

化学杀虫剂对不同类型棉田害虫、天敌种群的影响

苏 丽^{1,2}, 戈 峰^{1*}, 刘向辉¹

(1. 中国科学院动物研究所, 农业虫害鼠害综合治理国家重点实验室, 北京 100080; 2. 广西大学农院, 南宁 530005)

摘要:研究了化学杀虫剂对 6 种不同类型棉田的害虫、天敌种群数量及其相互作用的影响。结果表明, 化学防治使棉花苗期棉蚜数量下降, 但不能抑制中后期棉蚜数量; 除豆间棉田外, 其他类型棉田化防区棉红蜘蛛和棉铃虫数量低于未防区。化学防治使各类型棉田天敌数量减少, 以单作棉田天敌数量减少最明显, 间套作棉田天敌数量下降幅度较小; 此外, 棉田不同天敌种群所受的影响存在一定差异, 化学防治对瓢虫、捕食蜂类的影响显著, 数量下降剧烈, 但蜘蛛类群下降幅度比前两者小。化学防治对棉田害虫与天敌的相互关系的影响随棉田类型或害虫、天敌种类的不同而有所差异。

关键词:棉田类型; 化学杀虫剂; 害虫种群; 天敌种群; 相关性

Effects of chemical insecticides on populations of insect pests and natural enemies in different cotton fields

SU Li^{1,2}, GE Feng^{1*}, LIU Xiang-Hui¹ (1. State Key Laboratory of Integrated Management of Pest Insects and Rodents, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China; 2. Agricultural College, Guangxi University, Nanning 530005, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(12): 2631~2641.

Abstract: Effects of chemical insecticides on populations of insect pests and natural enemies in 6 types of cotton field were studied in Raoyang County, Hebei Province, China in 1999. The cotton field types included: spring-planting cotton (planted on 27 April), late-planting cotton (planted on 15 May), summer-planting cotton (planted on 15 June), cotton-wheat intercropping in spring (planted on 27 April), cotton-bean intercropping (planted on 27 April), and cotton-wheat intercropping in summer (planted on 30 May). Treatments included an untreated plot and a plot sprayed insecticides for bollworm and cotton aphid control (Monocrotophos and Methomyl, respectively). Cotton varieties were conventional.

The results showed that chemical insecticides evidently affected population sizes of insect pests and natural enemies. Chemical control reduced numbers of the cotton aphid, *Aphis gossypii* in early cotton growth stage, but numbers of cotton aphid in untreated plots was similar compared with numbers in treated plots in middle and later cotton growth stages. Except for cotton-bean intercropping field, numbers of the cotton red spider, *Tetranychus cinnabarinus* and the bollworm, *Helicoverpa armigera* in

基金项目: 国家重点基础研究发展规划“973”资助项目(G2000016209); 中国科学院知识创新资助项目(KSCX2-01-02, KSCX2-SW-103); 国家自然科学基金资助项目(39970137)

收稿日期: 2002-06-24; 修订日期: 2003-06-10

作者简介: 苏 丽(1969~), 女, 广西玉林市人, 博士, 讲师, 主要从事昆虫生态学研究。

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: gef@panda.ioz.ac.cn

Foundation item: The National Key Basic Research “973” Project on Pest Management (G2000016209), Innovation Research of Chinese Academy of Science (KSCX2-01-02, KSCX2-SW-103, KSCX3-ioz-4)

Received date: 2002-06-24 Accepted date: 2003-06-10

Biography: SU Li, Ph. D., main research field: insect ecology.

untreated plots were higher than in treated plots in other cotton fields. The numbers of thrips, *Thrips tabaci* in treated plots were higher compared with untreated plots in spring-planting, late-planting, summer-planting, cotton-wheat intercropping in spring, however, lower in cotton-bean intercropping and similar in cotton-wheat intercropping. Chemical control acutely reduced numbers of natural enemies, which in treated plots were lower in monoculture cotton fields than in intercropping cotton fields. Reduction in numbers of ladybird beetles and predatory true bugs was more significant than that in predatory spiders numbers in treated plots.

Insect pests numbers in intercropping cotton fields weren't lower than in monoculture cotton fields, but effects of intercropping systems were significant on cotton red spiders, lower on cotton aphids. Natural enemies numbers in intercropping cotton fields were higher than in monoculture ones. Numbers of ladybird beetles and predatory spiders in intercropping cotton fields were significantly higher compared with monoculture ones, but difference of predatory true bugs numbers between intercropping and monoculture cotton fields wasn't significant. Planting dates evidently affected predatory spiders but didn't significantly affected cotton aphids, ladybird beetles and predatory true bugs numbers.

Effects of chemical insecticides on systems of insect pests and natural enemies were different in different cotton fields or different insect pests and natural enemies, and could be divided into three types: I. Not affected the correlation of insect pests and natural enemies; II. Weakened the correlation of insect pests and natural enemies; III. Enhanced the correlation of insect pests and natural enemies. For example, the system of ladybird beetles and cotton aphids was badly destroyed, but the correlation of *Synaema globosum japonicum* and bollworms was strengthened in treated plots.

Key words: cotton fields; chemical insecticides; insect pest population; natural enemies population; correlation

文章编号:1000-0933(2003)12-2631-11 中图分类号:Q968 文献标识码:A

自 Stern 提出害虫综合防治概念以来,害虫管理的关键措施之一是协调害虫的化学防治和天敌的自然控制、减少化学杀虫剂的副作用^[1,2]。

目前,化学防治仍然是棉田害虫防治的重要手段之一,但长期的不合理使用化学杀虫剂,不仅引起害虫的抗药性^[3~5],还杀伤大量天敌,影响了害虫-天敌的相互关系^[3],导致了棉铃虫 *Helicoverpa armigera*、棉蚜 *Aphis gossypii* 和棉红蜘蛛再猖獗为害^[3~7],从而使棉田害虫管理更加困难。因此,从种群水平阐述化学杀虫剂对棉田害虫、天敌及其相互关系的影响,有助于协调化学防治对害虫的控害作用,保护和发挥天敌的自然控制作用。

近年来,随着耕作制度的改变,在华北棉区出现了不同时空类型的棉田生态系统。有关化学防治对棉田节肢动物群落的影响已有所研究^[8~9],但化学杀虫剂对不同类型棉田害虫、天敌种群,尤其是对害虫与天敌种群相互作用的影响尚未见报道。为此,本文通过对不同类型棉田化防区与未防区主要害虫、天敌种群数量进行调查和分析,以揭示化学杀虫剂对不同时空类型棉田害虫、天敌种群数量变化的影响机理,为棉田害虫的生态调控提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验田概况

1999 年在河北省饶阳县五公镇选择以下 6 种不同播种时间和间套作类型的棉田:春季(4 月 27 日)播种的单作棉田(简称春播棉)、与小麦套种的棉田(春套棉)、与绿豆间作的棉田(豆间棉),春夏之交(5 月 15 日)播种的单作棉田(迟播棉),夏季(5 月 30 日)播种与小麦套作的棉田(夏套棉),夏季麦后(6 月 15 日)播种的单作棉田(夏播棉)。所种植的棉花品种为常规棉,除夏播棉田为矮早 1 号外,其它类型棉田均为石棉 11。每种类型田重复 3 次,面积均不少于 0.133 hm²,各类型田间距 50m,种植棉花为保护行。各试验田块

事操作基本一致。

1.2 处理

在各类型棉田均设置未防区(不施用任何农药)与化防区两个处理,各处理重复 3 次,处理小区间距 10m,种植棉花为保护行。化防区棉田施用化学杀虫剂情况如下:(1)6 月 20 日施用久效磷防治苗蚜,7 月 2 日施用万灵农药防治第 2 代棉铃虫;(2)7 月 15 日施用久效磷防治伏蚜,8 月 1 日施用万灵农药防治第 3 代棉铃虫。春播棉、春套棉、豆间棉、和迟播棉等棉田化防区使用农药同(1)和(2),夏播棉和夏套棉化防区使用农药同(2)。

1.3 田间系统调查

自 6 月上旬开始,每 5d 一次,5 点取样,每点 1m²(相当于 6 株棉花),采用直接计数法系统调查各类棉田棉株及地面所有害虫、天敌的种群数量。棉蚜调查方法与其它昆虫有所不同,苗蚜(7 月 30 日)前和秋蚜(9 月 1 日)后全株调查,伏蚜期间,采用上部、下部各 3 片叶,中部 4 片叶,共调查 10 叶。

1.4 分析方法

方差分析在 SAS 统计软件上进行,相关性分析在 SPSS 10.0 统计软件上进行。

2 结果与分析

2.1 不同类型棉田主要害虫、天敌种类的数量动态变化

化学杀虫剂对不同类型棉田主要害虫棉蚜和棉红蜘蛛 *Tetranychus cinnabarinus* 种群动态的作用不同(见图 1)。不同类型棉田未防区与化防区棉蚜数量的变化情况可分为两个阶段——棉花生育前期与中后

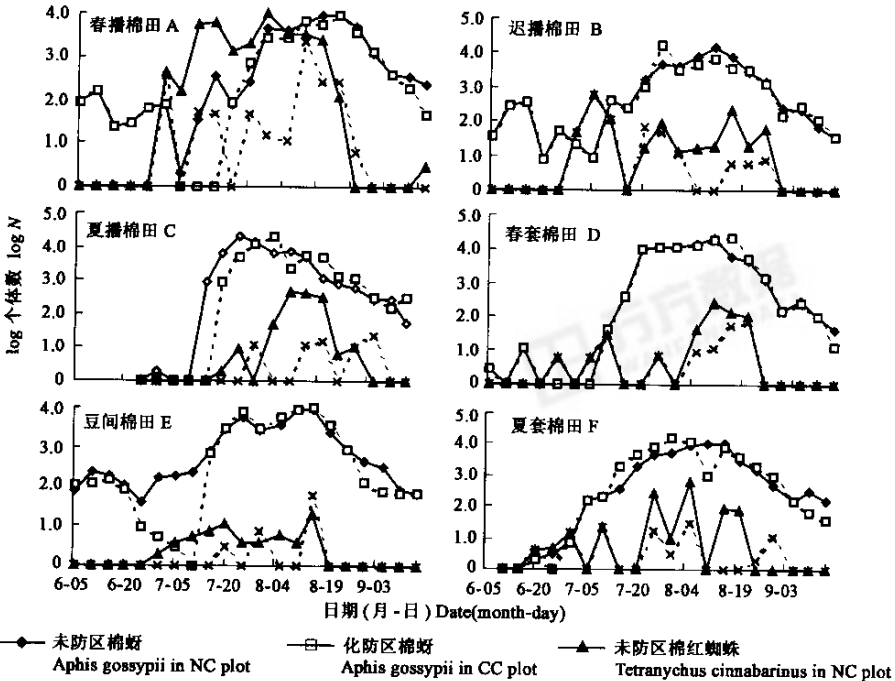


图 1 不同类型棉田棉蚜和棉红蜘蛛种群数量的动态变化

Fig. 1 Dynamic change of population numbers of *Aphids gossypii* and *Tetranychus cinnabarinus* in different cotton fields

A: spring-planting cotton field; B: late-planting cotton field; C: summer-planting cotton field; D: cotton-wheat intercropping; E: cotton-bean intercropping; F: cotton-wheat intercropping in summer; N: number of individual

期;在棉花生育前期,春套棉、夏套棉等套作棉田棉蚜数量较低(图 1D 和 F),化学防治对其影响表现不出来;春播棉、迟播棉、夏播棉和豆间棉等类型棉田棉蚜数量较多(图 1A、B、C、E),春播棉、夏播棉和豆间棉等类型棉田化防区棉蚜数量明显低于未防区,而迟播棉田未防区与化防区的棉蚜数量无差异;在棉花生育中后期,6 种不同类型棉田未防区与化防区棉蚜数量均剧增,且无差异。6 种不同类型棉田未防区与化防区棉红蜘蛛的数量变化形式并不一致(图 1A、B、C、D、E 和 F),春播棉、夏播棉、豆间棉和夏套棉等类型棉田未防区棉红蜘蛛数量在全部 4 次或 2 次化学防治期间明显比化防区少;而迟播棉和春套棉田未防区棉红蜘蛛数量在最后一次防治后才下降。

不同类型棉田未防区与化防区瓢虫数量的季节性变化如图 2 所示,化学杀虫剂的使用使瓢虫数量下降,但下降幅度在不同类型棉田有所不同。在喷药期间,春播棉、迟播棉和夏播棉等单作棉田化防区瓢虫数量下降剧烈,而且在伏蚜期的高峰发生时间比未防区推迟(图 2A、B 和 C);在化防期间,春套棉、豆间棉和夏套棉等间套作化防区瓢虫数量下降幅度较单作棉田小,而且数量下降时间短于单作棉田,高峰期也没有推迟(图 2D、E 和 F)。

化学防治对不同类型棉田捕食蜂类群数量的作用不同(图 3)。春播棉、迟播棉、夏播棉、豆间棉和夏套棉等棉田化防区捕食蜂类群数量下降剧烈,其高峰期也推迟(图 3A、B、C、E 和 F);春套棉田化防区捕食蜂类数量下降幅度较小(图 3D)。此外,化学杀虫剂的使用还引起蜘蛛类群数量下降,但棉田类型的不同可以影响这种杀伤作用。春播棉、迟播棉、夏播棉、豆间棉和夏套棉等棉田化防区蜘蛛类群数量下降剧烈(图 4A、B、C、E 和 F);春套棉田化防区蜘蛛类群数量下降幅度较小(图 4D)。

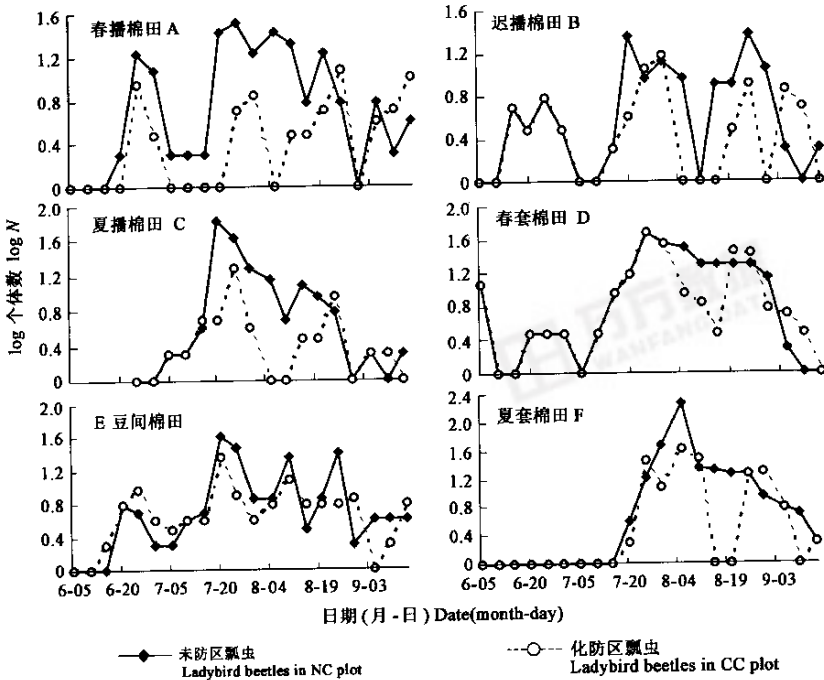


图 2 不同类型棉田瓢虫数量的动态变化

Fig. 2 Dynamic change of numbers of ladybird beetles in different cotton fields

A~F 同图 1 A~F are the same as fig. 1

2.2 化学杀虫剂对不同类型棉田害虫、天敌种群的影响

2.2.1 化学杀虫剂对不同类型棉田主要害虫种群的影响

从表 1 中不同类型棉田害虫组成来看,迟播棉、夏播棉、春套棉、豆间棉、夏套棉等 5 种类型棉田未防区与化防区中,均以棉蚜为优势种群,其数量占害

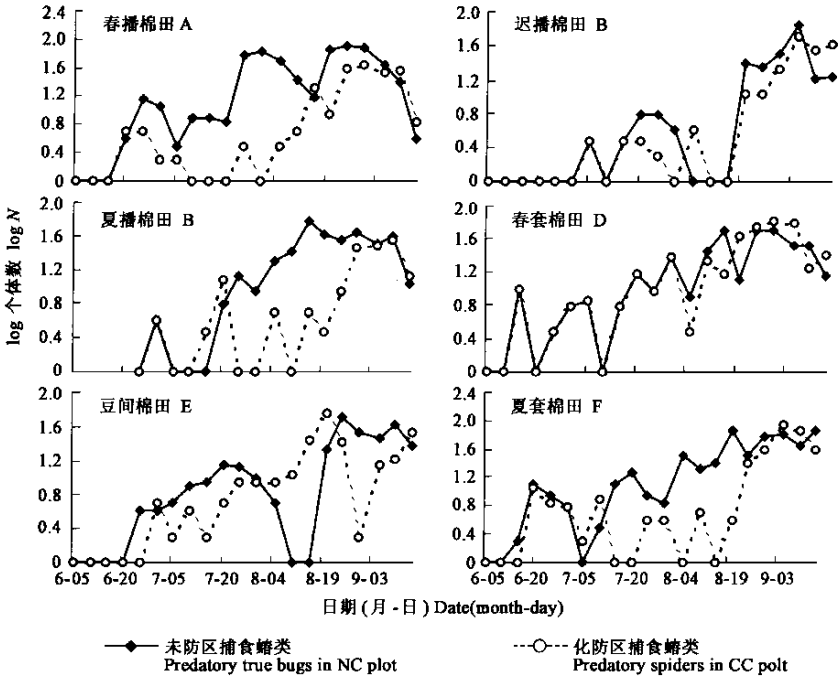


图 3 不同类型棉田捕食蝽类群数量的动态变化

Fig. 3 Dynamic change of numbers of predatory true bugs in different cotton fields

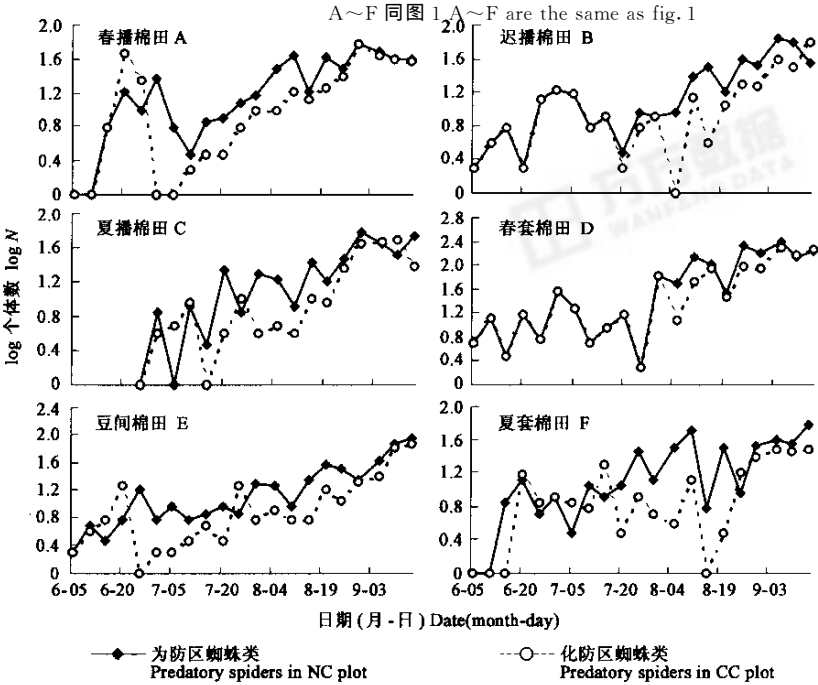


图 4 不同类型棉田蜘蛛类群数量的动态变化

Dynamic change of numbers of predatory spiders in different cotton fields

A~F 同图 1 A~F are the same as fig. 1

虫总数量的达 94.32%~98.90%。而春播棉田未防区棉蚜与棉红蜘蛛数量相近,为害虫群落的两大优势种;但在化防区内棉蚜仍为优势种,棉红蜘蛛数量仅占 8.53%,说明化学杀虫剂的使用大大压低了棉红蜘蛛的数量。至于棉田其它害虫,如棉铃虫、棉蓟马 *Thrips tabaci* 等发生数量较少,在棉田害虫中所占比例也较小。

表 1 结果还表明,从累积棉蚜数量来看,春播棉、迟播棉和夏播棉等单作棉田的化防区棉蚜数量均比未防区低,间套作棉田类型化防区棉蚜数量明显高于未防区。豆间棉田未防区与化防区所发生的棉红蜘蛛的数量相近,化防区内棉铃虫数量高于未防区;春播棉、迟播棉、夏播棉、春套棉和夏套棉等棉田化防区的棉红蜘蛛和棉铃虫数量明显少于未防区。这表明化学杀虫剂对棉红蜘蛛和棉铃虫的数量影响较大。

表 1 化学杀虫剂对不同类型棉田主要害虫种群的影响

Table 1 Effects of chemical insecticides on main insect pest populations in different cotton fields

棉田类型 Type of cotton fields	棉蚜 <i>Aphids gossypii</i>		棉红蜘蛛 <i>Tetranychus cinnabarinus</i>		棉铃虫 <i>Helicoverpa armiger</i>		烟蓟马 <i>Thrips tabaci</i>	
	累计虫量 Accumul- ative Numbers (5m ²)	占总数的 % Percen- tage	累计虫量 Accumul- ative Numbers (5m ²)	占总数的 % Percen- tage	累计虫量 Accumul- ative Numbers (5m ²)	占总数的 % Percen- tage	累计虫量 Accumul- ative Numbers (5m ²)	占总数的 % Percen- tage
	春播棉田 A							
未防区 NC	41128	54.22	34125	44.99	36	0.05	385	0.51
化防区 CC	32861	89.30	3139	8.53	32	0.09	517	1.40
迟播棉田 B								
未防区 NC	47985	94.32	1201	2.36	52	0.10	1029	2.02
化防区 CC	42079	94.54	915	2.06	36	0.08	1122	2.52
夏播棉田 C								
未防区 NC	63318	96.81	1254	1.92	57	0.09	283	0.43
化防区 CC	53254	98.39	68	0.12	13	0.02	451	0.83
春套棉田 D								
未防区 NC	82402	97.70	584	0.69	35	0.04	517	0.61
化防区 CC	92513	98.14	183	0.19	30	0.03	653	0.69
豆间棉田 E								
未防区 NC	38281	97.70	56	0.14	22	0.06	423	1.08
化防区 CC	43254	98.90	68	0.16	33	0.08	176	0.40
夏套棉田 F								
未防区 NC	48345	95.3	1108	1.60	76	0.15	809	1.60
化防区 CC	57245	97.8	94	0.16	53	0.09	808	1.38

NC, No-control plot; CC, Chemical control plot; A~F 同图 1 A~F are the same as fig. 1

2.2.2 化学杀虫剂对不同类型棉田主要天敌种群的影响 6 种类型棉田天敌群落都以瓢虫、捕食蝽类和蜘蛛类为主要类群,未防区这 3 类天敌数量占天敌数量的 88.56%~97.99%;而在化防区所占比例有所下降,为 76.70%~88.35%,即化学杀虫剂的使用使瓢虫、捕食蝽类和蜘蛛类等优势类群的数量减少,以至它们在天敌群落中所占的比例下降。华北棉田瓢虫类群以龟纹瓢虫 *Propylaea japonice* 为主,捕食蝽类群以小花蝽 *Orius minutus*、大眼蝉长蝽 *Gecoris pallidipennis* 和华姬蝽 *Nabis sinoferus* 为主要种群,蜘蛛类群以狼蛛 *Lycosidae*、圆花叶蛛 *Synaema globosum japonicum* 和草间小黑蛛 *Erigonidium gramnicola* 为优势种群(见表 2、3)。

化学杀虫剂对天敌的影响依棉田类型或天敌种类的不同有所差异。从棉田类型来看,春播棉、迟播棉和夏播棉等单作棉田天敌受化学杀虫剂的影响较大,化防区天敌数量下降较为明显(表 2);而春套棉、豆间棉和夏套棉等间套作棉田天敌数量较前者受化学杀虫剂的影响少,化防区天敌数量下降亦比前者少(表 3)。棉田不同天敌种群所受的影响存在一定差异,在单作棉田内龟纹瓢虫、大眼蝉长蝽、华姬蝽和狼蛛等种

群数量明显减少,小花蝽、圆花叶蛛和草间小黑蛛等种群数量下降较少,化防区绒螨数量反而比未防区高或相近;套作棉田内龟纹瓢虫、狼蛛、圆花叶蛛等种群数量有所下降,春套棉和豆间棉田化防区大眼蝉长蝽和华姬蝽以及这 3 种间套作棉田化防区小花蝽、草间小黑蛛和绒螨的种群数量比未防区高或相近。

表 2 化学杀虫剂对单作棉田主要天敌种群的影响

Table 2 Effects of chemical insecticides on main natural enemy populations in monoculture cotton fields

种名 Species	春播棉田 A				迟播棉田 B				夏播棉田 C			
	累计虫量		占总数的%		累计虫量		占总数的%		累计虫量		占总数的%	
	Accumulative numbers (5m ²)	Percentage	Accumulative numbers (5m ²)	Percentage	Accumulative numbers (5m ²)	Percentage	Accumulative numbers (5m ²)	Percentage	Accumulative numbers (5m ²)	Percentage	Accumulative numbers (5m ²)	Percentage
未防 NC	化防 CC	未防 NC	化防 CC	未防 NC	化防 CC	未防 NC	化防 CC	未防 NC	化防 CC	未防 NC	化防 CC	
(1)	54	72	4.22	10.03	88	77	10.70	12.60	32	40	3.49	8.47
(2)	127	46	9.92	6.41	100	51	12.16	8.35	165	38	18.01	8.05
(3)	213	103	16.64	14.34	111	113	13.50	18.49	92	86	10.04	18.22
(4)	106	25	8.28	3.48	19	5	2.31	0.82	195	33	21.29	6.99
(5)	242	73	18.91	10.17	62	58	7.54	9.49	41	17	4.48	3.60
(6)	116	85	9.06	11.84	68	29	8.27	4.75	152	69	16.59	14.62
(7)	19	37	1.48	5.15	54	50	6.57	8.18	49	32	5.35	6.87
(8)	232	169	18.12	23.54	167	113	20.32	18.49	73	69	7.97	14.62

(1) Trombidiidae 绒螨; (2) *Propylaea japonice* 龟纹瓢虫; (3) *Orius minutus* 小花蝽; (4) *Gecoris pallidipennis* 大眼蝉长蝽; (5) *Nabis sinoferus* 华姬蝽; (6) *Lycosidae* 狼蛛; (7) *Synaema globosum japonicum* 圆花叶蛛; (8) *Erigonidium graminicola* 草间小黑蛛

表 3 化学杀虫剂对间套作棉田主要天敌种群的影响

Table 3 Effects of chemical insecticides on main natural enemy populations in intercropping cotton fields

种名 Species	春套棉田 D				豆间棉田 E				夏套棉田 F			
	累计虫量		占总数的%		累计虫量		占总数的%		累计虫量		占总数的%	
	Accumulative numbers (5m ²)	Percentage	Accumulative numbers (5m ²)	Percentage	Accumulative numbers (5m ²)	Percentage	Accumulative numbers (5m ²)	Percentage	Accumulative numbers (5m ²)	Percentage	Accumulative numbers (5m ²)	Percentage
未防 NC	化防 CC	未防 NC	化防 CC	未防 NC	化防 CC	未防 NC	化防 CC	未防 NC	化防 CC	未防 NC	化防 CC	
(1)	56	125	2.68	6.76	72	56	7.56	8.15	55	154	4.26	17.76
(2)	207	163	9.14	8.82	147	86	15.42	12.52	324	151	8.53	17.42
(3)	156	167	6.89	9.03	88	84	9.23	12.23	128	206	11.79	23.76
(4)	82	99	3.93	5.35	5	5	0.52	0.73	177	49	8.66	5.65
(5)	103	105	4.94	5.68	163	129	17.10	18.78	130	46	5.80	5.30
(6)	173	149	7.64	8.05	70	38	7.34	5.53	87	84	6.74	9.69
(7)	111	66	5.32	3.57	89	39	9.33	5.68	75	13	5.81	1.50
(8)	794	605	35.06	32.72	228	143	23.92	20.81	77	82	5.97	9.46

(1) Trombidiidae 绒螨; (2) *Propylaea japonice* 龟纹瓢虫; (3) *Orius minutus* 小花蝽; (4) *Gecoris pallidipennis* 大眼蝉长蝽; (5) *Nabis sinoferus* 华姬蝽; (6) *Lycosidae* 狼蛛; (7) *Synaema globosum japonicum* 圆花叶蛛; (8) *Erigonidium graminicola* 草间小黑蛛

2.3 化学杀虫剂对不同棉田类型主要害虫与天敌相关性的影响

进一步对 6 种不同类型棉田未防区和化防区主要害虫与天敌的相关性分析,其结果表明(表 4),化学防治对害虫与天敌的相互关系有一定的影响,但随棉田类型、害虫和天敌种类的不同而异,可分为以下 3 种类型:①未防区与化防区内害虫与天敌都不相关或均相关。属于这种类型的较多,如春播棉田、夏播棉田、春套棉田、夏套棉田和豆间棉田等 5 种类型棉田化防区与未防区内绒螨与棉蚜、棉红蜘蛛、棉铃虫和烟蓟马均不相关系,化防区与未防区龟纹瓢虫与棉红蜘蛛(夏套棉田),小花蝽与烟蓟马(夏播棉田和春套棉田),棉铃虫与小花蝽(春套棉田)、与华姬蝽(春播棉田)、与草间小黑蛛(迟播棉田)均相关,表明它们的

表 4 不同类型棉田主要害虫与天敌的相关性

Table 4 Correlation of main insect pests and natural enemies in different cotton fields

I. 春播棉田 A		1	2	3	4	5	6	7
①棉蚜	未防 NC	-0.251	0.527*	0.367	0.386	0.563**	0.441*	0.341
	化防 CC	-0.076	0.197	0.238	0.012	0.015	0.166	0.031
②棉红蜘蛛	未防 NC	-0.232	0.303	0.325	-0.070	0.012	0.031	-0.220
	化防 CC	-0.129	-0.093	-0.093	-0.136	-0.065	-0.165	0.068
③棉铃虫	未防 NC	-0.229	0.014	0.233	0.650**	0.473*	0.565**	0.627**
	化防 CC	0.091	-0.181	0.182	0.135	0.453*	-0.028	0.374
④烟蓟马	未防 NC	-0.206	0.349	0.212	0.496*	0.539*	0.351	0.424
	化防 CC	0.090	0.384	0.341	0.131	0.120	0.347	0.016
II. 夏播棉田 C		1	2	3	4	5	6	7
①棉蚜	未防 NC	-0.409	0.684**	-0.026	-0.056	-0.153	-0.035	-0.189
	化防 CC	-0.324	0.103	-0.280	-0.127	-0.054	-0.166	0.241
②棉红蜘蛛	未防 NC	-0.312	-0.037	0.459	0.531*	0.037	-0.082	-0.162
	化防 CC	0.181	-0.072	0.323	0.120	-0.106	0.514*	0.282
③棉铃虫	未防 NC	-0.311	-0.240	0.355	0.669**	0.168	0.384	0.159
	化防 CC	-0.159	-0.091	0.244	0.181	0.169	0.081	0.150
④烟蓟马	未防 NC	0.004	-0.236	0.515*	0.223	0.156	0.093	0.375
	化防 CC	0.323	-0.143	0.776**	0.255	0.208	0.525*	0.583*
III. 春套棉田 D		1	2	3	4	5	6	7
①棉蚜	未防 NC	-0.348	0.674**	0.157	-0.032	0.157	0.114	0.103
	化防 CC	-0.271	0.284	0.027	-0.094	-0.093	-0.266	0.060
②棉红蜘蛛	未防 NC	-0.253	0.301	0.295	-0.003	0.285	0.396	0.209
	化防 CC	-0.191	0.229	0.129	0.108	-0.038	0.057	-0.074
③棉铃虫	未防 NC	-0.095	0.233	0.459*	0.227	0.527*	0.567**	0.360
	化防 CC	0.017	0.336	0.525*	0.393	0.294	0.358	0.122
④烟蓟马	未防 NC	0.392	0.206	0.476*	0.482*	0.486*	0.009	0.379
	化防 CC	0.161	0.120	0.508*	0.260	0.411	0.128	0.285
IV. 夏套棉田 F		1	2	3	4	5	6	7
①棉蚜	未防 NC	-0.111	0.576**	0.121	-0.035	-0.240	0.447*	0.326
	化防 CC	-0.208	0.504*	-0.261	-0.269	-0.271	-0.264	-0.316
②棉红蜘蛛	未防 NC	0.020	0.874**	0.087	-0.117	-0.245	0.224	-0.057
	化防 CC	-0.131	0.565**	-0.176	0.115	-0.175	-0.141	-0.113
③棉铃虫	未防 NC	0.019	0.163	0.153	0.339	0.151	0.526*	0.575**
	化防 CC	0.164	0.305	0.283	0.472*	0.150	0.123	0.413
④烟蓟马	未防 NC	-0.081	0.081	0.737**	0.168	0.116	0.757**	0.228
	化防 CC	0.052	0.071	0.006	-0.170	-0.024	-0.076	-0.071
V. 迟播棉田 B		1	2	3	5	6	7	
①棉蚜	未防 NC	-0.269	0.120	-0.176	-0.238	-0.011	0.234	
	化防 CC	-0.257	0.385	-0.212	-0.242	-0.157	-0.183	
②棉红蜘蛛	未防 NC	-0.265	-0.110	-0.178	-0.114	0.013	0.068	
	化防 CC	-0.199	-0.143	-0.181	-0.078	0.200	0.092	
③棉铃虫	未防 NC	0.021	0.252	0.348	0.138	0.359	0.659**	
	化防 CC	0.626*	0.048	0.887**	0.902**	-0.183	0.831**	
④烟蓟马	未防 NC	-0.230	0.426	0.306	-0.015	0.379	0.359	
	化防 CC	0.000	0.207	0.204	-0.072	0.155	0.061	
VI. 豆间棉田 E		1	2	3	5	6	7	
①棉蚜	未防 NC	-0.289	0.448*	-0.301	-0.182	0.064	-0.164	
	化防 CC	-0.179	0.431	0.189	0.384	0.090	-0.215	
②棉红蜘蛛	未防 NC	-0.268	0.247	-0.261	-0.277	-0.023	-0.227	
	化防 CC	-0.072	-0.003	0.272	0.244	-0.081	-0.088	
③棉铃虫	未防 NC	-0.134	0.093	0.376	0.101	0.235	0.128	
	化防 CC	-0.216	-0.026	0.039	-0.063	0.319	0.262	
④烟蓟马	未防 NC	-0.210	0.239	0.089	0.209	0.334	0.033	
	化防 CC	-0.099	0.364	0.168	0.186	-0.061	-0.102	

* 表示在 $P_{0.05}$ 水平差异显著 Statistically significant difference at $P < 0.05$; ** 表示在 $P_{0.01}$ 水平差异显著 Statistically significant difference at $P < 0.01$, ① *Aphis gossypii* ② *Tetranychus cinnabarinus* ③ *Helicoverpa armiger* ④ *Thrips tabaci* 1. Trombididae 螨 2. *Propylaea japonice* 龟纹瓢虫 3. *Orius minutus* 小花蝽 4. *Gecoris pallidipennis* 大眼蝉长蝽 5. *Nathusius* 姬蜂 6. *Synaema globosum japonicum* 圆花叶蛛 7. *Erigonidium graminicola* 草间小黑蛛

相关性受化学杀虫剂的影响较小。②未防区内害虫与天敌相关,而化防区内不相关,说明化学杀虫剂使天敌与害虫的相互关系受到严重破坏。属于这种情况的有:瓢虫与棉蚜(春播棉田、夏播棉田、春套棉田和豆间棉田),小花蝽与烟蓟马(夏套棉田),大眼蝉长蝽与棉红蜘蛛(夏播棉田)、与棉铃虫(春播棉田和夏播棉田)、与烟蓟马(春播棉田和春套棉田),华姬蝽与棉蚜(春播棉田)、与棉铃虫(春套棉田)、与烟蓟马(春播棉田和春套棉田),圆花叶蛛与棉蚜(春播棉田和夏套棉田)、与棉铃虫(春播棉田、春套棉田和夏套棉田)、与烟蓟马(夏套棉田),草间小黑蛛与棉铃虫(春播棉田和夏套棉田)。③未防区内害虫与天敌不相关,而化防区内相关,化学杀虫剂的使用似乎加强了害虫与天敌的相关性,如:棉铃虫与绒螨、小花蝽和华姬蝽(迟播棉田),棉铃虫与大眼蝉长蝽(夏套棉田),烟蓟马与圆花叶蛛、烟蓟马(夏播棉田)。

2.4 影响不同类型棉田主要害虫、天敌种类数量变化的因素分析

通过对影响棉蚜和棉红蜘蛛的 4 种因素的方差分析,结果表 5 表明,化学防治、棉田类型、种植方式(单作、间作和套作)和播种日期(4 月 27 日,5 月 15 日,5 月 30 日和 6 月 15 日)等单因素对棉蚜数量均无显著影响($P>0.05$);防治×棉田类型、防治×种植方式和防治×播种日期等两种因素的交互效应不显著,即化学防治、不同时空棉田类型对棉田棉蚜影响不显著。而化学防治、棉田类型和种植方式对棉红蜘蛛数量的影响显著($P<0.05$),而不同播种日期对棉红蜘蛛无显著影响($P>0.05$);防治×种植方式的互作效应显著($P<0.05$),防治×种植方式、防治×播种日期的互作效应不显著($P>0.05$)。

表 5 影响不同类型棉田棉蚜和棉红蜘蛛种群数量的双因素方差分析

Table 5 Two way ANOVA of effects of factors on numbers of *Aphids gossypii* and *Tetranychus urticae* in different cotton fields

影响因素 Source of variance	棉蚜 <i>Aphids gossypii</i>			棉红蜘蛛 <i>Tetranychus cinnabarinus</i>		
	DF	F	P	DF	F	P
棉田类型 Type of cotton field	5	0.80	0.5506	5	8.24	0.0001
防治 Control	1	2.96	0.0878	1	7.60	0.0063
防治×棉田类型 Control×Type of cotton field	5	0.07	0.9967	5	5.83	0.0001
种植方式 Planting type	2	1.97	0.1412	2	4.36	0.0139
防治 Control	1	0.00	0.9971	1	6.33	0.0125
防治×种植方式 Control×Planting type	2	0.25	0.7784	2	2.82	0.0619
播种日期 Planting date	3	0.52	0.6674	3	1.81	0.1458
防治 Control	1	0.00	0.9728	1	6.16	0.0138
防治×播种日期 Control×Planting date	3	0.12	0.9474	3	1.36	0.2551

从表 6 中影响棉田害虫主要天敌类群数量的四种因素的方差分析结果来看,化学防治对瓢虫和捕食蝽类群的数量的影响显著($P<0.05$),而对蜘蛛类群的影响不显著($P>0.05$);棉田类型对蜘蛛类群数量的影响显著($P<0.05$),而对瓢虫和捕食蝽类群数量无显著影响($P>0.05$);种植方式对瓢虫和蜘蛛类群数量均有显著影响($P<0.05$),而对捕食蝽类群数量无显著影响($P>0.05$);播种日期对蜘蛛类群数量的影响显著($P<0.05$),而对瓢虫和捕食蝽类群数量均无显著影响($P>0.05$)。

3 结论与讨论

棉田生态系统中,害虫、天敌种群组成与数量受到各种因素的影响,包括自然因素(如温度、湿度等气候因素)和人为因素(如化学防治、种植方式等),了解这些因素对害虫与天敌的影响,可为制定科学的棉田害虫综合治理措施提供理论依据。本实验结果表明化学防治与种植制度对棉田害虫、天敌种群组成及其数量有一定的影响。其中化学防治对棉田害虫、天敌的种类组成无显著影响,主要影响害虫、天敌的数量变化,与罗志义的研究结果相反^[8]。种植制度对棉田害虫、天敌群落的影响与化学防治相同,但他们的作用对不同害虫、天敌有所差异。不同播种时间对害虫、瓢虫和捕食性蝽的数量的影响并不显著,但对捕食性蜘蛛的影响较明显。

Slosser 等^[7]的研究结果显示单作与套作棉田未防区棉蚜数量均高于化防区,同时棉蚜在化防区的增长速度更快^[7];吴孔明等亦发现杀虫剂的使用使棉蚜上升更快^[3]。Parajulee 等研究发现棉麦套作棉田棉蚜数量

低于单作棉田^[10],此外 Parajulee 和 Slosser 的研究表明更早建立天敌种群使棉蚜种群密度下降^[11]。而本文结果表明,化学防治在棉花生育前期使单作棉田棉蚜数量明显下降,春套棉、豆间棉和夏套棉等间套作棉田,天敌较为丰富,使棉蚜数量一直维持在较低水平;但在棉花生育中后期,间套作物收获后天敌种类、数量与单作棉田差异渐缩小,化学防治亦使天敌数量减少,天敌对棉蚜的控制作用随之下降,各类型棉田棉蚜数量相差极小;与苗期相比,各类型棉田棉蚜数量剧增,化防区与未防区棉蚜数量差异不大,表明化学防治在棉花生育中后期对单作与间套作棉田的棉蚜数量影响不大;因此,从累积发生量来看,单作棉田未防区棉蚜数量高于化防区,间套作棉田化防区棉蚜数量反而大于未防区。由此可知,在棉花苗期,合理的间套作种植方式在一定程度上可以控制棉蚜的发生,而到了棉花生育后期,这种作用就减弱了。化学防治使其他类型棉田棉红蜘蛛、棉铃虫数量下降。

表 6 影响不同类型棉田主要天敌种类数量的双因素方差分析

Table 6 Two way ANOVA of effects of factors on numbers of main natural enemies in different cotton fields

影响因素 Source of variance	瓢虫 Ladybird beetles			捕食蝽类 Predatory true bugs			蜘蛛类 Predatory spiders		
	DF	F	P	DF	F	P	DF	F	P
棉田类型 Type of cotton field	5	1.81	0.1120	5	2.02	0.0774	5	11.67	0.0001
防治 Control	1	6.49	0.0115	1	6.56	0.0111	1	4.50	0.0349
防治×棉田类型 Control×Type of cotton field	5	0.41	0.8430	5	1.47	0.1992	5	0.20	0.9635
种植方式 Planting type	2	4.21	0.0160	2	2.26	0.1069	2	9.76	0.0001
防治 Control	1	6.58	0.0109	1	6.42	0.0119	1	2.54	0.1126
防治×种植方式 Control×Planting type	2	0.12	0.8907	2	0.90	0.4067	2	0.49	0.6451
播种日期 Planting date	3	2.13	0.0971	3	2.28	0.0800	3	3.83	0.0105
防治 Control	1	6.51	0.0114	1	6.43	0.0119	1	3.16	0.0769
防治×播种日期 Control×Planting date	3	0.52	0.6657	3	0.55	0.4067	3	0.04	0.9903

本文研究结果还表明,与棉田害虫相比,化学防治使天敌类群数量的下降更为剧烈,而且化学防治使单作棉田天敌数量下降较大,间套作棉田天敌种群数量下降较少;可见间套作棉田天敌对化学杀虫剂的杀伤力比单作棉田更有抵御力。此外,棉田不同天敌种群所受的影响存在一定差异,化学防治对瓢虫、捕食蝽类有显著影响,数量明显下降,但蜘蛛类群下降幅度比前两者小。吴孔明等比较了几种化学杀虫剂对棉蚜与瓢虫的毒力作用,发现杀虫剂对瓢虫的毒性大于棉蚜^[3];Wilson 等研究亦发现化学杀虫剂引起棉红蜘蛛再猖獗而使其天敌数量下降^[5]。

棉田生态系统中,天敌是影响棉花害虫种群数量变化的一个重要因素;一般而言,害虫与天敌呈正相关。但生物之间的相互关系受到多种因素的影响,如人为因素(如化学防治、耕作制度)。本实验结果表明,化学防治对棉田害虫与天敌的相关性的影响随棉田类型或害虫、天敌种类的不同而有所差异,如化学防治使瓢虫与棉蚜的相关性明显减弱,却使圆花叶蛛与棉铃虫的相关性加强。因此,在棉田害虫治理中使用化学杀虫剂时,务必考虑到天敌与害虫的相互关系,选择合适的杀虫剂,以避免破坏天敌与害虫的相互关系。

References:

- [1] Stern V M, Smith R F, Van den Bosch R, *et al.* The integrated control concept. *Hilgardia*, 1959, **29**(2): 81.
- [2] Wright D J and Verkert R H. Integration of chemical and biological control systems for arthropods; evaluation in a multitrophic context. *Pestic. Sci.*, 1995, **44**: 207~218.
- [3] Wu K M and Liu Q X. Study on the resurgence caused by insecticides for cotton aphid, *Aphis gossypii*. *Acta Ecologica Sinica*, 1992, **12**(4): 341~347.
- [4] Cotton Pest Research Group. Institute of Plant Protection of Chinese Academy of Agricultural Sciences, eds.

Cotton pest resistance to insecticides and control methods. Beijing: Science Popularization Press, 1993. 1~9.

- [5] Wilson L J, Bauer L R and Lally D A. Effect of early season insecticides use on predators and outbreaks of spider mites, (Acari: Tetranychidae) in cotton. *Bull. of Entomol. Res.*, 1998, **88**(4): 477~488.
- [6] Nan L Z, Wang D A, Sun X, *et al.* The conservation and utilization of natural enemies in cotton fields. *Natural Enemies of Insects*, 1987, **9**(3): 125~129.
- [7] Slosser J E, Parajulee M N and Bordovsky D G. Evaluation of food sprays and relay strip crops for enhancing biological control of bollworms and cotton aphids in cotton. *Inter. J. of Pest Manage.*, 2000, **46**(4): 267~275.
- [8] Luo Z Y. Analyses and effects of insecticides on diversity of arthropod community in cotton fields in Sheshan district, Shanghai. *Acta Ecologica Sinica*, 1982, **2**(3): 255~264.
- [9] Li DQ, Zhao J Z. Studies on spider community and its diversity in cotton fields. *Acta Ecologica Sinica*, 1993, **13**(3): 205~213.
- [10] Parajulee M N, Montandon R and Slosser J E. Relay intercropping to enhance abundance of insect predators of cotton aphid(*Aphis gossypii* Glover) in Texas cotton. *Inter. J. of Pest Manage.*, 1997, **43**: 227~232.
- [11] Parajulee M N, Slosser J E. Evaluation of potential relay strip crops for predator enhancement in Texas cotton. *Inter. J. of Pest Manage.*, 1999, **45**: 275~286.

参考文献:

- [3] 吴孔明,刘芹轩. 杀虫剂诱使棉蚜再猖獗的研究. *生态学报*, 1992, **12**(4): 341~347.
- [4] 中国农业科学院植物保护研究所棉花害虫研究组. 棉花害虫的抗药性与防治技术. 北京:科学普及出版社,1993. 1~9.
- [6] 南留柱,王德安,孙洗,等. 棉花害虫天敌保护利用研究. *昆虫天敌*, 1987, **9**(3): 125~129.
- [8] 罗志义. 上海佘山地区棉田节肢动物群落多样性分析及对多样性的影响. *生态学报*, 1982, **2**(3): 255~264.
- [9] 李代芹,赵敬钊. 棉田蜘蛛群落及其多样性研究. *生态学报*, 1993, **13**(3): 205~213.

