

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第21期 Vol.31 No.21 **2011**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

中国科学院科学出版基金资助出版

第 31 卷 第 21 期 2011 年 11 月 (半月刊)

目 次

基于景观格局理论和理想风水模式的藏族乡土聚落景观空间解析——以甘肃省迭部县扎尕那村落为例·····	史利莎,严力蛟,黄璐,等 (6305)
武夷山风景名胜区景观生态安全度时空分异规律·····	游巍斌,何东进,巫丽芸,等 (6317)
旅游地道路生态持续性评价——以云南省玉龙县为例·····	蒋依依 (6328)
城市空间形态紧凑度模型构建方法研究·····	赵景柱,宋瑜,石龙宇,等 (6338)
丹顶鹤多尺度生境选择机制——以黄河三角洲自然保护区为例·····	曹铭昌,刘高焕,徐海根 (6344)
西南喀斯特区域水土流失敏感性评价及其空间分异特征·····	凡非得,王克林,熊鹰,等 (6353)
流域尺度海量生态环境数据建库关键技术——以塔里木河流域为例·····	高凡,闫正龙,黄强 (6363)
雌雄异株植物鼠李的生殖分配·····	王娟,张春雨,赵秀海,等 (6371)
长白山北坡不同年龄红松年表及其对气候的响应·····	王晓明,赵秀海,高露双,等 (6378)
不同高寒退化草地阿尔泰针茅种群的小尺度点格局·····	赵成章,任珩,盛亚萍,等 (6388)
残存银杏群落的结构及种群更新特征·····	杨永川,穆建平, TANG Cindy Q, 等 (6396)
濒危植物安徽羽叶报春两种花型的繁育特性及其适应进化·····	邵剑文,张文娟,张小平 (6410)
神农架海拔梯度上 4 种典型森林的乔木叶片功能性状特征·····	罗璐,申国珍,谢宗强,等 (6420)
不同植被恢复模式下煤矸石山复垦土壤性质及煤矸石风化物的变化特征·····	王丽艳,韩有志,张成梁,等 (6429)
火烧对黔中喀斯特山地马尾松林分的影响·····	张喜,崔迎春,朱军,等 (6442)
内蒙古高原锦鸡儿属植物的形态和生理生态适应性·····	马成仓,高玉葆,李清芳,等 (6451)
古尔班通古特沙漠西部梭梭种群退化原因的对比分析·····	司朗明,刘彤,刘斌,等 (6460)
白石砬子国家级自然保护区天然林的自然稀疏·····	周永斌,殷有,殷鸣放,等 (6469)
黑龙江省东完达山地区东北虎猎物种群现状及动态趋势·····	张常智,张明海 (6481)
基于 GIS 的马铃薯甲虫扩散与河流关系研究——以新疆沙湾县为例·····	李超,张智,郭文超,等 (6488)
2010 年广西兴安地区稻纵卷叶螟发生动态及迁飞轨迹分析·····	蒋春先,齐会会,孙明阳,等 (6495)
B 型烟粉虱对寄主转换的适应性·····	周福才,李传明,顾爱祥,等 (6505)
利用 PCR-DGGE 方法分析不同鸡群的盲肠微生物菌群结构变化·····	李永洙, Yongquan Cui (6513)
鸡粪改良铜尾矿对 3 种豆科植物生长及基质微生物量和酶活性的影响·····	张宏,沈章军,阳贵德,等 (6522)
铜绿微囊藻对紫外辐射的生理代谢响应·····	汪燕,李珊珊,李建宏,等 (6532)
10 种常见甲藻细胞体积与细胞碳、氮含量的关系·····	王燕,李瑞香,董双林,等 (6540)
冬季太湖表层底泥产毒蓝藻群落结构和种群丰度·····	李大命,孔繁翔,于洋,等 (6551)
城市机动车道颗粒物扩散对绿化隔离带空间结构的响应·····	蔺银鼎,武小刚,郝兴宇,等 (6561)
新疆城镇化与土地资源产出效益的空间分异及其协调性·····	杨宇,刘毅,董雯,等 (6568)
山东潍坊地下水硝酸盐污染现状及 $\delta^{15}\text{N}$ 溯源·····	徐春英,李玉中,李巧珍,等 (6579)
增温对宁夏引黄灌区春小麦生产的影响·····	肖国举,张强,张峰举,等 (6588)
一种估测小麦冠层氮含量的新高光谱指数·····	梁亮,杨敏华,邓凯东,等 (6594)
黄河上游灌区稻田 N_2O 排放特征·····	张惠,杨正礼,罗良国,等 (6606)
专论与综述	
植物源挥发性有机物对氮沉降响应研究展望·····	黄娟,莫江明,孔国辉,等 (6616)
植物种群更新限制——从种子生产到幼树建成·····	李宁,白冰,鲁长虎 (6624)
研究简报	
遮荫对两个基因型玉米叶片解剖结构及光合特性的影响·····	杜成凤,李潮海,刘天学,等 (6633)
学术信息与动态	
科学、系统与可持续性——第六届工业生态学国际大会述评·····	石海佳,梁赛,王震,等 (6641)
期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 340 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 37 * 2011-11	



封面图说: 鹤立——丹顶鹤是世界 15 种鹤数量极小的一种,主要栖息在沼泽、浅滩、芦苇塘等湿地,以捕食小鱼虾、昆虫、蛙蚺、软体动物为主,也吃植物的根茎、种子、嫩芽。善于奔驰飞翔,喜欢结群生活。丹顶鹤属迁徙鸟类,主要在我国的黑龙江、吉林、俄罗斯西伯利亚东部、朝鲜北部以及日本等地繁殖。在长江下游一带越冬。在中国文化中有“仙鹤”之说。被列为中国国家一级重点保护野生动物名录,濒危野生动植物种国际贸易公约绝对保护的 CITES 附录一物种名录。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

赵成章, 任珩, 盛亚萍, 高福元, 石福习. 不同高寒退化草地阿尔泰针茅种群的小尺度点格局. 生态学报, 2011, 31(21): 6388-6395.

Zhao C Z, Ren H, Sheng Y P, Gao F Y, Shi F X. Fine-scale spatial point patterns of *Stipa krylovii* population in different alpine degraded grasslands. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(21): 6388-6395.

不同高寒退化草地阿尔泰针茅种群的小尺度点格局

赵成章*, 任珩, 盛亚萍, 高福元, 石福习

(西北师范大学地理与环境科学学院, 兰州 730070)

摘要:种群空间格局是种群自身特性、种间相互关系及环境条件综合作用的结果。采用草地群落学调查与点格局分析方法,在祁连山北坡选择未退化、轻度退化、中度退化和重度退化等 4 种高寒草地,分析了阿尔泰针茅(*Stipa krylovii*)种群斑块特征、株丛结构和点格局特征。结果表明:阿尔泰针茅在衰退过程中种群密度和种群领地面积减小,空斑面积增大,领地密度先增大后减小,小株丛(株丛径 0.1—1.0 cm)比例增加,大株丛(株丛径 2.1—7.0 cm)比例减小;不同草地梯度中阿尔泰针茅种群的空间格局存在明显差异:未退化草地中阿尔泰针茅种群在 0—64 cm 尺度上为均匀分布,64—100 cm 尺度上为随机分布;中度退化草地中阿尔泰针茅种群在 0—70 cm 尺度上为随机分布,而在 70—100 cm 尺度上为聚集分布;轻度退化和重度退化草地中阿尔泰针茅种群在 0—100 cm 尺度上均为随机分布。在放牧干扰和种间竞争作用下,阿尔泰针茅种群斑块从中心开始破碎,并逐渐向四周辐散,引起小尺度上种群斑块间分布格局出现“随机分布-聚集分布-随机分布”转变,促使原有斑块被分割为多个直径较小的“岛”状小斑块并进一步分化,最终种群斑块完全破碎、草毡层逐步消失,从而造成阿尔泰针茅种群的衰退。

关键词:阿尔泰针茅;斑块;空间格局;株丛结构;种群衰退;祁连山北坡

Fine-scale spatial point patterns of *Stipa krylovii* population in different alpine degraded grasslands

ZHAO Chengzhang, REN Heng, SHENG Yaping, GAO Fuyuan, SHI Fuxi

College of Geography and Environment Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China

Abstract: Spatial distribution pattern is important in plant ecology as it affected the dynamics of plant populations, communities and ecosystem processes, which can reveal the dynamic and stability of population and community structure. *Stipa krylovii*, the zonal vegetation in alpine degraded grassland, has a great significance for understanding ecological processes and sustainable utilization of grassland resources with studies on population patterns of *S. krylovii*. Study sites locates in the MaChangtan grassland in SuNan country of the north Qilian Mountain (38°47'22.1"—38°52'11" N, 99°45'11.7"—99°57'41.2" E). with the altitude of 2610—2632 m, the annual temperature of the region is 1—2 °C, the annual precipitation varies within a range of 270—350 mm, the soil is mainly consisted of mountain chestnut soil, the dominant native vegetation in the region is consisted of perennial grasses and forbs. In July 2010, we recorded fine-scale (0—100 cm) spatial patterns of *S. krylovii* from 2 m × 2 m grids (2 cm × 2 cm quadrats) in four plots under four kinds of degradation gradients according to community characteristics, population characteristics of *S. krylovii*, and grassland stocking rate for nearly 10 years: no degradation (<90%), light degradation (105%—125%), moderate degradation (123%—138%) and heavy degradation (135%—150%). The point pattern analysis and Monte Carlo stochastic simulation method were used to quantitatively analyze *S. krylovii* population patterns by the software of GetData Graph Digitizer 2.22, VisualFortran 6.5 and Origin 7.5. Based on life history traits, bunch structure, patch characteristics and

基金项目:国家自然科学基金(40971039);甘肃省科技支撑计划项目(1011FKCA157);甘肃省高校基本科研业务费项目资助

收稿日期:2011-05-12; **修订日期:**2011-09-01

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhaocz@nwnu.edu.cn

strategies of ecological adaptation in the community, the mechanisms generating and maintaining these patterns were discussed. The results showed that: First, there were significant effects on patch characteristics of *S. krylovii* population under the different degradation gradient. The density and population territory area of *S. krylovii* population in heavy degradation was significantly lower than no degradation, but its total area of hole in heavy degradation was greater than no degradation, and territory density increased firstly and then reduced. Second, the bunch structure of *S. krylovii* population existed complicated relationships. The small bunch of 0.1—1.0 cm in heavy degradation was greater than no degradation. At the same time, the proportion of big bunch was significantly higher than others in no degradation. Third, there was a difference at different scales. Under no degradation conditions, the spatial patterns of *S. krylovii* were regular at 0—64 cm scales, but aggregated at 64—100 cm scales; under light degradation conditions they were random at 0—100 cm scales; under moderate degradation conditions, the spatial distributions were random at 0—70 cm scales, but aggregated at 70—100 cm scales; under heavy degradation conditions, there was random as a whole and the scale ranges was from 0 cm to 100 cm. In contrast, the population patch is the basic functional unit of *S. krylovii*, which can decide the status and role of *S. krylovii* in the community. Under the role of grazing and interspecies competition, population patches may crumble from center to the edges gradually, and it lead to the spatial patterns changed. Finally, *S. krylovii* declined in alpine degraded grassland along with population patch broken and matic epipedon disappeared.

Key Words: *Stipa krylovii*; patch; spatial point pattern; bunch structure; population declension; north Qilian Mountain

种群空间格局是种群自身特性、种间相互关系及环境条件综合作用的结果。植物种群的空间分布格局不仅反映植物的空间分布特点和种群利用环境资源的状况,而且可以揭示植物种群的生态过程及其与生境相互作用的种群生物学内涵,是其在群落中地位与生存能力的外在表现^[1-2]。植物种群空间格局的研究已经成为生态学研究的重要内容,但多数研究从大尺度上进行相关分析,停留在种群生物学过程的宏观层面,未能深刻揭示微观尺度上植物种群空间格局对种内、种间关系、环境因素的响应机理。以点图为基础的种群点格局分析法最大限度地利用了坐标图的信息,具备较强的检验能力,能够分析小尺度下的种群格局和种间关系,进而揭示植物种群的空间结构和大小结构等方面的特征^[3-4]。

阿尔泰针茅(*Stipa krylovii*)作为北方天然草地最重要、最有代表性的优良牧草,其种群消长对于高寒草地群落结构和功能的稳定性具有不可替代的生态作用^[5-6]。学界已从高寒草地植物群落特征^[7-8]以及阿尔泰针茅种群的生殖分配^[9]、遗传多样性^[10]、生态分化特征^[11]和土壤种子库^[12]等方面进行了大量研究。这些研究对于揭示阿尔泰针茅种群生态学关系和繁殖策略具有一定意义,但总体来看相关研究还不够深入,特别是阿尔泰针茅种群微观尺度上空间分布格局,以及草地植物应对放牧干扰和种间竞争的个体可塑性机制。本文采用点格局分析方法,通过对阿尔泰针茅种群的空间分布格局与斑块结构特征的研究,揭示高寒草地植物种群应对放牧干扰的个体可塑性和衰退机制。

1 研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于祁连山北坡中高山区的甘肃省肃南裕固族自治县马场滩草原,地理坐标为 38°47′22.1″—38°52′11″ N, 99°45′11.7″—99°57′41.2″ E, 海拔 2610—2632 m, 年均温 1—2℃, ≥0℃ 的年积温为 2450℃, 相对无霜期 80 d, 年降水量 270—350 mm, 年蒸发量 1480—1620 mm, 相对湿度 65%。土壤以山地栗钙土为主。供试样地属于山地草原类, 坡地针茅组, 阿尔泰针茅型。天然草地主要植物有阿尔泰针茅、冷蒿(*Artemisia frigida*)、甘肃臭草(*Melica przewalskyi*)、扁穗冰草(*Agropyron cristatum*)、草地早熟禾(*Poa pratensis*)、赖草(*Leymus secalinus*)、狼毒(*Stellera chamaejasme*)、披针叶黄华(*Thermopsis lanceolata*)、阿尔泰狗娃花(*Heteropappus altaicus*)、星毛委陵菜(*Potentilla acaulis*)、蒲公英(*Taraxacum mongolicum*)、异叶青兰(*Dracocephalum heterophyllum*)、阿拉善独行菜(*Lepidium alashanicum*)、甘肃马先蒿(*Pedicularis arvensis*)、碱韭

(*Allium polyrhizum*) 等。1983 年牧区实行天然草地承包到户以来,研究区域天然草地长期处于过度放牧状态,原来以丛生禾草为优势种的草地群落逐渐退化为以狼毒等毒杂草为优势种的退化草地群落^[13]。

1.2 样地设置与调查分析

根据赵成章等 2001—2010 年对祁连山北坡“毒杂草型”退化草地群落演替过程的观察研究^[13-14],在地貌相对一致、地形平缓的冬春草地,结合草地放牧管理和草地群落学调查,根据建群种阿尔泰针茅的平均盖度、高度和地上生物量,以及草地群落的优势种和草地近 10a 的放牧率(放牧率=B/D×100%,式中 B 表示 2001—2010 年供试草地的年均牲畜饲养量,D 表示同一时期草地的理论载畜量)等指标选取了 4 户牧民的围栏草地作为实验样地,分别为:未退化草地(梯度 I)、轻度退化草地(梯度 II)、中度退化草地(梯度 III)和重度退化草地(梯度 IV),各样地概况和群落特征详见表 1。

表 1 供试样地的主要特征指标
Table 1 The chief characteristics of Plots

样地 Plot	海拔 Altitude /m	样地面积 Plot area /hm ²	阿尔泰针茅 <i>S. Krylovii</i>			群落 Community	
			高度 Height/cm	盖度 Subcoverage /%	地上生物量 Aboveground biomass /(g/m ²)	放牧率 Stocking rate/%	优势种 Dominant species
未退化(梯度 I) No degradation(I Type)	2615	68.5	37.5±3.23	62±8.56	63.6±10.55	<90	阿尔泰针茅 <i>S. Krylovii</i>
轻度退化(梯度 II) Light degradation(II Type)	2610	102	36.4±4.89	40±5.50	41±7.23	105—125	阿尔泰针茅 <i>S. Krylovii</i> 狼毒 <i>S. chamaejasme</i>
中度退化(梯度 III) Moderate degradation(III Type)	2632	135.5	31.5±2.59	23±2.77	21±3.99	123—138	狼毒 <i>S. chamaejasme</i>
重度退化(梯度 IV) Heavy degradation(IV Type)	2627	90	25.3±2.18	7.2±1.90	8.6±1.65	135—150	狼毒 <i>S. chamaejasme</i>

试验在 2010 年 7 月植物生长盛期进行,在每个围栏样地内随机设置 3 个 2 m × 2 m 的样方,共设置 12 个样方,用 1 m × 1 m 的样方框(样方框内小格子的面积为 2 cm × 2 cm)按从左到右,从上到下的顺序依次放置(样方框按正南正北方向放置)4 次进行草地群落调查与阿尔泰针茅种群格局调查^[15]。实测并记录每个样方(2 m × 2 m)内的植物种类、密度、株高、盖度和地上生物量;以样方框左下角顶点为基点,记录样方(2 m × 2 m)中每个阿尔泰针茅株丛的地面投影和相对位置,以坐标值表示,用坐标值直接表示距离^[16]。在室内对每一个样方(2 m × 2 m)按照取样时样方框放置的顺序进行拼接、合并,确定各群落优势种,统计每个样方(2 m × 2 m)内阿尔泰针茅株丛数和每个株丛的株丛径(对于压在样线上的株丛,其株丛数用样方(2 m × 2 m)内枝条数占该株丛总枝条数的比例表示,其它株丛参数用实际观测值表示)。依据白永飞等对针茅属植物株丛大小的划分标准,将阿尔泰针茅划分为 8 级^[17]:A 级株丛(0—0.3 cm)、B 级株丛(0.4—1.0 cm)、C 级株丛(1.1—2.0 cm)、D 级株丛(2.1—3.0 cm)、E 级株丛(3.1—4.0 cm)、F 级株丛(4.1—5.0 cm)、G 级株丛(5.1—7.0 cm)、H 级株丛(7.1—9.0 cm)。其中,0.1—1.0 cm 株丛的划分依据是 0—0.3 cm 的株丛具有 1—2 个叶片和一条种子根,但不分蘖;0.4—1.0 cm 的株丛一般具有 3—5 个叶片,开始通过无性生殖产生分蘖,但不具备开花结实的有性生殖能力。

1.3 数据分析

1.3.1 点格局分析

研究区域内,位于二维空间的点构成点事件,用 $k(d)$ 函数来反映点事件空间布局的依赖程度^[18],其定义如下:

$$k(d) = \lambda^{-1} E(\#(d_{ij} \leq d))$$

式中, λ 表示研究区域内每单位面积点事件的密度, E 表示在一定距离尺度下点事件数量的期望, $\#$ 表示数量, i, j 是研究区域内两个具有相同特征的点事件, d_{ij} 表示某点到其它点的距离, d 表示距离尺度。如果在

定距离尺度下点事件的分布是随机的,则有:

$$E(\#(d_{ij} \leq d)) = \lambda \pi d^2$$

此时, $k(d) = \pi d^2$ 。当点事件为聚集分布时,如果距离尺度较小, $k(d)$ 的观测值将大于 πd^2 。估计式为:

$$\hat{K}(d) = \frac{A}{n^2} \sum_i^n \sum_j^n \frac{I_{ij}(d)}{W_{ij}(d)}$$

式中, A 表示研究区域面积, $\hat{\lambda} = \frac{n}{A}$, $\hat{E} = n^{-1} \sum_i^n \sum_j^n \frac{I_{ij}(d)}{W_{ij}(d)}$, n 是研究区域内点事件的数量, i 、 j 是样方内任意两个具有相同特征的点事件, $I_{ij}(d) = 1$ (当 $d_{ij} \leq d$ 时成立, d_{ij} 是 i 到 j 之间的距离), $W_{ij}(d)$ 是边缘校正的权重,等于以点事件 i 为圆心以 d_{ij} 为半径的圆落在研究区域内的弧长和整个圆周长的比值。

通常用 $L(d)$ 函数的估计值来判断在此尺度下点事件的分布类型。在距离尺度 d 下,如果 $\hat{L}(d) > 0$,为聚集分布,偏离数值越大说明聚集强度越高;如果 $\hat{L}(d) = 0$,为随机分布;如果 $\hat{L}(d) < 0$,为均匀分布。

$$\hat{L}(d) = \sqrt{\hat{k}(d)/\pi} - d$$

一般利用 Monte-Carlo 方法来求解随机分布的上下包迹线,如果研究对象实际的值落在上下包迹线的区间内,则在此距离尺度下植物种群是随机分布的;如果研究对象实际的值落在上下包迹线的区间以上,则在此距离尺度下植物种群是聚集分布的;如果研究对象实际的值落在上下包迹线的区间以下,则在此距离尺度下植物种群是均匀分布的。方法是选取 m 组 n 个随机数,每组都利用上述公式求解在不同距离尺度下的 $L(d)$ 值,然后把对应的每个 d 下的 m 个 $L(d)$ 由小到大进行排序,分别保留最大值和最小值作为上下包迹线的取值范围。利用 CAD 软件绘制阿尔泰针茅株丛地面投影分布图,通过 GetData Graph Digitizer 2.22 软件从阿尔泰针茅地面投影分布图中提取各株丛的实际坐标值,最后将坐标值转入到 Excel 软件中,此后便可将数据应用于种群格局分析中。通过 Visual Fortran 6.5 进行编程计算,Origin 7.5 进行绘图。本文采用的步长为 5 cm, Monte-Carlo 随机模拟的数目为 20 次,得到上下两条包迹线围成的 95% 置信区间。

1.3.2 阿尔泰针茅种群的斑块特征分析

空斑是指在植物种群格局研究中,没有种群个体出现的较明显的空白区,种群空斑面积由草地群落本身存在的空斑和其他种群分布区两部分组成^[19]。本文参考王鑫厅等对羊草 (*Leymus chinensis*) 种群空斑面积的计算方法^[18],若在单位方格中 (2 cm × 2 cm) 没有种群株丛的地上投影出现,则称之为 1 个单位面积的空斑,以确定种群空斑面积的大小。将取样面积内除去种群空斑面积余下的区域称为种群领地,单位领地面积内的种群个体数称为种群领地密度。即种群领地 = 取样面积 - 种群空斑总面积,种群领地密度 = 种群个体数/种群领地面积。

2 结果与分析

2.1 高寒退化草地群落特征

高寒草地群落特征在不同退化阶段存在差异 (表2)。草地群落丰富度无显著性差异 ($F = 7.58$,

表2 不同退化梯度草地群落特征

Table 2 Community characteristics in different degradation gradient type

退化梯度 Degradation gradient	丰富度 Species richness	高度 Height/cm	盖度 Subcoverage/%	地上生物量 Aboveground biomass/(g/m ²)
梯度 I I Type	12±1.00 a	15.0±2.23 a	82±8.56 a	145±10.19 a
梯度 II II Type	12±1.00 a	14.0±1.89 a	84±5.50 a	161±19.44 b
梯度 III III Type	14±2.00 a	14.5±2.59 a	81±3.77 a	170±15.01 c
梯度 IV IV Type	16±2.00 a	15.0±2.18 a	80±2.90 a	168±20.32 c

同一列数据后不同字母表示处理间差异显著

$P=0.11$),随着草地退化丰富度增加;群落草层高度和盖度无显著性差异($F=5.53, P=0.09; F=3.71, P=0.07$),不同退化梯度草层高度和盖度均保持在一个稳定范围之内;草地群落地上生物量有显著的差异($F=13.2, P<0.01$),地上生物量随着草地退化而增加。

2.2 阿尔泰针茅种群的斑块特征

不同退化阶段中阿尔泰针茅种群斑块特征存在不同的变化趋势(表3)。种群密度存在显著性差异($F=11.43, P<0.01$),随着草地退化种群密度减小;种群空斑面积和种群领地面积无显著性差异($F=6.26, P=0.20; F=4.31, P=0.18$),不同退化梯度种群空斑面积逐渐增加,种群领地面积逐渐减小;种群领地密度有显著的差异($F=18.24, P<0.01$),种群领地密度表现为先增大后减小。

表3 不同退化梯度草地阿尔泰针茅种群斑块特征

Table 3 Population patch characteristics of *Stipa krylovii* in different degradation gradient type

退化梯度 degradation gradient	种群密度 Population Density /(bunch/m ²)	空斑面积 Total area of hole /m ²	种群领地面积 Population territory area/m ²	领地密度 Territory density /(bunch/m ²)
梯度 I I Type	78±9.31 a	0.94±0.26 a	0.06±0.02 a	1248.00±78.24 a
梯度 II II Type	66±6.14 a	0.95±0.25 a	0.05±0.01 a	1320.00±101.52 b
梯度 III III Type	52±5.83 b	0.96±0.18 a	0.04±0.01 a	1386.67±125.88 b
梯度 IV IV Type	40±2.54 c	0.97±0.29 a	0.03±0.01 a	1333.34±99.87 c

同一列数据后不同字母表示处理间差异显著 $P < 0.01$

2.3 阿尔泰针茅种群大小结构特征

阿尔泰针茅种群大小结构在不同退化草地中呈显著性差异($F=15.42, P<0.01$)。同一退化梯度中,小株丛(A级)比例较高,是阿尔泰针茅种群的主要株丛类型;不同退化梯度中,大株丛(B级至G级)占株丛总数的比例下降,小株丛比例增加,大株丛比例从65.83%减小至42.2%,且在梯度III至梯度IV草地中,5.1—9.0 cm的阿尔泰针茅大株丛消失(表4)。

表4 阿尔泰针茅种群的大小结构

Table 4 The bunch size structure of *Stipa krylovii* population

退化梯度 Degradation gradient	株丛大小结构 bunch size structure /(bunch/m ²)							
	A (0—0.3 cm)	B (0.4—1.0 cm)	C (1.1—2.0 cm)	D (2.1—3.0 cm)	E (3.1—4.0 cm)	F (4.1—5.0 cm)	G (5.1—7.0 cm)	H (7.1—9.0 cm)
梯度 I I Type	23±3.53 a	4±0.55 a	6±0.90 a	14±1.80 a	12±1.91 a	11±1.6 a	8±1.10 a	1±0.08
梯度 II II Type	21±3.11 a	14±2.75 b	13±2.65 b	11±1.58 a	5±0.78 b	2±0.35 b	1±0.13 b	
梯度 III III Type	21±2.79 a	9±1.40 c	10±1.10 b	6±0.45 b	5±0.85 b	3±0.11 b		
梯度 IV IV Type	18±2.53 a	11±1.65 c	5±0.62 c	5±0.51 b	3±0.50 b	2±0.15 b		

同一列数据后不同字母表示处理间差异显著 $P < 0.01$

2.4 阿尔泰针茅种群点格局分析

阿尔泰针茅种群在不同尺度上空间点格局特征存在差异(图1)。在梯度I草地中,针茅种群在0—100 cm尺度上表现出两种格局分布类型:在0—64 cm尺度上呈现均匀分布,64—100 cm尺度上表现为随机分布;在梯度II草地中,在0—100 cm尺度上均表现为随机分布格局;在梯度III草地中,在0—70 cm尺度上呈现随机分布格局,在70—100 cm尺度上表现为聚集分布格局;梯度IV草地中,在0—100 cm表现为随机分布格局。并且阿尔泰针茅种群的分布格局统计上是极其显著的($P<0.01$)。

3 结论与讨论

物种分布的斑块性是自然界的一种普遍现象^[20],不同景观格局中往往形成许多大小不一的斑块,并相互镶嵌在一起,不同斑块间物质交换与能量流动对于物种分布格局和生态过程起着重要的作用^[21]。图1(I)、(II)、(III)中, $L(d)$ 曲线在60—70 cm处出现明显的拐点,草地群落调查过程中发现,阿尔泰针茅种群一般由

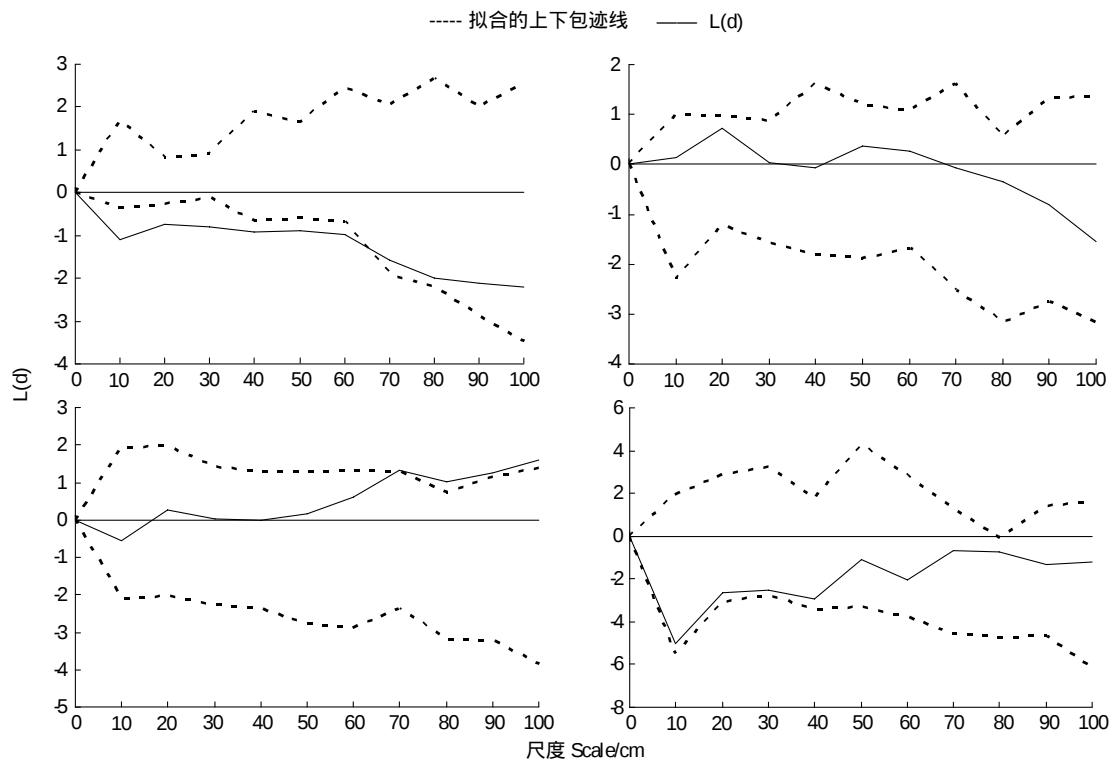


图1 阿尔泰针茅种群点格局分析结果

Fig. 1 Point pattern analysis of *Stipa krylovii* population

40—80 个大小不一的株丛簇拥在同一斑块内生长发育,且主要由株丛径 0.1—1.0 cm 的小株丛构成,这些结果与白永飞等关于针茅种群年龄与株丛结构的研究结论相同^[17],由此推断阿尔泰针茅斑块的直径除重度退化草地外保持在 60—70 cm 之间。阿尔泰针茅种群斑块形成的原因主要是:1) 阿尔泰针茅种群结构中具有密集的多年生株丛,每个株丛成为多数构件(分蘖)密生的无性系,构成了能量与物质相对充分而稳定的微环境,为斑块的形成提供了良好的繁殖基株和环境条件^[22];2) 为了应对生境条件尤其是水分制约的影响,针茅属植物一般会形成草毡层,以确保种群生长发育的营养供给,从而为斑块形成提供了充足的资源;3) 阿尔泰针茅株丛较小,以株丛为生态学单位不利于种群的稳定与延续,株丛间需要相互依赖,形成团体,这也为斑块形成提供了条件。

植物种群自身的生物学特征与种间关系是小尺度上格局形成与变化的主要原因^[23-24]。梯度 I 草地群落处于相对稳定的原生状态,阿尔泰针茅种群是优势物种,对草地群落具有资源支配与控制作用,狼毒等伴生植物随机分布在阿尔泰针茅株丛周围。阿尔泰针茅斑块内株丛间资源生态位重叠引起的种内竞争,使斑块内部株丛间存在负相关关系,因此,在 0—64 cm 尺度上呈现均匀分布格局。64—100 cm 尺度上随机分布的空间格局可能反映了阿尔泰针茅种群合理分配群落资源,斑块之间有序的进行物质交换与能量流动,从而对草地群落产生控制作用。

在梯度 II 草地,由于长期放牧干扰,狼毒凭借对逆境的适应机制,逐步拓殖并不断挤压针茅种群的生存空间,与阿尔泰针茅共同成为草地群落优势种,草地群落主要特征随之发生改变,引起了阿尔泰针茅分布格局和种群适应策略的调整。阿尔泰针茅的分布格局在 0—100 cm 尺度上转变为随机分布,不同尺度上 $L(d)$ 与 0 参考值的偏离发生了分异。在 0—30 cm 和 41—68 cm 尺度上 $L(d)$ 正向偏离 0 参考值,反映了针茅种群为了适应放牧干扰和种间竞争,缩小种群领地面积,调整株丛间的分布格局,通过抱团行为抵抗其他物种对其领地的侵占,以期群落环境朝着利于自身的方向发展;在 30—41 cm 尺度上 $L(d)$ 与 0 参考值重叠,可能由于群落资源不能满足其斑块生长的需求,斑块内部开始出现空斑,株丛之间的联系减弱,从而无法在一定尺度上表现出相

关关系。

随着草地进一步退化,在梯度Ⅲ草地狼毒成为群落的优势物种,阿尔泰针茅原有的稳定斑块不断被分割为多个直径较小的斑块,种群空间分布格局随之表现出复杂的组合特征:1) 阿尔泰针茅在 0—16 cm 尺度上 $L(d)$ 负向偏离 0 参考值,这可能是因为过度放牧降低了阿尔泰针茅种群的有性生殖能力,无性生殖产生分蘖成为种群繁殖的主要方式^[25],分布于株丛外围的新生分蘖,势必引起邻近株丛间的竞争关系;2) 阿尔泰针茅种群 $L(d)$ 与 0 参考值重叠和 $L(d)$ 正向偏离 0 参考值的尺度区间发生改变,重叠尺度区间由 30—41 cm 扩大至 26—42 cm,正向偏离尺度由 0—30 cm 缩小至 16—26 cm,同时种群领地密度从 1248 株/ m^2 增长至 1386.67 株/ m^2 ,反映了阿尔泰针茅种群应对群落环境改变,提高资源空间利用效率防止种群进一步退化做出的适应性调整过程;3) 70—100 cm 尺度上呈现正相关关系,可能是种群从斑块层次应对群落环境改变的抵御策略,但该尺度超出了阿尔泰针茅斑块所能控制的尺度范围,从而无法有效地抵御群落环境的改变。结合阿尔泰针茅分布格局的组合特征,以及图 1(Ⅱ)、(Ⅲ)中显示 $L(d)$ 与 0 参考值重叠尺度以斑块中心(30—35 cm)为中点向两侧延伸,由此推断,高寒草地退化过程中,阿尔泰针茅斑块首先从中心开始破碎,空斑由中心逐渐向四周扩散,这与针茅株丛“破碎”过程一致,首先是株丛中央的枝条因个体发育年龄偏老,以及缺乏养分、水分开始死亡,形成“空心”,并随着株丛年龄进一步老化,株丛被枯叶鞘分割为数个克隆片段,克隆片段不断死亡,引起株丛破碎^[17]。

在梯度Ⅳ草地中,阿尔泰针茅大株丛消失,小株丛散布在狼毒株丛四周,种群株丛间和斑块间失去了资源和信息联系。阿尔泰针茅在 0—100 cm 范围内均表现为随机分布格局, $L(d)$ 负向偏离 0 参考值,未表现出明显的拐点,主要原因可能是:1) 阿尔泰针茅的有性生殖能力消失^[14]、无性生殖产生分蘖的功能逐渐衰退,失去种群新株丛的补充源;2) 针茅种群草毡层遭到破坏,针茅株丛失去了生长发育的营养供给源,在干旱的生境条件下,株丛不断破碎、死亡;3) 针茅斑块被分割为多个“岛”状小斑块,受资源供给的限制和种间竞争的影响,小斑块又进一步分化,最终阿尔泰针茅种群斑块完全破碎。

综上所述,斑块是阿尔泰针茅种群在群落中地位与作用表现的基本生态学单元,斑块破碎是阿尔泰针茅种群拓殖和衰退的决定因素。阿尔泰针茅斑块破碎的基本模式为:斑块中心的株丛首先死亡,并逐渐向四周辐散,造成原有斑块被分割为多个直径较小的小斑块并进一步分化,最终导致种群斑块完全破碎、草毡层逐步消失。阿尔泰针茅株丛间点格局特征表现出“均匀分布-随机分布-均匀分布或随机分布-随机分布”的转变,反映了株丛间的信息交流与能量交换引起的种群空间分布格局的变化,未能有效地抵御群落环境的改变。种群斑块间的点格局表现出“随机分布-聚集分布-随机分布”的规律,可能反映了阿尔泰针茅种群斑块整合、分化,及与群落环境博弈的结果,其形成和演化的深层机理尚待进一步研究。

References:

- [1] Dale M R T. Spatial Patterns Analysis in Plant Ecology. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.
- [2] Condit R, Ashton P S, Baker P, Bunyavejchewin S, Gunatilleke S, Gunatilleke N, Hubbell S P, Foster R B, Itoh A, LaFrankie J V, Lee H S, Losos E, Manokaran N, Sukumar R, Yamakura T. Spatial patterns in the distribution of tropical tree species. *Science*, 2000, 288(5470): 1414-1418.
- [3] Gray L, He F. Spatial point-pattern analysis for detecting density-dependent competition in a boreal chronosequence of Alberta. *Forest Ecology and Management*, 2009, 259(1): 98-106.
- [4] Zhang J T, Meng D P. Spatial pattern analysis of individuals in different age-classes of *Larix principis-rupprechtii* in Luya Mountain Reserve, Shanxi, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(1): 35-40.
- [5] Zhang L Y, Zhang D M, Gao J X, Leng Q Z, Guo Y J. Some important forage plants in Sinkiang. *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 1977, 15(1): 29-42.
- [6] Lu S L, Wu Z L. On geographical distribution of the genus *Stipa* L. in China. *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 1996, 34(3): 242-253.
- [7] Jiang Y, Bi X L, Huang J H, Bai Y F. Patterns and drivers of vegetation degradation in Xilin River Basin, Inner Mongolia, China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2010, 34(10): 1132-1141.
- [8] Duan M J, Gao Q Z, Wan Y F, Li Y E, Guo Y Q, Dan J L B, Luo S J C. Effect of grazing on community characteristics and species diversity of *Stipa purpurea* alpine grassland in Northern Tibet. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(14): 3892-3900.
- [9] Tian D S, Bao X, Guan Q G, Pan Q M. Biomass reproductive allocation at different organizational levels of three *Stipa* species in Inner Mongolia

- Grassland of China. Chinese Journal of Plant Ecology, 2009, 33(1): 97-107.
- [10] Zhang Q, Niu J M, Dong J J. Study on genetic diversity among 5 species of *Stipa* L. of steppe in middle and western Inner Mongolia. Journal of Desert Research, 2008, 28(2): 306-311.
- [11] Han B, Zhao M L, Yang J, Shan D, Han G D. Genetic variation and ecological differentiation of *Stipa krylovii* population in Inner Mongolia Plateau. Chinese Journal of Grassland, 2010, 32(4): 17-23.
- [12] Tong C, Feng X, Zhong Y K. Soil seed banks of *Stipa krylovii* degraded steppe in the Xilin River Basin. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(9): 4710-4719.
- [13] Zhao C Z, Fan S Y, Yin C Q, He X B. Study on vegetation community's structure of degraded grassland of noxious and miscellaneous grass type. Journal of Desert Research, 2004, 24(4): 507-512.
- [14] Zhao C Z, Zhang Q P, Dong X G, Wang Q, Wang Y Y. Soil seed bank of *Potentilla acaulis* community in arid grassland of the upstream of Shiyang River. Arid Land Geography, 2010, 33(1): 71-77.
- [15] Chen B R, Yang G X, Zhang H B, Duan Q W, Xin X P. Spatial pattern analysis of *Leymus chinensis* population under different disturbances. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(21): 5868-5874.
- [16] Ripley B D. Spatial Statistics. New York: Wiley, 1981: 10-200.
- [17] Bai Y F, Xu Z X, Li D X, Zhao G. Study on age and bunch structure of four *Stipa* species in Inner Mongolia Plateau. Acta Botanica Sinica, 1999, 41(10): 1125-1131.
- [18] Diggle P. Statistical Analysis of Spatial Point Patterns. New York: Academic Press, 1983.
- [19] Wang X T, Wang W, Liang C Z. Changes in the population spatial distribution pattern of *Leymus chinensis* in degraded steppe community during restorative succession in Inner Mongolia, China. Chinese Journal of Plant Ecology, 2009, 33(1): 63-70.
- [20] Zhang W G, Huang W B, Yang Z Y. The study on the relationship between mini-patch and degradation of pasture. Acta Prataculturae Sinica, 2003, 12(3): 44-50.
- [21] Gonzalez M, Ladet S, Deconchat M, Cabanettes A, Alard D, Balent G. Relative contribution of edge and interior zones to patch size effect on species richness: an example for woody plants. Forest Ecology Management, 2010, 259(3): 266-274.
- [22] Zhao D L, Liu Z L, Yang G X, Xin X P, Liang C Z, Wang W, Wang L X. Grazing impact on distribution pattern of the plant communities and populations in *Stipa krylovii* steppe. Acta Prataculturae Sinica, 2010, 19(3): 6-13.
- [23] Manly B F J. Randomization and Monte Carlo Methods in Biology. New York: Chapman and Hall, 1991.
- [24] Zhao C Z, Gao F Y, Wang X P, Sheng Y P, Shi F X. Fine-scale spatial patterns of *Stellera chamaejasme* population in degraded alpine grassland in upper reaches of Heihe, China. Chinese Journal of Plant Ecology, 2010, 34(11): 1319-1326.
- [25] Bai Y F, Li D X, Xu Z X, Wei Z J. Growth and reproduction of *Stipa krylovii* population on a grazing gradient. Acta Ecologica Sinica, 1999, 19(4): 479-484.

参考文献:

- [4] 张金屯, 孟东平. 芦芽山华北落叶松林不同龄级立木的点格局分析. 生态学报, 2004, 24(1): 35-40.
- [5] 张立运, 张佃民, 高建新, 冷巧珍, 郭英杰. 新疆的一些重要牧草. 植物分类学报, 1977, 15(1): 29-42.
- [6] 卢生莲, 吴珍兰. 中国针茅属植物的地理分布. 植物分类学报, 1996, 34(3): 242-253.
- [7] 姜晔, 毕晓丽, 黄建辉, 白永飞. 内蒙古锡林河流域植被退化的格局及驱动力分析. 植物生态学报, 2010, 34(10): 1132-1141.
- [8] 段敏杰, 高清竹, 万运帆, 李玉娥, 郭亚奇, 旦久罗布, 洛桑加措. 放牧对藏北紫花针茅高寒草原植物群落特征的影响. 生态学报, 2010, 30(14): 3892-3900.
- [9] 田大栓, 包祥, 关其格, 潘庆民. 内蒙古草原3种针茅属植物不同组织水平的生物量生殖分配. 植物生态学报, 2009, 33(1): 97-107.
- [10] 张庆, 牛建明, 董建军. 内蒙古中西部草原区五种针茅的遗传多样性研究. 中国沙漠, 2008, 28(2): 306-311.
- [11] 韩冰, 赵萌莉, 杨劼, 珊丹, 韩国栋. 内蒙古高原克氏针茅种群的生态分化. 中国草地学报, 2010, 32(4): 17-23.
- [12] 全川, 冯秀, 仲延凯. 内蒙古锡林郭勒克氏针茅退化草原土壤种子库特征. 生态学报, 2009, 29(9): 4710-4719.
- [13] 赵成章, 樊胜岳, 殷翠琴, 贺学斌. 毒杂草型退化草地植被群落特征的研究. 中国沙漠, 2004, 24(4): 507-512.
- [14] 赵成章, 张起鹏, 董小刚, 王倩, 王艳艳. 石羊河上游干旱草原星毛委陵菜群落土壤种子库. 干旱区地理, 2010, 33(1): 71-77.
- [15] 陈宝瑞, 杨桂霞, 张宏斌, 段庆伟, 辛晓平. 不同干扰类型下羊草种群的空间格局. 生态学报, 2010, 30(21): 5868-5874.
- [17] 白永飞, 许志信, 李德新, 赵钢. 内蒙古高原四种针茅种群年龄与株丛结构的研究. 植物学报, 1999, 41(10): 1125-1131.
- [19] 王鑫厅, 王炜, 梁存柱. 典型草原退化群落不同恢复演替阶段羊草种群空间格局的比较. 植物生态学报, 2009, 33(1): 63-70.
- [20] 张卫国, 黄文冰, 杨振宇. 草地微斑块与草地退化关系的研究. 草业学报, 2003, 12(3): 44-50.
- [22] 赵登亮, 刘钟龄, 杨桂霞, 辛小平, 梁存柱, 王炜, 王立新. 放牧对克氏针茅草原植物群落与种群格局的影响. 草业学报, 2010, 19(3): 6-13.
- [24] 赵成章, 高福元, 王小鹏, 盛亚萍, 石福习. 黑河上游高寒退化草地狼毒种群小尺度点格局分析. 植物生态学报, 2010, 34(11): 1319-1326.
- [25] 白永飞, 李德新, 许志信, 魏志军. 牧压梯度对克氏针茅生长和繁殖的影响. 生态学报, 1999, 19(4): 479-484.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 21 November, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Landscape spatial analysis of a traditional tibetan settlement based on landscape pattern theory and feng-shui theory; the case of Zhagana, Diebu, Gansu Province	SHI Lisha, YAN Lijiao, HUANG Lu, et al (6305)
Temporal-spatial differentiation and its change in the landscape ecological security of Wuyishan Scenery District	YOU Weibin, HE Dongjin, WU Liyun, et al (6317)
Evaluation of eco-sustainability of roads in a tourism area; a case study within Yulong County	JIANG Yiyi (6328)
Study on the compactness assessment model of urban spatial form	ZHAO Jingzhu, SONG Yu, SHI Longyu, et al (6338)
A multi-scale analysis of red-crowned crane's habitat selection at the Yellow River Delta Nature Reserve, Shandong, China	CAO Mingchang, LIU Gaohuan, XU Haigen (6344)
Assessment and spatial distribution of water and soil loss in karst regions, southwest China	FAN Feide, WANG Kelin, XIONG Ying, et al (6353)
Construction of an eco-environmental database for watershed-scale data; an example from the Tarim River Basin	GAO Fan, YAN Zhenglong, HUANG Qiang (6363)
Reproductive allocation in dioecious shrub, <i>Rhamnus davurica</i>	WANG Juan, ZHANG Chunyu, ZHAO Xiuhai, et al (6371)
Age-dependent growth responses of <i>Pinus koraiensis</i> to climate in the north slope of Changbai Mountain, North-Eastern China	WANG Xiaoming, ZHAO Xiuhai, GAO Lushuang, et al (6378)
Fine-scale spatial point patterns of <i>Stipa krylovii</i> population in different alpine degraded grasslands	ZHAO Chengzhang, REN Heng, SHENG Yaping, et al (6388)
Community structure and population regeneration in remnant <i>Ginkgo biloba</i> stands	YANG Yongchuan, MU Jianping, TANG Cindy Q., et al (6396)
Reproductive characteristics and adaptive evolution of pin and thrum flowers in endangered species, <i>Primula merrilliana</i>	SHAO Jianwen, ZHANG Wenjuan, ZHANG Xiaoping (6410)
Leaf functional traits of four typical forests along the altitudinal gradients in Mt. Shennongjia	LUO Lu, SHEN Guozhen, XIE Zongqiang, et al (6420)
Reclaimed soil properties and weathered gangue change characteristics under various vegetation types on gangue pile	WANG Liyan, HAN Youzhi, ZHANG Chengliang, et al (6429)
Influence of fire on stands of <i>Pinus massoniana</i> in a karst mountain area of central Guizhou province	ZHANG Xi, CHUI Yingchun, ZHU Jun, et al (6442)
Morphological and physiological adaptation of <i>Caragana</i> species in the Inner Mongolia Plateau	MA Chengcang, GAO Yubao, LI Qingfang, et al (6451)
A comparative study on reasons of degenerated of <i>Haloxylon ammodendron</i> population in the western part of Gurbantunggut desert	SI Langming, LIU Tong, LIU Bin, et al (6460)
Self-thinning of natural broadleaved forests in Baishilazi Nature Reserve ...	ZHOU Yongbin, YIN You, YIN Mingfang, et al (6469)
Population status and dynamic trends of Amur tiger's prey in Eastern Wandashan Mountain, Heilongjiang Province	ZHANG Changzhi, ZHANG Minghai (6481)
The relationship between the occurrence of Colorado Potato Beetle, <i>Leptinotarsa decemlineata</i> , and rivers based on GIS: a case study of Shawan Country	LI Chao, ZHANG Zhi, GUO Wenchao, et al (6488)
Occurrence dynamics and trajectory analysis of <i>Cnaphalocrocis medinalis</i> Guenée in Xing'an Guangxi Municipality in 2010	JIANG Chunxian, QI Huihui, SUN Mingyang, et al (6495)
Adaptability of B-biotype <i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius) to Host Shift	ZHOU Fucui, LI Chuanming, GU Aixiang, et al (6505)
Structural change analysis of cecal bacterial flora in different poultry breeds using PCR-DGGE ...	LI Yongzhu, Yongquan Cui (6513)
Effect of chicken manure-amended copper mine tailings on growth of three leguminous species, soil microbial biomass and enzyme activities	ZHANG Hong, SHEN Zhangjun, YANG Guide, et al (6522)
Physiological response of <i>Microcystis</i> to solar UV radiation	WANG Yan, LI Shanshan, LI Jianhong, et al (6532)
Relationship between cell volume and cell carbon and cell nitrogen for ten common dinoflagellates	WANG Yan, LI Ruixiang, DONG Shuanglin, et al (6540)
The community structure and abundance of microcystin-producing cyanobacteria in surface sediment of Lake Taihu in winter	LI Daming, KONG Fanxiang, YU Yang, et al (6551)
Influence of green belt structure on the dispersion of particle pollutants in street canyons	LIN Yinding, WU Xiaogang, HAO Xingyu, et al (6561)
Spatio-temporal variation analysis of urbanization and land use benefit of oasis urban areas in Xinjiang	YANG Yu, LIU Yi, DONG Wen, et al (6568)
Nitrate contamination and source tracing from NO_3^- - $\delta^{15}\text{N}$ in groundwater in Weifang, Shandong Province	XU Chunying, LI Yuzhong, LI Qiaozhen, et al (6579)
The impact of rising temperature on spring wheat production in the Yellow River irrigation region of Ningxia	XIAO Guoju, ZHANG Qiang, ZHANG Fengju, et al (6588)
A new hyperspectral index for the estimation of nitrogen contents of wheat canopy	LIANG Liang, YANG Minhua, DENG Kaidong, et al (6594)
The feature of N_2O emission from a paddy field in irrigation area of the Yellow River	ZHANG Hui, YANG Zhengli, LUO Liangguo, et al (6606)
Review and Monograph	
Research perspective for the effects of nitrogen deposition on biogenic volatile organic compounds	HUANG Juan, MO Jiangming, KONG Guohui, et al (6616)
Recruitment limitation of plant population: from seed production to sapling establishment	LI Ning, BAI Bing, LU Changhu (6624)
Scientific Note	
Response of anatomical structure and photosynthetic characteristics to low light stress in leaves of different maize genotypes	DU Chengfeng, LI Chaohai, LIU Tianxue, et al (6633)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 21 期 (2011 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 21 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元