林业科学研究 2005, 18(2): 158~162
Forest Research

文章编号: 1001-1498(2005)02-0158-05

乌兰布和沙漠东北缘不同灌溉模式绿洲外围半固定白刺群落格局研究

李慧卿[1,3], 赵秀莲[1], 张景波[2], 李慧勇[4], 江泽平[1], 张洪江[3]

(1. 中国林业科学研究院林业研究所, 国家林业局林木培育重点实验室, 北京 100091;
2. 中国林业科学研究院沙漠林业实验中心, 内蒙古 磴口 015200; 3. 北京林业大学水土保持学院, 北京 100083;
4. 山西水利科学研究所, 山西 太原 030002)

摘要: 以乌兰布和沙漠东北缘黄灌区和井灌区绿洲外围天然半固定白刺群落为研究对象, 主要采用 Ver Hoef 等 1989 年修正的多规模排序法, Dale 等提出的格局强度、格局一致性指标以及 Noy-Meir 等移动的样方加权平均值, 对比分析了两个群落的植被格局特点, 包括格局规模、不同格局规模上植物种的组合、植被沿样带的变化, 格局强度以及格局的一致性。结果表明: 两个半固定白刺群落格局都是白刺单种群控制的灌木格局。相同的植物种在不同的格局规模以及不同的环境条件下, 种间联结关系会不一样。与井灌区绿洲外围半固定白刺群落相比, 黄灌区绿洲外围的半固定白刺群落平均格局规模数较多, 格局规模相对较大, 相应的格局强度较低, 格局一致性相对较差。

关键词: 白刺; 群落; 多规模排序; 格局强度; 格局一致性; 贡献率
中图分类号: S727.23 文献标识码: A

Contrast of Pattern Characters in Two Different Natural *Nitraria tangutorum* Communnities in Half Fixed Dunes Outside Oases under Different Irrigating Systems

LI Hui-qing[1,3], *ZHAO Xiu-lian*[1], *ZHANG Jing-bo*[2], *LI Hui-yong*[4], *JIANG Ze-ping*[1], *ZHANG Hong-jiang*[3]

(1. Research Institute of Forestry, CAF; Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, Beijing 100091, China;
2. Desert Forestry Experimental Center, CAF, Dengkou 015200, Inner Mongolia, China; 3. Soil and Water Conservation College, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 4. Shanxi Water Resource and Hydraulics Research Institute, Taiyuan 030002, Shanxi, China)

Abstract: Making use of the methods of multi-scale ordination (Ver Hoef & Glenn-Lewin, 1989), the pattern intense and pattern consistence index (Dale & Zbigniewicz) and the moving weight average quadrat scores (Noy-Meir & Anderson), the paper analyzed the vegetation pattern characters of the natural *Nitraria tangutorum* communities in half fixed dunes outside the Huanghe River irrigating oasis and the well water irrigating oasis including pattern scale, species combination at different scale, behavior of the vegetation along the transect, pattern intense and pattern consistence. The results showed that both the two half fixed *Nitraria tanguiorum* communities were shrub patterns controlled by single species. The association of same species were different at different scale and under different environment condition. The average number of pattern scale was more, pattern scale was larger, the corresponding pattern intense was lower, and the pattern consistence was smaller in *Nitraria tangutorum* communities of half fixed dunes outside the Huanghe River irrigating oasis, contrasting with that outside the well water irrigating oasis.

Key words: *Nitraria tangutorum*; community; multi_scale ordination; pattern intense; pattern consistence; contribution

收稿日期: 2004-08-02
基金项目: 国家科技攻关计划专题(2002BA517A09-2)
作者简介: 李慧卿(1971—), 女, 山西盂县人, 助理研究员, 在职博士生, 主要从事植物地理、荒漠化防治以及水土保持方面的研究.

种群和群落的分布格局是植物生态学研究的热点之一。Noy-Meir[1] 等创造并由 Ver Hoef 等[2] 修正的多规模排序法, 是研究多种群多规模格局应用频率最高的一种方法, 但在国内植被格局研究中应用的还较少。它的优点在于: ①能够有效地鉴别出多种群多规模的斑块; ②能够成功地评价在多种规模格局上多种群的关联性以及关联程度, 而这是用传统排序方法作植被格局分析所做不到的; ③分析结果不受样带起始点的影响; ④协方差矩阵可以在任何大小的区组上进行计算。本研究中, 继续采用 Dale 等[3] 建议的种群贡献率以及多种群格局一致性指标进行分析, 使多种群多规模植被格局分析内容得到补充完善。

白刺(*Nitraria tangutorum* Bobr.) 是荒漠和半荒漠地区重要的植物建群种之一, 为亚洲中部荒漠的特有成分, 在防止风沙危害、改良土壤、保持沙区生态平衡过程中发挥着重要作用。本文对乌兰布和沙漠东北缘黄河水灌溉绿洲以及井水灌溉绿洲外围天然半固定白刺群落格局进行研究, 旨在探讨不同灌溉模式绿洲外围植被的空间分布格局特点及植物种间关系, 以及不同灌溉模式绿洲开发对外围天然植被结构的潜在影响, 为该区人工防治荒漠化、进行植被恢复重建提供依据。

1　研究区自然概况

乌兰布和沙漠位于 39°19′ ~ 40°57′ N, 106°19′ ~ 106°57′ E, 面积 1.298 × 10^4 km^2, 是我国八大沙漠之一。该区平均气温 8.5 ℃, 年降水量 80~ 150 mm, 年蒸发量高达 3 500 mm。气候干旱, 降水稀少, 大风和干热风多且强烈, 自然环境十分严酷。植被以旱生及超旱生沙生灌木或半灌木植物为主。

研究区段主要在中国林业科学研究院沙漠林业实验中心实验场。根据灌溉方式, 将绿洲分为黄河水灌溉区(黄灌区) 和井水灌溉区(井灌区)。黄灌区一般地势较低, 地下水埋深平均为 3 m 左右。黄灌区绿洲外围试验地点主要选在实验一场西大滩。井灌区地势较高, 地下水埋深平均为 9 m 左右。井灌区绿洲外围试验地点选在试验四场西侧。两个群落地貌都为缓平沙丘, 土壤主要是古黄河漫滩相黏土上覆盖的风沙土以及出露的黏土, 群落植被主要是白刺。

2　研究方法

2.1　取样方法

取样采用连续小样方组成的样带法[4]。2003 年 9 月初, 在乌兰布和沙漠东北缘不同灌溉模式绿洲外围, 首先选择两个典型的天然半固定白刺群落, 然后在群落内布置样带。样带的方向垂直于西北风主害风方向(主害风方向为西偏北 12°)。因为在冬春季节, 起沙风以西北风为主, 而垂直于主害风方向的植被格局对沙面的稳定性影响相对较大。本文研究的是灌木加草本的多种群混合格局, 样方大小的选择以照顾草本为主, 通过加长样带的长度来满足灌木格局的需求, 因此将小样方设计为 50 cm × 50 cm。为减低农田防护林对绿洲外围植被的影响, 样带距农田防护林网约 500~ 700 m。在黄灌区绿洲外围半固定白刺群落内布置了两条样带, 井灌区绿洲外围半固定白刺群落内布置了一条样带, 每条样带的小样方数目为 512 个。记录小样方中所有植物种的盖度。

2.2　数据分析方法

(1) 格局规模分析　采用 Ver Hoef 等[2] 修正的多规模排序法。先用 Hill 的双项局部样方方差"Two term local quadrat variance"以及它相应的协方差[5] (本文最大区组数定为总样方数的三分之一), 计算出所有种不同区组的协方差矩阵 C_b; 然后将不同区组的协方差矩阵相加, 得出协方差和矩阵 C; 对协方差和矩阵进行主成分分析(PCA), 找出主成分及其特征值; 再将主成分特征值分配到不同区组的协方差矩阵中。将分配在区组中的主成分特征值(方差) $W_i(b)$ 与区组大小作图。与区组相对应的方差图的顶点或峰值可以解释成与植被格局规模相关。

(2) 格局强度分析　采用 Dale 等[3] 建议的方法, 利用完全格局的概念, 将每一区组的方差 $W_i(b)$ 转换成格局强度 $J_i(b)$, 公式为:

$$J_i(b) = \sqrt{6bW_i(b)/(b^2+2)}$$

(3) 格局一致性分析　根据 Dale 等[3] 提出的格局一致性指标, 推算出的在不同排序轴及不同区组上的格局一致性指标为: $M_i(b) = J_i(b)/\sum_j D_j$

不同排序轴解释的植被总体格局一致性指标为: $M_{it} = \sum_b M_i(b)$

其中 $M_i(b)$: 在不同排序轴 i 以及不同区组 b 上的格局一致性指标; M_{it}: 不同排序轴解释的植被总体格局一致性指标; D_j: 出现在小样方中的植物种 j 的盖度; $J_i(b)$: 在不同排序轴 i 及不同区组 b 上的格局强度。

群落总体格局一致性指标可以用不同排序轴解释的植被总体格局一致性指标赋予权重后的和来表示(权重值为各主成分对方差的贡献率)。

(4) 植物种对格局的贡献率分析　采用 Dale 等[3] 建议的方法。

(5) 植被沿样带的变化　根据 Noy-Meir 等[1] 的方法,计算出移动的样方加权平均值。

3　结果与分析

3.1　黄灌区绿洲外围半固定白刺群落植被格局

3.1.1　植被格局规模及植物种组合　对黄灌区绿洲外围半固定白刺群落内所有植物种不同区组协方差和矩阵进行主成分分析,根据特征值占总方差的比率,第 1 条样带选取 1 个主成分,解释 99.97% 的植被信息量;第 2 条样带也选取一个主成分,解释 94.88% 的植被信息量。

从图 1 样带 1 中可以看出:样带 1 代表的植被存在 3 个规模的斑块,即区组 21、区组 61 以及区组 103 规模的斑块,相应的斑块长度分别为 10.5、30.5、51.5 m。从峰值的高低可以看出:区组 21 规模的斑块对植被的贡献最大,其次分别为区组 103、区组 61 规模的斑块。从峰的陡峭程度可以看出:区组 21、61 规模的斑块界限要比区组 103 规模的斑块界限更明显一些。从植物种对植被的贡献率来看(表 1 样带 1),白刺贡献率高达 99.92%,占绝对的控制地位。草本植物中,沙米(*Agriophyllum squarrosum* (L.) Moq.)贡献率最高,也仅占 0.08%,虫实(*Corispermum monglicum* Iljin.)、猪毛菜(*Salsola collina* Pall.)和沙竹(*Psammochloa villosa* (Trin.) Bor.)的贡献率接近于零。可见黄灌区白刺群落样带 1 代表的植被基本为白刺单种群控制的灌木格局。在主成分特征向量提供的植物种得分中,具有相似分数的植物在这个规模的斑块上最大程度地趋向于正关联[2]。从样带 1 (表 1) 主成分特征向量可以看出:白刺与猪毛菜成正关联,但关联程度并不密切;白刺与沙米、虫实和沙竹成负关联。这是因为在样带 1 上,猪毛菜经常生长在白刺包上,而沙米、虫实和沙竹则更多的生长在两个白刺包之间,草本植物的盖度相对较小,所有关联程度都不密切。

从图 1 样带 2 可以看出:样带 2 代表的植被存在 3 个规模的斑块,即区组 11、区组 48 以及区组 105 规模的斑块,相应的斑块长度分别为 5.5、24、52.5 m。在 3 个格局规模中,区组 48 规模的斑块对植被贡献最大;而区组 11 规模的斑块界限最明显。从表 1 植物种贡献率可以看出:样带 2 代表的植被格局基本为白刺单种群控制的灌木格局,白刺贡献率高达 99.71%,而沙冬青(*Ammopiptanthus mongolicus* (Maxim.) Cheng f.)和草本植物的贡献率都很低。从主成分特征向量可以看出(表 1 样带 2),在这 3 个规模的斑块上,白刺与虫实、沙竹、沙米和五星蒿(*Bassia dasyphylla* (Fisch. et Mey.) O. Kuntze.)都成正关联,但关联程度都不太紧密;白刺与沙冬青成负关联。因为在样带 2 上,虫实、沙竹、沙米和五星蒿都不同程度的出现在白刺包上,与白刺混生;而沙冬青则主要出现在白刺未生长的地方。

表 1　黄灌区绿洲外围半固定白刺群落植物种对植被格局的贡献率以及主成分的特征向量

样带号	植物种	植物种贡献率(第 1 主成分)	主成分特征向量(第 1 主成分)	样带号	植物种	植物种贡献率(第 1 主成分)	主成分特征向量(第 1 主成分)
1	白刺	0.999 2	0.999 6	2	沙冬青	0.000 8	-0.028 1
	沙米	0.000 8	-0.028 2		白刺	0.997 1	0.998 6
	虫实	0.000 0	-0.000 4		虫实	0.000 0	0.004 2
	猪毛菜	0.000 0	0.000 2		沙竹	0.000 8	0.003 0
	沙竹	0.000 0	-0.001 6		沙米	0.002 0	0.045 2
					五星蒿	0.000 0	0.000 8

3.1.2　植被沿样带的变化　从图 2 可以看出黄灌区样带 1 以及样带 2 第 1 主成分解释的植被沿样带的变化。样方加权平均值几乎没有出现负分,样方加权平均值得较高的正分,意味着样方中白刺盖度显著增加;较低的正分或负分则意味着样方中白刺盖度的降低,主成分特征向量中得正分较低的植物种或得负分的植物种增加,如沙米、虫实、猪毛菜、沙竹等(表 1)。

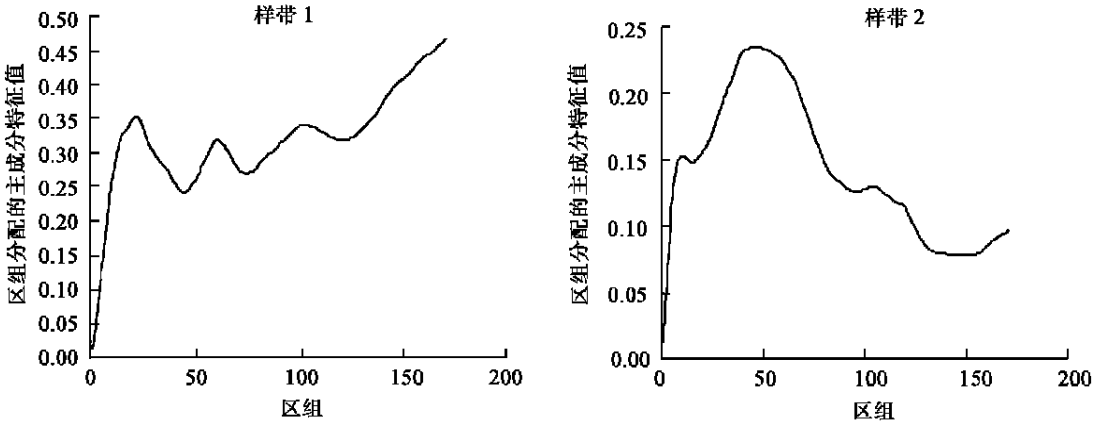

图 1　黄灌区绿洲外围半固定白刺群落 2 条样带第 1 主成分区组方差图

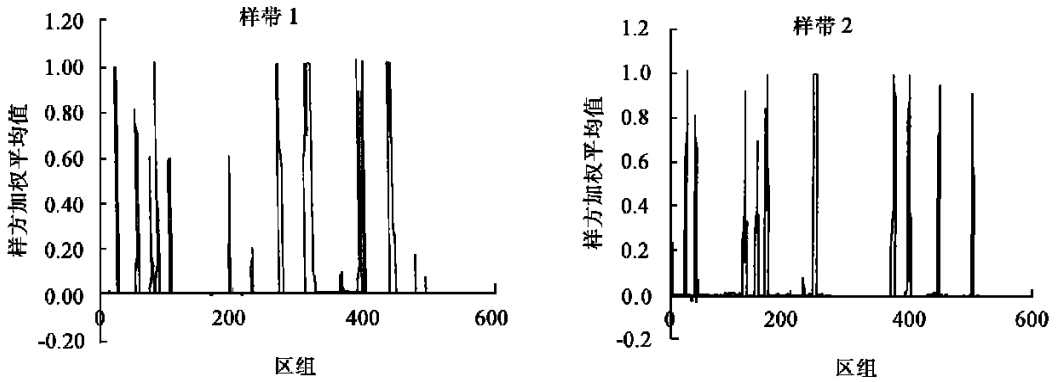

图 2　黄灌区绿洲外围半固定白刺群落 2 条样带第 1 主成分移动的样方加权平均值

3.1.3　植被格局强度及格局一致性　对黄灌区绿洲外围半固定白刺群落的格局强度以及格局一致性进行分析, 样带 1 第 1 主成分解释的区组 21、区组 61 以及区组 103 规模对应的植被格局强度分别为 0.315 9、0.177 2、0.140 6, 格局一致性指标分别为 0.528 3、0.296 4、0.235 0。随着格局规模的增大, 格局一致性逐渐减低, 其中样带 1 代表的植被总体格局一致性指标为 0.298 9。样带 2 第 1 主成分解释的区组 11、区组 48 以及区组 105 规模对应的格局强度分别为 0.286 6、0.171 2、0.086 1, 格局一致性指标分别为 0.302 0、0.180 4 和 0.090 7。样带 2 代表的植被总体格局一致性指标为 0.127 3, 可见样带 1 代表的植被比样带 2 代表的植被格局更规则, 群落总体格局一致性指标为 0.213 1。

3.2　井灌区绿洲外围半固定白刺群落植被格局

3.2.1　植被格局规模及植物种组合　对井灌区绿洲外围半固定白刺群落所有植物种不同区组协方差和矩阵进行主成分分析, 根据特征值占总方差的比率, 井灌区选取一个主成分, 解释 99.98% 的植被信息量。

从井灌区第 1 主成分分配在不同区组中的主成分特征值(方差) 与区组大小所作的图形来看(图 3) , 在区组 14 和区组 58 处明显出现峰值, 说明斑块的规模为区组 14 和区组 58, 相应的斑块长度分别为 7、29 m。从峰值的高低可以看出: 区组 58 规模的斑块比区组 14 规模的斑块对植被的贡献大; 但从峰的陡峭程度来看, 区组 58 规模没有区组 14 规模的斑块界限明显。从植物种对植被的贡献率来看(表

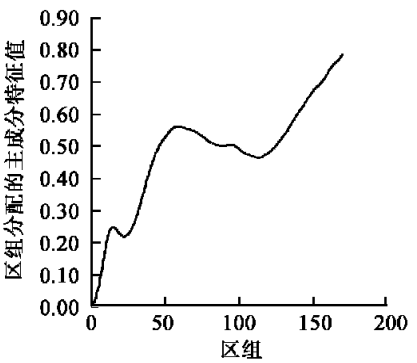

图 3　井灌区绿洲外围半固定白刺群落第 1 主成分区组方差图

2), 植被格局为白刺单种群控制的灌木格局。白刺对植被的贡献率最高, 为 99.74%; 沙米和油蒿(*Artemisia ordosica* Krasch.) 次之; 五星蒿、猪毛菜、虫实以及沙竹这几种草本植物对白刺群落的贡献率微小。从主成分的特征向量表(表 2) 看出: 白刺与猪毛菜成正关联, 但关联程度并不太紧密; 它们与油蒿、沙米、五星蒿、虫实和沙竹成负关联。

表 2 井灌区绿洲外围半固定白刺群落植物种在植被格局中的贡献率以及主成分特征向量

植物种	植物种贡献率(第 1 主成分)	主成分特征向量(第 1 主成分)
白刺	0.997 4	0.998 7
油蒿	0.000 2	-0.014 7
沙米	0.002 4	-0.048 8
五星蒿	0.000 0	-0.001 5
猪毛菜	0.000 0	0.001 7
虫实	0.000 0	-0.001 3
沙竹	0.000 0	-0.002 2

3.2.2 植被沿样带的变化 从图 4 可以看出井灌区绿洲外围白刺群落第 1 主成分解释的植被沿样带的变化。样方加权平均值得高的正分, 意味着在样方中白刺盖度显著增加; 得较低的正分或负分则意味着样方中白刺盖度的降低, 油蒿、沙米、五星蒿、虫实、沙竹等植物种的盖度增加(表 2)。

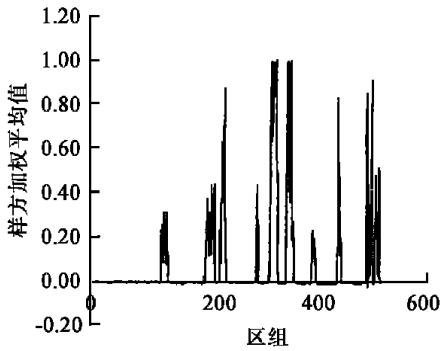

图 4 井灌区绿洲外围半固定白刺群落第 1 主成分移动的样方加权平均值

3.2.3 植被格局强度及格局一致性 对井灌区绿洲外围半固定白刺群落的格局强度以及格局一致性进行分析, 区组 14、区组 58 规模对应的植被格局强度分别为 0.324 5 和 0.240 9, 格局一致性指标分别为 0.771 0 和 0.572 5, 群落的总体格局一致性指标为 0.486 5。

4 小结与讨论

从植物种对植被的贡献率可以看出: 黄灌区和井灌区绿洲外围半固定白刺群落格局基本为白刺单种群控制的灌木格局。

从 2 个群落格局内的植物种组合可以看出: 在不同的格局规模以及不同的环境条件下, 即使相同的植物种, 种间联结关系也会不一样, 这一点与 Verhoef 等[2] 的看法相似。

本研究中, 灌木植物种与草本植物种的关联程度都比较弱, 可能实际关联程度会强一些, 这主要是受盖度数据的影响, 灌木植物的盖度相对较大, 而草本植物的盖度相对较小。

与井灌区相比, 黄灌区绿洲外围半固定白制群落平均格局规模数较多, 格局规模相对较大, 相应的格局强度较低, 格局一致性相对较差。这说明黄灌区绿洲外围半固定白刺群落的斑块破碎化程度较高、斑块及斑块间隙都相对较大(假设植被格局是同等规模大小斑块和间隙交替出现的完全斑块)、斑块和斑块间隙的盖度差异性较小、格局的规则性相对较差[6](不仅指斑块大小, 而且指斑块盖度)。2 个群落格局特点差异明显, 一方面可能与群落自身的演替等生物因素有关系, 但可能与环境因子有更密切的关系, 如沙包高低的变化、沙面稳定性、地下水埋深、绿洲开发带来的干扰因素等。

参考文献:

[1] Noy-Meir I, Anderson D J. Multiple pattern analysis or multiscale ordination: Towards a vegetation hologram? [A] In: Patil G P, Pielou E C, Waer W E. Statistical Ecology [C]. University Park: Pennsylvania State University Press, 1971. 3: 71~ 82

[2] Ver Hoef J M, Glenn-Lewin D C. Multi-scale ordination: a method for detecting pattern at several scale[J]. Vegetatio, 1989, 82: 59~ 67

[3] Dale M R T, Zbigniewicz M W. The evaluation of multi-species pattern [J]. Journal of Vegetation Science, 1995(6): 391~ 398

[4] 张金屯. 植被数量生态学方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1995

[5] Greig-Smith P. Quantitative plant ecology (third edition) [M]. Berkeley: University of California Press, 1983: 54~ 104

[6] Dale M R T, Blundon D J. Quadrat variance analysis and pattern development during primary succession[J]. Journal of Vegetation Science, 1990, 1: 153~ 164