

祁连山天然草原蝗虫物种多样性研究*

郑成卓** 刘恒亮** 王兴铎 董子信 付连海 刘长仲 钱秀娟***

(甘肃农业大学植物保护学院, 甘肃省农作物病虫害生物防治工程实验室, 兰州 730070)

摘要 【目的】明确不同草地类型对肃南草原区蝗虫物种多样性的影响, 提高肃南县草原生态系统的可持续发展。【方法】本研究于 2020-2021 年采用网捕法对肃南县高寒草甸、低地草甸、温性荒漠和温性草原 4 种草地的蝗虫群落结构进行调查, 并对不同草地类型蝗虫特征指数、种群相似性、指示种等统计分析。【结果】共捕获蝗虫标本 1 054 号, 隶属于 5 科 13 属 23 种, 其中优势种有 4 种, 分别是鼓翅皱膝蝗 *Angaracris barabensis* (13.09%)、红翅皱膝蝗 *Angaracris rhodopa* (28.18%)、邱氏异爪蝗 *Euchorthippus cheui* (11.95%) 以及小翅雏蝗 *Chorthippus fallax* (10.34%); 常见种 10 种; 稀有种 9 种。低地草甸丰富度指数显著高于其他样地, 优势度指数由高至低依次为高寒草甸、低地草甸、温性草原和温性荒漠, 多样性指数由高至低依次为温性草原、低地草甸、温性荒漠、高寒草甸, 均匀度指数温性荒漠最高。亚洲小车蝗 *Oedaleus asiaticus* 是温性草原的指示种, 指示值为 70.67%; 宽须蚁蝗 *Myrmeleotettix palpalis* 是温性荒漠的指示种, 指示值为 71.64%。对不同草地类型蝗虫群落进行相似性比较, 结果显示温性草原、高寒草甸、温性荒漠和低地草甸四种草原类型中的蝗虫群落互相之间均为中等不相似。【结论】蝗虫群落组成、多样性以及指示种在不同草地类型间存在差异, 植被变化和海拔差异是影响其分布的重要因素。

关键词 肃南县; 蝗虫; 多样性; 指示种分析

Species diversity of grasshoppers (Orthoptera: Oedipodidae and Catantopidae) in natural grassland of Qilian Mountains

ZHENG Cheng-Zhuo** LIU Heng-Liang** WANG Xing-Duo DONG Zi-Xin
FU Lian-Hai LIU Chang-Zhong QIAN Xiu-Juan***

(College of Plant Protection of Gansu Agriculture University, Biocontrol Engineering Laboratory of Crop Diseases and Pests of Gansu Province, Lanzhou 730070, China)

Abstract 【Objectives】To clarify the impact of different grassland types on the diversity of grasshopper communities in the Sunan grassland area, improving the sustainable development of the grassland ecosystem in Sunan County. 【Methods】In this experiment, four species of alpine meadows, lowland meadows, temperate deserts and temperate grasslands in Sunan County were collected by net catching from 2020 to 2021. The grasshopper community structure of grassland was investigated and studied, and the statistical analysis of locust characteristic index, population similarity and indicator species of different grassland types was carried out. 【Results】1 054 locust specimens were captured in the experiment, belonging to 5 families, 13 genera and 23 species. Among them, there were 4 dominant species, namely *Angaracris barabensis* (13.09%) and *Angaracris rhodopa* (28.18%). *Euchorthippus cheui* (11.95%) and *Chorthippus fallax* (10.34%). Otherwise there are 10 common species and 9 rare species. The richness index of the locust is significantly higher on lowland meadow than the other plots. The dominance index from high to low is Temperate steppe, lowland meadow, temperate desert and alpine meadow, while the order of diversity index from high to low is temperate steppe, lowland meadow, temperate desert and alpine meadow. What more, the evenness index of temperate desert is the highest. *Oedaleus asiaticus* is the indicator species with 70.67% value

*资助项目 Supported projects: 国家科技基础资源调查专项(2019FY100400); 国家级大学生创新创业训练计划项目(202210733016); 甘肃农业大学大学生创新创业训练计划(SIETP)项目(202213022)

**共同第一作者 Co-first authors, E-mail: zhengcz1997@qq.com; 1694183467@qq.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: qianxj@gsau.edu.cn

收稿日期 Received: 2022-04-19; 接受日期 Accepted: 2022-09-20

on temperate steppe, while *Myrmeleotettix palpalis* is indicator species with 71.64% on temperate desert. Also the similarity of grasshopper communities on different grassland types was compared, and the results showed that the grasshopper communities in warm grassland, alpine meadow, warm desert and lowland meadow were moderately dissimilar to each other. **[Conclusion]** The composition, diversity and indicator species of grasshopper communities are different among different grassland types. Vegetation change and altitude difference are important factors affecting their distribution.

Key words Sunan area; grasshopper; diversity; indicator species analysis

蝗灾是世界范围内的一种重大灾害。中国历史上,尤其是古代蝗灾暴发频繁,发生范围广,对粮食生产和生态安全构成巨大威胁(徐超民等, 2021)。蝗虫栖息生境多样,有植物生存分布的地方,就会有蝗虫的存在,当蝗虫密度达到或超过经济阈值时,不仅会对农田生态系统造成危害,也会对天然草场等自然生境系统形成威胁。近年来由于全球性气候变化和人类对自然资源过度开发导致生态环境逐渐恶化,使得草原蝗虫数量持续增长,蝗灾发生频率及灾害程度加剧(卢辉, 2005),进而引起草地退化、沙化和盐碱化等一系列问题,最终形成草地面积锐减,导致生物多样性丧失的严峻局面(卢辉等, 2008)。2020年2月11日,联合国粮农组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)向全球发出蝗灾预警,监测显示,沙漠蝗虫灾害已席卷西非、东非和南亚的20多个国家,严重威胁受灾地区的粮食生产和安全供应(刘亚萍和段丽芳, 2020),这也引起了我国对蝗虫发生动态监测的高度重视(栗金丽等, 2021)。

我国天然草场面积达 $4 \times 10^9 \text{ hm}^2$,甘肃作为全国五大牧区之一,植被丰富草原辽阔,天然草地面积达1790万 hm^2 ,为蝗虫生殖繁衍提供了适宜的栖息环境,蝗虫种群也往往暴发,从而导致甘肃省成为全国范围内草地蝗虫为害的重点区域,且蝗灾占甘肃省草原虫灾一半以上,是全国草原蝗虫发生的重点区域(方毅才, 2009)。目前,对蝗虫物种多样性的研究主要聚焦在保护蝗虫的多样性和外界干扰对蝗虫物种多样性的影响,如环境变化的影响和人为因素(Steck *et al.*, 2007)以及不同土地利用方式所造成的影响(孙涛等, 2010; Kati *et al.*, 2012)、不同纬度蝗虫多样性研究(Davidowitz and Rosenzweig, 1998)、不同放牧模式对蝗虫多样性的影响(胡

靖等, 2021)、草原植物多样性与蝗虫多样性之间关系的研究等(Branson, 2011)。

肃南县草原区草地类型丰富、植被资源充足,蝗灾发生频率为10年左右,持续时间长达2-3年,化学防治后灾情阶段性减轻,随时间推移继续发生(马忠业, 2008)。经监测调查,2016年对草原造成危害的虫害种类主要是直翅目的蝗虫,发生面积15.33万 hm^2 ,占可利用草原面积10.78%,平均虫口密度40.6头/ m^2 ,最高点达56.6头/ m^2 ,牧草损失率达50%-80%(陈怀斌, 2017)。蝗虫多样性既是草原生态系统演化的产物,也影响着草原生态系统的结构与功能。蝗虫是草原生态系统中最重要动物物种,其物种多样化状况及由此引发的种群消长和群落结构的变化,特别是种群暴发所导致的蝗灾发生对草原生态系统的物质循环、能量流动以及功能健康与维持都有着至关重要的作用(郭中伟和李鸿昌, 2002)。因此,为有效保护高山草原生物多样性,科学防治草原蝗灾,合理开发和利用蝗虫资源,本研究对甘肃省肃南县主要草原区蝗虫群落结构、物种组成、指示物种展开调查研究。

1 材料与方法

1.1 研究区概括

肃南县($37^{\circ}28'-39^{\circ}04' \text{ N}$, $97^{\circ}20'-102^{\circ}13' \text{ E}$)位于祁连山北麓山系腹地要段,平均海拔3200 m,地形狭长、地势变化明显、地貌形态复杂(唐小娟等, 2021)。复杂的地形和多样的气候,形成了不同的植被群落(宋洁, 2021)。全县地域沿祁连山呈“一”字形横贯分布,75%的国土面积处于祁连山国家级自然保护区内,是“南护青龙”(保护和扩大南部祁连山森林资源)、“北锁黄龙”封锁固定北部风沙、“中建绿洲”(建设中

部河西走廊)的关键所在,生态战略地位极为重要,承载着守护西北乃至国家重要的生态安全屏障的历史责任(宋洁和温胜强,2021)。

1.2 样地设置

本研究选用的样地均为天然草地,样地位于肃南县皇城镇营盘村(E101.77°, N37.82°)、孔家圈滩(E101.75°, N37.88°)、三岔(E101.76°, N37.93°)、半截沟(E 101.80°, N 37.91°)、北极

沟(E 101.80°, N 37.92°)、土圈沟(E 101.52°, N 37.01°),根据中国草地资源分类系统标准,将所研究样地分为温性草原(海拔 1 365-1 600 m)、高寒草甸(海拔 1 500-3 000 m)、温性荒漠(海拔 1 400-2 500 m)和低地草甸(海拔 1 300-1 500 m)。依据《甘肃草地资源》(甘肃省草原总站,1999)和《甘肃草原植物图鉴》(赵忠,2019)对不同草地中的植被进行分类鉴定,4类草地植被组成信息见表1。

表 1 4种生境主要分布植物
Table 1 Mainly distributed plants in four habitats

生境划分 Habitat division	植物种类 Plant species
温性草原 Temperate grassland	针茅 <i>Stipa capillata</i> 、赖草 <i>Leymus secalinus</i> 、柴胡 <i>Bupleurum gansuense</i> 、冷蒿 <i>Artemisia frigida</i> 、香青 <i>Anaphalis sinica</i> 、冰草 <i>Agropyron cristatum</i> 、波伐早熟禾 <i>Poa poophagorum</i> 、芨芨草 <i>Achnatherum splendens</i> 、狼毒 <i>Stellera chamaejasme</i>
高寒草甸 Alpine meadow	垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i> 、肥披碱草 <i>Elymus excelsus</i> 、马蔺 <i>Iris lactea</i> 、钻裂风铃草 <i>Campanula aristata</i> 、披针叶黄华 <i>Thermopsis lanceolata</i> 、青甘韭 <i>Allium przewalskianum</i> 、狼毒 <i>Stellera chamaejasme</i> 、火绒草 <i>Leontopodium leontopodioides</i> 、紫花针茅 <i>Stipa purpurea</i>
温性荒漠 Temperate desert	珍珠猪毛菜 <i>Salsola passerina</i> 、合头草 <i>Sympegma regelii</i> 、红砂 <i>Reaumuria songarica</i> 、芨芨草 <i>Achnatherum splendens</i> 、盐爪爪 <i>Kalidium foliatum</i> 、针茅 <i>Stipa capillata</i>
低地草甸 Lowland meadows	珍珠猪毛菜 <i>Salsola passerina</i> 、赖草 <i>Leymus secalinus</i> 、垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i> 、肥披碱草 <i>Elymus excelsus</i> 、滨藜 <i>Atriplex patens</i> 、密花香薷 <i>Elsholtzia densa</i> 、卷茎蓼 <i>Fallopia convolvulus</i> 、刺儿菜 <i>Cirsium setosum</i>

1.3 取样方法

利用网捕法对样地进行蝗虫多样性调查。每个样地在东、南、西和北4个方向各扫100复网,每网间隔2m,在扫网过程中遇见一些因惊吓飞走的蝗虫采用目测法加以辅助计量,然后将采集到的蝗虫迅速转移到毒瓶,处死后转移到贴有标记肃南草原蝗虫群落结构与多样性调查的塑料袋中,带回实验室进行鉴别和计数(栗金丽等,2021)。

1.4 数据处理

1.4.1 多度划分标准 优势种:物种数占蝗虫总数10%以上的蝗虫,用+++表示;常见种:物种数占蝗虫总数1%-10%之间的蝗虫,用++表示;稀有种:物种数占蝗虫总数1%以下的蝗虫,用+表示。

1.4.2 群落多样性指数 1) 丰富度指数(陈广

泉等,2016): $d_{Ma}=(S-1)/\ln N$, 式中, S 为物种数目, N 为物种个体数总和。

2) 优势度指数(王旭娜等,2018): $D=N_{\max}/N_t$, $N_{\max}$ 表示优势种蝗虫总数, N_t 表示蝗虫总数。

3) 多样性指数(成帆等,2020): $H'=-\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$; $P_i=N_i/N$, N_i 表示蝗虫 i 数量, N 表示蝗虫总数。

4) 均匀度指数(陈广泉等,2016): $J=H'/\ln S$, S 表示为蝗虫物种数。

5) 相似性系数(魏晓帅等,2020): $C_j=j/[(a+b)-j]$, a 表示草地类型 A 中蝗虫的物种数, b 为草地类型 B 中蝗虫的物种数, j 则是 A、B 两种草地类型中共有的蝗虫物种数。

1.4.3 指示种分析 采用指示值法 $A_{ij}=N_{\text{individuals}_{ij}}/N_{\text{individuals}_i}$; $B_{ij}=N_{\text{sites}_{ij}}/N_{\text{sites}_i}$;

$I_{NDV_{ALij}} = A_{ij} \times B_{ij} \times 100$, 式中, A_{ij} 表示蝗虫 i 对草地类型 j 的专一性, 是蝗虫 i 在草地类型 j 的个体数与该蝗虫在所有草地类型中的数量之比; $N_{individuals_{ij}}$ 表示蝗虫 i 在草地类型 j 的平均数量, 而 $N_{individuals_i}$ 是蝗虫 i 在所有生境类型中的数量。 B_{ij} 表示蝗虫 i 在草地类型 j 中的数量与其在所有草地类型中的数量之比; $N_{sites_{ij}}$ 表示草地类型 j 中存在物种 i 的样地数, N_{sites_i} 表示草地 j 中的所有样地数。划分标准为指示类群: 指示值 $>70\%$; 监测类群: $5\% \leq$ 指示值 $\leq 70\%$ (宋珊珊等, 2017)。

2 结果与分析

2.1 肃南县草原蝗虫物种组成及分类多样性

此次调查共采集到标本 1 054 号, 隶属于 5 科 13 属 23 种。斑翅蝗科 Oedipodidae 占比最高、物种丰富, 分布有 5 属 10 种蝗虫, 斑腿蝗科

Catantopidae 分布 1 属 2 种, 网翅蝗科 Arcypteridae 分布 4 属 7 种, 槌角蝗科 Gomphoceridae 仅有 1 属 1 种, 癩蝗科 Pamphagidae 2 属 3 种。由表 2 可知, 斑翅蝗科的蝗虫数量最多, 占采集总量的 59.78%, 其次为网翅蝗科 (29.70%)、斑腿蝗科 (6.17%)、槌角蝗科 (2.18%) 和癩蝗科 (2.18%)。其中肃南县草原蝗虫群落中的优势种有 4 种, 分别是红翅皱膝蝗 *Angaracris rhodopa* (28.18%)、鼓翅皱膝蝗 *Angaracris barabensis* (13.09%)、邱氏异爪蝗 *Euchorthippus cheui* (11.95%) 以及小翅雏蝗 *Chorthippus fallax* (10.34%); 常见种 10 种; 稀有种 9 种。

2.2 不同生境特征指数分析

不同草地类型蝗虫数量和特征指数变化见图 1。结果显示, 低地草甸丰富度指数高于其他样地, 表明该样地中蝗虫种类最多, 群落组成最

表 2 肃南县草原蝗虫群落的组成及多度划分
Table 2 Composition and abundance division of grassland grasshopper community in Sunan county

科 Family	属 Genus	种 Species	总计 Total	百分比 (%) Percentage (%)	相对多度 Relative abundance
斑翅蝗科 Oedipodidae	皱膝蝗属 <i>Angaracris</i>	红翅皱膝蝗 <i>Angaracris rhodopa</i>	297	28.18	+++
		黑翅皱膝蝗 <i>Angaracris nigroptera</i>	35	3.32	++
		鼓翅皱膝蝗 <i>Angaracris barabensis</i>	138	13.09	+++
		尖翅蝗属 <i>Epacromius</i>	29	2.75	++
	癩蝗属 <i>Bryodema</i>	大垫尖翅蝗 <i>Epacromius coerulipes</i>	5	0.47	+
		黄胫异癩蝗 <i>Bryodema holdereri holdereri</i>	5	0.47	+
		青海癩蝗 <i>Bryodema miramae miramae</i>	2	0.19	+
		尤氏癩蝗 <i>Bryodema uvarovi</i>	1	0.09	+
	小车蝗属 <i>Oedaleus</i>	黄胫小车蝗 <i>Oedaleus infernalis</i>	104	9.87	++
		亚洲小车蝗 <i>Oedaleus asiaticus</i>	14	1.33	++
	束颈蝗属 <i>Sphingonotus</i>	宁夏束颈蝗 <i>Sphingonotus ningsianus</i>	51	4.84	++
斑腿蝗科 Catantopidae	星翅蝗属 <i>Calliptamus</i>	短星翅蝗 <i>Calliptamusab breviatus</i>			

续表 2 (Table 2 continued)

科 Family	属 Genus	种 Species	总计 Total	百分比 (%) Percentage (%)	相对多度 Relative abundance
网翅蝗科 Arcypteridae	雏蝗属 Chorthippus	黑腿星翅蝗 <i>Calliptamusbar barus</i>	14	1.33	++
		白纹雏蝗 <i>Chorthippus albonemus</i>	20	1.90	++
		东方雏蝗 <i>Chorthippus intermedius</i>	14	1.33	++
		小翅雏蝗 <i>Chorthippus fallax</i>	109	10.34	+++
		楼观雏蝗 <i>Chorthippus louguanensis</i>	10	0.95	+
		异爪蝗属 <i>Euchorthippus</i>	126	11.95	+++
		祁连山蚰蝗 <i>Eremippus qilianshanensis</i>	25	2.37	++
		宽翅曲背蝗 <i>Pararcyptera microptera</i>	9	0.85	+
	蚁蝗属 <i>Myrmeleotettix</i>	宽须蚁蝗 <i>Myrmeleotettix palpalis</i>	23	2.18	++
	疙蝗属 <i>Pseudotmethis</i>	甘肃疙蝗 <i>Pseudotmethis gansuensis</i>	9	0.85	+
		贺兰疙蝗 <i>Pseudotmethis alashanicus</i>	7	0.66	+
		短鼻蝗属 <i>Filchnerella</i>	7	0.66	+

+++表示优势种，++表示常见种，+表示稀有种。
+++ represents dominant species, ++ represents common species, and + represents rare species.

为复杂且低地草甸更适合于大多数蝗虫种群的生存。高寒草甸优势度指数最高，表明该群落中蝗虫物种数量分布不均匀，优势种地位表现突出，其他生境优势度指数依次为低地草甸>温性草原>温性荒漠。多样性指数温性草原最高，其次是低地草甸和温性荒漠，高寒草甸最低。从均匀度指数来看，温性荒漠最高，表明温性荒漠中各种蝗虫种群数量相较于其他 3 种生境分配均匀。

2.3 不同草原类型指示种分析

不同生境指示生物结果见表 3,从整体分析，指示值≥5%的物种在低地草甸最多，温性草原和温性荒漠相同，高寒草甸最少；5%<指示值<70%的指示生物在低地草甸中分布有 16 种，在

温性草原和温性荒漠中各有 13 种，高寒草甸最少，仅 10 种；指示值≥70%的指示生物分布在温性草原和温性荒漠。不同生境具有不同的指示物种，如亚洲小车蝗 *Oedaleus asiaticus* 在温性草原的指示值为 70.67%；宽须蚁蝗 *Myrmeleotettix palpalis* 在温性荒漠的指示值是 71.64%，这 2 种蝗虫的指示值均>70.00%，表明这 2 种蝗虫对所在生境有指示作用，可作为所在生境的指示生物。小翅雏蝗在温性草原的指示值达到 55.05%，而在其他生境中指示值较低；宁夏束颈蝗 *Sphingonotus ningsianus* 和黄胫异痲蝗 *Bryodema holdereri holdereri* 在温性荒漠的指示值≥40%，并显著高于其他生境中的指示值，说明这些蝗虫可作为该类生境的指示生物或是生境变化监测生物。

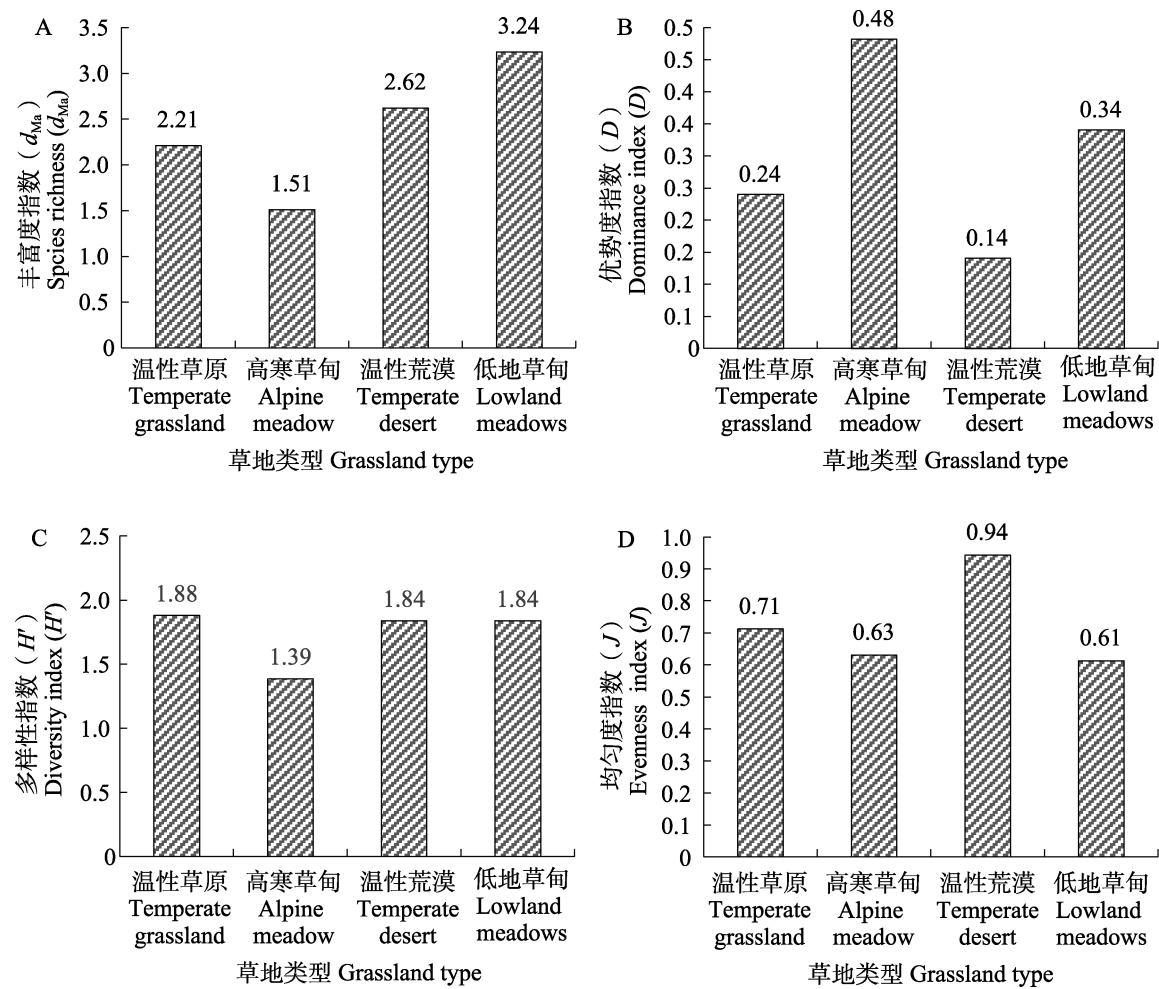


图 1 肃南县草原蝗虫群落特征指数

Fig. 1 Characteristic index of grasshopper community in Sunan county

A. 丰富度指数; B. 优势度指数; C. 多样性指数; D. 均匀度指数。
A. Richness index; B. Dominance index; C. Diversity index; D. Evenness index.

2.4 群落相似性

根据 Jaccard 相似性系数 (张大治等, 2008) 由高至低划分相似性级别: 极相似 ($0.75 < C \leq 1.00$)、中等相似 ($0.50 < C \leq 0.75$)、中等不相似 ($0.25 < C \leq 0.50$) 和极不相似 ($0 \leq C \leq 0.25$), 利用以上划分标准对不同草地类型蝗虫群落进行相似性比较。结果 (表 4) 表明, 温性草原、高寒草甸、温性荒漠和低地草甸 4 种草原类型中的蝗虫群落相互之间均为中等不相似, 且低地草甸与温性草原和温性荒漠两个蝗虫群落之间的相似性系数相同, 群落间的共同种均为 11 种, 相似性系数为 0.48。

3 讨论

物种多样性的形成是各种因素相互作用的结果 (Gaston, 2000)。生境的改变、环境中的水分、能量等都会共同影响群落中物种丰富度的改变。环境的异质性增强为昆虫的采食及生存环境提供了有利条件 (栗金丽等, 2021)。本研究结果与曹奕昕等 (2018) 的研究结果一致, 即多样性指数和丰富度指数存在一致性, 而优势度集中性指数在一定程度上与二者相反。将研究结果与史奎英等 (1991)、马忠业 (2008) 及孙涛等 (2010) 在肃南县草地蝗虫发生及防治对策研究

表 3 不同生境中蝗虫指示值
Table 3 Grasshopper indicator values in different habitats

物种 Species	指示种 (%) Indicator species (%)			
	温性草原 Temperate grassland	温性荒漠 Temperate desert	低地草甸 Lowland meadows	高寒草甸 Alpine meadow
红翅皱膝蝗 <i>Angaracris rhodopa</i>	23.57	3.37	40.74	32.32
黑翅皱膝蝗 <i>Angaracris nigroptera</i>	0.00	11.43	0.00	5.71
鼓翅皱膝蝗 <i>Angaracris barabensis</i>	40.58	5.80	18.84	7.25
大垫尖翅蝗 <i>Epacromius coerlipes</i>	0.00	0.00	25.00	0.00
黄胫异痼蝗 <i>Bryodema holdereri holdereri</i>	0.00	40.00	10.00	0.00
尤氏痼蝗 <i>Bryodema uvarovi</i>	20.00	0.00	25.00	0.00
青海痼蝗 <i>Bryodema miramae miramae</i>	0.00	0.00	0.00	25.00
黄胫小车蝗 <i>Oedaleus infernalis</i>	0.00	0.00	25.00	0.00
亚洲小车蝗 <i>Oedaleus asiaticus</i>	70.67	10.82	2.16	0.00
宁夏束颈蝗 <i>Sphingonotus ningsianus</i>	0.00	42.86	26.79	5.36
短星翅蝗 <i>Calliptamusab breviatus</i>	52.94	8.82	13.24	0.00
黑腿星翅蝗 <i>Calliptamusbar barus</i>	5.36	53.57	16.07	0.00
白纹雏蝗 <i>Chorthippus albonemus</i>	10.00	57.14	25.00	5.00
东方雏蝗 <i>Chorthippus intermedius</i>	48.21	0.00	16.07	10.71
小翅雏蝗 <i>Chorthippus fallax</i>	55.05	0.00	14.45	5.50
楼观雏蝗 <i>Chorthippus louguanensis</i>	35.00	0.00	15.00	0.00
邱氏异爪蝗 <i>Euchorthippus cheui</i>	0.00	0.00	36.11	13.89
祁连山蚰蝗 <i>Eremippus qilianshanensis</i>	0.00	25.00	0.00	0.00
宽翅曲背蝗 <i>Pararcyptera microptera</i>	22.22	0.00	8.33	33.33
宽须蚁蝗 <i>Myrmeleotettix palpalis</i>	6.52	71.64	3.26	0.00
甘肃疙蝗 <i>Pseudotmethis gansuensis</i>	22.22	27.78	0.00	0.00
贺兰疙蝗 <i>Pseudotmethis alashanicus</i>	0.00	25.00	0.00	0.00
青海短鼻蝗 <i>Filchnerella kukunoris</i>	0.00	28.57	21.43	0.00

表 4 不同草地类型蝗虫群落相似性系数
Table 4 Similarity-index of grasshopper species in different sampling plots

草地类型 Grassland type	温性草原 Temperate grassland	高寒草甸 Alpine meadow	温性荒漠 Temperate desert	低地草甸 Lowland meadows
温性草原 Temperate grassland	1.00			
高寒草甸 Alpine meadow	0.35	1.00		
温性荒漠 Temperate desert	0.33	0.28	1.00	
低地草甸 Lowland meadows	0.48	0.45	0.48	1.00

中所报道的蝗虫种类作出比较后发现,随着时间推移,蝗虫物种多样性正在下降。史奎英等(1991)报道的蝗灾发生速度快、面积大,虫口密度最高可达 212-428 头/m²,文中未提及蝗虫发生种类;马忠业(2008)研究结果表明共捕获

蝗虫约 65 种,虫口密度达 27-240 头/m²;孙涛等(2010)研究结果表明共捕获蝗虫 28 种,本研究共捕获 23 种蝗虫。上述研究中的蝗虫种类存在明显差异,如友谊华癩蝗 *Sinotmethis amicus*、黑翅束颈蝗 *Sphingonotus obscuratus*

latissimus、红翅瘤蝗 *Dericorys annulata roseipennis*、李氏大足蝗 *Gomphocerus licenti*、毛足棒角蝗 *Dasyhipps barbipes*、肃南短鼻蝗 *Filchnerella sunanensis* 等在本次研究中均未发现。分析其原因,一是长期的过度放牧使一些对蝗虫适口性较好的稀有植物种类严重丧失,而一些能耐受地表高温、土壤砂质化的植物物种存活下来。二是随着气候的变化,草原植被以及土壤条件发生了变化,使一些蝗虫产生不适应性。此外,还与蝗虫的盛发期有关(胡靖等, 2021)。

在草原生态系统中,昆虫与植物是重要组成部分(周伟, 2011),昆虫可以取食植物,植物则构成昆虫栖息环境,植物群落特征也会影响昆虫的数量与分布,而蝗虫对自然生态环境具有较强的调节能力与适应能力。比较不同草地类型的物种多样性指数,无论是多样性指数还是丰富度指数都以高寒草甸的最低,但高寒草甸的优势度指数比较高,这说明高寒草甸植物种类单一、环境相对较为恶劣,不利于大多数蝗虫的生存。本研究在不同草地类型下所捕获的蝗虫种类以及4种特征指数数值确有不同,证实了蝗虫对不同生境的调节与适应能力,反映了植物群落与蝗虫间的关系。因此,蝗虫群落的多样性受植被种类与盖度影响较大。此外,不同蝗虫种类要求不同的生境,多食性蝗虫种类的分布范围较为广泛,而单食性蝗虫种类的分布范围较为狭窄,这主要是由于蝗虫的不同食性和不同适应性所致(李馨, 2015)。在肃南县草原区蝗虫物种多样性调查中,红翅皱膝蝗和鼓翅皱膝蝗数目最多均为优势种,它们会随着外界因子不断变化而发生改变,一旦适应新环境种群数量就会迅速增加。

通过计算分析不同草地类型的蝗虫指示值,不同生境中具体的指示物种存在差异,亚洲小车蝗、宽须蚁蝗分别为温性草原和温性荒漠的指示种,表明这2种蝗虫对其生存的生境变化敏感,可作为其生境的特征指示种。通过对不同草地类型蝗虫群落相似性研究发现,不同草地类型中的蝗虫种类存在一定差异,初步分析造成此种差异的原因不仅与植物类型有关而且还与海拔以及温度等非生物因素存在一定联系,具体原因需在

今后的试验中进一步研究。

参考文献 (References)

- Branson DH, 2011. Relationships between plant diversity and grasshopper diversity and abundance in the little missouri national grassland. *Psyche: A Journal of Entomology*, Doi:10.1155/2011/748635.
- Cao YX, Li JY, Li X, Wang WQ, 2018. Species diversity of grasshoppers from different type of ecological restoration in loess hilly-gully region of Yan'an. *Journal of Yanan University (Natural Science Edition)*, 37(2): 82–87. [曹奕昕, 李家玉, 李馨, 王文强, 2018. 延安黄土丘陵沟壑区不同生态恢复类型中的蝗虫物种多样性. 延安大学学报(自然科学版), 37(2): 82–87.]
- Chen GQ, Wang SY, Zheng TX, Zhang Y, Qin BY, 2016. Diversity of locusts in the wetlands of Zhangye. *Journal of Northwest Forestry University*, 31(5): 211–216, 223. [陈广泉, 王淑艳, 郑天翔, 张勇, 秦伯颖, 2016. 张掖湿地蝗虫多样性调查研究. 西北林学院学报, 31(5): 211–216, 223.]
- Chen HB, 2017. Prevention and control measures of grassland pests in Sunan county in 2016. *China Agricultural Information*, 2017(2): 54–55. [陈怀斌, 2017. 肃南县2016年草原虫害防治措施. 中国农业信息, 2017(2): 54–55.]
- Cheng F, Bao M, Cai XZM, Hao HW, Li LL, Ma Q, Chen ZN, 2020. Analysis of butterfly diversity in different habitats in Gonghe Basin of Qinghai province. *Anhui Agricultural Sciences*, 48(10): 79–83. [成帆, 鲍敏, 才项卓玛, 郝会文, 李雷雷, 马强, 陈振宁, 2020. 青海共和盆地不同生境蝶类多样性分析. 安徽农业科学, 48(10): 79–83.]
- Davidowitz G, Rosenzweig ML, 1998. The latitudinal gradient of species diversity among North American grasshoppers (Acrididae) within a single habitat: A test of the spatial heterogeneity hypothesis. *Journal of Biogeography*, 25(3): 553–560.
- Fang YC, 2009. The currence and control situation of grassland locusts in Gansu province. *Grassland Science*, 26(11): 157–160. [方毅才, 2009. 甘肃草原蝗虫现状与防治对策. 草业科学, 26(11): 157–160.]
- Gansu Grassland Station, 1999. Grassland Resources in Gansu. Lanzhou: Gansu Science and Technology Press. 687. [甘肃省草原总站, 1999. 甘肃草地资源. 兰州: 甘肃科学技术出版社. 687.]
- Gaston KJ, 2000. Global patterns in biodiversity. *Nature*, 405(6783): 220–227.
- Guo ZW, Li HC, 2002. Some scientific problems for the relationship between locust diversity and the sustainable development of grassland ecosystems. *Chinese Bulletin of Entomology*, 39(6): 401–405. [郭中伟, 李鸿昌, 2002. 关于蝗虫多样性与草原生态系统可持续发展的若干科学问题. 昆虫知识, 39(6): 401–405.]
- Hu J, Qian XJ, Liu CZ, 2021. Effects of grazing patterns on grasshopper community biodiversity and mechanism on the alpine meadow. *Chinese Journal of Plant Protection*, 48(1):

- 212–220. [胡靖, 钱秀娟, 刘长仲, 2021. 放牧模式对高山草地蝗虫群落生物多样性的影响及其作用机制. 植物保护学报, 48(1): 212–220.]
- Kati V, Zografou K, Tzirkalli E, Chitos T, Willemse L, 2012. Butterfly and grasshopper diversity patterns in humid Mediterranean grasslands: The roles of disturbance and environmental factors. *Journal of Insect Conservation*, 16(6): 807–818.
- Li JL, Zhou GN, Gao M, Pan F, Gao LJ, 2021. Community structure and diversity of grasshoppers in different grassland types of Hongsongwa grasslands in Bashang, Hebei. *Journal of Plant Protection*, 48(1): 195–201. [栗金丽, 周国娜, 高明, 潘凡, 高立杰, 2021. 河北省坝上红松洼草原蝗虫群落结构与多样性调查. 植物保护学报, 48(1): 195–201.]
- Li X, 2015. Dynamics research on grasshopper population in ecological restoration in loess hilly-gully region of Yanan. Master dissertation. Yanan: Yan'an University. [李馨, 2015. 延安黄土丘陵沟壑区生态恢复中蝗虫物种多样性研究. 硕士学位论文. 延安: 延安大学.]
- Liu YP, Duan LF, 2020. How Chinese pesticide enterprises participate in FAO global tender for locust control. *World Pesticides*, 42(4): 1–11. [刘亚萍, 段丽芳, 2020. 中国农药企业如何参与粮农组织蝗虫防治全球招标采购. 世界农药, 42(4): 1–11.]
- Lu H, 2005. Study on the economic threshold and ecological threshold of *Oedaleus asiaticus* control on typical steppe in Inner Mongolia. Master dissertation. Lanzhou: Gansu Agricultural University. [卢辉, 2005. 内蒙古典型草原亚洲小车蝗防治经济阈值和生态阈值研究. 硕士学位论文. 兰州: 甘肃农业大学.]
- Lu H, Han JG, Zhang ZH, 2008. Study the relationship between plant diversity and grasshopper population in the steppe of Xilinguole. *Grassland and Lawn*, 2008(3): 21–24, 28. [卢辉, 韩建国, 张泽华, 2008. 锡林郭勒典型草原植物多样性和蝗虫种群的关系. 草原与草坪, 2008(3): 21–24, 28.]
- Ma ZY, 2008. Occurrence status and control countermeasures of grassland grasshoppers in Sunan county. *Grass Industry and Animal Husbandry*, 2008(8): 35–37. [马忠业, 2008. 肃南县草地蝗虫发生现状及防治对策. 草业与畜牧, 2008(8): 35–37.]
- Shi KY, Huan GN, Li HR, 1991. Occurrence and control measures of grasshoppers in Sunan county. *Sichuan Grassland*, 1991(4): 35–38. [史奎英, 郇庚年, 李焕仁, 1991. 肃南县草地蝗虫发生及防治对策. 四川草原, 1991(4): 35–38.]
- Song J, 2021. Research on temporal and spatial changes of forest carbon storage and forest landscape pattern in Qilian Mountains. Master dissertation. Lanzhou: Gansu Agricultural University. [宋洁, 2021. 祁连山森林碳储量与森林景观格局时空变化研究. 硕士学位论文. 兰州: 甘肃农业大学.]
- Song J, Wen SQ, 2021. Ecological environmental protection of Su'n'an section of Qilian Mountains based on "Yellow River Strategy". *Modern Agricultural Science and Technology*, 2021(14): 168–171, 176. [宋洁, 温胜强, 2021. 基于“黄河战略”的祁连山肃南段生态环境保护. 现代农业科技, 2021(14): 168–171, 176.]
- Song SS, Pang HC, Wang ZX, Wang XP, 2017. Community structure and diversity of Orthoptera in Mt. Yunwu Grassland Nature Reserve, Ningxia. *Journal of Ningxia University (Natural Science Edition)*, 38(2): 180–185, 192. [宋珊珊, 庞洪翠, 王章训, 王新谱, 2017. 宁夏云雾山草原直翅目昆虫群落结构及其多样性. 宁夏大学学报(自然科学版), 38(2): 180–185, 192.]
- Steck CE, Bürgi M, Bolliger J, Kienast F, Lehmann A, Gonseth Y, 2007. Conservation of grasshopper diversity in a changing environment. *Biological Conservation*, 138(3): 360–370.
- Sun T, Long RJ, Liu ZY, 2010. A comparative study of grasshopper species (Orthoptera: Acridoidea) diversity in different grasslands in the northern slopes of Qilian Mountains. *Acta Entomologica Sinica*, 53(6): 702–707. [孙涛, 龙瑞军, 刘志云, 2010. 祁连山北麓四种天然草地蝗虫物种多样性比较研究. 昆虫学报, 53(6): 702–707.]
- Tang XJ, Cui J, Wang YB, Ding L, 2021. Analysis on the spatio-temporal structure of land use in Sunan Yugu autonomous county, Gansu province. *China Rural Water Resources and Hydropower*, 2021(5): 94–101. [唐小娟, 崔静, 王以兵, 丁林, 2021. 肃南裕固族自治县土地利用时空结构分析. 中国农村水利水电, 2021(5): 94–101.]
- Wang XN, Qian HG, Bai XS, 2018. The community diversity of butterflies in Jiufeng Mountain of Baotou. *Chinese Journal of Ecology*, 37(7): 2040–2044. [王旭娜, 钱宏革, 白晓拴, 2018. 包头市九峰山蝴蝶群落多样性. 生态学杂志, 37(7): 2040–2044.]
- Wei XS, Guo MS, Gao GL, Ren Y, Ding GD, Zhang Y, 2020. Community structure and functional groups of fungi in the roots associated with *Pinus sylvestris* var. *Mongolica* in Hulunbuir sandy land. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 56(4): 710–720. [魏晓帅, 郭米山, 高广磊, 任悦, 丁国栋, 张英, 2020. 呼伦贝尔沙地樟子松根内真菌群落结构与功能群特征. 北京大学学报(自然科学版), 56(4): 710–720.]
- Xu CM, Wang JT, Li S, Liu LL, Yao GM, Wei J, Wang KF, Wang WC, Tu XB, Zhang ZH, 2021. Research progress on technology of locust. *Journal of Plant Protection*, 48(1): 73–83. [徐超民, 王加亭, 李霜, 刘路路, 姚贵敏, 伟军, 王坤芳, 王文成, 涂雄兵, 张泽华, 2021. 蝗虫综合防控技术研究进展. 植物保护学报, 48(1): 73–83.]
- Zhang DZ, He DH, Yu YZ, Li YC, Dai JX, Hu YP, Chen X, Li QY, 2008. Community diversity of litter-layer beetles in the Baijitan National Nature Reserve of Ningxia. *Zoological Research*, 29(5): 569–576. [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.]
- Zhao Z, 2019. An Illustrated Guide to Grassland Plants in Gansu. Beijing: Science Press. 6. [赵忠, 2019. 甘肃草原植物图鉴. 北京: 科学出版社. 6.]
- Zhou W, 2011. Study of the relation between grasshopper and vegetation community in the upper reaches of Hei River. Master dissertation. Lanzhou: Northwest Normal University. [周伟, 2011. 黑河上游草地蝗虫与植被群落关系研究. 硕士学位论文. 兰州: 西北师范大学.]