

# 甘蔗黄螟幼虫龄数的划分及其发育 历期观察

潘雪红, 魏吉利, 商显坤, 黄诚华\*

(广西农业科学院甘蔗研究所/农业农村部广西甘蔗生物技术与遗传改良重点实验室/广西甘蔗遗传改良重点实验室, 南宁 530007)

**摘要:** 为明确甘蔗黄螟 *Tetramoera schistaceana* Snellen 幼虫的龄数和发育历期, 以便进一步研究其生物学生态学特性, 为该虫的预测预报和精准防控提供科学依据。本实验以天然饲料茭白 *Zizania caduciflora* 为寄主饲养的甘蔗黄螟为研究对象, 对不同龄期幼虫的头壳宽度和发育历期进行了测量, 并对所测得的数据进行了 Crosby 指数、Brook 指数、频次分布和回归分析。结果表明: 甘蔗黄螟幼虫经过 5 个龄数进入化蛹, 各龄头壳宽值分别为: 0.293、0.437、0.615、0.911 和 1.222 mm。头壳宽符合 Dyar 法则和 Crosby 法则。头壳宽与龄数间的直线、二次和指数拟合模型均较好。指数拟合模型的决定系数 ( $R^2$ ) 最大, 拟合度最好。在 26°C 温度下, 1~5 龄幼虫平均龄期分别为 2.766、2.913、3.107、3.413 和 8.860 d。甘蔗黄螟幼虫有 5 个龄期, 头壳宽是甘蔗黄螟幼虫龄判定的重要指标。在 26°C 条件下, 从卵孵化, 雌、雄幼虫平均分别需要 20.265 d 和 19.250 d 后进入化蛹。

**关键词:** 甘蔗黄螟; 幼虫龄期; 头壳宽度; Crosby 指数; 回归分析

中图分类号: Q968.1;S433

文献标识码: A

## Larval instars determination for *Tetramoera schistaceana* (Lepidoptera: Olethreutidae) and observation of its developmental duration

PAN Xue-Hong, WEI Ji-Li, SHANG Xian-Kun, HUANG Cheng-Hua\* (Sugarcane Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Sugarcane Biotechnology and Genetic Improvement (Guangxi), Ministry of Agriculture and Rural Affairs/Guangxi Key Laboratory of Sugarcane Genetic Improvement, Nanning 530007, China)

**Abstract:** Larval instars of *Tetramoera schistaceana* Snellen and its developmental duration were researched to provide scientific basis for studying its biological and ecological characteristics, forecasting and controlling this pest. *T. schistaceana* fed with *Zizania latifolia* (Griseb.) in the laboratory were the research object in this paper. Head capsule widths and developmental periods of larvae at each larval instars were measured. And head capsule widths were analyzed through Crosby ratio, Brook ratio, frequency distribution and regression analysis. The results showed that

基金项目: 广西自然科学基金 (2021GXNSFAA196002); 财政部和农业农村部: 国家现代农业产业技术体系 (CARS-170305); 广西农业科学院基本科研业务专项 (桂农科 2021YT003)

作者简介: 潘雪红, 女, 1979 年生, 硕士, 副研究员, 主要从事甘蔗害虫生物防治, E-mail: panxuehong218@163.com

\*通信作者 Author for correspondence: 黄诚华, 男, 博士, 副研究员, 从事甘蔗有害生物综合防治, E-mail: chenghuanhuang@sina.com

收稿日期 Received: 2023-12-12; 接受日期 Accepted: 2024-04-07

*T. schistaceana* passed through five larval instars to attain its pupal stage. The mean head capsule widths of 1<sup>st</sup>~5<sup>th</sup> instar larvae were 0.293, 0.437, 0.615, 0.911 and 1.222 mm, respectively. The head capsule widths conformed to Dyar's law and Crosby's law. The fitting degrees of linear, quadratic and exponential fitting models between head capsule width and instar were fine. The coefficient of correlation in exponential fitting model was the largest, and the fitting degree was the best. So head capsule widths can be used as an important indicator for larval instars determination. The developmental duration of 1<sup>st</sup>~5<sup>th</sup> instar larvae were 2.766, 2.913, 3.107, 3.413, and 8.860 d respectively at 26°C. *T. schistaceana* larvae are divided into five instars. The head capsule width is an important index for distinguishing the larval instars of *T. schistaceana*. From egg hatching to pupation, female and male larvae require 20.265 d and 19.250 d on average at 26°C, respectively.

**Key words:** *Tetramoera schistaceana* Snellen; larval instars; head capsule width; Crosby's ratio; regression analysis

中国是世界第四食糖生产国,蔗糖产量占全国食糖产量的 86.6%以上(张跃彬等, 2022)。甘蔗害虫是制约甘蔗产量的主要因素,可造成甘蔗 *Saccharum sinensis* 产量损失约 20%, (Dhaliwal *et al.*, 2015)。其中,甘蔗螟虫为害对甘蔗直接和间接造成的损失巨大(谭裕模等, 2011; 安玉兴等, 2013; 黄诚华和王伯辉, 2014)。甘蔗黄螟 *Tetramoera schistaceana*, 隶属于鳞翅目 Lepidoptera 小卷叶蛾科 Olethreutidae, 是甘蔗上的重要钻蛀性害虫之一。在国内主要分布在广东、广西、福建、江西、云南和台湾等省(区),国外则分布于东南亚及南亚等地区。甘蔗苗期,甘蔗黄螟幼虫从土表下的蔗苗基部蛀入为害生长点,造成心叶枯死形成枯心苗,早春黄螟为害造成的枯心苗较多,致使苗期缺苗断垄严重。甘蔗伸长拔节后,则多从蔗茎的芽眼或根带蛀入为害,造成螟害节和螟害芽眼,导致甘蔗减产、降糖和宿根年限缩短(刘志诚, 1983; 黎焕光等, 2007; 李杨瑞, 2010; 李文凤等, 2016; 潘雪红和黄诚华, 2022)。近年来,甘蔗黄螟危害日益严重,对甘蔗生产安全构成较大威胁。目前国内外对甘蔗黄螟的研究,主要侧重于形态特征、生活史、生物学特性以及饲养方法和一些不育防治探索的研究上(黄端平和刘秀琼, 1981; 范玉清和刘秀琼, 1990)。黄诚华等(2021)通过调查黄螟枯心苗率和潘雪红等(2022)多年对广西蔗区甘蔗黄螟种群动态监测和为害情况田间调查结果表明,2019年以来甘蔗黄螟种群数量明显增长,田间危害加重,已跃升为广西蔗区的优势害虫种群。

害虫幼虫龄数及虫龄的确定是进一步研究其生物生态学特性及发生规律、精确预测预报和有效防控该虫的基础及重要科学依据(孙艳娟等, 2009; 董易之等, 2011)。昆虫幼虫头壳宽度的增长是间断式的,每蜕 1 次皮便显著增大 1 次,但同一龄期的幼虫头壳不会随着虫体生长而变化,因此被广泛用于昆虫幼虫虫龄的确定。关于鳞翅目害虫幼虫龄数的确定,椰子木蛾 *Opisina arenosella*、梨小食心虫 *Grapholitha molesta*、辣木瑙螟 *Noorda blitealis*、大造桥虫 *Ascotis selenaria*、栎黄枯叶蛾 *Trabala vishnou gigantina*、二点委夜蛾 *Athetis lepigone*

和印度条螟 *Chilo sacchariphagus indicus* 等的研究表明, 昆虫头壳宽度是最佳划分幼虫龄数的指标(董易之等, 2011; 李召波等, 2014; 刘永华等, 2014; 杨崇慧等, 2015; 王芳等, 2016; 夏涛等, 2018; Ramasubramanian *et al.*, 2020)。

甘蔗黄螟以幼虫蛀食蔗茎为害, 幼虫阶段是占整个生命周期的 50%以上的一种有害生物, 是破坏甘蔗和造成经济损失的唯一阶段。在害虫化学防治中, 低龄幼虫期是害虫防治的最佳时期, 因为随着害虫龄期的增加, 杀虫剂的毒性降低; 在害虫生物防治中, 一些幼虫寄生蜂喜欢特定龄期的幼虫(Nussbauer and Schopf, 2000; Nieuwenhove and Ovruski, 2011)。由此可见, 甘蔗黄螟幼虫虫龄的准确划分是确定防治时期的关键因子, 是精准预测预报该虫发生动态和科学有效地防治该虫的先决条件。有关甘蔗黄螟幼虫不同龄期划分和发育历期的研究, 国内外尚未见详细报道。本研究以茭白 *Zizania caduciflora* 为寄主饲养的甘蔗黄螟为研究对象, 观察测量了甘蔗黄螟不同龄期幼虫的头壳宽度和发育历期, 并对头壳宽度进行了频次分布和回归分析, 系统研究了甘蔗黄螟幼虫发育状况和幼虫龄期的划分, 旨在明确其幼虫龄数和龄期, 为该虫的预测预报和精准防控提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料来源

2023 年 3 月下旬至 5 月上旬, 于广西南宁横州蔗区采集甘蔗枯心苗, 将枯心苗带回室内用小刀剖开, 鉴定螟虫种类, 获得甘蔗黄螟幼虫和蛹。室温下用甘蔗嫩茎饲养直至化蛹、羽化和产卵。待卵孵化, 选取同日初孵幼虫供试。在  $26\pm 1^{\circ}\text{C}$ , RH  $70\%\pm 5\%$ , 光周期 15 L:9 D 智能人工气候箱(RXZ-280B)条件下, 用厚度约 1 cm 的茭白于培养皿内饲养繁殖甘蔗黄螟。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 甘蔗黄螟各龄幼虫头壳收集

将当天初孵的甘蔗黄螟幼虫, 用小毛笔挑到放在培养皿的茭白片上, 每个培养皿内接入 15~20 头幼虫, 用消毒的纸巾放在上面并盖好盖子, 放置到智能人工气候箱内培养。重复 4 次。观察时间从接入培养皿时开始计算。每天早、中和晚分别观察幼虫蜕皮和取食情况, 并观察记录各龄幼虫的发育天数。1 龄幼虫蜕皮后, 收集头壳, 并将 2 龄幼虫放在 12 孔的细胞培养皿内饲养, 每孔 1 头虫。每天早、中和晚观察幼虫蜕皮和取食情况, 并根据取食情况更换茭白。以此类推, 直至化蛹。

#### 1.2.2 甘蔗黄螟各龄幼虫头壳测量

将收集到的不同龄期的头壳, 置于带测微尺的体视显微镜(尼康 SMZ745T)下测量头壳宽度。测定过程中记录好放大倍数。

#### 1.2.3 甘蔗黄螟雌雄幼虫期发育历期测定

将当天初孵的甘蔗黄螟幼虫用小毛笔挑到培养皿的茭白片上, 每个培养皿接入 15~20 头幼虫, 将消毒的纸巾放在上面并盖好盖子。根据幼虫取食情况和茭白的新鲜程度, 8~10 d

剥开茭白取出幼虫，接入到放有新鲜茭白的培养皿内，每皿 8~10 头幼虫。之后每 3 d 观察幼虫取食情况，待幼虫作茧后，每天上午和下午观察和记录化蛹情况。通过判断蛹的雌雄来判断幼虫雌雄。

### 1.3 数据统计与分析

应用 Excel 2016 计算相应虫龄头壳宽度和发育历期的平均值、标准差、变异系数。鳞翅目幼虫相邻龄期的头壳宽度存在一定的几何级数关系，称作 Dyar 法则 (Dyar, 1890)。根据 Dyar 法则和 Crosby 生长法则，计算 Brooks 指数和 Crosby 指数(绝对值)，利用 SPSS Statistics 22.0 软件将幼虫头壳宽与相应龄期进行线性回归、二次回归和指数回归分析。

$$\text{Brooks 指数} = X_n / X_{n-1}$$

$$\text{Crosby 指数} = (b_n - b_{n-1}) / b_{n-1}$$

$X_n$  和  $X_{n-1}$  分别指第  $n$  龄幼虫和第  $n-1$  龄幼虫各自头壳宽度的平均值； $b_n$  和  $b_{n-1}$  分别指第  $n$  和  $n-1$  个 Brooks 指数。

## 2 结果与分析

### 2.1 甘蔗黄螟幼虫头壳宽度的频数分布

通过测定甘蔗黄螟幼虫 5 个不同龄期各 40 头幼虫头壳宽的数值，然后进行频次分布分析，绘制频次分布图。甘蔗黄螟幼虫头壳宽的频次分布图中呈 5 个明显的集中分布区，可在图 1 中显示和体现。前 3 个集中分布区为 1~3 龄幼虫头壳频次分布，峰值明显，相对集中；后 2 个集中分布区为 4~5 龄幼虫头壳宽度频次分布，头壳宽度频次分布峰值相对不明显，尤其最后 1 个集中分布区头壳宽度分布较分散。

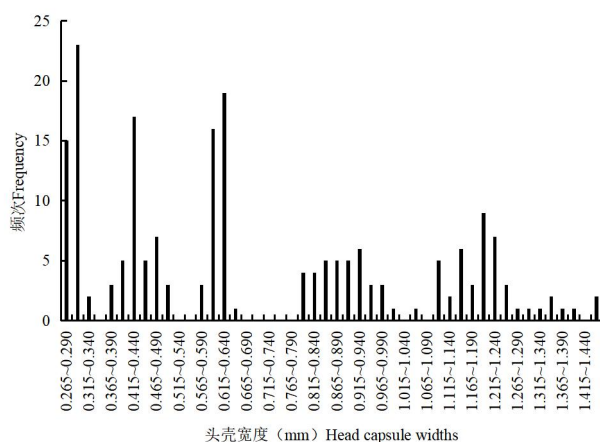


图 1 甘蔗黄螟幼虫头壳宽度频次分布图

Fig. 1 Frequency histograms of head capsule widths of *Tetramoera schistaceana*

### 2.2 甘蔗黄螟幼虫头壳宽度指标统计分析

1~5 龄甘蔗黄螟幼虫的平均头壳宽度分别为 0.293、0.437、0.615、0.911 和 1.222 mm；头壳变幅分别为 0.265~0.333、0.373~0.500、0.567~0.660、0.800~1.150 和 1.100~1.450 mm；变异系数均小于 10% (表 1)。由此可见，1~5 龄甘蔗黄螟幼虫的头壳平均宽度均随着蜕皮

次数的增加而增加,前4龄的幼虫相邻龄数间头壳宽度离散,而第4龄和第5龄幼虫头壳则有重叠现象。

5个龄期幼虫头壳平均宽度的Crosby指数绝对值均小于10%,符合Dyar法则。表明根据头壳宽度判定甘蔗黄螟幼虫虫龄的合理可行性。

表1 甘蔗黄螟各龄幼虫头壳宽度及其统计参数

Table 1 Head capsule widths of *Tetramoera schistaceana* and its statistical parameter

虫龄 Instar	均值±标准差(mm) Mean ± SD	变幅(mm) Class limits	变异系数(%) Coefficient of variation	Brooks 指数 Brooks' ratio	Crosby指数 Crosby's ratio
1 龄 1 <sup>st</sup> instar	0.293 ± 0.015	0.265~0.333	4.957	-	-
2 龄 2 <sup>nd</sup> instar	0.437 ± 0.031	0.373~0.500	7.116	1.4897	-
3 龄 3 <sup>rd</sup> instar	0.615 ± 0.020	0.567~0.660	3.197	1.4067	-0.0557
4 龄 4 <sup>th</sup> instar	0.911 ± 0.084	0.800~1.150	9.246	1.4817	0.05331
5 龄 5 <sup>th</sup> instar	1.222 ± 0.086	1.100~1.450	7.058	1.3412	-0.0949

### 2.3 甘蔗黄螟幼虫头壳宽度与虫龄间的关系拟合

对实验室饲养的甘蔗黄螟幼虫头壳宽度分别与幼虫龄级进行直线回归、二次回归和指数回归分析以验证幼虫分龄的合理性。在3种回归模型中,甘蔗黄螟幼虫头壳宽度分别与龄级存在极显著相关关系( $P < 0.001$ ),曲线的拟合度均较好,表明了根据头壳宽度判定甘蔗黄螟幼虫虫龄的合理可行性;从回归模型的决定系数( $R^2$ )来看,指数回归模型的决定系数最大,为0.9821,二次曲线回归模型为0.9718,而线性回归模型为0.9463(表2)。说明甘蔗黄螟幼虫头壳宽度与其虫龄均有显著的直线、二次曲线和指数相关关系,但指数回归模型优于线性回归模型和二次回归模型,更能模拟甘蔗黄螟幼虫头壳宽度与龄级之间的关系。

表2 甘蔗黄螟头壳宽度与虫龄间的关系拟合

Table 2 Relation fitting between head capsule widths and instars of *Tetramoera schistaceana*

拟合模型 Fitting Model	回归方程 Regression equation	决定系数( $R^2$ ) Coefficient of determination $R^2$	显著水平( $P$ ) Significance level $P$	$F$ 检验 $F$ -test
直线 Linear	$y = 0.2331x - 0.0036$	0.9463	$< 0.001$	3 488.737
二次 Quadratic	$y = 0.0323x^2 + 0.0391x + 0.2228$	0.9718	$< 0.001$	3 392.922
指数 Exponential	$y = 0.2094e^{0.3583x}$	0.9821	$< 0.001$	10 853.546

### 2.4 甘蔗黄螟不同龄幼虫发育历期

在  $26 \pm 1^\circ\text{C}$ , RH 70%±5%, 光周期 15 L : 9 D 的条件下, 1~5 龄幼虫平均发育历期分别为 2.766、2.913、3.107、3.413 和 8.860 d; 平均发育历期变幅分别为 2.25~3.50、2.50~4.00、2.50~4.13、2.83~4.30 和 7.50~11.00 d, 变异系数在 10.987%~12.090% (表3)。5 龄幼虫平均发育历期之和为 21.059 d。

表 3 26°C条件下甘蔗黄螟各龄幼虫的发育历期

Table 3 Developmental duration of different instars of *Tetramoera schistaceana* larvae at 26°C

发育阶段	均值±标准差(d)	变幅(d)	变异系数(%)
Development stage	Mean ± SD	Class limits	Coefficient of variation
1 龄 1 <sup>st</sup> instar	2.766 ± 0.304	2.25~3.50	10.987
2 龄 2 <sup>nd</sup> instar	2.913 ± 0.327	2.50~4.00	11.210
3 龄 3 <sup>rd</sup> instar	3.107 ± 0.465	2.50~4.13	14.955
4 龄 4 <sup>th</sup> instar	3.413 ± 0.413	2.83~4.30	12.090
5 龄 5 <sup>th</sup> instar	8.860 ± 0.984	7.50~11.00	11.111
1~5 龄 1 <sup>st</sup> ~5 <sup>th</sup> instars	21.059	-	-

## 2.5 甘蔗黄螟雌雄幼虫发育历期

根据幼虫化蛹后的性别测定,分别统计了甘蔗黄螟雌、雄幼虫平均发育历期和发育历期变幅。雌、雄幼虫平均发育历期分别为 20.265 d 和 19.250 d,变幅分别为 17~23 d 和 17~22 d (表 4),雄幼虫发育历期稍偏低,幼虫期平均发育历期为 19.773 d。雌幼虫、雄幼虫和幼虫期平均发育历期的变异系数均小于 10%。

表 4 甘蔗黄螟雌雄幼虫发育历期观察

Table 4 Developmental duration of *Tetramoera schistaceana* larvae at 26°C

幼虫	均值±标准差(d)	变幅(d)	变异系数(%)
Larva	Mean ± SD	Class limits	Coefficient of variation
雌虫 Female	20.265 ± 2.001	17.00~23.00	9.874
雄虫 Male	19.250 ± 1.503	17.00~22.00	7.806
幼虫期 Larval period	19.773 ± 1.836	17.00~23.00	9.285

## 3 结论与讨论

本研究通过室内个体饲养,观察和测量了甘蔗黄螟各龄幼虫头壳宽度,Crosby 指数绝对值均小于 10%,与 Dyar 生长法则相一致;频次分布表明,1~5 龄头壳宽在频次分布图中有明显的 5 个分界;头壳宽度与其龄数均有显著的直线、二次曲线和指数相关关系,以指数回归模型最优。由此可确定,甘蔗黄螟有 5 个龄期,头壳宽可以作为甘蔗黄螟龄数划分的重要指标。

本研究所测甘蔗黄螟各龄幼虫头壳中,1~4 龄幼虫相邻龄数间头壳宽度离散,未发现重叠现象,而第 4 龄和第 5 龄幼虫头壳则有极少的重叠现象,存在于体型较大的 4 龄幼虫与体型较小的 5 龄幼虫之间,或者部分雌性 4 龄幼虫与部分雄性 5 龄幼虫之间,但这种重叠概率只有 7.5%。由此可见,用头壳宽度来进行甘蔗黄螟龄数划分的可靠性强。本研究发现在收集幼虫头壳时,第 1~4 龄幼虫蜕皮后头壳均能保持完整,收集和测量较为容易,而第 5 龄幼虫在蜕皮化蛹时,头壳沿着上颚缝合线裂开而严重变形,难以进行收集和测量,故本研究取

部分 5 龄幼虫活虫进行解剖后收集头壳进行头壳测量。

本研究发现, 在  $26\pm 1^{\circ}\text{C}$ , RH  $70\%\pm 5\%$ , 15 L : 9 D 条件下用茭白进行饲养观察, 确定甘蔗黄螟幼虫有 5 个龄期。研究表明, 温度、光照、食物和物理损伤等因子会对昆虫幼虫的生长发育和龄数产生影响 (Esperk *et al.*, 2007; 杨崇慧等, 2015)。在以上这些因子影响条件下, 甘蔗黄螟幼虫龄数是否也会有所改变, 有待于进一步研究。

在  $26\pm 1^{\circ}\text{C}$ , RH  $70\%\pm 5\%$ , 光周期 15 L : 9 D 条件下用茭白饲养甘蔗黄螟, 从初孵幼虫发育至化蛹共有 4 次蜕皮, 即幼虫龄数为 5 个。5 龄的发育历期分别为 2.766、2.913、3.107、3.413 和 8.860 d。在龄期观察时, 由于需频繁的剥虫检查对虫体可能造成伤害, 会影响虫体的正常发育, 尤其是 1~2 龄小虫由于频繁剥查发育历期会受影响而延长, 死亡增多。本研究对雌、雄幼虫平均发育历期, 是根据最后化蛹成功的幼虫进行统计的。如此就会排除由于频繁剥查造成的不健康幼虫的发育历期, 较 5 个平均龄期之和更为准确一些。

本研究供试虫源为恒温箱条件下用茭白人工饲养获得的, 与自然条件下幼虫龄期天数及发育历期等可能会存有一定差异, 在实际应用中应考虑田间具体的情况进行相应调整, 来指导田间害虫的综合防治措施。

## 参考文献 (References)

- An YX, Zheng XW, Yang JX, *et al.* Survey of cane borers in Zhanjiang sugarcane area and proposal of healthy industrial development [J]. *Sugarcane and Canesugar*, 2013, 4: 36-40. [安玉兴, 郑学文, 杨俊贤, 等. 湛江蔗区甘蔗虫害调研及产业健康发展建议 [J]. 甘蔗糖业, 2013, 4: 36-40]
- Dhaliwal GS, Jindal V, Mohindru B. Crop losses due to insect pests: Global and Indian scenario [J]. *Indian Journal of Entomology*, 2015, 77 (2): 165-168.
- Dong YZ, Chen BX, Xu S, *et al.* Division of larval instars of the litchi giant looper, *Ascotis selenaria* (Lepidoptera: Geometridae) [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2011, 33 (4): 552-556. [董易之, 陈炳旭, 徐淑, 等. 荔枝大造桥虫幼虫龄数的划分 [J]. 环境昆虫学报, 2011, 33 (4): 552-556]
- Dyar HG. The number of molts of lepidopterous larvae [J]. *Psyche*, 1890, 5: 420-422.
- Esperk T, Tammaru T, Nylin S. Intraspecific variability in number of larval instars in insects [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2007, 100 (3): 627-645.
- Fan YQ, Liu XQ. An ultrastructural study of the sperm and the effects of irradiation on the Pand F<sub>1</sub> progeny of the sugarcane yellow stem borer (Lepidoptera, Olethreutidae) [J]. *Journal of South China Agricultural College*, 1990, 12 (2): 42-48. [范玉清, 刘秀琼. 甘蔗黄螟精子的超微结构及辐射对其影响 [J]. 华南农学院学报, 1990, 12 (2): 42-48]
- Huang CH, Shang XK, Wei JL, *et al.* Investigation on the species of sugarcane borers in sugarcane planting areas of Guangxi [J]. *Plant Protection*, 2021, 47 (4): 186-190. [黄诚华, 商显坤, 魏吉利, 等. 广西主要蔗区螟虫种类调查与分析 [J]. 植物保护, 2021, 47 (4): 186-190]
- Huang CH, Wang BH. Management of Sugarcane Diseases and Pests [M]. Nanning: Guangxi Science and Technology Press, 2014. [黄诚华, 王伯辉. 甘蔗病虫害防治图志 [M]. 南宁: 广西科技出版社, 2014]
- Huang DP, Liu XQ. Studies on successive mass rearing of the yellow sugar cane borers (*Argyroploce schistaceana*) [J]. *Journal of South China Agricultural College*, 1981, 2 (4): 63-70. [黄端平, 刘秀琼. 甘蔗黄螟饲养方法的研究 [J]. 华南农学院学报, 1981, 2 (4): 63-70]
- Li HG, Tan YM, Tan F, *et al.* The effect of sugarcane borer on the quality in the middle and late stage of sugarcane growth [J]. *Guangxi Sugarcane and Canesugar*, 2007, 3: 11-16. [黎焕光, 谭裕模, 谭芳, 等. 甘蔗生长中后期螟害对甘蔗品质的影响 [J]. 广西蔗糖, 2007, 3: 11-16]
- Li WF, Yin J, Huang YK, *et al.* Investigation of sugarcane loss caused by sugarcane borers [J]. *Plant Protection*, 2016, 42 (4): 205-210. [李文凤, 尹炯, 黄应昆, 等. 甘蔗螟虫为害损失研究 [J]. 植物保护, 2016, 42 (4): 205-210]

- Li YR. Modern Sugarcane Science [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2010. [李杨瑞. 现代甘蔗学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2010]
- Li ZB, Li JW, Zhao N, *et al.* Determination of the larval instars of *Athetis lepigone* (Möschler) [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2014, 51 (5): 1350-1355. [李召波, 李静雯, 赵楠, 等. 二点委夜蛾幼虫虫龄的测定 [J]. 应用昆虫学报, 2014, 51 (5): 1350-1355]
- Liu YH, Zhang YQ, Yan XF, *et al.* 2014. Determination of the larval instars of *Trabala vishnou gigantina* Yang (Lepidoptera: Lasiocampidae) [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2014, 51 (5): 1343-1349. [刘永华, 章一巧, 阎雄飞, 等. 栎黄枯叶蛾幼虫龄数的确定 [J]. 应用昆虫学报, 2014, 51 (5): 1343-1349]
- Liu ZC. Pest and Disease Control of Sugarcane [M]. Beijing: Agriculture Press, 1983. [刘志诚. 甘蔗病虫害及其防治 [M]. 北京: 农业出版社, 1983]
- Nieuwenhove GAV, Ovruski SM. Influence of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) larval instars on the production of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) progeny and their sex ratio [J]. *Florida Entomologist*, 2011, 94 (4): 863-868.
- Nussbaumer C, Schopf A. Development of the solitary larval endoparasitoid *Glyptapantele sporthetriae* (Hymenoptera: Braconidae) in its host *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae) [J]. *European Journal of Entomology*, 2000, 97: 355-361.
- Pan XH, Huang CH. Occurrence of Sugarcane Borers and Its Green Prevention and Control [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2022. [潘雪红, 黄诚华. 甘蔗螟虫发生与绿色防控 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2022]
- Pan XH, Wei JL, Shang XK, *et al.* Population dynamics of *Tetramoera schistaceana* Snellen and its influencing factors in sugarcane plantations in Guangxi [J]. *China Plant Protection*, 2022, 42 (10): 47-51, 76. [潘雪红, 魏吉利, 商显坤, 等. 广西蔗区甘蔗黄螟发生动态及影响因子初析 [J]. 中国植保导刊, 2022, 42 (10): 47-51, 76]
- Ramasubramanian T, Thangaraj SR, Sudhanan M. Instar determination for sugarcane internode borer *Chilo sacchariphagus indicus* (Kapur) (Lepidoptera: Crambidae) [J]. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 2020, 24 (1): 461-469.
- Sun YJ, Wei JY, Yang ZD, *et al.* Classification on larvae instars of *Buzura suppressaria* [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2009, 46 (6): 892-895. [孙艳娟, 韦金英, 杨振德, 等. 油桐尺蠖幼虫龄期的划分 [J]. 应用昆虫学报, 2009, 46 (6): 892-895]
- Tan YM, Zhuo N, Li HG, *et al.* Cane borers, their loss to cane yield and sugar content and their bio-control [J]. *Sugarcane and Canesugar*, 2011, 4: 18-25. [谭裕模, 卓宁, 黎焕光, 等. 崇左蔗区螟虫为害造成产量和糖分损失及生防效果 [J]. 甘蔗糖业, 2011, 4: 18-25]
- Wang F, Yu Q, Guo GM, *et al.* Determination of larval instar number and duration of the *Grapholitha molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2016, 53 (2): 390-395. [王芳, 庾琴, 郭贵明, 等. 梨小食心虫幼虫龄数和龄期的划分 [J]. 应用昆虫学报, 2016, 53 (2): 390-395]
- Xia T, Li ZB, Wu GX, *et al.* Determination of larval instars of *Noorda blitealis* Walker [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2018, 49 (11): 2218-2222. [夏涛, 李召波, 吴国星, 等. 辣木璐螟幼虫虫龄的判定 [J]. 南方农业学报, 2018, 49 (11): 2218-2223]
- Yang CH, Yan W, Liu L, *et al.* Division of larval instars of the coconut black-headed caterpillar, *Opisina arenosella* [J]. *Plant Protection*, 2015, 41 (2): 70-74. [杨崇慧, 阎伟, 李朝绪, 等. 椰子木蛾幼虫龄期的划分 [J]. 植物保护, 2015, 41 (2): 70-74]
- Zhang YB, Deng J, Hu ZH. The 13<sup>th</sup> five-year plan of cane sugar industry in China and development trend of the 14<sup>th</sup> five-year plan [J]. *Sugar Crops of China*, 2022, 44 (1): 71-76. [张跃彬, 邓军, 胡朝晖. “十三五”我国蔗糖产业现状及“十四五”发展趋势 [J]. 中国糖料, 2022, 44 (1): 71-76]