

枸杞实蝇卵巢发育与产卵节律研究*

袁雪琴** 乔海莉 尹祝华 李 尧 刘 赛 魏红爽*** 徐常青***

(中国医学科学院药用植物研究所, 北京 100193)

摘 要 【目的】枸杞实蝇 *Neoceratitis asiatica* (Becker) 是宁夏枸杞 *Lycium barbarum* L. 果期危害严重的优势害虫。其幼虫在果内潜食为害, 难以有效防治。枸杞实蝇雌虫选择枸杞幼果产卵的过程是生产中防控实蝇的关键期。而明确枸杞实蝇雌虫的卵巢发育与产卵节律是弄清该虫防控关键期的重要一环。【方法】分别解剖羽化后 1 至 45 d 枸杞实蝇雌虫的卵巢, 观察卵巢的形态结构, 记录卵巢的长度和宽度, 并统计成熟卵粒数。通过统计羽化后 45 d 内枸杞实蝇雌虫在枸杞幼果上的每日产卵数量, 分析其产卵节律。【结果】枸杞实蝇的卵巢发育进程分为 5 期 5 个级别: 卵巢发育初期 (Ⅰ级)、成熟待产期 (Ⅱ级)、产卵初期 (Ⅲ级)、产卵盛期 (Ⅳ级)、产卵末期 (Ⅴ级)。其中, 枸杞实蝇雌虫羽化第 4 天其卵巢发育达到性成熟。并在羽化第 4 天首次产卵。【结论】枸杞实蝇雌虫羽化第 4 天是生产中防控该虫关键期。本研究明确了枸杞实蝇雌虫防控关键期, 可为进一步田间科学防控该实蝇提供指导。

关键词 宁夏枸杞; 枸杞实蝇; 卵巢发育; 产卵节律; 防控关键期

Ovarian development and oviposition rhythm of *Neoceratitis asiatica*

YUAN Xue-Qin** QIAO Hai-Li YIN Zhu-Hua LI Yao LIU Sai
WEI Hong-Shuang*** XU Chang-Qing***

(Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Sciences and
Peking Union Medical College, Beijing 100193, China)

Abstract 【Objectives】To investigate the ovarian development and timing of oviposition in the Goji fruit fly, *Neoceratitis asiatica* (Becker), an important pest of *Lycium barbarum* L., and thereby identify the critical period for controlling this pest in the field. 【Methods】Females were dissected under a microscope 1 to 45 days after their emergence and the length and width of their ovaries, and the number of mature eggs, were recorded. In addition, the number of eggs laid on young fruits within 45 days of emergence was recorded to determine the timing of oviposition. 【Results】Ovarian development could be divided into five stages; the early stage (Ⅰ), the egg-maturing stage (Ⅱ), the early oviparous stage (Ⅲ), the peak oviparous stage (Ⅳ), and the late oviparous stage (Ⅴ). Females became sexually mature on the fourth day after eclosion and those that had mated began laying eggs on the same day. 【Conclusion】The fourth day after the emergence of female *N. asiatica* is the critical time for controlling this pest in the field.

Key words *Lycium barbarum*; *Neoceratitis asiatica*; ovarian development; oviposition rhythm; critical period for control

随着健康理念不断深入人心, 人们在增强健康意识的同时也越来越多地关注天然药物和传统中草药。宁夏枸杞 *Lycium barbarum* 是我国药食同源的名贵中药材, 具有益精明目、滋补肝

肾、延缓衰老和缓解抑郁症等功效 (Zhang *et al.*, 2016; Wang *et al.*, 2018; Zhou *et al.*, 2020; 宿树兰, 2022)。作为西北经济作物的宁夏枸杞随着各个省份的种植面积的增加, 虫害问题日益凸

*资助项目 Supported projects: 国家重点研发计划资助 (2022YFC3501502); 中央高校基本科研业务费专项资金资助 (333202205); 中国医学科学院医学与健康科技创新工程资助 (2021-I2M-1-031)

**第一作者 First author, E-mail: yuanyueqin202105@163.com

***共同通讯作者 Co-corresponding authors, E-mail: weihongshuang710@163.com; cqxu@implad.ac.cn

收稿日期 Received: 2023-04-04; 接受日期 Accepted: 2023-06-01

显, 尤其是为害果实的枸杞实蝇 *Neoceratitis asiatica* (Becker) (徐常青等, 2014; 苟春林和张艳, 2019; 刘晓丽等, 2021)。枸杞实蝇幼虫钻在枸杞果内取食, 隐蔽为害, 化学农药难以有效防治, 一旦爆发, 每年会导致枸杞果实损害率约为 55% 左右, 严重时高达 80% (吴福桢和孟庆详, 1963; 刘晓丽等, 2020; Wei *et al.*, 2023)。目前枸杞实蝇防治措施仍以化学防治为主, 农户盲目、不科学使用化学农药导致实蝇抗药性增强、再猖獗及枸杞子农残超标严重(徐常青等, 2014; 王莹等, 2018; 尹祝华, 2021), 不仅影响枸杞子食用与临床用药安全, 同时也严重制约枸杞产业的健康发展。

明确实蝇的卵巢发育分级, 可以提前明确田间实蝇种群动态, 加以合理、高效地控制(冯波等, 2017)。目前, 实蝇比如油橄榄实蝇 *Dacus olea*、桔小实蝇 *Bactrocera dorsalis*、柑橘大实蝇 *B. minax*、瓜实蝇 *B. cucurbitae* 和南瓜实蝇 *B. tau* 均已阐述了实蝇的卵巢特征及其发育分级(Fletcher *et al.*, 1978; 陈敏等, 2014; 欧阳倩

等, 2014; 刘颖等, 2015; 张小亚, 2018), 在生产实践中可参考实蝇卵巢发育情况与当地的温度、湿度等综合因素对实蝇的成虫种群、产卵期进行预测预报, 结合相应的高效防治措施, 使田间实蝇发生基数得到有效控制(欧阳倩等, 2014)。这些研究在农作物瓜果蔬菜上已有, 然而在药用植物上还未见报道, 尤其是在宁夏枸杞上的枸杞实蝇。

枸杞实蝇在整个生活史中, 大部分时间生活隐蔽(图 1), 其成虫果内产卵、幼虫果内潜食, 生产中难以有效防治。而成虫寻找果实产卵的过程是短暂暴露时期, 也是生产中防控的关键期。因此, 明确枸杞实蝇卵巢发育与产卵节律有助于锁定该虫的防控关键期。本研究通过解剖不同羽化日龄雌实蝇的卵巢, 明确枸杞实蝇雌虫生殖系统、卵巢发育特征和雌虫生命周期内卵巢发育历期, 进一步研究枸杞实蝇雌虫产卵动态节律。本研究的目的是明确枸杞实蝇在宁夏枸杞上产卵为害的防控关键期, 为生产上科学防控枸杞实蝇提供理论基础和指导意义。

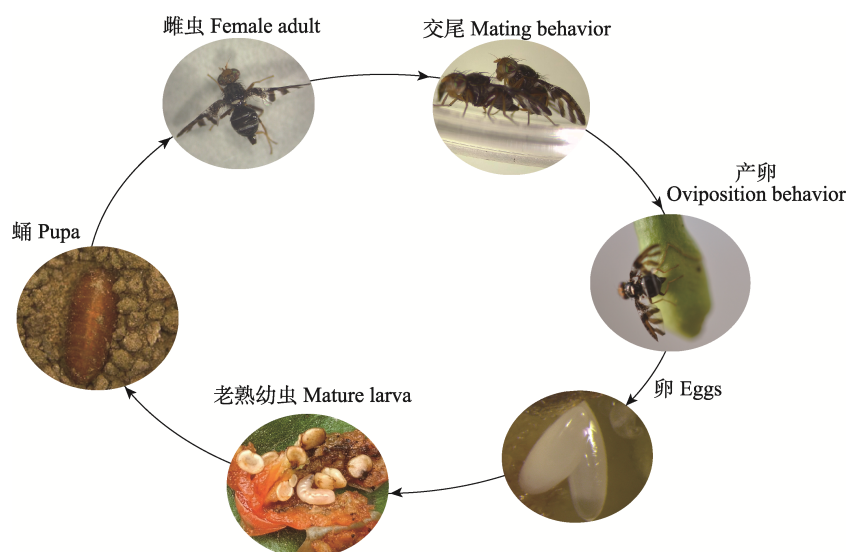


图 1 枸杞实蝇生活史

Fig. 1 Life history of *Neoceratitis asiatica*

1 材料与方法

1.1 材料

供试虫源: 枸杞实蝇蛹被采集于 2021 年 5-7

月宁夏回族自治区中宁枸杞种植基地(枸杞品种为宁杞 1 号, 树龄为 10 年), 在中国医学科学院药用植物研究所(北京)的植保室的人工气候箱(宁波赛福实验仪器有限公司, PRX-450 C)里饲养。饲养条件为: 光周期 14 L : 10 D、温度(25

± 2) °C、相对湿度 40% $\pm$ 10%。将枸杞实蝇蛹, 放入装有约 3 cm 沙壤土的培养皿(高 3 cm, 直径 20 cm)中, 然后置于网笼(长 50 cm $\times$ 宽 50 cm $\times$ 高 50 cm)里培养。待成虫羽化后, 将未交尾的雌成虫置于新的网笼(长 50 cm $\times$ 宽 50 cm $\times$ 高 50 cm)中饲养, 喂食酵母浸粉与蔗糖(1:3)的混合物, 取不同羽化日龄的枸杞实蝇的雌成虫做卵巢发育实验。

供试果源: 枸杞新鲜果实(落花后 5-7 d)采集于中国医学科学院药用植物研究所(北京)的实验基地, 枸杞品种为宁杞 1 号, 树龄为 4 年, 未施用任何化学农药。采集实蝇新鲜果实, 用于枸杞实蝇产卵节律的研究。

1.2 方法

1.2.1 枸杞实蝇雌虫生殖系统与卵巢形态观察 枸杞实蝇雌虫生殖系统的研究: 取羽化 15 日龄的枸杞实蝇雌成虫(羽化龄期短时, 卵巢发育不完整, 经预实验显示羽化 15 日龄便于解剖完整生殖系统), 在 Leica 显微镜(德国)下进行卵巢的解剖, 首先用 0.1 mm 精细镊子截取实蝇雌虫腹部, 将该虫腹部置于有 1 x PBS 缓冲液(pH 8.0)的培养皿凹处, 去掉腹部背板和腹板, 清除卵巢四周的马氏管、脂肪体、肠道等器官, 浸洗卵巢 3-4 次, 清理出完整且干净的枸杞实蝇卵巢。于显微镜下观察雌成虫的雌性生殖系统形态, 并进行测量和拍照。雌成虫生殖系统的研究观察数量为 10 头。

1.2.2 枸杞实蝇雌虫卵巢发育等级及不同发育历期形态特征研究 采用 1.1 方法获得的成虫, 待雌虫羽化日龄达到 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、15、20、25、35 和 45 d 时, 并用 1.2.1 方法解剖各个龄期的雌成虫卵巢。于 Leica 显微镜下观察雌成虫生命周内卵巢形态特征, 测量卵巢长度和宽度, 并拍照。各个龄期雌成虫观察数量为 10 头。其中选取羽化后日龄 1、3、4、15 和 45 d 的雌虫作为枸杞实蝇卵巢发育等级的研究。

1.2.3 枸杞实蝇雌虫产卵动态节律研究 将已交尾的 15 对枸杞实蝇雌雄成虫放置于一次性的透明的养虫盒(高 10 cm, 直径 8 cm)中, 采集

新鲜的带果柄的枸杞青果, 将果柄插入含有 10% 琼脂培养基的培养皿(高 1.5 cm, 直径 9 cm)中保鲜, 将培养皿放入养虫盒内, 饲喂的食物和培养条件同 1.1。当观察到枸杞青果上显现第一个产卵孔后, 每日于清晨 9:00 定期取出已产卵的青果, 解剖并统计青果果实内的卵粒数, 观察统计至这批枸杞实蝇成虫日龄达到 45 日龄时。于各个培养皿中各放 5 枚枸杞青果。该试验重复 4 次。

1.3 数据分析

采用 ImageJ、Excel 2021 与 SPSS 23.0 软件对数据进行整理分析, 应用单因素方差分析(One-way ANOVA)进行差异性显著检验。

2 结果与分析

2.1 枸杞实蝇雌性生殖器形态结构观察

枸杞实蝇雌成虫性未成熟时, 卵巢主要位于产卵器上端, 即在腹部第 5 节左右, 受精囊等均未发育完全, 而其输卵管与附腺等皆位于产卵管的基部(图 2: A)。性成熟以及此后的其他时期, 卵巢主要位于腹部第 5 节与 3 节之间, 受精囊等已发育完全, 受精囊与卵巢底部紧密相连(图 2: B)。

枸杞实蝇雌虫的雌性生殖器官主要由 1 对卵巢、2 根侧输卵管、1 对受精囊、1 对附腺组成(图 3)。卵巢由端丝连接卵巢管形成, 其基部相接侧输卵管, 侧输卵管汇集处衔接中输卵管, 中输卵管顶端邻接受精囊与附腺(图 3)。

2.2 枸杞实蝇卵巢发育分级研究

依据卵巢长度、宽度和成熟卵量等将枸杞实蝇卵巢发育划分为 5 个等级(Fletcher *et al.*, 1978; 欧阳倩等, 2014; 刘颖等, 2015; 张小亚, 2018), 分别为卵巢发育初期(I级)(图 4: A)、成熟待产期(II级)(图 4: B)、产卵初期(III级)(图 4: C)、产卵盛期(IV级)(图 4: D)和产卵末期(V级)(图 4: E)。卵巢发育的每个时期其卵母细胞有所差异: 发育初期, 卵母细胞未突出, 滋养细胞等未显现, 卵巢管细且短,

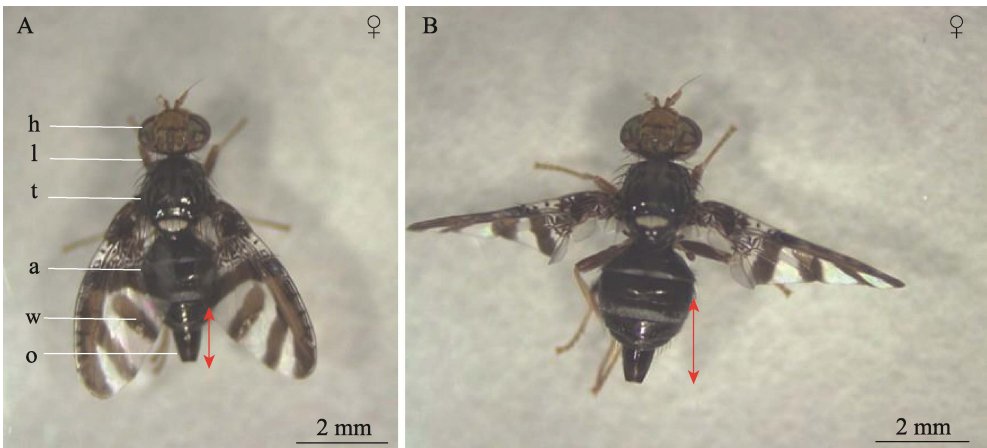


图 2 枸杞实蝇雌性成虫的形态特征

Fig. 2 Morphological characteristics in female adult of *Neoceratitis asiatica*

A. 羽化后 1 d 雌成虫; B. 羽化后 4 d 雌成虫; h: 头; l: 足; t: 胸; a: 腹; w: 翅;
o: 产卵器。红色双箭头: 卵巢在腹部的位置。

A. Female adult on the first day after eclosion in *N. asiatica*; B. Female adult on the fourth day after eclosion in *N. asiatica*. h: Head; l: Legs; t: Thorax; a: Abdomen; w: Wings;
o: Ovipositor. Red double arrow: Ovaries location in abdomen.

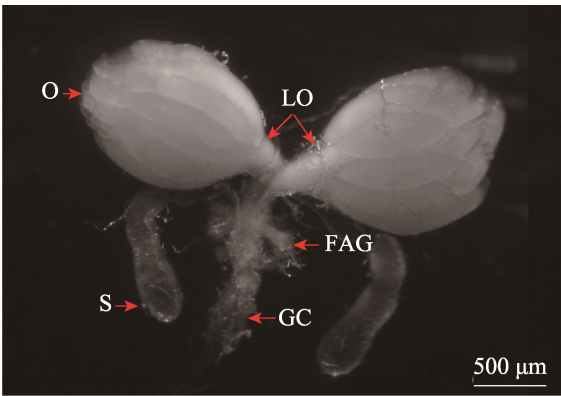


图 3 枸杞实蝇雌性生殖系统

Fig. 3 Reproductive system of female adult in *Neoceratitis asiatica*

O: 卵巢; LO: 侧输卵管; S: 受精囊;
FAG: 雌性附腺; GC: 中输卵管。
O: Ovaries; LO: Lateral oviducts; S: Spermathecae;
FAG: Female accessory glands; GC: Genital chamber.

受精囊和输卵管处于发育当中;到了成熟待产期,卵母细胞与滋养细胞开始显现(图 4: B);进入产卵初期,滋养细胞与成熟卵粒等清晰可辨(图 4: C);而产卵盛期,卵母细胞几乎发育为成熟卵粒,乳白色的卵粒紧密地排列形成如同柚子形状的球形(图 4: D);最后到了产卵末期时,滋养细胞和卵泡细胞退化,仅有几粒成熟卵粒存

于卵巢(图 4: E)。
枸杞实蝇卵巢的长度与宽度在不同发育期存在明显差异($P < 0.05$)(表 1)。发育初期卵巢长度与宽度均显著低于其他发育期,产卵盛期卵巢长度与宽度均显著高于其他发育期,而成熟待产期的长度与宽度和产卵末期却没有明显差异;随着卵巢发育分级增加,卵巢长度、卵巢宽度和成熟卵量呈先上升后下降趋势。

2.3 枸杞实蝇卵巢发育历期研究

羽化后不同龄期的枸杞实蝇雌成虫个体卵巢发育差异较大,实蝇卵巢发育级别与其生命周期内卵巢发育历期存在时间重叠(表 2)。羽化后 1-45 d 枸杞实蝇雌卵巢中卵巢小管、输卵管与附腺逐渐发育(图 5: A-D),发育后期,卵巢整体萎缩(图 5: O),其中其成熟卵粒数呈先现上升后下降趋势(图 5: P)。

2.4 枸杞实蝇雌虫产卵节律研究

枸杞实蝇产卵节律实验结果表明,受孕雌实蝇最早于羽化后第 4 天开始产卵,到第 10 天达到第一个产卵高峰期;到第 24 天时,产卵数达到最大值,为 16 粒;后期产卵量逐渐减少(图 6)。

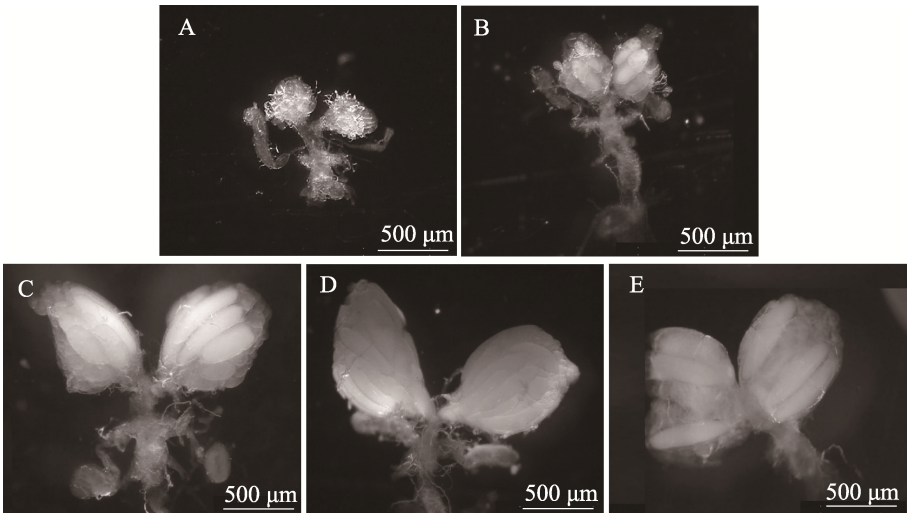


图 4 枸杞实蝇卵巢发育分级

Fig. 4 Stages of ovarian development in female *Neoceratitis asiatica*

A. I 级, 卵巢发育初期; B. II 级, 成熟待产期; C. III 级, 产卵初期; D. IV 级, 产卵盛期; E. V 级, 产卵末期。
A. Stage I, Previtellogenic developmental stage; B. Stage II, Expectant stage of mature eggs; C. Stage III, The initial stage of oviposition; D. Stage IV, The peak stage of oviposition; E: Stage V, The last stage of oviposition.

表 1 枸杞实蝇成虫各发育等级的卵巢特征比较

Table 1 Comparison of ovarian characteristics at each developmental stage in <i>Neoceratitis asiatica</i>					
等级 Stage	头数 Number	日龄 (d) Age (d)	卵巢长度 (mm) Ovary length (mm)	卵巢宽度 (mm) Ovary length (mm)	成熟卵粒数 (粒) Mature eggs (grain)
卵巢发育初期 I Previtellogenic developmental stage I	3	1-5	0.47±0.02 d	0.37±0.01 d	0.00±0.00 d
成熟待产期 II Expectant stage of mature eggs II	3	3-6	0.77±0.03 c	0.61±0.04 c	0.00±0.00 d
产卵初期 III The initial stage of oviposition III	3	4-14	1.04±0.01 b	0.79±0.01 b	3.42±0.60 c
产卵盛期 IV The peak stage of oviposition IV	3	15-45	1.54±0.05 a	0.99±0.02 a	20.17±1.04 a
产卵末期 V The last stage of oviposition V	3	30-45	0.73±0.02 c	0.60±0.02 c	10.25±0.81 b

数据为平均值±标准误差,采用 Turkey 法分析枸杞实蝇成虫在各发育等级下的卵巢长度、宽度及其成熟卵粒数的差异,数据后标有不同小写字母表示 0.05 水平显著差异。
Data are mean ± SE. Turkey method was used to analyze the difference of ovarian length, width and mature eggs at each developmental stage in *Neoceratitis asiatica*. Data followed by different lowercase letters indicate significant differences at 0.05 levels.

表 2 枸杞实蝇成虫各发育历期的卵巢发育特征

Table 2 Ovarian developmental characteristics at different stages in <i>Neoceratitis asiatica</i>					
卵巢发育期与特征 Ovarian developmental period and characteristics	等级 Stage				
	I 级 Stage I	II 级 Stage II	III 级 Stage III	IV 级 Stage IV	V 级 Stage V
发育历期 Developmental stages	羽化 1-5 d	羽化 3-6 d	羽化 4-14 d	羽化 15-45 d	羽化 30-45 d
发育特征 Developmental characteristics	初羽化的卵巢呈 无色透明双棱锥 或者椭圆体,后 期透明卵母逐渐 显现		首次出现全乳白 色成熟的卵母细 胞,后期成熟卵 母细胞数量逐渐 增多	卵巢的中下部的 卵母细胞全部达 到性成熟,成熟 卵粒数达到最大 值	卵巢迅速萎缩, 卵粒数急剧下 降,输卵管依稀 可见成熟卵粒

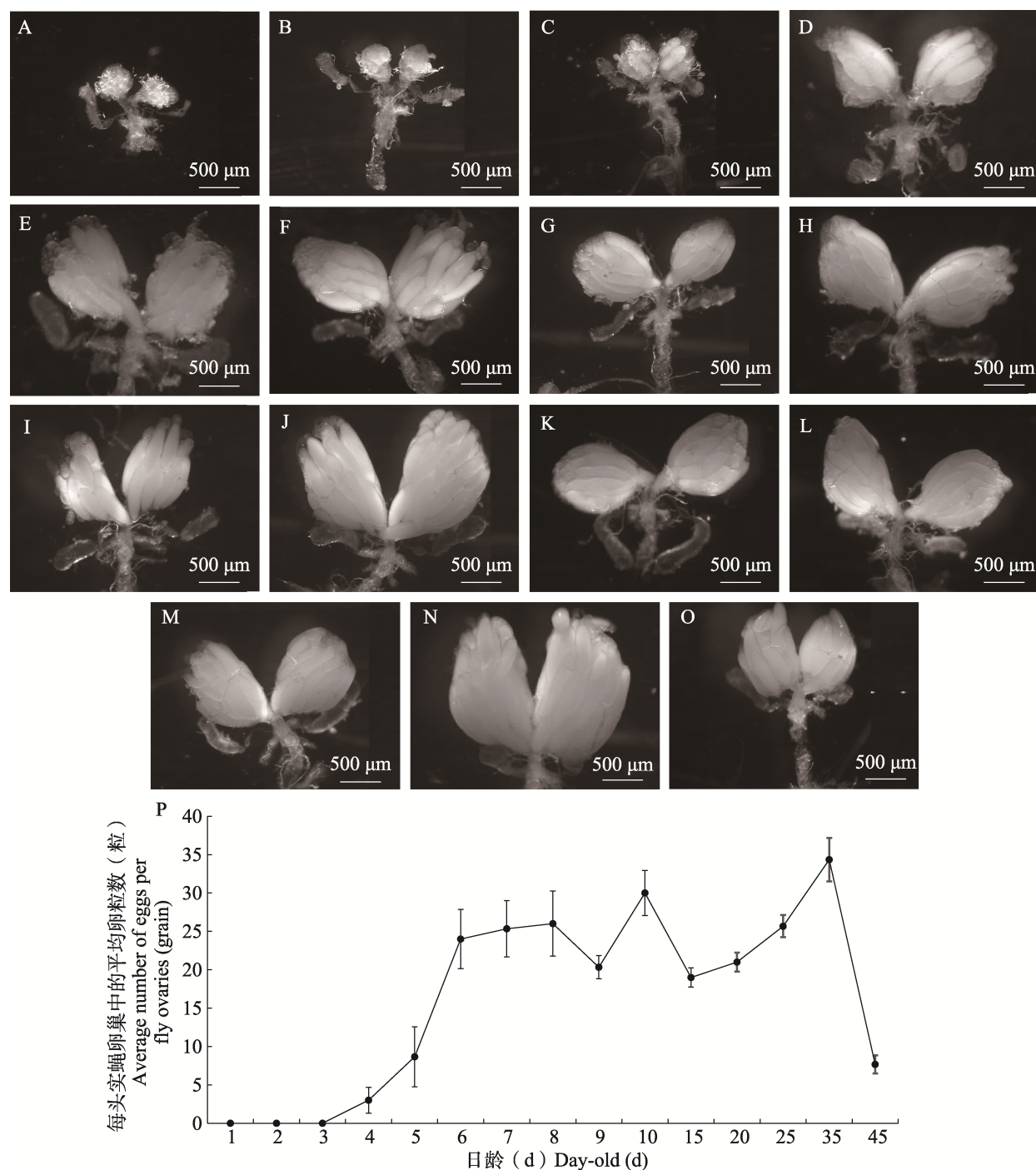


图5 枸杞实蝇雌性成虫卵巢发育历程的形态特征及成熟卵粒变化趋势

Fig. 5 Ovarian morphological characteristics and their variation trend of mature eggs at different developmental stages in females *Neoceratitis asiatica*

A-J. 分别是羽化后第1天至第10天雌成虫卵巢形态特征; K. 羽化后第15天雌成虫卵巢形态特征; L. 羽化后第20天雌成虫卵巢形态特征; M. 羽化后第25天雌成虫卵巢形态特征; N. 羽化后第35天雌成虫卵巢形态特征; O. 羽化后第45天雌成虫卵巢形态特征; P. 羽化后第1至第10、15、20、25、35和45天雌成虫卵巢里成熟卵粒的变化趋势。

A-J. Ovarian morphology of female adult from the first day to the tenth day after eclosion; K. Ovarian morphology of female adult at the 15th day after eclosion; L. Ovarian morphology of female adult at the 20th day after eclosion; M. Ovarian morphology of female adult at the 25th day after eclosion; N. Ovarian morphology of female adult at the 35th day after eclosion; O. Ovarian morphology of female adult at the 45th day after eclosion; P. Variation trend of mature eggs in ovaries at the 1st-10th, 15th, 20th, 25th, 35th and 45th after eclosion.

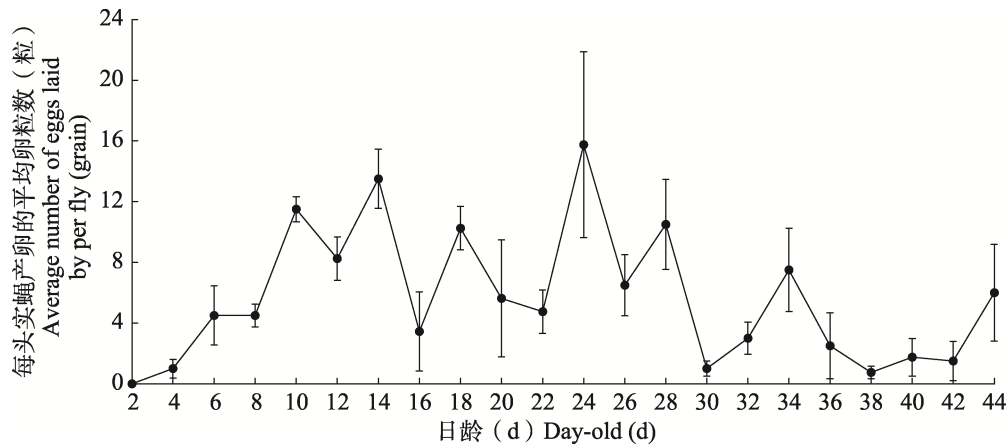


图6 枸杞实蝇的产卵节律

Fig. 6 Oviposition dynamics of *Neoceratitis asiatica*

3 讨论

枸杞实蝇一年发生3代,对枸杞果实为害严重(刘晓丽等,2020),成虫暴露期短(尹祝华,2021),防治窗口窄,农户为控制枸杞产量损失,在田间进行更迭用药,导致枸杞农药残留严重(苟春林和张艳,2019)。针对枸杞实蝇防治难题,本文初步研究枸杞实蝇卵巢发育历期与其产卵节律,期望找到枸杞实蝇关键防控时期,以指导田间合理、科学用药,也为生产上实蝇预测预报提供理论基础。

实蝇类昆虫的雌性成虫主要负责其种群繁衍,其雌性生殖系统是孕育后代的重要场所。大部分实蝇的雌性生殖系统由1对卵巢组成、1对侧输卵管、1对附腺和中输卵管组成(Fletcher *et al.*, 1978; 刘颖等, 2015; 欧阳倩等, 2014; 张小亚, 2018),枸杞实蝇的生殖系统结构与常见的重大果树害虫桔小实蝇和柑橘大实蝇及瓜果害虫瓜实蝇和南瓜实蝇的一致,没有明显差异。然而,枸杞实蝇的卵巢发育等级却与其它类实蝇的存在一定差异。比如,瓜实蝇卵巢发育过程分为4期6个级别,分别为卵黄发生前期(I级和II级)、卵黄发生期(III级和IV级)、抱卵期(V级)、经产期(VI级)(欧阳倩等, 2014),但是依据枸杞实蝇卵巢中长度、宽度和卵粒的形成过程与数目,将其卵巢发育进度分为5期5个等级(卵巢发育初期(I级)、成熟待产期(II

级)、产卵初期(III级)、产卵盛期(IV级)、产卵末期(V级),这种差异可能是种群不同及其生存差异导致的。目前未见有枸杞实蝇同属的实蝇类害虫的卵巢发育相关报道。

研究卵巢发育分级可作为田间虫情监测的一个手段,通过解剖卵巢,明确害虫卵巢发育等级,有助于判断产卵高峰期,推断害虫科学防治时期(李汝铎等, 1987; 张春辉, 1994; 齐国君等, 2011)。此外,卵巢发育法具有准确性高、方法简便和受气候影响小的特点(佚名, 1980),其在田间虫害预测预防控上起着重要的督导作用。比如,张孝羲等(1979年)通过解剖稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* 雌蛾卵巢,预测该害虫羽化率达到50%后的第2天为产卵盛期,利用此法指导当地科学防治稻纵卷叶螟,取得较好的防治效果。同时,还可以根据害虫的卵巢发育级别、抱卵量、成虫平均日龄、幼虫发育历期等指标,预测了产卵高峰期、下一代幼虫发生期及发生量,这在甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* (王宪辉等, 2003)、草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (赵胜园等, 2019)和红脉穗螟 *Tirathaba rufolius* (都梓萌等, 2023)的防治上得到了很好的验证。经研究还发现,柑桔爆皮虫 *Agrilus auriventris* 雌虫在出孔后10 d左右卵巢开始发育成熟,进行产卵,当田间看到柑橘上有虫孔时,喷防出孔剂,可阻断其繁衍(皇甫伟国等, 2007);棉铃虫 *Helicoverpa armigera* 的卵巢

发育分级与交配次数成正相关(张娟等, 2013), 可以此为突破口, 影响其卵巢发育, 间接降低该虫的交配次数, 从而降低该虫在田间的发生基数。嵇保中等(1999)研究中发现, 在枸杞实蝇的雌成虫性成熟前期喷洒不育剂到枸杞上, 致使雌成虫的卵孵化率降低, 进而达到控制枸杞实蝇种群数量扩繁的目的。因此, 结合田间实际情况, 实时监测实蝇的发生基数, 解剖田间诱捕的枸杞实蝇雌性成虫, 进行卵巢的等级划分, 同时观察枸杞果实上是否出现产卵孔, 结合产卵孔数量和各个卵巢等级的分布比, 根据卵巢发育程度预测发生期, 在枸杞实蝇雌性成虫卵巢未达到成熟待产期前, 利用引诱剂进行防治, 大部分卵巢达到成熟待产期后, 利用性诱剂防治, 从而降低枸杞实蝇在田间的发生基数, 减少农药使用, 提高枸杞子的产量与质量。

参考文献 (References)

- Chen M, Chen P, Ye H, Ji QE, Ni JP, 2014. Morphological structures and developmental characteristics of the ovaries of *Bactrocera dorsalis*. *Journal of Environment Entomology*, 36(1): 83–88. [陈敏, 陈鹏, 叶辉, 季清娥, 黎剑平, 2014. 桔小实蝇卵巢形态结构及发育特征研究. 环境昆虫学报, 36(1): 83–88.]
- Du ZM, Cui GC, Li ZD, Zhou X, Guo JD, 2023. Study on the morphological characteristics of reproductive system and ovarian development grading of female adults of *Tirathaba rufolius*. *South China Fruits*. <https://doi.org/10.13938/j.issn.1007-1431.20220657>. [都梓萌, 崔广超, 李志东, 周祥, 郭技星, 2023. 红脉穗螟雌成虫生殖系统形态特征与卵巢发育分级研究. 中国南方果树, <https://doi.org/10.13938/j.issn.1007-1431.20220657>.]
- Fletcher BS, Pappas S, Kapatos E, 1978. Changes in the ovaries of olive flies (*Dacus oleae* (Gmelin)) during the summer, and their relationship to temperature, humidity and fruit availability. *Ecological Entomology*, 3(2): 99–107.
- Feng B, Guo QS, Zhu F, Liu WC, Jiang YY, Zhong L, Du YJ, 2017. Ovarian development and synthetic sex pheromone lure trapping of adults of the rice leat folder *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae). *Acta Entomologica Sinica*, 60(2): 211–211. [冯波, 郭前爽, 朱凤, 刘万才, 姜玉英, 钟铃, 杜永均, 2017. 迁飞性害虫稻纵卷叶螟成虫的卵巢发育与性引诱剂诱捕. 昆虫学报, 60(2): 211–211.]
- Gou CL, Zhang Y, 2019. Status of wolfberry quality and safety. *Journal of Ningxia Agriculture and Forestry Science and Technology*, 60(9): 46–48. [苟春林, 张艳, 2019. 枸杞质量安全现状分析. 宁夏农林科技, 60(9): 46–48.]
- Huangfu WG, Wei SJ, Zheng HH, Liu PC, Huang W, Shi ZH, Chen XX, 2007. Ovarian development of *Agrilus auriventris* Saunders (Coleoptera: Buprestidae). *Acta Entomologica Sinica*, 50(7): 682–688. [皇甫伟国, 魏书军, 郑宏海, 刘鹏程, 黄蔚, 施祖华, 陈学新, 2007. 柑桔爆皮虫卵巢发育动态. 昆虫学报, 50(7): 682–688.]
- Ji BZ, Yi SJ, Liu SW, Sun H, Ju F, Dong LN, 1999. Characteristics of ovarian development of *Monochamus alternatus* and influence of the sterile activity of diflubenzuron to it. *Plant Protection*, 25(5): 7–11. [嵇保中, 易双军, 刘曙雯, 孙辉, 居峰, 董丽娜, 1999. 松墨天牛卵巢发育特点和灭幼脲对其不育效应的影响. 植物保护, 25(5): 7–11.]
- Li RD, Wang JQ, Su DM, 1987. Insect ovary development and pest forecast. Shanghai: Fudan University Press. 31–85. [李汝铎, 王金其, 苏德明, 1987. 昆虫卵巢发育与害虫预测预报. 上海: 复旦大学出版社. 31–85.]
- Liu XL, Ma JG, Li F, 2020. Regional differences in the occurrence of *Neoceratitis asiatica* (Becker) and the cumulative effects of different production modes. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 48(13): 128–129, 134. [刘晓丽, 马建国, 李锋, 2020. 枸杞实蝇发生的区域差异及不同生产模式的累积效应. 安徽农业科学, 48(13): 128–129, 134.]
- Liu XL, Ma JG, Li F, 2021. Emergence dynamics of *Neoceratitis asiatica* and its control critical period. *Forest Science and Technology*, 2021(2): 80–82. [刘晓丽, 马建国, 李锋, 2021. 枸杞实蝇羽化动态及其防控关键期. 林业科技通讯, 2021(2): 80–82.]
- Liu Y, Xu PH, Chen Z, Li P, Niu CY, 2015. Grading criteria of the ovarian development in female adults of *Bactrocera minax* (Enderlein). *Journal of Huazhong Agricultural University*, 34(1): 5. [刘颖, 徐鹏辉, 陈舟, 李萍, 牛长缨, 2015. 柑橘大实蝇雌成虫卵巢发育的分级. 华中农业大学学报, 34(1): 5.]
- Ouyang Q, Mo RJ, Wu WJ, 2014. Classification of ovarian stages of the melon fly, *Bactrocera cucurbitae*. (Coquillett) (Diptera: Tephritidae). *Journal of Biosafety*, 23(1): 24–29. [欧阳倩, 莫如江, 吴伟坚, 2014. 瓜实蝇卵巢的发育阶段及分级. 生物安全学报, 23(1): 24–29.]
- Qi GJ, Lu F, Hu G, Wang FY, Gao Y, Nv LH, 2011. The application of ovarian dissection in the research on migratory insects in China. *China Plant Protection*, 31(7): 18–22. [齐国君, 芦芳, 胡高, 王凤英, 高燕, 吕利华, 2011. 卵巢解剖在我国迁飞昆虫研究中的应用. 中国植保导刊, 31(7): 18–22.]
- Su SL, Guo S, Zhu Y, Yan H, Qian DW, Duan R, Kang HJ, Guo LP, Duan JA, 2022. Modern research progress and utilization of

- chinese wolfberry leaves. *Modern Chinese Medicine*, 24(1): 10–19. [宿树兰, 郭盛, 朱悦, 严辉, 钱大玮, 段然, 康宏杰, 郭兰萍, 段金廛, 2022. 枸杞叶现代研究进展与资源化利用展望. *中国现代中药*, 24(1): 10–19.]
- Wang H, Li J, Tao W, Zhang X, Gao X, Yong J, Zhao J, Zhang L, Li Y, Duan JA, 2018. Lycium ruthenicum studies: Molecular biology, phytochemistry and pharmacology. *Food Chemistry*, 240: 759–766.
- Wang XH, Xu HF, Xu YY, Liu Y, Zhou Z, 2003. The structures developmental of reproductive system of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner), and their use in forecast. *Journal of Plant Protection*, 30(3): 261–266. [王宪辉, 徐洪富, 许永玉, 刘勇, 周真, 2003. 甜菜夜蛾雌性生殖系统结构、发育分级及在测报上的应用. *植物保护学报*, 30(3): 261–266.]
- Wang Y, Jin HY, Sui HX, Zuo TT, Wang Z, Ma SC, 2018. Analysis of pesticide residues in wolfberry and dietary exposure riskassessment. *Chinese Pharmaceutical Journal*, 53(3): 182–186. [王莹, 金红宇, 隋海霞, 左甜甜, 王赵, 马双成, 2018. 枸杞中农药残留含量分析及膳食风险研究. *中国药学杂志*, 53(3): 182–186.]
- Wei HS, Qiao HL, Liu S, Yuan XQ, Xu CQ, 2023. Transcriptome-based selection and validation of reference genes for gene expression in goji fruit fly (*Neoceratitis asiatica* Becker) under developmental stages and five abiotic stresses. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(1): 451.
- Wu FZ, Huang RX, Meng QX, Liang ZQ, 1963. Studies on the life history and the control of lyceum fruit fly, *Neoceratitis asiatica* (Becker) (Diptera, Trypetidae). *Journal of Plant Protection*, 2(4): 387–398. [吴福桢, 黄荣祥, 孟庆祥, 梁兆祺, 1963. 枸杞实蝇的研究. *植物保护学报*, 2(4): 387–398.]
- Wu FZ, Meng QX, 1963. Distribution, damage, living habits and control methods of wolfberry fruit fly. *Journal of Ningxia Agriculture and Forestry Science and Technology*, 4(6): 35–37. [吴福桢, 孟庆祥, 1963. 枸杞实蝇的分布、为害、生活习性和防治方法. *宁夏农林科技*, 4(6): 35–37.]
- Xu CQ, Liu S, Xu R, Chen J, Qiao HL, Jin HY, Lin C, Guo K, Cheng HZ, 2014. Investigation of production status in major wolfberry producing areas of China and some suggestions. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 39(11): 1979–1984. [徐常青, 刘赛, 徐荣, 陈君, 乔海莉, 金红宇, 林晨, 郭昆, 程惠珍, 2014. 我国枸杞主产区生产现状调研及建议. *中国中药杂志*, 39(11): 1979–1984.]
- Yi M, 1980. Ovarian development method was used to predict the occurrence period of the third generation rice leaf roller. *Entomological Knowledge*, 17(3): 104–105. [佚名, 1980. 应用卵巢发育法预测第三代稻纵卷叶螟发生期. *昆虫知识*, 17(3): 104–105.]
- Yin ZH, 2021. Biological characteristics and selection to host fruit of *Neoceratitis asiatica* (Becker). Master dissertation. Beijing: Institute of Medicinal Plant Development, Peking Union Medical College & Chinese Academy of Medical Sciences. [尹祝华, 2021. 枸杞实蝇生物学特性及对寄主果实的选择性研究. 硕士学位论文. 北京: 中国医学科学院北京协和医学院药用植物研究所.]
- Zhang CH, 1994. Application of ovarian anatomy in pest forecasting and control. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 10(1): 53. [张春辉, 1994. 卵巢解剖在害虫测报和防治上的应用. *中国农学通报*, 10(1): 53.]
- Zhang J, Ma JH, Xu YC, Wang X, Wang PL, Omar G, Lv ZZ, 2013. Migration behavior of cotton bollworm in Xinjiang of northwest China based on the ovarian development characteristics of adult females. *Chinese Journal of Ecology*, 32(6): 1428–1432. [张娟, 马吉宏, 徐养诚, 王鑫, 王佩玲, 古孜力努尔·乌麦尔, 吕昭智, 2013. 从卵巢发育特点揭示新疆地区棉铃虫迁飞习性. *生态学杂志*, 32(6): 1428–1432.]
- Zhang Q, Chen W, Zhao J, Xi W, 2016. Functional constituents and antioxidant activities of eight Chinese native goji genotypes. *Food Chemistry*, 200: 230–236.
- Zhang XX, Lu ZQ, Geng JG, 1979. Application of female anatomy of *Cnaphalocrocis medinalis* in forecasting. *Entomological Knowledge*, 16(3): 97–99. [张孝羲, 陆自强, 耿济国, 1979. 稻纵卷叶螟雌蛾解剖在测报上的应用. *昆虫知识*, 16 (3): 97–99.]
- Zhang XY, 2018. The pupae and ovary developmental grade of *Bactrocera tau*. *Journal of Zhejiang Agricultural Science*, 59(12): 2184–2186, 2189. [张小亚, 2018. 南瓜实蝇蛹和雌成虫卵巢发育分级. *浙江农业科学*, 59(12): 2184–2186, 2189.]
- Zhao SY, Yang XM, He W, Zhang HW, Jiang YY, Wu KM, 2019. Ovarian development gradation and reproduction potential prediction in *Spodoptera frugiperda*. *Plant Protection*, 45(6): 28–34. [赵胜园, 杨现明, 和伟, 张浩文, 姜玉英, 吴孔明, 2019. 草地贪夜蛾卵巢发育分级与繁殖潜力预测方法. *植物保护*, 45(6): 8–34.]
- Zhou LK, Zhou Z, Jiang XM, Zheng Y, Chen X, Fu Z, Xiao G, Zhang CY, Zhang LK, Yi Y, 2020. Absorbed plant MIR2911 in honeysuckle decoction inhibits SARS-CoV-2 replication and accelerates the negative conversion of infected patients. *Cell Discovery*, 6(1): 54.