

## 6 个树龄栓皮栎热值与碳含量的分析

江丽媛,彭祚登,何宝华,侯志强,杜 燕

(北京林业大学 省部共建森林培育与保护教育部重点实验室,北京 100083)

**摘要:**对 6 个树龄栓皮栎不同器官的热值和碳含量进行了分析研究。结果表明:6 个树龄栓皮栎叶、皮的干重热值均与树龄呈正相关,枝、干的干重热值均与树龄呈显著负相关;叶、皮的去灰分热值均与树龄呈极显著正相关,枝、干的去灰分热值均与树龄呈不显著正相关。不同器官的干重热值和去灰分热值总体上均表现为皮>叶>枝>干。不同器官的干重热值、去灰分热值之间均具有极显著差异( $P<0.01$ )。皮的碳含量与树龄呈不显著正相关;叶的碳含量与树龄呈显著正相关;枝、干的碳含量与树龄呈不显著负相关。不同器官的碳含量总体上表现为皮>叶>干>枝。整体上热值与碳含量呈显著正相关。

**关键词:**栓皮栎;树龄;干重热值;去灰分热值;碳含量

**中图分类号:**S792.189

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-2767(2010)11-0085-05

栓皮栎是我国分布十分广泛的落叶乔木,树皮灰褐色,木栓层发达,主根发达,抗旱、抗火、抗风、耐低温,造林成本低,热值高,耐燃烧,是良好的薪炭树种,也被纳入能源林的研究范畴。在国内,有关栓皮栎的研究主要集中在其生物学基本特征、生理、生态等方面,而对其不同树龄热值、碳含量的研究很少。

植物热值是植物能量代谢水平的一种度量,反映绿色植物在光合作用中转化日光能的能力<sup>[1]</sup>。国外学者对植物热值的研究已有数十年历史,其研究集中在 20 世纪 60~80 年代,我国学者关于植物热值的研究起步较晚,在 20 世纪 80 年代初才见端倪<sup>[2-6]</sup>。早期的研究侧重于热值的季节变化、植物各器官的热值差异、灰分含量对热值的影响等,深入研究植物热值的差异规律以及各种物质成分对热值的影响是从 20 世纪 80 年代后期、90 年代初才开始的,90 年代中后期是植物热值研究迅速发展的时期,此后的热值研究开始转向于物质组成和环境因素等对热值的影响,植物热值的研究呈现了多样化的发展<sup>[4-10]</sup>。

植物碳含量是植物碳贮量的一种度量,反映绿色植物在光合作用中固定贮存碳元素的能力,任何一类有机质均由碳素构成骨架,碳素含量是反映物质组分的一个综合指标<sup>[11-12]</sup>。随着能源

危机的加剧,开展能源树种热值与碳含量的研究对生物质能源的发展具有重要的理论意义和实践指导价值。

该研究以北京林业大学妙峰山实验林场 6 个不同树龄的栓皮栎为研究对象,分叶、枝、皮、干 4 个器官,对不同树龄、不同器官栓皮栎的热值与碳含量进行测定,系统研究不同树龄栓皮栎的热值与碳含量的关系,为栓皮栎能源的选择、开发和利用,了解不同树龄栓皮栎的热值、碳含量提供科学依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 样品采集地概况

栓皮栎样品采集自北京林业大学实验林场。该林场位于北京市西北郊太行山北部,燕山东端, N39°54', E116°28', 属华北大陆性季风气候,春季干旱多风,夏季炎热多雨,冬季干燥寒冷,植被属于温带落叶林带的山地栎林和油松林带。年均温 12.2℃,最高气温 39.7℃,最低气温 -19.6℃,降雨量近 700 mm,多集中在 7、8 月份。

#### 1.2 栓皮栎树龄的确定与样品的制备

栓皮栎树龄的确定,按照栓皮栎的胸径进行采样,对栓皮栎进行解析木分析,在试验地选择样地,进行每木检尺调查,建立胸径-树龄函数关系,计算出样木的树龄。用 SPSS 软件对胸径与树龄进行曲线估计分析,取相关系数最高(0.996)且为增函数的三次方模型,栓皮栎胸径-树龄方程为: $y=0.004x^3-0.161x^2+4.012x+3.168$ ,可将测量的胸径代入方程求解树龄。

研究选取的 6 个树龄栓皮栎(*Quercus Variabilis*)样品于 2006 年秋季(9 月)按胸径采样于相同立地条件下,每 2 个相邻树龄之间相隔约 8 a,

收稿日期:2010-08-25

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD18B0103);教育部高等学校科技创新工程重大资助项目(706007)

第一作者简介:江丽媛(1986-),女,山东省威海市人,在读硕士,从事商品林培育理论与技术研究。E-mail:lyjiang5256@126.com。

通讯作者:彭祚登(1964-),男,重庆市人,博士,副教授,从事林木种苗培育研究。E-mail:zuodeng@sina.com。

按照公式计算其树龄,胸径与树龄对应(见表1)。

表1 栓皮栎的胸径与树龄

胸径/cm	3.56	6.54	10.50	14.40	18.70	21.55
树龄/a	16	24	32	39	48	55

每个树龄的测试样品均采于栓皮栎的不同器官(树叶、树枝、树皮和树干),采样分别在胸径处采树皮、树干,叶片和树枝按冠幅不同层次和方位混合取样。样品采后分别装入纸袋封好,称重,将装有叶、枝、皮、干的纸袋带回实验室,在80℃的恒温箱内烘干至恒重,然后将烘干的样品用高速粉碎机粉碎、过100目筛之后装入自封袋以备分析。

### 1.3 测定方法

1.3.1 热值测定 采用美国PARR6300氧弹量热仪测定热值,得到被测试样的干重热值。样品用压片机压成药片状后,万分之一天平精确称量(约0.5~1.0g),重复取样进行3次测量,前后2次测量误差不超过20 Cal·g<sup>-1</sup>,3次测定结果平

均值即为样品的干重热值。

去灰分热值=干重热值/(1-灰分含量)。灰分含量的测定用干灰化法,即550℃恒重法,样品放入坩埚中,加盖隔绝空气,在马弗炉550℃下灰化6h,测定其灰分含量。每个样品重复测定3次,3次测定结果平均值即为样品的灰分含量。

1.3.2 全碳含量的测定 采用K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>容量法测定全碳含量,用远红外消煮炉外加热法进行消煮,用硫酸亚铁的标准溶液滴定。根据碳被K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>氧化前后重铬酸离子数量的变化,可算出碳的含量(每样品重复测定3次,取平均值)。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同树龄和器官栓皮栎干重热值的比较

干重热值是指1g植物干物质在恒容条件下完全燃烧后所释放出的热量值,它较有机物重量能更直接地反映绿色植物通过光合作用固定太阳辐射能的能力。不同树龄不同器官栓皮栎的干重热值见表2。

表2 不同树龄栓皮栎不同器官的干重热值比较

树龄/a	干重热值/kJ·g <sup>-1</sup>			
	叶	枝	皮	干
16	19.10±0.01 A	17.83±0.02 C	18.67±0.01 B	17.68±0.01 D
24	19.74±0.02 A	18.64±0.02 D	19.09±0.01 B	18.77±0.02 C
32	19.71±0.01 B	18.21±0.01 C	20.74±0.02 A	17.67±0.01 D
39	19.47±0.004 B	18.66±0.01 C	21.17±0.02 A	17.24±0.02 D
48	19.72±0.02 B	17.30±0.005 C	21.32±0.02 A	16.93±0.01 D
55	19.35±0.004 B	16.55±0.02 D	21.30±0.01 A	16.80±0.01 C

注:表中数据为均值±标准误差,数据后不同大写字母(A,B,C,D)表示同一树龄不同器官在0.01水平上的差异显著性,字母相同表示差异不显著( $P>0.01$ ),字母不同表示差异显著( $P<0.01$ )。下同。

从表2可以看出:各树龄栓皮栎树叶干重热值的高低顺序是:24 a>48 a>32 a>39 a>55 a>16 a。树枝干重热值的高低顺序是:39 a>24 a>32 a>16 a>48 a>55 a。树皮干重热值的高低顺序是:48 a>55 a>39 a>32 a>24 a>16 a。树干干重热值的高低顺序是:24 a>16 a>32 a>39 a>48 a>55 a。

不同树龄栓皮栎树叶、树枝、树皮、树干的干重热值表现为不同树龄同一器官干重热值之间均具有极显著差异( $P<0.01$ )。说明单个器官的干重热值与树龄有一定的相关性,树龄对树叶、树枝、树皮、树干的干重热值均有一定的影响。通过相关分析表明,叶的干重热值与树龄呈不显著正相关( $P>0.05$ );枝的干重热值与树龄呈极显著负相关( $r=-0.650, P<0.01$ );皮的干重热值与树龄呈极显著正相关( $r=0.911, P<0.01$ );干的干重热值与树龄呈极显著负相关( $r=-0.774, P<0.01$ )。

不同器官的干重热值从高到低依次为:16 a

为叶>皮>枝>干,24 a为叶>皮>干>枝,32、39和48 a为皮>叶>枝>干,55 a为皮>叶>干>枝。总体上,不同器官的干重热值为皮>叶>枝>干。不同器官的干重热值之间均具有极显著差异( $P<0.01$ )。植物体器官间热值存在差异,一般来说,各器官热值大小顺序为叶>枝>干>,也有部分树种具体顺序略有不同。从植物解剖学和植物生理学角度看,叶是植物体生理活动最活跃的器官,含有较多的高能化合物如蛋白质和脂肪等物质,另外它自身还能合成高能有机物,因此,叶的干重热值一般较高,而干、枝为支持器官,含纤维素成分多,故热值较低<sup>[13-14]</sup>。另外,各器官热值大小除与各自有机成分相关外,还与营养物质的运输过程关系密切。光合器官合成有机物,沿枝送入茎干中,最后流入根中。在营养物质的输送过程中,高能产品,如脂类和蛋白质的输送速率要低于低能产品,如碳水化合物;而积累速率却要高于低能产品。因此,高能产品在输送过

程中的积累浓度由叶→枝→干逐渐降低,故热值也相应逐渐减小,形成叶>枝>干的顺序<sup>[14]</sup>。官丽莉等对我国不同气候区一些树种不同器官的热值研究中,位于暖温带针阔混交林中的青、牛皮桦,以及位于热带山地雨林的山月桂,皮的干重热值均大于叶的干重热值,尽管树种不同,但是仍然可以看出,叶的干重热值并不一定是所有植物器官中最高的。该研究中干重热值基本为皮>叶>枝>干,叶、枝、干的顺序与多数研究一致,但是树皮的干重热值很高,皮的干重热值大部分大于叶,由以上分析推断,这很可能跟栓皮栎树皮中的筛管是光合产物向下传递的载体有关。

表 3 不同树龄栓皮栎不同器官的去灰分热值比较

树龄/a	去灰分热值/kJ·g <sup>-1</sup>			
	叶	枝	皮	干
16	20.61±0.01 A	18.87±0.02 C	20.08±0.01 B	18.36±0.001 D
24	20.79±0.02 A	19.31±0.02 C	20.21±0.01 B	19.12±0.02 D
32	20.75±0.01 B	18.91±0.01 C	21.70±0.02 A	18.56±0.02 D
39	20.71±0.004 B	19.36±0.01 C	22.91±0.02 A	18.24±0.02 D
48	20.93±0.02 B	18.36±0.01 C	21.97±0.02 A	18.04±0.01 D
55	20.81±0.005 B	17.71±0.02 D	22.40±0.01 A	18.05±0.01 C

不同树龄栓皮栎树叶、树枝、树皮、树干的去灰分热值表现为不同树龄栓皮栎叶、枝、皮和干的去灰分热值之间分别均具有显著差异( $P<0.01$ ),说明单个器官的去灰分热值与树龄有一定的相关性。通过相关分析表明,叶的去灰分热值与树龄呈极显著正相关( $r=0.713, P<0.01$ );枝的去灰分热值与树龄呈不显著正相关( $P>0.05$ );皮的去灰分热值与树龄呈极显著正相关( $r=0.666, P<0.01$ );干的去灰分热值与树龄呈不显著正相关( $P>0.05$ )。

胡宝忠<sup>[16]</sup>等对白三叶(*Trifolium repens*)种群的能值测定表明,能值与树龄相关,特别是根的能值与树龄显著相关,树龄越大,能值越高。刘庆<sup>[17]</sup>等对斑苦竹(*Pleivblastus maculata*)无性系种群的能量结构研究表明,竹子的树龄对能值有一定影响,斑苦竹无性系分株的平均能值随着树龄级的增加,呈 Logistic 曲线变化<sup>[11]</sup>。除这些研究之外,其它有关热值与树龄关系的详细研究极少,对栓皮栎的热值与树龄的关系研究更是缺乏。该研究不同于胡宝忠、刘庆等的研究,是针对乔木地上部分进行的研究,没有涉及到地下部分,无论是从树种类型还是研究部位来看,该文研究内容均与胡宝忠、刘庆等的研究很不相同,因此,栓皮栎 4 个器官的热值与树龄的相关性与这些研究结果也是不同的;栓皮栎的叶、皮的干重热值均与树龄呈正相关,枝、干的干重热值均与树龄呈显著负相关;叶、皮的去灰分热值均与树龄呈极显著正相

2.2 不同树龄和器官栓皮栎去灰分热值的比较

去灰分热值是去掉灰分含量后求算的热值,能比较正确的反映单位有机物中所含的热量,消除灰分对热值的干扰,比干重热值能更加客观地反映能量含量的真实情况<sup>[15]</sup>。

从表 3 可以看出:各树龄栓皮栎树叶去灰分热值的高低顺序是:48 a>55 a>24 a>32 a>39 a>16 a。树枝去灰分热值的高低顺序是:39 a>24 a>32 a>16 a>48 a>55 a。树皮去灰分热值的高低顺序是:39 a>55 a>48 a>32 a>24 a>16 a。树干去灰分热值的高低顺序为 24 a>32 a>16 a>39 a>55 a>48 a。

关,枝、干的去灰分热值均与树龄呈不显著正相关。干重热值、去灰分热值与树龄的相关性不完全相同,其中枝和干的干重热值、去灰分热值与树龄的相关性差异最大,前者呈显著负相关,后者呈不显著正相关,灰分含量的差异是造成这一不同的重要影响因素。灰分含量的差异是干重热值差异的重要原因,植物样品的灰分含量直接影响了植物干重热值。植物热值既与有机物含量有关,也与矿物质成分有关<sup>[11]</sup>。因此,从以上分析可以看出,该研究栓皮栎的 4 个器官中,灰分含量对树枝、树干热值的影响要大于对树叶、树皮热值的影响。

不同器官的去灰分热值从高到低依次为:16、24 a 为叶>皮>枝>干,24 a 为叶>皮>干>枝,32、39、48 a 为皮>叶>枝>干,55 a 为皮>叶>干>枝。总体上,不同器官的去灰分热值为皮>叶>枝>干。不同器官的去灰分热值之间均具有极显著差异( $P<0.01$ )。王立海等对小兴安岭主要树种的热值研究表明,去灰分热值按叶、枝、干、皮的顺序相应逐渐减小<sup>[13]</sup>,其主要树种中有与栓皮栎同属的蒙古栎。Golley 曾说过,热值是生物体的遗传特性、养分条件和生活史的综合体现<sup>[18]</sup>。因此可以说热值受制于多种因素,具有变动性。这些差异和波动与植物体内含能物质的分配和储运规律有密切关系,而这些又进一步受到植物本身的遗传特性与植物的生长状况的制约<sup>[11]</sup>。热值会因气候、立地条件、人为干扰、胁迫

环境的变异而变化。虽然王立海等研究中的蒙古栎与该文中的栓皮栎同是栎属的树种,但蒙古栎在小兴安岭生长,栓皮栎在北京妙峰山生长,因其不同的生长环境等多种复杂原因而热值又受制于多种因素,因此,两个同属树种不同器官的去灰分热值顺序很有可能不同。即使是同种植物,由于受时间、空间的差异,气候、土壤等因素的影响,其有机化学组分含量也会不同,这些都会影响植物的热值。该研究中栓皮栎树皮的去灰分热值整体上很高,基本上高于叶的去灰分热值,这很可能跟栓皮栎具有很厚很发达的木栓层,而木栓层可能含有一些含能物质以及与栓皮栎特定的立地条件有关。

### 2.3 不同树龄和器官碳含量的比较

植物碳含量是植物碳贮量的一种度量,反映绿色植物在光合作用中固定贮存碳元素的能力,任何一类有机质均由碳素构成骨架,碳素含量是反映物质组分的一个综合指标<sup>[11-12,19]</sup>。

从表4可以看出:皮碳含量最小为47.52%,最大为54.78%,各树龄栓皮栎树皮碳含量的高低顺序是:48 a>32 a>39 a>24 a>55 a>16 a。叶碳含量最小为45.49%,最大为51.17%,各树龄栓皮栎树叶碳含量的高低顺序是:48 a>32 a>24 a>39 a>55 a>16 a。干碳含量最小为46.32%,最大为50.09%,各树龄栓皮栎树干碳含量的高低顺序是:24 a>39 a>55 a>32 a>48 a=16 a。枝碳含量最小为41.89%,最大为

50.03%,各树龄栓皮栎树枝碳含量的高低顺序为24 a>39 a>32 a>48 a>16 a>55 a。

不同树龄栓皮栎树叶、树枝、树皮的碳含量表现为不同树龄栓皮栎叶、枝和皮的碳含量之间均分别具有显著差异( $P<0.05$ ),不同树龄树干的碳含量之间无显著差异( $P>0.05$ )。说明单个器官的碳含量与树龄有一定的相关性。相关分析表明,树皮的碳含量与树龄呈不显著正相关( $r=0.465, P>0.05$ );树叶的碳含量与树龄呈显著正相关( $r=0.488, P<0.05$ );树干的碳含量与树龄呈不显著负相关( $r=-0.190, P>0.05$ );树枝的碳含量与树龄呈不显著负相关( $r=-0.414, P>0.05$ )。研究结果表明,树龄对碳含量的多少影响很微弱。

不同器官的碳含量从高到低依次为:16 a为皮>干>叶>枝,24、32、39、48、55 a为皮>叶>干>枝。总体上,不同器官的碳含量为皮>叶>干>枝。部分树龄不同器官的碳含量之间具有显著差异( $P<0.05$ )。郑帷婕等<sup>[12]</sup>对陆生高等植物碳含量及其特点进行的研究表明,由于枝干含有较多的木质素,木质素的碳含量较高,所以枝干的碳含量高于叶;王立海、孙墨珑<sup>[13]</sup>对小兴安岭主要树种的碳含量研究表明,小兴安岭主要树种不同器官碳含量表现为干>枝>皮>叶。但是该文中栓皮栎树皮、树叶的碳含量都很高,基本高于树枝和树干,这很可能跟栓皮栎不同器官特殊的功能和生理特点有关,需进一步研究证实。

表4 不同树龄栓皮栎不同器官的碳含量比较

%

树龄/a	碳含量			
	皮	叶	干	枝
16	47.52±0.44 A	45.49±0.83 BC	46.32±0.38 AB	44.38±0.21 C
24	50.73±0.58 A	50.12±0.38 A	50.09±0.72 A	50.03±0.33 A
32	53.23±0.10 A	50.92±0.30 B	46.56±0.20 C	46.50±0.40 C
39	52.23±0.60 A	50.04±0.80 A	48.72±2.34 A	48.23±0.44 A
48	54.78±0.05 A	51.17±0.30 B	46.32±0.04 C	46.07±0.12 C
55	50.50±2.60 A	49.06±0.29 A	46.62±0.36 A	41.89±0.40 B

### 2.4 热值与碳含量的相关性

通过相关分析表明,皮的干重热值与碳含量呈不显著正相关( $r=0.746, P>0.05$ ),去灰分热值与碳含量呈不显著正相关( $r=0.593, P>0.05$ );叶的干重热值与碳含量呈显著正相关( $r=0.923, P<0.01$ ),去灰分热值与碳含量呈不显著正相关( $r=0.770, P>0.05$ );干的干重热值与碳含量呈不显著正相关( $r=0.685, P>0.05$ ),去灰分热值与碳含量呈不显著正相关( $r=0.711, P>0.05$ );枝的干重热值与碳含量呈显著正相关( $r=0.890, P<0.05$ ),去灰分热值与碳含量呈显著正相关( $r=0.868, P<0.05$ )。虽然不同器官的热

值与碳含量的某些相关性不显著,但从相关系数看来,各个相关系数均很高,表明整体上热值与碳含量呈显著正相关。这与很多研究结果基本一致。官丽莉等认为,任何一类有机质均由碳素构成骨架,在一般植物中,碳和氧元素占干重的大部分,所以碳素含量越高,热值可能越高<sup>[14]</sup>。鲍雅静等认为,碳浓度的高低决定了植物物质中有机物的总含量,碳浓度越高,表明植物物质中有机物的含量越高,往往决定了植物具有较高的热值<sup>[11]</sup>。

因此,可以根据碳含量高低来估计热值高低,从而为生物质能源的利用提供一定的理论依据。

同时,由于植物碳含量是植物碳贮量的一种度量,可根据这些分析结果来度量不同树龄栓皮栎不同器官在光合作用中固定贮存碳元素的能力。

### 3 结论

通过对6个树龄栓皮栎不同器官的热值、碳含量进行比较研究以及对热值与碳含量相关性研究,可得出结论为:

6个树龄栓皮栎叶、皮的干重热值均与树龄正相关,枝、干的干重热值均与树龄呈显著负相关;叶、皮的去灰分热值均与树龄呈极显著正相关,枝、干的去灰分热值均与树龄呈不显著正相关。不同器官的干重热值和去灰分热值总体上均表现为皮>叶>枝>干。不同器官的干重热值、去灰分热值之间均具有极显著差异( $P<0.01$ )。

6个树龄栓皮栎树皮的碳含量与树龄呈不显著正相关;树叶的碳含量与树龄呈显著正相关;树枝、树干的碳含量与树龄呈不显著负相关。不同器官的碳含量总体上表现为皮>叶>干>枝。部分树龄不同器官的碳含量之间具有显著差异( $P<0.05$ )。整体上热值与碳含量呈显著正相关。

#### 参考文献:

- [1] 祖元刚. 能量生态系统引论[M]. 长春:吉林科学技术出版社,1990.
- [2] Long F L. Application of calorimetric methods to ecological research[J]. Plant Physiology, 1934, 9(2): 323-327.
- [3] Golley F G. Caloric value of wet tropical forest vegetation[J]. Ecology, 1968, 50(3): 517-519.
- [4] 杨福囤,何海菊. 青藏高原矮蒿草甸常见植物的热值及灰分含量[J]. 中国草原, 1983, 2(2): 24-27.
- [5] 任海,彭少麟,刘鸿先,等. 鼎湖山植物群落及其主要植物的热值研究[J]. 植物生态学报, 1999, 23(2): 148-154.
- [6] 林益明,林鹏,王通. 几种红树植物木材热值和灰分含量的研究[J]. 应用生态学报, 2000, 11(2): 181-184.
- [7] 向平,林益明,彭在清,等. 厦门园林植物园10种榕属植物叶热值与灰分含量的研究[J]. 林业科学, 2003, 39(专刊): 68-73.
- [8] 林益明,郭启荣,叶功富,等. 福建东山几种木麻黄的物质与能量特征[J]. 生态学报, 2004, 24(10): 2217-2224.
- [9] 旷远文,温达志,周国逸,等. 鼎湖山季风常绿阔叶林各层次优势种热值研究[J]. 北京林业大学学报, 2005, 27(2): 6-12.
- [10] 赵廷宁,王庆,杨维西. 植物热值研究综述[J]. 生物质化学工程, 2006(S1): 329-335.
- [11] 鲍雅静,李政海,韩兴国,等. 植物热值及其生物生态学属性[J]. 生态学报, 2006, 25(9): 1095-1103.
- [12] 郑帷婕,包维楷,辜彬,等. 陆生高等植物碳含量及其特点[J]. 生态学报, 2007, 26(3): 307-313.
- [13] 王立海,孙墨珑. 小兴安岭主要树种热值与碳含量[J]. 生态学报, 2009, 29(2): 953-959.
- [14] 官丽莉,周小勇,罗艳. 我国植物热值研究综述[J]. 生态学报, 2005, 24(4): 452-457.
- [15] 何晓,包维楷,辜彬,等. 中国高等植物干质量热值特点[J]. 生态环境, 2007, 16(3): 973-981.
- [16] 胡宝忠,刘娣,周以良,等. 白三叶无性系植物种群分株间的资源分配[J]. 东北农业大学学报, 1998, 26(2): 25-28.
- [17] 刘庆,钟章成. 班苦竹无性系种群能量结构研究[J]. 渝州大学学报(自然科学版), 1995, 12(3): 22-27.
- [18] Golley F B. Energy values of ecological materials[J]. Ecology, 1961, 42: 581-584.
- [19] 王立海,孙墨珑. 东北12种灌木热值与碳含量分析[J]. 东北林业大学学报, 2008, 36(5): 42-46.

## Caloric Value and Carbon Content of *Quercus variabilis* of Six Ages

JIANG Li-yuan, PENG Zuo-deng, HE Bao-hua, HOU Zhi-qiang, DU Yan

(The Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083)

**Abstract:** Caloric value and carbon content in different organs of *Quercus variabilis* of six ages were studied. The results showed that gross caloric values of both leave and bark were positive correlated with age. Gross caloric values of both branch and trunk were significant negative correlated with age. Ash free caloric values of both leave and bark were great significant positive correlated with age. Ash free caloric values of both branch and trunk were not significant positive correlated with age. Overall, both gross caloric value and ash free caloric value in different organs decreased in the order of bark, leave, branch and trunk. Differences of both gross caloric value and ash free caloric value were great significant among different organs ( $P<0.01$ ). Carbon content of bark was not significant positive correlated with age. Carbon content of leave was significant positive correlated with age. Carbon content of both branch and trunk were not significant negative correlated with age. Overall, carbon content in different organs decreased in the order of bark, leave, trunk and branch. Caloric value was significant positive correlated with carbon content totally.

**Key words:** *Quercus variabilis*; age; gross caloric value; ash free caloric value; carbon content