasy na živinovou bilanci porostů a celé lesní ekosystémy.

MATERIÁL A METODIKA

Výzkum probíhal na experimentálních plochách založených v roce 2014 v tehdy 21letém porostu břízy vzniklém náletem na opuštěnou plochu bývalé střelnice na majetku Městské lesy Hradec Králové, a. s. (GPS souřadnice 50°10'22" N, 15°56'25" E). Porosty leží v nadmořské výšce 250 m na souboru lesních typů 1Q – Březová doubrava (*Betuleto - Quercetum (piceosum) variohumidum oligotrophicum*). Na celkem šesti v terénu stabilizovaných plochách (BR HK 1 až 6) o jednotlivé výměře 0,06 ha je každoročně měřena výčetní tloušťka na trvale fixovaných měřístích u všech stromů a výška na souboru stromů reprezentujících tloušťkovou strukturu porostů.

V porostech v ochranném pásu experimentálních ploch byly v roce 2015 ve věku 22 let odebrány čtyři stromové vzorníky břízy tak, aby pokrývaly tloušťkové spektrum v rozmezí výčetních tlouštěk ca 8–20 cm. Vzorníky byly využity pro stanovení hmotnosti sušiny a koncentrace živin v následujících komponentách: 1) dřevo kmene, 2) kůra kmene, 3) jehličí, 4) větve s kůrou, 5) dřevo pařezu a kořenů, 6) kůra pařezu a kořenů.

Vzorníky byly po skácení rozděleny na komponenty: kmen s kůrou; větve s kůrou a listím. Objem kmene v kůře byl zjišťován krychlením po 1 m sekcích a výpočtem objemu dle Smalianova vzorce:

$$V = \sum_{i=1}^n \frac{(k_i + k_{i+1})}{2} \times l_i$$

kde l je délka sekce a k je kruhová plocha příčného průřezu na konci sekce.

Jednotlivé komponenty biomasy byly přímo v terénu zváženy na závažné váze. Dále byly ze vzorníků odebrány vzorky dřeva kmene s kůrou a vzorky větví s listím. Byly odděleny listy od větví a kůra kmene od dřeva, vzorky byly ihned zváženy, poté uskladněny k vysušení, a pak znovu zváženy.

Dále byly odebrány pařezy i s jejich kosterními kořeny. Pařezy s kořeny byly očištěny od zbytků zeminy a dalších příměsí. Kořeny byly rozděleny do frakcí podle průměru: do 1 cm, do 5 cm a do 10 cm. Z pařezů byla oddělena kůra. Všechny vzorky byly váženy začerstva a znovu po vysušení při teplotě 80 °C.

Byla použita alometrická rovnice ve tvaru $y = a \times D^b$, kde a , b jsou regresní koeficienty a D je výčetní tloušťka stromu. Ze vzorníkových dat pak byly odvozeny alometrické vztahy mezi výčetní tloušťkou stromu a objemem kmene, hmotností pařezu s kosterními kořeny, hmotností kmene v kůře v čerstvém stavu, hmotností větví s listím v čerstvém stavu. Výpočty objemů a hmotností z alometrických rovnic byly aplikovány na jednotlivé stromy v databázi experimentálních ploch a výsledky agregovány za celý porost a přepočítány na jeden hektar. Alometrické rovnice byly rovněž použity pro výpočet obsahu živin v podzemní biomase. Jelikož při vyzvedávání pařezů s kořeny nebylo možno odebrat všechny jemné kořeny, je nutno údaje o podzemní biomase a celkové zásobě živin považovat za poněkud podhodnocené.

Laboratorně byl stanoven obsah dusíku, fosforu, draslíku, vápníku a hořčíku. Koncentrace dusíku byla stanovena Kjeldahlovou metodou, fosfor byl stanoven spektrofotometricky (MACHÁČEK, MALÁT 1982). Ke stanovení draslíku byl použit absorpční spektrofotometr (NOVOZAMSKÝ et al. 1983). Obsah vápníku a hořčíku byl stanoven atomovou absorpcí (AAS) po přidání lanthanu (RAMAKRISHNA et al. 1966). Byly analyzovány tři vzorky dřeva kmene z každého vzorníku (12 vzorků), tři vzorky kůry kmene z každého vzorníku (12 vzorků), tři vzorky kořenů z každého vzorníku (12 vzorků) a jeden vzorek dřeva pařezu a kůry pařezu za vzorník (4 vzorky). Větve a s jehličím byly odebrány vždy jedna z každého přeslenu, pro chemickou analýzu však byly použity směsné vzorky za celý vzorník.

VÝSLEDKY

Kmenová zásoba (kmen s kůrou) se pohybovala od 111 do 159 m³ na hektar. Hektarová hmotnost nadzemní a části podzemní biomasy se pohybovala od 150 do 230 tun. Nejvíce se na celkové hmotnosti podílel kmen (95 až 139 tun na hektar). Hmotnost větví s listím (29 až 45 tun na hektar) a hmotnost pařezů s kosterními kořeny (27 až 45 tun na hektar) byla prakticky srovnatelná (tab. 1).

Největší hmotnostní ztráty po vysušení byly zaznamenány u listí, kde hmotnost sušiny dosahovala 42 % hmotnosti v čerstvém stavu. Nejnižší úbytek hmotnosti byl u kůry kmene, kde sušina představovala 75 % hmotnosti čerstvé kůry. Díky odlišným změnám v hmotnosti jednotlivých komponent se také měnil poměr mezi hmotností jednotlivých komponent začerstva a po vysušení (tab. 2).

Tab. 1.

Základní taxační údaje a údaje o hmotnosti biomasy břízy v čerstvém stavu (věk 22 let)
Basic mensurational characteristics of experimental plots and weights of birch fresh biomass (age 22 years)

Plocha ¹	Počet stromů ² (ks.ha ⁻¹)	Tloušťka středního kmene ³ (cm)	Výčetní kruhová základna ⁴ (m ² .ha ⁻¹)	Zásoba kmenů s kůrou ⁵ (m ³ .ha ⁻¹)	Hmotnost pařezů s kořeny ⁶ (t.ha ⁻¹)	Hmotnost kmenů s kůrou ⁷ (t.ha ⁻¹)	Hmotnost větví s listím ⁸ (t.ha ⁻¹)
BR HK 1	1300	13,3	18,1	126	30,9	108,1	32,8
BR HK 2	917	15,5	17,3	122	33,9	107,3	34,4
BR HK 3	1450	14,0	22,4	159	45,4	139,3	45,2
BR HK 4	1200	13,0	15,9	111	26,9	94,6	28,6
BR HK 5	1017	14,6	17,0	120	31,4	103,8	32,5
BR HK 6	1383	14,2	21,8	152	38,9	131,6	40,7

¹Plot; ²Number of trees per hectare; ³Mean stem diameter; ⁴Basal area per hectare; ⁵Volume of stems with bark per hectare; ⁶Weight of stump with coarse roots; ⁷Weight of stem with bark; ⁸Weight of branches with leaves

Nejvyšší koncentraci v sušině vykazoval dusík následovaný vápníkem, draslíkem a hořčíkem. Fosfor se vyskytoval v nejnižší koncentraci ve všech komponentech sušiny. Sušina listů obsahovala nejvyšší koncentrace všech živin, dalšími významnými zdroji živin jsou větve, kůra a tenké kořeny do 1 cm průměru. Nejnižší koncentrace živin byla zaznamenána ve dřevě (tab. 3).

Podle výpočtu z alometrických rovnic (tab. 4) bylo v biomase břízy na jednom hektaru porostu v průměru akumulováno 369 kg dusíku, 26 kg fosforu, 119 kg draslíku, 255 kg vápníku a 46 kg hořčíku (tab. 5). Nejvíce živin bylo akumulováno ve větvích, nejméně v listech. Hektarová zásoba živin v dřevě a kůře kmenů činila 141 kg (38 % z celkové biomasy) dusíku, 8 kg (31 %) fosforu, 54 kg (45 %) draslíku, 116 kg

Tab. 2.

Podíly jednotlivých komponent nadzemní biomasy
Share of particular components of aboveground biomass

Podíl listů na celkové hmotnosti větví s listím za čerstva ¹	16 %
Podíl listů na celkové hmotnosti větví s listím po vysušení ²	10 %
Podíl kůry na celkové hmotnosti dřeva a kůry kmene za čerstva ³	14 %
Podíl kůry na celkové hmotnosti dřeva a kůry kmene po vysušení ⁴	17 %
Procento sušiny listů z hmotnosti čerstvého listí ⁵	42 %
Procento sušiny kůry kmene z hmotnosti čerstvé kůry ⁶	75 %
Procento sušiny dřeva kmene z hmotnosti čerstvého dřeva ⁷	59 %
Procento sušiny větví z hmotnosti čerstvých větví ⁸	62 %

¹Share of leaves in leaved branches – fresh samples; ²Share of leaves in leaved branches – dry samples; ³Share of bark in overbark stem – fresh samples; ⁴Share of bark in overbark stem – dry samples; ⁵Dry mass of leaves; ⁶Dry mass of bark; ⁷Dry mass of wood; ⁸Dry mass of branches

Tab. 3.

Koncentrace živin v jednotlivých komponentech sušiny břízy
Nutrient concentrations in particular components of dry mass

	N ¹	P ²	K ³	Ca ⁴	Mg ⁵
	(%)				
Listy/Leaves	1,13	0,12	0,42	0,94	0,30
Větve/Branches	0,74	0,06	0,20	0,43	0,06
Kůra kmene/Stem bark	0,50	0,05	0,15	0,62	0,05
Dřevo kmene/Stem wood	0,14	0,005	0,06	0,07	0,02
Dřevo pařezu/Stump wood	0,16	0,003	0,05	0,07	0,04
Kůra pařezu/Stump bark	0,42	0,01	0,07	0,54	0,04
Kořeny do 1 cm/Roots up to 1 cm	0,65	0,06	0,17	0,43	0,08
Kořeny do 5 cm/Roots up to 5 cm	0,45	0,05	0,13	0,18	0,04
Kořeny do 10 cm/Roots up to 10 cm	0,27	0,01	0,09	0,16	0,04

¹Dusík/Nitrogen; ²Fosfor/Phosphorus; ³Draslík/Potassium; ⁴Vápník/Calcium; ⁵Hořčík/Magnesium

Tab. 4.

Parametry alometrických rovnic jako funkcí výčetní tloušťky
Parameters of allometric equations as function of DBH

Závislost/Relationship	Parametry/Parameters	
	a	b
Objem kmene s kůrou ¹ (m ³) ~ f [D _{1,3} (cm)]	0,0004	2,1172
Hmotnost pařezu s kůrou ² (kg) ~ f [D _{1,3} (cm)]	0,0092	2,9944
Hmotnost kmene s kůrou ³ (kg) ~ f [D _{1,3} (cm)]	0,2199	2,2833
Hmotnost větví s listím ⁴ (kg) ~ f [D _{1,3} (cm)]	0,0230	2,6789
Dusík v kořenech ⁵ (g) ~ f [D _{1,3} (cm)]	0,0239	2,8550
Fosfor v kořenech ⁶ (g) ~ f [D _{1,3} (cm)]	0,0021	2,7332
Draslík v kořenech ⁷ (g) ~ f [D _{1,3} (cm)]	0,0064	2,8816
Vápník v kořenech ⁸ (g) ~ f [D _{1,3} (cm)]	0,0123	2,8878
Hořčík v kořenech ⁹ (g) ~ f [D _{1,3} (cm)]	0,0033	2,8110

¹Volume of stem with bark; ²Weight of trunk with bark; ³Weight of stem with bark; ⁴Weight of branches with leaves; ⁵Nitrogen in roots; ⁶Phosphorus in roots; ⁷Potassium in roots; ⁸Calcium in roots; ⁹Magnesium in roots

(45 %) vápníku a 19 kg (41 %) hořčíku. Zásoba živin v kořenech vypočtená z alometrických rovnic (tab. 4) činila 15–17 % zásoby živin obsažených v celkové biomase.

DISKUSE

V naší studii představoval kmen s kůrou 61–63 %, větve s listím 19–20 % a pařezy s kořeny 18–20 % celkové hektarové biomasy hodnocených březových porostů. Tyto hodnoty jsou podobné relativním poměrům komponent biomasy zjištěným JOHANSSONEM (2007) v mladších 12letých porostech břízy bělokoré na písčitéch a středně jílovitých půdách. URI et al. (2007b) konstatoval 62,4 % biomasy kmene a 19,2 % podzemní biomasy vzhledem k celkové biomase 8letého porostu břízy. V ještě mladších porostech břízy (1 až 7 let) doložili KUZNETSOVA et al. (2011) podíl kmene na nadzemní biomase v rozmezí ca 20–50 %. Tyto podíly tedy zřejmě nejsou stálé, protože URI et al. (2012) na základě studia chronosekvence porostů břízy doložili stoupající relativní podíl uhlíku nadzemní biomasy vůči celkové zásobě uhlíku včetně půdy s věkem porostů. JOHANSSON (1999) také doložil stoupající relativní podíl biomasy kmene vůči nadzemní biomase v chronosekvenci 7 až 11 let věku (61 až 90 %); později (od věku 32 let) zůstal tento podíl ustálen na hodnotě okolo 90 %. Zvyšující se proporce kmene na úkor větví, listů, pařezu a kořenů během růstu stromu konstatovali také PETERSSON et al. (2012) a WANG et al. (1996).

Koncentrace sledovaných živin s výjimkou vápníku klesaly v jednotlivých komponentách biomasy v pořadí listy > větve > kořeny do 1 cm > kůra kmene > kořeny do 5 cm > kůra pařezu > kořeny do 10 cm > dřevo pařezu > dřevo kmene. Podobnou sestupnou řadu koncentrací zjistili URI et al. (2007b) a KUZNETSOVA et al. (2011). Pokles koncentrací N a P v řadě listy > kořeny > větve konstatovali PALVIAINEN et al. (2004). Z pohledu zásoby živin se v naší studii ukázala jako významná komponenta větví (viz tab. 5); tato část by tedy měla být při výchovných zásadách separována a ponechávána v porostu (viz také např. LUTTER et al. 2015).

V naší studii vykazoval nejvyšší koncentraci v sušině dusík následovaný vápníkem, draslíkem a hořčíkem. Fosfor se vyskytoval v nejnižší koncentraci ve všech komponentách sušiny. To v zásadě potvrzuji výsledky foliárních koncentrací břízy ve studii HYTÖNEN et al. (2014). Těžební zbytky břízy rychleji uvolňují N a P v podmínkách holoseče ve srovnání s těžebními zbytky borovice a smrku (PALVIAINEN et al. 2004) a uvolňují rychleji také uhlík (PALVIAINEN et al. 2010a). To by mohlo ukazovat na vyšší riziko vymývání živin z půdy po holé seči

tam, kde břízy v porostech dominují (PALVIAINEN et al. 2004). Vyšší koncentrace živin (N, P, K, Ca, Mg, Na) v pařezech břízy ve srovnání s pařezy smrku a borovice našli HELSTEN et al. (2013). Nicméně PALVIAINEN et al. (2010b) v jižním Finsku zjistili, že pařezy břízy ztratily za 40 let po těžbě více než 2/3 původního obsahu P a Mg, zatímco pařezy borovice a smrku obsahovaly až dvojnásobek původní zásoby P a Mg. Zajímavé trendy změny koncentrace N, P a K (%) v listech v chronosekvenci porostů břízy bělokoré dokládají ROSENVALD et al. (2013). Spolu s věkem (3 až 60 let) byl zřejmý pokles N a K, zatímco koncentrace P v listech stoupala.

ZÁVĚR

V biomase hodnocených 22letých březových porostů převažuje komponenta kmene (114 t.ha⁻¹, 62 % celkové biomasy). Podzemní komponenta a korunová komponenta biomasy představovaly shodně ca 19 % celkové biomasy. Nejvyšší koncentrace živin byla zjištěna v listí, ale největší zásoba živin byla nalezena ve větvích. Vzhledem k tomu je vhodné při výchovných zásadách i obnovních těžbách ponechávat biomasu větví k rozložení, aby nedocházelo k dalšímu ochuzování na živiny již chudých stanovišť.

Poděkování:

Príspevek vychází z řešení projektu TA04021532 „Udržitelná produkce a hospodaření s živinami v borových a březových porostech nižších poloh“ s finanční podporou TAČR.

LITERATURA

- CAMERON A. D. 1996. Managing birch woodlands for the production of quality timber. *Forestry*, 69, 4: 357–371.
- HANSSON K., FRÖBERG M., HELMISAARI H.-S., KLEJA D.B., OLSSON B.A., OLSSON M., PERSSON T. 2013a. Carbon and nitrogen pools and fluxes above and below ground in spruce, pine and birch stands in southern Sweden. *Forest Ecology and Management*, 309: 28–35. DOI: 10.1016/j.foreco.2013.05.029
- HANSSON K., HELMISAARI H.-S., SAH S.P., LANGE H. 2013b. Fine root production and turnover of tree and understorey vegetation in Scots pine, silver birch and Norway spruce stands in SW Sweden. *Forest Ecology and Management*, 309: 58–65. DOI: 10.1016/j.foreco.2013.01.022

Tab. 5.

Obsah živin v jednotlivých komponentách biomasy
Nutrient pools in particular components of biomass

Komponenta/ Components		N ¹	P ²	K ³ (kg.ha ⁻¹)	Ca ⁴	Mg ⁵
Listy/ Leaves	Průměr/Mean S.D. ⁶	27 4,6	3 0,5	10 1,7	23 3,9	7 1,2
Větve/ Branches	Průměr/Mean S.D.	137 23,4	11 1,9	36 6,2	79 13,6	12 2,0
Kůra kmene/ Stem bark	Průměr/Mean S.D.	60 9,2	5 0,8	18 2,7	74 11,3	6 0,9
Dřevo kmene/ Stem wood	Průměr/Mean S.D.	81 12,3	3 0,4	36 5,4	42 6,5	13 2,0
Nadzemní biomasa/ Aboveground biomass	Průměr/Mean S.D.	305 49,4	22 3,6	100 16,0	219 35,1	38 6,1
Podzemní biomasa Belowground biomass	Průměr/Mean S.D.	64 11	4 1	19 3,2	36 6,3	8 1,3

¹Dusík/Nitrogen; ²Fosfor/Phosphorus; ³Draslík/Potassium; ⁴Vápník/Calcium; ⁵Hořčík/Magnesium;

⁶Směrodatná odchylka/Standard deviation

- HELLSTEN S., HELMISAARI H-S., MELIN Y., SKOVSGAARD J. P., KAAKINEN S., KUKKOLA M., SAARSALMI A., PETERSSON H., AKSELSSON C. 2013. Nutrient concentrations in stumps and coarse roots of Norway spruce, Scots pine and silver birch in Sweden, Finland and Denmark. *Forest Ecology and Management*, 290: 40–48. DOI: 10.1016/j.foreco.2012.09.017
- HYNYNEN J., NIEMISTÖ P., VIHÉRÄ-AARNIO A., BRUNNER A., HEIN S., VELLING P. 2010. Silviculture of birch (*Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh.) in northern Europe. *Forestry*, 83 (1): 103–119.
- HYTÖNEN J., SARAMÄKI J., NIEMISTO P. 2014. Growth, stem quality and nutritional status of *Betula pendula* and *Betula pubescens* in pure stands and mixtures. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 29 (1): 1–11. DOI: 10.1080/02827581.2013.838300
- JAGODZIŃSKI A. M., ZASADA M., BRONISZ K., BRONISZ A., BIJAK S. 2017. Biomass conversion and expansion factors for a chronosequence of young naturally regenerated silver birch (*Betula pendula* Roth) stands growing on post-agricultural sites. *Forest Ecology and Management*, 384: 208–220. DOI: 10.1016/j.foreco.2016.10.051
- JOHANSSON T. 1999. Biomass equations for determining functions of pendula and pubescent birches growing on abandoned farmland and some practical implications. *Biomass and Bioenergy*, 16: 223–238.
- JOHANSSON T. 2007. Biomass production and allometric above- and below-ground relations for young birch stands planted at four spacings on abandoned farmland. *Forestry*, 80: 41–52.
- KIKAMÄGI K., OTS K., KUZNETSOVA T. 2013. Effect of wood ash on the biomass production and nutrient status of young silver birch (*Betula pendula* Roth) trees on cutaway peatlands in Estonia. *Ecological Engineering*, 58: 17–25.
- KUZNETSOVA T., LUKJANOVA A., MANDRE M., LÖHMUS K. 2011. Aboveground biomass and nutrient accumulation dynamics in young black alder, silver birch and Scots pine plantations on reclaimed oil shale mining areas in Estonia. *Forest Ecology and Management*, 262: 56–64. DOI: 10.1016/j.foreco.2010.09.030
- LUTTER R., TULLUS A., KANAL A., TULLUS T., VARES A., TULLUS H. 2015. Growth development and plant-soil relations in midterm silver birch (*Betula pendula* Roth) plantations on previous agricultural lands in hemiboreal Estonia. *European Journal of Forest Research*, 134: 653–667.
- MACHÁČEK V., MALÁT M. 1982. The retraction-spectrophotometric determination of phosphorus in plant material. *Rostlinná výroba*, 28: 221–224.
- MARTINÍK A., ADAMEC Z., HOUŠKA J. 2017. Production and soil restoration effect of pioneer tree species in a region of allochthonous Norway spruce dieback. *Journal of Forest Science*, 63: 34–44.
- MÍCHAL I., BUČEK A., HUDEC K., LACINA J., MACKŮ J., ŠINDELÁŘ J. 1992. *Obnova ekologické stability lesů*. Praha, Academia: 172 s.
- NIEUWENHUIS M., BARRETT F. 2002. The growth potential of downy birch (*Betula pubescens* (Ehrh.)) in Ireland. *Forestry*, 75, 1: 75–87. DOI: 10.1093/forestry/75.1.75
- NOVOZAMSKY I., HOUBA V.J.G., VAN ECK I., VAN VARK W. 1983. A novel digestion technique for multi-element plant analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 14: 239–248.
- PALVIAINEN M., FINÉR L., KURKA A-M., MANNERKOSKI H., PIIRAINEN S., STARR M. 2004. Decomposition and nutrient release from logging residues after clear-cutting of mixed boreal forest. *Plant and Soil*, 263: 53–67. DOI: 10.1023/B:PLSO.0000047718.34805.fb
- PALVIAINEN M., FINÉR L., LAIHO R., SHOROHVA E., KAPITSA E., VANHA-MAJAMAA I. 2010a. Carbon and nitrogen release from decomposing Scots pine, Norway spruce and silver birch stumps. *Forest Ecology and Management*, 259 (3): 390–398. DOI: 10.1016/j.foreco.2009.10.034
- PALVIAINEN M., FINÉR L., LAIHO R., SHOROHVA E., KAPITSA E., VANHA-MAJAMAA I. 2010b. Phosphorus and base cation accumulation and release patterns in decomposing Scots pine, Norway spruce and silver birch stumps. *Forest Ecology and Management*, 260, 9: 1478–1489. DOI: 10.1016/j.foreco.2010.07.046
- PETERSSON H., HOLM S., STÄHL G., ALGER D., FRIDMAN J., LEHTONEN A., LUNDSTRÖM A., MÄKIPÄÄ R. 2012. Individual tree biomass equations or biomass expansion factors for assessment of carbon stock changes in living biomass – a comparative study. *Forest Ecology and Management*, 270: 78–84. DOI: 10.1016/j.foreco.2012.01.004
- RAMAKRISHNA T.V., ROBINSON J.W., WEST P.W. 1966. The determination of calcium and magnesium by atomic absorption spectroscopy. *Analytica Chimica Acta*, 36: 57–64.
- ROSENVALD K., OSTONEN I., URI V., VARIK M., TEDERSOO L., LÖHMUS K. 2013. Tree age effect on fine-root and leaf morphology in a silver birch forest chronosequence. *European Journal of Forest Research*, 32: 219–230. DOI: 10.1007/s10342-012-0669-7
- SCHUA K., WENDE S., WAGNER S., FEGER K.H. 2015. Soil chemical and microbial properties in a mixed stand of spruce and birch in the Ore Mountains (Germany) – a case study. *Forests*, 6: 1949–1965. DOI: 10.3390/f6061949
- SIMARD S.W., BLENNER-HASSETT T., CAMERON I. R. 2004. Pre-commercial thinning effects on growth, yield and mortality in even-aged paper birch stands in British Columbia. *Forest Ecology and Management*, 190 (2–3): 163–178. DOI: 10.1016/j.foreco.2003.09.010
- SLODIČÁK M., BALCAR V., NOVÁK J., ŠRÁMEK V. et al. 2008. *Lesnické hospodaření v Krušných horách*. Hradec Králové, Lesy České republiky; Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 480 s.
- SLODIČÁK M. et al. 2009. *Lesnické hospodaření v Jizerských horách*. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 232 s.
- TESAŘ V., BALCAR V., LOCHMAN V., NEHYBA J. 2011. *Přestavba lesa zasaženého imisemi na Trutnovsku*. Brno, Mendelova univerzita v Brně: 176 s.
- URI V., VARES A., TULLUS H., KANAL A. 2007a. Above-ground biomass production and nutrient accumulation in young stands of silver birch on abandoned agricultural land. *Biomass and Bioenergy*, 31: 195–204.
- URI V., LÖHMUS K., OSTONEN I., TULLUS H., LASTIK R., VILDO M. 2007b. Biomass production, foliar and root characteristics and nutrient accumulation in young silver birch (*Betula pendula* Roth.) stand growing on abandoned agricultural land. *European Journal of Forest Research*, 126: 495–506.
- URI V., VARIK M., AOSAAR J., KANAL A., KUKUMÄGI M., LÖHMUS K. 2012. Biomass production and carbon sequestration in a fertile silver birch (*Betula pendula* Roth) forest chronosequence. *Forest Ecology and Management*, 267: 117–126. DOI: 10.1016/j.foreco.2011.11.033
- Vyhlaška č. 83/1996 Sb., o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů, příloha č. 4 – rámcové vymezení cílových hospodářských souborů.
- WANG J.R., ZHONG A.L., SIMARD S.W., KIMMINS J. P. 1996. Aboveground biomass and nutrient accumulation in an age sequence of paper birch (*Betula papyrifera*) in the Interior Cedar Hemlock zone. *Forest Ecology and Management*, 83 (1–2): 27–38. DOI: 10.1016/0378-1127(96)03703-6

NUTRIENT CONTENT IN SILVER BIRCH BIOMASS ON NUTRIENT-POOR, GLEYIC SITES

SUMMARY

Silver birch (*Betula pendula* Roth) is a common tree species in the Czech Republic. It is still considered by many foresters a weed species; some tolerate it. Birch was widely used as a substitute tree species in air-polluted areas (ŠLODIČÁK et al. 2008, 2009; TEŠAŘ et al. 2011). Since 1996, it has been listed as soil-improving and stabilizing component of forests on natural Scots pine, exposed, acidic and water-logged sites in lowlands (Czech law No. 83/1996).

Logging residues and fast-growing tree species biomass are used for energy purposes (see JOHANSSON 1999) these days. This practice face us with a need to keep sustainable nutrient cycling in the forests. The information published is frequently of Nordic and/or mountain conditions origins. Silver birch, however, grows also in Czech lowlands and hilly areas.

Information on production and silvicultural measures in birch stands on such sites are still missing under Czech conditions. The objective of our study is to optimize birch silviculture in the 1st and 2nd forest vegetation domains in terms of biomass amount, content of nutrients in particular biomass components in order to (1) minimize impact of forest biomass removal on forest environment, and (2) keep forest management sustainable.

Six experimental plots were established to investigate particular mensurational characteristics such as number of trees, DBH, basal area, standing volume, and weight of below-ground and above-ground biomass. Four birch tree samples were taken within each experimental plot; the samples were chosen within 8–20cm DBH range. After felling, the sample trees were divided into the biomass components. Stem volume was calculated using Smalian's formula for each 1m part. Fresh weight of biomass components were measured in the field using a portable scales. Over-bark wood samples and leaved-branch samples were then taken from the sample trees. Leaves, bark and wood were separated and weighed both fresh and after drying at 80 degrees centigrade.

Roots were divided into three fractions (see Tab. 3). Bark and wood were separated and immediately weighed; they were all weighed again after drying.

Relations among DBH, stem volume, below-ground biomass weight, over-bark stem fresh weight, and fresh leaved branches weight were derived from an allometric equation $y = a \times D^b$. Results from allometric equations were a basis to get values recalculated per plot and per hectare. The allometric equations were also used to calculated nutrient contents in below-ground biomass.

Nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium were analyzed in a laboratory.

Over-bark stem volume ranged from 111 to 159 m³.ha⁻¹. Total above-ground and coarse part of below-ground biomass amounted to 150–230 t.ha⁻¹. The heaviest component was stem (95–139 t. ha⁻¹). Both branches with foliage and stumps with coarse roots showed comparable values 29–45 t.ha⁻¹ and 27–45 t.ha⁻¹, respectively (Tab. 1).

The greatest weight loss after drying was found in leaves, where dry mass was 42% of the fresh weight. The least loss was found in stem bark; dry mass represented 75% of the fresh weight. Differences in particular components weight changed also a relation between fresh and dry component weights (Tab. 2).

Nitrogen showed the highest concentrations in the dry mass; calcium, potassium and magnesium followed it in descending order. Phosphorus was very low in all components of dry mass. Leaves were higher in all nutrients compared to branches, bark and the finest roots. Wood was the lowest in all nutrients (Tab. 3).

Birches accumulated 369kg of nitrogen, 26kg of phosphorus, 119kg of potassium, 255kg of calcium, and 46kg of magnesium per hectare (Tab. 5). Branches were the greatest nutrient pools, leaves were the poorest ones. Coarse roots nutrient pool (see Tab. 4) reached 15–17% of the total birch biomass pool.

The 61–63% of the total biomass (t.ha⁻¹) was over-bark stem, 18–20% were leaved branches, and 18–20% were stumps with coarse roots. These values are similar to JOHANSSON's (2007) findings in younger 12-year-old birch stands on sandy and medium-clay soil. Also URI et al. (2007b) reported the 62% stem of the 8-year-old birch total biomass, and 19% of the below-ground components.

KUZNETSOVA et al. (2011) found that the birch stem component was 45%, 20%, 45%, and 50% of the above-ground biomass in 1-year, 2-year, 4-year and 7-year-old stands, respectively. The percentage of biomass components changes over time as URI et al. (2012) found increasing % of above-ground carbon compared to the total carbon pool (including soil carbon). JOHANSSON (1999) studied also increasing % of stem/above-ground biomass in 7-year, 8-year, 8-year, 10-year, and 11-year-old birch stand chronosequence representing 61%, 56%, 67%, 74%, and 90% biomass, respectively. 32-year-old and older stands showed constant 90% being shared by the stem.

Nutrient (N, P, K, Mg) concentrations in particular components of the biomass decreased (especially nitrogen) in descending order such as leaves > branches > the finest roots > stem bark > medium roots > stump bark > coarse roots > stump wood > stem wood. Descending N, P, and K concentrations in particular biomass components found earlier URI et al. (2007b) and KUZNETSOVA et al. (2011). Also PALVIAINEN et al. (2004) reported descending N, P concentrations (mg.g⁻¹) in leaves > roots > branches. As for the carbon content, URI et al. (2012) found that the birch biomass is 50% carbon regardless of both the component and the age of stands.

Birch branches were important nutrient pool; this component should be left on site after felling (see LUTTER et al. 2015). Our samples were high in N, lower in Ca, K and Mg, and poor in P (all dry mass components). This confirmed HYTÖNEN et al. (2014) in birch foliar nutrient

concentrations. It seems that logging residues can release N and P (PALVIAINEN et al. 2004) and C (PALVIAINEN et al. 2010a) faster compared to spruce and pine after clear-cutting. It is likely to pose a nutrient leaching risk in birch-dominated stands. HELLSTEN et al. (2013) found birch stumps higher in N, P, K, Ca, Mg, and Na compared to spruce and pine. PALVIAINEN et al (2010b), however, found a different story; their birch stumps lost more than 2/3 of the initial content of P and Mg over 40 years after felling, while spruce and pine stumps were P and Mg sinks containing more (sometimes doubled) P and Mg compared to initial contents. The important approach to avoid excessive loss of nutrients is not to excavate below-ground biomass from nutrient-poor sites to be used in industry (PALVIAINEN et al. 2010a).

Birch biomass was 62% stem ($114 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), 19% below-ground ($35 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) component, and 19% crown with leaves ($36 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Leaves were the highest in nutrients though the greatest pools were found in branches. This part should be left on site after thinning and/or logging to reduce export of nutrients from nutrient-poor, gleyic site.

Zasláno/Received: 26. 06. 2017

Přijato do tisku/Accepted: 14. 07. 2017