

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2013.04.010

李进, 王孝安, 吕海英, 等. 塔克尔莫乎尔沙漠银沙槐群落主要植物的种间关系[J]. 广西植物, 2013, 33(4): 482-487

Li J, Wang XA, Lü HY, et al. Interspecific relationships of major species in *Ammodendron argenteum* communities of Takeermohuer Desert[J]. *Guihaia*, 2013, 33(4): 482-487

塔克尔莫乎尔沙漠银沙槐群落主要植物的种间关系

李进¹, 王孝安², 吕海英¹, 王世雄²

(1. 新疆师范大学 生命科学学院, 乌鲁木齐 830054; 2. 陕西师范大学 生命科学学院, 西安 710062)

摘要: 根据野外调查的样地数据资料, 运用 2×2 列联表的 Fisher 精确检验、Pearson 相关系数和 Spearman 秩相关系数检验, 并结合 DCA 排序, 分析塔克尔莫乎尔沙漠银沙槐群落主要植物种群之间的种间关系。结果表明: Fisher 精确检验有 3 个种对呈显著正关联, 3 个种对呈显著负关联; Pearson 相关系数检验有 1 个种对呈显著正相关, 12 个种对呈显著负相关; Spearman 秩相关系数检验, 有 14 个种对存在显著相关, 其中负相关 13 对, 占所有种对数的 14.29%, 正相关 1 对, 占所有种对数的 1.1%。银沙槐群落种间关系相对松散, 反映出植物群落随着环境变化其物种组成也发生相应变化, 正向着相对稳定独立的无关联方向发展。

关键词: 塔克尔莫乎尔沙漠; 银沙槐群落; Fisher 精确检验; Pearson 相关系数; Spearman 秩相关系数

中图分类号: Q948 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2013)04-0482-06

Interspecific relationships of major species in *Ammodendron argenteum* communities of Takeermohuer Desert

LI Jin¹, WANG Xiao-An², LÜ Hai-Ying¹, WANG Shi-Xiong²

(1. College of Life Sciences, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China; 2. College of Life Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract: Based on the data from the field, the interspecific relationships of the major species in *Ammodendron argenteum* communities of Takeermohuer Desert were studied by Fisher's exact test for 2×2 contingency table, Pearson's correlation coefficient and Spearman's rank correlation coefficient test, coupled with DCA ordination. The results indicated that positive association coefficients of 3 species-pairs and negative association coefficients of 3 species-pairs for the Fisher's exact test were significant. In the Pearson's correlation coefficient test, the number of species-pairs being significantly positive was 1, while the negative was 12. According to Spearman's rank correlation coefficient, 14 species-pairs had significant ($P < 0.05$ or $P < 0.01$) correlation, including 13 negative correlation species-pairs and 1 positive correlation species-pairs, accounting for 14.29% and 1.1% respectively in the total 91 species-pairs. The interspecific relationships of *A. argenteum* communities were incompact, the element of communities would change while the environment condition alter, the *A. argenteum* communities were evolving into steady and independent phase.

Key words: Takeermohuer Desert; *Ammodendron argenteum* communities; Fisher's exact test; Pearson's correlation coefficient; Spearman's rank correlation coefficient

种间关系是种群生态学和群落生态学的重要研究领域之一, 通过对种间关系的研究, 能够客观反映

收稿日期: 2012-11-07 修回日期: 2013-03-30

基金项目: 国家自然科学基金(31160094)

作者简介: 李进(1969-), 男, 陕西汉中, 博士, 副教授, 主要从事植物生态和资源植物利用研究 (E-mail: xjcjlj4@yahoo.com.cn)

不同物种在空间和时间上的相互关系,反映不同物种与环境的相互作用方式,对于掌握群落中种群结构和动态的内在联系,全面了解群落种类组成间相互依存和相互制约的复杂关系,揭示群落结构、特性和演替等本质具有重要意义(付必谦等 2006)。

银沙槐(*Ammodendron argenteum*)为豆科沙生落叶灌木,在我国仅分布于新疆伊犁河谷塔克尔莫乎尔沙漠固定、半固定沙丘和沙地上,其根系发达,耐旱性极强,耐沙埋能力强,是优良的固沙植物,由其形成的银沙槐群落在防风固沙方面起到积极作用。因其在我国分布稀少,对沙漠环境具有独特适应能力,现被列为国家二级保护植物,银沙槐群落在中国的分布区和生态幅度较窄,其种群及群落的存在,以及该群落在荒漠地区所起的重要生态作用,对研究中亚荒漠和该地区的联系具有非常重要的科学价值(海鹰等 2003)。目前,对于塔克尔莫乎尔沙漠银沙槐群落的研究,集中在群落类型方面,而对于种群的种间关系方面的研究尚未见文献报道,本文拟对银沙槐群落主要种群的种间关系进行研究,旨在探索银沙槐群落内物种的分布和主要种群之间的内在联系,掌握种间相互作用规律以及它们与环境的相互关系,为深入研究银沙槐群落的动态变化及其保护措施等提供理论依据。

1 研究区域与研究方法

1.1 研究区自然概况

银沙槐群落的分布区位于新疆伊犁河谷塔克尔莫乎尔沙漠,地处 43°50'34" ~ 44°09'00" N 80°27'00" ~ 80°51'28" E 之间,东西长约 30 km,南北宽约 10 ~ 35 km,自西向东成一梯形分布,面积 485 km²。该分布区多由抛物线状沙丘组成,高度多在 3 ~ 8 m,多为固定、半固定沙丘;具有大陆性温带荒漠气候特点,冬冷夏热,夏季干燥,年降水相对较少,昼夜温差大;年日照时间长,平均为 2 900 ~ 3 000 h;年均气温 10 °C 左右,年均降水量 160 mm 左右,冬季降雪和春季降雨成为植物自然生长和繁衍的重要条件;全年起风沙平均为 46 次,最多可达 55 次,风沙危害为主要自然灾害之一(海鹰等 2003;李进等 2008)。

银沙槐群落在固定和半固定沙丘上生长良好,总盖度为 15% ~ 50%,经常与密刺沙拐枣(*Calligonum densum*)群落、无叶沙拐枣(*Calligonum aphyllum*)群落、梭梭(*Haloxylon ammodendron*)群落、心叶驼绒藜

(*Ceratoides ewersmanniana*)群落、疏叶骆驼刺(*Alhagi sparsifolia*)群落等形成复合分布格局,伴生种类有 60 余种,常见的有扁果木蓼(*Atraphaxis replicata*)、铃铛刺(*Halimodendron halodendron*)、木贼麻黄(*Ephedra eguiseitina*)、怪柳(*Tamarix* ssp.)、芦苇(*Phragmites australis*)、羽毛三芒草(*Aristida pennata*)、细叶鸢尾(*Iris tenuifolia*)、翼茎刺头菊(*Cousinia alata*)、茧荚黄芪(*Astragalus lehmannianus*)、毛豆黄芪(*Astragalus cognatus*)、对节刺(*Horaninowia ulicina*)、沙蓬(*Agriophyllum squarrosum*)、角果藜(*Ceratocarpus arenarius*)、猪毛菜(*Salsola collina*)、刺沙蓬(*Salsola ruthenica*)、中亚虫实(*Corispermum heptapotamicum*)、倒披针叶虫实(*Corispermum lehmannianum*)、地肤(*Kochia scoparia*)等灌木和草本植物(海鹰等 2003;李进等 2008)。

1.2 取样方法

于 2010 ~ 2011 年通过野外实地的全面考察,在银沙槐集中分布区域内,选择具有代表性的银沙槐群落作为研究样地,共设 10 个样带,每个样带取样方 10 个,样方大小为 10 m × 10 m。记录样方中所出现灌木和草本植物的株数、高度、基径和盖度等。根据频度大小,将频度小于 5% 的植物种类剔除后,共选取 14 个主要植物种(种名见表 1)。

表 1 银沙槐群落主要植物的种名和序号

Table 1 Name and number of major species in *Ammodendron argenteum* communities

序号 No.	种名 Name of species	序号 No.	种名 Name of species
1	银沙槐 <i>Ammodendron argenteum</i>	8	角果藜 <i>Ceratocarpus arenarius</i>
2	密刺沙拐枣 <i>Calligonum densum</i>	9	对节刺 <i>Horaninowia ulicina</i>
3	无叶沙拐枣 <i>Calligonum aphyllum</i>	10	刺沙蓬 <i>Salsola ruthenica</i>
4	扁果木蓼 <i>Atraphaxis replicata</i>	11	播娘蒿 <i>Descurainia sophia</i>
5	心叶驼绒藜 <i>Ceratoides ewersmanniana</i>	12	羽毛三芒草 <i>Aristida pennata</i>
6	疏叶骆驼刺 <i>Alhagi sparsifolia</i>	13	丝路蓟 <i>Cirsium arvense</i>
7	沙蓬 <i>Agriophyllum squarrosum</i>	14	细叶鸢尾 <i>Iris tenuifolia</i>

1.3 数据处理

用植物的重要值作为数量性状,组成 100 × 14 的原始数据矩阵,在此基础上进行种间关联和种间协变分析。重要值计算公式如下:

$$\text{重要值} = (\text{相对密度} + \text{相对盖度} + \text{相对频度}) / 300$$

1.3.1 2×2 列联表的 Fisher 精确检验 根据物种的出现与否 将 100 × 14 的原始数据矩阵转化为 0, 1 形式的二元数据矩阵 然后分别构造 14 个种对间的 2 × 2 列联表 共 91 个 对这些列联表进行 Fisher 精确检验。

$$P(1) = \frac{(a+b)! (c+d)! (a+c)! (b+d)!}{N! a! b! c! d!} \dots (1)$$

式中: N 为样方总数, a 为两个种均出现的样方数, b, c 为仅有一个种出现的样方数, d 为两物种皆未出现的样方数。

对于任一 2 × 2 列联表, Fisher 精确检验首先求出 $P(1)$ 。然后在保持行、列总数 ($a+b, c+d, a+c, b+d$) 不变的前提下, 将表中最小的值, 逐个降低直到 0。每降低一次, 按照 (1) 式求 $P(2), P(3), \dots, P(j), \dots, P = \sum_{j=1}^m P(j)$ (其中 m 是计算 P 所用的列联表数) (付必谦等, 2006)。

当 $P < 0.05/2$, 如果 $ad > bc$, 种 i 与种 j 之间存在显著的正关联; 如果 $ad < bc$, 种 i 与种 j 之间存在显著的负关联。当 $P > 0.05/2$, 则种 i 与种 j 之间不存在任何显著性关联。当 $P < 0.01/2$, 如果 $ad > bc$, 种 i 与种 j 之间存在极显著的正关联; 如果 $ad < bc$, 种 i 与种 j 之间存在极显著的负关联 (付必谦等, 2006)。

1.3.2 Pearson 相关分析 Pearson 相关分析是假定种群皆服从正态分布, 其表达式:

$$r_{P(i,j)} = \frac{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_i)(x_{jk} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_i)^2 \sum_{k=1}^n (x_{jk} - \bar{x}_j)^2}}$$

式中: n 为样方数; x_{ik}, x_{jk} 分别为种 i 和种 j 在样方中的重要值; \bar{x}_i, \bar{x}_j 分别为其对应的平均值。

1.3.3 Spearman 秩相关分析 Spearman 秩相关分析首先将物种重要值向量变换为秩化向量, 然后将秩化向量代入相关系数公式, 得到的值称为秩相关系数。

$$r_{S(i,j)} = 1 - \frac{6 \sum_{k=1}^n d_k^2}{n^3 - n}$$

式中: $d_k = x_{ik} - x_{jk}$, x_{ik} 和 x_{jk} 分别为种 i 和种 j 在样方 k 中的秩 (付必谦等, 2006)。

以上数据分析均采用 SPSS 13.0 for windows 软件包进行运算。

1.3.4 DCA 排序 以物种重要值组成的数据为排序的原始矩阵, 利用 CANOCO (Version 4.5) 统计分析软件的 DCA 排序分析功能对种群进行排序。

2 结果与分析

2.1 种间关联分析

种间关联测定值本身具有种群生态学特征, 它在一定程度上衡量了种间的相互关系以及植物对环境综合生态因子反应的差异。在银沙槐群落的主要种群中, 灌木有 6 种, 15 个种对; 草本有 8 种, 28 个种对; 灌木与草本有 48 个种对。对野外调查数据进行 2×2 列联表的 Fisher 精确检验, 结果如表 2 和图 1 所示。

2×2 列联表的 Fisher 精确检验结果表明, 银沙槐群落主要植物的 91 个种对中, 有显著关系的种对数共 6 对, 其中呈极显著正关联的种对有 1 个, 占总对数的 1.10%; 呈显著正关联的种对有 2 个, 占总对数

表 2 银沙槐群落主要植物的 2×2 列联表 Fisher 精确检验结果

Table 2 Results of Fisher exact test for 2×2 contingency tables of major plants in *Ammodendron argenteum* communities

植物群落 Plant community	极显著关联的种对数 Very significantly correlated species-pair ($P < 0.01$)		不显著关联的种对数 Insignificantly correlated species-pair ($P > 0.05$)		显著关联的种对数 Significantly correlated species-pair ($0.01 < P < 0.05$)	
	正关联 Positive	负关联 Negative	正关联 Positive	负关联 Negative	正关联 Positive	负关联 Negative
	灌木 Shrub	0	1	0	0	3
草本 Herb	0	1	1	0	20	6
灌木与草本 Shrub and herb	1	1	1	0	18	27

的 2.20%; 极显著负相关的种对有 3 个, 占总对数的 3.30%; 显著负相关的种对有 0 个。极显著和显著正关联的种对数所占比率约为 3.30%, 极显著和显著负关联的种对数所占比率约为 3.30%。在所有种对中, 正关联的种对有 44 个, 负关联的种对

有 47 个, 正、负关联种对数分别占总种对数的 48.35% 和 51.65%, 负关联种对数大于正关联种对数, 说明群落仍处于发展演替之中; 正、负关联种对数比例为 0.936, 接近于 1, 这说明本次取样尺度合理有效, 能够准确反映调查地的植被分布状况。

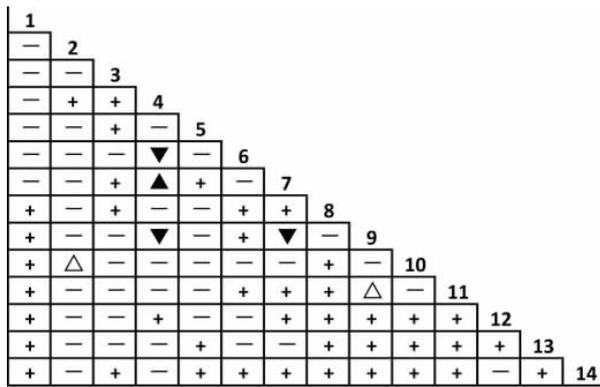


图 1 2x2 列联表 Fisher 精确检验结果半矩阵图 ▲ 极显著的正关联; △ 显著的正关联; ▼ 极显著的负关联; ▽ 显著的负关联; + 不显著正关联; - 不显著负关联。下同。
Fig. 1 Semi-matrix of Fisher's exact test for 2x2 contingency tables ▲ Very significantly positive correlation; △ Significantly positive correlation; ▼ Very significantly negative correlation; ▽ Significantly negative correlation; + Not significantly positive correlation; - Not significantly negative correlation. The same below.

2.2 种间协变分析

2.2.1 Pearson 相关分析 根据 Pearson 相关分析结果(表 3、图 2)可知,14 个主要植物种间呈不显著正关联的种对有 30 个,极显著和显著正关联的种对只有 1 对,占总种对数的 1.10%,所占比率很低;呈不显著负关联的种对有 48 个,极显著和显著负相关的种对有 12 对,占总种对数的 13.19%。在 91 个种对中,呈极显著和显著关联的种对共计 13 对,高于 Fisher 精确检验结果。

总体上负相关种对数远远大于正相关种对数,在整体上表现出负相关趋势。植物种对的负关联性体现了物种间的排斥性,这是长期适应不同微环境,利用不同空间资源的结果,也是生态位分离的反映。
2.2.2 Spearman 秩相关分析 Spearman 秩相关分析结果(表 4、图 3)表明,不显著相关的种对中,正相关 36 对,负相关 40 对;呈极显著和显著相关的种对共有 15 对,占总种对数的 16.48%,高于 Fisher 精

表 3 银沙槐群落主要植物的 Pearson 相关分析结果

Table 3 Results of Pearson's correlation for major plants in *Ammodendron argenteum* communities

植物群落 Plant community	极显著关联的种对数 Very significantly correlated species-pair ($P < 0.01$)		不显著关联的种对数 Insignificantly correlated species-pair ($P > 0.05$)		显著关联的种对数 Significantly correlated species-pair ($0.01 < P < 0.05$)	
	正关联 Positive	负关联 Negative	正关联 Positive	负关联 Negative	正关联 Positive	负关联 Negative
	灌木 Shrub	0	4	0	2	4
草本 Herb	0	3	0	0	9	16
灌木与草本 Shrub and herb	1	2	0	1	17	27

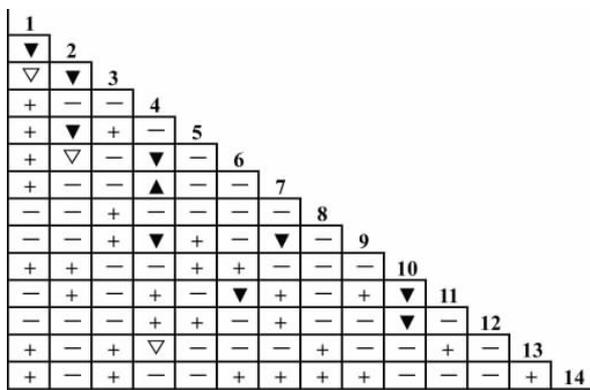


图 2 Pearson 相关系数半矩阵图
Fig. 2 Semi-matrix of Pearson's correlation coefficient

确检验和 Pearson 相关分析的结果,其中正相关 1 对,负相关 14 对,这也说明 Spearman 秩相关分析比前两种的灵敏度要高; Spearman 秩相关分析与

Pearson 相关分析结果相比较,二者呈极显著和显著相关的种对比例都较低,表明主要植物种之间的联结性不强,存在相当的独立分布格局,而且 14 个主要种群间的负相关占据优势地位,预示着这些种群对生境具有生态适应性方面的差异以及生态位分化趋势(李晶 2006)。

2.3 物种的 DCA 排序

DCA 排序的结果如图 4 所示。扁果木蓼(种 4)和沙蓬(种 7)在 DCA 图中位于中部偏右上的位置,也即他们的排序得分较大,表明他们在群落中的种间关联最强,对于稳定群落或生态系统起到很大贡献。同时,银沙槐、密刺沙拐枣、无叶沙拐枣、心叶驼绒藜、疏叶骆驼刺、刺沙蓬、播娘蒿、羽毛三芒草等植物种之间虽然没有表现出显著性关联,但他们在研究区域广泛存在,在塔克尔莫乎尔沙漠干旱环境下形成的特殊植物区系中占有不可忽视的地位。

表 4 银沙槐群落主要植物的 Spearman 秩相关分析结果
Table 4 Results of Spearman's rank correlation for major plants in *Ammodendron argenteum* community

植物群落 Plant community	极显著关联的种对数 Very significantly correlated species-pair($P < 0.01$)		不显著关联的种对数 Insignificantly correlated species-pair ($P > 0.05$)		显著关联的种对数 Significantly correlated species-pair ($0.01 < P < 0.05$)	
	正关联 Positive	负关联 Negative	正关联 Positive	负关联 Negative	正关联 Positive	负关联 Negative
	灌木 Shrub	0	5	0	2	5
草本 Herb	0	1	0	2	11	14
灌木与草本 Shrub and herb	1	3	0	1	20	23

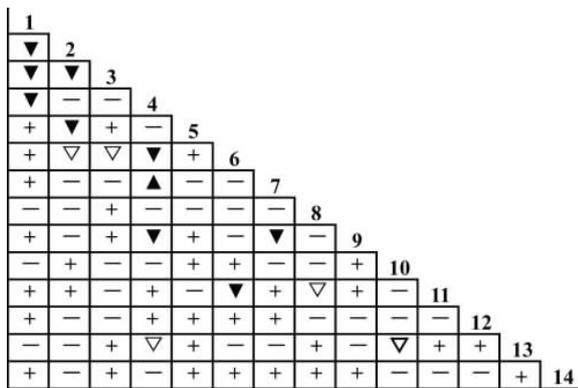


图 3 Spearman 秩相关系数半矩阵图

Fig. 3 Semi-matrix of Spearman's rank correlation

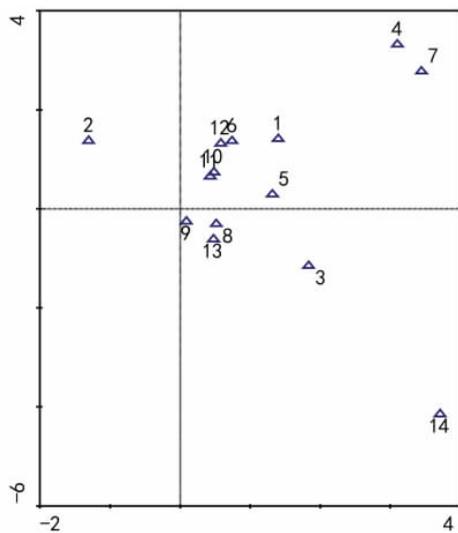


图 4 DCA 排序的二维散点图 图中编号所对应物种见表 1。

Fig. 4 Two-dimensional scatter plot of DCA ordination
Species code is given in Table 1.

3 讨论

3.1 种间关联分析

在灌木层中,种对间呈极显著和显著关系的只

有无叶沙拐枣与疏叶骆驼刺,二者呈极显著负关联,它们属典型耐旱植物,所处的生境较为相似,生长于较为干燥、多风的沙漠环境,对干旱瘠薄、光照充足的生境有较强适应性;无叶沙拐枣属典型灌木,多分布在沙丘底部和中部,个体数目相对较少,而疏叶骆驼刺属半灌木,数量相对较大,多集中分布在平沙地上;无叶沙拐枣和疏叶骆驼刺间的不同生态习性、相互分离的生态位以及对微环境不同生态适应性导致它们之间呈负关联。

从草本层看,显著正关联的种对有播娘蒿与对节刺,主要由它们对沙漠干旱生境具有较为一致的生态适应性造成。极显著负关联的种对有沙蓬与对节刺,不同生态习性及其对沙漠微生境水分、养分需求差异是造成它们为负关联的重要原因。

灌木与草本植物中,极显著和显著正关联的种对有扁果木蓼与沙蓬、密刺沙拐枣与刺杀蓬,种间的相互依赖关系及对生境的相同适应和反应,是使其呈正关联的主要原因。呈极显著负关联的种对有扁果木蓼和对节刺,这是由它们不同的生态习性和生态适应性所决定的。

3.2 种间协变分析

在银沙槐群落中,用 Spearman 秩相关系数检验种间相关性结果表明,草本层中呈极显著、显著负相关的种对有沙蓬与对节刺、角果藜与播娘蒿,这可能是因为它们对沙漠环境的不同生态适应以及他感作用等造成种对之间的负关联。

灌木层中呈极显著、显著负相关的种对有银沙槐与密刺沙拐枣、无叶沙拐枣之间、密刺沙拐枣与无叶沙拐枣、疏叶骆驼刺之间、疏叶骆驼刺与扁果木蓼、无叶沙拐枣之间所形成的种对,这些植物种居于银沙槐群落的上层或中层,喜阳,具有相对较大的盖度,为了在严酷的沙漠环境中争夺有限的生存空间,保证自身对水分、养分等资源的需求,必然展开激烈的种间竞争,形成物种之间的负相关。

灌木与草本植物中,扁果木蓼与沙蓬之间呈极显著正相关,扁果木蓼与对节刺和丝路蓟、疏叶骆驼刺与播娘蒿之间呈极显著或显著负相关。物种之间为正相关,是一个种依赖于另一个种而存在或两者受生物的和非生物的环境因子影响而生长在一起,是它们有着较为一致的生态习性所致,而物种之间负相关,则是因为它们对环境具有不同的生态适应性和相互分离的生态位造成的(吴东丽等 2003)。

3.3 种间关系与群落演替

本研究中 Spearman 秩相关检验结果表明,扁果木蓼与对节刺和丝路蓟、疏叶骆驼刺与播娘蒿之间呈极显著或显著负相关,主要是因为这些物种对资源和环境要求不同,可能正处在不同的演替阶段。扁果木蓼与沙蓬之间呈极显著正相关,是因为它们具有相似的资源环境要求,而且处于同一演替时期。银沙槐群落中各植物种对间呈显著或极显著关联的数量不多,而且负关联种对数多于正关联数,说明群落具有各植物种间联结性不强,有独立分布特征,各物种关系相对比较松散的特点。

许冬焱(2009)和关锐敏等(2009)的研究表明随着植被群落演替的进展,群落结构及其种类组成将逐渐趋于完善和稳定,种间关系也将趋于松散,以求得多物种间的稳定共存。在干旱环境条件下形成的密度较低的植物群落其种间关联强度也会减弱,但长期适应过程中,也会使种间(多为群落优势种)形成相对稳定的较强的种间关联,同样可以保证群落的稳定以及种间一定的共生依赖关系(陶冶等,2009)。刘洋等(2007)认为多种间的总体显著正联结性和种对间负多正少的现象,对于干旱区植物群落来讲,是一个较为稳定的演替阶段。塔克尔莫乎尔沙漠银沙槐群落内物种的种间关系也遵循这一规律,群落内银沙槐、密刺沙拐枣、疏叶骆驼刺、播娘蒿、对节刺等植物种分布广泛,而且存在分布不均匀现象,种对间关联负多正少,各植物种之间的联结性不强,种间关系相对松散,反映了群落的相对稳定性,这进一步说明整个银沙槐群落正向稳定独立的无关联方向发展。

银沙槐群落是塔克尔莫乎尔沙漠重要的固沙植被类型,研究区域内银沙槐分布广泛,对沙丘具有显著稳固作用,整个群落处于相对稳定状态。但随着

植被发育,群落结构将有所改变,各物种对之间的正负关联性也会发生显著变化。因此,研究银沙槐群落内各种群的种间关系,预示群落发展动态,为人工防沙、固沙,构建稳定的沙漠植物群落,将具有重要的指导意义。

参考文献:

- 付必谦,张峰,高瑞如. 2006. 生态学实验原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 153-163: 207-226
- Guan RM(关锐敏), Wang XA(王孝安), Guo H(郭华). 2009. Analysis on the inter-specific association of the climax community in the Malan forest area on the Loess Plateau(黄土高原马栏林区顶级群落的种间关联分析)[J]. *Arid Zone Res* (干旱区研究) 26(4): 569-573
- Hai Y(海鹰), Zhang LY(张立运), Li W(李卫). 2003. Plant communities excluded from the book "The Vegetation and Its Utilization in Xinjiang"(《新疆植被及其利用》专著中未曾记载的植物群落类型)[J]. *Arid Land Geogr* (干旱区地理) 26(4): 413-419
- Li J(李晶), ShangGuan TL(上官铁梁). 2006. Interspecific relationships of dominant species in *Hippophae rhamnoides* subsp. *Sinensis* community in the north of Shanxi(山西北部沙棘群落优势种种间关系)[J]. *J Mount Sci* (山地学报) 24(2): 222-226
- Li J(李进), Yang ZJ(杨志江). 2008. The flora in takeermohuer desert(伊犁塔克尔莫乎尔沙漠植物区系)[J]. *Xinjiang Agric Sci* (新疆农业科学) 45(S3): 119-122
- Liu Y(刘洋), Peng M(彭敏), Lu XF(卢学峰) et al. 2007. Interspecific association analysis in *Stipa purpurea* community in Batan area in Qinghai(青海巴滩地区紫花针茅草原群落种间联结研究)[J]. *Pratac Sci* (草业科学) 24(2): 1-5
- Tao Y(陶冶), Liu T(刘彤), Xu YY(徐岩岩) et al. 2009. Interspecific associations among main plant populations in communities with *Arabidopsis thaliana* occurrence in middle part of northern Tianshan Mountain(天山北麓中段拟南芥生存群落主要种群种间联结性)[J]. *Chin J Ecol* (生态学杂志) 28(10): 1935-1941
- Wu DL(吴东丽), ShangGuan TL(上官铁梁), Xue HX(薛红喜) et al. 2003. Study on interspecific relationship of the plant communities of wetland in Hutuo River valley, Shanxi(滹沱河湿地植物群落的种间关系研究)[J]. *J Shanxi Univ* (山西大学学报) 26(1): 71-75
- Xing F(邢福), Guo JX(郭继勋). 2001. Comparative analysis of interspecific association for three grazing successional stages of *Cleistogenes squarrosa* Steppe(糙隐子草草原3个放牧演替阶段的种间联结对比分析)[J]. *Chin J Plant Ecol* (植物生态学报) 25(6): 693-698
- Xu DY(许冬焱). 2009. Interspecific association of principal tree species in the restorable community of the wind-damaged slash in Junyun Mount(缙云山风灾迹地恢复群落主要乔木树种种间联结性)[J]. *Guihaia* (广西植物) 29(3): 321-326