

# 古田山自然保护区马尾松林主要种群生态位研究\*

胡正华<sup>1</sup>, 吴芳芳<sup>1</sup>, 刘巧辉<sup>1</sup>, 陈书涛<sup>1</sup>, 陈魁<sup>1</sup>, 于明坚<sup>2</sup>

(1. 南京信息工程大学应用气象学院, 江苏 南京 210044 2. 浙江大学生命科学院, 浙江 杭州 310028)

**摘要:** 通过样方法进行群落调查, 每个样地大小为 20 m × 20 m, 采用生态位宽度、生态位相似性比例和生态位重叠值公式统计分析了古田山自然保护区马尾松林优势种群生态位特征。结果表明: 马尾松、青冈、石栎和木荷等种群有较大的生态位宽度, 其  $B_i$ 、 $B_a$  值分别为 0.904、0.781、0.842、0.585、0.805、0.629、0.785、0.457, 而杨梅的生态位宽度最小, 其  $B_i$ 、 $B_a$  值分别为 0.250、0.053。生态位较大的物种间生态位相似性比例较高, 如马尾松与木荷为 0.567, 甜槠与木荷为 0.677, 马尾松与石栎为 0.614。马尾松林中物种间生态位重叠值小于 0.1 的比例达到 89%, 生态位重叠较小, 表明马尾松林种间竞争不大, 资源较为充分, 能为更多物种的侵入和生存提供充足的空间与资源。

**关键词:** 马尾松林; 主要种群; 生态位; 古田山

中图分类号: S718.5 文献标识码: A

## Niche of Dominant Populations in *Pinus massoniana* Forest in Gutian Mountain National Nature Reserve of Zhejiang Province

HU Zheng-hua<sup>1</sup>, WU Fang-fang<sup>1</sup>, LIU Qiao-hui<sup>1</sup>, CHEN Shu-tao<sup>1</sup>, CHEN Kui<sup>1</sup>, YU Ming-jian<sup>2</sup>

(1. College of Applied Meteorological Science, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

Jiangsu, China 2. College of Life Science, Zhejiang University, Hangzhou 310028, Zhejiang, China)

**Abstract** The niche investigation in *Pinus massoniana* forest of Gutian Mountain National Nature Reserve was conducted using plot method (plot size 20 m × 20 m). Parameters such as niche breadth, niche similarity ratio and niche overlap were calculated to reveal the niche characteristics of dominant populations. Results showed that the niche breadths of *Pinus massoniana*, *Cyclobalanopsis glauca*, *Lithocarpus glaber*, *Schinus molle* were larger than that of the other species with Levins ( $B_i$ ) and Hurlbert's ( $B_a$ ) values being 0.904, 0.781, 0.842, 0.585, 0.805, 0.629, 0.785, 0.457, respectively. While the niche breadths of *Myrica rubra* were smaller, with  $B_i$  and  $B_a$  values being 0.250 and 0.053. The niche similarity ratio ( $C_{ih}$ ) among the populations with broad niche breadth was greater than that of the populations with narrow niche breadths.  $C_{ih}$  of *Pinus massoniana* and *Schinus molle*, *Castanopsis eyrei* and *Schinus molle*, *Pinus massoniana* and *Lithocarpus glaber* were 0.567, 0.677, 0.614, respectively. The niche overlap degree was low between species in *Pinus massoniana* forest, with values less than 0.1 accounting for 89%, suggesting relatively weak interspecies competition and sufficient resource and living space for more future species.

**Key word:** *Pinus massoniana* forest; dominant populations; niche; Gutian Mountain

稿日期: 2008-04-20

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30200034)

作者简介: 胡正华 (1973—), 男, 博士 (后), 副教授, 主要从事植物生态学和生物多样性保护研究。

\* 野外调查得到浙江大学丁炳扬教授、杭州师范大学金孝锋博士和古田山自然保护区管理局方腾工程师的帮助, 特此致谢!

生态位概念最早由 Grinnell 提出, 是指种群在时间、空间的位置以及种群在群落中的地位和功能作用<sup>[1-2]</sup>。生态位是研究种内和种间关系以及评价种群在群落中所处地位的重要工具, 在理解群落结构和功能、群落内物种关系、生物多样性和群落演替等方面有着重要作用<sup>[3]</sup>。目前, 国内外在生态位理论<sup>[1,4-6]</sup>、生态位计测<sup>[7-10]</sup>和生态位具体应用<sup>[11-15]</sup>等方面已开展了大量的研究工作, 其中森林群落优势种群生态位研究是生态位应用的重要方面<sup>[3,16-19]</sup>, 但针对我国中亚热带东部森林特别是森林群落演替初期的马尾松林开展的生态位研究还非常少。马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb) 是浙江古田山国家级自然保护区森林植被优势树种之一, 马尾松林是我国中亚热带常绿阔叶林演替的重要阶段。本文研究了古田山马尾松林主要种群的生态位特征, 以揭示主要树种对环境资源的利用状况及其相互关系。

## 1 研究区域与研究方法

### 1.1 研究区概况

古田山国家级自然保护区位于浙江省开化县境内西北部, 与江西省婺源县、德兴市接壤, 面积 8 107 hm<sup>2</sup>, 主峰青尖海拔 1 258 m, 山峰呈东北-西南走向。属我国亚热带季风气候区, 受季风影响大, 四季分明。年平均温度 15.3 °C, 生长期总积温 5 221.5 °C, 无霜期约 250 d, 年均降水量 1 963.7 mm, 相对湿度 92.4%。土壤 pH 值 5.5~6.5, 呈弱酸性。土壤主要类型有: 红壤, 分布于海拔 500~700 m 以下; 黄红壤, 海拔 700~1 000 m; 红黄壤, 分布于海拔 1 000 m 以上; 局部地区如古田庙 (海拔 850 m) 前有山地草甸土分布。

### 1.2 调查方法

选取不同马尾松群落类型作为一维资源位, 采用样方法进行群落调查。样地面积为 20 m × 20 m, 每个样地再划分为 16 个 5 m × 5 m 的样方。乔木层逐木调查, 记录种名、数量、胸径、高度、长势等。在每个样方的右下角划出 2 m × 2 m 的小样方调查灌木层 (包括幼树、幼苗), 在 2 m × 2 m 的小样方内划出 1 m × 1 m 的小样方调查草本层。灌木层、草本层记录种名、株数、高度、盖度。同时测定每块样地海拔、坡向、坡度等生态因子。共调查 9 个样地, 各样地概况见表 1。

### 1.3 计测方法

#### (1) 重要值的计算

表 1 样地基本概况

样地号	群落类型	海拔 /m	坡度 /°	坡向 /°	郁闭度 /%
Q1	马尾松林	300	20	SE 15	75
Q2	马尾松林	420	25	S	70
Q3	木荷-马尾松-甜槠林	320	35	SW 70	75
Q4	马尾松-米槠-石栎林	350	35	S	90
Q5	马尾松-木荷-甜槠林	620	40	SW 60	95
Q6	马尾松-青冈林	340	40	SW 80	90
Q7	马尾松-木荷-甜槠林	370	32	SE 5	85
Q8	马尾松林	400	30	SE 20	85
Q9	马尾松-青冈林	450	45	SE 20	90

注: S, 正南; SW, 南偏西; SE, 南偏东。

乔木层重要值 = (相对密度 + 相对频度 + 相对显著度) / 3 (1)

#### (2) 生态位宽度

生态位宽度采用 Levins 和 Hurbert 生态位宽度计测公式:

$$\text{Levins 生态位宽度 } B_i = - \sum_{j=1}^r P_{ij} \log P_{ij} \quad (2)$$

式中,  $B_i$  是种  $i$  的生态位宽度,  $P_{ij}$  是种  $i$  对第  $j$  个资源的利用占它对全部资源利用的频度, 即  $P_{ij} = \frac{n_{ij}}{N_i}$ ,

而  $N_i = \sum_{j=1}^r n_{ij}$ ,  $n_{ij}$  为种  $i$  在资源  $j$  上的优势度 (本文即物种的重要值),  $r$  为资源等级数。上述方程具有值域  $[0, \log r]$ 。

$$\text{Hurbert 生态位宽度 } B_a = \frac{B_i - 1}{r - 1} \quad (3)$$

式中,  $B_i = 1 / \sum_{j=1}^r P_{ij}^2$ ,  $B_a$  为生态位宽度,  $P_{ij}$  和  $r$  的含义同上式, 其值域为  $[0, 1]$ 。

#### (3) 生态位相似比例

$$C_{ih} = 1 - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^r |P_{ij} - P_{hj}| \quad (4)$$

式中,  $C_{ih}$  为物种  $i$  与物种  $h$  的生态位相似程度, 且具有  $C_{ih} = C_{hi}$ , 具有域值  $[0, 1]$ ;  $P_{ij}$ ,  $P_{hj}$  分别为物种  $i$  和物种  $h$  在资源位  $j$  上的重要值百分率。

#### (4) 生态位重叠

生态位重叠是指一定资源序列上, 两个物种利用同等级资源而生态位互相重叠的情况, 其计测公式为:

$$L_{ih} = B_{(L)i} \sum_{j=1}^r P_{ij} \times P_{hj} \quad (5)$$

$$L_{hi} = B_{(L)h} \sum_{j=1}^r P_{ij} \times P_{hj} \quad (6)$$

其中,  $B_{(L)i} = 1 / \left( \sum_{j=1}^r P_{ij}^2 \right)$  (7)

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;  $P_{ij} = \frac{n_{ij}}{N_i}$ , 而  $N_i = \sum_{j=1}^r n_{ij}$ ,  $n_{ij}$  为种  $i$  在资源  $j$  上的优势度 (本文为物种重要值),  $B_{(L)}$  为 Levins 的生态位宽度指数;  $B_{(L)}$  和  $B_{(L)h}$  具有域值  $[1/r, 1]$ ;  $L_{ih}$ 、 $L_{hi}$  具有域值  $[0, 1]$ <sup>[20]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 重要值分析

在 9 个资源位中马尾松种群占很大的比重, 其重要值之和最大, 达到 284.6, 在群落中具有明显的优势地位。其他种群重要值由大到小依次为: 木荷 (*Schima superba* Gardn et Champ), 青冈 (*Cyclobalanopsis glauca* (Thunb.) Oerst), 甜槠 (*Castanopsis eyrei* (Champ ex Benth.) Tutch), 石栎 (*Lithocarpus glaber* (Thunb.) Nakai), 米槠 (*Castanopsis carlesii* (Hemsl.) Hayata), 榿木 (*Loropetalum chinense* (R. Br.) Oliv.), 黄瑞木 (*Adinandra milletii* (Hook et Arn.) Benth), 格药柃 (*Eurya muricata* Dunn), 苦槠 (*Castanopsis sclerophylla* (Lindl.) Schott), 杉木 (*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook), 杨梅 (*Myrica rubra* (Lour.) Sieh et Zucc), 拟赤杨 (*Alniphyllum fortunei* (Hemsl.) Makino), 虎皮楠 (*Daphniphyllum oldhamii* (Hemsl.) Rosenth.)。

### 2.2 生态位宽度分析

生态位宽度是衡量物种对资源利用状况的尺度, 生态位宽度越大, 物种对环境的利用能力越强, 对资源的利用越充分; 生态位宽度越小, 则物种对资源的利用能力越弱<sup>[21]</sup>。马尾松林主要种群生态位

宽度见表 2。从结果来看, Levins 和 Hurbert 两种生态位宽度公式的测度结果基本一致。马尾松、青冈、石栎、木荷等有较大的生态位宽度, 其  $B_i$ 、 $B_o$  值分别为 0.904 0、0.781 8、0.842 1、0.585 3、0.805 5、0.629 2、0.785 0、0.457 2。杨梅和杉木的生态位宽度最小, 其  $B_i$ 、 $B_o$  值分别为 0.250 5、0.053 3 和 0.288 8、0.111 8。

表 2 马尾松林主要种群的生态位宽度

物种号	种名	$B_i$	$B_o$
1	马尾松	0.904 0	0.781 8
2	木荷	0.785 0	0.457 2
3	甜槠	0.642 9	0.364 8
4	青冈	0.842 1	0.585 3
5	榿木	0.494 5	0.217 5
6	石栎	0.805 5	0.629 2
7	杨梅	0.250 5	0.053 3
8	杉木	0.288 8	0.111 8
9	黄瑞木	0.640 6	0.366 4
10	米槠	0.648 5	0.381 8
11	苦槠	0.489 9	0.215 1
12	虎皮楠	0.430 8	0.184 7
13	格药柃	0.651 3	0.405 3
14	拟赤杨	0.416 4	0.176 1

### 2.3 生态位相似性比例分析

生态位相似性比例是指两个物种利用资源的相似性程度。马尾松林种群生态位相似性比例值 ( $C_{ih}$ ) 见表 3。  $C_{ih}$  在 0.5 以上的有 16 对, 占总比例的 17.6%, 表明种群之间的生态位相似性比例值较大。生态位相似比例较大的有杉木与杨梅、马尾松与木荷、甜槠与木荷、马尾松与石栎、榿木与拟赤杨、青冈与黄瑞木, 其  $C_{ih}$  分别为 0.710 2、0.567 0、0.677 5、0.614 4、0.627 2、0.622 0。说明这些种群在对资源的利用上有很大的相似性。通常, 在同一资源位中,

表 3 马尾松林主要种群的生态位相似性比例值

种群	马尾松	木荷	甜槠	青冈	榿木	石栎	杨梅	杉木	黄瑞木	米槠	苦槠	虎皮楠	格药柃	拟赤杨
马尾松		0.567 0	0.356 8	0.549 1	0.232 3	0.614 4	0.230 3	0.150 8	0.422 7	0.503 6	0.542 0	0.324 7	0.546 3	0.284 8
木荷			0.677 5	0.604 6	0.164 1	0.386 1	0.137 6	0.065 1	0.532 0	0.496 3	0.249 7	0.407 6	0.273 2	0.172 9
甜槠				0.578 5	0.343 0	0.202 1	0.053 8	0.053 8	0.469 5	0.284 3	0.062 8	0.475 6	0.308 1	0.104 3
青冈					0.277 6	0.535 2	0.401 4	0.359 1	0.622 0	0.407 6	0.195 5	0.313 5	0.317 9	0.191 9
榿木						0.400 4	0.092 1	0.240 4	0.146 3	0.279 2	0	0.200 4	0.544 2	0.627 2
石栎							0.386 2	0.379 8	0.563 4	0.431 6	0.362 6	0.223 7	0.490 9	0.486 2
杨梅								0.710 2	0.419 4	0.092 1	0.156 3	0	0.129 9	0.092 1
杉木									0.339 9	0.320 3	0.076 8	0	0.050 4	0.115 2
黄瑞木										0.237 2	0.260 2	0.099 6	0.249 2	0.245 9
米槠											0.172 2	0.450 4	0.142 1	0.427 9
苦槠												0.080 5	0.386 9	0.080 5
虎皮楠													0.161 5	0.370 4
格药柃														0.335 4
拟赤杨														

生态位宽度高的物种间通常有较高的生态位相似比例, 而生态位宽度小的物种间生态位相似比例较小<sup>[3]</sup>。如生态位宽度较小的杨梅和虎皮楠、杉木和虎皮楠、苦槠和榿木的  $C_{ij}$  均为 0, 但生态位宽度较小的树种间也可能出现较大的生态位相似比例, 如杨梅和杉木的生态位宽度都较小, 但由于它们对资源的需求和利用相似, 生态位相似比例就较大,  $C_{ij}$  达到 0.7102。

## 2.4 生态位重叠分析

当两个物种利用同一资源或共同占有某一资源时, 就会出现生态位重叠<sup>[8, 22]</sup>。生态位重叠较大的

种群要么有相近的生态特性, 要么对生态因子有互补性的要求, 即生态位重叠是两个物种在与其生态因子联系上的相似性<sup>[23-24]</sup>。马尾松林主要种群生态位重叠值见表 4。有 105 个种对的生态位重叠值小于 0.05, 约占 57.7%, 有 162 个种对的生态位重叠值小于 0.1, 比例达 89%, 生态位重叠值大于 0.1 的仅有 11%。可见马尾松林种群生态位重叠值较小。生态位没有重叠的种对有苦槠和榿木、杨梅和虎皮楠、杉木和虎皮楠, 这些种对无论是生物学特性还是在对生境因子的要求上都存在很大的差异。

表 4 马尾松林主要种群的生态位重叠值

种群	马尾松	木荷	甜槠	青冈	榿木	石栎	杨梅	杉木	黄瑞木	米槠	苦槠	虎皮楠	格药柃	拟赤杨
马尾松		0.0986	0.0731	0.0813	0.0533	0.1009	0.0811	0.0694	0.0923	0.1051	0.1652	0.1148	0.1020	0.0851
木荷	0.0633		0.1200	0.0730	0.0266	0.0308	0.0159	0.0174	0.0805	0.0791	0.0420	0.0814	0.0312	0.0331
甜槠	0.0395	0.1009		0.0736	0.0517	0.0200	0.0218	0.0163	0.0641	0.0438	0.0024	0.0663	0.0422	0.0256
青冈	0.0637	0.0891	0.1068		0.0641	0.0797	0.1844	0.1483	0.1204	0.0562	0.0438	0.0652	0.0502	0.0508
榿木	0.0201	0.0156	0.0361	0.0309		0.0503	0.0076	0.0314	0.0257	0.0282	0	0.0156	0.0740	0.0997
石栎	0.0839	0.0398	0.0307	0.0846	0.1107		0.1527	0.1476	0.0988	0.0883	0.0888	0.0777	0.0865	0.1388
杨梅	0.0159	0.0049	0.0080	0.0463	0.0039	0.0361		0.0976	0.0571	0.0053	0.0174	0	0.0036	0.0019
杉木	0.0181	0.0071	0.0079	0.0494	0.0217	0.0463	0.1296		0.0498	0.0290	0.0112	0	0.0046	0.0104
黄瑞木	0.0500	0.0680	0.0643	0.0833	0.0368	0.0644	0.1424	0.1033		0.0364	0.0385	0.0261	0.0303	0.0551
米槠	0.0587	0.0689	0.0453	0.0401	0.0417	0.0593	0.0149	0.0620	0.0375		0.0319	0.1058	0.0172	0.0774
苦槠	0.0620	0.0245	0.0017	0.0210	0	0.0400	0.0333	0.0162	0.0266	0.0214		0.0146	0.0554	0.0101
虎皮楠	0.0392	0.0433	0.0419	0.0284	0.0141	0.0319	0	0	0.0164	0.0647	0.0133		0.0139	0.0612
格药柃	0.0596	0.0284	0.0457	0.0375	0.1145	0.0608	0.0106	0.0102	0.0327	0.0180	0.0865	0.0238		0.0808
拟赤杨	0.0283	0.0171	0.0158	0.0215	0.0876	0.0554	0.0032	0.0132	0.0338	0.0460	0.0090	0.0595	0.0459	

## 3 结论与讨论

(1) 生态位宽度反映了树种在群落中分布范围的大小和地位的高低, 生态位宽度越大, 则树种在群落中的优势地位越明显, 分布范围也越广。在古田山自然保护区马尾松林中, Levins 和 Hurlbert 两种生态位宽度公式的测度结果基本一致。马尾松、青冈、木荷等树种, 种群数量多, 分布广, 在创造群落内部独特的环境中起到重要作用, 对资源环境的利用较为充分, 生态位宽度较大。马尾松是该林分的建群种和优势种, 数量最多, 重要值最大, 对群落内环境起着决定性作用, 对资源的利用程度最高, 生态位宽度最大。青冈、石栎、木荷等种群的数量和分布相对于马尾松要小, 对资源的利用能力和对群落环境的决定作用都次于马尾松, 因此生态位宽度小于马尾松种群; 但这些种群是马尾松林中重要的优势种, 重要值大, 生态幅较广, 在创造群落环境中起到重要作用, 所以它们的生态位宽度也较大。马尾松群落中光照较充足, 喜阳树种如木荷、石栎长势良好, 分布较广, 对资源的利用

比较充分, 生态位宽度较高。耐荫树种甜槠在马尾松群落中分布范围和重要值都较马尾松和木荷小, 生态位宽度也小于马尾松和木荷。但此时的马尾松群落由于木荷等阔叶树种的侵入并具有了一定的数量, 使群落具有了一定的郁闭度, 环境的改良使群落局部区域适合甜槠的生长, 因此甜槠能够侵入马尾松林并具有了一定的数量, 占有一定的生态位宽度。青冈是中性喜光植物, 幼龄树能耐荫, 幼苗和幼树能够正常更新, 因此在光照较充足的马尾松林中青冈长势良好, 具有较大的生态位宽度。而杨梅和杉木种群数量上不是很多, 分布范围较小, 且分布不均匀, 在群落中的地位较低, 生态位宽度很小。

(2) 一般认为: 生态位宽度较大的物种, 对资源的利用能力较强, 分布较广, 与其它种群间的生态位重叠也较大; 而生态位宽度较小的种群, 对资源利用能力较弱, 分布范围较窄, 与其它物种生态位重叠较小, 甚至没有重叠<sup>[25]</sup>。但本研究结果却不甚相同, 马尾松、青冈、石栎、木荷、甜槠等生态位宽度大的物种, 其生态位相似性比例也较高, 但种群间生态位重

叠值却较低。总体来看,古田山自然保护区马尾松林种群间生态位重叠值较低。虽然生态位重叠与生态位宽度之间存在一定的联系,但环境所能提供的资源量、资源的供求比以及资源满足生物需求的程度对决定种群间生态位重叠程度却非常重要<sup>[24]</sup>。如果资源很丰富,两种生态位宽度较大的树种共同生活在同一环境中,即使有着较高的生态位相似性,也不会出现高的生态位重叠,彼此间也不会出现激烈竞争。古田山马尾松林种群间的生态位相似较高,但生态位重叠值却较低,表明种群间的竞争并不激烈,马尾松林可以提供的资源较为充分,这为更多新物种和植株个体在群落中的生存提供了资源和空间,并推动群落向地带性常绿阔叶林演替。

(3)古田山森林植被演替序列是:马尾松林 $\rightarrow$ 针阔叶混交林 $\rightarrow$ 阳性常绿阔叶林 $\rightarrow$ 甜槠林<sup>[26]</sup>,马尾松林是该植被群落演替的早期阶段,此时林内资源相对充足,生态位宽度较大、生态位相似性较高的树种间也没有出现激烈的竞争,表现出较低的生态位重叠值。而处于演替中期的森林群落种群生态位重叠情况可能不同,如与古田山位于同一地带正处在演替中期阶段的浙江省六十田自然保护区常绿阔叶林,其主要乔木树种的生态位重叠值较大,有60对树种的重叠值大于0.2,比例达到了44%<sup>[27]</sup>,而古田山马尾松林生态位重叠值大于0.1的仅有11%。随着群落演替的进行,演替中期的森林群落环境得到改善,阳性阔叶树种出现并进一步改善群落内环境,使大量耐荫树种也能够侵入并生存下来。由于群落资源的有限性,生态位相似性较高的物种间生态位重叠较大,种间竞争激烈,竞争结果使许多物种的生态位变窄,这也使群落中可以有更多物种生存。因此,演替中期群落的物种数量与种群密度、生态位重叠程度都远远超过马尾松群落阶段。

### 参考文献:

- [1] Grinnell J. The niche relationship of the California thrasher[J]. Auk, 1917, 21: 364-382
- [2] Elton C. Animal Ecology[M]. London: Sidgwick and Jackson, 1927: 63-68
- [3] 苏志尧, 吴大荣, 陈北光. 粤北天然林优势种群生态位研究[J]. 应用生态学报, 2003, 14(1): 25-29
- [4] Smith E P. Niche breadth, resource availability, and inference[J]. Ecology, 1982, 63(6): 1675-1681
- [5] Mueller-Landau H G, Hubbell S P. Statistical inference on measures of niche overlap[J]. Ecology, 1985, 66(4): 1204-1210
- [6] Westman W E. Measuring realized niche spaces: climatic response of chaparral and coastal sage scrub[J]. Ecology, 1991, 72(5):

- 1678-1684
- [7] Schoener T. Non-synchronous spatial overlap of Lizards in patchy habitats[J]. Ecology, 1970, 51: 408-418
- [8] 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(4): 119-127
- [9] 王莹莹, 左金森, 刘家冈. 以态势理论为基础的更新生态位测度研究[J]. 林业科学, 2005, 41(4): 20-24
- [10] 李德志, 石强, 臧润国, 等. 物种或种群生态位宽度与生态位重叠的计测模型[J]. 林业科学, 2006, 42(7): 95-103
- [11] McKane R B, Johnson L C, Shaver G R, et al. Resource-based niches provide a basis for plant species diversity and dominance in arctic tundra[J]. Nature, 2002, 415: 68-71
- [12] Tuomisto H. Edaphic niche differentiation among *Polybotrya* ferns in western Amazonia: Implications for coexistence and speciation[J]. Ecography, 2006, 29: 273-284
- [13] Paoli G D, Curran LM, Zak D R. Soil nutrients and beta diversity in the Bornean Dipterocarpaceae: Evidence for niche partitioning by tropical rain forest trees[J]. Journal of Ecology, 2006, 94: 157-170
- [14] 杨自辉, 方峨天, 刘虎俊, 等. 民勤绿洲边缘地下水水位变化对植物种群生态位的影响[J]. 生态学报, 2007, 27(11): 4900-4906
- [15] 韩晓卓, 张彦宇. 基于生态位构建的 n-种群集合种群动态分析[J]. 生态学报, 2008, 28(7): 3271-3276
- [16] 康冰, 刘世荣, 史作民, 等. 南亚热带人工马尾松林下植物组成特征及主要木本种群生态位研究[J]. 应用生态学报, 2005, 16(9): 1786-1790
- [17] 康永祥, 康博文, 岳军伟, 等. 陕北黄土高原辽东栎(*Quercus liaotungensis*)群落类型划分及其生态位特征[J]. 生态学报, 2007, 27(10): 4096-4105
- [18] 张璐, 苏志尧, 陈北光, 等. 广东石坑崃森林群落优势种群生态位宽度沿海拔梯度的变化[J]. 林业科学研究, 2007, 20(5): 598-603
- [19] 王祥福, 郭泉水, 巴哈尔古丽, 等. 崖柏群落优势乔木种群生态位[J]. 林业科学, 2008, 44(4): 6-13
- [20] 王伯荪, 李鸣光, 彭少麟. 植物种群学[M]. 广州: 广东高等教育出版社, 1995: 132-148
- [21] 朴顺姬, 王振杰, 颜秀灵, 等. 科尔沁沙地差巴嘎种群生态位适宜度分析[J]. 植物生态学报, 2006, 30(4): 593-600
- [22] 王刚. 植物群落中生态位重叠的计测[J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1984, 8(4): 329-334
- [23] 余世孝. 鼎湖山厚壳桂群落植物优势种群生态位宽度与重叠之研究[J]. 热带亚热带森林生态系统研究, 1985(3): 32-41
- [24] 彭少麟. 鼎湖山森林群落植物优势种群生态位重叠的研究[J]. 热带亚热带森林生态系统研究, 1990(6): 19-27
- [25] 赵永华, 雷瑞德, 何兴元, 等. 秦岭锐齿栎林种群生态位特征研究[J]. 应用生态学报, 2004, 15(6): 913-918
- [26] 胡正华, 于明坚. 浙江古田山常绿阔叶林演替序列研究: 群落物种多样性[J]. 生态学杂志, 2006, 25(6): 603-606
- [27] 陈子林, 张志祥, 刘鹏, 等. 浙江六十田常绿阔叶林主要乔木种生态位研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2007, 27(6): 77-82