

普陀山主要植物种生态位特征^{*}

钱逸凡¹ 伊力塔^{1,2} 胡军飞³ 张超¹ 余树全^{1,2**} 沈露¹ 彭东琴¹

(¹浙江农林大学林业与生物技术学院, 浙江临安 311300; ²亚热带森林培育国家重点实验室培育基地, 浙江临安 311300;

³普陀山园林管理处, 浙江普陀山 316107)

摘要 利用样地调查方法,以物种重要值作为资源状态指标,应用 Levins 生态位宽度公式和 Levins 生态位重叠公式对普陀山主要植物种进行了生态位宽度和生态位重叠计算。结果表明:普陀山主要植物群落中,青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)、茶(*Camellia sinensis*)、藁草(*Carex tristachya*)的生态位宽度分别在乔、灌、草本层中占有优势地位;而且,各层植物种之间有着不同程度的重叠,表现为草本层>乔木层>灌木层;总体上,各植物种的生态位重叠较小,生态位分化明显,资源利用方式分化较大;分布频度是影响植物种生态位宽度、生态位重叠大小的主要因素之一,分布频度越大,则生态位宽度越大,与其他植物种形成生态位重叠的机率也越大。

关键词 生态位;生态位重叠;普陀山

中图分类号 S718.5 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2012)3-0561-08

Niche characteristics of main plant species in Putuo Mountain, Zhejiang Province of East China. QIAN Yi-fan¹, YI Li-ta^{1,2}, HU Jun-fei³, ZHANG Chao¹, YU Shu-quan^{1,2**}, SHEN Lu¹, PENG Dong-qin¹ (¹School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang Agriculture and Forestry University, Lin'an 311300, Zhejiang, China; ²Nurturing Station for State Key Laboratory of Subtropical Silviculture, Lin'an 311300, Zhejiang, China; ³Putuo Mountain Garden Management Office, Putuo Mountain 316107, Zhejiang, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2012, **31** (3): 561–568.

Abstract: By the method of sampling plot investigation and using the importance value of plant species as an indicator of resource status, this paper studied the niche breadth and niche overlap of the main plant species in Putuo Mountain, based on the calculations with the Levins niche breadth and niche overlap formulae. In the main plant communities in the Mountain, *Cyclobalanopsis glauca*, *Camellia sinensis*, and *Carex tristachya* had the largest niche breadth in the tree, shrub, and herb layers, respectively. There existed different degrees of niche overlap among the plant species in different layers, being the largest in herb layer, followed by in tree layer, and in shrub layer. Overall, the niche overlap among the plant species was small, with an evident niche differentiation and a larger differentiation in resource use ways. Distribution frequency was one of the major factors affecting the plant species niche breadth and niche overlap. The larger the distribution frequency, the larger the plant species niche breadth and the probability of the formation of the plant species niche overlap.

Key words: niche breadth; niche overlap; Putuo Mountain.

自 Grinnell (1917) 对生态位进行定义以来,生态位理论在种间关系、群落结构、物种多样性及种群

进化研究中已被广泛应用 (Harper, 1977; Leibold, 1995; 苏志尧等, 2003), 被普遍认为是生态学的核心思想 (Whittaker, 1973)。我国学者自 20 世纪 80 年代以来陆续开展了生态位的理论探索, 王刚等 (1984) 对生态位定义及计测公式进行探讨和改进; 马世骏 (1990) 提出了“扩展的生态位理论”; 朱春全 (1997) 阐述了生态位的态势理论和生态位扩充假

^{*} 浙江省科技厅重大项目 (2006C12060)、浙江农林大学科研发展基金人才启动项目 (2008FR100)、浙江农林大学研究生科研创新基金项目 (3122013240140) 和浙江省大学生科技创新活动计划 (2010R412050) 资助。

^{**} 通讯作者 E-mail: yushq@zafu.edu.cn

收稿日期: 2011-10-09 接受日期: 2011-12-12

说;余世孝和奥罗西(1994)通过生态位轴划分的生态位空间分割法,为多维生态位分析提供了一条有效的途径。这些研究都极大地丰富了生态位理论。与此同时,部分学者也在浙江省内进行了研究和应用,其中以郭水良(1998)对浙江金华北山木本植物种、余树全和李翠环(2003)对千岛湖水源涵养林优势树种以及袁位高(2009)对浙江省公益林主要树种的生态位研究最具代表性。

海岛作为地球上一个较为独特和相对脆弱的地貌单元,形成了特殊的生物资源,了解海岛植被群落结构和植物种的生态位特征,对于海岛植被恢复与保护具有重要意义。浙江省地处我国东南沿海,是全国海岛最多的省,岛屿数约占全国海岛总数的43.9%;普陀山岛是我国东海区域影响最大的岛屿之一,人为干扰比较强烈,20世纪60年代初期,普陀山开始大规模栽植黑松,至20世纪90年代初形成了以黑松占主导地位的群落。由于树种结构的单一,20世纪90年代末爆发影响整个舟山地区的松材线虫病,给约占全岛森林面积1/3的黑松林带来了毁灭性的破坏。因此,系统了解普陀山岛植被特点,加快植被恢复,防止生态环境恶化,弥补生态脆弱性,增加抵抗自然灾害能力是普陀山最重要的课题,但目前关于普陀山植物的研究仅局限于植物分类学范畴(李根有等,2010;金水虎等,2010;马丹丹等,2011),在群落结构、生态位方面的研究却未见报道。研究普陀山群落植物种生态特征,对解决森林植被恢复与保护问题具有重要理论和现实意义。

1 研究区概况与研究方法

1.1 自然概况

普陀山岛位于杭州湾南缘,舟山群岛东部海域,29°58'3"N—30°2'3"N,122°21'6"E—122°24'9"E,岛呈菱形,全岛面积为11.82 km²。地势西北高峻,东南平缓。以佛顶山天灯台最高,海拔为291.2 m,向北、东、南延伸,高度蜿蜒下降。

普陀山岛位于北亚热带南缘季风海洋型气候区,四季分明,冬夏季较长,春夏季较短,气候湿润,冬暖夏凉,季风显著,光照充足,雨水充沛。年均气温16℃左右,最热8月,平均气温25.8~28.0℃;最冷1月,平均气温5.2~5.9℃。常年降水量927~1620 mm;无霜期251~303 d。适宜多种生物群落繁衍生长,其中植物群落以青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)、蚊母树(*Distylium racemosum*)、香樟

(*Cinnamomum camphora*)为主的阔叶林;以马尾松(*Pinus massoniana*)、榿木(*Loropetalum chinensis*)为主的针阔混交林和以黑松(*P. thunbergii*)、湿地松(*P. elliotii*)、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)为主的针叶林较为典型,但因人类活动较早,原始植被破坏严重,仅寺院附近幸存一批典型的常绿阔叶林和古树名木。

1.2 样地设置与调查

在对普陀山岛进行了全面踏查的基础上,选取有代表性的群落类型,设置20 m×20 m标准地15个(每个群落类型5个标准地)。记录样地基本信息,包括经纬度、海拔、坡度、坡向、坡位、郁闭度、土壤等环境因子;样地内乔木层(胸径>5.0 cm)采用每木调查(包括测定树高、胸径、冠幅和枝下高等),同时在每块样地对角线上均匀设置3个2 m×2 m的灌木小样方,记录灌木种类、株数、盖度、高度以及草本种类、株数、盖度等指标。

1.3 数据处理

1.3.1 重要值 在群落的分析中,重要值(IV)的数值大小可作为群落中植物种优势度的一个度量标志,并可以体现群落中每种植物的相对重要性及植物的最适生境(李博,2000),其计算公式为:

1) 乔木层重要值

$IV(\%) = (\text{相对高度} + \text{相对显著度} + \text{相对多度})/3$
式中:相对高度(%) = $100 \times \text{某个种的高度} / \text{所有种个体高度之和}$;相对显著度(%) = $100 \times \text{某个种的基径断面积} / \text{所有种的基径断面积之和}$;相对多度(%) = $100 \times \text{某个种的株数} / \text{所有种的总株数}$ 。

2) 灌木层、草本层重要值

$IV(\%) = (\text{相对盖度} + \text{相对多度})/2$
式中:相对盖度(%) = $100 \times \text{某个种的盖度} / \text{所有种的总盖度}$;相对多度(%) = $100 \times \text{某个种的株数} / \text{所有种的总株数}$ 。

1.3.2 生态位宽度 生态位宽度主要反映物种对资源利用的程度,本研究采用Levins公式中Shannon指数(Levins,1968;王刚等,1984;余树全和李翠环,2003;陈俊华等,2010;刘宪钊等,2010;李帅锋等,2011)。该式计算简单,生物学意义明确,其结果能表达群落优势种生态位宽度的对比关系。

$$B_i = - \sum_{j=1}^r P_{ij} \lg P_{ij}$$

式中: B_i 为种*i*的生态位宽度; P_{ij} 为种*i*对第*j*个资源的利用占其对全部资源利用的频度,即 $P_{ij} =$

n_{ij}/N_i ; n_{ij} 为种 i 在资源 j 上的优势度(为物种重要值); r 为资源位等级数; 上述方程具有值域 $[0, \lg r]$ (Levins, 1968)。

1.3.3 生态位重叠 生态位重叠是指一定资源序列上, 2 个物种利用同等级资源而互相重叠的情况, 生态位重叠采用 Levins 生态位重叠公式计算(吴刚等, 1999; 治民生等, 2006; 陈俊华等, 2010), 其公式为:

$$L_{ih} = B_{(L)i} \sum_{j=1}^r P_{ij} \times P_{hj}$$

$$L_{hi} = B_{(L)h} \sum_{j=1}^r P_{ij} \times P_{hj}$$

$$B_{(L)i} = 1 / (r \sum_{j=1}^r P_{ij}^2)$$

式中: L_{ih} 为物种 i 重叠物种 h 的生态位重叠指数; L_{hi} 为物种 h 重叠物种 i 的生态位重叠指数; $B_{(L)}$ 为 Levins 的生态位宽度指数; $B_{(L)i}$ 和 $B_{(L)h}$ 具有域值 $[1/r, 1]$; L_{ih} , L_{hi} 具有域值 $[0, 1]$ 。

2 结果与分析

2.1 主要植物种重要值

从表 1 可知, 在乔木层中, 青冈的重要值最大 ($IV=18.587$)。但处于不同群落类型中的各乔木种群重要值差异很大, 在阔叶林中的青冈 ($IV=27.326$)、针阔混交林中的马尾松 ($IV=58.767$) 和榿木 ($IV=32.288$) 以及针叶林中的湿地松 ($IV=37.853$) 和黑松 ($IV=28.604$) 等均占有绝对优势。其中仅有普陀樟一种在阔叶林、针阔混交林和针叶林群落中都有分布, 可见其分布的广泛性。

在灌木层中, 仍以资源位最多、重要值最大的青冈为优势种群, 针叶树种重要值均较小, 仅有杉木的重要值达到 1.385。茶 (*Camellia sinensis*) ($IV=15.770$)、青冈 ($IV=27.571$) 以及杉木 ($IV=16.353$) 在阔叶林、针阔混交林以及针叶林中分别占有较为明显的优势, 在不同群落类型中仅有柃木均有分布。

在草本层中资源位广、重要值较大的有蕨 (*Pteridium aquilinum*)、薹草 (*Carex tristachya*) 和荩草 (*Arthraxon hispidus*)。在阔叶林和针叶林中, 蕨的重要值均处于第 1 位, 分别为 21.936 和 13.360, 在针阔混交林中荩草重要值最大, 为 33.767。在 3 种群落类型均出现的草本有蕨、薹草、络石 (*Trachelospermum asminoides*) 和爬山虎 (*Parthenocissus tricuspidata*)。

2.2 主要植物种生态位宽度

生态位宽度是度量植物种群对资源环境利用现状的尺度, 种群生态位宽度越大, 它对环境的适应能力越强, 对资源的利用越充分。在乔木层中, 青冈生态位宽度最大, 为 1.357, 其他较高的有天仙果 (*Ficus erecta*) 1.348、普陀樟 (*Cinnamomam japonicum*) 1.299、朴树 (*Celtis sinensis*) 1.172、香樟 1.115、柃树 (*Cudrania tricuspidata*) 1.003, 表明青冈等 6 种树种在普陀山分布范围较广、对环境资源利用能力较强, 对普陀山环境具有较强的适应能力。在不同群落类型中, 各乔木层树种生态位宽度差异很大, 如青冈在阔叶林中生态位宽度最大 1.187, 在针叶林群落中处第 2 位 0.540; 马尾松仅分布于针阔混交林群落中, 占据较大的生态位宽度, 为 0.623; 湿地松仅在针叶林群落中生态位宽度值较大, 为 0.687。

在灌木层中, 生态位宽度较大的有茶 1.773、天仙果 1.546、孝顺竹 (*Bambu samultiplex*) 1.537、青冈 1.527, 表明茶等 4 种灌木植物分布广、适应能力强, 而相比其他乔木树种, 天仙果、青冈有着更为突出的更新能力。不同群落中, 灌木植物生态位宽度差异较大, 如茶在阔叶林群落中生态位宽度最大, 为 1.733, 在针阔混交林、针叶林中均未见分布; 天仙果在针叶林群落中宽度最大, 为 0.391, 在阔叶林群落中, 生态位宽度处于第 3 位, 为 1.063, 在针阔混交林中生态位宽度仅为 0.000。

在草本层中, 薹草生态位宽度最大, 达到 2.058, 其他较高的有蕨 1.930 和络石 1.920, 而薹草在阔叶林、针阔混交林群落中生态位宽度最大, 分别为 2.201 和 0.325, 在针叶林群落中次于络石 ($B_i=0.545$) 处于第 2 位 ($B_i=0.172$)。淡竹叶的生态位宽度最小 ($B_i=0.000$), 并且仅在针叶林群落中分布。

2.3 主要植物种生态位重叠

生态位重叠是 2 个种在与生态因子联系上具相似性(王刚等, 1984), 当 2 个物种利用同一种资源或共同占有某一资源(食物、营养成分、空间等)时, 就会出现生态位重叠现象(尚昌玉和蔡晓明, 1995)。对普陀山全岛主要植物种进行生态位重叠计算(表 2—4), 结果表明, 乔木层重叠值最大的是朴树与珊瑚树 (*Viburnum odoratissimum*), 为 0.091, 灌木层重叠值最大的是榿木与木荷 (*Schima superba*), 为 0.085, 草本层重叠值最大的是菝葜 (*Smilax china*) 与求米草, 为 0.085。普陀山群落(包括乔木

表 1 普陀山森林植被主要植物种重要值及生态位宽度
Table 1 Importance value and niche breath of main plant species in Mount Putuo forest

层	种号	物种	拉丁名	资源位	重要值	生态位	阔叶林		针阔混		针叶林	
							IV	B _i	IV	B _i	IV	B _i
乔木层	1	青冈	<i>Cyclobalanopsis glauca</i>	6	18.587	1.357	27.326	1.187	—	—	3.357	0.540
	2	马尾松	<i>Pinus massoniana</i>	3	8.203	0.783	▲	▲	58.767	0.623	—	—
	3	湿地松	<i>Pinus elliotii</i>	2	7.997	0.575	—	—	—	—	37.853	0.687
	4	蚊母树	<i>Distylium racemosum</i>	3	7.316	0.666	11.311	0.666	—	—	—	—
	5	香樟	<i>Cinnamomum camphora</i>	6	6.914	1.115	9.886	0.947	—	—	2.448	0.115
	6	黑松	<i>Pinus thunbergii</i>	1	5.909	0.000	—	—	—	—	28.604	0.000
	7	枫香	<i>Liquidambar formosana</i>	5	5.716	0.908	8.835	0.908	—	—	—	—
	8	欒木	<i>Loropetalum chinensis</i>	1	4.520	0.000	—	—	32.288	0.088	—	—
	9	杉木	<i>Cunninghamia lanceolata</i>	1	4.324	0.000	—	—	—	—	19.658	0.318
	10	红楠	<i>Machilus thunbergii</i>	4	3.976	0.976	6.103	0.976	—	—	▲	▲
	11	麻栎	<i>Quercus acutissima</i>	2	2.767	0.666	4.248	0.666	—	—	—	—
	12	普陀樟	<i>Cinnamomam japonicum</i>	5	2.504	1.299	3.670	1.171	3.060	0.000	▲	▲
	13	朴树	<i>Celtis sinensis</i>	4	2.051	1.172	2.880	1.172	1.217	0.000	—	—
	14	天仙果	<i>Ficus erecta</i>	4	2.038	1.348	1.952	1.059	—	—	3.500	0.345
	15	珊瑚树	<i>Viburnum odoratissimum</i>	1	1.915	0.000	2.917	0.000	—	—	—	—
	16	柃木	<i>Eurya japonica</i>	3	1.704	0.748	2.595	0.748	—	—	—	—
	17	女贞	<i>Ligustrum lucidum</i>	1	1.384	0.000	2.118	0.000	—	—	—	—
	18	化香	<i>Platycarya strobilacea</i>	2	1.248	0.563	1.495	0.563	—	—	1.301	0.000
	19	柘树	<i>Cudrania tricuspidata</i>	3	1.195	1.003	1.826	1.003	—	—	—	—
	20	黄檀	<i>Dalbergia hupeana</i>	3	1.062	0.946	1.350	0.564	—	—	▲	▲
灌木层	21	黄连木	<i>Pistacia chinensis</i>	3	0.845	0.916	1.289	0.916	—	—	—	—
	22	青冈	<i>Cyclobalanopsis glauca</i>	10	15.241	1.527	10.247	1.128	27.571	0.306	—	—
	23	茶	<i>Camellia sinensis</i>	7	9.838	1.733	15.770	1.733	—	—	—	—
	24	天仙果	<i>Ficus erecta</i>	5	7.200	1.546	6.464	1.063	12.956	0.000	4.985	0.391
	25	孝顺竹	<i>Bambu samultiplex</i>	5	4.759	1.537	7.597	1.035	11.024	0.693	—	—
	26	柃木	<i>Eurya japonica</i>	3	4.138	1.017	4.341	0.000	2.571	0.000	11.003	0.183
	27	瑞香	<i>Daphne odora</i>	2	3.466	0.300	5.509	0.300	—	—	—	—
	28	化香	<i>Platycarya strobilacea</i>	2	2.879	0.632	1.161	0.000	9.592	0.000	—	—
	29	欒木	<i>Loropetalum chinensis</i>	2	2.867	0.535	—	—	4.893	0.000	15.552	0.174
	30	蚊母树	<i>Distylium racemosum</i>	2	2.673	0.570	4.235	0.570	—	—	—	—
	31	木荷	<i>Schima superba</i>	1	2.195	0.000	—	—	2.322	0.000	13.590	0.000
	32	柘树	<i>Cudrania tricuspidata</i>	2	2.189	0.452	3.491	0.452	—	—	—	—
	33	油茶	<i>Camellia oleifera</i>	2	1.892	0.650	1.560	0.000	—	—	10.901	0.000
	34	香樟	<i>Cinnamomum camphora</i>	1	1.670	0.000	2.608	0.000	—	—	—	—
	35	杉木	<i>Cunninghamia lanceolata</i>	1	1.385	0.000	—	—	—	—	16.352	0.314
	36	朱砂根	<i>Ardisia crenata</i>	2	1.174	0.481	1.889	0.481	—	—	—	—
	37	黄杨	<i>Buxussinica cheng</i>	1	1.168	0.000	—	—	—	—	—	—
	38	杜鹃	<i>Rhododendron simsii</i>	1	0.758	0.000	—	—	2.817	0.000	—	—
	39	薜荔	<i>Ficus pumila</i>	1	0.735	0.000	—	—	2.322	0.000	—	—
草本层	40	蕨	<i>Pteridium aquilinum</i>	8	17.741	1.930	21.936	1.935	17.877	0.218	13.360	0.000
	41	薹草	<i>Carex tristachya</i>	11	15.052	2.058	18.295	2.201	13.767	0.325	11.508	0.172
	42	荩草	<i>Arthraxon hispidus</i>	3	12.542	1.077	17.870	1.045	—	—	—	—
	43	络石	<i>Trachelospermum asminoides</i>	9	9.133	1.920	5.885	1.503	33.767	0.147	3.571	0.545
	44	爬山虎	<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	6	6.423	1.449	8.063	0.984	8.037	0.000	3.175	0.000
	45	芒萁	<i>Dicranopteris dichotoma</i>	3	5.385	0.950	7.783	0.941	—	—	—	—
	46	菝葜	<i>Smilax china</i>	2	4.694	0.541	6.628	0.543	—	—	—	—
	47	竹叶草	<i>Oplismenus compositus</i>	3	2.629	0.994	2.264	0.600	—	—	5.688	0.000
	48	淡竹叶	<i>Lophatherum gracile</i>	1	1.129	0.000	—	—	—	—	6.746	0.000
	49	求米草	<i>Oplismenus undulatifolius</i>	2	1.129	0.241	1.634	0.241	—	—	—	—
合计					234.259		245.031		244.848		213.153	

选取树种的株数占调查样地总株数 1% 以上进行分析,“▲”代表出现但重要值<1 的物种;“—”代表未出现的树种。

表 2 普陀山主要乔木树种生态位重叠
Table 2 Niche overlap of main arbor species in Mount Putuo forest

物种	生态位重叠																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	平均值
生态位重叠	1	0.000	0.008	0.010	0.009	0.000	0.016	0.000	0.003	0.005	0.000	0.002	0.014	0.001	0.000	0.001	0.000	0.069	0.033	0.037	0.050	0.013
	2	0.000		0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.041	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
	3	0.004	0.000		0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.030	0.000	0.000	0.001	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.003
	4	0.005	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.000	0.026	0.003	0.014	0.000	0.006	0.000	0.000	0.002	0.000	0.002	0.004
	5	0.006	0.005	0.007	0.001		0.000	0.008	0.000	0.000	0.001	0.031	0.001	0.002	0.001	0.002	0.018	0.051	0.005	0.004	0.005	0.004
	6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	7	0.009	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000		0.000	0.000	0.002	0.039	0.001	0.001	0.001	0.000	0.004	0.005	0.005	0.001	0.000	0.004
	8	0.000	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
	9	0.001	0.000	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.003	0.000	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000
	10	0.003	0.000	0.000	0.021	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000		0.000	0.051	0.042	0.034	0.020	0.072	0.000	0.000	0.024	0.004	0.024
	11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.000	0.040	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.084	0.000	0.000	0.000	0.008
	12	0.002	0.000	0.003	0.054	0.001	0.000	0.002	0.000	0.010	0.081	0.000		0.058	0.054	0.058	0.072	0.000	0.000	0.034	0.012	0.024
	13	0.013	0.000	0.000	0.006	0.003	0.000	0.001	0.000	0.000	0.061	0.000	0.053		0.044	0.091	0.053	0.000	0.031	0.060	0.043	0.043
	14	0.001	0.000	0.022	0.034	0.001	0.000	0.001	0.000	0.085	0.063	0.000	0.062	0.056		0.072	0.054	0.000	0.000	0.033	0.031	0.018
	15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.018	0.031	0.019		0.000	0.000	0.000	0.019	0.014	0.000
	16	0.000	0.001	0.000	0.006	0.013	0.000	0.003	0.000	0.000	0.061	0.011	0.038	0.031	0.025	0.000		0.018	0.000	0.018	0.000	0.022
	17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.044	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011		0.000	0.000	0.000	0.004
	18	0.032	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000		0.046	0.052	0.057
	19	0.024	0.000	0.000	0.002	0.004	0.000	0.001	0.000	0.000	0.030	0.000	0.027	0.051	0.022	0.048	0.026	0.000	0.072		0.068	0.068
	20	0.025	0.000	0.008	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.031	0.004	0.000	0.008	0.033	0.019	0.033	0.000	0.000	0.073	0.061		0.060
	21	0.032	0.000	0.000	0.003	0.004	0.000	0.004	0.000	0.000	0.026	0.000	0.016	0.032	0.010	0.000	0.028	0.000	0.077	0.059	0.058	

表 3 普陀山灌木层植物种生态位重叠
Table 3 Niche overlap of main shrub species in Mount Putuo forest

物种	生态位重叠																			
	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	平均值	
生态位重叠	22		0.016	0.007	0.016	0.004	0.001	0.001	0.006	0.010	0.002	0.018	0.001	0.022	0.003	0.007	0.019	0.019	0.019	0.010
	23	0.025		0.012	0.012	0.013	0.035	0.000	0.000	0.050	0.000	0.036	0.000	0.000	0.000	0.062	0.000	0.000	0.000	0.014
	24	0.011	0.012		0.039	0.021	0.049	0.026	0.024	0.071	0.031	0.000	0.011	0.057	0.000	0.011	0.000	0.000	0.000	0.021
	25	0.025	0.011	0.039		0.013	0.000	0.029	0.019	0.040	0.000	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.083	0.083	0.083	0.026
	26	0.004	0.007	0.013	0.008		0.068	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.083	0.000	0.029	0.029	0.029	0.016
	27	0.000	0.009	0.013	0.000	0.031		0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
	28	0.000	0.000	0.011	0.012	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.055	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005
	29	0.003	0.000	0.008	0.007	0.004	0.000	0.000		0.000	0.085	0.000	0.030	0.000	0.000	0.000	0.025	0.025	0.025	0.012
	30	0.005	0.017	0.026	0.015	0.000	0.003	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004
	31	0.001	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.055	0.000		0.000	0.025	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005
	32	0.008	0.011	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
	33	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.057	0.036	0.000	0.047	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009
	34	0.007	0.000	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.013	0.000	0.000	0.000	0.002
	35	0.001	0.000	0.000	0.000	0.032	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
	36	0.003	0.019	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.000		0.000	0.000	0.000	0.003
	37	0.006	0.000	0.000	0.019	0.011	0.000	0.000	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.071	0.071	0.011
	38	0.006	0.000	0.000	0.019	0.011	0.000	0.000	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.071		0.071	0.011
	39	0.006	0.000	0.000	0.019	0.011	0.000	0.000	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.071	0.071		0.011

层、灌木层、草本层) 中, 共有 452 对植物种生态位重叠值为<0.001, 占生态位重叠总对数的 55.39%; 生态位重叠值在 0.001~0.02 有 210 对, 占总对数的 25.74%; 在 0.02~0.04 有 80 对, 占 9.80%; 在 0.04~0.06 有 38 对, 占 4.66%; 在 0.06~0.08 有 26 对, 占 3.19%; >0.08 的仅有 10 对, 占 1.23%。表明普陀山植物种群只存在较小的生态位重叠, 各植物种生态位分化明显, 资源利用方式有较大的分化。这也是普陀山各植物种群在分布与重要值以及生态位宽度上存在着较大差异的原因。

表 4 普陀山主要草本种群生态位重叠
Table 4 Niche overlap of main herb species in Mount Putuo forest

物种	生态位重叠										
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	平均值
生态位重叠	40	0.017	0.024	0.039	0.038	0.002	0.051	0.032	0.000	0.051	0.028
	41	0.017	0.016	0.017	0.005	0.019	0.028	0.032	0.032	0.025	0.021
	42	0.011	0.008	0.021	0.007	0.011	0.000	0.013	0.000	0.000	0.008
	43	0.035	0.015	0.041	0.028	0.000	0.019	0.016	0.000	0.017	0.019
	44	0.021	0.003	0.008	0.017	0.067	0.000	0.009	0.000	0.000	0.014
	45	0.001	0.007	0.009	0.000	0.046	0.000	0.023	0.000	0.000	0.009
	46	0.013	0.007	0.000	0.005	0.000	0.000	0.016	0.000	0.085	0.014
	47	0.013	0.013	0.011	0.007	0.006	0.025	0.025	0.000	0.000	0.011
	48	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
	49	0.008	0.004	0.000	0.003	0.000	0.000	0.055	0.000	0.000	0.008

从生态位分配格局(图 1)来看, L_{ih} 和 L_{hi} 有着很好的一致性,其中乔木层生态位重叠值为<0.001 的有 231 对,占该层 55.00%,灌木层生态位重叠值为<0.001 的有 189 对,占该层 61.76%,草本层则为 32 对,占该层 35.56%;生态位重叠大小趋势为草本

层>乔木层>灌木层,草本层生态位重叠更明显,一方面这与林下有限的环境资源有关,另一方面则表明草本层更有资源共享的趋势。

平均生态位重叠值可以简单反映某个种群与其他种群之间重叠状况的整体水平。乔木层中,天仙果、朴树和普陀樟 3 种古树平均生态位重叠值较大为 0.027、0.025 和 0.023。灌木层中,孝顺竹、天仙果的平均生态位重叠值较大,分别为 0.026 和 0.021,草本层中,蕨和藁草的平均生态位重叠较大为 0.028 和 0.021,表明这些种与其他物种的生态位重叠程度最高,与其他物种利用资源的方式相似程度也最高。

2.4 分布频度、重要值与生态位宽度、重叠的关系

通常,物种生态位宽度的大小决定于其对资源的利用和对环境适应能力(陈俊华等,2010)。以往对于生态位宽度的研究表明,重要值越大的物种,往往生态位宽度也越大,对资源的利用和对环境的适应能力也越强(余树全,2003;赵永华等,2004;陈俊华等,2010)。对普陀山主要植物种的分布频度(资源位)、重要值以及生态位宽度、平均生态位重叠值($N=49$)进行相关性分析,发现重要值并非是影响生态位宽度的唯一因素,物种的分布频度(资源位)也可能影响物种生态位宽度,由表 5 可知,二者相关系数达到 0.907,表现为重要值大且分布频度大的物种生态位宽度较大,例如乔木层的青冈重要值为 18.587,广泛分布于阔叶林和针阔混交林的 6 个资源位中,生态位宽度最大为 1.357,其他还有乔木层的香樟、灌木层的天仙果、草本层的蕨、藁草等;重要值较大而分布频度小的物种生态位宽度不一定大,例如乔木层的湿地松,重要值为 7.907,仅分布于针

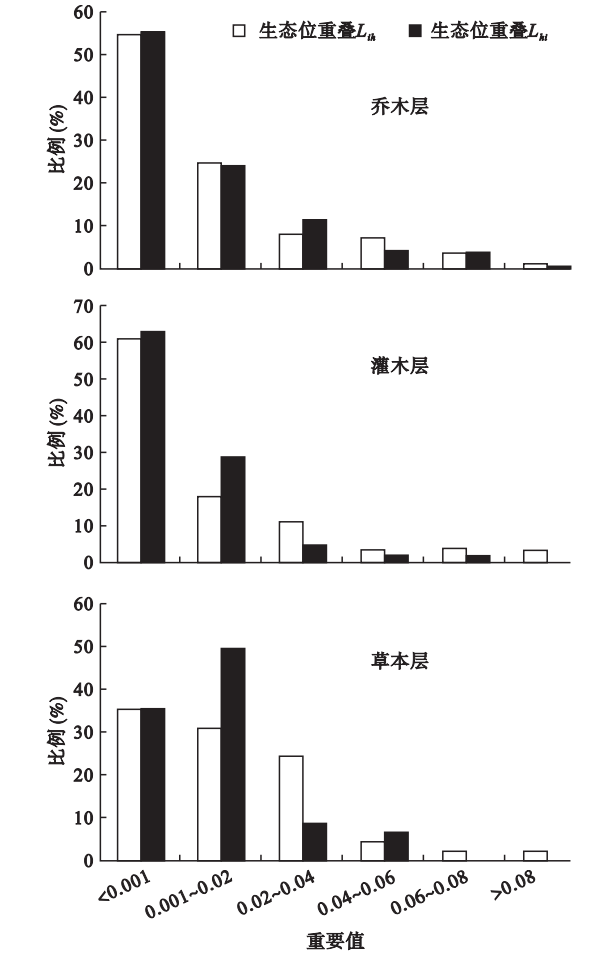


图 1 主要植物种生态位重叠分配格局
Fig.1 Distribution pattern of niche of main species plant population

表 5 资源位、重要值与生态位宽度、平均生态位重叠值的相关性

Table 5 Correlation of resource state, importance value with niche breadth and mean niche overlap

相关系数	资源位	重要值	生态位宽度	平均生态位重叠值
资源位		0.745 **	0.907 **	0.568 **
重要值	0.745 **		0.641 **	0.210
生态位宽度	0.907 **	0.641 **		0.731 **
平均生态位重叠值	0.568 **	0.210	0.731 **	

** $P < 0.01$ 。

叶林的 2 个资源位中,生态位宽度仅为 0.575,其他还有乔木层的黑松、榿木、杉木、灌木层的瑞香、草本层的茛草等;重要值小而分布频度大的物种生态位宽度也可能较大,例如乔木层的普陀樟、朴树、天仙果等。

基于生态位宽度的生态位重叠也往往带有生态位宽度相似的特点,其大小也受到分布频度的影响。但在本研究中重要值与平均生态位重叠值无明显的相关关系,而资源位与平均生态位重叠值相关系数为 0.568,分布广泛的植物种如天仙果、朴树和普陀樟 3 种古树种群,资源位为 4、4 和 5,均有较大的平均生态位重叠值,分别为 0.027、0.025 和 0.023,虽然这 3 个种群重要值较小,但其对资源有着广泛的利用,对环境仍有良好的适应能力,因此,与其他物种也有着较大重叠。

3 讨 论

普陀山主要植物群落中青冈、茶、藁草的生态位宽度分别在乔、灌、草本层中占有优势地位;各层植物种之间有着不同程度的重叠,表现为草本层>乔木层>灌木层。根据生态位重叠的分配格局,对比在千岛湖(余树全和李翠环,2003)、金华北山(郭水良,1998)、古田山(胡正华和于明坚,2005)、六十田(陈子林等,2007)的研究发现,普陀山主要植物种的生态位重叠值更小,生态位分化更加明显,资源利用方式有较大的分化,潜在种间竞争可能更小,植物种能良好的生长;同时也说明,在海岛特殊的环境条件下,对海岛不同区域的微小环境和微小群落的保护与恢复对于一个海岛生物资源保存具有重要作用。

在以往对于生态位宽度的研究中,重要值与生态位宽度和生态位重叠之间有着较大的关系(赵永

华等,2004;陈俊华等,2010)。本研究表明,分布频度是影响植物种生态位宽度、生态位重叠大小的因素之一,分布频度越大,则生态位宽度越大,与其他植物种形成生态位重叠的机率也越大。

本研究发现,普陀山各植物种生长总体良好,群落能够实现良好的更新及演替。黑松种群生态位宽度较窄,林下无灌木分布,而且草本层物种稀少,同时考虑到 20 世纪 90 年代,在舟山地区发生的大规模松材线虫病以及岛屿自身的生态脆弱性,应加大黑松的阔叶化改造;除此之外,普陀樟、朴树等古树拥有较广的分布和较宽的生态位,这说明它们有着较强的适应性,但野外观测表明这些种群又处于明显的衰退中,这是否与较高的生态位重叠有关尚需进一步研究。

致 谢 陈亚峰、余小龙、张朋伟、张华柳、汪赛、俞静芳、蔡梦莎、冯洁以及普陀山园林管理处工作人员对野外调查提供帮助;Thomas Sommer 先生对英文摘要润色,特此致谢!

参考文献

陈俊华,刘兴良,何 飞,等. 2010. 卧龙巴朗山川滇高山栎灌丛主要木本植物种群生态位特征. 林业科学, **46** (3): 22-28.

陈子林,张志祥,刘 鹏,等. 2007. 浙江六十田常绿阔叶林主要乔木种生态位研究. 中南林业科技大学学报, **27** (6): 77-82.

郭水良. 1998. 浙江金华北山木本植物种群生态位研究. 植物研究, **18**(3): 315-320.

胡正华,于明坚. 2005. 古田山青冈林优势种群生态位特征. 生态学杂志, **24**(10): 1159-1162.

金水虎,马丹丹,欧丹燕,等. 2010. 普陀山 4 个植物新类群. 西北植物学报, **30**(8): 1701-1702.

李 博. 2000. 生态学. 北京:高等教育出版社.

李根有,陈征海,胡军飞,等. 2010. 发现于浙江普陀山岛的 2 个植物新变种(英文). 浙江林学院学报, **27**(6): 908-909.

李帅锋,刘万德,苏建荣,等. 2011. 季风常绿阔叶林不同恢复阶段乔木优势种群生态位和种间联结. 生态学杂志, **30**(3): 508-515.

刘宪钊,陆元昌,周燕华. 2010. 退化次生林恢复过程中群落结构和生态位动态. 生态学杂志, **29**(1): 22-28.

马丹丹,金水虎,胡军飞,等. 2011. 发现于普陀山的植物区系新资料. 浙江大学学报(理学版), **38**(2): 215-217.

马世骏. 1990. 现代生态学透视. 北京:科学出版社.

尚昌玉,蔡晓明. 1995. 普通生态学. 北京:北京大学出版

社.

苏志尧, 吴大荣, 陈北光. 2003. 粤北天然林优势种群生态位研究. 应用生态学报, **14**(1): 25-29.

王 刚, 赵松岭, 张鹏云, 等. 1984. 关于生态位定义的探讨及生态位重叠计测公式改进的研究. 生态学报, **4**(2): 119-127.

吴 刚, 梁秀英, 张旭东, 等. 1999. 长白山红松阔叶林主要树种高度生态位的研究. 应用生态学报, **10**(3): 262-264.

冶民生, 关文彬, 吴 斌, 等. 2006. 岷江干旱河谷主要灌木种群生态位研究. 北京林业大学学报, **28**(1): 7-13.

余世孝, 奥罗西 L. 1994. 物种多维生态位宽度测度. 生态学报, **14**(1): 32-39.

余树全, 李翠环. 2003. 千岛湖水源涵养林优势树种生态位研究. 北京林业大学学报, **25**(2): 18-23.

余树全. 2003. 浙江省常绿阔叶林的生态学研究(博士学位论文). 北京: 北京林业大学.

袁位高. 2009. 浙江省生态公益林主要群落结构的比较研究(博士学位论文). 北京: 中国林业科学研究院.

赵永华, 雷瑞德, 何兴元, 等. 2004. 秦岭锐齿栎林种群生态位特征研究. 应用生态学报, **15**(6): 913-918.

朱春全. 1997. 生态位态势理论与扩充假说. 生态学报, **17**(3): 324-332.

Grinnell J. 1917. The niche-relationships of the California Thrasher. *Auk*, **34**: 427-433.

Harper JL. 1977. Population Biology of Plant. New York: Academic Press.

Leibold MA. 1995. The niche concept revisited: Mechanistic models and community context. *Ecology*, **76**: 1371-1382.

Levins R. 1968. Evolution in Changing Environments: Some Theoretical Explorations. Princeton: Princeton University Press.

Whittaker RH, Levin SA, Root RB. 1973. Niche, habitat and ecotope. *American Naturalist*, **107**: 321-338.

作者简介 钱逸凡, 男, 1987 年生, 硕士, 主要从事森林生态、恢复生态研究。E-mail: alongly3@126.com

责任编辑 王 伟
