

高品质陆地棉纤维品质形成特点的研究

周桂生¹, 封超年^{1*}, 周青², 顾魏菊³, 杨万玉¹, 曾岳松¹

(1. 扬州大学江苏省作物遗传生理重点实验室, 扬州 225009; 2. 淮阴工学院, 淮阴 223001;

3. 江苏省启东市农林局, 启东 226200)

摘要:以常规棉苏棉 16 为对照, 研究了高品质棉渝棉 1 号、高品质 Bt 棉科棉 1 号的纤维发育及品质形成特点。结果表明, 与苏棉 16 相比, 科棉 1 号和渝棉 1 号纤维快速伸长期略长, 快速伸长期内的长度日增长速率较高; 比强度快速伸长期较短, 但在快速伸长期内的增长速率较高; 纤维素含量随着花后天数呈增加趋势, 17 d 内的增长速率很低, 17 d 后速率明显加快, 至花后 24 d 呈直线上升趋势, 到花后 45 d 时纤维素含量基本稳定。与苏棉 16 相比, 渝棉 1 号和科棉 1 号花后 IAA 含量较高; 花后 17 d ABA 含量较高, 花后 24 d 的 ABA/ IAA 较高, 说明不同基因型纤维发育和品质建成过程的差异与其纤维细胞内的激素变化有关。

关键词:高品质棉; 纤维品质形成; 内源激素

中图分类号:S562 **文献标识码:**A

文章编号:1002-7807(2005)06-0343-05

Characteristics of Cotton Fiber Quality Development in High Quality Upland Cotton

ZHOU Gui-sheng¹, FENG Chao-nian^{1*}, ZHOU Qing², GU Wei-ju³, YANG Wan-yu¹, ZENG Yue-song

(1. Key Laboratory of Jiangsu Provincial Crop Genetics and Physiology of Yangzhou University, Yangzhou 225009, China; 2. Huaiyin Institute of Technology, Huaiyin 223001, China; 3. Qidong Agricultural Bureau, Qidong 226200, China)

Abstract: With Sumian 16 as control, the characteristics of fiber quality development of high quality upland cotton (*G. hirsutum* L.) Kemian 1 and Yumian 1 were studied. Compared with Sumian 16, rapid fiber elongation duration of Kemian 1 and Yumian 1 was slightly longer, and elongation rate during this period was significantly higher. Rapid fiber strength growth rate was also higher than that in Sumian 16. The cellulose content in cotton fiber increased slightly within 17 DPA (days post anthesis), increased rapidly after 17th day, and reached the peak at about 45 DPA and became stable. IAA content in cotton fiber in Kemian 1 and Yumian 1 was higher than that in Sumian 16, which was beneficial to fiber differentiation and elongation. ABA content in fiber in Kemian 1 and Yumian 1 at 17 DPA was also higher than that in Sumian 16, which benefited the transformation from fiber elongation growth to secondary wall thickening. The ratio of ABA and IAA at 24 DPA was higher in Kemian 1 and Yumian 1, which was also beneficial to secondary wall thickening.

Key words: high quality cotton; fiber quality development; endogenous hormones

棉纤维由胚珠表皮细胞经分化、伸长、次生壁增厚和脱水成熟四个阶段发育而成。关于纤维发

育过程及其与纤维品质形成的关系, 已有大量的研究报道。在这些报道中, 分析比较了不同栽培

收稿日期: 2005-06-01

作者简介: 周桂生(1971-), 男, 博士, gszhou@yzu.edu.cn; * 通讯作者, fengcn@yzu.edu.cn

基金项目: 江苏省教育厅自然科学基金(MK0410196)

种纤维发育的异同^[1-3],包括纤维长度、直径、比强度、纤维素、结晶度、超分子结构和内源激素^[4-8]等的变化规律。近年来,我国将海岛棉和陆地棉杂交,育成了一些纤维长度在31 mm以上、麦克隆值在3.8~4.4,适合纺高支纱的高品质棉品种^[9]。随着转基因技术的发展,一些高品质转Bt基因抗虫棉也应运而生^[10]。但有关高品质棉纤维发育特点的研究还不多见。本文拟在前人研究的基础上,以高品质棉和常规棉品种为材料,对高品质棉纤维品质的形成特点及其内源激素的变化规律进行研究,旨在为高品质棉的开发利用提供理论指导。

1 材料和方法

1.1 试验设计

田间试验于2003和2004年在扬州大学实验农场进行。以转Bt基因抗虫高品质棉科棉1号、常规高品质棉渝棉1号为试验品种,以常规棉苏棉16为对照。试验地为粘壤土。两年试验田含有机质分别为1.59%和1.54%、全氮为1.19和1.41 mg·kg⁻¹、速效磷为17.1和16.2 mg·kg⁻¹、速效钾为76.5和73.2 mg·kg⁻¹。两年皆采用营养钵育苗移栽,4月5日播种,5月15日移栽,移栽行距100 cm,株距26.67 cm,密度3.0万株·hm⁻²。采用完全随机区组设计,小区长7 m,宽5 m,面积35 m²,重复3次。肥料运筹为:纯氮300 kg·hm⁻²,施用尿素,比例为基肥20%、花铃肥65%、铃肥15%。氮磷钾配比(N:P₂O₅:K₂O)为1:0.8:1.6。磷肥为磷酸二铵,钾肥为氯化钾,两者运筹相同,基肥和花铃肥各50%。所有处理分别在盛蕾、初花、盛花用缩节胺化控1次,用量依次为15、30和45 g·hm⁻²。其它管理同当地大面积生产。

1.2 主要测定项目

1.2.1 棉铃发育及纤维品质形成的测定。于7月25日伏桃形成期对各个小区第1~3果节当日花挂牌,从花后3 d开始每7 d对每个处理取10个棉铃,进行以下项目的测定。

单位长度纤维重量:将其中7个棉铃剥开,分开铃壳和子棉,放在通气网袋中自然风干后将棉子和纤维手工分开,称纤维和棉子重量,统计棉子粒数,并按照徐楚年的方法计算单位长度纤维重量^[1]。

纤维长度、断裂比强度和纤维素含量:纤维长度从花后10 d开始测定,10~24 d内的纤维采用流水冲洗法进行,以后的纤维采用HVI900测定仪进行测定。3 d前的纤维断裂比强度采用人工测定,以后的纤维用HVI900测定。纤维成熟期测定品质纤维全指标,包括纤维长度、强度、麦克隆值、整齐度、伸长率、黄度、反射率和纺纱均匀性指数等。同时采用Updegraff半微量法测定纤维中纤维素含量^[11]。

1.2.2 内源激素 IAA 和 ABA 的测定。将上述样品剩下的3个棉铃用冰瓶立即送实验室液氮冷冻,用于纤维内源激素IAA和ABA的测定。采用酶联免疫Elisa方法进行测定,试剂药盒由中国农业大学化控实验中心提供。

2 结果与讨论

2.1 成熟棉纤维的品质指标

表1表明,与苏棉16相比,科棉1号和渝棉1号的纤维较长,整齐度和比强度较高,黄度较低;科棉1号和渝棉1号之间的差异不显著。三个品种麦克隆值均偏高。反射率和纺纱均匀性指数品种间无显著差异。表明科棉1号和渝棉1号的总体纤维品质比较接近,明显好于苏棉16,这与农业部纤维品质监督检验测试中心公布的纤维品质测定结果基本一致。

表1 成熟棉纤维的品质指标

Table 1 Quality indices of mature cotton fiber

年份	品种	长度 /mm	长度 整齐度/%	比强度 /(cN·tex ⁻¹)	伸长率 /%	麦克 隆值	黄度	反射率 /%	纺纱均 匀性指数
2003	科棉1号	29.45a	86.90a	29.53a	4.31b	4.84b	7.67b	72.53a	148.00a
	渝棉1号	29.50a	86.53a	29.96a	4.34b	4.63a	7.77b	73.17a	154.33a
	苏棉16	28.06b	84.82b	28.26b	4.51a	4.49a	8.57a	72.87a	149.67a
2004	科棉1号	32.10a	84.13b	32.43a	7.43a	5.10a	7.43b	74.50a	162.00a
	渝棉1号	31.87a	86.47a	32.70a	7.57a	5.13a	7.53b	74.63a	162.33a
	苏棉16	29.10b	84.07b	30.20b	6.73b	4.73b	8.67a	74.73a	157.67a

2.2 棉纤维品质的形成

2.2.1 纤维长度。对花后不同天数的纤维长度用方程 $Y=K/(1+ae^{-bx})$ 模拟的参数 K 、 a 、 b 、快速伸长起始期(B)、终止期(E)和快速伸长持续时间(L)见表2。表2表明,科棉1号、渝棉1号和苏棉16分别从花后6.85、5.13和7.11 d开始进入快速伸长期,快速伸长持续时间分别为23.89、24.57和23.25 d。图1纤维长度日增长速率曲线则表明,科棉1号日增长速率明显高于苏棉

16,渝棉1号在快速伸长前期的日增长速率也高于苏棉16,棉花纤维伸长表现为慢—快—慢的变化动态规律。前人研究一般认为,纤维在花后10 d内伸长很慢,10~20 d伸长最快,到花后30 d左右伸长基本结束^[12]。本研究结果表明,渝棉1号和科棉1号快速伸长开始的时间较早;快速伸长期内的日增长速率较高,这是科棉1号和渝棉1号纤维较长的主要原因。

表2 纤维长度方程的参数

Table 2 Parameters of the equation of fiber length

品种	K	a	b	B	E	L
科棉1号	31.9794	13.7888	0.1396	6.85	30.74	23.89
渝棉1号	29.8065	10.6499	0.1360	5.13	29.70	24.57
苏棉16	28.8739	14.6869	0.1434	7.11	30.36	23.25

注:表中 K 、 a 、 b 为 $Y=K/(1+ae^{-bx})$ 中的参数, B 、 E 、 L 分别为快速伸长起始期、终止期和持续时间。

2.2.2 断裂比强度。图2表明,断裂比强度在花后17 d内增加缓慢,17~31 d内一直保持较高的增长速率,45 d左右基本不再变化。科棉1号和渝棉1号的比强度增长速率明显高于苏棉16,到花后52 d科棉1号和渝棉1号的断裂比强度较苏棉16分别高1.33和1.70 $\text{cN} \cdot \text{tex}^{-1}$ 。科棉1号和渝棉1号断裂比强度的增长速率较高,这可

能是两个高品质棉品种比强度高的主要原因。刘继华等^[13]研究认为棉花纤维强度取决于纤维加厚发育形成的次生壁特性,其中成熟纤维的形态、组织和结构指标对纤维强度有较大影响,因此要进一步弄清高品质陆地棉纤维断裂比强度的形成规律还须进一步加以研究。

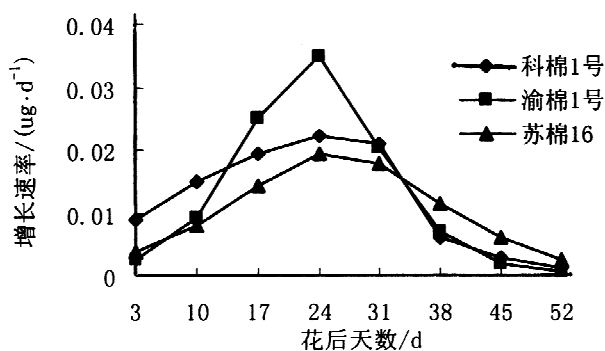


图1 花后不同天数单位长度纤维重量的增长速率

Fig. 1 Increasing rate of fiber weight per mm vs DPA

2.2.3 次生壁增厚的特点。以纤维素积累为主要特点的纤维次生壁增厚期在纤维发育过程中占据的时间比例最高,是对纤维成熟度、麦克隆值等品质和产量指标起关键作用的时期^[1]。

对花后不同天数单位长度的纤维重量进行模拟发现,可以用方程 $Y=K/(1+ae^{-bx})$ 表示,主要参数见表3。表3表明,科棉1号、渝棉1号和苏棉16号分别从花后6.53、15.55和14.33 d进入纤维快速增重期,科棉1号的持续时间较长,渝棉1号和苏棉16的持续时间较短。图3单位长度纤维日增重速率则表明,渝棉1号在快速增重期

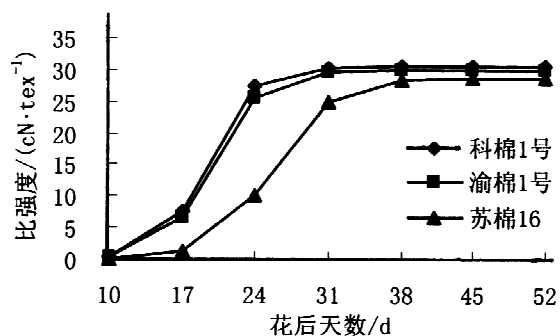


图2 花后不同天数的纤维比强度

Fig. 2 Fiber strength vs DPA

内的增长速率明显高于苏棉16号,科棉1号在前期增重速率高于苏棉16,但后期增重速率低于苏棉16。分析表明,渝棉1号的快速增重期相对较短,但增重速率较快;科棉1号具有较长的快速增重期,但后期增重速率低于苏棉16。

图4表明,纤维素含量随着花后天数呈增加趋势,17 d内的增长速率很低,17 d后速率明显加快,至花后24 d前后几乎呈直线上升的趋势,到花后45 d左右,纤维素含量基本稳定。与苏棉16相比,科棉1号和渝棉1号的纤维素含量较高。

表 3 单位长度纤维重量模拟方程的参数

Table 3 Parameters of the equation of fiber weight per millimeter vs. days post anthesis

品种	K	a	b	B	E	L
科棉 1 号	0.6369	9.7226	0.122	6.53	30.75	24.22
渝棉 1 号	0.7203	92.4550	0.196	15.55	30.64	15.09
苏棉 16	0.6185	27.1350	0.127	14.33	30.75	16.42

注：表中 K、a、b 为 $Y=K/(1+ae^{-bx})$ 中的参数，B 为纤维快速增重起始期，E 为快速增重终止期，L 为快速增重持续时间。

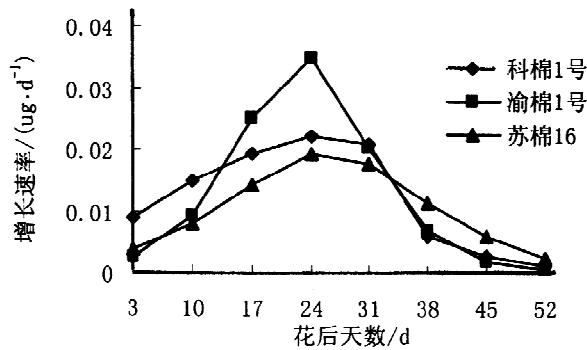


图 3 花后不同天数单位长度纤维重量的增长速率

Fig. 3 Increasing rate of fiber weight per mm vs. DPA

2.3 IAA 和 ABA 与纤维品质形成

图 5 表明，花后 3 d IAA 含量较高，随之下落，17 d 后又继续上升，31 d 左右出现第二高峰。与苏棉 16 相比，科棉 1 号和渝棉 1 号纤维中的 IAA 含量明显较高。图 6 表明，花后 3 d ABA 含量较低，但随后上升，在花后 17 d 达到第一个高峰，到花后 38 d 左右又出现一个次高峰。

内源激素，特别是 IAA 和 ABA 对纤维发生、伸长、次生壁增厚具有重要的调控作用。前人研究表明，在纤维发生和伸长期维持较高的 IAA 是纤维发生所必需的^[14]。在本试验中，科棉 1 号和渝棉 1 号纤维保持着较高的 IAA 含量，有利于促进纤维的发生和伸长，为获得较高的纤维重量和长度奠定基础。Gokani^[15]认为，ABA 在纤维发育过程中存在两个高峰，第一个出现纤维伸长过程中，第二个出现纤维次生壁增厚过程中。

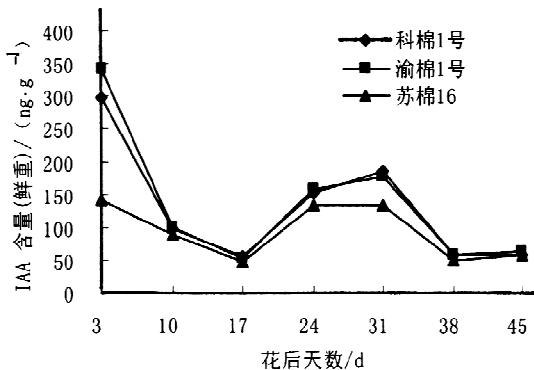


图 5 花后不同天数纤维中 IAA 的含量

Fig. 5 IAA content in fiber vs. DPA

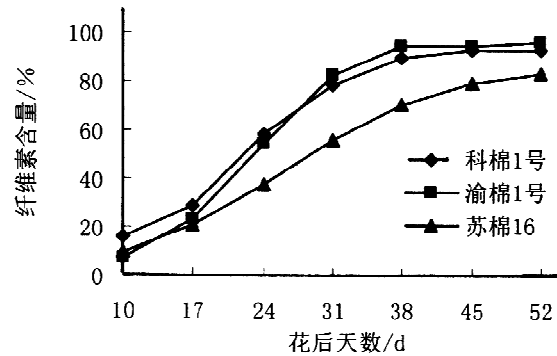


图 4 花后不同天数纤维中纤维素的含量

Fig. 4 Cellulose content in fiber vs. DPA

Dhindsa^[16]认为，ABA 与 IAA 的作用相反，对纤维的伸长具有抑制作用。本研究结果表明，ABA 第一个高峰出现在花后 17 d，而此时正是纤维快速伸长期，ABA 含量出现一个高峰可能预示着纤维次生壁快速增厚的开始，此时 ABA 含量较高，促进以纤维伸长为主向以次生壁增厚为主转变。与苏棉 16 相比，科棉 1 号和渝棉 1 号的 ABA 含量相对较高(图 6)对实现上述转变具有促进作用。杨佑明等^[17]认为，ABA 和 IAA 对纤维次生壁的增厚均有调控作用，并认为次生壁快速增长期保持较高的 ABA/IAA 比值含量有利于次生壁的增厚。ABA 与 IAA 含量比值的动态变化，花后 24 d 科棉 1 号和渝棉 1 号中 ABA/IAA 明显高于苏棉 16，这在一定程度上为次生壁快速增厚创造了有利条件。

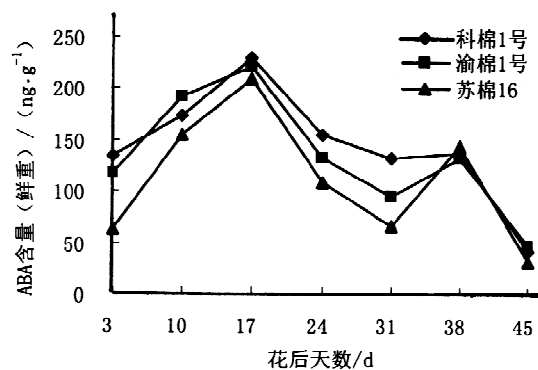


图 6 花后不同天数纤维中 ABA 的含量

Fig. 6 ABA content in fiber vs. DPA

3 小结与讨论

本试验研究表明,与常规棉苏棉 16 等相比,高品质陆地棉渝棉 1 号和科棉 1 号纤维品质的形成有其自身的特点,主要表现为较高的纤维长度日增长速率和较快的比强度增长速率,同时比强度进入快速增长期的时间也提前 5 d 左右,纤维伸长和次生壁增厚重叠的时间更长。纤维素含量随着花后天数呈增加趋势,17 d 内的增长速度很低,17 d 后速率明显加快,至花后 24 d 呈直线上升趋势,到花后 45 d 时纤维素含量基本稳定。内源激素 IAA 和 ABA 对纤维品质的调控效应表现为,与苏棉 16 相比,渝棉 1 号和科棉 1 号花后 IAA 含量较高,有利于纤维分化和伸长;花后 17 d ABA 含量较高,有利于实现以纤维伸长为主的生长向以次生壁增厚为主的生长的转变;花后 24 d 的 ABA/ IAA 较高,利于次生壁的增厚。

参考文献:

- [1] 徐楚年,余炳义,张 仪. 棉花四个栽培种纤维发育的比较研究[J]. 北京农业大学学报,1988,14(2): 113-119.
- [2] ROBERT W S, Vito O, Kim M, et al. Cotton fiber development 2: Changes in cell diameter and wall birefringence[J]. The Journal of Cotton Sciences, 2000, 4:97-104.
- [3] DELANGHE E. Lint development. Cotton Physiology[M]. The Cotton Foundation, Memphis, 1996, 325-349.
- [4] 刘 新,陶灵虎,阮锡根. 棉纤维品质性状差异形成机制的研究[J]. 生物物理学报,1999,15(4):621-626.
- [5] 单世华,王明林,汪建民,等. 不同开花期 IAA、GA₃ 和 POD 对棉花伸长发育的影响[J]. 棉花学报,2001,13(2):100-104.
- [6] 何钟佩,棉铃发育过程中内源激素变化及化学调控效应研究[J]. 中国农业大学学报(增刊),1997:42-50.
- [7] 商慧琛,丁 静. 内源吲哚乙酸、脱落酸和赤霉素与棉铃发育及脱落的关系[J]. 植物生理学报,1986,12(2):178-186.
- [8] 沈新莲,周宝良,顾立美,等. 棉纤维发育过程中内源激素动态变化的研究[J]. 江苏农业学报,1998,14(4):204-206.
- [9] 何旭平,冷苏凤,承泓良. 高品质棉花新品种—渝棉 1 号[J]. 江苏农业学报,2000,4:203.
- [10] 刘建江,王永芳,管信山,等. 抗虫杂交棉科棉 1 号高产栽培技术途径研究[J]. 江西棉花,2002,1:25-29.
- [11] UPDEGRAFF D M. Semi-micro determination of cellulose in biological materials[J]. Anal. Biochem. 1969,32: 420-424.
- [12] 杨文钰,屠乃美. 作物栽培学各论[M]. 中国农业出版社,2003 年.
- [13] 刘继华,尹承侓,于凤英,等. 棉花纤维强度的形成机理与改良途径[J]. 中国农业科学,1994,27(5): 10-16.
- [14] DAVIS L A, Ting I P. The effects of plant growth substances on in vitro fiber development from fertilized cotton ovule[J]. Amer J Bot. 1973, 60: 120-139.
- [15] GOKANI S J, Kumar R, Thaker V S. Potential role of abscisic acid in cotton fiber and ovule development [J]. Plant Growth Regul. 1998,17:1-5.
- [16] DHINDSA R S, Beasley C A, Ting I P. Effect of abscisic acid on in vitro growth of cotton fibre[J]. Planta, 1976, 130:197-201.
- [17] YANG You-ming, Xu Chu-nian, JIA Jun-zhen. A system of Ovule subculture for cotton fiber development [J]. 作物学报,2001,27(6):694-703 (In English with Chinese abstract). ●