

## 陆地棉中棉所 41 关键栽培技术研究

郭香墨, 喻树迅, 崔金杰, 毛树春, 董合林, 刘金海

(中国农业科学院棉花研究所, 河南 安阳 455000)

**摘要:**针对双价转基因抗虫棉中棉所 41 的生育特点和种植模式,应用最优回归设计和 D-饱和回归设计进行了一熟和两熟条件下的配套技术集成研究,提出黄河流域在皮棉产量 1350~1500 kg·hm<sup>-2</sup>条件下的主要栽培技术为:密度 5.3 万~6 万株·hm<sup>-2</sup>,纯氮 259.5~300 kg·hm<sup>-2</sup>,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 8.59~11.36 kg·hm<sup>-2</sup>,K<sub>2</sub>O 为 6.71~8.72 kg·hm<sup>-2</sup>的经济施肥模型,缩节胺用量为 60~75 g·hm<sup>-2</sup>。中棉所 41 棉田棉铃虫幼虫数量明显减少,控害效果明显,中后期防治应根据防治指标确定,非标靶害虫和天敌数量与常规棉田相比无明显差异,防治技术与常规棉基本一致。主要害虫防治技术对比试验和成本分析表明,中棉所 41 棉田全生育期害虫防治直接费用比常规棉田减少 44.39%。

**关键词:**转基因抗虫棉;栽培技术;肥料;综合防治

**中图分类号:**S435.622 **文献标识码:**A

**文章编号:**1002-7807(2006)01-0008-06-5

## Integrated Research of Key Cultivation Techniques of CCRI 41

GUO Xiang-mo, YU Shu-xun, CUI Jin-jie, MAO Shu-chun, Dong He-lin, LIU Jin-hai

(Cotton Research Institute, CAAS, Anyang, Henan 455000, China)

**Abstract:** The growing habits and single cultivation technique of many transgenic cotton varieties have been reported, but the integrated techniques aimed at one transgenic cotton variety was reported very few. In this study the key cultivation techniques of double-transgenic cotton variety, CCRI 41, were studied in both one maturity and intercropping system in 2004—2005 by use of best regression design and D-saturation design aimed at the growth and development characters and growing patterns and insect control. The growing rate of CCRI 41 is slower in early and middle development stages compared with that of CCRI 23, but faster from flowering stage on. The main cultivation techniques of CCRI 41 in the Yellow River Valley at 1350~1500 kg·hm<sup>-2</sup> yield potential are: planting density is 52500~60000 plants·hm<sup>-2</sup>, pure nutrition dosage is 259.5~300 kg·hm<sup>-2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 8.59~11.36 kg·hm<sup>-2</sup>, K<sub>2</sub>O is 6.71~8.72 kg·hm<sup>-2</sup>. The suitable DPC dosage is 60~75 g·hm<sup>-2</sup> in whole season. There are not significant differences in bollworm eggs between CCRI 41 field and conventional cotton, CCRI 23 field, but the number of bollworm lava in CCRI 41 field is fewer significantly compared with conventional cotton field, indicated the perfect bollworm control effect. The bollworm control should do according to control threshold in late growing season. There are not significant differences for other insects and natural enemies between both fields, indicated that other insect control techniques in transgenic cotton field are similar to that in conventional cotton field. The test of main insect control and cost analysis reviewed that the control cost in CCRI 41 field in growing season is 44.39% lower compared with conventional cotton field. The plant bug chemical control test reviewed that the 500 times Endosulfan solution spray is best effective.

**Key words:** transgenic insect-resistant cotton; cultivation technique; chemical fertilizer; IPM

收稿日期:2005-05-11 作者简介:郭香墨(1949-)男,研究员, guoxm@cricaas.com.cn

基金项目:农业部跨越计划项目(2003-2)

培育和种植双价转基因抗虫棉是害虫综合治理的有效途径<sup>[1]</sup>。中棉所 41 是我国培育的第一个转 Bt 和 CpTI 双价基因抗虫棉品种<sup>[2]</sup>,具有高抗棉铃虫、高产稳产、早熟性好、品质优良等突出优点。从生理、生化、栽培和病虫害综合防治技术方面报道抗虫棉很多<sup>[3-5]</sup>,但针对品种进行系统的配套栽培技术研究,国内外报道很少<sup>[6]</sup>。2004—2005 年针对该品种的特征特性,在农业部跨越计划项目的资助下,系统开展了生长发育规律和关键配套栽培技术研究,为生产上提供管理技术决策和为其它品种研制相应配套技术提供依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 平衡施肥和推荐决策系统研究

中棉所 41 养分吸收积累和分配、一熟棉田氮、磷、钾肥料平衡施肥试验在中棉所试验农场进行,麦棉两熟氮、磷、钾肥料平衡施肥试验在河南西华县农场进行。试验采用旋转回归设计,6 行区,重复 2 次,小区面积 66.7 m<sup>2</sup>,密度 5.4 万株·hm<sup>-2</sup>,一熟试验采用地膜覆盖,两熟试验采用育苗移栽。

### 1.2 促早栽培与防早衰技术研究

试验在安阳中棉所和山东夏津县进行,试验设计为 3 因素 4 水平 D-饱和和最优设计,3 次重复,随机区组设计,河南安阳小区行长 7 m,行距 0.85

m,5 行区,小区面积为 29.75 m<sup>2</sup>;山东夏津小区行长 10 m,行距 0.8 m,6 行区,小区面积为 48 m<sup>2</sup>。

### 1.3 棉田昆虫群落演变规律及综合治理技术

试验设中棉所 41 和非抗虫棉中棉所 23 两个处理,3 次重复,小区面积 150~200 m<sup>2</sup>,随机排列。从棉花出苗至吐絮期,每 7 d 调查 1 次。采用对角线 5 点取样法,每个样点调查 10 株,记载靶标害虫(棉铃虫卵、幼虫)、主要的非靶标害虫如棉蚜、棉盲蝽、棉叶蝉、棉粉虱、棉叶螨等数量,主要的天敌如龟纹瓢虫、异色瓢虫、小花蝽、草间小黑蛛等的数量。

## 2 结果与分析

### 2.1 中棉所 41 平衡施肥和推荐决策系统研究

2.1.1 不同生育期养分吸收规律。中棉所 41 苗期生长较缓慢,棉株吸收养分最少,之后吸收的氮、磷、钾增多,至盛花期达到高峰,吸收氮、磷、钾分别占全生育期吸收总量的 44.20%、43.58%和 33.99%。吐絮后,中棉所 41 棉株生理活性明显减弱,棉叶光合能力下降,根系活力随之减退。全生育期单株吸收氮、磷、钾量分别为 3.47 g、1.27 g 和 3.00 g,每公顷吸收氮、磷、钾分别为 197.9 kg、72.2 kg 和 171.0 kg(图 1)。

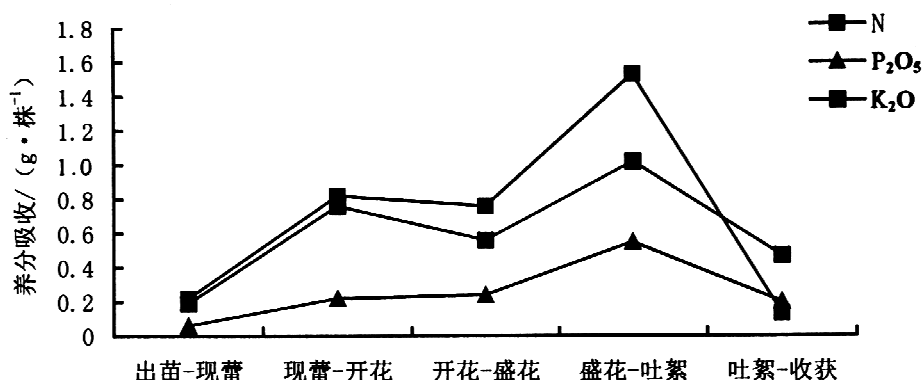


图 1 中棉所 41 不同时期养分吸收量

Fig. 1 Nutrient absorption quantity in different stage of CCRI 41

2.1.2 棉花养分吸收速率峰值。对中棉所 41 和中棉所 45 的养分吸收比较分析可知,两个品种在不同生育期养分吸收峰值有一定差异(表 1)。中棉所 41 氮、磷、钾吸收速率最大值出现较早,分别在出苗后 88 d、94 d 和 83 d,比中棉所 45 分别早

5 d、2 d 和 4 d。平均氮素吸收速率为 0.04 g·(株·d)<sup>-1</sup>,考虑养分在土壤中的转化过程约需 15 d 左右,因此中棉所 41 的最佳追肥时期应在出苗后第 72 d,即开花期前后。

表 1 中棉所 41 和中棉所 45 养分吸收速率峰值及日期  
Table 1 Peak and date of nutrient absorption of CCRI 41 and CCRI 45

养分	中棉所 41			中棉所 45		
	速率/[g·(株·d) <sup>-1</sup> ]	出苗后/d	开花后/d	速率/[g·(株·d) <sup>-1</sup> ]	出苗后/d	开花后/d
N	0.045976	88	9	0.065095	93	20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.015896	94	15	0.017343	96	23
K <sub>2</sub> O	0.038442	83	4	0.040368	87	14
总养分	0.099955	87	8	0.120976	89	16

2.1.3 棉株不同器官干重及养分分配。中棉所 41 吐絮期前后棉株各器官氮、磷、钾分配量以生殖器官最多,氮、磷在叶柄、叶片的分配仅次于生

殖器官,在茎、果枝的分配位于第三,钾在叶柄、叶片中分配次于茎和果枝,根部分配量最少(表 2)。

表 2 中棉所 41 单株不同器官干重及养分分配

Table 2 Dry weight and nutrient distribution of organs in CCRI 41

器官	干物重		N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O		养分总量	
	重量	占全株	重量	占全株	重量	占全株	重量	占全株	重量	占全株
	/g	/%	/g	/%	/g	/%	/g	/%	/g	/%
根	11.83	6.77	0.1088	3.31	0.0379	3.50	0.1585	6.10	0.3052	4.38
茎、果枝	36.63	20.96	0.3443	10.47	0.1062	9.81	0.4725	18.18	0.9231	13.24
生殖器官(铃壳、子棉)	86.78	49.66	1.7877	54.37	0.6856	63.33	1.6401	63.10	4.1134	59.02
叶柄、叶片	39.51	22.61	1.0470	31.85	0.2529	23.36	0.3279	12.62	1.6278	23.36
全株	174.75		3.2878		1.0825		2.5991		6.9695	

2.1.4 一熟棉田施肥模型和优化组合施肥方案。试验田土壤养分含量有机质 10.5 g·kg<sup>-1</sup>,全氮 0.74 g·kg<sup>-1</sup>,速效磷 3.2 mg·kg<sup>-1</sup>,速效钾 121 mg·kg<sup>-1</sup>。对试验纯 N(x<sub>1</sub>)、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(x<sub>2</sub>)和 K<sub>2</sub>O(x<sub>3</sub>)3 因素与皮棉产量(Y)进行回归分析,获得肥料效应模型:

$$y = 819.2146 + 1.2816x_1 + 0.7579x_2 + 1.0181x_3 - 0.0042x_1^2 - 0.0065x_2^2 - 0.0098x_3^2 + 0.0032x_1x_2 + 0.0027x_1x_3 + 0.0049x_2x_3$$

$$(r=0.929166, P=0.0026)$$

根据上述模型进一步分析,可得肥料优化组合方案为:每公顷皮棉 1350 kg 左右的施肥量,N 258.6 kg,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 170.4 kg,K<sub>2</sub>O 130.8 kg;每公顷

皮棉产量 1125 kg 的施肥量,N 203.6 kg,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 128.9 kg,K<sub>2</sub>O 101.6 kg。

2.1.5 麦棉两熟平衡施肥试验。氮、磷、钾肥料对试验产量结果统计分析,获得如下模型:

$$y = 718.6640 + 1.3454x_1 + 1.5920x_2 + 1.3119x_3 - 0.0048x_1^2 - 0.0109x_2^2 - 0.0056x_3^2 + 0.0056x_1x_2 + 0.0033x_1x_3$$

$$(r=0.835402, P=0.0491)$$

根据肥料效应模型,进一步分析可得肥料优化组合方案:每公顷皮棉产量 1350 kg 左右的较高产量施肥量,纯 N 277.1 kg,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 129.5 kg,K<sub>2</sub>O 177.5 kg。每公顷皮棉产量 1125 kg 的最佳经济施肥量,纯 N 228.3 kg,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 109.2 kg,K<sub>2</sub>O 147.2 kg。

表 3 不同肥料配比氮素利用率

Table 3 N utilization rate of different fertilizer composition

处 理	肥料用量 /(kg·hm <sup>2</sup> )	棉株吸收的总氮量 /(kg·hm <sup>2</sup> )	氮素利用率 /%	比单施氮肥提高 /%
CK	无肥	124.7		
N	187.5	172.2	25.36	
N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	187.5, 112.5	191.7	35.76	10.4
N, K <sub>2</sub> O	187.5, 75.0	189.5	34.56	9.2
N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O	187.5, 112.5, 75.0	200.4	40.40	15.0

2.1.6 不同肥料配比氮肥利用效率。表 3 表明,在单施氮肥的基础上配施磷(钾)或氮、磷、钾肥同时施用,均能增加氮素的吸收和利用效率,氮-磷、氮-钾和氮-磷-钾配合施用比单施氮肥的利用效率分别提高 10.4、9.2 和 15.0 个百分点。

## 2.2 促早栽培与防早衰技术研究

3 个自变量分别为密度(x<sub>1</sub>)、缩节胺用量

(x<sub>2</sub>)和 N 肥施用量(x<sub>3</sub>);因变量分别为子棉产量(y<sub>1</sub>)、皮棉产量(y<sub>2</sub>)和成铃数(y<sub>3</sub>)。确定 N 肥用量后,按 N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=1:0.5:0.8 的比例来确定磷、钾肥的施用量,N 肥 50% 基施,磷、钾肥全部基施;追施的 N 肥于现蕾期追施 20%,花铃期追 30%。缩节胺分 3 次喷施,时间分别为蕾期、花期和打顶后 7 d。

2.2.1 麦棉两熟试验三因素效应模型。

子棉回归方程:

$$y_1 = 1798.79 + 127.79x_1 - 11.72x_2 + 42.88x_3 - 406.73x_1^2 + 30.23x_2^2 + 57.94x_3^2 + 10.85x_1x_2 + 26.45x_1x_3 + 44.44x_2x_3$$

( $r=0.9999$ )

皮棉回归方程:

$$y_2 = 702.69 + 32.98x_1 + 1.32x_2 + 13.18x_3 - 150.66x_1^2 + 9.11x_2^2 + 32.11x_3^2 + 6.06x_1x_2 + 10.42x_1x_3 + 21.76x_2x_3$$

铃数回归方程:

$$y_3 = 46.11 + 8.94x_1 - 0.08x_2 + 0.486x_3 - 7.40x_1^2 + 8.88x_2^2 - 4.92x_3^2 - 2.31x_1x_2 + 2.25x_1x_3 - 0.27x_2x_3$$

试验结果表明,两熟种植要达到霜前花率 90% 的目标,伏桃对产量形成有重要作用,伏桃随着密度、缩节胺用量的增加而增大。对上述回归方程寻优,结果显示,皮棉产量在 900 kg·hm<sup>2</sup> 水平的栽培配套措施为:密度 6.0 万~6.6 万株·hm<sup>2</sup>,缩节胺 75~90 g·hm<sup>2</sup>,施纯 N 207~241.5 kg·hm<sup>2</sup>。

2.2.2 一熟试验三因素效应模型。

子棉回归方程:

$$y_1 = 3762.71 + 302.05x_1 - 26.38x_2 - 1.37x_3 - 226.79x_1^2 + 98.27x_2^2 + 91.33x_3^2 + 57.15x_1x_2 - 43.09x_1x_3 - 90.28x_2x_3$$

( $r=0.9999$ )

皮棉回归方程:

$$y_2 = 1562.96 + 129.51x_1 - 42.44x_2 - 0.97x_3 - 98.60x_1^2 + 75.91x_2^2 + 4.28x_3^2 + 26.02x_1x_2 - 15.01x_1x_3 - 36.46x_2x_3$$

( $r=0.9999$ )

铃数回归方程:

$$y_3 = 86.74 + 20.96x_1 + 4.95x_2 + 4.83x_3 - 7.90x_1^2 + 9.81x_2^2 + 14.47x_3^2 + 0.29x_1x_2 - 1.33x_1x_3 + 3.66x_2x_3$$

对上述回归方程寻优,结果显示,中棉所 41 不同产量水平的栽培措施,皮棉产量 1350~1500 kg·hm<sup>2</sup>,适宜密度 5.2 万~6 万株·hm<sup>2</sup>,施纯氮 259.5~300.0 kg·hm<sup>2</sup>,提倡施用钾肥,根据土壤磷含量确定磷肥施用量。针对中棉所 41 后期易早衰,建议 N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O 的比例不低于 1:0.5:0.8;化学调控要少量多次,看苗化控,前中期要适当增加次数,盛蕾初花期和花期缩节胺用量为 60~75 g·hm<sup>2</sup>。

2.3 棉田昆虫群落演变规律及综合治理技术

2.3.1 中棉所 41 对棉田靶标害虫的影响。从表 4 可以看出,中棉所 41 无论一熟或两熟种植,在整个棉花生长期棉田棉铃虫百株累计落卵量与常规棉无显著差异,但棉铃虫发生高峰期幼虫数量显著少于常规棉,各代幼虫发生量均未达到防治指标,显示了明显的控害效果。

表 4 棉田棉铃虫种群动态

Table 4 The population dynamics of cotton bollworm in cotton fields

世代	百株累计落卵量/粒				百株幼虫/头			
	两熟棉田		一熟棉田		两熟棉田		一熟棉田	
	中棉所 41	中棉所 23	中棉所 41	中棉所 23	中棉所 41	中棉所 23	中棉所 41	中棉所 23
二代	128	78	608	632	0.0	19.3	8.0	43.0
三代	93	77	129	131	4.7	65.9	4.0	31.0
四代	23	15	29	26	11.3	42.3	3.0	23.0

2.3.2 对非靶标害虫种群动态的影响。整个棉花生长期,中棉所 41 棉田平均百株棉蚜、棉叶蝉、棉盲蝽、棉粉虱的数量与对照中棉所 23 比较,经

成对数据 t 检验,差异均未达显著水平,但棉叶蝉较常规棉田显著减少,可见中棉所 41 对主要非靶标害虫无明显不利影响(表 5)。

表 5 棉田主要非靶标害虫种群动态

Table 5 The population dynamics of non-target insect in cotton fields

害虫种类	一熟棉田/头		两熟棉田/头	
	中棉所 41	中棉所 23	中棉所 41	中棉所 23
棉蚜	1242.0	1121.0	734.0	962.0
棉盲蝽	2.9	2.4	3.9	5.0
棉粉虱	20.0	23.0	133.0	135.0
棉叶蝉	47.0	21.0	62.0	24.0

2.3.3 对天敌种群动态的影响。从表 6 可以看出,无论一熟或两熟棉田,4 种主要天敌在中棉所

41 和常规棉田种群数量均无显著差异,说明双价转基因抗虫棉对天敌无明显不利影响。

表 6 中棉所 41 棉田主要天敌种群动态  
Table 6 The population dynamics of main natural enemies in CCRI 41 fields

天敌种类	一熟棉田/头		两熟棉田/头	
	中棉所 41	中棉所 23	中棉所 41	中棉所 23
草间小黑蛛	36.5	38.2	23.0	21.0
龟纹瓢虫	49.0	45.0	22.6	22.0
小花蝽	10.0	11.0	5.8	3.5
棉蚜茧蜂	7.8	7.3	1.5	2.1

**2.3.4 防治棉盲蝽农药筛选。**针对近年来棉盲蝽发生危害较重的情况,研究筛选了转基因抗虫棉防治棉盲蝽的药剂。通过田间药效和室内毒力试验,结果表明:赛丹防治棉盲蝽的效果最好,最佳浓度为 500 倍,施药后第 3 天防效可达 86.9%;其次为辛硫磷、毒死蜱、马拉硫磷,浓度 500 倍,药后第 3 天的防效在 74% 左右;菊酯类的高效氯氰、氰戊菊酯、高效氯氟氰对棉盲蝽的毒力不及有机磷品种。由于棉盲蝽种群繁殖较快,世代重叠,成虫活跃,易转移为害,防治较困难,因此,田间防治应采取统防统治的策略。施药时期掌握在低龄幼虫高峰期,并于第一次施药后 3~4 d 视虫情进行二次防治,一般应在 6 月 10—20 日喷施 2~3 次,防治棉盲蝽兼治蚜虫等害虫。

### 3 结论与讨论

中棉所 41 苗期养分吸收少,盛花期达到高峰,吐絮期养分分配以生殖器官最多,氮、磷、钾分别占 54.4%、63.3% 和 63.1%,肥料不足易导致早衰。利用最优回归设计,提出根据肥料转化规律,在保证底肥的前提下,最佳追肥时期在开花期前后,一熟棉田在土壤有机质  $10.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全 N  $0.74 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效钾  $126 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  的条件下建立了肥料效应模型,据此获得两种栽培制度下皮棉产量  $1350 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  和  $1125 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  下的最佳氮、磷、钾施用量,为科学、经济施肥提供依据。

通过密度、缩节胺和氮肥施用量三因素对产量、铃数影响研究,提出中棉所 41 在黄河流域  $1350 \sim 1500 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  的高产田,密度 5.3 万株  $\cdot \text{hm}^{-2}$ ,缩节胺  $60 \sim 75 \text{ g} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,初花期和花铃期分次使用,N 肥 50% 做底肥,蕾期和花铃期追 50%,磷肥和钾肥做底肥,施用量以纯 N  $259.5 \sim 300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  为宜,磷肥施用量根据土壤含磷量确定,N:K<sub>2</sub>O 比例不低于 1:0.8。

两年研究结果表明,中棉所 41 棉田棉铃虫落卵量与常规棉中棉所 23 无明显差异,但各生育期幼虫数量极显著减少,全生育期棉铃虫防治比常规棉减少 70%~80%,总治虫投资减少 44.39%,生长后期需根据防治指标确定。除棉叶螨较常规

棉田显著减少外,非靶标害虫与常规棉田无显著差异。传统经验认为,抗虫棉在麦棉两熟条件下由于小麦上瓢虫基数较大,对棉蚜有明显的控制效果,但本研究中棉田瓢虫数量无显著增加,万鹏等也得出同样的结果<sup>[7]</sup>,这是因为近年来麦田使用化学农药较多,对天敌的杀伤作用大,天敌种群数量显著减少所致。无论一熟或两熟棉田,4 种主要天敌在中棉所 41 和常规棉田种群数量均无显著差异,因此种植双价转基因抗虫棉不会对棉田生态环境带来不利影响。防治棉盲蝽农药筛选结果表明,赛丹防治棉盲蝽的效果最好,菊酯类农药效果不及有机磷农药。

本研究建立的中棉所 41 配套栽培技术,2004 年在河南、山东  $600 \text{ hm}^2$  高效示范园区组装配套,效果显著,皮棉增产  $120 \sim 180 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,霜前优质棉比例超过 90%,肥料利用率比常规栽培技术提高 10% 左右,因此该技术的研制和配套集成对我国棉花生产的可持续发展具有十分重要的价值,同时也为转基因抗虫棉配套技术的研制和应用奠定了基础。

### 参考文献:

- [1] 郭香墨. 转 Bt 基因棉育种策略与效果[J]. 棉花学报, 1997, 9(5): 230-235.
- [2] 郭香墨, 张永山, 刘海涛. 转双价基因抗虫棉新品种中棉所 41[J]. 中国棉花, 2002, 29(4): 13-14.
- [3] 李付广. 双价基因抗虫棉生理生化特征研究[J]. 棉花学报, 2003, 15(3): 131-137.
- [4] 陈德华, 陈源, 杨长琴, 等. 氮肥与缩节胺配合对 Bt 棉库源特征和铃重的影响[J]. 棉花学报, 2002, 14(3): 147-150.
- [5] VELDERS R M, 崔金杰, 夏敬源, 等. 中国北方棉区转基因抗虫棉对棉苗蚜及其两种天敌的影响[J]. 棉花学报, 2002, 14(3): 175-179.
- [6] 张国华, 刘小勤, 张立本, 等. 中棉所 41 在河南镇平的表现及栽培技术[J]. 中国棉花, 2003, 30(3): 28.
- [7] 万鹏, 黄民松, 吴孔明, 等. 转 Cry1A 基因棉对棉蚜生长发育及种群动态的影响[J]. 中国农业科学, 2003(12): 1484-1488.