

82-88

第25卷 第5期  
1997年10月西北农业大学学报  
Acta Univ. Agric. Boreali-occidentalisVol. 25 No. 5  
Oct. 1997

16

## 中国棉花抗虫育种的发展历史与成就

刘海涛 郭香墨

(中国农业科学院棉花研究所, 安阳 455112)

**摘 要** 根据中国不同时期选育抗虫棉的抗虫特征及相应育种手段和方法的不同, 将中国棉花抗虫育种发展史分成三大阶段: 形态抗虫育种阶段、生化抗虫育种起步发展阶段和抗虫基因工程育种起步发展阶段。同时对各阶段所取得的重要成就进行了评述。

**关键词** 棉花, 抗虫育种, 发展历史, 棉花育种

**中图分类号** S562.034

棉花是受害虫为害最为严重的作物之一。在中国以棉蚜(*aphis gossypii* Glover)、棉铃虫(*Helicoverpa armigera* Hubner)、棉叶螨(*Tetranychus* sp.)和棉红铃虫(*Pectinophora gossypiella* Saunders)四大害虫为害棉花最为严重, 每年因虫害造成的棉花产量损失达15%~20%<sup>[1~4]</sup>, 每年投入治虫农药费用每公顷高达1 200~1 800元<sup>[5]</sup>。因此, 培育和种植抗虫棉是控制棉花害虫为害、减少环境污染、保持生态平衡最为经济和有效的途径。中国棉花抗虫育种工作开始于本世纪40年代, 此后因多种因素的影响长期处于停滞状态, 直到70年代末针对危害中国主要棉区的四大害虫, 中国棉花的抗虫育种工作又重新开展起来。自1983年将棉花抗虫育种正式纳入国家科技攻关计划以来, 通过“六五”、“七五”、“八五”联合攻关, 中国在棉花抗虫育种方面取得了很大进展。本文分阶段介绍了中国棉花抗虫育种工作取得的主要成就及国内最新研究进展情况, 并对不同类型抗虫棉的抗虫机理进行了分析、比较和研究, 以期对今后中国棉花抗虫育种工作的深入进行有所裨益。

## 1 形态抗虫育种阶段(1986年以前)

## 1.1 形态抗虫性状类型及其抗虫机理

表1 形态抗虫性状类型及其抗虫机理

| 性状类型 | 抗虫机理                                        | 目标昆虫                                 |
|------|---------------------------------------------|--------------------------------------|
| 多毛   | 阻碍刺吸式口器害虫吸食体液                               | 棉蚜、棉叶蝉、斜纹夜蛾                          |
| 光滑   | 不利于成虫、幼虫及卵粒附着                               | 棉铃虫、红铃虫、烟青虫、棉跳盲椿                     |
| 鸡脚叶  | 驱避害虫, 其极易形成的高温低湿小气候不利于害虫的生长发育, 并可提高杀虫剂的喷施效果 | 棉铃虫、红铃虫、卷叶螟                          |
| 窄卷苞叶 | 对幼虫为害及成虫产卵有驱避作用, 并可提高杀虫剂的治虫效果               | 棉铃虫、红铃虫、棉铃象鼻虫、金刚钻 <sup>[27~29]</sup> |
| 无蜜腺  | 减少害虫食源, 使成虫产卵量减少                            | 棉蚜、棉铃虫、红铃虫、烟青虫                       |
| 红叶   | 驱避害虫, 其含有的类黄酮和紫萘苷对害虫有阻食作用 <sup>[6]</sup>    | 棉铃虫、棉铃象甲                             |
| 早熟性  | 因生育期缩短, 可避开棉花生长前期和后期主要害虫的为害                 | 所有主要害虫                               |

收稿日期 1997-02-05

课题来源 国家科技攻关项目

作者简介 刘海涛, 男, 1966年生, 助理研究员

不同的形态抗虫性状其抗虫机理也有所不同(表1)。另外,还有一些对害虫取食不利的生理解剖结构性状,如:厚叶片和高蜡质含量<sup>[7]</sup>、厚铃壳和高致密度<sup>[8]</sup>。在上述抗虫形态性状中,一种性状可能对不同害虫具有利或弊的两面性,其抗虫性是相对的。如光滑对于棉铃虫和红铃虫产卵是不利性状,但却是刺吸式口器害虫的有利性状;多毛对于棉铃虫和红铃虫产卵是有利性状,但却是刺吸式口器害虫的不利性状。因此,在选择形态性状进行抗虫育种时,应根据当地主要害虫的种类来决定选育形态抗虫棉的类型。

## 1.2 本期取得的主要成就

在以前研究的基础上,“六五”攻关期间初步开展了棉花种质资源抗棉蚜、棉铃虫及红铃虫性的系统鉴定工作<sup>[3]</sup>,为进行棉花抗虫育种奠定了一定的物质基础。本期育成的主要抗虫品种(系)及有关性状如表2所示。

表2 本期育成的主要抗虫品系及其相关性状<sup>[9]</sup>

| 品种       | 育成年份 | 抗虫特征      | 目标害虫      | 铃重(g) |
|----------|------|-----------|-----------|-------|
| 澄县 72    | 1937 | 早熟        | 棉叶蝉       | 4.4   |
| 鸡脚德字棉    | 1944 | 鸡脚叶       | 卷叶螟       | 5.2   |
| 华东 2 号   | 1952 | 早熟        | 棉叶蝉       | 4.5   |
| 黔农 465   | 1954 | 早熟        | 棉叶蝉       | 4.5   |
| 川简 1 号   | 1955 | 早熟<br>鸡脚叶 | 卷叶螟       | 5.6   |
| 潞江 1 号   | 1956 | 多毛        | 棉蚜<br>棉叶螨 | 5.5   |
| 川 169-4  | 1985 | 多毛        | 棉蚜<br>棉叶螨 | 5.8   |
| 川 169-6  | 1985 | 多毛        | 棉蚜        | 5.9   |
| 华 4101   | 1985 | 鸡脚叶       | 棉蚜<br>棉铃虫 | 6.1   |
| 冀 382-4  | 1985 | 无蜜腺<br>光滑 | 棉铃虫       | 6.0   |
| 冀 U82-1  | 1985 | 无蜜腺<br>少毛 | 棉铃虫       | 6.5   |
| 中 J365-2 | 1985 | 多毛        | 棉蚜<br>棉叶螨 | 5.4   |

本期所育抗虫品系多数是单一形态抗虫棉,其目标害虫范围狭窄,且抗虫效果多在20%以下。本期所育品系铃重普遍较大,但衣分偏低。在抗病性方面,绝大多数品系为不抗病类型,仅有极少数品系抗耐枯萎,但均感黄萎。在产量方面,60年代以前所育品种(系)多数是以当地推广品种为基础群体,经过系统选育法育成,产量比当时的对照品种略有增加;80年代所育品系多数是以杂交方式育成,由于其杂种后代的高度异质性和某些抗虫性状与产量性状以及品质性状间存在负相关关系,导致杂种后代分离世代较长,产量水平较低(低于对照10%以上),纤维品质较差。尽管本期所育抗虫材料仍然存在许多不足之处,但通过本期的联合攻关,鉴定和筛选出一批有价值的抗虫种质材料,丰富和明确了部分种质材料的抗虫性状及其来源,为以后我国的棉花抗虫育种奠定了一定的物质基础。

## 2 生化抗虫育种起步发展阶段(1986 年以后)

### 2.1 生化抗虫物质种类及其抗虫机理(表 3)

棉花体内抗虫物质主要包括次生类物质和营养类物质。其中已明确具有抗虫性的次生类物质主要包括萜烯类、黄酮类和单宁类化合物。营养类物质主要包括可溶性糖、游离氨基酸和脂肪酸等。

表 3 生化抗虫物质种类及其抗虫机理<sup>[6,11]</sup>

| 生化物质种类 | 抗虫机理                          | 目标害虫                | 主要化合物                                         |
|--------|-------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------|
| 萜烯类化合物 | 影响害虫幼虫取食量和消化率,从而抑制幼虫的生长发育     | 棉蚜、棉铃虫、红铃虫、棉叶螨、烟芽夜蛾 | 棉酚、半棉酚酮、杀实夜蛾素 H <sub>1</sub> 和 H <sub>2</sub> |
| 黄酮类化合物 | 对害虫幼虫的发育速率和化蛹产生抑制作用           | 棉铃虫、红铃虫、棉叶螨、烟芽夜蛾    | 槲皮苷、儿茶酸、芦丁、芸香苷、花青苷                            |
| 单宁类化合物 | 抑制昆虫消化酶活性,促使蛋白质沉淀,从而阻碍害虫取食或消化 | 棉蚜、棉铃虫、红铃虫、棉叶螨      | 水解单宁、缩合单宁                                     |
| 营养类物质  | 减少害虫食物营养成分或破坏害虫体内代谢平衡         | 棉蚜、红铃虫、棉叶螨、棉叶蝉等     | 可溶性糖、游离氨基酸、脂肪酸等                               |

虽然目前在部分生化抗生物质的抗虫机理研究方面取得了一定进展,但仍需要对已知和未知的生化抗生物质的遗传和杀虫机理进行深入研究。已明确:高棉酚和高单宁含量对棉蚜、棉铃虫、红铃虫和棉叶螨表现抗性<sup>[12~16]</sup>;高类黄酮含量抗棉叶螨<sup>[16]</sup>;高可溶性糖含量抗棉蚜和棉叶螨<sup>[16,17]</sup>;高氨基酸含量抗棉叶螨<sup>[7]</sup>。但感棉蚜<sup>[118]</sup>。

### 2.2 本期取得的主要成就

“七五”期间,按照全国统一的方法和标准,对棉花种质资源抗棉蚜、棉铃虫及红铃虫性进行了多点同步鉴定<sup>[2,19]</sup>,育成了一批利用价值较高的抗虫新品系(表 4)。

表 4 本期育成的主要品系及其相关性状

| 品 系        | 抗虫特征       | 目标害虫       | 铃 重<br>(g) | 衣 分<br>(%) |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| 中 5905     | 多 毛<br>无蜜腺 | 棉 蚜<br>棉铃虫 | 5.5        | 40.3       |
| 川 109-1    | 多 毛<br>抗生性 | 棉 蚜        | 5.6        | 41.5       |
| 冀 83(10)-1 | 抗生性        | 棉 蚜<br>棉铃虫 | 5.8        | 41.1       |
| 冀 U82-3    | 无蜜腺<br>抗生性 | 棉 蚜<br>棉铃虫 | 6.0        | 37.5       |
| 华 103      | 光 滑<br>抗生性 | 棉铃虫<br>红铃虫 | 6.2        | 38.7       |
| 中 4717     | 无蜜腺        | 棉铃虫<br>红铃虫 | 6.1        | 39.2       |
| 中 99       | 多 毛<br>抗生性 | 棉 蚜<br>红铃虫 | 6.3        | 39.7       |
| 川 98       | 抗生性        | 棉叶螨        | 4.3        | 38.2       |
| 华 101      | 光 滑<br>抗生性 | 棉铃虫<br>红铃虫 | 6.0        | 42.3       |

注:表中数据为抗虫联试或省区试结果。

“七五”攻关期间共有 26 个品系参加全国抗虫棉联试,其中有 6 个以上抗虫品系已明确具有生化抗性,打破了过去形态抗虫棉一统天下的局面,使抗性水平由过去单一抗性向复合抗性发展,抗虫效果有了明显提高,部分品系抗虫效果达到 20% 以上,并且纤维品质和抗病性也有不同程度的提高。在丰产性方面,大铃得到保持,衣分有了较大提高,但整体产量水平仍然较低,只有个别品系产量水平与对照接近或相当(如:川 98)。在育种方法上也由过去的系统选择和简单杂交法向回交、复交和聚交等多种育种方法和手段的综合应用发展。本期所有抗虫品系川 98 和中 99 已作为特异优良种质材料向全国多个科研单位发放使用<sup>[7,10]</sup>。

### 3 棉花抗虫基因工程起步发展阶段(1991 年以后)

#### 3.1 外源抗虫基因种类及其抗虫机理

目前已被开发利用的抗虫基因主要有以下几种(表 5)。

表 5 已被利用的外源抗虫基因类型及其抗虫机理

| 抗虫基因类型                 | 抗虫机理                                                                                                                                           | 目标昆虫                                                                |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Bt 毒蛋白基因               | 该基因控制合成的 $\delta$ -内毒素(一种伴胞蛋白质晶体),被敏感昆虫取食后,在昆虫肠道中能水解成毒性多肽,使肠道发生溃烂,从而导致昆虫拒食死亡                                                                   | 鳞翅目 <sup>[30]</sup> 、双翅目 <sup>[31]</sup> 和鞘翅目 <sup>[32]</sup> 的多数害虫 |
| 蛋白酶抑制剂(PI)基因           | 该基因合成的抑制剂能与昆虫消化道内的蛋白消化酶相互作用,形成酶-抑制剂复合物(EI),阻断或减弱消化酶的蛋白水解作用,另外,EI 复合物能刺激消化酶的过量分泌,通过神经系统的反馈,使昆虫产生厌食反应,最终导致昆虫的非正常发育或死亡                            | 鳞翅目、双翅目、直翅目、鞘翅目和膜翅目的部分害虫 <sup>[20,21]</sup>                         |
| 淀粉酶抑制剂( $\alpha$ AI)基因 | 该基因合成的淀粉酶抑制剂能抑制昆虫消化道内 $\alpha$ -淀粉酶的活性,使食人的淀粉无法正常消化水解,阻断了昆虫的主要能量来源,同时,抑制剂和淀粉酶结合形成的 EI 复合物,也会刺激昆虫的消化腺过量分泌消化酶,通过神经系统的反馈,使昆虫产生厌食反应,最后导致昆虫非正常发育或死亡 | 部分谷仓类害虫和异色蜡 <sup>[20]</sup>                                         |
| 昆虫神经毒蛋白基因              | 该基因合成的毒蛋白被昆虫取食后,使昆虫出现神经麻痹,从而抑制昆虫蜕皮和生长发育                                                                                                        | 鳞翅目部分害虫 <sup>[22,23]</sup>                                          |
| 外源凝集素(Lectin)基因        | 该基因合成的 Lectin 被昆虫取食后,在昆虫消化道中释放并与肠道围食膜(peritrophic membrane)上的糖蛋白相结合,影响营养物质的正常吸收,同时还可能在昆虫的消化道内诱发病灶,促进消化道内细菌的繁殖,最终导致昆虫不能正常发育或死亡                  | 同翅目、鳞翅目的部分害虫 <sup>[20,21]</sup>                                     |

上述抗虫基因中,Bt 毒蛋白基因和棉铃虫肠道蛋白酶抑制剂基因已被导入中国棉花主栽品种中<sup>[5,24]</sup>;昆虫神经毒蛋白基因在我国已被导入烟草<sup>[22,23]</sup>,相信不久以后有望导入棉花品种。除此之外,还有几丁质酶(Chitinase)基因和核糖体失活蛋白(RIP)基因等抗虫植物基因有待开发研究和利用。

#### 3.2 本期取得的主要成就

在本期按照全国统一的标准和方法,对棉花种质资源抗棉蚜、棉铃虫、红铃虫和棉叶螨性进行了多点同步鉴定,初步形成了以中国农业科学院棉花研究所为主的北方棉区抗棉蚜鉴定中心,以中国农业科学院植物保护研究所为主的北方棉区抗棉铃虫性鉴定中心,以江苏农业科学院植物保护研究所为主的南方棉区抗红铃虫性鉴定中心及以湖北华中农业大学为主的抗棉叶螨性鉴定中心。在育种方法上突破了传统的常规育种方法,首次利用植物基因工程技术以及生物技术与常规育种手段相结合将外源抗虫基因导入棉花主栽品种获得成功<sup>[5,24]</sup>,育成一批转基因抗虫棉新品系<sup>[25,26]</sup>,通过审定抗虫棉品种 3 个(表 6),打

破了中国无抗虫棉品种的历史,使中国棉花在形态和生化抗虫育种方面达到世界先进水平。

抗虫棉品种的审定表明:通过“六五”、“七五”、“八五”各棉花育种单位联合攻关,已将棉花的抗虫性、丰产性和优质抗病性集中于一体,打破了棉花抗虫性与丰产性、优质抗病性之间的负相关,使抗虫棉步出试验阶段并大面积应用于生产变为现实。另外,中国棉花抗虫基因工程自纳入“863”计划和“总理基金”项目以来,得到了突飞猛进的发展,在较短的时间内培育出转 Bt 基因抗虫棉以及转 Bt 基因和 CpTI 基因的双价抗虫棉,使中国转基因抗虫棉研究达到了世界先进水平<sup>[5]</sup>。

表 6 通过审定的抗虫棉品种及其相关性状

| 品 种    | 审定省和年份    | 抗虫特征     | 目标害虫       | 铃重<br>(g) | 衣分<br>(%) | 皮棉产量为对<br>照百分数(%) |
|--------|-----------|----------|------------|-----------|-----------|-------------------|
| 华棉 101 | 湖北省(1992) | 光滑<br>生化 | 红铃虫<br>棉铃虫 | 5.2       | 41.0      | 100.0             |
| 川棉 109 | 四川省(1993) | 多毛       | 棉蚜         | 5.0       | 40.8      | 108.2             |
| 中棉所 21 | 河南省(1994) | 多毛<br>生化 | 棉 蚜<br>棉铃虫 | 5.2       | 40.5      | 108.4             |

注:表中数据为省区试结果,纤维品质均符合纺织工业用棉要求,抗虫效果 20%~30%。

中国棉花抗虫基因工程育种起步于本世纪 90 年代初期,于 1990 年采用花粉管导入法首次成功地将苏云金芽孢杆菌(B. t)亚种 aizawai 7-29 和 kurstaki HD-1 克隆出的两种 Bt 杀虫基因分别导入了无毒棉、中棉所 12、3118、3414 等棉花品种(系),并在所转育的棉株中得到了表达<sup>[24]</sup>;1991 年中国首次合成了经改造的 Bt 基因,并成功地导入了晋棉 7 号、冀合 231、泗棉 3 号、中棉所 12 等多个栽培品种(系)中,获得了 13 个转 Bt 基因的抗虫棉株系,其中部分株系抗虫效果达 90% 以上<sup>[24]</sup>。1995 年又成功地将 Bt 基因和棉铃虫消化道蛋白酶抑制剂基因(CpTI)同时导入了棉花,并在所转育的棉株体内得到了表达<sup>[5]</sup>。中国农业科学院棉花研究所采用生物技术与常规育种手段相结合,培育出 6 个转 Bt 基因抗虫棉新品系:R93-1、R93-2、R93-3、R93-4、R93-4、R93-5 和 R93-6。因转 Bt 基因抗虫棉的抗虫性是受一对显性基因控制,在自然选择和加大选择压力(罩笼接虫)的情况下,通过对杂种后代连续进行 6~7 代的定向筛选,其群体抗虫性即可达到稳定遗传。因此,有些品系在继承了受体亲本的丰产性和优质抗病性的同时,又获得了遗传稳定的抗虫性,其抗虫效果达到 60% 以上<sup>[25,26]</sup>;也有一些品系虽然获得了稳定遗传的抗虫性,但却表现株型紧凑、铃重偏小、吐絮不畅和丰产性较差等缺陷。

另外,中国农业科学院棉花研究所利用转 Bt 基因抗虫棉作亲本,选配并筛选出综合性状优良的转 Bt 基因抗虫杂交棉 RH-1。1994~1996 年在冀、鲁、豫三省棉铃虫重发区进行了转基因抗虫棉的示范试种工作,抗虫效果十分明显<sup>[26]</sup>,其中中早熟抗虫棉 R93-3、短季抗虫棉 R93-6 和抗虫杂交棉 RH-1 在农业部组织的 1995 年全国抗虫棉区试中表现突出(表 7),这 3 个品系继续参加全国抗虫棉区试和生产试验,可望在 1997 年通过全国审定。与开展棉花基因工程育种较早的先进国家相比,中国在转基因抗虫棉的抗性强度、目标害虫的抗毒性研究以及抗虫性与丰产性的结合等方面,仍需加大研究力度。

表7 几个抗虫棉品系在1995年全国抗虫棉区域试验中的表现

| 品系    | 区试范围         | 处理  | 霜前皮棉<br>为CK(%) | CK    | 抗虫效果                                                  |
|-------|--------------|-----|----------------|-------|-------------------------------------------------------|
| R93-3 | 北方组          | 治虫  | 114.5          | 中棉所17 | 黄淮海棉区15个试点中因棉铃虫为害导致顶尖被害率<br>比对照减少23.07%,蕾铃被害率减少10.37% |
|       |              | 不治虫 | 165.2          | 中棉所17 |                                                       |
|       | 南方组          | 治虫  | 96.0           | 中棉所17 |                                                       |
|       |              | 不治虫 | 111.7          | 中棉所17 |                                                       |
| R93-6 | 河南、河北<br>和山东 | 治虫  | 129.8          | 中棉所16 | 顶尖被害率比对照品种减少31.58%,蕾铃被害率22.<br>57%                    |
|       |              | 不治虫 | 149.3          | 中棉所16 |                                                       |
|       | 北方组          | 治虫  | 187.3          | 中棉所17 |                                                       |
|       |              | 不治虫 | 296.4          | 中棉所17 |                                                       |
| RH-1  | 北方组          | 治虫  | 145.9          | 中棉所17 | 因棉铃虫为害导致顶尖被害率比对照减少41.28%,蕾<br>铃被害率减少19.27%            |
|       |              | 不治虫 | 181.1          | 中棉所17 |                                                       |
|       | 南方组          | 治虫  |                |       |                                                       |
|       |              | 不治虫 |                |       |                                                       |

注:北方组包括河北省和山西省,南方组包括河南省、山东省、江苏省、湖北省、安徽省和江西省。

## 4 结 语

经过十几年来各个棉花育种单位的协同攻关,中国棉花抗虫育种成绩斐然,特别是在种质资源的某些鉴定方法、抗虫性机理研究以及抗虫棉品种的选育等方面,达到了世界先进水平。作者相信,抗虫棉品种的推广种植对控制中国棉花害虫的发生、危害以及发展中国棉花生产必将产生巨大的推动作用。同时,这些成绩的取得也为今后继续进行棉花抗虫育种奠定了坚实的物质基础。但是,也应清醒地看到,随着环境条件的变化以及害虫抗药和抗毒性的增加,还会有更多的棉花害虫出现并危害棉花生产。为此,必须运用现代科学的最新研究成果进行多学科、多层次的协同攻关,创造出更多、更新的抗源材料,为迎接新的挑战做好充分准备。

## 参 考 文 献

- 1 陈其珉,李典谟,曹赤阳主编.棉花病虫害综合防治及研究进展.北京:中国农业出版社,1990
- 2 夏敬源.我国棉花病虫害综合治理研究新进展.中国棉花,1992,19(1):2~6
- 3 棉花病虫害综合防治技术研究攻关组.棉花病虫害综合防治技术论文集.北京:中国农业出版社,1985
- 4 夏敬源.我国棉虫抗药性现状与治理对策.中国棉花,1992,19(5):1~5
- 5 科 闻.抗虫棉研究达世界水平.人民日报,1995-09-19(第二版)
- 6 戴小钢,郭予元,王武刚等.棉花的抗虫机理.世界农业,1995,12:34~36
- 7 王朝生,杨刚,董顺文等.抗棉蚜棉种质川98系的选育.中国农业科学,1991,24(4):32~40
- 8 吴征彬,孙济中,张金发等.华棉101的抗性鉴定机制及育种技术研究.棉花学报,1994,6(3):169~173
- 9 黄滋康主编.中国棉花品种及其系谱.北京:中国农业出版社,1996
- 10 汪若海,郭香墨,李根源.兼抗两虫两病的棉花种质系中99的选育研究.中国农业科学,1993,26(5):32~37
- 11 汤德良,王武刚.棉花对棉虫抗性的物质基础.世界农业,1993,10:31
- 12 王朝生,董顺文,辜民芳等.几组棉花抗虫品系单宁含量分析.中国棉花,1987,15(2):22~24
- 13 郭香墨,汪若海,李根源等.棉花抗虫性状与抗虫效果分析.棉花学报,1993,5(2):69~74
- 14 禹慧明,袁开来,曹日强.棉酚对棉铃虫生长发育的影响.植物保护学报,1993,20(1):18~21
- 15 张金发,孙济中,刘金兰.棉花抗红铃虫机制的研究.作物学报,1993,19(5):385~394
- 16 张金发,孙济中,吴征彬等.棉花对朱砂叶蟥抗性的鉴定和机制研究.植物保护学报,1993,20(2):156~161
- 17 刘旭明,杨奇华.棉花抗蚜的生理生化机制及与棉蚜种群数量消长关系的研究.植物保护学报,1993,20(1):25

~28

- 18 高宗仁. 棉花不同生育期对棉蚜的耐性研究. 植物保护, 1987, 13(4): 8~10
- 19 农业部科技司. 中国农业科技研究进展(第一分册). 北京: 北京农业大学出版社, 1990
- 20 周兆澜, 朱祯. 植物抗虫基因工程研究进展. 生物工程进展, 1994, 14(4): 18~24
- 21 李向辉主编. 植物遗传操作. 北京: 高等教育出版社, 1994
- 22 蒋 红, 朱玉贤, 陈章良. 导入蜘蛛杀虫肽基因的烟草具有抗虫性. 植物学报, 1996, 38(2): 95~99
- 23 姚 斌, 范云六, 曾勤等. 表达昆虫特异性神经毒素 AaIT 基因的转基因烟草的抗虫性. 生物工程学报, 1996, 12(2): 113~118
- 24 谢道昕, 范云六, 倪万潮. 苏云金芽孢杆菌(*Bacillus thuringiensis*)杀虫晶体蛋白基因导入棉花获得转基因植株. 中国科学(B 辑), 1991(4): 367~373
- 25 文 学. 棉花育种的新突破——抗虫棉. 中国农学通报, 1995, 11(6): 45~46
- 26 夏敬源. 抗虫棉在棉铃虫综合治理中的作用研究初报. 中国棉花, 1995, 22(8): 8~11
- 27 Jenkins J N, Parrot W L. Effectiveness of frego bract as a boll weevil resistance character in cotton. Crop Sci., 1971, 11: 739~741
- 28 Khalifa H. Breeding for bollworm resistance in cotton *Gossypium hirsutum* L. Cotton et Fibres Tropicales, 1979, 34: 309~314
- 29 Wilson F D, George B W. Effects of okra-leaf frego-brace and smooth-leaf mutants on pink bollworm damage and agronomic properties of cotton. Crop Sci., 1982, 22: 798~801
- 30 Dulmage H T, Cooperators. Insectidal activity of isolates of *Bacillus thuringiensis* and their potential for pest control. Microbial Control of Pests and Plant Diseases, 1970~1980. London: Academic, 1981
- 31 Goldberg L J, Margalit J. A bacterial spore demonstrating rapid larvicidal activity against *Anopheles gambiae*, *Uranotaenia unguiculata*, *Culex univittatus*, *Aedes aegyptii* and *Culex pipiens*. Mosq. News, 1977, 37: 355~358
- 32 Krieg A. *Bacillus thuringiensis* var. *Tenebrionis*. ein neuer gegenuber larven von coleopteren wirksamer pathotyp. A. Angew. Entomol., 1983, 96: 500~508

## Developing History and Obtained Achievements on Insect-Resistant Breeding in Cotton in China

Liu Haitao Guo Xiangmo

(Cotton Research Institute, CAAS, Anyang, Henan 455112)

**Abstract** According to the differences of pest-resistant characters and breeding methods in breeding insect-resistant cultivars in China, the history on insect-resistant breeding in cotton in China was divided into three stages that were morphological insect-resistance breeding, biochemical insect-resistance breeding and breeding in engineering of insect-resistant plant. The mainly obtained achievements in the different period on insect-resistant breeding were narrated and evaluated.

**Key words** cotton, insect-resistant breeding, developing history, cotton breeding