

宜昌市郊不同龄级柏木人工林下 植物组成与多样性变化

朱元恩¹, 姚冬梅², 陈芳清³

(1. 长江大学 园艺园林学院, 湖北 荆州 434025; 2. 三峡职业技术学院,
湖北 宜昌 443003; 3. 三峡大学, 湖北 宜昌 443003)

摘要: 对宜昌市郊3个不同龄级柏木人工林林下植物物种组成和多样性变化的研究, 结果表明, 从幼龄林、中龄林到近熟林, 林下灌木层由耐旱及强阳性种趋向耐旱性较强及中性种, 且乔木种逐渐增加; 林下草本层由以栗褐苔草和铺地龙为主趋向以蕨类为主; 灌木层和草本层物种数量、香农-威纳指数、均匀度指数均呈增加趋势, 而生态优势度呈下降趋势。说明实施封育恢复后柏木人工林呈进展演替趋势, 但仍处于演替早期阶段。

关键词: 柏木人工林; 林下植物; 宜昌; 多样性

中图分类号: Q948.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2007)04-0604-06

Changes of species composition and diversity in different age-classes of undergrowth vegetations in *Cupressus funebris* plantations in Yichang suburb

ZHU Yuan-En¹, YAO Dong-Mei², CHEN Fang-Qing³

(1. College of Horticulture and Gardening, Yangtze University, Jingzhou 434025, China; 2. Yichang Vocational
and Technical College, Yichang 443003, China; 3. Three Gorges University, Yichang 443003, China)

Abstract: Changes of species composition and diversity in different age-classes of undergrowth vegetations in *Cupressus funebris* plantations in Yichang suburb were studied in this paper. The results showed that, from young, half mature to near mature plantations, dominant species of shrub layer changed from drought-tolerant and strong intolerant trees to relatively drought-tolerant and neutral, and tree species increased. Dominant species of herb layer changed from *Carex brumea* and *Ficus tikoua* to Pteridophyte. Number of species, Shannon-Wiener diversity index and evenness increased gradually, while ecological dominance decreased gradually. It is suggested that after vegetation restoration, *Cupressus funebris* plantations incline to process succession, but it is still at the early succession stage.

Key words: *Cupressus funebris* plantations; undergrowth vegetations; Yichang; diversity

柏木(*Cupressus funebris* Endl.)人工林是宜昌市郊主要植被类型之一, 系上世纪中期天然针阔混交林遭3次大规模毁灭性砍伐后, 经恢复性造林形成。柏木喜钙, 耐干旱和贫瘠, 适应性强, 是宜昌地区进行恢复性造林的优良先锋树种。但柏木生长缓慢, 干材可利用性差, 易受雪压和病虫害危害, 且在

生态功能和景观美学价值上与地带性植被的常绿阔叶林相去甚远。因此, 在立地条件得到改善后, 适时更新改造以促进其演替进程具有重要意义。植被恢复的主体虽然是乔木, 但林下植物作为生态系统的组成部分, 它在促进人工林养分循环和维护地力方面具有重要作用(杨玉盛, 1997), 是森林植被整体功

收稿日期: 2006-04-11 修回日期: 2006-12-07

基金项目: 湖北省教育厅自然科学基金重点项目(B200612009)[Supported by Natural Science Foundation of Education Department of Hubei Province]

作者简介: 朱元恩(1971-), 男, 湖南岳阳人, 讲师, 博士生, 主要从事环境生态学研究。

* 通讯作者(Author for correspondence)

能恢复过程中的重要环节和必然趋势(温远光等, 1998)。笔者于 2005 年对宜昌市郊柏木人工林下植物组成与多样性进行了初步研究。

1 研究区概况

研究地点位于宜昌市郊范围内, $111^{\circ}17' \sim 111^{\circ}23'E$, $30^{\circ}36' \sim 30^{\circ}45'N$, 海拔 70~200 m, 具典型的丘陵地貌特征。年平均气温 $16.9^{\circ}C$, 年活动积温为 $5\ 373.7^{\circ}C$, 无霜期 272.4 d, 年平均降水量 1 114.5 mm, 主要集中于 4~10 月, 平均相对湿度 76%, 属亚热带季风气候。区内土壤主要为由砂页岩发育而成的黄棕壤。现存植被有柑桔林、柏木人工林及少量灌木灌丛。根据宜昌市林业局 2004 年的统计数字, 市郊共有柏木人工林 1 143 hm^2 , 幼龄林、中龄林和近熟林面积比重大致为 3:4:3。由于 90 年代初期实施封山育林前长期受人于干扰破坏, 目前柏木林人工林冠层仍十分单一, 仅近熟林偶见复羽叶栎树、白栎、栓皮栎、苦槠进入乔木层。

2 研究方法

在查阅小班档案和全面踏查的基础上, 在研究区内设柏木幼龄林(≤ 20 a)、中龄林(21~40 a)、近熟林(41~50 a)(国家林业局, 2003) 20 m \times 20 m 样地各 4 个, 在各样地内用对角线法设 5 m \times 5 m 灌木样方 5 个, 调查 DBH $<$ 4 cm 的所有木本个体, 包括乔木幼树和幼苗, 测定种名、株数、高度和盖度。同时每个灌木样方内设 1 个 1 m \times 1 m 草本样方, 测定种类、株数、平均高度和盖度, 草本层统计包

括草质藤本和蕨类植物, 柏木一年生苗及匍匐地面生长且株高不超过 20 cm 的铺地龙也记入草本层。生境因子记录海拔、坡度、坡向、坡位等。野外调查于 2005 年 9 月下旬至 10 月中旬进行。

本研究采用 3 项指标进行物种多样性的测定(马克平等, 1994; 彭少麟等, 1998)。Shannon-Weiner 物种多样性指数 $D = 3.3219(\lg N - 1/N \sum n_i \lg n_i)$; Simpson 物种优势度指数 $C = \sum n_i(n_i - 1)/N(N - 1)$; McIntosh 均匀度指数 $J = [N - (\sum n_i^2)^{1/2}]/[N - (N/\sqrt{S})]$ 。以上各式中 N 为个体总数, n_i 为第 i 种的个体数, 具体运算中以第 i 种的重要值来代替, s 为种数。重要值 $IV = (\text{相对密度} + \text{相对频度} + \text{相对盖度})/3$ 。

3 结果与讨论

3.1 林下植物组成变化

3 个龄级的柏木人工林的灌木层共有 30 科 47 属 58 种维管束植物, 幼龄林、中龄林和近熟林灌木层的物种数分别为 29 种、40 种和 52 种(表 1), 其中共有种为 25 种。灌木层不包括柏木的乔木种数分别为 7 种、14 种、19 种, 分别占灌木层总种数的 24.14%、35% 和 36.54%, 株数分别占灌木层总株数的 12.7%、27.27% 和 31.69%, 重要值则分别为 47.73、94.89 和 119.71。不考虑柏木的重要值前 10 位物种中(即取重要值处于前 11 位的物种, 但排除柏木), 乔木种依次为 2 种、3 种和 5 种, 乔灌木重要值比依次为 0.37、0.64 和 0.93。3 个龄级的柏木人工林的草本层共有 18 科 31 属 35 种维管束植物, 幼龄林、中龄林和近熟林草本层的物种数分别为 12

表 1 灌木层非柏木乔木种的百分率、株数和重要值

Table 1 The percentage, plant number and importance values of non *Cupressus funebris* arbor species of shrub layer

群落 Community	总种数 Total species	非柏木乔木种 Arbor excluding				不考虑柏木重要值前 10 位物种 Ten species with high importance value excluding			
		种数 Species	种数(%) Percentage	株数(%) Percentage	重要值 IV	乔木种数 Species of arbor	乔木种重要值 IV of arbor	灌木种重要值 IV of shrub	乔灌重要值比 IV ratio of arbor to shrub
幼龄林 Young plantation	29	7	24.14	12.70	47.73	2	40.81	111.21	0.37
中龄林 Middle-aged plantation	40	14	35	27.27	89.54	3	67.47	106.24	0.64
近熟林 Nearly mature plantation	52	19	36.54	31.69	119.71	5	83.09	88.89	0.93

种、19 种和 29 种, 其中共有种为 8 种。

一般认为, 林龄反映着自然整枝和透光状况, 林

龄越大, 郁闭度越大, 林下植物越丰富(中国林学会森林生态学会, 1992)。根据以空间序列代替时间序

列的观点来分析,上述统计表明,随着生长进程,灌木层非柏木乔木种数、相对密度和重要值及灌木层与草本层物种数均呈增加趋势,说明封育恢复后柏木人工林下植物发育较好,呈进展演替趋势。

3个龄级柏木人工林灌木层和草本层物种组成与重要值分别见表2和表3。幼龄林灌木层以柏木的重要值最大,为110.83,远超其他物种,形成灌木层的单一优势种。这与林分郁闭度低,林下光照、温

度等环境因子适宜柏木种子萌发和幼苗更新有关。但激烈的种类竞争也使林分处于迅速的自然稀疏过程,在样地调查中发现幼龄林灌木层有接近30%的柏木为濒死木和枯立木。幼龄林草本层以栗褐苔草为单一优势种,重要值为152.45,超过其他11种重要值之和。重要值处于第2、3、4位的铺地龙、柏木1年生苗和荇草的重要值分别为63.32、28.05和20.94,其他8个种皆为重要值小于10的偶见种。

表2 林下灌木组成与重要值

Table 2 The shrubby composition and importance values of undergrowth vegetations

种名 Species	次序/重要值 Order/IV			种名 Species	次序/重要值 Order/IV		
	幼龄林 Young plantation	中龄林 Middle- aged plantation	近熟林 Nearly mature plantation		幼龄林 Young plantation	中龄林 Middle- aged plantation	近熟林 Nearly mature plantation
八角枫 <i>Alangium chinense</i>	16/2.67	18/6.09	16/7.00	南蛇藤 <i>Celastrus orbiculatus</i>	29/0.65	30/1.62	50/0.66
菝葜 <i>Smilax china</i>	15/3.04	20/4.76	18/6.43	糯米条荚蒾 <i>Viburnum erosum</i>	14/3.80	36/0.57	
白筋 <i>Eleutherococcus trifoliatus</i>		34/0.90	19/4.90	女贞 <i>Ligustrum lucidum</i>			49/0.76
白栎 <i>Quercus fabri</i>		29/1.64	7/13.61	桑树 <i>Morus alba</i>	25/0.72		
白藜 <i>Ampelopsis japonica</i>			52/0.59	山豆花 <i>Lespedeza tomentosa</i>	24/0.79	37/0.47	
白檀 <i>Symplocos paniculata</i>			47/0.76	山胡椒 <i>Lindera glauca</i>	28/0.68	21/4.35	8/12.27
柏木 <i>Cupressus funebris</i>	1/110.83	3/27.65	9/11.94	山蚂蝗 <i>Desmodium racemosum</i>			46/0.88
扁担杆 <i>Grewia biloba</i>			24/3.56	杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>			38/1.18
扁担木 <i>G. biloba</i> var. <i>parvifolia</i>	22/1.18	26/2.48	11/10.68	蛇葡萄 <i>Ampelopsis sinica</i>	20/1.51	16/7.12	10/10.72
薄叶鼠李 <i>Rhamnus leptophylla</i>			33/1.49	栓皮栎 <i>Quercus variabilis</i>		24/2.57	2/23.06
臭牡丹 <i>Clerodendrom bungei</i>			15/7.06	算盘子 <i>Glochidion puberum</i>	10/8.22	7/12.15	35/1.31
刺楸 <i>Kalopanax septemlobus</i>		32/1.49	22/3.72	探春花 <i>Jasminum floridum</i>		33/1.15	
短柄栎 <i>Quercus glandulifera</i> var. <i>brevipetiolata</i>			41/1.08	铁仔 <i>Myrsine africana</i>		13/8.40	17/6.59
复羽叶栎 <i>Koelreuteria bipinnata</i>	13/4.12	17/7.06	28/2.93	乌泡子 <i>Rubus parkeri</i>			42/0.99
构树 <i>Broussonetia papyrifera</i>	4/17.75	4/22.18	6/16.14	梧桐 <i>Firmiana simplex</i>		38/0.47	29/2.25
化香 <i>Platycarya strobilacea</i>			43/0.97	木姜子 <i>Litsea pungens</i>		39/0.46	
黄荆 <i>Vitex negundo</i>	9/8.57	15/7.34	40/1.10	小果蔷薇 <i>Rosa cymosa</i>	8/11.06	6/16.72	20/3.99
毛黄枹 <i>Cotinus cgggyria</i>			45/0.88	盐肤木 <i>Rhus chinensis</i>	3/22.86	1/36.42	30/2.18
黄檀 <i>Dalbergia hupeana</i>		40/0.45	48/0.76	烟管荚蒾 <i>Viburnum utile</i>			37/1.19
火棘 <i>Pyracantha fortuneana</i>	5/16.88	5/17.24	26/3.36	野花椒 <i>Zanthoxylum simulans</i>	17/2.66	19/4.85	4/18.29
鸡矢藤 <i>Paederia scandens</i>		14/7.42	12/9.78	野蔷薇 <i>Rosa multiflora</i>	18/2.34	23/4.16	31/1.86
棘茎楸木 <i>Aralia chinocaulis</i>			23/3.57	葎草 <i>Vitis adstricta</i>			25/3.47
黑枣 <i>Diospyros lotus</i>		25/2.48	32/1.82	樟树 <i>Cinnamomum camphora</i>	26/0.70	31/1.55	14/7.20
苦楝 <i>Melia azedarach</i>		35/0.82	13/7.24	柘树 <i>Maclura tricuspidata</i>	12/7.48	10/9.81	21/3.85
六月雪 <i>Serissa serissoides</i>			27/3.33	中华胡枝子 <i>Lespedeza chinensis</i>	11/8.10	8/11.02	39/1.18
马棘 <i>Indigofera pseudotinctoria</i>	19/2.30	27/2.46	34/1.38	皱叶鼠李 <i>Rhamnus leptophylla</i>	7/12.39	9/10.93	51/0.66
马桑 <i>Coriaria sinica</i>	23/0.94	28/1.84		竹叶椒 <i>Zanthoxylum planispinum</i>	6/13.71	12/8.44	1/28.85
茅莓 <i>Rubus parvifolius</i>	21/1.47	22/4.21	36/1.21	紫弹树 <i>Celtis biondii</i>			44/0.97
牡荆 <i>Vitex negundo</i> var. <i>cannabifolia</i>	2/31.88	2/29.39	3/20.35	棕桐 <i>Trachycarpus fortunei</i>	27/0.70	11/8.87	5/18.00

至中龄林阶段,柏木在灌木层的数量和重要值明显下降,重要值为27.34,列3位。原来处于第3和第2位的盐肤木、牡荆占据了前两位,分别为36.42和29.39,而构树仍处于第4位,为22.18,可见中龄林阶段优势种已不明显。显然柏木的自然稀疏为盐肤木、牡荆、小果蔷薇等阳生性的先锋种扩大

了生存空间。中龄林草本层以栗褐苔草和铺地龙为双优势种,但前者的重要值从幼龄林阶段的152.45下降至85.84,铺地龙为70.78,略有上升。重要值大于10的伴生种从3种增加至8种,重要值从大到小依次为荇草、蜈蚣草、爵床、凤尾蕨、野菊、里白、柏木1年生苗和井栏边草,其中蜈蚣草、凤尾蕨、里白、

井栏边草均为蕨类植物。

至近熟林阶段,灌木层重要值超过 10 的有 11 个种,居前 3 位的是竹叶椒、栓皮栎和牡荆,分别为 28.85、23.06 和 20.35,其中竹叶椒和栓皮栎均为中生性。在重要值超过 10 的物种中有 6 个乔木种,按重要值大小依次为栓皮栎、棕榈、构树、白栎、山胡椒和柏木,其中柏木的重要值降至 11.94,列第 8 位。近熟林草本层以蕨类占优势,共有 8 种蕨类植物,蕨类植物重要值之和达到 129.32,重要值处于前 10 位的物种中,有 4 种是蕨类,为里白、凤尾蕨、井栏边草、蜈蚣草,并且里白的重要值列第 1 位,为 49.06。栗褐苔草和铺地龙的重要值处于第 5 位和第 4 位,分别为 29.65 和 31.30。另外,山麦冬和细穗腹水草

2 个耐荫种的重要值列第 7 和第 9 位,分别为 19.82 和 10.76,这 2 个种在幼龄林和中龄林中均没有。

由表 2、3 可见,从柏木幼龄林、中龄林至近熟林,灌木层和草本层主要物种、伴生种和偶见种数量均不同程度增加,优势种从不断演化至趋于不明显,灌木层的物种更替趋势为由耐旱及强阳性种趋向耐旱性较强及中性种,仍以先锋种和次先锋种为主,处于演替早期阶段;草本层的变化主要是栗褐苔草、铺地龙等喜光耐旱物种与喜湿耐荫的蕨类植物的消长。近熟林草本层以喜湿耐荫的蕨类植物占优势及灌木层地带性植物如樟树的出现,说明土壤水分、养分状况等到明显改善,为地带性植被的更新恢复提供了适宜的生境条件(施济普等,2002)。

表 3 林下草本组成与重要值

Table 3 The herbaceous composition and importance values of undergrowth vegetations

种名 Species	次序/重要值 Order/IV			种名 Species	次序/重要值 Order/IV		
	幼龄林 Young plantation	中龄林 Middle- aged plantation	近熟林 Nearly mature plantation		幼龄林 Young plantation	中龄林 Middle- aged plantation	近熟林 Nearly mature plantation
柏木 1 年生苗 One-year-old	3/28.05	9/11.75		马兰 <i>Kalimeris indica</i>	10/1.79		18/2.24
白英 <i>Solanum lyratum</i>			17/2.88	铺地龙 <i>Ficus tikoua</i>	2/63.32	2/70.78	4/31.30
里白 <i>Diplazium glaucum</i>	8/5.22	8/13.12	1/49.06	千里光 <i>Senecio acandens</i>			21/1.28
荻 <i>Miscanthus sacchari florua</i>			25/1.07	茜草 <i>Rubia cordifolia</i>			14/5.03
凤尾蕨 <i>Pteris neryosn</i>	6/7.20	6/15.07	3/31.49	雀稗 <i>Paspalum thunbergii</i>		18/1.04	
伏地堇菜 <i>Viola grayi</i>	12/1.35	12/2.85	13/5.19	碎米莎草 <i>Cyperus iria</i>	9/3.13	15/1.91	
对马耳蕨 <i>Polystichum tsus-simense</i>			15/3.04	苦苣菜 <i>Ixeris denticulata</i>	11/1.69	14/2.04	24/1.08
狗尾草 <i>Setaria viridis</i>		19/0.95		山麦冬 <i>Liriope spicata</i>			7/19.82
贯众 <i>Cyrtomium fortunei</i>		13/2.34	11/6.87	薯蓣 <i>Dioscorea opposita</i>			19/2.09
斛蕨 <i>Drynaria fortunei</i>			23/1.08	白茅 <i>Imperata cylindrica</i>	7/5.45	16/1.81	
盾叶薯蓣 <i>Dioscorea zingiberensis</i>			20/1.75	蜈蚣草 <i>pteris vittata</i>	5/9.41	4/18.95	8/15.91
金线钓乌龟 <i>Stephania cepharantha</i>			28/0.87	细穗腹水草 <i>Veronicastrum stenostachyum</i>			9/10.76
苎草 <i>Arthraxon hispidus</i>	4/20.94	3/25.35	2/34.09	黄鹌菜 <i>Youngia japonica</i>		17/1.13	16/2.98
井栏边草 <i>Pteris multifida</i>		10/11.69	6/20.66	野菊 <i>Dendranthema indicum</i>		7/13.93	12/6.81
蕨 <i>Pteridium aquilinum var. latiusculum</i>			22/1.21	野苘蒿 <i>Gynura crepidioides</i>			29/0.84
爵床 <i>Rostellularia procumbens</i>		5/15.52	10/8.93	玉竹 <i>Polygonatum odoratum</i>			27/1.01
栗褐苔草 <i>Carex brunnea</i>	1/152.45	1/85.84	5/29.65	三脉紫菀 <i>Aster ageratoides</i>		11/3.93	
龙葵 <i>Solanum nigrum</i>			26/1.00				

3.2 林下植物结构变化

3 个龄级柏木人工林灌木层平均高度以幼龄林最高,近熟林次之,中龄林最低,平均高度分别为 1.48 m、1.12 m 和 0.7 m(图 1),灌木层平均盖度则以近熟林最高,幼龄林次之,中龄林最低,分别为 48.52、37.99 和 41(图 2)。从幼龄林阶段到中龄林阶段灌木层平均高度和平均盖度的下降,与柏木大量自然稀疏有直接关系,而从中龄林阶段到近熟林阶段灌木层平均高度和平均盖度的上升,说明林下植物进入稳定更新发育期,垂直结构分化也趋于明

显。

从幼龄林、中龄林到近熟林阶段,草本层平均高度和平均盖度均逐渐升高,分别为 0.12、0.17、0.32 m 和 36.02、55.94、72.26 m。前两个阶段草本层平均高度均偏低的主要原因是数量和重要值占绝对优势的栗褐苔草和铺地龙平均高度在 0.1~0.15 m 之间,而近熟林阶段草本层平均高度和平均盖度有大幅提高,主要是占优势的蕨类平均高度在 0.3~0.5 m 之间,且具簇生特点。

3 个龄级柏木人工林层间植物均不发达,仅有

菝葜、白菖、鸡屎藤、蛇葡萄、蓼萸、盾叶薯蓣和金钱龟共 7 个种,除蛇葡萄的重要值为 10.72,其余均为偶见种,其中幼龄林仅有菝葜和蛇葡萄 2 个种,近熟林 7 个种皆有。

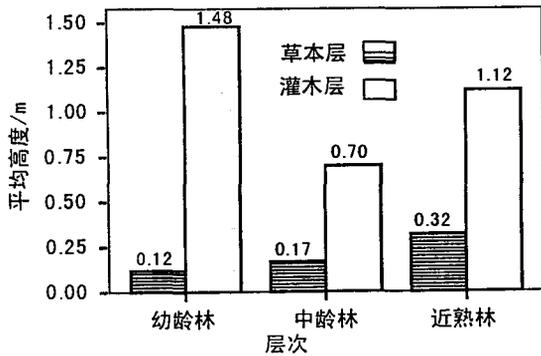


图 1 林下植物高度结构

Fig. 1 Height structure of undergrowth vegetations

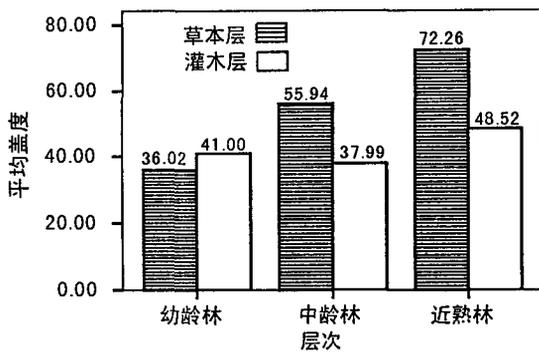


图 2 林下植物盖度结构

Fig. 2 Coverage structure of undergrowth vegetations

3.3 林下植物多样性变化

物种多样性是物种丰富度、物种分布均匀度和物种优势度的综合表现,也是群落结构和功能复杂性的度量。通过对物种多样性的研究反过来可以很好的认识群落的组成、变化和发展(李新荣,1999)。由于各层的取样面积大小有差异,因此目前绝大多数文献分乔木层、灌木层、草本层 3 层分别论述它们的多样性。本文分灌木层和草本层分别研究其物种多样性,结果见表 4。

由表 4 可见,灌木层和草本层的 Shannon-Winner 指数、McIntosh 均匀度指数随年龄梯度的变化趋势为近熟林>中龄林>幼龄林,同一龄级柏木林内部灌木层和草本层的 Shannon-Winner 指数、McIntosh 均匀度指数随群落梯度的变化趋势为灌木层>草本层,而 Simpson 物种优势度指数则相

反。说明随着柏木林的植被恢复进程,林下灌木层和草本层的多样性均呈增长趋势,并且灌木层的物种多样性高于草本层,这与物种数增加的趋势是一致的,但植株数呈减少趋势,仅中龄林草本层植株数略高于幼龄林草本层。灌木层植株数减少的原因是随着林分郁闭,柏木更新不良,数量大量减少,特别是在近成过熟林阶段,20 个灌木样方总共只有 50 株柏木幼树。草本层植株数在幼龄林和中龄林阶段均较多,主要是栗褐苔草植株小、数量多,近熟林阶段草本层平均盖度虽达到 72.26,但植株数明显减少,主要是蕨类个体较栗褐苔草大,且具簇生特点。

表 4 林下植物多样性特征
Table 4 The diversity characteristics of undergrowth vegetations

多样性指数 Diversity index	草本层 Herb layer			灌木层 Shrub layer		
	幼龄林 Young plantation	中龄林 Middle-aged plantation	近熟林 Nearly mature plantation	幼龄林 Young plantation	中龄林 Middle-aged plantation	近熟林 Nearly mature plantation
物种数 No. of Sp.	12	19	29	29	40	52
株数 No. of Indi.	2221	2347	1502	1851	1621	886
香农指数(D)	2.24	3.193	3.917	3.482	4.571	4.937
均匀度指数(J)	0.612	0.776	0.865	0.723	0.905	0.917
物种优势度指数(C)	0.360	0.159	0.085	0.166	0.054	0.041

总体来看,柏木林下灌木层和草本层的物种多样性指数均较高,并呈增长趋势,可能原因大致有 3 个方面:一是封山育林前长期受人为活动干扰,某些种如杉木、桑树等的存在带有明显人为活动痕迹;二是林冠尚未郁闭,有较充足阳光照射到林下灌木层和草本层,加之封山育林后经常遭雪压破坏,尤其是近熟林易遭雪压,形成林窗,增加了群落中多样的微生境,并对植物入侵、苗木更新、演替及生物多样性的维持有正面影响(段仁燕等,2005);进一步的原因可能是灌木和草本植株较小,可以充分利用林下微生境斑块(程瑞梅等,2004)。如果考虑乔木层,柏木人工林在群落梯度上的多样性总趋势是灌木层>草本层>乔木层,与亚热带常绿阔叶林表现出的乔木层、灌木层>草本层的格局截然不同。

参考文献:

国家林业局. 2003. 森林资源规划设计调查主要技术规定[S]
马克平,刘玉明. 1994. 生物群落多样性的测度方法——I α

- 多样性的测度方法(下)[J]. 生物多样性, 2(4): 231—239
- 中国林学会森林生态学分会. 1992. 人工林地力衰退研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社: 157—161
- 杨玉盛. 1997. 杉木林经营模式及可持续利用的研究[D]. 南京: 南京林业大学, 41—63
- Cheng RM(程瑞梅), Xiao WF(肖文发), Li XX(李新新), et al. 2004. Research of *Cupressus funebris* forest in the Three Gorges Reservoir Area(三峡库区柏木林研究)[J]. *Fore Res*(林业科学研究), 17(3): 382—386
- Duan RY(段仁燕), Wang XA(王孝安), Wu GL(吴甘霖). 2005. Gap disturbance and forest community succession(林窗干扰与森林群落演替)[J]. *Guihaia*(广西植物), 25(5): 419—423
- Li XR(李新荣). 1999. A study on composition structure and species diversity in ecotone of coniferous and broad-leaved forest in Russia plain(俄罗斯平原针—阔林过渡带森林群落组成结构与物种多样性的研究)[J]. *Chin Biodiversity*(生物多样性), 7(4): 291—296
- Peng SL(彭少麟), Fang W(方炜), Ren H(任海), et al. 1998. The dynamics on organization in the successional process of Dinghushan *Cryptocarya* community(鼎湖山厚壳桂群落演替过程的组成和结构动态)[J]. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), 22(3): 245—249
- Shi JP(施济普), Zhu H(朱华). 2002. Effects of three main disturbance manners on the plant diversity of the tropical forest in Xishuangbanna(三种干扰方式对西双版纳热带森林群落植物多样性的影响)[J]. *Guihaia*(广西植物), 22(2): 129—135
- Wen YG(温远光), Yuan CA(元昌安), Li XX(李信贤), et al. 1998. Development of species diversity in vegetation restoration process in mid mountain region Damingshan, Guangxi(大明山中山植被恢复过程植物物种多样性的变化)[J]. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), 22(1): 33—40

(上接第 584 页 Continue from page 584)

- Butterworth & Co., London
- Jin ZX(金则新). 1999. Studies on distributive pattern of *Hep-tacodium miconioides* population in Tiantai Mountain in Zhejiang Province(浙江天台山七子群落种群分布格局研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), 19(1): 47—52
- Li DP(李典鹏), Zhang HR(张厚瑞). 2000. Studies and uses of Chinese medicine Luohanguo—a special local product of Guangxi(广西特产植物罗汉果的研究与应用)[J]. *Guihaia*(广西植物), 20(3): 270—276
- Li HT(李海涛). 1995. Introduction to studies of the pattern of plant population(植物种群分布格局研究概况)[J]. *Chin Bull Bot*(植物学通报), 12(2): 19—25
- Li JX(李景侠), Zhang WH(张文辉), Li H(李红). 2001. Research on distribution pattern of rare and endangered plant *Kingdonia uniflora* population(稀有濒危植物独叶草种群分布格局的研究)[J]. *Acta Bot Boreali-Occident Sin*(西北植物学报), 21(5): 879—88
- Li XK(李先琨), Huang YQ(黄玉清), Su ZM(苏宗明). 2000. Distribution pattern and its dynamics of *Taxus chinensis* var. *mairei* population on Yunbaoshan Mountain(元宝山南方红豆杉种群分布格局及动态)[J]. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), 11(2): 169—172
- Liang SC(梁士楚). 1992. A preliminary study on the structure and dynamics of pubescent hornbeam population in karst mountain of Guiyang(贵阳喀斯特山地云贵鹅耳枥种群结构和动态初探)[J]. *Acta Phytoecol Geobot Sin*(植物生态学与地植物学学报), 16(2): 108—117
- Lloyd M. 1967. Mean crowding[J]. *J Ani Ecol*, 36: 1—30
- Morisita M. 1959. Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distributional patterns[J]. *Memoirs of the Faculty of Science, Kyushu University, Series E, Biology* 2: 215—235
- Peng YT(彭云滔), Tang SQ(唐绍清), Li BL(李柏林), et al. 2005. Genetic diversity of *Siraitia grosvenorii* detected by ISSR markers(野生罗汉果遗传多样性的 ISSR 分析)[J]. *Biodiversity Sci*(生物多样性), 13(1): 36—42
- Song MH(宋明华), Dong M(董鸣). 2002. Importance of clonal plants in community(群落中克隆植物的重要性)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), 22(11): 1 961—1 967
- Waters WE. 1959. A quantitative measure of aggregation in insects[J]. *J Economic Entomol*, 52: 1 180—1 184
- Xia LQ(夏立群), Li JQ(李建强), Li W(李伟). 2002. Genetic diversity of clonal plant(论克隆植物的遗传多样性)[J]. *Chin Bull Bot*(植物学通报), 19(4): 425—431
- Zhang F(张峰), Shangguan TL(上官铁梁). 2000. Population patterns of dominant species in *Elaeagnus mollis* communities, Shanxi(山西翅果油树群落优势种群分布格局研究)[J]. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), 24(5): 590—594
- Zhang ZG(张治国), Wang RQ(王仁卿). 2000. Study on *Camellia japonica* population size structure and spatial pattern(中国分布北界的山茶(*Camellia japonica*)种群大小结构和空间格局分析)[J]. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), 24(1): 118—122
- Zhang WY(张炜银), Li MG(李鸣光), Liang SC(梁士楚), et al. 2003. Study on distribution pattern of *Mikania micrantha* population(外来杂草微甘菊种群分布格局研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), 23(4): 303—306