

桃蛀螟与松蛀螟两个近缘种的形态学 和分子生物学特征比较*

静大鹏^{1**} 黄晓丹^{1,2} 高祖鹏¹ 王振营^{1***}

(1. 中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193;

2. 吉林农业大学生物防治研究所, 天敌昆虫应用技术工程研究中心, 长春 130118)

摘 要 桃蛀螟 *Conogethes punctiferalis* (Guenée) 是一种多食性的害虫, 对我国多种果树、经济作物以及玉米等农作物造成严重为害; 而松蛀螟 *C. pinicolalis* Inoue and Yamanaka 是一种寡食性害虫, 主要取食以马尾松为主的松科植物, 对我国林业生产带来严重的损害。因这两种害虫是近缘种, 从卵到成虫各个发育阶段的形态极为相似, 长期以来被误认为是同一物种——桃蛀螟, 不利于两种害虫的预测预报和精准防控等研究工作的开展。为此, 本文从生物学、形态学以及分子生物学特征对桃蛀螟和松蛀螟进行了比较分析, 并提出了一些研究建议, 以期为这两种害虫的监测预警和防控等方面的研究提供参考。

关键词 桃蛀螟; 松蛀螟; 多食性; 寡食性; 线粒体基因

Advances in research on the morphology and molecular biology of *Conogethes punctiferalis* and *C. pinicolalis*

JING Da-Peng^{1**} HUANG Xiao-Dan^{1,2} GAO Zu-Peng¹ WANG Zhen-Ying^{1***}

(1. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 2. Engineering Research Center of Natural Enemy Insects, Institute of Biological Control, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract *Conogethes punctiferalis* (Guenée) is a polyphagous pest that causes serious damage to a variety of fruit trees and crops such as corn, in China, whereas *C. pinicolalis* Inoue and Yamanaka is an oligophagous pest that mainly feeds on the pine family, including *Pinus massoniana* Lamb, causing serious damage to forestry production. Because these two pests are sibling species with similar morphology from the egg to adult stage, they are often mistaken for the same species, which is not conducive to accurate prediction and forecasting or effective prevention and control. This study presents a comparative analysis of the biological, morphological and molecular biological characteristics of both species based on our research and a literature review. We also make suggestions for future research, including research on monitoring, early warning and methods of controlling these two pests.

Key words *Conogethes punctiferalis*; *C. pinicolalis*; polyphagous; oligophagous; mitochondrial gene

桃蛀螟 *Conogethes punctiferalis* (Guenée) 和松蛀螟 *C. pinicolalis* Inoue and Yamanaka 是鳞翅目 Lepidoptera 草螟科 Crambidae, 多斑野螟属 *Conogethes* 的两个近缘种。由于松蛀螟和桃蛀螟在各个发育阶段的形态极为相似, 长期以来松蛀

螟被认为是桃蛀螟。Koizumi (1963) 率先根据食性不同, 将在果树上取食的桃蛀螟命名为桃蛀螟的果树型 (Fruit tree type) 桃蛀螟, 在马尾松等松科植物上取食的命名为针叶树型 (Conifer type) 桃蛀螟。Sekiguchi (1974) 通过对针叶类

*资助项目 Supported projects: 国家现代农业(玉米)产业技术体系建设专项(CARS-02); 中国农业科学院创新工程(CAAS-ZDRW202004)

**第一作者 First author, E-mail: jingfly6@163.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: wangzy61@163.com

收稿日期 Received: 2021-12-27; 接受日期 Accepted: 2022-04-06

杉科的日本柳杉 *Cryptomeria japonica* (L. f.) D. Don 上的桃蛀螟进行研究,发现其类型属于果树型,为此将果树型的桃蛀螟重新命名为蛀果型 (Fruit-feeding type); 而将原来针叶树型的桃蛀螟重新命名为针叶型 (Pinaceae-feeding type)。Konno 等 (1981) 在桃蛀螟的两种生物型交配试验中发现,二者具有较强的选择同型交配趋向,存在交配前生殖隔离的现象,认为这两种生物型可能是不同的物种。Honda 等 (1986) 研究发现桃蛀螟两种生物型的成虫对单萜化合物的触角电位反应不同,同时还发现二者在形态特征方面存在差异,如雄性生殖器、雌性产卵器以及幼虫口器等。且两种生态型的成虫之间交配率很低,仅个别能够交配,但后代性别比例失调、多为畸形且生命周期很短,不能完成一个世代。因此,认为二者的生殖隔离不仅存在于交配行为阶段,还存在于胚子后阶段 (Honda, 1986)。然而,以上这些研究均没有将桃蛀螟的这两种生物型确定为两个不同物种。直到 2006 年,Inoue 和 Yamanaka (2006) 对桃蛀螟两种生物型的形态学进行了系统的研究,并正式将针叶型的桃蛀螟命名为松蛀螟 *C. pinicolalis*, 为新种。

近年的国内研究已关注到松蛀螟与桃蛀螟命名问题,并将为害马尾松的害虫以“松蛀螟”的名称发表文章 (鹿金秋等, 2010; 王静, 2012; Wang *et al.*, 2014; 王巾等, 2021)。尽管如此,目前,国内尚未有关于桃蛀螟和松蛀螟的形态学及生物学等方面的差异进行系统比较的报道,且在马尾松上为害的松蛀螟大多仍作为桃蛀螟进行研究报道 (梁军生等, 2011; 徐丽娜等, 2014; 常明山等, 2015; 宫庆涛等, 2018)。因此,通过查阅大量文献,并结合本文作者的研究工作,从生物学、形态学以及分子生物学等方面阐述桃蛀螟和松蛀螟的特征比较,以期为后续在桃蛀螟和松蛀螟监测预报和防控等研究提供参考。

1 桃蛀螟和松蛀螟的分布与寄主范围

桃蛀螟广泛分布在亚洲和大洋洲,特别是在中国、韩国、日本、越南、缅甸、泰国、尼泊尔、

印度、菲律宾等东亚、南亚、东南亚国家和澳大利亚等地较为常见 (Inoue and Yamanaka, 2006; 鹿金秋等, 2010; Chakravarthy *et al.*, 2015), 是一种多食性的害虫,其寄主范围覆盖了 23 个科,120 多种作物 (Sekiguchi, 1974; Thyagaraj *et al.*, 2003)。

松蛀螟在中国、韩国和日本均有分布 (Inoue and Yamanaka, 2006; Wang *et al.*, 2014; Jeong *et al.*, 2021a)。作为一种寡食性害虫,主要取食以马尾松 *Pinus massoniana* Lamb、雪松 *Cedrus deodara* (Roxb. ex D. Don) G. Don、湿地松 *Pinus elliotii*、云南松 *Pinus yunnanensis*、高山松 *Pinus densata* Mast.、黑松 *Pinus thunbergii* Parl. 和湿加松 *Pinus elliotii* var. *elliotii* × *Pinus oaribaea* var. *hondurensis* 等松科裸子植物 (宋建英和吴盛福, 1992; Inoue and Yamanaka, 2006; 况美华等, 2009; 徐丽娜等, 2014), 在我国长江中下游流域地区及其以南的马尾松松林中均有分布 (柴希民和何志华, 1987; 宋建英和吴盛福, 1992)。

2 桃蛀螟和松蛀螟的生活史

桃蛀螟在我国南方各省,每年发生 4-5 代,西北和华北发生 3-5 代不等,在辽宁 1 年一般发生 2 代,黑龙江省牡丹江市 1 年发生 1 代 (刘海荣等, 2010; 鹿金秋等, 2010)。在韩国大部分地区 1 年可发生 2 代,但是靠近南部的地区有时也可能发生 3 代 (Kang *et al.*, 2004)。桃蛀螟通常 25-40 d 左右完成一个生命周期 (Krishnamurthy *et al.*, 1989)。室内研究发现,在适宜的温度和充足的食物条件下,无论采用寄主植物还是人工饲料饲喂,桃蛀螟完成一个世代的时间均可缩短至 20 d 以内 (Jing *et al.*, 2021)。桃蛀螟第 1 代幼虫主要为害李、杏和早熟桃果; 第 2 代幼虫为害玉米果穗、向日葵花盘、蓖麻花穗籽粒和中晚熟桃果; 第 3 代幼虫主要为害玉米果穗、高粱穗和板栗等。桃蛀螟是我国西南夏、秋播产区和黄淮海夏玉米产区玉米上的重要害虫,给玉米生产造成了严重的经济损失 (王振营等, 2006; 杨硕等, 2015; 刘玥等, 2017)。在玉米田,桃蛀螟常将卵产在玉米植株上部 (图 1:

F), 产在雌穗上的卵孵化后, 从雌穗顶部钻入, 蛀食或啃食籽粒和穗轴 (图 1: A-C), 并能引起严重的穗腐病, 有时也可以蛀茎, 造成植株倒折。桃蛀螟主要以老熟幼虫在玉米和高粱秸秆或穗轴、向日葵盘、树皮裂缝、被害僵果和坝堰乱石缝隙中越冬, 少以蛹越冬 (图 1: E) (孟文, 1996; 王振营等, 2006)。

松蛀螟在我国长江流域 1 年可发生 3 代 (柴希民和何志华, 1987), 而在福建等南方各省可以发生 4-5 代, 主要以取食马尾松等松科植物的幼嫩松针为食 (宋建英和吴盛福, 1992)。松蛀螟因室内饲养后雌蛾所产的卵粒不能孵化 (Jeong, 2021a), 至今还未有关于松蛀螟完整生命周期的报道, 限制了对其深入的研究, 但根据其发生的代数, 推测其生命周期和桃蛀螟相近。成虫通常将卵产于松梢的缝隙 (图 1: L) 内, 卵孵化后, 幼虫会迁入松梢内吐丝将针叶缀

合并内部取食 (宋建英和吴盛福, 1992), 而通过外部观察发现松梢形成了缀织成的纺锤形、直径 2-4 cm, 长度 5-20 cm 不等 (柴希民和何志华, 1987) (图 1: G)。通常一个被害的松梢中会发现低龄幼虫 25-30 头不等, 高龄幼虫则仅有 3-8 头。这可能与后期受食物短缺的影响, 大部分幼虫转移到新的松梢中为害有关。幼虫取食后将粪便排出并与缀合的松针形成倒伞形状的虫苞 (图 1: H) (郁兴乔, 1983), 且喜欢在树顶部的新梢上为害 (图: I), 因此被害状非常容易辨认。而老熟幼虫通常也在虫苞内结茧化蛹 (图 1: K)。松蛀螟幼虫终年在马尾松等松科树上为害, 无转主寄生现象 (郁兴乔, 1983)。此外, 有时其幼虫也会钻蛀到幼嫩的松枝中取食为害 (图 1: J), 但一般不在内越冬, 其主要以 3-4 龄幼虫集群的方式将松针缀织成纺锤形, 将虫粪连接成虫苞并在虫苞内越冬 (况美华等, 2009)。

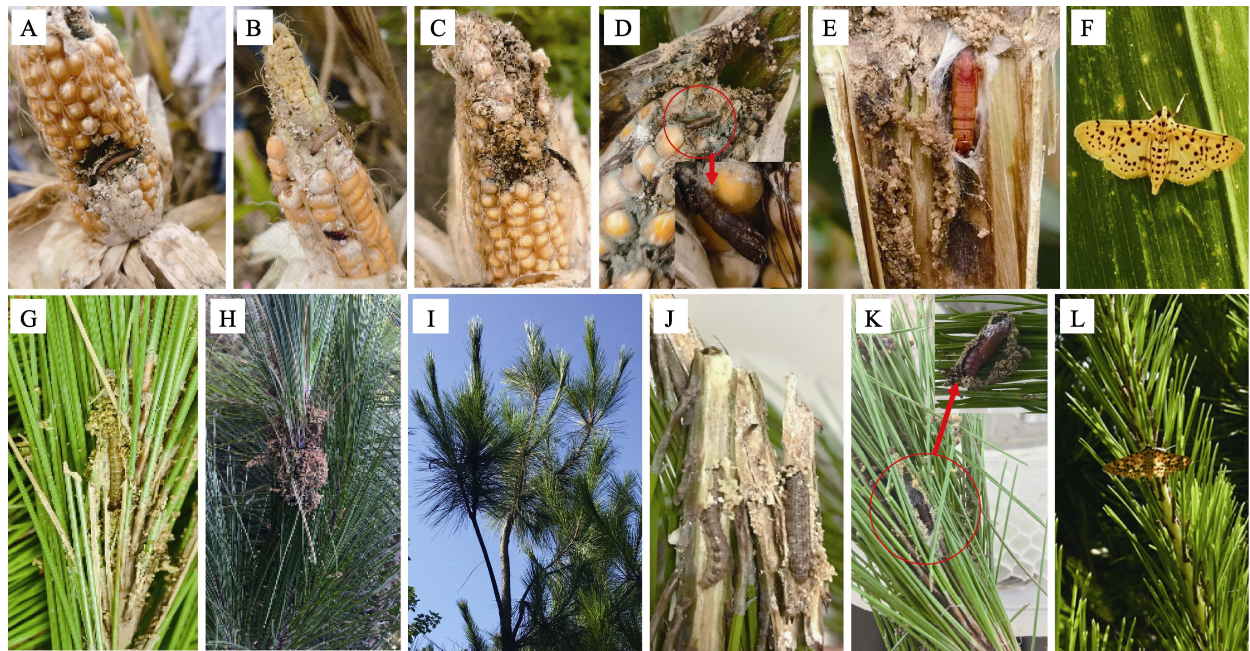


图 1 桃蛀螟和松蛀螟幼虫田间的为害状及蛹和成虫

Fig. 1 Larvae infestation symptoms of *Conogethes punctiferalis* and *C. pinicolalis* and their pupae and adults

A, B. 桃蛀螟幼虫在玉米雌穗上为害; C. 桃蛀螟幼虫在玉米果穗尖为害状; D. 桃蛀螟幼虫在玉米穗尖处化蛹; E. 桃蛀螟幼虫在玉米茎秆内化蛹; F. 桃蛀螟成虫; G. 松蛀螟的幼虫在马尾松松梢取食为害; H, I. 松蛀螟幼虫对马尾松的为害状; J. 松蛀螟幼虫在松枝内钻蛀为害; K. 松蛀螟在松梢内化蛹; L. 松蛀螟的成虫 (Jeong *et al.*, 2021a)。
A, B. The larvae of *C. punctiferalis* infesting corn ears; C. The larvae of *C. punctiferalis* infesting at the tip of the corn ears; D. The pupae of *C. punctiferalis* inside the corn ears; E. The pupae of *C. punctiferalis* inside the corn stalk; F. The adult of *C. punctiferalis*; G. The larvae of *C. pinicolalis* feeding inside the needles of the masson pine; H, I. Damage status of *C. pinicolalis* on masson pine; J. The larvae of *C. pinicolalis* boring burrows into the pine branch and causes damage; K. The pupae of *C. pinicolalis* inside pine needles; L. The adult of *C. pinicolalis* (Jeong *et al.*, 2021a).

3 桃蛀螟和松蛀螟的形态学比较

3.1 卵

桃蛀螟的卵呈现椭圆形(图 2: A), 直径约为 450-700 μm (图 2: B)。新鲜卵粒呈现乳白色或乳黄色, 后期逐渐转为深红色直至孵化(艾鹏鹏等, 2014)。此外, 寄主植物的形状也会影响卵

的大小、生长和发育(Bilapate and Talati, 1978)。

松蛀螟通常将卵产于松针的缝隙处, 松针的细长缝隙决定了其卵粒的形状。卵粒在松针的缝隙处成排紧密排列(图 2: C), 呈现长椭圆形, 最大直径可达 900 μm 以上(图 2: D)。我们在室内研究中让其在纱布上产卵, 其卵粒大小和形状与桃蛀螟基本一致, 也可呈现出椭圆形, 很难对二者的卵进行区分。

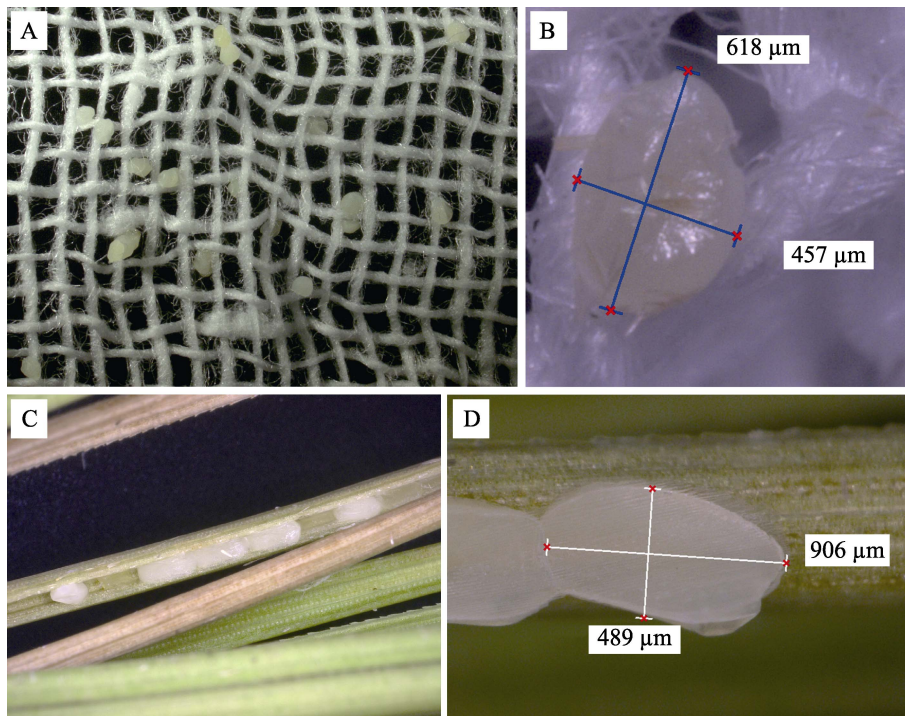


图 2 桃蛀螟与松蛀螟的卵的形态

Fig. 2 Morphology of eggs of *Conogethes punctiferalis* and *C. pinicolalis*

A, B. 桃蛀螟的卵; C, D. 松蛀螟的卵。

A, B. The eggs of *C. punctiferalis*; C, D. The eggs of *C. pinicolalis*.

3.2 幼虫

桃蛀螟与松蛀螟的体色会随着取食寄主不同而发生变化。室内饲喂的桃蛀螟幼虫体色一般呈现淡粉色(图 3: A)或者灰白色, 在田间, 根据所处的环境和取食的寄主不同, 桃蛀螟幼虫也会呈现出不同颜色如淡粉色、乳白色和青绿色等, 但也以淡粉色最为常见。而松蛀螟因取食松针, 身体前半段呈现墨绿色, 靠近尾部呈现淡绿色(图 3: B); 当其幼虫蛀食松枝并在内钻蛀为害时, 因取食的为松枝的木质部, 故其体色也会呈现出灰白色(图 1: K)。室内研究发现桃蛀螟

幼虫虽为多食性, 但不能取食马尾松松针等松科植物; 而松蛀螟幼虫终年在马尾松等松科树上为害, 无转主寄生现象(郁兴乔, 1983)。因此, 这也是在幼虫阶段区分松蛀螟与桃蛀螟的一个重要依据。此外, Honda 和 Mitsuhashi (1989) 研究还发现桃蛀螟上唇 5 个切牙为锥形, 上唇顶端呈现较尖的凸型, 内唇侧片呈现 V 字形, 较尖锐; 而松蛀螟上唇和上唇顶端均与桃蛀螟相似, 但内唇侧片呈现拱形, 略圆润。此外, 二者前胸背板呈现深褐色, 背线、亚背线、侧线、气门上线、气门线和气门下线为褐色。艾鹏鹏等

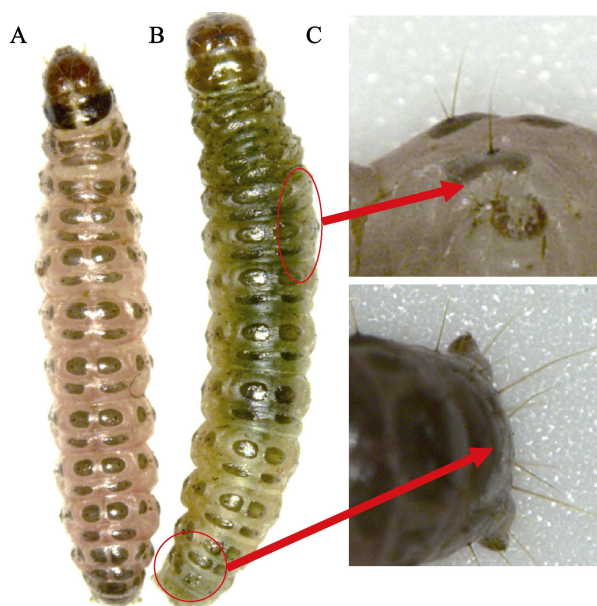


图 3 桃蛀螟与松蛀螟的幼虫

Fig. 3 The larvae of *Conogethes punctiferalis* and *C. pinicolalis*

A. 桃蛀螟幼虫; B. 松蛀螟幼虫; C. 松蛀螟的气门处放大图。

A. The larvae of *C. punctiferalis*; B. The larvae of *C. pinicolalis*; C. Enlarged view at the spiracle of *C. pinicolalis*.

(2014) 的研究表明, 桃蛀螟幼虫气门上、下方分别具 1 根和 2 根原生刚毛, 臀板具 8 根原生刚毛。而通过我们对松蛀螟幼虫的观察研究发现此部分特征与桃蛀螟无差异 (图 3: C)。室内饲喂发现桃蛀螟与松蛀螟幼虫均有 5 个龄期, 平均每

1 龄期需 3-4 d; 温度和湿度对幼虫的生长情况有较大影响, 适宜的温湿度下, 二者的幼虫均可以显著缩短发育历期 (梁军生等, 2011; Jing *et al.*, 2021), 而不同寄主植物也可影响幼虫的发育历期 (Li *et al.*, 2015; 汤金荣等, 2020)。

3.3 蛹

桃蛀螟与松蛀螟的蛹在外形上无明显差异, 均为纺锤形, 末端有一层倒刺 (图 4: A, B, D, E), 蛹长约 10.5-12.9 mm 不等 (图 4: G)。二者的雌蛹均在第 8 腹节处有一纵向裂缝 (图 4: B, E), 而雄蛹无裂缝, 且生殖孔位于第 9 腹节, 为一纵向裂缝, 与排泄口的位置接近 (图 4: A, D)。桃蛀螟老熟幼虫在玉米上为害通常在雌穗内蛀虫道, 然后吐丝将自己包裹起来形成虫茧并在内部化蛹, 蛹室长椭圆形, 蛹室长 1.3-2.0 cm, 宽 0.3-0.6 cm, 灰白色 (图 4: C)。松蛀螟的蛹同样也被虫茧包裹, 蛹室长椭圆形, 但不同的是蛹室为黑褐色 (图 4: F)。二者初化蛹时, 蛹壳较为柔软, 颜色为浅黄色之后逐渐转为深褐色或者红褐色, 蛹壳变硬且翅芽出现明显的豹纹状黑色斑点 (图 4: G)。一般幼虫化蛹 7 d 左右即可羽化为成虫。此外, 在羽化节律上, 松蛀螟的羽化高峰大约集中在晚上 10: 00 至次日早上 8: 00 (况美华等, 2009), 而桃蛀螟的羽化高峰则集中在晚上 8: 00-10: 00 羽化 (王平远, 1980)。

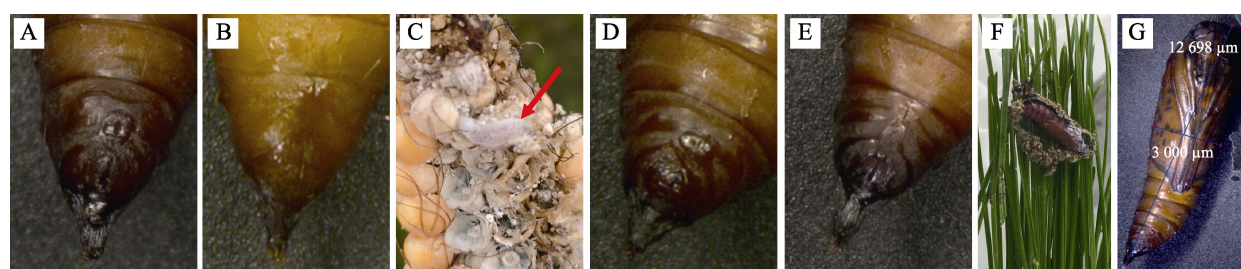


图 4 桃蛀螟与松蛀螟的蛹

Fig. 4 The pupa of *Conogethes punctiferalis* and *C. pinicolalis*

A-C. 桃蛀螟的蛹; D-G. 松蛀螟的蛹。

A-C. The pupa of *C. punctiferalis*; D-G. The pupa of *C. pinicolalis*.

3.4 成虫

桃蛀螟和松蛀螟成虫在体长、翅展和翅的颜色及翅上的斑点个数及大小极为相似 (王巾等,

2021), 但还是有些差异。如: 桃蛀螟翅上斑点清晰且后翅中部斑点分明, 并未连在一起 (图 5: A, B), 而松蛀螟前后翅上斑点较大, 斑点边缘

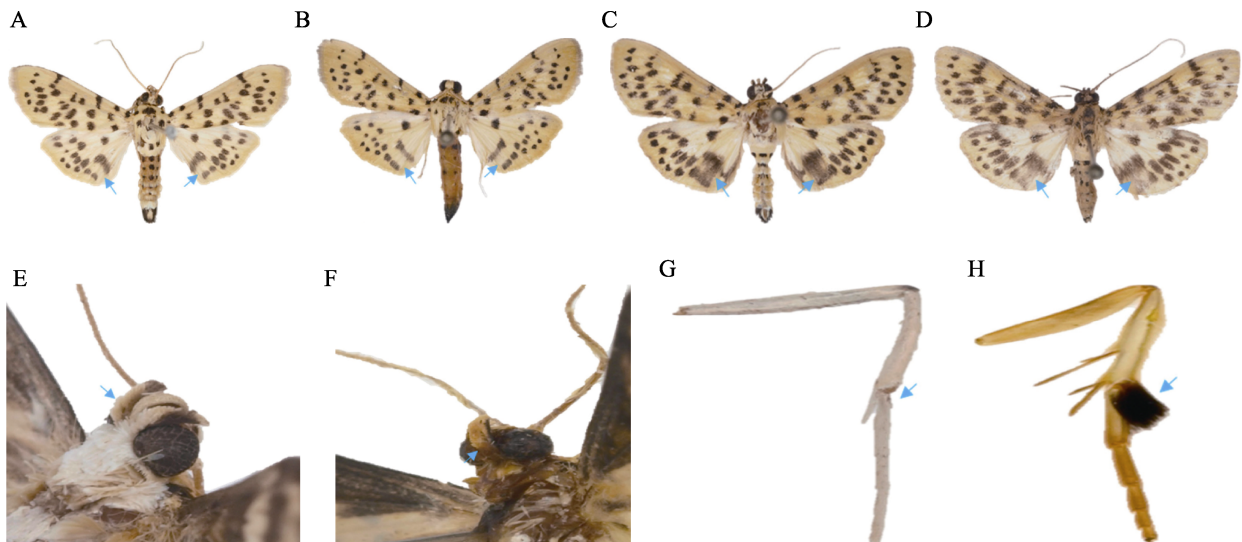


图 5 桃蛀螟与松蛀螟的成虫典型特征图 (Jeong *et al.*, 2021a)

Fig. 5 Representative images of *Conogethes punctiferalis* and *C. pinicolalis* adults (Jeong *et al.*, 2021a)

A, B. 桃蛀螟的雄蛾和雌蛾; C, D. 松蛀螟的雄蛾和雌蛾; E, G. 桃蛀螟成虫的唇须和后足;

F, H. 松蛀螟成虫的唇须和后足; 箭头所指之处为二者的差异之处。

A, B. The male and female of *C. punctiferalis*; C, D. The male and female of *C. pinicolalis*;

E, G. The lateral view of the labial palpus and hind tibia and hind tarsus of a *C. punctiferalis* male.

F, H. The lateral view of the labial palpus and hind tibia and hind tarsus of a

C. pinicolalis male. The arrows point to the differences between the two species.

颜色变浅,特别是后翅后中部分的斑点连在一起 (图 5: C, D); 桃蛀螟雄蛾的唇须第 2 段为浅黄色 (图 5: E),而松蛀螟的则为黑褐色,且有褐色鳞片包被 (艾鹏鹏等, 2014; Jeong *et al.*, 2021a) (图 5: F); 此外,桃蛀螟雄蛾后足胫节无毛丛 (图 5: G),而松蛀螟雄蛾后足胫节处有显著的深褐色毛丛 (图 5: H),我们的研究结果与 Koizumi 等 (1963)、Sekiguchi (1974)、柴希民和何志华 (1987) 以及王静等 (2014) 的研究报道结果一致。

4 桃蛀螟和松蛀螟的分子生物学特征比较

4.1 线粒体基因的差异比较

线粒体蛋白质编码基因序列是进化研究和系统发育分析中最常被使用到的。自 2006 年,松蛀螟正式定名后,王静等 (2012) 及 Wang 等 (2014) 在国内率先利用细胞色素 C 氧化酶亚基 I (CO I)、II (CO II) 和细胞色素 b (Cytb)

3 个线粒体基因对桃蛀螟和松蛀螟进行检测,并分析了二者遗传分化和系统发育关系,显示二者的线粒体基因均存在明显的遗传分化,聚类分析显示二者在不同的分支中,从分子水平上验证了两者是近缘种。在韩国,因松蛀螟这个物种未收录在韩国昆虫名录中 (Paek *et al.*, 2010),因此长时间人们也都将在马尾松上为害的松蛀螟认为是桃蛀螟。直到 Jeong 等 (2021a) 通过对韩国地区的桃蛀螟系统研究,在分子层面上发现了为害马尾松的桃蛀螟与田间其他桃蛀螟的 CO I 基因有较大的差异,结合形态学研究并认定其为松蛀螟;而在其最新的研究中,对韩国地区桃蛀螟与松蛀螟的线粒体全基因组测序结果显示,这两个物种在所有基因组区域 (包括 DNA 条形码区域) 均存在显著的遗传差异,构建的系统发育树也显示二者为不同的种 (Jeong *et al.*, 2021b)。这一研究结果与王静等 (2012) 及 Wang 等 (2014) 所报道的对国内桃蛀螟和松蛀螟的研究结果一致,均从分子层面证明了桃蛀螟与在马尾松上为害的长期被称为针叶型桃蛀螟的松蛀螟为两个

不同的种。

4.2 其他基因的差异比较

前期我们对松蛀螟触角进行了转录组测序, 经过对比发现所鉴定出与嗅觉相关基因的碱基序列与桃蛀螟相比均有 90% 以上的相似性, 甚至有些嗅觉基因序列二者完全一致 (Jing *et al.*, 2020a; 2020b)。这说明二者可能有共同的祖先, 在长期进化过程中逐渐分化成为两个物种。相关证据可以从张颖等 (2010) 及王静 (2012) 的研究中予以证明。张颖等 (2010) 应用 ISSR (Inter simple sequence repeat) 分子标记技术研究了桃蛀螟在中国 11 个地理种群基因组 DNA 的遗传多样性, 结果表明不同地理种群的桃蛀螟基因流水平较高但种群分化水平较低。此外, 我们还针对桃蛀螟和松蛀螟的幼虫进行了转录组和蛋白质组以及代谢组学的测序 (未发表), 在差异表达的基因中初步发现了 α -淀粉酶 (α -amylase) 与细胞色素 P450 单加氧酶 (Cytochrome P450 monooxygenases) 6AE76 基因序列存在差异, 具体功能还有待深入研究。

5 展望

目前世界上多斑野螟属 *Conogethes* 已经定名的有 15 个种, 这些种类形态非常相近, 容易混淆。随着松蛀螟从桃蛀螟中被区分出并被定名为新种后, 又有小斑桃蛀螟 *C. parvipunctalis* Inoue and Yamanaka 从桃蛀螟分出并定名 (Inoue and Yamanaka, 2006; 鹿金秋等, 2010)。而近年来, 在印度为害姜科植物小豆蔻 *Elettaria cardamomum* Maton 上的桃蛀螟和为害蓖麻 *Ricinus communis* L. 上的桃蛀螟经过系统研究后也表明是两个不同的种 (Chakravarthy *et al.*, 2015)。随后, Shashank 等 (2018) 又对为害姜科植物小豆蔻上的桃蛀螟进行了系统的研究后, 将其命名为 *Conogethes sahyadriensis*。而在我国海南地区经常受到桃蛀螟为害的益智 *Alpinia oxyphylla* Miq. (郑定华等, 2018) 以及广西地区受到桃蛀螟为害的莪术 *Curcuma kwangsiensis* S. G. Lee et C. F. Ling (蒋妮等, 2014) 也属于姜科多

年生草本植物, 那么在这些姜科植物上为害的桃蛀螟是否也是桃蛀螟的近缘种? 需要开展深入的研究。这些研究极大的丰富了多斑野螟属家族, 为后续害虫的识别和精准防控有重要的意义。

目前尚缺少桃蛀螟和松蛀螟的全基因组序列研究, 为此本研究团队已经开展了二者的全基因组测序工作, 届时将结合我国不同地理种群的样本进行分析, 深入了解桃蛀螟和松蛀螟的起源和进化关系。所测得的数据将会为桃蛀螟和松蛀螟的分子生物学研究提供数据保障。此外, 本研究团队研发的桃蛀螟人工饲料已经很好解决了室内桃蛀螟的大量饲养难题 (Jing *et al.*, 2021), 但松蛀螟人工大量繁殖技术尚需深入研究, 包括研发适宜的人工饲料, 解决松蛀螟室内产卵不孵化等问题, 对深入研究松蛀螟生物学和生态学及防控技术研究都具有重要的意义。

综上所述, 桃蛀螟作为我国多种果树及粮油作物的重要害虫, 而松蛀螟作为林业生产上松科植物的一种害虫, 是多斑野螟属的两个近缘种, 二者的对比研究, 对多斑野螟属近缘种生物学、生态学和系统进化研究具有重要意义, 为明确这两个近缘种的发生为害和分布, 实现精准预测预报和防控技术提供重要的技术支撑。

参考文献 (References)

- Ai PP, Yang R, Zhang MZ, Sun SL, Du YL, 2014. A preliminary observation of the morphological characters of different stages of *Conogethes punctiferalis* (Guenée). *Journal of Beijing University of Agriculture*, 29(3): 53–55. [艾鹏鹏, 杨瑞, 张民照, 孙淑玲, 杜艳丽, 2014. 桃蛀螟各虫态形态学特征观察. 北京农学院学报, 29(3): 53–55.]
- Bilapate GG, Talati GM, 1978. Some studies on bionomics of castor short and capsule borer (*Dichocrocis punctiferalis* Guenée). *Journal of Maharashtra Agricultural Universities*, 3(1): 75–76.
- Chai XM, He ZH, 1987. Yellow peach moth cause damage to the masson pine. *Entomological Knowledge*, 24(2): 99–100. [柴希民, 何志华, 1987. 为害马尾松的桃蛀野螟. 昆虫知识, 24(2): 99–100.]
- Chakravarthy A, Shashank PR, Doddabasappa B, Kandakoor SB, Muniyappa C, 2015. Biosystematics, Molecular Characterization

- and Management of Shoot and Fruit Borer *Conogethes* spp. (Crambidae: Lepidoptera). India: Scientific Publishers. 329–343.
- Chang MS, Wen J, Huang XF, Li DW, Wu YJ, Qin KZ, Lu YF, 2015. The survey of sex pheromone trapping effects for *Conogethes punctiferalis* Guenée. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 21(24): 111–112. [常明山, 文娟, 黄雪芬, 李德伟, 吴耀军, 覃开展, 卢耀飞, 2015. 马尾松林内桃蛀螟性引诱剂诱捕试验. 安徽农学通报, 21(24): 111–112.]
- Gong QT, Zhu TF, Wu HB, Jiang LL, Sun RH, 2018. Biological characteristics of *Conogethes punctiferalis* and methods of prevention and control. *Deciduous Fruits*, 50(4): 41–44. [宫庆涛, 朱腾飞, 武海斌, 姜莉莉, 孙瑞红, 2018. 桃蛀螟的生物学特性及防控方法. 落叶果树, 50(4): 41–44.]
- Honda H, 1986. Post-mating reproductive isolation between fruit- and pinaceae-feeding types of the yellow peach moth, *Conogethes punctiferalis* (Guenée) (Lepidoptera: Pyralidae). *Applied Entomology and Zoology*, 21(3): 489–491.
- Honda H, Maruyama Y, Matsumoto Y, 1986. Comparisons in EAG response to n-alkyl compounds between the fruit- and Pinaceae-feeding type of yellow peach moth, *Conogethes punctiferalis* (Guenée) (Lepidoptera: Pyralidae). *Applied Entomology and Zoology*, 21(1): 126–133.
- Honda H, Mitsuhashi W, 1989. Morphological and morphometrical differences between the fruit and pinaceae-feeding type of yellow peach moth, *Conogethes punctiferalis* (Guenée) (Lepidoptera: Pyralidae). *Applied Entomology and Zoology*, 24(1): 1–10.
- Inoue H, Yamanaka H, 2006. Redescription of *Conogethes punctiferalis* (Guenée) and descriptions of two new closely allied species from eastern Palearctic and Oriental regions (Pyralidae, Pyraustinae). *Tinea*, 19(2): 80–91.
- Jeong NR, Kim MJ, Kim SS, Choi SW, Kim IS, 2021a. Morphological, ecological, and molecular divergence of *Conogethes spinicolalis* from *C. punctiferalis* (Lepidoptera: Crambidae). *Insects*, 12(5): 455.
- Jeong NR, Kim MJ, Park JS, Jeong SY, Kim I, 2021b. Complete mitochondrial genomes of *Conogethes punctiferalis* and *C. pinicolalis* (Lepidoptera: Crambidae): Genomic comparison and phylogenetic inference in Pyraloidea. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 24(4): 1179–1186.
- Jiang N, Liu LH, Miu JH, Liu W, Ye YF, Hu FY, 2014. Identification and biological characteristics of *Curcuma kwangsiensis*. *Jiangsu Agricultural Science*, 42(12): 172–175. [蒋妮, 刘丽辉, 缪剑华, 刘威, 叶云峰, 胡风云, 2014. 广西莪术蛀茎害虫种类鉴定及生物学特性. 江苏农业科学, 42(12): 172–175.]
- Jing DP, Zhang TT, Bai SX, He KL, Prabu S, Luan JB, Wang ZY, 2020a. Sexual-biased gene expression of olfactory-related genes in the antennae of *Conogethes pinicolalis* (Lepidoptera: Crambidae). *BMC Genomics*, 21(1): 244.
- Jing DP, Zhang TT, Bai SX, He KL, Prabu S, Wang ZY, 2021. Artificial diet development for mass rearing and its effect on the reproduction of yellow peach moth, *Conogethes punctiferalis* (Guenée). *Entomological Research*, 51(1): 127–132.
- Jing DP, Zhang TT, Prabu S, Bai SX, He KL, Wang ZY, 2020b. Molecular characterization and volatile binding properties of pheromone binding proteins and general odorant binding proteins in *Conogethes pinicolalis* (Lepidoptera: Crambidae). *International Journal of Biological Macromolecules*, 146: 263–272.
- Kang CH, Lee SM, Chung YJ, Choi KS, Park CG, 2004. Overwintering ecology of the peach pyralid moth, *Dichocrocis punctiferalis* in southern regions of Korea. *Korean Journal of Applied Entomology*, 43(3): 201–209.
- Koizumi K, 1963. Yellow peach moth, *Dichocrocis punctiferalis* (Guenée). *Kobe Plant Protection News*, 323: 58.
- Konno YH, Honda H, Matsumoto Y, 1981. Mechanisms of reproductive isolation between the fruit-feeding and the pinaceae-feeding types of the yellow peach moth, *Dichocrocis punctiferalis* Guenée (Lepidoptera: Pyralidae). *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 25(4): 253–258.
- Krishnamurthy K, Khan MM, Avadhani KK, Venkatesh J, Siddaramaiah L, Chakravarthy AK, Gurumurthy BR, 1989. Three decades of cardamom research at regional research station, Mudigere (1958–1988). *Station Technical Bulletin*, 2: 44–68.
- Kuang MH, Liu SW, Ji BZ, Gao JY, Gao YG, Wang GX, 2009. Investigation on the overwintering status and bionomics of needle feeding type of *Conogethes punctiferalis*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 46(4): 569–573. [况美华, 刘曙雯, 嵇保中, 高江勇, 高玉国, 王国兴, 2009. 取食针叶的桃蛀螟越冬状况调查和生物学特性. 昆虫知识, 46(4): 569–573.]
- Liang JS, Tong XW, Liu YJ, Wang XL, Luo XK, Zhou G, Chen YL, 2011. The pupae bionomics of *Dioryctria rubella* and *Dichocrocis punctiferalis*. *Hunan Forestry Science and Technology*, 38(3): 28–30. [梁军生, 童新旺, 刘跃进, 王溪林, 罗贤坤, 周刚, 陈跃林, 2011. 微红梢斑螟与桃蛀螟蛹期生物学特性研究. 湖南林业科技, 38(3): 28–30.]
- Li DY, Ai PP, Du YL, Sun SL, Zhang MZ, 2015. Effects of different host plants on the development and reproduction of yellow peach

- moth, *Conogethes punctiferalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae). *Austral Entomology*, 54(2): 149–153.
- Liu HR, Zhao BL, Zhao WQ, Zhang WJ, Yang XH, Qi YX, Gu GJ, Liu C, 2010. Distribution and prevention of fruit tree borer in Heilongjiang province. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, 2010(5): 65–68. [刘海荣, 赵百丽, 赵文琦, 张武杰, 杨晓华, 齐玉新, 顾广军, 刘畅, 2010. 黑龙江省果树食心虫区域分布及防治. *黑龙江农业科学*, 2010(5): 65–68.]
- Liu Y, Li RR, He KL, Bai SX, Zhang TT, Cong B, Wang ZY, 2017. Effects of *Conogethes punctiferalis* (Lepidopteran: Crambidae) infestation on the occurrence of *Fusarium* ear rot and the yield loss of spring corn. *Acta Entomologica Sinica*, 60(5): 576–581. [刘玥, 李荣荣, 何康来, 白树雄, 张天涛, 丛斌, 王振营, 2017. 桃蛀螟为害对春玉米镰孢穗腐病发生及产量损失的影响. *昆虫学报*, 60(5): 576–581.]
- Lu JQ, Wang ZY, He KL, Liu Y, 2010. Research history progresses and prospects in the yellow peach moth *Conogethes punctiferalis*. *Plant Protection*, 36(2): 31–38. [鹿金秋, 王振营, 何康来, 刘勇, 2010. 桃蛀螟研究的历史、现状与展望. *植物保护*, 36(2): 31–38.]
- Meng W, 1996. Polyphagous Pest: *Conogethes punctiferalis*//Institute of Plant Protection. Crop Pests and Diseases in China (Second Edition) (First volume). Beijing: China Agriculture Press. 596–598. [孟文, 1996. 杂食性害虫: 桃蛀螟//中国农业科学院植物保护研究所. 中国农作物病虫害(第二版)(上册). 北京: 中国农业出版社. 596–598.]
- Paek MK, Hwang JM, Jung KS, Kim TW, Kim MC, Lee YJ, Cho YB, Park SW, Lee HS, Ku DS, 2010. Checklist of Korean Insects. Seoul: Nature and Ecology Academic Series 2. 1–598.
- Sekiguchi K, 1974. Morphology, biology and control of the yellow peach moth, *Dichocrocis punctiferalis* Guenée (Lepidoptera: Pyralidae). *Bulletin of Ibaraki ken Horticultural Experiment Station*, 1974(Special issue): 1–90.
- Shashank PR, Kammar V, Mally R, Chakravarthy A, 2018. A new Indian species of shoot and capsule borer of the genus *Conogethes* (Lepidoptera: Crambidae), feeding on cardamom. *Zootaxa*, 4374(2): 215–234.
- Song JY, Wu SF, 1992. A preliminary report on the observation of yellow peach moth that affects pine forests. *Entomological Journal of East China*, 1(2): 53–55. [宋建英, 吴盛福, 1992. 对危害松树幼林的桃蛀螟观察初报. *华东昆虫学报*, 1(2): 53–55.]
- Tang JR, Dong SQ, Li WZ, Yuan GH, Wang GP, Guo XR, Zhao M, 2020. Effects of host plants on the development and oviposition selection behavior of *Conogethes punctiferalis*. *Acta Ecologica Sinica*, 40(5): 1759–1765. [汤金荣, 董少奇, 李为争, 原国辉, 王高平, 郭线茹, 赵曼, 2020. 寄主植物对桃蛀螟生长发育及产卵选择行为的影响. *生态学报*, 40(5): 1759–1765.]
- Thyagaraj NE, Singh PK, Chakravarthy AK, 2003. Bioecology of cardamom shoot and fruit borer, *Conogethes punctiferalis* Guenée. *Current Research*, 32: 3–4.
- Wang J, 2012. Studies on molecular classification identification of *Conogethes punctiferalis* and *C. pinicolalis* and phylogeny of *C. punctiferalis* (Lepidoptera: Crambidae) in China. Master dissertation. Taian: Shandong Agricultural University. [王静, 2012. 桃蛀螟和松蛀螟的分子分类鉴定及我国桃蛀螟的地里系统学的研究. 硕士学位论文. 泰安: 山东农业大学.]
- Wang J, Li J, Wang ZY, He KL, Liu Y, Bai SX, 2012. Research on phylogeny in different geographical populations of the *Conogethes punctiferalis* (Guenée) in China estimated by mitochondrial cytochrome oxidase II gene (CO II) sequences. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 20(10): 1106–1116. [王静, 李菁, 王振营, 何康来, 刘勇, 白树雄, 2012. 基于线粒体细胞色素 C 氧化酶 II 亚基基因 (CO II) 序列的不同地理种群桃蛀螟的系统发育研究. *农业生物技术学报*, 20(10): 1106–1116.]
- Wang J, Zeng XG, Li WC, 2021. A study of the external morphology and geometric morphometrics of *Conogethes punctiferalis* and *C. pinicolalis*. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 43(4): 792–796. [王巾, 曾雪刚, 李卫春, 2021. 桃蛀螟和松蛀螟的外部形态学和几何形态度量学研究. *江西农业大学农学院*, 43(4): 792–796.]
- Wang J, Zhang TT, Wang ZY, Liu Y, Li J, 2014. Molecular taxonomy of *Conogethes punctiferalis* and *Conogethes pinicolalis* (Lepidoptera: Crambidae) based on mitochondrial DNA sequences. *Journal of Integrative Agriculture*, 13(9): 1982–1989.
- Wang PY, 1980. Chinese Economic Insects, Vol. 21, Lepidoptera, Pyralidae. Beijing: Science Press. 146–148. [王平远, 1980. 中国经济昆虫志, 第 21 册, 鳞翅目, 螟蛾科. 北京: 科学出版社. 146–148.]
- Wang ZY, He KL, Shi J, Ma SY, 2006. Reasons for aggravation of yellow peach moth on corn and control countermeasures. *Plant Protection*, 32(2): 67–69. [王振营, 何康来, 石洁, 马嵩岳, 2006. 桃蛀螟在玉米上为害加重原因与控制对策. *植物保护*, 32(2): 67–69.]
- Xu LN, Xue Y, Wang XY, Su SF, Lin ZP, 2014. The pest survey and

- control strategy of *Pinus elliottii*×*Pinus oaribaea*. *Tropical Forestry*, 42(2): 21–23. [徐丽娜, 薛杨, 王小燕, 宿少锋, 林之盼, 2014. 湿加松病虫害调查及防治对策. 热带林业, 42(2): 21–23.]
- Yang S, Shi J, Zhang HJ, Guo N, Li P, Wang ZY, 2015. Impacts of durian fruit borer *Conogethes punctiferalis* on yield loss of summer corn by injuring corn ears. *Journal of Plant Protection*, 42(6): 991–996. [杨硕, 石洁, 张海剑, 郭宁, 李坡, 王振营, 2015. 桃蛀螟为害夏玉米果穗对产量的影响. 植物保护学报, 42(6): 991–996.]
- Yu XQ, 1983. Beware of yellow peach moth damage to masson pine. *Journal of Zhejiang Forestry Science and Technology*, 1983(4): 31. [郁兴乔, 1983. 警惕桃蛀螟危害马尾松. 浙江林业科技, 1983(4): 31.]
- Zhang Y, Li Q, Wang ZY, He KL, 2010. Genetic diversity of *Conogethes pinicolalis* (Guenée) (Lepidoptera; Crambidae) populations from different geographic regions of China. *Acta Entomologica Sinica*, 53(9): 1022–1029. [张颖, 李菁, 王振营, 何康来, 2010. 中国桃蛀螟不同地理种群的遗传多样性. 昆虫学报, 53(9): 1022–1029.]
- Zheng DH, Cai HB, Liao ZR, Zhou LJ, 2018. Identification and control of *Conogethes punctiferalis* infesting *Alpinia oxyphylla* Miq. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 38(12): 91–95. [郑定华, 蔡海滨, 廖子荣, 周立军, 2018. 益智桃蛀螟的识别及防治. 热带农业科学, 38(12): 91–95.]



蒴蛄 *Codophila varia* (Fabricius)

蒴蛄是半翅目 (Hemiptera) 蛄科 (Pentatomidae) 昆虫。本期封面照片于 2016 年 7 月 29 日拍摄于新疆塔城巴克图口岸附近。

(张润志, 中国科学院动物研究所)