

## 去早果枝对抗虫棉产量、品质和早衰的影响

牛曰华<sup>1,2</sup>, 董合忠<sup>1\*</sup>, 李维江<sup>1</sup>, 栗红梅<sup>3</sup>

(1. 山东棉花研究中心, 济南 250100; 2. 莱阳农学院农学系, 青岛 266109;

3. 山东金秋种业有限公司, 夏津 253200)

**摘要:**以早发型(鲁棉研 17、21)、晚发型(鲁棉研 18、22)和两者的杂交种(F<sub>1</sub>)为材料,于 2004—2005 年在山东省商河县和夏津县进行了去早果枝试验。结果表明,早发型抗虫棉和杂交棉去早果枝的皮棉产量比各自留果枝的对照分别提高了 3.3% 和 5.7%,而晚发型品种 2004 年略有减产,2005 年在夏津减产 6.2%。去早果枝显著减少了伏前桃的比例、增加了伏桃比例和棉花株高,早发型品种的生育期基本不受影响,而晚发型品种的生育期则平均延长了 2.1 d。去果枝与留果枝相比,平均纤维长度和比强度分别提高了 2.6% 和 2.3%,麦克隆值降低了 5.6%,但未达到显著差异。去早果枝对棉花后期早衰具有一定的缓解作用。

**关键词:**抗虫棉;去果枝;产量;纤维品质;早衰

**中图分类号:**S562.05 **文献标识码:**A

**文章编号:**1002-7807(2007)01-0052-05

## Effects of Removal of Early Fruiting Branches on Yield, Fiber Quality and Premature Senescence in Bt Transgenic Cotton

NIU Yue-hua<sup>1,2</sup>; DONG He-zhong<sup>1</sup>, LI Wei-jiang<sup>1</sup>, LI Hong-mei<sup>3</sup>

(1. Cotton Research Center, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China; 2. Department of Agronomy, Laiyang Agricultural College, Qingdao 266109, China; 3. Shandong Jinjiu Co. Ltd. of Seed Industry, Xiajin 253200, China)

**Abstract:** Our previous report has indicated that current Bt transgenic cotton varieties can be divided into two types, the early-developed (ED) and the late-developed type (LD), according to their earliness of maturity. Therefore, it is necessary to determine the effects of removal of fruiting branches on plant growth and development, lint yield, and fiber quality in various types of Bt transgenic cotton. In the present experiments, cotton cultivars, SCRC 17 or SCRC 21 (ED type), SCRC 18 or SCRC 22 (LD type), and H1 or H2 (hybrids of the two types) were planted in Shanghe county in 2004, and Xiajin county in 2004 and 2005, and the effects of removal of early fruiting branches (FB) on the yield, fiber quality and premature senescence of cotton plants were determined. Averaged across two years and two experimental sites, removal of FB increased average lint yields of the ED type and the hybrids by 3.3% and 5.7%, relative to their corresponding untreated controls, while lint yield of the LD type was slightly decreased in 2004, but decreased by 6.2% in 2005 with FB removal. For the FB removed plants, the percentage of pre-summer bolls was reduced while that of summer bolls and plant height was significantly increased. Days from planting to boll opening were slightly and significantly extended in ED and LD type of cotton by FB removal, respectively. Removal of FB also increased the fiber length and strength by 2.6% and 2.3%, respectively, but decreased the micronaire value by 5.6%, did not reach the significant variation at  $P=0.05$ . Premature senescence of cotton plants

**收稿日期:**2006-03-02 **作者简介:**牛曰华(1981-),男,在读研究生; \* 通讯作者, donghz@saas.ac.cn

**基金项目:**山东省良种工程重大课题和农业部农业结构调整重大技术研究专项(2003-05-03B)

seemed to be alleviated through the altered ratio of sink to source by FB removal. FB removal might be a potential way to improve cotton production for early-developed cotton plants.

**Key words:** Bt transgenic cotton; removal of fruiting branch; yield; fiber quality; premature senescence

损失部分早期生殖器官的棉花,可以通过提高自身开花结铃率或铃重予以补偿<sup>[1-2]</sup>。虽然有研究表明早期生殖器官的损失会推迟开花结铃,导致减产<sup>[3-5]</sup>,但多数认为去早蕾或去早果枝对棉花产量影响不大<sup>[6-8]</sup>,而且对早发棉花还有一定的增产作用<sup>[9-10]</sup>。蒋国柱及其协作组<sup>[11]</sup>则在此基础上,建立了以去早蕾为核心内容的棉花优化结铃栽培技术,并在适宜棉区进行了推广应用。近期,我们将集中结铃的理论应用于杂交棉制种实践中,取得了产量不减、品质和制种效率显著提高的效果<sup>[12]</sup>。但现有报道皆基于对非抗虫棉的研究结果,尚少见以转 Bt 基因抗虫棉为材料研究去早蕾(果枝)对棉花早衰性影响的报道。

随着转基因抗虫棉的推广和地膜覆盖等促早栽培措施的广泛应用,棉花早衰比过去更为普遍<sup>[13]</sup>。早衰是在有效的生长季节内棉株过早终止生命活动的一种异常生育现象,与棉株体的库源关系不协调有关<sup>[14]</sup>。因此,我们设想,早发棉田通过去早果枝减少“铃库”可能具有延缓早衰的效应。为验证这一设想并确定去早果枝措施应用于抗虫棉的可行性,以三类转基因抗虫棉品种(组合)为材料,研究了去早果枝对棉花生长发育、产量、品质和早衰的影响。

## 1 材料和方法

### 1.1 品种和试验地点

试验分别在山东省商河县岳桥(2004 年)和夏津宋楼(2004—2005 年)进行。商河试验点为中壤土,上等地力;夏津试验点为砂壤土,地力中等。按照前文<sup>[15]</sup>对常规抗虫棉品种生产类型的划分,选用早发型常规棉(2004 年为鲁棉研 17,2005 年为鲁棉研 21)、晚发型常规棉(2004 年为鲁棉研 18,2005 年为鲁棉研 22)以及晚发型×早发型的杂交种(2004 年为 H1,鲁棉研 18×鲁棉研 17;2005 年为 H2,鲁棉研 22×鲁棉研 21)。

### 1.2 试验设计和田间管理

采用裂区设计,品种(系)为主区,亚区为去早

果枝和留早果枝(去早果枝的处理于 6 月 20 日前打掉基部 2 个果枝),重复 3 次。商河小区面积 26.6 m<sup>2</sup>,行长 9.5 m,大小行种植,大行 80 cm,小行 60 cm。夏津 2004 年小区面积 26.7 m<sup>2</sup>,4 行区,行长 8.33 m,行距 80 cm;2005 年小区面积为 38.4 m<sup>2</sup>,行长 8 m,6 行区,行距 80 cm,密度均为每公顷 4.5 万株。

商河点于 4 月初造墒后公顷基施有机肥 30 t,4 月 20 日播种,播后盖膜,6 月 10 日公顷追施复合肥(N、P、K 各含 17%)450 kg,7 月 10 日追施复合肥(N、K 各含 21%)300 kg。夏津于 3 月中旬灌溉造墒后,每公顷施碳酸氢铵 750 kg、麻子饼 100 kg、磷酸二铵 350 kg 和氯化钾 225 kg 作基肥,2004 年和 2005 年分别于 4 月 18 日和 4 月 22 日播种,播后盖膜,7 月初每公顷追施尿素 190 kg。

### 1.3 数据收集和分析

出苗后,调查各小区的棉花生育进程;在每小区的中间两行选 10 株健壮棉株,自 6 月 15 日开始每隔 10 d 左右量取株高,进行常规“三桃”调查;9 月上旬棉花吐絮初期调查单株未吐絮的成铃数、主茎绿叶(只计数 2/3 以上面积呈绿色的叶片)数,计算出叶铃比(主茎绿叶片数/未吐絮的成铃数);分 3 次收获,室内轧花后,计算出铃重、衣分和皮棉产量。以 HVI900 测定第二次收获花(以伏桃棉花为主)的纤维长度、比强度和麦克隆值。以上所得数据用 DPS 软件<sup>[16]</sup>统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 去早果枝对棉花生育进程的影响

商河和夏津两点的试验结果(表 1)均表明,与保留早果枝相比,所有品种去早果枝皆推迟了棉花现蕾或开花时间,使播种到吐絮的天数有所延长。总体来看,晚发型品种去早果枝显著延长了生育期,而早发型品种不同整枝处理间的差异不显著。

表 1 去果枝对棉株生育进程的影响

Table 1 Effects of removal of fruiting branches on growth and development courses in cotton

品种和处理		出苗期 /DAP	现蕾期 /DAP	开花期 /DAP	封行期 /DAP	吐絮期 /DAP
晚发型	留果枝	9.3	47.3	77.4	90.7	125.8a
	去果枝	9.4	47.4	80.2	91.7	127.9b
早发型	留果枝	9.3	46.8	76.0	90.0	124.4a
	去果枝	9.4	46.9	79.2	91.1	125.6a
杂交种	留果枝	9.3	47.3	75.8	90.0	123.0a
	去果枝	9.2	47.3	78.7	90.7	124.6b

注:为2年、2个试验点的平均值。DAP代表播种后的天数。同类品种内标记相同字母的数值为在0.05水平下未达显著差异,下同。

## 2.2 去早果枝对棉花株高和“三桃”结构的影响

所有品种去早果枝较不去果枝的株高明显增加,去早果枝的最终株高较不留果枝的平均增加

了2.1 cm(表2),说明去早果枝相应促进了棉花营养体的生长。

表 2 去早果枝对棉花株高增长的影响

Table 2 Effects of removal of fruiting branches on heights of cotton plants

cm

品种和处理		测量时间/(日-月)							
		06-15	06-25	07-05	07-15	07-25	08-05	08-15	08-25
晚发型	留果枝	24.9a	39.8a	62.4a	84.5a	90.8a	92.0a	93.4a	93.8a
	去果枝	25.5a	41.1b	64.7b	86.9b	92.6b	95.4b	96.6b	96.6b
早发型	留果枝	30.8a	45.7a	74.7a	96.7a	104.1a	105.3a	105.6a	106.6a
	去果枝	30.3a	46.8a	78.0b	98.0b	105.5b	107.5b	107.7b	107.9b
杂交种	留果枝	30.5a	47.2a	74.5a	100.6a	106.2a	107.6a	106.1a	106.7a
	去果枝	30.9a	48.3b	77.7b	103.5b	107.2b	108.6b	108.9b	109.0b

无论早发型、晚发型还是两者的杂交种,去早果枝处理均显著减少伏前桃的比例,伏桃比例显

著提高。早发型和杂交种的秋桃比例变化不大,但晚发型品种的秋桃比例则显著增加(表3)。

表 3 去早果枝对棉花“三桃”结构的影响

Table 3 Effects of removal of FB on seasonal distribution pattern of bolls in cotton

品种和处理		总铃数 /(万个·hm <sup>-2</sup> )	伏前桃 /%	伏桃 /%	秋桃 /%
晚发型	留果枝	84.12a	11.40a	78.30b	10.30a
	去果枝	84.09a	4.00b	81.83a	14.17b
早发型	留果枝	96.84a	9.20a	79.97b	10.83a
	去果枝	88.11b	5.03b	85.77a	9.20a
杂交种	留果枝	93.07a	10.37a	79.70b	9.93a
	去果枝	83.14b	6.37b	83.23a	10.43a

## 2.3 去早果枝对棉花产量和产量构成的影响

去早果枝比留果枝平均增产2.1%(表4),但因品种而异。所有试验中去早果枝的早发型品种和杂交种的皮棉产量皆有所增加,平均分别增产5.7%和3.4%;而去早果枝的晚发型品种均表现出不同程度的减产,平均减产3.1%,其中2004年在夏津和商河减产不显著,2005年在夏津则减

产了6.2%。去早果枝对产量构成有明显的影(表4),铃数和铃重变幅较大,而衣分变幅较小。基本趋势是,去早果枝减少了铃数,提高了铃重,这一趋势在早发型品种和杂交种上表现得尤为突出。去早果枝在一定程度上降低了霜前花率,尤以晚发型品种最为突出,但对早发型品种和杂交种的影响不显著(表4)。

表 4 去早果枝对棉花产量及产量构成的影响

Table 4 Effects of removal of early fruiting branches on yield and yield components in cotton

时间与地点	品种和处理	皮棉产量	铃数	铃重	衣分	霜前花率	
		/(kg·hm <sup>2</sup> )	/(万个·hm <sup>2</sup> )	/g	/%	/%	
2004 商河	鲁棉 18	留果枝	1032a*	82.88a	3.44a	36.18a	92.5b
		去果枝	1024a	84.34b	3.41a	35.61a	87.0a
	鲁棉 17	留果枝	1229b	89.34c	3.52b	39.07a	95.1b
		去果枝	1296c	85.88bc	3.89c	38.79a	94.7b
	H1	留果枝	1425d	103.80d	3.46a	39.67a	95.7b
		去果枝	1466d	79.59ad	4.61d	39.96a	95.0b
2004 夏津	鲁棉 18	留果枝	1486a	90.28b	4.35b	37.85a	93.4b
		去果枝	1462a	88.08a	4.36b	38.06a	90.7a
	鲁棉 17	留果枝	1509b	89.00b	4.25a	39.89b	94.1b
		去果枝	1617cd	92.15b	4.40b	39.88b	94.4b
	H1	留果枝	1594c	90.83b	4.37b	40.17b	93.5b
		去果枝	1660d	88.06a	4.69a	40.20b	92.2ab
2005 夏津	鲁棉 22	留果枝	1599b	79.20b	4.99a	40.48b	92.6b
		去果枝	1500a	72.96a	5.12a	40.15ab	88.4a
	鲁棉 21	留果枝	1613b	80.23b	5.13a	39.20a	95.5b
		去果枝	1683c	69.02a	6.19d	39.39a	95.8b
	H2	留果枝	1734d	79.58b	5.49b	39.70a	93.8b
		去果枝	1787d	76.76b	5.80c	40.14ab	93.0b

## 2.4 去早果枝对棉花早衰的影响

在反复比较的基础上采用了叶铃比作为判断早衰程度的初步指标。该指标通过在 9 月 5 日棉花吐絮初期统计主茎绿色叶(单叶绿色面积在 2/3 以上)数和未开裂成铃数计算而得,数值越低表

明棉花衰老程度越高,与肉眼观察形成的印象完全相符。计算结果(表 5)表明,所有品种去早果枝皆显著增加叶铃比,说明去早果枝有延缓棉花衰老的作用。

表 5 去早果枝对棉花早衰的影响

Table 5 Effects of removal of early fruiting branches on premature senescence in cotton

品种和处理		未吐絮成铃数/(个·株 <sup>-1</sup> )	主茎绿叶/(个·株 <sup>-1</sup> )	叶铃比/%
晚发型	留果枝	13.76a	2.00b	14.58b
	去果枝	14.01a	2.69a	19.64a
早发型	留果枝	13.20a	2.00b	15.22b
	去果枝	12.06b	2.34a	19.05a
杂交种	留果枝	13.00a	1.97b	15.12b
	去果枝	11.92b	2.38a	19.60a

## 2.5 去早果枝对棉花纤维品质的影响

2004 年对伏桃纤维品质的测定结果(表 6)表明,去早果枝与保留早果枝的处理相比,纤维长度和比强度平均分别提高了 3.1%和 3.4%,麦克隆值则下降了 4.8%。2005 年与 2004 年的结果基

本一致,纤维长度和比强度分别提高了 2.0%和 1.4%,麦克隆值则下降了 6.4%。去早果枝虽然表现出对棉花纤维品质有改善的作用,但显著性测验多数不显著,说明作用不明显。

表 6 去早果枝对棉花纤维品质的影响

Table 6 Effects of removal of early fruiting branches on fiber quality in cotton

处 理		2004			2005		
		长度 /mm	比强 /(cN·tex <sup>-1</sup> )	麦克隆值	长度 /mm	比强 /(cN·tex <sup>-1</sup> )	麦克隆值
晚发型	留果枝	28.2a	22.3a	4.0a	29.2a	22.3a	4.7a
	去果枝	30.4b	22.8a	4.3b	29.5a	22.4a	4.4b
早发型	留果枝	28.1a	21.1a	4.7a	29.2a	22.3a	4.9a
	去果枝	28.3a	21.2a	4.0b	30.4a	22.8a	4.4b
杂交种	留果枝	29.4a	19.1a	3.9a	29.4a	21.1a	4.6a
	去果枝	29.8a	20.4b	3.8a	29.8a	21.4a	4.3b

### 3 讨论

关于去早期生殖器官对棉花产量的影响已有许多研究报道,但结果不尽一致<sup>[1,6,17-19]</sup>。本文的结果表明,虽然总体来看去早果枝的棉花表现出一定增产的作用,但因品种和年份而异,所有早发型品种和杂交种皆表现不减产甚至增产,而晚发型品种皆有所减产,其中2005年减产显著。这一结果说明去早果枝对产量的效应取决于棉花的早发程度,早发品种现蕾开花早,去早果枝后有较长的时间继续开花结铃,足以补偿早期蕾铃的损失,表现为不减产或增产;晚发品种现蕾开花晚,甚至贪青晚熟<sup>[20]</sup>,去早果枝后继续开花结铃的时间较早发品种短,当不足以补偿早期蕾铃的损失时,则表现为减产。这与蒋国柱等<sup>[11]</sup>多年对非抗虫棉的研究结果一致,进一步证实去早果枝作为一项农艺措施适合早发品种和早发棉田,对晚发型品种仍要慎重。

邓绍华等<sup>[10]</sup>指出,摘除早蕾后的棉株,生长发育和主要生理代谢产生明显变化,促进了营养生长和光合生产率及干物质积累,为增结优质棉铃创造了物质条件。李跃强<sup>[21]</sup>发现棉花摘除早蕾后,提高了棉花叶中可溶性糖含量和淀粉含量。当根部N素营养输进叶片后,可立即与碳水化合物结合并以氨基酸的方式运出叶片,满足新生长点和蕾铃生长所需。Sadras<sup>[7]</sup>指出,棉花在丧失部分早期生殖器官后,营养生长得到加强,导致棉花补偿能力的产生。去除早期生殖器官常常会增加棉花的铃重<sup>[1,17-18]</sup>。我们在前文<sup>[12]</sup>中也曾报道在棉花杂交制种田,摘除母本早期和晚期花蕾后铃重会显著增加。本文结果与前人及我们以前的报道基本相同,发现去早果枝后铃数减少、铃重明显提高,不过2004年夏津试验中去早果枝的鲁棉研17出现铃数与铃重同时增加的情况(表4),反映出棉花作物灵活、超强的自身调节和补偿能力。

本文还发现去早果枝对改善棉花纤维品质的作用多不显著,但对抗虫棉的早衰或衰老却具有显著影响。Wright<sup>[14]</sup>认为,棉花早衰是由于库源关系失调所致,易早衰品种铃叶比明显大于不早衰的品种。本文发现去早果枝有延缓衰老(早衰)的作用,这可能与去早果枝改变了库源比例以及促进了根系发育<sup>[3,10]</sup>有关。

总之,去早果枝虽然延迟了棉花的现蕾或开花时间,使伏前桃比例减少,但显著增加了伏桃比例,并促进了棉花营养体的生长,多数情况下表现为不减产或增产。去早果枝还具有延缓棉花早衰的作用。不过,从本文结果来看,去早果枝更适合早发型棉花品种,对晚发型棉花品种则要慎重。

#### 参考文献:

[1] KLETTNER E, Wallach D, Effects of fruiting forms

removal on cotton reproductive development [J]. Field Crops Res, 1982, 5: 69-84.

- [2] SADRAS V O, Compensatory growth in cotton after loss of reproductive organs [J]. Field Crops Res, 1995, 40: 1-18.
- [3] DUMKA D, Bednarz C W, Maw B W. Delayed initiation of fruiting as a mechanism of improved drought avoidance in cotton. Crop Sci, 2004, 44: 528-534.
- [4] 毛正轩. 去除早果枝对棉花产量的不利影响[J]. 作物杂志, 1994, (2): 31-32.
- [5] 李文炳, 潘大陆. 棉花实用技术[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1991. 27-30.
- [6] BEDNARZ C W, Roberts P M. Spatial yield distribution in cotton following early-season floral bud removal[J]. Crop Sci, 2001, 41: 1800-1808.
- [7] SADRAS V O, Wilson L J. Recovery of cotton crops after early season damage by Thrips (*thysanoptera*) [J]. Crop Sci, 1998, 38: 399-409.
- [8] 盛承发. 对于棉花早期蕾损失的补偿作用分析[J]. 生态学报, 1988, 8(2): 97-103.
- [9] 邵圣才. 摘除棉花下部早蕾增产效果研究[J]. 湖北农业科学, 1987, (8): 11-12.
- [10] 邓绍华, 蒋国柱, 潘晓康. 棉花摘除早蕾后的生育、生理效应及优质增产机理研究[J]. 作物学报, 1991, 17(6): 401-408.
- [11] 蒋国柱, 邓绍华. 棉花优质高产结铃模式调节及配套技术[J]. 中国棉花, 1993, 18 (4): 19-20.
- [12] DONG H Z, Zhang D M, Tang W, et al. Effects of planting system, plant density and flower removal on yield and quality of hybrid seed in cotton [J]. Field Crops Res, 2005, 93: 74-84.
- [13] 董合忠, 李维江, 唐 薇, 等. 棉花生理性早衰研究进展[J]. 棉花学报, 2005, 17(1): 56-60.
- [14] WRIGHT P R. Premature senescence of cotton—predominantly potassium disorder caused by an imbalance of source and sink [J]. Plant and Soil, 1999, 211: 231-239.
- [15] 李振怀, 李维江, 唐 薇, 等. 不同抗虫棉基因型的生长发育和产量表现[J]. 棉花学报, 2005, 17(3): 155-159.
- [16] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其DPS数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [17] JONES M A, Wells R., Guthrie D S. Cotton response to seasonal patterns of flower removal: I. yield and fiber quality [J]. Crop Sci, 1996, 36: 633 - 638.
- [18] PETTIGREW W T, Heitholt J. J, Meredith W R, Early season floral bud removal and cotton growth, yield, and fiber quality [J]. Agron J, 1992, 84: 209-214.
- [19] 马宗斌. 不同方法除蕾对棉花生育和产量的影响[J]. 河南农业大学学报, 1990, 24(1): 108-116.
- [20] 董合忠, 李维江, 唐 薇, 等. 不同基因型抗虫棉的光合生产与叶源特征[J]. 棉花学报, 2005, 17(6): 328-333.
- [21] 李跃强, 宣维健, 王红托, 等. 棉花对棉铃虫为害超补偿作用的生理机制[J]. 昆虫学报, 2003, 46(3): 267-271. ●