

黑石顶南亚热带常绿林生态系统能量现存量^{*}

侯 庸 王伯荪 张宏达 李鸣光

(中山大学生命科学院, 广州 510275)

摘 要 分析了南亚热带常绿阔叶林生态系统各分室能量现存量的特征. 结果表明: 南亚热带森林生态系统的能量现存量集中分布在活有机体内, 尤其是地上部分占植物群落总量的 79.61%, 这一点与热带森林相类似. 土壤亚系统中有机质是森林群落环境能量现存量的主要贮存库, 占整个地面及地下死有机物的 94.73%. 地面凋落物仅占全部地下死有机物能量现存量的 33.98%, 地下死根的能量现存量占 66.02%.

关键词 能量现存量, 南亚热带常绿阔叶林, 黑石顶自然保护区

分类号 Q 948.15

生态系统的生物和环境两大部分之间不断进行着物质循环和能量流动, 从而使系统各部分形成一个统一整体, 表现出一系列特有的属性. 作为森林生态系统主体的第一性生产者植物群落对生态系统有着决定性的作用. 本文分析黑石顶自然保护区南亚热带常绿阔叶林生态系统的能量现存量在各分室的分配, 为研究该森林生态系统的功能提供基本资料.

1 群落样地概况

黑石顶自然保护区位于北纬 $23^{\circ}27'$, 东经 $111^{\circ}53'$ 的北回归线上, 属低山山地地貌, 南亚热带湿润季风气候, 在海拔 700 m 以下分布着红壤.

位于黑石顶自然保护区的独田固定样地, 海拔 360~400 m. 样地群落为低山常绿阔叶林粘木+ 小叶胭脂+ 光叶红豆+ 生虫树群落 (*Ixonanthes chinensis*+ *Artocarpus styraci-folius*+ *Ormosia glaberrima*+ *Cryptocarya concinna* community)^[1].

2 材料与方法

样品分别采集于 1993 年 12 月和 1994 年 7 月, 乔木层以生虫树、短花序楠 (*Machilus brevifolia*)、硬叶稠 (*Lithocarpus lohangwa*)、小叶胭脂、福建青冈 (*Quercus chungii*)、光叶红豆、显脉新木姜 (*Neolitsea phanerophlebia*)、粘木为代表, 分别测定其叶、幼枝、干皮、干材、根和根皮的热值; 灌木层以华南省藤 (*Calamus rhabdocladus*)、苦竹 (*Sinobambusa laeta*) 为代表, 测定其叶、枝、杆的热值; 草木层以铁线蕨 (*Adiantum capillus-veneris*)、华山姜

* 国家自然科学基金资助项目

收稿日期: 1996-04-12 侯庸, 男, 33 岁, 讲师

(*Alpinia chinensis*)和金毛狗(*Cibotium barometz*)为主,测定其茎叶热值.样品在 105°C 烘 10 min 后, 80°C 烘至恒重.每个样品 3 个重复,样品粉碎过筛(孔径 0.2 mm),贮存在干燥器中待测.

地面凋落物现存量于 1994 年 12 月在样地中随机设置 5 个 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 的小样方,收集地面凋落物(包括不同程度分解部分),另取不同时期收集的枯枝落叶混和样品,烘干待测.

植物热值测定采用长沙仪器厂生产的 GR-3500 型恒温热量计,每个样品测定 2~3 次,重复误差在 200 J/g 以内.

植物的热值指干重 1 g 的样品在恒容条件下完全燃烧所放出的热量.其计算公式如下:

$$H = (TE - (G_1 + G_2)) / M$$

式中, H 为植物样品的热值 (J/g); T 为校正后的实际温升 ($^{\circ}\text{C}$); E 为热量计的水当量 ($\text{J}/^{\circ}\text{C}$); G_1 为引火丝的热值 (J); G_2 为酸的生成热 (J); M 为样品质量.

能量现存量是指生态系统某一时刻单位面积内全部或某类有机体或其组分中所含的能量^[2].据此,能量现存量以下式表示:

$$SCE = \sum_{i=1}^n H_i B_i \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

式中, SCE 为能量现存量; H_i 代表第 i 类不同植物相同器官的平均干重热值; B_i 为群落中 i 类的生物量; i 表示不同的器官.

3 结果与讨论

3.1 森林群落植物的热值和能量现存量

黑石顶亚热带常绿阔叶林乔木层干、枝、叶各器官的干重热值采用已测定过的 8 种植物地上部分各器官干重热值的算术平均值,它们分别是叶 (20.730 ± 1.177) kJ/g , 枝 (19.509 ± 0.931) kJ/g , 干 (18.556 ± 0.331) kJ/g . 粗根(直径 $> 0.5\text{ cm}$)的干重热值用 5 种植物的算术平均值 (18.626 ± 0.35) kJ/g . 灌木层干、枝、叶和根各器官的干重热值分别是 17.589 kJ/g , 17.441 kJ/g , 17.24 kJ/g 和 18.392 kJ/g . 草本层茎叶和根的热值各为 14.76 kJ/g , 18.626 kJ/g . 各层生物量采用陈章和研究结果^[3]. 从乔木层各器官热值的测定结果看,叶变异系数为 5.68% , 幼枝 4.77% , 干 1.78% , 粗根 1.98% , 除了叶的变异系数稍大于 5% 以外,其余器官的变异系数小于 5% . 考虑到叶的生物量所占的比例远小于其它器官,可以认为以干、枝、叶、根的干重热值计算所得的群落中能量现存量在 93% 的确信区间内. 因此,以各层不同种不同器官的平均热值作为计算森林能量现存量具一定的代表性. 群落能量现存量乔木层为 $664.04\text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$, 灌木层为 $6.76\text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$, 草本层为 $0.69\text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$. 其中,乔木层能量现存量占总量的 98.89% , 与乔木层生物量所占的比例相当. 草本层和灌木层合计占能量现存量的 1% 稍强. 这种能量现存量在乔木层、灌木层和草本层不同层次间的分配与亚热带森林的垂直结构相吻合. 该类型群落结构复杂,层次分化明显,冠层叶面积指数大,林内光照微弱,不利于林下植物的生长,因此,林下灌木和草本层能量现存量所占的比例极少.

3.2 地面凋落物的热值和能量现存量

3.2.1 凋落物干重热值及其变幅 由于不同时期地面凋落物的种类组成各不相同,植物的干重热值又随植物种类、器官以及发育节律而改变,因此,地面凋落物的干重热值有一定的

季节变化.我们测定了 1994 年不同月份收集的混合凋落叶和混合凋落枝的干重热值,结果见表 1.

表 1 不同月份取样的凋落物干重热值

Tab. 1 The gross caloric values of litter collected at different month on the forest floor $\text{kJ} \cdot \text{g}^{-1}$

月份	3	4	5	7	9	10	12	均值± 标准差
凋落叶	20.327	20.262	20.581	20.420	19.893	20.211	20.990	20.383± 0.341
凋落枝	19.332	19.128	18.889	19.231	19.462	19.511	19.420	19.285± 0.211

凋落叶干重热值变幅在 19.893~ 20.990 kJ/g 之间,平均是 20.383 kJ/g ,变异系数 1.67%.凋落枝干重热值在 18.889~ 19.511 kJ/g 之间,平均是 19.285 kJ/g ,变异系数 1.14%.当与活叶和幼枝的干重热值和变异系数相比较可发现凋落叶和凋落枝的干重热值及变异系数均小于活叶和幼枝.这可能与植物在落叶前枝叶中有一部分物质转移到体内有关^[4].

3.2.2 凋落物现存量的年际波动及能量现存量 森林地面凋落物现存量是森林地上部分凋落物输入和地面凋落物输出(分解)过程相互作用的结果.这些过程一方面决定于外界环境的生物因素和非生物因素,另一方面受凋落物性质的影响.不同年份和一年的不同季节森林地面凋落物现存量都有程度不同的变化.表 2 列出不同作者测自同一样地的地面凋落物现存量结果.

表 2 森林地面凋落现存量的年际变化

Tab. 2 Yearly fluctuation of standing crop of litter on the forest floor $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$

项目	时 间				均值± 标准差	变异系数 %
	1991. 7 ¹⁾	1992. 3 ²⁾	1993. 3 ²⁾	1994. 12		
凋落叶	3.275	3.018	2.550	2.469	2.828± 0.384	3.58
凋落枝	1.618	0.463	0.509	1.018	0.902± 0.540	58.87
其 它	0.652	/	/	/	/	
合 计	5.545	3.481	3.059	3.487	3.893± 1.119	28.74

1)数据来源文献 [5]; 2)数据来源文献 [4]

表 2 结果表明凋落物现存量的年际波动较大,这主要是由凋落枝年际波动过大引起的,凋落叶相对凋落枝的年际波动要小得多.这反映出凋落物各部分对气候年际波动的反应是不同的.气候波动对凋落枝的影响比凋落叶大的多.如果地面凋落物各部分的干重热值取 1994 年测定的平均值,那么,4 a 平均地面凋落物的能量现存量为 7.477 $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$.

3.3 地下死根的能量现存量

土壤有机质的来源除地上部分枯枝落叶外,植物地下部分死根是另一重要来源.由于地下部分根具有吸收水分和养分的特殊功能,所以,目前这方面的研究日益受到重视.

据前人研究^[6],1 m 深土壤中活细根为 0.842 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$,死细根 0.411 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$,死根/活根比 0.853.0~ 5 m 深土层活细根生物量为 7.12 $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$,假设死细根活细根比值不变,那么,0~ 5 m 土层内死细根的生物量为 607 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$,折合能量现存量为 11.86 $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$.

死粗根的能量现存量仿照 Whittaker^[7]提出的公式,按下式估算

地面枯枝能量现存量/地面活枝能量现存量= 地下枯枝能量现存量/地下活根能量现存量

地下枯枝能量现存量的计算结果为 2.67 $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$.

3.4 土壤有机质能量现存量

土壤亚系统作为物质和能量的巨大贮存库,在森林生态系统研究中有举足轻重的地位.根据前人^[4]研究结果,有机物含碳量以 0.48 计,同时假定每克土壤有机质的热值与落叶去灰分平均热值 21.308 kJ/g 相同.不同层次土壤有机质的含量: 0~ 5 cm 为 5.46%; 5~ 40 cm 为 2.78%; 40~ 100 cm 为 1.48%.据此算出土壤亚系统中 1 m 深有机质能量现存量为 395.50 MJ·m⁻².

森林群落地上部分的能量现存量为 534.58 MJ·m⁻²,其中乔木层 529.29 MJ·m⁻² (占 99.01%),灌木层 4.87 MJ·m⁻² (占 0.91%),草木层 0.42 MJ·m⁻² (占 0.08%),群落地上部分能量现存量绝大部分集中在乔木层.群落地下部分的能量现存量是 136.91 MJ·m⁻²,其中乔木层根 134.75 MJ·m⁻² (占 98.42%),灌木层根 1.89 MJ·m⁻² (占 1.38%),草本层根 0.27 MJ·m⁻² (占 0.20%).整个群落有机体的能量现存量合计 671.49 MJ·m⁻²,其中地上部分占 79.61%,地下部分仅占 20.39%.

土壤死有机物的能量现存量为 417.51 MJ·m⁻².植物地上和地下死有机物的能量现存量为 22.01 MJ·m⁻²,占土壤死有机物能量现存量的 5.27%.其中地面凋落物能量现存量 1.48 MJ·m⁻² (占 33.98%),死细根能量现存量 11.86 MJ·m⁻² (占 53.88%),死粗根能量现存量 2.67 MJ·m⁻² (占 12.14%),死细根是土壤有机质的主要组成部分,在能量流动中的作用超过地上凋落物.土壤有机质能量现存量为 395.50 MJ·m⁻²,占死有机物能量现存量的 94.73%.整个森林生态系统的能量现存量是 1 089.00 MJ·m⁻²,其中活有机体占 61.66%,死有机物占 38.34%.

3.5 不同群落类型能量现存量的比较

与温带落叶松人工林群落及二种草地群落能量现存量的比较见表 3.

南亚热带常绿阔叶林地上部分和地下部分的能量现存量均较温带落叶松人工林多,而地面凋落物能量现存量比落叶松人工林少.常绿阔叶林地上部分和地下部分能量现存量的百分比比较落叶松人工林大,而地面凋落物能量现存量的百分含量远小于落叶松人工林.这表明南亚热带森林凋落物分解快,能量现存量主要集中在活植物体中,与热带雨林的基本特征接近.与羊草草甸草原和小叶樟草甸群落相比,明显看出,随着环境条件的变化,植物地上部分枝叶等器官急剧缩减,地下部分能量现存量占优势.

表 3 不同群落类型能量现存量的比较

Tab. 3 The comparison of standing crop of energy among different community types /MJ·m⁻²

项 目	落叶松人工林 ¹⁾	小叶樟草甸 ²⁾	羊草草甸草原 ²⁾	常绿阔叶林
地上部分	213.35(69.49)	15.67(25.11)	4.44(11.03)	534.58(77.15)
地下部分	56.85(18.52)	43.43(69.61)	34.79(86.47)	150.83(21.77)
凋落物	36.82(11.99)	3.29(5.28)	1.00(2.50)	7.48(1.08)

1)数据来源文献 [8]; 2)数据来源文献 [2]; 括号中为占百分比 (%)

参 考 文 献

- 1 陈章和,张宏达,王伯荪.黑石顶自然保护区森林生物量与生产力定位研究I.样地群落概况.生态科学,1990,(2): 14~ 22
- 2 马克平.小叶章草地生态系统结构与功能的研究IV.能量的固定分配.生态学报,1995,15(1): 23~ 31
- 3 陈章和,张宏达,王伯荪,等.广东黑石顶常绿阔叶林生物量及其分配的研究.植物生态学与地植物学学报.1993,17(4): 289~ 298
- 4 方 炜,李鸣光,王伯荪,等.广东黑石顶森林群落凋叶的研究.热带亚热带植物学报,1993,1(1): 20~ 30
- 5 陈章和,张宏达,王伯荪.黑石顶自然保护区南亚热带常绿阔叶林生物量与生产量的研究VII.凋落量.现存凋落量和凋落物分解速率.华南植物学报,1992,试刊I: 107~ 114
- 6 Chen Zhanghe, Chang Hongta, Wang Bosun. Studies on biomass and production of the lower sub-tropical evergreen broad-leaved forest in Heishiding Nature Reserve, China VI. of Tro Eco, 1994, 10: 273~ 279
- 7 Lieth H, Whittaker H(王业遽等译).生物圈的第一性生产力.北京:科学出版社,1985. 50~ 111
- 8 刘世荣,王文章,王明启.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~ 219

Study on the Standing Crop of Energy in South Subtropical Evergreen
Broad-Leaved Forest in Heishiding Nature Reserve, Guangdong

Hou Yong* Wang Bosun Zhang Hongda Li Minguang

Abstract The characteristics of standing crop of energy among different compartments for the forest ecosystem was systematically analyzed. The results indicated that the standing crop of energy making up 79. 61% of the total community was mostly concentrated on the aboveground part, which was similar to the particular property of tropical rain forest. The standing crop of energy in soil subsystem consisting of the environment of the forest was a main energy storage pool, which accounted for 94. 73% of the total belowground dead organic matter energy. The standing crop of energy for litter coming from the above-ground part was minor, making up only 33. 98% of the standing crop of energy for the total litter in the soil, that of dead root accounted for 66. 02% .

Keywords standing crop of energy, south subtropical evergreen broad-leaved forest, Heishiding Nature Reserve

* School of Life Science, Zhongshan University, Guangzhou 510275