

西双版纳鸡血藤次生群落的特征分析^{*}

唐建维 张建侯 宋启示 冯志立
(中国科学院西双版纳热带植物园, 云南省勐腊县 666303)

摘要 本文对西双版纳热带雨林刀耕火种撩荒后形成的鸡血藤次生群落进行了研究和分析, 结果表明: 在 900 m² 的固定样地上, 计有维管束植物 62 种, 隶属于 36 科 55 属, shannon-wiener 指数为 4.25; 区系地理成分可分为 9 种类型, 以热带区系成分为主, 占 92.73%。群落结构可分为乔木层(I、II、III)、灌木层、草本层及层间植物, 群落的外貌以高位芽、小叶型、单叶、纸质为主组成。与先锋阶段的植物群落相比, 该群落正向湿润性的热带森林方向发展。

关键词 鸡血藤; 群落学特征; 热带次生植被

ANALYSIS ON THE CHARACTERISTICS OF MILLETTIA LAPTOBOTRYA COMMUNITY IN XISHUANGBANNA

Tang Jianwei Zhang Jianhou Song Qishi Feng Zhili

(Xishuangbanna Tropical Botanic Garden, The Chinese Academy of Sciences, Mengla County, Yunnan 666303)

Abstract The paper presents the study result of *Millettia leptobotrya* secondary community for 22 years which naturally regenerated from the slash-and-burn cultivation in tropical rain forest. A permanent plot (900 m²) was observed in Menglun, Mengla county, Xishuangbanna. A total of 62 species of higher plant in 55 genera and 36 families occurred in the permanent plot, and the index of species diversity was 4.25. The floral composition can be divided into 9 areal types, of which the tropical distribution was 92.73%; the stratification of the community structure can be clearly divided into: arborous layer (I, II, III), shrub layer, herbaceous layer and lianas. The physiognomy was composed of phanerophyte (83.6%), microphylls (42.62%), single leaf (85%). Compared with the pioneer plant community, the *Millettia leptobotrya* community is going forward to humid tropical rain forest.

Key words *Millettia leptobotrya*; coenological characteristics; tropical secondary community; Xishuangbanna

植物群落次生演替的研究一直是植被动态研究的主要内容之一。在热带森林遭到严重破坏的今天, 开展植物群落次生演替的研究, 掌握和了解次生植被的演替动态规律, 以促进森林生态系统的恢复和发展, 将具有十分重要的意义。前文已对西双版纳热带雨林刀耕火种撩荒

1996-10-14 收稿

第一作者简介: 唐建维, 男, 1964 年出生, 硕士, 助理研究员, 从事植物群落学、植物种群及森林生态学研究。

*国家自然科学基金资助项目(38970168)内容之一

后形成的山乌桕、白背桐先锋植物群落进行了初步研究^[1]。本文就热带次生植被经过 20 a 的封山护林后所形成的次生群落在植物种类、区系成分、结构特征等方面的变化及其演替动态等进行分析。

1 样地概况及研究方法

研究地点位于西双版纳小勐仑的葫芦岛上,地理位置为 21°54'N, 101°46'E, 属西南热带季风气候, 一年可分为干热、湿热及雾凉三季, 3~5 月为干热季, 气温较高, 雨量少; 6~10 月为雨季, 气候湿热, 85% 的雨水集中在此期间降落; 11~2 月为雾凉季节, 降水量减少, 但早晚浓雾弥漫, 空气湿度较大; 年平均气温为 21.6 °C, 最热月平均气温 25.3 °C, 最冷月平均气温 15.5 °C, 年均降雨量 1 557 mm, 年日照 1 828 h, 有雾日数 173 d, 终年无霜, 土壤为砖红壤, 土层深厚, pH 值为 6.0 左右。该样地的原生植被为热带季节性雨林, 是 1968 年经刀耕火种撩荒后, 于 1978 年作为固定样地且未经任何人工抚育恢复起来的次生植被, 林龄为 22 a。样地面积为 900 m² (30 m × 30 m), 坡向 NW, 坡度 11°, 海拔高度 585 m。

在调查过程中, 样地内胸径 > 2.5 cm 的乔木、藤本等植物全部观测记录, 并在样方的四角和中心设置了 5 块 2 m × 2 m 呈梅花型分布的小样方, 以调查胸径 2.5 cm 以下的乔木幼苗、幼树、灌木及草本植物。

表 1 群落的主要科属组成

Table 1 The composition of dominant genera and families in the *Millettia leptobotrya* community

序号 No.	科名 Family	属数 Genus number	种数 species number
1	蝶形花科 Papilionaceae	4	6
2	茜草科 Rubiaceae	5	5
3	大戟科 Euphorbiaceae	5	5
4	樟科 Lauraceae	3	4
5	壳斗科 Fagaceae	2	4
6	桑科 Moraceae	2	3
7	番荔枝科 Annonaceae	2	2
8	白花菜科 Cappariaceae	2	2
9	梧桐科 Sterculiaceae	1	2
10	芸香科 Rutaceae	1	2
11	木兰科 Magnoliaceae	1	1
12	肉豆蔻科 Myristicaceae	1	1
13	桃金娘科 Myrsinaceae	1	1
14	藤黄科 Guttiferaceae	1	1
15	无患子科 Sapindaceae	1	1
16	田麻科 Tiliaceae	1	1
17	千屈菜科 Lythraceae	1	1
18	禾本科 Gramineae	3	3
19	姜科 Zingiberaceae	1C	2
其余 17 科 (略)			

2 结果与分析

鸡血藤 (*Millettia leptobotrya*) 次生群落是热带雨林次生演替过程中继山乌桕 (*Sapium discolor*)、白背桐 (*Mallotus paniculatus*) 先锋植物群落后形成的一个群落类型, 主要以鸡血藤构成群落的主体, 在群落的种类组成、结构层次上有其自己的特征。

2.1 群落的种类组成及区系成分分析

2.1.1 群落的科、属组成 据调查统计资料, 在 900 m² 的固定样地上, 计有维管束植物 62 种, 隶属 36 科, 55 属 (表 1), 较占优势的科是: 蝶形花科 (4 属 6 种), 茜草科 (5 属 5 种), 大戟科 (5 属 5 种), 樟科 (3 属 4 种), 壳斗科 (2 属 4 种), 其次是桑科 (2 属 3 种), 白花菜科 (2 属 2 种), 番荔枝科

(2 属 2 种) 等, 其余大都为单科单属, 其乔木层组成树种为 26 种, 灌木层树种为 14 种, 藤木植物 12 种, 草本层植物 8 种, 蕨类植物 1 种。

2.1.2 群落的种类组成 从该群落的种类组成成分来看, 其优势种相当明显, 主要是以鸡血藤占绝对优势, 重要值高达 84.99 (表 2), 远远大于其它种类的重要值, 这说明鸡血藤确是该群

落的建群种。其次是蒲桃(*Syzygium* sp.)、印度栲(*Castanopsis indica*)和披针叶楠木(*Phoebe lanceolata*),重要值分别是 64.36、35.03 和 22.67,其余的种类重要值都在 20 以下。其中重要

表 2 群落主要树种的重要值

Table 2 The important value of dominant trees in the *Millettia leptobotrya* community

序号 No.	植物名称 Name of plant species	株数 Individual number	相对显著度 Relative prominence	相对多度 Relative abundance	相对频度 Relative frequency	重要值 Important value
1	鸡血藤 <i>Millettia leptobotrya</i>	112	16.41	42.26	26.32	64.99
2	蒲桃 <i>Syzygium</i> sp.	58	16.16	21.88	26.32	84.36
3	印度栲 <i>Castanopsis indica</i>	9	21.10	3.40	10.53	35.03
4	披针叶楠木 <i>Phoebe lanceolata</i>	24	3.08	9.06	10.53	22.67
5	西南猫尾木 <i>Dolichandron stipulata</i>	15	5.16	5.66	7.89	18.71
6	山桂花 <i>Paramichelia baillonii</i>	5	9.96	1.89	1.32	13.17
7	椴叶山麻杆 <i>Alchornea tiliifolia</i>	3	0.01	1.13	2.63	3.77
8	小叶藤黄 <i>Garcinia cowa</i>	9	4.23	3.40	5.26	12.89
9	华南吴茱萸 <i>Evodia austrosinensis</i>	2	5.44	0.75	2.63	8.82
10	鹅掌柴 <i>Schefflera octophylla</i>	5	4.02	1.89	0.66	6.57
11	布楂叶 <i>Microcos paniculata</i>	4	4.44	1.51	0.66	6.61
12	假苹婆 <i>Sterculia lanceolata</i>	2	0.002	0.75	1.32	2.07
13	假海桐 <i>Pittosporopsis kerrii</i>	1	0.001	0.38	0.66	1.04
14	潺槁木姜子 <i>Litsea glutinosa</i>	3	2.82	1.13	0.33	4.28
15	滇银柴 <i>Aporosa yunnanensis</i>	6	1.35	2.26	0.66	4.27
16	白背桐 <i>Mallotus paniculatus</i>	1	2.49	0.38	0.33	3.20
17	华南石栎 <i>Lithocarpus fenestratus</i>	1	2.45	0.38	0.33	3.16
18	银背巴豆 <i>Croton argyratus</i>	5	0.008	1.89	0.66	2.56

值在 10 以上的仅有 7 种, 占总种数的 11.29%; 重要值在 5 以上的 10 种, 占总种数的 16.13%; 重要值在 5 以下的有 45 种, 占总种数的 72.58%。这表明以鸡血藤为主的热带次生植被在种类组成上的特点: 种类复杂丰富, 优势种显著。

2.1.3 区系成分组成 根据吴征镒教授的区系属级分布区类型方案, 就 55 属植物可初步区分为 9 种区系分布区类型(表 3), 主要是以热带分布为主(2~7

表 3 群落的区系组成

Table 3 The floral composition of the *Millettia leptobotrya* secondary community

序号 No.	分布区类型 Areal-types	属数 Genus number	百分比(%) Percent- tage	种数 Species number	百分比(%) Percent- tage
1	世界分布	1	1.82	1	1.64
2	泛热带分布	18	32.73	22	36.06
3	热带亚洲至热带美洲间断分布	3	5.45	3	4.92
4	旧世界热带分布	10	18.18	12	19.67
5	热带亚洲至热带大洋洲分布	6	10.91	6	9.84
6	热带亚洲至热带非洲分布	2	3.64	2	3.28
7	热带亚洲(印度—马来西亚)分布	12	21.82	12	19.67
8	东亚至北美洲间断分布	2	3.64	2	3.28
9	东亚分布	1	1.82	1	1.64

号), 占 92.73%, 其中又以泛热带分布占优势, 占 32.73%, 其次是热带亚洲(印度—马来西亚)分布和旧世界热带分布, 分别占 21.82%和 18.18%, 而东亚至北美洲间断分布及东亚分布分别仅占 3.64%和 1.82%, 这区系比例说明了该次生群落的植物区系组成主要是以热带区系成分为主, 而热带亚洲(印度—马来西亚)分布的区系成分占 21.82%, 表明了该次生群落的植物区系组成与热带亚洲的植物区系成分具有一定的联系, 显示出较强的热带性。与先锋阶段的

山乌柏次生群落相比^[1]，热带区系成分所占的比例又有所增大，尤其是热带亚洲(印度—马来西亚)成分所占的比例提高最大。这说明随着演替的进程，雨林成分的树种越来越多，热带亚洲植物区系成分的比例越来越大，与它的联系进一步加强。

2.2 植物种的多样性与均匀度指标

物种多样性是反映群落功能有重要意义的组织特征，是物种丰富和均匀度的积，是物种均匀度加权了的物种丰富度，它是群落的种类、个体总数及均匀度综合概念^[2, 6, 7]。通常应用 Simpson 指数或 Shanon—Wiener 指数来测度物种多样性。通过计算，该次生群落的物种多样性 Shannon—Wiener 指数为 4.25，均匀度为 71.55%。与其它森林群落相比(表 4)，低于其它群落的物种多样性，由此可看出，该次生群落要演替到它的顶极群落状态—热带雨林所需的时间还很漫长。

表 4 西双版纳鸡血藤次生群落物种多样性与其它植被类型的比较

Table 4 The comparison of species diversity indexes between *Millettia leptobotrya* secondary community and other vegetation types

群落名称 Community name	指数 Shannon— Wiener	均匀度(%) Evenness
西双版纳鸡血藤次生群落	4.25	71.55
西双版纳热带雨林望天树群落	5.61	—
海南岛坝王岭山地雨林群落	5.19	74.08
海南岛坝王岭沟谷雨林群落	5.82	81.80
缅甸热带雨林群落	5.40	—
鼎湖山常绿阔叶林厚壳桂群落	4.57	80.99

2.3 群落的外貌

2.3.1 植物的生活型谱 根据 Raunkiaer 生活型分类系统统计，该次生群落主要是以高位芽植物为主(表 5)，占 83.6%，其中又以中、小高位芽植物占优势，分别占 26.23%和 22.95%，其

表 5 鸡血藤次生群落与其它植被生活型的比较

Table 5 The comparison of life form between *Millettia leptobotrya* community and other vegetation types

植被类型 Vegetation type	高位芽植物 Phanerophyte					地上芽植物 Ch	地面芽植物 H	地下芽植物 G	一年生植物 Th	附生植物 Ep
	大高位芽 (> 16 m)	中高位芽 (8 ~ 16 m)	小高位芽 (2 ~ 8 m)	矮高位芽 (< 2 m)	藤本高位芽					
	Mega—	Meso—	Meicro—	Meno—	M eane—					
西双版纳鸡血藤次生群落	5 8.20	16 26.23	14 22.95	8 13.11	8 13.11	3 4.92	3 4.92	2 3.28	1 1.64	1 1.64
西双版纳山乌柏次生林	11 13.93	18 22.79	21 26.58	11 23.96	10 12.66	3 3.80	1 1.26	1 1.2	2 2.52	1 1.26
海南岛尖峰岭热带半落叶季雨林	6 3.8	38 24.1	43 27.2	18 11.4	36 22.8	4 2.5	6 3.8	3 1.9	0 0	4 2.5
广西龙胜花坪常绿阔叶林			80.0			1.6	16.2	3.0	0	0
西双版纳热带季节性雨林			81.5			4.2	2.9	0	0.6	10.7

Ch: Chamaephyte H: Hemicyptogamae G: Geophyte Th: Therophyte Ep: Epiphyte

地上芽、地面芽、地下芽植物均较少，分别仅占 4.92%、4.92%、3.28%。该群落的生活型谱与西双版纳热带季节性雨林等植被类型相比较，其生活型谱相近似，都是高位芽植物占优势，但附生植物比它的原生植被类型低，地上芽、地面芽、地下芽植物的比例较之为高，这与它的原生植被类型有所不同。

2.3.2 叶级谱 根据 Raunkiaer 划分叶级谱的方法，从叶面积的统计结果来看(表 6)，该群落中主要是以小叶型占优势为 40.62%，其次是中叶型占 34.79%，大叶型及微叶型分别占

9.84%和 13.11%，这与典型的以中叶型占优势的热带雨林及季节性雨林有所不同，这种现象是因为该次生群落正处于向它的原生植被演替的初期阶段，群落中还存在着部分抗逆性较强的落叶树种所致，在种类组成上也与它的原生植被类型有很大不同。

表 6 鸡血藤次生群落与其它植被叶级、叶型及叶质的比较

Table 6 The comparison of leaf class, leaf forms and leaf texture between *Millettia laptobotrya* community and other vegetation types

植被类型 Vegetation type	叶级谱 Leaf class					叶型 Leaf form		叶质 Leaf texture			叶缘 Leaf edge		
	鳞	细	小	中	大	单叶	复叶	膜质	纸质	革质	厚革质	全缘	非全缘
西双版纳鸡血藤次生群落	1.64	13.11	40.62	34.79	9.84	85.00	15.00	9.84	40.98	37.70	11.48	85.25	14.75
西双版纳山乌桕次生林	0	19.23	44.87	32.05	3.85	75.64	24.36	6.33	35.44	45.56	13.90	70.89	29.11
海南岛尖峰岭热带半落叶季雨林	1.30	11.60	57.40	26.50	3.20	74.90	25.10	9.70	41.00	29.00	21.30	67.70	32.30
西双版纳季节性雨林	7.50	8.30	7.10	65.60	1.20	79.80	20.10	—	39.70	—	62.20	87.50	12.50

2.3.3 叶型、叶质与叶缘 从叶的统计结果来看，该次生群落的叶型主要以单叶为主(表 6)，占 85%，复叶仅占 15%；叶质是以纸质为主占 40.98%，其次是革质，占 37.70%；叶缘以全缘叶为主占 85.25%，与它的原生植被类型—热带季节性雨林相比不论是叶型，还是叶缘都存在着一定的差异，特别是叶质差异较大。

该群落的外貌与先锋阶段的山乌桕次生群落相比，其生活型谱都以高位芽植物占优势，但中高位芽和藤本高位芽的比例有所提高，而且地上芽、地下芽及地面芽等植物所占的比例也有所增大。同时中叶型和大叶型以及单叶、膜质和纸质、全缘所占的比例也有所提高。这表明随着演替的进程，群落的层次结构更趋于复杂，雨林成分树种逐渐增多，正向着湿润性的热带森林方向发展。

2.4 群落的结构

2.4.1 垂直结构 因该次生群落所受人干扰较少，结构较为复杂，层次分化较为明显，其垂直结构可分为乔木层(I、II、III)、灌木层、草本层及层间植物。

乔木层可分为三个亚层，第一亚层的乔木高约 12~16 m，主要由印度栲、山桂花(*Paramichelia baillonii*)、华南吴茱萸(*Evodia austrosinensis*)等高大植株组成，成为“企立木”。郁闭度约为 0.4 左右，平均胸径为 20~26 cm，株数仅占 7.5%；第二亚层乔木高约 8~12 m，树种组成较复杂，常见的有鸡血藤、滇银柴(*Aporosa yunnanensis*)、西南猫尾木(*Dolichandrone stipulata*)、布植叶(*Microcos paniculata*)、小叶藤黄(*Garcinia cowa*)、鹅掌柴(*Schefflera octophylla*)、潺稿木姜子(*Litsea glutinosa*)等，也有乔木 I 层的树种，郁闭度达 0.7 左右，平均胸径为 10~14 cm。第三亚层乔木高 4~8 m，其树种组成也较为复杂，除乔木 II 层的幼树占有一定比例外，还有一些灌木层的树种也镶嵌其中，优势种较突出，主要由披针叶楠木(*Phoebe lanceolata*)、鸡血藤、银背巴豆(*Croton argyratus*)、蒲桃、滇银柴等组成，此层中的植株大多呈丛生状态，个体修长，胸径大多在 8 cm 以下，株数约占总株数的 60%，是构成该次生群落最主要的一层，郁闭度达 0.6 以上。由于处于上层乔木之下，部分植株呈弯曲或倾斜状态。

灌木层也可分为两个层次,第一亚层高为 2~4 m,盖度为 0.4 左右,是由乔木幼树及高灌木所组成的一个层次,除乔木幼树外,以大花哥纳香(*Goniothalamus griffithii*)、假苹婆(*Sterculia lanceolata*)、假海桐(*Pittosporopsis kerrii*)等为常见;第二亚层中除上述的一些种类外,主要是茜草科的三角茜木(*Prismatomeria tetrandra*)、九节木(*Psychotria henryi*)、弯管花(*Chasalia curviflora*)占绝对优势,其分布很不均匀,大多呈团状分布,其它较常见的是一些上层乔木的幼龄植株。

草本层的植物种类和数量较少,其盖度也很小,偶见有马唐(*Digitaria sanguinalis*)、莠竹(*Microstegium ciliatum*)及山姜(*Alpinia sp.*)、万年青(*Aglaonema pierreanum*)等几种,以及少数蕨类植物。大多生长在阳光较为充足的地方。

层间植物主要是一些藤本植物,如买麻藤(*Gnetum montanum*)、千金藤(*Stephania glaudulifera*)、罗志藤(*Stixis suaveolens*)、葛藤(*Pueraria edulis*)、下果藤(*Gouania leptostachya*)、瓜馥木(*Fissistigma maclurei*)等,茎粗一般为 2~4 cm,它们依附乔、灌木的茎干缠绕、攀援,有的已至林冠。附生植物贫乏,林中还未见寄生植物。

2.4.2 种群的结构 群落是由各种不同的种群所组成的,因而种群的结构大小在一定程度上客观地反映了群落的结构特性。许多研究者采用林木大小级—密度曲线来分析群落结构、种群动态及干扰作用,因为群落现阶段优势种群的大小结构决定着此种群的发展趋势,从而也预示着群落的动态及演替趋向。

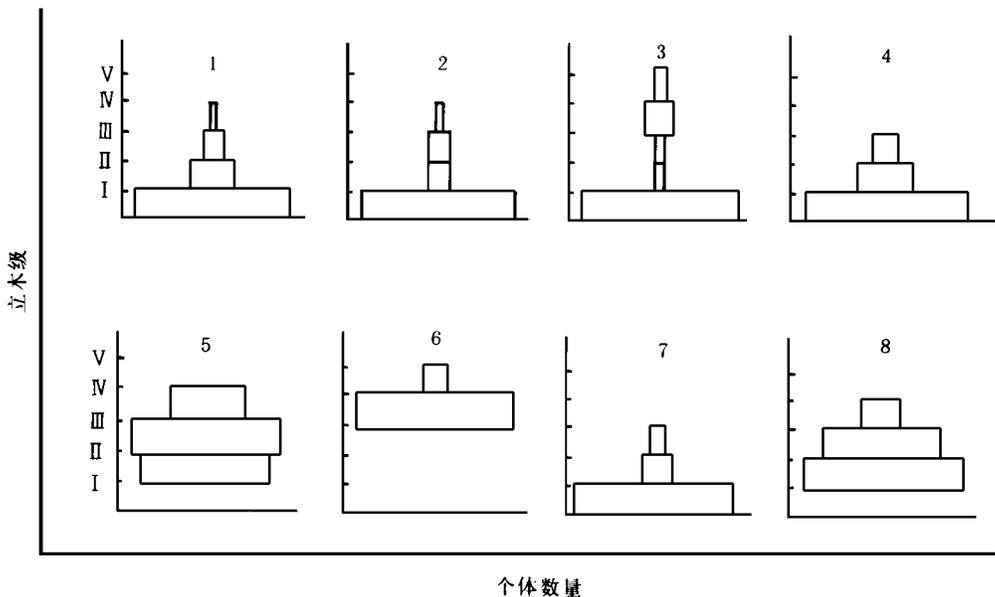


图 1 鸡血藤次生群落中主要种群的立木级结构

Fig. 1 The tree class structure of dominant populations in the *Millettia leptobotrya* community

1. 鸡血藤 *Millettia leptobotrya* 2. 蒲桃 *Syzygium sp.* 3. 印度栲 *Castanopsis indica* 4. 披针叶楠木 *Phoebe lanceolata* 5. 西南猫尾木 *Dolichandrone stipulata* 6. 山桂花 *Parasmichelia baillonii* 7. 椴叶山麻杆 *Akronea tiliaefolia* 8. 小叶藤黄 *Garcinia cowa*

由于次生林的树种组成及群落结构有它的特殊性,再之该次生群落地处立地、气候条件都十分优越的热带地区,为了与该群落中种群的实际情况相符合,以更好地显示出种群的结构及动态,根据作者对种群立木大小级划分的调整标准^[1],将该样地上的野外调查资料进行分级

整理, 结果各优势种群的立木大小级结构如图 1 所示, 从图中可以看出, 所有的优势种群大小结构呈金字塔形, 即均为增长型种群。只是山桂花种群缺乏幼苗、幼树, 但以生长旺盛的中树个体为主所组成; 西南猫尾木和小叶藤黄虽缺乏 I 级幼苗, 但主要是以幼树及中树为主, 会在相当长的时间内保持它的稳定性, 这表明该群落中的优势种群在较长的时间内仍保持较大的优势, 另一方面也说明了各种群间竞争的激烈程度, 对该次生群落作进一步的观测与研究, 掌握其演替动态, 有着重要的生态学意义。

3 结语与讨论

经过多年的研究观测表明: 西双版纳热带雨林经刀耕火种撩荒后形成的次生植被现已进入以鸡血藤、蒲桃、印度栲等为主的恢复阶段。与先锋阶段植物群落^[1]相比: 雨林成分树种逐渐增多, 群落层次结构趋于复杂。从该群落的优势种群大小结构来看, 各优势种群均呈增长型, 表明各种群间的竞争异常激烈。由于各种群在生物学特性上的差异, 随着演替的进程, 种间竞争的进一步加剧, 在现阶段作为增长型种群的披针叶楠木、西南猫尾木、椴叶山麻杆等最终从群落中衰亡, 而被其它种类所替代, 因为这些种类是演替过程中的伴生或过渡种。而作为雨林树种成分的山桂花、小叶藤黄虽然缺乏幼苗或幼树, 但随着立地条件的改变, 幼苗、幼树数量也可能增多而转变为正常种群, 作为优势种群会在很长时间内保持它的优势地位, 因在热带雨林中树木的林龄达百年甚至数百年者随处可见, 随着演替的进程, 山桂花、小叶藤黄将与印度栲、蒲桃、鸡血藤等优势种群一起形成更为复杂的群落类型。在种类组成上, 热带性较强的雨林成分树种如风吹楠、山桂花、小叶藤黄、钝叶桂等在逐渐增多, 热带东南亚成分所占的比例越来越大, 表明群落的更新正向着科、属、种组成更加复杂, 热带区系成分, 特别是以热带东南亚成分占优势为其特点的湿润性的热带森林方向发展。由此可见, 对热带雨林经刀耕火种撩荒后形成的次生植被加以保护是促进植被恢复的有效途径。

参考文献

- 1 唐建维, 张家和, 宋启示等. 西双版纳山乌柏次生林的群落学特征分析. 中南林学院学报, 1992, 12 (1): 74~82
- 2 王伯荪, 陆阳, 张宏达. 香港岛黄桐森林群落分析. 植物生态学与地植物学学报, 1987, 11 (4): 241~250
- 3 王德祯. 海南岛尖峰岭热带半落叶季雨林的群落学特征. 热带林业科技, 1987, (3): 19~30
- 4 吴邦兴. 西双版纳季节雨林的外貌与结构特点. 云南植物研究, 1988, 10 (1): 1~110
- 5 胡舜士. 广西常绿阔叶林的群落学特点. 植物学报, 1979, 21 (4): 362~370
- 6 黄全, 李意德. 海南岛尖峰岭热带山地雨林采伐迹地更新群落初步分析. 植物生态学与地植物学学报, 1988, 12 (1): 12~21
- 7 彭少麟, 陈章和. 广东亚热带森林群落分析. 生态科学, 1983, (2): 98~104
- 8 Okoje J A *et al.* Forest composition and structure during a 27-year period of observation in an untreated secondary lowland in SW Nigeria. *Forest Ecology and Management*, 1988, 24: 247~261
- 9 Pickett S T A *et al.* Models, mechanisms and pathways of succession. *The Botanical Review*, 1987, 53: 335~371
- 10 Uhl C. Factors controlling succession following slash-and-burn agriculture in Amazonia. *Journal of Ecology*, 1987, 75: 377~407
- 11 Finegan B. Forest succession. *Nature*, 1984, 312: 109~114
- 12 Uhl C *et al.* Ecosystem recovery in Amazon Caatinga Forest after cutting, cutting and burning, and bulldozer clearing treatments. *Oikos*, 1982 (b), 38: 313~320
- 13 Peet R K, N L Christensen. Succession: a population process. *Vegetation*, 1980, 43: 131~140
- 14 Connell J H, Slatyer K O. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *American Naturalist*, 1977, 111: 1119~1144