

转 *Cry1Ac* + *Cry2Ab* 基因棉对棉蚜生命表参数及种群动态的影响^{*}

雒珺瑜 崔金杰^{**} 张 帅 王春义 辛惠江

(中国农业科学院棉花研究所 棉花生物学国家重点实验室 安阳 455000)

摘 要 为研究新型转 *Cry1Ac* + *Cry2Ab* 基因棉对棉蚜 *Aphis gossypii* Glover 生命表参数及种群动态的影响。2010—2011 年以常规棉中棉所 49 为对照,对新型转 *Cry1Ac* + *Cry2Ab* 基因棉在室内进行了生物测定和田间进行了系统的调查。结果表明,和常规棉相比,转 *Cry1Ac* + *Cry2Ab* 基因棉花上棉蚜的净增值率降低 81.69%,差异达显著水平;内禀增长率和周限增长率分别降低 65.00% 和 13.01%,但差异不显著;平均世代周期和种群加倍时间分别增加 5.54% 和 154.19%,后者差异达显著水平。和常规棉相比,2010 年转 *Cry1Ac* + *Cry2Ab* 基因棉花百株苗蚜、伏蚜和秋蚜的数量分别降低 10.79%、37.18% 和 17.49%,差异均未达显著水平;2011 年转 *Cry1Ac* + *Cry2Ab* 基因棉花百株苗蚜的数量增加 2.03%,伏蚜和秋蚜的数量分别降低 37.41% 和 64.03%,差异均未达显著水平。

关键词 转 *Cry1Ac* + *Cry2Ab* 基因棉花, 棉蚜, 生命表, 种群动态

Effects of transgenic *Cry1Ac* and *Cry2Ab* cotton on life table parameters and population dynamics of the cotton aphid

LUO Jun-Yu CUI Jin-Jie^{**} ZHANG Shuai WANG Chun-Yi XIN Hui-Jiang

(Cotton Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences,
State Key Laboratory of Cotton Biology, Anyang 455000, China)

Abstract The effects of transgenic *Cry1Ac* and *Cry2Ab* cotton on the life table parameters and population dynamics of the cotton aphid were studied under laboratory conditions and in cotton fields in 2010 and 2011. The results show that, compared with conventional CCRI 49 cotton, net reproductive rates, intrinsic growth rates and the finite rate of increase decreased by 81.69%, 65.00% and 13.01% respectively; the decrease in net reproductive rate being statistically significant. The average generation cycle and population doubling time increased by 5.54% and 154.19%, respectively, the latter being statistically significant. Compared to conventional cotton, the numbers of seedling aphids, summer aphids and autumn aphids per 100 *Cry1Ac* - *Cry2Ab* plants were 10.79%, 37.18% and 17.49% lower respectively in 2010, but these differences were not significant. Numbers of seedling aphids per 100 *Cry1Ac* - *Cry2Ab* plants in cotton fields increased by 2.03% in 2011, and numbers of summer aphids and autumn aphids per 100 *Cry1Ac* - *Cry2Ab* plants decreased by 37.41% and 64.03% respectively in 2011 but none of these differences were significant.

Key words transgenic *Cry1Ac* plus *Cry2Ab* cotton, cotton aphids, life table, population dynamics

转基因生物的安全性问题一直是国内外研究的焦点和热点,研究新型转基因棉花材料的环境安全性,对于保护人类健康和生态环境的安全,保障转基因生物的健康发展均具有重要的意义。有关转 Bt 基因抗虫棉和转 Bt + *CpTI* 基因抗虫棉对

棉蚜 *Aphis gossypii* Glover 影响的研究较多,研究表明转基因抗虫棉对棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner)、红铃虫 *Pectinophora gossypiella* (Saunders) 等鳞翅目害虫有良好的控制效果,对棉蚜等刺吸性害虫不具抗性。抗虫棉大面积种植

^{*} 资助项目:农业部转基因生物新品种培育重大专项(2011ZX08011-002、2011ZX08010-005)、国家棉花产业体系。

^{**}通讯作者, E-mail: cuijj@caas.com.cn

收稿日期:2012-03-11,接受日期:2012-04-19

后,棉田昆虫群落的结构发生变化,害虫的地位发生演变(郭三堆等,1999),同时由于棉田化学农药的用量大幅度减少,棉田棉蚜等刺吸性害虫种群数量增加,危害加重,成为棉田的主要害虫(Gould, 1998; Greene *et al.*, 1999; Pray *et al.*, 2001; Layton, 2002),对我国棉花生产构成新的威胁。转基因生物技术的发展日新月异,近年中国农业科学院棉花研究所成功将 *Cry2Ab* 基因转入我国主栽棉花品种,获得了转 *Cry1Ac* + *Cry2Ab* 基因棉花新材料,对棉铃虫和斜纹夜蛾 *Prodenia litura* (Fabricius) 等害虫具有良好的抗性(未发表),但有关转 *Cry1Ac* + *Cry2Ab* 基因棉花新材料对棉蚜等非靶标害虫的影响研究尚未见报道。

为明确新型转基因材料的育种价值,评价其对非靶标害虫的影响,本实验室采用室内生物测定和田间小区调查相结合的方法,初步研究了转 *Cry1Ac* + *Cry2Ab* 棉花新材料对棉蚜生命表参数和种群动态的影响,以期对新型转基因棉花环境安全评价积累科学数据,为我国转基因棉花的安全管理提供科学依据,同时为转基因抗虫棉田棉蚜的综合防治提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

转 *Cry1Ac* + *Cry2Ab* 基因棉花材料为 2009002,简称双价棉;常规棉花品种为中棉所 49 号(CCRI49),简称常规棉,均由中国农业科学院棉花研究所遗传育种研究室提供。室内生物测定的棉蚜为采自河南安阳中国农业科学院棉花研究所试验农场常规棉田。

1.2 试验方法

1.2.1 棉花种植 试验于 2010 年 5 月至 2011 年 9 月间开展。棉花种植于中国农业科学院棉花研究所试验农场,每材料种植 3 个小区,小区面积 122 m²,小区间随机排列,棉花种植株距为 0.27 m,行距为 0.80 m。棉花全生育期不施用化学农药,其它农事操作按常规进行。

1.2.2 田间种群调查 每年从 5 月中旬至 9 月下旬,每 5 d 调查 1 次,每次每小区调查 4 个样点,每个样点 20 株棉花。详细调查不同生育期棉花上棉蚜的种群动态,并做详细记载。伏蚜只调查顶部倒数第 3 片展开叶上的数量。

1.2.3 室内生长发育 试验在棉花生长的蕾期进行。采集不同棉花材料的上部嫩叶、叶柄用浸水脱脂棉包裹,平铺在直径为 9 cm 培养皿中,培养皿底部事先铺上少许脱脂棉并铺上滤纸,每片棉花叶片接 5~10 头无翅成蚜,24 h 后挑除成蚜,保留仔蚜作为起始虫量,放置在光照培养箱内(温度为 26℃,光照周期 L:D = 14:10)。每培养皿放置 1 片叶片,每材料 20 个叶片为 1 次重复,3 次重复,共采 60 片叶片。每天调查记载棉蚜的存活量与产仔量,并将当天所产仔蚜挑除,直到起始蚜全部死亡为止。参照戈峰(2008)方法,组建棉蚜实验种群生命表,计算棉蚜的净增殖率、平均存活寿命和内禀增长率参数。

1.3 数据处理及分析

应用 EXCEL 进行 *t* 测验,并进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 对棉蚜繁殖的影响

不同棉花材料对棉蚜繁殖的影响见表 1。与常规棉相比,双价棉上棉蚜的产仔开始时间和产

表 1 不同棉花材料对棉蚜繁殖力的影响

Table 1 Effects of different cotton varieties on fecundity of cotton aphid

棉花类型 Cotton type	开始产仔时间(性成熟时间) Beginning time of reproduction	产仔高峰时间 Peaking time of reproduction	产仔高峰持续时间 Period of reproduction peaking time
常规棉 Conventional cotton	2.00 ± 0.12aA	3.33 ± 0.58aA	7.33 ± 2.08aA
双价棉 Transgenic cotton	3.00 ± 0.25aA	7.67 ± 1.53bB	2.67 ± 1.53bA

注:表中数据为平均数 ± 标准误;每列数据后标注不同小写和大写字母表示分别在 0.05 和 0.01 水平上差异显著(*t* 测验),下表同。

Data are presented as mean ± SE. Values in the same column followed by different lowercase and uppercase letters are significantly different at 0.05 and 0.01 levels (*t* tests), respectively. The same below.

仔高峰开始时间分别延长 50.00% 和 130.33%，前者差异不显著 ($t_{0.05} = 2.3027, t = -1.3121, |t| < t_{0.01}$)，后者差异达极显著水平 ($t_{0.01} = 4.3027, t = -4.6056, |t| > t_{0.01}$)；产仔高峰持续时间减少 63.57%，差异达显著水平 ($t_{0.05} = 4.3137, t_{0.01} = 12.7062, t = 4.3333, t_{0.01} > t > t_{0.05}$)。

2.2 对棉蚜生命表参数的影响

不同棉花材料对棉蚜生命表参数的影响见表 2。与常规棉相比，双价棉上棉蚜的净增值率、内禀增长率和周限增长率分别下降了 81.69%、

65.00% 和 13.01%，前者差异达极显著水平 ($t_{0.01} = 4.3026, t = 3508, t > t_{0.01}$)，后两者差异未达显著水平 ($t_{0.05} = 2.9200, t_1 = 2.1235, t_2 = 2.1102, t_{0.05} > t_1 > t_2$)；平均世代周期和种群加倍时间分别延长了 5.54% 和 154.19%，前者差异不显著 ($t_{0.05} = 2.9200, t = -0.3509, t_{0.05} > |t|$)，后者差异达显著水平 ($t_{0.05} = 2.9200, t = -2.9494, t_{0.05} < |t|$)。说明与常规棉相比，双价棉不适于棉蚜的生长繁殖。

表 2 不同棉花品种对棉蚜种群生命表参数的影响

Table 2 Effects of different cotton varieties on the life table parameters of cotton aphid

棉花 Cotton type	净增值率 R_0	平均世代周期 T	内禀增长率 r_m	周限增长率 λ	种群加倍时间 t
常规棉 Conventional cotton	15.35 ± 8.66aA	5.96 ± 1.37aA	0.20 ± 0.09aA	1.23 ± 0.11aA	8.60 ± 4.95aA
双价棉 Transgenic cotton	2.81 ± 0.76bB	6.29 ± 0.37aA	0.07 ± 0.02aA	1.07 ± 0.02aA	21.86 ± 6.20bB

2.3 对棉蚜种群消长动态的影响

2.3.1 苗蚜 苗蚜发生期，2 种不同棉花材料上棉蚜种群消长动态见图 1。2010 和 2011 年苗蚜发生均在 5 月下旬达到高峰期。2010 年双价棉和常规棉田平均百株棉苗蚜的数量分别为 1 637.91 头和 1 836.00 头，双价棉田比常规棉田降低 10.79%，但

差异未达显著水平 ($t_{0.05} = 1.6991, t = 0.8096, t_{0.05} > t$)；2011 年双价棉和常规棉田平均百株棉苗蚜的数量分别为 2 904.58 头和 2 845.63 头，双价棉田比常规棉田高 2.03%，差异未达显著水平 ($t_{0.05} = 1.6991, t = -0.1443, t_{0.05} > |t|$)。表明双价棉田和常规棉田棉苗蚜的发生数量无明显差异。

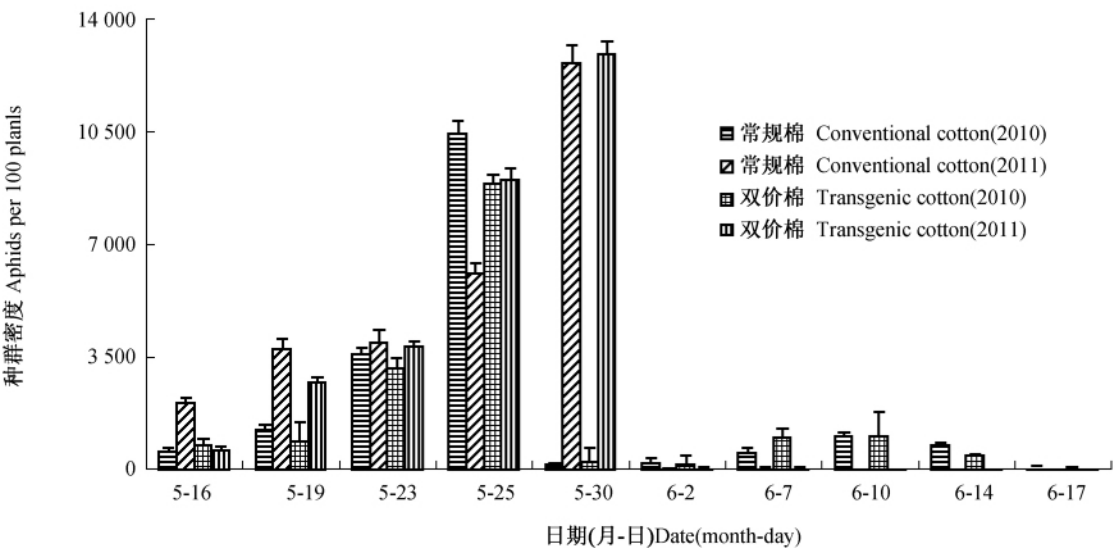


图 1 2010 和 2011 年 2 种棉田苗蚜种群动态

Fig. 1 Population dynamics of cotton seedling aphid in two kinds of cotton fields in 2010 and 2011

2.3.2 伏蚜 伏蚜发生期,2 种不同棉花材料上伏蚜种群动态如图 2。从图 2 可以看出,2010 年伏蚜发生较轻,而且持续时间较短,2011 年伏蚜发生较重,持续时间较长。2010 年双价棉和常规棉田平均百株棉伏蚜的数量分别为 50.89 头和 81.02 头,双价棉田比常规棉田降低 37.18%,但差异未达显著水平 ($t_{0.05} = 1,6741, t = 1.6109,$

$t_{0.05} > t$);2011 年棉伏在 7 月下旬至 8 月上旬达到高峰期,双价棉和常规棉田平均百株棉伏蚜的数量分别为 4 049.65 头和 5 564.52 头,双价棉田比常规棉田降低 37.41%,但差异未达显著水平 ($t_{0.05} = 1,6741, t = 1.0872, t_{0.05} > t$)。表明双价棉田和常规棉田伏蚜的发生数量无明显差异。

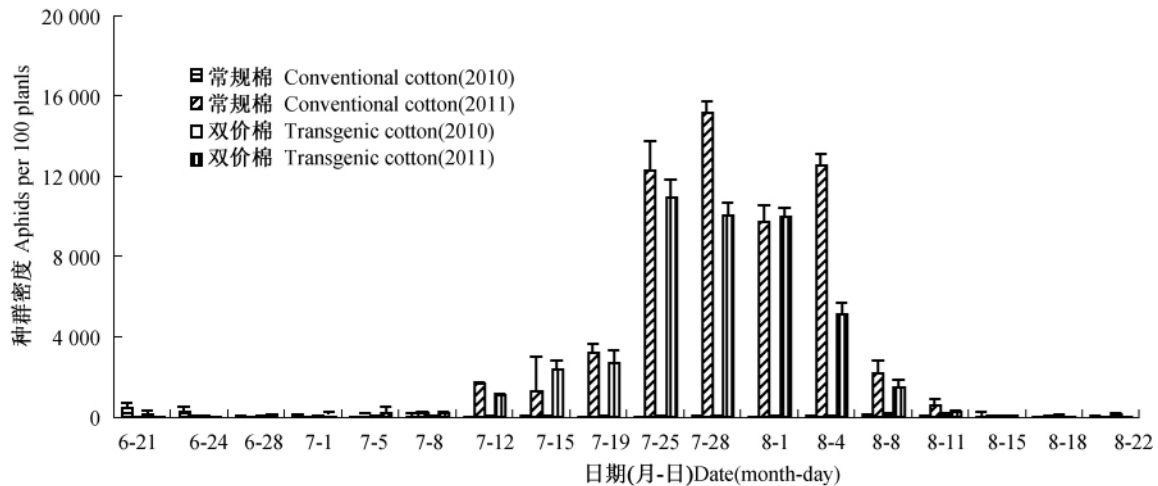


图 2 2010 和 2011 年 2 种棉田伏蚜种群动态

Fig.2 Population dynamics of summer aphid in two kinds of cotton fields in 2010 and 2011

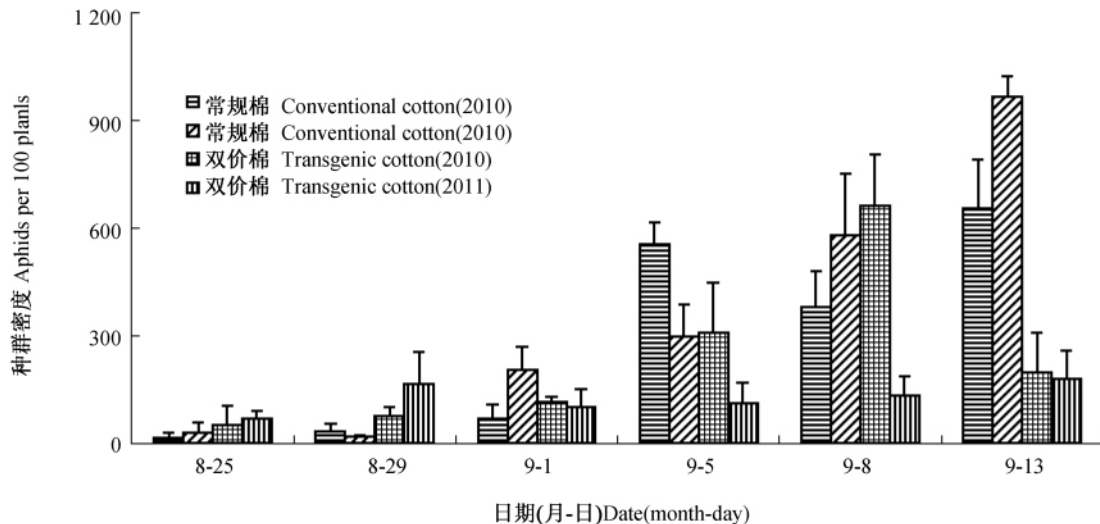


图 3 2010 和 2011 年 2 种棉田秋蚜种群动态

Fig.3 Population dynamics of autumn aphid in two kinds of cotton fields in 2010 and 2011

2.3.3 秋蚜 秋蚜发生期,2 种不同棉花材料上棉蚜种群动态如图 3。从图 3 可以看出,秋蚜发生

期 2 种棉田蚜虫发生量较小。2010 年双价棉和常规棉田平均百株棉秋蚜的数量分别为 233.76 头

和 283.30 头,双价棉田比常规棉田减少 17.49%,但差异未达显著水平($t_{0.05} = 1.7396$, $t = 0.5548$, $t_{0.05} > t$)。2011 年双价棉和常规棉田平均百株棉蚜的数量分别为 125.11 头和 347.78 头,双价棉田比常规棉田减少 64.03%,但差异未达显著水平($t_{0.05} = 1.7396$, $t = 1.7339$, $t_{0.05} > t$)。表明双价棉田和常规棉田秋蚜发生数量无明显差异。

3 讨论

根据本研究结果,转 *Cry1Ac + Cry2Ab* 基因棉田棉苗蚜、伏蚜和秋蚜的种群数量与常规棉相比均无明显差异,这与崔金杰和夏敬源(1998)、孙长贵等(2003)、邓曙东等(2003)、周洪旭等(2004)、杨益众等(2006)的研究结果一致,认为转 Bt 基因棉田棉蚜的种群发生量与常规棉田相当,无显著差异。与丰嵘等(1996)、王武刚等(1999)、贾士荣等(2001)、刘万学等(2002)、潘启明等(2002)等的研究结果不一致,主要原因是由于试验条件和试验方法不同所致。

本研究还表明,棉蚜在转 *Cry1Ac + Cry2Ab* 基因棉花上产仔高峰开始时间明显延迟,产仔高峰持续时间明显减少,棉蚜的净增值率明显降低,种群加倍时间明显增加,这与丁莉等(2004)、李进步等(2007)有关转 Bt + *CpTI* 基因抗虫棉对棉蚜影响研究结果一致,认为转 Bt + *CpTI* 基因抗虫棉对棉蚜表现出了一定的抗蚜性,表现为抗虫棉上棉蚜的净增殖率及内禀增长率显著低于常规棉,存活率低、繁殖力小,并认为转 Bt + *CpTI* 基因棉中可溶性糖和蛋白质等含量降低直接影响了棉蚜的生长繁殖与取食行为。与薛丽等(2011)对转 Bt 基因棉花上棉蚜繁殖能力研究结果相一致,棉蚜在转 Bt 基因棉上发育历期延长,产蚜数量减少。

外源基因的导入,有可能导致棉花叶片的组织结构和棉株内生化学物质含量的变化,因此会对棉蚜的取食行为产生影响,有关方面有待于进一步深入分析和研究。

参考文献(References)

- Gould F, 1998. Sustainability of transgenic insecticidal cultivars: integrating pest genetics and ecology. *Annu. Rev. Entomol.*, 43:701—726.
- Greene JK, Sullivan MJ, Herzog GA, Turnipseed SG, 1999.

- Boil damage by southern green stink bug (Hemiptera: pentatanidae) and tarnished plant bug (Hemiptera: Miridae) caged on transgenic *Bacillus thuringiensis* cotton. *J. Econ. Entomol.*, 192(4):941—994.
- Layton MB, 2002. Biology and damage of the tarnished plant bug, *Lygus lineolaris*, in cotton. *Southw. Entomol.*, 23:7—20.
- Pray C, Humang J, Ma D, Qiao F, 2001. Impact of Bt cotton in China. *World Devel.*, 29:813—825.
- 崔金杰,夏敬源,1998. 麦套夏播转 Bt 基因棉田主要害虫及其天敌的发生规律. 棉花学报, 10(5):255—262.
- 邓曙东,徐静,张青文,2003. 转 Bt 基因棉对非靶标害虫及害虫天敌种群动态的影响. 昆虫学报, 46(1):1—5.
- 丁莉,于江南,王登元,孙孝根,2004. 转双价基因抗虫棉对棉蚜的控制作用. 新疆农业科学, 41(5):316—318.
- 丰嵘,张宝红,郭香墨,1996. 外源 Bt 基因对棉花产量性状的影响. 棉花学报, 8(1):10—13.
- 戈峰,2008. 昆虫生态学原理与方法. 北京:高等教育出版社. 203—211.
- 郭三堆,崔洪志,夏兰芹,1999. 双价抗虫转基因棉花研究. 中国农业科学, 32(3):1—7.
- 贾士荣,郭三堆,安道昌,2001. 转基因棉花. 北京:科学出版社. 218—224.
- 李进步,方丽平,张亚楠,杨卫娟,郭庆,李雷,毕彩丽,杨荣志,2007. 不同类型品种棉花上棉蚜适生性及种群动态. 昆虫学报, 50(10):1027—1033.
- 刘万学,万方浩,郭建英,2002. 转 Bt 基因棉田节肢动物群落营养层及优势功能团的组成与变化. 生态学报, 22(5):729—735.
- 潘启明,潘宾,李建勋,樊宝华,菊英,卫武宵,2002. 转 Bt 基因抗虫棉棉田主要害虫发生消长特点. 中国棉花, 29(9):22—23.
- 孙长贵,张青文,徐静,王因霞,刘俊丽,2003. 转 Bt 基因棉和转 Bt + *CpTI* 双价基因棉对棉田主要害虫及其天敌种群动态的影响. 昆虫学报, 46(6):705—712.
- 王武刚,吴孔明,李修立,1999. Bt 棉对主要棉虫的发生影响及防治对策. 植物保护, 25(1):3—5.
- 薛丽,肖达,卢延等,2011. 转基因棉对棉蚜生长发育及其主要代谢物质含量的影响. 华北农学报, 26(4):115—120.
- 杨益众,陆宴辉,薛文杰,刘洋,杨海燕,李晓慧,王峰,余月书,2006. 转基因棉田棉蚜种群动态及相关影响因素分析. 昆虫学报, 49(1):80—85.
- 周洪旭,郭建英,万方浩,2004. 转 *Cry1Ac + CpTI* 基因棉对棉田害虫及其天敌种群动态的影响. 昆虫学报, 47(4):538—542.