

# 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

殷怡婷<sup>1,2</sup> 张能<sup>1,2</sup> 闫冲<sup>3</sup> 查干<sup>3</sup> 王冬梅<sup>3</sup> 郭永平<sup>4</sup> 勤格勒<sup>5</sup>  
李胜旺<sup>6</sup> 畅笑<sup>1,2</sup> 涂雄兵<sup>1,2</sup> 李霜<sup>7\*</sup> 王广君<sup>1,2\*</sup>

(1. 中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害综合治理全国重点实验室, 北京 100193; 2. 农业农村部  
锡林郭勒草原有害生物科学观测实验站, 内蒙古 锡林浩特 026000; 3. 巴彦淖尔市林业和草原  
事业发展中心, 内蒙古 巴彦淖尔 015000; 4. 巴彦淖尔市乌拉特中旗草原工作站, 内蒙古  
乌拉特中旗 015300; 5. 巴彦淖尔市乌拉特后旗林业和草原事业发展中心, 内蒙古  
乌拉特后旗 015500; 6. 巴彦淖尔市乌拉特前旗草原工作站; 内蒙古  
乌拉特前旗 014400; 7. 重庆市农业科学院, 重庆 401329)

**摘要:** 为有效防治天然草地的害虫和修复天然草地, 采用Z字形扫网取样法对巴彦淖尔市温性荒漠草原、温性草原化荒漠、温性典型草原和温性荒漠4种天然草地类型的昆虫种类和数量、植被种类和植被盖度进行实地调查, 对4种草地类型的昆虫群落进行多样性分析和相似性分析, 并对昆虫群落多样性与植被因子(植被种类及植被盖度)进行相关性分析。结果显示: 自巴彦淖尔市4种天然草原中共采集了2675头昆虫, 隶属8目35科54属69种, 其中直翅目昆虫种类最多, 是巴彦淖尔市天然草原的优势种; 温性荒漠草原昆虫群落的Shannon-Wiener多样性指数和Margalef丰富度指数显著高于其他3种草地类型; 4种草地类型昆虫物种的Jaccard相似性系数均小于0.50, 表明各草地类型之间昆虫物种的差异较大; 植被种类与昆虫群落的Shannon-Wiener多样性指数、Margalef丰富度指数正相关, 且植被种类对4种草地类型的贡献率均较高, 表明天然草地的植被越丰富, 昆虫多样性指数就越高。

**关键词:** 天然草地; 昆虫群落; 植被种类; 植被盖度; 多样性

## Analysis of insect diversity and its correlation with vegetation in the natural grasslands of Bayannur, Inner Mongolia

Yin Yiting<sup>1,2</sup> Zhang Neng<sup>1,2</sup> Yan Chong<sup>3</sup> Cha Gan<sup>3</sup> Wang Dongmei<sup>3</sup> Guo Yongping<sup>4</sup> Qingele<sup>5</sup>  
Li Shengwang<sup>6</sup> Chang Xiao<sup>1,2</sup> Tu Xiongbing<sup>1,2</sup> Li Shuang<sup>7\*</sup> Wang Guangjun<sup>1,2\*</sup>

(1. State Key Laboratory of Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 2. Scientific Observation and Experimental Station of Pests in Xilingol Rangeland, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Xilinhot 026000, Inner Mongolia Autonomous Region, China;  
3. Bayannur Forestry and Grassland Development Center, Bayannur 015000, Inner Mongolia Autonomous Region, China; 4. Wulate Zhongqi Grassland Workstation in Bayannur, Wulate Zhongqi 015300, Inner Mongolia Autonomous Region, China; 5. Wulate Houqi Forestry and Grassland Development Center in Bayannur, Wulate Houqi 015500, Inner Mongolia Autonomous Region, China; 6. Wulate Qianqi Grassland Workstation in Bayannur, Wulate Qianqi 014400, Inner Mongolia Autonomous Region, China;  
7. Chongqing Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 401329, China)

**Abstract:** In order to effectively control the pests of natural grasslands and repair natural grasslands,

基金项目: 国家重点研发计划(2023YFE0100100, 2022YFD1401104)

\* 通信作者 (Authors for correspondence), E-mail: sclishuang61@163.com, wangguangjun@caas.cn

收稿日期: 2024-09-03

the Z-shaped sweeping net sampling method was used to investigate the insect species and quantity, vegetation species and vegetation coverage of four natural grassland types, including temperate desert steppe, temperate steppe desert, temperate typical steppe and temperate desert in Bayannur City. The diversity and similarity of insect communities in these grassland types were analyzed, along with the correlation between insect community diversity and vegetation factors (vegetation species and vegetation coverage). The results showed that a total of 2 675 insects were collected from the four natural grasslands in Bayannur City, belonging to eight orders, 35 families, 54 genera and 69 species. Among them, Orthoptera species were the most abundant and constituted the dominant species. The Shannon-Wiener diversity index and Margalef richness index of insect community in temperate desert steppe were significantly higher than those in the other three grassland types. The Jaccard similarity coefficients of insect species in the four grassland types were less than 0.50, indicating that there were significant differences in insect species among the grassland types. The vegetation species were positively correlated with the Shannon-Wiener diversity index and Margalef richness index of the insect community, with vegetation species contributing greatly to diversity in the four grassland types. This indicates that the richer the vegetation in the natural grasslands of Bayannur City, the higher the insect diversity index.

**Key words:** natural grassland; insect community; vegetation species; vegetation coverage; diversity

草地作为陆地最大的生态系统,约占陆地总面积的25%,而我国的草地总面积约占国土总面积的41%,其中绝大部分为天然草地。草地生态系统具有防风、固沙、保土、调节气候、净化空气和涵养水源等生态功能(宋明华等,2018)。巴彦淖尔市作为全国荒漠化草原的典型区域之一,被誉为守沙要塞,西面是虎视眈眈的乌兰布和沙漠,东面为“天下黄河,唯富一套”的河套平原,其草地类型主要有温性荒漠草原、温性草原化荒漠、温性典型草原和温性荒漠(李博等,1990)。近些年,草地生物多样性逐年降低,草原灾害暴发频繁,导致草场退化,草原生态系统的结构和功能失调,其中以乌拉特中旗最为严重,全旗沙化和退化草场面积高达1.29万km<sup>2</sup>,占巴彦淖尔市草原总面积的65%,且有逐年增加的趋势,严重破坏草原生态平衡(李建军等,2009)。因此,了解草地生态系统中生物种类及其与环境之间复杂的相互关系(郭玉永,2003)对于保护草原生态系统具有重要意义。

草原生态系统较复杂,受虫灾、病害、放牧等人为活动和气候变化等诸多因素的影响,而这些因素均直接或者间接影响着草地生态系统中的生物群落,如植物、动物和微生物等。通过对草地昆虫的数量和种类进行调查及多样性分析,明确草地生态系统中植物群落和环境变化,可为保护和修复草原生态系统提供参考依据(王孔等,2023)。昆虫群落多样性分析常使用Margalef丰富度指数、Shannon-

Wiener多样性指数和Pielou均匀度指数(尚占环等,2002)。如畅笑等(2023)对锡林郭勒盟典型草原昆虫进行多样性分析,发现锡林浩特市和镶黄旗昆虫群落的Margalef丰富度指数和Shannon-Wiener多样性指数均最高。目前,关于内蒙古自治区(简称内蒙古)巴彦淖尔市草原昆虫多样性的研究尚未见报道。

为明确巴彦淖尔市草原昆虫的多样性及其与植被的相关性,本研究采用Z字形扫网取样法对巴彦淖尔市温性荒漠草原、温性草原化荒漠、温性典型草原和温性荒漠4种天然草地的昆虫种类和数量、植被种类和植被盖度进行实地调查,对4种草地类型的昆虫群落进行多样性分析和相似性分析,并对昆虫群落多样性与植被因子(植被种类及植被盖度)进行相关性分析,以期为荒漠化草原害虫防治和生态修复提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

研究区概况:巴彦淖尔市位于我国内蒙古西部,与蒙古国接壤,总面积65 km<sup>2</sup>,该区域气候属温带大陆性季风气候,年平均温度3.7~7.6 ℃,年平均降水量为100~300 mm,草原面积388.34万hm<sup>2</sup>,其中天然草地面积359.44万hm<sup>2</sup>。

仪器:捕虫网,自制,网兜直径30 cm,网深约80 cm,网孔直径1 mm。

## 1.2 方法

### 1.2.1 4种草地类型的昆虫种类和数量调查

于2022年6月至2023年8月对巴彦淖尔市温性草原化荒漠、温性荒漠草原、温性典型草原和温性荒漠4种主要草地类型区进行调查。每种草地类型区随机选取10个边长为50 m的方形样地,样地间隔至少10 km,共设置40个样地,每个样地随机选取5个边长为10 m的方形样方,采用Z字形扫网法调查样方内昆虫数量,左右挥动180°为1复网,每个样方扫100复网,将采集的昆虫装入含乙酸乙酯的500 mL密封锥形瓶中,静置5 min后取出,放入试管中保存(栗金丽等,2021)。参照《内蒙古自治区蝗虫地图集》(内蒙古自治区草原工作站,2018)、《中国昆虫图鉴》(彩万志和李虎,2015)和《中国百种蝗虫原色图鉴》(张龙,2019)等对采集到的昆虫标本进行种类鉴定,按照不同草地类型统计蝗虫科、属和种及其相应数量。计算优势度指数,优势度指数=物种的个体数量/全部种的个体数量总和×100%。根据优势度指数判断昆虫的物种类型。当优势度指数≥10%时,为优势种;当1%≤优势度指数<10%时,为常见种;0.1%≤优势度指数<1%时,为稀有种;优势度指数<0.1%时,为罕见种(马东辉等,2020)。

### 1.2.2 4种草地类型昆虫群落的多样性分析

本研究采用Margalef丰富度指数、Pielou均匀度指数和Shannon-Wiener多样性指数对昆虫群落进行多样性分析。Margalef丰富度指数是用于衡量样本中物种丰富度的指标,指数越大表明该区域内物种种类越丰富;Pielou均匀度指数是用于衡量物种分布均匀性的指标,指数越大,物种分布越均匀;Shannon-Wiener多样性指数是一种综合考虑物种丰富度和均匀度的多样性指数。Margalef丰富度指数=(S-1)/lnN,Shannon-Wiener多样性指数 $H=-\sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$ ,

Pielou均匀度指数= $H/\ln S$ ,式中, $P_i$ 为第*i*种昆虫数量占昆虫总数量的比例,*S*为物种数,*N*为所有物种的个体数之和。采用Past 4.14软件计算包彦淖尔市4种草地类型的昆虫群落多样性指数。

### 1.2.3 4种草地类型昆虫群落的相似性分析

群落的相似性分析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(蒙洋等,2017)。Jaccard相似性系数是一种用于衡量2个集合之间相似性的指标,常被用于相似性分析。本研究采用Jaccard相似性系数对4种草地类型的昆虫群落进行相似性分析。Jaccard相似性系

数= $S_c/(S_a+S_b-S_c)$ ,式中, $S_a$ 为草地类型A的物种数, $S_b$ 为草地类型B的物种数, $S_c$ 为草地类型A和B的共有物种数。Jaccard相似性系数取值范围为[0,1],Jaccard相似性系数越接近1,表示这2种草地类型越相似,越接近0,表示这2种草地类型越不相似。

### 1.2.4 4种草地类型植被因子的调查及相关性分析

在1.2.1中每种草地类型的每个样地中随机选择1个边长为1 m的方形样方,调查样方内植被种类,通过直接测量样方内植物的垂直投影面积来计算植被盖度。为明确昆虫多样性与当地植被因子之间的关系,用Canoco 5.0软件对各草地类型的昆虫多样性指数和植被种类及植被盖度进行冗余分析,射线越长,表明植被因子与昆虫群落多样性指数的相关性越大,反之越小;2条射线的夹角为锐角,表明昆虫群落多样性指数和植被因子正相关,2条射线的夹角为钝角,则表明昆虫群落多样性指数和植被因子负相关(畅笑等,2023)。

## 1.3 数据分析

采用WPS office 2024软件对试验数据进行整理,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 4种草地类型的昆虫种类和数量

在4种草地类型区共采集昆虫2 675头,隶属8目35科54属69种,其中直翅目昆虫1 600头,隶属8科15属21种,鞘翅目昆虫540头,隶属10科14属18种,鳞翅目昆虫410头,隶属8科16属18种,半翅目昆虫45头,隶属2科2属4种,脉翅目昆虫30头,隶属2科2属2种,膜翅目昆虫25头,隶属2科2属3种,双翅目昆虫15头,隶属2科2属2种,蜻蜓目昆虫10头,隶属1科1属1种(表1)。直翅目昆虫主要有大胫刺蝗 *Compsorhipis davidiana*、内蒙懒螽 *Mongolodectes alashanicus*、宁夏束颈蝗 *Sphingonotus ningisanus*、亚洲小车蝗 *Oedaleus asiaticus* 和红翅皱膝蝗 *Angaracris rhodopa*等;鳞翅目昆虫主要有草地螟 *Loxostege sticticalis*、沙蒿木蠹蛾 *Holcocerus artemisiae*、春尺蠖 *Paleacrita vernata*、云粉蝶 *Potia daplidice* 和小红蛱蝶 *Vanessa cardui*等;鞘翅目昆虫主要有沙葱莹叶甲 *Galeruca daurica*、密条草天牛 *Eodorcadion virgatum*、灰斑纤毛象甲 *Tanytarsus variegatus*、中华琵甲 *Blaps chinensis* 和异色瓢虫 *Harmonia axyridis*等;膜翅目昆虫主要有四脊泥蜂 *Sphex aurulentus* 和银毛泥蜂 *Sphex umbrosus*等;半翅目昆虫主要有苍蝽

*Brachynema germarii* 和宽园果蝽 *Carpocoris fuscispinus* 等。

表1 巴彦淖尔市4种草原类型的昆虫种类和数量

Table 1 Types and quantities of insects in four grassland types of Bayannur City

目 Order	科 Family		属 Genus		种 Species		个体 Individual	
	数量 No.	占比 Proportion/%	数量 No.	占比 Proportion/%	数量 No.	占比 Proportion/%	数量 No.	占比 Proportion/%
直翅目 Orthoptera	8	22.86	15	27.78	21	30.43	1 600	59.81
鞘翅目 Coleoptera	10	28.57	14	25.93	18	26.09	540	20.19
鳞翅目 Lepidoptera	8	22.86	16	29.63	18	26.09	410	15.33
半翅目 Hemiptera	2	5.71	2	3.70	4	5.80	45	1.68
脉翅目 Neuroptera	2	5.71	2	3.70	2	2.90	30	1.12
膜翅目 Hymenoptera	2	5.71	2	3.70	3	4.35	25	0.93
双翅目 Diptera	2	5.71	2	3.70	2	2.90	15	0.56
蜻蜓目 Odonata	1	2.86	1	1.85	1	1.45	10	0.37
合计 Total	35	100.00	54	100.00	69	100.00	2 675	100.00

## 2.2 4种草地类型的昆虫群落结构

温性荒漠草原中常见种主要有亚洲小车蝗、草地螟、蒙古束颈蝗 *Sphingonotus mongolicus*、宁夏束颈蝗、白纹雏蝗 *Glyptothrus albonemus* 和红缘突颜蝗 *Eotmethis rufemarginis* 等, 杨裳夜蛾 *Catocala nupta*、金凤蝶 *Papilio machaon* 和中华广肩步甲 *Calosoma maderae* 等为稀有种; 温性草原化荒漠中大胫刺蝗占该草地类型昆虫总数量的 13.89%, 为优势种, 宁夏束颈蝗、红翅皱膝蝗、细距蝗 *Leptopternis gracilis*、红缘突颜蝗、沙葱莹叶甲和中华琵甲等为常见种, 绢粉蝶 *Aporia crataegi*、灿福蛱蝶 *Fabricia-*

*ana adippe* 和大红蛱蝶 *Vanessa indica* herbst 等为稀有种类；温性典型草原采集到的昆虫中沙蒿木蠹蛾占 13.25%，中华剑角蝗 *Acrida cinerea* 占 10.73%，皆为该草地类型的优势种昆虫，华北雏蝗 *Chorthippus brunneus*、鼓翅皱膝蝗 *Oedipodidae barabensis* 和沙蒿金叶甲 *Chrysolina aeruginosa* 等为常见种；温性荒漠中优势种为大胫刺蝗和宁夏束颈蝗，占比分别为 15.38% 和 11.54%，常见种有内蒙懒螽、阿拉善懒螽 *Zichya alashanica*、中华琵甲和密条草天牛等，宽圆果蝽和蒙双蚁蛉 *Mesonemurus mongolicus* 为稀有种类（表2）。

表2 巴彦淖尔市4种草原类型的昆虫群落结构

Table 2 Community structure of insects in four grassland types of Bayannur City

续表2 Continued

目 Order	种 Species	温性荒漠草原 Temperate desert steppe			温性草原化荒漠 Temperate steppe- desert steppe			温性典型草原 Temperate typical steppe			温性荒漠 Temperate desert		
		数量 No.	占比 Proportion/%	类别 Type	数量 No.	占比 Proportion/%	类别 Type	数量 No.	占比 Proportion/%	类别 Type	数量 No.	占比 Proportion/%	类别 Type
	云粉蝶 <i>Potia daplidice</i>	-	-	-	-	-	-	15	4.73	++	-	-	-
	东方菜粉蝶 <i>Pieris canidia</i>	25	2.29	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	牧女珍眼蝶 <i>Coenonympha amaryllis</i>	15	1.37	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	荨麻蛱蝶 <i>Aglais urticae</i>	12	1.10	++	4	0.58	+	-	-	-	-	-	-
	杨裳夜蛾 <i>Catocala nupta</i>	6	0.55	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	寿眼蝶 <i>Pseudochazara hippolyte</i>	-	-	-	-	-	-	6	1.89	++	-	-	-
	小红蛱蝶 <i>Vanessa cardui</i>	5	0.46	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	春尺蠖 <i>Paleacrita vernata</i>	55	5.04	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	蓝目天蛾 <i>Smerinthus planusplanus</i>	16	1.47	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	大红蛱蝶 <i>Vanessa indica</i>	-	-	-	6	0.88	+	-	-	-	-	-	-
	金凤蝶 <i>Papilio machaon</i>	4	0.37	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	沙蒿木蠹蛾 <i>Holcocerus artemisiae</i>	-	-	-	-	-	-	42	13.25	+++	-	-	-
	灿福蛱蝶 <i>Fabriciana adippe</i>	-	-	-	4	0.58	+	-	-	-	-	-	-
	夜迷蛱蝶 <i>Athymodes nycteis</i>	-	-	-	10	1.46	++	-	-	-	-	-	-
	绢粉蝶 <i>Aporia crataegi</i>	-	-	-	5	0.73	+	-	-	-	-	-	-
	丝棉木金星尺蛾 <i>Calospilos suspecta</i>	24	2.20	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	沙冬长脉木虱 <i>Mecistoneura junatovi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	6.59	++
脉翅目 Neuroptera	草蛉 <i>Chrysopa perla</i>	20	1.83	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	蒙双蚁蛉 <i>Mesonemurus mongolicus</i>	-	-	-	-	-	-	7	2.21	++	3	0.82	+
膜翅目 Hymenoptera	四脊泥蜂 <i>Sphex aurulentus</i>	-	-	-	-	-	-	7	2.21	++	-	-	-
	银毛泥蜂 <i>Sphex umbrosus</i>	-	-	-	-	-	-	9	2.84	++	-	-	-
	二色熊蜂 <i>Bombus bicoloratus</i>	4	0.37	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
鞘翅目 Coleoptera	白茨粗角萤叶甲 <i>Diorhabda rybakowi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	3.85	++
	密条草天牛 <i>Eodordadion virgatum</i>	45	4.12	++	-	-	-	-	-	-	19	5.22	++
	沙葱莹叶甲 <i>Galeruca daurica</i>	-	-	-	39	5.70	++	-	-	-	-	-	-

续表2 Continued

目 Order	种 Species	温性荒漠草原 Temperate desert steppe			温性草原化荒漠 Temperate steppe- desert steppe			温性典型草原 Temperate typical steppe			温性荒漠 Temperate desert		
		数量 No.	占比 Proportion/%	类别 Type	数量 No.	占比 Proportion/%	类别 Type	数量 No.	占比 Proportion/%	类别 Type	数量 No.	占比 Proportion/%	类别 Type
	大牙土天牛 <i>Dorysthenes paradoxus</i>	-	-	-	15	2.19	++	-	-	-	-	-	-
	沙蒿金叶甲 <i>Chrysolina aeruginosa</i>	32	2.93	++	-	-	-	24	7.57	++	-	-	-
	中华琵甲 <i>Blaps chinensis</i>	-	-	-	28	4.09	++	6	1.89	++	22	6.04	++
	灰斑纤毛象 <i>Tanytacus variegatus</i>	-	-	-	11	1.61	++	-	-	-	12	3.30	++
	谢氏宽漠王 <i>Sternoplax szechenyi</i>	31	2.84	++	7	1.02	++	-	-	-	5	1.37	++
	月斑虎甲 <i>Cicindela lunulata</i>	22	2.02	++	-	-	-	-	-	-	11	3.02	++
	黄唇虎甲 <i>Cicindela chiloleuca</i>	-	-	-	-	-	-	4	1.26	++	-	-	-
	莘斑芫菁 <i>Mylabris calida</i>	12	1.10	++	16	2.34	++	-	-	-	-	-	-
	多型虎甲 <i>Cicindela hybrida</i>	-	-	-	-	-	-	3	0.95	+	17	4.67	++
	蒙古斑芫菁 <i>Mylabris mongolica</i>	22	2.02	++	22	3.22	++	-	-	-	-	-	-
	中华星步甲 <i>Calosoma chinense</i>	-	-	-	23	3.36	++	6	1.89	++	-	-	-
	中华广肩步甲 <i>Calosoma maderae</i>	6	0.55	+	-	-	-	-	-	-	14	3.85	++
	波笨粪金龟 <i>Lethrus potanini</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	阔胸禾犀金龟 <i>Pentodon mongolicus</i>	10	0.92	+	-	-	-	-	-	-	7	1.92	++
	台风蜣螂 <i>Scarabaeus typhoon</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	1.92	++
蜻蜓目 Odonata	白扇蟌 <i>Platycnemis foliacea</i>	10	0.82	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
双翅目 Diptera	长尾管蚜蝇 <i>Eristalis tenax</i>	-	-	-	11	1.61	++	-	-	-	-	-	-
直翅目 Orthop- tera	华北锥蝗 <i>Chorthippus brunneus</i>	22	2.02	++	-	-	-	25	7.89	++	-	-	-
	宽领蚁蝗 <i>Myrmeleotettix palpalis</i>	18	1.65	++	13	1.90	++	-	-	-	-	-	-
	大陸刺蝗 <i>Compsorhynchus davidiana</i>	18	1.65	++	95	13.89	+++	-	-	-	56	15.38	+++
	亚洲小车蝗 <i>Oedaleus asiaticus</i>	85	7.79	++	9	1.32	++	-	-	-	-	-	-
	蒙古束颈蝗 <i>Sphingonotus mongolicus</i>	77	7.06	++	-	-	-	29	9.15	++	-	-	-
	宁夏束颈蝗 <i>Sphingonotus ningsianus</i>	40	3.67	++	51	7.46	++	-	-	-	42	11.54	+++

续表2 Continued

目 Order	种 Species	温性荒漠草原 Temperate desert steppe			温性草原化荒漠 Temperate steppe- desert steppe			温性典型草原 Temperate typical steppe			温性荒漠 Temperate desert		
		数量 No.	占比 Proportion/%	类别 Type	数量 No.	占比 Proportion/%	类别 Type	数量 No.	占比 Proportion/%	类别 Type	数量 No.	占比 Proportion/%	类别 Type
	鼓翅皱膝蝗 <i>Oedipodidae barabensis</i>	23	2.11	++	-	-	-	25	7.89	++	-	-	-
	盐池束颈蝗 <i>Sphingonotus yenchihensis</i>	-	-	-	29	4.24	++	6	1.89	++	-	-	-
	细距蝗 <i>Leptopternis gracilis</i>	-	-	-	32	4.68	++	11	3.47	++	-	-	-
	短星翅蝗 <i>Calliptamus abbreviatus</i>	28	2.57	++	27	3.95	++	-	-	-	-	-	-
	黄胫异痴蝗 <i>Bryodemella holdereri</i>	16	1.47	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	黑腿星翅蝗 <i>Calliptamus barbarus</i>	17	1.56	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	红翅皱膝蝗 <i>Angaracris rhodopa</i>	32	2.93	++	39	5.70	++	-	-	-	24	6.59	++
	白纹雏蝗 <i>Glyptothrus albonemus</i>	62	5.68	++	28	4.09	++	22	6.94	++	-	-	-
	中华剑角蝗 <i>Acrida cinerea</i>	49	4.49	++	-	-	-	34	10.73	+++	-	-	-
	红缘疙蝗 <i>Pseudotmethis rubimarginis</i>	-	-	-	34	4.97	++	19	5.99	++	15	4.12	++
	红缘突颜蝗 <i>Eotmethis rufemarginis</i>	44	4.03	++	45	6.58	++	-	-	-	17	4.67	++
	阿拉善懒螽 <i>Zichya alashanica</i>	-	-	-	15	2.19	++	-	-	-	22	6.04	++
	内蒙懒螽 <i>Mongolodectes alashanicus</i>	21	1.92	++	25	3.65	++	-	-	-	31	8.52	++
	银川油葫芦 <i>Teleogryllus infernalis</i>	5	0.46	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	红腹牧草蝗 <i>Omocestus haemorrhoidalis</i>	58	5.32	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-

+: 稀有种类; ++: 常见种类; +++: 优势种类; -: 无数据。+: Rare species; ++: common species; +++: dominant species; -: no data.

### 2.3 4种草地类型的昆虫多样性分析

在4种草地类型中,温性荒漠草原的昆虫种类最多,为27种,其昆虫数量、Margalef丰富度指数和Shannon-Wiener多样性指数均最大,分别为627头、2.64和2.02,均显著高于其他3种草地类型( $P<0.05$ );温性典型草原的Shannon-Wiener多样性指数最低,为1.07;4种草地类型的昆虫Pielou均匀度指数介于0.90~0.95之间,且四者之间差异不显著

(表3)。

### 2.4 4种草地类型昆虫群落的Jaccard相似性系数

4种草地类型昆虫群落的Jaccard相似性系数均小于0.50,表明各草地类型之间昆虫种类存在差异;其中温性典型草原和温性荒漠昆虫群落的Jaccard相似性系数最小,仅为0.20;温性荒漠草原和温性草原化荒漠昆虫群落的Jaccard相似性系数最大,为0.48,相同昆虫种类为15种(表4)。

表3 巴彦淖尔市4种草原类型的昆虫多样性分析  
Table 3 Insect diversity of insects in four different grassland types in Bayannur City

草地类型 Grassland type	种数 Species	昆虫数量 No. of individuals	Margalef 丰富度指数 Margalef richness index	Pielou 均匀度指数 Pielou evenness index	Shannon-Wiener 多样性指数 Shannon-Wiener diversity index
温性荒漠草原 Temperate desert steppe	27	627±3 a	2.64±0.27 a	0.91±0.03 a	2.02±0.09 a
温性草原化荒漠 Temperate steppe-desert steppe	22	408±4 b	1.71±0.49 b	0.94±0.03 a	1.54±0.26 b
温性典型草原 Temperate typical steppe	17	267±2 c	1.09±0.25 c	0.91±0.06 a	1.07±0.25 c
温性荒漠 Temperate desert	11	159±2 d	1.69±0.05 b	0.94±0.05 a	1.34±0.20 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 ( $P<0.05$ ).

表4 巴彦淖尔市4种草地类型昆虫群落的Jaccard相似性系数和相同种类数量  
Table 4 Jaccard similarity coefficient and number of shared insect species across four grassland types in Bayannur City

草地类型 Grassland type	温性荒漠草原 Temperate desert steppe	温性草原化荒漠 Temperate steppe-desert steppe	温性典型草原 Temperate typical steppe	温性荒漠 Temperate desert
温性荒漠草原 Temperate desert steppe		0.48	0.21	0.27
温性草原化荒漠 Temperate steppe-desert steppe	15		0.26	0.39
温性典型草原 Temperate typical steppe	7	7		0.20
温性荒漠 Temperate desert	9	10	5	

倒三角数据表示Jaccard相似性系数,正三角数据表示相同种类数量。The inverted triangle data represent the Jaccard similarity coefficient, and the positive triangle data represent the number of same types.

## 2.5 4种草地类型的植被种类和植被盖度

4种天然草地类型植被盖度由东南向西北逐渐降低,均不超过30%,温性荒漠草原、温性草原化荒漠、温性典型草原和温性荒漠的植被盖度分别为10%~20%、2%~10%、15%~30%和5%~15%。4种天然草地分布的植被多为耐旱物种,如针茅 *Stipa capillata*、柠条锦鸡儿 *Caragana korshinskii*、白刺 *Nitraria tangutorum*、多根葱 *Allium polyrhizum* 和红砂 *Reaumuria songarica* 等,其中温性荒漠草原的植被种类最丰富,主要植物种有12种,分别为柠条锦鸡儿、沙蒿 *Artemisia desertorum*、华三芒草 *Aristida chinensis*、蒙古韭 *Allium mongolicum*、多根葱、针茅、芨芨草 *Achnatherum splendens*、红砂、骆驼蓬 *Peganum harmala*、苦豆子 *Sophora alopecuroides*、驼绒藜 *Cerataides latens* 和细枝盐爪爪 *Kalidium foliatum*;温性草原化荒漠的植被种类次之,主要植物种有9种,分别为白刺、霸王 *Sarcocygium xanthoxylon*、沙

蒿、多根葱、蒙古韭、沙冬青 *Ammopiptanthus mongolicus*、珍珠猪毛菜 *Salsola collina*、冰草 *Agropyron cristatum* 和针茅;温性荒漠主要植物种有7种,分别为白刺、红砂、苦豆子、沙冬青、沙蒿、驼绒藜和芨芨草;温性典型草原的植被种类最少,主要植物种有4种,分别为针茅、华三芒草、碱蓬 *Suaeda glauca* 和柠条锦鸡儿。直翅目昆虫作为巴彦淖尔市天然草原的优势种,大多分布于多根葱和针茅生长的地区。

## 2.6 昆虫群落多样性与植被因子的相关性分析

植被种类对温性草原化荒漠、温性荒漠草原、温性典型草原和温性荒漠的贡献率均较高,分别为69.2%、99.7%、99.3%和85.5%;植被盖度对温性草原化荒漠、温性荒漠草原、温性典型草原和温性荒漠的贡献率均较低,分别为30.8%、0.3%、0.7%和14.5%(表5)。在4种草地类型中,植被种类对昆虫群落Shannon-Wiener多样性指数、Margalef丰富度指数均有正影响(图1);在温性荒漠草原、温性典型

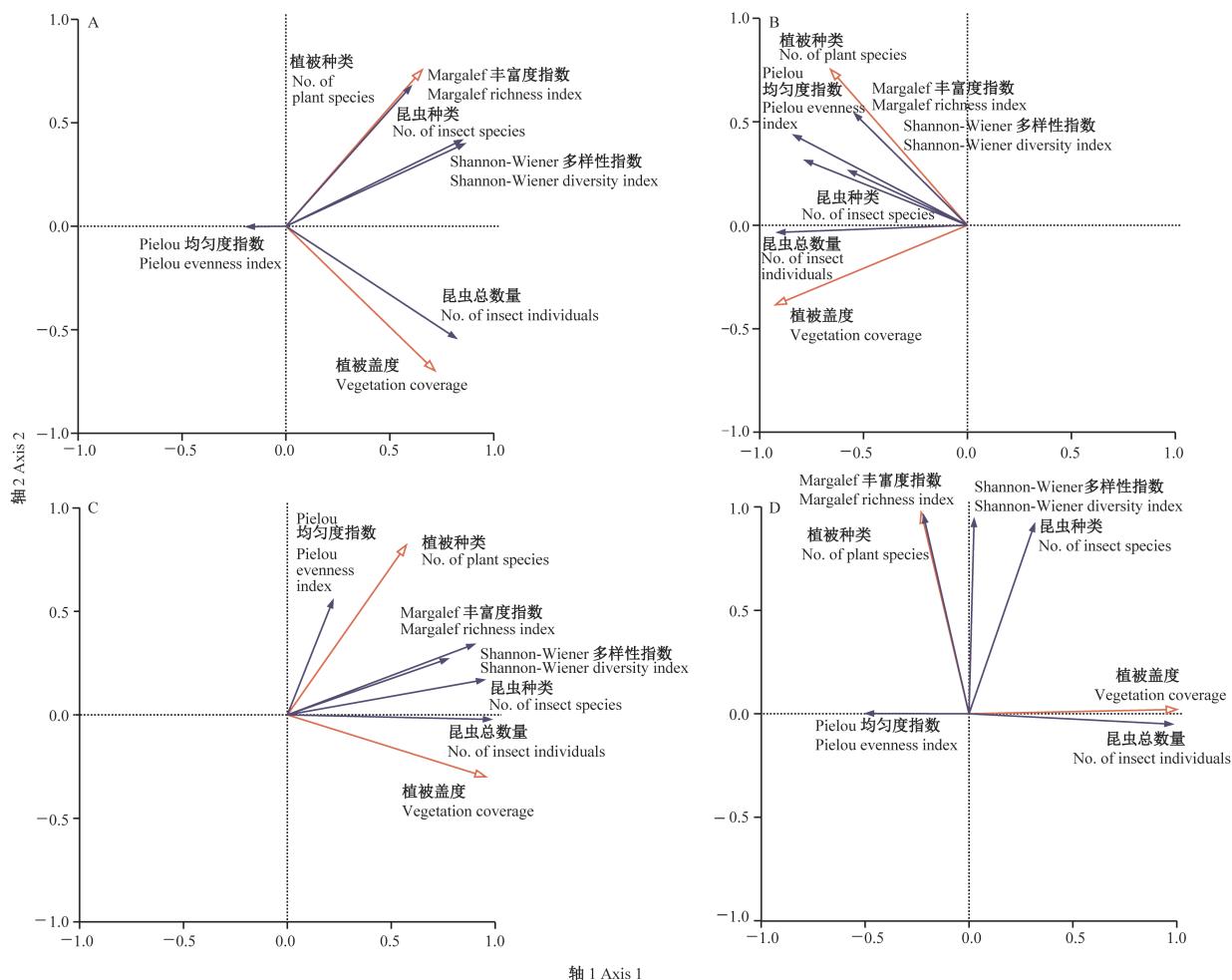
草原和温性荒漠3种草地类型中,植被种类对昆虫群落Pielou均匀度指数有正影响(图1-B~D),但在温性草原化荒漠中,植被种类对昆虫群落Pielou均匀度指数有负面影响(图1-A)。表明巴彦淖尔市4种

主要草地类型的昆虫群落多样性受植被种类影响最大,植被种类越多,昆虫群落的物种丰富度与多样性越高。

表5 环境因子对巴彦淖尔市4种草原类型昆虫群落的贡献率

Table 5 Contribution rates of environmental factors to insect community across four grassland types in Bayannur City %

草地类型 Grassland type	贡献率 Contribution rate	
	植被种类 Vegetation species	植被盖度 Vegetation coverage
温性草原化荒漠 Temperate steppe-desert steppe	69.2	30.8
温性荒漠草原 Temperate desert steppe	99.7	0.3
温性典型草原 Temperate typical steppe	99.3	0.7
温性荒漠 Temperate desert	85.5	14.5



A: 温性草原化荒漠; B: 温性荒漠草原; C: 温性典型草原; D: 温性荒漠。直线越长说明植被因子与多样性指数的相关性越大,反之越小;直线之间夹角为锐角,则为正相关,钝角为负相关。A: Temperate steppe-desert steppe; B: temperate desert steppe; C: temperate typical steppe; D: temperate desert. The longer the straight line is, the greater the correlation with the diversity index of the insect community is, and vice versa; angles between diversity index and vegetation factors are acute angles, which is positively correlated, and the obtuse angle is negatively correlated.

图1 巴彦淖尔市4种草原类型的昆虫群落多样性指数与环境因子的冗余分析

Fig. 1 Redundancy analysis of diversity index of insect community and environmental factors for four grassland types in Bayannur City

### 3 讨论

开展昆虫资源调查是昆虫多样性保护的基础工作和重要手段,明确昆虫的优势种、常见种和稀有种等对于理解生态系统结构、维持生物多样性和制订科学管理措施具有重要意义。优势种是在特定生态系统中占据主导地位的物种,它们的数量和分布对生态系统的结构和功能有显著影响,如王祥会等(2021)在鲁西南地区的昆虫种类调查中明确了害虫中优势种的种类和动态,并针对不同种类制订了有效的防治策略,为虫害的科学防控提供了指导。常见种在生态系统中也扮演着重要角色,可以帮助了解生态系统的多样性和不同物种之间的相互作用(蒋富国等,2023)。本研究发现大胫刺蝗为温性草原化荒漠和温性荒漠共同的优势种,其数量明显高于其他种,蒙古束颈蝗、红缘突额蝗、宁夏束颈蝗、白纹雏蝗和中华琵甲为巴彦淖尔市天然草原的常见种,该地区优势种和常见种大部分为直翅目草地害虫,而直翅目中的蝗虫、蝼蛄、蟋蟀和螽斯等都是常见的草地害虫,它们通过取食植物组织或在土壤中活动对草地生态系统造成不同程度的为害,因此应加强对巴彦淖尔市天然草地直翅目昆虫的监测与防治。

昆虫多样性与环境因子之间紧密相关,植被类型和气候变化等均会影响昆虫群落结构和物种多样性(董鑫,2020)。蔡海等(2012)对祁连山高寒草甸不同生境中昆虫群落的多样性进行分析,发现生境的变迁和气候的变化均引起了昆虫群落结构和多样性的明显变化。本研究通过多样性指数分析和冗余分析发现,在4种草地类型中温性荒漠草原的植被种类最丰富,温性荒漠次之,温性典型草原的最少;而温性荒漠草原昆虫群落的Shannon-Wiener多样性指数最高,温性草原化荒漠次之,温性典型草原的最低,与昆虫群落Margalef丰富度指数的变化趋势相似,表明在植被种类越丰富的草地类型中,昆虫的物种丰富度和多样性越高。王云龙等(2008)调查结果表明,植物种类直接影响直翅目昆虫种类和数量的变化。杨旭等(2011)研究结果证实,植物群落组成和结构越复杂,昆虫群落组成就越丰富,究其原因可能是植物物种多样性高的初级生态系统能够为其他生物提供更丰富的食物和更优良的生存环境,从而形成多样性较高的生态系统(于文倩,2018),本研究结果同样表明植被种类越丰富,昆虫多样性指数越高。昆虫多样性调查是昆虫多样性保护的基础

工作和重要手段,能够帮助了解生物多样性的演变过程和生物群落的变化。本研究结果显示不同草地类型之间昆虫生物多样性皆与植被多样性相关,但研究过程中只涉及植被种类和植被盖度,气候因素和放牧强度等同样可以通过介导植物多样性共同影响昆虫多样性(Song et al., 2023),后续仍需长期调查监测昆虫群落变化,结合多种环境因素进行综合分析,以期为荒漠化草原地区生态修复提供理论依据。

### 参 考 文 献 (References)

- Cai H, Li JM, Cheng X, Chu H, Chen DD, Xu SX, Zhao XQ, Zhao L. 2012. Features of insect communities of alpine meadow ecosystem in Qilian Mountain regions. Pratacultural Science, 29(1): 121–127 (in Chinese) [蔡海, 李婧梅, 程茜, 褚晖, 陈懂懂, 徐世晓, 赵新全, 赵亮. 2012. 祁连山高寒草甸生态系统昆虫群落特征. 草业科学, 29(1): 121–127]
- Cai WZ, Li H. 2015. Illustration of insects in China. Taiyuan: Shanxi Scientific & Technical Publishers, pp. 1–320 (in Chinese) [彩万志, 李虎. 2015. 中国昆虫图鉴. 太原: 山西科学技术出版社, pp. 1–320]
- 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]
- Dong X. 2020. Survey on species diversity of insect diversity in different areas of Liaoning Bailang Mountain National Nature Reserve of China. Anhui Agricultural Science Bulletin, 26(8): 18–19 (in Chinese) [董鑫. 2020. 辽宁白狼山国家级自然保护区不同区域昆虫物种多样性的调查与分析. 安徽农学通报, 26(8): 18–19]
- Grassland Workstation of Inner Mongolia Autonomous Region. 2018. Illustration of grasshoppers in 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]
- Guo YY. 2003. The current research state and progress of insect biodiversity. Sci/tech Information Development & Economy, (12): 131–132 (in Chinese) [郭玉永. 2003. 昆虫生物多样性的研究现状与进展. 科技情报开发与经济, (12): 131–132]
- Jiang FG, Guo ZL, Wang YL, Chen XY, Wang GB. 2023. Ant species diversity in agricultural areas in southeastern China. Journal of Environmental Entomology, 45(5): 1245–1251 (in Chinese) [蒋富国, 郭宗林, 王亚璐, 陈潇奕, 王国兵. 2023. 中国东南部农区蚂蚁物种多样性研究. 环境昆虫学报, 45(5): 1245–1251]
- Li B, Yong SP, Zeng SD, Cui HT. 1990. The principle, method, and application of ecological regionalization: explanation of the ecological regionalization map of the Inner Mongolia Autonomous Region. Chinese Journal of Plant Ecology, 14(1): 55–62 (in Chinese)

- nese) [李博, 雍世鹏, 曾泗弟, 崔海亭. 1990. 生态分区的原则、方法与应用: 内蒙古自治区生态分区图说明. 植物生态学与地植物学报, 14(1): 55–62]
- Li JJ, Kong WT, Cang YW, Liao SP, Cang YP. 2009. Investigation report on ecological environment in Bayannur City. *Science & Technology Information*, 7(29): 134 (in Chinese) [李建军, 孔维韬, 苍艳武, 廖书萍, 苍艳萍. 2009. 巴彦淖尔市生态环境调查报告. 科技资讯, 7(29): 134]
- 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 (in Chinese) [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]
- Ma DH, Li JL, Liu W, Lu MJ, Bao XK, Yi JF. 2020. Study on bird species diversity in Gansu Kongtong Mountain in summer from 2016 to 2018. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 36(11): 1388–1394 (in Chinese) [马东辉, 李建亮, 刘威, 卢梦洁, 包新康, 伊剑锋. 2020. 2016—2018年六盘山中部崆峒山区域夏季鸟类多样性研究. 生态与农村环境学报, 36(11): 1388–1394]
- 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]
- 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]
- Song MH, Liu LP, Chen J, Zhang XZ. 2018. Biology, multi-function and optimized management in grassland ecosystem. *Ecology and Environmental Sciences*, 27(6): 1179–1188 (in Chinese) [宋明华, 刘丽萍, 陈锦, 张宪洲. 2018. 草地生态系统生物和功能多样性及其优化管理. 生态环境学报, 27(6): 1179–1188]
- Song XX, Ji L, Liu GM, Zhang X, Hou XY, Gao SJ, Wang N. 2023. Patterns and drivers of aboveground insect diversity along ecological transect in temperate grazed steppes of eastern Eurasian. *Insects*, 14(2): 191
- Wang K, Shali Y, Gu L, Bahati M, Gulinazi, Fuheti S, Ahemati T, Bake B. 2023. Study on community diversity of grassland insects in Kizilsu Region of Xinjiang. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 35(10): 57–64 (in Chinese) [王孔, 牙森·沙力, 古建波, 麦麦提力·巴合提, 古丽娜孜, 苏比阿依·甫合提, 塔巴娜·阿合买提, 巴特尔·巴克. 2023. 新疆克州草原昆虫群落多样性研究. 江西农业学报, 35(10): 57–64]
- Wang XH, Jiao YX, Wang SN, Hui XH, Yan S. 2021. Insects by light trap in Southwest Shandong: species investigation and dominant population dynamics. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 37(2): 116–122 (in Chinese) [王祥会, 焦玉霞, 王圣楠, 惠祥海, 闫硕. 2021. 鲁西南地区灯诱昆虫种类调查及优势种群动态分析. 中国农学通报, 37(2): 116–122]
- Wang YL, Liu H, Lian ZM. 2008. Orthopteran diversity in ecologically restored area in Wuqi County, Shaanxi. *Chinese Bulletin of Entomology*, 45(4): 629–634 (in Chinese) [王云龙, 刘慧, 廉振民. 2008. 陕西吴起县生态恢复区直翅目昆虫的多样性. 昆虫知识, 45(4): 629–634]
- Yang X, Lang NJ, Wen SL, Guo YQ, Zhang LX, Jiang QC, Zheng K, Peng MJ, Guo YH. 2011. Insect diversity in typical region of different degraded mountain ecosystem. *Science & Technology Information*, 11(11): 428–430 (in Chinese) [杨旭, 郎南军, 温绍龙, 郭永清, 张立新, 江期川, 郑科, 彭明俊, 郭玉红. 2011. 不同类型退化山地生态系统典型区域昆虫多样性分析. 科技信息, 11(11): 428–430]
- Yu WQ. 2018. The effects of different vegetation restoration models on species diversity of plants and insects in Sibao Mountain. Master thesis. Tai'an: Shandong Agricultural University (in Chinese) [于文倩. 2018. 四宝山不同植被恢复模式对植物和昆虫物种多样性的影响. 硕士学位论文. 泰安: 山东农业大学]
- Zhang L. 2019. A guide to 100 species of grasshoppers in China. Beijing: China Agricultural University Press (in Chinese) [张龙. 2019. 中国百种蝗虫原色图鉴. 北京: 中国农业大学出版社]

(责任编辑:张俊芳)