

梓叶槭的种群结构和群落特征*

张宇阳¹ 马文宝^{2**} 于涛¹ 姬慧娟² 高健¹ 李俊清^{1**} 高尚³ 柯蕾¹

¹北京林业大学省部共建森林培育与保护教育部重点实验室 北京 100083

²四川省林业科学研究院 成都 610081

³大千生态环境集团股份有限公司 南京 210036

摘要 梓叶槭 (*Acer catalpifolium* Rehd.) 是分布狭窄的极小种群野生植物。为充分了解梓叶槭分布地种群现状和未来发展趋势以促进种群保护, 对其5个分布点——财神庙 (CSM)、般若寺 (BRS)、张山村 (ZSC)、伏虎寺 (FHS)、报国寺 (BGS)——进行群落调查, 研究其种群结构及其生存群落的物种构成和群落特征。结果表明, 梓叶槭主要分布于常绿阔叶-落叶阔叶混交林中, 不同样地的梓叶槭群落层次, 即乔木层、灌木层以及草本层分别有伴生植物52种、74种和52种。从梓叶槭的多度分配比例来看, BRS样地最大, 为26.04%, 随后依次是FHS、ZSC、BGS和CSM。梓叶槭生存群落内, FHS、BRS、BGS和CSM样地的物种多样性指数均较高, 但ZSC相对较低; 在种群年龄结构的调查中发现, 梓叶槭幼苗及幼树等级分布出现残缺, 种群自然更新困难。综上所述, 梓叶槭生存群落内, 不同生长层优势种占有较大的环境资源, 是影响梓叶槭种子萌发、幼苗幼树生长和种群发展的主要障碍; 本研究结果可为梓叶槭种群回归与复壮提供一定理论依据。(图2 表3 参31)

关键词 梓叶槭; 极小种群野生植物; 群落特征; 多样性指数; 种群结构

CLC Q949.755.308

Population structure and community characteristics of *Acer catalpifolium* Rehd.*

ZHANG Yuyang¹, MA Wenbao^{2**}, YU Tao¹, JI Huijuan², GAO Jian¹, LI Junqing^{1**}, GAO Shang³ & KE Lei¹

¹ Key Laboratory for Silviculture and Conservation of MOE, Beijing 100083, China

² Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, China

³ Daqian Ecology & Environment Group Co., Ltd., Nanjing 210036, China

Abstract *Acer catalpifolium* Rehd., a critically endangered tree species with an extremely limited range of distribution, is one of the 120 plant species with extremely small populations, as approved by the state forestry administration of the People's Republic of China and requires urgent rescue action. In order to comprehensively understand the population status and the future developmental trend of *A. catalpifolium*, the plant communities were investigated from 5 sites, including Caishenmiao (CSM), Banruosi (BRS), Zhangshancun (ZSC), Fuhusi (FHS), and Baoguosi (BGS). The population structure of *A. catalpifolium* as well as the species composition and community characteristics of its habitat were investigated. The results showed that *A. catalpifolium* is mainly distributed in the evergreen broad-leaved and deciduous broad-leaved mixed forests, in different community layers, namely, the tree layer, shrub layer, and herb layer, and is accompanied by 52, 74, and 52 plant species, respectively. Analyses of the distribution of population abundance revealed that BRS had the largest distribution of *A. catalpifolium*, accounting for 26.04% of the total population, followed by FHS, ZSC, BGS, and CSM, in that order. Analyses of the community characteristics revealed that the species diversity indices in FHS, BRS, BGS, and CSM were greater than that in ZSC. Analyses of the population age structure of *A. catalpifolium* revealed the gap in the distribution of the levels of seedlings and young trees. There were serious obstacles to the regeneration of the natural population. We concluded that the obstacle to the regeneration of the population of *A. catalpifolium* might be caused by the high competitive pressure from the dominant species and the micro-environment in the forest. Understanding the community characteristics and the population structure of *A. catalpifolium* could provide a theoretical foundation for its reintroduction and recovery.

Keywords *Acer catalpifolium* Rehd.; plant species with extremely small population; community characteristics; diversity index; population structure

收稿日期 Received: 2017-09-29 接受日期 Accepted: 2017-10-13

*国家重点研发计划项目 (2016YFC0503106)、四川省科技支撑项目 (2017JY0279) 和北京市大学生科学研究与创业行动计划 (S201710022005) 资助 Supported by the National Key R&D Program of China (2016YFC0503106), the Sichuan Science and Technology Support Project (2017JY0279) and the Scientific Research and Entrepreneurial Action Plan of Beijing College Students (S201710022005)

**通讯作者 Corresponding authors (E-mail: mawenbao_2000@126.com; lijq@bjfu.edu.cn)

梓叶槭 (*Acer catalpifolium* Rehd.), 槭树科槭属, 落叶大乔木, 树冠伞形, 冠幅较大, 为我国特有种^[1]. 野生植物资源调查发现, 梓叶槭在野外种群数量极少, 种子成熟后很容易失水丧失发芽能力, 天然更新困难, 已处于濒危状态, 并被选入《极小种群野生植物拯救保护工程规划(2011-2015)》名录^[1].

极小种群野生植物 (Plant species with extremely small populations, PSESP) 是指分布地域狭窄或呈间断分布, 由于自身原因或长期受到外界因素胁迫干扰, 呈现出种群退化和数量持续减少, 种群及个体数量都极少, 已经低于稳定存活界限的最小生存种群, 并随时濒临灭绝的野生植物^[2-4]. 但目前对极小种群物种的认识有限, 尤其是对其野生资源调查不够全面, 需进一步完善. 对极小种群野生植物的野外普查和监测, 有利于进一步了解其种群动态, 探索其濒危机制, 以及制定相应的保护对策.

充分了解植物群落的结构特征, 分析种间关系, 有助于理解目标种群现状的成因, 并可进一步探索合理的种群救治和保护方案^[4-6]. 乔木种群的年龄结构, 尤其是幼树及幼苗的数量和生长状况, 对植物群落资源占有以及种群更新和动态有着重要启示^[7]. 张华雨在对濒危植物小黄花茶 (*Camellia luteoflora* Li ex H. T. Chang) 的群落调查^[8]中发现, 竹类植物的快速扩散, 加上人为干扰和动物危害, 是该种群濒危的主要原因; 彭玉华等对单性木兰 (*Kmeria septentrionalis* Dandy) 群落的调查^[9]中发现其种群幼体的数量较少, 亟须有效保护. 因此, 开展极小种群野生植物种群结构和群落特征研究, 有助于了解群落中研究对象物种的组成和更新动态^[10-11], 可为极小种群野生植物的保护提供理论支持和科学依据.

梓叶槭是典型的极小种群野生植物, 前人研究主要集中在培育和种质资源的开发上^[12-13], 而有关其分布地群落特征、野外种群存在现状等信息不详, 这对于科学制定该物种拯救措施及有效保护极为不利. 为此, 我们以都江堰和峨眉山2个集中分布种群为对象, 研究梓叶槭不同分布地的群落特征、物种的等级多度特征等, 进行3个方面的分析: (1) 梓叶槭群落主要由哪些物种组成? 优势种有哪些? (2) 各种群多度分配和物种多样性有何特点? (3) 梓叶槭种群存在现状如何? 本研究可为进一步了解梓叶槭种群的生存状况及其适宜生境特点与梓叶槭种群的增强回归提供重要的理论依据.

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

峨眉山地区位于四川盆地西南边缘, 东北与川西平原接壤, 西南连接大小凉山, 是盆地到高山过渡地带. 位于中亚热带湿润季风气候区, 年降雨量约为1 480.5 mm, 年相对湿度约80%^[14]. 土壤类型主要是棕色壤土、暗棕壤、黄棕壤及棕壤土^[15].

都江堰地区处于四川盆地西缘, 属于中亚热带湿润性季风气候. 坝区年平均温度15.2℃, 年降雨量1 200-1 800 mm. 11月至翌年4月寒冷干燥, 5-10月多阴雨天气. 土壤类型主要是

黄壤和山地棕黄壤^[16].

1.2 研究方法

梓叶槭种群数量极少, 我们在峨眉山(3个样方)和都江堰(2个样方)的相对集中分布区, 分别设置20 m × 30 m样方, 每个样方中设置2个5 m × 5 m和5个1 m × 1 m的小样方. 在20 m × 30 m样方中, 调查乔木(高度>3 m)种类、胸径、高度等, 同时调查灌木层(高度<3 m)和草本层的植物种类、平均高度、盖度等. 此外, 记录样方的植被总盖度、经纬度、坡度、坡位等. 将不同样地作为一个整体, 对重要值前10位的物种进行比较分析. 选取其样地重要值最大的乔木和灌木对不同群落进行命名, 根据各样方乔木及灌木优势种对梓叶槭生存群落进行命名, 分别为杉木-润楠林、梓叶槭-半宿萼茶林、柳杉-紫麻林、楠木-细齿叶柃林及柏木-楠木林.

1.3 数据统计分析

1.3.1 重要值计算 对方精云等计算重要值的公式^[17]进行修改, 利用相对密度和相对优势度的平均值计算乔木的重要值, 用相对密度和相对盖度分别计算灌木层和草本层的重要值, 计算公式为:

$$\text{乔木层植物重要值} = (\text{相对密度} + \text{相对优势度}) / 2$$

$$\text{灌木层植物重要值} = (\text{相对密度} + \text{相对多度}) / 2$$

$$\text{草本层植物重要值} = (\text{相对密度} + \text{相对多度}) / 2$$

式中, 相对优势度=某个物种的胸高断面积/所有物种的胸高面积之和, 相对多度=某个种的株数/所有物种的株数之和.

1.3.2 多样性指数

$$\text{Shannon-Wiener多样性指数}^{[18]}: H' = - \sum P_i \ln P_i$$

$$\text{Pielou均匀度指数}^{[19]}: E = H' / \ln S$$

$$\text{Simpson优势度指数}^{[19]}: E = 1 - \sum P_i^2$$

式中, P_i 为种*i*的重要值.

1.3.3 等级多度曲线 等级多度曲线 (Rank-abundance plot) 纵坐标表示群落中各个种群的相对多度, 并以 $\log_{10}$ 排列, 纵坐标是相对多度的大小排序, 该方法可描述群落中优势种的优势度和各种群的多度分配比例以及分析群落的均匀度情况^[20-21].

2 结果与分析

2.1 梓叶槭生境概况

根据表1可知, 在本次调查中, 梓叶槭分布海拔范围为400-850 m, 坡向以偏西方向为主, 坡度多以 $22^\circ \pm 3^\circ$ 为主. 其生长环境多距离水源较近, 生活环境湿润. 其生境中植被覆盖度大约为 $70\% \pm 5\%$, 生境均有不同程度的人为干扰.

2.2 梓叶槭群落类型及特征

梓叶槭生境中, 乔木、灌木以及草本分别有52种(47属32科)、74种(64属35科)及52种(43种31科).

在乔木层中(表2), 梓叶槭重要值分别为0.122、0.179、0.081、0.057和0.260, 在BRS中, 梓叶槭为优势种; 在FHS、BGS中, 梓叶槭为亚优势种; 润楠 (*Machilus pingii* Cheng ex Yang) 和慈竹 (*Neosinocalamus affinis* (Rendle) Keng) 出现在4个样方中, 润楠分别出现在CSM、BRS、FHS及BGS中, 慈竹分别出现在CSM、BRS、ZSC及BGS. 灯台树 [*Bothrocaryum*

表1 梓叶槭样地基本情况
Table 1 Basic profile of *Acer catalpifolium* Rehd.

地点 Location	财神庙 Caishenmiao	般若寺 Banruosi	张山村 Zhangshancun	伏虎寺 Fuhusi	报国寺 Baoguosi
林分类型 Forest type	杉木-润楠林 <i>Cunninghamia lanceolata</i> (Lamb.) - <i>Machilus pingii</i> Cheng ex Yang forest	梓叶槭-半宿萼茶林 <i>Acer catalpifolium</i> Rehd. - <i>Camellia szechuanensis</i> Chi forest	柳杉-紫麻林 <i>Cryptomeria fortunei</i> Hooibrenk ex Otto et Dietr. - <i>Oreocnide frutescens</i> (Thunb.) Miq. forest	楠木-细齿叶桉林 <i>Phoebe zhennan</i> S. Lee - <i>Eurya nitida</i> Korthals forest	柏木-楠木林 <i>Cupressus funebris</i> Endl. - <i>P. zhennan</i> S. Lee forest
经度 Longitude	103°32'37.80"	103°42'58.32"	103°23'04.74"	103°26'10.25"	103°26'04.93"
纬度 Latitude	30°57'22.85"	31°03'51.91"	29°35'54.70"	29°33'54.04"	29°33'54.25"
海拔 EV (h/m)	814	726	580	460	429
坡向 SA	西 West	西北 Northwest	西南 Southwest	西 West	西南 Southwest
坡度 SG (α°)	20	22	45	25	25
植被总盖度 VC (P/%)	75	70	65	45	65
人为干扰程 HI	中度 Moderate	轻微 Slight	重度 Serious	无干扰 Non-interfering	轻微 Slight
距水源距离 DFW	溪边 By the stream	附近无水流 No water	河边 By the river	小溪边 By the creek	河边 By the river
乔木层优势种 TLDS	杉木, 灯台树 <i>C. lanceolata</i> , <i>Bothrocaryum controversum</i> (Hemsl. Pojark)	梓叶槭, 漆树 <i>A. catalpifolium</i> , <i>Toxicodendron vernicifluum</i> (Stokes) F. A. Barkl.	柳杉, 枫杨 <i>C. fortunei</i> , <i>Pterocarya stenoptera</i>	楠木, 梓叶槭 <i>P. zhennan</i> , <i>A. catalpifolium</i>	柏木, 梓叶槭 <i>C. funebris</i> , <i>A. catalpifolium</i>
灌木层优势种 SLDS	润楠, 半宿萼茶 <i>M. pingii</i> , <i>C. szechuanensis</i>	半宿萼茶, 紫麻 <i>C. szechuanensis</i> , <i>O. frutescens</i>	紫麻, 石海椒 <i>O. frutescens</i> , <i>Reinwardtia indica</i> Dum.	细齿叶桉, 叶榕 <i>E. nitida</i> , <i>Ficus henryi</i> Warb. ex Diels	楠木, 短序荚蒾 <i>P. zhennan</i> , <i>Viburnum brachybotryum</i> Hemsl.
草本层优势种 HLDS	两色鳞毛蕨, 刺头复叶耳蕨 <i>Dryopteris setosa</i> (Thunb.), <i>Arachniodes exilis</i> (Hance) Ching	崖爬藤, 楼梯草 <i>Tetrastigma formosanum</i> (Wall.) Planch., <i>Elatostema involucratum</i> Franch. et sav.	蜘蛛抱蛋, 西南苎草 <i>Aspidistra elatior</i> Blume, <i>Arthraxon xinanensis</i> S. L. Chen et Y. X. Jin	山姜, 楼梯草 <i>Alpinia japonica</i> (Thunb.) Miq., <i>E. involucratum</i>	绿苞山姜, 边缘鳞盖蕨 <i>Lpinia bracteata</i> Roxb., <i>Microlepidia marginata</i> (Houtt.) C. Chr.
梓叶槭幼苗 ACS	有 Exist	无 Not exist	有 Exist	无 Not exist	无 Not exist

EV: Elevation; SA: Slope aspect; SG: Slope gradient; VC: Vegetation cover; HI: Human interference; DFW: Distance from the water; TLDS: Dominant species in tree layer; SLDS: Dominant species in shrub layer; HLDS: Dominant species in herb layer; ACS: *Acer catalpifolium* Rehd. seeding.

controversum (Hemsl.) Pojark] 出现于3个样方中, 柏木 (*Cupressus funebris* Endl.)、楠木 (*Phoebe zhennan* S. Lee) 及漆树 [*Toxicodendron vernicifluum* (Stokes) F. A. Barkl.] 出现于2个样方中, 柳杉 (*Cryptomeria fortunei* Hooibrenk ex Otto et Dietr.)、枫杨 (*Pterocarya stenoptera*) 及杉木 [*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.] 分别在1个样方中出现。

在灌木层中 (表2), CSM和ZSC中有梓叶槭幼苗出现. 在所有样方中, 出现概率为80%的物种为润楠, 出现概率为60%的物种为细齿叶桉 (*Eurya nitida* Korthals)、石海椒 (*Reinwardtia indica* Dum.)、半宿萼茶 (*Camellia szechuanensis* Chi) 及榕树 (*Ficus microcarpa*); 出现概率为40%的物种为紫麻 [*Oreocnide frutescens* (Thunb.) Miq.]、楠木、短序荚蒾 (*Viburnum brachybotryum* Hemsl.); 出现概率为20%的物种为尖叶榕 (*Ficus henryi* Warb. ex Diels)。

在草本层中 (表2), ZSC、FHS、BGS、CSM及BRS中草本盖度分别为30%、75%、35%、65%及70%, 未见梓叶槭出现. 蕨类植物在重要值前10位植物中占40%, 占比重较大. 在该层中, 未有物种出现在所有样方中. 在所有样方中, 出现概率为60%的物种为山姜 [*Alpinia japonica* (Thunb.) Miq.]、边缘鳞盖蕨 [*Microlepidia marginata* (Houtt.) C. Chr.]、楼梯草 (*Elatostema involucratum* Franch. et sav.)、两色鳞毛蕨 [*Dryopteris setosa* (Thunb.)]、刺头复叶耳蕨 [*Arachniodes exilis* (Hance) Ching]、中华盾蕨 (*Neolepisornis sinensis* Ching) 及西南苎草 (*Arthraxon xinanensis* S. L. Chen et Y. X. Jin); 出现概率为20%的物种为绿苞山姜 (*Alpinia bracteata*

Roxb.)、崖爬藤 [*Tetrastigma formosanum* (Wall.)] 及蜘蛛抱蛋 (*Aspidistra elatior* Blume)。

2.3 梓叶槭群落多样性及多度分布

在ZSC样方中乔木层优势种 (相对多度大于10%) 占据较大的多度分配比例, 分别为33.17%、28.95%、13.01%和12.24% (图1a), 但常见种 (相对多度在1%-10%之间) 和偶见种 (相对多度小于1%) 的多度分配较少, 等级多度曲线下滑较快, 种群多度分布不均匀, 这也说明了其群落Peilou均匀度指数最低 (表3); 相对于ZSC, BRS的优势种所占相对多度比例为26.04%和12.05%, 常见种和偶见种数量较多且分布均匀, 曲线下滑缓慢, 因此其均匀度指数分别高出了ZSC、FHS、BGS和CSM 0.11、0.07、0.02和0.05; BGS物种数最多, Shannon-Weiner和Simpson多样性指数最大, 但其常见种多度分布比例较大, 曲线相对BRS下滑较快, 均匀度指数相对较低. 其他样地群落中的物种数从大到小依次为CSM、BRS、FHS和ZSC, 其相应的多样性指数同样呈现相同趋势. 从梓叶槭的多度分配比例来看, BRS中最大, 为26.04%, 随后依次是FHS、ZSC、BGS和CSM。

在灌木层中, 梓叶槭仅在ZSC和CSM中出现, 其相对多度比例分别为5.99%和2.55% (图1b). BRS和CSM的各种群多度分配比例均小于10%, 但在BRS中相对更均匀, 曲线下滑相对缓慢, Peilou均匀度指数最大, 为0.95, 高出CSM 0.01 (表3); 而在ZSC, FHS和BGS中优势种占据较大多度分配 (均大于20%), 各种群多度分配比例不均匀, 曲线下滑快, 均匀度指数较低. 该层空间中各样点的物种数分别为18 (ZSC)、9

表2 梓叶槭生存群落主要物种不同样方中重要值比较

Table 2 Comparison in importance values of main species in different quadrats of *Acer catalpifolium* Rehd. communities

物种 Species	重要值 Importance value					合计 Total
	张山村 Zhangshancun	伏虎寺 Fuhusi	报国寺 Baoguosi	财神庙 Caishenmiao	般若寺 Banruosi	
乔木 Tree						
梓叶槭 <i>Acer catalpifolium</i>	0.122	0.179	0.081	0.057	0.260	0.701
柳杉 <i>Cryptomeria fortunei</i> Hooibrenk ex Otto et Dietr.	0.332	—	—	—	—	0.332
柏木 <i>Cupressus funebris</i> Endl.	—	0.161	0.133	—	—	0.294
枫杨 <i>Pterocarya stenoptera</i>	0.290	—	—	—	—	0.290
楠木 <i>Phoebe zhennan</i> S. Lee	—	0.196	0.071	—	—	0.267
润楠 <i>Machilus pingii</i> Cheng ex Yang	—	0.069	0.071	0.057	0.062	0.259
慈竹 <i>Neosinocalamus affinis</i> (Rendle) Keng	0.130	—	0.010	0.029	0.044	0.213
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i> (Lamb.) Hook.	—	—	—	0.194	—	0.194
灯台树 <i>Bothrocaryum controversum</i> (Hemsl.) Pojark	—	—	0.041	0.094	0.038	0.174
漆树 <i>Toxicodendron vernicifluum</i> (Stokes) F. A. Barkl.	—	—	—	0.091	0.073	0.164
其他 Others	0.126	0.395	0.594	0.477	0.523	2.115
灌木 Shurb						
细齿叶柃 <i>Eurya nitida</i> Korthals	0.000	0.239	—	0.058	0.047	0.343
紫麻 <i>Oreocnide frutescens</i> (Thunb.) Miq.	0.262	—	—	—	0.073	0.335
楠木 <i>P. zhennan</i>	—	0.080	0.218	—	—	0.298
尖叶榕 <i>Ficus henryi</i> Warb. ex Diels	—	0.210	—	—	—	0.210
石海椒 <i>Reinwardtia indica</i> Dum.	0.083	0.075	0.040	—	—	0.198
短序荚蒾 <i>Viburnum brachybotryum</i> Hemsl.	—	0.129	0.063	—	—	0.192
半宿萼茶 <i>Camellia szechuanensis</i> Chi	0.020	—	—	0.069	0.096	0.185
润楠 <i>M. pingii</i>	0.044	—	0.028	0.092	0.019	0.182
榕树 <i>Ficus microcarpa</i>	0.050	—	—	0.041	0.042	0.133
女贞 <i>Ligustrum lucidum</i> Ait.	—	0.053	—	—	0.046	0.098
其他 Others	0.541	0.214	0.652	0.741	0.678	2.826
草本层 Herb						
山姜 <i>Alpinia japonica</i> (Thunb.) Miq.	—	0.432	0.070	0.046	—	0.548
边缘鳞盖蕨 <i>Microlepis marginata</i> (Houtt.) C. Chr.	—	0.062	0.205	—	0.081	0.348
楼梯草 <i>Elatostema involucratum</i> Franch. et sav.	0.035	0.142	—	—	0.146	0.323
两色鳞毛蕨 <i>Dryopteris setosa</i> (Thunb.)	—	—	0.044	0.116	0.125	0.286
绿苞山姜 <i>Alpinia bracteata</i> Roxb.	—	—	0.275	—	—	0.275
崖爬藤 <i>Tetrastigma formosanum</i> (Wall.)	—	—	—	—	0.191	0.191
刺头复叶耳蕨 <i>Arachniodes exilis</i> (Hance) Ching	—	—	0.046	0.072	0.070	0.188
中华盾蕨 <i>Neolepisornis sinensis</i> Ching	—	0.018	0.071	—	0.071	0.161
西南茛苳草 <i>Arthraxon xinanensis</i> S. L. Chen et Y. X. Jin	0.087	—	0.040	—	0.022	0.149
蜘蛛抱蛋 <i>Aspidistra elatior</i> Blume	0.122	—	—	—	—	0.122
其他 Others	0.756	0.346	0.250	0.765	0.292	2.409

表3 梓叶槭生存群落物种多样性指数比较

Table 3 Comparison of diversity indices in different layers of *Acer catalpifolium* Rehd. communities

样方 Quadrat	多样性指数(H') Shannon-Weiner diversity			均匀度(E) Evenness index			多样性指数(D) Simpson diversity index		
	T	S	H	T	S	H	T	S	H
张山村 Zhangshancun	1.384	2.581	2.735	0.860	0.893	0.965	0.710	0.892	0.929
伏虎寺 Fuhusi	2.371	2.050	1.973	0.898	0.933	0.769	0.882	0.852	0.772
报国寺 Baoguosi	2.874	2.561	2.156	0.944	0.924	0.868	0.935	0.900	0.848
财神庙 Caishenmiao	2.554	3.139	2.763	0.921	0.942	0.956	0.905	0.949	0.930
般若寺 Banruosi	2.404	3.274	2.514	0.968	0.953	0.907	0.880	0.956	0.899

T: 乔木层; S: 灌木层; H: 草本层.

T, S, and H represent tree layer, shrub layer, and herb layer, respectively.

(FHS)、16 (BGS)、28 (GSM) 和31 (BRS), 其中BRS最多, 相应地其物种多样性指数也相对较大, Shannon-Weiner和Simpson多样性指数分别高出其他样地0.69、1.22、0.71、0.14和0.06、0.10、0.06、0.01.

在草本层中(图1c), 从群落结构来看, CSM存在最多的物种数, 随后是ZSC、BRS、FHS和BGS, 相应地, CSM和ZSC的多样性指数较大(表3), 分别为2.76和2.74 (Shannon-

Weiner) 以及 0.93和0.93 (Simpson), 在各种群多度分配中, ZSC优势种、常见种和偶见种的数量和多度分布比例较为均匀, 曲线下滑相对较为缓慢, Peilou均匀度指数较大. FHS中优势种的多度分配比例较大, 为43.19%和14.22%, 偶见种多度分配较少, 各种群多度分配不均匀, Peilou均匀度指数最低, 同时该样地群落的物种数较少, 多样性指数也相对较低.

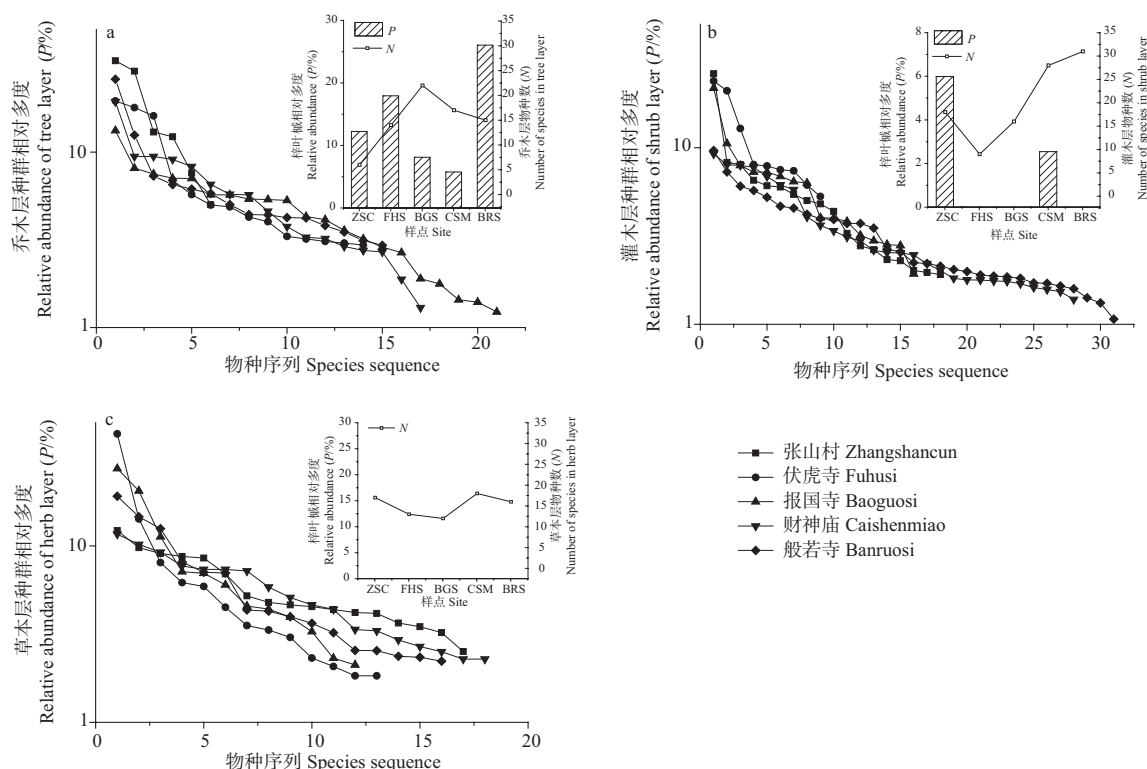


图1 各调查样点物种数、种群的等级多度以及梓叶槭相对多度. a: 乔木层; b: 灌木层; c: 草本层.

Fig. 1 Numbers of species, rank-abundance of populations, and relative abundance of *Acer catalpifolium* Rehd. in each investigation site. a: Tree layer; b: Shrub layer; c: Herb layer.

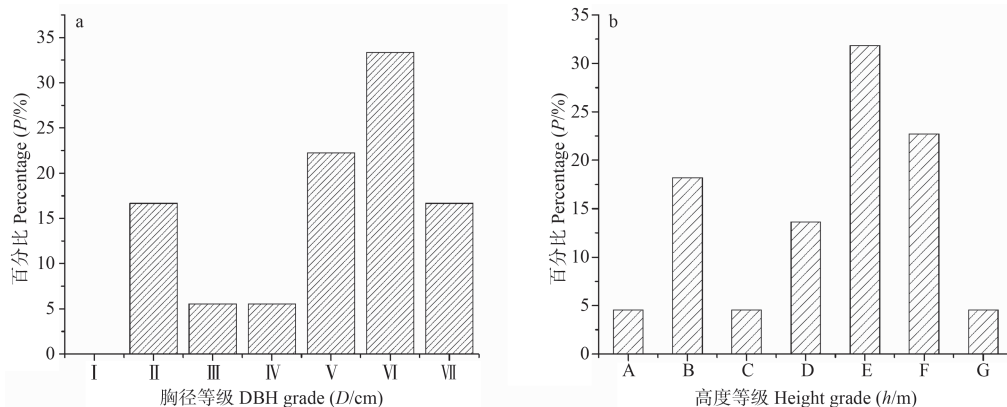


图2 梓叶槭种群径级等级 (a) 和高度等级 (b) 分布.

Fig. 2 Distribution of diameter at breast height (DBH) grades (a) and height grades (b) of *Acer catalpifolium* Rehd.

I ≤ 1; 1 < II ≤ 5; 5 < III ≤ 10; 10 < IV ≤ 15; 15 < V ≤ 20; 20 < VI ≤ 25; 25 < VII ≤ 30; VIII > 30. A ≤ 1; 1 < B ≤ 5; 5 < C ≤ 10; 10 < D ≤ 15; 15 < E ≤ 20; 20 < F ≤ 25; 25 < F.

2.4 梓叶槭种群结构

调查样地内统计到的梓叶槭数量为22棵, 各径级和高度等级分布比如图2A和B. 由图2A可知, 胸径 < 5 cm (5株) 占22.72%; 胸径分布最小的范围为5 cm < DBH ≤ 15 cm, 共2棵, 占9.091%; 15 < DBH ≤ 25 cm, 5株, 占22.72%; DBH > 25 cm分布最多, 共计10棵, 占45.454%. 从梓叶槭胸径分布范围可知, 幼树出现频次极少. 由图2B可知, 梓叶槭高度 ≤ 5 m 共5棵, 占22.72%; 高度在5-15 m之间共计4棵, 占18.182%; 高度在15 m-20 m共7棵, 占31.818%; 树高大于20 m共6棵, 占

27.273%. 从梓叶槭胸径和高度分布范围可知, 梓叶槭幼树分布少, 大树占绝大多数, 整体上其种群结构呈衰退型.

3 讨论与结论

3.1 梓叶槭群落类型及特征

不同的地理、气候条件同样制约着物种的分布和群落的构建^[22]. 梓叶槭种群在不同植物群落所占生态位大小不同, 其中在BRS样地的乔木层中占据优势最大, 但其所占据的相对多度比例较小且其他物种所占据的多度比例较为均匀, 群

落均匀度指数最高,群落中物种间的竞争格局较为稳定,群落中物种数较多,一些竞争优势较小的物种也占据了一定的生态位空间。一些研究表明,多样性指数与物种数呈正相关关系^[23-24],因此BGS群落的多样性维持在较高水平,相同的情况还出现在CSM和FHS样地中;相反,在ZSC样地中优势种占据了较大资源空间,种间竞争激烈,不利于一些生态位较小的种群生存,因此其物种数最少,且相应的物种多样性指数也最低。各样地梓叶槭的种群多度分布比例与群落物种数的相关性不大,同时与物种多样性指数间的相关性也不显著,这可能是各地群落结构的不同所造成的。

3.2 梓叶槭种群结构

种群在垂直空间的分布情况反映了林木在群落中的生存特性和更新特征^[25],从梓叶槭的种群结构可以看出,梓叶槭种群主要分布在乔木层,在灌木层仅有两个样点有分布,而草本层均无分布,结合梓叶槭种群的径级分布现状可进一步解释说明种群现状和未来发展趋势^[26]。梓叶槭在草本层中垂直空间的分布和幼树径级比例存在明显残缺,这与王鑫对极小种群植物崖柏的分布地调查结果^[25]相似,这可能是由于梓叶槭所处群落形成的林下小气候(郁闭度大,光照少,腐殖层厚)限制了环境资源的可利用性,不利于种子萌发生长^[26],慈竹等高大速生植物生长速率快、无性繁殖迅速占领光照较好的生境,导致更新的少数梓叶槭幼树未能得到充足的光照而生长缓慢。

从梓叶槭的种群现状来看,树种年龄等级不连贯,更新出现障碍,这符合群落先锋种的特点^[28],即梓叶槭在群落演替前期种群结构并未固定,但随着其他生态幅广的物种介入,种间的竞争格局改变、加剧,梓叶槭对资源的利用以及种群更新条件受限导致种群数量减少,而前期种群所占据的生态位空间较为固定,因此从高度和径级的分布来看,幼龄树严重缺乏。

3.3 梓叶槭保护对策

梓叶槭作为极小种群野生植物,根据国家林业局2009年《中国重点保护野生植物资源调查》,梓叶槭仅有53棵^[1]。余道平等通过室内控制实验对比得出了不同种源地(峨眉山和都江堰)梓叶槭种子的发芽率均低于50%^[12];马文宝等利用变温培养分析了梓叶槭翅果和小坚果的发芽情况,发现果翅中存在限制其种子萌发的抑制物^[13],萌发率较低不利于种群的更新,因此,采取有效措施对梓叶槭种群的保护和复建工作刻不容缓。适当人为干预对梓叶槭生存和种群数量增加有着积极影响,特别是在梓叶槭集中分布地(都江堰、峨眉山)进行集中保护和回归研究,同时展开人工辅助的措施,促进其种群复壮。人工措施可以采取减少梓叶槭群落内地被物覆盖度,同时对乔木层其他物种进行有序人为疏林,扩大林窗,降低郁闭度,尤其是控制群落内优势速生种群数量,有利于群落内梓叶槭幼苗更新及幼树生存^[8, 25, 29],这将有助于极小种群野生植物梓叶槭的种群存活,提高群落的物种多样性,增加生态系统的稳定性^[30-31]。

参考文献 [References]

- 1 国家林业局. 中国重点保护野生植物资源调查[M]. 北京: 中国林业出版社, 2009 [State Forestry Administration. China's Key Protected Wild

- Plant Resources Investigation [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2009]
- 2 孙卫邦. 云南省极小种群野生植物保护实践与探索[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2013 [Sun WB. Plant Species of Extremely Small Population Protection Practice and Exploration in Yunnan Province [M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 2013]
- 3 Ma YP, Chen G, Edward GR, Dao ZL, Sun WB, Guo HJ. Conserving plant species with extremely small populations (PSESP) in China. *Biodivers Conserv*, 2013, **22** (3): 803-809
- 4 吴富勤. 极小种群野生植物大树杜鹃的保护生物学研究[D]. 昆明: 云南大学, 2015 [Wu FQ. Conservation biology of the wild plants extremely small population *Rhodoendron protistum* var. *giganteum* [D]. Kunming: Yunnan University, 2015]
- 5 Szczecińska M, Sramko G, Wołosz K, Sawicki J. Genetic diversity and population structure of the rare and endangered plant species *Pulsatilla patens* (L.) Mill in east central Europe [J]. *PLoS ONE*, 2016, **11** (3): e0151730
- 6 Aboukhalid K, Machon N, Lambourdière J, Abdelkrim J, Bakha M, Douaik A, Korbecka-Glinka G, Gaboun F, Tomi F, Lamiri A, Al Faiz C. Analysis of genetic diversity and population structure of the endangered *Origanum compactum*, from Morocco, using SSR markers: implication for conservation [J]. *Biol Conserv*, 2017, **212**: 172-182
- 7 Mueller-Dombois D, Ellenberg H. Aims and Methods of Vegetation Ecology [M]. New York: John Wiley & Sons, 1974
- 8 张华雨, 宗秀虹, 王鑫, 白小洁, 梁盛, 邓洪平. 濒危植物小黄花茶种群结构和生存群落特征研究[J]. 植物科学学报, 2016, **34** (4): 539-546 [Zhang HY, Zong XH, Wang X, Bai XJ, Liang S, Deng HP. Population structure and living community characteristics of endangered *Camellia luteoflora* Li ex H. T. Chang [J]. *Plant Sci J*, 2016, **34** (4): 539-546]
- 9 彭玉华, 何琴飞, 谭长强, 申文辉, 覃文更, 何峰. 广西极小种群单性木兰群落空间结构量化[J]. 生态学杂志, 2016, **35** (2): 363-369 [Peng YH, He QF, Tan CQ, Shen WH, Qin WG, He F. Quantitative analysis of stand spatial structure of a rare species *Kmeria septentrionalis* in Guangxi [J]. *Chin J Ecol*, 2016, **35** (2): 363-369]
- 10 Gauthier P, Pons Y, Letourneau A, Kleszczewski A, Papuga G, John DT. Combining population monitoring with habitat vulnerability to assess conservation status in populations of rare and endangered plants [J]. *J Nat Conserv*, 2017, **37**: 83-95
- 11 杜虎, 彭晚霞, 宋同清, 王克林, 曾馥平, 鹿士杨, 时伟伟, 唐成, 谭秋锦. 桂北喀斯特峰丛洼地植物群落特征及其与土壤的耦合关系[J]. 植物生态学报, 2013, **37** (3): 197-208 [Du H, Peng WX, Song TQ, Wang KL, Zeng FP, Lu SY, Shi WW, Tang C, Tan QJ. Plant community characteristics and its coupling relationships with soil in depressions between karst hills, North Guangxi, China [J]. *Chin J Plant Ecol*, 2013, **37** (3): 197-208]
- 12 余道平, 彭启新, 李策宏, 谢孔平, 张国珍, 李世丽. 梓叶槭种子生物学特性研究[J]. 中国野生植物资源, 2008, **27** (6): 30-32 [Yu DP, Peng QX, Li CH, Xie KP, Zhang GZ, Li SL. Research on the biological characters of the seeds of *Acer catalpifolium* Rehd [J]. *Chin Wild Plant Resour*, 2008, **27** (6): 30-32]
- 13 马文宝, 许戈, 姬慧娟, 刘兴良. 珍稀植物梓叶槭种子萌发特性初步研究[J]. 种子, 2014, **33** (12): 87-90 [Ma WB, Xu G, Ji HJ, Liu XL. Preliminary study on germination characteristics of the rare plant *Acer*

- catalpifolium* [J]. *Seed*, 2014, **33** (12): 87-90]
- 14 任宏伟, 王明福. 四川省峨眉山地区有瓣蝇类物种多样性初探[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2011, **22** (4): 322-324 [Ren HW, Wang MF. Species diversity of calyptratae in Emeishan area of Sichuan province [J]. *Chin J Vector Biol Control*, 2011, **22** (4): 322-324]
 - 15 胡霞, 蔡霜, 廖金花, 黄娇, 尹鹏. 峨眉山不同海拔森林土壤微生物和酶活性特征[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2016 (1): 109-114 [Hu X, Cai S, Liao JH, Huang J, Yin P. Responses of soil microbial and enzyme activity features of different altitudes of Mt. Emei [J]. *J Chongqing Norm Univ (Nat Sci)*, 2016 (1): 109-114]
 - 16 陈昌笃. 都江堰生物多样性研究与保护[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1999: 1-18 [Chen CD. Dujiangyan Biodiversity Research and Conservation [M]. Chengdu: Sichuan Science and Technology Publishing House, 1999: 1-18]
 - 17 方精云, 王襄平, 沈泽昊, 唐志尧, 贺金生, 于丹, 江源, 王志恒, 郑成洋, 朱江玲, 郭兆迪. 植物群落清查的主要内容、方法和技术规范[J]. 生物多样性, 2009, **17** (6): 533-548 [Fang JY, Wang XP, Shen ZH, Tang ZY, He JS, Yu D, Jiang Y, Wang ZH, Zheng CY, Zhu JL, Guo ZD. Methods and protocols for plant community inventory [J]. *Biodivers Sci*, 2009, **17** (6): 533-548]
 - 18 湛利民, 王杰, 郑维超, 雍凡, 杨陈. 唐家河国家级自然保护区鸟类群落结构与多样性[J]. 应用与环境生物学报, 2017, **23** (1): 1-14 [Chen LM, Wang J, ZhengWC, Yong F, Yang C. Avifaunal community structure and species diversity in Tangjiahe National Nature Reserve, China [J]. *Chin J Appl Environ Biol*, 2017, **23** (1): 1-14]
 - 19 Magurran AE. Ecological Diversity and Its Measurement [M]. Princeton: Princeton University Press, 1988
 - 20 Magurran AE. Measuring Biological Diversity [M]. Oxford: Blackwell, 2004
 - 21 Zhang YY, Sha ZP, Guan FC, Wang C, Li YJ. Impacts of geese on weed communities in corn production systems and associated economic benefits [J]. *Biol Control*, 2016, **99**: 47-52
 - 22 Zimmer KD, Hanson MA, Butler MG. Interspecies relationships, community structure, and factors influencing abundance of submerged macrophytes in prairie wetlands [J]. *Wetlands*, 2003, **23** (4): 717-728
 - 23 Rohde K. Vacant niches and the possible operation of natural laws in ecosystems [J]. *Riv Biol*, 2008, **101** (1): 13
 - 24 许晴, 张放, 许中旗, 贾彦龙, 尤建民. Simpson指数和Shannon-Wiener指数若干特征的分析及“稀释效应”[J]. 草业科学, 2011, **28** (4): 527-531 [Xu Q, Zhang F, Xu ZQ, Jia YL, You JM. Some characteristics of Simpson index and the Shannon-Wiener index and their dilution effect [J]. *Pratacult Sci*, 2011, **28** (4): 527-531]
 - 25 王鑫, 张华雨, 李宗峰, 张世强, 王国行, 邓洪平. 濒危植物崖柏群落特征及种群更新研究[J]. 北京林业大学学报, 2016, **38** (10): 28-37 [Wang X, Zhang HY, Li ZF, Zhang SQ, Wang GX, Deng HP. Community structure and population regeneration of an endangered plant, *Thuja sutchuenensis* [J]. *J Beijing Fore Univ*, 2016, **38** (10): 28-37]
 - 26 Da L, Yang Y, Song Y. Population structure and regeneration types of dominant species in an evergreen broadleaved forest in Tiantong National Forest Park, Zhejiang Province, eastern China [J]. *Acta Phytoecol Sin*, 2004, **28** (3): 376-384
 - 27 Scholes JD, Press MC, Zipperlen SW. Differences in light energy utilisation and dissipation between dipterocarp rain forest tree seedlings [J]. *Oecologia*, 1996, **109** (1): 41-48
 - 28 Wu X, Zheng Y, Ma K. Population distribution and dynamics of *Quercus liaotungensis*, *Fraxinus rhynchophylla* and *Acer mono* in Dongling Mountain, Beijing [J]. *J Integr Plant Biol*, 2002, **44** (2): 212-223
 - 29 杨清培, 杨光耀, 宋庆妮, 施建敏, 欧阳明, 祁红艳, 方向民. 竹子扩张生态学研究: 过程、后效与机制[J]. 植物生态学报, 2015, **39** (1): 110-124 [Yang PQ, Yang GY, Shi JM, Ouyang M, Qi HY, Fang XM. Ecological studies on bamboo expansion: process, consequence and mechanism [J]. *Chin J Plant Ecol*, 2015, **39** (1): 110-124]
 - 30 Fjeldsaa J, Lovett J C. Biodiversity and environmental stability [J]. *Biodivers Conserv*, 1997, **6** (3): 315-323
 - 31 Thompson ID, Mackey BG, McNulty S, Mosseler A. Forest Resilience, Biodiversity, and Climate Change: A Synthesis of the Biodiversity/Resilience/Stability Relationship in Forest Ecosystems [M]. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2009