

# 不同生态棉区棉花单铃重的变化及与气象因子关系的研究

张旺锋<sup>1,2</sup>, 勾玲<sup>1</sup>, 王振林<sup>2</sup>, 李少昆<sup>1,3</sup>, 余松烈<sup>2</sup>, 曹连莆<sup>1</sup>, 李伟明<sup>4</sup>

(<sup>1</sup> 石河子大学新疆作物高产研究中心, 石河子 832003; <sup>2</sup> 山东农业大学农学院, 泰安 271018; <sup>3</sup> 中国农业科学院作物育种栽培研究所 农业部作物遗传育种重点开放实验室, 北京 100081; <sup>4</sup> 河北省农林科学院棉花研究所, 石家庄 050051)

**摘要:** 采用不同生态区育成的品种, 在新疆的南、北疆棉区和河北棉区进行“双向异地种植”, 横向比较了不同生态棉区棉花产量库构成的变化。结果表明, 新疆棉区产量库构成因素中单铃重增加幅度最大, 南疆和北疆棉区单铃重分别为 5.89g~6.50g、5.43g~6.12g, 较河北南宫棉花铃重提高 51.16%~24.23%。新疆棉区单株结铃数虽低, 但因收获株数是河北南宫的 1.5 倍, 所以单位面积总铃数高于河北。新疆棉花铃重高, 表明在单位面积株数多的条件下个体生长仍较健壮, 这主要是因为新疆棉区日照时数多、日温差大, 光合产物生产与累积多, 既有利于个体发育, 又有利于光合产物在棉铃中的累积, 最终单铃重高, 这是新疆棉花获得高产的重要生理生态基础。

**关键词:** 棉花; 单铃重; 生态因子; 生态区

## Changes of Cotton Single Boll Weight at Different Eco-region and Correlation with Meteorological Factor

ZHANG Wang-feng<sup>1,2</sup>, GOU Ling<sup>1</sup>, WANG Zhen-lin<sup>2</sup>, LI Shao-kun<sup>1,3</sup>,  
YU Song-lie<sup>2</sup>, CAO Lian-pu<sup>1</sup>, LI Wei-ming<sup>4</sup>

(<sup>1</sup> Research Center of Xinjiang Crop High-yield, Shihezi University, Shihezi 832003;

<sup>2</sup> College of Agronomy, Shandong Agricultural University, Taian 271018;

<sup>3</sup> Institute of Crop Breeding and Cultivation Key Laboratory of Crop Genetic and Breeding, Ministry of Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081; <sup>4</sup> Institute of Cotton, Hebei Academy of Agricultural Sciences, Shijiazhuang 050051)

**Abstract:** In order to explore the physiological mechanism of high-yield cotton in Xinjiang systematically, and improve yield further, the comparison of yield sink characteristics was set between three ecological regions. Boll number per plant was lower in south and north of Xinjiang, but harvested plants was nearly 1.5 times higher than that in Nangong, so total boll number per unit area were greater. Weight of per boll in south and north of Xinjiang was 5.89-6.50g and 5.43-6.12g respectively, 51.16%-24.23% heavier than that in Nangong. Thermal difference between day and night was relatively greater in Xinjiang, it would be benefit to the accumulation of photosynthetic product in bolls. This is one of the main reasons for cotton's higher boll weight and yield in Xinjiang. This is the physiological and ecological reason for cotton high-yield in Xinjiang.

**Key words:** Cotton (*Gossypium hirsutum*); Single boll weight; Meteorological factor; Eco region

棉花产量库由铃数、铃重和衣分三因素构成。生态因素对棉花产量库特征有明显影响<sup>[1,2]</sup>。新疆

位于欧亚大陆腹地,属典型大陆性干旱气候,灌溉植棉,具有鲜明的地区特色,棉花产量库有其明显特

收稿日期:2002-02-22

基金项目:国家自然科学基金资助项目(39960037)

作者简介:张旺锋(1965-),男,甘肃静宁人,博士,副教授,主要从事棉花高产的生理生态研究。Tel:0993-2058723; Fax:0993-2058509; E-mail: zwf@sh@mail.xj.cninfo.net

点;据中国棉花学会、中国农业科学院棉花研究所等组织的新疆棉花考察团考察认为,新疆棉区的生态条件相当有利于棉铃、种子和纤维的发育<sup>[3]</sup>;又据中国棉花学会等单位专家在新疆鉴定高产田时,将新疆高产田(2 250kg/ha)与内地高产田(1 800kg/ha)的产量库进行比较,认为亩总铃数和衣分比较相近,而铃重内地明显偏低<sup>[4]</sup>。长期以来,新疆棉区的建设引起了各界极大重视,开展了大量的考察研究,阐述了新疆棉花物质生产特点<sup>[3~7]</sup>,然而,有关新疆棉区和内地棉区棉花产量库特征及与温光等气象因子关系的比较研究尚未见报道。本文采用“双

向异地种植”,对不同生态棉区棉花产量库进行比较,分析了单铃重的变化及与气候生态因素的关系,以揭示新疆棉花高产的原因。

## 1 材料与方法

### 1.1 基本情况

试验于 2000~2001 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(邢台南宮市;37°N,116°E)3 个生态区设点进行;试验地点及各试验地 0~20cm 土壤耕层养分状况见表 1。

表 1 不同生态区试验地土壤养分状况

Table 1 Content of soil nutrients in different ecological conditions

棉区 Cotton region	试验地点 Experiment spot	土壤类型 Soil type	有机质 Organic matter (%)	碱解氮 Hydrolyzable nitrogen (mg/kg)	速效磷 Available phosphorus (mg/kg)	速效钾 Available potassium (mg/kg)
北疆早熟棉区 North of Xinjiang early maturity cotton eco region	石河子大学,新疆 作物高产中心试验站	灰漠土 Desert grey soil	1.89	56.65	15.50	194.67
南疆中早熟棉区 South of Xinjiang middle-early maturity cotton eco region	库尔勒农二师 29 团农科站	草甸土 Salt meadow soil	1.35	57.68	40.50	186.74
黄淮海棉区 Huang-huai-hai middle-maturity cotton eco region	河北邢台南宮市 大高村镇	褐化潮土 Brown damp soil	0.97	60.20	50.59	109.20

### 1.2 品种及方法

参试品种 4 个,其中北疆棉区推广品种 2 个,分别为新陆早 9 号(兵团农七师农科所培育)、新陆早 10 号(石河子棉花研究所培育),南疆棉区主栽品种 2 个(均为从黄河流域棉区引进,1999 年新疆品种审定委员会审(认)定),分别为新陆中 8 号(河北省农林科学院棉花研究所培育)、中棉所 35(中国农业科学院棉花研究所培育)。各试验点统一供应参试品种,田间随机区组设计,3 次重复,小区面积 30~60 m<sup>2</sup>,种植方式和田间管理与当地大田棉花生产相同。在开花期间分 3~4 个时期,选棉株的下部第 2 果枝、中部第 5 果枝、上部第 8 果枝、顶部第 11 果枝 3~4 个部位当日所开的花挂牌标记开花日期。收获期按单铃收获各处理开花期相应的下、中、上、顶部等不同部位的棉铃各 30~50 个,棉铃样品统一进行室内考种测定,收获期调查各处理单位面积株数、单株结铃数,以实收产量计产。数据采用 SAS 统计软件处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同生态区棉花产量及产量库构成因素的变化

地区间平均产量表现为石河子>库尔勒>南宮市,对实收籽棉产量方差分析表明,地区间差异达极显著水平( $P<0.01$ );进一步分析产量库构成因素,每公顷总铃数表现为石河子>库尔勒>南宮市,但差异未达显著水平;而品种间总铃数的差异达显著水平( $P<0.05$ ),3 地平均中棉所 35、新陆早 9 号明显高于新陆中 8 号和新陆早 10 号。对不同生态区棉花产量及构成因素分析(表 2),新疆棉区单位面积总铃数高,主要是因为种植密度大,收获株数多,虽然单株结铃数有所降低,但单位面积总铃数提高。在产量库构成因素中,一般认为单铃重和衣分主要由品种特性决定,在同一棉区正常栽培条件下变幅较小;但在本试验条件下,不同生态棉区的单铃重和衣分差异较大;与河北棉区相比,新疆南、北疆棉花单铃重增幅较大,表现出明显的地区特点,这可能是新疆棉花取得高产的重要原因之一,也是新疆植棉的优势所在。

表 2 不同生态区棉花产量及产量构成因素

Table 2 Yield and yield components at different ecological conditions

地点 Experiment spot	品种 Varieties	收获株数 Plant numbers (plant/ ha)	单铃铃数 Boll numbers per plant	总铃数 Total boll numbers (boll/ ha)	单铃重 Boll weight (g)	衣分 Lint percentage (%)	实收籽棉产量 Seed cotton yield (kg/ ha)	折合皮棉产量 Lint yield (kg/ ha)
石河子 Shihezi	新陆早 9 号 Xinluzao9	150 525	6.47	973 897	5.43	44.6	4 848.5	2 161.0
	新陆早 10 号 Xinluzao10	150 525	5.80	873 045	5.55	45.7	4 500.6	2 055.0
	新陆中 8 号 Xinluzhong8	150 525	6.15	925 729	6.12	43.7	4 725.5	2 066.0
	中棉所 35 Zhongmiansuo35	150 525	6.40	963 360	5.64	43.5	4 519.2	1 964.9
	新陆早 9 号 Xinluzao9	151 350	6.55	991 343	6.28	41.7	4 229.1	1 763.5
库尔勒 Kuerle	新陆早 10 号 Xinluzao10	151 350	5.75	870 263	5.89	42.1	3 664.8	1 541.8
	新陆中 8 号 Xinluzhong8	151 350	5.80	877 830	6.50	42.4	4 105.8	1 739.6
	中棉所 35 Zhongmiansuo35	151 350	7.10	1 074 585	5.95	43.0	4 503.2	1 935.5
	新陆早 9 号 Xinluzao9	61 335	13.60	834 156	4.28	35.3	3 212.3	1 135.2
	新陆早 10 号 Xinluzao10	61 335	9.40	576 549	4.31	36.5	1 756.2	641.4
南宫市 Nangong	新陆中 8 号 Xinluzhong8	61 335	10.80	662 418	4.30	35.8	2 690.0	963.0
	中棉所 35 Zhongmiansuo35	61 335	15.10	926 159	4.54	36.6	3 846.2	1 409.2

在 3 个生态区,单铃重以库尔勒最高,石河子次之,南宫市最低;品种间单铃重在 3 地表现为新陆中 8 号 > 中棉所 35 > 新陆早 9 号 > 新陆早 10 号;对单铃重进行方差分析表明,不同生态棉区间单铃重差异达极显著水平,说明生态因素直接影响单铃重。不同品种单铃重差异亦达显著水平,3 个棉区间,石河子不同类型品种单铃重差异达极显著,内地引进中早熟类型品种新陆中 8 号的增重优势表现明显,达极显著水平;而中棉所 35 在河北南宫增重潜力显著大于其它 3 个;在库尔勒,品种间单铃重差异不显著,这表明北疆自育早熟、内地引进中早熟 2 种类型棉花品种的遗传潜力均能在库尔勒充分发挥出来。

## 2.2 棉花单铃重与生态因子关系的定性分析及动态模拟

棉花单铃增重除决定于品种遗传因素外,光、温等气象因素的影响很大。对棉花铃期气象因子进行相关分析,表明因子间存在显著相关关系,选取日均温( $x_1$ ),日温差( $x_4$ ), $\geq 15^\circ\text{C}$ 有效积温( $x_6$ )和铃期总日照时数( $x_8$ )4 个因子作为铃期温、光因子的代表,研究气象因子与铃重的定性关系。由于棉铃形成及铃重变化是不同生态棉区相互关联的各个气象因子综合作用结果,为了从复合结果中找出影响铃重的主要因子,采用通径分析,将各因子效应从复合结果中分解,比较各因子直接作用的大小。

### 2.2.1 棉花单铃重与气象因子的关系及模型建立

由表 3 可以看出,温光因子对铃重直接作用的大小因不同类型品种有差异,铃期日照时数是影响早熟类型品种单铃重的主要因子,为正效应;随着品种生育期延长,日温差逐渐成为影响单铃重的主要因子。日均温对不同类型品种铃重作用不同,对早熟类型品种,是影响铃重的第 2 位因子,对中早熟品种,是影响单铃重的第 3 位因子;有效积温对铃重的影响较小,表现为一定的正效应。

由于通径分析是以气象因子之间、气象因子与铃重之间关系线性化为前提,而事实上都存在不同程度的非线性关系,因此通径分析结果只是近似的、定性的、趋势性的。为了准确了解主要气象因子对铃重的真实贡献,采用逐步回归的方法,剔除模式中作用不显著因子,建立动态模型(表 4)可看出,日照时数入选最多,且多为主要因子;日温差在中早熟品种方程中入选; $\geq 15^\circ\text{C}$ 有效积温和日均温被剔除;这一结果与通径分析结果一致。因此在本试验条件下,铃期日照时数是影响早熟品种铃重增加的主要气象因子,铃期日温差是中早熟品种棉铃增重的主要气象因子。因此,有必要进一步分析日均温、日温差、日照时数在不同地区对铃重的作用大小,以找出各地区影响铃重的主要因子。

表 3 气象因子对棉花单铃重的直接通径系数比较

Table 3 Comparison of direct path coefficient of single cotton boll weight under different meteorological factor

品种 Varieties	日均温 Mean daily temperature $x_1$	日温差 Daily temperature difference $x_4$	$\geq 15^\circ\text{C}$ 有效积温 Active accumulated temperature $x_6$	总日照时数 Total hours of sunshine $x_8$
新陆早 9 号 Xinluzao9	0.3359	0.1966	0.1046	0.7911**
新陆早 10 号 Xinluzao10	0.2470	0.3650*	0.0353	0.6790**
新陆中 8 号 Xinluzhong8	0.1248	0.4290*	0.1173	0.4104*
中棉所 35 Zhongmiansuo35	0.2624	0.6525**	0.1936	0.3256

表 4 棉花单铃重与气象因子间的输入—输出模型

Table 4 Input-output model between single cotton boll weight and meteorological factor

品种 Varieties	模型 Model	复相关系数 Multiple coefficients
新陆早 9 号 Xinluzao9	$y = 3.2910 + 0.0034 x_8$	0.8109**
新陆早 10 号 Xinluzao10	$y = 1.2672 + 0.0087 x_8$	0.9507**
新陆中 8 号 Xinluzhong8	$y = 2.4738 + 0.0053 x_8$	0.8072**
中棉所 35 zhongmiansuo35	$y = 1.9135 + 0.2744 x_4$	0.7469*

2.2.2 不同生态棉区棉花单铃重与气象因子的关系分析 日均温、日温差、总日照时数与铃重关系在不同地区表现不同(表 5),在早熟棉区石河子,日平

均温度对铃重的直接通径系数最大,说明石河子地区铃期低温可能是限制铃重增加的主要气象因子,而且低温对中早熟品种影响更大;在早中熟棉区库尔勒,早熟品种对铃期日均温、总日照时数反应敏感,中早熟品种对日温差反应敏感,所以铃期阴天多、光照不足是影响单铃重提高的主要限制因子;在中熟棉区的河北南宫,铃重受控于铃期日温差,特别是中早熟品种对日温差反应更敏感,表明昼夜温差小是棉铃增重的主要限制气象因子。分析表明,随生态棉区的无霜期延长,热量资源丰富,限制单铃重提高的气象因子由日均温向日温差过渡,中早熟类型品种较早熟类型品种反应更为敏感。

表 5 不同生态棉区气象因子对棉花单铃重的直接通径系数

Table 5 Direct path coefficient of single cotton boll weight under meteorological factor at different ecological conditions

地区 Region	品种类型 Variety type	日均温 Mean daily temperature	日温差 Daily temperature difference	总日照时数 Total hours of sunshine
石河子 Shihezi	早熟品种 Early-maturing varieties	0.8775**	0.1728	0.0882
	中早熟品种 Middle-early-maturing varieties	1.4064**	0.7661	0.3713
库尔勒 Kuerle	早熟品种 Early-maturing varieties	1.6488**	0.6543*	1.4445**
	中早熟品种 Middle-early-maturing varieties	0.3886	0.6212*	0.2120
南宫市 Nangong	早熟品种 Early-maturing varieties	0.0831	0.2249	0.1870
	中早熟品种 Middle-early-maturing varieties	0.1593	0.5936*	0.0023

### 2.3 单铃重与铃期主要气象因子的定量分析

在定性分析基础上,以气象因子为自变量,单铃重为因变量建立回归方程,方程符合  $y = ax^2 + bx + c$  二次曲线,据此模式,经逐步回归建立日均温或日温差与单铃重关系的输入—输出模型(表 6)。进一步利用边缘分析方法,考察温度和温差对单铃重的边际效应(表 7)。

边际效应值反映了不同品种对气象因子反应的特征。从铃期日均温或日温差、总日照时数与铃重关系的输入输出模式和边际效应的数学模型可以得

出:各品种的单铃重形成系统在不同生态棉区都存在一个最适日均温或日温差( $t_0$ ),在最适日均温或日温差条件下,系统输出量最大。在石河子,早熟类型品种新陆早 9 号、新陆早 10 号铃期最适日均温度为  $25.54^\circ\text{C}$ ,中早熟类型新陆中 8 号、中棉所 35 为  $22.9^\circ\text{C}$ ,比前者低  $2.56^\circ\text{C}$ ;在库尔勒,早熟品种最适日均温为  $23.03^\circ\text{C}$ ,中早熟品种铃期最适日温差为  $14.03^\circ\text{C}$ ,单铃重最大。在南宫市,早熟品种在日温差为  $11.13^\circ\text{C}$  时,单铃重最大,而中早熟品种在日温差为  $13.77^\circ\text{C}$  时单铃重才能最大。

表 6 铃期日均温或日温差、总日照时数与单铃重关系的输入—输出模型

Table 6 Input-output model among boll weight and mean daily temperature (daily temperature difference), total hours of sunshine

地区 Region	品种类型 Variety type	模型 Model	复相关系数 Multiple coefficients	样本数 Sample amount
石河子 Shihezi	早熟品种 Early maturing varieties	$y = -0.1720 x_1^2 + 8.7854 x_1 - 106.4591$	0.8684**	40
	中早熟品种 Middle-early maturing varieties	$y = -0.1104 x_1^2 + 5.0570 x_1 - 51.9104$	0.8521**	40
库尔勒 Kuerle	早熟品种 Early maturing varieties	$y = -0.0914 x_1^2 + 4.2099 x_1 + 0.001525 x_8 + 42.10$	0.8868**	40
	中早熟品种 Middle-early maturing varieties	$y = -0.0782 x_4^2 - 2.2350 x_4 + 8.8993$	0.8736**	40
南宫市 Nangong	早熟品种 Early maturing varieties	$y = -0.03618 x_4^2 + 0.8055 x_4 + 0.01837$	0.8049*	40
	中早熟品种 Middle-early maturing varieties	$y = -0.1536 x_4^2 + 4.2287 x_4 - 23.2968$	0.7826*	40

表 7 铃期日均温(日温差)、总日照时数对单铃重的边际效应模型

Table 7 Border effect model of boll weight under mean daily temperature(temperature difference), total hours of sunshine

地区 Region	品种类型 Variety type	日均温或日温差边际效应模型 Border effect model of mean daily temperature(daily temperature difference)	最适温度或温差 Optimum temperature (temperature difference)	$y'$ 变化率 $y'$ change rate
石河子 Shihezi	早熟品种 Early maturing varieties	$y' = -0.3449(x_1 - 25.54)$	25.54	-0.3449
	中早熟品种 Middle-early maturing varieties	$y' = -0.2208(x_1 - 22.90)$	22.9	-0.2208
库尔勒 Kuerle	早熟品种 Early maturing varieties	$y' = -0.1828(x_1 - 23.03)$	23.03	-0.1828
	中早熟品种 Middle-early maturing varieties	$y' = -0.1564(x_4 - 14.29)$	14.29	-0.1564
南宫市 Nangong	早熟品种 Early maturing varieties	$y' = -0.0724(x_4 - 11.13)$	11.13	-0.0724
	中早熟品种 Middle-early maturing varieties	$y' = -0.3072(x_4 - 13.77)$	13.77	-0.3072

温度的边际效应随着铃期日均温或日温差的不同而变化,当温度或温差  $t = t_0 = b/(2a)$  时,  $y' = 2at_0 - b = 0$ ,说明铃期日均温或日温差是单铃重形成系统的最适温度  $t_0$  时,内部代谢系统处于最适状态;当  $t < t_0$  时,  $y' > 0$ ,边际效应值为正,提高温度或温差有利于改善其内部状态,使之输出的单铃重提高,且  $t$  愈低,边际效应愈大;当  $t > t_0$  时,  $y' < 0$ ,边际效应为负,降低  $t$  有利于单铃重提高;并且  $t$  越高,降低  $1^\circ\text{C}$ ,单铃重的升幅愈大。地区间表现为中早熟品种温度边际效应变化率小于早熟品种,而温差边际效应变化率则大于早熟品种。说明品种之间对温度反应存在强弱差别,边际效应变化率绝对值高的品种在最适温度或温差下,降低或升高  $1^\circ\text{C}$ ,引起边际效应绝对值较大幅度的增加,单铃重的稳定性差,

反映这类品种单铃重形成时,对最适温度或温差的要求较严,对温度变化反应敏感。

### 3 讨论与结论

新疆南、北疆棉花产量库特征表现出,虽然单株结铃数低于河北,但由于收获株数是河北棉区的近 1.5 倍,所以单位面积总铃数明显高于河北;单铃重和衣分亦明显高于河北;与河北棉区相比,在总铃数、单铃重和衣分 3 因素中,增幅最大的则是单铃重,达 24.23% ~ 51.16%,大于总铃数和衣分的增幅。所以新疆棉花高产,是单铃重充分发展,总铃数和衣分也得到相应发展的结果,这与新疆棉区温光气候资源有关。新疆棉区日照时间长、平均温度高、日温差大,有利于棉花光合物质的生产及在棉铃中

累积,从而达到了“强源、大库、流畅”的特点,这是新疆棉区获得高产的重要生理基础。

比较 3 个生态棉区在 7 月上旬至 9 月上旬棉铃发育期间,日温相差不大,9 月中旬至 10 月上旬,石河子地区温度急剧下降接近 0℃,而南疆库尔勒气温下降缓慢,至 10 月下旬还维持 0℃以上,这说明生育后期低温可能是影响石河子地区棉株上部尚未吐絮棉铃重的限制因子。3 个生态棉区铃期日温差表现为南疆库尔勒和北疆石河子均高于河北南宫市,库尔勒在 9 月中旬至 10 月下旬日温差又明显高于石河子,这可能是南疆库尔勒棉花铃重明显高于北疆石河子和河北南宫的主要原因。河北棉区铃期昼夜温差较小,影响了光合产物在棉铃中累积,最终单铃重较低;日温差小是影响河北棉区单铃重提高的主要限制因子。因此,在新疆棉花生产上,采取“矮、密、早、膜”的栽培技术路线,使绝大部分棉铃在 9 月中旬左右吐絮,是实现棉花优质高产的主要途径。

## References

- [ 1 ] Zhao D L, Xu X, Wang H W, Xu Y Z. A Preliminary Study on Effect of Climatic Factors on the Principal Economic Characters of Cotton Bolls. *Agricultural Meteorology*, 1987, 8(1): 25 - 27. (in Chinese)  
赵都利, 许 萱, 王汉文, 许玉璋. 气候因素对棉铃主要经济性状影响的初步研究. *农业气象*, 1987, 8(1): 25 - 27.
- [ 2 ] Zhou Z G, Meng Y L, Shi P, Shen Y Q, Jia Z K. Study of the Relationship between Boll Weight in Wheat-Cotton Double Cropping and Meteorological Factors in Boll Period. *Acta Gossypii Sinica*, 2000, 12(3): 122 - 126. (in Chinese)  
周治国, 孟亚利, 施 培, 沈煜清, 贾志宽. 麦棉两熟棉铃重与铃期气象因子关系之研究. *棉花学报*, 2000, 12(3): 122 - 126.
- [ 3 ] Cotton Research Institute of CAAS. *Culture Sciences of Cotton in China*. Shanghai: Shanghai Publishing House of Science and Technology, 1983: 66 - 67. (in Chinese)  
中国农业科学院棉花研究所. *中国棉花栽培学*. 上海: 上海科学技术出版社, 1983: 66 - 67.
- [ 4 ] Cotton Science Society of China, Cotton Science Society of Xinjiang. Authenticating and Review group of high yield in Xinjiang. Report of Authenticating and technology Review on high yield cotton field in Xinjiang. *China Cotton*, 1991, (1): 2 - 4. (in Chinese)  
中国棉花学会, 新疆棉花学会, 新疆高产棉田鉴定考察组. 新疆高产棉田鉴定与技术考察报告. *中国棉花*, 1991, (1): 2 - 4.
- [ 5 ] Liu G L, Qiu J J. Study on scientific construction of Xinjiang cotton region. *Acta Agronomica Sinica*, 1998, 24(6): 641 - 650. (in Chinese)  
刘更另, 邱建军. 科学建设新疆棉区. *作物学报*, 1998, 24(6): 641 - 650.
- [ 6 ] Zhang W F, Gou L, Li M C, Liu K Z, Li Z H. Studies on the relationship between canopy apparent photosynthesis rate and yield. *Acta Gossypii Sinica*, 1999, 11(4): 185 - 190. (in Chinese)  
张旺锋, 勾 玲, 李蒙春, 刘克贞, 李振河. 北疆高产棉田群体光合速率及与产量关系的研究. *棉花学报*, 1999, 11(4): 185 - 190.
- [ 7 ] Li S K, Zhang W F, Ma F Y, Wang K R, Mu Z X. A Study on Physiological Characteristics of Super High Yield (Lint 2000kg/ha) Cotton in North Xinjiang. *Acta Agronomica Sinica*, 2000, 26(4): 508 - 512. (in Chinese)  
李少昆, 张旺锋, 马富裕, 王克如, 慕自新. 北疆超高产棉花(皮棉 2000kg/ha) 生理特性研究. *作物学报*, 2000, 26(4): 508 - 512.