



# 种植业结构调整增加棉铃虫的灾变风险\*

陆宴辉<sup>1\*\*</sup> 姜玉英<sup>2</sup> 刘杰<sup>2</sup> 曾娟<sup>2</sup> 杨现明<sup>1</sup> 吴孔明<sup>1</sup>

(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. 全国农业技术推广服务中心, 北京 100125)

**摘要** 棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner) 是一种重要的多食性害虫, 20 世纪 90 年代曾在我国连年大暴发, 自 2000 年左右种群发生逐步减轻, 2010 年以来危害程度再次加重。本文系统分析了棉铃虫种群地位演变的生态学机制, 总结了作物结构调整下棉铃虫发生现状并预测了发生趋势, 提出了今后棉铃虫的监控重点, 为棉铃虫监测预警和绿色防控提供科学指导。

**关键词** 棉铃虫, Bt 棉花, 种群灾变, 监测预警, 绿色防控

## Adjustment of cropping structure increases the risk of cotton bollworm outbreaks in China

LU Yan-Hui<sup>1\*\*</sup> JIANG Yu-Ying<sup>2</sup> LIU Jie<sup>2</sup> ZENG Juan<sup>2</sup> YANG Xian-Ming<sup>1</sup> WU Kong-Ming<sup>1</sup>

(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. National Agro-Technical Extension and Service Center, Beijing 100125, China)

**Abstract** The cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner), is an important polyphagous insect pest worldwide. In China, successive, economically significant outbreaks of this pest occurred during the early 1990s. Although *H. armigera* populations began to decline markedly by around 2000, the species has recovered again since 2010. This paper analyzes the ecological mechanisms involved in the changing pest status of the cotton bollworm, the likelihood of outbreaks under adjusted cropping structures, forecasts population trends, and proposes management methods.

**Key words** cotton bollworm, Bt cotton, population outbreak, monitoring and forecast, green control

棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner) 是我国一种重大的农作物害虫, 寄主种类众多, 已记载的达 30 多科 200 余种, 包括棉花、小麦、玉米、花生、大豆、向日葵、高粱、番茄、辣椒等。棉铃虫分布广, 其中黄河流域地区气候适宜, 历来是棉铃虫常发和重发区域; 而长江流域地区雨水比较充沛, 棉铃虫在少雨年份间歇性大发生; 西北内陆地区也是棉铃虫发生的一个重要区域 (郭予元, 1998)。

20 世纪 70-80 年代, 棉铃虫呈间歇性暴发成灾, 其中 1971、1972、1973、1978 和 1982 年棉

铃虫在黄河流域和长江流域地区的局部地区重发生。90 年代初至中期, 棉铃虫在全国连年大暴发, 仅 1992 年棉铃虫在各种作物上累计发生面积达 2 192 万  $\text{hm}^2$ , 造成直接经济损失逾百亿元, 其中棉花产量损失高达 30%-50% (郭予元, 1998)。2000 年左右, 我国各地棉铃虫发生大幅度减轻, 棉花及其他寄主作物上危害程度普遍较低 (Wu *et al.*, 2008)。2010 年以来, 一些地区棉铃虫种群发生明显回升, 在玉米、花生等非棉花作物上危害不断加重 (关秀敏等, 2016), 并严重波及了地区以外的内蒙古、宁夏等棉铃虫偶

\*资助项目 Supported projects: 农业生态风险监测与控制技术课题 (2016ZX08012-004); 国家重点研发计划 (2017YFD0201900)

\*\*通讯作者 Corresponding author, E-mail: yhlu@ippcaas.cn

收稿日期 Received: 2017-11-16, 接受日期 Accepted: 2017-12-29

发区域。

本文从理论层面分析了近年来棉铃虫种群地位演变机制,从实际角度总结了现阶段我国棉铃虫的发生现状并预测发展趋势,在此基础上提出今后棉铃虫的监控重点,旨在提醒各地高度重视棉铃虫发生动态、警惕棉铃虫再度暴发成灾。

### 1 棉铃虫种群地位演变动态与机制

以棉铃虫常发和重发区域——黄河流域地区为例,系统分析 20 世纪 90 年代棉铃虫连年大暴发、自 2000 年左右发生逐步减轻、2010 年以来危害加重三个阶段的种群地位变化发展的生态学机制。

#### 1.1 20 世纪 90 年代棉铃虫连年大暴发

20 世纪 90 年代初,气候干旱是棉铃虫大发生主要环境条件,施肥水平特别是施氮量的增高

是大发生主要物质基础,而不合理使用化学杀虫剂诱导产生高水平抗药性是棉铃虫种群失控的最主要的人为因素(郭予元,1998)。除棉花以外,棉铃虫还严重为害小麦、花生、大豆、玉米、高粱、红薯、谷子、蔬菜、瓜果等作物。局部地区次要寄主苹果树、葡萄树等也遭到了严重为害。

在黄河流域地区,长期以来棉花一直是重要的经济作物,种植面积大。棉铃虫 1 代幼虫主要在小麦田发生,6 月中下旬 1 代成虫因趋花习性而选择处于蕾期或初花期的棉花植株产卵,2-3 代部分成虫留在棉田、其余向抽雄吐丝期的玉米等作物转移,从而使 2 代棉铃虫的主要寄主作物田——棉田成为随后各代其他作物上棉铃虫的虫源地(图 1)。正因为如此,才形成了生产中棉田 2 代棉铃虫种群发生数量越高、后期其他作物上的危害程度就越严重的现象(郭予元,1998)。

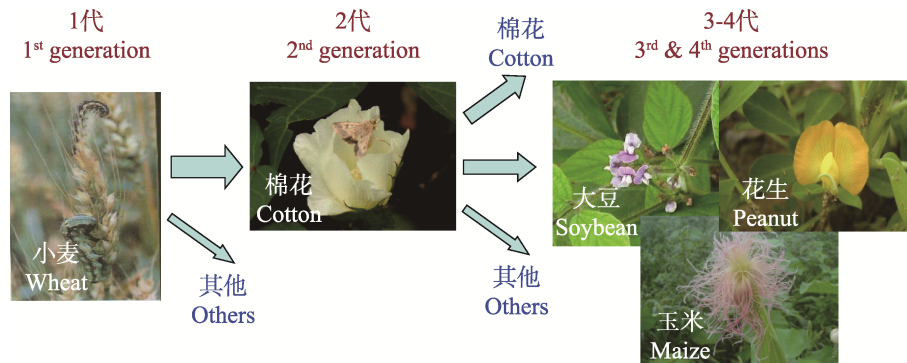


图 1 20 世纪 90 年代黄河流域地区棉铃虫季节性寄主转移规律

Fig. 1 Host alternatives of cotton bollworm between seasons in Yellow River Region during 1990s

#### 1.2 2000 年左右棉铃虫发生逐步减轻

1997 年黄河流域地区开始商业化种植转 Bt 基因抗虫棉花(简称: Bt 棉花), 2000 年 Bt 棉花的种植比率达 50%, 2004 年超过 90%, 其后基本为 100%。在此过程中, 棉花以及玉米、花生等其他作物上棉铃虫的发生数量呈现出显著下降趋势。这说明, Bt 棉花的种植不仅有效控制了 Bt 棉田棉铃虫种群, 而且明显减轻了其他非 Bt 寄主作物上棉铃虫的为害。

Bt 棉花对棉铃虫区域性控制的主要原因: Bt 棉花大面积种植以后, 杀死了大部分的 2 代

棉铃虫幼虫, 切断了棉铃虫季节性寄主转换链条, 从而压低了其他作物上的虫源基数, 导致棉花以及周边其他作物上棉铃虫发生普遍减轻(图 2)。对整个棉铃虫种群来说, Bt 棉花成为了一个致死性诱集植物和区域性诱杀陷阱(Wu et al., 2008)。

#### 1.3 2010 年以来棉铃虫危害不断加重

近 10 年, 随着国家种植业结构的战略性调整, 黄河流域地区各种农作物的种植比例发现了显著变化, 棉花种植面积降低了一半以上, 而玉米种植面积持续上升, 占据夏季作物种植比率的

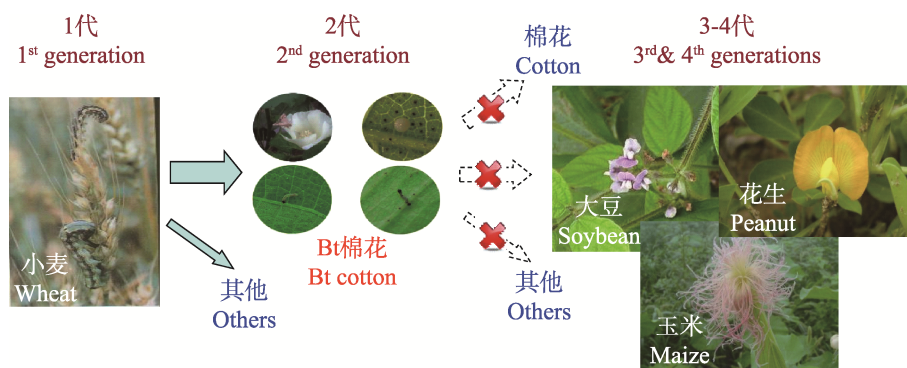


图 2 20 世纪末至 21 世纪初黄河流域 Bt 棉花对棉铃虫种群的控制机制  
Fig. 2 Bt cotton adoption suppressed cotton bollworm population in Yellow River Region from late 1990s to early 2000s

50%左右。2010 年以来, Bt 棉田棉铃虫种群发生稳定, 较前期没有明显变化; 而玉米、花生、蔬菜等作物上棉铃虫卵和幼虫发生密度不断增加, 为害程度明显加重。

导致上述变化的原因有如下两点。(1) Bt 棉花种植面积大幅度减少, 玉米等非 Bt 作物种植规模显著上升, Bt 棉花在棉铃虫寄主作物中种植比率下降, 从而 Bt 棉花对棉铃虫区域性种群发生的调控能力明显减弱, 导致棉铃虫种群基数不断增加、发生程度逐年加重。(2) 随着棉花种植面积的急剧下降以及玉米、花生等种植规模的增加, 1 代棉铃虫成虫大量选择在苗期玉米、花生等植株上产卵, 进而导致 2 代幼虫取食苗期玉米与花生等嫩叶、受损严重, 这种现象在以前棉花大规模种植情况下是十分罕见的。这表明, 随着作物种植结构调整, 棉铃虫的季节性寄主转换规律已发生明显变化, 2 代主要寄主作物已由棉花扩展到了玉米、花生等作物, 从而形成了 Bt 棉花种植区棉铃虫季节性寄主转换的新链条, 削弱了 Bt 棉花对棉铃虫区域种群的控制能力, 促进了棉铃虫种群的快速恢复和增殖(图 3)。

## 2 棉铃虫发生现状及趋势

### 2.1 发生概况

2017 年全国棉花田棉铃虫发生总体平稳, 发生面积为 167 万  $\text{hm}^2$ , 与 2016 年发生面积以及 2011-2016 年平均水平相比分别下降 18% 和 57%, 继续保持下降态势。2017 年, 2 至 5 代棉

铃虫发生面积比率分别为 33%、29%、18%、18%、1%。各地 Bt 棉花保持较好的抗虫作用, 各地区百株虫量一般为 1-3 头, 仅河北南宫、山东昌邑个别田块分别达 20 头和 40 头。

2017 年玉米田棉铃虫发生最为普遍, 华北、东北、西北、黄淮、江淮和长江中下游部分地区均有发生, 北方产区为害较重。初步统计, 全国 18 个省份发生 724 万  $\text{hm}^2$ , 是 2011 年以来发生面积最大的一年, 比 2016 年和 2011-2016 年均值分别增加 58% 和 48%。其中, 2 至 4 代分别发生 170、287、267 万  $\text{hm}^2$ , 河北、河南、山东省各代发生面积最大。2 代在华北发生较重, 为害苗期夏玉米, 6 月下旬至 7 月中旬, 河北安新县发生较重地块虫株率 39%, 百株虫量 46 头; 天津一般被害株率为 5%-10%, 最高 100%, 最高百株虫量超过 100 头。3 代是为害玉米最重的一代, 主要在 7 月下旬至 8 月中旬夏玉米和晚播春玉米, 西北、华北等地发生严重, 内蒙古巴彦淖尔、鄂尔多斯、阿拉善和赤峰市虫量较高, 严重田块虫株率 70%-100%, 每株被害作物上有虫多为 1 头, 少数每株有 2 头为害。河北承德虫田率为 75% 以上, 最高百株幼虫 35 头; 天津为害株率为 8%-20%, 最高 50%。辽宁葫芦岛、朝阳、阜新、锦州, 吉林省吉林、长白、长岭、伊通、东辽、梅河也受害。4 代主要在 8 月底至 9 月中旬为害玉米籽粒, 华北、西北、黄淮等地发生普遍, 河北临西平均百株 75 头, 最高达 100 头; 河南开封、南阳、鹤壁发生重, 开封平均百株幼

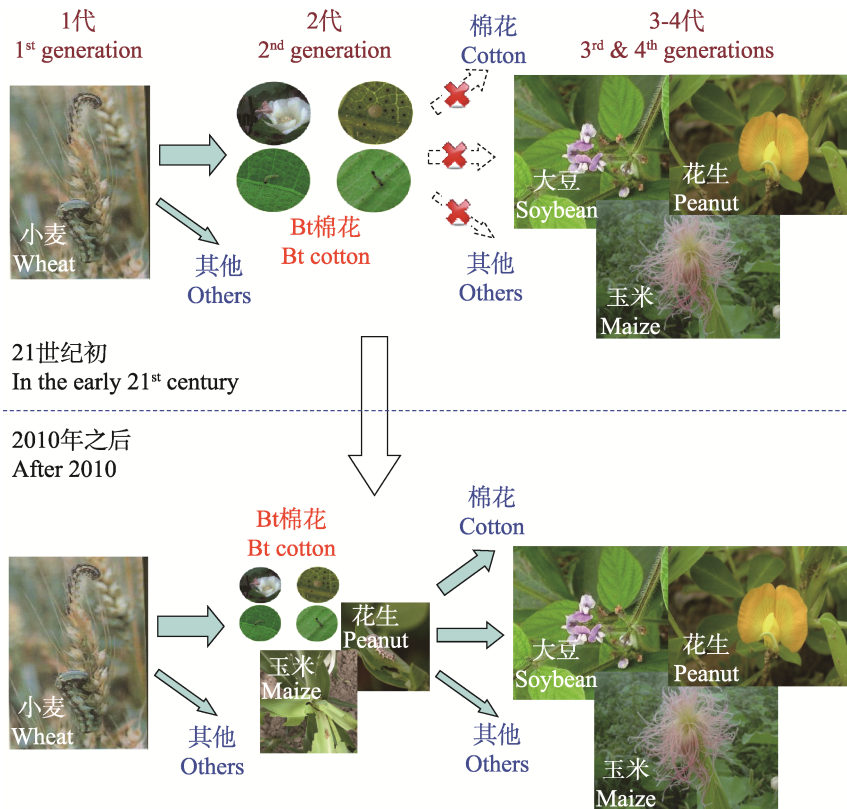


图3 2010年以来黄河流域地区棉铃虫种群发生加重的主要生态学机制  
 Fig. 3 Mechanism of population recovery of cotton bollworm in Yellow River Region from 2010

虫 48 头，比常年增加 64%，最高百株 180 头，平均被害株率 57%，最高点为 100%。

2017 年棉铃虫在花生上为害较为突出，其中 2 代已成为山东、河北等省花生上的主要害虫。山东泰安市 7 月初调查，虫田率 90%，虫墩率 40%，百墩有幼虫 85 头，最高百墩有虫 200 头。河北定州百墩 20 头；卢龙县花生田棉铃虫普遍发生，花叶率为 75%，虫株率为 25%，平均百墩有虫 86 头，最高达 156 头。3 代棉铃虫，在河北滦县 7 月 24-25 日调查百墩虫量 100-200 头，个别地块 200 头以上。辽宁省花生田 3 代为害最为严重，葫芦岛、朝阳、阜新、锦州等地花生田受害面积 13.3 万  $hm^2$ ，兴城地区花生田受害面积 3.3 万  $hm^2$ ，平均虫量百墩 70-80 头，最高地点百墩虫量可达 600 头以上。

2017 年棉铃虫在南北方各地多种蔬菜田发生，如河北番茄等虫株率一般为 2%-25%，最高 80%，一般百株虫量 3-20 头，宽城县番茄田最高百株 310 头；山东省泰安市 7 月初调查，露地番

茄百株幼虫 150 头，露地茄子百株幼虫 42 头。新疆兵团加工番茄田百株虫量多在 10-30 头之间，蛀果率多在 2%-10%。

另外，2017 年向日葵（以油葵为主）大豆、高粱、小麦、谷子等其他作物田也受棉铃虫严重为害。内蒙古、宁夏、河北、辽宁等地向日葵田发生较重，内蒙古巴彦淖尔市 7 月下旬向日葵上首次出现棉铃虫幼虫大面积为害，全市发生危害 21 万  $hm^2$ ，占向日葵播种面积的 87%，一般虫口密度百株 10-87 头，最高单株密度 5 头，有虫株率最高为 75%；河北省巨鹿县向日葵田重发地块百株虫量达 80 头。宁夏、河北等地棉铃虫在大豆田为害，宁夏银川市兴庆区一般百株 20 头，重的达 60 头，河北宽城县一般百株虫量 4-7 头。山西、内蒙古、辽宁、吉林省地棉铃虫为害高粱，内蒙古赤峰市 8 月中、下旬普查，高粱被害株率为 20%-40%，最高达 70%，百株虫量多为 100 头，少数有 200 头。河北一代棉铃虫在小麦产区个别地块发生较重；宁夏银川市贺兰县暖泉农场

6 月中旬调查麦田, 一般每平方米 10 头, 最高达 50 头。内蒙古、山西见谷子受害; 宁夏 2 代棉铃虫还为害分枝期的大豆、花蕾期的马铃薯和果实膨大期的西瓜, 3 代为害灌浆期的水稻。

## 2.2 趋势预测

全国高空测报灯监测数据和田间发生情况分析表明, 目前棉铃虫已恢复至历史上较高的种群水平, 具备棉铃虫高发的虫源基础。棉铃虫在玉米田普遍发生, 3、4 代在穗部发生, 防治难度大、防治效果低, 因此, 黄淮、华北等地越冬基数较高。2017 年 11 月中旬全国组织的虫源基数调查, 在河南郑州和开封、山东菏泽和泰安等地玉米田块普遍见虫, 第一次发生的内蒙古阿拉善、巴彦淖尔、赤峰市棉花、向日葵、高粱、谷子、花生、玉米均有查到棉铃虫越冬虫蛹; 且北方的蔬菜、花卉保护地也成为棉铃虫冬季的“避难所”, 棉铃虫冬季在其中为害繁殖, 直接成为翌年发生虫源地。

目前, 黄河流域和长江流域 Bt 棉花种植面积仍在继续下降, 玉米、花生、蔬菜等其他作物面积扩大, 作物种植结构有利于棉铃虫种群发生。同时, 近十多年来我国冬季气候变暖趋势明显, 春、夏季西北、华北、东北地区总体降水偏少, 干旱的气候特点对喜旱的棉铃虫发生为害有利。因此, 北方地区棉铃虫的为害将继续加重, 对玉米、花生、大豆、向日葵、高粱、蔬菜等作物的为害应引起高度重视。

## 3 棉铃虫防控建议及下一步研发重点

### 3.1 防控重点

近年棉铃虫种群数量明显上升, 其中黄河流域地区和西北内陆地区是重点发生区域。在黄河流域, 过去棉田一直是我国棉铃虫多作物灾变的源头, 也是该害虫区域性治理的关键。而现在 1 代棉铃虫主要在小麦田, 2 代即进入棉田外其他作物田为害, 将对玉米、花生、蔬菜、向日葵、果树等作物造成严重为害(关秀敏等, 2016; 李

海强等, 2017)。在新疆地区, 常规棉花、玉米、花生、蔬菜、向日葵等作物是现阶段棉铃虫防控重点, 其中 2 代棉铃虫幼虫危害常规棉花、玉米、番茄等作物为区域治理的重点。

### 3.2 防控对策

新中国建立以来, 我国棉铃虫的防治大致经历了三个时期: 20 世纪 80 年代以前, 以化学防治为主; 90 年代, 为综合防治; 2000 年以来, 主要是 Bt 棉花种植应用。这三个阶段, 重点防治的都是棉铃虫的主要危害虫态——幼虫, 且以棉田防治为主。

现阶段, 棉铃虫的主要危害对象日趋多样, 由棉花扩展为玉米、花生、向日葵等多种作物, 棉铃虫种群监测预警和防控难度明显加大, 在局部地区、个别作物上突发和暴发可能性显著增加。基于棉铃虫防控技术研发的最新进展, 建议现阶段采取以成虫期防治和幼虫期防治并重的绿色防控对策, 并逐步推进以成虫期防治为主、幼虫期防治为辅的区域防控对策。通过成虫防治, 压低虫源基数, 减少寄主转换, 实现棉铃虫区域种群控制, 降低转移危害和突发暴发的可能性。

### 3.3 防控技术

利用杀虫灯、性诱剂、杨树枝把等开展田间棉铃虫成虫消长动态监测, 利用昆虫雷达、高空探照灯等进行成虫迁飞动态监测。成虫防治重点选择棉铃虫生物食诱剂、杀虫灯等诱杀措施, 幼虫非化学防治主要使用棉铃虫核多角体病毒 NPV、苏云菌芽孢杆菌 Bt、中红侧沟茧蜂等技术产品。

我国大部地区棉铃虫已对有机磷、菊酯和氨基甲酸酯类农药产生较高水平抗性, 对甲氨基阿维菌素苯甲酸盐的抗性水平也明显上升, 化学防治中应注意选择适合药剂, 同时交替用药(张帅等, 2016)。推荐使用多杀菌素(多杀霉素)、茚虫威、氟铃脲、氯虫苯甲酰胺、溴氰虫酰胺等药剂。

### 3.4 研发方向

加强各主要发生区域棉铃虫季节性发生规

律研究,明确现有作物种植模式下各个代别棉铃虫的主要寄主,确定不同时期的防控重点,为区域种群监测预警与综合治理提供科学依据。

加强成虫不育技术等防控新技术研发,推进食诱剂、性诱剂、生物农药、天敌昆虫等生防产品田间使用技术的标准化,发展与有益天敌保育、授粉蜜蜂利用等相适宜的化学农药科学使用技术。研制玉米、花生、向日葵等非棉花寄主作物上棉铃虫预测预报、综合防控技术体系,提高棉铃虫绿色防控的能力与水平。

参考文献 (References)

Guan XM, Dong BX, Cao XR, Liu XS, Li ZB, Huang W, Zheng CM, Xu ZC, 2016. Impact of Bt cotton plantations on cotton bollworm populations in peanut fields. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 53(4): 851-855. [关秀敏, 董保信, 曹欣然, 刘旬胜, 李振博, 黄渭, 郑成民, 徐兆春, 2016. 转基因抗虫棉种

植面积变化对花生田棉铃虫种群影响. *应用昆虫学报*, 53(4): 851-855.]  
Guo YY, 1998. *Studies on Cotton Bollworm*. Beijing: China Agriculture Press. 1-407. [郭予元, 1998. 棉铃虫的研究. 北京: 中国农业出版社. 1-407.]  
Wu KM, Lu YH, Feng HQ, Jiang YY, Zhao ZJ, 2008. Suppression of cotton bollworm in multiple crops in China in areas with Bt toxin-containing cotton. *Science*, 321(5896): 1676-1678.  
Li HQ, Li JH, Yang L, Liu J, Lu YH, 2017. Preliminary report on the damage of cotton bollworm to walnut tree. *China Plant Protection*, 37(9): 44-45, 61. [李海强, 李金花, 杨龙, 刘建, 陆宴辉, 2017. 棉铃虫为害核桃调查初报. *中国植保导刊*, 37(9): 44-45, 61.]  
Zhang S, 2016. Resistance monitoring of agricultural pests and suggestions of applying insecticides in 2015 in China. *China Plant Protection*, 48(3): 61-65. [张帅, 2016. 2015 年全国农业有害生物抗药性监测结果及科学用药建议. *中国植保导刊*, 48(3): 61-65.]

\*\*\*\*\*



油茶宽盾蝽 *Poecilcoris latus* Dallas

油茶宽盾蝽 *Poecilcoris latus* Dallas, 英文名 Tea seed bug, 隶属于半翅目 Hemiptera 蝽科 Pentatomidae。成虫体长 16.0-20.0 mm, 宽 10.5-14.0 mm, 宽椭圆形; 卵直径 1.8-2.0 mm, 近圆形, 初产时淡黄绿色, 数日后呈现两条紫色长斑, 孵化前为橙黄色。1 龄若虫一般体长 3.0 mm, 近圆形, 橙黄色, 具金属光泽, 若虫共 5 个龄期。油茶宽盾蝽通常一年发生 1 代, 以 5 龄若虫在落叶下或土缝中越冬。卵期 7-10 d, 若虫期 7 个月, 成虫寿命 2 个月或更长一些。油茶宽盾蝽主要为害茶和油茶, 若虫在茶果上吸食汁液, 影响果实发育, 降低产量和出油率, 若虫刺吸造成还可诱发油茶炭疽病引起落果。分布: 中国 (浙江、福建、江西、湖南、广东、广西、贵州、云南) 印度、越南、缅甸。图片为油茶宽盾蝽若虫, 于 2017 年 5 月 9 日拍摄于湖南省长沙市宁乡县花明楼镇。

(中国科学院动物研究所 姜春燕)