

紫金山栓皮栎枫香混交林群落结构与物种多样性

吴迪^{1,2}, 湛斌¹, 闫新利¹, 关庆伟^{1*}

(1. 南京林业大学南方现代林业协同创新中心, 南京林业大学生物与环境学院, 南京 210037;

2. 印第安纳大学伯明顿分校, 伯明顿 47405)

摘要: 为了明晰紫金山栓皮栎枫香混交林植物多样性, 主要从乔木层各物种的重要值、优势种群年龄结构以及物种多样性指数、物种丰富度指数、物种均匀度指数等方面进行了调查与分析。结果表明, 在紫金山栓皮栎枫香混交林中, 共有植物 59 科 93 属 102 种。乔木层中栓皮栎、枫香和马尾松在群落中占据优势地位, 三者重要值之和高达 77.88%。其中栓皮栎近似于稳定型种群, 枫香属于典型的生长型种群, 马尾松属于典型的衰退型种群, 在未来的一段时间内, 栓皮栎和枫香将继续成为该地区的优势种, 而马尾松则会被更新能力更强的物种所取代。群落中灌木层的 Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数均最大, 分别为 0.948 和 3.370; 其次是草本层, 分别为 0.894 和 2.480; 乔木层最小, 分别为 0.717 和 1.690。物种丰富度指数乔木层和草本层相近, 分别为 24 和 22; 灌木层最大, 值为 68。Pielou 均匀度指数灌木层和草本层相近, 分别为 0.799 和 0.802; 乔木层最小, 值为 0.532。

关键词: 栓皮栎枫香混交林; 群落结构; 物种多样性; 重要值; 紫金山

中图分类号: S718.3

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2017)01-0050-05

Plant diversity in a mixed plantation of *Quercus variabilis* and *Liquidambar formosana* in the Zijinshan Mountain

WU Di^{1,2}, ZHAN Bin¹, YAN Xinli¹, GUAN Qingwei¹

(1. Co-Innovation Center for the Sustainable Forestry in Southern China, College of Biology and the Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037;

2. Indiana University Bloomington, Bloomington 47405)

Abstract: In order to understand the plant diversity in a mixed plantation of *Quercus variabilis* and *Liquidambar formosana* in the Zijinshan Mountain, the importance values of the tree layer species, the age structure of the dominant populations and the species diversity, richness and species evenness were analyzed. The results showed the mingled forest of *Quercus variabilis* and *Liquidambar formosana* had 102 species belonging to 59 families, 93 genera. In the tree layer, *Quercus variabilis*, *Liquidambar formosana* and *Pinus massoniana* had the dominant positions, and the sum of the importance values of the three species reached 77.88%. *Quercus variabilis* in this community approximated to the stable population and *Liquidambar formosana* was a typical growing population. *Pinus massoniana* appeared to be a typical decreasing population. In the future, *Quercus variabilis* and *Liquidambar formosana* will continue to be the dominant positions in this area, but *Pinus massoniana* will be replaced by the species that has better renewal capacity. In this community, the Simpson's and Shannon-Wiener's indices of the shrub layer were the greatest, followed by the herb layer and the tree layer. The Simpson's and Shannon-Wiener's indices of the shrub layer, the herb layer and the tree layer were 0.948 and 3.370, 0.894 and 2.480, 0.717 and 1.690, respectively. The species richness index of the tree layer was close to that of the herb layer, which was 24 and 22, respectively. The shrub layer had the greatest species richness index of 68. The Pielou's index of the shrub layer was close to that of the herb layer, which was 0.799 and 0.802, respectively. The tree layer had the smallest Pielou's index of 0.532.

Key words: the mixed plantation of *Quercus variabilis* and *Liquidambar formosana*; community structure; species diversity; importance value; Zijinshan Mountain

收稿日期: 2016-01-12

基金项目: 国家科技支撑项目(2015BAD07B06)和江苏高校优势学科建设工程项目(PAPD)共同资助。

作者简介: 吴迪, 硕士研究生。E-mail: wudi0117@yahoo.com

* 通信作者: 关庆伟, 博士, 教授。E-mail: guan-japan999@163.com

城市森林是城市生态系统中的重要组成部分, 它广泛参与城市生态系统中物质和能量的高效利用, 在社会和自然协调发展的动态系统中起着不可替代的调节作用。Nowak 和 Dwyer^[1]研究表明, 城市森林拥有调节气候、改善空气质量、减少降雨径流和降低噪音等多种生态功能, 而城市植物多样性不仅决定着城市生态系统能否发挥其服务功能, 而且是维持城市生态平衡的关键^[2-3]。通过城市森林的建设, 不仅能够优化区域森林资源的宏观布局, 而且更能够改善城市生态环境, 提高城市宜居品质^[4]。南京紫金山森林是典型的城市森林, 是南京市的“绿肺”。曲仲湘等^[5]、熊文愈等^[6]早在 20 世纪 50—80 年代就对紫金山灵谷寺森林的现状和变化开展了研究, 表明灵谷寺森林可以清楚地划分为马尾松林和阔叶树林, 而且随着演替的进行, 阔叶树林有向马尾松林入侵的趋势; 安树青等^[7-8]指出, 人为活动不仅奠定了紫金山森林植被分布的基本格局, 而且改变了森林植被的生活型和演替进程; 徐驰等^[9]的研究表明了紫金山灵谷寺附近的森林群落 50 年来有着逐渐向地带性植被落叶-常绿阔叶混交林方向演替的趋势。但是, 作为紫金山典型林分的栓皮栎枫香混交林, 林龄已达 60 年以上, 其目前的植物多样性如何还鲜有研究。为此, 本研究以栓皮栎枫香混交林为对象, 通过对乔木层各物种的重要值、优势种群年龄结构以及物种多样性指数、物种丰富度指数和物种均匀度指数等方面的分析, 旨在明晰 60 年生紫金山栓皮栎枫香混交林植物多样性, 为制定该地区的生物多样性保护措施提供科学依据。

1 研究地概况及方法

1.1 研究地概况

紫金山位于江苏省南京市的东部, 约 32°01′~32°06′N, 118°48′~118°53′E。总面积 3 008.8 hm², 其中森林面积 2 107.6 hm², 森林郁闭度 0.75~0.80, 最高峰海拔 448.9 m, 相对高度 420.0 m。地处北亚热带季风气候区, 四季分明, 年降水量 1 000~1 050 mm, 年均气温 15.4℃, 年均日照 2 213 h, 土壤类型以黄棕壤和灰棕壤为主。目前紫金山的植被大多是 20 世纪 30 年代开始人工营造的, 之后进行严格保护封山育林形成的次生林, 具有亚热带常绿阔叶林向暖温带落叶与常绿阔叶混交林过渡的性质, 地带性植被为落叶-常绿阔叶混交林。

1.2 群落调查与分析方法

在全面踏查的基础上, 在紫金山灵谷寺附近的栓皮栎枫香混交林中, 选择一块面积为 8 750 m² 的

调查样地, 海拔高度为 59 m, 地势平缓, 坡向朝南, 平均坡度为 5°, 样地内平均树高为 14.5 m, 平均胸径 14.6 cm, 林分密度为 2 496 株·hm⁻²。在选定的样地内, 共设置 14 个 25 m×25 m 的小样地, 在每个小样地的四角和中心各设置 1 个 2 m×2 m 的灌木层(含乔木更新层)与草本层样方。对于样地内胸径≥5 cm 的乔木进行每木检尺, 记录树木种类、胸径、树高、冠幅和相对坐标, 并挂牌、标号; 对于灌木和草本样方, 记录其中灌木和草本的种类、高度、盖度、株数和基径。

1.3 数据分析

重要值(IV)=(相对多度+相对频度+相对优势度)/3。其中, 相对多度=(某物种的个体数/全部物种的个体数)×100%; 相对频度=(某物种的频度/全部物种的频度之和)×100%; 相对优势度=(某物种的胸高断面积/全部物种胸高断面积之和)×100%。

物种丰富度指数: S ;

物种多样性指数用 Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数表示。其中,

Simpson 指数 (D): $D=1-\sum n_i(n_i-1)/N(N-1)$, $i=1,2,3\cdots S$;

Shannon-Wiener 指数(H): $H=-\sum P_i \ln P_i$, $i=1,2,3\cdots S$, $P_i = n_i/N$;

物种均匀度指数采用 Pielou 指数(J): $J=H/\ln S$ 。

各式中, S 为样地中某一层次物种的总数; n_i 为物种 i 的个体数; N 为样地中某一层次所有物种的个体数之和。

1.4 数据处理

本实验采用 Excel 软件进行数据处理分析和相关图表的制作, Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数和 Pielou 指数的计算用 Biodap 软件进行。

2 结果与分析

2.1 群落的物种组成和垂直结构

紫金山栓皮栎枫香混交林垂直结构明显, 可以分为乔木层、灌木层和草本层 3 个层次。样地内共有植物 102 种, 隶属于 59 科 93 属。数量优势科依次为蔷薇科 *Rosaceae* (4 属 8 种)、壳斗科 *Fagaceae* (5 属 7 种)、禾本科 *Gramineae* (6 属 6 种)、豆科 *Leguminosae* (4 属 4 种)、百合科 *Liliaceae* (4 属 4 种)、榆科 *Ulmaceae* (3 属 3 种)、桑科 *Moraceae* (3 属 3 种)、大戟科 *Euphorbiaceae* (3 属 3 种) 等。含有单种的属有 87 属, 占属数的 93.55%, 单属种占据绝对优势; 含有 2 种的属有 4 个, 占属数的 4.30%; 含有 3 种的属有 2 个, 占属数的 2.15%。

其中乔木层共有植物 24 种, 隶属于 17 科 22 属。数量较多的种依次为栓皮栎 (*Quercus variabilis* Bl.) 373 株, 枫香 (*Liquidambar formosana* Hance) 228 株, 马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb) 87 株, 白栎 (*Quercus fabri* Hance) 46 株, 山胡椒 (*Lindera glauca* (Sieb. et Zucc.) Bl.) 25 株, 栲木石楠 (*Photinia davidsoniae* Rehd. et Wils.) 25 株, 麻栎 (*Quercus acutissima* Carruth.) 12 株; 数量较少的种有白檀 (*Symplocos paniculata* (Thunb.) Miq.)、刺楸 (*Kalopanax septemlobus* (Thunb.) Koidz.)、糙叶树 (*Aphananthe aspera* (Thunb.) Planch.)、冬青 (*Ilex chinensis* Sims)、香樟 (*Cinnamomum camphora* (L.) Presl.) 及短柄枹 (*Quercus glandulifera* var. *brevipetiolata* Nakai.) 等; 零星分布的种有榔榆 (*Ulmus parvifolia* Jacq.)、紫薇 (*Lagerstroemia indica* L.)、青冈栎 (*Cyclobalanopsis glauca* (Thunb.) Oerst.)、朴树 (*Celtis sinensis* Pers.)、海桐 (*Pittosporum tobira*) 及柘树 (*Cudrania tricuspidata* (Carr.) Bur.) 等。其中栓皮栎占乔木层总株数的 44.14%, 枫香占乔木层总株数的 26.98%, 马尾松占乔木层总株数的 10.30%, 三者累积株百分率达 81.42% (表 1), 成为紫金山栓皮栎枫香混交林的数量优势种。灌木层中, 植物科数、属数和种数均高于乔木层, 共有植物 68 种, 隶属于 39 科 59 属。其中真正的灌木种类有 34 种, 隶属于 21 科 29 属, 数量较多的种依次为山莓 (*Rubus corchorifolius* L. f.)、白檀、紫金牛 (*Ardisia japonica* (Thunb.) Blume)、六月雪 (*Serissa japonica* (Thunb.) Thunb.)、桂花 (*Osmanthus* sp.) 和野茉莉 (*Styrax japonicus* Sieb. et Zucc.); 数量较少的种有山胡椒、菝葜 (*Smilax china* L.) 和粉菝葜 (*Smilax glauco-china* Warb.) 等; 零

星分布的种有山合欢 (*Albizia kalkora* (Roxb.) Prain)、苦槠 (*Castanopsis sclerophylla* (Lindl.) Schott.)、茅莓 (*Rubus parvifolius* L.)、中华绣线菊 (*Spiraea chinensis* Maxim) 和茶条槭 (*Acer ginnala* Maxim.) 等。

乔木更新层 (包括乔木层的幼树和幼苗) 中共有植物 33 种, 隶属于 24 科 32 属, 数量较多的种依次为栓皮栎, 三角枫 (*Acer buergerianum* Miq.)、枫香、刺楸及香樟; 数量较少的种有君迁子 (*Diospyros lotus* L.)、栲木石楠和糙叶树等; 零星分布的种有青冈栎、桧柏 (*Sabina chinensis* (L.) Ant.) 和豆梨 (*Pyrus calleryana* Decne.) 等。

此外, 紫金山灌木层中含有大量的刚竹, 占据着该层的优势地位, 成为紫金山栓皮栎枫香混交林的入侵树种。

草本层中, 植物科数、属数和种数与乔木层相近, 共有植物 22 种, 隶属于 15 科 22 属。主要物种有苔草 (*Carex tristachya*)、野青茅 (*Deyeuxia arundinacea* (L.) Beauv.)、毛茎马兰 (*Aster ageratoides* Turcz.)、珍珠菜 (*Lysimachia clethroides* Duby)、麦冬 (*Ophiopogon japonicus*) 和薯蓣 (*Dioscorea polystachya* Turcz.)。

除了乔木层, 灌木层和草本层之外, 该群落还有许多藤本植物, 且种类非常丰富, 主要有络石 (*Trachelospermum jasminoides* (Lindl.) Lem.)、爬山虎 (*Parthenocissus tricuspidata*)、鸡屎藤 (*Paederia scandens* (Lour.) Merr.)、南蛇藤 (*Celastrus orbiculatus* Thunb.)、木防己 (*Cocculus orbiculatus* (L.) DC.)、海金沙 (*Lygodium japonicum* (Thunb.) Sw.) 和括萎 (*Trichosanthes kirilowii*)。

表 1 栓皮栎枫香混交林乔木层各物种株数及株百分率

Table 1 The number and the individual percentage of the tree layer species in the mixed plantation of *Quercus variabilis* and *Liquidambar formosana*

项目 Item	A	B	C	D	E	F	G
株数 Number of trees	373	228	87	46	25	25	12
株百分率/% Individual percentage	44.14	26.98	10.30	5.44	2.96	2.96	1.42

注: 株百分率 > 1% Individual percentage > 1%。A. 栓皮栎 *Quercus variabilis* Bl.; B. 枫香 *Liquidambar formosana* Hance; C. 马尾松 *Pinus Massoniana* Lamb; D. 白栎 *Quercus Fabric* Hance; E. 山胡椒 *Lindera glauca* (Sieb. et Zucc.) Bl.; F. 栲木石楠 *Photinia davidsoniae* Rehd. et Wils.; G. 麻栎 *Quercus acutissima* Carruth. 下同 The same below.

2.2 乔木层的重要值和优势种群年龄结构

重要值是衡量物种在群落中地位和作用的综合数量指标。调查结果表明, 紫金山栓皮栎枫香混交林乔木层中重要值大于 1% 的有 8 种树种 (表 2)。从表 2 中可以看出, 栓皮栎, 枫香和马尾松在紫金

山栓皮栎枫香混交林中占据一定的优势, 三者累积重要值超过 75%, 栓皮栎的重要值达到了 44.14%, 成为该地区占绝对优势地位的树种。此外还有 5 种树种的重要值超过了 1%, 分别是白栎、山胡椒、栲木石楠、麻栎和白檀。

表 2 栓皮栎枫香混交林乔木层各物种重要值

项目 Item	A	B	C	D	E	F	G	物种 Species
相对多度 Relative abundance	44.14	26.98	10.30	5.44	2.96	2.96	1.42	0.83
相对频度 Relative frequency	22.76	22.76	15.85	9.76	5.28	4.88	2.44	2.03
相对优势度 Relative dominance	59.87	10.96	20.02	4.62	0.35	0.53	2.52	0.13
重要值 Importance value	42.26	20.23	15.39	6.61	2.86	2.79	2.13	1.00

注: 重要值 > 1%。Note: Important value > 1%.

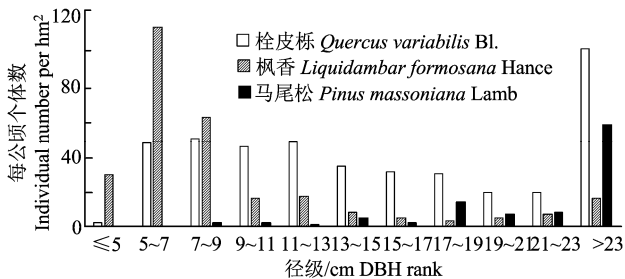


图 1 栓皮栎枫香混交林乔木层优势种群年龄结构

Figure 1 The age structure of the dominant population of the tree layer in the mixed plantation of *Quercus variabilis* and *Liquidambar formosana*

由于直接测得树木的实际年龄较为困难, 所以本次研究用胸径大小来度量树木的年龄大小并参考曲仲湘等^[5]和熊文愈等^[6]所采用的方法, 将胸径小于 7 cm (包括 7 cm) 的树木定义为幼树; 胸径在 7~23 cm (包括 23 cm) 之间的树木定义为中龄树; 胸径大于 23 cm 的树木定义为成年树。

从图 1 中可以看出, 栓皮栎胸径在 7 cm 以下 (包括 7 cm) 的幼树有 49 株·hm⁻², 占每公顷所有栓皮栎个体数量的 11.50%; 胸径在 7~23 cm (包括 23 cm) 的中龄树有 276 株·hm⁻², 占每公顷所有栓皮栎个体数量的 64.79%; 胸径大于 23 cm 的成年树有 101 株·hm⁻², 占每公顷所有栓皮栎个体数量的 23.71%。因此, 栓皮栎枫香混交林中, 栓皮栎的中龄树最多, 成年树和幼龄树其次, 其胸径近似于正

态分布。从这一年龄特征来看, 可认为紫金山栓皮栎枫香混交林中栓皮栎总体上属于稳定型种群, 未来一定时间段内将继续成为该地区的优势种。

枫香胸径在 7 cm 以下 (包括 7 cm) 的幼树最多, 有 142 株·hm⁻², 占每公顷所有枫香个体数量的 50.54%; 胸径在 7~23 cm (包括 23 cm) 的中龄树有 123 株·hm⁻², 占每公顷所有枫香个体数量的 43.77%; 而胸径大于 23 cm 的成年树只有 16 株·hm⁻², 只占每公顷所有枫香个体数量的 5.69%。

因此, 枫香呈现的是幼树所占比例最大, 中龄树次之, 成年树最少的年龄结构, 从这一年龄特征来看, 紫金山栓皮栎枫香混交林中枫香属于典型的生长型种群, 在长期的群落演替过程中, 如果条件适宜, 枫香可能取代栓皮栎, 成为新的优势种。

马尾松胸径在 7 cm 以下 (包括 7 cm) 的幼树每公顷株数为 0; 胸径在 7~23 cm (包括 23 cm) 的中龄树较多, 有 41 株·hm⁻², 占每公顷所有马尾松个体数量的 41.41%; 而胸径大于 23 cm 的成年树有 58 株·hm⁻², 占每公顷所有马尾松个体数量的 58.59%。因此, 马尾松呈现的是成年树最多, 中龄树次之, 幼龄树最少的年龄结构, 从这一年龄特征来看, 可认为紫金山栓皮栎枫香混交林中马尾松属于典型的衰退型种群, 在长期的演替过程中只是一个过渡阶段, 将会被其他更新能力更强的物种所代。

表 3 栓皮栎枫香混交林物种多样性指数和均匀度

Table 3 The diversity and evenness indices in the mixed plantation of *Quercus variabilis* and *Liquidambar formosana*

层次 Layer	丰富度指数 <i>S</i> Richness index	Simpson 指数 <i>D</i> Simpson index	Shannon-Wiener 指数 <i>H</i> Shannon-Wiener index	Pielou 均匀度指数 <i>J</i> Pielou evenness index
乔木层 Arbor layer	24	0.717	1.690	0.532
灌木层 Shrub layer	68	0.948	3.370	0.799
草本层 Herbaceous layer	22	0.894	2.480	0.802
总和 Total	95	0.927	3.360	0.738

2.3 物种多样性

分析结果表明, 不管是丰富度指数, 还是 Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数, 灌木层都显著大于乔木层和草本层 (表 3), 这是因为灌木层的

生态环境分化程度比乔木层和草本层大, 它不仅具有真正的灌木种类, 还包括小乔木 (乔木更新层的幼树幼苗), 这也与黄忠良等^[10]对鼎湖山植物群落多样性研究的结论相一致。从 Pielou 均匀度指数来

看,乔木层的均匀度指数显著低于灌木层和草本层,这是因为紫金山森林是封山育林形成的次生林,优势种作用明显(栓皮栎,枫香),其他树种生长处于劣势,发育不良,使其均匀度指数较低。灌木层和草本层相对乔木层而言,受到人为活动的干扰较少,大多是在自然竞争下形成的格局。乔木层与草本层丰富度指数相近,但是 Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数却低于草本层,这是因为物种多样指数是由丰富度指数和均匀度指数共同决定的。此外,多样性指数呈现灌木层>草本层>乔木层的趋势,因此,紫金山栓皮栎枫香混交林物种丰富度和多样性指数主要受灌木层和草本层影响。

3 讨论与结论

紫金山栓皮栎枫香混交林中植物 59 科 93 属 102 种,样地面积(8 750 m²)虽大于沈年华等^[11]所研究的紫金山栓皮栎植物群落中所设置的样地面积,且都地处灵谷寺附近,但植物种类丰富程度却略低于栓皮栎植物群落(63 科 102 属 127 种),乔木层中的小叶栎(*Quercus chenii* Nakai)以及灌木层中的水竹(*Phyllostachys heteroclada* Oliver)、短穗竹(*Brachystachyum densiflorum* (Rendle) Keng)等在本次调查中并未发现。可见紫金山栓皮栎枫香混交林植物种类可能没有栓皮栎植物群落丰富,但不排除由于人为影响因素和初期造林树种的不同所导致。

紫金山栓皮栎枫香混交林乔木层优势种群的年龄结构特征符合徐驰等^[9]研究得出的南京紫金山植物群落一般演替规律,即早期人工针叶林中的马尾松林逐渐衰退,首先被阳性落叶阔叶树,如黄连木,枫香等取代,之后又被相对耐阴的栓皮栎等树种取代。另外,本次调查发现群落中仍出现一定数量非人为引入的冬青、紫楠和青冈等常绿树种,且生长状况良好,这表明了紫金山地区植物群落将继续向着带有常绿成分的落叶阔叶混交林方向演替,但同时也发现黄连木的个体数少且在群落中占据劣势地位,表明其很难再呈现出像 20 世纪 40—50 年代的演替状态。

徐驰等^[9]进行的南京灵谷寺森林 50 年来的动态变化研究结果表明,1951 年、1981 年和 2002 年的物种多样性指数呈现非线性变化,而本研究的栓皮

栎枫香混交林总的 Shannon-Wiener 指数为 3.36,与 2002 年灵谷寺森林 Shannon-Wiener 指数 1.346 相比更大,上升趋势明显。Shannon-Wiener 指数对样方的大小较不敏感^[10],这是因为这 10 年来灵谷寺森林次生演替进程加快,向着顶级群落发展,物种多样性提高。

根据以上研究结果,建议对灌木层中的入侵种刚竹予以高度重视,采取砍伐等相应措施控制该物种的数量,保证紫金山栓皮栎枫香混交林本地树种生长空间,以提高当地植物群落的多样性和稳定性;其次在乔木层中,除了白栎等在竞争中处于一定优势外,绝大部分树种处于劣势地位,生长空间不足,且树种个体数量少,因此必须采取一定的保护措施以维持该地区的物种数量。总之,在今后的经营中应着眼于构建和优化合理的林分空间结构,改善树种组成以及竞争关系,加速演替的进程,使紫金山次生林向逐渐向天然林特征发展。

参考文献:

- [1] NOWAK D J, DWYER J F. Understanding the benefits and costs of urban forest ecosystems[M]//Urban and community forestry in the northeast. Springer Netherlands, 2007: 25-46.
- [2] MCKINNEY M L. Effects of urbanization on species richness: a review of plants and animals[J]. Urban Ecosys, 2008, 11(2): 161-176.
- [3] 冯伟,于一苏,吴中能.城市化对城市森林植物多样性的影响研究进展[C]//中国林学会.森林可持续经营与生态文明学术研讨会论文集.2008.
- [4] 郟光发,王成,贾宝全,等.珠海森林城市建设总体规划研究[J].中国城市林业,2016,14(1): 65-69.
- [5] 曲仲湘,文振旺,朱克贵.南京灵谷寺森林现状的分析[J].植物学报,1952,1(1): 18-49.
- [6] 熊文愈,韩福庆,姚琢.南京灵谷寺森林的变化分析[J].南京林产工业学院学报,1983(2): 1-23.
- [7] 安树青,赵儒林.紫金山次生森林植被特征分析[J].植物生态学与地植物学学报,1990,14(1): 13-22.
- [8] 安树青,李升峰,王峥峰,等.南京灵谷寺森林动态变化的研究[J].植物学报,1997,39(7): 661-666.
- [9] 徐驰,刘茂松,张明娟,等.南京灵谷寺森林 50 年来的动态变化研究[J].植物生态学报,2004,28(5): 601-608.
- [10] 黄忠良,孔国辉,何道泉.鼎湖山植物群落多样性的研究[J].生态学报,2000,20(2): 193-198.
- [11] 沈年华,万志洲,汤庚国,等.紫金山栓皮栎群落结构及物种多样性[J].浙江林学院院报,2009,26(5): 696-700.