辽宁省康平县蝗总科昆虫多样性及其时空动态

任 露[1] 黄胜胜[1] 左贝宁[1] 鲁 莹[1*] 涂雄兵[2*]

（1. 沈阳农业大学植物保护学院，沈阳 110866；2. 中国农业科学院植物保护研究所，北京 100193）

摘要：为阐明辽宁省康平县蝗总科昆虫的群落结构及其时空动态，于2023—2024年每年的7—9月利用扫网取样法对该县典型草地、林下草地及田边草地3种生境进行系统调查，并进行群落多样性分析。结果显示：两年3种生境中共采集到蝗总科昆虫20 827头，隶属6科13属15种。网翅蝗科为优势科，素色异爪蝗*Euchorthippus unicolor*和条纹异爪蝗*E. vittatus*为优势种。典型草地的Simpson多样性指数（0.67）、Shannon-Wiener多样性指数（1.29）及Margalef物种丰富度指数（1.24）均显著高于林下草地（分别为0.57、1.00、0.95）和田边草地（分别为0.61、1.03、1.04），表明植被结构、环境条件及人为干扰对蝗总科昆虫多样性和群落结构有综合影响。在时间动态方面，物种数（2023年7—9月分别为4.45、4.01和2.86种；2024年7—9月分别为4.88、4.26和3.02种）、多度（2023年7—9月分别为29.17、19.57和8.80头；2024年7—9月分别为33.92、22.11和8.80头）及各多样性指数均在7月达到最高，在8月次之，在9月最低，反映出蝗总科昆虫群落结构随季节演替的规律性变化。表明康平县蝗总科昆虫群落结构与多样性受季节变化与生境类型的共同影响，鉴于该县地处科尔沁沙地南缘的生态过渡带，定期开展昆虫多样性系统监测十分必要。

关键词：草地；蝗虫；群落结构；多样性；时空动态

Diversity and spatiotemporal dynamics of acridoid insects in Kangping County, Liaoning Province, China

Ren Lu[1] Huang Shengsheng[1] Zuo Beining[1] Lu Ying[1*] Tu Xiongbing[2*]

（1. College of Plant Protection, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, Liaoning Province, China;
2. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China）

Abstract: To characterize the community structure and spatiotemporal dynamics of acridoid insects in Kangping County, Liaoning Province, systematic surveys were conducted in three representative habitats, including typical grassland, forest understory grassland and field-margin grassland, from July to September in 2023 and 2024 using sweep-net sampling. Community diversity was subsequently analyzed. A total of 20 827 acridoids were collected, belonging to six families, 13 genera and 15 species. Arcypteridae was the dominant family, with *Euchorthippus unicolor* and *E. vittatus* as the dominant species. Diversity analysis revealed that the Simpson diversity index (0.67), Shannon-Wiener diversity index (1.29), and Margalef richness index (1.24) for typical grassland were all significantly higher than those for forest understory grassland (0.57, 1.00, 0.95, respectively) and field-margin grassland (0.61, 1.03, 1.04, respectively), indicating that vegetation structure, environmental conditions, and anthropogenic disturbances have a combined influence on grasshopper diversity and community structure. Temporally, the number of species (July 2023: 4.45 species; August: 4.01 species; September: 2.86 species;

基金项目：国家科技基础资源调查专项（2019FY100400）

* 通信作者（Authors for correspondence），E-mail：luying0503@syau.edu.cn，txb1208@163.com

收稿日期：2026-01-05

July 2024: 4.88 species; August: 4.26 species; September: 3.02 species), abundance (July 2023: 29.17 individuals; August: 19.57 individuals; September: 8.80 individuals; July 2024: 33.92 individuals; August: 22.11 individuals; September: 8.80 individuals), and all diversity indices were highest in July, followed by August, and lowest in September, reflecting the regular seasonal succession of the grasshopper community structure. These findings indicate that the community structure and diversity of grasshoppers in Kangping County are jointly influenced by seasonal variation and habitat type. Given its location within the ecological transition zone at the southern margin of the Horqin Sandy Land, long-term monitoring of insect diversity in Kangping County is essential for understanding species composition and community dynamics in transitional ecosystems.

Key words: grassland; Acridoidea; community structure; biodiversity; spatiotemporal dynamics

蝗总科是直翅目中分布最广的植食性类群(Amédégnato & Devriese, 2008; Gankhuyag et al., 2023)。截至2026年7月,据Orthoptera Species File(简称OSF)数据库记录,全球蝗总科昆虫现存物种已超过了8 511种(亚种),隶属于1 699属(亚属)(Cigliano et al., 2026)。作为植食性类群,蝗总科昆虫在维系草原生态系统能量流动和养分循环过程中发挥着重要枢纽作用(McLauchlan et al., 2013;田玮,2023)。同时,由于其常大规模暴发,给农牧业生产带来巨大损失(Ruiu, 2023; Liu et al., 2024)。如亚洲飞蝗*Locusta migratoria migratoria*、意大利蝗*Calliptamus italicus*、沙漠蝗*Schistocerca gregaria*等,因其在适生区内常导致严重的产量与经济损失,已被联合国粮食与农业组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)列为重点监测与防控对象(涂雄兵等,2020;李金星等,2025)。

除具有重大经济意义外,大多数蝗总科昆虫的生长发育对温度高度依赖,其物种多样性常随着纬度升高、气候条件变差而明显降低,这种对环境的敏感性使它们成为监测气候和生境变化的良好指标(Willott & Hassall, 1998)。目前,已有研究发现该类昆虫对栖息地变化和外界干扰极其敏感,其物种数量与种群密度会随着生态恢复而明显上升(Kenyeres et al., 2020)。因此,监测蝗总科昆虫群落动态可直接为生态修复成果的评估提供参考依据(Elliott et al., 2024)。在此基础上进一步研究其群落结构和发生规律,不仅能为种群动态监测提供理论支撑,还有助于揭示草地生态系统的物质循环和能量流动的内在机制(王晢玮等,2015)。王玉林等(2025)调查了保山市主要草地类型的蝗总科昆虫群落多样性,发现该类昆虫的群落结构和多样性受植被、温度和降水的影响十分显著,为该地区蝗总科昆虫的监测预警提供了依据。Zhao et al.(2023)研究也发现东亚飞蝗的发生规律与旱涝情况以及温度变化密切相关,这为蝗总科昆虫种群动态监测提供了重要理论支撑。另外,Potthast et al.(2021)还证实有些偏好取食高氮植物的蝗总科昆虫能够加速氮素从植物向土壤转移,对生态系统的养分循环至关重要。

辽宁省康平县地处东北平原与蒙古高原的农牧交错带,既是科尔沁沙地扩张前沿生态脆弱区(尹岩等,2012;Xie et al., 2024),也是“辽西北草原沙化治理工程”和“北方防沙带生态保护与修复重大工程”的重点实施区。然而,作为重要的生态过渡带,目前针对该地区蝗总科昆虫多样性的系统性研究仍较缺乏。在生境差异显著、气候季节波动明显的背景下,该地区蝗总科昆虫的群落结构是否符合农牧交错带的一般性规律,其群落是否表现出独特的适应性特征尚不明确。基于此,本研究采用扫网取样法,对康平县典型草地、林下草地、田边草地3种不同生境类型中蝗总科昆虫的群落结构、多样性及其时空动态特征进行系统调查,旨在明确生境类型与季节变化对蝗总科昆虫多样性的影响,丰富辽西北草原区蝗总科昆虫多样性的本底数据,并为该区域蝗灾监测预警、绿色防控、沙化草原生态修复成效评估及科尔沁沙地南缘生态屏障建设提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试样地:康平县地处辽宁省北部,位于科尔沁沙地南缘,属于典型的北温带大陆性季风气候(Wu et al., 2023; Zhang SH et al., 2024a)。该地区年均温为7.5~8.5 ℃,1月均温最低为−12~−14 ℃,7月均温最高为23~24 ℃;年降水量为450~550 mm,主要集中在夏季6—8月。全年日照充足,年日照时数为2 700~2 900 h,日照百分率为60%~65%。在该县选

择典型草地（typical grassland，TG）、林下草地（forest understory grassland，FUG）和田边草地（farmland-margin grassland，FMG）3种不同生境的样地进行调查。典型草地地势开阔，无乔木遮荫，植被以禾本科植物为主，主要包括金色狗尾草*Setaria pumila*、马唐*Digitaria sanguinalis*、羊草*Leymus chinensis*和光稃茅香*Anthoxanthum glabrum*，菊科的猪毛蒿*Artemisia scoparia*等也常为伴生种；林下草地植被组成与典型草地差异明显，常见种类有光稃茅香、猪毛蒿*A. scoparia*、狗牙根*Cynodon dactylon*、艾蒿*Artemisia argyi*、旋覆花*Inula japonica*、羊草、酸模*Rumex acetosa*和菊叶委陵菜*Potentilla tanacetifolia*等；田边草地植被优势种包括金色狗尾草、马唐、稗*Echinochloa crus-galli*、羊草和猪毛蒿等。每种生境选择4个样地，每个样地面积为0.5 hm^2。命名规则为生境英文缩写加样地编号。其中，典型草地样地TG-1~TG-4分别分布于崔家窝堡、王福亮窝堡、东窑村及李家窝堡；林下草地样地FUG-1~FUG-4分别分布于崔家窝堡、王福亮窝堡、康平礼庆玉米种植合作社附近及东小陵村；田边草地样地FMG-1~FMG-4分别分布于王平房村、王福亮窝堡、东窑村及东小陵村七组。各样地海拔为95.3~159.1 m。

试剂和设备：本研究所用试剂均为国产分析纯。Leica EZ4 HD双目实体显微镜，德国徕卡微系统有限公司；SMZ25体视显微镜，日本尼康公司；E-MSII数码相机，日本奥林巴斯公司。

1.2　方法

1.2.1　蝗总科昆虫的调查和鉴定

于2023—2024年每年的7—9月对康平县3种不同生境草地共12个样地的蝗总科昆虫进行周期性采集，日期为每月的上、中、下旬，如遭遇恶劣天气则进行弹性调整，在原日期上提前或延后2 d，共采集了18次。本研究采用扫网取样法进行蝗虫采集，每个样地内，每隔10 m布设一条长度为50 m的样线，共布设5条。采样时沿着样线大约以0.5 m/s的速度匀速前行，每前进1 m完成1次左右180°的挥网，每条样线累计挥网50次，每条样线作为1组，共获得5组数据。将采集到的蝗总科昆虫毒死后转入含75%乙醇溶液的50 mL样品管中，并立即放入采集标签与样品编号。所有样品带回实验室后于4 ℃箱内冷藏。

依据《中国动物志昆虫纲第十卷：直翅目蝗总科斑翅蝗科 网翅蝗科》（郑哲民和夏凯龄，1998）、《中国百种蝗虫原色图鉴》（张龙，2019）、《北方习见蝗虫彩色图谱》（车晋滇和杨建国，2005）、《东北蝗虫志》（任炳忠，2001）、《吉林省生物多样性 菌物志 植物志 动物志：动物志 蝗亚目卷》（任炳忠等，2021）以及《辽宁草原有害生物防治手册》（秦秀忱和涂雄兵，2025）进行物种鉴定。依据各物种个体数量占采集总量的百分比划分优势度等级：当占比>10%时为优势种；当1%≤占比≤10%时为常见种；当占比<1%时为稀有种（马志宁等，2022）。

1.2.2　蝗总科昆虫的聚类分析

鉴于不同蝗总科昆虫的捕获量存在数量级差异，为削弱其对可视化分析结果的干扰，并清晰呈现各物种在生境与月份间的分布格局，对每个物种在不同各生境与月份组合下的原始捕获量进行*Z*-分值标准化处理。标准化后获得的*Z*-分值被定义为该物种的标准化多度，利用BioLadder在线平台完成各指标聚类热图构建与分析（Zhang YP et al.，2024）。

1.2.3　蝗总科昆虫的多样性分析

本研究主要采用多度、物种数、Simpson多样性指数*D*、Shannon-Wiener多样性指数*H′*、Pielou均匀度指数*J*和Margalef物种丰富度指数*d*对辽宁省康平县的蝗总科昆虫多样性进行分析。利用PAST 5.3统计软件计算上述多样性指数。$D = 1 - \Sigma p_i^2$；$H' = -\Sigma p_i (\ln p_i)$；$J = H'/\ln S$；$d = (S - 1)/\ln N$；式中，$p_i = n_i/N$，$n_i$为第$i$个物种的个体数，$N$为群落中全部物种的个体数量，$S$为物种数。

1.3　数据分析

使用SPSS 25.0软件对多样性指数进行单因素方差分析，应用最小显著差数（least significant difference，LSD）法进行差异显著性检验。用Origin 2018软件制图。

2　结果与分析

2.1　康平县蝗总科昆虫群落的物种组成与分布

本研究共采集获得蝗总科昆虫20 827头，隶属于6科13属15种。从种类来看，网翅蝗科（4种）与斑翅蝗科（4种）种类最多，为斑腿蝗科（3种）与剑角蝗科（2种）次之，锥头蝗科（1种）与槌角蝗科（1种）种类最少；其中，素色异爪蝗*Euchorthippus unicolor*（35.60%）与条纹异爪蝗*E. vittatus*（17.80%）为该县的优势种（表1）。从个体数量上看，网翅蝗科占绝对优势，共采集到12 998头，占比为62.41%；然后依次为斑腿蝗科（11.59%）、剑角蝗科（9.43%）、斑翅蝗科（9.18%），锥头蝗科与槌角蝗科数量最少，二者占比和为7.39%。

表1 康平县蝗总科物种组成及数量

Table 1 Species composition and abundance of acridoid insects in Kangping County

科 Family	属 Genus	种 Species	数量No. of individuals			占比 Percentage/%
			2023	2024	总数 Total	
锥头蝗科 Pyrgomorphidae	负蝗属 *Atractomorpha*	短额负蝗 *A. sinensis*	493	1 044	1 537	7.38**
斑腿蝗科 Catantopidae	星翅蝗属 *Calliptamus*	短星翅蝗 *C. abbreviatus*	20	13	33	0.16*
	稻蝗属 *Oxya*	中华稻蝗 *O. chinensis*	86	217	303	1.45**
	素木蝗属 *Shirakiacris*	长翅素木蝗 *S. shirakii*	878	1 200	2 078	9.98**
斑翅蝗科 Oedipodidae	小车蝗属 *Oedaleus*	黄胫小车蝗 *O. infernalis*	1 047	762	1 809	8.69**
	疣蝗属 *Trilophidia*	疣蝗 *T. annulata*	33	47	80	0.38*
	尖翅蝗属 *Epacromius*	大垫尖翅蝗 *E. coerulipes*	4	16	20	0.10*
	绿纹蝗属 *Aiolopus*	花胫绿纹蝗 *A. tamulus*	3	0	3	0.01*
网翅蝗科 Arcypteridae	雏蝗属 *Chorthippus*	华北雏蝗 *C. brunneus huabeiensis*	145	109	254	1.22**
		白纹雏蝗 *C. albonemus*	1 051	571	1 622	7.79**
	异爪蝗属 *Euchorthippus*	素色异爪蝗 *E. unicolor*	3 640	3 775	7 415	35.60***
		条纹异爪蝗 *E. vittatus*	1 733	1 974	3 707	17.80***
槌角蝗科 Gomphoceridae	棒角蝗属 *Dasyhippus*	毛足棒角蝗 *D. barbipes*	1	1	2	0.01*
剑角蝗科 Acrididae	剑角蝗属 *Acrida*	中华剑角蝗 *A. cinerea*	644	1 298	1 942	9.32**
	鸣蝗属 *Mongolotettix*	条纹鸣蝗 *M. vittatus*	8	14	22	0.11*

：优势种，**：常见种，*：稀有种。: Dominant species, **: common species, *: rare species.

进一步比较不同样地的物种数量后发现，素色异爪蝗在康平县的数量最多，在TG-1、TG-3、TG-4、FUG-1、FUG-3、FMG-3、FMG-4共7个样地中位于首位；FUG-2、FUG-4样地的优势种是短额负蝗 *Atractomorpha sinensis*；FMG-1、FMG-2样地的优势种是中华剑角蝗 *Acrida cinerea*；TG-2样地的优势种是白纹雏蝗 *Chorthippus albonemus*（图1）。

2.2 康平县蝗总科昆虫群落的聚类分析

2.2.1 康平县不同生境类型蝗总科昆虫群落聚类分析

针对康平县3种生境下采集的蝗总科昆虫调查数据进行聚类热图归类分析，结果表明素色异爪蝗、条纹异爪蝗、白纹雏蝗、黄胫小车蝗 *Oedaleus infernalis* 等在典型草地的标准化多度最高，其中素色异爪蝗为绝对优势种，在3类生境中均有广泛分布；中华稻蝗 *Oxya chinensis*、短额负蝗偏好林下草地，在林下草地的标准化多度较高；毛足棒角蝗 *Dasyhippus barbipes*、花胫绿纹蝗 *Aiolopus tamulus*、大垫尖翅蝗 *Epacromius coerulipes* 等偏好田边草地，部分物种仅在该生境分布（图2）。

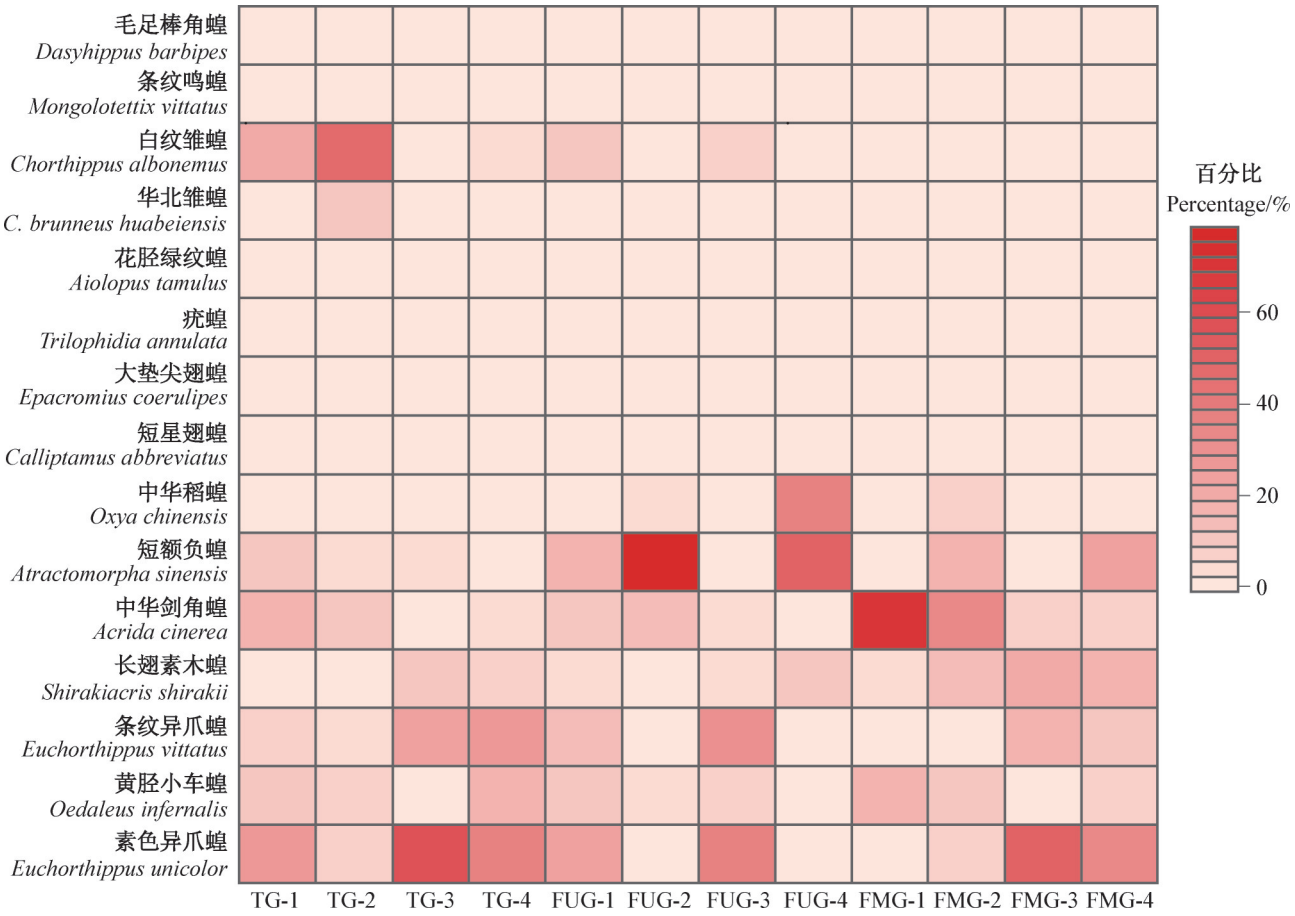
2.2.2 康平县不同月份蝗总科昆虫群落聚类分析

针对康平县3个月采集的蝗总科昆虫调查数据开展聚类热图归类分析，结果表明15种蝗总科昆虫按发生高峰聚为3大类群，群落整体标准化多度呈单峰格局，7月中旬为全年发生高峰期，8月次之，9月最低。早发生类群以毛足棒角蝗、条纹鸣蝗 *Mongolotettix vittatus*、短星翅蝗 *Calliptamus abbreviatus* 为代表，仅在7月上旬有少量分布。中发生类群为群落主体，素色异爪蝗、条纹异爪蝗、黄胫小车蝗、白纹雏蝗等优势种的标准化多度均于7月中旬达到峰值；此后群落标准化多度随时间持续下降，9月末降至最低。晚发生类群以疣蝗 *Trilophidia annulata*、大垫尖翅蝗为代表，标准化多度高峰出现在8月中旬至9月上旬（图3）。

2.3 康平县蝗总科昆虫群落的多样性分析

2.3.1 康平县不同生境类型蝗总科昆虫群落多样性比较

基于生境类型进行比较，蝗总科昆虫群落的Pielou均匀度指数在林下草地与田边草地均达到最高，为0.95；物种数在典型草地最高，为4.71种；多度、Simpson多样性指数、Shannon-Wiener多样性指数和Margalef物种丰富度指数均在典型草地达到最高，分别为29.55头、0.67、1.29和1.24，在田边草地次之（分别为16.41头、0.61、1.03和1.04），在林下草地最低（分别为15.28头、0.57、1.00和0.95），且典型草地蝗总科昆虫群落的各项指标均显著高于其他两类生境蝗总科昆虫（$P<0.05$）；而林下草地与田边草地蝗总科昆虫群落之间除Margalef物种丰富度指数存在显著差异（$P<0.05$）外，其余指标均无显著差异（图4）。



TG：典型草地；FUG：林下草地；FMG：田边草地。TG: Typical grassland; FUG: forest understory grassland; FMG: farmland-margin grassland.

图1　康平县不同样地蝗虫物种分布热图

Fig. 1　Heatmap of acridoid species distribution across different sampling sites in Kangping County

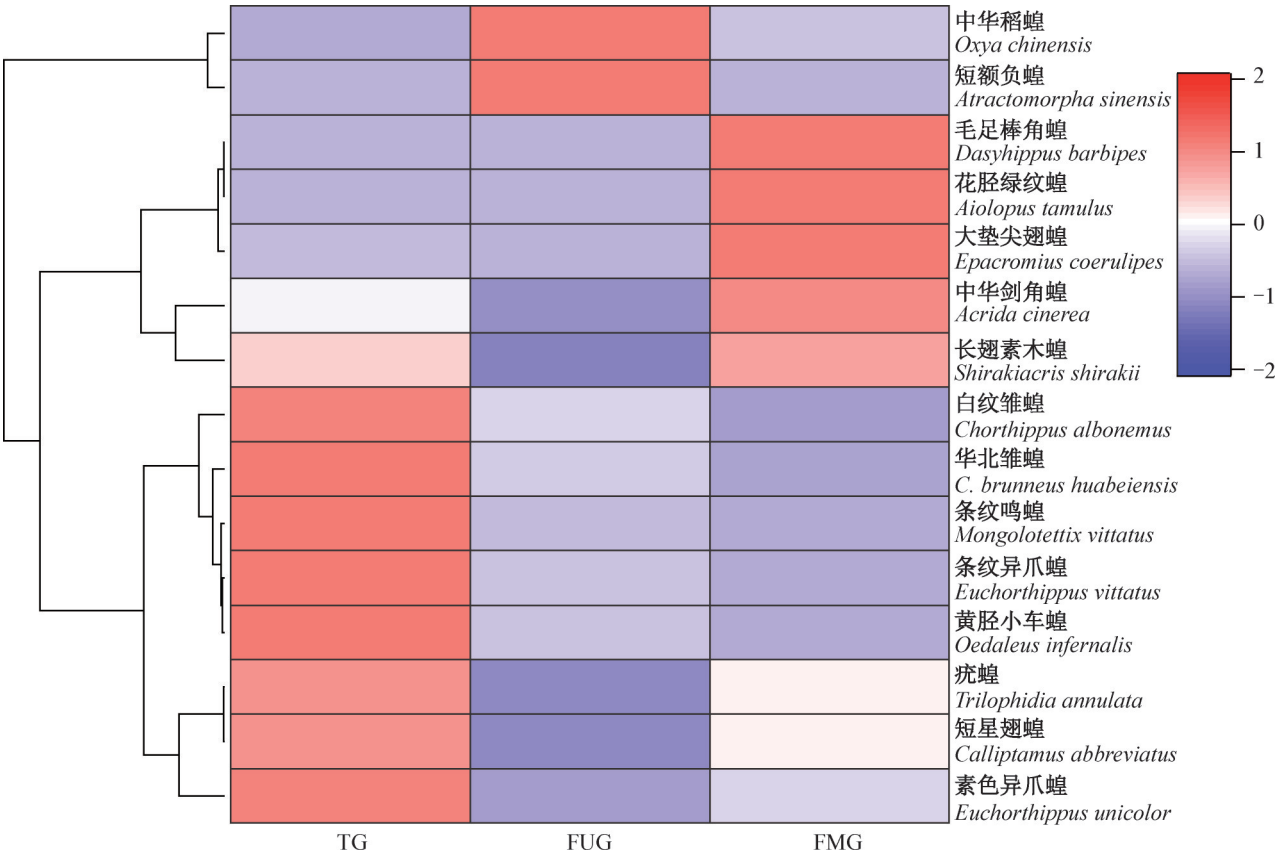
2.3.2　*康平县不同月份蝗总科昆虫群落多样性比较*

康平县不同月份蝗总科昆虫群落多样性的比较结果显示，2023年与2024年蝗总科昆虫群落多样性未发生明显变化。物种数（2023年7—9月分别为4.45、4.01和2.86种，2024年7—9月分别为4.88、4.26和3.02种）与多度（2023年7—9月分别为29.17、19.57和8.80头，2024年7—9月分别为33.92、22.11和8.80头）在月份间均呈现7月>8月>9月的递减趋势，相邻月份间均达到显著差异；Simpson多样性指数在3个月份间未见显著差异；而Shannon-Wiener多样性指数和Margalef物种丰富度指数则均在9月最低，2023年分别为0.91和0.92，2024年分别为0.98和1.01，均显著低于同年7月和8月的相应指标（$P<0.05$）；Pielou均匀度指数则在9月最高，2023年和2024年均为1.02，显著高于同年前两个月的相应指标（$P<0.05$）（图5、图6）。表明康平县蝗总科昆虫在不同月份的物种多样性和丰富度随着月份的推移持续下降，整体表现出7月最高、8月次之、9月最低的格局。

3　讨论

本研究于2023—2024年每年的7—9月在康平县共采集蝗总科昆虫20 827头，隶属6科13属15种。其中，网翅蝗科为优势科，素色异爪蝗（35.60%）与条纹异爪蝗（17.80%）为优势种。其优势种组成与内蒙古典型草原区（锡林郭勒草原）以亚洲小车蝗*Oedaleus asiaticus*为优势种的研究结果（畅笑等，2023）存在明显差异，推测可能与农牧交错带特殊的环境条件与物种适应策略有关。究其原因主要有两个方面：第一，素色异爪蝗与条纹异爪蝗在整个发生期内（7—9月）持续存在且分布广泛，而同域分布的其他蝗总科昆虫发生期较短，使得两种异爪蝗在总量上占据明显优势。第二，康平县3种目标生境均以禾本科植物为优势植被，7—9月正值马唐、金色狗尾草等禾本科杂草的生长盛期（郝小雨等，2023），素色异爪蝗与条纹异爪蝗偏好取食禾本科植物

(Chen et al.,2024),丰富的食物资源为其种群维持提供了有利条件。这与殷怡婷等(2024)在巴彦淖尔市天然草地的研究结果一致,即禾本科植物丰富度与蝗总科昆虫多样性呈显著正相关。此外,农牧交错带频繁的人类活动可能削弱了山脉、河流等自然地理屏障对蝗虫扩散的阻碍作用,从而在一定程度上促进了包括异爪蝗属 *Euchorthippus* 在内的部分类群分布范围的扩大(Ma et al.,2012;Cease et al.,2015;Wang et al.,2020)。最终导致素色异爪蝗与条纹异爪蝗成为康平县农牧交错带的优势种。

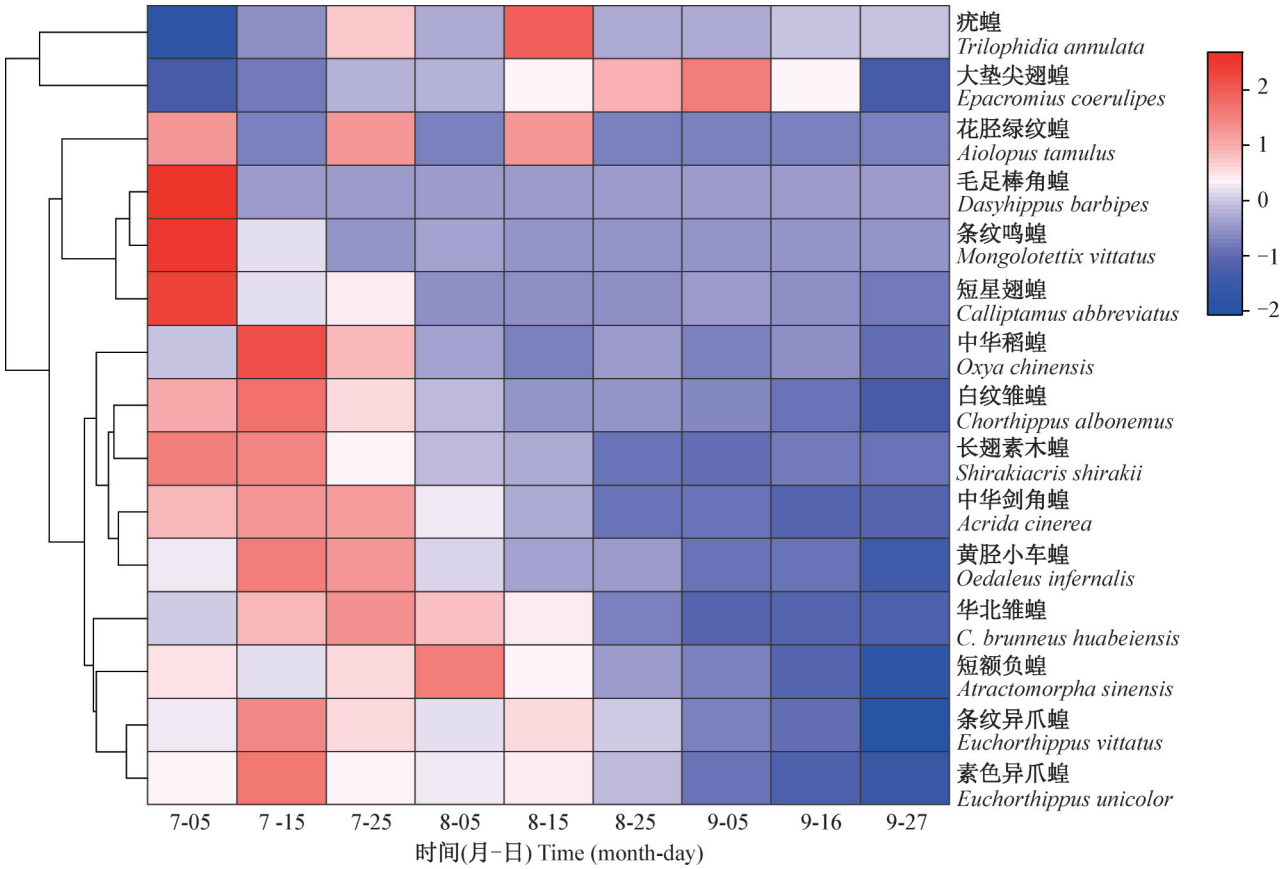


图中左侧为物种聚类树,右侧颜色条数值(−2~2)代表对各物种在3个生境的原始捕获量进行*Z*-score标准化后的标准化多度,颜色由蓝至红分别表示该物种在该生境的标准化多度由低到高;TG、FUG、FMG分别代表典型草地、林下草地和田边草地。The dendrogram on the left represents hierarchical clustering of species. The color scale (−2 to 2) represents the standardized abundance of each species across the three habitat types, calculated by row-wise *Z*-score normalization of the raw capture counts. Blue and red indicate relatively low and high standardized abundance, respectively. TG, FUG, and FMG indicate typical grassland, forest understory grassland and farmland-margin grassland, respectively.

图2 康平县3种生境蝗总科昆虫群落聚类热图

Fig. 2 Clustered heatmap of acridoid insect communities across three habitat types in Kangping County

在生境差异方面,典型草地的Simpson多样性指数、Shannon-Wiener多样性指数和Margalef丰富度指数均显著高于林下草地与田边草地。导致这一差异的原因可能与3种生境的环境特征密切相关。典型草地的植被结构复杂,植物种类丰富,其独特的植被组成与覆盖度对蝗总科昆虫的群落结构与物种多样性产生了显著影响(畅笑等,2023;伟军等,2024;Wang et al.,2025)。林下草地光照不足,温度较低,Ren et al.(2022)指出此类微气候可调控蝗总科昆虫的生理活动与行为特征。田边草地则受农药喷洒、土地翻耕等人为活动干扰,栖息地质量明显下降,这与Yang & Chen(2021)关于人为活动干扰对昆虫多样性有不利影响的结论一致。值得注意的是,在异爪蝗属为优势类群的样地中,因其占据了有限的生态资源,抑制了其他物种的繁殖发育。若在内蒙古、新疆等自治区草原上发现该类群,应加强监测与管理,并在7—8月发生高峰期实施精准防控。

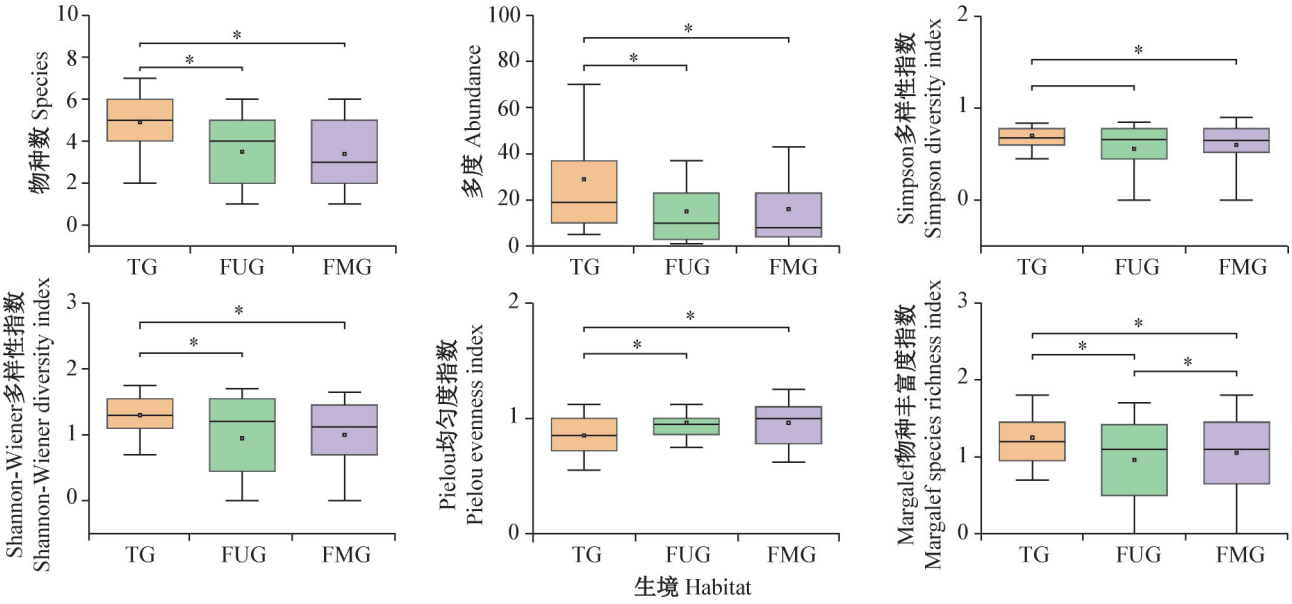


图中左侧为物种聚类树，右侧颜色条数值(−2~2)代表对各物种在3个月份的原始捕获量进行Z-score标准化后的标准化多度，颜色由蓝至红分别表示该物种在该月份的标准化多度由低到高。The dendrogram on the left represents hierarchical clustering of species. The color scale (−2 to 2) represents the standardized abundance of each species across the months, calculated by row-wise Z-score normalization of the raw capture counts. Blue and red indicate relatively low and high standardized abundance, respectively.

图3 康平县不同月份蝗总科昆虫群落聚类热图

Fig. 3 Hierarchical clustering heatmap of acridoid insect communities across different months in Kangping County

在时间动态方面，康平县蝗总科昆虫群落的物种数、多度与多数多样性指数在7—9月呈逐月下降的趋势，这与温度对昆虫生长发育、繁殖与分布的影响密切相关(Buckley，2022；Chandrakumara et al.，2024；Segoli et al.，2024)。这一时间动态规律在我国草原区普遍性存在。例如，胡靖等(2021)在甘肃省祁连山中段北坡高山草地的研究表明，蝗总科昆虫多样性在生长季内表现出先升高后降低的变化趋势。究其原因主要在于7月气候适宜，植被生长旺盛(Gonsamo et al.，2018)，为蝗总科昆虫提供了良好的栖息环境与食物资源；进入8月和9月后气温降低，日照缩短，禾本科植物逐渐枯萎，导致可利用食物资源减少。此外，当前全球气候变暖现象持续加剧，而昆虫作为变温动物，对气候变化高度敏感(魏淑花等，2021)，这使得部分昆虫发育速度加快，暴发风险上升(张鹤和林进添，2015)，从而可能进一步加剧种间竞争与资源压力。本研究结果表明，7月为两种异爪蝗的发生盛期，8—9月其他种类数量均逐渐减少，而异爪蝗在9月仍持续存在，这种长发生期的生物学特性是其成为优势种的关键因素之一。该结果与Maestre et al.(2024)的结论相互印证，即气候与植被资源的阶段性变化会直接影响生境质量，进而影响昆虫群落结构。鉴于此，建议在康平县农牧交错带开展蝗总科昆虫的长期监测，重点将异爪蝗作为关键指示物种，监测时段集中在7月上旬至8月下旬。若在此期间发现异爪蝗种群数量异常增长，需警惕其向周边农田扩散蔓延的风险。持续开展监测有助于判断次要害虫是否会随气候条件变化上升为主要害虫，从而为精准防控、动态调整防治策略及科学评估生态修复效果提供可靠的数据支撑。同时，可通过种植开花植物来保护和改善生境，为天敌昆虫营造适宜的庇护所，提供充足的食物资源，以增强天敌昆虫的捕食效能，达到防治的目的(Thomas，1999；王广君等，2021；张海翔等，2024)。



TG：典型草地；FUG：林下草地；FMG：田边草地。TG: Typical grassland; FUG: forest understory grassland; FMG: farmland-margin grassland.

图4 康平县不同生境类型蝗总科昆虫群落多样性箱型图

Fig. 4 Boxplots of acridoid insect community diversity across different habitat types in Kangping County

箱型图底部与顶部分别表示第一四分位数和第三四分位数，箱型图的长度表示数据的四分位距；中线表示第二四分位数；触须表示数据的范围；*表示经LSD法检验差异显著（P<0.05）。The lower and upper edges of each box represent the first (Q1) and third (Q3) quartiles, respectively, and the box height represents the interquartile range (IQR). The horizontal line within each box indicates the median (Q2). Whiskers represent the data range. * indicates a significant difference determined by LSD test (P<0.05).

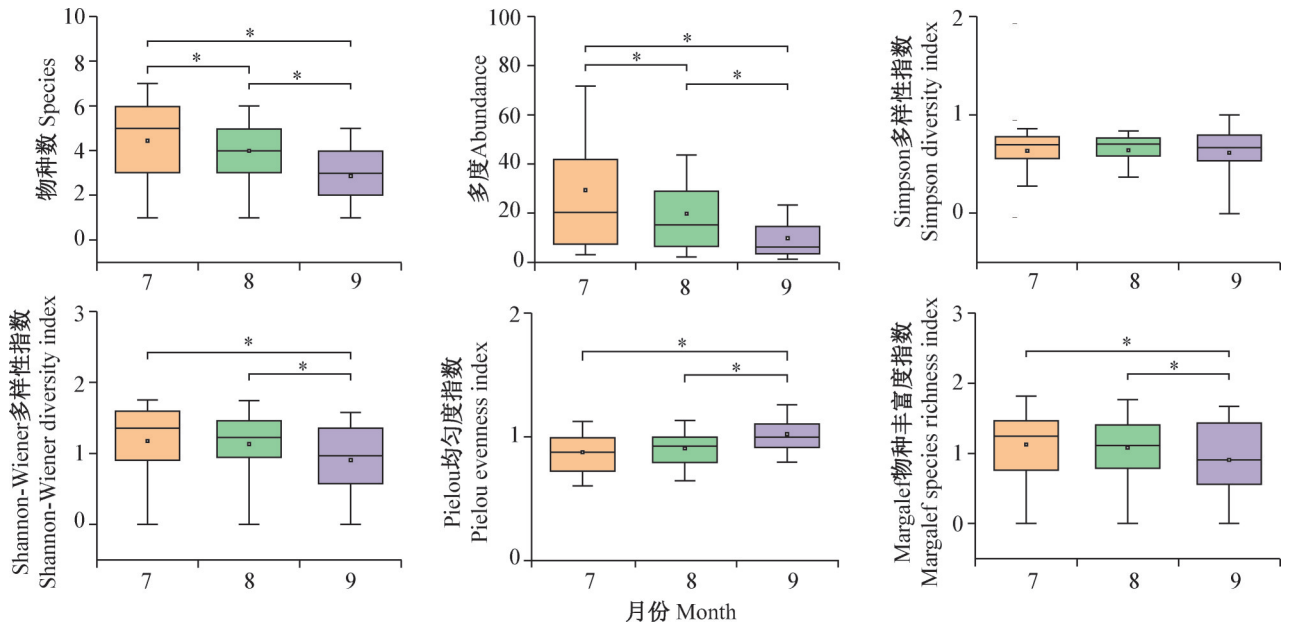


图5 康平县2023年不同月份蝗总科昆虫群落多样性箱型图

Fig. 5 Boxplot of acridoid insect community diversity across different months in 2023 in Kangping County

箱型图底部与顶部分别表示第一四分位数和第三四分位数，箱型图的长度表示数据的四分位距；中线表示第二四分位数；触须表示数据的范围；*表示经LSD法检验差异显著（P<0.05）。The lower and upper edges of each box represent the first (Q1) and third (Q3) quartiles, respectively, and the box height represents interquartile range (IQR). The horizontal line within each box represents the median (Q2). Whiskers indicate the data range. * indicates a significant difference determined by LSD test (P<0.05).

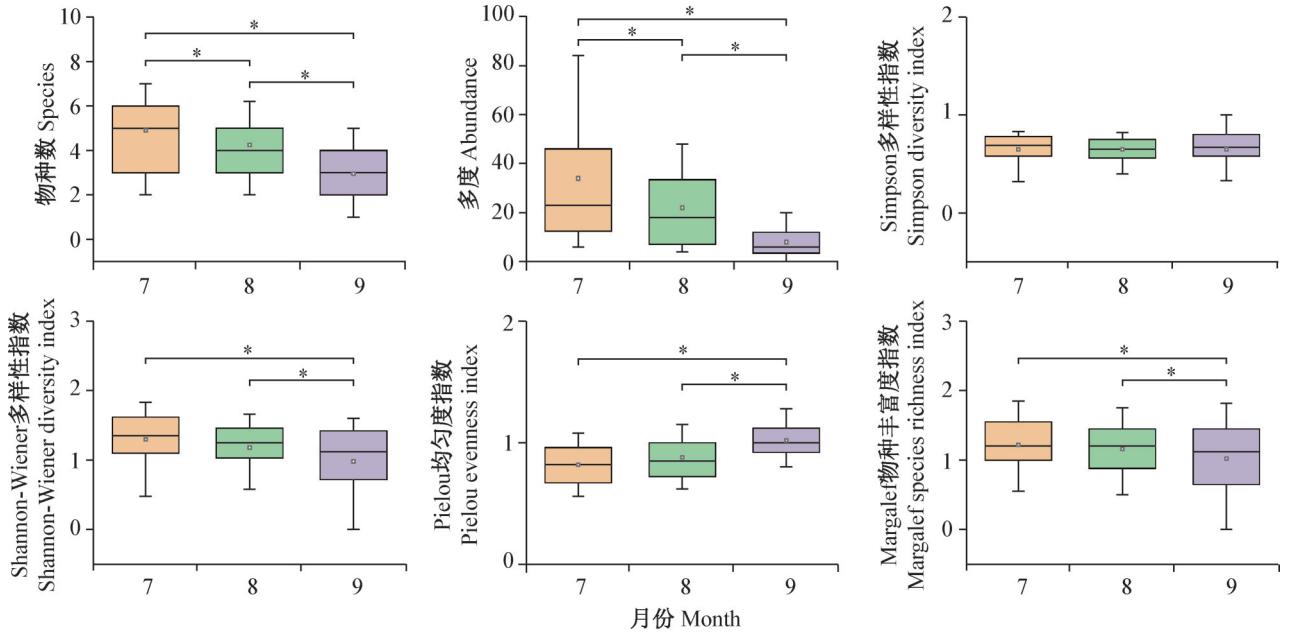


图6 康平县2024年不同月份蝗总科昆虫群落多样性箱型图

Fig. 6 Boxplots of acridoid insect community diversity across different months in 2024 in Kangping County

箱型图底部与顶部分别表示第一四分位数和第三四分位数，箱型图的长度表示数据的四分位距；中线表示第二四分位数；触须表示数据的范围；*表示经LSD法检验差异显著（P<0.05）。The lower and upper edges of each box represent the first (Q1) and third (Q3) quartiles, respectively, and the box height represents the interquartile range. The horizontal line within each box represents the median (Q2). Whiskers indicate the data range. * indicates a significant difference determined by LSD test (P<0.05).

参 考 文 献（References）

Amédégnato C, Devriese H, 2008. Global diversity of true and pygmy grasshoppers (Acridomorpha, Orthoptera) in freshwater[J]. Hydrobiologia, 595(1): 535−543

Buckley LB, 2022. Temperature-sensitive development shapes insect phenological responses to climate change[J]. Current Opinion in Insect Science, 52: 100897

Cease AJ, Elser JJ, Fenichel EP, Hadrich JC, Harrison JF, Robinson BE, 2015. Living with locusts: connecting soil nitrogen, locust outbreaks, livelihoods, and livestock markets[J]. BioScience, 65(6): 551−558

Chandrakumara K, Sau AK, Ankur, Rajesh, Tanwar AK, Hadimani BN, 2024. Variations in the biological and ecological attributes of insects due to climate change: a review[J]. Indian Journal of Entomology, 86(1): 319−328

Chang X, Li S, Huang XB, Tu XB, 2023. Analysis of insect diversity in typical steppe of Xilin Gol League[J]. Journal of Plant Protection, 50(5): 1310−1317 (in Chinese) [畅笑, 李霜, 黄训兵, 涂雄兵, 2023. 锡林郭勒盟典型草原昆虫多样性分析[J]. 植物保护学报, 50(5): 1310−1317]

Che JD, Yang JG, 2005. Color atlas of common locusts in northern China[M]. Beijing: China Agriculture Press (in Chinese) [车晋滇, 杨建国, 2005. 北方习见蝗虫彩色图谱[M]. 北京: 中国农业出版社]

Chen C, Zhang GM, Liang Y, Wang HQ, 2024. Impacts of locust feeding on interspecific relationships and niche of the major plants in Inner Mongolia grasslands[J]. Global Ecology and Conservation, 51: e02913

Cigliano MM, Braun H, Eades DC, Otte D, 2026. Orthoptera species file[EB/OL]. (2026-05-30) [2026-07-19]. https://orthoptera.speciesfile.org

Elliott BB, Shapcott A, Henderson CJ, Olds AD, Gilby BL, 2024. Identifying insect and arachnid indicator taxa for impacts and management in coastal landscapes[J]. Journal of Insect Conservation, 28(4): 633−649

Gankhuyag E, Dorjsuren A, Choi EH, Hwang UW, 2023. An annotated checklist of grasshoppers (Orthoptera, Acridoidea) from Mongolia[J]. Biodiversity Data Journal, 11: e96705

Gonsamo A, Chen JM, Ooi YW, 2018. Peak season plant activity shift towards spring is reflected by increasing carbon uptake by extratropical ecosystems[J]. Global Change Biology, 24(5): 2117−2128

Hao XY, Wang Y, Ma XZ, Sun L, Chen L, Zhou BK, 2023. Growth characteristics of gramineous weeds and their response to long-term fertilization in black soil[J]. Soil and Fertilizer Sciences in China(10): 136−142 (in Chinese) [郝小雨, 王宇, 马星竹, 孙磊, 陈磊, 周宝库, 2023. 黑土禾本科杂草生长特征及其对长期施肥的响应[J]. 中国土壤与肥料(10): 136−142]

Hu J, Qian XJ, Liu CZ, 2021. Responses of the grasshopper community biodiversity and pattern intensity to the plant community[J]. Journal of Plant Protection, 48(1): 202−211 (in Chinese) [胡靖, 钱秀娟, 刘长仲, 2021. 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, 48(1): 202−211]

Kenyeres Z, Szabo S, Gábor T, Szinetár C, 2020. Orthoptera assemblages as indicators for the restoration of sand grassland networks[J]. North-Western Journal of Zoology, 16(1): 7−14

Li JX, Ren JL, Shali Yasen, Zhao L, Tu XB, 2025. Advances in the biological characteristics and control techniques of the Moroccan locust *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg)[J]. Journal of Plant Protection, 52(4): 763−771 (in Chinese) [李金星, 任金龙, 牙森·沙力, 赵莉, 涂雄兵, 2025. 摩洛哥戟纹蝗生物学特性和防治技术研究综述[J]. 植物保护学报, 52(4): 763−771]

Liu SB, Chen MM, Li P, Baoyin T, Hou XY, Yin GM, 2024. Impacts of livestock production on grassland grasshopper disasters[J]. Agronomy, 14(4): 820

Ma C, Yang PC, Jiang F, Chapuis MP, Shali YS, Sword GA, Kang L, 2012. Mitochondrial genomes reveal the global phylogeography and dispersal routes of the migratory locust[J]. Molecular Ecology, 21(17): 4344−4358

Ma ZN, Yu HQ, Wang Y, Zhu MM, Zhang R, Jia YX, Wei SH, 2022. Diversity of grassland grasshoppers and responses to environmental factors in Ningxia[J]. Chinese Journal of Biological Control, 38(6): 1459−1472 (in Chinese) [马志宁, 俞鸿千, 王颖, 朱猛蒙, 张蓉, 贾彦霞, 魏淑花, 2022. 宁夏草原蝗虫多样性及其对环境因子的响应[J]. 中国生物防治学报, 38(6): 1459−1472]

Maestre FT, Biancari L, Chen N, Corrochano-Monsalve M, Jenerette GD, Nelson C, Shilula KN, Shpilkina Y, 2024. Research needs on the biodiversity-ecosystem functioning relationship in drylands[J]. npj Biodiversity, 3: 12

McLauchlan KK, Williams JJ, Engstrom DR, 2013. Nutrient cycling in the palaeorecord: fluxes from terrestrial to aquatic ecosystems[J]. The Holocene, 23(11): 1635−1643

Potthast K, Meyer S, Tischer A, Gleixner G, Sieburg A, Frosch T, Michalzik B, 2021. Grasshopper herbivory immediately affects element cycling but not export rates in an N-limited grassland system[J]. Ecosphere, 12(3): e03449

Qin XC, Tu XB, 2025. Handbook of pest control in Liaoning grassland[M]. Beijing: China Agriculture Press (in Chinese) [秦秀忱, 涂雄兵, 2025. 辽宁草原有害生物防治手册[M]. 北京: 中国农业出版社]

Ren BZ, 2001. Grasshoppers and locusts from northeast[M]. Changchun: Jilin Science & Technology Publishing House (in Chinese) [任炳忠, 2001. 东北蝗虫志[M]. 长春: 吉林科学技术出版社]

Ren BZ, Wang LM, Lu Y, 2021. Biodiversity in Jilin Province: Fauna: Caelifera volume[M]. Changchun: Jilin Education Publishing House (in Chinese) [任炳忠, 王利明, 鲁莹, 2021. 吉林省生物多样性: 动物志: 蝗亚目卷[M]. 长春: 吉林教育出版社]

Ren SL, Chen XQ, Pan CC, 2022. Temperature-precipitation background affects spatial heterogeneity of spring phenology responses to climate change in northern grasslands (30°N−55°N)[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 315: 108816

Ruiu L, 2023. A section dedicated to the continuously growing field of pest and disease management[J]. Agronomy, 13(12): 2949

Segoli M, Kishinevsky M, Harvey JA, 2024. Climate change, temperature extremes, and impacts on hyperparasitoids[J]. Current Opinion in Insect Science, 64: 101229

Thomas MB, 1999. Ecological approaches and the development of "truly integrated" pest management[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 96(11): 5944−5951

Tian W, 2023. Effects of predation risk and plant on performance of grasshopper and soil enzyme activity in grassland[D]. Changchun: Northeast Normal University (in Chinese) [田玮, 2023. 捕食风险与植物对草地蝗虫性能及土壤酶活性的作用[D]. 长春: 东北师范大学]

Tu XB, Li S, Du GL, Pan F, Xu CM, Chen J, Wang ZR, Yang Z, Zhang ZH, 2020. Research progresses in the biological characteristics and control techniques of the desert locust *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775)[J]. Plant Protection, 46(3): 16−22 (in Chinese) [涂雄兵, 李霜, 杜桂林, 潘凡, 徐超民, 陈俊, 王卓然, 杨智, 张泽华, 2020. 沙漠蝗生物学特性及防治技术研究进展[J]. 植物保护, 46(3): 16−22]

Wang GJ, Li BB, Tian Y, 2021. Application and practice of major ecological strategies for locust control in China[J]. Journal of Plant Protection, 48(1): 84−89 (in Chinese) [王广君, 李贝贝, 田野, 2021. 主要蝗虫生态治理策略在我国的实践应用[J]. 植物保护学报, 48(1): 84−89]

Wang MJ, Song XM, Li CE, Jashenko R, Cao ZJ, Liu HX, Lin J, Ji R, 2025. Diversity of grasshoppers in different grassland types in the western Tianshan Mountains of China and influencing factors[J]. Environmental Entomology, 54(4): 877−889

Wang XW, Han X, Zhang LX, Fan JS, Sun Y, Wang SX, Zhou YL, Chen ZH, Zhang K, Wang GQ, 2015. Research on community dynamics of rangeland grasshopper in western Heilongjiang Province[J]. Journal of Engineering of Heilongjiang University, 6(1): 60−68 (in Chinese) [王晢玮, 韩笑, 张李香, 范锦胜, 孙元, 王世喜, 周艳丽, 陈中华, 张坤, 王贵强, 2015. 黑龙江省西部草地蝗虫群落时间动态的研究[J]. 黑龙江大学工程学报, 6(1): 60−68]

Wang YL, Jiang H, Zhang X, Lu ZX, Li Q, Chen YQ, 2025. Community diversity of Acridoidea insects among seven main grassland types in Baoshan[J]. Pratacultural Science, 42(11): 2928−2937 (in Chinese) [王玉林, 蒋华, 张翔, 卢志兴, 李巧, 陈又清, 2025. 保山市主要草地类型蝗总科昆虫群落多样性[J]. 草业科学, 42(11): 2928−2937]

Wang YP, Wu MF, Lin PJ, Wang Y, Chen AD, Jiang YY, Zhai BP, Chapman JW, Hu G, 2020. Plagues of desert locusts: very low invasion risk to China[J]. Insects, 11(9): 628

Wei J, Sa L, Zhu BB, Hu SL, Liu H, Bai HT, Hu XB, Liu Y, 2024. Diversity analysis of grasshoppers in the grasslands of Xinbaerhu Left Banner, Inner Mongolia[J]. Journal of Plant Protection, 51(5): 1147−1157 (in Chinese) [伟军, 萨拉, 朱宾宾, 呼斯勒, 刘昊, 白海涛, 胡晓彬, 刘毅, 2024. 内蒙古新巴尔虎左旗草原蝗虫多样性分析[J]. 植物保护学报, 51(5): 1147−1157]

Wei SH, Wu XZ, Wang Y, Ma ZN, Gao LY, Huang WG, Zhang R, 2021. Cold resistance, high temperature tolerance and resistance mechanism of grasshopper *Chorthippus albonemus*[J]. Journal of

Plant Protection, 48(1): 172−178 (in Chinese) [魏淑花, 吴秀芝, 王颖, 马志宁, 高立原, 黄文广, 张蓉, 2021. 白纹雏蝗抗寒特性和高温耐受力及其机制[J]. 植物保护学报, 48(1): 172−178]

Willott SJ, Hassall M, 1998. Life-history responses of British grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) to temperature change[J]. Functional Ecology, 12(2): 232−241

Wu P, Xie YY, Li Y, Kang CG, Chi YP, Sun L, Wei ZY, 2023. Provenance variations of the loess deposits in the East Asian monsoon boundary zone, Northeast China: response to the variations of climate and wind regimes[J]. Catena, 222: 106804

Xie WL, Zhao XS, Fan DQ, Zhang JY, Wang JH, 2024. Assessing spatio-temporal characteristics and their driving factors of ecological vulnerability in the northwestern region of Liaoning Province (China)[J]. Ecological Indicators, 158: 111541

Yang L, Chen C, 2021. Research progress on driving factors of species diversity of grassland insects[J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 692(3): 032094

Yin Y, Liang CH, Zhou YQ, Wang LJ, 2012. A study of ecological carrying capacity based on the ecological footprint model: a case study of Kangping County[J]. Forest Resources Management(2): 54−58 (in Chinese) [尹岩, 梁成华, 周佚群, 王翎均, 2012. 基于生态足迹理论的县域可持续发展状况分析: 以康平县为例[J]. 林业资源管理(2): 54−58]

Yin YT, Zhang N, Yan C, Zha G, Wang DM, Guo YP, Qin GL, Li SW, Chang X, Tu XB, et al., 2024. Analysis of insect diversity and its correlation with vegetation in the natural grasslands of Bayannur, Inner Mongolia[J]. Journal of Plant Protection, 51(5): 1158−1168 (in Chinese) [殷怡婷, 张能, 闫冲, 查干, 王冬梅, 郭永平, 勤格勒, 李胜旺, 畅笑, 涂雄兵, 等, 2024. 巴彦淖尔市天然草地昆虫多样性及其与植被的相关性分析[J]. 植物保护学报, 51(5): 1158−1168]

Zhang H, Lin JT, 2015. Responses of insects to global warming[J]. Journal of Environmental Entomology, 37(6): 1280−1286 (in Chinese) [张鹤, 林进添, 2015. 昆虫对全球气候变暖的响应[J]. 环境昆虫学报, 37(6): 1280−1286]

Zhang HX, Cao ZY, Cui YF, Wang Y, Sun W, Ban LP, Zhang R, Wei SH, 2024. Review of impacts of grassland fragmentation on grasshopper outbreaks and natural enemy insect diversity[J]. Journal of Plant Protection, 51(5): 988−997 (in Chinese) [张海翔, 曹梓渝, 崔艺凡, 王颖, 孙伟, 班丽萍, 张蓉, 魏淑花, 2024. 草地生境破碎化对蝗虫暴发及其天敌昆虫多样性影响的研究概述[J]. 植物保护学报, 51(5): 988−997]

Zhang L, 2019. A guide to 100 species of grasshoppers in China[M]. Beijing: China Agricultural University Press (in Chinese) [张龙, 2019. 中国百种蝗虫原色图鉴[M]. 北京: 中国农业大学出版社]

Zhang SH, Yang SL, Xiong SF, Guo LC, Wang YD, Huang XF, Sun MM, Ding ZL, 2024. Origin and depositional background of the Holocene black soil in Northeast China: evidence from grain-size analysis and optically stimulated luminescence dating[J]. Catena, 239: 107963

Zhang YP, Yang CY, Wang JH, Wang LX, Zhao Y, Sun LQ, Sun W, Zhu YP, Li JL, Wu SF, 2024. BioLadder: a bioinformatic platform primarily focused on proteomic data analysis[J]. iMeta, 3(4): e215

Zhao LL, Li HZ, Huang WJ, Dong YY, Geng Y, Ma HQ, Chen JS, 2023. Outbreak mechanism of locust plagues under dynamic drought and flood environments based on time series remote sensing data: implication for identifying potential high-risk locust areas[J]. Remote Sensing, 15(21): 5206

Zheng ZM, Xia KL, 1998. China fauna: Insecta, vol. 10: Orthoptera: Acridoidea Oedipodidae Arcypteridae[M]. Beijing: Science Press (in Chinese) [郑哲民, 夏凯龄, 1998. 中国动物志: 昆虫纲 第十卷: 直翅目: 蝗总科 斑翅蝗科 网翅蝗科[M]. 北京: 科学出版社]

(责任编辑:李美娟)