

草地贪夜蛾和其它五种重要鳞翅目害虫蛹的形态特征比较*

杨亚军** 郭嘉雯 钱佳宁 徐红星 吕仲贤***

(农产品质量安全危害因子与风险防控国家重点实验室, 浙江省农业科学院植物保护与微生物研究所, 杭州 310021)

摘 要 【目的】田间草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) 蛹与斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* Fabricius、甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* (Hübner)、粘虫 *Mythimna separata* (Walker)、棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner) 和亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* 5 种重要鳞翅目害虫蛹容易混淆。明确草地贪夜蛾与其它 5 种重要的鳞翅目害虫蛹的形态差异, 为田间鳞翅目害虫蛹的准确鉴别和田间调查提供依据。

【方法】采用体式显微镜拍照观察并分析草地贪夜蛾蛹、斜纹夜蛾蛹、甜菜夜蛾蛹、粘虫蛹、棉铃虫蛹和亚洲玉米螟蛹的外部形态特征, 根据相关特征差异编制了区分草地贪夜蛾与此 5 种鳞翅目害虫的检索表和快速区分表。【结果】草地贪夜蛾蛹主要特征为中足末端到达下颚末端之前, 触角末端到达中足末端之前; 中胸背板前缘略直; 第 4-7 腹节背面前缘着生多行粗点刻; 腹部末端臀棘上着生 1 对基部分开呈八字形的刺。草地贪夜蛾蛹腹部末端臀棘部位与其它 5 种害虫均不相同, 辅以附肢位置、中胸背板前缘线和腹部点刻等特征可以准确将其与斜纹夜蛾、甜菜夜蛾、粘虫、棉铃虫和亚洲玉米螟的蛹区分。斜纹夜蛾中胸背板前缘线和臀棘上的刺与草地贪夜蛾有异; 甜菜夜蛾下颚与中足位置及臀棘上的刺与草地贪夜蛾有异; 粘虫腹部点刻和臀棘上的刺与草地贪夜蛾有异; 棉铃虫触角末端位置和腹部末端的刺与草地贪夜蛾有异; 亚洲玉米螟腹足遗迹和臀棘上的刺与草地贪夜蛾有异。【结论】根据蛹的结构特征, 可以区分草地贪夜蛾与斜纹夜蛾、甜菜夜蛾、粘虫、棉铃虫和亚洲玉米螟等害虫的蛹。

关键词 草地贪夜蛾; 斜纹夜蛾; 甜菜夜蛾; 粘虫; 棉铃虫; 亚洲玉米螟; 蛹; 形态特征

Comparison of the morphological characteristics of *Spodoptera frugiperda* pupae with those of five other lepidopteran pest species

YANG Ya-Jun** GUO Jia-Wen QIAN Jia-Ning XU Hong-Xing LÜ Zhong-Xian***

(State Key Laboratory for Managing Biotic and Chemical Threats to the Quality and Safety of Agro-products, Institute of Plant Protection and Microbiology, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China)

Abstract 【Objectives】The pupae of *Spodoptera frugiperda* are easily confused with those of other lepidopteran pests, including *S. litura*, *S. exigua*, *Mythimna separata*, *Helicoverpa armigera*, and *Ostrinia furnacalis*. Documenting morphological differences between the pupae of these species will therefore facilitate the accurate identification of lepidopteran pests in the field. 【Methods】The external morphological characteristics of *S. frugiperda*, *S. litura*, *S. exigua*, *M. separata*, *H. armigera* and *O. furnacalis* pupae were observed under a microscope, and a key table and rapid discrimination table compiled to distinguish those of *S. frugiperda* from those of the other species. 【Results】The main diagnostic characteristics of *S. frugiperda* pupae were the midleg extending beyond the end of the maxillae, the antenna reaching the end of the midleg, the slightly straight front edge of the mesonotum, multiple lines of thick dots on the dorsal anterior edge of the 4th-7th abdominal segment and a pair of terminal spines with a wide angle of separation at the tip of the abdomen. This difference between the

*资助项目 Supported projects: 浙江省重点研发计划项目 (2020C02001; 2020C02003); 浙江省三农六方项目 (2020SNLF017); 浙江省农业科学院新技术推广项目 (TG2020004)

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

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: luzxmh@163.com

收稿日期 Received: 2021-04-19; 接受日期 Accepted: 2021-09-17

terminal spines of *S. frugiperda* and those of *S. litura*, *S. exigua*, *M. separata*, *H. armigera*, and *O. furnacalis* is the main diagnostic feature distinguishing *S. frugiperda* from the other species. In addition, differences in the position of the external grooves (sutures) between the tips of appendages, the slightly straight front edge of mesonotum and the presence of abdominal spots are also diagnostic. *S. litura* differs from *S. frugiperda* in the shape of the front edge of mesonotum and the terminal spines on the tip of abdomen. *S. exigua* differs from *S. frugiperda* in the position of the maxillae and midleg and the terminal spines on the tip of abdomen. *M. separata* can be distinguished from *S. frugiperda* by the absence of abdominal spots and the terminal spines on the tip of abdomen. *H. armigera* differs from *S. frugiperda* in the position of the end of the antennae and the terminal spines on the tip of the abdomen. *O. furnacalis* differs from *S. frugiperda* in the structure of the abdominal legs and the terminal spines on the tip of the abdomen. **[Conclusion]** The pupae of *S. frugiperda*, *S. litura*, *S. exigua*, *M. separata*, *H. armigera*, and *O. furnacalis* can be distinguished on the basis of morphological characteristics.

Key words *Spodoptera frugiperda*; *Spodoptera litura*; *Spodoptera exigua*; *Mythimna separata*; *Helicoverpa armigera*; *Ostrinia furnacalis*; pupae; morphological characteristics

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) 属鳞翅目 Lepidoptera 夜蛾科 Noctuidae, 原产于美洲, 是一种重要的农业害虫 (Luginbill, 1928; 姜玉英等, 2019a)。该虫食量大、繁殖力强, 可随贸易活动和季风迁飞 (Casmuze *et al.*, 2010; 吴秋琳等, 2019)。2016 年该虫侵入尼日利亚和加纳, 随后在非洲大陆扩散; 2018 年在印度发现, 并在东南亚等国扩散; 2018 年 12 月侵入我国云南省, 并迅速扩散至其他 26 个省区 (Goergen *et al.*, 2016; Cock *et al.*, 2017; Brévault *et al.*, 2018; FAO, 2018, 2019; CABI, 2019; Sun *et al.*, 2021; 全国农业技术推广服务中心, 2019)。目前, 该虫已在 113 个国家和地区发生 (CABI, 2019)。草地贪夜蛾可以取食玉米、棉花、水稻、甘蔗等多种农作物, 目前记载的寄主作物 350 种以上 (Casmuze *et al.*, 2010; Montezano *et al.*, 2018)。草地贪夜蛾的发生给所在国和地区的农业生产带来严重威胁。

草地贪夜蛾整个生活史包括卵、幼虫、蛹和成虫四个虫态, 以幼虫取食植物造成受害。草地贪夜蛾幼虫主要特征为其头部区域的倒“Y”形纹和第八腹节背面呈正方形排列的大黑斑 (郭井菲等, 2019)。草地贪夜蛾雄虫典型特征为前翅具有淡黄色、椭圆形的环形斑, 环形斑下角有一白色的楔形纹, 翅外缘有一近三角形的白斑, 雌虫前翅为灰褐色或灰色和棕色的杂色, 无明显斑纹 (郭井菲等, 2019)。掌握草地贪夜蛾形态特征将有助于草地贪夜蛾的识别与调查。目前, 关于草地贪夜蛾幼虫和成虫的形态特征识别及其

与其它鳞翅目害虫的比较报道较多 (郭井菲等, 2019; 孔德英等, 2019; 赵胜园等, 2019; 冯波等, 2020; 魏靖等, 2020; 李妍颖等, 2021)。在生产实践中, 农技人员接触到鳞翅目害虫蛹时, 很难准确判断属于哪种害虫, 一般要等到蛹羽化成虫后再进行鉴定。弄清草地贪夜蛾蛹的鉴别特征, 可以及时调查草地贪夜蛾蛹期种群状况。草地贪夜蛾、斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* Fabricius、甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* (Hübner)、粘虫 *Mythimna separata* (Walker)、棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner)、亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* 均可受害玉米, 它们蛹容易混淆, 生产上科技人员难以区分, 严重影响相关害虫蛹期种群数量监测。本文选取以上 6 种鳞翅目害虫分别观察并描述了其蛹的外部形态特征, 并针对这 6 种重要的鳞翅目害虫制定了蛹的检索表, 为相关害虫的识别与数量监控奠定基础。

1 材料与方法

1.1 供试虫源及饲养

草地贪夜蛾采自云南省西双版纳, 在浙江省农业科学院植物保护与微生物研究所室内以人工饲料饲养。斜纹夜蛾、甜菜夜蛾、粘虫、棉铃虫、亚洲玉米螟购自河南省济源白云实业有限公司, 室内以人工饲料饲养。室内饲养环境温度 (26 ± 1) °C, 相对湿度 $65\% \pm 5\%$, 光周期 L:D=14:10。收集以上 6 种昆虫的雌雄蛹, 备用。

1.2 鳞翅目蛹的形态观察

选取草地贪夜蛾、斜纹夜蛾、甜菜夜蛾、粘虫、棉铃虫和亚洲玉米螟雌雄蛹, 用 CO_2 麻醉 1 min, 利用 Olympus SZX10 型体视显微镜对蛹的腹面及背面整体观察并拍照, 然后对附肢、胸部背面观、腹部腹面、腹节背面和腹部末端等部位进行局部观察并拍摄照片。根据照片对此 6 种昆虫蛹特征进行详细描述, 并比较它们之间的差异, 编制检索表和快速区分表。

2 结果与分析

2.1 鳞翅目害虫蛹的形态特征

鳞翅目蛹分为头、胸和腹部三个部分。背面

观头、胸和腹部较为明显, 腹面观可见翅芽、触角、足等附肢和腹节 (图 1)。

2.2 草地贪夜蛾蛹的形态特征

草地贪夜蛾蛹的整体形态和局部结构照片见图 2。蛹体红棕色 (图 2: A, B)。头部向腹面倾斜。下唇须细长 (图 2: B, C)。下颚末端达翅芽末端之前 (图 2: C)。前足腿节可见, 前足末端达下颚 1/2 以上处 (图 2: B)。中足前端夹于前足与触角之间, 中足末端到达翅芽末端和下颚末端之前 (图 2: B, C)。触角末端到达中足末端之前 (图 2: C)。后足在下颚末端之后略露 (图 2: C)。

中胸背板前缘略直 (图 2: D)。第 3 腹节背面前缘着生稀疏细小点刻 (图 2: G)。第 4-7 腹

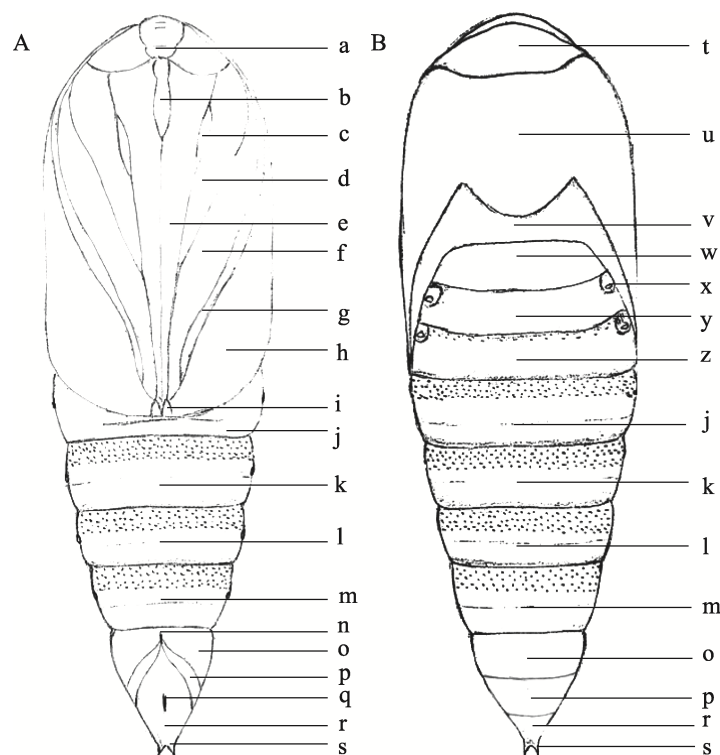


图 1 鳞翅目害虫蛹结构示意图

Fig. 1 Schematic diagram of structure of pupa of Lepidoptera pests

A. 腹面观; B. 背面观。A. Dorsal view; B. Ventral view.

- a: 上唇; b: 下唇须; c: 前足腿节; d: 前足; e: 下颚; f: 中足; g: 触角; h: 翅芽; i: 后足; j: 第 4 腹节; k: 第 5 腹节; l: 第 6 腹节; m: 第 7 腹节; n: 生殖孔; o: 第 8 腹节; p: 第 9 腹节; q: 肛门; r: 第 10 腹节; s: 臀棘; t: 前胸背板; u: 中胸背板; v: 后胸背板; w: 第 1 腹节; x: 气门; y: 第 2 腹节; z: 第 3 腹节。
- a: Labrum; b: Labial palp; c: Femur of foreleg; d: Foreleg; e: Maxillae; f: Midleg; g: Antenna; h: Wing buds; i: Hindleg; j: The 4th abdominal segment; k: The 5th abdominal segment; l: The 6th abdominal segment; m: The 7th abdominal segment; n: Genital opening; o: The 8th abdominal segment; p: The 9th abdominal segment; q: Anal opening; r: The 10th abdominal segment; s: Terminal spines; t: Pronotum; u: Mesonotum; v: Metanotum; w: The 1st abdominal segment; x: Spiracles; y: The 2nd abdominal segment; z: The 3rd abdominal segment.

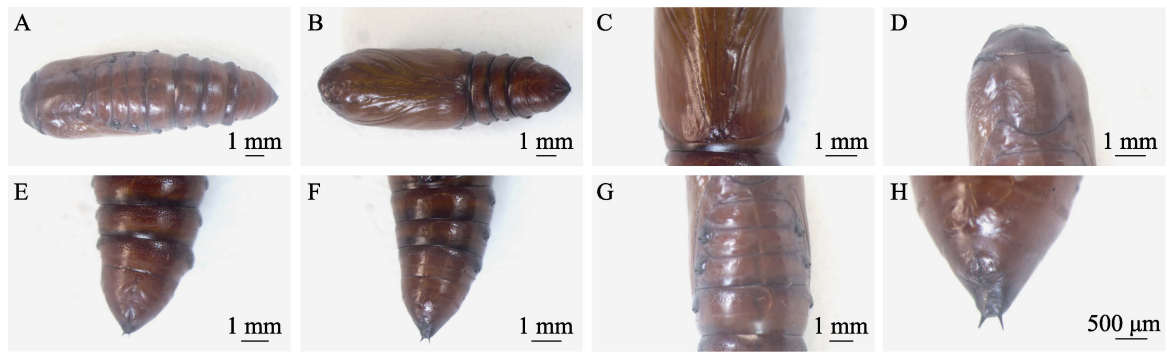


图 2 草地贪夜蛾蛹的形态特征

Fig. 2 Morphological characteristics of *Spodoptera frugiperda* pupa

A. 背面观; B. 腹面观; C. 附肢; D. 胸部背面观; E. 雌蛹腹部腹面; F. 雄蛹腹部腹面;

G. 第 1 至第 4 腹节背面; H. 腹部末端臀棘。

A. Dorsal view; B. Ventral view; C. External grooves (sutures) between tip of rudiments of appendages; D. Thorax in dorsal view; E. Female abdomen in ventral view; F. Male abdomen in ventral view; G. The 1st-4th abdominal segment in dorsal view; H. Terminal spines at tips of abdomen in ventral view.

节背面和第 5-7 腹节腹面前缘中央部分深褐色, 着生多行粗点刻, 点刻为圆形或椭圆形, 中央凹陷, 后缘黑色 (图 2: A, E, F)。气门黑色, 椭圆形, 外凸 (图 2: G)。腹部末端有短而粗的臀棘, 其上着生刺 1 对, 两根刺基部分开, 呈八字形 (图 2: H)。

2.3 斜纹夜蛾蛹的形态特征

斜纹夜蛾蛹的整体形态和局部结构照片见图 3。蛹体红棕色 (图 3: A, B)。头部向腹面倾斜。下唇须可见, 细长 (图 3: B, C)。下颚

末端达翅芽末端之前 (图 3: C)。前足腿节可见, 前足末端到达下颚 1/2 以上处 (图 3: B, C)。中足前端夹于前足与触角之间, 中足末端到达下颚末端之前 (图 3: B, C)。触角末端止于中足末端之前 (图 3: C)。后足在下颚末端之后露出 (图 3: C)。

中胸背板前缘线中部向上突起 (图 3: D)。第 3 腹节背面前缘着生 1 行稀疏点刻 (图 3: G)。第 4-7 腹节背面和第 5-7 腹节腹面前缘着生多行密而细的点刻, 点刻为圆形或椭圆形, 中央凹陷, 后缘黑色 (图 3: A, E, F)。气门黑色, 椭圆形,

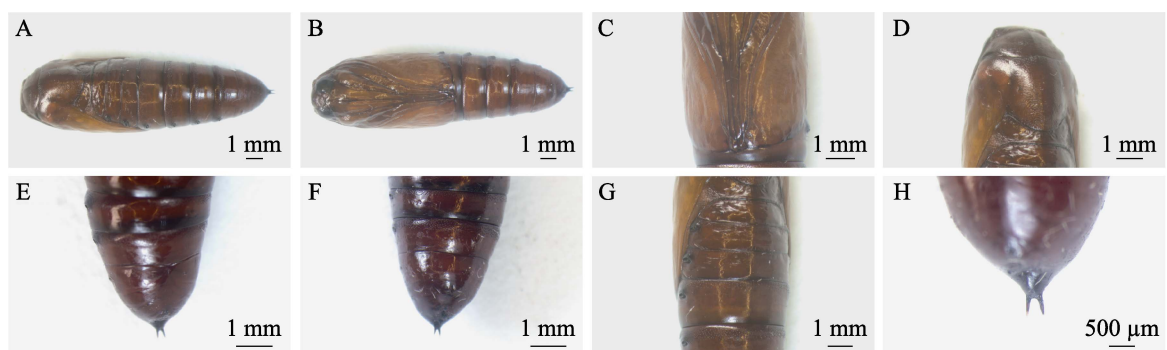


图 3 斜纹夜蛾蛹的形态特征

Fig. 3 Morphological characteristics of *Spodoptera litura* pupa

A. 背面观; B. 腹面观; C. 附肢; D. 胸部背面观; E. 雌蛹腹部腹面; F. 雄蛹腹部腹面;

G. 第 1 至第 4 腹节背面; H. 腹部末端臀棘。

A. Dorsal view; B. Ventral view; C. External grooves (sutures) between tip of rudiments of appendages; D. Thorax in dorsal view; E. Female abdomen in ventral view; F. Male abdomen in ventral view; G. The 1st-4th abdominal segment in dorsal view; H. Terminal spines at tips of abdomen in ventral view.

外凸向后倾斜, 气门会后有凹陷的空腔, 略比气门小(图 3: G)。腹部末端有短而粗的臀棘, 其上着生刺 1 对, 刺基部近似平行向外分开(图 3: H)。

2.4 甜菜夜蛾蛹的形态特征

甜菜夜蛾蛹的整体形态和局部结构照片见图 4。蛹体红棕色(图 4: A, B)。体长 10-13mm。下唇须可见, 细长(图 4: B, C)。下颚末端达中足末端之前, 未达翅芽末端(图 4: B, C)。前足腿节可见, 前足末端达下颚 1/2 以上处(图

4: B, C)。触角末端到达中足末端之前(图 4: B, C)。中足末端到达翅芽末端之前(图 4: B, C)。后足在下颚末端之后略露(图 4: C)。

中胸背板前缘略直, 两侧略呈圆弧形(图 4: D)。第 2 和 3 腹节背面前缘中部有稀疏圆形点刻(图 4: G)。第 4-7 腹节背面和第 5-7 腹节腹面前缘中央部分深褐色, 着生多行粗点刻, 点刻为圆形或椭圆形, 中央凹陷, 后缘黑色(图 4: A, E, F)。气门黑色, 椭圆形, 外凸(图 4: G)。腹部末端有短而粗的臀棘, 臀棘末端着一对刺, 基部分开, 背板着生一对刺(图 4: H)。

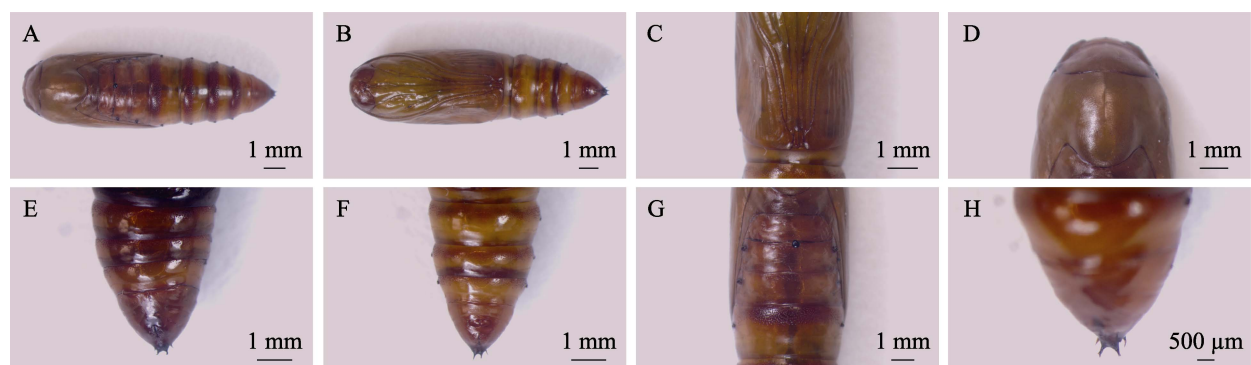


图 4 甜菜夜蛾蛹的形态特征

Fig. 4 Morphological characteristics of *Spodoptera exigua* pupa

A. 背面观; B. 腹面观; C. 附肢; D. 胸部背面观; E. 雌蛹腹部腹面; F. 雄蛹腹部腹面;

G. 第 1 至第 4 腹节背面; H. 腹部末端臀棘。

A. Dorsal view; B. Ventral view; C. External grooves (sutures) between tip of rudiments of appendages; D. Thorax in dorsal view; E. Female abdomen in ventral view; F. Male abdomen in ventral view; G. The 1st-4th abdominal segment in dorsal view; H. Terminal spines at tips of abdomen in ventral view.

2.5 粘虫蛹的形态特征

粘虫蛹的整体形态和局部结构照片见图 5。蛹体红褐色(图 5: A, B)。下唇须细长, 下颚末端达翅芽末端(图 5: B, C)。前足腿节可见, 前足末端到达下颚 1/2 以上处(图 5: B, C)。中足前端夹于前足与触角之间, 中足末端和触角末端止于下颚末端之前(图 5: B, C)。翅芽末端到达第 4 腹节后缘(图 5: C)。后足末端在下颚和翅芽末端之间略露(图 5: C)。

中胸背板前缘略向下凹呈弧形(图 5: D)。第 5-7 腹节背面近前缘着生一系列较大的点刻, 点刻为前半部深褐色, 点刻之间距离不规则, 后缘向上突起, 看似一系列不规则的波浪形缺刻(图 5:

A, G)。第 1-4 腹节背面、第 5-7 腹节背面前缘及两侧和腹面前缘还散生细小点刻(图 5: A, E-G)。臀棘不显著, 光滑, 臀棘末端中央着生较粗深褐色长刺 1 对, 长刺两侧各生黄色细钩刺 1 个, 臀棘背方又着生黄色细钩刺 1 对, 这两对细钩刺基部不粗(图 5: H)。

2.6 棉铃虫蛹的形态特征

棉铃虫蛹的整体形态和局部结构照片见图 6。蛹体赤褐至黑褐色(图 6: A, B)。下唇须细长(图 6: B, C)。下颚末端到达翅芽末端(图 6: C)。前足腿节可见, 前足末端到达下颚 1/2 以上处(图 6: B, C)。中足前端夹于前足与触角之间, 中足末端在下颚和翅芽末端之前(图 6:

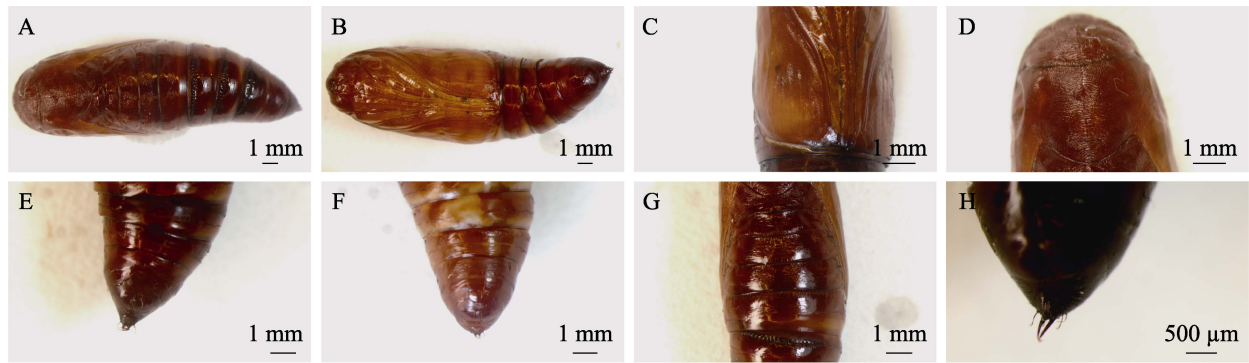


图 5 粘虫蛹的形态特征

Fig. 5 Morphological characteristics of *Mythimna separata* pupa

- A. 背面观; B. 腹面观; C. 附肢; D. 胸部背面观; E. 雌蛹腹部腹面; F. 雄蛹腹部腹面;
G. 第 1 至第 4 腹节背面; H. 腹部末端臀棘。
A. Dorsal view; B. Ventral view; C. External grooves (sutures) between tip of rudiments of appendages;
D. Thorax in dorsal view; E. Female abdomen in ventral view; F. Male abdomen in ventral view; G. The 1st-4th
abdominal segment in dorsal view; H. Terminal spines at tips of abdomen in ventral view.

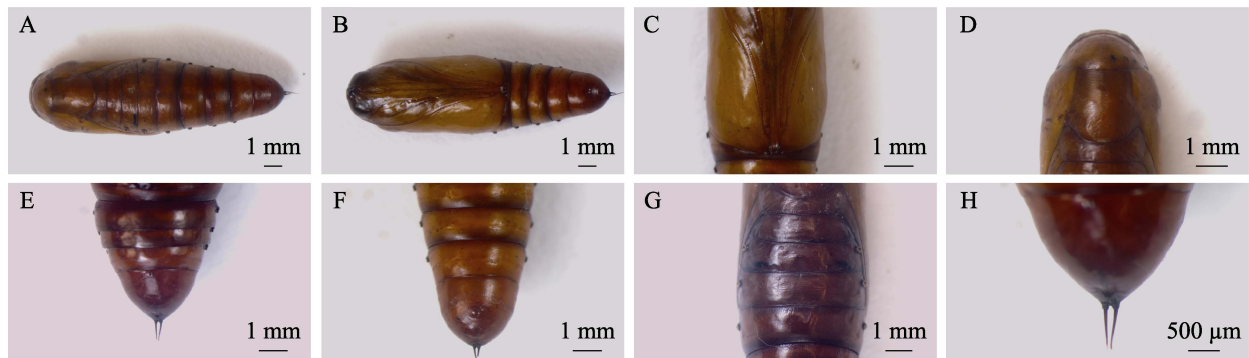


图 6 棉铃虫蛹的形态特征

Fig. 6 Morphological characteristics of *Helicoverpa armigera* pupa

- A. 背面观; B. 腹面观; C. 附肢; D. 胸部背面观; E. 雌蛹腹部腹面; F. 雄蛹腹部腹面;
G. 第 1 至第 4 腹节背面; H. 腹部末端臀棘。
A. Dorsal view; B. Ventral view; C. External grooves (sutures) between tip of rudiments of appendages;
D. Thorax in dorsal view; E. Female abdomen in ventral view; F. Male abdomen in ventral view; G. The 1st-4th
abdominal segment in dorsal view; H. Terminal spines at tips of abdomen in ventral view.

B, C)。触角末端到达翅芽约 4/5 处 (图 6: B, C)。后足在下颚末端之后略露 (图 6: C)。

中胸背板前缘略直 (图 6: D)。第 5-7 腹节背面和腹面前缘有 7-8 排较稀疏的半圆形刻点 (图 6: A, E-G)。气门较大, 围孔片呈筒状突起较高 (图 6: G)。腹部末端有一对臀刺, 刺基部分开 (图 6: H)。

2.7 亚洲玉米螟蛹的形态特征

亚洲玉米螟蛹的整体形态和局部结构照片

见图 7。蛹体黄褐色 (图 7: A, B)。下唇须很小。下颚须呈三角形, 下颚须后缘与前足前端相接 (图 7: B, C)。下颚末端与中足末端平齐 (图 7: B, C)。前足腿节可见 (图 7: B)。触角末端到达翅芽末端 (图 7: C)。中足末端和下颚末端在触角末端之前 (图 7: C)。后足末端可见, 在下颚和中足末端之后 (图 7: C)。翅芽未到达第 4 腹节后缘 (图 7: C)。

中胸背板前缘略平 (图 7: D)。腹部背面有颗粒状突起, 并着生刚毛 (图 7: A, G)。第 1-7

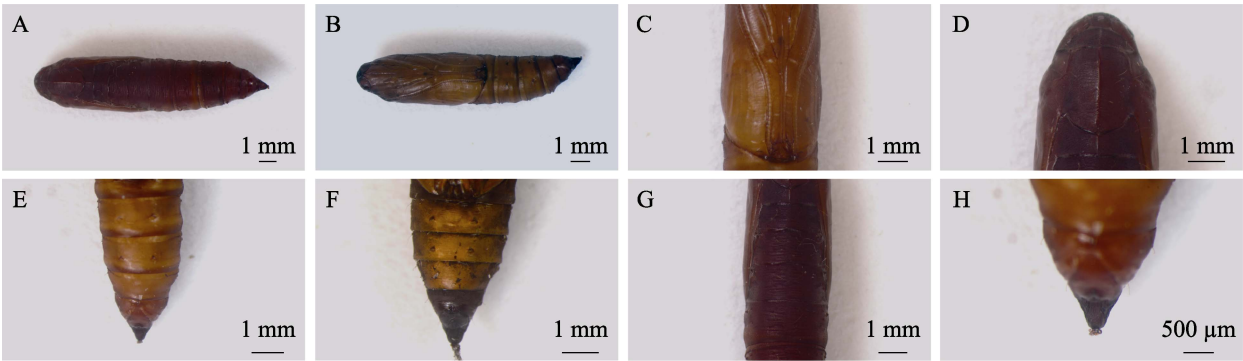


图 7 亚洲玉米螟蛹的形态特征
Fig.7 Morphological characteristics of *Ostrinia furnacalis* pupa

A. 背面观; B. 腹面观; C. 附肢; D. 胸部背面观; E. 雌蛹腹部腹面; F. 雄蛹腹部腹面;
G. 第 1 至第 4 腹节背面; H. 腹部末端臀棘。
A. Dorsal view; B. Ventral view; C. External grooves (sutures) between tip of rudiments of appendages; D. Thorax in dorsal view; E. Female abdomen in ventral view; F. Male abdomen in ventral view; G. The 1st-4th abdominal segment in dorsal view; H. Terminal spines at tips of abdomen in ventral view.

腹节各节有突起的横皱纹(图 7: A)。第 5-7 腹节各节前缘有突边板(图 7: E, F)。第 5 和 6 腹节腹面各有腹足遗迹 1 对(图 7: E, F)。腹部末端臀棘较长,末端有较短的小钩刺 5-8 根(图 7: H)。

2.8 6 种鳞翅目害虫蛹的检索表

根据以上 6 种鳞翅目害虫蛹的特征,建立了检索表和快速区分表(表 1)。

6 种常见鳞翅目害虫蛹的检索表

1 腹部有突起的横皱纹,第 5 和 6 腹节腹面各有 1 对腹足遗迹.....	亚洲玉米螟
1'腹部无突起的横皱纹,无腹足遗迹.....	2
2 下颚末端到达中足末端之前.....	甜菜夜蛾
2'中足末端与下颚末端平齐或到达下颚末端之前.....	3
3 第 5-7 腹节背面近前缘着生一系列较大的、看似一系列不规则的波浪形缺刻.....	粘虫
3'腹节背面无波浪形缺刻.....	4
4 中胸背板前缘中部略向上突起.....	斜纹夜蛾
4'中胸背板前缘中部略直.....	5
5 腹部末端针状臀刺一对,基部分开。触角末端到达翅芽末端约 4/5 处.....	棉铃虫
5'腹部末端臀棘短而粗,两根刺基部分开,呈八字形。触角末端到达翅芽末端约 7/8 处.....	草地贪夜蛾

3 讨论

草地贪夜蛾自 2018 年 12 月 11 日侵入我国以来,全国 26 个省(市、区)1 524 个县(区、市)见虫,22 个省份发现了草地贪夜蛾幼虫,实际发生面积 112.5 万 hm²,其中玉米发生面积占 98.1%(Sun *et al.*, 2019; 全国农业技术推广服务中心, 2019)。草地贪夜蛾不滞育,冬季分布取决于温度的高低(姜玉英等, 2019b)。2019 年 12 月-2020 年 3 月初,浙江、湖南、江西和重

庆 4 省(市)的 16 个市 27 个县(市、区)在 30 个点查到活虫(蛹)(姜玉英等, 2021)。张同强等(2021)认为草地贪夜蛾在冬季气温低于 0 ℃的时间连续超过 40 d 的地区不能越冬。冬春季节气温升高可能会导致草地贪夜蛾越冬区域扩大。因此,摸清草地贪夜蛾的越冬区域和发生面积对于开展草地贪夜蛾种群监测与防控具有重要意义,加强草地贪夜蛾的动态监测与防控是遏制草地贪夜蛾扩散与为害的重要措施,而快速准确识别草地贪夜蛾是开展相关工作的前提。

表 1 草地贪夜蛾蛹与其它 5 种鳞翅目害虫蛹差异快速区分表
Table 1 Rapid classification characteristics of pupae among *Spodoptera frugiperda* and other five species of Lepidopteron pests

物种 Species	特征 Characteristics	草地贪夜蛾相应特征 Characteristics of <i>Spodoptera frugiperda</i>
斜纹夜蛾 <i>Spodoptera litura</i>	中胸背板前缘线中部向上突起。臀棘上两根刺基部近似平行向外分开	中胸背板前缘略直。臀棘上两根刺基部呈八字形分开
甜菜夜蛾 <i>Spodoptera exigua</i>	下颚末端到达中足末端之前臀棘常有两对刺，臀棘末端一对，背板一对	中足末端到达下颚末端之前腹部末端有短而粗的臀棘，臀棘上两根刺基部呈八字形分开
粘虫 <i>Mythimna separata</i>	臀棘不显著，生较粗深褐色长刺一对，长刺两侧各生黄色细钩刺一个，臀棘背方又生黄色细钩刺一对	腹部末端有短而粗的臀棘，臀棘上两根刺基部呈八字形分开 腹节背面无波浪形缺刻
棉铃虫 <i>Helicoverpa armigera</i>	触角末端达翅芽约 4/5 处。腹部末端针状臀刺一对，基部分开	触角末端到达翅芽约 7/8 处。腹部末端有短而粗的臀棘，臀棘上两根刺基部呈八字形分开
亚洲玉米螟 <i>Ostrinia furnacalis</i>	第 5-6 腹节腹面各有 1 对腹足遗迹 腹部末端臀棘较长，末端有短钩刺 5-8 根	无腹足遗迹 腹部末端有短而粗的臀棘，臀棘上两根刺基部呈八字形分开

目前，有关草地贪夜蛾幼虫和成虫的形态特征描述的报道较多，且农技人员易于掌握。郭井菲等（2019）描述了草地贪夜蛾的形态特征，重点比较了其与其甜菜夜蛾、斜纹夜蛾和粘虫幼虫和成虫的差异，为田间草地贪夜蛾的识别与鉴定奠定了基础。冯波等（2020）筛选了草地贪夜蛾成虫的翅和外生殖器的形态特征，用于其与斜纹夜蛾和甜菜夜蛾的区分。然而，田间草地贪夜蛾与其它鳞翅目害虫混合发生时，基层工作人员根据蛹的外部形态很难区分草地贪夜蛾蛹与其它鳞翅目害虫蛹，严重影响越冬虫源调查与监测工作。

目前，草地贪夜蛾蛹的形态特征的相关报道较为简单，且缺乏与其它相似鳞翅目害虫蛹的比较研究（孔德英等，2019；郭井菲等，2019），农技人员难以将其与其它相近的鳞翅目害虫蛹区分。本研究结果发现，草地贪夜蛾蛹腹部末端臀棘部位与其它 5 种害虫均不相同，辅以附肢位置、腹部点刻等特征可以准确将其与斜纹夜蛾、甜菜夜蛾、粘虫、棉铃虫、亚洲玉米螟等害虫的蛹区分开。斜纹夜蛾中胸背板前缘线和臀棘上的刺与草地贪夜蛾有异；甜菜夜蛾下颚与中足位置和臀棘上的刺与草地贪夜蛾有异；粘虫腹部点刻和臀棘上的刺与草地贪夜蛾有异；棉铃虫触角位

置和腹部末端的臀刺与草地贪夜蛾有异；亚洲玉米螟腹足遗迹和臀棘上的刺与草地贪夜蛾有异。本研究根据草地贪夜蛾、斜纹夜蛾、甜菜夜蛾、粘虫、棉铃虫和亚洲玉米螟 6 种鳞翅目害虫蛹的特征，编制了检索表，并建立了草地贪夜蛾与其它 5 种鳞翅目害虫蛹差异的快速区分表，这将有助于基层农技人员快速区分并识别田间不同害虫的蛹，为测报监测奠定基础。另外，将这些识别特征数字化，可以开发出相应的数字化识别技术，推动草地贪夜蛾及其它 5 种重要鳞翅目害虫蛹的识别与监测。

参考文献 (References)

- Brévault T, Ndiaye A, Badiane D, Bal AM, Sembène M, Silvie P, Haran J, 2018. First records of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), in Senegal. *Entomologia Generalis*, 37(2): 129–142.
- CABI, 2019. Datasheet *Spodoptera frugiperda* (fall armyworm), invasive species compendium, https://www.cabi.org/isc/datasheet/29810#94987198-9f50-4173-8bbd-30bd93840e73?tdsourcetag=s_pcqq_aiomsg.
- Casmuze A, Juárez ML, SocíasMG, Murúa MG, Prieto S, Medina S, Willink E, Gastaminza G, 2010. Review of the host plants of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 69(3/4): 209–231.

- Cock MJW, Beseh PK, Buddie AG, Cafà G, Crozier J, 2017. Molecular methods to detect *Spodoptera frugiperda* in Ghana, and implications for monitoring the spread of invasive species in developing countries. *Scientific Reports*, 7(1): 4103.
- FAO, 2018. Fall armyworm keeps spreading and becomes more destructive. <http://www.fao.org/news/story/en/item/1142085/icode/>.
- FAO, 2019. First detection of fall armyworm in China. Rome, Italy: FAO. <https://www.ippc.int/fr/news/first-detection-of-fall-armyworm-in-China/>.
- Feng B, Guo QS, Wang HJ, Pan LM, Du YJ, 2020. Accurate identification of *Spodoptera frugiperda* (Smith). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 57(4): 877–888. [冯波, 郭前爽, 王浩杰, 潘烈明, 杜永均, 2020. 草地贪夜蛾的准确鉴定. 应用昆虫学报, 57(4): 877–888.]
- Guo JF, Jing DP, Tai HK, Zhang AH, He KL, Wang ZY, 2019. Morphological characteristics of *Spodoptera frugiperda* in comparison with three other Lepidopteran species with similar injury characteristics and morphology in corn fields. *Plant Protection*, 45(2): 7–12. [郭井菲, 静大鹏, 太红坤, 张爱红, 何康来, 王振营, 2019. 草地贪夜蛾形态特征及与 3 种玉米田为害特征和形态相近鳞翅目昆虫的比较. 植物保护, 45(2): 7–12.]
- Goergen G, Kumar PL, Sankung SB, Togola A, Tamò M, 2016. First report of outbreaks of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), a new alien invasive pest in west and central Africa. *PLoS ONE*, 11(10): e0165632.
- Jiang YY, Liu J, Zhu XM, 2019a. Occurrence and trend of *Spodoptera frugiperda* invasion in China. *China Plant Protection*, 39(2): 33–35. [姜玉英, 刘杰, 朱晓明, 2019a. 草地贪夜蛾侵入我国的发生动态和未来趋势分析. 中国植保导刊, 39(2): 33–35.]
- Jiang YY, Liu J, Xie MC, Li YH, Yang JL, Zhang ML, Qiu K, 2019b. Observation on law of diffusion damage of *Spodoptera frugiperda* in China in 2019. *Plant Protection*, 45(6): 10–19. [姜玉英, 刘杰, 谢茂昌, 李亚红, 杨俊杰, 张曼丽, 邱坤, 2019b. 2019 年我国草地贪夜蛾扩散为害规律观测. 植物保护, 45(6): 10–19.]
- Jiang YY, Liu J, Wu QL, Ciren ZG, Zeng J, 2021. Investigation on winter breeding and overwintering areas of *Spodoptera frugiperda* in China. *Plant Protection*, 47(1): 212–217. [姜玉英, 刘杰, 吴秋琳, 次仁卓嘎, 曾娟, 2021. 我国草地贪夜蛾冬繁区和越冬区调查. 植物保护, 47(1): 212–217.]
- Kong DY, Sun T, Teng SN, Ye J, 2019. Identification of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* and the similar species in morphology. *Plant Quarantine*, 33(4): 37–40. [孔德英, 孙涛, 滕少娜, 叶军, 2019. 草地贪夜蛾及其近似种的鉴定. 植物检疫, 33(4): 37–40.]
- Luginbill P, 1928. The Fall Army Worm. New York: USDA Technology Bulletin. 34: 91.
- Li YY, He KH, Yang QY, Wu AL, Wu JX, 2021. Comparison of larval pinacula on back of eighth abdominal segment (a8) among *Spodoptera* and four common Lepidopteron species in maize field. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 30(2): 313–319. [李妍颖, 何柯杭, 杨勤元, 武爱玲, 仵均祥, 2021. 草地贪夜蛾与玉米田其他 4 种常见鳞翅目幼虫第 8 腹节背面毛片比较. 西北农业学报, 30(2): 313–319.]
- Montezano DG, Specht A, Sosa-Gomez DR, Roque-Specht VF, Sousa-Silva JC, Paula-Moraes SV, Peterson JA, Hunt TE, 2018. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. *African Entomology*, 26(2): 286–300.
- National Agro-Tech Extension and Service Center, 2019. Trends with a heavy occurrence of *Spodoptera frugiperda* in 2020 in China. *South Pesticide*, 23(6): 28–29. [全国农业技术推广服务中心, 2019. 2020 年草地贪夜蛾呈重发态势. 南方农药, 23(6): 28–29.]
- Sun XX, Hu CX, Jia HR, Wu QL, Shen XJ, Zhao SY, Jiang YY, Wu KM, 2021. Case study on the first immigration of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* invading into China. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(3): 664–672.
- Wei J, Wang YT, Yuan HZ, Zhang ML, Wang ZY, 2020. Identification and morphological analysis of adult *Spodoptera frugiperda* and its close related species using deep learning. *Smart Agriculture*, 2(3): 75–85. [魏靖, 王玉亭, 袁会珠, 张梦蕾, 王振营, 2020. 基于深度学习与特征可视化方法的草地贪夜蛾及其近缘种成虫识别. 智慧农业, 2(3): 75–85.]
- Wu QL, Jiang YY, Wu KM, 2019. Analysis of migration routes of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) from Myanmar to China. *Plant Protection*, 45(2): 1–6. [吴秋琳, 姜玉英, 吴孔明, 2019. 草地贪夜蛾缅甸虫源迁入中国的路径分析. 植物保护, 45(2): 1–6.]
- Zhao SY, Luo QM, Sun XX, Yang XM, Jiang YY, Wu KM, 2019. Comparison of morphological and biological characteristics between *Spodoptera frugiperda* and *Spodoptera litura*. *China Plant Protection*, 39(5): 26–35. [赵胜园, 罗倩明, 孙小旭, 杨现明, 姜玉英, 吴孔明, 2019. 草地贪夜蛾与斜纹夜蛾的形态特征和生物学习性比较. 中国植保导刊, 39(5): 26–35.]
- Zhang TQ, Zhang L, Cheng YX, Jiang XF, 2021. Study on the cold resistance of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Plant Protection*, 47(1): 176–181. [张同强, 张蕾, 程云霞, 江幸福, 2021. 草地贪夜蛾耐低温能力研究. 植物保护, 47(1): 176–181.]