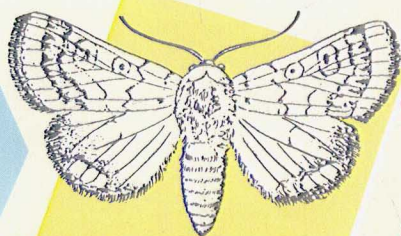


棉铃虫的抗药性与治理

戴小枫 郭予元 编著



中国农业出版社

棉铃虫的抗药性与治理

戴小枫 郭予元 编著

中国农业出版社

内容提要

本书由中国农业科学院植物保护研究所棉虫研究组的专家编著,内容涉及我国棉花生产第一大致灾害虫——棉铃虫的抗药性现状、机理、遗传特征、稳定性和生物适应性,杀虫剂联合使用在棉铃虫抗药性治理中的应用、棉铃虫抗药性治理的策略与方法、抗性棉铃虫的综合防治等重要问题,是一本系统阐述棉铃虫抗药性研究与治理技术的书籍

棉铃虫的抗药性与治理

戴小枫 郭予元 编著

* * *

责任编辑 王 凯

中国农业出版社出版 (北京市朝阳区农展馆北路2号)
新华书店北京发行所发行 华燕印刷厂印刷

787×1092mm32开本 8.25印张 190千字
1995年6月第1版 1995年6月北京第1次印刷
印数 1—5000册 定价 13.00元

ISBN 7-109-04155-7/S·2579

前 言

九十年代以来,棉铃虫在我国连年发生为害。1990—1994年的5年间,棉铃虫在我国主产棉区黄河流域棉区及长江流域棉区就有4年属于大发生。特别是1992年,棉铃虫在山东、河北、河南、山西、陕西、辽宁、江苏、安徽等省的6500万亩棉田范围上特大暴发,发生量之大,范围之广,持续发生为害期之长,侵害作物种类之多,造成棉花产量损失之巨,均为历史上首次记录。而且发生时期提早、世代重叠,给防治带来困难,造成全国棉花总产损失30%以上(在冀、鲁、豫等地的一些重灾区,损失50%以上),直接经济损失逾百亿元,严重挫伤棉农植棉积极性,“棉铃虫治不下去”成为制约当前棉花生产发展的第一限制因素。

关于棉铃虫大发生的原因分析已有多则报道,除了棉铃虫自身的生物潜能,如食性杂、分布广、运动能力强、繁殖能力高等内在因素,及气候和其他生态因子适宜,发生的周期性等外在因素外,棉铃虫抗药性的周期性出现和居高不下,也是重要原因之一。目前棉花生产面临的,实际上是抗性(主要对拟除虫菊酯)棉铃虫的综合防治与治理问题。

我们最早产生编写这本小册子的念头始于1990年。当年在我国华北棉区,因棉铃虫对菊酯类杀虫剂产生抗药性,生产上首次出现这类药剂大面积防治困难的局面;而且围绕抗性治理的有关复配剂的研制、开发、生产在我国也已初露端倪,并呈现出

上升的趋势。由于后来忙于对各地进行技术培训,再后又忙于科研工作,这一计划一再搁置。这本书目前的内容,是在各地学员的热情鼓励下,在我们为各地编写的培训讲义和教材的基础上整理而成。

本书针对我国棉花生产中棉铃虫抗药性的特点,详细阐述了棉铃虫抗药性的现状和演替历史,与抗药性有关的棉铃虫若干生物学特性。并着重从多功能氧化酶、酯酶水解酶、抗击倒基因与神经不敏感性、表皮穿透性、诱导抗性与寄主植物的关系、交互抗药性、杀虫剂联合使用的依据等方面叙述了棉铃虫对菊酯类杀虫剂抗药性机理的最新研究结果和报道。作为衔接和延续,抗药性的遗传学分析及抗药性与生物适应性的关系也在书中占据了一定篇幅。他山之石可以攻玉,为了借鉴国外抗性治理的经验与教训,书中亦安排了与此相关的内容。杀虫剂的联合使用,特别是针对抗性治理的杀虫剂复配使用近来发展很快,也是学术上讨论的热门话题,而且生产实践的发展业已走到了理论研究的前面,因此书中不惜以较大篇幅对这方面内容作了介绍和讨论,借以抛砖引玉,期望能够对指导复配剂新品开发和生产应用有所裨益。作为这本小册子的终结和目的,篇末介绍了棉铃虫抗药性治理的原理与方法,并援引河南新乡综合防治示范区为实例,阐述了抗性治理的措施。

需要特别指出的是,编者要感谢山东农业大学慕立义、王开运教授、南京农业大学吴益东博士、江苏农业科学院植保所刘贤进博士,以及国内从事棉铃虫抗药性研究的诸多同仁,没有他们的卓越科研工作和无私提供的科研结果与文献,本书就没有问世的基础。

在本书的编写整理中,曾先后得到了王荫长教授、沈晋良副

教授、高希武副教授、王武刚副研究员、郑裴能副研究员、赵建周博士的大力支持和提供的宝贵意见,本研究课题组的谭维嘉、梁革梅两位女士对本书的形成亦做出了很大的贡献。没有他们的热忱支持与帮助,本书所述内容将黯然失色。

由于时间仓促,截止初稿脱手之时,仍有新的研究成果不断涌现,编著者亦只能忍痛割舍,待日后有机会时再将这些精彩的报告补充进来。囿于编著者才疏学浅,业务水平有限,而抗药性问题是涉及多个学科的综合性和边缘学科,加之围绕棉铃虫抗药性的许多问题尚处在研究探讨中,一些结果和观点仅为一家之言,尚待进一步研究验证,仅供读者参考。假若这本小册子的问世能对棉铃虫抗药性的研究与应用起到抛砖引玉的作用,编著者已深感自慰。鉴于这些原因,书中谬误和疏漏之处一定很多,乞望广大读者来信赐教指正,作者将不胜感激。

编著者

一九九五年四月于北京

目 录

前言

第一章 棉铃虫及其抗药性	(1)
一、棉铃虫的发生与危害	(1)
二、棉铃虫的抗药性	(12)
三、棉铃虫的生物学习性与抗药性	(15)
第二章 我国棉铃虫抗药性的现状	(25)
一、棉铃虫对菊酯类杀虫剂的抗药性	(25)
二、棉铃虫对有机磷类杀虫剂的抗药性	(37)
三、棉铃虫对氨基甲酸酯类杀虫剂的抗药性	(39)
四、棉铃虫抗药性的地理分布	(40)
第三章 棉铃虫的抗药性机理	(43)
一、靶标敏感性降低和抗击倒基因	(45)
1. 乙酰胆碱酯酶(AchE)敏感性降低	(45)
2. 神经膜敏感性降低—抗击倒基因(Kdr)途径	(45)
3. 外 Ca^{++} —ATP 酶的敏感性降低	(47)
4. Kdr 机制与 DDT 和菊酯	(48)
二、代谢解毒作用增强	(50)
1. 氧化代谢	(51)
(1) 多功能氧化酶系(MFO)	(51)
(2) MFO 酶系测定方法	(56)
(3) MFO 酶系在昆虫抗药性中的作用	(57)
(4) MFO 与棉铃虫对菊酯类杀虫剂的抗药性	(59)
(5) 讨论	(62)
2. 酯酶水解代谢	(67)
(1) 酯酶与蚜虫抗药性	(68)

(2)酯酶与棉铃虫抗菊酯的关系	(68)
三、表皮穿透作用降低	(70)
四、抗性基因的互作	(74)
五、棉铃虫的交互抗药性	(76)
1. 交互抗性	(76)
2. 抗菊酯棉铃虫的交互抗性谱	(81)
(1)抗氰戊菊酯棉铃虫品系的交互抗性谱	(81)
(2)抗溴氰菊酯棉铃虫品系的交互抗性谱	(88)
(3)抗功夫菊酯棉铃虫品系的交互抗性谱	(91)
3. 讨论	(92)
六、杀虫剂复配使用的增效与延缓抗药性的机制	(95)
1. 复配使用延缓抗药性的理论模型与证据	(97)
2. 杀虫剂复配使用增效、延缓抗性的机制	(101)
3. 杀虫剂复配使用的原则	(107)
4. 讨论	(111)
七、非杀虫剂诱导的抗性机理	(114)
第四章 棉铃虫抗药性的遗传学特征	(121)
一、棉铃虫对菊酯类杀虫剂的抗性遗传机理	(121)
二、抗菊酯棉铃虫种群的生物适应性	(129)
三、棉铃虫对拟除虫菊酯抗性的稳定性	(134)
第五章 杀虫剂联合使用在棉铃虫抗性治理中的应用	(138)
一、杀虫剂联合使用的发展	(138)
二、杀虫剂的联合作用	(140)
三、国外农药联合使用概况	(151)
四、我国杀虫剂联合使用情况	(153)
五、杀虫剂联合使用存在问题的讨论	(169)
第六章 国外的棉铃虫抗药性治理	(180)
一、澳大利亚的抗性治理	(180)

二、美国的抗性治理	(188)
三、以色列的抗性治理	(190)
四、埃及的抗性治理	(193)
五、泰国的抗性治理	(194)
六、讨论	(195)
第七章 棉铃虫抗药性治理的指导策略与方法	(200)
一、抗药性治理的策略与方法	(200)
二、抗性棉铃虫综合防治技术体系	(205)
三、棉铃虫抗性治理的方案与实例	(208)
参考文献	(224)

第一章 棉铃虫及其抗药性

一、棉铃虫的发生与危害

棉铃虫 *Helicoverpa armigera* Hubner 为鳞翅目夜蛾科害虫,原属 *Heliothis* 属,1965 年 Hardwick 将它划归 *Helicoverpa* 属。棉铃虫是一种世界性农业害虫,在北纬 50 度至南纬 50 度间的欧、亚、非和澳洲广为分布。棉铃虫的寄主植物很多,据刘国土(1934)报道在我国有 200 余种,Reed 和 Pawar(1982)报道有 60 种作物和 67 种野生植物,以小麦、玉米、烟草、棉花、油料、蔬菜等为主要寄主植物。棉铃虫对棉花的为害主要是蛀食主茎生长点、棉蕾、花和铃,生长点被害后形成疯长不结桃的“公棉花”,单株损失产量 70% 以上;幼蕾受害后苞叶张开脱落,青铃被害后常造成烂铃,一头幼虫可咬食蕾铃一二十个,在发生严重的田块,蕾铃因棉铃虫为害的脱落率可达 50% 左右(郭予元等,1991)。由于棉花、烟草等作物的经济价值高,棉铃虫每年都给农业生产造成巨大损失。据不完全统计,美国因美洲棉铃虫 *Helicoverpa zea* 和烟芽夜蛾 *Heliothis virescens* 为害,每年损失达 10 亿美元(Johnson 等,1986),印度因棉铃虫危害年损失为 3 亿美元(Reed 等,1982),澳大利亚年损失为 2500 万美元(Wilson, 1982),我国年均损失 8 亿美元左右。

1. 九十年代大暴发的特点

棉铃虫在我国各棉区均有发生。常年以黄河流域棉区的发生、危害严重,是常发区和重灾区,在长江流域棉区则为间歇性发生、危害。五十年代即被列为北方棉区第一大害虫,此后曾先后于1964、1970—1972、1978、1982、1986、1990年多次大发生。1992年棉铃虫在我国南北棉区空前大暴发,其发生期之早、虫量之高、持续为害时间之长、发生为害面积之广,无论在历史上,还是在世界植棉史上均属罕见。棉铃虫近年大暴发为害呈现出如下特点(戴小枫等,1994):

(1)发生期提前、世代重迭、持续为害时间长 1992年各地棉铃虫发生期普遍较常年提早10天左右。据陕西省大荔县、泾阳县调查,一代初见蛾期分别在3月29日和3月4日,较常年提前30—50天,比历史上见蛾最早的4月12日(1983年)也提前15天。普查结果显示,各地发生期虽有差异,但平均提前5—10天左右。在山东聊城、东阿,河南新乡、安阳,山西,陕西等地,二代卵初见期、卵盛期分别在6月初和6月上中旬,均较往年提前10天左右(表1),卵持续发生期也普遍较往年延长10—15天。从6月上旬开始,卵、各龄幼虫、成虫多种虫态同时并存,世代交替重迭,2—4代没有明显的蛾、卵、幼虫主峰值。在江苏、安徽、辽宁等地还出现了多次异常蛾、卵峰值,在棉田形成了长达180天(5月底至10月底)的持续为害期。在黄河流域棉区,还普遍出现了不完全的第5代,这在历史上也是罕见的。

(2)一代严重为害小麦 一代棉铃虫在麦田猖獗为害,发生面积大、虫口数量高,前所未有。据冀、鲁、豫、晋、陕等省不完全统计,受棉铃虫侵害的小麦面积达466.7万ha左右。麦田虫量

表1 二代棉铃虫卵发生期(日/月)

调查地点	卵初见日	较历年早 (d)	卵始盛期	较历年早 (d)	卵持续发 生期(d)	较历年长 (d)
山东德州	8/6	6	12/6	5	19	12
山东东阿	30/5	11	12/6	8	21	13
山东聊城	1/6	10—15	11/16	10—12	20	12
河南新乡	4/6	5—10	15/6	10	25	15
河南安阳	3/6	10	18/6	7	30	20
河南偃师	6/6	9	18/6	6—10	28	18
河北邯郸	7/6	8	18/6	7	23	11
河北邢台	9/6	10	18/6	5	26	14
山西运城	5/6	5—10	20/6	7—10	18	10
陕西泾阳	5/6	12	13/6	7	18	10
陕西大荔	9/6	6	15/6	7	17	9
辽宁朝阳	16/6	5	21/6	5	17	9

表2 麦田一代棉铃虫成虫发生期(日/月)、幼虫发生量(头/m²)

调查地点	卵初见日	较历年早 (d)	卵始盛期	较历年早 (d)	卵持续发 生期(d)	较历年长 (d)
河南内黄	25/4	13	5.77	24.30	20—30	3—6
河南汤阴	20/4	15	15.00	30.00	30	3—7
河北邯郸	5/5	10	30—40	82.00	80	3—7
河北邢台	7/5	7	25—35	54.00	50	3—4
河北衡水	10/5	5	50—60	195.00	>100	5—10
河北沧州	9/5	7	16—25	37.00	40	2—6
山东德州	8/5	7	17.00	50.00	50	3—8
山东聊城	3/5	10	7.00	25.00	25	3—7
山东临清	5/5	9	6.00	17.00	10—20	3—4
山东东阿	7/5	7	7.00	30.00	11	1—6
山西运城	28/4	15	4.20	10.00	>10	3—5
陕西大荔	29/3	35	2.4	10.00	16	2—8
陕西泾阳	4/3	52	7.5	15.00	20	3—7

与历年平均值比较,一般高出几倍、几十倍到上百倍。以河北省为例,曲周县麦田虫量是历年均值的 18 倍,宁晋县是 36 倍,饶阳县高达 335 倍。在衡水、沧州、邢台、邯郸等地,麦田一般幼虫数为 10—30 头/m²,严重的地块 40—60 头,最高的达到 195 头。小麦因棉铃虫为害,产量损失一般在 3—5% 左右(表 2)。因错过防治适期,高龄幼虫防治效果不理想,农户被迫花大量劳力在麦田人工捉棉铃虫,这在小麦种植历史上亦为首次。

表 3 1992 年二、三、四代棉铃虫发生数量

调查地点	二代			三代			四代		
	百株累计卵量(粒)	最大值	常年倍数	百株累计卵量(粒)	最大值	常年倍数	百株累计卵量(粒)	最大值	常年倍数
山东德州	7000—8798	40730	>100	250	1300	5—30	1000—2000	3110	10—30
山东临清	10493	13366	40	224	500	7.5	1000	2634	10—20
山东聊城	5000—15000	19000	60	1300	3170	5—10	1000	2240	10
山东东营	1114	5600	18	990	—	20	1262	—	12
辽宁朝阳	150	156	30	280	1400	50—280	—	—	—
河南内黄	2471	—	10	2544	—	10	1030	—	10—15
河南新乡	1000—3000	4000	10—20	766	1000	10	1356	1500	15—20
安徽阜阳	126	842	3—10	54	933	10	150—450	1000	10—20
山西运城	1000—2000	4240	10—50	200—300	720	5—10	500—2700	4100	>100
河北沧州	3000—5000	27019	10—100	300—1500	6750	5—20	500—1300	2720	5—30

(3) 虫量高 在黄河流域棉区,二代百株累计卵量一般都在几千粒,其中山东聊城、德州,河北沧州、邯郸等地出现了百株累计卵量超过万粒的地块,最高者达到4万多粒!是历史平均水平的几十倍到上百倍;二代百株幼虫数量一般在300头左右,最高的达到1600头。防治后二代的百株残存虫量仍然在几十头到上百头,个别地块仍高达200多头,远远超出防治指标。三代依然大发生,但卵量较之二代和四代相对较低(辽宁棉区除外),百株累计卵量一般在200—2000粒,最高的达到6750粒。四代棉铃虫的发育均超过了三代。在北方棉区尤以夏播棉田虫量大、受害严重(表3)。五代主要在长江流域棉区发生较重,一些地方的卵、虫量甚至超过三、四代,并在安徽、江苏、浙江等地多次出现不规则的异常峰值。在安徽贵池县第五代棉铃虫残存虫量平均达到百株棉花128头,最高的达到320头。

(4) 顶害率高 由于进入棉田为害的二代棉铃虫发生期早、虫量大、持续为害时间长,蕾期棉株主茎或顶心受害率高是1992年大暴发的又一显著特点,也是导致棉花减产的主导因素之一。据黄河流域棉区的不完全统计,棉株顶被害率一般在20%—30%,稍重的达到40%—50%,二代防治失期或防治不力的田块顶害率达到80%—90%,产生大量的“疯头棉”,导致大幅度减产。

(5) 侵害多种作物 文献记载棉铃虫的寄主植物有200多种,但主要取食为害的仅有棉花等少数几种作物。1992年除棉花严重受害外,棉区的绝大多数绿色植物都不同程度地受到侵害,受害较重的作物有小麦、玉米、高粱、谷子、大豆、绿豆、菜豆、花生、番茄、茄子、芝麻、向日葵、南瓜、西瓜、红薯、白菜、萝卜、韭菜、花叶菜、辣椒、大葱、麻类、花卉、果树、中药材及杂草等几十

种作物。三代棉铃虫的发生特点之一是大量侵害棉田外的各种秋作,就连常年不发生或发生很轻的地方如晋北、冀北的张家口、承德、秦皇岛及辽宁棉区,玉米、高粱、花生、蔬菜严重受害。以辽宁为例,三代棉铃虫侵害高粱仅个别年份个别地方偶然有见,但 1992 年不完全统计,全省 14 个市中有 12 个市 38 个县(区)棉铃虫普遍为害高粱,一些市县是历史上首次记录棉铃虫为害。另据调查,在山东聊城地区玉米受害株率 95.6%、大豆 92.3%、苹果顶梢受害率 90%,枣果受害率 20%;在烟台 2 万多 ha 苹果严重受害;在山西垣曲县二代棉铃虫严重侵害西瓜,一般减产 20%—25%,严重者减产 40%左右;在陕西大荔等地为害芝麻,百株幼虫数量达 361 头,为害花生百株虫量高达 1300 头;在河南洛阳地区,玉米、蔬菜、花生分别减产为 5%、30%和

表 4 1992 年部分省(市)棉田受棉铃虫危害面积及减产幅度

地区	植棉面积 (万 ha)	受害面积 (万 ha)	一代	二代	三代	四代	五代	绝产面积 (万 ha)	减产率 (%)
山东	148.1	680.6	—	133.8	148.0	96.1	✓	14.3	33.29
河北	100.1	360.0	100.0	82.0	81.3	73.3	✓	9.3	30—40
河南	120.0	332.7	—	97.3	119.5	115.9	✓	3.3	30
江苏	60.0	143.7	—	34.5	50.9	57.7	✓	✓	15—30
安徽	38.9	85.6	—	18.7	31.1	35.9	2.6	✓	20—30
山西	13.3	36.3	—	12.1	11.1	13.0	✓	0.23	25
陕西	14.5	35.3	—	12.7	10.0	13.1	✓	✓	15—30
辽宁	7.8	104.0	—	10.7	91.3	2.0	0	0.20	20—30
小计	502.6	1778.2	—	401.7	543.2	406.9	✓	27.4	±30

注:0 为无,一为不祥,✓ 为出现或有

10%。据不完全统计,1992 年仅四代棉铃虫在其他经济作物上的为害面积就达 188.7 万 ha。

(6)发生面积大、损失惨重 1992 年棉铃虫在除华南、新疆内陆棉区以外的广大地区暴发为害。据初步调查,仅在冀、鲁、豫、晋、陕、辽、皖北及苏北累计为害各种作物的面积就达 2226.7 万 ha,其中棉田累计受害面积 1780.0 万 ha。全国约 433.3 万 ha 棉田棉花产量不同程度受到棉铃虫为害而减产,其中山东、河北、河南、山西、辽宁因棉铃虫为害而绝产的棉田面积分别达 14.3、9.3、3.3、0.23 和 0.2 万 ha。陕西、安徽、江苏等省也有一部分棉田或其他作物毁种绝产。1992 年因棉铃虫为害全国棉花平均减产 30%左右,直接经济损失达 100 亿元(表 4)。若以每公顷打药治虫成本 900 元的保守平均值统计(实际在 1200—1500 元/ha,甚至更多),仅喷洒农药开支一项,间接经济损失(成本的增加)就达 4 亿多元。若加上因棉花欠收导致的农村购买力下降、市场萧条、农村储蓄额下跌及棉价对纺织工业的冲击等,则损失更大。

2. 棉铃虫暴发成灾的成因分析

九十年代以来,棉铃虫连续大发生及暴发成灾,除了棉铃虫自身具有食性杂、适应性广、活动能力与繁殖能力强等可导致大发生的内在生物学潜能外,主要与下述外在因素有关(戴小枫等,1993)。

(1)自然灾害相伴发生的周期性 棉铃虫是一种生物灾害。生物灾害与其它自然灾害相关联,具有相伴发生的群发特性和不规则的周期性。前人的研究业已表明,历史上蝗虫成灾往往与太阳活动异常、九星会聚、火山暴发、地震、大旱、洪涝、瘟疫、饥荒等相伴发生(肖嗣荣,1989)。这种群发相伴性具有深刻的内在联系,

与各种天文运动和地质活动的周期性有关。由于天文运动导致的地震、火山暴发、干旱、火灾、洪涝等通过改变天体大系统的环境和气候进而影响到农作物及其病虫害,是病虫害异常暴发的根源(肖嗣荣,1989)。例如植物生长及体内化学成分的变化有由太阳活动引起的11年的变化周期;沙漠蝗虫有10—12年的猖獗周期;东亚飞蝗有2—3年、5—6年及25年三种周期(马世骏等,1959;康乐等,1992);天蛾、黄蝶有11年的大发生周期;东方粘虫有15—18年的周期性;黄地老虎、草地螟、麦蜡象、苹果蠹蛾有10—12年的周期(马世骏,1965);赤霉病有10年左右的周期(张文军,1992;马世骏,1955)。所有这些不规则的周期性,均可在行星运动、太阳活动(如耀斑、谱斑、黑子)(罗时芳等,1974)、地球转速、地质运动、海洋涛动和厄尔尼诺现象等更大圈层的大系统运动或天文现象中找到成因或相应的周期成分。复杂多变的多种成灾周期相遇或震动产生共振效应,即导致异常自然或生物灾害的暴发。国外研究发现,美洲棉铃虫和烟芽夜蛾具有21年的大发生周期;我国棉铃虫在七十和九十年代初两次大范围异常暴发成灾,均与其时我国处在自然灾害的多发期(张先恭,1989)有关。伴随着干旱、洪涝、北方冬暖、地震等自然灾害的频发,并且亦可能存在20年左右的大发生周期。九十年代以来,*Helicoverpa*属诸虫种在全球各主要产棉国的普遍大发生或暴发,再次提供了棉铃虫具有周期性猖獗发生的直接证据。

(2) 迁移为害 长期以来,棉铃虫在辽宁不能越冬,但却存在“一代无虫、二代突增、四代无踪”的现象,而且发生期、发生量与黄淮地区基本同步。1992年二代百株卵量亦高达千粒以上,当地群众称棉铃虫为“天虫”。1990年华北棉区一、二代虫量不高,三代大发生,五代在江、浙、赣大发生;1991年三代在江苏大发生,四、