

## 转 Bt 基因棉和常规棉对烟粉虱 生长发育和繁殖的影响

周福才<sup>1,2</sup> 任顺祥<sup>2\*</sup> 杜予州<sup>1</sup> 周桂生<sup>1</sup> 沈媛<sup>1</sup>

(1. 扬州大学农学院, 扬州 225009; 2. 华南农业大学, 广州 510642)

**摘要:** 在实验室恒温和大田自然条件下, 通过对转 Bt 基因棉国抗 22 和常规棉亲本泗棉 3 号的对比试验研究, 探讨两种棉花对烟粉虱生长发育和繁殖的影响。结果表明: 28℃ 恒温条件下, 在花铃期棉花上, 国抗 22 上的 B 型烟粉虱发育历期(从卵到成虫羽化)比常规棉亲本泗棉 3 号短 17.79%、存活率高 4.5%、产卵量高 39.62%、雌虫寿命长 12.14%、内禀增长率  $r_m$  大 20.18%; 在苗期棉花上, 国抗 22 上的 B 型烟粉虱发育历期比泗棉 3 号短 14.14%、雌虫寿命长 17.46%、 $r_m$  大 1.47%, 存活率和产卵量差异不显著。在大田自然变温条件下, 国抗 22 上烟粉虱发育历期比泗棉 3 号短 13.6%。在同一品种棉花上, 饲养在苗期棉花上烟粉虱的发育历期较花铃期棉花长。结果显示, 花铃期棉花比苗期棉花更有利于烟粉虱的生长发育和繁殖; 与常规棉亲本相比, 转 Bt 基因棉花上烟粉虱的种群扩增速率更快。

**关键词:** 烟粉虱; 内禀增长率; 转 Bt 基因棉花; 常规棉花

## Effects of Bt-cotton and non-Bt cotton on development and reproduction of *Bemisia tabaci* (Gennadius)

ZHOU Fu-cai<sup>1,2</sup> REN Shun-xiang<sup>2\*</sup> DU Yu-zhou<sup>1</sup> ZHOU Gui-shen<sup>1</sup> SHEN Yuan<sup>1</sup>

(1. Agricultural College of Yangzhou University, Yangzhou 225009, Jiangsu Province, China;

2. South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China )

**Abstract:** The effects of two type cottons, Bt-cotton Guokang 22 (GK22) and non-Bt cotton Simian 3 (S3), on the development and reproduction of sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius), were investigated both under lab constant temperature and field inconstant temperature conditions. The results indicated that the developmental time (from egg to adult) of *B. tabaci* on the GK 22 cotton at flowering stage shortened by 17.79%, the survivorship, fecundity, the life span of female and  $r_m$  increased by 4.5%, 39.62%, 12.14% and 20.18%, respectively, compared with S3 cotton. At the seedling stage, the developmental time (from egg to adult) of *B. tabaci* increased by 14.14%, the life of female and  $r_m$  increased by 17.46% and 1.47%, respectively. And no significant difference was detected in survivorship and fecundity of the whiteflies on two types of cottons. Moreover, under field inconstant temperature conditions, the developmental time of *B. tabaci* on Goukang No. 22 was 13.6% shorter than that on S3 cotton. The cotton plant at flowering stage is more beneficial to the development and reproduction of *B. tabaci* than that cotton plants at seedling stage. Compare with non-Bt transgenic cotton, Bt transgenic cotton

基金项目: 国家自然科学基金项目(30270901), 国家“十五”科技攻关项目(2001BA509B0604), 江苏省“十五”科技攻关项目(BE2001343), 扬州大学博士科研基金项目

作者简介: 周福才, 男, 1964 年生, 副研究员, 主要从事昆虫生态和农业害虫综合治理等研究, email: fczhou@yzu.edu.cn

\* 通讯作者 (Author for correspondence), email: shxren@scau.edu.cn

收稿日期: 2005-08-24

was more advantageous to the development and reproduction of sweet potato whitefly, *B. tabaci*.

**Key words:** *Bemisia tabaci*;  $r_m$ ; Bt-cotton; non-Bt cotton

转 Bt 基因棉花因对第 2 代、第 3 代棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner) 具有较理想的控制效果而受到越来越多棉农的青睐,20 世纪 80 年代中后期以来,以转 Bt 基因棉花为主的抗虫棉在我国许多棉区得到了迅速的推广应用。据统计,1998 年全国转基因抗虫棉种植面积 20 万  $\text{hm}^2$ ,2002 年达到了 200 万  $\text{hm}^2$ ,转基因抗虫棉占整个棉花种植面积的比例从 1998 年的 2.2% 增长到 2004 年的 55.4%<sup>[1]</sup>,部分省市达到 70% 以上。转 Bt 基因棉花已成为我国许多棉区棉花生产的主要品种之一。

烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 是棉花上的重要害虫,它通过刺吸叶片维管束汁液、传播植物病毒和分泌蜜露引起煤污病,而使棉花产量和纤维品质受到严重影响<sup>[2~5]</sup>。20 世纪 90 年代中期以来,我国许多棉花主产区先后暴发烟粉虱,危害严重时棉花减产 20% ~ 50%<sup>[6~9]</sup>。大量研究发现,转 Bt 基因棉田烟粉虱种群密度高于常规棉田,危害也较常规棉田严重<sup>[6,8,9]</sup>。为了阐明棉田烟粉虱的生物学,探讨转 Bt 基因棉田烟粉虱种群数量高于常规棉田的原因,为棉田烟粉虱的预测预报和棉花烟粉虱的科学治理提供理论依据,作者以转 Bt 基因棉花国抗 22 和其常规棉亲本泗棉 3 号为对象,研究了两种棉花及棉花不同生育期对烟粉虱生长发育与繁殖的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

**1.1.1 棉花:** 国抗 22 (转 Bt 基因棉,文中简称 GK22)、泗棉 3 号 (GK22 的转基因前常规棉亲本,文中简称 S3),由江苏沿海地区农科所提供。室内试验用盆栽棉花,田间试验种植小区,种植密度为 45000 株  $\cdot \text{hm}^{-2}$ ,常规管理。

**1.1.2 虫源:** 试验用 B 型烟粉虱。将最初采自于一品红 *Euphorbia pulcherrima* Willd 上的 B 型烟粉虱,分别接到 GK22 和 S3 两种盆栽棉花上,在养虫室内隔离繁殖 5 代以后供试。

**1.1.3 仪器:** ZRX-300D 型智能人工气候箱,杭州钱江仪器设备有限公司生产。L : D = 14 : 10, RH = 90%。

### 1.2 方法

**1.2.1 烟粉虱的发育速率和产卵量观察:** 取盆栽棉

花 GK22 和 S3 各 10 盆,每盆选相同果枝上基本一致的完全展开叶 1 片,分别接烟粉虱成虫若干,放入人工气候箱中,24 h 后移去成虫,在解剖镜下每叶标记卵 30 ~ 40 粒,每天观察 1 次发育进度。卵孵化后,标记刚固定的 1 龄若虫 20 头,每日观察 1 次各虫的发育和死亡情况。试验温度为  $28 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 。取同期羽化的成虫若干,配对后接到笼罩的棉花叶片上,棉花叶柄插在湿润的花泥中,每叶接成虫 1 对。观察时,轻轻趋走成虫,取出叶片,在解剖镜下计卵,同时换新叶片让烟粉虱继续产卵。每 2 天观察 1 次雌虫的产卵量,至成虫死亡为止。试验温度为  $28 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 。

**1.2.2 自然变温条件下烟粉虱的发育历期观察:** 在田间小区栽培的花铃期棉花上,选中上部果枝内围叶若干,每叶接烟粉虱成虫 20 头左右,套上防虫网袋,24 h 后除去成虫,继续套袋让烟粉虱发育 (防止天敌捕食和寄生),每 3 天取 1 次接虫叶片,在室内检查发育进度。利用加权平均法计算在自然变温条件下棉花烟粉虱的发育历期。

### 1.3 数据处理

试验数据用 SAS 软件分析处理,两个品种的成对数据结果用  $t$  检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 两种棉花对烟粉虱发育速率的影响

为了降低寄主转换对烟粉虱发育的影响,减少试验误差,将在 GK22 和 S3 上饲养的烟粉虱成虫分别接到对应的供试棉花上,让其产卵,观察烟粉虱在两个不同生育期棉花和两种不同棉花上的发育情况。在 GK22 棉花上,饲养在苗期和花铃期棉花上的烟粉虱从卵发育到成虫羽化分别需 17.0 天和 15.9 天;在 S3 棉花上分别需 19.8 天和 18.7 天 (表 1)。

对两种棉花上烟粉虱的发育历期进一步分析,在同一生育期的棉花上,饲养在 GK22 和 S3 棉花上烟粉虱的发育速率差异较显著 ( $t = 3.1032, v = 23$ ),其中苗期和花铃期 GK22 棉花上烟粉虱的发育历期分别比同生育期 S3 棉花上的短 16.4% 和 17.8%。

### 2.2 两种棉花对烟粉虱存活率的影响

在两种棉花上烟粉虱的成活率均在 80% 以上,其中在花铃期棉花上成活率达到 85% 以上,高于苗期棉花上饲养的烟粉虱 (表 2)。进一步分析可以看

表 1 两种棉花上烟粉虱的发育历期

Table 1 The developmental time of *B. tabaci* feeding on GK22 and S3 cottons

| 生育期<br>Growth stage | 品种<br>Variety | 历期 Development time (d) |                         |                         |                         |                         |              |                                   |
|---------------------|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------|-----------------------------------|
|                     |               | 卵<br>Egg                | 1 龄 1st<br>instar nymph | 2 龄 2nd<br>instar nymph | 3 龄 3rd<br>instar nymph | 4 龄 4th<br>instar nymph | 蛹<br>Pupa    | 卵 – 蛹期 The time<br>of egg to pupa |
| 苗期                  | GK22          | 5.0 ± 0.09              | 3.4 ± 0.16              | 3.3 ± 0.13              | 1.4 ± 0.07              | 1.5 ± 0.12              | 2.4 ± 0.08   | 17.0 ± 0.27                       |
| Seeding stage       | S3            | 5.0 ± 0.09              | 3.9 ± 0.15 *            | 4.1 ± 0.16 *            | 2.3 ± 0.12 *            | 1.8 ± 0.11              | 2.7 ± 0.13 * | 19.8 ± 0.32 *                     |
| 花铃期                 | GK22          | 4.6 ± 0.07              | 3.0 ± 0.12              | 3.0 ± 0.11              | 1.4 ± 0.07              | 1.6 ± 0.09              | 2.4 ± 0.07   | 15.9 ± 0.28                       |
| Flowering stage     | S3            | 4.9 ± 0.08              | 3.5 ± 0.14 *            | 3.6 ± 0.13 *            | 2.1 ± 0.11 *            | 2.0 ± 0.11 *            | 2.8 ± 0.12 * | 18.7 ± 0.24 *                     |

注: “\*”表示经 *t* 检验在 0.05 水平上差异显著。下同。Note: Figure followed by mark “\*” mean significant difference in a column by *t*-test (*p* < 0.05). The same as below.

表 2 两种棉花上烟粉虱的存活率

Table 2 The survivorship of *B. tabaci* feeding on GK22 and S3 cottons

| 生育期<br>Growth stage | 品种<br>Variety | 存活率 Survivorship(%) |                         |                         |                         |                         |              |                                   |
|---------------------|---------------|---------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------|-----------------------------------|
|                     |               | 卵<br>Egg            | 1 龄 1st<br>instar nymph | 2 龄 2nd<br>instar nymph | 3 龄 3rd<br>instar nymph | 4 龄 4th<br>instar nymph | 蛹<br>Pupa    | 卵 – 蛹期 The<br>time of egg to pupa |
| 苗期                  | GK22          | 93.7 ± 2.16         | 93.6 ± 2.81             | 96.1 ± 1.93             | 100.0 ± 0.00            | 98.5 ± 1.51             | 100.0 ± 0.00 | 82.5 ± 2.89                       |
| Seeding stage       | S3            | 91.0 ± 2.95         | 93.5 ± 1.89             | 97.5 ± 1.54             | 97.3 ± 1.64             | 100.0 ± 0.00            | 100.0 ± 0.00 | 81.1 ± 1.83                       |
| 花铃期                 | GK22          | 98.7 ± 0.82         | 95.9 ± 1.48 *           | 97.8 ± 2.25 *           | 98.2 ± 1.14             | 98.2 ± 1.13             | 100.0 ± 0.00 | 89.0 ± 1.35 *                     |
| Flowering stage     | S3            | 98.1 ± 0.87         | 92.3 ± 2.71             | 94.9 ± 3.68             | 100.0 ± 0.00            | 100.0 ± 0.00            | 99.2 ± 0.83  | 85.2 ± 4.39                       |

出,在苗期棉花上,烟粉虱在两种棉花上的成活率差异不显著,但在花铃期棉花上,两种棉花上烟粉虱的成活率差异显著( $t = 2.7572, v = 5$ ),其中转 Bt 基因棉花 GK22 上烟粉虱的存活率比 S3 上的烟粉虱高 4.5%。

2.3 两种棉花对烟粉虱繁殖率和雌虫寿命的影响  
烟粉虱的产卵能力和雌虫寿命与寄主植物种类

和生育期有关。表 3 显示,烟粉虱在花铃期棉花上的产卵量高于苗期棉花,如在花铃期棉花,在 GK22 和 S3 上烟粉虱的产卵量分别为 116.29 粒/雌和 83.29 粒/雌,而在苗期棉花上则分别为 77.6 粒/雌和 76.9 粒/雌。在花铃期棉花上,GK22 和 S3 上烟粉虱雌虫的寿命分别为 27.7 天和 24.7 天,而在苗期棉花上,则分别为 25.2 天和 20.8 天(表 3)。

表 3 两种棉花上烟粉虱的产卵量和雌虫寿命

Table 3 The fecundity and life of *B. tabaci* feeding on GK22 and S3 cottons

| 生育期<br>Growth stage | 品种<br>Variety | 产卵量<br>Fecundity | 雌虫寿命(d)<br>Life of female |
|---------------------|---------------|------------------|---------------------------|
| 苗期                  | GK22          | 77.6 ± 10.72     | 25.2 ± 3.64 *             |
| Seeding stage       | S3            | 76.9 ± 18.46     | 20.8 ± 3.51               |
| 花铃期                 | GK22          | 116.3 ± 14.00 *  | 27.7 ± 1.73 *             |
| Flowering stage     | S3            | 83.3 ± 12.14     | 24.7 ± 2.20               |

从表 3 还可以看出,烟粉虱雌虫的寿命在两种棉花上差异明显,GK22 苗期和花铃期棉花上烟粉虱雌虫的寿命分别比 S3 长 18.7% 和 12.1%。烟粉虱的产卵量在苗期棉花上没有明显差异,但在花铃期棉花上,GK22 上的产卵量显著高于 S3( $t = 2.632, v = 8$ ),比 S3 提高了 39.6%。

2.4 两种棉花上烟粉虱种群的生命参数  
将两个品种棉花上烟粉虱的生命参数组建成实

验种群生命表(表 4)。表 4 显示,取食花铃期棉花的烟粉虱比取食苗期棉花的烟粉虱具有更高的种群增殖潜力,如在 GK22 和 S3 棉花上,花铃期棉花上烟粉虱的  $r_m$  比取食苗期棉花的分别高 13.4% 和 7.241%。在 GK22 和 S3 上,烟粉虱的  $r_m$  也存在明显的差异,如在苗期和花铃期 GK22 棉花上的烟粉虱其  $r_m$  分别比饲养在 S3 上的高 13.6% 和 20.2%。

表 4 烟粉虱的实验种群生命表  
Table 4 The life table of *B. tabaci* feeding on GK22 and S3 cottons

| 生育期<br>Growth stage    | 品种<br>Variety | 生命表参数 Parameter of life table |         |         |           |
|------------------------|---------------|-------------------------------|---------|---------|-----------|
|                        |               | $r_m$                         | $R_0$   | $T$     | $\lambda$ |
| 苗期<br>Seeding stage    | Gk22          | 0.1607                        | 56.5971 | 25.1068 | 1.1744    |
| 花铃期<br>Flowering stage | S3            | 0.1414                        | 53.6477 | 28.1633 | 1.1519    |
|                        | Gk22          | 0.1822                        | 84.8956 | 24.3762 | 1.1998    |
|                        | S3            | 0.1516                        | 64.6041 | 27.4963 | 1.1637    |

2.5 自然变温条件下烟粉虱的发育历期

在小区种植的花铃期棉花上套袋接烟粉虱,利用定期抽样调查的方法,观察自然变温条件下烟粉虱在两类棉花上的发育历期。结果发现,GK22 和 S3 棉花上烟粉虱从卵发育至成虫羽化的历期分别

为 22.0 天和 25.0 天,分别较 28℃ 恒温条件下的室内发育历期略长。比较两个品种的发育速率,GK22 棉花上烟粉虱发育速率较 S3 快 13.6% (表 5)。这一结果与实验室恒温条件下的生物学试验一致。

表 5 大田棉花上烟粉虱的发育历期  
Table 5 The developmental time of *B. tabaci* feeding on GK22 and S3 cottons in the fields

| 品种<br>Variety | 历期 Developmental time(d) |                         |                         |                         |                         |           |                                    |
|---------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------|------------------------------------|
|               | 卵<br>Egg                 | 1 龄 1st<br>instar nymph | 2 龄 2nd<br>instar nymph | 3 龄 3rd<br>instar nymph | 4 龄 4th<br>instar nymph | 蛹<br>Pupa | 卵 - 蛹期<br>The total of egg to pupa |
| GK22          | 4.1                      | 4.9                     | 3.1                     | 3.8                     | 3.2                     | 3.0       | 20.0                               |
| S3            | 3.8                      | 5.4                     | 4.6                     | 3.9                     | 4.5                     | 2.7       | 25.0                               |

3 讨论

棉花是烟粉虱的适宜寄主之一,在棉花上烟粉虱具有较高的繁殖率和较低的死亡率,在我国育成品种 GK22 和 S3 棉花上烟粉虱的产卵量高于美国亚利桑那州的 81 粒/雌和印度的 43 粒/雌<sup>[10,11]</sup>,具有较强的种群扩增潜力。研究发现,在花铃期棉花烟粉虱的  $r_m$  较苗期棉花上的烟粉虱高,说明花铃期棉花更有利于烟粉虱的种群增殖潜力。江苏地区棉田烟粉虱成虫始见期在 7 月中下旬,高峰期在 8 月中下旬<sup>[9]</sup>,此时,正值棉花开花结铃期,叶片营养丰富,同时环境温度相对较高,对烟粉虱的种群扩增特别有利。

研究发现,与常规棉亲本 S3 相比,转 Bt 基因棉花 GK22 上烟粉虱的发育速率更快,种群扩增潜力更大。田间系统调查也发现,转 Bt 基因棉花 GK22、苏抗 103、新洋 822 上烟粉虱的种群密度分别比对应的常规棉亲本 S3、泗棉 12 和 XYP822 上高,烟粉虱在转 Bt 基因棉花上更容易暴发成灾。近几年我国转基因棉花的种植面积和比重不断增加,2004 年江苏省转基因棉花面积占棉花播种面积的 70%。转基因棉花面积的扩大,增大了棉田烟粉虱暴发的

危险性。2003 年江苏省已出现局部转 Bt 基因棉田因烟粉虱危害而绝收的现象。在连续 4 年的系统调查中发现,江苏棉田同时存在 B 型和非 B 型烟粉虱,但 B 型烟粉虱的比例迅速上升,这给棉花的安全生产带来了更大的威胁。因此,加强棉田烟粉虱的监控,特别是转基因棉田烟粉虱的监控,对于棉花安全生产已显得十分重要和紧迫。

作为高等植物,棉花在长期进化过程中已形成了一套有利于自身发育的基因体系,当外源基因被导入后,势必打破其自身固有的连锁群,对其各种代谢产生各种各样的影响,从而使植物体内的营养物质和抗虫次生物质的种类、含量及活性物质的比例发生改变,进而影响植物与害虫之间的关系<sup>[12]</sup>。田晓莉等<sup>[13]</sup>对中棉所 30(转 Bt 基因棉)及其对应的轮回亲本中棉所 16 的研究发现,中棉所 30 初花期至盛花期的 C/N 比较高,C 代谢强,可溶性总糖含量高于对照。Olsen 等<sup>[14]</sup>、武予清等<sup>[15]</sup>通过对转 Bt 基因棉花及其对应的常规棉的对比研究发现,Bt 基因导入棉花后,棉株体内缩合单宁显著地低于对照。在测定的转 Bt 基因棉 R93-4 和对照常规棉中棉所 12 中,蕾期叶片和棉铃中缩合单宁分别下降 50.7% 和 78.1%,总酚分别下降 24.5% 和 78.4%<sup>[15]</sup>,棉

花体内可溶性糖和氨基酸的含量和比例也发生了改变。

食料中营养物质的种类及其比例影响昆虫的生长发育、繁殖和行为,如甜瓜体内氨基酸比例的改变对烟粉虱的生活史、飞行倾向会产生明显的影响<sup>[16]</sup>。棉花的许多代谢产物是害虫重要的营养物质或抗生物质,这些物质含量的变化将直接影响棉田害虫种群数量和结构,并对整个棉田生态系统产生某些不确定的影响。大量研究证实,转 Bt 基因棉花易感烟粉虱及棉叶螨和其他一些刺吸式口器害虫<sup>[6,9,12]</sup>,这些害虫种群的上升,可能与外源基因导入后导致棉花的代谢途径发生变化,从而引起棉花体内次生物质向着有利于这些害虫的方向变化有关。

**致谢:**扬州大学农学院植物保护系朱成平同学、秦洁洋同学参与部分调查工作,特此致谢。

#### 参 考 文 献(References)

- 1 毛树春,王香河,李亚兵,等. 2004 年全国棉花品种和栽培技术分析报告. 中国棉花,2005,32(4):3-6
- 2 Bellows T S, Arakawa K. Dynamics of preimaginal populations of *Bemisia tabaci* and *Eretmocerus* sp. in southern California cotton. *Environmental Entomology*, 1988, 17(2):225-228
- 3 Gerling D, Motro U, Mittler T E. Dynamics of *Bemisia tabaci* (Gennadius) attacking cotton in the coastal plain of Israel. *Bulletin of Entomological Research*, 1980, 70(2):213-219
- 4 Grethsd A H. Host plant. pp17-26. In Cock M J W(ed.), *Bemisia tabaci*, a literature survey on the cotton whitefly with an annotated bibliography. C. A. B. International, London, 1986
- 5 Henneberry T J, Hendrix D L, Perkins H H, et al. *Bemisia argentifolii* populations and relationships to sticky cotton and cotton yields. *Southwestern Entomologist*, 1995, 20(3):255-271
- 6 徐静,张青文,邓曙东,等. 湖北棉区转 Bt 基因棉对烟粉虱种群动态的影响研究. *植物保护*,2003,29(5):38-40
- 7 赵莉,张荣. 危害棉花的重要害虫烟粉虱在新疆发现. *新疆农业科学*,2000,(1):27-28
- 8 吴孔明,徐广,郭予元. 华北北部地区棉田烟粉虱成虫季节性动态. *植物保护*,2001,27(2):14-15
- 9 周福才,杜予州,任顺祥,等. 江苏棉田烟粉虱的种群动态及控制. *扬州大学学报(农业与生命科学版)*,2005,26(1):89-93
- 10 Butler G D Jr, Henneberry T J, Clayton T E. *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleurodidae): development, oviposition and longevity in relation to temperature. *Annals of the Entomological Society of America*, 1983, 76:310-313
- 11 Husan M A, Trehan K N. Observations on the life-history, bio-nomics and control of white-fly of cotton (*Bemisia gossypiperda* M & L). *Indian Journal of Agricultural Science*, 1933, 3:701-753
- 12 张宝红,丰嵘. 转基因抗虫棉研究的现状,问题与对策. *作物学报*,1998,24(2):248-256
- 13 田晓莉,杨培珠,王保民,等. 转 Bt 基因抗虫棉中棉所 30 的碳、氮代谢特征. *棉花学报*,2000,11(4):172-175
- 14 Olsen K M, Daly J C, Tanner G J. The effect of cotton condensed tannin on the efficacy of the Cry1Ac  $\delta$ -endotoxin of *Bacillus thuringiensis*. *Proceeding of the 9th Australian Cotton Conference*, Broad-beach, Queensland. 12-14th August, 1998, 337-342
- 15 武予清,郭予元,曾庆龄. 转 Bt 基因棉单宁及总酚含量的初步测定. *河南农业大学学报*,2000,34(2):134-135
- 16 Blackmer J L, Byrne D N. The effect of *Bemisia tabaci* on amino acid balance in *Cucumis melo*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*,1999,93:315-319