

小尺度下柠条林破碎化生境对地表甲虫多样性的影响*

张大治^{1,3**} 马艳¹ 李岳诚² 于有志^{2,3} 贺达汉^{2,3}

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

摘要 一般认为,景观斑块面积和破碎化对物种丰富度和分布格局有重要的影响。在宁夏中部荒漠地区,天然柠条林和人工柠条林地交错排列,形成点、片、带状等大小不等的斑块性分布,表现为典型的破碎化斑块格局生境特征。本文采用巴氏罐诱法调查了在小尺度下荒漠景观人工柠条林破碎化生境不同斑块内地表甲虫的物种多样性。结果共获得 10 科 20 属 29 种地表甲虫,其中拟步甲科昆虫占绝对优势,阿小蠹甲 *Microdera kraatzi alashanica* Skopin、克小蠹甲 *Microdera kraatzi kraatzi* (Reitter) 为优势种。Rarefaction 曲线显示较大面积的斑块有较多的物种多样性,但群落多样性指数各班间块差异不显著。利用斑块面积对物种数-个体数进行回归分析表明,地表甲虫的物种多样性受斑块面积的影响,生境破碎化会导致地表甲虫多样性下降。

关键词 地表甲虫,荒漠景观,昆虫多样性,生境破碎化

Effects of *Caragana* scrubland fragmentation on fine-scale diversity of ground-dwelling beetles in a desert landscape

ZHANG Da-Zhi^{1,3**} MA Yan¹ LI Yue-Cheng² YU You-Zhi^{2,3} HE Da-Han^{2,3}

(1. School of Life Science, Ningxia University, Yinchuan 750021, China; 2. School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021, China; 3. Key Laboratory for Restoration and Reconstruction of Degraded Ecosystem in North-Western China of Ministry of Education, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract There is increasing empirical evidence that habitat size and fragmentation play an important role in determining species diversity and distribution patterns. Due to a number of physical and other factors, the *Caragana* scrubland in the arid zone of central Ningxia displays a pattern of dot, patch and strip fragments separated by natural and cultivated forest. To evaluate the effects of fragmentation on biodiversity of the shrubland, ground-dwelling beetles were studied using pitfall traps. A total of 336 individuals of ground-dwelling beetles was captured, representing 29 species from 20 genera. The dominant family was Tenebrionidae. *Microdera kraatzi kraatzi* Skopin and *Microdera kraatzi alashanica* (Reitter) were the dominant species. A rarefaction curve analysis showed that the larger patches had higher species diversity. However, there were no significant differences between diversity indices for individual patches. Regression analyses of patch area on species and the number of individuals showed that the diversity of ground-dwelling beetles was influenced by patch area. Habitat fragmentation decreased the diversity of ground-dwelling beetles.

Key words ground-dwelling beetles, desert landscape, insect diversity, habitat fragmentation

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,一些地表甲虫被视为大自然能量转换的“调节器”,在生物群落中占有极其重要的地位,有些甲虫在生态系统的物质和能量循环中起着重要作用(尹文英,1992)。它们的种类组成和数量变化

* 资助项目:国家自然科学基金(31160435, 30760045);宁夏大学自然科学基金(NDZR10-11)。

**通讯作者, E-mail: zdz313@nxu.edu.cn

收稿日期:2012-04-01, 接受日期:2012-06-27

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 and Sunderland, 1996; Bohac, 1999; Allegro and Sciaky, 2003)。正因为如此,对其研究越来越受到人们的重视(高光彩和付必谦,2009)。目前,对地表甲虫的研究已从单纯的群落水平多样性分析拓展到从景观尺度考察甲虫多样性的变化 (Ewers and Didham, 2008)。地表甲虫的物种多样性受森林破碎化的影响比较明显,其物种组成和数量变化可以作为监测环境变化、生境破碎化的重要指标(于晓东等, 2001, 2003, 2004, 2006a, 2006b),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(李玉杰等, 2007; 贺春霞等, 2009),人为

活动的适度干扰,利于多种地表甲虫的生存(杨丽红和郑发科, 2007; 张大治等, 2008; 王玉等, 2009),植物盖度、植物生物量、枯落物盖度等环境因素(王玉等, 2009)、土地利用方式(暴晓等, 2010)影响地表甲虫群落组成及空间分布。

荒漠生态系统是陆地生态系统中最为脆弱的系统之一,由于其独特的景观生态类型,使荒漠昆虫在其种类组成、分布和格局等方面具有独特性。柠条(*Caragana* spp.) 由于其抗逆性强、防风控沙效果明显,在我国西北荒漠地区作为植树造林、防治沙漠化的主要灌木树种之一。在宁夏中部干旱荒漠地区,由于受环境、地形地貌以及人为补播等因素的影响,天然柠条林和人工柠条林地交错排

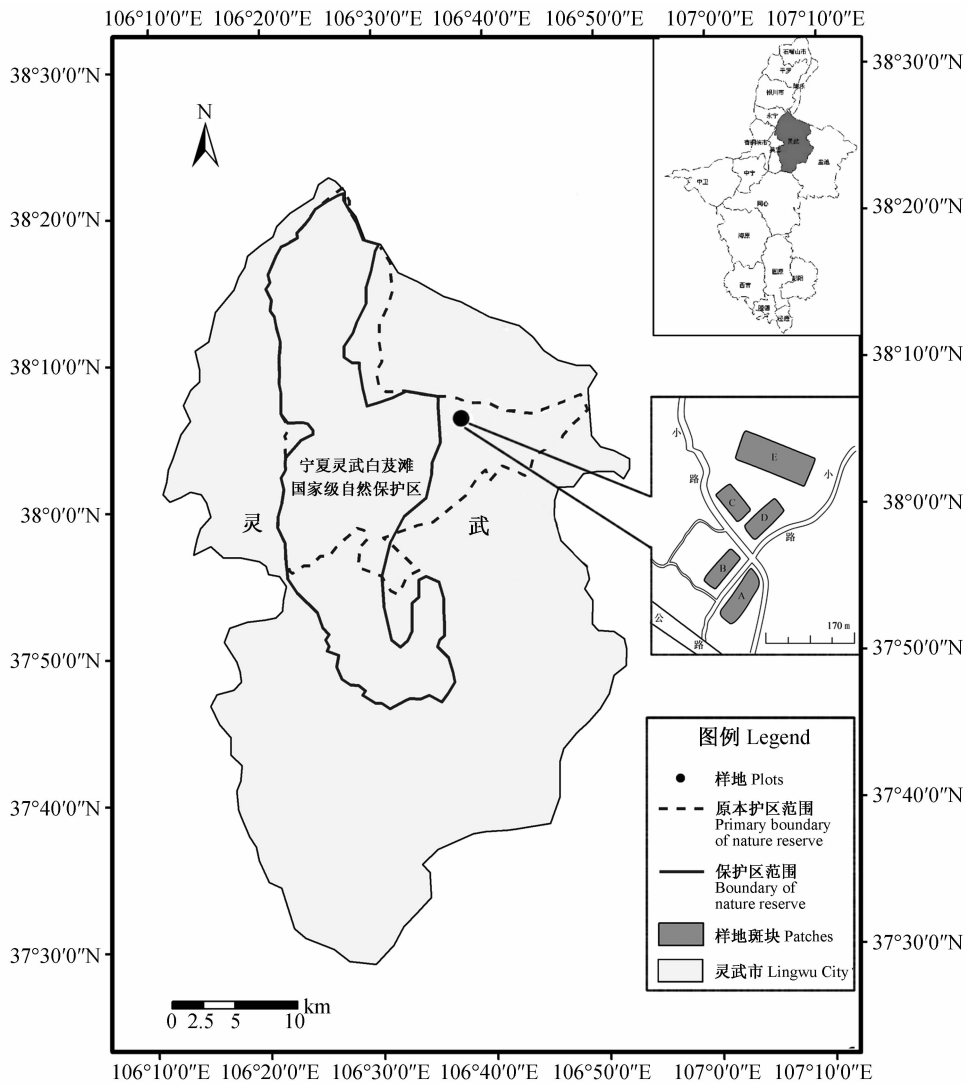


图 1 研究区域位置和样地分布图

Fig.1 Location of study area and sampling plots

列,形成点、片、带状等大小不等的斑块性分布,生境特征表现为典型的破碎化斑块格局(张大治等,2010)。

由于不同类群所栖息的生物和非生物环境的时空尺度存在差异,从而导致衡量类群间的生态尺度范围也存在变异。本研究根据地表甲虫活动的特点,在小尺度荒漠景观格局下,探讨破碎化生境对地表甲虫的分布格局有何影响? 斑块面积的减少、斑块隔离度的增加以及干扰等对地表甲虫多样性有何影响? 以期为保护区昆虫物种多样性研究提供更多的基础资料,为保护区生态建设、管理提供理论依据。

1 研究样地与方法

1.1 样地选择

研究样地位于宁夏中部干旱荒漠区的灵武市磁窑堡地区,为宁夏灵武白芨滩国家级自然保护区的中东部边缘区。气候特点为干燥、雨量少、蒸发量强、温差大。年均气温为 $6.7 \sim 8.8^{\circ}\text{C}$,年降雨量 255.2 mm ,年均蒸发量为 $2\,862.2 \text{ mm}$,为年降水量的 10.5 倍(宋朝枢和王有德,1999)。地理坐标为 $38^{\circ}07'05''\text{N}$, $106^{\circ}37'47''\text{E}$,海拔 $1\,290 \text{ m}$ 。为侵蚀性灰钙土、沙壤土质坡地,属人工开垦荒漠草原种植的柠条林,被小路、村舍、撂荒地等将其分割为 5 个斑块(图 1)。柠条林柠条高度为 $1.4 \sim 2.1 \text{ m}$,行距 2 m ,株距 1 m ,且每 3 行柠条形成一个条带,每个条带间隔 $6 \sim 8 \text{ m}$,柠条盖度为 $60\% \sim 65\%$ 。最小斑块面积 $1\,930 \text{ m}^2$,最大斑块面积 $8\,579 \text{ m}^2$ 。5 个斑块内植被组成基本相同,主要为猪毛蒿(*Artemisia scoparia*)、匍根骆驼蓬(*Peganum nigellastrum*)、牦牛儿苗(*Erodium stephanianum*)、针茅(*Stipa* spp.)等。斑块周围基质为干旱的荒漠草原植被,以短花针茅(*Stipa breviflora*)、猫头刺(*Oxytropis aciphylla*)、刺旋花(*Convolvulus tragacanthoides*)为建群种,伴有冠芒草(*Pappophorum braehysachyum*)、牛枝子(*Lespedeza potaninii*)、杂草等植被,植被覆盖度为 $35\% \sim 50\%$ 。

1.2 调查方法

地表甲虫采用巴氏罐诱法采集(于晓东等,2001,2003),即使用一次性塑料杯(上口径 7.2 cm ,下口径 5.2 cm ,高 10 cm ,容积 300 mL)作为陷

阱对地表甲虫进行诱捕。在埋入地表前用小打孔器距杯口 2 cm 处打小孔若干,防止下雨时雨水灌满巴氏罐。埋入地表的诱杯使杯口与地表保持平齐,在每个塑料杯内加约 100 mL 诱捕剂(成分为醋、白糖、酒精和水,重量比为 $2:1:1:20$)。

样地每个斑块中的样点采用 GPS 定位,每个斑块内共设 15 个诱杯,为尽量减少边缘效应的影响,在每个斑块的中心位置与斑块纵轴垂直方向平行设 3 排诱杯,每排 5 个,相邻诱杯间隔 2 m ,3 排诱杯依斑块纵轴大小间隔 $8 \sim 20 \text{ m}$ 不等。于 2010 年 4—7 月期间,每月中旬采集一次,诱杯置于样地 3 d 后收取。

将采集到的所有地表甲虫标本用 75% 酒精保存,根据相关资料(赵养昌和陈元清,1980;任国栋和于有志,1990;刘广瑞等,1997)进行分类鉴定;利用可识别的分类单元进行种类估计,在形态种基础上进行数量统计。

1.3 数据处理与分析方法

5 个斑块中,每个斑块以 15 个诱杯为一组,统计地表甲虫的种类、数量,共 4 次。地表甲虫的群落多样性采用 Margalef 物种丰富度指数、Shannon-Wiener 多样性指数、Simpson 多样性指数、Pielou 均匀度指数方法(赵志模和郭依泉,1990;马克平和刘玉明,1994);利用 Rarefaction 曲线评估采集强度和物种丰富度的分布格局(张文军,2007);优势种分析根据其个体数占样地地表甲虫群落总个体数的百分比来确定,大于 10% 的为优势种,个体数占总个体数的 $1\% \sim 10\%$ 的为普通种(常见种), 1.0% 以下的为稀有类群。

对 5 个斑块中的地表甲虫物种数取对数、个体数取平方根后进行单因素方差分析, LSD 多重比较检验不同斑块内地表甲虫物种多样性及个体数量差异。利用回归分析方法检验生境破碎化对地表甲虫多样性的影响。景观格局指数采用斑块水平指数,即斑块破碎化指数、斑块形状破碎化指数及景观内部生境面积破碎化指数(傅伯杰等,2001;邬建国,2007;Zhang et al.,2010),利用斑块面积对物种数、个体数进行回归分析生境的破碎化对地表甲虫多样性的影响。

Rarefaction 曲线及多样性指数采用 DPS (V7.05) 软件(唐启义,2010)及 Excel 2003 进行处理和分析。

2 结果与分析

2.1 地表甲虫物种组成

对柠条林地 5 个面积大小不同的斑块内地表甲虫的调查,共获得地表甲虫 336 头,隶属 10 科 20 属 29 种。其种类组成、数量见表 1。

由表 1 反映出,以斑块 D 中种类数(19 种,占总种类数的 65.51%)和个体数(80 只,占 23.80%)最多,其次为斑块 E,斑块 A 最低。拟步甲科(Tenebrionidae)占地表甲虫的绝对优势,有 6 属 13 种。阿小鳖甲 *Microdera kraatz alashanica*(占

总个体数的 36.61%)、克小鳖甲 *Microdera kraatzi kraatzi*(占总个体数的 17.56%)为该样地的优势种。球胸小鳖甲 *Microdera globata*、弯齿琵甲 *Blaps femoralis*、半猛步甲 *Cymindis daimio*、纳氏东鳖甲 *Anatolica mureti*、莱氏脊漠甲 *Pterocomma reitteri*、谢氏宽漠甲 *Sternoplax szechenyi*、暗色槽缝叩甲 *Agrypnus musculus*、径婪步甲 *Harpalus calceatus* 和宁夏东鳖甲 *Anatolica ningxiana* 为常见种。

从各斑块中地表甲虫物种-个体数的丰富度来看,Rarefaction 曲线均呈上升曲线(图 2)。斑块 D 和斑块 E 完全重合,且位于最上端,表明在这 5 个

表 1 柠条林地不同斑块中的地表甲虫物种组成
Table 1 Ground-dwelling beetles species and abundances collected in *Caragana* shrub patches

科 Families	物种 Species	斑块 Patches					合计 Total
		A	B	C	D	E	
拟步甲科 Tenebrionidae	中华砚甲 <i>Cyphogenia chinensis</i> (Faldermann)	0	0	0	0	1	1
	莱氏脊漠甲 <i>Pterocomma reitteri</i> Frivaldszky	4	3	2	2	3	14
	泥脊漠甲 <i>Pterocomma vittata</i> Frivaldszky	1	0	0	0	0	1
	多毛宽漠甲 <i>Sternoplax setosa setosa</i> (Bates)	1	0	0	0	1	2
	谢氏宽漠甲 <i>Sternoplax szechenyi</i> (Frivaldszky)	4	2	2	2	2	12
	克小鳖甲 <i>Microdera kraatzi kraatzi</i> (Reitter)	5	11	16	13	14	59
	阿小鳖甲 <i>Microdera kraatzi alashanica</i> Skopin	21	34	28	25	15	123
	球胸小鳖甲 <i>Microdera globata</i> (Faldermann)	8	3	6	4	2	23
	纳氏东鳖甲 <i>Anatolica nureti</i> Schuster et Raymond	0	1	3	5	7	16
	小丽东鳖甲 <i>Anatolica amoenula</i> Reitter	0	0	0	0	3	3
	尖尾东鳖甲 <i>Anatolica mucronata</i> Reitter	0	0	0	0	1	1
	宁夏东鳖甲 <i>Anatolica ningxiana</i> Ren & Ba	0	1	0	2	1	4
	弯齿琵甲 <i>Blaps femoralis</i> Fischer-Waldheim	2	8	2	4	5	21
步甲科 Carabidae	中华婪步甲 <i>Harpalus sinicus</i> Hope	0	1	1	0	1	3
	径婪步甲 <i>Harpalus salinus</i> Dejean	1	2	1	1	0	5
	谷婪步甲 <i>Harpalus calceatus</i> (Duftschmid)	0	0	0	0	1	1
	半猛步甲 <i>Cymindis daimio</i> Bates	5	2	3	6	2	18
	皮步甲 <i>Corsyra fusula</i> (Fischer von Waldheim)	0	0	0	1	0	1
叩甲科 Elateridae	暗色槽缝叩甲 <i>Agrypnus musculus</i> (Candeze)	0	1	3	4	1	9
叶甲科 Chrysomelidae	沙蒿叶甲 <i>Chrysolina aeruginosa</i> Faldermann	0	0	0	1	0	1
吉丁虫科 Buprestidae	绿窄吉丁 <i>Agrilus viridis</i> (L.)	0	1	0	0	0	1
	黑斜纹象 <i>Chromoderus declivis</i> Olivier	0	0	0	1	0	1
象甲科 Curculionidae	粉红锥喙象 <i>Conorhynchus conirostris</i> Gebler	0	0	0	0	1	1
	甜菜毛足象 <i>Phacephorus umbratus</i> Faldermann	1	0	0	1	1	3
鳃金龟科	毛黄鳃金龟 <i>Holotrichia trichophord</i> (Fairmaire)	0	1	1	0	0	2
Melolonthidae	大皱鳃金龟 <i>Trematodes grandis</i> Semenov	1	0	0	1	1	3
丽金龟科 Rutelidae	毛喙丽金龟 <i>Adoretus hirsutus</i> Ohaus	0	0	0	2	0	2
粪金龟科 Geotrupidae	波笨粪金龟 <i>Lethrus potanini</i> Jakovlev	0	0	0	3	0	3
蜣金龟科 Aphodiidae	红亮蜣金龟 <i>Aphodius haemorrhoidalis</i> (L.)	0	0	0	2	0	2
	合计 Total	54	71	68	80	63	336

斑块中 D、E 斑块物种多样性较高,如果随机取等量的地表甲虫,斑块 D、E 会出现最高的物种多样性,其次为斑块 A、斑块 B 和斑块 C。另外,5 个斑块的 Rarefaction 曲线在甲虫个体数超过 50 后趋

于平缓,说明如果继续增加取样,地表甲虫的种类还会增加,但是增加的数量不明显,表明本实验抽样调查的标本量已基本反映了该地区的地表甲虫的多样性。

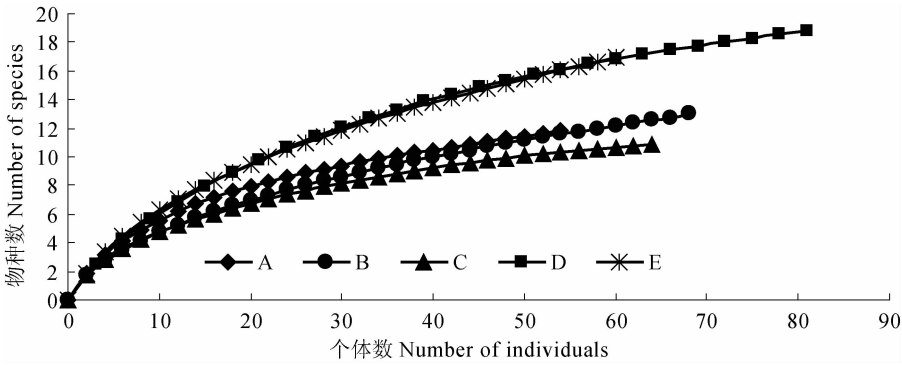


图 2 柠条林地不同斑块中地表甲虫基于物种-个体数的 Rarefaction 曲线

Fig.2 Rarefaction curve based on species-individuals of ground-dwelling beetles in different patches
A ~ E 分别代表斑块 A ~ E。
A-E indicate patch A-patch E.

基于单因素方差分析,各斑块间无论在物种组成上 ($F_{0.05,(4,15)} = 0.1061, P > 0.05$) 还是在个体数量上 ($F_{0.05,(4,15)} = 0.089, P > 0.05$), 均没有达到统计学上的显著差异水平。

2.2 破碎化斑块中地表甲虫群落多样性
柠条林地不同斑块中地表甲虫群落多样性指数见表 2。

表 2 柠条林地不同斑块地表甲虫群落特征比较							
Table 2 The group composition of ground-dwelling beetles in different patches of Caragana shrub							
斑块 Patch	面积 (m ²) Area	物种数 Species	个体数 Individuals	Margalef 指数 Index of Margalef	Simpson 指数 (J) Index of Simpson	Shannon 指数 (H) Index of Shannon	均匀度 Evenness
A	3 158	1. 8111 ± 0. 12	3. 5411 ± 0. 57	2. 757594	0. 7402 ± 0. 03 ^a	2. 0667 ± 0. 08 ^a	0. 8211 ± 0. 05 ^a
B	2 195	1. 9246 ± 0. 12	3. 9379 ± 0. 86	3. 049725	0. 7832 ± 0. 10 ^a	2. 0793 ± 0. 24 ^{ab}	0. 8241 ± 0. 08 ^a
C	1 930	1. 5820 ± 0. 13	3. 7168 ± 1. 03	2. 606939	0. 7202 ± 0. 12 ^a	1. 6007 ± 0. 23 ^{ab}	0. 8166 ± 0. 08 ^a
D	2 176	1. 9479 ± 0. 26	4. 1614 ± 0. 95	4. 107688	0. 8273 ± 0. 06 ^a	2. 1643 ± 0. 27 ^{ab}	0. 876 ± 0. 06 ^a
E	8 579	2. 0177 ± 0. 15	3. 9284 ± 0. 33	4. 344536	0. 8378 ± 0. 06 ^a	2. 4497 ± 0. 28 ^b	0. 9018 ± 0. 04 ^a

注:表中物种数取对数、个体数为平方根转换后的值,同列数据后标有不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。
The number of species was converted to logarithmic value and the number of individuals was converted to square root value. Data followed by different small letters in the same column indicate significantly different at 0.05 level.

在各斑块中,Margalef 物种丰富度指数最高的是斑块 E,其次为斑块 D,斑块 C 最低;Simpson 指数最高的是斑块 E,其它依次是斑块 D > 斑块 B > 斑块 A > 斑块 C,但是各斑块的差异不显著 ($F_{0.05,(4,15)} = 0.416, P > 0.05$);Shannon 指数最高

的是斑块 E,其余依次为斑块 D > 斑块 B > 斑块 A > 斑块 C,斑块 A 和其他几个斑块之间的差异具有统计学意义,但是还未达到显著水平 ($F_{0.05,(4,15)} = 1.742, P > 0.05$)。均匀度指数仍然是在斑块 C 中最低,但各斑块间差异不显著。

2.3 生境破碎化与地表甲虫多样性关系

本实验的景观格局特征是由若干单个斑块组成的斑块类型,因此景观指数采用斑块水平上的指数。斑块的平均面积为 $3\,607.6\text{ m}^2$,斑块破碎化指数为 37.38,斑块形状破碎化指数为 0.1729,景观内部生境面积破碎化指数为 0.5244。利用斑块面积对物种数(X_1)、个体数(X_2)进行回归分析,得到回归方程: $Y = 7.4933 + 3.2341X_1 - 1.4223X_2$,回归检验表明,斑块内的地表甲虫物种数与斑块面积之间存在正相关关系($F_{0.05,(2,2)} = 1.0663, P > 0.05, R = 0.7167$),即地表甲虫的物种多样性受斑块面积的影响,生境的破碎化会导致地表甲虫多样性下降。另外,随着斑块面积的变化,多样性指数、丰富度指数呈现随着斑块面积的增加而逐渐增加的趋势。

3 讨论

3.1 Rarefaction 曲线与多样性指数

Rarefaction 法是一个既对稀有种敏感又无偏的测度方法,Rarefaction 曲线可评估标本的采集强度和描述物种丰富度的分布格局(Solow and Roberts,2006),是目前定量描述物种丰富度与个体丰富度相结合的生物多样性的最好方法之一(张文军,2007),近年来被广泛应用(Fu et al., 2006;Solow and Roberts,2006)。由于本实验所采集的地表甲虫稀有种所占比例较大,因此结合 Rarefaction 曲线进一步验证各斑块间地表甲虫群落的多样性具有一定的合理性。本研究中,多样性指数与 Rarefaction 曲线的结果基本一致。

3.2 小尺度破碎化生境与地表甲虫多样性

目前,针对昆虫类群的特点和已有的研究基础,生境破碎化对昆虫多样性的影响研究一般在 3 种生态尺度展开:小尺度、局域尺度和生物地理尺度或大尺度(于晓东等,2006b)。小尺度强调样地内几米的范围,局域尺度强调样地间物种的扩散或周转,生物地理尺度强调面积达数千平方公里的大尺度格局研究。在小尺度下,本研究的样地虽然都是柠条林地,其树种、坡向、土壤类型以及地理位置等基本相似,但是由于斑块面积、地表植被、其他生物或非生物因素存在着差异,导致柠条林生境内部呈异质性分布,形成了存在差异的斑块,这种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(刘继亮等,2010),但是环境因子的影响作用存在季节变异,并且因种类不同而异。在森林生态系统中,一般在科的水平上,甲虫的生境选择趋势不是很明显,但在物种的水平上,甲虫对生境类型的选择倾向非常明显(于晓东等,2006b)。在荒漠生态系统中,本研究的地表甲虫对生境选择也基本遵循这一规律,阿小鳖甲、克小鳖甲等对干燥生境具有很强的偏好倾向性。

在理论上,生境面积大小与生境内所包含的物种数目密切相关,斑块面积越大物种数越多。目前,许多研究已经证实生境斑块面积与物种丰富度、个体数量或多样性呈正相关关系。但是在森林生态系统中,对一些地表甲虫的研究表明物种丰富度在不同面积的森林斑块内几乎没有差异,甚至在小的森林斑块内物种数比大斑块内更高(于晓东等,2006b)。本研究在小尺度范围内,通过对斑块格局明显呈破碎化样地的地表甲虫与斑块面积回归分析显示,物种多样性与斑块面积相关,并且呈现随着斑块面积减小、生境破碎化程度增加,降低地表甲虫的多样性的趋势,反映了“物种-面积曲线理论”这一关系。但是,个体数与斑块面积相关性较低,可能与在紧邻斑块 D 的东侧,有一半固定沙丘地,植被相对比周边荒漠丘陵地较为丰富,由于斑块 D 比较狭窄,甲虫的活动与移动,很容易进入到斑块 D 的中心地带,使得该斑块虽然面积小,但物种相对丰富一些。

3.3 干扰与生境破碎化敏感物种

一般认为,斑块的大小、形状、斑块的距离等斑块结构特征会影响干扰过程。我们研究的在荒漠景观下的 5 个柠条林斑块都是 2002 年在原来荒漠沙壤土质坡地干草原开垦后种植的人工柠条林,由于干旱、人类活动频繁,加之其本身生境脆弱(柠条林内植被稀少,地表裸露),因此,物种丰富度指数较低。在 5 个斑块中,紧邻斑块 D 的东侧,有一半固定沙丘地,植被相对比周边荒漠丘陵地丰富,由于甲虫的迁移活动,使得该斑块物种相对丰富一些。紧邻斑块 E 的北边为荒漠丘陵地,虽然自然植被较稀少,以猫头刺为主,伴有刺旋花、白草(*Pennisetum cenfrasiaticum*)、冠芒草等,但是由于外界干扰相对较少,有利于种群扩散。紧邻斑块 A 东侧是正在生产的一砖厂,由于取土植

被已完全被破坏,土地裸露,其西南角也是居民居住地,外界的这些对地表甲虫的生存产生了严重的干扰,因此其种类、数量最低。另外,生物对环境变化适应与否体现了其对生态环境的敏感性。一般来说,大斑块有利于生境敏感物种的生存,小斑块通常是一些边缘种、稀有种的栖息地。在大小不同的斑块中,不同的物种对干扰的敏感性不同,干扰引起的生境破碎化是与许多敏感性物种种群的下降相关联的(Hames *et al.*, 2001)。已有研究表明,荒漠景观中的拟步甲科昆虫对生境变化有一定的指示与响应作用,如东鳖甲属(*Anatolica*)是荒漠草原生境特征指示类群,而小丽东鳖甲 *Anatolica amoenula* 是生境退化的有效监测种(张大治等, 2012),本实验的研究结果也体现了在这种由人工栽植植物形成的破碎化生境中干扰对有些敏感物种有一定的影响,东鳖甲属的种类和数量变化都比较明显。在荒漠景观破碎化生境中,其他哪些类群对生境破碎化和干扰比较敏感以及景观过程如何影响物种多样性,这是我们目前正在进一步研究的内容。

参考文献 (References)

Allegro G, Sciaky R, 2003. Assessing the potential role of ground beetles as bioindicators in poplar stands, with a newly proposed ecological index (FAI). *Forest Ecol. Manag.*, 175(1/3):275–284.

Bohac J, 1999. Staphylinid beetles as bioindicators. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 74(1/3):357–372.

Ewers RM, Didham RK, 2008. Pervasive impact of large-scale edge effects on a beetle community. *PNAS*, 105(14):5426–5429.

Eyre MD, Lott DA, Garside A, 1996. Assessing the potential for environmental monitoring using ground beetles (Coleoptera, Carabidae) with riverside and Scottish data. *Ann. Zool. Fenn.*, 33:157–163.

Fu CZ, Hua X, Li J, Chang Z, Pu ZC, Chen JK, 2006. Elevational patterns of frog species richness and endemic richness in the Hengduan Mountains, China: geometric constraints, area and climate effects. *Ecography*, 29(6):919–927.

Hames RS, Rosenberg KV, Lowe JD, Dhondt AA, 2001. Site reoccupation in fragmented landscapes: testing predictions of metapopulation theory. *J. Anim. Ecol.*, 70(2):182–190.

Lovei GL, Sunderland KD, 1996. Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annu. Rev. Entomol.*, 41:231–256.

Solow AR, Roberts DL, 2006. Museum collections, species distributions, and rarefaction. *Divers. Distr.*, 12(4):423–424.

Zhang DZ, Shi Y, He DH, Chen XW, Fan YT, 2010. Responses of *Etiella zinckenella* to habitat fragmentation of *Caraganas* in desert steppe in Ningxia, China. *Acta Ecol. Sin.*, 30(6):319–326.

暴晓, 吕宪国, 张帆, 武海涛, 2010. 三江平原湿地不同土地利用生境地地表甲虫群落结构. *生态与农村环境学报*, 26(1):47–51.

傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 王仰麟, 2001. 景观生态学原理及应用. 北京:科学出版社. 1–358.

高光彩, 付必谦, 2009. 步甲作为指示生物的研究进展. *昆虫知识*, 46(2):216–222.

贺春霞, 杜沛宜, 于晓东, 罗天宏, 吴捷, 赵彩云, 周红章, 2009. 大巴山北坡地表甲虫的物种多样性. *应用生态学报*, 20(6):1459–1464.

李玉杰, 闫香慧, 张晋东, 2007. 四川南充市郊不同生境地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.

刘广瑞, 章有为, 王瑞, 1997. 中国北方常见金龟子彩色图鉴. 北京:中国林业出版社. 1–58.

刘继亮, 李锋瑞, 刘七军, 牛瑞雪, 2010. 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. *生态学报*, 30(23):6389–6398.

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.

任国栋, 于有志, 1990. 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.

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. 1–18.

唐启义, 2010. DPS 数据处理系统—实验设计、统计分析 & 数据挖掘(第二版). 北京:科学出版社. 48–516.

王玉, 高光彩, 付必谦, 吴专, 2009. 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*, 17(1):30–34.

邬建国, 2007. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级(第二版). 北京:高等教育出版社. 102–158.

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.

尹文英, 1992. 中国亚热带土壤动物. 北京:科学出版社. 1–618.

于晓东, 罗天宏, 周红章, 2003. 四川蜂桶寨自然保护区地表甲虫物种多样性. *昆虫学报*, 46(5):609–616.

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.

于晓东, 罗天宏, 周红章, 2006b. 林业活动和森林片段化对甲虫多样性的影响及保护对策. 昆虫学报, 49(1):126-136.

于晓东, 罗天宏, 周红章, 杨建, 2006a. 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.

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.

张大治, 陈曦, 贺达汉, 2012. 荒漠景观拟步甲科昆虫多样性及其对生境的指示作用. 应用昆虫学报, 49(1):229-235.

张大治, 陈小蔚, 贺达汉, 范玉婷, 2010. 荒漠景观下柠条豆象的空间分布及其对景观斑块格局的反应. 昆虫知识, 47(6):43-51.

张大治, 贺达汉, 于有志, 李岳诚, 代金霞, 胡玉鹏, 陈鑫, 李启用, 2008. 宁夏白芨滩国家级自然保护区地表甲虫群落多样性. 动物学研究, 29(5):569-576.

张文军, 2007. 生态学研究方法. 广州:中山大学出版社. 1-363.

赵养昌, 陈元清, 1980. 中国经济昆虫志(第二十册), 鞘翅目:象虫科(一). 北京:科学出版社. 1-184.

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.