

福州鼓山季风常绿阔叶林及其林缘几种植物
叶热值和营养成分

林承超

(福建师范大学地理系, 福州 350007)

摘要:研究了福州鼓山次生的亚热带季风常绿阔叶林及其林缘不同层次13种植物叶热值、灰分含量及营养成分。结果表明:群落的不同层次平均灰分含量从低到高依次是乔木层(6.7%)、草本层(8.5%)、灌木层(10%);平均含灰分热值(GCV)从低到高依次是草本层(16.89KJ/g)、灌木层(17.75KJ/g)、乔木层(19.79KJ/g);平均不含灰分热值(AFCV)从低到高依次是草本层(18.55KJ/g)、灌木层(19.72KJ/g)、乔木层(21.19KJ/g)。氮的平均含量从低到高依次是乔木层针叶林(0.82%)、林缘草本植物芒萁(0.89%)、林缘灌木桃金娘(0.90%)、林内草本层(1.34%)、乔木层阔叶树(1.55%)、林内灌木层(1.84%)。磷的平均含量从低到高依次是林缘灌木桃金娘(0.18%)、林内灌木层(0.21%)、乔木层针叶树(0.23%)、林内草本层(0.25%)、乔木层阔叶树(0.27%)。钾的平均含量乔木层针叶树最低(0.42%),林内灌木层最高(2.22%)。钠、钙、镁在群落的各层次中没有明显变化规律。进而分析了影响植物热值的原因及其植物热值与营养成分的关系。

关键词:福州鼓山;季风常绿阔叶林;热值;灰分含量;营养成分 林承超

Calorific values and nutrient composition of the leaves of monsoon
evergreen broad-leaved forest and some forest-edge plants on
Gushan Mountain in Fuzhou

LIN Cheng-Chao (Geography Department, Fujian Teachers University, Fuzhou, 350007, China)

Abstract: The calorific values, ash contents and nutrient compositions in the leaves of the secondary southern subtropical monsoon evergreen broad-leaved forest and 13 forest-edge plants on Gushan Mountain in Fuzhou were studied. The rank order of the average ash contents in the leaves were shrub layer (10.0%) > herbaceous layer (8.5%) > tree layer (6.7%). The mean gross calorific values (GCV) increased from the herbaceous layer (16.89 KJ/g), to the shrub layer (17.75 KJ/g) and to the tree layer (19.79 KJ/g). The ash free calorific value (AFCV) was the highest in the tree layer, the second highest in the shrub layer and the lowest in herbaceous layer. They were 21.19, 19.72 and 18.55 KJ/g, respectively. For the average nitrogen content, it increased from the coniferous trees of tree layer (0.82%), to the forest-edge herbaceous plant *Dicranopteris dichotoma* (0.89%), to the forest-edge shrub plant *Rhodomyrtus tomentosa* (0.90%), to the inner-forest herbaceous plants (1.34%), to the broad-leaved trees of the tree layer (1.55%) and to the inner-forest shrub plants (1.84%). The average phosphorus contents were 0.18, 0.21, 0.23, 0.25, and 0.27% for the forest-edge shrub plant *Rhodomyrtus tomentosa*, the inner-forest shrub plants, the coniferous trees of tree layer, the inner-forest herbaceous plants and broad-leaved trees of the tree layer, respectively. As for the potassium content, the highest was inner-forest shrub plants (2.22%), and the lowest was the coniferous trees of tree layer (0.42%). There was no obvious variation in the sodium, calcium and magnesium contents in the leaves of various layers in the community. The relationships between calorific values and nutrient contents and the factors influencing the calorific values were discussed.

Key words: Gushan Mountain in Fuzhou; monsoon evergreen broad-leaved forest; calorific value; ash con-

本文得到博士生导师 林鹏教授的悉心指导, 特此致谢。

收稿日期: 1997-05-22, 修订日期: 1998-08-16

tent; nutrient composition

文章编号:1000-0933(1999)06-0832-05 中图分类号:Q948.112

文献标识码:A

能量是物质运动的动力,由于能量在生命中及食物链转换的计算上所起的重要作用,因而通过能量固定和能量转换的研究,可以有效地分析森林、草地等生态系统能流过程。此外,能量也是评定林种、牧草利用价值的一种指标,如果和养分指标结合起来,则可得到更全面的效果。

对热值的研究,生态学家给予极大的重视。中外学者对热值的专题研究有不少的文献报道^[1-8],但目前国内还很少见到关于亚热带森林热值和养分研究的文献报道。本文的目的是在于通过对南亚热带季风常绿阔叶林及其林缘几种优势植物热值和养分的初步研究,试图阐明南亚热带季风常绿阔叶林不同层次植物热值和养分的一般规律,探讨有关影响植物热值的原因,为亚热带森林生态系统能流研究提供基础资料和有关的科学依据。

1 材料和方法

本文样品于1994年9月27日采自福州鼓山(26°05'N,119°00'E)涌泉寺周围海拔450m地段的次生南亚热带季风常绿阔叶林及其林缘附近,选择各层优势植物为代表,各种植物鲜叶均采自植株冠层外侧成熟叶片。共采集13种植物,隶属12科13属(详见表1、表2)。所有样品采集后,105℃杀青10min后于60℃下烘干研磨,贮于试剂瓶待测。另取少量样品于105℃烘干至恒重,求得干物质重量。测试样品用B1-GR3500型微电脑氧弹式热量计测出各样品的含灰分热值(GCV),为了求得不含灰分热值(AFCV),采用干灰化法^[9],测出样品的灰分含量,去掉灰分含量后求算的热值,能正确地反映单位有机物中所含的热量,免受含灰分多少不同的干扰。因而,以两种热值求算以资比较。13种植物叶片的营养成分分析用常规化学分析方法测定:钾、钠、钙、镁用原子吸收光谱法,磷采用钒钼黄比色法,氮采用高氯酸-硫酸硝化法分别测得^[10]。

表1 福州鼓山南亚热带季风常绿阔叶林植物叶热值及灰分含量(1994-09-27)

Table 1 The calorific values and ash contents of leaves of South subtropical monsoon evergreen broadleaf forests on Gushan Mountain in Fuzhou

群落层次 Community layer	植物名称 Plant name	生活型 Life form	植株高度(m) Height of plant	灰分含量(%) Ash content	含灰分热值 GCV(KJ/g)	不含灰分热值 AFCV(KJ/g)
乔木层 Tree layer	厚壳桂 ^①	常绿阔叶乔木 ^⑩	16.5	4.1	21.29	22.21
	木荷 ^②	常绿阔叶乔木	14.5	7.9	20.38	22.13
	小红栲 ^③	常绿阔叶乔木	17.0	8.2	19.43	21.26
	青岗 ^④	常绿阔叶乔木	11.5	8.1	19.28	20.98
	枫香 ^⑤	落叶阔叶乔木 ^⑪	15.8	9.2	17.57	19.35
灌木层 Shrub layer	罗伞树 ^⑥	常绿灌木 ^⑫	0.65	10.9	17.20	19.31
草本层 Herbaceous layer	九节木 ^⑦	常绿灌木	0.55	9.4	16.78	18.52
	山姜 ^⑧	草本 ^⑬	0.40	9.4	17.58	19.40
	狗脊蕨 ^⑨	蕨类 ^⑭	0.25	8.9	16.0	17.56

①*Cryptocarya chinensis*; ②*Schima superba*; ③*Castanopsis carlesii*; ④*Cyclobalanopsis glauca*; ⑤*Liquidambar formosana*; ⑥*Ardisia quinqueгона*; ⑦*Psychotria rubra*; ⑧*Alpinia japonica*; ⑨*Woodwardia japonica*; ⑩Evergreen broadleaf tree; ⑪Deciduous broadleaf tree; ⑫Evergreen shrub; ⑬Herbaceous plant; ⑭Fern.

2 结果讨论

2.1 13种植物叶的热值

含灰分热值是指包括灰分重量在内的单位重量的干物质完全燃烧后所释放的能量数。鼓山南亚热带季风常绿阔叶林及其林缘附近13种植物含灰分热值顺序如下(表1和表2):厚壳桂(21.29KJ/g)>马尾松(20.56KJ/g)>木荷(20.38KJ/g)>建柏(19.98KJ/g)>小红栲(19.43KJ/g)>青岗(19.28KJ/g)>桃金娘(19.27KJ/g)>山姜(17.58KJ/g)>枫香(17.57KJ/g)>罗伞树(17.20KJ/g)>芒萁(17.11KJ/g)>九节木(16.78KJ/g)>狗脊蕨(16.00KJ/g)。13种植物平均含灰分热值为18.65KJ/g,高于平均值的植物有7种,

占 53.85%, 低于平均值的植物有 6 种, 占 46.15%。以厚壳桂含灰分热值最高, 狗脊蕨最低, 前者为后者的 1.33 倍。

不含灰分热值更能代表植物的真正热值, 也易于同国内外有关资料进行比较。鼓山南亚热带季风常绿阔叶林 13 种植物叶不含灰分热值顺序如下(表 1 和表 2):

厚壳桂 (22.21KJ/g) > 木荷 (22.13KJ/g) > 桃金娘 (21.33KJ/g) > 马尾松 (21.30KJ/g) > 建柏 (21.21KJ/g) > 小红栲 (21.16KJ/g) > 青岗 (20.98KJ/g) > 山姜 (19.40KJ/g) > 枫香 (19.35KJ/g) > 罗伞树 (19.31KJ/g) > 九节木 (18.52KJ/g) > 芒萁 (18.48KJ/g) > 狗脊蕨 (17.56KJ/g)。鼓山南亚热带季风常绿阔叶林及其林缘附近 13 种植物叶平均不含灰分热值为 20.25KJ/g, 以厚壳桂不含灰分热值最高, 狗脊蕨最低, 前者为后者的 1.26 倍。这与我国学者研究结果相似, 在 13 种植物中, 有 12 种植物叶不含灰分热值高于世界陆生植物的平均热值 (11.77KJ/g, AFCV)^[1]。只有 1 种植物低于这一平均水平, 它们分别占被测定植物总数的 92.3% 和 7.7%。

表 2 福州鼓山南亚热带季风常绿阔叶林林缘附近植物叶热值及灰分含量 (1994-09-27)

Table 2 The calorific values and ash contents of leaves of South subtropical monsoon evergreen broad leaf forests and the plants near the forest edge on Gushan Mountain in Fuzhou

群落层次 Community layer	植物名称 Plant name	生活型 Life form	植株高度 (m) Height of plant	灰分热值 (%) Ash content	含灰分热值 GCV (KJ/g)	不含灰分热值 AFCV (KJ/g)
乔木层 Tree layer	建柏 ^①	常绿针叶乔木 ^⑤	5.5	5.8	19.98	21.21
	马尾松 ^②	常绿针叶乔木	7.0	3.5	20.56	21.33
灌木层 Shrub layer	桃金娘 ^③	常绿灌木 ^⑥	0.30	9.7	19.27	21.33
草本层 Herbaceous layer	芒萁 ^④	蕨类 ^⑦	0.35	7.4	17.11	18.48

① *Fokienia hodginsii*; ② *Pinus massoniana*; ③ *Rhodomyrtus tomentosa*; ④ *Dicranopteris dichotoma*; ⑤ Evergreen coniferous tree; ⑥ Evergreen shrub; ⑦ Fern.

2.2 同一群落不同层次、不同种类植物叶的灰分含量和热值变化

鼓山南亚热带季风常绿阔叶林及其林缘附近不同层次、不同种类植物叶灰分和热值测定结果见表 1、表 2。从表 1、表 2 可以看出, 乔木层植物叶的灰分含量从低到高依次是马尾松 (3.5%)、厚壳桂 (4.1%)、建柏 (5.8%)、木荷 (7.9%)、青岗 (8.1%)、小红栲 (8.2%)、枫香 (9.2%), 平均为 6.7%。含灰分热值从低到高依次是枫香 (17.57KJ/g)、青岗 (19.28KJ/g)、小红栲 (19.43KJ/g)、建柏 (19.98KJ/g)、木荷 (20.38KJ/g)、马尾松 (20.56KJ/g)、厚壳桂 (21.29KJ/g), 平均为 19.79KJ/g。不含灰分热值从低到高依次是枫香 (19.35KJ/g)、青岗 (20.98KJ/g)、小红栲 (21.16KJ/g)、建柏 (21.21KJ/g)、马尾松 (21.30KJ/g)、木荷 (22.13KJ/g)、厚壳桂 (22.21KJ/g), 平均为 21.19KJ/g。

灌木层植物叶的灰分含量从低到高依次是九节木 (9.4%)、桃金娘 (9.7%)、罗伞树 (10.9%), 平均为 10%。含灰分热值从低到高依次是九节木 (16.78KJ/g)、罗伞树 (17.20KJ/g)、桃金娘 (19.27KJ/g), 平均为 17.75KJ/g。不含灰分热值从低到高依次是九节木 (18.52KJ/g)、罗伞树 (19.31KJ/g)、桃金娘 (21.33KJ/g), 平均为 19.72KJ/g。

草本层植物叶的灰分含量从低到高依次是芒萁 (7.4%)、狗脊蕨 (8.9%)、山姜 (9.4%), 平均为 8.5%。含灰分热值从低到高依次是狗脊蕨 (16.00KJ/g)、芒萁 (17.11KJ/g)、山姜 (17.58KJ/g), 平均为 16.89KJ/g。不含灰分热值从低到高依次是狗脊蕨 (17.56KJ/g)、芒萁 (18.48KJ/g)、山姜 (19.56KJ/g), 平均为 18.55KJ/g。

从以上分析可以看出, 群落不同层次植物叶平均灰分含量从低到高依次是乔木层 (6.7%)、草本层 (8.5%)、灌木层 (10%)。叶平均含灰分热值从低到高依次是草本层 (16.89KJ/g)、灌木层 (17.75KJ/g)、乔木层 (19.79KJ/g)。叶平均不含灰分热值也有相同的趋势, 从低到高依次是草本层 (18.55KJ/g)、灌木层 (19.72KJ/g)、乔木层 (21.19KJ/g)。总之, 不论是含灰分热值或不含灰分热值均是乔木层 > 灌木层 > 草本

层的趋势,这与我国学者研究结果一致^[1]。同一层次不同种类植物叶热值也有一定的差异。如乔木层中以樟科的厚壳桂含灰分热值和不含灰分热值最高,金缕梅科的枫香最低;而裸子植物的马尾松和建柏仅次于厚壳桂和木荷,比壳斗科的小红栲、青岗还高(表1和表2)。这是由于樟科植物和松柏类植物含有较高的油脂,因而热值也高。从生活型看,常绿乔木叶热值高于落叶乔木(见表1)。Bliss也发现常绿灌木的热值高于落叶灌木^[1]。林缘附近灌木层喜阳植物桃金娘叶含灰分热值和不含灰分热值比林下的耐阴植物罗伞树、九节木高(表1和表2)。这与Long指出,受太阳辐射越弱,则热值降低越多的研究结果一致^[12]。草本层单子叶植物山姜叶含灰分热值和不含灰分热值高于蕨类植物芒萁和狗脊蕨。这是因为山姜叶面积大,接受光能多,如之姜科植物有芳香油,因而热值较高。

2.3 鼓山南亚热带季风常绿阔叶林及林缘13种植物叶的营养成分

13种植物叶的营养成分详见表3。从表3可以看出:①氮的平均含量林内灌木植物(1.84%)>乔木层阔叶树(1.55%)>林内草本层(1.34%)。乔木层中的林缘针叶树氮的平均含量较低,仅0.82%。②磷的平均含量乔木层阔叶树最高,达0.27%,林内草本植物次之(0.25%),林缘灌木桃金娘最低,仅0.18%。③钾的平均含量出现了另一种情况,林内灌木层(2.22%)和林内草本层(2.17%)相近而大于乔木层阔叶树(0.54%);林缘针叶树平均含量最低,仅0.42%。我国东北落叶松叶片氮、磷、钾含量分别为1.67%、0.29%和0.59%^[13],这比本文测得的马尾松、建柏叶片氮、磷、钾含量均高。这与南亚热带地区水热条件优越,淋溶作用大,生物循环强烈,林冠层叶片含钾量较低,加以有机质分解迅速,土壤养分含量低有关。④钠的平均含量为林内灌木层最高,达0.130%,林缘灌木桃金娘最低,仅0.007%。乔木层阔叶树和林内草本层差别不大,分别为0.014%和0.013%。⑤钙的平均含量为乔木层阔叶树最高,达0.87%,林内灌木层次之,达0.81%,林内草本层为0.45%,林缘草本层芒萁最低仅0.24%。⑥镁的平均含量出现另一种情况,林内灌木层最高,达1.040%,林内草本层次之为0.390%,乔木层阔叶树为0.129%,针叶树最低,仅0.074%。

从表3还可以看出,生长在林缘阳坡的马尾松、桃金娘、芒萁,氮、钙、镁的含量都较低,这与林缘下枯枝落叶较少,土壤养分含量低有关。

3 影响植物热值含量的原因分析

3.1 生境条件影响热值含量

乔木层热值大于灌木层和草本层是由于乔木层太阳辐射强,一般森林林冠可接受太阳辐射的80%左右,森林下层约10%。阳光是绿色植物光合作用的能源,充足的光能资源有利于光合作用积累含能量较高的物质,反映在热值较高,所以乔木层的热值比灌木层、草本层来得高。

3.2 不同植物种类热值含量不同

上述乔木层植物叶热值比灌木层植物高,灌木层又比草本层植物高。从表1、表2还可以看出,同是乔木,常绿阔叶树种比落叶阔叶树种热值高;而灌木层中阳性灌木比林下阴性灌木热值高,大叶草本植物比小叶蕨类植物热值高;含油脂植物比其他植物热值高。这反映了植物的热值受到各种植物的生物学特性的制约。不同的植物有不同的遗传特性,具有不同的生长发育节律和对环境的同化能力。乔木层植物高大,根系发达,对环境的同化能力比灌木、草本植物强,所以它们的热值含量比灌木、草本植物高;灌木植物比草本植物具有更强的对环境同化能力,因而灌木植物比草本植物热值含量也高。

3.3 灰分含量对植物热值的影响

表1、表2所列13种植物的叶含灰分热值和不含灰分热值二者的顺序并不相同,这主要取决于被测植物的灰分含量。将已测植物的灰分含量同植物含灰分热值相比较时,发现灰分含量较高的植物则含灰分热值较低,反之则含灰分热值较高。由此可见,植物样品的灰分含量直接影响了植物含灰分热值。不含灰分热值是除了灰分重量的干物质热值,它不受植物样品灰分含量的影响,因此,采用不含灰分热值较好反映植物的热量特征。

总之,前人对热值的研究和本文的工作结果得到新的启迪。Bliss发现常绿灌木的热值高于落叶灌木^[1],这与笔者测定的常绿乔木热值高于落叶乔木结果一致。Golley、Hadley和Tinkle等人指出:常年生植物冬季的热值高于春夏季,高寒带地区植物的热值比热带高,高海拔地区植物热值高于低海拔地

表 3 福州鼓山亚热带季风常绿阔叶林及林缘附近 13 种植物叶的营养成分(%)

Table 3 The nutrition composition of the leaves of 13 plants of South subtropical monsoon evergreen broadleaf forests and the plants near the forest edge on Gushan Mountain in Fuzhou

群落层次 Community layer	植物名称 Plant name	氮 N	磷 P	钾 K	钠 Na	钙 Ca	镁 Mg	备注 Note
乔木层 Tree layer	阔叶树 Broadleaf tree							
	木荷 ^①	2.02	0.21	0.57	0.005	0.31	0.081	林内 ^⑩
	厚壳桂 ^②	1.32	0.31	0.69	0.014	0.86	0.114	林内
	小红栲 ^③	1.32	0.25	0.37	0.021	1.33	0.154	林内
	青岗 ^④	1.40	0.26	0.47	0.007	0.92	0.116	林内
	枫香 ^⑤	1.69	0.33	0.61	0.021	0.91	0.183	林内
	平均值 ^⑥	1.55	0.27	0.54	0.014	0.87	0.129	
	针叶树 Coniferous tree							
	马尾松 ^⑦	0.64	0.24	0.42	0.011	0.38	0.064	林缘 ^⑪
	建柏 ^⑧	0.99	0.22	0.42	0.011	1.18	0.083	林缘
灌木层 Shrub layer	平均值	0.82	0.23	0.42	0.011	0.78	0.074	
	桃金娘 ^⑨	0.90	0.18	0.56	0.007	0.34	0.072	林缘
	罗伞树 ^⑩	1.88	0.21	2.33	0.230	0.71	1.250	林内
	九节木 ^⑪	1.79	0.21	2.11	0.023	0.91	0.820	林内
草本层 Herbaceous layer	林内灌木植物平均值 ^⑫	1.84	0.21	2.22	0.130	0.81	1.040	
	芒萁 ^⑬	0.89	0.23	0.64	0.009	0.24	0.063	林缘
	山姜 ^⑭	0.98	0.20	2.68	0.017	0.40	0.139	林内
	狗脊蕨 ^⑮	1.73	0.30	1.66	0.009	0.49	0.433	林内
	林内草本植物平均值 ^⑯	1.34	0.25	2.17	0.013	0.45	0.290	

① *Schima superba*; ② *Cryptocarya chinensis*; ③ *Castanopsis carlesii*; ④ *Cyclobalanopsis glauca*; ⑤ *Liquidambar formosana*; ⑥ Average value; ⑦ *Pinus massoniana*; ⑧ *Fokienia hodginsii*; ⑨ *Rhodomyrtus tomentosa*; ⑩ *Ardisia quinque-gona*; ⑪ *Psychotria rubra*; ⑫ Average value of inner-forest shrub plant; ⑬ *Dicranopteris dichotoma*; ⑭ *Alpinia japonica*; ⑮ *Woodwardia japonica*; ⑯ Average value of inner-forest herbaceous plant; ⑰ Inner forest; ⑱ Forest edge; ⑲ Inner forest.

区^[13-14]。Long 指出:受太阳辐射越弱则热值降低也越多^[12]。因此,应该依据各种植物的生长发育的特性,如阳生、阴生、耐阴植物的热值与光辐射强度的关系,长日照植物与短日照植物与日照时数的关系,就可能对阴阳生植物的间套、造林的合理布局具有一定的指导作用。

参考文献

- [1] 杨福园,何海菊.高寒草甸地区常见植物热值的初步研究.植物生态学与地植物学丛刊,1983,7(4):280~287.
- [2] 胡自治,等.天祝高寒珠芽蓼草甸群落的热值和营养成分的初步研究.植物生态学与地植物学学报,1990,14(2):185~189.
- [3] 林 鹏,林光辉.几种红树植物的热值和灰分含量研究.植物生态学与地植物学学报,1991,15(2):114~120.
- [4] 孙国夫,等.水稻热值的动态变化研究.生态学杂志,1993,12(1):1~4.
- [5] 刘世荣,等.落叶松人工林生态系统净初级生产力形成过程中的能量特征.植物生态学与地植物学学报,1992,16(3):209~218.
- [6] 杨福园.植物热值的意义及其测定方法.中国草原,1982,(2):63~65.
- [7] Hadley E B and Bliss L C. Energy relationships of alpine plants on Mt. Washington. *New Hampshire Ecological monographs*, 1964, 134(34):331~357.
- [8] Smith D R. Cross energy value of above-ground parts of alpine plants. *J. Range Mgmt.*, 1967, 120(3):179.
- [9] 中国土壤学会农业化学委员会.土壤常规分析方法.北京:科学出版社,1983.41~52.
- [10] 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析.上海:上海科学出版社,1978.362~375.
- [11] Bliss L C. Caloric and lipid content in alpine tundra plant. *Ecology*, 1962, 43(4):753~757.
- [12] Long F L. Application calorimetric methods to ecological research. *Plant physiology*, 1934, 9(2):323~327.
- [13] Golley F B. Calorie values of wet tropical forest vegetation. *Ecology*, 1969, 50(3):517~519.
- [14] Hadley N F and Tinkle D W. Lizard reproductive effect; calorie estimates and comments on its evolution. *Ecology*, 1975, 56(3):423~427.