

短星翅蝗生物学与生态学特性研究*

魏淑花^{1**} 黄文广² 张蓉^{1***} 高立原¹ 于钊² 朱猛蒙¹

(1. 宁夏农林科学院植物保护研究所, 银川 750002; 2. 宁夏草原工作站, 银川 750002)

摘要 【目的】系统研究短星翅蝗 *Calliptamus abbreviatus* Ikonnikov 的生活史、形态特征、食性、食量、发育历期、发育起点温度和有效积温等生物学和生态学特性。【方法】田间和室内相结合, 利用笼罩供食法进行各项试验和有效积温法则等相关方法计算结果。【结果】短星翅蝗 1 年发生 1 代, 以卵在土中越冬。翌年 6 月中旬开始孵化出土, 7 月上旬为孵化出土盛期。8 月上旬始见成虫, 8 月下旬开始交配产卵, 9 月上、中旬为产卵盛期; 喜食冷蒿 *Artemisia frigida*、星毛委陵菜 *Potentilla acaulis*、阿尔泰狗娃花 *Heteropappus altaicus*, 少食胡枝子 *Lespedeza bicolor*, 偶食猪毛蒿 *Artemisia scoparia*, 不食长茅草 *Stipa bungeana*、赖草 *Leymus secalinus*、稗草 *Echinochloa crusgalli* 等禾本科植物; 食量和近似消化力均随着龄期的增长而增大, 雌成虫显著高于雄成虫; 在 18~33℃ 的温度范围内, 各龄期的发育历期均随着温度的升高而缩短。高温和低温均不利于短星翅蝗生长发育, 若虫在 13℃ 温度下不能蜕皮发育, 成虫在 18℃ 温度下不能交配产卵, 33℃ 下的产卵前期比 28℃ 下延长 5 d。【结论】系统掌握了短星翅蝗的生物学与生态学特性, 将丰富其测报参数, 为优化其监测预警技术提供依据。

关键词 短星翅蝗, 生活史, 形态特征, 食性, 食量, 发育起点温度, 有效积温

Biological and ecological characteristics of *Calliptamus abbreviatus* Ikonnikov (Orthoptera: Catantopidae)

WEI Shu-Hua^{1**} HUANG Wen-Guang² ZHANG Rong^{1***} GAO Li-Yuan¹
YU Zhao² ZHU Meng-Meng¹

(1. Institute of Plant Protection, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan 750002, China;

2. Grassland Workstation of Ningxia, Yinchuan 750002, China)

Abstract [Objectives] To systematically study the biological and ecological characteristics of *Calliptamus abbreviatus* Ikonnikov, including life history, morphological characteristics, host selection, daily food ingestion, developmental duration, developmental threshold and effective accumulated temperature. [Methods] By a combination of field and laboratory research, including providing *C. abbreviatus* with food in captivity. Experimental results were calculated based on the law of effective accumulative temperature. [Results] This locust species had only one generation per year, and overwintered as eggs in soil. Eggs began to hatch in the second ten days of June of the following year, with the hatching peak in the first ten days of July. Adults occurred in the first ten days of August, and the peak period of laying occurred from the first ten days to the latter part of the second ten days of September. *C. abbreviatus* preferred feeding on *Artemisia frigida*, *Potentilla acaulis* and *Potentilla acaulis*, but fed relatively little on *Lespedeza bicolor*, and only occasionally on *Artemisia scoparia*. It did not feed at all on *Stipa bungeana*, *Leymus secalinus* and *Echinochloa crusgalli*. Consumption and approximate digestion increased with age, and were significantly higher in female adults than in males. The developmental duration of every stage reduced with increasing temperature from 18℃ to 33℃. Excessively high or low temperatures were unfavorable to survival. Nymphs could not molt at 13℃, and adults could not mate or lay eggs at 18℃. However, the preoviposition period at 33℃ was 5 d longer than that at 28℃. [Conclusion] The information obtained on the biological and ecological characteristics of *C. abbreviatus*

* 资助项目 Supported projects 国家公益性行业(农业)科研专项项目(201003079) 国家牧草产业体系盐池综合试验站 (CARS-35-42)

**第一作者 First author, E-mail: weishuhua666@163.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: yczhrnx@163.com

收稿日期 Received: 2015-01-26, 接受日期 Accepted: 2015-06-16

should improve the forecast parameters for pest and provide a better basis for developing effective monitoring and early warning systems.

Key words *Calliptamus abbreviatus* Ikonnikov, life history, morphological characteristics, host selection, consumption, developmental threshold temperature, effective accumulated temperature

短星翅蝗 *Calliptamus abbreviatus* Ikonnikov 是草原及半农牧区的主要害虫之一, 主要分布在我国的东北、华北、西北等地区及国外的前苏联、蒙古国、朝鲜等地(郑哲民, 1993; 高兆宁, 1999; 张琰等, 2005; 杨定等, 2013; 张蓉等, 2014)。目前有关该害虫的研究有食性(李鸿昌等, 1983; 卢辉和韩建国, 2008)、体型大小和生活型(颜忠诚和陈永林, 1997)、时空异质性(康乐和陈永林, 1992)、营养生态位(康乐和陈永林, 1994)、变温条件下生长发育(徐亚勋等, 2013)、产卵环境和卵子的发生(刘举鹏等, 1984; 赵卓等, 2006, 2008; Zhao and Ren, 2006)、染色体的 C 带核型(张琰等, 2005)及触角感受器与寄主选择性之间的关系(Chen *et al.*, 2003)等方面。这些研究主要集中在短星翅蝗食性、产卵或卵子的发生等某一方面, 未对短星翅蝗生活史、形态特征、食量、发育历期、发育起点温度及有效积温等基础生物学与生态学特性进行系统研究。因此, 本文将对短星翅蝗的基础生物学与生态学特性进行系统分析研究, 丰富短星翅蝗测报参数, 为优化其测报预警技术提供依据。

1 材料与方法

1.1 短星翅蝗田间发生系统监测

2011—2013 年连续 3 年 4—10 月, 每 15 ~ 20 d 一次, 在宁夏同心县张家塬典型草原对短星翅蝗田间发生规律进行系统监测, 采用目测法结合扫网法(张蓉等, 2014)。随机五点取样, 每点统计记载 1 m² 地面及草丛中的蝗虫混合种群数量, 重复 5 次; 每点扫网 30 复网, 统计记录蝗虫种类、虫态和数量。数据统计公式如下:

$$\text{某种蝗虫虫口密度 (头/m}^2\text{)} = \frac{\text{30复网某种蝗虫数量}}{\text{30复网蝗虫混合种群总数量}} \times$$

目测蝗虫混合种群平均数量/m²

1.2 寄主选择性

1.2.1 试验地点及供试材料 试验地点在同心县张家垣。供试虫源为当地采集短星翅蝗成虫, 供试植物为当地草原上优势植物。

1.2.2 试验方法 试验观测前, 先彻底清除笼内地表全部植被, 将采自野外的不同种新鲜食料植物(枝条或全株)修剪后分别插入装有清水的小玻璃瓶内, 以瓶口齐地表埋入土中, 使植株(丛)接近其自然高度, 每种供试植物的生物量力求均衡以能充分供应任其取食为度。为消除(至少减少)因蝗虫的向光性所造成的取食频次误差, 试验中将各供试植物于 1 m³ 的尼龙网罩内依次排列并重复一次, 保持株丛间距、边距均等(图 1), 再放入 50 头短星翅蝗成虫, 雌虫: 雄虫=1: 1。从 8:00 至 19:00 连续观察并记录短星翅蝗每小时内对各种植物的取食频率, 重复 3 次, 根据李鸿昌等(1983)的方法计算相对频率:

$$\text{相对频率 (RFN)} = \frac{X}{\sum_{i=1}^n X}$$

X —短星翅蝗对某一种植物的取食频率; n —供试植物的种类。

当 $RFN > 0.5$ 时为嗜食, $0.5 \geq RFN \geq 0.25$ 时为喜食, $RFN < 0.25$ 时为少食, $RFN < 0.023$ 时为偶食, $RFN = 0$ 时为不食。

1.3 各虫态日取食量

1.3.1 试验方法 田间采回的短星翅蝗各龄若虫及成虫饥饿 24 h 后, 每一龄期 15 头放入罩有圆柱形纱笼(13 cm×25 cm)的花盆(13.5 cm×15 cm)里混合饲养, 3 龄、4 龄、5 龄和雄成虫以 6 g 星毛委陵菜饲喂, 雌成虫以 16 g 星毛委陵菜饲喂, 各龄虫态分别饲喂 1、2、3、4、5 d, 同

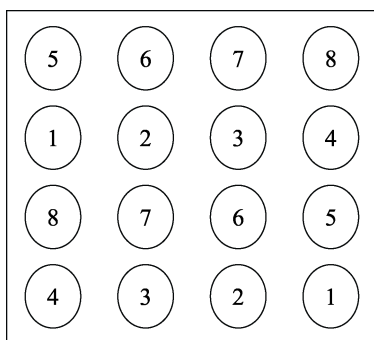


图 1 野外笼罩内供试植物的排列

Fig. 1 Arrangement of tested plants in field caging

图中数字 1~8 代表 8 种供试植物随机抽取的编号。
Digitals from 1 to 8 represent the number of tested plants by random sampling in figure.

一龄期每一饲喂时间 3 次重复，每日记录死亡数，以相同发育进度个体补充死亡试虫，收集粪便、剩余及毁损掉落叶片，自然条件下阴干至恒重，称量剩余及毁损掉落叶片及粪便量，对比称重法计算试虫食量。本试验在室内条件下进行，从 3 龄开始计算。蝗虫对食物近似消化力计算公式：

$$\text{近似消化力} = \frac{[\text{食量(干重)} - \text{粪便量(干重)}]}{\text{食量(干重)}} \times 100\%$$

1.4 发育历期、发育起点温度和有效积温

1.4.1 试验方法

虫源：短星翅蝗若虫和成虫采自同心县张家垣，集中在罩有纱笼（28 cm × 50 cm）的花盆（28.5 cm × 25 cm）中混合饲养，放入新鲜的星毛委陵菜、苜蓿及冷蒿等植物喂养。若虫作为虫源备用，成虫让其交配产卵，收集卵备用。

饲养设备：RXZ 型智能人工气候箱（宁波东南仪器有限公司），温度波动范围 ± 0.5℃，箱内相对湿度为 50% ± 10%，光周期 14L : 10D。

试验方法：设 13、18、23、28、33 等 5 个温度处理。

卵饲养：将上年收集到的卵囊埋入田间越冬后，收回放入养虫瓶（8 cm × 12 cm）中，每瓶 2 粒卵囊，其上均匀覆盖 2~3 cm 厚的潮湿沙土。随机分成 4 组培养孵化：A. 长光照高温处理组

（L14 : D10，28℃）；B. 长光照低温处理组（L14 : D10，21℃）；C. 短光照高温处理组（L10 : D14，28℃）；D. 短光照低温处理组（L10 : D14，21℃），每组 8 粒卵囊。每日 16:00 观察卵的孵化情况，确定短星翅蝗卵孵化的光照和温度条件。

若虫饲养：若虫孵出随即 2~6 头混合放入罩有圆柱形纱笼（13 cm × 25 cm）的花盆（13.5 cm × 15 cm）里饲养，饲喂新鲜的星毛委陵菜、苜蓿及冷蒿等植物，花盆置于设定温度的人工气候箱中，每一温度处理共 6 盆。每日 16:00 观察若虫的生长发育情况，记录发育历期和死亡情况。每次观察完毕，立即放回相应温度的气候箱内。

成虫饲养：短星翅蝗高龄若虫蜕皮后即进入成虫期。根据雌虫：雄虫=1：1 的比例，每 4 头集中放入罩有圆柱形纱笼（13 cm × 25 cm）的花盆（13.5 cm × 15 cm）里饲养，饲喂新鲜的星毛委陵菜、苜蓿及冷蒿等植物，花盆置于设定温度的人工气候箱中，每一温度处理共 6 盆。每日 09:00 和 16:00 观察记录成虫产卵时间、死亡时间及虫数。产在纱网、寄主植物等上的卵埋入花盆里的土中，并做好记号。

1.4.2 发育起点温度和有效积温计算 先将不同温度下各虫态（龄）的发育历期进行加权平均，求出各虫态（龄）的平均发育历期，根据李典谟和王莽莽（1986）提出的公式计算发育起点温度 C 和有效积温 K 。

2 结果与分析

2.1 短星翅蝗生活史

经 2011—2013 年连续 3 年田间系统调查发现，短星翅蝗在宁夏属于广布种，各类草原类型上均有发生，其中，典型草原发生最重，田间虫口密度逐年升高，从 2011 年 20 头/m² 上升到 2013 年 35 头/m²，最高虫口密度可达 100 头/m²。年发生 1 代（表 1），以卵在土中越冬。越冬虫卵于 6 月中、下旬开始孵化出土，6 月中、下旬为 1 龄蝗蝻发生盛期；2 龄蝗蝻于 6 月下旬

开始出现,至7月上旬达到数量高峰;7月上旬开始出现3龄蝗蝻,盛期在7月中旬;7月中、下旬是4龄蝗蝻发生时期;5龄蝗蝻7月下旬开始出现,至8月上旬达到数量高峰。8月上旬始见成虫,8月中旬至下旬进入羽化盛期,8月下旬开始交配,9月上、中旬为交配盛期,并逐渐开始产卵。10月中、下旬以后种群数量急剧下降,至11月中旬田间基本不见成虫,以卵进行越冬。

2.2 形态特征及生活习性

成虫:雄虫体长20 mm,前翅长11 mm(图1:A);雌虫体长30 mm,前翅长19 mm(图1:B)。头大而短,颞区中部有一近椭圆形凹陷。触角剑状,触角长达前胸背板后缘。前胸背板前缘直,后缘钝角形或钝圆形;中隆线明显,侧隆线向外呈弧形弯曲。前后翅发达,达不到或刚达腹端,前翅具黑褐色花斑,后翅无色。后足股节粗壮,有3条黑褐色横带,外侧上、下隆线上各具1列黑色小点,内侧红色,具2个不完整的大黑斑。后足胫节红色,外侧具8根刺,内侧9根刺。

卵囊:大小为0.6 cm×1.2 cm,在卵囊中有18~25粒不等的卵粒,平均23粒卵,卵粒

并列抱团;卵:长椭圆形,鲜黄色,长轴长(4.65m±0.05)mm,短轴长(1.36±0.05)mm(图1:C)。

若虫:共5龄。1龄若虫,体长6 mm,宽2 mm。头部黑色。头略宽于前胸背板,前胸背板乳白色略带黄色小斑点,表面有5排黄色短毛,前缘直后缘钝圆。前、中足及腹板1、2节乳白色略带黄褐色斑点;后足股节外侧有3条褐色条带,外侧上下隆线具1例黑色小点,后足胫节内侧具9根刺,外侧具8根刺。腹部仅到达后足股节(图1:D);2龄若虫,体长8.8 mm,宽2.5 mm。头部黑色。前胸背板紫红色,中部隆起,前缘直后缘钝圆。前、中足股节、胫节、跗节表面淡紫红色,密布黑色斑点;后足股节外侧有3条黑色条带;后足胫节内侧具9根刺,外侧具8根刺(图1:E);3龄若虫,体长10 mm,宽3 mm。头部颅顶黑色,表面有稀疏白点。前胸背板棕黄色略泛白,中部隆起,前缘直后缘钝圆。后胸背板可见一短黄色翅芽。前、中足各节表面棕黄色泛白,密布黑色斑点;后足股节外侧有3条黑色条带;后足胫节内侧具9根刺,外侧具8根刺(图1:F);4龄若虫,体长13 mm,宽4 mm。头部棕色表面密布黑色斑点。前胸背板棕色、密布黑色斑点,前缘直后缘钝圆,中部隆起。后胸背板可

表 1 短星翅蝗的生活史(宁夏同心县张家塬乡, 2011—2013)
Table 1 The life history of *Calliptamus abbreviatus* (Zhangjiayuan town of Tongxin county, Ningxia, 2011-2013)

月份 Month	5			6			7			8			9			10			11		
	上 E	中 M	下 L	上 E	中 M	下 L	上 E	中 M	下 L	上 E	中 M	下 L	上 E	中 M	下 L	上 E	中 M	下 L	上 E	中 M	下 L
	.	.	.	.	.	.															
						△ ₁															
							△ ₁														
								△ ₂	△ ₂												
									△ ₃	△ ₃											
										△ ₄	△ ₄										
											△ ₅	△ ₅									
													+	+	+	+	+	+	+	+	+
																.	.	.	.	.	.

+ : 成虫 Adult ; . : 卵 Egg ; △₁: 1龄若虫 1st larva ; △₂: 2龄若虫 2nd larva ; △₃: 3龄若虫 3rd larva ; △₄: 4龄若虫 4th larva ; △₅: 5龄若虫 5th larva ; E: 上旬 Early month ; M: 中旬 Middle month ; L: 下旬 Late month.



图 2 短星翅蝗各虫态形态特征

Fig. 2 Morphological characteristic of *Calliptamus abbreviatus*

A. 雄成虫; B. 雌成虫; C. 卵和卵囊; D. 1 龄若虫; E. 2 龄若虫; F. 3 龄若虫; G. 4 龄若虫; H. 5 龄若虫。

A. Male adult; B. Female adult; C. Egg and eggpod; D. 1st instar larvae; E. 2nd instar larvae; F. 3rd instar larvae; G. 4th instar larvae; H. 5th instar larvae.

见刀片状翅芽。前、中足各节表面棕色密布黑色斑点;后足股节外侧有 3 条黑色条带;后足胫节内侧具 9 根刺,外侧具 8 根刺(图 1:E);5 龄若虫,体长 17 mm,宽 4.5 mm。头部棕色表面密布黑色斑点。前胸背板背面棕色、密布黑色斑点,前缘直后缘钝圆,中部隆起。前、中足各节白色,表面密布黑色斑点;后足股节外侧有 3 条纵向黑色条带;后足胫节内侧具 9 根刺,外侧具 8 根刺(图 1:G)。

2.3 寄主选择性研究

试验得出,短星翅蝗对冷蒿、星毛委陵菜、阿尔泰狗娃花、猪毛蒿、达乌里胡枝子、长茅草、赖草、稗草等 8 种植物的取食频率分别为 0.36、0.27、0.26、0.09、0.02、0、0 和 0,说明短星翅蝗喜食冷蒿、星毛委陵菜、阿尔泰狗娃花,少食达乌里胡枝子,偶食猪毛蒿,不食长茅草、赖草、稗草等禾本科植物(表 2)。

表 2 短星翅蝗成虫对不同植物的相对取食频数
Table 2 The relative feeding frequency number of *Calliptamus abbreviatus* adult on various plants

植物 Plant	相对取食频数 Relative feeding frequency number	取食等级 Feeding grade
冷蒿 <i>Artemisia frigida</i>	0.36	喜食 Prefer feeding
星毛委陵菜 <i>Potentilla acaulis</i>	0.27	
阿尔泰狗哇花 <i>Heteropappus altaicus</i>	0.26	
胡枝子 <i>Lespedeza bicolor</i>	0.09	少食 Little feeding
猪毛蒿 <i>Artemisia scoparia</i>	0.02	偶食 Occasional feeding
长芒草 <i>Stipa bungeana</i>	0	不食 No feeding
赖草 <i>Leymus secalinus</i>	0	
稗草 <i>Echinochloa crusgalli</i>	0	

2.4 各虫态日取食量研究

由表 3 可知,短星翅蝗的日食量和近似消化力均随着龄期的增长而增大,雌成虫的日食量和近似消化力显著高于雄成虫,5 龄若虫和雄成虫日食量和近似消化力很接近。3 龄、4 龄、5 龄若虫及雄成虫和雌成虫的日食量分别为 18.66、

30.89、60.45、62.39 和 130.50 mg,3 龄、4 龄、5 龄若虫及雄成虫和雌成虫的近似消化力分别为 46.75%、47.02%、55.45%、58.15%、81.39%。

2.5 发育历期、发育起点温度和有效积温

由表 4 和表 5 可以得出,高温和低温均不利于短星翅蝗发育,若虫在 13℃ 温度下不能蜕皮发育,成虫在 18℃ 温度下不能交配产卵,而成虫在 33℃ 下的产卵前期比 28℃ 下延长 5 d。在 18~33℃ 的温度范围内,短星翅蝗 1~5 龄若虫的发育历期随着温度的升高而缩短,18℃ 恒温条件下,各龄若虫发育历期最长,33℃ 恒温条件下,各龄若虫发育历期最短。在温度相差 15℃ 的情况下,18℃ 短星翅蝗各龄若虫的发育历期是 33℃ 的 2.91~4.59 倍。1 龄、2 龄、3 龄、4 龄、5 龄若虫、整个若虫期及产卵前期的发育起点温度分别为 15.85、18.23、18.48、19.44、19.89、15.37、22.22℃,有效积温分别为 88.32、52.42、65.94、67.25、74.09、445.27、110.59 日·度。

3 结论与讨论

短星翅蝗是草原及半农牧区的主要害虫之一,食性较杂,喜食冷蒿、阿尔泰狗哇花等菊科牧草(李鸿昌等,1983;卢辉和韩建国,2008),同时也为害苜蓿、马铃薯、荞麦、豆类等粮食作

表 3 短星翅蝗各发育阶段的日食量及近似消化力
Table 3 Daily forage ingestion and the approximate digestibility of *Calliptamus abbreviatus* at different developmental stages

发育阶段 Developmental stage	鲜日食量 (mg) Fresh daily consumption	干日食量 (mg) Dry daily consumption	粪便干重 (mg) Dry stoolweight	近似消化力 (%) Approximate digestibility
3 龄若虫 3 rd instar larva	18.66	8.13	4.33	46.75
4 龄若虫 4 th instar larva	30.89	16.46	9.19	47.02
5 龄若虫 5 th instar larva	60.45	26.35	11.74	55.45
雄成虫 Male adult	62.39	27.02	11.39	58.15
雌成虫 Female adult	130.50	56.90	31.37	81.39

表 4 不同温度下短星翅蝗不同虫态的发育历期

Table 4 Developmental duration (d) of *Calliptamus abbreviatus* at different temperatures

温度 (°C) Temperature	1~5 龄若虫(d) 1st to 5th larva						产卵前期 (d) Preoviposition
	1 龄 1st instar	2 龄 2nd instar	3 龄 3rd instar	4 龄 4th instar	5 龄 5th instar	总计 Total	
18	16.66±2.23A	14.25±2.38A	18.75±3.35A	23.75±2.32A	25.75±2.36A	99.16±3.06A	
23	12.9±2.41B	10.0±1.06B	14.75±2.81B	20.75±2.25B	23±2.70B	81.4±2.44B	23.75±1.25B
28	6.24±0.17C	5.82±0.62C	5.51±0.35C	7.13±0.82C	9.39±0.80C	34.09±0.76C	15.17±2.88C
33	5.72±0.24C	3.48±0.59D	5.44±0.66C	5.17±0.31D	5.61±0.89C	25.42±0.66D	20.50±3.72C

同列中数据后标有不同字母表示差异显著 (Duncan's 新复极差法, $P<0.05$)。

Values in the same column followed by different letters indicate significantly different at 0.05 level by Duncan's multiple range test.

表 5 短星翅蝗个发育阶段发育起点温度和有效积温

Table 5 Developmental threshold temperature and effective accumulated temperature in different stages of *Calliptamus abbreviatus*

发育阶段 Development	发育起点温度 (°C) Developmental threshold temperature	有效积温 (日·度) Effective accumulated temperature
1~5 龄若虫 1st to 5th instar larva	15.37	445.27
1 龄若虫 1st instar larva	15.85	88.32
2 龄若虫 2nd instar larva	18.23	52.42
3 龄若虫 3rd instar larva	18.48	65.94
4 龄若虫 4th instar larva	19.44	67.25
5 龄若虫 5th instar larva	19.89	74.09
产卵前期 Preoviposition	22.22	110.59

物,并具有迁移为害现象(田方文,2003)。该蝗虫属于晚期发生的蝗虫种类(康乐和陈永林,1992),越冬虫卵于6月中下旬孵化出土,对秋季农作物马铃薯、荞麦和苜蓿具有极大的潜在危害。笔者2013年7月底在宁夏同心县张家塬典型草原区调查发现,在该区重度发生区(虫口密度达100头/m²)短星翅蝗已扩散至周边的苜蓿、马铃薯、荞麦等田间并造成了一定危害。因此,

本研究对其基础生物学与生态学特性进行系统分析研究,将丰富其测报参数,为优化其测报预警技术提供依据。

本实验中设置的4组卵孵化试验中,仅长光照高温处理组(L14:D10,28℃)越冬虫卵孵化出土,其它3组越冬虫卵均未孵化,但将其放入长光照高温处理下后也均孵化出土。短星翅蝗越冬虫卵是否存在滞育现象有待进一步研究。

参考文献 (References)

- Chen HH, Zhao YX, Kang L, 2003. Antennal sensilla of grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) in relation to food preferences and habits. *J. Biosci.*, 28(6): 743-752.
- Gao ZN, 1999. The Third of Ningxia Agriculture Insect Atlas. Beijing: China Agriculture Press. 194-195. [高兆宁, 1999. 宁夏农业昆虫图志第三集. 北京: 中国农业出版社. 194-195.]
- Kang L, Chen YL, 1992. Study of temporal and spatial heterogeneity on grassland locust. *Grassland Ecosystem Study*, 4: 109-123. [康乐, 陈永林, 1992. 草原蝗虫时空异质性的研究. 草原生态系统研究, (4): 109-123.]
- Kang L, Chen YL, 1994. Trophic niche of grasshoppers within steppe ecosystem in Inner Mongolia. *Acta Entomologica Sinica*, 37(2): 178-189. [康乐, 陈永林, 1994. 草原蝗虫营养生态位的研究. 昆虫学报, 37(2): 178-189.]
- Li HC, Xi RH, Chen YL, 1983. Studies on the feeding behavior of acridoids in the typical steppe subzone of the Inner Mongol autonomous region I. characteristics of food selection within the artificial cages. *Acta Ecologica Sinica*, 3(3): 214-228. [李

- 鸿昌, 席瑞华, 陈永林, 1983. 内蒙古典型草原蝗虫食性的研究 I. 罩笼供食下的取食特性. *生态学报*, 3(3): 214–228.]
- Liu JP, Xi RH, Chen YL, 1984. Apreliminary study on the oviposition preference of grasshopper. *Chinese Bulletin of Entomology*, (5): 204–207. [刘举鹏, 席瑞华, 陈永林, 1984. 蝗虫产卵选择的初步研究. *昆虫知识*, (5): 204–207.]
- Lu H, Han JG, 2008. Study on the mortality and competition of three dominant grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) in the steppe. *Acta Agrestia Sinica*, 16(5): 480–484. [卢辉, 韩建国, 2008. 典型草原三种蝗虫种群死亡率和竞争的研究. *草地学报*, 16(5): 480–484.]
- Tian FW, 2003. The occurrence pattern of *Calliptamus abbreviatus* in alfalfa fields and control measures. *Pratacultural Science*, 20(12): 80–81. [田方文, 2003. 紫花苜蓿田短星翅蝗发生规律及防治对策. *草业科学*, 20(12): 80–81.]
- Xu YX, Pang BP, Zhao JX, Wang XY, Liu YS, Zhang JH, 2013. Comparison of growth and development of five grasshoppers in Inner Mongolia grasslands. *Journal of Inner Mongolia Agricultural University*, 34(4): 76–80. [徐亚勋, 庞保平, 赵建兴, 王晓燕, 刘友山, 张金慧, 2013. 内蒙古 5 种草原蝗虫生长发育的比较. *内蒙古农业大学学报*, 34(4): 76–80.]
- Yan ZC, Chen YL, 1997. Studies on the individual size group and the life form of grasshoppers in typical steppe of Inner Mongolia, China. *Acta Ecologica Sinica*, 17(6): 666–670. [颜忠诚, 陈永林, 1997. 内蒙古草原蝗虫个体大小及生活型划分的探讨. *生态学报*, 17(6): 666–670.]
- Yang D, Zhang ZH, Zhang X, 2013. Illustrated Handbook of Pests on Grassland in China. Beijing: China Agricultural Sciencetech Press. 44–45. [杨定, 张泽华, 张晓, 2013. 中国草原害虫图鉴. 北京: 中国农业科学技术出版社. 44–45.]
- Zhang Y, Ren ZM, Guo YP, Ma EB, 2005. Chromosomal C-banding karyotype in *Calliptamus abbreviatus*. *Acta Zoologica Sinica*, 51(supplement): 258–261. [张琰, 任竹梅, 郭亚平, 马恩波, 2005. 短星翅蝗染色体的 C 带核型. *动物学报*, 51(增刊): 258–261.]
- Zhang R, Wei SH, Yu Z, Gao LY, Zhang ZH, 2014. Colored Pictorial Handbook of Grassland Insects in Ningxia. Beijing: China Agricultural Sciencetech Press. 48–49. [张蓉, 魏淑花, 高立原, 张泽华, 2014. 宁夏草原昆虫原色图鉴. 北京: 中国农业科学技术出版社. 48–49.]
- Zhang R, Wei SH, Yu Z, Gao LY, Zhu MM, Huang WG, Zhang ZH, Ma JH, Wang F, 2014. DB64/T 949-2014 Technical specification on insect investigation in Ningxia grassland. Quality and technical supervision off, 48-49ice of Ningxia hui autonomous region. [张蓉, 魏淑花, 于钊, 高立原, 朱猛蒙, 黄文广, 张泽华, 马建华, 王芳, 2014. DB64/T 949-2014 宁夏草原昆虫调查技术规范. 宁夏回族自治区质量技术监督局.]
- Zhao Z, Lü SM, Xi GS, 2006. Temporal expression of *c-kit* in spermatogenesis of two grasshopper species. *Insect Science*, (13): 445–450.
- Zhao Z, Ren BZ, 2006. Comparative study on oogenesis of twospecies of Catantopidae. *Journal of Jilin Agricultural University*, 28(5): 501–505. [赵卓, 任炳忠, 2006. 斑腿蝗科 2 种蝗虫卵子发生比较研究. *吉林农业大学学报*, 28(5): 501–505.]
- Zhao Z, Ren BZ, Hao XL, Yuan HB, 2008. Special expression of proto-oncogene *c-kit* in oogenesis of *Calliptamus abbreviatus*. *Journal of Jilin Agricultural University*, 30(2): 138–141. [赵卓, 任炳忠, 郝锡联, 袁海滨, 2008. 短星翅蝗卵子发生过程中原癌基因 *c-kit* 特异性表达. *吉林农业大学学报*, 30(2): 138–141.]
- Zheng ZM, 1993. Grasshoppers Taxonomy. Xi'an: Shaanxi Normal University Press. 176-177. [郑哲民, 1993. 蝗虫分类学. 西安: 陕西师范大学出版社. 176-177.]