冬枣园绿盲蝽绿色防控技术体系构建与示范

罗淑萍[1,2]， 陆宴辉[1]， 崔艮中[3]， 张 涛[1]， 赵 腾[3]， 解晓军[3]， 吴孔明[1*]

（1. 中国农业科学院植物保护研究所，植物病虫害生物学国家重点实验室，北京 100193；
2. 中国农业科学院植物保护研究所，农业部-CABI 生物安全联合实验室，北京 100193；
3. 北京中捷四方生物科技股份有限公司，北京 101102）

摘要 在山西临猗进行了枣园绿盲蝽 *Apolygus lucorum*（Meyer-Dür）绿色防控技术的研究和示范。组建“冬剪残桩、寄生蜂释放、性诱剂诱捕、生物制剂喷施”为主要措施的枣园绿盲蝽绿色防控技术体系。结果表明，人工大量释放红颈常室茧蜂 *Peristenus spretus* Chen *et* van Achterberg、绿盲蝽性诱剂等技术后，冬枣幼果（疏果前）和果实（疏果后）受害率在绿色防控园分别为 14.4%和 4.2%，与农户常规防治园的差异不显著；红颈常室茧蜂对绿盲蝽若虫的平均寄生率为 37.5%，显著高于农户常规防治园的 6.2%；每公顷枣园总计诱集到 30 749 头绿盲蝽成虫，平均每个诱捕器能诱捕到绿盲蝽成虫（683.3±23.1）头。6—8 月绿色防控园绿盲蝽的数量（5.05±0.86）头/百枝，显著低于农户常规防治园（12.71±2.22）头/百枝。绿色防控技术完全替代化学防治，有效控制了枣园绿盲蝽的种群发生与为害。

关键词 绿盲蝽； 红颈常室茧蜂； 性诱剂； 寄生率； 效益评价

中图分类号： S 476 **文献标识码：** B **DOI：** 10.16688/j.zwbh.2017118

Establishment and demonstration of green control technique system on *Apolygus lucorum* in jujube orchards

LUO Shuping[1,2]， LU Yanhui[1]， CUI Genzhong[3]， ZHANG Tao[1]，
ZHAO Teng[3]， XIE Xiaojun[3]， WU Kongming[1]

（1. *State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests*，*Institute of Plant Protection*，*Chinese Academy of Agricultural Sciences*，*Beijing* 100193，*China*；2. *MoA-CABI Joint Laboratory for Bio-safety*，*Institute of Plant Protection*，*Chinese Academy of Agricultural Sciences*，*Beijing* 100193，*China*；
3. *Pherobio Technology Co. Ltd.*，*Beijing* 101102，*China*）

Abstract The green control technique against *Apolygus lucorum*（Meyer-Dür）were investigated and demonstrated in the jujube orchards in Linyi，Shanxi Province. The green control technique system was mainly composed of pruning stump during winter，releasing parasitoid，trapping adults with pheromone trap and spraying botanical pesticides. The results showed that young fruit（before fruit thinning）and fruit（after fruit thinning）infested rate were 14.4% and 4.2%，respectively，in the green control orchard，without significant difference to that in the conventional control orchard. The mean parasitic rate of *Peristenus spretus* Chen *et* van Achterber on *A. lucorum* was 37.5% in the green control orchard，significantly higher than that in the conventional control orchard. The number of *A. lucorum* adults captured by one trap was 683.3±23.1 adults，and the total of 30 749 adults per hectare was captured by traps in the green control orchard. The population density of *A. lucorum* was 5.05±0.86 individuals per 100 branches from June to August in the green control orchard，significantly lower than 12.71±2.22 individuals per 100 branches in the conventional control orchard. Therefore，the chemical control can be completely replaced by the green control technique and the population of *A. lucorum* was effectively suppressed by green control technique in the jujube orchards.

Key words *Apolygus lucorum*； *Peristenus spretus*； pheromone trap； parasitic rate； benefit evaluation

收稿日期： 2017－03－31 **修订日期：** 2017－04－22
基金项目： 国家重点研发计划（2017YFD0201000）；国家自然科学基金（31301719）
致 谢： 感谢山西临猗植保站人员对本研究的支持和帮助。
* 通信作者 E-mail：kmwu@ippcaas.cn

害虫绿色防控是指采取生态调控、生物防治、物理防治和科学合理使用杀虫剂等对环境友好措施来控制害虫[1]。自 2006 年农业部提出“公共植保,绿色植保”理念以来,害虫绿色防控已成为害虫治理策略中最为关键的技术,其在水稻、果蔬和茶叶等重大农作物、经济作物上广泛推广应用,产生了显著的经济、社会和生态效益[2]。

冬枣是中国传统水果之一,生产历史悠久。其果实含有多种人体必需的氨基酸和维生素,被誉为“活维生素丸”,具有较高的营养价值和药用价值。绿盲蝽 *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür)是冬枣树上一种重要刺吸性害虫,冬枣整个生长过程中都会遭到绿盲蝽的为害,导致果实品质降低及产量损失。在早春冬枣抽梢时其造成嫩芽和嫩叶组织缩成一团或呈连片的孔洞,即“破叶疯”状。花蕾期造成花蕾枯萎脱落,坐果率降低。幼果期常引起果实表面凹凸不平、果实脱落等症状[3],后期果实被刺吸部位出现深绿色斑点,形成“青斑”或裂果,致使裂口变黑全果腐烂[4]。进入本世纪以来,绿盲蝽在我国冬枣上为害加重,已成为冬枣生产的主要致害因子之一,使枣果品质下降并造成严重的产量损失,而大量使用化学农药则对冬枣的食用安全有严重影响,并且大量杀伤天敌、破坏环境。

2015 年以山西临猗冬枣生产区为试验基地,建立了以生物防治、诱杀防治为主体的冬枣园盲蝽绿色防控技术集成与示范,以实现枣园绿盲蝽的可持续治理。核心技术包括应用绿盲蝽若虫的优势寄生蜂红颈常室茧蜂 *Peristenus spretus* Chen *et* van Achterberg 的田间释放技术;采用聚乙烯瓶为诱芯的绿盲蝽性诱技术等措施。红颈常室茧蜂是绿盲蝽若虫的优势寄生蜂之一[5],该蜂将卵产于绿盲蝽若虫体内,之后在寄主体内孵化并完成幼虫期发育。到寄生蜂高龄幼虫时,钻出寄主体壁,到土壤中化蛹。寄主绿盲蝽由于长期营养不良和寄生蜂钻出时造成的伤口而死亡,从而达到控制绿盲蝽的作用。红颈常室茧蜂对 2～3 龄的绿盲蝽若虫控制效果较强,是目前防治绿盲蝽的优良寄生性天敌。昆虫性信息素是一类重要的害虫绿色防控手段,而绿盲蝽性信息素也逐渐被阐明并用于监测与防治。本项目组研究认为已烯醛衍生物是除丁酸-反-2-己烯酯外的另一种绿盲蝽性信息素组分,两种组分 3∶2组合物能显著引诱到大量雄性绿盲蝽成虫[6],并改进了性信息素诱芯类型,研制出聚乙烯瓶诱芯,田间持效期可达 5 周以上,能够满足田间监测与防治需求。本研究发展利用该两项技术,并结合冬剪枣树残桩、喷施植物源农药措施,形成一套切实可行的冬枣园绿盲蝽绿色防控技术,不仅确保了冬枣的安全生产同时保护了天敌,对绿盲蝽起到了良好的控制作用。

1　示范内容和方法

1.1　绿色防控技术体系的建立

冬枣园绿盲蝽绿色防控技术主要使用生物防治、诱杀防治和农业防治,综合应用绿盲蝽的寄生性天敌——红颈常室茧蜂和绿盲蝽性诱剂等核心技术产品。

1.1.1　冬剪枣树残桩

枣树夏剪时遗留的残桩是绿盲蝽越冬卵的主要产卵部位[7],早春 3 月底对冬枣园全园仔细冬剪,剪除含有绿盲蝽卵粒的残桩和刮除树皮,带离果园烧毁。

1.1.2　释放红颈常室茧蜂

在 4 月底至 5 月初,第 1 代绿盲蝽发生时,选择绿盲蝽越冬卵的孵化高峰期开始释放。调查绿盲蝽种群,按蜂∶蝽为1∶20 的比例,连续 3 次释放红颈常室茧蜂的蜂茧,选择晴天释放。该蜂茧是室内人工繁殖的种群,雌雄比例为 47∶53,羽化率 86%。根据绿盲蝽若虫孵化和发育进度,释放间隔天数为 4～7 d。在田间每隔 10～15 m 为一个释放点,每 667 m^2 约设置 3～4 个释放点。将含有蜂茧的释放袋用棉线悬挂在枣树阴面中部枣枝上,同时棉线上涂抹凡士林,防止蚂蚁爬入取食蜂茧。

1.1.3　利用绿盲蝽性诱剂诱捕

从绿盲蝽第 1 代成虫期开始之前,约 5 月上旬,至 9 月上旬悬挂诱捕器,悬挂量 45 个/hm^2,悬挂在枣树阴面树枝,约株高 2/3 处以上。绿盲蝽诱捕器诱芯由北京中捷四方公司生产,每月更换 1 次诱芯,利用人工合成的雌虫性信息素(性诱剂)诱捕绿盲蝽雄性成虫。

1.1.4　施用植物源农药

在早春 4 月盲蝽若虫孵化高峰期,雨后第 2 天选用对环境、天敌安全性高的 0.3%苦参碱水剂 800 倍液、0.3%印楝素乳油 1 000 倍液等生物农药进行连续轮换施药。抽梢期和新叶生长期每百梢(芽)2

头以上，幼果生长期每百梢 5 头以上需要及时进行施药，放蜂期、放蜂前后 10 d 左右以及花期不用药，4 月—8 月共进行 7 次喷施。

1.2 示范果园建立和推广

在山西临猗县(35°12′N，110°36′E)设置示范枣园，进行推广和技术培训。示范面积 8.7 hm^2。通过整合“冬剪残桩、寄生蜂释放、性诱剂诱捕、生物制剂喷施”为主要措施建立绿盲蝽绿色防控技术体系(方法见 1.1.1～1.1.4)。3 月 29 日进行残桩的修剪；4 月 13 日、4 月 19 日、4 月 24 日、5 月 22 日、7 月 5 日、7 月 30 日和 8 月 15 日进行生物药剂喷施，每次只使用一种生物药剂，其中第 1、2、5、6 次用药使用 0.3%苦参碱水剂(山东百士威农药有限公司)，第 3、4、7 次用药使用 0.3%印楝素乳油(成都绿金生物科技有限责任公司)；4 月 30 日、5 月 6 日和 5 月 10 日释放红颈常室茧蜂；4 月 30 日－9 月 16 日悬挂绿盲蝽性诱剂及其诱捕器。释放的红颈常室茧蜂蜂茧、绿盲蝽性诱剂分别由中国农业科学院植物保护研究所、北京中捷四方生物科技有限公司提供，0.3%苦参碱水剂、0.3%印楝素乳油分别为市售。农户常规防治园面积约 0.3 hm^2，主要通过冬剪绿盲蝽越冬卵残桩和枣农自行使用化学农药 10%吡虫啉可湿性粉剂、5%啶虫脒乳油轮换使用进行绿盲蝽防治，距离示范园约 200 m。

1.3 防治效果调查

1.3.1 若虫寄生率调查

在 5 月 18 日、6 月 11 日、7 月 8 日和 8 月 14 日进行 4 次调查。每次调查在农户常规防治技术园和绿色防控园分别进行，每处理枣园调查 5 个点，每个点采集 30 头左右 3 龄以上的绿盲蝽若虫，带回室内解剖，观察绿盲蝽若虫体内是否有寄生蜂幼虫，以此确定绿盲蝽若虫是否被寄生。通过如下公式，计算出每种处理枣园绿盲蝽的寄生率。

绿盲蝽被寄生率＝被寄生的绿盲蝽若虫数/解剖绿盲蝽若虫数×100%。

1.3.2 成虫性诱剂诱捕效果调查

选取东、南、西、北、中 5 个点，每点调查 5 个诱捕器，每隔 7 d 左右调查一次，记录 5－9 月期间诱捕的绿盲蝽成虫数量。

1.3.3 绿盲蝽种群动态调查

分别在绿盲蝽绿色防控园和常规技术园调查 5 个点，每点查 10 株枣树，每株树查 12 个 30 cm 长的枝条，每个枝条含 20～30 梢，分别在寄生蜂释放后的 6 月 9 日，7 月 8 日，8 月 14 日用盆拍法调查纪录绿盲蝽的数量。

1.3.4 枣树受害程度调查

分别在绿色防控园和农户常规防治园进行，绿色防控园各项绿盲蝽防治措施如上所述。

6 月 9 日进行枣树叶片受害情况调查，每个处理枣园调查 5 个点，每点调查 10 株枣树，每株选取 10 个枝条，每个枝条上各取 7 片新叶进行调查，按照叶片受害分级标准进行分别统计。叶片受害情况分为 0 级：健康叶；1 级：叶片上孔洞数≤5；2 级：叶片上孔洞数＞5；3 级：叶片卷曲甚至抽不出，或受害面积大于 50%。6 月 20 日、7 月 7 日进行枣花和幼果受害情况调查，每个果园调查 5 个点，每点 10 株枣树，每株枣树 10 个枝条，记录每个枝条上的幼果和花的受害情况。8 月 14 日分别在绿色防控园和农户常规园进行枣园疏果后果实的受害率调查，每个果园调查 5 个点，每点 10 株枣树，每株调查 20 粒果。

根据公式：

叶片受害指数(LDI)＝[∑(各级病叶数×各级代表值)/(调查总叶数×最高级代表值)]×100%；

花受害率(FIR)＝受害花数/(健康花数＋受害花数)×100%；

幼果受害率(YFDR)＝受害幼果数/(健康果数＋受害幼果数)×100%；

果实受害率(FDR)＝受害果实数/(健康果数＋受害果实数)×100%；

分别计算出叶片受害指数、花受害率、幼果受害率和果实受害率。

1.3.5 枣园综合效益评价

枣园综合效益主要从防治成本和经济收益、生态效益 3 方面进行评估，分别从寄生蜂释放成本、性诱剂和诱捕器成本、生物农药或化学农药成本、冬枣价格进行分析。

2 结果与分析

绿色防控园在连续 3 次释放寄生蜂后，5 月调查寄生率达 51.3%，为全年最高，此后寄生率呈下降趋势，5－8 月连续 4 个月平均寄生率 37.5%(表 1)，显著高于农户常规防治园的 6.2%($df=1,6$，$F=21.71$，$P=0.0035$)。

表 1　不同防治处理枣园绿盲蝽若虫寄生率

Table 1　Parasitism rate of *Apolygus lucorum* in two controlling jujube orchards

处理 Treatment	若虫寄生率/% Parasitism rate of nymph				
	5 月 18 日 18, May	6 月 11 日 11, June	7 月 8 日 8, July	8 月 14 日 14, August	平均 Average
绿色防控 Green control	51.3±6.6	41.6±4.3	33.3±3.7	23.9±2.1	(37.5±5.8)a
农户常规防治 Conventional control	0	0.9±0.9	12.1±3.2	11.8±1.2	(6.2±3.3)b

枣园在 5 月 21 日调查中首次诱捕到绿盲蝽,诱捕量的最高峰出现在 7 月 2 日,为 105.9 头(图 1),5—9 月底,每公顷枣园总计诱集到 30 749 头绿盲蝽成虫,平均 1 个诱捕器能诱捕到(683.3±23.1)头。

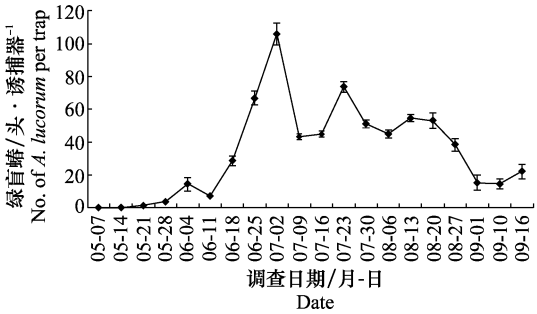
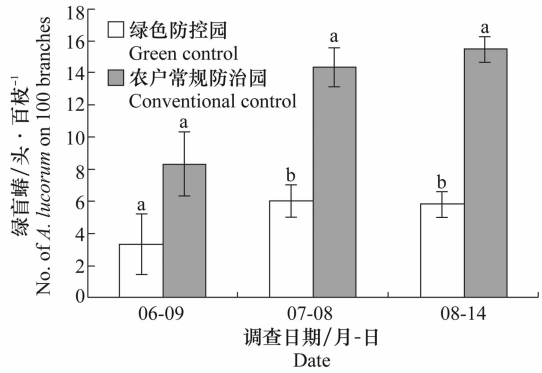


图 1　山西临猗绿色防控园诱捕器捕获的绿盲蝽成虫数

Fig. 1　Dynamic of *Apolygus lucorum* per trap in green control jujube orchard in Linyi, Shanxi

6 月 9 日新叶生长时期盲蝽数量在绿色防控园与农户常规防治园差异不显著(n=1,8, F=3.28, P=0.1079,图 2),但在枣树幼果期和疏果后农户常规防治园绿盲蝽的数量显著高于绿色防控园(n=1,8, F=28.07,P=0.000 7;n=1,8 F=68.57,P<0.000 1)。6—8 月绿色防控园绿盲蝽的数量(5.05±0.86)头/百枝,显著低于农户常规防治园(12.71±2.22)头/百枝(n=1,4,F=10.35,P=0.032 4)。



相同字母表示同一调查时间两处理枣园绿盲蝽数量没有显著差异(LSD, P<0.05)

The same letter within the same investigation date indicated no significant difference (LSD multiple-comparison test, P<0.05) between green control orchard and conventional control orchard

图 2　不同防治处理枣园绿盲蝽发生数量

Fig. 2　Population number of *Apolygus lucorum* in two controlling jujube orchards

冬枣生长前期,绿色防控园新抽的叶片受害指数(df=1,8,F=6.08,P=0.039)和枣花受害率(df=1,8,F=5.8,P=0.042 6)显著高于农户常规防治园,但在冬枣生长中后期幼果(疏果前 df=1,8, F=0.07,P=0.801 0)和果实(疏果后 df=1,8, F=0.07,P=0.801 1)的受害率在农户常规防治园和绿色防控园的差异不显著(表 2)。

表 2　不同防治处理枣树的受害情况(山西临猗)[1)]

Table 2　Damage of *Apolygus lucorum* on jujube at two controlling orchards in Linyi, Shanxi

防控方法 Control method	叶片 Leaf		花 Flower		幼果 Young fruit		果 Fruit	
	样本数 No. of samples	受害指数/% Damage index	样本数 No. of samples	受害率/% Damage rate	样本数 No. of samples	受害率/% Damage rate	样本数 No. of samples	受害率/% Damage rate
绿色防控 Green control	3 500	(6.88±0.39)a	1 594	(24.9±1.1)a	1 570	(14.4±2.3)a	1 000	(4.2±0.6)a
农户常规防治 Conventional control	3 500	(5.55±0.37)b	1 678	(21.6±0.8)b	1 965	(13.6±2.1)a	1 000	(4.0±0.4)a

1) 表中数据为平均值±标准误,同列相同的字母表示差异不显著(LSD, P<0.05)。

Data are mean ± SE. Data followed by the same letter in the same column are not significantly different (LSD multiple-comparison test, P<0.05).

绿盲蝽绿色防控示范园的效益评价主要考察了防治成本和冬枣经济收益(表 3)。相对于农户常规防治,绿色防控园释放寄生蜂和使用性诱剂诱捕绿盲蝽成虫两项生物防治新技术所需的成本是 4 725 元/hm²;绿色防控园使用生物农药比使用化学农药成本提高 1 050 元/hm²;绿色防控园每公斤冬枣可提升价格 1 元,按当地每公顷冬枣产量 2.3 万~3 万 kg/ hm²,果农收入增加 2.3 万~3 万元/hm²,扣

除绿色控制技术增加的防治成本 0.577 5 万元/ hm^2，净增收 1.7 万～2.4 万元/hm^2。按组建的枣园绿盲蝽绿色防控技术体系，绿色防控技术可完全替代化学防治。

表 3 不同防治处理枣园综合效益评价(山西临猗)

Table 3 Benefit evaluation of two controlling technology systems against *Apolygus lucorum* in jujube orchards

防控方法 Control method	防治成本/元·(hm^2)$^{-1}$ Cost of control			经济收益 Economic gain	
	寄生蜂 Parasitoid	性诱剂和诱捕器 Sex pheromone and lures	生物农药/化学农药 Biopesticide / Chemical pesticide	冬枣价格/元·kg^{-1} Price of jujube	新增收益/万元·(hm^2)$^{-1}$ New profit
农户常规防治 Conventional control	—	—	3 150	4	
绿色防控 Green control	2 700	2 025	4 200	5	1.7～2.4

3 小结与讨论

在枣园害虫的防治研究中，已有一些无公害防治技术集成[8-9]，提出冬剪灭卵、设置粘虫胶、保护天敌、利用性信息素等绿色防控措施，但仍需要辅助使用化学农药。本研究在前人的基础上，明确提出人工大量释放针对性强的专一性天敌红颈常室茧蜂，并改进绿盲蝽性诱剂成分和诱芯类型，增加使用持效期。并且引入的这两项新技术，在使用时期上具有一定的互补性，在防治绿盲蝽的若虫和成虫阶段分别发挥生物控制作用，形成一整套绿盲蝽的绿色防控体系，完全替代了化学农药的使用。

绿盲蝽在山西临猗 1 年发生 5 代，发生量以第 2 代最高，且与冬枣花期相遇，此时无论在绿色防控园还是农户常规防治园，都会避免使用药剂防治，此期间有利于绿盲蝽发生。因此，田间防治策略上，主要抓住第 1 代，降低越冬虫源，保护早春枣树嫩芽嫩叶。重点抓住第 2 代，防止绿盲蝽暴发。此外，在山西临猗枣园，早春 4 月底绿盲蝽若虫孵化高峰期使用生物农药压低虫源后，绿色防控园释放红颈常室茧蜂与果园中枣树下生长的蒲公英花期相遇，该非作物生境为红颈常室茧蜂提供了食物资源，为寄生蜂的生存和繁衍提供了良好栖境，对后期连续 4 个月寄生蜂持续控制绿盲蝽提供了有力保障。在 7 月 8 日和 8 月 14 日盲蝽种群数量调查中，绿色防控园中的绿盲蝽数量显著低于农户常规防治园，与绿盲蝽性诱捕器在此期间大量捕获的绿盲蝽成虫数有明显的关系，悬挂性诱捕器在构建绿盲蝽绿色防控体系中发挥着重要作用。而且，在整个生长季节，绿色防控园绿盲蝽若虫寄生率显著高于农户常规防治园。

调查还发现，虽然绿色防控园的冬枣生长前期枣花和嫩叶的受害指标高于化学防治园，但冬枣幼果和果实的受害率在农户常规防治园和绿色防控园的差异不显著。这是由于在枣园绿盲蝽防控过程中，绿色防控能根据性诱的结果科学地预测绿盲蝽发生虫态和时期，并选择适当的技术进行适时防治，能收到良好的防控效果。但农户自行防治常难以准确把握防治的关键时期，这是导致防治效果差的主要原因。以上说明绿色防控体系能够有效地控制绿盲蝽的发生为害，为枣业生产提供技术指导和支撑。寄生蜂释放和性诱剂等绿色防控技术的使用，从短期效益来看虽然提高了防治成本，但降低了化学药剂的使用，增加了天敌寄生蜂的数量；从长期效益来看为确保生态安全提供了有力支撑，且有效控制了绿盲蝽的种群数量，绿色防控园绿盲蝽的数量显著低于农户常规防治园。绿色防控技术可作为农作物减少化学农药使用量的关键替代技术，既有效控制了绿盲蝽的发生为害，又明显提升了枣果品质和农户收益，保障食品安全，从而达到经济效益、生态效应、社会效应显著提升。

参考文献

[1] 夏敬源. 大力推进农作物病虫害绿色防控技术集成创新与产业化推广[J]. 中国植保导刊，2010，30(10)：5－9.

[2] 杨普云，熊延坤，尹哲，等. 绿色防控技术示范工作进展与展望[J]. 中国植保导刊，2010，30(4)：37－38.

[3] 李林懋，门兴元，叶保华，等. 绿盲蝽对冬枣不同生长期的为害[J]. 植物保护学报，2013，40(6)：545－550.

[4] 姜玉英，陆宴辉，曾娟. 盲蝽分区监测与治理[M]. 北京：中国农业出版社，2015：19－20.

[5] LUO Shuping，ZHANG Feng，WU Kongming. Effect of temperature on the reproductive biology of *Peristenus spretus* (Hymenoptera：Braconidae)，a biological control agent of the plant bug *Apolygus lucorum* (Hemiptera：Miridae)[J]. Biocontrol Science and Technology，2015，25(12)：1410－1425.

[6] 张涛. 绿盲蝽性信息素的提取鉴定及应用研究[D]. 北京：中国农业科学院，2011.

[7] 门兴元，于毅，张安盛，等. 枣—棉生态区绿盲蝽季节性发生与转移规律[C]//中国植物保护学会. 植保科技创新与病虫防控专业化——中国植物保护学会 2011 年学术年会论文集. 北京：中国农业科学技术出版社，2011.

[8] 李林懋，门兴元，叶保华，等. 冬枣绿盲蝽的发生与无公害防治[J]. 山东农业科学，2012，44(9)：98－101.

[9] 韩鸿鹏，王丁，张丽琴. 枣园病虫害无公害防治研究进展[J]. 中国植保导刊，2013，33(3)：16－20.

(责任编辑：杨明丽)