

鼎湖山森林群落的几种叶面积指数 测定方法的比较*

COMPARISON OF METHODS OF ESTIMATION LEAF AREA INDEX IN DINGHUSHAN FORESTS

任海 彭少麟

Ren Hai Peng Shaolin

(中国科学院华南植物研究所, 广州, 510650)

(South China Institute of Botany, Academia Sinica, Guangzhou, 510650, China)

鼎湖山自然保护区地处南亚热带, 东经约 $112^{\circ}30' \sim 112^{\circ}33'$, 北纬约 $23^{\circ}09' \sim 23^{\circ}11'$ 。本区年均气温 21°C , 年降雨量 1927 mm , 干湿季较明显。保护区内的3个主要森林群落是: (1) 季风常绿阔叶林——锥栗、厚壳桂、马尾松、木荷、红皮紫陵(简称混交林), 该群落经长期演替发展, 已接近地带性顶极阶段; (2) 针叶阔叶混交林——马尾松、锥栗、木荷、红皮紫陵(简称混交林), 现正处于次生演替的过渡阶段; (3) 针叶林——马尾松群落, 本群落停留于次生演替最初阶段。这3个群落是南亚热带在演替系列上分别处于3个不同的主要演替阶段的代表类型。自50年代以来, 许多学者陆续对这些植被进行过多方面研究, 但由于其结构多样性和复杂性, 尚未进行叶面积指数(LAI)的专门研究, 而LAI是评价个体或群落第一性生产力的重要指标, 对估算森林生态系统的碳流、太阳能利用效率和水分循环较为重要。因此, 本文试图通过几种叶面积指数测量的方法在南亚热带鼎湖山森林群落的应用和综合比较, 较准确地测定这些群落的叶面积指数, 并找出对本地带林群落LAI测度较为有效的方法。

1 研究方法

1.1 分层收割法

在鼎湖山, 每个群落调查 $20\text{个}10\text{ m} \times 10\text{ m}^2$ 样地, 分别记录样地中所有种群的数量、每木高度和胸径。参照群落的垂直结构将群落分为3个乔木层, 1个灌木层和1个草本苗层, 调查时将出现的个体归于相应的层次, 从而找出具有平均高度和平均胸径的标准木, 再将群落的标准木进行整株收获。收获时, 从底部向上一层一层收割叶片, 将全部叶片分层摘下后称重, 用十字分割法从中取出 $500 \sim 1000\text{ g}$ 叶, 准确称重和测定叶面积, 算出每克鲜重叶片平均面积, 再用此数乘以各层叶片的总重量, 便得各层叶面积值, 再用此值除以该样树所占土地面积即得叶面积指数(注: 也可用于重计算; 叶面积测量仪器为美国产Li-Cor公司的便携式叶面积仪, 下同)。

* 国家重点自然科学基金, 中国科学院重中之重06资助项目, 张祝平、张文其、林永标、蔡锡安、李志安、曾小平等同志参加部分野外工作或提供部分数据, 特此致谢!

1.2 斜点样方法

本方法是由植被盖度测定法改进而成。具体操作是用一头尖的细棒以不同的顶角和方位角插入植冠, 然后记录细棒从冠层顶部通过冠层一直达到底部的过程中记下跟这根针尖相接触的叶片的数目, 再以下式计算叶面积指数:

$$LAI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i$$

公式中: n 为测定的样点数; LAI 为叶面积指数; L_i 为第 i 次所碰到的叶数。一般, 当群落所有叶片都是水平着生在枝条上时(叶倾角为 0°), 采用点样方倾角是 90° 的垂直布点法。实际上, 森林群落的叶片倾角大部分并不都是水平的, 而是介于 0 和 90 之间, 因而用垂直点样方法测得的值偏低。Warren-Wilson 通过大量的实验确定, 当点样方倾角为 32.5° 时, 各种植冠类型的消光系数 K 对叶子倾角的敏感度最小, 因此其值较准确。计算公式为:

$$LAI \approx 1.1 L_{32.5}$$

在鼎湖山, 由于3个森林群落的树均较高而且林下植物也较多, 采用倾角为 32.5° 的点样方倾角吊斜线。具体做法是: 分别在各群落林冠上水平拉细绳子, 再每隔 3m 斜吊一条细线至地面, 使线与地面夹角为 32.5° 。其中厚壳桂群落27条, 混交林和马尾松林各15条。分别记录各线碰到的叶片数目, 再依上述公式分别求出各群落的 LAI 。这种方法的优点是可测较高的树, 且能保留绳子便于看出叶片的季节变化。

1.3 消光系数法

设想树叶在空间上是随机分布而且叶倾角的概率服从球状分布(spherically distributed), 依冠层光截获量和 Beer-Lambert 定律有:

$$LAI = \frac{1}{k} \ln(Q_0/Q_i)$$

式中: Q_0 为林冠上层的辐射强度, Q_i 为林冠下层的辐射强度, k 为决定于植物特定种类的经验消光系数, 变幅在 $0.3 \sim 1.5$ 之间, 其计算公式为:

$$k = G(ns) / \sin\beta$$
 其中 (ns) 为某方向叶片倾角函数, β 为叶倾角)

本研究在各森林群落永久性样地附近设立观测点, 用美国产 LI-18B Integrating quantum radiometer 分别测定各群落林冠上层的辐射与下层林地的辐射强度日进程(6×100 、 8×100 、 10×100 、 12×100 、 14×100 、 16×100 、 18×100), 测定时考虑了晴天、阴雨天并多次重复。林冠上层辐射的探头是固定的, 而林下则将探头沿铁线水平移动, 以减少林下光斑及阴影不匀引起的误差。本工作历时两年。

1.4 凋落叶法

本方法的前提是森林群落达到叶面积平衡, 即植物落叶仅是由于碳水化合物和营养元素的转移而自然脱落的情况, 排除了台风、异常气候和人为干扰导致落叶未能达到地面或使地面凋落叶进行再分配的可能性。

在鼎湖山各森林群落的永久样地内随机设置10个 $1 \times 1\text{ m}^2$ 的凋落物收集箱, 从1981年开始, 每月收集凋落物一次, 直到1990年共 10a 时间; 将收集到的凋落物在 80°C 的温度下烘干后, 分出叶来称重。从而行到各群落凋落叶量。从烘干的叶片中用十字分割法取出部分测出总叶面积, 以此求出面积与干重之比 a (cm^2/g); 再根据凋落物收集箱收集的结果, 得出各群落每年每平方米凋落叶的重量 W ($\text{g}/\text{m}^2\text{ a}$); 从已进行的生物量研究中算出各群落年凋落叶量所占群落总叶量的百分比 t , 此值即为群落的叶量流通率; 叶面积指数(LAI) 为:

$$LAI = [(W/a)/t] / \text{收集箱面积}$$

2 结果与讨论

2.1 各群落叶面积指数

应用上述4种方法对鼎湖山各主要林型进行 LAI 测定的结果如表1。从中可见, 各群落的叶面积指数

以分层收割法计则分别为：厚壳桂群落17.76，针阔混交林为11.28，针叶林为6.61。由于鼎湖山季风常绿阔叶林是由针叶林经针阔叶混交林演替而成的。因此，该群落在向顶极演替过程中，其 LAI 是逐渐增大的。Odum 提出的演替中群落和顶极群落区别的能量学指标包括总生产量、群落呼吸量、总生产量/现存生物量、生物量、单位能流量、净生产量等，这些指标或多或少均与 LAI 有关，因而以 LAI 作为群落演替的指标之一是可行的。Walter 等报道生产力较高的典型的热带雨林的 LAI 为12~15，彭少麟和张祝平在比较了季风常绿阔叶林和世界上其它地带植被的生物量和净生产力后认为，本地带植被的生产力在世界上是最高的类型之一，考虑到鼎湖山季风常绿阔叶林的叶面积指数较高，因此可以认为在水热条件较好的南亚热带，其 LAI 与净初级生产力也呈正相关。由于植物是一个跨地气系统的产物，其在大气系统内的器官为叶、枝和干，植物以叶来与气系统内空气、能量、水分、营养等环境发生联系，植物在地系统内以根为器官，与土地内的气体、能量、水分、营养等发生联系，而且，地气系统的环境因子在量上是互补的，因此仅仅考虑叶还是不够的，还须考虑根等器官。

表1 4种方法测出的叶面积指数
Table 1 LAI value from four methods

群落名称	分层收	斜点样	消光系	凋落叶
Name of community	割法	方法	数法	法
季风常绿阔叶林				
Monsoonal broad-leaved forest	17.76	17.60	16.99	6.57
针阔叶混交林				
Broad-leaved and coniferous mixed forest	11.28	12.30	9.45	—
针叶林群落				
Pine forest	6.61	8.80	—	2.10

Stratified crop method,
quadrats method,
Light-extinction coefficient method,
Foliage litterfall method.

Inclined point

2.2 方法学比较

南亚热带森林群落的结构极其复杂，因而在研究其 LAI 时有较大的困难。由于分层收割法是在统计学原理上选取标准木，进而进行整株分层收获，因而测出的 LAI 是比较准确且能反映群落的垂直结构，但要进行这样大的工作量，不仅费时、费力、费钱，还对森林有破坏作用。

Marshall 和 Long 等人用凋落叶法来测定 Douglas-fir 等多种森林的叶面积指数较准确，但用本方法测定南亚热带森林群落时，其值与另3种方法测出的值相差较远(表1)，产生这种情况的原因可能是：(1)本地区每年雨季时常受台风、热带风暴等恶劣天气的影响，再加上干季的短暂缺水，使各群落的非生理性落叶量增加，推翻了使用本方法的前提；(2)用本方法计算 LAI 需要经过凋落叶量、凋落叶面积、凋落叶量流通率等多个数据的收集和计算，增加了误差，特别是当各群落年叶量流通率不够准确时，引起的误差就特别大；(3)本地带群落中的树种的生理特性不同于其它地带，例如落叶树和常绿树比例不一，有的树种一年生叶两次又落两次。

从而导致此法测定 LAI 的不准确性。斜点样方法由于采用了32.5的样方倾角，使得 LAI 对叶倾角的敏感度减到最小，因而减少了误差，测出的值与收割法和消光系数法测出的值较接近。

消光系数法测出的 LAI 值较分层收割法和斜点样方法测出的值低些，但其值基本接近。影响这一方法精确度的主要原因是消光系数 k ，因为 k 随太阳高度角、叶角，树枝和树干量的多少而变化，由于本文测出的 k 值较准，因而测出的 LAI 也较准确。因此，一旦 k 值准确给出，应用本方法估测 LAI 就简便易行。

此外，还用边材横截面积法、胸径叶量回归法测过本地带森林群落的 LAI ，但其值与上述4种方法要差更远。在测定南亚热带森林群落的 LAI 时，使用分层收割法较准确，但这种方法费时，费力，还对森林有破坏作用；使用消光系数法时一定要有更准确的 k 值；而凋落叶法根本就不适于南亚热带森林群落 LAI 的测定；使用斜点样方法较简便而准确，是一种值得推广方法。为了保证实验的精确性，也可用各种方法综合比较相互验证。

参 考 文 献

- 1 彭少麟等. 鼎湖山森林群落分析. VI. 非线性演替系统. 热带亚热带森林生态系统研究, 1985, (3): 25 ~ 31
- 2 库姆斯等著. 邱国雄等译. 生物生产力和光合作用测定技术. 北京: 科学出版社, 1986, 23 ~ 50
- 3 拉夏埃尔. 李博等译. 植物生理生态学. 北京: 科学出版社, 1980
- 4 王天铎主编. 光合作用与作物生产译丛(4). 北京: 农业出版社, 1984
- 5 翁轰等. 鼎湖山森林凋落物量及营养元素含量研究. 植物生态学与地植物学学报, 1993, 17(4): 299 ~ 304
- 6 Gholz HL. Environmental limits on aboveground net primary production, leaf area, and biomass in vegetation zones of the Pacific Northwest. *Ecology*. 1982, **63**: 469 ~ 481
- 7 Marshall J D *et al.* Comparison of methods of estimating leaf-area index in old-growth douglas-fir. *Ecology*. 1986, **67**: 975 ~ 979.
- 8 Monsi M *et al.* Structure of foliage canopies and photosynthesis. *Ann. Rew. Ecol. System.* 1973, **4**: 301 ~ 307
- 9 Waring R H. Estimating forest growth and efficiency in relation to canopy leaf area. *Advances in Ecological Research* 1983, **13**: 327 ~ 354
- 10 Warren-Wilso J. Estimation of foliage denseness and foliage angle by inclined point quadrats. *Aust. J. Bot.* 1963, **11**: 95 ~ 105
- 11 彭少麟等. 鼎湖山地带性植被生物量、生产力和光能利用效率. 中国科学B 辑, 1994, **24**(5): 497 ~ 502
- 12 沃尔特著. 中国科学院植物研究所生态室译. 世界植被. 北京: 科学出版社, 1984. 72 ~ 74