

# 青海巴滩地区紫花针茅草原群落 种间联结研究

刘洋<sup>1,2</sup>, 彭敏<sup>1</sup>, 卢学峰<sup>1</sup>, 邹芳平<sup>3</sup>, 刘德铭<sup>1,2</sup>, 杨仕兵<sup>1,2</sup>, 周玉碧<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039;

3. 陕西师范大学生命科学学院, 陕西 西安 710062)

**摘要:**种间联结能够反映群落中物种之间的交互作用, 在群落结构功能研究中占有重要位置。在 1 m × 1 m 样方尺度上研究了紫花针茅 *Stipa purpurea* 草原群落中出现频率较高的 14 个物种之间的交互联结性。结果表明紫花针茅草原群落总体种间关联性为负相关, 种对间没有显著相关性。群落尚处在演替初期阶段, 或群落受到外界严重干扰。群落中的物种间不可能形成一种稳定、协调的搭配关系和对环境资源的最佳利用状态, 群落中植物种对间搭配关系表现出偶然性和随机性。

**关键词:**紫花针茅群落; 正向联结; 负向联结; 中性联结

**中图分类号:** S543<sup>+</sup>. 9; S812

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-0629(2007)02-0001-04

种间联结(interspecific association)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的分布而引起的<sup>[1,2]</sup>。种间联结是生态群落重要特征之一, 是群落形成和演化的基础, 是重要的数量和结构指标, 是种群间相互关系的一种表现形式, 也是群落分类的依据。不同种个体水平在空间联结程度的客观测定, 对研究群落水平格局的形成, 种群进化和群落演替动态具有重大意义。种间联结分析作为反映种间关系的一种方法已被广泛应用于植被分析和种间相互作用的研究<sup>[3-7]</sup>。依据群落内共同出现的种对生境选择和要求上的异同以及相互间的吸引或排斥状况, 可将种间关系分成正的、负的关系或不相关 3 种类型<sup>[8]</sup>。由于植物种间关联的研究可以确定植物种间关系, 揭示群落演替中植物替代关系的机制, 成为刻画群落演替趋势的有效方法, 为生产实践中的植被恢复与重建提供理论依据。

本文在系统取样的基础上, 对青海省巴滩地区紫花针茅 *Stipa purpurea* 草原群落的种间关联特征进行了研究分析, 预期更为深入地揭示该区域紫花针茅草原群落的特性, 为区域草原生态系统的恢复提供有益的帮助。

## 1 样地概况

试验区(N35°18'1.7", E101°29'5")位于青海巴滩地区——黄河上游以东附近, 海拔 3 300 ~

3 600 m, 该区为高寒草原区<sup>[9]</sup>, 属典型的高原大陆性气候, 其特征是大气稀薄, 干旱少雨, 光照时间长, 太阳辐射强, 气候温凉寒冷, 气温年较差小。群落类型为紫花针茅 + 川青早熟禾 + 芒荂草等, 伊凡苔草、二裂委陵菜、阿尔泰狗哇花、大花蒿草等为伴生种。

## 2 研究方法

**2.1 取样方法** 采用样方取样的方法<sup>[10]</sup>进行野外调查, 于 2005 年 8 月上旬在各样地随机设置 1 m × 1 m 小样方 60 个, 统计样方内出现的植物种类及物种在样方内的出现频度, 排成 2 × 2 列联表<sup>[11]</sup>。按优势度大小取前 14 种植物进行种间联结分析。

## 2.2 分析方法

**2.2.1 多物种间的总体关联性检验** 采用 Schlueter<sup>[12]</sup>提出的方差比率进行检验, 其计算公式为:

$$VR = \frac{S_r^2}{2}$$

\* 收稿日期: 2006-01-05

基金项目: 国家科技部基础研究快速反应支持项目; 中国科学院西北高原生物研究所知识创新工程领域前沿项目(CXL Y-2002-7)

作者简介: 刘洋(1981-), 男, 山东费县人, 在读硕士生, 主要从事区域生态学方面的研究。

通讯作者: 彭敏 E-mail: pengm@nwipb.ac.cn

$$\text{式中: } S^2 = \frac{1}{N_j} \sum_{j=1}^N (T_j - t)^2$$

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

$$P_i = \frac{n_i}{N}$$

式中  $S$  为物种总数,  $N$  为总样方数,  $T_j$  为样方  $j$  内出现的物种数,  $n_i$  为物种  $i$  出现的样方数。  $t$  为样方中种的平均数,  $VR$  值为群落内植物种的总体联结指数。方差比率法 ( $VR$ ) 可同时检验多物种间的关联, 可以说明在某地出现的多个物种间是否存在显著联结性。先做零假设, 即种群间无显著关联, 按下列公式计算检验统计。  $VR = 1$ , 接受零假设;  $VR > 1$  或  $VR < 1$  否定零假设, 接受被择假设即种间表现出净的正关联或负关联。由于种间正负关联可以相互抵消, 因此采用统计量  $W$  ( $W = N \times VR$ ) 来检验  $VR$  值偏离 1 的显著程度, 若物种不显著相关联, 则  $W$  落入由下面  $\chi^2$  分布给出的界限的概率为 90%,  $\chi_{0.95, N}^2 < W < \chi_{0.05, N}^2$ , 反之物种间显著联结。

**2.2.2 成对种间联结测度指标**  $2 \times 2$  联列表是种间联结测定的基础, 通常是首先把要测定的成对物种在取样中的存在与不存在数据, 排成  $2 \times 2$  联列表, 再将其联列表内的数据带入数学公式进行计算, 最后根据计算结果来分析确定成对物种间的联结程度。

(1)  $\chi^2$  统计量度量<sup>[11-14]</sup>。

$\chi^2$  统计量度量是用来确定实测值与在机率基础上预期值之间偏差的显著程度。在种间联结测定的应用中, 由于取样为非连续取样, 自由度为 1, 因此,  $\chi^2$  统计量度量采用 Yates 的连续校正<sup>[10]</sup>, 其公式为:

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

$\chi^2$  根据  $\chi^2$  值判别, 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。  $ad - bc > 0$  为正联结,  $ad - bc < 0$  为负联结。

(2) 点相关系数其计算公式为:

$$= \frac{ad - bc}{\sqrt{(a+b)(a+c)(b+d)(c+d)}}$$

点联结系数 值亦表示种间的联结程度, 为  $[-1, 1]$  值域的有中心指数。

### 3 结果与分析

紫花针茅草原在景观上只表现为 1 个层片, 为草本植物占绝对优势的群落。在所选 60 个  $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$  的样方内, 共出现 48 种植物 (表 1), 按优势度的大小取前 14 个物种作为研究对象, 进行种间联结性分析。

**3.1 总体联结性分析** 进行联结性分析的 14 个植物种分别为: 紫花针茅、芒萁草、川青早熟禾、伊凡苔草、二裂委陵菜、阿尔泰狗哇花、大花蒿草、双叉细柄茅、赖草、多裂委陵菜、西北针茅、小蒿草、多枝黄芪、小花细柄茅。经计算多物种间联结指数  $VR = 0.792 < 1$ , 统计量  $W = 47.52, 43.19 = \chi_{0.95, 60}^2 < W < \chi_{0.05, 60}^2 = 79.08$ , 表明多物种间为负的相关, 但是尚未达到显著水平, 种的存在具有较高的独立性。

**3.2 主要种种对间联结性  $\chi^2$  检验** 种间联结的  $\chi^2$  检验能比较准确地刻划种对间联结的显著程度, 提供了判断种间联结显著性的定量指标。由图 1 可知, 在紫花针茅群落中出现频率较高的 14 个物种组成的 91 个种对中, 显著相关种对 18 个, 占总对数的近 19.8%, 其中 8 个种对负联结极显著; 5 个种对正联结极显著。正联结、负联结种对数所占的百分比分别为 46.1%、53.9%。负联结种对多于正联结种对, 且极显著负联结的种对数多于极显著正联结种对数, 可见, 这 14 个优势种在总体上呈现微弱的负联结趋势。

**3.3 主要种种对间点相关系数** 值是用来测定物种间联结程度强弱的指标, 其值域为  $[-1, 1]$ 。值越接近 1, 表明两物种间的正联结程度越高, 值越接近 -1, 表明两物种间的负联结程度越高。由图 1、图 2 可知, 种间联结程度的分析与  $\chi^2$  检验结果基本一致<sup>[15]</sup>, 71 个种对 值在 -0.3 至 0.3 之间; 20 个种对大于 0.3 或小于 -0.3。

另外,  $\chi^2$  检验显著正相关且  $> 0.3$  的有 10 对,  $\chi^2$  检验显著负相关且  $< -0.3$  的有 8 对。

表1 紫花针茅草原群落植物种类

植物种	植物种	植物种
紫花针茅 <i>Stipa purpurea</i>	沙蒿 <i>A. desertorum</i>	短穗兔儿草 <i>Lagotis beachystachya</i>
赖草 <i>Leymus secalinus</i>	香薷 <i>Elsholtzia</i>	密花黄芪 <i>Astragalus densiflorus</i>
伊凡苔草 <i>Carex ivanovae</i>	多枝黄芪 <i>Astragalus polycladus</i>	长茎藁本 <i>Ligusticum thomsonii</i>
大花嵩草 <i>Kobresia macrantha</i>	青海虫实 <i>Corispermum lepodocarpum</i>	鳞叶龙胆 <i>Gentiana squarrosa</i>
川青早熟禾 <i>Poa indattenuata</i>	阿拉善马先蒿 <i>Pedicularis alaschanica</i>	黄冠菊 <i>Xanthopappus subacaulis</i>
二裂委陵菜 <i>Potentilla bifurca</i>	垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i>	黄帚橐吾 <i>Ligularia virgaurea</i>
无脉苔草 <i>C. enervis</i>	楔叶山莓草 <i>Sibaldia cuneata</i>	多裂蒲公英 <i>Taraxacum dissectum</i>
平卧轴藜 <i>Axyris prostrata</i>	无茎黄鹌菜 <i>Youngia simulatrix</i>	异叶青兰 <i>Dracocephalumheterophyllum</i>
刺藜 <i>Chenopodium aristatum</i>	小蒿草 <i>C. parva</i>	虬果芥 <i>Neotorularia humilis</i>
狼毒 <i>Stellera chamaejasme</i>	弱小火绒草 <i>Leontopodium humilum</i>	急弯棘豆 <i>Oxytropis deflexa</i>
矮蒿草 <i>K. humilis</i>	垂穗鹑冠草 <i>Roegneria nutans</i>	乳白花黄芪 <i>Albizia galactites</i>
多裂委陵菜 <i>Potentilla multifida</i>	狭叶微孔草 <i>Microula stenophylla</i>	阿尔泰狗哇花 <i>Heteropappus altaicus</i>
西北针茅 <i>Sinochasea krylovii</i>	梭罗草 <i>Kengyilia thoroldia</i>	芒荂草 <i>Koeleria litvinowii</i>
青海鸢尾 <i>Iris qinghainica</i>	青藏大戟 <i>Euphorbia altotibetica</i>	中华羊茅 <i>Fargesia sinensis</i>
双叉细柄茅 <i>Ptilagrostis dichotoma</i>	铺散亚菊 <i>Ajania khartensis</i>	甘青针茅 <i>Sinochasea przewalskyi</i>
猪毛蒿 <i>A. artemisia scoparia</i>	独行菜 <i>Lepidium obtusum</i>	小花细柄茅 <i>Ptilagrostis dichotoma</i>

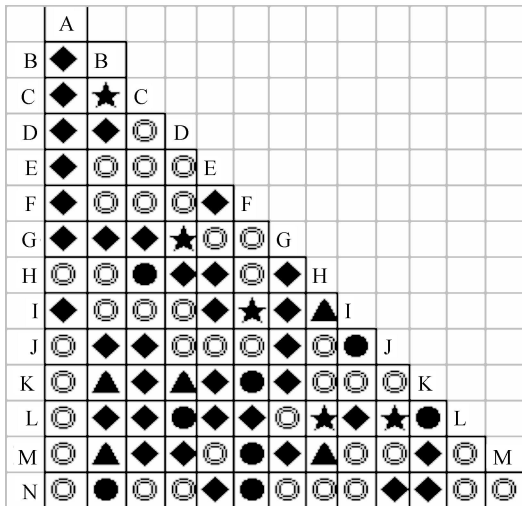


图1 物种联结的  $\chi^2$  值半矩阵图

注:正联结:  $P < 0.01$ (极显著),  $0.01 < P < 0.05$ (显著),  $0.05 < P$ (不显著);负联结:  $P < 0.01$ (极显著),  $0.05 < P$ (不显著) [15-17]。A 紫花针茅;B 芒荂草;C 川青早熟禾;D 伊凡苔草;E 二裂委陵菜;F 阿尔泰狗哇花;G 大花嵩草;H 双叉细柄茅;I 赖草;J 多裂委陵菜;K 西北针茅;L 小蒿草;M 多枝黄芪;N 小花细柄茅。下图同。

3.4 主要种对间联结性分析 由于  $\chi^2$  检验仅得出了种间联结性显著与否的结论,并不能体现种对间联结性的大小,比如那些经  $\chi^2$  检验不显

著的种对间,并不意味着它们不存在联结性,只不过是其  $\chi^2$  值没有达到显著性水平罢了。而点相关系数 则能体现关联度的大小。故联结关系的显著性与关联度的大小成为种间联结研究不可缺少的2个方面[16],因而应综合  $\chi^2$  检验和点相关系数的结果对紫花针茅群落进行种间联结性分析。

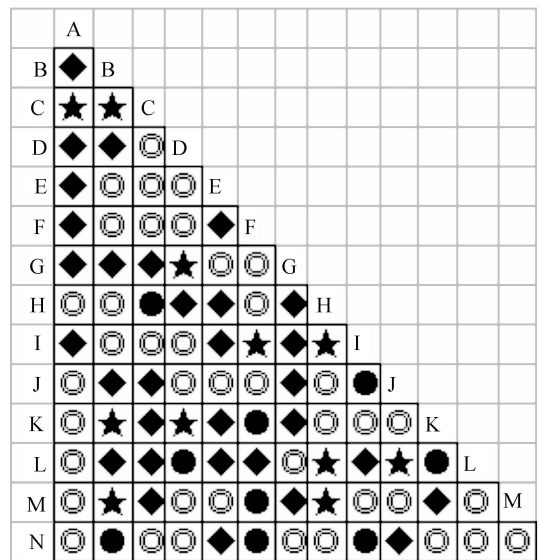


图2 种间点联结系数 半矩阵图

注:  $0.3 < r < 0.5$ ;  $0 < r < 0.3$ ;  $-0.3 < r < 0$ ;  $r < -0.3$ 。

显著正联结的种对表明这些种常相伴出现,一方面是其生态学特性及对环境要求的差异和互补性,在营养生态位上出现重叠,导致各种之间互相兼容、互相促进生长,例如,紫花针茅与川青早熟禾、伊凡苔草与大花嵩草、阿尔泰狗哇花与赖草;另一方面其生态学特性及对环境要求相似,可能存在竞争,但由于养分条件充沛,还不至于排斥,同时出现机会很大,因而也表现出显著正联结,例如芒落草与西北针茅、芒落草与多枝黄芪。

种对间呈现显著负联结体现了种间的排斥性,可能是因为不同种对对群落微环境的需求不一致,生态位重叠的机会小,加上环境营养空间和资源有限,为争夺资源产生竞争和排斥,因而表现出显著负联结。显著负联结的种对有芒落草与小花细柄茅、川青早熟禾与双叉细柄茅、伊凡苔草与小嵩草、阿尔泰狗哇花与西北针茅、阿尔泰狗哇花与多枝黄芪、阿尔泰狗哇花与西北针茅、赖草与多裂委陵菜、赖草与小花细柄茅、西北针茅与小嵩草。

#### 4 讨论

群落总体种间关联性为负相关,种对间没有显著相关性。结合种对间联结性检验和种间关联度的测定结果分析表明,群落尚处在演替初期阶段,或群落受到外界严重干扰,群落中的物种间不可能形成一种稳定、协调的搭配关系和对环境资源的最佳利用状态,群落中植物种对间搭配关系表现出偶然性和随机性<sup>[17]</sup>,实际调查结果也与这基本一致。因此通过群落总体关联性、 $\chi^2$  检验和点相关系数 3 个指标结合使用,较真实地反映出群落的总体特征和群落中各物种间的相互关系。

紫花针茅分布在青藏高原地区,为高寒草原典型代表植物,研究其群落结构和群落演替有重要意义。由于不同物种在空间分布上的相互关联性,通常是由群落生境的差异影响了物种的分布而引起的,因而种间联结的测定与分析对于群落结构和群落演替等方面的研究具有重大意义<sup>[18]</sup>。

#### 参考文献

[1] 王伯荪. 植物种群学[M]. 广州:中山大学出版社, 1989.

- [2] Greig-Smith P. Quantitative Plant Ecology[M]. Blackwell :Scientific publications ,1983.
- [3] Bazzaz F A. The physiological ecology of plant succession [J]. AnnRev Ecology and Systematics , 1979 , 10 :351-371.
- [4] 黄世能,李意德,骆士寿. 海南岛尖峰岭次生热带地雨林树种间联结动态[J]. 植物生态学报,2000 , 24(5) :569-574.
- [5] Myster R W, Pickett S T A. Dyanmic of association between plants in ten old fields during 31 years of succession[J]. Jecol,1992 ,80 :291-302.
- [6] Connor I O, Aarssen L W. Species association patterns in abandoned sand quarries [J]. Vegetation , 1987 , 73 :101-109.
- [7] 周先叶,王伯荪,李鸣光. 广东黑石顶自然保护区森林次生演替过程中群落的种间联结性分析[J]. 植物生态学报,2000 ,24(3) :332-339.
- [8] Hubalek Z. Coefficient of association and similarity based on binary data: an evaluation [J]. Biological Reviews ,1982 ,57(3) :669-689.
- [9] 彭敏. 扎陵湖、鄂陵湖地区的植被类型及其分布规律[J]. 高原生物学期刊,1987 ,11(7) :71-80.
- [10] 孙菁,彭敏,陈桂琛,等. 青海湖区针茅草原生物量的动态变化[J]. 草业科学,2004 ,21(7) :1-5.
- [11] 王伯荪,彭少麟. 南亚热带常绿阔叶林种间联结测定技术研究. 种间联结测试的探讨与修正[J]. 植物生态学与地植物学丛刊,1985 ,9(4) :274-285.
- [12] Schluter D. A variance test for detecting species association with some example application [J]. Ecology ,1984 ,65(3) :998-1005.
- [13] Greig-Smith P. Quantitative Plant Ecology[M]. Blackwell :Scientific publications ,1983.
- [14] Whittaker R H. 植物群落排序[M]. 王伯荪. 北京:科学出版社,1986.
- [15] 李建民,谢芳,陈存及. 光皮桦天然群落优势种群的种间联结性研究[J]. 应用生态学报,2001 ,12(2) :167-170.
- [16] 刘金福,洪伟,樊后保,等. 天然柞林柞林乔木层种群间关联性研究[J]. 林业科学,2001 ,37(4) :117-123.
- [17] 张文辉,祖元刚,周福军. 川西北地区裂叶沙参泡沙参所在群落种间联结性对照研究[J]. 东北林业大学学报,1998 ,26(5) :42-48.
- [18] 赵则海,祖元刚,杨逢建,等. 东灵山辽东栎林木本物种间联结取样技术的研究[J]. 植物生态学报,2003 ,27(3) :396-403.

# 山西省山地丘陵区草地畜牧业主导型 农业系统的建立

孙洪仁<sup>1</sup>, 韩建国<sup>1</sup>, 白元生<sup>2</sup>, 乌 栋<sup>1</sup>, 陈卢亮<sup>1</sup>

(1. 中国农业大学草地研究所, 北京 100094; 2. 山西省牧草工作站, 山西 太原 030001)

**摘要:** 论述了山西省山地丘陵区气候和土地资源的特点、植物生产的主要限制因子, 及由之决定的适宜植物、动物和适宜农业生产类型。从社会、经济、科技和环境等角度进一步论证了山西省山地丘陵区建立草地畜牧业主导型农业系统的可行性。提出了山西省山地丘陵区建立草地畜牧业主导型农业系统的建议目标和保障措施。

**关键词:** 山西; 山地丘陵区; 农业类型; 农业系统; 草地畜牧业

**中图分类号:** S812-05

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-0629(2007)02-0005-05

因高度依赖于难以移动的气候和土地资源, 农业生产呈现出地域分异规律。对于山西省而言, 水资源和土地资源是决定农业生产地域分异的主导因子。依据水土资源特点, 山西省农业生产可划分为两大区域, 即盆地平川区和山地丘陵区。盆地平川区地形较为开阔平坦, 水资源较为丰富, 多具灌溉条件, 土壤较为肥沃, 水土流失较轻, 因而种植业较适宜于开展粮油果菜生产, 产量较高且较为稳定, 经济效益亦较高。盆地平川区种植业可提供较为充足的饲料粮, 因而养殖业可以耗粮型的猪、禽为主。于是, 盆地平川区的农业类型可概括为粮-猪(禽)主导型农业。那么, 作为山西省主

要土地类型区, 约占全省土地总面积 80% 的山地丘陵区<sup>[1]</sup>, 种植业适宜于种植什么作物、养殖业适宜于养殖什么牲畜、适宜的农业类型是什么。

收稿日期: 2005-12-20

基金项目: 农业结构调整重大技术研究专项“人工草地肉羊繁育新技术与示范”(04-13-01A); “948”国际先进农业科技引进重大专项“优质牧草产品加工技术”; 山西省雁门关生态畜牧经济区科技合作项目“高产优质饲草种植加工与高效利用示范推广”

作者简介: 孙洪仁(1965-), 男, 吉林怀德人, 副教授, 硕士, 主要从事人工草地水肥管理及宏观草业研究。

E-mail: sunhongren@cau.edu.cn

## Interspecific association analysis in *Stipa purpurea* community in Batan area in Qinghai

LIU Yang<sup>1,2</sup>, PENG Min<sup>1</sup>, LU Xue-feng<sup>1</sup>, ZOU Fang-ping<sup>3</sup>, LIU De-ming<sup>1,2</sup>,  
YANG Shi-bing<sup>1,2</sup>, ZHOU Yu-bi<sup>1,2</sup>

(1. Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008;

2. Graduated Student College, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039;

3. Life Science College, Shaanxi Normal University, Xi'an, 710062)

**Abstract:** Interspecific association can reflect interspecific competitive interactions in communities and plays an important role in community structure and functioning research. Interspecific association among 14 frequently present species in *Stipa purpurea* community were studied by 1 m × 1 m sampling. The results showed that the multi-interspecific associations were negative. The community was in primary stage of succession, or was disturbed severely by outside. They could neither form a stable or unisonous connection, nor make full use of environment resource among species in communities. Species pairs were randomly arranged.

**Key words:** *Stipa purpurea* community; positive interspecific association; negative interspecific association; neutral interspecific association