

# 山西太岳山连翘群落优势种种间关系\*

胡贝娟 张钦弟 张玲 毕润成\*\*

(山西师范大学生命科学院, 山西临汾 041004)

**摘要** 基于 $2 \times 2$ 列联表, 采用方差比率法、 $\chi^2$ 检验、Pearson 相关系数和 Spearman 秩相关系数检验等数量分析方法对山西太岳山连翘群落中 25 个优势种、300 个种对间的种间关联性进行定量研究。方差分析表明, 25 个优势种群的总体种间关联性呈不显著关联, 种的分布相对独立。 $\chi^2$  检验有 138 个种对呈正相关, 150 对种对呈负相关, 正负关联比为 0.92; Pearson 相关系数检验有 100 个种对呈正相关, 199 对种对呈负相关, 正负关联比例为 0.5; Spearman 秩相关系数检验 121 个种对呈正相关, 179 个种对呈负相关, 正负关联比例为 0.67。与  $\chi^2$  检验相比, Pearson 相关分析和 Spearman 秩相关分析具有较高的灵敏度。根据这 25 个优势种群对环境的适应方式和主导生态因素结合 PCA 排序, 将 25 个优势种分为 4 个生态种组。

**关键词** 太岳山; 种间关联; 连翘群落; 生态种组

**中图分类号** Q948 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2013)4-0845-07

**Interspecific relationships of dominant species in *Forsythia suspensa* communities in Taiyue Mountain of Shanxi, China.** HU Bei-juan, ZHANG Qin-di, ZHANG Ling, BI Run-cheng\*\* (College of Life Science, Shanxi Normal University, Linfen 041004, Shanxi, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2013, 32(4): 845-851.

**Abstract:** Based on the  $2 \times 2$  contingency table, and by adopting  $\chi^2$ -test, variance ratio (VR), Pearson's correlation, and Spearman's rank correlation, a quantitative study was conducted on the interspecific association among the 300 species pairs of 25 dominant species in *Forsythia suspensa* communities in Taiyue Mountain, Shanxi of China. The variance analysis showed that the overall interspecific association of the 25 dominant species was not significant, and the species distribution was relatively independent. The  $\chi^2$  test showed that there were 138 species pairs in positive association, and 150 species pairs in negative association, with the association ratio being 0.92. The Pearson's correlation coefficient test showed that 100 species pairs were in positive association, and 199 species pairs were in negative association, with the association ratio being 0.5. The Spearman's rank correlation coefficient test showed that 121 species pairs were in positive association, and 179 species pairs were in negative association, with the association ratio being 0.67. Compared with  $\chi^2$  test, Pearson's correlation coefficient and Spearman's rank correlation coefficient tests had higher sensitivity. According to the adaptation ways of the species to the environment and the leading ecological factors, in combination with principal components analysis, the 25 dominant species were divided into four ecological species groups.

**Key words:** Taiyue Mountain; interspecific association; *Forsythia suspensa* community; ecological species group.

种间联结是指不同物种在空间分布上的相互关联性, 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(王乃江等, 2010)。植物群落由共存的物种组成, 组成群落的物种之间相互依存、相互竞争和协同进化, 使群落处于相对稳定的状态。群落内物种间的相互关系是群落重要的数量和结构特征之一(张桂萍等, 2005)。研究群落的种间联结

\* 山西省重点学科建设项目(91209)资助。

\*\* 通讯作者 E-mail: sxrcbi@126.com

收稿日期: 2012-11-17 接受日期: 2013-01-16

性,能够有效地了解各物种在群落中的分布情况,各物种对环境因子的适应程度以及物种在特定环境因子作用下的种间相互关系,同时,种间联结的测定为客观认识自然种群提供了一种比较好的方法,对于正确认识群落的结构和功能、群落的组成和动态有着重要的指导意义,并能为森林经营、自然植被恢复和生物多样性保护提供理论依据(张金屯,2004)。

连翘(*Forsythia suspensa*)为木犀科(Oleaceae)、连翘属(*Forsythia*)植物,落叶灌木,基部丛生,多生于山坡灌丛、林下或草丛中,或山谷、山沟疏林中。连翘是我国常用的大宗药材,果实为著名中药(未完全成熟的果实为青翘,完全成熟的果实为老翘),具有散结泻火、消肿排脓、止痛利水、抗菌、抗病毒、保肝抗炎解热之功效。连翘根系发达、萌发力强、发丛快,可有效防止水土流失、维持地力,用于小流域治理和荒山绿化效果好,是一种较理想的水土保持灌木。同时,连翘也是重要的观赏植物,在绿化、美化城市中应用极为广泛。连翘在我国广泛分布于华北、陕西、河南、湖北、四川等省,其中山西、陕西、河南分布最为集中。在山西,连翘广泛分布于太原市以南的低中山区,其中以中条山、太岳山和吕梁山南段、太行山南段分布最为集中和广泛。以连翘为建群种形成的灌丛群落是山西暖温带落叶阔叶林地带的优势植被类型之一(李宝堂,2011)。

太岳山位于山西省中南部,是山西省重要的天然林分布地区,也是著名的国家森林公园和山西省旅游胜地之一。连翘在太岳山黄花岭地区形成大面积纯林,生长良好,且保存完好。为此,本文以太岳山黄花岭地区连翘群落为研究对象,探讨群落中优势种的种间联结性,以揭示种间相互作用的实质,了解群落的组成和动态,为太岳山黄花岭地区连翘群落的保护,周边林地生态恢复,连翘群落的分布面积的扩大提供理论依据。

## 1 研究地区与研究方法

### 1.1 自然概况

研究区域位于山西省太岳山黄花岭地区(临汾市安泽县),地理坐标为112°23'22"E,36°12'32"N。该区域地处暖温带半湿润大陆性季风气候区,年均气温8.6℃,最热(7月)平均气温22.2℃,最冷(1月)平均气温-7.9℃。年均降水量为656.7 mm,无霜期110~180 d。主要土壤亚类有褐土、淋溶褐土、棕壤、钙质粗骨土、山地草甸土,其分布随海拔呈垂

直地带性规律(马小勇和上官铁梁,2004)。随着气温和雨量的变化,植被呈明显的垂直分布,从上往下可分为4个垂直带:海拔2200 m以上为山地灌丛草甸,主要植物是苔草(*Carex*)。主要灌丛有沙棘(*Hippophae rhamnoides*)灌丛、黄刺玫(*Rosa xanthina*)灌丛、绣线菊(*Spiraea*)灌丛、胡枝子(*Lespedeza bicolor*)灌丛等;海拔1900~2200 m为针叶林带,主要树种为华北落叶松(*Larix principis-rupprechtii*);海拔1200~1800 m为针阔林带,主要树种为:油松(*Pinus tabulaeformis*)、辽东栎(*Quercus wutaishanica*)、山杨(*Populus davidiana*)、白桦(*Betula platyphylla*);海拔1200 m以下灌丛及农垦带(孙继超,2011)。

### 1.2 研究方法

**1.2.1 样方调查** 于2011年10月在山西太岳山黄花岭地区进行野外调查,针对不同的生境、不同的群丛类型,确定有代表性的连翘样地进行调查。依据不同海拔,每升高100 m设置若干样方。共设置30个5 m×5 m的灌木样方,在每个灌木样方内取2个1 m×1 m的草本样方。记录样方内所有灌木层和草本层植物的种名、株数、盖度、高度等。同时测定每个样方的海拔、经度、纬度、坡向、坡度、坡位等环境因子。

**1.2.2 数据处理** 采用重要值(IV)作为物种的综合数量指标,对每个样方分别计算灌木和草本植物的重要值:

$$\text{灌木、草本重要值} = (\text{相对盖度} + \text{相对高度}) / 2$$

由于植物种类较多,为了计算方便,剔除频度<5%的种后,得到25个优势种(表1)进行种间联结性的计算和分析,组成30×25的原始数据矩阵。

**1.2.3 总体关联性** 根据物种是否在样方内出现做出样方二元数据矩阵作为原始数据,采用方差比率法,通过计算物种间联结指数(VR)(Schluter, 1984),来测定所研究的整个群落的总体关联性,用W检验关联的显著性(张桂萍等,2005;王乃江等,2010;杨晓东等,2010)。计算公式为:

$$\delta_T^2 = \sum_{i=1}^S P_i(1 - P_i) \quad (1)$$

$$S_T^2 = (1 - 1/N) \sum_{j=1}^S (T_j - t)^2 \quad (2)$$

$$P_i = n_i / N \quad (3)$$

$$VR = S_T^2 / \delta_T^2 \quad (4)$$

式中:S为总的物种数;N为总样方数; $T_j$ 为样方j内

表1 优势种种名及编号

Table 1 Name and No. of tree species

编号	种名	拉丁名
1	连翘	<i>Forsythia suspensa</i>
2	披针叶苔草	<i>Carex lanceolata</i>
3	美丽胡枝子	<i>Lespedeza formosa</i>
4	野菊	<i>Dendranthema indicum</i>
5	黄刺玫	<i>Rosa xanthina</i>
6	白莲蒿	<i>Artemisia sacrorum</i>
7	茜草	<i>Rubia cordifolia</i>
8	牡蒿	<i>Artemisia japonica</i>
9	地榆	<i>Sanguisorba officinalis</i>
10	毛黄栌	<i>Cotinus coggygia</i> var. <i>pubescens</i>
11	茅莓	<i>Rubus parvifolius</i>
12	披碱草	<i>Elymus dahuricus</i>
13	阿尔泰狗娃花	<i>Heteropappus altaicus</i>
14	野艾蒿	<i>Artemisia lavandulaefolia</i>
15	达乌里胡枝子	<i>Lespedeza davurica</i>
16	翻白委陵菜	<i>Potentilla discolor</i>
17	山马兰	<i>Kalimeris lautureana</i>
18	小薊	<i>Cephalanoplos segetum</i>
19	灰栒子	<i>Cotoneaster acutifolius</i>
20	三裂绣线菊	<i>Spiraea trilobata</i>
21	苍术	<i>Atractylodes lancea</i>
22	车前	<i>Plantago asiatica</i>
23	紫花地丁	<i>Viola philippica</i>
24	狗尾草	<i>Setaria viridis</i>
25	中华卷柏	<i>Selaginella sinensis</i>

出现的研究物种总数,  $n_i$  为物种  $i$  出现的样方数,  $t$  为样方中种的平均数,  $t = (T_1 + T_2 + \dots + T_n) / N$ 。

在独立性假设条件下,  $VR$  期望值为 1, 当  $VR > 1$  时, 表明物种间呈现净的正关联;  $VR < 1$  时, 表明物种间存在净的负关联;  $VR = 1$ , 即符合所有种间无关联的零假设。采用统计量  $W = N \times (VR)$  检验  $VR$  值偏离 1 的显著程度, 若种间无关联, 则  $W$  落入由下面  $\chi^2$  分布给出的界限的概率为 90%:  $\chi^2_{0.95}(N) \leq W \leq \chi^2_{0.05}(N)$ 。

**1.2.4 种间关联性** 种间联结一般采用  $\chi^2$  检验进行定性研究, 根据  $2 \times 2$  列联表的  $\chi^2$  统计量测定成对种间的联结性 (Dice, 1945), 将 25 个优势物种是否在 30 个标准样方中出现转化为  $30 \times 25$  的 0、1 表示二元数据矩阵, 0 表示物种在样方中未出现, 1 表示出现。依据上述原始数据矩阵, 构造 25 个优势种群 300 个种对的定性数据列入  $2 \times 2$  联列表, 计算出  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  的值 (王伯荪和彭少麟, 1985)。由于取样为非连续性取样, 因此, 非连续性数据  $\chi^2$  用 Yates 的连续校正公式计算 (张金屯, 2004)。

$$\chi^2 = \frac{N(|ad-bc|-0.5N)^2}{(a+b)(a+c)(b+d)(c+d)} \quad (5)$$

式中:  $N$  为总样方数;  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  为观测值,  $a$  为 2 物种同时出现的样方数,  $b$ 、 $c$  分别为仅有 1 个物种出现的样方数,  $d$  为 2 物种均未出现的样方数。通常  $P > 0.05$ , 即  $\chi^2 < 3.841$  时, 认为 2 个种独立分布, 即中性联结;  $0.01 < P < 0.05$ , 即  $3.841 < \chi^2 < 6.635$  时, 认为种间联结显著;  $P < 0.01$  即  $\chi^2 > 6.635$  时, 认为种间联结极显著。当  $ad > bc$  时为正联结,  $ad < bc$  则为负联结。

当某一物种的频度为 100% 时,  $b$ 、 $d$  值均为 0, 这样就无法做  $\chi^2$  检验。所以, 应给该种一个加权值, 令式中的  $b$ 、 $d$  值均为 1, 就可以较客观地反映 2 个种的联结情况 (王伯荪和彭少麟, 1985)。

**1.2.5 种间相关性测定** 采用 25 个优势种的重要值作为 Pearson 相关分析和 Spearman 秩相关分析 (Legendre & Legendre, 1983) 的数量指标。

Pearson 相关系数 (以下简称相关系数) 如下:

$$r_p(i, j) = \frac{\sum_{k=1}^N (x_{ik} - \bar{x}_i)(x_{jk} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_{k=1}^N (x_{ik} - \bar{x}_i)^2 \sum_{k=1}^N (x_{jk} - \bar{x}_j)^2}} \quad (6)$$

Spearman 秩相关系数 (以下简称秩相关系数), 属于非参数检验, 其表达式如下:

$$r_s(i, j) = 1 - \frac{6 \sum_{k=1}^n d_k^2}{N^3 - N} \quad (7)$$

式中,  $r_s(i, j)$  为 Spearman 秩相关系数,  $N$  为总样方数,  $d_x = (x_{ik} - x_{jk})$ ,  $x_{ik}$  和  $x_{jk}$  分别为种  $i$  和种  $j$  在样方  $k$  中的秩。

**1.2.6 多物种关联程度** 主成分分析 (PCA) 是利用原始变量之间的相关性及其线性组合实现降维的多元统计方法。由原始变量的协方差矩的所有非零特征根对应的特征向量可以得到所有主成分, 每个主成分表征了解释数据变异的“潜在综合因素”。主成分与原始变量的相关系数称为主成分的因子负荷量, 它的绝对值大小刻画了该成分的主要意义及其成因, 而它的正负符号标志着变量与主成分所提取的特征相似或相异的变化 (杨晓东等, 2010)。

## 2 结果与分析

### 2.1 主要物种间总体关联

根据 25 个主要物种的存在与否的二元矩阵, 计算出太岳山连翘群落的总体关联性 (表 2)。

$VR = S_T^2 / \delta_T^2 = 1.28 > 1$ , 说明 25 个物种之间表现出净的正联结。对以上测定结果, 采用统计量  $W$  检

表2 种间主要种群间的总体连接性

Table 2 Macro-association among the populations of 25 dominant species

$S_T^2$	$\delta_T^2$	方差比率 (VR)	检验统计量 $W$	$\chi^2$ 的临界值		测定结果
				$\chi_{0.95(30)}^2$	$\chi_{0.05(30)}^2$	
3.98	3.09	1.28	38.64	17.71	42.56	不显著

测 VR 值偏离 1 的显著性。

$W = N \times (VR) = 38.64$ , 查表(杜荣赛, 1999)得到相应的  $\chi^2$  值,  $\chi_{0.95(30)}^2 = 17.71$ ,  $\chi_{0.05(30)}^2 = 42.56$ ,  $W$  落在  $\chi_{0.95(30)}^2$  与  $\chi_{0.05(30)}^2$  之间, 说明 25 个主要物种之间在总体关联程度上表现出不显著。反映出太岳山黄花岭连翘群落中物种间虽然存在一定联系, 但仍然存在独立的分布格局。

## 2.2 关联性

根据 Yates 公式校正后的  $\chi^2$  检验值, (图 1, 表 3), 检验结果显示, 25 对主要物种间关联未达到显著程度, 种间联结较为松散。其中 25 个优势种的 300 对关系中正关联种对 138 对, 占总对数 46%, 负关联种对 150, 占总对数 50%, 其中显著、极显著正相关 14 对, 占总对数 4.66%, 显著、极显著负相关 2 对, 占总对数 0.66%, 正负关系比为 0.92, 检验结果负关联占优势, 说明各个优势种对生态环境要求的差异性, 显著极显著的关联种对只有 16 对, 占总对数的 5.33%, 说明物种间的互相依赖程度、对资源的竞争程度不强, 群落中的优势种处于稳定状态。

## 2.3 相关性分析

$\chi^2$  检验只能定性的分析物种之间关联与否, 不能定量的给出关联程度的大小。因此, 在  $2 \times 2$  联列表  $\chi^2$  检验的基础上, 结合 Pearson 相关系数、Spearman 秩相关系数检验种间关系, 能更准确、全面地反映出连翘群落中主要物种之间的相互关联性。本研究采用 25 个物种在 30 个样方中的重要值矩阵作为 Pearson 相关系数、Spearman 秩相关系数检验的原始数据。

Pearson 相关系数检验中, 25 对主要物种的 300 个种对中, 大部分种对的种间关联未达到显著程度,

表3  $\chi^2$  检验、Pearson 相关检验、Spearman 秩相关检验Table 3 The  $\chi^2$  test, Pearson's correlation coefficient and Spearman's rank correlation coefficient

检验方法	正关联				负关联			
	极显著	显著	不显著	总数	极显著	显著	不显著	总数
$\chi^2$ 检验	9	5	124	138	2	0	148	150
Pearson 相关系数	2	10	88	100	2	5	192	199
Spearman 秩相关系数	6	10	105	121	3	4	172	179

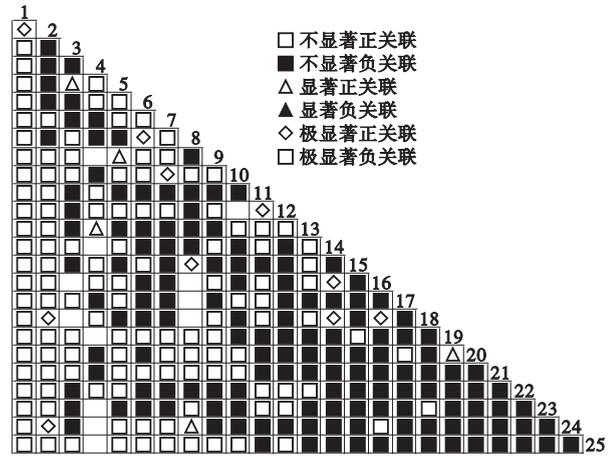


图1 山西太岳山连翘群落优势种种间关联的  $\chi^2$  半矩阵图  
Fig. 1 Semimatrix of interspecific correction  $\chi^2$  test of association of *Forsythia suspensa* populations in Taiyue Mountain, Shanxi

序号所代表植物见表 1。

种间联结较为松散, 这和  $\chi^2$  检验的结果相一致。Pearson 相关检验(图 2, 表 3)中表现正关联的种对数为 100, 占总种对数的 33.33%; 负关联种对 199 个, 占总对数的 66.33%, 其中极显著正关联 2 对, 显著正关联 10 对, 占总对数的 4%, 极显著负关联 2 对, 显著负关联 5 对, 占总对数的 2.33%, 正负比为 0.50, 还有 1 对表现无关联。

Spearman 秩相关系数检验中(图 3, 表 3), 25 对优势种的 300 个种对中, 有 121 对表现为正关联, 占 40.3%, 其中极显著正关联的有 6 对, 显著正关联的有 10 对, 占总对数的 5.33%; 有 179 对表现为负关联, 占 59.66%, 其中极显著负关联的有 3 对, 显著负关联的有 4 对, 占总对数的 2.33%, 正负比为 0.67。

通过对  $\chi^2$  检验、Pearson 相关系数、Spearman 秩相关系数检验的对比发现(表 3), 太岳山连翘群落中正关联种对数小于负关联的种对数, 说明 25 个主要物种间对生境具有不同的生态适应性和相互分离的生态位。群落的成熟程度较高, 各物种以相互独立的关系求得资源的充分利用, 从而保持物种间稳

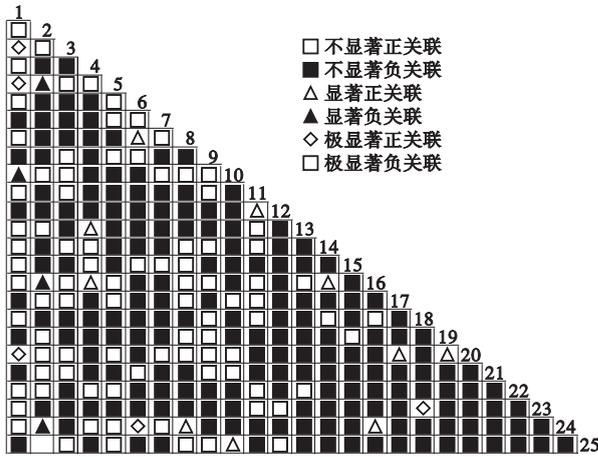


图2 山西太岳山连翘群落优势种种间关联的 Pearson 半矩阵图

Fig.2 Semimatrix of Pearson's correlation coefficients of *Forsythia suspensa* populations in Taiyue Mountain, Shanxi 序号所代表植物见表1。

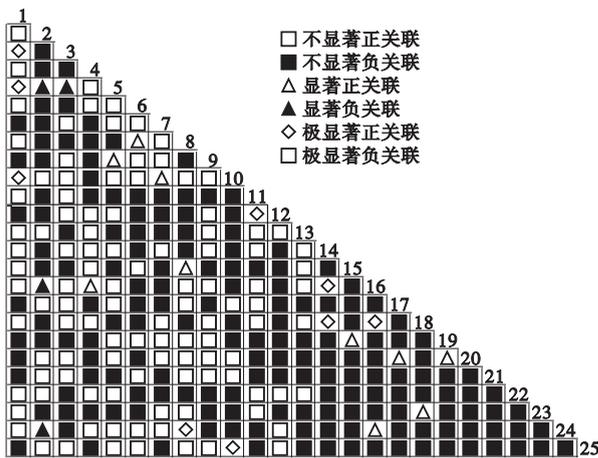


图3 山西太岳山连翘群落优势种群间的 Spearman 秩相关系数半矩阵图

Fig.3 Semimatrix of Spearman's rank correlation coefficients of *Forsythia suspensa* populations in Taiyue Mountain, Shanxi 序号所代表植物见表1。

定的发展,保持群落整体的稳定性。

## 2.4 生态种组的划分

群落中生态习性相似的种可以联合为一生态种组。在太岳山森林群落中,其灌木种群的生态习性是不一致的,而群落内的种间关系揭示了群落中不同种类因受小生境因子影响而体现在空间分布上的相互关系。为了更真实地反映群落和种群的关系以及种群对环境的主导生态因素的适应方式,综合  $2 \times 2$  联列表  $\chi^2$  检验、Pearson 相关系数、Spearman 秩相关系数检验的结果,结合物种种群的生态适应特性,

根据 PCA 排序,对太岳山黄花岭地区连翘群落优势种进行生态种组的划分,大致分为 4 个生态种组。

连翘生态种组:翻白萎陵菜(16)、野菊(4)、白莲蒿(6)、狗尾草(24)、牡蒿(8)、野艾蒿(14)、达乌里胡枝子(15)、阿尔泰狗哇花(13)、车前(22)、连翘(1)。该组物种间关联大多是极显著或显著的正关联,有着相似的生态习性和生境要求。组内大多物种喜阳,对土壤要求不严,耐干旱和瘠薄,适应性强,多分布在阳坡、半阳坡,它们都零散分布在第一主成分轴的左侧第二主成分轴上方。该生态种组的植物具有相似的生态适应性,它们对光线的需求强,作为优势植物在太岳山广泛分布。

美丽胡枝子生态种组:种 21(苍术)、种 12(披碱草)、种 17(山马兰)、种 20(三裂绣线菊)、种 25(中华卷柏)、种 10(毛黄栌)、种 3(美丽胡枝子),属于该生态种组的物种适应环境能力较强,喜光,喜肥,较耐寒,较耐干旱,多生长于林下和林缘草地、山地草甸或草甸草原中,该组物种在种间多呈现负相关,它们都分布在第一主成分轴的右侧第二主成分轴下方。

黄刺玫生态种组:种 7(茜草)、种 9(地榆)、种 5(黄刺玫)、种 19(灰栒子),该组物种在种间内呈现正相关,稍耐阴,耐寒冷和干旱,碱性土壤都能正常生长,它们都在第一主成分轴右侧第二主成分轴上方。

披针叶苔草生态种组:种 23(紫花地丁)、种 2(披针叶苔草)、种 11(茅莓)、小薊(18),该组特点是物种都是草本,耐阴喜湿,适生长在雨量充足、气候凉爽的地区,多生长于林下和林缘草地、山地草甸或草甸草原中。它们都在第一主成分轴的左侧第二主成分轴下方,大多数物种与优势种连翘呈负相关。

## 3 讨论

种间联结测定有多种方法,主要有  $\chi^2$  检验、方差比率法、联结系数、共同出现百分率、点相关系数、相关系数、分布相似性百分率等(张峰等,2000)。根据王琳和张金屯(2004)、王志泰等(2006)和(张桂萍等,2005)的研究,利用  $\chi^2$  检验来判断种间关联性会损失一定的信息量。因此需要结合更全面的 Pearson 相关系数检验和 Spearman 秩相关系数检验(谢滢等,2010)。

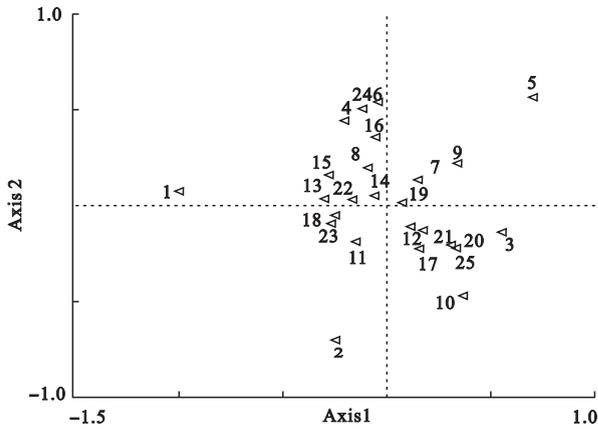


图4 25个主要物种PCA二维排序图

Fig. 4 Ordination of 25 dominant plant species on the first and second principal component axes

序号所代表植物见表1。

本研究通过种间联结指数(VR)、基于 $2 \times 2$ 列联表的 $\chi^2$ 检验、基于数量数据的Pearson相关和Spearman秩相关系数检验3种方法进行分析,通过对检验结果的比较,发现 $\chi^2$ 检验、Pearson相关系数、Spearman秩相关系数检验的检验结果具有一致性,但也存在着差异。因为 $\chi^2$ 检验是由种对的二元数据得来的,在转化过程中损失了一部分信息,只能做出定性判断,Pearson相关系数、Spearman秩相关系数检验是基于重要值、盖度、频度等定量数据的检验方法,属定量检验方法。 $\chi^2$ 检验的显著率为5.32%,Pearson相关系数检验的显著率为6.33%,Spearman秩相关系数检验的显著率为7.66%。Pearson相关系数、Spearman秩相关系数检验的显著率明显高于 $\chi^2$ 检验的结果。这表明,Pearson相关系数、Spearman秩相关系数检验的灵敏性较高,更能真实地反映出群落中的种间联结性。

利用PCA排序,结合物种种群的生态适应特性,将25个优势种划分为4大生态种组,从而为人们正确地认识和研究群落的结构、功能以及演替等提供理论依据。种间关联性的结果可以作为生态种组划分的重要依据,因为种间关联性能反映物种在群落种的分布情况以及物种对环境因子的适应情况。同一生态种组内各物种间具有较强的正联结,表明其资源利用方式和生态要求相似。而不同组间联结较为松散,表明其资源利用方式和生态要求相差很大。

普遍认为,群落发育初期,物种间趋向于随机

性,未形成特定的种间关系。随着演替进展到中期,群落中物种间的关系随着种间竞争的不断加剧而发生复杂变化,表现较强的正关联和负关联,具有相近生物学特性的物种表现为正关联,它们的生态位具有不同程度的重叠,对生境的需求较为一致。相反,生态习性相异的物种表现为负关联,它们具有不同的生态位,对生境的需求也不相同。本文研究了太岳山连翘群落的25中主要物种的种间关联和相关系数, $\chi^2$ 检验、Pearson相关分析、Spearman秩相关分析结果表明,群落中物种间的总体关联性较弱,多数种对间关联程度未达到显著水平,3种检测结果的正负关联比均 $<1$ 。相关研究表明,群落成熟度愈高,物种间应存在较强的正关联,以求多物种稳定的共存。种间关联值高表明一个种的存在对另一个种有利,或是这2个种对环境的差异有相似的反应;相反,关联值低或负值说明这2个种所需的环境条件不同或是一个种存在对另一个种有排斥作用(王伯荪和彭少麟,1985)。

本研究表明,山西太岳山黄花岭地区连翘种群种对间的关联程度较低,表明连翘种群所在群落结构与物种组成处于不稳定的阶段,仍处于发展演替之中,较容易受外界因素干扰而发生波动,群落中的优势种连翘与其他的植物大多呈现负关联,尤其和黄刺玫、灰栒子呈现显著的或极显著的负相关,种间竞争非常激烈,这表明在连翘的生长和更新的过程中,除了受到种内竞争的影响,还受到种间竞争的影响。这就要求我们对连翘群落进行保护时,要特别注意来自种间的竞争,尤其在尚未成熟的连翘群落中,要避免以上物种对连翘幼树的影响,避免其对连翘幼树形成较大的竞争影响。另外,由于连翘是我国常用的大宗药材,近年来人们对其进行泛滥的开采,使得连翘资源受到严重破坏,因此,建议将连翘列为太岳山保护区的重点保护对象之一,实行封山育林,保护其生境,特别是要保护好幼苗,使其免受人为干扰和破坏,以确保连翘群落的更新;其次,应对其生存的内部环境进行深入研究,加强对其生存、发展有利的物种的保护,使物种间建立长期稳定的互惠关系,协调共存,为其繁殖、生存和发展创造良好的环境,使其数量逐渐得到恢复。因此,未来应关注对太岳山自然环境的保护和管理,使其群落达到一定的稳定状态。

## 参考文献

- 杜荣赛. 1999. 生物统计学. 北京: 高等教育出版社.
- 李宝堂. 2011. 山西历山自然保护区连翘群落及物种多样性. 东北林业大学学报, **39**(8): 36-39.
- 马小勇, 上官铁梁. 2004. 太岳山森林群落物种多样性. 山地学报, **25**(9): 606-612.
- 孙继超. 2011. 太岳山油松人工林生物量和碳储量研究(硕士学位论文). 北京: 北京林业大学.
- 王伯荪, 彭少麟. 1985. 南亚热带常绿阔叶林种间联结测定技术研究. I. 种间联结测式的探讨与修正. 植物生态学与地植物学丛刊, **9**(4): 274-285.
- 王乃江, 张文辉, 陆元昌, 等. 2010. 陕西子午岭森林植物群落种间联结性. 生态学报, **30**(1): 67-78.
- 王琳, 张金屯. 2004. 历山山地草甸优势种的种间关联和相关分析. 西北植物学报, **24**(8): 1435-1440.
- 王志泰, 包玉, 李毅, 等. 2006. 东祁连山高寒草地柳灌丛群落种间关联性. 生态学杂志, **25**(10): 1177-1180.
- 谢焱, 巨天珍, 师贺雄, 等. 2010. 甘肃省小陇山濒危珍稀植物白皮松群落种间关联. 生态学杂志, **29**(3): 448-453.
- 杨晓东, 傅德平, 袁月, 等. 2010. 新疆艾比湖湿地自然保护区主要植物的种间关系. 干旱区研究, **27**(2): 249-256.
- 张峰, 上官铁梁. 2000. 山西翅果油树群落种间关系的数量分析. 植物生态学报, **24**(3): 351-355.
- 张桂萍, 张峰, 茹文明. 2005. 旅游干扰对历山亚高山草甸优势种群种间相关性的影响. 生态学报, **25**(11): 2868-2874.
- 张金屯. 2004. 数量生态学. 北京: 科学出版社.
- Dice LR. 1945. Measure of the amount of ecologic association between species. *Ecology*, **26**: 297-302.
- Legendre L, Legendre P. 1983. Numerical Ecology. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company.
- Schluter D. 1984. A variance test for detecting species associations, with some example applications. *Ecology*, **65**: 998-1005.

---

作者简介 胡贝娟,女,1987年生,硕士研究生,主要从事植物生态方面的研究。E-mail: m13935734167@163.com  
责任编辑 王伟

---