

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

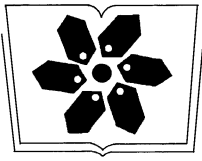
(Shengtai Xuebao)

第 30 卷 第 21 期
Vol.30 No.21
2010



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



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 30 卷 第 21 期 2010 年 11 月 (半月刊)

目 次

棉铃虫幼虫对人类呈味物质的取食反应·····	李为争,付国需,王英慧,等 (5709)
西藏拉萨机场周边风沙源空间分布及演变趋势·····	李海东,沈渭寿,邹长新,等 (5716)
新疆沙湾冷泉沉积物的细菌系统发育多样性·····	曾 军,杨红梅,徐建华,等 (5728)
应用鱼类完整性评价体系评价辽河流域健康·····	裴雪姣,牛翠娟,高 欣,等 (5736)
不同海拔天山云杉叶功能性状及其与土壤因子的关系·····	张慧文,马剑英,孙 伟,等 (5747)
滨河湿地不同植被对农业非点源氮污染的控制效果·····	徐华山,赵同谦,贺玉晓,等 (5759)
内蒙古温带荒漠草原能量平衡特征及其驱动因子·····	阳伏林,周广胜 (5769)
南北样带温带区栎属树种功能性状对气象因子的响应·····	冯秋红,史作民,董莉莉,等 (5781)
伏牛山自然保护区物种多样性分布格局·····	卢训令,胡 楠,丁圣彦,等 (5790)
减弱 UV-B 辐射对烟草形态、光合及生理生化特性的影响 ·····	陈宗瑜,钟 楚,王 毅,等 (5799)
川西亚高山针阔混交林乔木层生物量、生产力随海拔梯度的变化 ·····	刘彦春,张远东,刘世荣,等 (5810)
三峡库区消落带水淹初期地上植被与土壤种子库的关系·····	王晓荣,程瑞梅,肖文发,等 (5821)
洞庭湖西岸区防护林土壤和植物营养元素含量特征·····	柏方敏,田大伦,方 晰,等 (5832)
择伐对阔叶红松林主要树种径向与纵向生长的影响·····	蒋子涵,金光泽 (5843)
野鸭湖典型湿地植物光谱特征·····	刘 克,赵文吉,郭逍宇,等 (5853)
三种线性模型在杉木与马尾松地位指数相关关系研究中的比较·····	朱光玉,吕 勇,林 辉,等 (5862)
不同干扰类型下羊草种群的空间格局·····	陈宝瑞,杨桂霞,张宏斌,等 (5868)
基于 SWAT 模型的祁连山区最佳水源涵养植被模式研究——以石羊河上游杂木河流域为例 ·····	王军德,李元红,李赞堂,等 (5875)
2D 与 3D 景观指数测定山区植被景观格局变化对比分析 ·····	张志明,罗亲普,王文礼,等 (5886)
基于投影寻踪的珠江三角洲景观生态安全评价 ·····	高 杨,黄华梅,吴志峰 (5894)
海峡两岸 16 个沿海城市生态系统功能比较 ·····	张小飞,王如松,李 锋,等 (5904)
同安湾围(填)海生态系统服务损害的货币化预测评估 ·····	王 萱,陈伟琪,张璐平,等 (5914)
太阳辐射对玉米农田土壤呼吸作用的影响 ·····	孙敬松,周广胜,韩广轩 (5925)
水分胁迫下 AM 真菌对沙打旺生长和抗旱性的影响·····	郭辉娟,贺学礼 (5933)
宁夏南部旱区坡地不同粮草带比间作种植模式比较·····	路海东,贾志宽,杨宝平,等 (5941)
节节草生长对铜尾矿砂重金属形态转化和土壤酶活性的影响·····	李 影,陈明林 (5949)
自然植物群落形成过程中铜尾矿废弃地氮素组分的变化 ·····	安宗胜,詹 婧,孙庆业 (5958)
硅介导的水稻对二化螟幼虫钻蛀行为的影响 ·····	韩永强,刘 川,侯茂林 (5967)
饥饿对转基因鲤与野生鲤生长竞争和性腺发育的影响·····	刘春雷,常玉梅,梁利群,等 (5975)
专论与综述	
河流水质的景观组分阈值研究进展 ·····	刘珍环,李 猷,彭 建 (5983)
研究简报	
长期模拟增温对岷江冷杉幼苗生长与生物量分配的影响 ·····	杨 兵,王进闯,张远彬 (5994)
环境因素对长额斗蟋翅型分化的影响 ·····	曾 杨,朱道弘,赵吕权 (6001)

不同干扰类型下羊草种群的空间格局

陈宝瑞^{1,2}, 杨桂霞^{1,2}, 张宏斌^{1,2}, 段庆伟^{1,2}, 辛晓平^{1,2,*}

(1. 呼伦贝尔草原生态系统国家野外科学观测研究站, 北京 100081;

2. 农业部资源遥感与数字农业重点开放实验室, 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)

摘要:生态系统各层次的空间格局与生态学过程的相互关系一直是生态学的研究热点之一, 这一问题的关键是选取合适的观察尺度。羊草(*Leymus chinensis*)作为呼伦贝尔草原的地带性植被, 研究其种群空间格局对理解种群生态过程和草地资源可持续利用具有重要意义。利用 Ripley's *K* 函数和 Monte Carlo 随机模拟方法, 对两块样地 3 种干扰下的羊草种群格局进行定量分析。结果表明: (1) 刈割、围封、放牧 3 种干扰对羊草草甸草原恢复改良样地(LM)和贝加尔针茅试验样地(SM)的羊草种群空间格局具有显著影响, 空间格局在不同尺度上存在差异。(2) 在较小的空间尺度内, 羊草种群倾向于非随机分布, 在 LM 样地、SM 样地分别为均匀分布和聚集分布; 当空间尺度大于临界值后, 羊草种群在围封(30—100cm)、放牧干扰(84—100cm)下倾向于随机分布, 刈割干扰下仍为聚集分布。这主要与羊草的繁殖对策、群落地位以及各种干扰下对资源的竞争能力有关。(3) 空间结构的规律性表面上取决于观察尺度, 但更小尺度的数据对局域空间结构的生物学解释可能更有效。

关键词: 呼伦贝尔; 点格局; 放牧; 刈割; 围封

Spatial pattern analysis of *Leymus chinensis* population under different disturbances

CHEN Baorui^{1,2}, YANG Guixia^{1,2}, ZHANG Hongbin^{1,2}, DUAN Qingwei^{1,2}, XIN Xiaoping^{1,2,*}

1 Hulunber Grassland Ecosystem Research Station, Beijing 100081, China

2 Key Laboratory of Resources Remote-Sensing and Digital Agriculture of Ministry of Agriculture, Institute of Natural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China

Abstract: Grassland degradation is one of the important environment and resource issues in North China. Different degrees of grassland degradation in Hulunber grassland are mainly caused by global climate change, overexploitation and other reasons, which threatens to the sustainable development of grassland animal husbandry and improvement of living standards of farmers. The relationship between spatial patterns and ecological processes at different scales is one of the hottest research topics, the key point of which is to select an appropriate observation scale. Disturbance as part of the process, is the main sources of spatial heterogeneity, which can significantly change the ecological pattern and processes at different scales, causing apparently shift of the structure and function of ecological systems. Small-scale spatial structure of plant species was important in plant ecology as it affected the dynamics of plant populations, communities and ecosystem processes. Hulunber steppe with a plateau landscape is a component of the Mongolian Plateau in central Asia and located in the eastern part of Inner Mongolian, which with the unique ecosystem characteristics, relatively well-preserved natural environment, abundant landscape types and biodiversity, relatively advanced and intensive production mode, is the optimal object for researching the natural ecological patterns and process in steppe ecosystems, and its responses to human-caused disturbances. *Leymus chinensis*, the zonal vegetation in Hulunber grassland, has a great significance for understanding ecological processes and sustainable utilization of grassland resources with studies on population patterns of *Leymus chinensis*.

We recorded fine-scale (0—100cm) spatial patterns of this species as presence/absence maps from 2m × 2m grids

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30970489); 现代农业产业技术体系建设专项资金

收稿日期: 2010-01-27; **修订日期:** 2010-07-07

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xyp@mail.caas.net.cn

(2cm × 2cm quadrats) in two plots under three kinds of disturbances: cutting, fencing and grazing. Ripley's K function and Monte Carlo stochastic simulation method were used to quantitatively analyze *Leymus chinensis* population patterns. Based on life history characteristics, strategies of ecological adaptation of *Leymus chinensis* population and interspecific interaction in the community under different disturbances, the mechanism generating and maintaining these patterns was discussed. The results showed that: First, there were significant effects on spatial patterns of *Leymus chinensis* populations under the disturbances of cutting, fencing and grazing in the Restoration Succession Sample of *Leymus chinensis* Meadow Steppe (abbr. LM) and Long-term Observation Sample of *Stipa baicalensis* Meadow Steppe (abbr. SM). The density of *Leymus chinensis* population in LM was significantly greater than SM, but its $L(h)$ value in LM was lower than SM, which indicated the aggregation level of SM was greater than LM. Second, there is a difference at various scales. On the scales less than certain critical points with the population usually characterized by non-random distribution, is being regular in LM and clumped in SM respectively; In contrast, if the scales enlarge beyond these critical points, the plants will disperse randomly but without disturbances of cutting which is clumped. It is mainly related to *Leymus chinensis*'s reproductive responses community's position, and competition ability for resources under different disturbances. Third, the nature of spatial structure seemingly depends on the scale of observation, but the smaller-scale data are likely to provide a more powerful biological explanation for local spatial structure in this community.

Key Words: Hulunber; point pattern; grazing; cutting; fencing

草地退化是我国北方重要的环境与资源问题之一^[1]。在内蒙古呼伦贝尔草原区,由于全球气候变化、过度利用等原因,草地出现不同程度的退化现象,威胁到了呼伦贝尔草地畜牧业的可持续发展及农牧民生活水平的提高^[2]。呼伦贝尔草原,尤其在草甸草原区,草地利用方式主要为放牧和刈割。放牧和刈割对草地的影响已有很多报道^[3-5],国内外许多研究者对不同种类的牧草在生理、形态和种群统计学等方面在不同尺度上(个体、种群、群落及生态系统水平)对不同放牧、刈割制度的响应等方面进行了研究,阐明了不同放牧、刈割制度对牧草的光合生理、资源分配、发育形态的影响及牧草的反馈机制,包括抗性和补偿或超补偿性生长的机制^[6-8]。但以上的研究很少涉及放牧、刈割等干扰影响下植物群落不同尺度上的空间格局,对放牧、刈割影响下物种替代和植被变化的机理和过程了解甚少^[9]。在干扰的影响下,草原植物的生态适应对策因物种类型的差异而不同,进而影响植物对有限资源的竞争,决定了种群不同尺度的空间格局。相反,种群的空间格局及其动态不仅可以反映环境对种群个体的影响,也可指示植物的生态适应对策^[10-12]。因此,不同的种群格局类型可以反推出格局的主要决定因子及格局的维持机理。在知晓机理的前提下,种群格局才可进行尺度外推,因此,对不同干扰下植物种群的多尺度空间格局的研究,可以描述植物种群对干扰的适应对策,也可部分揭示干扰影响下植物群落的演替机理。

生态系统各层次的空间格局与生态学过程的相互关系一直是生态学的研究热点之一^[13-15]。干扰作为一种生态学过程,在自然界中无处不在,且直接影响着生态系统的演变过程^[16]。自从1947年Watt发表“植物群落的格局与过程”的开创性文章以来,研究主要集中在格局与过程的相互关系上,如今空间结构影响着群落动态已达成广泛的共识^[17-18]。因此,在种群的尺度上,空间格局分析是研究种群特征重要手段^[19-20]。种群分布格局有3种类型,即聚集分布、随机分布和均匀分布,格局类型的确定与样方大小关系密切,在某一特定尺度上的研究结果在其他的尺度上不一定相符,也即结果不一定具有尺度外推性^[12,20]。格局的简单统计得不出机理性解释,而模型和模拟可探索那些不易被常规方法发现的结果及规律。本文以呼伦贝尔草原的主要建群种——羊草(*Leymus chinensis*)为研究对象,根据羊草的繁殖特性,选择0—100cm的空间尺度域,利用Ripley' K 函数及Monte-Carlo随机模拟方法,定量分析羊草种群的空间格局及尺度变化规律,研究不同干扰对羊草种群空间格局的影响以及羊草在不同干扰下的生态适应对策。并以羊草的生活史特征、生态适应对策以及群落内植物种间的相互作用为基础,探讨产生和维持这些格局的机理。在理论上可丰富群落尺度上的物种

共存理论, 实践上对草地资源的开发利用也具有很高的科学价值。

1 研究区概况

试验地位于呼伦贝尔草原生态系统国家野外科学观测研究站(中心坐标: 49°21'0.72"N, 120°5'48.77"E)的贝加尔针茅(*Stipa baicalensis*)草甸草原观测样地(以下简称 SM)(49°21'10.52"N, 120°6'8.63"E)、羊草草甸草原恢复改良样地(以下简称 LM)(49°22'35.18"N, 120°2'25.35"E)内, 样地附近的放牧草地、刈割草地。属温带大陆季风气候, 年均温 -3—0℃, 自东南向西北递增, 年降水 250—400mm, 自东南向西北递减, 主要集中在 6—9 月份。SM 样地和 LM 样地的放牧牲畜均为牛, 放牧方式为完全自由放牧, 放牧时期为每年 5 月 20 日—9 月 30 日。刈割样地每年在 8 月 5—20 日间完成, 全年只刈割 1 次, 留茬 10cm。SM 样地位于谢尔塔拉 11 队, 样地类型为贝加尔针茅 + 日阴营 + 羊草; 放牧样地和刈割样地开始于 1979 年, 围栏样地围建于 2006 年。LM 样地位于谢尔塔拉 6 队, 样地以羊草为建群种; 放牧样地和刈割样地开始于 1968 年, 围栏样地围建于 2006 年。

2 材料与方法

2.1 样地设置

试验在 2008 年植物生长盛期(8 月)进行, 分别在两块样地所在区域, 选取放牧、刈割、围封 3 种处理做羊草种群格局调查, 每种处理重复 3 次^[12]。在每个处理中, 利用 2m × 2m 的方格窗(分辨率为 2cm × 2cm)按从左到右, 从上到下的顺序依次放置(方格窗按正南正北方向放置)。以左上角作为坐标原点, 统计每个小格子中羊草的出现与否, 为便于记录, 将地上部分剪掉, 留茬 5cm。统计时, 只要在 2cm × 2cm 的小格子中有羊草存在, 就把这个小格子的中心坐标位置赋予羊草。

2.2 数据分析方法

Ripley's K 函数是用来分析在一定的连续尺度内空间点格局数据的工具^[12, 20-23]。本文利用经过校正边缘效应的 Ripley's K 函数:

$$\hat{K}(h) = \frac{1}{\lambda^2 R} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1, j \neq i}^N \frac{I_h(d_{ij})}{w_{ij}}$$

$\hat{K}(h)$ 是以任意一个(试验物种 S)出现的小格子为圆心, 半径为 h 的圆内有 S 出现的小格子的数目; h 是空间尺度, λ 是某一物种出现的小格子的密度, R 为样方的面积, N 是样方中有 S 出现的小格子的总数目; d_{ij} 表示有 S 出现的第 i, j 小格子之间的距离; $I_h(d_{ij})$ 是指示函数, d_{ij} 为 i 和 j 之间的距离, 当 $d_{ij} \leq h$, $I_h(d_{ij}) = 1$, 当 $d_{ij} > h$ 时, $I_h(d_{ij}) = 0$; w_{ij} 是指在样方中有 S 存在的小格子出现的条件概率, 以点 i 为圆心, d_{ij} 为半径的圆周长在面积 R 中的比例, 其为一个点(植株)可被观察到的概率。这里为权重, 是为了消除边界效应。

由于 Ripley's K 函数本身只在取样空间尺度 50% 内起作用, 所以本文只可分析 0—100cm 内的种群格局。实际上, $\hat{K}(h)$ 的平方根在表现格局时更有效, 因为在随机分布下, 它可以保持方差稳定性, 而且它与 h 也有线性关系, 用 $L(h)$ 表示 $\hat{K}(h)/\pi$ 的平方根, 将 $L(h)$ 减去 h 得到 $\hat{L}(h)$:

$$\hat{L}(h) = \sqrt{\hat{K}(h)/\pi} - h$$

在随机分布下, $\hat{L}(h)$ 在所有的尺度 h 下均应等于 0, 若 $\hat{L}(h) > 0$, 表征种群在尺度 h 下为聚集分布, 偏离数值越大说明聚集强度越高。若 $\hat{L}(h) < 0$ 则表征在尺度 h 下为均匀分布。

利用基于随机数的 Monte-Carlo 模拟, 用于计算 $\hat{L}(h)$ 置信区间(Envelopes), 通过 999 次的计算确定了 99.5% 的上分位数及 0.5% 的下分位数。数据分析过程通过生态学软件包 ADE-4 完成。

3 结果分析

3.1 不同干扰方式下羊草的种群密度

在放牧、刈割、围封等干扰影响下的羊草种群密度变化情况如下(图 1)。从总体上来看, LM 样地的羊草

密度明显大于 SM 样地。在 LM 样地中,羊草密度在不同干扰下的顺序为放牧 > 刈割 > 围封;在 SM 样地中,羊草密度变化为刈割 > 放牧 > 围封。此结果表明在围封初期,羊草作为两块样地的建群种及共建种,竞争力比其他物种要低,也即说明,在恢复演替初期,演替顶级物种的竞争优势相对较低。

3.2 不同干扰方式下羊草种群格局

羊草在两块样地中不同干扰下的种群格局见图 2。

(1)在 LM 样地中 在刈割干扰下(图 2a), $\hat{L}(h)$ 在 0—4cm 区间处于置信下限之下,表明羊草在此区间范围内为均匀分布;在 4—16cm、24cm 处在置信区间之内,是为随机分布;16—24cm、24—100cm 处于置信上限之上,是为聚集分布。 $\hat{L}(h)$ 对 h 曲线在 0—10cm 负向偏离 0 参考值,波动较大;10—90cm 尺度上正向偏离 0 参考值,曲线呈现上升态势,波动较大。同理,LM 样地在围封干扰下(图 2b),0—4cm、10cm、14cm 为均匀分

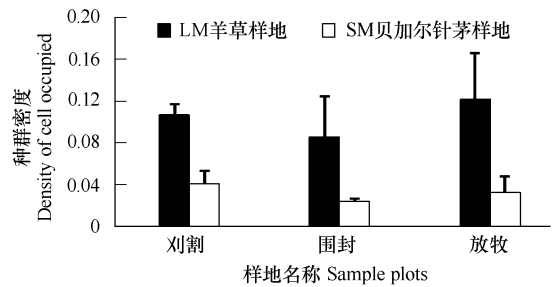


图 1 羊草种群密度

Fig. 1 The density of *Leymus chinensis* population

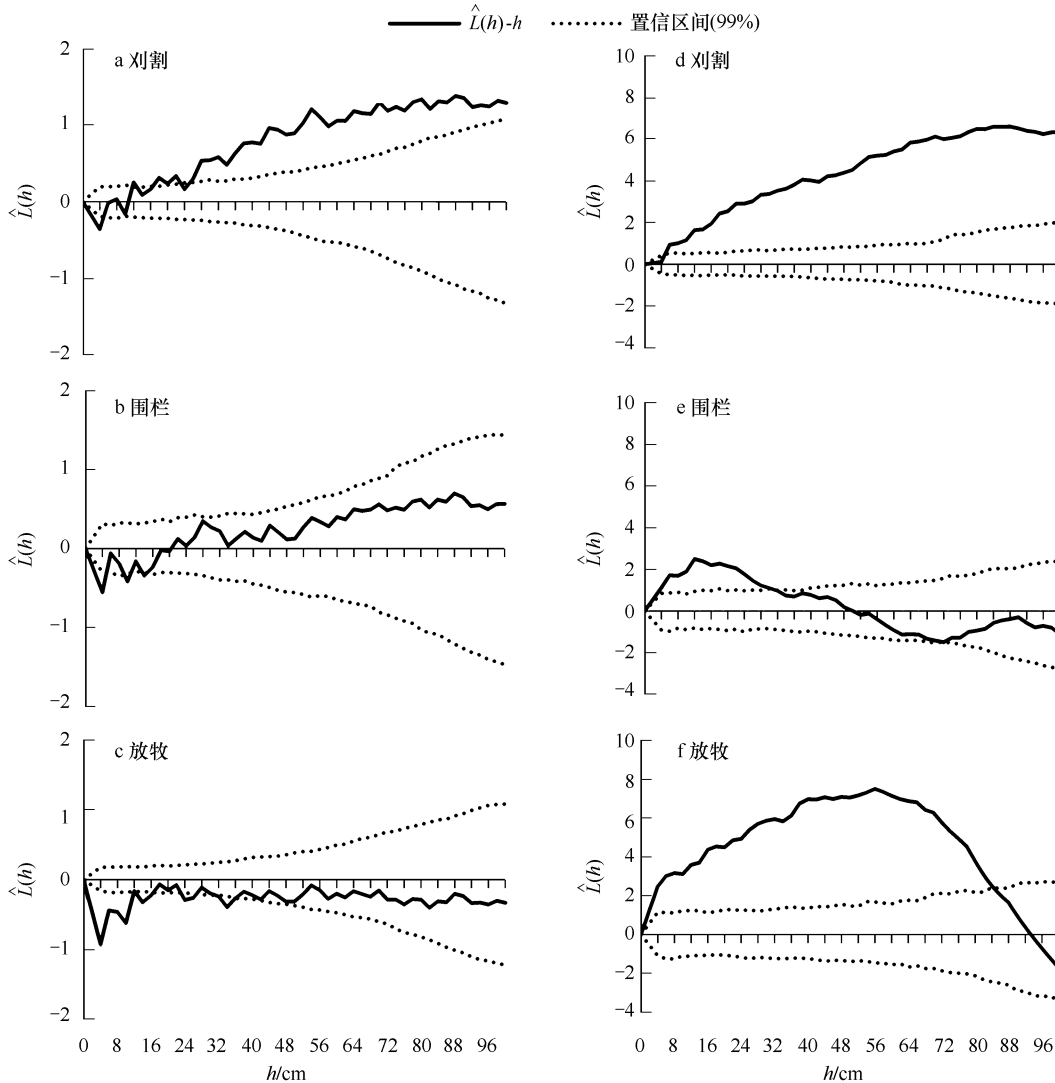


图 2 不同干扰下羊草种群空间格局

Fig. 2 Spatial pattern of *Leymus chinensis* population under different disturbances

注:左侧为 LM 样地,右侧为 SM 样地

布;4—10cm、12cm、14—100cm为随机分布。 $\hat{L}(h)$ 在0—20cm负向偏离0参考值,曲线波动较大;20—100cm正向偏离0参考值,曲线呈现上升态势,波动也较大。LM样地在放牧干扰下(图2c),0—16cm、24—26cm、32—36cm为均匀分布;16—24cm、26—32cm、36—100cm为随机分布。 $\hat{L}(h)$ 在0—100cm均负向偏离0参考值,0—4cm急剧下降;4—18cm急剧上升,但波动较大;18—100cm间,曲线总体趋势平行于坐标轴横轴,但略有波动。

(2)在SM样地中 在刈割干扰下(图2d),0—4cm为随机分布;4—100cm为聚集分布。 $\hat{L}(h)$ 在0—100cm尺度内均正向偏离0参考值,曲线在0—84cm尺度内呈缓步上升趋势,在84cm以下呈缓步下降趋势。在围封干扰下(图2e),0—30cm为聚集分布;30—100cm为随机分布。 $\hat{L}(h)$ 在0—50cm尺度内正向偏离0参考值,其中,在0—12cm尺度内急剧上升,在12—50cm内急剧下降;在50—100cm尺度内负向偏离0参考值,在50—72cm内急剧下降,在72—90cm呈平稳上升,90—100cm内又急剧下降。在放牧干扰下(图2f),0—84cm为聚集分布;84—100cm为随机分布。 $\hat{L}(h)$ 在0—94cm尺度内正向偏离0参考值,其中,在0—6cm内急剧上升,在6—56cm内缓步上升,在56—94cm内急剧下降;在94—100cm尺度内负向偏离0参考值,下降幅度较大。

总体上看, $\hat{L}(h)$ 值在LM样地介于0—2之间,而在SM样地介于0—10之间,说明SM样地的聚集程度均大于LM样地。SM样地3种干扰下的曲线总体上均比较平滑,在平滑程度上优于LM样地的3条曲线。以上所有分布在统计上都是极显著的($P < 0.01$)。

4 结论与讨论

在草原植物群落中,种群空间格局几乎都是偏离随机分布的^[12,24],本文在LM样地的研究结果与此结论不尽相同。LM样地在围封、放牧干扰下,绝大部分尺度内均为随机分布。这主要由于在围封条件下种间竞争的增强,放牧增加了对羊草的采食及践踏,阻断了羊草的克隆生长,从而减弱了羊草形成斑块化的能力^[25]。SM样地羊草种群的聚集强度与干扰和种间竞争的强弱有关。刈割干扰下,由于刈割对群落的建群种影响最大,从而给羊草的克隆生长提供了空间,使得羊草的生长趋于斑块化。围封条件下,由于解除了放牧及刈割压力,所有物种均可自由生长,种间竞争加大,导致处于共建种地位的羊草的聚集分布能力减弱,聚集强度最低。放牧干扰下,由于羊草为优质牧草,牲畜喜食,所以放牧对羊草及群落的建群种影响相对比较均等,所以其聚集强度处于其他两种干扰方式的中间。

不同干扰下,羊草种群在小尺度上的空间分布格局主要由以下因素决定:一是羊草本身的生物学特性,其种子发芽率低,繁殖主要靠克隆生长完成。决定了羊草聚集分布的性质。羊草在LM样地刈割干扰方式下的24—100cm尺度域和SM样地刈割干扰方式下的4—100cm、围封干扰方式下的0—30cm、放牧干扰方式下的0—84cm尺度域内为聚集分布,这些均与羊草的克隆生长属性有关。另外,羊草在LM样地小尺度的均匀分布同样由其克隆生长属性所致。二是羊草的群落地位不同,干扰对其影响随之不同,以致形成不同的空间格局。羊草在LM样地为建群种,所以其斑块化能力相对较强。在斑块内部,由于其地下根茎节间长度相差不大,故从节上生出的枝条,表现出均匀分布的特点,以致其小尺度域内(0—10cm)多表现为均匀分布。在SM样地,羊草为群落的共建种,形成斑块化分布的能力以及斑块数量均较小,所以没有出现均匀分布的格局类型。三是干扰作为一把双刃剑,既可为羊草种群的生长提供空间资源,又可通过改变群落的生态学过程,阻碍种群的繁殖。放牧即可以促进植株分蘖^[25],也可以促进植株的克隆生长^[12]。同时,干扰也使得羊草的种内、种间关系发生变化,空间分布格局随之变化。

生态学过程总是在一定的尺度域内对空间格局产生影响^[26],不同的生态学过程发生作用的尺度或大或小,而如何选择合适的尺度对选定的生态过程进行研究,还没有形成完整的理论和方法体系^[27]。在研究中,不存在唯一正确的观察尺度,但尺度转换律是存在的^[14]。寻找空间格局发生变化的尺度转换点,是尺度分析

的目的之一^[28]。比较不同干扰对 LM、SM 样地羊草种群空间格局可得出, LM 样地在 4cm 尺度上为均匀分布强度最大, SM 样地在刈割、围封、放牧干扰下, 分别在 88、12、56cm 处聚集强度最大, 这可能与羊草的自身生物学特性、羊草在各自群落中的地位和试验方法都有关系。此结果有待进一步验证。

小尺度空间格局对以局部空间结构为核心的植物群落动态的理论和经验框架的发展具有重要的促进作用^[29]。羊草的克隆生长特性, 使得其可在较小的距离内碰到较多的同种个体^[30]。由于种内竞争和互利作用发生在较小距离内, 进而种群空间结构会影响种群动态^[18]。从植物本身的角度分析, 草本植物发生相互作用的距离可能在厘米级范围内。因此, 群落水平上的平均场假设, 不适合解释较小尺度上的种群格局。主要因为其低估了种内竞争的强度, 相反却夸大了种间竞争的强度^[12]。空间结构的规律性表面上取决于观察尺度, 但更小尺度的数据对局域空间结构的生物学解释可能更有效^[18]。因此, 本文选取 2cm × 2cm 作为最小取样单元, 对研究种群格局及动态是具有积极意义的。

References:

- [1] Li B. The rangeland degradation in north China and its preventive strategy. *Scientia Agricultura Sinica*, 1997, 30(6): 1-9.
- [2] Chen B R, Zhu L B, Meng L L, Hu Y G, Xin X P. Analysis for degradation situation in Hulunber meadow steppe//Yu C Q, Zhang M, Wang H J eds. *Grassland and Pastoral Area Development in China*. Beijing: China WaterPower Press, 2009: 41-48.
- [3] Wang R Z. A study on the effects of grazing and mowing disturbances in *Leymus chinensis* grassland in Songnen plain. *Acta Ecologica Sinica*, 1998, 18(2): 210-213.
- [4] Li Y H, Wang S P. Response of plant and plant community to different stocking rates. *Grassland of China*, 1999, 3: 11-19.
- [5] Wang S P. Influence of defoliation and grazing on range plant. *Chinese Journal of Ecology*, 2000, 19(6): 34-39.
- [6] Oosterheld M. Effect of defoliation intensity on aboveground and belowground relative growth rates. *Oecologia*, 1992, 92:313-316.
- [7] Piao S J, Yang C, Huang S F, Song M H. Density and growth dynamics of *Leymus chinensis* population. *Acta Phytocologica Sinica*, 1997, 21(1): 60-66.
- [8] Bao Y J, Li Z H, Zhong Y K, Yang C. Effects of mowing frequency on the energy standing crops of major populations in a *Leymus chinensis* steppe of Inner Mongolia. *Chinese Bulletin of Botany*, 2005, 22(2): 153-162.
- [9] Kleijn D, Steinger T. Contrasting effects of grazing and hay cutting on the spatial and genetic population structure of *Veratrum album*, an unpalatable, long-lived, clonal plant species. *Journal of Ecology*, 2002, 90: 360-370.
- [10] Brown J R, Stuth J W. How herbivores affect grazing tolerant and sensitive grasses in a central Texan grassland: integrating plant responses across hierarchical levels. *Oikos*, 1993, 67: 291-298.
- [11] Dieckmann U, Herben T, Law R. Spatio-temporal processes in plant communities//Lepeniec W ed. *Yearbook1995/1996*, Institute for Advanced Study Berlin. Berlin, Germany: Nicolaische Verlagsbuchhandlung, 1997: 296-326.
- [12] Liu Z G, Li Z Q. Fine-scale spatial pattern of *Artemisia frigida* population under different grazing intensities. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(2): 227-234.
- [13] Legendre P, Fortin M J. Spatial pattern and ecological analysis. *Vegetatio*, 1989, 80: 107-138.
- [14] Levin S A. The problem of pattern and scale ecology. *Ecology*, 1992, 73: 1943-1967.
- [15] Turner M G, Gardner R H, O'Neill R V. *Landscape Ecology in Theory and Practice: Pattern and Process*. New York, USA: Springer-Verlag, 2001.
- [16] Chen L D, Fu B J. Ecological significance, characteristics and types of disturbance. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(4): 581-586.
- [17] Watt A S. Pattern and process in the plant community. *Journal of Ecology*, 1947, 35: 1-22.
- [18] Purves D W, Law R. Fine-scale spatial structure in a grassland community: quantifying the plant's-eye view. *Journal of Ecology*, 2002, 90: 121-129.
- [19] Greig-Smith P. *Quantitative Plant Ecology*, 3rd ed. London: Blackwell Scientific Publications, 1983.
- [20] Zhang J T. Analysis of spatial point pattern for plant species. *Acta Phytocologica Sinica*, 1998, 22(4): 344-349.
- [21] Dale M R T. *Spatial Pattern Analysis in Plant Ecology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.
- [22] Yang H X, Zhang J T, Wu B, Li X S, Zhang Y Y. Point pattern analysis of *Artemisia ordasica* population in the Mu Us sandy land. *Acta Phytocologica Sinica*, 2006, 30(4): 563-570.
- [23] George L W P, Ben P M, Neal J E. A comparison of methods for the statistical analysis of spatial point patterns in plant ecology. *Plant Ecology*, 2006, 187: 59-82.

- [24] Diggle P J. Statistical Analysis of Spatial Point Patterns. London: Academic Press, 1983.
- [25] Wang R Z. Effect of grazing on reproduction in *Leymus chinensis* population. Chinese Journal of Applied Ecology, 2000, 11(3): 399-402.
- [26] Wu J. Hierarchy and scaling: extrapolating information along a scaling ladder. Canadian Journal of Remote Sensing, 1999, 25: 367-380.
- [27] Lu Y H, Fu B J. Ecological scale and scaling. Acta Ecologica Sinica, 2001, 21(12): 2096-2105.
- [28] Peterson D L, Parker V T. Ecological Scales: Theory and Applications. New York: Columbia University Press, 1998.
- [29] Liu Z G, Li Z Q. Perspectives on small-scale spatial structure of plant species in plant communities. Acta Phytocologica Sinica, 2005, 29(6): 1020-1028.
- [30] Dong M. Clonal growth in plants in relation to resource heterogeneity: foraging behavior. Acta Botanica Sinica, 1996, 38(10): 828-835.

参考文献:

- [1] 李博. 中国北方草地退化及其防治对策. 中国农业科学, 1997, 30(6): 1-9.
- [2] 陈宝瑞, 朱立博, 孟利利, 胡跃高, 辛晓平. 呼伦贝尔草甸草原退化现状分析//于长青, 张谡, 王慧娟主编. 中国草原与牧区发展. 北京: 中国水利水电出版社, 2009: 41-48.
- [3] 王仁忠. 放牧和刈割干扰对松嫩草原羊草草地影响的研究. 生态学报, 1998, 18(2): 210-213.
- [4] 李永宏, 汪诗平. 放牧对草原植物的影响. 中国草地, 1999, 3: 11-19.
- [5] 汪诗平. 刈牧对草原植物的影响. 生态学杂志, 2000, 19(6): 34-39.
- [7] 朴顺姬, 杨持, 黄绍峰, 宋明华. 羊草种群密度与生长动态研究. 植物生态学报, 1997, 21(1): 60-66.
- [8] 鲍雅静, 李政海, 仲延凯, 杨持. 不同频次刈割对羊草草原主要植物种能量现存量的影响. 植物学通报, 2005, 22(2): 153-162.
- [12] 刘振国, 李镇清. 不同放牧强度下冷蒿种群小尺度空间格局. 生态学报, 2004, 24(2): 227-234.
- [16] 陈利顶, 傅伯杰. 干扰的类型、特征及其生态学意义. 生态学报, 2000, 20(4): 581-586.
- [20] 张金屯. 植物种群空间分布的点格局分析. 植物生态学报, 1998, 22(4): 344-349.
- [22] 杨洪晓, 张金屯, 吴波, 李晓松, 张友炎. 毛乌素沙地油蒿种群点格局分析. 植物生态学报, 2006, 30(4): 563-570.
- [25] 王仁忠. 放牧影响下羊草种群生殖生态学的研究. 应用生态学报, 2000, 11(3): 399-402.
- [27] 吕一河, 傅伯杰. 生态学中的尺度及尺度转换方法. 生态学报, 2001, 21(12): 2096-2105.
- [29] 刘振国, 李镇清. 植物群落中物种小尺度空间结构研究. 植物生态学报, 2005, 29(6): 1020-1028.
- [30] 董鸣. 资源异质性环境中的植物克隆生长: 觅食行为. 植物学报, 1996, 38(10): 828-835.

2008 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊*

(源于 2009 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	8956	1	生态学报	1.669
2	应用生态学报	7979	2	植物生态学报	1.656
3	植物生态学报	3742	3	应用生态学报	1.632
4	西北植物学报	3584	4	生物多样性	1.474
5	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3460	5	生态学杂志	1.276
6	植物生理学通讯	3187	6	植物学通报	1.058
7	生态学杂志	3148	7	西北植物学报	1.046
8	遗传学报	2142	8	植物生理与分子生物学 学报	1.034
9	植物生理与分子生物学学报	1855	9	遗传学报	0.887
10	昆虫学报	1580	10	遗传	0.835

★《生态学报》2008 年在核心版的 1868 种科技期刊排序中总被引频次 8956 次,全国排名第 2;影响因子 1.669,全国排名第 14;第 1~8 届连续 8 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

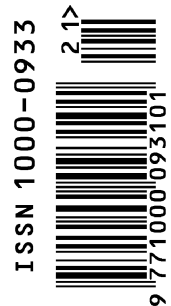
编辑部主任: 孔红梅

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 30 卷 第 21 期 (2010 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 30 No. 21 2010

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@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.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