

甘肃小陇山华山松群落灌木层 优势种种间关联性分析

巨天珍¹, 康丽丹^{1*}, 王立峰¹, 赵继超¹, 李沛祺¹, 张宋智²

(1. 西北师范大学 地理与环境科学学院, 兰州 730070; 2. 天水小陇山林科所, 甘肃 天水 741022)

摘要: 通过野外大量调查, 选取小陇山华山松林 55 个样方中的 20 个常见物种, 运用多物种复合关联 VR, χ^2 检验, Pearson 相关系数和 Spearman 秩相关系数和关联测度等测算和综合分析群落的种间联接关系, 结果表明: (1) 多物种关联性 (VR) 的分析表明华山松林主要组成成员间的关系以正关联为主, 说明华山松群落主要种群对生存环境的需求是一致的; (2) 20 个常见种种对中以华山松—锐齿栎、华山松—栓皮栎、华山松—辽东栎等种对之间呈正关联; 锐齿栎—栓皮栎、锐齿栎—盐肤木等呈现负关联; 黑刺蒺藜、多毛樱桃等为独立关系等, 是群落内环境的体现, 是群落内环境异质性的表征; (3) 依据华山松林种间关系的不同性质把组成群落的 20 个常见种归纳为 3 个生态种组, 即正关联组、负关联组和独立组; (4) 种间关联的研究结果对华山松群落的生境监测、营林管理、林区道路景观再造中的树种选择和配置有一定的实际指导意义。

关键词: 种间关联; 华山松群落; 小陇山自然保护区; 秦岭

中图分类号: Q948 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2010)06-0829-06

Interspecific association analysis of dominant species in shrub layer of *Armandii* community in Xiaolongshan Mountain of Gansu Province

JU Tian-Zhen¹, KANG Li-Dan^{1*}, WANG Li-Feng¹,

ZHAO Ji-Chao¹, LI Pei-Qi¹, ZHANG Song-Zhi²

(1. College of Geography and Environment Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China;

2. Tianshui Forestry Research Institute in Xiaolongshan, Tianshui 741022, China)

Abstract: Through lots of field investigations in Xiaolongshan Mountain of Gansu Province, researchers selected 20 common species in 55 quadrates by important value in *Armandii* communities. In order to analyze the 20 common species interspecific association, researchers took some analysis methods, including multi-species complex associated index (VR), χ^2 -test; Relevance measure, the Pearson correlation coefficient, as well as the Spearman rank correlation coefficient. The results were as follows: (1) Multi-species relevance (VR) analysis showed that the association between the main components members in *Armandii* communities was positively correlated, this demonstrated the natures of *Armandii* communities and the characteristics of their living environment were adaptable; (2) In pairs of the 20 common species, the pairs of *Armandii-Quercus alioena*, *Armandii-Quercus variabilis*, *Armandii-Quercus liaotungensis* etc. were positively correlated; *Quercus alioena-Quercus variabilis*, *Quercus alioena-Rhus chinensis* etc. were negatively correlated; but the independence of *Smilax scobinicaulis*, *Cerasus polytricha* etc. demonstrated the different nature of

收稿日期: 2009-12-22 修回日期: 2010-09-01

基金项目: 甘肃省教育厅科研项目(031-28); 西部交通建设科技项目(2004-318-000-57) [Supported by Gansu Provincial Department of Education Research Project(031-28); Transportation Construction Project in Western Science and Technology(2004-318-000-57)]

作者简介: 巨天珍(1965-), 女, 甘肃秦安人, 教授, 主要从事生态学和环境科学的教学科研工作, (E-mail)jujutz@163.com.

* 通讯作者 (Author for correspondence, E-mail: kanglidan1016@yahoo.com.cn)

communities, that was a performance of the difference of environment within community, and was caused by environmental heterogeneity within *Armandii* communities. (3) *Armandii* communities based on the different nature of the relationship between the compositions of communities in 20 common species were grouped into three ecological species groups, they are positively correlated group, the negative association group and independent group. (4) The results of the study on interspecific association had a certain practical guide of *Armandii* community habitat monitoring, forest management, and recycling of forest roads in the landscape species selection and configuration.

Key words: interspecific correlated; *Armandii* community; Nature Reserve of Xiaolongshan Mountain; Qinling

华山松(*Pinus armandii*)为松科(Pinaceae)松属(*Pinus*)单维管束松亚属五针松组常绿乔木,系我国特有种。中国产的五针松中以华山松的分布范围最广(彭镇华等,1999;中国森林编辑委员会,1999),在 $92^{\circ}50' \sim 113^{\circ} E, 23^{\circ}30' \sim 36^{\circ}30' N$ 之间,小陇山林区为华山松分布的北界,垂直分布在海拔550~3300 m的山地。本研究区域位于秦岭西段小陇山国家级自然保护区,是中国华山松的主要分布区之一,该区域的华山松群落受人干扰较少且发展时间长、结构完整,对华山松林的研究及保护具有重要意义。

种间关联是群落的重要特征,它指不同种群在群落当中的相互关联性,通常是由于群落生境的差异、种间竞争和物种的适应性而引起的。种间关联的研究是物种群落结构稳定程度与群落演替的重要基础(王伯荪,1989;刘喆等,2007)。前人对华山松林的研究工作主要集中在华山松的群落特征、林窗特征(兰国玉等,2006)、分布格局和动态研究(王得祥等,1998)等几个方面,在小陇山植被研究(巨天珍等,2008)中华山松种间关联方面均未涉及。华山松种间关联的研究,有助于分析群落发育中种群之间的相互作用,表征优势种群的地位,为林区华山松林的群落内外环境的监测、华山松林的抚育和管理提供依据。

1 研究区域与研究方法

1.1 研究区自然地理概况

小陇山位于 $34^{\circ}0' \sim 34^{\circ}40' N, 105^{\circ}30' \sim 106^{\circ}30' E$,海拔700~2500 m的秦岭西部山地。处于我国暖温带南缘与北亚热带的过渡地带,大多数地域属于暖温带一中温带半湿润大陆性季风气候类型,年均气温 $7 \sim 12^{\circ} C$;年降雨量460~800 mm。土层厚度30~60 cm,较湿润,有机质含量高,pH值6.5~7.5,土壤质地多属壤土、轻壤土和轻土(索安宁等,2004)。

小陇山地区华山松的群落有3种类型:(1)华山松纯林,华山松为建群种,少量盐肤木、锐齿栎等混生其间,林缘伴生少量的栓皮栎、盐肤木;(2)华山松针

阔叶混交林(巨天珍,1995),以华山松为建群种,与锐齿栎、辽东栎、栓皮栎等共为主要乔木成分,箭竹、美丽胡枝子、阔叶荚蒾等为林下灌木。(3)杂木林,华山松占一成到两成,其它为小陇山林区常见物种。本文所分析的主要是以华山松为主的群落(1)和(2)。

1.2 样方预测算

在华山松群落灌木层分别取 $10 m \times 10 m, 8 m \times 8 m, 6 m \times 6 m, 4 m \times 4 m, 3 m \times 3 m, 2 m \times 2 m$ 不同大小样方,经预测算,结果显示只有 $4 m \times 4 m$ 样方得到的生态种组与林区树种生态学特性相吻合。样方设计中正负关联比最接近1的样方数为 $4 m \times 4 m$ 因此从正负关联比角度,样方面积为 $4 m \times 4 m$ 时进行种间联结分析较为合适(林勇明,2005)。

1.3 样方调查

调查区域选在小陇山榆树洛坝营林区、高桥小沙营林区、百花林场、党川林场和张家黑河营林区,针对不同的生境、不同的群落类型,确定有代表性的华山松林的样地进行调查,分不同的海拔、坡向、坡位、坡度、土壤条件,共设置11个面积为 $20 m \times 20 m$ 的大样方。在每个样地内的灌木层调查5个 $4 m \times 4 m$ 的小样方,共计55个小样方记录灌木层的种类组成等群落特征。物种间的相互作用是有一定空间范围的,一旦超过空间界限,它们就不再有相互作用,所以取样面积对测定结果有一定的影响;本研究区域位于温带,考虑到物种和生境的变化幅度,我们选用样方面积为 $4 m \times 4 m$ 。根据各个物种在55个样方中出现的频率并考虑当地的常见种选取20个物种作为研究对象:华山松(*Pinus armandii*)、锐齿栎(*Quercus alioena*)、黄栌(*Cotinus coggygia*)、美丽胡枝子(*Lespedeza Formosa*)、阔叶荚蒾(*Viburnum lobophyllum*)、多毛樱桃(*Cerasus polytricha*)、栓皮栎(*Quercus variabilis*)、忍冬(*Lonicera japonica*)、盐肤木(*Rhus chinensis*)、花木兰(*Indigofera kirilowii*)、疏刺悬钩子(*Rubus pungens* var. *indefensus*)、三叶木通(*Akebia trifoliata*)、辽东栎(*Quercus liaotungensis*)、五味子(*Schisandra chinensis*)、青

槲杨(*Rhus potaninii*)、箭竹(*Sinarundinaria niti-da*)、羊奶子(*Lonicera ferdinandii*)、鸡矢藤(*Pae-deria chinensis*)、红槲杨(*Rhus punjabensis*)、黑刺菝葜(*Smilax scobinicaulis*)。

1.3 种间关联的计算

1.3.1 多种间复合关联性测定 应用 Schluter (1984)提出的方差比值法(VR)测定种间的复合关联系数,计算公式(李智叁等,2008): $\sigma_T^2 = \sum_{i=1}^s P_i(1 - P_i)$; $S_T^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (T_i - t)^2$; $P_i = \frac{n_i}{N}$; $VR = \frac{S_T^2}{\sigma_T^2}$ 。其中, s 为所研究物种数, N 为样方总数, n_i 为物种 i 出现的样方数, P_i 为物种 i 出现的频度, T_i 为样方内出现的所研究物种的种数, t 为全部样方中种的平均数, $t = \frac{T_1 + T_2 + \dots + T_N}{N}$, S_T^2 为所有样方物种数的方差, σ_T^2 是所有物种出现频度的方差。

1.3.2 成对物种的关联性检验 对于样方调查中所获得的数据,建立 2×2 列联表,计算其中的 a 、 b 、 c 、 d 值,再用卡方统计量来检验种间关联性,使用 Yates 的连续性校正公式计算(王琳等,2004;杜道

林,1995): $\chi^2 = \frac{(|ad-bc| - \frac{N}{2})^2 \times N}{(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)}$ 。

1.3.3 种间共同出现百分率(PC)和种间联结系数(AC) 种间共同出现百分率(PC)的计算公式为: $PC = a/(a+b+c)$ 。种间联结系数(AC)的计算为: $AC = \frac{ad-bc}{(a+b)(b+d)}$ ($ad \geq bc$); $AC = \frac{ad-bc}{(a+b)(a+c)}$ ($ad \leq bc, d \geq a$); $AC = \frac{ad-bc}{(d+b)(d+c)}$ ($ad \leq bc, d \leq a$)(王伯荪等,1996)。

1.3.4 种间关联程度的测度 为克服联结系数 AC

受到 d 的影响较大而造成偏差,需用 3 个从 0 到 1 幅度内变化的无中心指数来表示种间联结程度,并且用作物种间共同出现几率的参考评价。Ochiai 指数: $OI = \frac{a}{\sqrt{a+b}\sqrt{a+c}}$; Dice 指数: $DI = \frac{2a}{2a+b+c}$;

Jaccard 指数: $JI = \frac{a}{a+b+c}$

1.3.5 Pearson 相关分析和 Spearman 秩相关分析 采用优势种的重要值作为 Pearson 相关分析和 Spearman 秩相关分析的数量指标。Pearson 相关

系数: $r_p(i, j) = \frac{\sum_{k=1}^n (X_{jk} - \bar{X}_i)(X_{jk} - \bar{X}_j)}{\sqrt{\sum_{k=1}^n (X_{jk} - \bar{X}_i)^2 \sum_{k=1}^n (X_{jk} - \bar{X}_j)^2}}$;

Spearman 秩相关系数: $r_s(i, j) = 1 - \frac{6 \sum_{k=1}^n d_k^2}{n^3 - n}$

式中, n 为样方数, $d_k = (X_{ik} - X_{jk})$, X_{ik} 为第 k 个样方中种 i 的秩, \bar{X}_i 为 k 个样方中种 i 秩的平均值。 X_{jk} , \bar{X}_j 的值同上(谢春平,2008;黄云鹏,2008)。

2 结果与分析

2.1 多物种间关联性分析

通过多种间关联性的计算(表 1), $VR = 4.464186546 > 1$, $W = 245.53026$, 不在 $(\chi_{0.95}^2)$ 范围内,所选的 55 个样方中 20 个种群间整体表现为正关联,并有一定的显著程度。说明华山松群落中主要种群对林区大环境的需求是一致的,指示群落所在的大环境与华山松林需求生境的一致性,证明群落的稳定性。与刘喆等(2007)的研究,种间总体的关联性可反映群落的稳定性的结论一致。

表 1 多种间关联性计算表

Table 1 The computation of multi-species association

系数 Coefficient	σ_T^2	S_T^2	方差比率 VR	统计量 W	χ^2 临界值 $(\chi_{0.95}^2(N), \chi_{0.05}^2(N))$	总体关联性 Overall association
测度值 Computed value	4.2264	20.75418	4.46419	245.53026	(59.174, 68.385)	显著正相关

2.2 群落内种对之间的关联度分析

选择 Yates 的连续性校正公式、Pearson 相关系数和 Spearman 秩相关系数等能表征成对物种间关系的数学公式,测算样方内种对之间的联结性程度,用三种公式计算 55 个样方 20 物种之间的关系其结果是一致的,通过 2×2 列联表和卡方得出成对物种

之间的基本关系,而 Spearman 秩相关系数对前面的基本关系有强化的作用,与王琳等(2004)的研究相似。本研究表明 Spearman 秩相关系数检验的正关联的比例要比 χ^2 检验高出 11% 左右、比 Pearson 相关系数检验高出 30%。运用关联测度公式可以进一步确定成对种对之间的关联度的大小(表 3)。

图 1 是 χ^2 检验的半矩阵, 20 个常见种的 190 对关系中, 正关联种对 98 对, 占 51.6%, 负关联种对 92 对, 占 48.4%。其中显著、极显著正相关 54 对, 占总种对数 28.4%, 显著、极显著负相关 13 对, 占 6.8%。正负关系比为 1.07, 由此也可再次论证选择 4 m×4 m 的样方进行调查是比较合理的。检验中正关联居多, 说明 20 个种群的生态要求较为相似; 显著、极显著的关联有 67 对, 占 35.3%, 说明物种间互相依赖或对资源竞争程度较强, 群落中优势物种处于稳定, 与 VR 值的结果相符合。

以上结论结合野外观察结果与刘喆等(2007)研究结果一致, 即成对物种间呈正关联性质, 说明它们对环境的需求一致也就是它们对生境具有相似的生态适应性; 种间负相关, 则主要是由于他们具有不同的生态学特征, 对生境具有不同的生态适应性。

利用 χ^2 检验来判断种间关联性会损失一定的

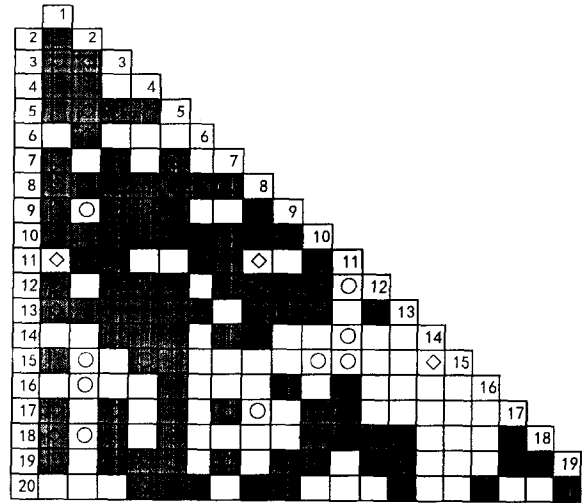


图 1 χ^2 检验的半矩阵
Fig. 1 Semi-matrix of χ^2 -text

表 2 χ^2 检验, Pearson 相关系数检验和 Spearman 秩相关系数检验对比表

Table 2 The comparison table of χ^2 -text, Pearson correlation coefficient and Spearman rank correlation coefficient

检验方法 Methods of text	正关联 Positive association			负关联 Negative association		
	极显著	显著	不显著	极显著	显著	不显著
χ^2 检验	46	8	44	4	9	79
Pearson 相关系数	34	25	42	15	24	49
Spearman 秩相关系数	100	43	27	0	12	8

表 3 主要成对物种的关联测度表

Table 3 The measurement of the association of main species pairs

物种对	OI	DI	JI	PC	AC	物种对	OI	DI	JI	PC	AC
华山松-盐肤木	0.577	0.500	0.333	0.333	1.000	华山松-羊奶子	0.456	0.345	0.208	0.208	1.000
华山松-栓皮栎	0.505	0.438	0.280	0.280	0.778	华山松-鸡矢藤	0.456	0.345	0.208	0.208	1.000
华山松-黄庐	0.530	0.500	0.333	0.333	0.556	华山松-忍冬	0.545	0.537	0.367	0.367	0.374
华山松-红麸杨	0.365	0.276	0.160	0.160	0.645	华山松-悬钩子	0.183	0.182	0.100	0.100	-0.542

信息量。需要结合更全面的 Pearson 相关系数检验和 Spearman 秩相关系数检验。三种检验比较如表 2。

Pearson 相关系数检验中正负关联比为 1.13。Spearman 秩相关系数检验中正负关联比为 8.52。Spearman 秩相关系数检验中显著与极显著的关联占总对数的 81.6%, 高出 χ^2 检验 46.3%, 可见要比 χ^2 检验更加敏感, 这与王琳等(2004)的研究相似。在计算中我们发现, 两个物种重要值的秩都较小时, Spearman 检验会认定种间关联为正, 会与 χ^2 检验和 Pearson 相关系数检验出现不同的结果。而本次数据中许多物种的秩都较低, 如羊奶子、鸡矢藤, 这就导致 Spearman 检验出现较高的正负关联比。

χ^2 检验不能区分联结强度的大小, 需要使用关

联测度补充说明。表 3 为各优势物种对关联测度的计算表, 包括 Ochiai 指数, Dice 指数, Jaccard 指数和种间共同出现百分率(PC)和种间联结系数(AC)。篇幅所限, 仅列出部分 χ^2 检验显著与极显著的种对。

OI、DI、JI 都是用来描述种间关联的程度, 这 3 个指数有很高的相似性, 因此在描述物种间关联程度时, 只选用一种即可, 这里选用 OI 指数。在 97 对正关联中 OI 指数在 0.7 以上的有一对, 是栓皮栎-花木兰; 有 34 对的 OI 指数居于 0.4~0.7 之间; 62 对的 OI 指数小于 0.4。在正关联中关联测度值越大说明关联程度越紧密, 因此华山松群落中正关联较为紧密。93 对负关联中 OI 指数有 42 对在 0~

0.3 之间(不包括 0),对于负关联的种对,OI 值越小,表示负关联越强,该群落中有较强负关联的种对较少。51 对的 OI 指数为 0,说明呈独立分布。

190 个种对中,有四对的 AC 值为 1,是华山松—盐肤木,华山松—辽东栎,华山松—羊奶子,华山松—鸡矢藤。而它们的 OI 值分别为 0.456,0.577,0.540,0.456,说明 AC 值与 OI 指数有一定的区别。53 对的 AC 值在 0.2~0.8 之间,38 对在 0~0.2 间,负关联中有 51 对的 AC 值是-1,35 对在-0.2~0.8 间,7 对在 0~0.2 间,另外有 2 对的 AC 值为 0。AC 值也表现为负关联较弱而正关联较强。PC 值在数值上与 JI 指数相同,可由 JI 指数代替描述。

关联测度表现出与 χ^2 检验、Pearson 相关系数相似的结论,小陇山华山松群落中 20 个常见种种间关联有正关联、负关联和独立三种模式,测算结果显示正关联居多,而且关联程度强;负关联的物种对数较少且程度弱;还有少部分物种间的关联度很弱,种对呈现独立性的关系。综合上述成对物种间关系的大量数理统计和分析,小陇山华山松群落中 20 个常见种种间关系表现出的三种不同性质的关系,是群落内环境一致性和差异性的集中表现,是各物种相似和相异的生物学、生态学特征所致。为了明确种间链接的结构关系,为林区营林和重建的需要,也为今后筛选群落内环境监测的指示种的需要,对其进行生态种组的划分。

2.3 生态种组的划分

根据以上多种方法的测算和综合分析,参考野外对物种生物学和生态学特性及其适应能力的观察得知,华山松林常见物种组成中,其表现为三种不同类型(图 2),即三类生态种组(张桂萍等,2006)。

第一类正关联生态组:包括华山松、锐齿栎、辽东栎、栓皮栎、黄栌、美丽胡枝子和阔叶荚蒾等。它们是组成小陇山华山松林乔木层和灌木层的主要树种,喜光照,多西北坡、北坡生长,如锐齿栎、辽东栎、栓皮栎都是该区域不同海拔的建群种,美丽胡枝子是灌木层的优势种。这些物种有较宽的生态幅,所以它们对环境要求的一致性组成了华山松的针阔混交林各层的顶层,其种对之间表现出了较强的正关联。

第二类负关联生态种组:包括盐肤木、三叶木通、箭竹、五味子、羊奶子、花木兰、鸡矢藤和忍冬等。多数组成林下灌木层和草本层中的非优势种和伴生种,或者散见于低山沟谷旁的灌丛中,有耐阴喜湿的特点。与华山松之间呈现负联结,说明它们与华山

松等正关联生态种组要求的生境不同。

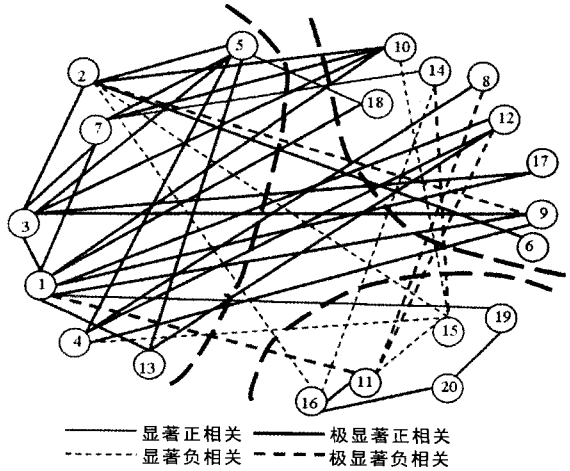


图 2 20 个常见种间 χ^2 检验星座图图示三类生态种组
Fig. 2 The constellation diagram of 20 common species

第三类独立生态种组:包括黑刺蒺藜、青麸杨、红麸杨、疏刺悬钩子、多毛樱桃等,与华山松林主要层的优势物种的关系比较微弱,一般呈正或负的弱联结,或者是关系不明显。在样方中出现的频率较低,多为组成群落的偶见种,相互独立性较大。

3 结论

(1)多物种间关联性(VR)分析表明:华山松群落多种对之间的相互关系表现为正联结,说明组成华山松群落的主要种群对环境需求是相似的,使其更易组成群落并保持其稳定性。根据作者对小陇山林区华山松林的群落环境特征和发育动态的调查,目前群落处于发展稳定阶段。这一结果与多年来林区管理者在林区实施“天保工程”有关。

(2) χ^2 检验、Pearson 和 Spearman 秩相关系数检验及关联测度等综合统计分析显示:组成华山松群落的 20 个常见种种对之间表现为正关联、负关联和无关联三种方式。其中以华山松—锐齿栎、华山松—栓皮栎、华山松—辽东栎等呈现正关联等;锐齿栎—栓皮栎、锐齿栎—盐肤木呈现负关联等;黑刺蒺藜、多毛樱桃为独立分布等。

(3)综合以上研究结果把组成华山松群落的 20 个常见物种划分为三类生态种组,其中华山松、锐齿栎、辽东栎等组成了正关联生态组,盐肤木、三叶木通、箭竹等组成了负关联生态组,黑刺蒺藜、多毛樱桃等组成了独立生态组。

(4)种间关联研究成果在西北城市绿化、荒山造林、林区的道路景观修复和华山松林林木抚育中有其一定的应用价值和理论指导意义。

参考文献:

- 王伯荪等. 1996. 植物群落学实验手册[M]. 广州:广东高等教育出版社:119-128
- 王伯荪. 植物群落学. 1989. 广州:中山大学出版社:115-120
- 中国森林编辑委员会. 1999. 中国森林(第2卷·针叶林)[M]. 北京:中国林业出版社:156-214
- 彭镇华,江泽惠. 1999. 大别山五针松及其起源[M]. 北京:中国林业出版社:28-45
- Du DL(杜道林),Liu YC(刘玉成),Li R(李睿). 1995. Studies on the interspecific association of dominant species in a subtropical *Catanopsis fargesii* forest of Jinyun Mountain(缙云山亚热带栲树林优势种群间联结性研究)[J]. *China Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报),**19**(2):149-157
- Huang YP(黄云鹏). 2008. Studies on the relationship of dominant species in the *Castanopsis carlesii* forest in Wuyishan Scenery District(武夷山米栎林主要树种间关联性)[J]. *J Mountain Sci*(山地学报),**26**(6):692-698
- Jü TZ(巨天珍). 1995. A quantitation study of the interspecific association of *Quercus aliena* var. *acuteserrata* community in Xionlongshan Mountain of Tianshui(天水小陇山锐齿栎群落种群间关系定量分析)[J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*(西北植物学报),**15**(3):250-253
- Jü TZ(巨天珍),Shi Y(石焱),An LZ(安黎哲),et al. 2008. Research on plant populations spatial distribution pattern in the periods of highway-construction on the road-ecology region; take Baoji-Tianshui Highway for example(公路建设期路域生态区植物种群空间分布格局——以宝(鸡)天(水)高速公路为例)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报),**28**(7):3 365-3 374
- Lan GY(兰国玉),Lei RD(雷瑞德),An F(安锋),et al. 2006. Spatial distribution pattern, its scale, and gap characteristics of *Pinus armandi* population in Qinling Mountains(秦岭华山松种群格局规模与林窗特征)[J]. *Chin J Ecol*(生态学杂志),**25**(6):652-656
- Li ZS(李智叁),Li FR(李凤日). 2008. Interspecific association of natural *Nitraria tangtorum* population and its main companion species in Ulanbuh Desert(乌兰布和沙漠天然白刺种群及主要伴生种群间关联性研究)[J]. *Bull Bot Res*(植物研究),**28**(1):98-103
- Lin YM(林勇明),Wu CZ(吴承祯),HongW(洪伟). 2005. Study on the scale effect of interspecific association of species in tree layer of the rare plant *Tsuga longibracteata* community(长苞铁杉乔木层优势种群间关系及尺度效应分析)[J]. *Guihaia*(广西植物),**25**(6):526-532
- Liu Z(刘喆),Yue M(岳明). 2007. Studies on the interspecific association among the *Kingdonia uniflora* and its companion species in Taibai Mt(太白山独叶草及其伴生种的种间关联研究)[J]. *J Wuhan Bot Res*(武汉植物学研究),**25**(5):445-450
- Suo AN(索安宁),Ju TZ(巨天珍),Zhang JH(张俊华),et al. 2004. Analysis of biodiversity characteristics of *Quercus lieana* var. *acuteserrata* community on Mt. Xiaolong in Gansu(甘肃小陇山锐齿栎群落生物多样性特征分析)[J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*(西北植物学报),**24**(10):1 877-1 881
- Schluter DA. 1984. Variance test for detecting species association with some example application[J]. *Ecology*,**65**(3):998-1 005
- Wang DX(王得祥),Chen HB(陈海滨),Liu JJ(刘建军). 1998. Distribution pattern and dynamics of *Pinus armandi* population in the Qinling Mountains(秦岭华山松种群分布格局及动态研究)[J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*(西北植物学报),**18**(18):622-628
- Wang L(王琳),Zhang JT(张金屯). 2004. Interspecific association and correlation of dominant species of Lishan Mountain meadow in Shanxi Province(历山山地草甸优势种的种间关系和相关分析)[J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*(西北植物学报),**24**(8):1 435-1 440
- Xie CP(谢春平). 2008. Application of Microsoft Excel 2003 in calculating parameters on interspecific association-Spearman rank correlation coefficient(种间关联参数在Microsoft Excel 2003中的实现——Spearman秩相关分析)[J]. *Agric Network Information*(农业网络信息),**11**:124-126
- Zhang GP(张桂萍),Zhang F(张峰),Ru WM(茹文明). 2006. Interspecific correlations among dominant populations of ligneous species in Mianshan Mountain of Shanxi(山西绵山植被木本植物优势种群间关联)[J]. *Chin J Ecol*(生态学杂志),**25**(3):295-298
- Liu GY(刘桂艳),Ma SC(马双成),Zhang YM(张聿梅),et al. 2005. Study on chemical constituents in seeds of *Helicia nilagirica* (II)(深绿山龙眼种子化学成分研究II)[J]. *China J Chin Mat Med*(中国中药杂志),**30**(11):830-832
- Liu GY(刘桂艳),Ma SC(马双成),Zheng J(郑健),et al. 2005. Study on chemical constituents in seeds of *Helicia nilagirica* (I)(深绿山龙眼种子化学成分研究(I))[J]. *Chin Trad Herbal Drugs*(中草药),**36**(6):814-817
- Sha JM, Mao HK. 1987. Helicid[J]. *Chin Pharm Bull*(药学通报),**22**:27
- Wu T(吴彤),Kong DY(孔德云),Li HT(李惠庭). 2004. Structure identification of two new cerebrosides from *Helicia nilagirica*(深绿山龙眼中二个新的植物脑苷的结构鉴定)[J]. *Acta Pharm Sin*(药学学报),**39**(7):525-527
- Zhao JP(赵劲萍),Pan WE(潘维恩),Chen WX(陈维新). 1991. Chemical constituents of *Helicia clivicola*(保保粟果化学成分的研究)[J]. *Nat Prod Res Dev*(天然产物研究与开发),**3**(3):7-11
- Zhao JP(赵劲萍),Pan WE(潘维恩),Chen WX(陈维新). 1992. Chemical constituents of *Helicia pyrrohobotrya*(焰序山龙眼植物化学成分的研究)[J]. *Nat Prod Res Dev*(天然产物研究与开发),**4**(4):35-40

(上接第886页 Continue from page 886)