

# 武夷山黄山松林主要种群生态位特征

封磊<sup>1</sup>, 洪伟<sup>2</sup>, 吴承祯<sup>2</sup>, 宋萍<sup>2</sup>

(1. 福建农林大学资源与环境学院, 福建 福州 350002; 2. 福建农林大学林学院, 福建 福州 350002)

**摘要:** 根据样地调查所获得的基本数据, 运用生态位宽度、生态位中心、生态位偏离、生态位扩散系数和生态位重叠测度公式, 在反映热量、水分、光照变化情况的海拔、坡度和坡向梯度轴上, 以种群重要值作为资源位上的表现特征, 分别计测了武夷山黄山松林主要种群的生态位特征。结果表明: 武夷山黄山松林主要种群在海拔轴、坡度轴及坡向轴上的生态位总宽度的大小顺序大致为: 黄山松、吊钟花、鹿角杜鹃、南方铁杉、豆梨、木荷、云锦杜鹃、粗柄杜鹃、多脉青冈、野樱、弯蒴杜鹃、米饭花。多数主要种群具有较宽的生态位幅度, 而少数物种对资源利用还不完全。黄山松生态位宽度占据明显优势, 其他种群的生态位宽度都基本上客观地反映了它们在群落中各自不同的地位和作用。在海拔、坡度、坡向轴上, 不同种群的实现生态位中心点及生态位偏离差异较大, 其最佳适应存在明显的差异, 而群落内不同种群间的生态位扩散系数差异不十分明显, 其对环境因子的选择强度差异不大。武夷山黄山松林多数主要种群在3个资源轴上的资源利用能力或环境的生态适应能力方面有较大程度的相似性, 生态位普遍重叠, 资源共享趋势明显。

**关键词:** 武夷山; 黄山松林; 生态位; 海拔; 坡度; 坡向

**中图分类号:** S718.5

**文献标识码:** A

黄山松 (*Pinus taiwanensis*) 为喜光树种, 干形通直, 材质良好, 强度和硬度较高, 更新容易, 病虫害为害较少, 生长持续时间长, 宜于培育大径材, 是海拔较高山地的绿化和用材树种, 广泛分布于台、闽、浙、皖、赣、湘、鄂等省中山地区; 在福建分布于闽北和闽中, 一般生长在海拔 1 100 m 以上山地, 武夷山地区分布在海拔 700~2 150 m, 组成纯林或与其他树种混生成林<sup>[1]</sup>。近年来有关黄山松物种的研究大多局限在单一群落, 而以不同的地形位置作为特征指标, 进行有关黄山松群落的生态学研究则较少报道。

生态位理论是近代生态学理论上的一个重要内容<sup>[2]</sup>, 它在种间关系、群落结构、种的多样性及种群进化的研究中已被广泛应用<sup>[3]</sup>。地形是环境状况的一种综合反映, 同时又在空间上表现了直观的梯度特征, 分析物种生态位特征时, 借助于地形因子指标, 通过将地形特征加以分解定义, 可以很好地反映

植物的多维环境因子水平<sup>[4]</sup>。已有研究表明, 海拔、坡向和坡度是具有显著生态学效应的小地形特征指标, 且相互间没有显著的相关性<sup>[5]</sup>。本文通过对武夷山自然保护区黄山松林分布的地形特征加以分解, 将海拔、坡度和坡向作为资源位, 以基于环境梯度的生态位分析, 来对其主要种群的环境适应性、各种群在群落中的地位与作用、以及各种群间的相互关系等规律进行描述和解释, 从而为武夷山自然保护区黄山松林的持续经营管理与开发利用, 以及人工混交林的营造等提供一定的理论依据。

## 1 自然概况

武夷山国家级自然保护区位于福建省武夷山、建阳、光泽、邵武 4 县 (市) 交界处, 北部与江西省毗连。地处 27°33′~27°54′N, 117°27′~117°51′E, 总

收稿日期 (Received date): 2007-10-07; 改回日期 (Accepted): 2008-03-01。

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金 (No. 30471385) 和福建省自然科学基金资助项目 (BO110026) Supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 30471385) and the Provincial Natural Science Foundation of Fujian, China (BO110026)

作者简介 (Biography): 封磊 (1977-), 男 (汉), 吉林通化人, 讲师, 主要从事环境生态学研究。[Feng Lei (1977-), Male, Born in Jilin, Lecturer research interest is Environment Ecology.]

面积 56 527 hm<sup>2</sup>。它是世界同纬度现存面积最大,保存最完整的中亚热带森林生态系统,1979年被国务院列为重点自然保护区。1987-09加入联合国教科文组织“人与生物圈”计划的国际生物圈保留地网。本区气候属于典型的亚热带季风气候,年平均气温在 8.5℃~18℃,极端最低温-15℃,年降水量为 1 486~2 150 mm,年蒸发量 1 000 mm 左右,相对湿度 78%~84%,无霜期 253~272 d。土壤主要有红壤、黄红壤、黄壤和山地草甸土,土壤呈酸性。区内植物种类丰富,群落类型多样。黄山松林主要分布于海拔 700~2 150 m,组成纯林或与其他树种混生成林。

2 研究方法

在武夷山自然保区黄山松混交林内海拔 1 450~1 950 m 处,以 100 m 为间隔,兼顾不同的小地形设置样地,样地大小为 20 m×30 m,划分为 5 m×5 m 的小样方进行调查。调查内容包括:1)群落结

构:测量和记录样方胸径≥2 cm 的所有植株的种名、高度、胸径;2)地形因子:测量、记录反映中尺度的海拔和小尺度的坡度、坡向 3 个小地形要素。详见参考文献[6]。

3 分析方法

3.1 主要种群重要值计算

分别统计群落中主要种群的重要值[(相对多度+相对频度+相对优势度)/3]。考虑到群落优势种和常见种对群落的意义,也为了统计方便,选取群落中重要值排在前 12 位的主要种群(表 1),进行数量分析。

3.2 资源位划分

分别以样方地形的海拔、坡度、坡向作为资源位,根据实测数据,海拔资源位以 100 m 为间隔划分为 6 级,坡度以 5°为单位分为 4 级,坡向以正北方向为 0°,偏东、偏西各分 2 级,共分 4 级,具体划分方法见表 2。

表 1 武夷山黄山松林主要种群的重要值

Table 1 Important value of dominant populations of *Pinus taiwanensis* forest in Wuyi Mountain

种号 Species No	种群 Population	重要值 Important value
1	黄山松 <i>Pinus taiwanensis</i>	56.94
2	吊钟花 <i>Enkianthus quinquefolius</i>	35.71
3	鹿角杜鹃 <i>Rhododendron latoucheae</i>	24.36
4	木荷 <i>Schinus superba</i>	20.38
5	南方铁杉 <i>Tsuga thuykianensis</i>	19.88
6	豆梨 <i>Pyrus calleryana</i>	15.22
7	粗柄杜鹃 <i>Rhododendron pachypodum</i>	12.90
8	云锦杜鹃 <i>Rhododendron fortunei</i>	11.73
9	弯蒴杜鹃 <i>Rhododendron henryi</i>	10.46
10	米饭花 <i>Vaccinium spargelii</i>	9.59
11	多脉青冈 <i>Cyclobalanopsis multinervis</i>	7.02
12	野樱 <i>Prunus phaeostica</i>	6.74

表 2 资源维及其梯度水平的划分

Table 2 Resource dimension and the delimitation of their gradient levels

资源维	资源水平 Resource level					
Resource dimension	1	2	3	4	5	6
海拔 Altitude (m)	1 450	1 550	1 650	1 750	1 850	1 950
坡度 Slope	25	30	35	40		
坡向 Aspect	NW 45°	NW 90°	NE 45°	NE 90°		

### 3.3 生态位计算

以同一资源状态所有样方中物种重要值的均值作为指标对生态位进行计算。生态位宽度采用 Shannon-Wiener 指数  $B_{(w)}$  和 Simpson 指数倒数的标准化形式  $B_{(sm)i}$  进行计测, 公式如下<sup>[7]</sup>

$$B_{(w)i} = -\frac{1}{\ln r} \sum_{j=1}^r p_{ij} \ln p_{ij}; B_{(sm)i} = \frac{1}{r \sum_{j=1}^r p_{ij}^2}$$

物种在多个资源轴上的生态位总宽度 (BT) 为<sup>[8]</sup>

$$BT = \sqrt{\sum_{k=1}^m B_{ik}^2}$$

生态位中心点 ( $x_{cj}$ )、生态位偏离 ( $y_s$ ) 及生态位扩散系数 ( $\Phi_s$ ) 测度方法详见参考文献<sup>[9]</sup>。生态位重叠 ( $O_{ih}$ ) 采用相似百分率指数

$$O_{ih} = 1 - 0.5 \sum_{j=1}^r |P_{ij} - P_{hj}|$$

物种在 3 个资源轴生态位空间上的总重叠度 ( $OT_{ih}$ ) 应等于其在全部资源位上重叠度的乘积<sup>[4]</sup>。

上述各公式中  $r$  为资源状态总数;  $P_{ij}$ 、 $P_{hj}$  分别为物种  $i$ 、 $h$  对第  $j$  资源状态的利用率或物种在该资源状态上的分布比例量,  $B_{ik}$  为物种  $i$  在第  $k$  个资源轴上的生态位宽度,  $O_{ih}$  为物种  $i$  与物种  $h$  的生态位重叠度,  $m$  为资源轴的数目。

## 4 结果与分析

### 4.1 生态位宽度

海拔由低到高的变化指示了由低温到高温的温度梯度, 坡度既反映了地貌的稳定性, 也指示了生境的水分条件, 坡向的变化则反映了环境中光照的强弱<sup>[4]</sup>。生态位宽度主要反映植物种群对环境资源利用的程度。一般, 种群生态位宽度越大, 则它对环境资源的利用或适应能力越强<sup>[10-12]</sup>。以两种生态位宽度公式计测的武夷山黄山松林主要种群在海拔轴、坡度轴及坡向轴上生态位宽度值变化趋势基本一致 (表 3), 生态位总宽度的大小顺序大致为: 黄山松、吊钟花、鹿角杜鹃、南方铁杉、豆梨、木荷、云锦杜鹃、粗柄杜鹃、多脉青冈、野樱、弯蒴杜鹃、米饭花。12 个主要种群的生态位宽度值低于 0.3 的极少, 且坡向轴上的生态位宽度值均  $> 0.45$ , 可见此群落整体对环境资源利用较充分, 尤其是对光照的适应性较强。黄山松在林内优势地位十分突出, 重要值大, 分布广泛且较为均匀, 在 3 个资源轴上均表现为最大的生态位宽度, 并具有最大的生态位总宽度, 其对环境资源的适应性最强, 对光、热、水的利用范围较

广; 与黄山松相比, 吊钟花、鹿角杜鹃和豆梨生态位宽度略小些, 它们属灌木状至小乔木, 其个体较小, 较耐荫, 是乔木层亚层和灌木层的常见种, 在黄山松冠幅的荫蔽下, 资源利用有一定优势; 与黄山松同在主林层的南方铁杉种群, 虽然数量不很多, 但其优势度及重要值较大, 分布幅度也较大, 因此生态位宽度较大, 环境资源的适应幅度较大。与南方铁杉和豆梨相比, 木荷虽然在林内占有相当的重要值, 但在海拔和坡度轴上的生态位宽度稍小于这两个种群, 主要是因为木荷在林中居于主林层, 大树多, 具有相对较大的优势度和重要值, 而其沿海拔和坡度的分布幅度却相对不大, 这说明物种生态位与其优势地位相关, 但同时又受物种分布的均匀程度显著影响<sup>[13]</sup>; 另外, 木荷为阳性常绿乔木, 幼苗耐荫蔽, 对光照条件的适应性幅度较大, 林下更新容易, 因此, 木荷在坡向轴上又显示出相对较大的生态位宽度。云锦杜鹃和粗柄杜鹃在 3 个资源轴上的生态位宽度值在 0.5 左右, 它们在群落中占据着部分资源位, 基本上能适应群落环境。多脉青冈在海拔轴上的生态位宽度较低,  $B_{sw}$  和  $B_{sm}$  为 0.231、0.222, 在坡度轴上的生态位宽度有所增加,  $B_{sw}$  和  $B_{sm}$  分别为 0.396、0.392, 坡向轴上生态位宽度稍高,  $B_{sw}$  和  $B_{sm}$  分别为 0.686、0.578, 说明多脉青冈的资源利用能力在较大程度上受环境热量的影响, 而对水分因子变化的适应性稍强, 对光照的变化则有较强的适应性, 温度在一定程度上是限制其生存与分布的环境因子。其他种群如弯蒴杜鹃、米饭花、野樱在 3 个资源轴上的生态位宽度较小, 意味着它们在群落中受其他种群的影响, 生态位宽度狭窄, 其不仅数量较少, 而且分布区较局限, 对环境因子的选择性、依赖性强, 在群落中只起到补充调节、填充林下空间的作用, 地位是次要的。

### 4.2 生态位中心点、生态位偏离与生态位扩散系数

物种的生态位中心点是物种在生态位空间具有最佳适应的位置, 确定一个物种生态位中心点具有重要意义, 因为它给出了物种生长的最佳环境参数组合。一个物种的实现生态位中心点、生态位偏离和生态位扩散系数集中反映了一个物种在生态位空间的适应情况<sup>[9]</sup>。在海拔、坡度、坡向轴上, 不同种群的实现生态位中心点及生态位偏离差异较大, 其最佳适应存在明显的差异 (见表 3)。在海拔轴上, 各主要种群在群落中的实现生态位中心点, 即所偏爱的海拔从低到高的次序是: 多脉青冈、鹿角杜鹃、

木荷、米饭花、弯蒴杜鹃、野樱、云锦杜鹃、粗柄杜鹃、黄山松、吊钟花、南方铁杉、豆梨,可见从多脉青冈到豆梨,各种群适生的海拔逐次增加。多脉青冈较偏爱海拔 1 450 m 左右的生存环境,其在群落中的生态位偏离最大,表明在海拔轴上它的生存位置距离群落最佳适应较远,与群落中其他种群相比其更适合在海拔相对较低的环境中生存;而云锦杜鹃的生态位偏离最小,较适合在海拔 1 700 m 左右的环境中生存和生长。在坡度轴上,各主要种群在群落中的实现生态位中心点,即所偏爱的坡度从小到大的次序为:弯蒴杜鹃、云锦杜鹃、野樱、米饭花、粗柄杜鹃、南方铁杉、吊钟花、黄山松、豆梨、木荷、鹿角杜鹃、多脉青冈,反映从弯蒴杜鹃到多脉青冈,种群抗干能力依次增强。弯蒴杜鹃在群落中较偏爱 25°左右的坡度环境,偏离群落最佳适应位置最大,其对水分条件的要求比群落其他种群相对要高;而豆梨在群落中的生态位偏离最小,坡度为 32.5°是其较适合的生存环境。坡向轴上,各主要种群在群落中的实现生态位中心点,即在群落中所偏爱的坡向位置从阴到阳的次序为:多脉青冈、弯蒴杜鹃、云锦杜鹃、鹿角杜鹃、米饭花、野樱、木荷、粗柄杜鹃、南方铁杉、豆梨、吊钟花、黄山松,此顺序也大致反映了种群对光照的喜好顺序,即从生态位偏离最小的多脉青冈到偏离最大的黄山松,随着环境梯度的渐变,种群一般也逐渐由耐荫向喜光转变。从群落主要种群扩散系数来看,优势种群黄山松在 3 个资源轴上的扩散系数均较大,这与其突出的优势地位,数量多、分布广泛且较均匀分不开的,而群落内不同种群间的生态位扩散系数差异并不十分明显,说明群落各种群对环境因子的选择强度不是很大。

#### 4.3 生态位重叠

当两个物种利用同一资源或共同占有某一资源因素(食物、营养成分、空间等)时,就会出现生态位重叠现象<sup>[14]</sup>。种群间的生态位重叠可表征它们对同一类资源的利用,在一定程度上可反映出物种间隐含的资源利用性竞争关系<sup>[15]</sup>。从资源利用的角度来看,生态位重叠较大的种群要么有相近的生态特性,要么对生境因子有互补性的需求,即生态位重叠是两个种在其与生态因子联系上的相似性<sup>[16]</sup>。从竞争的角度看,生态位重叠较大的种群间在共享资源不足时就可能产生资源利用性竞争。在海拔、坡度、坡向 3 个资源轴上,武夷山黄山松群落主要种群间的生态位重叠见表 4.5。

海拔轴上,武夷山黄山松群落主要种群间有 4 对种对生态位重叠值大于 0.8 分别是黄山松与吊钟花、吊钟花与南方铁杉、吊钟花与豆梨、南方铁杉与豆梨,有 11 对大于 0.7 的,有 21 对大于 0.5 的,有 44 对大于 0.3 的,而小于 0.2 的种对有豆梨与木荷、豆梨与弯蒴杜鹃、豆梨与米饭花、豆梨与多脉青冈、南方铁杉与多脉青冈、粗柄杜鹃与多脉青冈、云锦杜鹃与多脉青冈、野樱与多脉青冈共 8 对;在坡度轴上,生态位重叠大于 0.3 的种对占总种对的 97% 以上,大于 0.8 的种对有黄山松与吊钟花、黄山松与南方铁杉、吊钟花与南方铁杉、吊钟花与豆梨、南方铁杉与豆梨、弯蒴杜鹃与米饭花,共 6 对,而小于 0.3 的仅为豆梨与弯蒴杜鹃、豆梨与米饭花 2 对;在坡向轴上,12 个主要种群间的两两生态位重叠均大于 0.3 其中吊钟花与南方铁杉、吊钟花与豆梨、鹿角杜鹃与木荷、云锦杜鹃与弯蒴杜鹃 4 个种对间的生态位重叠大于 0.8 且吊钟花与豆梨间重叠超过 0.9 3 维资源轴的总重叠度较大的为黄山松与吊钟花、鹿角杜鹃与木荷、吊钟花与南方铁杉、吊钟花与豆梨、南方铁杉与豆梨、弯蒴杜鹃与米饭花,这 5 个种对间总重叠度大于 0.5,其中,最大值出现在吊钟花与豆梨种对间(0.638),另外,总重叠度大于 0.4 的有 10 对,大于 0.1 的有 34 对,总重叠值小于 0.03 的为鹿角杜鹃与野樱、木荷与豆梨、豆梨与弯蒴杜鹃、豆梨与米饭花、多脉青冈与野樱 4 对,其中最小的为豆梨与弯蒴杜鹃间的总重叠(0.019)。可见,所研究的主要种群间在 3 个资源轴上生态位普遍重叠,且多数主要种群间重叠较大,反映群落多数主要种群在 3 个资源轴上的资源利用能力或环境的生态适应能力方面有较大程度的相似性,资源共享趋势明显。生态位重叠较小的种对之间一般生物生态学特性差别较大,特别是在树形、繁殖方式、生境特点、对光的适应性等方面<sup>[9]</sup>,同时它们的生态位宽度也存在一定差异。另外有许多种对在 3 个资源轴上的生态位重叠大致相同,如吊钟花与豆梨、吊钟花与南方铁杉、南方铁杉与豆梨等,显示它们之间的生态学相似性较广泛,它们常为伴生或共优。对处于主林层的乔木而言,在海拔、坡度、坡向 3 个资源轴上,黄山松与木荷的生态位重叠分别为 0.468 0.525 0.663 3 维总重叠度为 0.163 黄山松与南方铁杉的生态位重叠分别是 0.760 0.828 0.712 3 维总重叠度为 0.448 木荷与南方铁杉的生态位重叠为 0.282 0.409 0.438 3 维总体

表 3 武夷山黄山松林主要种群在不同地形轴上的生态位宽度、生态位中心点与生态位扩散系数

Table 3 Niche breadth, niche center and niche dispersion coefficient of dominant populations in *Pinus taiwanensis* forest in Wuyi mountain in different topographic axis

资源轴 Resource axis	生态位指标 Niche index	物种 Species											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
海拔 Altitude	$B_{(w)i}$	0.982	0.875	0.812	0.685	0.772	0.736	0.507	0.688	0.401	0.386	0.231	0.384
	$B_{(m)i}$	0.942	0.773	0.637	0.521	0.663	0.588	0.369	0.504	0.292	0.332	0.222	0.330
	$x_{ij}''$	1775	1796	1539	1541	1812	1874	1731	1703	1629	1563	1458	1691
	$y_s$	75	96	161	159	112	174	31	3	71	137	242	9
	$\Phi_s$	142	129	109	67	100	92	49	95	64	99	49	49
坡度 Slope	$B_{(w)i}$	0.982	0.928	0.829	0.675	0.791	0.744	0.591	0.705	0.427	0.450	0.396	0.497
	$B_{(m)i}$	0.954	0.841	0.651	0.583	0.747	0.661	0.507	0.603	0.368	0.441	0.392	0.496
	$x_{ij}''$	31.98	31.92	38.10	35.22	30.38	32.71	28.93	26.60	25.46	27.65	39.11	27.04
	$y_s$	0.520	0.579	5.603	2.717	2.120	0.205	3.566	5.904	7.040	4.852	6.610	5.464
	$\Phi_s$	4.613	3.978	4.736	6.785	3.372	3.495	2.275	3.197	2.650	5.719	2.848	2.457
坡向 Aspect	$B_{(w)i}$	0.999	0.791	0.920	0.840	0.727	0.790	0.528	0.693	0.605	0.477	0.686	0.497
	$B_{(m)i}$	0.997	0.746	0.803	0.657	0.628	0.745	0.462	0.593	0.480	0.470	0.578	0.496
	$x_{ij}''$	NW 85.5	NW 68.5	NE 42.5	NE 51.5	NW 67.5	NW 73.5	NW 60.5	NW 36.5	NW 28.5	NW 46.5	NE 10.5	NW 49.5
	$y_s$	85.5	68.5	42.5	51.5	67.5	73.5	60.5	36.5	28.5	46.5	10.5	49.5
	$\Phi_s$	44.230	28.703	42.922	41.927	20.694	31.630	17.776	27.640	23.523	39.614	27.382	22.146
	$BT_{(w)i}$	1.711	1.501	1.481	1.277	1.323	1.311	0.941	1.204	0.842	0.761	0.825	0.801
	$BT_{(m)i}$	1.671	1.364	1.214	1.021	1.180	1.157	0.779	0.985	0.672	0.725	0.733	0.775

表 4 武夷山黄山松林主要种群在海拔与坡度轴上的生态位重叠

Table 4 Niche overlaps of dominant populations in *Pinus taiwanensis* forest in Wuyi mountain in altitude and slope axis

物种 Species	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		0.813	0.572	0.468	0.760	0.729	0.431	0.605	0.303	0.261	0.241	0.329
2	0.865		0.475	0.327	0.857	0.810	0.479	0.644	0.307	0.265	0.288	0.377
3	0.612	0.552		0.754	0.332	0.332	0.303	0.299	0.362	0.417	0.466	0.201
4	0.525	0.39	0.767		0.282	0.197	0.282	0.282	0.506	0.508	0.351	0.282
5	0.828	0.869	0.44	0.409		0.857	0.587	0.749	0.268	0.227	0.145	0.485
6	0.776	0.828	0.44	0.301	0.851		0.444	0.618	0.176	0.134	0.145	0.342
7	0.553	0.595	0.388	0.431	0.708	0.559		0.656	0.353	0.312	0.145	0.765
8	0.659	0.62	0.44	0.463	0.751	0.644	0.668		0.520	0.478	0.145	0.725
9	0.445	0.33	0.321	0.554	0.349	0.241	0.371	0.598		0.776	0.286	0.589
10	0.443	0.307	0.424	0.657	0.326	0.218	0.348	0.575	0.850		0.469	0.531
11	0.633	0.573	0.747	0.642	0.461	0.461	0.461	0.461	0.417	0.519		0.145
12	0.5	0.542	0.335	0.463	0.655	0.506	0.782	0.833	0.59	0.567	0.461	

注: 表中上三角数值为物种在海拔轴上的生态位重叠, 下三角数值为物种在坡度轴上的生态位重叠。

表 5 武夷山黄山松林主要种群在坡向轴上的生态位重叠及 3 维生态位空间的总体重叠度

Table 5 Niche overlaps of dominant populations of *Pinus taiwanensis* forest in Wuyi mountain in aspect axis and total overlap degree in 3 dimension niche space

物种 Species	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		0.775	0.768	0.663	0.712	0.775	0.542	0.646	0.573	0.522	0.659	0.513
2	0.545		0.543	0.438	0.825	0.952	0.695	0.763	0.628	0.634	0.740	0.680
3	0.269	0.142		0.895	0.542	0.543	0.341	0.445	0.460	0.377	0.541	0.312
4	0.163	0.056	0.518		0.438	0.438	0.335	0.438	0.433	0.276	0.438	0.306
5	0.448	0.614	0.079	0.051		0.793	0.799	0.678	0.543	0.459	0.651	0.770
6	0.438	0.638	0.079	0.026	0.578		0.661	0.747	0.612	0.666	0.789	0.632
7	0.129	0.198	0.04	0.041	0.332	0.164		0.645	0.486	0.329	0.450	0.845
8	0.258	0.305	0.059	0.057	0.381	0.297	0.283		0.841	0.684	0.553	0.771
9	0.077	0.064	0.053	0.121	0.051	0.026	0.064	0.262		0.783	0.458	0.613
10	0.06	0.052	0.067	0.092	0.034	0.019	0.036	0.188	0.516		0.518	0.456
11	0.101	0.122	0.188	0.099	0.044	0.053	0.03	0.037	0.055	0.126		0.421
12	0.084	0.139	0.021	0.04	0.245	0.109	0.506	0.466	0.213	0.137	0.028	

注:表中上三角数值为物种在坡向轴上的生态位重叠,下三角数值为物种在 3 维空间的总体重叠度。

重叠度为 0.051。可见,黄山松与南方铁杉在 3 个资源轴及 3 维资源轴的生态位总体重叠都较大,木荷与南方铁杉的生态位重叠不大,而黄山松与木荷的生态位重叠介于前两者之间,反映黄山松与南方铁杉在海拔轴上存在或潜在着一定强度的利用性竞争,即当双方共享的资源达到不能满足的程度时,可能产生资源竞争,而木荷与南方铁杉种间具有一定的异质性,资源利用有一定程度的分散,暂时可能不会产生互扰。对于主林层与灌木层主要种群,如黄山松与吊钟花、南方铁杉与鹿角杜鹃、木荷与多脉青冈等等,其生态位重叠或大或小,这种重叠可能导致对水平位置的竞争,但在垂直空间上更多的是一种互利,其在光能及其他生态因子的利用上达到互补,从而相互协调补充群落环境。处于乔木亚层及灌木层的主要种群间,如吊钟花与鹿角杜鹃、鹿角杜鹃与豆梨、粗柄杜鹃与多脉青冈等等的生态位重叠也高低不一致,除与各种群的生物生态学有关外,还与其生态位宽度有一定关系。对于黄山松种群,其在 3 个资源轴上不仅具有大的生态位宽度,而且与多数主要种群存在较大的生态位重叠,大于 0.5 的种对约占 76%,表明其作为群落优势种,无论从自身的特性,还是与其它种群之间的密切程度,都表现出极为重要的生态学地位和作用。

5 讨论

1. 以  $S_w$  和  $S_m$  两种生态位宽度公式计测的武夷山黄山松林主要种群在海拔轴、坡度轴及坡向轴上生态位宽度值变化趋势基本一致,生态位总宽度的大小顺序大致为:黄山松、吊钟花、鹿角杜鹃、南方铁杉、豆梨、木荷、云锦杜鹃、粗柄杜鹃、多脉青冈、野樱、弯蒴杜鹃、米饭花。多数主要种群具有较宽的生态位幅度,而少数物种对资源利用还不完全。黄山松生态位宽度占明显优势,黄山松种群可保持其在群落中的优势地位,黄山松林也由此得以维持其稳定性。其他种群的生态位宽度都基本上客观地反映了它们在群落中各自不同的地位和作用。在海拔、坡度、坡向轴上,武夷山不同种群的实现生态位中心点及生态位偏离差异较大,其最佳适应存在明显的差异。而群落内不同种群间的生态位扩散系数差异不十分明显,其对环境因子的选择强度差异不大。武夷山黄山松林多数主要种群在 3 个资源轴上的资源利用能力或环境的生态适应能力方面有较大程度的相似性,生态位普遍重叠,资源共享趋势明显。

2. 生态位重叠体现了物种对同等级资源的利用程度以及空间配置关系,生态位重叠与生态位宽

度有一定联系,生态位宽度较大的物种由于对资源的利用能力较强、分布较广而与其他种群间的生态位重叠较大,生态位宽度较小的物种由于对资源的利用能力较弱、分布不够广泛而与其他种群间的生态位重叠较小。但也不尽如此,种群之间的生态位重叠还受物种生物生态学特性的明显影响,如果两物种的生物生态学特性差异较大,其生态位重叠则可能很小,如生态位宽度较大的阴性树种和阳性树种生态位重叠一般较小。但同属的种群之间由于生物生态学特征极为相似,在一定程度上对环境资源需求产生分化,而导致生态位重叠程度降低,如武夷山黄山松林中鹿角杜鹃与粗柄杜鹃、鹿角杜鹃与弯蒴杜鹃、粗柄杜鹃与弯蒴杜鹃等同属种对间生态位重叠较小。

3. 对生态位重叠大的种对,存在两种可能:一是树种间共享资源的同时存在竞争关系,二是树种间资源利用相似的同时彼此促进关系<sup>[17]</sup>。

具有相同生活型的物种,在共享资源不足的情况下,其生态位重叠在表征生态相似的同时,还反映了它们之间存在的竞争关系,但如果共享资源丰富,则两个种的生态位重叠并不反映竞争的程度,而只表明这两个种因生态相似而占据了相近的生态空间,事实上,生态位重叠和竞争经常可能是一种相反的关系,广泛的重叠实际上可能与减低竞争相关联<sup>[18]</sup>。因此,竞争强弱程度和重叠值大小成正比例关系的现象,只有在资源不足的特定资源位上才会发生。但有学者认为,对于具有生态位重叠的种对,不论其值的大小,都应等地地看作有竞争的可能性,或具备了竞争的生态学相似性条件,至于竞争强弱的程度,则应另作探讨<sup>[19]</sup>。因而对于武夷山黄山松林中同处于主林层生态位重叠较大的黄山松与南方铁杉,以及同属灌木或小乔木生态位重叠较大的吊钟花与豆梨、粗柄杜鹃与野樱等等,可认为这些种对间生态相似性较大,占据着相近的生态空间,彼此间可能存在或潜在着资源利用性竞争。

对于具有不同生活型物种,其生态习性不同,对资源要求的类型不同,获取资源的途径也不相同,因而可减少或避免直接竞争,因此不同生活型种间的生态位重叠所提供的信息,和上述相同生活型物种的生态位重叠所表达的信息有着本质的区别。不同生活型生态位重叠的两物种一般具有生态互补性,表现为在资源选择和资源利用能力等方面有极大的差异,如在遮阳程度很强的乔木种树下生活的灌木

就是能适应林下郁闭环境的种类,如果灌木是喜光耐旱的种类和它重叠值较大的乔木一定是枝叶稀疏,透光性强的种类等等,完全表现为一种相互补充和相互依存关系。因此,一定程度上,可将具不同生活型的物种间生态位重叠看作两者依存关系及其依存互补程度的指标,即种对间重叠值愈大,它们之间的依存性愈强,相互补充,相互适应对方所形成的环境的能力成强,反之亦然<sup>[19]</sup>。如武夷山黄山松林中重叠值较高的黄山松和吊钟花、南方铁杉和吊钟花以及鹿角杜鹃和木荷等等就可说明这一点。

由于每一个群落内部的物种经过长期的自然选择,它们有规律地按一定结构层次组成一个有机的整体,从不同的角度利用生境,地上部分可以通过叶片的形状、大小、枝的伸展方式、植株高度的不同变化组合来充分利用透过群落的各种形式的光线或其他环境因子;地下部分则通过根的伸展方式、深度、根的密度及根毛的不同分布来充分利用地下的营养、水分等。在同一生境条件下,每一物种从不同侧面利用生境资源,从而以更深刻的方式达到与环境的统一。虽然从大范围生境条件来看,物种之间的生态位发生重叠,可能导致竞争的发生,但从每个具体的侧面,从更细致的微生境来看,它们彼此之间的生态位是完全或部分分离的。这就是生态位发生重叠的物种能够彼此共存,形成相互作用、相互影响的稳定生态系统的原因<sup>[20]</sup>。正是由于上述适应机制,武夷山黄山松群落各种群在群落内部与其他物种共同构成稳定的群落系统,适应海拔从低到高、坡度从小到大、坡向由阴转阳的各种生境条件。

4. 武夷山黄山松林主要种群的生态位指标在 3 个资源轴上不尽相同,这综合反映了它们对这 3 条资源轴所含生态因子反应的差异性。通过比较分析物种生态位指标在不同资源轴上的差别,可以找出限制该物种生存与分布和影响种对关系的环境因子以及产生生态分异的原因<sup>[19]</sup>。例如,多脉青冈的生态位宽度在坡向轴、坡度轴、海拔轴上依次减小的,显示温度在一定程度上是限制其生存与分布的环境因子,而它对光照变化的适应性较强。再如吊钟花与野樱在海拔轴上的生态位重叠(0.377)明显小于其在坡度和坡向上的重叠值(分别为 0.542 和 0.680),表现了海拔的变化引起气温变化,降低了物种的生存适合度,削弱了它们对最佳资源集中利用的能力,而使生态位扩展到更广阔的范围,从而利于物种的共存。

5. 本文采用海拔、坡度、坡向 3 维资源位,以物种在群落中的重要值作为指标,应用生态位宽度、生态位中心、生态位偏离、生态位扩散系数及生态位重叠和生态位分离多种测度公式,分析了武夷山黄山松种群生态位特征。海拔、坡度、坡向生态位,间接反映了随不同空间热量、水分、光照等条件发生变化的情况,也即不同主要种群所占据的热量、水分、光照生态位。采用地形因子表征景观水平上的多维生态位空间的梯度特征是一个有效而可行的途径<sup>[4]</sup>。更明确地研究这些环境因子的生态位有助于了解武夷山黄山松林主要种群对不同环境资源的利用能力及对生态因子的适应能力及彼此的差异,量化地描述种群间的共存关系和竞争机制,通过生态位再现武夷山黄山松群落现有分布格局及各种群对有限环境资源的利用,为解释群落结构、物种共存以及多样性等问题奠定理论基础,并为实现现有资源的合理经营管理、保护和开发利用天然林资源、营造混交林等提供初步指导依据,如在种间配置方面,可以考虑各物种的生态位特征,做到充分利用空间地力资源,促进种群的协同生长,还可以对天然林演替格局的分析,加强人工的引导,使群落朝有利的演替方向发展。

## 参考文献 (References)

- [1] Fujian Forest Committee. Fujian Forest [M]. Beijing: Forestry Press, 1993: 41~47 [福建省森林委员会. 福建森林 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1993: 41~47]
- [2] Yan Shujun, HongWei Wu Chengzen, *et al*. Height niche of main tree species of gaps in mid-subtropical evergreen broad-leaved forest in warmulin of Fujian [J]. *Chin J Appl Environ Biol*, 2002, 8(6): 578~582 [闫淑君, 洪伟, 吴承祯, 等. 万木林中亚热带常绿阔叶林林隙主要树种的高度生态位 [J]. 应用与环境生物学报, 2002, 8(6): 578~582]
- [3] Yang Xiaowen, Ma Jisheng. A review on some terms related to Niche and their measurements [J]. *Chin J of Eco* (生态学杂志) 1992, 11(2): 44~49 [杨效文, 马继盛. 生态位有关术语的定义及计算公式评述 [J]. 生态学杂志, 1992, 11(2): 44~49]
- [4] Shen Zhehao, Fang Jingyun. Niche comparison of two *Fagus* species based on the topographic patterns of their populations [J]. *Acta Phytocool Sin*, 2001, 25(4): 392~398 [沈泽昊, 方精云. 基于种群分布地形格局的两种水青冈生态位比较研究 [J]. 植物生态学报, 2001, 25(4): 392~398]
- [5] Shen Zhehao, Zhang Xinshi, Jin Yixi. Gradient analysis of the influence of mountain topography on vegetation pattern. *acta phytocologica sinica* [J]. *Acta Phytocool Sin*, 2000, 24(4): 430~435 [沈泽昊, 张新时, 金义兴. 地形对亚热带山地景观尺度植被格局影响的梯度分析 [J]. 植物生态学报, 2000, 24(4): 430~435]
- [6] Song Ping, HongWei Wu ChengZhen, *et al*. Topographical pattern of dominant populations of *Pinus taiwanensis* forest in wuyimountain [J]. *Journal of Mountain Science*, 2005, 23(5): 631~635 [宋萍, 洪伟, 吴承祯, 等. 武夷山黄山松林主要种群的地形格局 [J]. 山地学报, 2005, 23(5): 631~635]
- [7] HongWei Wu Chengzen, Liu Jinli, *et al*. Study on Forest Ecology of Minjian River Valley [M]. Xiamen: Xiamen University Press, 2000: 112~115 [洪伟, 吴承祯, 刘金福, 等. 闽江流域森林生态学研究 [M]. 厦门大学出版社, 2000: 112~115]
- [8] Zhang Yuandong, Pan Xiaoling, Gu Fengxue, *et al*. Shrub and under shrub niches in vegetation of the Fukang desert [J]. *Acta Phytocool Sin*, 2001, 25(6): 741~745 [张远东, 潘晓玲, 顾峰雪. 阜康荒漠植被灌木与半灌木种群生态位的研究 [J]. 植物生态学报, 2001, 25(6): 741~745]
- [9] Yu Shixiao, L. orbci. On the implications of fundamental realized niche and niche center [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 1993, 32(4): 69~79 [余世孝, L. orbci. 基础与实现生态位及其中心点的涵义与测度 [J]. 中山大学学报, 1993, 32(4): 69~79]
- [10] Yu Shixiao, L. orbci. Multivariate measure of niche breadth [J]. *Acta Ecol Sin*, 1994, 14(1): 32~39 [余世孝, L. orbci. 物种多维生态位宽度测度 [J]. 生态学, 1994, 14(1): 32~39]
- [11] Lin Sizhu, Huang Shigua, HongWei, *et al*. The characteristics of multidimension niche of dominant populations in Chinese fir and broad-leaved mixed forest [J]. *Acta Ecol Sin*, 2002, 22(6): 962~968 [林思祖, 黄世国, 洪伟, 等. 杉阔混交林主要种群多维生态位特征 [J]. 生态学, 2002, 22(6): 962~968]
- [12] Shi Zhuomin, Cheng Rine, Liu Shiong. Niche characteristics of plant populations in deciduous broad-leaved forest in Baotianman [J]. *Chin J Appl Ecol*, 1999, 10(3): 265~269 [史作民, 程瑞梅, 刘世荣. 宝天曼落叶阔叶林种群生态位特征 [J]. 应用生态学报, 1999, 10(3): 265~269]
- [13] Zhang Guangmin, Xie Shouqiang. Niche breadths and overlaps of dominant species of *Lithocarpus xylocarpus* community in Aikao mountains [J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 2000, 22(4): 431~446 [张光明, 谢寿昌. 哀牢山木果石栎群落优势种的生态位宽度与重叠 [J]. 云南植物研究, 2000, 22(4): 431~446]
- [14] Wang Boshun, Li Mingguang, Peng Shaolin. Plant Population Ecology [M]. Guangzhou: Guangdong Higher Education Press, 1995: 132~148 [王伯荪, 李鸣光, 彭少麟. 植物种群生态学 [M]. 广州: 广东高等教育出版社, 1995: 132~148]
- [15] Liang Shixu. A study on the niches of mangrove populations in the succession of *Rhizophora stylosa* community [J]. *Guangxi Sciences*, 1997, 4(2): 120~123 [梁士楚. 红海榄群落演替中种群生态位的研究 [J]. 广西科学, 1997, 4(2): 120~123]
- [16] Wang Gang, Zhao Shongling, Zhang Pengyun, *et al*. On the definition of niche and the improved formula for measuring niche overlap [J]. *Acta Ecol Sin*, 1984, 4(2): 119~126 [王刚, 赵松岭, 张鹏云, 等. 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 [J]. 生态学报, 1984, 4(2): 119~126]
- [17] Liu Jinli, HongWei. A study on the community ecology of castar

- opsis kawakan ii study on the niche of the main tree population in castanopsis kawakan ii community [ J]. *Acta Ecol Sin*, 1999, 19 (3): 347~ 352[刘金福, 洪伟. 格氏栲群落生态学研究—格氏栲林主要种群生态位的研究 [ J]. 生态学报, 1999, 19(3): 347~ 352]
- [ 18] XiW eimin A study on the niche of dominant scrub populations in beijing huairou mountainous area [ J]. *Acta Phytocol Sin*, 1993, 17(4): 324~ 330[奚为民. 怀柔山区灌丛群落优势种群生态位的研究 [ J]. 植物生态学报, 1993, 17(4): 324~ 330]
- [ 19] BiRunchen, WangW eiling The study of niche on main species of forest community in ShanxiHuoshan Mt [ J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 1999, 19(6): 198~ 205[毕润成, 王玮玲. 山西霍山森林群落主要种生态位的研究 [ J]. 西北植物学报, 1999, 19(6): 198~ 205]
- [ 20] Zheng Yuanrun Main woody species niche of plant community in daqinggou [ J]. *Acta Phytocol Sin*, 1999, 23(5): 475~ 479[郑元润. 大青沟森林植物群落主要木本植物生态位研究 [ J]. 植物生态学报, 1999, 23(5): 475~ 479]

## Niche Characteristics of Dominant Populations in *Pinus taiwanensis* Forest in Wuyi Mountain

FENG Lei<sup>1</sup>, HONG Wei<sup>2</sup>, WU Chengzhen<sup>2</sup>, SONG Ping<sup>2</sup>

(1 Resource and Environment College, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China;

2 Forestry College, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

**Abstract** Altitude, slope and aspect which indirectly reflected the change of heat, moisture and illumination of environment respectively being viewed as environmental gradient axis and important value of populations as expression property, niche characteristics of dominant populations in *Pinus taiwanensis* forest in Wuyi mountain were studied with the formulas of niche overlap, niche center, niche deviation, niche dispersion coefficient and niche overlap based on the essential data obtained by plot research. The results indicated that the order of niche total breadth the dominant populations in 3 gradient axis—altitude, slope and aspect from high to low approximately was *Pinus taiwanensis*, *Enkianthus quinqueflorus*, *Rhododendron latoucheae*, *Tsuga tchekiangensis*, *Pinus calleryana*, *Schinus superba*, *Rhododendron fortunei*, *Rhododendron pachypodum*, *Cyclobalanopsis multinervis*, *Prunus phaeostica*, *Rhododendron henryi* Hance, *Vaccinium spegellii*. Of which, most dominant population possessed broad niche, while few occupied environmental resource incompletely. Niche breadth of *Pinus taiwanensis* is predominant. Niche breadth of other populations objectively expressed their status and role in the community separately by and large. In altitude, slope and aspect axis, variance of realistic niche center and niche deviation between different populations was all large, as reflected large differentia existed in their optimal fitness to environment, while variance of niche dispersion coefficient wasn't large, as showed differentia of intensity of environmental factor selection was low. There was a great similarity of resource utilization and environment fitness capability between the most dominant populations and a obvious tendency of resource sharing with universal overlap of niche.

**Key words** Wuyi mountain; *Pinus taiwanensis* forest; Niche; altitude; slope; aspect