

害虫抗药性及其防治 论文汇编

主编 龚坤元

天则出版社

害虫抗药性及其防治论文汇编

主 编 龚 坤 元

天则出版社

害虫抗药性及其防治论文汇编

※

天 则 出 版 社 出 版

(陕西杨陵邮箱 1 号)

北京农业大学印刷厂印制

1992年 4 月第一版 开本: 16开

1992年 9 月第一次印刷 印张: 22.75印张

印数: 500册 字数: 600千字

ISBN 7—80559—034—6/S37

定价: 25 元

序 言

害虫抗药性研究在国外是开展得较早的。

我国为了除四害，讲卫生及确保农林作物的丰产是使用杀虫药剂较多的国家，这些药剂长时间地连续使用致使多种害虫不可避免地产生了抗药性。建国以来，我所即开展了家蝇对DDT、666的抗药性研究。1978年，全国爱委会及卫生部在无锡召开了“全国除四害，农村环境卫生科研会议”成立了全国家蝇抗性与防治协作组，推选我为组长。在各省卫生防治站及有关科研单位的协助下，本组进行了大量工作，出版了《全国家蝇抗性及防治研究》三册，其中不少是我所开办学习班培养优秀青年的论文，但我所科研人员发表的大量论文则起到了关键的重要作用。

此外，我所也是棉蚜抗药性研究开展得较早的单位之一。60年代即在农业部的委托下，开展了河北晋县的调研工作，证实了棉蚜对1605及1059的抗药性。继之在河北及山东的普查中发现山东高密的棉蚜抗药性最高，并在那里设点进行系统研究直至今日，我所也随之发表了大量有价值的论文。

搜集在本汇编中的均为我所科研人员的论文，为了方便读者的阅读及查看，并将由简到繁的 KT_{50} 及 LD_{50} 求法附在书内以供参考。

中国科学院动物研究所

龚 坤 元

目 录

一、害虫抗性的机理	1
1. “七五”国家科技攻关项目：农业害虫抗药性的监测研究	1
2. 三十年来北方主要棉区棉蚜对有机磷农药的抗性发展及对其防治的策略	6
3. 害虫抗药性的生化机理	14
4. 家蝇乙酰胆碱酯酶、羧酸酯酶和多功能氧化酶活性与抗药性的关系	19
5. 乙酰胆碱酯酶敏感性的变化与家蝇抗药性的关系	25
6. 家蝇对二氯苯醚菊酯的抗性及其增效磷的增效作用 I：水解代谢	31
7. 家蝇对二氯苯醚菊酯的抗性及其增效磷的增效作用 II：氧化代谢	37
8. 7504、DDT对抗性和正常家蝇的毒效及其穿透和解毒速率的关系	42
9. 家蝇对拟除虫菊酯的抗性机制	48
10. 家蝇对拟除虫菊酯抗性的研究	56
11. 家蝇抗药性的生化机理	61
12. 溴氰菊酯的毒力对家蝇子代的抗性及其生长发育的影响	66
13. 害虫抗性遗传	68
14. 昆虫基因工程研究进展	72
15. 家蝇抗药性的研究：I. 家蝇抗药性的群体分析	76
16. 家蝇抗药性的研究：II. 选择作用对家蝇抗丙体666的影响	91
17. 家蝇对 DDT、666抗性的形成	103
18. 家蝇群体与抗性的自然选择与人工选择	113
19. 紫外线对家蝇的诱变影响	123
20. 华北重点棉区棉蚜的抗药性问题	128
21. 棉蚜对有机磷杀虫剂抗性的生化机理	131
22. 棉蚜对菊酯类农药的抗药性问题	138
23. 内吸磷抗性棉蚜的交互抗性及其防治	143
24. 棉蚜对“1059”抗药性的测定	151
25. 小菜蛾抗药性的调查	159
26. 小菜蛾抗药性及其生化机制研究	163
27. 米象对磷化氢抗性机理的初步研究	171
28. 抗性昆虫对杀虫剂神经敏感性的降低	178
二、害虫防治的策略及增效剂的应用	179
29. 家蝇抗药性研究的国际动态（一）	179
30. 家蝇抗药性研究的国际动态（二）	184
31. 防治卫生害虫用药的新动态	189
32. 溴氰菊酯抗性家蝇的防治及其对策	198

33. 增效磷 (SV ₁) 对敌百虫穿透家蝇表皮速率的增效作用	210
34. 增效磷 (SV ₁) 对抗敌百虫家蝇的增效机理研究	213
35. 增效磷对杀虫剂的增效作用及防治棉蚜的效果	218
36. 氧化作用的抑制剂 (SV ₁) 在二斑叶螨体内对有机磷杀虫剂的增效作用	224
37. 增效磷中的杂质分析及对高等动物毒性的影响	227
38. 家蝇抗性动态及防治进展	232
39. 家蝇的抗药性及其对策	235
40. 家蝇抗药性的研究近况及其发展趋势	242
41. 五种增效剂在家蝇中对拟除虫菊酯的增效作用	258
42. 取代的苯基—2—丙炔醚类化合物对西维因的增效研究	262
三、实验技术、安全用药及其它	264
43. 防治卫生害虫使用的剂型种类	264
44. 应用于卫生害虫的杀虫剂性质与使用	269
45. 室内使用杀虫剂的安全问题	280
46. 白眼家蝇的特性及其在生物测定中的应用	289
47. 家蝇抗药性的测定及抗性的培育	293
48. 杀虫剂的生物测定	298
49. 三种家蝇抗药性监测法的比较	305
50. 家蝇的饲养方法	307
51. 在生物测定的统计中计算器的应用	310
52. EL—5100型电子计算器的使用方法	316
53. 击倒中时 (KD ₅₀) 等的简易图解法	322
54. 致死中量 (LD ₅₀) 等的简易图解法	331
55. 新型卫生杀虫剂—奋斗呐	343
56. 灭幼宝 0.5G防治蚊蝇的药效	347
57. 30%福乐杀星防治棉蚜、棉铃虫的药效试验	351
58. “敌百虫加碱”防治棉蚜的配制与使用	354
59. 简易气泵恒氏自动控制器	356

一、害虫抗性机理

“七五”国家科技攻关项目：农业害虫抗药性的监测

一、农业害虫抗性的测定

（一）棉蚜抗药性的室内测定：

测定方法：于棉蚜为害盛期选蚜虫为害重、用药历史长久的棉田采集无翅成蚜，采用微量毛细管点滴法进行测定，毛细管点滴管体积为0.02—0.044微升，各种杀虫药用丙酮先配成母液，于测定前将母液用丙酮稀释成5—8个浓度，用点滴管将药液准确滴在棉蚜背部，每浓度处理棉蚜40—50头，以单用丙酮处理的棉蚜为对照，点滴后将蚜虫放入平底管（高9cm、内径3cm）中，置于室温（25—28℃）保存，5小时后检查死蚜及活蚜数，虫体翻转经刺激足不动者判为死亡，

（二）棉蚜的田间防治试验

田间小区试验的设计及方法：

1. 小区设计：每小区播种棉苗3—4行，行长100尺，行距2尺，每小区面积为0.2亩。
2. 施药前在小区内分散随机取有蚜棉株20棵，计数棉蚜挂牌，当棉蚜数太多时，可计散棉叶上的棉蚜数，作为虫口基数。
3. 施药方法：将农药乳剂兑水稀释至一定倍数，用背负式喷雾器均匀喷洒棉苗或棉株。
4. 施药处理后分别经1天、3天和5天检查挂牌棉株或棉叶上的残虫数。
5. 根据虫口基数和残虫数计算防治棉蚜的效果。

$$\text{防治效果 (\%)} = \frac{\text{虫口基数} - \text{残虫数}}{\text{虫口基数}} \times 100\%$$

（三）棉铃虫的测定方法

参照美国昆虫学会（ESA 1970）及联合国粮农组织（FAO 1980）推荐的实夜蛾属（*Heliothis* spp）害虫抗药性测定方法。测试药剂用丙酮配制并稀释5—6个浓度，用定量的毛细管点滴器（0.06—0.09ul）将药液点在幼虫胸部背板，处理后单独分装在装有饲料的平底管中，每个浓度处理30头，重复3次，另用丙酮处理90头作为空白对照，处理后的幼虫，放在正常条件下饲养，经24、48小时检查死亡虫数以48小时计算死亡率。 LD_{50} 、 LD_{10} 和回归方程。

（四）叶螨测定方法

1986年我们曾在荷兰阿姆斯特丹大学应用昆虫研究室，进行合作工作中对害螨抗药性测定方法，应用于我们所承担的棉叶螨、山楂红蜘蛛、苹果红蜘蛛和柑桔全爪螨的监测抗药性。此测定方法也是根据联合国粮农组织（FAO）1974年的浸玻片法改进的，以便节省纯品药剂的用量，并能达到测试的效果。用纵切成一半的载片，于一端贴上一张1×1厘米的

双面胶条，每张胶条上放20头螨，背部向下粘在胶条上，口器及足部能自由活动。配制不同药剂的浓度装在内径为一半玻片宽度为5毫升的具盖小试管内，用来浸渍玻片。所测药剂均用工业品，纯品药剂的稀释溶剂都选用60%的甲醇，并设有相应对照组，对照组螨的死亡不超过百分之五，每组试验5—7个浓度。重复3次以上，饲养、药剂处理以及恢复过程都在25℃，相对湿度为80%和14小时光照条件下进行。处理后24小时检查死亡率。所得数据用机值分析法处理，制订出毒力回归线和LD₅₀等。

二、技术总结

中国科学院动物研究所承担着“七五”科技攻关项目“农作物病虫害防治技术研究”中“病虫抗药性监控及防治技术”课题的“农业病虫抗药性监控”专题中“75—03—02—02”子专题。我们分工承担了七种害虫与螨对常用农药的抗药性监控任务。它们是：

棉蚜 (*Aphis gossypii* Clover) 对氧化乐果、呋喃丹、甲基对硫磷、乐果、溴氰菊酯和氰戊菊酯。

棉铃虫 (*Heliothis armigera* Hubner) 对久效磷、溴氰菊酯、氰戊菊酯和甲基对硫磷。

棉叶螨 (朱砂叶螨—*Tetranychus cinnabarinus*、截形叶螨—*Tetranychus truncatus*)。

山楂叶螨 (*Tetranychus viennensis* Zacher)

苹果红蜘蛛 (*Panonychus ulmi* Koch)

柑桔全爪螨 (*Panonychus citri* McGregor)

四种螨对水胺硫磷、三氯杀螨醇、双甲脒和功夫菊酯

小菜蛾 (*Plutella xylostella* L) 对溴氰菊酯、氰戊菊酯和敌百虫。

根据合同的研究内容及主要技术经济指标要求，我们完成了所承担的子专题任务，并在某些方面超额完成和进行了一些探索研究。

(一) 制订出各个害虫(螨)的抗药性测定标准：

根据多年经验，参照联合国同粮农组织 (FAO) 推荐的方法和国内已发表的害虫(螨)的测定技术，制订出我们承担的害虫、螨的抗药性标准测定方法。使我国农作物害虫(螨)抗药性测定方法标准化、规范化。

(二) 建立对上述害虫、螨的抗药性监测点及调查点：

根据害虫的分布情况和专题组的要求，即监测点应该能独立的完成抗药性测定工作，必须具有掌握测定技术的固定人员和一定的养虫和测试设备。我们设山东省高密县农业局农业技术推广中心为监测点，从1963年开始，每年(除文化大革命期间)都到该县工作，为该县植保站培养了人员以掌握有关测试方法、数据的统计计算和提供药剂和材料设备，我们双方有着长期而良好的合作关系。高密县现已成为全国优质棉基地。除此，我们还有山东莱阳、河北保定、广西桂林、辽宁和北京等调查点。对上述各点，我们除提供经费、药品及设备外，也同样培训技术人员，有关地方我们亲自去，以便能很好地进行抗药性测定，预测抗药性水平，提出应采取的措施。

农业害虫抗药性测定标准

害虫种类	测定虫态及虫龄	体范围重围 (mg)	饲养控制条件				点滴量 (微升/头)	每浓度处理虫数 (头)	对照死亡率控制 (%)	处理后死亡时间 (小时)	备注
			饲料	温度 (℃)	湿度 (R.H%)	光周期 光明/黑暗 (小时)					
棉蚜	无翅成蚜		棉叶或木樨树	22—25	75—80	—	0.02—0.04	30 × 3	<10	5	
棉铃虫	F ₁ 或F ₂ 代三令虫	7—14		26—28	75	14/10	0.06—0.09	30 × 3	0	48	
叶螨	2—8日雌成螨		寄主叶片	27	95	16/8	玻片浸渍	20 × 3	<5	24	FAO
小菜蛾	F ₁ 或F ₂ 代四令幼虫	2—3	甘蓝叶或花菜叶	20—25	70	14/10	0.5	10 × 3	<10	24	FAO

(三) 制订各个害虫(螨)对常用杀虫剂的毒力回归线:

在相对的控制条件下,在不同用药水平的监测点和调查点进行抗性测定,取得每种害虫对现用杀虫剂的毒力回归线,毒力回归方程及LD₅₀值,得出害虫的耐药力变化或抗性水平。并将测试的杀虫剂分为三类。(1)已产生抗性,(2)正在发展抗性,(3)仍然处于敏感阶段。根据我们的监测,所得结果如下:

七种害虫对杀虫药剂的反应

虫种	敏 感	耐 药 力		已产生抗性	
		LD ₅₀	增加10倍以上 LC ₅₀	LD ₅₀	增加10倍以上 LC ₅₀
棉蚜	灭多威	甲基对硫磷		溴氰菊酯	氰戊菊酯
	久效威	呋喃丹		氧化乐果	乐果
棉铃虫	灭多威	溴氰菊酯	甲基对硫磷	氰戊菊酯	
		久效磷			
山楂红蜘蛛		三氯杀螨醇	水胺硫磷		
		双甲脒	功夫菊酯		
苹果红蜘蛛		同上			
柑桔全爪螨		同上			
棉叶螨		同上			
小菜蛾		氰戊菊酯		溴氰菊酯	

(四) 寻找和开发有效的新杀虫剂和增效剂的品种,并进行田间药效试验。

除对现用杀虫剂的监测之外,我室曾合成了40多种系列的氨基甲酸酯类型化合物,有10多种化合物对棉蚜进行了生物活性的筛选,以寻找有效的杀虫剂。我室还曾研制了氨基甲酸酯类杀虫剂—灭多威(methomyl)。它是一个高效、安全、低残留的广谱杀虫剂,由美国杜邦公司在70年代初商品化,我们也在70年代初开始对该药引进,在改善和发展上做了一系列工作,取得较好的结果。1985年与山东济宁化工实验厂协作,进行灭多威小试研制等工艺路线的改进工作,最近(1990年1月)在山东召开了产品鉴定会。

久效威也是我室研制的另一氨基甲酸酯杀虫剂,具有杀虫力强,应用范围广,药效持久的特点。1987年在高密县用于高抗棉蚜,采用药剂加细土制成药土,于播种前均匀撒于播种沟内,(每亩有效剂量为15克),在播种后64天内基本上控制住了棉苗蚜的为害,这是防治苗

期棉蚜为害的很好的措施。我们还将进一步验证。

在增效剂方面，“七五”期间我们对增效磷(SV₁)继续进行了推广使用。帮助山东乐陵农药厂生产SV₁，并在农业部药检所进行临时登记，正式成为商品出售。从1986年开始到现在，山东乐陵农药厂已生产增效磷乳油1787吨，混配制剂3574吨，工厂得纯利润2783万元，节约农药费用2779.8万元。因防治各种害虫保证丰产受益13.52亿元。

S₃的开发与使用，近两年来，我们在室内大量筛选了增效剂S₃与杀虫剂混配后对抗性棉蚜、棉铃虫及其他害虫的增效试验，同时进一步摸索了S₃与拟除虫菊酯或有机磷的最佳配方，并在高密县进行了小区田间试验，初步看到S₃是个有发展前途的增效剂，希望在“八五”期间进行开发推广使用。

(五) 小菜蛾饲养方法的建立及抗性机制研究：

参照FAO(1980)介绍的小菜蛾饲养方法，我们建立了一套适合我国的较为简便的小菜蛾饲养繁殖方法，并制订出其抗药性的测定方法。在监测的基础上，我们还额外地对我国南方福建及广东部分地区进行了小菜蛾抗性调查。由于小菜蛾繁殖速度在南方地区每年要20代左右，而且其发育极不整齐，因此对各类杀虫剂的抗药性发展速度极快，其防治问题已趋严重。为此，我们还开展了小菜蛾的抗性生化机制的研究。试验证明，高抗种群与感性种群体内的艾氏剂环氧化酶在量上及质上的差异是导致小菜蛾抗性发展的重要原因。非特异性 α -NA和 β -NA酯酶的总活力，无论是量上和质上在动力学研究上都无显著性的差异。但是，酯酶等电聚焦电泳研究结果表明，抗性和感性种群的酯酶同工酶间存在明显的差异。

(六) 提高害虫抗性的监测技术。

用酶反应法技术检测昆虫的抗药性，目前是一项新的为世界不同试验室证明是成功的技术。是利用一种特定的酶反应来测定害虫体内抗药性的生物化学基础。如非特异性酯酶的解毒作用的增加是昆虫对有机磷抗性的共同机制。很多这类酯酶除对有机磷杀虫剂外，还可降解 α -乙酸萘酯，可利用这个性质来进行快速微量的测定。此外对于乙酰胆碱酯酶不敏感性的抗性监测也可成功地使用此技术，目前最为简便、迅速和准确而精确的方法有：滤纸法(Filter Paper)、电泳法(electrophoresis)和用酶标仪的微滴度法(Microtiter)，等。有关上述技术，我们已初步掌握并进行筹备，现已购置一台酶标仪，拟建立微滴度法，以使我国的害虫抗药性监测技术更为准确和先进。

综上所述，我们专题的全体成员从1986年开始的四年中，是作了大量室内外研究工作的。我们以山东高密县为监测点，进行了棉花害虫抗药性的监测及其防治策略的试验基地。四年累计防治都虫面积达120万亩，每亩可降低防治成本5.3元，共降低成本636万元。农药用药约减少40%，由于及时防治棉虫为害，确保棉花每亩增产皮棉7.2斤，共增产皮棉864万斤，折款1928万元，总计提高经济效益2564万元。与此同时，我们也在广西桂林、山东莱阳、河北保定、辽宁朝阳和北京等地提供和推广了有关害虫的抗药性监测技术等。寻找新型农药，以代替已产生抗性害虫的现用农药，有氨基甲酸酯类的灭多威、久效威。其中灭多威我们与山东济宁化工实验厂协作进行开发，于1990年1月7日通过了省级产品鉴定。现已认为灭多威是山东抗性棉虫的替代农药。增效磷(SV₁)的推广使用已在农业部农药检定所进行了临时注册登记，并进一步推广使用。增效磷推广使用取得了明显的经济效益和社会效益，从1986年到现在工厂已获利润2783万元，节约农药费用2779.8万元，因防治各种害虫、保证丰

产受益13.52亿元。此外,我们还开发了一个有希望的增效剂— S_3 , 经室内外对农业和卫生害虫的混配药效的初步试验都显示出好的效果, 尚待今后进一步验证。另外, 在七五期间, 建立了小菜蛾的饲养、毒力测定及其抗药性监测方法, 并进行了抗药性机制的研究, 这在国内还是我专题组首先开始, 并已交出三篇论文。我们认为, 我们已达到“七五”合同所规定的内容及主要技术经济指标。

附: 小菜蛾饲养方法

室内工作的可比性及结果的重复性如何, 首先取决于材料的统一性与否。故昆虫室内饲养的标准化方法是极为重要的。

关于小菜蛾室内饲养的方法已有许多, 但经我们比较鉴别, 并参照FAO (1980) 介绍的方法, 我们整理推荐如下:

1. 萝卜苗制备: 选用直径10cm, 高5 cm的园塑料盒或 $20 \times 10 \times 5$ cm的方形塑料盒。在盒底铺一层砾石, 上面盖一张吸水纸, 纸上铺一薄层经过浸泡消毒的萝卜籽, 在 25°C , 一般第三天就可发芽。第四天的幼苗就可用于产卵。

2. 产卵及卵期发育: 为了控制和收集更多的成虫产卵, 可将小菜蛾蛹放于 4°C 冰箱中保存七—十天。饲养时, 取100头成熟蛹置于一塑料杯中放入 $40 \times 35 \times 30\text{cm}^3$ 的成虫产卵箱中, 至第三天就有成虫出现, 这时在产卵箱中放入2—3盒萝卜苗, 同时放一些蜜水(蜂蜜一水, 1:10) 产卵多时, 萝卜苗每天换收一次。产完卵的萝卜苗放入玻璃缸中, 缸口盖以尼龙纱布, 置于 25°C , 约5天孵化出幼虫, 幼虫在萝卜苗上发育, 视幼虫取食情况, 及时添加、更换萝卜苗, 幼虫会从取食过的旧萝卜苗上转移到新萝卜苗上取食。在此条件下, 其整个发育周期大约为20天左右。

这一方法比较方便, 一般实验室中全年可用。在饲养过程中为防霉菌污染要注意消毒。

中国科学院动物研究所

三十年来北方主要棉区棉蚜对有机磷 农药的抗性发展及对其防治的策略

我国华北地区夏季温度较高，并在七月中旬以前，气候干燥，雨量稀少，适合棉蚜的生长繁殖，因而华北棉区棉蚜对棉苗的危害十分严重。与此同时，华北地区无霜期较短（仅190天左右），如不及时防治，棉苗生长迟缓，霜后花多，影响棉花的产量与质量。因此，大力防治棉蚜，成为确保棉花丰产的重要环节。由于这样，每年防治次数多，用药量逐年增加，不可避免的对有机磷农药产生严重抗性问题的。

棉蚜发生抗性的初期，虽然用量已在逐年增加，但由于防治上尚未发生较大的困难，因之未能引起产业部门及研究单位应有的重视。直到1963年，使用内吸磷快速喷洒，失去了应有的防治效果，才引起农业部的重视，在农业部的邀请下，作者等进行了调查研究，确定是抗性问题的。

由于棉蚜的人工饲养方法尚没有过关。因而，每年室内外大量研究工作，只能集中在5、6月间在棉区进行。所进行调查及试验地区以山东高密、河北栾城及北京郊区为主。抗性测定及农药筛选是用自制的毛细管微量点滴器进行，其体积是用同位素稀释法标定。

这项工作是1963年开始的，文化大革命中除在礼贤蹲点时进行了防治及交互抗性测定外，其它研究都停顿了。1978年继续进行，参加工作的单位有高密农业局、晋县农业局、栾城农业局、康庄农场及高密农药厂等。在文化大革命以前上海有机所及上海生化所参加了一部分抗性机理工作。有机磷农药样品除本所合成以外，有南开元素所及北农大农药室供应。大田间大规模的防治试验用药多半由天津农药厂及全国合作总社供应。

一、棉蚜对有机磷抗性的发展

我国使用有机磷农药是1953年使用对硫磷开始的，由于它的触杀效果远胜于666，因而一经使用，在重点棉区很快的推广开来。其后在棉区除掉用过氟乙酰胺外，绝大多使用有机磷农药。因此，棉蚜对有机磷农药的抗性十分严重，具体表现在：

一、使用量与喷洒次数逐年增加（表1，2）：

从表中看出，自1953年至1977年对硫磷每亩用量自3克至300克，增加至100倍；内吸磷自56年1至1977年每亩用量自7.5克至300克，增加至40倍。

二、抗性范围与抗性倍数逐年扩大（表3）：

表 1 1953—1977 年对硫磷 (parathion) 防治棉蚜 (*Aphis gossypii*) 浓度的变化

年 份	有效浓度(%)	每次用量* (克/亩有效成分)	喷洒次数	每亩(克) 总用量	相 对 倍 数
1953	0.003	1.5	2	3.00	1
56	0.00625	3.125	3	9.375	3.125
62	0.025	12.5	5	62.5	20.833
65	0.05	25	6	150	50
77	0.1	50	6	300	100

*以每亩平均用药液100斤计算

表 2 1956—1977年内吸磷 (systox) 防治棉蚜 (*Aphis gossypii*) 用量的变化

年 份	稀释倍数 (50%乳剂)	每 亩 喷药量(斤)	每次用药量 克/亩有效成分	喷洒次数	每 亩 总药量(克)	相对倍数
1956	2000	30	3.75	2	7.5	1
59	2000	60	7.5	8	22.5	3
62	2000	100	12.5	4	50	6.67
65	1000	100	2.5	6	150	20
77	500	100	50	6	300	40

表 3 1963—64 及 1979—80年棉蚜内吸磷的抗性调查 (LD₅₀微克/蚜)

	抗 性 调 查 地 点	1963—64年		1979—80年		同一地区16年 来的抗性比
		LD ₅₀	抗 性 比*	LD ₅₀	抗 性 比*	
非 棉 区	中 关 村	0.00114	1	0.442	1	387.72
新 棉 区	王 石 碑 (晋 县)	0.0574	50.35	1.63	3.68	28.42
	大 屯 (高 密)	0.0450	39.48	1.26	2.85	28.00
老 棉 区	晋县农场	0.154	135.09	0.918	2.08	5.96
	康庄农场 (高 密)	0.169	148.25	1.49	3.37	8.82

*以每年抗性最低的LD₅₀为1

从表 3 中看出, 16年来内吸磷抗性的范围扩大得很快, 目前几乎所有的棉区都发生不同程度的抗性, 就是中关村非棉区, 由于受有机磷防治其它作物的影响亦产生了较高的抗性, 最高地区抗性已发展到1400倍以上 ($1.63 \div 0.00114$)。

三、交互抗性范围很广: 1964—65年我们筛选了近 100 种有机磷农药, 其中绝大多数有交互抗性, 没有显著交互抗性的只有敌敌畏、磷胺、甲基对硫磷、胺吸磷、二溴磷及 D201。

四、从单一抗性发展到多种抗性: 在文化大革命以前, 棉区防治棉蚜用药比较单一, 自从666→对硫磷→内吸磷, 抗性的规律主要以内吸磷为主的在发展, 当时大量使用敌敌畏、硫胺或甲基对硫磷, 防治棉蚜很好。但文化大革命开始以后, 研究工作停顿, 农村施药缺乏技术指导, 这几种防治效好药剂也产生了抗性, 从单一抗性发展到多种抗性, 防治有效浓度

亦成倍的增加(表4), 到目前为止, 差不多所有的有机磷都产生不同程度抗性。

表4 几种重要有机磷杀虫剂防治棉蚜有效浓度的变化

名 称	使用年限(年) (开始年份—最后年份)	防治有效浓度(有效成分%)		相 对 倍 数
		开 始 年 份	最 后 年 份	
对 硫 磷 (parathion)	25 (1953—1977)	0.005	0.05 — 0.1	10—20
敌 敌 畏 (DDVP)	14 (1965—1979)	0.01	0.025—0.05	2.5—5
磷 胺 (phosphamidon)	14 (1965—1979)	0.01	0.025—0.05	2.5—5
甲基对硫磷 (methyl parathion)	14 (1965—1979)	0.00825	0.025—0.05	4—8
氧化乐果 (omethoate)	9 (1972—1980)	0.01	0.03 — 0.05	3—5
久 效 磷 (Azoarin)	8 (1973—1980)	0.01	0.025—0.03	2.5—3

二、棉蚜对有机磷的抗性分析

一、盲目使用是抗性严重发展的主要原因:

在北方棉区特别在文化大革命期间缺乏技术指导, 盲目乱用盲目混用的情况很严重, 特别棉麦间作地区最严重。自从吸浆虫消灭以后, 在较长时间内在麦田内很少用杀虫剂, 但是七十年以后, 不少地区使用有机磷或有机氮农药消灭麦蚜以避免传染矮缩病, 因此在棉麦间作田块内既要用药防治麦蚜及地下害, 又要用药防治棉虫。1977年作者等与河北省植保所罗英同志等进行了调查, 发现用药量很惊人(表5) 这是抗性发展很快的主要原因。这是在石

表5 棉麦间作田内个别地区农药使用情况 (1966—74)

使 用 作 物	防治主要害虫	每亩折合原药用量(克)		
		DDT	666	有机磷
小 麦	麦蚜、飞虱、地下害虫	275	1620	200
棉 花	棉虫、地老虎、 棉铃虫、伏蚜等	1725	2250	615
总 计		2000	3870	815

家庄主要棉区调查的结果, 其它北方棉区盲目使用亦存在类似的问题。

二、近30年来广大棉区防治棉蚜:

除使用过氟乙酰胺外, 绝大多数是有机磷农药, 这些有机磷农药, 它们的作用机理既有共同的特点, 又有不同地方。就以敌敌畏及磷胺而论, 根据1964年测定的结果与内吸磷抗性棉蚜有一些交互抗性(表6)。中关村与康庄农场抗性比, 内吸磷为148.25而敌敌畏与磷胺仅分别为5.22与2.15, 证明有相差, 但差别不大。在有机磷农药中, 形成差别的原因, 与有机磷农药的化学结构有不同有关系。例如, 八十年代, 我们在近100种有机磷农药中选出治蚜

效果较好的农药（表 7）是大多属于甲氧基及磷酸酯类，当时的有效浓度比内吸磷低 4—5 倍。

表 6 内吸磷抗性棉蚜对敌敌畏及磷胺的敏感性(1964)

药 名	LD ₅₀ (微克/蚜)		抗 性 倍 数
	中 关 村	康 庄 农 场	
内 吸 磷	0.00114	0.169	148.25
敌 敌 畏	0.00121	0.00644	5.32
磷 胺	0.00149	0.00320	2.16

表 7 防治内吸磷抗性棉蚜效果较好的有机磷农药

药 名	化 学 结 构	防治棉蚜有效浓度%
胺 吸 磷	$(C_2H_5O)_2\overset{\overset{O}{\parallel}}{P}-S-CH_2CH_2-N(C_2H_5)_2$	0.01
久 效 磷	$\begin{array}{c} \text{---}C=CHCO-NHCH_3 \\ \\ CH_3 \end{array}$	0.0083
磷 胺	$\begin{array}{c} \text{---}C=C-CO-N(C_2H_5)_2 \\ \quad \\ CH_3 \quad Cl \end{array}$	0.01
PA301	$\begin{array}{c} O \\ \parallel \\ (CH_3O)_2P-O \\ \\ CH_3 \end{array} \quad \begin{array}{c} \text{---}C=CHCOCH_2-\text{C}_6\text{H}_5 \\ \\ CH_3 \end{array}$	0.01
敌 敌 畏	$\text{---}CH=CCl_2$	0.01
二 溴 磷	$\begin{array}{c} \text{---}CHC-Cl_2 \\ \quad \\ Br \quad Br \end{array}$	0.0125
D201	$\begin{array}{c} \text{---}C-\text{C}_6\text{H}_3Cl_2 \\ \\ CHCl \end{array}$	0.0125
甲基对硫磷	$(CH_3O)_2\overset{\overset{S}{\parallel}}{P}-O-\text{C}_6\text{H}_4-NO_2$	0.00625
内 吸 磷 (对照)	$(C_2H_5O)_2\overset{\overset{O}{\parallel}}{P}-S-CH_2CH_2S-CH_2CH_3$	0.05

三、抗性机理问题：棉蚜对有机磷的抗性

十几年来我们已经进行了不少机理工作，并已明确了一些问题，但仍有深入研究的必要。1964—1965两年我们与上海生化所及上海有机所协作，明确了棉蚜对内吸磷产生抗性的原因，由于：

1、与胆碱酯酶的活性增加有关系。1964—65我们用瓦氏呼吸气测定。高密的抗性棉蚜与

中关村的感性棉蚜的胆碱酯酶的活力有显著差别(表8)。前者至45分钟内放出CO₂量为328微升,后者为84微升,前者I₅₀为 $3.2 \times 10^{-6}M$,后者为 $4.5 \times 10^{-7}M$ 。

表8 内吸磷抗性与感性棉蚜的胆碱酯酶活力的比较(1964—65)

棉 蚜	点滴测定LD ₅₀ (μg/蚜)	胆碱酯酶活力*	I ₅₀ **
抗性棉蚜	0.169	328.0	$3.2 \times 10^{-6}M$
敏感棉蚜	0.00149	84.0	$4.5 \times 10^{-7}M$

*在45分内所放出的CO₂微升量

**I₅₀抑制酶50%所需内吸磷的克分子浓度

2.棉蚜体壁的渗透速度:1964年,我们请上海有机化学研究所合成同位素硫35标记的内吸磷,用微量点滴器以30倍比强度为1.77毫居里/克的内吸磷分别滴点到抗性棉蚜与感性棉蚜的背部后,分别以5、10、20、40、80、120分钟的时间,计算其死亡率与吸收率,有显著的差别。抗性棉蚜死得慢(TL₅₀71分),吸收率低;敏感性棉蚜死得快(TL₅₀15分)吸收率高,详见表9。

表9 S³⁵—内吸磷对棉蚜体壁的渗透速度(1964)

点滴后相隔时间(分)	抗 性 棉 蚜		敏 感 性 棉 蚜	
	死亡率(%)	吸收率(%)	死亡率(%)	吸收率(%)
5	0	2.0	13.0	4.9
10	0	3.2	49.9	7.4
20	1.0	3.9	81.1	7.8
40	11.0	5.9	98.0	—
80	73.0	8.7		
120	91.0	11.1		

3.多功能氧化酶及其它酶的关系:根据1972年荷兰昆虫毒理学家F.J.Oppenoorth的报导,乙基苯硫磷(SV₁)对多功能氧化酶及羧酸酯酶都有抑制作用。1980年我们在高密棉区初步进行点滴测定,证明SV₁加在马拉氧磷、氧乐果、磷胺、久效磷等药内有显著的增效作用,另外用甲基碘(CH₃I)试验,加在甲基对硫磷及乙基对硫磷内,看不出明显的增效作用。1981年用马拉氧磷进行试验并用增效醚(Pb)作对照,同时用甲基碘对甲基对硫磷及对硫磷的增效作用进行了重复,结果如表10。

表10 几种增效剂诊断有机磷抗性类型(1981)

药 名	LD ₅₀ (μg/蚜)		增 效 值
	单 独	加增效剂	
马拉氧磷	0.0147	0.002(+SV ₁)	7.35
马拉氧磷	0.0147	0.0024(+PB)	6.131
对硫磷	2.147	1.64(+CH ₃ I)	1.31
甲基对硫磷	0.023	0.0167(+CH ₃ I)	1.38

从表中看出加SV₁后的增效值较高(7.35)并略大于加增效醚的,这证明抗性棉蚜内的多功能氧化酶的增加,亦是产生抗性一种原因。另外加甲基碘后,对甲基对硫磷及对硫磷的增效值很小,同时甲基对硫磷与对硫磷无显著的区别,证明棉蚜对有机磷产生抗性,与谷胱甘肽转移酶没有显著关系。

三、防治策略

农药的开发与使用的根本问题是抗性害虫的防治问题,也是农药开发与使用中的致命问题。使用农药以后,对绝大多数害虫产生抗性是不可避免的,也是合乎自然选择的规律的。抗性的产生是连年使用农药的后果,为了提高防治抗性的效果使用量逐年增加,亦促进了抗性的飞跃发展。这种恶性循环,如果漫不经心,一味蛮干,将不堪设想。因此,应该研究每种害虫抗性的发展规律,注意防治策略,以延缓或压低抗性的发展。

防治害虫总的策略是很明确:(1)在确保农业生产的前提下,重视经济效益,贯彻综合治理的方针,尽可能使用非化学的方法(如利用天敌、物理防治及农业防治),以减少化学农药的用量与使用范围;(2)从化学防治本身讲,应尽可能提高现有农药的防治效果,以减少使用浓度与防治次数;(3)在使用时期与方法上,尽可能避免对天敌的杀伤,以期能与生物防治协调进行。

当然,综合治理决不是各种方法的堆积,而是因地制宜,提出经济有效切实可行的治理方法,以便提高农民的收益。有些零星棉区,由于作物种类较多,利用天敌的可能性较大,但是大片棉田的重点棉区,植被比较单纯,利用天敌的可能性比较小,还是主要依靠化学防治来解决问题。

具体到重点棉区的棉蚜防治问题,是化学防治中的突出问题。20几年来,在防治策略上我们作出以下的努力:

一、提高现有农药的防治效果,以减少农药的使用量。我们曾进行三方面的工作。

1.在重点棉区除进行抗性调查外并抓紧进行以内吸磷抗性为主的交互抗性测定,以便提出合理调配方案及发展新农药的方案。我们在1963—1965年间测定乐果、对硫磷、乙拌磷、甲基内吸磷、苯硫磷、Estox、灭蚜灵、谷硫磷、杀螟松、三硫磷等有严重的交互抗性,筛选出甲基对硫磷、敌敌畏、磷胺、D201、胺吸磷、二溴磷等对防治抗性棉蚜有良好效果。因此,建议有关部门将乐果、内吸磷、对硫磷,尽可能调配至尚未产生抗性的新棉区使用(如北京郊区各县及四川等地),并尽快的仿制磷胺、甲基对硫磷、敌敌畏,以满足重点棉区的需要。这样安排可以节省农药7倍左右。事实上,我国磷胺、敌敌畏及甲基对硫磷的大量生产也是从1965年以后开始的。

1978年起又在重点棉进行抗性测定,发现对棉蚜的抗性更为严重,差不多对所有的有机磷发生严重抗性。就是本拟向日本提出技术转让的苯硫磷在国内从未用过也有了交互抗性(表11)。在1965年测定,凡是对硫磷(1605)与内吸磷(1059)抗性高的地方苯硫磷(EPN)的抗性亦高,证明有严重的交互抗性。到1982年测定苯硫磷(EPN)的LD₅₀为2.417微克/蚜,对硫磷的LD₅₀为1.42微克/蚜反比对硫为高,82年与65年比较前者增加倍数为246.8倍后者为175.5倍,在田间试验用日本进口的EPN喷洒,稀释2000倍,防效仅27%左右。所幸使用拟除虫菊酯类农药对有机磷抗性棉蚜有良好的效果(表12)。拟除虫菊酯农