

滇东南岩溶山地 3 种人工林群落林下植物群落学特征比较

李品荣¹, 曾觉民², 毕波¹, 陈强¹, 常恩福¹, 尹艾萍¹

(1. 云南省林业科学院, 昆明 650204; 2. 西南林学院, 昆明 650224)

摘要:通过样地法比较了川滇桤木(*Alnus ferdinandi-coburgii*)、墨西哥柏(*Cupressus lusitanica*)、银荆(*Acacia dealbata*) 3 个人工林群落林下植物和次生灌丛的群落学特征。结果发现, 3 个群落都以高位芽植物为主, 其次为地面芽植物; 在高位芽植物中又都以小高位芽植物比例较高; 其叶型谱以中型叶为主。生活型谱和叶型谱都与滇中亚热带常绿阔叶林的群落相似。从 3 种人工林的群落学特征看, 以川滇桤木林的水热条件最好; 川滇桤木林的物种多样性最高, 说明川滇桤木林林下植物种类成分复杂, 生境优越, 群落破坏后恢复能力最强, 最有利于向顶极演替发展。

关键词:岩溶山地; 人工林; 群落学特征; 物种多样性

中图分类号: S718.542

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2006)04-0287-07

Ecological Characteristics of Understory Plants of Three Artificial Forests in Karst Mountain Area of Southeast Yunnan

LI Pin-rong¹, ZENG Jue-min², BI Bo¹, CHEN Qiang¹, CHANG En-fu¹, YIN Ai-ping¹

(1. Yunnan Academy of Forestry, Kunming 650204, China; 2. Southwest Forestry College, Kunming 650224, China)

Abstract: The life form spectrum, leaf size spectrum, light and water eco-forms were investigated in understory plants of artificial *Cupressus lusitanica* forest, *Acacia dealbata* forest and *Alnus ferdinandi-coburgii* forest as well as secondary shrub community in karst mountain area in Yunnan. The results showed that phanerophytes was the dominant life form in the three forests, followed by hemicryptophytes. Micro-phanerophytes comprised highest percentage. The dominant leaf size of the three kinds in forests was mesophyll. The life form spectrum and leaf size spectrum in the forests were similar to those in subtropical evergreen broad-leaved forest in Middle Yunnan. Among the three plantations, *Alnus ferdinandi-coburgii* forest is shown to have good hydrothermal condition and species diversity, which is beneficial for vegetation restoration.

Key words: Karst mountains area; Artificial forest; Community characteristics; Species diversity

长期的人为干扰活动给岩溶山地森林带来了极大的影响。木材采伐、开垦、放牧和樵采等使大量森林消失, 变为次生林、荒草地和岩石裸露的石山, 近年来岩溶地区退化山地的恢复重建成为生态学研究的热点。先锋树种的选择对于退化山地的恢复重建极为关键^[1]。通常认为, 营造人工林存在很多生态问题, 如林下植被贫乏的人工林被称为“绿色荒

漠”^[1]。川滇桤木(*Alnus ferdinandi-coburgii*)是云南亚热带的乡土树种, 墨西哥柏(*Cupressus lusitanica*)和银荆(*Acacia dealbata*)是典型亚热带树种, 滇东南退化岩溶山地上种植的这 3 种人工林, 为岩溶山地退化地的恢复重建提供了很好的研究样本。林下植被作为森林生态系统的的重要组成部分, 在维护森林的多样性、生态功能稳定性和持续立地生产力方

收稿日期: 2005-12-12 接受日期: 2006-04-11

基金项目: 云南省“十五”科技攻关基金项目(2001NG54)资助

面具有独特的功能和作用,因此,日益受到国内外科研人员的关注^[2]。迄今,对这 3 种人工林的研究仅限于育苗、造林整地等技术试验。本文用群落学调查方法对这 3 种人工林的种类组成、群落结构、林分生长、凋落物等特征进行调查。比较这 3 种人工林林下植物的生活型、叶型、光照生态类型、水分生态类型及物种多样性等特征,以期对云南岩溶退化山地的恢复重建提供理论依据。

1 研究方法

1.1 研究地自然概况

人工林地位于滇东南砚山县驮卡农场三队, 23°18′-23°59′N、103°35′-104°45′E, 属我国西部半湿润亚热带气候。太阳辐射年总量 524254.64 J cm², 日照时数 1920.3 h, 年平均气温为 16.6℃, 气温年较差 12.4℃, 最冷月(1 月)平均 8.5℃, 最热月(7 月)平均 20.9℃, 极端最低温 -7.8℃, 极端最高温 33.2℃, ≥10℃ 的年活动积温 4812.2℃, ≥18℃ 日数 114 d, 无霜期 302 d, 全年平均降水量 818.6 mm, 年均蒸发量 1948.5 mm, 集中分布在 7-10 月, 年平均相对湿度 79%。以岩溶山原地貌为主, 石漠化特别严重, 海拔 1 550-1 600 m, 岩石裸露率高, 个别地方达 70%, 土层厚薄不一, 坡度 25°-35°, 水土流失严重, 土壤以山地红壤和石灰土为主, 地带性植被为半湿性亚热带常绿阔叶林。目前地带性植被已破坏殆尽, 退化迹地上只剩下低矮的次生灌丛。迹地残存灌木有小叶羊蹄甲(*Bauhinia brachycarpa* var. *micro-phylla*)、白牛筋(*Dichotomanthus tristaniaecarpa*)、小叶荚蒾(*Viburnum erosum*)、清香木(*Pistacia weinmannifolia*)、苦刺(*Sophora davidii*)、棠梨(*Pyrus pashia*)、短序越桔(*Vaccinium brachybotrys*)、小铁仔(*Myrsine africana*)等, 草本有白茅(*Imperata cylindrica*)、刺芒野古草(*Arundinella setosa*)、蕨菜(*Pteridium aquilinum*)、地石榴(*Ficus tikoua*)等。

试验林于 1997 年营造, 按田间试验要求选择试验地, 造林前各试验地块自然条件和残存植被基本一致。造林时保存原有植被, 见缝插针进行人工造林。株行距 2 m×2 m, 均采用穴状整地方式, 规格 40 cm×40 cm×30 cm, 种植穴适当施放复合肥, 以当年培育的袋苗定植。林分现已郁闭成林, 盖度 50%-85%。

1.2 样地设置及群落调查

在林内设立面积为 20 m×20 m 的标准地共 19 个, 其中川滇栎木林 6 个, 银荆林 6 个, 墨西哥柏林 7 个。乔木层按 20 m×20 m 样地调查。在每个样地中划分成 4 个 10 m×10 m 的样方调查灌木, 每个样方内随机设 1 个 1 m×1 m 样方调查草本。乔木层调查记录植物的种名、株数、高度、胸径、冠幅、枝下高等; 灌木层记录种名、多度、盖度、高度、冠幅等; 草本植物记录植物的种名、多度、盖度、高度、冠幅等。

1.3 生活型谱、叶型谱、光照生态类型谱和水分生态类型谱的编制

生活型谱和叶型谱的编制均采用 C. Raunkiaer (1934) 的划分标准, 主要根据植物休眠芽与地面的位置关系划分为高位芽、地上芽、地面芽、地下芽和一年生植物; 高位芽植物又分为大高位芽、中高位芽、小高位芽、矮高位芽植物。叶型谱按照植物叶片面积的大小划分为巨型叶、大型叶、中型叶、小型叶、微型叶和鳞型叶植物。光照生态类型谱的编制根据植物对光照强度的关系划分为阳生、耐荫(中生)、荫生植物^[3-6]。水分生态类型谱的编制根据植物对土壤水分要求的习性划分为旱生、耐旱、中生、湿生植物^[3-6]。

1.4 多样性测度方法的选择

群落多样性主要是指群落的种类及其个体构成, 群落多样性表明了群落的组成结构特征, 是群落组成、结构和功能等方面表现出来的时空复杂联系。根据陈廷贵等对多样性指数的应用研究, 认为较好的多样性指数为 Shannon-Wiener 指数^[7-9]。本文采用目前较为普遍使用的用相对重要值计算方式进行测度, 对于多样性的指标, Pielou、Whittaker 等学者建议采用相对盖度、重要值或生物量等作为多样性指数的测度指标^[10,11], 如有的植物个体数量虽然不多, 但个体大, 荫蔽的面积大, 显然是群落的重要种。本文选用 α 多样性研究中最常用的如下多样性指数:

物种丰富度 $S =$ 样地内所有物种数目

$$\text{Shannon-Wiener 指数 } H' = \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i$$

$$\text{Simpson 优势度指数 } C = \sum_{i=1}^n P_i^2$$

$$\text{Pielou 的均匀度指数 } J = \left(\sum_{i=1}^n P_i \ln P_i \right) / \ln S$$

式中 P_i 为种 i 的相对重要值。

2 结果和分析

2.1 3 种人工林的生态学特征比较

2.1.1 生活型谱

生活型是植物对综合环境条件,尤其是水热条件长期适应过程中形成的植物类型,群落外貌特征在很大程度上由优势植物的生活型决定,生活型组成反映了群落中植物与环境的关系。每类生活型的种数占群落总种数的百分率,即为生活型谱。

从表 1 可见:(1) 3 种人工林群落均以高位芽植物为主,占总数 40%以上,说明高位芽植物是对气候适应的生活型,其中又以小高位芽为主,其次是地面芽植物;它们的生活型谱与滇中武定狮子山的元江栲林和昆明西山常绿阔叶林(滇青冈林)的生活型谱一致,而与南亚热带常绿阔叶林的生活型谱不同(高位芽中以中高位芽为主)^[12-14]。(2) 3 种人工林中一年生植物的比例比次生灌丛的高,说明植被恢复后水热条件有所改善,利于植物的有性生殖,群落的复杂性和异质性增强;当然,这只是暂时的,随着植被恢复的进程,它们的比例将逐渐减少。

2.1.2 叶型谱

在不同群落内,叶型常有明显差异,而不同生境内的群落,其叶型差异尤为显著。因此,通过叶

型分析可反映群落间及其生境间的差异^[12-14]。每类叶型的种数占群落总种数的百分率,即为叶型谱。

从图 1 的叶型谱看出:(1) 3 种人工林群落均以中型叶占绝对优势,其次是小型叶,与热带亚热带常绿阔叶林叶型谱一致,以中型叶为主^[12-14]。(2) 小型叶比例次生灌丛最高,说明几种植被的水湿条件优于次生灌丛。(3) 3 种人工林中川滇栎木林的中型叶比例最高,说明其更有利于改善水湿条件。

2.1.3 光照生态类型

根据植物对光照的要求将植物分成阳生、耐荫(中生)和荫生植物,各种植物所处的光照条件都不相同,这是长期适应的结果,从而形成了植物对光的不同生态习性^[12-14]。每类光照生态类型的种数占群落总种数的百分率,即为光照生态类型谱。

从光照生态型谱(图 2)中看出:(1) 3 种人工林群落均以耐荫(中生)种类占优势,其中川滇栎木较高,说明其生境更有利于林下植物的生长和演替。(2) 荫生种类次生灌丛比例最少,说明 3 种人工林均改善了水湿条件,荫生种类的比例决定于上层的覆盖和林地土壤的水湿条件。

2.1.4 水分生态类型

不同的植物种类,由于长期生活在不同水分条件的环境中,形成了对水分需求关系上不同的生态习性和适应性,根据植物对水分的关系,将植物划分为旱生、耐旱、中生和湿生^[12-14]。每类水分生态类型的种数占群落总种数的百分率,即为水分生态类型谱。

表 1 不同生活型植物的比较

Table 1 Percentage of plants with different life forms in the communities

群落名称 Communities	高位芽 Phanerophytes (%)					地上芽 Chamae- phytes (%)	地面芽 Hemicrypto- phytes (%)	地下芽 Geo- phytes (%)	一年生 Therop- tytes (%)
	大 Mega	中 Meso	小 Micro	矮 Nano	合计 Total				
川滇栎木林 <i>Alnus ferdinandi-coburgii</i> forest	1.3	7.5	21.3	15.0	45.1	7.5	23.8	10.0	13.8
银荆林 <i>Acacia dealbata</i> forest	-	13.2	14.7	16.2	44.1	5.9	25.0	8.8	16.2
墨西哥柏林 <i>Cupressus lusitanica</i> forest	2.9	5.8	20.2	11.5	40.4	5.8	25.0	13.5	15.4
次生灌丛 Secondary shrubs	2.2	7.5	30.1	11.8	51.6	4.3	23.7	11.8	8.6
元江栲林* <i>Castanopsis orthacantha</i> forest					56.9	11.4	15.9	9.7	2.2
滇青冈林** <i>Cyclobalanopsis glaucooides</i> forest					52.8	3.8	30.2	13.2	-

*引自曾觉民,1965; **引自云南大学地植物室,1965。

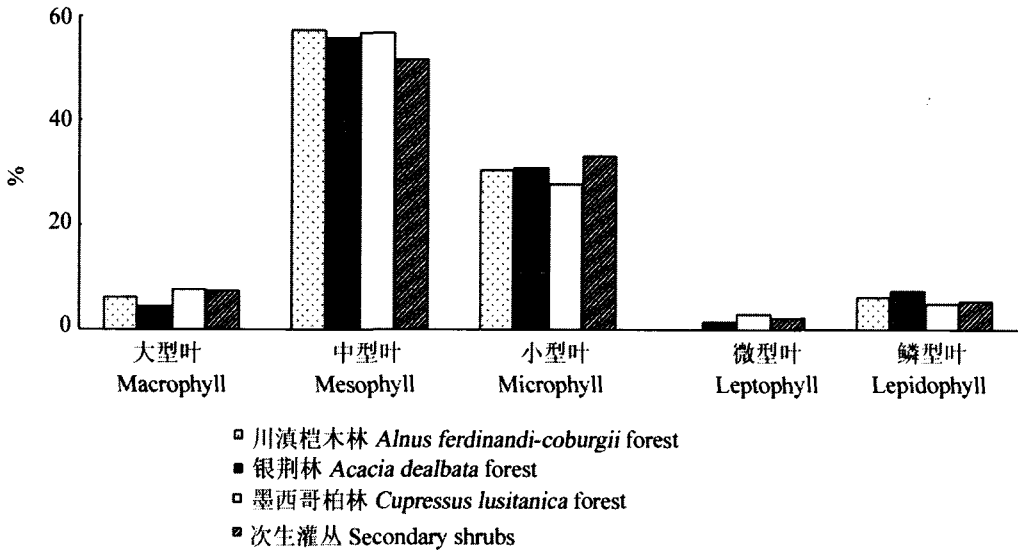


图 1 各叶型种数在群落中所占的比例
 Fig. 1 Percentage of the number of species with different leaf sizes in the communities

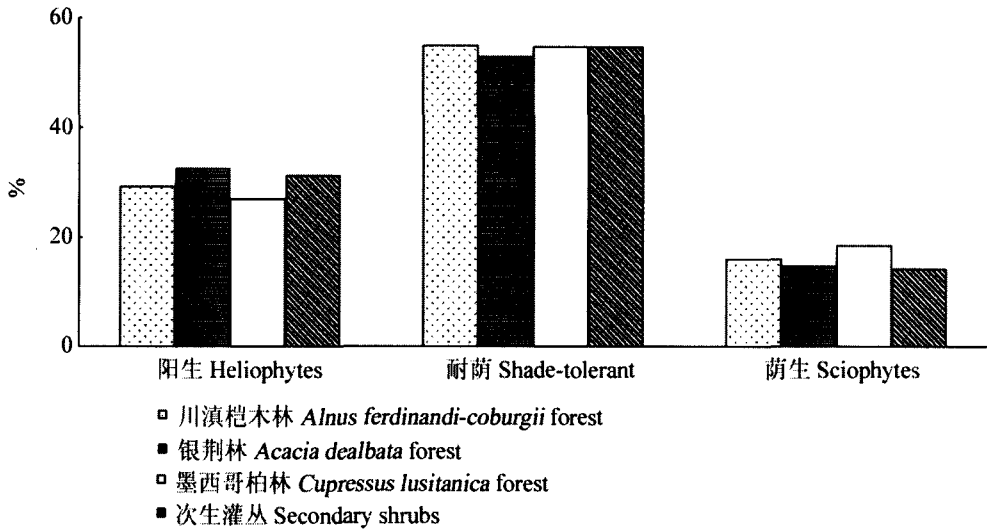


图 2 各光照生态类型在群落中所占的比例
 Fig. 2 Percentage of the number of species with different light eco-forms in the communities

从水分生态型谱(图 3)看出:(1) 3 种人工林中川滇桤木林的旱生和耐旱种类的比例最小, 中生种类比例最高, 说明其土壤水分条件优于墨西哥柏林和银荆林。(2) 3 种人工林的中生种类比例均高于次生灌丛, 旱生种类比例均小于次生灌丛, 说明 3 种人工林的土壤水分条件均优于次生灌丛。植被恢复的结果是旱生和耐旱的种类比例减少、中生种类比例增加, 这符合正向演替的规律。

2.1.5 各群落优势植物

川滇桤木林灌木层优势植物主要有白牛筋(重要值 22.93)、小铁仔(22.46)、短序越桔(19.21)、滇榛(*Corylus yunnanensis*, 17.19)、小叶荚蒾(18.05)、红毛悬钩子(*Rubus pinfaensis*, 16.08)、黄蘗(*Rubus ellipticus*, 15.61)等; 草本层优势植物主要有紫茎泽兰(*Eupatorium coelestinum*, 16.09)、白茅(13.34)、细皱香薷(*Elsholtzia rugulosa*, 13.16)、爵床(*Rostellularia*

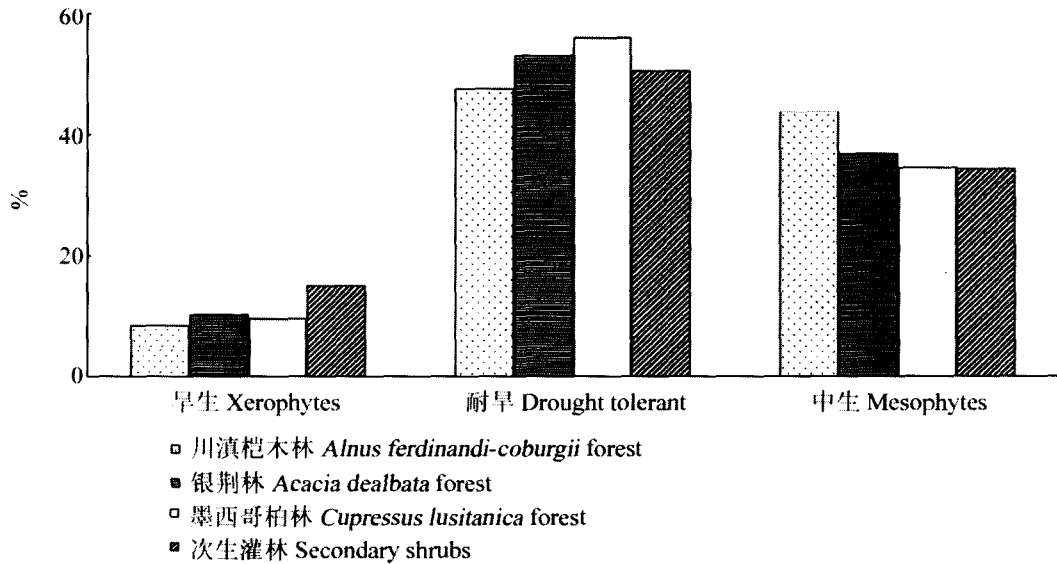


图 3 各水分生态类型在群落中所占的比例

Fig. 3 Percentage of the number of species with different water eco-forms in the communities

procumbens, 12.82)、牡蒿 (*Artemisia japonica*, 12.43) 等。银荆林灌木层优势植物主要有小铁仔(33.7)、云南松(*Pinus yunnanensis*, 30.53)、苦刺(*Sophora davidii*, 27.37)、滇黔黄檀 (*Dalbergia yunnanensis*, 26.67)、白牛筋 (21.82)、短序越桔 (18.22)、截叶铁扫把 (*Lespedeza cuneata*, 15.06)等; 草本层优势植物主要有刺芒野古草(*Arundinella setosa*, 28.78)、龙牙草 (*Agrimonia pilosa*, 19.13)、积雪草(*Centella asiatica*, 18.5)、野坛蒿(*Conyza bonariensis*, 14.93)、白茅(14.91)、牡蒿(14.72)、酢浆草(*Oxalis corniculata*, 14.3)等。墨西哥柏林灌木层优势植物主要有小铁仔(23.99)、小叶羊蹄甲(19.26)、清香木(18.23)、葛藤(*Pueraria lobata*, 17.72)、化香(*Platycarya strobilacea*, 17.32)、黄蘗(16.34)等; 草本层优势植物主要有白茅(25.24)、地石榴(24.82)、刺芒野古草(21.06)等。次生灌丛灌木层优势植物主要有小叶羊蹄甲(34.02)、小铁仔(21.16)等。草本层优势植物主要有地石榴(25.6)、白茅(24.11)、蕨菜(19.15)、荩草(*Arthraxon hispidus*, 15.94)等。

4 种群落中, 前 3 种群落的灌木层和草本层的优势植物种类均比次生灌丛多, 特别是草本层优势植物出现中生种类, 如爵床、龙牙草、积雪草、酢浆草等, 说明 3 种群落正向物种多样性方向演替。

2.2 物种多样性

人工造林后, 3 种人工林群落各层的物种数、

Shannon-Wiener 指数值、Simoson 优势度指数值与均匀度指数值见表 2。

从表中看出: (1) 3 种人工林草本层的丰富度和物种多样性比灌木层高, 这是由于处在人工林成林前期, 随着演替的发展, 草本层的丰富度和物种多样性将降低。(2) 3 种人工林的物种多样性值墨西哥柏林最高(4.2491), 其次是川滇栎木林(4.1837); 生态优势度值川滇栎木林最低(0.0715), 其次是墨西哥柏林(0.0777); 说明两种群落的种类成分较复杂, 生境较优越, 群落破坏后恢复能力强。(3) 群落均匀度值川滇栎木林最高(94.42%), 群落物种多样性值愈大, 均匀度愈高, 越有利于群落向顶极群落演替发展, 说明 3 种人工林群落中, 川滇栎木林物种多样性最丰富, 群落最稳定, 且破坏后修复能力最强。

3 分析和讨论

植物群落及组成群落植物的生态学特征能对其立地的生态环境条件作出准确反应。群落外貌是群落最明显的特征, 反映群落外貌最主要的标志是植物的生活型、叶子大小与形状、植物生长与光照条件、水分条件的生态关系等。通过群落的植物生活型谱、叶型谱、光照生态类型谱和水分生态类型谱的分析, 可以概括了解其外貌特点及其对所在地气候环境的反应、群落对空间的利用以及群落内部

表 2 物种多样性比较

Table 2 The comparison of species diversity in the communities

群落名称 Communities		川滇桤木林 <i>Alnus ferdinandi-coburgii</i> forest	银荆林 <i>Acacia dealbata</i> forest	墨西哥柏林 <i>Cupressus lusitanica</i> forest
物种丰富度(S) Species richness	灌木层Shrub layer	33	25	38
	草本层Herb layer	50	42	65
	所有植物All plants	83	67	103
物种多样性(H) Diversity index	灌木层Shrub layer	3.2830	2.9636	3.3953
	草本层Herb layer	3.7019	3.4327	3.7156
	所有植物All plants	4.1837	3.8919	4.2491
生态优势度(C) Ecological dominance	灌木层Shrub layer	0.0428	0.0632	0.0422
	草本层Herb layer	0.0287	0.0413	0.0355
	所有植物All plants	0.0715	0.1045	0.0777
群落均匀度(J) Community evenness	灌木层Shrub layer	93.89	92.07	93.34
	草本层Herb layer	94.63	91.84	89.01
	所有植物All plants	94.42	92.24	91.49

可能产生的竞争等。本项研究在统计植物种类组成的基础上分别对它们的生活型、叶型、光照和水分生态类型等进行了划分和各谱的统计,并且与次生灌丛和亚热带常绿阔叶林进行生态学特征的比较分析,进一步认识 3 种人工林与次生灌丛和自然林之间的生态相关性,以及森林生态恢复的水平。

群落外貌是群落最明显的特征,反映群落外貌最主要的标志是植物的生活型谱、叶型的状况等,热带、亚热带常绿阔叶林的生活型主要以高位芽植物为主。本研究中人工林所在地位于滇东南文山州北部,而文山州位于北半球亚热带与中亚热带的过渡地带,以高位芽植物为最多,说明了高位芽是对气候适应的生活型。它们的生活型谱与滇中亚热带常绿阔叶林原生植被的生活型谱非常相似。叶型与滇中亚热带常绿阔叶林原生植被的叶型谱相似。说明人工林的植物种类受原生植被的影响很大,可能与地下种子库及周围植被有关。

从群落学特征来看,3 种人工林群落的水热条件均优于次生灌丛,说明人工造林有利于环境改善和群落演替;3 种人工林中川滇桤木林的水热条件优于墨西哥柏林和银荆林,说明其更有利于群落演替。川滇桤木是云南的乡土树种,亦即本地区原有天然分布的树种,适应性强,易种、易活、易管、抗旱。墨西哥柏和银荆虽是外来树种,但在云南已成功引种许多年,其生长十分迅速,所以在人工造林中,首先应选择乡土树种,对于外来树种的选择要慎重,应选择已有栽培试验并证明是适宜的树种。

从群落物种多样性看,3 种人工林群落中川滇

桤木林的物种多样性最高,说明其种类成分复杂,生境优越,群落破坏后恢复能力最强,最有利于向半湿性亚热带常绿阔叶林群落演替发展;银荆林的群落物种多样性最低,但仍有较高的均匀度,这是由于银荆林冠层已疏开,林下光照均匀,灌木和草本植物稀少,分布均匀;也可能与银荆的排它性有关,有待进一步研究。

致谢 参加野外调查的还有文山州林科所刘永国、李玉文、肖义辉、依时增、陆明祥等,在此一并致谢。

参考文献

- [1] 解焱. 恢复中国的天然植被 [M]. 北京:中国林业出版社, 2002. 1-58.
- [2] He Y L(何艺玲), Fu M Y(傅懋毅). Review of studies on understorey in plantation [J]. For Res (林业科学研究), 2002, 15(6): 727-733.(in Chinese)
- [3] Zeng J M(曾觉民). Study on ecological function of *Eucalyptus* forest in central Yunnan plateau [J]. Yunnan For Sci Techn(云南林业科技), 2001, (1):1-10.(in Chinese)
- [4] Zeng J M(曾觉民). Characteristics and ecological differentiation of tropical montane rain forests in Puwen, Xishuangbanna [J]. Yunnan For Sci Techn(云南林业科技), 2002, (2):1-8.(in Chinese)
- [5] Zeng J M(曾觉民). Study on community structure and the recovery of ecological function in tropical artificial forest in Xishuangbanna [J]. Yunnan For Sci Techn(云南林业科技), 2002, (3):23-45.(in Chinese)
- [6] Zeng J M(曾觉民). Tropical montane rain forest and its ecological succession in Puwen, Xishuangbanna [J]. Yunnan For Sci Techn(云南林业科技), 2002, (4):11-16.(in Chinese)
- [7] Chen T Z(陈廷贵), Zhang J T(张金屯). A comparison of diversity

- indices in fifteen species [J]. *Henan Sci*(河南科学), 1999, 17(6): 55-57.(in Chinese)
- [8] Lin K M(林开敏), Zhang G F(张文富), Xie G Y(谢国阳), et al. Studies on the species diversity of the regenerated undergrowth in old-growth Chinese fir plantation [J]. *J Fujian Coll For*(福建林学院学报), 1997, 17(4):313-317.(in Chinese)
- [9] Lan S R(兰思仁). Community structure and species bio-diversity of man-made communities in National Forest Park of Fuzhou [J]. *J Fujian Coll For*(福建林学院学报), 2002, 22(1):1-3.(in Chinese)
- [10] Pielou E C. *Ecological Diversity* [M]. New York: John Wiley & Sons Inc, 1975. 1-81.
- [11] Whittaker R H. Evolution of species diversity in land communities [A]. In: Hecht M K, Steere W C, Wallace B. *Evolutionary Biology* Vol. 10 [C]. New York: Plenum, 1977. 1-67.
- [12] Song Y C(宋永昌). *Vegetation Ecology* [M]. Shanghai: East China Normal University Press, 2001. 99-116.(in Chinese)
- [13] 蒋有绪. 中国森林群落分类及其群落学特征 [M]. 北京:科学出版社, 1998. 294-295.
- [14] 蒋有绪. 中国森林群落分类及其群落学特征 [M]. 北京:科学出版社, 1998. 264-282.
- [15] Yu S L(于顺利), Ma K P(马克平), Chen L Z(陈灵芝). Analysis on leaf forms in *Quercus mongolica* community [J]. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), 2003, 14(1):151-153.(in Chinese)
- [16] Hu S S. The phytocoenological characteristics of evergreen broad-leaf forest in Guangxi [J]. *Acta Bot Sin*(植物学报), 1979, 21(4): 362-370.(in Chinese)
- [17] Song Y C(宋永昌). Community analysis of the evergreen broad-leaf forest on mountain Wuyanling Zhejiang Province [J]. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), 1982, 6(1):14-35.(in Chinese)
- [18] Chen H W(陈宏伟), Li J(李江), Feng X(冯弦), et al. Study on the life form spectrum of 3 wide-leaf plantation in tropical mountain, Yunnan Province [J]. *Subtrop Plant Sci*(亚热带植物科学), 2004, 33(4):42-44.(in Chinese)
- [19] Chen H W(陈宏伟), Liu Y G(刘永刚), Feng X(冯弦), et al. The comparison of community characteristics between artificial pure forest of *Paramichelia baillonii* and mixed forest of *P. baillonii* and *Betula alnoides* [J]. *J Fujian Coll For*(福建林学院学报), 2004, 24(2):157-161.(in Chinese)