

建国以来我国长江流域棉区棉花品种的遗传改良

I. 产量及产量组分性状的改良

张德贵¹ 孔繁玲² 张群远² 刘文欣² 杨付新³ 许乃银⁴ 廖琴⁵ 邹奎⁵

(¹中国农业科学院作物育种栽培研究所, 北京 100081; ²中国农业大学作物学院, 北京 100094; ³中国农业科学院棉花研究所, 河南安阳 455112; ⁴江苏省农业科学院经济作物研究所, 江苏南京 210014; ⁵全国农业技术推广服务中心, 北京 100086)

摘要 本文是我国长江流域棉区棉花品种遗传改良研究的系列报道之一, 目的在于探讨建国以来我国长江棉区棉花品种在产量和产量组分性状(株铃数、铃重和衣分)上遗传改良的成效。对不同历史时期 11 个代表性品种两年 7 点的试验资料和 30 多年区域试验历史资料的研究表明, 建国以来, 我国长江棉区棉花品种的产量性状改良成效显著, 品种的产量以每年 5.73~8.16 kg/hm² 的速度增长, 平均约为 6.50 kg/hm²·年。品种的狭义遗传改良贡献率约为 36.9% (4.2%~52.1%), 广义遗传改良贡献率约为 62.0%。目前品种的增产效应中, 45.0% 归因于基因型的改良, 20.4% 归因于基因型 and 环境的互作。建国以来各时期代表品种的增产途径大致可分为以基因型效应为主、以基因型环境互作效应为主、和兼有基因型效应和基因型环境互作效应三种类型。近期育成的品种与早期品种相比, 皮棉产量提高 24.3% (254.8 kg/hm²), 株铃数提高 3.49 个/株, 衣分提高 2.80%, 铃重变化不明显。现代品种产量的提高主要是通过株铃数和衣分的提高来实现的; 在不同时期, 铃数、铃重、衣分对产量的贡献不同。这种变化反映出该棉区育种策略和选择重点的变化。大铃和高衣分品种的筛选是目前该棉区产量育种的有效途径。最后, 本文对长江棉区棉花育种的有关策略作了简要讨论。

关键词 棉花; 长江流域; 遗传改良

中图分类号: S562 **文献标识码**: A

Genetic Improvement of Cotton Varieties in the Yangtse Valley in China since 1950s

I. Improvement on Yield and Yield Components

ZHANG De-Gui¹ KONG Fan-Ling^{2*} ZHANG Qun-Yuan² LU Wen-Xin² YANG Fu-Xin³
XU Nai-Yin⁴ LAO Qin⁵ ZOU Kui⁵

(¹ Institute of Crop, CAAS, Beijing 100081, China; ² College of Crop Science, China Agricultural University, Beijing 100094, China; ³ Cotton Research Institute, CAAS, Anyang 455112, China; ⁴ Institute of Economic Crops, Jiangsu Academy of Agricultural Science, Nanjing 210014, China; ⁵ National Extension and Service Center of Agricultural Technology, Beijing 100086, China)

Abstract This paper is one of a series of reports on the genetic improvement of cotton varieties in the Yangtse valley in China since 1950s, the purpose of which is to study the genetic improvements on yield and yield components (bolls per plant, boll size and lint percentage). Experimental data of 11 representative varieties at 7 locations in two years and historical data of regional cotton trials in the Yangtse valley in the last 30 years were analyzed. The results indicated that the effect of genetic improvement of cotton varieties in the Yangtse valley was significant, the average increase of the lint yield in the last 50 years is 6.50 kg/hm² per year; the narrow-sense contributive ratio of genetic improvement is 36.9% (4.2%~52.1%); the broad-sense contributive ratio of genetic improvement is 62.0%. 45.0% and 20.4% of the increase of the current varieties were due to

* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30070433)。

作者简介: 张德贵, 男, 中国农业大学作物遗传育种学硕士, 现工作于中国农业科学院作物所(Tel: 68918740)。

通讯作者: 孔繁玲, 女, 教授, 博士生导师(Tel: 62893397)

Received on (收稿日期): 2001-09-26, Accepted on (接受日期): 2002-07-16

genotype and genotype-environmental interaction respectively. Compared to old varieties, lint yield of the current varieties increased by 24.3%, number of bolls by 3.49 per plant, lint percentage by 2.80% and boll size changed non-significantly. The yield increase of the current varieties was mainly caused by the improvements of number of bolls per plant and lint percentage. The relative effects number of bolls per plant and boll size and lint percentage on lint yield varied at different stages, which reflected the change of breeding strategy and selection emphasis. Selection for big bolls and high lint percentage would be a valid strategy for cotton lint yield breeding in the Yangtse valley.

Key words Cotton; The Yangtse valley; Genetic improvement

在农业部有关部门和国家自然科学基金的资助下, 中国农业大学和中国农业科学院棉花研究所等五个单位曾深入研究了我国黄淮棉区自建国以来的品种改良及演变情况。在河北、河南、山东、山西和北京等省市广泛布点安排试验, 并搜集整理研究了建国以来该棉区历年的棉花区域试验资料。通过对历史上代表性品种的横向比较和对区试资料的纵向研究, 在产量、品质、抗性和熟期乃至品种适应性、稳定性等诸多方面定量地分析了该棉区棉花品种遗传改良的成效与不足, 并对该棉区今后棉花育种的有关问题进行了探讨^[1-3]。

长江棉区是我国三大主产棉区之一, 其重要性不亚于黄淮棉区。为了全面总结认识该棉区棉花育种的经验与不足, 中国农业大学和中国农科院棉花所会同四川、湖南、湖北、江苏和浙江等省有关单位, 在农业部资助下, 继黄淮棉区的研究之后, 从1999年始, 开展了我国长江棉区棉花品种的改良及演变研究。同样是利用代表性品种的横向比较与多年历史区试资料的纵向研究, 分析该区棉花遗传改良的成就与不足。本论文就是该研究中关于产量及产量组分性状分析的阶段性总结, 其余有关品

质、抗性、早熟性、稳定性和综合特性的分析将持续报道。

1 材料和方法

1.1 不同历史时期代表品种比较试验

选择不同历史时期在长江流域棉区曾占据主导地位的代表品种 11 个(详见表 1), 由中国农业科学院棉花研究所种质库提供各品种原种种子, 1999 年在河南安阳繁种, 2000、2001 连续两年在长江流域的四川射洪、湖南常德、湖北荆州和武昌、浙江慈溪、江苏南通和泗阳共 7 个试点进行比较试验(随机完全区组设计, 3 重复, 3 行区, 小区面积 20 m²)。由于早期品种一般不抗枯、黄萎病, 本研究特选用无病地或病轻地进行试验, 使抗病和非抗病品种均能够充分表达自身特点, 有利于品种特性的客观评价。试验考查性状包括生育性状(出苗期、开花期、吐絮期、生育期)、植株性状(株高、果枝数)、产量性状(收获株数、铃重、单株结铃数、子棉产量、皮棉产量、霜前皮棉产量、霜前花率、僵瓣率、衣分、子指、衣指、不孕籽率)和品质性状(2.5% 跨长、长度整齐度、比强度、伸长率、马克

表 1 长江棉区不同历史时期 11 个代表品种

Table 1 Eleven representative cotton varieties in the Yangtse region

品种 Variety	育成年份 Release year	选育单位 Breeding institution	来源 Genetic source
苏棉 12 Sumian No. 12	1995	江苏省太仓棉花原种场	(8004 × 冀合 328)F ₁ × 9101
泗棉 3 号 Sinian No. 3	1989	江苏泗阳棉花原种场	岱盐抗 76-75 × 泗 791
盐棉 48 Yanmian No. 48	1982	江苏沿海地区农科所	植保 86-1 × 鲁棉 1 号
湘棉 10 号 Xiangmian No. 10	1981	湖南省棉花所与澧县农科所	(岱红岱 × 陕棉 4 号) × 岱红岱
泗棉 2 号 Sinian No. 2	1980	江苏省泗阳棉花原种场	泗阳 437 × 墨西哥 910
鄂荆 1 号 Ejing No. 1	1979	湖北荆州地区农科所	锦棉 2 号 × 荆棉 4 号 × 安通 SP-21
植保 86-1 Zhibao 86-1	1975	中国农科院植保所	陕棉 5 号系选
川 73-27 Chuan 73-27	1973	四川省棉花枯萎病协作所	陕棉 4 号系选
岱红岱 Daihongdai	1973	湖南省棉花试验站	(岱字棉 15 号 × 一树红) × 岱字棉 15 号
鄂棉 6 号 Emian No. 6	1966	湖北农科所	岱字棉 15 号系选
岱字棉 15 号 Daizimian No. 15	1950	美国滩松种子公司	岱字棉 14 号系选

隆值)。试验管理和性状观测记载均按国家棉花区域试验标准进行。

1.2 历史区试资料

本研究还利用了1956~2000年(缺1966~1978年)长江流域棉花区域试验的产量、品质、抗病性等性状的历史资料(由中国农业科学院棉花研究所和江苏省农业科学院经济作物研究所提供)。根据不同历史时期品种区试所用对照品种的不同,将该资料划分为4个时期:岱字棉15号时期I(1956~1965)、岱字棉15号时期II(1979~1883)、泗棉2号时期(1984~1993)和泗棉3号时期(1994~2000)。为了使同一时期内不同年份的试验资料有可比性,用以下公式对各品种在各试点的数据进行矫正:

$$\hat{y}_{ijk} = \frac{\overline{CK}_i}{CK_{ij}} \times y_{ijk}$$

y_{ijk} 表示第*k*个品种在第*j*年第*i*个试点的产量; \overline{CK}_i 表示对照品种在第*j*年第*i*个试点的产量; CK_{ij} 指对照品种在第*i*个试点的所有参试年份的平均产量; \hat{y}_{ijk} 指第*k*个品种在第*j*年第*i*个试点经对照矫正后的产量。

为了便于论述,以后文中称1.1的资料为试验资料,1.2的资料为历史资料。

品种遗传改良贡献率采用回归分析和Simmonds的效应剖分法^[4]进行估计。

2 结果与分析

2000年长江棉区气候情况是,前期温度偏高,

热量充足,伏旱明显,有利于棉花的生长发育,中后期降水偏多,烂铃与蕾铃脱落较严重。2001年气候条件和总体产量水平与2000年相近。从总体看,两年气候条件对长江棉区的气候特点是有代表性的年份。

首先分析品种比较精确度(VCP)^[5,6],从两年多点试验的总体看,皮棉产量的VCP为10.9%,株铃数、铃重和衣分分别为5.0%、3.4%和2.7%;从单年多点的两年情况看,皮棉产量VCP分别为11.7%和11.4%,株铃数的两年均为12.2%,铃重的分别为4.6%和4.0%,衣分的平均为4.1%。由此可见,本研究两年试验总体可鉴别出比对照增减11.0%的差异,单年试验可鉴别出比对照增减12%的差异。

在此基础上,对该棉区育成品种产量及产量组分性状的遗传改良、遗传改良对产量提高的贡献率,以及产量与产量组分性状间关系的演变进展进行分析与探讨,得到如下结果。

2.1 产量及产量组分性状的遗传改良

两年试验资料的联合方差分析表明,各品种皮棉产量、霜前皮棉产量和产量组分性状(株铃数、铃重和衣分)的均方值都达到显著或极显著水平,说明不同时期育成品种在这些性状上确实存在真实差异。试验资料中各品种皮棉产量及产量组分性状的平均数和最小显著差数LSD_{0.05}列于表2。历史资料中各时期产量及产量组分性状的均值和LSD_{0.05}列于表3。

表2 代表性品种的皮棉产量及产量组分性状的平均数和最小显著差数(试验资料)

Table 2 Means of lint yield and yield components of the representative varieties and the corresponding LSD_{0.05}(experiment data)

品种名称 Variety	皮棉产量 Lint yield (kg/hm ²)	霜前皮棉产量 Frostless lint yield(kg/hm ²)	株铃数 Bolls per plant	铃重 Boll size (g)	衣分 Lint percentage (%)
苏棉12号 Sumian No. 12	1395.1	1123.0	22.15	5.70	41.31
泗棉3号 Simian No. 3	1212.4	1022.8	21.28	5.23	39.31
盐棉48 Yanmian No. 8	1132.2	955.6	20.77	5.54	37.29
湘棉10号 Xiangmian No. 10	1318.6	1086.5	20.47	5.55	41.84
泗棉2号 Simian No. 2	1133.0	873.2	20.24	5.15	40.31
鄂荆1号 Ejing No. 1	1343.9	1059.4	19.89	6.50	39.91
植保861 Zhibao 86-1	826.5	710.9	15.22	5.80	34.12
川73-27 Chuan 73-27	1241.0	1012.2	20.80	5.42	40.55
岱红岱 Daihongdai	893.4	652.0	17.48	5.78	35.22
鄂棉6号 Emian No. 6	1161.5	937.7	19.32	5.92	37.48
岱字棉15号 Daizimian No. 15	1122.5	853.3	18.32	5.83	40.12
LSD _{0.05}	126.9	117.8	0.99	0.19	1.05

2.1.1 皮棉产量的遗传改良 由表 2 的前两列可见, 随着新旧品种的更替, 品种的产量潜力不断提高, 近期育成的品种苏棉 12 皮棉产量达 1395.1 kg/hm^2 , 比岱字棉 15 号高 272.6 kg/hm^2 , 提高了 24.3%, 霜前皮棉产量比岱字棉 15 号高 269.7 kg/hm^2 , 提高了 31.6%。若以植保 86-1、川 73-27、岱红岱、鄂棉 6 号和岱字棉 15 号代表早期品种, 以盐棉 48、湘棉 10 号、泗棉 2 号和鄂荆 1 号代表中期品种, 以苏棉 12 和泗棉 3 号代表近期品种, 则早期品种的平均皮棉和霜前皮棉产量分别为 1049.0 kg/hm^2 和 833.2 kg/hm^2 , 中期品种分别为 1231.9 kg/hm^2 和 993.7 kg/hm^2 ; 近期品种相应的产量分别为 1303.8 kg/hm^2 和 1072.9 kg/hm^2 ; 近期品种比早期品种单产提高了 24.3% (254.8 kg/hm^2), 霜前皮棉产量提高了 28.8% (239.7 kg/hm^2)。

另外, 由表 3 也可看出, 不同历史时期区域试验中供试品种的平均皮棉产量呈与期俱进的趋势, 泗棉 3 号时期的平均皮棉产量 (1304.7 kg/hm^2) 比岱字棉 15 号时期 I (965.1 kg/hm^2) 提高了 35.1% (339.0 kg/hm^2)。

表 3 不同时期区试参试品种的产量及组分性状的均值(历史资料)

Table 3 Means of yield and yield components of varieties involved in regional trials in different periods (historical data)

时期 Period	皮棉产量 Lint yield (kg/hm^2)	株铃数 Bolls per plant	铃重 Boll size (g)	衣分 Lint percentage (%)
岱字棉 15 号时期 I (1956~ 1965) Period Daizimian No. 15 (I)	965.7	12.45	4.92	37.02
岱字棉 15 号时期 II (1979~ 1983) Period Daizimian No. 15 (II)	960.6	13.75	4.93	38.72
泗棉 2 号时期 (1984~ 1993) Period Simian No. 2	1183.7	17.26	5.21	39.24
泗棉 3 号时期 (1994~ 2000) Period Simian No. 3	1304.7	18.96	5.42	41.93

由于不同历史时期采用不同的对照品种, 会使表 3 中不同历史时期产量均值的比较在一定程度上受到基因型与年份互作的影响; 且近期育成品种对环境的适应性平均说来要优于早期品种^[3], 所以表 3 所得皮棉产量的提高量(35.1%)可能是一个偏高的估计量。而由表 2 所得的皮棉产量的提高量(24.3%)则应该是较为客观实际的产量进步估计值。当然, 如果能增加供试代表性品种的数量并适当延长试验年份数, 则该估计值会更趋准确。

2.1.2 产量组分性状的遗传改良 由表 2 的后

三列可以看出: 不同时期品种株铃数和衣分呈较明显的增加趋势, 铃重变化不显著。近期的两个品种比早期的五个品种每株多成铃 349 个(由 1823 个/株提高到 2172 个/株), 衣分提高了 280 个百分点(由 37.50% 提高到 40.30%)。

由表 2 还可看出, 品种产量水平的提高是以产量组分的综合改良为基础的, 近期育成的品种苏棉 12 株铃数最多, 衣分次高, 铃重中等; 中期品种鄂荆 1 号铃重最高(650g), 株铃数较高, 衣分中等, 该二品种的三组分搭配均较好, 所以产量最高, 与其它高产品种相比, 鄂荆 1 号主要是以大铃取胜的。岱字棉 15 号衣分较高, 铃重中等, 但株铃数较少; 盐棉 48 的株铃数较高, 铃重中等, 但衣分较低, 所以产量不高。植保 86-1 和岱红岱的铃重中等, 衣分和株铃数都很低, 所以产量很低。

由表 3 的后 3 列可明显的看出, 历史区试中参试品种的 3 个产量组分性状随育成时期明显进步。同样, 表 3 的产量组分性状值也受到不同历史时期气候条件和栽培措施的影响, 因而只能看作这些性状变化的偏高估计。需要指出的是, 试验资料中铃重变化不明显, 而历史资料中铃重有上升的趋势。这说明区试中一些大铃的材料在生产上未得到充分利用。

2.2 遗传改良对产量提高的贡献率

根据农业统计年鉴资料, 把 1956~ 2000 年全国皮棉平均单产对年份作直线回归, 回归系数为 $17.59 \text{ kg/hm}^2 \cdot \text{年}$, 表明我国皮棉单产在此期间平均以每年每公顷 17.59 kg 的速度增长。这一速率包括了使产量提高的全部技术和环境因素。对于其中品种遗传改良的年增产效应可从以下两种途径得到估计: 第一, 利用试验资料中各品种的平均皮棉单产对育成年份作直线回归, 得回归系数为 $5.73 \text{ kg/hm}^2 \cdot \text{年}$; 第二, 利用历史资料, 以矫正后的每品种多试点的平均单产对年份作直线回归, 得回归系数为 $8.16 \text{ kg/hm}^2 \cdot \text{年}$ 。若视此两种回归系数为品种遗传改良引起的皮棉产量增长速率, 则在皮棉产量增长的总速率中, 品种遗传改良所占的比例分别为 $5.73/17.59 = 32.58(\%)$ 和 $8.16/17.59 = 46.39(\%)$ 。应该说明的是, 以历史资料估计的 46.39% 的品种贡献中可能混有使用不同对照品种的年份间环境条件的差异。而以试验资料所得 32.58% 的品种贡献中却较少混有品种与气候条件的互作, 本研究利用了两年多点试验资料, 通过年

份间的重复试验使该互作得到控制。因此可初步推断,如上 $5.73 \text{ kg}/\text{hm}^2 \cdot \text{年}$ 的估值可能接近真实。进而言之,由于本文所引用的农业统计年鉴资料为全国平均(缺乏分棉区的统计资料),用全国平均来估计长江棉区品种皮棉单产遗传改良贡献率也可能使如上 32.58% 的估计值有所偏颇,为此,进一步采用效应剖分法估算品种的遗传改良贡献率。

采用 Simmonds 的效应剖分法^[4],对试验资料中各品种皮棉产量的基因型效应(G)、环境效应

(E)和基因型与环境互作效应(GE)作剖分。两年均以早期品种植保86-1为基础品种 G_1 ,2000年以低产环境武昌为基础环境 E_1 ,以高产环境射洪为 E_2 ,2001年以低产环境武昌为基础环境 E_1 ,以高产环境常德为 E_2 。即两年均以早期品种植保86-1在 E_1 中的产量为a,在 E_2 中的产量为b,以各品种在 E_1 和 E_2 的产量为c和d,分别计算2001年和2002年各品种的G、E和GE效应以及各自在产量总效应中的贡献率,两年结果平均列于表4。

表4 皮棉产量的基因型、环境和基因型与环境互作效应及其相对贡献率(试验资料)

Table 4 Effects and relative contributions of genotype(G), environment (E) and GE interaction of lint yield (experiment data)

品种 Variety	育成年份 Release year	基因型效应 G Genotype effect (%)	环境效应 E Environment effect (%)	互作效应 GE Interaction effect (%)
苏棉 12 号 Sumian No. 12	1995	44.0 (41.4)	30.9 (29.3)	31.1 (29.3)
泗棉 3 号 Simian No. 3	1989	37.4 (48.6)	30.9 (39.9)	8.9 (11.5)
近期平均 A verage of the later period		40.7 (45.0)	30.9 (34.6)	20.1 (20.4)
盐棉 48 Yanmian No. 8	1982	24.1 (32.8)	30.9 (42.6)	18.4 (24.6)
湘棉 10 号 Xiangmian No. 10	1981	33.7 (31.7)	30.9 (29.0)	41.8 (39.3)
泗棉 2 号 Simian No. 2	1980	33.5 (43.2)	30.9 (40.1)	13.1 (16.7)
鄂荆 1 号 Ejing No. 1	1979	57.2 (52.1)	30.9 (28.6)	20.9 (19.3)
中期平均 A verage of the middle period		37.1 (39.9)	30.9 (35.1)	23.6 (25.0)
川 73-27 Chuan 73-27	1973	37.2 (43.5)	30.9 (35.3)	18.6 (21.2)
鄂棉 6 号 Emian No. 6	1973	4.2 (4.2)	30.9 (51.5)	31.5 (44.3)
岱红岱 Daihongdai	1966	32.2 (40.5)	30.9 (37.7)	18.1 (21.8)
岱字棉 15 号 Daizimian No. 15	1950	27.7 (34.1)	30.9 (37.8)	22.9 (28.1)
植保 86-1 Zhibao 86-1	1975	-	-	-
早期平均 A verage of the earlier period		33.1 (37.2)	30.9 (37.2)	22.5 (25.6)
全期平均 A verage of the whole period		30.1 (36.9)	30.9 (38.0)	20.5 (25.1)

由表4可看出如下几点:(1)从全期的平均效应看,基因型改良所起的作用占总效应的 36.9% ,该估值介于前面两估值之间,由以上两估值的各分析要点可知该估值可能是建国以来我国长江棉区棉花品种遗传改良贡献率的合理估计值;(2)若以 $17.59 \text{ kg}/\text{hm}^2 \cdot \text{年}$ 为建国以来棉花增产速率总量,则由 $17.59 \times 36.9\% = 6.49 \text{ kg}/\text{hm}^2 \cdot \text{年}$ 可较好的估计建国以来长江棉区由品种遗传改良引起的棉花单产年增长率,略低于美国棉花产量的年遗传改良速度($7.0 \sim 10.4 \text{ kg}/\text{hm}^2$)^[7,81];(3)品种遗传改良贡献率在时间上的变化,中期品种的基因型效应贡献率高于早期品种,近期品种的基因型效应贡献率又高于中期品种,说明近期品种的基因型效应得到了明显的提高;但互作效应贡献率却随时期的递进呈下降趋势;(4)基因型与环境互作效应的贡献率为 25.1% ,环境效应贡献率为 38% ;(5)各品种

的皮棉增产总量($Y = d - a = G + E + GE$)中,G、E和GE所占的比重不同,即各品种的增产途径不同。如泗棉3号主要以基因型效应(48.6%)为主,鄂棉6号以基因型环境互作(44.3%)为主,基因型效应贡献率仅为 4.2% ,而湘棉10号的基因型效应(31.7%)和互作效应(39.3%)同等重要;(6)如果把基因型效应对总效应的比例称为狭义遗传改良贡献率,把基因型效应与基因型环境互作效应之和对总效应的比例称为广义遗传改良贡献率,则从如上分析可以得出如下结果:建国以来我国长江棉区棉花品种遗传改良对于该区棉花皮棉产量增产总量的狭义遗传改良贡献率平均约为 36.9% ,变幅在 $4.2\% \sim 52.1\%$ 间;广义遗传改良贡献率平均约为 62.0% ,变幅在 $48.5\% \sim 71.4\%$ 之间。

2.3 产量及其产量组分性状间关系的变化

分别计算历史资料中各个时期和全期以及试验资料中产量组分性状与皮棉产量的简单相关系数,并对其进行剖分,求得通径系数,结果列于表5。

分别计算产量组分性状间的简单相关系数和偏相关系数, 结果列于表 6。

2.3.1 皮棉产量及产量组分性状间关系的变化

从表 5 中历史区试资料全期的平均来看, 三个产量组分性状与皮棉产量存在极显著的正相关。这说明总体上, 三组分性状对皮棉产量来说, 都是至关重要的, 这与周有耀^[9]和孔繁玲^[1]等报道一致。但从通径分析可看出, 株铃数对于皮棉产量的相对贡献最大, 直接通径系数达 0.6428; 铃重的相对贡献次之, 直接通径系数为 0.3152; 衣分的相对贡献较小, 直接通径系数仅为 0.1447。表 5 中试验资料的

计算结果则表明, 株铃数对皮棉产量的贡献最大, 其直接通径系数为 0.6298; 衣分的相对贡献次之, 直接通径系数为 0.4594; 铃重的相对贡献小于衣分, 直接通径系数为 0.3370。这一结果(衣分的贡献大于铃重)不同于历史资料的结果(铃重的贡献大于衣分), 这是由于二者所用的品种群体不同(前者来自历年主栽品种群体, 后者来自历年参试品种群体), 同时也反映出在历年区试的参试品种中不乏铃重较大(或其它性状优良)的材料, 但真正能把各产量组分性状的最佳水平综合在一个品种中并经得起长期生产实践检验的优良品种却为数不多。

表 5 产量组分性状对皮棉产量的通径分析
Table 5 Path analysis of yield components to lint yield

时期 Period	性状 Trait	通径系数 Path coefficient			与皮棉产量 相关系数 <i>r</i> to lint yield
		株铃数 Bolls per plant	铃重 Boll size	衣分 Lint percentage	
岱字棉 15 号时期 I (1956~ 1965) Period Daizian No. 15 (I)	株铃数 Bolls per plant	0.7766**	- 0.3197	0.4270	0.6392**
	铃重 Boll size	- 0.2489	0.6045**	- 0.0016	0.2842**
	衣分 Lint percentage	0.1115	- 0.0005	0.2027**	0.6281**
岱字棉 15 号时期 II (1979~ 1983) Period Daizian No. 15 (II)	株铃数 Bolls per plant	0.8097**	0.3006	- 0.2614	0.8844**
	铃重 Boll size	0.1136	0.3061**	- 0.0354	0.5928**
	衣分 Lint percentage	- 0.0389	- 0.0139	0.1205	- 0.1762
泗棉 2 号时期(1984~ 1993) Period Simian No. 2	株铃数 Bolls per plant	0.9047**	- 0.5992	0.2283	0.5535**
	铃重 Boll size	- 0.4049	0.6114**	- 0.1494	- 0.0399
	衣分 Lint percentage	0.0538	- 0.0521	0.2131*	0.2920**
泗棉 3 号时期(1994~ 2000) Period Simian No. 3	株铃数 Bolls per plant	0.2401	- 0.0755	0.0328	0.1412
	铃重 Boll size	- 0.1492	0.4746**	- 0.1187	0.3067*
	衣分 Lint percentage	0.0504	- 0.0924	0.3694**	0.2835*
全期平均(历史资料) Average of the whole period	株铃数 Bolls per plant	0.6428**	0.1321	0.4457	0.8080**
	铃重 Boll size	0.0648	0.3152**	0.0811	0.4846**
	衣分 Lint percentage	0.1003	0.0373	0.1447**	0.6716**
试验资料 Experimental data	株铃数 Bolls per plant	0.6298**	- 0.2070	0.4768	0.8669**
	铃重 Boll size	- 0.1107	0.3370**	- 0.0540	0.0564
	衣分 Lint percentage	0.3478	- 0.0736	0.4594**	0.8823**

* 表示在 0.05 水平上显著, ** 表示在 0.01 水平上显著。

* significant at 0.05 level, ** significant at 0.01 level

表 5 中不同时期的通径系数反映的是不同历史时期区试参试材料群体中各产量组分性状对皮棉产量的相对重要性。在前三个时期, 株铃数对皮棉产量的贡献最大, 铃重次之, 衣分最小; 而泗棉 3 号时期以铃重的贡献最大, 衣分次之, 株铃数最小。这可能说明自 20 世纪 90 年代以来育种家已把首要重视株铃数的改良逐步转移到对于铃重和衣分的改良上来, 而株铃数则保持在一个相对变异较小的基础上。

2.3.2 产量组分性状间关系的变化 从表 6 历史资料全期平均的相关系数来看, 产量三组分性状

间均呈极显著的正相关, 说明自建国以来, 由于育种家的选育, 该棉区棉花的 3 个产量组分性状在相当程度上得到了协同改良。但从各个不同的历史时期的相关系数看, 株铃数与铃重仍然呈极显著的负相关(岱字棉 15 号时期 II 例外), 铃重与衣分间的简单相关系数也是负的(尽管不显著)。这说明, 株铃数和铃重、铃重和衣分仍然是相互制约、矛盾的两对性状。在当前的育种中, 要注意协调单株结铃数和铃重、铃重和衣分的关系, 找到三者最好的均衡点, 从而提高皮棉产量。

表 6 产量组分性状间的简单相关系数(上行)和偏相关系数(下行)

Table 6 Simple correlation coefficients(lower) and partial correlation coefficients(upper) between yield components

时期 Period	株铃数与铃重 Bolls/plant and boll size	株铃数与衣分 Bolls/plant and lint percentage	铃重与衣分 Boll size and lint percentage
岱字棉 15 号时期 I (1956~ 1965) Period Daizimian No. 15 (I)	- 0.4117**	0.5499**	- 0.0027
岱字棉 15 号时期 II (1979~ 1983) Period Daizimian No. 15 (II)	0.3713*	- 0.3228	- 0.1156
泗棉 2 号时期 (1984~ 1993) Period Simian No. 2	- 0.6624**	0.2524	- 0.2444
泗棉 3 号时期 (1994~ 2000) Period Simian No. 3	- 0.6402**	0.1246	- 0.1065
全期平均 Average of the whole period	- 0.3145**	0.1364	- 0.2501
试验资料 Experimental data	- 0.2924	0.0629	- 0.2203
	0.2055**	0.6934**	0.2574**
	0.0389	0.6774**	0.1630*
	- 0.3286	0.7571*	- 0.1602
	0.3650	0.0115	0.6923*

* 表示在 0.05 水平上显著, ** 表示在 0.01 水平上显著。

* Significant at 0.05 level, ** Significant at 0.01 level

3 讨论

3.1 遗传改良成效

本研究通过对建国以来长江棉区 30 多年的历史区试资料和专门设置的该区建国以来 11 个代表性主栽品种的两年多点对比试验结果的分析表明, 建国以来我国长江棉区育种成就显著。新育成品种产量的提高, 是以产量组分性状的提高为基础的。近期品种的平均单产比早期品种提高 24.3% (272.6 kg/hm²) 的同时, 株铃数提高了 3.49 个/株, 衣分提高了 2.80%。1956~ 1999 年间, 我国长江棉区皮棉产量的增量中, 品种遗传改良引起的皮棉产量年增长率为 5.73 kg/hm², 狭义遗传改良贡献率约为 36.9% (4.2%~ 52.1%), 广义遗传改良贡献率约为 62.0%。不同品种的增产途径不同。

3.2 育种策略演变

表 3 为皮棉产量和三个产量组分性状在 4 个时期的均值, 表 5 为各时期产量组分对皮棉产量的途径系数。结合表 3 和表 5, 不仅可以看出性状水平的变化, 而且可看出皮棉产量总变异中各个产量组分相对贡献的大小。岱字棉 15 号时期 I 的参试品种的皮棉产量总变异主要由株铃数和铃重的变异来解释, 而衣分的变异很小, 且水平较低(平均仅为 37.02%)。泗棉 3 号时期皮棉产量总变异的绝大部分由铃重和衣分的变异来解释, 该期参试品种中衣分的总平均达 41.93%, 且品种间差异较大; 铃重的平均达 5.43g, 品种间差异也较大; 株铃数平均达 18.96 个, 为四个时期最高, 但其变异程度较小,

说明参试品种的株铃数均较高, 因此造成了该期株铃数对皮棉产量的贡献率较小。对岱字棉 15 号时期 II 和泗棉 2 号时期可以进行类似的分析。由于途径系数反映的是各性状变异程度大小的信息, 变异大说明参试品种在相应性状上差异大, 即可供选择的余地大。因此, 结合如上对表 3 和表 5 的分析可以看出我国长江棉区不同历史时期产量改良的重点和策略。在各产量组分同步改良的同时, 岱字棉 15 号时期 I (1956~ 1965) 更注重株铃数和铃重的选择, 岱字棉 15 号时期 II (1979~ 1983) 十分注重株铃数的改良, 泗棉 2 号时期(1984~ 1993) 更重视株铃数和铃重的改良, 而泗棉 3 号时期(1994~ 2000) 改良的重点是铃重和衣分。

3.3 对今后育种启示

3.3.1 由鄂荆 1 号的成功看第四时期育种策略的正确性 从上述分析已知, 泗棉 3 号时期(1994~ 2000) 改良的重点是铃重和衣分。这为育种家提供了有益的育种信息, 在当前的育成品种群体中, 对皮棉产量的变异贡献较大的是铃重和衣分, 说明在当前的产量育种中, 在保持当前的株铃数基础上, 选育大铃和高衣分的品种比较有效。从试验中也可以看出, 鄂荆 1 号产量高的原因, 就是因为棉铃突出的大, 说明选育大铃且三组分性状均衡搭配的品种是提高产量的有效途径之一。

3.3.2 由铃重与株铃数、铃重与衣分的负相关看扩大育种种质基础和基因工程育种的重要性 不同历史时期铃重与其它两个产量组分性状的关系(表 6) 多为负相关, 这说明在现有的育成品种群体

中, 铃重与株铃数, 以及铃重与衣分的同步改良已在相当程度上受到限制。欲改变此种状况, 可行的途径大致有两条, 一是扩大种质资源, 在更高水平上创造新的遗传群体, 并加强群体的改良, 在整体上提高群体水平; 二是改良育种方法, 特别是采用基因工程手段把优良基因导入综合水平较高的育种材料, 加速新品种的育成。当然, 对于表现为数量性状遗传方式的目标性状来说, 主要还是要通过对优良种质的聚合杂交与遗传重组来改良。

致谢: 肖忠珍、金珠群、许林英、金昌林、朱景明、吉守银、王卫军、李德宇、何林池、刘水东、陈道甫、易先达等同志承担了本研究的多点试验, 特此致谢!

References

- [1] Kong F-L (孔繁玲), Jiang B-G (姜保功), Zhang Q-Y (张群远), *et al* Genetic improvements of cotton varieties in the Huang-Huai Region in China since 1950's I. Improvements on yield and yield components *Acta Agronomica Sinica* (作物学报), 2000, 26(2): 149~ 156
- [2] Jiang B-G (姜保功), Kong F-L (孔繁玲), Zhang Q-Y (张群远), *et al* Genetic improvements of cotton varieties in the Huang-Huai Region in China since 1950's II. Improvements on fiber properties *Acta Agronomica Sinica* (作物学报), 2000, 26(5): 528~ 535
- [3] Jiang B-G (姜保功), Kong F-L (孔繁玲), Zhang Q-Y (张群远), *et al* Genetic improvements of cotton varieties in the Huang-Huai Region in China since 1950's III. Improvements on agronomy properties, disease resistance and stability. *Acta Genetica Sinica* (遗传学报), 2000, 27(9): 810~ 816
- [4] Simmonds N W. Genotype (G), Environment (E) and Components of Crop Yields *Experimental Agriculture*, 1981, 17: 355~ 362
- [5] Kong F-L (孔繁玲), Zhang Q-Y (张群远), Yang F-X (杨付新), *et al* Studies on the precision of regional cotton variety trials *Acta Agronomica Sinica* (作物学报), 1998, 24(5): 601~ 607
- [6] Kong F-L (孔繁玲), Zhang Q-Y (张群远), Ge Z-N (葛知男), *et al* Experiment precision and variety comparison precision in regional crop trial *Scientia Agricultura Sinica* (中国农业科学), 2001, 34(3): 266~ 271
- [7] Bridge R R, Meredith W R Jr, Chism J F, Comparative performance of obsolete varieties and current varieties of upland cotton *Crop Sci*, 1971, 11: 29~ 32
- [8] Bridge R R, Meredith W R. Comparative performance of obsolete varieties and current cotton cultivars *Crop Sci*, 1983, 23: 949~ 952
- [9] 周有耀 论棉花的产量因素 北京农业大学学报, 1986, 12(3): 269~ 274
- [10] 潘家驹 棉花育种学 北京: 中国农业出版社, 1998