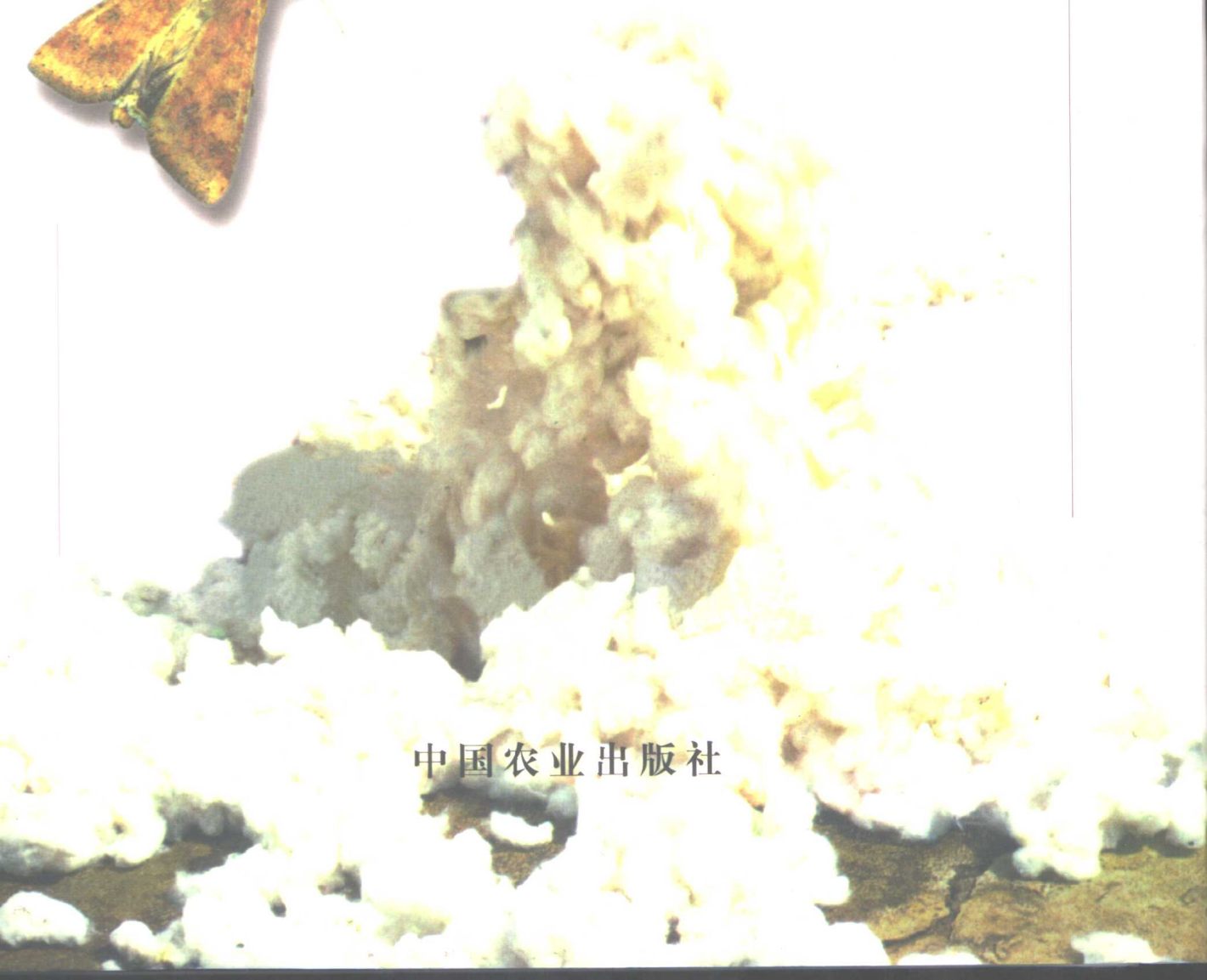


棉铃虫 的研究

郭予元 主编

中国农业出版社



主 编 郭予元

参加编写人员 (按姓氏笔划排列):

丁红建 王武刚 汤德良 吴孔明 杨雪梅
郭予元 姜永幸 梁革梅 雷仲仁 谭维嘉
戴小枫

棉 铃 虫 的 研 究

郭予元 主编

* * *

责任编辑 杨国栋

中国农业出版社出版 (北京市朝阳区农展馆北路 2 号 100026)

新华书店北京发行所发行 北京科技印刷厂印刷

787mm×1092mm16 开本 26.5 印张 6 插页 600 千字

1998 年 6 月第 1 版 1998 年 6 月北京第 1 次印刷

印数 1~1 000 册 定价 98.00 元

ISBN 7-109-04740-7/S·2939

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书比较深入系统地介绍了棉铃虫的研究进展及防治技术。全书共分 11 章, 主要涉及棉铃虫的形态特征与遗传变异, 生物学与生态学特性, 化学生态学, 环境因素对棉铃虫发生的影响, 种群动态的预测预报技术, 防治指标和防治策略, 棉铃虫自然种群生命表及天敌的控制作用, 棉花对棉铃虫的抗性及其利用, 棉铃虫的抗药性, 综合防治的关键技术及棉铃虫研究工作中常用的统计分析方法等。

本书可供从事昆虫学、生态学、动物学和植物保护学的科研、教学及农业技术推广人员使用。

中华农业科教基金资助图书

中华农业科教基金会简介

中华农业科教基金会经中国人民银行批准，民政部注册登记，于1995年12月20日成立。基金会得到国家科委、中国人民银行、民政部、农业部等部委的大力支持；得到国内外企业界、知名人士的积极响应。基金会归口农业部管理，接受中国人民银行和民政部监督。

中华农业科教基金会的宗旨是：通过广泛吸收国内外和社会各方面的资金，用以支持中国农业科教事业，补充国家主渠道对农业科技的投入，以加快实施“科教兴农”战略。

中华农业科教基金会的任务是：发展农业科教事业，推动农业科技进步，提高农业劳动者素质，促进中国农业发展和农村经济繁荣。基金会资助农业基础研究、应用研究、试验示范、成果推广和农业科教前沿重大课题的研究；资助有突出贡献和有发展潜力的中青年农业科技人才；资助优秀农业科技著作的出版；奖励在中国农业科教事业中做出重要贡献的个人。

中华农业科教基金会将根据政府制订的农村经济发展规划，定期公布资助方向。资助项目的遴选实行“公开申请，专家评审，民主公正，择优资助”原则。基金会建立严格的筹资、管理和使用制度，公正、合理、规范、科学、有效地使用农业科教基金，向捐赠者公开收支帐目，接受监督。

中华农业科教基金会热忱欢迎国内外企业、社团、各界人士向本基金会捐赠资金，本基金会可根据捐赠者的意愿，设立名人基金、专项基金等。

序

近些年来,随着棉铃虫在东半球频繁暴发,有关各国都加强了对该虫的研究。我国自1992年因棉铃虫猖獗造成棉花减产30%多以来,也进一步增大防治研究的力度,并已取得显著成绩;特别在综合防治方面已进入国际先进行列,积累了丰富的经验,也出版了不少能指导生产的书籍或文章。但这些书涉及深层次研究的极少,对解决防治的短期行为有作用;而棉铃虫这样的暴发性害虫,仅仅研究大发生后的防治对策远远不够,必须从生理、生态、生物化学、遗传学、分子生物学等多学科,深入系统地研究并掌握其生长发育特点,阐明成灾规律,以便提高对其大发生的预见性,使防治工作变被动为主动,才能在保护环境不受污染的前提下更有效地控制其为害。为此,中国农业出版社决定委托中国农业科学院植物保护研究所编写能引导棉铃虫防治与研究如何深入的专著,粗读《棉铃虫的研究》初稿认为,此书完成了这一任务。该书宏观微观兼容并蓄,涉及的基础研究都与生产实践相联系,且都反映保护环境意识。立足点是新的,编撰形式也与一般专著惯例略有不同,既反映了国内外最新的研究成果与现状,也加进了作者自己近年研究的成就,有些内容是首次公诸于众,描述生动具体,便于读者参照执行。相信这本书的面世将对推动棉铃虫的研究工作起到积极作用。

邱式邦

1996. 12

前 言

棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner) 是发生在东半球 (Old World, 包括亚洲、欧洲、非洲和大洋洲) 许多国家农作物上的重要害虫, 因其有寄主范围广、繁殖潜能大、种群能远距离迁移和对环境适应力强等特点, 条件适宜时常大面积暴发成灾, 造成棉花、玉米、花生、豆类、蔬菜、花卉等的严重损失, 其中以棉花遭受的损失最大。80~90 年代棉铃虫先后在东南亚、南亚和东亚多个国家大发生。泰国因棉铃虫连年猖獗, 棉花严重减产, 棉农纷纷放弃植棉业, 全国棉田面积由 1982 年的 15.2 万公顷下降到 1985 年的 4.35 万公顷。

我国是世界植棉大国, 总产量居世界第一, 植棉业是农业的支柱性产业, 对国民经济的发展至关重要。1990 年以来, 棉铃虫进入了 70 年代初大发生后的又一个发生高峰期, 至 1994 年的 5 年中, 除新疆棉区轻发生外, 黄河和长江流域等我国主要棉区有 4 年大发生; 特别是 1992 年山东、河北、河南、江苏、安徽、山西、陕西、湖北、辽宁等省的 6000 多万亩棉田, 棉铃虫特大发生, 黄河流域的发生量是常年的 20 倍以上, 发生期提早 7~10 天, 而且发育参差不齐、世代重叠; 加上棉铃虫对常用杀虫剂已产生高抗药性, 给防治工作带来极大困难。该年在山东、河北、河南等重灾区, 棉花因棉铃虫减产达 50% 以上, 全国棉花总产减少 1/3。

1992 年棉铃虫空前的猖獗, 使举国上下为之震惊。在对棉铃虫问题深为关切的同时, 人们纷纷提出各种各样的问题: 棉铃虫为什么突然大发生? 这么大量的棉铃虫是从哪里来的? 造成棉花生产如此严重损失反映出我们的防治工作中存在什么问题? 我们有无办法防止棉铃虫大发生? 迫切希望我国植物保护研究和推广部门提出控制棉铃虫灾害的有效办法, 以保证我国棉花生产稳定发展。

事实上, 早在 50 年代棉铃虫就是我国农业科研课题之一。自第六个五年计划开始, 棉铃虫已列为国家重点科技攻关课题“农作物主要病虫害综合防治技术研究”的主要对象之一, 以加强研究。在全国各有关单位多年共同努力下, 已经掌握了棉铃虫在不同棉花生态区的发生特点, 组建了适用于不同生态区的棉铃虫综合防治体系和配套关键防治技术, 在大面积示范区贯彻实施。示范区经受了近年来棉铃虫大发生的考验, 显示了优异的控制棉铃虫为害和棉花增产增收的效果。如中国农业科学院植物保护研究所在河南省新乡县设立的 5 万亩综合防治示范区, 在 1992 年棉铃虫特大发生的情况下, 皮棉产量损失控制在 15% 以下, 达亩产 70kg 以上, 与周围非示范区皮棉损失率 50%~80%、亩产 30~40kg 形成鲜明对照。这一套棉铃虫综合防治关键技术在 1993、1994 年全国性控制棉铃虫灾、保证棉花丰收的防治战役中发挥了重要的作用。

为了使防治棉铃虫工作有足够的后劲, 在开展防治技术研究的同时, 近年国家还加强了棉铃虫发生规律和防治对策的基础性研究。除了增加国家自然科学基金研究项目外, 1994

年还把“棉铃虫迁飞扩散规律及其与寄主植物的互作关系研究”纳入国家攀登计划项目“粮棉作物五大病虫害灾变规律及控制技术的基础研究”。通过这些研究，将可为澄清棉铃虫大发生原因及种群动态机制、开展准确预测预报和改进综合防治技术打下坚实的理论基础，使我们在与棉铃虫的斗争中充分利用现代科技手段，彻底改变大发生年防治失控导致成灾的严峻局面。这方面我们起步虽较晚，但已取得较好的进展。

鉴于我国有着多年与棉铃虫斗争的历史，特别是90年代初该虫连年大发生以来，广大棉农和科技界人士在斗争中对有关棉铃虫发生与防治的理论与实践方面都取得了显著成绩，许多工作具有特色，值得总结、交流。为此，中国农业科学院植物保护研究所棉花害虫研究组接受中国农业出版社的委托，由从事棉铃虫几个方面研究的工作者分工编写了这本专著。此书共11章，内容涉及基础研究及应用研究，包括棉铃虫的种及种下分类、生物学特性、兼性迁飞、兼性滞育、生态型的中国地理区划、化学通讯及有关行为、天敌、抗药性、棉花的抗虫性以及其它各项综合防治关键技术。书中除编入作者的最新研究结果外，还收集了迄今国内外在棉铃虫方面的主要研究进展，力求能反映国际上棉铃虫研究与防治工作的现状，旨在使读者对棉铃虫有一个较全面、深入的了解，从理论上进一步认识对其采用综合防治对策的必要性，和掌握具体方法。希望本书能对我国棉铃虫研究和防治工作发挥良好的促进作用。

本书得到国内外不少同行的支持和帮助，许多棉虫专家为我们提供了珍贵资料，有的提出宝贵的意见，这里一并致谢。此外，由于作者水平所限，加之内容涉及面广，大家是在承担繁重的科研任务的同时完成编写任务，疏漏不周之处敬请读者指正。

目 录

序

前言

第一章 棉铃虫的种类、分布和地理种群的遗传变异	1
第一节 棉铃虫的种类和分布	1
一、种类	1
二、分布	1
第二节 棉铃虫的一般形态特征及其变异	2
一、卵	2
二、幼虫	3
三、蛹	5
四、成虫	6
五、不同地理种群形态特征的数值分析	10
第三节 棉铃虫地理种群的遗传变异	15
一、棉铃虫不同地理种群的 RAPD 分析	15
二、棉铃虫和烟青虫的 RAPD 分析	17
参考文献	17
第二章 棉铃虫的主要生物学与生态学特性	22
第一节 我国各大棉区棉铃虫发生的基本情况	22
一、黄河流域棉区	22
二、长江流域棉区	22
三、西北内陆棉区	23
四、北部特早熟棉区	24
五、华南棉区	24
第二节 棉铃虫的主要生活习性	24
一、棉铃虫成虫的取食习性	24
二、棉铃虫幼虫的取食习性	25
三、棉铃虫成虫的趋光性	28
第三节 棉铃虫的滞育	30
一、棉铃虫滞育蛹的鉴别	30
二、棉铃虫滞育的临界虫态	31
三、棉铃虫滞育的诱导因素	32
四、棉铃虫滞育的解除及羽化格局	33
五、棉铃虫滞育的遗传方式	36
六、棉铃虫幼虫在滞育和非滞育条件下发育进度比较	39
七、棉铃虫滞育的生理生化基础	39
第四节 棉铃虫的生态型	42

一、棉铃虫各地理种群滞育诱导的光周期和温度反应	42
二、棉铃虫各地理种群的滞育历期比较	44
三、棉铃虫各地理种群的抗寒能力	48
第五节 棉铃虫的迁飞	53
一、棉铃虫迁移飞行的类型	53
二、棉铃虫的飞翔能力	54
三、棉铃虫飞翔肌的结构	58
四、棉铃虫飞翔的能量物质及消耗	60
五、营养和幼期密度对棉铃虫飞翔能力的影响	64
六、棉铃虫在我国的迁飞规律	68
第六节 棉铃虫的空间分布特点与种群动态模型	72
一、棉铃虫的空间分布型与抽样技术	72
二、棉铃虫种群动态模拟模型探讨	77
参考文献	79
第三章 棉铃虫的化学生态学研究与应用	82
第一节 棉铃虫属昆虫及其天敌对其寄主植物挥发性它感化合物的 嗅觉行为研究概况及分析	82
一、棉铃虫属昆虫对其寄主植物挥发性它感化合物的嗅觉行为研究	82
二、棉铃虫属昆虫主要天敌的嗅觉行为	84
三、植物挥发性它感信息化化合物的研究方法	85
第二节 棉铃虫触角化学感受器官的超微结构	89
一、材料和方法	89
二、结果与分析	90
第三节 挥发性物质的提取	91
一、试验材料的选择	91
二、试验用试剂及仪器	91
三、挥发性物质的抽提洗脱	92
四、吸附柱的活化	92
第四节 棉铃虫成虫对不同寄主植物挥发油的 EAG 活性及反应的 动力学参数分析	92
一、试验材料及试剂	92
二、试验设备	92
三、试验结果与分析	93
第五节 不同寄主植物挥发油的气相色谱分析	100
一、材料及仪器	100
二、测试结果色谱图及分析	100
第六节 寄主植物挥发油中它感信息化合物组分及结构的确定	105
一、材料和方法	105
二、测试结果	107
第七节 挥发油生物活性的行为学测定	110
一、挥发油生物活性的四臂嗅觉仪测定	110
二、不同寄主植物挥发油与棉铃虫产卵的关系	116
第八节 植物它感化合物在生产中的应用展望	117

一、寄主植物挥发性它感信息化合物与棉铃虫预测预报及防治的关系	117
二、棉铃虫在不同作物间迁移为害的原因探讨	118
三、棉铃虫取食产卵所感知的化学信息	118
四、植物挥发性物质在 IPM 系统中的作用	118
第九节 棉铃虫性信息素的研究及应用	120
一、棉铃虫性信息素的组成	120
二、棉铃虫对性信息素组分的电生理及行为学反应	120
三、棉铃虫性信息素的应用研究	121
参考文献	123
第四章 环境因素与棉铃虫发生的关系	129
第一节 温度对棉铃虫生长发育的影响	129
一、温度对棉铃虫发育速度和存活率的影响	129
二、温度对棉铃虫繁殖力的影响	130
三、各虫期的发育起点和有效积温	130
四、不同温度下的棉铃虫实验种群生命表	131
第二节 降雨和土壤含水量对棉铃虫的影响	131
一、土壤含水量对棉铃虫化蛹和羽化的影响	131
二、风雨强度对棉铃虫种群数量变动的影响	133
第三节 食物质量对棉铃虫生长发育的影响	134
一、蛋白质对棉铃虫发育和繁殖的影响	134
二、糖对棉铃虫生长发育的影响	136
三、食物质量对棉铃虫发育积温及繁殖力的影响	136
第四节 耕作栽培制度对棉铃虫种群动态的影响	138
一、作物种类和布局变化的影响	138
二、栽培管理水平提高及栽培制度改变的影响	139
三、土壤耕作制度改变的影响	139
第五节 90 年代我国棉铃虫大发生的原因初探	140
一、气候干旱	140
二、高抗药性	140
三、栽培水平的提高和耕作制度的变化有利于棉铃虫发生	141
参考文献	141
第五章 棉铃虫的预测预报	143
第一节 我国棉铃虫预测预报工作现状和存在的问题	143
一、工作现状	143
二、存在的问题	143
第二节 我国目前采用的棉铃虫预测预报方法	144
一、发生期预测	144
二、发生量预测	146
三、时间序列分析	153
参考文献	153
第六章 防治指标和防治策略	154
第一节 防治指标	154

一、经济阈值的意义	154
二、对几个 EIL 和 ET 模型的评价	154
三、对制定防治指标的几点改进意见	156
四、棉铃虫的防治指标	156
第二节 害虫综合防治体系	163
一、有害生物综合治理的概念	163
二、国内外 IPM 策略的大面积贯彻实施	163
三、组建棉铃虫综合防治体系的方法	164
四、黄河流域棉区棉铃虫的防治对策	165
参考文献	166
第七章 棉铃虫自然种群生命表及天敌的控制作用	168
第一节 棉铃虫自然种群生命表	168
一、生命表的概念与类型	168
二、棉铃虫自然种群生命表分析	169
三、棉铃虫生命表中涉及的几个问题的讨论	186
第二节 棉铃虫主要天敌的种类	190
一、概述	190
二、棉铃虫主要天敌的种类	191
第三节 棉田主要天敌类群对棉铃虫的控制作用	194
一、棉铃虫齿唇姬蜂生物学特性及控制作用	194
二、棉铃虫中红侧沟茧蜂	199
三、叶色草蛉对棉铃虫的控制作用	206
四、赤眼蜂	210
五、小花螬的生物学特性与控制作用	219
六、龟纹瓢虫的生物学特性与控制作用	223
七、棉田复合天敌系统对棉铃虫的控制作用	229
参考文献	236
第八章 棉花对棉铃虫的抗性及其应用	240
第一节 棉花的外部抗虫形态及抗棉铃虫性鉴定技术	241
一、棉花的外部抗虫形态及其利用	241
二、棉花抗棉铃虫性鉴定技术与方法	248
第二节 棉花对棉铃虫的生化抗性基础	251
一、萜烯类化合物	251
二、黄酮类化合物	260
三、单宁类化合物	265
四、棉花对棉铃虫的诱导抗性	270
五、棉花抗虫性的遗传学研究	273
六、抗虫性遗传的研究技术	274
七、棉花抗虫性的遗传	275
第三节 棉花外源基因导入获得抗虫性	276
一、可利用的外源抗虫基因的类型	277
二、棉花外源抗虫基因的导入技术	278
三、转基因抗虫棉的研究与利用	279

四、我国“863”转基因工程棉研究状况及抗虫性能	283
五、转基因棉花对棉铃虫的抗性鉴定技术和方法	285
六、转基因工程抗虫棉在棉花害虫综合防治中的协调使用	286
参考文献	286
第九章 棉铃虫的抗药性	291
第一节 抗药性的特点与现状	291
一、抗药性的定义及棉铃虫抗药性发展的历史	291
二、棉铃虫生物学特性与其抗药性的关系	291
三、我国棉铃虫抗药性的发展现状	292
四、室内抗性品系的选育及交互抗性的测定	300
第二节 抗药性的机理及遗传	307
一、棉铃虫抗药性机制概述	308
二、棉铃虫抗药性测定方法	325
三、棉铃虫抗药性机理的研究方法	328
四、棉铃虫抗药性遗传学	332
第三节 棉铃虫抗药性治理的策略	335
一、影响抗药性变化的因素	336
二、抗药性治理的策略和措施	336
三、预防为主, 综合治理	338
第四节 国外抗药性治理	339
一、美国棉铃虫抗药性治理	339
二、澳大利亚棉铃虫抗药性治理	340
三、津巴布韦棉虫抗性治理	342
四、以色列棉区杀虫剂抗性治理	342
五、泰国棉铃虫的抗药性治理	342
六、印度棉铃虫的抗性治理	343
七、埃及棉花害虫的抗性治理	343
参考文献	343
第十章 棉铃虫综合防治关键技术	352
一、农业防治	352
二、生物防治技术	354
三、诱杀防治	360
四、抗虫品种(系)的利用	363
五、化学防治技术	363
六、存在问题及展望	374
参考文献	375
第十一章 棉铃虫试验常用统计分析方法	377
一、单因子试验方差分析	377
二、二因子试验方差分析	380
三、二次饱和 D-回归最优设计试验分析	383
四、二元一次回归分析	385
五、主成分分析	387
六、聚类分析	390

七、判别分析	392
八、农药致死中量 (LD_{50}) 和致死中浓度 (LC_{50}) 的计算法	394
九、农药混剂增效作用的测定	396
参考文献	397
附表	398
彩版 图版	插页

第一章 棉铃虫的种类、分布和地理种群的遗传变异

第一节 棉铃虫的种类和分布

一、种 类

棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner) (1803) 隶属于鳞翅目 Lepidoptera, 夜蛾科 Noctuidae, 实夜蛾亚科 Heliothinae, 棉铃虫属 *Helicoverpa* Hardwick (1965)。

棉铃虫原来被放在实夜蛾属 *Heliothis* Ochsenheimer (1816) 中, 这是一个多型属。Hardwick (1965) 经过对棉铃虫复合种的详细研究, 从 *Heliothis* 属中分出了部分种类, 并放在他所建立的新属 *Helicoverpa* 中, 但一直未被人们广泛接受, 后经 Matthews, M. (1991, 1993)、Mitter, C. (1993) 和 Poole, R. W. (1993) 等人的进一步研究和证实, 现在越来越多的人接受了此属。

棉铃虫属 *Helicoverpa* 到目前为止共发现 18 种、7 亚种, 我国已知有 3 种, 即棉铃虫 *H. armigera* (Hübner)、烟青虫 *H. assulta* (Guenée) 和西藏棉铃虫 *H. tibetensis* Hardwick。据 Hardwick (1965) 研究, 我国的棉铃虫和烟青虫实际上分别是 *H. armigera armigera* (Hübner) 和 *H. assulta assulta* (Guenée) 两亚种。在本属中只有棉铃虫 (分为 3 个亚种, 即 *H. armigera armigera*、*H. armigera conferta*、*H. armigera commoni*)、烟青虫 (分为 2 个亚种, 即 *H. assulta assulta* 和 *H. assulta afra*) 和 *H. pallida* Hardwick (分为 2 个亚种) 3 种有亚种划分。应特别指出的是, 棉铃虫 3 个亚种之间的差别主要是前后翅的颜色、斑纹的深浅、明暗及个体大小等, 尤其是 *H. armigera armigera* 和 *H. armigera conferta* 更难从形态上区分, 而且同功酶的研究也证明这两个亚种十分近似, 几乎难以区分 (Mitter, C., Poole, R., Silverfine, E. & Huettel, M., 1993), 唯一可以明显区分的就是地理界限。

棉铃虫属 *Helicoverpa* 中国已知种 (亚种) 检索表

1. 阳茎端囊基部有一倒刺和 2 个支囊, 抱器瓣长是宽的 4.5~5.0 倍, 前后翅线纹不清晰, 后翅灰白色 棉铃虫 *H. armigera armigera*
阳茎端囊基部无倒刺, 仅有 3 个支囊, 抱器瓣长是宽的 5.6 倍左右 2
2. 阳茎端囊基部的 3 个支囊大小近似, 前后翅线纹清晰, 后翅黄褐色
..... 烟青虫 *H. assulta assulta*
阳茎端囊基部的后支囊明显大而尖, 前后翅线纹不清晰, 后翅浅黄色
..... 西藏棉铃虫 *H. tibetensis*

二、分 布

棉铃虫属广泛分布于世界各洲和一些太平洋岛屿, 其中棉铃虫 *H. armigera* 分布于北

纬 50 度至南纬 50 度之间的欧洲、亚洲、非洲、澳洲及太平洋西南部岛屿，其 3 个亚种各自的分布区分别是：*H. armigera armigera* 亚种主要分布在欧洲南部、亚洲大陆及其附近岛屿和非洲，最北的记录是在大约北纬 59 度的爱沙尼亚。*H. armigera conferta* 主要分布在斐济、新西兰、澳大利亚、新几内亚、印度尼西亚和关岛。*H. armigera comuni* 仅分布在 Conton 岛。前两个亚种的过渡区在菲律宾、苏门塔腊和爪哇等地。

棉铃虫在我国各省区均有分布，其种群密度的大小依次为黄河流域棉区、长江流域棉区、辽河流域棉区、西北内陆棉区和华南棉区。在北纬 40 度左右以南均可正常越冬，但在夏季可以迁飞、扩散到北纬 40 度以北的其它地区和一些高海拔地区。

西藏棉铃虫已知仅分布在西藏。

第二节 棉铃虫的一般形态特征及其变异

棉铃虫的卵、幼虫、蛹和成虫各虫态的主要特征及其变异如下：

一、卵

(一) 一般形态特征

棉铃虫的卵近半球形，更似馒头状（图版 I 1），高 0.51~0.55mm，直径 0.44~0.48mm，顶部稍隆起，底部较平，中部通常有 24~34 条直达底部的纵棱，每两条纵棱间有 1~2 条短纵棱，且多分为 2 岔或 3 岔，纵棱间有横纹 14~18 条，且与纵棱形成长方形格。初产卵乳白色或浅苹果绿色，逐渐变为黄色，并出现浅红色带，近孵化时变为紫褐色，顶部黑色。

(二) 超微结构

卵壳半透明，分为外卵壳的薄片层和横膈的内层。卵的顶部比较突出，其中央有 4~5 个很小的卵孔，通常合并成 1 个大孔。卵孔周围有瓣饰 1~2 列（图版 I 2、3）。第一列瓣饰隆起，菊花瓣形，8~18 瓣，平均 12~13 瓣，各瓣有 8~9 条不太清晰的明暗间隔的横道；第二列瓣饰隆起较低，菱形、梯形或不规则形，大小、形状变异较大，一般 15~17 瓣。多数卵无第二列瓣饰。在两列瓣饰的下方围绕卵孔有一圈隆脊，由内向外呈三角锥形，每两条长脊顶端之间夹 1 个三角锥脊，个别夹两条三角锥脊。从第二列瓣饰尖端或从三角锥脊之间（当无第二列瓣饰时）发射出 12~15 条长脊。气孔小而稀少、圆形，位于纵脊或纵脊与横脊交叉处，成对或单独排列，成对的 2 孔均较小（图版 I 4、5）；单孔时则较大，并可见其为双层，即内外层间形成前庭，内层孔更小（图版 I 6、7）。

(三) 卵的变异

通过 14 个地区卵的形态比较研究发现，卵的基本构造是一致的，但个别特征在地区间有一定的变异，如有的地区卵较细而高，有的在瓣饰的多少、形状及脊的多少上有些变化。其统计数据见表 1.1。

从表中可以看出，卵孔周围的瓣饰多为一列，占总数的 76%，有 50% 的地区仅为一列（图版 I 3），另有 50% 的地区是两种卵都有，但各种卵所占的比例不同。双列瓣饰所占的比例最少为 25%，最多为 75%，但过去一直认为棉铃虫卵孔周围有二列瓣饰，这和我们观察

表 1.1 不同地区棉铃虫卵的形态比较

地区	观察粒数	单列瓣饰 (%)	双列瓣饰 (%)	内瓣饰瓣数	端部长脊数	卵孔数
渭南	7	100	0	9.9	12.2	单孔
德州	8	100	0	12.6	14.3	单孔
衡阳	5	100	0	12.4	12.4	单孔, 4 孔
杭州	8	100	0	11.2	13.6	单孔
禹州	7	100	0	12.6	13.1	单孔
简阳	8	100	0	12.5	12.0	单孔
信阳	14	100	0	12.1	13.3	单孔
哈密	9	89	11	12.9	13.8	单孔
南京	4	75	25	12.3	13.3	单孔
临清	8	75	25	12.6	13.4	单孔
武穴	8	37.5	62.5	12.5	12.8	单孔
新乡	13	38.5	61.5	13.5	14.6	单孔
莎车	13	30.8	69.2	12.9	13.9	单孔
辽阳	8	25	75	11.4	12.4	单孔
平均		76	24	12.31	13.3	

的结果不同,还需要进一步大量观察和证实;内瓣饰瓣数平均最少的是渭南种群,仅 9.9 个,最多的是新乡种群,为 13.5 个,一般为 12~13 个;顶端长脊数也因地区有些变异,渭南种群最少,平均 12.2 条,新乡种群最多,平均 14.6 条。卵孔数一般 4~5 个,但多数小卵孔已经破裂,只能看见一个大卵孔。小卵孔的破裂是由于样品处理不慎,还是卵本身的构造或别的什么原因所致,还需进一步的研究。气孔类型有单孔和双孔两类。

二、幼 虫

(一) 一般形态特征

从卵孵化到幼虫化蛹可分为 5~6 个龄期,但多数为 6 个龄期。初孵幼虫青灰色,身上条纹不明显,随着虫龄增加,前胸背板斑纹和体线变化渐趋复杂,体表布满褐色和灰色长而尖的小刺,腹面有明显的黑色或黑褐色小刺。老熟幼虫头部黄色,有褐色网状斑纹,虫体各节上有毛片 12 个(图 1.1)。但不同龄期体色和斑纹变化很大,主要区别如下:

1 龄: 体长 1.8~3.2mm, 头宽 0.21~0.23mm。头部黑色;前胸背板红褐色,体表线纹不明显;臀板淡黑色、三角形。

2 龄: 体长 4.2~6.2mm, 头宽 0.38~0.46mm, 头黑褐色或褐色;前胸背板褐色,两侧缘各出现一条淡色纵纹,体表背面和侧面出现浅色条纹,臀板浅灰色、三角形。

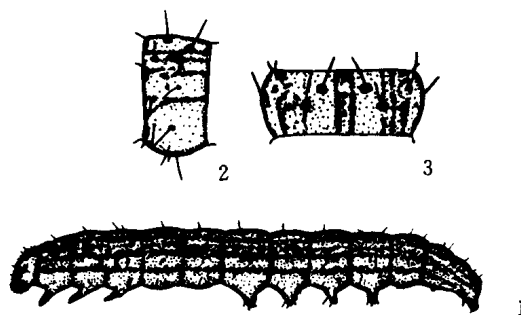


图 1.1 棉铃虫幼虫

1. 成长幼虫 (侧面观) 2. 第二腹节 (侧面观)
3. 第二腹节 (背面观)