

# 四川绵阳官司河流域防护林的演替预测<sup>\*</sup>

阳小成 李旭光

叶志义

(西南师范大学亚热带生物地理研究所 重庆 630715)

(重庆大学生物工程研究中心 重庆 630044)

**提 要** 选取 6 个样地,以“空间代替时间”法研究了官司河流域的松柏栎混交防护林的优势种群动态。结果显示:各种群在群落次生演替过程中普遍更新欠佳,林木大小级结构呈不稳定或衰退状态。据非线性演替理论,并结合防护林现状,预测防护林的可能演替趋势为:今后人为干扰若能保持较长期相对稳定,则针阔叶混交的群落类型亦将保持基本稳定,但随土壤类型的不同,而渐分化成松栎混交林和柏栎混交林。

**关键词** 四川 绵阳 官司河流域 防护林 优势种群 次生演替

目前国内植物生态学的研究对象主要是在天然林上,而对广布于人口稠密的农区受人为干扰严重的半自然型防护林的研究则偏少。兹通过定位研究,了解长江中上游防护林重建过程中植被的演替规律,以为正在全面展开的长江防护林建设提供理论依据。

研究地设在长江防护林重点建设区四川绵阳郊外的新桥镇<sup>1)</sup>。研究区官司河流域属长江支流之一涪江水系,位于 31°32′—31°37′N,104°45′—104°48′E,面积约 2100ha。当地为四川低山丘陵区,属亚热带季风气候区,地层简单,岩性主要为砂岩,土壤类型多样,其中以老冲积黄壤和紫色土为主,部分为姜石黄壤和灰白砂土。

区内防护林多为植被遭破坏后形成的天然次生林和人工幼林,群落类型以马尾松 *Pinus massoniana*、柏 *Cupressus funebris* 与栎类中的麻栎 *Quercus acutissima*、栓皮栎 *Q. variabilis* 混生的针阔叶混交林占绝对优势,少量为桉柏混交林和经济林。由于当地为近郊农区,农田、塘堰等人工设施所占比例较大,将防护林分割成大小不等、既彼此联系而又相对独立的上百个块状(或称岛状)群落。这一植被景观在长江中上游人口稠密地区的已建防护林地段,颇具典型性和代表性。为便于研究,林业部门将这些块状群落依自然界线划为 13 个大林班,200 多个小林班。每一小林班面积从不足一公顷到数十公顷,多数约 3ha。

## 1 样地的选取和调查

以“空间代替时间”法研究了防护林优势种群的动态,据此预测了防护林演替趋势。

1992-03 对官司河流域植被本底作了调查,并参考有关文献<sup>[1]</sup>,把本区以马尾松为主要建群种的典型防护林划分为次生灌草丛(样地 1)、马尾松幼林(样地 2)、松柏栎混交林(样地 4—6)三个演替阶段。选择优势种群生长发育良好、群落结构完整且受人为干扰较小的林班作为研究样地。共选取三个演替阶段内的 6 个样地(林班)构成一个次生演替系

<sup>\*</sup> 国家“八五”科技攻关项目(编号:85—19—01—11—02)的部分研究成果。

蒙导师钟章成教授指导,四川省林业科学研究院王金锡高级工程师和中国科学院成都生物研究所石培礼助理研究员的帮助,特此致谢!

1)四川省林业科学研究院。绵阳新桥防护林综合效益研究站简介(油印本)。1992。

本文收稿日期:1994-02-23,改回日期:1995-04-05。

列。样地编年序列按各林班主要建群种马尾松的径级度大小顺序排列。

各样地在调查中均用系统性较强的相邻格子样方法,对乔灌木作了分层调查。样地1—5各取32个 $5\text{m} \times 5\text{m}$ 棋盘式样方格子;拥有当地最高级演替阶段的样地6,由于其所在林班太小(仅 $0.5\text{ha}$ )又受人为干扰严重,故只取16个 $5\text{m} \times 5\text{m}$ 样方格子。所调查的群落样地面积共 $4\,400\text{m}^2$ 。

在作植被调查的同时,还对各样地的主要环境指标作了某些定量测定。测定的结果详见参考文献[2]第291页上的表1。其中有干扰指数。各样地号和干扰指数分别为:1—0.80,2—0.50,3—0.75,4—0.55,5—0.45,6—0.40。

需要说明的是,作为分布在农区、受人为干扰严重的半自然型防护林,外界因素对群落的各种生态学过程(特别是演替)有重大影响,因此必须考虑人为干扰对防护林所产生的影响。加测了干扰指数的用意就在于此,其主要标准是各样地群落受人为干扰状况(如砍柴、割草、放牧等),并考虑到样地位置和周围环境条件等,故可信度较高。

## 2 研究内容及结果分析

### 2.1 主要建群种马尾松种群的密度动态

马尾松是本区防护林的主要建群种。随着种群年龄的增长和个体生物量的增加,环境条件的限制作用变得越来越明显,这使马尾松种群的密度随个体间对光线、空间和生境条件的竞争加剧而递减,以致发生自然稀疏(简称自疏)现象<sup>[3]</sup>。由于马尾松在防护林中所处的优势地位,其种群的动态变化会直接影响群落的结构、组成和演替。因此马尾松种群自我调节机理研究,对掌握该种群以至整个防护林群落的动态变化是非常重要的。

要研究种群的自疏,必须确定种群的年龄和生物量。在野外选取10株马尾松作为标准木伐倒,测定马尾松种群年龄和马尾松种群生物量,然后将有关参数作一元回归分析,得马尾松的胸径 $D_{1.31}$ -年龄 $Y$ 间回归方程

$$Y = 2.0098D_{1.31} - 3.9683, \quad r = 0.9988 (P < 0.01). \quad (1)$$

胸径 $^2$ ·树高 $H_1$ -生物量 $B_1$ 间回归方程

$$\lg B_1 = 0.7842(D_{1.31}^2 \cdot H_1) - 0.5207, \quad r = 0.9956 (P < 0.01), \quad (2)$$

$$\text{即} \quad B_1 = 0.3015(D_{1.31}^2 \cdot H_1)^{0.7842}. \quad (3)$$

从理论上来说,种群的平均植株生物量 $\bar{B}$ -种群密度 $D$ 间幂函数关系<sup>[4]</sup>

$$\bar{B} = cD^{-a}, \quad \text{即} \lg \bar{B} = \lg c - a \lg D. \quad (4)$$

据上述回归方程,分别求得6个样地马尾松种群的年龄、生物量及密度(表1)。

以各样地 $\lg D$ 值为横轴、 $\lg \bar{B}$ 值为纵轴,绘出种群的自疏曲线(图1中的虚线)。

以表1所列的数据对式(4)作回归分析,得一元回归方程

$$\lg \bar{B} = 4.9451 - 1.9503 \lg D, \quad r = -0.8506 (P < 0.05). \quad (5)$$

将式(5)转化为幂函数式

$$\bar{B} = 88125.17 D^{-1.9503}, \quad 1125 \leq D \leq 3975. \quad (6)$$

这就是当地马尾松种群的自疏模型。用相似系数公式对式(5)的可信度作检验<sup>[5]</sup>,即

$$CS = 2B / (\Sigma \bar{B} + \Sigma \hat{B}) = [(2 \times 0.2176) / (0.2483 + 0.2522)] \times 100\% = 86.91\%,$$

式中  $B$  为  $\bar{B}$  与  $\hat{B}$  两值中的相对低值之总和。

可信度  $CS>60\%$  表明,式(6)较好地表达了马尾松种群的自疏过程,且是可信的(图 1 中的实线)。

表 1 各样地马尾松种群的平均生物量与密度

Table 1 The mean tree biomass and density of *Pinus massoniana* population from 6 plots

样地号	种群年龄(a) <sup>1)</sup>	种群生物量(t/ha)	$\bar{B}$ (t/株)	$\lg \bar{B}$	$D$ (株/ha)	$\lg D$	$\lg \hat{B}$	$\hat{B}$ <sup>2)</sup>
1	5	11.9438	0.00301	-2.5222	3975	3.5933	-2.0746	0.00842
2	18	72.9166	0.02201	-1.6574	3313	3.5202	-1.9203	0.01201
3	23	92.0000	0.03286	-1.4833	2800	3.4472	-1.7780	0.01067
4	27	80.0625	0.04511	-1.3457	1775	3.2492	-1.3918	0.04057
5	34	83.4168	0.06479	-1.1885	1288	3.1099	-1.1201	0.07583
6	41	90.5825	0.08052	-1.0940	1125	3.0512	-1.0057	0.09871
			$\Sigma \bar{B}=0.2483$					$\Sigma \hat{B}=0.2522$

1)种群年龄为取各样地前 5 株大树的平均值;2) $\hat{B}$  为  $\bar{B}$  的理论预测值。

式(6)中的指数值-1.9503,比参考文献[6]提出的一(3/2)自疏定律中的幂指数值略低.它表明马尾松种群的平均植株生物量 3.9 个单位的变化,才使种群密度产生 2 个单位的变化.此变幅比通常变幅要小.原因在于:马尾松是亚热带地区植被次生演替的先锋树种,其喜阳耐酸耐瘠薄.本区分布的酸性黄壤、光照和水热条件适合马尾松的生长发育,因而当马尾松因自疏作用而使种群密度下降时,其平均植株生物量的增加较快。

虽然人为干扰使式(6)不能完全如实反映马尾松种群的密度动态,但仍可作参考。

2.2 防护林 4 个优势种群的结构动态

在森林群落动态研究中,通常以树木的立木级别代表种群的年龄结构.现据参考文献[7]所提出的林木大小级的五级划分标准,将本区防护林各样地 4 个优势种群马尾松、柏、麻栎和栓皮栎加以分级归类(图 2)。

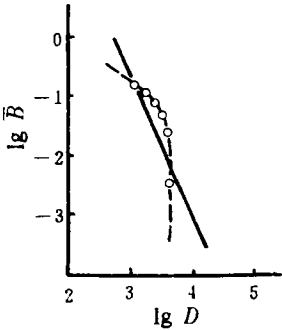


图 1 马尾松种群的自疏曲线  
Fig. 1 The self-thinning curve of *Pinus massoniana* population

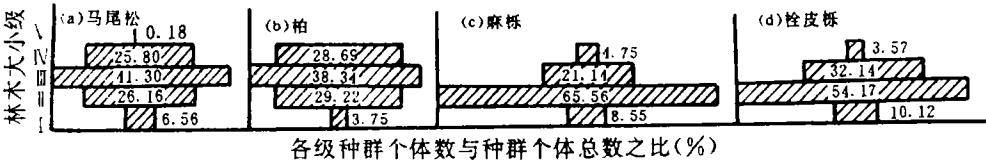


图 2 防护林 4 个优势种群的大小级结构

Fig. 2 The size-structure diagrams for the 4 dominant tree population from the protective forest

图 2 表明,各优势种群缺少成年大中树和低龄级幼苗,而 I, II 级中幼树所占比例特高.这使得各种群的大小级结构呈一种不稳定的纺锤状,表现出更新率低而死亡率高的特点.各种群几乎均无 V 级大树,而 IV 级中树也多为马尾松和柏.由此可见当地防护林

的年轻性和演替的初期性,各种群都极度缺乏Ⅰ级幼苗.这与成熟且更新良好的天然林的典型金字塔状增长型种群结构大为不同.造成当地防护林天然更新差的主要原因在于:严重的人为干扰,尤其是人畜践踏和伐薪等破坏性行为,影响了各树种的自我更新,使生命力弱小的Ⅰ级幼苗(多为实生苗)难以存活.

由图2还可见,4个优势种群中,2个针叶树种马尾松和柏的种群结构很相似,呈典型的纺锤状,种群以Ⅲ级中树为主;而2个落叶栎类麻栎和栓皮栎的年龄结构也相似,Ⅰ级幼树在种群中占绝对优势,Ⅰ级幼苗很少,无Ⅴ级大树.野外调查结果表明,产生这种结构的原因亦在于人为干扰.栎类在农区常被作为薪材而屡遭砍伐,但其有强大的萌生力,在母树残桩周围发出许多萌生枝.这就使栎类Ⅰ级苗木在种群中占有相当大的比例.在人为干扰下,麻栎和栓皮栎在群落上层林冠中的比例递减,而多分布于林下灌丛中,呈萌生矮林状.马尾松和柏在成材前遭砍伐相对要少些,故Ⅲ,Ⅳ级成树的比例要高些.

2.3 乔木层优势种间的竞争及防护林演替预测

2.3.1 乔木树种间的竞争关系分析

据当地防护林4个优势乔木种群的重要值(表2),分别对各种群作多元回归分析,求出的偏回归系数,可用来表示种间关系,以判断种间是否存在竞争<sup>[8]</sup>.

表2 防护林4个优势乔木种群在6个样地中的重要值

Table 2 The important value of the 4 dominant tree population of the protective forest in the 6 plots

样地号	种群 <sup>1)</sup>	个体总数 (株)	种群密度 (株/ha)	相对密度 (%)	优势度 [(cm) <sup>2</sup> /ha]	相对优势度 (%)	频度 <sup>2)</sup>	相对频度 (%)	相对重要值
1	A	318	3975	75.71	22908	97.85	32/32	43.84	0.7247
	B	0	0	0	0	0	0/32	0	0
	C	32	400	7.62	172	0.76	16/32	21.92	0.1010
	D	70	875	16.67	314	1.39	25/32	34.25	0.1743
2	A	265	3313	70.47	106428	97.22	32/32	45.07	0.7092
	B	50	625	13.30	2278	2.08	12/32	16.90	0.1076
	C	39	488	10.38	558	0.51	14/32	19.72	0.1020
	D	22	275	5.85	202	0.19	13/32	18.31	0.0812
3	A	224	2800	47.45	118073	73.85	32/32	29.91	0.5040
	B	111	1388	23.52	30240	18.91	28/32	26.17	0.2287
	C	99	1238	20.98	8520	5.33	32/32	29.91	0.1874
	D	38	475	8.05	3058	1.91	15/32	14.01	0.0799
4	A	142	1775	33.57	102091	55.92	31/32	28.16	0.3922
	B	55	688	13.00	56522	30.96	25/32	22.73	0.2223
	C	62	775	14.66	6648	3.64	22/32	20.00	0.1277
	D	164	2050	38.77	17315	9.48	32/32	29.09	0.2578
5	A	103	1288	24.64	107776	58.06	28/32	27.72	0.3701
	B	113	1413	27.03	61540	33.49	30/32	29.70	0.3007
	C	165	2063	39.47	12069	6.57	31/32	30.69	0.2558
	D	37	463	8.85	2346	1.28	12/32	11.88	0.0734
6	A	45	1125	38.14	154596	70.10	15/16	31.91	0.4672
	B	44	1100	37.29	49395	22.40	15/16	31.91	0.3053
	C	24	600	20.34	14213	6.44	13/16	27.66	0.1815
	D	5	125	4.24	2341	1.06	4/16	8.51	0.0460

1)A为马尾松,B为柏,C为麻栎,D为栓皮栎;2)分母为样方总数,分子为某种群出现的样方数.

多元回归分析的计算过程用统计生态学软件在微机上完成<sup>[9]</sup>。回归方程如下

$$Y_A = 1.00 - 0.924X_B - 1.097X_C - 1.033X_D, \quad F > F_{3,2,0.005}; \quad (7)$$

$$Y_B = 1.09 - 1.082X_A - 1.186X_C - 1.117X_D, \quad F > F_{3,2,0.005}; \quad (8)$$

$$Y_C = 0.92 - 0.912X_A - 0.842X_B - 0.941X_D, \quad F > F_{3,2,0.005}; \quad (9)$$

$$Y_D = 0.97 - 0.968X_A - 0.895X_B - 1.062X_C, \quad F > F_{3,2,0.005}. \quad (10)$$

$F$  检验结果表明,式(7—10)的线性相关极显著,是可信的。由于各方程的偏回归系数 $<0$ ,故可断定在防护林 4 个优势树种间存在着竞争关系。

从 4 个树种的生理生态学特性来看<sup>[10]</sup>,4 个树种均喜光,喜温暖湿润,故对共同的生境条件(尤其是光照条件)利用性竞争较强。表 2 显示,马尾松种群在样地中的重要值均较高,处于优势地位,但随演替的进展(即从样地 1 至样地 6)而优势性递降;重要性居第二位的为柏,栎类的重要值很低。这似乎表明,栎类的竞争能力不及马尾松和柏的竞争能力,因而在防护林群落次生演替过程中始终处于劣势,似有可能被淘汰。其实栎类在样地中的重要值很低并非是种间竞争所致,而是人为干扰降低了优势度。栎类的萌生更新能力和对生境条件的适应性均极强,故生存力和竞争力也较强。

由此可见,对受人为干扰严重的半自然型防护林种间竞争结果和群落演替的预测,必须结合影响群落稳定性的各种因素加以综合评估,才能得出较客观的结论。

### 2.3.2 防护林演替预测

据植被的线性和非线性演替理论<sup>[11]</sup>,线性演替的主要动力来自于内因,即种间因生态特性相似而产生的竞争作用;而非线性演替主要取决于外因。本区防护林演替显然属典型的非线性演替。

非线性演替预测比线性演替预测复杂和困难得多。尽管如此,在一定范围内对非线性演替进行预测仍是可行的。虽防护林 4 个优势种群的种间生态位重叠较大,种间竞争较强,但它们对生境条件的需求亦各有不同;马尾松喜酸性,在酸性土上生长良好,而在钙质土或石灰岩上生长不良;柏在偏碱性钙质紫色土上生长良好;麻栎和栓皮栎喜光,对环境的适应能力极强,在各种立地条件下和土壤上均能正常生长。由此可见,4 个优势种群彼此的生态位也有部分分离,从而使竞争强度有所减弱,这为它们在一定时期内共处一起提供了生物学基础。再则 4 个优势种群所受的人为干扰强度不一:马尾松和柏一生中(幼苗期除外)所受的人为干扰要比栎类所受的人为干扰小得多。这种持续的不平衡的干扰作用降低了竞争力较强的栎类在防护林中应处的优势地位,从而为 4 个优势种群在较长时期内稳定共存提供了可能。

本区土壤以酸性黄壤(pH 5.0—6.0)和紫色土(pH 7.2—8.2)为主,适宜于 4 个优势种群的生长。事实上,松柏栎混交林在四川中山低山丘陵区乃至整个长江中上游地区广布,并保持着相对稳定,成为长江防护林的主要林型之一<sup>[12,13]</sup>。因此可以认为:在今后相当长的时期内,人为干扰的强度和方式若能保持相对稳定,官司河流域针阔叶混交的群落类型将保持基本稳定和动态平衡;但群落组成将随土壤类型不同而分化,具体来说,在大部分酸性黄壤上将形成以松栎为主、柏居次的松栎混交林;而在钙质紫色土上将形成以柏栎为主、马尾松居次的柏栎混交林。

### 3 讨 论

在有限时间内用“空间代替时间”法研究森林群落的次生演替动态是可行的。用此法的关键是对优势种群年龄的确定,以利划分演替阶段。通过伐倒一定的标准木,由年龄-胸径回归方程可推算种群年龄。这有一定的误差,今后需加以改进。

另外从理论上说,本区的地带性植被为中亚热带常绿阔叶林。但在研究区及其邻区内并无常绿阔叶林分布,甚至连种源也不多。这可能与当地在历史上就为人口稠密的农区有关,长期而频繁的人为干扰妨碍了植被向常绿阔叶林这一气候顶极群落的演替,而停留在针阔叶混交林这一干扰顶极上。至于其成因和机理,尚待进一步研究。

### 参 考 文 献

- [1] 刘玉成, 缪世利. 缙云山常绿阔叶林次生演替优势种群动态. 植物生态学与地植物学学报, 1982, 16(1): 26—35.
- [2] 阳小成, 钟章成. 绵阳官河河流域防护林优势种群间的联结性研究. 西南师范大学学报(自然科学版), 1994, 19(3): 290—297.
- [3] 董鸣. 缙云山马尾松种群数量动态初步研究. 植物生态学与地植物学学报, 1986, 10(4): 283—293.
- [4] Silvertown J W. 祝宁, 王义弘, 陈文斌译. 植物种群生态学导论. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1987. 150—158.
- [5] 王伯荪. 鼎湖山森林优势种群的数量动态. 生态学报, 1987, 7(3): 214—221.
- [6] Yoda K, Kira T. Self-thinning in overcrowded pure stands under cultivated and natural conditions. *Journal of Biology*, 1963, 14(2): 107—129.
- [7] 曲仲湘, 吴玉树, 王焕校等. 植物生态学(第二版). 北京: 高等教育出版社, 1983. 35—132.
- [8] 熊利民, 钟章成. 四川缙云山森林群落演替机理初探. 西南师范大学学报(自然科学版), 1991, 16(1): 89—95.
- [9] 拉德维格 John A, 蓝诺兹 James F. 李育中, 王祎, 裴浩译. 统计生态学. 呼和浩特: 内蒙古大学出版社, 1991. 116—198.
- [10] 中国树木志编委会. 中国树木志. 北京: 中国林业出版社, 1983. 86—276.
- [11] 熊利民. 植物群落演替的线性和非线性系统. 见: 钟章成编著. 常绿阔叶林生态学研究. 重庆: 西南师范大学出版社, 1988. 109—115.
- [12] 杨玉坡, 胡贵泉, 银承忠等. 长江上游川江防护林体系建设技术纲要(初稿). 成都: 四川科学技术出版社, 1991. 1—120.
- [13] 四川植被协作组. 四川植被. 成都: 四川人民出版社, 1980. 90—186.

## SUCCESSIVE TENDENCY OF THE PROTECTIVE FOREST IN GUANSHI RIVER VALLEY,MIANYANG,SICHUAN

Yang Xiaocheng Li Xuguang

(Biogeography Institute of Subtropics, Southwest China Normal University Chongqing 630715)

Ye Zhiyi

(Research Center of Biological Engineering, Chongqing University Chongqing 630044)

### Abstract

The semi-wild protective forest mixed with *Pinus*, *Cypressus*, *Quercus* distributes commonly in the middle-upper reaches of the Changjiang River, especially in low mountain and hill area of Sichuan Province. The dynamics of the dominant population and successive tendency of the protective forest located in Guanshi River Valley at the suburb of Mianyang City have been studied, by the method of "Space Instead of Time", on the 6 plots which are selected.

Firstly, for the primary constructive species of the forest——*Pinus massoniana*, the mechanism of self-thinning effect is studied under the density constraint and the regression model is constituted as below

$$\bar{B} = 88125.17 D^{-1.9503}, \quad r = -0.8506 (P < 0.05),$$

where  $\bar{B}$  is mean tree biomass (t/tree) of *Pinus massoniana* population;  $D$  is density (tree/ha) of *Pinus massoniana* population.

It indicates that the *Pinus massoniana* population grows well in this region.

Secondly, to the 4 dominant tree population of the protective forest, their dynamics of size-structure distribution are studied. The result shows that they don't recruit well generally in the course of secondary succession. The size-structure of them appears unstable or decline because of severe interference from the human.

Finally, based on the above-mentioned results, the probable successive tendency of the community is forecasted in the light of the unlienaar succession theory and of the current situation of the forest. It is thought that the type of needle-broadleaved mixed forest community of this region would maintain relatively steady in a long period, but it would gradually separate into *Pinus-Quercus* and *Cypressus-Quercus* mixed forests according to the type of local soil, if the interference from the human would remain stable.

**Key words** Sichuan Province, Mianyang City, Guanshi River Valley, protective forest, dominant population, secondary succession