

特有珍稀植物宝华玉兰种群分布格局和群落特征

王剑伟, 张光富*, 陈会艳

(南京师范大学 生命科学学院 江苏省生物多样性与生物技术重点实验室, 南京 210046)

摘要: 采用相邻格子样方法和典型样地法研究镇江宝华山国家森林公园珍稀植物宝华玉兰的种群分布格局和群落物种多样性。从分布格局看, 宝华玉兰种群在半自然样地 Q1 中为聚集分布, 但聚集强度不高, 而在另外 3 个样地中均为随机分布。从群落特征看, 4 个样地共有维管植物 89 种, 隶属于 43 科 74 属; 群落分层明显, 但宝华玉兰为亚优势种; 半自然林中各层次的物种多样性 Shannon-Wiener 指数为草本层 > 灌木层 > 乔木层, 而在自然样地中, 则为草本层 > 乔木层 > 灌木层。

关键词: 宝华玉兰; 分布格局; 群落特征; 特有珍稀植物; 宝华山

中图分类号: Q948 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2008)04-0489-06

Population pattern and community characteristics of endemic and rare plant *Magnolia zenii* in Baohuashan National Forest Park

WANG Jian-Wei, ZHANG Guang-Fu*, CHEN Hui-Yan

(Jiangsu Key Laboratory of Biodiversity and Biotechnology, School of Life Sciences, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China)

Abstract: By applying the contiguous grid quadrats and typical plots, it had been studied about the population pattern and species diversity of the communities *Magnolia zenii* Cheng in Baohuashan National Forest Park in Zhenjiang City. Based on analyzing the spatial pattern, it was shown that only its semi-nature population Q1 was of contagious distribution type while the other three populations(Q2, Q3, Q4) were of random distribution types. As far as the characters of the communities were concerned, there were 89 species of vascular plants belonging to 43 families and 74 genera in the four plots. *M. zenii* was sub-dominant species in the communities, which could be divided into three distinct layers: tree, shrub, and herb layers. The result showed that the Shannon-Wiener index diversity order of different layers was herb layer > shrub layer > tree layer in the semi-nature communities, while in the natural communities, it was herb layer > tree layer > shrub layer accordingly.

Key words: *Magnolia zenii*; distribution pattern; community characteristics; endemic and rare plant; Baohuashan

低密度下的种群动态规律是研究濒危物种灭绝的生态学机制的主要内容之一。近年来, 小种群能否持续存活的问题受到人们的日益关注(李典谟等, 2005)。目前的相关研究主要见于数学模型研究和动物种群的生存力分析, 而涉及植物种群研究的相

对较少(Morris & Doak, 2002; Reed 等, 2003; 彭少麟等, 2002)。

宝华玉兰(*Magnolia zenii*)为木兰科木兰属(*Magnolia*)植物, 分布仅限于江苏镇江宝华山国家森林公园, 在 1991 年《中国植物红皮书》中被列为国

收稿日期: 2007-07-09 修回日期: 2007-10-08

基金项目: 江苏省教育厅基金(04KJD180105)[Supported by Education Department of Jiangsu Province(04KJD180105)]

作者简介: 王剑伟(1982-), 男, 河北井陘人, 在读硕士, 研究方向为植物生态学。

* 通讯作者(Author for correspondence)

家级 III 级濒危种,在 1999 年 8 月国务院批准的《国家重点保护野生植物名录(第一批)》中被列为 II 级濒危种,在 2004 年《中国植物红色名录》中被列为极危种(汪松等,2004)。它的树干挺拔通直,材质细致,是良好的木材;它的花大、艳丽芳香,是珍贵的园林观赏树木。此外,它的花果还可入药(刘玉壶等,1996)。迄今为止,对该种的研究甚少,仅见对其花粉形态、自然分布状况和群落学调查的简要描述(俞志雄,2003;徐惠强等,2001)。近几年来,不断有报道称该种全球仅存成年个体 12 株或 34 株(张明,2005;徐惠强等,2001),该种目前濒危现状到底如何,这一小种群的年龄结构、分布格局和群落组成如何。本文通过实地调查对宝华玉兰种群的分布格局和群落的物种多样性特征进行研究,旨在为该种的生物多样性保护提供依据和植物小种群的动态变化规律研究积累资料。

1 自然环境概况

宝华山国家森林公园位于江苏省镇江句容市,介于 $31^{\circ}37' \sim 32^{\circ}19' N$, $118^{\circ}58' \sim 119^{\circ}58' E$ 之间,地处宁镇山脉中段,山体东西走向,峰低坡缓,海拔 396 m,为亚热带和暖温带的过渡地带,属北亚热带季风气候,四季分明,气候温和,雨水充沛,日照充足。年平均降水量为 1 018.6 mm,年平均气温 $15.4^{\circ}C$,最冷月 1 月平均气温 $1.4^{\circ}C$,最热月 7 月平均气温 $29.7^{\circ}C$ 。年平均日照时数 2 116 h,年平均无霜期 229 d。土壤微酸性,土层较厚,为棕色土壤。该区的森林群落类型主要为落叶常绿阔叶混交林和落叶阔叶林(张明娟等,2003)。

2 研究方法

2.1 种群数量调查

分别在不同的季节,先后两年对宝华玉兰所有可能的分布点进行数量调查,尤其是在宝华玉兰的花期(2~3 月份)对其补充调查,并对所有成年个体进行标记和 GPS 定位,并分别记录其株数、胸径、树高、冠幅等资料。

2.2 样地设置

宝华玉兰自然分布仅见于宝华山国家森林公园。通过踏查发现其野生植株较少,因此选择分布相对密集的地段(将军洞沟谷旁和竹楼东北侧),采

用典型样地法对宝华玉兰群落分两类调查:人工栽种的半自然群落(Q1、Q2)(约 15 a)和自然分布的群落(Q3、Q4)(约 40 a)。样地大小均为 $20 m \times 20 m$ 。每个样地再划分为 16 个 $5 m \times 5 m$ 的小样方,在每 4 个 $5 m \times 5 m$ 的乔木层中各随机设置 1 个 $4 m \times 4 m$ 的灌木层和 1 个 $1 m \times 1 m$ 的草本层样方,分别记录样方内植物种类、株数、胸径等以及环境因素(高邦权等,2005)。各样地环境资料见表 1。

表 1 四个样地环境资料

Table 1 Environmental conditions of four plots

样地号 No. of plots	面积 Area (m^2)	坡度 Slope gradient ($^{\circ}$)	坡向 Slope direction ($^{\circ}$)	层盖度 Layer coverage		
				乔木层 Tree layer(%)	灌木层 Shrub layer(%)	草本层 Herb layer(%)
Q1	400	15	ES30 $^{\circ}$	30	50	45
Q2	400	20	ES35 $^{\circ}$	35	40	40
Q3	400	25	NE20 $^{\circ}$	60	70	30
Q4	400	30	NE25 $^{\circ}$	55	50	40

2.3 宝华玉兰分布格局的测定

2.3.1 大小级结构划分标准 以大小级结构代替年龄结构,根据曲仲湘的五级立木划分法,结合实际情况做适当调整,大小级结构的划分标准:I级(幼苗) $DBH < 2.5 cm, h < 33 cm$; II级(幼树) $DBH < 2.5 cm, h \geq 33 cm$; III级(小树) $2.5 cm \leq DBH < 7.5 cm$; IV级(中树) $7.5 cm \leq DBH < 15 cm$; V级(中树) $15 cm \leq DBH < 22.5 cm$; VI级(大树) $22.5 cm \leq DBH$ 。

2.3.2 种群分布格局测度 种群分布格局的数学模型很多,最常用最简便的检验方法是方差/均值比率法。本文采用此法判定宝华玉兰的分布格局,扩散指数 $C = S^2/\bar{x}$,其统计学的基础是在泊松分布中方差与均值相等,均匀分布时抽样单位中出现个体数大多接近于均值,故方差小于均值;集群分布时抽样单位中出现个体数大多大于或小于均值,方差大于均值。采用 t 检验法来确定 S^2/\bar{x} 的实测值与 1 差异的显著性。 t 值通过公式 $t = \frac{S^2/\bar{x} - 1}{\sqrt{2/(n-1)}}$ 计算,然

后与 $t_{0.05}(n-1)$ 比较确定其差异显著性(高邦权等,2005)。

2.4 宝华玉兰群落的物种多样性的测定

物种多样性采用运用广泛的群落丰富度指数(S)、Shannon-Wiener 物种多样性指数(SW)、Simpson 生态优势度指数(SN)和 Pielou 群落均匀度指数(PW)测定(张光富等,2002),计算时以各种的重要值代替其个体数。

3 结果与分析

3.1 宝华玉兰的种群数量

据表 2, 宝华玉兰共有 149 株, 分布于 6 个径级。这其中成年个体 (DBH > 5 cm) 有 38 株, 且全部为实生苗, 分布于 III、IV、V 和 VI 四个径级阶段。而萌生苗有 40 株, 分属于 I 级幼苗和 II 级幼树阶段。因此该种的种群规模较小。这与此前报道的该

种成年个体 (DBH > 5 cm) 仅 34 株有所不同 (徐国强等, 2001)。原因可能在于本文对宝华山地区所有可能的宝华玉兰分布地点, 分不同季节 (尤其是花期) 进行了较为详尽的调查和植株标记。例如, 调查中发现现在小山头有一株胸径 45 cm 的植株, 这是迄今在该地区发现的最粗的宝华玉兰, 而在前人的研究中均未曾提及。其次, 经过 6~7 年的生长发育, 宝华玉兰的不同龄级的个体也可能有所增加。而本次调查样方中共有宝华玉兰 130 株, 占其个体总数

表 2 宝华玉兰种群径级大小级结构
Table 2 Size structure of *Magnolia zenii* populations

项目 Item	径级 Size class						小计 Subtotal
	I	II	III	IV	V	VI	
实生植株 Seedling plants	6	51	21	14	6	11	109
萌生植株 Seedling sprouts	2	38	0	0	0	0	40
合计 Total	8	89	21	14	6	11	149

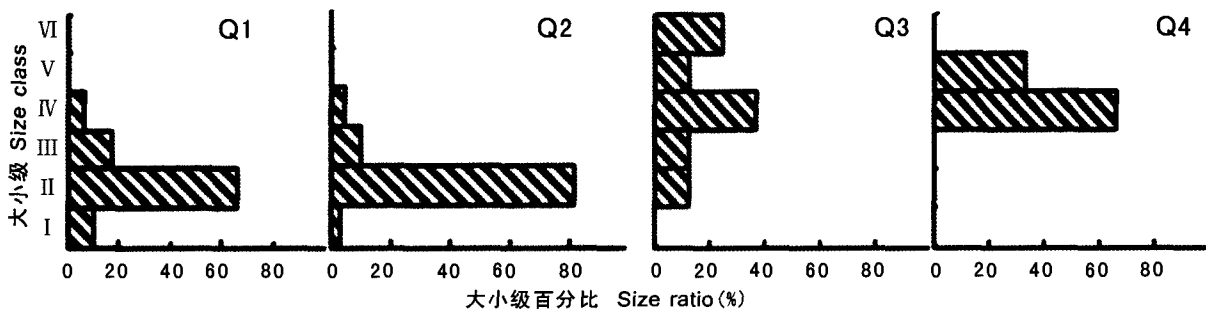


图 1 四个样地中宝华玉兰种群的大小级结构
Fig. 1 Size structure of *Magnolia zenii* populations from four plots

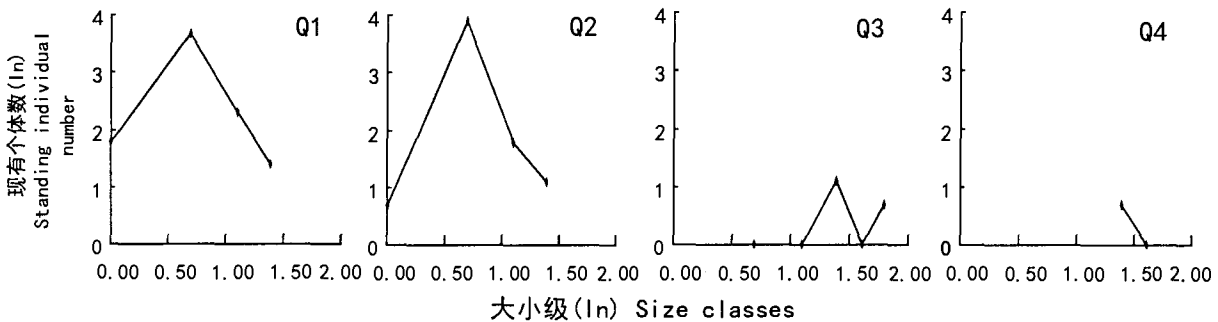


图 2 四个样地中宝华玉兰种群的存活曲线
Fig. 2 The survival curve of *Magnolia zenii* populations from four plots

的 87.2%, 基本可以反映其群落状况。

3.2 不同样地宝华玉兰的大小级结构

因为同一环境下同一树种龄级与径级对环境的反应规律具有一致性, 所以用大小级代替年龄级对宝华玉兰种群年龄结构进行分析。以各大小级的个

体数量百分比为横轴, 以大小级为纵轴绘制宝华玉兰种群的大小级分布图 (图 1)。再以各大小级的自然对数为横坐标, 以大小级个体数的自然对数为纵坐标绘制其种群存活曲线 (徐学红等, 2005) (图 2)。

从图 1、2 看出, 宝华玉兰半自然种群和自然种

群的大小级结构存在一定的差异,在半自然样地 Q1 和 Q2 中,II 级幼树的密度最大,尽管 V 级中树和 VI 级大树均有缺失,但种群大小结构表现为倒 J 型,存活曲线呈凸型,这表明宝华玉兰种群相对稳定。而在自然样地 Q3 和 Q4 中,宝华玉兰的个体数目较少,IV、V 级中树所占的比例相对较大,I 级幼苗均缺失;存活曲线不连续。其中在 Q4 样地中,除 I 级幼苗外,甚至 II 级幼树、III 级小树和 VI 级大树也均有所缺失。这表明在自然样地中其种群更新能力较弱,并呈现衰退型趋势。

宝华玉兰的大小级结构与其自身的生态学特性、种间竞争和环境因素有着密切的联系。在半自然群落 Q1、Q2,调查发现有生长长达 10 余年的宝华玉兰植株,但仅见个别植株开花,结实率低且果实瘦小,这可能与它需要生长期较长有关;另外其均位于毛竹林附近,毛竹的地下茎发达,由于它的不断扩张,生长迅速,对宝华玉兰的营养竞争构成了很大的威胁。此外,毛竹也对宝华玉兰的栖息地威胁也相

当严重,这也成为限制其生长的一个重要因素。调查中还发现,在半自然样地 Q1 中有许多宝华玉兰幼树均为萌生,其中个别枝条从基部被砍伐,表明人为因素对其生境也造成了一定的干扰。而且,宝华玉兰幼苗生长在郁闭林下,生长状况不良,其生存条件极不利于其天然更新,很难长成大树。所以半自然群落中缺乏 V 级中树和 VI 级大树。而自然群落 Q3、Q4 中,虽然存在中树、大树,且已经开花结果,但林下未见实生苗,幼苗树种极度缺乏,推测其可能存在生殖障碍,也可能与其林下的郁闭度高有关,具体原因有待进一步探讨。

3.3 宝华玉兰的分布格局

分布格局指种群的个体在水平位置上的分布样式,它是物种生物学特性、种间关系及环境条件综合作用的体现。各样地的宝华玉兰种群分布格局的结果见表 3。宝华玉兰在 Q1 样地中为聚集分布,但其聚集强度不高,在 Q2、Q3、Q4 等样地中为随机分布。

宝华玉兰的分布格局主要由其生物学特性和生

表 3 宝华玉兰种群的分布格局
Table 3 Distribution pattern of *Magnolia zenii* population

种群 Population	个体总数 Number of individual	S^2	\bar{x}	S^2/\bar{x}	t 值 t-value	格局类型 Type of pattern
Q1	60	11.267	3.750	3.004	5.489	集群分布
Q2	60	5.296	3.688	1.436	1.195	随机分布
Q3	7	0.667	0.500	1.333	0.913	随机分布
Q4	3	0.163	0.188	0.867	-0.365	随机分布

长环境所决定。Q1 样地中幼年个体偏多,植株萌生特性较强,再加上一定的人为干扰,使萌生苗在母株附近生长,造成了该样地其种群呈集群分布的格局。与 Q1 样地相比,在 Q2 样地中 I 级幼苗较少,而 II 级幼树偏多,调查中还发现该样地中有些宝华玉兰的萌生幼树有断梢现象,这可能由于存在激烈的种内自疏和种间竞争而使其呈现出随机分布的格局。而在 Q3、Q4 样地中,宝华玉兰高龄级植株个体相对较多,其生长经历了漫长的时期,推测在早期可能存在明显的种内自疏和种间竞争。另外宝华玉兰也靠种子繁殖,其种子有鲜红色的外种皮,且胚乳丰富,富含油脂,易被林中的鼠类和鸟类所食(刘玉壶等,1997),很少发芽成苗,动物食后未消化的种子只有在适宜的生态环境中才能存活,其幼苗的存活机会少,且只能是零星分布。宝华玉兰的林下潮湿,当聚合果成熟落地后,种子往往随聚合果同时腐烂,不易发芽,在林下找到的多是腐烂的聚合果和不能发芽的种子(室内实验),几乎看不见幼苗的存在,这些造

成了其种群的随机分布格局。

3.4 宝华玉兰群落的结构特征

根据对 4 个样地的调查结果统计,宝华玉兰群落有维管植物 89 种,分别隶属 43 科 74 属。其中乔木层共有植物 19 种,隶属 13 科 17 属;灌木层共有植物 35 种,隶属 20 科 28 属;草本层共有植物 58 种,隶属 36 科 51 属。

宝华玉兰群落分层明显,可以分为 3 层:乔木层、灌木层和草本层。乔木层的高度为 5~15 m,灌木层的高度为 1.1~4 m,草本层的高度小于 1 m。宝华玉兰生长地植物群落各样地乔木层物种的重要值见表 4。由表可以看出,群落中乔木层树种较为单调。在乔木层中,半自然群落物种数目较少,共出现 9 种植物,优势种为毛竹和宝华玉兰,毛竹的重要值占有很大的比例,两样地之和为 127.88,而宝华玉兰的重要值之和为 29.05。在自然群落中,出现植物 17 种,较半自然群落物种相对丰富,其中优势种为紫楠(*Phoebe sheareri*)和宝华玉兰,紫楠在两样

地重要值和为 50.62, 而宝华玉兰为 20.88。灌木层中的物种比乔木层丰富, 半自然群落共中出现植物 25 种, 优势种为枫香、野鸭椿 (*Euscaphis japonica*), 其次为宝华玉兰、山胡椒 (*Lindera glauca*) 和化香。自然群落中, 共出现植物 17 种, 优势种为紫楠和老鸭柿 (*Disopyros rhombifolia*), 其次为牛鼻栓 (*Fortunearia sinensis*)、青冈和多花泡花树。草本层的物种均很丰富, 半自然群落中共出现植物 38 种, 优势种为蓬蘽 (*Rubus hirsutus*)、山莓 (*R. corchorifolius*)、细叶苔草 (*Carex rigescens*) 和蕨 (*Pteridium aquilinum* var. *latiusculum*), 而在自然群落中总共出现植物 30 种, 优势种为紫楠、细叶苔草和贯众 (*Cyrtomium fortunei*)。

表 4 四个样地中乔木层主要树种的重要值
Table 4 Importance value of dominant species in tree layer of the community of four plots

种名 Name of species	样方号 No. of plot			
	Q1	Q2	Q3	Q4
毛竹 <i>Phyllostachys heterocycla</i>	74.75	53.13	—	10.24
宝华玉兰 <i>Magnolia zenii</i>	13.74	15.31	10.54	10.34
青冈 <i>Cyclobanopsis glauca</i>	4.08	—	10.35	2.11
枫香 <i>Liquidambar formosana</i>	7.43	6.88	2.97	8.61
毛白杨 <i>Populus tomentosa</i>	—	8.87	—	—
麻栎 <i>Quercus acutissima</i>	—	6.44	—	2.20
化香 <i>Platycarya strobilacea</i>	—	3.30	3.97	2.57
野核桃 <i>Juglans cathayensis</i>	—	3.27	7.42	7.96
冬青 <i>Ilex chinensis</i>	—	2.80	—	—
紫楠 <i>Phoebe sheareri</i>	—	—	32.29	18.33
黄连木 <i>Pistacia chinensis</i>	—	—	7.37	3.44
朴树 <i>Celtis sinensis</i>	—	—	5.97	5.17
建始槭 <i>Acer henryi</i>	—	—	5.45	3.56
白榆 <i>Ulmus pumila</i>	—	—	5.27	6.31
多花泡花树 <i>Meliosma myriantha</i>	—	—	3.51	—
红枝柴 <i>M. oldhamii</i>	—	—	2.76	7.81
山葡萄 <i>Vitis amurensis</i>	—	—	2.12	3.90
木蜡树 <i>Toxicodendron sylvestrie</i>	—	—	—	4.99
响叶杨 <i>Populus adenopoda</i>	—	—	—	2.46

乔木层中半自然群落共有宝华玉兰 19 株, 胸径在 2.50~9.90 cm, 平均胸径为 5.80 cm。而在自然群落中宝华玉兰共有 10 株, 胸径在 7.17~34.10 cm, 平均胸径为 18.39 cm; 灌木层中仅在半自然群落中的样方内有 4 株宝华玉兰, 胸径分别为 0.6、0.7、0.8、3.5 cm。而在自然群落的灌木样方内未见宝华玉兰。草本层也仅在半自然群落的样方内发现有宝华玉兰, 但重要值不高, 而在自然群落中的样方内也未见其踪迹。

可以看出, 无论是在半自然样地还是自然样地,

宝华玉兰都为次优势种, 均为非优势种; 在半自然样地中宝华玉兰的个体的胸径值较小, 个体数目较多, 优势种为毛竹。而在自然样地中, 宝华玉兰个体胸径值较大, 但个体数目较少, 优势种为紫楠。

表 5 宝华玉兰群落各层的物种多样性
Table 5 The species diversity of divided layers in the community of *Magnolia zenii*

样方号 No. of plot	层 Layer	S	SW	SN	PW
Q1	乔木层	4	1.1743	0.4152	0.5871
	灌木层	18	3.8919	0.9224	0.9343
	草本层	27	4.0933	0.9135	0.8631
Q2	乔木层	8	2.1979	0.6746	0.7329
	灌木层	17	3.7839	0.9099	0.9246
	草本层	22	4.0106	0.9181	0.9011
Q3	乔木层	13	3.1758	0.8408	0.8588
	灌木层	6	1.9881	0.6549	0.7593
	草本层	14	3.4283	0.8832	0.9007
Q4	乔木层	16	3.7215	0.9101	0.9310
	灌木层	16	3.5829	0.8902	0.8965
	草本层	24	4.3748	0.9468	0.9551

3.5 宝华玉兰群落的物种多样性

4 个样地不同层次的物种多样性指数见表 5。可见, 乔木层中半自然群落的物种多样性指数较低, 均匀度指数不高, 而在自然群落中两者较高。因为在半自然群落中乔木树种较少, 且毛竹的优势地位很突出, 而自然群落中由于物种数目较多, 分布相对均匀, 所以物种多样性较高。灌木层中仅自然群落的样地 Q3 物种多样性较低, 可能与该样地乔木层郁闭度较高有关。对草本层而言, 半自然群落和自然群落的各个样地的物种多样性差异不大。这也反映出其植被的次生性质较为明显。

因此, 宝华玉兰群落中不同层次的物种多样性不同, 半自然群落 Q1、Q2 样地的乔木层、灌木层、草本层的 Shannon-Wiener 指数均为: 草本层 > 灌木层 > 乔木层; 而在自然群落 Q3、Q4 样地中, 它却是草本层 > 乔木层 > 灌木层。这主要是因为半自然群落灌木层中乔木树种和灌木种类混杂, 分化不明显; 而在自然群落中, 乔木层的郁闭度较大, 光照不足, 故 Shannon-Wiener 指数是乔木层 > 灌木层。在半自然样地中, 乔木层的生态优势度和群落均匀度都较低, 这可能与乔木层植物较少, 分布较为集中有关。t 检验 (表 6) 表明只有乔木层和草本层的物种丰富度指数存在显著的差异。

4 结论

从种群大小级看,半自然样地中,宝华玉兰幼树密度较大,中树、大树均有缺失;自然样地的中树所占比例相对较大,幼苗缺失;从种群分布格局看,除半自然群落中的1个样地宝华玉兰为聚集分布外,其余均为随机分布。从群落组成看,宝华玉兰4个样地共出现维管植物89种,其中乔木层19种,灌木层35种,草本层58种,其种类组成较丰富。安树青等对宝华山森林植被的研究也发现,紫楠林具有较高的物种组成指数(An等,2001)。物种多样性研究表明,在乔木层中,半自然群落的物种多样性指数和均匀度较低,而自然群落的物种多样性指数和均匀度较高;半自然群落中,各层次的Shannon-Wiener指数均为草本层>灌木层>乔木层,而在自然群落中,它却是草本层>乔木层>灌木层。这反映该植被具有明显的次生性质。

表6 不同层次间物种多样性差异的显著性检验(t 检验)
Table 6 Significance test of species diversity of different layers

层 Layer	t 值 t -value			
	S	SW	SN	PW
乔木层—灌木层 Tree layer—shrub layer	-1.040	-1.039	-1.056	-1.181
乔木层—草本层 Tree layer—herb layer	-2.990 *	-2.367	-1.852	-1.639
灌木层—草本层 Shrub layer—herb layer	-1.980	-1.362	-1.096	-0.558

* 差异显著 Significant difference ($0.01 < P < 0.05$)

宝华玉兰自然分布仅见于宝华山,为地方性特有种,其地理分布范围狭小,种群个体数量偏少,尤其是成年植株稀少,现已处于濒临灭绝的境地。因此笔者建议:应该强化公园管理,停止一切人为干扰,以加强对宝华玉兰的就地保护;积极开展宝华玉兰的生物学特性、种群动态、繁殖特性和遗传多样性等方面的研究,探讨其濒危机制,保护其种质资源;在毛竹入侵严重的半自然样地中,考虑采用间伐等措施以维持其阶段性的演替。

参考文献:

刘玉壶,罗献瑞,吴容芬,等. 1996. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,30(1):133

- 李典谟,徐汝梅. 2005. 物种濒危机制和保育原理[M]. 北京:科学出版社:1-25
- 汪松,解炎. 2004. 中国物种红色名录(第1卷)[M]. 北京:高等教育出版社:309-468
- An SQ, Liu MS, Wang YJ, et al. 2001. Forest plant communities of Baohua Mountains, eastern China[J]. *J Vegetation Sci*, 12: 653-658
- Gao BQ(高邦权), Zhang GF(张光富). 2005. Studies on population structure and distribution pattern of *Celtis sinensis* in Laoshan National Forest Park of Nanjing(南京老山国家森林公园朴树种群结构与分布格局研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), 25(5):406-412
- Lin XC(林新春), Yu ZX(俞志雄). 2003. Pollen morphology of 9 species from Magnoliaceae(9种木兰科植物的花粉形态观察)[J]. *J Zhejiang Fore Coll*(浙江林学院学报), 20(4):353-356
- Liu YH(刘玉壶), Zhou RC(周仁昌), Zeng QW(曾庆文). 1997. Ex situ conservation of Magnoliaceae including its rare and endangered species(木兰科植物及其珍稀濒危种类的迁地保护)[J]. *J Trop Subtrop Bot*(热带亚热带植物学报), 5(2):1-12
- Morris WF, Doak DF. 2002. Quantitative conservation biology: theory and practice of population viability analysis[M]. Sunderland, Sinauer Association:1-480
- Peng SL(彭少麟), Wang DB(汪殿蓓), Li QF(李勤奋). 2002. Advances in plant population viability analysis(植物种群生存力分析研究进展)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), 22(12):2175-2185
- Reed DH, O'Grady JJ, Brook BW, et al. 2003. Estimates of minimum viable population sizes for vertebrates and factors influencing those estimates[J]. *Biological Conservation*, 113:23-34
- Xu HQ(徐惠强), Hao RM(郝日明), Yao ZG(姚志刚), et al. 2001. Present natural situation and in situ conservation of rare and endangered trees *Magnolia zenii* Cheng and *Parrotia subaequalis*(珍稀树种小叶银缕梅和宝华玉兰自然现状及就地保护研究)[J]. *J Jiangsu Fore Sci Tech*(江苏林业科技), 28(5):19-21
- 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):645-653
- Zhang GF(张光富), Song YC(宋永昌). 2002. Change of component structure of shrubland in Tiantong region, Zhejiang Province under different treatments(不同处理措施下浙江天童灌丛群落组成结构的变化)[J]. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), 13(1):16-20
- Zhang M(张明), Tang MM(唐明茂), Du XX(杜晓祥). 2005. Investigation of the ancient and famous tree resources of Baohua Mountain in Jurong(句容宝华山古树名木资源调查)[J]. *J Jiangsu Fore Sci Tech*(江苏林业科技), 32(2):28-29
- Zhang MJ(张明娟), Liu MS(刘茂松), Wang L(王磊), et al. 2003. The analysis of differences of species diversity among typical communities in Baohua Mountain(宝华山典型群落物种多样性的差异性分析)[J]. *J Nanjing Fore Univ(Nat Sci)*(南京林业大学学报·自然科学版), 27(6):35-39