

鄂尔多斯草地退化过程中植被地上生物量空间分布的异质性

程晓莉¹, 安树青^{1*}, 钦 佩¹, 刘世荣²

(1. 南京大学生命科学院, 江苏 南京 210093; 2. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 北京 100091)

摘要:应用地统计学方法分析研究了鄂尔多斯草地荒漠化过程中植被地上生物量空间分布的异质性。发现从本氏针茅(*Stipa bungeana*)、本氏针茅+油蒿(*Artemisia ordosica*)、油蒿、油蒿+牛心朴子(*Cynanchum komarovii*)、牛心朴子群落的 5 个退化系列群落中, 植被地上生物量空间格局异质化程度及其相关范围变化非常明显。变异函数的基台值(C_0+C) 在 5 个退化群落中的变化表明, 在本氏针茅群落中, 植被地上生物量空间分布异质性较低(0.48), 本氏针茅+油蒿群落增强(19.47), 油蒿群落显著增强(1522), 油蒿+牛心朴子群落减弱(171.6), 牛心朴子群落显著减弱(4.164)。变异函数的相关范围(A_0)表明, 在本氏针茅群落空间相关范围较小(53.9cm), 本氏针茅+油蒿群落增加(77.8cm), 油蒿群落减小(51.7cm), 油蒿+牛心朴子群落增加(62.9cm), 牛心朴子群落增加(94.6cm)。空间变异比分析表明, 由空间自相关因素引起的空间异质性占主要部分(74.2%~80.7%)。空间分布格局图(Kriging map)分析进一步显示, 退化群落中植被地上生物量格局变化显著。从本氏针茅群落退化到油蒿群落的中度荒漠化过程中, 植被地上生物量空间分布的异质性的增强。由油蒿群落退化到牛心朴子群落的严重荒漠化过程中, 植被地上生物量空间分布的异质性减弱。

关键词:地统计; 退化群落; 空间异质性

The heterogeneity in spatial distribution of the above-ground biomass in the degraded grasslands in Ordos

CHENG Xiao-Li¹, AN Shu-Qing¹, QIN Pei¹, LIU Shi-Rong² (1. School of Life Science, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 2. The Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, CAF, Beijing 100091, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(8): 1526~1532.

Abstract: Spatial patterns of the above-ground biomass were determined using a geostatistical analysis in the degraded grasslands in Ordos. The results show that, with degradation of grasslands in Ordos, the heterogeneity in spatial distribution of the above-ground biomass and the distance (range) of spatial dependence varied significantly. Among the five communities concerned, *Stipa bungeana* community had the smallest value of sill (C_0+C) (0.48), indicating that the distribution of the above-ground biomass was not spatially heterogenous in the *S. bungeana* community. The sill for the *S. bungeana* + *Artemisia ordosica* community was 19.47, suggesting that *S. bungeana* + *Artemisia ordosica* community was more spatially heterogeneous than *S. bungeana* community in relation to the above-ground biomass. The sill for *A. ordosica* community reached the highest (1522), suggesting the spatial heterogeneity of the above-ground biomass was greatest. Compared with *A. ordosica* community, the sill (171.6) for the *A. ordosica*

+ *Cynanchum komarovii* community decreased, indicating that the spatial heterogeneity of the above-ground biomass declined. The sill for the *C. komarovii* community eventually decreased to 4.164, meaning a very low spatial heterogeneity of the above-ground biomass. Similarly, the distance (range) of spatial dependence also varied among the five communities. From *S. bungeana* community to *S. bungeana* + *A. ordosica* community, the distance of spatial dependence increased from 53.9 cm, to (77.8 cm), and then it decreased to 51.7 cm for *A. ordosica* community. From *A. ordosica* community to *A. ordosica* + *C. komarovii* community to *C. komarovii* community, the range increased from 51.7 cm to 62.9 cm eventually to 94.6 cm. Analysis of spatial variation revealed that the spatial heterogeneity in the degraded communities was largely caused by spatial autocorrelation (74.2 % ~ 80.7 %). The Kriging map further showed a great spatial heterogeneity of the above-ground biomass in degraded communities. In conclusion, our results demonstrated that the spatial heterogeneity of the above-ground biomass increased significantly from *S. bungeana* community to *A. ordosica* community, but decreased from *A. ordosica* community to *C. komarovii* community.

Key words: geostatistics; degraded communities; spatial heterogeneity

文章编号:1000-0933(2003)08-1526-07 中图分类号:Q948.1 文献标识码:A

荒漠化的过程伴随着植被退化的过程。在植被退化的过程中,植被的性质表现出相应的变化,空间异质性是所有植物群落内在本质的本质。空间异质性与生态学过程之间的相互作用是群落发展的基本原因^[1]。空间异质性一方面表现为地上植被空间格局分布的变化过程,另一方面表现为土壤资源变化过程,植被空间异质性和土壤资源的异质性相互影响相互制约的过程。在干旱和半干旱地区,荒漠化明显的特征是土壤资源的空间异质化会导致荒漠草原的退化和荒漠灌丛的入侵^[2~4]。荒漠灌丛的入侵推动了土壤资源的异质化从而进一步导致灌丛把土壤资源聚集在灌丛下。从而形成表现为荒漠特征的“肥料岛”^[5~8]。由于“肥料岛”的形成,土壤资源空间异质化增强^[7],与之相应的,植被地上净生产力的空间分布与土壤资源空间异质化分布表现一致,灌丛植被生产力空间分布异质化程度高于草本植物^[2]。植物地上生物量的空间分布在不同群落因物种的组成的不同而不同^[9]。造成植物群落格局改变的因素很多,Kellner and Bosch 认为半干旱草地植被的空间格局是由食草动物选择性食草造成的^[10],Thiery 等论述了植被呈“虎皮状(tiger bush)”分布格局则是由地形的坡向和坡度形成的^[11],Jeltsch 等认为植被的分布格局是由竞争、克隆生长和放牧或火烧引起的植被生活型的改变等多种因子相互影响产生的^[12],同样 Bromley 等也认为植物斑块的形成是由放牧和火烧等因素形成的^[13]。鄂尔多斯草地退化过程中退化群落格局的改变与群落中不同的优势种和生活型的改变有关,从而形成不同退化群落中地上生物量分布格局的改变。本文应用地统计分析方法研究了鄂尔多斯草地退化过程中,不同群落植被地上生物量的空间分布格局与异质化程度。进一步分析不同群落植被地上生物量的空间异质化程度与土壤元素(TOC,N 和 P)空间异质化的相关性。从而探讨荒漠化过程中,地上植被的异质化与土壤资源异质化的耦合机制。

1 研究地概况

实验区设在“中国科学院鄂尔多斯沙地草地生态实验站”,该站位于鄂尔多斯高原南部毛乌素沙漠区的东北部,东经 109°51',北纬 39°02'。海拔 1355 m,属于干旱和半干旱的过渡地带。年降水量 380~400 mm;年平均日照时间为 3011 h,太阳辐射 140.7×4.18 J/cm²;年平均温度 6.2℃,全年≥10℃积温 2754℃;无霜期 137~154 d;地形地貌比较复杂,梁地、块状沙地与低湿滩地相间,以沙地为主,有流动沙丘、半固定沙丘及固定沙丘^[14]。

毛乌素沙地的植被大致划分为三大类群:分布于梁地的草原与灌丛植被,半固定、固定沙丘与沙地的沙生灌丛以及滩地的草甸、盐生与沼泽植被。有戈壁针茅(*Stipa gobica*)、沙生针茅(*S. glareosa*)、冷蒿(*Artemisia frigida*)以及超旱生灌木和半灌木组成的荒漠草原群落;本氏针茅(*Stipa bungeana*)、达乌里胡枝子(*Lespedeza bicolor*)等组成的典型草原群落;柠条(*Caragana* spp.)、沙柳(*Salix cheliophila*)、羊柴(*Hedysarum mongolicum*)、油蒿(*Artemisia ordosica*)和白沙蒿(*Artemisia sphaerocephala*)等为建群种组成

的沙地植被,半灌木油蒿(*Artemisia ordosica*)是沙生植物群落中分布最广泛的优势种;滩地植被优势种有寸草苔(*Carex stenophylla*)、马蔺(*Iris ensata*)、芨芨草(*Achnatherum splendens*)和碱蓬(*Suaeda corniculata*)等^[15]。

2 样品的采集与分析

2.1 荒漠化过程的确定

杨宝珍等研究了沙地建群种油蒿的演替过程,认为油蒿在流动沙丘旺盛生长,随着沙丘的固定到具有结皮的沙丘,油蒿的生长能力降低,大量油蒿枯死,油蒿将被其它物种所代替。如被本氏针茅(*Stipa bungeana*)所代替,则有可能发展成本氏针茅草原,向植被恢复的方向发展;反之,若被牛心朴子(*Cynanchum komarovii*)所侵占,属于逆向演替,向荒漠化方向发展^[14]。王庆锁等报道了油蒿群落顺向演替趋势为流动沙丘→流动沙地油蒿群落→固定沙地油蒿群落→具结皮的固定沙地油蒿+本氏针茅群落→本氏针茅群落^[16]。本氏针茅群落是典型草原群落,由于开垦、人为破坏与过度利用,本氏针茅群落的退化,将被油蒿群落代替,油蒿是半荒漠和荒漠的建种群,其生境是固定沙丘和流动沙丘,流动沙丘的出现导致沙漠化加速。荒漠化过程另一发展趋势是本氏针茅群落→油蒿群落→牛心朴子群落。牛心朴子是荒漠化过程中最后阶段的指示种,是荒漠草原沙化标志之一。基于此,选出了5个植被阶段:本氏针茅群落、本氏针茅+油蒿群落、油蒿群落、油蒿+牛心朴子群落和牛心朴子群落,作为当地荒漠化过程的系列群落加以研究。

2.2 退化群落植被地上生物量的空间取样

在本氏针茅群落、本氏针茅+油蒿群落、油蒿群落、油蒿+牛心朴子群落和牛心朴子群落5个退化群落中,分别设置5个固定样地,对该5个群落中植物个体生物量的分布格局进行调查。调查样方面积均为4×4 m²,样地比较平坦,避免了各向异性的存在。采样样方内所有植物个体,记录样每个个体的水平坐标和植物个体生物量鲜重。把样品带回实验室,80℃恒温烘至恒重,称每个植物个体干重。

2.3 地统计分析

地统计软件是分析空间分布和异质性的有效的工具,不仅能够定量分析空间相关性尺度和异质性程度,还能够给出空间分布格局图^[7, 9, 17, 18]。

把样方内植物个体生物量的点坐标数据转变为连续空间变量(用C语言小程序完成)。用地统计学软件(GS3.1)选择最优模型,分析各项数据。依据模型参数,如块金值(Nugget)、基台值(Sill)、有效变程(Effective range)和空间变异比(Proportion)等,定量分析空间格局的强度、尺度及空间结构的组成。半方差分析后,通过空间局部估计(Kriging)绘制区域上的植被地上生物量空间分布格局图(Kriging map),比较不同群落的斑块形状、大小及其变化。

3 结果与分析

3.1 植被地上生物量的空间异质性分析

根据5个退化群落的植被地上生物量的数据,计算各向同性的变异函数,通过实验数据与进行理论模型拟合发现,球形模型适合5个退化群落植被地上生物量的数据,5个群落的相关系数(r^2)均大于0.8,模型参数结果见表1。

由变异函数的基台值(C_0+C)可知,在5个退化群落中,本氏针茅群落有较低的基台值(0.48),这说明本氏针茅群落,植被地上生物量的空间分布格局异质性很低^[1]。本氏针茅+油蒿群落中基台值增加(19.47),表明其空间异质性增强。油蒿群落中基台值显著增加(1522),表明植被地上生物量的空间分布格局

表1 鄂尔多斯草地荒漠化过程退化群落植被地上生物量的变异函数分析结果

Table 1 Semivariogram model parameters for the above-ground biomass in the degradation of grassland in Ordos

群落 Comm- unity	理论 模型 Model	块金值 基台值		相关尺度 空间变		判别 系数 r^2
		Nugget	Sill	(cm) Ranges	异比 Proportion	
		C_0	C_0+C	A_0	C_0/C_0+C	
1	Spherical	0.1	0.48	53.9	0.216	0.831
2	Spherical	4.39	19.47	77.8	0.225	0.899
3	Spherical	294	1522	51.7	0.193	0.806
4	Spherical	36.8	171.6	62.9	0.214	0.844
5	Spherical	1.076	4.164	94.6	0.258	0.921

球型理论模型的函数式为 $\gamma=C_0+C [1.5 (h/A_0)-0.5 (h/A_0)^3]$,参数 h 为每组间的距离, A_0 为空间相关尺度, C_0 表示区域化变量的随机变异, C_0+C 表示区域化变量的最大变异 The spherical model was used to fit semivariogram. If $h<A_0$, $\gamma=C_0+C [1.5 (h/A_0)-0.5 (h/A_0)^3]$; if $h>A_0$, $\gamma=C_0+C$. h is the separation distance, A_0 is spatial autocorrelation scale, C_0 is domain random variation, C_0+C expresses the total domain variation

异质性最强。油蒿+牛心朴子群落中基台值降低(171.6),格局异质性减弱。牛心朴子群落中基台值显著降低(4.164),格局的异质性显著减弱。

分析植被地上生物量空间相关范围(A_0)表明,在5个退化群落中,本氏针茅群落中相关尺度较小(53.9cm),本氏针茅+油蒿群落中相关尺度增加(77.8cm),油蒿群落中相关尺度减小(51.7cm),油蒿+牛心朴子群落中增加(62.9cm),牛心朴子群落中增加(94.6cm)。这种相关尺度的变化与退化群落中物种的密度和个体之间的距离有关。

空间变异比分析表明,从本氏针茅群落退化到油蒿群落,引起的空间异质性随机因素减少,自相关因素增加。从油蒿群落退化到牛心朴子群落,引起的空间异质性随机因素增加,空间自相关因素减少。但在整个退化群落中,由随机因素引起的空间异质性较少(19.3%~25.8%),由空间自相关因素引起的空间异质性占主要部分(74.2%~80.7%)。因此空间自相关因素是退化群落中植被地上生物量空间异质性的主要因素(表1)。

3.2 植被地上生物量的空间格局动态

退化阶段的植被地上生物量具有明显的空间异质性,由Kriging maps可以看出5个退化阶段的植被地上生物量的空间格局和变化过程极为显著(图1a~图1e)。

在本氏针茅群落中,植被地上生物空间格局表现为较小尺度的格局,斑块较小,斑块的数量较多,斑块出现了破碎化。斑块的等高线数量较少,等高线密度较低,格局强度较弱(图1a)。大部分斑块为低生物量($0.873\sim2.785\text{ g/m}^2$)的斑块。这与本氏针茅群落中,植物个体的生物量很低,而且个体之间生物量差异不大有关。

在本氏针茅+油蒿群落中,本氏针茅群落中入侵了小灌丛油蒿,植被地上生物量表现为较大尺度格局,斑块的面积增大,斑块地数量减少。斑块的等高线数量增加,等高线密度增高,格局强度增加。当本氏针茅群落刚退化到本氏针茅+油蒿群落,油蒿个体数量较少,本氏针茅个体和油蒿个体的生物量差异很大,低生物量($<4.05\text{ g/m}^2$)的斑块占主要部分,高生物量($9.53\sim19.11\text{ g/m}^2$)的斑块较少,且呈聚集分布(图1b)。

在油蒿群落中,植被地上生物量格局显著增强,表现为格局的尺度减小,斑块的面积减小,斑块数量增多。斑块的等高线数量和密度显著增加。油蒿群落中优势种油蒿排斥其他植物生长,油蒿个体的生物量较高,低生物量斑块和高生物量斑块中生物量相差较大,较高生物量($19.3\sim120.4\text{ g/m}^2$)的斑块明显增多,且呈聚集分布(图1c)。

在油蒿+牛心朴子群落中,植被地上生物量格局减弱,表现为格局的尺度增加,斑块的面积增加,斑块数量减少。斑块的等高线数量和密度减少。当油蒿群落退化到油蒿+牛心朴子群落时,高生物量的油蒿个体大量减少,低生物量的牛心朴子占多数。格局斑块中高生物量($20.5\sim94.8\text{ g/m}^2$)的斑块很少,主要为低生物量($<13.7\text{ g/m}^2$)的斑块(图1d)。

在牛心朴子群落中,植被地上生物量表现为更大尺度的空间分布格局,斑块的面积增大,斑块的等高线数量减少,等高线密度减少,格局强度减弱。斑块中大部分为低生物量($<5.45\text{ g/m}^2$)的斑块(图1e)。

鄂尔多斯草地退化过程中,在本氏针茅群落植物分布格局中,大部分为低生物量的小斑块,斑块较多,格局强度较弱。当退化到本氏针茅+油蒿群落,斑块的面积增大,出现少数高生物量的斑块,格局增强。在油蒿群落中,斑块的面积减少,高生物量的斑块明显增多,格局显著增强。从油蒿群落退化到牛心朴子群落,斑块的面积增大,低生物量的斑块增多,格局减弱。

4 结论与讨论

鄂尔多斯草地荒漠化过程退化群落植被地上生物量空间格局异质性程度差异很大,由于人为干扰和自然环境的改变,导致生态系统的破坏,植物群落格局的改变。分布格局由均质化向异质化发展或者由异质化向均质化发展,从而加速了鄂尔多斯草地荒漠化过程。从本氏针茅群落退化到油蒿群落,植被地上生物量空间分布异质化程度明显增强。从油蒿群落退化到牛心朴子群落的过程,植被地上生物量空间分布异质化程度明显减弱。Huenneke等曾研究了荒漠化过程中,当半干旱草地退化到荒漠灌丛,灌丛植被的生产

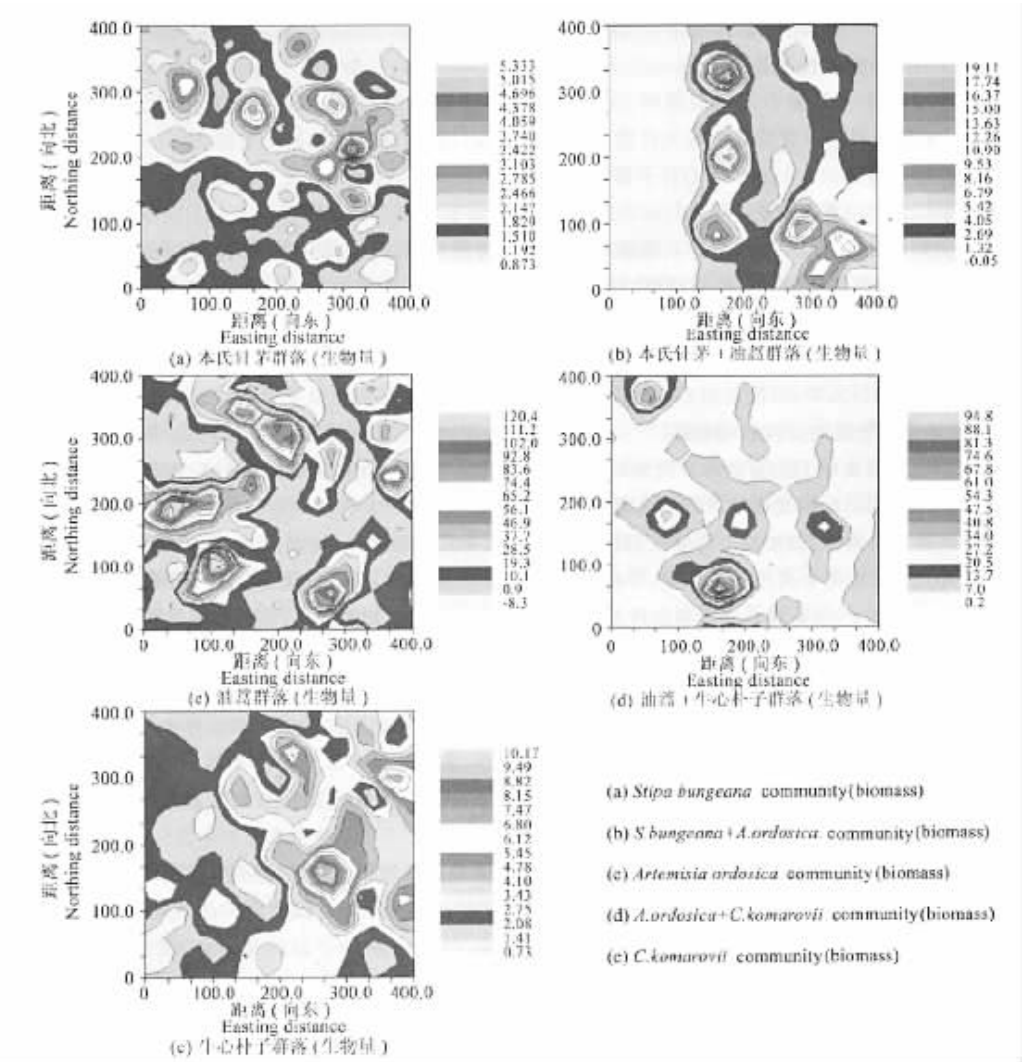


图 1 鄂尔多斯草地荒漠化过程退化群落植被地上生物量的空间分布格局

Fig.1 Kriging maps of spatial pattern of the above-ground biomass in the degraded grasslands in Ordos

力空间分布的异质化程度增强,灌丛植被生产力空间分布异质化程度高于草本植物^[2]。在鄂尔多斯草地退化过程中,植被地上生物量分布格局的异质性主要由空间自相关因素引起的。由本氏针茅群落退化到油蒿群落中度荒漠化过程中,由荒漠草原退化到荒漠灌丛,由荒漠草原退化到荒漠灌丛,植被的生活型发生改变,草本植物减少,灌丛增多;密度降低,个体生物量相差较大,单位面积上生物量增加^[19],油蒿群落中地上生物量空间分布异质化程度非常显著。油蒿群落虽然具有较高的生物量,由于油蒿自身的他感作用,油蒿群落中密度较低,而且油蒿群落处于衰退状态^[19, 20]。在油蒿群落退化到牛心朴子群落的严重荒漠化过程中,密度增加,单位面积上生物量降低,随着油蒿个体的减少,植物个体生物量差异较小^[19],地上植物生物量空间分布异质性程度减弱。土壤营养元素的分布和优势种植物的分布表现一致,在草本为优势种的群落中,土壤营养元素的分布和优势种植物的分布呈均匀分布,在灌丛为优势种的群落中,呈异质性分布^[7, 21]。植物群落结构的改变如灌丛、小灌丛增多,导致土地养分的异质化^[8]。在退化群落中,土本氏针茅+油蒿群落中的土壤主要元素(有机碳、氮和磷),空间异质性分布表现不明显,在油蒿群落中异质性最强^[22]。土壤主

要元素大部分来源于植物体的分解,植物地上生物量的空间分布异质化过程与土壤主要元素的空间分布异质化过程一致,进一步说明了异质化过程首先表现为植被的异质化过程,植被的异质化过程导致土壤主要元素的异质化过程。

References:

- [1] Han Y Z, Wang Z Q. The spatial pattern and process of seed bank of fraxinus mandshurica in secondary hardwood forests. *Acta Phytocologica Sinica*, 2002, **26**(2): 170~176.
- [2] Huenneke L F, Anderson J P, Remmenga M, *et al.* Desertification alters patterns of aboveground net primary production in Chihuahuan ecosystems. *Global Change Biol.*, 2002, **8**(3): 247~264.
- [3] Parizek B, Rostagno C M, Sottini R. Soil erosion as affected by shrub encroachment in northeastern Patagonia. *J. Range Manag.*, 2002, **55**(1): 43~48.
- [4] Valone T J, Meyer M, Brown J H, *et al.* Timescale of perennial grass recovery in desertified arid grasslands following livestock removal. *Conserv. Biol.*, 2002, **16**(4): 995~1002.
- [5] Garner W, Steinberger Y. A proposed mechanism for the formation of "Fertile Island" in the desert ecosystem. *J. Arid. Environ.*, 1989, **16**: 257~262.
- [6] Schlesinger W H, Reynolds J F, Cunningham G L, *et al.* Biological feedbacks in global desertification. *Science*, 1990, **47**: 1043~1048.
- [7] Schlesinger W H, Raikes J A, Hartley A E, *et al.* On the spatial pattern of soil nutrients in desert ecosystem. *Ecology*, 1996, **77**: 364~374.
- [8] Kieft K L, White C S, Loftin S R, *et al.* Temporal dynamics in soil carbon and nitrogen resources at a grassland-shrubland ecotone. *Ecology*, 1998, **79**: 671~683.
- [9] Katherinel G, Kurts P, Andrew J B. Spatial variation in nitrogen availability in three successional plant communities. *J. Ecol.*, 1995, **83**: 357~367.
- [10] Kellner K, Bosch O J H. Influence of patch formation in determining the stocking rate for southern African grasslands. *J. Arid. Environ.*, 1992, **22**: 99~105.
- [11] Thierry J M, Herbes M D, Valentin C. A model simulating the genesis of banded vegetation patterns in Niger. *J. Ecol.*, 1995, **83**: 497~507.
- [12] Jeltsch F, Milton S J, Dean W R J, *et al.* Simulation pattern formation around artificial waterholes in the semi-arid Kalahari. *J. Veg. Sci.*, 1997, **8**: 177~188.
- [13] Bromley J, Brouwer J, Barker A P, *et al.* The role of surface water redistribution in an area of patterned vegetation in a semi-arid environment, southwest Niger. *J. Hydrol.*, 1997, **198**: 1~29.
- [14] Yang B Z, Dong X J, Gong Q, *et al.* A study on the transpiration and water-deficit regime of the Artemisia Ordosica community. *Acta Phytocologica Sinica*, 1994, **18**: 161~170.
- [15] Zhang X S. Principles and optimal models for development of maowusu sandy grassland. *Acta Phytocologica Sinica*, 1994, **18**: 1~18.
- [16] Wang Q S, Dong X J, Chen X D *et al.* Study on some features of Artemisia Ordosica community at the different successional stages. *Acta Phytocologica Sinica*, 1997, **21**: 531~538.
- [17] Rossi R E, Mulla D J, Journel A G, *et al.* Geostatistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence. *Ecol. Monogr.*, 1992, **62**: 227~314.
- [18] Robertson G P, Gross K L. Assessing the heterogeneity of belowground resources: quantifying scale. Eds Caldwell MM, Pearcy RW. In: *Exploitation of Environmental Heterogeneity by Plants*. Academic Press, New York, USA, 1994. 237~253.
- [19] Cheng X L, An S Q, Li G Q, *et al.* The Correlation between the Desertification of Grassland and the Change of Vegetation Characteristics in Ordos. *J. Nanjing Univ.*, 2001, **37**(2): 221~239.
- [20] Cheng X L, An S Q, Li G Q, *et al.* The Correlation between the Desertification of Grassland and the Change of Vegetation Biomass in Ordos. *Scientia Silvae Sinicae*, 2001, **37**(2): 13~20.

[21] Cross A F and Schlesinger W H. Plant regulation of soil nutrient distribution in the northern Chihuahuan Desert. *Plant Ecol.*, 1999, **145**(1): 11~25.

[22] Cheng X L, An S Q, Liu S R. Micro-scale spatial heterogeneity and the loss of three soil elements in degraded grassland in Ordos Plateau, north-western China. *Plant soil*, 2003.

参考文献:

[1] 韩有志, 王政权. 天然次生林中水曲柳种子库的空间格局与过程. *植物生态学报*, 2002, **26**(2): 170~176.

[14] 杨宝珍, 董学军, 等. 油蒿的蒸腾作用及其群落的水分状况. *植物生态学报*, 1994, **18**(2): 161~170.

[15] 张新时. 毛乌素沙地的生态背景及其草地建设的原则与优化模式. *植物生态学报*, 1994, **18**(1): 1~16.

[16] 王庆锁, 董学军, 等. 油蒿群落不同演替阶段某些群落特征的研究. *植物生态学报*, 1997, **21**(6): 531~538.

[19] 程晓莉, 安树青, 等. 鄂尔多斯草地荒漠化过程与植被特征的变化. *南京大学学报*, 2001, **37**(2): 221~239.

[20] 程晓莉, 安树青, 等. 鄂尔多斯草地荒漠化过程与植被生物量变迁的关系. *林业科学*, 2001, **37**(2): 13~20.

欢迎订阅 2004 年《中国农学通报》学术期刊

《中国农学通报》是中国科协主管、中国农学会主办、两院院士、著名农业科学家石元春先生任主编的农业综合性学术期刊,也是国家科技部“中国科技核心期刊”、中国科协优秀学术期刊和全国优秀农业期刊。主要刊登种植业、养殖业、农牧产品贮藏加工业等方面的国家级和省部级基金项目所资助的研究论文、学术报告、文献综述等,栏目设置有作物遗传育种、种质资源、耕作栽培、生理生态、植物保护、土壤肥料、节水灌溉、园艺园林、贮藏保鲜加工、畜牧兽医、资源昆虫和研究简报等;另外还开设了有关农业、农村、农民等社会经济发展的宏观社科栏目——三农论坛。读者对象为各级农牧科研人员、农业大中专院校师生、农牧行政管理干部、农技推广人员等。《中国农学通报》为双月刊,彩色封面,胶版印刷,逢单月 30 日出版,国内外公开发行,国内统一刊号为 CN11-984/S,大 16 开本,200 页,内文 80 克胶版纸印刷,每期定价 15.00 元,全年 6 期合计 90.00 元。本刊由北京报刊发行局面向全国公开发行,邮发代号 2-772。如错过邮局订阅,可向本刊直接联系订阅,订购者邮局汇款:北京市朝阳区麦子店街 20 号中国农学会编辑出版部(银行转帐:开户银行:农行北京分行朝阳支行营业部,账号:040101040003509,户名:中国农学会),邮政编码:100026,电话:010-64194480,传真:010-64194705,E-mail:edit@cav.net.cn。网上投稿:www.caass.org.cn/qkbj/bjindex/bjindex.aspx