

开花期和果枝部位对短季棉纤维品质 及超分子结构的影响

单世华¹, 施培¹, 孙学振¹, 周治国¹, 边栋材²

(¹ 山东农业大学农学系, 泰安 271018; ² 天津纺织工学院材料系, 天津 300160)

摘要: 利用中棉所 16 研究了开花期和果枝部位对棉纤维品质与棉纤维超分子结构各项参数动态变化的影响。研究表明, 棉纤维长度、细度、成熟度及棉纤维强度等品质性状均随开花期推迟温度降低逐渐变差, 相同开花期条件下果枝部位对棉纤维品质性状有一定影响, 呈现出下部棉纤维品质略高于上部的趋势, 但不显著。前期开花较早温度较高时下部果枝的超分子结构参数呈现出优于上部的趋势, 与下部果枝的棉纤维品质略高于上部相一致, 但果枝部位的影响并不能改变由于开花期推迟温度降低而对棉纤维超分子结构所产生的影响。

关键词: 棉花; 开花期; 果枝部位; 纤维品质; 超分子结构

Effect of Anthesis Date and Fruiting Branches on Cotton Fiber Qualities and Super-molecular Structure

SHAN Shi-hua¹, SHI Pei¹, SUN Xue-zhen¹, ZHOU Zhi-guo¹, BIAN Dong-cai²

(¹ Agronomy Department of Shandong Agricultural University, Tai'an, 271018;

² Tianjin Institute of Textile, Tianjin 300160)

Abstract: This article presented the effect of anthesis date and fruiting branches on the dynamic changes of cotton fiber qualities and super-molecular structure. Fiber qualities, such as cotton fiber length, micronaire, maturity and fiber strength, became poor with anthesis date postponing and temperature decreasing. At the same anthesis date positions of fruiting branches affected the fiber qualities. The fiber qualities of low portion turned out to be better than that of the upper portion, which was not significant. The super-molecular structure of low portion turned out to be superior to that of upper portion at earlier anthesis date and higher temperature, which is in accordance with what was mentioned above, but the effect of fruiting branches could not change the effect of anthesis date on super-molecular structure.

Key words: Cotton; Anthesis date; Fruiting branches; Fiber qualities; Super-molecular structure

黄淮棉区的棉花生产近年来一度出现滑坡, 原因较多, 其中棉纤维品质得不到进一步提高是重要的限制因素之一。在生产中影响棉纤维品质的因素是多方面的, 除决定纤维品质的遗传物质的影响外, 开花期是影响棉纤维品质的外部重要因素之一^[1~7], 棉纤维超分子结构则是影响棉纤维品质的内部重要因素^[8~11], 前人在该领域的研究已较多, 但在较大开花期范围内系统研究开花期对棉纤维品

质影响的文献尚不多见, 尤其系统研究开花期、果枝部位及纤维超分子结构的文献更不多见。笔者通过采用不同播期拉大开花期跨度同时于不同果枝部位取样的方法来探讨开花期和果枝部位对棉纤维品质的外部影响机理, 通过测定棉纤维超分子结构参数来探讨影响棉纤维品质发育的内部影响机理, 以期从管理措施入手提高棉纤维品质提供理论依据, 为制订棉花生态区划和提高棉花生产提供参考。

收稿日期: 2000-05-16

基金项目: 山东省科委“棉花高产简化栽培技术研究”资助项目

作者简介: 单世华(1971-), 男, 山东菏泽人, 讲师, 现在福建农林大学作物学院攻读遗传育种专业博士学位。施培为通讯联系人, Tel: 0538-8242321; E-mail: shipei@tr-public.sd.cninfo.net

1 材料与方 法

1.1 试验设计

试验于 1997~1998 年在山东农业大学实习农 场进行。选用夏棉(短季棉)中棉所 16 作为试验材 料。分 4 个播 种期播 种(I、II、III、IV),播 期 分 别 为 4 月 11 日 5 月 3 日 5 月 23 日 和 6 月 12 日。每一播 期占 地 面 积 0.05ha,播 种 密 度 52.5×10^3 株/ha, 按 照 丰 产 田 标 准 管 理。每一播 期留 取 10 果 枝,分 上 下 两 个 开 花 期(处 理),下 部 4~5 果 枝 第 1 果 节 棉 铃 作 为 下 部 处 理 材 料,上 部 8~9 果 枝 第 1 果 节 棉 铃 作 为 上 部 处 理 材 料,统 称 为 8 个 处 理,每 个 处 理 都 在 开 花 当 天 挂 牌 标 记,花 后 10d 开 始 取 样,每 次 取 样 30~40 铃,每 5d 取 样 1 次。表 中 所 列 各 项 数 据 为 两 年 所 测 数 据 平 均 值。

试验中所使用气象资料由泰安农场气象实验站 提供。

1.2 测定项目及方法

1.2.1 纤维品质测定方法 将所有棉样手工分离 纤维与种子后,将纤维混匀,用棉花纤维拉伸仪引 伸、拉直,制成试验棉条。每棉样做两个棉条,每棉 条测 3 个重复,以 6 次重复平均值作为试样代表值。

开花后 30d 之前的纤维长度用流水冲洗法测 定,30d 后的纤维长度利用 Y-146 型棉纤维光电长 度仪测定;纤维成熟度用 Y-147 型棉纤维成熟度测 定仪测定;纤维细度测定时先用 Y-171 纤维中段切 取器切取 1cm 长纤维束,利用 1/100000 扭力天平 称其重量(g),数出纤维根数,根据 $N_m(\text{公制支数}) = 10 \times n(\text{根数}) G_f(\text{mg})$ 即可算出纤维细度值;纤维 断裂比强度测定参照 ISO3060-74 国际标准,供试棉 条用 GF-1 型卜氏强度测定仪测定卜氏零隔距比强 度与 3.2mm 隔距比强度。

1.2.2 棉纤维超分子结构参数测定 晶区取向参 数测试用 FS-3 型纤维附件在 X 光衍射仪上收取棉 纤维 002 衍射峰在方位角方向的强度数据,并扣除 杂散散射,用半高宽之半表征晶区在棉纤维中总取 向参数 ψ ,使用 Deluca 和 Orr 的方法对校正后的数 据进行分峰,得到螺旋角 ϕ 和取向分散角 α , ψ 是 ϕ 和 α 的加和;横向晶粒尺寸测定用对称反射法在 X 光衍射仪上收取 002 衍射赤道谱图,进行必要的校 正,用 Scherrer 公式计算横向晶粒尺寸。文中所列 数据因未做宽化校正,所得数据系统偏低,但样品间 测定值相对关系可靠。

表 1 各开花期处理对应全铃期日均温、夜均温动态变化比较¹⁾

Table 1 Comparison of temperature stadium indexes among treatments (°C)

花后天数 Days post anthesis	I _L		II _L		III _L		IV _L		I _U		II _U		III _U		IV _U	
0~30	26.4	25.2	27.0	24.9	24.8	22.1	22.0	19.5	24.8	22.1	24.5	21.8	22.0	19.5	20.7	17.8
31~35	27.4	22.8	22.9	19.7	22.8	18.2	24.9	20.1	22.8	18.2	21.6	17.3	24.9	20.1	17.4	12.6
36~40	28.3	23.3	22.6	19.4	22.8	18.3	22.5	15.6	22.8	18.3	22.2	18.7	22.5	15.6	16.6	9.9
41~45	22.9	19.7	24.2	18.7	24.1	19.7	24.8	18.0	24.1	19.7	24.9	20.1	24.8	18.0	18.6	12.2
46~50	22.6	19.4	22.2	18.4	23.0	18.1	20.5	15.0	23.0	18.1	22.5	15.6	20.5	15.0	16.3	11.7
51~55	24.2	18.7	23.3	19.1	24.3	16.4	16.5	10.8	24.3	16.4	24.8	18.0	16.5	10.8	16.8	12.9
56~60	22.2	18.4	23.9	19.3	23.2	16.4	18.1	11.0	23.2	16.4	20.5	15.0	18.1	11.0	16.3	10.1
61~65					17.4	12.6	17.2	12.1	17.4	12.6	16.5	10.8	17.2	12.1	9.0	6.3
66~70							17.8	12.2					17.8	12.2	10.0	7.0
71~75							14.4	10.2					14.4	10.2	8.2	4.4

¹⁾ 表中同一处理下左栏为日均温,右栏为夜均温

Under the same treatment the left columns of the table mean daily mean temperature, the right ones mean night mean temperature

2 结果与分析

2.1 开花期和果枝部位对棉纤维品质性状的影响

2.1.1 棉纤维伸长发育动态变化 前期 6 个处理由 于开花较早,纤维长度变化趋势基本一致,最终纤维 长度值差异不显著(表 2)。后期两个处理纤维伸长 由于开花期推迟而变慢,最终纤维长度值亦逐渐降

低。I_U、III_L 和 III_U、IV_L 分别属于同一开花期条件, 从表中看出 I_U 和 III_L 棉纤维长度变化动态差异不 大,III_U 和 IV_L 同样亦相差不大,说明果枝部位对棉 纤维伸长发育的影响与开花期相比影响较小。

2.1.2 棉纤维断裂比强度动态变化 每一处理随 铃龄增大断裂比强度增加;同一部位相同铃龄随开 花期推迟,断裂比强度总体呈下降趋势(表 3)。分析

表 2 棉纤维长度动态变化

Table 2 Dynamic changes of fibre length (mm)

花后天数 Days post anthesis	I _L	II _L	III _L	IV _L	I _U	II _U	III _U	IV _U
10	8.00	15.52	11.67	8.50	13.15	12.25	9.61	5.50
15	16.90	19.92	22.28	15.80	17.58	22.17	14.48	13.05
20	26.20	26.39	24.67	21.00	28.26	24.90	20.82	19.42
25	29.05	29.60	29.45	22.36	29.51	29.29	26.25	23.18
30	29.05	29.59	29.47	24.08	29.52	29.30	27.55	24.32
吐絮 Maturation	29.07	29.60	29.45	27.15 ¹⁾	29.51	29.29	27.53	25.04 ¹⁾

¹⁾ 指该处理最后一次取样所测值

Means the final value of the relative treatment

发现,相同开花期条件下果枝部位对纤维断裂比强度有一定影响,具体表现在上部果枝纤维强度值增长较快,达最大值所需时间较短,纤维强度最终值亦稍低于下部果枝。对同一播期条件下,呈现出下部果枝纤维强度增长较快,强度最终值高于上部的趋势。

2.1.3 棉纤维成熟度动态变化 作为纺纱品质的另一重要指标,成熟度亦随开花期不同而发生一定

程度的变化(表 3)。随铃龄增加成熟度逐渐增大,随开花期推迟成熟度升高减慢,达最大值所需时间延长;同一部位相同铃龄随开花期推迟成熟度呈下降趋势。前期开花较早条件下,同一播期不同部位间,开花期相同不同部位间棉纤维成熟度差异不大,但随开花期推迟成熟度明显下降,由 III_L、IV_L 间的比较及 IV_L、IV_U 与其余 6 个处理的比较中可以看出这一点。

表 3 零隔距比强度、成熟度及细度值动态变化¹⁾

Table 3 Dynamic comparison of 0 gauge tenacity (Psi)、maturation and fineness (m/g)

花后天数 Days post anthesis	品质性状 Fiber qualities	I _L	I _U	II _L	II _U	III _L	III _U	IV _L	IV _U
30	零隔距 0 gauge tenacity	75.84	73.06	64.84	58.92	70.12	65.15	63.25	
	成熟度 maturation	1.50	1.44	0.97	1.01	1.48	1.43	0.99	
	细度 fineness	9090.9	14125.0	9419.4	13191.8	12500.4	11051.8	14520.8	
35	零隔距 0 gauge tenacity	77.00	75.56	70.66	60.99	70.96	66.97	67.25	59.37
	成熟度 maturation	1.55	1.53	1.50	1.05	1.52	1.47	1.01	0.62
	细度 fineness	6562.5	7333.3	9200.0	12431.8	8842.1	8387.1	13263.2	14894.7
40	零隔距 0 gauge tenacity	78.70	77.37	71.14	65.03	69.85	73.42	63.76	63.25
	成熟度 maturation	1.57	1.55	1.53	1.23	1.54	1.54	1.13	0.58
	细度 fineness	5700.7	7125.0	8857.1	9142.9	8500.0	8000.0	13157.9	14791.8
45	零隔距 0 gauge tenacity	79.78	80.35	72.33	62.84	79.81	75.77	66.73	65.36
	成熟度 maturation	1.61	1.66	1.54	1.38	1.57	1.53	1.48	0.60
	细度 fineness	5642.9	6650.0	6875.0	8823.5	6848.2	7128.2	7233.3	14251.0
50	零隔距 0 gauge tenacity	80.59		79.30	63.46	80.86	78.82	66.82	58.62
	成熟度 maturation	1.73		1.65	1.39	1.68	1.63	1.52	0.69
	细度 fineness	5571.4		6214.3	8277.8	6466.7	7000.0	6636.4	13666.7
60	零隔距 0 gauge tenacity	83.34	83.27	80.11	68.13	81.77	81.33	75.15	66.28
	成熟度 maturation	1.80	1.76	1.68	1.51	1.79	1.70	1.62	1.00
	细度 fineness	5100.0	5378.4	5083.3	7272.7	5805.0	5625.0	6217.4	11362.7
70	零隔距 0 gauge tenacity				68.44			77.21	74.27
	成熟度 maturation				1.60			1.67	1.04
	细度 fineness				6583.3			5977.3	11083.3

¹⁾ 第 4 播期未正常吐絮, IV_U、IV_L 花后 70d 对应各项指标均为最后一次取样所测值。下同

The forth sowing date treatment didn't mature normally, all the indexes in 70d after anthesis of IV_U、IV_L are the final value. The same as below

2.1.4 棉纤维细度动态变化 正常发育棉纤维在 花后 15~17d 开始细胞壁加厚,单位长度纤维干重

开始增加,细度值(公制支数)亦开始下降。开花期和果枝部位同样对细度值有不同程度影响,随铃龄增大,细度值逐渐减小;同一部位相同铃龄随开花期推迟细度值总体呈升高趋势(表3)。同一播期上下部位间相比,下部果枝纤维细度值下降较快,终值亦低于上部;相同开花期不同部位间相比,Ⅰ_U、Ⅲ_L同处于较早开花期条件下,Ⅰ_U尽管细度值降低较快,但终值高于Ⅲ_L,分析应与棉株上部纤维素沉积较快结晶状况不及下部有关,也可能与下部果枝所具有的生理优势有关;Ⅳ_L由于第四播期播种最晚,植株生长较慢,其纤维细度值明显比Ⅲ_U差。

2.2 开花期和果枝部位对棉纤维超分子结构参数的影响

棉纤维超分子结构包括取向分散角(α)、螺旋角(ϕ)及取向分布角(ψ),这3种角度通过影响纤维素的结晶状况而对棉纤维品质产生影响。它们亦随开花期和果枝部位不同而发生相应的变化。

2.2.1 取向分散角(α)动态变化

α 角是影响棉纤维品质的重要因素之一,其变化趋势与纤维断裂比强度关系密切。Ⅰ_L、Ⅱ_L和Ⅲ_L变化趋势基本一致,整体随铃龄增加呈上升趋势,其中Ⅲ_L α 角增长趋势略为明显(表4)。Ⅲ_L α 角在纤维发育过程中不断宽化且变化幅度较大对形成高强纤维不利,对应零隔距比强度稍低于Ⅱ_L。而Ⅳ_L α 角值开始由大变小(优化),Ⅳ_L所处温度环境比Ⅲ_L有所降低,说明开

花期推迟是 α 角由逐渐宽化变为逐渐优化的重要原因。Ⅰ_U和Ⅱ_U在纤维发育过程中 α 角值迅速增大(宽化),Ⅲ_U和Ⅳ_U由于开花期推迟,两处理 α 角值随铃龄增大逐渐降低,Ⅳ_U α 角优化速率明显高于Ⅲ_U,而Ⅳ_U尽管 α 角值降低较快,但在所测铃期内Ⅳ_U α 角值均高于Ⅲ_U,说明较晚的开花期不仅促进 α 角的优化,而且可能影响到 α 角值的大小。另从表4看出,Ⅰ_U与Ⅲ_L开花期较早,其 α 角值在纤维发育过程中不断宽化;Ⅲ_U与Ⅳ_L开花期亦相同,但所处温度下降,其 α 角在纤维发育过程中逐渐变小。同时看出,在所测范围内Ⅰ_U α 角值几乎均高于Ⅲ_L,Ⅲ_U α 角值均高于Ⅳ_L,说明果枝部位对 α 值的大小起到一定的影响作用,但其影响机理仅限于 α 角值的大小,不能改变 α 角值的变化趋势。

2.2.2 螺旋角(ϕ)动态变化

同一部位相同铃龄 ϕ 值随开花期推迟呈升高趋势(表4),这也是后期棉纤维强度逐渐降低的原因之一。同一播期上下部位间 ϕ 值差异明显,与下部纤维强度略高于上部相一致,体现了下部纤维发育的优势;相同开花期开花较早时 ϕ 值差异不大(Ⅰ_U和Ⅲ_L),随开花期推迟温度降低差异拉大(Ⅲ_U和Ⅳ_L),可能亦与第四播期发育较慢有关,同时亦说明果枝部位只有在开花期较晚情况下才能影响到 ϕ 值的大小,而在开花较早温度较高时影响作用不明显。

表4 超分子结构参数动态变化

Table 4 Dynamic changes of super molecular structure indexes(°)

花后天数 Days post anthesis	超分子结构参数 Indexes of super molecular structure(°)	Ⅰ _L	Ⅱ _L	Ⅲ _L	Ⅳ _L	Ⅰ _U	Ⅱ _U	Ⅲ _U	Ⅳ _U
35	α	24.03	23.21	23.07		21.78	22.30	24.50	
	ϕ	10.67	13.63	17.19		16.06	17.42	16.40	
	ψ	29.2	30.0	35.0		32.4	35.1	33.6	
40	α	22.03	23.32	22.40	22.67	22.79	21.60	24.11	23.92
	ϕ	13.52	13.14	16.11	16.83	16.24	16.80	17.42	18.95
	ψ	28.5	29.6	33.2	34.9	33.6	34.0	36.0	35.8
45	α	23.04	22.98	23.61	22.16	24.14	22.36	23.15	23.84
	ϕ	11.73	13.11	17.38	17.64	16.16	16.37	16.36	17.89
	ψ	27.5	29.1	35.4	35.8	34.7	33.4	34.6	35.8
50	α	23.75		23.14	21.83	25.41	22.49	23.38	24.47
	ϕ	10.11		15.52	17.42	16.12	15.26	17.53	17.80
	ψ	26.6		32.4	35.1	34.2	32.4	35.8	35.5
60	α	23.70	23.69	24.88	21.34	26.08	24.18	22.31	23.75
	ϕ	13.80	14.02	16.03	17.24	15.64	16.01	16.92	16.52
	ψ	26.3	29.3	33.5	34.6	33.0	35.0	33.2	33.1
70	α				21.46			22.98	22.62
	ϕ				16.00			16.11	16.83
	ψ				35.00			33.1	33.4

2.2.3 取向分布角 (ψ) 动态变化 随铃龄增加每一处理 ψ 角有逐渐变小趋势;同一部位相同铃龄随开花期推迟 ψ 角值呈增大趋势,使后期棉纤维强度降低,果枝部位对 ψ 角的影响同 ψ 值相似(表 4)。

2.3 开花期和果枝部位对横向晶粒尺寸的影响

微原纤的直径称为横向晶粒尺寸,棉纤维晶粒尺寸大小及变化状态同样受到开花期及果枝部位的影响(表 5)。同一处理随铃龄增大横向晶粒尺寸呈

升高趋势,随开花期推迟升高减慢,达最大值所需时间延长,同一部位相同铃龄随开花期推迟横向晶粒尺寸值呈降低趋势,这亦是后期棉纤维强度降低的重要原因之一;同一播期不同部位间相比下部晶粒尺寸值明显高于上部,与纤维强度变化一致;相同开花期较高温度时晶粒尺寸值差异不大,随开花期推迟差异加大。

表 5 晶粒尺寸动态变化

Table 5 Dynamic comparison of crystalline grain size (Å)

花后天数 Days post anthesis	I _L	II _L	III _L	IV _L	I _U	II _U	III _U	IV _U
30	40.08	41.00	37.64					
35	41.65	40.18	37.95		36.95	38.87	35.12	
40	40.08	42.70	38.18	36.94	34.55	41.37	38.18	35.87
45	41.38	42.98	40.08	38.63	38.73	41.48	38.54	37.95
50	41.92	42.99	40.34	38.63	40.69	40.08	38.45	34.22
55	39.49	43.04	40.59	38.92	40.84	41.59	39.11	35.18
60	43.39	43.51	41.00	39.83	40.34	41.85	38.50	
65			42.54	39.59	41.11	41.86	39.35	36.3
70				40.85			41.32	37.73

3 结论与讨论

3.1 棉纤维品质的形成受多种因素影响,光照、水分、温度以及内部超分子结构等因素都是前人研究的对象。在影响棉纤维发育的外界因素中温度被认为是最主要的影响因素之一,而超分子结构则是影响纤维品质的重要内部因素。在生产上温度的影响具体由开花期的早晚来体现,由本研究来看,开花期对棉纤维品质以及超分子结构均有极其重要的影响,而超分子结构的变化又进一步影响到棉纤维品质。

3.2 在前人的研究中,关于果枝部位对棉纤维品质的影响研究较少,从本研究看出,在开花较早时下部果枝棉纤维超分子结构对提高棉纤维品质有利,具体表现在相同铃龄时下部果枝中 α 、 ψ 、 ϕ 角值略低于同播期上部对应值,同时晶粒尺寸高于上部,从而使下部果枝的棉纤维品质呈现出优于上部的趋势;随开花期推迟,这种现象已极不明显,进一步说明了开花期的重要影响作用,这一点可由 α 角在不同开花期条件下的变化趋势得到证明。

3.3 从理论上说,依据棉纤维超分子结构尤其是 α 角和棉纤维品质在不同开花期条件下的变化可以推算出一个温度阈值,在此阈值之上温度比较适宜,纤维品质发育亦较好,低于该阈值则纤维品质下降。本文通过对 α 角变化方向与温度间的相关性进行

分析发现: α 角在适宜温度条件下不断宽化,而当温度降至一定程度之后随纤维发育 α 角便会改变其变化方向而逐渐优化(变小),统计分析 α 角变化方向与全铃期日均温、夜均温相关性得到如下模拟方程:

$$\text{日均温} - \alpha: y = 0.0005 X^4 - 0.0511 X^3 + 1.8354 X^2 - 28.125 X + 155.9 \quad r^2 = 0.9370^{**}$$

$$\text{夜均温} - \alpha: y = 0.001 x^4 - 0.079 x^3 + 2.2835 x^2 - 28.507 x + 129.62 \quad r^2 = 0.9364^{**}$$

式中 X 为日均温, x 为夜均温, y 为 α 值。

对方程求解可知,21.2℃日均温和 15.9℃夜均温是引起 α 角变化方向发生改变的临界温度,即在此温度之上 α 角随铃龄增加不断变大,低于该温度范围则随铃龄增大而减小,这一指标可为生产上确定适宜的播种期和因地制宜确定合适的打顶时间及采取其它管理措施提供依据。

3.4 根据果枝部位对棉纤维超分子结构和纤维品质影响的研究,结合开花期对二者的影响,可以为生产上确定最优化栽培模式,选育矮、密、早、适于机械化收获的棉花优质品种提供理论指导。

References :

- [1] Guo X X. The relationship between boll development and air temperature. J. of China Cotton, 1985, (1) : 2 - 4. (in Chinese)

- 过兴先. 棉铃发育与气温的关系. 中国棉花, 1985, (1): 2 - 4.
- [2] Xu X, et al. Effect of environmental factors on growth and development of cotton III: relationship between cotton procreation growth and temperature. J. of Jiangxi Cotton, 1989, (2): 4 - 13. (in Chinese)
许 萱, 等. 环境生态因素对棉花生长发育的影响 III: 棉花生殖生长与温度的关系. 江西棉花, 1989 (2): 4 - 13.
- [3] Liu J H, et al. Effect of anthesis date on the dynamic change of cotton fiber super molecular structure and strength. Scientia Agricultura Sinica, 1996, 29(1): 59 - 65. (in Chinese)
刘继华, 等. 开花期对棉花纤维超分子结构与纤维强度动态变化的影响. 中国农业科学, 1996, 29(1): 59 - 65.
- [4] Shan S H, et al. Effect of temperature on strength and super molecular structure of cotton fiber. Acta Agronomic Sinica, 2000, 26(6): 666 - 672. (in Chinese)
单世华, 等. 温度对棉纤维强度及超分子结构的影响. 作物学报, 2000, 26(6): 666 - 672.
- [5] Xu Y Z, et al. Effect of temperature on cotton fiber development. China Northwest Agronomic J. 1993, 2(4): 19 - 23. (in Chinese)
许玉璋, 等. 温度对棉纤维发育的影响. 西北农业学报, 1993, 2(4): 19 - 23.
- [6] Xu Y Z, et al. Effect of sowing date on development and yield and quality of cotton. J. of China Cotton, 1984, 11(1): 22 - 24. (in Chinese)
- 许玉璋, 等. 棉花播期对生长发育和产量品质的影响. 中国棉花, 1984, 11(1): 22 - 24.
- [7] Gipsen T R, et al. Temperature-variety interrelationships in cotton. I. Boll and fibre development. Cott. Gr. Rev. 1970, 47: 257 - 271.
- [8] Liu J H, et al. Formation mechanism and improvement approach of cotton (*Gossypium*) fiber strength. Scientia Agricultura Sinica, 1994, 27(5): 10 - 16. (in Chinese)
刘继华, 等. 棉花纤维强度的形成机理与改良途径. 中国农业科学, 1994, 27(5): 10 - 16.
- [9] Liu J H, et al. Dynamic changes of cotton (*Gossypium*) fiber cell wall super molecular structure during the course of fiber development and correlation with its strength. Acta Agronomic Sinica, 1996, 22(3): 275 - 280. (in Chinese)
刘继华, 等. 棉花纤维发育过程中细胞壁超分子结构的变化. 作物学报, 1996, 22(3): 275 - 280.
- [10] Jia J N, et al. Relationship between microstructure difference and strength of cotton fiber. China Textile, 1992, 13(5): 9 - 12. (in Chinese)
贾景农, 等. 棉纤维微观结构差异与纤维强度的关系. 纺织学报, 1992, 13(5): 9 - 12.
- [11] Shan S H, et al. Effect of temperature on super molecular structure of cotton fiber. Acta Gossypii Sinica, 2000, 12(4): 208 - 211. (in Chinese)
单世华, 等. 温度对棉纤维超分子结构的影响. 棉花学报, 2000, 12(4): 208 - 211.