

庐山常绿阔叶林物种组成及其演替趋势

万慧霖^{1,2}, 冯宗炜^{1,3,*}

(1. 北京林业大学资源与环境学院, 北京 100083; 2. 江西省, 中国科学院庐山植物园, 庐山 332900;
3. 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085)

摘要:常绿阔叶林是庐山地带性植被, 历经近 70a 的保护和恢复, 形成不可多得的既有地带性又有地域特征的植被类型。采用典型群落调查法和每木调查法调查了群落的物种组成、分析了群落的结构特征, 通过对木本植物主要种群的结构进行分析, 依据各种径级频率分布规律将群落内物种分为 4 种类型: 扩展种, 隐退种, 稳定入侵种和随机入侵种。在 63 种木本植物中, 扩展种 22 种, 占总数的 34.92%; 隐退种 18 种, 占总数的 28.57%; 稳定入侵种 14 种, 占总数的 22.22%; 随机入侵种 9 种, 占总数的 4.29%。依据这 4 种类型的物种在群落中的地位 and 作用, 以及它们的生物学和生态学特性, 可以判定群落的演替发展趋势, 庐山常绿阔叶林正在向顶极演替。

关键词:常绿阔叶林; 种群; 径级频率分布; 演替趋势

文章编号: 1000-0933(2008)03-1147-11 中图分类号: Q948 文献标识码: A

Species composition and succession trend of evergreen broad-leaved forest in Lushan Mountain, Jiangxi Province, China

WAN Hui-Lin^{1,2}, FENG Zong-Wei^{1,3,*}

1 Beijing Forest University, College of Resources and Environment, Beijing 100083, China

2 Jiangxi Province, Chinese Academy of Sciences, Lushan Botanical Garden, Lushan 332900, China

3 Research Center for Eco-Environmental Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(3): 1147 ~ 1157.

Abstract: Evergreen broad-leaved forest is the zonal vegetation type in Mt. Lushan. After nearly 70 years of protection and vegetation-restoration, a typical vegetation type has been established both with zonal and local characteristics. According to typical community investigation method, this paper investigated and analyzed the species composition and community structure of the forest. Based on the size-class frequency distribution pattern of the population structure of the different tree species, four types was categorized: Expansion, seclusion, enhancing invasion, and randomly invasion. Among the total 63 tree species, there are 22 expansive species, making up 34.92%; 18 seclusive species, accounting for 28.57%; 14 enhancing invasive species, making up 22.22%; and 9 randomly invasive species, making up 4.29%. It was estimated that the succession trendy of the community based in the analysis of the tree species biological and ecological characteristic, as well as the role and position of the four types of tree species in the forest. The evergreen broad-leaved forest of Lushan is under their succession way to the climax communities.

基金项目: 江西省中国科学院庐山植物园资助项目

收稿日期: 2007-06-05; 修订日期: 2007-12-17

作者简介: 万慧霖(1965 ~), 男, 江西都昌人, 博士生, 主要从事保护生物学和植物生态学研究. E-mail: Wanhuilin98@sohu.com

* 通信作者 Corresponding author. E-mail: Fengzw@mail. Rcees.ac.cn

致谢: 庐山植物园庞宏东先生、梁同军参加了野外调查工作, 赖书绅先生帮助鉴定了部分标本, 在此一并致谢!

Foundation item: The project was financially supported by Jiangxi Province, Chinese Academy of Sciences, Lushan Botanical Garden

Received date: 2007-06-05; **Accepted date:** 2007-12-17

Biography: WAN Hui-Lin, Ph. D. candidate, mainly engaged in biodiversity conservation and plant ecology. E-mail: Wanhuilin98@sohu.com

Key Words: evergreen broad-leaved forest; population; DBH frequency distribution; succession trend

庐山常绿阔叶林是庐山地带性植被^[1],历经近 70a 的保护^[2],在海拔 200 ~ 600m 之间,形成了以石栎、甜槠和米槠为建群种组成的常绿阔叶林。这一个典型常绿阔叶林在中亚热带非常少见。因为在同一地带这个海拔范围内,大部分常绿阔叶林遭到破坏。庐山由于得益于长期的保护,这一典型的常绿阔叶林得于幸存并发展,形成不可多得,既有地带性又有地域特征的典型植被类型,为研究常绿阔叶林次生植被的恢复和演替规律提供了理想的材料,所以开展对它的研究对于揭示亚热带常绿阔叶林的演替规律,为亚热带常绿阔叶林恢复和重建提供理论指导具有现实的意义。

庐山常绿阔叶林的研究始于 20 个世纪 60 年代。在庐山常绿阔叶林的恢复早期阶段,陈彦卓等开展了庐山常绿阔叶林研究,在分析和总结了庐山常绿阔叶林的基本特点及其分布概况后,确定了常绿阔叶林为庐山地带性植被,并对庐山当时的常绿阔叶林类型进行了划分。陈彦卓这一研究成果为今天的庐山常绿阔叶林的研究提供了很好的时间尺度上的参照,50 多年过去了,现对 50a 后庐山常绿阔叶林的物种组成及演替趋势加以研究。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区域概况

庐山位于江西省九江市东南,地理坐标为 115°50' ~ 116°10'E, 29°28' ~ 29°45'N。最高峰海拔 1474.8m,相对高差约 1400 m,是其周围方圆 60km 范围内最高峰。庐山处于我国东部中亚热带东南季风区,位于海拔 1100m 的牯岭镇,年均温 11.9℃,极端高温 32℃,极端低温 -16.8℃,年平均降水 1918mm,雨日 168d,相对湿度年平均 78% 以上,冬季有短时积雪,常出现雾凇,云雾日 184d,结冰日可达 80d,无霜期仅 135d,年平均日照量 1932.7h,蒸发量 1016.5mm,年平均大风日 163d。山脚年均温度 16.7℃,绝对最高温 41℃,最低温 -7.6℃,年降水量 1300mm,降水日约 130d,雾日 3.5d,结冰日 29d,大风日 35d,无霜期 250d 左右。由于垂直落差大,在庐山西坡保留有完整的植被垂直带谱,从山脚到山顶依次为常绿阔叶林,常绿落叶阔叶混交林,落叶阔叶林,地带性植被为常绿阔叶林^[3],地带性土壤为红壤和黄壤^[4]。

1.2 研究方法

1.2.1 样地设置

根据群落外貌来选定样地,所选择的样地尽量涵盖庐山常绿阔叶林主要植被类型,样地面积大小不等,从 500m²到 2500 m²,样地面积大小主要根据样地所在地的坡度和坡向的一致性以及群落林相整齐性来确定。

1.2.2 调查内容

(1) 样地的基本情况,如经纬度、海拔、坡度、坡位和坡向(见表 1)。

(2) 记录样地内出现的所有的物种,乔木层测定所有植株的高度和胸径,并估测其盖度;灌木层测量高度 $H \geq 1.3\text{m}$ 的所有植株的高度,胸径,并估测其盖度,高度 $H < 1.3\text{m}$ 的植株,则记录株数;更新层记录木本更新苗的株数;草本植物(包括蕨类植物)记录株数,盖度。木本层间植物测量胸径和高度,并视其高度到达那一层,则记录在那一层内。草质藤本植物记录株数和盖度。

1.2.3 物种重要值的测定

$$\text{重要值: } VI = (\text{相对优势度} + \text{相对多度} + \text{相对频度}) / 3 \quad (1)$$

$$\text{相对频度}(\%) = 100 \times \text{某个种在统计样方中出现的次数} / \text{所有种出现的总次数} \quad (2)$$

$$\text{相对优势度}(\%) = 100 \times \text{某个种的胸高断面积} / \text{所有种的胸高断面积之和} \quad (3)$$

$$\text{相对多度}(\%) = 100 \times \text{某个种的株数} / \text{样方内所有种的总株数} \quad (4)$$

1.2.4 群落优势种的测定^[5,6]

$$d = \frac{1}{N} \left\{ \sum_{i \in T} (x_i - x')^2 + \sum_{j \in U} x_j^2 \right\} \quad (5)$$

式中, x_i 为相对基部面积(RBA %)排在前位的树种(top species)的实际测量的相对基部面积(%),前位

树种的数量是由假定的优势种数量确定的。 x' 为假定的优势种(dominant species)数量确定的优势种理想百分比(ideal percentage share), x_j 为剩余种(remaining species)的百分比,即总种数减去假定的优势种数量确定的前位树种数。 N 为种总数。如果假定群落只有 1 个优势种,则优势种的理想百分比为 100%。如果假定有 2 个优势种,则它们的理想百分比为 50%,如果假定有 3 个优势种,则理想百分比为 33.3%,依次类推。最后优势种的数量由 d 来确定,当 d 的数值最少(处于拐点)时的前位树种数为优势种数。在群落优势种明显时,这个公式还是非常有效的;如果群落优势种不明显,就会出现计算量大,还不能确定优势种的情况。

表 1 样方的基本情况
Table 1 Basic information of samples

编号 No.	海拔(m) Altitude	坡度(°) Slope	坡向(°) Aspect	面积(m ²) Area	层盖度(%) Cover	坡位 Slope location	代表性群落类型 Major community
1	210	24	242	900	70	下 Low	樟树 <i>Cinnamomum camphora</i> , 秀丽锥 <i>Castanopsis jucunda</i>
2	240	29	202	500	60	下	马尾松 <i>Pinus massoniana</i> , 樟树 <i>Cinnamomum camphora</i>
3	240	21	92	500	60	下	苦槠 <i>Castanopsis sclerophylla</i> , 樟树 <i>Cinnamomum camphora</i>
4	250	25	192	500	75	下	苦槠 <i>Castanopsis sclerophylla</i> , 石栎 <i>Lithocarpus glaber</i>
5	300	28	130	500	50	下	石栎 <i>Lithocarpus glaber</i> , 拟赤杨赤杨叶 <i>Alniphyllum fortunei</i>
6	310	26	305	600	70	下	石栎 <i>Lithocarpus glaber</i>
7	350	29	300	600	65	上 High	石栎 <i>Lithocarpus glaber</i> , 甜槠 <i>Castanopsis eyrei</i>
8	370	30	220	1500	70	中 Mid	石栎 <i>Lithocarpus glaber</i>
9	400	25.5	25	2500	90	中	石栎 <i>Lithocarpus glaber</i>
10	430	30	225	500	75	下	石栎 <i>Lithocarpus glaber</i> , 浙江柿 <i>Diospyros glaucifolia</i>
11	440	38	159	500	80	中	甜槠 <i>Castanopsis eyrei</i> , 米槠 <i>Castanopsis carlesii</i>
12	460	35	207	500	75	下	青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i> , 南酸枣 <i>Choerospondias axillaris</i>
13	530	46	210	400	60	中上	石栎 <i>Lithocarpus glaber</i>
14	605	27.5	190	750	65	上	甜槠 <i>Castanopsis eyrei</i> , 青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>
15	610	35.5	230	500	70	上	细叶青冈 <i>Cyclobalanopsis myrsinaefolia</i> , 青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>

2 结果与分析

2.1 物种组成

对 15 个样地资料进行统计分析(乔木层总面积计 11250 m²、灌木层 3050 m²、草本层 191 m²、更新层 2125 m²,合计 16616 m²),发现有维管植物 81 科 147 属 236 种,其中蕨类植物 8 科 10 属 14 种,种子植物 73 科 137 属 222 种。在种子植物中,裸子植物 3 科 3 属 3 种,被子植物 70 科 134 属 219 种;在被子植物中,单子叶植物 7 科 12 属 22 种,双子叶植物 63 科 122 属 197 种。

从各具体科、属所含的植物种数进行分析,可以发现在庐山常绿阔叶林中,含 10 种的科只有 4 科,占全部科数的 4.94%,而这些科所含的种数为 55 种,占全部维管植物种数的 23.31%,它们分别是蔷薇科(9 属,18 种,(以下同))、樟科(6,14)、壳斗科(5,13)和冬青科(1,10);含 1 种的科有 38 科,占全部科数的 46.91%,表现出单种科较多。对各属所含种数进行分析,含 10 种的属只有冬青属 1 属,而含有 1 种的属则有 99 属,占全部属数的 67.35%,整个常绿阔叶林群落表现为单种属科较多,对这种现象有两种相反的看法,一种认为同一地区同一属中种数愈多则生境变化愈大,另一种看法则相反。从对科、属所含种数情况来看,在庐山的常绿阔叶林内,既有含 10 种的大属,也有占总属数的 41.95%的单种属,所以属内所含种数的多少似乎和该地区的

生境多样性无关。这可能一方面和这个属的分布型有关,即和这个属内的物种起源和进化有关,另一方面似乎更反映了该地区生境的过渡性,表现在不同属的物种都能在此生长,其结果是看哪一个属内的物种抢占了生存的先机。这一点似乎和庐山处于中亚热带北缘相吻合。

为了更清楚认识群落的物种组成,从群落层片入手($H \geq 8\text{m}$:乔木层; $1.5\text{m} \leq H < 8\text{m}$:灌木层; $H < 1.5\text{m}$:更新层),分层片来统计分析群落物种构成。可以看出,在 236 种植物中,进入乔木层的物种有 46 种;在更新层的 67 个物种中,有 35 种和乔木层的树种相同,32 种为群落中新出现的乔木树种。这样乔木树种 78 种,灌木种类 68 种,草本种类 43 种,层外植物(藤本)种类 47 种(表 2)。

表 2 常绿阔叶林物种组成

Table 2 Floristic composition of broad-leaved forest in Mt. Lushan

科数 No. of families	属数 No. of Genera	种数 No. of species						总计 Total
		乔木层 Canopy layer	更新层 Regeneration layer		灌木层 Shrub layer	草本层 Herb layer	层外 Liane	
			见于乔木层 * In canopy layer	不见于乔木层 Not in Canopy layer				
1 蔷薇科 <i>Rosaceae</i>	9	4	2	3	5		6	18
2 樟科 <i>Lauraceae</i>	6	3	3	6	5			14
3 壳斗科 <i>Fagaceae</i>	5	9	8	4				13
4 冬青科 <i>Aquifoliaceae</i>	1	1	1	1	8			10
5 大戟科 <i>Euphorbiaceae</i>	5	2	2	4	3			9
6 茶科 <i>Theaceae</i>	5	1		1	6			8
7 茜草科 <i>Rubiaceae</i>	8				3		5	8
8 蝶形花科 <i>Papilionaceae</i>	6	2	1		2	2	1	7
9 莎草科 <i>Cyperaceae</i>	2					6		6
10 安息香科 <i>Styraceae</i>	3	3	3	2	1			6
11 葡萄科 <i>Vitaceae</i>	2						5	5
12 马鞭草科 <i>Verbenaceae</i>	3				5			5
13 漆树科 <i>Anacardiaceae</i>	3	3	2	2				5
14 禾本科 <i>Gramineae</i>	4	1				4		5
15 菊科 <i>Compositae</i>	5					5		5
16 山矾科 <i>Symplocaceae</i>	1	2	2		2			4
17 桑科 <i>Moraceae</i>	2						4	4
18 紫金牛科 <i>Myrsinaceae</i>	2				4			4
19 杜鹃花科 <i>Ericaceae</i>	1				3			3
20 荚蒾科 <i>Viburnaceae</i>	1				3			3
21 堇菜科 <i>Violaceae</i>	1					3		3
22 薯蓣科 <i>Dioscoreaceae</i>	1						3	3
23 唇形花科 <i>Labiatae</i>	2					3		3
24 兰科 <i>Orchidaceae</i>	2					3		3
25 卫矛科 <i>Celastraceae</i>	2				1		2	3
26 金缕梅科 <i>Hamamelidaceae</i>	3	2	2		1			3
剩余科合计 Sum of the remaining families	62	13	9	9	16	17	21	76
合计 Total	147	46	35	32	68	43	47	236

* 此列数据已计入乔木层,不再计入总数 Not summed

2.2 胸径和树高的频度分布

个体大小是表征群落结构的重要方面^[7]。图 1 和图 2 分别表示庐山常绿阔叶林树木胸径和高度的频度分布图。图 1 是群落中 $DBH \geq 2\text{cm}$ 的所有木本植物(不包括藤本)的频度分布图,从图 1 中可以看出,在所有统计的 2094 株木本植物中, $DBH \leq 5\text{cm}$ 的小径级木本植物占有绝对优势,随着径级的增大,立木株数逐渐减少。胸径级 $55\text{cm} \leq DBH \leq 60\text{cm}$ 只有 6 株,特大径级($DBH \geq 80\text{cm}$)只有 1 株。图 2 表示的是常绿阔叶林高度级频度分布图,这个图和径级图形相似,均为 L 形,表现出高植株小,矮植株多的格局。

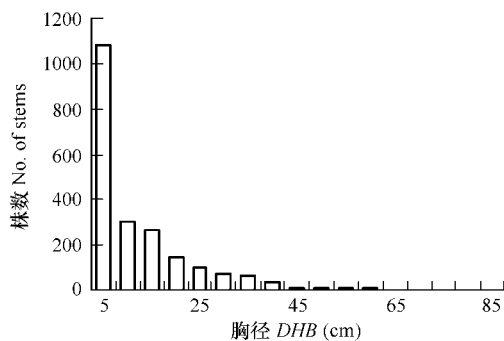


图 1 庐山常绿阔叶林植株径级频度分布图

Fig. 1 DBH frequency distribution for all the trees ($DBH \geq 2\text{cm}$) in the evergreen broad-leaved forest in Mt. Lushan

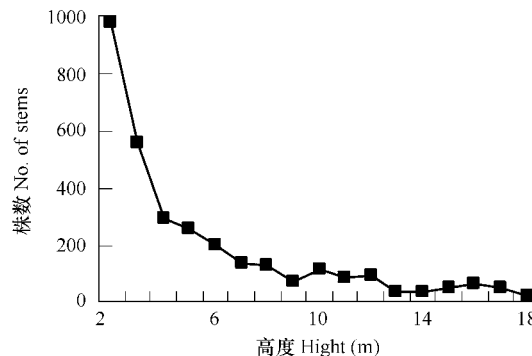


图 2 庐山常绿阔叶林植株高度级频度分布图

Fig. 2 The high-frequency distribution for all the trees in the evergreen broad-leaved forest in Mt. Lushan

2.3 主要树种特征

从表 3 可以看出,庐山常绿阔叶林的优势种明显,乔木层主要由石栎、甜槠(*Castanopsis eyrei*)、樟树(*Cinnamomum camphora*)、青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)、苦槠(*Castanopsis sclerophylla*)和马尾松(*Pinus massoniana*)等组成,其中石栎占有绝对优势,其重要值($VI = 51.30$);小乔木主要由欏木(*Loropetalum chinense*)和老鼠矢(*Symplocos stellaris*)组成;灌木主要由尖叶连蕊茶(*Camellia cuspidate*)、赤楠(*Syzygium buxifolium*)、微毛柃(*Eurya hebeclados*)和油茶(*Camellia oleifera*)等组成。

表 3 庐山常绿阔叶林主要树种特征

Table 3 Characteristics of the top 62 tree species in the evergreen broad-leaved forest in Mt. Lushan

物种 Species	株数 N (stem/hm ²)	总胸高断 面积 BA (m ² /hm ²)	最大树高 $H_{\max}$ (m)	最大胸径 $DBH_{\max}$ (cm)	平均胸径 DBH_{avg} (cm)	相对多度 Dr (%)	相对显著度 Pr (%)	相对频度 Fr (%)	重要值 IV
石栎 <i>Lithocarpus glaber</i> *	448	11.58	18	51.5	12.88	13.39	35.27	2.65	51.30
欏木 <i>Loropetalum chinense</i> *	410	1.58	13	22.2	5.71	12.25	4.81	3.13	20.19
甜槠 <i>Castanopsis eyrei</i> *	211	2.53	18	45.4	7.91	6.30	7.70	1.20	15.20
尖叶连蕊茶 <i>Camellia cuspidate</i>	356	0.17	8	9.5	2.15	10.64	0.51	2.89	14.05
樟树 <i>Cinnamomum camphora</i> *	41	2.96	17	60	25.70	1.22	9.02	1.93	12.17
青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i> *	175	1.21	15	25.3	7.08	5.22	3.69	2.17	11.07
苦槠 <i>Castanopsis sclerophylla</i> *	43	2.21	17	48.3	21.30	1.28	6.72	1.93	9.94
马尾松 <i>Pinus massoniana</i> *	31	2.18	18	60.6	26.36	0.93	6.65	1.45	9.03
老鼠矢 <i>Symplocos stellaris</i>	103	0.35	11	17.3	5.49	3.09	1.07	2.65	6.81
秀丽锥 <i>Castanopsis jucunda</i>	35	1.00	16	44.4	12.57	1.05	3.04	1.69	5.77
短柄枹栎 <i>Quercus glandulifera</i> var. <i>brevipetiolata</i>	31	0.75	17	28	16.60	0.93	2.29	2.17	5.39
赤楠 <i>Syzygium buxifolium</i>	128	0.07	7	9.6	2.29	3.82	0.23	0.72	4.77
油茶 <i>Camellia oleifera</i>	96	0.04	6	6	2.06	2.86	0.13	1.69	4.68
微毛柃 <i>Eurya hebeclados</i>	61	0.03	6	6.4	2.05	1.84	0.09	2.65	4.58
黄檀 <i>Dalbergia hupeana</i>	38	0.19	14	18.3	5.76	1.14	0.57	2.41	4.11

续表

物种 Species	株数 N (stem/hm ²)	总胸高断 面积 BA (m ² /hm ²)	最大树高 $H_{\max}$ (m)	最大胸径 $DBH_{\max}$ (cm)	平均胸径 DBH_{avg} (cm)	相对多度 Dr (%)	相对显著度 Pr (%)	相对频度 Fr (%)	重要值 IV
杜鹃花 <i>Rhododendron simsii</i>	78	0.03	4	4.5	2.0CC3	2.33	0.09	1.45	3.87
乌饭树 <i>Vaccinium bracteatum</i>	34	0.11	11	17	4.65	1.02	0.34	2.17	3.53
八角枫 <i>Alangium chinense</i>	23	0.11	13	14.9	5.83	0.70	0.33	2.41	3.44
细叶青冈 <i>Cyclobalanopsis myrsinaefolia</i>	16	0.71	16	36.8	22.01	0.47	2.18	0.72	3.36
满山红 <i>Rhododendron mariesii</i>	73	0.04	5	4.7	2.41	2.19	0.12	0.96	3.27
山鸡椒 <i>Litsea cubeba</i>	28	0.09	9	15.8	5.48	0.85	0.27	1.93	3.04
山胡椒 <i>Lindera glauca</i>	52	0.02	7	3.9	1.72	1.55	0.05	1.45	3.04
红淡比(杨桐) <i>Cleyera japonica</i>	29	0.04	6.5	11	3.24	0.87	0.12	1.93	2.93
山榧 <i>Lindera reflexa</i>	40	0.01	3.5	2.5	1.16	1.20	0.02	1.69	2.90
马银花 <i>Rhododendron ovatum</i>	29	0.02	5	5.5	2.29	0.87	0.05	1.93	2.85
枫香树 <i>Liquidambar formosana</i>	8	0.52	16	59	25.34	0.23	1.59	0.96	2.79
拟赤杨(赤杨叶) <i>Alniphyllum fortunei</i>	20	0.25	18	31	9.04	0.58	0.76	1.45	2.79
大青 <i>Clerodendrum cyrtophyllum</i>	36	0.01	10	6.9	1.72	1.08	0.04	1.45	2.56
格药铃 <i>Eurya muricata</i>	43	0.01	6	5.2	1.65	1.28	0.04	1.20	2.53
浙江柿 <i>Diospyros glaucifolia</i>	15	0.27	17	21.4	14.55	0.44	0.81	1.20	2.45
中华石楠 <i>Photinia beauverdiana</i>	26	0.14	12	14.8	6.61	0.79	0.43	1.20	2.42
山矾 <i>Symplocos sumuntia</i>	24	0.06	16	15.3	4.07	0.73	0.19	1.45	2.36
化香树 <i>Platycarya strobilacea</i>	15	0.22	15	21	12.91	0.44	0.68	0.96	2.08
华紫珠 <i>Callicarpa cathayana</i>	42	0.01	3.5	3	1.45	1.25	0.03	0.72	2.00
合欢 <i>Albizia julibrissin</i>	11	0.15	15	17.9	13.05	0.32	0.46	1.20	1.99
糙叶树 <i>Aphananthe aspera</i>	2	0.52	15	81.7	44.85	0.06	1.57	0.24	1.87
油桐 <i>Vernicia fordii</i>	11	0.11	13	14.4	10.73	0.32	0.32	1.20	1.85
冬青 <i>Ilex purpurea</i>	14	0.07	14	14.5	6.34	0.41	0.22	1.20	1.84
石灰花楸 <i>Sorbus folgneri</i>	12	0.07	16	17.8	6.78	0.35	0.21	1.20	1.77
羽叶泡花树(红枝柴) <i>Meliosma oldhamii</i>	6	0.03	12	17.1	5.15	0.17	0.08	1.45	1.70
黄连木 <i>Pistacia chinensis</i>	5	0.35	15	46.5	26.68	0.15	1.07	0.48	1.69
光叶石楠 <i>Photinia glabra</i>	30	0.02	9	8.1	2.32	0.90	0.05	0.72	1.68
小蜡 <i>Ligustrum sinensis</i>	12	0.01	4.4	4.5	2.02	0.35	0.02	0.72	1.09
臭蜡树 <i>Euodia fargesii</i>	4	0.06	13	16.7	14.25	0.12	0.20	0.72	1.04
钩锥 <i>Castanopsis tibetata</i>	12	0.06	15	17.3	6.18	0.35	0.20	0.48	1.03
毛果漆 <i>Toxicodendron trichocarpum</i>	6	0.08	12	18	11.92	0.17	0.24	0.48	0.89
玉兰 <i>Magnolia denudata</i>	3	0.18	15	32	28.07	0.09	0.56	0.24	0.89
江南越桔(米饭花) <i>Vaccinium mandarinorum</i>	10	0.01	7	4.4	3.08	0.29	0.02	0.48	0.80
栲 <i>Castanopsis fargesii</i>	6	0.11	16	32.1	11.33	0.17	0.34	0.24	0.76
赛山梅 <i>Styrax confusus</i>	4	0.04	16	21.2	8.10	0.12	0.12	0.48	0.72
山合欢 <i>Albizia kalkora</i>	4	0.03	12	13	10.18	0.12	0.10	0.48	0.70
四川冬青 <i>Ilex szechwanensis</i>	6	0.01	8	12.5	3.28	0.17	0.04	0.48	0.70
尾叶冬青 <i>Ilex wilsonii</i>	5	0.02	8	11.4	6.08	0.15	0.06	0.48	0.69
野黄桂 <i>Cinnamomum jensenianum</i>	6	0.01	9	5.6	4.23	0.17	0.03	0.48	0.68
白背叶 <i>Mallotus apelta</i>	5	0.01	6	8.8	2.98	0.15	0.02	0.48	0.65
杨梅 <i>Myrica rubra</i>	1	0.08	15	32.4	32.40	0.03	0.25	0.24	0.52
野柿 <i>Diospyros kaki</i> var. <i>silvestris</i>	7	0.01	7	6.8	4.01	0.20	0.03	0.24	0.48
檫木 <i>Sassafras tzumu</i>	1	0.07	14	29.5	29.50	0.03	0.20	0.24	0.47
紫茎 <i>Stewartia sinensis</i>	1	0.02	16	17	17.00	0.03	0.07	0.24	0.34
厚壳树 <i>Ehretia thyrsoflora</i>	1	0.02	10.5	14.3	14.30	0.03	0.05	0.24	0.32
山樱花 <i>Cerasus serrulata</i>	1	0.01	10	12.1	12.10	0.03	0.03	0.24	0.30
湖北马鞍树 <i>Maackia hupehensis</i>	1	0.01	12	10.8	10.80	0.03	0.03	0.24	0.30

* 群落的优势种 Dominant species in the community; BA: Basal area

2.4 群落的自疏

自疏现象是伴随着群落的演替和发展而出现的,随着群落的发展,初生植物(primary plants)越来越大,植株越来越少,整个群落形成大植株少,而小植株多的 L 形格局(如图 3)。在群落发展演替这个过程中,自疏过程一直在群落中进行。图 3 显示,在庐山常绿阔叶林中,在高度大于 1.5m 的所有统计植株中,胸径级小于 5cm、5~10cm、10~15cm 3 个径级频度的植株死亡多,其中胸径级为 5~10cm 的植株死亡株数最多,死亡率也最高,其次是 10~15cm 的植株的死亡率,即植株处于小乔木阶段更容易死亡。

2.5 主要木本植物的种群结构和发展趋势

种群是构成群落的基本单位,对群落中乔木植物的种群结构进行分析,能客观地反映庐山常绿阔叶林群落结构和群落发展趋势(表 4),按目前乔木树种在群落中各径级的分配情况加以归纳为 4 类^[8]。

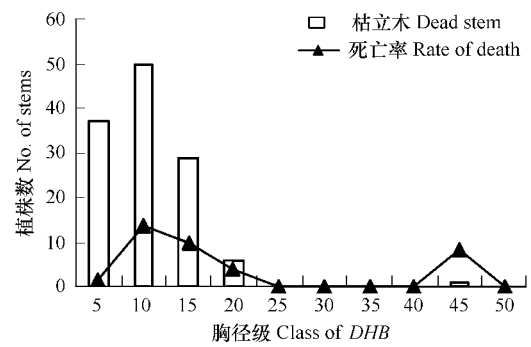


图 3 庐山常绿阔叶林中的枯立木和植株死亡率
Fig. 3 The DBH-class frequency distribution for the Dead stems and mortality of trees in the evergreen broad-leaved forest in Mt. Lushan

表 4 常绿阔叶林中乔木树种的径级结构

Table 4 The DBH class of main canopy tree in the evergreen broad-leaved forest

物种 Species	径级 Class of DBH			
	I $R \leq 2.5$	II $2.5 < R \leq 7.5$	III $7.5 < R \leq 22.5$	IV $R > 22.5$
常绿针叶树 Evergreen conifer trees				
马尾松 <i>Pinus massoniana</i> *	0	0	15	17
三尖杉 <i>Cephalotaxus fortunei</i>	5	0	0	0
常绿阔叶乔木 Evergreen broad-leaved trees				
石栎 <i>Lithocarpus glaber</i> *	993	64	98	125
苦槠 <i>Castanopsis sclerophylla</i> *	257	4	7	24
青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i> *	159	24	78	1
秀丽锥 <i>Castanopsis jucunda</i>	141	3	4	11
甜槠 <i>Castanopsis eyrei</i> *	132	63	42	23
欆木 <i>Loropetalum chinense</i> *	120	197	116	0
细叶青冈 <i>Cyclobalanopsis myrsinaefolia</i>	56	1	6	8
老鼠矢 <i>Symplocos stellaris</i>	44	50	30	0
樟树 <i>Cinnamomum camphora</i> *	29	0	22	18
光叶石楠 <i>Photinia glabra</i>	22	8	1	0
钩锥 <i>Castanopsis tibetata</i>	18	2	5	0
山矾 <i>Symplocos sumuntia</i>	18	6	5	0
乌饭树 <i>Vaccinium bracteatum</i>	16	12	7	0
冬青 <i>Ilex purpurea</i>	10	1	7	0
豹皮樟 <i>Litsea coreana</i> var. <i>sinensis</i>	10	0	0	0
红楠 <i>Machilus thunbergii</i>	8	0	0	0
栲 <i>Castanopsis fargesii</i>	7	2	2	1
短梗冬青 <i>Ilex buergeri</i>	3	1	0	0
宜昌润楠 <i>Machilus ichangensis</i>	3	0	0	0
铁冬青 <i>Ilex rotunda</i>	2	0	0	0
野黄桂 <i>Cinnamomum jensenianum</i>	1	6	0	0
秃瓣杜英 <i>Elaeocarpus glabripetalus</i>	1	2	0	0

续表

物种 Species	径级 Class of DBH			
	I $R \leq 2.5$	II $2.5 < R \leq 7.5$	III $7.5 < R \leq 22.5$	IV $R > 22.5$
小蜡 <i>Ligustrum sinensis</i>	1	0	0	0
厚皮香 <i>Ternstroemia gymnanthera</i>	1	3	0	0
杨梅 <i>Myrica rubra</i>	0	0	0	1
落叶阔叶乔木 Deciduous broad-leaved trees				
大青 <i>Clerodendrum cyrtophyllum</i>	59	3	0	0
八角枫 <i>Alangium chinense</i>	24	4	9	0
黄檀 <i>Dalbergia hupeana</i>	24	9	14	0
山鸡椒 <i>Litsea cubeba</i>	14	19	6	0
中华石楠 <i>Photinia beauverdiana</i>	12	8	11	0
拟赤杨 <i>Alniphyllum fortunei</i>	11	4	6	2
野茉莉 <i>Styrax japonica</i>	11	0	0	0
朴树 <i>Celtis sinensis</i>	6	0	0	0
羽叶泡花树 <i>Meliosma oldhamii</i>	5	2	1	0
灰叶野茉莉 <i>Styrax calvescens</i>	5	1	0	0
短柄枹栎 <i>Quercus glandulifera</i> var. <i>brevipetiolata</i>	4	1	26	5
石灰花楸 <i>Sorbus folgneri</i>	4	3	5	0
赛山梅 <i>Styrax confusus</i>	4	1	1	0
化香树 <i>Platycarya strobilacea</i>	3	1	13	0
山乌桕 <i>Sapium discolor</i>	3	1	0	0
油桐 <i>Vernicia fordii</i>	3	2	9	0
山合欢 <i>Albizia kalkora</i>	2	1	3	0
糙叶树 <i>Aphananthe aspera</i>	2	0	1	1
野桐 <i>Mallotus japonicus</i> var. <i>floccosus</i>	2	1	0	0
木蜡树 <i>Toxicodendron sylvestre</i>	2	0	0	0
白檀 <i>Symplocos paniculata</i>	2	2	0	0
合欢 <i>Albizia julibrissin</i>	1	1	10	0
浙江柿 <i>Diospyros glaucifolia</i>	1	0	15	0
毛果漆 <i>Toxicodendron trichocarpum</i>	1	0	5	0
野柿 <i>Diospyros kaki</i> var. <i>silvestris</i>	1	6	0	0
臭蜡树 <i>Euodia fargesii</i>	1	0	4	0
玉兰 <i>Magnolia denudata</i>	1	0	0	3
榉木桐李 <i>Padus buergeriana</i>	1	0	0	0
青榨槭 <i>Acer davidii</i>	0	1	0	0
锥栗 <i>Castanea henryi</i>	0	1	0	0
山樱花 <i>Cerasus serrulata</i>	0	0	1	0
南酸枣 <i>Choerospondias axillaris</i>	0	1	7	3
厚壳树 <i>Ehretia thyrsoflora</i>	0	0	1	0
枫香树 <i>Liquidambar formosana</i>	0	1	3	4
湖北马鞍树 <i>Maackia hupehensis</i>	0	0	1	0
黄连木 <i>Pistacia chinensis</i>	0	0	3	2
紫茎 <i>Stewartia sinensis</i>	0	0	1	0
日本乌桕 <i>Sapium japonicum</i>	0	1	0	0
合计 Total	2266	524	601	249

* 优势种,由优势种分析法(Ohsawa,1984)计算得到 Dominant species,calculated by the dominant analysis(Ohsawa,1984)

(1) 扩展种

即在群落中各等级呈连续分布,或至少是 I ~ III 级呈连续分布,IV 级或 III 级有较多数量,且 $I + II > IV$ 或 $I + II > III$,即幼树的数量大于立木数量,这种类型物种多为持久幼苗库更新型(Grime,2001),如石栎、苦

楮、甜楮、细叶青冈、青冈和欏木等,他们也多为初生树种。共计 22 种,占总乔木树种的 34.92%:

石栎 <i>Lithocarpus glaber</i> *	山矾 <i>Symplocos sumuntia</i>
欏木 <i>Loropetalum chinense</i> *	拟赤杨 <i>Alniphyllum fortunei</i>
苦楮 <i>Castanopsis sclerophylla</i> *	钩锥 <i>Castanopsis tibetata</i>
老鼠矢 <i>Symplocos stellaris</i>	栲 <i>Castanopsis fargesii</i>
青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i> *	乌饭树 <i>Vaccinium bracteatum</i>
黄檀 <i>Dalbergia hupeana</i>	羽叶泡花树 <i>Meliosma oldhamii</i>
秀丽锥 <i>Castanopsis jucunda</i>	山鸡椒 <i>Litsea cubeba</i>
八角枫 <i>Alangium chinense</i>	石灰花楸 <i>Sorbus folgneri</i>
甜楮 <i>Castanopsis eyrei</i> *	中华石楠 <i>Photinia beauverdiana</i>
光叶石楠 <i>Photinia glabra</i>	赛山梅 <i>Styrax confusus</i>
细叶青冈 <i>Cyclobalanopsis myrsinaefolia</i>	冬青 <i>Ilex purpurea</i>

(2) 隐退种

即在群落中Ⅳ级或Ⅲ级植株较多,而在Ⅰ级、Ⅱ级数量较少,或没有。如果在各等级中呈连续分布,也是大径级的植株多于小径级的植株或幼苗,即从Ⅳ级到Ⅰ级数量递减,它们多为先锋树种(pioneer species)。在群落的恢复早期阶段进入,在群落的恢复后期往往在较大的林窗中实行斑块镶嵌循环更新,在更新类型上也多是持久种子库更新类型,如枫香、化香、马尾松等。共有 18 种,占总乔木树种的 28.57%:

短柄枹栎 <i>Quercus glandulifera</i> var. <i>brevipetiolata</i>	合欢 <i>Albizia julibrissin</i>
化香树 <i>Platycarya strobilacea</i>	黄连木 <i>Pistacia chinensis</i>
玉兰 <i>Magnolia denudata</i>	毛果漆 <i>Toxicodendron trichocarpum</i>
油桐 <i>Vernicia fordii</i>	杨梅 <i>Myrica rubra</i>
马尾松 <i>Pinus massoniana</i> *	臭蜡树 <i>Euodia fargesii</i>
山合欢 <i>Albizia kalkora</i>	厚壳树 <i>Ehretia thyrsoflora</i>
枫香树 <i>Liquidambar formosana</i>	山樱花 <i>Cerasus serrulata</i>
浙江柿 <i>Diospyros glaucifolia</i>	湖北马鞍树 <i>Maackia hupehensis</i>
南酸枣 <i>Choerospondias axillaris</i>	紫茎 <i>Stewartia sinensis</i>

(3) 稳定侵入种

即在群落中Ⅳ级和Ⅲ级都没有,而在Ⅰ级或Ⅱ级数量较多,如果Ⅰ级或Ⅱ级都有,且Ⅰ级的数量往往多于Ⅱ级。共计 14 种,占总乔木树种的 22.22%,它们中有的是地带性植被树种,即初生树种,如豹皮樟、红楠、宜昌润楠等。越来越多的初生树种进入群落,反映了群落正在向地带性顶极群落恢复:

野茉莉 <i>Styrax japonica</i>	大青 <i>Clerodendrum cyrtophyllum</i>
豹皮樟 <i>Litsea coreana</i> var. <i>sinensis</i>	三尖杉 <i>Cephalotaxus fortunei</i>
灰叶野茉莉 <i>Styrax calvescens</i>	白檀 <i>Symplocos paniculata</i>
红楠 <i>Machilus thunbergii</i>	宜昌润楠 <i>Machilus ichangensis</i>
短梗冬青 <i>Ilex buergeri</i>	野桐 <i>Mallotus japonicus</i> var. <i>floccosus</i>
朴树 <i>Celtis sinensis</i>	铁冬青 <i>Ilex rotunda</i>
山乌柏 <i>Sapium discolor</i>	木蜡树 <i>Toxicodendron sylvestr</i>

(4) 随机入侵种

即在群落中Ⅳ级和Ⅲ级不存在,如在Ⅰ级或Ⅱ级存在,数量也很少或是单株。共计 9 种,占总乔木树种数的 14.29%。

野黄桂 <i>Cinnamomum jensenianum</i>	青榨槭 <i>Acer davidii</i>
-----------------------------------	-------------------------

小蜡 *Ligustrum sinensis*秃瓣杜英 *Elaeocarpus glabripetalus*野柿 *Diospyros kaki* var. *silvestris*锥栗 *Castanea henryi*鳞木稠李 *Padus buergeriana*日本乌桕 *Sapium japon*厚皮香 *Ternstroemia gymnanthera*

从上面的分析中可以看出,已进入群落冠层的初生树种正在扩展数量,还有许多初生树种正在侵入群落,而先锋树种正在逐渐从群落中隐退,不再象演替早期阶段表现为群落的优势树种,说明庐山常绿阔叶林群落内小环境越来越适合组成地带性植被的物种生存和发展。在现在所有的隐退树种中,只有马尾松还是群落的优势种,在群落中还有较大径级的马尾松存在,表明庐山常绿阔叶林正在朝正向演替,但还未到顶极阶段。随着群落的演替进展,先锋树种在群落中的地位和作用将进一步弱化,但不一定会从群落中完全退出,正如在多数情况下看到,在常绿阔叶林中,高大落叶的先锋树种往往突出在群落冠层,形成一个不连续的超高层。这一方面是由先锋树种生物学和生态学特性所决定,如生长快,株形高大,多为持久种子库更新类型,但寿命短;另一方面也取决于自然界中长期存在的干扰,如树倒、山崩、滑坡等所形成的大大小小的林窗,为先锋树种实现斑块镶嵌循环演替提供了机会。

次生常绿阔叶林恢复是一个复杂的生态过程,在群落恢复过程中,既出现许多稳定入侵种,但也出现许多随机入侵种。稳定入侵种如野茉莉、豹皮樟、红楠、朴树、三尖杉、宜昌润楠等。表明群落内小环境正有利于这些物种的迁移和侵入,而随机入侵种如野黄桂、厚皮香、日本乌桕、锥栗、青榨槭和小蜡等,说明物种侵入也带有随机性,表明群落恢复过程的复杂性,群落恢复过程中的物种扩展、隐退和入侵,从景观角度展现出物种共存和竞争的恢宏场景,对在这个过程中出现的各种现象可能要从多尺度多角度分析才有助于理解,次生常绿阔叶林恢复过程中生态问题的深奥和复杂还有待于进一步研究^[9,11]。

3 结论

本文研究了庐山常绿阔叶林物种组成及其演替趋势,可以得出以下几点结论:

(1) 在 11250m² 调查样方内、发现有维管植物 81 科 147 属性 236 种,其中蕨类植物 8 科 10 属 14 种,种子植物 73 科 137 属性 222 种。在种子植物中,裸子植物 3 科 3 属 3 种,被子植物 70 科 134 属 219 种;在被子植物中,单子叶植物 7 科 12 属 22 种,双子叶植物 63 科 122 属 197 种。

(2) 常绿阔叶林群落优势种明显,乔木层主要由石栎、甜槠、樟树、青冈、苦槠和马尾松等组成,其中石栎占有绝对优势,其重要值 ($VI = 51.30$); 小乔木主要由榿木和老鼠矢组成;灌木主要由尖叶连蕊茶、赤楠、微毛柃和油茶等组成。

(3) 从种群结构分析可知,庐山常绿阔叶林群落正在向顶极演替,从群落中物种组成结构可以判断群落处于正向演替的中后期。

References:

- [1] Chen Y Z, Song Y S, Zhang S, Feng Z J. The basic characters, classification and distribution of broad-leaved forest in Lushan, Jiangxi. Journal of East China Normal University (Natural Science Edition), 1965, 1: 77—89.
- [2] Qin R C. Suggestions for protecting Lushan forest. Forest V, 1936, July, 69—75.
- [3] Zhou Z D, Zhang H J, Xu S J. Study on the vertical zone of vegetation in the Lushan Mountain. In the geographical society of China, Speciality of Physical geography, Utilization and protection of the biological and soil resources. Beijing: Science Press, 1993. 6—11.
- [4] Hwang S T, Tai C H, Chen P P, et al. Characteristics of the soils of the Lushan area, central China. Acta Pedologica Sinica, 1957, 5(2): 117—135.
- [5] DA L J, Yang Y C, Song Y C. Population structure and regeneration types of dominant species in an evergreen broad-leaved forest in Tiantong National Forest Park, Zhejiang Province, East China. Acta Phytocologica Sinica, 2004, 28(3): 376—384.
- [6] Tang C Q and Ohsawa M. Zonal transition of evergreen, deciduous and coniferous forests along the altitudinal gradient on a humid subtropical mountain, Mt. Emei, Sichuan, China. Plant Ecology, 1997, 133: 63—78.
- [7] Fang J Y, Li Y D, Zhu B, et al. Community structures and species richness in the montane rain forest of Jiangfengling, Hainan Island, China.

Biodiversity Science, 2004, 12(1): 29—43.

- [8] Feng Z W, Huang H Y, Fang Y X. The community characteristic of old-growth Chinese-fir forest. Bulletin of the institute forestry and pedology. Academia Sinica, 1980, IV: 9—19.
- [9] Song Y C. Vegetation ecology. Shanghai: East China Normal University Press, 2001.
- [10] Wu Z Y. Vegetation of China. Beijing: Science Press, 1980.
- [11] Manabe T, Nishimura N, Miura M & Yamamoto S. Population structure and spatial patterns for trees in a temperate old-growth evergreen broad-leaved forest in Japan. Plant Ecology, 2000, 151: 181—197.

参考文献:

- [1] 陈彦卓, 宋永昌, 张绅, 等. 庐山常绿阔叶林的基本特点类型划分和分布概况. 华东师范大学学报(自然科学版), 1965, 1: 77~89.
- [2] 秦仁昌. 保护庐山森林的意见. 林学, 第五号, 1936. 69~75.
- [3] 卓正大, 张宏建, 徐颂军. 庐山植被垂直带的研究. 见: 中国地理学会自然地理专业委员会. 生物与土壤资源利用和保护. 北京: 科学出版社, 1993. 6~10.
- [4] 黄瑞采, 戴朱恒, 陈邦杰, 等. 庐山区土壤的特征. 土壤学报, 1957. 5(2): 117~135.
- [5] 达良俊, 杨永川, 宋永昌. 浙江天童国家森林公园常绿阔叶林主要组成种的种群结构及更新类型. 植物生态学报, 2004, 28(3): 376~384.
- [7] 方精云, 李意德, 朱彪, 等. 海南岛尖峰岭雨林的群落结构、物种多样性以及在世界雨林中的地位. 生物多样性, 2004, 12(1): 29~43.
- [8] 冯宗炜, 黄合炎, 方永鑫. 杉木老龄林的群落学特点. 中国科学院林业土壤研究所集刊, 1980, IV: 9~19.
- [9] 宋永昌. 植被生态学. 上海: 华东师范大学出版社, 2001.
- [10] 吴征镒. 中国植被. 北京: 科学出版社, 1980.