

金华北山常绿阔叶林群落结构 及优势乔木树种更新类型

邱志军^{1,2}, 刘鹏^{1,2*}, 刘春生^{1,2}, 高建国^{1,2}

(1. 浙江师范大学生态研究所, 浙江金华 321004; 2. 浙江师范大学植物学实验室, 浙江金华 321004)

摘要: 以金华北山常绿阔叶林为对象, 对群落的结构特征和优势乔木树种的更新进行调查研究。根据调查统计, 群落共有维管植物 66 科 115 属 144 种, 木本植物中的常绿阔叶树种以壳斗科、樟科、山茶科为主, 达到 62.96%, 体现了亚热带常绿阔叶林的特点。该群落可划分为乔木层、灌木层、草本层和层间 4 个层次, 其物种多样性表现出灌木层 > 乔木层 > 层间 > 草本层的特点。根据径级频率分布形状, 将各树种的种群结构归纳为 4 种类型, 并结合各种群的生物学和生态学特性, 分别讨论其更新类型, 同时对群落所处的演替阶段进行诊断。结果为: (1) 群落的建群种为木荷、苦槠, 枫香、马尾松等也占有一定优势。(2) 种群结构为逆-J 字型的木荷、苦槠、香樟, 耐荫性强, 可以通过实生和萌生两种方式实现种群的更新, 是顶极群落的优势种; L 型的榿木、女贞、格药桉等均为常绿阔叶小乔木或者大灌木, 是顶极群落亚乔木层和灌木层的主要组成种; 间歇型的枫香、麻栎、锥栗等, 种群结构具有机会性和波动性, 体现出顶级性先锋种的特性; 纺锤型的白栎、马尾松和杉木为高大阳性树种, 是演替序列中的先锋种, 在此群落中种群更新不足, 已表现出衰退的迹象。(3) 该群落正处于顶级演替的前期, 并未达到最终阶段, 将进一步向以木荷、苦槠为优势种的方向发展。

关键词: 常绿阔叶林; 群落结构; 更新类型; 演替

中图分类号: Q948.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2010)05-0629-07

Community structure and regeneration types of dominant species in an evergreen broad-leaved forest in Mount Beishan of Jinhua, China

QIU Zhi-Jun^{1,2}, LIU Peng^{1,2*}, LIU Chun-Sheng^{1,2}, GAO Jian-Guo^{1,2}

(1. Institute of Ecology, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China; 2. Laboratory of Biological Science, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China)

Abstract: This study was carried out in the evergreen broad-leaved forest of Mount Beishan of Jinhua. The community structure and dominant species of the forest were analysed in this paper. The results showed that there were 100 species, 67 genera and 31 families of vascular plants. The evergreen broad-leaved trees in woody plants were mainly composed of Fagaceae, Theaceae and Lauraceae, which accounted for 62.96%. And the structure incarnated the characteristics of the evergreen broad-leaved forest. The species diversity of four layers in the forest was analysed, and the result was shrub layer > tree layer > inter layer > herb layer. The population structures of the different tree species were categorized into four regeneration types based on their size-class frequency distribution patterns. After that, combining the biological with ecological characteristics of that species, the diagnosis of succession stage of this com-

收稿日期: 2009-12-07 修回日期: 2010-08-31

基金项目: 浙江省自然科学基金(399277, Y509339); 金华市科技重点项目(2005-1-318)[Supported by Natural Science Foundation of Zhejiang Province (399277, Y509339); the Science Technology Item of Jinhua City(2005-1-318)]

作者简介: 邱志军(1984-), 男, 山东潍坊人, 硕士研究生, 专业方向为植物生态学, (E-mail)dahai2004211148@163.com.

* 通讯作者 (Author for correspondence, E-mail, sky79@zjnu.cn)

munity was carried out. Important findings were obtained: (1) The constructive species of this community were *Schima superba* and *Castanopsis sclerophylla*, furthermore, *Liquidambar formosana* and *Pinus massoniana* also holded important dominance. (2) Inverse-J type species, such as *Schima superba*, *Castanopsis sclerophylla* and *Cinnamomum camphora*, were strong shade-tolerant and dominant species in climax forest, they could regenerate through seedling bank or sprouting under the closed forest canopy; L type species, such as *Loropetalum chinensis*, *Ligustrum lucidum* and *Eurya muricata*, were broad-leaved evergreen small trees or large shrubs, and they were the main components of upper tree layer and shrub layer species in climax community; Sporadic(multimodal) type species, such as *Liquidambar formosana*, *Quercus acutissima* and *Castanea henryi*, had the opportunity and volatility to the population structure, reflecting the characteristics of top pioneer species; Spindle type species, such as *Quercus fabri*, *Pinus massoniana* and *Cunninghamia lanceolata*, were high positive and the pioneer species in the successional sequence, but they had showed a recessionary signs because of the lack of updated population in the community; (3) The successional stage of the forest was classified as a late seral stage community that would develop into a climax community dominated by *Schima superba* and *Castanopsis sclerophylla*.

Key words: evergreen broad-leaved forest; community structure; regeneration type; succession

群落结构是群落中的所有种类及其个体在时间和空间上的配置状况。森林群落结构是群落生态学研究的基础。种群是构成群落的基本单位,其结构不仅对群落结构有直接影响,而且能客观地体现群落的发展趋势。研究森林群落的结构和更新机制对于阐明种群的生态特性、更新对策、群落演替趋势及稳定性等都具有重要意义(刘济明,2000;何恒斌等,2006;达良俊等,2004)。

常绿阔叶林作为亚热带地区的地带性植被群落,在保护区域生态环境、维持全球性碳循环的平衡和人类的持续发展等方面都具有极其重要的作用。因此,对常绿阔叶林的研究一直是生态学的热点。近年来,关于亚热带常绿阔叶林群落的结构特征及种群更新等方面的研究已有较多报道(达良俊等,2004;徐学红等,2005;刘鹏等,2007),而有关金华北山常绿阔叶林植物群落结构特征等方面的专门研究却尚未开展。本研究旨在通过对金华北山常绿阔叶林群落结构及其优势种更新情况的研究,希望能够为认识金华北山常绿阔叶林的组成特征、种群动态及演替趋势等方面提供一定的基础资料,以便进一步研究常绿阔叶林的动态过程及其适应机理,为该区域常绿阔叶林的合理保护提供依据。

1 研究地概况

金华北山是双龙洞国家级风景区所在地,位于29°13' N,118°52' E,主峰大盘尖海拔1 312 m。全区以流纹岩为主,局部为裸露的石灰岩。土壤以中亚热带山地红、黄壤为主,pH5.0~6.5,红壤主要分

布在海拔500 m以下的地段,黄壤主要分布在海拔500~1 000 m之间的地段,海拔1 000 m以上的地段分布着山黄泥土或山香灰土。北山属亚热带湿润季风气候,年平均降雨量为1 500~1 800 mm,年平均气温15.1℃,7月均温26.4℃,1月均温3.6℃,极端最高温41.3℃,极端最低温-9.5℃。在植被划分上属中亚热带北缘的常绿阔叶林区,北坡仅有次生灌丛分布,南坡的植物基带为常绿阔叶林。此外,本区系内还有人工栽培的杉木(*Cunninghamia lanceolata*)林和毛竹(*Phyllostachys heterocycla*)林等(郑祥等,2005;郭水良,1998;郭水良等,1993)。

2 研究方法

2.1 样地调查

在对金华北山常绿阔叶林进行多次实地考察的基础上,采用标准样地设置法,选取15个面积为20 m×20 m的样地。记录各样地的海拔、坡度等生境条件(表1)。以每个样方两边为坐标,测定每株植物的相对坐标(x,y)。对乔木植物进行逐木调查,记录种名、胸径、高度、冠幅和盖度等;在样地内设5 m×5 m样方5个(中央及四角),记录样方内灌木、草本、层间植物的种名、株数(丛数)、高度、盖度等。

2.2 数据处理

分别计算乔木、灌木及草本、层间植物的重要值。其计算公式为:乔木重要值=(相对密度+相对频度+相对显著度)/3;灌木、草本及层间植物重要值=(相对密度+相对频度+相对盖度)/3;群落多样性的测度选用丰富度指数(S)、均匀度指数和物

种多样性指数 3 类(马克平等, 1995; Pielou, 1975; Whittaker, 1972), 计算公式为: (1) 物种丰富度指数, S ; (2) Shannon-Wiener 指数, $H' = -\sum P_i \ln P_i$; (3) Simpson 指数, $D = 1/\sum P_i^2$; (4) Pielou 均匀度指数,

$Jsw = -\sum P_i \ln P_i / \ln S$, $Jsi = (1 - \sum P_i^2) / (1 - 1/S)$ 。式中, S 为样地中的物种总数; P_i 为种 i 的相对重要值。

由于植物个体数目计数困难, 本文采用重要值进行物种多样性指数的计算(Alatalo, 1981)。

表 1 各样地基本情况

Table 1 The basic situation of 15 plots

样地号 No. of plot	海拔 (m) Altitude	坡度 (°) Slope angle	坡向 Aspect	坡位 Slope position	郁闭度 (%) Canopy coverage	群落优势种 Dominant species of community
Q1	500	45	NW10°	上	85	木荷, 锥栗
Q2	470	35	WN15°	中	75	木荷, 枫香
Q3	370	50	NE10°	下	80	木荷, 苦槠, 枫香
Q4	380	45	NE15°	下	85	木荷, 苦槠
Q5	490	50	WN10°	中	75	木荷
Q6	440	40	NE15°	下	75	木荷, 苦槠, 锥栗
Q7	400	10	WN10°	中	70	木荷, 苦槠, 马尾松
Q8	400	25	WN20°	中	75	木荷, 苦槠, 马尾松
Q9	430	10	NW25°	上	70	木荷, 苦槠, 麻栎
Q10	430	60	WN40°	中	75	木荷, 苦槠, 枫香
Q11	410	45	WN40°	中	80	木荷, 苦槠, 麻栎
Q12	370	35	NE15°	下	75	木荷, 苦槠, 麻栎
Q13	420	15	WN10°	中	70	木荷, 苦槠
Q14	400	45	NW15°	下	75	木荷, 苦槠, 香樟
Q15	360	60	NE25°	下	85	木荷, 苦槠, 香樟

2.3 高度级和径级划分

根据金华北山常绿阔叶林各个植物种群的生长特点以及查阅相关资料(达良俊等, 2004), 划分为 12 个等级, 第 1 高度级为 0~2 m, 每个等级间隔 2 m, 最大高度级为 22~24 m。在进行种群年龄结构分析时, 由于个体年龄常难于确定, 故采用空间代替时间的方法, 即用立木径级代替年龄(钟章成, 1988; 张光富, 2001)。将胸径级划分为 10 个等级, 第一径级为 0~5 cm, 每个等级间隔 5 cm, 最大径级为 45~50 cm。

3 结果与分析

3.1 群落物种组成

通过对 15 个面积为 20 m×20 m, 合计 6 000 m² 的样地调查结果统计, 金华北山常绿阔叶林共有维管植物 66 科 115 属 144 种, 其中蕨类植物 8 种, 隶属于 6 科 8 属; 裸子植物 2 科 2 属 2 种; 被子植物 58 科 105 属 134 种(其中双子叶植物 52 科 90 属 118 种; 单子叶植物 6 科 15 属 16 种)。整个群落分为四个层次, 其中乔木层植物 49 种、灌木层植物 84 种、草本层植物有 26 种、层间植物 34 种。蕨类植物中除了海金沙(*Lygodium japonicum*)为草质藤本

外, 其余全是直立草本; 裸子植物为杉木和马尾松(*Pinus massoniana*), 在乔木层和灌木层所占比例很小, 分别为 4.08% 和 2.38%; 单子叶植物在草本层中最多, 占该层次总数的 38.46%。双子叶植物在各个层次中都占有很大优势, 分别为 95.92%、94.05%、34.62% 和 88.24%。

从 81 种木本植物的生活型区分来看, 群落中共出现针叶树种 2 种, 常绿阔叶树种 51 种, 落叶阔叶树种 28 种。针叶树种为阳性的马尾松和人工种植引入的杉木; 常绿阔叶树种以壳斗科、樟科、山茶科的树种为主, 占总种数的 62.96%, 壳斗科有苦槠(*Castanopsis sclerophylla*)、石栎(*Lithocarpus glabra*)、青冈栎(*Cyclobalanopsis glauca*)等; 樟科有香樟(*Cinnamomum camphora*)、山胡椒(*Lindera glauca*)、紫楠(*Phoebe shearereri*)等; 山茶科有木荷(*Schima superba*)、格药柃(*Eurya muricata*)、连蕊茶(*Camellia cuspidata*)等; 落叶树种占总数的 34.57%, 主要有阳性高大乔木及林下的小灌木, 如枫香(*Liquidambar formosana*)、麻栎(*Quercus acutissima*)、胡枝子(*Lespedeza bicolor*)、绣球(*Hydrangea macrophylla*)等。

3.2 群落的垂直结构

植株的高度级频率分布反映了树种在森林中的

各种特征(如耐荫性、更新类型等)以及群落的分层结构(Ohsawa等,1999)。由图1看出,林木层可以分为4层,由下至上分别为灌木层(0~2 m)、乔木下层(2~6 m)、乔木中层(6~14 m)和乔木上层(14~18 m)。灌木层个体数量最多,主要有杜鹃花科的马银花(*Rhododendron ovatum*),樟科的乌药(*Lindera aggregata*),山茶科的格药铃、连蕊茶,山矾科的山矾(*Symplocos sumuntia*)等灌木以及木荷、苦槠等乔木的幼苗和幼树组成。乔木下层高度

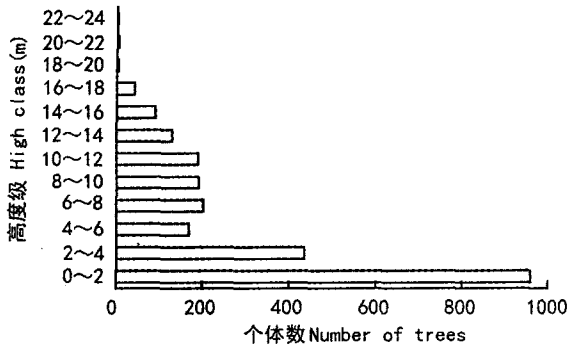


图1 样地中全部种类的高度频率分布图

Fig. 1 Height class frequency distribution for all the tree species in the community

级的顶点在2~4 m,主要由金缕梅科的榿木(*Loropetalum chinensis*),五加科的槲木(*Aralia chinensis*),樟科的山胡椒等树种组成。乔木中层个体高度级的顶点在10~12 m,主要由木荷、香樟、苦槠组成。乔木上层为林冠层,个体高度级的顶点在14~16 m,主要由木荷、苦槠等组成。在林冠层之上还存在由马尾松、枫香、麻栎、青冈栎等构成的不连续的超高层。

3.3 群落物种多样性

在中亚热带常绿阔叶林中,乔木层占有最大的生物量和空间,其他层次相对较小,但其物种多样性则表现为不同的趋势。表2为金华北山常绿阔叶林各个层次物种多样性的变化。由表可知 Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数以及 Pielou 均匀度指数的变化趋势相同,均为灌木层>乔木层>层间>草本层。从 LSD 显著性检验结果来看,乔木层和灌木层之间,除 J_{sw} 指数存在显著差异($P<0.05$)外,其他指数差异不显著($P>0.05$);草本层和层间除 Simpson 指数存在显著差异($P<0.05$)外,其他指数间差异也不显著($P>0.05$);除了 J_{sw} 指数中,灌木层与层间显著差异不显著($P>0.05$)外,其他指数

表2 群落各层次物种多样性

Table 2 Species diversity of all layers in the community

层次 Layer	S	H'	D	J_{sw}	J_{si}
乔木层 Tree layer	49	2.366±0.067a	0.856±0.013a	0.837±0.014a	0.911±0.013a
灌木层 Shrub layer	84	2.385±0.025a	0.862±0.003a	0.891±0.008b	0.923±0.006a
草本层 Herb layer	26	0.905±0.029b	0.532±0.015b	0.815±0.024a	0.848±0.022b
层间 Inter layer	34	0.963±0.055b	0.573±0.020c	0.864±0.025ab	0.854±0.026b

a, b, c 表示不同层次间的差异 ($P<0.05$)。

都表现为乔、灌木层与草本层和层间存在显著差异($P<0.05$)。总体看,显著性检验表明了该群落的物种多样性特点,即灌木层>乔木层>层间>草本层,乔灌木层的物种多样性高于草本层和层间。

3.4 优势种群年龄结构分析

对群落内的优势乔木树种进行了统计(表3),由结果可知,木荷和苦槠是金华北山常绿阔叶林的优势树种,重要值达到23.377和17.951,同时,它们也是中亚常绿阔叶林的建群树种。枫香和马尾松在群落中也具有一定地位,重要值分别为7.381和6.880,但远小于木荷与苦槠。居于前15位的树种总的重要值达到了86.86%,它们对群落的演替有主要的作用。

种群年龄结构是种群内不同年龄个体数量的分

布情况,能体现各个树种的更新类型,进而推测整个群落的变化趋势。根据15个优势树种的径级频率分布形状(图2),可分为以下结构类型:(1)逆-J字型也称双峰型,代表树种为木荷、苦槠、香樟三种常绿乔木树种。个体径级分布为连续分布,并且在小径级处和大径级处各呈现出一个峰。该类型结构在小径级处后续个体较多,从种群的发展趋势看属于稳定型。(2)L型的树种是榿木、女贞(*Ligustrum lucidum*)、乌饭树(*Vaccinium bracteatum*)、山矾、格药铃。此类树种一般为常绿阔叶林中的亚乔木,径级分布呈连续分布,个体集中于小径阶处,无大径级个体,从种群的发展趋势看为成长类型。(3)间歇型也称多峰型,代表树种为枫香、麻栎、锥栗(*Castanea henryi*)、青冈栎。这些树种在群落中数量相对

较少,并且多为成年个体,径级频率分布存在不连续现象,有多个单峰出现,种群发展趋势呈现间歇性。(4)纺锤型树种是白栎(*Quercus fabri*)、马尾松、杉木。此类型小径级和大径级个体较少,个体主要集中在中等径级处,从种群的发展趋势看属于衰退型。

表 3 群落优势乔木树种的重要值

Table 3 Importance values of dominant species in the community

序号 No.	种类 Species	相对频度 Relative frequency	相对密度 Relative density	相对显著度 Relative dominance	重要值(%) Important value
1	木荷	0.102	0.328	0.272	23.377
2	苦槠	0.102	0.181	0.256	17.951
3	枫香	0.088	0.044	0.090	7.381
4	马尾松	0.075	0.040	0.091	6.880
5	格药柃	0.076	0.042	0.003	4.010
6	麻栎	0.029	0.022	0.059	3.655
7	香樟	0.037	0.037	0.036	3.654
8	杉木	0.064	0.023	0.014	3.367
9	榿木	0.055	0.040	0.003	3.287
10	山矾	0.053	0.031	0.002	2.844
11	乌饭树	0.054	0.020	0.002	2.529
12	青冈栎	0.021	0.011	0.038	2.338
13	白栎	0.035	0.015	0.018	2.277
14	锥栗	0.010	0.015	0.042	2.239
15	女贞	0.012	0.017	0.003	1.071

4 结论与讨论

金华北山常绿阔叶林群落可分为四个层次,其中乔木层植物 49 种、灌木层植物 84 种、草本层植物有 26 种、层间植物 34 种。在调查的 81 种木本植物中常绿阔叶树种 51 种,占总数的 62.96%,落叶阔叶乔木相对较少,但也达到了 28 种。对重要值的分析可知,群落的建群树种为木荷、苦槠、枫香和马尾松,它们都是亚热带地区植被的典型代表,反映出群落的基本面貌,体现了亚热带常绿阔叶林的特点。

物种多样性作为测定群落组成结构的重要指标(Magurran, 1988),对深入了解群落的组成、结构、功能、演替动态和群落的稳定性具有重要意义(刘琪憬等, 2005)。该群落各层次物种多样性表现出灌木层 > 乔木层 > 层间 > 草本层的趋势。这是由于在此群落中,乔木层和灌木层不仅数量较多而且分布均匀,因而造成了乔木层和灌木层的生物多样性指数和均匀度指数都大于草本层和层间;灌木层包含了所有乔木层树种的幼树和幼苗,使得灌木层的个体数量和物种数都远大于乔木层;由于林内郁闭度大,

草本植物种类较少,且主要分布在透光的林隙处,荫蔽处仅为几种耐阴的蕨类植物,分布不均匀;而且由于藤本植物的生长特性,使得 2008 年雪灾产生的很多林隙为层间的藤本植物所覆盖,草本层植物生长受到抑制,这都造成了草本层物种多样性小于层间。贺金生等(1998)的研究结果也显示:亚热带常绿阔叶林中,林冠下能够容纳较多的物种,具有较高的物种多样性。群落中乔木树种高度大都处于 6~14 m 之间,位于乔木上层的个体相对较少,乔木下层个体较多,这与群落的物种组成和所处的演替阶段有关。虽然群落中的灌木层发育良好,种类丰富而且含有大量乔木幼树,但是乔木层中的木荷、苦槠等建群树种大多处于发育阶段,高层个体数量比例还是太少。由此可见此群落更新良好,正处于某个演替阶段的前期。彭少麟(1996)的研究认为,一个较成熟的群落往往具有较高的物种多样性和较高的均匀度。

树种的种群结构类型能够反映种群在群落中所处的地位和作用,以及在群落演替过程中的发展变化趋势。因此根据种群结构类型的特征,可确定各树种的更新类型并推测群落的变化趋势(何恒斌等, 2006; 达良俊等, 2004)。逆-J 字型的木荷、苦槠、香樟,都是耐阴性强的常绿阔叶乔木,群落中除有成熟的大径个体外,林下还有大量的幼树和幼苗存在。同时,由于这些种类又有很强的萌生能力,一部分的更新个体为大径个体的根萌生枝,在受干扰主干枯损后可通过萌生枝进行更新。因此,逆-J 字型的种类在群落中有实生和萌生两种更新方式来维持种群的稳定,这与亚热带常绿阔叶林优势种的青冈(蔡飞等, 1997)、甜槠(金则新, 1999)相似,其生态习性和种群结构也非常相近。因此,逆-J 字型的木荷、苦槠、香樟是该区亚热带常绿阔叶林顶极群落的优势种和主要组成种。L 型的榿木、女贞、乌饭树、山矾、格药柃等均为常绿阔叶小乔木或者大灌木,耐阴性强,小径级个体数量较多,种群结构稳定,是顶极群落亚乔木层和灌木层的主要组成种。

间歇型的枫香、麻栎、锥栗、青冈栎,是主要的林冠层构成种,种群结构波动性大。从生态特性方面看,这些树种都是喜光性树种,耐阴性差,经常出现在林窗内或林缘部,更新具有机会性和波动性特征。通过调查分析发现,这些树种中很多个体巨大,寿命可达数百年,并已经延续至顶极群落成为优势种。因此,大多间歇型树种常被认为是林冠组成种中尚未分化完全的顶级性先锋种(Da & Ohsawa, 1992)。

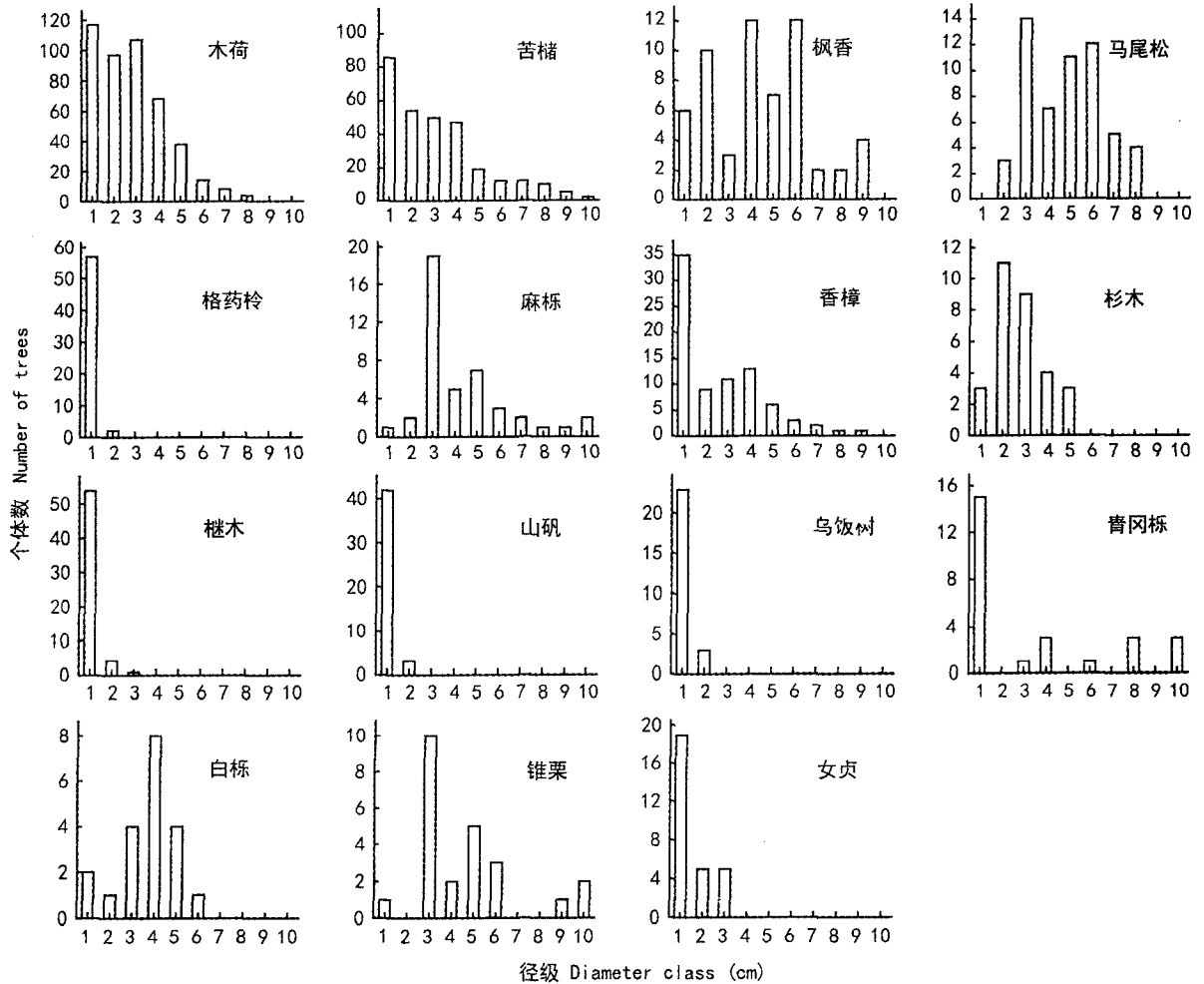


图 2 各种群径级频率分布图

Fig. 2 Diameter class frequency distribution of tree species

纺锤型的白栎、马尾松和杉木虽然分别为落叶和针叶的高大乔木,生活型有所不同,但均为阳性树种,具有相似的生态特性。这些种类在样地内只有少量大胸径个体出现,并构成了群落的高层。其中马尾松是演替先锋阶段的优势种,随着演替的发展被逐渐替代,只有小部分个体残留于超高层,但由于群落内更新个体缺乏,雪灾又造成部分植株的折断死亡,最终将全部从群落中消失。杉木多是由于人工种植而引入,种群生长状况与马尾松相似,而且没有大径级个体。王献溥等(2004)的研究指出,杉木出现在前期演替阶段,随着常绿阔叶树种的发展最终将从群落中消失。白栎为落叶阔叶树种,因耐荫性差,这些种类只有在由单株或数株个体枯死、倒伏所形成的小面积林窗内获得更新机会,但2008年雪灾造成的林窗中多为藤本植物所占据,幼苗无法生

长。因此,纺锤型树种多为先锋种或林窗更新种,在演替后期比较稳定的群落内,将最终衰退消失。

种群特征及其更新类型的研究,是阐明群落主要组成种在群落中的功能地位、演替过程中作用的重要途径,也可成为诊断群落演替阶段的一种方法(达良俊等,2004)。综合本次调查结果,群落优势种木荷、苦槠、香樟为逆-J字型,它们也是我国中亚热带常绿阔叶林的主要优势种。以马尾松为代表的先锋树种,虽然也有一定数量的成年个体,但是出现了死亡的情况,并且多处于林缘或林隙,幼苗缺乏,更新不好。间歇型的枫香、麻栎等树种,其更新是不连续或波动的,表现出的是顶级群落的先锋种的特征。因此,本群落可视为顶级群落(蔡飞等,1997),但只是处于顶级演替的前期,并未达到最终阶段,将进一步向以木荷、苦槠为优势种的方向发展。2008年雪

灾过后导致一些树种的折断和死亡,在后续研究中有必要进一步加强对受损群落特征的研究,以期为本区常绿阔叶林的有效保护及科学管理提供依据。

参考文献:

- 钟章成. 1988. 常绿阔叶林生态学研究[M]. 重庆:西南师范大学出版社:281—296
- 彭少麟. 1996. 南亚热带森林群落生态学[M]. 北京:科学出版社
- Alatalo RV. 1981. Problems in the measurement of evenness in ecology[J]. *Oikos*, **37**:199—204
- Cai F(蔡飞), Chen AL(陈爱丽), Chen QC(陈启瑞). 1997. Study on the structure and dynamics of populations of *Cyclobalanopsis glaucain* Jiande County, Zhejiang Province(浙江建德青冈常绿阔叶林种群结构和动态的研究)[J]. *Fore Res*(林业科学研究), **11**(1):99—106
- Cai F(蔡飞), Song YC(宋永昌). 1997. A study on the structure and dynamics of *Schima superba* population on Wuyi Mountain(武夷山木荷种群结构和动态的研究)[J]. *Acta Phy Sin*(植物生态学报), **21**(2):138—148
- Da LJ, Ohsawa M. 1992. Abandoned pine-plantation succession and influence of pine mass-dieback in the urban landscape of Chiba, Central Japan[J]. *Jap J Ecol*, **42**:81—93
- Da LJ(达良俊), Yang YC(杨永川), Song YC(宋永昌). 2004. Population structure and regeneration types of dominant species in an evergreen broad-leaved forest in Tiantong National Forest Park, Zhejiang Province, eastern China(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)[J]. *Acta Phy Sin*(植物生态学报), **28**(3):376—384
- Guo SL(郭水良). 1998. Study on niche of wood plants in Mount Bei of Jinhua(浙江金华北山木本植物种群生态位研究)[J]. *Bul Bot Res*(植物研究), **18**(3):311—320
- Guo SL(郭水良), Liu P(刘鹏), Chen G(陈刚), et al. 1993. Observations on the vegetation of Mount Bei of Jinhua in Zhejiang Province(浙江金华北山植物区系及植被)[J]. *J Zhejiang Nor Univ: Nat Sci Edi*(浙江师范大学学报·自然科学版), **16**(2):59—67
- He HB(何恒斌), Zhang HJ(张惠娟), Jia GX(贾桂霞). 2006. Population structure and spatial distribution pattern of *Ammopiptanthus mongolicus* in Dengkou County(磴口县沙冬青种群结构和空间分布格局的研究)[J]. *Sci Silv Sin*(林业科学), **42**(10):13—18
- He JS(贺金生), Chen WL(陈伟烈), Li LH(李凌浩). 1998. Community diversity of the main types of the evergreen broad-leaved forest in the eastern part of the middle subtropical China(中国中亚热带东部常绿阔叶林主要类型的群落多样性特征)[J]. *Acta Phy Sin*(植物生态学报), **22**(4):303—311
- Jin ZX(金则新). 1999. Studies of population and dynamics of *Castanopsis eyrei* at Tiantai Mountain of Zhejiang Province(浙
- 江天台山甜槠种群结构与动态)[J]. *Chin J Ecol*(生态学杂志), **18**(6):10—15
- Liu JM(刘济明). 2000. The reproductive and regenerative countermeasures of the main woody species in Maolan karst forest(茂兰喀斯特森林主要树种的繁育更新对策)[J]. *Sci Silv Sin*(林业科学), **3**(5):114—122
- Liu P(刘鹏), Kang HJ(康华靖), Chen ZL(陈子林), et al. 2007. The community features of evergreen broad-leaved forest and the population dynamics of dominant species in Liushitian Nature Reserve of Zhejiang Province(浙江六十田自然保护区常绿阔叶林群落特征及优势乔木种的动态)[J]. *J Zhejiang Nor Univ: Nat Sci*(浙江师范大学学报·自然科学版), **30**(2):128—134
- Liu QJ(刘琪憬), Hu LL(胡理乐), Li XR(李轩然). 2005. Plant diversity in Qianyangzhou after 20 years of small watershed treatment(小流域治理 20 年后的千烟洲植物多样性)[J]. *Acta Phy Sin*(植物生态学报), **29**(5):766—774
- Ohsawa M, Wildpret W, Arco M del. 1999. A comparative study on evergreen broad-leaved forests and trees of the Cannary Islands and Japan[J]. *Chiba Lab Ecol Chiba Univ*, 67—87
- Pielou EC. 1975. Ecological diversity[M]. New York: John Wiley & Sons
- Ma KP(马克平), Huang JH(黄建辉), Yu SL(于顺利), et al. 1995. Plant community diversity in Dongling Mountain, Beijing, China(北京东灵山地区植物群落多样性的研究)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **15**(3):268—277
- Wang XP(王献溥), Guo K(郭柯), Tian XZ(田新智). 2004. Classification, distribution and succession of *Cunninghamia lanceolata* forests in Guangxi, China(广西杉木林的分类、分布和演替)[J]. *J Plant Res Environ*(植物资源与环境学报), **13**(1):43—47
- Whittaker RH. 1972. Evolution and measurement of species diversity[J]. *Taxon*, **21**:213—251
- Xu XH(徐学红), Yu MJ(于明坚), Hu ZH(胡正华), et al. 2005. The structure and dynamics of *Castanopsis eyrei* population in Gutian Mountain Natural Reserve in Zhejiang, East China(浙江古田山自然保护区甜槠种群结构与动态)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **25**(3):645—643
- Zhang GF(张光富). 2001. Studies on the age structure and spatial pattern of dominant populations from Tiantong shrub community in Zhejiang Province. (浙江天童灌丛群落中优势种群的年龄结构和分布格局)[J]. *J Wuban Bot Res*(武汉植物学研究), **19**(8):233—240
- Zheng X(郑祥), Bao YX(鲍毅新), Kong JM(孔军苗), et al. 2005. Soil macrofauna in broadleaf forest in Mountain Bei of Jinhua(金华北山阔叶林大型土壤动物群落的初步研究)[J]. *Soils*(土壤), **37**(5):545—550