

湖南三道坑自然保护区珍稀濒危植物 鹅掌楸群落的研究

刘扬晶, 林亲众*

(中南林业科技大学资源与环境学院, 长沙 410004)

摘要:采用 5 个物种多样性指数对湖南三道坑自然保护区珍稀濒危植物鹅掌楸 (*Liriodendron chinense* (Hemsl.) Sarg.) 群落进行物种多样性测定, 并分析了群落的种类组成、外貌、演替等。结果表明: (1) 群落垂直结构明显, 可分为乔木层、灌木层、草本层、地被层。共有维管束植物 76 种, 隶属 48 科 57 属。群落生活型谱以高位芽植物占优势 (68.42%), 与其它亚热带常绿落叶阔叶林相似。(2) 群落的物种多样性高, 灌木层的各项物种多样性指数均高于乔木层和草本层。整个群落的丰富度高达 76; Simpson 指数 D 为 0.9516, 接近 D_{max} ; Shannon-Wiener 指数 H 为 3.3247; 基于 Simpson 指数的均匀度指数 J_s 为 0.5843, 而基于 Shannon-Wiener 指数的均匀度指数 J_{sw} 为 0.8826。(3) 从鹅掌楸种群的生势衰退和数量削减以及幼龄个体的贫乏来看, 目前这个群落已处于发育过程的衰老阶段。

关键词: 鹅掌楸; 珍稀濒危植物; 生物多样性; 植物群落; 湖南

中图分类号: Q948.15

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2006)04-0281-06

Study on Community of Rare and Endangered Plant *Liriodendron chinense* in Sandaokeng Nature Reserve, Hunan Province

LIU Yang-jing, LIN Qin-zhong*

(College of Resources and Environment, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China)

Abstract: The community of *Liriodendron chinense* in Sandaokeng Nature Reserve in Hunan Province was investigated using several species diversity indices. Floristic composition, physiognomy, species diversity and the possible succession of the community were analyzed. The results indicated that the vertical structure of the community was obvious, which composed of tree, shrub, herb and ground layers. There were 76 vascular plant species in the community belonging to 48 families and 57 genera. Phanerophytes (accounted for 68.42%) were dominant in the life-form spectrum, which was similar to that in subtropical evergreen and deciduous broad-leaved forest. The community had very high species diversity. Species diversity indices in shrub layer were higher than that in tree layer and herb layer. Richness index of the community was 76. Simpson index D was 0.9516, which was close to the maximum of D ; Shannon-Weiner index H was 3.3247. Evenness index based on Simpson index J_s was 0.5843, and that based on the Shannon-Weiner index J_{sw} was 0.8826. Because of the decline of growth potential and quantitative decrease in population, as well as deficiency in young seedlings, the community of *Liriodendron chinense* is now at the senescence phase.

Key words: *Liriodendron chinense*; Rare and endangered plant; Biodiversity; Plant community; Hunan Province

收稿日期: 2005-12-26 接受日期: 2006-04-28

* 通讯作者 Corresponding author

鹅掌楸(*Liriodendron chinense*)是木兰科鹅掌楸属的落叶乔木,是珍稀濒危植物之一,主要分布在我国长江流域以南,越南北部也有分布。在我国,因野生鹅掌楸资源稀少,被列为国家二级保护植物。鹅掌楸为古老的孑遗植物,在日本、格陵兰、意大利和法国的白垩纪地层中均有该属植物化石发现,到新生代第三纪本属尚有 10 余种,广布于北半球温带地区,到第四纪冰期才大部分绝灭,现仅存鹅掌楸和北美鹅掌楸(*Liriodendron tulipiferum* Linn.)两种,成为东亚与北美洲间断分布的典型实例,对古植物学和植物系统学研究有重要价值。鹅掌楸喜光,树干端直,绿树浓荫,叶形奇特,有较高的观赏价值。本文研究了鹅掌楸群落的结构特征及物种多样性,探讨了野生鹅掌楸的濒危机制和种群动态的内因与外因,为鹅掌楸的保存、恢复、保护等研究提供理论依据。

1 研究地概况

野生鹅掌楸在我国多呈星散分布,而在武陵山地南端的湖南省芷江县三道坑自然保护区分布有大面积的野生鹅掌楸群落,分布范围大约 5 hm²。三道坑自然保护区位于 27°27'49"-27°36'29"N, 109°30'45"-109°42'12"E。根据芷江县气象局提供的资料显示,保护区年日照时数 1 527.7 h,年降雨量为 1 156.4-1 432.9 mm,年平均气温为 16.5℃。鹅掌楸群落位于保护区的档洞,地势较陡,坡度 27°-31°。根据 1982 年全县第二次土壤普查的数据,保护区的森林土壤成土母质主要为板页岩,是元古界板溪群地层所组成物质之一。研究地土壤为黄红壤,风化程度较深,具有腐殖质含量较高发育良好的表层土壤,土壤有机质含量高达 4.79%,土体颜色为红色至黄色,呈酸性至微酸性,pH 值为 6,土层厚度为 63-72 cm,腐殖质层厚度为 1 cm,枯枝落叶层厚度为 1-3 cm,1 m² 内枯落物干重平均为 627 g。鹅掌楸群落内共有维管束植物 76 种,隶属 48 科 57 属。其中蕨类植物 4 科 6 属 6 种;裸子植物 1 科 1 属 1 种;被子植物 43 科 52 属 69 种。优势科有樟科 Lauraceae (5 种)、山茶科 Theaceae (4 种)、蔷薇科 Rosaceae (4 种)、漆树科 Anacardiaceae (3 种)、禾本科 Gramineae (4 种)、菊科 Compositae (3 种)等。群落的郁密度约为 60%,乔木层树种主要有鹅掌

楸、绢毛稠李(*Padus wilsonii*)、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)等;灌木层植物丰富,主要有野漆(*Toxicodendron succedaneum*)、长蕊杜鹃(*Rhododendron stamineum*)、山榲(*Lindera reflexa*)、绿叶甘榲(*Lindera nesiiana*)等;草本层植物种类较少,但物种多度大,典型植物有大泽兰(*Eupatorium chinensis*)、淡竹叶(*Lophatherum gracile*)、臭节草(*Boenninghausenia albiflora*)、鱼腥草(*Houttuynia cordata*)等。

2 研究方法

2.1 野外调查方法

采用样地调查方法,在群落典型地段设立 2 个 20 m×20 m 的样方,均位于西坡的中坡段;样方 I 的坡度为 31°,海拔 920 m,土层的厚度 72 cm;样方 II 的坡度为 27°,海拔 850 m,土层的厚度 63 cm。乔木层调查:将每个样方分为 16 个 5 m×5 m 的小样方,记录各种存活乔木的郁密度、种名、胸径(起测胸径≥5 cm)、树高、冠幅、个体数等;在样方的四角、中心等设置 20 个 2 m×2 m 的小样方进行灌木层调查,并在样方不同位置随机设置 40 个 1 m×1 m 的小样方进行草本层调查,记录植物种类、高度、多度、覆盖度,其中草本多度采用德鲁捷(Drude)的四等级标准统计^[1]。

2.2 群落物种重要值指数的测定^[1]

重要值(IV) = 相对多度(RA) + 相对显著度(RD) + 相对频度(RF)。

2.3 群落植物生活型的统计

采用 Raunkiaer 的生活型分类系统^[2]进行统计分析。

2.4 群落物种的多样性指数计算

(1) 物种的丰富度^[3,4]:

$S =$ 出现在样地内各层的物种数

(2) Simpson 多样性指数^[5,6]:

$D = 1 - \sum [N_i(N_i - 1)] / N(N - 1)$

式中 N 为群落中的个体总数, N_i 为第 i 种植物的个体数。

(3) Shannon-Wiener 多样性指数^[7,8]:

$H = - \sum P_i \ln P_i$

式中 P_i 为第 i 种植物的个体数占群落总个体

数的比例。

(4) 均匀度指数^[9-11]:

基于 Simpson 多样性指数的物种均匀度

$$J_s = (N-S)/S(1-D)(N-1)$$

基于 Shannon-Wiener 多样性指数的物种均匀度

$$J_{sw} = H / \ln S$$

式中 N 为群落个体总数, S 为物种数, D 为 Simpson 多样性指数, H 为 Shannon-Wiener 多样性指数。

(5) 群落系数^[12]:

$$CC = 2c / (a+b)$$

式中 a 为样方 A 中种的总数, b 为样方 B 中种的总种数, c 为样方 A 和 B 中共有种数。

(6) 类似性百分率^[12]:

$$PS = 1 - 0.5 \sum (P_a - P_b)$$

式中 PS 为类似百分率, P_a 和 P_b 为某一特定种在 a 和 b 两个群落中以小数位表示的重要值。

3 结果

3.1 群落的植物生活型

根据 Raunkiaer 生活型分类系统^[2], 三道坑自然保护区鹅掌楸群落中高位芽植物共有 52 种, 可分为中高位芽植物、小高位芽植物、矮高位芽植物和藤本高位芽植物, 占群落总种数的 68.42%, 其中以小高位芽植物最多, 共 29 种, 占 38.16%, 是群落的重要组成成分; 藤本高位芽植物的种次之, 有 11 种, 占 14.17%, 表现出比较适应当地生态环境, 且具有强大的生命力; 矮高位芽植物有 9 种, 为耐荫喜湿植物, 占 11.84%; 中高位芽植物种类稀少, 以鹅掌楸为主, 共 3 种, 占 3.95%。其中常绿高位芽植物占群落总种数的 48.68%, 落叶高位芽占 19.74%。地上芽植物、地面芽植物、地下芽植物和一年生植物共 24 种, 占 31.57%, 其中以地上芽的蕨类植物最为丰富。群落生活型分布的格局, 反映了该地具有温暖、湿润的中亚热带气候特点, 群落属于有利于中高位芽、小高位芽、蕨类植物生长的常绿落叶阔叶林。其它生活型植物则视群落小环境不同而有所差异。

3.2 群落结构

鹅掌楸群落分层明显, 按植物生长型可划分为

4 层: 乔木层、灌木层、草本层和地被层。乔木层高度 3-15 m, 灌木层高度 0.6-2.5 m, 草本层高度为 0.15-1.5 m。样地 I 中灌木以上植物共 221 株, 群落密度为 5 525 株 hm^2 , 鹅掌楸的基面积为 8.35 $\text{m}^2 \text{hm}^2$; 样地 II 中灌木以上植物共 241 株, 群落密度为 6 025 株 hm^2 , 鹅掌楸基面积为 8.64 $\text{m}^2 \text{hm}^2$ 。由此可知, 群落密度大, 鹅掌楸平均基面积高达 8.5 $\text{m}^2 \text{hm}^2$, 在整个武陵山系中是罕见的。

群落中乔木层树种单调, 样地 I 主要是鹅掌楸和绢毛稠李, 优势种鹅掌楸平均高度为 9 m, 胸径 14-35 cm, 平均胸径达 18 cm, 共 18 株, 重要值高达 203.3, 覆盖度仅为 40%; 样地 II 乔木层有鹅掌楸、杉木、绢毛稠李, 优势种鹅掌楸的平均树高为 10.5 m, 胸径 10-37 cm, 平均胸径达 20 cm, 共 22 株, 重要值为 185.3, 覆盖度仅为 45%。导致两样地乔木层覆盖度低的原因主要是上一年冬天大雪将乔木层部分树枝压断。另外, 两样地分别都还有冻死枯死的鹅掌楸大树 6-8 株。

灌木层植物种类丰富, 覆盖度大。两样地灌木层植物种类非常相似(见表 1), 样地 I 共有 21 种, 优势种为野漆、长蕊杜鹃、山檀、红叶野桐 (*Mallotus paxii*) 等, 重要值分别为 41.2、32.8、31.3、25.1, 覆盖度高达 80%; 样地 II 共有 22 种, 主要是绿叶甘檀、长蕊杜鹃、盐肤木 (*Rhus chinensis*)、野漆等, 重要值分别是 26.2、25.2、24.3、21.5, 覆盖度高达 85%。

草本层植物种类相对贫乏, 但优势种的个体数大, 只是部分伴生种的个体数目少, 如马兰 (*Kalimeris indica*)、杏叶沙参 (*Adenophora hunanensis*) 等均不到 5 株。样地 I 草本层覆盖度为 65%, 以大泽兰、淡竹叶、臭节草为优势种, 重要值分别是 63.4、55.2、45.2, 伴生植物有鱼腥草、玉竹 (*Polygonatum odoratum*)、紫萁 (*Osmunda japonica*)、蕨状苔草 (*Carex emineus*), 以及贯众 (*Rhizoma cyrtomii*)、江南卷柏 (*Selaginella moellendorfii*) 等蕨类植物, 同时在阳光可以透进来的地方散生有少量的鹅掌楸幼苗, 共 4 株。样地 II 草本层覆盖度为 70%, 优势种为淡竹叶、鱼腥草, 重要值分别为 60.8、54.4, 其它草本植物主要是堇菜、大泽兰、玉竹、蕨状苔草、臭节草以及一些蕨类植物等, 还伴生有 3 株鹅掌楸幼苗, 两样地鹅掌楸幼苗平均高度为 20 cm 左右。

群落层外植物非常丰富, 主要有牛尾菜 (*Smilax riparia*)、日本薯蓣 (*Dioscorea japonica*)、中华猕猴桃

桃 (*Actinidia chinensis*)、羽叶蛇葡萄 (*Ampelopsis chaffanjonii*)、毛蕊铁线莲 (*Clematis lasiantha*)、寒莓 (*Rubus buergeri*)、菝葜 (*Smilax china*)、山木通 (*Clematis finetiana*)、大血藤 (*Sargentodoxa cuneata*) 等; 地被层由地衣、苔藓和匍匐生长的蕨类植物组成。

3.3 群落的物种多样性

由表 2 可以看出, 样地 II 的各项多样性指数均比样地 I 高, 即样地 II 的多样性略高于样地 I。物种多样性是把物种数和均匀度混合起来的统计量, 一个群落中, 如果物种多且它的多度非常均匀, 则该群落就具有较高的多样性^[10]。样地 I、II 的群落系数 CC 为 0.72, 优势种鹅掌楸在两样地的类似性百分

率为 0.97, 说明两样地都能很好地反映鹅掌楸群落。该群落物种丰富, 整个群落的丰富度指数为 76; 群落多样性指数测定以个体数为指标, Simpson 指数为 0.9516, 非常接近 $D_{max}=0.9868$, Shannon-Wiener 指数为 3.3247; 均匀度指数 J_s 为 0.5843, J_{sw} 为 0.8826, 几项指数均能比较客观地反映群落物种多样性高的特点。两样地的乔木层、灌木层、草本层的各项多样性指数见表 2, 立地条件尽管不同, 但反映了灌木层的多样性比乔木层、草本层都高。

3.4 群落演替的现状

群落中的鹅掌楸幼苗数量稀少, 有的地段甚至没有幼苗, 树高在 1.5–8 m 之间的鹅掌楸很少, 大都

表 1 样地 I、II 群落乔木层、灌木层、草本层树种重要值
Table 1 Importance values in tree, shrub and herb layers in plots

样地号 Plots	层次 Layer	物种 Species	相对多度 RA	相对显著度 RD	相对频度 RF	重要值 IV
样地 I Plot I	乔木层 Tree layer	鹅掌楸 <i>Liriodendron chinense</i>	60.0	79.7	63.6	203.3
		绢毛稠李 <i>Padus wilsonii</i>	40.0	20.3	36.4	96.7
	灌木层 Shrub layer	野漆 <i>Toxicodendron succedaneum</i>	11.2	9.4	20.6	41.2
		长蕊杜鹃 <i>Rhododendron stamineum</i>	9.2	7.5	16.1	32.8
		山榿 <i>Lindera reflexa</i>	11.7	7.5	12.1	31.3
		红叶野桐 <i>Mallotus paxii</i>	7.3	5.7	12.1	25.1
		大果卫矛 <i>Euonymus myrianthus</i>	4.4	3.7	14.5	22.6
		尖连蕊茶 <i>Camellia cuspidata</i>	7.3	7.5	7.3	22.1
		绿叶甘榿 <i>Lindera nessiana</i>	7.8	7.5	6.4	21.7
		朴树 <i>Celtis sinensis</i>	4.4	5.7	8.2	18.3
		水马桑 <i>Weigela japonica</i>	4.8	5.7	6.4	16.9
		山胡椒 <i>Lindera glauca</i>	2.9	3.7	9.6	16.2
		微毛柃 <i>Eurya hebeclados</i>	4.4	3.7	6.4	14.5
		贵州山柳 <i>Clethra kaipoensis</i>	2.9	3.7	6.9	13.5
		毛叶木姜子 <i>Litsea mollis</i>	3.9	3.7	5.6	13.2
		白瑞香 <i>Daphne papyracea</i>	2.4	3.7	6.9	13.0
		荚蒾 <i>Viburnum dilatatum</i>	3.9	5.7	3.2	12.8
		算盘子 <i>Glochidion puberum</i>	3.9	3.7	3.2	10.8
		黄丹木姜子 <i>Litsea elongata</i>	1.4	1.9	4.8	8.1
		榿木 <i>Aralia chinensis</i>	1.4	1.9	4.8	8.1
		黄榿 <i>Dalbergia hupeana</i>	1.9	1.9	4.0	7.8
		青榨槭 <i>Acer davidii</i>	1.4	3.7	2.4	7.5
	梗花椒 <i>Zanthoxylum stipitatum</i>	1.4	1.9	2.4	5.7	
	草本层 Herb layer	大泽兰 <i>Eupatorium chinensis</i>	21.0	22.2	20.2	63.4
		淡竹叶 <i>Lophatherum gracile</i>	19.0	18.5	17.6	55.2
		臭节草 <i>Boenninghausenia albiflora</i>	16.0	13.0	16.2	45.2
		鱼腥草 <i>Houttuynia cordata</i>	13.0	14.8	12.2	40.0
		紫萁 <i>Osmunda japonica</i>	14.0	11.1	13.5	38.6
		蕨状苔草 <i>Carex filicina</i>	8.0	9.2	9.5	26.7
		玉竹 <i>Polygonatum odoratum</i>	5.4	5.5	8.1	19.0
		江南卷柏 <i>Selaginella moellendorffii</i>	3.0	5.5	2.7	11.2

续表 1 (Continued)

样地号 Plots	层次 Layer	物种 Species	相对多度 RA	相对显著度 RD	相对频度 RF	重要值 IV	
样地II Plot II	乔木层 Tree layer	鹅掌楸 <i>Liriodendron chinense</i>	47.8	80.4	57.1	185.3	
		杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	34.8	19.3	28.6	82.7	
		绢毛稠李 <i>Padus wilsonii</i>	17.4	10.3	14.3	42.0	
	灌木层 Shrub layer	绿叶甘櫨 <i>Lindera nessiana</i>	10.1	8.2	7.9	26.2	
		盐肤木 <i>Rhus chinensis</i>	8.3	7.4	9.5	25.2	
		长蕊杜鹃 <i>Rhododendron stamineum</i>	9.2	8.8	6.3	24.3	
		野漆 <i>Toxicodendron succedaneum</i>	6.4	7.2	7.9	21.5	
		化香 <i>Platycarya stenoptera</i>	6.0	6.4	6.3	18.7	
		冬青 <i>Ilex chinensis</i>	5.5	5.7	6.3	17.5	
		中华石楠 <i>Photinia beauverdiana</i>	5.0	6.2	6.3	17.5	
		红叶野桐 <i>Mallotus paxii</i>	5.0	5.3	4.8	15.1	
		山胡椒 <i>Lindera glauca</i>	3.7	5.7	4.8	14.2	
		水马桑 <i>Weigela japonica</i>	4.6	3.4	4.8	12.8	
		微毛柃 <i>Eurya hebeclados</i>	4.1	3.4	4.8	12.3	
		大果卫矛 <i>Euonymus myrianthus</i>	3.7	5.5	3.1	12.3	
		尖毛蕊茶 <i>Camellia cuspidata</i>	4.6	2.9	4.8	12.3	
		朴树 <i>Celtis sinensis</i>	3.7	3.7	4.8	12.2	
		贵州山柳 <i>Clethra kaipoensis</i>	3.2	3.7	3.1	10.0	
		榧木 <i>Aralia chinensis</i>	2.3	1.6	4.1	8.0	
		油茶 <i>Camellia oleifera</i>	2.3	1.6	3.4	7.3	
		梗花椒 <i>Zanthoxylum stipitatum</i>	2.3	3.1	1.8	7.2	
		四川山矾 <i>Symplocos sechuensis</i>	2.8	1.6	2.5	6.9	
		青榨槭 <i>Acer davidii</i>	2.3	3.1	1.0	6.4	
		黄丹木姜子 <i>Litsea elongata</i>	2.3	1.6	2.1	6.0	
		莢蒾 <i>Viburnum dilatatum</i>	2.8	1.6	1.2	5.6	
		草本层 Herb layer	淡竹叶 <i>Lophatherum gracile</i>	20.0	21.9	18.9	60.8
			鱼腥草 <i>Houttuynia cordata</i>	18.9	18.8	16.7	54.4
			大泽兰 <i>Eupatorium chinensis</i>	12.0	7.8	15.5	35.3
			堇菜 <i>Viola verecunda</i>	8.6	6.3	8.9	23.8
			紫萁 <i>Osmunda japonica</i>	7.0	9.3	6.7	23.0
			臭节草 <i>Boenninghausenia albiflora</i>	7.0	6.3	7.7	20.9
			蕨状苔草 <i>Carex filicina</i>	7.0	6.7	6.7	18.7
			玉竹 <i>Polygonatum odoratum</i>	5.0	6.3	6.7	17.0
			珍珠菜 <i>Lysimachia clethroides</i>	5.0	6.3	6.7	17.0
			蘼草 <i>Scirpus triqueter</i>	5.0	4.7	4.4	14.1
			多花黄精 <i>Polygonatum cyrtoneura</i>	3.4	4.7	2.2	10.3

RA=Relative abundance; RD= Relative density; RF= Relative frequency; IV= Importance value

表 2 群落物种多样性

Table 2 Species diversity indexes in the community

多样性指数 Diversity indexes	样地I Plot I			样地II Plot II			整个群落 Whole community
	乔木层Arbor	灌木层Shrub	草本层Herb	乔木层Arbor	灌木层Shrub	草本层Herb	
S	2	21	8	3	22	11	76
D	0.5143	0.9365	0.8492	0.6522	0.9503	0.8788	0.9516
H	0.6741	2.8257	1.9138	1.0244	2.9872	2.1888	3.3247
J _s	0.9559	0.6768	0.7976	0.8712	0.8259	0.7241	0.5843
J _{sw}	0.9724	0.9281	0.9205	0.9532	0.9664	0.9128	0.8826

S=Number of species; D=Simpson diversity index; H=Shannon-wiener diversity index; J_s=Evenness index based on D;
J_{sw}=Evenness index based on H

是 8 m 以上的大乔木, 种群的年龄结构不甚完整, 这说明野生鹅掌楸自然更新能力差^[1], 也说明了鹅掌楸生势已趋衰退, 种群数量削减, 在群落中的作用和地位也已下降, 可以判断目前这个群落处于发育过程的衰老期^[1]。另外, 经过实地考察分析, 鹅掌楸树龄出现的断层现象, 除了天然更新能力差的内因外, 还有一些外因, 包括人为因素和自然因素。人为因素主要是当地农民对中龄鹅掌楸的砍伐; 自然因素主要是自然灾害, 据当地农民介绍, 上一年雪灾, 大量树枝被压断, 中龄鹅掌楸抗冻能力较差, 几乎全被冻死。内因和外因都是促进该群落演替的主要因素, 同时也是今后如何保护野生鹅掌楸群落应该着重考虑的因素。总之, 从种群的动态演化趋势来看, 该种群已明显处于衰退的阶段, 如不尽快加强保护, 前景令人担忧。

4 建议

群落的演替是环境与群落植物特性之间的综合产物, 群落无论是消失或保存, 都是人类活动的结果^[1-3]。如果继续增加对现有群落的干扰或不采取相应的保护措施, 群落将难逃灭绝的命运, 该地也将结束鹅掌楸群落分布的历史, 而被另一种群落代替。为了更好地保护珍稀濒危植物鹅掌楸群落, 笔者提出以下几点建议:

(1) 在三道坑自然保护区内将野生鹅掌楸群落单独划出来进行专项保护。

(2) 严禁砍伐, 并结合人工抚育, 为野生鹅掌楸创造好的繁育环境, 增强其自然更新能力。

(3) 建立相应的研究基地, 加强鹅掌楸保护生态学和生物学的研究, 为物种的保护提供理论依据。

参考文献

- [1] Lin P(林鹏). Phytocoenology [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1986. 68-193.(in Chinese)
- [2] Wang B S(王伯荪). Phytocoenology [M]. Beijing: Higher Education Press, 1987. 55-216.(in Chinese)
- [3] Fang J Y(方精云), Shen Z H(沈泽昊), Tang Z Y(唐志尧), et al. The protocol for the survey plan for plant species diversity of China's mountains [J]. Chin Biodiver(生物多样性), 2004, 12(1): 6-9.(in Chinese)
- [4] Smith E P, van Belle G. Nonparametric estimation of species richness [J]. Biometrics, 1984, 40:119-129.
- [5] Simpson E H. Measurement of diversity [J]. Nature, 1949, 163: 687-689.
- [6] Peet P K. The measurement of species diversity [J]. Ann Rev Ecol System, 1974, 5:285-306.
- [7] Magurran A E. Ecological Diversity and Its Measurement [M]. Sydney: Croom Helm, 1988. 178-179.
- [8] Zhao Z M(赵志模), Guo Y Q(郭依泉). Principle and Methods of Community Ecology [M]. Chongqing: Publishing House of Scientific and Technical Documentation, Chongqing Branch, 1990. 148-154.(in Chinese)
- [9] Ma K P(马克平). Measurement of Biodiversity [M]. Beijing: Science Press, 1994. 141-165.(in Chinese)
- [10] Kang J(康杰), Liu W Q(刘蔚秋), Yu F Q(于法钦), et al. Vegetation types and plant community characters in Bijiashan Park in Shenzhen, Guangdong Province [J]. Acta Sci Natl Univ Sunyatseni(中山大学学报 自然科学版), 2005, 44(Suppl.):10-11.(in Chinese)
- [11] Ma K P(马克平), Huang J H(黄建辉), Yu S L(于顺利), et al. Plant community diversity in Dongling Mountain, Beijing, China: II. Species richness, evenness and species diversities [J]. Acta Ecol Sin(生态学报), 1995, 15(3):268-277.(in Chinese)
- [12] Li J W(李景文). Forestry Ecology [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1994. 153-233.(in Chinese)
- [13] Hao R M(郝日明), He S A(贺善安), Tang S J(汤诗杰), et al. Geographical distribution of *Liriodendron chinense* in China and its significance [J]. J Plant Resour Environ(植物资源与环境学报), 1995, 4(1):1-6.(in Chinese)