

PRODUKČNÍ POTENCIÁL MLADÉHO POROSTU SMRKU PICHLAVÉHO A AKUMULACE ŽIVIN V NADZEMNÍ BIOMASE

PRODUCTION POTENTIAL OF BLUE SPRUCE YOUNG STAND AND NUTRIENT ACCUMULATION IN THE ABOVEGROUND BIOMASS

ING. ONDŘEJ ŠPULÁK

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

ABSTRACT

Accumulation of aboveground biomass of ca 20 years old blue spruce (BS) substitute tree stand was studied in the Jizerské hory Mts., Czech Republic. Dry matter of the average BS tree was almost half of its fresh weight; maximal relative content of the nutrients was accumulated in annual needles and minimal in stem wood. Similarly, annual needles contained maximum nutrients of the forest stand, less elements was in mass of branches in bark, stem bark and minimum in stem wood. Limit nutrient of the extremely poor site was phosphorus. Thinning with whole tree logging would bring substantial site deprivation, acceptable compromise could be logging of timber to the top of 7 cm o. b. only.

Klíčová slova: nadzemní biomasa, živiny, smrk pichlavý, náhradní porosty, Jizerské hory

Key words: aboveground biomass, nutrients, blue spruce, substitute stands, Jizerské hory Mts.

ÚVOD

Smrk pichlavý (SMP), nejrozšířenější introdukovaná dřevina porostů náhradních dřevin zakládáných v období likvidace imisních škod, byl do porostů zaveden pro svoji rezistenci ke klimatickým extrémům a imisím (ŠIKA 1976), ale i pro odolnost vůči poškození spárkatou zvěří (KUBELKA et al. 1992) a relativně jednoduché pěstování ve školkách (REMEŠ et al. 2002). Vysazován byl hlavně ve východním Krušnohoří, ojediněle již od konce čtyřicátých, více od počátku let šedesátých, a ve vrcholové části Jizerských hor. Už v počátcích byly na SMP v lesních porostech rozdílné názory (ŠIKA 1976).

Dřevoprodukční funkce porostů SMP v domovině je minimální (PAVEK 1993), v našich podmínkách je ještě utlumena odlišnými stanovištními podmínkami nekorespondujícími s přirozenými nároky dřeviny. V Krušných horách byl často vysazován i na stanoviště po buldozerové přípravě (PODRÁZSKÝ, SOUČEK 1996). Dřevo je křehké a často sukaté, nemá výrazné využití (PAVEK 1993), dokonce i z hlediska chemického zpracování je nevhodné (REMEŠ et al. 2002), i když se dříve uvažovalo o možnosti využití na výrobu celulózy (ŠIKA 1976). V současné době je velká část porostů se smrkem pichlavým nestabilní, zpravidla podléhající klimatickým vlivům (SLODIČÁK 2001) a určena k postupné rekonstrukci.

V nedávné době se objevily snahy v rámci rekonstrukce porostů zužitkovat biomasu naakumulovanou v tyčkovinách smrku pichlavého na energetickou štěpku a začít tak pěstování cílových dřevin na takto uvolněných lokalitách. Kromě negativních mikroklimatických dopadů (BALCAR, KACÁLEK 2007, ŠPULÁK 2009b) může mít toto rozhodnutí negativní dopad na živinovou bilanci stanoviště. Na základě předchozího šetření v Krušných horách (SLODIČÁK, NOVÁK 2008a) hovoří nová metodika výchovy porostů náhradních dřevin (SLODIČÁK,

NOVÁK 2008b) o energetické štěpce pouze z materiálu po výchovných zásazích mimo buldozerové plochy. I tak však upozorňuje na nebezpečí ochuzení stanoviště o vápník a hořčík.

Práci zabývající se biomasou smrku pichlavého je poskrovnu. V Krušných horách se touto problematikou v omezené míře v počátku využívání dřeviny jako náhradní zabýval ŠIKA (1976), otázku vlivu výchovy na akumulaci biomasy 22letého porostu SMP v této oblasti řešili SLODIČÁK a NOVÁK (2008a). Další studie (MORAVČÍK, PODRÁZSKÝ 1993) pochází z Podkrkonoší a rozpracovává akumulaci biomasy 18 až 23letého porostu poblíž silného imisního zdroje. Z Jizerských hor, ve kterých výměra porostů smrku pichlavého dosahuje 1 640 ha (SLODIČÁK et al. 2005), není doposud žádná práce k dispozici. Tento text má za cíl tuto mezeru alespoň částečně zaplnit.

Cílem příspěvku je na základě živinové bilance vzorníků stanovit akumulaci dendromasy mladého porostu smrku pichlavého a živin v ní obsažených ve smrkovém lesním vegetačním stupni v Jizerských horách a vyhodnotit limity případného zužitkování biomasy.

METODIKA

Výzkum akumulace biomasy v tyčkovině smrku pichlavého byl prováděn v roce 2007 na lokalitě Plochý (880 m n. m., 5% sklon Z svahu, 8K) v Jizerských horách. Zhruba dvacetiletý porost smrku pichlavého měl průměrnou hustotu 2 340 ks.ha⁻¹, střední výšku 4,3 m a střední tloušťku 9 cm. V roce 2007 bylo na výzkumné ploše o velikosti 0,12 ha provedeno kompletní retrospektivní měření stromových charakteristik (ŠPULÁK 2009a).

Na základě tloušťkové struktury porostu bylo na podzim odebráno 7 vzorníků z úrovně porostu, reprezentující tloušťkové stupně v okolí středního kmene, na komplexní destruktivní produkční a chemickou

analýzu. U vzorníků byl zpětně proměřen výškový vývoj, tloušťka kmene nad jednotlivými přesleny, délka větví v přeslenech. U čtyř z těchto vzorníků byly odebrány veškeré jednoleté výhony po jednotlivých přeslenech, analyzována jejich sušina a proveden chemický rozbor jehličí na základní živiny, křemík a síru. Vzorky byly mineralizovány, celková koncentrace dusíku byla analyzována podle metodiky Kjeldahla, fosfor byl stanoven kolorimetricky, draslík atomovým absorpčním spektrofotometrem, vápník a hořčík atomovou absorpcí po dodání lanthanu, síra a křemík Balksovou metodou.

Z jednotlivých vzorníků byly odebrány větve po trojici přeslenů a zvážena hmotnost v čerstvém stavu i sušina a analyzován obsah prvků průměrného vzorku jehličí i dřeva větví v kůře. U kmene byla zjišťována hmotnost čerstvá, odebrány vzorky (kotouče) na čele, v polovině délky a ve výšce, kde tloušťka dosahovala 7 cm a 5 cm. U vzorků byl změřen objem dřeva i kůry, analyzována sušina a proveden chemický rozbor opět podle metodiky uvedené výše.

Spojením terénních i laboratorních měření byl vytvořen model závislosti tloušťky v prsní výšce a jednotlivých parametrů stromu (hmotnost čerstvá, sušina dřeva kmene, kůry kmene, dřeva s kůrou větví, jehličí). Těsný vztah mezi těmito veličinami byl potvrzen v řadě předchozích prací (např. ČERNÝ 1990, HOCHBICHLER et al. 2006, SLODIČÁK, NOVÁK 2008a). Vzhledem k výjimečnosti poměru objemu kmene ku objemu větví a jehličí byl z těchto výpočtů vyloučen jeden vzorník. S pomocí vypočítaných vztahových rovnic, na základě konkrétních tloušťek stromů na výzkumné ploše (obr. 1, blíže viz ŠPULÁK 2009a), bylo přistoupeno k modelovým výpočtům čerstvé hmotnosti, sušiny a živinových proporcí jednotlivých stromů. Sumarizací pak byla vypočítána celková zásoba v jednotlivých komponentech porostu. Základní statistické porovnání dat bylo provedeno s použitím jednofaktorové ANOVy (Kruskal-Wallis) a srovnáním intervalů spolehlivosti (confidence) na hladině významnosti 0,95.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Biomasa vzorníků

Analyzované vzorníky měly průměrnou výšku 480 cm, tloušťku 10,45 cm a výšku nasazení koruny 78 cm (tab. 1). Celková hmotnost v čerstvém stavu u analyzovaných vzorníků se pohybovala v rozpětí 40,7 až 94,1 kg (průměr 57,1 kg), z čehož 48 až 60 % tvořila hmota větví s jehličím (průměr 52 %) – tabulka 2. V sušině to představovalo 16,4 až 40,7 kg biomasy stromu (průměr 26,1 kg), tedy celkem 43,3 až 48,8 % hmotnosti stromu tvořila sušina. Relativně více sušiny bylo obsaženo ve větvích s jehličím (48,5 až 56,1 %) než ve kmeni s kůrou (35,9 až 41,7 %), což souvisí se strukturou a fyziologickou aktivitou dané části stromu.

Průměrná hmotnost sušiny dřeva kmene vzorníků byla srovnatelná se sušinou větví (tab. 3). Velice vyrovnaný podíl z celkové hmotnosti měla sušina jehličí – rozpětí se pohybovalo mezi 25,1 % a 29,8 %. Z hlediska poměru sušiny jednotlivých složek se výrazněji odlišoval vzorník č. 2, u kterého měla biomasa kmene minimální hodnotu a maximální byl podíl biomasy větví s jehličím.

Jednoleté jehličí (ročník 2007)

Hmotnost sušiny nových výhonů na vzornících v roce 2007 dosahovala od 631,6 do 1 032,2 g (průměrně 782,7 g). Z toho 27,9 až 31,4 % tvořila hmota jehličí, zbytek větvičky. Z hlediska polohy v koruně přirostla největší hmotnost sušiny nových výhonů nejčastěji na 5. až 7. přeslenu. Ve spodnější části koruny se již projevo-

val vliv bočního stínění, na které smrk reagoval snížením přírůstu nových výhonů. Podíl jehličí na celkové hmotnosti výhonů jednotlivých přeslenů se od horní do spodní části koruny zvyšoval: zatímco na terminálu tvořil od 15 do 20 %, na 10. přeslenu to bylo již 74 až 80 %.

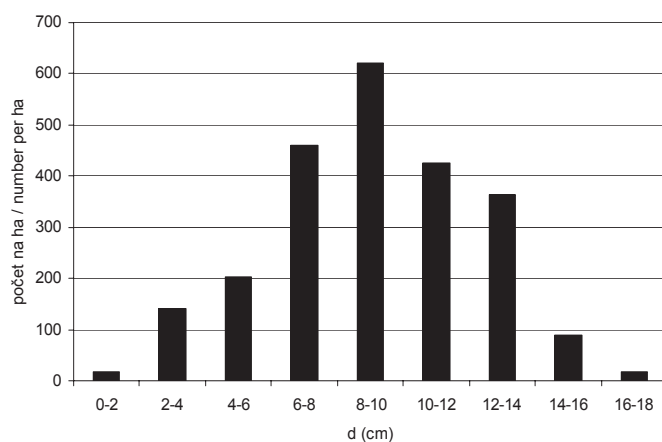
Z chemické analýzy vyplynul výrazný nárůst obsahu vápníku a hořčíku v jednoletém jehličí směrem od vrcholu k zemi. Tento nárůst mezi terminálním výhonem a 10. přeslenem shora průměrně dosahoval u vápníku 219 % a u hořčíku 62 % (tab. 4). V literatuře je komentován nárůst obsahu vápníku směrem od vrcholu k bázi zelené koruny u nového jehličí jedle obrovské (NÁROVEC 2002), hořčík však u této dřeviny podobný trend nevykazoval. Příčinou může být průměrná úroveň oslunění jednotlivého patra. Dalo by se však předpokládat, že se translokace živin v rámci koruny bude týkat i dalších prvků.

Z hlediska dostupných kritérií obsahu živin po stránce výživy uváděných pro smrk ztepilý (BERGMANN 1988) vykazuje jednoleté jehličí nedostatečné hodnoty u N, P i K a limitní hodnoty u Ca a Mg, tzn. vyrovnaně nedostatečnou výživu. Konkrétní limitní hodnoty se samozřejmě mezi druhy mohou lišit, zhoršený zdravotní stav porostu (viz ŠPULÁK 2009a) však neoptimální výživě odpovídá.

Větve s jehličím

Hmotnost sušiny dřeva větví (v kůře) i jehličí 1. až 5. přeslenu byla logicky několikanásobně nižší než u následující pětice přeslenů a ta u dřeva nižší než hmotnost přeslenů 11. až 15. přeslenu. Výjimkou byl vzorník č. 2, u kterého již pravděpodobně vzhledem k redukovanému bočnímu růstu větví byla hmotnost spodních přeslenů nižší. Naproti tomu u sušiny jehličí byla, až na vzorník č. 16, již vždy menší hmotnost u přeslenů 11. až 15. oproti skupině 6. až 10. přeslenu. Souvislost lze spatřovat v zastínění, projevujícím se na jedné straně v omezené tvorbě nových výhonů (viz výše), na druhé straně také v redukci fotosynteticky neúčinných pletí (opadu starších ročníků jehličí).

Z chemické analýzy dřeva větví vyplynul pokles zastoupení vybraných prvků směrem od horní po spodní část koruny. Průkazně klesal obsah N, těsně neprůkazně P, avšak u skupiny 11. až 15. přeslenu se již fosfor dostal pod hranici přesnosti metody. Pokles obsa-



Obr. 1.

Tloušťková struktura porostu smrku pichlavého na lokalitě Plochy v roce 2007

Diameter structure of blue spruce stand on the locality of Plochy in 2007

hu draslíku byl vysoce průkazný, vyskytoval se i u hořčíku a síry, avšak neprůkazně (tab. 5). Rozdílnost chemismu může souviset jak s variabilním poměrem kůry v rámci koruny, tak je možná i redistribuce prvků spojená se zásobováním fotosynteticky aktivních poloh (cf. NÁROVEC 2002).

Závislost výšky v koruně byla zjištěna i v případě směsného vzorku všech ročníků jehličí. Podobně jako u jednoletých výhonů se projevil trend nárůstu Ca (průkazně) a Mg (neprůkazně), ale také pokles obsahu N (neprůkazně). Zajímavý je nárůst obsahu křemíku jak ve dřevě větví, tak v jehličí. V literatuře se uvádí, že jehličí smrku, zvláště pokud je smrk stresovaný, má zvýšený obsah křemíku (GODDE et al. 1991). „Stres“ způsobený vyšším stíněním starších ročníků jehličí mohl mít podobný dopad.

Přestože celková sušina dřeva větví ve všech případech přesahovala sušinu jehličí (o 3 až 47 %), celková zásoba živin, ale i síry a křemíku, byla, vzhledem k svému procentickému zastoupení, v jehličí vždy vyšší.

Kmen s kůrou

Obsahy živin v kůře násobně převyšovaly obsahy ve dřevě (tab. 6), což je všeobecně platný výsledek ukládání živin v rámci kmene. Zvláště významné to bylo u fosforu, kde hodnoty ve dřevě nedosahovaly ani minima zachytitelného metodou analýzy. V rámci výškového profilu kmenem bylo zjištěno, že v kůře horní části stromu je oproti bázi akumulováno relativně více N, P, K a Mg. Průkazný rozdíl se ukázal ve všech případech minimálně mezi kůrou v místě o tloušťce 5 cm a na čele kmene (tab. 6). Také hořčík ve dřevě vykazoval podobný poměr, obsah draslíku však byl v horní části nejnižší. Naproti tomu rozdíly mezi chemismem dřeva podle výšky na kmeni byly pouze minimální.

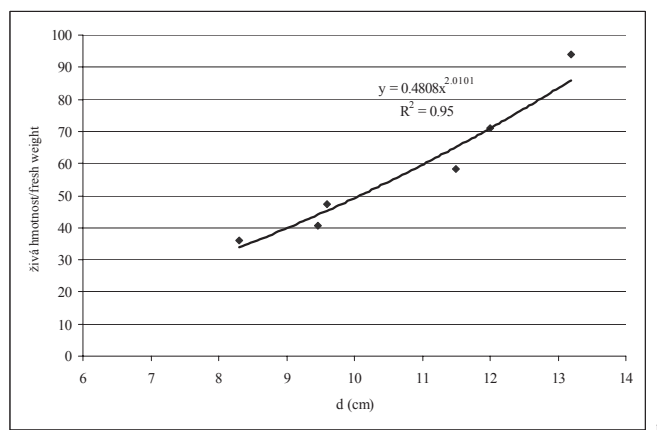
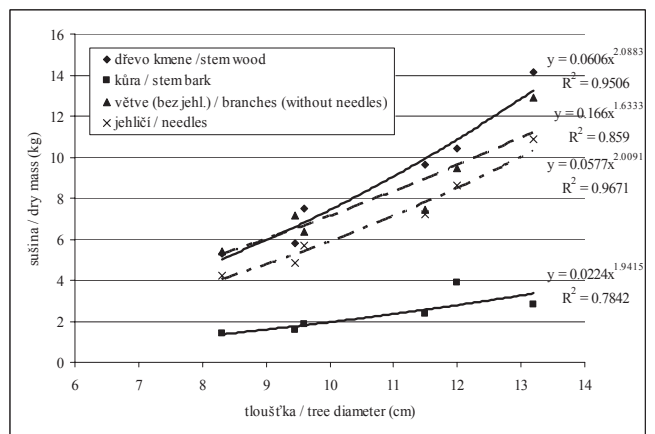
V kůře hroubí průměrného vzorníku bylo nahromaděno od 67 % (u P) po 83 % (u Ca) celkového obsahu prvků v kůře, v dřevě hroubí pak od 83 % (u Mg) po 89 % (u K) celkových prvků v dřevě kmene (tab. 6). V případě využití hroubí kmene tak dochází k úbytku kolem 80 % obsahu prvků akumulovaných ve kmeni.

Zásoba živin v porostu

Modelové křivky vypočítané na základě vztahů mezi tloušťkou vzorníků, čerstvou hmotností stromů a sušinou zkoumaných komponent – dřeva kmene, kůry kmene, dřeva větví s kůrou a jehličí - byly základem pro výpočet porostních charakteristik (obr. 2).

Celková biomasa dřeva kmene a větví porostu, vypočítaná na základě vztahových křivek, byla velice blízká (14,9 a 14,1 t na ha), markantní rozdíly však vykazoval obsah živin v nich akumulovaných (tab. 7). SLODIČÁK a NOVÁK (2008a) při výzkumu v 22letém porostu v Krušných horách (800 m n. m., cca 2 000 stromů na ha) uvádějí velice blízkou biomasu kmene, avšak o 1/3 hmotnatější korunu. Práce analyzující 25letý porost na Trutnovsku (MORAVČÍK, PODRÁZSKÝ 1993) pak naproti tomu vykazovala vyšší podíl dřeva kmene oproti větvím. Disproporce mezi studii mohou být způsobeny lokálními stanovištními rozdíly odrážejícími se ve zdravotním stavu a přírůstové reakci větví. Tomu však příliš neodpovídá poměr sušiny jehličí vůči větvím, který v našem případě dosahuje 83 %, zatímco v zmiňovaných pracích je podíl pouze 63 až 68 %.

Nejmenší hmotnost biomasy byla v našem pokusu soustředěna v kůře (pouze 4,0 t na ha), kromě síry a křemíku zde bylo nahromaděno v porovnání se dřevem více analyzovaných prvků. Významný je tento rozdíl zvláště u vápníku (27,9 kg oproti 12,1 kg na ha). Studie SLODIČÁKA a NOVÁKA (2008) uvádí menší podíl kůry (pouze 3,1 t),



Obr. 2.

Vztah mezi výčetní tloušťkou a sušinou jednotlivých částí stromu (a) a mezi výčetní tloušťkou a čerstvou hmotností stromu (b)
Relation between breast height diameter and dry matter of tree components (a) and between breast height diameter and fresh weight of tree (b)

studie z Trutnovska má, při uvažování vyššího stáří porostu, hodnoty srovnatelné s naší prací.

Hlavní zásoba živin (45 % hořčíku až 74 % fosforu), ale i síry (51 %) a křemíku (80 %) v biomase porostu byla soustředěna v jehličí, menší objemy pak obsahovaly větve, kůra a nejméně prvků v porostu je uloženo ve dřevě kmene (tab. 7). Celkově byla v nadzemní biomase zjištěna velice nízká zásoba fosforu (jen 8,1 kg.ha⁻¹). Velice výrazně se tento deficit projevil při srovnání zásob prvků se studií SLODIČÁKA a NOVÁKA (2008a) v 22letém porostu v Krušných horách: zatímco u většiny prvků (kromě deficitního Ca) uvádějí o 36 až 51 % vyšší celkovou zásobu, fosforu zjistili téměř 3,5krát více.

Pedologickým šetřením prováděným na lokalitě bylo zjištěno, že pod smrkem pichlavým je nahromaděno 153 tun sušiny humusových horizontů (ŠPULÁK, DUŠEK 2009). Rozbor metodou Mehlich III. pak v nich stanovil zásoby N na 2,28 t, P na 3,8 kg, K na 71,7 kg, Ca na 140,0 kg a Mg na 41,16 kg. Stejně jako v nadzemní biomase tak byl limitním prvkem fosfor, což je podpořeno i srovnáním se studií z porostu SMP v Krušných horách (ULBRICHOVÁ et al. 2005).

Doporučovaná síla prvního zásahu podle současné metodiky (SLODIČÁK, NOVÁK 2008b) pro méně příznivé imisně ekologické poměry uvažuje o redukcí cca 30 % počtu stromů a maximálně 15 %

výčetní kruhové základny. Při stromové metodě těžby, např. pro zpracování na štěpku, takový zásah znamená v téměř 15 tunách čerstvé hmoty odnětí 1,2 kg klíčového fosforu, 36,1 kg dusíku, 13,7 kg draslíku, 24,0 kg vápníku a 3,1 kg hořčíku na hektar. Vzhledem k celkové chudosti stanoviště jsou to hmotnosti nezanedbatelné. Nejvyšší zásoba fosforu v komponentech porostu je v jehličí, následovaná větvemi, poté kůrou. V kůře je vyšší obsah v horní části kmene. Pokud by se tedy našla technologie zpracovávající pouze hroubí kmene, byl by dopad na úbytek prvků z ekosystému minimalizován. Při uvážení 80% podílu prvků v hroubí z celkového obsahu ve kmeni (viz výše) by se ztráta pohybovala v rozmezí 8 % zásoby ve stromu u fosforu a 20 % u vápníku.

ZÁVĚR

Ze studie vyplývá, že sušina mladého porostu smrku pichlavého ve smrkovém lesním vegetačním stupni v Jizerských horách tvořila 43 až 49 % čerstvé hmotnosti stromu. Největší procentický obsah živin v ní je uložen v hmotě jednoletého jehličí (průměrně 1,24 % N, 0,1 % P, 0,44 % K, 0,36 % Ca a 0,1 % Mg) a nejmenší ve dřevě kmene (0,09 % N, méně než 0,001 % P, 0,07 % K, 0,08 % Ca a 0,01 % Mg). Z hlediska celkového objemu dvacetiletého porostu o hustotě 2 300 ks na hektar pak nejvíce živin opět obsahuje jehličí (od 45 % u Mg a Ca po 74 % u P), následované hmotou větví v kůře, kůrou kmene a nejméně živin je akumulováno ve dřevě kmene (od 1 % u P po 12 % u K). Limitním prvkem stanoviště s minimálním zastoupením jak v biomase, tak v půdě byl fosfor. Vzhledem k celkové chudosti lokality představuje případné zpracování dřevní hmoty vytěžené při výchovných zásazích výrazné ochuzení ekosystému. Využitelným kompromisem mezi odebráním prvků a alespoň částečným plněním dřevoprodukční funkce může být zpracování pouze hmoty hroubí. Negativní dopady takového hospodaření na živinovou bilanci stanoviště by byly minimalizovány.

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného záměru MZe č. 0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“.

LITERATURA

- BALCAR V., KACÁLEK D. 2008. European beech planted into spruce stands exposed to climatic stresses in mountain areas. *Austrian Journal of Forest Science*, 125/1: 27-38.
- BERGMANN W. 1988. Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Jena, G. Fischer: 762 s.
- ČERNÝ M. 1990. Biomass of *Picea abies* (L.) KARST. in Midwestern Bohemia. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 5: 83-95.
- GODDE D., DIVOUX S., HÖFERT M., KLEIN C., GONSIOR B. 1991. Quantitative and localized element analysis in cross-sections of spruce (*Picea abies* (L.) KARST.) needles with different degrees of damage. *Trees: Structure and Function*, 5: 95-100.
- HOCHBICHLER E., BELLOS P., LICK E. 2006. Biomass functions for estimating needle and branch biomass of spruce (*Picea abies*) and Scots pine (*Pinus sylvestris*) and branch biomass of beech (*Fagus sylvatica*) and oak (*Quercus robur* and *petraea*). *Austrian Journal of Forest Science*, 123: 35-46.
- KUBELKA, L. et al. 1992. Obnova lesa v imisemi poškozené oblasti severovýchodního Krušnohoří. Praha, MZe ČR: 133 s.
- MORAVČÍK P., PODRÁZSKÝ V. 1993. Akumulace biomasy v porostech břízy a smrku pichlavého a jejich vliv na půdu. *Zprávy lesn. výzk.*, 39/2: 4-9.
- NÁROVEC V. 2002. Aktuální stav výživy v nejmladších borových kulturách na LZ Týniště nad Orlicí. Zpráva pro Správu majetku HS, s. r. o., Častolovice. 5 s.
- PAVEK D. S. 1993. *Picea pungens*. In: Fire Effects Information System, [Online]. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (Producer). Available: <http://www.fs.fed.us/database/feis/> [2009, January 14].
- PODRÁZSKÝ V., SOUČEK J. 1996. Antropogenní poškození lesních půd a obnova jejich úrodnosti na lokalitách s buldozerovou přípravou půdy v Krušných horách. In: Vedecké práce Lesnického výzkumného ústavu vo Zvolene. 41. Biologické, technické a ekonomické principy obhospodarovania lesov pre ich nepretržitý rozvoj. Zvolen, Bratislava, Slovak Academic Press: 59-66.
- REMEŠ J., ULBRICHOVÁ I., PODRÁZSKÝ V. 2002. Ekologické nároky a funkční význam smrku pichlavého. *Lesnická práce*, 81: 306-307.
- SLODIČÁK M. 2001. Diferenciace pěstebních opatření v porostech náhradních dřevin. In: Slodičák, Novák, J. (eds.): Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách. Sborník z celostátní konference ... Teplice, 1. 3. 2001. Jiloviště-Strnady, VÚLHM: 151-162. ISBN 80-86461-06-8
- SLODIČÁK M. et al. 2005. Lesnické hospodaření v Jizerských horách. [Forestry management in the Jizerské hory Mts.] Hradec Králové, Lesy České republiky; Jiloviště-Strnady, VÚLHM: 232 s. ISBN 80-86945-00-6 (LČR); ISBN 80-86461-51-3 (VÚLHM)
- SLODIČÁK M., NOVÁK J. 2008a. Nutrients in the aboveground biomass of substitute tree species stand with respect to thinning – blue spruce (*Picea pungens* ENGELM.). *Journal of Forest Science*, 54: 85-91.
- SLODIČÁK M., NOVÁK J. 2008b. Výchova porostů náhradních dřevin. [Thinning of substitute tree species stands.] Recenzovaná metodika. Lesnický průvodce č. 3, 28 s. ISBN 978-80-86461-99-1
- ŠIKA A. 1976. Růst smrku pichlavého v lesních porostech. *Zprávy lesnického výzkumu*, 22/2: 8-12.
- ŠPULÁK O. 2009a. Růst a stabilita tyčkovin náhradní dřeviny smrku pichlavého v Jizerských horách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 54, Speciál: 51-58.
- ŠPULÁK O. 2009b. Příspěvek k poznání teplotních souvislostí prosadeb jehličnatých porostů náhradních dřevin. *Zprávy lesnického výzkumu*, 54, Speciál: 59-66.
- ŠPULÁK O., DUŠEK D. 2009. Comparison of the impact of blue spruce and reed *Calamagrostis villosa* on forest soil chemical properties. *Journal of Forest Science*, 55: 208-214.
- ULBRICHOVÁ I., PODRÁZSKÝ V., SLODIČÁK M. 2005. Soil forming role of birch in the Ore Mts. *Journal of Forest Science*, 51, special issue: 54-58.

Tab. 1.

Základní parametry vzorníků
Basic parameters of the sample trees

Vzorník/ Sample tree	Výška/ Height	Tloušťka/ Diameter	h/d	Nasazení zelených větví/ Upper crown height		Objem dřeva kmene/ Stem wood volume	Objem kůry kmene/ Stem bark volume	Objem hroubí/Volume of timber to the top of 7 cm o. b
	cm	cm		cm	přeslen/whorl	dm ³	dm ³	dm ³
1	533	12,0	44,42	86	18.	34,49	5,24	30,38
2	420	9,1	46,15	56	18.	19,43	3,46	16,53
3	522	11,5	45,39	90	16.	29,58	5,20	25,96
4	444	9,6	46,25	90	16.	22,61	3,60	19,29
123	544	13,2	41,21	63	19.	45,09	5,84	42,38
199	451	8,3	54,34	75	16.	16,25	2,62	12,44
216	447	9,46	47,25	86	15.	17,29	2,48	13,58

Tab. 2.

Hmotnost čerstvé dendromasy (kg), hmotnost sušiny (kg) a podíl sušiny k čerstvé hmotnosti kmene a větví a celého vzorníku SMP (%)
Fresh weight of biomass (kg), dry matter (kg) and share of dry mass to fresh weight of stem, branches and whole blue spruce sample tree (%)

Vzorník/ Sample tree	Kmen (vč. kůry)/Stem (bark incl.)			Větve (vč. jehličí)/Branches (needles incl.)			Celkem/Total		
	čerstvá/fresh	sušina/dry	%	čerstvá/fresh	sušina/dry	%	čerstvá/fresh	sušina/dry	%
1	34,97	14,28	40,8	35,94	18,06	50,3	70,91	32,34	45,6
2	21,32	8,15	38,2	31,47	17,61	56,0	52,79	25,76	48,8
3	30,14	11,97	39,7	28,00	14,62	52,2	58,14	26,58	45,7
4	22,37	9,34	41,7	24,81	12,04	48,5	47,18	21,38	45,3
123	47,25	16,97	35,9	46,86	23,75	50,7	94,11	40,72	43,3
199	17,12	6,68	39,0	18,88	9,66	51,2	35,99	16,35	45,4
216	19,43	7,36	37,9	21,36	11,99	56,1	40,78	19,35	47,5
Průměr/Mean	27,51	10,68	38,8	29,62	15,39	52,0	57,13	26,07	45,6

Tab. 3.

Sušina biomasy dřeva kmene, kůry kmene, větví a jehličí u vzorníků SMP
Dry matter of stem wood, stem bark, branches and needles of blue spruce sample trees

Vzorník/ Sample tree	Dřevo kmene/ Stem wood		Kůra kmene/ Stem bark		Větve (bez jehl.)/ Branches (without needles)		Jehličí/Needles		Celkem/Total	
	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%
1	10,42	32,2	3,86	11,9	9,45	29,2	8,62	26,6	32,34	100,0
2	6,29	24,4	1,86	7,2	9,92	38,5	7,69	29,8	25,76	100,0
3	9,62	36,2	2,35	8,9	7,42	27,9	7,19	27,1	26,58	100,0
4	7,48	35,0	1,86	8,7	6,34	29,6	5,71	26,7	21,38	100,0
123	14,14	34,7	2,83	6,9	12,89	31,7	10,86	26,7	40,72	100,0
199	5,28	32,3	1,40	8,6	5,43	33,2	4,24	25,9	16,35	100,0
216	5,81	30,0	1,56	8,0	7,13	36,8	4,86	25,1	19,35	100,0
Průměr/Mean	8,43	31,0	2,36	8,7	8,57	31,5	7,38	27,2	27,19	100,0

Tab. 4.

Obsah základních živin, síry a křemíku v jednoletém jehličí podle přeslenů (v %)
Content of basic nutrients, sulphur and silicon in one year old needles by whorls (%)

Přeslen/Whorl	N		P		K		Ca		Mg		S		Si	
	Prům.	sx	Prům.	sx	Prům.	sx	Prům.	sx	Prům.	sx	Prům.	sx	Prům.	sx
Terminál/Leader shoot	1,1	0,18	0,1	0,03	0,62	0,07	0,22	0,1	0,07	0,02	0,15	0,04	0,22	0,04
2	1,28	0,06	0,11	0,01	0,43	0,1	0,23	0,12	0,09	0,03	0,13	0,03	0,22	0,01
4	1,24	0,02	0,11	0,03	0,41	0,09	0,25	0,09	0,09	0,02	0,16	0,05	0,19	0,03
6	1,26	0,03	0,09	0,01	0,39	0,07	0,31	0,13	0,1	0,02	0,13	0,03	0,18	0,03
8	1,3	0,06	0,1	0,01	0,43	0,06	0,36	0,2	0,09	0,01	0,15	0,05	0,2	0,07
10	1,29	0,1	0,09	0,01	0,42	0,06	0,53	0,32	0,12	0,03	0,15	0,04	0,21	0,09
12	1,21	0,05	0,1	0,03	0,4	0,07	0,63	0,42	0,12	0,03	0,11	0,02	0,15	0,05
Průměr/Mean	1,24	0,07	0,10	0,01	0,44	0,07	0,36	0,15	0,10	0,02	0,14	0,02	0,20	0,02

Prům. = Mean, sx = Standard deviation

Tab. 5.

Obsah živin, síry a křemíku v jehličí a dřevě větví podle skupin přeslenů (v %)
Content of basic nutrients, sulphur and silicon in needles and branches by whorl groups (%)

Materiál/ Material	Skupina přeslenů/ Whorl group	N		P		K		Ca		Mg		S		Si	
		Prům.	sx	Prům.	sx	Prům.	sx	Prům.	sx	Prům.	sx	Prům.	sx	Prům.	sx
Dřevo/ Wood	1. – 5.	0,816	0,304	0,023	0,009	0,365	0,052	0,308	0,073	0,062	0,012	0,072	0,013	0,065	0,025
	6. – 10.	0,489	0,078	0,011	0,003	0,213	0,026	0,308	0,040	0,051	0,005	0,069	0,014	0,077	0,021
	11. – 15.	0,326	0,030	0,001*	-	0,115	0,015	0,410	0,042	0,044	0,007	0,067	0,013	0,083	0,030
Průměr/Mean		0,478	0,210	0,009	0,009	0,193	0,110	0,335	0,043	0,048	0,009	0,069	0,002	0,074	0,007
Jehličí/ Needles	1 - 5	1,257	0,151	0,059	0,017	0,378	0,040	0,390	0,154	0,066	0,008	0,196	0,034	0,479	0,007
	6 - 10	1,210	0,142	0,046	0,009	0,353	0,050	0,605	0,135	0,077	0,012	0,159	0,027	0,575	0,020
	11 - 15	1,185	0,112	0,061	0,040	0,365	0,044	0,778	0,138	0,094	0,016	0,155	0,031	0,637	0,076
Průměr/Mean		1,192	0,051	0,051	0,010	0,363	0,009	0,614	0,143	0,078	0,010	0,169	0,016	0,579	0,062

*pod hranici přesnosti metody/below accuracy of the method of analysis; Prům. = Mean, sx = Standard deviation

Tab. 6.

Základní živiny, S a Si v kůře a ve dřevě kmene (v %) v jednotlivých částech kmene (v místě s tloušťkou 5 cm (5 cm), na horním čepu, ve středu kmene a na čele kmene). Rozdílná písmena vyjadřují příslušnost k rozdílné skupině statistické homogenity.

Nutrients, sulphur and silicon in stem bark and stem wood in different parts of stem (%). Note: prům. = mean, 5 cm = part with diameter 5 cm, čep = part with diameter 7 cm, střed = part in the midpoint between čep and čelo, čelo = tree foot. Heterogeneous groups are designated by letters of the alphabet.

Materiál/ Material	Část/ Part	N		P		K		Ca		Mg		S		Si	
		Prům.	s _x	Prům.	s _x	Prům.	s _x	Prům.	s _x	Prům.	s _x	Prům.	s _x	Prům.	s _x
Kůra/Bark	5 cm	0,583 a	0,078	0,029 a	0,016	0,316 a	0,042	0,609	0,178	0,082 a	0,013	0,055	0,018	0,072	0,034
	Čep	0,552 ab	0,145	0,024 a	0,015	0,303 a	0,045	0,749	0,179	0,080 a	0,013	0,051	0,012	0,087	0,022
	Střed	0,455 b	0,070	0,012 ab	0,013	0,260 ab	0,057	0,800	0,101	0,069 a	0,009	0,054	0,016	0,073	0,011
	Čelo	0,378 c	0,027	0,007 b	0,007	0,226 b	0,040	0,699	0,080	0,052 b	0,008	0,047	0,013	0,049	0,015
	Průměr/Mean	0,492	0,081	0,018	0,009	0,276	0,036	0,714	0,070	0,071	0,012	0,052	0,003	0,070	0,014
Dřevo/Wood	5 cm	0,091	0,008	-	-	0,060	0,008	0,087	0,007	0,015	0,001	0,045	0,052	0,026	0,015
	Čep	0,097	0,012	-	-	0,081	0,011	0,070	0,013	0,010	0,002	0,058	0,055	0,024	0,020
	Střed	0,085	0,010	-	-	0,071	0,006	0,084	0,007	0,012	0,002	0,043	0,023	0,027	0,014
	Čelo	0,099	0,012	-	-	0,071	0,011	0,084	0,012	0,014	0,002	0,045	0,050	0,033	0,006
	Průměr/Mean	0,093	0,005	-	-	0,071	0,007	0,081	0,007	0,012	0,002	0,048	0,006	0,028	0,003

Tab. 7.

Celková zásoba prvků v nadzemní biomase tyčkoviny smrku pichlavého ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ a %) pro skutečnou hustotu porostu 2 300 jedinců na ha vypočtená na základě vztahových trendů (obr. 1), sušina a čerstvá hmotnost průměrného jedince (kg)

Total content of selected elements in aboveground biomass of young blue spruce stand ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ and %) for real stand density 2,300 trees per ha computed on the basis of relation trends (see fig. 1), dry matter and fresh weight of the average tree (kg)

Hmotnost/ Weight	Sušina/Dry matter										Čerstvá hmotnost/ Fresh weight
	Dřevo kmene/ Stem wood	%	Kůra/ Stem bark	%	Větve/ Branches	%	Jehličí/ Needles	%	Celkem/ Total	%	Celkem/Total
	14 904	33,3	3 903	8,7	14 113	31,6	11 780	26,4	44 700	100,0	98 394
N	13,8	5,7	19,2	8,0	67,5	28,0	140,4	58,3	240,9	100,0	
P	0,1*	1,2	0,7	8,6	1,3	16,0	6	74,1	8,1	100,0	
K	10,6	11,6	10,8	11,8	27,3	29,9	42,8	46,8	91,4	100,0	
Ca	12,1	7,6	27,9	17,5	47,3	29,6	72,4	45,3	159,7	100,0	
Mg	1,9	9,2	2,8	13,6	6,8	33,0	9,2	44,7	20,6	100,0	
S	7,1	18,3	2	5,2	9,7	25,0	19,9	51,3	38,8	100,0	
Si	4,1	4,8	2,7	3,2	10,4	12,2	68,2	79,8	85,5	100,0	
Prům. jedinec porostu/Mean tree	6,48	33,3	1,7	8,7	6,14	31,6	5,12	26,3	19,44	100,0	42,78

*obsah pod hranicí přesnosti metody chemické analýzy/content below accuracy of the method of analysis

PRODUCTION POTENTIAL OF BLUE SPRUCE YOUNG STAND AND NUTRIENT ACCUMULATION IN THE ABOVEGROUND BIOMASS

SUMMARY

Blue spruce (*Picea pungens* ENGELS.) was tree species most commonly used as the substitute forest stands planted in the time of air pollution in the Czech Republic. At present questions of economical utilization vs. ecological impact of the thinned biomass removal emerged. Presented paper aims to state nutrient contents in accumulated biomass and limits of its removal.

Seven sample trees from the ca 20 years old blue spruce forest stand in the upper part of the Jizerské hory Mts. (880 m a. s. l., density 2,340 trees per ha, mean height of 4.3 m and 9 cm d.b.h.) were measured in detail and chemically analysed in sections (annual needles, all needles, branches in bark, stem bark, stem wood). Nutrient content and content of sulphur and silicon of particular tree components were compared, relations between diameter in breast height and dry mass were stated. Biomass and nutrient content of blue spruce stand was calculated on the basis of real diameter structure.

Sample tree dry matter ranged from 43.3 to 48.8% of fresh weight, relatively more dry matter was in branches with needles (48.5 to 56.1%) than in stem with bark (35.9 to 41.7%). Mean dry matter weight of annual sprouts was 782.7 g, share of needles on sprout negatively correlated with height position on the crown. Significant increase of Ca and Mg content in annual needles from top to bottom part of tree was found. Total nutrient content in needles showed amounts on the deficiency level.

Chemical analysis of the wood of branches showed decrease of N, P, K, Mg and S from top to tree bottom. Similarly to annual needles, negative correlation of height in crown of Ca, Mg and N was found in all needles. There were many times more nutrients in stem bark compared to stem wood, and relative nutrient content of N, P, K and Mg in bark correlated with height.

Total biomass of stand components was 98.4 t of fresh weight and 44.7 t of dry matter per ha. Maximum nutrient supply of BS forest stand was accumulated in needles (from 45% in Mg to 74% in P), lower content was in branches, bark and the lowest in stem wood.

According to pedological research, soil on the locality is very poor. Limit nutrient of the soil as well as of aboveground biomass is phosphorus. Therefore thinning with whole tree logging (e. g. for wood chips) would bring appreciable lowering of the ecosystem nutrient content. Considering need of economical realization, logging of timber to the top of 7 cm o. b. would be acceptable compromise, reducing nutrients accumulated in tree mass from 8% (in P) to 20% (in Ca).

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Ondřej Špulák, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno
Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika
tel.: 494 668 391-2; e-mail: spulak@vulhmop.cz