



棉花害虫的 抗药性 与防治技术

中国农业科学院植物保护研究所棉花害虫研究组
科学普及出版社

5.622
54

棉花害虫的抗药性与防治技术

科学普及出版社

内 容 提 要

本书是针对棉花害虫产生抗药性如何防治而编写的。重点介绍了我国棉虫抗药性发展现状和产生抗药性的原因；国外棉虫对菊酯类农药的抗性状况及其治理对策；我国棉虫抗药性防治与综合治理技术等。为了帮助读者更好地掌握防治技术，还介绍了昆虫的抗药性测定、生化分析和统计方法；棉花害虫田间药效试验和分析方法等。

本书内容丰富，深入浅出，实用性强，可供基层植保技术人员学习参考，亦可供棉农应用。

(京)新登字026号

棉花害虫的抗药性与防治技术

中国农业科学院植物保护研究所
棉花害虫研究组

责任编辑：张春荣

封面设计：王序德

正文设计：范小芳

*

科学普及出版社出版（北京海淀区白石桥路32号）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京昌平长城印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：4.125 字数：91千字

1993年3月第1版 1993年3月第1次印刷

印数：3000册 定价：2.30元

ISBN 7-110-02448-2/S·225

代 序

抗药性的发展是当前农业病、虫、草害化学防治中出现的尖锐问题。面对害虫、病原、杂草不断发生和增强对农药抗药能力的事实、寻求解决防止抗药性发展的对策,是植物保护工作者又一项迫切的任务。对于农业生产中已经发现的有害生物对农药产生抗药性若不给以应有的重视,会造成滥用农药、危害人畜、增加药剂残留和环境污染的可能;但如果过分地把抗药性的发展归结为化学防治带来的恶果、否定农药在现代农业生产中的重要作用,并认为在不久的将来就可以用其他手段完全取代化学防治方法,这也只能是一种良好的愿望。

本书作者基于多年来从事棉花害虫防治研究工作的经验和近10年来承担国家重点科技攻关课题所取得的成果,针对棉花害虫防治问题,编写了《棉花害虫的抗药性与防治技术》。书中内容广泛,涉及昆虫对杀虫剂的抗药性形成的理论和生理生化基础,抗药性测定和统计方法,棉花害虫抗药性监测和抗药性发展现状以及对抗药性棉虫的综合治理等。

本书指导思想明确,从实际出发,内容丰富、深入浅出、面向基层、注重应用,是我国基层植物保护工作者的一本很实用的书,它将为进一步推动我国植物保护事业的发展,在棉花生产上更有效地控制害虫和螨类抗药性的发展和提高综合治理技术发挥重要作用。

张泽溥

1991年6月30日

前 言

1990年夏天在黄河流域棉区的局部地区第三四代棉铃虫异常地大发生。由于事先思想准备不足，发现较迟，开展防治偏晚，加上棉铃虫已对目前使用最普遍的拟除虫菊酯类杀虫剂产生了高抗药性，因此防治效果很差。有些棉农对抗药性现象不理解，试图以加大用药量和增加施药次数的办法来提高防治效果。事实证明，这种做法收效很小，当年棉铃虫在这些地区仍造成棉花的较大损失；同时因为进一步加强了选择压，使抗药性问题更加严重。这一情况已引起中央领导同志、各级农业部门、植保工作者和广大棉农的普遍关心，迫切要求为解决棉虫抗药性提供科学对策，以确保棉花生产。

事实上，不仅棉铃虫对拟除虫菊酯类杀虫剂产生抗性，棉蚜对它产生的抗药性出现得更早、更严重。据山东农业大学聊城农校等单位在山东省和我们在河南省系统监测结果，棉铃虫在1986年对拟除虫菊酯类就产生了明显抗性，而棉蚜在1984年就对这些农药产生了抗性；到1990年棉铃虫在河南省的抗药性增加到100倍以上，而棉蚜已增加到1万多倍。现在用这类药剂防治棉蚜已不管用。棉虫不仅对拟除虫菊酯类有抗药性现象，在60年代就发现棉虫对有机氯杀虫剂产生抗性，70年代又出现棉虫对有机磷杀虫剂的抗药性。还有河南省农业科学院植物保护研究所等单位发现棉红蜘蛛（殊砂叶螨和截形叶螨混合种群）已对几种杀螨剂和能兼治叶螨的有机磷制剂产生明显的抗药性。但是在所有这些事例中，还是以80年代中后期至今棉虫对拟除虫菊酯类产生的抗

药性发展最快，问题最突出。而且棉虫对不同品种的拟除虫菊酯类杀虫剂存在交互抗性，对一个品种有了抗性，就会对别的还没有使用过的品种也有抗性。这样，拟除虫菊酯类杀虫剂的品种之间进行更换仍缓解不了抗药性问题。由此可见，如果对当前严重的抗药性问题不及时采取措施加以解决，就会形成杀虫剂更新换代赶不上抗药性发展的被动局面，给棉虫防治工作带来很大困难。

这本小册子报道了棉虫抗药性的发展现状，介绍了昆虫形成抗药性的生理生化基础和国内外治理抗药性的主要策略；简单描述了昆虫抗药性测定、生理生化分析和统计方法；附带介绍了棉花害虫的农药田间试验分析的一般方法。希望能使读者对昆虫产生抗药性的机理和避免及缓解抗药性的方法有一个大致的了解，并能把抗药性监测和合理用药的原则和措施贯彻到棉虫化学防治工作中去。

本书由郭予元研究员主编，戴小枫同志负责组织，并进行文稿的校阅和最后定稿。其中，第一二章由谭维嘉编写，第三章由曹煜、郭予元编写，第四章由戴小枫编写，第五第六章由王武刚、戴小枫编写，第七章由郭予元编写。由于我们业务水平有限，加上编写时间仓促，书中定有不少错漏之处，还望读者批评指正。

本书蒙张泽溥研究员代序，特此致谢。

编者

1991年10月

目 录

一、我国棉虫抗药性发展现状和原因分析

- (一) 棉虫抗药性的发展史和现状.....2
- (二) 抗性产生的原因.....9

二、昆虫对杀虫剂抗性生理生化基础

- (一) 抗药性的基本概念.....11
- (二) 抗药性的起因.....14
- (三) 杀虫剂的交互作用.....22
- (四) 抗药性的生化遗传学.....23

三、昆虫的抗药性测定、生化分析和统计方法

- (一) 棉花害虫的抗药性测定.....24
- (二) 农药致死中量 (LD_{50} 、致死中浓度 LC_{50})
的计算法.....32
- (三) 昆虫抗药性机理测定方法.....39

四、国外棉虫对菊酯类农药的抗性状况及其治理对策

- (一) 国外棉虫对菊酯类农药抗性的状况.....42
- (二) 国外抗性棉虫治理的方法与策略.....44
- (三) 国外棉虫抗性治理的经验与教训.....56
- (四) 害虫抗药性治理的指导思想与一般方法.....61

五、我国棉虫的抗药性防治与综合治理技术

- (一) 做好棉虫预测预报, 依照防治指标治虫.....65
- (二) 采用合理的防治措施, 及时有效地控制棉虫
 为害.....70

六、抗性棉虫防治措施一览表

- (一) 黄河流域棉区抗性棉虫发生规律与防治要点...91
- (二) 长江流域棉区抗性棉虫发生规律与防治要点...94

七、棉花害虫田间药效试验和分析方法

- (一) 试验项目和要求.....96
- (二) 试验田选择和试验处理.....97
- (三) 施药方法和药效调查.....97
- (四) 试验结果的分析.....99

附表

附表1	F表值	107
附表2	反应率——机值转换表	110
附表3	最小、最大工作机值、差距及权重系数表	116
附表4	χ^2 值表	119
附表5	邓肯氏新复极差测验SSR表	120
附表6	t值表	122

一、我国棉虫抗药性发展现状

和原因分析

棉蚜、棉铃虫和叶螨是我国棉花的重要害虫（螨）。棉蚜和棉铃虫在黄河流域棉区（我国最大的棉区，包括河南、山东、河北、山西等省）发生较重；叶螨在长江流域棉区发生较重，但近年来在黄河流域棉区也日益加重。这些害虫（螨）从棉苗出土到棉花收获都有为害，主要取食叶片、花蕾和棉铃。由于棉虫为害，使我国棉花每年损失皮棉大约15~20%。为害严重时，使棉桃大量脱落，甚至变成“光杆”，没有收成。

50年代我国棉田开始大面积使用有机合成杀虫剂，进入了棉虫防治新的历史时期，为保障棉花丰收起了重要作用。但是由于不少棉农缺乏科学使用杀虫剂的知识，习惯于大剂量多次重复使用单一药剂来“消灭”害虫，事实上棉虫并没有被消灭，伴随而来的是棉虫对这些杀虫剂很快产生了抗性：用药量愈来愈大，而防治效果却愈来愈差，最后不得不用新成分的杀虫剂来代替。因为施药方法并没有改变，过不了几年，棉虫对这些新成分的杀虫剂又产生了抗性。每到一个抗药性突增期，就使棉花遭受较大损失。尤其是80年代拟除虫菊酯在我国大面积推广使用以后，棉虫对这类杀虫剂的抗性发展比以往任何时期更快、更严重，以至来不及研制和大量提供更新型的杀虫剂来替换这些药效已下降很低的拟除虫菊

酯杀虫剂，使棉虫防治工作陷入被动。

我国每年用于防治棉虫的化学农药占全国农业总用药量的1/3以上，而棉虫的抗药性最突出；因此，有必要首先弄清棉虫抗药性产生的原因、抗药性发展史和当前新动向，从中总结经验教训，提出对策，以便在今后的害虫防治工作中避免和缓解抗药性问题。

(一) 棉虫抗药性的发展史和现状

1. 棉蚜 是棉花苗期（5月上旬~6月中旬）和蕾铃期（7月上旬~8月中旬）的主要害虫。我国广大棉区从1953年开始使用对硫磷（1605）、1956~1957年使用内吸磷（1059）防治棉蚜效果都很好，深受广大棉农的欢迎。但是几年后，这两种杀虫剂效果显著下降。经龚坤元等1964年在河北地区测定证实，这是由于棉蚜对这两种杀虫剂产生了抗性而引起的。到1977年棉蚜对内吸磷的抗性已增长31倍，对对硫磷为8.2倍，对甲基对硫磷5.9倍。田间使用剂量内吸磷、对硫磷从1964年的1500倍降至1977年的500倍稀释液，甲基对硫磷在1963年可稀释4000倍，到1977年仅能稀释1000倍。1975~1977年唐振华等调查了上海地区棉蚜的抗药性。发现棉蚜对乐果、磷胺、西维因等也分别不同程度的产生了抗性，到70年代末，这几种杀虫剂已基本不能用来防治棉蚜。而由于交互抗性的原因，棉蚜对其他一些有机磷杀虫剂也先后产生了抗性。如甲拌磷、马拉硫磷等。

80年代初，我国开始使用拟除虫菊酯类杀虫剂，这对缓解棉蚜对有机氯和有机磷的抗性起到了一定的作用。虽然国内有些专家曾提议，菊酯杀虫剂不适宜用来防治棉蚜。但是，由于药效高、用量少，药源充足，使用菊酯杀虫剂愈来

愈普遍，加上长期连续单一使用，棉蚜对菊酯杀虫剂很快产生了抗性。慕立义等1985年监测棉蚜对菊酯杀虫剂抗性时发现，使用菊酯杀虫剂水平高的地区，棉蚜的抗性也高。如江苏省如皋县，安徽省滁县，河北省正定县，湖北省孝感等地区由于基本未用或从未用过菊酯，棉蚜对杀灭菊酯相当敏感，致死中量 (LD_{50}) 值在 0.0002~0.0003 微克/头之间。而山东省聊城、惠民、菏泽、德州、山西省平遥，四川省简阳等地从1982年以后较单一或经常使用菊酯，棉蚜对杀灭菊酯的抗性比敏感地区分别高25.8、21.4、16.3、14.8、10.1、9.6倍。田间溴氰菊酯的使用倍数也从1982年的10000~15000倍降到1985年的1500~3000倍。从1981~1985年刘润奎连续

棉蚜对杀灭菊酯抗性情况

表 1

地 点	LD_{50} 值 (微克/头)	抗性比值	文 献 来 源
安徽省滁州市	0.000228	1	慕立义《农药》1986年2期
山东省高密县	0.00098	8.7	
山东省汶上县	0.00214	9.4	
四川省简阳县	0.00219	9.6	
山西省平遥县	0.0023	10.1	
山东省德州市	0.00337	14.8	
山东省菏泽市	0.00372	16.3	
山东省惠民县	0.00482	21.4	
山东省聊城市	0.00589	25.8	
山东省聊城市			刘润奎《中国棉花》1987年1期
1981年5月	0.000261	1	
1982年5月	0.00124	4.8	
1983年5月	0.00104	4.0	
1984年5月	0.000396	1.5	
1985年5月	0.00822	31.5	

监测山东聊城棉蚜对杀灭菊酯抗性。1985年棉蚜对杀灭菊酯抗性比1981年高31.5倍(表1)。庄建国1986年在河北省15个县监测棉蚜对溴氰菊酯的抗性,结果发现用菊酯较早的正定县棉蚜对溴氰菊酯的抗性从1982~1985年比宜兴市高出311倍。郑炳宗等1983~1986年年测定北京和河北省瓜—棉蚜对拟除虫菊酯抗性,发现棉蚜对杀灭菊酯和溴氰菊酯的抗性增长值为519倍和401倍。我们于1985~1987年在河南新乡和北京两地区就棉蚜对溴氰菊酯的抗性进行了监测,发现河南省新乡市棉蚜的 LD_{50} 已由0.0030174微克/头的基础上增加为22816倍,而北京为49倍。不同季节棉蚜对菊酯的抗性也不同。例如1987年我们在北京测定棉蚜在不同季节对溴氰菊酯的反应,发现蕾铃期棉蚜对溴氰菊酯的抗性比苗期高22倍。越冬寄主的棉蚜对溴氰菊酯更敏感(这可能除了药剂选择压之外,与寄主的生长期所含物质有关)。

棉蚜对杀虫剂抗性机理从60年代开始就有文献报道。1963~1965年中国科学院北京动物研究所与上海生物化学研究所、上海有机化学研究所等单位协作,就棉蚜对内吸磷的抗性机理进行了研究,发现棉蚜对内吸磷的抗性与表皮穿透率和胆碱酯酶活性有关。张广学等1966年就棉蚜各型对内吸磷的抗药性进行了研究。他们发现棉蚜各型耐药不同,干雌与有翅蚜间的 LD_{50} 值差并为3.82:1;干母与迁移蚜间的差异为38.28:1。同一蚜型中,无翅型的抗性较高。各型中以迁移蚜、有翅侨蚜和无翅侨蚜对内吸磷最敏感。孙耘芹1987年在北京、青岛、高密三地就棉蚜对有机磷的抗性机制进行了研究,发现棉蚜对对硫磷、对氧磷、马拉硫磷的抗性与 α -乙酸萘酯的活力变化有关。我们于1985年测定发现棉蚜对菊酯的抗性与羧酸酯酶活力有关。增效试验表明,

多功能氧化酶也是棉蚜代谢菊酯杀虫剂重要酶之一。现在有文献报道，菊酯杀虫剂对棉蚜有刺激生长繁殖作用，可见棉蚜对杀虫剂的抗性是比较复杂的。

2. 棉铃虫 棉铃虫是棉花蕾铃期主要害虫。70年代初用DDT和有机磷防治，1977年已有文献报道，河南、河北棉铃虫对DDT产生115~136倍的抗性。1982年江苏棉区滨海县及东台县较山东非棉区的棉铃虫对DDT的抗性高12倍以上，对西维因为5倍。80年代初，用菊酯杀虫剂防治棉铃虫，田间使用浓度为3000~4000倍稀释液，效果较好。随着菊酯杀虫剂的广泛使用，棉铃虫对菊酯的抗性逐渐显现出来。但由于某些原因，系统报道的文献目前尚少。我们于1981年开始对河南省新乡市棉铃虫对菊酯农药的抗性进行监测，到1990年止河南省新乡市棉铃虫对菊酯农药10年间的抗性倍数增长了108.6左右（表2），抗性增长速率很不均衡。1981~1985年 LD_{50} 值的变化不大（0.07~0.12），基本处于平稳的状态，1986年棉铃虫对溴氰菊酯的抗性猛增，其 LD_{50} （1.08）值与1985年相比，高出15倍左右，1987年比1986年又增高3倍（5.87），但到1990年3年的间隔时间 LD_{50} 值比1987年仅升高了1.3倍左右。田间使用浓度也降到1500倍液。通过生

棉铃虫对溴氰菊酯抗性情况（河南省新乡市） 表 2

日 期	LD_{50} ($\mu\text{g/g}$)	比 值
1981年6月18日	0.07	1
1984年7月4日	0.12	1.7
1985年6月28日	0.12	1.7
1986年7月2日	1.80	25.7
1987年7月6日	5.87	83.7
1990年7月3日	7.6	108.6

物统计分析，抗性的增长曲线呈“S”型，为Logistic幂函数关系（图1），相关系数超极显著。其方程式：

$$\hat{y} = \frac{7.7}{1 + 69.98868x^{-4.85106}}$$

$$r = -0.9984***$$

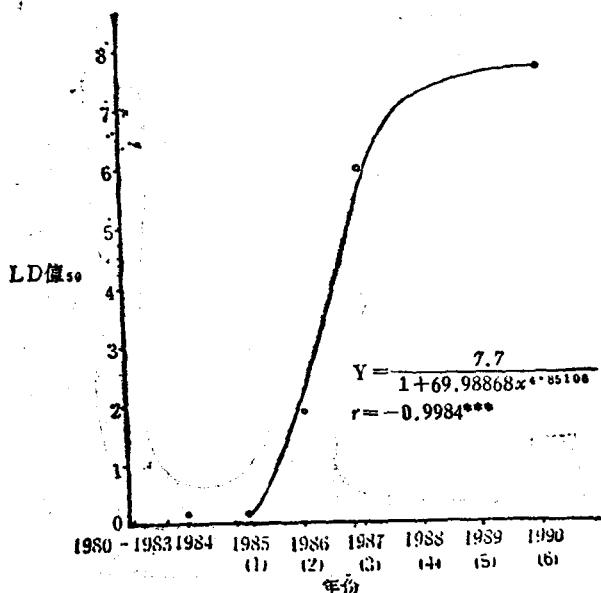


图 1 棉铃虫对溴氰菊酯的抗性系统监测结果

棉铃虫对杀灭菊酯的抗性与对溴氰菊酯的抗性情况相似。1981年 0.08 到 1985 年 (0.35) 抗性增长了 4 倍左右，1986 年 (4.64) 比 1985 年又增长了 13 倍，1987 年 (13.4) 比 1986 年增长 29 倍。从上述结果来看，棉铃虫对菊酯农药的抗药发展规律与害虫抗药性遗传规律是一致的。是从杂合子基因演化为纯合子基因的遗传过程。慕立义等于 1986 年测定了

山东省泰安市及河南省偃师县的棉铃虫对杀灭菊酯的抗性，发现当地的棉铃虫对杀灭菊酯较为敏感，而山东省聊城市、德州市的棉铃虫的抗药性与其相比其倍数分别为4.6和5.2倍。

棉铃虫抗药性机制的研究起步较晚，在70年代后期已发现棉铃虫对有机磷产生了抗性，但文献报道较少。比利(Billey)1987年研究发现烟芽夜蛾的抗性较美洲棉铃虫高，原因是前者体内的解毒酶活性提高，代谢能力增强。戴利(Daly)1985年利用生化方法鉴定棉铃虫属，他认为遗传变异与棉铃虫抗药性有关。1987年他对田间抗性棉铃虫群体基因频率的研究认为，棉铃虫对菊酯抗性的主基因之一是“抗击倒基因”(Kdr)。福雷斯特(Forrester)等1988年以抗性棉铃虫对菊酯类的抗性机制进行田间测定，结果表明 mfo 机制在田间是最重要的基因。谭建国等1987年研究发现，棉铃虫对溴氰菊酯敏感性降低的一个重要原因，是体内多功能氧化酶活力增高所致。我们于1988年就取食不同寄主植物的棉铃虫对溴氰菊酯不敏感性不同进行机制探讨，发现这种不同与体内羧酸酯酶的活力变化有关(表 3、4、5)。

3. 叶螨 棉田的叶螨有两种，一种为朱砂叶螨，另一种为截形叶螨。被朱砂叶螨为害后的棉叶成为红叶，而被截形叶螨为害后，叶片上出现很多黄白色小斑点，使叶片褪

取食不同寄主植物棉铃虫羧酸酯酶活力比较 表 3

寄主植物	比 活 力	比 值	差	异
番 茄	0.9±0.01	1	a	A
扁 豆 角	1.0±0.03	1.1	ab	A
棉 蕾	1.9±0.05	2.1	b	A
人工饲料	4.0±0.01	4.4	c	B
青 椒	5.3±0.06	5.9	d	C

取食不同寄主植物棉铃虫对溴氰菊酯敏感性比较 表 4

寄 主 植 物	LD ₅₀ (μg/g)	比 值
番 茄	0.28	1
扁 豆 角	0.3	1.1
棉 蕾	2.76	9.2
人工饲料	4.85	17.6
青 椒	16.72	60.6

取食不同棉花品种的棉铃虫对溴氰菊酯敏感比较 表 5

品 种	LD ₅₀ (μg/g)	比 值
海 岛 棉	0.09	1
陆 地 棉	0.11	1.3
无 毒 棉	0.22	2.4
中 棉	0.23	2.5
草 棉	0.31	3.3
野 生 棉	0.76	8.2

色，而不变红叶。从5月下旬开始为害棉花，每年3次高峰期（5月下旬、6月下旬、7月下旬）。50年代开始用有机磷防治，60年代初发现湖北省荆州市、浙江省、豫南棉区棉红蜘蛛对有机磷产生了抗性。对内吸磷的抗性为60倍，对硫磷为15.8~75倍。1987年吴孔明等在河南省各地区对抗性和敏感性棉红蜘蛛进行了监测发现，新乡市七里营乡的朱砂叶螨已形成对硫磷高抗品系。所测LC₅₀已达2427.2ppm，而感性品系的LC₅₀只有5.2ppm，抗性比值达466.8倍。对复方水胺硫磷为40.8倍、磷胺42.4倍、久效磷20.3倍、马拉硫磷16.3倍、水胺硫磷8.6倍、扑杀磷、亚胺硫磷5~7倍。菊酯杀虫剂原本不是直接用于防治红蜘蛛，但近几年来棉田广泛使用防治棉蚜和棉铃虫等害虫，也间接对红蜘蛛产生了影响。如氯氰菊酯、氰戊菊酯、溴氰菊酯等都产生了大约10倍的抗

性。棉红蜘蛛抗性机制的研究，国内目前报道尚少。国外有一些文献报道，棉红蜘蛛抗性与酶的代谢活性和杀虫剂穿透能力有关。如松树（Matsumura）1964年发现抗马拉硫磷和对硫磷的棉红蜘蛛和敏感品系之间羧酸酯酶和磷酸酯酶活力不同。Hirai1973年发现杀虫剂在棉红蜘蛛抗性品系中穿透力减少。Kuwahara1981年发现抗有机磷棉红蜘蛛体内存在改变结构的乙酰胆碱酯酶。刘孝纯1989年发现溴氰菊酯和氧化乐果对朱砂叶螨扩散和繁殖有影响。

（二）抗性产生的原因

1. 选择压 指杀虫剂对害虫选择作用。这种作用是导致害虫产生抗药性的主要原因。自50年代我国开始使用有机氯和有机磷防治害虫以来，杀虫剂的使用量一年比一年大，尤其是80年代使用菊酯杀虫剂以后，害虫对杀虫剂产生的抗药性更加严重。其主要原因就是杀虫剂使用次数多和单一、持续使用。一些主要棉区，棉农一年中治虫的次数一般是7~8次，多的达到15次以上。

2. 交互抗性 试验证明，有许多杀虫剂具有交互抗性。如DDT和菊酯杀虫剂等。当害虫对某一种杀虫剂产生抗性后，这类杀虫剂的其他品种可能对这种害虫的防治效果也差。近年不少研究表明，不但在同类药剂间，在不同类型的药剂间也存在交互抗性。

3. 栽培制度 近年来河北、山东、河南三省的栽培制度发生了较大变化。有代表性的主要有三大类，即一熟制的直播、麦棉间套作的两熟制春播花和麦茬播种的两熟制夏播花。其中麦棉间作有逐年扩大的趋势，如豫北已占到90%左右，成为优势栽培方式。麦茬夏花始终占有一定面积，也有