

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 23 期
Vol.30 No.23
2010



中国生态学学会
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 23 期 2010 年 12 月 (半月刊)

目 次

1940—2002 年长江中下游平原乡村景观区域中耕地类型及其土壤氮磷储量的变化	武俊喜,程 序,焦加国,等 (6309)
海洋生态资本概念与属性界定	陈 尚,任大川,李京梅,等 (6323)
海洋生态资本价值结构要素与评估指标体系	陈 尚,任大川,夏 涛,等 (6331)
黔中喀斯特山区退化生态系统生物量结构与 N、P 分布格局及其循环特征	杜有新,潘根兴,李恋卿,等 (6338)
长白山阔叶红松林样地槭属树木木生真菌的群落组成和分布	魏玉莲,戴玉成,袁海生,等 (6348)
内蒙古退化荒漠草原土壤细菌群落结构特征	吴永胜,马万里,李 浩,等 (6355)
盐度对尖瓣海莲幼苗生长及其生理生态特性的影响	廖宝文,邱凤英,张留恩,等 (6363)
基于树轮火疤塔河蒙克山樟子松林火灾的频度分析	胡海清,赵致奎,王晓春,等 (6372)
不同农业景观结构对麦蚜种群动态的影响	赵紫华,石 云,贺达汉,等 (6380)
黑河中游荒漠灌丛斑块地面甲虫群落分布与微生境的关系	刘继亮,李锋瑞,刘七军,等 (6389)
刺槐树冠光合作用的空间异质性	郑 元,赵 忠,周 慧,等 (6399)
南海北部夏季基础生物生产力分布特征及影响因素	宋星宇,刘华雪,黄良民,等 (6409)
怒江三种裂腹鱼属鱼类种群遗传结构	岳兴建,汪登强,刘绍平,等 (6418)
大型水生植物对重金属的富集与转移	潘义宏,王宏镔,谷兆萍,等 (6430)
依据大规模捕捞统计资料分析东黄渤海白姑鱼种群划分和洄游路线	徐兆礼,陈佳杰 (6442)
正交试验法分析环境因子对苦草生长的影响	朱丹婷,李铭红,乔宁宁 (6451)
基于中分辨率 TM 数据的湿地水生植被提取	林 川,官兆宁,赵文吉 (6460)
基于 CVM 的三江平原湿地非使用价值评价	敖长林,李一军,冯 磊,等 (6470)
耕地易地补充经济补偿的生态价值——以江阴市和兴化市为例	方 斌,杨 叶,郑前进,等 (6478)
自然旅游地居民自然保护态度的影响因素——中国九寨沟和英国新森林国家公园的比较	程绍文,张 捷,徐菲菲 (6487)
基于 PSR 方法的区域生态安全评价	李中才,刘林德,孙玉峰,等 (6495)
灌浆期高温对水稻光合特性、内源激素和稻米品质的影响	滕中华,智 丽,吕 俊,等 (6504)
秦岭北坡不同生境栓皮栎实生苗生长及其影响因素	马莉薇,张文辉,薛瑶芹,等 (6512)
子午岭三种生境下辽东栎幼苗定居限制	郭 华,王孝安,朱志红 (6521)
温度、盐度对龟足胚胎发育和幼虫生长的联合影响	饶小珍,林 岗,张殿彩,等 (6530)
锡林郭勒盟气候干燥度的时空变化规律	王海梅,李政海,韩国栋,等 (6538)
北京市水足迹及农业用水结构变化特征	黄 晶,宋振伟,陈 阜 (6546)
延安北部丘陵沟壑区退耕还林(草)成效的遥感监测	孙智辉,雷延鹏,卓 静,等 (6555)
冰川前缘土壤微生物原生演替的生态特征——以乌鲁木齐河源 1 号冰川为例	王晓霞,张 涛,孙 建,等 (6563)
储藏方式和时间对三峡水库消落区一年生植物种子萌发的影响	申建红,曾 波,施美芬,等 (6571)
云南普洱季风常绿阔叶林演替系列植物和土壤 C、N、P 化学计量特征	刘万德,苏建荣,李帅锋,等 (6581)
青藏高原高寒矮嵩草草甸碳增汇潜力估测方法	曹广民,龙瑞军,张法伟,等 (6591)
基于 CEVSA2 模型的亚热带人工针叶林长期碳通量及碳储量模拟	顾峰雪,陶 波,温学发,等 (6598)
太原盆地土壤呼吸的空间异质性	张义辉,李洪建,荣燕美,等 (6606)
专论与综述	
热带森林碳汇或碳源之争	祁承经,曹福祥,曹受金 (6613)
景观对河流生态系统的影响	欧 洋,王晓燕 (6624)
自由空气中臭氧浓度升高对大豆的影响	杨连新,王云霞,赵秩鹏,等 (6635)
研究简报	
基于生态系统服务价值的区域生态补偿——以山东省为例	王女杰,刘 建,吴大千,等 (6646)
鹤伴山国家森林公园土壤甲螨群落结构	许士国,付荣恕 (6654)
栓皮栎人工林树干液流对不同时间尺度气象因子及水面蒸发的响应	桑玉强,张劲松,孟 平,党宏忠,等 (6661)
赤眼蜂发育速率对梯度恒温的响应	陈洪凡,岑冠军,黄寿山 (6669)
学术信息与动态	
GIS 和遥感技术在生态安全评价与生物多样性保护中的应用	李文杰,张时煌 (6674)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 374 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 42 * 2010-12	

黑河中游荒漠灌丛斑块地面甲虫群落分布 与微生境的关系

刘继亮, 李锋瑞*, 刘七军, 牛瑞雪

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 临泽内陆河流域研究站, 兰州 730000)

摘要:关于西北干旱区荒漠灌丛草地地面甲虫群落分布与微生境关系的系统研究尚鲜有报道。采用多元回归分析和 RDA 群落排序分析等方法,定量研究了甲虫群落分布与微生境因子的关系及其季节变异特征。多元回归分析表明,甲虫群落数量分布与土壤粗砂、中细砂和粘粉粒含量存在显著关系,3 个因子解释了 21% 的甲虫群落变异。多元回归分析还表明,甲虫群落数量分布与春季地面/地下日平均温度和土壤含水量有显著关系(3 个因子解释了 32% 的甲虫群落变异),而与夏季和秋季地面/地下日平均温度和土壤含水量无显著关系。RDA 群落排序分析表明,土壤粗砂含量、中细砂含量、地面温度和地下温度对春季甲虫种群分布有显著的影响,解释了 34.3% 的甲虫种群变异;土壤粗砂和中细砂含量对夏季甲虫种群分布有显著影响,解释了 18.8% 的甲虫种群变异;土壤粗砂含量、地下日均温和土壤含水量对秋季甲虫种群分布有一定的影响,解释了 17.1% 的甲虫种群变异。Pearson 相关分析表明不同甲虫种群对微生境因子的响应模式不同。主要结论是:微生境的非生物环境因子是决定荒漠甲虫群落空间分布格局的重要因子之一,但是环境因子的影响作用存在明显的季节变异,并且因种类不同而异。

关键词:干旱荒漠灌丛草地;灌丛斑块;微生境;地面甲虫;群落排序分析

Relationships between ground beetle community distribution and microhabitats in an arid desert shrubland of the middle Heihe River basin

LIU Jiliang, LI Fengrui*, LIU Qijun, NIU Ruixue

Linze Inland River Basin Research Station, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China

Abstract: Ground beetles are one of the important components of dry desert ecosystems and play a key role in maintaining desert ecosystem structure and functioning. As yet, fewer studies have investigated the effects of abiotic factors on ground beetle community distribution in inland arid desert ecosystems, northwest China. Using the data set obtained on ground beetle communities and abiotic factors (soil texture, surface temperature, subsurface temperature and soil moisture) of three microhabitats (*Reaumuria soongorica* shrubs, *Nitraria sphaerocarpa* shrubs and inter-shrub bare ground) in three sampling periods (spring, summer and autumn) in a typical desert shrubland of the middle Heihe River basin, multiple regression analysis, RDA method were used to examine the relationships between beetle community distribution and microhabitat's abiotic factors. Multiple regression analyses show that the beetle distribution was significantly affected by coarse sand, medium & fine sand, and silt & clay contents of the soil, which accounted for 21% of the variation in beetle abundance. RDA analyses show that the beetle distribution was significantly affected by coarse sand and medium & fine sand contents of the soil, surface and subsurface (10 cm depth) temperatures in spring, which accounted for 34.3% of the variation in beetle abundance. However, coarse sand and medium & fine sand contents of the soil were the most important factors shaping the spatial distribution of beetle community in summer whereas soil coarse sand content and soil moisture content were the main factors influencing the spatial distribution of beetle community in autumn, which accounted for

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2009CB421302);中国科学院生态环境研究中心城市与区域国家重点实验室开放基金项目(SKLURE2009-2-3)资助

收稿日期:2010-03-21; 修订日期:2010-10-25

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lifengrui@lzb.ac.cn

18.8% and 17.1% of the variation in beetle abundances, respectively. Furthermore, Pearson correlation analyses show that different beetle populations responded differentially to variations in abiotic factors of the microhabitats investigated. We conclude that abiotic factors of the microhabitats play key roles in determining the distribution patterns of desert beetle communities but their effects on beetle distribution are found to be season specific and species specific.

Key Words: arid desert shrublands; shrub patches; microhabitat; ground beetle community; ordination analysis

植被的斑块状分布是干旱区最显著的生态特征之一^[1-3]。近年来,在植被斑块尺度上对干旱区植被斑块的结构及其生态水文功能的研究表明,植被斑块生态系统是一个有效的自然集水和养分富集系统^[4],其中裸地斑块的功能相当于产流区,而植被斑块的功能相当于汇流区,可以截获和保存来自裸地斑块的雨水径流及其携带的植物种子和营养物质,因此裸地斑块和植被斑块之间形成了一种典型的环境资源分配的源-汇关系^[2]。在单株灌木尺度上的研究表明,灌木强烈影响草本层植物土壤种子库及地上植物群落的空间分布格局^[5-6],同时许多研究还证实,在干旱区灌丛具有一定的“沃岛效应”,即灌木可以显著改变其周围的微生境(如地面温度、土壤水分和养分有效性)条件^[7-11]。然而,有关干旱区灌丛斑块格局的生态水文环境效应及其对地面和土壤动物分布格局的影响研究尚不多见。在国内,陈明等^[12]对柽柳灌丛下及灌丛间裸地的土壤微生物群落数量进行了比较研究,发现灌丛下根际土壤微生物的数量要显著高于灌丛间裸地。石兆勇等^[13]研究了柽柳灌丛下及灌丛间裸地的丛枝菌根和 AM 真菌群落的组成和数量。在国际上,Pen-Mouratov 等^[14]对丛枝霸王(*Zygophyllum dumosum*)灌丛下土壤线虫群落的分布及其影响因素进行了观测研究,发现灌丛下土壤湿度和有机质含量对土壤线虫群落及其营养功能群的组成具有显著的影响。Stapp^[15]和 Mazía 等^[16]分别对北美和南美洲草原的优势动物类群地面甲虫的动物分布及其影响因素进行了研究。他们的研究表明,灌丛斑块是甲虫动物重要的栖息和繁殖场所,灌丛斑块微生境的生物(如凋落物的数量和质量)和非生物环境因素(如土壤质地、地面温度和表层土壤含水量等)对甲虫群落的分布及其物种丰富度具有显著的影响。

在干旱荒漠生态系统中,灌丛斑块是最基本的自然生态景观单元,灌丛斑块格局可以通过不同的途径或机制对土壤动物群落的分布、组成和结构产生重要影响^[17-18]。一方面是,灌丛斑块微生境的变化可以直接影响成年甲虫对产卵地点和栖息场所的选择及其幼虫的生长和发育过程,从而对甲虫群落的结构、组成和多样性产生影响^[3, 15-16]。另一方面是,灌丛斑块的结构以及灌木种类的不同也在一定程度上影响土壤动物群落的分布、组成和多样性。最近的研究显示,灌丛斑块的结构越复杂、空间异质性越大,越有利于形成和维持斑块中较高的土壤动物多样性,其主要原因在于,与结构简单、空间异质性较小的灌丛斑块相比,结构复杂、空间异质性较大的灌丛斑块可为多种土壤动物的共存提供更有利的生态位^[3, 19-23]。由此可见,深入开展荒漠灌丛斑块土壤动物群落分布与微生境关系的研究,对于进一步解析气候变化和人类活动影响下荒漠生态系统土壤动物群落的空间分布格局及其演替规律,以及预测由于灌丛斑块微生境退化而导致的土壤生物多样性的变化具有重要的科学意义^[3, 22, 24]。

目前尽管国外已开展了一些荒漠灌丛草地甲虫分布与微生境关系的研究,但国内这方面的研究尚鲜见报道。特别是,迄今针对西北干旱区典型戈壁荒漠生态系统在灌丛斑块尺度上对甲虫分布格局及其对微生境的非生物环境因子变化的响应机制还缺乏系统研究。本文基于已建立的黑河中游典型戈壁荒漠灌丛草地春、夏、秋 3 个季节甲虫群落在红砂灌丛下、泡泡刺灌丛下和灌丛间裸地 3 个微生境的分布数据库及 3 个微生境的非生物环境因子(土壤质地、地面/地下日平均温度和土壤含水量)的观测数据库,采用多元回归分析、群落排序及相关分析等方法,定量研究了甲虫群落分布与微生境因子的关系及其季节变异规律。

1 研究地点和方法

1.1 研究地点

本研究在中国生态系统网络临泽内陆河流域研究站的荒漠生态系统长期定位观测场进行。研究地点位

于甘肃河西走廊中段黑河流域中游的荒漠绿洲过渡带(39°20'N, 100°08'E),地处巴丹吉林沙漠和张掖绿洲交汇处的山前戈壁荒漠,地势平坦,海拔高度 1350m。该区域属典型的温带大陆性荒漠气候,春季干旱少雨,降水主要分布在 7、8、9 等 3 个月,多年平均降水量 117.1 mm,年均气温 7.6 °C,年均蒸发量 2 390 mm,无霜期 165d^[25]。地带性土壤为灰棕漠土,土壤母质为第四纪砂砾洪积-冲积物,地表有大量砾石和灰棕色土壤结皮。0—20cm 土壤层的主要理化性质是:pH 值 7.86 ± 1.07 ,土壤容重 $(1.43 \pm 0.21) \text{ g/cm}^3$,土壤有机碳含量 $(0.12 \pm 0.04) \%$,土壤总氮含量 $(0.01 \pm 0.01) \%$,总磷含量 $(0.08 \pm 0.01) \%$ (平均值 $\pm$ 标准差)。平均地下水位 11.8m^[26]。

典型的干旱荒漠灌丛植被,总盖度 $(15.7 \pm 0.02) \%$ 。群落的优势灌木是红砂(*Reaumuria soongorica*)和泡泡刺(*Nitraria sphaerocarpa*),并伴生少量的珍珠(*Salsola passerina*)^[26],红砂和泡泡刺种群密度分别为 $(16.1 \pm 3.1) \text{ 株/100m}^2$ 和 $(3.4 \pm 0.4) \text{ 株/100m}^2$ 。草本层稀疏矮小(盖度 $< 5\%$),以多年生沙葱(*Allium mongolicum*)和蝎虎霸王(*Zygophyllum mucronatum*)为主,秋季以 1 年生盐生草(*Halogeton glomeratus*)和黄蒿(*Artemisia scoparia*)为主。

1.2 取样方法

在围栏保护的荒漠灌丛草地观测场内,随机建立 4 个 30m $\times$ 30m 的采样区(采样区间距 100—200m),在每个采样区,选择冠幅直径相近的 4 株成年红砂和 4 株成年泡泡刺灌丛为研究对象。根据前期研究,研究地点甲虫动物的地面活动时间主要在 4 月上旬至 10 月中旬。同时,研究区气候的季节变化特征是:春季干旱少雨,昼夜温差大;夏季初期高温少雨,昼夜温差较小;秋季气温降低,降水较多,昼夜温差较大。因此,确定在 2009 年的春(5 月 6 日至 20 日)、夏(7 月 4 日至 18 日)和秋季(9 月 8 日至 22 日)3 个典型时期采用国际通用的陷阱法对地面甲虫群落组成和数量进行调查^[27]。具体方法是:在每个采样区,分别在红砂灌丛、泡泡刺灌丛及灌丛间裸地(3 个微生境距最近的灌木植物的距离大于 5m)3 个地点(微生境)布设陷阱收集器,共布设 12 个收集器,4 个采样区共计 48 个收集器。每次调查的采样时间均为 15d^[16]。在采集甲虫样品过程中,每 3d 检查 1 次收集器,将捕获的甲虫样品带回实验室进行种类鉴定和个体数量统计^[28]。

在每个采样区,对红砂和泡泡刺灌丛特征进行了观测,测定了灌木高度和冠幅直径,计算了灌木的体积^[29]。同时,采集红砂灌丛下、泡泡刺灌丛下及灌丛间裸地 3 个地点 0—20cm 土壤样品,用干筛法测定土壤的粗砂、中细砂和粘粉粒的含量^[30]。在每个甲虫采样期的 15d 内,选择第 2、7、14 天,采用地温计测定红砂灌丛下、泡泡刺灌丛下及灌丛间裸地 3 个地点的地面和地下 10cm 日均温(在 6:00、10:00、14:00、18:00 4 个时间进行读数求其平均值代表日平均温度),并采集 3 个地点 0—20cm 土壤样品用烘干法测定土壤含水量。红砂和泡泡刺灌丛斑块的微生境特征如表 1 所示。

1.3 数据分析

利用建立的 3 个季节(春、夏和秋季)及 3 个地点(红砂灌丛下、泡泡刺灌丛下及灌丛间裸地)甲虫群落种群个体数量及微环境因子(土壤质地、地面/地下日平均温度和土壤含水量)的多变量数据库,采用冗余度分析(redundancy analysis, RDA),定量研究了甲虫群落种群分布与环境因子的关系。具体分析方法如下:先将种群个体数据采用除趋势对应分析(detrended correspondence analysis, DCA)进行分析,根据计算出的 DCA 排序轴梯度长度(lengths of gradient, LGA)来选择适宜的排序方法^[31-32]。在理论上,当 $LGA < 3$ 时,宜采用线性模型排序,当 $LGA > 3$ 时宜采用单峰模型排序。根据对春季、夏季和秋季 3 次调查的数据进行 DCA 分析结果表明,春季、夏季和秋季的 LGA 值均小于 3,所以本研究中采用基于线性模型的 RDA 分析。为了保证实验数据满足正态分布及减小异常值对分析结果的影响,在进行 RDA 分析之前,对甲虫种群个体数量以及地面和地下日平均温度数据进行 $\log(x+1)$ 转换,对土壤质地和土壤含水量数据进行反正弦平方根转换。

采用单因素方差分析比较不同微生境的土壤质地、地面/地下日均温和土壤含水量的差异,为保证数据满足正态分布,对地面和地下日均温进行对数转换,对土壤质地和土壤含水量进行反正弦平方根转化。另外,还采用多元回归分析探讨了甲虫群落个体数量与土壤粗砂、中细砂和粘粉粒含量的关系,以及 3 个季节甲虫群

落个体数量与地面和地下日均温和土壤含水量的关系。采用 Pearson 相关分析法研究了不同季节各个甲虫种群个体数量对微生境因子的响应。统计分析采用 SPSS 17.0 软件包完成。

表 1 红砂、泡泡刺灌丛斑块和裸地的微生境特征

Table 1 Characteristics of microhabitats in shrub patches and bare ground in an arid desert ecosystem

项目 Item	泡泡刺灌丛 <i>R. soongorica</i> shrubs	红砂灌丛 <i>N. sphaerocarpa</i> shrubs	裸地 Bare ground
灌木特征 Shrub characteristics			
冠幅直径 Shrub diameter/cm	166.03 ± 12.93	61.00 ± 4.43	
灌木高度 Shrub height/cm	41.6 ± 3.11	27.77 ± 2.27	
灌木体积 Shrub volume/m ³	1.43 ± 0.18	0.12 ± 0.01	
微生境特征 Microhabitat characteristics			
粗砂含量 Coarse sand content/%	5.37 ± 1.13b	7.06 ± 0.4ab	10.84 ± 1.51a
中细砂含量 Medium & fine sand content/%	91.44 ± 1.22a	89.65 ± 0.52ab	86.07 ± 1.51b
粘粉粒含量 Silt & clay content/%	2.96 ± 0.28	2.95 ± 0.33	2.76 ± 0.31
地面日均温 Surface temperature/℃			
春季 Spring	43.42 ± 1.04b	35.67 ± 0.86c	54.13 ± 0.19a
夏季 Summer	39.79 ± 4.16	47.09 ± 1.04	48.25 ± 0.76
秋季 Autumn	34.13 ± 1.73	30.66 ± 0.89	34.42 ± 0.86
地下日均温 Subsurface temperature/℃			
春季 Spring	21.88 ± 0.28b	22.1 ± 0.28b	24.63 ± 0.24a
夏季 Summer	31.06 ± 0.29	31.23 ± 0.28	31.36 ± 0.37
秋季 Autumn	16.04 ± 0.32	15.98 ± 0.22	16.69 ± 0.32
0—20cm 土壤含水量 Soil moisture/℃			
春季 Spring	0.005 ± 0.002c	0.012 ± 0.001a	0.009 ± 0.001b
夏季 Summer	0.41 ± 0.04	0.47 ± 0.05	0.42 ± 0.04
秋季 Autumn	4.42 ± 0.23b	5.18 ± 0.26a	4.2 ± 0.27b

不同字母表示 3 个地点差异显著($P < 0.05$)

2 结果

3 个调查期共捕获甲虫 6925 头,分属于拟步甲科(89.9%)、象甲科(9.2%)、步甲科(0.42%)和粪金龟科(0.43%)。拟步甲科共包括 7 个种,其个体数量总和为 6232 头,是研究区荒漠灌丛草地甲虫群落的优势类群(表 2)。春季、夏季和秋季捕获的甲虫个体数量分别占 3 个调查期甲虫总个体数的 62.2%,26.5 和 11.3%。春季和夏季红砂灌丛下(1276 和 758 头)和泡泡刺灌丛下(2131 和 911 头)的甲虫个体数量要显著高于灌丛间裸地(899 和 163 头);秋季红砂灌丛下(304 头)和灌丛间裸地(327 头)的甲虫个体数量要显著高于泡泡刺灌丛下(156 头)。

对土壤质地(粗砂含量、中细砂含量和粘粉粒含量)与甲虫群落个体数量的多元回归分析结果表明,土壤质地与甲虫群落数量存在显著相关性($n = 48$, $R^2 = 0.21$, $P < 0.05$),解释了 21% 的甲虫群落数据变异。对春季、夏季和秋季甲虫群落个体数量与地面/地下日均温和土壤含水量的多元回归分析结果表明,春季地面/地下日均温和土壤含水量与甲虫群落数量呈显著相关性($n = 48$, $R^2 = 0.32$, $P < 0.05$),3 个因子解释了 32% 的甲虫群落数据变异,夏季和秋季 3 个因子与甲虫群落数量无显著关系($n = 48$, $R^2 = 0.03$, $R^2 = 0.08$, $P > 0.05$)。

对春季甲虫种群分布对环境因子响应的 RDA 分析表明,前两个排序轴解释了 34.3% 的物种变异以及 98% 的物种和环境关系的数据变异,排序结果较好解析了微环境因子对甲虫群落分布的影响。第一排序轴主要解释了土壤粗砂含量($R = -0.497$, $P < 0.05$)、中细砂含量($R = 0.451$, $P < 0.05$)和地面日均温($R = -0.393$, $P < 0.05$)和地下日均温($R = -0.401$, $P < 0.05$)4 个因子对甲虫种群分布的影响,它将红砂灌丛和

表 2 不同调查期甲虫群落各种群的数量(个/收集器)

Table 2 Abundances (Ind/trap) of individual species of the beetle communities captured in the three censuses

种 Species	春季 Spring			夏季 Summer			秋季 Autumn		
	红砂灌丛 <i>R. soongorica</i> shrubs	泡泡刺灌丛 <i>N. sphaerocarpa</i> shrubs	裸地 Bare ground	红砂灌丛 <i>R. soongorica</i> shrubs	泡泡刺灌丛 <i>N. sphaerocarpa</i> shrubs	裸地 Bare ground	红砂灌丛 <i>R. soongorica</i> shrubs	泡泡刺灌丛 <i>N. sphaerocarpa</i> shrubs	裸地 Bare ground
S1	73	42	56	14	20	8	56	23	25
S2	1	11	1	0	0	0	0	0	0
S3	106	339	79	31	45	5	0	0	1
S4	25	63	18	47	78	41	11	3	0
S5	121	143	141	3	3	0	0	0	0
S6	322	727	247	23	35	7	5	11	11
S7	609	803	343	638	693	102	9	9	5
S8	15	3	12	0	0	0	0	0	0
S9	0	0	0	1	36	0	57	271	261
S10	4	0	2	0	0	0	0	0	0
S11	0	0	0	0	0	0	2	0	0
S12	0	0	0	1	0	0	14	10	1
S13	0	0	0	0	1	0	1	0	0
S14	0	0	0	0	0	0	1	0	0

S1: 戈壁琵甲 *Blaps gobinesis*; S2: 谢氏宽漠王 *Mantichorula semenowi*; S3: 多毛宽漠甲 *Sternoplax (Sternotrigon) setosa setosa*; S4: 中华砚甲 *Cyphogenia (Cyphogenia) chinensis*; S5: 莱氏脊漠甲 *Pterocoma (MongoloPterocoma) reitteri*; S6: 小丽东鳖甲 *Anatolica amoenula*; S7: 姬小鳖甲 *Microdera (Dordanea) elegans*; S8: 无翅大头粪金龟 *Lethrus apterus*; S9: 甘肃齿足象 *Deracanthus potanini*; S10: 象甲科 sp.1 Curculionidae sp.1; S11: 象甲科 sp.2 Curculionidae sp.2; S12: 大步甲属 *Carabus* sp.; S13: 猛步甲属 sp.1 *Cymindis* sp.1; S14: 半猛步甲属 sp.2 *Cymindis* sp.2

泡泡刺灌丛与灌丛间裸地生境分开。第二排序轴主要解释了土壤含水量($R = -0.494$, $P < 0.05$)和地面日均温($R = 0.327$, $P < 0.05$)对甲虫种群分布的影响,它将红砂灌丛与泡泡刺灌丛和灌丛间裸地 2 个生境分开(图 1)。Pearson 相关分析结果表明,多毛宽漠甲的活动主要受土壤粗砂、中细砂含量、粘粉粒含量和地下温度的影响;中华砚甲的活动主要受地下日均温的影响;小丽东鳖甲的活动主要受土壤粗砂、中细砂含量以及地面和地下温度的影响;姬小鳖甲的活动主要受地面和地下温度的影响;但 6 个因子对戈壁琵甲、谢氏宽漠王、莱氏脊漠甲和无翅大头粪金龟的影响都较小(表 3)。

对夏季甲虫种群分布对环境因子响应的 RDA 分析表明,尽管前两个排序轴解释了 89.8% 的物种与环境关系的数据变异,但前两个排序轴仅解释了 18.8% 的物种数据变异。排序轴 1 主要解释了土壤粗砂($R = 0.391$, $P < 0.05$)和中细砂含量($R = -0.367$, $P < 0.05$)对甲虫活动的影响,而排序轴 2 与所有环境因子相关性均较小,说明土壤粗砂含量和中细砂含量是影响夏季甲虫种群分布的主要因子(图 2)。同样,不同种类甲虫对微环境因子的响应不同。例如,戈壁琵甲的活动主要受土壤粗砂含量和地下温度的综合影响;多毛宽漠甲的活动主要受土壤粗砂和中细砂含量以及地下温度

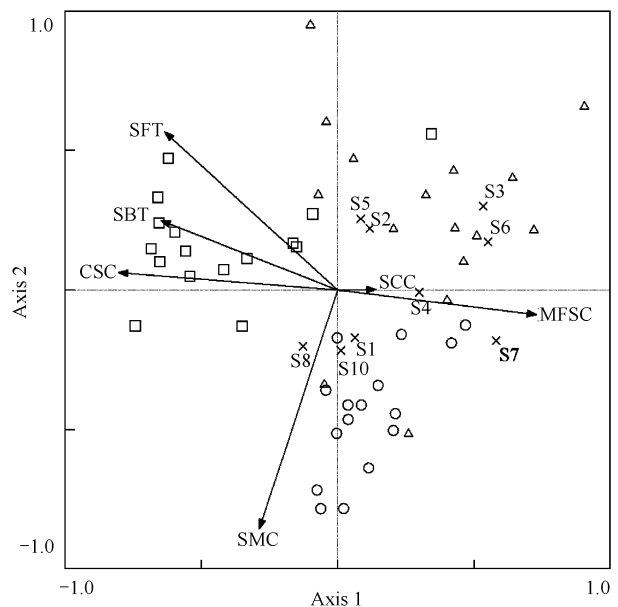


图 1 春季甲虫群落种群分布与微生境因子的 RDA 分析排序图
Fig. 1 The RDA ordination diagram of beetle community with abiotic factors of microhabitats in spring

注:图中○代表红砂灌丛;△代表泡泡刺灌丛;□代表灌丛间裸地;×代表甲虫,物种编号同表 2; SFT: 地面日均温; SBT: 地下日均温; SMC: 土壤含水量; CSC: 土壤粗砂含量; MFSC: 中细砂含量; SCC: 粘粉粒含量

的综合影响;甘肃齿足象的活动主要受土壤粗砂和中细砂含量的影响;大步甲属的活动受土壤粘粉粒的影响;小丽东鳖甲的活动主要受土壤粗砂含量的影响,姬小鳖甲和莱氏脊漠甲的活动受 6 个因子的影响较小(表 3)。

表 3 不同调查期甲虫个体数量与微环境因子的 Pearson 相关系数

Table 3 Pearson correlation coefficients of individuals captured with abiotic factors of microhabitats among the three censuses							
时间 Time	种 Species	粗砂 Coarse sand	中细砂 Medium & fine sand	粘粉粒 Silt & clay	地面日均温 Surface temperature	地下日均温 Subsurface temperature	土壤含水量 Soil moisture
春季 Spring	S1	-0.115	0.105	0.031	-0.039	-0.159	0.198
	S2	0.039	-0.021	-0.025	-0.102	-0.248	-0.233
	S3	-0.398 **	0.303 *	0.297 *	-0.255	-0.322 *	-0.221
	S4	-0.136	0.100	0.146	-0.221	-0.340 *	0.059
	S5	-0.166	0.204	-0.187	0.177	-0.014	-0.266
	S6	-0.421 **	0.382 **	0.083	-0.341 *	-0.371 **	-0.209
	S7	-0.289	0.253	0.109	-0.493 **	-0.413 **	0.016
	S8	0.029	0.014	-0.031	0.014	-0.030	0.220
夏季 Summer	S1	-0.607 **	0.579 **	-0.056	0.214	-0.378 **	-0.343 *
	S3	-0.459 **	0.451 **	-0.014	-0.015	-0.290 *	-0.148
	S4	-0.318 *	0.291 *	0.072	-0.145	-0.277	-0.110
	S5	-0.022	-0.054	0.269	-0.032	-0.202	-0.129
	S6	-0.303 *	0.229	0.263	-0.226	-0.002	0.031
	S7	-0.193	0.178	0.113	-0.004	-0.060	0.073
	S9	-0.530 **	0.528 **	-0.077	0.030	-0.241	-0.084
	S12	-0.034	0.109	-0.288 *	-0.046	-0.096	-0.146
秋季 Autumn	S1	-0.356 *	0.349 *	-0.051	0.088	-0.288 *	0.340 *
	S3	-0.122	0.128	-0.047	0.063	-0.055	-0.301 *
	S4	-0.061	0.037	0.125	0.013	-0.037	-0.083
	S6	0.156	-0.175	0.035	0.023	-0.062	-0.219
	S7	-0.017	0.066	-0.181	0.354 *	0.305 *	-0.070
	S9	-0.025	-0.012	0.038	0.227	-0.045	-0.062
	S12	-0.176	0.195	-0.110	0.181	-0.031	0.257

物种编号见表 2; ** $P < 0.01$, * $P < 0.05$

对秋季甲虫种群分布对环境因子响应的 RDA 分析表明,前两个排序轴解释了 86.2% 的物种与环境关系的数据变异,但仅解释了 17.1% 的物种数据变异。排序轴 1 主要解释了地面温度($R = 0.229$, $P > 0.05$)对甲虫分布的影响,排序轴 2 主要解释了土壤粗砂($R = 0.3923$, $P < 0.05$)、中细沙($R = -0.392$, $P < 0.05$)和土壤湿度($R = -0.391$, $P < 0.05$)对甲虫分布的影响(图 3)。Pearson 相关分析表明,戈壁琵甲的活动主要受粗砂、中细砂含量和地下温度的影响,姬小鳖甲的活动主要受地面和地下温度的影响,而 6 个因子对多毛宽漠甲、中华砚甲、小丽东鳖甲、甘肃齿足象和大步甲属的活动均无显著影响(表 3)。

3 讨论

本试验的主要目的是确定黑河中游典型干旱戈壁荒漠灌丛草地甲虫群落分布格局与微生境非生物环境因子的关系及其季节变化特征。本文利用多元回归分析发现,甲虫动物群落数量与微生境的土壤粗砂含量、中细砂含量和粘粉粒含量存在显著的相关性,这 3 个因子解释了 21% 的甲虫群落数量变异,说明土壤质地是影响甲虫群落分布的主要因子之一。Krasnov 和 Shenbrot^[33] 在以色列 Negev 荒漠的研究结果表明,土壤质地的梯度变化(从沙土到粘土)是影响甲虫群落空间分布格局的主要影响因子,本文研究结果与之接近,3 个微生境土壤质地差异显著影响甲虫群落分布。一个可能的解释是,土壤质地可以通过直接影响成年甲虫对产卵地点和栖息生境的选择而对它们的空间分布格局产生深刻影响^[15-33]。例如,Stapp^[15] 在北美中部低草原对 3 种土壤类型(壤土、砂壤土和砂土)的灌丛下、仙人掌下、草地和裸地的 4 个微生境中的甲虫群落结构和数量的研究结果表明,土壤质地影响了甲虫的分布格局,个体较小的甲虫主要分布在草地生境,而个体较大的甲虫

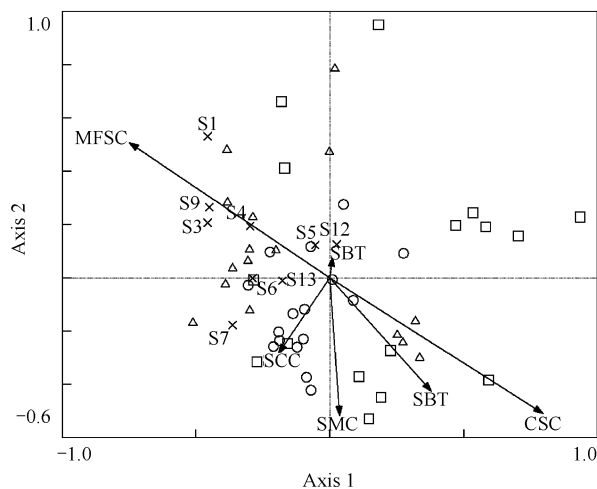


图2 夏季甲虫群落分布与微生境因子的 RDA 分析排序图

Fig. 2 The RDA ordination diagram of beetle community with abiotic factors of microhabitats in summer

注:图中○代表红砂灌丛;△代表泡泡刺灌丛;□代表灌丛间裸地;×代表甲虫,物种编号同表2;SFT:地面日均温;SBT:地下日均温;SMC:土壤含水量;CSC:土壤粗砂含量;MFSC:中细砂含量;SCC:粘粉粒含量

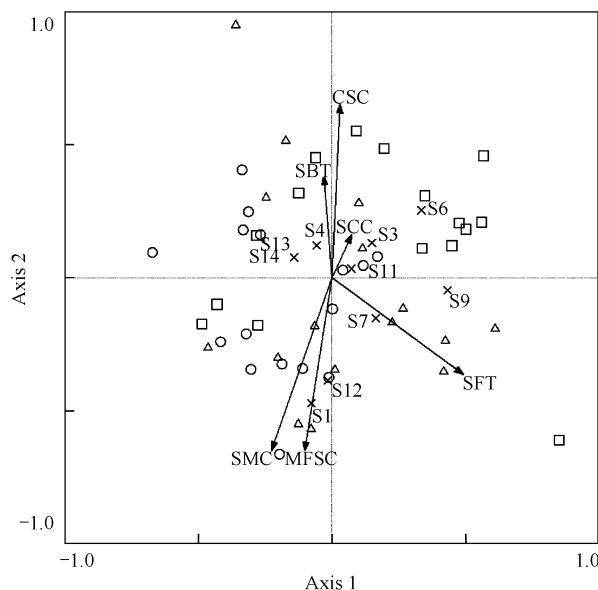


图3 秋季甲虫群落分布与微生境因子的 RDA 分析排序图

Fig. 3 The RDA ordination diagram of beetle community with abiotic factors of microhabitats in autumn

注:图中○代表红砂灌丛;△代表泡泡刺灌丛;□代表灌丛间裸地;×代表甲虫,物种编号同表2;SFT:地面日均温;SBT:地下日均温;SMC:土壤含水量;CSC:土壤粗砂含量;MFSC:中细砂含量;SCC:粘粉粒含量

主要分布在土壤砂粒含量高的灌木生境。RDA 群落排序分析发现,微生境的非生物环境因子如土壤质地、地面温度、地下日均温和土壤含水量对甲虫群落种群分布有显著的影响,但是它们对甲虫群落种群分布的影响存在明显的季节变异性。在春季甲虫种群数量分布主要受土壤粗砂含量、中细砂含量、地面日均温、地下日均温和土壤含水量 5 个因子的影响,解释了 34.3% 的甲虫种群数量变异;而夏季甲虫种群分布主要受土壤粗砂含量和中细砂含量的影响,环境因子仅解释了 18.8% 的物种数量变异;秋季甲虫种群分布主要受土壤粗砂含量、中细砂含量和土壤含水量的影响,环境因子只解释了 17.1% 的物种数量变异。这表明环境因子对甲虫群落种群分布的影响春季最为明显,夏、秋季逐渐减弱。一个可能的解释是:春季是拟步甲科甲虫成虫重要的繁殖期,而这一时期研究区干旱少雨和低温等条件将是限制甲虫活动和繁殖过程的主要因子。相反,夏季和秋季雨热同步,这一时期灌丛下和灌丛间裸地之间在地面温度、地下温度和土壤含水量等方面的差异已较小,因而可能不再是影响甲虫分布的主要因素,但是夏季正是部分甲虫幼虫和植食性和捕食性甲虫的重要生长发育时期,此时微生境的生物因素(如植物以及凋落物数量和质量等)可能成为限制甲虫群落组成、数量和物种多样性的主要因素^[15, 28, 34]。

从春季、夏季和秋季 3 个调查期来看,春季和夏季红砂灌丛下(1276 头和 758 头)和泡泡刺灌丛下(2131 头和 911 头)的甲虫个体数量要显著高于灌丛间裸地(899 头和 163 头)。这一结果与一些学者在其它生态系统类型灌木微生境对甲虫动物分布的研究结果相一致。例如,Stapp 在北美中部低草草原对的灌木下、仙人掌下、草地和裸地的 4 个微生境中的甲虫群落结构和数量进行了比较研究,发现灌丛下拟步甲科甲虫的个体数量显著高于其它微生境(如仙人掌下、草地和裸地),并且在灌木的分布区捕获的夜间活动甲虫的数量明显高于毗邻草地。对此一个可能的解释是,灌丛下是甲虫躲避捕食者、躲避白天高温、夜间低温以及寻找食物的重要微生境。另外,Mazía 等^[16]在南美南部 Cerro Otto 灌丛草地的研究结果也显示,灌丛下拟步甲科和步甲科动物的数量要明显高于灌丛间裸地。与 Stapp^[15],Mazía 等^[16]和 Doblas-Miranda 等^[18]的研究结果均表明,在环

境严酷的荒漠地区,灌木的存在改变了局微生境的资源(如凋落物数量和质量)和生态环境条件(如土壤质地、地面温度和表层土壤含水量等),从而对地面甲虫动物的生长、繁育等生活史过程产生了深刻影响,进一步影响了它们的小尺度空间分布格局。此外研究还发现,在春季、夏季和秋季 3 个调查期,春季和夏季泡泡刺灌丛下的甲虫个体数量要显著高于红砂灌丛下,而相反秋季红砂灌丛下的甲虫个体数量要显著高于泡泡刺灌丛下。这一结果表明灌木种类对甲虫动物群落的分布、组成和多样性的影响机理不同。灌木种类不同,灌丛斑块结构存在显著差异,不同种灌木的灌丛结构以及生境条件均存在差异这会影响荒漠甲虫的活动格局^[35]。Doblas-Miranda 等^[18]在西班牙 Guadix-Baza 盆地的研究表明,不同灌丛斑块下大型土壤动物的个体数量、生物量和功能群组成明显不同,本文结果与之接近。

许多研究结果均表明不同的甲虫种类在取食类型、活动时间和活动方式以及在生长和繁育等生物学特性上存在着一定的差异,这些差异导致它们的分布对微生境的非生物环境因子变化的响应模式明显不同^[34, 36-40]。结果表明不同甲虫对微生境的非生物因子响应方式不同,同时对同一种群来说,它对环境因子的响应模式又存在明显的季节差异。如莱氏脊漠甲和无翅大头粪金龟科甲虫由于能适应荒漠白天地面高温环境^[34, 39],它们的活动受微生境非生物因子的影响较小。再如夜间活动的戈壁琵甲^[34]春季受微生境非生物因子影响较小,而在夏季和秋季它的活动明显受土壤粗砂、中细砂含量和地下温度影响。白天活动的小丽东鳖甲^[34]春季在微生境间的活动明显受土壤粗砂、中细砂含量、地面和地下温度影响,夏季的活动受土壤粗砂含量的影响,而秋季的活动受微生境 6 个非生物因子的影响较小。

4 结论

本项研究的主要结论是:在干旱戈壁荒漠生态系统,灌丛斑块的微生境条件是决定荒漠甲虫群落分布、组成和功能群多样性的重要因子,但是微生境因子对甲虫群落的分布、组成和功能群多样性的影响作用存在明显的季节差异。从总体上看,微生境的地面日均温、地下日均温和土壤含水量对甲虫群落分布的影响在春季最明显,其次是夏季,秋季最弱。不同甲虫种群对微生境因子的响应模式不同。不同灌丛斑块(灌木种类)对甲虫群落分布的影响明显不同。上述研究结果为进一步开展干旱荒漠生态系统土壤动物群落分布格局的环境驱动机制研究奠定了重要的基础。

References:

- [1] Aguiar M R, Sala O E. Patch structure, dynamics and implications for the functioning of arid ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution*, 1999, 14(7): 1-5.
- [2] Whitford W G. *Ecology of desert systems*. London: Academic Press, 2002.
- [3] Shachak M, Gosz J R, Pickett S T A, Perevolotsky A. Biodiversity in drylands: toward a unified framework (Long-Term Ecological Research Network Series). New York: Oxford University Press, 2005.
- [4] Valentin C, d'Herbès J M. Niger tiger bush as a natural water harvesting system. *Catena*, 1999, 37(1/2): 231-256.
- [5] Li F R. Presence of shrubs influences the spatial pattern of soil seed banks in desert herbaceous vegetation. *Journal of Vegetation Science*, 2008, 19(4): 537-548.
- [6] Li F R, Zhao W Z, Kang L F, Liu J L, Huang Z G, Wang Q. Seed distribution of four co-occurring grasses around *Artemisia halodendron* shrubs in a sandy habitat. *Acta Oecologica*, 2009, 35(3): 444-451.
- [7] Charley J L, West N E. Plant-induced soil chemical patterns in some shrub dominated semi-desert ecosystems of Utah. *Journal of Ecology*, 1975, 63(3): 945-963.
- [8] Schlesinger W H, Pilmanis A M. Plant-soil interactions in deserts. *Biogeochemistry*, 1998, 42(1/2): 169-187.
- [9] Wilcox B P, Breshears D D, Allen C D. Ecohydrology of a resource-conserving semiarid woodland: effects of scale and disturbance. *Ecological Monograph*, 2003, 73(2): 223-239.
- [10] Li J, Zhao C Y, Zhu H, Wang F. Species effect of *Tamarix* spp. and *Haloxylon ammodendron* on shrub 'fertile island'. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(12): 5138-5147.
- [11] Zhao H L, Zhou R L, Su Y Z, Zhang H, Zhao L Y, Drake S. Shrub facilitation of desert land restoration in the Horqin Sand Land of Inner Mongolia. *Ecological Engineering*, 2007, 31: 1-8.

- [12] Chen M, Zhu J W, Sheng J D, Wu H Q. The effect of *Tamarix* spp canopy on the soil enzyme activities and the microbial quantity. *Acta Agriculture Boreali-occidentalis Sinica*, 2007, 17 (2): 212-217.
- [13] Shi Z Y, Zhang L Y, Feng G, Peter C, Tian C Y, Li X L. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungal associated with ephemeral plants growing under and beyond the canopies of *Tamarisk* sp. *Chinese Science Bulletin*, 2006, 51 (Supp. 1): 108-114.
- [14] Pen-Mouratov S, Rakhimbaev M, Barness G, Steinberger Y. Spatial and temporal dynamics of nematode populations under *Zygophyllum dumosum* in arid environments. *European Journal of Soil Biology*, 2004, 40(1): 31-46.
- [15] Stapp P. Microhabitat use and community structure of darkling beetles (Coleoptera: Tenebrionidae) in shortgrass prairie: effects of season shrub and soil type. *American Midland Naturalist*, 1997, 137(2): 298-311.
- [16] Mazía C N, Chaneton E J, Kitzberger T. Small-scale habitat use and assemblage structure of ground-dwelling beetles in a Patagonian shrub steppe. *Journal of Arid Environments*, 2006, 67(2): 177-194.
- [17] Peterson A C, Hendrix P F, Haydu C. Single- shrub influence on earthworms and soil macroarthropods in the southern California chaparral. *Pedobiologia*, 2001, 45(1): 509-522.
- [18] Doblas-Miranda E, Sánchez-Piñero F, González-Megías A. Different microhabitats affect soil macroinvertebrate assemblages in a Mediterranean arid ecosystem. *Applied Soil Ecology*, 2009, 41(3): 329-335.
- [19] Kremen C, Colwell R K, Erwin T, Murphy D D, Noss R F, Sanjayan M A. Terrestrial arthropod assemblages: their Use in conservation planning. *Conservation Biology*, 1993, 7(4): 796-808.
- [20] Burett M R, August P V, Brown J H Jr, Killingbeck K T. The influence of geomorphological heterogeneity on biodiversity I. A patch-scale perspective. *Conservation Biology*, 1998, 12(2): 363-370.
- [21] Ellner S P, McCauley E, Kendall B E, Briggs C J, Hosseini P R, Wood S N. Habitat structure and population persistence in an experimental community. *Nature*, 2001, 412: 538-543.
- [22] Tews J, Brose U, Grimm V, Tielbörger K, Wichmann M C, Schwager M, Jeltsch F. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography*, 2004, 31(1), 79-92.
- [23] Blaum N, Seymour C, Rossmanith E, Schwager M, Jeltsch F. Changes in arthropod diversity along a land use driven gradient of shrub cover in savanna rangelands: identification of suitable indicators. *Conservation Biology*, 2009, 18(5): 1187-1199.
- [24] Michel N, Burel F, Butet A. How does landscape use influence small mammal diversity, abundance and biomass in hedgerow networks of farming landscapes?. *Acta Oecologica*, 2006, 30(1): 11-20.
- [25] He Z B, Zhao W Z. Spatial pattern of two dominant shrub populations at transitional zone between oasis and desert of Heihe River Basin. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(6): 947-952.
- [26] He Z B, Zhao W Z, Chang X L. The modifiable areal unit problem of spatial heterogeneity of plant community in the transitional zone between oasis and desert using semivariance analysis. *Landscape Ecology*, 2007, 22(1): 95-104.
- [27] Ward D F, New T R, Yen A L. Effects of pitfall trap spacing on the abundance, richness and composition of invertebrate catches. *Journal of Insect Conservation*, 2001, 5(1): 47-53.
- [28] Liu J L, Li F R, Liu Q J, Niu R X. Seasonal variation in soil fauna community composition and diversity in an arid desert ecosystem of the Heihe basin. *Journal of Desert Research*, 2010, 30(2): 342-349.
- [29] Sanchez B C, Parmenter R R. Patterns of shrub-dwelling arthropod diversity across a desert shrubland grassland ecotone: a test of island biogeographic theory. *Journal of Arid Environments*, 2002, 50(2): 247-265.
- [30] Li F R, Zhang H, Zhang T H, Shirato Y. Variations of sand transportation rates in sandy grasslands along a desertification gradient in northern China. *Catena*, 2003, 53(3): 255-272.
- [31] Legendre P, Legendre L. Numerical ecology. 2th ed. Amsterdam: Elsevier, 1998.
- [32] Lepš J, Šmilauer P. Multivariate analysis of ecological data using CANOCO. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- [33] Krasnov B, Shenbrot G. Spatial structure of community of darkling beetles (Coleoptera: Tenebrionidae) in the Negev Highlands, Israel. *Ecography*, 1996, 19(2): 139-152.
- [34] Ren G D, Yu Y Z. The darkling beetles from deserts and semideserts of China (Coleoptera: Tenebrionidae). Hebei: Hebei University Publishing House, 1999.
- [35] Maestre F T, Cortina J. Remnant shrubs in Mediterranean semi-arid steppes: effects of shrub size, abiotic factors and species identity on understorey richness and occurrence. *Acta Oecologica*, 2005, 27(3): 161-169.
- [36] Crist T O, Guertin J A, Wiens G A, Milne B T. Animal movement in heterogeneous landscapes: an experiment with *Eleodes* beetles in shortgrass prairie. *Functional Ecology*, 1992, 6(5): 536-544.
- [37] De Los Santos A, Gómez-González L A, Alonso C, Arbelo C D, De Nicolás J P. Adaptive trends of darkling beetles (Col. Tenebrionidae) on

environmental gradients on the island of *Tenerife* (Canary Islands). *Journal of Arid Environments*, 2000, 45(1): 85-98.

- [38] Parmenter R R, Parmenter C A, Cheney C D. Factors influencing microhabitat partitioning among coexisting species of arid-land darkling beetles (Tenebrionidae): behavioral responses to vegetation architecture. *The Southwestern Naturalist*, 1989, 34(3): 319-329.
- [39] Lu T, Wang H Z, Wang X, Chen T F, Yang S W, Zhang X M. Study on the biological properties of *Lethrus apterus*, *Acta Agrestia Sinica*, 2001, 9(4): 287-295.
- [40] Yin X Q, Song B, Dong W H, Xin W D. A review on the eco-geography of soil fauna in China. *Acta Geographica Sinica*, 2010, 65(1): 91-102.

参考文献:

- [10] 李君, 赵成义, 朱宏, 王锋. 怪柳(*Tamarix* spp.)和梭梭(*Haloxylon ammodendron*)的“肥岛”效应. *生态学报*, 2007, 27(12): 5138-5147.
- [12] 陈明, 朱建雯, 盛建东, 武红旗. 怪柳冠茎对其土壤酶活性及微生物数量的影响. *西北农业学报*, 2008, 17(2): 212-217.
- [13] 石兆勇, 张立运, 冯固, C. Peter, 田长彦, 李晓林. 怪柳灌丛下与灌丛外短命植物真菌多样性. *科学通报*, 2006, 51(增刊1): 108-114.
- [25] 何志斌, 赵文智. 黑河流域荒漠绿洲过渡带两种优势植物种群空间格局特征. *应用生态学报*, 2004, 15(6): 947-952.
- [28] 刘继亮, 李锋瑞, 刘七军, 牛瑞雪. 黑河流域干旱荒漠土壤动物群落组成与多样性的季节变异. *中国沙漠*, 2010, 30(2): 342-349.
- [34] 任国栋, 于有志. 中国荒漠半荒漠的拟步甲科昆虫. 河北: 河北大学出版社, 1999.
- [39] 鲁挺, 王辉珠, 汪玺, 陈天福, 杨生武, 张新民. 无翅大头粪金龟生物学特性研究. *草地学报*, 2001, 9(4): 287-295.
- [40] 殷秀琴, 宋博, 董炜华, 辛未冬. 我国土壤动物生态地理研究进展. *地理学报*, 2010, 65(1): 91-102.

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 30 卷 第 23 期 (2010 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 30 No. 23 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