

DOI: 10.5846/stxb201502070308

崔玉涛, 张启昌, 谢振财, 杨军元, 轩志龙. 长白落叶松人工林热值及其能量现存量. 生态学报, 2016, 36(17): - .

Cui Y T, Zhang Q C, Xie Z C, Yang J Y, Xuan Z L. Caloric Value and Total Standing Crop Energy of *Larix olgensis* Henry Gmelinii. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(17): - .

长白落叶松人工林热值及其能量现存量

崔玉涛^{1,2}, 张启昌^{1,*}, 谢振财², 杨军元², 轩志龙¹

1 北华大学林学院, 吉林 132013

2 吉林省林业调查规划院, 长春 130022

摘要:采用量热法对 5 个径级的长白落叶松各器官热值进行测定, 结合生物量的数据, 对长白落叶松的能量现存量进行研究。结果表明: 长白落叶松各器官能量现存量模型 $W = aD^b$ 最适推算长白落叶松的能量现存量。长白落叶松各器官热值的测定结果显示: 枝 > 皮 > 干 > 叶 > 根。各器官的能量现存量呈现: 干 > 根 > 皮 > 枝 > 叶的规律, 能量现存总量 $1988.39 \times 10^9 \text{ J/hm}^2$, 地上部分能量现存量远远高于地下部分, 主要集中在 0—12 m 的树段, 地下部分主要集中在粗根和根坨。对比 5 个径级根系的能量现存量, 20 径级根系的能量现存量最大 ($187.73 \times 10^9 \text{ J/hm}^2$), 8 径级根系的能量现存量最小 ($7.72 \times 10^9 \text{ J/hm}^2$)。对比 5 个径级长白落叶松的能量现存量, 16 径级的能量现存量最大 ($723.45 \times 10^9 \text{ J/hm}^2$), 8 径级的能量现存量最小 ($46.58 \times 10^9 \text{ J/hm}^2$)。对比长白落叶松和樟子松的能量现存量可知: 长白落叶松小于樟子松。

关键词:长白落叶松; 径级; 器官; 热值; 生物量; 能量现存量

Caloric Value and Total Standing Crop Energy of *Larix olgensis* Henry Gmelinii

CUI Yutao^{1,2}, ZHANG Qichang^{1,*}, XIE Zhencai², YANG Junyuan², XUAN Zhilong¹

1 Forestry College of Beihua University, Jilin 132013, China

2 Academy of Forest Inventory, Planning and Design, Changchun 130022, China

Abstract: The caloric values of vegetation are indicative of energy conversion in the forest ecosystem, and serve as a measure of the energy that plants contain. Studies of seasonal changes in the caloric values of vegetation play a valuable role in promoting forest productivity and systemic energy input. Energy analyses are a method of evaluating the structure and function of a forest ecosystem, and contribute to the promotion of forest stand productivity by representing the amount of solar energy available to the vegetative community. Research on plant energy resource development has been conducted in the interest of alleviating the energy crisis and facilitating the conservation of the ecological environment. In this study, we conducted contrastive analyses of the caloric values and standing crop energy from different 5 diameter classes of organs of the 24-year-old *Larix olgensis* Gmelinii plantation on Mopan Mountain, in order to study their capacity to accumulate and store energy. The resulting knowledge of *Larix olgensis* Gmelinii plantation productivity will provide theoretical guidance for the improvement of *Larix olgensis* Gmelinii plantation management.

Three healthy plants were sampled in plots on a *Larix olgensis* Gmelinii plantation, tree organs in 5 different diameter classes were collected, with 4 cm as one differentiating level. A Monsie layering and cutting method was adopted on the ground, to measure the characteristics of fresh trunk, bark, branch, and leaf material with 2 m as one differentiating level. A standard underground root evaluation method was adopted to measure the characteristics of roots. To ensure the accuracy of the data and effective, the following material was collected: trunk at breast height, 1- to 2-year-old branch bark,

基金项目:中央财政林业科技推广示范跨区域重点推广示范项目([2011]TK022);吉林省重大科技发展计划项目(吉科合字 20075012)

收稿日期:2015-02-07; **网络出版日期:**2015-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zqc1212@sina.com

perennial branch bark, trunk bark, 1- to 2-year-old branches, and perennial branches. As for leaf material, the canopy was divided into 3 layers, and leaves were collected from the east, south, west, and north of each layer. To collect root material, the root system was subdivided into root stumpage, thick roots, mid-roots, and thin roots. Caloric values were measured to study the 5 diameter classes of various *Larix olgensis* Gmelinii organs. The total standing crop energy of *Larix olgensis* Gmelinii was studied in addition to the biomass data.

The results showed that in order to quantify the total standing crop energy in each *Larix olgensis* Gmelinii organ, $W = aD^b$ was the most suitable model for projecting the total standing crop energy of in *Larix olgensis* Gmelinii trees. The calorific values of various *Larix olgensis* Gmelinii organs were ordered as follows: branch > bark > trunk > leaf > root. The total standing crop energy of different *Larix olgensis* Gmelinii organs was ordered as follows: trunk > root > bark > branch > leaf. The total standing crop energy was $1988.39 \times 10^9 \text{ J/hm}^2$, with that of the aboveground material (mainly concentrated among 0 - 12 m plants) being far greater than that of the underground material (mainly concentrated in root stumpage and thick roots). Contrastive analyses of the total standing crop energy in 5 diameter-classes of roots suggested that 20 cm diameter-class roots contain the highest total standing crop energy, at $187.73 \times 10^9 \text{ J/hm}^2$, and 8 cm diameter-class root contain the lowest total standing crop energy, at $7.72 \times 10^9 \text{ J/hm}^2$. Contrastive analyses of the total standing crop energy in 5 diameter-classes of *Larix olgensis* Gmelinii organs suggested that the 16 cm diameter-class contained the highest total standing crop energy, at $723.45 \times 10^9 \text{ J/hm}^2$, and the 8 cm diameter-class contained the lowest total standing crop energy, at $46.58 \times 10^9 \text{ J/hm}^2$. Comparison of the total standing crop energy between *Larix olgensis* Gmelinii and *mongolica* Litv, revealed that the total standing crop energy of *Larix olgensis* Gmelinii was lower than that of *mongolica* Litv.

Key Words: *Larix olgensis*; diameter-class; organ; caloric value; biomass; the total standing crop energy

近年来,由于人类活动,导致森林破坏严重,全球气候变暖,加重了森林生态系统的负担,开始让人们更加关注森林资源的保护,寻求改善森林生态环境,提高林地生产力的途径。森林生态系统生物量的研究,是森林生态系统能量研究的基础,为森林生态系统结构和功能的研究提供依据^[1-2],也为评价森林生态系统碳汇能力和生产力提供重要依据^[3-5]。植物热值是森林生态系统能量转换的重要指标,是植物所含能量多少的一种度量^[6-7]。研究植物热值季节性变化,对于提高林地生产力和改进系统能流输入有重要参考价值^[8]。能量是评价森林生态系统结构和功能的重要指标,更能反应植物群落对太阳能的利用率,对提高林分的生产力具有指导意义^[9-11]。

长白落叶松(*Larix olgensis* Henry)隶属于松科(*Pinaceae*)、落叶松属(*Larix*),落叶乔木,在我国东北长白山地区广泛栽植。一般生长在海拔 500—1800 m 湿润山坡及沼泽地区,在气候温寒、土壤湿润的灰棕色森林土地分布普遍。抗逆性较强,能生长在比较干燥瘠薄的山坡,也能生在沼泽地带,适应力较强,在土层肥厚、排水良好、pH 约 5 的砂质壤土上生长最好。长白落叶松是很好的造林树种和观赏树种,其树干端直,材质坚韧,是很好的建筑用材。

植物与人类生产生活息息相关,是重要的能源来源,研究开发植物能源具有减缓能源危机,保护生态环境等重要意义。已有学者对芒草^[12]、尾巨桉^[13]、樟子松^[14]等植物的能量进行了研究,但还未见有关长白落叶松人工林热值与能量现存量的系统研究。本文通过对磨盘山上 24 a 生长白落叶松人工林不同径级各器官热值和能量现存量的对比分析,从能量的角度探讨长白落叶松人工林积累能量的能力,了解长白落叶松人工林的生产力,为合理经营长白落叶松人工林提供理论依据。

1 研究地概况与研究方法

1.1 研究地区概况

研究地区选自吉林省吉林市丰满区前二道乡王相村境的磨盘山上(图 1)。该山主要属北温带大陆季风

气候,夏季气温较高、雨水充足,冬季时间较长,年平均气温在 4.5 ℃ 左右,年平均降水量在 668 mm 左右,相对湿度达 70%。无霜期 130 d 左右。植被属长白山植物区系,土壤为冲积土,土质一般为黄沙和粘土。该山植被茂密,多为天然林,森林覆盖率达 90% 以上。核桃楸 (*Juglans mandshurica*)、花曲柳 (*Fraxinus mandshurica*) 为主要乔木树种。

1.2 样品的采集

在长白落叶松人工林内,设定 20 m × 30 m 的样地,每木检尺,根据检尺结果,以 4 cm 一个区分段,划分成 5 个径级,每一径级,选取 3 株健康树木进行取样。地上采用 Monsic 分层切割法^[15],将标准木按每 2 m 划为 1 个区分段测定标准木的干、皮、枝、叶鲜质量,地下采用“标准根法”测定根的鲜质量。为了使数据更为真实有效,干的采集位于胸径;皮采集 1—2 a 生枝皮、多年生枝皮、干皮;枝采集 1—2 a 生枝和多年生枝;叶的采集要将树冠从上到下平分 3 层,每一层按东、南、西、北四个方向采样;根细分为根坨、粗根、中根、细根。

1.3 研究方法

先将采回的样品放入 105 ℃ 烘干箱内杀青 3 小时,后置于通风状态良好的环境中 3 天,每种样品取 50—100 g 放入烘干箱内烘干 72 小时,温度控制在 70—80 ℃,记录烘干后的质量,再次放入烘干箱内,每两小时取出一次称取质量,直到前后质量相差不超过 0.1 g,将样品放入粉碎机内粉碎,用直径为 0.5 mm 的筛子筛选,作为热值测定的试验材料,干燥和筛选过程至关重要,直接影响测定结果的准确性^[16]。用江苏鹤壁天宇仪器有限公司生产的 ZDHW-2000 微机全自动量热仪测定长白落叶松不同径级各器官的干重热值,为保证数据的准确性,每次测定前,需用苯甲酸标定,每个样品重复测定 5 次,最后取平均值。能量现存量计算参考韩国君等,用干重热值乘以生物量,得能量现存量。测定的数据用 Excel 软件统计,用 SAS 软件进行模型的建立和拟合度的计算。

2 试验结果与分析

2.1 长白落叶松能量现存量模型

目前大多数研究人员都采用树高 (H) 和胸径 (DBH) 建立生物量和能量模型,其中最常用的三种模型分别是 $W = a(D^2H)^b$ ^[17-18]、 $W = aD^bH^c$ ^[19-20]、 $W = aD^b$ ^[3],笔者亦采用这三种模型,运用 Excel 和 SAS 软件对数据进行整理和分析。对长白落叶松的干、叶、根、枝、皮及全树建立能量现存量模型,选出最适评估长白落叶松能量现存量的模型,整理分析得到表 1。从表 1 可知,三个模型拟合度都很高,模型 $W = aD^bH^c$ 中的 R^2 值相对于方程 $W = a(D^2H)^b$ 、 $W = aD^b$ 的 R^2 值要高一些,说明模型 $W = aD^bH^c$ 拟合长白落叶松各器官和全树的能量现存量更为精准。但在实际测量中,精确测量树高

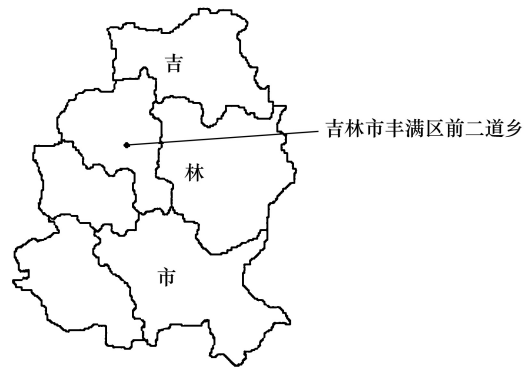


图 1 研究地区示意图

Fig.1 The sketch of research region

表 1 长白落叶松各器官能量现存量模型

Table 1 The total standing crop of energy model of different organs in tree of *Larix olgensis*

模型 Model	器官 Organ	模型 Model	R^2
$W = a(D^2H)^b$	树干	$W = 0.9278(D^2H)^{0.8565}$	0.9887
	树叶	$W = 0.1090(D^2H)^{0.7864}$	0.9238
	树根	$W = 0.0166(D^2H)^{1.2264}$	0.9563
	树枝	$W = 0.0293(D^2H)^{1.0125}$	0.9944
	树皮	$W = 0.0680(D^2H)^{0.9313}$	0.9879
	全树	$W = 0.6776(D^2H)^{0.9612}$	0.9990
$W = aD^bH^c$	树干	$W = 0.2438D^{1.3146}H^{1.7556}$	0.9968
	树叶	$W = 1.9816D^{2.4375}H^{-1.1646}$	0.9659
	树根	$W = 1.1259D^{3.7101}H^{-1.6104}$	0.9943
	树枝	$W = 0.0362D^{2.0887}H^{0.8688}$	0.9946
	树皮	$W = 0.0443D^{1.7349}H^{1.2193}$	0.9886
	全树	$W = 0.8935D^{2.0049}H^{0.7751}$	0.9993
$W = aD^b$	树干	$W = 3.6098D^{2.0610}$	0.9662
	树叶	$W = 0.3315D^{1.9424}$	0.9510
	树根	$W = 0.0949D^{3.0253}$	0.9821
	树枝	$W = 0.1375D^{2.4581}$	0.9892
	树皮	$W = 0.2881D^{2.2533}$	0.9761
	全树	$W = 2.9368D^{2.3345}$	0.9945

W: 能量现存量(GJ); D: 胸径(cm); H: 高(m)

难度较大,因此,最适宜推算长白落叶松能量现存量的方程是 $W = aD^b$ 。

2.2 长白落叶松各器官的热值

由表 2 可以看出:不同径级各器官的热值相差较大,其中 16 径级的细根有最小热值(13241.00 J/g),20 径级的 1—2 年生枝有最大热值(20777.00 J/g)。不同器官的加权平均热值对比可知:长白落叶松不同器官间的热值差异显著,其中 1—2 年生枝的热值最大(20209.45 J/g),细根热值最小(15831.45 J/g),各器官热值大小顺序为 1—2 年生枝(20209.45 J/g) > 1—2 年生枝皮(20029.13 J/g) > 中根(19976.40 J/g) > 多年生枝(19889.27 J/g) > 多年生枝皮(19842.89 J/g) > 粗根(19779.31 J/g) > 根陀(19791.36 J/g) > 干(19614.89 J/g) > 干皮(19614.46 J/g) > 叶(19574.68 J/g) > 细根(15831.45 J/g)。

表 2 长白落叶松不同径级各器官热值

Table 2 Calorific values of organs of *Larix olgensis* in different diameters

器官 Organ	径级 Diameter-class					加权平均热值 Calorific value/ (J/g)
	8	12	16	20	24	
干 Trunk	19655.20	19804.00	19469.42	19539.00	19607.56	19614.89
干皮 Trunk bark	18954.14	19206.50	19898.42	20172.25	19351.94	19614.46
叶 Leaf	19114.00	19459.75	19475.63	20105.83	19766.60	19574.68
1—2 年生枝 1 to 2-year-old branch bark	19781.00	20626.75	19575.00	20777.00	20216.58	20209.45
1—2 年生枝皮 1 to 2-year-old branch bark	—	19454.00	20152.75	19835.50	20121.00	20029.13
多年生枝 Perennial branch	20325.25	20418.50	19202.00	19992.33	19251.75	19889.27
多年生枝皮 Perennial branch bark	20177.50	20485.38	18879.50	20212.38	19431.8	19842.89
根陀 Root stumpage	19437.50	19045.50	20602.50	19846.00	19861.00	19791.36
粗根 Thick root	19506.00	19875.00	19388.50	20379.00	19654.50	19779.31
中根 Mid-root	19687.50	20392.50	19580.50	20200.00	19415.50	19976.40
细根 Thin root	17187.00	16862.50	13241.00	17385.50	15990.00	15831.45

—为缺失值,1—2 年生枝是指生长 1—2 年的枝条去掉树皮后留下的枝,1—2 年生枝皮是指生长 1—2 年枝条的皮。多年生枝(3 年以上枝条)和多年生枝皮(3 年以上枝皮)同上。

将 1—2 年生枝、多年生枝取平均值作为枝的热值,1—2 年生枝皮、多年生枝皮、干皮的平均值作为枝的热值,根陀、粗根、中根、细根的平均值作为根的热值,见表 3:

表 3 长白落叶松各器官热值(J/g)

Table 3 Calorific value of *Larix olgensis*

器官 Organ	干 Trunk	皮 Bark	枝 Branch	叶 Leaf	根 Root
热值/(J/g)	19614.89	19828.83	20049.36	19574.68	18844.63

从表 3 可知:枝的热值最大(20049.36 J/g),根的热值最小(18844.63 J/g),各器官的热值大小排序为枝(20049.36 J/g) > 皮(19828.83 J/g) > 干(19614.89 J/g) > 叶(19574.68 J/g) > 根(18844.63 J/g)。

2.3 长白落叶松能量现存量及其分配

从表 4 可知,地上部分总能量现存量达 1570.24×10^9 J/hm²,主要集中在 0—12 m,占地上总能量现存量的 90.88%,树干占的比例较大,占总能量的 75.90%,树干和树皮能量现存量随着树高增高而降低。树枝和树叶的能量现存量主要集中在 8—14 m。6—12 m 树段,随树木升高,树枝和树叶的能量现存量不断升高,超过 14 m,树木再升高,树枝和树叶的能量现存量将随树木升高而降低。

从表 5 可知:20 径级根的能量现存量最大,8 径级根的能量现存量最小。根陀和粗根的能量现存量占地下部分能量现存量总量的比例较高,分别达到 35.23% 和 53.96%,中根和细根的能量现存量占地下部分能量现存量总量的比例较低,分别占 8.49% 和 2.33%。

表 4 长白落叶松地上部分能量现存量的垂直分布

Table 4 The total standing crop of energy of *Larix olgensis* vertical distribution above ground

树高/m Height	树干/(10 ⁹ J/hm ²) Trunk	树皮/(10 ⁹ J/hm ²) Bark	树枝/(10 ⁹ J/hm ²) Branch	树叶/(10 ⁹ J/hm ²) Leaf	合计/(10 ⁹ J/hm ²) The total	百分比/% Proportion
0—2	331.10	45.21	0.00	0.00	376.31	23.97
2—4	267.74	27.56	0.00	0.00	295.31	18.81
4—6	213.61	27.17	0.00	0.00	240.77	15.33
6—8	158.29	23.40	1.20	0.78	183.68	11.70
8—10	116.32	18.84	25.06	10.37	170.59	10.86
10—12	70.22	12.29	51.93	25.84	160.28	10.21
12—14	27.85	7.53	45.11	30.73	111.23	7.08
14—16	6.67	0.79	14.24	10.37	32.07	2.04
合计	1191.80	162.79	137.54	78.10	1570.24	100.00
百分比 Proportion/%	75.90	10.37	8.76	4.97	100.00	

表 5 长白落叶松不同径级地下部分能量现存量及其分配

Table 5 The total standing crop of energy of *Larix olgensis* vertical distribution under ground

径级/cm Diameter-class	根坨/(10 ⁹ J/hm ²) Root stumpage	粗根/(10 ⁹ J/hm ²) Thick root	中根/(10 ⁹ J/hm ²) Medium size root	细根/(10 ⁹ J/hm ²) Fine root	合计/(10 ⁹ J/hm ²) The total	百分比/% Proportion
8	2.26	4.52	0.75	0.19	7.72	1.83
12	23.75	23.75	7.73	1.13	56.36	13.37
16	43.91	56.35	7.54	4.15	111.95	26.55
20	65.97	101.21	16.59	3.96	187.73	44.53
24	12.63	41.66	3.20	0.38	57.87	13.73
合计	148.52	227.49	35.81	9.81	421.62	100.00
百分比 Proportion/%	35.23	53.96	8.49	2.33	100.00	

由表 6 可知:长白落叶松能量现存总量为 1988.39×10^9 J/hm²,不同径级,长白落叶松各器官能量现存量大小对比均呈现:干>根>皮>枝>叶的规律。长白落叶松人工林在 16 径级和 20 径级有较高的能量现存量,8 径级能量现存量最小,地上部分占据了能量现存量的大部分。

表 6 长白落叶松人工林不同径级各器官能量现存量

Table 6 The total standing crop of energy of *Larix olgensis* in various organs of different diameters

径级/cm Diameter-class	能量现存量(10 ⁹ J/hm ²) The total standing crop of energy					合计 The total	百分比 Proportion
	树干 Trunk	树皮 Bark	树枝 Branch	树叶 Leaf	树根 Root		
8	30.01	3.51	2.79	2.55	7.72	46.58	2.34
12	227.93	30.06	21.14	13.51	56.36	349	17.55
16	481.16	58.16	50.25	21.93	111.95	723.45	36.38
20	378.96	58.16	52.84	35.64	187.73	713.33	35.87
24	73.56	10.34	9.77	4.5	57.87	156.04	7.85
合计	1191.62	160.23	136.79	78.13	421.63	1988.39	100.00
百分比 Proportion/%	59.93	8.06	6.88	3.93	21.20	100.00	

2.4 能量现存量对比

长白落叶松与樟子松同属松科、针叶树种,多数分布于东北地区,两者同样具有生长迅速、适应性强、嗜阳光、喜酸性土壤、具有耐寒、抗旱、耐瘠薄及抗风等特性。韩国君等^[14]研究的樟子松人工林与本文作者研究的长白落叶松人工林能量现存量林龄都是 24 a 生,调查方法均采取等株径级标准木法。对比两者各器官能

量现存量,比较生产力的大小。结果如图 2:

由图 2 可知:长白落叶松的干、枝、叶的能量现存量要小于樟子松,皮和根的能量现存量大于樟子松,长白落叶松各器官总的能量现存量要小于樟子松。

3 结论与讨论

本文通过区分径级和器官来测定长白落叶松的热值、生物量^[21],利用热值和生物量的数据,推算出整个长白落叶松林分的能量现存量。对数据整理分析,可以得出以下结论:

通过三个能量模型对比,模型 $W = aD^bH^c$ 拟合度达到极高水平,用以推算长白落叶松能量现存量最为精准,但在实际调查中,精确测量树高难度较大,因此,采用模型 $W = aD^b$ 对长白落叶松人工林的能量现存量进行推算最为适宜。

长白落叶松不同径级各器官热值的变动范围是 13241.00—20777.00 J/g,各器官的干质量热值大小顺序为枝>皮>干>叶>根。官丽莉^[22]、曾小平^[23]、陈美琳^[24]等研究的植物干质量热值都是叶片的最高,因为植物进行光合作用时会合成蛋白质(22.990 kJ/g)和脂肪(38.874 kJ/g)这样的高能物质。本文中出现的枝的热值高于叶的热值,与王云霖的东北落叶松热值^[25];张启昌的红松种群热值^[26]结果相一致,这是由于落叶松枝所含树脂和松节油,具有比蛋白质和脂肪还要高的能量。

长白落叶松人工林地上部分能量现存量(1570.24×10^9 J/hm²)要远远高于地下部分能量现存量(421.63×10^9 J/hm²),地上部分的能量现存量主要集中在 0—12 m 树段,占地上部分总能量现存量的 90.88%。树干的能量现存量占地上部分的 76.00%。树枝和树叶的能量现存量主要集中在 8—14 m 树段,且随着树高升高能量现存量呈升高趋势,可见树木在这一段是生长旺盛的。树皮和树干能量现存量随树高增加而降低,根陀和粗根的能量现存量占根系的总能量现存量的比例最大,达到 35.23%和 53.96%,而中根和细根的能量现存量占地下部分能量现存量比例较低,仅占 8.49%和 2.33%。

不同径级长白落叶松能量现存量差异显著,表现为最小径级和最大径级占总能量现存量比例最小,出现这种情况的原因是:栽植过密,造成种内竞争激烈,且苗木生长过程中,未采取合理的人工抚育间伐措施,使一些矮小苗木生长缓慢,逐渐被淘汰,大大降低了林分的生产力。因此,应及时采取打枝、清除枯死木、清除杂木等措施提高林分生产力。巨文珍等^[27]研究的伊春地区的长白落叶松结果表明:18 a 左右应进行抚育间伐。为我们以后栽植苗木提供了依据。

长白落叶松人工林总能量现存量为 1988.39×10^9 J/hm²,地上部分和地下部分的能量现存量占总能量现存量的比例依次为:78.80%、21.20%。16 和 20 径级能量现存量占总能量现存量比例最大。不同径级各器官能量现存量的大小顺序为干>根>皮>枝>叶,其中干所占总能量现存量的比例最大,达到 59.93%,叶所占比例最小,仅占 3.93%。这与张清海等^[28]、谭玲等^[13]研究的阔叶树种的各器官能量现存量及韩国君等^[14]、张英楠等^[7]研究的针叶树种的各器官能量现存量大小顺序基本保持一致。这是因为能量现存量大小主要取决于生物量的大小。

长白落叶松的总能量现存总量要小于樟子松,说明樟子松的生产力要大于长白落叶松,一方面是由生境所致,樟子松研究地土壤为暗棕壤,长白落叶松研究地土壤为冲积土,土质一般为黄沙和粘土,肥力不如樟子松研究地。另一方面,是由自身生理特性决定,长白落叶松枝、叶的能量现存量要远小于樟子松,致使总能量现存量低于樟子松。然而,长白落叶松根的能量现存量要远高于樟子松,是因为长白落叶松为了获取更多养分,扎根很深,根系比樟子松发达。27 a 生杉木林^[29]能量现存量为 656.98×10^9 J/hm²,14 a 生天然擦木林^[17]能量现存量为 1.23×10^9 J/hm²,远小于 24 a 生长白落叶松能量现存量。生境和林龄能够影响能量现存量大

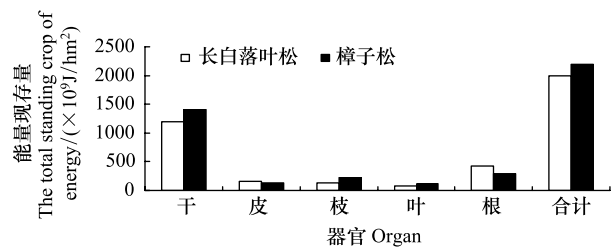


图 2 能量现存量的对比分析 (10⁹ J/hm²)

Fig.2 Contrastive analysis of the energy standing crop (10⁹ J/hm²)

小,起决定性作用的是植物本身的生物学特性。说明长白落叶松有较高的生产力,有一定的发展前景。

参考文献 (References):

- [1] Garkoti S C. Estimates of biomass and primary productivity in a high-altitude maple forest of the west central Himalayas. *Ecological Research*, 2008, 23(1): 41-49.
- [2] Somogyi Z, Cienciala E, Mäkipää R, Muukkonen P, Lehtonen A, Weiss P. Indirect methods of large-scale forest biomass estimation. *European Journal of Forest Research*, 2007, 126(2): 197-207.
- [3] 杜虎, 曾馥平, 王克林, 宋同清, 温远光, 李春干, 彭晚霞, 梁宏温, 朱宏光, 曾昭霞. 中国南方 3 种主要人工林生物量和生产力的动态变化. *生态学报*, 2014, 34(10): 2712-2724.
- [4] 高明亮, 宫兆宁, 赵文吉, 高阳, 胡东. 基于植被指数的北京军都山荆条灌丛生物量反演研究. *生态学报*, 2014, 34(5): 1178-1188.
- [5] 万五星, 王效科, 李东义, 冯学全, 张千千, 于小红. 暖温带森林生态系统林下灌木生物量相对生长模型. *生态学报*, 2014, 34(23): 6985-6992.
- [6] 李晶晶, 党坤良, 周勇, 唐朋辉, 刘永杰. 秦岭中段南坡华山松林能量结构特征和碳储量研究. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2013, 41(11): 58-66.
- [7] 张英楠, 张启昌, 其其格, 李晶华. 长白山阔叶红松林 5 种优势树种的热值和能量现存量. *东北林业大学学报*, 2010, 38(4): 3-5.
- [8] 金则新, 李钧敏, 马金娥. 夏蜡梅及其主要伴生种叶的灰分含量和热值. *生态学报*, 2011, 31(18): 5246-5254.
- [9] 林永标, 任海, 彭少麟. 鹤山马占相思人工林的能量现存量及能量流动. *生态科学*, 2000, 19(2): 1-6.
- [10] 韩斐扬, 周群英, 陈少雄, 肖敏, 梁金喜. 不同林龄史密斯桉树能源林现存量与能量研究. *热带作物学报*, 2010, 31(2): 298-303.
- [11] 韩斐扬, 周群英, 陈少雄, 陈文平, 李天会, 吴志华, 简明. 2 种桉树不同林龄生物量与能量的研究. *林业科学研究*, 2010, 23(5): 690-696.
- [12] Porvaz P, Tóth Š, Marcin A. Cultivation of Chinese silvergrass (*Miscanthus Sinensis* Anderss.) on the East Slovak lowland as a potential source of raw material for energy purposes. *Agriculture*, 2012, 58(4): 146-153.
- [13] 谭玲, 覃林. 尾巨桉人工林能量动态分析. *安徽农业科学*, 2013, 41(24): 10115-10116.
- [14] 韩国君, 丛国禄, 沈海龙. 樟子松人工林热值与能量结构分析(I)——林木及林下植被生物量、热值和能量的结构与分布. *东北林业大学学报*, 2007, 35(6): 21-23.
- [15] 杨少红, 高人, 陈光水, 张任好. 不同栽杉代数杉木林 C 库与 C 吸存. *东北林业大学学报*, 2006, 34(4): 42-45.
- [16] Pari L, Civitarese V, del Giudice A, Assirelli A, Spinelli R, Santangelo E. Influence of chipping device and storage method on the quality of SRC poplar biomass. *Biomass and Bioenergy*, 2013, 51: 169-176.
- [17] 张琼, 洪伟, 吴承祯, 何东进, 柳江. 天然更新櫟木林的能量分析. *植物资源与环境学报*, 2004, 13(2): 36-39.
- [18] 董利虎, 李凤日, 贾炜玮. 东北林区天然白桦相容性生物量模型. *林业科学*, 2013, 49(7): 75-85.
- [19] 郑立生, 李海奎. 模型形式和地域对落叶松地上生物量预测的影响. *林业资源管理*, 2013, (2): 83-88.
- [20] Castaño-Santamaría J, Barrio-Anta M, Álvarez-Álvarez P. Potential above ground biomass production and total tree carbon sequestration in the major forest species in NW Spain. *International Forestry Review*, 2013, 15(3): 273-289.
- [21] 轩志龙, 张启昌, 葛丽丽, 何怀江, 徐敏敏, 徐维胜. 长白落叶松人工林生物量的结构与分布. *林业资源管理*, 2013, (1): 53-57.
- [22] 官丽莉, 周小勇, 罗艳. 我国植物热值研究综述. *生态学杂志*, 2005, 24(4): 452-457.
- [23] 曾小平, 蔡锡安, 赵平, 饶兴权. 广东鹤山人工林群落主要优势植物的热值和灰分含量. *应用生态学报*, 2009, 20(3): 485-492.
- [24] 陈美玲, 上官周平. 黄土高原子午岭林区 6 个典型群落优势种的热值和养分特征. *林业科学*, 2009, 45(3): 140-144.
- [25] 王云霄, 党永峰, 曾伟生. 东北落叶松不同器官的热值和灰分含量分析. *林业资源管理*, 2012, (3): 100-106.
- [26] 张启昌, 张英楠, 其其格. 长白山阔叶红松林的红松种群热值. *林业科学*, 2010, 46(8): 15-21.
- [27] 巨文珍, 王新杰, 顾丽, 刘俊, 孙玉军. 伊春地区人工长白落叶松生长过程分析. *林业资源管理*, 2010, (1): 39-45.
- [28] 张清海, 叶功富, 林益明. 东南滨海沙地主要造林树种的生物量与能量. *南京林业大学学报: 自然科学版*, 2007, 31(3): 143-146.
- [29] 杨玉盛, 陈光水, 林瑞余, 蔡丽平, 陈银秀. 杉木观光木混交林群落的能量生态. *应用与环境生物学报*, 2001, 7(6): 536-542.