



# 棉大卷叶螟形态特征及其生物学特性 的初步观察

傅淑<sup>1,3\*</sup>, 谢清阳<sup>1,3\*</sup>, 黄诗萍<sup>1,3</sup>, 彭思琪<sup>1,3</sup>, 周茂婷<sup>1,3</sup>, 林宏<sup>1,3</sup>,  
杨槟煌<sup>1,3</sup>, 蒋国芳<sup>1,3</sup>, 张灵玲<sup>2</sup>, 吴鑫柱<sup>4</sup>, 刘昭霞<sup>1,3\*\*</sup>

(1. 泉州师范学院海洋与食品学院, 福建泉州 362000; 2. 福建农林大学生命科学学院, 福州 350002; 3. 近海资源生物技术福建省高校重点实验室, 福建泉州 362000; 4. 福建绿普森科技有限公司, 福建泉州 362012)

**摘要:** 随着棉大卷叶螟 *Haritalodes derogata* 在部分地区危害有加重趋势, 为有效提高对其野外识别和预测预报的准确性, 本研究开展了不同发育阶段虫体的形态特征及其生物学特性初步观察。结果表明, 棉大卷叶螟卵为扁椭圆形, 卵长 0.74 mm、卵宽 0.52 mm, 卵期 3.21 d, 卵壳有网纹结构, 卵孵化率 94.36%。幼虫共 5 龄, 周身具稀疏刚毛, 吐丝缀叶为害, 幼虫期 24.52 d, 初孵幼虫体黄白色, 随着虫体生长发育, 颜色渐变为嫩绿色、深绿色、灰绿色、桃红色。蛹细长纺锤形, 初始体色为透明淡黄绿色, 渐变为红褐色、黑褐色, 腹部第 4 腹节气门较大, 尾钩 7~8 根, 蛹长宽为 13.89 mm × 3.47 mm, 初始蛹重 81.64 mg, 羽化前 1 日的蛹重较初始蛹重仅减少 1.69%, 蛹期 9.74 d。成虫的羽化主要集中于暗期 23:00 - 05:00 时间段, 成虫触角丝状, 体淡黄色, 前翅中室前缘具“OR”形褐斑, 成虫重 33.34 mg, 蛹壳重 17.31 mg, (成虫重+蛹壳重) 较初始蛹重减少 37.90%, 成虫体长 12.67 mm, 产卵前期 3.28 d, 产卵期 15.33 d, 单雌产卵量可达 761.37 粒, 成虫寿命 22.03 d。棉大卷叶螟产卵量大, 卵孵化率高, 在福建泉州地区具有大暴发危害可能, 有关部门应加强对该虫的预测预报工作。本研究对棉大卷叶螟各龄期形态特征和生物学特性的详细描述, 可为基层害虫测报人员和广大科技工作者快速、准确识别该虫提供参考依据, 为该虫的野外调查、虫情监测和预测预报提供基础资料。

**关键词:** 棉大卷叶螟; 形态特征; 生活习性; 羽化节律

中图分类号: Q964; Q968.1

文献标识码: A

## Preliminary investigation on the morphological and biological characteristics of *Haritalodes derogata*

FU Shu<sup>1,3\*</sup>, XIE Qing-Yang<sup>1,3\*</sup>, HUANG Shi-Ping<sup>1,3</sup>, PENG Si-Qi<sup>1,3</sup>, ZHOU Mao-Ting<sup>1,3</sup>, LIN Hong<sup>1,3</sup>, YANG Bin-Huang<sup>1,3</sup>, JIANG Guo-Fang<sup>1,3</sup>, ZHANG Ling-Ling<sup>2</sup>, WU Xin-Zhu<sup>4</sup>, LIU

基金项目: 国家自然科学基金项目 (32302341); 泉州师范学院大学生创新创业训练计划项目 (S202410399042); 福建省自然科学基金青年创新项目 (2022J05229)

\*共同第一作者: 傅淑, 男, 博士, 研究方向为农业昆虫与害虫防治, E-mail: fushu881219@163.com; 谢清阳, 女, 本科生, E-mail: 2182551817@qq.com

\*\*通讯作者 Author for correspondence: 刘昭霞, 博士, 副教授, 主要研究方向为昆虫生物学, E-mail: zhuben1990@126.com

收稿日期 Received: 2024-09-28; 修回日期 Revision received: 2025-01-24; 接受日期 Accepted: 2025-01-25

Zhao-Xia<sup>1,3\*\*</sup> (1. College of Oceanology and Food Science, Quanzhou Normal University, Quanzhou 362000, Fujian Province, China; 2. College of Life Sciences, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; 3. Key Laboratory of Inshore Resources Biotechnology, Fujian Province University, Quanzhou 362000, Fujian Province, China; 4. Lv Pu Sen Biotech, Quanzhou 362012, Fujian Province, China)

**Abstract:** With the increasing damage caused by the cotton leaf roller, *Haritalodes derogata*, in some regions, this study preliminarily investigated the morphological and biological characteristics of this insect at different developmental stages. The aim was to improve the accuracy of field identification, prediction, and forecasting. The results showed that the eggs of *H. derogata* are flat and oval-shaped, with a length of 0.74 mm and a width of 0.52 mm. The egg stage lasts for 3.21 days. The egg had a reticulated shell, and the hatching rate was 94.36%. The larvae go through five instars, are covered with sparse bristles, and produce silk to curl leaves, causing damage. The larval stage lasts for 24.52 days. Newly hatched larvae were yellowish-white in color, gradually changing to light green, dark green, gray green, and peach pink as they grow and develop. The pupae were slender and spindle-shaped, initially transparent with a pale yellowish-green hue, gradually changing to reddish-brown and black-brown. The fourth abdominal spiracle was the largest, and there are 7-8 caudal hooks. The pupae measure 13.89 mm in length and 3.47 mm in width, with an initial pupal weight of 81.64 mg. The weight of pupa on the day before emergence decreases by only 1.69% compared to its initial weight. The pupal stage lasts for 9.74 days. Adult emergence mainly occurs during the dark period from 23:00 to 05:00. The adult antennae were filamentous, and the body was light yellow. The leading edge of the middle cell of the forewing had "OR"-shaped brown spots. The weights of the adult and the pupal exuviae were 33.34 mg and 17.31 mg respectively, and the total weight of both combined was 37.90% less than the initial pupal weight. The adult body length was 12.67 mm, with a pre-oviposition period of 3.28 days and an oviposition period of 15.33 days. A single female can lay up to 761.37 eggs, and the adult lifespan was 22.03 days. *H. derogata* exhibited high egg production and a high hatching rate, posing a potential risk of outbreak in Quanzhou, Fujian Province. Therefore, relevant departments should strengthen the forecasting and warning of this pest. This paper provides a detailed description of the morphological and biological characteristics of *H. derogata* at different instars. It serve as a reference for rapid and accurate identification by grassroots pest forecasters and scientists, and provide basic information for field surveys, monitoring, and forecasting of this pest.

**Key words:** *Haritalodes derogata*; morphological characteristics; habits of life; emergence rhythm

棉大卷叶螟 *Haritalodes derogata*, 属鳞翅目 Lepidoptera 草螟科 Crambidae 昆虫, 中文别称棉卷叶野螟、棉褐环野螟、棉卷叶虫、包叶虫、裹叶虫等, 该虫在全球广泛分布, 国外主要分布于亚洲、非洲、大洋洲、南美洲等地区, 在我国除宁夏、新疆、青海及甘肃西部地区未见报道外, 其它各省区均有该虫发生为害的相关记录 (陆佩玲等, 2008; 肖留斌等, 2012;

Hosseini *et al.*, 2015; 潘洪生等, 2016; Fabrice *et al.*, 2021)。棉大卷叶螟为多食性害虫, 以幼虫吐丝缀叶为害锦葵科植物叶片, 寄主植物包括棉花 *Gossypium spp.*、秋葵 *Abelmoschus esculentus*、朱槿 *Hibiscus rosasinensis*、洛神花 *Hibiscus sabdariffa* 等 (潘洪生等, 2016; 陈春霞, 2019; Mailafiya *et al.*, 2022)。此外, 也有报道表明该虫还会取食为害豇豆 *Vigna unguiculata*、扁豆 *Lablab purpureus* 等经济作物 (吴建辉等, 2008a)。棉大卷叶螟大发生时, 寄主植物单片叶上会有数个叶卷, 叶片上该虫的发生率达 100%, 严重时叶片被食尽, 极大影响作物产量、品质和园艺观赏价值 (陆佩玲等, 2011)。掌握棉大卷叶螟的形态特征, 尤其是对其不同虫龄形态特征的准确识别, 对于开展科学的预测预报和应急防控意义重大。

目前, 有关棉大卷叶螟形态特征的描述、幼虫龄期识别等虽已有报道, 但均以文字描述为主, 对于该虫的卵期、幼虫期、蛹期的形态特征变化 (例如体色、体重、体长等参数) 更是未见报道 (张清泉等, 2009; Hosseini *et al.*, 2015; 杨苑钊等, 2019; 朱侯伟等, 2022)。基于此, 为了更好的补充目前对棉大卷叶螟害虫在形态特征识别上的不足, 本研究对该虫的形态特征和生物学特性展开了研究, 研究结果将为基层害虫测报人员和广大科技工作者快速、准确识别棉大卷叶螟提供参考依据, 为该虫的野外调查、虫情监测和预测预报提供基础资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 虫源采集

2023 年 10-11 月在泉州师范学院校区 (N 24°52'47"、E 118°40'41") 的朱槿 (别名: 扶桑) 上采集棉大卷叶螟幼虫。后续实验环境在光周期 L : D=14 h : 10 h (光期 25°C、暗期 23°C)、相对湿度为 60% 的人工气候箱内进行。

### 1.2 形态特征及生物学特性观察

将野外采集的幼虫转移至 4 500 mL 大容量饲养繁殖盒内, 在盒内放置 6 支朱槿枝条, 每支枝条插入一个密闭小水杯内保鲜, 每盒内饲养 20-30 头幼虫。待幼虫化蛹、羽化后, 将 5 对雌、雄成虫转移入新的饲养繁殖盒内, 放置一插入了 5% 蜂蜜水杯的脱脂棉条 (供应补充营养), 并同时放置插入了密闭小水杯的 5 支朱槿枝条供产卵。待卵孵化出幼虫后, 幼虫可直接取食朱槿叶片, 每 3 d 更换 (补充) 新鲜朱槿枝条供幼虫取食, 直至化蛹, 羽化后完成交配, 产卵。

在卵期, 记录产卵时间, 用游标卡尺测量卵长、宽, 每日拍照记录卵期颜色变化。在幼虫期, 每日拍照记录幼虫的形态特征, 测量幼虫体长和头壳宽度。在蛹期, 记录化蛹时间, 测量蛹长、宽, 并每日称量蛹重 (化蛹首日的蛹重为“初始蛹重”, 羽化前一日蛹重为“羽化前蛹重”)。在成虫期, 记录羽化时间, 于羽化当日称量成虫重、蛹壳重, 比较虫重占初始蛹重的百分比数据差异, 即虫重占初始蛹重时的百分率 = (虫重 / 初始蛹重) × 100%, 同时测量成虫体长; 比较成虫羽化日节律的羽化百分率数据差异, 即羽化日节律百分率 = (某一日羽化的虫数 / 总羽化虫数) × 100%; 拍照记录成虫形态特征, 雌、雄成虫单对配对后, 记录雌雄成虫寿命, 以及雌成虫产卵期和产卵量等参数。

### 1.3 成虫羽化 24 h 节律观察

连续 5 d 观察棉大卷叶螟成虫在人工气候箱内（166 头）和在自然条件下（145 头）的羽化 24 h 节律，即每间隔 2 h 统计一次成虫的羽化数量，其中人工气候箱内 07:00-21:00 为光期，自然条件为 2023 年 12 月泉州师范学院内自然条件（温度约为 20℃），约 07:00-19:00 为光期。比较成虫在全天 24 h 内的羽化百分率数据差异，其中羽化 24 h 节律百分率（%）=（某 2 h 时间段内的羽化虫数 / 总羽化虫数）× 100%。

## 2 结果与分析

### 2.1 卵形态及生物学特性

在朱槿上采集约 200 头棉大卷叶螟幼虫，在采集过程中发现该虫野外以幼虫吐丝缀叶为害，低龄时仅可取食叶片的叶肉部分，高龄时可取食叶脉至仅残留叶柄。经室内饲养、繁殖一代后观察发现，卵主要散产于叶片叶脉两侧，卵为透明状扁椭圆形，卵壳表面有网纹，卵长 0.74 mm、卵宽 0.52 mm，卵期 3.21 d，卵孵化率可达 94.36%（图 1-A，表 1）。卵在卵期第 1~2 天时的外部形态特征无明显变化（图 1-B、C）；卵期第 3 天时可观察到卵内出现两个黑色眼点（图 1-D）；之后，初孵幼虫咬破卵壳爬出，仅残留透明状卵壳（图 1-E）。

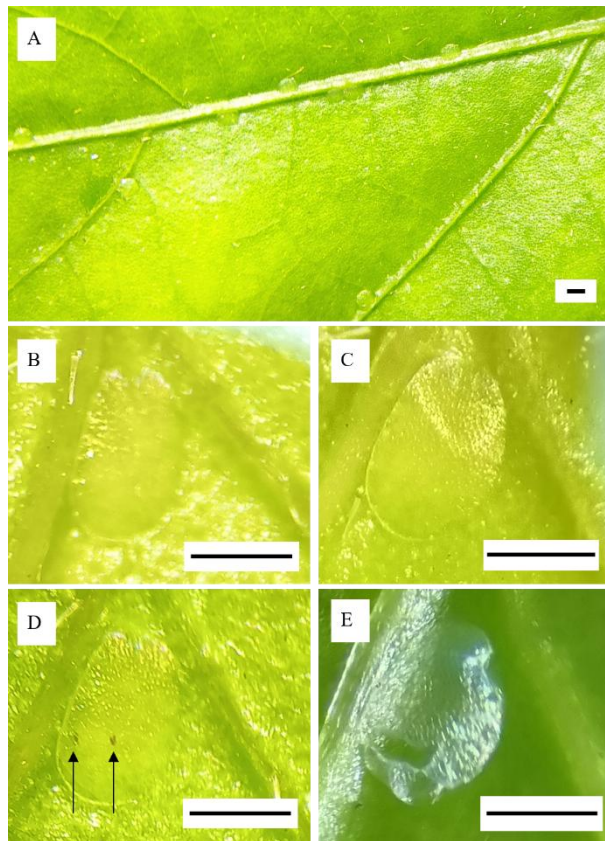


图 1 棉大卷叶螟卵期形态特征

Fig. 1 Morphological characteristics of *Haritalodes derogata* eggs

注：A，卵散产于叶脉旁；B-E，卵产下第 1-4 天。图中标尺均为 500  $\mu\text{m}$ 。Note: A, Eggs were scattered near the veins of leaves; B-E, The first to fourth day after egg laying. The scales in the figure were all 500  $\mu\text{m}$ .

表 1 棉大卷叶螟不同虫态的形态特征参数

Table 1 Morphological characteristic parameters of different states of *Haritalodes derogata*

发育阶段 Developmental stage	形态特征 Morphological characteristic	数量 Number	参数 Parameters	
卵 Egg	卵长 (mm) Egg length	60	0.74 ± 0.08	
	卵宽 (mm) Egg width	60	0.52 ± 0.09	
	卵期 (d) Egg stage	135	3.21 ± 0.46	
	卵孵化率 (%) Egg hatchability	2 870	94.36 ± 4.02	
幼虫 Larva	1 龄幼虫体长 (mm) Body length of the first instar larva	26	1.86 ± 0.13	
	1 龄幼虫头壳宽 (mm) Width of head shell of 1 <sup>st</sup> instar larva	26	0.29 ± 0.02	
	2 龄幼虫体长 (mm) Body length of the 2 <sup>nd</sup> instar larva	13	3.54 ± 0.23	
	2 龄幼虫头壳宽 (mm) Width of head shell of 2 <sup>nd</sup> instar larva	13	0.49 ± 0.03	
	3 龄幼虫体长 (mm) Body length of the 3 <sup>rd</sup> instar larva	10	7.57 ± 0.48	
	3 龄幼虫头壳宽 (mm) Width of head shell of 3 <sup>rd</sup> instar larva	10	0.79 ± 0.04	
	4 龄幼虫体长 (mm) Body length of the 4 <sup>th</sup> instar larva	8	13.19 ± 0.96	
	4 龄幼虫头壳宽 (mm) Width of head shell of 4 <sup>th</sup> instar larva	8	1.26 ± 0.12	
	5 龄幼虫体长 (mm) Body length of the 5 <sup>th</sup> instar larva	10	23.69 ± 1.41	
	5 龄幼虫头壳宽 (mm) Width of head shell of 5 <sup>th</sup> instar larva	10	2.02 ± 0.12	
		幼虫期 (d) Larval phase	114	24.52 ± 2.62
	蛹 Pupa	蛹期 (d) Pupal period	202	9.74 ± 0.70
蛹重 (mg) Pupal weight		202	81.64 ± 9.32	
蛹长 (mm) Pupal length		202	13.89 ± 0.70	
蛹宽 (mm) Pupal width		202	3.47 ± 0.25	
成虫重 (mg) Adult weight		202	33.34 ± 4.59	
蛹壳重 (mg) Pupal shell weight		202	17.31 ± 5.87	
成虫 Adult	成虫体长 (mm) Adult length	202	12.67 ± 0.98	
	成虫寿命 (d) Adult longevity	104	22.03 ± 6.67	
	产卵前期 (d) Preoviposition period	50	3.28 ± 0.93	
	产卵期 (d) Spawning period	52	15.33 ± 5.22	
	产卵量 (粒) Egg-laying amount	52	761.37 ± 246.18	

注: 表格内各数据均为“平均值 ± 标准差”。Note: All data in the table were "Means ± SD".

## 2.2 幼虫形态及生物学特性

棉大卷叶螟幼虫共 5 龄, 幼虫期为 24.52 d, 初孵幼虫 (即 1 龄) 体黄白色, 体长 1.86 mm、头壳宽 0.29 mm, 取食后各节背部为黄绿色, 略透明发亮, 体表具明显稀疏刚毛, 喜群聚取食, 并在取食叶片的上方吐少量丝线, 虫体藏匿于丝线下方取食, 叶片被取食成小坑洞状, 部分虫体蜕皮时会吐丝固定蜕 (图 2-A、B, 表 1)。2 龄幼虫体呈嫩绿色, 头壳黄白色, 体长 3.54 mm、头壳宽 0.49 mm, 前胸背部两侧具 2 个不明显小黑点, 蜕皮后有取食蜕习性,

仅遗留头壳，叶片被取食后残留表皮层（图 2-C，表 1）。3 龄幼虫体嫩绿色，体长 7.57 mm、头壳宽 0.79 mm，头壳有黄褐色斑纹，前胸背部具 2 个较大黑斑，蜕皮后取食蜕至残留头壳，头壳具明显蜕裂线，叶片被取食成缺刻状（图 2-D、E，表 1）。4 龄幼虫嫩绿色，体长 13.19 mm、头壳宽 1.26 mm，体背有灰白色枝状纹，头壳呈黄褐色，前胸背部具 2 个大黑斑，叶片被取食后仅残留主脉部分（图 2-E~H，表 1）。5 龄幼虫（末龄）体呈深绿色，体长 23.69 mm、头壳宽 2.02 mm，头壳黄褐色、黑褐色至黑色（图 2-I，表 1）；老熟时体节收缩、体色渐变为桃红色，头部两侧各具 5 个弧形排列的单眼；触角 3 节，基部 2 节呈黄褐色，末节为黄白色；前胸和第 1~8 腹节侧面各具一对气门，其中前胸和第 8 腹节的气门稍大，气门为黄色、椭圆形，幼虫全身布有稀疏刚毛；胸足黑色，分节明显，攀握足，第 3~6 腹节具半透明状腹足，腹足趾钩为三序缺环，臀足背面为淡黑色（图 2-I~L，表 1）。

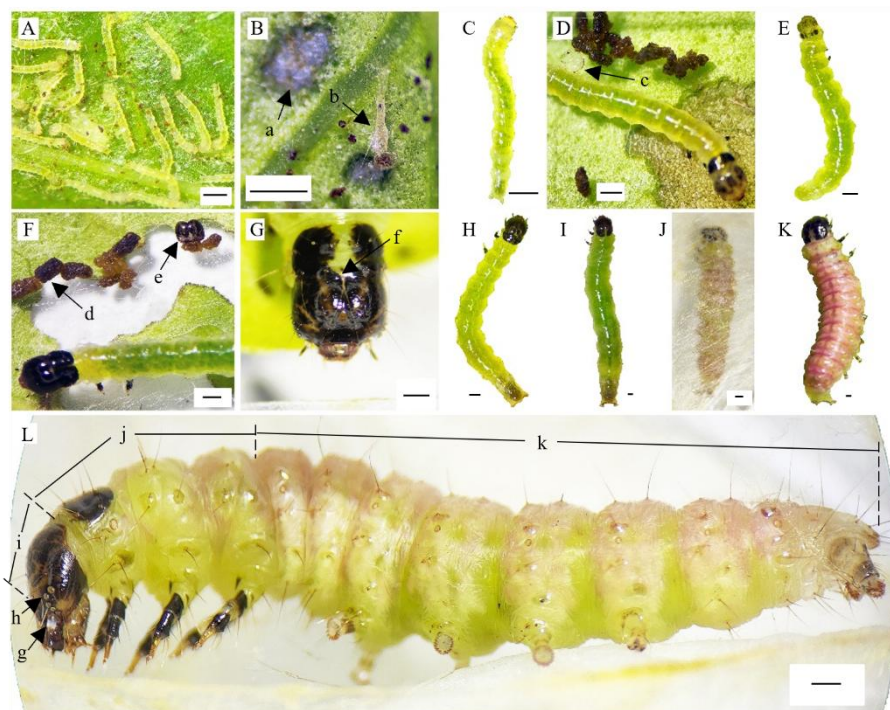


图 2 棉大卷叶蛾幼虫期形态及生物学特性

Fig. 2 Morphological and biological characteristics of *Haritalodes derogata* larvae

注：A，初孵 1 龄幼虫群聚取食；B，1 龄幼虫蜕及叶片被取食状；C，2 龄幼虫；D，3 龄幼虫取食状；E，3 龄幼虫；F，4 龄幼虫取食状；G，4 龄幼虫头部蜕裂线；H，4 龄幼虫；I，5 龄幼虫；G，老熟幼虫吐丝结茧状；K，老熟幼虫；L，老熟幼虫吐丝结茧前的高清图。a，1 龄幼虫取食叶片痕迹；b，1 龄幼虫蜕；c，2 龄幼虫蜕皮后的头壳；d，3 龄幼虫粪便；e，3 龄幼虫蜕皮后的头壳；f，4 龄幼虫头壳蜕裂线；g，幼虫触角；h，幼虫单眼；i，幼虫头部；j，幼虫胸部；k，幼虫腹部。图中标尺均为 500  $\mu\text{m}$ 。Note: A, 1<sup>st</sup> instar larvae feeding in groups; B, Molt of 1<sup>st</sup> instar larva and leaf traces after feeding; C, 2<sup>nd</sup> instar larva; D, 3<sup>rd</sup> instar larva feeding; E, 3<sup>rd</sup> instar larva; F, 4<sup>th</sup> instar larva feeding; G, 4<sup>th</sup> instar larva ecdysing line; H, 4<sup>th</sup> instar larva; I, 5<sup>th</sup> instar larva; G, Mature larva spinning silk to form cocoon; K, Mature larva; L, High-definition image of mature larva before spinning silk to form cocoon. a, Leaf traces of 1<sup>st</sup> instar larvae on leaves; b, 1<sup>st</sup> instar larva molting; c, Head capsule of 2<sup>nd</sup> instar larva after molting; d, Feces of 3<sup>rd</sup> instar larva; e, Head capsule of 3<sup>rd</sup> instar larva after molting; f, ecdysing line of 4<sup>th</sup> instar larva; g, Larva antenna; h, Larva ocellus; i, Larva head; j, Larva thorax; k, Larva abdomen. The scale bars in the figures were all 500  $\mu\text{m}$ .

### 2.3 蛹形态及生物学特性

棉大卷叶螟的老熟幼虫在化蛹前吐丝结叶苞包裹虫体，初化蛹时蛹体颜色为淡黄绿色，细长纺锤形，蛹体呈半透明状，蛹内脂肪体可见，蛹体嫩软、分节明显，蛹尾部末端有7~8根尾钩，蛹体长度为13.89 mm、蛹宽3.47 mm，化蛹首日蛹重为81.64 mg；蛹体腹部可见明显分节，第4腹节气门较大，并向外突起；蛹期为9.74 d，蛹体颜色随蛹期延长而加深，从透明状的淡黄绿色渐变为红褐色，羽化前体色为黑褐色（图3，表1）。

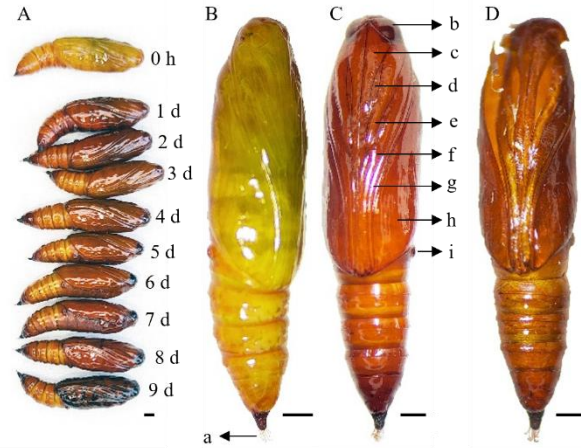


图3 棉大卷叶螟蛹的形态

Fig. 3 Morphological characteristics of *Haritalodes derogata* pupae

注：A，化蛹0 h、1~9 d后的蛹；B，化蛹0 h蛹；C，蛹的结构图示；D，蛹壳。a，尾钩；b，复眼；c，下唇须；d，前足；e，中足；f，后足；g，触角；h，翅；i，第4腹节气门。图中标尺均为1 mm。Note: A, pupae 0 h, 1-9 d after pupation; B, Pupa after 0 h; C, Structure diagram of pupa; D, pupa shell. a, Tailhook; b, Compound eye; c, Labial palp; d, Fore leg; e, Middle leg; f, Hind leg; g, Antenna; h, Wing; i, The valve on the 4<sup>th</sup> ventral segment. The scales in the figure were all 1 mm.

#### 2.4 成虫形态及生物学特性

成虫体色淡黄色，头部复眼黑色，呈半球形，触角丝状、黄褐色，超过前翅前缘的一半，成虫羽化次日体重为33.34 mg、蛹壳重17.31 mg，成虫体长12.67 mm，产卵前期为3.28 d、产卵期15.33 d、单雌产卵量可达761.37粒，成虫寿命22.03 d（图4，表1）；头、胸部背面有4行棕黑色小点，腹部各节前缘有黄褐色带；前、后翅的外横线、内横线褐色，呈波纹状，前翅中室前缘具“OR”形褐斑，在“R”斑下具一黑线，缘毛淡黄色，前翅呈长三角形，R<sub>2</sub>脉、R<sub>3</sub>脉、R<sub>4</sub>脉三脉共柄，前、后翅以1~2根翅缘联动；后翅较宽，Sc+R<sub>1</sub>脉与R<sub>s</sub>脉在中室外短距离合并，后翅中室端有细长褐色环，外横线曲折，外缘线和亚外缘线波纹状，缘毛淡黄色（图4）。

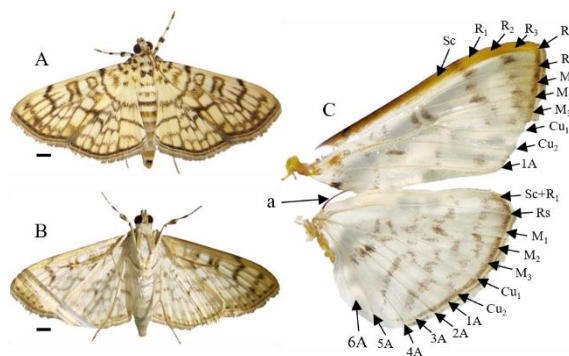


图4 棉大卷叶螟成虫形态及其翅脉结构

Fig. 4 Morphological characteristics and nervure of *Haritalodes derogata* adults

注: A, 成虫背面; B, 成虫腹面; C, 前、后翅的翅脉结构。a, 翅缰。图中标尺均为 1 mm。Note: A, Back view of adult; B, Ventral view of adult; C, Nervure of forewing and hindwing. a, frenulum. The scales in the figure were all 1 mm.

## 2.5 成虫羽化前后体重变化

通过对棉大卷叶螟 100 头蛹的每日称量发现, 初始蛹重为 81.64 mg, 羽化前 1 天蛹重为初始蛹重的 98.31%, 表明在整个蛹期内蛹重仅减少了 1.38 mg (即减少 1.69%); 羽化前蛹重占初始蛹重的百分比极显著高于 (成虫重+蛹壳重) 对初始蛹重 62.10% 的占比 ( $F = 6953.351$ ,  $df = 3, 804$ ,  $P < 0.001$ ), 羽化后成虫重为初始蛹重的 40.88%, 蛹壳重为初始蛹重的 21.22%, 这表明棉大卷叶螟成虫羽化后的成虫重与蛹壳重之和, 相对于初始蛹重共减少了 30.94 mg (即减少 37.90%) (图 5)。

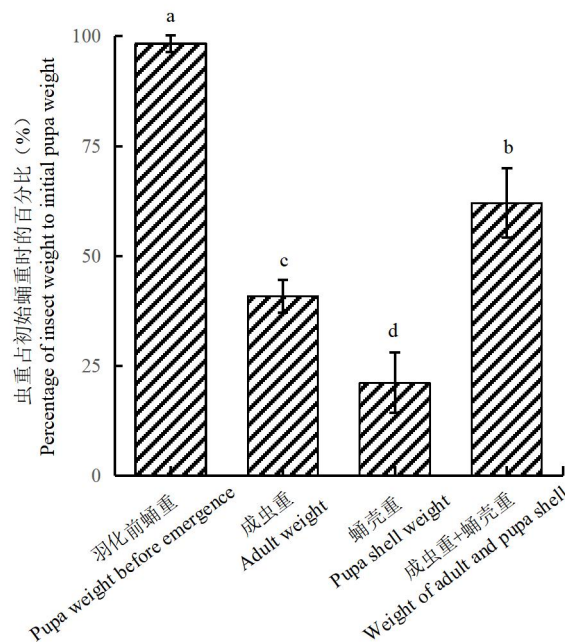


图5 棉大卷叶螟虫体体重变化

Fig. 5 The change of body weight of *Haritalodes derogata*

注: 柱状图的误差线为标准差, 虫重占比的数据采用 SPSS 22.0 单因素方差分析 (Duncan) 方法比较显著性差异 ( $P = 0.05$ ), 不同小写字母表示差异显著。Note: Error bars indicated the SD. Bars with different lowercase letters indicated significant differences in different data after SPSS 22.0 one-way analysis (Duncan) of variance ( $P = 0.05$ ).

## 2.6 成虫的羽化日节律

通过对 202 头棉大卷叶螟成虫的羽化日节律分析发现, 成虫羽化节律符合正态分布, 其中成虫羽化最集中的日期为化蛹后第 10 天, 羽化率可达 54.42%, 羽化率显著高于其它日期 ( $F = 62.314$ ,  $df = 4, 10$ ,  $P < 0.001$ ), 其次为化蛹后第 9 天的羽化数 (羽化率为 31.72%), 成虫羽化高峰期化为蛹后第 9~11 天, 羽化率高达 96.52%。此外, 有较少成虫于化蛹后第 8 天和第 12 天羽化 (羽化率为 3.48%) (图 6)。



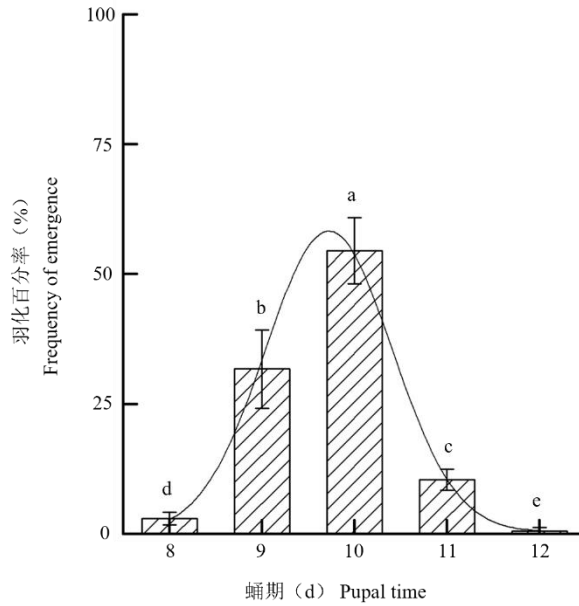


图6 棉大卷叶螟成虫的羽化日节律

Fig. 6 The emergence rhythm of *Haritalodes derogata* adults

注：误差线为标准差，化蛹日期百分率数据采用 SPSS 22.0 单因素方差分析 (Duncan) 方法比较显著性差异 ( $P = 0.05$ )，不同小写字母表示差异显著。Note: Error bars indicated the SD. Bars with different lowercase letters indicated significant differences in different data after SPSS 22.0 one-way analysis (Duncan) of variance ( $P = 0.05$ ).

## 2.7 成虫的羽化 24 h 节律

在人工气候箱内观察到 166 头棉大卷叶螟成虫的羽化 24 h 节律，结果表明成虫羽化主要集中在暗期时间段 21:00-07:00 (羽化率为 72.89%)，其中羽化最集中的暗期时间段为 23:00-05:00 (羽化率为 54.82%)；成虫在光期时间段 7:00-21:00 内的羽化率为 27.11%，其中在 15:00-21:00 的成虫羽化率较少 (仅为 4.82%) (图 7-A)。

在自然条件下观察到 145 头成虫的羽化 24 h 节律，结果表明成虫的羽化主要集中在暗期，在暗期 19:00-07:00 时间段内的羽化率为 68.97%，其中羽化最集中的时间段为 23:00-05:00 (羽化率为 42.07%)；成虫在光期时间段 7:00-19:00 内的羽化率为 31.03%，其中在 7:00-13:00 时间段的羽化率较少 (仅为 9.66%) (图 7-B)。

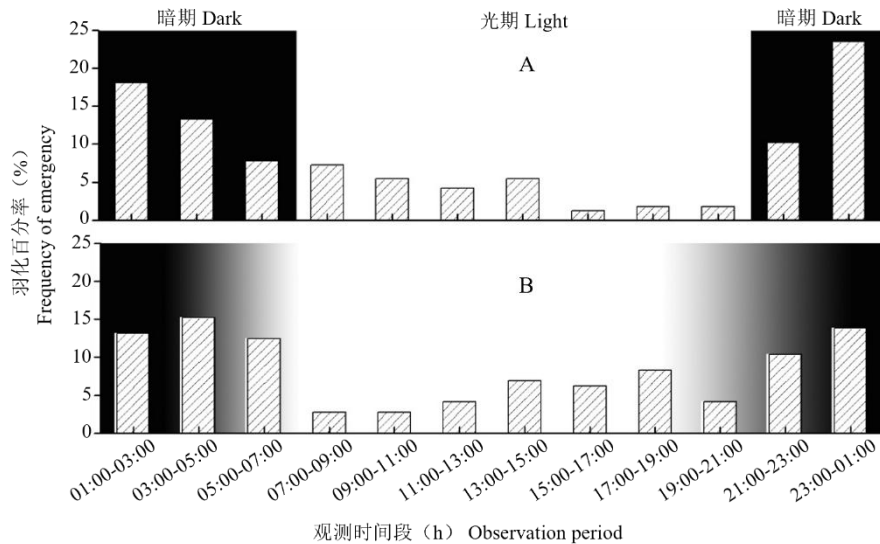


图7 棉大卷叶螟蛹的羽化24 h 节律

Fig. 7 Diurnal emergence rhythm of *Haritalodes derogata* adults

注: A, 人工气候箱环境, 每日 7:00-21:00 为光期; B, 自然环境, 每日约 07:00-19:00 为光期。Note: A: Artificial climate box environment, 7:00-21:00 every day was the light period; B: Natural environment, daily around 07:00-19:00 light period.

### 3 结论与讨论

本研究发现泉州地区棉大卷叶螟的单雌产卵量可达 761.37 粒, 成虫寿命 22.03 d, 卵孵化率 94.36%, 这些参数均高于前人报道的棉大卷叶螟广西种群单雌产卵量 218 粒、成虫寿命 11.30 d, 卵孵化率 82.36% 等数据 (张清泉等, 2012), 更接近于吴建辉等 (2008b) 报道的棉大卷叶螟广东种群单雌产卵量 589.33 粒, 成虫寿命 23.01~23.56 d, 这表明不同种群的产卵量、寿命及卵孵化率等参数存在差异, 这可能是由于不同地区的寄主植物、光周期、温度、湿度等环境条件引起的 (吴建辉等, 2007; 匡先钜等, 2015)。棉大卷叶螟泉州种群单雌产卵量为 761.37 粒, 低于 2023 年发布的《一类农作物病虫害名录》中草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 1 208.6 粒的单雌产卵量 (唐雪等, 2023), 但高于亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* 577.95 粒的单雌产卵量 (涂小云等, 2012) 和草地螟 *Loxostege sticticalis* 345.00 粒的单雌产卵量 (范锦胜等, 2016), 这表明棉大卷叶螟在本地区具有较强的爆发危害潜力, 需要加强对泉州地区棉大卷叶螟的预测预报和综合防治措施研究。

棉大卷叶螟曾是棉花上的重大害虫, 最高可引起棉花产量损失达 60%, 随着转 *Bt* 基因抗虫棉的大面积推广种植, 其危害程度逐渐降低 (陆佩玲等, 2011)。但是, 转 *Bt* 基因棉的 *Bt* 毒蛋白表达量会随着棉花的生长而逐渐下降, *Bt* 蛋白降低对棉大卷叶螟的控制力下降, 可能是导致棉大卷叶螟种群数量逐年增长的一个原因 (刘芳等, 2005; 肖留斌等, 2012; Gahramanova *et al.*, 2020)。例如, 当以低浓度 Cry1Ac 毒蛋白 (*Bt* 毒蛋白的一种) 连续喂养 3 代棉大卷叶螟后, 该虫的种群趋势指数提高了 11.4%~20.0% (周浩等, 2017)。此外, 随着公众对环境保护意识的不断增强, 降低了化学农药的使用, 以及在转 *Bt* 基因棉大力推广种植时期, 该虫的其它寄主经济作物和园林景观植物等提供了食物来源和栖息地等因素,

使得该虫在局部地区的种群数量呈现了爆发为害的趋势（陈建等，2008；潘洪生等，2016；武二忠等，2018；Fabrice *et al.*，2021；朱侯伟等，2022）。

通过记录棉大卷叶螟蛹期至成虫期每日的体重变化数据，发现近羽化蛹的体重仅比蛹初期体重减少了 1.69%，且蛹期内蛹重的变化幅度较小，蛹重在蛹期内以 0.14 mg/d 的幅度降低；但成虫羽化前后，成虫体重与蛹壳重之和相较于羽化前 1 天的蛹重减少了 37.90%，体重降低幅度为 29.56 mg/d，这表明蛹期虫体的能量消耗较少，但在羽化这一过程中可能消耗了较多能量，从而导致体重的大幅度减少。值得注意的是，成虫羽化后即排放蛹便的行为，可能会对成虫重的降低幅度造成一定误差。本研究结果与陆佩玲等（2011）报道的棉大卷叶螟江苏扬州种群在 27℃ 环境下，蛹期内的蛹重逐渐降低的结果一致，但与其蛹重的较大降低幅度（2.2~3.1 mg/d）不同，该研究与本文不同之处是蛹的存放温度不同，因此温度可能是导致昆虫蛹重降低幅度不同的原因之一，这与刘柱东等（2004）报道的棉铃虫 *Helicoverpa armigera* 在高温下蛹重的失重量更高的结果相一致。此外，也有报道表明昆虫蛹重的降低幅度不仅与温度有关，还与昆虫的发育状态有关，例如半闭弯尾姬蜂 *Diadegma semiclaui*（王燕等，2014）、烟青虫 *Helicoverpa assulta*（张亚南等，2014）滞育蛹在蛹期内的蛹重降低幅度显著少于非滞育蛹，且在生理水平上，蛹重的失重曲线和呼吸代谢曲线变化一致。因此，通过研究昆虫蛹重的降低幅度，可以为了解其体内的代谢水平提供一定的参考价值。

本研究以图文形式详细记录了棉大卷叶螟卵期、幼虫期、蛹期和成虫期的形态特征及其变化过程，可在野外对该虫进行调查时，较准确地识别并大致预测出其生长发育进度，从而了解其种群发生进度，为该虫的预测预报和综合防治提供参考资料。例如，当野外调查发现棉大卷叶螟处于卵期时，可观察卵内是否出现两个黑色眼点，若出现则表示其即将孵化出幼虫；当发现该虫处于幼虫期时，可根据幼虫体长及其头壳宽度信息，大致估算出该虫目前所处龄期，也可借助幼虫体色来进一步验证其龄期；当发现该虫处于蛹期时，可根据其蛹的体色来判断其羽化时间，蛹期体色从淡黄绿色渐变为红褐色，近羽化时为黑褐色；当发现该虫处于成虫期时可知其产卵前期约为 3.28 d，产卵期约为 15.33 d，成虫寿命可达 22.03 d。

致谢：感谢肖秀莲女士在泉州地区采集棉大卷叶螟幼虫，为本实验提供了大量虫源。

### 参考文献（References）

- Chen CX. Cloning and functional verification of silk fibronin light chain in *Sylepta derogata* Fabricius [D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2018. [陈春霞. 棉大卷叶螟丝素轻链基因的克隆与功能验证[D]. 扬州: 扬州大学博士论文, 2018]
- Chen J, Yang J, Lu PL, *et al.* Annual life cycle and population dynamics of *Sylepta derogata* [J]. *Plant Protection*, 2008, 34(3): 119-123. [陈建, 杨进, 陆佩玲, 等. 棉大卷叶螟的年生活史与种群动态[J]. 植物保护, 2008, 34(3): 119-123]
- Fabrice DH, Kobi DKO, Joelle TM, *et al.* Efficacy of *Beauveria bassiana* against the cotton leaf roller, *Haritalodes (Sylepte) derogata* (Fabricius, 1775) (Lepidoptera: Crambidae) under laboratory conditions [J]. *Journal of Applied Biosciences*, 2021, 157(1): 16254-16266.
- Fan JS, Zhang LX, Wang GQ, *et al.* Life tables for experimental populations of *Loxostege sticticalis* (Lepidoptera: Crambidae) on five host plants [J]. *Plant Protection*, 2016, 42(3): 104-109. [范锦胜, 张李香, 王贵强, 等. 草地螟在 5 种寄主上的实验种群生命表[J]. 植物保护, 2016, 42(3): 104-109]
- Gahramanova G, Mamay M, Mammadov Z. Biological characteristics and efficacy of *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* against the cotton leaf roller, *Sylepte derogata* (Fabricius, 1775) (Lepidoptera: Crambidae) [J]. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*,

- 2020, 30(1): 1-7.
- Hosseini TB, Alipanah H, Sahragard A. First record of *Haritalodes derogata* (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae: Spilomelinae) from Iran [J]. *Journal of Crop Protection*, 2015, 4(2): 167-171.
- Kuang XJ, Ge F, Xue FS. Geographical variation in body size and sexual size dimorphism in insects [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2015, 58(3): 351-360. [匡先钜, 戈峰, 薛芳森. 昆虫体型及性体型二型性的地理变异[J]. 昆虫学报, 2015, 58(3): 351-360]
- Liu F, Yang YZ, Lu YH, et al. Effects of the transgenic *Bt* cotton on population dynamics of the cotton leaf-roller *Sylepta derogata* [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2005, 42(3): 275-277. [刘芳, 杨益众, 陆宴辉, 等. 转 *Bt* 基因棉对棉大卷叶螟种群动态的影响[J]. 昆虫知识, 2005, 42(3): 275-277]
- Liu ZD, Gong PY, Wu KJ, et al. Effects of high temperature on incidence of pupation, summer diapause and pupal weight of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hubner) [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2004, 47(1): 14-19. [刘柱东, 龚佩瑜, 吴坤君, 等. 高温条件下棉铃虫化蛹率、夏滞育率和蛹重的变化[J]. 昆虫学报, 2004, 47(1): 14-19]
- Lu PL, Chen J, Wu EZ, et al. Effect of different hosts on population increase of the forth generation of *Sylepta derogata* [J]. *Cotton Science*, 2011, 23(3): 241-246. [陆佩玲, 陈建, 武二忠, 等. 不同寄主对棉大卷叶螟第 4 代种群增长的影响[J]. 棉花学报, 2011, 23(3): 241-246]
- Lu PL, Chen J, Zhang XL, et al. Study on biological habit of cotton leaf roller [J]. *Auhui Agricultural Science Bulletin*, 2008, 14(20): 92-94. [陆佩玲, 陈建, 张小丽, 等. 棉大卷叶螟主要生物学学习性研究[J]. 安徽农学通报, 2008, 14(20): 92-94]
- Mailafiya D, Mari J, Yakubu H. Preliminary survey of parasitism of leaf roller, *Sylepta derogata* (Fabricius)(Lepidoptera: Pyralidae) in Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.(Malvales: Malvaceae) in Maiduguri, Nigeria [J]. *Journal of Agricultural Economics, Environment and Social Sciences*, 2022, 8(1): 82-89.
- Pan HS, Xiu CL. Population dynamics of leaf roller *Haritalodes derogata* (Fabricius) larvae on four Malvaceae plant species [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2016, 32(6): 708-711. [潘洪生, 修春丽. 锦葵科 4 种植物上棉大卷叶螟幼虫种群发生动态[J]. 中国生物防治学报, 2016, 32(6): 708-711]
- Tang X, Lv BQ, Tang JH, et al. Feeding and oviposition preferences, and fitness, of *Spodoptera frugiperda* with respect to four important crops in the Nanfan area [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2023, 60(4): 1116-1124. [唐雪, 吕宝乾, 唐继洪, 等. 草地贪夜蛾对四种重要南繁作物取食与产卵选择及适合度研究[J]. 应用昆虫学报, 2023, 60(4): 1116-1124]
- Tu XY, Chen YS, Xia QW, et al. Geographic variation in longevity and fecundity of the Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* Guenee (Lepidoptera: Crambidae) [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(13): 4160-4165. [涂小云, 陈元生, 夏勤雯, 等. 亚洲玉米螟成虫寿命与繁殖力的地理差异[J]. 生态学报, 2012, 32(13): 4160-4165]
- Wang Y, Chen FS, Zhang HM, et al. Effects of low temperature storage on the pupae weight of *Diadegma semiclaui* (Hellen) [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2014, 30(5): 635-638. [王燕, 陈福寿, 张红梅, 等. 低温贮存对半闭弯尾姬蜂蛹重变化的影响[J]. 中国生物防治学报, 2014, 30(5): 635-638]
- Wu EZ, Chen CX, Su HH, et al. Influence of *Sylepta derogata* (Fabricius) ingesting transgenic cotton varieties on predatory function, growth and development of lacewings [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2018, 40(1): 58-63. [武二忠, 陈春霞, 苏宏华, 等. 取食转基因棉的棉大卷叶螟对中华通草蛉捕食功能与生长发育的影响研究[J]. 环境昆虫学报, 2018, 40(1): 58-63]
- Wu JH, Huang Z, Ren SX, et al. Control of different insecticides in field on *Sylepta derogata* population [J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2008a, 29(2): 21-24. [吴建辉, 黄振, 任顺祥, 等. 几种杀虫剂对棉大卷叶螟种群的控制作用[J]. 华南农业大学学报, 2008a, 29(2): 21-24]
- Wu JH, Huang Z, Ren SX, et al. Effect of host plant on the biological characters of *Sylepta derogate* (Lepidoptera: Pyralidae) [J]. *Acta Phytopylacica Sinica*, 2007, 34(6): 659-660. [吴建辉, 黄振, 任顺祥, 等. 寄主植物对棉大卷叶螟生物学特性的影响[J]. 植物保护学报, 2007, 34(6): 659-660]
- Wu JH, Huang Z, Ren SX, et al. Effects of temperature on development and reproduction of *Sylepta derogata* Fabricius (Lepidoptera: Pyralidae) [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2008b, 19(6): 1325-1330. [吴建辉, 黄振, 任顺祥, 等. 温度对棉大卷叶螟生长发育和繁殖的影响[J]. 应用生态学报, 2008b, 19(6): 1325-1330]
- Xiao LB, Bai LX, Tan YA. The relationship between *Bt* toxin content and resistance to *sylepta derogata* in various transgenic *Bt* cotton varieties [J]. *Chinese journal of Applied Entomology*, 2012, 49(4): 938-945. [肖留斌, 柏立新, 谭永安. 转基因棉 *Bt* 毒蛋白含量与抗棉大卷叶螟效果间的关系分析[J]. 应用昆虫学报, 2012, 49(4): 938-945]
- Yang YZ, Shu L, Jiang ZY, et al. Analysis of domestic research situation of *Sylepta derogata* Fabricius based on bibliometric method [J]. *Hunan Agricultural Sciences*, 2019, 3: 115-118. [杨苑锐, 税玲, 姜竹颖, 等. 基于文献计量法的棉大卷叶螟国内研究态势分析[J]. 湖南农业科学, 2019, 3: 115-118]
- Zhang QQ, Zhang XL, Lu W, et al. Effects of adult age and mating status on fecundity of *Haritalodes derogata* [J]. *Plant Protection*,

- 2012, 38(2): 71-74. [张清泉, 张雪丽, 陆温. 成虫日龄与交配状态对棉褐环野螟繁殖力的影响[J]. 植物保护, 2012, 38(2): 71-74]
- Zhang QQ, Zhang XL, Lu W, *et al.* Reproductive characteristics of *Sylepte derogate* Fabricius [J]. *Guangxi Agricultural Sciences*, 2009, 40(3): 258-261. [张清泉, 张雪丽, 陆温, 等. 棉大卷叶野螟繁殖特性研究[J]. 广西农业科学, 2009, 40(3): 258-261]
- Zhang YN, Fan JT, Yang L, *et al.* The summer diapause rate, pupal weight, and metabolic rate of *Helicoverpa assulta* at 35°C [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2014, 51(5): 1274-1279. [35°C下烟青虫夏滞育率、蛹重及代谢速率的变化[J]. 应用昆虫学报, 2014, 51(5): 1274-1279]
- Zhou H, Cai WC, Su HH, *et al.* Effects of low-concentration *CryIAc* toxic protein on growth and reproduction of three successive generations of *Sylepta derogata* population [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2017, 28(5): 1583-1587. [周浩, 蔡文宸, 苏宏华, 等. 低浓度 *CryIAc* 毒蛋白对棉大卷叶螟连续三代生长发育与繁殖的影响[J]. 应用生态学报, 2017, 28(5): 1583-1587]
- Zhu YW, Si YX, Deng Y, *et al.* Circadian rhythm of calling behavior and sex pheromone identification of *Sylepta derogata* (Lepidoptera: Pyralidae) [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2022, 65(3): 280-288. [朱侯伟, 司玉晓, 邓颖, 等. 棉大卷叶螟求偶行为节律和性信息素鉴定[J]. 昆虫学报, 2022, 65(3): 280-288]