

转基因抗虫棉种植面积变化对花生田棉铃虫种群影响^{*}

关秀敏^{1**} 董保信¹ 曹欣然² 刘旬胜³
李振博¹ 黄渭¹ 郑成民¹ 徐兆春^{1***}

(1. 山东省植物保护总站, 济南 250100; 2. 烟台市农技推广中心植保站, 烟台 264001;
3. 威海市文登区植物保护站, 威海 264400)

摘 要 【目的】棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner) 是花生田主要害虫之一。转基因抗虫棉全面推广后, 棉铃虫种群(包括棉田、花生田、玉米田)得到有效控制。近年, 随着转基因抗虫棉种植面积逐年下降, 花生田棉铃虫种群呈现逐年上升趋势。【方法】本文通过调查山东省花生主产区(非棉区)龙口、招远、莱阳、文登四个县级市花生田棉铃虫成虫、卵量、幼虫量等的发生情况, 分析了棉铃虫发生面积及种群数量 15 年(2000—2014 年)的变化规律, 并重点分析了主要影响因素。【结果】结果表明: 花生棉铃虫发生面积受棉花种植面积影响较大, 二者呈显著负相关性; 花生田棉铃虫累计诱蛾量总体呈下降趋势, 但与棉花种植面积相关性不显著; 棉铃虫卵量、虫量与抗虫棉种植面积呈显著负相关性。【结论】所以, 转基因抗虫棉种植面积减少是导致花生田棉铃虫种群数量上升的主要因素。另外, 近年玉米田棉铃虫发生面积也呈逐年上升趋势, 与抗虫棉种植面积呈显著负相关。所以, 随转基因抗虫棉种植面积的下降, 若不采取有效措施, 棉铃虫种群可能会出现大发生趋势。

关键词 棉铃虫, 花生, 转基因抗虫棉, 玉米, 种群

Impact of Bt cotton plantations on cotton bollworm populations in peanut fields

GUAN Xiu-Min^{1**} DONG Bao-Xin¹ CAO Xin-Ran² LIU Xun-Sheng³
LI Zhen-Bo¹ HUANG Wei¹ ZHENG Cheng-Min¹ XU Zhao-Chun^{1***}

(1. Shandong Plant Protection Station, Jinan 250100, China; 2 Plant Protection Station of Yantai Agro-technical Extension and Service Center, Yantai 264001, China; 3. Wendeng Plant Protection Station of Weihai City, Weihai 264400, China)

Abstract [Objectives] The cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner), is one of main pests of peanut crops in Shandong Province. The widespread planting of Bt cotton at the end of 1990's has effectively controlled the cotton bollworm in peanut fields. However, as planting of Bt cotton has gradually decreased in recent years, cotton bollworm populations in peanut fields are once again rising yearly. [Methods] Numbers of adults, eggs and larvae of *H. armigera* in peanut fields in four county-level cities (Longkou, Zhaoyuan, Laiyang and Wendeng where no Bt cotton is planted), were monitored and trends in the cotton bollworm population between 2000 and 2014 analyzed. [Results] There is a significant negative correlation between the area planted in Bt cotton and the occurrence of cotton bollworms in peanut fields, and between the area of Bt cotton and the amount of cotton bollworm eggs and larvae. [Conclusion] Reduction in the planting of transgenic cotton is a major factor contributing to the increase in cotton bollworms in peanut fields. In addition, with the decline in planting of Bt cotton, the area infested by cotton bollworms in corn and peanut fields has increased yearly. If no effective measures are taken, there may be future outbreaks of the cotton bollworm.

Key words cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*, peanut, Bt cotton, corn, population

*资助项目 Supported projects: 公益性行业(农业)科研专项(200903004-22)

**第一作者 First author, E-mail: greenmean@126.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: xuzhaochun@sina.com

收稿日期 Received: 2015-11-10, 接受日期 Accepted: 2016-01-19

花生 *Arachis hypogaea* Linn. 是我国主要油料作物之一, 年均种植面积 4 700 千 hm^2 左右, 产量 1 400 多万吨, 居世界第一位。山东省是花生生产大省, 年均种植面积 730 千 hm^2 左右, 占全国总种植面积的 20%, 据全国第二位, 年产花生 330 万吨左右, 占全国总产量的 25%。由于种植面积大、分布区域广, 花生有害生物种类也较多, 危害较重, 年发生面积 2 000 千 hm^2 次左右, 占全国的四分之一。棉铃虫 *Helicoverpa armigera* Hübner 是花生主要有害生物之一, 年发生面积 333 千 hm^2 左右, 仅次于花生叶斑病和地下害虫。该虫一年发生 4 代, 1 代主要危害小麦, 后续代次可对花生、玉米、棉花、大豆、蔬菜等造成危害 (Wu and Guo, 2005)。花生上, 主要是 2、3 代造成危害。

20 世纪 90 年代初, 棉铃虫在全国连续多年大发生, 大量广普性农药的适用造成其抗药性增强, 1997 年, 转基因抗虫棉首次引入我国商业化种植 (Wu *et al.*, 2008)。随着 Bt 抗虫棉的全面推广, 棉铃虫种群得到有效控制, 花生田棉铃虫种群密度也有所下降。近年, 监测数据显示, 棉铃虫在花生田的种群数量逐年增加, 危害加重, 笔者以为, 花生棉铃虫种群变化与棉花 (转基因抗虫棉) 种植面积有关, 为了明确二者的关系, 本文统计分析 2000—2014 年山东省花生主产区 (非棉区) 棉铃虫各虫态种群数量变化, 综合分析了抗虫棉种植面积对花生田棉铃虫种群的影响, 为进一步预测棉铃虫发生发展及合理制定防控措施提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点

在花生产区 (棉花种植) 选择龙口、招远、莱阳、文登 4 个县级市, 进行棉铃虫种群田间调查。

1.2 调查方法

1.2.1 成虫调查 用 20 W 黑光灯或虫情测报灯诱及成虫, 6 月上旬开始至 7 月下旬结束, 逐日调查记录诱蛾量。累计蛾量指逐日调查蛾量累加

起来总和。

1.2.2 系统调查 待黑光灯或测报灯诱到成虫后, 选择 3 块典型花生田块, 每块田用对角线取 10 个点, 每点单行查 20 株 (定点定株), 约 6 月中下旬开始, 至 8 月上旬结束, 5~6 d 调查一次棉铃虫卵、幼虫量。

1.2.3 大田普查 选择典型田块约 20 块, 每块田对角线五点取样, 每点查 10~20 株, 于 6 月下旬至 8 月上旬, 分别在棉铃虫卵盛期和幼虫危害盛期调查卵量和虫量。

1.2.4 数据来源及分析 本研究一部分数据来源于植保专业统计数据 (1991—2014 年), 一部分来源于花生田 2000—2014 年田间调查数据。采用 SPSS 统计软件分析相关数据。

2 结果与分析

2.1 花生田棉铃虫发生演变趋势及与抗虫棉种植面积的关系

通过统计分析山东省 1991 年至 2014 年植保专业统计数据 (图 1), 可以看出 1991—2014 年棉花种植面积波动较大, 1991 年至 2000 年棉花种植面积急剧下降, 从 1 500 多千 hm^2 降至 300 多千 hm^2 , 2001 以后迅速增加, 2004 年开始基本平稳, 2008 年之后略有下降, 2011 年以来下降速度加快。而花生棉铃虫的发生面积从 1991 年至 1994 年, 迅速增加, 至 2000 年基本保持一个较高水平, 2001 年开始急剧下降, 至 2004 年发生基本平稳, 保持一个较低水平, 2010 年以后开始上升。

分析 2000 至 2014 年棉花种植面积与花生棉铃虫发生面积的相关性, 发现花生棉铃虫发生面积受棉花种植面积影响较大, 二者呈显著负相关性, $r = -0.608$, $P = 0.016$ 。

2.2 无棉生产区棉铃虫蛾量变化及与抗虫棉种植面积的关系

分析黑光灯和虫情测报灯诱蛾数据, 发现 2000 年后, 花生田棉铃虫累计诱蛾量总体呈下降趋势, 至 2010 年, 诱蛾量迅速上升, 但各年

间变动较大(图2)。

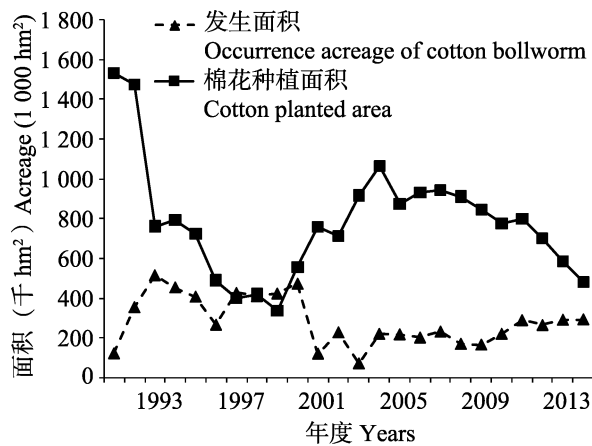


图1 1991—2014年棉花种植面积与花生棉铃虫发生面积

Fig. 1 The cotton planted area and the occurrence acreage of cotton bollworm in peanut field from 1991 to 2014

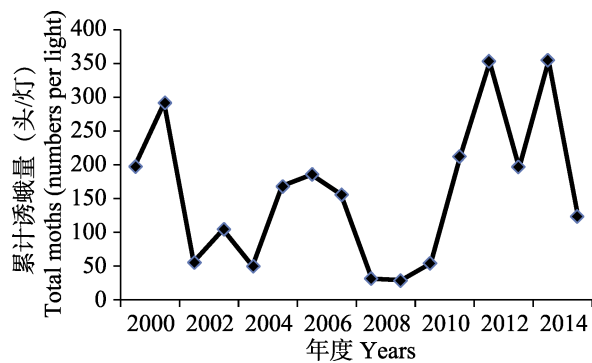


图2 2000—2015年平均累计诱蛾量的变化

Fig. 2 The amount of total moths per year from 2000 to 2015

图3可以看出,随着棉花种植面积增加,棉铃虫累计诱蛾量总体呈下降趋势,但SPSS分析显示二者相关性不显著,其中 $r = -0.424$, $P = 0.102$ 。

2.3 无棉区花生田棉铃虫卵量、虫量变化及与抗虫棉种植面积的关系。

田间卵量、虫量调查数据分析(图4),随棉花种植面积的减少,卵量、幼虫量均呈上升趋势,SPSS分析显示,花生田棉铃虫累计卵量、大田普查卵量及幼虫量均与棉花种植面积呈显著负相关,其中,累计卵量相关系数 $r = -0.834$, $P = 0.00006$;大田卵量 $r = -0.692$, $P = 0.003$;大田虫

量 $r = -0.814$; $P = 0.00012$ 。

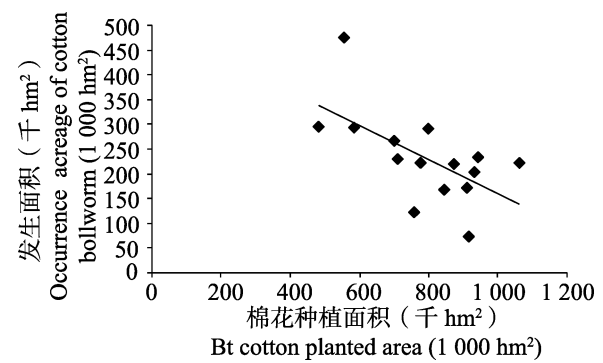


图3 棉花种植面积与棉铃虫累计蛾量的关系

Fig. 3 The relationship between total moths of cotton bollworm and Bt cotton planted area

3 结论与讨论

3.1 转基因抗虫棉是降低花生田棉铃虫种群数量主要因素

山东省棉花产区主要在鲁西南和鲁西北地区,而花生主产区在胶东半岛和鲁南地区,其中胶东半岛无棉花种植,属无棉区。棉花是1代棉铃虫成虫产卵的主要寄主,Bt抗虫棉能将大多数2代幼虫杀死,有效控制了花生等其他作物上棉铃虫的虫源(Hokkanen, 1991; Wu et al., 2002; Shelton and Badenes-Perez, 2006),所以抗虫棉的大面积推广能有效降低花生田棉铃虫种群。山东省胶东半岛四县(市)花生田棉铃虫卵量、幼虫量2000—2015年调查数据分析结果显示,棉铃虫卵量、虫量与转基因抗虫棉种植面积呈显著负相关,所以抗虫棉种植面积的减少是导致棉铃虫种群上升的主要原因。全省1991—2014年棉花种植面积与花生棉铃虫发生面积数据分析(图1)显示,1991—1993年随着棉花种植面积的骤减,花生棉铃虫的发生面积迅速上升,1994—1999年棉花种植面积缓慢下降,花生棉铃虫发生面积基本持平,2000—2004年棉花种植面积迅速上升,花生棉铃虫发生面积迅速减少,2005—2009年棉花种植面积及花生棉铃虫发生面积基本持平,2010年以后棉花种植面积迅速下降,而花生棉铃虫则出现持续上升趋势。分析原因:20世纪90年代初,全国棉铃虫连续4年大爆发,由于大量化学防治使棉铃虫产生抗药性,从而导

致棉花种植面积急剧下降,致使大量棉铃虫转移其他寄主危害,所以 1991—1993 年,花生棉铃虫发生面积迅速上升;20 世纪 90 年代中后期,山东省开始全面推广转基因抗虫棉的种植,至 2000 年,转基因抗虫棉种植面积比例达 95%以上,由于对棉铃虫的控制效果好,2000 年以后抗虫棉花种植面积迅速上升,花生棉铃虫发生面积则迅速减少,近年来,特别是 2011 年以后,由于棉花价格低,成本高等原因,抗虫棉种植面积迅速下降,对棉铃虫种群的控制能力下降,导致花生棉铃虫发生面积及种群数量出现上升趋势。

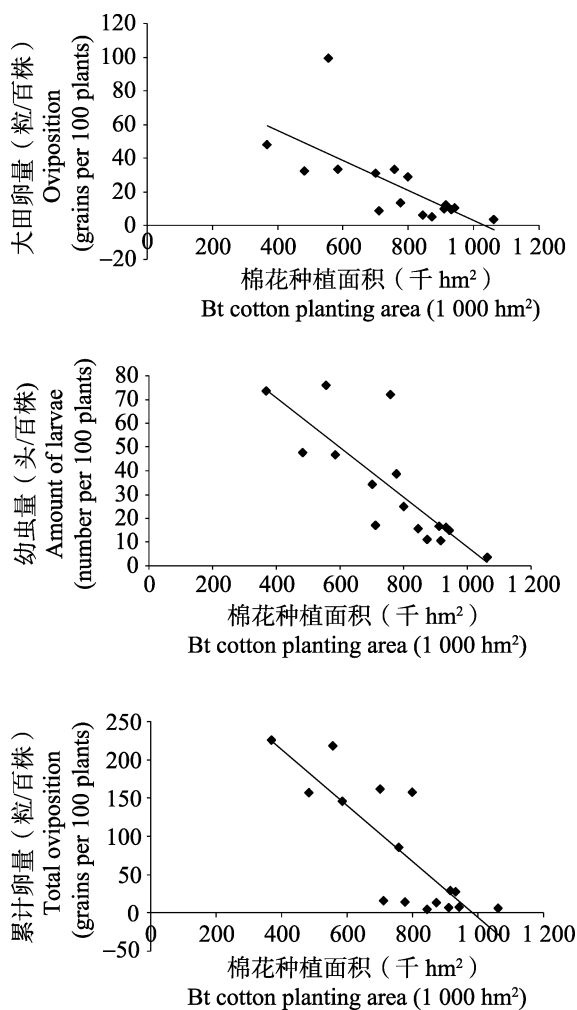


图 4 棉花种植面积与棉铃虫卵、幼虫量的关系

Fig. 4 The relationship between oviposition and larvae amount of cotton bollworm and Bt cotton planted area

3.2 棉铃虫种群未来发展可能趋势及展望

棉铃虫种群发展受气候、寄主、田间环境等

多种因素影响。研究报道:由于 CO₂ 等温室气体升高,减少了作物体内 N 含量,增加了作物体内 C 和 C/N 含量,降低了棉铃虫的适合度和对棉花的危害作用(戈峰等,2011);气候变暖使华北部分棉铃虫发生增至 5 代,但不能越冬,导致棉铃虫越冬虫源下降(Ge *et al.*, 2005),同时越冬棉铃虫蛹翌年春天提前羽化产卵,新孵幼虫与小麦适生期错开,从而使棉铃虫种群下降(戈峰,2011)。近年,调查数据显示,山东小麦田一代棉铃虫种群呈下降趋势,抗虫棉田种群有所回升,但花生田棉铃虫呈显著上升趋势。分析原因主要是由于棉花种植面积锐减,花生种植采用覆膜技术,种植时期提前,增大了棉铃虫对花生的危害几率。

另外,近年田间调查发现,与花生田棉铃虫发生情况类似,玉米田棉铃虫发生也呈上升趋势,统计数据显示,2009—2015 年,玉米棉铃虫发生面积逐年上升,其中,2009—2010 年发生面积最低,分别为 592.2 和 504.3 千 hm²,2015 年最高为 1 149.2 千 hm²,平均年增长率为 12.9%。而抗虫棉种植面积则逐年下降,2009 年种植面积最大,为 844.9 千 hm²,2015 年最小为 368 千 hm²,平均年减少率为 12.5%。SPSS 分析玉米田棉铃虫发生面积与抗虫棉种植面积呈显著负相关, $r = -0.9218$, $P = 0.001$ 。2014 年越冬蛹挖查结果显示,玉米田棉铃虫蛹量比棉田数量高 2~3 倍,且蛹比较饱满鲜活,棉田的蛹则较小且畸形。同时,分析玉米棉铃虫与花生棉铃虫 2002—2014 年发生面积相关性,发现二者有显著正相关关系, $r = 0.613$, $P = 0.045$,但不如二者与 Bt 抗虫棉的负相关性强。所以,随着转基因抗虫棉对棉铃虫控制能力的下降,若不采取有效措施,棉铃虫虫量积累至一定程度会出现大发生趋势。

参考文献 (References)

- Ge F, Chen FJ, Parajulee MN, Yardim EN, 2005. Quantification of diapausing fourth generation and suicidal fifth generation cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*, in cotton and corn in northern

- China. *Entomol. Exp. Appl.*, 116(1): 1–7.
- Ge F, Wu KM, Chen XX, 2011. Major advance on the interaction mechanism among plants, pest insects and natural enemies in China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(1): 1–6. [戈峰, 吴孔明, 陈学新, 2011. 植物 - 害虫 - 天敌互作机制研究前沿. *应用昆虫学报*, 48(1): 1–6.]
- Ge F, 2011. Challenges facing entomologists in a changing global climate. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(5): 1–6. [戈峰, 2011. 应对全球气候变化的昆虫学研究. *应用昆虫学报*, 48(5): 1–6.]
- Hokkanen HMT, 1991. Trap cropping in pest management. *Annual Review of Entomology*, 36: 119–138.
- Shelton AM, Badenes-Perez FR, 2006. Concepts and applications of trap cropping in pest management. *Annual Review of Entomology*, 51: 285–308.
- Wu KM, Guo YY, 2005. The evolution of cotton pest management practices in China. *Annual Review of Entomology*, 50: 31–52.
- Wu K M, Guo YY, Gao SS, 2002. Evaluation of the natural refuge function for *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) within *Bacillus thuringiensis* transgenic cotton growing areas in north China. *Journal of Economic Entomology*, 95(4): 832–837.
- Wu KM, Lu YH, Feng HQ, Jiang YY, Zhao JZ, 2008. Suppression of cotton bollworm in multiple crops in China in areas with Bt toxin-containing cotton. *Science*, 321(5896): 1676–1678.