

不同生态棉区棉纤维晶区取向参数的变化及 与纤维比强度的关系

赵瑞海¹, 勾玲¹, 韩春丽¹, 张旺锋^{1*}, 雷军¹, 边栋材²

(1. 新疆生产建设兵团绿洲生态农业重点实验室, 石河子 832003;

2. 天津工业大学材料化工学院材料化学系, 天津 300160)

摘要:采用不同生态棉区选育的棉花品种, 在新疆库尔勒、石河子和河北南官市 3 地进行“异地分期种植比较”, 研究了棉纤维的晶区取向参数的变化及其与纤维比强度的关系, 结果表明: 随纬度升高, 由中熟棉区向北疆早熟棉区推移过程中, 晶区取向参数升高, 纤维比强度降低。随播期的推迟, 相同果枝部位棉铃开花期随之推迟, 晶区取向参数随之逐渐变大(宽化), 纤维比强度降低。新疆品种到内地种植后, 晶区取向参数略有升高, 纤维比强度降低; 内地品种到新疆种植后, 晶区取向参数略有升高, 其纤维比强度降低, 但新疆与河北产棉区间纤维比强度的差异不大。在本研究条件下, 比强度与晶区取向参数均达到显著负相关, 纤维晶区取向参数的优化(变小)有利于纤维比强度的提高, 纤维晶区取向参数的变化是不同生态棉区纤维比强度改变的原因之一。

关键词:棉花; 晶区取向参数; 纤维比强度; 播期; 生态棉区

中图分类号:S562 **文献标识码:**A

文章编号:1002-7807(2008)01-0014-05

Variation of Cotton Fiber Orientational Parameters and Its Relation to Fiber Strength at Different Eco-regions

ZHAO Rui-hai¹, GOU Ling¹, HAN Chun-li¹, ZHANG Wang-feng¹, LEI Jun¹, BIAN Dong-cai²

(1. The Key Oasis Eco-agriculture Laboratory of Xinjiang Production and Construction Group of Shihezi University, Shihezi 832003, China; 2. School of Material Science and Chemical Engineering of Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300160, China)

Abstract: This article explored the variation of cotton fiber orientational parameters and its relation to fiber strength with the method of planting cotton by stages at the sites from the Yellow River Valley to north Xinjiang. The results showed that with the latitude increasing, fiber orientational parameters increased, while fiber strength decreased. With postponing sowing date, fiber orientational parameters increased and tended to largening(widening), while fiber strength decreased. There were same results after cotton cultivar breded at north Xinjiang was planted in Nangong, Hebei Province, and cotton cultivar breded at the Yellow River Valley was planted in Xinjiang. There was negative correlation between orientational parameters and fiber strength. The minishing(optimizing) of cotton fiber orientational parameters vailed enhancing fiber strength and the variation of orientational parameters is one of the reasons that changed fiber strength.

Key words: cotton; orientational parameter; fiber strength; sowing date; eco-region

收稿日期: 2006-10-18 作者简介: 赵瑞海(1979-), 男, 硕士, 助理研究员; * 通讯作者, doublezhao1@163.com

基金项目: 国家自然科学基金项目(39960037)、教育部优秀青年教师资助计划项目资助(2069) 和石河子大学高层次人才科研启动资金项目(RCZX200514)

棉纤维强度是衡量原棉品质最重要的指标之一。大量的研究表明:棉花纤维强度除了受品种的影响外,还取决于纤维加厚发育形成的次生壁特性,其中纤维的形态、组成和结构指标对纤维强度有较大影响^[1],而当纤维素含量达到一定限度以上后,成熟纤维强度将主要取决于纤维次生壁加厚模式以及纤维素聚合而成的基原纤、微原纤等的微观结构状况^[2]。成熟纤维的超分子结构是决定棉花纤维强度的重要内在因素^[3-5]。近年来,众多学者对于纤维结构与纤维强度相关性的报道较多^[6-8],但有关我国不同生态区植棉纤维超分子结构的变化及与纤维强度的关系报道较少。新疆是我国最大的商品棉生产基地,其独特的地理及气候优势有利于棉花纤维的生长发育,1992—1993年农业部纤维质量监督检验中心对全国各产棉省区的原棉纤维抽样调查,结果表明:新疆棉花纤维品质总体水平居全国第一,其中长度整齐度、比强度、伸长率等指标位居全国第一,在国内外享有较高声誉^[9-11],然而近几年,新疆棉花纤维品质总体水平有所下降^[11]。为此,本文采用不同棉区培育的棉花品种,进行“异地分期种植比较”,

着重对不同生态棉区成熟棉纤维的品质取向差异及其与纤维强度间的关系进行研究,揭示不同生态区棉花纤维强力形成的内在因素,探讨不同生态区成熟纤维强度的差异机制,对明确高强纤维的改良方向,采取切实可行的栽培、育种手段,提高纤维强度有重要意义。

1 材料和方法

1.1 基本情况

田间试验于2001—2002年在新疆棉区的北疆早熟棉亚区(石河子;44°N,86°E)、南疆中早熟棉亚区(库尔勒29团;41°N,85°E)和黄淮海棉区的河北(邢台南宫市;37°N,116°E)3个生态棉区设点进行;具体试验地点及各试验点0~20 cm土壤耕层养分状况见表1。室内检验分析分别于2002—2003年在石河子大学新疆兵团绿洲生态农业重点实验室以及其他相关单位实验室完成。

1.2 试验材料及设计

参试品种在三地采用两个品种进行品种异地种植比较(表2)。

表1 不同生态棉区试验田土壤养分状况

Table 1 Soil nutrients in different ecological conditions

试验地点	土壤类型	有机质 / %	碱解氮 / (mg · kg ⁻¹)	速效磷 / (mg · kg ⁻¹)	速效钾 / (mg · kg ⁻¹)
石河子	灰漠土	1.89	56.65	15.50	194.67
库尔勒	盐化草甸土	1.54	57.68	20.77	186.74
南宫市	褐化潮土	0.97	60.20	50.59	109.20

表2 参试品种基本状况

Table 2 Introduce of different cotton varieties

品种	品种熟性	生育期/d	培育单位	所在生态区	目前种植的生态区
新陆早9号	早熟陆地棉品种	125	新疆兵团农七师农科所	北疆特早熟棉区	北疆早熟棉区
中棉所35	早中熟陆地棉品种	145	中国农科院棉花研究所	黄淮海棉区	南疆、东疆早中熟棉区

各试验点统一供应参试用种,统一试验方案,田间随机区组设计,3次重复,小区面积30~60 m²。2001年仅在三地进行品种异地种植比较,未设播期试验,2002年在三地设置播期试验,各试验点均设3个播期,分别用I、II、III表示,是根据当地多年特点进行,以确保各播期取样果枝棉铃发育期气候条件(表3)能代表当地棉花伏前桃、伏桃和秋桃发育期的典型气象条件为原则,播种期依当地气候条件决定,种植方式及主要栽培管

理措施与当地生产相同。

在开花期,选取棉株的下部第2果枝、中部第5果枝、上部第8果枝、顶部第11果枝在当日所开的花上挂牌,并标明开花日期。在吐絮期逐一登记已标过开花期棉铃的吐絮日期,其中石河子第三播期标记棉铃未能正常成熟,测试样品为酷暑第7 d后自然开裂棉铃。待棉铃充分吐絮后收取定位果枝棉铃30~50个,样品统一进行室内考种测定。

纤维品质指标由农业部棉花品质监督检验测试中心采用 HVI900 系列仪进行测定, 执行 HVICC 校准水平。纤维晶区取向参数于 2004 年在天津工业大学材料科学与化学工程学院材料化学系测定。采用理学 D/max RA 型 X 射线衍射仪, 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^[16]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。数据处理采用 Microsoft Excel 和 SPSS 统计分析软件完成。

表 3 不同生态区棉铃发育期温湿条件

Table 3 Temperature and humidity during growth stage of cotton boll in different ecological conditions

年份	地区	品种	平均气温 /°C	最高气温 /°C	最低气温 /°C	日温差 /°C	相对湿度 /%
2001	石河子	新陆早 9 号	23.62	31.47	16.79	13.77	53.62
		中棉所 35	22.62	30.87	16.06	14.07	54.82
	库尔勒	新陆早 9 号	24.68	32.31	17.43	14.68	46.66
		中棉所 35	23.88	31.29	16.51	14.82	48.01
	南 宫	新陆早 9 号	26.04	31.44	21.87	9.53	81.02
		中棉所 35	25.85	31.28	21.64	9.60	80.88
2002	石河子	新陆早 9 号	24.22	31.91	16.56	15.35	54.82
		中棉所 35	23.32	31.01	15.74	15.27	55.29
	库尔勒	新陆早 9 号	24.34	32.62	16.99	15.63	45.80
		中棉所 35	24.23	32.54	16.79	15.75	45.87
	南 宫	新陆早 9 号	26.13	31.07	21.60	9.48	77.97
		中棉所 35	26.07	31.02	21.54	9.48	77.83

2 结果与分析

2.1 不同生态棉区棉花纤维超分子结构的变化

2.1.1 取向分散角 α 。取向分散角表征的是棉纤维次生壁螺旋结构中, 纤维素大分子聚合而成的晶粒在螺旋结构中的取向, 即微原纤取向与基原纤取向的夹角。 α 角愈小, 愈利于纤维强度提高(图 1)。不同生态区和播期间 α 角差异不显著, 品种间差异显著($P < 0.05$), 但交互作用均不显著。3 地间比较, 库尔勒 α 角最高, 为 $21.70 \sim 22.34^\circ$, 平均 22.02° ; 石河子最低, 为 $20.67 \sim 22.23^\circ$, 平均 21.45° ; 南宫市居中, 平均为 21.83° 。3 地播期间 α 角的变化趋势相似, 第 3 播期最高, 平均 22.26° ; 第 1 播期最低, 平均 21.37° ; 第 2 播期居中, 平均 21.68° 。2 品种间取向分散角 α 中棉所 35 最高, 为 $21.87 \sim 22.34^\circ$, 平均 22.15° ; 新陆早 9 号最低, 为 $20.67 \sim 21.79^\circ$, 平均 20.39° 。

2.1.2 螺旋角 ϕ 。螺旋角表征的是基原纤螺旋排列方向与纤维纵轴的夹角, ϕ 角愈小, 愈利于纤维强度提高(图 1)。不同生态区和品种间 ϕ 角差异极显著($P < 0.01$), 播期间差异不显著, 交互作用

亦不显著。3 地间比较, 库尔勒螺旋角 ϕ 最高, 为 $15.91 \sim 17.48^\circ$, 平均 16.70° ; 南宫市最低, 为 $15.48 \sim 15.73^\circ$, 平均 15.61° ; 石河子居中, 平均为 15.75° 。3 地播期间 ϕ 角的变化趋势相似, 随着开花期的推迟逐渐变大(宽化), 第 3 播期最高, 平均 16.59° ; 第 1 播期最低, 平均 15.64° ; 第 2 播期居中, 平均 15.82° 。2 品种间取向螺旋角 ϕ 中棉所 35 最高, 为 $15.73 \sim 17.48^\circ$, 平均 16.88° ; 新陆早 9 号最低, 为 $14.07 \sim 15.91^\circ$, 平均 15.15° 。

2.1.3 取向分布角 ψ 。取向分布角是棉纤维晶区取向性的总体反映, 其值愈小, 愈有利于纤维强度提高。其变化趋势与螺旋角 ϕ 基本相似(图 1)。3 地间比较, 库尔勒分布角 ψ 最高, 为 $31.41 \sim 34.61^\circ$, 平均 33.01° ; 南宫市最低, 为 $30.63 \sim 30.97^\circ$, 平均 30.80° ; 石河子居中, 平均为 31.15° 。3 地播期间 ψ 角比较, 第 3 播期最高, 平均 32.79° ; 第 1 播期最低, 平均 30.96° ; 第 2 播期居中, 平均 31.22° 。2 品种间取向分布角 ψ 中棉所 35 最高, 为 $30.97 \sim 34.61^\circ$, 平均 33.38° ; 新陆早 9 号最低, 为 $27.73 \sim 31.41^\circ$, 平均 29.92° 。

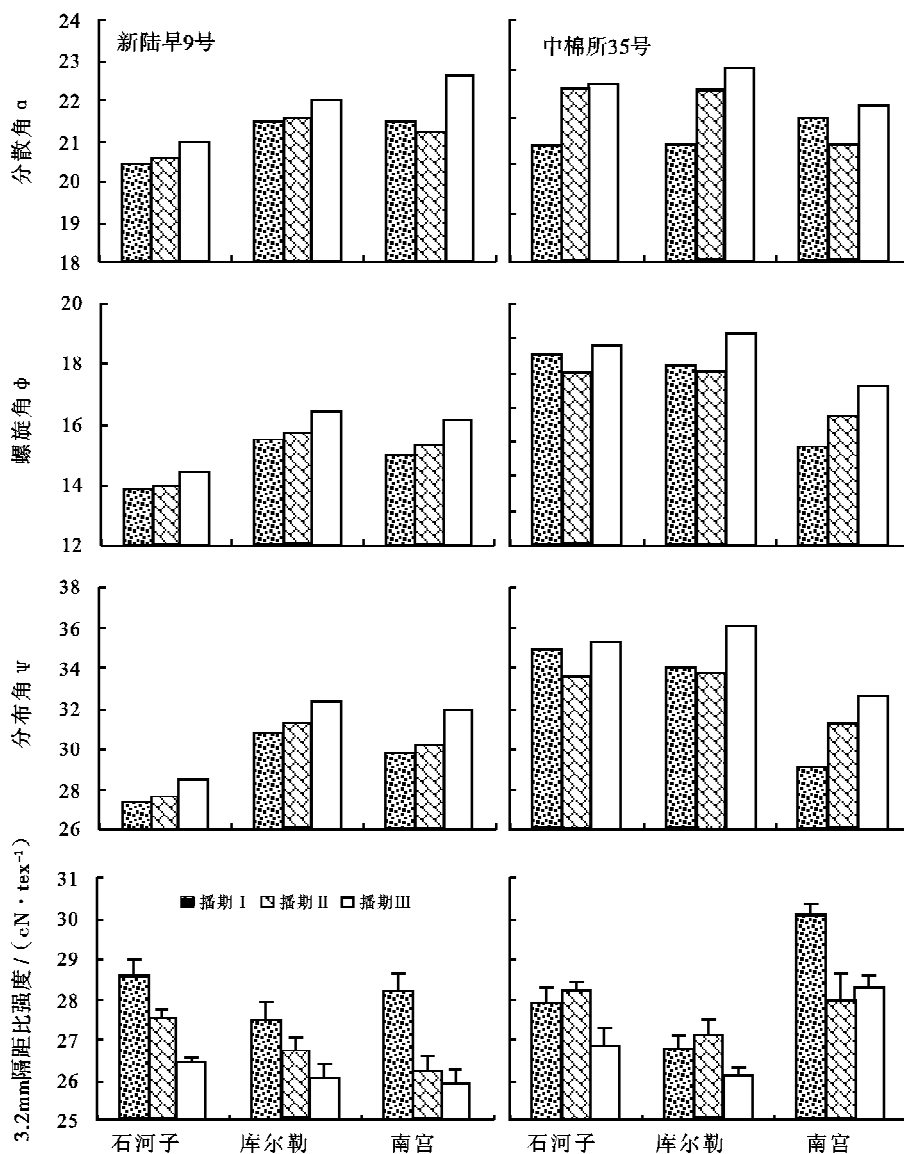


图 1 3 生态棉区 2 个棉花品种 3 个播期下纤维晶区取向参数及比强度比较
Fig. 1 Comparison of cotton fiber orientational parameters(°) and fiber strength among different sowing dates, cultivars, and eco-sites

2.2 不同生态棉区棉花纤维比强度的变化

比强度反映了纤维次生壁加厚和纤维成熟的程度。当发育期生态条件适宜时,棉纤维次生壁厚,成熟度高,比强度高^[2]。图 1 表明,不同生态区、品种和播期间纤维比强度差异显著($P < 0.05$),但播期与品种、播期与生态区间交互作用均不显著。3 地比较,纤维比强度以南宫市最高,平均 $27.78 \text{ cN} \cdot \text{tex}^{-1}$; 库尔勒最低,平均 $26.7 \text{ cN} \cdot \text{tex}^{-1}$; 石河子纤维比强度居中,平均为 $27.59 \text{ cN} \cdot \text{tex}^{-1}$ 。3 地播期间纤维比强度的变化趋势相似,第 1 播期最高,平均 $28.16 \text{ cN} \cdot \text{tex}^{-1}$; 第 3 播期比强度最低,平均 $26.62 \text{ cN} \cdot \text{tex}^{-1}$; 第 2 播期

居中,平均 $27.28 \text{ cN} \cdot \text{tex}^{-1}$ 。2 品种间纤维比强度以中棉所 35 最高,平均 $27.70 \text{ cN} \cdot \text{tex}^{-1}$; 新陆早 9 号比强度最低,平均 $27.01 \text{ cN} \cdot \text{tex}^{-1}$, 早中熟品种纤维比强度略高于早熟品种。

2.3 棉纤维晶区取向参数与比强度的关系

纤维比强度在不同生态棉区间表现为南宫市 $>$ 石河子 $>$ 库尔勒, 对应其晶区取向参数在生态棉区间的变化, 分散角 α 为库尔勒 $>$ 南宫市 $>$ 石河子; 螺旋角 ϕ 和分布角 ψ 为库尔勒 $>$ 石河子 $>$ 南宫市。对纤维比强度及晶区取向参数作相关分析(表 4), 比强度与分散角 α 、螺旋角 ϕ 和分布角 ψ 均达到显著负相关, 说明在本研究条件下, 纤维

晶区取向参数的优化(变小)有利于纤维比强度的提高,纤维晶区取向参数的变化,是不同生态棉区纤维比强度改变的原因之一。

表4 晶区取向参数与纤维比强度的相关分析

Table 4 Correlation coefficient between orientational parameters and fiber strength

变异因子	比强度/(cN · tex ⁻¹)
分散角 α	-0.475*
螺旋角 ϕ	-0.578*
分布角 ψ	-0.535*

3 结论与讨论

3.1 新陆早9号在三个生态棉区种植,其纤维比强度以石河子最高,南阳市次之,库尔勒最低;对照其纤维晶区取向参数,除分散角 α 表现为南阳市略高以外,螺旋角 ϕ 和分布角 ψ 均表现为库尔勒最高,石河子最低;新疆品种到内地种植后,晶区取向参数略有升高,纤维比强度降低。中棉所35在三个生态棉区,纤维比强度则以南阳市较高,石河子次之,库尔勒最低;对照其纤维晶区取向参数,均表现为库尔勒最高,南阳市最低;内地品种到新疆种植后,晶区取向参数略有升高,其纤维比强度降低,但纤维比强度差异不大。

3.2 影响棉花纤维强度(力)的主要有棉花纤维的形态结构、超分子结构与化学组成三个方面。在纤维发育过程中纤维素含量和纤维素聚合度与纤维强度显著相关,且聚合度的作用更加明显,纤维内部抱合愈好,强度愈高^[12]。棉纤维发育过程中超分子结构动态变化模式及与纤维素沉积的配合性,是影响成熟纤维强度的主要因素^[2,13]。本研究认为,新疆棉花品种在不同生态区种植,晶区取向参数以石河子最低,库尔勒最高,其纤维比强度以石河子最高,库尔勒最低;内地品种在不同生态区种植,南阳市棉花纤维晶区取向参数最低、较为优化是其纤维比强度表现最高的重要原因。棉纤维品质参数与分散角、螺旋角都有密切的相关性或强相关性,在形态结构基本相同的情况下,棉纤维的品质差异主要是 ϕ 、 α 的差异共同影响的结果。 ϕ 、 α 小,纤维比强度就大,他们之间存在较强的负相关,对于不同棉种, α 对纤维比强度的影响比 ϕ 的影响更大^[6-7,13]。棉纤维比强度受品种的遗传基因控制外,在很大程度上受种植地区生态条件的影响^[9],棉花纤维强度随日平均气温和最低气温的上升而增强^[15]。

3.3 海岛棉纤维比强度明显高于陆地棉,而且其纤维超分子结构也要优于陆地棉^[8]。因此,可以采用优质陆地棉品种与海岛棉进行杂交育种,以培育出纤维晶区取向参数优化、比强度高的优良棉花品种。另外,环境温度的升高也有利于纤维

晶区取向参数的变大,从而导致比强度的降低,因此,在异地引种时,可以适当调整播期等栽培措施,以利于纤维晶区取向参数优化(变小),提高纤维比强度。

参考文献:

- [1] 刘继华,尹承佶,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.
- [2] 刘继华,尹承佶,孙清荣,等.棉花纤维素累积与高强纤维形成[J].核农学报,1991,5(4):205-209.
- [3] 刘继华,尹承佶,于凤英,等.棉花成熟纤维强度差异机制的研究[J].棉花学报,1994,6(4):201-205.
- [4] 贾景农,边栋材,闻艳萍,等.棉纤维微观结构差异及与纤维强度的关系[J].纺织学报,1992,13(5):9-12.
- [5] 王永民.棉花纤维结构与纤维强度的关系[J].江西棉花,1993,(1):14-16.
- [6] 陶灵虎,刘稳生,封国林,等.棉纤维品质性状与取向参数的关系[J].作物学报,1998,24(2):221-224.
- [7] 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):620-626.
- [8] 刘继华,尹承佶,于凤英,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[J].中国农业科学,1996,29(1):59-65.
- [9] 郭柏林.我国棉花品质的地理评价[J].上海农业科学,1996,12(3):43-47.
- [10] 项时康,余楠,胡育昌,等.论我国棉花质量现状[J].棉花学报,1999,11(1):1-10.
- [11] 唐淑荣,杨伟华.我国主产棉省纤维品质现状分析与建议[J].棉花学报,2006,18(6):386-390.
- [12] 姚源松,娄春恒.新疆原棉含糖率高强力低的原因及解决途径[J].新疆农业科学,1992,(5):200-204.
- [13] 刘继华.棉花纤维强度及其形成机制[J].山东农业大学学报,1988,19(2):98-104.
- [14] 陶灵虎,刘新,刘稳生,等.棉纤维超微结构的研究[J].生物物理学报,2001,17(2):245-252.
- [15] 周治国,孟亚利,施培,等.日照时数时间分布对麦套棉铃主要品质性状的影响[J].中国农业科学,1999,32(1):40-45.
- [16] DELUCA L B, Orr R S. Crystallite orientation and spiral structure of cotton—Part I Native cottons[J]. Journal of Polymer Science, 1961,54:457-470. ●