

# 黄河流域和长江流域棉区绿盲蝽对高效氯氰菊酯和毒死蜱的抗性监测\*

刘佳\*\* 李甜甜 黄家美 康熙奎 杨亦桦 吴益东 武淑文\*\*\*

(南京农业大学植物保护学院, 南京 210095)

**摘要** 【目的】为了明确绿盲蝽 *Apolygus lucorum* 不同地理种群对化学杀虫剂的抗性现状及发展趋势, 并为制定有效的化学防治措施及抗性治理策略提供参考, 【方法】本文采用玻璃瓶药膜法, 连续 4 年监测了来自黄河流域、长江流域棉区绿盲蝽田间种群对高效氯氰菊酯和毒死蜱的抗性水平及变化动态。

【结果】(1) 与室内饲养的廊坊敏感品系 (Susceptible strain from Langfang, SLF) 相比, 长江流域棉区江苏南京及安徽滁州种群对 2 种药剂均未产生明显抗性 (<5 倍), 江苏盐城种群对高效氯氰菊酯 (3.4~8.5 倍) 和毒死蜱 (3.3~5.8 倍) 仅有低水平抗性; (2) 黄河流域棉区河南安阳、山东滨州及河北沧州种群对高效氯氰菊酯 (7.1~22 倍)、毒死蜱 (5.2~20 倍) 均产生了中低水平抗性。【结论】2011 至 2014 年间, 各地理种群对两种药剂的敏感性在不同年度之间变异幅度小于 3 倍, 抗性发展比较缓慢。黄河流域、长江流域棉区绿盲蝽田间种群对上述 2 种药剂敏感性的差异可能与当地用药历史和用药量有关。

**关键词** 绿盲蝽, 高效氯氰菊酯, 毒死蜱, 抗性监测

## Resistance to beta-cypermethrin and chlorpyrifos in populations of *Apolygus lucorum* from the Yellow and Changjiang River Cotton Growing Areas of China

LIU Jia\*\* LI Tian-Tian HUANG Jia-Mei KANG Zhao-Kui YANG Yi-Hua  
WU Yi-Dong WU Shu-Wen\*\*\*

(College of Plant Protection, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

**Abstract** [Objectives] To investigate insecticide resistance levels in different *Apolygus lucorum* populations and to thereby improve both the chemical control of this pest and resistance management. [Methods] Samples of *A. lucorum* populations were collected from the Yellow River Cotton Growing Area (YRCA) and the Changjiang River Cotton Growing Area (CRCA) between 2011 and 2014 and their resistance to beta-cypermethrin and chlorpyrifos measured in a glass-vial bioassay. [Results] Compared with a susceptible laboratory strain (SLF), populations from Nanjing in Jiangsu Province and Chuzhou in Anhui Province (CRCA) were still susceptible to the two insecticides (< 5-fold resistance), but populations from Yancheng in Jiangsu Province (CRCA) had low levels of resistance to beta-cypermethrin (3.4-8.5 fold resistance) and chlorpyrifos (3.3-5.8 fold resistance). However, populations collected from Anyang in Henan Province, Binzhou in Shandong Province and Cangzhou in Hebei Province (YRCA) had developed low to middle levels of resistance to beta-cypermethrin (7.1 - 22 fold) and chlorpyrifos (5.2-20 fold). [Conclusion] Variation in susceptibility to the 2 insecticides was less than 3 fold between years for each of the 6 monitoring locations. Differences in resistance levels between populations in the YRCA and CRCA may be attributed to the history and the amount of insecticide used locally to control *A. lucorum*.

**Key words** *Apolygus lucorum*, beta-cypermethrin, chlorpyrifos, resistance monitoring

\* 资助项目 Supported projects: 公益性行业(农业)科研专项(201103012)

\*\*第一作者 First author, E-mail: 2012102107@njau.edu.cn

\*\*\*通讯作者 Corresponding author, E-mail: swwu@njau.edu.cn

收稿日期 Received: 2015-03-19, 接受日期 Accepted: 2015-03-25

盲蝽种类繁多, 田间优势种主要包括绿盲蝽 *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür)、中黑盲蝽 *Adelphocoris suturalis* (Jakovlev)、苜蓿盲蝽 *Adelphocoris lineolatus* (Goeze)、三点盲蝽 *Adelphocoris fasciaticollis* Reuter 和牧草盲蝽 *Lygus pratensis* (Linnaeus) 等 (Lu *et al.*, 2008)。近年来由于转 Bt 基因棉花的大面积推广种植, 造成棉田害虫治理方式发生一系列变化, 特别是杀虫剂用量的降低, 最终导致盲蝽从棉田次要害虫上升成为主要害虫并波及到多种重要作物及蔬菜果树 (Hardee and Bryan, 1997; Lu *et al.*, 2008; Bergé and Ricroch, 2010; Li *et al.*, 2011)。在我国, 随着各地盲蝽为害程度的不断加重, 防治盲蝽的力度也持续加强。在盲蝽的田间防治中, 虽然杀虫灯、诱虫板和种植诱集带等物理防治和农业防治措施也有所应用, 但化学防治的速效性、高效性使之成为盲蝽综合防治体系中过度依赖的控制措施 (郭建英等, 2005; 李耀发等, 2008; 陆宴辉等, 2010)。针对棉盲蝽的化学农药使用量从 2000 年棉田平均施药次数不足 1 次上升到近年来的 6~7 次, 2008 年全国棉盲蝽防治总面积也增加到了 2000 年的 3.5 倍 (陆宴辉等, 2010)。杀虫剂的过度及不合理使用将导致盲蝽对杀虫剂的敏感性降低, 带来抗药性问题。

有关盲蝽抗药性的国外报道主要涉及美国的牧草盲蝽和豆荚盲蝽 *Lygus hesperus* Knight, 其已对有机磷类、拟除虫菊酯类、氨基甲酸酯类和环戊二烯类药剂产生了抗性 (Leigh *et al.*, 1977; Cleveland and Furr, 1980; Snodgrass, 1996b; Hollingsworth *et al.*, 1997; Snodgrass and Scott, 2000; Snodgrass *et al.*, 2009)。我国的山东省聊城、滨州绿盲蝽种群对灭多威、硫丹和氟虫腈的敏感性下降 (Guo *et al.*, 2010; 张小兵等, 2013), 河南新乡、安徽无为、山东滨州绿盲蝽种群对马拉硫磷、三氟氯氰菊酯和硫丹产生低水平抗性 (谭瑶等, 2012)。鉴于我国关于盲蝽抗药性的研究工作起步较晚, 相关数据有待完善, 开展系统的抗药性监测工作就显得尤为迫切和重要。

本文选定我国长江流域及黄河流域棉区发生广危害重的绿盲蝽种群, 利用药膜法于 2011 至 2014 年间监测了各田间种群对毒死蜱、高效氯氰菊酯两种常用药剂的抗性水平, 以期明确不同地区绿盲蝽种群对以上 2 种杀虫剂的抗性现状, 为制定相应的化学防治及抗性治理策略提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试绿盲蝽

绿盲蝽室内廊坊敏感种群 (Susceptible strain from Langfang, SLF): 中国农业科学院植物保护研究所廊坊科研中试基地提供, 在室内未接触任何杀虫剂, 人工饲养 35 代以上。

绿盲蝽田间种群: 2011 至 2014 年间从长江流域和黄河流域棉区的 6 个地区采集 (表 1), 采自田间的成虫或室内饲养至 F<sub>1</sub> 代的成虫可用于毒力测定。

饲养条件: 温度为 (26±1) °C, 相对湿度为 70% 左右, 光周期为 15L: 9D。成、若虫的主要饲料均为四季豆, 成虫期饲喂 5% 的蜂蜜水补充营养, 供产卵用的四季豆需人为制造一些伤口,

表 1 供试绿盲蝽田间种群采集信息  
Table 1 Collection information of *Apolygus lucorum* field populations

| 采集地区<br>Collection area   | 寄主植物<br>Host plant                   |
|---------------------------|--------------------------------------|
| 山东滨州<br>Binzhou, Shandong | 葎草 <i>Humulus scandens</i>           |
|                           | 棉花 <i>Gossypium hirsutum</i> L.      |
|                           | 枣树 <i>Zizyphus jujuba</i>            |
| 河北沧州<br>Cangzhou, Hebei   | 棉花 <i>Gossypium hirsutum</i>         |
|                           | 枣树 <i>Zizyphus jujuba</i>            |
| 河南安阳<br>Anyang, Henan     | 棉花 <i>Gossypium hirsutum</i>         |
| 安徽滁州<br>Chuzhou, Anhui    | 野艾蒿 <i>Artemisia lavandulaefolia</i> |
|                           | 小苜蓿 <i>Medicago minima</i>           |
| 江苏盐城<br>Yancheng, Jiangsu | 棉花 <i>Gossypium hirsutum</i>         |
|                           | 毛苕子 <i>Vicia villosa</i>             |
| 江苏南京<br>Nanjing, Jiangsu  | 棉花 <i>Gossypium hirsutum</i>         |

卵直接产于四季豆上后收集孵化（陆宴辉等，2008）。

## 1.2 供试药剂

40%毒死蜱乳油（湖北仙隆化工股份有限公司）；4.5%高效氯氰菊酯乳油（南京红太阳股份有限公司）。

## 1.3 生物测定方法

药膜法。参照文献中所用方法并加以改进（Snodgrass, 1996a；李国平等，2009）。每种药剂用丙酮稀释 5~7 个浓度梯度，每个浓度的药剂吸取 200  $\mu$ L 滴入 20 mL 的闪烁瓶中快速滚动，使得瓶壁沾满药剂，用丙酮作为空白对照。待瓶内丙酮挥发殆尽，药剂自然晾干后，每个瓶内接入 3 头试虫（羽化 10~15 d 成虫），并加入一片约 3 mm 厚的四季豆作为补充饲料，每个重复 3~4 个瓶子，每个浓度 3 个重复。接入试虫之后，用纱布和橡皮筋封住瓶口。24 h 后检查结果，用小号毛笔轻触试虫的身体，不能正常前行则视为死亡。

## 1.4 数据统计分析

用 DPS 软件计算杀虫剂的毒力回归线（LC-P 线）斜率（Slope）及其标准误（Standard error, SE）、致死中浓度（LC<sub>50</sub>）及其 95%置信限（95% fiducial limit, FL）。抗性倍数（Resistance ratio, RR）以田间种群与敏感品系 LC<sub>50</sub> 值的比值来表示。根据盲蝽抗性发展的特点以及本研究采用的 SLF 敏感品系的敏感性水平，按以下标准进行抗性阶段的划分：RR<5，敏感性阶段；5≤RR<10，低水平抗性阶段；10≤RR<50，中等水平抗性阶段；RR≥50，高水平抗性阶段。

## 2 结果与分析

利用玻璃瓶药膜法建立了绿盲蝽室内敏感品系 SLF 对高效氯氰菊酯和毒死蜱的敏感毒力基线，并对我国长江流域棉区和黄河流域棉区共 6 个监测点的绿盲蝽田间种群进行了连续 4 年的抗药性系统监测。

2011 至 2014 年间，长江流域棉区的南京和滁州绿盲蝽种群对高效氯氰菊酯处于敏感阶段（0.7~4.5 倍），盐城绿盲蝽种群达到低水平抗性（5.8~6.9 倍）；但在黄河流域棉区的滨州、安阳及沧州地区监测到多个中等抗性水平的绿盲蝽种群（抗性倍数>10 倍），特别是山东滨州绿盲蝽种群对高效氯氰菊酯的抗性水平最高，抗性倍数达 16~25 倍（表 2）。

2011 至 2014 年间，长江流域棉区的南京和滁州绿盲蝽种群对毒死蜱处于敏感阶段（0.5~1.9 倍），盐城种群达到低水平抗性阶段（3.3~6.1 倍）；而在黄河流域棉区除安阳绿盲蝽种群对毒死蜱处于低水平抗性阶段外（5.2~8.5 倍），滨州及沧州种群对毒死蜱已产生中等水平抗性（11~20 倍），抗性水平明显高于长江流域棉区的绿盲蝽种群（表 3）。

上述抗性监测结果表明，黄河流域棉区绿盲蝽地理种群对高效氯氰菊酯和毒死蜱产生了中等水平抗性，而长江流域棉区大部分绿盲蝽种群处于敏感或低水平抗性阶段。同时，连续 4 年的监测数据也说明我国两大棉区的绿盲蝽种群对两种药剂的抗性发展比较缓慢，年度间抗性差异较小，均未见明显的抗性突增现象。

## 3 讨论

在 Bt 棉花大规模种植之前，盲蝽在我国各地的发生为害普遍较轻，长期处于次要地位。但自 2000 年以来，我国黄河流域和长江流域棉区盲蝽发生数量急剧增加，危害日益加重，已上升为棉田的主要害虫（Wu *et al.*, 2002）。美国自 20 世纪 70 年代开始使用有机磷类农药防治盲蝽，1977 年就发现美国加州地区的苜蓿害虫豆荚盲蝽对敌百虫、马拉硫磷和久效磷产生了抗性（Leigh *et al.*, 1977；Cleveland and Furr, 1980；Snodgrass and Scott, 2003；Zhu *et al.*, 2004）。拟除虫菊酯类杀虫剂最早在 1978 年被用于棉田害虫防治，1996 年发现密西西比地区的美国牧草盲蝽分别对氟氯菊酯和氯菊酯产生了抗性（Snodgrass, 1996b）。在我国，2009 年山东滨

州地区的绿盲蝽种群对毒死蜱的敏感性开始下降, 毒死蜱对其致死中浓度为 10.47 mg/L (Guo *et al.*, 2010), 2010 年为 10.93 mg/L, 而到 2011 和 2014 年滨州绿盲蝽种群对毒死蜱已发展为中等水平抗性, 毒死蜱对其致死中浓度超过 15 mg/L (本文)。同时本文还监测到黄河流域棉区

的安阳、沧州绿盲蝽种群已对毒死蜱和高效氯氰菊酯产生了中等水平抗性。盲蝽对棉田常用杀虫剂的抗性演变过程应引起人们的足够重视。

本文监测的绿盲蝽种群对毒死蜱和高效氯氰菊酯的抗药性水平高于现有的文献报道 (谭瑶等, 2012; 张小兵等, 2013), 这主要是由于研

表 2 绿盲蝽田间种群对高效氯氰菊酯的抗性  
Table 2 Resistance to beta-cypermethrin in field populations of *Apolygus lucorum*

| 采集地<br>Collection area | 年份<br>Year     | 致死中浓度 (95%置信限)<br>LC <sub>50</sub> (95%FL)(mg/L) | 斜率±标准误<br>Slope±SE    | 抗性倍数<br>Resistance ratio |      |
|------------------------|----------------|--------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------|------|
| 长江流域棉区<br>CRCA         | 盐城<br>Yancheng | 2011                                             | 34.64(23.44-49.16)    | 3.07±0.65                | 3.4  |
|                        |                | 2012                                             | 59.92(39.55-96.73)    | 2.00±0.25                | 5.8  |
|                        |                | 2013                                             | 87.30(56.09-171.22)   | 2.51±0.38                | 8.5  |
|                        |                | 2014                                             | 71.28(55.22-89.95)    | 2.79±0.43                | 6.9  |
|                        | 南京<br>Nanjing  | 2011                                             | 30.11(24.11-39.58)    | 3.31±0.63                | 2.9  |
|                        |                | 2012                                             | 46.23(28.11-61.19)    | 2.45±0.58                | 4.5  |
|                        |                | 2013                                             | 38.91(28.25-57.45)    | 1.73±0.35                | 3.8  |
|                        |                | 2014                                             | 36.58(27.69-50.14)    | 2.05±0.36                | 3.5  |
|                        | 滁州<br>Chuzhou  | 2011                                             | 30.71(23.40-42.31)    | 2.02±0.35                | 3.0  |
|                        |                | 2012                                             | 11.20(8.51-14.50)     | 2.38±14.50               | 1.1  |
|                        |                | 2013                                             | 12.56(8.91-16.99)     | 1.77±0.30                | 1.2  |
|                        |                | 2014                                             | 6.86 (4.70-9.11)      | 2.15±0.38                | 0.7  |
| 黄河流域棉区<br>YRCA         | 安阳<br>Anyang   | 2011                                             | 75.50(52.34-114.0)    | 2.45±0.30                | 7.3  |
|                        |                | 2012                                             | 112.39(86.78-132.93)  | 6.00±1.34                | 11.0 |
|                        |                | 2013                                             | 96.02(74.36-122.32)   | 2.50±0.38                | 9.3  |
|                        |                | 2014                                             | 91.77(66.01-123.59)   | 1.91±0.34                | 8.9  |
|                        | 滨州<br>Binzhou  | 2011                                             | 253.71(191.76-350.70) | 2.16±0.35                | 25.0 |
|                        |                | 2012                                             | 161.82(104.57-223.70) | 2.40±0.29                | 16.0 |
|                        |                | 2013                                             | 174.29(131.70-222.40) | 2.26±0.41                | 17.0 |
|                        |                | 2014                                             | 173.53(134.38-220.26) | 2.43±0.42                | 17.0 |
|                        | 沧州<br>Cangzhou | 2011                                             | 224.30(145.55-358.91) | 1.80±0.21                | 22.0 |
|                        |                | 2012                                             | 99.69(81.05-120.61)   | 3.37±0.44                | 9.7  |
|                        |                | 2013                                             | 118.62(83.54-170.14)  | 1.67±0.31                | 11.0 |
|                        |                | 2014                                             | 103.30(74.10-142.25)  | 1.84±0.32                | 10.0 |
| 敏感品系 SLF               |                | 10.33(7.01-13.52)                                | 2.10±0.40             | 1.0                      |      |

CRCA, Changjiang River Cotton Growing Area; YRCA, Yellow River Cotton Growing Area. 下表同 The same below.

表 3 绿盲蝽田间种群对毒死蜱的抗性  
Table 3 Resistance to chlorpyrifos in field populations of *Apolygus lucorum*

| 采集地<br>Collection area |                | 年份<br>Year | 致死中浓度 (95%置信限)<br>LC <sub>50</sub> (95%FL)(mg/L) | 斜率±标准误<br>Slope±SE | 抗性倍数<br>Resistance ratio |
|------------------------|----------------|------------|--------------------------------------------------|--------------------|--------------------------|
| 长江流域棉区<br>CRCA         | 盐城<br>Yancheng | 2011       | 3.86(2.97-5.86)                                  | 2.68±0.55          | 3.3                      |
|                        |                | 2012       | 4.50(2.59-8.51)                                  | 2.90±0.38          | 3.8                      |
|                        |                | 2013       | 7.21(4.88-14.77)                                 | 1.73±0.37          | 6.1                      |
|                        |                | 2014       | 6.80(4.94-9.86)                                  | 2.06±0.38          | 5.8                      |
|                        | 南京<br>Nanjing  | 2011       | 2.13(1.57-3.70)                                  | 2.48±0.56          | 1.8                      |
|                        |                | 2012       | 1.89(1.10-2.74)                                  | 1.84±0.4           | 1.6                      |
|                        |                | 2013       | 2.26(1.37-3.75)                                  | 3.40±0.53          | 1.9                      |
|                        |                | 2014       | 2.12(1.63-2.77)                                  | 2.31±0.37          | 1.8                      |
|                        | 滁州<br>Chuzhou  | 2011       | 1.01(0.85-1.17)                                  | 4.70±0.72          | 0.8                      |
|                        |                | 2012       | 1.08(0.87-1.34)                                  | 3.26±0.47          | 0.9                      |
|                        |                | 2013       | 2.06(1.67-2.64)                                  | 2.94±0.45          | 1.7                      |
|                        |                | 2014       | 0.60(0.36-0.86)                                  | 1.48±0.31          | 0.5                      |
|                        | 安阳<br>Anyang   | 2011       | 6.80(4.29-11.59)                                 | 2.10±0.28          | 5.8                      |
|                        |                | 2012       | 10.06(7.51-12.74)                                | 3.67±0.86          | 8.5                      |
|                        |                | 2013       | 9.73(7.38-13.96)                                 | 2.21±0.38          | 8.2                      |
|                        |                | 2014       | 6.08(4.53-8.42)                                  | 1.98±0.33          | 5.2                      |
| 黄河流域棉区<br>YRCA         | 滨州<br>Binzhou  | 2011       | 23.67(15.78-39.30)                               | 1.74±0.24          | 20.0                     |
|                        |                | 2012       | 21.50(18.51-25.46)                               | 3.34±0.47          | 18.0                     |
|                        |                | 2013       | 15.77(8.56-26.63)                                | 2.22±0.37          | 13.0                     |
|                        |                | 2014       | 16.44(12.24-21.88)                               | 2.03±0.39          | 14.0                     |
|                        | 沧州<br>Cangzhou | 2011       | 6.46(4.82-8.51)                                  | 2.14±0.40          | 5.5                      |
|                        |                | 2012       | 16.10(12.19-25.10)                               | 2.09±0.40          | 14.0                     |
|                        |                | 2013       | 13.32(8.79-20.27)                                | 4.39±0.60          | 11.0                     |
|                        |                | 2014       | 13.29(10.05-18.23)                               | 2.11±0.34          | 11.0                     |
| 敏感品系 SLF               |                |            | 1.18(0.79-1.68)                                  | 4.33±0.81          | 1.0                      |

究人员采用了不同的敏感毒力基线所造成的。本文建立敏感毒力基线所用的绿盲蝽 SLF 品系采自田间，在室内饲养 35 代以上且不接触任何杀虫剂以促使其恢复敏感性，与谭瑶等的数据相比 (Zhang *et al.*, 2009；谭瑶等, 2012)，SLF 品系对大部分共同测试的药剂表现更敏感，包括马拉硫磷、毒死蜱、高效氯氟氰菊酯、联苯菊酯、

高效氯氟菊酯和噻虫嗪（数据未发表）。以上的差异也说明经室内选育建立的敏感品系，必须待其充分恢复对药剂的敏感性后才能建立可靠的敏感毒力基线，也只有具备了敏感毒力基线，才能准确地判断田间绿盲蝽种群是否已经产生抗药性及抗药性的发展程度。

本文监测到黄河流域棉区的绿盲蝽种群对

毒死蜱和高效氯氰菊酯的抗性水平总体高于长江流域棉区的田间种群, 这可能与两类药剂在该地区田间使用历史、使用量有关。在推广种植转基因抗虫棉以前, 我国多用有机磷类及拟除虫菊酯类农药防治棉田棉铃虫的为害, 同时兼防盲蝽等次要害虫, 多年来的田间应用造成这两类药剂在盲蝽种群中的长期积累; 在 2000 年之后, 我国北方棉区的盲蝽数量整体上升了 12 倍, 盲蝽由次要害虫演替成主要害虫, 随之而来的是杀虫剂的使用量达到未种植转基因棉花时的三分之二, 且不久后可能会上升到种植转基因抗虫棉之前的水平 (Qiu, 2010)。随着我国黄河流域棉区化学药剂使用量的加大, 绿盲蝽抗药性的发展进程也随之加快; 另外, 在河北、山东等地棉花和枣树是绿盲蝽的主要寄主 (李耀发等, 2009), 在棉-枣混栽区, 绿盲蝽转主为害较为频繁。化学防治枣树上的绿盲蝽增加了该种群年生活周期中的药剂选择压力, 也大大加快了绿盲蝽种群抗药性的发展进程。

现有研究发现田间盲蝽种群对乙酰甲胺磷的抗性高于 3 倍时就会造成乙酰甲胺磷田间防效下降 (Snodgrass *et al.*, 2009)。本文监测到的黄河流域棉区对高效氯氰菊酯和毒死蜱的中等水平抗性对田间防治效果的具体影响需要进一步研究。为了防止因为盲蝽抗药性水平进一步上升而导致田间防治的失败, 黄河流域棉区应减少有机磷类和拟除虫菊酯类杀虫剂的使用, 并筛选其它替代药剂进行合理的混用和轮用。在黄河流域的果树种植区, 可筛选使用生物源农药, 以提高食品安全性和环境安全性, 并减少化学药剂的选择压力。对长江流域棉区也需继续进行系统的绿盲蝽抗药性监测工作, 并根据监测结果及时调整化学用药策略, 从而达到对药剂的高效和保护性利用, 使其对绿盲蝽的控制作用得以持续。

## 参考文献 (References)

- Bergé JB, Ricroch AE, 2010. Emergence of minor pests becoming major pests in GE cotton in China. *GM Crops*, 1(4): 214–219.
- Cleveland TC, Furr RE, 1980. Toxicity of methyl parathion applied topically to tarnished plant bugs. *J. GA. Entomol. Soc.*, 15(3): 304–307.
- Guo JY, Zhou HX, Wan FH, Liu XJ, Han ZJ, 2005. Population dynamics and damage of *Lygus lucorum* in Bt cotton fields under two control measures. *Chinese Bulletin of Entomology*, 42(4): 424–428. [郭建英, 周洪旭, 万方浩, 刘小京, 韩召军, 2005. 两种防治措施下转 Bt 基因棉田绿盲蝽的发生与为害. 昆虫知识, 42(4): 424–428.]
- Guo TE, Zhang ZQ, Zhou C, Liu F, Mu W, 2010. Susceptibilities of *Lygus lucorum* Meyer-Dür (Hemiptera: Miridae) from five cotton-growing regions in Shandong, China to selected insecticides. *Acta Entomol. Sin.*, 53(9): 993–1000.
- Hardee DD, Bryan WW, 1997. Influence of *Bacillus thuringiensis*-transgenic and nectariless cotton on insect populations with emphasis on the tarnished plant bug (Heteroptera: Miridae). *J. Econ. Entomol.*, 99(2): 663–668.
- Hollingsworth RG, Steinkraus DC, Tugwell NP, 1997. Response of Arkansas populations of tarnished plant bugs (Heteroptera: Miridae) to insecticides and tolerance differences between nymphs and adults. *J. Econ. Entomol.*, 90(1): 21–26.
- Leigh TF, Jackson CE, Wynholds PF, Cota JA, 1977. Toxicity of selected insecticides applied topically to *Lygus hesperus*. *J. Econ. Entomol.*, 70(1): 42–44.
- Li GP, Feng HQ, McNeil JN, Liu B, Chen P, Qiu F, 2011. Impacts of transgenic Bt cotton on a non-target pest, *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür) (Hemiptera: Miridae), in northern China. *Crop Prot.*, 30 (12): 1573–1578.
- Li GP, Feng HQ, Yang SM, Li XJ, Qiu F, 2009. Method for testing the toxicity of insecticides and indoor toxicity of 9 insecticides to *Adelphocoris sutrualis*. *Plant Prot.*, 35(1): 132–135. [李国平, 封洪强, 杨士敏, 李秀杰, 邱峰, 2009. 杀虫剂对黑苜蓿盲蝽的毒力测定方法及 9 种杀虫剂的室内毒力测定. 植物保护, 35(1): 132–135.]
- Li YF, Dang ZH, Gao ZL, Wang JQ, Yuan LB, Shen YY, Yuan WL, Pan WL, 2009. Distribution of *Apolygus lucorum* on different host plants in Hebei Province. *Plant Protection*, 35(5): 118–121. [李耀发, 党志红, 高占林, 王吉强, 袁立兵, 申妍妍, 袁文龙, 潘文亮, 2009. 河北省沧州棉区绿盲蝽在不同寄主上的动态分布. 植物保护, 35(5): 118–121.]
- Li YF, Gao ZL, Dang ZH, Wang JQ, Yang JK, Pan WL, 2008. Evaluation on the toxicity and control effect of different kinds insecticides to *Lygocoris lucorum* M. *Journal of Hebei*

- Agricultural Sciences*, 12(1): 49–50, 57. [李耀发, 高占林, 党志红, 王吉强, 杨继坤, 潘文亮, 2008. 不同类型杀虫剂对绿盲蝽室内毒力及田间药效评价. *河北农业科学*, 12(1): 49–50, 57.]
- Lu YH, Qiu F, Feng HQ, Li HB, Yang ZC, Wyckhuys KAG, Wu KM, 2008. Species composition and seasonal abundance of pestiferous plant bugs (Hemiptera: Miridae) on Bt cotton in China. *Crop Prot.*, 27 (3/5): 465–472.
- Lu YH, Wu KM, Cai XM, Liu YQ, 2008. A rearing method for mirids using the green bean, *Phaseolus vulgaris* in the laboratory. *Acta Phytophylacica Sinica*, 35(3): 215–219. [陆宴辉, 吴孔明, 蔡小明, 刘仰青, 2008. 利用四季豆饲养盲蝽的方法. *植物保护学报*, 35(3): 215–219.]
- Lu YH, Wu KM, Jiang YY, Xia B, 2010. Occurrence trend and control strategy of cotton mirids in China. *Plant Prot.*, 36(2): 150–153. [陆宴辉, 吴孔明, 姜玉英, 夏冰, 2010. 棉花盲蝽的发生趋势与防控对策. *植物保护*, 36(2): 150–153.]
- Qiu J, 2010. GM crop use makes minor pests major problem. *Nature News*, doi:10.1038/news.2010.242.
- Snodgrass GL, 1996a. Glass vial bioassay to estimate insecticide resistance in adult tarnished plant bugs (Hemiptera: Miridae). *J. Econ. Entomol.*, 89(5): 1053–1059.
- Snodgrass GL, 1996b. Insecticide resistance in field populations of the tarnished plant bug (Heteroptera: Miridae) in cotton in the Mississippi Delta. *J. Econ. Entomol.*, 89(4): 783–790.
- Snodgrass GL, Gore J, Abel CA, Jackson R, 2009. Acephate resistance in populations of the tarnished plant bug (Heteroptera: Miridae) from the Mississippi River Delta. *J. Econ. Entomol.*, 102(2): 699–707.
- Snodgrass GL, Scott WP, 2000. Seasonal changes in pyrethroid resistance in tarnished plant bug (Heteroptera: Miridae) population during a three-year period in the Delta of Arkansas, Louisiana, and Mississippi. *J. Econ. Entomol.*, 93(2): 441–446.
- Snodgrass GL, Scott WP, 2003. Effect of ULV malathion use in boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) eradication on resistance in the tarnished plant bug (Hemiptera: Miridae). *J. Econ. Entomol.*, 96(3): 902–908.
- Tan Y, Zhang S, Gao XW, 2012. Monitoring the insecticide resistance of the cotton bugs *Apolygus lucorum* and *Adelphocoris suturalis*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 49(2): 348–358. [谭瑶, 张帅, 高希武, 2012. 两种盲蝽的抗药性监测. *应用昆虫学报*, 49(2): 348–358.]
- Wu K, Li W, Feng H, Guo Y, 2002. Seasonal abundance of the mirids, *Lygus lucorum* and *Adelphocoris* spp. on Bt cotton in northern China. *Crop Prot.*, 21(10): 997–1002.
- Zhang XB, Wang K, Wang M, Mu W, 2013. Monitoring the susceptibilities of mired bug *Apolygus lucorum* field populations in Shangdong Province to six kinds of insecticides. *Acta Phytophylacica Sinica*, 40(6): 564–568. [张小兵, 王凯, 王猛, 慕卫, 2013. 山东省绿盲蝽田间种群对六种杀虫剂的敏感性监测. *植物保护学报*, 40(6): 564–568.]
- Zhang ZQ, Guo TE, Wang W, Liu F, Mu W, 2009. Assessment of relative toxicity of insecticides to the green plant bug, *Lygus lucorum* Meyer-Dür (Hemiptera: Miridae), by two different bioassay methods. *Acta Entomol. Sin.*, 52(9): 967–973.
- Zhu YC, Snodgrass GL, Chen MS, 2004. Enhanced esterase gene expression and activity in a malathion resistance strain of the tarnished plant bug, *Lygus lineolaris*. *Insect Biochem. Mol. Biol.*, 34(11): 1175–1186.