

作物多样性对大豆蚜的控制效应*

李新民^{1**} 刘春来¹ 刘兴龙¹ 王克勤¹ 王爽¹ 夏吉星¹ 刘宇¹
杨帆¹ 邵天玉¹ 丁俊杰² 时新瑞³ 徐伟钧^{1***}

(1. 黑龙江省农业科学院植物保护研究所 哈尔滨 150086; 2. 黑龙江省农业科学院佳木斯分院 佳木斯 154007;
3. 黑龙江省农业科学院牡丹江分院 温春 157041)

摘要 【目的】研究大豆蚜发生为害及大豆与多种作物间邻作种植对大豆蚜的控制作用,为大豆蚜的可持续综合治理提供理论依据。【方法】采用系统调查的方法,研究大豆蚜和天敌田间种群动态;通过田间罩笼、人工接蚜和释放天敌的方法,研究捕食性天敌对大豆蚜种群的控制作用;在佳木斯地区进行大豆与早熟马铃薯间作,牡丹江地区进行黄瓜-大豆-玉米、甜葫芦-大豆-玉米、烟草-大豆-香瓜、甜菜-大豆-玉米等多作物带状穿插种植模式,以单作大豆田为对照,对不同种植模式的大豆田大豆蚜与天敌进行调查,研究作物多样性对大豆蚜的控制作用。【结果】2009年6月中下旬大豆蚜开始侵入大豆田,3~5周后田间有蚜株率达到100%,大豆蚜种群发生高峰期在7月下旬至8月上旬,9月上旬在田间逐渐消失。草蛉、瓢虫和寄生蜂等为蚜虫天敌优势种;按大豆蚜与天敌数量之比700:1,释放异色瓢虫和叶色草蛉成虫7d后,蚜虫种群减退率分别为54.78%和78.79%;大豆与早熟马铃薯间作,在大豆蚜种群迅速增长期早熟马铃薯收获(7月20日)后第5天,大豆蚜天敌总数是收获前的2.6倍,与同期单作大豆田相比,间作田大豆蚜种群数量降低了51.3%。大豆与甜葫芦、香瓜、烟草和玉米等作物进行多样性间作种植,在大豆蚜田间发生高峰期,单作大豆田益害比为1:65.2,多样性种植区的大豆田益害比为1:26~1:42,与单作大豆田相比,间作田大豆蚜种群数量降低40.7%~83.5%。【结论】2009年大豆蚜的种群高峰期在8月3日,田间的天敌优势种类为草蛉、瓢虫和寄生蜂。早熟马铃薯与大豆间作,在大豆蚜种群迅速增长期间收获早熟马铃薯,大量蚜虫天敌转移至间作的大豆田,从而形成对大豆蚜的控制。大豆与其它经济作物间邻作,大豆田天敌昆虫与蚜虫的益害比明显提高,表明利用农田作物多样性能充分发挥自然天敌的生物控害作用。

关键词 大豆蚜, 天敌, 种群动态, 作物多样性, 控蚜作用

Crop diversification as a method of managing the soybean aphid, *Aphis glycines* Matsumura

LI Xin-Min^{1**} LIU Chun-Lai¹ LIU Xing-Long¹ WANG Ke-Qin¹ WANG Shuang¹ XIA Ji-Xing¹
LIU Yu¹ YANG Fan¹ SHAO Tian-Yu¹ DING Jun-Jie² SHI Xin-Rui³ XU Wei-Jun^{1***}

(1. Plant Protection Research Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China;

2. Jiamusi Sub-academy of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Jiamusi 154007, China;

3. Mudanjiang Sub-academy of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Wenchun 157041, China)

Abstract [Objectives] To determine the benefit of intercropping soybeans as a means of controlling the soybean aphid, *Aphis glycines* Matsumura. [Methods] Field surveys of the population dynamics of the soybean aphid, *A. glycines* and its natural enemies were conducted in 2009. A field experiment using cages artificially infested with 500 aphids per plant into which natural

* 资助项目: 公益性行业(农业)科研专项(201103022)

**E-mail: xinmin63@163.com

***通讯作者, E-mail: xu.wei@163.com

收稿日期: 2014-01-20, 接受日期: 2014-02-06

enemies were released was conducted to study the ability of indigenous predators to reduce the soybean aphid population. To study the influence of crop diversity on soybean aphids and their natural enemies, soybeans were intercropped with different crops at two sites in Heilongjiang Province, early maturing potato at Jiamusi, and *Lagenaria* spp., *Cucumis melo*, *Nicotiana tabacum* and *Zea mays* at Mudanjiang. **[Results]** Aphids colonized soybeans in mid-late July, and infestation reached 100% after 3 to 5 weeks. The population peak occurred from late June to early August, and aphids began to disappear in early September. The dominant species of natural enemies were mainly lacewings, ladybugs and parasitoids. Releasing adult *Harmonia axyridis* and *Chrysopa phyllochroma* at a ratio of 700 aphids : 1 natural enemy, resulted in rates of soybean aphid decline of 54.78% and 78.79%, respectively after 7 days. In the fields intercropped with early maturing potatoes, natural enemies increased by 2.6 times 5 days after potatoes were harvested and the soybean aphid population decreased by 51.3% in intercropped fields compared to soybean monocultures. In soybean fields intercropped with different crops, the ratio of natural enemies to soybean pests was 1 : 65.2 in soybean monocultures compared to 1 : 26 to 1 : 42 in intercropped fields and the soybean aphid population was 40.7% to 83.5% smaller in intercropped fields. **[Conclusion]** The soybean aphid population peak was on 3, August in 2009. The dominant species of natural enemies were mainly lacewings, ladybugs and parasitoids. In fields in which soybeans were intercropped with early maturity potatoes, some natural enemies migrated to soybean plants after the potatoes were harvested significantly reducing the population of soybean aphids. The ratio of natural enemies to soybean pests was much higher in soybean monocultures than in intercropped fields, suggesting that crop diversity can facilitate the bio-control of soybean aphids by their natural enemies.

Key words *Aphis glycines*, natural enemy, population dynamics, crop diversity, control effect

大豆蚜 *Aphis glycines* Matsumura 为异寄主全周期昆虫,其冬寄主为鼠李科植物,夏寄主为大豆(张履鸿,1993)。大豆蚜以成蚜、幼蚜危害大豆生长点、顶叶、嫩茎,导致植株卷缩和矮化,造成大豆产量下降。同时,大豆蚜还是大豆花叶病毒病、马铃薯 Y 病毒等病毒的传播媒介(张明厚等,1986; Davis *et al.*, 2005),从而造成更大的次生危害。

黑龙江省是我国的大豆主产区,常年播种面积 350 万 hm^2 ,2004 年大豆蚜虫发生面积为 139.3 万 hm^2 ,其中 40 万 hm^2 达到大发生指标以上,产量损失严重(王春荣等,2005)。2000 年在美国威斯康星和伊利诺斯等州发现大豆蚜,之后迅速传播到美国 20 个州及加拿大的安大略等 3 个省。2004 年大豆蚜在当地的危害面积达 2 429 万 hm^2 ,对农业生产造成了潜在的威胁(Ragsdale *et al.*, 2004)。大豆蚜因此成为备受关注的世界性农业害虫。

目前,在大豆蚜的防治实践中,缺乏早期预警及有效的测报手段,面对大面积暴发蚜害,单纯依靠化学药物防治,致使天敌数量锐减,大豆蚜的抗药性不断增强,极大地增加了防治难度。根据大豆蚜田间发生与危害特点,基于寄主-蚜虫-天敌之间的相互关系,充分利

用田间生物多样性调整三者之间的关系,从而达到防治蚜虫的目的,这充分体现了绿色农业生产的思路 and 理念。因此,基于生物多样性对大豆蚜进行可持续综合治理研究具有重要的现实意义。

1 材料与方法

1.1 大豆蚜田间种群动态调查

在黑龙江省农业科学院试验地,分别选取不喷洒任何化学药剂的大豆田,随机选取 10 点,每点连续 20 株,记录无翅蚜、有翅蚜和僵蚜数量,调查从 6 月中旬开始至 9 月中旬结束,7 d 调查一次。

1.2 大豆田天敌发生动态调查

调查地块同上,定点 20 点。以有蚜植株为中心,选取 10 株相邻大豆,每 3 d 系统调查整株大豆上的天敌种类和数量。

1.3 捕食性天敌对大豆蚜的控制作用

每个处理面积 2 m^2 ,罩 60 目尼龙网,保留 40 株大豆,并人工排除已有的大豆蚜和天敌,人工接入大豆蚜 500 头/株(约 20 000 头/网),同时按每网蚜量与天敌之比 2 000 : 1

(10 头/网)、1 000:1 (20 头/网) 和 700:1 (30 头/网) 释放田间捕捉的异色瓢虫或叶色草蛉成虫。每个处理重复 3 次, 间隔 7 d, 每网随机选取 10 株大豆, 全株调查大豆蚜虫数量动态。

1.4 大豆与早熟马铃薯间作防治大豆蚜

佳木斯基点, 大豆与早熟马铃薯 8 垄: 8 垄间作, 大豆单作田为对照。每个处理重复 3 次, 行长 20 m, 垄距 0.7 m。早熟马铃薯品种为早大白, 出苗到成熟约 60 d。马铃薯播种日期为 4 月 20 日, 大豆播种日期为 5 月 5 日, 马铃薯收获日期为 7 月 20 日。7 月 19 日和 7 月 25 日, 进行间作田、大豆单作田和马铃薯田的蚜虫和天敌数量调查, 每个处理取样 5 点, 每点调查 20 株。

1.5 大豆与多作物间作对豆田大豆蚜、天敌发生影响

试验在宁安市海浪镇科技示范园区进行。处理田为黄瓜-大豆-玉米、甜葫芦-大豆-玉米、烟草-大豆-香瓜、甜菜-大豆-玉米等作物带状穿插大面积种植区, 对照区为大面积单作大豆田。

在大豆蚜发生初期、高峰期, 采用“Z”取样法, 调查 5 点, 每点 20 株大豆, 记录大豆蚜和天敌数量。

2 结果与分析

2.1 大豆蚜和天敌田间动态研究

田间调查结果表明(图 1), 黑龙江大豆产区 6 月中下旬, 大豆蚜有翅蚜侵入豆田定居并繁殖为害, 田间呈点片状分布, 产生的有翅蚜逐步向外扩散, 成为大豆蚜蔓延全田的虫源。7 月中旬, 大豆蚜种群快速发展, 田间有蚜株率于 7 月 13 日达 100%, 全田普遍发生至 8 月上旬。大豆蚜种群数量达到高峰的时间为 8 月 3 日, 单株蚜量达 228.7 头。在 9 月上旬种群逐渐消退。大豆蚜天敌的发生期为 6 月下旬至 9 月上旬, 高峰期为 7 月下旬, 随着大豆蚜虫数量的不断增加, 天敌的总量也不断增加。田间优势种类为草蛉、瓢虫和寄生蜂, 8 月上旬天敌数量开始急剧下降, 至 9 月上旬大豆蚜虫迁出大豆田时, 大部分天敌也离开大豆田。

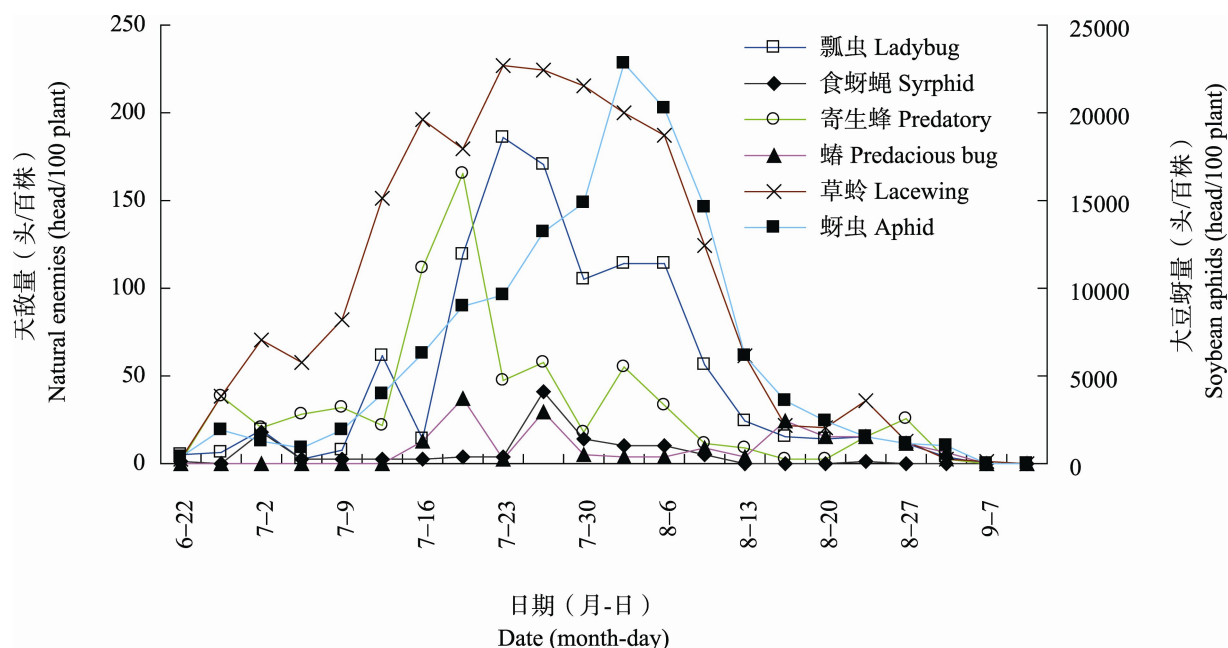


图 1 田间大豆蚜、天敌种群发生动态 (2009, 哈尔滨)

Fig. 1 Population dynamics of *Aphis glycines* and its natural enemies in 2009

2.2 天敌控蚜研究

人工释放不同数量的捕食性天敌异色瓢虫或叶色草蛉,均对蚜虫种群的发展有一定的抑制作用。按蚜量与天敌之比 700 : 1,即每网人工释放 30 头捕食性天敌瓢虫或草蛉,对大豆蚜的种群数量的控制作用明显,释放瓢虫或草蛉 7 d 后,蚜量分别比对照减少了 54.78% 和 78.79% (表 1)。

2.3 大豆与早熟马铃薯间作对大豆蚜的控制作用

调查结果表明,间作区马铃薯田蚜量 1 319.3 头/100 株,天敌总量 160 头/100 株;间作区大豆田大豆蚜量 420 头/100 株,天敌总量 70.7 头/100 株。早熟马铃薯收获后间作区

大豆田的天敌总量增加到 184 头/100 株,与单作大豆田相比,间作区大豆田大豆蚜数量降低了 51.3% (表 2)。

2.4 大豆与多种作物间作防治大豆蚜研究

调查表明,在大豆蚜发生初期,各种植区的大豆田存在着大量蚜虫天敌,与其他作物间邻作的大豆田,蚜虫数量显著地低于单作大豆田。7 月 11 日单作大豆田天敌与蚜虫数量的益害比为 1 : 52,其它间邻作大豆田益害比在 1 : 8.9 ~ 1 : 18.9 之间。在大豆蚜数量高峰期间(7 月 26 日),单作田益害比为 1 : 65.2,其它处理田间益害比在 1 : 26 ~ 1 : 42 之间(表 3)。因此,大豆与多作物间邻作种植,极大地丰富了大豆田天敌的种群数量,增强了天敌的控害作用。

表 1 天敌对大豆蚜种群的抑制作用

Table 1 Control effect of natural enemies against soybean aphid population

天敌 Natural enemy	释放比例 Releasing ratio	释放后 7 d 7 d after releasing		释放后 14 d 14 d after releasing	
		单株蚜量 Nunmer of aphid per plant	减退率(%) Decline rate	单株蚜量 Nmber of aphid per plant	减退率(%) Decline rate
异色瓢虫 <i>Harmonia axyridis</i>	700 : 1	4 592.8a	54.79	17.7b	99.75
	1 000 : 1	8 120.6a	20.06	20.6b	99.71
	2 000 : 1	6 344.4a	37.54	3 120.8ab	56.15
叶色草蛉 <i>Chrysopa phyllochroma</i>	700 : 1	2 155.0a	78.79	3 667.7ab	48.46
	1 000 : 1	7 467.8a	26.49	5 672.2a	20.30
	2 000 : 1	9 567.8a	5.81	3 612.2ab	49.24

* 资助项目: 公益性行业(农业)科研专项(201103022)

**E-mail: xinmin63@163.com

***通讯作者, E-mail: xu.wei jun@163.com

收稿日期: 2014-01-20, 接受日期: 2014-02-06

对照 Control — 10 158.3a — 7 116.7a —

表中同列数字后标有相同字母者为邓肯氏测验差异不显著 ($P>0.05$)，表 3 同。

Data within a column followed by the same letters are not significantly different at 0.05 level by Duncan's multiple range test. The same for Table 3.

表 2 大豆与早熟马铃薯间作田间蚜虫与天敌数量 (佳木斯, 2009)

Table 2 The population of aphid and natural enemy in intercropped-plant field of soybean with early maturity potato (Jiamusi, 2009)

种群数量 (头/100 株) Number of population (heads per 100 plants)	间作豆田 Intercropped-plant soybean field		马铃薯田 Intercropped-plant potato field		单作豆田 Monocultured soybean field	
	马铃薯收获前 Before harvesting	马铃薯收获后 After harvesting	马铃薯收获前 Before harvesting	马铃薯收获前 Before harvesting	马铃薯收获前 Before harvesting	马铃薯收获后 After harvesting
蚜虫 Aphid	420.0	254.7	1 319.3	297.3		522.7
天敌 Natural enemy	70.7	184.0	160.0	64.7		94.0

表 3 大豆与多种作物间作田大豆蚜和天敌种群数量 (牡丹江, 2009)

Table 3 The population of aphid and natural enemy in intercropped-plant field of soybean with different crop (Mudanjiang, 2009)

间作方式 Intercropping model	7 月 11 日 11, June		7 月 26 日 26, June	
	大豆蚜数量(头/100 株) Soybean aphid number per 100 plants	益害比 The ratio of natural enemy and pest	大豆蚜数量(头/100 株) Soybean aphid number per 100 plants	益害比 The ratio of natural enemy and pest
黄瓜-大豆-玉米 Cucumber-soybean-corn	244.2b	1 : 11	5 118.4b	1 : 26
甜葫芦-大豆-玉米 Cucurbit-soybean-corn	400.5b	1 : 15.3	2 745.1bc	1 : 37
烟草-大豆-香瓜 Tobacco-soybean-casaba	314.3b	1 : 18.9	1 420.3cd	1 : 42
甜菜-大豆-玉米 Sugarbeet-soybean-corn	334.7b	1 : 8.9	4 183.2b	1 : 35.7
单作大豆田 Mono-cultured soybean	912.6a	1 : 52	8 638.6a	1 : 65.2

3 讨论

大豆蚜在黑龙江大豆产区每年均有发生。研究表明, 大豆蚜在 6 月中下旬开始侵入大豆田,

8 月下旬逐渐消失, 种群发生高峰期在 7 月下旬至 8 月上旬。田间大豆蚜从出现到全田发生经历 3~5 周的时间。大豆蚜点片“窝子蜜”发生时期(李学军等, 2011)和种群扩散时期(戴长春,

2005)进行有效防治,可减轻大豆蚜对产量损失的影响。有翅蚜在田间扩散和寄主转移中起着重要的作用,近几年,国家公益性行业科研专项“作物蚜虫综合防控体系研究与推广”项目组,在黑龙江不同生态区建立的小型迁飞性昆虫吸虫塔监测网络,对大豆蚜的迁移动态进行实时监测,获得的大量的迁飞蚜活动数据,为大豆蚜发生为害预警提供了重要依据(乔格侠等,2011)。

自然界中蚜虫的天敌包括捕食性、寄生性和病原性三大类群。戴长春(2005)对大豆蚜天敌种类组成调查发现,黑龙江省豆田共有5个目12个科21种天敌昆虫,且天敌对大豆蚜种群表现出明显的跟随效应。田间调查及笼罩试验研究表明,草蛉、瓢虫和寄生蜂为豆田大豆蚜天敌的优势种。按蚜量与天敌之比700:1,通过人工释放捕食性天敌叶色草蛉和异色瓢虫7d后,大豆蚜种群分别降低了54.78%和78.79%;释放14d后,异色瓢虫控蚜效果达到了99.75%。因此,研究开发农田自然天敌的保育技术,对害虫的可持续治理具有重要指导意义。

种植单一作物和依靠化学农药,导致农田生态系统自我调节能力下降,是造成作物虫害严重发生的主要原因之一(尤民生等,2004)。大量研究表明,不同作物间作可以明显降低害虫的种群数量。紫花苜蓿与棉花的间作可以显著地降低棉蚜的种群数量(Lin *et al.*, 2003),小麦与油菜间作增加了瓢虫和蚜茧蜂的种群数量及蚜虫的寄生率(王万磊,2008),小麦与苜蓿间作使得天敌组合中各成员之间在时间生态位上互为补充,从而有效地控制了蚜虫种群的发展(马克争,2004)。在牡丹江的大豆与甜葫芦、籽用黄瓜、香瓜、烟草和玉米形成的多作物种植系统中,大豆蚜发生高峰期田间天敌与蚜虫数量单位比(益害比)是同期单作大豆田的1.5~2.5倍,大豆蚜种群数量减少了40.7%~83.5%。因此,多样化的套间作系统可有效地抑制害虫的发生(戈峰和丁岩钦,1997)。张润志等(1999)利用新疆棉田周边多年生豆科草本植物苜蓿带防控棉蚜,在棉蚜大量发生时,苜蓿带中棉蚜的天敌数量是同期棉田中的13.65倍,刈割苜蓿使天敌进入棉田,

对棉蚜起到很好的控制效果。本研究利用大豆与早熟马铃薯间作,收获早熟马铃薯促使部分蚜虫天敌迁移到大豆田。收获后第5天,大豆田蚜虫天敌数量是收获前的2.6倍,间作田大豆蚜种群数量比单作大豆田降低51.3%。因此,利用不同作物生育时期的差异涵养天敌,结合栽培措施使天敌种群在不同作物间迁移,可以达到自然控制的目的(乔格侠等,2011)。在我国通过作物品种多样性、生态系统多样性和种植诱集植物,建立的主要农作物重大害虫生态调控技术体系的应用效果十分显著(吴孔明等,2009)。利用作物多样性,增强对害虫种群的生态控制,只是害虫综合治理中的一种有效途径。随着研究的不断深入,生物多样性在害虫的持续控制中将发挥更大的作用。

参考文献 (References)

- Davis JA, Radcliffe EB, Ragsdale DW, 2005. Soybean aphid, *Aphis glycines* Matsumura, a new vector of potato virus Y in potato. *Amer. J. Potato Res.*, 81(2): 101-105.
- Lin R, Liang H, Zhang R, Tian CY, Ma Y, 2003. Impact of alfalfa/cotton intercropping and management on some aphid predators in China. *J. Appl. Ent.*, 127: 33-36.
- Ragsdale DW, Voegtlin DJ, O'NEIL RJ, 2004. Soybean aphid biology in North America. *Annals of the Entomological Society of America*, 97(2): 204-208.
- 戴长春, 2005. 大豆蚜(*Aphis glycines* Matsumura)种群动态及天敌控制作用研究. 硕士学位论文. 哈尔滨: 东北农业大学. [Dai CC, 2005. Studies on the population dynamics of *Aphis glycines* (Homoptera: Aphididae) and its natural enemies control. Master Degree Thesis. Haerbin: Northeast Agricultural University.]
- 戈峰, 丁岩钦, 1997. 多样化的棉田生态系统控害保益功能特征研究. *应用生态学报*, 8(3): 295-298. [Ge F, Ding YQ, 1997. Functional features of preserving natural enemies to control insect pests in intercropped cotton field ecosystems. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 8(3): 295-298.]
- 李学军, 邓国, 王淑贤, 邢星, 李艳, 于广文, 尤广兰, 2011. 大豆蚜自然天敌种群动态及其控蚜作用研究. *应用昆虫学报*, 48(6): 1613-1624. [Li XJ, Deng G, Wang SX, Xing X, Li Y, Yu GW, You GL, 2011. The population dynamics and control effect of important natural enemies of the soybean aphid, *Aphis glycines*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(6): 1613-1624.]

- 马克争, 2004. 小麦-苜蓿间作对麦长管蚜及其主要天敌的种群动态的影响. 硕士学位论文. 杨凌: 西北农林科技大学. [Ma KZ, 2004. Effects of wheat-alfalfa intercropping on dynamics of *macrosiphum avenae* (Homoptera: Aphididae) and its natural enemies. Master Degree Thesis, Yangling: North West Agriculture and Forestry University.]
- 乔格侠, 秦启联, 梁红斌, 曹雅忠, 许国庆, 高占林, 徐伟钧, 武予清, 李学军, 赵章武, 成新跃, 2011. 蚜虫新型预警网络的构建及其绿色防控技术研究. *应用昆虫学报*, 48(6): 1596–1601. [Qiao GX, Qin QL, Lian HB, Cao YZ, Xu GQ, Gao ZL, Xu WJ, Wu YQ, Li XJ, Zhao ZW, Cheng XY, 2011. A new aphid-monitoring network system based on suction trapping and development of “green techniques” for aphid management. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(6): 1596–1601.]
- 王春荣, 邓秀成, 殷丽娟, 宋玉华, 张东英, 沈海波, 2005. 2004年黑龙江省大豆蚜虫爆发因素分析. *大豆通报*, 3: 19–20. [Wang CR, Deng XC, Yin LJ, Song YH, Zhang DY, Shen HB, 2005. Analysis of the factors of soybean aphid outbreak in Heilongjiang Province in 2004. *Soybean Bulletin*, 3: 19–20.]
- 王万磊, 2008. 麦田生物多样性对麦蚜的控制效应. 硕士学位论文, 泰安: 山东农业大学. [Wang WL, 2008. Control effect of biological diversity in wheat field of wheat aphid. Master degree thesis, Taian: Shandong Agricultural University.]
- 吴孔明, 陆宴辉, 王振营, 2009. 我国农业害虫综合防治研究现状与展望. *昆虫知识*, 46(6): 831–836. [Wu KM, Lu YH, Wang ZY, 2009. Advance in integrated pest management of crops in China. *Chinese Bulletin of Entomology*, 46(6): 831–836.]
- 尤民生, 刘雨芳, 侯有明, 2004. 农田生物多样性与害虫综合治理. *生态学报*, 24(1): 117–122. [You MS, Liu YF, Hou YM, 2004. Biodiversity and integrated pest management in agroecosystems. *Acta Ecologica Sinica*, 24(1): 117–122.]
- 张履鸿, 1993. 农业经济昆虫学. 哈尔滨: 哈尔滨船舶工程学院出版社. 211–215. [Zhang LH, 1993. Agricultural Entomology. Harbin: Harbin Ship Engineering Institute Press. 211–215]
- 张明厚, 吕文清, 钟兆西, 王人元, 1986. 大豆花叶病种子带毒及介体传播在流行中的应用. *植物病理学报*, 16(3): 151–157. [Zhang MH, Lv WQ, Zhong ZX, Wang RY, 1986. Application of virus and mediator in the epidemic of soybean mosaic virus. *Acta Phytopathologica Sinica*, 16(3): 151–157.]
- 张润志, 梁宏斌, 田长彦, 张广学, 1999. 利用棉田边缘苜蓿带控制棉蚜的生物学机理. *科学通报*, 44(20): 2175–2178. [Zhang RZ, Liang HB, Tian CY, Zhang GX, 1999. Biological mechanism of using cotton edge alfalfa controlling cotton aphid. *Chinese Science Bulletin*, 44(20): 2175–2178.]