技术与方法

# 棉铃虫种群调查及测报技术*

姜玉英[1] 刘 杰[1] 曾 娟[1] 杨清坡[1] 陆宴辉[2**]

（1. 全国农业技术推广服务中心，北京 100125；
2. 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）

**摘 要** 近年，棉铃虫 *Helicoverpa armigera*（Hübner）在我国非棉花寄主作物上的发生危害呈明显加重趋势。本文依据棉铃虫生活习性和发生规律、棉花棉铃虫调查技术标准，概述了棉铃虫成虫、卵、幼虫、蛹等不同虫态的种群监测方法，介绍了小麦、玉米、花生等不同作物田种群系统调查和普查技术。同时，建议深入研究种植业结构调整下棉铃虫区域性发生规律、研发应用自动化和智能化种群监测方法、制定推广不同作物棉铃虫测报技术规范，旨在促进非棉花寄主作物上棉铃虫的有效监测、准确预报和科学防控及其种群区域性治理。

**关键词** 棉铃虫，虫态，寄主作物，种群调查，预测预报

# Investigation and forecasting techniques for the cotton bollworm

JIANG Yu-Ying[1] LIU Jie[1] ZENG Juan[1] YANG Qin-Po[1] LU Yan-Hui[2**]

(1. National Agro-Technical Extension and Service Center, Beijing 100125, China; 2. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

**Abstract** In recent years, the damage inflicted by the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner), on non-cotton host crops has greatly increased in China. We here review monitoring methods for cotton bollworm adults, eggs, larvae and pupae, based on the habits and occurrence patterns of this pest and the technical standards for investigating it on cotton. We also introduce systematic and general survey methods for *H. armigera* on different host plants, such as wheat, maize, peanuts, etc. to allow more general population forecasting of this pest. In the future, we should strengthen the study of the occurrence patterns of the cotton bollworm, along with crop production structure adjustment, develop automatic and intelligent monitoring methods, and formulate and promote technical specifications for population forecasting in different crops. This will facilitate effective monitoring, accurate prediction, scientific prevention, and regional management, of cotton bollworm population in crops other than cotton.

**Key words** *Helicoverpa armigera*, development stages, host crops, population monitoring, forecast

棉铃虫 *Helicoverpa armigera*（Hübner）是一种重大农业害虫，我国各省（市、区）均有分布，可危害 30 多科 200 余种植物，较喜食禾本科、锦葵科、茄科、豆科植物的蕾、花和果实等繁殖器官，在农业生产上经常为害的粮食作物有玉米、小麦、高粱、谷子、水稻、马铃薯等，经济作物有棉花、花生、向日葵、烟草、芝麻、亚麻、苘麻、黄麻、蓖麻、鹰嘴豆、豌豆、蚕豆、苕子、苜蓿等，还为害番茄、茄子、西葫芦、南瓜、西瓜、菜豆、梅豆、大白菜、甘蓝、莴苣、苋菜、辣椒、大葱、韭菜等蔬菜（郭予元，1998），种群暴发期还可为害核桃、枣、苹果、葡萄等果树的花和幼果（李海强等，2017）。棉铃虫在我国各地每年发生代次由北向南递增，通常年份，

*资助项目 Supported projects：转基因生物新品种培育重大专项（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

新疆北部、内蒙古、甘肃、辽河流域、河北北部等地 3 代，黄河流域、长江流域北部和新疆南部 4 代，长江流域南部和华南地区北部 5 代，华南地区南部 6 代，云南南部 7 代（郭予元，1998）。

由于适生区域大、寄主范围广、发生代次多，加之繁殖力、迁飞性和抗药性强，棉铃虫一直是我国农作物上的重大害虫，20 世纪 90 年代曾对棉花及棉区其他寄主作物生产造成重大危害。90 年代后期，因推广种植转 Bt 基因抗虫棉（简称“Bt 棉花”），棉铃虫区域种群发生数量明显下降（Wu *et al*.，2008）。但近几年，随着黄河流域棉区 Bt 棉花种植面积的急剧减少以及玉米等适宜寄主种植规模的大幅度增加，棉铃虫在玉米、花生等棉田外寄主作物上的危害明显加重，同时波及了内蒙古、宁夏、甘肃、辽宁等周边省份的玉米、向日葵、高粱等作物，成为了这些作物上的重要害虫（关秀敏等，2016；陆宴辉等，2018）。长期以来，棉铃虫的主要研究集中在棉花上，玉米、花生等其他作物上明显偏少；同时，棉花种植区的研究比较深入，而内蒙古、宁夏等地鲜有报道。这一现状不能满足现阶段各地棉铃虫调查测报工作的实际需要。

本文依据棉铃虫生活习性和发生规律（郭予元，1998）、棉花田棉铃虫测报技术标准（GB/T 15800-2009）、花生和玉米田棉铃虫部分调查方法（王宪聚，1989；李小泉等，2014），系统梳理了不同虫态棉铃虫的种群监测方法，以及小麦、玉米、花生等不同作物田棉铃虫及其天敌系统调查与普查技术，旨在促进棉铃虫的有效监测、准确预报和科学防控。

## 1　种群监测方法

### 1.1　成虫诱测

**1.1.1**　灯光诱蛾　棉铃虫成虫具有较强的趋光性，利用灯具诱测是生产上常用的监测方法。在常年适宜成虫发生场所或主要寄主作物田，设置诱虫灯（波长 365 nm 的黑光灯）1 台，灯管下端与地表面垂直距离为 1.5 m。要求灯具照度要超过自然环境照度 8 倍以上，因此灯具周围 100 m 范围内应无高大建筑物和树木遮挡、且远离路灯等大照明光源，以免因环境干扰而降低灯具的诱测效果。每天检查诱集到的成虫虫体，分别记录雌雄成虫数量。灯管使用 3 000 个 h，其照度就会发生变化，因此需每年更换一次。

**1.1.2**　杨树枝把诱蛾　棉铃虫成虫对萎蔫的杨、柳等枝把散发的气味有明显趋性。可取 10 枝 2 年生杨树枝条（一般用树梢，以多带叶片为好），晾萎蔫以后捆成一束，竖立于作物行间，其高度超出作物植株 15-30 cm。每天日出之前，检查枝把上的雌雄成虫数量。杨树枝把每 7 d 更换一次。

**1.1.3**　性诱剂诱蛾　目前生产上的棉铃虫性诱剂是合成和利用雌蛾性信息素来引诱雄蛾，主要有效组分为顺-11-十六碳烯醛（Z11-16:A ld）和顺-9-十六碳烯醛（Z9-16:A ld），质量比为 97∶3，每个诱芯中的性信息素有效成分为 2 mg。将诱芯置于田间，每日早晨检查记载诱到的雄蛾虫量。目前主要有水盆、诱捕器两种诱集方式。

①水盆诱测。用直径 30 cm 的瓷盆或塑料盆为诱盆，内放含有少量洗衣粉或洗涤液的清水，在盆口上绑有十字交叉的铁丝，在交叉处固定一个大头针或铁丝，针头向上，将橡胶诱芯凹面向下固定在针尖上，以免凹面内存有雨水，盆内水面距诱芯约 1 cm。雨季注意盆内盛水量不宜过多，以免因降雨而使成虫随水溢出。诱芯使用 30 d 更换一次。

②诱捕器诱测。利用钟罩倒置漏斗式诱捕器进行诱集。在棉花、花生以及苗期玉米等低矮作物田，诱捕器应放置在观察田中，诱捕器离地面 1 m 左右或高于植物 20 cm。成株期玉米、向日葵等高秆作物田，诱捕器应放置于方便操作的、走向与当地季风风向垂直的田埂上，诱捕器与田边相距 1 m 左右。诱芯使用 30 d 更换一次。

**1.1.4**　雌蛾卵巢解剖　棉铃虫成虫为兼性迁飞害虫（吴孔明和郭予元，2007），雌蛾卵巢的解剖分级，可以推测当时种群主要是本地虫源还是迁入虫源，为其预测预报提供重要信息。根据卵巢的形状、卵的产生过程以及卵黄沉积情况等指标，将棉铃虫的卵巢发育程度分为 6 个级别（张

万娜等，2013）。

### 1.2 卵调查

由于棉铃虫成虫产卵有较明显的趋嫩性，植株幼嫩的顶端和嫩叶、小麦和玉米穗、棉花果萼和果柄等部位上易着卵，依作物生育期不同选择着卵量大的部位进行重要调查，查后将卵抹掉或用笔做标计，以避免下次重复计数。

### 1.3 幼虫调查

主要调查植株的顶心、嫩叶等细嫩部位，以及花、蕾、穗等繁殖器官，调查各龄期幼虫数量。各代依作物生育期不同调查部位有差异。

### 1.4 越冬蛹调查

冬前进行越冬蛹量调查。调查地点选择当地最末一代棉铃虫主要寄主作物田。挖土方法为，用泥刀或小铲子将 2-3 cm 深土层挖向一侧，观察土表面是否有铅笔粗的圆形蛹道，发现蛹道，则沿蛹道继续向下挖可见棉铃虫蛹（一般蛹最深约 15 cm），观察记载滞育蛹和非滞育蛹。滞育蛹和非滞育蛹区分方法，在 20-25 ℃气温条件下 5 d，头部后颊部眼点不消失者为滞育蛹，而眼点消失者为非滞育蛹（吴孔明和郭予元，1995）。滞育蛹为冬前有效虫源。

冬后调查越冬蛹的存活率，取样调查方法同冬前，记载蛹数、活蛹数，活蛹为冬后有效虫源。

## 2 测报调查技术

### 2.1 系统调查

系统调查是最基础的测报工作，可系统掌握害虫发生发展动态，为指导开展大田普查提供重要依据。采取定点、定时间、定方法进行。通常选择在常年易发和早发地块，地块具适当大小的面积，种植当地害虫喜食品种，采用有利于虫害发生的栽培和水肥管理措施，发生期不施针对性药剂，因此，系统调查强调其代表性和指示性。根据当地生产季节和寄主作物种植情况，选择各寄主作物田 1-3 块进行系统调查。

**2.1.1** 成虫诱测　诱测成虫数量、确定盛发期，可准确推测卵期和幼虫期，是做好中期预测的重要依据。棉铃虫成虫诱测以灯光诱蛾为主，杨树枝把诱蛾和性诱剂诱蛾作为补充。黄河流域、长江流域和新疆南部地区棉铃虫灯诱工作从 4 月 5 日开始，新疆北部地区从 4 月中旬开始，辽河流域地区从 5 月上旬开始；田间作物收获后结束，一般长江以南地区 10 月底结束，北方地区 9 月底结束。杨树枝把诱蛾和性诱剂诱蛾时间为 6 月初至 9 月底。

诱测灯具设置在常年适于成虫发生场所或主要寄主作物田，现有诱虫灯单灯辐射面积一般为 2-3 $hm^2$，因此一个监测点一般设置 1 台。杨树枝把每块田插 10 束，顺垄一字形排列，两两之间间隔 10 m。性诱剂每块田设 3 个重复，在低矮作物田两两相距至少 50 m 呈正三角形放置、每个诱捕器与田边距离不少于 5 m，对高秆作物田，3 个重复可放于同一条田埂上相距至少 50 m 呈直线排列，每个诱捕器与田边相距 1 m 左右。

成虫诱测需逐日统计成虫诱集数量，并将雌蛾、雄蛾分开记录。在盛蛾期，隔日解剖检查 20 头雌蛾，判别每个雌蛾的卵巢发育级别和交尾情况。如果卵巢发育级别较低，意味着此成虫有迁飞外地的可能，需继续监测；如级别较高，成虫将宿留在当地繁殖后代，并由此做出当代发生为害的预报。

**2.1.2** 卵调查　一般每块田 5 点取样，每点固定 10 株或 20 株。调查时间在成虫发生盛期进行，每 3 d 调查一次，上午调查。

小麦田，小麦齐穗后调查一代卵量，每块田 5 点取样，每点固定 20 株小麦，调查麦穗上的卵量。

棉花田，5 点取样，二代每点顺行连续调查 20 株，重点查棉株顶端及其以下 3 个枝条上的卵量；3、4、5 代每点顺行连续调查 10 株，重点查群尖和嫩叶上的卵量。

花生田，5 点取样，每点顺行连续调查 20 墩。成虫喜欢在花生上部叶片产卵，其次是叶轴和小叶柄上，应重点查以上部位的卵量，花器上的卵量相对较少，可酌情调查。

玉米田，每块田 5 点取样，每点固定 20 株。2 代在苗期或抽雄扬花期前进行，主要调查叶片正面（茎秆叶鞘上有少量卵）；3 代在抽穗扬花期进行，主要调查雄穗、新鲜的雌穗花丝，卵量相对较少的叶片正面和叶鞘部位可酌情调查；4 代在抽穗扬花后进行，主要调查雌穗花丝上的卵量，叶鞘和叶片上卵量较少，可不做调查。

**2.1.3　幼虫调查**　在当地主要寄主作物田调查，卵始盛期开始调查，直至幼虫进入高龄期止。在卵量的系统调查田进行，定点调查，调查各龄期幼虫数量。

小麦田，从一代卵盛期开始到 5 月底，每 5 d 一次，每次随机取 100 个麦穗，带回室内剥查幼虫发生数量，分龄期记载；也可用网捕法调查，即手持捕虫网（圆锥体，网口直径 30 cm，网口至网底长 80 cm，柄长 1 m），顺麦垄逆风行走，网口下部紧贴小麦穗颈，边走边左右往返捕虫，每点捕 10 复网，分龄期记数。

棉花田，北方棉区查 2、3、4 代，南方棉区查 2、3、4、5 代。采用 5 点取样，2 代每点查 10 株，3、4、5 代每点查 5 株，每 5 d 一次。2 代主要调查棉株顶心、嫩叶和幼蕾，3 代调查成蕾、花等部位，4 代、5 代调查蕾、花、幼铃和新发的嫩枝叶杈等部位。

花生田，5 点取样，每点顺行连续调查 20 墩。2 代调查嫩叶、花冠（花生处于盛发期），幼虫尤其喜欢在清晨钻入初开的新花内掠食花蕊和柱头，应重点调查。3 代除了为害新生叶片和零星花器外，主要啃啮尚未入土的果针，并且有选择地吃掉果针尖端，因此应重点调查。

玉米田，每块田 5 点取样，每点调查 10 株，计虫量，分龄期记载。2 至 4 代危害苗期至孕穗期玉米。2 代发生期为夏玉米苗期或喇叭口期，调查心叶的虫量和龄期；3 代，调查玉米顶端幼嫩籽粒和雌穗花丝部位的虫量和龄期；4 代，调查玉米雌穗顶端幼嫩籽粒部位的虫量和龄期。玉米穗期，玉米苞叶、雄穗和叶片上幼虫占比较少，生产上可不作调查。

**2.1.4　天敌调查**　在各作物系统田进行调查，可与调查卵、幼虫同时进行。一代麦田调查，从幼虫孵化盛期开始到小麦收割前，每 5 d 一次。在每块田随机取 5 点，每点选择 20 株小麦，调查记载瓢虫、草蛉、食虫蝽、蜘蛛等捕食性天敌发生数量。同时，每次将 20-30 头幼虫带回室内，用试管进行单管饲养，观察和记载寄生性天敌种类和数量。棉花、玉米和花生田，在各代棉铃虫卵和幼虫的盛发期，在种群调查的同时，分别从田间采集 50-100 粒卵和 50-100 头 2-6 龄幼虫，在室内分别观察赤眼蜂、唇齿姬蜂和侧沟茧蜂等寄生性天敌种类和数量。

### 2.2　普查

大田普查一般是为了解田间总体虫情，调查时间多选在虫害的防治适期、作物产量形成的关键生育期和害虫盛发期，每年普查时间应大致相同，以普查结果估计未来发展趋势、产量损失及是否需要采取防治措施等。通常在系统调查田病虫达防治指标或发生高峰期进行 1-2 次普查；为做好未来发生趋势预报，需要进行虫源基数的普查。大田普查项目往往比较单一，方法简单实用，调查应及时、快速，避免错过防治适期，各类型田一般调查尽量多的地块，调查具有广泛性。实际普查时，依人力和时间的多少，可以通过随机取样的方法确定调查田块，也可根据需要选定具有代表性的田块进行调查，注重大范围普查和分类调查，尽量调查较广的区域和较多的田块，以获得较好的代表性，而不苛求调查的精度。

**2.2.1　卵普查**　根据系统调查结果，在产卵高峰期，选择寄主作物种植较大区域进行调查。每种主要作物一般普查 10-20 块田，兼顾调查作物的不同类型田。棉田重点调查对棉铃虫发生比较有利的一、二类田，以指导大田防治。普查时，每块田 5 点取样，如棉铃虫发生程度 3 级以上，每点 5 株；如 2 级以下，每点查 10 株。玉米和花生田普查，每块田 5 点取样，每点查 10 株或 10 墩。

**2.2.2　幼虫普查**　各代棉铃虫 4-5 龄幼虫占田间幼虫种群的 80%左右时，对当地主要寄主作物进行一次调查。对于条播、小株密植作物，每种类型田调查 2-4 块，每块地取样 10 点，每点 1 m2；

而单株、稀植作物，每块田调查取样 100-200 株。如小麦，调查一代幼虫残留量，时间一般固定在 5 月下旬至 6 月上旬，选间作麦田、纯麦田和靠近蜜源植物麦田等类型，每块田随机取 100 个麦穗。为了保证幼虫龄期分析准确性，幼虫数量应不少于 30 头。棉田和玉米田调查方法同系统调查，虫量多时，可适当减少调查株数。

### 2.3 越冬蛹普查

每年 10 月下旬或 11 月上旬进行冬前越冬蛹量调查，以此数据作为越冬基数，用于预报翌年发生程度。选择当地最末一代棉铃虫的主要寄主作物田（如棉花、玉米等）进行调查，各种（类）作物田块的取样面积累计不少于 20 $m^2$。取样方法采用对角线取样法，共选择 5 点，兼顾地边和中间。将调查到的蛹带回室内，区分滞育蛹和非滞育蛹，单位面积滞育蛹数量即为冬前虫源量。

冬后调查春季越冬蛹存活率，一般 3 月中下旬进行，调查取样方法同冬前，记载蛹数和活蛹数，计算蛹存活率，用冬前调查的虫量乘以存活率即为冬后有效虫源量。

## 3 讨论

### 3.1 研究棉铃虫在不同区域和不同作物间发生规律

2010 年以后 Bt 棉花在棉铃虫寄主作物中种植比率下降，而玉米等非 Bt 寄主作物种植规模显著上升，使 Bt 棉花对棉铃虫区域性种群发生的负调控能力明显减弱，棉铃虫发生区域扩大，在玉米、高粱、花生、大豆、向日葵和各种蔬菜等作物上发生加重（陆宴辉等，2018）。2017 年棉铃虫在黄淮、华北、西北、东北等地普遍发生，危害作物有玉米、高粱、花生、向日葵及各种蔬菜，内蒙古、宁夏、吉林部分地区危害严重，给当地农业生产造成严重威胁（陆宴辉等，2018）。因此，应加强各地区各代次不同寄主作物上棉铃虫种群发生规律研究，其中在棉铃虫常发区域（如华北地区）重点研究作物种植结构调整新形势下棉铃虫虫源关系的变化规律，在内蒙古、宁夏、甘肃、吉林等偶发区域加强季节性寄主转移规律研究，为棉铃虫各代种群的准确监测及其区域性种群治理提供科学依据。

### 3.2 制定非棉花寄主作物棉铃虫预测预报技术规范

棉花是棉铃虫最重要的寄主作物，棉铃虫在棉花上的取食为害习性及其发生规律研究最为深入透彻，也是制定棉铃虫测报调查技术规范的模式作物。农业部原农作物病虫测报总站于 1980 年即制定了棉花棉铃虫系统测报办法和一般测报办法，1995 年《棉铃虫测报调查规范》成为国家标准，2009 年进行了修订（GB/T 15800-2009），为各棉区棉铃虫调查提供了重要依据，极大地促进了棉区棉铃虫预报水平的提高。目前，小麦、玉米、花生棉铃虫调查测报技术有一定基础，但尚需加强和细化；向日葵和茄果类及豆荚类蔬菜棉铃虫发生规律和测报技术研究明显缺乏，急需系统研究，明确调查部位、取样方法和各代调查时间。在此基础上，借鉴和参考棉花棉铃虫测报技术体系，制订并推广玉米、花生、向日葵等不同作物上棉铃虫测报技术规范，提高预报准确率，更好地指导科学防治。

### 3.3 研发应用自动化和智能化监测工具

近几年，部分企业研发生产了棉铃虫等害虫性诱自动计数和灯诱物联网设备，在一些区域经试验示范中呈现出良好的应用效果（姜玉英等，2015）；另外，全国性监测试验验证了高空测报灯对棉铃虫成虫迁飞动态监测的有效性，为棉铃虫区域性预报提供了新的技术手段。2017 年 5 月 12 日，国家发展改革委、农业部、质检总局、国家林业局印发了关于全国动植物保护能力提升工程建设规划（2017-2025 年）的通知（发改农经〔2017〕913 号），规划中植物有害生物疫情监测检疫能力建设内容，强调农作物重大病虫疫情发生动态的自动化、智能化、信息化监测，这也为重大害虫棉铃虫监测预警技术研发指明了方向。下一步，急需通过农科教紧密合作，加强研发棉铃虫自动化和智能化监测工具，切实提

高棉铃虫自动监测设备的有效性和稳定性，实现虫情田间信息的直报功能，推动棉铃虫预测预报技术进步。

### 3.4 加强棉铃虫测报技术培训

现阶段棉铃虫工具监测一般是针对某虫态或某个阶段进行，尚不能有效开展全面或全程监测。在预测预报实践中，需要专业技术人员综合实地调查、工具监测等多方面资料，全面判断和综合把握，从而做出科学预测。因此，基层测报人员对棉铃虫习性规律、测报技术工具优缺点的科学认识以及对测报理论与技术的熟练掌握，对于保障棉铃虫预测预报准确性至关重要，其中培训工作不可或缺。前几年围绕棉花病虫害，在黄河流域、长江流域和新疆棉区进行了持续的多种形式的培训，取得较好的效果(姜玉英等，2016)。目前棉铃虫对多种作物为害加重，尤其是对西北、华北和东北春玉米、花生、向日葵、高粱等作物形成严重威胁，而基层植保人员对当地发生规律和为害习性认识不够全面，急需组织专家进行针对性知识培训和技术指导，更好地促使棉铃虫预报水平的提高，为探索防治适期、有效防控手段和提供重要依据。

## 参考文献 (References)


Guan XM, Dong BX, Dong 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.]

Jiang YY, Lu YH, Zeng J, Liu J, Li J, Wang HQ, 2016. Practice and efficiency of the training of cotton pest forecast and control techniques. *China Plant Protection*, 36(2): 74–79. [姜玉英, 陆宴辉, 曾娟, 刘杰, 李晶, 王惠卿, 2016. 棉花病虫害测报防治技术培训模式的实践与成效. 中国植保导刊, 36(12): 74–79.]

Jiang YY, Zeng J, Gao YJ, Wang HQ, 2015. Application of new trap and its automatic counter in cotton bollworm monitoring. *China Plant Protection*, 35(4): 56–59. [姜玉英, 曾娟, 高永健, 王惠卿, 2015. 新型诱捕器及其自动计数系统在棉铃虫监测中的应用. 中国植保导刊, 35(4): 56–59.]

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.]

Li XQ, 2004. The characteristic of temporal distribution of cotton bollworm eggs of the second generation in maize field at Wuwei. *Gansu Agricultural Science and Technology*, (1): 43–44. [李小泉, 2004. 武威市玉米田二代棉铃虫卵的时序分布特征研究. 甘肃农业科技, (1): 43–44.]

Lu YH, Jiang YY, Liu J, Zeng J, Yang XM, Wu KM, 2018. Adjustment of cropping structure increases the risk of cotton bollworm outbreaks in China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 55(1): 19–24. [陆宴辉, 姜玉英, 刘杰, 曾娟, 杨现明, 吴孔明, 2018. 种植业结构调整增加棉铃虫灾变风险. 应用昆虫学报, 55(1): 19–24.]

Wang XJ, 1989. Study on occurrence law and control of bollworm in peanut field. *Shandong Agricultural Science*, (3): 9–13. [王宪聚. 棉铃虫在花生田的发生规律及防治研究. 山东农业科学, (3): 9–13.]

Wu KM, Guo YY, 1995. Inducing factors of pupal diapause in *Helicoverpa armigera*. *Acta Phytophylacica Sinica*, 22(4): 331–336. [吴孔明, 郭予元, 1995. 棉铃虫滞育的诱导因素研究. 植物保护学报, 22(4): 331–336.]

Wu KM, Guo YY, 2007. Geotype differentiation and regional migratory regularity of *Helicoverpa armigera* in China. *Plant Protection*, 33(5): 6–11. [吴孔明, 郭予元, 2007. 棉铃虫种群的地理型分化和区域性迁飞规律. 植物保护, 33(5): 6–11.]

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.

Zhang WN, Xiao HJ, Liang GM, Guo YY, 2013. Observation on ovarian morphology and oogenesis in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctudae). *Acta Entomologica Sinica*, 56(4): 358–364. [张万娜, 肖海军, 梁革梅, 郭予元, 2013. 棉铃虫卵巢形态与卵子发生过程观察. 昆虫学报, 56(4): 358–364.]