研 究 简 报
Research Notes

两型亚洲小车蝗卵巢发育的分级及差异研究

韩海斌[1]， 王 宁[1]， 徐林波[1]， 高书晶[1*]， 刘爱萍[1]， 德庆哈拉[2]

(1. 中国农业科学院草原研究所，呼和浩特 010010；2. 内蒙古自治区锡林郭勒盟畜牧工作站，锡林浩特 026000)

摘要 亚洲小车蝗 *Oedaleus decorus asiaticus* 是我国北方草原区的重要害虫，其聚集、迁移暴发给草原、农田及城市带来了恶劣影响。本文根据亚洲小车蝗卵巢发育形态特征的变化，将其分为 5 个级别：Ⅰ级为透明期，Ⅱ级为卵黄沉淀期，Ⅲ级为卵粒形成期，Ⅳ级为成熟待产期，Ⅴ级为产卵期。群居型亚洲小车蝗的卵巢发育起始时间为羽化后 5.20 d，产卵时间为羽化后 50.21 d，发育历期为 43.75 d；散居型亚洲小车蝗的卵巢发育起始时间为羽化后 5.75 d，产卵时间为羽化后 52.25 d，发育历期为 46.50 d，群居型亚洲小车蝗的卵巢发育比散居型种群快，且两者差异均达到极显著水平($P<0.01$)。研究结果从亚洲小车蝗发育繁殖角度验证了该蝗虫具有两型分化现象，且差异明显，同时对卵巢发育时间的研究可应用于亚洲小车蝗产卵期的预测预报，为田间蝗虫防治工作提供依据。

关键词 亚洲小车蝗； 卵巢发育； 分级标准

中图分类号： S 433.2 **文献标识码**： A **DOI**： 10.16688/j.zwbh.2017094

Grading criteria for the ovarian development of *Oedaleus decorus asiaticus* and differences between two types of ovarian development

HAN Haibin[1]， WANG Ning[1]， XU Linbo[1]， GAO Shujing[1]， LIU Aiping[1]， Deqinghala[2]

(1. *Grassland Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences*, *Hohhot* 010010, *China*;
2. *Livestock Workstation of Xilingol League*, *Inner Mongolia*, *Xilinhot* 026000, *China*)

Abstract *Oedaleus decorus asiaticus* is a serious insect pest in northern grassland regions of China, and it has a terrible effect on pasture, croplands and cities. Ovaries can be classified as 5 grades according to their morphological characteristics: grade Ⅰ, transparent period; grade Ⅱ, yolk deposition period; grade Ⅲ, egg-forming period; grade Ⅳ, egg-maturing period, and grade Ⅴ, oviposition period. For gregarious phases of *O. decorus asiaticus*, the ovaries developed at the start of 5.20 d after eclosion; oviposition time was 50.21 d after eclosion and developmental duration was 43.75 d. While for solitary phases, the ovaries developed at the start of 5.75 d after eclosion; oviposition time was 52.25 d after eclosion, and developmental duration was 46.50 d. The egg development of *O. decorus asiaticus* was faster in gregarious phases than in solitary phases ($P<0.01$). The results showed that *O. decorus asiaticus* had two types of differentiation phenomena in terms of development and breeding ($P<0.01$). The results of ovarian developmental time can also be used to predict egg-laying period of *O. decorus asiaticus*, which will provide important information for *O. decorus asiaticus* prevention and control in fields.

Key words *Oedaleus decorus asiaticus*； ovarian development； grading criterion

亚洲小车蝗 *Oedaleus decorus asiaticus* (Bei-Bienko)，是为害我国北方草原的优势种蝗虫[1]，主要取食禾本科牧草[2]，严重发生时能达到蝗虫种群的 90%以上[3]，可导致牧草及作物减产 50%以上，甚至绝收[4]，由于其对草原生态系统破坏严重，目前已成为草原退化的指示种[5]。由于亚洲小车蝗严重危害着草原环境及农牧民的生产生活，前人对其进行了大量的研究，包括：生物学特性[6]、嗅觉反应[7-8]、生长发育与温度的关系[9]、预测预报[10]、产量损失与经济阈值[11-13]、光周期[14]、防治[15-18]、遗传多样性[19-21]

收稿日期： 2017 - 03 - 20 **修订日期**： 2017 - 05 - 04
基金项目： 内蒙古自然科学基金(2012MS0530)；国家自然科学基金(31302028)；中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(1610332017002)
* 通信作者 E-mail：shujinggao688@163.com

及对气候变暖的响应[22]等，以期将其控制在经济阈值以下，保护草原生态平衡。

蝗虫为适应不同的环境条件，可以改变自身的形态、生理生化、行为、发育等特征，使其在形态学、生理学、行为学上分成两种明显不同的型相，即群居型和散居型[23]。亚洲小车蝗属土蝗，一般分散活动。但近年来，亚洲小车蝗在各地起飞严重，聚集迁移，不仅危害草原，而且大量集群式在城市中心出现[24]。目前该虫明显表现出与飞蝗相类似的聚集迁飞习性。Arianne 和 Hao[25]通过亚洲小车蝗体色变化对两型现象进行了研究，结果表明，棕色型和绿色型可能是亚洲小车蝗两型分化的表现型，确定了亚洲小车蝗群居和散居在形态上存在差异，具有两型现象。高书晶等[26-27]通过对亚洲小车蝗的形态特征、飞行能力及能源物质消耗利用等进行研究，证明其具有两型分化现象。

群居型与散居型种群的差异主要体现在形态学、发育和生理学、行为活动和生态学等方面。生殖力方面，群居型和散居型卵巢发育也有很大区别。蝗虫的型变现象决定了其聚集、迁飞、暴发为害，而卵巢发育各阶段及历期长短是其种群持续为害的重要因素。本研究对亚洲小车蝗的卵巢发育进行了研究，通过系统解剖提出亚洲小车蝗卵巢发育的分级标准，为该蝗虫的预测预报提供科学依据。同时，对群居型和散居型亚洲小车蝗卵巢发育情况进行了比较，为确定亚洲小车蝗具有两型分化提供生理学依据。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

亚洲小车蝗实验种群于 2014 年采自内蒙古四子王旗。主要采集 2 龄蝗蝻，带回实验室统一饲养。群居型主要选择亚洲小车蝗大暴发、聚集为害地区的棕色个体[25]，放入 80 cm×80 cm×80 cm 的养虫笼中群体饲养，每笼 50 头。散居型主要选择在防治指标以下的零星发生区的绿色个体，放入 10 cm×10 cm×20 cm 的笼中进行单头饲养[27]。每天在饲养笼中加入新鲜充足的小麦叶或玉米叶并清理养虫笼，辅以麦麸补充营养。经室内(25±1)℃饲养到成虫后作为试验虫源。

1.2 卵巢观察方法

从亚洲小车蝗成虫羽化开始，每两天从养虫笼中捕捉羽化日龄相同的两型雌成虫各 5 头，置于无水乙醇中 10 min，然后放于蜡盘上在体视显微镜(Leika Z16APO)下进行解剖。用解剖刀从腹部末端向胸部纵向剖开，在腹部的前端横向剖开形成 T 形刀口，用镊子从 T 口向下拉开体壁，并用昆虫针固定在蜡盘上，用解剖针将卵巢管拉出蝗虫体外，在镜下观察其形态并拍照，对比卵巢发育程度并进行发育分级。

2 结果与分析

2.1 雌性生殖器官形态

亚洲小车蝗的雌性生殖器官由 1 对卵巢(ovaries)、中输卵管(common oviduct)、受精囊(receptaculum seminis)、1 对侧输卵管(lateral oviducts)、和中悬带(median ligament)等构成。侧输卵管与卵巢管(ovarioles)连接处膨大的囊状结构为卵巢萼(calyx)，是蝗卵的临时储存场所。

2.2 卵巢发育分级

根据亚洲小车蝗雌性生殖器官各组成部分发育程度，将亚洲小车蝗雌成虫卵巢发育分为 5 个等级。

第一阶段：(Ⅰ级，透明期，羽化后 1～10 d)卵巢小管透明且细长；卵母细胞较小，识别度低；侧输卵管和中输卵管均为细长型，没有发生膨大现象，有皱褶。

第二阶段：(Ⅱ级，卵黄沉淀期，羽化后 11～22 d)侧输卵管发生膨大且皱褶较为明显；卵巢小管的基部有明显膨大，隐约可见有淡黄色卵粒。

第三阶段：(Ⅲ级，卵粒形成期，羽化后 23～33 d)侧输卵管膨大，与卵巢管形成卵巢萼，具有明显的皱褶；卵巢小管变粗，清晰可见圆柱形、淡黄色的卵粒整齐排列。

第四阶段：(Ⅳ级，成熟待产期，羽化后 25～34 d)卵粒在卵巢小管内开始成熟，向身体两侧分开，并暂时储存于卵巢萼中。

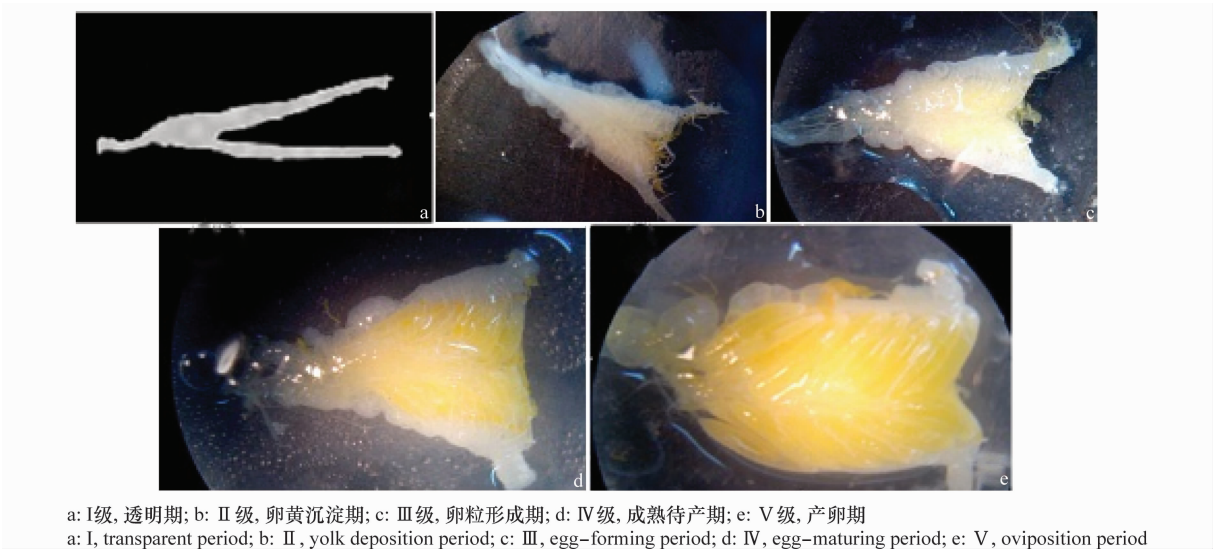
第五阶段：(Ⅴ级，产卵期，羽化后 35～45 d)中输卵管和侧输卵管光滑无皱褶；卵巢小管基部的卵粒成熟。

2.3 两型亚洲小车蝗卵巢发育差异

从亚洲小车蝗羽化为成虫的日期作为零起点，测定卵巢发育起始时间(蝗虫卵巢进入发育的时间)和产卵时间(蝗虫开始产卵的时间)及发育历期(卵巢开始发育到产卵的时间)，对比两型亚洲小车蝗卵巢发育的差异。结果见表 1。

结果表明，群居型亚洲小车蝗的卵巢发育起始时间为羽化后 5.20 d，产卵时间为羽化后 50.21 d，卵巢发育历期为 43.75 d；散居型亚洲小车蝗的卵巢

发育起始时间为羽化后 5.75 d,产卵时间为羽化后 52.25 d,卵巢发育历期为 46.50 d,群居型亚洲小车蝗的卵巢发育比散居型种群快,且均达到极显著水平($P<0.01$)。



a: Ⅰ级, 透明期; b: Ⅱ级, 卵黄沉淀期; c: Ⅲ级, 卵粒形成期; d: Ⅳ级, 成熟待产期; e: Ⅴ级, 产卵期
a: Ⅰ, transparent period; b: Ⅱ, yolk deposition period; c: Ⅲ, egg-forming period; d: Ⅳ, egg-maturing period; e: Ⅴ, oviposition period

图 1　亚洲小车蝗雌成虫卵巢发育分级标准

Fig. 1　Classification standards for adult ovarian development of *Oedaleus decorus asiaticus*

表 1　两型亚洲小车蝗卵巢的起始发育时间、发育历期及产卵时间[1)]

Table 1　Ovarian developmental starting time, duration of two types of *Oedaleus decorus asiaticus* and oviposition period

生态型 Ecotype	发育起始时间/d Developmental starting time	产卵时间/d Oviposition time	卵巢发育历期/d Developmental duration
群居型 Gregarious phase	(5.20±0.87)B	(50.21±0.98)B	(43.75±1.12)B
散居型 Solitary phase	(5.75±0.83)A	(52.25±1.05)A	(46.50±0.83)A

1) 表中数据为平均值±标准误,同列不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)。
The data in the table are mean±SE. Different capital letters within the same column represent significant difference at 0.01 level.

3　讨论

两型现象在飞蝗中普遍存在,当蝗虫聚集到一定密度时,蝗虫的形态、体色甚至生物学习性都会发生一系列的变化,从而由散居型转变为群居型。影响蝗虫型变的因素很多,如虫口密度、龄期、化学信息素、内分泌等都是影响型变的重要因子。群居型蝗虫可以进行迁飞,对农作物造成的为害比散居型蝗虫大得多。了解群居型和散居型亚洲小车蝗卵巢发育差异对于亚洲小车蝗的防治具有重要意义。本文对群居型和散居型亚洲小车蝗卵巢发育进行分析,得出两型蝗虫卵巢发育时间具有极显著差异($P<0.01$),群居型蝗虫的发育时间早,发育历期短,为其迁飞寻找适合生存的环境条件留下了时间。从两型蝗虫的产卵时间差异来看,虽然统计学上表现为显著差异,但是相比发育历期和开始发育时间来说差异较小,可以推测出,亚洲小车蝗成虫可能是在卵巢发育成熟之后进行迁飞;且迁飞过程中不产卵,直到找到栖息地才开始产卵;亚洲小车蝗具有聚集迁飞习性,但不是长远距离迁飞的害虫。本文从生殖发育角度验证了亚洲小车蝗具有两型分化现象。

卵巢解剖是植保领域研究昆虫种群动态,进行害虫预测预报的一种重要手段。农业部在 1957 年制定的黏虫测报办法中,把雌蛾卵巢发育进度作为黏虫测报的常规步骤,这是卵巢解剖工作在我国害虫测报工作中的首次应用。根据昆虫雌成虫卵巢不同时间的形态变化,将卵巢分成不同的发育等级。由于不同昆虫的卵巢发育有一定差异,所以学者们对不同昆虫的卵巢发育等级划分不尽相同,戴宗廉等[28]、张孝羲等[29]、陈若篪等[30]、吕万明[31]、张韵梅和牟吉元[32]、王宪辉等[33]分别将黏虫 *Mythimna separata*、稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis*、褐飞虱 *Nilaparvata lugens*、白背飞虱 *Sogatella furcifera*、棉铃虫 *Helicoverpa armigera*、甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* 等迁飞害虫的卵巢发育分为 5 级,分别为乳白透明期、卵黄沉积期、成熟待产期、产

卵盛期和产卵末期；而孙雅杰等[34]将草地螟的雌蛾卵巢发育分为4级，分别为初羽化期、产卵前期、产卵期、产卵末期；陈伟等[35]将越北腹露蝗 *Fruhstorferiola tonkinensis* 卵巢发育分为5个阶段，分别为透明期、卵黄沉淀期、卵粒形成期、成熟待产期和产卵期。由于发育的形态特征相近，本文将亚洲小车蝗卵巢发育定为与越北腹露蝗相同的5个阶段。为该蝗虫的预测预报提供科学依据。

亚洲小车蝗羽化后卵巢发育级别所需的天数仅供参考，还需结合田间数据，因为卵巢发育受环境条件如：温度、食物等因素的影响。卵巢解剖是一种常规监测手段，本文对亚洲小车蝗卵巢发育程度的分级标准力求简便易行，适于推广，分级方法可用于亚洲小车蝗蝗区各基层植保部门进行常规产卵期监测和预报工作，为制定防治策略提供依据。

参考文献

[1] 张龙，严毓骅，王贵强，等. 蝗虫微孢子虫病田间流行的初步调查[J]. 草地学报，1995，3(3)：223－229.

[2] 关敬群，魏增柱. 亚洲小车蝗(*Oedaleus asiaticus* B.-Bienko)食量测定[J]. 昆虫知识，1989，26(1)：8－10.

[3] 刘玲，郭安红. 2004年内蒙古草原蝗虫大发生的气象生态条件分析[J]. 气象，2004，30(11)：55－57.

[4] 潘建梅. 内蒙古草原蝗虫发生原因及防治对策[J]. 中国草地，2002，24(6)：66－69.

[5] KANG Le，CHEN Yonglin. Dynamics of grasshopper communities under different grazing intensities in Inner Mongolia steppes [J]. Entomologia Sinica，1995，2(3)：265－281.

[6] 许富祯，孟正平，郭永华，等. 乌兰察布市农牧交错区亚洲小车蝗发生与防治[J]. 内蒙古农业科技，2005，33(7)：384－387.

[7] CHEN H H，KANG L. Olfactory responses of two species of grasshoppers to plant odours [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata，2000，95(2)：129－134.

[8] 陈湖海，赵云鲜，康乐. 两种同域分布的草原蝗虫对植物挥发性化合物的嗅觉反应[J]. 中国科学(C辑)，2003，33(5)：421－428.

[9] HAO S G，KANG L. Post diapause development and hatching rate of three grasshopper species (Orthoptera：Acrididae) in Inner Mongolia [J]. Environmental Entomology，2004，33(6)：1528－1534.

[10] 刘庚山，庄立伟，郭安红. 内蒙古草原亚洲小车蝗龄期气候预测初步研究[J]. 草业科学，2006，23(1)：71－75.

[11] 邱星辉，康乐，李鸿昌. 内蒙古草原主要蝗虫的防治经济阈值[J]. 昆虫学报，2004，47(5)：595－598.

[12] 卢辉，韩建国，张录达. 高光谱遥感模型对亚洲小车蝗危害程度研究[J]. 光谱学与光谱分析，2009，29(3)：745－748.

[13] 李广，张泽华，张礼生. 科尔沁草原亚洲小车蝗防治指标研究[J]. 植物保护，2007，35(5)：63－67.

[14] 陈广平，郝树广，庞保平，等. 光周期对内蒙古三种草原蝗虫高龄若虫发育、存活、羽化、生殖的影响[J]. 昆虫知识，2009，46(1)：51－56.

[15] 李永丹，覃晓春，赵朝阳，等. 亚洲小车蝗痘病毒对绿僵菌治蝗的增效作用[J]. 中国生物防治，2003，19(3)：115－117.

[16] 徐利敏，冯万玉，白全江. 可可油杀虫剂对亚洲小车蝗蝗蝻的毒力测定[J]. 华北农学报，2006，21(6)：188－190.

[17] 杨新华，李永丹，田兆丰，等. 亚洲小车蝗痘病毒与化学杀虫剂混用的杀虫效果及对寄主主要解毒酶活性的影响[J]. 昆虫学报，2008，51(5)：498－503.

[18] 高书晶，刘爱萍，徐林波，等. 杀蝗绿僵菌与植物源农药混用对亚洲小车蝗的杀虫效果[J]. 农药，2010，49(10)：757－759.

[19] 李东伟，高书晶，庞保平，等. 内蒙古地区亚洲小车蝗不同地理种群的RAPD分析[J]. 昆虫知识，2010，47(3)：472－478.

[20] 高书晶，李东伟，刘爱萍，等. 不同地理种群的亚洲小车蝗mtDNA-COI基因序列及其相互关系[J]. 草地学报，2011，19(5)：846－851.

[21] 韩海斌，周晓蓉，庞保平，等. 内蒙古亚洲小车蝗种群遗传多样性的微卫星分析[J]. 昆虫学报，2013，56(1)：79－87.

[22] GUO K，HAO S G，SUN O J，et al. Differential responses to warming and increased precipitation among three contrasting grasshopper species [J]. Global Change Biology，2009，15(10)：2539－2548.

[23] PENER M P，SIMPSON S J. Locust phase polyphenism：an update [J]. Advances in Insect Physiology，2009，36：1－272.

[24] 蒋湘，买买提明，张龙. 夜间迁飞的亚洲小车蝗[J]. 草地学报，2003，11(1)：75－77.

[25] ARIANNE J C，HAO S G，KANG L，et al. Are color or high rearing density related to migratory polyphenism in the band-winged grasshopper，*Oedaleus asiaticus*? [J]. Journal of Insect Physiology，2010，56：926－936.

[26] 高书晶，魏云山，特木儿，等. 亚洲小车蝗飞行能力及其与种群密度的关系[J]. 草业科学，2012，29(12)：1915－1919.

[27] 高书晶，韩海斌，王宁，等. 群居型、散居型亚洲小车蝗形态特征的数量分析[J]. 植物保护，2016，42(4)：89－93.

[28] 戴宗廉，焦明阳，钱奕民. 黏虫生殖系统的解剖[J]. 沈阳农业大学学报，1962(1)：68－74.

[29] 张孝羲，陆自强，耿济国. 稻纵卷叶螟雌蛾解剖在测报上的应用[J]. 昆虫知识，1979，16(3)：97－99.

[30] 陈若篪，程遐年，杨联民，等. 褐飞虱卵巢发育及其与迁飞的关系[J]. 昆虫学报，1979，22(3)：280－288.

[31] 吕万明. 白背飞虱雌性生殖系统的构造和卵巢发育分级的初步观察[J]. 昆虫知识，1980，17(4)：182－183.

[32] 张韵梅，牟吉元. 棉铃虫卵巢发育的组织化学及测报分级研究[J]. 山东农业科学，1994(3)：7－9.

[33] 王宪辉，徐洪富，许永玉，等. 甜菜夜蛾雌性生殖系统结构、发育分级及在测报上的应用[J]. 植物保护学报，2003，30(3)：261－266.

[34] 孙雅杰，陈瑞鹿，王素云，等. 草地螟雌蛾生殖系统发育的形态变化[J]. 昆虫学报，1991，34(2)：248－249.

[35] 陈伟，陈伟洲，吴伟坚. 越北腹露蝗卵巢发育程度的分级研究[J]. 中国植保导刊，2005，25(5)：5－6.

(责任编辑：杨明丽)