

福建和溪亚热带雨林优势植物叶的热值研究

林 鹏 邵 成 郑文教

(厦门大学生物系、环境科学研究中心, 厦门 361005)

摘 要 本文探讨福建和溪亚热带雨林各层主要优势植物种成熟叶的热值含量及其变化规律。结果表明:该雨林一年中主要树种叶片热值的含量范围:乔木层红栲、乌来栲、红鳞蒲桃、厚壳桂和茜草树分别为19.94~21.18, 20.34~21.33, 19.98~21.04, 21.99~23.21和19.17~21.08kJ/g;灌木层罗伞树、九节木、柏拉木、斜基粗叶木、走马胎和草珊瑚分别为18.45~20.20, 19.18~20.04, 17.36~18.47, 17.14~18.44, 17.11~18.44和19.50~20.14kJ/g;草本层福建莲座蕨和单叶新月蕨分别为18.22~18.98和15.11~16.75kJ/g;层间植物花皮胶藤、密花豆藤和扁担藤分别为19.73~22.57, 19.43~21.11和18.87~20.37kJ/g。各层叶热值含量大小为乔木层>灌木层>草本层。层间植物大藤本由于能达林冠利用充足阳光也具较高热值;同时含有乳汁、挥发性芳香油类等的植物热值较高。落叶的热值均高于各层成熟鲜叶的平均热值。

关键词 亚热带雨林 优势树种 叶片 热值

亚热带雨林或称季风常绿阔叶林(吴征镒等, 1980), 是南亚热带的地带性典型植被类型。福建和溪亚热带雨林是目前我国南亚热带东段保存和发育较为完好的代表性植被, 在科学上具有重要的研究价值。本文是该森林生态系统研究的一部分, 着重探讨植物群落不同层次优势植物种叶片的热值及其变化规律, 为揭示南亚热带地带性森林类型中植物叶热值分布, 提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

工作样地位于福建东南部的南靖县和溪各盆地(24°56'N, 117°14'E)上缘的六计山, 海拔200~300m的低丘坡地的南亚热带雨林。该群落的种类组成参阅前文(厦门大学生物系植物学教研组, 1961; 林鹏等, 1987), 生态结构见图1, 形成以红栲(*Castanopsis hystrix*) + 乌来栲(*Castanopsis uraiana*) + 红鳞蒲桃(*Syzygium hancei*) - 罗伞树(*Ardisia quinquegona*) + 九节木(*Psychotria rubra*) - 单叶新月蕨(*Pronephrium simplex*)群落。1987年1月至12月间, 于每月的中旬进行该群落各层主要优势树种成熟叶片的采集。共采

集林内植物16种,分别为:乔木层有红栲、乌来栲、红鳞蒲桃、厚壳桂(*Cryptocarya chinensis*)和茜草树(*Randia densiflora*)5种;灌木层有罗伞树、九节木、斜基粗叶木(*Lasianthus wallichii*)、柏拉木(*Blastus cochinchinensis*)、走马胎(*Ardisia gigantifolia*)和草珊瑚(*Sarcandra glabra*)6种;草本层有单叶新月蕨和福建莲座蕨(*Angiopteris fokensis*)2种;层间植物木质大藤本密花豆藤(*Spatholobus suberectus*)、花皮胶藤(*Ecdysanthera utilis*)和扁担藤(*Tetra stigma planicaule*)3种。同时采集林外乔木木荷(*Schlma superba*)、枫香(*Liquidambar formosana*)

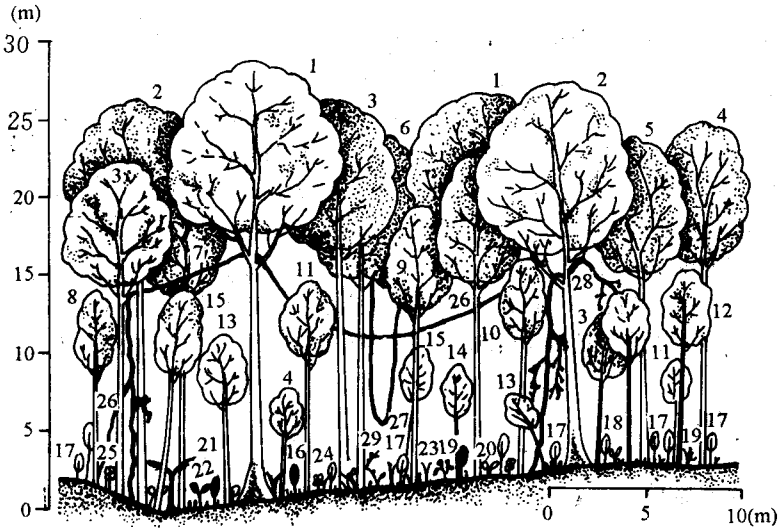


图1 福建和溪亚热带雨林群落的垂直结构(林鹏等,1990)

Fig. 1 Vertical structure of the community for the subtropical rain forest in Hexi of Fujian

1. 红栲(*Castanopsis hystrix*) 2. 乌来栲(*C. uraiana*) 3. 红鳞蒲桃(*Syzygium hancei*) 4. 厚壳桂(*Cryptocarya chinensis*) 5. 黄桐(*Endospermum chinense*) 6. 华杜英(*Elaeocarpus chinensis*) 7. 翅子树(*Pterospermum heteroophyllum*) 8. 鹅掌柴(*Schefflera octophylla*) 9. 毛茜草树(*Randia acuminatissima*) 10. 亮叶围涎树(*Pithecellobium lucidum*) 11. 毛嘉赐树(*Casearia villilimba*) 12. 围涎树(*Pithecellobium clypearia*) 13. 狗骨柴(*Tricalysia viridiflora*) 14. 墨氏山胡椒(*Lindera metcalfiana*) 15. 茜草树(*Randia densiflora*) 16. 罗伞树(*Ardisia quinquegona*) 17. 九节木(*Psychotria rubra*) 18. 斜基粗叶木(*Lasianthus wallichii*) 19. 柏拉木(*Blastus cochinchinensis*) 20. 走马胎(*Ardisia gigantifolia*) 21. 刺杉樱(*Alsophila spinulosa*) 22. 海芋(*Alocasia macrorrhiza*) 23. 华山姜(*Alpinia chinensis*) 24. 草珊瑚(*Sarcandra glabra*) 25. 单叶新月蕨(*Pronephrium simplex*) 26. 密花豆藤(*Spatholobus suberectus*) 27. 扁担藤(*Tetragium planicaule*) 28. 花皮胶藤(*Ecdysanthera utilis*) 29. 白背瓜馥木(*Tissistigma glaucescens*)

外4个种叶的热值含量见表1。从表1可知:该群落一周年各月主要种类的叶片干重热值含量范围,乔木层红栲、乌来栲、红鳞蒲桃、厚壳桂和茜草树5个种,分别为19.94~21.18、20.34~21.33、19.98~21.04、21.99~23.21和19.17~21.08kJ/g(月平均分别为20.61、

和灌木桃金娘(*Rhodomyrtus tomentosa*)和小叶赤楠(*Syzygium grajsii*)4个种进行对比分析。对于乔木以定株采集,藤本、灌木和草本则分别在固定地段内采集,均采集树冠外侧各方向的成熟叶。落叶均用收集箱每10天收集一次的刚落叶片。样品经100℃杀青10分钟,后经60℃烘干,研磨成粉过60号筛,贮瓶待测。

1.2 分析方法

热值含量采用GR-3500型微电脑氧弹式热量计测定。每样品各设2~3个重复,两次结果相差不超过200J/g。

2 结果与讨论

2.1 亚热带雨林各层优势树种叶的热值含量

和溪亚热带雨林各层主要优势植物16个种成熟叶的热值含量及林

表 1 和溪亚热带雨林优势物种植物及林外几种乔木、灌木成熟叶的热值
 Table 1 The caloric values of mature leaves of dominant species in the subtropical rain forest
 and those of some plant species outside the forest in Hexi(kj/g)

植物名称 Species	1月 Jan.	2月 Feb.	3月 Mar.	4月 Apr.	5月 May	6月 Jun.	7月 Jul.	8月 Aug.	9月 Sep.	10月 Oct.	11月 Nov.	12月 Dec.	M±S. E.
乔木层 Arboreal layer	红栲 <i>Castanopsis hystrix</i>	19.94	20.79	20.43	20.55	21.18	20.39	21.05	20.74	20.79	20.45	20.64	20.61±0.10
	乌来栲 <i>Castanopsis uraiana</i>	20.48	20.44	20.86	20.65	21.02	21.33	20.44	20.76	20.90	20.34	20.45	20.70±0.08
	红磷蒲桃 <i>Syzygium hancei</i>	20.37	19.98	20.53	20.47	20.98	20.83	20.40	21.04	20.82	20.49	20.48	20.61±0.09
	厚壳桂 <i>Cryptocarya chinensis</i>	22.22	21.99	22.30	22.19	23.18	23.21	22.72	22.86	22.62	22.76	23.04	22.79
灌木层 Shrub layer	茜草树 <i>Randia densiflora</i>	20.44	19.87	20.53	19.17	20.79	21.08	19.52	20.23	19.76	20.76	20.45	20.27±0.17
	罗伞树 <i>Ardisia quinquegona</i>	19.37	18.90	18.73	18.45	18.95	19.30	19.28	18.97	19.02	19.51	19.12	19.15±0.13
	九节木 <i>Psychotria rubra</i>	19.47	19.62	19.80	19.35	20.04	19.82	19.77	20.03	20.78	19.37	20.01	19.77±0.12
	柏拉木 <i>Blastus cochinchinensis</i>	17.92	17.81	18.00	17.36	17.41	17.59	17.99	18.47	17.40	17.65	17.91	17.82
草本层 Herba- ceous layer	斜基粗叶木 <i>Lastanhus wallichii</i>	17.14	17.36	17.35	17.17	17.41	18.44	17.46	17.51	17.50	18.39	17.47	17.60±0.13
	走马胎 <i>Ardisia giganteifolia</i>	18.10	17.92	17.51	17.53	17.95	17.95	18.44	18.02	17.73	17.23	17.56	17.75±0.11
	草珊瑚 <i>Sarcandra glabra</i>	19.99	19.71	19.50	19.63	19.64	20.11	19.73	19.75	19.88	19.87	20.14	19.78±0.06
	福建连座蕨 <i>Angiopteris fokensis</i>	18.24	18.50	18.50	18.41	18.46	18.99	18.79	18.98	18.60	18.42	18.76	18.22
木质藤木 Woody dimber	单叶新月蕨 <i>Pronephrium simplex</i>	15.25	16.56	15.11	16.03	15.81	15.97	15.39	16.28	16.06	15.49	16.75	15.91±0.15
	花胶藤 <i>Ecdysanthera utilis</i>	21.35	21.30	20.40	21.04	22.57	22.01	21.41	19.73	21.36	20.37	21.02	21.09±0.22
	密花豆藤 <i>Spatholobus suberectus</i>	20.63	20.00	20.59	19.95	19.43	20.82	21.03	20.93	20.86	20.47	21.11	20.51±0.15
	扁担藤 <i>Tetrastigma planicaule</i>	20.22	19.61	20.20	18.87	20.37	19.79	19.53	19.99	19.53	18.96	19.61	19.65±0.14
林外植物 Plant out- side the forest	木荷 <i>Schima superba</i>	20.34	20.88	21.29	20.98	21.52	21.17	21.22	21.41	21.43	21.19	22.03	21.22±0.12
	枫香 <i>Liquidambar formosana</i> ¹⁾	20.26	16.83	16.75	17.85	20.22	19.13	18.08	19.32	18.95	18.63	18.39	18.60±0.32
	桃金娘 <i>Rhodomyrtus tomentosa</i>	20.92	21.10	21.15	21.57	21.74	21.73	21.96	21.65	21.58	21.47	21.40	21.45±0.09
	小叶赤楠 <i>Syzygium grajisi</i>	20.15	19.91	20.13	19.89	20.99	20.57	20.72	20.79	20.74	20.53	20.60	20.45±0.10

1) 枫香为落叶树种,1~3月份为其残留叶。

20.70、20.61、22.66和20.27kJ/g);灌木层罗伞树、九节木、柏拉木、斜基粗叶木、走马胎和草珊瑚6个种,分别为18.45~20.20、19.18~20.04、17.36~18.47、17.14~18.44、17.11~18.44和19.50~20.14kJ/g(平均分别为19.15、19.77、17.78、17.60、17.75和19.78kJ/g);草本层福建莲座蕨和单叶新月蕨2个种,分别为18.22~18.98和15.11~16.75kJ/g(平均分别为18.57和15.91kJ/g);层间植物大藤本花皮胶藤、密花豆藤和扁担藤3个种,分别为19.73~22.57、19.43~21.11和18.87~20.37kJ/g(平均分别为21.09、20.51和19.65kJ/g)。这表明不同种类之间植物叶的热值差异很大,乔木层中以厚壳桂的热值为最高,平均达22.66kJ/g,茜草树为最低为20.27kJ/g,相差2.39kJ/g;灌木层中以九节木和亚灌木草珊瑚为高,分别为19.77和19.78kJ/g,最低为斜基粗叶木17.60kJ/g;直立草本福建莲座蕨显著高于低矮阔地单叶新月蕨;木质藤本为花皮胶藤>密花豆藤>扁担藤。此外,林外的乔木及灌木热值也相差较大,木荷比枫香高2.62kJ/g,桃金娘比小叶赤楠高1.00kJ/g。

影响植物热值的因素很多,从本试验看,热值的高低与该植物所处的小生境光强有关,即光照可能是影响叶热值的重要因素之一。总的看来,从林冠乔木到地被层草本,因光强减弱而叶热值下降,其中乔木层叶热值较高,在20kJ/g左右,乔木一层红栲、乌来栲比乔木二层茜草树为高;灌木层热值居三,一般在17~19kJ/g之间;而地被层草本最低,如单叶新月蕨仅为15.91kJ/g;木质藤本虽居林间层,但叶层均在林冠之外,因而热值与乔木相近。

从表1也可以看出,不论哪一层次,具有特殊的乳汁、油点及芳香类物质的植物热值均较高,如乔木层厚壳桂、林外灌木桃金娘和小叶赤楠的叶片中具有挥发油及油点存在,藤本在皮胶藤具有橡胶乳汁,这4种植物叶热值均较高,分别达22.66、21.45、20.45和21.09kJ/g。有关植物含特殊成分对热值的影响报道还不多,Golley(1961)曾发现松林群落因含较高的松脂和松节油而使其热值提高,达20.04kJ/g,Adamandiadou等(1978)在研究地中海地区常绿矮灌木植物的热值时曾发现唇形科的迷迭香(*Rosmarinus officinalis*)高达23.44kJ/g的热值,但他没有解释这种高热值的原因。从本文分析看,当植物含有挥发油或油点、特殊乳汁及芳香性等物质时,其热值较高。

植物热值是衡量植物光合贮能能力的指标之一,据 Whittaker 等(1975)报道群落层的生产力随湿度梯度发生变化,但在中生性的环境中层的生产力的大小是乔木层>灌木层>草本层。这在雨林中更为明显,在热值上也反映出来。Adamandiadou 等(1978)及杨福国(1983)的研究也表明灌木的热值大于草本的热值。本文的结果与前人相似,但本试验首次发现木质大藤本植物在亚热带雨林中具有较高的热值贮量,其热值含量仅次于乔木层,这与其快速生长伸达光照良好的林冠上层的特殊生境相一致。据调查和溪亚热带雨林中,密花豆藤的落叶量在1m²中可占总落叶量的30%(厦大学生物系植物学教研组,1961),这表明热带、亚热带雨林中,大藤本在光能利用和物质、能量的生产是巨大的。

2.2 植物叶热值的季节变化

亚热带雨林内16种植物中,叶热值在全年内具有波动性(图2)。乔木层和藤本植物的热值在5、6月份最高,而灌木层和草本层的最高值在11月份。灌木层热值的波动性较小,而乔木层、藤本植物和草本层的波动性相对较大,这可能与该层所处生境条件,直接感受外

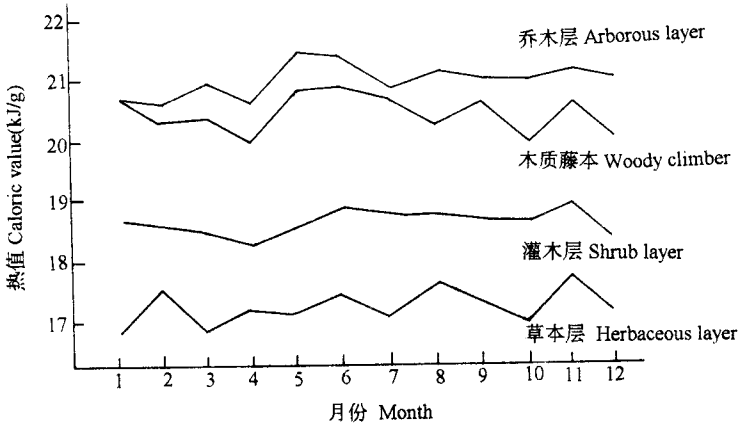


图2 和溪亚热带雨林各层植物成熟叶热值的季节变化

Fig. 2 The seasonal change in calorific values of mature leaves for various layer plant of a subtropical rain forest in Hexi

界因子的变化的程度有关,如乔木层和木质大藤本均处于林冠层,与处于林中的灌木层相比,有较强程度地感受外界因子的变化;而草本层则直接与地面接近,地被物的多少及土壤条件等小环境的变化都将较大程度影响林下草本植物的生长和物质能量的生产与累积,特别在秋、冬季其小环境的变化是较大的,其在叶热值上也表现秋、冬季波动较大,而夏季相对较小。其详细的原因尚待进一步研究。

2.3 林内外乔木及灌木的热值差异

群落内部与外部的植物,由于生境条件的不同,其生产力不同,因而热值表现不同。从表1可知,林内乔木层及灌木层叶的平均热值,分别为20.98和18.64kJ/g。对乔木而言,林外木荷(21.22kJ/g)与林内乔木层的相近略高,表明林内外乔木都同样得到充足的阳光;枫香与乔木层比较热值较低,这可能与枫香为落叶树种,光合特性相差较大有关。但在灌木层中,林外2种灌木的热值(分别为21.45和20.45kJ/g)与林内灌木层平均热值(18.64kJ/g)比较,则显示了林外灌大叶热值显著高于林内灌木,这表明灌木在有充足光照条件下,可能生产力提高了。但林内灌木比林外灌木,一般有较大的比叶面积,据测定林内灌木九节木和罗伞树的比叶面积是林外桃金娘的2倍左右,这表明阴性植物在林下以扩大大叶面积以补偿光强的不足。

2.4 鲜叶与落叶的热值差异

森林凋落物中,落叶主要包括乔木层、灌木层及层间藤本植物的凋落叶。和溪亚热带雨林乔木层、灌木层及藤本植物成熟鲜叶热值与凋落叶热值的比较见表2。从表2可知,全年内落叶与成熟鲜叶热值含量的月变化趋势是一致的,成熟鲜叶热值高的月份落叶热值也高,反之亦然。这与叶的能量固定和贮存是吻合的,鲜叶的热值高,表明其光合作用固能贮能较高,同时贮留于落叶的热值也表现较高的趋势。

从表2也可以看出,与成熟鲜叶相比,落叶热值均高于乔木层、藤本、灌木层的平均热值,平均相差分别为0.36、0.92、2.69和1.48kJ/g,其原因未详。Hughes(1971)也报道落叶

热值高于林冠叶子热值。

表2 和溪亚热带雨林中落叶热值与各层植物成熟鲜叶平均热值的比较

Table 2 Comparison between caloric value of fall leaves and mean caloric value of various layer fresh leaves for a subtropical rain forest in Hexi(kJ/g)

项目 Item	1月 Jan.	2月 Feb.	3月 Mar.	4月 Apr.	5月 May.	6月 Jun.	7月 Jul.	8月 Aug.	9月 Sep.	10月 Oct.	11月 Nov.	12月 Dec.	M±S. E.
落叶热值(FL) Fall leaves	21.46	21.27	21.14	21.04	22.07	22.05	21.29	21.07	21.23	21.00	21.23	21.07	21.33±0.11
乔木叶热值(AL) Arbor leaves (n=5)	20.69	20.61	20.93	20.61	21.43	21.37	20.83	21.12	20.98	20.96	21.15	20.96	20.97±0.08
FL-AL	0.77	0.66	0.21	0.43	0.64	0.68	0.46	-0.05	0.25	0.04	0.03	0.11	0.36
木质藤本叶热值 (WCL) Woody Climber leaves(n=3)	20.73	20.30	20.40	19.96	20.79	20.87	20.66	20.22	20.58	19.93	20.58	19.95	20.41±0.01
FL-WCL	0.73	0.97	0.74	0.08	1.18	1.28	0.63	0.85	0.65	0.07	0.65	0.12	0.92
灌木叶热值(SL) Shrub leaves (n=6)	18.67	18.56	18.48	18.25	18.56	18.87	18.78	18.79	18.68	18.67	18.97	18.38	18.64±0.06
FL-SL	2.79	2.71	2.66	2.79	2.51	2.18	2.51	2.28	2.55	2.33	2.26	2.69	2.69
木本植物叶热值 平均值(MWP) Mean Value of woody plant (n=14)	19.83	19.67	19.77	19.46	20.06	20.19	19.91	19.93	19.91	19.76	20.10	19.64	19.85±0.06
FL-MWP	1.63	1.60	1.37	1.58	2.01	1.86	1.38	1.14	1.32	1.24	1.13	1.43	1.48

参考文献

- 吴征镒等,1980:中国植被,科学出版社,868~869。
- 林鹏、丘喜昭,1987:福建南靖县和溪的亚热带雨林,植物生态学与地植物学学报,11(3)161~170。
- 林鹏主编,1990:福建植被,福建科学技术出版社,57~65。
- 厦门大学生物系植物学教研组,1961:福建和溪亚热带雨林群落结构上的几个问题,厦门大学学报(自然科学版),8(1)35~47。
- 杨福刚、何海菊,1983: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,7(4)280~287。
- Adamandiadou, S., Siafaca, L. and Margaris, N. S., 1978: Caloric content of plants dominating phrygic (East Mediterranean) ecosystems in Greece. *Flora* 167:574~584.
- Golley, F. B., 1961: Energy values of ecological materials, *Ecology*, 42(3)581~584.
- Hughes, M. K., 1971: Seasonal caloric values from a deciduous woodland in England, *Ecology*, 52(5)923~926
- Whittaker, R. H. and Niering, W. A., 1975: Vegetation of the Santa Catalina Mountains, Arizona 5. Biomass, production and diversity along the elevation gradient. *Ecology*, 56(4)771~790.

STUDY ON THE CALORIC VALUES OF DOMINATING PLANTS IN A SUBTROPICAL RAIN FOREST IN HEXI OF FUJIAN

Lin Peng Shao Cheng Zheng Wen-jiao

(Department of Biology, Research Centre of Environmental Science,

Xiamen University, Xiamen 361005)

Abstract

The paper deals mainly with the caloric content and its dynamics of various layer mature leaves of dominating plants in a subtropical rain forest on Hexi, Fujian. In the forest, the caloric content of dominating plant leaves in a year was as follows. In arborous layer it was 19.94 ~ 21.18 kJ. g⁻¹ for *Castanopsis hystrix*, 20.34 ~ 21.33 kJ. g⁻¹ for *C. uraiana*, 19.98 ~ 21.04 kJ. g⁻¹ for *Syzygium hancei*, 21.99 ~ 23.21 kJ. g⁻¹ for *Cryptocarya chinensis* and 19.17 ~ 21.08 kJ. g⁻¹ for *Rhandia densiflora*, respectively. In shrub layer, it was 18.45 ~ 20.20 kJ. g⁻¹ for *Ardisia quinqueгона*, 19.18 ~ 20.04 kJ. g⁻¹ for *Psychotria rubra*, 17.36 ~ 18.47 kJ. g⁻¹ for *Blastus cochinchinensis*, 17.14 ~ 18.44 kJ. g⁻¹ for *Lasianthus wallichii*, 17.11 ~ 18.44 kJ. g⁻¹ for *Ardisia gigantifolia* and 19.50 ~ 20.14 kJ. g⁻¹ for *Sarcandra glabra*, respectively. In herbaceous layer, it was 18.22 ~ 19.98 kJ. g⁻¹ for *Angiopteris fokesensis* and 15.11 ~ 16.75 kJ. g⁻¹ for *Pronephrium simplex*, respectively. In Woody liana, it was 19.73 ~ 22.57 kJ. g⁻¹ for *Ecdysanthera utilis*, 19.43 ~ 21.11 kJ. g⁻¹ for *Spatholobus suberectus* and 18.87 ~ 20.37 kJ. g⁻¹ for *Tetrastigma planicaule*, respectively. The layer mean caloric value followed the following order: arborous layer > shrub layer > herbaceous layer. The caloric value of liana was no less than that of arbor. The special organic compounds (e. g., milk sap, oil spot and aromatic compounds, etc.) affected the caloric values of the plants, the caloric content increased when plants contained those compounds. The caloric value of fallen leaves was greater than that of the fresh mature leaves of various layer.

Key words Subtropical rain forest, Dominating plant, Leaf, Caloric value