

SPALNÉ TEPLLO HLAVNÝCH FRAKCIÍ NADZEMNEJ BIOMASY BUKA (*FAGUS SYLVATICA* L.), DUBA (*QUERCUS PETRAEA* (MATT.) LIEBL.) A HRABA (*CARPINUS BETULUS* L.)

CALORIFIC VALUE OF THE MAIN FRACTIONS OF ABOVE-GROUND BIOMASS FOR BEECH (*FAGUS SYLVATICA* L.), SESSILE OAK (*QUERCUS PETRAEA* (MATT.) LIEBL.) AND HORNBEAM (*CARPINUS BETULUS* L.)

RUDOLF PETRÁŠ¹⁾ ✉ - JULIAN MECKO¹⁾ - JÁN KUKLA²⁾ - MARGITA KUKLOVÁ²⁾

¹⁾Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav, Masarykova 22, 960 01 Zvolen, Slovak Republic

²⁾Slovenská akadémia vied, Ústav ekológie lesa, Ľudovíta Štúra 1774/2, 960 01 Zvolen, Slovak Republic

✉ e-mail: rudolf.petrash@nlcsk.org

ABSTRACT

In this article the results of the research focused on the calorific value capacity in the dry matter of above-ground biomass of beech, sessile oak and hornbeam are presented. For each tree species, 5–6 trees were felled and biomass samples were taken. From the lower, middle and crown part of the trunks, a disc of wood with bark was cut off and also a sample of branches (small-wood) was taken from crowns. On the discs, the bark was separated from the wood. The calorific value content was determined from all samples and fractions (wood, bark, small-wood). The differences in the calorific value among the fractions, their position on the trunk and tree species were investigated by an analysis of variance and a t-test. The biggest differences are between wood and bark. The bark has lower values of calorific value than wood, by 1,000–1,700 J g⁻¹. Coniferous tree species have higher calorific value by 600–900 J g⁻¹ (3–4%) for wood; 1,000–1,400 J g⁻¹ (5–7%) for small-wood and 2,400–2,700 J g⁻¹ (13–15%) for bark compared to deciduous species.

For more information see Summary at the end of the article.

Kľúčové slová: spalné teplo; drevo; kôra; tenčina; buk; dub; hrab

Key words: calorific value; wood; bark; small-wood; beech; sessile oak; hornbeam

ÚVOD

Fotosyntetická asimilácia je prírodný proces, keď sa z anorganických látok vytvárajú organické, a v nich sa akumuluje aj slnečná energia. Pri využívaní biomasy stromov na energetické účely, ale aj z širšieho prírodovedného hľadiska je potrebné poznať nielen konkrétny obsah spalného tepla v biomase, ale aj proces jeho celoživotnej tvorby. Obsah akumulovanej energie v biomase je pomerne variabilný a závisí od jej množstva, ale aj zloženia biomasy. Množstvo stromovej biomasy sa vo väčšine prípadov vyjadruje jej objemom. Príkladom tu môžu byť najmä všeobecne známe objemové tabuľky, ktoré simulujú jej objem v závislosti od hrúbky a výšky stromov (PETRÁŠ, PAJTÍK 1991) a rastové tabuľky, ktoré simulujú objem a produkciu biomasy v závislosti od veku a bonity porastov (HALAJ et al. 1987; HALAJ, PETRÁŠ 1998).

Tabuľky sú aj v tvare matematických modelov a obsahujú objem biomasy celých stromov, prípadne ich hlavných častí, ako je objem kmeňa, hrubiny, či už s kôrou alebo bez kôry, ale aj objem tenčiny. Takéto delenie biomasy stromov môže poslúžiť na jednoduchý prepočet objemu biomasy na hmotnosť sušiny a následne aj kapacitu spalného tepla. K tomuto prepočtu je potrebné poznať hustotu [kg.m⁻³], ale aj spalné teplo [J.g⁻¹] podľa základných frakcií biomasy.

Všeobecne platí, že najnižšiu hustotu dreva majú mäkké listnaté dreviny, za ktorými nasledujú ihličnaté a tvrdé listnaté dreviny. POŽGAJ et al. (1997) udáva pre drevo smreka, jedle a topoľa 370 kg.m⁻³, pre borovicu 440 kg.m⁻³, pre buk 560 kg.m⁻³ a pre agát a hrab 600–650 kg.m⁻³. KLAŠNJA, KOPITOVIC (1999) udávajú pre biomasu mladých stromov vrby bielej hustotu 377–402 kg.m⁻³ a pre agát 576–580 kg.m⁻³. Tren-

delenburg (1939) in ŠMELKO et al. (1992, s. 140) uvádza pre ihličnaté drevisy hustotu 370–470 kg.m⁻³ a pre tvrdé listnaté drevisy 510–570 kg.m⁻³. Podobné hodnoty uvádzajú aj Knigge a Schulz (1966) in PRETZSCH (2009, s. 67), a to pre topoľ 377 kg.m⁻³, ihličnaté drevisy približne 380–490 kg.m⁻³, tvrdé listnaté drevisy 520–560 kg.m⁻³ a pre agát až 650 kg.m⁻³. Okrem hustoty dreva je potrebné poznať aj hustotu ďalších frakcií ako je kôra a tenčina. BANSKI, DZURENDA (2014) uvádzajú hustotu dreva plantážnicky pestovaných rýchlorastúcich drevín. PETRÁŠ et al. (2010, 2019a, 2020) odvodil pre drevo, kôru a tenčinu dvoch topoľových klonov priemerné hustoty v rozpätí 350–470 kg.m⁻³, pre 4 ihličnaté drevisy (smrek, jedľa, borovicu a smrekovec) je priemerná hustota všetkých troch frakcií v rozpätí približne 335–550 kg.m⁻³ a pre 7 listnatých (buk, dub, hrab, agát, breza, jelša, dub cer) 380–670 kg.m⁻³.

Známe sú aj výsledky o spalnom teple sušiny biomasy. Ellenberg (1986, s. 331) in PRETZSCH (2009, s. 90) uvádza pre konáre a korene s kôrou 20,34–21,14 MJ.kg⁻¹. Energetická hodnota buka je 19,72–20,10 MJ.kg⁻¹ spolu pre drevo kmeňa, konárov a koreňov a 20,78–23,13 MJ.kg⁻¹ pre kôru. KLAŠNJA, KOPITOVIČ (1999) udávajú pre agátovú kôru o 1,5–5,5 MJ.kg⁻¹ nižšie hodnoty oproti drevu. OSZLÁNYI, BISKUPSKÝ (1979) odvodili spalné teplo pre drevo, kôru a listy hraba, javora poľného, duba zimného a duba cera v širšom rozpätí 18,12–20,65 MJ.kg⁻¹. PASTOR et al. (2017) stanovil spalné teplo pre konáre gaššana. PŇAKOVIČ, DZURENDA (2015) uvádzajú spalné teplo opadaného listia viacerých listnatých drevín v rozpätí hodnôt 16 046–20 247 kJ.kg⁻¹. PETRÁŠ et al. (2013a, 2013b) odvodil pre topoľové klony priemerné hodnoty spalného tepla dreva a tenkej kôry približne 18,4–18,0 MJ.kg⁻¹ a hrubej kôry (borky) približne o 1 MJ.kg⁻¹ menej. PETRÁŠ et al. (2019b, 2019c) udáva pre borovicu a smrek spalné teplo dreva, kôry a tenčiny 20,2–20,8 MJ.kg⁻¹. Hodnota spalného tepla biomasy závisí aj od obsahu iných nedrevných látok, ako sú napr. terpeny a živice. DEMKO (1996) stanovil spalné teplo živice smreka a borovice v priemernom rozsahu približne 38,5–38,9 kJ.g⁻¹. LARCHER (2003) konštatuje, že drevisy sú bohatšie na energiu ako bylinné druhy, pretože majú vyšší obsah uhlíka. Z rastlinných substancií majú najväčší obsah energie lignín 26,4 kJ.g⁻¹, lipidy 38,9 kJ.g⁻¹ a terpeny až 46,9 kJ.g⁻¹.

Na podklade výsledkov domáceho výskumu spalného tepla topoľových klonov (DZURENDA, ZOLIAK 2011; DZURENDA et al. 2012; PETRÁŠ et al. 2013a, 2013b, JAMNICKÁ et al. 2014; LIESKOVSKÝ 2015) začal v roku 2016 a pokračuje i v súčasnosti výskum s rovnakým zameraním pre ďalších 11 hospodársky významných drevín. Výskum začal hustotou základných frakcií nadzemnej dendromasy stromov (PETRÁŠ et al. 2019a, 2020), pokračuje obsahom ich spalného tepla (PETRÁŠ et al. 2018, 2019b, 2019c) a v záverečnej etape sa ukončí produkciou spalného tepla celých porastov.

Cieľom predkladanej práce je (i) preskúmať kapacitu spalného tepla v nadzemnej biomase stromov buka, duba a hraba podľa troch základných frakcií (drevo, kôra, tenčina) a (ii) posúdiť variabilitu a hodnoty spalného tepla medzi frakciami a drevinami.

MATERIÁL A METODIKA

Experimentálny materiál sa získal zo zrúbaných stromov v počte 5–6 pre každú drevinu (tab. 1). Stromy sa vyberali z hlavných rastových oblastí skúmaných drevín západného, stredného a východného Slovenska s nadmorskou výškou približne od 300 m do takmer 750 m. Kvalitu stanovišť, na ktorých stromy rástli charakterizuje bonitný index v rozsahu 20–36. Ten je vyjadrený strednou výškou porastu, ktorú by dosiahol vo veku 100 rokov pri buku, dube a vo veku 50 rokov pri hrabe. Podľa hrúbky, výšky a veku vyrúbaných stromov môžeme konštatovať, že väčšina má parametre dospelých jedincov.

Z každého stromu sa odrezali 4 vzorky dreva s kôrou. Prvá vzorka bola z päty kmeňa, druhá z strednej časti kmeňa (približne pod korunou stromu) a tretia z korunovej časti kmeňa. Na týchto vzorkách sa oddelila kôra od dreva. Pre silnejšie zastúpenie vzoriek kôry sa v miestach, kde sa pilili kotúče, nalúpala z povrchu kmeňov ďalšia kôra. Posledná vzorka sa zobrala z korunovej časti stromov. Na tejto vzorke zostalo drevo s kôrou spolu a reprezentuje tenčinu stromu, t.j. drevo s kôrou tenšie ako 7 cm. Zo všetkých 16 zrúbaných stromov sa odobralo spolu 112 vzoriek, z toho pre drevo 48, kôru 48 a pre tenčinu 16 vzoriek.

Veľké kmeňové kotúče sa pred sušením rozsekali radiálnym smerom na menšie trojuholníkové časti tak, aby sa vo vzorkách zachoval úmerný podiel belového a jadrového dreva. Všetky vzorky sa vysušili pri teplote 103 ± 2 °C a pomleli na jemný púder. Hmotnosť suchých vzoriek bola v rozsahu približne 520–1070 g pre drevo, 250–730 g pre kôru a 410–1280 g pre tenčinu. Spalné teplo vzoriek sa stanovilo na kalorimetri IKA C-4000 (program C-402, norma DIN 51900). Z každej vzorky sa urobili 2 stanovenia a z nich sa vypočítala priemerná hodnota [J.g⁻¹].

Preskúmala sa variabilita a stanovili najdôležitejšie faktory, od ktorých závisí kapacita spalného tepla. Použila sa k tomu dvoj- a jednofaktorová ANOVA s následným t-testom (Scheffeho metóda) hodnotenia rozdielov medzi strednými hodnotami podľa počítačového programu QC.Expert (КУРКА 2013). Pri dvojfaktorovej analýze rozptylu sa skúmali ako príčiny 2 faktory: drevina (buk, dub, hrab) s frakciou biomasy (drevo, kôra, tenčina) a frakcia biomasy (drevo, kôra) s polohou na kmene (územok, stredná a korunová časť kmeňa). V oprávnených prípadoch sa pokračovalo jednofaktorovou analýzou s následným testovaním rozdielov medzi strednými hodnotami. Všetky výsledky sú na hladine významnosti $\alpha = 0,05$.

Tab. 1.

Charakteristiky zrúbaných stromov podľa drevín, hrúbky, výšky, veku stromov, bonity a nadmorskej výšky porastov
Characteristics of felled trees according to tree species, diameter, height, age, site index and stand altitude

Drevina/Tree species	Počet stromov/ Number of trees	$d_{1,3}$ /dbh (cm)	h/height (m)	Vek/Age	Bonita/ Site index	Nadmorská výška/ Altitude (m)
Buk/Beech	6	20 - 47	21 - 33	80 - 114	24 - 36	350 - 740
Dub/Sessile oak	5	23 - 58	22 - 35	90 - 115	24 - 30	325 - 520
Hrab/Hornbeam	5	18 - 48	18 - 29	90 - 114	20 - 24	270 - 510
Spolu/In total	16	18 - 58	18 - 35	80 - 115	20 - 36	270 - 740

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Vplyv polohy na kmeni na obsah spalného tepla

Z výsledkov dvojfaktorovej analýzy variancie (tab. 2) môžeme konštatovať, že vplyv frakcie a polohy na kmeni na obsah spalného tepla je štatisticky významný. Vypočítaná p-hodnota je vo všetkých prípadoch menšia ako zvolená hladina významnosti ($p = 0,05$). Následnou jednofaktorovou analýzou variancie a t-testom sa nepotvrdil štatisticky významný vplyv polohy na kmeni na obsah spalného tepla v dreve všetkých troch drevín. Rovnako to bolo aj pri kôre buka a hraba. Výnimkou zostal len obsah spalného tepla v kôre duba. Jeho kôra na územku kmeňa má približne o 1100 a 1400 J.g⁻¹ menší obsah spalného tepla ako kôra v strednej a korunovej časti kmeňa (obr. 1).

Vplyv frakcie a dreviny na obsah spalného tepla

Dvojfaktorovou analýzou variancie sa potvrdil významný vplyv frakcie a dreviny na obsah spalného tepla (tab. 3). Pri všetkých troch

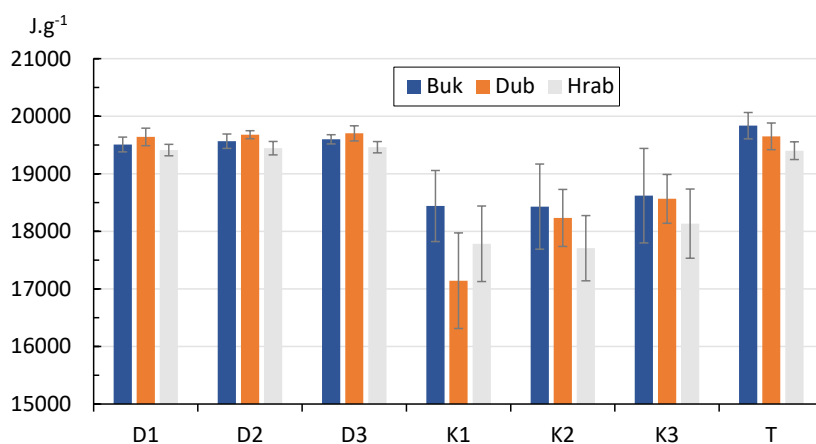
drevinách má kôra významne nižší obsah spalného tepla ako drevo alebo tenčina (obr. 2). Oproti drevu je to menej o 1050 J.g⁻¹ pri buku, 1700 J.g⁻¹ pri dube a 1600 J.g⁻¹ pri hrabe. Podobné rozdiely sú aj pri tenčine. Kôra buka, duba a hraba má menšie spalné teplo oproti tenčine o 1300, 1700 a 1500 J.g⁻¹. Štatisticky významné rozdiely v obsahu spalného tepla medzi všetkými drevinami sa preukázali len pri dreve. Je to i napriek tomu, že rozdiely sú veľmi malé, približne v rozpätí 100–200 J.g⁻¹. Hlavnou príčinou významnosti rozdielov je najmä veľmi malá variabilita spalného tepla, keď ich variačné koeficienty sú v rozpätí 0,5–0,6 %. Pri tenčine sú štatisticky významné rozdiely, približne 400 J.g⁻¹ len medzi bukom a hrabom. Aj tu sa o to pričínila nízka variabilita spalného tepla, keď variačný koeficient je približne 0,8–1,2 %. Rozdiely medzi drevinami sa pri spalnom teple kôry v dôsledku jej vyššej variability nepreukázali.

V porovnaní so spalným teplom smreka a jedle (PETRÁŠ et al. 2018), ale aj doteraz nepublikovaných výsledkov borovice a smrekovca (obr. 3) môžeme konštatovať, že všetky štyri ihličnaté dreviny majú vyššie hodnoty spalného tepla ako listnaté. Pri dreve približne o 600–900 J.g⁻¹, tenčine 1000–1400 J.g⁻¹, a najviac pri kôre, približne o 2400 – 2700 J.g⁻¹.

Tab. 2.

Výsledky dvojfaktorovej analýzy rozptylu (Frakcia – Poloha na kmeni)
Results of two-factor analysis of variance (Biomass fraction – Location on the trunk)

Zdroj variability/Source of the variability	Stupne voľnosti/ Degrees of freedom	Súčet štvorcov/ Sum of squares	Priemerný štvorec/ Mean square	F-kritérium/ F-statistic	p-hodnota/ p-value
Frakcia/Biomass fraction	1	48 135 505	48 135 505	175,60	7,28E-23
Poloha na kmeni/Location on the trunk	2	904 486	952 243	3,47	3,52E-02
Interakcia/Interaction	2	1 220 720	610 360	2,23	1,14E-01
Rezidua/Residues	90	24 671 113	274 124		
Celkom/In total	95	75 931 824	799 282		



Obr. 1.

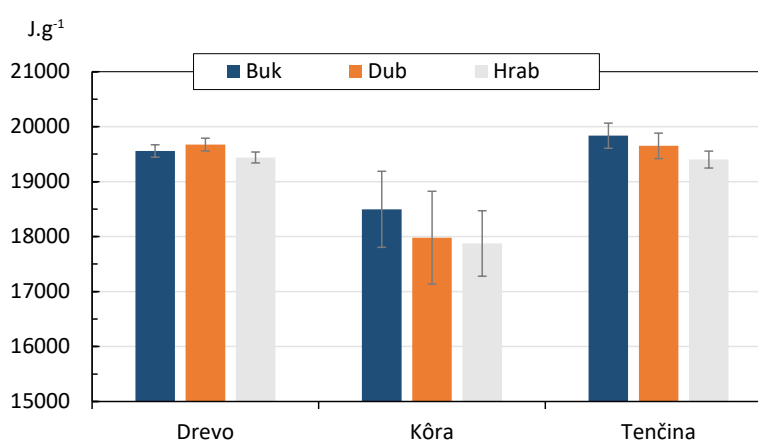
Obsah spalného tepla v dreve (D), kôre (K) a tenčine (T) podľa polohy na kmeni (1-územok, 2-stredná, 3-korunová časť kmeňa) buka, duba a hraba

Fig. 1.

Calorific value content in wood (D), bark (K) and small-wood (T) by the location on the trunk (1-foot, 2-middle, 3-crown part of the trunk) of beech (Buk), sessile oak (Dub) and hornbeam (Hrab)

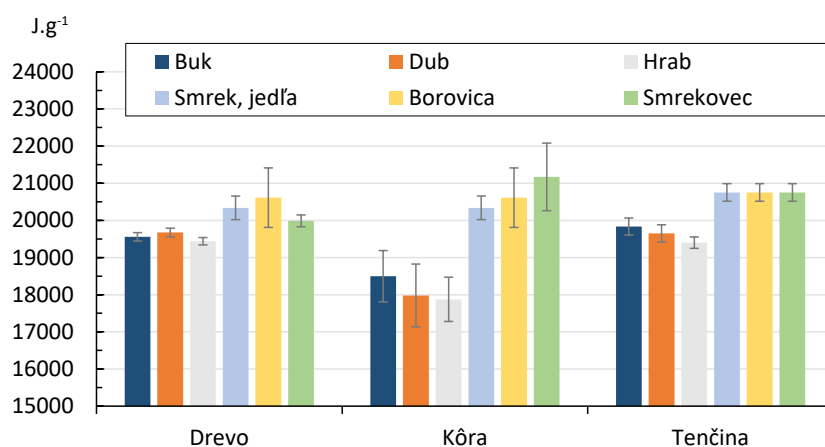
Tab. 3.
 Výsledky dvojfaktorovej analýzy rozptylu (Drevina – Frakcia)
 Results of two-factor analysis of variance (Tree species – Fraction)

Zdroj variability/ Source of the variability	Stupne voľnosti/ Degrees of freedom	Súčet štvorcov/ Sum of squares	Priemerný štvorec/ Mean square	F-kritérium/ F-statistic	p-hodnota/ p-value
Drevina/Species	2	2 189 280	1 094 640	3,47	3,58E-02
Frakcia/Biomass fraction	2	41 595 106	20 797 553	66,09	1,95E-17
Interakcia/Interaction	4	1 086 056	271 514	0,86	4,90E-01
Rezidua/Residues	77	24 232 489	314 708		
Celkom/In total	85	87 806 845	1 033 022		



Obr. 2.
 Obsah spalného tepla v dreve, kôre a tenčine buka, duba a hraba

Fig. 2.
 The calorific value content in wood (Drevo), bark (Kôra) and small-wood (Tenčina) of beech (Buk), sessile oak (Dub) and hornbeam (Hrab)



Obr. 3.
 Obsah spalného tepla v dreve, kôre a tenčine hlavných listnatých a ihličnatých drevín

Fig. 3.
 Calorific value content in wood (Drevo), bark (Kôra) and small-wood (Tenčina) of main deciduous species – beech, sessile oak, hornbeam (Buk, Dub, Hrab) and coniferous species – spruce, fir, pine, larch (Smrek, Jedľa; Borovica; Smrekovec)

ZÁVER

Spalné teplo jednotlivých komponentov nadzemnej biomasy stromov je veľmi dôležitý parameter pri hodnotení jej produkcie, ale aj pri jej hospodárskom využívaní. V polroku 2017 začal na Slovensku podrobnejší výskum obsahu a produkcie spalného tepla pre 11 hospodársky významných drevín. V predkladanej práci sa zhodnotil obsah spalného tepla v sušine dreva, kôry a tenčiny buka, duba a hraba. Najväčšiu kapacitu spalného tepla, približne 19 400–19 800 J.g⁻¹ má sušina dreva a tenčiny skúmaných drevín. Ich kôra má hodnoty o málo menšie. Sú v rozpätí 17 900–18 500 J.g⁻¹. Štatisticky významné rozdiely v obsahu spalného tepla medzi všetkými drevinami sú len pri dreve. Pri tenčine to platí len medzi bukom a hrabom. Pri oboch frakciách je to najmä v dôsledku veľmi nízkej variability v spalnom teple skúmaných vzoriek. Ihličnaté dreviny (smrek, jedľa, borovica, smrekovec) majú približne o 5–15 % vyššiu kapacitu spalného tepla ako listnaté. Hlavnou príčinou tohto rozdielu je obsah živých látok v ich biomase.

Podakovanie:

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-16-0344.

LITERATÚRA

- BANSKI A., DZURENDA L. 2014. Hustota a sypaná hmotnosť energetickej štiepky z dendromasy plantážnický pestovaných porastov rýchlorastúcich drevín. Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen, 56: 17–26.
- DEMKO J. 1996. Spalné teplo živice ihličnatých drevín. Acta Facultatis Forestalis, 38: 261–267.
- DZURENDA L., ZOLIAK M. 2011. Chemické zloženie horľaviny energetickej štiepky z dendromasy plantažnický pestovanej dreviny Populus klon Max 5. Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen, 53: 87–92.
- DZURENDA L., BARTKO M., RIDZIK L. 2012. Energetic characteristics green chips made of branches of wood species Populus × Euroamericana clone Koltay grown on plantations. Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen, 54: 115–122.
- HALAJ J., GRÉK J., PÁNEK F., PETRÁŠ R., ŘEHÁK J. 1987. Rastové tabuľky hlavných drevín ČSSR. Bratislava, Príroda: 361 s.
- HALAJ J., PETRÁŠ R. 1998. Rastové tabuľky hlavných drevín. Bratislava, Slovak Academic Press: 325 s.
- JAMNICKÁ G., PETRÁŠOVÁ V., PETRÁŠ R., MECKO J., OSZLÁNYI J. 2014. Energy production of poplar clones and their energy use efficiency. iForest, 14: 150–155. DOI: 10.3832/ifer0978-007
- KLÁŠNJA B., KOPITOVIC Š. 1999. Quality of wood of some willow and Robinia clones as fuelwood. Drevársky výskum, 44 (2): 9–18.
- KUPKA K. 2013. QC.Expert 3.1. Uživatelský manuál. Pardubice, Trylobyte: 266 s.
- LARCHER W. 2003. Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups. Berlin, Springer: 513 s.
- LIESKOVSKÝ M. 2015. Výbrané produkčné a energetické vlastnosti topoľa Populus × Euroamericana klon Max 4. Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen, 57: 127–133.
- OSZLÁNYI J., BISKUPSKÝ V. 1979. Energetická hodnota nadzemnej biomasy drevín v dubovo-hrabovom lese. Acta Ecologica, 20: 59–105.
- PASTOR M., DZURENDA L., BANSKI A., SLOBODNÍK B., BENECAT T. 2017. Energetic characteristics of the dendromass of branches in the sweet chestnut (*Castanea Sativa* Mill.). Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen, 59: 127–135.
- PETRÁŠ R., PAJTIK J. 1991. Sústava česko-slovenských objemových tabuliek drevín. Lesnícky časopis, 37 (1): 49–56.
- PETRÁŠ R., MECKO J., NEUSCHLOVÁ E. 2010. Density of basic components of above-ground biomass of poplar clones. Wood Research, 55 (4): 113–122.
- PETRÁŠ R., MECKO J., OSZLÁNYI J., PETRÁŠOVÁ V., JAMNICKÁ G. 2013a. Landscape of Danube inland-delta and its potential of poplar bioenergy production. Biomass and Bioenergy, 55: 68–72. DOI: 10.1016/j.biombioe.2012.05.022
- PETRÁŠ R., MECKO J., PETRÁŠOVÁ V. 2013b. Energy potential in production of fast-growing poplar clones in Slovak regions. Acta Regionalia et Environmentalica, 10 (2): 53–56.
- PETRÁŠ R., MECKO J., KUKLOVÁ M., KUKLA J. 2018. Výskum kapacity spalného tepla lesných drevín. In: Gálik, B., Zelinková, G. (eds.): Recenzovaný zborník vedeckých prác Slovenskej spoločnosti pre poľnohospodárske, lesnícke, potravinárske a veterinárske vedy pri Slovenskej akadémii vied, pobočka Nitra. Nitra, Slovenská poľnohospodárska univerzita: 277–284.
- PETRÁŠ R., MECKO J., KRUPOVÁ D., SLAMKA M., PAŽITNÝ A. 2019a. Aboveground biomass basic density of softwoods tree species. Wood Research, 64 (2): 205–211.
- PETRÁŠ R., MECKO J., KUKLA J., KUKLOVÁ M. 2019b. Hmotnosť sušiny a spalné teplo nadzemnej biomasy stromov borovice lesnej (*Pinus silvestris* L.) In: Houšková, K., Jan, D. (eds.): Proceedings of Central European Silviculture. Brno, Mendelova univerzita v Brně: 202–210.
- PETRÁŠ R., MECKO J., KUKLA J., KUKLOVÁ M. 2019c. Spalné teplo základných frakcií nadzemnej biomasy smreka (*Picea abies* L. Karst). Zprávy lesníckeho výzkumu, 64 (4): 224–230.
- PETRÁŠ R., MECKO J., KRUPOVÁ D., PAŽITNÝ A. 2020. Aboveground biomass basic density of hardwoods tree species. Wood Research, 65 (6): 1001–1012. DOI: 10.37763/wr.1336-4561/65.6.10011012
- PŇAKOVIČ L., DZURENDA L. 2015. Combustion characteristics of fallen fall leaves from ornamental trees in city and forest parks. BioResources, 10: 5563–5572.
- POŽGAJ A., CHOVANEC D., KURJATKO S., BABIAK M. 1997. Štruktúra a vlastnosti dreva. Bratislava, Príroda: 485 s.
- PRETZSCH H. 2009. Forest dynamics, growth and yield. Berlin, Springer: 664 s.
- ŠMELKO Š., WENK G., ANTANAITIS V. 1992. Rast, štruktúra a produkcia lesa. Bratislava, Príroda: 342 s.

CALORIFIC VALUE OF THE MAIN FRACTIONS OF ABOVE-GROUND BIOMASS FOR BEECH (*FAGUS SYLVATICA* L.), SESSILE OAK (*QUERCUS PETRAEA* (MATT.) LIEBL.) AND HORNBEAM (*CARPINUS BETULUS* L.)

SUMMARY

When using tree biomass for energy purposes, and also from a broader natural scientific point of view, it is necessary to know not only the specific content of the calorific value in biomass, but also the process of its lifelong production. Based on the results of domestic research of the calorific value of poplar clones (PETRÁŠ et al. 2013a, 2013b; JAMNICKÁ et al. 2014), research with the same focus on another 11 economically important tree species began in 2016. The research begins with the density of basic fractions of the above-ground dendromass (PETRÁŠ et al. 2019a, 2020), then continues with the content of their calorific value and in the final stage ends with the production of calorific value of entire stands. The aim of this work is to examine the capacity of calorific value in three basic fractions (wood, bark, small-wood) of above-ground biomass of beech, sessile oak and hornbeam.

The experimental material was taken from five–six sample trees for each tree species located in the forest stands of Slovakia (Tab. 1). Four samples of wood with bark were cut off from each tree. Discs cut off from the trunk (the foot, middle and crown part of the trunk) represented three samples and the fourth sample was taken from the small-wood, i.e. wood with bark thinner than 7 cm altogether. The bark was separated from the wood on the log discs. In total, 112 samples were taken from all 16 felled trees, out of which 48 samples were taken individually for wood and bark fractions, and 16 samples for the small-wood fraction. Prior to drying, the large log discs were cut radially into smaller triangular sections so as to maintain a proportional share of the sapwood and heartwood in the samples. The samples were dried at 103 ± 2 °C and ground to a fine powder. The calorific value of these samples was determined using an IKA C-4000 calorimeter (Program C-402, Standard DIN 51900). Two determinations were obtained from each sample and the average value ($J g^{-1}$) was calculated from them.

The variability was examined, and the most important factors on which the capacity of calorific value depends were determined. The ANOVA (Tab. 2 and 3) was used, followed by the t-test (Scheffé's method) to evaluate the differences between the mean values. The results are at the significance level of $\alpha = 0.05$. According to the position on the trunk, only the sessile oak bark from the foot end has a statistically significant lower content of the calorific value. Compared to the middle and crown part of the trunk, it is less by 1,100 and 1,400 $J g^{-1}$ (Fig. 1). Statistically significant differences between tree species (Fig. 2) were discovered only in the wood fraction (100–200 $J g^{-1}$). Regarding the small-wood fraction, it was found only between beech and hornbeam species (400 $J g^{-1}$). The main reason for the statistical significance of the differences is a very small variability of the calorific value of both fractions. The coefficients of variation of wood are in the range of 0.5–0.6% and bark 0.8–1.2%. Differences between tree species were not demonstrated at the calorific value of the bark due to its higher variability.

Compared to the calorific value of spruce, fir, pine and larch (Fig. 3), all four conifers have higher values of the calorific value than deciduous species. For wood fraction by 600–900 $J g^{-1}$, small-wood by 1,000–1,400 $J g^{-1}$, and most for bark, by 2,400–2,700 $J g^{-1}$. The main reason is the content of resinous substances in the biomass from conifers.

Zasláno/Received: 26. 05. 2020

Přijato do tisku/Accepted: 01. 10. 2020