

棉盲蝽综合治理研究进展

陆宴辉, 梁革梅, 吴孔明*

(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 100094)

摘要 随着 Bt 棉花的大面积种植, 盲蝽已上升成为我国棉花的主要害虫。本文从防治策略、经济阈值与预测预报、防治措施等方面综述了盲蝽防治的经验, 并结合我国棉盲蝽的防治现状提出了对策与建议。

关键词 Bt 棉花; 盲蝽; 综合治理

中图分类号 S 435. 622. 9

Advances in integrated management of cotton mirids

Lu Yanhui, Liang Gemei, Wu Kongming

(State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests,
Institute of Plant Protection, CAAS, Beijing 100094, China)

Abstract The mirids (Heteroptera; Miridae) have become one of the most important insect pests in Chinese cotton production due to the commercialization of Bt cotton. For promoting the management of this kind of pests in China, the progresses in its control strategy, economic threshold and forecasting methods of population dynamics, and control measures in the world were reviewed in this paper.

Key words transgenic Bt cotton; mirid; integrated management

盲蝽(Heteroptera: Miridae)是棉花生产上的一类重要害虫,其种类繁多,全世界为害棉花的盲蝽种类达 50 余种。在我国,棉盲蝽隶属于后丽盲蝽属(*Apolygus*)、草盲蝽属(*Lygus*)和苜蓿盲蝽属(*Adelphocoris*)等 19 个属,主要有绿盲蝽(*Apolygus lucorum*)、牧草盲蝽(*Lygus pratensis*)、中黑苜

蓿盲蝽(*Adelphocoris suturalis*)、苜蓿盲蝽(*A. lineolatus*)、三点苜蓿盲蝽(*A. fasciaticollis*)等几种。而在美国、加拿大等地,则以草盲蝽属的美国牧草盲蝽(*L. lineolaris*)、豆荚草盲蝽(*L. hesperus*)、长毛草盲蝽(*L. rugulipennis*)等为主。

我国关于盲蝽为害棉花的报道始见于 1936

收稿日期: 2007-04-30 修订日期: 2007-09-27

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划(2006BAD08A07)

* 通讯作者

年^[1]。在1952、1953年,黄河、长江流域棉区盲蝽曾严重发生^[2]。在随后的半个多世纪中,我国棉田盲蝽的发生数量很低,一直作为棉铃虫(*Helicoverpa armigera*)化学防治的兼治对象进行防治。据统计,1994年我国利用化学农药防治棉田盲蝽仅为0.5次^[3]。自1997年,我国开始商业化种植转Bt基因棉,棉田化学农药使用量因此而大幅度减少。随之,棉田盲蝽发生数量剧增、为害加重,成为我国转基因棉上的主要害虫^[4-5]。棉田盲蝽种群暴发还波及其他寄主作物,近年来盲蝽在枣、葡萄、樱桃、茶树等其他作物上为害也十分严重。在澳大利亚、美国等地,同样出现了转基因棉田蝽类害虫为害加重的现象^[6-8]。Wu等认为转基因棉田盲蝽问题急需解决。否则,随着转基因棉种植面积的扩大,这一问题将可能更加严重^[4]。

长期以来,盲蝽在我国属于次要害虫,因此相关研究少,其防治技术相对滞后,基本上以化学防治为主。据各地植保部门反馈的棉田盲蝽虫情资料可以发现,近几年在一些发生严重地区每年为防治棉盲蝽而施用化学农药近20余次,出现了与20世纪90年代防治棉铃虫类似的现象。因此,建立科学合理的棉盲蝽综合防治技术体系非常迫切。国外盲蝽的综合防治已开展了100多年,其防治体系比较完善。本文将全面介绍国外盲蝽综合防治的现状,并对我国棉盲蝽的综合治理进行展望,以期为我国建立科学合理的棉盲蝽综合防治体系提供有益信息。

1 国外盲蝽综合防治的现状

1.1 防治策略

盲蝽活动能力强,有一定的飞行、扩散能力^[9-10]。在生产上,盲蝽常对农作物造成大规模的危害。因此,Nordlund认为控制盲蝽种群数量应采取大面积害虫治理(area-wide management)策略^[11]。

1.2 预报技术与经济阈值

种群数量的调查、取样方法是害虫预测预报过程中的一个基本环节。由于盲蝽成虫具有一定的飞行能力,为此目测法调查具有一定难度,所以常用网捕法。但对于植物特殊的生育期(花期),扫网的使用就受到了一定的限制,而且若虫往往聚集在植物花等比较难查找的地方,因此常用瓷盘拍虫法调查

若虫数量,但目测法仍不乏是一种有效的调查方法。此外,色板诱集、真空吸尘器吸虫法也是比较有效的种群数量调查、监测技术^[12]。

除了常规的预测预报技术以外,利用地理信息系统(GIS)来监测盲蝽在大范围内的种群转移规律,为大面积的治理盲蝽提供了新的手段^[13]。另外,Varis通过连续16年的调查,利用多重回归的方法提出了盲蝽种群动态的预测模型^[14]。

关于盲蝽对棉花、向日葵、草莓、芸苔、苹果等作物的危害与经济阈值已有了全面的研究报道^[15-18],而且还报道了一些作物的被害敏感时期以及各生育期的经济阈值^[17],这为制定合理的综合防治策略和防治指标提供了依据。

1.3 防治措施

1.3.1 化学防治

2000年,Scott和Snodgrass以美国牧草盲蝽为例全面综述了盲蝽的化学防治发展历程。盲蝽的化学防治始于20世纪30年代,主要用砷酸钙、巴黎绿和硫磺防治棉花害虫,同时也兼治了盲蝽。40年代,一些复配农药(DDT+硫磺,六六六+硫磺等)被用来防治盲蝽。60年代一些有机氯农药像狄氏剂,异狄氏剂,毒杀芬等一些新农药被用来防治盲蝽。随后,有机磷类、氨基甲酸酯类、拟除虫菊酯类农药相继被用于防治之中^[19]。

然而,化学农药的长期使用引起了盲蝽抗药性的产生。1954年,Menke首次发现豆荚草盲蝽对DDT产生了抗药性^[20]。随后,有关盲蝽抗药性的研究报道屡见不鲜,主要涉及有机磷类、氨基甲酸酯类、环戊二烯类、拟除虫菊酯类等多个农药^[21-22]。前些年,苯基吡唑酮类农药氟虫腈(fipronil EC2.5)和球孢白僵菌(Mycotrol WP504)相继面世被推荐用来防治抗性的盲蝽,且防治效果较好^[19]。近几年,双苯氟脲化合物敌草胺(Diamond 0.83EC)^[23]、噻啉草酰胺化合物卡宾枪(Carbine 50WG)^[24]、苯基缩氨基脲类复配农药巴斯(BAS 320I)^[25]也被用来防治美国牧草盲蝽。

1.3.2 农业防治

当前,除了化学防治以外,农业防治是盲蝽综合防治中最有效的措施。种植诱集植物、清除农田杂草等构成了比较完整的盲蝽农业防治体系。

1964年,Stern等根据盲蝽对苜蓿的偏好性提

出了通过间作苜蓿来诱集防治棉田盲蝽的方法^[26]。并采用了苜蓿的条带刈割技术,一方面,通过刈割减少苜蓿地中盲蝽若虫的数量;另一方面,将盲蝽成虫始终保留在苜蓿地中,防止其向棉田扩散,从而有效地控制住盲蝽的危害^[26-27]。这一诱集植物种植模式已在生产上广泛应用,成为诱集植物研究和应用方面的一个典例^[28]。此外,防治草莓、莴苣等作物上的盲蝽也相继发现适合的诱集植物^[29-30]。

在盲蝽的寄主植物中,很大一部分为农田杂草^[31-32],农田杂草往往成为盲蝽的主要虫源地。为此,适时、有效地控制农田杂草来减少盲蝽虫源基数、减轻临近作物上盲蝽的发生数量具有很大的利用潜力^[33]。Sondgrass 等研究发现大面积地减少早期棉田杂草的数量能够有效地控制美国牧草盲蝽的种群数量^[34-35]。

在植物抗虫性方面,棉花的高绒毛、无苞叶、高油腺、无蜜腺、高单宁等性状对盲蝽有抗性作用^[36]。而豆荚(*Phaseolus vulgaris*)中叶绿素 A 和 B、粗蛋白、单糖、低聚糖的含量影响盲蝽的取食,表现出抗虫性^[37]。然而迄今作物抗虫性在盲蝽的防治上应用不甚成功。部分原因是植物对盲蝽的很多抗性性状与其他主要害虫的防治或一些有益昆虫的保护相冲突,比如高绒毛性状有助于棉铃虫产卵,无蜜腺性状则不利于天敌昆虫的存活。

1.3.3 生物防治

至今,已报道的盲蝽寄生性天敌有 20 多种,主要分布在膜翅目的长缘缨小蜂属(*Anaphes*)和常室茧蜂属(*Peristenus*)。其中,一部分是卵寄生蜂,最有代表性就是盲蝽长缘缨小蜂(*A. iole*)。它对 1~4 日龄的盲蝽卵具有较好的寄生作用,在苜蓿地,其最高寄生率达 53%,但其在棉田的寄生率不是十分理想^[38]。另一部分是成虫、若虫寄生蜂,主要为 *Peristenus* spp.。这类寄生蜂的寄生率不是很高^[39]。

盲蝽捕食性天敌主要有瓢虫、姬蝽、小花蝽类以及蜘蛛目的部分种类。这些天敌都是广谱性捕食者,除在室内和田间罩笼中开展了一些捕食能力研究外^[40-41],捕食性天敌对盲蝽的控制效果尚未有系统的研究。

天敌昆虫的成功开发与产业化能有效地解决规模化进行害虫生物防治的“瓶颈问题”。目前,已有

3 种寄生性天敌[盲蝽长缘缨小蜂、冥常室茧蜂(*P. stygicus*)、单毛室茧蜂(*Leiophron uniformis*)]以及 2 种捕食性天敌[斑点大眼长蝽(*Geocoris punctipes*)和狡小花蝽(*Orius insidiosus*)]被认为是比较理想的防治盲蝽天敌,现正在研究、解决这些天敌昆虫的人工饲养、工厂化繁育问题^[42],但生产上大规模的释放天敌昆虫用于盲蝽防治尚未见报道。

对于天敌昆虫利用的另一种途径就是从他处特别是害虫的原发地引进天敌,帮助其在新环境下建立种群,以长期、持续地控制害虫种群。美国在引进盲蝽寄生蜂上做了大量工作。从欧洲引进的盲蝽常室茧蜂(*P. digoneutis*)在美国东北部以及加拿大的部分地区成功定殖^[43-44],有效地控制了美国牧草盲蝽的种群数量^[45],但在美国南部花了近 25 年的努力也未能成功定殖。最近,从欧洲南部收集的冥常室茧蜂和盲蝽常室茧蜂被引进美国的加利福尼亚州,在所有的释放点中只有少数的几点地方成功地定殖了下来。研究人员发现这种引种成功与否与寄生蜂的原产地和引入地的气候相似程度有关,气候是盲蝽寄生蜂引进的一大限制^[46]。此外,美国还在为其他的几种寄生蜂引种做工作。

利用微生物防治盲蝽研究最多的就是球孢白僵菌(*Beauveria bassiana*)。球孢白僵菌对盲蝽的存活、产卵、取食有着明显的影响^[47-48],在田间能够有效地控制盲蝽的种群发展^[48-49],与一定的化学农药混配使用的防治效果则更好^[50]。同时,球孢白僵菌对盲蝽有控制作用的株系众多,而且在田间发病流行能力强^[51]。总之,球孢白僵菌的利用是防治盲蝽一个非常具有潜力的措施。

球孢白僵菌的产业化生产工序已较为成熟,相关产品也丰富。研究发现两种已经商业化生产的球孢白僵菌制剂(TM Mycotrol 和 Naturalis-L)对美国牧草盲蝽具有很好的控制效果^[52]。此外,对盲蝽有作用的球孢白僵菌株系筛选^[53]、球孢白僵菌包衣剂的选择都在研究之中^[54]。

1.3.4 物理防治

美国牧草盲蝽、长毛草盲蝽等对黄、白、绿等颜色的诱集板表现出一定的趋性行为^[55-56]。在一些果树和草莓种植园,用这些颜色的诱集板诱捕成虫已成为盲蝽综合防治中的一项措施^[57]。

辐射不育技术已在害虫综防上广泛应用。应用这一技术防治盲蝽也做了一些探索研究^[58-59],在实践应用上尚未有报道。

利用真空吸虫器吸虫原本用于盲蝽的种群调查,而现在已被广泛地用于盲蝽的防治。试验结果表明,真空吸虫器能有效减少、持续控制盲蝽的种群数量^[60-61]。

2 我国棉盲蝽综合治理展望

2.1 防治策略

经调查发现,我国西北内陆棉区以牧草盲蝽为主,长江与黄河流域棉区则以绿盲蝽与中黑盲蝽为优势种^[62]。上述3大棉区气候、栽培管理等方面存在很大差异,棉田节肢动物群落组成结构及主要害虫的发生特点也不尽相同,加之盲蝽的飞行、扩散能力比较强^[63],因此需要建立区域性的棉盲蝽综合治理体系。

2.2 取样技术与预测预报

以前,虽然我国曾在棉田盲蝽的取样调查技术方面有过头一些研究^[64],但至今没有成熟的经验,尚未有统一的预测预报方法^[65]。为此,要发展合理的调查取样技术,并利用传统技术结合地理信息系统等现代科技,发展盲蝽暴发为害的预测预报技术,建立盲蝽预警技术体系。

2.3 为害与经济阈值

昔日作为次要害虫,棉盲蝽的经济阈值研究一直未受到重视。张永孝等^[66]曾就盲蝽对棉花的危害及经济阈值有过研究。但20年来,我国棉花的主栽品种,特别是转基因棉的普及推广、栽培条件与管理水平等都发生很大的变化。为此,急需探讨盲蝽对棉花的危害情况,研究其经济阈值,为当前棉田盲蝽的综合治理提供科学标准。

2.4 防治技术

化学防治是目前我国棉盲蝽防治的主要措施,在以后的综合治理中也将会有着重要的地位。但随着绿色植保的发展趋势,研制、开发、筛选高效、低毒、选择性强的化学农药是一个重要的努力方向。梁革梅等人就此做了一些探索工作^[67]。然而,化学防治必将带来盲蝽抗药性的产生、发展。因此,要加强田间种群抗药性水平的监测工作,积极开展抗药性机制研究,制定适当的抗药性治理策略。另外,防治实践中,需进一步加强提倡多作物、广范围的联防

联治。

农业防治是盲蝽综合防治的基础。解决盲蝽为害问题的根本措施需从耕作制度和作物布局等方面着手。要进一步明确盲蝽世代间的寄主转移规律,着重从盲蝽早春杂草寄主、耕作制度、作物布局等方面着手,切断盲蝽生活周期的连续性,有效地控制盲蝽的种群发生^[65]。同时,要开展棉花品种对盲蝽的抗性以及诱集植物研究。

对于生物防治,要开展盲蝽天敌昆虫资源调查及其生物学习性研究,适时开展天敌的人工饲养、异地引种等工作。同时,筛选、开发有效的生物农药和病原微生物。

而物理防治方面,需开展色板诱集、辐射不育技术等探索性研究工作。此外,应加强性信息素诱集剂、植物源挥发物诱集剂等害虫行为调控措施的研究。

总之,要建立一个持续、高效的棉盲蝽的综合治理体系,为转基因棉的长期、有效利用提供保障。

参考文献

- [1] 沈其益. 棉叶切病之研究[J]. 中国棉产改进所专刊, 1936, 2: 1-124.
- [2] 姜瑞中, 曾昭慧, 刘万才, 等. 中国农作物主要生物灾害实录 1949-1990[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.
- [3] WU K M, GUO Y Y. The evolution of cotton pest management practices in China[J]. Annu Rev Entomol, 2005, 50: 31-52.
- [4] WU K, LI W, FENG H, et al. Seasonal abundance of the mirids, *Lygus lucorum* and *Adelphocoris* spp. (Hemiptera: Miridae) on Bt cotton in northern China[J]. Crop Prot, 2002, 21: 997-1002.
- [5] 郭建英, 周洪旭, 万方浩, 等. 两种防治措施下转 Bt 基因棉田绿盲蝽的发生与为害[J]. 昆虫知识, 2005, 42(4): 424-428.
- [6] FITT G P, MARES C L, LLEWELLYN D J. Field evaluation and potential ecological impact of transgenic cottons (*Gossypium hirsutum*) in Australia[J]. Biocontrol Sci Tech, 1994, 4: 535-548.
- [7] HARDEE D D, BRYAN W W. Influence of *Bacillus thuringiensis*-transgenic and nectariless cotton on insect populations with emphasis on the tarnished plant bug (Heteroptera: Miridae)[J]. J Econ Entomol, 1997, 90: 663-668.
- [8] BAUER P J, MCALISTER III D D, ROOF M E. Evidence that light stink bug damage does not influence open end yarn processing performance[J]. J Cotton Sci, 2006, 10: 161-167.
- [9] MUELLER A J, STERN V M. *Lygus* flight and dispersal behavior[J]. Environ Entomol, 1973, 2: 361-364.

- [10] BANCROFT J S. Dispersal and abundance of *Lygus hesperus* in field crop[J]. Environ Entomol, 2005,34:1517-1523.
- [11] NORDLUND D A. The *Lygus* problem[J]. Southern Entomol, 2000,Suppl,23:1-5.
- [12] LAYTON M B. Biology and damage of the tarnished plant bug, *Lygus lineolaris*, in cotton[J]. Southwestern Entomol, 2000,Suppl,23:7-20.
- [13] CARRIERE Y, ELLSWORTH P C, DUTILLEUL P C, et al. A GIS-based approach for areawide pest management: the scales of *Lygus hesperus* movements to cotton from alfalfa, weeds, and cotton[J]. Entomol Exp Appl, 2006,118:203-210.
- [14] VARIS A L. Species composition, abundance, and forecasting of *Lygus* bugs (Heteroptera: Miridae) on field crops in Finland [J]. J Econ Entomol, 1995,88:855-858.
- [15] MICHAUD O D, BOIVIN G, STEWART R K. Economic threshold for tarnished plant bug (Hemiptera: Miridae) in apple orchards[J]. J Econ Entomol, 1989,82:1722-1728.
- [16] WISE I L, LAMB R J. Economic threshold for plant bugs, *Lygus* spp. (Heteroptera: Miridae), in canola[J]. Can Entomol, 1998,130:825-836.
- [17] CHARLET L D. Plant stage susceptibility and economic injury level for tarnished plant bug, *Lygus lineolaris* (Heteroptera: Miridae), on confection sunflower[J]. Helia, 2003,26:83-92.
- [18] WOLD S J, HUTCHISON W D. Comparison of economic and plant phenology-based thresholds for management of *Lygus lineolaris* (Hemiptera: Miridae) in Minnesota strawberries [J]. J Econ Entomol, 2003,96:1500-1509.
- [19] SCOTT W P, SNODGRASS G L. A review of chemical control of the tarnished plant bug in cotton[J]. Southwestern Entomol, 2000, Suppl, 23:67-81.
- [20] MENKE H F. Indications of *Lygus* resistance to DDT in Washington[J]. J Econ Entomol, 1954,47:704-705.
- [21] KNABKE J J, STAETZ C A. A rapid technique for measuring differences in susceptibility to pyrethroids in populations of *Lygus hesperus* Knight[C]//National Cotton Council. Proceedings 1991 Beltwide Cotton Conferences, 1991:800-801.
- [22] SN ODGRASS G L. Insecticide resistance in field populations of the tarnished plant bug (Heteroptera: Miridae) in cotton in the Mississippi Delta[J]. J Econ Entomol, 1996,89:783-790.
- [23] LONG D W, STAETZ C A, BAHR J. Flonicamid: a novel, highly selective aphicide for use on cotton[C]//Proceedings 2005 Beltwide Cotton Conferences, 2005:1568.
- [24] TREACY K M, MIZE T. Carbine-A new insecticide for foliar pest management in cotton[C]//Proceedings 2005 Beltwide Cotton Conferences, 2005:1709-1712.
- [25] ANDERSON T E, EVERSON A C, Farlow R A. BAS 320I: A new insecticide for control of key insect pests in cotton[C]//Proceedings 2005 Beltwide Cotton Conferences, 2005:49.
- [26] STERN V M, BPSCH R Van D, LEIGH T F. Strip cutting alfalfa for *Lygus* bug control[J]. Calif Agric, 1964,18(4):4-6.
- [27] CLARK K M, BAILEY W C, MYERS R L. Alfalfa as a companion crop for control of *Lygus lineolaris* (Hemiptera: Miridae) in amaranth[J]. J Kans Entomol Soc, 1995,68:143-148.
- [28] SHELTON A M, BADENES-PEREZ F R. Concepts and application of trap cropping in pest management[J]. Ann Rev Entomol, 2006,51:285-308.
- [29] EASTERBROOK M A, TOOLEY J A. Assessment of trap plants to regulate numbers of the European tarnished plant bug, *Lygus rugulipennis*, on late-season strawberries[J]. Entomol Exp Appl, 1999,92:119-125.
- [30] RAMERT B, HELLQVIST S, EKBOM B, et al. Assessment of trap crops for *Lygus* spp. in lettuce[J]. Int J Pest Manage, 2001,47:273-276.
- [31] FYE R E. Weed sources of *Lygus* bugs in the Yakima Valley and Columbia Basin in Washington[J]. J Econ Entomol, 1980, 73:469-473.
- [32] FYE R E. Weed hosts of the *Lygus* (Heteroptera: Miridae) bug complex in central Washington [J]. J Econ Entomol, 1982,75:724-727.
- [33] ROBBINS J T, SN ODGRASS G L, HARRIS F A. A review of wild host plants and their management for control of the tarnished plant bug in cotton in the Southern U. S[J]. Southwestern Entomol, 2000, Suppl, 23:21-25.
- [34] SNODGRASS G L, SCOTT W P, ROBBINS J T, et al. Area-wide management of the tarnished plant bug by reduction of early-season wild host plant density[J]. Southwestern Entomol, 2000, Suppl, 23:59-66.
- [35] SNODGRASS G L, SCOTT W P, ABEL C A, et al. Tarnished plant bug (Heteroptera: Miridae) populations near fields after early season herbicide treatment[J]. Environ Entomol, 2005,34:705-711.
- [36] MEREDITH W R Jr. The role of host plant resistance in *Lygus* management[C]//Proceedings 1998 Beltwide Cotton Conferences, 1998:5-9.
- [37] ALVARADO-RODRIGUEZ B, LEIGH T F, FOSTER K W, et al. Resistance in common bean (*Phaseolus vulgaris*) to *Lygus hesperus* (Heteroptera: Miridae) [J]. J Econ Entomol, 1986,79:484-489.
- [38] GRAHAM H M, JACHSON C G, DEBOLT J W. *Lygus* spp. (Hemiptera: Miridae) and their parasites in agricultural areas of southern Arizona [J]. Environ Entomol, 1986,15:132-142.
- [39] STREAM F A, SHAHJAHAN M, LEMASURIER H G. Influence of plants on the parasitization of the tarnished plant bug by *Leiophron pallipes* [J]. J Econ Entomol, 1968,61(4):996-999.
- [40] LEIGHT T F, GONZALEZ D. Field cage evaluation of preda-

- tors for control of *Lygus hesperus* Knight on cotton[J]. Environ Entomol, 1976,5:948-952.
- [41] ARNOLDI D, STEWART R K, BOIVIN G. Field survey and laboratory evaluation of the predator complex of *Lygus lineolaris* and *Lygocoris communis* (Hemiptera: Miridae) in apple orchards[J]. J Econ Entomol, 1991,84:830-836.
- [42] SMITH R A, NORDLUND D A. Mass rearing technology for biological control agents of *Lygus* spp. [J]. Southwestern Entomol, 2000, Suppl, 23:121-127.
- [43] DAY W H, HEDLUND R C, SAUNDERS L B, et al. Establishment of *Peristenus digoneutis* (Hymenoptera: Braconidae), a parasite of the tarnished plant bug (Hemiptera: Miridae), in the United States[J]. Environ Entomol, 1990, 19: 1528-1533.
- [44] DAY W H, TILMON K J, ROMIG R F, et al. Recent range expansions of *Peristenus digoneutis* (Hymenoptera: Braconidae), a parasite of the tarnished plant bug (Hemiptera: Miridae), and high temperatures limiting its geographic distribution in North America[J]. J N Y Entomol Soc, 2000, 108: 326-331.
- [45] DAY W H. Evaluation of biological control of the tarnished plant bug (Hemiptera: Miridae) in alfalfa by the introduced parasite, *Peristenus digoneutis* (Hymenoptera: Braconidae) [J]. Environ Entomol, 1996,25: 512-518.
- [46] RUBERSON J R, WILLIAMS L H III. Biological control of *Lygus* spp. : a component of areawide management[J]. Southwestern Entomol, 2000, Suppl, 23:96-100.
- [47] NOMA T, STRICKLER K. Effects of *Beauveria bassiana* on *Lygus hesperus* (Hemiptera: Miridae) feeding and oviposition [J]. Environ Entomol, 2000,29:394-402.
- [48] FITZGERALD J. Laboratory bioassays and field evaluation of insecticides for the control of *Anthonomus rubi*, *Lygus rugulipennis* and *Chaetosiphon fragaefolii*, and effects on beneficial species, in UK strawberry production[J]. Crop Prot, 2004, 23:801-809.
- [49] LIU H P, SKINNER M, BROWNBRIDGE M, et al. Characterization of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* isolates for management of tarnished plant bug, *Lygus lineolaris* (Hemiptera: Miridae)[J]. J Invertebr Pathol, 2003,82: 139-147.
- [50] KOUASSI M, CODERRE D, TODOROVA S I. Effects of the timing of applications on the incompatibility of three fungicides and one isolate of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Deuteromycotina)[J]. J Appl Entomol, 2003,127:421-426.
- [51] LELAND J E, SNODGRASS G L. Prevalence of naturally occurring *Beauveria bassiana* in *Lygus lineolaris* (Heteroptera: Miridae) populations from wild host plants of Mississippi[J]. J Agri Urban Entomol, 2004,21:157-163.
- [52] STEINKRAUS D C, TUGWELL N P. *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Moniliales) effects on *Lygus lineolaris* (Hemiptera: Miridae)[J]. J Entomol Sci, 1997,32:79-90.
- [53] LELAND J E, MCGUIRE M R, GRACE J A, et al. Strain selection of a fungal entomopathogen, *Beauveria bassiana*, for control of plant bugs (*Lygus* spp.) (Heteroptera: Miridae) [J]. Biol Control, 2005,35(2):104-114.
- [54] LELAND J E, BEHLE R W. Coating *Beauveria bassiana* with lignin for protection from solar radiation and effects on pathogenicity to *Lygus lineolaris* (Heteroptera: Miridae)[J]. Biocontrol Sci Tech, 2005,15: 309-320.
- [55] LANDIS B J, FOX L. *Lygus* bugs in eastern Washington: color preferences and winter activity[J]. Environ Entomol, 1972, 1:464-465.
- [56] PROKOPY R J, AMS R G, HAUSCHILD K I. Visual responses of tarnished plant bug *Lygus lineolaris* adults on apple [J]. Environ Entomol,1979,8:202-205.
- [57] COLI W M, GREEN T A, HOSMER T A, et al. Use of visual traps for monitoring insect pests in the Massachusetts apple IPM program[J]. Agric Ecosyst Environ, 1985,14:251-265.
- [58] VILLAVASO E J. Sperm production in tarnished plant bugs (Heteroptera: Miridae) following irradiation[J]. J Entomol Sci, 2004,39:101-107.
- [59] VILLAVASO E J. Effects of irradiation on reproduction in tarnished plant bug (Heteroptera: Miridae) and F1 progeny[J]. J Entomol Sci, 2005,40:39-46.
- [60] PICKEL C, ZALOM F G, WALSH D B, et al. Vacuums provide limited *Lygus* control in strawberries [J]. Calif Agric, 1995,49:19-22.
- [61] RANCOURT B, VINCENT C, OLIVEIRA D D. Field evaluation of efficacy and persistence of an insect vacuum device against the tarnished plant bug (Hemiptera: Miridae) in a day-neutral strawberry field[J]. J Econ Entomol, 2003,96: 401-406.
- [62] LU Y H, QIU F, FENG H Q, et al. Species composition and seasonal abundance of pestiferous plant bugs (Hemiptera: Miridae) on Bt cotton in China[J]. Crop Prot, 2007,(in Press).
- [63] LU Y H, WU K M, GUO Y Y. Flight Potential of *Lygus lucorum* (Meyer-Dür) (Heteroptera: Miridae)[J]. Environ Entomol, 2007,36:1007-1031.
- [64] 丁岩钦. 棉盲蝽生态学特性的研究Ⅲ, 棉盲蝽在棉田内的分布型及其影响因素的分析[J]. 昆虫学报, 1963,14(3):264-273.
- [65] 曹赤阳, 万长寿. 棉盲蝽的防治[M]. 上海:上海科学技术出版社, 1983.
- [66] 张永孝. 棉花不同生育期棉盲蝽的为害损失及防治指标研究 [J]. 植物保护学报, 1986,13(2):73-77.
- [67] 梁革梅, 张永军, 陆宴辉, 等. 防治棉盲蝽高效农药的筛选 [C]//中国植物保护学会. 2006 学术年会论文集科技创新与绿色植保. 北京:中国农业科学技术出版社, 2006:761.