

化学杀虫剂对菜田节肢动物多样性的影响

侯有明¹, 庞雄飞², 梁广文², 尤民生¹

(1. 福建农林大学植保学院, 福州 350002; 2. 华南农业大学昆虫生态研究室, 广州 510642)

摘要: 分析了化学杀虫剂对菜田节肢动物结构组成、多样性变化等的影响, 结果表明化学杀虫剂对菜田节肢动物的影响主要表现在物种组成、多样性指数及物种分布的均匀性等方面, 尤其是对害虫类、捕食性天敌和蜘蛛类的影响尤为明显。停止化学杀虫剂使用后, 菜田优势害虫种群趋势指数降低, 天敌的控制作用明显增强, 节肢动物多样性指数增大。因此, 限制和停止化学杀虫剂的使用, 恢复由于杀虫剂使用而破坏了的菜田环境, 逐步增强天敌对优势害虫的控制能力, 这在菜田害虫生态控制中具有重要作用。

关键词: 菜田; 化学杀虫剂; 节肢动物; 多样性

Effect of chemical insecticides on the diversity of arthropods in vegetable fields

HOU You-Ming¹, PANG Xiong-Fei², LIANG Guang-Wen², YOU Min-Sheng¹ (1. College of Plant Protection, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002; 2. Laboratory of Insect Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642)

Abstract: The effect of chemical insecticides on the structure and diversity of arthropods in various vegetable fields were studied. The results showed that the effect of chemical insecticides on the arthropods in vegetable fields was reflected from the species structure, the diversity index and the distributive evenness of species. Components of arthropod species fluctuated closely with the insect pests, predatory natural enemies and spiders. Without chemical insecticides in vegetable fields, the index of population trend (I) of dominant insect pest decreased greatly, the control effect of natural enemies on major insect pests increased, the diversity index of arthropod increased at the same time. Thus, limited use of chemical insecticides, resumed the environment of vegetable fields destroyed by application of chemical insecticides, escalation of the control ability of natural enemies to main insect pest would play an important role in the ecological control of insect pests in vegetable fields.

Key words: vegetable fields; chemical insecticides; arthropod; diversity

文章编号: 1000-0933(2001)08-1262-07 中图分类号 S436.36 文献标识码: A

目前菜田优势害虫的防治主要是应用化学杀虫剂进行控制, 而化学杀虫剂大量、不合理使用所带来的系列问题, 为蔬菜害虫的研究和防治工作带来了极大的困难。经常使用化学杀虫剂的菜场, 优势害虫种群明显, 种群趋势指数居高不下, 采用化学杀虫剂只能使其世代增长倍数不断增加, 很难达到持续控制的目标¹⁾。同时, 化学杀虫剂对菜田天敌的抑制作用十分明显, 经常使用化学杀虫剂的菜场, 原来常见的 20 多种瓢虫, 只能偶尔发现 5 种左右²⁾; 原来菜田上的蜘蛛、蚂蚁等甚为丰富的捕食性类群, 在经常使用化学杀虫剂的菜场却成为罕见类群, 尤其在十字花科叶菜田中, 捕食类天敌的数量几乎为 0¹⁾; 多年以来, 在大田应用化学杀虫剂的菜区, 极少发现小菜蛾 (*Plutella xylostella* L.) 的卵寄生蜂, 但在停止使用化学杀虫剂后,

基金项目: 国家博士点基金 (960501)、广东省自然科学基金 (980135) 和福建省科委基金 (97-Z-220) 等资助项目

收稿日期: 1999-12-01; 修订日期: 2000-04-18

作者简介: 侯有明 (1966-), 男, 陕西白水人, 博士, 副教授。主要从事昆虫生态与害虫综合治理等研究。Email: ymhou@fjau.edu.cn

赤眼蜂的寄生率可高达 40%,其中包括拟澳洲赤眼蜂(*Trichogramma confusum* Viggiani)和另一未记录的赤眼蜂³⁾。因而菜田限制或停止化学杀虫剂的使用,恢复由于化学杀虫剂大量使用而破坏了的菜田环境,充分发挥和利用天敌的自然控制作用,降低优势害虫世代增长倍数,是减轻蔬菜主要害虫为害的重要策略。

本文在以往研究的基础上,以深圳龙岗生态村及附近菜地为基地,系统研究化学杀虫剂停止使用后菜田生物群落中节肢动物类群的动态变化,探讨化学杀虫剂对菜田节肢动物多样性的影响及其恢复,菜田天敌种类及其对主要害虫的控制作用,为现代蔬菜害虫管理的理论和实践提供依据。

1 材料与方法

1.1 系统调查样地

1.1.1 顺和菜场 占地 26.67 hm²,为专业性蔬菜生产基地,1990 年建场,多年来一直使用化学农药控制害虫,生态环境单一,农药施用频繁,平均每 3d 喷施 1 次,周围环境污染严重,菜田内昆虫种类,尤其是天敌严重贫乏。以下简称化学农药污染区。

1.1.2 生态示范农场 不使用化学杀虫剂;对土壤进行处理,降低土壤中主要害虫基数;对主要害虫实施生态控制,包括释放赤眼蜂、喷施昆虫病毒、病原线虫和植物次生物质控制害虫。该区环境已有明显的改善,主要害虫发生为害明显减轻。以下简称生态控制区。

1.1.3 自然生长区 在试验地内,分设未经任何处理的蔬菜区,让其任意生长,粗放管理,供自然生长区调查用。以下简称自然生长区。

1.2 大田系统调查方法

根据不同蔬菜种类分苗期、生长期和成熟期 3 个阶段分别进行调查^[1]。在定苗以前(子叶~定苗期),随机选取 15 个样点,每点 0.11m²;定苗~采收期,在样地内随机取样 30 株,每次调查时对全株上所有昆虫及螨类、蜘蛛进行调查。寄生性天敌的调查是在晴天上午,在田间用捕虫网网捕 50 双网,进行统计分析,同时将调查中所获得的被寄生的害虫带回室内饲养,待寄生蜂成虫羽化后鉴定;对于易活动的叶甲等采用目视法,是在调查统计其它害虫前进行。每隔 7d 调查 1 次,自 1997 年 7 月~1999 年 1 月间共系统调查 62 次。

2 结果与分析

2.1 化学杀虫剂对菜田节肢动物结构组成的影响

据系统调查数据,统计出不同类型菜田节肢动物种类组成见表 1。在 4 类不同蔬菜种类田中,优势害虫、天敌、中性昆虫同节肢动物总物种数的比率关系见图 1。

由表 1 可知,不同类型菜田节肢动物类群组成有一定的差异,自然生长区和生态控制区的组成相似,均具有较丰富的物种,尤其是捕食性天敌、寄生性天敌和蜘蛛的种类均较丰富,中性昆虫种类数也较多,且不同蔬菜种类上表现出相同的趋势。而化学防治区,不同蔬菜种类上的节肢动物种类贫乏,不仅天敌的种类少,有些天敌类群的种数为 0(如捕食类天敌),而且害虫类和中性昆虫的物种数也较小,其物种数大约是自然生长区和生态控制区的 1/4 左右。可见化学杀虫剂对菜田节肢动物物种组成的影响是十分明显的。同时,从总个体数的变化可知,以自然生长区的量最高,化学防治区和生态控制区的量较低,但因蔬菜种类的不同也有一定的差异。

由图 1 可知,几类不同处理区中,各蔬菜种类上不同类型节肢动物所占的比例差异较大,且在化学防治区各物种间的比率差异最为显著。在自然生长区,不同蔬菜种类上各优势害虫种群、天敌(捕食性、寄生性和蜘蛛类)和中性昆虫均较丰富,但以优势害虫占总节肢动物数量的比率较高;在化学防治区,不同蔬菜种类上的优势害虫占各自总节肢动物数量的比率较高,尤以斜纹夜蛾和萝卜蚜的比率较高,而几类天敌所占比例均较小,且在菜心、奶白、芥兰田中,捕食性天敌为 0,中性昆虫主要是跳虫类,数量较大,因而在图

1)侯有明. 菜田生物群落与叶菜类主要害虫生态控制研究. 广州:华南农业大学博士学位论文. 1999

2)庞虹. 中国瓢虫多样性及其利用研究. 广州:华南农业大学博士学位论文. 1997

3)何余容. 赤眼蜂寄生性天敌对小菜蛾的控制作用研究. 广州:华南农业大学博士学位论文. 1998

中所占比例较大;在生态控制区,不同蔬菜种类上,优势害虫占各自总节肢动物数量的比率较小,而几类天敌和中性昆虫所占比例明显增高,表明该区节肢动物组成比较合理,天敌对优势害虫的控制效果显著。同时,在不同蔬菜种类中,主要类群相对发生量差异较大,在菜心和芥兰田中,不同防治区发生量差异最大的是斜纹夜蛾,而在奶白和萝卜田中差异最大的是萝卜蚜,且以化学防治区的数量变动最为明显。

表 1 不同类型菜田节肢动物种类组成(深圳 Shenzhen, 龙岗 Longgang, 1997~1999)

Table 1 The composition of arthropod species in different vegetable varieties		害虫类	捕食类	寄生类	蜘蛛类	中性昆虫	总种数	总个体数
菜田类型	Type of vegetable fields	Insect pests	Predator	Parasita	Spider	Neutral insects	Species number	Individual number
菜心 Chinese cabbage								
化学防治区	Chemical control	6	0	1	1	1	9	928
自然生长区	Natural growth	12	10	3	3	10	38	1719
生态控制区	Ecological control	12	9	4	4	10	39	494
芥兰 Chinese Kale								
化学防治区	Chemical control	6	0	1	1	2	10	298
自然生长区	Natural growth	12	9	4	4	12	41	5861
生态控制区	Ecological control	13	11	4	4	17	49	870
奶白 Pakchoi								
化学防治区	Chemical control	4	0	0	2	3	9	320
自然生长区	Natural growth	12	9	3	4	11	39	5408
生态控制区	Ecological control	10	10	3	4	11	38	742
萝卜 Radish								
化学防治区	Chemical control	6	1	2	2	3	14	1322
自然生长区	Natural growth	12	10	3	4	12	41	4910
生态控制区	Ecological control	11	11	4	4	12	42	754

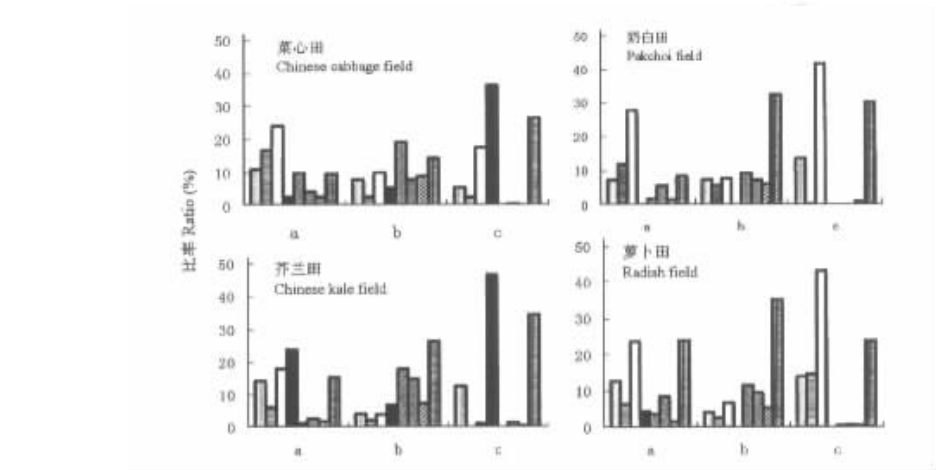


图 1 不同类型菜田节肢动物物种组成的比例关系

Fig. 1 The compositional proportion of arthropod species in different vegetable varieties

2.2 化学杀虫剂不同使用水平下菜田节肢动物多样性分析

不同化学杀虫剂使用水平下菜田节肢动物多样性指数见表 2。

由表 2 可知,化学杀虫剂的使用对菜田节肢动物多样性的影响较为明显。在自然生长区,由于生态环境复杂,没有施用化学杀虫剂,因而物种丰富度较高,分布较均匀,优势度指数低,但物种个体数量大,其多

样性指数值较高,这表明在自然生长区,由于粗放管理,人为干扰少,节肢动物类群结构处于相对稳定的平衡状态,对优势害虫的自然控制能力较强。在生态控制区,节肢动物物种结构与自然生长区类似,物种种类多,但物种个体数,尤其是优势害虫的数量减少,优势度指数较低,且天敌种类丰富,物种均匀性较高,因而其节肢动物物种多样性指数较高。而在化学防治区,由于生态环境单一,菜田大量使用化学杀虫剂,天敌种类和数量贫乏,一些优势害虫为害猖獗,如蚜虫类、夜蛾类等。因而,加强菜田的生态管理,停止或限制化学杀虫剂的使用,采用生态控制的措施控制优势害虫的为害,可以明显提高节肢动物类群的多样性与稳定性。同时,随着生态环境的不断改善,主要优势物种的种群增长趋势指数降低¹⁾,从而其抗外界的干扰能力不断加强,这是同害虫生态控制和持续控制的思想相吻合的。

据 Simpson 优势集中性指标^[11~15]测得菜田节肢动物各类群的优势集中性值见表 3。

表 2 不同类型菜田节肢动物多样性指数(深圳 Shenzhen, 龙岗 Longgang, 1997~1999)

菜 田 类 型		多 样 性 指 数 ⁽¹⁾ Diversity index			均匀性指数	优势度指数
Type of vegetable fields		<i>H'</i>	<i>H</i>	<i>Dmc</i>	Evenness <i>E</i>	Dominance <i>d</i>
自然生长区 Natural growth	菜心 Chinese cabbage	3. 9190	3. 8483	0. 6810	0. 7468	0. 2408
	芥兰 Chinese Kale	3. 4661	3. 4408	0. 6368	0. 6558	0. 2387
	奶白 Pakchoi	3. 5341	3. 5093	0. 6468	0. 6597	0. 2787
	萝卜 Radish	3. 7785	3. 7490	0. 6689	0. 7053	0. 2358
化学防治区 Chemical control	菜心 Chinese cabbage	2. 3744	2. 3421	0. 5284	0. 7491	0. 3599
	芥兰 Chinese Kale	1. 8268	1. 7623	0. 4231	0. 5763	0. 4664
	奶白 Pakchoi	1. 9689	1. 8900	0. 4460	0. 5927	0. 5156
	萝卜 Radish	2. 3046	2. 2726	0. 4955	0. 6053	0. 4304
生态控制区 Ecological control	菜心 Chinese cabbage	4. 7617	4. 5461	0. 8192	0. 9009	0. 0992
	芥兰 Chinese Kale	4. 3899	4. 2426	0. 7459	0. 8365	0. 1483
	奶白 Pakchoi	4. 8453	4. 6850	0. 7979	0. 8630	0. 2210
	萝卜 Radish	4. 5374	4. 3760	0. 7559	0. 8415	0. 2122

⁽¹⁾ *H'* 为 Shannon-Wiener 多样性指数^[2~5], Shannon-Wiener diversity's index, *H* 为 Brillouin 多样性指数^[6~9], Brillouin diversity's index; *Dmc* 为 McIntosh 多样性指数^[3,10], McIntosh diversity's index

表 3 不同类型菜田节肢动物中各类群优势集中性⁽¹⁾(深圳 Shenzhen, 龙岗 Longgang, 1997~1999)

菜 田 类 型		害 虫 类	捕 食 类	寄 生 类	蜘蛛类	中性昆虫
Type of vegetable fields		Insect pests	Predator	Parasita	Spider	Neutral insects
自然生长区 Natural growth	菜心 Chinese cabbage	0. 1078	0. 0017	0. 0007	0. 0004	0. 0024
	芥兰 Chinese Kale	0. 1191	2. 0D-5	0. 0002	9. 0D-5	0. 0118
	奶白 Pakchoi	0. 1335	0. 0021	0. 0021	8. 0D-5	0. 0031
	萝卜 Radish	0. 0826	0. 0005	0. 0030	0. 0001	0. 0302
化学防治区 Chemical control	菜心 Chinese cabbage	0. 1703	0. 0000	2. 90D-5	4. 64D-5	0. 0686
	芥兰 Chinese Kale	0. 2337	0. 0000	1. 80D-4	1. 13D-5	0. 1002
	奶白 Pakchoi	0. 2853	0. 0000	0. 0000	4. 88D-5	0. 0760
	萝卜 Radish	0. 2266	1. 43D-5	1. 43D-5	7. 44D-6	0. 0419
生态控制区 Ecological control	菜心 Chinese cabbage	0. 0311	0. 0092	0. 0021	0. 0023	0. 0026
	芥兰 Chinese Kale	0. 0122	0. 0077	0. 0084	0. 0015	0. 0503
	奶白 Pakchoi	0. 0244	0. 0016	0. 0020	0. 0012	0. 0228
	萝卜 Radish	0. 0200	0. 0025	0. 0030	8. 86D-4	0. 0483

⁽¹⁾ Simpson 优势集中性指数^[11,12] Simpson index of dominant concentration $C = \sum (n_i/N)^2$

由表 3 可知,在化学防治区,害虫类的优势集中性较高,显著高于自然生长区和生态控制区,中性昆虫的优势集中性变化较大,这主要是同菜田跳虫类的数量变化有关,而寄生性、捕食性天敌和蜘蛛类的优势集中性均较低。在生态控制区害虫类优势集中性亦较高,但同其它类群的差值并不很大,不同类天敌和中性昆虫的优势集中性虽然在不同类型菜田中各不相同,但在生态控制区普遍处于较高的水平,这表现出不同类型菜田节肢动物物种结构和数量上的显著差异。同时,比较几类菜田节肢动物优势集中性的波动情况

可知,以化学防治区的波动最为明显,自然生长区次之,而以生态控制区的波动最小,这表明不同类型菜田节肢动物的稳定性差异。

2.3 菜田节肢动物多样性的动态变化

菜田节肢动物的物种数、个体总数、均匀性和多样性指数在蔬菜不同生育期的动态变化情况见图 2。

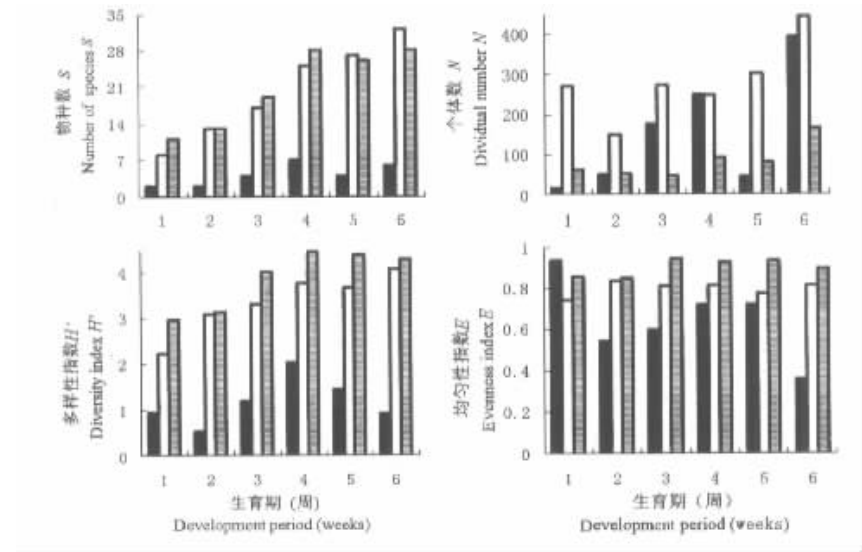


图 2 不同类型菜心田节肢动物特性的动态变化

Fig. 2 The dynamic change of arthropod characteristics in different vegetable varieties

■化学防治区 Chemical insecticides □生态控制区 Ecological control ▨自然生长区 Natural growth
生育期 (周) Development period (weeks): 播种后不同周数, The weeks after planting,
1, 2 苗期 Seedling; 3, 4 生长期 Developing period; 5, 6 采收期 The period of pick

由图 2 可知,不同类型菜心田节肢动物多样性的动态变化有一定的差异。在自然生长区和生态控制区,随着生育期的变化,物种数在逐步增加,且在苗期的增长幅度较大,在采收期的增长幅度缓慢,基本保持一恒定值。而在化学防治区,随着生育期的变化,物种数上下变化幅度较大,且大大低于以上两区的物种数。从个体总数来看,在自然生长区是随着生育期的变化而不断上升;生态控制区虽然也有所增长,但增长幅度减小;在化学防治区,则是上下变化的波动幅度较大,尤其是在采收前期更为明显。

同时,由图 2 可知,在自然生长区和生态控制区,不同菜田节肢动物类群的均匀性较高,其上下波动的幅度较小,基本保持一恒定值。而在化学防治区,随着生育期的变化,均匀性上下波动较大,且均低于以上两区;在苗期均匀性较高,而在采收中后期很低,这同该区物种间的抗性差异有关。从多样性指数来看,以生态控制区最高,各生育期均处于较高水平,这同较高的物种数和均匀性有关;自然生长区在各生育期的多样性指数也较高;但在化学防治区,多样性指数上下变化的波动幅度很大,且其值也是大大低于以上两区,尤其是在生长前期和采收前期更为明显。

对不同类型菜心田节肢动物各类群的结构特性进行方差分析,结果见表 4。

由表 4 可知,菜田节肢动物物种数间,化学防治区同自然生长区和生态控制区的差异显著,其差异主要体现在害虫类、寄生性天敌、捕食性天敌和蜘蛛类间的种类差异,尤以捕食性天敌的种类差异显著,而中性昆虫间的差异数据不显著。同时,自然生长区和生态控制区的物种数差异并不明显,表明在不同生育期,这两类菜田中节肢动物类群的物种数基本上是一致的,其不同点只是在物种的结构组成和种的个体分布上

的差异较大,这可由个体总数(N)的比较分析看出。在总个体组成中,生态控制区和自然生长区的差异较为明显,且主要体现在害虫类的个体数量差异上,对于中性昆虫类的总个体数,几类菜田无显著性差异,且在寄生性天敌、捕食性天敌和蜘蛛类间的总个体数,自然生长区和生态控制区间无显著差异,而均与化学防治区有明显的差异。因此,在物种个体总量方面,化学杀虫剂对害虫类和天敌类的影响尤为显著。

表 4 不同类型菜心田节肢动物结构特性的方差分析⁽¹⁾

Table 4 The analysis of variance of structural characteristic of arthropod in different vegetable												
菜田类型 Type of vegetable	害虫类 Insect pest				中性昆虫类 Neutral insects				寄生性天敌类 Parasita			
	S	N	E	H'	S	N	E	H'	S	N	E	H'
自然生长区 Natural growth	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
化学防治区 Chemical control	B	B	A	B	A	A	B	B	B	B	A	B
生态控制区 Ecological control	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
$F_{0.01}$ 值 Value	84.2	13.4	6.1	39.8	4.1	0.2	8.9	8.4	24.1	18.0	4.6	9.1

菜田类型 Type of vegetable	捕食性天敌类 Predator				蜘蛛类 Spider				总群落 Community			
	S	N	E	H'	S	N	E	H'	S	N	E	H'
自然生长区 Natural growth	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	AB	A
化学防治区 Chemical control	B	B	B	B	C	B	A	C	B	AB	B	B
生态控制区 Ecological control	A	A	A	A	B	A	A	B	A	B	A	A
$F_{0.01}$ 值 Value	141.2	79.2	28.6	24.3	52.3	57.1	6.3	50.3	241.4	7.2	6.1	88.9

⁽¹⁾ S 为物种数 Species number, N 为总个体数 Individual number, E 为均匀性^[8,13]Evenness, H' 为 Shannon-Wiener 多样性指数^[2~5]Index of diversity, F 临界值 Critical value $F_{0.01} = 5.79$

从均匀性的变化趋势分析可知,不同类型菜田节肢动物物种均匀性的变化相当明显,尤以生态控制区同化学防治区的均匀性差异显著,主要体现在中性昆虫和捕食性天敌的均匀性差异方面,而在害虫类、寄生性天敌和蜘蛛类的均匀性无显著差异。不同类型菜田节肢动物多样性间的差异主要是自然生长区和生态控制区同化学防治区间的显著差异,这种差异主要体现在各类群组成的多样性变化方面,且以害虫类的多样性变化差异最为明显。由此,可以认为引起几类菜田节肢动物结构特征变异的主要因素是同不同类型菜田的环境条件及其复杂性差异,同时,结构的特征变化是与不同类群的特性变化相联系的,尤以害虫类、捕食性天敌和蜘蛛类的特征变化最为直接。

3 讨 论

本文研究表明,在停止化学杀虫剂使用后,菜田节肢动物类群物种相当丰富,多样性指数较高,且不同蔬菜种类上节肢动物类群的多样性变化差异较为明显。节肢动物类群的物种组成、结构的变化是同菜田生态环境条件和化学杀虫剂的使用量有着直接的关系。化学杀虫剂对节肢动物类群多样性的影响是菜田节肢动物结构水平的主要因素,尤其是对菜田天敌的种类、数量和对主要害虫的控制效应等的影响尤为显著;同时,生态环境条件直接影响到菜田中性昆虫和稀有物种的种类与数量。而这两者又是相互联系的,化学杀虫剂的大量使用必然会对生态环境产生直接的影响,尤其是对天敌类、蜘蛛类的影响尤为明显,且在化学防治区害虫对化学杀虫剂的依赖愈来愈强烈,因而要改变这种恶性状况,首先要限制化学杀虫剂的使用,使菜田生态环境得到逐步的改善,天敌昆虫、蜘蛛和中性昆虫的数量增多,对主要害虫的控制效应逐渐增强,优势害虫的优势集中性降低,节肢动物的结构趋于稳定,这在害虫的持续控制中有着十分重要的作用。

从优势害虫的控制角度来看,停止化学杀虫剂使用后,小菜蛾种群增长趋势指数由 36.27~40.25 下降到 5.32 左右,天敌的控制作用(控制指数)由 1.9401 增加到 23.29181¹⁾,尤其是捕食性天敌的控制作用明显,害虫的为害程度降低,在这种情况下采取相应的控制措施是较容易达到小菜蛾种群的持续控制。然而,停止化学杀虫剂使用后,黄曲条跳甲(*Phylloereta striolata* F.)种群的为害成为菜田最为突出的问题,尤其是在蔬菜为害期数据常常是具有毁灭性的,且其天敌种类和数量较少,因而黄曲条跳甲种群的非化学防治成为蔬菜害虫生态控制的难点,在其生态控制中需要进行大量的研究工作。

参考文献

[1] 侯有明, 庞雄飞, 梁广文, 等. 叶菜田节肢动物多样性系统调查与抽样技术研究. 应用生态学报, 2000, **11**(5): 753~756.

[2] 庞雄飞, 尤民生. 昆虫群落生态学. 北京: 中国农业出版社, 1996, 77~103.

[3] McNaughton S J. Diversity and stability of ecological communities, a comment on the role of empiricism in ecology. *Amer Nature*, 1977, 111~515.

[4] McNaughton S J. Stability and diversity in grassland communities. *Nature*, 1979, **279**: 351~352.

[5] 王金福, 李真峰. 杭州市郊区主要蔬菜害虫群落结构的研究. 生态学报, 1988, **8**(1): 78~85.

[6] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究. II 丰富度、均匀度和物种多样性指数. 生态学报, 1995, **15**(3): 268~277.

[7] 金翠霞, 吴亚. 群落多样性测定及其应用的探讨. 昆虫学报, 1981, **24**(1): 28~33.

[8] 万方浩, 陈常铭. 综防区和化防区稻田害虫一天敌群落组成及多样性的研究. 生态学报, 1986, **6**(2): 159~170.

[9] Brown M W. Resilience of the natural arthropod community on apple to external disturbance. *Ecological Entomology*, 1993, **18**: 169~183.

[10] Brereton J, Le Gary, J Kikkawa. Diversity of avian species. *Australian Journal of Science*, 1963, **26**: 12~14.

[11] 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.

[12] 罗志义. 上海佘山地区棉田节肢动物群落多样性分析及杀虫剂对多样性的影响. 生态学报, 1982, **2**(3): 255~266.

[13] 赵志模, 刘映红, 张昌伦. 重庆市郊不同种植制度菜地昆虫群落结构研究. 植物保护学报, 1994, **21**(1): 39~45.

[14] Haddock J D, Schmidt N D. Seasonal changes in soil arthropod diversity as affected by perturbation in three seasonal communities in northeastern Indiana. *Proc Indiana Acad Sci.*, 1976, **86**: 467~473.

[15] Liss W J, Gut L J, Westigard P H. Perspectives on arthropod community structure, organization, and development in agricultural crops. *Ann Rev Entomolm*, 1986, **31**: 445~478.



《重金属对植物的胁迫——从分子到生态系统》介绍

(Heavy Metal Stress in Plants——From Molecules to Ecosystems)

作者: M. N. V. Prasad, 教授、印度海德拉巴大学植物科学院; J. Hagemeyer, 博士, Bielefeld 大学生科院生态系

出版: Springer

索书号: 58.8526/H442/1999

藏书地点: 武汉大学外教中心室

本书主要目次

1. 植物体内金属有效性和生物富集; 2. 植物体内含量属化合物物种的形成、整合和金属配位复合体; 3. 植物体内金属复合物的形成; 4. 利用植物体内自由活动氧种类监测重金属的毒害; 5. 处于重金属环境中的植物膜脂的变化; 6. 重金属对植物光合作用的影响; 7. 重金属影响下植物的呼吸作用; 8. 重金属胁迫下植物生长的生态生理学; 9. 重金属影响下植物结构和超显微结构的变化; 10. 重金属胁迫下植物和水的关系; 11. 重金属是必需的营养; 12. 金属污染和森林退化; 13. 根际的生物地球化学过程: 重金属污染位点的植物修复作用; 14. 受重金属及其它污染的土壤中的植物修复; 15. 重金属在下水道污物中的迁移; 16. 植物体内重金属和非金属种的选择分析; 17. 植物体对重金属耐性的实验测定; 18. 植物名称索引; 19. 主题索引

本书适于植物生理学、生物化学、分子生物学、生态生理学、农医学、森林学、化学、地理学等相关学科的研究人员参考。

(武汉大学外教中心 湖北 武汉 430072 刘丽华)