

毛竹混交林主要种群多维生态位特征*

陈睿 洪伟^{1**} 吴承祯^{1**} 钱莲文¹ 姬桂珍¹ 胡喜生¹ 黄承勇²

(福建农业科学院农业遗传工程重点实验室 福州 350003)

(¹福建农林大学林学院 福州 350002; ²福建天宝岩国家级自然保护区 福建永安 366000)

摘要 应用生态位空间分割法,分别考虑资源利用率与否测定毛竹混交林多维资源空间中主要种群多维生态位宽度及多维生态位重叠。结果表明:考虑资源利用率与否对多维生态位宽度的测定有较大的影响。毛竹混交林中主要种群的多维生态位宽度与物种的生物学特性及竞争力密切相关,同一生境中物种的多维生态位重叠可通过生态位分化而减少竞争。研究毛竹混交林主要种群多维生态位特征对毛竹混交林营造具有指导作用。表 8 参 24

关键词 毛竹混交林;生态位空间分割法;多维生态位宽度;多维生态位重叠

CLC S718.5

CHARACTERISTICS OF MULTI-DIMENSION NICHE OF DOMINANT POPULATION IN THE MIXED *PHYLLOSTACHYS HETEROCYCLA* COMMUNITY*

CHEN Rui, HONG Wei^{1**}, WU Chengzhen^{1**}, QIAN Lianwen¹, JI Guizhen¹, HU Xisheng¹ & HUANG Chengyong²

(Key Laboratory of Agricultural Genetic Engineering, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350003, China)

(¹Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

(²Tianbaoyan Nature Reserve, Yong'an, Fujian 366000, China)

Abstract Based on the principle of niche space compartmentalization, the characteristics of multi-niche breadth and multi-dimension overlap of dominant populations in the mixed *Phyllostachys heterocycla* communities were studied. The results showed that resources availability affected niche breadth greatly. Multi-dimension niches of dominant populations in the mixed *P. heterocycla* communities were nearly correlated with biologic characters and competition of species. Multi-niche overlap in the same habitat decreased competition by differentiating niche. The results of this study can be applied for the plantation of mixed *P. heterocycla* forests. Tab 8, Ref 24

Keywords mixed *Phyllostachys heterocycla* communities; niche space compartmentalization; multi-niche breadth; multi-niche overlap

CLC S718.5

由于生态位理论研究在物种间关系、生物多样性、种群进化等方面的广泛应用和取得的成果,使生态位理论成为近 20 年来生态学研究的热点之一^[1-3]。生态位宽度及生态位重叠是生态位特征的重要指标。生态位宽度是指一个种群(或其它生物单位)所利用的各种不同资源的总和。一般地说,一个种的生态位越宽,该物种的特化程度就越小,对环境的适应能力就越强;相反,一个种的生态位越窄,则该种更倾向于一个特化种,对环境的适应能力就越弱。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。在这种情况下,就会有一部分空间为两个生态位所共占,假如两个物种具有完全一样的生态位,就叫完全重叠。但多数情况下,生态位之间只会发生部分重叠,即一部分资源是被共同利用的,而其他部分则分别被各自所占据^[4]。

1957 年 Hutchison 从空间、资源利用等多方面考虑,对生态位概念予以数学的抽象,提出了生态位的多维超体积模

式^[5],该理论已为越来越多的学者所接受,因此生态位宽度与重叠的测度应该是多维的^[6-9]。毛竹林为我国南方重要的经济竹种,在竹业经济发展中发挥着重要作用。由于保护区的设置,在福建天宝岩国家级自然保护区还保存着大量的天然或半天然的毛竹混交林,但有关毛竹混交林优势种群多维生态位的研究未见报道。本文应用生态位空间分割法研究不同立地条件的天然及半天然毛竹混交林中毛竹与伴生树种的多维生态位特征,以期揭示混交林群落中物种间潜在的内在规律。

1 研究区概况

福建天宝岩自然保护区位于福建省永安市东部,地理坐标为 λ(E)117°28'03"~117°35'28",北纬 φ(N)25°50'51"~26°01'20",处于武夷山脉和戴云山脉过渡地带,山体为戴云山余脉,属中低山地貌,海拔 580 m~1 604.8 m,地貌结构有沉积岩、花岗岩、石英砂岩、砾岩。区内成土母岩多为花岗岩及砂岩,土壤垂直带谱较为明显,土层较薄,土壤呈酸性反应。自然保护区气候属中亚热带东南季风气候型,四季分明,水热条件优越,空气湿度较高。保护区森林具有中亚热带到南亚热带过渡性地带的典型特征,生物多样性丰富,组成复杂,区系较古老,特有现象较高。

收稿日期:2003-09-11 修回日期:2004-01-15

* 福建省自然科学基金资助(B001021)、福建省科技厅重点资助项目(2002N031)、中国博士后科研基金资助 Supported by the Natural Science Foundation of Fujian, Key Project of Fujian Sci-tech Department and Fund for Postdoctoral of China

** 通讯作者 Corresponding author (E-mail: fjhongwei@126.com, fjcwz@126.com)

2 资料收集与研究方法

2.1 资料收集

在福建天宝岩国家级自然保护区选择天然及半天然毛竹混交林为研究对象,随机设置 120 块 10 m × 10 m 的样方调查乔木层物种、胸径、树高、冠幅等指标。每个样方内随机设置 2 个小样方(面积为 3 m × 3 m 和 1 m × 1 m)分别调查灌木层及草本层种类、大小、数量或盖度。同时测定每一样方的海拔、坡位、坡向、坡度、土壤类型、松紧度、腐殖质层 7 个立地因子。

2.2 研究方法

2.2.1 立地因子的筛选 利用 120 个样方的立地因子调查资料建立毛竹混交林立地因子数据库,并根据数据库资料对立地因子进行主分量分析^[10],为了简化计算,使定性因子参与计算,按其在程度上的差别,给予分级,现将分级标准列于表 1,定量因子按实测值参与计算。选取保存原始数据信息量较多的主分量(至少 70% 以上)进行排序;在此基础上采用多元数量化回归 I^[11~12]进一步进行立地因子的筛选。

表 1 定性因子的分级标准
Table 1 The classification standard of the qualitative factors

松紧度 Elasticity		土壤类型 Soil type		坡位 Slope location		坡向 Slope direction	
J	N	J	N	J	N	J	N
松 Loose	1	红壤 Red soil	1	下坡 Downgrade	1	阳坡 Helical slope	1
较松 Looser	2	黄红壤 Yellow-red soil	2	中坡 Middle slope	2	半阳坡 Semi-helical slope	2
较紧 Tight	3	黄壤 Yellow soil	3	上坡 Upgrade	3	半阴坡 Semi-lunar slope	3
紧 Tighter	4					阴坡 Lunar slope	4

J:级距 Grade distance; N:代用值 Substitution

2.2.2 生态位空间分割法 通过生态位轴划分的生态位空间分割法(niche space compartmentalization)^[13],为多维生态位分析提供了一有效的途径。利用这一方法,生态位宽度及生态位重叠可以用物种在各分室的分布情况来表示。也就是将第 i 个生态位维(资源轴) X_i 划分为 m_i 个区间($X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{im_i}$),由此将生态位空间分割成 $\prod_{i=1}^n m_i$ 个分室,每一个分室: $c: \{(X_{1(j_1-1)}, X_{1j_1}), (X_{2(j_2-1)}, X_{2j_2}), \dots, (X_{n(j_n-1)}, X_{nj_n})\}$,确定了一个资源状态($X_1, X_2, \dots, X_n$)。其中 $\{(X_{1(j_1-1)}, X_{1j_1}), (X_{2(j_2-1)}, X_{2j_2}), \dots, (X_{n(j_n-1)}, X_{nj_n})\}$ 中的 n 个括号分别代表每一分室 n 个生态位维的区间范围,且前者为下限值、后者为上限值; $X_1, X_2, \dots, X_n$ 表示这一资源状态对应的 n 维坐标值。

2.2.3 生态位宽度及生态位重叠计算 (1) Shannon - Wiener 的信息统计量^[14]: $B = -\sum_{j=1}^r p_j \log p_j$; 式中, B 为生态位宽度(没有考虑到资源利用率); p_j 为物种对资源状态 j 的利用率或物种在该资源状态上的分布比例量, r 为资源状态总数。

(2) Smith 生态位宽度计算^[15]: $FT = \sum_{j=1}^r (p_j q_j)^{1/2}$; 式中, FT 为生态位宽度(考虑到资源利用率); p_j 和 r 同公式(1)。 q_j 为资源状态 j 的可利用率。考虑到植物群落野外调查可获得的实际取样数据,将资源状态的可利用率定义为所对应分室的可利用率,即出现于该分室上的样本(样方)数目或频率。

(3) 多维生态位重叠计算^[13]:

$$P_{hi} = 1 - 0.5 \sum_{j_1=1}^{m_1} \sum_{j_2=1}^{m_2} \sum_{j_n=1}^{m_n} |P_h(Z_{1j_1}, Z_{2j_2}, \dots, Z_{nj_n}) - P_i(Z_{1j_1}, Z_{2j_2}, \dots, Z_{nj_n})|$$

式中, $P_h(Z_{1j_1}, Z_{2j_2}, \dots, Z_{nj_n})$ 和 $P_i(Z_{1j_1}, Z_{2j_2}, \dots, Z_{nj_n})$ 分别代表物种 h 和 i 对资源状态($Z_{1j_1}, Z_{2j_2}, \dots, Z_{nj_n}$)的利用率或分布比例。

3 结果与分析

3.1 立地因子的筛选与生态位空间分割

将 120 块样地的 7 个立地因子输入计算机进行主分量分析(表 2),从而选择第一主分量、第二主分量和第三主分量(累积贡献率达 73.93%)。由于各个主分量所占有的信息是不

同的,而且各立地因子在不同的主分量中各自的作用也很不一样。因此,主分量所反映立地因子的数量和程度是有所侧重的,一个主分量有时是多个立地因子的综合指标,也可能是少数立地因子的综合指标,这主要取决于主分量中各立地因子的负荷量大小。研究所选取的 3 个主分量对应的特征根及相应各立地因子的负荷量均相差较大(表 3),因而采用多元数量化回归 I 进行具有主要影响力的立地因子筛选。应用 3 个主分量中各立地因子的负荷量建立线性方程:

$$Y_1 = 0.0523X_1 + 0.2891X_2 + 0.9172X_3 + 0.4244X_4 + 0.3743X_5 - 0.6154X_6 + 0.8407X_7 \quad (1)$$

$$Y_2 = -0.8600X_1 + 0.7401X_2 - 0.1677X_3 - 0.0467X_4 - 0.2287X_5 - 0.3555X_6 - 0.1528X_7 \quad (2)$$

$$Y_3 = -0.0088X_1 + 0.2062X_2 - 0.2416X_3 + 0.7356X_4 + 0.7157X_5 + 0.1681X_6 - 0.3737X_7 \quad (3)$$

$$Y = 2.3332/5.1851Y_1 + 1.5196/5.1851Y_2 + 1.3223/5.1851Y_3 \quad (4)$$

式中, X_1 为腐殖质层厚度, X_2 为松紧度, X_3 为土壤类型, X_4 为坡位, X_5 为坡度, X_6 为坡向, X_7 为海拔。将各立地因子的实际值代入(1)~(3)式,得到第一、二、三主分量值。以这 3 个主分量的特征根与其之和的比值作为加权系数,建立线性方程(4)式,将(1)~(3)计算所得值代入(4)式,得到 3 个主分量所反映的绝大部分立地因子信息量 Y 。以 Y 值为因变量,各立地因子为自变量进行多元数量化回归,筛选出对 3 个主分量综合信息具有主要影响力即相关系数较大的 3 个立地因子(表 4),依次为腐殖质层厚度、坡度及海拔。分别以腐殖质层厚度、坡度及海拔为 3 个生态轴进行 3 维生态位空间分割(表 5)。

3.2 多维资源空间毛竹及伴生树种生态位宽度

当前,生态位宽度的测度有两种方法:一种不考虑自然界中资源分布的情况,一种考虑自然界中资源的分布情况。如果不考虑自然界中资源分布的情况可能会导致悖论^[6],由此,本研究采用两种不同生态位宽度测度研究天然及半天然毛竹混交林群落中 15 种主要乔木树种的多维生态位宽度(表 6)。

当不考虑资源利用率时,毛竹及其伴生树种的多维生态位

宽度从大到小依次为毛竹、木荷、米槭、丝栗栲、枫香、杉木、拟赤杨、马尾松、江南油杉、杨梅、青冈、石栎、虎皮楠、桫木石楠、欒木;当考虑资源利用率时,毛竹及其伴生树种多维生态位宽度从大到小依次为毛竹、木荷、丝栗栲、米槭、枫香、青冈、杉木、拟赤杨、马尾松、杨梅、江南油杉、桫木石楠、石栎、虎皮楠、欒

木. 由表7也可看出,当不考虑资源利用率时,毛竹及伴生树种的多维生态位宽度都小于0.8;当考虑资源利用率时,毛竹及伴生树种的多维生态位宽度在[0.6,0.9]范围内为零.可见,考虑资源利用与否对树种的多维生态位宽度的测定影响较大.

表2 信息量比率
Table 2 The percentage of information quantity

特征根 Latent root	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7
λ_i	2.3332	1.5196	1.3223	0.79	0.5019	0.4459	0.087
$P_i(\%)$	33.33	21.71	18.89	11.29	7.17	6.37	1.24
$\Sigma P_i(\%)$	33.33	55.04	73.93	85.22	92.39	98.76	100

表3 立地因子的负荷量
Table 3 The loading of the site factors

主分量 Main ponderance	立地因子						
	腐殖质层 Humus layer	松紧度 Elasticity	土壤类型 Soil type	坡位 Slope location	坡度 Slope deep	坡向 Slope direction	海拔 Altitude
Y_1	0.0523	0.2891	0.9172	0.4244	0.3743	-0.6154	0.8407
Y_2	-0.86	0.7401	-0.1677	-0.0467	-0.2287	-0.3555	-0.1528
Y_3	-0.0088	0.2062	-0.2416	0.7356	0.7157	0.1681	-0.3737

表4 各立地因子的多元数量化回归
Table 4 The regression multiplicity quantity of different sites

立地因子 Site factor	腐殖质层 Humus layer	松紧度 Elasticity	土壤类型 Soil type	坡位 Slope location	坡度 Slope deep	坡向 Slope direction	海拔 Altitude
相关系数 Correlation coefficient (r)	-0.9334	0.8617	0.3374	0.7858	0.9931	0.8272	0.9999

表5 毛竹混交林的生态位空间分割
Table 5 Niche spaces compartmentalization in the mixed *P. heterocycla* community

项目 Item	区间 Part of normal route			
	1	2	3	4
腐殖质层厚度(A) The thickness of humus layer	<1 cm	1 cm≤A<3 cm	≥3 cm	
坡度(B) The degree of the slope	<15°	15°≤B<25°	≥25°	
海拔(C) Altitude	<700 m	700 m≤C<900 m	900 m≤C<1000 m	≥1000 m

表6 多维生态位空间毛竹与伴生树种的多维生态位宽度
Table 6 The multi-niche breadth of *P. heterocycla* and its associated species in multi-resource space

毛竹及伴生树种 ¹	枫香 ¹⁾	欒木 ²⁾	毛竹 ³⁾	马尾松 ⁴⁾	虎皮楠 ⁵⁾	江南油杉 ⁶⁾	桫木石楠 ⁷⁾	
不考虑资源利用率 ²	0.5455	0.1569	0.7990	0.4271	0.1934	0.3718	0.1776	
考虑资源利用率 ³	0.3603	0.1247	0.9879	0.2834	0.1291	0.1802	0.1581	
毛竹及伴生树种 ¹	米槭 ⁸⁾	木荷 ⁹⁾	拟赤杨 ¹⁰⁾	杉木 ¹¹⁾	石栎 ¹²⁾	杨梅 ¹³⁾	丝栗栲 ¹⁴⁾	青冈 ¹⁵⁾
不考虑资源利用率 ²	0.6153	0.6704	0.4298	0.4313	0.1934	0.3385	0.6001	0.2534
考虑资源利用率 ³	0.4140	0.5679	0.2882	0.3064	0.1292	0.2409	0.4761	0.3102

¹ *P. heterocycla* and its associated species; ² taking no account of utilizing rate; ³ taking into account of utilizing rate.
¹⁾ *Liquidambar formosana*; ²⁾ *Loropetalum chinense*; ³⁾ *Phyllostachys heterocycla*; ⁴⁾ *Pinus massoniana*; ⁵⁾ *Daphniphyllum oldhamii*; ⁶⁾ *Keteleeria cyclolepis*; ⁷⁾ *Photinia davidsoniae*; ⁸⁾ *Castanopsis carlesii*; ⁹⁾ *Schima superba*; ¹⁰⁾ *Alniphyllum fortunei*; ¹¹⁾ *Cunninghamia lanceolata*; ¹²⁾ *Lithocarpus glaber*; ¹³⁾ *Myrica rubra*; ¹⁴⁾ *Castanopsis fargesii*; ¹⁵⁾ *Cyclobalanopsis glauca*. 下同 The same below

生态位宽度的大小取决于物种对环境的生理适应性、种间竞争和环境因子的分布状况^[16]. 毛竹由于具有强大的无性系繁殖能力、强大的地下茎向外蔓延扩大、生长快、容易更新等生物学特性,从而使得毛竹的多维生态位宽度在各树种中位于首位. 在毛竹伴生树种中,无论考虑资源利用与否,木荷、米槭、丝栗栲等的生态位都较宽,在许多资源位上均有出现,表明在毛竹伴生树种中,木荷、米槭、丝栗栲更倾向于泛化种,对有效资

源的利用较充分,对环境的适应力和竞争力较强. 从毛竹伴生树种的生态位宽度分配规律可知(表7),窄生态位的物种在群落中占有的比重较大. 这与物种的竞争力及适应性有着密切的关系.

3.3 多维资源空间毛竹及伴生树种生态位重叠

生态位重叠即生态位超体相交或重叠的比例,多用于指生态位的相似性. 种群间的生态位重叠可表征它们对同一类资源的

共同利用,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.从资源利用的角度来看,生态位重叠较大的种间,要么对资源的利用有较大的相似性,要么在资源的利用上有着互补的需求.从竞争的角度看,在资源相对不足的情况下,生态位重叠较大的种

间可能会产生较为激烈的利用性竞争.以往研究以样方或样方组合作为一资源位进行生态位重叠分析,这往往难以对结果进行解释,并且可能导致悖论^[13],本研究采用多维生态位重叠对毛竹混交林中 15 种主要乔木树种进行测度(表 8).

表 7 毛竹混交林多维空间多维生态位宽度分配

Table 7 The partitioning of multi-niche breadth in multi-resources space in the mixed <i>P. heterocycla</i> community									
范围 Range	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	>0.9
<i>P</i> (B)/%	26.7	6.67	13.3	20	6.67	20	6.67	0	0
<i>P</i> (FT)/%	33.3	20	20	13.3	6.67	0	0	0	6.67

毛竹混交林中毛竹与伴生树种多维生态位重叠从大到小依次为毛竹与米槠、毛竹与丝栗栲、毛竹与木荷、毛竹与枫香、毛竹与拟赤杨、毛竹与杉木、毛竹与马尾松、毛竹与杨梅、毛竹与江南油杉、毛竹与桫木石楠、毛竹与青冈、毛竹与石栎、毛竹与榿木、毛竹与虎皮楠.毛竹混交林中伴生树种多维生态位宽度较大的物种,如米槠、丝栗栲、木荷等,与毛竹多维生态位重叠也较大,表明了这些物种与毛竹在多维生态空间中存在着较

大的生态相似性或互补的需求,共同利用同一资源或共同占有某一资源位.如木荷根系强大深扎,因而比较耐干燥瘠薄,同时枝叶比较茂密,每年春季大量凋落旧叶、萌发新叶,落叶经分解后增加土壤养分、改良土壤,该树种与毛竹混生,有利于毛竹混交林土壤肥力的提高.毛竹混交林中伴生树种多维生态位宽度较小的物种,如石栎、虎皮楠、榿木等,与毛竹多维生态位重叠也较小.

表 8 多维资源空间毛竹与伴生树种多维生态位重叠

Table 8 Multi-niche overlap of <i>P. heterocycla</i> and its associated species in multi-resource space							
树种 Species	枫香 ¹⁾	榿木 ²⁾	马尾松 ⁴⁾	虎皮楠 ⁵⁾	江南油杉 ⁶⁾	桫木石楠 ⁷⁾	米槠 ⁸⁾
毛竹 ³⁾	0.4307	0.1291	0.3439	0.0869	0.2201	0.1873	0.5218
树种 Species	木荷 ⁹⁾	拟赤杨 ¹⁰⁾	杉木 ¹¹⁾	石栎 ¹²⁾	杨梅 ¹³⁾	丝栗栲 ¹⁴⁾	青冈 ¹⁵⁾
毛竹 ³⁾	0.4909	0.4201	0.3652	0.1295	0.2430	0.5005	0.1325

两物种多维生态位重叠越大,是否意味着两物种间的竞争越强?答案是否定的.在自然界中,生态位经常发生重叠但并不表现有竞争排除现象.生态位重叠本身显然并不一定伴随着竞争,例如本系列研究表明,经生态种组筛选的毛竹适宜伴生树种几乎都是与毛竹生态位重叠较大的物种如木荷、丝栗栲等.只要资源很丰富,两物种就可以共同利用同一资源而彼此并不给对方带来损害.事实上,生态位的大范围重叠常常表明只存在微弱的竞争^[17].可见,两物种最终将导致种间竞争及决定共存与否是由资源需求相似性、相对获取资源能力及对匮乏资源的耐受力 3 个因素所决定的^[18].

4 讨论与小结

4.1 植物种群对一资源的利用量常不是该资源可利用率的线性函数,更多地是呈单峰曲线或高斯曲线,相同于对其它生态因子的适应^[6,19~20].因而考虑资源利用率与否对多维生态位宽度的测定有较大的影响.从研究中亦可证明,特别是毛竹混交林各物种生态位宽度分布范围在两种不同条件下存在的较大差异.因而,在实际研究中应尽可能地考虑植物种群在多个资源空间的利用率以避免获得错误的信息.同时混交林中生态位较宽的物种除毛竹外,其余均为我国亚热带区的常见种.可见毛竹混交林中多维生态位宽度存在差异主要与物种的生物学特性及竞争力有着密切的关系.

4.2 生态位重叠与竞争的关系一直是生态学重要的研究内容.目前生态位重叠与竞争的关系存在如下 3 种意见^[21,22]:①生态位重叠与竞争成正相关;②生态位重叠与竞争成负相关;③生态位重叠与竞争之间不成相关关系.研究表明,与毛竹具较大生态位重叠的伴生树种都能与毛竹在同一群落中较好的

共存,即毛竹混交林多维生态位重叠与竞争之间不存在着显著相关关系.这是由于同一生境中两个物种的生态位可因营养的选择吸收、个体大小、根系深浅和物候期等不同,而彼此分隔开来,以减少竞争^[23],如木荷与毛竹.

4.3 生态位宽度与生态位重叠的关系较为复杂.有时随生态位宽度增加生态位重叠值提高^[24],有时则不成相关关系^[8].林思祖等^[8]在研究杉阔混交林主要种群多维生态位特征时指出,在不同资源空间中,杉木与同一伴生树种间相遇的频率随生境中资源因子的不同而改变,引起它们之间的生态重叠发生变异.因而在不同群落中,种对间的生态位宽度与生态位重叠的关系也不尽相同.但在本研究中毛竹及其伴生树种的多维生态位宽度与多维生态位重叠间存在着一定的正相关关系.毛竹混交林中多维生态位较宽的物种,其与毛竹的多维生态位重叠也较大.造成这种差别可能与物种生态学特性、群落结构以及测度方法等有关.

4.4 毛竹混交林主要种群多维生态位特征可用于指导毛竹混交林的营造,具有较大多维生态位宽度的伴生树种,适合于在多种立地条件下与毛竹混交,如木荷、丝栗栲等在低山阴坡与阳坡、中山阴坡与阳坡等多立地条件下均可与毛竹混交;而具有较窄的多维生态位宽度的伴生树种,适合于在特定立地条件下与毛竹混交,如杨梅仅在中山阳坡才适宜与毛竹混交.

References

1 Su ZY(苏志尧),Wu DR(吴大荣),Chen BG(陈北光). Niche characteristics of dominant populations in natural forest in North Guangdong. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报),2003,14(1):25~29
2 Yan SJ(闫淑君),Hong W(洪伟),Wu CZ(吴承祯),Bi XL(毕小丽),Fan HL(范海兰),Chen R(陈睿). Height niche of main tree spe-

- cies of gaps in mid – subtropical evergreen broad – leaved forest in Wamulin of Fujian. *Chin J Appl Environ Biol* (应用与环境生物学报), 2002, **8**(6): 578 ~ 582
- 3 Zhang GL(张桂莲), Zhang JT(张金屯). Niche analysis of dominant species in Shenweigou of Guandi mountain. *J Wuhan Bot Res* (武汉植物学研究), 2002, **20**(3): 203 ~ 208
- 4 Zhang JT(张金屯). The Method of Vegetable Quantity Ecology. Beijing: Chinese Technology Press, 1995
- 5 Zhang GM(张光明), Xie SC(谢寿昌). Development of niche concept and its perspectives; a review. *Chin J Ecol* (生态学杂志), 1997, **16**(6): 46 ~ 51
- 6 Yu SX(余世孝), Orlioci L. Multivariate measure of niche breadth. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 1994, **14**(1): 32 ~ 39
- 7 Wang ZW(王正文), Wang DL(王德利). Niche relationships between *Betula platyphylla* and main understory herbages in forest – steppe ecotone of Daxinganiting mountains. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 2001, **12**(5): 677 ~ 681.
- 8 Lin SZ(林思祖), Huang SG(黄世国), Hong W(洪伟), Huang BL(黄宝龙), Yu XT(俞新妥). The characteristics of multi – dimension niche of dominant populations in Chinese fir and broad – leaved mixed forest. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 2002, **22**(6): 962 ~ 968
- 9 Zhang LJ(张林静), Yue M(岳明), Zhang YD(张远东), Gu FX(顾峰雪), Pan XL(潘晓玲), Zhao GF(赵挂仿). Analysis on the niche of the main plant species of oasis desert ecotone in Fukang of Xinjiang. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 2002, **22**(6): 969 ~ 972
- 10 Yang HX(阳含熙). The Quantitative Taxonomic Method of Vegetable Ecology. Beijing: Science Press, 1981
- 11 Tang SZ(唐守正). Many Member Statistic Analysis Method. Beijing: Chinese Forest Press, 1986
- 12 Dong WQ(董文泉). Quantify Theory and Its Application. Jilin: Jilin People Press, 1979
- 13 Yu SX(余世孝). Mathematical Ecology Introduction. Beijing: Science Press, 1995. 232 ~ 67
- 14 Shannon CE. A mathematical theory of communication. *Bell Syst Tech J*. 1948, **27**: 379 ~ 423
- 15 Smith EP. Niche breadth, resource availability and inference. *Ecology*, 1982, **63**: 1675 ~ 1681
- 16 Shi ZM(史作民), Cheng RM(程瑞梅), Liu SR(刘世荣). Niche characteristics of plant populations in deciduous broad – leaved forest in Baotianman. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 1999, **10**(3): 265 ~ 269
- 17 Shang YC(尚玉昌), Cai XM(蔡晓明). General Ecology. Beijing: Peking University Press, 2000. 288 ~ 289
- 18 Wang G(王刚). A discussion on some aspects of niche theory. *J Lanzhou Univ (Nat Sci)* [兰州大学学报(自然科学版)], 1990, **26**(2): 109 ~ 113
- 19 Beals EW. Vegetational change along altitudinal gradients. *Science*, 1969, **165**: 981 ~ 985
- 20 Phillips DL. Polynomial ordination: field and computer simulation testing of a new method. *Vegetation*, 1978, **37**(1): 129 ~ 140
- 21 Guo SL(郭水良), Li YN(李扬汉). Study on weed ecological relationships in autumn – harvested dry crop fields in Jinhua, Zhejiang province. *J Wuhan Bot Res* (武汉植物学研究), 1998, **16**(1): 39 ~ 46
- 22 Wang BS(王伯荪), Li MG(李鸣光), Peng SL(彭少麟). *Phytogeography*. Guangzhou: Guangzhou Higher Education Press, 1995. 132 ~ 148
- 23 Li B(李博). Ecology. Beijing: Higher Education Press, 1999. 105 ~ 107
- 24 Liu JF(刘金福), Hong W(洪伟). A study on the community ecology of *Castanopsis kawakamii*—study on the niche of the main tree population in *Castanopsis kawakamii* community. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 1999, **19**(3): 347 ~ 352