

文章编号: 1001-3776 (2015) 03-0036-07

千岛湖马尾松群落种群生态位与种间联结

王秀云¹, 朱汤军¹, 徐高福²

(1. 浙江省林业科学研究院, 浙江 杭州 310023; 2. 新安江开发总公司, 浙江 淳安 311700)

摘要: 在对千岛湖马尾松 (*Pinus massoniana*) 群落野外调查基础上, 采用生态位宽度、生态位重叠和基于 2×2 联列表的 χ^2 检验、联结系数及共同出现百分率的方法, 分析了群落主要种群间的相互关系。结果表明: 群落中马尾松的生态位宽度最大, 杉木的生态位宽度最小, 生态位较大的物种间生态位重叠值也较高, 马尾松与黄檀之间的生态位重叠值要明显高于其他种群的, Schoener 指数为 0.7503。马尾松与其他种群之间的联结性较显著, 而且多数为正联结。种间正联结性越强, 其对环境要求越接近, 生态位重叠值越大。结合联结系数及共同出现百分率指标对其种间联结性的程度测定显示: 各项指标对马尾松群落主要种群之间联结性关系总体上反映了大致相同的结果, 但不同的测定方法可以相互弥补由于单一方法分析的不足。

关键词: 马尾松; 生态位; 种间联结; 千岛湖

中图分类号: S718.5

文献标识码: A

Niche and Interspecific Association of Species of *Pinus massoniana* Communities in Qiandao Lake

WANG Xiu-Yun¹, ZHU Tang-Jun¹, XU Gao-fu²

(1. Zhejiang Forestry Academy, Hangzhou 310023, China; 2. Xin'anjiang Development Corporation of Zhejiang, Chun'an 311700, China)

Abstract: Field data collection was based on 5 plots (30m×30m) in *Pinus massoniana* communities distributed in Qiandao lake, Zhejiang province. Methods including niche breadth, niche overlap, χ^2 -test, association coefficient(AC) and percentage co-occurrence (PC) based on 2×2 contingency table were used for analyzing the interaction between the species population. The niche breadth of *P. massoniana* was the largest, while that of *Cunninghamia lanceolata* was the smallest. Simultaneously, niche overlap increased with niche breadth. The niche overlap of species pairs of between *P. massoniana* and *Dalbergia hupeana* was larger than species pairs between *P. massoniana* and other populations. The Schoener index was 0.7503. The inter-specific associations between P and other species were comparatively significant, and mostly were of positive. The more intense the positive association, the more similar the environmental demand required, and the larger the value of niche overlap was. The degree of inter-species association based on χ^2 -test, together with the association coefficient and percentage co-occurrence, showed that the indices applied could reflect the approximately same results, and multiple indices could remedy the insufficiency analyzed by a single index.

Key words: *Pinus massoniana*; Niche; Interspecific Association; Qiandao Lake

生态位与种间联结是种群生态研究的核心问题。生态位能够反映种群在群落中的时间、空间及资源利用方面的竞争关系^[1~2], 是物种对环境的影响、环境对物种的影响两方面的相互作用^[3]。种间联结是指不同物种在空间分布上的相互联结性, 通常是由于群落生境的差异影响了物种分布而引起的, 是对各个物种在不同生境中相

收稿日期: 2014-09-16; 修回日期: 2015-04-21

基金项目: 浙江省科技厅公益项目 (2014C32118); 浙江省省院合作林业科技计划项目 (2012SY11)

作者简介: 王秀云 (1978-), 女, 内蒙古凉城人, 博士, 副研究员, 从事林业碳汇与森林生态研究; *通讯作者。

互影响、相互作用所形成的有机联系的反映, 它表示种间相互吸引或排斥的性质^[4]。生态位与种间联结是植物群落重要的数量和结构特征, 它们作为 2 个物种相似性的一种尺度, 对于正确认识群落的结构、功能和分类有着重要的指导意义, 并能为植被的经营管理、自然植被恢复和生物多样性保护提供理论依据。近年来, 对种群生态位与种间联结研究日益受到重视, 如李帅锋^[5]、张志勇^[6]、李先琨^[7]、林长松^[8]等, 这些研究为种群的生物多样性保护及资源可持续利用提供参考。

以马尾松 (*Pinus massoniana*) 为主的天然次生林, 在千岛湖库区生态环境保护中发挥着极其重要的作用, 但由于近年来人为干扰, 部分马尾松群落出现了退化^[9]。为此, 本研究以浙江省淳安县千岛湖林区的马尾松林为研究对象, 通过对马尾松群落主要种群生态位与种间关系进行研究, 以期揭示主要种群在群落中的功能地位、种群间的相互作用、生态适应性及各种群对资源的利用状况, 从而为马尾松的保护与资源合理利用提供科学依据。

1 研究区概况

研究区位于浙江省淳安县千岛湖林区, 东邻建德县, 西与安徽省歙县毗连, 118° 34' ~ 119° 15' E, 29°22' ~ 29° 50' N。气候属中亚热带季风气候北缘, 温暖湿润, 雨量充沛, 四季分明, 光照充足, 光、温、水的地域差异明显。年平均气温 17℃, ≥10℃积温 5 410℃, 年日照时数 1 951 h, 无霜期约 263 d, 年均降水量 1 430 mm, 相对湿度为 76%。土壤主要类型有红壤, 分布于海拔 700 m 以下, pH 值 5.5 ~ 6.0; 黄壤分布于海拔 700 m 以上, pH 值 5.5 左右; 岩土土分布于海拔 700 m 以下, pH 值 7.0 以上。研究区种子植物资源 135 科, 398 属, 634 种 (含种以下分类等级)。千岛湖森林生态系统主要为暖性针叶林、常绿阔叶林、落叶阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、针阔混交林、竹林、灌丛、灌草丛等类型。植物种类丰富, 有乔木 125 种, 灌木 45 种, 藤本 31 种, 草本植物 133 种。其代表的乔木种有马尾松 (*Pinus massoniana*)、杉木 (*Cunninghamia lanceolata*)、柏木 (*Cupressus funebris*)、苦槠 (*Castanopsis sclerophylla*)、青冈 (*Cyclobalanopsis glauca*)、柯 (*Lithocarpus glaber*)、枫香 (*Liquidambar formosana*)、木荷 (*Schima superba*) 等; 灌木种格药枥 (*Eurya muricata*)、檵木 (*Loropetalum chinense*)、短尾越桔 (*Vaccinium carlesii*)、江南越桔 (*V. mandarinorum*)、马银花 (*Rhododendron ovatum*) 等, 草本种芒萁 (*Dicranopteris dichotoma*)、蕨 (*Pteridium aquilinum* var. *latiusculum*) 等, 藤本植物菝葜 (*Smilax china*)、紫藤 (*Wisteria sinensis*) 等。

2 研究方法

2.1 样地设置

表 1 各样地基本情况
Table 1 General conditions of sampling plots

样地号	地理坐标	坡度/°	海拔/m	郁闭度	林分密度/株·hm ⁻²	平均胸径/cm	平均树高/m
1	118° 57'10.0"E, 29° 38'28.6"N	35	130	0.90	5117	6.79	9.8
2	118° 57'03.7"E, 29° 37'19.5"N	36	157	0.80	3933	8.17	8.3
3	118° 56'28.8"E, 29° 38'29.5"N	37	158	0.85	3873	8.04	8.5
4	119° 00'13.5"E, 29° 38'19.5"N	22	145	0.85	3978	6.41	7.5
5	119° 00'13.9"E, 29° 38'35.5"N	37	148	0.95	5233	6.86	8.8

在千岛湖林区以马尾松为主的天然次生林中, 分别在阴坡、阳坡不同立地中设置调查样地 5 个 (表 1), 样地面积 30 m × 30 m, 将样地划分为 10 m × 10 m 的小样方, 逐个样方调查所有胸径 (DBH) ≥ 3 cm 的植物, 记录乔木、灌木物种的名称、高度、胸径、冠幅 (盖度)。同时记录各样地的海拔、坡度、坡向等立地因子。全部野外工作于 2012 年 8 ~ 9 月完成。

由于植物种类较多, 将植物按照在样地中出现的频率由大到小排序, 筛选出现频率较高的植物种类进行生态位与种间联结性的计算和分析, 参加分析的物种有 14 种 (乔木 9 种, 灌木 5 种)。

2.2 生态位测定方法

本研究采用 Levins 指数测定种群的生态位宽度,采用 Schoener 指数与 Pianka 指数测定优势种群间的生态位重叠^[10~11]。

Levins 生态位宽度 (B_i) :

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

Schoener 指数 (C_{ih}) :

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

Pianka 重叠指数 (N_p) :

$$N_p = \sum n_{ij} \times n_{hj} / \sqrt{\sum n_{ij}^2 \times \sum n_{hj}^2}$$

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率, 即 $P_{ij} = n_{ij}/N_i$,

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; C_{ih} 为 Schoener 指数,

表示物种 i 与物种 h 的相似程度, 且有 $C_{ih} = C_{hi}$; N_p 为 Pianka 重叠指数, n_{ij} 和 n_{hj} 为种 i 和种 h 在资源 j 上的优势度, 本文即物种的重要值比例, 重要值 (IV) = (相对密度 + 相对显著度 + 相对频度) $\times 100/3$ ^[12], Schoener 指数与 Pianka 重叠指数的值均介于 0 和 1 之间。

2.3 种间联结测定方法

以 χ^2 统计量为基础, 以联结系数与共同出现的百分率确定物种间联结性。

2.3.1 χ^2 统计量的计算与检验 由于取样为非连续性取样, 原始数据为时间存在与否的二元数据, 因此非连续性数据的 χ^2 值用 Yates 的连续性校正公式计算^[13]。

$$\chi^2 = \frac{N(|ad - bc| - \frac{N}{2})^2}{(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)}$$

式中: a 是所调查的所有样方中, 物种 A 与物种 B 同时出现的样方数; b 为物种 A 出现, 物种 B 不出现的样方数, c 为物种 A 不出现, 而物种 B 出现的样方数, d 为物种 A 与 B 都不出现的样方数, 下同。

种间联结强弱由 χ^2 决定, 若 $\chi^2 \geq 3.841$ ($0.01 < p < 0.05$), 表示种间联结显著; $\chi^2 \geq 6.635$ ($p < 0.01$), 表示种间联结极显著; $\chi^2 < 3.841$ ($p > 0.05$) 时, 认为两个种独立分布, 即中性联结。当 $ad > bc$ 时为正联结, $ad < bc$ 时为负联结。

2.3.2 联结系数(Y) 联结系数用来进一步检验由 χ^2 所测出的结果及说明种间联结程度, 其计算公式^[14]为:

$$Y = \begin{cases} \frac{ad - bc}{(a+b)(b+d)}, & ad \geq bc \\ \frac{ad - bc}{(a+b)(a+c)}, & bc > ad, d > a \\ \frac{ad - bc}{(a+b)(d+c)}, & bc > ad, d < a \end{cases}$$

Y 值域为 $[-1, 1]$, Y 越接近 1 物种间正关联越强, 反之, 越接近 -1 物种间负关联越强, Y 为 0 表明物种间完全独立。

2.3.3 共同出现的百分率 (P) 用来测定物种间正联结强度, 其计算公式^[14]为:

$$P = \frac{a}{a+b+c}$$

P 的大小在 0 和 1 之间变动, 其值越接近 1, 关联程度越大, 表明该种对的正联结越紧密, 无关联时为 0。

3 结果与分析

3.1 生态位宽度

生态位宽度是反映一个种群所利用的各种不同资源的总体能力,是度量种群对环境的适应能力或对资源利用程度的尺度。生态位宽度越大,物种对环境的适应能力越强,在群落中的分布幅度相应地越大。从表 2 可看出,马尾松在群落中居绝对优势,表明马尾松在本区环境资源利用最为广泛,利用资源的能力强。其结果与常绿阔叶林遭破坏后形成的次生植被,以马尾松首先侵入生长相符合。地带性落叶阔叶树种枫香、黄檀,其 B_i 值分别为 0.558 5 与

表 2 马尾松群落优势种群生态位宽度
Table 2 Niche breadth of dominant populations in *P. massoniana* communities

物种	B_i
马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	0.657 9
南烛 <i>Vaccinium bracteatum</i>	0.561 8
枫香 <i>Liquidambar formosana</i>	0.558 5
格药铃 <i>Eurya muricata</i>	0.522 8
黄檀 <i>Dalbergia hupeana</i>	0.491 4
短尾越桔 <i>V. carlesii</i>	0.485 7
刺柏 <i>Juniperus formosana</i>	0.483 6
榿木 <i>Loropetalum chinense</i>	0.464 4
野柿 <i>Diospyros kaki</i>	0.458 2
柯 <i>Lithocarpus glaber</i>	0.449 5
短柄栲栎 <i>Quercus serrata</i> var. <i>brevipetiolata</i>	0.368 7
木荷 <i>Schima superba</i>	0.301 0
山槐 <i>Albizia kalkora</i>	0.220 5
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	0.174 2

0.491 4。说明在马尾松群落中,地带性落叶阔叶树种的生态位幅度较广,并与马尾松在乔木层构成亚层,一般马尾松位于主林层,地带性阔叶树种居第二层,形成复层结构的演替过程。而且地带性乡土树种如柯、木荷、短柄栲栎其幼苗幼树耐荫且更新能力强,因此在马尾松林下能更新生长,易与马尾松形成混交林,相对适应环境能力较好。灌木树种南烛、格药铃、短尾越桔、榿木的生态位宽度 B_i 值分别为 0.561 8、0.522 8、0.485 7 和 0.464 4,其适应环境能力较强,特别适合于马尾松林下生长。而且在所调查的样地中零星分布着山槐、杉木等乔灌木树种,由于研究区立地条件差,不适宜于山槐、杉木的生长,所以仅占有一个资源位,其生态位宽度最低。

此时期是先锋树种生态位压缩和后期竞争种生态位扩展的过渡阶段,先锋树种马尾松与落叶阔叶树种黄檀、枫香共同控制群落的结构和功能。

3.2 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(如营养成分、空间等)时就会出现生态位重叠现象,生态位重叠较大的物种常常具有相近的生态习性或有互补性要求。Schoener 指数与 Pianaka 指数两个生态位重叠值为 0 的种对占总种对数的 2.20% (表 3)。生态位宽度较大的物种与其它种群间的生态位重叠较大,群落中 Schoener 指数大于 0.8 的种对有 4 个,如南烛—榿木;但也并不意味着生态位宽度较小的物种之生态位重叠就一定小,群落中 Pianaka 指数大于 0.8 的有 3 个,分别为木荷—柯、木荷—杉木及石柯—杉木。马尾松与其他物种的 Schoener 指数在 0.257 0~0.761 5, Pianaka 指数在 0.285 9~0.709 9。

表 3 马尾松群落生态位重叠值
Table 3 Niche overlap values in *P. massoniana* communities

指数类型	数量及比例	生态位重叠值范围					
		0	$0 < Np \leq 0.2$	$0.2 < Np \leq 0.4$	$0.4 < Np \leq 0.6$	$0.6 < Np \leq 0.8$	$0.8 < Np \leq 1.0$
Schoener 指数	种对数/个	2	11	34	23	16	4
	比例/%	2.20	12.09	37.36	25.27	18.68	4.40
Pianaka 指数	种对数/个	2	23	34	22	7	3
	比例/%	2.20	25.27	37.36	24.18	7.69	3.30

3.3 种间联结分析

千岛湖马尾松林主要种群间 χ^2 统计量数阵、联系系数半矩阵图以及共同出现的百分率半矩阵图分别见表 4、表 5 和图 1、图 2。

3.3.1 χ^2 统计量检验 经 χ^2 统计量矩阵分析(表 4),马尾松林 91 个种对中,正联结的种对数为 48 个,占总种对数的 52.75%,其中极显著正关联($\chi^2 \geq 6.635$)、显著正关联($3.841 \leq \chi^2 < 6.635$)与不显著正关联($\chi^2 < 3.841$)的种对数分别为 3 个、3 个及 42 个。负联结的种对数为 37 个,占总种对数的 40.66%,其中极显著负关联、显著负关联与不显著负关联的种对数分别为 1 个、3 个及 33 个。种对 2(南烛)—5(黄檀)、3(枫香)—11(短

柄枹栎)、4(格药枹)—7(刺柏)、6(短尾越桔)—10(柯)、9(野柿)—13(山槐)及13—14(杉木)之间无联结($\chi^2=0$),因为这些种在群落中通常只在少数的样方或局部的样方中出现,因而表现出较强的独立性。

马尾松除与枫香、南烛、柯、木荷及短柄枹栎为不显著负关联外,与其他大部分种群均为正联结,其中与杉木在0.05的水平上呈现显著的正关联($\chi^2=6.33$),说明它们之间对生境具有相同或相似的需求与适应并相互依存。千岛湖马尾松群落总体呈现正联结,说明马尾松群落稳定性基础仍存在。

表4 千岛湖马尾松林种群间 χ^2 统计量矩阵Table 4 Matrix analysis on interspecific association by Chi-square test in *P. massoniana* communities

1														
+0.20	2													
-0.04	+0.60	3												
-0.02	+0.03	+0.07	4											
+0.02	+0.00	+6.20	+0.07	5										
+0.32	+0.88	+0.08	+4.94	+0.09	6									
+0.84	+0.11	+0.31	+0.00	+0.49	+0.63	7								
+0.04	+6.78	+3.50	+1.04	+0.18	+1.88	+0.08	8							
+0.21	-0.20	+4.61	-0.01	+0.45	-0.01	+0.77	+0.08	9						
-0.60	-0.01	+0.40	+0.43	-0.13	-0.00	-1.71	-3.40	+0.11	10					
-0.71	-0.03	-0.00	+0.62	-0.06	-0.14	-7.68	-0.61	-2.20	+3.21	11				
-2.00	-1.52	+0.16	+2.68	-4.22	+1.45	-0.08	-1.69	+0.08	+14.81	+3.58	12			
+0.08	-0.01	-0.28	+0.07	-0.03	-1.54	+1.84	-0.08	-0.00	-1.10	-6.03	-0.46	13		
+6.33	-0.52	-0.19	+0.01	-2.05	-0.01	-1.56	-3.35	-0.05	+6.86	+1.35	+3.35	-0.00	14	

注:1—马尾松,2—南烛,3—枫香,4—格药枹,5—黄檀,6—短尾越桔,7—刺柏,8—榿木,9—野柿,10—柯,11—短柄枹栎,12—木荷,13—山槐,14—杉木,下同。

3.3.2 共同出现的百分率和联结系数 虽然 χ^2 统计量值比较客观准确地判断种对联结的显著性,但是,共同出现的百分率和联结系数却能体现出 χ^2 检验不显著种对的联结性及其大小。所以在种间联结性研究中都是以 χ^2 检验为基础,结合共同出现百分率和联结系数来检验植物群落种间联结性,可以得出更为准确的结果。马尾松群落91个种对共同出现百分率和联结系数测定和分析统计结果见表5、图1和图2。

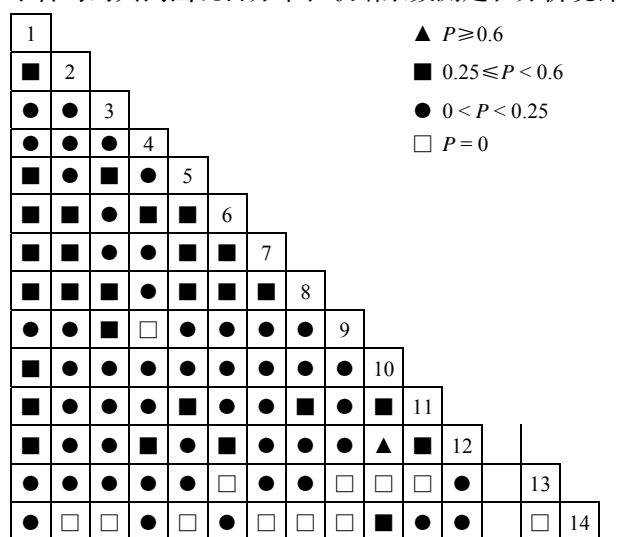


图1 千岛湖马尾松群落种群间
共同出现百分率(P)关联矩阵

Figure 1 Semimatrix diagrams for percentage co-occurrence(P) of dominant populations in *P. massoniana* communities

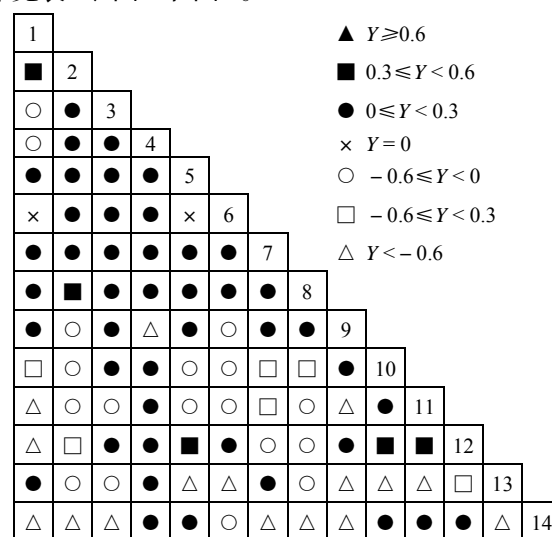


图2 千岛湖马尾松群落种间联结系数
(Y)关联矩阵

Figure 2 Semimatrix diagrams for association coefficient(Y) of dominant populations in *P. massoniana* communities

表5 马尾松林主要种群共同出现百分率(P)和联结系数(Y)检验与 χ^2 检测比较分析Table 5 Analysis of association coefficient(Y) and percentage co-occurrence(P) with χ^2 -test of dominant populations in *P. massoniana* communities

指标检测	显著关联的种对数		不显著关联的种对数		无关联的种对数
	正关联	负关联	正关联	负关联	
χ^2	6	4	37	33	6
P	25	4	28	22	12
Y	3	23	45	18	2

注: $P \geq 0.25$ 为显著关联, $0 < P < 0.25$ 为不显著关联, $P=0$ 为无关联; $Y \geq 0.3$ 为显著关联, $Y < 0.3$ 为不显著关联, $Y=0$ 为无关联。

由图 1 及表 5 可见, 马尾松群落主要物种 91 个种对间的共同出现百分率检测结果, $P \geq 0.25$ 的种对有 29 个, 所占比例为 31.87%, 其中种对 10 (柯)—12 (木荷) 的 P 值为 0.6, 关联程度最高; 经 P 值测定, 相互间无关联的种对有 12 个 ($P = 0$), 即这 12 个种对在 45 个样方中从未同时出现, 所占比例为 13.19%; 关联度介于 0 和 0.25 之间的种对有 50 个, 所占比例为 54.94%。与马尾松种群联结程度较高的种群有榿木、短柄枹栎、黄檀、刺柏等。

从图 2 和表 5 可见, $Y \geq 0.3$ 的显著关联的种对有 26 个, 占总种对数的 28.57%, 比 χ^2 检测的显著关联种对数多, 尤其是显著负关联的种对较为明显, 其中正关联的只有 3 对, 负关联的 23 个种对。 $Y \leq -0.6$ 的种对多达 16 个, 其中有 12 个种对 $P = 0$, 显示种对相互独立。可见通过 Y 值测定, 可以更准确地检测出那些关联度较高但经 χ^2 和 P 检测为关联不显著的种对, 但另一方面也可能夸大了种间的负联结性程度; 经 Y 值测定, 相互间无关联的种对有 2 个 ($Y = 0$), 分别为种对 1 (马尾松)—6 (短尾越桔)、5 (黄檀)—6 (短尾越桔)。

4 结论与讨论

生态位宽度是衡量植物种群对资源环境利用状况的尺度^[3], 一般来说, 生态位宽度越大表明物种对环境的适应能力越强, 对资源的利用越充分^[15], 同时也表明该物种的特化程度越小, 倾向于泛化种, 而且这些物种在群落中往往处于优势地位, 反之, 则为竞争力明显较弱的特化种^[16]。马尾松群落是亚热带地区的重要植被类型, 马尾松是次生演替的先锋树种, 数量多, 分布广, 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。枫香、黄檀、刺柏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, 是群落的重要伴生物种, 为群落中的泛化种, 生态幅较广, 在创造群落环境中起到重要的作用, 所以它们的生态位宽度也较大。马尾松群落中光照较足, 喜阳但耐荫树种如木荷、柯、短柄枹栎长势良好, 对资源利用比较充分, 生态位宽度较高。灌木种南烛、格药柃、榿木及短尾越桔在群落中分布范围较广, 多出现在马尾松林下, 所以生态位宽度较高。而山槐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, 对环境资源的利用能力较弱, 生态位宽度很小。

生态位重叠是群落物种多样性与群落结构的决定因素之一, 生态位宽度能较好地反映出植物种群的竞争重叠状况^[17]。群落中大多数种群间的生态位重叠较大, Schoener 指数高于 0.4 的种对有 43 个, 占总种对数的 47.25%, Pianaka 指数大于 0.4 的种对有 32 个, 占全部种对的 35.16%, 说明群落内种群间对环境资源具有相似的生态需求, 所产生的资源利用性竞争激烈, 如马尾松—黄檀、黄檀—枫香等种对; Pianaka 指数显示出生态位宽度较小的物种之间也可能有较大的生态位重叠值, 这与生态位较小的种群对环境的适应力和资源需求存在较大差别及立地条件有关^[18], 本研究群落内部有较多的岩石裸露, 坡度较大, 地形较为复杂, 造成物种分布的斑块性与环境资源较高的空间异质性, 常常使物种有较高的聚集度, 导致有较小生态位宽度的物种出现生态位重叠较高的现象, 如木荷—柯、木荷—杉木。群落中其他物种与马尾松的生态位重叠值最大, 其次是南烛, 前者由于是群落乔木层的优势树种, 后者则是灌木层的优势物种, 生态位宽度与物种间生态位重叠具有密切关系, 生态位宽度较大的树种之间生态位重叠机会也较大。

群落中正直的联结系数反映出两个物种对环境差异有相似的反应, 负值则反映物种间对所需环境条件不同或是一个种存在对另一个种不利而产生排斥。千岛湖马尾松群落主要种群总体上表现为正联结, 可以认为千岛湖马尾松群落稳定的基础依然存在, 但在总的种对数中极显著和显著正联结的种对数较少, 这说明马尾松群落稳定性较差, 仍然处于不断的发展演替过程之中。在森林间伐、择伐等抚育过程中, 依据森林植物群落种间联结性特点, 凡与马尾松有显著正关联的树种应当作为经营目标树加以保留; 相反, 负关联的树种可以伐除。在对地带性植被进行改造或经营时, 要充分考虑植物群落种间联结性, 有目标地选择性进行间伐作业。

在进行种间联结性研究时, 不宜根据单一指标作出结论, 最好多个指标配合使用, 以说明种间联结程度。经比较共同共同出现的百分率、联结系数测定与 χ^2 检验结果, 对马尾松群落主要种群间联结性关系总体上反映

了大致相同的结果,但不同的测定方法针对性有所差别。 χ^2 统计量由于有明确的指标,能比较准确客观地表现种间联结性,但 χ^2 检验只是对种联结性给出了一个概括性的结论;共同出现的百分率值和联结系数值虽能反映种间联结性的相对强弱,但对联结性强弱的等级划分缺少统一的标准,并且在物种出现次数较少,特别是当 $a = 0$ 时,共同出现的百分率值和联结系数值均会夸大物种间的联结性,甚至会得出不同的结论。共同出现的百分率值由于忽视了 d 值的作用, a 值较小时,无形中夸大了 a 、 b 、 c 值在联结性测定中的作用。因此,以 χ^2 检验为基础测定物种之间联结性的显著性,结合共同出现百分率和联结系数来测定物种间的关联度,能够得出比较全面和更为准确的结论。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 王伯荪,李明光,彭少麟. 植物种群学[M]. 广州: 中山大学出版社, 1989.
- [3] 李帅锋,刘万德,苏建荣,等. 滇西北云南红豆杉群落物种生态位与种间联结[J]. 植物科学学报, 2012, 30 (6): 568-576.
- [4] 张志勇,陶德定,李德珠. 五针白松在群落演替过程中的种间联结性分析[J]. 生物多样性, 2003, 11 (2): 125-131.
- [5] 李先琨,黄玉清,苏宗明. 南方红豆杉群落主要树木种群间联结关系初步研究[J]. 生态学杂志, 1999, 18 (3): 10-14.
- [6] 林长松,李玉英,左经会,等. 珍稀植物十齿花群落乔木优势种群间联结性[J]. 生态学杂, 2008, 27 (2): 178-184.
- [7] 洪利兴,王泳,杜国坚,等. 我国南方马尾松林生态系统的退化特征和改造对策研究[J]. 浙江林业科技, 2000, 20 (3): 1-9.
- [8] 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.
- [9] 胡正华,钱海源,于明坚. 古田山国家级自然保护区甜槠林优势种群生态位[J]. 生态学报, 2009, 29 (7): 3 670-3 677.
- [10] 汤景明,艾训儒,易咏梅,等. 鄂西南木林子常绿落叶阔叶混交林恢复过程中优势树种生态位动态[J]. 生态学报, 2012, 32 (20): 6 334-6 342.
- [11] 王乃江,张文辉,陆元昌,等. 陕西子午岭森林植物群落种间联结性[J]. 生态学报, 2010, 30 (1): 67-78.
- [12] 欧祖兰,李先琨,苏宗明,等. 元宝山冷杉群落主要树木种群间联结关系的研究[J]. 生态学杂志, 2002, 21 (1): 14-18.
- [13] 张金屯. 数量生态学方法[M]. 北京: 科学出版社, 1995.
- [14] 李菁,骆有庆,石娟,等. 阿尔山地区兴安落叶松林下植物种群生态位[J]. 林业科学研究, 2011, 24 (5): 651-658.
- [15] 李生,陈存及,曹永慧,等. 乳源木莲天然林主要种群生态位研究[J]. 江西农业大学学报, 2003, 25 (3): 374-378.
- [16] Weider, L J. Niche breadth and life history variation in a hybrid *Daphnia* complex[J]. Ecology, 1993, 74 (3): 935-943.
- [17] Paoli G D, Curran L M, Zak D R. Soil nutrients and beta diversity in the Bornean Dipterocarpaceae: Evidence for niche partitioning by tropical rain forest trees[J]. J Ecol, 2006 (94): 157-170.
- [18] 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.