

新疆喀什地区牧草盲蝽为害棉花防治指标研究*

王伟^{1**} 张仁福¹ 刘海洋¹ 张瑜² 姚举^{1***}

(1. 新疆农业科学院植物保护研究所, 农业部西北荒漠绿洲作物有害生物综合治理重点实验室, 农业部库尔勒作物有害生物综合治理野外科学实验站, 乌鲁木齐 830091; 2. 新疆出入境检验检疫局, 乌鲁木齐 830063)

摘要 【目的】 害虫防治指标是害虫管理系统中进行优化决策的主要依据。本文研究了新疆棉区牧草盲蝽 *Lygus pratensis* (Linnaeus) 不同时期对棉花为害与棉花产量损失的关系, 制定棉田防治指标, 以期新疆棉田牧草盲蝽防治提供理论和基础。【方法】 利用二次正交旋转组合设计, 建立以蕾期、花期和铃期牧草盲蝽种群数量与棉花产量损失的回归方程, 并结合棉花经济允许损失率, 制定棉田蕾期、花期和铃期牧草盲蝽防治指标。【结果】 牧草盲蝽种群数量与棉花产量损失的回归方程: $Y=12.906+5.273X_1+4.780X_2+2.365X_3+4.588X_1^2+3.331X_2^2+2.910X_3^2$ 。蕾期牧草盲蝽成虫为害对棉花产量损失的影响最大, 其次是花期和铃期。牧草盲蝽防治指标, 蕾期为 12 头/百株、花期为 20 头/百株、铃期为 41 头/百株。【结论】 本研究在棉花不同生育期的基础上, 分别制定各个生育期牧草盲蝽防治指标, 既简捷实用, 又便于农民掌握, 能更好的指导防治工作, 同时可为新疆棉田牧草盲蝽防治提供理论基础。

关键词 新疆, 牧草盲蝽, 棉花, 二次正交旋转组合设计, 防治指标

Control indices for *Lygus pratensis* (Heteroptera:Miridae) in cotton plantations in Kashgar, Xinjiang

WANG Wei^{1**} ZHANG Ren-Fu¹ LIU Hai-Yang¹ ZHANG Yu² YAO Ju^{1***}

(1. Scientific Observing Experimental Station of Crop Pest in Korla, Ministry of Agriculture; Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crop in Northwestern Oasis, Ministry of Agriculture; Institute of Plant Protection, Xinjiang Academy of Agriculture Science, Urumqi 830091, China; 2. Xinjiang Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Urumqi 830063, China)

Abstract [Objectives] Pest control indices are the main basis for optimizing decision-making in pest management systems. This study focused on the relationship between the amounts of damage caused by *Lygus pratensis* (Linnaeus) and cotton yield loss in different growth periods in Xinjiang. This control index was studied to improve *L. pratensis* control methods. [Methods] Using the square regression, and orthogonal rotation, designs, the regression equation for the relationship between the *L. pratensis* abundance and cotton yield loss rate at the budding, flowering, and bolling stages, were determined. In combination with the economic loss to cotton producers, the control indices of *L. pratensis* during the budding, flowering, and bolling, stages were calculated. [Results] The regression equation is: $Y=12.906+5.273X_1+4.780X_2+2.365X_3+4.588X_1^2+3.331X_2^2+2.910X_3^2$. The greatest reduction in cotton yield occurred at the budding stage, followed by the flowering stage with the least loss occurring during the bolling stage. The control indices of *L. pratensis* during the budding, flowering, and bolling, stages were 12 adults per 100 plants, 20 adults per 100 plants, and 41 adults per 100 plants, respectively. [Conclusion] Control indices for *L. pratensis* can be calculated for different stages of cotton growth. This approach is practical, readily mastered by cotton farmers, and could provide a theoretical basis for the prevention and control of *L. pratensis* in Xinjiang.

Key words Xinjiang, *Lygus pratensis*, cotton, square regressive and orthogonal rotation designs, control index

*资助项目 Supported projects: 国家科技支撑计划 (2014BAD11B02-1); “十二五”新疆维吾尔自治区科技攻关计划 (201231102); 新疆维吾尔自治区科技计划项目 (201354103); 新疆农业科学院青年基金项目 (xjnkq-2013024)

**第一作者 First author, E-mail: wlzforever2004@sina.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: yaoju500@sohu.com

收稿日期 Received: 2015-12-21, 接受日期 Accepted: 2016-04-25

牧草盲蝽 *Lygus pratensis* (Linnaeus) 属半翅目盲蝽科盲蝽亚科草盲蝽属, 是新疆棉田盲蝽的优势种。其成虫和若虫在棉花的蕾、花、铃等部分刺吸为害, 导致棉花落蕾、落花、落铃, 严重影响棉花的产量和品质 (Scott *et al.*, 1986)。棉盲蝽在新疆棉区以 20 世纪 60 年代为害最严重, 引起棉花蕾铃脱落率达 22.8%~97.5% (杨海峰, 1962)。近年来新疆转 Bt 基因棉花广泛种植, 2012 年全疆转基因棉种植面积占棉花种植总面积的 42.3% (李雪源等, 2013), 使牧草盲蝽在新疆部分棉区发生数量剧增, 增大了其暴发为害的可能性。因此, 如何有效防治牧草盲蝽已成为新疆棉花生产中迫切需要解决的问题。

害虫的防治指标是害虫管理系统中进行优化决策的主要依据, 也是使害虫治理的经济效益和生态效益与生产措施相联系的纽带 (郝树广和张孝羲, 1998)。近年来, 在农作物种植结构改变、Bt 棉花种植、高毒农药被替代等因素的综合影响下, 盲蝽区域性种群剧增, 在棉花、枣、葡萄等多种作物猖獗为害 (姜玉英等, 2015)。因此, 为达到经济、有效防治的目标、减少环境污染, 需要确定科学的防治指标。绿盲蝽 *Lygus lucorum* (Meyer-Dür), 中黑盲蝽 *Adelphocoris suturalis* (Jakovlev) 和三点盲蝽 *Adelphocoris fasciaticollos* (Reuter) 是我国长江流域和黄河流域棉区重要害虫。国内关于上述盲蝽防治指标研究已经取得了可观的成果。张永孝等 (1986) 提出真叶期和蕾铃期, 非转 Bt 基因棉田绿盲蝽与中黑盲蝽的防治指标。徐文华等 (2007) 分别研究了江苏沿海棉区棉盲蝽优势种绿盲蝽和中黑盲蝽对转 Bt 基因棉的为害与产量损失, 认为棉田棉盲蝽的防治可以若虫数量与被害株率两项指标来把握, 制定了 2 种盲蝽混合种群第 2、3、4 代防治指标。范广华等 (2013) 研究了转 Bt 基因抗虫棉蕾期绿盲蝽百株 3 龄以上若虫数量与棉花产量损失率的关系, 提出转 Bt 基因抗虫棉蕾期的防治指标。然而国内针对新疆棉田牧草盲蝽防治指标的相关研究较为缺乏。

本研究利用二次正交旋转组合设计, 对新疆

喀什地区棉田牧草盲蝽在棉花不同时期对棉花的为害进行研究, 建立以蕾期、花期和铃期牧草盲蝽种群数量与棉花产量损失的关系函数, 并结合棉花经济允许损失率, 制定棉田蕾期、花期和铃期牧草盲蝽防治指标, 以期新疆棉田牧草盲蝽防治提供理论和基础。

1 材料与方法

1.1 试验设计

采用三因子二次正交旋转组合设计, 建立以蕾期、花期和铃期牧草盲蝽接虫水平为自变量, 关于棉花产量损失的函数, 并结合棉花经济允许损失率, 获得棉田蕾期、花期和铃期牧草盲蝽防治指标。具体编码情况见表 1。根据设计要求, 本试验共分 23 个组, 1~14 组为试验组, 15~23 组为中心组。各组试验接虫水平见表 2。

1.2 试验小区设置

试验在新疆喀什地区莎车县塔孜尔其乡 (东经 77°26', 北纬 38°55') 进行。试验田面积为 0.13 hm², 棉花品种为中棉 43 号, 种植密度为 27 万株/hm², 按常规方法进行栽培管理, 同时全生育期内不喷施任何杀虫剂。试验田中设置 26 个小区, 小区随机排列, 其中 3 个小区为对照, 各小区棉花长势均匀。于 6 月 10 日用罩虫笼 (150 cm×150 cm×150 cm) 将每个小区罩住, 防止牧草盲蝽逃离。小区面积 1.5 m²×1.5 m² (1 幅宽膜, 4 行棉花, 株数 100 株)。

1.3 试验虫源及接虫时间

试验中虫源来自苜蓿地, 以牧草盲蝽成虫为主。接虫前及接虫后每隔 2 d 人工清除一次各处理小区内的牧草盲蝽新增若虫、其他害虫及各种天敌。接虫期每隔 1 d 检查虫量, 数量减少随时补足, 连续为害 10 d, 受害期满, 消灭笼中成虫。试验完成后, 清除试验小区残虫, 并保持各处理小区棉花免遭害虫的为害, 直至最终小区理论测产完毕。接虫时间为蕾期: 6 月 23 日, 花期: 7 月 16 日, 铃期: 8 月 4 日。

1.4 产量数据采集

于 9 月 3 日揭去罩虫笼, 进行理论测产, 且以对照小区的理论产量为对照, 计算各处理的产量损失率。

1.5 防治指标计算

根据经济允许损失率公式: $Y=C \times E \times 100\% / (H \times P \times F \times R)$, 计算允许牧草盲蝽造成的产量损失率(姚举等, 2008)。式中: Y : 允许产量损失率, C : 防治一次各种费用之和, E : 生态学系数, H : 大田平均产量, P : 农产品单价, F : 害虫为害造成的最大损失率, R : 防治一次的防治效果。将允许牧草盲蝽造成的产量损失率与试验中获得的棉花产量损失与牧草盲蝽为害的关系函数相结合, 计算出棉花不同时期牧草盲蝽成虫的防治指标。

1.6 数据处理与分析

采用 Excel 2013 软件, 根据二次正交旋转设

计的统计分析方法(茆诗松等, 1981), 对试验数据进行整理, 并对回归模型进行拟合性和显著性检验, 各项回归系数估计和方差分析。

2 结果与分析

2.1 统计分析

根据各小区得到的损失率(表 2), 运用二次正交旋转设计的统计分析方法, 计算各项回归系数, 建立产量损失率(Y)与蕾期、花期、铃期牧草盲蝽数量(分别为 X_1 、 X_2 和 X_3)关系的三元二次回归方程: $Y=12.906+5.273X_1+4.780X_2+2.365X_3+4.588X_1^2+3.331X_2^2+2.910X_3^2+2.734X_1X_2-0.604X_1X_3-1.746X_2X_3$ 。由表 3 可知, 失拟检验的差异性检测未达到显著水平($F < F_{0.01}$), 说明回归方程拟合良好, 无其它显著失拟性因素影响试验。回归方程 F 检测极显著($F > F_{0.01}$), 表明该数学模型可靠高度高。各项回归系数的检验结果(表 4)表明, 交互项 X_1X_3 与 X_2X_3 的系数均未达到显著水平, 剔除不显著的交互项 X_1X_2 、 X_1X_3

表 3 回归模型的拟合性和显著性检验

Table 3 Fitting test and significance test of regressive model

变异来源 Source	平方和 SS	自由度 df	均方 MS	F	F_a
失拟平方和 SS_{LF}	112.53	5	22.51	2.30	$F_{0.05}(5,8) = 6.63$
误差平方和 SS_e	78.17	8	9.77		$F_{0.01}(5,8) = 3.69$
回归平方和 SS_r	1 493.11	9	165.90	11.31**	$F_{0.05}(9,13) = 2.72$
剩余平方和 SS_s	190.70	13	14.67		$F_{0.01}(9,13) = 4.19$
总平方和 SS_T	1 683.81	22			

**: $F > F_{0.01}$; *: $F_{0.05} < F < F_{0.01}$ 。下表同。The same below.

表 4 各项回归系数的方差分析

Table 4 The analysis of regressive coefficients

变异来源	平方和 SS	自由度 df	均方 MS	F	F_a
x_1	379.77	1	379.77	25.89**	$F_{0.05}(1,13) = 4.6$
x_2	312.01	1	312.01	21.27**	$F_{0.01}(1,13) = 9.07$
x_3	76.37	1	76.37	5.21*	
x_1^2	328.11	1	328.11	22.37**	
x_2^2	170.80	1	170.80	11.64**	
x_3^2	129.48	1	129.48	8.83*	
x_1x_2	59.79	1	59.79	4.08	
x_1x_3	2.92	1	2.92	0.20	
x_2x_3	24.40	1	24.40	1.66	

与 X_2X_3 两项, 得模型 $Y=12.906+5.273X_1+4.780X_2+2.365X_3+4.588X_1^2+3.331X_2^2+2.910X_3^2$ 。

2.2 为害效应分析

由于二次正交旋转组合设计具有正交性, 各变异来源之间相互独立, 可以采用降维法将其他 2 个因素固定在 0 水平, 得到各时期牧草盲蝽为害效应的一元回归子模型, 即: 蕾期 $Y_1=12.906+5.273X_1+4.588X_1^2$; 花期 $Y_2=12.906+4.780X_2+3.331X_2^2$; 铃期 $Y_3=12.906+2.365X_3+2.910X_3^2$ 。

将各因子的不同水平值分别代入以上方程, 得出各因子在不同水平下对棉花产量损失率 (图 1)。由图 1 可知, X_1 (蕾期), X_2 (花期), X_3 (铃期) 与棉花产量损失率的关系曲线为抛物线。 X_1 (蕾期), X_2 (花期) 和 X_3 (铃期) 在 $[-1.682, 0]$ 水平区域, 随着各因素水平的增加, 棉花产量损失率随之降低; 在 $[0, 1.682]$ 水平区域, 随着各因素水平的增加, 棉花产量损失率随之增加, 在 1.682 水平时, 棉花产量损失率达到最大值: $Y_1=34.75\%$, $Y_2=30.37\%$, $Y_3=25.12\%$ 。

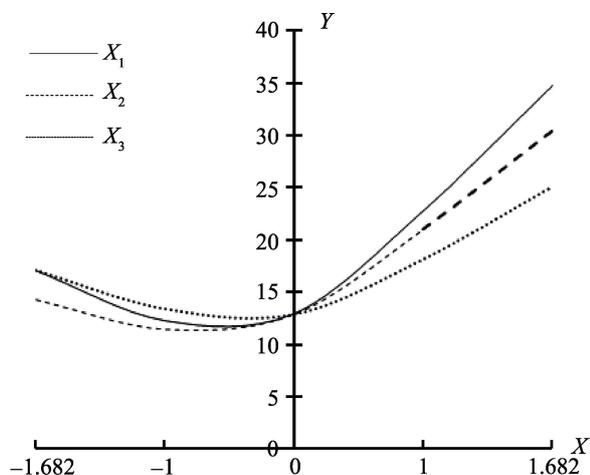


图 1 X_1, X_2, X_3 与 Y 的回归模型
Fig. 1 The regression diagram of X_1, X_2, X_3 and Y

从各因子对棉花产量损失率的影响可知, 在试验因子设置的范围内, 就单因子作用效应而言, 蕾期牧草盲蝽成虫数量的变化对棉花产量损失率的影响最大, 棉花产量损失率在 12.22~34.75 之间变动, 其次是花期和铃期, 棉花产量损失率在 11.46~30.37 及 12.91~25.12 之间变动。

2.3 制定防治指标

将 $Y=12.906+5.273X_1+4.780X_2+2.365X_3+4.588X_1^2+3.331X_2^2+2.910X_3^2$ 模型中的 X_1, X_2 和 X_3 分别固定在 -1.682 水平, 可得: 蕾期 $Y_1=18.545+5.273X_1+4.588X_1^2$; 花期 $Y_2=21.270+4.780X_2+3.331X_2^2$; 铃期 $Y_3=18.340+2.365X_3+2.910X_3^2$ 。根据经济允许损失率公式: $Y=C \times E \times 100\% / (H \times P \times F \times R)$, 式中: 防治费用 (C) 为 40 元/667 m^2 ; 皮棉产量 (H) 为 110 kg/667 m^2 (2012—2014 喀什棉区平均产量); 皮棉单价 (P) 为 15 元/667 m^2 (2012—2014 皮棉均价); 最大损失率 (F) 为蕾期: 34.75%, 花期: 30.37%, 铃期: 25.12%; R 为 80%; 生态学系数 (E) 为 2。将各数值带入经济允许损失率公式, 得蕾期 $Y_1=17.44$; 花期 $Y_2=19.96$; 铃期 $Y_3=24.13$, 得 $X_1=-0.87, X_2=-0.37, X_3=1.05$, 按编码公式转换成牧草盲蝽数量为各时期牧草盲蝽防治指标, 即蕾期为 12 头/百株; 花期为 20 头/百株; 铃期为 41 头/百株。

3 讨论

国内关于棉盲蝽防治指标研究, 因棉盲蝽的种类、虫态、防治时期等因素的不同, 存在一定的差异。张永孝等 (1986) 研究表明, 绿盲蝽 *Lygus lucorum* (Meyer-Dür) 在真叶期和蕾期的防治指标分别为百株有虫 4.7 头和 12.57 头, 中黑盲蝽 *Adelphocoris suturalis* (Jakovlev) 在蕾期为百株有虫 10.77 头。因此, 提出棉盲蝽防治指标在真叶期为 5 头, 蕾期为 10~12 头。刘汉民 (1991) 研究认为中黑盲蝽的防治指标为 2、3、4 代百株虫量分别达到 10、15、22 头时开始施药, 防治适期为 2 至 3 龄若虫高峰期。徐文华等 (2007) 研究表明, 绿盲蝽和中黑盲蝽 2 种盲蝽混合种群第 2、3、4 代虫量推广防治指标分别为百株有 2、3 龄若虫 5 头、10 头和 20 头上下, 或被害株率依次为 3%、8% 和 15% 左右。范广华等 (2013) 经分析提出转 Bt 基因抗虫棉绿盲蝽蕾期的防治指标为百株 3 龄以上若虫 5~7 头。

本研究结果表明, 新疆喀什地区棉花各生育期牧草盲蝽防治指标为: 蕾期为 12 头/百株、花

期为 20 头/百株、铃期为 41 头/百株。与上述研究结果相比,牧草盲蝽的防治指标要略宽松于绿盲蝽和中黑盲蝽的防治指标。这与当地棉花生产实际情况、防治水平、棉盲蝽的发生与危害特点及气候条件等多种因素有关。害虫的控制必须讲求经济效益,决定采取防治措施时,首先需要考虑防治的挽回收益是否大于防治成本,亦就是要求防治后的挽回收益价值一定要大于至少等于防治费用。因此决定某种害虫的防治与否和如何防治,并不单纯取决于虫情,而主要取决于虫害所造成的经济损失、防治效果、防治费用以及最终的产值挽回收益(丁岩钦,1988)。从经济允许损失率公式可知,经济允许损失率主要受皮棉产量、防治费用和皮棉单价的影响,而皮棉产量相对稳定,而近些年防治费用上涨以及皮棉单价下跌,造成经济允许损失率增大,进而使得防治指标上升。此外,牧草盲蝽迁入棉田时,正是棉田棉蚜点、片发生期,自然天敌对防止棉蚜扩散和数量上升有重要作用。此时大面积喷洒化学农药会导致棉蚜大面积发生,使防治蚜虫难度加大,需要投入更大的费用。在 7 月上旬,此时棉田自然天敌数量很大,为一年中的天敌发生高峰期,对害虫的控制作用很强,如果大面积喷洒化学农药,对天敌造成严重杀伤,则会引起棉花生长中后期棉蚜、棉叶螨等害虫的大发生,导致棉花产量和质量的更大损失(姚举等,2008),因此牧草盲蝽防治指标制定较高。

从单因子作用效应而言,蕾期牧草盲蝽成虫数量的变化对棉花产量损失率的影响最大,其次是花期和铃期。棉盲蝽以危害棉花的幼嫩部分为主,危害幼蕾、幼铃,造成蕾铃干枯脱落、形成畸形桃或黑心僵瓣等,造成棉花严重减产(胡梅枝等,1986;申洪利和陆建高,2002)。棉盲蝽偏好高水、高肥的田块和生长嫩绿含氮量高的植株和植物组织。棉花的蕾、叶、花的蛋白质含量分析显示,蕾和叶的蛋白质含量相似并显著高于花的蛋白质含量(王震,2009)。丁岩钦(1963)研究得出棉盲蝽对棉株的为害程度与棉株内的含氮量呈直线相关,即含氮量越高,为害越重,嫩叶、幼蕾含氮量较高。由于棉花蕾期和花期,

棉株上有大量的蕾、花和幼铃,此时期牧草盲蝽为害,对棉花产量影响较大。

棉盲蝽成虫与若虫对棉花为害存在一定的差异,因而其防治指标也不同。张英健等(1987)研究表明,中黑盲蝽真叶期的防治指标成虫为百株 12.4 头,若虫为 45.9 头;棉花蕾期成虫为 7.4 头,若虫为 16.9 头。本研究以牧草盲蝽成虫为害为研究对象,并没有研究其若虫为害。本研究结果在指导防治牧草盲蝽若虫时,可能存在偏差,因此有待在今后研究中完善。

害虫防治指标研究方法中,主要是通过建立害虫不同密度处理与农作物产量损失的线性回归模型方法,得出其防治指标(张永孝等,1986;徐文华等,2007;范广华等,2013)。本文采用二次正交旋转组合设计是一种具有正交、回归、均匀和较饱和程度的一种试验设计方法。既可以分析各处理因子的影响,又能建立定量的数学模型。与传统的单因子试验方法和正交试验相比,其具有两个突出的特点:它牺牲部分正交性而获得旋转性,并基本保留回归正交设计试验次数较少、计算简便以及部分消除回归系数之间的相关性等优点;有效克服二次回归正交设计由于无旋转性而不能根据预测值直接寻求最优区域的缺点(唐启义,2010)。赵建周和杨奇华(1998)利用回归旋转设计制定了冀南棉区第 2、3 代棉铃虫 *Helicoverpa armigera* Hubner 防治指标。姚举等(2008)利用二次正交旋转组合设计得出新疆喀什地区第 1、2 代棉铃虫复合为害与产量损失的回归模型,制定了喀什地区第 1、2 代棉铃虫的防治指标。吴进才等(1990)应用二次回归旋转组合设计评价了 4 种蜘蛛复合种群对白背飞虱 *Sogatella furcifera* Horváth 若虫的捕食作用及交往效应。本研究进一步利用二次正交旋转组合设计,定量研究不同棉花生育期牧草盲蝽对棉花产量的影响,为制定棉田害虫综合防治策略提供依据。

新疆南部棉区牧草盲蝽 1 年发生 4 代,棉田发生期为 5 月至 9 月,主要以第 2、3 代为主,6 月中旬第 2 代成虫大量迁入棉田,8 月下旬第 3 代成虫陆续迁出棉田,牧草盲蝽在棉田发生期正

处棉花的蕾期、花期和铃期。由于牧草盲蝽各代成虫存活期较长且迁飞能力强,存在一定世代重叠现象,在田间调查中区分各个世代较为困难。故本研究在棉花不同生育期的基础上,分别制定各个生育期牧草盲蝽防治指标,既简捷实用,又便于农民掌握,能更好的指导防治工作。

参考文献 (References)

- Ding YQ, 1963. Studies on the ecological characteristics of cotton plant bugs . The relationship between cotton nutrient and cotton plant bugs. *Journal of Plant Protection*, 14(3): 264–273. [丁岩钦, 1963. 棉盲蝽生态学特性的研究 . 棉株营养成分含量与盲蝽为害的关系. *植物保护学报*, 14(3): 365–370.]
- Ding YQ, 1988. The concept on the economic threshold of pest population and it's mathematical model. *Zoological Research*, 9(2): 151–160. [丁岩钦, 1988. 害虫种群经济阈值的概念及其数学模型. *动物学研究*, 9(2): 151–160.]
- Fan GH, Zhao WL, Song QB, Ma Y, Li DG, Wang XJ, 2013. Study on control index of *Lygus lucorum* Mayr at bug stage of BT transgenic cotton. *Shandong Agricultural Sciences*, 45(8): 113–114. [范广华, 赵文路, 宋清斌, 马燕, 李冬刚, 王湘俊, 2013. 转Bt基因抗虫棉蕾期绿盲蝽防治指标的研究. *山东农业科学*, 45(8): 113–114.]
- Hu MZ, Li KW, Chou YL, 1986. Influence of *Adelphocoris suturalis* on cotton yield. *Hubei Agricultural Sciences*, (8): 16–17. [胡梅枝, 李坤文, 仇永林, 1986. 中黑盲蝽危害青铃对棉花产量的影响. *湖北农业科学*, (8): 16–17.]
- Hao SG, Zhang XX, 1998. A further discussion on the economic threshold in IPM. *Chinese Journal of Ecology*, 17(2): 71–77. [郝树广, 张孝羲, 1998. 对害虫经济阈值理论的再思考. *生态学杂志*, 17(2): 71–77.]
- Jiang YY, Lu YH, Zeng J, 2015. Forecast and Management of Mirid Bugs in Multiple Agroecosystems of China. Beijing: China Agricultural Press.1. [姜玉英, 陆宴辉, 曾娟, 2015. 盲蝽分区监测与治理. 北京: 中国农业出版社. 1.]
- Li XY, Gong ZL, Wang JD, Zheng JY, Ai XT, Liang YJ, Tu XJ, Duo LK, Mo M, Guo JP, 2013. The situation and policy suggestions of Bt cotton in Xinjiang //Academic Annual Conference of China Society of Cotton in 2013. 10–15. [李雪源, 龚照龙, 王俊铎, 郑巨云, 艾先涛, 梁亚军, 吐逊江, 多力坤, 莫明, 郭江平, 2013. 新疆转基因抗虫棉种植现状及政策建议. 长沙: 中国棉花学会 2013 年年会论文集. 10–15.]
- Liu HM, 1991. Studies on the bionomics and control strategy of black-striped leaf bug in northern coastal reclamation area of Jiangsu province. *Journal of Plant Protection*, 18(2): 147–153. [刘汉民, 1991. 苏北盐垦区中黑盲蝽发生规律和防治技术的研究. *植物保护学报*, 18(2): 147–153.]
- Mao SS, Ding Y, Zhou JX, Lv NG, 1981. Regression Analysis and Its Experimental Design. Shanghai: East China Normal University Press. 211–218. [茆诗松, 丁元, 周纪芾, 吕乃刚, 1981. 回归分析及其试验设计. 上海: 华东师范大学出版社. 211–218.]
- Shen HL, Lu JG, 2002. Cause of occurrence and comprehensive measures of mirid bugs. *Plant Protection Technology and Extension*, 22(3): 23–23. [申洪利, 陆建高, 2002. 棉盲蝽大发原因及综防措施. *植保技术与推广*, 22(3): 23–23.]
- Scott WP, Smith JW, Snodgrass GL, 1986. Impact of early-season use of selected insecticides on cotton arthropod populations and yield. *Journal of Economic Entomology*, 79(3): 797–804.
- Tang QY, 2010. DPS Data Processing System-Experimental Design, Statistical Analysis and Data Mining. Beijing: Science Press. 238. [唐启义, 2010. DPS 数据处理系统-实验设计、统计分析 & 数据挖掘. 北京: 科学出版社. 238.]
- Wu JC, Shen BB, Pang XF, 1990. Quadratic regression rotation composite design and study on the effect of four species of spiders on the white-backed rice planthopper. *Journal of South China Agricultural University*, 11(2): 16–24. [吴进才, 沈斌斌, 庞雄飞, 1990. 二次回归旋转组合设计在害虫天敌捕食效应研究中的应用. *华南农业大学学报*, 11(2): 16–24.]
- Wang Z, 2009. Fitness of the mirid on different plants and the establishment of occurrence peak and quantity medium range forecast model. Master thesis. Yangzhou: Yangzhou University. [王震, 2009. 不同寄主对盲蝽适合度影响及发生期、发生量中期预测预报模型的建立. 硕士学位论文. 扬州: 扬州大学.]
- Xu WH, Li HY, Wang RM, Zuo WH, Liu B, 2007. Research on the economic threshold of cotton plant bugs to transgenic Bt cotton. *Entomological Journal of East China*, 16(4): 254–260. [徐文华, 李红阳, 王瑞明, 左文惠, 刘标, 2007. 转 Bt 基因抗虫棉棉盲蝽防治指标研究. *华东昆虫学报*, 16(4): 254–260.]
- Yang HF, 1962. Population dynamics of cotton mirids and its forecast opinion. *Xinjiang Agricultural Sciences*, (3): 104–107. [杨海峰, 1962. 棉盲蝽象的发生规律及测报意见. *新疆农业科学*, (3): 104–107.]
- Yao J, Li HB, Wang W, Zhang AX, Wang D, 2008. The research on the first and second-generation *Helicoverpa armigera* Hubner of cotton complex damage and action threshold in Kashi district. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 45(1): 105–108. [姚举, 李号宾, 王伟, 张爱新, 王东, 2008. 喀什棉区第一、二代棉铃虫对棉花的复合危害和防治指标研究. *新疆农业科学*, 45(1): 105–108.]
- Zhao JZ, Yang JH, 1998. Application of rotational regression design in plant protection. *Plant Protection*, 14(3): 32–34. [赵建周, 杨奇华, 1998. 回归旋转设计在植保科研中的应用. *植物保护*, 14(3): 32–34.]
- Zhang YJ, Cang H, Xu WH, 1987. Studies on the damage and loss caused by cotton bug *Adelphocoris suturalis* Jak. *Journal of Plant Protection*, 14(4): 247–252. [张英健, 仓惠, 徐文华, 1987. 中黑盲蝽对棉花的为害及损失研究. *植物保护学报*, 14(4): 247–252.]
- Zhang YX, Cao YP, Bo LX, Cao CY, 1986. Plant bug damage on cotton in different growing stages and the threshold for control. *Journal of Plant Protection*, 13(2): 73–78. [张永孝, 曹雁萍, 柏立新, 曹赤阳, 1986. 棉花不同生育期棉盲蝽的为害损失及防治指标的研究. *植物保护学报*, 13(2): 73–78.]