神农架地区米心水青冈-曼青冈群落 的结构与格局研究

张 谧 熊高明 赵常明 陈志刚 谢宗强*

(中国科学院植物研究所植被数量生态学重点实验室, 北京 100093)

摘 要 米心水青冈(*Fagus engleriana*)-曼青冈(*Cyclobalanopsis oxyodon*)常绿落叶阔叶混交群落是神农架山地植被垂直带谱的重要类型。通过分析乔木层结构及优势种的分布格局, 探讨群落的特点及动态。结果表明, 群落乔木层可分为 3 个亚层: 第一亚层落叶阔叶树种占优势, 优势树种为米心水青冈; 第二及第三亚层以常绿树种为主, 优势种为曼青冈。应用偏离指数、Lloyd 的平均拥挤度和聚块性指数及 Morisita 指数, 在 8 个尺度下对米心水青冈及曼青冈两种优势树种进行格局分析, 发现两者总体上均为聚集分布, 米心水青冈的聚集强度高于曼青冈。按 1 ~ 4 cm, 4 ~ 8 cm 及 8 cm 以上 3 个径级对曼青冈分布格局进行比较, 各径级间聚集强度相似, 没有自疏现象。由于米心水青冈及曼青冈占据乔木层不同的高度, 且均不缺乏更新贮备, 因此形成稳定共存的群落。

关键词 群落结构 稳定性 分布指数 神农架

THE STRUCTURES AND PATTERNS OF A *FAGUS ENGLERIANA*- *CYCLOBALANOPSIS OXYODON* COMMUNITY IN SHENNONGJIA AREA, HUBEI PROVINCE

ZHANG Mi XIONG Gao-Ming ZHAO Chang-Ming CHEN Zhi-Gang and XIE Zong-Qiang*

(Laboratory of Quantitative Vegetation Ecology, Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China)

Abstract Beeches are important constructive species in humid temperate forests in the Northern Hemisphere. China contains rich species of genus *Fagus*, 5 out of the 11 distributed in the country. Although there were many reports about *Fagus* in China, most of them referred to the south of the *Fagus* distribution region, and specifically to *F. lucida*. In this paper, we examined the size class structure and distribution pattern of a deciduous and evergreen mixed beech forest dominated by *F. engleriana* and *Cyclobalanopsis oxyodon* to discuss the relationship of the two species, and the community dynamic.

The research plot was located in Shennongjia area of Hubei province (31°19'04" N, 110°29'44" E), which was in the northern part of the *Fagus* distribution region. This area crosses the mid-subtropical and north-subtropical zones of China, and is also a transition area of landform. The unique geographic position causes its particular plant species diversity and antiquity. Beech community is an important type of mountain forest in the local vegetation. *F. engleriana*, *F. longipetiolata* and *F. lucida* are all distributed there, and *F. engleriana* is the most common species.

The 0.96 hm² permanence plot was established in 2001, and was divided into 384 subplots. All the stems over 1 cm in DBH were identified, measured, tagged, and mapped.

The community consisted of 46 woody plant species, belonging to 22 families and 27 genera. The dominant families were Fagaceae, Aceraceae, Ericaceae, Cornaceae and Rosaceae. The tree layer could be divided into three sub-layers. In the first layer, deciduous trees made up 80.7% of the layer, and evergreen species were 19.3%; dominant species were *Fagus engleriana* and *Cyclobalanopsis oxyodon*. In the second and third layers, evergreen species increased from 55.9% to 80.5%. *C. oxyodon* and *Rhododendron hypoglaucum* were dominant species.

The size-class distribution of *Fagus engleriana* and *Cyclobalanopsis oxyodon* showed positive pyramidal type, which indicated that both species had rich sapling banks and regenerated well. Three hundred and fourteen stems including 289 sprouting ones were counted for *Fagus engleriana* in the 0.96 hm² plot. The sprouting stems were 90.8% of the total stems, and some researches showed sprouting could be the major method of recruitment of the population. *C. oxyodon* had 1 576 stems, 74.6% sprouting. Although sprouting was a

收稿日期: 2002-10-10 接受日期: 2003-05-13

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向课题(KSCX2-SW-109, KSCX2-SW-104-04)

感谢中国科学院神农架生物多样性定位研究站的大力协助

* 通讯作者 Author for correspondence E-mail: xie@ns.ibcas.ac.cn

large part of the stems, *C. oxyodon* was mainly regenerated by seed.

Distribution patterns were analyzed using David and Moore's index, Lloyd's index and Mosisita index in plot sizes of 1 m × 1 m, 3 m × 3 m, 5 m × 5 m, 7 m × 7 m, 9 m × 9 m, 11 m × 11 m, 13 m × 13 m, and 15 m × 15 m. The *Cyclobalanopsis oxyodon* population was divided into three size classes as *DBH* 1–4 cm, *DBH* 4–8 cm and *DBH* > 8 cm. The distributions of all of these classes were clumped. This may be because the life span of *C. oxyodon* was so short that no self-thinning happened during this period. The distribution pattern of *F. engleriana* was also clumped. The possible reasons were: 1) the recruitment of *F. engleriana* needed open canopies. The pattern in fact showed the disturbance history. 2) compared with other beech forests, this community had not reached maturity. In this stage of succession the distribution pattern was clumped. 3) the distribution could be influenced by topography. The slope of the plot is 49.5 degree on average. This could highly affect seed distribution, and so also affect the pattern of the population.

The studied *Fagus engleriana*-*Cyclobalanopsis oxyodon* community had rich species diversity and clear structure. Although *C. oxyodon* was the most important species in the community, it was not a canopy tree at this elevation. So *F. engleriana* was the constructive species and *C. oxyodon* was a co-dominator. The two species both had sufficient regeneration storage that the community could exist stably.

Key words Community structure, Stabilization, Dispersion index, Shennongjia

水青冈属 (*Fagus*) 植物是北半球温带森林重要的建群种 (吴征镒, 1980)。我国是该属植物种类最为丰富的国家, 共有 5 种, 主要分布在青藏高原以东、秦岭淮河以南的广大地区, 是亚热带常绿阔叶林区域重要的山地植被类型 (张永田等, 1988; Cao *et al.*, 1995; 王献溥等, 1996)。我国水青冈林引起了国内外生态学家的广泛关注, 有关研究涉及水青冈林的地理分布、群落结构与动态、更新过程等多个方面 (王献溥等, 1965; Cao *et al.*, 1995; 贺金生等, 1998), 研究主要集中在亚热带常绿阔叶林区域的中、南部, 如贵州、广西及浙江等地, 多以亮叶水青冈 (*F. lucida*) 林为主, 对于该种分布区的北部, 即安徽、湖北和四川等地的水青冈林的研究相对较少。

神农架地区位于我国湖北省西北部, 地处中亚热带与北亚热带的交错带, 也是我国中部山地与东部丘陵低山区的过渡地带, 独特的地理位置导致了这里植物物种的丰富性与古老性, 是我国生物多样性保护关键区域之一 (应俊生等, 1979; 中国生物多样性国情研究报告编写组, 1998; 应俊生, 2001)。该地区山地植被垂直带谱完整, 地带性显著, 由低海拔到高海拔依次分布有常绿阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、针阔混交林、针叶林及杜鹃 (*Rhododendron* sp.)-箭竹 (*Sinarundinaria nitida*) 灌丛 (中国科学院武汉植物研究所, 1980; 陈灵芝等, 1999)。米心水青冈 (*F. engleriana*)、亮叶水青冈及长柄水青冈 (*F. longipetiolata*) 在这里都有分布, 面积较大的为米心水青冈林。与亚热带南部地区相比这里冬季气候较为寒冷干燥, 以米心水青冈为主的水青冈林多分布在地带性常绿阔叶林之上, 形成常绿落叶阔叶混交林及落叶阔叶混交林等不同类型 (吴征镒, 1980; 王

献溥等, 1996; 贺金生, 1998), 米心水青冈-曼青冈 (*Cyclobalanopsis oxyodon*) 常绿落叶阔叶混交群落是其中一种重要的类型, 也是神农架地区山地植被垂直带谱的重要组成部分。

种群空间分布格局是生物群落中各种内外因素相互作用最直接的反应, 它是了解种群特征、种间关系以及种群与环境关系的重要手段 (Connell, 1963; Greig-Smith, 1983)。现代群落学认为群落是空间上异质、时间上变化的镶嵌体 (Watt, 1947; Whittaker & Levin, 1977)。群落中种群的空间格局不仅因种而异, 而且同一种在不同的发育阶段及生境条件下也有明显的差别。研究种群的分布格局不仅可以了解种群的空间分布特点, 更重要的是可阐释种群及群落的动态变化及其成因 (Lamont & Fox, 1981; Diggle, 1981; Dale, 1999)。尺度问题一直是格局分析中十分重要的方面, 不同的样方大小可能得到不同的格局结果。集群性发生的真正尺度可以通过对同一种群进行多次不同样方大小的反复取样来判定 (Pielou, 1969; Kenkel & Podani, 1991)。因此, 本文在多个尺度下分析了群落优势种群的空间分布格局, 结合径级结构及更新状况探讨米心水青冈及曼青冈两种优势树种在群落中的地位及群落的发展趋势。

1 研究地点及方法

1.1 研究地点

研究样地位于湖北省兴山县龙门河国家森林公园 (31°19'04" N, 110°29'44" E), 地理上属神农架南坡。根据松柏镇气象站的气象资料 (海拔 922 m), 该地区年平均气温 12 °C, 年降水量 861 ~ 1 093 mm。

土壤主要为山地黄棕壤,pH 值平均为 5.17。研究样地依照中国科学院森林生物多样性监测规范设立,面积 9 600 m²,海拔 1 681 ~ 1 750 m,平均坡度 49.5°。将样地分为 384 个 5 m×5 m 的小样方进行调查,对胸径 1 cm 以上的乔木每木检尺、挂牌并定位,记录胸径、树高、冠幅;对胸径 1 cm 以下幼苗,测量株高及基径。

1.2 数据处理方法

格局分析可以分为基于距离的分析方法和基于样方的分析方法两类(Pielou, 1969; Lamont & Fox, 1981; Eccles *et al.*, 1999; Dale, 1999)。本文中以样方为基础在多个尺度下进行格局判别。集群性发生的真正尺度可以通过对同一种群进行多次不同样方大小的反复取样来判定(Pielou, 1969),因此选择1 m × 1 m,3 m × 3 m,5 m × 5 m,7 m × 7 m,9 m × 9 m,11 m × 11 m,13 m × 13 m,15 m × 15 m 等 8 个取样尺度进行格局分析,样方数分别为 9 600, 1 040,384,187,104,70,54 和 40 个。

格局判别体现的是种群实生个体的空间特征,因此米心水青冈这类多主干树种以丛株作为计数单位,取各主干坐标的平均值作为丛株的位置。分径级对群落中的优势树种进行格局判别,曼青冈按胸径分为 1 ~ 4 cm(271 株),记为“幼树 I”,4 ~ 8 cm(263 株),记为“幼树 II”,8 cm 以上(200 株),记为“成树”3 个级别;米心水青冈数量较少,不分级共 81 株。

格局分析指标包括:1)偏离指数(方差均值比);2)Lloyd 平均拥挤度和聚块性指数;3)Morisita 指数,计算公式如下:

1)偏离指数(方差均值比, *C*)(David & Moore, 1954)

$$C = \frac{s^2}{\bar{x}}$$

其统计学基础是 Poisson 分布。方差与均值相等(*C* = 1)判定为随机分布;*C* < 1 为均匀分布;*C* > 1 为集群分布。该值的显著性可用 *t* 检验。

$$t = \frac{\frac{s^2}{\bar{x}} - 1}{\sqrt{2/(n-1)}}$$

比较 *t* 与 *t*_{0.05}(*n* - 1)确定其差异显著性。

2)Lloyd(1967)的平均拥挤度(*m*^{*})

$$m^* = \frac{\sum x^2}{\sum x} - 1 = \bar{x} + \frac{s^2 - \bar{x}}{\bar{x}}$$

聚块性指数为 *m*^{*}/*m*,*m* 为样本平均值。平均拥挤度表示每个个体在同一单位中其它个体的平均数,由于针对每个个体,其值依赖于现有的总个体

数。聚块性指数考虑了空间格局本身的性质,并不涉及密度,其值越大,集聚性越强(王伯荪等, 1995)。

3)Morisita 指数(Morisita, 1971)

$$I_{\delta} = \frac{\sum x^2 - \sum x}{(\sum x)^2 - \sum x} \cdot n$$

如果个体是随机分布的, *I*_δ = 1;趋于均匀分布则 *I*_δ < 1;趋于集群分布则 *I*_δ > 1。该方法可用 *F* 检验:

$$F = \frac{I_{\delta}(\sum x - 1) + n - \sum x}{n - 1}$$

分子自由度为 *n* - 1,分母自由度为 ∞。

以上公式中 *n* 为样方数,*x* 为样方中的观测值, $\bar{x}$ 为样方中观测值的平均值,*s*² 为样本方差。

2 研究结果与分析

2.1 米心水青冈群落乔木层的基本组成及结构

调查结果表明,群落乔木层共有高等植物 46 种,分属 22 科 27 属,其中种数较多的科有壳斗科(4 属 9 种)、槭树科(1 属 9 种)、蔷薇科(5 属 6 种)、桦木科(3 属 5 种)及杜鹃花科(2 属 4 种),占全部物种数的 62%。优势树种主要集中在壳斗科、槭树科、杜鹃花科、山茱萸科及蔷薇科等 5 科。

群落乔木层可以分为 3 个亚层(表 1),第一亚层林木高度在 15 m 以上,最高可达 25 m,共有乔木 478 株。其中,落叶阔叶树 386 株,占 80.7%;常绿阔叶树 92 株,占 19.3%。此亚层落叶乔木占绝对优势,米心水青冈数量最多,其它落叶乔木有小叶青皮槭(*Acer cappadocicum*)、香椿(*Toona sinensis*)、血皮槭(*Acer gri-seum*)、锐齿槲栎(*Quercus aliena* var. *acuteserrata*)、华榛(*Corylus chinensis*)、石灰花楸(*Sorbus folgneri*)及灯台树(*Cornus controversa*)等。第二亚层林木高度在 8 ~ 15 m,共 1 282 株。其中常绿树 717 株,占 55.9%,比例明显高于第一亚层。主要树种为曼青冈(*Cyclobalanopsis oxyodon*)、粉白杜鹃(*Rhododendron hypoglaucum*)、石栎(*Lithocarpus glaber*)及巴东栎(*Quercus engleriana*)等。出现在第二亚层的落叶树种有四照花(*Cornus kusa* var. *chinensis*)、三桠乌药(*Lindera obtusiloba*)、水榆花楸(*Sorbus alnifolia*)、鄂椴(*Tilia oliveri*)、栎木(*Cornus macrophylla*)、山白树(*Sinowilsonia henryi*)、鸡爪槭(*Acer palmatum*)、稠李(*Prunus padus*)、南烛(*Lyonia ovalifolia*)及领春木(*Euptelea pleiospermum*)等。第三亚层高度在 4 ~ 6 m,共 549 株。其中,常绿树 442 株占 80.5%,主要树种为曼青冈和粉白杜鹃。

表 1 米心水青冈-曼青冈群落乔木层基本组成
Table 1 The composition of tree layer species in *Fagus engleriana*-*Cyclobalanopsis oxyodon* forest

种名 Species	乔木层 Tree layer				相对密度 Relative density	相对优势度 Relative dominance	相对频度 Relative frequency	重要值 Importance value	幼树(株) Sapling number
	第一亚层 Layer I	第二亚层 Layer II	第三亚层 Layer III	总株数 Total number					
曼青冈 <i>Cyclobalanopsis oxyodon</i>	66	567	299	932	37.40	23.66	81.51	47.53	646
粉白杜鹃 <i>Rhododendron hypoglau-cum</i>	0	81	143	224	10.88	3.21	20.31	11.47	31
米心水青冈 <i>Fagus engleriana</i>	89	124	24	237	3.95	12.91	15.63	10.83	77
四照花 <i>Cornus kusa</i> var. <i>chinensis</i>	0	120	12	132	4.82	2.56	16.41	7.93	21
石栎 <i>Lithocarpus glaber</i>	16	34	6	56	3.18	4.86	14.58	7.54	18
小叶青皮槭 <i>Acer cappadocicum</i>	37	17	4	58	2.21	3.63	10.16	5.33	1
香椿 <i>Toona sinensis</i>	31	10	1	42	2.51	3.50	9.11	5.04	9
三桠乌药 <i>Lindera obtusiloba</i>	18	31	0	49	2.26	1.65	9.64	4.51	3
水榆花楸 <i>Sorbus alnifolia</i>	4	44	4	52	2.21	1.43	9.64	4.42	16
血皮槭 <i>Acer griseum</i>	31	22	1	54	2.00	2.94	8.07	4.34	1
鄂榎 <i>Tilia oliveri</i>	15	14	3	32	1.49	4.04	7.29	4.27	13
楝木 <i>Cornus macrophylla</i>	12	17	6	35	1.59	1.43	8.85	3.96	9
山白树 <i>Sinowilsonia henryi</i>	13	16	0	29	1.69	1.40	7.81	3.63	6
鸡爪槭 <i>Acer palmatum</i>	3	17	3	23	1.54	0.48	6.51	2.84	11
巴尔栎 <i>Quercus engleriana</i>	6	21	10	37	1.39	1.08	5.47	2.64	4
稠李 <i>Padus wilsonii</i>	4	9	1	14	0.92	2.05	4.43	2.47	8
锐齿槲栎 <i>Quercus aliena</i> var. <i>a-cuteserrata</i>	12	1	0	13	0.67	3.59	3.13	2.46	0
南烛 <i>Lyonia ovalifolia</i>	1	27	10	38	1.33	0.69	5.21	2.41	10
领春木 <i>Euptelea pleiosperna</i>	7	27	0	34	1.23	1.18	4.69	2.37	7
化香 <i>Platycarria strobilacea</i>	9	2	3	14	1.03	1.23	4.43	2.23	8
华榛 <i>Corylus chinensis</i>	13	2	0	15	1.08	1.55	3.91	2.18	7
紫茎 <i>Stenuartia sinensis</i>	9	11	4	24	0.92	1.15	4.43	2.17	3
石灰花楸 <i>Sorbus folgneri</i>	16	4	0	20	0.92	1.14	4.17	2.08	1
灯台树 <i>Cornus controversa</i>	6	6	0	12	0.67	1.46	3.65	1.92	3

2.2 米心水青冈及曼青冈的径级结构

种群的年龄结构指不同年龄组的个体在种群内的分配情况,它反映种群过去的更新机会和未来的演化趋势(董鸣,1987)。本次研究用径级代替年龄,分析种群的结构与动态。将胸径≥1 cm 的个体按 4 cm 一级绘制径级分布图(图 1)。米心水青冈共 314 株,其中萌枝数量为 289 株,占总量的 90.8%。尽管米心水青冈实生幼苗在样地中极少(1 cm 以下的实生幼苗 4 800 m² 中仅 3 株),但是其大量的萌枝弥补了更新的不足(图 1)。贺金生等(1999)的研究表明萌枝甚至可以作为米心水青冈主要的更新方式。曼青冈胸径 1 cm 及以上个体共 1 572 株,其中萌枝 1 173 株,占 74.6%。虽然曼青冈萌枝也占较大比例,但其实生幼苗的数量很高(4 800 m² 中胸径 1 cm 以下实生幼苗共 1 016 株),说明曼青冈种子在林下成活率较高,可以通过种子更新。米心水青冈及曼青冈的径级分布均呈正金字塔型(图 1),可以维持种群的更新。

2.3 格局判别

应用偏离指数及 Morisita 指数两种指数对格局判别,曼青冈幼树 I 在 8 个尺度下均为聚集分布。曼青冈幼树 II 在 1 m × 1 m,3 m × 3 m 两个尺度下偏离指数判断为随机分布,Morisita 指数为聚集分布,11 m × 11 m 尺度下两个指数均判别为随机分布,其它尺度均为聚集分布。曼青冈成树及米心水青冈在多个尺度下均为聚集分布。比较两者结果发现偏离指数的值随样方面积的增大而增大,这主要是由于该指数受到种群密度的影响(Pielou,1969),因此偏离指数虽然可以用于格局判别但具体数据参考意义不大。本次研究的样地面积达到了 9 600 m²,大的样地面积保证了格局判别的准确性,多个尺度实际上提供了格局判别最小的适宜尺度。曼青冈 5 m × 5 m 以上(图 2),米心水青冈 9 m × 9 m 以上(图 3)尺度聚集指数值趋向一致,是格局判别的适宜尺度。综合两种指数及判别的适宜尺度,曼青冈 3 个径级及其总体均呈聚集分布(表 2)。各

图1 米心水青冈及曼青冈种群的径级结构图
Fig.1 Size class of *Fagus engleriana* and *Cyclobalanopsis oxyodon* population

图2 曼青冈种群不同径级 Morisita 指数值
Fig.2 The Morisita's index of *Cyclobalanopsis oxyodon* population in different size class

A. 幼树 I (胸径 1~4 cm) Juveniles I (DBH 1~4 cm) B. 幼树 II (胸径 4~8 cm) Juveniles II (DBH 4~8 cm) C. 成树 (胸径 > 8 cm) Adults (DBH > 8 cm) D. 总体 Collectivity

图3 曼青冈及米心水青冈种群 Morisita 指数值
Fig.3 The Morisita's index of *Cyclobalanopsis oxyodon* and *Fagus engleriana* population

D. 曼青冈 *Cyclobalanopsis oxyodon* E. 米心水青冈 *Fagus engleriana*

径级聚集强度差异不大(图 2)。米心水青冈的聚集强度高于曼青冈(图 3)。

3 讨论

米心水青冈及曼青冈种群均呈现聚集分布,但其产生的原因则不尽相同。曼青冈是常绿树种,具

有良好的耐荫性,其幼苗可以在林下更新。我们在群落调查中还发现曼青冈最大胸径只有 27 cm,用生长锥钻取树芯较大的植株往往空心。说明曼青冈的生命周期较短,种群中没有自疏现象,这可能是造成曼青冈聚集分布且各径级之间聚集强度差异不大的主要原因。米心水青冈虽然也具有一定的耐荫性,但其实生幼苗的更新需要林窗等干扰条件的出现(江明喜等, 1995; 吴刚, 1997)。米心水青冈分布较为集中的位置实际上反映了群落的干扰历史。演替阶段不同,种群的分布格局也不同,贺金生(1998)的研究表明林龄在 120 年及 130 年的米心水青冈林为随机分布,本文中的米心水青冈林龄为 106 年,其分布格局可能受到群落发育阶段的影响。另外一个值得注意的因素是地形对种群分布格局的影响,米心水青冈的分布明显受到坡度的影响,即在坡度较大的情况下仍可生长。较高的树高和较大的坡度使得种子下落的位置相对集中,进而影响到了种群的分布格局。

米心水青冈林是神农架山地植物垂直分布的地带性类型(陈灵芝等, 1999),群落具有物种丰富、结构明显等特点。乔木层第一层以米心水青冈为优势树种,落叶阔叶树种占优势,第二及第三亚层则含有大量的常绿成分。对于群落中常绿成分的地位存在两种观点,一种观点将水青冈群落归为落叶阔叶林,认为林内常绿树种及竹类是其与欧洲水青冈林(*Fagus sylvestris*)的主要区别(陈灵芝等, 1999)。另一种观点认为水青冈林是一种落叶、常绿阔叶混交群落(王献溥等, 1965)。在神农架地区,受海拔及坡向的影响米心水青冈林存在不同类型。垂直带上可以分为 3 类:1)米心水青冈纯林,2)米心水青冈与常绿阔叶树种组成的混交群落,3)米心水青冈为伴生树种,出现在其它群落中。在水平方向上,米心水

表 2 曼青冈及米心水青冈种群的格局判定
Table 2 The distribution pattern identification of *Cyclobalanopsis oxyodon* and *Fagus engleriana* population

物种名称 Species	样方边长 Block size (m)	样方数 Number of the block	偏离指数 Coefficient of dispersion				Lloyd 指数 Lloyd's index		Morisita 指数 Morisita's index			
			C	t	t _(0.05)	格局 Pattern	平均拥挤度 Mean crowding (m*)	聚块性指数 Index of patchiness (m*/m)	I _δ	F	F _{0.05}	格局 Pattern
曼青冈幼树 I Juveniles I of <i>Cyclobalanopsis oxyodon</i>	1	9 600	1.13	9.30	1.96	c	0.16	5.76	5.77	1.13	1.00	c
	3	1 040	1.38	8.77	1.96	c	0.64	2.50	2.51	1.38	1.00	c
	5	384	1.57	7.86	1.96	c	1.27	1.80	1.81	1.57	1.00	c
	7	187	1.90	8.67	1.96	c	2.30	1.64	1.64	1.90	1.22	c
	9	104	2.01	7.28	1.98	c	3.22	1.46	1.46	2.01	1.22	c
	11	70	2.71	10.05	1.98	c	5.18	1.49	1.49	2.71	1.32	c
	13	54	2.40	7.20	1.98	c	6.25	1.29	1.28	2.40	1.32	c
	15	40	2.15	5.07	2.02	c	7.42	1.18	1.18	2.15	1.39	c
曼青冈幼树 II Juveniles II of <i>Cyclobalanopsis oxyodon</i>	1	9 600	1.01	0.37	1.96	r	0.03	1.20	1.20	1.01	1.00	c
	3	1 040	1.01	0.28	1.96	r	0.25	1.05	1.05	1.01	1.00	c
	5	384	1.18	2.52	1.96	c	0.84	1.28	1.28	1.18	1.00	c
	7	187	1.28	2.65	1.96	c	1.54	1.22	1.22	1.28	1.22	c
	9	104	1.39	2.81	1.98	c	2.56	1.18	1.18	1.39	1.22	c
	11	70	1.27	1.60	1.98	r	3.43	1.09	1.09	1.27	1.32	r
	13	54	1.77	3.96	1.98	c	5.20	1.17	1.17	1.77	1.32	c
	15	40	1.57	2.50	2.02	c	6.42	1.10	1.09	1.57	1.39	c
曼青冈成树 Adults of <i>Cyclobalanopsis oxyodon</i>	1	9 600	1.05	3.81	1.96	c	0.07	3.81	3.82	1.05	1.00	c
	3	1 040	1.16	3.61	1.96	c	0.34	1.89	1.89	1.16	1.00	c
	5	384	1.35	4.90	1.96	c	0.84	1.72	1.73	1.35	1.00	c
	7	187	1.59	5.67	1.96	c	1.56	1.61	1.61	1.59	1.22	c
	9	104	1.67	4.77	1.98	c	2.20	1.43	1.43	1.67	1.22	c
	11	70	1.95	5.60	1.98	c	3.40	1.39	1.39	1.95	1.32	c
	13	54	1.74	3.79	1.98	c	4.09	1.22	1.22	1.74	1.32	c
	15	40	2.27	5.61	2.02	c	5.72	1.29	1.28	2.27	1.39	c
曼青冈(总体) Collectivity of <i>Cyclobalanopsis oxyodon</i>	1	9 600	1.09	6.57	1.96	c	0.17	2.28	2.28	1.09	1.00	c
	3	1040	1.24	5.57	1.96	c	0.91	1.37	1.37	1.24	1.00	c
	5	384	1.49	6.78	1.96	c	2.34	1.26	1.26	1.49	1.00	c
	7	187	1.71	6.80	1.96	c	4.34	1.19	1.19	1.71	1.22	c
	9	104	1.93	6.68	1.98	c	6.82	1.16	1.16	1.93	1.22	c
	11	70	2.40	8.20	1.98	c	10.45	1.15	1.15	2.40	1.32	c
	13	54	2.59	8.18	1.98	c	14.20	1.13	1.12	2.59	1.32	c
	15	40	2.70	7.49	2.02	c	18.25	1.10	1.10	2.70	1.39	c
米心水青冈 <i>Fagus engleriana</i>	1	9 600	1.15	10.37	1.96	c	0.16	23.46	23.81	1.15	1.00	c
	3	1 040	1.53	12.16	1.96	c	0.60	9.67	9.80	1.53	1.00	c
	5	384	1.68	9.43	1.96	c	0.85	5.09	5.14	1.68	1.00	c
	7	187	1.76	7.34	1.96	c	1.10	3.22	3.25	1.76	1.22	c
	9	104	2.01	7.22	1.98	c	1.59	2.72	2.73	2.01	1.22	c
	11	70	2.15	6.74	1.98	c	1.92	2.49	2.49	2.15	1.32	c
	13	54	2.41	7.27	1.98	c	2.56	2.23	2.23	2.41	1.32	c
	15	40	2.94	8.58	2.02	c	3.54	2.21	2.20	2.94	1.39	c

c: 聚集分布 Clumped pattern r: 随机分布 Random pattern

青冈还可在半阴坡与其它落叶阔叶树种形成混交群落。本文研究的群落中,曼青冈的重要值最高,常绿树种在群落中所占比重较大,但常绿成分在乔木第一层不占优势,因此群落的建群种仍是米心水青冈,属米心水青冈及曼青冈组成的常绿落叶阔叶混交群落。两种优势树种均有良好的更新贮备,群落可以长期稳定共存。

参 考 文 献

Cao, K. F., R. Peters & R. A. A. Oldeman. 1995. Climatic range and distribution of Chinese *Fagus* species. *Journal of Vegetation Science*, **6**: 317 ~ 324.
Chen, L. Z. (陈灵芝) & Z. W. Wang(王祖望). 1999. The impact of human alternation on ecosystem diversity. Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Press. 139 ~ 197. (in Chinese)
Connell, J. H. 1963. Territorial behavior and dispersion in some marine invertebrates. *Research in Population Ecology*, **5**: 87 ~

- 101.
- Dale, M. R. T. 1999. Spatial pattern analysis in plant ecology. Cambridge: Cambridge University Press. 31 ~ 49.
- David, F. N. & P. G. Moore. 1954. Notes on contagious distribution in plant populations. *Annals of Botany*, **18**: 47 ~ 53.
- Diggle, P. J. 1981. Binary mosaics and the spatial pattern of heather. *Biometrics*, **37**: 531 ~ 539.
- Dong, M. (董鸣). 1987. Preliminary study of the age structure of masson pine population at Jinyun Mountain. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica* (植物生态学与地植物学学报), **11**: 50 ~ 58. (in Chinese with English abstract)
- Eccles, N. S., K. J. Esler & R. M. Cowling. 1999. Spatial pattern analysis in Namaqualand desert plant communities: evidence for general positive interactions. *Plant Ecology*, **142**: 71 ~ 85.
- Editorial Group for Country Studies on Biodiversity in China (中国生物多样性国情研究报告编写组). 1998. The nation report of China biodiversity status. Beijing: China Environmental Science Press. (in Chinese)
- Greig-Smith, P. 1983. Quantitative plant ecology. 3rd ed. London: Blackwell Scientific Publisher.
- He, J. S. (贺金生), F. Liu (刘峰), W. L. Chen (陈伟烈) & L. Z. Chen (陈灵芝). 1999. History of disturbance and regeneration strategies of *Fagus engleriana* and *Quercus aliena* var. *acuteserrata* forests in Shennongjia, Hubei province. *Acta Botanica Sinica* (植物学报), **41**: 887 ~ 892. (in Chinese with English abstract)
- He, J. S. (贺金生), W. L. Chen (陈伟烈) & F. Liu (刘峰). 1998. Study of the sprouting process of *Fagus engleriana* in Shennongjia mountains. *Acta Phytocologica Sinica* (植物生态学报), **22**: 385 ~ 391. (in Chinese with English abstract)
- He, J. S. (贺金生). 1998. Pattern and processes of *Fagus engleriana* and *Quercus aliena* var. *acuteserrata* forests in Shennongjia forest district. Ph.D. dissertation of Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences. (in Chinese with English summary)
- Jiang, M. X. (江明喜), Y. X. Jin (金义兴) & Q. F. Zhang (张全发). 1995. Suppression and release periods in the course of *Fagus engleriana* growth. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), **6** (Suppl.): 153 ~ 155. (in Chinese with English abstract)
- Kenkel, N. C. & J. Podani. 1991. Plot size and estimation efficiency in plant community studies. *Journal of Vegetation Science*, **2**: 539 ~ 544.
- Lamont, B. B. & J. E. D. Fox. 1981. Spatial pattern of six sympatric leaf variants and two size classes of *Acacia aneura* in a semi-arid region of Western Australia. *Oikos*, **37**: 73 ~ 79.
- Lloyd, M. 1967. Mean crowing. *Journal of Animal Ecology*, **36**: 1 ~ 30.
- Morisita, M. 1971. Composition of the I_d index. *Researches in Population Ecology*, **13**: 1 ~ 27.
- Pielou, E. C. 1969. An introduction to mathematical ecology. New York: Wiley-Interscience. 82 ~ 148.
- Wang, B. S. (王伯荪), M. G. Li (李鸣光) & S. L. Peng (彭少麟). 1995. Phytogeography. Guangzhou: Guangdong Higher Education Press. 10 ~ 15. (in Chinese)
- Wang, X. P. (王献溥) & J. Q. Li (李俊清). 1996. The study of beech forest classification in Guangxi. *Bulletin of Botanical Research* (植物研究), **16**: 369 ~ 404. (in Chinese with English abstract)
- Wang, X. P. (王献溥), J. J. Wang (汪健菊), W. L. Chen (陈伟烈) & Y. A. Liu (刘永安). 1965. The general vegetation situation and its utilization of Kuankuoshui forest area of Suiyang county, Guizhou province. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica* (植物生态学与地植物学丛刊), **3**: 264 ~ 286. (in Chinese)
- Watt, A. S. 1947. Pattern and process in the plant community. *Journal of Ecology*, **35**: 1 ~ 22.
- Whittaker, R. H. & S. A. Levin. 1977. The role of mosaic phenomena in natural communities. *Theoretical Population Biology*, **12**: 117 ~ 139.
- Wu, G. (吴刚). 1997. Distribution, growth and revegetational characteristics of *Fagus* in China. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), **16**(4): 47 ~ 51. (in Chinese with English abstract)
- Wu, Z. Y. (吴征镒). 1980. Vegetation of China. Beijing: Science Press. 823 ~ 840. (in Chinese)
- Wuhan Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences (中国科学院武汉植物研究所). 1980. The vegetation of Shennongjia area. Wuhan: Hubei People's Publishing House. 8 ~ 15. (in Chinese)
- Ying, T. S. (应俊生), C. G. Ma (马成功) & Z. S. Zhang (张志松). 1979. Observations of the flora and vegetation of Mt. Shennongjia in western Hupeh, China. *Acta Phytotaxonomica Sinica* (植物分类学报), **17**(3): 41 ~ 59. (in Chinese with English abstract)
- Ying, T. S. (应俊生). 2001. Species diversity and distribution pattern of seed plants in China. *Biodiversity Science* (生物多样性), **9**: 393 ~ 398. (in Chinese with English abstract)
- Zhang, Y. T. (张永田) & C. J. Huang (黄成就). 1988. Notes on Fagaceae (2). *Acta Phytotaxonomica Sinica* (植物分类学报), **26**: 111 ~ 119. (in Chinese with English abstract)

责任编辑: 王政权 责任编辑: 周玉荣