

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

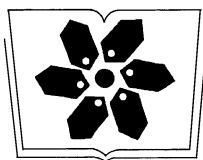
Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 10 期 Vol.33 No.10 **2013**

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 33 卷 第 10 期 2013 年 5 月 (半月刊)

目次

福建长汀水土保持专题

- 福建省长汀县水土流失区的时空变化研究——“福建长汀水土保持”专题序言 徐涵秋 (2945)
- 福建省长汀县河田盆地近 35 年来地表裸土变化的遥感时空分析 徐涵秋 (2946)
- 福建省长汀县河田水土流失区植被覆盖度变化及其热环境效应 徐涵秋, 何 慧, 黄绍霖 (2954)
- 红壤侵蚀地马尾松林恢复后土壤有机碳库动态 何圣嘉, 谢锦升, 曾宏达, 等 (2964)
- 基于 RUSLE 的福建省长汀县河田盆地土壤侵蚀定量研究 杨冉冉, 徐涵秋, 林 娜, 等 (2974)
- 南方红壤水土流失区土地利用动态变化——以长汀河田盆地为例 林 娜, 徐涵秋, 何 慧 (2983)
- 亚热带地区马尾松林碳储量的遥感估算——以长汀河田盆地为例 黄绍霖, 徐涵秋, 林 娜, 等 (2992)
- 南方红壤侵蚀区土壤肥力质量的突变——以福建省长汀县为例 陈志强, 陈志彪 (3002)

前沿理论与学科综述

- 土壤有机质转化及 CO₂ 释放的温度效应研究进展 沈征涛, 施 斌, 王宝军, 等 (3011)
- 湖泊蓝藻水华发生机理研究进展 马健荣, 邓建明, 秦伯强, 等 (3020)

个体与基础生态

- 岩溶区不同植被下土壤水溶解无机碳含量及其稳定碳同位素组成特征 梁 轩, 汪智军, 袁道先, 等 (3031)
- 黄脊雷鳉越冬卵的滞育发育特性 朱道弘, 陈艳艳, 赵 琴 (3039)
- 香港巨牡蛎与长牡蛎种间配子兼容性 张跃环, 王昭萍, 闫喜武, 等 (3047)

种群、群落和生态系统

- 西藏珠穆朗玛峰国家级自然保护区鸟类群落结构与多样性 王 斌, 彭波涌, 李晶晶, 等 (3056)
- 采伐对长白山阔叶红松林生态系统碳密度的影响 齐 麟, 于大炮, 周旺明, 等 (3065)
- 胶州湾近岸浅水区鱼类群落结构及多样性 徐宾铎, 曾慧慧, 薛 莹, 等 (3074)
- 黄河口盐地碱蓬湿地土壤-植物系统重金属污染评价 王耀平, 白军红, 肖 蓉, 等 (3083)
- 不同起始状态对草原群落恢复演替的影响 杨 晨, 王 炜, 汪诗平, 等 (3092)
- 施肥梯度对高寒草甸群落结构、功能和土壤质量的影响 王长庭, 王根绪, 刘 伟, 等 (3103)
- 高寒退化草地狼毒种群株丛间格局控制机理 高福元, 赵成章 (3114)
- 藏东南色季拉山西坡土壤有机碳库研究 马和平, 郭其强, 刘合满, 等 (3122)
- 灵石山不同海拔米槠林优势种叶片 $\delta^{13}\text{C}$ 值与叶属性因子的相关性 王英姿 (3129)
- 西门岛人工秋茄林恢复对大型底栖生物的影响 黄 丽, 陈少波, 仇建标, 等 (3138)
- 喀斯特峰丛洼地土壤剖面微生物特性对植被和坡位的响应 冯书珍, 苏以荣, 秦新民, 等 (3148)
- 青藏高原高寒草甸植被特征与温度、水分因子关系 徐满厚, 薛 娴 (3158)

景观、区域和全球生态

近 60 年挠力河流域生态系统服务价值时空变化..... 赵 亮,刘吉平,田学智 (3169)

基于系统动力学的雏菊世界模型气候控制敏感性分析..... 陈海滨,唐海萍 (3177)

资源与产业生态

主要气候因子对麦棉两熟棉花产量的影响..... 韩迎春,王国平,范正义,等 (3185)

低覆盖度行带式固沙林对土壤及植被的修复效应..... 姜丽娜,杨文斌,卢 琦,等 (3192)

不同土地利用方式土下岩溶溶蚀速率及影响因素..... 蓝家程,傅瓦利,彭景涛,等 (3205)

农地保护的外部效益测算——选择实验法在武汉市的应用 陈 竹,鞠登平,张安录 (3213)

研究简报

温度、投饵频次对白色霞水母无性繁殖与螅状体生长的影响 孙 明,董 婧,柴 雨,等 (3222)

内蒙古达赉湖西岸地区大鸕巢穴特征和巢址选择..... 张洪海,王 明,陈 磊,等 (3233)

红外相机技术在鼠类密度估算中的应用..... 章书声,鲍毅新,王艳妮,等 (3241)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 304 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 33 * 2013-05



封面图说: 色季拉山的长苞冷杉和高山杜鹃林——色季拉山高海拔处的植被主要有长苞冷杉、林芝云杉和高山杜鹃等,再高海拔地区则分布有高山灌丛、草甸等。长苞冷杉为我国特有种,属松科常绿乔木,分布于西藏东南部高山地带。树高可达 40m,树皮暗褐色,针叶较短;其球果圆柱形,直立。长苞冷杉的形态独特,与分布区内多种冷杉有密切的亲缘关系,和云杉、杜鹃的分布也彼此交叠。随着色季拉山体海拔的升高,区域气候对于山地土壤从黄壤至棕色森林土、直至高山草甸土的完整发育,以及对森林生态系统类型的形成都产生直接而深刻的影响。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201202200228

高福元, 赵成章. 高寒退化草地狼毒种群株丛间格局控制机理. 生态学报, 2013, 33(10): 3114-3121.

Gao F Y, Zhao C Z. Pattern-controlling mechanics of different age classes of *Stellera chamaejasme* population in degraded alpine grassland. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(10): 3114-3121.

高寒退化草地狼毒种群株丛间格局控制机理

高福元, 赵成章*

(西北师范大学地理与环境科学学院, 甘肃省湿地资源保护与产业发展工程研究中心, 兰州 730070)

摘要:在黑河上游祁连山北坡高寒退化草地,应用 Ripley's K 函数检测种间格局控制关系的技术方法,按狼毒个体分枝数设置 I 级株丛(1—10 枝)、II 级株丛(11—20 枝)、III 级株丛(21—30 枝)、IV 级株丛(31—40 枝)、V 级株丛(40 以上)5 个株丛,研究了各株丛之间的格局控制关系和空间关联性。结果表明:III 和 IV 级狼毒株丛对其他狼毒株丛有一定的格局控制作用,尤其是 IV 级狼毒株丛对其他狼毒株丛从格局控制的程度和尺度最大;IV 级狼毒株丛在 20cm 尺度内和 I、II 以及 V 级狼毒株丛表现出正关联,III 级狼毒株丛在 0—10cm 尺度上和 I 级狼毒株丛表现为正关联。狼毒种群中两个形体大小越相近的株丛之间存在格局控制关系的可能性相对较小,尤其是在种群内处于劣势地位或受其他株丛从格局控制的株丛之间存在格局控制关系的可能性更小,IV 级狼毒株丛表现出较强的格局控制作用,同时对其他狼毒个体有保护作用,在种群内具有重要作用和地位。

关键词:狼毒种群;空间分布格局;格局控制关系;空间关联性;黑河上游

Pattern-controlling mechanics of different age classes of *Stellera chamaejasme* population in degraded alpine grassland

GAO Fuyuan, ZHAO Chengzhang*

Research Center of Wetland Resources Protection and Industrial Development Engineering of Gansu Province, College of Geography and Environmental Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China

Abstract: Different types of pattern can reflect the condition that the population using the environmental resources and can reveal population biology content and is its external appearance of the status and viability in the community. *Stellera chamaejasme* is a toxic perennial weed which is widely distributed in the northern grassland of China, showing a large spread of diffusion trend. There are some studies on *Stellera chamaejasme* pattern and the relationship between *Stellera chamaejasme* and *Stipa krylovii* populations, discussing the diffusion model and laws of *Stellera chamaejasme* population. However, these studies can not clearly understand the effect and relationship of the different age class within the *Stellera chamaejasme* population, and can not reveal the function and position of the different age class in *Stellera chamaejasme* population. Therefore, we use Ripley's K function to study the pattern-controlling relationship and spatial association of *Stellera chamaejasme* plants. It is critical to revealing the process of the diffusion of cooperation and competition relationships of the *Stellera chamaejasme* population in degraded grassland. The experiments were conducted in August, 2009, station a 2 m×2 m plot in Kangle grassland (38°47'15.8" N, 99°43'35.9" E) Sunan country Gansu province in the upper reaches of Heihe, China. We recorded every one's specific location, at last, 151 *Stellera chamaejasme* plants were counted in the plot. In our experiment, five grades were divided by shoot number of *Stellera chamaejasme* cluster, cluster grade I (1—10), II (11—20), III (21—30), IV (31—40) and V (≥40), among which 126 individual plants were on

基金项目:国家自然科学基金(40971039, 91125014);甘肃省科技支撑计划项目(1011FKCA157);甘肃省生态经济重点学科项目资助

收稿日期:2012-02-20; **修订日期:**2012-10-26

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

level I and accounted for 83.4% of the total; 15 individual plants were on level II and accounted for 9.9% of the total; 4 individual plants were on both level III and level IV and accounted for the same of 2.6% of the total; 2 individual plants were on level V and accounted for 1.4% of the total. Calculating the measured value and the value of upper and lower envelopes by the Visual Fortran 6.5 based on the coordinate getting by GetData Graph Digitizer 2.22, the plot software was Origin 7.5 and CAD 2004. The results showed that: pattern control from level III and IV to others, the pattern-controlling from IV level to others is the largest at the degree and scale. Level I, II and V did not produce pattern control to others, the relationship is mainly the negative association and no association among *Stellera chamaejasme* plants. The relationship shows positive association on 20 cm scale between level IV and I, II, V. The relationship shows positive association on 0—10cm between level III and I. Two plants that have similar shape are less likely to develop the pattern-controlling relationship, in particular, to the plants which were at a disadvantage and be under control by other plants. Level IV plants showed strong pattern-controlling relationship and could protect other individuals, which were important for status and viability in the population.

Key Words: *Stellera chamaejasme* population; spatial distribution pattern; spatial association; pattern-controlling relationship; upper reaches of Heihe

种群空间分布格局是指种群内个体的空间分布方式或配置特点,是植物种群在群落中相对位置可以量化描述的基本特征之一,是种群生态特性、种内种间关系及生物与环境相互作用等综合作用的结果^[1,2],空间关联性隐含着物种之间的功能依赖关系,在生态学中一直是研究热点^[3]。一般地,某些物种(如建群种)往往对其他物种具有较大影响,可能对其他物种的分布格局起到一定的限制或规定作用^[4]。刘小恺^[4]等基于 Ripley's K 函数提出一种格局控制分析方法,并分析了宁夏沙湖 4 种干旱区群落中主要植物种之间格局控制关系,认为格局控制种一般形体较大、生境改造能力较强的物种。同一种群内不同龄级的株丛之间也存在形体等方面的差异,在种群内的功能和作用也不同,彼此之间可能相互依赖也可能相互竞争,影响空间格局的分布规律和种内关系,因此研究植物种群内不同株丛之间的格局控制关系和空间关联性对于揭示种内关系,了解种内空间资源竞争关系具有重要意义。

狼毒(*Stellera chamaejasme*)是一种广布于我国北方草原的毒杂草,不同龄级的狼毒个体在形体、根系等方面具有较大差异,导致对资源、空间的竞争以及对于种群发展作用等方面表现出不同的能力。近年来学术界研究了各分盖度下狼毒种群的空间分布格局^[5]、不同龄级狼毒株丛的空间分布格局^[6-7]、狼毒种群与阿尔泰针茅种群之间的关联性^[8]等,初步探讨了狼毒种群的扩散模式和规律,但是仍然不能够清楚的认识狼毒种群内部各株丛之间的相互影响和关系,从而不能揭示各狼毒株丛在种群内的作用和地位。鉴于此,利用 Ripley's K 函数检测种间格局控制关系和空间关联性的技术方法,研究狼毒种群内部各株丛之间的格局控制关系和空间关联性,旨在探讨退化草地狼毒种群扩散过程中的种间竞争与协同关系。

1 研究方法

1.1 研究区概况

东祁连山北坡地处河西走廊与青藏高原的过渡带,具有大陆性气候和山地垂直气候特征,生态环境脆弱,植被以荒漠和草原为主,在特定的地形地貌和气候条件下主要发育并形成了荒漠草原(1900—2450 m)、典型草原(2450—2800 m)和草甸草原(2800—3800 m)。研究区位于黑河上游甘肃省肃南县康乐草原,地理坐标为 38°47'15.8" N, 99°43'35.9" E,海拔 2 902—2 908 m,坡向为南坡,坡度 12—16°。该地区属于高寒山地半干旱气候,年平均气温为 0℃左右,≥0℃的年积温为 1 400—1 600℃,极端最高温度为 32.4℃,极端最低温度为 -29℃,年均降水量为 370—450 mm,年平均蒸发量为 1 041.2 mm,年日照时数为 2 130.5 h。土壤以山地栗钙土为主。天然草地原生地带性植被为山地草甸草原类、坡地苔草禾草组,阿尔泰针茅(*Stipa krylovii*) + 苔草(*Carex* spp.) - 杂类草型。植被以多年生中旱生、丛生和根茎型禾草为主,草地优势种为阿尔泰

针茅 (*Stipa krylovii*)、狼毒, 其他主要植物有: 苔草、草地早熟禾 (*Poa pratensis*)、赖草 (*Aneurolepidium dasystachys*)、阿尔泰狗娃花 (*Heteropappus altaicus*)、委陵菜属 (*Potentilla*) 等。在各种环境因子干扰下, 形成了以狼毒聚集分布斑块为景观的毒杂草型退化草地, 苔草和禾草种群分布规模逐步萎缩。

1.2 样地设置与调查分析

点格局分析取样要求取一个样地, 样地面积要适当大, 以便使种群的各种格局均能出现^[9]。本文数据取自 2009 年 8 月, 在狼毒种群分盖度 71%—80% 的重度退化草地, 设置邻接格子样方, 样方为 2 m×2 m 的正方形, 用 1 m×1 m 的样方框 (样方框内小格子的面积为 10 cm×10 cm) 按一定顺序放置 4 次进行取样, 记录样方内每个狼毒植株的地面投影 (图 1) 和分枝数; 在样方中记录每个狼毒个体的位置, 以坐标值表示, 用坐标值直接表示距离。在室内对每一个样方按照取样时样方框放置的顺序进行拼接、合并, 统计每个格子内狼毒株丛的数量, 按枝条数将狼毒株丛划分为 5 级: I 级株丛 (枝条数 1—10 枝), 共 126 株、II 级株丛 (枝条数 11—20 枝), 共 15 株、III 级株丛 (枝条数 21—30 枝), 共 4 株、IV 级株丛 (枝条数 31—40 枝), 共 4 株、V 级株丛 (枝条数 40 枝以上), 共 2 株。

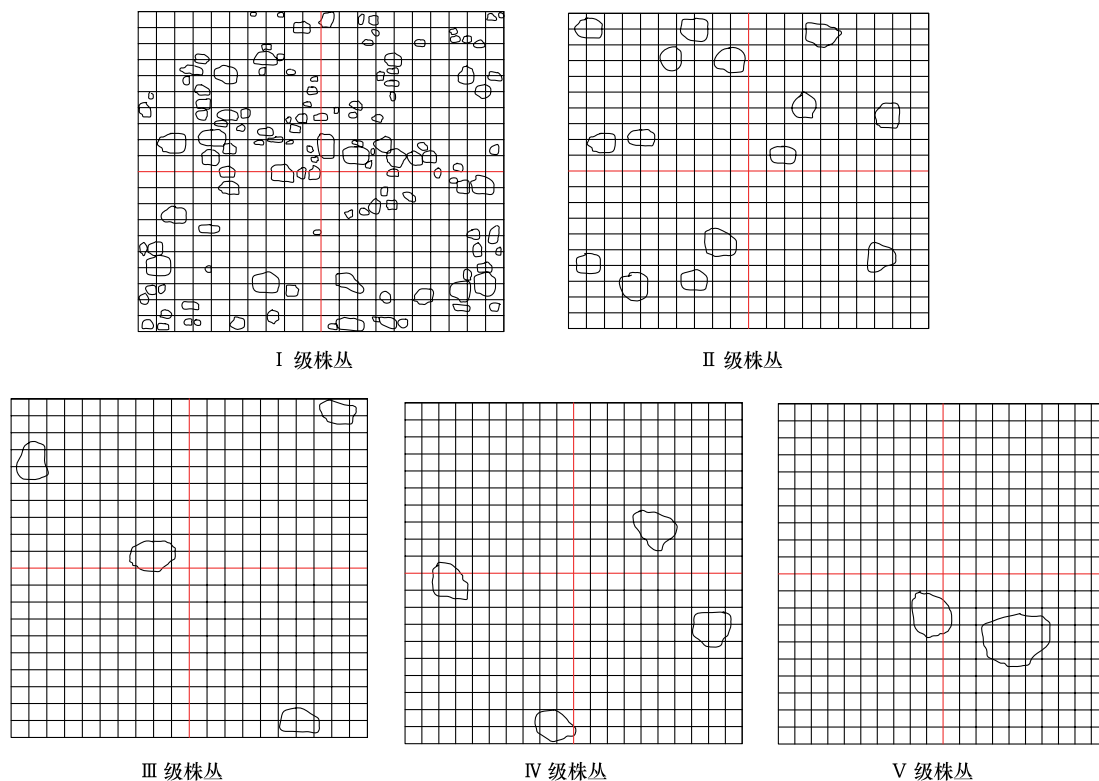


图 1 样方内狼毒植株的地面投影图

Fig. 1 Projection drawing of *Stellera chamaejasme* plant

1.3 数据分析

1.3.1 格局控制分析

基于 Ripley's K 函数, 用 $K(d, A, B)$ 表示 A、B 两个种的个体在距离 (尺度) d 内的点对数, $K(d, A, B_j)$ 表示以 B 物种第 j 个个体位置为中心的距离 (尺度) d 内 A 物种的个体数; 以 $K(d, A_i, B)$ 表示以 A 物种第 i 个个体位置为中心的距离 (尺度) d 内 B 物种的个体数, 则有:

$$\hat{K}(d, A_i, B) = \sum_{j=1}^{n_2} w_{ij}^{-1} I_i(u_{ij})$$

$$\hat{K}(d, A, B_j) = \sum_{i=1}^{n_1} w_{ij}^{-1} I_i(u_{ij})$$

用变异系数(CV)来表征 $K(d, A, B_j)$ 和 $K(d, A_i, B)$ 的变化性,并以 $CV_{AB(i)}$ 表示以 B 物种为参考点 A 物种空间分布的规则性, $CV_{BA(i)}$ 表示以 A 物种为参考点 B 物种空间分布的规则性。 $CV_{AB(i)}$ 值越小,则物种 A 在物种 B 周围的分布越有规律,表明物种 B 对于物种 A 的空间分布格局具有某种影响。若 $CV_{AB(i)}$ 足够小,则可认为在尺度 d 下物种 B 对物种 A 的格局具有控制作用。应用 Monte-Carlo 过程计算随机分布格局下的 $CV_{AB(i)}$ 值,并用于判别实际分布偏离随机分布的程度。若 $CV_{AB(i)}$ 的实测值小于模拟值,则 B 物种对 A 物种具有格局控制作用,反之,则不存在格局控制关系。

1.3.2 空间关联性

两个种群之间的空间关联性分析,实际上是两个种群之间的点格局分析,也叫多元点格局分析。单种格局分析可以认为是一个种群个体间的关系研究,因此对第一个种群 $k(d)$ 可以写成 $k_{11}(d)$,对第二个种群可以写成 $k_{22}(d)$ 。现在要考虑两个不同大小种群的个体在距离(尺度) d 内的数目,就是要求 $k_{12}(d)$,其定义和计算原理与单种格局相近。不难证明 $k_{12}(d)$ 可以用下式估计:

$$\hat{K}_{12}(d) = \frac{A}{n_1 \times n_2} \sum_i^{n_1} \sum_j^{n_2} \frac{I_{ij}(d)}{W_{ij}(d)}$$

这里 n_1 和 n_2 分别为种群 1 和种群 2 的个体数(点数), A 、 $I_{ij}(d)$ 和 $W_{ij}(d)$ 含义同(1)式,不同的是 i 和 j 分别代表种群 1 和种群 2 的个体,同样计算:

$$L_{12}(d) = \sqrt{\hat{K}_{12}(d)/\pi} - d$$

当 $L_{12}(d)=0$ 表明两个种在 d 尺度下无关联性,当 $L_{12}(d) > 0$ 表明二者为正关联,当 $L_{12}(d) < 0$ 表明二者为负关联。用 Monte-Carlo 检验拟合包迹线,以检验两个种是否显著地关联。如果研究对象实际值落在上下包迹线的区间内,则在此距离尺度下两个植物种群空间关联性不显著;如果研究对象实际的值落在上下包迹线的区间以上,则在此距离尺度下两个植物种群空间关联性为显著正关联;如果研究对象实际的值落在上下包迹线的区间以下,则在此距离尺度下两个植物种群空间关联性为显著负关联。

1.3.3 数据分析

采用 GetData Graph Digitizer 2.22 进行数据采集, Visual Fortran 6.5 进行编程计算, Origin 7.5 和 CAD 2004 进行绘图。本文中坐标原点为样方左下角的交点,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。

2 结果与分析

2.1 不同狼毒株丛之间格局控制关系

71%—80% 盖度下各狼毒株丛之间表现出明确、简单的格局控制关系。存在格局控制关系的狼毒株丛包括 0—8cm 尺度上Ⅲ级狼毒株丛对于Ⅰ级狼毒株丛, 0—11cm 尺度上Ⅳ级狼毒株丛对Ⅰ级狼毒株丛, 0—9cm 尺度上Ⅳ级狼毒株丛对Ⅱ级狼毒株丛以及 0—7cm 尺度上Ⅳ级狼毒株丛对Ⅴ级狼毒株丛(图2)。这是因为在小尺度范围内Ⅲ、Ⅳ级狼毒株丛能够对Ⅰ、Ⅱ级狼毒株丛提供一定的庇护作用,避免Ⅰ、Ⅱ级狼毒株丛受到风沙等外界环境的危害而死亡,并且Ⅲ、Ⅳ级狼毒株丛具有更强的富营养化作用^[10],显著地增加了表层土壤中有机质的含量,能够为Ⅰ、Ⅱ级狼毒株丛提供养分,Ⅰ、Ⅱ级狼毒株丛在一定尺度范围内围绕Ⅲ、Ⅳ级狼毒株丛形成斑块,斑块内由于种内竞争的作用,Ⅰ、Ⅱ级狼毒株丛个体之间对资源、生存空间的竞争,导致它们在空间上和距离上都形成相对规则的分布,产生Ⅲ、Ⅳ级狼毒株对Ⅰ、Ⅱ级狼毒株丛的格局控制关系。Ⅴ级狼毒株丛反而失去了对其他株丛的格局控制能力,对任何一级狼毒株丛都没有格局控制作用,这是由于个体老龄化,不仅竞争能力下降,而且由于生理功能衰退,导致对其他狼毒株丛失去格局控制作用,反而受到Ⅳ级狼毒株丛的格局控制作用。赵成章^[5]等认为狼毒种群具有明显的斑块结构,并阐述了狼毒种群形成斑块结构的原因,本研究认为狼毒种群具有格局控制关系是狼毒种群能够形成斑块结构的重要原因之一。

2.2 不同狼毒株丛之间的空间关联性

各级狼毒株丛之间在整个取样尺度范围内空间关联性主要以负关联和无关联为主,反映出种内各级狼毒

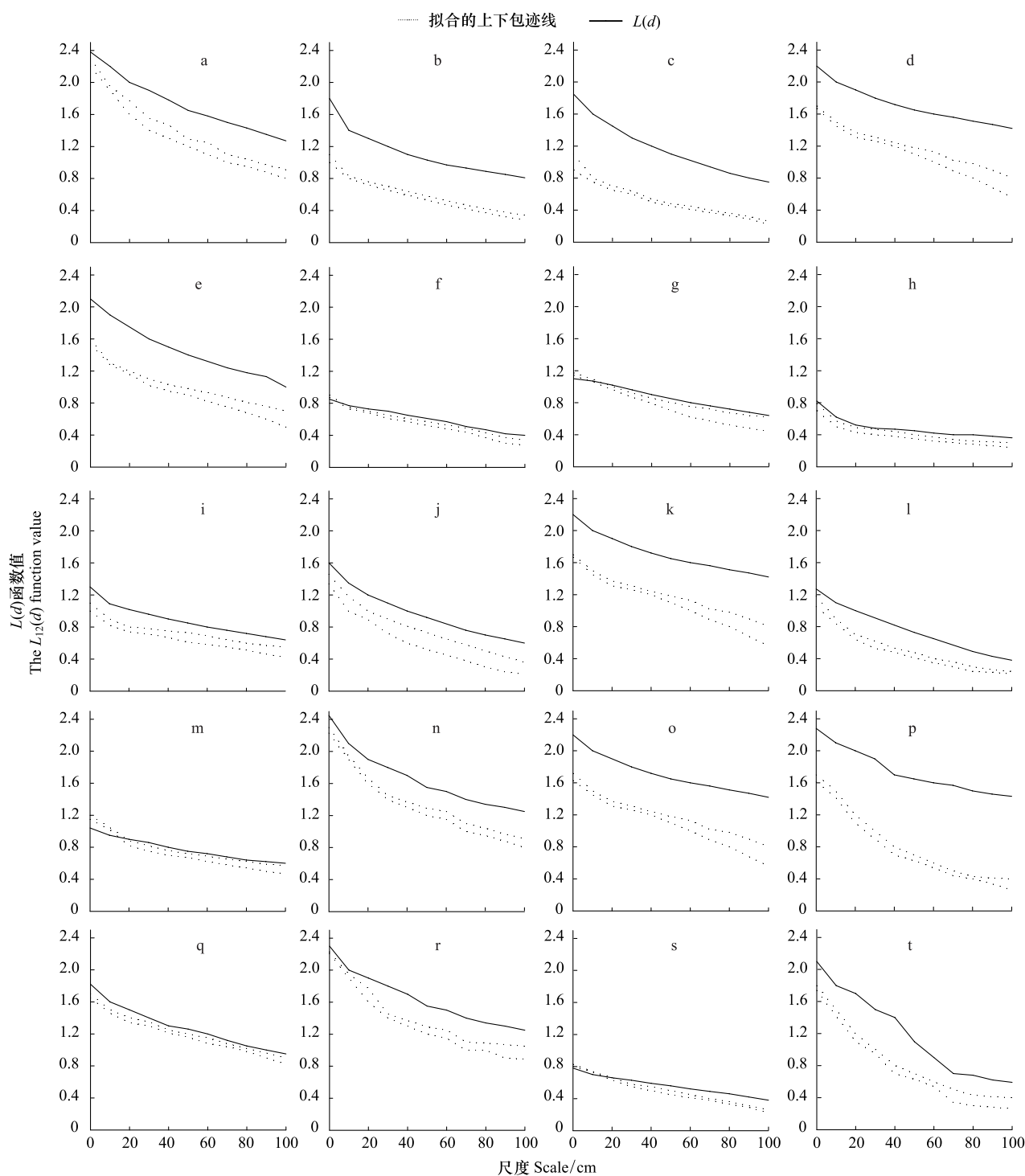


图2 狼毒种群不同株丛之间的格局控制关系

Fig. 2 Pattern control relationship between *Stellera chamaejasme* plants

a: I 对 II 的格局控制作用; b: I 对 III 的格局控制作用; c: I 对 IV 的格局控制作用; d: I 对 V 的格局控制作用; e: II 对 I 的格局控制作用; f: III 对 I 的格局控制作用; g: IV 对 I 的格局控制作用; h: V 对 I 的格局控制作用; i: II 对 III 的格局控制作用; j: II 对 IV 的格局控制作用; k: II 对 V 的格局控制作用; l: III 对 II 的格局控制作用; m: IV 对 II 的格局控制作用; n: V 对 II 的格局控制作用; o: III 对 IV 的格局控制作用; p: III 对 V 的格局控制作用; q: IV 对 III 的格局控制作用; r: V 对 III 的格局控制作用; s: IV 对 V 的格局控制作用; t: V 对 IV 的格局控制作用

株丛之间主要以种内竞争关系为主。I 和 II 级狼毒株丛在 0—100cm 尺度上表现为负关联; I 和 III 级狼毒株丛在 0—10cm 尺度上为正关联,在 10—100cm 尺度上由正关联向负关联过渡; I 和 IV 级狼毒株丛在 0—20cm

尺度上为正关联,20—100cm 尺度上为无关联;Ⅰ和Ⅴ级狼毒株丛在0—100cm 尺度上表现为无关联;Ⅱ和Ⅲ级狼毒株丛在0—100cm 尺度上表现为负关联;Ⅱ和Ⅳ级狼毒株丛在0—16cm 尺度上为正关联,在16—100cm 尺度上表现为无关联;Ⅱ和Ⅴ级狼毒株丛在0—100cm 尺度上表现为无关联;Ⅲ和Ⅳ级狼毒株丛在0—100cm 尺度上为负关联;Ⅲ和Ⅴ级狼毒株丛在0—100cm 尺度上为无关联(图3);Ⅳ和Ⅴ级狼毒株丛在0—14cm 尺度上为正关联,在14—100cm 尺度上为无关联。对于狼毒种群而言,两个株丛之间的关联性,在小尺度上反映了个体之间的关系,在较大尺度上反映了斑块之间的关系。在小尺度范围内(0—20cm)Ⅰ和Ⅱ、Ⅱ和Ⅲ、Ⅲ和Ⅳ级狼毒株丛表现为负关联是因为二者之间年龄、形体差异较小,生态位重叠度大,表现为竞争关系;Ⅰ和Ⅲ、Ⅰ和Ⅳ、Ⅱ和Ⅳ级狼毒株丛表现为正关联,和这些株丛之间存在格局控制关系有关,Ⅲ、Ⅳ级狼毒个体在一定尺度范围内对Ⅰ、Ⅱ级狼毒个体具有庇护作用,二者之间具有格局控制关系,表现为正关联,Ⅴ级狼毒株丛在整个种群内属于比较特殊的一个株丛,由于个体老龄化,生理功能下降,在资源竞争过程中相对于Ⅳ级狼毒个体明显处于劣势,只能和Ⅱ、Ⅲ级狼毒个体竞争资源,和Ⅱ、Ⅲ级狼毒株丛之间表现为负关联,同时Ⅳ级狼毒个体也受到Ⅳ级狼毒个体的庇护作用,和Ⅳ级狼毒株丛之间表现为正关联。在较大尺度范围内(20—100cm)各株丛之间的关联性表现为负关联或无关联,这是由于狼毒种群在一定尺度范围内可以围绕某个成株形成斑块^[5],斑块之间的竞争导致斑块的分布趋向于随机分布或均匀分布,二者之间的关联性表现为无关联或负关联。

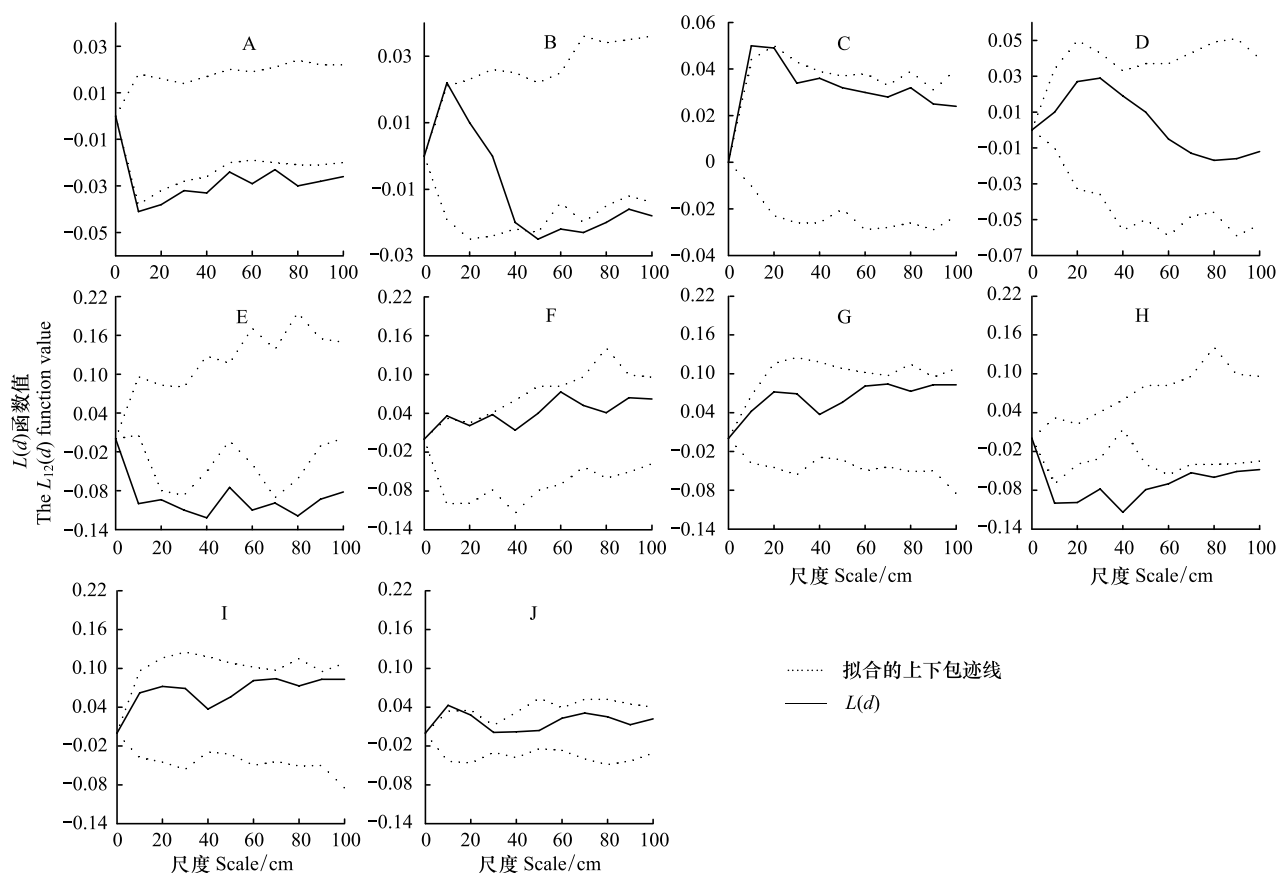


图3 狼毒种群各株丛之间的空间关联性

Fig. 3 Spatial association analysis between *Stellera chamaejasme* plants

A: Ⅰ和Ⅱ之间的空间关联性;B: Ⅰ和Ⅲ之间的空间关联性;C: Ⅰ和Ⅳ之间的空间关联性;D: Ⅰ和Ⅴ之间的空间关联性;E: Ⅱ和Ⅲ之间的空间关联性;F: Ⅱ和Ⅳ之间的空间关联性;G: Ⅱ和Ⅴ之间的空间关联性;H: Ⅲ和Ⅳ之间的空间关联性;I: Ⅲ和Ⅴ之间的空间关联性;J: Ⅳ和Ⅴ之间的空间关联性

3 讨论

3.1 狼毒种群各株丛之间的格局控制规律

狼毒种群中两个形体大小越相近的株丛之间存在格局控制关系的可能性相对较小,尤其是在种群内处于劣势地位或受其他株丛格局控制的株丛之间存在格局控制关系的可能性更小,形体差异较大时有可能存在格局控制关系,一般为年龄、形态较大的狼毒株丛对较小的狼毒株丛具有格局控制作用。从尺度的角度来看,对其他狼毒株丛产生格局控制尺度最大的是Ⅳ级狼毒株丛,其次是Ⅲ级狼毒株丛,可能是Ⅳ级狼毒株丛在狼毒种群内处于优势地位,对整个种群具有较强的影响力和统治力。Ⅳ级狼毒株丛对Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级狼毒株丛格局控制的尺度随着株丛增大减小,Ⅲ级狼毒株丛对Ⅰ、Ⅱ级狼毒株丛格局控制的尺度随着株丛增大也减小,结合Ⅴ级狼毒株丛的格局控制关系,说明狼毒种群在生长过程中可能经历了3个阶段:首先,幼小的狼毒株丛在种群内部处于弱势地位,缺乏独立生存和繁殖后代的能力,需要其他狼毒株丛的保护,依附于其他株丛,受到格局控制,并且格局控制尺度较大,随着个体生长,独立生存能力和对资源的竞争能力逐渐增强,其他株丛对它的格局控制尺度逐渐减小;其次,当狼毒个体生长为成株是,成为格局控制株丛,对其他株丛的格局控制能力逐渐增加,到Ⅳ级狼毒株丛时,格局控制尺度达到最大;再次,进入老龄化阶段,逐渐失去对其他株丛的格局控制能力,反而又被一些具有较强格局控制能力的株丛所控制。

3.2 狼毒种群各株丛格局控制关系与空间关联性之间的联系

不同尺度上表现出相异的空间关联性是狼毒种群能够生存、扩散的一种策略,植株之间的竞争、协同、相互庇护等可能发生在一定的距离范围内^[11-12]。在20 cm尺度范围内除Ⅲ级狼毒株丛以外,其他各级狼毒株丛都与Ⅳ级狼毒株丛有正关联关系,这与以前的研究结果不同,以前的研究认为幼小个体对水分等资源的竞争相对微弱,同时为抵御风沙和提高存活率,它们需要相互庇护,于是个体之间以正向相互关系为主^[13-14],本研究则认为在71%—80%的盖度下狼毒种群已达到相对稳定的状态,属于较成熟的种群,无论是种群的结构还是功能方面都比较稳定,幼小个体之间不需要彼此的协同作用提高存活率,彼此之间更多表现为对有限资源的竞争,表现为负关联,而成株个体在一定范围内对幼小个体具有较强的保护作用,并提供养分,对幼小个体形成格局控制关系,在20 cm尺度范围内二者产生正关联关系。

狼毒种群各株丛之间的关联性和格局控制关系之间存在密切联系,首先在产生格局控制关系的尺度范围内,两个狼毒株丛之间的关联性表现为正关联,成株在格局控制关系形成的尺度范围内为幼株提供庇护和养分是二者之间产生正关联的主要原因;其次,两个株级间产生正关联性的尺度大于格局控制关系发生的尺度,具体原因还需进一步研究;再次,正关联性发生的尺度和格局控制关系发生的尺度变化规律十分相似,随着狼毒株丛的增大,该株丛与其他株丛的格局控制关系和正关联性发生的尺度增大。

4 结论

在祁连山北坡狼毒盖度达到71%—80%的草地已经出于“毒杂草型”退化的顶级阶段^[15],此时的草地群落中狼毒种群基本达到稳定状态^[5],种群内两个形体大小越相近的株丛之间存在格局控制关系的可能性相对较小,尤其是在种群内处于劣势地位或受其他株丛格局控制的株丛之间存在格局控制关系的可能性更小。Ⅳ级狼毒株丛表现出较强的格局控制作用,对Ⅰ、Ⅱ和Ⅴ级狼毒株丛都有格局控制关系,在种群内具有重要作用和地位。重度退化草地狼毒株丛间控制格局关系的建立,优化了种群内部资源利用和分配,有效的减弱了种内竞争,提高幼小个体的存活率,狼毒种群的这种生存策略在种间竞争过程中占据一定优势,有利于种群的生存和发展。

References:

- [1] Tirado R, Pugnaire F I. Community structure and positive interactions in constraining environments. *Oikos*, 2005, 111: 437-444.
- [2] Greig-Smith P. *Quantitative Plant Ecology*. London: Blackwell Scientific Publications, 1983.
- [3] Zhang J T. *Method of Quantitative Vegetation Ecology*. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1995.
- [4] Liu X K, Liu M S, Huang Z, Xu C, Zhang M J, Wang H J. Pattern analysis of inter-specific relationships in four arid communities in sand laker,

- Ningxia, China. Chinese Journal of plant Ecology, 2009,33(2):320-330.
- [5] 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.
- [6] Gao F Y, Zhao C Z, Shi F X, Sheng Y P, Ren H. Spatial patterns of *Stellera chamaejasme* population in degraded alpine grassland in northern slope of Qilian Mountains, China. Chinese Journal of Ecology, 2011,30(6):1312-1316.
- [7] Xing F, Song R. Population distribution pattern and dynamics of poisonous *Stellera chamaejasme* on grassland. Pratacultural Sinica, 2002, 19(1):16-19.
- [8] Zhao C Z, Ren H. Fine scale spatial associations of *Stipa krylovii* and *Stellera chamaejasme* population in alpine degraded grassland. Acta Ecologica Sinica, 2011,31(20):6080-6087.
- [9] Zhang J T. Analysis of spatial point pattern for plant species. Chinese Journal of plant Ecology, 1998,22(4):344-349.
- [10] Sun G, Luo P, Wu N, Qiu P F, Gao Y H, Chen H, Shi F S. *Stellera chamaejasme* L. increases soil N availability, turnover rates and microbial biomass in an alpine meadow ecosystem on the eastern Tibetan Plateau of China. Soil Biology and Biochemistry, 2009,41,86-91.
- [11] Yang H X, Li D J, Wang B N. The major tree species distribution pattern of Broad-leaved Korean pine forest on northern slope Chang bai mountain. Research of Forest Ecosystem, 1985,5(3):1-14.
- [12] Zhao C Z, Gao F Y, Sheng Y P, Dong X G, Zhou W. Fine-scale spatial distribution and spatial association of *Stellera chamaejasme* population. Arid Land Geography, 2011, 34(3):492-498.
- [13] Allee W C. Animal Aggregations: A study in general sociology. Chicago: University of Chicago Press, 1931:41-65.
- [14] Cai F. A study on the structure and dynamics of *Cyclobalanopsis glauca* population at hills around west lake in HangZhou. Scientia Silvae Sinicae, 2000,36(3):67-72.
- [15] 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.

参考文献:

- [3] 张金屯. 植被数量生态学方法. 北京:中国科学技术出版社,1995.
- [4] 刘小恺,刘茂松,黄峥,徐驰,张明娟,王汉杰. 宁夏沙湖4种干旱区群落中主要植物种间关系的格局分析. 植物生态学报,2009,33(2):320-330.
- [5] 赵成章,高福元,王小鹏,盛亚萍,石福习. 黑河上游高寒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.
- [6] 高福元,赵成章,石福习,盛亚萍,任珩,贺国宝. 祁连山北坡高寒草地狼毒种群格局. 生态学杂志,2011,30(6):1312-1316.
- [7] 邢福,宋日. 草地有毒植物狼毒种群分布格局及动态. 草业科学,2002,19(1):16-19.
- [8] 赵成章,任珩. 退化草地阿尔泰针茅与狼毒种群的小尺度种间空间关联. 生态学报,2011,31(20):6080-6087.
- [9] 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.
- [11] 阳含熙,李鼎甲,王本楠. 长白山北坡阔叶红松林主要树种的分布格局. 森林生态系统研究,1985,5(3):1-14.
- [12] 赵成章,高福元,盛亚萍,董小刚,周伟. 狼毒种群小尺度空间分布格局及空间关联性研究. 干旱区地理,2011,34(5):492-497.
- [14] 蔡飞. 杭州西湖山区青冈种群结构和动态的研究. 林业科学,2000,36(3):67-72.
- [15] 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.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 10 May, 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Special Topics in Soil and Water Conservation of County Changting, Fujian Province

- Spatiotemporal dynamics of the bare soil cover in the Hetian basinal area of County Changting, China, during the past 35 years XU Hanqiu (2946)
- Analysis of fractional vegetation cover change and its impact on thermal environment in the Hetian basinal area of County Changting, Fujian Province, China XU Hanqiu, HE Hui, HUANG Shaolin (2954)
- Dynamic of soil organic carbon pool after restoration of *Pinus massoniana* in eroded red soil area HE Shengjia, XIE Jinsheng, ZENG Hongda, et al (2964)
- RUSLE-based quantitative study on the soil erosion of the Hetian basin area in County Changting, Fujian Province, China YANG Ranran, XU Hanqiu, LIN Na, et al (2974)
- Land use changes in a reddish soil erosion region of Southern China: Hetian Basin, County Changting LIN Na, XU Hanqiu, HE Hui (2983)
- Remote-sensing estimate of the carbon storage of subtropical *Pinus massoniana* forest in the Hetian Basin of County Changting, China HUANG Shaolin, XU Hanqiu, LIN Na, et al (2992)
- Mutation of soil fertility quality in the red eroded area of southern China: A case study in Changting County, Fujian Province CHEN Zhiqiang, CHEN Zhibiao (3002)

Frontiers and Comprehensive Review

- The temperature dependence of soil organic matter decomposition and CO₂ efflux: a review SHEN Zhengtao, SHI Bin, WANG Baojun, et al (3011)
- Progress and prospects on cyanobacteria bloom-forming mechanism in lakes MA Jianrong, DENG Jianming, QIN Boqiang, et al (3020)

Autecology & Fundamentals

- Characteristics of concentrations and carbon isotope compositions of dissolved inorganic carbon in soil water under varying vegetations in karst watershed LIANG Xuan, WANG Zhijun, YUAN Daoxian, et al (3031)
- The traits of diapause development of overwinter eggs in *Rammeacris kiangsu* Tsai (Orthoptera: Arcypteridae) ZHU Daohong, CHEN Yanyan, ZHAO Qin (3039)
- Analysis of gamete compatibility between *Crassostrea hongkongensis* and *C. gigas* ZHANG Yuehuan, WANG Zhaoping, YAN Xiwu, et al (3047)

Population, Community and Ecosystem

- Avifaunal community structure and species diversity in the Mt. Qomolangma National Nature Reserve, Tibet, China WANG Bin, PENG Boyong, LI Jingjing, et al (3056)
- Impact of logging on carbon density of broadleaved-Korean pine mixed forests on Changbai Mountains QI Lin, YU Dapao, ZHOU Wangming, et al (3065)
- Community structure and species diversity of fish assemblage in the coastal waters of Jiaozhou Bay XU Binduo, ZENG Huihui, XUE Ying, et al (3074)
- Assessment of heavy metal contamination in the soil-plant system of the *Suaeda salsa* wetland in the Yellow River Estuary WANG Yaoping, BAI Junhong, XIAO Rong, et al (3083)
- The effects of different original state on grassland community restoration succession YANG Chen, WANG Wei, WANG Shiping, et al (3092)
- Effects of fertilization gradients on plant community structure and soil characteristics in alpine meadow WANG Changting, WANG Genxu, LIU Wei, et al (3103)
- Pattern-controlling mechanics of different age classes of *Stellera chamaejasme* population in degraded alpine grassland GAO Fuyuan, ZHAO Chengzhang (3114)

- Soil organic carbon pool at the western side of the sygera mountains, southeast Tibet, China MA Heping, GUO Qiqiang, LIU Heman, et al (3122)
- Correlation between foliar $\delta^{13}\text{C}$ and foliar trait factors of dominant species in *Castanopsis carlessii* forests in Lingshishan National Forest Park WANG Yingzi (3129)
- Influences of artificial *Kandelia obovata* mangrove forest rehabilitation on the macrobenthos in Ximen Island HUANG Li, CHEN Shaobo, CHOU Jianbiao, et al (3138)
- Responses of soil microbial properties in soil profile to typical vegetation pattern and slope in karst-cluster depression area FENG Shuzhen, SU Yirong, QIN Xinmin, et al (3148)
- Correlation among vegetation characteristics, temperature and moisture of alpine meadow in the Qinghai-Tibetan Plateau XU Manhou, XUE Xian (3158)
- Landscape, Regional and Global Ecology**
- The temporal and spatial variation of the value of ecosystem services of the Naoli River Basin ecosystem during the last 60 years ZHAO Liang, LIU Jiping, TIAN Xuezhi (3169)
- Sensitivity analysis of climate control in the Daisyworld model based on system dynamics CHEN Haibin, TANG Haiping (3177)
- Resource and Industrial Ecology**
- Analysis of key climatic factors influencing on seed cotton yield in cotton-wheat double cropping HAN Yingchun, WAN Guoping, FAN Zhengyi, et al (3185)
- The effect of low-covered sand-fixing forest belts on restoration of the soil and vegetation JIANG Lina, YANG Wenbin, LU Qi, et al (3192)
- Dissolution rate under soil in karst areas and the influencing factors of different land use patterns LAN Jiacheng, FU Wali, PENG Jingtao, et al (3205)
- Measuring external benefits of agricultural land preservation: an application of choice experiment in Wuhan, China CHEN Zhu, JU Dengping, ZHANG Anlu (3213)
- Research Notes**
- Effect of temperature and feeding frequency on asexual reproduction and polyp growth of the scyphozoan *Cyanea nozakii* Kishinouye SUN Ming, DONG Jing, CHAI Yu, LI Yulong (3222)
- The research on *Buteo hemilasius* nest-site selection on the west bank of Dalai Lake in Dalai Lake Natural Reserve ZHANG Honghai, WANG Ming, CHEN Lei, et al (3233)
- Estimating rodent density using infrared-triggered camera technology ZHANG Shusheng, BAO Yixin, WANG Yanni, et al (3241)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索自然奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 高玉葆

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 33 卷 第 10 期 (2013 年 5 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 10 (May, 2013)

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	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
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 90.00 元