

# 内蒙古新巴尔虎左旗草原蝗虫多样性分析

伟军<sup>1</sup> 萨拉<sup>1\*</sup> 朱宾宾<sup>1</sup> 呼斯勒<sup>1</sup> 刘昊<sup>1</sup> 白海涛<sup>1</sup> 胡晓彬<sup>2</sup> 刘毅<sup>2</sup>

(1. 呼伦贝尔市林业和草原事业发展中心, 内蒙古呼伦贝尔 021000; 2. 新巴尔虎左旗林业和草原事业发展中心, 内蒙古新巴尔虎左旗 021200)

**摘要:** 为明确呼伦贝尔市新巴尔虎左旗草原蝗虫分布及发生情况, 采用扫网法对旗内分布的草甸草原、山地草甸、低地草甸和典型草原4种草地类型的蝗虫种类及数量进行调查, 并进行群落多样性和群落相异性分析。结果显示: 在新巴尔虎左旗共采集到6科20属36种5 768头草原蝗虫, 其中宽须蚁蝗 *Myrmeleotettix palpalis*、毛足棒角蝗 *Dasyhippus barbipes* 和白边痴蝗 *Bryodema luctuosum* 占比分别为15.38%、10.26%和10.21%, 属于新巴尔虎左旗草原的优势种; 在4种草地类型中, 典型草原的蝗虫种类最多, 有6科17属27种, 低地草甸的蝗虫种类最少, 有4科13属18种; 在4种草地类型中, 典型草原的蝗虫个体数最多, Margalef丰富度指数和Shannon-Wiener多样性指数最高, 而Simpson优势度指数最低, Pielou均匀性指数与其他3种草地类型差异不显著; 山地草甸和典型草原的蝗虫群落相异性最大, 草甸草原和典型草原的相异性最小; 第1羽化阶段羽化蝗虫种类最少, 为5科15属20种, 第2羽化阶段羽化蝗虫种类为6科18属24种, 第3羽化阶段羽化蝗虫种类最多, 为6科20属32种; 第1羽化阶段和第2羽化阶段的蝗虫个体数均高于第3羽化阶段, 建议在蝗虫羽化前2个阶段开展草原蝗虫防控工作。

**关键词:** 草原蝗虫; 草地类型; 羽化时间; 多样性指数; 相异性

## Diversity analysis of grasshoppers in the grasslands of Xinbaerhu Left Banner, Inner Mongolia

Wei Jun<sup>1</sup> Sala<sup>1\*</sup> Zhu Binbin<sup>1</sup> Husile<sup>1</sup> Liu Hao<sup>1</sup> Bai Haitao<sup>1</sup> Hu Xiaobin<sup>2</sup> Liu Yi<sup>2</sup>

(1. Hulunbuir Forestry and Grassland Development Center, Hulunbuir 021000, Inner Mongolia Autonomous Region, China; 2. Forestry and Grassland Development Center of Xinbaerhu Left Banner, Xinbaerhu Left Banner 021200, Inner Mongolia Autonomous Region, China)

**Abstract:** In order to clarify the distribution and occurrence of locusts and grasshoppers in the grasslands of Xinbaerhu Left Banner in Hulunbuir City, four types of grasslands were selected, including meadow grassland, mountain grassland, lowland grassland, and typical grassland. The sweeping method was used to investigate the types and quantities of locusts in the grasslands, and the least significant difference method was used to analyze their community diversity and differences. The results showed that a total of 5 768 grasshoppers belonging to six families, 20 genera, and 36 species of grassland locusts and grasshoppers were collected. Among them, *Myrmeleotettix palpalis*, *Dasyhippus barbipes*, and *Bryodema luctuosum* were classified as the dominant species in the grasslands of Xinbaerhu Left Banner. Of the four grassland types, the typical grassland has the highest number locust species, with 27 species belonging to 17 genera in six families. The lowland grassland has the fewest locust species, with 18 species belonging to 13 genera in four families. The number of individuals, richness index, and diver-

基金项目: 内蒙古自治区草原有害生物普查项目(内财资环[2021]1553号), 内蒙古自治区人才开发基金(内人社办函[2024]144号)

\* 通信作者 (Author for correspondence), E-mail: 13614717923@163.com

收稿日期: 2024-07-14

sity index of typical grassland locusts were significantly higher, compared to the other three types of grasslands, while its and the dominance index was significantly lower. The uniformity index of the four types of grasslands was not significantly different. The diversity of locust communities was greatest in mountainous grasslands and typical grasslands and lowest in lowlands and typical grasslands. During the first eclosion period, 20 species emerged belonging to 15 genera in five families, while 24 species emerged in the second eclosion period, and 24 species emerged belonging to 18 genera in six families. In the third eclosion period, 32 species emerged belonging to 20 genera in six families. The number of individual locusts was higher during the first and second emergence stages than the third. It is recommended that grasshopper control efforts be carried out during the first two stages before locust emergence.

**Key words:** grassland locust; grassland type; eclosion time; diversity index; dissimilarity

草原作为最大的陆地生态系统,是生态安全的重要绿色屏障,同时也是农牧民的基本生活保障和奔赴小康生活的重要依托(周升强等,2022)。随着不同形式人为干扰,草原大面积退化,一方面影响草畜产业的可持续发展,进而影响农牧民的生活水平;另一方面导致气候调节能力、水土保持能力下降,进而引起生物多样性降低以及沙尘暴和虫鼠害等自然灾害频发。内蒙古自治区(简称内蒙古)草原总面积8 800多万hm<sup>2</sup>(<https://lcj.nmg.gov.cn>),呼伦贝尔草原作为内蒙古面积最大的草原,是整个内蒙古保护最完整的天然草原。第3次国土调查数据显示,新巴尔虎左旗作为呼伦贝尔草原腹地,草地面积153.84万hm<sup>2</sup>,占全市草地面积的22.9%,主要草地类型有典型草原、低地草甸、草甸草原、山地草甸和沼泽类(<https://www.xzq.gov.cn>)。新巴尔虎左旗草原以典型草原为主,植物主要以克氏针茅 *Stipa krylovii*、羊草 *Leymus chinensis*、糙隐子草 *Cleistogenes squarrosa* 和冷蒿 *Artemisia frigida* 为主。

由蝗虫种群突发和暴发引起的蝗灾,与水灾和旱灾形成了人类社会的三大自然灾害(四海,2023),不仅给草场造成严重的经济损失,还导致草原退化(孙涛等,2014;黄文江,2020)。蝗虫作为威胁草原生态系统可持续发展的主要害虫,在各种类型草原均有分布(畅笑等,2023)。不同草地类型的植被类型、群落特征不同,所以其生活的蝗虫种类及数量分布也不同(黄文广等,2014)。全世界现记录的蝗虫种类有12 000余种,我国有1 200余种,在内蒙古分布的蝗虫有150余种(四海,2023)。《中国草地》(白文辉等,1985)上最早记录呼伦贝尔市有22种草地蝗虫;《内蒙古昆虫》(能乃扎布,1990)中记录呼伦贝尔市有4科40种蝗虫;《内蒙古草地昆虫》(马耀,1991)中记录呼伦贝尔市有14种蝗虫;《呼伦贝尔市

草地蝗虫》(吴虎山和能乃扎布,2009)中记录呼伦贝尔市有7科20属58种蝗虫。蝗虫作为新巴尔虎左旗草原有害生物主要种类之一,近10年平均每年为害面积达5.03万hm<sup>2</sup>以上,连年持续发生的草原蝗虫灾害给农牧民带来了巨大的经济损失,但对于新巴尔虎左旗草地的蝗虫种类未见专门报道。迟晓雪等(2017)2004—2016年对新巴尔虎左旗草原蝗虫发生情况及与降水量、温度等气候因素的关系进行了分析,但并未提及该地区的蝗虫种类。迟晓雪等(2021)研究发现蝗虫主要分布在新巴尔虎左旗的新宝力格东苏木、阿木古郎镇、乌布尔宝力格苏木和嵯岗镇,同样未对蝗虫种类进行分析。因此,深入研究该区域草原蝗虫的种类以及种群多样性对于维持该地区生态系统的稳定性具有重要意义。

为明确新巴尔虎左旗的蝗虫物种组成,对旗内4种草地类型的蝗虫种类及数量进行调查,通过Margalef丰富度指数、Shannon-Wiener多样性指数、Simpson优势度指数和Pielou均匀性指数(尚占环等,2002)对4种草地类型的多样性进行分析,明确不同草地类型、不同羽化阶段的蝗虫群落多样性和群落差异,以期为新巴尔虎左旗草原蝗虫监测预警和绿色防控工作提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

研究区概况:新巴尔虎左旗全旗总面积为220万hm<sup>2</sup>,其中天然草原总面积为153.84万hm<sup>2</sup>,占全旗总面积的83.87%,主要草地类型包括典型草原、低地草甸、草甸草原和山地草甸,而典型草原占天然草原总面积的64.69%,是新巴尔虎左旗草原的主体。本研究选取75个样地,根据4种草地类型面积占全旗天然草原总面积比例不同,均匀分布在典

型草原、低地草甸、草甸草原和山地草甸内,样地长60 m,宽50 m。典型草原区域内选取39个样地,植被盖度50%~80%,海拔550~750 m,优势种植物为羊草、克氏针茅、糙隐子草和冷蒿等,主要地形地貌为平原丘陵。低地草甸区域内选取12个样地,植被盖度75%~85%,海拔550~900 m,优势种植物为芨芨草 *Achnatherum splendens*、碱蓬 *Suaeda glauca*、芦苇和车前草 *Lantago depressa* 等,主要地形地貌为低地。草甸草原区域内选取12个样地,植被盖度75%~90%,海拔700~850 m,优势种植物为贝加尔针茅 *Stipa baicalensis*、羊草、线叶菊 *Filifolium sibiricum* 和脚薹草 *Carex pediformis* 等,主要地形地貌为平原丘陵。山地草甸区域内选取12个样地,植被盖度80%~95%,海拔900~1 200 m,优势种植物为佛子茅 *Calamagrostis brachytricha*、无芒雀麦 *Bromus inermis*、早熟禾 *Poa annua* 和绣线菊 *Spiraea salicifolia* 等,主要地形地貌为山地丘陵。

**仪器:**捕虫网,自制,网圈口径30 cm,网把长130 cm,网孔直径1 mm。

## 1.2 方法

### 1.2.1 蝗虫种类与数量的调查

于2022年5月中旬至8月中旬对75个样地的蝗虫种类和数量进行调查。每个样地随机选取10个样点,每个样点取1 m×1 m样方,采用扫网法采集蝗虫。每个样方内左右挥动180°为1复网,重复100复网,将采集的蝗虫装入网袋,带回实验室制作标本。根据《内蒙古自治区草地蝗虫图鉴》(内蒙古自治区草原工作站,2018)、《呼伦贝尔市草地蝗虫》(吴虎山和能乃扎布,2009)、《中国动物志昆虫纲第四卷》(夏凯龄等,1994)、《中国动物志昆虫纲第十卷》(郑哲民等,1998)、《中国动物志昆虫纲第三十二卷》(印象初等,2003)、《中国动物志昆虫纲第四十三卷》(李鸿昌等,2006)对标本进行种类鉴定,统计不同草地类型的蝗虫科、属和种和相应数量。当某种蝗虫总数/全部蝗虫总数≥10%时,该种蝗虫为优势种;当1%≤某种蝗虫总数/全部蝗虫总数<10%时,为常见种;当0<某种蝗虫总数/全部蝗虫总数<1%时,为稀有种(蒙洋等,2017)。

### 1.2.2 蝗虫群落的多样性分析

群落多样性在一定程度上反映了生物群落的结构类型、组织水平、发展阶段、稳定程度和生境条件。蝗虫多样性和群落特征的解析对于揭示草原生态系统的物质循环和能量流动、蝗虫动态监控和蝗虫治理及蝗区生态环境的改造均具有重要意义(王

哲玮,2015),同时,蝗虫群落的特征及其多样性还有助于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。为揭示4种草地类型蝗虫群落的不同特征,本研究选择Margalef丰富度指数、Shannon-Wiener多样性指数、Simpson优势度指数和Pielou均匀性指数进行多样性分析。Margalef丰富度指数=( $S-1$ )/ $\ln N$ ,式中, $S$ 为种数, $N$ 为所有物种的个体数之和;该丰富度指数越高,说明该群落蝗虫物种越丰富。Shannon-Wiener多样性指数  $H'=-\sum_{i=1}^s(P_i \ln P_i)$ ,式中, $P_i$ 为某个样地内第*i*种蝗虫个体数占该样地内总个体数的比例;该指数越大,表示该群落蝗虫物种组成越复杂,多样性越高。Simpson优势度指数=1- $\sum_{i=1}^s P_i^2$ ,式中, $N_i$ 为某个样地内第*i*种个体数之和;该指数越大,说明蝗虫群落优势种的地位更加突出,多样性越低。Pielou均匀性指数= $H'/\ln S$ ,该指数越大,表示该群落蝗虫物种分布越均匀。

### 1.2.3 蝗虫群落的相异性分析

为揭示4种草地类型蝗虫群落的差异性,以相异性系数为指标对4种草地类型的蝗虫群落进行相异性分析。群落的相异性系数在一定程度上反映了群落物种的时空变化,可揭示物种多样性形成和维持的机理(白文辉等,1985)。相异性系数=1- $2S_c/(S_a+S_b)$ ,式中, $S_a$ 与 $S_b$ 分别为A和B两个群落各自的种数, $S_c$ 为A和B两个群落共有的种数。相异性系数越大,说明2个群落差异越大。

### 1.2.4 不同羽化时期的蝗虫群落组成和多样性分析

蝗虫羽化时期因种类和环境因素等而不同。羽化后蝗虫成虫可为害草地,因此准确掌握4种草地类型下不同羽化时期主要蝗虫种类,能精准实施监测和防控工作。新巴尔虎左旗全年蝗虫羽化时间可分为3个阶段,即第1羽化阶段(5月末至6月初羽化高峰期)、第2羽化阶段(6月末至7月初羽化高峰期)和第3羽化阶段(7月末至8月初羽化高峰期)。每个羽化阶段选择25个样地,其中典型草原13个、草甸草原4个、山地草甸4个、低地草甸4个,按羽化阶段统计4种草地的蝗虫种类和数量,参照1.2.2方法进行多样性分析。

## 1.3 数据分析

使用Microsoft Excel 2007软件计算蝗虫多样性指数和蝗虫群落相异性系数;采用SPSS 22.0软件进行统计分析,应用最小显著差数(least significant difference,LSD)法进行差异显著性检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 新巴尔虎左旗草原蝗虫种类和数量

在新巴尔虎左旗草原共采集到6科20属36种5768头蝗虫成虫。在6科中,网翅蝗科和斑翅蝗科蝗虫的属和种最多,分别为6属16种和6属10种,剑

角蝗科和癩蝗科蝗虫的属和种最少,均为1属1种。在新巴尔虎左旗草原,优势种有3种,分别为宽须蚊蝗 *Myrmeleotettix palpalis*、毛足棒角蝗 *Dasyhippus barbipes* 和白边痴蝗 *Bryodema luctuosum*,占比分别为15.38%、10.26%和10.21%;常见种和稀有种分别有17种和16种(表1)。

表1 新巴尔虎左旗蝗虫的种类及数量

Table 1 Species and number of grasshoppers in Xinbaerhu Left Banner

科 Family	属 Genus	种 Species	数量 Number	百分比 Percentage/%	类型 Type
槌角蝗科 Gomphoceridae	棒角蝗属 <i>Dasyhippus</i>	毛足棒角蝗 <i>D. barbipes</i>	592	10.26	+++
		北京棒角蝗 <i>D. peipingensis</i>	13	0.22	+
	蚁蝗属 <i>Myrmeleotettix</i>	宽须蚊蝗 <i>My. palpalis</i>	887	15.38	+++
	大足蝗属 <i>Aeropus</i>	李氏大足蝗 <i>Ae. licenti</i>	88	1.52	++
		西伯利亚蝗 <i>Ae. sibiricus</i>	3	0.04	+
斑腿蝗科 Catantopidae	星翅蝗属 <i>Calliptamus</i>	短星翅蝗 <i>Ca. abbreviatus</i>	194	3.36	++
	无翅蝗属 <i>Zubovskia</i>	小无翅蝗 <i>Z. parvula</i>	235	4.07	++
	翘尾蝗属 <i>Primnoa</i>	翘尾蝗 <i>Pr. primnoa</i>	4	0.07	+
斑翅蝗科 Oedipodidae	异痴蝗属 <i>Bryodemella</i>	轮纹异痴蝗 <i>Bryodemella tuberculatum dilutum</i>	81	1.41	++
		黄胫异痴蝗 <i>Bryodemella holdereri</i>	59	1.03	++
	痴蝗属 <i>Bryodema</i>	白边痴蝗 <i>Bryodema luctuosum</i>	589	10.21	+++
	皱膝蝗属 <i>Angaracris</i>	鼓翅皱膝蝗 <i>An. barabensis</i>	275	4.77	++
		红翅皱膝蝗 <i>An. rhodopa</i>	6	0.11	+
	尖翅蝗属 <i>Epacromius</i>	大垫尖翅蝗 <i>Ep. coerulipes</i>	263	4.56	++
		小垫尖翅蝗 <i>Ep. tergestinus</i>	3	0.04	+
	小车蝗属 <i>Oedaleus</i>	亚洲小车蝗 <i>Oe. decorus asiaticus</i>	204	3.54	++
		黄胫小车蝗 <i>Oe. infernalis</i>	61	1.06	++
	赤翅蝗属 <i>Celes</i>	小赤翅蝗 <i>Ce. skalozubovi</i>	10	0.18	+
网翅蝗科 Arcypteridae	网翅蝗属 <i>Arcyptera</i>	网翅蝗 <i>Ar. fusca</i>	55	0.96	+
		白膝网翅蝗 <i>Ar. fusca albogeniculata</i>	1	0.02	+
	曲背蝗属 <i>Pararcyptera</i>	宽翅曲背蝗 <i>Pa. microptera meridionalis</i>	382	6.63	++
	草地蝗属 <i>Stenobothrus</i>	条纹草地蝗 <i>S. lineatus</i>	25	0.44	+
	牧草蝗属 <i>Omocestus</i>	红腹牧草蝗 <i>Om. haemorrhoidalis</i>	254	4.41	++
		绿牧草蝗 <i>Om. viridulus</i>	3	0.05	+
	雏蝗属 <i>Chorthippus</i>	华北雏蝗 <i>Ch. brunneus huabeiensis</i>	179	3.10	++
		小翅雏蝗 <i>Ch. fallax</i>	529	9.17	++
		黑翅雏蝗 <i>Ch. aethalinus</i>	4	0.07	+
		褐色雏蝗 <i>Ch. brunneus</i>	1	0.02	+
		白纹雏蝗 <i>Ch. albonemus</i>	114	1.97	++
		根河雏蝗 <i>Ch. genheensis</i>	5	0.09	+
		呼城雏蝗 <i>Ch. huchengensis</i>	29	0.51	+
	异爪蝗属 <i>Euchorthippus</i>	邱氏异爪蝗 <i>Eu. cheui</i>	181	3.13	++
		绿异爪蝗 <i>Eu. herbaceus</i>	90	1.56	++
		素色异爪蝗 <i>Eu. unicolor</i>	47	0.81	+
剑角蝗科 <i>Acrididae</i>	鸣蝗属 <i>Mongolotettix</i>	日本鸣蝗 <i>Mo. japonicus</i>	299	5.19	++
癩蝗科 <i>Pamphagidae</i>	笨蝗属 <i>Haplotropis</i>	笨蝗 <i>H. brunneriana</i>	3	0.04	+

+: 稀有种; ++: 常见种; +++: 优势种。+: Rare species; ++: common species; +++: dominant species.

## 2.2 4种草地类型的蝗虫种类和数量

4种草地类型均广泛分布着李氏大足蝗 *Aeropus licenti*、鼓翅皱膝蝗 *Angaracris barabensis*、亚洲小车蝗 *Oedaleus decorus asiaticus*、网翅蝗 *Arcyptera fusca*、宽翅曲背蝗 *Pararcyptera microptera meridionalis*、红腹牧草蝗 *Omocestus haemorrhoidalis*、华北雏蝗 *Chorthippus brunneus huabeiensis*、小翅雏蝗 *Chorthippus fallax*、邱氏异爪蝗 *Euchorthippus cheui* 和日本鸣蝗 *Mongolotettix japonicus*。草甸草原的优势种为宽须蚁蝗和小翅雏蝗;山地草甸的优势种为小无翅蝗 *Zubovskia parvula*、宽翅曲背蝗和红腹牧草蝗;低地草甸的优势种为毛足棒角蝗、白边

痴蝗、大垫尖翅蝗 *Epacromius coerulipes* 和小翅雏蝗;典型草原的优势种为毛足棒角蝗、宽须蚁蝗和白边痴蝗(表2)。典型草原的特有种为北京棒角蝗 *Dasyhippus peipingensis*、西伯利亚蝗 *Aeropus sibiricus*、黄胫异痴蝗 *Bryodemella holdereri*、小垫尖翅蝗 *Epacromius tergestinus*、褐色雏蝗 *Chorthippus brunneus*、白纹雏蝗 *Chorthippus albonemus* 和笨蝗 *Haplotropis brunneriana*;草甸草原的特有种为根河雏蝗 *Chorthippus genheensis*;山地草甸的特有种为小无翅蝗、翘尾蝗 *Primnoa primnoa*、白膝网翅蝗 *Arcyptera fusca albogeniculata* 和绿牧草蝗 *Omocestus viridulus*(表2)。

表2 新巴尔虎左旗4种草地类型的蝗虫种类和数量

Table 2 Locust species and quantities of four grassland types in Xinbaerhu Left Banner

种 Species	草甸草原 Meadow steppe			山地草甸 Mountain meadow steppe			低地草甸 Lowland meadow steppe			典型草原 Typical steppe		
	数量 No.	百分比 Percent- age/%	类型 Type	数量 No.	百分比 Percent- age/%	类型 Type	数量 No.	百分比 Percent- age/%	类型 Type	数量 No.	百分比 Percent- age/%	类型 Type
毛足棒角蝗 <i>Dasyhippus barbipes</i>	25	4.21	++	-	-	-	91	10.73	+++	476	13.25	+++
北京棒角蝗 <i>Dasyhippus peipingensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	0.36	+
宽须蚁蝗 <i>Myrmeleotettix palpalis</i>	180	31.58	+++	-	-	-	59	6.96	++	648	18.04	+++
李氏大足蝗 <i>Aeropus licenti</i>	5	0.88	+	17	2.24	++	2	0.24	+	64	1.78	++
西伯利亚蝗 <i>Aeropus sibiricus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	0.08	+
短星翅蝗 <i>Calliptamus abbreviatus</i>	10	1.75	++	36	4.75	++	-	-	-	148	4.12	++
小无翅蝗 <i>Zubovskia kiaparvula</i>	-	-	-	235	31.00	+++	-	-	-	-	-	-
翘尾蝗 <i>Primnoa primnoa</i>	-	-	-	4	0.53	+	-	-	-	-	-	-
轮纹异痴蝗 <i>Bryodemella tuberculatum dilutum</i>	25	4.39	++	13	1.72	++	-	-	-	43	1.20	++
黄胫异痴蝗 <i>Bryodemella holdereri</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59	1.64	++
白边痴蝗 <i>Bryodema luctuosum</i>	31	5.44	++	-	-	-	103	12.15	+++	455	12.67	+++
鼓翅皱膝蝗 <i>Angaracris barabensis</i>	16	2.81	++	72	9.50	++	37	4.36	++	150	4.18	++
红翅皱膝蝗 <i>Angaracris rhodopa</i>	-	-	-	-	-	-	1	0.12	+	5	0.14	+
大垫尖翅蝗 <i>Epacromius coerulipes</i>	17	2.98	++	-	-	-	144	16.98	+++	102	2.84	++
日本鸣蝗 <i>Mongolotettix japonicus</i>	56	9.82	++	36	4.75	++	84	9.91	++	123	3.42	++
小垫尖翅蝗 <i>Epacromius tergestinus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	0.08	+
亚洲小车蝗 <i>Oedaleus decorus asiaticus</i>	12	2.11	++	5	0.66	+	8	0.94	+	179	4.98	++
黄胫小车蝗 <i>Oedaleus infernalis</i>	5	0.88	+	-	-	-	-	-	-	56	1.56	++
小赤翅蝗 <i>Celes skalozubovi</i>	5	0.88	+	5	0.66	+	-	-	-	-	-	-

续表2 Continued

种 Species	草甸草原 Meadow steppe			山地草甸 Mountain meadow steppe			低地草甸 Lowland meadow steppe			典型草原 Typical steppe		
	数量 No.	百分比 Percent- age/%	类型 Type	数量 No.	百分比 Percent- age/%	类型 Type	数量 No.	百分比 Percent- age/%	类型 Type	数量 No.	百分比 Percent- age/%	类型 Type
网翅蝗 <i>Arcyptera fusca</i>	1	0.18	+	14	1.85	++	1	0.12	+	39	1.09	++
白膝网翅蝗	-	-	-	1	0.13	+	-	-	-	-	-	-
<i>Arcyptera fusca albogeniculata</i>												
宽翅曲背蝗	24	4.21	++	85	11.21	+++	31	3.66	++	242	6.74	++
<i>Paracryptera microptera meridionalis</i>												
条纹草地蝗	5	0.88	+	-	-	-	-	-	-	20	0.56	+
<i>Stenobothrus lineatus</i>												
红腹牧草蝗	55	9.65	++	76	10.03	+++	6	0.71	+	117	3.26	++
<i>Omocestus haemorrhoidalis</i>												
绿牧草蝗 <i>Omocestus viridulus</i>	-	-	-	3	0.40	+	-	-	-	-	-	-
华北雏蝗	9	1.75	++	8	1.06	++	14	1.65	++	148	4.12	++
<i>Chorthippus brunneus huabeiensis</i>												
小翅雏蝗 <i>Chorthippus fallax</i>	74	12.98	+++	37	4.88	++	190	22.41	+++	228	6.35	++
黑翅雏蝗	2	0.35	+	1	0.13	+	1	0.12	+	-	-	-
<i>Chorthippus aethalinus</i>												
褐色雏蝗	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.03	+
<i>Chorthippus brunneus</i>												
白纹雏蝗	-	-	-	-	-	-	-	-	-	114	3.17	++
<i>Chorthippus albonemus</i>												
根河雏蝗	5	0.88	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chorthippus genheensis</i>												
呼城雏蝗	-	-	-	5	0.66	+	24	2.83	++	-	-	-
<i>Chorthippus huchengensis</i>												
邱氏异爪蝗	6	1.05	++	16	2.11	++	37	4.36	++	122	3.40	++
<i>Euchorthippus cheui</i>												
绿异爪蝗	-	-	-	75	9.89	++	15	1.77	++	-	-	-
<i>Euchorthippus herbaceus</i>												
素色异爪蝗	2	0.35	+	14	1.85	++	-	-	-	31	0.86	+
<i>Euchorthippus unicolor</i>												
笨蝗 <i>Haplotropis brunneriana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	0.08	+
总数total	570			758			848			3 592		

-: 无数据; +: 稀有种类; ++: 常见种类; +++: 优势种类。-: None data; +: rare species; ++: common species; +++: dominant species.

### 2.3 4种草地类型的蝗虫群落多样性分析

典型草原的蝗虫种类最多,有27种,低地草甸的蝗虫种类最少,有18种;典型草原的蝗虫个体数和Margalef丰富度指数分别为92.10和1.73,均显著高于草甸草原( $P<0.05$ ),而与山地草甸和低地草甸差异不显著;典型草原的Shannon-Wiener多样性指数为1.52,显著高于山地草甸( $P<0.05$ ),但与草甸草原和低地草甸差异不显著;山地草甸的Simpson优势度指数为0.52,显著高于典型草原( $P<0.05$ ),但与草甸草原和低地草甸差异不显著;4种草地类型的

Pielou均匀度指数介于0.57~0.74之间,四者之间差异不显著(表3)。

### 2.4 4种草地类型的蝗虫群落相异性

山地草甸与典型草原的蝗虫群落相异性最大,共有13种蝗虫,相异性系数为0.46;草甸草原与典型草原蝗虫群落相异性最小,共有19种蝗虫,相异性系数为0.22;草甸草原与山地草甸、低地草甸,山地草甸与低地草甸以及低地草甸与典型草原的蝗虫群落相异性系数均较低,介于0.30~0.38之间,表明蝗虫群落差异较小(表4)。

表3 新巴尔虎左旗4中草地类型的蝗虫多样性指数

Table 3 Diversity index of grasshopper communities in different steppe types in Xinbaerhu Left Banner

草地类型 Steppe type	种数 No. of species	个体数 No. of individuals	Margalef 丰富度指数 Margalef richness index	Shannon-Wiener 多样性指数 Shannon-Wiener diversity index	Simpson 优势度指数 Simpson dominance index	Pielou 均匀度指数 Pielou evenness index
草甸草原 Meadow steppe	22	47.50±4.27 b	1.14±0.23 b	1.21±0.20 ab	0.39±0.09 ab	0.74±0.07 a
山地草甸 Mountain meadow steppe	21	63.17±11.66 ab	1.31±0.28 ab	1.02±0.21 b	0.52±0.10 a	0.57±0.08 a
低地草甸 Lowland meadow steppe	18	70.67±11.44 ab	1.38±0.15 ab	1.35±0.18 ab	0.36±0.07 ab	0.70±0.07 a
典型草原 Typical steppe	27	92.10±12.19 a	1.73±0.04 a	1.52±0.09 a	0.31±0.04 b	0.71±0.05 a

表中数据为平均数±标准误。同列不同小写字母表示经 LSD 法检验差异显著( $P<0.05$ )。Data in the table are mean±SE. Different lowercase letters in the same column indicate significant difference by LSD test ( $P<0.05$ )。

表4 新巴尔虎左旗4种草地类型的蝗虫群落相异性系数

Table 4 Heterogeneity coefficients of locust communities in four grassland types in Xinbaerhu Left Banner

草地类型 Steppe type	草甸草原 Meadow steppe	山地草甸 Mountain meadow steppe	低地草甸 Lowland meadow steppe	典型草原 Typical steppe
草甸草原 Meadow steppe	-	0.30	0.30	0.22
山地草甸 Mountain meadow steppe		-	0.33	0.46
低地草甸 Lowland meadow steppe			-	0.38
典型草原 Typical steppe				-

## 2.5 不同羽化阶段4种草地类型的蝗虫群落组成

### 2.5.1 第1羽化阶段

此阶段蝗虫种类最少,为5科15属20种,蝗虫种数排列顺序依次为典型草原>草甸草原>山地草甸=低地草甸。典型草原和低地草甸的蝗虫优势种均有宽须蚁蝗和毛足棒角蝗,此外典型草原优势种还有白边痴蝗,低地草甸优势种还有日本鸣蝗。草甸草原蝗虫优势种为宽须蚁蝗,山地草甸蝗虫优势种为宽翅曲背蝗、鼓翅皱膝蝗和李氏大足蝗(图1)。

### 2.5.2 第2羽化阶段

此阶段蝗虫种类为6科18属24种,蝗虫种数排列顺序依次为典型草原>草甸草原=低地草甸>山地草甸。草甸草原蝗虫优势种为红腹牧草蝗、日本鸣蝗和白边痴蝗,山地草甸蝗虫优势种为红腹牧草蝗、绿异爪蝗 *Euchorthippus herbaceus* 和网翅蝗,低地草甸蝗虫优势种为大垫尖翅蝗、白边痴蝗和小翅雏蝗,典型草原蝗虫优势种为亚洲小车蝗、鼓翅皱膝蝗和宽翅曲背蝗(图1)。

### 2.5.3 第3羽化阶段

此阶段蝗虫种类最多,为6科20属32种,蝗虫种数排列顺序依次为典型草原>草甸草原>山地草甸>低地草甸。4种草地优势种蝗虫均以网翅蝗科

雏蝗属 *Chorthippus* 的小翅雏蝗、华北雏蝗和白纹雏蝗为主(图1)。

## 2.6 不同羽化阶段4种草地的蝗虫群落多样性分析

### 2.6.1 第1羽化阶段

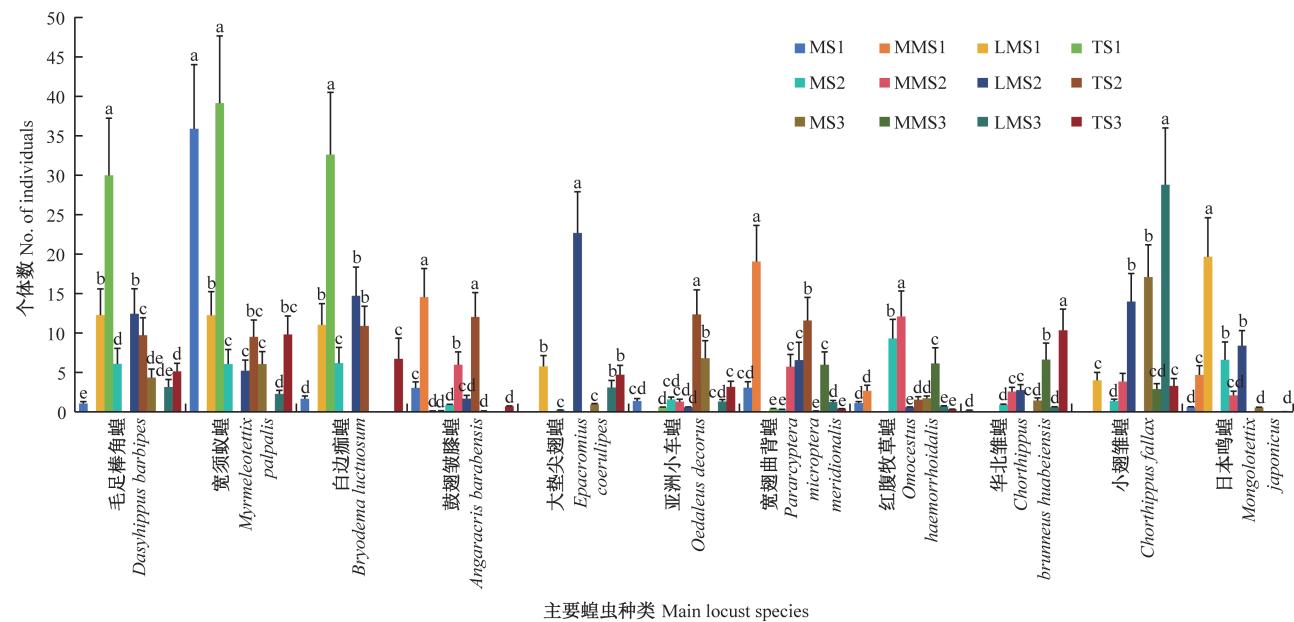
此阶段典型草原的蝗虫种数最多,为13种,山地草甸和低地草甸的蝗虫种数最少,均8种;典型草原的蝗虫个体数也最多,为123.41头,显著高于其他3种草地类型( $P<0.05$ );山地草甸的Margalef丰富度指数、Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀度指数均与低地草甸差异不显著,但均显著高于草甸草原和典型草原( $P<0.05$ );山地草甸的 Simpson 优势度指数与低地草甸差异不显著,但均显著低于草甸草原和典型草原( $P<0.05$ ,表5)。

### 2.6.2 第2羽化阶段

此阶段低地草甸的蝗虫个体数最多,为92.02头,与典型草原的蝗虫个体数差异不显著,但显著高于其他2种草地类型( $P<0.05$ );低地草甸的 Margalef 丰富度指数为1.87,与山地草甸的 Margalef 丰富度指数差异不显著,但显著高于其他2种草地类型( $P<0.05$ );山地草甸的 Pielou 均匀度指数最高,为0.94,显著高于其他3种草地类型( $P<0.05$ );4种草地类型的蝗虫种数差异不大,介于13~15种之间,其

## Shannon-Wiener 多样性指数和 Simpson 优势度指数

也差异不显著(表5)。



MS1、MMS1、LMS1 和 TS1: 草甸草原、山地草甸、低地草甸典型草原的第1羽化阶段; MS2、MMS2、LMS2 和 TS2: 草甸草原、山地草甸、低地草甸和典型草原的第2羽化阶段; MS3、MMS、LMS3 和 TS3: 草甸草原、山地草甸、低地草甸和典型草原的第3羽化阶段。MS1, MMS1, LMS1, TS1: The first eclosion period of meadow steppe, mountain meadow steppe, lowland meadow steppe, typical steppe; MS2, MMS2, LMS2, TS2: the second eclosion period of meadow steppe, mountain meadow steppe, lowland meadow steppe, typical steppe; MS3, MMS, LMS3, TS3: the third eclosion period of meadow steppe, mountain meadow steppe, lowland meadow steppe, typical steppe.

图1 不同羽化阶段新巴尔虎左旗4种草地类型主要蝗虫种类和数量

Fig. 1 Species and number of individuals of main locust and grasshopper species in four grassland types at different stages of emergence in Xinbaerhu Left Banner

图中数据为平均数±标准误。不同小写字母表示不同草地类型不同羽化阶段的同种蝗虫经 LSD 法检验差异显著( $P<0.05$ )。Data in the figure are mean±SE. Different lowercase letters indicate significant difference for the same locust species between different grassland types and different emergence stages by LSD test ( $P<0.05$ )。

## 2.6.3 第3羽化阶段

此阶段典型草原的种数最多,为21种,草甸草原的种数次之,为20种,低地草甸的种数最少,为14种;典型草原的蝗虫个体数最多,为73.37头,显著高于其他3种草地类型;草甸草原的Margalef丰富度指数最高,为1.91,显著高于典型草原( $P<0.05$ ),其Shannon-Wiener多样性指数和Simpson优势度指数均与典型草原差异不显著,但前者均高于其他2种草地类型,而后者均显著低于其他2种草地类型( $P<0.05$ );低地草甸的Pielou均匀度指数最低,为0.60,均显著低于其他3种草地类型( $P<0.05$ ,表5)。

## 3 讨论

内蒙古蝗虫种类较多(伟军, 2009; 徐亚勋, 2012),其优势种主要是斑翅蝗科和网翅蝗科,具体

为亚洲小车蝗、短星翅蝗、大垫尖翅蝗、宽须蚁蝗、雏蝗、痴蝗、红翅皱膝蝗和鼓翅皱膝蝗。但内蒙古面积辽阔,区域特征明显,不同区域蝗虫群落的组成和优势种差异明显。目前呼伦贝尔草地共有7科20属58种蝗虫(吴虎山和能乃扎布, 2009),但对于新巴尔虎左旗草地蝗虫种类未见专门报道。本研究在新巴尔虎旗境内共采集5 768头蝗虫,涉及6科20属36种,分别占全市科、属、种的85.7%、100.0%和62.1%,其中优势种有3种,常见种有17种,稀有种有16种,优势种为宽须蚁蝗、毛足棒角蝗和白边痴蝗。本研究首次明确了新巴尔虎左旗草原蝗虫种类、群落组成以及分布情况,在以后的研究中可进一步明确其发生程度、发生趋势,划分潜在的适生区及风险评估,为今后当地草原有害生物防控部门开展蝗虫监测及防控工作提供科学依据。

表5 不同羽化阶段新巴尔虎左旗4种草地类型的蝗虫多样性指数

Table 5 Diversity index of locusts in four grassland types in Xinbaerhu Left Banner during different concentrated emergence periods

羽化时期 Period	草地类型 Steppe type	种数 Species	个体数 individuals	Margalef 丰富度指数 Margalef richness index	Shannon-Wiener 多样性指数 Shannon-Wiener diversity index	Simpson 优势度指数 Simpson dominance index	Pielou 均匀度指数 Pielou evenness index
第1羽化阶段 The first eclosion period	草甸草原 Meadow steppe	11	49.81±13.94 d	1.56±0.45 c	1.18±0.12 d	0.52±0.04 a	0.49±0.03 e
	山地草甸 Mountain meadow steppe	8	60.19±14.44 c	1.71±0.15 b	1.84±0.08 b	0.18±0.06 d	0.88±0.04 b
	低地草甸 Lowland meadow steppe	8	71.91±15.11 b	1.64±0.12 b	1.84±0.12 b	0.16±0.06 d	0.89±0.05 b
	典型草原 Typical steppe	13	123.41±30.86 a	1.49±0.18 d	1.69±0.18 c	0.23±0.01 c	0.66±0.02 d
第2羽化阶段 The second eclosion period	草甸草原 Meadow steppe	14	44.94±11.23 d	1.42±0.56 d	2.21±0.38 a	0.11±0.02 d	0.84±0.04 b
	山地草甸 Mountain meadow steppe	13	65.63±17.78 c	1.87±0.42 a	2.41±0.32 a	0.09±0.01 d	0.94±0.05 a
	低地草甸 Lowland meadow steppe	14	92.02±25.21 ab	1.87±0.48 a	2.13±0.21 a	0.14±0.04 d	0.81±0.06 b
	典型草原 Typical steppe	15	79.52±22.28 b	1.20±0.25 e	2.26±0.23 a	0.11±0.01 d	0.84±0.03 b
第3羽化阶段 The third eclosion period	草甸草原 Meadow steppe	20	47.75±10.03 d	1.91±0.82 a	2.18±0.25 a	0.16±0.05 d	0.73±0.03 c
	山地草甸 Mountain meadow steppe	16	63.69±12.01 c	1.61±0.52 b	1.93±0.12 b	0.22±0.12 c	0.69±0.02 c
	低地草甸 Lowland meadow steppe	14	48.08±12.08 d	1.36±0.58 d	1.57±0.13 c	0.37±0.06 b	0.60±0.01 d
	典型草原 Typical steppe	21	73.37±21.28 b	1.66±0.89 b	2.41±0.18 a	0.10±0.01 d	0.79±0.04 bc

表中数据为平均数±标准误。同列不同小写字母表示经LSD法检验差异显著( $P<0.05$ )。Data are mean±SE. Different lowercase letters in the same column indicate significant difference by LSD test ( $P<0.05$ ).

本研究通过调查发现,新巴尔虎左旗4种草地类型捕获的蝗虫种类和数量不尽相同,表明不同蝗虫种类对生存生境的要求不同。蝗虫的食性和适应性影响其分布,食性广、适应能力强的蝗虫分布范围相对广泛,而食性单一、适应能力较弱则分布范围相对较小(李馨,2015)。本研究中典型草原蝗虫优势种为毛足棒角蝗、宽须蚁蝗和白边痴蝗3种,而锡林郭勒典型草原蝗虫优势种为亚洲小车蝗(畅笑等,2023),与本研究结果不同,究其原因可能是调查时期不同或者草原面积大小不同,不同调查时间蝗虫群落多样性变化不同,或者同类型草原面积较大,跨度大,其植被盖度、种类不同,进而导致同一草地类型的蝗虫种类不同。在4种草地类型中,典型草原的蝗虫种数和个体数最多,Margalef丰富度指数和Shannon-Wiener多样性指数最大。马志宁等(2022)报道宁夏回族自治区温性草原的蝗虫物种数、个体数、多样性指数和丰富度指数均显著高于草甸草原、荒漠草原和草原化荒漠草原,与本研究结果一致。究其原因可能是典型草原植被类型主要以羊草、针茅和糙隐子草等蝗虫喜食的禾本科物为主,同时典

型草原群落高度较低,更利于蝗虫生长发育、繁殖和越冬。地形因子影响蝗虫的发生和丰度,如张洪亮等(2002)对青海湖地区的草地蝗虫发生与各地形变量(包括海拔、坡度与坡向)进行叠置分析,结果表明海拔和坡度对草地蝗虫发生的影响极显著,而坡向对草地蝗虫发生的影响不明显;张军霞等(2013)利用广义相加模型探讨了黑河上游天然草地中亚洲小车蝗的多度与地形的关系,结果表明海拔是影响蝗虫丰度的主要因子。本研究中山地草甸蝗虫物种多样性指数最低,而优势度指数最高,初步分析其原因可能是山地草甸海拔较高、植物种类单一、优势种植物高度较高,植被盖度较大,环境相对恶劣,不利于大多数蝗虫生存,以小无翅蝗为主的特有种类在蝗虫群落中占比较大。本研究只对蝗虫种类、群落组成进行了调查,不同草地类型蝗虫群落组成不同的具体原因需进一步研究。

本研究中典型草原第1羽化阶段蝗虫优势种有毛足棒角蝗、第2羽化阶段蝗虫优势种有亚洲小车蝗,与陈广平等(2008)关于内蒙古典型草原的研究结果一致。植被对草原蝗虫羽化有直接影响,如植

物生长季中期,蝗虫丰富度最高,而在植物生长季早期和晚期,蝗虫丰富度较低(仲星宇,2017)。本研究中新巴尔虎左旗典型草原蝗虫丰富度在第2羽化阶段最高,此时植被正处于生长中期,与仲星宇(2017)研究结果一致。刘长仲和冯光翰(1999)报道,宽须蚁蝗属早期发生种类,但其蝗蝻期平均为70~75 d,成虫寿命平均为49.5 d,整个发育历期长达120 d左右,与本研究结果中宽须蚁蝗作为蝗虫优势种在3个羽化阶段均有发生的结果吻合。第1~2羽化阶段羽化蝗虫个体数显著高于第3羽化阶段,建议在蝗虫羽化第1~2羽化阶段密切监测蝗虫密度,适时开展防控工作。本研究周期较短,后期需进行常年监测,以期为新巴尔虎左旗草原保护工作提供参考依据。

### 参 考 文 献 (References)

- Bai WH, Xu ST, Song YF, Liu AP. 1985. Inner Mongolia grassland insect list. Chinese Journal of Grassland, 7(1): 41~47 (in Chinese) [白文辉, 徐绍庭, 宋银芳, 刘爱萍. 1985. 内蒙古草原昆虫名录. 中国草原, 7(1): 41~47]
- Chang X, Li S, Huang XB, Tu XB. 2023. Analysis of insect diversity in typical steppe of Xilin Gol League. 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. 植物保护学报, 50(5): 1310~1317]
- Chen GP. 2008. Effects of temperature and photoperiod on the growth, development, and egg diapause of three grassland locusts in Inner Mongolia. Master thesis. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University (in Chinese) [陈广平. 2008. 温度和光周期对内蒙古3种草原蝗虫生长发育及卵滞育的影响. 硕士学位论文. 呼和浩特: 内蒙古农业大学]
- Chi XX, Wang SY, Ma SY, Li CH, Wei J, Sala, Husile, Batu. 2021. Green control technology and effect of grasshopper in Hulunbuir grassland. Grassland and Prataculture, 33(2): 55~59 (in Chinese) [迟晓雪, 王淑艳, 马崇勇, 李春红, 伟军, 萨拉, 呼斯勒, 巴图. 2021. 呼伦贝尔草原蝗虫绿色防控技术及效果. 草原与草业, 33(2): 55~59]
- Chi XX, Wei J, Gao HB, Wang WG, Gao XY, Bao H, Guo SQ. 2017. Analysis of the relationship between locust incidence and climate factors in the grassland of Xinbaerhu Left Banner, Inner Mongolia. Animal Husbandry and Feed Science, 38(2): 42~44 (in Chinese) [迟晓雪, 伟军, 高海滨, 王伟共, 高显颖, 包贺喜吐, 郭司群. 2017. 内蒙古新巴尔虎左旗草原蝗虫发生与气候因素关系分析. 畜牧与饲料科学, 38(2): 42~44]
- Grassland Workstation of Inner Mongolia Autonomous Region. 2018. Atlas of grasshoppers from Inner Mongolia Autonomous Region. Beijing: China Agriculture Press (in Chinese) [内蒙古自治区草原工作站. 2018. 内蒙古自治区草地蝗虫图鉴. 北京: 中国农业出版社]
- Huang WG, Yu Z, Zhang R, Wang L, Zhang Y, Zhu MM, Wei SH. 2014. Relationship between grasshopper outbreak and plant community in typical grassland of Yanchi in Ningxia. Pratacultural Science, 31(2): 306~312 (in Chinese) [黄文广, 于钊, 张蓉, 王蕾, 张宇, 朱猛蒙, 魏淑花. 2014. 盐池县典型草原蝗虫发生与植被群落的关系. 草业科学, 31(2): 306~312]
- Huang WJ. 2020. Overview of locust migration in Pakistan and Somalia deserts and assessment of agricultural and livestock losses. Agricultural Engineering Technology, 40(18): 22~24 (in Chinese) [黄文江. 2020. 巴基斯坦与索马里沙漠蝗虫迁飞概况及农牧业损失评估. 农业工程技术, 40(18): 22~24]
- Li HC, Xia KL, et al. 2006. Fauna Sinica. Insect. Vol. 43. Orthoptera: Acridoidea: Catantopidae. Beijing: Science Press (in Chinese) [李鸿昌, 夏凯龄, 等. 2006. 中国动物志. 昆虫纲. 第四十三卷. 直翅目. 蝗总科. 斑腿蝗科. 北京: 科学出版社]
- Li X. 2015. Species diversity of grasshoppers in ecological restoration in the hilly and gully area of loess plateau of Yan'an. Master thesis. Yan'an: Yan'an University (in Chinese) [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 CZ, Feng GH. 1999. Studies on the bionomics of *Myrmeleotettix palpalis* (Zubovsky). Journal of Plant Protection, 26(2): 153~156 (in Chinese) [刘长仲, 冯光翰. 1999. 宽须蚁蝗生态学特性研究. 植物保护学报, 26(2): 153~156]
- Ma Y, Li HC, Kang L. 1991. The grassland insects of Inner Mongolia. Xi'an: Tianze Publishing House, pp. 1~467 (in Chinese) [马耀, 李鸿昌, 康乐. 1991. 内蒙古草地昆虫. 西安: 天则出版社, pp. 1~467]
- 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. 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. 中国生物防治学报, 38(6): 1459~1472]
- Meng Y, Qiu Y, Zhang L, Wang CL, Zang ZH, Zhang XY, Shen GZ, Yan CF, Chen QS. 2017. Effects of geographical distance and differences in climate and altitude on species dissimilarity of vascular plant communities in the Dulongjiang River Watershed Area. Biodiversity Science, 25(12): 1313~1320 (in Chinese) [蒙洋, 邱月, 张亮, 王翠玲, 臧振华, 张学耀, 申国珍, 闫彩凤, 陈全胜. 2017. 地理距离、海拔和气候差异对独龙江流域维管植物群落物种空间相异性的影响. 生物多样性, 25(12): 1313~1320]
- Nonnaizab. 1999. Insects of Inner Mongolia China. Hohhot: Inner Mongolian People's Publishing House, pp. 1~506 (in Chinese) [能乃扎布. 1999. 内蒙古昆虫. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, pp. 1~506]
- Shang ZH, Yao AX, Guo XS. 2002. Evaluation and review on measurement methods of biodiversity at home and abroad. Journal of Ningxia Agricultural College, 23(3): 68~73 (in Chinese) [尚占环, 姚爱兴, 郭旭生. 2002. 国内外生物多样性测度方法的评价与综述. 宁夏农学院学报, 23(3): 68~73]

- Si H. 2023. Study on the diversity of locust communities in different habitats in Chenbaerhu Banner and the changes of biochemical substances in *Dasyhippus barbipes*, a major grassland hazard locust. Master thesis. Hohhot: Inner Mongolia Normal University (in Chinese) [四海. 2023. 陈巴尔虎旗不同生境蝗虫群落多样性及草原主要危害蝗虫毛足棒角蝗体内生物质变化的研究. 硕士学位论文. 呼和浩特: 内蒙古师范大学]
- Sun T, Liu ZY, Long RJ. 2014. The influence of managing measures for grazing chicken on its growth characteristics and grassland population quantity. *Acta Ecologica Sinica*, 34(22): 6568–6572 (in Chinese) [孙涛, 刘志云, 龙瑞军. 2014. 管理措施对牧鸡生长性能及草地蝗虫数量的影响. 生态学报, 34(22): 6568–6572]
- 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. *Journal of Engineering of Heilongjiang University*, 6(1): 60–68 (in Chinese) [王哲玮, 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. 黑龙江大学工程学报, 6(1): 60–68]
- Wei J. 2009. A study on the specific composition, fauna, and ecological distribution of Acridoidea from Hulunbeier, Inner Mongolia. Master thesis. Hohhot: Inner Mongolia Normal University (in Chinese) [伟军. 2009. 内蒙古呼伦贝尔草地蝗虫种类组成区系及生态分布的研究. 硕士学位论文. 呼和浩特: 内蒙古师范大学]
- Wu HS, Nonnaizab. 2009. Grasshoppers of Hulunbeier grassland. Beijing: China Agriculture Press (in Chinese) [吴虎山, 能乃扎布. 2009. 呼伦贝尔市草地蝗虫. 北京: 中国农业出版社]
- Xia KL, et al. 1994. *Fauna Sinica. Insect. Vol. 4. Orthoptera: Acridoidea: Pamphagidae, Chrotonidae and Pyrgomorphidae*. Beijing: Science Press (in Chinese) [夏凯龄, 等. 1994. 中国动物志. 昆虫纲. 第四卷. 直翅目. 蝗总科. 癞蝗科, 瘤锥蝗科, 锥头蝗科. 北京: 科学出版社]
- Xu YX. 2012. Five major grasshopper locusts's growth and development, and community diversity of in Inner Mongolia. Master thesis. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University (in Chinese) [徐亚勋. 2012. 内蒙古5种主要草原蝗虫生长发育及群落多样性的研究. 硕士学位论文. 呼和浩特: 内蒙古农业大学]
- Yin XC, Xia KL, et al. 2003. *Fauna Sinica. Insect. Vol. 32. Orthoptera: Acridoidea: Gomphoceridae and Acrididae*. Beijing: Science Press (in Chinese) [印象初, 夏凯龄, 等. 2003. 中国动物志. 昆虫纲. 第三十二卷. 直翅目. 蝗总科. 梭角蝗科, 剑角蝗科. 北京: 科学出版社]
- Zhang HL, Ni SX, Zha Y, Wei YC. 2002. An topographic analysis of grasshopper outbreak in the region around Qinghai Lake aided by GIS. *Scientia Geographica Sinica*, 22(4): 441–444 (in Chinese) [张洪亮, 倪绍祥, 查勇, 韦玉春. 2002. GIS支持下青海湖地区草地蝗虫发生的地形分析. 地理科学, 22(4): 441–444]
- Zhang JX, Zhao CZ, Yin CQ, Li LL, Hou ZI, Zhang J. 2013. Abundance of *Oedaleus asiaticus* in natural grassland in the upper reaches of Heihe River, western China in relation to topography. *Chinese Journal of Ecology*, 32(2): 305–310 (in Chinese) [张军霞, 赵成章, 殷翠琴, 李丽丽, 侯兆疆, 张静. 2013. 黑河上游天然草地亚洲小车蝗多度与地形的关系. 生态学杂志, 32(2): 305–310]
- Zheng ZM, Xia KL, et al. 1998. *Fauna Sinica. Insect. Vol. 10. Orthoptera: Acridoidea: Oedipodidae and Arcypteridae*. Beijing: Science Press (in Chinese) [郑哲民, 夏凯龄, 等. 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. 北京: 科学出版社]
- Zhong XY. 2017. Effects of grazing and seasonal rainfall on grasshopper eggs in grassland. Master thesis. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University (in Chinese) [仲星宇. 2017. 放牧与季节性降雨对草原蝗虫卵的影响. 硕士学位论文. 呼和浩特: 内蒙古农业大学]
- Zhou SQ, Sun PF, Zhao K. 2022. Re-evaluation of grassland ecological compensation policy from the perspective of heterogeneous farmers and herders' multidimensional satisfaction. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 36(12): 22–31 (in Chinese) [周升强, 孙鹏飞, 赵凯. 2022. 基于异质性农牧民多维满意度视角的草原生态补奖政策再评价. 干旱区资源与环境, 36(12): 22–31]

(责任编辑:张俊芳)