

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 31 卷 第 4 期
Vol.31 No.4
2011



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 31 卷 第 4 期 2011 年 2 月 (半月刊)

目 次

短期增温对青藏高原高寒草甸植物群落结构和生物量的影响	李 娜,王根绪,杨 燕,等 (895)
三峡库区 9 种植物种子萌发特性及其在植被恢复中的意义	陶 敏,鲍大川,江明喜 (906)
白蜡虫及其 3 种优势寄生蜂的时空生态位	王自力,陈 勇,陈晓鸣,等 (914)
宁夏盐池荒漠草原步甲物种多样性	贺 奇,王新谱,杨贵军 (923)
脂肪酸对中华哲水蚤摄食两种海洋微藻的指示作用	刘梦坛,李超伦,孙 松 (933)
安徽菜子湖大型底栖动物的群落结构特征	徐小雨,周立志,朱文中,等 (943)
乐清湾潮间带大型底栖动物群落分布格局及其对人类活动的响应	彭 欣,谢起浪,陈少波,等 (954)
海蜃养殖对池塘底泥营养盐和大型底栖动物群落结构的影响	冯建祥,董双林,高勤峰,等 (964)
竹巴笼矮岩羊 (<i>Pseudois schaeferi</i>) 昼间行为节律和时间分配	刘国库,周材权,杨志松,等 (972)
干热河谷植物叶片,树高和种子功能性状比较	郑志兴,孙振华,张志明,等 (982)
石羊河中游沙漠化逆转过程土壤种子库的动态变化	马全林,张德魁,刘有军,等 (989)
基于 TM 影像、森林资源清查数据和人工神经网络的森林碳空间分布模拟	汪少华,张茂震,赵平安,等 (998)
山地视觉景观的 GIS 评价——以广东南昆山国家森林公园为例	裘亦书,高 峻,詹起林 (1009)
基于功能分类的城市湿地公园景观格局——以西溪湿地公园为例	李玉凤,刘红玉,郑 因,等 (1021)
水分胁迫下丛枝菌根 AM 真菌对民勤绢蒿生长与抗旱性的影响	贺学礼,高 露,赵丽莉 (1029)
农田灌溉对印度区域气候的影响模拟	毛慧琴,延晓冬,熊 喆,等 (1038)
高大气 CO ₂ 浓度下小麦旗叶光合能量利用对氮素和光强的响应	张绪成,于显枫,马一凡,等 (1046)
豌豆过氧化氢酶在烟草叶绿体中的过量表达提高了植物的抗逆性	王凤德,衣艳君,王海庆,等 (1058)
不同小麦品种对低温胁迫的反应及抗冻性评价	王树刚,王振林,王 平,等 (1064)
基于遥感与模型耦合的冬小麦生长预测	黄 彦,朱 艳,王 航,等 (1073)
喷施 ABA 对两个穗型不同小麦穗颈节伤流、穗部性状及产量的影响	崔志青,尹燕枰,田奇卓,等 (1085)
“稻鸭共生”生态系统稻季 N、P 循环	张 帆,隋 鹏,陈源泉,等 (1093)
红壤丘陵区粮食生产的生态成本	李 晓,谢永生,张应龙,等 (1101)
甘南牧区草畜平衡优化方案与管理决策	梁天刚,冯琦胜,夏文韬,等 (1111)
黄龙钙化滩流地物种-面积关系	黄宝强,罗毅波,安德军,等 (1124)
杉木人工林细根寿命的影响因素	凌 华,袁一丁,杨智杰,等 (1130)
长白落叶松林龄序列上的生物量及碳储量分配规律	巨文珍,王新杰,孙玉军 (1139)
生物肥与甲壳素和恶霉灵配施对香蕉枯萎病的防治效果	张志红,彭桂香,李华兴,等 (1149)
北京城区不同水质水体可培养细菌数量的季节动态变化	高 程,黄满荣,陶 爽,等 (1157)
专论与综述	
整树水力导度协同冠层气孔导度调节森林蒸腾	赵 平 (1164)
植物寄生对生态系统结构和功能的影响	李钧敏,董 鸣 (1174)
加拿大一枝黄花的入侵机理研究进展	杨如意,答树婷,唐建军,等 (1185)

宁夏盐池荒漠草原步甲物种多样性

贺奇¹, 王新谱^{1,2,*}, 杨贵军³

(1. 宁夏大学农学院, 银川 750021; 2. 宁夏大学西北退化生态系统恢复与重建省部共建教育部重点实验室, 银川 750021;
3. 宁夏大学生命科学学院, 银川 750021)

摘要: 采用巴氏罐诱法于 2009 年 3 月到 10 月对盐池四墩子 3 种不同类型荒漠草原的步甲物种组成、数量分布进行了系统调查, 共获得步甲标本 1318 号, 分属于 9 属 15 种, 其中直角通缘步甲 *Pterostichus gebleri*、蒙古伪葬步甲 *Pseudotaphoxnus mongolicus*、径婪步甲 *Harpalus salinus* 和短翅伪葬步甲 *Pseudotaphoxnus brevipennis* 为优势种, 个体数量分别占个体总数的 33.08%、19.73%、15.94% 和 8.04%。多样性分析表明适度干扰荒漠草地的 Shannon-Wiener 多样性、丰富度和均匀度均高于低干扰和强干扰荒漠草地。群落相似性分析显示猪毛蒿和甘草混交带与围栏放牧带及柠条带有较高的相似性, 蒙古冰草带和苜蓿与柠条混种带相似性较高。从时间动态上看, 步甲群落的个体数量在 8 月份达到最高。4 种优势种季节性变化分别是直角通缘步甲盛发期为 8 月, 径婪步甲发生的高峰期为 8、9 月, 短翅伪葬步甲在 5 月和 8 月, 蒙古伪葬步甲 7—10 月个体数量均多; 不同物种在不同类型荒漠草地出现的高峰期是不一致的。典范对应分析(CCA)分析表明土壤含水量是影响步甲分布的最重要环境因子, 植物生物量和植被密度次之; 土壤含水量与步甲的 Shannon-Wiener 多样性、均匀度显著负相关, 与优势度呈显著正相关。

关键词: 荒漠草原; 步甲; 多样性; 环境因子; 典范对应分析

Species diversity of carabid beetles in desert-steppe in Yanchi of Ningxia, China

HE Qi¹, WANG Xinpu^{1,2,*}, YANG Guijun³

1 School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021, China

2 Key Laboratory for Restoration and Reconstruction of Degraded Ecosystem in Northwestern China of Ministry of Education, Ningxia University, Yinchuan 750021, China

3 School of Life Sciences, Ningxia University, Yinchuan 750021, China

Abstract: Little is known about how desert-steppe systems contribute to the conservation of functionally important insect groups, including carabid beetles. Carabids are frequently used in terrestrial ecology on account of their well-known autecology, wide distribution, sensitivity to environmental changes. Many ecological studies have used diversity indices to assess the impact of environmental disturbance. In particular, ground beetles have been advocated as a good group for assessing disturbance. The aim of this study was to evaluate the influence of desert-steppe structure and type on carabid biodiversity. Habitat distribution and seasonal occurrence of carabid beetles were determined using pitfall traps from March to October in 2009 in a desert-steppe in Sidunzi of Yanchi, Ningxia, Northwestern China. Six transects differing in the vegetation and disturbance were selected so as to represent three habitat types: minimal disturbance (*Stipa bungeana* grassland), moderately-disturbed (*Caragana microphylla* shrubs grassland with *Artemisia blepharolepis* and *Clycyrrhiza uralensis*, fence grazing dominated by *Caragana microphylla* and *Cynanchum komarovii*) and severely-disturbed desert-steppe (*Agropyron mongolicum* grassland and mixed plantation with *Artemisia scoparia* and *Clycyrrhiza uralensis*). During the field research, a total of 1318 carabid beetles were collected, belonging to 15 species and 9 genera. Of these beetles, four species dominated, i. e. *Pterostichus gebleri*, *Pseudotaphoxnus mongolicus*, *Harpalus salinus* and *Pseudotaphoxenus brevipennis* accounting for 33.08%, 19.73%, 15.94% and 8.04% of the total, respectively. Shannon diversity, species

基金项目: 教育部新世纪优秀人才支持计划资助(NCET-07-0470)

收稿日期: 2010-01-19; **修订日期:** 2010-05-04

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wangxinpu@yahoo.com.cn

abundance, and evenness were significantly higher in the three transects of the moderately-disturbed desert-steppe than in the three other transects of the minimally and severely-disturbed desert-steppes. Based on species composition and abundance, cluster analysis grouped carabid beetles according to the level of habitat disturbance. The carabid assemblage in *Caragana microphylla* shrubs was more similar to that of grassland with *Artemisia blepharolepis* and *Clycyrrhiza uralensis* and fence grazing dominated by *Caragana microphylla* and *Cynanchum komarovii*, that of *Agropyron mongolicum* grassland was similar to that of mixed plantation with *Artemisia scoparia* and *Clycyrrhiza uralensis*. Monthly catch of carabid abundance reached a peak in August, with monthly variation in species recorded between transects. *Pterostichus gebleri* peaked in August, *Harpalus salinus* in August and September, *Pseudotaphoxenus brevipennis* in May and August, *Pseudotaphoxenus mongolicus* from July to October. Canonical correspondence analysis (CCA) explained 100% of the correlation between species and five environmental variables, suggesting that the occurrence of many species was related to changes in ecological conditions. Among the five factors, the soil water content, the plant biomass and plant density were the major factors affecting on the composition and spatial distribution of carabid beetles in the desert steppe. According to the correlation analysis, we also found that some environmental characteristics, i. e., soil water content, plant biomass and plant density, significantly affected species composition and abundances. Additionally, soil water content was negatively correlated to Shannon diversity and evenness, and positively correlated to Simpson's dominance. Based on these results, we conclude that the appropriate pressure of human disturbance has significantly contributed to the reestablishment and maintenance of the diversity of carabid in the studied area.

Key Words: desert steppe; carabid beetle; biodiversity; environmental variables; CCA

步甲是农林业害虫的重要天敌,对维护生态平衡起着重要作用^[1-2]。近年来,步甲被广泛地用于昆虫区系组成分析、生境变化与生境类型的研究比较^[1]。景观、森林、土壤、演替阶段、斑块化程度及人为活动等因素,对步甲的分布、行为和活动规律产生重要影响^[3-6]。由于步甲昆虫生物资源丰富,生境需求广泛^[2],对环境的变化非常敏感^[7-9],而且数据的获取成本较低,因此它们对研究人类活动对生物多样性的生态影响很有帮助,作为生态指示种具有重要的应用前景^[10-11]。

由于研究地区和生态系统类型的不同,步甲科昆虫与环境的关系可能呈现较大差异。不同生境间的比较分析可以揭示不同物种对特定生境的需求和不同生境类型中步甲组成的物种多样性^[11]。目前,国外研究工作涉及湿地^[12-13]、森林^[14-15]、农田^[16-17]等生态系统。国内研究主要集中于森林^[18-23]和农田^[24]生态系统。荒漠半荒漠是陆地生态环境中最严酷、生物资源最贫乏的自然景观,以干旱少雨、风大沙频、昼夜温差悬殊、植被稀疏但群落性极强为基本特点,是特殊耐干旱昆虫的栖息繁衍地。有关荒漠草原昆虫生态系统的研究很少。2009年3月到10月,选取宁夏盐池县四墩子荒漠草原的不同植被类型,对步甲科物种分布和季节变化进行了系统调查。以期比较步甲物种多样性,充分认识物种构成特征,研究在荒漠草原不同植被带中作用于步甲的生态变量影响因子,期望能揭示步甲多样性及其变化的规律,为荒漠草原生态恢复与昆虫多样性的保护提供科学依据。

1 研究样地与方法

1.1 样地概况

盐池县(北纬 37°04'—38°10',东经 106°30'—107°41')地处宁夏回族自治区东部,北与毛乌素沙地相连,南接黄土高原,属典型中温带大陆性气候,年均气温为 8.1℃,年降水量为 250—350 mm。植被分布类型是从干草原向荒漠逐步过渡,主要植被类型有灌丛、草原、草甸、沙地和荒漠。其中灌丛、草原、沙地植被数量较大,分布也广,草原又分干草原和荒漠草原,群落中常见植物种类以旱生和中旱生植物类型为主。因而,该地点具有研究荒漠草原步甲的良好环境。依据植被类型和人工干扰程度不同,分 6 种不同样带(表 1)。

表 1 研究样地植被概况

Table 1 The study vegetation landscape

类型 Disturbance type	样带 Sample transects	植被特征 The vegetation character
荒漠草原 Minimal-disturbed desert-steppe	A 长芒草带 <i>Stipa bungeana</i> grassland	没有开垦过的原始荒漠草本植物带,主要植物有长芒草 <i>Stipa bungeana</i> 、牛枝子 <i>Lespedez adaurica</i> 、匍根骆驼蓬 <i>Peganum nigellastrum</i> 、糙隐子草 <i>Cleistogenes squarrosa</i> 等,夏季群落高度约 11cm,盖度约为 58%。
人工干扰荒漠草原 Severely-disturbed desert-steppe	B 蒙古冰草带 <i>Agropyron mongolicum</i> grassland	撂荒 2a 后形成的荒漠草本植物带,四周有部分农田。主要植物有蒙古冰草 <i>Agropyron mongolicum</i> 、牛枝子、黄花角蒿 <i>Incarvillea sinensis</i> 、赖草 <i>Leymus secalinus</i> 等,夏季群落高度约 24cm,盖度约为 74%。
	C 苜蓿与柠条混种带 Mixed plantation with <i>Artemisia scoparia</i> and <i>Clycyrrhiza uralensis</i>	柠条 <i>Caragana microphylla</i> 行间距约 10m,间距之间种植苜蓿,苜蓿生长良好,每年刈割 1—2 次。
半干扰荒漠草原 Moderately-disturbed desert-steppe	D 柠条带 <i>Caragana microphylla</i> shrubs	6—8a 人工种植的柠条,柠条行间距约 4m,株间距约 60cm 平均株高约 1.1m,平均树冠约 1.2m,柠条行间主要有栉叶蒿 <i>Neopallasia pectinata</i> 、猪毛蒿 <i>Artemisia blepharolepis</i> 、牛枝子、阿尔泰狗娃花 <i>Heteropappus altaicus</i> 等草本植物,夏季行间草本植物的盖度约 58%。
	E 猪毛蒿和甘草混交带 Grassland with <i>Artemisia blepharolepis</i> and <i>Clycyrrhiza uralensis</i>	柠条没有成活或是严重退化,杂草侵入,猪毛蒿和甘草 <i>Clycyrrhiza uralensis</i> 占优势,其他植物有老瓜头 <i>Cynanchum komarovii</i> 、牛枝子、阿尔泰狗娃花等,夏季草本群落高度约 21cm,盖度约 65%。
	F 围栏放牧带 Fence grazing dominated by <i>Caragana microphylla</i> and <i>Cynanchum komarovii</i>	封山育草后用于人工放牧,每 2 年有定额的羊在此放养,植被恢复较好,植被主要有柠条、老瓜头 <i>Cynanchum komarovii</i> 、牛枝子、猪毛蒿,夏季植物的盖度约为 40%—65%。

1.2 方法

1.2.1 取样方法、标本鉴定及环境变量的测定

昆虫调查采用巴氏罐诱法,在 6 个样带内每个样带下设 5 个 10m × 10m 小样方,共设定 30 个小样方。每个样方内沿四条边及对角线每 1m 间距放置 1 个诱杯,共设诱杯 50 个。小样方之间的间隔距离至少 20m 以上。诱杯用一次性塑料水杯(高 9cm,口径 7.5cm)作为巴氏罐诱法容器,将诱捕器埋入土中,杯口与地面平齐,杯壁上方 1/4 处(杯口下方约 2.5cm)打一小孔(直径约 0.5cm),以免由于雨水过多使标本流失。引诱剂为醋、糖、医用酒精和水的混合物,重量比为 2:1:1:20,每个诱杯内放引诱剂约 60 mL^[18-24]。

采集时间从 2009 年 3 月到 10 月,每月采集 2 次,放置诱杯时间为 3d,采集到的标本放在 75% 的酒精中,带回实验室,制成针插标本,进行种类鉴定和统计分析。

每月采样时对各样地植物组成、盖度、高度等进行调查,并测定各样地土壤含水量。在 2009 年 8 月在各昆虫采样样方设定选取 1 个 1m × 1m 的植物小样方,测定样方内植物物种数、密度、盖度、生物量(干重)等数量特征^[25]。

1.2.2 数据分析处理

物种多样性(H')分析采用 Shannon-Wiener 多样性指数,计算公式为: $H' = - \sum P_i \ln P_i$, 其中 $P_i = N_i/N$, P_i 是第 i 种个体数占总个体数的比率, N_i 是第 i 种的个体数, N 是总个体数;均匀度(J)分析采用 Pielou 均匀度指数,计算公式为: $J = H'/\ln S$; Margalef (D) 丰富度指数,计算公式为: $D = (S - 1)/\ln N$; 优势度(C)分析采用 Simpson 优势度指数,计算公式为: $C = \sum (n_i/N)^2$ ^[26-27]。

生境相似性分析以欧式距离平方为测度系数,对各类型荒漠草原步甲物种组成和数量分布的差异采用组间连接法进行聚类分析。

利用 SPSS15.0 对步甲和环境数据的显著性进行检验。典范对应分析 (Canonical Correspondence Analysis, CCA) 使用软件 CANOCO4.5 和 CANODRAW4.0 对环境 and 物种数据采用 $\log_{10}(x+1)$ 处理后进行排序分析^[28-29]。

2 研究结果

2.1 物种组成和优势度变化

本研究共获得步甲标本 1318 号,分属于 9 属 15 种,以种群的个体数量为依据,统计研究样区不同步甲物种在群落中的优势度(表 2)。其中直角通缘步甲 *Pterostichus gebleri*, 蒙古伪葬步甲 *Pseudotaphoxenus mongolicus*、径婪步甲 *Harpalus salinus* 和短翅伪葬步甲 *Pseudotaphoxenus mongolicus* 的个体数量分别占个体总数的 33.08%、19.73%、15.94% 和 8.04%,为研究样地的优势类群。黄鞘婪步甲 *Harpalus pallidipennis*、赤胸长步甲 *Dolichus halensis*、谷婪步甲 *Harpalus calceatus*、双斑猛步甲 *Cymindis binotata* 和皮步甲 *Corsyra fusula* 为常见种。其余 6 种为稀有种,合计个体数量占群落个体数量的比例为 2.62%。

不同植被带步甲群落的优势种和常见种明显不同,样地 A、B 和 C 中步甲群落优势度排在首位的均为直角通缘步甲,样地 E 和 F 中优势度排在首位的是蒙古伪葬步甲,样地 D 中优势度排在首位的是径婪步甲。

表 2 不同类型荒漠草原步甲的物种组成和优势度/%
Table 2 Species and individuals of Carabidae in different desert steppe/%

步甲科种类 Carabid species	学名缩写 Scientific name abbreviation	生境类型 Habitats type						合计 Total
		A	B	C	D	E	F	
点胸暗步甲 <i>Amar dux</i>	<i>AmarDux</i>	0.00	0.47	0.00	0.59	2.00	5.88	0.68
金星广肩步甲 <i>Calosma maderae</i>	<i>CaloMad</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	4.41	0.31
皮步甲 <i>Corsyra fusula</i>	<i>CorsFus</i>	1.51	2.33	2.59	14.12	6.00	0.00	3.95
双斑猛步甲 <i>Cymindis binotata</i>	<i>CymiBin</i>	9.55	1.40	1.44	5.29	3.00	2.94	3.34
半猛步甲 <i>Cymindis daimio</i>	<i>CymiDai</i>	0.50	0.00	0.00	0.59	0.00	0.00	0.16
赤胸长步甲 <i>Dolichus halensis</i>	<i>DoliHal</i>	3.02	6.05	3.46	8.24	3.00	1.47	4.71
广胸婪步甲 <i>Harpalus amplicollis</i>	<i>HarpAmp</i>	0.00	0.23	0.86	0.00	0.00	1.47	0.39
谷婪步甲 <i>Harpalus calceatus</i>	<i>HarpCal</i>	0.50	3.26	7.20	2.35	4.00	2.94	3.79
强婪步甲 <i>Harpalus crates</i>	<i>HarpCra</i>	1.01	0.70	0.29	0.59	1.00	5.88	0.92
黄鞘婪步甲 <i>Harpalus pallidipennis</i>	<i>HarpPal</i>	4.52	6.74	3.17	2.94	7.00	4.41	4.85
径婪步甲 <i>Harpalus salinus</i>	<i>HarpSal</i>	13.57	13.95	16.14	25.29	18.00	8.82	15.94
短翅伪葬步甲 <i>Pseudotaphoxenus brevipennis</i>	<i>PseuBre</i>	7.04	2.56	6.34	14.71	17.00	25.00	8.04
蒙古伪葬步甲 <i>Pseudotaphoxenus mongolicus</i>	<i>PseuMon</i>	21.61	21.16	14.99	17.65	26.00	26.47	19.73
直角通缘步甲 <i>Pterostichus gebleri</i>	<i>PterGeb</i>	37.19	41.63	43.52	7.65	12.00	10.29	33.08
单齿螻步甲 <i>Scarites terricola</i>	<i>ScarTer</i>	0.00	0.23	0.29	0.00	0.00	0.00	0.16
个体数量合计 Total number of individuals		199	430	347	170	104	68	1318

2.2 物种多样性分析

2.2.1 不同样地的总体多样性分析

不同植被类型步甲群落组成的多样性指数 H' 、丰富度指数 D 、均匀度指数 E 、优势度指数 C 见表 3。样地 A、B 和 C 中优势种直角通缘步甲,蒙古伪葬步甲、径婪步甲和短翅伪葬步甲个体数量总和分别占各群落的

33.08%、19.73%、15.94%和8.04%,优势度较明显,多样性和均匀度较低,这些样点分布在荒漠草地和干扰的草地,而半干扰荒漠草地的步甲优势度较低,多样性和丰富度较高。

不同样地中 H' 与 Margalef 丰富度指数 D ($r=0.943$, $P=0.005$) 和均匀度 E ($r=0.999$, $P<0.01$) 呈极显著正相关,变化趋势基本相同。半干扰荒漠草原的样地 E、F 和 D 的多样性 H' 高于其他样地,由此看出,组成简单、各类群数量较低的群落反而可能比组成丰富、各类群数量较高的群落具有更高的 H' 值。Simpson 优势度指数 C 的变化趋势与均匀度 E 大致相反,两者呈极显著负相关 ($r=-0.886$, $P=0.019$)。

表 3 不同荒漠草原类型地步甲总体多样性比较

Table 3 Comparison of diversity indices among different desert steppe

样地 Sampling point	多样性指数 H' Shannon-Wiener	丰富度指数 D Margalef	均匀度 E Evenness	优势度 C Simpson's Dominance
A	1.7892 ± 0.09 ^b	1.3095 ± 0.09 ^{cd}	0.7462 ± 0.05 ^b	0.2208 ± 0.01 ^b
B	1.7209 ± 0.05 ^b	1.1431 ± 0.03 ^d	0.7177 ± 0.04 ^b	0.2483 ± 0.02 ^a
C	1.7448 ± 0.07 ^b	1.1850 ± 0.03 ^d	0.7276 ± 0.01 ^b	0.2502 ± 0.01 ^a
D	2.0524 ± 0.07 ^a	1.4846 ± 0.06 ^{bc}	0.8260 ± 0.03 ^a	0.1536 ± 0.05 ^c
E	2.1283 ± 0.1 ^a	1.6451 ± 0.14 ^{ab}	0.8565 ± 0.05 ^a	0.1483 ± 0.01 ^c
F	2.0869 ± 0.06 ^a	1.8070 ± 0.15 ^a	0.8398 ± 0.01 ^a	0.1639 ± 0.01 ^c

* 表中样地代号同表 1;同行数据间不同上标字母表示差异显著 ($P<0.05$)

2.2.2 生境相似性分析

以 6 个不同植被样地内步甲种类及其数量进行聚类分析,见图 1。由结果可知,在 10 的尺度上将盐池四墩子荒漠景观不同样地的步甲群落分为 3 类:样地 E 和 F 最为相似,相异系数为 303,二者与样地 D 聚为一类;样地 E 和 F 的植被特征中植物群落多样性和植物生物量存在显著差异,但二者的土壤含水量相似,较干旱,因此二者的步甲群落最相似,样地 D 与二者在一些稀有

种的分布有差异;样地 B 和 C 聚为一类,相异性系数为 3099,聚类图上距离较近,这两个样地植物生物量最大,采集步甲数量也最多。样地 A 与其他样地距离较远,单独为一类。由此看出,步甲群落的聚类分析结果与样带的植被特征基本吻合。

2.3 主要步甲类群的时间动态

以月份作为变量,对步甲优势和常见类群进行对应分析,分析这些步甲类群的分布与季节的关系,结果见图 2。直角通缘步甲、径婪步甲、黄鞘婪步甲与 8 月的距离较近,说明这 3 个步甲类群活动的高峰期在 8 月,蒙古伪葬步甲、双斑猛步甲、赤胸长步甲和谷婪步甲与 9、10 月的距离较近,它们主要集中在 9、10 月份。皮步甲与 4 月、5 月、6 月和 7 月距离较近,主要集中在这 4 个月。

4 个步甲优势物种在不同样地出现的高峰期是不一致的,见图 3。直角通缘步甲的盛发期为 8 月,样地 C > 样地 B > 样地 A,其他样地更少;径婪步甲在样地 A、C、E 和 F 的高发期在 8 月,在样地 B 和 D 的高发期在 8 月和 9 月;短翅伪葬步甲在样地 B 表现为 5 月和 8 月两个高峰期,在样地 A 和 C 表现为 7、8 月高发期,在样地 E、F 的高发期在 8 月,在样地 D 为 8 月和 9 月份;蒙古伪葬步甲在样地 B 中高发期在 7—9 月份,8 月份略低,在样地 A 为 9、10 月份,在样地 D、E 为 9 月份,在样地 C 为 8、9 月份,在样地 F 全年变化较平缓。

2.4 步甲群落与环境因子的关系

2.4.1 不同样地的环境因子特征

由表 4 可以看出,植物群落 Shannon-Wiener 多样性指数在样地 F 和 B 较高,样地 C 最低,不同样地间差异极显著 ($F=8.06$, $P=0.0001$),样地 F 和 B 间差异不显著,二者分别与样地 C、D 和 E 间差异显著。不同样

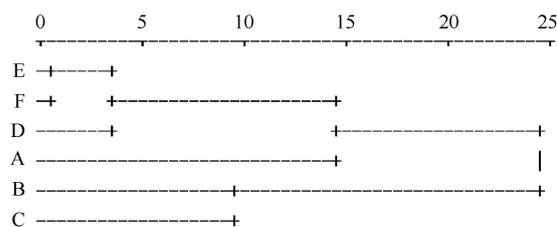


图 1 步甲群落的聚类分析

Fig. 1 The results of clustering analysis of carabid communities

地的植被密度差异极显著 ($F = 28.79, P = 0.0001$), 样地 D 植被密度最高, 与其他样地间差异显著, 样地 B 植被密度最低。不同样地间植被盖度差异显著 ($F = 3.11, P = 0.0176$), 植被盖度 B 最高, 样地 D 和 E 次之。不同样地间植物生物量达到差异极显著水平 ($F = 40.81, P = 0.0001$), 且变化较大, 样地 B 和 C 较高, 样地 E 次之, 样地 A、D 和 F 较低, 样地 B 和 C 间, A 和 F 间差异不显著。不同样地间土壤含水量差异极显著 ($F = 5.54, P = 0.0005$), 样地 C 土壤含水量最高, 最低的样地 E 和 F 之间差异显著。

2.4.2 步甲分布与环境因子的 CCA 分析

将 6 个样点 15 种步甲分布与 5 个环境因子测定值 (表 4) 进行典范对应分析 (CCA), 结果见图 4 和表 5。图 4 中前两个排序轴的特征值分别为 0.111 和 0.049, 达到总特征值 (0.207) 的 53.8% 和 77.7%, 15 个物种与 5 个环境因子排序轴 (第 1 轴和第 2 轴) 的相关系数都高达 1.000, 说明排序能够较好地反映物种与环境因子间的关系, 盐池四墩子步甲昆虫群落的分布能正确表达环境因子的变化。

由图 4 和表 6 可以看出, 在 CCA 排序图中, 与第 1

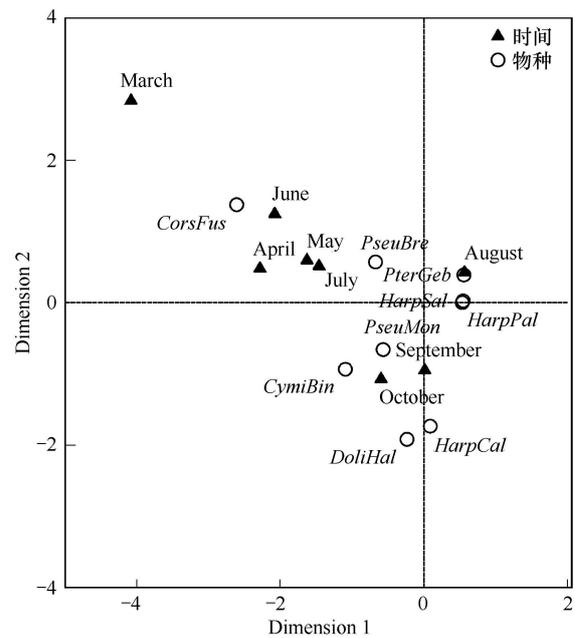


图 2 步甲各类群-季节对应分析二维图
Fig. 2 Bi-plot of seasonal variables and the number of carabid individuals from correspondence analysis

图中步甲学名缩写同表 3

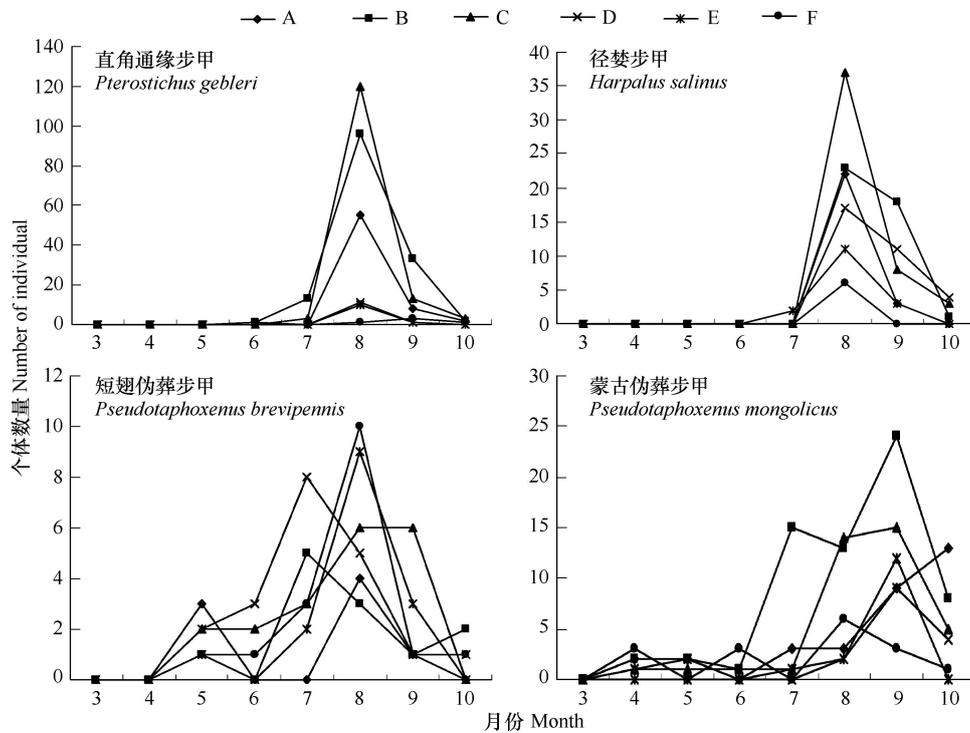


图 3 直角通缘步甲、蒙古伪葬步甲、短翅伪葬步甲和径婪步甲个体数量的月间变化

Fig. 3 Monthly changes of individuals number of *Pterostichus gebleri*, *Pseudotaphoxenus mongolicus*, *Pseudotaphoxenus brevipennis* and *Harpalus salinus*

排序轴相关性较大的环境因子是土壤含水量,相关系数为 -0.7787 (permutation test, $F = 2.425$, $P = 0.046$), 为负相关;其次为植物生物量,为正相关,相关系数为 0.4251 。可以认为第 1 排序轴是一个土壤含水量变化轴,沿该轴方向土壤含水量有降低的趋势;与第 2 排序轴相关性较大的环境因子是植物生物量,相关系数依次为 0.8726 , 为正相关,其次为植被密度,为负相关,相关系数为 -0.5522 , 反映了植物生物量对步甲昆虫群落分布和物种组成的影响,第 2 排序轴是一个植物生物量变化轴。因此土壤含水量、植物生物量和植被密度是步甲群落变化的最主要影响因子。采用 Spearman 秩相关系数分析显示土壤含水量与步甲 Shannon-Wiener 多样性 ($r = -0.829$, $P = 0.042$)、均匀度 ($r = -0.733$, $P = 0.039$) 显著负相关,与优势度呈显著正相关 ($r = 0.886$, $P = 0.019$)。

图 4 表明,在 15 种步甲中,点胸暗步甲、金星广肩步甲、半猛步甲、强婪步甲和单齿蝼步甲分布在距坐标轴中心点较远的位置,这些种是调查样地的稀有种,而优势种和常见种分布在靠近距坐标轴中心的位置,说明

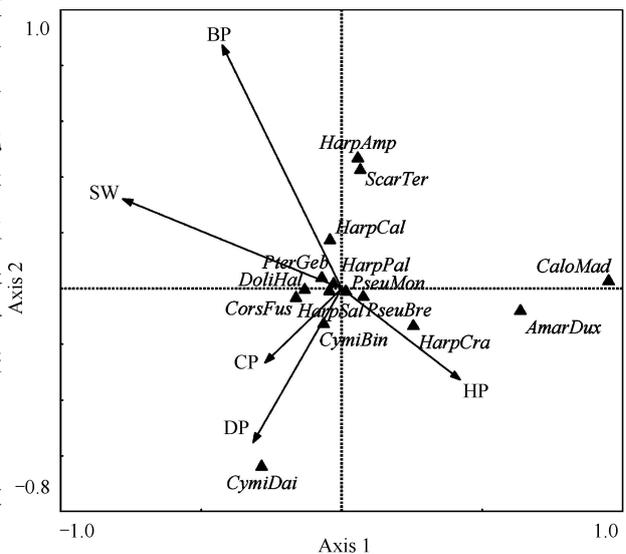


图 4 步甲物种与环境因子的 CCA 排序图

Fig. 4 CCA two-dimensional ordination diagram of carabid beetle and environmental factors

The meanings of environmental factors are the same as those in Table 3. Species are the same as those in table 2

表 4 不同样地 5 个环境因子的测度值(平均值 \pm 标准误)

Table 4 Five environmental factors of different plots (Mean \pm SE)

环境因子 Environmental factors	A	B	C	D	E	F
植物群落多样性 Shannon-Wiener diversity index of plant community (HP)	1.79 \pm 0.05ab	2.05 \pm 0.10a	1.01 \pm 0.10 d	1.350 \pm 0.18cd	1.55 \pm 0.20bc	2.14 \pm 0.20a
植被密度 Plant density (DP)/(个/m ²)	6.91 \pm 0.90b	3.95 \pm 0.53d	6.08 \pm 0.33bc	13.00 \pm 0.68a	4.98 \pm 0.57bcd	4.67 \pm 0.54cd
植被盖度 Plant coverage (CP)/%	40.60 \pm 3.64bc	51.80 \pm 4.66a	35.88 \pm 2.33c	46.4 \pm 3.34ab	45.5 \pm 3.55abc	36.75 \pm 3.06bc
植物生物量 Plant biomass (BP)/(g/m ²)	66.92 \pm 5.58c	222.16 \pm 19.84a	253.62 \pm 23.20a	58.02 \pm 4.63c	101.30 \pm 8.63b	68.79 \pm 6.61c
土壤含水量 Soil water content(SW)/%	5.06 \pm 0.30ab	4.70 \pm 0.35ab	5.34 \pm 0.34a	4.17 \pm 0.27bc	3.68 \pm 0.26c	3.69 \pm 0.27c

同行数据间不同上标字母表示差异显著 ($P < 0.05$)

表 5 排序轴特征值、种类与环境因子的相关系数

Table 5 Eigenvalues for CCA axis and species-environment correlation

项目 Item	AX 1	AX 2	AX 3	AX 4
特征值 Eigenvalues	0.111	0.049	0.027	0.010
物种与环境因子的相关性 Species-environment correlations	1.000	1.000	1.000	1.000
累计百分比 Cumulative percentage	53.8	77.7	90.8	95.6

表 6 环境因子与排序轴相关系数

Table 6 Correlation coefficients between CCA ordination axes and environmental factors

环境因子 Environmental factors	AX 1	AX 2	AX 3	AX 4
HP	0.4215	-0.3273	-0.6079	0.4386
DP	-0.3153	-0.5522	0.4194	0.0046
CP	-0.2725	-0.2661	0.134	0.8146
BP	-0.4251	0.8726	-0.1596	0.1398
SW	-0.7787	0.3209	-0.3925	-0.367

同行数据间不同上标字母表示差异显著 ($P < 0.05$)

这些种能较好地适应调查样地的景观特征。皮步甲、赤胸长步甲、广胸婪步甲、谷婪步甲、黄鞘婪步甲、径婪步甲、直角通缘步甲和单齿婪步甲和土壤含水量、植物生物量呈正相关,其他种和这两个环境因子呈负相关。皮步甲、双斑猛步甲、半猛步甲、赤胸长步甲和径婪步甲和植被密度呈正相关。

3 结论与讨论

研究表明,在盐池四墩子荒漠草地景观,共捕获 9 属 15 种步甲,与农田^[16-17,24],林地^[18-22],湿地^[23]景观相比,盐池四墩子属于荒漠区系,步甲以适应干旱环境的物种为主,步甲群落结构简单,物种数少,个体数量也不多,但优势种明显,其组成和数量在不同植被类型的环境下有所分化。

结合不同生境中物种与季节对应分析的结果,步甲群落的个体数量在 8 月份达到最高,优势种和常见种的活动高峰期是不同的,可以分为春夏季型、夏季型和秋季型,其中优势种直角通缘步甲、蒙古伪葬步甲、径婪步甲和短翅伪葬步甲的活动高峰期更集中在夏季和秋季。盐池四墩子夏秋季降雨明显增多,土壤含水量增大,而且此时植被的植物生物量达到最大,可见步甲的活动和不同景观中植被的有关。短翅伪葬步甲在样地 B、E 表现为 5 月和 8 月两个高峰期,皮步甲的活动期在 4 月、5 月、6 月和 7 月,春季出现活动高峰期是由于这些种类的越冬成虫活动较早或越冬幼虫羽化后在这些生境中集中出现。

影响步甲分布的因素很多,湿度、温度、地表覆盖物及演替阶段等环境因素都已被证明可影响步甲分布^[5,30]。盐池四墩子位于干草原向荒漠逐步过渡带,气候干燥,风沙大,降雨量少,植物枯落物稀少且不会堆积,野外徒手采集时在地表植物枯落物中几乎采集不到步甲,所以地表植物枯落物不应成为步甲分布的制约因素。步甲分布与环境因子的典范对应分析(CCA)结果表明,二者相关性达到 100%,说明步甲在荒漠半荒漠植被中的分布很大程度上受到环境因子的影响。因此,掌握了步甲昆虫分布与环境因子间的相关性规律,就可以通过步甲昆虫的分布来评价环境的变化趋势。本研究表明在荒漠草地景观下,土壤含水量是影响步甲群落的主要环境因子,其次是植物生物量和植被密度,这与许多关于影响地表昆虫的环境因子的研究是一致的^[23,31],但不支持 Siemann 提出的植物种类组成的多样性对甲虫群落作用的观点^[31]。王玉等研究也表明湿地中植物盖度和生物量及土壤含水量的变化及其综合作用对于地表甲虫群落组成具有重要影响^[23]。

此外,许多研究表明干扰程度影响物种的种类和数量分布^[32-33]。盐池四墩子 3 种不同类型生境下步甲物种多样性最高的是半人工干扰荒漠草原,其次是荒漠草原,最低的是人工干扰荒漠草原。根据 Connell 等提出的中度干扰假说^[33],人类活动的适当干扰可以提高环境的空间异质性,为昆虫提供多样的栖息环境,从而提高了步甲物种的多样性。本研究中人工干扰荒漠草原植物多样性较低,步甲物种多样性也较低,究其原因人为干扰频繁、强度较大。因此,在荒漠草原保护中,应进行适度的人工干扰,注意种植多种不同类型植被,要品种搭配,大力促进人工植被的天然化,增强植被和生境类型的多样性和异质性,在空间配置上提高景观多样性,才能提高昆虫物种多样性。

致谢:中国科学院动物研究所梁红斌博士帮助鉴定部分步甲种类;中国科学院动物研究所于晓东副研究员、斯威士兰大学(University of Swaziland)C. N. Magagula 博士及河北大学生命科学学院 Jomo MacDermot 博士润色英文摘要;宁夏盐池县农牧科学研究所彭文栋所长对野外调查工作给予大力支持,杨锋和刘晓丽协助实验,在此一并致谢。

References:

- [1] Jukes M R, Peace A J, Ferris R. Carabid beetle communities associated with coniferous plantations in Britain: the influence of site, ground vegetation and stand structure. *Forest Ecology and Management*, 2001, 148(1/3): 271-286.
- [2] Lövei G, Sunderland K D. Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annual Review of Entomology*, 1996, 41: 231-256.
- [3] Lenski R E. The impact of forest cutting on the diversity of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in southern Appalachians. *Ecological Entomology*, 1982, 7(4): 385-390.
- [4] Lenski R E. Effects of forest cutting on two *Carabus* species: evidence for competition for food. *Ecology*, 1982, 63(5): 1211-1217.
- [5] Jennings D T, Houseweart M W, Dunn G A. Carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) associated with strip clearcut and dense spruce-fir forests of

- Maine. The Coleopterists Bulletin, 1986, 40(3): 251-263.
- [6] Quinn J F, Harrison S P. Effects of habitat fragmentation and isolation on species richness; evidence from biogeographic patterns. *Oecologia*, 1988, 75(1): 132-140.
- [7] Lings T C, Hartley S E. The effect of habitat structure on carabid communities during the regeneration of a native Scottish forest. *Forest Ecology and Management*, 1999, 119(1/3): 123-136.
- [8] Niemelä J, Kotze J, Ashworth A, Brandmayr P, Desender K. The search of common anthropogenic impacts on biodiversity: a global network. *Journal of Insect Conservation*, 2000, 4(1): 3-9.
- [9] Thiele H U. Carabid Beetles in their Environments, A study on Habitat Selection by Adaptations in Physiology and Behaviour. Berlin: Springer, 1977: 324-330.
- [10] Pearce L P, Venier L A. The use of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and spiders (Araneae) as bioindicators of sustainable forest management; a review. *Ecological Indicators*, 2006, 6(4): 780-793.
- [11] Johanna R, Jari N. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation*, 2003, 12(3): 487-506.
- [12] Brose U. Bottom-up control of carabid beetle communities in early successional wetlands; mediated by vegetation structure or plant diversity? *Oecologia*, 2003, 135(3): 407-413.
- [13] Bates A J, Sadler J P, Fowles A P. Condition-dependent dispersal of a patchily distributed riparian ground beetle in response to disturbance. *Oecologia*, 2006, 150(1): 50-60.
- [14] Koivula M, Punttila P, Haila Y, Niemela J. Leaf litter and the small-scale distribution of carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) in the boreal forest. *Ecography*, 1999, 22(4): 424-435.
- [15] Topp W, Kappes H, Kulfan J, Zach P. Litter-dwelling beetles in primeval forests of Central Europe; does deadwood matter? *Journal of Insect Conservation*, 2006, 10(3): 229-239.
- [16] Magagula C N. Changes in carabid beetle diversity within a fragmented agricultural landscape. *African Journal of Ecology*, 2003, 41(1): 23-30.
- [17] Yaacobi G, Yaron Z Y, Rosenzweig M L. Effects of interactive scale-dependent variables on beetle diversity patterns in a semi-arid agricultural landscape. *Landscape Ecology*, 2007, 22(5): 687-703.
- [18] Yu X D, Luo T H, Yang J, Zhou H Z. Diversity of ground-dwelling beetles (Coleoptera) in larch plantation with different stages of reforestation in Wolong Natural Reserve, Southwestern China. *Zoological Research*, 2006, 27(1): 1-11.
- [19] Yu X D, Zhou H Z, Luo T H. Distribution patterns and their seasonal changes of *Carabus* beetles in Dongling Mountain Region near Beijing. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(10): 1724-1733.
- [20] Yu X D, Luo T H, Zhou H Z. Species diversity of litter-layer beetles in the Fengtongzhai National Nature Reserve, Sichuan Province. *Acta Entomologica Sinica*, 2003, 46(5): 609-616.
- [21] Ji W R, Hu J J, Li Y L. Biodiversity and changes of *Carabus* beetles in *Larix principis-rupprechtii* forest in Pangquangou National Nature Reserve. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 8(28): 3721-3728.
- [22] He C X, Du P Y, Yu X D, Luo T H, Wu J, Zhao C Y, Zhou H Z. Species diversity of ground-dwelling beetles on northern slope of Daba Mountain. *Journal of Applied Ecology*, 2009, 20(6): 1459-1464.
- [23] Wang Y, Gao G C, Fu B Q, Wu Z. Composition and spatial distribution pattern of ground-dwelling beetle communities in Yeyahu Wetland Beijing. *Biodiversity Science*, 2009, 17(1): 30-42.
- [24] Gu W B, Yu Z R, Hu D X. Carabid community and its fluctuation in farmland of salinity transforming area in the North China Plain; a case study in Quzhou County, Hebei Province. *Biodiversity Science*, 2004, 12(2): 262-268.
- [25] Department of Biology, Inner Mongolia University. Plant Ecology Experiment. Beijing: Higher Education Press, 1986: 69-106.
- [26] Zhao Z M, Guo Y Q. Principle and Methods of Community Ecology. Chongqing: Publishing House of Scientific and Technical Documentation, 1990: 147-279.
- [27] Ma K P, Liu Y M. Measurement of biotic community diversity I: α diversity (Part 2). *Biodiversity Science*, 1994, 2(4): 231-239.
- [28] Zhang J T. Quantitative Ecology. Beijing: Science Press, 2004: 120-176.
- [29] Matti K, Jarno K, Jarin N. Boreal carabid-beetle (Coleoptera, Carabidae) assemblages along the clear-cut originated succession gradient. *Biodiversity and Conservation*, 2002, 11(7): 1269-1288.
- [30] Epstein M E, Kulman H M. Habitat distribution and seasonal occurrence of carabid beetles in East-central Minnesota. *The American Midland Naturalist*, 1990, 123(2): 209-225.

- [31] Siemann E, Tilman D, Haarstad J, Ritchie M. Experimental tests of the dependence of arthropod diversity on plant diversity. *The American Naturalist*, 1998, 152: 738-750.
- [32] Yu X D, Zhou H Z, Luo T H. Habitat distribution and species diversity of *Carabus* and *Cychrus* in Shennongjia Nature Reserve, Hubei Province. *Biodiversity Science*, 2001, 9(3): 214-221.
- [33] Connell J H. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, 1978, 199: 1302-1310.

参考文献:

- [18] 于晓东, 罗天宏, 杨建, 周红章. 卧龙自然保护区落叶松林不同恢复阶段地表甲虫的多样性. *动物学研究*, 2006, 27(1): 1-11.
- [19] 于晓东, 周红章, 罗天宏. 东灵山地区大步甲属物种分布和季节变化的多样性格局. *生态学报*, 2002, 22(10): 1724-1733.
- [20] 于晓东, 罗天宏, 周红章. 四川蜂桶寨自然保护区地表甲虫物种多样性. *昆虫学报*, 2003, 46(5): 609-616.
- [21] 冀卫荣, 胡俊杰, 李友莲. 华北落叶松(*Larix principis-rupprechtii*)林大步甲属(*Carabus*)物种多样性及其变化. *生态学报*, 2008, 8(28): 3721-3728.
- [22] 贺春霞, 杜沛宜, 于晓东, 罗天宏, 吴捷, 赵彩云, 周红章. 大巴山北坡地表甲虫的物种多样性. *应用生态学报*, 2009, 20(6): 1459-1464.
- [23] 王玉, 高光彩, 付必谦, 吴专. 北京野鸭湖湿地地表甲虫群落组成与空间分布格局. *生物多样性*, 2009, 17(1): 30-42.
- [24] 谷卫彬, 宇振荣, 胡敦孝. 华北盐渍化改造区农田步甲群落及其动态研究: 以河北省曲周县为例. *生物多样性*, 2004, 12(2): 262-268.
- [25] 内蒙古大学生物系主编. *植物生态学实验*. 北京: 高等教育出版社, 1986: 69-106.
- [26] 赵志模, 郭依泉. *群落生态学原理与方法*. 重庆: 文献和科学技术出版社, 1990: 147-279.
- [27] 马克平, 刘玉明. 生物多样性测度方法: α -多样性. *生物多样性*, 1994, 2(4): 231-239.
- [28] 张金屯. *数量生态学*. 北京: 科学出版社, 2004: 120-176.
- [32] 于晓东, 周红章, 罗天宏. 神农架保护区大步甲和蜗步甲属生境选择与物种多样性研究. *生物多样性*, 2001, 9(3): 214-221.

CONTENTS

Short-term effects of temperature enhancement on community structure and biomass of alpine meadow in the Qinghai-Tibet Plateau ... LI Na, WANG Genxu, YANG Yan, et al (895)

Effects of submergence on seed germination of nine annual plant species in the Three Gorges Reservoir region and their implication to vegetation restoration ... TAO Min, BAO Dachuan, JIANG Mingxi (906)

Temporal-spatial niches of Chinese White Wax Scale insect (*Ericerus pela*) and its three dominant parasitoid wasps ... WANG Zili, CHEN Yong, CHEN Xiaoming, et al (914)

Species diversity of carabid beetles in desert-steppe in Yanchi of Ningxia, China ... HE Qi, WANG Xinpu, YANG Guijun (923)

Identification of trophic relationships between marine algae and the copepod *Calanus sinicus* in a fatty acid approach ... LIU Mengtan, LI Chaolun, SUN Song (933)

Community structure of macrozoobenthos in Caizi Lake, China ... XU Xiaoyu, ZHOU Lizhi, ZHU Wenzhong, et al (943)

The community distribution pattern of intertidal macrozoobenthos and the responses to human activities in Yueqing Bay ... PENG Xin, XIE Qilang, CHEN Shaobo, et al (954)

The effects of jellyfish (*Rhopilema esculentum* Kishinouye) farming on the sediment nutrients and macrobenthic community ... FENG Jianxiang, DONG Shuanglin, GAO Qinfeng, et al (964)

Diurnal activity rhythm and time budgets of the Dwarf Blue Sheep (*Pseudois schaeferi*) in Zhubalong Nature Reserve ... LIU Guoku, ZHOU Caiquan, YANG Zhisong, et al (972)

Comparison of leaf, height and seed functional traits of species in dry-hot valleys ... ZHENG Zhixing, SUN Zhenhua, ZHANG Zhiming, et al (982)

Dynamics of soil seed banks in the reversion process of desertification in the middle reaches of the Shiyang River ... MA Quanlin, ZHANG Dekui, LIU Youjun, et al (989)

Modelling the spatial distribution of forest carbon stocks with artificial neural network based on TM images and forest inventory data ... WANG Shaohua, ZHANG Maozhen, ZHAO Pingan, et al (998)

The GIS-based visual landscape evaluation in mountain area: a case study of Mount Nan-kun National Forest Park, Guangdong Province ... QIU Yishu, GAO Jun, ZHAN Qilin (1009)

A functional classification method for examining landscape pattern of urban wetland park: a case study on Xixi Wetland Park, China ... LI Yufeng, LIU Hongyu, ZHENG Nan, et al (1021)

Effects of AM fungi on the growth and drought resistance of *Seriphidium minchinense* under water stress ... HE Xueli, GAO Lu, ZHAO Lili (1029)

Modeled impact of irrigation on regional climate in India ... MAO Huiqin, YAN Xiaodong, XIONG Zhe, et al (1038)

The responses of photosynthetic energy use in wheat flag leaves to nitrogen application rates and light density under elevated atmospheric CO₂ concentration ... ZHANG Xucheng, YU Xianfeng, MA Yifan, et al (1046)

Enhanced drought and photooxidation tolerance of transgenic tobacco plants overexpressing pea catalase in chloroplasts ... WANG Fengde, YI Yanjun, WANG Haiqing, et al (1058)

Evaluation of wheat freezing resistance based on the responses of the physiological indices to low temperature stress ... WANG Shugang, WANG Zhenlin, WANG Ping, et al (1064)

Predicting winter wheat growth based on integrating remote sensing and crop growth modeling techniques ... HUANG Yan, ZHU Yan, WANG Hang, et al (1073)

Effects of spraying ABA on bleeding intensity in neck-panicle node, spike traits and grain yields of two different panicle-type winter wheat ... CUI Zhiqing, YIN Yanping, TIAN Qizhuo, et al (1085)

Nitrogen and phosphorus cycling from rice-duck mutual ecosystem during late rice growth season ... ZHANG Fan, SUI Peng, CHEN Yuanquan, et al (1093)

Initial exploration of the ecological costs of food production in the hilly red soil region of Southern China ... LI Xiao, XIE Yongsheng, ZHANG Yinglong, et al (1101)

Optimization strategy and management decision-making in balancing forage and livestock in Gannan pastoral area ... LIANG Tiangang, FENG Qisheng, XIA Wentao, et al (1111)

Species-area relationship in travertine area in Huanglong valley, Sichuan ... HUANG Baoqiang, LUO Yibo, AN Dejun, et al (1124)

Influencing factors of fine root lifespans in two Chinese fir plantations in subtropical China ... LING Hua, YUAN Yiding, YANG Zhijie, et al (1130)

Age structure effects on stand biomass and carbon storage distribution of *Larix olgensis* plantation ... JU Wenzhen, WANG Xinjie, WANG Xinjie (1139)

Effects on controlling banana Fusarium wilt by bio-fertilizer, chitosan, hymexazol and their combinations ... ZHANG Zhihong, PENG Guixiang, LI Huaxing, et al (1149)

Seasonal dynamics of culturable bacterium numbers in freshwater bodies of different water quality in Beijing ... GAO Cheng, HUANG Manrong, TAO Shuang, et al (1157)

Review and Monograph

On the coordinated regulation of forest transpiration by hydraulic conductance and canopy stomatal conductance ... ZHAO Ping (1164)

Impacts of plant parasitism on structure and function of ecosystems ... LI Junmin, DONG Ming (1174)

Invasion mechanisms of *Solidago canadensis* L.: a review ... YANG Ruyi, ZAN Shuting, TANG Jianjun, et al (1185)

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 4 期 (2011 年 2 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 4 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

主 编 冯宗炜
主 管 中国科学技术协会
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

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂
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

订 购 全国各地邮局
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

广告经营 京海工商广字第 8013 号
许 可 证

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

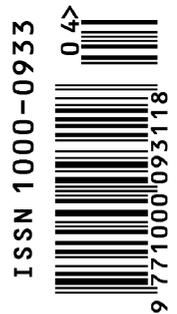
Editor-in-chief FENG Zong-Wei
Supervised by China Association for Science and Technology
Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

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

Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading
Corporation
Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China



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