



王焱,李金星,阿依江·叶尔肯,刘荻,侯恒杰,邵长亮,赵莉. 新疆卡拉麦里国家公园蝗虫群落多样性及对植物群落的响应[J]. 中国农业大学学报, 2026, 31(01): 87-102.

WANG Yan, LI Jinxing, AYIJIANg·Yelken, LIU Di, HOU Hengjie, SHAO Changliang, ZHAO Li. Grasshopper community diversity and its response to plant communities in Kalamaili National Park, Xinjiang, China[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2026, 31(01): 87-102.

DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2026.01.08

新疆卡拉麦里国家公园蝗虫群落多样性及对植物群落的响应

王焱¹ 李金星¹ 阿依江·叶尔肯² 刘荻¹ 侯恒杰¹ 邵长亮^{2*} 赵莉^{1*}

(1. 新疆农业大学农学院, 乌鲁木齐 830052;

2. 新疆卡拉麦里山有蹄类野生动物自然保护区管理中心, 乌鲁木齐 830052)

摘要 为了解新疆卡拉麦里国家公园(卡山)蝗虫群落结构和多样性特征,采用网捕法于2024年5—9月对卡山蝗虫进行了系统调查。结果表明:1)调查共采集蝗虫4 992头,隶属于蝗总科的6科20属37种,其中斑翅蝗科(Oedipodidae)束颈蝗属(*Sphingonotus*)在该区域分布数量最多(占总数56%);2)卡山蝗虫丰度主要受植物群落多样性和均匀度的影响,依据蝗虫优势度划分,卡山的优势种(3种)为白茎绢蒿荒漠和盐生假木贼荒漠共同监测种,分别受藜科和菊科植被的影响;常见种(14种)中,红胫戟纹蝗(*Dociostaurus kraussi*)为白茎绢蒿荒漠特有监测种(受菊科影响),黄胫束颈蝗(*Sphingonotus savignyi*)为白梭梭荒漠特有监测种(受藜科影响),细距蝗(*Leptopternis gracilis*)和伊犁细距蝗(*Leptopternis iliensis*)为驼绒藜沙漠特有监测种(分别受藜科和菊科影响);3) γ 和 α 多样性在时间动态中有着先增后减的变化规律(7月多样性最大),其中Shannon-Wiener多样性指数和Margalef丰富度指数的峰值主要聚集在7月份;4)蝗虫群落 β 多样性在白梭梭荒漠和盐生假木贼荒漠之间差异性最大($\beta_w=0.43$, $\beta_c=10$, Jaccard=0.39),白茎绢蒿荒漠与盐生假木贼荒漠之间最为相似($\beta_w=0.12$, $\beta_c=3.5$, Jaccard=0.79)。综上,卡山蝗虫群落多样性较高,7月为蝗虫的主要发生期,白茎绢蒿荒漠是蝗虫多样性最高的草地型,而以菊科和藜科为主要种类的生境中需要加强监测。

关键词 蝗虫; 监测种; 群落组成; 多样性; 植物类型

中图分类号 S812.6

文章编号 1007-4333(2026)01-0087-16

文献标志码 A

Grasshopper community diversity and its response to plant communities in Kalamaili National Park, Xinjiang, China

WANG Yan¹, LI Jinxing¹, AYIJIANg·Yelken², LIU Di¹, HOU Hengjie¹,

SHAO Changliang^{2*}, ZHAO Li^{1*}

(1. College of Agriculture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;

2. Management Center of Xinjiang Kalamaili Mountain Ungulate Nature Reserve, Urumqi 830052, China)

Abstract In order to understand the community structure and diversity characteristics of grasshoppers in Kalamaili National Park, Xinjiang, a systematic survey of grasshoppers in Kashan from May to September 2024 was carried out by net capture method. The results showed that: 1) A total of 4 992 grasshoppers were collected, belonging to 6 families, 20 genera and 37 species of Acridoidea. Among them, the genus *Sphingonotus* (Oedipodidae) was the most abundant in this area (accounting for 56% of the total). 2) The abundance of

收稿日期: 2025-07-10; 接受日期: 2025-12-02

基金项目: 中央财政林业草原生态保护恢复资金项目(2024006)

第一作者: 王焱(ORCID:0009-0008-3654-1446), 硕士研究生, E-mail: 2416434198@qq.com

通讯作者: 邵长亮(ORCID:0009-0004-0911-7974), 高级工程师, 主要从事野生动植物保护研究, E-mail: shao320721@126.com

赵莉(ORCID:0009-0000-4137-5085), 教授, 主要从事草地昆虫学研究, E-mail: 782122497@qq.com

grasshoppers was mainly affected by the diversity and evenness of plant communities. According to the dominance of grasshoppers, the dominant species (3 species) in Kashan were the common monitoring species of *Seriphidium terraealbae* desert and *Anabasis salsa* desert, which were affected by Chenopodiaceae and Compositae vegetation, respectively. Among the common species (14 species), *Doclostaurus kraussi* was the unique monitoring species of *Seriphidium terraealbae* desert (affected by Asteraceae), *Sphingonotus savignyi* was the unique monitoring species of *Haloxylon persicum* desert (affected by Chenopodiaceae), *Leptopternis gracilis* and *Leptopternis iliensis* were the unique monitoring species of *Krascheninnikovia ceratoides* desert (affected by Chenopodiaceae and Asteraceae respectively). 3) The γ diversity and α diversity exhibit a temporal trend of first increasing and then decreasing (with the highest in July), with the peak values of Shannon-Wiener diversity and Margalef richness index mainly gathered in July. 4) The difference of β diversity of grasshopper community was the largest between *Haloxylon persicum* desert and *Anabasis salsa* desert ($\beta_w=0.43$, $\beta_c=10$, Jaccard=0.39). The *Seriphidium terraealbae* desert was most similar to the *Anabasis salsa* desert ($\beta_w=0.12$, $\beta_c=3.5$, Jaccard=0.79). In summary, the diversity of grasshopper community in Kashan is relatively high, with July being the main occurrence period for locusts. The *Seriphidium terraealbae* desert is the grassland type with the highest diversity of grasshoppers, monitoring needs to be strengthened in habitats with Asteraceae and Chenopodiaceae as the main species.

Keywords grasshoppers; monitoring species; community composition; diversity; vegetation types

卡拉麦里国家公园(以下简称卡山)位于新疆准噶尔盆地东北部,是我国荒漠有蹄类珍稀濒危物种高度聚集区^[1-2],分布着国家一级和二级重点保护野生动物,分别为13和36种^[3];同时该地区也是我国温带冷荒漠生态系统的典型代表,孕育着丰富的荒漠动植物^[4],是野生动植物的“天然基因库”。但卡山因植被组成较为简单、分布稀疏,且水资源短缺,使其构成了一个复杂而脆弱的生态系统(草原生态系统)^[5]。蝗虫作为草原害虫的典型代表,严重发生时可导致草地退化和生态环境破坏^[6-9],同时一些种类对生境质量还具有一定的指示作用(生境的原貌兴衰与变迁)^[10]。

自20世纪80年代初以来,陈永林^[11-12]就新疆地区的蝗虫进行了深入研究,从区系、区域和生态地理分布3个维度揭示了其分布规律与特点。蝗虫群落的特征及其多样性有助于解析蝗虫的分布模式,进而评估蝗虫种类和种群的变化趋势^[13]。物种多样性的概念由Fisher等^[14]在1943年首次提出,并依据研究尺度的不同,可划分为 α 、 β 和 γ 多样性。随着对生物多样性重视程度的增加,相关研究已扩展至植物、动物及微生物等多个领域,尤其是在 α 和 β 多样性方面更为集中^[10]。近年来,对于蝗虫的多样性研究亦是如此。如李金星等^[15]和Song等^[16]采用 α 多样性分别对新疆博州和伊犁河流域的蝗虫群落进行相关分析明确群落组成;刘晓丽等^[17]和Li等^[18]采

用 β 多样性分别对祁连山和西藏的蝗虫群落进行相关分析明确不同生境间蝗虫群落的差异。这些研究表明,了解蝗虫群落的多样性和分布对于评估其生态影响至关重要。进一步的研究发现,蝗虫不仅在不同地理区域表现出显著的群落差异,而且其分布还受到生态因子(生物群落、生物和非生物因子)的深刻影响^[19]。植物作为植食性昆虫重要的生物因素之一,常为昆虫提供食物和适宜的生境^[19],蝗虫作为草原生态系统中的关键害虫,分布和暴发与植被条件密切相关。具体来说,植被盖度、种类构成及多样性等因素都影响蝗虫群落的结构和数量^[19-20]。近年来,较多地区采用梯度分析对蝗虫和植被间的关系进行相关的研究。刘晓丽等^[17]对祁连山蝗虫群落采用冗余分析(RDA),认为禾本科和豆科等植被是影响蝗虫群落组成与分布的重要因素;曹梓渝等^[21]对宁夏的优势蝗虫采用冗余分析,得出该地区的优势种受禾本科和菊科植被的影响;李金星等^[19]对新疆博州优势蝗虫采用典范对应分析(CCA),得出荒漠类草地类型中的优势蝗虫主要受藜科植被的影响,在草原草甸类中的优势蝗虫主要受豆科和禾本科的影响。以上研究均表明蝗虫的发生和植被之间有着较高的相关性^[22]。

目前关于卡山的研究多集中于动物和植物,如水源和生境的破碎化是影响蒙古野驴和鹅喉羚等动物生境质量的关键自然因素^[5,23];海拔高度、植被

种类、灌木盖度、灌木高度和土壤含水量是决定啮齿动物群落结构最主要的环境因子^[24]；温度（春季）的变化直接导致了开花植物和传粉者物种发生改变^[4]，进而会影响植物后期的繁殖，但关于昆虫群落（蝗虫）未见报道。了解蝗虫群落的组成、多样性以及与植被的关系，可以解析蝗虫的分布模式，进而评估蝗虫种类和种群的长期变化趋势^[25]。因此本研究于 2024 年 5—9 月在卡山对蝗虫群落进行系统调查，通过对蝗虫群落特征（ γ 、 α 、 β 多样性和相似性分析）、IndVal_j指示值、冗余分析，明确蝗虫群落的组成及动态变化、不同草地类型的指示种类和植被群落特征对蝗虫的影响，探讨不同生境指示种的差异和影响不同蝗虫群落主导因子的差异，以期对卡山的生态保护、修复和蝗虫的监测提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究地概况

卡山地处准噶尔盆地内古尔班通古特大沙漠东缘，地理坐标：44°38′~46°00′ N，88°30′~90°00′ E，占地 170 万 hm^2 ，地处北半球中纬度地区亚洲大陆腹地，属中温带大陆性干旱气候，夏季炎热短暂，冬季寒冷漫长，海拔高度为 600~1 464 m^[26]。卡山植被组成较为简单，类型较单调，分布较稀疏，主要由超旱生、旱生小乔木、灌木、半灌木以及旱生的一年生草本、多年生草本和短命植物等荒漠植物组成^[27]。

依据本次调查的蝗虫发生情况，蝗虫分布的生境可分为 5 种草地型^[28]，依次为白茎绢蒿荒漠、白梭梭荒漠、盐生假木贼荒漠、梭梭沙漠和驼绒藜沙漠，其植被组成详见表 1。

表 1 卡山草地型及其植被类型

Table 1 Grassland type and its vegetation type in Kashan

草地型 Grass type	简写 Abbreviate	主要植被 Main vegetation
白茎绢蒿荒漠 <i>Seriphidium terraealbae</i> desert	BJH	白茎绢蒿 (<i>Seriphidium terraealbae</i>)、驼绒藜 (<i>Krascheninnikovia ceratoides</i>)、盐生假木贼 (<i>Anabasis salsa</i>)、琵琶柴 (<i>Reaumuria soongorica</i>)、梭梭 (<i>Haloxyylon ammodendron</i>)、白刺 (<i>Nitraria schoberi</i>)、麻黄 (<i>Ephedra sinica</i>)、针茅 (<i>Stipa glareosa</i>)、猪毛菜 (<i>Salsola sinkiangensis</i>)
白梭梭荒漠 <i>Haloxyylon persicum</i> desert	BSH	白梭梭 (<i>Haloxyylon persicum</i>)、白茎绢蒿 (<i>Seriphidium terraealbae</i>)、麻黄 (<i>Ephedra sinica</i>)、泡果沙拐枣 (<i>Calligonum junceum</i>)、准噶尔沙蒿 (<i>Artemisia arenari</i>)、琵琶柴 (<i>Reaumuria soongorica</i>)、羽毛三芒草 (<i>Aristida pennat</i>)、鹤虱 (<i>Lappula myosotis</i>)
盐生假木贼荒漠 <i>Anabasis salsa</i> desert	YSH	盐生假木贼 (<i>Anabasis salsa</i>)、驼绒藜 (<i>Krascheninnikovia ceratoides</i>)、白茎绢蒿 (<i>Seriphidium terraealbae</i>)、琵琶柴 (<i>Reaumuria soongorica</i>)、角果藜 (<i>Ceratocarpus arenarius</i>)、麻黄 (<i>Ephedra sinica</i>)、针茅 (<i>Stipa glareosa</i>)、红柳 (<i>Tamarix chinensis</i>)、白刺 (<i>Nitraria schoberi</i>)
梭梭沙漠 <i>Haloxyylon ammodendron</i> desert	SSS	梭梭 (<i>Haloxyylon ammodendron</i>)、琵琶柴 (<i>Reaumuria soongorica</i>)、驼绒藜 (<i>Krascheninnikovia ceratoides</i>)、麻黄 (<i>Ephedra sinica</i>)、泡果沙拐枣 (<i>Calligonum junceum</i>)、准噶尔沙蒿 (<i>Artemisia songarica</i>)
驼绒藜沙漠 <i>Krascheninnikovia ceratoides</i> desert	TRS	驼绒藜 (<i>Krascheninnikovia ceratoides</i>)、白茎绢蒿 (<i>Seriphidium terraealbae</i>)、琵琶柴 (<i>Reaumuria soongorica</i>)、角果藜 (<i>Ceratocarpus arenarius</i>)、白刺 (<i>Nitraria schoberi</i>)、阿魏 (<i>Ferula sinkiangensis</i>)、准噶尔沙蒿 (<i>Artemisia songarica</i>)、泡果沙拐枣 (<i>Calligonum junceum</i>)

1.2 调查方法

本研究于 2024 年 5—9 月采用网捕法对蝗虫群落组成和发生数量进行调查，频次为每月一次。5 种草地型共设置 390 个样点，在每个样点向东南西北 4 个方向进行平行扫捕 100 单网，每网扫过弧度

为 180°；将采集的蝗虫放入毒瓶毒死后带回实验室进行数量统计及物种鉴定。蝗虫鉴定参考李金星等^[15]所用鉴定书籍和文献进行。

1.3 多样性指数分析

采用 γ 多样性指数^[29]、 α 多样性指数^[30]、 β 多样

性指数^[31]和 Jaccard 相似性系数^[15]对蝗虫群落特征及进行分析。

1.3.1 γ 多样性指数

采用 γ 多样性评估卡山整体多样性,公式如下:

$$\gamma=S \quad (1)$$

式中: S 为所研究区域记录的物种总数,种。

1.3.2 α 多样性指数

多样性指数(H)采用 Shannon-Wiener 指数表示群落种类多样性。计算公式如下:

$$H=-\sum P_i \ln P_i \quad (2)$$

式中: P_i 为第 i 个种占总数的比例,%; i 为该群落中第 i 个物种的个体数量占总数的比例,%。

均匀度指数(E)采用 Pielou 指数表示群落均匀度。计算公式如下:

$$E=H/S \quad (3)$$

式中: H 为多样性指数。

优势度指数(C)采用 Simpson 指数表示群落中物种的优势集中度。计算公式如下:

$$C=1-\sum (P_i)^2 \quad (4)$$

丰富度指数(R)采用 Margalef 指数表示一个群落中物种数目的多寡。计算公式如下:

$$R=(S-1)/\ln N \quad (5)$$

式中: N 为群落中的个体总数,头。

1.3.3 β 多样性指数

采用 Whittaker 指数(β_w)表示该区域内的物种组成差异。计算公式如下:

$$\beta_w=S/\alpha-1 \quad (6)$$

式中: α 为各群落的平均物种数,种。

采用 Cody 指数(β_c)表示该特有物种的数量。计算公式如下:

$$\beta_c=(g+1)/2 \quad (7)$$

式中: g 为前一个群落有而后一个群落没有的物种数,种; l 为后一个群落有而前一个群落没有的物种数,种。

采用 Jaccard 相似性系数表示 2 个群落的物种组成相似性。计算公式如下:

$$J=a/[(g+l)-a] \quad (8)$$

式中: a 为 2 个群落共有的物种数,种。

Jaccard 相似性系数将相似等级划分为 4 个等级:极相似、中等相似、中等不相似和极不相似,系数分别为:0.75~1.00、0.50~0.75、0.25~0.50 和 0~0.25。

1.3.4 蝗虫优势度

依据单种蝗虫个体数量占蝗虫群落总数的百分比判定群落优势种,百分比>10%为优势种,1%<百分比≤10%为常见种,百分比≤1%为稀有种^[32]。

1.3.5 指示种

采用 IndVal_{ij} 指示值法判断物种的指示作用。计算公式如下:

$$\text{IndVal}_{ij}=A_{ij} \times B_{ij} \quad (9)$$

式中: A_{ij} 为物种 i 在草地型 j 的平均多度(个体数)与该物种在所有草地型的平均多度之和的比值,%; B_{ij} 为草地型 j 中存在物种 i 的样地数与该草地型的所有样地数的比值,%。当 $0.05 \leq \text{IndVal}_{ij} < 0.50$ 物种为生境监测物种,以 $\text{IndVal}_{ij} \geq 0.5$ 为生境指示物种^[21]。

1.3.6 冗余分析

通过除趋势对应分析(DCA)分析结果选择进行冗余分析(第1轴长度值<3.0)或典范对应分析(第1轴长度值>4.0),若第1轴长度值介于3.0~4.0时,二者均可选择^[21]。环境因子的直线越长,说明其与蝗虫丰度的相关性越大,反之越小;蝗虫丰度与环境因子之间的夹角表示相关性,当蝗虫丰度与某个环境因子之间的夹角为锐角时,表明两者之间呈正相关,当夹角为钝角,则表明两者之间呈负相关,即夹角越小,相关性越大^[33]。

1.4 数据统计与分析

用 Excel 2016 对数据进行统计,并对不同草地型在不同时间的 γ 、 α 和 β 多样性指数进行计算,用 SPSS 21.0 (IBM Corp., Armonk, N. Y., USA)对蝗虫群落特征进行分析,冗余分析通过 CANOCO 5.0 (Biometris) 分析,在 Origin 2024 (OriginLab)和 CANOCO 5.0 中完成制图。

2 结果与分析

2.1 卡山蝗虫群落组成、指示种和 γ 多样性

2.1.1 卡山蝗虫群落组成及 γ 多样性

本研究共采集到蝗虫 4 992 头,隶属于蝗总科 6 科 20 属 37 种。其中,在科级水平上,斑翅蝗科(Oedipodidae)数量最多,有 10 属 22 种,占总数的 77% (3 865 头);其次为网翅蝗科(Arcypteridae)、癞蝗科(Pamphagidae)分别有 5 属 9 种和 1 属 1 种,均占总数的 10% (492 头和 506 头);锥头蝗科(Pyrgomorphidae)最

少,仅1属1种,占总数的2%(7头)。在属级水平上,束颈蝗属(*Sphingonotus*)数量最多,占总数的56%(2 786头);尖翅蝗属(*Epacromius*)数量最少,仅占0.01%(1头)。

卡山蝗虫 γ 多样性为37。依据蝗虫各月发生的情况, γ 多样性与个体数变化趋势基本一致,表现为5—6月呈上升趋势,在7月达到峰值(个体数和 γ 多样性分别为2 674和33),8—9月下降(图1)。

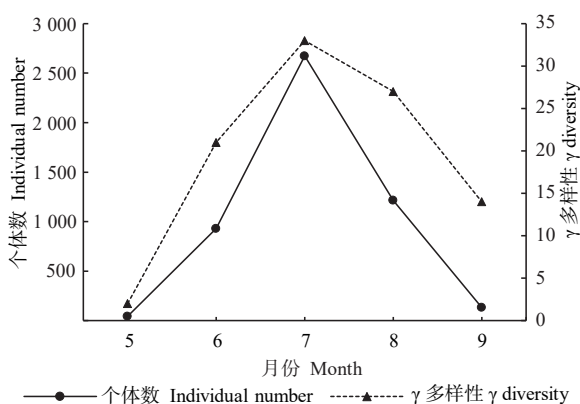


图1 卡山蝗虫个体数和 γ 多样性的时间变化

Fig. 1 Time variation of individual number and γ diversity of Kashan grasshoppers

2.1.2 卡山蝗虫优势种及指示种

根据蝗虫物种个体数量占总量的百分比可知(表2):卡山的优势蝗虫($\geq 10\%$)有3种(瘤背束颈蝗、旋跳蝗和宽纹蠢蝗),可作为白茎绢蒿荒漠和盐生假木贼荒漠的共同监测种($0.05 \leq$ 指示值 < 0.50);同时宽纹蠢蝗也是驼绒藜沙漠的主要监测种。常见种($1\% \sim 10\%$, 14种)一般作为某一种草地型的生境监测物种,如白茎绢蒿荒漠的常见监测种最多(4种,岩石束颈蝗、蓝胫束颈蝗、毛足蚰蝗和红胫戟纹蝗);其次为盐生假木贼荒漠(3种,石砾束颈蝗、岩石束颈蝗和毛足蚰蝗);梭梭沙漠和驼绒藜沙漠均为2种(蓝胫束颈蝗和石砾束颈蝗、细距蝗和伊犁细距蝗);白梭梭荒漠仅1种(黄胫束颈蝗)。而稀有种($< 1\%$, 20种)则在不同草地型与优势种群落相伴存在。

2.2 5种草地型在不同月份蝗虫 α 多样性分析

在 α 多样性分析中,5种草地型在不同月份的蝗虫群落多样性表现出一定差异(图2)。5种草地型的Shannon-Wiener多样性指数在7、8月和5—9月均要高于其他月份,且白茎绢蒿荒漠和梭梭沙漠在

此月份要显著高于其他月份($P < 0.05$,图2(a))。白茎绢蒿荒漠、白梭梭荒漠、盐生假木贼荒漠和梭梭沙漠的Margalef丰富度指数在5、6和9月要低于其他月份,而梭梭沙漠和驼绒藜沙漠在5和6月显著低于其他月份($P < 0.05$,图2(b))。Pielou均匀度指数在5和9月的白茎绢蒿荒漠、白梭梭荒漠、盐生假木贼荒漠和驼绒藜沙漠要高于其他月份,盐生假木贼荒漠和驼绒藜沙漠的不同月份差异均不显著(图2(c))。Simpson优势度指数在5和9月的白茎绢蒿荒漠、白梭梭荒漠和盐生假木贼荒漠最高,且盐生假木贼荒漠在此月份要显著高于其他月份($P < 0.05$);而白梭梭荒漠和驼绒藜沙漠在不同月份差异均不显著(图2(d))。

2.3 5种草地型在不同月份的蝗虫 β 多样性分析

Whittaker指数(β_w)越高,说明两地之间差异性越大。从5—9月整体来看, β_w 均低于0.5,说明卡山5种草地型之间物种差异较小,最高值出现在白梭梭荒漠与盐生假木贼荒漠之间($\beta_w = 0.43$),二者差异性最大(图3(a))。5种生境之间蝗虫群落 β_w 指数在不同月份有所差异, β_w 指数最高值出现在9月份的白梭梭荒漠与驼绒藜沙漠之间($\beta_w = 1.0$),说明9月份两地物种组成差异最大(图3(f))。白茎绢蒿荒漠与白梭梭荒漠、白茎绢蒿荒漠与梭梭沙漠、白梭梭荒漠与梭梭沙漠、盐生假木贼荒漠与驼绒藜沙漠之间在5月份物种差异最小($\beta_w = 0$,图3(b))。Cody指数(β_c)越高,说明两地之间特有种越多。从5—9月整体来看, β_c 与 β_w 相似,最大值出现在白梭梭荒漠与白茎绢蒿荒漠之间($\beta_c = 10.5$),说明两地特有种差异最大(图3(a))。在不同月份 β_c 变化有所差异, β_c 指数最大值出现在7月的白茎绢蒿荒漠与驼绒藜沙漠之间($\beta_c = 9.5$),此月物种数最多(图1),两地分别的特有种最多(图3(d))。而 β_c 指数最小值出现在5月的白茎绢蒿荒漠与白梭梭荒漠、白茎绢蒿荒漠与梭梭沙漠、白梭梭荒漠与梭梭沙漠、盐生假木贼荒漠与驼绒藜沙漠之间($\beta_c = 0$,图3(b))。Jaccard指数越高,说明二者越相似,不同生境之间蝗虫群落的Jaccard指数呈现出不同变化趋势。5—9月的整体结果表明,白茎绢蒿荒漠与盐生假木贼荒漠的相似性系数最高($J = 0.79$),表现为极相似(图3(a))。不同月份相似性指数最高值($J = 1.0$)出现在5月份(白茎绢蒿荒漠与白梭梭荒漠、白茎绢蒿荒漠与梭梭沙漠、白梭梭荒漠与梭梭沙漠、盐生假木贼荒

表2 卡山蝗虫物种组成及不同草地型物种指示值
Table 2 Species composition of grasshopper and indicators of different grassland types in Kashan

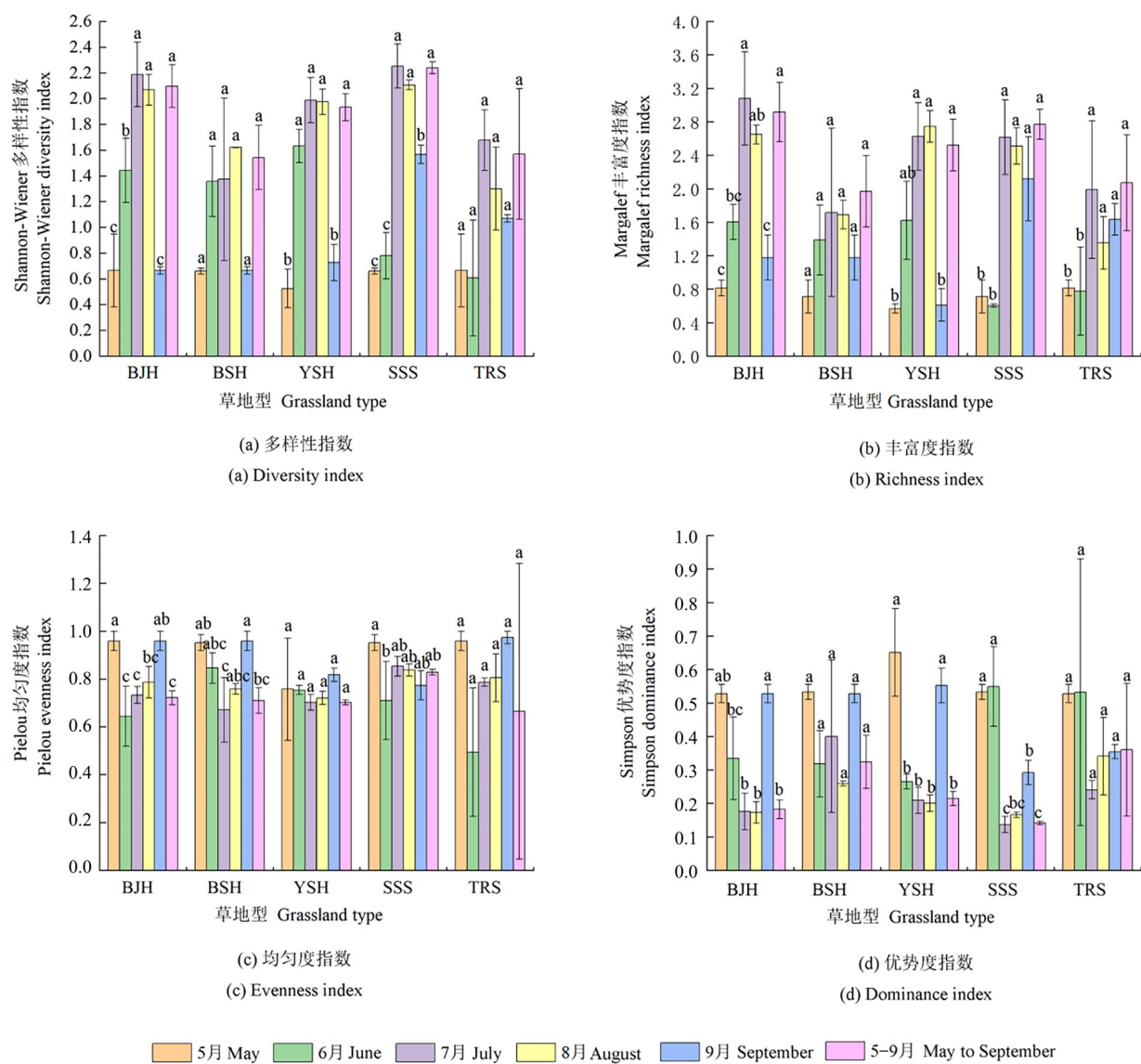
科 Family	属 Genus	种 Species	缩写 Abbreviate	白茎绢蒿荒漠 <i>Seriphidium terraealbae</i> desert	白梭梭荒漠 <i>Haloxylon persicum</i> desert	盐生假木贼荒漠 <i>Anabasis salsa</i> desert	梭梭沙漠 <i>Haloxylon ammmodendron</i> desert	驼绒藜沙漠 <i>Krascheninnikovia ceratoides</i> desert	数量占比/% Number of total percentage
癞蝗科 Pamphagidae	蠹蝗属 <i>Thrinchus</i>	宽纹蠹蝗 <i>Thrinchus schrenkii</i>	TSI	0.16	0.01	0.08	0.02	0.05	10.13
	锥头蝗属 <i>Pyrgomorpha</i>	锥头蝗 <i>Pyrgomorpha conica</i>	PCA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.14
斑腿蝗科 Catantopidae	瘤蝗属 <i>Dericorys</i>	红翅瘤蝗 <i>Dericorys roseipennis</i>	DRS	0.00	0.03	0.01	0.05	0.00	0.78
	星翅蝗属 <i>Calliptamus</i>	黑腿星翅蝗 <i>Calliptamus barbarus barbarus</i>	CBB	0.02	0.00	0.04	0.02	0.01	1.06
		伪星翅蝗 <i>Calliptamus coelestyriensis</i>	CCS	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24
	痼蝗属 <i>Bryodema</i>	朱腿痼蝗 <i>Bryodema gebleri</i>	BGI	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	1.08
斑翅蝗科 Oedipodidae	尖翅蝗属 <i>Epacromius</i>	大垫尖翅蝗 <i>Epacromius coerulipes</i>	ECS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
	小车蝗属 <i>Oedaleus</i>	黑条小车蝗 <i>Oedaleus decorus decorus</i>	ODD	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
	驼背蝗属 <i>Pyrgodera</i>	驼背蝗 <i>Pyrgodera armata</i>	PAA	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24
	小跃蝗属 <i>Mioscirtus</i>	小跃蝗 <i>Mioscirtus wagneri wagneri</i>	MWW	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.34
	胫刺蝗属 <i>Compsorhipis</i>	大胫刺蝗 <i>Compsorhipis davidiana</i>	CDA	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.06

表 2 (续)

科 Family	属 Genus	种 Species	缩写 Abbreviate	白茎蒯荒漠 <i>Seriphidium</i> <i>terraealbae</i> desert	白梭梭荒漠 <i>Haloxylon</i> <i>persicum</i> desert	盐生假木贼荒漠 <i>Anabasis salsa</i> desert	梭梭沙漠 <i>Haloxylon</i> <i>ammodendron</i> desert	驼绒藜沙漠 <i>Krascheninikovia</i> <i>ceratoides</i> desert	数量占比/% Number of total percentage
斑翅蝗科 Oedipodidae	束颈蝗属 <i>Sphingonotus</i>	瘤背束颈蝗 <i>Sphingonotus salinus</i>	SSS	0.28	0.00	0.27	0.02	0.00	23.07
		八纹束颈蝗 <i>Sphingonotus octofasciatus</i>	SOS	0.06	0.00	0.01	0.00	0.00	0.78
		岩石束颈蝗 <i>Sphingonotus nebulosus nebulosus</i>	SNN	0.11	0.00	0.11	0.02	0.00	4.63
		黄胫束颈蝗 <i>Sphingonotus savignyi</i>	SSI	0.00	0.07	0.00	0.00	0.03	0.60
		蓝胫束颈蝗 <i>Sphingonotus coerulipes</i>	SCS	0.16	0.01	0.02	0.09	0.00	5.79
		黑翅束颈蝗 <i>Sphingonotus obscuratus latissimus</i>	SOL	0.00	0.03	0.00	0.16	0.02	2.12
		盐池束颈蝗 <i>Sphingonotus yenchihensis</i>	SYS	0.03	0.00	0.13	0.03	0.01	5.17
		岸砾束颈蝗 <i>Sphiugonotus rubescens</i>	SRS	0.00	0.10	0.00	0.00	0.01	1.38
		宁夏束颈蝗 <i>Sphingonotus ningsianus</i>	SNS	0.00	0.07	0.04	0.02	0.00	3.92
		石砾束颈蝗 <i>Sphingonotus maculatus petraeu</i>	SMP	0.04	0.00	0.14	0.09	0.00	7.51

表 2 (续)

科 Family	属 Genus	种 Species	缩写 Abbreviate	白茎绢蒿荒漠 <i>Seriphidium terraealbae</i> desert	白梭梭荒漠 <i>Haloxylon persicum</i> desert	盐生假木贼荒漠 <i>Anabasis salsa</i> desert	梭梭沙漠 <i>Haloxylon ammodendron</i> desert	驼绒藜沙漠 <i>Krascheninnikovia ceratoides</i> desert	数量占比/% Number of total percentage
网翅蝗科 Acrypteridae	红胫戟纹蝗 <i>Dociostaurus braussi</i>	DKK		0.13	0.00	0.01	0.00	0.00	4.29
	蓝胫戟纹蝗 <i>Dociostaurus tartarus</i>	DTS		0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.14
槌角蝗科 Gomphoceridae	雏蝗属 <i>Chorthippus</i>	华北雏蝗 <i>Chorthippus brunneus huabeiensis</i>	CBH	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18
	皱腹蝗属 <i>Egnatius</i>	长角皱腹蝗 <i>Egnatius apicalis</i>	EAS	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.36



图中柱体上方不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。横轴标目字母为草地型简写,见表1。
Different lowercase letters above the bars in the figure indicate significant differences ($P < 0.05$). The horizontal axis letter is short for grass type, see table 1.

图2 5种草地型不同月份的蝗虫 α 多样性指数

Fig. 2 The α diversity index of grasshoppers in different months of the five grassland types

漠与驼绒藜沙漠),表现为极相似(图3(b));而9月的白梭梭荒漠与驼绒藜沙漠系数为0,表现为极不相似(图3(f))。

2.4 蝗虫与环境因子的关系

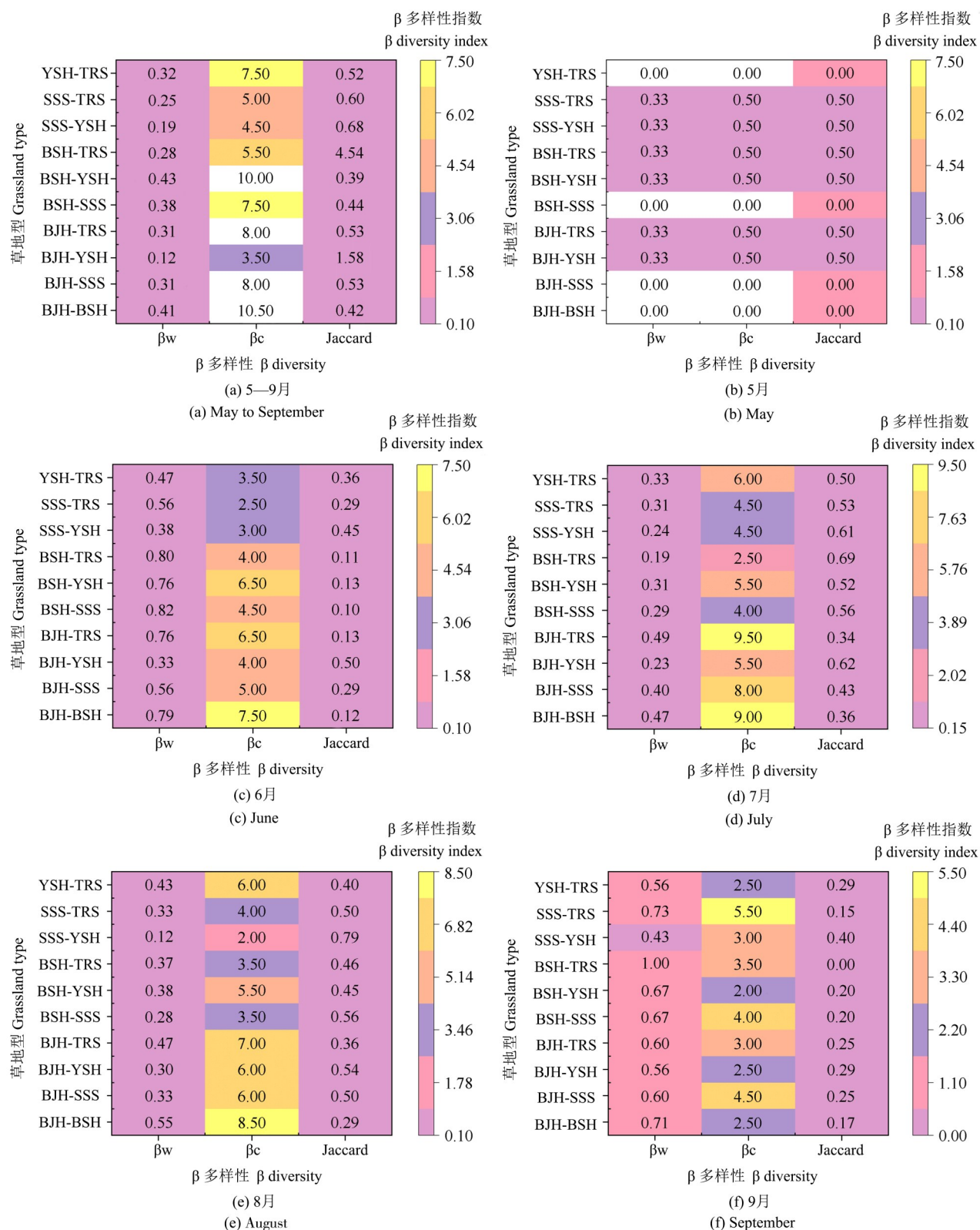
2.4.1 蝗虫群落对环境因子的响应

通过对蝗虫群落数据进行除趋势对应分析,结果表明,1~4梯度轴长度分别为2.31、1.58、1.25和1.56,且第1梯度轴长度 <3.00 ,故选取冗余分析进行蝗虫丰度与环境因子之间的关系分析。依据不同环境因子的贡献率(10种环境因子),多样性指数

占据主导地位(62.6%),且与排序轴呈显著正相关($P < 0.05$);其次为菊科植物(8.7%)和植被覆盖度(8.3%),且植被覆盖度与排序轴呈显著正相关($P < 0.05$),最低为禾本科(1.5%),与排序轴呈正相关(表3)。

2.4.2 蝗虫群落与环境因子冗余分析

RDA分析结果表明,前2轴总解释率为82.13%(第1轴解释率为66.24%,第2轴解释率为15.89%)。影响蝗虫丰度的环境因子依次为:多样性指数 $>$ 均匀度指数 $>$ 优势度指数 $>$ 菊科 $>$ 植被覆盖



纵轴标目表示2种草地型之间的关系,字母代表的含义见表1。

The vertical axis indicates the relationship between the two grassland types, and the meaning of the letters is shown in Table 1.

图3 5种草地型不同时间的蝗虫 β 多样性

Fig. 3 Grasshoppers β diversity in grassland types at different times

表3 环境因子对蝗虫丰度的贡献率

Table 3 Contribution rate of environmental factors to locust abundance

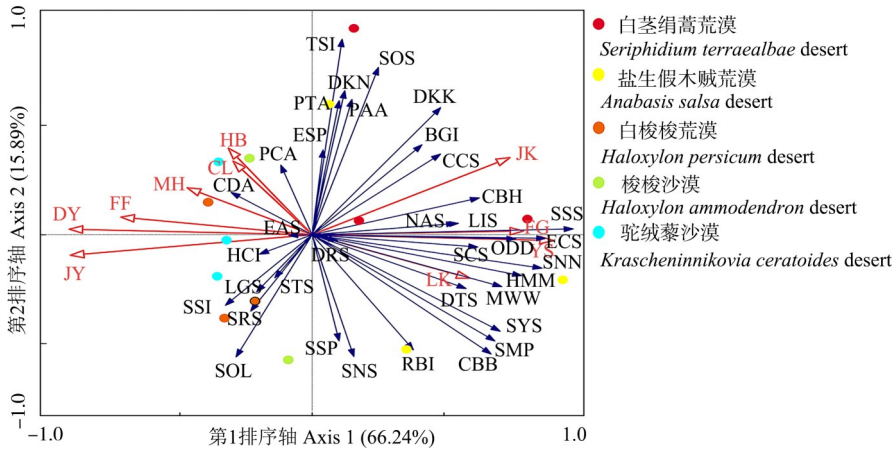
植被因子 Vegetation factor	贡献率/% Contribution rate	F 检验 F test	P 值 P value
多样性指数 Diversity index	62.6	16.8	0.002
菊科 Asteraceae	8.7	2.6	0.052
植被覆盖度 Vegetation coverage	8.3	2.9	0.038
藜科 Quinoa	3.9	1.4	0.274
优势度指数 Dominance index	2.8	1.0	0.346
均匀度指数 Evenness index	3.0	1.1	0.300
怪柳科 Tamaricaceae	4.1	1.6	0.172
丰富度指数 Richness index	3.4	1.4	0.250
麻黄科 Ephedraceae	1.9	0.7	0.546
禾本科 Graminae	1.5	0.5	0.676

注: F 检验表示环境因子影响物种组成的强度或效应大小; P 值衡量统计显著性/可信度。
Note: F test the intensity or effect size of environmental factors on species composition; P value measures statistical significance/credibility.

度>丰富度>藜科>麻黄科>禾本科>怪柳科。

具体而言,不同的环境因子对蝗虫的丰度影响存在一定的差异,如在白茎绢蒿荒漠中,菊科是影响宽纹蠢蝗、伪星翅蝗、朱腿痂蝗、戟纹蝗、小米纹蝗和部分束颈蝗的主要因素;在盐生假木贼荒漠中,藜科是影响大

部分束颈蝗、旋跳蝗、蚰蝗、土库曼蝗和黑腿星翅蝗的主要因素;在白梭梭荒漠、梭梭沙漠和驼绒藜沙漠中,藜科、植物群落的均匀度和多样性是影响部分束颈蝗、沙蝗和红翅瘤蝗的主要因素,但大胫刺蝗主要受麻黄科影响,锥头蝗主要受禾本科的影响(图4)。



JY: 植被均匀度指数; DY: 植被多样性指数; FF: 植被丰富度指数; YS: 植被优势度指数; FG: 植被覆盖度; MH: 麻黄科丰度; CL: 怪柳科丰度; HB: 禾本科丰度; LK: 藜科丰度; JK: 菊科丰度。黑色字母为蝗虫简写, 见表2。
JY: Vegetation evenness index; DY: Vegetation diversity index; FF: Vegetation richness index; YS: Vegetation dominance index; FG: Vegetation coverage; MH: Ephedraceae abundance; CL: Tamaricaceae abundance; HB: Gramineae abundance; LK: Chenopodiaceae abundance; JK: Asteraceae abundance. The black letters are shorthand for grasshoppers, as shown in Table 2.

图4 蝗虫与环境因子关系的RDA分析

Fig. 4 Redundancy Analysis of the relationship between locusts and environmental factors

3 讨论

3.1 卡山蝗虫群落组成、指示种和γ多样性

卡山作为温性荒漠的典型的代表,在该区域内

有着较高的蝗虫群落多样性。经5个月的系统调查并统计鉴定分析,该区域分布的蝗虫种类物种数分别占新疆蝗虫种类的75%和31%^[34](6科20属),其中斑翅蝗科为该区域的绝对优势种(占采集数量的

77.38%),这与新疆、内蒙古和陕西等^[15,33,35]多地温性荒漠优势种为斑翅蝗科的研究结果一致。调查发现,在5—6月采集的蝗虫种类较少,且主要以宽纹蠢蝗、锥头蝗、驼背蝗、土库曼蝗和长角皱腹蝗5种蝗虫,依据发生的时间^[36],可归为早发种,而其余种类则可归为混合发生种类。

γ 多样性是指不同生境的物种丰富度,可以量化某地(整体生境)物种的种类数,数值越大说明种类越多^[29]。整体而言(5—9月),卡山的 γ 多样性为37,但不同时间段其多样性会发生改变,表现为先增加后下降的趋势,其中在7月卡山的 γ 多样性达到最大值,分布的种类高达33种;同时此时蝗虫的数量也为最大值(占采集数量的53.57%)。因此7月是卡山蝗虫的高发期,在此期间应加强蝗虫的监测。

3.2 5种草地型在不同月份蝗虫 α 多样性分析

α 多样性指数是描述昆虫群落特征的常用指标,能够量化昆虫群落的复杂性(多样性指数)和结构特征(丰富度指数、优势度指数和均匀度指数)^[37]。在5种草地型中,Shannon-Wiener多样性指数由高到低依次为梭梭沙漠>白茎绢蒿荒漠>盐生假木贼荒漠>驼绒藜沙漠>白梭梭荒漠,由此可知蝗虫群落结构在梭梭沙漠和白茎绢蒿荒漠中结构较为复杂;此外,这些草地型的最高值主要聚集在7月。Margalef丰富度指数则能反映不同草地型中物种种类的多少,梭梭沙漠和白茎绢蒿荒漠其指数在5种草地型中较高($R=2.76$ 和 $R=2.91$),这也符合实际的分布情况,即分别分布20种和32种,这也使得这2种生境存在潜在的风险,因此需要对这2种草地型加强监测。值得注意的是,7月是这些草地型中蝗虫数量的主要峰值聚集月份,这也进一步强调了在这一时期加强监测的重要性。Pielou均匀度指数在5种草地型差异较小,说明各草地型间的蝗虫群落结构均较为稳定。Simpson优势度指数有助于识别群落中的关键物种,如驼绒藜沙漠和白梭梭荒漠有着较高的优势度指数($C=0.51$ 和 $C=0.25$),结合其生境监测种,可以推测驼绒藜沙漠和白梭梭荒漠关键物种均为细距蝗,同理白茎绢蒿荒漠和盐生假木贼荒漠关键种类为瘤背束颈蝗,梭梭沙漠关键种类为黑翅束颈蝗。

3.3 5种草地型在不同月份的蝗虫 β 多样性分析

β 多样性指数可以量化不同生境之间蝗虫群落的差异^[17]。本研究结果显示,白茎绢蒿荒漠和盐生

假木贼荒漠之间蝗虫群落差异性较小(β_w 和 β_c 值较小),相似性较高(Jaccard指数较高),其在5—9月整体时间内相似性高达0.79(极相似),在不同月份也表现出中等不相似;而白梭梭荒漠和盐生假木贼荒漠之间蝗虫群落差异性较大。推测造成蝗虫群落差异的原因可能是植被组成的差异。

3.4 蝗虫与环境因子的关系

冗余分析可以明确蝗虫种群密度与植被因子之间对应关系^[38]。通过RDA分析,整体而言卡山蝗虫丰度主要受植物群落多样性和均匀度的影响,这可能是蝗虫能够在不同生境(草地型)均有分布的原因。而在植被种类上主要受藜科和菊科植被的影响,但影响程度和蝗虫的种类有关。如红翅瘤蝗、束颈蝗、蚰蝗和黑腿星翅蝗主要受藜科植被的影响,这与李金星等^[19]研究结果一致;而旋跳蝗和土库曼蝗亦会受到藜科植被的影响,原因可能是这些蝗虫种类主要分布于以藜科植物为建群种的生境中(盐生假木贼荒漠和白梭梭荒漠)。而在以菊科为建群种的生境中(白茎绢蒿荒漠)分布的种类最多(32种),但只有宽纹蠢蝗、伪星翅蝗、朱腿痼蝗、戟纹蝗、小米纹蝗和伊犁细距蝗等9种蝗虫的丰度受菊科影响较大。有研究认为小米纹蝗和戟纹蝗受藜科影响,伪星翅蝗和朱腿痼蝗受多样性的影响较大^[19],这可能是因为白茎绢蒿荒漠中,有着较高的植物多样性,并且藜科植被较多,因此导致该草地型中蝗虫种类较多,但具体植被对蝗虫的影响有待后续研究。

4 结 论

本研究采用 γ 、 α 、 β 多样性、相似性分析、IndVal_i指示值和冗余分析明确了卡山蝗虫群落组成、特征和蝗虫与植被间的关系。结果表明,该区域分布着6科20属37种蝗虫且主要在7月发生;在此发生期间,白茎绢蒿荒漠分布着种类最多(25种),白茎绢蒿荒漠和盐生假木贼荒漠相似性最高($J=0.62$),其中瘤背束颈蝗、旋跳蝗和宽纹蠢蝗是这2种草地型的主要监测种;植物群落多样性和均匀度是影响蝗虫丰度的主要因素,对于具体植被而言,菊科和藜科是影响其丰度的主要种类。对于瘤背束颈蝗、旋跳蝗和宽纹蠢蝗主要为2种特定草地型的监测种,以及主要受菊科和藜科的影响这种紧密的关联,不仅反映了这些昆虫种群对特定生态环境的高度敏

感性,还表明它们可以作为评估和监测这些荒漠生态系统健康状况的重要指标。通过研究这些物种的数量变化及与植被的关系,可以更深入地理解该区域生态系统的动态平衡,并为生态保护和管理提供科学依据。

致 谢

新疆农业大学白怡婧、吴路平和阿吉古丽·艾麦尔参与了蝗虫调查和标本制作,在此表示诚挚的感谢!

参考文献 References

[1] 边海东,阿依江·叶尔肯,邵长亮,宗诚,程鲲,吕墨晗.基于物种监测数据的卡拉麦里国家公园野生动物观赏路线设计[J].野生动物学报,2025,46(1): 90-99

Bian H D, Ayijiang Y, Shao C L, Zong C, Cheng K, Lü M H. Design of wildlife viewing routes in Kalamaili National Park based on species monitoring data[J]. *Chinese Journal of Wildlife*, 2025, 46(1): 90-99 (in Chinese)

[2] 关靖云,孙之阳,徐晓亮,杨晶晶,刘旭义,王明辰.卡拉麦里国家公园创建区生态价值和社会价值的权衡协同[J].生态学报,2025,45(6): 3006-3020

Guan J Y, Sun Z Y, Xu X L, Yang J J, Liu X Y, Wang M C. Research on the trade-offs and synergy between ecological and social values in the creation area of the Kalamali National Park[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2025, 45(6): 3006-3020 (in Chinese)

[3] 初红军,蒋志刚,兰文旭,王臣,陶永善,蒋峰.蒙古野驴、鹅喉羚和家畜的食物重叠[J].动物学报,2008,54(6): 941-954

Chu H J, Jiang Z G, Lan W X, Wang C, Tao Y S, Jiang F. Dietary overlap among kulan *Equus hemionus*, goitered gazelle *Gazella subgutturosa* and livestock[J]. *Acta Zoologica Sinica*, 2008, 54(6): 941-954 (in Chinese)

[4] 石靖宇,祝洪波,刘丹,吉乃提汗·马木提,邵长亮,黄代红.卡拉麦里山自然保护区砾质荒漠植物-传粉者互作网络的春季动态[J].生态学报,2025,45(2): 923-938

Shi J Y, Zhu H B, Liu D, Mamut J, Shao C L, Huang D H. Spring dynamics of plant-pollinator interaction network in gravel desert of Kalamaili Mountain Nature Reserve, Xinjiang[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2025, 45(2): 923-938 (in Chinese)

[5] 陈晨,邵长亮,葛炎,汪沐阳,张晓晨,徐文轩,杨维康.卡拉麦里山有蹄类野生动物自然保护区蒙古野驴生境格局动态及其成因分析[J].生态学报,2021,41(5): 2056-2066

Chen C, Shao C L, Ge Y, Wang M Y, Zhang X C, Xu W X, Yang W K. Habitat pattern dynamics and cause analysis of *Equus hemionus* in Kalamaili Mountain Ungulate Nature Reserve, Xinjiang[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2021, 41(5): 2056-2066 (in Chinese)

[6] Joern A. Variation in grasshopper (Acrididae) densities in response to fire frequency and *Bison* grazing in tallgrass prairie [J]. *Environmental Entomology*, 2004, 33(6): 1617-1625

[7] Stein C, Unsicker S B, Kahmen A, Wagner M, Audorff V, Auge H, Prati D, Weisser W W. Impact of invertebrate herbivory in grasslands depends on

plant species diversity[J]. *Ecology*, 2010, 91(6): 1639-1650

[8] 王玉林,蒋华,张翔,卢志兴,李巧,陈又清.保山市主要草地类型蝗总科昆虫群落多样性[J/OL].草业科学,2024: 1-14 [2025-07-09]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/62.1069.S.20241026.1236.002.html>

Wang Y L, Jiang H, Zhang X, Lu Z X, Li Q, Chen Y Q. Study on the community diversity of Acridoidea insects among 7 main grassland types in Baoshan[J/OL]. *Pratacultural Science*, 2024: 1-14 [2025-07-09]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/62.1069.S.20241026.1236.002.html> (in Chinese)

[9] Labadessa R, Forte L, Mairota P. Exploring life forms for linking orthopteran assemblage and grassland plant community[J]. *Hacquetia*, 2015, 14(1): 33-42

[10] 李馨,王丽红,王文强,郝凯凯.中国蝗虫物种多样性研究进展[J].延安大学学报:自然科学版,2014,33(3): 59-63

Li X, Wang L H, Wang W Q, Hao K K. Research progress of species diversity of grasshoppers in China[J]. *Journal of Yanan University: Natural Science Edition*, 2014, 33(3): 59-63 (in Chinese)

[11] 陈永林.新疆维吾尔自治区的蝗虫研究:蝗虫的分布[J].昆虫学报,1981,24(1): 17-27

Chen Y L. Studies on the acridoids of Xinjiang Uighur Autonomous Region: Distribution of acridoids: I. faunal & regional distribution [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 1981, 24(1): 17-27 (in Chinese)

[12] 陈永林.新疆维吾尔自治区的蝗虫研究:蝗虫的分布(续)[J].昆虫学报,1981,24(2): 166-173, 238

Chen Y L. Studies on the acridoids of Xinjiang Uighur Autonomous Region: Distribution of acridoids II[J]. *Acta Entomologica Sinica*, 1981, 24(2): 166-173, 238 (in Chinese)

[13] 刘维民,廉振民.陕西北部蝗虫群落多样性研究[J].徐州师范大学学报:自然科学版,2001,19(2): 63-65

Liu C M, Lian Z M. The study on diversity of grasshoppers community in north Shaanxi[J]. *Journal of Xuzhou Normal University: Natural Science Edition*, 2001, 19(2): 63-65 (in Chinese)

[14] Fisher R A, Corbet A S, Williams C B. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population[J]. *Journal of Animal Ecology*, 1943, 12(1): 42-58

[15] 李金星,靳茜,管廷贤,李荣才,周多林,道尔洪·毕亚克,布仁代,张希永,任金龙,赵莉.新疆博尔塔拉蒙古自治州草原蝗虫多样性及群落结构特征[J].中国生物防治学报,2022,38(5): 1213-1222

Li J X, Jin X, Guan T X, Li R C, Zhou D L, Dorhong B, Bu R D, Zhang X Y, Ren J L, Zhao L. Diversity and community structure characteristics of grassland locusts in Bortala Mongol autonomous prefecture, Xinjiang[J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2022, 38(5): 1213-1222 (in Chinese)

[16] Song X M, Wang M J, Li C E, Jashenko R, Cao Z J, Liu H X, Ji R. Changes in locusts diversity, niche and interspecific association at different altitudes in the Ili River basin of China[J]. *Ecological Indicators*, 2024, 167: 112668

[17] 刘晓丽,刘艺杉,孟迪,朱锐,胡洋,孙涛.祁连山植被类型对蝗虫群落组成及多样性的影响[J].生态学报,2024,44(18): 8304-8313

Liu X L, Liu Y S, Meng D, Zhu R, Hu Y, Sun T. Influence of vegetation type on grasshopper community composition and diversity in the Qilian Mountains[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2024, 44(18): 8304-8313 (in Chinese)

[18] Li Y H, Liu Q, Zhang X M, Mao B Y, Yang G H, Shi F M, Bi J G, Ma Z B, Tang G W. Effects of environmental factors on the diversity of

- grasshopper communities along altitude gradients in Xizang, China[J]. *Insects*, 2024, 15(9): 671
- [19] 李金星, 管廷贤, 布仁代, 李荣才, 靳茜, 道尔洪·毕亚克, 张希永, 刘兴义, 任金龙, 赵莉. 基于DCA和CCA分析博州草原优势蝗虫与生态因子的关系[J]. *草业科学*, 2023, 40(5): 1378-1386
- Li J X, Guan T X, Bu R D, Li R C, Jin X, Dorhong B, Zhang X Y, Liu X Y, Ren J L, Zhao L. Associations between grasshoppers and environmental factors analyzed using detrended correspondence analysis and canonical correspondence analysis in Bortala Mongol Autonomous Prefecture, Xinjiang[J]. *Pratacultural Science*, 2023, 40(5): 1378-1386 (in Chinese)
- [20] Saha H K. Review of the relationship between acridids (Orthoptera: Acrididae) biodiversity and forest health management [J]. *Journal of Entomological Research*, 2020, 44(2): 285
- [21] 曹梓渝, 张海翔, 王颖, 石淳, 班丽萍, 张蓉, 魏淑花. 宁夏草原蝗虫优势种和指示种及其对植被群落的响应[J]. *草地学报*, 2024, 32(7): 2005-2017
- Cao Z Y, Zhang H X, Wang Y, Shi C, Ban L P, Zhang R, Wei S H. Dominant and indicator species of grasshoppers in Ningxia steppe and their responses to vegetation communities[J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2024, 32(7): 2005-2017 (in Chinese)
- [22] Li L L, Zhao C Z, Zhao X W, Wang D W, Li Y. Pattern of plant communities' influence to grasshopper abundance distribution in heterogeneous landscapes at the upper reaches of Heihe River, Qilian Mountains, China[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2022, 29(9): 13177-13187
- [23] 邵长亮, 高帅帅, 阿依江·叶尔肯, 李佳. 新疆卡拉麦里国家公园候选区鹅喉羚暖季水源地利利用规律和适宜生境评估[J]. *自然保护地*, 2025, 5(2): 52-61
- Shao C L, Gao S S, Ayijiang Y, Li J. Study on water resource utilization patterns and suitable habitats assessment of Goitered gazelle during the warm season in the Kalamaili National Park (candidate area), Xinjiang[J]. *Natural Protected Areas*, 2025, 5(2): 52-61 (in Chinese)
- [24] 吴洪潘, 初雯雯, 江晓珩, 戚英杰, 刘冬志, 初红军, 马伟, 邵长亮. 新疆卡拉麦里山有蹄类野生动物自然保护区赤颊黄鼠穴居地微生境的选择[J]. *中国媒介生物学及控制杂志*, 2024, 35(2): 218-224
- Wu H P, Chu W W, Jiang X H, Qi Y J, Liu D Z, Chu H J, Ma W, Shao C L. Microhabitat selection in burrowing area of *Spermophilus erythrogenys* in Mt. Kalamaili Ungulate Nature Reserve, Xinjiang Uygur Autonomous Region[J]. *Chinese Journal of Vector Biology and Control*, 2024, 35(2): 218-224 (in Chinese)
- [25] 畅笑. 我国主要草原区直翅目昆虫多样性分析[D]. 北京: 中国农业科学院, 2024
- Chang X. Diversity analysis of Orthopterans in main hrassland areas of China [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2024 (in Chinese)
- [26] 刘玉燕, 刘浩峰, 刘敏. 新疆卡拉麦里山有蹄类自然保护区生物多样性保护研究[J]. *干旱环境监测*, 2005, 19(3): 131-135
- Liu Y Y, Liu H F, Liu M. Study on biodiversity conservation in the karamori mountain nature reserve, Xinjiang[J]. *Arid Environmental Monitoring*, 2005, 19(3): 131-135 (in Chinese)
- [27] 朱思雨, 刘善辉. 新疆卡拉麦里自然保护区野马放归区植物群落分类与排序[J]. *林业资源管理*, 2019(3): 80-85
- Zhu S Y, Liu S H. Classification and ordination of plant communities in przewalskii horse reintroduction area of kalamaili nature reserve in Xinjiang [J]. *Forest Resources Management*, 2019(3): 80-85 (in Chinese)
- [28] 中国科学院. 中国植被图集[M]. 北京: 科学出版社, 2001
- Chinese Academy of Sciences. *Vegetation Atlas of China* [M]. Beijing: Science Press, 2001 (in Chinese)
- [29] Whittaker R H. Evolution and measurement of species diversity[J]. *TAXON*, 1972, 21(2/3): 213-251
- [30] 钱迎倩, 马克平. 生物多样性研究的原理与方法: 生物多样性研究系列专著 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994
- Qian Y Q, Ma K P. *Principles and Methods of Biodiversity Research: A Series of Monographs on Biodiversity Research* [M]. Beijing: China Science and Technology Press, 1994 (in Chinese)
- [31] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2004
- Zhang J T. *Quantitative Ecology* [M]. Beijing: Science Press, 2004 (in Chinese)
- [32] 胡靖, 钱秀娟, 刘长仲. 高山草地蝗虫群落生物多样性和空间聚集强度对植物群落的响应[J]. *植物保护学报*, 2021, 48(1): 202-211
- Hu J, Qian X J, Liu C Z. Responses of the grasshopper community biodiversity and pattern intensity to the plant community[J]. *Journal of Plant Protection*, 2021, 48(1): 202-211 (in Chinese)
- [33] 畅笑, 李霜, 黄训兵, 涂雄兵. 锡林郭勒盟典型草原昆虫多样性分析[J]. *植物保护学报*, 2023, 50(5): 1310-1317
- Chang X, Li S, Huang X B, Tu X B. Analysis of insect diversity in typical steppe of Xilin Gol League[J]. *Journal of Plant Protection*, 2023, 50(5): 1310-1317 (in Chinese)
- [34] 赵玲, 王登元, 赵莉, 肖宏伟. 新疆蝗虫的研究进展[J]. *新疆农业科学*, 2012, 49(7): 1212-1223
- Zhao L, Wang D Y, Zhao L, Xiao H W. Research progress of grasshoppers in Xinjiang[J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2012, 49(7): 1212-1223 (in Chinese)
- [35] 贾立军. 定边荒漠草原蝗虫群落多样性研究[J]. *草原与草坪*, 2013, 33(3): 78-82
- Jia L J. Study on diversity of locust community in desert steppe in Dingbian County[J]. *Grassland and Turf*, 2013, 33(3): 78-82 (in Chinese)
- [36] 孙涛, 龙瑞军, 刘志云. 祁连山高山草地蝗虫群落组成、发生时间动态及生物学特性[J]. *应用与环境生物学报*, 2010, 16(4): 550-554
- Sun T, Long R J, Liu Z Y. Community composition, temporal dynamics and biological characteristics of grasshoppers on alpine grassland of the Qilian mountains, China[J]. *Chinese Journal of Applied & Environmental Biology*, 2010, 16(4): 550-554 (in Chinese)
- [37] 王明强, 罗阿蓉, 周青松, 陈婧婷, 谢婷婷, 李逸, Douglas Chesters, 石晓宇, 肖晖, 刘恒吉, 丁强, 周璇, 罗一平, 路园园, 佟一杰, 赵政宇, 白明, 郭鹏飞, 陈思翀, 中村彰宏, 彭艳琼, 赵延会, 魏淑花, 林晓龙, 陈华燕, 罗世孝, 陆宴辉, 鲁亮, 余建平, 周欣, 邹怡, 路浩, 朱朝东. 昆虫多样性三十年研究进展[J]. *生物多样性*, 2022, 30(10): 121-149
- Wang M Q, Luo A R, Zhou Q S, Chen J T, Xie T T, Li Y, Chesters D, Shi X Y, Xiao H, Liu H J, Ding Q, Zhou X, Luo Y P, Lu Y Y, Tong Y J, Zhao Z Y, Bai M, Guo P F, Chen S C, Nakamura A, Peng Y Q, Zhao Y H, Wei S H, Lin X L, Chen H Y, Luo S X, Lu Y H, Lu L, Yu J P, Zhou X, Zou Y, Lu H, Zhu C D. Research progress on insect diversity[J]. *Biodiversity Science*, 2022, 30(10): 121-149 (in Chinese)
- [38] 吴惠惠, 徐云虎, 曹广春, 格希格都仁, 刘朝阳, 贺兵, 额尔登巴图, 王广君,

张泽华. 内蒙古典型草原草地类型对蝗虫群落优势种群的生态效应[J]. 中国农业科学, 2012, 45(20): 4178-4186

Wu H H, Xu Y H, Cao G C, Ge X, Liu Z Y, He B, E E, Wang G J, Zhang Z H. Ecological effects of typical grassland types in Inner Mongolia on

grasshopper community[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2012, 45(20): 4178-4186 (in Chinese)

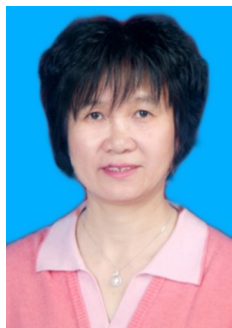
责任编辑: 董金波



第一作者简介: 王焱, 新疆农业大学农学院资源利用与植物保护在读硕士生。荣获2025—2026年自治区奖学金、新疆农业大学第十一届研究生学术论坛(国际)三等奖。曾参与中央财政林业草原生态保护恢复资金项目(2024006)。



通讯作者简介: 邵长亮, 学士, 高级工程师, 卡拉麦里山自然保护区管理中心党委委员, 野生动植物研究所所长。主要从事野生动植物保护和自然保护区管理, 多次参与国家级、省部级项目, 在《生态学报》《自然保护地》《应用生态学报》等期刊发表学术论文20余篇。



通讯作者简介: 赵莉, 硕士, 教授, 硕士生导师。从事昆虫学教学和研究工作, 主要开展草地、林果害虫生物生态学及综合防治研究。曾兼任新疆植物保护学会理事, 曾被聘为“草原生物灾害防治国家创新联盟”顾问委员会副主任委员、“新疆维吾尔自治区治蝗灭鼠指挥部专家顾问团”顾问、新疆维吾尔自治区草原有害生物普查工作专家。主持自治区级“植物保护专业教学团队”、精品课程《普通昆虫学》的建设各1项。编著教材专著24部, 主持、参加科研课题27项, 获新疆维吾尔自治区奖项7项, 发表论文150余篇, 获发明专利2项。近期参与中央财政林业草原生态保护恢复资金项目(2024006)。