

# 不同杀虫剂对大豆田节肢动物群落结构的影响<sup>\*</sup>

史树森<sup>1\*\*</sup> 高月波<sup>2</sup> 臧连生<sup>1</sup> 杨 微<sup>2</sup> 高敬伟<sup>2</sup>

(1. 吉林农业大学农学院 生物防治研究所 长春 130118; 2. 吉林省农业科学院 长春 130033)

**摘 要** 通过田间调查明确了大豆田节肢动物群落构成及其优势种群,利用群落参数并结合笔者提出的群落扰动系数比较分析了马拉硫磷、阿维菌素、高效氯氰菊酯和敌敌畏等杀虫剂对大豆田节肢动物群落及其亚群落的影响,研究表明:不同杀虫剂对田间天敌、害虫和中性昆虫亚群的丰富度、多样性指数和均匀度指数影响存在较大差异,其中对中性昆虫亚群影响最大。4种杀虫剂中,阿维菌素对群落的影响最小;高效氯氰菊酯对群落的影响最大,大量杀伤了天敌并引起大豆蚜的再猖獗;不同杀虫剂作用下节肢动物群落恢复速度亦存在明显差异,其中阿维菌素防治田群落恢复速度较快,其它药剂防治田的群落恢复明显滞后或根本无法恢复。

**关键词** 大豆, 节肢动物, 群落, 杀虫剂, 群落扰动系数

## Effects of several insecticides on the arthropod community in soybean fields

SHI Shu-Sen<sup>1\*\*</sup> GAO Yue-Bo<sup>2</sup> ZANG Lian-Sheng<sup>1</sup> YANG Wei<sup>2</sup> GAO Jing-Wei<sup>2</sup>

(1. College of Agronomy /Institute of Biological Control, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China;

2. Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

**Abstract** The species composition of a soybean arthropod community was investigated. The effects of malathion, avermectins,  $\beta$ -cypermethrin and dichlorvos on the community and its sub-communities were compared using community characteristic parameters and a disturbance coefficient developed by ourselves. The results indicate that all insecticides tested had significant effects on species richness, Shannon's index, homogeneity of sub-communities of natural enemies, insect pests and neutral insects. The sub-community of neutral insects underwent greater change than other sub-communities. Of the insecticides tested, avermectins had the least, and  $\beta$ -cypermethrin the most, effect on arthropod communities, the latter causing the greatest mortality among natural enemies and the resurgence of soybean aphids. There were significant differences in the recovery speed of arthropod communities treated with the four insecticides. In contrast to avermectins, the communities of plots treated with the other three insecticides either recovered more slowly or failed to recover during the period of the study.

**Key words** soybean, arthropod, community, insecticide, disturbance coefficient

农田生态系统节肢动物群落是由害虫、天敌和中性昆虫3个亚群落共同组成的,各亚群落之间以及亚群落内部各物种之间通过复杂的营养和竞争关系相互制约来实现群落相对稳定。田间施用杀虫剂作为害虫防治的重要手段会直接或间接地影响农田节肢动物群落的结构和功能,导致群落结构和原有平衡被破坏,严重影响群落的自调节能力。因此,研究不同杀虫剂对农田节肢动物

群落的影响,对实现害虫的可持续控制具有重要指导意义(孙儒泳,2001;Mansfield *et al.*, 2006; Munyuli *et al.*, 2007)。

东北地区是我国的主要大豆产区,大豆食心虫 *Leguminivora glycinivorella*、大豆蚜 *Aphis glycines* 等是大豆田常发性害虫,严重影响大豆的产量和品质。当前,大豆害虫的控制主要依赖化学防治。农药特别是广谱类杀虫剂的盲目使用,必然对大

<sup>\*</sup> 资助项目:国家现代农业产业技术体系建设专项资金项目(CARS-04)。

<sup>\*\*</sup>E-mail: SSS-63@263.net

收稿日期:2011-03-13,接受日期:2011-08-21

豆田生态系统产生负面影响,主要表现为大量杀伤天敌,害虫产生抗药性,或引发非靶标害虫的爆发和靶标害虫的再猖獗(戈峰,2002)。

当前,关于害虫生态调控策略及其理论的研究越来越受到重视。因此,诸如化学防治(侯有明等,2001;苏丽等,2002;巫厚长等,2004;黄顶成等,2005)、转基因作物(刘志诚等,2003;Sisterson *et al.*, 2004;郭建英等,2007;Farinós *et al.*, 2008)、不同品种及耕作方式(罗淑萍等,2006)等外界因素对节肢动物群落的影响倍受关注,对于棉田和水稻田节肢动物群落研究的报导较多,对大豆田的研究主要集中在节肢动物群落种类调查及群落结构特征上(Mark and Peter, 1978;杨勤民等,2004;吴梅香等,2006;高月波等,2010),涉及外界因素对大豆田节肢动物群落影响的研究尚未见报导。本研究在明确大豆田节肢动物群落构成的基础上,以不同药剂防治大豆食心虫为田间生态背景,采用群落结构的主要特征值作为评价指标,对农药施用后大豆田节肢动物群落结构的影响以及群落受扰动后的恢复过程进行研究,为大豆田害虫科学防治提供指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点和调查方法

在长春市南郊、吉林农业大学试验田内选取环境条件一致的样本田 3 500 m<sup>2</sup>,试验共设面积相等的 5 个小区,小区间以等面积的玉米田作为隔离区,种植的大豆品种均为吉农 14。播种后大豆田采用常规管理,对照田不施用任何农药。自 5 月 25 日(大豆苗期)开始调查对照田节肢动物群落,每 5 d 调查 1 次直至大豆收获为止。8 月 14 日针对大豆食心虫采取药剂防治措施,5 个小区分别做如下处理:马拉硫磷喷雾、阿维菌素喷雾、高效氯氰菊酯喷雾、敌敌畏熏蒸和对照(不做任何处理)。施药前 2 d(8 月 12 日)分别对 5 个小区内的节肢动物群落进行调查,以此次调查数据作为群落分析的初始值,自施药后第 3 天,每 5 d 调查 1 次直至 9 月 24 日结束。

田间调查以网捕和植株取样相结合。其中网捕取样,每小区 30 网,扫网调查自始至终由同一人完成;植株取样,采用平行跳跃 5 点取样法,每点面积为 1.4 m × 1 m,采集记录样点内所有植株地上部分的节肢动物。将田间所获标本进行分类

鉴定,对不能明确的未知种按其所属目科进行编号,同时按照不同日期、不同处理等详细记录种类和数量等。

## 1.2 数据的整理和分析

### 1.2.1 节肢动物群落特征指数计算

(1) 群落物种丰富度(species richness):群落中的物种数,以(*S*)表示。

(2) 种群优势度(dominance):本文以相对密度来表示优势度,采用 Berger-Parker (1974) 优势度指数,用(*d*)来表示。

相对密度 = (某种物种个体数量 / 全部生物个体数量) × 100。

(3) 群落多样性(diversity):采用 shannon-winner 多样性指数(*H'*),式中 *N<sub>i</sub>* 为第 *i* 个物种的个体数,*N* 为所有物种的个体总数。

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln(p_i),$$

$$P_i = N_i/N \quad (i = 1, 2, 3, \dots, S).$$

(4) 群落均匀度(evenness):采用 Pielou (1975) 定义的均匀性指数,用(*J*)表示。

$$J = \frac{H'}{H'_{\max}} = \frac{H'}{\ln S}.$$

(5) 种群数量减退率(%) = [(施药前种群数量 - 施药后种群数量) / 施药前种群数量] × 100。

1.2.2 扰动系数计算 在研究不同防治措施对群落的影响时,由于对照田和处理田均处于动态变化中,不同防治措施对群落扰动的程度和方向很难判断,为了寻求不同群落间可比的参数,笔者提出扰动系数公式,并借助扰动系数曲线对不同处理之间的群落变化趋势进行直观比较:

群落扰动系数 = (处理群落特征值改变率 - 对照群落特征值改变率) / 对照群落特征值改变率,

其中:群落特征值改变率(%) = (群落特征值 / 初始群落特征值) × 100。

数据整理和分析主要利用 DPS 统计软件和 Excel 电子表格。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同杀虫剂对节肢动物群落及各亚群落的影响

2.1.1 对群落物种丰富度的影响 比较防治田与对照田节肢动物群落的物种丰富度变化发现,

不同药剂处理对物种丰富度的扰动程度不同,其中阿维菌素对丰富度的影响最小,而高效氯氰菊酯使群落物种丰富度损失最大(图 1:a<sub>1</sub>)。天敌亚群落物种丰富度的扰动曲线表明,杀虫剂的使用明显降低了天敌的丰富度,但阿维菌素和马拉硫磷防治田天敌亚群落在施药后 15 d 和 20 d 后表现出明显的恢复过程(图 1:b<sub>1</sub>);阿维菌素对中性昆虫丰富度的影响也是最小的,而其他几种药剂防治田内的中性昆虫的丰富度都显著降低(图 1:c<sub>1</sub>),这是因为中性昆虫亚群主要是由飞行能力较强的蚊、蝇等昆虫构成,这类昆虫与大豆不存在直接寄生关系,通常只是选择大豆田为临时栖境,农药的使用会对这类昆虫产生明显的趋避作用;4 种杀虫剂对害虫亚群落丰富度的影响存在明显差异,高效氯氰菊酯和马拉硫磷喷雾后,害虫的丰富度明显下降,由于阿维菌素的作用时间比较长而敌敌畏熏蒸又不能对害虫产生直接接触杀作用,因此这 2 种药剂不会迅速降低害虫丰富度(图 1:d<sub>1</sub>)。

**2.1.2 对群落均匀度的影响** 群落的均匀度指数是对群落中物种数量分布均匀程度进行衡量的量化指标。分析杀虫剂对整个节肢动物群落均匀度的扰动发现:在杀虫剂使用后的短时间内(10 d)节肢动物群落的均匀度是显著增加的(图 1:a<sub>2</sub>),这主要由于大豆田中具有少数占绝对数量优势的物种,例如烟蓟马、大豆蚜等,因化学防治而极大削弱了这些物种在数量上的优势,使群落在短期内数量分布趋于均匀;杀虫剂对天敌亚群落均匀度的扰动比较小(图 1:b<sub>2</sub>),因为在天敌亚群落中物种数量分布相对均匀,在相同的农药作用压力下,各天敌数量的变化趋势相对一致;中性昆虫亚群落的均匀度在施药 30 d 后有一个明显的回升过程(图 1:c<sub>2</sub>),由于伴随药剂作用减弱,很多种中性昆虫重新选择大豆田为栖境。害虫亚群落均匀度和节肢动物总群落扰动变化比较相近,马拉硫磷防治引起害虫均匀度的持续降低是因为其对数量优势种烟蓟马控制作用不好,而高效氯氰菊酯防治田后期均匀度的降低是由于该药剂对大豆蚜防治效果差,同时大量杀伤天敌导致大豆蚜种群后期壮大而引起(图 1:d<sub>2</sub>)。

**2.1.3 对群落多样性的影响** 4 种药剂防治中,阿维菌素防治在削弱少数物种数量优势的同时使节肢动物群落的多样性有所提高,而其他 3 种药

剂防治使群落多样性显著降低(图 1:a<sub>3</sub>)。从天敌亚群落的扰动看,阿维菌素防治田在施药 15 d 后出现天敌多样性明显回升,而其他防治田在施药 30 d 后才表现出群落多样性的缓慢回升(图 1:b<sub>3</sub>)。中性昆虫亚群落多样性受化学防治影响最大,所有药剂都大大降低了中性昆虫的多样性(图 1:c<sub>3</sub>);害虫亚群落的多样性变化趋势与节肢动物总群落保持高度一致(图 1:d<sub>3</sub>),是因为大豆田中蓟马、粉虱、蚜虫和叶蝉等几类害虫的数量优势明显,这些害虫的数量变化很大程度上决定了节肢动物多样性、均匀度等群落特征指数的变化。

## 2.2 不同杀虫剂对非靶标害虫及优势天敌种群的影响

**2.2.1 对大豆蚜虫及优势天敌种群的影响** 大豆蚜虫是大豆生长前期的主要害虫,随着大豆田间天敌种类及其数量的增加以及气候条件变化等原因,通常在大豆生长中后期,其种群数量自然消退。然而,在应用不同杀虫剂进行大豆食心虫防治时,对大豆蚜种群的影响表现出明显差异。其中施用高效氯氰菊酯的大豆田蚜虫种群出现再猖獗现象(图 2)。草间花蛛和异色瓢虫是所调查大豆田中捕食性天敌的优势种群。高效氯氰菊酯对草间花蛛的杀伤作用最强,其次是敌敌畏,阿维菌素在 1 周前杀伤作用表现不明显,而马拉硫磷对草间花蛛无明显杀伤作用;马拉硫磷和高效氯氰菊酯对异色瓢虫杀伤作用明显,而阿维菌素和敌敌畏熏蒸对异色瓢虫杀伤作用不明显(图 3)。

### 2.2.2 施药后大豆田蚜虫种群再猖獗原因分析

通过对图 2,3 的综合分析可以看出,防治大豆食心虫所施用 4 种不同杀虫剂对大豆蚜虫及其 2 种主要捕食性天敌种群的影响存在明显差异。马拉硫磷对大豆蚜虫的兼治效果最好,至施药后 13 d 仍保持 90% 以上,对异色瓢虫杀伤效果持续上升,从 3 d 后的 52.92% 到 13 d 后的 87.89%,而对草间花蛛则表现出明显的增加效应。由于蚜虫种群密度迅速减退 90% 以上,种群基数很低,虽然异色瓢虫等瓢虫类天敌明显减少,但在接近成倍增加的蜘蛛类天敌的控制下,使蚜虫种群密度持续处于低水平;阿维菌素对大豆蚜虫的兼治效果稳定在 70% 左右,对异色瓢虫前 3 d 无杀伤效果,但在 7 d 后则表现出较高的杀伤效果,种群密度减退率在 70% 左右,对草间花蛛杀伤效果不显著,仍可

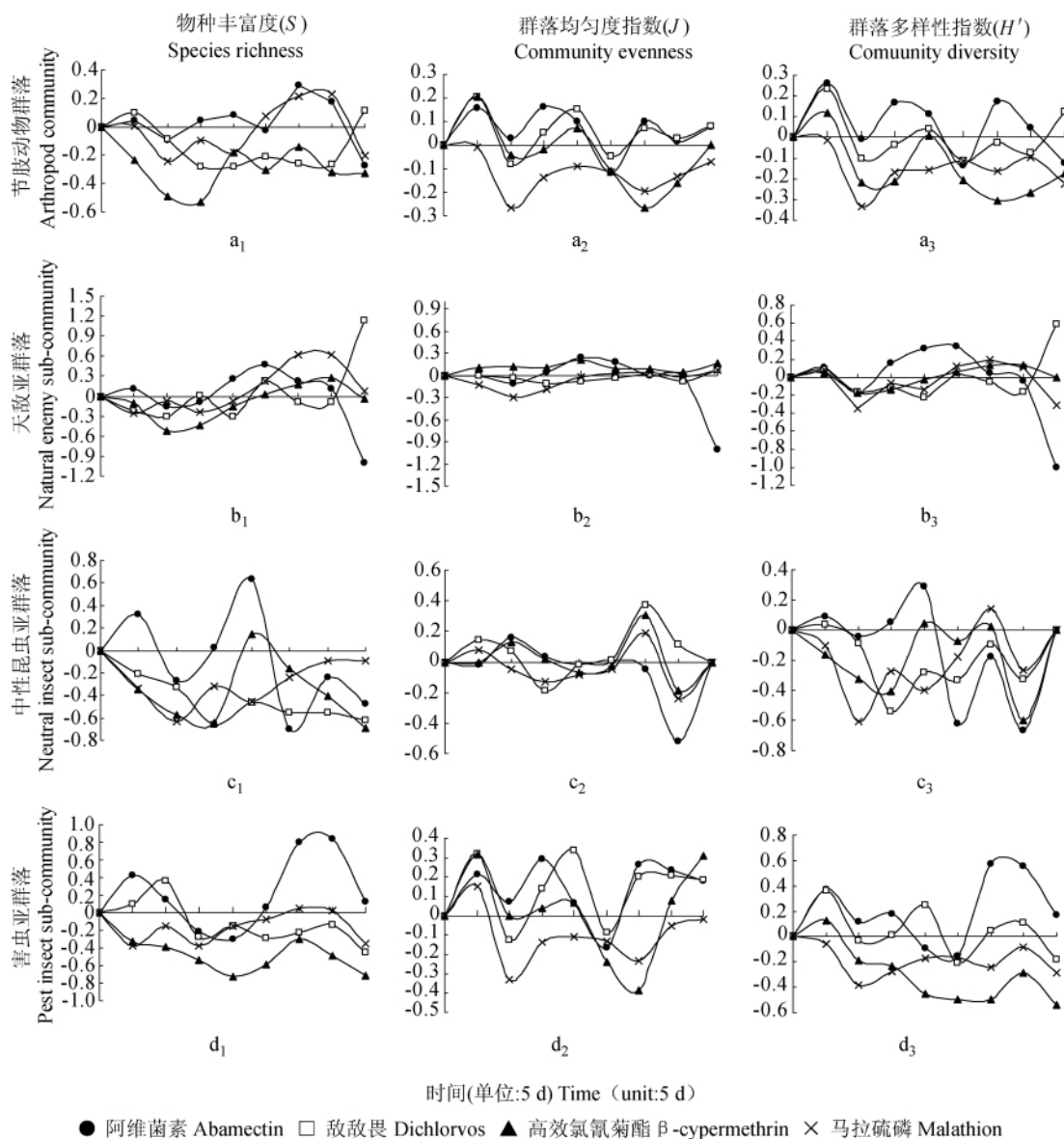


图1 不同杀虫剂对大豆田节肢动物群落及亚群落的扰动

Fig. 1 Disturbance of different insecticide on arthropod and sub-communities in soybean field

曲线代表扰动系数波动, X-轴代表未防对照田。

The curve shows the fluctuation of disturbance coefficients and X-axis represents non-control field in this figure.

保持对蚜虫的有效控制,致使蚜虫种群维持相对较低的密度;高效氯氰菊酯对大豆蚜虫的兼治效果最差,前3 d种群密度仅减退40%左右,7 d以后种群密度则迅速回升,到第13天则增长1倍以上,而对异色瓢虫和草间花蛛则均表现出较高的杀伤作用,其中,异色瓢虫种群迅速减退,草间花蛛种群则持续减退,仅前3 d 2种天敌种群密度就减退68.58%和59.17%。因此,在残存蚜量较高

的前提下,其主要天敌被有效杀灭,最后导致蚜虫种群的快速增长而表现出再猖獗现象;敌敌畏在前3 d兼治蚜虫效果好于高效氯氰菊酯,而对草间花蛛杀伤能力较低,并且对异色瓢虫有增加效应,由于天敌对大豆蚜种群持续较强的控制作用,大豆蚜种群密度持续处于较低水平。

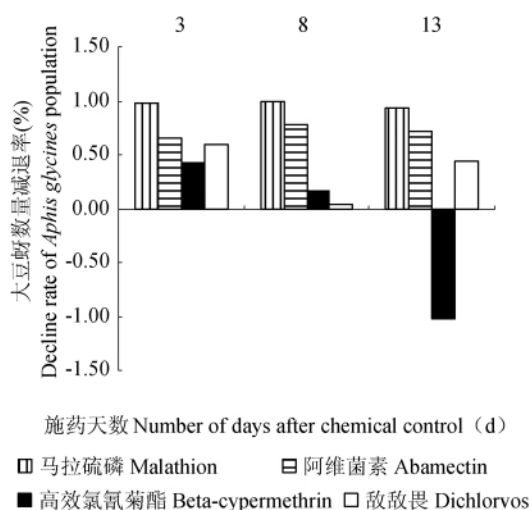


图2 不同杀虫剂对大豆蚜种群的影响

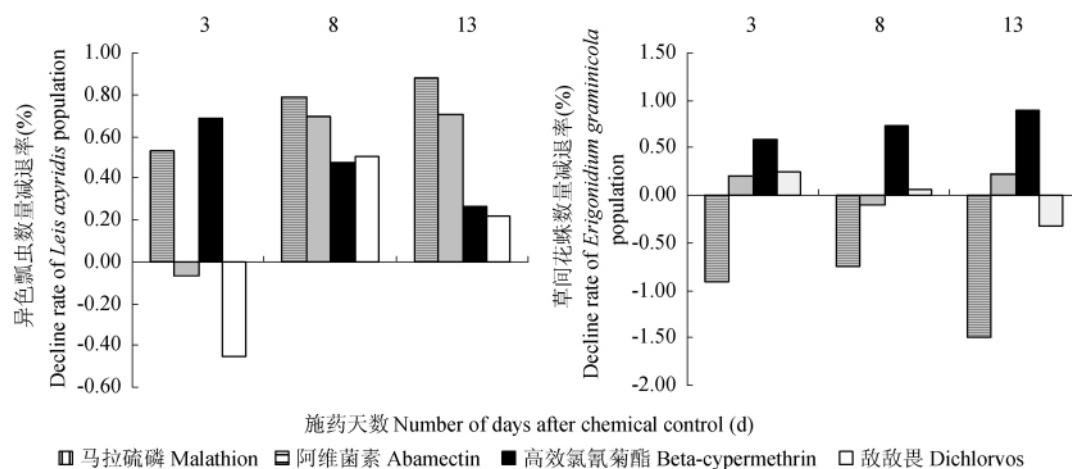
Fig. 2 Impact of different insecticide on population of *Aphis glycines*

图3 不同杀虫剂对优势天敌种群影响

Fig. 3 Impact of different insecticide on the dominant natural enemy populations

广谱杀伤力时,会造成群落丰富度和多样性的严重破坏,群落的恢复速度会受到极大的影响。

### 3.3 不同杀虫剂对天敌和中性昆虫影响程度不同

中性昆虫作为一些天敌的替代食物,其在化学杀虫剂的胁迫下丰富度和多样性大大降低,对维持天敌数量、控制害虫发生和稳定节肢动物群落结构极其不利(吴进才等,1994)。因此,盲目使用高毒、广普性化学农药会对节肢动物群落的稳定性造成很大影响。本研究采用马拉硫磷防治

## 3 小结与讨论

### 3.1 大豆田节肢动物群落具有较高的物种丰富度

大豆田节肢动物群落通常具有较高的物种丰富度,其中烟蓟马、大豆蚜等少数害虫占有数量上的绝对优势。天敌中主要以捕食性的天敌数量占优,但寄生性天敌的物种丰富度要明显高于捕食性天敌。中性昆虫也是大豆田节肢动物群落的重要组成部分。

### 3.2 不同种类杀虫剂对大豆田节肢动物群落扰动程度不同

本研究中高效氯氰菊酯对整个节肢动物群落的丰富度和多样性影响最为严重。群落对外界扰动具有一定的自恢复能力,恢复速度很大程度上取决于药剂的作用特性,当一种药剂具有较强的

大豆食心虫即产生了类似的结果。

### 3.4 大量杀伤天敌是导致害虫再猖獗的主要原因

应用化学药剂防治农田害虫时,应首先弄清拟防治对象田间生物群落的结构特征,主要害虫和次要害虫及其天敌的种类,并且了解所选药剂的杀虫机制和杀虫谱。因此,在考虑有效控制害虫种群的同时应提高防治针对性,最好使用选择性强、残效期短的杀虫剂。对于蚜虫、蓟马等生殖力强,繁殖迅速的害虫,若施用广谱性高毒类杀虫

剂,则因严重杀伤天敌类群而引起该类害虫的再猖獗。本研究中,高效氯氰菊酯导致田间作为次要害虫的大豆蚜种群出现再猖獗现象就是一例。

## 参考文献 (References)

- Farinoós GP, dela Poza M, Pedro HC, 2008. Diversity and seasonal phenology of aboveground arthropods in conventional and transgenic maize crops in Central Spain. *Biol. Control*, 44:362—371.
- Mansfield S, Dillon ML, Whitehouse MEA, 2006. Are arthropod communities in cotton really disrupted? An assessment of insecticide regimes and evaluation of the beneficial disruption index. *Agricult. Ecosyst. Environ.*, 113:326—335.
- Mark AM, Peter WP, 1978. Seasonal development of soybean arthropod communities in east central Illinois. *Agro-Ecosystems*, 4 (3):387—405.
- Munyuli MBT, Luther GC, Kyamanywa S, 2007. Effects of cowpea cropping systems and insecticides on arthropod predators in Uganda and Democratic Republic of the Congo. *Crop Protection*, 26:114—126.
- Sisterson MS, Biggs RW, Olson C, Carriere Y, Dennehy TJ, Tabashnik BE, 2004. Arthropod abundance and diversity in Bt and non-Bt cotton fields. *Environ. Entomol.*, 33 (4):921—929.
- 高月波, 杨微, 高敬伟, 史树森, 2010. 长春地区大豆田节肢动物群落时序动态研究. *吉林农业大学学报*, 32 (4):377—382.
- 戈峰, 2002. 现代生态学 (第一版). 北京:科学出版社. 448—451.
- 郭建英, 周洪旭, 万方浩, 韩召军, 2007. 转基因棉田节肢动物群落结构与动态. *华北农学报*, 22 (6):183—189.
- 侯有明, 庞雄飞, 梁广文, 尤民生, 2001. 化学杀虫剂对菜田节肢动物多样性的影响. *生态学报*, 21 (8):1262—1268.
- 黄顶成, 尤民生, 侯有明, 李志胜, 2005. 化学除草剂对农田生物群落的影响. *生态学报*, 25 (6):1451—1458.
- 刘志诚, 叶恭银, 胡萃, 2003. 转 *cryIAb/PcryIAc* 基因籼稻对稻田节肢动物群落影响. *昆虫学报*, 46 (4):454—465.
- 罗淑萍, 张永强, 黄寿山, 2006. 不同抗性品种稻田捕食性节肢动物的群落结构. *昆虫知识*, 43 (4):453—460.
- 苏丽, 戈峰, 刘向辉, 2002. 化学防治对不同类型棉田害虫和捕食性天敌群落多样性的影响. *昆虫学报*, 45 (6):777—784.
- 孙泳冰. 2001. 动物生态学原理 (第二版). 北京:北京师范大学出版社. 1—511.
- 巫厚长, 程遐年, 魏重生, 邹运鼎, 2004. 吡虫啉对烟田节肢动物群落的影响研究. *应用生态学报*, 15 (1):95—98.
- 吴进才, 胡国文, 唐健, 束兆林, 杨金生, 万志农, 任正才, 1994. 稻田中性昆虫对群落食物网的调控作用. *生态学报*, 14 (4):381—386.
- 吴梅香, 吴珍泉, 朱玲, 陈兢, 2006. 菜用大豆田节肢动物的群落特征. *福建农林大学学报 (自然科学版)*, 35 (4):359—364.
- 杨勤民, 孙敏, 徐玉芳, 时爱菊, 牟吉元, 2004. 夏大豆田主要害虫和天敌群落结构的研究. *山东农业大学学报 (自然科学版)*, 35 (2):217—220.