

341-347

第12卷 第4期
1992年12月生态学报
ACTA ECOLOGICA SINICAVol. 12, No. 4
Dec., 1992

杀虫剂诱使棉蚜再猖獗的研究

吴孔明* 刘芹轩

(河南农业科学院植物保护研究所, 郑州, 450002)

5435.622.1
5481.3

摘 要

为指导棉蚜的综合防治, 笔者对杀虫剂诱导棉蚜再猖獗的现象进行了研究。速灭杀丁、氧化乐果和久效磷对棉蚜田间施药试验结果表明, 效果较好, 但进入伏蚜发生期后, 速灭杀丁处理区棉蚜种群上升极快。第3次施药后2000倍和4000倍的20%速灭杀丁处理区棉蚜种群数量分别是对照的9.05倍和7.22倍, 氧化乐果施药区棉蚜密度也明显高于不施药的对照区蚜虫密度。整个棉蚜发生阶段棉蚜的抗药性测定表明: 随着用药次数增加, 棉蚜对速灭杀丁抗性倍数增长迅速, 第4次施药后 LD_{50} 值是早春棉蚜的9.39倍。3种农药对七星瓢虫和异色瓢虫的毒性皆显著地大于对棉蚜的毒力, 随着棉蚜抗药性增加, 农药对瓢虫-棉蚜系统的破坏愈加严重。对3种农药处理后的棉蚜成、若蚜的生命表分析表明3种农药没有刺激种群增殖作用。因而可以认为速灭杀丁诱使棉蚜再猖獗的作用是由于棉蚜抗药性水平迅速提高和对棉田生态的破坏所致。

关键词: 棉蚜, 杀虫剂, 再猖獗, 天敌, 生命表, 生态系统。

农药导致害虫再猖獗现象已发现于多种农业害虫。早期的报道主要是 DDT 等氯代烃类杀虫剂对螨类的增殖作用^[1], 随后某些有机磷、拟除虫菊酯类等杀虫剂引起一些害虫再猖獗现象的报道相继出现, 如某些脘类化合物对二点叶螨, 菊酯类农药对朱砂叶螨及褐稻虱的诱导再猖獗作用。一般认为农药诱使害虫再猖獗的机制表现于两个方面: 即杀虫剂对害虫天敌的杀伤作用和对害虫繁殖作用的刺激效果^[1-4]。

棉蚜是我国各棉区主要害虫, 建国初期棉蚜为害主要发生于棉苗阶段, 70年代以后在棉花蕾铃期为害严重, 称之为“伏蚜”。可以认为“伏蚜”的猖獗与棉田大量施药有着密切的联系。为了指导棉蚜的综合治理, 本文对杀虫剂诱导棉蚜再猖獗的现象进行了研究。

一、试验方法

1. 田间施药试验

田间试验采用随机区组设计, 重复3次, 小区占地面积100m²。设药剂处理为20%速灭杀丁2000倍、4000倍; 40%氧化乐果1500倍、3000倍; 40%久效磷1500倍、3000倍, 以不施药区为对照。施药时间为5月26日(苗蚜上升阶段)、7月7日(伏蚜始发阶段)、7月15日(伏蚜上升阶段)和7月25日(伏蚜高峰后期)。每小区定点20株棉花(苗蚜查全株, 伏蚜查上、中、下3片叶), 于喷药前和喷药后一天调查棉蚜数量, 其它时间每隔4日调查棉株上害虫和天敌的种类与数量。

* 现在中国农业科学院学习。

本文于1991年3月21日收到。修改稿于1991年11月28日收到。

2. 化学农药对棉蚜和主要天敌七星瓢虫和异色瓢虫的毒力比较

棉蚜毒力测定：测定方法为毛细管点滴法，毛细管容积为 0.0335 μ l。以丙酮为溶剂将 3 种农药稀释成 5—7 个浓度，溶剂中含有 10% 蒸馏水及 0.1% 苏丹红以便观察和延缓丙酮自毛细管口挥发速度。用毛细管将药液滴在无翅成蚜腹部背面，每浓度处理 80—100 头，处理后的蚜虫用毛笔挑于指形管中用细纱蒙住管口，5h 后用毛笔尖拨动虫体以足不动为死亡，根据每头试虫受药量对数值和校正死亡率求得每种药剂的毒力回归式。测定日期为 5 月 5 日、7 月 10 日和 7 月 25 日。供试蚜虫采于田间药剂试验各类农药处理区。

农药对七星瓢虫和异色瓢虫的毒力测定：采用毛细管点滴法和室内喷雾法。于 6 月上旬在麦棉套作棉田采集大量的七星瓢虫、异色瓢虫的 4 龄幼虫和成虫。毛细管点滴法相同于棉蚜的毒力测定，点滴器容积 1 μ l，每处理浓度点滴 50 头左右，处理后放入养虫盒饲养，24h 后检查死亡率。室内喷雾法所使用农药浓度相同于田间农药试验。将田间采回的成、幼虫分别接入网罩棉花中，施药后将瓢虫分别移入养虫盒中饲养，24h 和 48h 后检查死亡率。

3. 农药对棉蚜种群参数的影响

于 7 月 25 日田间第 4 次施药后，分别从 3 种农药处理区和对照区采集成蚜。将处理区棉蚜分为两部分，一部分使用 40% 久效磷 5000 倍、40% 氧化乐果 5000 倍、20% 速灭杀丁 3000 倍浸渍棉蚜 3 秒钟，处理 24h 后将成活成蚜繁殖 6h，挑取 50 头仔蚜个体饲养；一部分棉蚜繁殖 6h 后将所产若蚜使用 40% 久效磷 10000 倍、40% 氧化乐果 6000 倍和 20% 速灭杀丁 5000 倍浸渍处理，24h 后每处理挑取 50 头存活者在 20—22 $^{\circ}$ C 下个体饲养，饲养方法为棉叶圆盘法^[6]。每日检查 1 次，记载发育期、死亡数、繁殖数等，直至蚜虫死亡。

二、结果与分析

1. 田间施药模拟结果

施药模拟试验区共计施药 4 次。图 1 示 3 种农药高浓度处理区棉蚜种群季节动态，箭头所示为施药日期。苗蚜施药后种群动态明显下降，以久效磷防效最好，速灭杀丁次之。但进入伏蚜发生期后，速灭杀丁的防效明显下降，其处理区棉蚜种群数量急剧上升，至 7 月 26 日 100mg/L 和 50mg/L 处理蚜虫密度分别是对照的 9.05 和 7.22 倍。随后由于连续降雨，导致蚜霉菌流行，各处理种群迅速下降。用 Abbott 公式^[6]分别计算了各次施药后的校正死亡率汇于表 1。从中可以看出久效磷和氧化乐果 267mg/l 处理区明显控制了棉蚜的种群发展，但效果愈来愈差。133mg/L 处理区第 4 次施药校正防效已呈现负值。在速灭杀丁处理区第 3 次施药后 100mg/L 和 50mg/L 校正防效分别达到 -30.47% 和 -47.71%。曾有学者提出利用下式计算再猖獗率：

$$\text{再猖獗率} = \frac{\text{处理区虫口数量(或密度)}}{\text{对照区虫口数量(或密度)}}$$

再猖獗率如大于 1 说明产生再猖獗现象。根据上式将 3 种农药处理区的棉蚜再猖獗率计算结果汇于表 2。可以看出 3 种农药防治苗蚜不产生再猖獗现象，但防治伏蚜时，50—100mg/L 速灭杀丁皆产生明显的再猖獗现象，氧化乐果 133mg/L 处理区亦有再猖獗现象出现。

根据各处理棉蚜种群动态曲线可以计算棉花的蚜害程度，其公式为：

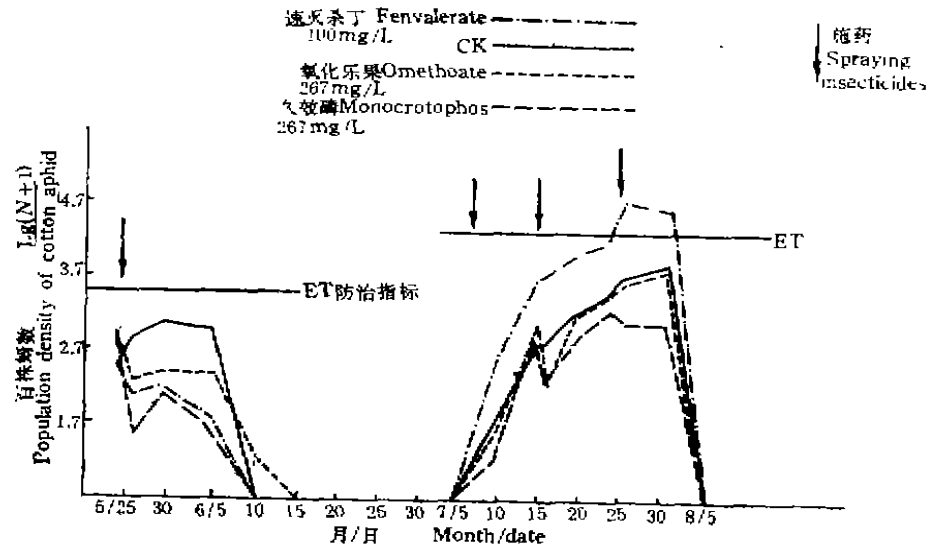


图 1 杀虫剂防治棉蚜对种群消长的影响

Fig.1 The population dynamics of cotton aphid for different treatments

表 1 不同施药次数下棉蚜校正死亡率(%)

Table 1 The correct mortalities of cotton aphid on the number of applied insecticide

施药次数 Number applied insecticide	日期 Date	久效磷 Monocrotophos (mg/L)		氧化乐果 Omethoate (mg/L)		速灭杀丁 Fenvalerate (mg/L)	
		267	133	267	133	100	50
1	5/24	97.81	86.48	90.26	76.14	86.88	66.05
3	7/15	75.36	64.27	69.93	91.96	-30.47	-47.71
4	7/25	62.77	-6.19	18.28	-1.67	-80.71	-67.06

表 2 速灭杀丁、久效磷和氧化乐果对棉蚜的再猖獗率

Table 2 The resurgence rates of cotton aphid treated by three kinds of insecticides

杀虫剂 Insecticide	剂量 Concentration (mg/L)	日期(月/日) Date							
		5/26	6/30	6/6	7/10	7/15	7/20	7/20	8/1
速灭杀丁 Fenvalerate	100	0.14	0.13	0.06	6.27	6.16	6.20	9.05	4.62
	50	0.25	0.11	0.07	12.18	6.77	6.40	7.22	4.07
久效磷 Monocrotophos	267	0.04	0.06	0.04	1.18	1.35	0.61	0.21	0.15
	133	0.34	0.21	0.20	1.77	1.00	0.71	0.78	0.39
氧化乐果 Omethoate	267	0.23	0.19	0.27	0.62	1.67	0.96	0.77	0.63
	133	0.49	0.28	0.67	2.27	2.63	1.35	1.70	2.27

$$\text{蚜害程度(累积蚜天数)} = \sum [(T_{i+1} - T_i) \times (N_i + N_{i+1}) / 2]$$

T_i 、 T_{i+1} 是邻近的调查时间点, N_i 、 N_{i+1} 是对应的棉蚜密度。结果显示速灭杀丁处理区达 4362—4823 蚜天, 是对照的 5.68—6.27 倍导致棉株表现 95.3%—99.3% 的卷叶株率。其次是氧化乐果 133mg/L 处理, 蚜害程度是对照的 2 倍, 卷叶株率达 28.0%。

从图 1 还可看出, 如以棉花苗期单株 30—50 头棉蚜, 成株期单株 3 叶蚜量 200 头为防治指标^[8], 则在整个棉蚜发生季节对照区棉蚜种群数量始终低于防治指标无需防治, 而速灭杀丁的使用则导致 7 月 25 日达到经济为害水平。

2. 化学农药对棉蚜和主要天敌七星瓢虫和异色瓢虫的毒力比较

表 3 为 3 种农药对 2 种瓢虫成、幼虫的室内模拟田间施药结果。处理 24h 后 4 龄幼虫几乎全部死亡, 相对而言, 成虫耐药性高于幼虫。3 种农药以氧化乐果对瓢虫的杀伤力最强, 对 2 种瓢虫的杀死率达到 100%。

表 3 几种杀虫剂处理七星瓢虫和异色瓢虫的死亡率(%)

Table 3 The mortalities for insecticides to treat *Coccinella septempunctata* and *Leis axyridis*

虫种 Insect	虫态 Insect stage	处理后天数 Days (d)	速灭杀丁 Fenvalerate (mg/L)		氧化乐果 Omethoate (mg/L)		久效磷 Monocrotophos (mg/L)	
			100	50	267	133	267	133
七星瓢虫 <i>Coccinella septempunctata</i>	成虫 Adult	1	74.0	62.0	100	99.0	86.0	79.0
		2	83.8	69.9	100	100	97.8	82.4
	3	89.4	72.1	100	100	97.8	84.6	
	幼虫 Larva	1	100	100	100	100	100	100
异色瓢虫 <i>Leis axyridis</i>	成虫 Adult	1	95.0	12.0	100	100	100	100
		2	96.4	30.2	100	100	100	100
	幼虫 Larva	1	100	90.0	100	100	100	100

表 4 为施药试验区棉蚜的抗性水平监测结果。在整个季节内久效磷的抗药性变化不大, 但随着用药次数的增加, 棉蚜对速灭杀丁的抗性显著增强, 4 次施药后其 LD₅₀ 和 LD₉₅ 分别是苗蚜始迁入棉田的 9.39 和 1.79 倍。棉蚜对氧化乐果的抗性也呈现明显增加趋势。

3 种农药对 2 种瓢虫的毒力测定结果汇于表 5。结果亦显示成虫的耐药性显著大于 4 龄幼虫。根据表 4 和表 5 可计算农药对棉蚜-瓢虫系统的选择性指数, 其计算公式^[9]为:

$$P = \frac{\text{害虫的 LD}_{50}}{\text{天敌的 LD}_{50}}$$

若大于 1 则表示该药剂对天敌的毒力比害虫大; 若小于 1 则表示药剂对害虫的毒力比对天敌大。由于瓢虫和棉蚜个体差别太大, 田间喷药时瓢虫所接受的药量数倍于棉蚜, 单纯以个

表 4 不同施药次数下农药对棉蚜的毒力水平(μg/蚜)

Table 4 The toxicity changes of pesticides to cotton aphid as the increase of insecticide spraying number

施药次数 Number applied insecticide	久效磷 Monocrotophos		速灭杀丁 Fenvalerate		氧化乐果 Omethoate	
	LD ₅₀	LD ₉₅	LD ₅₀	LD ₉₅	LD ₅₀	LD ₉₅
0	0.0173	0.1391	0.0843	2.7878	0.0107	0.0811
2	0.0097	0.0496	0.4777	2.3741	0.0210	0.0987
4	0.0136	0.1048	0.7912	4.9940	0.0244	0.1438

表 5 农药对七星瓢虫和异色瓢虫的毒性测定结果
Table 5 The toxicities of insecticides to *Coccinella septempunctata* and *Leisa axyridis*

虫种 Insect	虫态 Insect stage	杀虫剂 Insecticide	回归方程 Regression equation	LD ₅₀ (μg/虫)
七星瓢虫 <i>Coccinella septempunctata</i>	4 龄幼虫 The fourth instar larva	A	$y = 2.0392x + 9.3944$	0.0070
		B	$y = 1.8550x + 8.2104$	0.0188
		C	$y = 1.5378x + 6.9470$	0.0542
<i>Coccinella septempunctata</i>	成虫 Adult	A	$y = 1.8197x + 6.8970$	0.1168
		B	$y = 2.3717x + 6.9798$	0.1463
		C	$y = 1.4560x + 5.3400$	0.5839
异色瓢虫 <i>Leis axyridis</i>	4 龄幼虫 The fourth instar larva	A	$y = 1.9899x + 9.1202$	0.0085
		B	$y = 1.3001x + 8.1319$	0.0039
		C	$y = 2.3221x + 7.8941$	0.0892
<i>Leis axyridis</i>	成虫 Adult	A	$y = 2.7436x + 3.3865$	0.0833
		B	$y = 1.3842x + 5.7526$	0.2880
		C	$y = 2.1280x + 5.0658$	0.9310

A: 氧化乐果 Omethoate, B: 久效磷 Monocrotophos, C: 速灭杀丁 Fenvalerate

体耐药量相比十分不合理。本文将棉蚜和瓢虫对农药的抗性值皆转换为单位体重所能承受的药量。据称量用于毒力测定的棉蚜个体均重为 0.2448mg, 七星瓢虫和异色瓢虫成虫均重为 26mg 和 25.61mg, 4 龄幼虫个体均重分别为 29mg 和 31mg。将苗蚜和伏蚜最后一次施药后的致死中量及瓢虫的致死中量按体重转换后, 依据选择性指数公式计算得表 6。3 种农药对

表 6 农药对棉蚜-瓢虫选择性测定结果(P 值)
Table 6 The test results on intrinsic selectivity of three insecticides to aphid-ladybeetles (P value)

杀虫剂 Insecticide	棉花苗期 Cotton seedling stage				棉花花铃期 Cotton flower-boll stage			
	七星瓢虫 <i>C. septempunctata</i>		异色瓢虫 <i>L. axyridis</i>		七星瓢虫 <i>C. septempunctata</i>		异色瓢虫 <i>L. axyridis</i>	
	成虫 Adult	幼虫 Larva	成虫 Adult	幼虫 Larva	成虫 Adult	成虫 Larva	成虫 Adult	幼虫 Larva
久效磷 Monocrotophos	12.56	110.25	6.33	560.87	9.87	88.87	4.97	440.92
速灭杀丁 Fenvalerate	15.32	184.14	9.46	154.19	143.91	1729.28	88.87	1448.04
氧化乐果 Omethoate	9.73	181.37	19.20	159.52	22.19	413.58	43.77	363.77

天敌的毒性皆大于害虫。棉花苗期和蕾铃期速灭杀丁和氧化乐果对瓢虫的选择性指数差异明显, 速灭杀丁在苗蚜期对七星瓢虫幼虫选择性指数为 184.14, 而 4 次用药后对七星瓢虫幼虫选择性指数高达 1729.28, 反映了随着害虫抗性的增加农药对棉蚜-瓢虫系统的破坏愈加强烈。

3. 农药对棉蚜生命参数的影响

表 7 显示, 3 种杀虫剂处理 1 龄若蚜后, 速灭杀丁处理品系若蚜期略大于对照, 其生活

周期亦略短于对照。说明速灭杀丁对棉蚜的发育有一定的影响。3种杀虫剂处理成蚜后产蚜期和若蚜期稍大于对照(表7)。利用生命表分析^[6]表明:农药处理后的棉蚜净生殖率皆大于对照,增加幅度2.75%—12.84%。从反映种群动态较为敏感的参数 r_m 值来看,以氧化乐果处理成蚜后代的内禀增长率最高(见表8)。总之,3种农药处理棉蚜后,棉蚜种群不显示显著的变化趋势。故可以认为,农药刺激害虫繁殖因子并非引起棉蚜再猖獗作用的主要因素。

表7 杀虫剂处理若蚜对其发育历期(处理A)和处理成蚜对子代发育历期(处理B)的影响
Table 7 The developmental times for the aphids treated respectively by insecticides at nymphal stage (Treatment A) and parent generation (Treatment B)

杀虫剂 Insecticide	处理 Treatment	若蚜期 Nymphal stage	生活周期 Life cycle	产蚜期 Reproductive stage
氧化乐果 Omethoate	A	5.79 ± 0.38	24.17 ± 1.85	18.36 ± 1.30
	B	6.28 ± 0.42	24.78 ± 1.77	18.79 ± 1.42
久效磷 Monocrotophos	A	5.97 ± 0.37	23.43 ± 1.82	15.30 ± 1.49
	B	6.21 ± 0.19	26.30 ± 1.52	18.80 ± 1.58
速灭杀丁 Fenvalerate	A	6.28 ± 0.45	22.64 ± 1.62	15.94 ± 1.83
	B	6.40 ± 0.46	23.93 ± 1.94	15.90 ± 1.82
CK	—	5.89 ± 0.38	24.32 ± 1.84	17.21 ± 1.50

表8 杀虫剂处理若蚜对其种群参数(处理A)和处理成蚜对其子代种群参数(处理B)的影响
Table 8 The life parameters for the aphids treated respectively by insecticides at nymphal stage (Treatment A) and parent generation (Treatment B)

杀虫剂 Insecticide	处理 Treatment	剂量 Concentration (mg/L)	死亡率 Mortality (%)	种群加倍天数 Double days of population				
				R_0	r_m	λ	T	
氧化乐果 Omethoate	A	66.67	38.78	61.93	0.2994	1.3490	13.78	2.32
	B	80	30.45	68.93	0.3118	1.3659	13.48	2.22
久效磷 Monocrotophos	A	50	35.73	65.54	0.3033	1.3543	13.89	2.29
	B	80	33.21	68.01	0.2928	1.3402	14.41	2.37
速灭杀丁 Fenvalerate	A	40	35.64	63.98	0.2926	1.3399	14.91	2.37
	B	66.67	14.81	66.48	0.2915	1.3384	14.40	2.38
CK	—	0	0	80.27	0.2926	1.3399	14.01	2.37

三、讨 论

棉田施药后,棉蚜的种群动态可简单表示为:

$$N_t = N_0 \cdot a^{-t} (1 - P) \cdot e^{r_m t}$$

a 为天敌的控制能力,其值越大说明天敌的控制能力越强。 N_0 为施药前虫量、 P 为防治效果, r_m 为内禀增长率。

对3种农药处理棉蚜的个体饲养及生命表分析说明棉蚜的内禀增长率变化不大,因而农药施用后影响种群动态的主要因素为防治效果和天敌的控制作用。速灭杀丁施用后,棉蚜的抗药性上升极快,防治效果明显下降。同时由于天敌昆虫的繁殖周期较长,一个生长季节内耐药性变化不大,棉蚜的抗药性突增将导致农药的选择性指数更大,对生态系统的破坏能力更加强烈,从而导致害虫种群突增,产生再猖獗现象。

本试验结果说明,综合治理是解决棉蚜问题的正确策略,其核心问题是力求建立一个相

对平衡的生态系统^[1]。任何一种农药只能短期内控制棉蚜的为害, 随着棉蚜抗药性水平的提高必将生产再猖獗现象。

参 考 文 献

- [1] 高春先等, 褐稻虱再猖獗原因的探讨, 生态学报, 1988, 8(2):166—163.
- [2] 顾秀慧等, 几种杀虫剂亚致死剂量对褐稻虱生殖力影响的初报, 昆虫知识, 1984, 21(6):276—279.
- [3] Bartlett, B.R., Outbreaks of two-spotted spider mites and cotton aphids following pesticide treatment I. Pest stimulation vs. natural enemy destruction as the cause of outbreaks, *J. Econ. Entomol.* 1968, 61(1):297—303.
- [4] Heinrichs, E.A., et al, Resurgence of *Nilaparvata lugens* (Stal) population as influenced by method and timing of insecticide applications in Lowland rice *Environ. Entomol.* 1992, 11(1): 78—84.
- [5] 刘树生, 介绍一种饲养蚜虫的方法——新的叶子圆片法, 昆虫知识, 1987, 24(2):113—116.
- [6] 唐振华等, 农业害虫抗药性, 农业出版社, 1992, 40—43, 166—170.
- [7] 高宗仁等, 棉花不同生育期棉蚜危害损失及防治指标研究, 华北农学报, 1989, 4(3):60—66.
- [8] 南京农学院主编, 昆虫生态及预测预报, 农业出版社, 1985, 184—191.
- [9] 吴孔明等, 太康县棉区棉虫综合治理技术组装与示范, 河南农业科学, 1989, 9:36—38.

STUDY ON THE RESURGENCE CAUSED BY INSECTICIDES FOR COTTON APHID, *APHIS GOSSYPHII*

Wu Kong-Ming Liu Qin-Xuan

(Institute of Plant Protection, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou, 450002)

Fenvalerate, omethoate and monocrotophos are the major pesticides for the chemical control of cotton aphid in Henan province. The experiment of application of these pesticides was done in cotton field in 1990, the result showed that plots by a successive three time spray with fenvalerate and four sprays with omethoate would induce the aphid population outbreak. The contrary was obtained in plots treated successively with monocrotophos. After the fourth time of using pesticide, population densities in two treatments with fenvalerate were 9.05 and 7.22 fold respectively compared to the control plots. The detection of resistance for the aphid indicated that as the times of applying insecticide increased, the level of resistance rose quickly, after the fourth time, the LD_{50} was 9.39 times that of early season before chemical control. Laboratory study found that pesticides were remarkably high toxic to natural enemy such as *Coccinella septempunctata* and *Leis axyridis*. The analysis of life tables for adult and nymph treated respectively by the three pesticides pointed out that the r_m value and other population parameters were not obviously different with the aphid untreated, there was no stimulating increase to the aphid fecundity.

According to the result of experiment above, it is suggested that fenvalerate is unsuitable to control cotton aphid, the main reasons for inducing resurgence are the killing of natural enemies, destroying of cotton ecosystem, and making fast increase of insect pest resistance to insecticides.

Key words: cotton, cotton aphid, insecticide, resurgence, natural enemy, life table