

热带山桂花、西南桦人工幼林植物区系成分分析

李莲芳, 刘永刚, 孟 梦, 冯 弦, 陈宏伟

(云南省林业科学院, 昆明 650204)

摘 要: 通过调查统计, 在 11 年生和 8 年生山桂花和西南桦纯林、11 年生山桂花与西南桦混交林、山地雨林和季风常绿阔叶林内, 分别发现种子植物 113、106、75、74 种和 58 种, 分别隶属于 52、52、43、40 和 28 科。这些科中, 有 15 科为 5 种林分的共有科, 分别占各林分类型总科的 28.8%、28.8%、34.9%、37.5% 和 53.6%, 其中热带成分共 10 科, 占共有科的 66.7%。属的分布区类型和变型共 19 类, 除中国特有在山桂花纯林中缺失外, 天然林中的所有分布区类型在 3 种人工林内均有发现; 热带成分分别占山桂花、西南桦纯林、山桂花与西南桦混交林、山地雨林和季风常绿阔叶林的总分布区类型(世界广布型不参与计算)的 85.72%、83.11%、80.01%、86.90% 和 84.77%。说明山桂花、西南桦人工林具有良好的物种和区系多样性恢复的功能。可初步推断乡土树种山桂花、西南桦人工林在热带可实现可持续经营。

关键词: 山桂花; 西南桦; 人工林; 天然林; 植物区系

中图分类号: Q948 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2007)03-0414-06

Study on floral rehabilitation of *Paramichelia baillonii* and *Betula alnoides* plantations

LI Lian-Fang, LIU Yong-Gang, MENG Meng,
FENG Xian, CHEN Hong-Wei

(Yunnan Academy of Forestry, Kunming 650204, China)

Abstract: There were 113, 106, 75, 74 and 58 seed species, which belong to 52, 52, 43, 40 and 28 families in 11-year-old pure *Paramichelia baillonii* plantation, 8-year-old pure *Betula alnoides* plantation, 11-year-old mixed *P. baillonii* and *B. alnoides* plantation, original mountane rain forest and monsoon evergreen broad-leaved forest, respectively. There were 15 common families, which are 28.8, 28.8, 34.9, 37.5 and 53.6 percent of total family in each forest stand, respectively. The 10 families, i. e., 66.7 percent, are tropical distributing types in 15 common families. There were 19 areal and sub-areal-types of genera in the forests. Except areal-type of Endemic to China, which was absent in pure *P. baillonii* plantation, all areal-types of genera and species were found in 3 plantations. The composition (Widespread did not included) of tropical distributing areal-types were 85.72, 83.11, 80.01, 86.90, 84.77 percent on genera, respectively, in pure *P. baillonii* plantation, pure *B. alnoides* plantation, mixed *P. baillonii* and *B. alnoides* plantation, original mountane rain forest and monsoon evergreen broad-leaved forest. The results of this study showed that there are effective capacities of restoring biodiversity for flora and areal-type in *P. baillonii* and *B. alnoides* plantations. It should be also deduced that woodlands of these two native tree species could be achieved sustainable management.

Key words: *Paramichelia baillonii*; *Betula alnoides*; plantation; natural forest; flora

收稿日期: 2005-07-26 修回日期: 2006-02-26

基金项目: 云南省发展和改革委员会重大科技攻关项目(云技科字 182); 国家科技部农业科技成果转化项目(02EFN216700806); 国家林业局林业新技术新产品中间试验项目([2002]林科中字 05 号); 云南省人才引培项目(学位培养 26 号)[Supported by Key Technologies Research and Development Program of Yunnan Development and Reform Commission; National Agricultural Science and Technology Achievements Extension Foundation of State Science and Technology Commission(02EFN216700806); Intermediate Test Item of New Technologies and Products, State Forestry Administration of China; Talent Introduction and Cultivation Program of Yunnan Province]

作者简介: 李莲芳(1964-), 女, 云南墨江人, 研究员, 博士, 主要从事森林资源培育、生物多样性、森林生态等研究, (E-mail)llianf@yahoo.com.cn.

植物分布区类型是指植物类群(科、属、种)的分布形式始终一致(大致)地再现。显然,同一分布类型的植物有着大致相同的分布范围和形成历史,而同一个地区的植物可以有各种不同的植物分布区类型(吴征镒等,2003a)。由此可以推知,类似的森林环境,将呈现相似的植物分布区类型。人工林植物分布区类型的恢复,必然是林地生态环境得以维护及可持续经营的必要条件之一。山桂花(*Parramichelia baillonii*)、西南桦(*Betula alnoides*)为云南热带的乡土树种,也是优良的热带用材树种。云南省政府已把这二树种列为云南热带的主要造林树种的组成部分。文章从植物种和分布区类型恢复的角度对二树种人工纯林及其混交林进行地力维护、生态恢复及可持续经营的分析与评议,为其人工林的发展提供依据。

1 研究地区及林分的基本概况

1.1 研究地区

普文试验林场,位于云南西双版纳景洪市北部,101°04′~101°06′ E,22°24′~22°26′ N,属热带北缘(朱华等,2001);地貌属澜沧江流域的低山,地势较云南高原主体舒展低平,海拔800~1 354 m;热带气候类型,一年中主要受湿润的西南季风和干暖的西西南支急流交替影响,四季不分明,雨热同期,半年雨季,半年干季,年平均气温20.1℃,最热月(7月)均温23.9℃,最冷月(1月)均温13.9℃,有记载的极端最高温38.3℃,极端最低温-0.7℃;≥10℃积温7 459℃,年降水量1 655.3 mm,年平均相对湿度为83%,属于湿润型气候;土壤为赤红壤;在1 129 hm²的面积上,原生植被类型有沟谷热带雨林、山地雨林、半常绿季风雨林、季风常绿阔叶林、暖热性针叶林、暖热性次生灌丛和暖热性灌草丛。

1.2 人工林营建前原生植被类型和人工林营建措施

人工林营建前原生植被主要是山地雨林和季风常绿阔叶林,常见植物主要有山桂花、西南桦、红木荷(*Schima wallichii*)、盆架树(*Winchia calophylla*)、红椿(*Toona ciliata*)、窄序崖豆藤(*Millettia leptobotrya*)、思茅黄肉楠(*Actinodaphne henryi*)、木奶果(*Baccaurea sapida*)、降真香(*Acronychia pedunculata*)、佛掌榕(*Ficus simplicissima* var. *hirta*)、冬叶(*Phrynium capitatum*)、红锥(*Castanopsis hystrix*)、短刺栲(*C. echidnocarpa*)、石栎(*Lithocarpus* spp.)、银柴

(*Aporosa* spp.)、紫金牛(*Ardisia* spp.)等。

造林前采用全面清理地被物;于造林的头年11月~当年1月伐除所有地被物,3~4月烧除干燥的伐除物以便于后继造林与管护活动的展开;烧山后塘状整地,为防止水土流失,定植行与坡面角度为30°~45°;造林后1~3 a内,每年清(砍)除林内杂草1~2次,仅保留造林树种;造林头5 a禁牧牲畜以防止其危害幼林,之后基本采取与天然林类似的方法,使人工林自然生长和恢复林下植物。

1.3 研究的林分

研究的人工林为乡土树种山桂花、西南桦纯林和二者的混交林,临近的天然山地雨林和季风常绿阔叶林作为参照。造林地和天然林海拔均在840~930 m之间,西南桦+山桂花混交林,采用行间1:1的行状混交。造林密度及林分年龄等见表1。

表1中人工林的林龄分别为山桂花纯林和山桂花与西南混交林11 a,西南桦纯林为8 a,属幼龄林阶段;山地雨林和季风常绿阔叶林大于80 a。林分密度山桂花与混交林只有1种密度类型,前者为3 m×2 m,后者在3 m×3 m的西南桦林中顺坡插入一行株距为1.5 m的山桂花;西南桦纯林有4种造林密度,最小密度为2 m×2 m,最大为2 m×4 m。

2 调查和研究方法

在选择的人工林分中,按均匀随机布点原则,分别不同的坡向和坡位,根据不同林分类型直观的物种密集程度采用不同的样地面积,而非对所有的调查林分统一调查面积。每种林分的调查面积已基本包括该类林分的所有植物种类作为其调查总面积。各类林分的样方及其总面积见表1。

调查采用样方内逐株登记植物种类的方法,记录样方内出现的植物,直至下一样方出现新物种数较少或基本无新物种出现时作为该林分基本包括其植物种类的标志,即表1的调查总面积内,基本包括了5种林分内的植物种类。

调查的植物种类,进行科、属和种的编目,统计各林分的科、属、种及其林分的共有科、优势科。同时根据中国种子植物属的分布区类型(朱华等,2003;吴征镒,1991;吴征镒等,2003a),统计其林分的种子植物属的分布区类型。通过人工林物种和区系成分与天然林比较,分析人工林生境恢复状况和可持续经营的可行性。

3 种子植物多样性的组成

经统计,3类人工林种子植物的科、种数均超过2个天然林,在属的水平上,仅山桂花与西南桦的混

交林略低于山地雨林(表2)。

从表2可看出,山桂花和西南桦纯林具有相同的科(52科),但山桂花纯林的属和种数略多于西南桦纯林(属:94 vs. 87;种:113 vs. 106)。山桂花与西南桦混交林的种子植物科较山地雨林略多(43 vs. 40),

表1 林分基本概况
Table 1 The sketch of forest types

林分类型 Forest types	样方(m ²) Sample plot	调查总面积(m ²) Total survey area	株行距(m) Spacing	造林密度 Density (No. hm ⁻²)	林龄(a) Age
山桂花纯林 Pure <i>P. baillonii</i> plantation	5×5、10×10	450	3×2	1 667	11
西南桦纯林 Pure <i>B. alnoides</i> plantation	10×10	600	2×2、2×3、 2.5×2.5、2×4	2 500、1 667、 1 600、1 250	8
山桂花、西南桦混交林 Mixed <i>P. baillonii</i> and <i>B. alnoides</i> plantation	20×20	2 000	3 m×3 m、 3 m×1.5 m	3 334	11
山地雨林 Mountane rain forest	20×20	800	—	—	>80
季风常绿阔叶林 Monsoon evergreen broad-leaved forest	20×20	800	—	—	>80

注:同期调查。 Note: Investigated in the same period.

表2 调查林分的种子植物科、属、种统计表
Table 2 The statistics of floral family, genera and species in different forest types

林分类型 Forest types	科 Family	属 Genera	种 Species	未鉴定种 Unknown species
山桂花纯林 Pure <i>P. baillonii</i> plantation	52	94	112	1
西南桦纯林 Pure <i>B. alnoides</i> plantation	52	87	106	0
山桂花、西南桦混交林 Mixed <i>P. baillonii</i> and <i>B. alnoides</i> plantation	43	60	75	0
山地雨林 Mountane rain forest	40	63	74	0
季风常绿阔叶林 Monsoon evergreen broad-leaved forest	28	47	55	3

而后者的属则略多于前者(63 vs. 60),二者的种数几乎相等(75 vs. 74)。从纯林物种恢复结果推测,影响混交林种子植物少于纯林的原因应该是造林密度而非林分类型。无论科、属或种,季风常绿阔叶林均为最少。由此表明,利用乡土树种山桂花和西南桦培育人工林,林分内的物种多样性在幼林期就可以得到良好的恢复。即使混交造林密度高达3 334株·hm²,11年生的人工林种子植物种数已超过其原生的天然林。说明无论纯林或混交林,其对林地环境因子的影响不至于造成改变其物种多样性的分布,预示着山桂花和西南桦人工林具有良好的促进林内生物多样性恢复的功能。

4 植物区系的地理成分

4.1 共有科与优势科的组成

在研究的3种人工林和2种天然林中,共有15个种子植物科出现于所有林分(表4),分别占山桂花、西南桦纯林、山桂花与西南桦混交林、山地雨林和季风常绿阔叶林种子植物所有科的28.8%、

28.8%、34.9%、37.5%和53.6%。

根据世界种子植物科的分布区类型系统(吴征镒,1991,2003a,b),表3中,大戟科、樟科、紫金牛科、夹竹桃科、芸香科、番荔枝科、楝科、蓼科和卫矛科为泛热带分布区类型(2),桃金娘科是以南半球为主的泛热带分布区类型(2s)。由此,热带分布区类型共有10科,占共有科的66.7%。世界广布共4科:茜草科、蝶形花科、木犀科和桑科,占26.7%。世界分布科中除木犀科的木犀属(*Olea*)为地中海区至温带-热带亚洲,大洋洲和/或北美南部至南美洲间断类型外(12-3),所有出现的属均为热带分布区类型,如茜草科的粗叶木属(*Lasianthus*,2)、九节木属(*Psychotria*,2)和玉叶金花属(*Mussaenda*,6),蝶形花科的黄檀属(*Dalbergia*,2)、干花豆属(*Fordia*,7a)和崖豆藤属(*Mellettia*,2),木犀科的素馨属(*Jasminum*,2),桑科的榕属(*Ficus*,2)。仅有山毛榉科为北温带和南温带间断分布(8-4),占6.6%。因此,无论人工林还是天然林,这些共有科显示了较强的热带分布区类型。

把含有3种或3种以上种子植物的科作为林分的

优势科,则山桂花纯林、西南桦纯林、山桂花混交林、山地雨林和季风常绿阔叶林分别有优势科 13、13、10、8 和 8 科(表 4)。人工林的优势科均超过天然林。从优势科的热带分布区类型的数量分析,山桂

表 3 调查林分中共有科及其属、种统计

Table 3 The statistics of common family, genera and species in the research forests

科 Family	山桂花纯林 Pure <i>P. baillonii</i> plantation		西南桦纯林 Pure <i>B. alnoides</i> plantation		山桂花、西南桦混交林 Mixed <i>P. baillonii</i> and <i>B. alnoides</i> plantation		山地雨林 Mountane rain forest		季风常绿阔叶林 Monsoon evergreen broadleaved forest	
	属 Genera	种 Species	属 Genera	种 Species	属 Genera	种 Species	属 Genera	种 Species	属 Genera	种 Species
茜草科 Rubiaceae	8	8	10	10	3	3	4	4	3	3
蝶形花科 Papilionaceae	6	8	4	5	3	4	3	4	4	5
大戟科 Euphorbiaceae	6	7	3	3	2	2	6	6	3	3
樟科 Lauraceae	5	7	2	3	4	6	4	5	4	5
紫金牛科 Myrsinaceae	3	4	3	4	3	3	4	5	2	2
夹竹桃科 Apocynaceae	3	3	4	4	2	2	3	3	2	2
山毛榉科 Fagaceae	2	4	2	7	2	6	1	3	2	5
芸香科 Rutaceae	2	2	3	4	1	1	1	1	1	1
桃金娘科 Myrtaceae	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1
木犀科 Oleaceae	2	2	1	1	2	2	2	2	2	3
桑科 Moraceae	1	5	1	6	1	4	1	2	1	1
番荔枝科 Annonaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
楝科 Meliaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
菝葜科 Smilacaceae	1	3	1	1	1	1	1	2	1	3
卫矛科 Celastraceae	1	2	2	2	2	2	2	3	2	2

表 4 林分内的优势科统计

Table 4 The statistics of dominant families in the forest types

林分类型 Forest types	优势科 Dominant family	热带科合计 Total families of tropical areal-type
山桂花纯林 Pure <i>P. baillonii</i> plantation	茜草科、蝶形花科、大戟科、樟科、紫金牛科、夹竹桃科、山毛榉科、桑科、菝葜科、山茶科(Theaceae, 2)、榆科(Ulmaceae, 1)、姜科(Zingiberaceae, 2)	7
西南桦纯林 Pure <i>B. alnoides</i> plantation	茜草科、蝶形花科、大戟科、樟科、紫金牛科、夹竹桃科、山毛榉科、桑科、芸香科、菊科(Compositae, 1)、山茶科(2)、梧桐科(Sterculaceae, 2)、禾本科(Gramineaceae, 1)	7
山桂花、西南桦混交林 Mixed <i>P. baillonii</i> and <i>B. alnoides</i> plantation	茜草科、蝶形花科、樟科、紫金牛科、山毛榉科、桑科、山茶科(2)、禾本科(1)、姜科(Zingiberaceae, 5)、蔷薇科(Rosaceae, 1)	4
山地雨林 Mountane rain forest	茜草科、蝶形花科、大戟科、樟科、紫金牛科、夹竹桃科、山毛榉科、卫矛科	5
季风常绿阔叶林 Monsoon evergreen broad-leaved forest	茜草科、蝶形花科、大戟科、樟科、山毛榉科、木犀科、菝葜科、山茶科(2)	4

注: 括号中的数值为该科的分布区类型。 Note: The numbers in the parentheses show the areal-types.

花、西南桦纯林、山桂花与西南桦混交林、山地雨林和季风常绿阔叶林分别为 7、7、4、5 和 4 科,除山桂花与西南桦的混交林等于季风常绿阔叶林而少于山地雨林 1 科外,两种人工纯林均高于天然林。表明人工林优势科仍然以热带成分为主。同时也表明,普文天然的山地雨林和季风常绿阔叶林中,即使科的多样性较为丰富,但具体到每一科的种数并不多。

4.2 属的区系地理成分

统计结果,山桂花、西南桦纯林、山桂花与西南桦混交林、山地雨林和季风常绿阔叶林分别含热带

分布(朱华等,2001)属 78、69、47、53 和 39 个,分别占各林分总属数的 85.72%、83.11%、80.01%、86.90%和 84.77%(表 5,世界广布类型不参与计算)。

从属的角度,热带成分除混交林少于山地雨林(47 vs. 53)外,人工林均多于天然林,但属组成的百分比除山桂花纯林略高于季风常绿阔叶林(85.71% vs. 84.77%)外,人工林均低于天然林。说明人工林一方面在属的数量上得到了良好的恢复,另一方面在幼林期的分布区类型上稍有变化,也就是说非热带成分的侵入较多。但是,人工幼林无论林分生长,还

表 5 各林分属的分布区类型
Table 5 The areal-types of floral genera in the forest stands

分布区类型及其变形 Areal-type	山桂花纯林 Pure <i>P.</i> <i>baillonii</i> plantation		西南桦纯林 Pure <i>B.</i> <i>alnoides</i> plantation		山桂花、西南 桦混交林 Mixed <i>P.</i> <i>baillonii</i> and <i>B. alnoides</i> plantation		山地雨林 Mountane rain forest		季风常绿 阔叶林 Monsoon evergreen broad-leaved forest	
	属 Gen.	%	属 Gen.	%	属 Gen.	%	属 Gen.	%	属 Gen.	%
1. 世界广布 Cosmopolitan	3	—	4	—	2	—	2	—	1	—
2. 泛热带 Pantropic	25	27.47	26	31.32	17	29.31	16	26.23	13	28.26
2-1. 热带亚洲—大洋洲和热带美洲 Trop. Asia-Australasia and Trop. Amer.	2	2.20	1	1.20	1	1.72	0	0.00	0	0.00
2-2. 热带亚洲—热带非洲—热带美洲 Trop. Asia-Trop. Afr.-Trop. Amer. (S. Amer.)	3	3.30	2	2.41	1	1.72	3	4.92	3	6.52
3. 东亚及热带南美间断 Trop. & Subtr. E. Asia & Trop. Amer. disjuncted	5	5.49	3	3.61	2	3.45	6	9.84	3	6.52
4. 旧世界热带 Old World Tropics	11	12.09	8	9.64	6	10.34	5	8.20	3	6.52
4-1. 热带亚洲、非洲和大洋洲间断或星散分布 Trop. Asia, Trop. Afr. and Australasia disjuncted or diffused	1	1.10	0	0.00	1	1.72	2	3.28	0	0.00
5. 热带亚洲至热带大洋洲 Trop. Asia to Trop. Australasia Oceania	11	12.09	9	10.84	5	8.62	6	9.84	5	10.87
6. 热带亚洲至热带非洲 Trop. Asia to Trop. Afr.	2	2.20	4	4.82	2	3.45	2	3.28	1	2.17
7. 热带亚洲 Trop. Asia	16	17.58	13	15.66	10	17.24	13	21.31	9	19.56
7-1. 爪哇, 喜马拉雅间断或星散分布到华南、西南 Java, Himalayas to S. SW. China disjuncted or diffused	1	1.10	2	2.41	1	1.72	0	0.00	2	4.35
7-4. 中南半岛至华南或西南分布 Indo-Chinese Peninsula to S. or SW. China	1	1.10	1	1.20	1	1.72	0	0.00	0	0.00
热带成分小计 Total	78	85.72	69	83.11	47	81.01	53	86.90	39	84.77
8. 北温带 North Temp.	2	2.20	3	3.61	1	1.72	0	0.00	0	0.00
8-4. 北温带和南温带间断分布 N. Temp. & S. Temp. disjuncted	0	0.00	1	1.20	0	0.00	0	0.00	0	0.00
9. 东亚及北美间断 E. Asia & N. Amer. disjuncted	8	8.79	5	6.02	5	8.62	4	6.56	5	10.87
10-2. 地中海区和喜马拉雅间断分布 Mediterranea & Himalayas disjuncted	0	0.00	1	1.20	1	1.72	0	0.00	0	0.00
12-3. 北美南部至南美洲间断 S. N to S. Amer., disjuncted	1	1.10	1	1.20	1	1.72	1	1.64	1	2.17
14. 东亚 E. Asia	2	2.20	2	2.41	2	3.45	2	3.28	0	0.00
15. 中国特有 Endemic to China	0	0.00	1	1.20	1	1.72	1	1.64	1	2.17
总计 Total	94	100.0	87	100.0	60	100.0	63	100.0	47	100.0

是林分环境均未达稳定阶段。随着人工林林木的生长, 林分自然稀疏和林冠的扩展, 林分结构的变化, 林下一些成分, 如泽兰属 (*Eupatorium*)、血桐属 (*Macaranga*)、楸木属 (*Aralia*)、悬钩子属 (*Rubus*)、苎草属 (*Arthraxon*)、莠竹属 (*Microstergium*)、大节竹属 (*Indosasa*)、黄牛木属 (*Cratoxylum*)、钩藤属 (*Uncaria*)、水锦树属 (*Wendlandia*)、裂果金花属 (*Schizomussaenda*) 等非热带或次生林成分的退出而热带成分的相继进入, 人工林趋于稳定, 预计属的组成也将恢复到与天然林基本相似的程度。

热带成分中, 天然林所有属的分布区类型均在 3 种人工林中出现。泛热带成分是所有林分的主要分布区类型, 在山桂花、西南桦纯林、山桂花与西南桦混交林、山地雨林和季风常绿阔叶林中分别占总

属数的 27.47%、31.32%、29.31%、26.23% 和 28.26%。其次是热带亚洲 (即热带东南亚至印度—马来, 太平洋诸岛), 再次之为热带亚洲至热带大洋洲和旧世界热带分布区类型 (表 5)。这 4 种分布区类型是 5 种林分中热带成分的重要组成, 分别达到山桂花、西南桦纯林、山桂花与西南桦混交林、山地雨林和季风常绿阔叶林热带成分的 70.77%、67.46%、65.51%、67.22% 和 65.55%。热带亚洲—大洋洲和热带美洲 (南美洲或/和墨西哥) 和越南 (或中南半岛) 至华南或西南分布是人工林中新侵入的类型, 在天然林中未发现。说明乡土树种营造的热带人工林在幼林期具有适应更多种子植物分布区类型生存的生境条件。

非热带属的成分中, 东亚及北美间断是 5 种林

分的主要分布区类型,在山桂花、西南桦纯林、山桂花与西南桦混交林、山地雨林和季风常绿阔叶林中分别占属组成的 8.79%、6.02%、8.62%、6.56% 和 10.87%。同时,除中国特有在山桂花纯林内缺失外,其余所有的类型均在人工林中得到良好的恢复。

5 结语与讨论

从普文林场分别培育 11 年的山桂花纯林及其与西南桦的混交林和 8 年的西南桦纯林同原生的山地雨林和季风常绿阔叶林比较结果,种子植物科、属、种的多样性和区系成分的多样性均得到了良好的恢复。可初步推断利用乡土树种山桂花、西南桦培育人工林,不但可为日益短缺的热带木材供给提供解决问题的途径,同时也能兼顾环境与生物多样性保护的功能。因此,可以认为山桂花、西南桦人工林在其热带适宜环境范围内是可望实现可持续经营与发展的。该研究结果也为热带应用乡土树种培育人工林提供了可持续经营的初步信息,在热带退化地的恢复和改良中,利用乡土树种培育人工林是可以实现地力和生物多样性恢复的双重目标。

山桂花与西南桦混交林中,总的物种和区系的热带种类多样性均明显少于山桂花和西南桦纯林,而从两种纯林的物种和区系成分的良好恢复结果分析,如前所述,影响混交林物种和区系恢复的关键因

素是造林密度。虽从林分结构分析,幼林期,强阳性的西南桦稀疏的林冠处于上层,稍耐荫的山桂花相对密集的林冠处于下层是较为合理的配置,但高密度的复层混交林,其林下光照不足,一些强阳性或半阳性的物种,如木奶果(*Baccaurea rami flora*)、榕属(*Ficus*)的部分种、降真香(*Acronychia pedunculata*)、盆架树(*Winchia calophylla*)不易侵入生长,造成林下物种少于其纯林的现象。然而,混交林的物种和区系多样性与天然林比较,即使在如此高密度造林条件下,也得到了良好的恢复。因此,可推断山桂花与西南桦的混交林是可行的,也应在实践中积极推广。在实践中,只要调整造林密度和混交配置应该是可以如同纯林一样实现物种多样性的恢复水平。

参考文献:

- 吴征镒,路安民,汤彦承,等. 2003a. 中国被子植物科属综论 [M]. 北京:科学出版社
- Wu ZY(吴征镒). 1991. The areal-types of Chinese genera of seed plants(中国种子植物属的分布区类型)[J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究),增刊IV:1-139
- Wu ZY(吴征镒),Zhou ZK(周浙昆),Li DZ(李德铎),et al. 2003b. The area-types of the world families of seed plants(世界种子植物科的分布区类型系统)[J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究),25(3):245-257
- Zhu H(朱华),Li YH(李延辉),Xu ZF(许再富),et al. 2001. Characteristics and affinity of the flora of Xishuangbanna, SW China(西双版纳植物区系的特点与亲缘)[J]. *Guihaia* (广西植物),21(2):127-136

(上接第 452 页 Continue from page 452)

- Chen YX(陈元雄),Mao ZQ(毛宗强),Wu ZB(吴宗斌),et al. 2006. Comprehensive exploitation and utilization of *Jatropha* oil plants(麻疯果油料的综合开发利用)[J]. *China Oils and Fats* (中国油脂),31(3):63-65
- Duanmu FL(端木凡林),Wang HM(王红梅),Chang HP(常焕平),et al. 2001. Low-temperature extracting and nutrition price of crude *Prinsepia utilis* rogle oil(天然青刺果油的低温萃取及其营养价值)[J]. *Grain Processing* (西部粮油科技), (6):30-31
- Gerhard Knothe. 1999. Bio-diesel the use of vegetable oils and their derivatives as alternative diesel fuels[J]. *J America Oil Chemical Society*,72(9):1149-1193
- Mei DQ(梅德清),Yuan YN(袁银南),Wang Z(王忠). 2004. Study of fuel properties of bio-diesel(生物柴油燃料特性的研究)[J]. *Renewable Energy* (可再生能源),117(5):20-22
- Mohamad I Al-Widyan, Ali O Al-Shyukh. 2002. Experimental evaluation of the transesterification of waste palm oil into bio-diesel[J]. *Bioresource Technology*,85(3):253-256
- Saka S,Kusdiana D. 2001. Bio-diesel fuel from rapeseed oil as pre-

- pared in supercritical methanol[J]. *Fuel*,80(2):225-231
- Wu SX(巫森鑫),Wu GY(邬国英),Han Y(韩瑛). 2003. Fatty acid composition of six edible vegetable oils and their bio-diesel fuels(6 种食用植物油及其生物柴油中脂肪酸成分的比较研究)[J]. *China Oils and Fats* (中国油脂),28(12):65-67
- Yan KM(闫开明). 2001. Extraction and healthful function of *Prinsepia utilis* rogle oil(天然青刺果油低温萃取及其保健功能)[J]. *J Cereals & Oils* (粮食与油脂), (6):32-33
- Yi YN(忻耀年). 2005. Prospects for the application of bio-diesel oil(生物柴油的发展现状和应用前景)[J]. *China Oils and Fats* (中国油脂),30(3):49-53
- Zhan L(詹琳). 2001. The research on wild woody oil seeds *Prinsepia utilis* (青刺果油料的研究)[J]. *J Wuhan Polytechnic Univ* (武汉工业学院学报),3(1):25-26
- Zhou H(周慧),Lu HF(鲁厚芳),Tang SW(唐盛伟),et al. 2006. Study on the trans-esterification reaction of bio-diesel with *Jatropha curcas* L. oil(麻疯树油制备生物柴油的酯交换工艺研究)[J]. *Appl Chem Industry* (应用化工),35(4):284-287