

不同抗虫棉基因型的生长发育和产量表现

李振怀, 李维江, 唐薇, 董合忠*, 张冬梅, 张晓洁, 王胜利

(山东棉花研究中心, 济南 250100)

摘要:以 33B 为对照, 选择山东育成的 5 个常规、2 个杂交 Bt 抗虫棉品种连续进行了 4 年的比较观察。结果表明, 供试 Bt 常规抗虫棉大致可分为早发和晚发两种类型, 前者除具有 33B 结铃性强、抗早衰等优点外, 单株总生物产量、铃重和衣分也有所提高, 4 年平均皮棉产量比对照 33B 提高 5%~6%, 但仍具有前期生长慢、生育期偏长的特点; 后者前期生育快, 早熟性好, 铃重和衣分显著提高, 4 年平均皮棉比对照 33B 增产 5%~7%, 但结铃数下降, 易早衰。两个 Bt 杂交抗虫棉品种较好地协调了产量构成三因素之间的关系, 4 年平均皮棉产量比对照 33B 增产 18%~19%。

关键词: Bt 棉; 基因型; 生长发育; 产量; 产量构成

中图分类号: S562.01 **文献标识码:** A

文章编号: 1002-7807(2005)-03-0155-05

Plant Growth and Development and Yield Performance of Various Bt Cotton Genotypes

LI Zhen-huai, LI Wei-jiang, TANG Wei, DONG He-zhong, ZHANG Dong-mei, ZHANG Xiao-jie, WANG Sheng-li

(Cotton Research Center, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China)

Abstract: Five non-hybrid and 2 hybrid Bt cotton cultivars developed in Shandong province, as well as their control cultivar 33B, were grown for four consecutive years (2001-2004) in Linqing or Jinan. Plant growth parameters, yield and yield components of each genotype were examined each year. Results showed that 5 non-hybrid Bt cottons might be divided into two groups according to their maturity performances. The first type (SCRC18 and SCRC22) with a growing period of 122 d from planting to boll opening, appeared similar to 33B in plant growth and development and the earliness of maturity, but its lint yield was increased by 5%~6% as a result of enhanced dry biomass per plant, boll weight or lint percentage relative to that of 33B. The second group (SCRC16, SCRC17, SCRC21), with significantly enhanced plant growth and development before flowering, and increased boll weight and lint percentage, exhibited enhanced earliness of maturity and 5%~7% higher yield than 33B. Total number of bolls per plant and the biomass ratio of root to canopy differed significantly between the two groups of Bt cotton. Optimal combination of yield components was observed in two hybrid Bt cottons (SCRC15 and SCRC20), which were increased by 18%~19% in average lint yield compared to 33B. It is concluded that yield potential of indigenously developed Bt cottons, particularly the hybrid Bt cottons, is greater than that of the introduced Bt cotton like 33B. Moreover, the fact that Bt cottons with the same Bt gene differed in plant growth and development as well as yield components, probably suggests no absolute correlation between plant growth and the Bt gene.

Key words: Bt cotton; genotypes; plant growth and development; yield; yield components

收稿日期: 2004-12-20

作者简介: 李振怀(1968-), 男, 农艺师 * : 通讯作者, (donghz@saas.ac.cn)

基金项目: 山东省财政支农项目(SDGP2003-54-B, SDGP2004-54-F)

中国是世界上 Bt 棉种植规模最大的国家之一^[1]。Bt 棉的推广应用促进了中国的棉花生产和棉花种子产业化^[2]，也推动了棉花遗传改良、栽培管理、病虫发生规律与防治等方面的研究工作^[3]。近年来，从栽培生理学的角度对 Bt 棉的生育特性^[4-6]、农艺性状表现^[7-8]、库源关系^[9-11]和光合特性^[12-13]等方面的研究报道逐渐增多。但由于研究材料和方法等的差异，所得结论不尽一致。为深入了解 Bt 棉的生育特点和农艺性状表现，我们以 33B 为对照，选择山东省育成并审定的 7 个品种进行了连续 4 年的比较研究。

1 材料和方法

供试品种为 33B(对照)、鲁棉研(SCRC)15、16、17、18、21、20、22，皆为转 Bt 抗虫棉。其中，鲁棉研 15、20 为转 Bt 杂交棉。2001—2003 年在山东棉花研究中心试验站(临清)、2004 年于山东省农业科学院试验农场(济南)种植。每个品种为 1 个处理，随机区组设计，重复 3 次。2001—2003 年小区面积 33.3 m²，密度 4.5 万株·hm⁻²；2004 年小区面积 30 m²，密度 4.2 万株·hm⁻²。2001—2004 年的播种期分别为 4 月 23 日、4 月 19 日、4 月 22 日和 4 月 20 日。播前底每公顷施有机肥 4.5 万 kg、复合肥 600 kg，初花后 10 天追施尿素 225 kg。根据抗虫棉的要求治虫，其它管理同大田。

在每小区的中间两行随机选 10 株棉花标记，5~8 月份每隔 10 d 量取标记棉株的株高。进入吐絮期后，按小区分收子棉，实测并计算密度、衣分和皮棉单产。9 月底或 10 月初每小区选取中部内围铃 50 个，测铃重。于播种后 55 d 和 65 d，

每小区挖取 4.5 m² 范围内的棉株 4 株(两次深度分别为 80 cm 和 100 cm)，将带有残根的土壤连同棉株带回室内。水冲法收集残根，以 LI-3000 叶面积仪测叶面积，然后棉株各器官分别烘干称重。所得数据皆用烟台市农业信息研究所提供的统计分析软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 生长发育和早熟性

不同品种的生育期和霜前花率不同(表 1)，据此，将供试品种分为两类：一是与对照生育期基本一致的晚发型，有鲁棉研 18、22；二是比对照生育期短 5d 左右的早发型，有鲁棉研 16、17、21、15、20。从图 1 可知，晚发型的株高变化与对照 33B 基本一致，前期增长较慢，6 月底以后生长加快，日增长高峰出现在播种后 80 d；其它 5 个品种的株高自 5 月底就开始快速增加，日增长高峰出现在播种后 70 d。

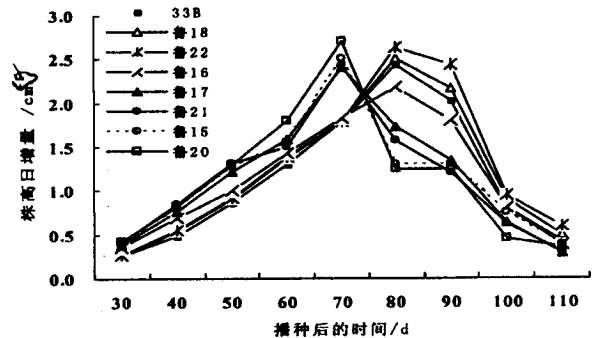


图 1 棉花株高增长速率

Fig. 1 Dynamic change of daily increase in plant height among eight Bt cottons

表 1 不同抗虫棉品种的生育进程和霜前花率

Table 1 Courses of plant growth & development and pre-frost lint percentage of Bt cotton varieties

品种	现蕾期 /DAP	开花期 /DAP	吐絮期 /DAPP	霜前花率 /%
33B	49.3 ± 0.6	75.3 ± 4.0	122.7 ± 1.5	76.2 ± 1.4
鲁棉研 18	48.3 ± 1.5	74.7 ± 3.2	122.4 ± 2.1	75.4 ± 0.8
鲁棉研 22	49.0 ± 1.0	76.3 ± 4.7	122.9 ± 2.3	73.1 ± 2.1
鲁棉研 16	47.0 ± 1.7	71.3 ± 3.1	117.3 ± 4.6	79.1 ± 2.4
鲁棉研 17	47.3 ± 1.5	71.7 ± 2.5	117.7 ± 4.9	83.6 ± 2.5
鲁棉研 21	47.7 ± 1.2	71.7 ± 3.5	117.7 ± 4.2	87.1 ± 2.6
鲁棉研 15	48.0 ± 1.0	72.0 ± 2.7	118.0 ± 2.7	85.2 ± 1.6
鲁棉研 20	47.7 ± 1.2	71.3 ± 2.1	117.3 ± 3.8	86.9 ± 3.2

注：DAP 指播种后的天数。生育期为 2001—2003 年的平均值±SD，霜前花率为 2003 年数值±SD。

播种后 55 d,鲁棉研 22 单株干物重与对照 33B 相当,鲁棉研 15、17、20 显著高于对照 33B,但根冠比却显著低于对照和鲁棉研 22。到播种后 70 d,不同品种间干物重和根冠比的差异与播

种后 55 d 的结果基本一致,3 个早发型品种的干物重显著高于对照和鲁棉研 22,根冠比显著低于对照和鲁棉研 22(表 2)。

表 2 不同品种的干物重和根冠比

Table 2 Dry biomass and ratio of root to canopy of eight Bt cotton varieties

品 种	播种后 55 d				播种后 70 d			
	总干物重 /(g·株 ⁻¹)	地上部 /(g·株 ⁻¹)	根重 /(g·株 ⁻¹)	根冠比	总干物重 /(g·株 ⁻¹)	地上部 /(g·株 ⁻¹)	根重 /(g·株 ⁻¹)	根冠比
33B	48.3 a	8.81 a	2.44 a	0.277 a	71.5 a	24.98 a	6.21 a	0.249 a
鲁棉研 22	45.7 a	9.60 b	2.50 a	0.276 a	73.5 a	25.46 a	6.45 a	0.253 a
鲁棉研 17	54.5 b	11.50 c	2.78 b	0.242 b	78.3 b	29.51 b	6.70 b	0.227 b
鲁棉研 15	59.2 c	11.81 c	2.88 c	0.243 b	82.3 c	30.97 b	7.15 c	0.231 b
鲁棉研 20	54.5 b	11.72 c	2.81 b	0.241 b	78.3 c	30.50 b	6.98 c	0.229 b

注:表中数字为 2001 和 2002 年的平均值。同一栏内字母相同者表示差异不显著(P=0.05)。

2.2 产量和产量构成

2001 和 2002 年比较干旱,而 2003 和 2004 年则阴雨较多。年际间的气候差异导致各品种的皮肤棉产量表现不一(表 3)。早发型常规抗虫棉品种在干旱年份显著低于晚发型常规抗虫棉种,而在多雨年份又高于晚发型品种。两个杂交棉的皮肤棉产量,无论干旱年份还是多雨年份都显著高于对照。4 年平均皮肤棉产量,所有品种皆显著高于对照,其中尤以杂交棉鲁棉研 15 和 20 的产量优势最为显著,分别比对照高 19.2%和 18.3%。就产量构成因素而言,鲁棉研 18 的衣分比对照略高,但不显著,其它品种皆显著高于对照;7 个国产品种的铃重皆高于对照,但其中 2 个晚发型与

对照差异不显著。两个晚发型的单株成铃数与对照相当,3 个早发型常规棉显著低于对照,两个杂交棉比对照略低。

对各品种出苗情况和熟相表现所作的定性观察表明:2 个杂交抗虫棉和 3 个早发型品种,出苗快而整齐,棉苗长势旺;而两个晚发型品种出苗相对慢,棉苗较弱。2001 和 2002 年(干旱年份),鲁棉研 16、17、21 出现明显早衰,鲁棉研 15、20 出现轻微早衰,而鲁棉研 18、22 早衰不明显;2003 和 2004 年(多雨年份),鲁棉研 16、17、21 出现轻微早衰,其它品种未出现明显早衰表现。说明早发型品种和杂交棉干旱年份易早衰,而晚发型品种则不易早衰。

表 3 不同抗虫棉品种的产量和产量构成

Table 3 Lint yield and yield components of each Bt cotton variety

品 种	皮棉产量/(kg·hm ⁻²)					产量构成*		
	2001	2002	2003	2004	平均	铃数 /(个·m ⁻²)	铃重 /g	衣分 /%
33B	105.6a	88.5a	98.2a	79.2a	92.9a	95.8a	5.34a	36.3a
鲁棉研 18	108.9b	100.5b	100.5a	80.5a	97.6b	96.1a	5.42a	36.8a
鲁棉研 22	114.3c	103.9b	97.8a	78.4a	98.6b	97.5a	5.48ab	40.0b
鲁棉研 16	101.1d	87.1a	105.3b	97.7b	97.8b	82.4b	5.65b	40.8b
鲁棉研 17	100.3d	85.4a	110.4c	97.2b	98.3b	83.1b	5.58bc	41.4b
鲁棉研 21	97.9d	90.9a	111.3c	99.1b	99.8b	82.6b	6.09d	40.2b
鲁棉研 15	112.2bc	112.3d	116.0c	102.4bc	110.7c	93.4ab	5.86e	41.0b
鲁棉研 20	109.3b	110.3d	115.6c	104.1c	109.8c	93.7ab	5.79e	40.7b

注:* 为 4 年的平均值。同一栏内字母相同者表示差异不显著(P=0.05)。

3 讨论

3.1 抗虫棉生长发育规律

国内众多学者^[5, 14-15]曾报道, 抗虫棉 33B 等比非抗虫棉的发芽出苗慢, 苗势弱, 叶片较厚, 叶色浓绿, 苗期生长发育慢, 后发性和结铃性强, 并认为这是 Bt 棉独特的生物学特性^[16]。徐立华等^[9]进一步研究认为, 33B 虽前期生长发育慢、单铃库容量较小, 但叶源生理优势较强。田晓莉等^[10-11]报道, 抗虫短季棉中棉所 30 营养生长弱, 结铃性强, 库源比例失调, 根系衰老快, 易早衰。吴云康等^[4]和陈德华等^[12]发现 Bt 棉花杂交种的棉苗生长快, 植株较高, 高效叶面积大, 光合生产率高, 干物质分配比较合理。我们也曾报道^[15], 国产转基因抗虫棉 Gk-19 以出苗好、前期生长快、中期生长发育稳健和后期易早衰而区别于美国抗虫棉 33B。本文将参试品种归为早发和晚发两种类型, 发现属于同一类型的抗虫棉品种表现出近乎一致的生长发育规律: 晚发型的鲁棉研 18、22, 生长发育与 33B 基本一致, 也表现为生育进程慢, 前期株高增长和干物质积累速率较低, 开花以后各器官生长进程加快, 前期和中期的根冠比较高, 不易早衰; 早发型的鲁棉研 15、16、17、20、21, 以中前期较快的生长发育优势而区别于 33B, 但根冠比较对照和早发型品种小, 在干旱的 2001 和 2002 年, 出现明显的早衰现象, 这可能与它们的根冠比较小有关。本研究采用的 7 个品种携带相同的 Bt 基因, 但早发型和晚发型两类 Bt 棉的生长发育却差别较大, 这一现象似乎说明抗虫棉的生长发育规律与导入的 Bt 基因可能没有必然的联系。国产抗虫棉和美国抗虫棉 33B 在生长发育上的某些差异^[17], 虽不能完全排除 Bt 基因的作用^[18], 但在更大程度上可能是受体材料以及选育亲本的不同造成的, 而且通过进一步杂交和回交转育, 在保留抗虫性的基础上, 多数性状可以改变^[19]。另外, 目前多数育种田里不同基因来源的抗虫棉材料混种在一起, 通过异交或有目的的杂交, 某些抗虫棉品种可能带有多种来源的基因, 但也未见独特的生长发育习性。这种认识的启示意义在于, 一方面可以不必担心 Bt 基因的导入会引起难以克服的低劣性状; 另一方面, 抗虫棉在更大程度上是一个商业概念, 而并非具有不同于非抗虫棉花的独特生长发育规律。

3.2 抗虫棉产量及其构成因素

我们曾经报道^[1, 5, 7], 转基因常规抗虫棉 33B

等与非抗虫棉相比并没有显著的产量优势, 国产抗虫棉品种鲁棉研 16、17、21 等的综合纤维指标与 33B 相比也没有明显改善。张香桂等^[8]曾报道, 抗虫棉的果枝数、果节数和单株结铃数高于非抗虫棉, 而铃重和衣分则低于非抗虫棉, 因而皮棉产量没有优势。张永山等^[17]通过对 132 个抗虫棉材料的研究发现, 国内现有多数抗虫棉材料的铃重和衣分显著高于国外抗虫棉材料, 并认为在保持铃重的前提下, 进一步提高衣分和单株结铃数是提高产量的重要途径。本研究中, 国产转基因抗虫棉的衣分和铃重比 33B 皆有不同程度的提高, 其中尤以早发型的提高最为显著, 这可能是国产转基因抗虫棉比 33B 有所增产的主要原因。但早发型常规抗虫棉的单株结铃数却显著低于 33B 和偏晚熟类型的品种, 两个杂交棉的单株结铃数介于两种类型的常规棉之间。说明, 在山东育成的 Bt 抗虫棉中, 只有抗虫杂交棉较好地协调了产量三因素之间的关系, 表现出显著的增产性和稳产性。这一结果启示我们, 在栽培管理上, 中早熟类型抗虫棉品种的应以促早熟为主, 而偏早熟类型的应以提高结铃数、防早衰为主攻目标; 无论育种还是栽培策略上, 都应注意协调产量构成因素之间的关系, 还要注意协调早发与早衰的关系。

参考文献:

- [1] DONG H Z, Li W J, Tang W, et al. Development of hybrid Bt cotton in China—A successful integration of transgenic technology and conventional techniques [J]. *Current Sci*, 2004, 86:778-882.
- [2] PRAY C E, Huang J K, Hu R F, et al. Five years of Bt cotton in China - the benefits continue [J]. *Plant J*, 2002, 31:423-430.
- [3] 张天真, 唐灿明. 转 Bt 基因抗虫棉品种的推广利用与棉铃虫抗性的治理 [J]. *科学通报*, 2000, 45:119-127.
- [4] 吴云康, 陈德华, 段海, 等. 转基因抗虫杂交种生育特性初探 [J]. *江苏农业科学*, 1997, (2):19-22.
- [5] 董合忠, 李维江, 李振怀, 等. 转 Bt 基因抗虫棉品种(系)生育特点及种植效益比较研究 [J]. *山东农业科学*, 1999(3):12-14
- [6] 钱泽岭, 严克华, 卢珊, 等. 江苏盐城农区 4 个 Bt 棉品种的抗性与生育特性 [J]. *安徽农业科学*, 2004, 32:258-260.
- [7] 董合忠, 李维江, 李振怀, 等. 几个抗虫棉新品种(系)在山东棉区的种植表现与评价 [J]. *中国棉花*, 2002,

- (10):22-24.
- [8] 张香桂,周宝良,陈松,等. 抗虫棉与常规棉主要农艺性状的比较研究[J]. 中国棉花,2004,(5):14-16.
- [9] 徐立华,李国锋,何循宏,等. 转 Bt 基因抗虫棉 33B 的库源特征[J]. 江苏农业科学,2002,18:208-212.
- [10] 田晓莉,杨培珠,段留生,等. 转 Bt 基因抗虫棉库源关系的初步研究[J]. 棉花学报,1999,11:151-156.
- [11] 田晓莉,杨培珠,王保民,等. 转 Bt 基因抗虫棉源器官的建成及其功能[J]. 棉花学报,2003,15:91-96.
- [12] 陈德华,王兆龙,吴云康,等. 转 Bt 基因抗虫杂交棉光合生产及干物质分配特点研究[J]. 棉花学报,1998,10:33-37.
- [13] 董合忠,李维江,李振怀,等. 转 Bt 基因抗虫杂交棉与亲本光合能力比较[J]. 核农学报,2000,14:284-289.
- [14] 曾献英,李爱莲,吕双俊,等. 转 Bt 基因抗虫材料生长发育规律研究[J]. 中国棉花,1999,(9):12-13.
- [15] 董合忠,李维江,张学坤. 优质棉生产的理论与技术[M]. 济南:山东科学技术出版社,2002.
- [16] 赵海祯,梁哲军,齐宏立,等. 转基因抗虫棉生物学特性研究[J]. 中国棉花,2002,(10):10-11.
- [17] 张永山,郭香墨,褚丽,等. 转基因抗虫棉产量构成因素的研究[J]. 棉花学报,2002,14:223-226.
- [18] 吕淑平,郭小平,赵元明. 转基因抗虫棉 Bt 基因导入对受体材料农艺性状的影响[J]. 中国农学通报,2004,(3):36-37.
- [19] 左开井,张献龙,聂以春,等. 转基因抗虫棉抗虫性与农艺性状的关系[J]. 福建农林大学学报(自然科学版),2003,32:409-413. ●