

生物杀虫剂对大豆蚜的室内毒力及田间药效的筛选研究^{*}

孙 巍^{**} 李建平 张 强 李启云 周佳春 高月波^{***}

(吉林省农业科学院植物保护研究所 农业部东北作物有害生物综合治理重点实验室 公主岭 136100)

摘 要 【目的】 通过比较不同药剂防治大豆蚜 *Aphis glycines* 的效果, 筛选出适宜使用的生物农药, 为生产上防治大豆蚜提供科学依据。【方法】 选用室内毒力和田间药效试验相结合的方法, 测定了 10 种杀虫剂对大豆蚜的防治效果。【结果】 室内毒力测定结果显示, 各药剂经 24 h 处理的试虫校正死亡率在 85.84%~100% 之间。田间药效试验结果表明, 除 2.5% 多杀霉素悬浮剂外, 其它药剂均表现出对于大豆蚜的较好的防治效果。15% 除虫菊素水乳剂、6% 乙基多杀菌素悬浮剂、3% 阿维菌素水乳剂、0.5% 苦参碱水乳剂这 4 种生物农药施用后的 4 d 防治效果均在 95% 以上。【结论】 这 4 种生物农药具有较高的推广价值, 可用于大豆蚜的防治。

关键词 大豆蚜, 防治效果, 化学农药, 生物农药, 室内毒力, 田间药效

Laboratory toxicities of ten biopesticides to the soybean aphid, *Aphis glycines* (Hemiptera: Aphididae) and their efficacy at controlling this pest in the field

SUN Wei^{**} LI Jian-Ping ZHANG Qiang LI Qi-Yun ZHOU Jia-Chun GAO Yue-Bo^{***}

(Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Northeast, Ministry of Agriculture, Institute of Plant Protection, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling 136100, China)

Abstract [Objectives] To provide a scientific basis for selecting pesticides to control the soybean aphid, *Aphis glycines* (Hemiptera: Aphididae). [Methods] The effectiveness of ten insecticides on *A. glycines* was tested in the laboratory and in the field. [Results] The results of laboratory toxicity experiments show that corrected mortality ranged from 85.84% to 100% after 24h. The results of field trials show that only one of the insecticides tested, spinosad 2.5% SC, was ineffective in controlling *A. glycines*. The corrected control effects of pyrethrin 15% EW, spinetoram 6% SC, abamectin 3% EW and matrine 0.5% EW were > 95% after 4 d. [Conclusion] These four biopesticides are broadly popular and can be an effective means of controlling *A. glycines*.

Key words *Aphis glycines*, control effect, chemical pesticide, biopesticide, laboratory toxicities, field control efficacy

大豆蚜 *Aphis glycines* Matsumura 俗称密虫、腻虫, 是大豆的重要害虫, 在我国有着广泛的地理分布且发生频繁, 其在东北和内蒙古发生危害尤其严重(张广学和钟铁森, 1983; 杨帅等, 2010; 晋齐鸣, 2011; 史树森等, 2012)。大豆蚜幼虫、

成虫均造成危害, 多聚集于大豆顶梢以及嫩叶等幼嫩部分, 以刺吸式口器吸食叶片汁液, 可造成叶片卷缩、植株矮小、根系发育不良、减少分枝和结荚数量、影响产量, 发生严重时, 可造成大豆整株死亡(刘兴龙等, 2009; 乔格侠等, 2011;

^{*} 资助项目: 公益性行业(农业)科研专项(201103022); 吉林省农业科技创新工程重大产业技术领域关键技术研究项目; 吉林省大豆产业技术体系项目(2013008)

^{**}E-mail: swswsw1221@sina.com

^{***}通讯作者, E-mail: gaoyuebo8328@163.com

收稿日期: 2014-01-20, 接受日期: 2014-02-06

王兴亚等, 2011)。大豆蚜亦是多种植物病原病毒的传播媒介, 其分泌的蜜露也会影响到大豆的正常生长 (Chung *et al.*, 1980; 王素云等, 1996; 尚佑芬等, 1997; Burrows *et al.*, 2005)。

除我国外, 大豆蚜在部分亚洲国家、俄罗斯以及非洲的肯尼亚也有分布, 近年来, 其在美国、加拿大、澳大利亚等国家已成为重要的农业害虫 (Hunt *et al.*, 2003; Venette and Ragsdale, 2004; 刘兴龙等, 2009)。大豆蚜分布以及危害的地区逐年扩大, 受到了人们越来越广泛的重视 (刘健和赵奎军, 2007)。国内外学者对该虫的生物学特征、生理生化、发生危害情况、与寄主植物的相互作用、天敌的捕食功能、种群的变异、功能基因组、预测预报及绿色防控技术等方面进行了广泛深入的研究, 积累了大量有效的研究资料 (孟玲等, 1993; 吕利华和陈瑞鹿, 1993; Clark and Perry, 2002; 高月波和孙雅杰, 2004; Fox *et al.*, 2004; Nielsen and Hajek, 2005; 李学军等, 2011; 王兴亚等, 2011; 徐蕾等, 2011; 张柳平等, 2011; 周正堂等, 2011), 对于大豆蚜的药剂防治方面也有着较多的报道 (吴炳芝, 2001; 侯中一等, 2007; 高君晓等, 2008; 王正旭, 2008; 陈彦等, 2011)。

目前, 化学防治仍然是我国大豆蚜防治的主要手段, 吡虫啉、高效氯氟氰菌酯等药剂应用较多。但化学药剂长期、大量使用, 不仅使得大豆蚜的抗药性提高、造成害虫的再猖獗, 还会杀伤天敌等有益生物, 增加农产品的残毒, 污染人们生存的环境 (潘怡欧等, 2010)。随着无公害生物合理制剂的发展, 生物农药因其具有对靶标害虫选择性强、残留低、高效、对人畜和非靶标生物安全、不易产生抗药性等优点而得到越来越多的关注 (陈彦等, 2011)。为了筛选出对大豆蚜防治效果良好的生物药剂, 本实验选用了 10 种杀虫剂, 结合室内毒力测定和田间药效试验, 比较各药剂之间的试验结果, 以期能为大豆蚜的有效治理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试药剂

本研究供试药剂的相关信息见表 1。

1.2 试验方法

1.2.1 室内毒力测定 供试大豆蚜采集于公主岭市吉林省农业科学院试验田内。选取大豆蚜分布均匀、叶片面积大小相近的大豆叶片带回实验室, 用毛笔剔除叶片上杂质, 选用体型基本一致且健康的无翅成蚜进行试验, 每片叶保留蚜量为 40 头。室内的毒力测定采用浸叶法, 各药剂处理的浓度参照各药剂推荐使用浓度制定 (表 1)。具体操作方法是: 用镊子夹住大豆叶片, 浸入药液中, 5 s 后取出, 使用滤纸吸取多余的药液, 晾干后放入垫有湿润滤纸的培养皿中 (直径 10 cm), 标注相关信息后, 置于温度为 25℃、湿度 75%、光周期 14L:10D 的人工气候箱内, 24 h 后记录活虫数、死虫数。大豆蚜的死亡标准为: 以毛笔尖触动虫体, 完全不动者为死亡。每个药剂处理设 3 次重复, 清水为对照。根据如下公式, 计算各药剂处理下的试虫死亡率 (如对照组死亡率 > 10%, 试验需重做), 校正死亡率应用 Abbott 公式校正。

$$\text{死亡率 (\%)} = \frac{\text{死虫数}}{\text{试虫数}} \times 100,$$

$$\text{校正死亡率 (\%)} = \frac{\text{处理组死亡率} - \text{对照组死亡率}}{1 - \text{对照组死亡率}} \times 100。$$

1.2.2 田间药效试验 田间试验在公主岭市吉林省农业科学院试验田进行。试验田土质为砂壤土, 土壤肥力中等, 排灌方便, 地势平坦。前茬作物为玉米, 样地的栽培条件、水肥管理以及大豆的长势基本一致。试验时间为 2013 年 7 月 25 日, 此时期试验田中大豆蚜处于危害高峰期。

供试药剂浓度同 1.2.1, 如表 1 所示。各药剂处理的重复为 3 次, 清水为空白对照, 共计 33 个小区, 采用完全随机排列, 每小区面积为 72 m²。施药操作使用新加坡利农 16 L 背负式喷雾器, 以常规的方式喷雾, 将药液均匀的喷洒在大豆叶片的正、反面, 用量以作物叶片湿润、药液下滴为标准, 施液量为 600 kg/hm²。施药时清水对照的小区先进行, 然后为各药剂处理, 各处理之间在操作时需反复清洗喷雾器。施药时间为 16:00—18:00, 天气晴朗, 气温在 24~26℃之间, 无风, 药后 24 h 无降雨, 整个试验期间无影响试验结果的恶劣天气。

调查时, 每小区随机选取 3 点, 每点挂盘标

记 5 株定株调查, 共计 15 株。施药前 1 d 需调查虫口基数, 药后的 1 d、4 d 调查大豆蚜的残存数(每株大豆上虫口数量以心叶及上部叶片为记录标准)。调查时需注意观察各药剂处理是否对大豆有药害。根据如下公式, 计算虫口减退率和校正防效。

虫口减退率 (%) =

$$\frac{\text{施药前活虫数}-\text{处理后活虫数}}{\text{施药前活虫数}}\times 100,$$

校正防效 (%) =

$$\frac{\text{处理区虫口减退率}-\text{对照区虫口减退率}}{1-\text{对照区虫口减退率}}\times 100。$$

1.3 数据统计分析

试验数据的处理使用 Excel 2003 软件完成, 对各处理数据应用 SPSS 17.0 软件进行方差分析(ANOVA), 应用 Duncan’s 多重比较法对处理间的差异进行显著性分析。

表 1 供试药剂信息
Table 1 The information of fungicides tested in this experiment

供试药剂 Fungicides tested	浓度 (mg/L) Concentration	性质 Property	生产厂家 Manufacturer
35% 吡虫啉悬浮剂 35% Imidacloprid (SC)	752.5	化学农药 Chemical pesticide	江苏剑牌农药化工有限公司
5% 高效氯氟氰菌酯水乳剂 5% Lambda-cyhalothrin (EW)	30	化学农药 Chemical pesticide	江苏剑牌农药化工有限公司
40% 啶虫脒可溶粉剂 40% Acetamiprid (SP)	50	化学农药 Chemical pesticide	海南正业中农高科股份有限公司
15% 除虫菊素水乳剂 15% Pyrethrins (EW)	675	生物农药 Biopesticide	云南南宝植化有限责任公司
2.5% 多杀霉素悬浮剂 2.5% Spinosad (SC)	62.5	生物农药 Biopesticide	美国陶氏益农公司
6% 乙基多杀菌素悬浮剂 6% Spinetoram (SC)	60	生物农药 Biopesticide	美国陶氏益农公司
3% 阿维菌素水乳剂 3% Abamectin (EW)	13.5	生物农药 Biopesticide	江苏剑牌农药化工有限公司
1% 甲基阿维菌素乳油 1% Methyl abamectin (EC)	5	生物农药 Biopesticide	陕西恒田化工有限公司
0.5% 苦参碱水乳剂 0.5% Matrine (EW)	6.75	生物农药 Biopesticide	北京三浦百草绿色植物制剂有限公司
0.3% 印楝素乳油 0.3% Azadirachtin (EC)	6	生物农药 Biopesticide	海南利蒙特生物农药有限公司

2 结果与分析

2.1 室内毒力测定结果

10 种杀虫剂对大豆蚜的防治效果如表 2 所示。经 24 h 各药剂处理后, 活虫数的数值范围在 0~5.33 头之间, 清水对照残留的虫口数量为

37.67 头。经各药剂 24 h 处理的试虫校正死亡率在 85.84%~100%之间, 均值为 98.32%, 表明供试药剂对于大豆蚜均有较高的毒性。其中, 3 种供试的化学药剂(35%吡虫啉悬浮剂、5%高效氯氟氰菌酯水乳剂、40%啶虫脒可溶粉剂)对大豆蚜的校正死亡率达到 100%, 另外 4 种生物药剂(15%除虫菊素水乳剂、1%甲基阿维菌素乳油、

0.5%苦参碱水乳剂、0.3%印楝素乳油) 在对大豆蚜处理 24 h 后, 也无试虫存活; 而经 2.5%多杀霉素悬浮剂处理的大豆蚜校正死亡率最低。对各处理药剂的方差分析结果表明: 2.5%多杀霉素悬浮剂处理与其它各药剂处理之间存在着极显著性差异 ($P<0.01$), 其它各药剂处理之间无显著差异 ($P>0.05$)。

表 2 10 种药剂对大豆蚜的杀虫活性
Table 2 Insecticidal activity of ten insecticides against *Aphis glycines*

供试药剂	活虫数 (头)	死亡率 (%)	校正死亡率 (%)	差异显著性	
Fungicides tested	Alive number(ind.)	Mortality rate	Corrected mortality	Statistical significance	
35% 吡虫啉悬浮剂 35% Imidacloprid (SC)	0	100	100	a	A
5% 高效氯氟氰酯水乳剂 5% Lambda-cyhalothrin (EW)	0	100	100	a	A
40% 啉虫脒可溶粉剂 40% Acetamiprid (SP)	0	100	100	a	A
15% 除虫菊素水乳剂 15% Pyrethrins (EW)	0	100	100	a	A
2.5% 多杀霉素悬浮剂 2.5% Spinosad (SC)	5.33	86.67	85.84	b	B
6% 乙基多杀菌素悬浮剂 6% Spinetoram (SC)	0.67	98.33	98.23	a	A
3% 阿维菌素水乳剂 3% Abamectin (EW)	0.33	99.17	99.12	a	A
1% 甲基阿维菌素乳油 1% Methyl abamectin (EC)	0	100	100	a	A
0.5% 苦参碱水乳剂 0.5% Matrine (EW)	0	100	100	a	A
0.3% 印楝素乳油 0.3% Azadirachtin (EC)	0	100	100	a	A
清水 Water (CK)	37.67	5.83			

注: 不同小写字母表示数据在 0.05 水平上差异显著 ($P<0.05$); 不同大写字母表示数据在 0.01 水平上差异显著 ($P<0.01$)。下表同。
Data with different lowercase letters indicate significant difference at 0.05 level, with different capital letters indicate significant difference at 0.01 level. The same below.

表 3 10 种药剂对大豆蚜的田间药效试验结果
Table 3 Results of the field efficacy test on *Aphis glycines* for ten insecticides

供试药剂	药前虫	施药后 1 d 1 d after treatment	施药后 4 d 4 d after treatment
------	-----	-----------------------------	-----------------------------

Fungicides tested	口数 (头) Insect amount before treatment (ind.)	虫口 减退 率 (%) Decrease rate	校正 防效 (%) Corrected control effect	差异 显著性 Statistical significance		虫口 减退 率 (%) Decrease rate	校正 防效 (%) Corrected control effect	差异 显著性 Statistical significance	
35% 吡虫啉悬浮剂 35% Imidacloprid (SC)	611.04	76.32	75.02	a	A	100	100	a	A
5% 高效氯氟氰菌酯水乳剂 5% Lambda-cyhalothrin (EW)	720.88	83.13	82.20	a	A	100	100	a	A
40% 啶虫脒可溶粉剂 40% Acetamiprid (SP)	635.75	74.40	73.00	a	A	100	100	a	A
15% 除虫菊素水乳剂 15% Pyrethrins (EW)	659.31	78.84	77.68	a	A	98.53	98.77	a	A
2.5% 多杀霉素悬浮剂 2.5% Spinosad (SC)	802.41	8.71	3.69	b	B	-34.71	-12.28	b	B
6% 乙基多杀菌素悬浮剂 6% Spinetoram (SC)	612.88	66.62	64.79	a	A	99.50	99.58	a	A
3% 阿维菌素水乳剂 3% Abamectin (EW)	882.74	51.96	49.32	a	A	94.15	95.12	a	A
1% 甲基阿维菌素乳油 1% Methyl abamectin (EC)	706.59	3.79	-1.50	b	B	74.34	78.61	a	A
0.5% 苦参碱水乳剂 0.5% Matrine (EW)	688.89	62.05	59.96	a	A	99.57	99.64	a	A
0.3% 印楝素乳油 0.3% Azadirachtin (EC)	814.50	54.86	52.38	a	A	72.27	76.89	a	A
清水 Water (CK)	708.36	5.21	—			-19.98	—		

2.2 田间药效试验结果

10 种药剂对大豆蚜的田间药效试验结果如表 3 所示。各处理药前虫口数值范围在 611.04~882.74 头之间,均值为 713.03 头。施药后 1 d 的调查显示,各药剂处理的虫口减退率在 3.79%~83.13%之间,5%高效氯氟氰菌酯水乳剂处理的数值最高,2.5%多杀霉素悬浮剂与 1%甲基阿维菌素乳油处理的虫口减退率较低,与清水对照处理在数值上相近。从防治效果上来看,各供试药剂校正防效差异较大,数值范围在-1.50%~82.20% 之间,其中,3 种化学药剂(35%吡虫

啉悬浮剂、5%高效氯氟氰菌酯水乳剂、40%啶虫脒可溶粉剂)的防效较高,均在 75%以上,表现出了较好的速效性。生物药剂中防效较高的是 15%除虫菊素水乳剂。方差分析结果显示,2.5%多杀霉素悬浮剂、1%甲基阿维菌素乳油与其它药剂处理在防效上有着极显著差异 ($P<0.01$),其它 8 种药剂在防效上无显著性差异 ($P>0.05$)。

施药后 4 d 调查显示,各药剂处理的虫口减退率在-34.71%~100%之间,与施药后 1 d 相比,1%甲基阿维菌素乳油处理的虫口减退率在数值上有了较大程度的提高,而 2.5%多杀霉素悬浮剂处理的虫口减退率数值依然较低。总体上

来看,各药剂处理施药后 4 d 的校正防效相对于施药后 1 d 在数值上均有不同程度的提高,数值范围在-12.28%~100%之间,35%吡虫啉悬浮剂、5%高效氯氟氰菊酯水乳剂、40%啉虫脒可溶粉剂 3 种化学药剂防治效果突出,校正防效均为 100%;除 2.5%多杀霉素悬浮剂外,其它生物药剂的防治效果均在 76%以上,15%除虫菊素水乳剂、6%乙基多杀菌素悬浮剂、3%阿维菌素水乳剂、0.5%苦参碱水乳剂的防治效果均在 95%以上,表现出了良好的田间实用效果。方差分析的结果显示,2.5%多杀霉素悬浮剂与其它药剂处理在防效上有着极显著差异 ($P<0.01$),其它 9 种药剂在防效上无显著性差异 ($P>0.05$)。通过试验期间的观察,未发现供试药剂对大豆产生药害现象,在试验所设置的剂量下对作物安全。

3 讨论

通过药剂防治方法,有效地控制大豆蚜危害,对减少大豆产量损失有着重要的意义(刘健等,2007)。因此,关于合理应用药剂防治大豆蚜的研究也受到了研究学者们的重视。吴炳芝等(2001)报道了应用吡虫啉防治大豆蚜的效果;高君晓等(2008)明确了高效氯氟菊酯亚致死剂量对大豆蚜实验种群的影响;陈彦等(2011)通过田间药效试验,比较了几种杀虫剂对大豆蚜的防治效果;刘兴磊等(2011)测定了球孢白僵菌对大豆蚜的毒力。

本研究通过比较不同药剂防治大豆蚜的效果,以期筛选出适宜使用的生物农药。综合分析 10 种药剂的室内毒力测定及田间药效结果可见,除 2.5%多杀霉素悬浮剂外,其它药剂均表现出对于大豆蚜较好的防治效果。供试的生物药剂与化学药剂相比,在防效上无明显区别。总体来看,15%除虫菊素水乳剂、6%乙基多杀菌素悬浮剂、3%阿维菌素水乳剂、0.5%苦参碱水乳剂这 4 种生物农药防效较高,考虑到生物农药所具有的高效低残留、对人畜和非靶标生物安全、不易产生抗药性等优点,上述的 4 种生物农药在大豆蚜的防治上具有较高的推广价值。在实际应用中,也可交替、轮换使用各药剂,以获得更好的防治效果。本研究对于生物制剂的成功筛选,对生产上防治大豆蚜具有实际的指导意义。在田间药效试验过程中,本试验拟对各药剂在田间的防治持效期进行分析,但由于降雨以及天敌大量发生等因

素,压低了大豆蚜的田间发生量,使得统计得到试验数据不能准确的反映试验结果,需要在今后的工作中进一步研究。

参考文献 (References)

- Burrows MEL, Boerboom CM, Gaska JM, Gran CR, 2005. The relationship between *Aphis glycines* and soybean mosaic virus incidence in different pest management systems. *Plant Dis.*, 89 (9): 926-934.
- Chung KH, Kwon SH, Lee YI, 1980. Studies on the density of soybean aphids in different cultivars, planting dates and spacing. *Korean J. Crop Sci.*, 25: 35-40.
- Clark AJ, Perry KL, 2002. Transmissibility of field isolates of soybean viruses by *Aphis glycines*. *Plant Dis.*, 86(11): 1219-1222.
- Fox TB, Landis DA, Cardoso FF, Difonzo CD, 2004. Predators suppress *Aphis glycines* Matsumura population growth in soybean. *Environ. Entomol.*, 33(3): 608-618.
- Hunt D, Footitt R, Gagnier D, Baute T, 2003. First Canadian records of *Aphis glycines* (Hemiptera: Aphididae). *Can. Entomol.*, 135(6): 879-882.
- Nielsen C, Hajek AE, 2005. Control of invasive soybean aphid, *Aphis glycines* (Hemiptera: Aphididae), populations by existing natural enemies in New York State, with emphasis on entomopathogenic fungi. *Environ. Entomol.*, 34(5): 1036-1047.
- Venette RC, Ragsdale DW, 2004. Assessing the invasion by soybean aphid (Homoptera: Aphididae): where will it end? *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 97(2): 219-226.
- 陈彦, 王兴亚, 徐蕾, 赵彤华, 许国庆, 2011. 几种杀虫剂防治大豆蚜效果及对天敌的影响. *农药*, 50(12): 929-931. [CHEN Y, WANG XY, XU L, ZHAO TH, XU GQ, 2011. Field efficacy test of some kinds of insecticide on soybean aphid and influence to natural enemy. *Agrochemicals*, 50(12): 929-931.]
- 高君晓, 梁沛, 宋敦伦, 高希武, 2008. 高效氯氟菊酯亚致死剂量对大豆蚜实验种群的影响. *植物保护学报*, 35(4): 379-380. [GAO JX, LIANG P, SONG DL, GAO XW, 2008. Effects of sublethal concentration of beta-cypermethrin on laboratory population of soybean aphid *Aphis glycines* Matsumura. *Acta Phytaphylacica Sinica*, 35(4): 379-380.]
- 高月波, 孙雅杰, 2004. 大豆植株形态对大豆蚜寄生和天敌捕食的影响. *吉林农业大学学报*, 26(4): 429-430. [GAO YB, SUN YJ, 2004. Impact of Soybean Plant Morphology on the Parasitism and Predator of *Aphis glycines*. *Journal of Jilin Agricultural University*, 26(4): 429-430.]
- 侯中一, 赵奎军, 刘健, 2007. 大豆蚜对溴氰菊酯和氯氰菊酯的

- 敏感度研究. 大豆通报, 3: 32–33. [HOU ZY, ZHAO KJ, LIU J, 2007. Susceptibility of *Aphis glycines* to decamethrin and cypermethrin. *Soybean Bulletin*, 3: 32–33.]
- 晋齐鸣, 2011. 东北地区玉米、大豆重要病虫害识别与防治. 长春: 吉林科学技术出版社. 103–105. [JIN QM, 2011. The Important Pest and Disease of Maize and Soybean in Northeast. Jilin Science and Technology Press, Changchun. 103–105.]
- 李学军, 郑国, 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, ZHENG 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.]
- 刘健, 赵奎军, 2007. 大豆蚜的生物学防治技术. 昆虫知识, 44(2): 179–185. [LIU J, ZHAO KJ, 2007. Biology and control techniques of soybean aphid, *Aphis glycines*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 44(2): 179–185.]
- 刘兴龙, 李新民, 刘春来, 王克勤, 王爽, 刘宇, 2009. 大豆蚜研究进展. 中国农学通报, 25(14): 224–228. [LIU XL, LI XM, LIU CL, WANG KQ, WANG S, LIU Y, 2009. Research situation of soybean aphid(*Aphis glycines*). *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 25(14): 224–228.]
- 刘兴磊, 张正坤, 徐文静, 刘影, 王金刚, 李启云, 2011. 球孢白僵菌对大豆蚜毒力的室内生物学测定. 应用昆虫学报, 48(6): 1699–1702. [LIU XL, ZHANG ZK, XU WJ, LIU Y, WANG JQ, LI QY, 2011. Toxicity of fifteen strains of *Beauveria bassiana* against *Aphis glycines*. *Chinese Journal of Applied Entomolog*, 48(6): 1699–1702.]
- 吕利华, 陈瑞鹿, 1993. 大豆蚜有翅蚜产生的原因. 昆虫学报, 36(2): 143–149. [LYU LH, CHEN RL, 1993. Study on the production of alatae in soybean aphid, *Aphis glycines*. *Acta Entomologica Sinica*, 36(2): 143–149.]
- 孟玲, 吴学明, 姚举, 王迎新, 1993. 七星瓢虫对蚜虫捕食作用的研究. 八一农学院学报, 16(1): 31–36. [MENG L, WU XUM, YAO J, WANG YX, 1993. Predation of *Coccinella Septempunctata* on the Aphids. *Journal of Heilongjiang Bayi Agricultural University*, 16(1): 31–36.]
- 潘怡欧, 秦正睿, 席景会, 2010. 大豆蚜玻璃管药膜法敏感毒力基线的建立. 大豆科学, 29(3): 483–485. [PAN YO, QIN ZR, XI JH, 2010. Establishment of susceptible toxicity baseline for *Aphis gylcnies* Matsumura by the method of residual film in glass tube. *Soybean Science*, 29(3): 483–485.]
- 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, LIANG 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.]
- 尚佑芬, 赵玖华, 杨崇良, 李长松, 路兴波, 1997. 黄淮地区大豆花叶病研究进展. 山东农业科学, 5: 47–49. [SHANG YF, ZHAO JH, YANG CL, LI CS, LU XB, 1997. Progress in research of soybean mosaic native to Huanghe-Huaihe Region. *Shandong agricultural Science*, 5: 47–49.]
- 王素云, 暴祥致, 孙雅杰, 陈瑞鹿, 翟保平, 1996. 大豆蚜虫对大豆生长和产量影响的试验. 大豆科学, 15 (3): 245–247. [WANG SY, BAO XZ, SUN YJ, CHEN RL, ZHAI BP, 1996. Study on effect of population dynamics of soybean aphid(*Aphis glycines*) on both growth and yield of soybean. *Soybean Science*, 15 (3): 245–247.]
- 王兴亚, 周俐宏, 陈彦, 赵彤华, 徐蕾, 许国庆, 2011. 大豆蚜危害胁迫对大豆叶片几个重要生理指标的影响. 应用昆虫学报, 48(6): 1655–1660. [WANG XY, ZHOU LH, CHEN Y, ZHAO TH, XU L, XU GQ, 2011. The activity of some physiological indexes of soybean leaves fed by *Aphis glycines*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(6): 1655–1660.]
- 王正旭, 2008. 杀虫剂对蚜虫及其天敌室内毒力测定和田间药效试验. 北方园艺, 2: 232–233. [WANG ZX, 2008. Laboratory toxicities and field control efficacy of pesticides to aphids. *Northern Horticulture*, 2: 232–233.]
- 吴炳芝, 孙毅民, 张传文, 2001. 吡虫啉防治大豆蚜虫试验初报. 黑龙江农业科学, 3: 54–55. [WU BZ, SUN YM, ZHANG CW, 2001. Preliminary test of the control of soybean Aphids with Imidacloprid. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, 3: 54–55.]
- 徐蕾, 许国庆, 刘培斌, 陈彦, 王兴亚, 赵彤华, 2011. 温度对大豆蚜生长发育和繁殖的影响. 中国油料作物学报, 33(2): 189–192. [XU L, XU GQ, LIU PB, CHEN Y, WANG XY, ZHAO TH, 2011. Effects of temperature on development and reproduction of *Aphis glycines* Matsumura. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 33(2): 189–192.]
- 杨帅, 刘健, 戴长春, 赵奎军, 2010. 不同地理种群大豆蚜生长发育的形态指标. 昆虫知识, 47(1): 67–71. [YANG S, LIU J, DAI CC, ZHAO KJ, 2010. Morphological variation for growth and development of soybean aphid collected from different geographical zones. *Chinese Bulletin of Entomology*, 47(1): 67–71.]
- 张广学, 钟铁森, 1983. 中国经济昆虫志. 北京: 科学出版社. 214–216. [ZHANG GX, ZHONG TS, 1983. Economic Insect Fauna of China. Science and Technology Press, Beijing.

214-216.]

- 张柳平, 卢利霞, 刘石娟, 康乐, 崔峰, 2011. 蚜虫基因组及功能基因组研究进展. 应用昆虫学报, 48(6): 1539–1543.[ZHANG LP, LYU LX, LIU SJ, KANG L, CUI F, 2011. Advances in research on aphid genomics and functional genomics. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(6): 1539–1543.]
- 周正堂, 肖达, 卢延, 李锦钰, 董金锦, 宋敦伦, 高希武, 2011. DEF 对大豆蚜酸酯酶活性的抑制及其增效作用. 应用昆虫学报, 48(6): 1669–1675.[ZHOU ZT, XIAO D, LU Y, LI MY, DONG JJ, SONG DL, GAO XW, 2011. The effects of

pretreatment with S, S, S-tributyl phosphorotrithioate on carboxylesterase activity and susceptibility to eight kinds of insecticides in the soybean aphid, *Aphis glycines*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(6): 1669–1675.]

- 史树森, 高月波, 臧连生, 杨微, 高敬伟, 2012. 不同杀虫剂对大豆田节肢动物群落结构的影响. 应用昆虫学报, 49(5): 1249–1254.[SHI SS, GAO YB, ZANG LS, YANG W, GAO JW, 2012. Effects of several insecticides on the arthropod community in soybean fields. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 49(5): 1249–1254.]