

哀牢山 4 类植物群落叶面积指数比较¹⁾

巩合德 杨国平 张一平 刘玉洪 郑 征 甘建民

(中国科学院西双版纳热带植物园, 昆明, 650223)

摘 要 采用演替阶段的划分方法, 把哀牢山人工灌木林、次生落叶阔叶林、次生常绿落叶阔叶混交林及原始常绿阔叶林 4 种群落划分为演替较早期、演替早期、演替中期和演替后期 4 个时期, 利用植物冠层仪测定了 4 种群落的叶面积指数。结果表明: 从演替较早期到晚期, 物种多样性和树种密度逐渐增加, 叶面积指数值也逐渐增大, 演替较早期叶面积指数最小 (2.27), 演替晚期叶面积指数最大 (5.60)。各个演替阶段的叶面积指数间差异极显著 ($P < 0.01$), 各演替阶段内测定的叶面积指数也有较大的标准差 (0.35~0.73), 说明各群落之间甚至同一种群落内, 林冠结构都有较大差异。演替晚期乔木层叶面积指数最大, 早期最小; 演替中期灌木层叶面积指数最大, 早期最小; 4 个阶段草本层叶面积指数差异不大。

关键词 植物冠层仪; 叶面积指数; 常绿阔叶林; 演替阶段
分类号 Q948.15

Comparison of Leaf Area Index of Four Types of Plant Communities in Ailao Mountain / Gong He de Yang Guo ping Zhang Yi ping Liu Yu hong Zheng Zheng Gan Jian min (Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, P. R. China) // Journal of Northeast Forestry University - 2007, 35(3). - 34~36

Four types of plant communities at different successional stages: natural evergreen broad-leaved forest, secondary evergreen and deciduous broadleaved mixed forest, secondary deciduous broadleaved forest and artificial shrub forest were selected to study the characters of leaf area index (LAI) by plant canopy analyzer in Ailao Mountain. Succession is classified as four stages: very early, early, intermediate and late stages. Results show that the species diversity, density and LAI increase gradually from the very early to the late successional stages. The lowest LAI value was 2.27 at the very early stage and the highest LAI value was 5.60 at the late stage. LAI in different successional stages shows an extremely significant difference, and it also changes with large standard deviations (0.35~0.73) at the same successional stage, which indicates a variety of canopy structure even at the same community. LAI of arbor layer is the highest at the late stage and the lowest at the early stage. LAI of shrub layer is the highest at the intermediate stage and the smallest at the early stage. The difference of LAI of herb layer is unobvious at different stages.

Key words Plant canopy analyzer; Leaf area index; Evergreen broad-leaved forests; Successional stages

叶面积指数 (LAI) 是森林生态系统的一个重要结构参数, 在生态过程、大气生态系统的交互作用以及全球变化等研究中都需要叶面积指数的资料^[1]。叶面积指数是了解森林林冠与大气之间能量和养分 (水分和碳元素) 交换的关键参数^[2], 也是研究森林冠层结构的重要指标。而且叶面积指数在估计陆地生态系统碳积累、植被净初级生产力、蒸发散以及大气沉降等方面起重要作用^[3]。常绿阔叶林主要分布在亚热带地区的大陆东岸, 以我国分布的面积最大^[4], 哀牢山自然保护区有原始常绿阔叶林 504 km², 是中国原始常绿阔叶林分布面积最广大的地区^[5], 哀牢山的中山湿性原始常绿阔叶林主要分布在海拔 2 200~2 600 m 之间, 以腾冲栲 (*Castanopsis wattii*) 和木果柯 (*Lithocarpus xylocarpus*) 为优势种, 约占该区森林总面积的 77.94%^[6]。有关原始常绿阔叶林叶面积指数测定的研究在中国尚未见报道, 笔者利用植物冠层分析仪测定了原始常绿阔叶林、2 种次生林和 1 种人工灌木林的叶面积指数, 并比较了其叶面积指数的变化特征, 以期揭示 4 种植物群落的叶面积指数特征, 为进一步深化研究提供理论依据。

1 研究方法

1.1 研究区域概况

1) 哀牢山生态站研究基金。

第一作者简介: 巩合德, 男, 1978 年 8 月生, 中国科学院西双版纳热带植物园, 研究实习员。

收稿日期: 2006 年 6 月 21 日。

责任编辑: 程 红。

研究区域位于哀牢山国家级自然保护区核心区的徐家坝, 地理坐标为 24°32'N, 102°01'E, 海拔 2 400~2 600 m。平均年降雨量为 1 931 mm, 干、雨季分明, 雨季 (5—10 月份) 降雨量占年降雨量的 85%, 年平均蒸发量 1 485 mm。年平均温度 11.3℃, 最热月 (7 月) 气温为 16.4℃, 最冷月 (1 月) 气温为 5.4℃, 无霜期 200 d。成土母质由片岩、片麻岩和闪长岩组成, 多发育为典型的黄棕壤, 土壤肥沃, 偏酸性 (pH 值为 4.4~4.9), 土壤表面由 3~7 cm 凋落物层覆盖, 土壤有机碳、全氮和全磷的质量分数分别为 12.9%、0.52% 和 0.06%, 土壤表面的 C/N 比为 14.4, 30~50 cm 深度 C/N 比为 15.3^[5]。

1.2 样地选择

2005 年 3 月选择 4 个试验地点作为研究对象, 其中 1 个属于中山湿性常绿阔叶林, 在此选择 18 个 10 m × 10 m 样地。3 个属于人为破坏后的次生林: ①滇山杨林代表次生常绿落叶阔叶混交林; ②旱冬瓜林代表次生落叶阔叶林; ③茶叶地代表人工灌木林。在以上 3 个样地内分别设 5 个 10 m × 10 m 的样地。分别在 2005 年 4 月、8 月和 12 月测定研究区域的叶面积指数, 其中滇山杨林和旱冬瓜林由于都有落叶阔叶树种, 所以只测定 4 月份生长期叶面积指数, 并于 2005 年 11 月对研究区域进行野外群落调查。

1.3 野外调查与测定

1.3.1 试验点演替阶段划分

对每个样方进行群落调查, 包括树种组成、胸径和树高。以前的研究通常把林龄作为判断次生林结构的主要指标, 可是时间只是影响森林结构的一个方面, 所以林龄并不能作为

次生林结构的可靠指标,而次生林的演替阶段可在森林水平和垂直结构上更好地描述次生林的结构特征,所以本研究也采用了演替阶段的划分方法。把 4 个试验点划分为演替较早期、演替早期、演替中期和演替后期 4 个时期^[7]。

演替较早期以人工茶叶地为代表,乔木为云南越桔 (*Vaccinium duclouxii*), 稀疏且多丛生, 树高 2.1~4.6 m。灌木为人工茶树 (*Camellia sinensis*), 高度 0.2~1.9 m, 盖度在 80% 以上。草本比较茂盛, 多度在 30% 左右, 优势种为多花剪股颖 (*Agrostis myriantha*), 没有藤本植物和附生植物, 人工茶叶地每年都有人为除草干扰。

演替早期以旱冬瓜林为代表, 旱冬瓜林是中山湿性常绿阔叶林遭受彻底破坏又加以火烧后逐渐形成的, 乔木层主要是旱冬瓜 (*Alnus nepalensis*), 稀疏, 树高多在 10~15 m 之间, 郁闭度约为 40%。灌木层树种稀少, 以吴茱萸 (*Evodia nutaecapa*) 和西南绣球 (*Hydrangea davidii*) 为主。草本层种类较多, 盖度可达 80%, 优势种为小叶荩草 (*Arthaxon lanceifolius*) 和紫茎泽兰 (*Eupatorium odenophorum*)。附生植物较少, 主要有棕鳞瓦韦 (*Lepidosus scolopendrium*) 和鳞轴小膜盖蕨 (*Araiostegia perdurans*), 林内没有藤本植物。

演替中期以滇山杨林为代表, 滇山杨林是中山湿性常绿阔叶林砍伐和火烧后形成的, 乔木层以 15~20 m 的树为主, 仅有硬斗柯 (*L. hancei*) 的胸径在 50 cm 以上, 优势种为滇山杨 (*Populus botauii*), 还有一些幼树, 乔木层郁闭度可达 80% 以上。硬斗柯和多花山矾 (*Symplocos ramossissima*) 在该时期和演替晚期均为常见树种, 在该时期林冠叶片密度较厚而且组成复杂, 但仍可见较大林隙。灌木层发达, 吴茱萸和西南绣球未在该样地出现, 优势种为箭竹 (*Sinarundinaria nitida*), 盖度在 45% 左右。草本层以金凤仙 (*Impatiens cyathiflora*) 和宝铎草 (*Disporum sessile*) 为主。附生植物较多, 主要有棕鳞瓦韦和鳞轴小膜盖蕨 (*Araiostegia perdurans*)。藤本植物较少, 多为毛狭叶崖爬藤 (*Tetrastigma serrulatum*)。

演替晚期林冠郁闭较好, 叶面排列复杂, 与其他时期相比, 穿过林下的光线非常少。乔木层优势种为腾冲栲和木果柯, 树高多在 25 m 以上, 最高可达 32 m, 胸径在 50 cm 以上的树有 18 种, 郁闭度在 85% 以上。灌木层较丰富, 以箭竹为主, 盖度在 35% 左右。草本植物以滇西瘤足蕨 (*Plagiogyria communis*) 和细梗苔草 (*Carex teinogyna*) 等为主。附生植物相当丰富, 以黄杨叶芒毛茛苔 (*Aeschynanthus luxifolius*) 和鳞轴小膜盖蕨 (*Araiostegia perdurans*) 等为主。藤本植物常见, 主要有冷饭团 (*Kadsura coccinea*) 和匍匐酸藤子 (*Embelia procumbens*) 等。

1.3.2 叶面积指数测定

利用 LAI-2000 植物冠层仪 (LI-COR, America) 测定各试验点叶面积指数。由于植被冠层叶片数量可通过测量光线透过冠层时被削弱的程度推导出来, 所以利用 LAI-2000 植物冠层仪同时测量了 5 个角度 (7°、23°、38°、53°、68°) 上的天空漫射线的削弱, 根据这 5 个天顶角的透射率, LAI-2000 可计算出叶片数量 (叶面积指数, LAI)。实际测定中, 采用 45°镜盖。另外, 由于空地面积不够大, 所以实际测定忽略了外环的值, 只采用了前 4 个角度的测量结果^[7], 假设叶片是随机排列的, 那么实际测定值就是叶面积指数值, 但由于研究区域有的阔叶树种树叶显著丛生于枝顶, 可能导致测定结果小于实际值^[8], 因此, 研究中实际测定尽可能覆盖样地全部面积, 以此增加结果的准确性。

每个样地分别在 08:00、12:00 和 16:00 测定叶面积指数值, 每次测定不同方位群落的叶面积指数, 每次在样地的不同位置测定 5 个数值, 其均值就是该群落的叶面积指数。

2 结果与分析

2.1 各演替阶段群落特征

一共调查到 54 种植物, 它们分属于 21 科、3 个属, 其中演替较早期 1 个种, 早期 4 个种, 中期 24 个种, 晚期 44 个种 (表 1)。由表 1 和群落调查结果可知, 虽然各个时期内植物种有所重叠, 但从演替较早期到晚期, 物种多样性和树种密度逐渐增加, 物种组成的这种变化反应了演替的阶段和所处的环境。

表 1 哀牢山样地植物种 (胸径 ≥ 5 cm)

科	种	较早期	早期	中期	晚期
壳斗科	腾冲栲 (<i>Castanopsis wattii</i>)	-	-	+	+
	硬斗柯 (<i>Lithocarpus hancei</i>)	-	-	+	+
	木果柯 (<i>L. xylocarpus</i>)	-	-	+	+
	顺宁厚叶柯 (<i>L. pachyphyllus</i>)	-	-	-	+
	长尾青岗 (<i>Cyclobalanopsis stewartiana</i>)	-	-	+	-
山茶科	小花山茶 (<i>Camellia forrestii</i>)	-	-	-	+
	云南栎 (<i>Eurya obliquifolia</i>)	-	-	+	+
	景东栎 (<i>E. jintungensis</i>)	-	-	-	+
	舟柄茶 (<i>Hartia sinensis</i>)	-	-	+	+
	南洋木荷 (<i>Schinus noronhai</i>)	-	-	+	+
	厚皮香 (<i>Ternstroemia gymnanthera</i>)	-	-	+	-
樟科	黄心树 (<i>Machilus bombycina</i>)	-	-	-	+
	滇润楠 (<i>M. yunnanensis</i>)	-	-	+	+
	多果新木姜子 (<i>Nelitsea polycarpa</i>)	-	-	-	+
	柳叶润楠 (<i>M. salicina</i>)	-	-	+	+
	鸭公树 (<i>N. chuii</i>)	-	-	-	+
	三股筋香 (<i>Lindera thomsonii</i>)	-	-	+	+
木兰科	黄丹木姜子 (<i>Lisea elongata</i>)	-	-	+	+
	多花含笑 (<i>Michelia floribunda</i>)	-	-	-	+
小檗科	红花木莲 (<i>Manglietia insignis</i>)	-	-	-	+
	大黄莲 (<i>Mahonia mairei</i>)	-	-	-	+
冬青科	景东冬青 (<i>Ilex jintungensis</i>)	-	-	-	+
	珊瑚冬青 (<i>I. coralina</i>)	-	-	+	+
	红河冬青 (<i>I. manniensis</i>)	-	-	-	+
	多脉冬青 (<i>I. polynura</i>)	-	-	-	+
	川冬青 (<i>I. schwanensis</i>)	-	-	-	+
	毛细果冬青 (<i>I. microcarpa</i>)	-	-	+	+
五加科	文山鹅掌柴 (<i>Schefflera fengii</i>)	-	-	-	+
	吴茱萸叶五加 (<i>Acanthopanax evaiaefolius</i>)	-	-	-	+
	瑞丽鹅掌柴 (<i>S. shweliensis</i>)	-	-	+	+
蔷薇科	尖叶桂樱 (<i>Prunus undulata</i>)	-	-	-	+
	粗梗稠李 (<i>Padus napaulensis</i>)	-	-	-	+
	南亚枇杷 (<i>Eriobotrya bengalensis</i>)	-	-	-	+
	宿鳞稠李 (<i>P. perulata</i>)	-	-	-	+
	鼠李叶花楸 (<i>Sorbus rhamnoides</i>)	-	-	-	+
木犀科	紫药女贞 (<i>Ligustrum delavayanum</i>)	-	-	+	+
	木犀 (<i>Osmanthus fragrans</i>)	-	-	-	+
山矾科	多花山矾 (<i>Symplocos umosissina</i>)	-	-	+	+
	山矾 (<i>S. sumatrensis</i>)	-	-	-	+
	丛花山矾 (<i>S. poilanei</i>)	-	-	+	+
	薄叶山矾 (<i>S. anomala</i>)	-	-	-	+
越桔科	云南越桔 (<i>Vaccinium duclouxii</i>)	+	-	+	+
	米饭花 (<i>Lyonia ovalifolia</i>)	-	-	+	-
水青树科	水青树 (<i>Tetracentron sinense</i>)	-	-	-	+
八角科	大花八角 (<i>Illicium macranthum</i>)	-	-	-	+
槭树科	七裂槭 (<i>Acer hepatalolum</i>)	-	-	-	+

续表 1

科	种	较早期	早期	中期	晚期
清风藤科	山青木 (<i>Meliosma kirilii</i>)	-	-	+	+
杜鹃花科	薄叶杜鹃 (<i>Rhododendron leptohyrum</i>)	-	-	+	-
	马缨花 (<i>R. dekuayi</i>)	-	+	-	-
野茉莉科	毛柱野茉莉 (<i>Styrax perkinsiae</i>)	-	-	+	-
杨柳科	滇山杨 (<i>Populus bonatii</i>)	-	-	+	-
桦木科	旱冬瓜 (<i>Alnus nepalensis</i>)	-	+	-	-
胡桃科	野核桃 (<i>Juglans cathayensis</i>)	-	+	-	-
芸香科	吴茱萸 (<i>Evodia nucearpa</i>)	-	+	-	-
合计		1	4	24	44

注: + 表示该物种在该演替时期存在。

2.2 各演替阶段叶面积指数

由 LAI-2000 植物冠层仪测定的各个演替阶段的叶面积指数 (表 2) 可以看出, 从演替较早期到晚期, 叶面积指数值逐渐增大, 演替较早期叶面积指数最小, 为 2.27, 演替晚期叶面积指数最大, 为 5.60。各阶段之间差异极显著 ($P < 0.01$)。演替早期的标准差最小, 为 0.35, 演替晚期的最大, 为 0.73。

表 2 不同演替阶段的叶面积指数

演替阶段	最大值	最小值	平均值	标准差
较早期	3.62	0.83	2.27	0.66
早期	3.26	2.18	2.91	0.35
中期	6.50	4.14	5.43	0.60
晚期	7.42	4.17	5.60	0.73

各演替阶段群落内乔木层、灌木层和草本层的叶面积指数测定结果及标准偏差 (表 3), 其中人工茶叶地所代表的演替较早期, 由于树木非常稀疏, 而且每年都有人为的除草活动, 所以只测定人工茶树的叶面积指数。可以看出演替晚期乔木层叶面积指数最大, 早期最小; 演替较早期人工茶叶叶面积指数最大, 早期最小; 各时期草本层叶面积指数结果相差不大。

表 3 哀牢山各演替阶段叶面积指数

林分层次	演替较早期	演替早期	演替中期	演替晚期
乔木层		1.492	3.243	3.785
灌木层	2.270	0.604	1.414	0.981
草本层		0.809	0.774	0.836

3 结论与讨论

从演替较早期到晚期, 物种多样性和树种密度逐渐增加, 叶面积指数值也逐渐增大, 演替较早期叶面积指数最小为 2.27, 演替晚期叶面积指数最大为 5.60。哀牢山各个演替阶段之间叶面积指数差异显著 ($P < 0.01$), 表明各个演替阶段的群落的林冠结构差异很大。例如, 各个演替阶段藤本植物和附生植物组成及数量有明显差异, 以及各时期内林隙大小及数量的明显不同。另外各个演替阶段测定的叶面积指数有较大的标准差 (0.35~0.73), 说明即使在同一种群落中, 林冠结构也有较大差异, 这可能由于各个演替阶段群落的林冠组成和林隙在空间结构上镶嵌分布造成的。

在演替较早期, 人工茶树的叶面积指数值明显小于森林林冠测定的结果。演替早期, 稀疏的乔木层造成较小的叶面

积指数, 同时群落内树种很少 (4 种), 而且绝大多数为旱冬瓜 (占总树种数的 83%), 因此叶面积指数差异较小 (0.35)。与演替晚期相比, 演替中期既有代表演替早期的森林树种 (如落叶阔叶树种滇山杨), 也有晚期的标志树种硬斗柯和多花山矾, 说明这是演替早期到晚期的过渡时期。演替晚期叶面积指数标准差最大 (0.73), 说明该时期群落的叶面积指数虽然很大, 林冠较为郁闭, 但是林冠结构之间仍存在较大差异。各个演替阶段之间叶面积指数逐渐增加, 演替晚期的叶面积指数最大, 说明该时期森林群落已经发展到较为成熟的森林群落, 但叶面积指数较大的标准差则说明该群落林冠结构未达到足够的同一性, 另外演替晚期叶面积指数为 5.60 未达到森林最大生产力通常值 (8.0~10.0)^[9], 因此该群落也许还能进一步发展, 直至达到顶级群落。假如 3 种次生林群落今后不再受到人为干扰, 它们也可能会发展成为常绿阔叶林, 甚至达到森林顶级群落。

由于树种生物多样性较高, 森林发育比较成熟, 林冠结构比较复杂, 演替晚期乔木层叶面积指数最大, 早期由于树种单一, 且密度较小, 所以乔木层叶面积指数最小; 演替中期由于箭竹茂盛, 所以灌木层叶面积指数最大, 早期最小; 3 个时期草本层叶面积指数差异不大, 这也许由于不同的时期所生长的草本优势种类不同, 例如代表演替早期的旱冬瓜林, 喜阳草本占优势, 而演替晚期群落内喜阴草本占优势, 而其繁茂程度并没有大的差别, 所以叶面积指数差异不大。

致谢: 本研究得到哀牢山生态站的大力支持, 李达文、罗成昌、纪金华、罗鑫和杨文争等同志也参加了野外工作, 在此一并表示感谢!

参 考 文 献

[1] 周宇宇, 唐世浩, 朱启疆, 等. 长白山自然保护区叶面积指数测量及结果 [J]. 资源科学, 2003, 25(6): 38-42.

[2] Nikolov N, Zeller K. Efficient retrieval of vegetation leaf area index and canopy clumping factor from satellite data to support pollutant deposition assessments [J]. Environmental Pollution, 2003, 141(3): 539-549.

[3] Zeller K F, Nikolov N T. Quantifying simultaneous fluxes of ozone, carbon dioxide and water vapor above a subalpine forest ecosystem [J]. Environmental Pollution, 2000, 107(1): 1-20.

[4] 姜安如. 植物与环境 [M] / 周云龙. 植物生物学. 北京: 高等教育出版社, 2004: 503-504.

[5] Liu Wenyao, Fox John E D, Xu Zaifu. Biomass and nutrient accumulation in montane evergreen broad-leaved forest (Lithocarpus xylocarpus type) in Ailao Mountains SW China [J]. Forest Ecology and Management, 2002, 158(1): 223-235.

[6] 邱学忠. 自然地理环境条件 [M] / 邱学忠. 哀牢山森林生态系统研究. 昆明: 云南科学技术出版社, 1997: 7-11.

[7] Leblanc S G, Chen J M. A practical scheme for correcting multiple scattering effects on optical LAI measurements [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2001, 110(2): 125-139.

[8] Kalcska M, Sanchez-Azofeifa G A, Rivard B, et al. Leaf area index measurements in a tropical moist forest: A case study from Costa Rica [J]. Remote Sensing of Environment, 2004, 91(2): 134-152.

[9] 王希群, 马履一, 贾忠奎, 等. 叶面积指数的研究和应用进展 [J]. 生态学报, 2005, 24(5): 537-541.