

Bt 移栽棉干物质积累与产量及器官建成关系的研究

徐立华^{1,2}, 王进友¹, 王书红¹, 陈源¹, 陈德华^{1*}

(1. 扬州大学江苏省作物遗传生理重点实验室, 扬州 225009; 2. 江苏省农业科学院经作所, 南京, 210000)

摘要:研究了转 Bt 基因抗虫常规棉 GK19 和抗虫杂交棉中棉所 29 的群体干物质积累及其增长量对产量及棉株器官建成的影响, 结果表明: 盛花前保持适宜干物质的增长量, 盛花后促进群体干物质的积累有利于产量的提高。株高、LAI 及营养器官干重大小决定于盛花前群体干物质积累量的高低。盛花前保持适宜的干物质积累量有利于促进群体果枝数、果节数、生殖器官干重的增加; 盛花后促进群体干物质积累有利于群体生殖器官干重、总铃数、成铃率及铃重提高。因此, 转基因抗虫棉花群体盛花前调节群体干物质保持适宜增长量, 才能形成适宜的群体 LAI、适宜株高、果枝数和总果节量, 为高产建立合理的群体结构基础, 在此基础上, 保持盛花后整个结铃吐絮期有较高的干物质积累量是获得高产更高产的根本所在。

关键词: Bt 抗虫棉; 干物重; 器官建成

中图分类号: S562.048 **文献标识码:** A

文章编号: 1002-7807(2007)01-0013-05

Effects of Dry Matter Accumulation on Seed Cotton Yield and Organ Development in Bt Cotton

XU Li-hua^{1,2}, WANG Jin-you¹, WANG Shu-hong¹, CHEN Yuan¹, CHEN De-hua

(1. The Jiangsu Provincial Key Lab. of Crop Genetics and Physiology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China; 2. Industrial Crops Institute, Jiangsu Provincial Agricultural Academy, Nanjing 210000, China)

Abstract: The study was undertaken on two *Bacillus thuringiensis* (Bt) transgenic cotton cultivars, one conventional (GK19) and the other a hybrid (CCRI 29), during the 2001 and 2002 growing seasons at Jiangsu Provincial Key Lab. of Crop Genetics and Physiology, Yangzhou University, China. The objective of this study was to investigate the effects of population dry matter accumulation (DMW) on seed cotton yield and organ development in Bt cotton. The results indicated that the seed cotton yield was highest, when population DMW maintained optimum before peak flowering, increased after peak flowering. The DMW accumulation before peak flowering had significant positive correlation with the plant height, LAI and vegetative organs DMW, respectively. The population fruit-branches, fruit-nodes and reproductive dry weight were highest, respectively, when population DMW maintained at optimum value. The population reproductive organs, DMW, bolls, boll retention and boll weight bolstered when population DMW accumulation increased after peak flowering. These results suggest that the optimum population structure in LAI, plant height, fruit-branches and fruit-nodes may be expected when the DMW before peak flowering was to maintain at reasonable range in the population, Based on the population, increasing dry matter accumulation from peak flowering to peak boll open was basis for higher yield.

Key words: transgenic bollworm resistant cotton; dry matter weight; organ development

收稿日期: 2006-04-10 作者简介: 徐立华(1952-), 女, 研究员; * : 通讯作者: dehuachen2002@yahoo.com.cn

基金项目: 江苏省教育厅开放实验室基金(K04007); 江苏省三项工程基金(Sx044, Sx046)

棉花各生育阶段干物质生产的数量都直接影响到营养生长、生殖生长和群体的发展动态。棉花在开花前,以营养生长为主,群体干物质积累过多过少均不利于高产,进入开花期后一段时期,棉花的生长仍处于营养生长和生殖生长并茂的重叠时期,既要防止生长不足,又要防止生长过旺^[1-2]。当前我国推广的转基因抗虫棉由于外源基因导入,生长发育特性发生了一定的变化^[3-9]。因此,本文通过研究转基因抗虫棉在进入开花期前后各生育时期的干物质积累量的变化与产量及其棉株各器官生育的关系,特别是皮棉产量每公顷提高到 1875 kg 以上时,不同生育阶段的干物质积累与产量关系,这对于调节转基因抗虫棉花群体生长,衡量群体是否适宜具有重要意义。

1 材料和方法

试验于 2001—2002 年在扬州大学江苏省遗传生理开放实验室进行。2 年都是以转基因抗虫棉常规种 GK19、杂交种中棉所 29 为供试材料,以密度和氮素组合为试验因子的单因素随机区组试验,密度(万株·hm⁻²)×氮素(kg·hm⁻²)组合分别设 5 个水平,分别为 2.25×450、3.0×390、3.75×330、4.5×270、5.25×210,创造不同干物质积累量和产量的群体(由于 2 年结果一致,本文数据取自 2002 年)。磷钾施用量相同,每公顷施过磷酸钙 600 kg,氯化钾 300 kg。小区面积 120 m²,重复 3 次。种植方式采用育苗移栽。肥料运筹为移栽时施氮 20%,磷、钾各 50%;促花肥(第 1 次花铃肥)氮 20%,磷钾各 50%,保花肥(第 2

次花铃肥)氮 45%,桃肥氮 15%。生长调节剂缩节安施用和其它管理措施按高产管理要求进行。

棉株性状、干物重、LAI 测定:于棉花主要生育期每小区定株 10 株,调查株高、果枝、果节数,9 月 20 日调查成铃数,叶絮期测定铃重。同时每处理取样 10 株分器官烘干测定干物重。吐絮期按小区实收计产。

2 结果与分析

2.1 不同生育时期群体干物质积累量与产量的关系

2 个不同类型转基因抗虫棉品种不同生育阶段干物质积累的增加量与子棉产量的关系表明,盛蕾期至初花、初花至盛花期的干物质积累增加量与子棉产量的关系同样表现为开口向下二次抛物线关系(方程的决定系数 $R^2 > 0.771$),说明过高过低都不利于产量的提高(表 1)。而盛花至始絮期,始絮至盛絮期、盛花至盛絮期的干物质增加量与子棉产量呈显著线性正相关,其中 GK19 的相关系数分别为 $r = 0.9245^*$, 0.9447^* 和 0.9368^* ;中棉所 29 分别为 0.8871^* , 0.9092^* 和 0.8979^* 。以上结果表明,盛花后棉株生长才进入以生殖生长为中心,提高盛花后干物质生产量是提高经济产量的关键因素。棉花高产群体在盛花期前,群体只能积累适量的干物质质量(常规种 4400 kg·hm⁻² 左右,杂交种 5200 kg·hm⁻² 左右),而将立足点放在建立盛花后具有高光合生产效率的优质群体上。

表 1 不同生育阶段的干物质积累增加量与产量的关系

Table 1 Effects of the dry matter accumulation during different development stages on seed cotton yield kg·hm⁻²

品种	06-20-07-05	07-05-07-20	07-20-08-30	08-30-09-25	07-20-09-25	子棉产量
GK19	1703.35	2698.65	4845.00	1109.95	5954.95	3543.00
	1691.95	2518.30	5741.20	1325.75	7066.95	3966.30
	1368.25	2471.60	7324.40	1420.45	8744.85	4684.95
	1127.10	2106.80	7634.80	1376.10	9010.90	4478.40
	940.65	1912.65	5913.45	1200.45	7113.90	3647.10
中棉所 29	1769.70	3061.30	4671.95	1145.40	5817.35	3593.10
	1625.25	2789.60	6987.40	2119.50	9106.90	5436.00
	1451.25	2652.55	6795.35	2053.80	8849.15	5029.35
	1350.30	2233.95	6575.10	2101.95	8677.05	4624.35
	1171.50	1950.90	5905.20	1498.95	7404.15	3655.20

2.2 不同生育时期群体干物质积累量对各部位器官建成的影响

表 2 表明,转基因棉花无论是常规种还是杂

交种,在初花期(7/5)、盛花期(7/20)以及初花至盛花阶段的干物质积累量与株高呈极显著正相关,GK19 相关系数分别为 0.9688^{**} , 0.9776^{**}

和 0.9897^{**}。中棉所 29 的相对系数分别为 0.9875^{**}, 0.9828^{**} 和 0.9731^{**}, 说明株高主要决定于盛花期以前的干物质积累量。

初花、盛花期的干物质积累量与 LAI 呈显著的线性正相关, GK19 在初花期、盛花期相关系数分别为 0.9441^{*} 和 0.9626^{**}, 始絮期的群体干物质积累量与 LAI 相关不显著 ($r = -0.0068$)。同时, 初花至盛花阶段干物质增加量与 LAI 也呈极显著正相关 ($r = 0.9700^{**}$), 盛花至始絮阶段的相关系数不显著 ($r = -0.6049$), 说明盛花后干物重的增加对 LAI 的增长不起促进作用。同样对于抗虫杂交种中棉所 29, 干物质积累与 LAI 关系表现相似的结论, 初花、盛花、初花至盛花干物质积累量与 LAI 呈极显著的负相关, 相关系数分别为 0.9975^{**}, 0.9874^{**} 和 0.9747^{**}。始絮期、盛花至始絮期干物质积累与 LAI 呈不显著负相关, 相关系数分别为 -0.4391 和 -0.4341。

由不同生育阶段干物重积累量与营养器官的干重(茎枝+叶片)的关系表明, 随着干物重积累的提高, 营养器官干物重也增加, GK19 在初花、盛花、始絮期干物质积累量与 9 月 25 日(盛絮期)的营养器官干物重相关系数分别为 0.9461^{*}, 0.9694^{**} 和 0.1988。中棉所 29 相关系数分别为 0.9952^{**}, 0.9945^{**} 和 0.5447, 说明始花、盛花期群体干物质积累量对营养器官的促进大于始絮期。

表 2 进一步表明, 群体果枝数与初花及盛花期的干物质积累量有关, 随着干物质的增加, 果枝数也增加, 但干物质积累超过一定量时, 果枝数又减少, 经回归模拟表明, GK19、中棉所 29 在初花、

盛花、初花至盛花期干物质积累量与群体果枝数呈开口向下的抛物线关系, 可用通式 $Y = -a + bX - cX^2$ 表示(其中 a, b, c 为系数, $a > 0, b > 0, c > 0$, Y 代表每公顷果枝数, X 代表干物质积累量), 三个时期方程的决定系数 (R^2), GK19 分别为 0.8769^{*}, 0.9354^{**} 和 0.7764^{*}。中棉所 29 分别为 0.8739^{*}, 0.8618^{*} 和 0.8378^{*}。说明盛花前干物质积累量太多, 营养生长过旺, 花芽分化速度下降, 导致打顶时果枝数减少。由此表明, 盛花期以前保持适宜的干物质积累量能获得较多的果枝数。

始絮期 GK19、中棉所 29 干物质质量与果节数相关系数分别为 0.770 和 0.774, 未达显著水平, 说明群体总果节量与盛花后干物质积累量无关。群体果节量与初花和盛花期群体干物质积累量呈显著的开口向下二次抛物线关系, 2 个类型品种的模拟方程决定系数都达显著以上水平, GK19 在初花期和盛花期分别为 $R^2 = 0.8269^*$ 和 0.9440^{**}, 中棉所 29 分别为 0.8112^{*} 和 0.7835^{*}。说明群体总果节量决定于初花期、盛花期的干物质积累量, 在一定的干物质积累范围内, 果节数最多, 干物质积累过高过低都会引起果节数减少。因此, 调节群体果节量的高低, 可通过控制群体盛花前的干物量来实现。

初花期、盛花期的干物质质量与生殖器官干重也呈二次方程曲线关系(表 2), 干物质积累过高过低, 群体生殖器官干物重都下降。但始絮期的群体干物重与生殖器官干物重间呈显著线性正相关, GK19 和中棉所 29 的相关系数分别为 0.9024^{*} 和 0.870^{*}。

表 2 不同生育阶段干物质质量与营养器官及生殖器官建成的关系

Table 2 Effects of the dry matter accumulation on the vegetative organs and reproductive organs development

品种	干物重/ (kg · hm ⁻²)			株高 /cm	LAI	茎叶干重	果枝数/ (万个 · hm ⁻²)	果节数/ (万个 · hm ⁻²)	生殖器官干重
	07-05	07-20	08-30			/(kg · hm ⁻²)	09-20	09-20	/(kg · hm ⁻²)
GK19	2404.8	5103.5	9948.5	128.3	4.47	480.6	47.7	250.7	290.4
	2402.9	4921.3	10662.5	121.4	4.12	453.2	59.4	283.5	376.3
	1973.7	4445.3	11769.7	114.6	3.98	443.1	79.5	327.0	452.4
	1516.8	3623.6	11258.4	107.8	3.65	420.3	75.8	306.0	412.5
	1295.7	3208.4	9121.8	102.3	3.53	398.5	73.5	280.5	320.4
中棉所 29	2748.2	5809.5	10481.4	135.8	4.63	490.2	47.3	306.0	320.7
	2410.5	5200.1	12187.5	125.2	4.37	471.4	57.5	322.5	472.5
	2183.4	4835.9	11631.3	123.4	4.20	453.8	77.6	288.0	432.3
	1879.0	4113.0	10688.1	116.3	4.07	437.6	74.2	285.0	410.6
	1626.9	3577.80	9483.0	112.2	3.87	413.5	72.6	262.5	340.2

2.3 不同生育阶段群体干物质积累量与总铃数、成铃率和铃重的关系

表3表明,初花和盛花期群体干物质积累量与成铃率、总铃数和铃重呈抛物线关系,过高过低不利于总铃数和铃重的提高。当初花期 GK19 每公顷群体干物质积累量在 1973.7 kg,盛花期在 4445.3 kg 时较为适宜,成铃率高达 43.2%,每公顷总铃数最高达 119.4 万个,铃重也最高达 4.71 g。同样抗虫棉杂交种中棉所 29 也呈相似的特点,这说明在盛花前保持适宜的干物质积累有利

于棉铃形成和铃重的提高。吐絮盛期(9/25)的干物质积累与总铃数、成铃率及铃重呈显著线性正相关(GK19 的相关系数 $r=0.9588^{**}$, 0.9458^* 和 0.9124 。中棉所 29 相关系数 $r=0.9603^{**}$, 0.9338 和 0.9107 ,见表 4)。表 4 相关系数结果也进一步表明,初花期、盛花期干物质积累量与总铃数、成铃率和铃重的相关不密切,而盛花至盛絮期、以及盛絮期的干物质积累与总铃数、成铃率和铃重的相关均达显著程度。

表 3 不同生育阶段干物质积累量与总铃数、成铃率和铃重的关系

Table 3 Effects of the dry matter accumulation on the bolls, boll retention rates and boll weights

品种	干物重/(kg·hm ²)					总铃数 /(万个·hm ²)	成铃率 /%	铃重 /g
	07-05	07-20	09-25	07-05-20	07-20-09-25			
GK19	2404.80	5103.45	11058.40	2698.65	5954.95	93.15	38.3	4.43
	2402.95	4921.25	11988.20	2518.30	7066.95	102.90	40.1	4.52
	1973.65	4445.25	13190.10	2471.60	8744.85	119.40	43.2	4.71
	1516.80	3623.60	12634.50	2106.80	9010.90	113.70	42.7	4.65
	1295.70	3208.35	10322.25	1912.65	7113.90	93.75	38.5	4.47
中棉所 29	2748.15	5809.45	11626.80	3061.30	5817.35	83.10	33.9	4.41
	2410.50	5200.10	14307.00	2789.60	9106.90	118.05	42.5	4.92
	2183.40	4835.95	13685.10	2652.55	8849.15	108.45	39.1	4.83
	1879.05	4113.00	12790.05	2233.95	8677.05	104.10	38.3	4.67
	1626.90	3577.80	10981.95	1950.90	7404.15	86.70	35.2	4.56

表 4 不同生育阶段干物质积累与总铃数、成铃率、铃重相关系数

Table 4 Correlation coefficient among dry matter accumulation and bolls, boll retention rates and boll weights

生育期	总铃数		成铃率		铃重	
	GK19	中棉所 29	GK19	中棉所 29	GK19	中棉所 29
初花	-0.1039	0.0283	-0.1619	0.0265	-0.2252	-0.0787
盛花	0.0625	0.0755	-0.1217	0.2191	-0.1808	0.0265
盛絮	0.9588 ^{**}	0.9603 ^{**}	0.9458 [*]	0.9338 [*]	0.9124 [*]	0.9107 [*]
初花-盛花	0.01	0.1229	-0.0557	0.1105	-0.1072	0.0265
盛花-盛絮	0.9117 [*]	0.9354 [*]	0.9377 [*]	0.9278 [*]	0.9454 [*]	0.9328 [*]

3 讨论

3.1 转 B t 基因抗虫棉高产栽培要求盛花前群体干物质积累也要保持适中的增长量

在开花后干物质的生产与产量的关系方面,上海农科院作物研究所^[3]、高璆等^[4]、陈奇恩等^[5]一致认为,开花后群体干物质积累量适中,生殖器官的干物质积累最高,产量也最高。本研究结果进一步明确了转基因抗虫棉盛花前干物质的增长量也要保持适宜量,盛花后促进群体的干物质增长,才能获得高产。陈德华等以往对非抗虫棉研

究明确了初花、盛花和吐絮期群体都要保持适中的积累量,促进盛花后干物质积累,子棉产量最高。因此转基因抗虫棉在盛花前栽培技术应用应以调节群体生长为主,保持适量群体增长,盛花后以促为主,提高群体生物量,为高产形成奠定基础。

3.2 不同生育阶段群体干物质的积累影响转基因抗虫棉营养器官和生殖器官的建成

本研究在以前研究非转基因抗虫棉干物质积累与产量关系的基础上,进一步明确了转基因抗虫棉群体干物质积累与棉株各器官的建成密切相

关: 盛花前干物质积累量高低决定株高、LAI 及地上部营养器官干物重的大小; 盛花前保持适宜的群体干物质积累量有利于群体果枝、果节数、生殖器官干重的增加; 盛花后干物质积累的增加, 有利于群体生殖器官干重、总铃数、成铃率及铃重的提高。因此, 转基因抗虫棉花在栽培上调节群体盛花前干物质保持在适宜的范围内, 才能有利于协调各部器官的生长和源库之间的矛盾, 形成适宜的群体 LAI、适宜株高、果枝数和总果节量, 为高产建立合理的群体结构基础, 在此基础上, 促进盛花后整个结铃吐絮期有较高的干物质积累量是获得高产更高产的根本所在。

参考文献:

- [1] 中国农业科学院棉花研究所. 中国棉花栽培学[M]. 上海: 上海科技出版社, 1983.
- [2] 吴云康. 棉花高产栽培实用新技术[M]. 南京: 江苏科技出版社, 1997.
- [3] 上海农业科学院作物育种栽培研究所. 高产棉花生育特征和诊断指标试验研究[M]. 棉花, 1979, (2): 15
- [4] 高 璩. 棉花优质高产栽培理论与实践[M]. 南京: 江苏科技出版社, 1995.
- [5] 陈奇恩. 棉花高产优质生育规律和栽培技术[M]. 北京, 中国农业出版社, 1997.
- [6] 陈德华, 王兆龙, 吴云康, 等. Bt 转基因抗虫棉杂交种光合生产和干物质积累特征的研究[J]. 棉花学报, 1998, (1): 33-37.
- [7] 陈德华, 成广明, 陈 源, 等. 氮肥与缩节胺化控配合对 Bt 棉源库特征和铃重的影响[J]. 棉花学报, 2002, 14(3): 147-150.
- [8] 董合忠, 李维江, 唐 薇, 等. 不同抗虫棉基因型的光合生产与叶源特征[J]. 棉花学报, 2005, 17 (6): 328-333.
- [9] 张 祥, 陈德华, 王进友, 等. 移栽 Bt 棉的生长发育及其碳氮代谢研究[J]. 棉花学报, 2006, 18: (1)37-42.
- [10] CHEN D H, Ye G Y, Yang C Q, et al, Effect of introducing *Bacillus thuringiensis* gene on nitrogen metabolism in cotton [J]. Field Crops Research, 2004, (87): 235-244.
- [11] GODOY A S, Moreno A L E, Garcia C E A, et al, Plant growth analysis of transgenic Bt cotton[J]. American Proceedings Beltwide Cotton Conferences, 1998, 2: 1485-1487.
- [12] GOULD F. Evolutionary biology and genetically engineered crops[J]. BioScience, 1988, 38: 26-33.