

三种城市绿化树种针叶热值和灰分含量动态变化研究

高 凯, 朱 铁 霞

(内蒙古民族大学 农学院, 内蒙古 通辽 028043)

摘 要:通过对3种常绿树种(雪松、樟子松和油松)针叶的热值和灰分进行测定,探讨了植物热值和灰分的月变化及二者之间相关性,以期进一步丰富园林植物热值研究内容,同时为园林植物能用过程中合理利用提供参考。结果表明:3种树木针叶干重热值、去灰分热值和灰分含量均为多峰值变化曲线,且变化趋势基本一致;雪松的干重热值和去灰分热值最大值均出现在4月份,樟子松的干重热值和去灰分热值最大值均出现在12月份,油松的干重热值和去灰分热值最大值分别出现在12月份和4月份;樟子松针叶干重热值与灰分含量之间表现为极显著线性负相关($P<0.01$),油松针叶干重热值与灰分之间表现为显著线性负相关($P<0.05$),雪松干重热值与灰分含量之间表现为负相关关系但相关性不显著。

关键词:热值;灰分;去灰分热值;相关性;生物燃料

中图分类号:S 687.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)21-0083-04

热值作为植物的重要属性之一,其具有一定的稳定性,是衡量绿色植物光合作用固定日光能的能力和评价植物第一性生产力的重要指标,同时也被作为评价植物营养价值高低及植物能用潜力的重要内容^[1]。热值一般分为干重热值和去灰分热值。干重热值是指单位质量干物质完全燃烧所释放的热量(主要通过热值仪测定得出);去灰分热值是通过公式“去灰分热值=干重热值/(1-灰分含量)”计算得出,其去除了各种无法燃烧的矿物质对植物热值的影响。灰分作为生物质能源评价的重要指标,一方面其对植物热值具有一定影响,大量研究表明植物灰分与干重热值之间呈现为负相关关系^[2-3];另一方面,灰分中所含的矿物质中尤其是碱金属(钾、钠、铝等),在生物燃料加工和生产过程中将会产生大量的废渣以及腐蚀性物质,导致生物能源物质转化率下降,并对转化设备造成破坏,从而增加转化成本^[4-7]。因此在对植物能源潜力研究过程中,灰分也是一项重要的研究指标。

而生物燃料是利用和开发可再生能源,减少经济发展过程对化石燃料依赖的重要途径之一。所谓“生物燃料”(Biofuel),是指所有以农业产品、林业产品及其副产品、生活垃圾、工业废弃物等生物有机体以及其新陈代谢的排泄物作为原材料来制取的有机燃料(包括生物乙醇、生物汽油、生物柴油、沼气等)^[8]。城市绿化植物作为

城市的重要组成部分,其数量巨大。在养护管理过程中需要定期对其进行修剪,将产生大量的枝条和叶片。这些被修剪的植物器官则是生物燃料可选择的重要对象。然而当前对这些城市绿化植物修剪产生的枝条和叶片的能用潜力的评价却很少。基于上述情况,现对北方3种常绿绿化树种的叶片进行取样,对其热值、灰分含量等指标进行测定和分析,研究其各项指标动态变化及其相关性,以期进一步丰富园林植物热值研究内容,为园林植物能用过程中合理利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究地概况

研究地为内蒙古民族大学校园,该地属温带大陆季风气候,年均气温 $0\sim 6^{\circ}\text{C}$,年均日照时数约为3 000 h,无霜期140~160 d,年均降水量350~400 mm。

1.2 试验材料

供试3种常绿植物为雪松(*Cedrus deodara*)、油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.)、樟子松(*Pinus sylvestris* var. *mongolica* Litv.),选择生长状况较一致的植株各10株,于2011年4月至2012年1月,每隔15 d随机采集林冠外围成熟叶200~300片,叶片均采自林冠外侧,按东西南北向混合采样。

1.3 试验方法

将上述所采集的植物样品用 70°C 的烘箱烘干至恒重、粉碎。用美国PARR公司生产的PARR6300型氧弹式热量计进行热值测定;灰分含量的测定用干灰化法,即将样品在马福炉 550°C 下灰化5 h后测定其灰分含量。去灰分热值=干重热值/(1-灰分含量)。

第一作者简介:高凯(1979-),男,博士,副教授,研究方向为草地资源与利用。E-mail:gaokai555@126.com。

基金项目:通辽市与内蒙古民族大学市校合作资助项目(SXYB2012080)。

收稿日期:2014-06-24

1.4 数据分析

试验数据采用 SAS 8.0 软件对数据进行单因素方差分析,对干重热值和灰分含量进行了线性拟合。

2 结果与分析

2.1 3种植物干重热值及月变化

由图 1 可知,雪松、油松和樟子松 3 种植物针叶干重热值在全年内的动态变化呈现出相似的变化曲线。雪松的干重热值范围为 17.90~18.86 MJ/kg,全年平均干重热值为 18.33 MJ/kg,最高值出现在 4 月,最低值出现在 1 月;油松针叶干重热值范围为 17.92~19.47 MJ/kg,全年平均热值为 18.85 MJ/kg,最高值出现在 12 月,最低值出现在 6 月;樟子松的干重热值范围为 18.54~19.84 MJ/kg,平均干重热值为 19.22 MJ/kg,最高值出现在 12 月,最低值出现在 5 月。

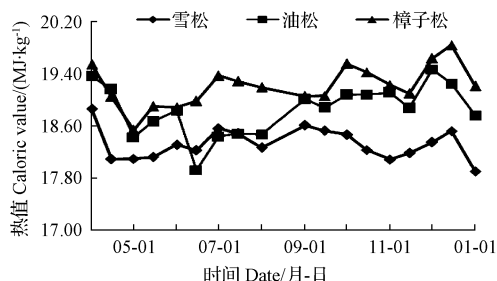


图 1 干重热值动态变化

Fig. 1 Dynamic changes in dry weight of caloric values of three plant species

2.2 3种植物灰分含量及月变化

由图 2 可知,3 种植物灰分含量月动态均呈现波动性变化,且随着时间的推移灰分含量逐渐增加,其中雪松灰分含量最高值出现在 12 月,油松最高值出现在 1 月,樟子松最高值出现在 11 月;雪松灰分含量变化范围为 3.46%~6.81%,平均值为 5.37%,油松灰分含量变化范围 1.90%~3.55%,平均值为 2.70%,樟子松灰分含量变化范围 1.89%~3.10%,平均值为 2.53%;同时方差分析表明,雪松灰分含量显著高于油松和樟子松 ($P<0.05$),分别是油松的 1.99 倍,樟子松的 2.12 倍,而油松和樟子松灰分含量间没有差异。

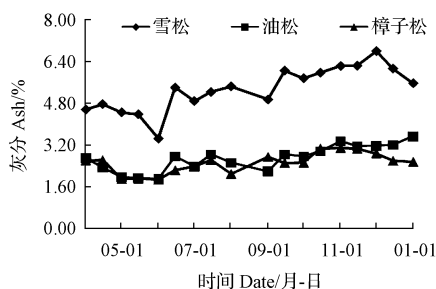


图 2 灰分含量动态变化

Fig. 2 Dynamic changes in ash contents of three plant species

2.3 干重热值与灰分相关性分析

对北方地区 3 种常绿植物针叶干重热值与灰分含量进行相关性分析(表 3)。结果表明,樟子松针叶干重热值与灰分含量之间表现为极显著线性负相关 ($P<0.01$),油松针叶干重热值与灰分之间表现为显著线性负相关 ($P<0.05$),而雪松干重热值与灰分含量之间表现为负相关关系,但相关性不显著。

表 3 3 种植物干重热值与灰分含量的关系

Table 3 Relationships of gross caloric values and ash contents of three plant species

植物种类 Species	方程 Equation	相关系数 Correlation coefficient	样本数 Sample number
雪松 <i>Cedrus deodara</i>	$y = -0.002x + 18.40$	0.122	54
油松 <i>Pinus tabulaeformis</i> Carr.	$y = -0.007x + 18.64$	0.305 *	54
樟子松 <i>Pinus sylvestris</i> var. <i>mongolica</i> Litv.	$y = -0.010x + 18.93$	0.421 * *	54

注: y 为干重热值(MJ/kg), x 为灰分含量(%); * 表示显著水平为 0.05, * * 表示显著水平为 0.01。

Note: y was dry weight caloric value (MJ/kg), x was ash content(%). * : r indicated there was different at 0.05 level, * * : r indicated there was remarkable different at 0.01 level.

2.4 3种植物去灰分热值动及月变化

由图 3 可知,雪松、油松和樟子松 3 种植物针叶去灰分热值在全年内的动态变化呈现出相似的变化曲线,其曲线变化幅度相对于干重热值则比较平缓。其中雪松针叶去灰分热值范围为 18.95~19.77 MJ/kg,平均值为 19.37 MJ/kg,最高值出现在 4 月,最低值出现在 1 月;油松的为 18.44~20.11 MJ/kg,平均值为 19.38 MJ/kg,最高值出现在 4 月,最低值出现在 6 月 15 日;樟子松的为 18.90~20.37 MJ/kg,平均值为 19.68 MJ/kg,最高值出现在 12 月,最低值出现在 5 月。

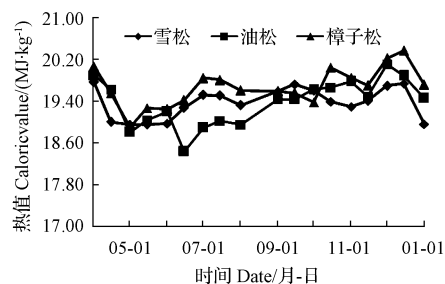


图 3 去灰分热值动态变化

Fig. 3 Dynamic changes in ash-free caloric values of three plant species

3 讨论

热值作为植物的营养和能用价值评价的重要指标,具有一定的稳定性。同时受到包括植物种类、物候期、生境条件、组织器官、土壤类型等因素的影响^[9-11]。在研究植物干重热值过程中,灰分含量是一项重要的影响因素,被诸多学者所关注。其中大量研究表明,灰分和植

物干重热值之间存在一定的负相关关系,即随着灰分的增加其干重热值将呈现逐渐下降的变化趋势,并且有学者已经证明灰分含量每升高1%,其热值约降低0.2 MJ/kg^[12]。也有学者的研究结果略有差异。其中在对水稻不同生育期叶片热值和灰分的研究过程中发现热值和灰分含量之间并无相关性。其认为首先因为除灰分外,热值还决定于其它物质组分;其次不同生育期叶片所含不同矿质元素含量和矿质元素所处状态不同,使灰分含量并不能精确代表矿质元素含量,也就不能准确反映组织热值的变化;另外,灰分的生成有时也伴随着一定的能量放出^[13]。现通过对雪松、樟子松和油松针叶干重热值和灰分相关性分析也可以看出,其植物干重热值与灰分含量之间均表现为负相关,其中樟子松负相关达到极显著水平($P<0.01$),油松负相关达到显著水平($P<0.05$),雪松干重热值和灰分之间表现为负相关但不显著。上述结论进一步证明植物灰分和热值之间表现为负相关关系。产生这种负相关关系可能主要与灰分的组成成分有关,植物体内灰分主要是不能够参与燃烧的各种矿质元素(钙、镁等)组成^[14],这样植物体内灰分含量越高,表明植物体内不能参与燃烧的矿质元素越多,从而影响植物体燃烧所释放的热量,最终反映到植物热值的高低。同时羊草干重热值与灰分含量之间也表现为负相关关系,但不显著,这主要由于植物种类之间的差异所导致。

在对热值动态变化的研究过程中学者们分别对树木和草本植物进行了大量的研究,分别对热值的最大值出现时间和原因进行了分析。杨福国等^[15]探讨了植物去灰分热值随着植物生长发育节律而变化的规律,他们将我国高寒草甸地区常见的4种优势植物-珍珠蓼、垂穗披碱草、矮嵩草、金露梅在不同时期的去灰分热值变化曲线归纳成“V”型(珍珠蓼和金露梅)、“L”型(垂穗披碱草)和无明显变化(矮嵩草)3种类型;在树木叶片热值动态变化的研究过程中,谭忠奇等^[16]对5种丛生状棕榈植物叶片的热值月变化进行了研究,发现欧洲棕、玲珑椰子的干重热值在春季最高,而细叶棕竹、小簕棕、缨络椰子的干重热值在秋季最高。而去灰分热值的月变化来看,细叶棕竹与小簕棕、缨络椰子与玲珑椰子的月变化趋势相似,欧洲棕、细叶棕竹、小簕棕的去灰分热值月变化较接近“V”型变化,而缨络椰子、玲珑椰子变化较为平缓;刘世荣等^[17]对落叶松人工林生态系统中落叶松热值的季节动态表明,叶片热值在6月份达到最大值,之后逐渐减小,到生长季末期降到最低值;枝条热值在生长季中期变化平缓,但在生长季末期出现略微增加的趋势。郭继勋等^[18]对羊草植株和茎热值的季节动态变化研究发现,植株最大值出现在7月中旬,茎最大值出现在5月初。叶的热值变化从5月初至7月中旬基本上呈

上升趋势,然后保持相对平稳。穗的热值变化从6月初至7月中旬呈逐渐上升。该研究中的3种植物针叶的干重热值和去灰分热值动态变化,其总体趋势基本一致。但是与前人的研究结果略有差异。如针叶干重热值和去灰分热值出现的最高点,雪松、油松和樟子松分别出现在4月、12月和12月;同时热值的动态变化趋势也不一致,该研究中3种针叶热值动态变化呈现出规则的波动变化曲线,没有规律可循。出现这种变化的主要原因可能是由于植物热值除了受自身的基本属性的影响外,还和外界环境有直接关系,这点主要由植物的生活史对策不同所决定。而该试验中的3种植物针叶热值动态变化表现为多峰值变化曲线。同时3种植物针叶干重热值和去灰分热值动态变化趋势并不完全一致,其干重热值变化幅度要高于去灰分热值,说明干重热值受环境条件的影响要比去灰分热值大。因此,建议在对植物热值进行比较过程中,应采用去灰分热值以消除灰分含量不同造成的影响。

参考文献

- [1] 孙国夫,郑志明,王兆骞. 水稻热值的动态变化研究[J]. 生态学杂志, 1993,12(1):1-4.
- [2] 高凯,朱铁霞,王其兵. 内蒙古锡林河流域羊草草原主要建群植物热值及灰分动态变化[J]. 生态学杂志, 2012,31(3):557-560.
- [3] 郭水良,黄华,晁柯,等. 金华市郊10种杂草的热值和灰分含量及其适应意义[J]. 植物研究, 2005,25(4):460-464.
- [4] Obernberger I, Biedermann F, Walter W. Concentrations of inorganic elements in biomass fuels and recovery in the different ash fractions[J]. Biomass Bioenerg, 1997,12(3):211-224.
- [5] Stone K C, Hunt P G, Cantrell K B. The potential impacts of biomass feedstock production on water resource availability[J]. Bioresource Technology, 2001,101:2014-2025.
- [6] Laser M, Larson E, Dale B. Comparative analysis of efficiency, environmental impact, and process economics for mature biomass refining scenarios[J]. Biofuels Bioproducts and Biorefining-Biofpr, 2009,3(2):247-270.
- [7] Thompson D N, Shaw P G, Lacey J A. Post-harvest processing methods for reduction of silica and alkali metals in wheat straw[J]. Applied Biochemistry and Biotechnology, 2003,105(1-3):205-218.
- [8] 王革华,艾德生. 新能源概论[M]. 北京:化学工业出版社, 2006.
- [9] 曾启杰,王伯荪,王勇军. 深圳福田无瓣海桑-海桑林能量的研究[J]. 应用生态学报, 2003,14(2):170-174.
- [10] 祖元刚,祝廷成. 羊草种群的能量流动及其稳定性分析[J]. 植物学报, 1987,29(1):95-103.
- [11] 郭继勋,王若丹,包国章. 东北羊草草原主要植物热值[J]. 植物生态学报, 2001,25(6):746-750.
- [12] Cassida K A, Muir J P, Hussey M A. Biofuel component concentrations and yields of switchgrass in South central US environments[J]. Crop Science, 2005,45:682-692.
- [13] Sun G F, Zheng Z M, Wang Z Q. Dynamics of caloric values of rice[J]. Chinese Journal of Ecology, 2002,22(2):240-246.
- [14] 藏惠林. 植物灰分组成的主组元分析[J]. 植物学通报, 1984,2(4):31-34.
- [15] 杨福国,何海菊. 高寒草甸地区常见植物热值的初步研究[J]. 植物生态学报, 1983,7(4):280-288.