

徐超,张红玉.直翅目昆虫对不同石漠化草地生境的指示作用[J].江苏农业科学,2018,46(1):247-251.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.01.064

# 直翅目昆虫对不同石漠化草地生境的指示作用

徐超,张红玉

(贵州师范大学生命科学学院,贵州贵阳 550001)

**摘要:**在贵州黔东南州晴隆县孟寨小流域,根据不同石漠化治理(即不同人为干扰条件下)选择4种草地生境类型。这4种生境为桃园宽叶雀稗套种人工牧草地、皇竹草套种人工牧草地、荒坡灌丛草地、自然草地,每个生境设置3个样方。于2015年4月至9月,以网捕法对直翅目昆虫多样性及其对不同草地生境的指示作用进行调查,共捕获6822头直翅目昆虫,总计9科17属22种。调查结果表明,小稻蝗(*Oxya hyla intricata*)(38.60%)及短额负蝗(*Atractomorpha sinensis*)(18.42%)为该地区的优势种,另有12种常见种以及8种稀有种。其中自然草地多样性指数最高(2.323),其他的群落指数也较高,表明该生境物种最为丰富,直翅目昆虫群落结构最为复杂。其次是荒坡灌丛草地和皇竹草套种人工牧草地,桃园宽叶雀稗套种人工牧草地的多样性指数最低。利用指示值法筛选不同生境的特征指示种,结果表明,宽叶雀稗套种人工牧草地生境中有山稻蝗(*O. agavisa*)等3种指示生物。荒坡灌丛草地生境中有疣蝗(*Trilophidia annulata*)等3种指示物种。自然草地生境中有青脊竹蝗(*Ceracris nigricornis*)等4种指示物种。皇竹草套种人工牧草地没有明显的指示物种,但存在丰富的监测物种。

**关键词:**直翅目昆虫;草地生境;石漠化;物种多样性;指示物种

**中图分类号:** S186 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)01-0247-05

以云贵高原为中心的喀斯特区域是全球重要喀斯特演化模式地之一<sup>[1]</sup>。喀斯特地区石漠化严重破坏了当地的生态环境<sup>[2]</sup>,使人们丧失了劳动的土地,并阻碍了当地居民生活水平的提高和经济的发展。岩石大面积裸露、植被覆盖率低是石漠化地区的最直观现象,所以恢复林草植被成为治理石漠化的关键。苏维词等提出了大力发展人工牧草地套种林木的石漠化地区治理模式<sup>[3]</sup>。根据不同的草地类型、草种改良、配套草地畜牧业,既可以治理石漠化草地又可以发展经济<sup>[4-5]</sup>。因此,重视石漠化草地的变化情况,监测石漠化草地生境的质量指标成为国内外研究学者关注的重点<sup>[6]</sup>。在利用指示生物来监测石漠化地区生态变化的研究中,王仙攀等通过对喀斯特不同等级石漠化地区土壤动物功能类群和数量的研究,揭示了土壤动物对石漠化地区治理的响应及对石漠化地区恢复的现状<sup>[7]</sup>。梁玉华等通过研究喀斯特石漠化过程对土壤微生物的影响,利用土壤微生物作为生态监测指标,研究其对石漠化的响应,初步建立石漠化评价指标<sup>[8]</sup>。但利用直翅目昆虫作为指示生物对石漠化生态治理下生境质量变化的评价尚且不足。

直翅目昆虫与生境间的关系很早就引起了人们的重视。Storozhenko 研究了直翅目昆虫区系和生态分布,认为直翅目昆虫的生态分布受森林草原的影响较大<sup>[9]</sup>。He 等研究也发

现,直翅目昆虫数量沿疏林草地、边缘和荒漠草地依次增加,直翅目昆虫群落多样性都是随着边缘距离的增加而降低<sup>[10]</sup>。Wünsch 等发现,一种倭蝼蛄因其生活习性可作为河流系统变化动态指标<sup>[11]</sup>。Zografou 等研究发现,直翅目昆虫中蚱蜢的分布受海拔、灌丛高度、植物数量等因子影响<sup>[12]</sup>。黄文广等研究结果表明,不同类型草地生境中蝗虫的分布差异较大,并认为除了蝗虫外,直翅目当中的螽螂也能起到一定的指示作用<sup>[13]</sup>。

综上所述,直翅目昆虫对草地生境变化反应敏感,这一特点使直翅目昆虫有利于作为草原等生态系统健康的指示物种和评价指标。通过对黔东南州晴隆县孟寨小流域喀斯特治理地区不同草地生境直翅目昆虫群落多样性及生境变化的研究,可以对当地的生境质量进行评价,利用直翅目昆虫群落的变化来描述该地生境的精细特征以及指示生境的细微变化,为喀斯特石漠化的治理及其治理措施后的评价提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 样地的选择

孟寨小流域(地理位置为 25°53'N,105°15'E)位于岩溶峡谷石漠化综合治理区中的黔东南州晴隆县,同时晴隆县也是贵州省石漠化综合治理试点工程示范县之一<sup>[14]</sup>。该地区石漠化现象严重,区位优势明显。于2015年4月至9月,根据不同石漠化治理(即不同人为干扰条件下)选取4种草地生境类型,进行样地设置。将每类生境按对角线方法选取3个样地斑块,共计12个样地,样地相隔500m以上,每个样地面积为50m×50m。

1.1.1 桃园宽叶雀稗套种人工牧草地(25°53'13"~25°53'22"N,105°17'18"~105°17'24"E) 3块样地记为 MT1、

收稿日期:2017-04-19

基金项目:国家自然科学基金(编号:31260152);贵州省自然科学基金[编号:黔科合SY字(2012)3026号]。

作者简介:徐超(1992—),男,江西抚州人,硕士研究生,从事昆虫生态学研究。E-mail:1124867267@qq.com。

通信作者:张红玉,博士,教授,从事有害生物防控与教学工作。E-mail:zh169827@sina.com。

MT2、MT3。该生境开阔、植被较为单一,是当地的主要畜牧场所,干扰较大,岩石裸露率高,宽叶雀稗(*Broadleaf paspalum*)为该样地的优势种,兼有牛茄子(*Solanum surattense* Burm. F.)、细风轮菜(*Clinopodium* Linn.)等植物。

1.1.2 皇竹草套种人工牧草地(25°53′16″~25°53′20″N, 105°17′14″~105°17′16″E) 3 个样地记为 MH1、MH2、MH3。皇竹草(*Pennisetum hydridum*)为明显的优势种,株高在 1.5~2.0 m 之间,达到灌木丛高度,石漠化程度严重,且由于季节性采割,人为干扰较大。间有菊叶千里光(*Senecio chrysanthemoides*)、野苘蒿[*Crassocephalum crepidioides* (Benth.) S. Moore]、风毛菊[*Saussurea japonica* (Thunb.) DC.]等物种。

1.1.3 荒坡灌丛草地(25°53′37″~25°53′48″N, 105°16′24″~105°16′26″E) 3 块样地记为 MG1、MG2、MG3。该生境地面开阔,植物资源丰富,是石漠化治理后自然恢复的草地,但仍存在石漠化治理的痕迹。无明显优势种,间有多叶勾儿茶(*Berchemia polyphylla* var. *polyphylla*)、野苘蒿、牛茄子等物种。

1.1.4 自然草地(25°53′31″~25°53′35″N, 105°16′40″~105°16′42″E) 3 块样地分别记为 MN1、MN2、MN3,该生境植物资源最为丰富,株高低于 30 cm,远离人群。岩石裸露度最低,人为干扰最低。该样地植物多为草本,间有烟管头草(*Carpesium cernuum*)、皱叶狗尾草[*Setaria plicata* (Lamk.) T. Cooke]、羊耳菊[*Inula cappa* (Buch-Ham) DC.]等物种。

1.2 调查方法和标本鉴定

直翅目昆虫调查和采集方法如下:2015 年的春夏季节(4 月至 9 月),在每月的晴朗天气对设定样地采用网捕法采捕直翅目昆虫。采捕过程中针对采捕的不同种类及生境中的具

体情况,主要以网径为 30 cm 的昆虫网<sup>[15-16]</sup>采用“Z”字型走法网捕<sup>[17]</sup>进行取样,每个样带扫网 200 次。采集的直翅目昆虫放入昆虫毒瓶,记录捕捉时间、方法、样方地点,最后制作成标本。昆虫鉴定依据《中国动物志:昆虫纲》<sup>[18]</sup>、《中国经济昆虫志》、《昆虫分类图谱》<sup>[19]</sup>、《庐山常见昆虫识别图谱》<sup>[20]</sup>等书籍资料,进行分类鉴定,统计直翅目昆虫的种类、数量、所属科目、采集地点等信息。

1.3 数据处理方法

直翅目昆虫多样性分析采用的相对多度(relative abundance,简称 RA)、Pielou 均匀度指数(J)、Shannon-Wiener 多样性指数(H)、Margalef 丰富度指数(R)、Simpson 优势度指数(D)等分析方法公式<sup>[21]</sup>以及解释如下:

$$RA = N_i / N \times 100\%;$$

$$D = 1 - \sum P_i^2;$$

$$R = (S - 1) / \ln N;$$

$$H = - \sum P_i \ln P_i;$$

$$J = H' / \ln S。$$

式中:*N* 为群落中全部物种个体数(头);*N<sub>i</sub>* 为第 *i* 种的个体数(头);*P<sub>i</sub>* = *N<sub>i</sub>* / *N*, *P<sub>i</sub>* 为第 *i* 种的个体数占总个体数的比例;*S* 为物种总数目(种);*H'* 为实际计算的 Shannon-Wiener 多样性指数。

2 结果与分析

2.1 4 种生境中直翅目昆虫群落组成

由表 1 可知,在 4 种草地生境中共捕捉到直翅目昆虫 6 822 头,总计 9 科 17 属 22 种。还可以看出,宽叶雀稗套种人工牧草地和自然草地中直翅目昆虫的数量要高于其他 2 个样地。

表 1 各样地直翅目昆虫组成情况

物种	昆虫数量(头)													相对多度 (%)
	MT1	MT2	MT3	MH1	MH2	MH3	MG1	MG2	MG3	MN1	MN2	MN3	总计	
中华稻蝗( <i>O. chinensis</i> )	49	19	21	31	28	30	25	20	39	91	59	60	472	6.92
青脊竹蝗( <i>C. nigricornis</i> )	0	0	0	0	6	11	0	0	0	36	23	40	116	1.70
日本蚱( <i>Tetrix japonica</i> )	0	0	0	46	18	15	51	79	23	38	41	15	326	4.78
短脚外斑腿蝗( <i>Xenocatantops brachycerus</i> )	0	0	0	0	2	8	76	82	56	61	40	73	398	5.83
方异距蝗( <i>Heteropternis respondens</i> )	0	0	0	9	13	10	37	31	21	45	57	63	286	4.19
纺织娘( <i>Mecopoda elongata</i> )	15	12	20	2	0	0	3	2	3	3	4	4	68	1.00
小稻蝗( <i>O. hyla intricate</i> )	353	328	306	282	172	257	114	112	117	194	210	183	2 628	38.52
短额负蝗( <i>A. sinensis</i> )	163	182	206	57	88	86	65	34	43	109	123	99	1 255	18.40
疣蝗( <i>T. annulata</i> )	0	0	0	0	0	0	35	19	17	30	13	26	140	2.05
山稻蝗( <i>O. agavisa</i> )	36	17	17	12	11	13	0	0	0	3	0	0	109	1.60
黄脸油葫芦( <i>Gryllus mitratus</i> Burmeister)	65	88	100	24	12	4	12	4	4	81	44	98	536	7.86
异角胸斑蝗( <i>Apalacris varicornis</i> )	0	0	0	0	0	0	11	11	9	14	32	10	87	1.28
大斑外斑腿蝗( <i>Xenocatantops humilis</i> )	0	0	0	0	0	0	10	9	0	0	4	3	26	0.38
红胫小车蝗( <i>Oedaleus manjius</i> )	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	23	56	98	1.44
大草螽( <i>Conocephalus gigantius</i> )	13	9	13	4	2	1	3	0	9	0	0	1	55	0.81
疑钩顶螽( <i>Ruspolia dubia</i> )	1	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0.10
中华剑角蝗( <i>Acrida cinerea</i> )	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	39	60	140	2.05
棉蝗( <i>Chondracris rosea</i> )	0	1	0	0	0	1	0	0	2	4	0	4	12	0.18
黑翅细蜚( <i>Conocephalus melas</i> )	3	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	8	0.12
褐背露蜚( <i>Ducetia japonica</i> )	1	2	4	2	2	2	2	1	1	4	7	10	38	0.56
鼻优草螽( <i>Euconocephalus nasutus</i> )	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	5	0.07
东亚飞蝗( <i>Locusta migratoria manilensis</i> )	0	0	0	2	2	4	2	0	0	2	0	0	12	0.18
合计	700	664	689	473	356	442	447	404	344	777	721	805	6 822	100.00

相对多度是计算物种重要值的一个关键指标,是一个物种在一个群落中出现的频度<sup>[22]</sup>。相对多度越大,该物种出现的频率就越高。相对多度 $\geq 10\%$ 为优势种, $1\% \leq$ 相对多度 $< 10\%$ 为常见种,相对多度 $< 1\%$ 为稀有种。由表 1 可知,小稻蝗的相对多度最高,为 38.52%,其次是短额负蝗(18.40%),这说明小稻蝗和短额负蝗是这 4 个生境中的优势种。大斑外斑腿蝗(0.38%)、大草螽(0.81%)、疑钩顶螽(0.10%)、棉蝗(0.18%)、黑翅细螽(0.12%)、褐背露螽(0.56%)、鼻优草螽(0.07%)、东亚飞蝗(0.18%)这 8 种昆虫的相对多度均低于 1.00%,为稀有种。其他 12 种昆虫的相对多度都介于 1.00%~10.00%之间,为该地区草地生境中的常见种。

由表 1、图 1 分析发现,从样地来看,MN3 样地的个体数最高,有 805 头,MG3 样地物种数最少,为 344 头。由图 1 可知,同一生境类的样地间个体数没有明显差异。就物种数而言,MN1 样地物种数最多,有 18 种,MT3 样方物种数最少,为 9 种。而对于同一生境类,样地间的物种数差异也不明显。从不同草地生境间来看,自然草地生境的昆虫个体数要高于皇竹草套种人工牧草地、荒坡灌丛草地。宽叶雀稗套种人工牧草地昆虫个体数略低于自然草地。4 个生境间的昆虫个体数由高到低排列为自然草地(2 303 个) $>$ 宽叶雀稗套种人工牧草地(2 053 个) $>$ 皇竹草套种人工牧草地(1 271 个) $>$ 荒坡灌丛草地(1 195 个)。从物种数来看,自然草地生境中物种数最多,有 20 种,宽叶雀稗套种人工牧草地最少,为 12 种。4 个生境间的物种数由高到低顺序为自然草地(20 种) $>$ 荒坡灌丛草地(16 种) $>$ 皇竹草套种人工牧草地(15 种) $>$ 宽叶雀稗套种人工牧草地(12 种)。

2.2 不同草地生境间的直翅目物种多样性

表 2 不同生境中直翅目昆虫群落多样性

生境类型	物种数 (种)	个体数 (头)	多样性指数	均匀度指数	丰富度指数	优势度指数
宽叶雀稗套种人工牧草地	12	2 053	1.422 $\pm$ 0.017c	0.611 $\pm$ 0.019b	1.430 $\pm$ 0.103c	0.675 $\pm$ 0.008b
皇竹草套种人工牧草地	15	1 271	1.430 $\pm$ 0.062c	0.590 $\pm$ 0.031b	1.712 $\pm$ 0.053b	0.636 $\pm$ 0.027b
荒坡灌丛草地	16	1 195	2.037 $\pm$ 0.055b	0.772 $\pm$ 0.013a	2.173 $\pm$ 0.089a	0.830 $\pm$ 0.013a
自然草地	20	2 303	2.323 $\pm$ 0.029a	0.820 $\pm$ 0.008a	2.408 $\pm$ 0.079a	0.871 $\pm$ 0.008a

注:同列数据后不同小写字母表示不同样地间差异显著( $P < 0.05$ )。

2.3 不同草地生境的指示物种

指示值体现的是该物种对所在生境的专一性和忠实性。指示值越高,物种对生境的指示作用越可靠<sup>[31]</sup>。该方法简单快捷、可靠性强、运用广泛,是指示生物研究中最常见的方法之一<sup>[32]</sup>。通过利用指示值法对不同石漠化草地生境食植性昆虫指示值进行计算,研究以指示值 $\geq 70.00\%$ 作为标准确定指示物种,5%~<70%可作为生境监测种<sup>[33]</sup>。

由表 3 可知,在宽叶雀稗套种人工牧草地指示值 $\geq 70.00\%$ 的物种有山稻蝗(82.57%)、大草螽(74.47%)、疑钩顶螽(71.43%),说明这 3 种物种可以作为该生境的指示物种,而在该生境中只有棉蝗的指示值(2.78%)小于 5.00%。其他 8 种物种的指示值均处于 5.00%~<70.00%之间,可以作为该样地的监测种。在皇竹草套种人工牧草地中,没有指示值 $\geq 70.00\%$ 的物种,表明该样地没有直翅目的指示种,但可以作为监测种的有 11 种。在荒坡灌丛草地中,指示物种也有 3 种,分别是疣蝗(72.14%)、大斑外斑腿蝗

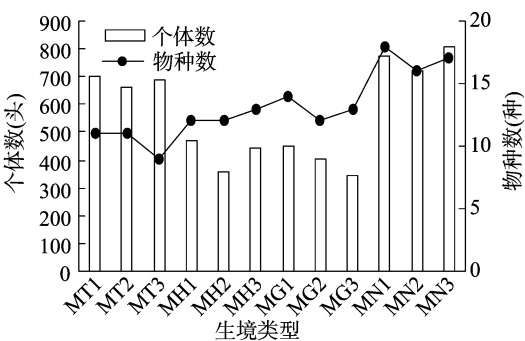


图 1 不同样地直翅目昆虫物种及个体数

生物多样性指数能定量反映生物群落内的物种多样性程度,是用来判断生物群落结构变化或生态系统稳定性的指标,对于掌握群落动态变化以及合理利用生物资源具有重要的意义<sup>[23-25]</sup>。了解一个群落的生物多样性,对进一步发展生态学的营养级多样性理论、食物网理论及系统稳定性理论有重要的科学意义,同时也是研究指示物种的主要工作之一<sup>[26-30]</sup>。

由表 2 可知,自然草地的多样性指数、均匀度指数、丰富度指数和优势度指数均是 4 个生境中最高的,表明该样地的直翅目昆虫群落物种种类最为丰富,该群落优势种的地位最突出,物种分配的均匀程度最高,物种数量的分配频率最高。说明自然草地是这 4 种生境中直翅目昆虫群落结构最为复杂的样地。宽叶雀稗套种人工牧草地的多样性指数、丰富度指数最低,表明该样地物种种类最少,物种数量的分配频率也最低。皇竹草套种人工牧草地均匀度指数和优势度指数最低,这说明该生境物种分配的均匀程度最低,优势种的地位在该生境中不突出。

(73.08%)和东亚飞蝗(80.00%)。在该生境中的监测物种有 10 种,低于皇竹草套种人工牧草地。在自然草地中,指示物种最多,共 4 种,分别是青脊竹蝗(85.34%)、异角胸斑蝗(77.01%)、红胫小车蝗(100.00%)和中华剑角蝗(100.00%),该样地的监测种也最多,共 14 种。

从整体上分析,在 4 个生境中除了皇竹草人工牧草外,其他 3 个生境都有明显的指示物种,且这 3 种生境中指示物种都各不相同,但在监测物种却表现出很大程度的相似性。

3 讨论

3.1 指示物种与生境的关系

在宽叶雀稗套种人工牧草地中的出现的 3 种指示种中,大草螽的指示值随着样地石漠化程度的降低而下降,表明该物种更加倾向于石漠化严重、岩石裸露率高的生境。红胫小车蝗和中华剑角蝗作为自然草地出现的特有种,2 个物种的出现将自然草地和其他 3 种草地明显区分开,说明这 2 个物

表 3 不同生境中直翅目昆虫的指示值

物种名	指示值(%)			
	宽叶雀稗套种人工牧草地	皇竹草套种人工牧草地	荒坡灌丛草地	自然草地
中华稻蝗	20.13	18.86	17.80	44.49
青脊竹蝗	0.00	9.77	0.00	85.34
日本蚱	0.00	24.23	46.93	28.83
短脚外斑腿蝗	0.00	1.68	53.77	43.72
方异距蝗	0.00	11.19	31.12	57.69
纺织娘	69.12	0.98	11.76	16.18
小稻蝗	37.53	27.03	13.12	22.32
短额负蝗	43.90	18.41	11.31	26.37
疣蝗	0.00	0.00	72.14	18.57
山稻蝗	82.57	25.69	0.00	0.92
黄脸油葫芦	47.20	7.46	3.73	41.60
异角胸斑蝗	0.00	0.00	15.33	77.01
大斑外斑腿蝗	0.00	0.00	73.08	17.95
红脰小車蝗	0.00	0.00	0.00	100.00
大草螽	74.47	14.89	2.13	0.71
疑钩顶螽	71.43	9.52	0.00	0.00
中华剑角蝗	0.00	0.00	0.00	100.00
棉蝗	2.78	2.78	5.56	44.44
黑翅细蜚	58.33	0.00	4.17	0.00
褐背露蜚	18.42	15.79	10.53	55.26
鼻优草螽	6.67	0.00	0.00	53.33
东亚飞蝗	0.00	0.00	80.00	6.67

种更倾向于植被丰富且石漠化较低的草地。疣蝗、大斑外斑腿蝗和东亚飞蝗这 3 类指示生物都需要一定株高的植物以及较为丰富的植物资源作为繁殖的场所,因而更适应荒坡灌丛草地。而荒坡灌丛草地是石漠化治理后开始自然修复的草地,植物群落演替明显。这与陈永林等在我国东亚飞蝗蝗区研究中,明确了东亚飞蝗种群偏爱出现演替进程草地中这一发现<sup>[34-35]</sup>相符合。综上所述,直翅目昆虫的空间分布在一定程度上可以反映其生境特征。

本研究发现,皇竹草套种人工牧草地不存在明显的指示生物,但从监测种上可以看出,皇竹草套种人工牧草地与宽叶雀稗套种人工牧草地相同的监测种有 5 种,与荒坡灌丛草地相同的监测种有 6 种。究其原因应该与其特殊的生境有关,首先皇竹草套种人工牧草地是人工种植皇竹草所形成的,石漠化程度与宽叶雀稗套种人工牧草地类似,但不同于宽叶雀稗套种人工牧草地,皇竹草株高为 1~2 m,这使该样地出现了灌丛的特征,该生境单一作物大面积种植及人为干扰导致存在较大的生态隐患。而荒坡灌丛草地为原生自然恢复的生境,连通性好,生境内物质与能量流动稳定,整体抗干扰力和恢复力较强。这也提醒石漠化的治理进程应以促进植被的正向演替并尽量减少人为干扰作为主要方向,才能加快喀斯特生态系统的恢复。

3.2 优势种及稀有种的指示作用

优势种是一个群落中最具有代表性的种类<sup>[36-37]</sup>。李姝江等研究不同退耕还林模式对土壤微生物优势类群的影响发现,优势类群对土壤生物学肥力的评价具有一定的指示作用<sup>[38]</sup>。张治科等对宁夏红枣昆虫多样性的研究发现,生境中

昆虫多样性会因优势昆虫种群的变化而发生相应的改变<sup>[39]</sup>。Fartmann 等认为,植食性优势昆虫类群能对草原生态环境的变化产生明确回应<sup>[40]</sup>。Münsch 等研究发现,沙丘环境和欧石楠从生的灌丛中的优势昆虫,由于其对产卵环境的要求和选择,使其可以作为这 2 类生态系统中生境质量的指示生物<sup>[41]</sup>。这些研究都表明昆虫优势种对群落的结构影响巨大。因此对于优势种作为指示生物的研究可以更好地了解指示种和生境间的关系。

此次试验共捕捉到 6 822 头直翅目昆虫,其中小稻蝗和短额负蝗占整个物种数的 56.92%,在该地区有着绝对优势。说明这 2 种物种可以适应各种草地生境,2 个物种的指示值均低于 70%,说明在石漠化的草地生境中优势种并不能成为很好的指示生物。究其原因这 2 种物种中虽然在不同的生境中所占比例有差别,但由于自身的优势过于明显,无法体现出 4 个生境之间的区别。但从指示值分析结果来看,小稻蝗和短额负蝗可作为该地区各种草地生境变化的监测类群。

稀有种是指群落中出现频率很低的物种,它可能是随着人为活动迁入或者是物种入侵,也有可能是群落中衰退的残遗种。稀有种的出现与环境变化有直接的关系,有的稀有种存在于特定的环境条件下指示一定的生态意义,有的稀有种可看作是地方性特征种<sup>[42-43]</sup>。大多数珍稀物种的食性较为专一、空间分布范围窄小和适应能力差,因此对环境变化表现敏感<sup>[44]</sup>。而且,稀有种是物种丰富度格局形成的必要构建元素,有关稀有种和特有种对物种多样性格局相对贡献的研究较多<sup>[45]</sup>。因此,了解稀有种的指示作用,可以更好地体现植食性昆虫对生态环境变化的响应。

研究发现,大斑外斑腿蝗(0.38%)、大草螽(0.81%)、疑钩顶螽(0.10%)、棉蝗(0.18%)、黑翅细蜚(0.12%)、褐背露蜚(0.56%)、鼻优草螽(0.07%)、东亚飞蝗(0.18%)这 8 种是这 4 类生境中的稀有种。其中大斑外斑腿蝗和东亚飞蝗作为荒坡灌丛草地的指示类群,同时又是自然草地的监测类群,说明这个物种更趋向于石漠化较小且存在灌丛的生境中。大草螽和疑钩顶螽作为宽叶雀稗人工牧草地的指示类群,同时又作为皇竹草人工牧草地的监测类群。说明这 2 种稀有种昆虫更倾向于在单一植被、石漠化较为严重的生境中繁衍。综上所述,稀有种在空间分布上可以反映出不同草地生境的不同分布。同时研究发现,稀有种黑翅细蜚、褐背露蜚、鼻优草螽也是宽叶雀稗套种人工牧草地的监测种,说明螽蜚科的昆虫都偏向于在石漠化的生境中生存。因其产卵需要一定裸露的岩石,这也可以作为判断石漠化程度的一个依据。

参考文献:

[1]熊康宁,陈起伟. 基于生态综合治理的石漠化演变规律与趋势讨论[J]. 中国岩溶,2010,29(3):267-273.  
[2]熊康宁,盈 斌,罗 娅,等. 喀斯特石漠化的演变趋势与综合治理——以贵州省为例[C]//长江流域生态建设与区域科学发展研讨会优秀论文集,2009.  
[3]苏维训,朱文孝,熊康宁. 贵州喀斯特山区的石漠化及其生态经济治理模式[J]. 中国岩溶,2002,21(1):19-24.  
[4]姜立鹏,覃志豪,谢 雯,等. 中国草地生态系统服务功能价值遥感估算研究[J]. 自然资源学报,2007,22(2):161-170.  
[5]洪绶曾,王元素. 中国南方人工草地畜牧业回顾与思考[J]. 中

- 国草地,2006,28(2):71-75,78.
- [6]陈 浒,熊康宁,刘忠斌,等. 基于生物多样性保护的河头喀斯特土地整理探索[J]. 地球与环境,2011,39(4):450-455.
- [7]王仙攀,陈 浒,熊康宁,等. 喀斯特石漠化地区土壤动物功能类群及培育研究[J]. 干旱区资源与环境,2012,26(12):191-195.
- [8]梁玉华,樊云龙,张军以. 基于土壤微生物的喀斯特土地石漠化风险评价指标体系初探[J]. 广东农业科学,2012,39(3):58-61.
- [9]Storozhenko S Y. A new genus of the subfamily *Metrodorinae* (Orthoptera: Tetrigidae) from Vietnam [J]. Zootaxa, 2013, 3647(1):96-100.
- [10]He H M, Yang G J, He L R, et al. Study on the edge effect of orthopteran community in Ningxia helan mountain [J]. Agricultural Science and Technology, 2010, 11(2):113-116, 145.
- [11]Wünsch Y, Schirmel J, Fartmann T. Conservation management of coastal dunes for Orthoptera has to consider oviposition and nymphal preferences [J]. Journal of Insect Conservation, 2012, 16(4):501-510.
- [12]Zografou K, Sfenthourakis S, Pullin A, et al. On the surrogate value of red-listed butterflies for butterflies and grasshoppers: a case study in Grammos site of Natura 2000, Greece [J]. Journal of Insect Conservation, 2009, 13(5):505-514.
- [13]黄文广,于 钊,张 蓉,等. 宁夏天然草原蝗虫生物多样性及其对生境的指示作用[J]. 草业科学,2014,31(1):180-186.
- [14]宋 林,殷天卉. 贵州省石漠化治理植被恢复效益监测点布局研究——以晴隆县为例[J]. 现代农业科技,2011(10):259-260.
- [15]刘缠民,廉振民. 南泥湾片段森林蝗虫群落多样性比较[J]. 生态学报,2003,23(6):1222-1229.
- [16]常 罡. 洛河流域黄土高原段蝗虫群落多样性研究[D]. 西安:陕西师范大学,2005:1-17.
- [17]颜忠诚,陈永林. 内蒙古锡林河流域不同生境中蝗虫种类组成的分析[J]. 昆虫学报,1997,40(3):271-275.
- [18]中国动物志:昆虫纲:第4卷[M]. 北京:科学出版社,1994:189-301.
- [19]钟觉民. 昆虫分类图谱[M]. 南京:江苏科学技术出版社,1985:44-87.
- [20]张小谷. 庐山常见昆虫识别图谱[M]. 南昌:江西人民出版社,2015:54-76.
- [21]马克平,刘玉明. 生物群落多样性的测度方法: I  $\alpha$  多样性的测度方法(上) [J]. 生物多样性,1994,2(4):231-239.
- [22]李迎运,张大治. 荒漠生境拟步甲科指示性昆虫的初步筛选 [J]. 生态科学,2016,35(1):67-74.
- [23]Lavorel S, Grigulis K, Lamarque P, et al. Using plant functional traits to understand the landscape distribution of multiple ecosystem services [J]. Journal of Ecology, 2011, 99(1):135-147.
- [24]Mark B B. 生态学:关于变化中的地球 [M]. 3 版. 北京:清华大学出版社,2003.
- [25]马克平. 试论生物多样性的概念 [J]. 生物多样性,1993,1(1):20-22.
- [26]Van der Putten W H, Vet L M, Harvey J A, et al. Linking above- and belowground multitrophic interactions of plants, herbivores, pathogens, and their antagonists [J]. Trends in Ecology and Evolution, 2001, 16(10):547-554.
- [27]Schmitz O J. Top predator control of plant biodiversity and productivity in an old-field ecosystem [J]. Ecology Letters, 2003, 6(2):156-163.
- [28]Schmitz O J. Predators have large effects on ecosystem properties by changing plant diversity, not plant biomass [J]. Ecology, 2006, 87(6):1432-1437.
- [29]Cardinale B J, Srivastava D S, Duffy J E, et al. Effects of biodiversity on the functioning of trophic groups and ecosystems [J]. Nature, 2006, 443(7114):989-992.
- [30]Duffy J E, Cardinale B J, France K E, et al. The functional role of biodiversity in ecosystems: incorporating trophic complexity [J]. Ecology letters, 2007, 10(6):522-538.
- [31]McGeoch M A, Stewart A J A, New T R, et al. Insects and bioindication: theory and progress [C]//Stewart A J A, Lewis O T, New T R. Insect conservation biology. London: CABI Publishing, 2007:144-174.
- [32]McGeoch M A, Van Rensburg B J, Botes A. The verification and application of bioindicators: a case study of dung beetles in a savanna ecosystem [J]. Journal of Applied Ecology, 2002, 39(4):661-672.
- [33]李 巧. 指示值方法及其在昆虫中的应用 [J]. 应用昆虫学报, 2011, 48(2):457-462.
- [34]陈永林,龙庆成,朱进勉,等. 洪泽湖蝗区东亚飞蝗发生动态的研究 [J]. 生态学报,1981,1(1):37-48.
- [35]邱子彦. 东亚飞蝗生境评价信息系统研究 [D]. 南京:南京师范大学,2006:10-23.
- [36]沈红梅. 汾河太原段浮游藻类及水质评价 [D]. 太原:山西大学,2010:21-32.
- [37]周文龙,赵卫权,苏维词,等. 西南石漠化地区 2 种岩生优势树种的光合生理 [J]. 江苏农业科学,2016,44(6):477-480.
- [38]李姝江,朱天辉,刘子雄. 两种退耕还林模式对土壤微生物优势类群的影响 [J]. 水土保持通报,2014,34(2):186-191.
- [39]张治科,徐世才,杨彩霞. 宁夏红枣昆虫多样性及优势种群发生动态研究 [J]. 陕西师范大学学报(自然科学版),2011,39(2):58-63.
- [40]Fartmann T, Krämer B, Stelzner F. Orthoptera as ecological indicators for succession in steppe grassland [J]. Ecological Indicators, 2012, 20(3):337-344.
- [41]Münch T, Fartmann T, Machalett B, et al. The pygmy mole cricket *Xya variegata* as an indicator for dynamic river systems [J]. Journal of Insect Conservation, 2013, 17(3):521-528.
- [42]曹 静,苗艳明,冯 飞,等. 稀有种不同处理对典范对应分析排序结果影响的比较 [J]. 植物生态学报,2015,39(2):167-175.
- [43]陈 航,陈 浒,王鹏举,等. 朝营小流域石漠化治理区土壤动物群落结构 [J]. 江苏农业科学,2016,44(3):312-317.
- [44]王义平,吴 鸿,徐华潮. 以昆虫作为指示生物评估森林健康的生物学与生态学基础 [J]. 应用生态学报,2008,19(7):1625-1630.
- [45]Gaston K J. Biodiversity and extinction: the importance of being common [J]. Progress in Physical Geography, 2008, 32(1):73-79.