

苹果蠹蛾不同虫态体征及雌雄个体的快速鉴别方法^{*}

冯丽凯^{1**} 刘 政¹ 李国富² 陈刘生^{3***} 林克剑^{1,4***}

(1. 新疆农垦科学院植物保护研究所, 石河子 832000; 2. 新疆生产建设兵团第七师 130 团农业技术服务中心, 奎屯 834034; 3. 石河子大学农学院, 石河子 832003; 4. 植物病虫害生物学国家重点实验室, 中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100193)

摘 要 【目的】通过对苹果蠹蛾 *Cydia pomonella* (L.) 不同虫态的形态特征进行识别描述和定量观测, 比较分析并研究提出苹果蠹蛾老熟幼虫、蛹及成虫雌雄个体的快速、准确鉴别特征与方法。【方法】利用体式显微镜拍照、测量记录苹果蠹蛾不同虫态雌雄个体间的形态特征、体征参数等。【结果】苹果蠹蛾老熟幼虫雌雄个体的体征差异: 雄性腹节背面有明显肾形斑, 雌性无斑。蛹雌雄个体的体征差异: 雄蛹腹面翅尖后有 4 条明显体节线, 第 9 腹节腹面中央有一纵裂缝, 裂缝两侧各有一半圆形的瘤状突起; 而雌蛹翅尖后有 3 条明显体节线, 第 8 腹节腹面前缘有一纵裂缝, 与腹节线相连形成类似“Y”形, 裂缝两侧平坦无突起。成虫雌雄个体的体征差异: 雄虫前翅反面中室后缘有一黑褐色条斑, 雌虫无此条斑; 雄虫腹部狭长, 抱器瓣常开张, 呈钳状, 雌虫腹部圆筒状, 末端较细。【结论】研究结果揭示了苹果蠹蛾老熟幼虫、蛹及成虫等不同虫态雌雄个体间的体征差异, 比较研究并提出了便于快速鉴别雌雄个体的典型特征和识别方法。
关键词 苹果蠹蛾; 形态; 性别; 特征

Morphological criteria for sexing different developmental stages of the Codling moth, *Cydia pomonella* (L.)

FENG Li-Kai^{1**} LIU Zheng¹ LI Guo-Fu² CHEN Liu-Sheng^{3***} LIN Ke-Jian^{1,4***}

(1. Institute of Plant Protection, Xinjiang Academy of Agricultural and Reclamation Science, Shihezi 832000, China; 2. Agricultural Technology Service Center of Seventh Division 130th Regiment of Xinjiang Production and Construction Corps, Kuitun 834034, China; 3. College of Agriculture, Shihezi University, Shihezi 832003, China; 4. State Key Laboratory of Plant Disease and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 100193, China)

Abstract [Objectives] To develop a fast, accurate method for sexing the mature larvae, pupae and adults, of the Codling moth, *Cydia pomonella* (L.). [Methods] Sexually dimorphic features of mature *C. pomonella* larvae, pupae and adults were photographed and measured under a microscope. [Results] A distinguishing feature of mature male larvae was the obvious renal spots on the dorsum of the 5th abdominal segment, which are absent in female larvae. Distinguishing features of male pupae include 4 distinct somatic lines behind the wing tip, and a longitudinal crack in the center of the ventral surface of the 9th abdominal segment with half round knobs on either side. Female pupae can be distinguished by 3 distinct somatic lines behind the wing tip and a lengthways crack in the front edge of the abdomen on the 8th abdominal segment that connects to the abdominal line to form a "Y" shape. The sides of female pupae are also flat without protuberances. A distinguishing feature of adult males is a dark brown streak on the posterior edge of the ventral surface anterior of the ventral mid-chamber which is absent in females. The male abdomen is also long and narrow, and the valvae are often open, like a pair of pliers. In contrast, the female has a cylindrical abdomen with a tapered end. [Conclusion] Sexually dimorphic features of mature larvae, pupae and adults of *C. pomonella* allow these developmental stages to be rapidly, and reliably, sexed.

^{*}资助项目 Supported projects: 国家自然科学基金面上项目 (31672033); 国家自然科学基金 (41101051)

^{**}第一作者 First author, E-mail: fenglikaiwp@163.com

^{***}共同通讯作者 Co-corresponding authors, E-mail: lshchen2008@163.com; linkejian@caas.cn

收稿日期 Received: 2018-10-17; 接受日期 Accepted: 2018-12-03

Key words *Cydia pomonella* (L.); morphological; sex; character

苹果蠹蛾 *Cydia pomonella* (L.) 别称苹果小卷蛾, 俗称苹果食心虫, 隶属于鳞翅目卷蛾科 Tortricidae 小卷蛾亚科 Olethreutidae。原产于欧亚大陆, 现广泛分布于世界上六大洲几乎所有的苹果和梨产地, 是具有毁灭性的果树蛀果类害虫之一, 已被我国列为对内、对外重大检疫对象。20 世纪 50 年代在我国新疆库尔勒首次发现(张学祖, 1957), 随后迅速扩散至整个新疆地区, 现主要在新疆、甘肃、宁夏、内蒙古、黑龙江和吉林等地区造成危害。该虫以幼虫蛀食果肉、果心种子为害苹果、梨、沙果、桃、杏等多种果树, 造成大量脱落和烂果, 每年造成的经济损失达近十亿元, 并有向我国陕西、山东两大苹果主产区扩散的趋势(曹爱东和秦庆红, 2009; 张润志等, 2012)。准确识别苹果蠹蛾不同虫态的形态特征, 尤其是研究明确其老熟幼虫、蛹和成虫雌雄个体的典型、准确、快速识别特征, 对建立苹果蠹蛾田间监测和远程识别技术, 开展科学的预测预报和应急防控意义重大。有关苹果蠹蛾形态特征描述、幼虫龄期识别已有报道(Peter and Mark, 1987; 牛向军, 2010; 李腾等, 2013; 周彦珍等, 2013; 索相敏等, 2015), 但均以文字描述为主, 缺乏直观性和指导性。苹果蠹蛾老熟幼虫、蛹和成虫雌雄个体的典型、准确鉴别特征更是未见报道。本研究通过常年室内饲养苹果蠹蛾, 持续对其不同虫态进行全面细致观察, 并借助先进的体式显微镜, 直观且定量观测了老熟幼虫、蛹和成虫雌雄个体的体征参数, 总结出了快速鉴别苹果蠹蛾老熟幼虫、蛹和成虫雌雄个体的典型特征和方法, 为基层测报人员和广大科技工作者快速准确识别苹果蠹蛾不同虫态尤其是鉴别雌雄个体提供了科学依据和理论方法。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

2016 年采自新疆生产建设兵团第七师 130 团苹果园的苹果蠹蛾越冬幼虫, 在实验室连续饲养并建立稳定种群。收集苹果蠹蛾的卵、幼虫、

蛹和成虫进行观察拍照和测量、鉴别。

1.2 试虫饲养、测量方法

将苹果蠹蛾初孵幼虫单头分别接入装有有人工饲料(申建茹等, 2015)的 5 mL 离心管内饲养直至化蛹, 饲养场所为人工气候箱(宁波莱福、PQX-450A-3H), 饲养条件为温度: (25 ± 1) , RH: $65\% \pm 5\%$, L:D=16:8。化蛹后, 取出蛹并消毒, 再放入壁上贴有半透明硫酸纸的圆柱塑料盒内羽化, 待成虫交配产卵, 盒内备有滴入 10% 蜂蜜水的脱脂棉为成虫补充营养。

采用 Olympus DP72 体式显微镜对苹果蠹蛾不同虫态外部结构和局部微小特征进行观察与拍照。随机选取初孵及刚蜕皮后幼虫各 30 头, 用体式显微镜进行拍照并测量头壳宽度。待幼虫进入老熟阶段后, 肉眼观察发现有明显的区别, 将老熟幼虫分为两类, 将两类幼虫分开化蛹。待幼虫化蛹后采用体式显微镜和肉眼观察拍照, 也发现有明显区别可将蛹分为两类, 并从中随机选取两类蛹各 30 头, 分别称量蛹重; 将两类蛹分开羽化, 待羽化后, 观察两类成虫的外部差异, 放进交配盒内进行交配, 最终以产卵者视为雌虫个体, 并拍照记录雌雄个体的体征参数; 同样随机选取 30 粒卵使用体式显微镜拍照测量卵的长径、短径长度。

1.3 数据分析及仪器

实验中采用 Olympus DP72 体式显微镜对苹果蠹蛾不同虫态的形成特征进行拍照、测量。用万分之一天平进行体重参数的称量。用 SPSS17 软件进行数据分析, 比较苹果蠹蛾不同虫态的体征差异。

2 结果与分析

2.1 苹果蠹蛾不同虫态的形态特征描述

成虫: 成虫体长 7-9 mm, 翅展 16-20 mm; 身体灰褐色略带紫色金属光泽。最显著特征前翅肛上纹很大, 从臀角至接近顶角, 颜色比其它部

位更深 (图 1 : A)。

卵：卵为椭圆形，长、短轴分别为 (0.93±

0.11) mm 和 (0.79±0.06) mm (表 1)，长轴中央部分隆起，周边带裙边。初产时隆起部分为半

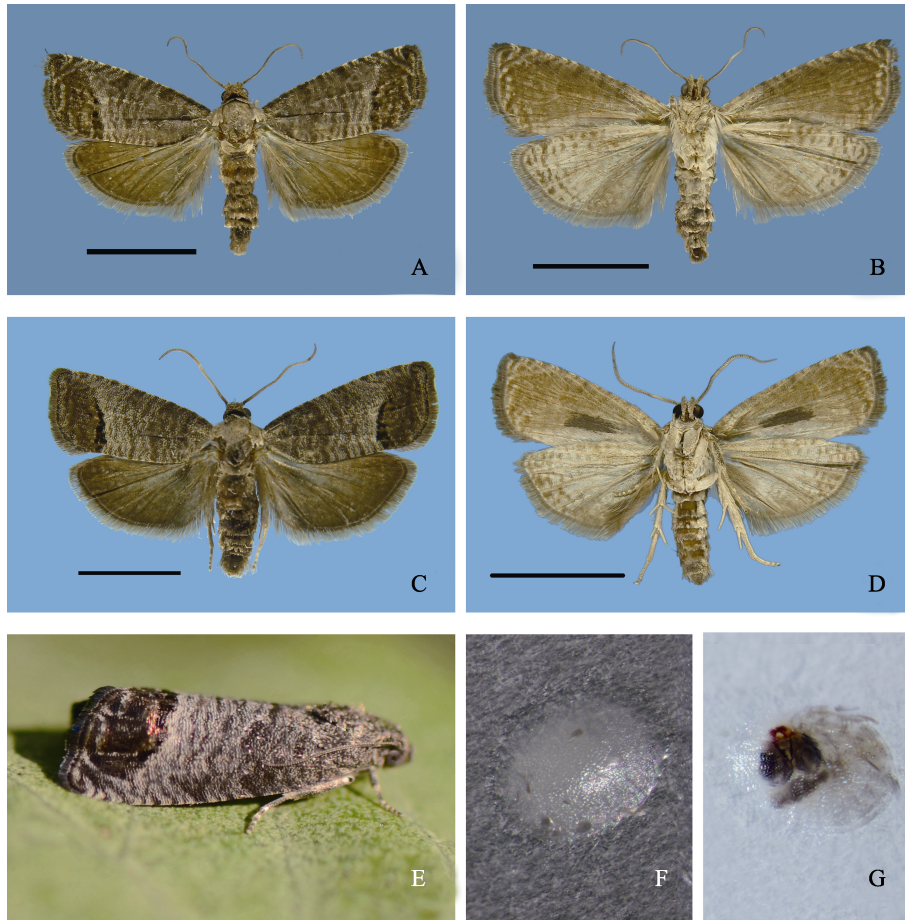


图 1 成虫和卵

Fig. 1 Adult and egg

A. 雌虫背面；B. 雌虫腹面；C. 雄虫背面；D. 雄虫腹面；E. 成虫自然姿态；F. 卵；G. 幼虫出壳前。比例尺=5 mm。

A. Female adult dorsal view; B. Female adult ventral view; C. Male adult dorsal view; D. Male adult ventral view; E. Adult resting posture; F. Egg; G. Larva before hatching. Scale bar=5 mm.

表 1 苹果蠹蛾卵、幼虫及蛹的体征参数

Table 1 Sign parameters of eggs, larvae and pupae of *Cydia pomonella*

卵 Egg		幼虫 Larvae		蛹重 Pupa weight	
长径 (mm) Long diameter	短径 (mm) Short diameter	龄期 Instar	头壳宽度 (mm) Head capsule widths	雌蛹 (mg) Female pupa	雄蛹 (mg) Male pupa
0.93±0.11	0.79±0.06	1	0.34±0.08a	33.11±7.26	25.32±5.02
		2	0.49±0.03b		
		3	0.80±0.04c	T=4.44 , P < 0.01	
		4	1.30±0.06d		
		5	1.45±0.08e		

表中数据为平均值±标准差，同一列数据后标有相同字母表示单因素方差分析差异不显著 (LSD 检验：P>0.05)。Data are mean ± SD, and followed by the same letters are not significantly different at 0.05 level by LSD test.

透明,后颜色逐渐变深,孵化前能观察到明显头壳(图1:F)。

幼虫:初孵幼虫为淡黄色,头部略宽于身体,随着龄期的增大,身体逐渐宽于头部,体色逐渐变深,其中5龄期,滞育幼虫体色淡,非滞育个体体色淡红色或红色(图2)。1-5龄的头壳宽度

依次为0.34、0.49、0.80、1.30和1.45 mm,各龄期头壳宽度差异显著(表1)。

蛹:长度7-10 mm,黄褐色。第2-7腹节背面前后缘均有1排整齐的棘刺,前面1排较粗,后面1排细小;第8-10腹节背面仅有1排棘刺,臀棘10根(图3)。

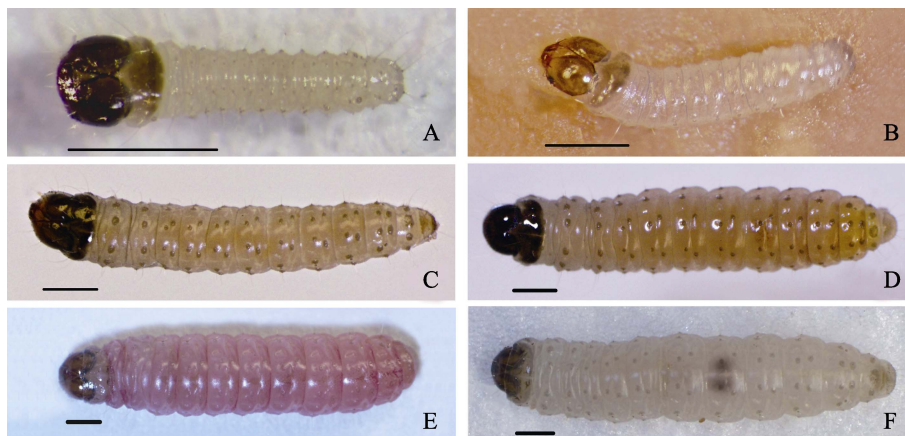


图2 1-5龄幼虫

Fig. 2 1-5 instar larvae

A. 1龄幼虫; B. 2龄幼虫; C. 3龄幼虫; D. 4龄幼虫; E. 5龄幼虫, 非滞育幼虫;

F. 5龄幼虫, 滞育幼虫。比例尺=1 mm。

A. First instar; B. Second instar; C. Third instar; D. Forth instar; E. Fifth instar (non-diapause);

F. Fifth instar (diapause). Scale bar=1 mm.

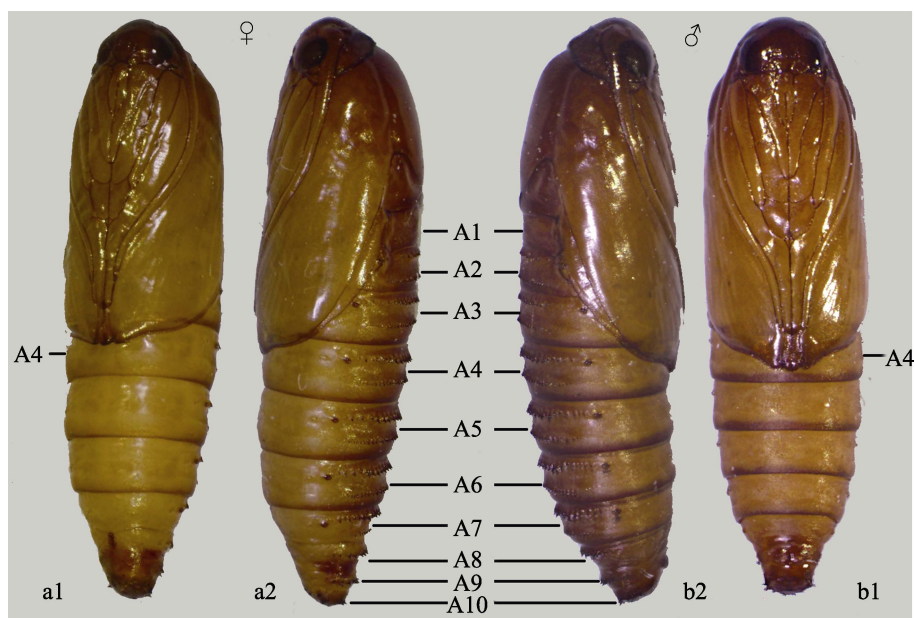


图3 蛹腹面和侧面

Fig. 3 Pupa ventral and lateral view

a1, a2: 雌蛹; b1, b2: 雄蛹; a1, b1: 腹面观; a2, b2: 侧面观; A1-A10: 第1至第10腹节。

a1, a2: Female pupa; b1, b2: Male pupa; a1, b1: Ventral view; a2, b2: Lateral view; A1-A10: I-X segments of abdomen.

2.2 苹果蠹蛾不同虫态雌雄个体的快速鉴别特征

2.2.1 苹果蠹蛾老熟幼虫雌雄个体的鉴别特征

室内饲养幼虫至 5 龄老熟阶段,肉眼观察老熟幼虫有明显区别,分为两类。其中,一类第 5 腹节背面体内有一对明显呈紫褐色“肾形”斑(图 2:E,图 4:A),另一类无明显斑(图 2:F,图 4:B)。经室内分类饲养至成虫,根据成虫产卵明确有斑为雄性,无斑为雌性。

2.2.2 苹果蠹蛾蛹雌雄个体的鉴别特征 苹果蠹蛾老熟幼虫化蛹后,明显可分为两类,最终根据成虫产卵特性鉴别两类蛹的雌雄。经鉴别,雄蛹腹面翅尖达到第 4 腹节后缘,翅尖后能见到 4 条明显体节线(图 3:b1, b2),第 8 腹节腹面无纵裂缝,第 9 腹节腹面中央有一纵裂缝,裂缝两

侧各有一半圆形的瘤状突起,此裂缝为第 9 腹节上的雄性生殖孔,裂缝离肛门的距离较近(图 5:♂);雌蛹翅尖长达第 4 腹节中部,翅尖后能见到 3 条明显体节线(图 3:a1, a2),第 8 腹节腹面前缘有一纵裂缝,裂缝较长,连接第 7、第 9 腹节,与腹节线相连形成类似“Y”形,该结构为第 8 腹节上的雌性生殖孔及产卵孔,裂缝两侧平坦,无突起,裂缝离肛门距离较远(图 5:♀)。如表 1 所示,雌雄蛹重量之间存在极显著差异,雌蛹明显重于雄蛹($T=4.44, P<0.01$)。

2.2.3 苹果蠹蛾成虫雌雄个体的鉴别特征 雌雄成虫,正面差异不大,雌雄成虫主要区别在于:雄虫前翅反面中室后缘有一黑褐色条斑(图 1:B),雌虫无此条斑(图 1:D);雄虫腹部狭长,抱器瓣常开张,呈钳状(图 1:C, D);雌成虫腹部圆筒状,末端较细(图 1:A, B)。



图 4 5 龄幼虫

Fig. 4 Fifth instar larvae

A. 雄性; B. 雌性; T1-T3: 胸部第 1 节至第 3 节; A1-A6: 腹部第 1 节至第 6 节; L: 胸部和腹部分界处。

A. Male; B. Female. T1-T3: Thorax I-III; A1-A6: Abdomen I-VI; L: The border between the thorax and the abdomen.

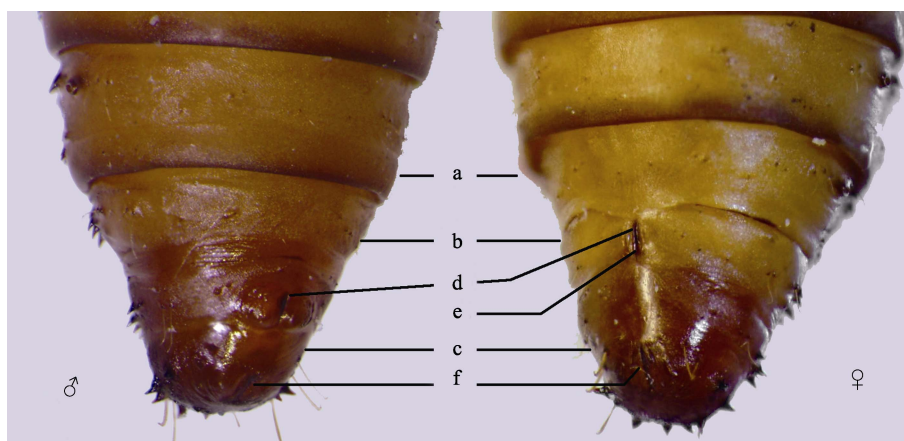


图 5 蛹腹部末端

Fig. 5 Terminal of pupa abdomen

a: 第 7 腹节; b: 第 8 腹节; c: 第 9 腹节; d: 生殖孔; e: 产卵孔; f: 肛门。

a: 7th abdominal segment; b: 8th abdominal segment; c: 9th abdominal segment; d: Gonopore; e: Oviposition hole; f: Anus.

3 结论与讨论

苹果蠹蛾是仁果类果树上的一种世界性毁灭性害虫, 主要通过 1-4 龄幼虫钻蛀取食为害, 5 龄幼虫即老熟幼虫停止取食, 开始爬到树皮裂缝处化蛹、羽化。研究结果发现, 卵的长轴为 (0.93 ± 0.11) mm, 略短于以往报道的 1.1-1.2 mm (周彦珍等, 2013; 索相敏等, 2015), 1-3 龄幼虫头壳宽度与 Peter 和 Mark (1987) 研究报道非常接近, 而 4 龄、5 龄幼虫略有差距, 幼虫各龄期间头壳宽度差异极显著, 可能是由于室内饲养与自然环境下成虫食物营养, 或者不同地理种群间的差异所致, 具体有待进一步研究。

苹果蠹蛾老熟幼虫、蛹及成虫的雌雄个体特征差异明显。本研究所描述的苹果蠹蛾幼虫雌雄个体差异特征与菜粉蝶 *Pieris rapae* Linnaeus (马平顺, 1987)、桐花树毛颚小卷蛾 *Lasiognatha cellifera* Meyrick (李德伟等, 2008)、小菜蛾 *Plutella xylostella* Linnaeus (陈艺欣等, 2011) 等鳞翅目幼虫极其相似, 均表现为雄性腹节背面有斑, 雌性则无; 苹果蠹蛾蛹雌雄个体的鉴别主要特征为: 雄蛹第 9 腹节上有一纵裂缝, 裂缝两侧各有一半圆形瘤状突起, 雌蛹第 8 腹节有一纵裂缝, 裂缝两侧平坦。与近年报道的桐花树毛颚小卷蛾 *Lasiognatha cellifera* Meyrick (李德伟等,

2008)、旋幽夜蛾 *Scotogramma trifolii* Rottemberg (赵琦等, 2011)、稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* Guenee (田卉和刘映红, 2012)、亚洲玉米螟 *Ostrinia rnalalis* Guenée (张军等, 2013)、香梨优斑螟 *Euzophera pyriella* Yang (张蒙等, 2014)、柑橘长卷蛾 *Homona coffearia* Meyrick (李莉玲等, 2015)、黑肾卷裙夜蛾 *Plecoptera oculata* Moore (刘怡等, 2015)、斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* Fabricius (林威鹏等, 2015)、甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* Hübner (赵晓峰等, 2016) 等鳞翅目蛹类似。通过观察苹果蠹蛾的蛹发现, 雄蛹翅尖后能见到 4 条明显体节线, 雌蛹翅尖后能见到 3 条明显体节线, 可以快速区分蛹的性别, 而且比观察外生殖孔的位置更直接, 可靠。

本研究提出的苹果蠹蛾老熟幼虫、蛹及成虫雌雄个体鉴别方法简单易行, 准确率可达 100%, 为快速监测苹果蠹蛾在果园中的性别比例、种群动态及开展准确的预测预报提供了有效便捷途径, 实践指导意见重大。

参考文献 (References)

- Cao AD, Qin QH, 2009. Prevent the diffusion and spread of the codling moth, *Cydia pomonella*. *Fruit Growers' Friend*, (8): 30.
[曹爱东, 秦庆红, 2009. 严防苹果蠹蛾的扩散与蔓延. 果农之友, (8): 30.]

- Chen YX, Tian HJ, Wei H, Zhan ZX, Huang YQ, 2011. A simple method for identifying sex of *Plutella xylosetella* (Linnaeus) larva, pupa and adult. *Fujian Journal of Agricultural Science*, 26(4): 611–614. [陈艺欣, 田厚军, 魏辉, 占志雄, 黄玉清, 2011. 小菜蛾幼虫、蛹和成虫的形态识别. 福建农业学报, 26(4): 611–614.]
- Li DW, Wu YJ, Jiang XJ, Qin YL, Zhao CJ, 2008. A method for identifying the sex of *Lasiognatha cellifera* larva, pupa and adult. *Chinese Bulletin of Entomology*, 45(3): 489–491. [李德伟, 吴耀军, 蒋学建, 秦元丽, 赵程劫, 2008. 鉴别桐花树毛蛾小卷蛾幼虫、蛹及成虫雌雄的方法. 昆虫知识, 45(3): 489–491.]
- Li LL, Lu J, Liu Y, Zhang M, Wen XJ, Li YZ, Xu ZC, 2015. Distinguishing the pupae and adults of *Homona coffearia* Meyrick. *China Plant Protection*, 35(2): 82–85. [李莉玲, 卢进, 刘怡, 张蒙, 温秀军, 李奕霞, 徐正春, 2015. 柑橘长卷蛾蛹和成虫鉴别. 中国植保导刊, 35(2): 82–85.]
- Li T, Cai B, Song W, Xu W, Zhao Q, Long QH, Bu WJ, Liu FX, Han YC, Li WD, Lin MG, 2013. Morphological and molecular identification of larvae of *Cydia pomonella* (Lepidoptera, Tortricidae). *Plant Quarantine*, 27(4): 58–61. [李腾, 蔡波, 宋文, 徐卫, 赵清, 龙琼华, 卜文俊, 刘福秀, 韩玉春, 李伟东, 林明光, 2013. 苹果蠹蛾幼虫的形态与分子鉴定. 植物检疫, 27(4): 58–61.]
- Lin WP, Peng L, Xiao TY, Cai KZ, 2015. A simple method for identifying sexuality of *Spodoptera litura* (Fabricius) pupae and adult. *Journal of Environmental Entomology*, 37(3): 685–687. [林威鹏, 彭莉, 肖桃艳, 蔡昆争, 2015. 一种鉴别斜纹夜蛾蛹及成虫雌雄的简易方法. 环境昆虫学报, 37(3): 685–687.]
- Liu Y, Li LL, Lu J, Zhang M, Wen XJ, Li YZ, 2015. Distinguishing the pupae and adults sexuality of *Plecoptera oculata* Moore. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 43(3): 318–319, 328. [刘怡, 李莉玲, 卢进, 张蒙, 温秀军, 李奕霞, 2015. 黑肾卷裙夜蛾雌雄蛹和成虫的鉴别. 山西农业科学, 43(3): 318–319, 328.]
- Ma PS, 1987. Distinguishing the larvae sexuality and age of *Pieris rapae* (L.). *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, (5): 27. [马平顺, 1987. 菜粉蝶幼虫雌雄鉴别与龄期观察. 山西农业科学, (5): 27.]
- Niu XJ, 2010. Identification and control techniques of *Cydia pomonella*. *Agricultural Technology and Information*, 17: 21–22. [牛向军, 2010. 苹果蠹蛾的识别与防治技术. 农业科技与信息, 17: 21–22.]
- Peter W, Mark EW, 1987. Head capsule widths as an indicator of the larval instar of codling moth (Lepidoptera: Olethreutidae). *The Great Lakes Entomologist*, 20(3): 147–150.
- Shen JR, Wan FH, Liu WX, Zhou ZS, Guo JY, 2015. Artificial feed and preparation method for mass-rearing codling moth. Chinese patent: CN104273383A, 01–14. [申建茹, 万方浩, 刘万学, 周忠实, 郭建英, 2015. 饲养苹果蠹蛾的人工饲料及其制备方法. 中国专利: CN104273383A, 01–14.]
- Suo XM, Wang XG, Hao J, Liu TZ, Bai RX, Li XY, Feng JZ, Yan XM, 2015. Biological characteristics and control measures of *Cydia pomonella* (Linnaeus). *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 19(4): 52–55. [索相敏, 王献革, 郝婕, 刘铁铮, 白瑞霞, 李学营, 冯建忠, 鄢新民, 2015. 苹果蠹蛾生物学特征与防治对策. 河北农业科学, 19(4): 52–55.]
- Tian H, Liu YH, 2012. A method for identifying sexuality of *Cnaphalocrocis medinalis* Guenee pupae. *Plant Doctor*, 25(5): 10–11. [田卉, 刘映红, 2012. 稻纵卷叶螟雌雄蛹的鉴别方法. 植物医生, 25(5): 10–11.]
- Zhou ZY, Zhang ZZ, Zhu YH, 2013. Identification and control of *Cydia pomonella*. *Northern Horticulture*, (21): 143–146. [周彦珍, 张志转, 朱永和, 2013. 苹果蠹蛾的识别与防治. 北方园艺, (21): 143–146.]
- Zhang J, Du Q, Wang ZY, Li QY, Wang YZ, 2013. A method for the rapid sex-determination of pupae of the Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(5): 1484–1488. [张军, 杜茜, 王振营, 李启云, 汪洋洲, 2013. 一种快速鉴别亚洲玉米螟雌雄的方法. 应用昆虫学报, 50(5): 1484–1488.]
- Zhang M, Ma T, Zhu XJ, Yang XC, Li YZ, Wen XJ, 2014. Sex identification of pupa and adult in *Euzophera pyriella* Yang. *Plant Protection*, 40(1): 119–121. [张蒙, 马涛, 朱雪姣, 杨兴翠, 李奕霞, 温秀军, 2014. 香梨优斑螟蛹和成虫的性别鉴定. 植物保护, 40(1): 119–121.]
- Zhang RZ, Wang FX, Zhang YL, Chen HJ, Luo JC, Wang QY, Liu WX, Ainiwaerl·MS, Pu CJ, Yan YG, Guo JM, Liu XY, Chen JG, Zhang ZF, Yang S, Xu JJ, Cui GZ, Xu J, 2012. Progress on monitoring and control of the codling moth, *Cydia pomonella* (L.). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 49(1): 37–42. [张润志, 王福林, 张雅林, 陈汉杰, 罗进仓, 王勤英, 刘万学, 艾尼瓦尔·木沙, 浦崇建, 严勇敢, 郭静梅, 刘星月, 陈继光, 张增福, 杨森, 许建军, 崔良中, 徐婧, 2012. 入侵生物苹果蠹蛾监测与防空技术研究. 应用昆虫学报, 49(1): 37–42.]
- Zhang XZ, 1957. Taxonomic notes on the codling moth, *Carpocapsa pomonella* L. in Sinkiang. *Acta Entomologica Sinica*, 7(4): 467–472. [张学祖, 1957. 苹果蠹蛾 (*Cydia pomonella* L.) 在我国的新发现. 昆虫学报, 7(4): 467–472.]
- Zhao Q, Zhang YH, Liu H, Cheng DF, 2011. A method used for distinguishing between the sexes of *Scotogramma trifolii*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(6): 1879–1881. [赵琦, 张云慧, 刘怀, 程登发, 2011. 鉴别旋幽夜蛾雌雄蛹的方法. 应用昆虫学报, 48(6): 1879–1881.]
- Zhao XF, Yang AD, Zhang MX, 2016. A method for the rapid sex-determination of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) pupae and adults. *Journal of Environmental Entomology*, 38(5): 1066–1070. [赵晓峰, 杨安嶝, 张茂新, 2016. 一种快速鉴别甜菜夜蛾蛹及成虫雌雄的简易方法. 环境昆虫学报, 38(5): 1066–1070.]