

宁夏白芨滩国家级自然保护区地表甲虫群落多样性

张大治^{1,2}, 贺达汉², 于有志¹, 李岳诚¹, 代金霞¹, 胡玉鹏¹, 陈鑫¹, 李启用¹

(1. 宁夏大学 生命科学学院, 宁夏 银川 750021; 2. 宁夏大学 农学院, 宁夏 银川 750021)

摘要: 2006年7—9月在宁夏白芨滩国家级自然保护区内选取5个不同样地, 主要以巴氏罐诱法结合网捕等采集方法对各样地地表甲虫群落组成和多样性变化进行了调查。结果共获得甲虫标本1896号, 分属17科, 其中拟步甲科数量最多, 占25.58%; 叶甲科次之, 占20.99%; 肖叶甲科、芫菁科和瓢虫科的数量也相对较多, 它们共同构成该地区地表甲虫的优势类群。白芨滩样地地表甲虫的物种数和个体数量最丰富; 长流水样地的多样性指数、均匀度指数、优势度指数最高; 马鞍山样地的物种数、个体数量和与此相应的均匀度指数、多样性指数、丰富度最低。通过聚类分析显示白芨滩样地和大泉样地具有一定程度的相似性, 长流水样地与磁窑堡样地相似性程度较高, 马鞍山样地与其他4个地点差异最大。表明生境类型差异性与地表甲虫群落的物种多样性和相似性密切相关; 荒漠化环境治理使地表甲虫栖息环境的空间异质性增大, 从而增加了地表甲虫的多样性。

关键词: 地表甲虫; 物种多样性; 生境; 荒漠化治理; 白芨滩国家级自然保护区; 宁夏
中图分类号: Q969.48 文献标识码: A 文章编号: 0254-5853-(2008)05-0569-08

Community Diversity of Litter-layer Beetles in the Baijitan National Nature Reserve of Ningxia

ZHANG Da-zhi^{1,2}, HE Da-han², YU You-zhi¹, LI Yue-cheng¹, DAI Jin-xia¹,
HU Yu-peng¹, CHEN Xin¹, Li Qi-yong¹

(1. Life Science School, Ningxia University, Yinchuan 750021 China; 2. Agricultural School, Ningxia University, Yinchuan 750021 China)

Abstract: The community structure and species diversity of litter-layer beetles in five habitats in Baijitan National Nature Reserve of Ningxia were surveyed from July to September in 2006. A total of 1896 beetles were collected by pitfall traps and other methods during field research. The result showed that all specimens belong to seventeen families. The individual of Tenebrionidae was the maximum, accounts for 25.58%; Chrysomelidae takes the second place, accounts for 20.99%; the individuals of Eumolpidae, Meloidae and Coccinellidae were also rich more than other families. These five families were considered as dominant groups. Among the five habitats, the individuals and species abundance of litter-layer beetles were the highest in the Baijitan plot, but the lowest in the Maanshan plot. The indices of species richness, diversity and evenness were the highest in the Changliushui plot, while the lowest in the Maanshan plot. Cluster analysis showed that the community structures and habitats were similar among the Daquan plot, Ciyaobao plot, Changliushui plot as well as Baijitan plot. It is particularly more similar between Changliushui plot and Ciyaobao plot. The community composition and diversity of litter-layer beetles were closely related to the spatial heterogeneity which was restored by the practice of desertification control.

Key words: Litter-layer beetles; Species diversity; Habitats; Desertification control; Baijitan National Nature Reserve; Ningxia

昆虫是现今动物界中最为繁盛的一个类群, 主宰着全球的生物多样性。与脊椎动物相比, 它们在自然界中占据了多样性更高、空间尺度更小的生

境, 对于生境变化高度敏感, 因而具有广谱的生物学和生态学探针的功能 (Ou et al, 2005), 在各类生态系统生物多样性监测和保护方面具有重

收稿日期: 2007-12-13; 接受日期: 2008-08-28

基金项目: 国家自然科学基金项目资助 (30760045); 宁夏自然科学基金项目资助 (NZ0707, NZ0806)

*第一作者简介: 张大治 (1970-), 男, 副教授, 主要从事动物系统学及生态学研究。E-mail: zdz313@nxu.edu.cn

要的积极意义。

地表甲虫作为陆生甲虫的一部分,由于其复杂的食性,在自然生态系统中扮演着不同的角色,一些是农林重要害虫而作为生物防治的重要对象,一些被认为是有益的传粉昆虫和重要的天敌昆虫,还有一些种类在生态系统的能量流动和物质循环方面起着十分重要的作用。地表甲虫的种类组成和数量变化往往与环境有着密切的关系,是环境变化的重要指示性昆虫之一(Eyre et al, 1996; Lovei et al, 1996; Bohac, 1999; Allegro et al, 2003)。正因为如此,在国内外对其研究越来越受到人们的重视。在我国, Yu et al (2001) 通过研究云南西北部地区不同生境中地表甲虫的时空分布变化来反映环境的变化情况。此后, Yu et al (2003, 2004, 2006a, 2006b) 又对四川蜂桶寨国家级自然保护区、横断山区东部4种林型及卧龙自然保护区落叶松林不同恢复阶段的地表甲虫多样性进行了研究,认为地表甲虫的物种多样性受森林片断化的影响比较明显,其物种组成和数量变化可以作为监测环境变化、生境片断化的重要指标,因此在进行生态恢复时,保护植被完整性和连续性具有十分重要的意义。除了林区地表甲虫反映生境变化外,在其他生态环境中,地表甲虫多样性也能反映环境质量状况,如 Li et al (2007) 对四川南充市郊不同生境地表甲虫物种多样性的研究表明,生境类型和植被多样性影响地表甲虫群落的物种多样性和相似度,人为干扰及生境环境的破坏对地表甲虫物种多样性的自然分布规律也有一定的影响。Yang et al (2007) 通过对四川小寨子沟自然保护区地表甲虫研究发现,人为活动的适度干扰,使得地表甲虫栖息环境的空间异质性加强,利于多种地表甲虫的生存,过低或过高的人为活动都会降低地表甲虫的多样性。

宁夏灵武白芨滩国家级自然保护区是一个以荒漠生态系统为主要保护对象的自然保护区,目前针对本地区昆虫的物种多样性研究相对较少(Liu et al, 2004; Xin et al, 2003, 2007),在地表甲虫方面的研究尚属空白。本文选择昆虫类群中种类最丰富的鞘翅目为研究对象,对保护区不同区域的地表甲虫种类及数量分布进行了抽样调查,分析该地区地表甲虫分布和物种多样性与环境因素之间的关系,在探讨该地区昆虫群落组成、昆虫多样性变化对环境因子的生态反应、丰富白芨滩国家级自然保护区生物标本馆的生物多样性信息库提供物种支

持方面提供理论依据,同时对保护区荒漠生态系统生物资源研究与保护、荒漠化治理过程中合理安排人工植被结构、控制有害种群爆发、维护荒漠草原生态平衡等方面具有重要的现实意义,

1 方法

1.1 研究地点自然概况

宁夏灵武白芨滩国家级自然保护区,地处鄂尔多斯台地的西南隅,地理座标为东经 $106^{\circ} 23' - 106^{\circ} 48'$, 北纬 $37^{\circ} 54' - 38^{\circ} 22'$, 海拔高度为 1150—1650m。保护区分3大核心区和3大试验区,中部核心区内分布的以柠条(*Caragana korshinskii*)为主的天然荒漠灌木群落是国内面积最大最集中的特有类型,北部核心区内以猫头刺(*Oxytropis aciphylla*)为主的天然荒漠草原群落也是国内已建保护区中最大的一处。保护区内有干旱山地、干草原、流动沙丘、人工固沙治理区、人工次生林等多种生态环境类型,自1985年建立自然保护区以来,通过多年的人工固沙封育,保护区内的自然景观发生了很大的变化(Sun & Wang, 1999)。我们于2006年7—9月在保护区核心区周边的东部、南部和北部3大试验区根据生境类型设置了5个样地,各样地的情况如下:

东部试验区2个样地,即白芨滩林场样地和磁窑堡样地。白芨滩林场样地,属沙漠低山丘陵地貌,大部分地段属固定半固定沙地,自建立自然保护区以来,人工种植了大量的沙生植被用来固定沙丘,使得该区域植被较为丰富,典型植被有沙柳(*Salix gracilior*)、花棒(*Hedysarum scoparium*)、沙枣(*Elaeagnus angustifolia*)、甘草(*Glycyrrhiza uralensis*)等天然与人工植被。磁窑堡样地属沙漠低山丘陵地貌,区域内为平缓流动半流动沙地,植被有柠条、沙生针毛(*Stipa glareosa*)、黑沙蒿(*Artemisia ordosica*)等。

南部实验区2个样地,即大泉样地和长流水样地。大泉样地有黄河引水之便利,区域内以杨树(*Populus spp.*)、柳树(*Salix spp.*)、经济林等人工次生林为主要特点。长流水样地为固定半固定沙丘地貌,区域内典型植被有柠条、花棒、老瓜头(*Cynanchum komarouii*)、沙冬青(*Ammopiptanthus mongolicus*)等。

北部试验区1个样地,即马鞍山样地,为低山丘陵地貌,自然植被稀疏,属典型的荒漠型地带,

土壤含砂砾较多, 植被以猫头刺为主, 伴有老瓜头、沙蒿、沙生针毛等沙生植物。

以上 5 个样地各样地面积均大于 5000m²。

1.2 取样方法和标本鉴定

标本采集主要采用巴氏罐诱法 (Martin, 1978; Muehlenberg, 1989), 以传统的一次性塑料水杯 (高 9 cm, 口径 7.5 cm) 作为巴氏罐诱法容器, 在距水杯口 1.5—2 cm 处打几个小孔, 以避免由于降雨使杯子水满而造成标本流失, 埋入地下使杯口基本与地面保持水平。5 个样地内每个样地下设 5 个 20 m × 10 m 小样方, 共设定 25 个小样方。每个样方内沿四条边及对角线每 2 m 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 20 m 以上。引诱剂为醋、糖、工业酒精和水按照 2 : 1 : 1 : 20 的比例混合, 每个诱杯内放引诱剂 30—40 mL, 放置时间持续 2—3 个夜晚。由于没有涉及地表甲虫的季节变化, 因此在各个样地内进行一次性取样。在用巴氏罐诱捕的同时结合网捕、直接搜寻等方法进行采集。

将采集所得标本参照昆虫标本技术 (Wang & Zhang, 1983) 及时制成浸制标本。标本鉴定主要采取形态分类法, 对照相关鉴定资料 (Yuan et al, 2006; Zheng et al, 1999; Cai et al, 2001; Ren & Yu, 1999) 鉴定, 统计种类及其个体数量, 必要时请相关专家帮助鉴定。标本保存于宁夏大学生命科学学院昆虫标本室及宁夏白芨滩国家级自然保护区生物标本馆。

1.3 数据处理与分析方法

计算多样性、均匀度、相似性指数等几个重要的群落指标采用下列公式:

(1) 优势度分析采用 Simpson 优势度指数: $D=1 - \sum_{i=1}^s [n_i(n_i-1)/N(N-1)]$, n_i 为样地内第 i 个物种的个体数, N 为样地内所有物种的个体数 (Ma, 1994)。

(2) α 物种多样性分析采用 Shannon-Wiener 多样性指数: $H' = -\sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$, $P_i = n_i/N$, P_i 为第 i 种个体数占总个体数 N 的比率, N 为全部物种的个体总数 (Ma & Liu, 1994)。

(3) 均匀度分析采用 Pielou 指数: $J=H'/\ln S$, S 表示物种数 (Ma & Liu, 1994)。

(4) 物种丰富度分析采用 Margalef 指数: $d_{Ma} =$

$(S-1)/\ln N$, S 为物种数, N 为全部物种的个体总数 (Ma, 1994)。

(5) 相似性指数: 采用 Jaccard 相似性公式 $C_j = c/(a+b-c)$, a 和 b 分别表示群落 A 和群落 B 的物种数, c 为两个群落的共有物种数。根据 Jaccard 相似性系数原理, 当 $C_j=0.00-0.25$, 为极不相似; 当 $C_j=0.25-0.50$, 为中等不相似; 当 $C_j=0.50-0.75$, 为中等相似; 当 $C_j=0.75-1.00$, 为极相似。以此来判断相似性程度 (Xu et al, 2001; Zhao & Guo, 1990)。

通过单因素方差分析 (One-way analysis of variance, ANOVA) 分析不同生境内地表甲虫物种多样性及优势类群的个体数量和物种数在不同生境内的分布差异。以各样地内地表甲虫物种种类的有无分布为二元性状, 建立区域物种数据矩阵, 基于 Jaccard 系数为聚类距离, 采用类平均法 (unweighted pair-group method average, UPGMA) 进行系统聚类分析。

以上数据分析使用数理统计软件 DPS (V3.01) (Tang et al, 2002) 和 Excel 完成。

2 结果

2.1 地表甲虫组成及数量

本次野外采集 5 块样地 25 个样方中收集到的甲虫经过初步鉴定和数量统计, 共计 1896 号标本分属 17 科 (除去未鉴定到科的 59 号标本) (表 1)。

在采集的所有样地地表甲虫中, 拟步甲科、叶甲科、肖叶甲科、芫菁科是该地区中的绝对优势类群 (占总数量的 77%), 其中拟步甲科昆虫为第一大优势类群, 叶甲科次之。肖叶甲科、芫菁科数量也丰富。另外, 瓢虫科、鳃金龟科、步甲科、象甲科也是比较常见的类群。天牛科、花金龟科、虎甲科、叩甲科、吉丁虫科和葬甲科在本次采集中所占比例较小。在物种种类组成上, 种类最丰富的是拟步甲科昆虫, 占全部种类的 29.1%, 其次是叶甲科和肖叶甲科。

2.2 物种数量分布与生境类型

宁夏白芨滩国家级自然保护区地表甲虫优势类群在不同样地的数量分布情况见图 1。

从图 1 可以看出, 白芨滩自然保护区内优势类群的肖叶甲科、芫菁科和瓢虫科昆虫数量在各生境中的分布特点基本相似, 在人工防风固沙、植被类型多样化的白芨滩样地最高, 在大泉、马鞍山、长

流水和磁窑堡逐渐呈下降的趋势。叶甲科昆虫数量在白芨滩分布最高,其次是马鞍山,在长流水和磁窑堡的分布基本相同。而作为土壤沙化程度的指示性昆虫的拟步甲科类昆虫其数量在几个样地的分布与其他优势类群相比,则表现出明显的不同,在

人工次生林样地的大泉和含石砾较多的马鞍山样地分布最低,在区域内含有流动半流动、固定半固定沙丘的其他几个样地分布相对较多,其中磁窑堡分布的最多,其次是白芨滩和长流水。

表 1 宁夏白芨滩国家级自然保护区5个样地地表甲虫的组成及个体数量
Tab. 1 Composition and number of the litter-layer beetles captured in five sites in the Baijitan National Nature Reserve of Ningxia

科 Families	白芨滩 Baijitan	大泉 Daquan	马鞍山 Maanshan	长流水 Changliushui	磁窑堡 CiyaoPu	合计 Total	百分比 Percent (%)
拟步甲科 Tenebrionidae	152	12	14	104	203	485	25.58
叶甲科 Chrysomelidae	164	63	125	18	28	398	20.99
肖叶甲科 Eumolpidae	208	65	36	24	13	346	18.25
芫菁科 Meloidae	156	25	2	6	42	231	12.18
瓢虫科 Coccinellidae	60	26	2	6	5	99	5.22
鳃金龟科 Melolonthidae	32	18	2	5	10	67	3.53
步甲科 Carabidae	42	2	0	8	1	53	2.80
象甲科 Curculionidae	26	6	0	10	2	44	2.32
粪金龟科 Geotrupidae	10	2	0	0	16	28	1.48
丽金龟科 Rutelidae	11	0	8	2	6	27	1.42
豆象科 Bruchidae	7	2	0	15	0	24	1.27
天牛科 Cerambycidae	10	3	0	0	3	16	0.84
花金龟科 Cetoniidae	5	1	0	0	1	7	0.37
虎甲科 Cicindelidae	4	1	0	0	0	5	0.26
叩甲科 Elateridae	2	1	0	0	0	3	0.16
吉丁虫科 Buprestidae	1	0	0	1	0	2	0.11
葬甲科 Silphidae	1	1	0	0	0	2	0.11
其他甲虫 Other beetles	34	2	8	13	2	59	3.11
合计 Total	925	230	197	212	332	1896	100

对不同生境内所有地表甲虫的个体数量和物种数通过单因素方差分析表明,所调查的地表甲虫在5个样地内物种组成上差异极显著($F_{(1,8)} = 38.5674 > 5.3176$, $P < 0.001$, $n=5$),在个体数量分布上也有显著差异($F_{(1,8)} = 7.2104$, $P < 0.05$)。保护区内地表甲虫的优势类群则通过单因素方差分析显示,不同的类群差异不同,拟步甲科的个体数量分布在不同的生境内有显著差异($F_{(1,8)} = 7.3679$, $P < 0.05$),种类组成在不同的生境内有显著差异($F_{(1,8)} = 9.8461$, $P < 0.05$),其中漠甲亚科种类在磁窑堡、长流水样地中占优势,而拟步甲亚科种类在白芨滩、大泉、马鞍山样地具有一定的优势,这些种类分布的差异与环境荒漠化程度呈明显的正相关关系;叶甲科的个体数量分布在不同的生境内有

显著的差异($F_{(1,8)} = 7.3680$, $P < 0.05$)但物种组成无显著差异($F_{(1,8)} = 0.6428$, $P > 0.05$);肖叶甲科和芫菁科无论其个体数量分布还是种类组成在不同的生境内均无显著差异($F_{(1,8)} = 3.4242$, $P > 0.05$; $F_{(1,8)} = 2.3179$, $P > 0.05$)。

2.3 地表甲虫群落多样性和相似性

宁夏白芨滩国家级自然保护区不同样地间地表甲虫群落的物种多样性、均匀度、优势度指数计算结果见表2。

从表2可以看出,各样地的物种种类数和个体数都表现出一定的差异。物种种类数目、个体数目以及种类之间个体分配的均匀性都会影响到多样性。马鞍山样地环境特点不同于其他样地,使得地表甲虫群落结构特点与其他样地相比表现出明显

差异，物种数及个体数量都较低，其物种丰富度指数、多样性指数、优势度和均匀度指数均最低，表明物种多样性指数的变化除受均匀度影响外，还较大程度地受物种丰富度的影响。白芨滩样地无论从物种数还是个体数量都占据了一定的优势，因此多样性指数和优势度指数均较高。在长流水样地尽管物种个体数量较低，但物种数相对较多，物种丰富度指数较高，且种类个体之间分配的均匀性高（均匀度指数 0.8863）从而使多样性显著提高，与白芨滩的物种多样性指数基本接近。大泉样地、磁窑堡样地虽然物种数较低，但由于均匀度较高，多样性指数也不低，表明物种均匀度和丰富度对不同植被型物种多样性指数的影响不同。

宁夏白芨滩国家级自然保护区 5 个样地之间的群落相似性指数见表 3。

Jaccard 指数计算结果（表 3）显示在白芨滩自然保护区所选取的 5 个样地中，地表甲虫群落的相似性指数总体上介于 0.30—0.60 之间，表现出各样地之间既有处于中等相似水平的，又有处于中等不相似水平的。马鞍山样地与白芨滩、大泉、长流水、磁窑堡 4 个样地处于中等不相似水平（其值在 0.25—0.50），而白芨滩、大泉、长流水、磁窑堡 4 个样地之间基本处于中等相似水平（值在 0.50—0.75），长流水与磁窑堡样地相似度最高（0.60465）。这种结果表明，地表甲虫的分布与生境存在着密切相关性，生境相似性在一定程度上决定了地表甲虫群落

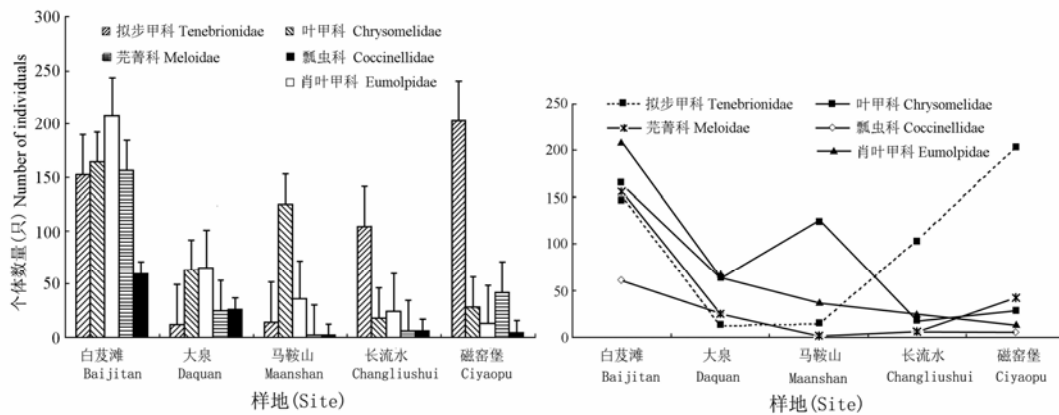


图 1 宁夏白芨滩自然保护区地表甲虫优势类群在 5 个样地内的数量分布

Fig. 1 Abundance of litter-layer beetles in five sites in the Baijitan National Nature Reserve of Ningxia

表 2 宁夏白芨滩国家级自然保护区 5 个样地地表甲虫群落的几项重要指标

Tab. 2 Key indices of the litter-layer beetles communities in five sites in Baijitan National Nature Reserve of Ningxia

	物种数 Species number	个体数 Individuals	物种丰富度指数 species richness index	优势度指数 Simpson index	多样性指数 Species diversity index	均匀度指数 Evenness index
白芨滩 Baijitan	51	891	7.3612	0.9319	4.5609	0.8050
大泉 Daquan	31	228	5.5255	0.9247	4.0441	0.8163
马鞍山 Maanshan	20	189	3.6247	0.8010	3.0181	0.6983
长流水 Changliushui	35	199	6.4232	0.9497	4.5463	0.8863
磁窑堡 Ciyaopu	34	330	5.6905	0.9277	4.2004	0.8256

表 3 宁夏白芨滩国家级自然保护区地表甲虫群落的相似性指数

Tab. 3 Similarity coefficient of the litter-layer beetles communities in five sites in Baijitan National Nature Reserve of Ningxia

	大泉 Daquan	马鞍山 Maanshan	长流水 Changliushui	磁窑堡 Ciyaopu
白芨滩 Baijitan	0.57692	0.33962	0.56364	0.54545
大泉 Daquan		0.30769	0.43478	0.51163
马鞍山 Maanshan			0.44737	0.45946
长流水 Changliushui				0.60465

结构的相似性,即白芨滩林场、磁窑堡、长流水、大泉同属于沙漠低山丘陵地貌,为荒漠草原、草原带沙生植被,而马鞍山为典型的荒漠植被。

根据各样地内地表甲虫物种种类有无分布建立二元性状矩阵,进行物种种类及生境相似性系统聚类分析的结果见图2。

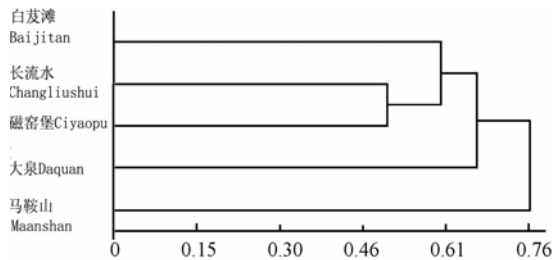


图2 宁夏白芨滩国家级自然保护区以地表甲虫物种种类为属性的生境相似性聚类分析

Fig. 2 A dendrogram of five sites based on the occurrence of all litter-layer beetles species in Baijitan National Nature Reserve of Ningxia

白芨滩 Baijitan 大泉 Daquan 马鞍山 Maanshan 长流水 Changliushui 磁窑堡 Ciyaopu

图2显示在Jaccard距离系数约为0.50处可分为4个聚类簇,长流水和磁窑堡形成一个聚类簇,白芨滩、大泉、马鞍山各自独立为一个聚类簇。在Jaccard距离系数为0.68处形成两大聚类簇,大泉、磁窑堡、长流水、白芨滩4个样地构成一个大聚类簇,马鞍山单独为一支。聚类结果表明,大泉、磁窑堡、长流水、白芨滩4个样地在物种种类组成上具有较高的相似性,其中长流水和磁窑堡相似性最高,白芨滩样地和大泉样地具有一定的相似性,而马鞍山样地在物种种类组成上与其他样地差异较大。

3 讨论

3.1 物种组成与生境的关系

影响昆虫多样性变化的环境因子主要是植物种类、植物群落组成与结构、土壤环境等。从同样地地表甲虫物种多样性分析以及物种组成成分的结果看,在白芨滩国家级自然保护区核心区周边的3个试验区内选取的5个样地具有一定的代表性,反映出了生境的变化对地表甲虫物种多样性的影响十分明显。东部试验区的白芨滩林场样地是保护区建立最早的试验区域,该地区既有固定半固定型沙地,又有大片的人工次生林带,中间有人工治沙的过渡生境类型,天然荒漠半荒漠植被和人工植

被互有交错,生境异质性程度高,为生态位不同的地表甲虫的发展提供了空间。因此在这个样地中地表甲虫种类、数量均占有绝对优势。磁窑堡样地虽然自然植被较稀疏,但经过多年的人工沙漠治理,自然景观也有了很大的改变,以防风固沙草本植物为主,作为荒漠半荒漠典型指示物种的拟步甲科昆虫在此地具有非常高的多样性。南部实验区的大泉样地是一个以人工荒漠治理为主的生境类型,样地内既有人工次生林,也有大量柠条、花棒等防风固沙植物的荒漠治理区等,植被类型相对于白芨滩而言有相似之处,这与两个样地地表甲虫群落相似性系数较高相一致的。在长流水所选的样地为荒漠类型植被,境内植被有已猫头刺、毛刺锦鸡儿(*Caragana tibetica*)、柠条、沙冬青、骆驼蒿(*Peganum nigellastrum*)等,所以拟步甲科、叶甲科、肖叶甲科种类相对较丰富。北部试验区的马鞍山样地相对其他几个样地而言,海拔较高(约1500 m),境内无流动沙丘,植被单一,生境简单,地表甲虫群落多样性和均匀度较低,与其他样地差异较大(本次试验由于在马鞍山样地有2个样点位于天然荒漠半荒漠区与马鞍山农场交接处,这里有黑沙蒿(*Artemisia ordosica*)、苦豆子(*Sophora alopecuroides*)、老瓜头等草原沙生植被,所以叶甲科、肖叶甲科昆虫较为丰富)。同样地地表甲虫群落的结构反映了生境异质性是维持生物多样性的基础,物种种类相似性的聚类结果恰好反映了生境的相似性。体现了在荒漠化环境治理过程中,通过种植防风固沙植物,改善植被状况,可以提高荒漠生态系统的物种多样性,扩大群落的空间异质性,从而增加地表甲虫的多样性。

本研究与国内其他地区较为潮湿的森林或高山草甸等生境类型地表甲虫(Yu et al, 2001, 2003, 2004, 2006; Li et al, 2007; Yang & Zheng, 2007)群落相比较,表现出在物种组成和数量分布上有一定的相似性,但明显具有荒漠地区地表甲虫群落组成的特点,典型的荒漠类型昆虫类群占一定的优势,这一点和国内其他荒漠地区的地表甲虫群落的结构特点是一致的(Wu, 2007)。在白芨滩国家级荒漠类型的自然保护区中,地表甲虫数量最丰富的类群为拟步甲科,是土壤荒漠化程度高低的“指示性昆虫”之一,越是荒漠化程度高的处于流动半流动沙丘地区,诸如漠甲亚科类群的数量越丰富;而在植被条件改善的荒漠地区,拟步甲亚科类群占一

定的优势。因此两者在今后人工防风固沙、开展荒漠化治理方面可以作为监测环境变化的一个生物学指标。

3.2 群落多样性与生境的关系

在草原沙化和人工固沙林草地的建设过程中, 植物和环境条件的变化决定着依赖于植物和有植物群落结构等构成的生境而生存的昆虫群落的变化。宁夏白芨滩国家级自然保护区 5 个不同生境中地表甲虫群落多样性比较, 反映出环境因素在维持群落多样性方面起着非常重要的作用, 生境的相似性在一定程度上决定着地表甲虫群落结构的相似性, 随着生境差异程度加大, 相似性系数也降低, 体现出了某些类群对特定环境的喜好性及群落演替的阶段性和连续性, 这种相关性说明地表甲虫对不同生境的选择是长期选择适应的结果。白芨滩样地、大泉样地和磁窑堡样地是目前保护区人工防风固沙的主要试验区, 由于多年的人工固沙林草地的

重建与恢复, 人类活动的适度干扰, 提高了环境的空间异质性, 为地表甲虫提供多样的栖息环境, 从而提高了地表甲虫群落的多样性, 这与“中度干扰假说”(intermediate disturbance hypothesis)相符合。

在本次地表甲虫的调查中, 没有出现常见地表甲虫群落组成之一的隐翅虫科昆虫, 出现这样的结果是否与取样方式、取样时间有关, 还有待于进一步研究。另外, 本研究仅是对白芨滩国家级自然保护区 3 大试验区的地表甲虫多样性进行的初步研究, 没有涉及到核心区内的地表甲虫群落多样性, 关于其群落多样性与环境因子之间的关系在以后还需要做进一步的探讨。

致谢: 感谢宁夏白芨滩国家级自然保护区在野外调查方面给予的支持和帮助; 感谢宁夏大学农学院王新谱博士帮助鉴定部分标本。

参考文献:

- Allegro G, Sciaky R. 2003. Assessing the potential role of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) as bioindicators in popular stands, with a newly proposed ecological index (FAI)[J]. *Forest Ecology and Management*, **175**: 275-284.
- Bohac J. 1999. Staphylinid beetles as bioindicators[J]. *Agric Ecosyst Environ*, **74**: 357-372.
- Cai WZ, Pang XF, Hua BZ, Liang WG, Sun DL. 2001. General Entomology [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 330-342.[彩万志, 庞雄飞, 花保祯, 梁广文, 宋敦伦. 2001. 普通昆虫学. 北京: 中国农业大学出版社, 330-342.]
- Eyre MD, Lott DA, Garside A. 1996. Assessing the potential for environmental monitoring using ground beetles (Coleoptera, Carabidae) with riverside and Scottish data [J]. *Ann Zool Fennici*, **33**: 157-163.
- Li YJ, Yan XH, Zhang JD. 2007. Species diversity of litter-layer beetles in suburbs of Nanchong City, Sichuan Province[J]. *Journal of Shenyang Normal University (Natural Science Edition)*, **25** (3): 364-367. [李玉杰, 闫香慧, 张晋东. 2007. 四川南充市郊不同生境地表甲虫物种多样性. 沈阳师范大学学报(自然科学版), **25** (3): 364-367.]
- Liu LD, He DH, Zhao JM, Xin M, Jia YX, Liu YG. 2004. Studies on community characters: Diversity and stability of insect in the artificial sand-fixation zone ecosystem [J]. *Journal of Ningxia Agricultural College*, **25**(1): 8-11. [刘丽丹, 贺答汉, 赵建明, 辛明, 贾彦霞, 刘耀刚. 2004. 人工固沙封育区昆虫群落组成及其多样性和稳定性的初步研究. 宁夏农学院学报, **25**(1): 8-11.]
- Lovei GL, Sunderland KD. 1996. Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae)[J]. *Ann Rev Entomol*, **41**: 231-256.
- Ma KP. 1994. Measurement of biotic community diversity I: α -diversity (1) [J]. *Chinese Biodiversity*, **2**(3): 162-168. [马克平. 1994. 生物群落多样性的测度方法 I: α 多样性的测度方法(上). 生物多样性, **2**(3): 162-168.]
- Ma KP, Liu YM. 1994. Measurement of biotic community diversity I: α -diversity (2) [J]. *Chinese Biodiversity*, **2**(4): 231-239. [马克平, 刘玉明. 1994. 生物群落多样性的测度方法 I: α 多样性的测度方法(下). 生物多样性, **2**(4): 231-239.]
- Martin JEH. 1978. The Insects and Arachnids of Canada (Part I: Collecting, Preparing and Preserving Insects, Mites and Spiders)[M]. Hull, Quebec: Supply and Services Canada, 1-182.
- Muehlenberg M. 1989. Freilandoekologie [M]. Heidelberg: Quelle & Meyer Verlag, 1-430.
- Ou XH, Qin RH, Guo CC. 2005. Status of present research and application based on insect diversity [A]. 2005. In: Ren GD, Zhang RZ, Shi FM. Classification and Diversity of Insects in China [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 5-8. [欧晓红, 秦瑞豪, 郭长翠. 2005. 昆虫多样性研究与应用动态. 见: 任国栋, 张润志, 石福明. 昆虫分类与多样性. 北京: 中国农业科学技术出版社, 5-8.]
- Ren GD, Yu YZ. 1999. The darkling beetles from deserts and semideserts of China (Coleoptera: Tenebrionidae)[M]. Baoding: Hebei University Publishing House, 1-395. [任国栋, 于有志. 1999. 中国荒漠半荒漠的拟步甲科昆虫. 保定: 河北大学出版社, 1-395.]
- Samways MJ. 1993. Insects in biodiversity conservation: Some perspective and directives [M]. *Biodivers Conserv*, **2**: 258-282.
- Sun CS, Wang YD. 1999. Scientific Survey of Ningxia Baijitan Nature Reserve [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1-245. [宋朝枢, 王有德. 1999. 宁夏白芨滩自然保护区科学考察集. 北京: 中国林业出版社, 1-245.]
- Tang QY, Feng MG. 2002. For Statistical Analysis and DPS Data Processing System [M]. Beijing: Science Press, 1-515. [唐启义, 冯明光. 2002. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统. 北京: 科学出版社, 1-515.]
- Wang LY, Zhang GX. 1983. Insect Specimens Technology [M]. Beijing: Science Press, 1-174. [王林瑶, 张广学. 1983. 昆虫标本技术. 北京: 科学出版社, 1-174.]
- Wu WY. 2007. Comparative study on the desert and oasis beetle community and cotton fields insect community of the lower Yarkant River [D]. M. D. thesis. Xinjiang Agricultural University, Urumqi. [吴文岳. 2007. 叶尔羌河下游荒漠绿洲甲虫群落及棉田昆虫群落比较研究. 新疆农

业大学硕士学位论文.]

- Xin M, He DH. 2007. A study on the nest structure and digging-sand-weight determination of *Formica sinae* in the artificial sand-fixation forest region of Ningxia[J]. *Journal of Agricultural Science*, **28**(2): 15-19. [辛明, 贺达汉. 2007. 宁夏人工固沙林地红林蚂蚁巢结构及掘沙量的测定. 农业科学研究, **28**(2): 15-19.]
- Xin M, He DH, Guan XQ. 2003. Study on daily activity rhythm of the ant, *Formica sinae* Emery [J]. *Journal of Ningxia Agricultural College*, **24**(2): 15-18. [辛明, 贺达汉, 关晓庆. 2003. 人工固沙林草地红林蚁(*Formica sinae* Emery)巢外活动规律研究. 宁夏农学院学报, **24**(2): 15-18.]
- Xu ZH, Li JG, Fu L, Long QZ. 2001. A study on the ant communities on west slope at different elevation of the Gaoligongshan Mountain Nature Reserve in Yunnan, China [J]. *Zool Res*, **22**(1): 58-63. [徐正会, 李继乖, 付磊, 龙启珍. 2001. 高黎贡山自然保护区西坡垂直带蚂蚁群落研究. 动物学研究, **22**(1): 58-63.]
- Yang LH, Zheng FK. 2007. Diversity of ground-dwelling beetles in Xiaozhaizigou Nature Reserve, Sichuan [J]. *Sichuan Journal of Zoology*, **26**(4): 733-737. [杨丽红, 郑发科. 2007. 四川小寨子沟自然保护区地表甲虫多样性. 四川动物, **26**(4): 733-737.]
- Yu XD, Zhou HZ, Luo TH. 2001. Species diversity of litter layer beetles in Northwest Yunnan province, Southwest China[J]. *Zool Res*, **22**(6): 454-460. [于晓东, 周红章, 罗天宏. 2001. 云南西北部地区地表甲虫的物种多样性. 动物学研究, **22**(6): 454-460.]
- Yu XD, Luo TH, Zhou HZ. 2003. Species diversity of litter layer beetles in the Fengtongzhai National Nature Reserve, Sichuan Province[J]. *Acta Entomol Sin*, **46**(5): 609-616. [于晓东, 罗天宏, 周红章. 2003. 四川蜂桶寨国家自然保护区地表甲虫物种多样性. 昆虫学报, **46**(5): 609-616.]
- Yu XD, Luo TH, Zhou HZ. 2004. Species diversity of litter layer beetles in forest types in Eastern Hengduan Mountain region [J]. *Zool Res*, **25**(1): 7-14. [于晓东, 罗天宏, 周红章. 2004. 横断山区东部四种林型地表甲虫的物种多样性. 动物学研究, **25**(1): 7-14.]
- Yu XD, Luo TH, Yang J, Zhou HZ. 2006a. Diversity of ground-dwelling beetles (Coleoptera) in larch plantation with different stages of reforestation in Wolong Natural Reserve, Southwestern China [J]. *Zool Res*, **27**(1): 1-11. [于晓东, 罗天宏, 杨建, 周红章. 2006. 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, **27**(1): 1-11.]
- Yu XD, Luo TH, Zhou HZ, Yang J. 2006b. Influence of edge effect on diversity of ground-dwelling beetles across a forest-grassland ecotone in Wolong Natural Reserve, Southwest China [J]. *Acta Entomological Sinica*, **49** (2): 277-286. [于晓东, 罗天宏, 周红章, 杨建. 2006. 边缘效应对卧龙自然保护区森林-草地群落交错带地表甲虫多样性的影响. 昆虫学报, **49** (2): 277-286.]
- Yuan F, Zhang YL, Fen JN, Hua BZ. 2006. Insect Taxonomy[M]. Beijing: China Agriculture Publishing House, 1-664. [袁锋, 张雅林, 冯纪年, 花保祯. 2006. 昆虫分类学. 北京: 中国农业出版社, 1-664.]
- Zhao ZM, Guo YQ. 1990. Principles and Methods of Community Ecology [M]. Chongqing: Science and Technology Literature Publishing House (Chongqing Branch), 194-210. [赵志模, 郭依泉. 1990. 群落生态学原理与方法. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 194-210.]
- Zheng LY, Gui H. 1999. Insect Taxonomy (Part II) [M]. Nanjing: Nanjing Normal University Publishing House, 564-652. [郑乐怡, 归鸿. 1999. 昆虫分类(下册). 南京: 南京师范大学出版社, 564-652.]