棉蚜啶虫脒抗性种群交互抗性和增效剂增效作用的研究*

郭天凤[1, 2**] 史雪岩[1***] 高希武[1***] 刘晓宁[3]

（1. 中国农业大学昆虫系，北京 100193；2. 新疆生产建设兵团第七师农科所，奎屯 833200；
3. 新疆大学生命科学与技术学院，新疆生物资源与基因工程重点实验室，乌鲁木齐 830046）

摘 要 **【目的】** 明确棉蚜 *Aphis gossypii* Glover 啶虫脒抗性品系与其它杀虫剂的交互抗性现状以及增效剂的增效作用，为延缓和治理棉蚜对啶虫脒的抗性提供依据。**【方法】** 采用单头反选育和群体汰选的方式，获得了棉蚜啶虫脒敏感和抗性品系；采用叶片药膜法测定了 13 种杀虫剂对啶虫脒的交互抗性以及增效剂对啶虫脒的增效作用。**【结果】** 经过室内棉蚜敏感和抗性品系的筛选，获得了相对抗性倍数为 82.33 倍的棉蚜啶虫脒抗性品系。棉蚜啶虫脒抗性品系的交互抗性谱的研究表明，交互抗性倍数小于 5 的药剂为：吡蚜酮，甲基阿维菌素；交互抗性倍数在 5～10 倍的药剂为：噻虫嗪，联苯菊酯，毒死蜱，马拉硫磷，丙溴磷，辛硫磷；交互抗性倍数在 10～15 倍的药剂为：硫丹，阿维菌素，高效氯氰菊酯，三唑磷，氧化乐果；交互抗性倍数大于 15 倍的药剂为：吡虫啉。增效剂实验表明，TPP 和 PBO 在啶虫脒敏感品系中增效作用不明显，但在抗性品系中增效作用显著。在啶虫脒抗性品系中的增效比为 1.77、1.61，在啶虫脒敏感品系中的增效比为 1.02、1.03。DEM 在啶虫脒抗性、敏感品系中的增效作用均不明显，增效比为 1.04、1.02。TPP 和 PBO 对啶虫脒有很好的增效作用。以室内棉蚜敏感品系（LC_{50} 为 0.180 mg/L）为基础，对新疆各主要棉区的棉蚜种群进行了啶虫脒药剂的抗性调查，结果表明新疆各主要棉区棉蚜对啶虫脒的相对抗性倍数为 6.1~22.0 倍。**【结论】** 由此说明新疆主要棉区棉蚜对啶虫脒具有一定的抗性风险，生产中可以利用无交互抗性的吡蚜酮和甲基阿维菌素来治理抗性棉蚜种群。

关键词 棉蚜，啶虫脒，抗性汰选，交互抗性，增效剂，抗性调查

Cross-resistance to, and synergists of, acetamiprid in *Aphis gossypii*

GUO Tian-Feng[1, 2**] SHI Xue-Yan[1***] GAO Xi-Wu[1***] LIU Xiao-Ning[3]

(1. Department of Entomology, China Agricultural University, Beijing 100193, China; 2. Institute of Agricultural Sciences, Agricultural Division 7, Xinjiang Production and Construction Corps, KuiTun, 833200, China; 3. College of Life Science and Technology, Xinjiang University, Xinjiang Key Laboratory of Biological Resources and Genetic Engineering, Urumqi 830046, China)

Abstract **[Objectives]** To provide the basis for delaying and preventing resistance to acetamiprid in the cotton aphid (*Aphis gossypii* Glover), cross resistance to, and synergists of, this compound were studied in acetamiprid-resistant and susceptible strains of *A. gossypii* in the lab. **[Methods]** Acetamiprid -susceptible and -resistant strains of *A. gossypii* were developed by individual reverse and group selection. The cross resistance of acetamiprid-resistant strains to 13 kinds of insecticides and the synergistic effects of potential synergists were determined with the leaf membrane assay. **[Results]** Acetamiprid-resistant strains of cotton aphids exhibited about 82.33-fold resistance to acetamiprid compared with the susceptible strain. Resistant strains displayed less than 5 fold resistance to pymetrozine and methyl-abamectin, 5-10 fold resistance to thiamethoxam ,

* 资助项目：国家自然科学基金项目（31330064）；公益性行业（农业）科研专项（201203038）；新疆兵团博士基金项目（2011BB002）
**E-mail: ktgtf@sina.cn
***通讯作者，E-mail: gaoxiwu@263.net.cn; shixueyan@cau.edu.cn
收稿日期：2014-01-17，接受日期：2014-03-29

bifenthrin, chlorpyrifos, malathion, profenofos and Phoxim, 10-15 fold resistance to endosulfan, abamectin, beta-cypermethrin, triazophos, Omethoate, and 15 fold resistance to imidacloprid. Synergism tests showed that TPP and PBO had little synergistic effect on acetamiprid in susceptible strains. However TPP and PBO had an obviously greater synergistic effect in resistant strains (SR1.77 and 1.61, respectively) than in susceptible strains (SR1.02 and 1.03, respectively). DEM had little synergistic effect on acetamiprid in both resistant and susceptible strains (synergism ratio; 1.04 and 1.02 respectively) but TPP and PBO were strong synergists. The LC_{50} of susceptible strains was 0.180 mg/L. These results show that resistance to acetamiprid in cotton aphid populations in Xinjiang could potentially reach 6.1-22.0 times that of acetamiprid-susceptible strains (LC_{50} 0.180mg/L). **[Conclusion]** There is a risk of resistance to acetamiprid in cotton aphids in Xinjiang which may be able to be managed by using pymetrozine and methyl abamectin.

Key words cotton aphids, acetamiprid, resistance selection, cross-resistance, synergist , resistance surveys

啶虫脒英文通用名为 Acetamiprid，又名吡虫清，属于氯化烟碱类杀虫剂（陈德，2000；莫建初和程家安，2003）。随着吡虫啉抗药性日趋严重，啶虫脒将会有非常广阔的应用前景（周育等，2006）。目前因为啶虫脒价格比吡虫啉便宜而且效果较好，是目前生产上防治棉蚜的主打药剂（柳建伟等，2012）。随着近年来的广泛使用，抗药性的问题日趋严重。本文通过室内建立啶虫脒抗性品系和敏感品系，以室内敏感品系为基础，对新疆各主要棉区棉蚜对啶虫脒的抗性情况进行调查研究，并进行棉蚜啶虫脒抗性品系交互抗性谱的研究，研究 TPP、PBO、DEM 对啶虫脒是否具有增效作用，为啶虫脒设计更合理的抗性早期诊断方法，为抗性预测和抗性治理提供理论依据（张彦英和张弘，1999；冯志超和王永安，2005；常新龙和郑建立，2013）。

1 材料与方法

1.1 供试棉蚜种群

在新疆兵团农一师、农二师、农三师、农四师、农五师、农六师、农七师、农八师的棉田采集棉蚜。室内利用水培法种植棉苗。在室内网室内饲养棉蚜种群 1~2 代供生测用，温度(25±1)℃，湿度 80%~90%，光周期 L：D=18：6。

1.2 供试杀虫剂

（1）新烟碱类：96.00%吡虫啉原粉，98.54%啶虫脒原粉（山东联合化工厂股份有限公司生产），95.00%噻虫嗪粉剂（河南省春光农化有限公司）；

（2）吡啶类或三嗪酮类杀虫剂：95.00%吡蚜酮粉剂（江苏农药研究所）；

（3）有机氯类：硫丹 95.00%粉剂（江苏快达农化股份有限公司）；

（4）抗生素类：阿维菌素 97.75%粉剂（石家庄市凯利达化工有限公司），70.12%甲基阿维菌素粉剂（石家庄市凯利达化工有限公司）；

（5）菊酯类：95.60%联苯菊酯乳油（江苏常隆化工有限公司），97.40%高效氯氟氰菊酯乳油（南京红太阳股份有限公司）；

（6）有机磷类：98.00%毒死蜱原药（江苏宝灵化工股份有限公司），40%氧化乐果乳油（山东大成农药股份有限公司），90.00%马拉硫磷乳油（葫芦岛凌云集团农药化工有限公司），91.10%辛硫磷乳油（湖北仙隆化工有限责任公司），87.10%三唑磷乳油（湖北仙隆化工有限责任公司），90.90%丙溴磷乳油（烟台科达化工有限公司）。

1.3 供试药剂

98%增效醚（Piperonyl buoxide，PBO），由美国 Chem Service 公司提供；

顺丁烯二酸二乙酯（Diethyl maleate，DEM），由美国 Chem Service 公司提供；

磷酸三苯酯（Triphenylphosphate，TPP），由美国 New Jersey 提供。

1.4　实验方法

1.4.1　敏感品系棉蚜的汰选　采用单头筛选的方法，将生长于不同植株上的棉蚜，单头接种于棉株上并置于养虫笼中隔离饲养，依此方法选择 30 株不同棉苗上的单头蚜虫接种于 30 个养虫罩中。待蚜虫繁殖到一定数量后，用选育前品系的 LC_{10} 啶虫脒浓度处理试虫。选育方法采用带虫棉苗浸渍法。即将棉苗轻轻倒置，放入药液中浸 20 s，放回原处。24 h 后观察死亡率，并且根据测定结果，选出死亡率最高的种群，对其进行隔离饲养，做为生物测定及下一代筛选的虫源。

1.4.2　抗性品系棉蚜的汰选　采用群体筛选的方法，用带虫棉苗浸渍法处理群体饲养的棉蚜，即将棉苗轻轻倒置，放入啶虫脒药液中浸 20 s，放回原处。24 h 后观察死亡率，死亡率维持在 70%~80%左右，将处理后存活的棉蚜个体，单独隔离饲养做为生物测定及下一代筛选的虫源。

1.4.3　毒理学生物测定　将供试杀虫剂，加入少量的丙酮直至杀虫剂完全溶解后，用 0.05% Triton X-100 水溶液配置成 5～7 个药剂浓度梯度，将未接触农药的新鲜棉叶，在药液中浸泡 30 s。以 0.05% Triton X-100 溶液为对照。选择个体大小均匀一致的无翅棉蚜进行试验，每浓度处理棉蚜不少于 25 头，24 h 后检查试虫死亡情况。测试数据用 Polo 软件计算 LC_{10}、LC_{50}、LC_{90}。各地区棉蚜种群的相对抗性倍数，按如下公式计算：相对抗性倍数=药剂筛选的棉蚜种群 LC_{50} / 敏感棉蚜种群 LC_{50}。

1.4.4　增效剂试验　测定 PBO、DEF、DEM 对抗性和敏感品系棉蚜无致死作用的最高浓度（分别为 100，50 和 50 mg/L），以确保对照组的对照效果。采作者种植的非转基因无虫棉花叶片，用打孔器将棉花叶片打孔。将其浸入无致死的最高浓度增效剂 30 s 后取出，置阴凉通风处晾干，放入底层铺有 1 mL 1.5%琼脂凝胶的烧杯中。用毛笔小心将无翅成蚜接入叶片上，饲养 12 h 后，进行生测。增效比=啶虫脒的 LC_{50}/啶虫脒+PBO、DEM、TPP 的 LC_{50}。

2　结果与分析

2.1　棉蚜对啶虫脒敏感品系和抗性品系的汰选

利用群体遗传学方法，利用啶虫脒对棉蚜进行室内平行筛选，获取遗传背景相似的抗性和敏感品系。如表 1 所示，以棉田采集的棉蚜为原始种群，啶虫脒生物测定结果表明其致死中浓度（LC_{50}）为 0.312 mg/L。在室内用啶虫脒药剂进行群体抗性选育，经过 40 代选育后，LC_{50} 增加到 14.819 mg/L，相对于田间原始种群，其相对抗性倍数增加到 47.5 倍；利用单头反汰选获得了 LC_{50} 为 0.180 mg/L 的敏感种群，相对于田间原始种群，敏感倍数提高了 1.73 倍；我们最后得到的抗性品系抗性倍数是所选育敏感品系的 82.33 倍。

表 1　啶虫脒对棉蚜种群的抗性筛选
Table 1　Acetamiprid on cotton aphid resistance screening

棉蚜种群 Cotton aphid strains	斜率 Slope	致死中浓度 LC_{50}	95%置信限 95% confidence limits	自由度 *df*	抗性倍数 Resistance fold
敏感种群 Susceptible strains	2.561±0.185	0.180	0.158–0.204	16	1.00
原始种群 Original strains	4.418±0.344	0.312	0.317–0.380	16	1.73
抗性种群 Resistant strains	3.011±0.233	14.819	13.210–16.619	16	82.32

2.2 棉蚜啶虫脒抗性品系的交互抗性谱的研究

棉蚜啶虫脒抗性品系交互抗性谱研究结果见表 2，棉蚜啶虫脒抗性品系对新烟碱类药剂吡虫啉和噻虫嗪都产生了交互抗性，其中对吡虫啉交互抗性达到了 16.4 倍；该品系对吡蚜酮没有产生交互抗性；该品系对有机磷类药剂中三唑磷、氧化乐果产生了一定的交互抗性，氧化乐果交互抗性倍数为 13.8 倍，对毒死蜱，马拉硫磷，丙溴磷，辛硫磷交互抗性较低；棉蚜啶虫脒抗性品系对有机氯类药剂硫丹的交互抗性达到了 10.7 倍；对阿维菌素产生了一定的交互抗性，抗性倍数为 11.7 倍，对甲基阿维菌

表 2 抗啶虫脒棉蚜种群的交互抗性谱

Table 2 The cross-resistance of acetamiprid -RR strains with other insecticides

药剂 Insecticides	品系 Strains	斜率 Slpoe±SE	LC_{50} (mg/L) (95%置信限) (95%CL)	抗性倍数 Resistance fold
啶虫脒	RR	3.0±0.2	14.8(13.2-16.6)	82.3
Acetamiprid	SS	2.6±0.2	0.2(0.2-0.2)	
吡虫啉	RR	3.3±0.3	11.5(9.9-13.6)	16.4
Imidacloprid	SS	1.8±0.1	0.7(0.6-0.8)	
噻虫嗪	RR	1.6±0.1	24.2 (20.3-28.9)	9.3
Thiamethoxam	SS	2.8±0.2	2.6(2.3-2.9)	
吡蚜酮	RR	2.8±0.2	5.1(4.5-5.8)	4.3
Pymetrozine	SS	2.5±0.2	1.2 (1.0-1.4)	
硫丹	RR	1.5±0.1	244.8(203.3-296.8)	10.7
Endosulfan	SS	1.9±0.4	22.9(19.6-26.8)	
阿维菌素	RR	1.7±0.1	9.3(7.8-10.9)	11.7
Abamectin	SS	2.2±0.2	0.8(0.7-0.9)	
甲基阿维菌素	RR	1.5±0.1	7.6(6.0-9.4)	4.9
Methyl abamectin	SS	1.6±0.2	1.5(1.2-2.0)	
高效氯氰菊酯	RR	2.0±0.2	46.9(40.2-54.9)	14.5
Beta-cypermethrin	SS	2.5±0.2	3.2(2.8-3.7)	
联苯菊酯	RR	1.8±0.1	10.9(9.3-12.7)	9.7
Bifenthrin	SS	2.1±0.2	1.1(0.9-1.4)	
氧化乐果	RR	1.5±0.1	403.2（334.1-487.5）	13.8
Omethoate	SS	2.0±0.1	29.2(24.0-35.7)	
三唑磷	RR	1.7±0.1	75.1(63.1-89.7)	10.3
Triazophos	SS	1.7±0.1	7.4(6.0-9.0)	
辛硫磷	RR	1.8±0.1	211.7(174.1-255.0)	7.8
Phoxim	SS	2.0±0.2	26.9(21.3-33.3)	
马拉硫磷	RR	2.2±0.1	36.4(31.1-42.3)	7.2
Malathion	SS	1.3±0.1	5.1(4.0-6.4)	

* 资助项目：国家自然科学基金项目（31330064）；公益性行业（农业）科研专项（201203038）；新疆兵团博士基金项目（2011BB002）

**E-mail: ktgtf@sina.cn

***通讯作者，E-mail: gaoxiwu@263.net.cn; shixueyan@cau.edu.cn

收稿日期：2014-01-17，接受日期：2014-03-29

毒死蜱	RR	1.7±0.1	64.5(53.4-78.9)	6.7
Chlorpyrifos	SS	2.4±0.2	9.7(8.2-11.4)	
丙溴磷	RR	1.7±0.2	226.1(162.5-315.8)	6.0
Profenofos	SS	2.2±0.2	37.4(31.5-44.4)	

素则没有交互抗性产生；对拟除虫菊酯类药剂联苯菊酯和高效氯氰菊酯都产生一定的交互抗性，其中对高效氯氰菊酯交互抗性倍数达到了 14.5 倍。

2.3　TPP、PBO 和 DEM 在啶虫脒敏感和抗性品系中的增效比

从表 3 可以看出，TPP、PBO 和 DEM 在啶虫脒敏感品系中的增效比仅为 1.02、1.03、1.02，在啶虫脒抗性品系中的增效比为 1.77、1.61、1.04。

2.4　啶虫脒药剂的抗性调查

新疆主要棉区棉蚜对啶虫脒的抗性调查结果如表 4，2011 年新疆各主要棉区棉蚜对啶虫脒的相对抗性倍数为 1.7~14.3 倍，其中，南疆主要棉区棉蚜对啶虫脒的抗性水平较高，相对抗性倍数为 7.7~14.3 倍，北疆主要棉区棉蚜对啶虫脒的相对抗性倍数在 1.7~6.9 倍；2012 年新疆各主要棉区棉蚜对啶虫脒的相对抗性倍数为 6.1~22.0 倍，其中，南疆主要棉区棉蚜对啶虫脒的抗性水平较高，相对抗性倍数为 12.5~22.0 倍，北疆主要棉区棉蚜对啶虫脒的相对抗性倍数在 6.1~12.1 倍。由此说明，南疆棉区棉蚜比北疆棉区棉蚜对啶虫脒的抗性水平高，而且抗性水平有逐年增加的趋势。

3　讨论

3.1　室内棉蚜对啶虫脒敏感和抗性种群的建立

啶虫脒是一种具有高度选择性同时对天敌、哺乳动物安全的特效药剂（Wang *et al*.，2001；邓业成等，2002；胡双庆等，2002）。目前对新烟碱类药剂的抗性筛选主要集中在吡虫啉研究上，对啶虫脒抗性筛选报道较少，雷红和张战利等（2007）采用药剂浸渍法室内筛选棉蚜 20 代，获得了 4.3397 倍的抗性种群，最终抗性现实遗传力为 0.1099，其抗性发展速率较低。在室内用啶虫脒药剂进行群体抗性选育，经过 40 次的浸药抗性筛选，获得了 LC_{50} 为 14.819 mg/L 的抗性种群，相对于田间原始种群，其相对抗性倍数为 47.5 倍；单头选育敏感品系，获得了 LC_{50} 为 0.180 mg/L 的敏感种群，相对于田间原始种群，敏感倍数提高了 1.73 倍；相对于室内敏感品系，棉蚜对啶虫脒的抗性上升了 82.33 倍。室内抗性品系的筛选，证明连续的用药势必造成棉蚜对吡虫啉抗药性的产生。

表 3　增效剂 PBO、DEM、TPP 对啶虫脒的增效作用
Table 3　Synergistic effects of PBO, DEF and TPP on acetamiprid

品系 Strain	处理 Treatment	斜率 Slope±SE	LC_{50} (mg/L) (95% confidence limits)	增效比 SR
敏感品系 SS	啶虫脒 Acetamiprid	2.561±0.185	0.180（0.158-0.204）	
	＋PBO	2.506± 0.182	0.175（0.154-0.199）	1.03
	＋DEM	2.563± 0.185	0.177（0.156-0.201）	1.02
	＋TPP	2.522±0.183	0.177（0.155-0.200）	1.02
抗性品系 RR	啶虫脒 Acetamiprid	3.011±0.233	14.819（13.210-16.619）	
	＋PBO	2.293±0.201	9.211（7.892-10.600）	1.61

＋DEM	2.854±0.221	14.279（12.676-16.076）	1.04
＋TPP	2.405±0.213	8.370（7.178-9.607）	1.77

增效比=啶虫脒的 LC_{50}/啶虫脒+PBO、DEM、TPP 的 LC_{50}。

SR= LC_{50} of acetamiprid / LC_{50} of PBO or DEM or TPP + acetamiprid.

表 4 新疆主要棉区棉蚜对啶虫脒的抗性调查

Table 4 The Cotton aphid resistance survey of acetamiprid in Xinjiang

棉蚜种群	2011		2012	
	LC_{50} 及 95%置信区间	相对抗性倍数 Resistance fold	LC_{50} 及 95%置信区间	相对抗性倍数 Resistance fold
农一师	1.468(1.156-1.808)	8.2	2.315(1.949-2.749)	12.9
农二师	2.578(2.282-2.878)	14.3	3.954(3.419-4.576)	22.0
农三师	1.388(1.126-1.680)	7.7	2.257(1.993-2.562)	12.5
农四师	1.236(1.015-1.472)	6.9	1.562(1.359-1.795)	8.7
农五师	1.176(0.978-1.392)	6.5	2.172(1.915-2.468)	12.1
农六师	0.312(0.262-0.357)	1.7	1.095(0.918-1.288)	6.1
农七师	1.239(1.041-1.457)	6.9	2.039(1.793-2.323)	11.3
农八师	1.130(0.934-1.344)	6.3	2.143(1.878-2.451)	11.9

3.2 抗啶虫脒棉蚜种群的交互抗性谱的研究

交互抗性（Cross resistance）指昆虫的一个品系由于机制相同，对选择药剂以外的药剂产生抗性。目前棉蚜对抗啶虫脒棉蚜种群的交互抗性的研究很少，对抗吡虫啉棉蚜种群的交互抗性研究较多。在棉蚜中，王开运 等（1999）曾做过相关研究，结果表明棉蚜选育的吡虫啉种群对菊酯类药剂交互抗性严重；其中，氰菊酯种群对吡虫啉的抗性比吡虫啉选育品系的抗性还高；还有研究指出啶虫脒、烯啶虫胺、噻嗪酮、阿维菌素、毒死蜱等药剂与抗吡虫啉棉蚜种群具有交互抗性现象，只能作为防治棉蚜的轮换药剂使用。

啶虫脒抗药性治理方面的研究主要集中在啶虫脒和不同药剂混配防治效果的不同上。柳建伟等（2012）采用浸叶法测定啶虫脒与硫丹混配对棉蚜防治的增效作用。在啶虫脒和硫丹进行混配时，显著增效。利用杀虫剂对害虫的多种作用机制，将不同作用方式的各类药剂进行混用，实行多路攻击的策略，可使害虫不易产生抗性或延缓抗性的发展。不仅可以优化单剂的毒杀效果，还可延长单剂的使用寿命（魏书军等，2012）。交互抗性研究表明，吡蚜酮、甲基阿维菌素对抗啶虫脒棉蚜种群表现为无交互抗性；噻虫嗪，联苯菊酯，毒死蜱，马拉硫磷，丙溴磷，辛硫磷表现为低水平抗性；硫丹，阿维菌素，高效氯氰菊酯，三唑磷，氧化乐果表现为中等水平抗性，吡虫啉表现为高等水平抗性。

3.3 增效剂对啶虫脒的增效作用的研究

目前对新烟碱类药剂的增效剂增效作用的研究主要集中在吡虫啉上。林荣华等（2007）曾做过增效剂的相关实验，结果表明 PBO 对吡虫啉有明显增效作用；TPP 对吡虫啉无增效作用；DEM 对吡虫啉有一定拮抗作用；PBO 和对氰戊菊酯有显著增效作用；DEM 对氰戊菊酯无增效作用。李菁和韩召军（2007）对吡虫啉抗性的生理生化分析表明，TPP 和 PBO 对吡虫啉有明显的增效作用。石绪根等（2012）所做的增效剂实验表明，TPP 和 PBO 在吡虫啉起到了明显的增效作用，PBO 的增效作用最为明显，在吡虫啉抗性品系中增效比达到了 2.97。本实验研究表

明，除 DEM 外， TPP 和 PBO 对啶虫脒具有增效作用。

3.4　啶虫脒药剂的抗性调查

柳建伟等（2012）对北疆棉蚜种群对四类药剂抗性水平测定结果为，新烟碱类>有机磷类>抗生素类>拟除虫菊酯类。147 团种群和新湖种群对啶虫脒亦产生了明显的抗药性，相对抗性倍数分别为 134.4 倍和 270.0 倍，但对吡虫啉的敏感度较高。本研究于 2011 年测定新疆各主要棉区棉蚜对啶虫脒的相对抗性倍数为 1.7~14.3 倍，2012 年新疆各主要棉区棉蚜对啶虫脒的相对抗性倍数为 6.1~22.0 倍，2012 年和 2011 年相比，新疆主要棉区棉蚜对啶虫脒的抗性呈上升趋势。其中南疆棉蚜比北疆棉蚜的抗性水品高。

南疆棉蚜抗性较高于北疆的原因是，在北疆 7 月中下旬的高温会影响到棉蚜的发生，连续的高温天气对棉蚜种群数量有强烈的抑制作用，这时棉蚜种群繁殖力降低，种群数量被控制在一个较低水平，会影响到棉蚜种群数量，因此北疆田间用药次数要低于于南疆（潘文亮等，2000；王开运等，2000；罗亮等，2007）。

综上所述，室内棉蚜对啶虫脒的抗性筛选和田间抗性检测均证明了棉蚜对啶虫脒具有一定抗药性风险。通过抗啶虫脒棉蚜种群的交互抗性谱的研究结果表明，可以利用对抗吡虫啉棉蚜种群无交互抗性或交互抗性比较低的药剂来治理抗性棉蚜种群。目前生产上防治棉蚜主要是利用啶虫脒等新烟碱类药剂，棉蚜抗性倍数的增加是田间用药的必然结果。延缓和治理棉蚜的抗药性是当前面临的重要课题，成为棉花生产中如何实现优质高产的关键环节。因此棉蚜抗性治理原则应遵从以下几个方面：

（1）首要措施就是合理用药。长期单一的、高浓度的、多次的用药，是加速害虫抗药性上升的根本原因。棉蚜抗药性治理的长期实践证明，交替使用与混用作用机制不同和无交互抗性的杀虫剂，是治理害虫抗药性的有效途径。目前生产上可以利用交互抗性低的药剂如吡蚜酮、甲基阿维菌素等来治理抗药性棉蚜。

（2）减少农药用量。在合理使用农药时，同时还要采取农业和生物防治以及其它措施，在经济危害阈值范围内来减少农药用量，以有效地控制害虫为害。农业措施包括加强植物检疫；合理轮作，选用种植耐虫品种；深耕灭茬及时清洁田园等。物理防治方法有灯光诱杀、黄板诱杀；防虫网隔离；超声波干扰等。生物防治是棉蚜综合防治技术的重要组成部分，在良好的生态环境下，合理的益害比例，生物防治可以取代部分化学农药的作用，从而减少化学农药的用量，改善害虫抗药性现状，保持生态平衡。如实行棉麦套作，使用微生物以及代谢物制剂等进行防治害虫，保护利用捕食性天敌如瓢虫、草蛉、捕食螨、蜘蛛等，对蚜虫起着重要的自然控制作用。

（3）抗药性的早期监测。新疆主要棉区棉蚜在 1991、1994、2001、2003 几年中，普遍暴发成灾，棉花产量损失率 10%~30%。在我国曾经暴发过有机磷抗性和拟除虫菊酯类抗性，导致这些结局的重要因素之一是未能对抗药性的发展进行早期监测，在大暴发前，没有及时采取必要的措施。近年来，国内外开发出不同害虫的抗药性检测技术，使抗药性检测灵敏度大大提高了，可以用于抗药性的早期检测。

参考文献 (References)

Wang KY, Liu TX, Jiang XY, 2001. Cross-resistance of *Aphis gossypii* to selected insecticides on cotton and cucumber. *Phytoparasitica*, 29(5): 393–399.

常新龙, 郑建立, 2013. 新疆车排子垦区棉蚜发生特点及防治措施. 中国棉花, 40(6): 37 – 38.[Chang XL, Zhen JL, 2013. Xinjiang Chepaizi area of cotton aphid occurrence characteristics and control measures. *China Cotton*, 40(6): 37–38.[]

陈德, 2000. 20%啶虫脒可溶性液剂的开发研究. 安徽化工, 108(6): 26–27.[Chen D, 2000. The research and development of 20% acetamiprid soluble liquid. *Anhui chemical industry*, 108(6): 26–27.]

邓业成, 王荫长, 李洁荣, 2002. 啶虫脒的杀虫活性研究. 西南农业学报, 15(1): 50 – 53. [Deng YC, Wang YC, Li JR, 2002. A study on the insecticidal activity of acetaniprid on insects. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 15(1): 50-53.]

冯志超, 王永安, 2005. 新疆北部棉区棉蚜大发生原因及综合防治. 新疆农业科学, 42(4): 265–266. Feng ZC, Wang YA, 2005. Analysis on the reason of serious occurrence of aphis gossypii in the cotton area of the north Xinjiang. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 42(4): 265-266.]

胡双庆, 尹大强, 陈良燕, 2002. 吡虫清等 4 种新农药的水生态安全性评价. 农村生态环境, 18(4): 23–26, 34. [Hu SQ, Yin DQ, Chen LY, 2002. Safety evaluation of four new pesticides in aquatic ecosystem. *Rural Eco-Environment*, 18(4): 23-26, 34.]

雷虹, 张战利, 2007. 棉蚜对啶虫脒的抗性汰选与风险评估. 西北农业学报, 16(6): 238 – 241. [Lei H, Zhang ZL, 2007. Resistance selection of cotton aphid to acetamiprid and its risk as sessment. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 16(6): 238-241.]

李菁, 韩召军, 2007. 棉蚜对吡虫啉抗性的初步研究. 农药学学报, 9(3): 257 – 262. [Li J, Han ZJ, 2007. Primary studies on resistance of aphis gossypii to imidacloprid. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 9(3): 257-262.]

林荣华, 于彩虹, 王开运, 2007. 4 种增效利对杀虫剂的增效毒力测定. 农业科学与管理, 28(5): 21–22.[Lin RH, Yu CH, Wang KY, 2007. The synergistic toxicity of 4 kinds of synergism for insecticides. Agricultural science and management, 28(5): 21–22.]

柳建伟, 张东海, 陈晋忠, 魏立强, 刘小宁, 张学涛, 2012. 棉蚜对 12 种杀虫剂的敏感性测定. 农药, 51(8): 613–615. [Liu JW, Zhang DH, Chen JZ, Wei LQ, Liu XN, Zhang XT, 2012. Determination of sensitivity of aphis gossypii to 12 insecticides. *Pesticides*, 51(8): 613-615.]

罗亮, 马德英, 苗伟, 2007. 北疆气温与棉蚜发生量之间关系的探讨. 新疆农业科学, 44(4): 423–428. [Luo L, Ma DY, Miao W, 2007. Preliminary discussion on relationship between air temperature and occurrence of cotton aphis gossypii clover in the north of Xinjiang. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 44(4): 423-428.]

莫建初, 程家安, 2003. 新烟碱类杀虫剂抗药性研究进展. 植物保护学报, 30(1): 91 – 95. [Mo JC, Cheng JA, 2003. Advance on the study of pest resistance to chloronicotinyl insecticides. *Acta Phytophylacica Sinica*, 30(1): 91-95.]

潘文亮,党志红, 高占林, 2000. 几种蚜虫对吡虫啉抗药性的研究. 农药学学报, 2(4): 85–87. [Pan WL, Dang Zh, Gao ZL, 2000. Studies on resistance of 3 species of aphids to imidacloprid. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 2(4): 85-87.]

石绪根, 2012. 棉蚜对吡虫啉抗性机理的研究. 博士学位论文. 山东:山东农业大学. [Shi XG, 2012. Studys on the mechanisms of imidacloprid resistance in cotton aphid, aphis gossypii (Glover). Ph. D. Dissertation. Shandong: Shandong Agricultural University.]

张彦英, 张弘, 1999. 吡虫啉抗性产生的可能与治理. 农药, 38(4): 22 – 23.[Zhang YY, Zhang H, 1999. The possibility of midacloprid resistance and governance. *Pesticides*, 38(4): 22–23.]

周育, 孙庾琴, 侯慧锋, 2006. 新烟碱类杀虫剂啶虫脒研究进展. 植物保护, 32(3): 16 – 20.[Zhou Y, Sun YQ, Hou HF, 2006. Research progress neonicotinoid insecticide acetamiprid amidine. *plant protection*, 32(3): 16–20.]

王开运, 姜兴印, 仪美芹, 2000. 山东省主要菜区瓜(棉)蚜抗药性及机理研究. 农药学学报, 2(3): 19–24.[Wang KY, Jiang XY, Yi MQ, 2000.Study on the main areas of Shandong province (cotton) of melon aphid resistance and mechanism. *Journal of Pesticide Science*, 2(3): 19–24.]

王开运, 孔祥波,于彩虹, 姜兴运, 仪美芹, 1999. 温室白粉虱和棉蚜对吡虫啉抗性及交互抗性. 第五届全国药剂毒理学术讨论会. 115–116.[Wang KY, Kong XB, Yu CH, Jiang XY, Yi MQ, 1999. *Trialeurodes vaporariorum* and *Aphis gossypii Glover* resistance and cross resistance to imidacloprid. *The Fifth National Symposium on pharmaceutical toxicology*. 115–116.]

魏书军, 聂秀东, 石宝才, 2012. 阿维菌素与毒死蜱对小菜蛾联合毒力的生物测定. 农药, 51(3): 231–233. [Wei SJ, Nie XD, Shi BC, 2012. Co-toxicity of abamectin and chlorpyrifos to the diamondback moth plutella xylostella (Lepidoptera: Plutellidae) using bioassay. *Agrochemicals*, 51(3): 231-233.]