

陆地棉染色体片段代换系(BC₅F₃ 和 BC₅F_{3:4}) 产量和纤维品质性状表现的评价

张金凤, 石玉真, 梁 燕, 贾玉娟, 张保才, 李俊文, 龚举武, 刘爱英, 商海红, 王 涛, 巩万奎, 袁有禄
(中国农业科学院棉花研究所/棉花生物学国家重点实验室, 安阳 455000)

摘要:本研究以海岛棉海 1 为供体亲本, 陆地棉中棉所 36 为轮回亲本构建了一套棉花染色体片段代换系, 通过对 BC₅F₃ 和 BC₅F_{3:4} 这两个世代材料表型数据的分析, 结果显示, 同年份中与轮回亲本比较, 群体各性状的极差和遗传变异系数都比较大; 1942 个 BC₅F₃ 单株群体中衣分最高达 49.57%, 超轮回亲本比例为 71.78%, 纤维断裂比强度最高为 36.5cN/tex; 658 个 BC₅F_{3:4} 株行群体中纤维上半部平均长度最大值 32.25mm, 超轮回亲本比例为 47.57%, 断裂比强度最高达到 32.2cN/tex, 超轮回亲本比例为 40.27%; 通过相关性分析, 主要产量性状和纤维品质性状在两个世代间呈极显著正相关, 衣分与纤维长度及强度在群体内呈极显著负相关。这些结果表明, 通过高代回交后连续自交得到的染色体片段代换系群体中存在丰富的遗传变异, 含有大量具有丰产、纤维品质优异的单株, 两个世代材料具有较好的一致性与稳定性; 产量和品质同步改良还存在一定难度。本研究为进一步的近等基因系分析、基因克隆、基因聚合效应分析等储备了大量的研究材料。

关键词: 陆地棉; 海岛棉; 染色体片段代换系; 产量性状; 纤维品质性状

Evaluation of Yield and Fiber Quality Traits of Chromosome Segment Substitution Lines Population(BC₅F₃ and BC₅F_{3:4}) in Cotton

ZHANG Jin-feng, SHI Yu-zhen, LIANG Yan, JIA Yu-juan, ZHANG Bao-cai, LI Jun-wen, GONG Ju-wu,
LIU Ai-ying, SHANG Hai-hong, WANG Tao, GONG Wan-kui, YUAN You-lu
(Cotton Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences/ State key Laboratory of Cotton Biology, Anyang 455000)

Abstract: Two generations of CSSLs (Chromosome Segment Substitution Lines), which were derived from a cross of the upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) CCRI36 (Chinese Cotton Research Institute 36) as the recipient parent and the island cotton (*Gossypium barbadense* L.) Hai 1 as the donor parent, were used to evaluate the phenotypic traits related to yield and fiber quality. Compared to the recurrent parent in the same year, the variance ranges and genetic variation coefficients of all traits in populations were very large. In 1942 BC₅F₃ individuals, the largest lint percentage was as high as 49.57%, and the lint percentage was 71.78% higher than the recurrent parent. The peak value of fiber strength was 36.5cN/tex. In 658 BC₅F_{3:4}, the maximum values of fiber length and fiber strength were 32.25mm and 32.2cN/tex, respectively. The transgressive rates were 47.57% and 40.27% for fiber length and fiber strength. The correlation analysis showed that it had positive correlation for yield and fiber quality traits between the two generations, but the negative correlation between fiber quality and lint percentage still existed. These results indicated that there were abundant genetic variations and individuals with good yield and fiber quality in CSSLs, the materials were stable and consistent in two generations. However, it was still difficult to improve fiber quality and lint percentage simultaneously. In this study, many materials were provided, which could be further used for QTL fine mapping, gene cloning, and molecular assistant pyramid breeding.

Key words: *G. hirsutum*; *G. barbadense*; Chromosome Segment Substitution Lines (CSSLs); Yield traits; Fiber quality traits

棉花是世界上重要的经济作物,棉纤维是重要的纺织工业原料,棉花在我国国民经济中占有重要地位。随着纺织工业技术的发展和人民生活水平的提高,对棉花纤维品质的要求愈来愈高,急需能纺高支纱的棉纤维。我国现在自育的棉花品种中缺少纺高支纱的原棉,尤其是大量纺 60 支纱以上高档纱的原棉极度缺乏^[1]。

我国以往培育的棉花品种,利用的品种资源范围相当狭窄,缺乏综合性状优良、产量高、纤维品质好的理想品种^[2]。所以,拓宽品系遗传基础,创造新种质,对培育高产优质棉花品种至关重要。陆地棉和海岛棉是棉花的 2 个四倍体栽培种^[3],陆地棉是目前世界上最主要的栽培种,产量高,适应性广,但纤维品质差;海岛棉具有纤维品质优良,高抗黄萎病等优点,但产量低。故有效地将海岛棉优异性状基因导入陆地棉栽培品种中构建染色体片段代换系,是拓宽陆地棉遗传背景、解决棉花育种资源瓶颈的关键环节和有效方法。

染色体片段代换系 (Chromosome Segment Substitution Lines, CSSLs) 又叫导入系 (Introgression Lines, ILs),是在相同的遗传背景中导入一个或几个小的供体亲本的染色体片段,如果代换系中只含有一个来自供体亲本的染色体片段则称为单片段代换系 (Single Segment Substitution Lines, SSSLs)^[4-5]。番茄是最早建立染色体导入系的作物之一, Eshed 等^[6]以野生番茄作为供体亲本,建立了一套以栽培番茄为受体亲本的单片段导入系群体,该群体含有 50 个单片段导入系,来自供体亲本的代换片段可以覆盖野生番茄的全基因组。近年来染色体片段代换系在水稻、玉米上的应用十分广泛,为重要性状基因定位,功能鉴定以及杂交育种研究提供了极有价值的遗传材料^[7-10]。

本研究以生产上大面积推广的丰产早熟品种中棉所 36 为轮回亲本,以海岛棉新品系海 1 为供体亲本进行杂交并回交,连续自交,构建了一套染色体片段代换系,通过对两个世代的 BC₅F₃ 总单株、挑选单株及 BC₅F_{3:4} 株行 3 个群体的产量及纤维品质性状进行初步评价,旨在鉴定陆海 CSSLs 材料的遗传多样性,并筛选出稳定的具优异纤维品质性状(长、强、细)的染色体片段代换系材料,为进一步进行基因功能研究准备了基础材料。

1 材料与方法

1.1 陆地棉染色体片段代换系 (BC₅F₃ 和 BC₅F_{3:4}) 的培育

自 2003 年至 2007 年以中棉所 36 为轮回亲本,以海 1 为供体亲本构建了一套染色体片段代换系,共 133 个 BC₅F₁ 家系,经过两年自交,获得 1942 个 BC₅F₃ 单株 (来自 133 个 BC₅F₁ 家系),按家系随机挑选 658 个 BC₅F₃ 单株种成 658 个 BC₅F_{3:4} 株行。轮回亲本中棉所 36 (国审棉 990007) 是中国农业科学院棉花研究所培育的品种,具高产早熟特性,为有腺体材料;供体亲本海 1 具有优良纤维品质、高抗黄萎病和晚熟等性状,为显性无腺体材料^[11]。图 1 是构建染色体片段代换系的过程。

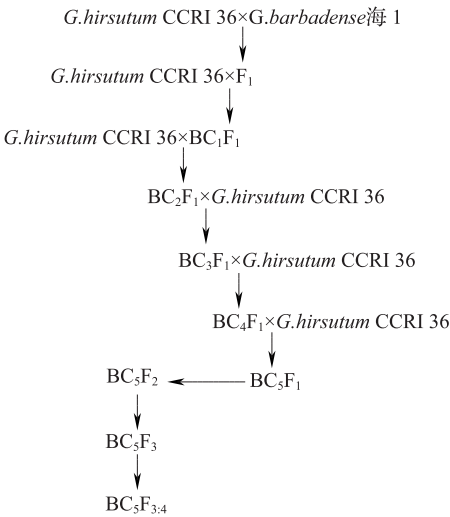


图 1 棉花 CSSLs 的构建方案
Fig. 1 The program for developing CSSLs

1.2 田间试验

2009 年在河南省安阳市中国农业科学院棉花研究所试验地种植了 133 行 BC₅F₃ 家系世代 (共 1942 个单株),每隔 20 行种植 1 行中棉所 36 (对照)。2009 年 4 月 26 日播种,5m 行长,0.8m 行距,定苗株距为 0.25 ~ 0.26m;9 月底收取单株子棉,考种,计算铃重和衣分。单株及对照纤维样品送农业部纤维品质检验监督检测中心以 HVI900 测定纤维的上半部平均长度、整齐度、马克隆值、伸长率和断裂比强度。按家系 (每个家系挑选 4 ~ 5 株) 随机挑选 658 个 BC₅F₃ 单株,于 2010 年在河南安阳中国农

业科学院棉花研究所试验地种植成行,获得 658 个 BC₅F_{3:4} 株行,每隔 20 行种植 1 行中棉所 36(对照)。2010 年 4 月 27 日采用地膜覆盖方式播种,5m 行长,0.8m 行距,定苗株距为 0.25~0.26m,6 月 20 日去膜;2010 年 8 月中旬调查株行的田间表现,包括花冠颜色、花药颜色、叶型等;适时收取株行及对照中部 30 铃,考种,计算铃重和衣分,称 100 粒种子质量(子指),各取纤维样品 12g 送农业部纤维品质检验监督检测中心用 HVI900 测定纤维品质等 5 项指标(同前)。两年的田间管理同大田。

1.3 统计方法

利用 Excel 2003 对供试材料各性状进行描述性统计分析,分别计算平均值、极差、标准差、变异系数等,计算超轮回亲本的比例,马克隆值的超轮回亲本比例计算方法为:大于 3.7 小于亲本中棉所 36 的马克隆值的比例,并作出各性状的次数分布图。用 SPSS17.0 软件对供试材料各性状进行

相关性分析。

2 结果与分析

2.1 轮回亲本和供体亲本及 CSSLs 群体产量和纤维品质性状的描述性统计分析

表 1 结果表明,轮回亲本中棉所 36(对照)和供体亲本海 1 在两年的不同生长环境条件下产量和品质性状表现相对稳定。中棉所 36 各性状在 2010 年的平均表现与 2009 年相比,铃重变大,衣分变小,纤维上半部平均长度、整齐度指数、马克隆值、伸长率、断裂比强度等品质性状表现较好,纤维上半部平均长度达到 28.56mm,比 2009 年长 0.82mm,纤维断裂比强度达到 29.05cN/tex,增加 0.82cN/tex。供体亲本海 1 各性状在 2010 年与 2009 年相比,铃重变小,衣分增加,纤维上半部平均长度增长 0.77mm,纤维断裂比强度由 35.3cN/tex 减小为 33.9cN/tex,其他 3 个品质指标均有所下降。

表 1 亲本和 3 个群体产量及纤维品质性状的描述性统计分析
Table 1 Descriptive statistic characteristics of yield-related trait and fiber quality traits in parents and the three populations

性状 Traits	群体 Populations	年份 Date	样本数 Sample	平均数 Average	最小值 Min.	最大值 Max.	极差 Range	超轮回亲本比例(%) transgressive rate	变异系数 (%) CV	偏度 Skew	峰度 Kurt
铃重(g) BW	BC ₅ F ₃ 总单株	2009	1942	4.03	1.82	6.88	5.06	14.93	20.22	0.61	1.58
	BC ₅ F ₃ 挑选单株	2009	658	4.22	1.88	6.5	4.62	21.12	19.77	0.8	2.9
	BC ₅ F _{3:4} 株行	2010	658	5.33	3.94	6.75	2.81	37.99	8.25	0.05	0.81
	中棉所 36	2009	18	4.84	4.01	5.61	1.6	—	9.09	-0.36	-0.15
	中棉所 36	2010	32	5.48	5.08	5.94	0.86	—	3.97	0.2	-0.67
	海 1	2009	1	3.46	—	—	—	—	—	—	—
	海 1	2010	1	2.79	—	—	—	—	—	—	—
衣分(%) LP	BC ₅ F ₃ 总单株	2009	1942	40.17	26.82	49.57	22.75	71.78	7.25	0.15	2.88
	BC ₅ F ₃ 挑选单株	2009	658	39.78	28.83	47.8	18.97	66.71	7.76	-0.09	1.55
	BC ₅ F _{3:4} 株行	2010	658	33.6	23.7	39.8	16.1	30.09	7.18	-0.64	1.03
	中棉所 36	2009	18	38.61	37.5	40.06	2.56	—	1.77	0.45	-0.5
	中棉所 36	2010	32	34.95	31.36	37.22	5.86	—	3.35	-0.91	2.15
	海 1	2009	1	30.03	—	—	—	—	—	—	—
	海 1	2010	1	32.28	—	—	—	—	—	—	—
上半部平均长度(mm) FL	BC ₅ F ₃ 总单株	2009	1942	27.24	22.41	32.19	9.78	34.96	4.99	0.12	0.27
	BC ₅ F ₃ 挑选单株	2009	658	27.83	23.59	32.19	8.6	54.86	5.54	-0.11	-0.18
	BC ₅ F _{3:4} 株行	2010	658	28.48	25.4	32.25	6.85	47.57	3.85	-0.01	-0.0006
	中棉所 36	2009	18	27.74	26.51	28.49	1.98	—	1.8	-0.66	0.61
	中棉所 36	2010	32	28.56	27.68	29.6	1.92	—	1.68	-0.03	0.08
	海 1	2009	1	30.13	—	—	—	—	—	—	—
	海 1	2010	1	30.90	—	—	—	—	—	—	—

续表

性状 Traits	群体 Populations	年份 Date	样本数 Sample	平均数 Average	最小值 Min	最大值 Max	极差 Range	超轮回亲本比例(%) transgressive rate	变异系数 (%) C. V	偏度 Skew	峰度 Kurt
纤维整齐度指数(%) FU	BC ₅ F ₃ 总单株	2009	1942	81.98	74.5	86.7	12.2	33.52	2.32	-0.28	0.04
	BC ₅ F ₃ 挑选单株	2009	658	82.45	74.5	86.7	12.2	44.83	2.43	-0.49	0.29
	BC ₅ F _{3:4} 株行	2010	658	82.82	77.6	85.8	8.2	20.06	1.21	-0.49	1.24
	中棉所 36	2009	18	82.87	80.9	84.4	3.5	-	1.1	-0.28	-0.22
	中棉所 36	2010	32	83.68	82.1	84.9	2.8	-	0.75	-0.3	-0.06
	海 1	2009	1	84.10	-	-	-	-	-	-	-
	海 1	2010	1	83.201	-	-	-	-	-	-	-
马克隆值 FM	BC ₅ F ₃ 总单株	2009	1942	3.65	2	6.19	4.19	21.63	15.99	-0.17	0.05
	BC ₅ F ₃ 挑选单株	2009	658	3.69	2	6.19	4.19	26.29	14.78	-0.13	0.71
	BC ₅ F _{3:4} 株行	2010	658	4.23	2.96	5.42	2.46	48.63	7.91	-0.36	1.21
	中棉所 36	2009	18	4.08	3.47	4.49	1.02	-	7	-0.92	0.27
	中棉所 36	2010	32	4.28	3.96	4.62	0.66	-	3.31	0.26	0.43
	海 1	2009	1	4.95	-	-	-	-	-	-	-
	海 1	2010	1	4.79	-	-	-	-	-	-	-
纤维伸长率(%) FE	BC ₅ F ₃ 总单株	2009	1942	6.29	5.4	7.9	2.5	39.44	4.36	1	5.38
	BC ₅ F ₃ 挑选单株	2009	658	6.34	5.4	7.7	2.3	53.5	4.32	-0.17	1.22
	BC ₅ F _{3:4} 株行	2010	658	6.59	6	7	1	62.61	2.25	-0.22	0.05
	中棉所 36	2009	18	6.34	6.1	6.5	0.4	-	1.55	-0.66	1.1
	中棉所 36	2010	32	6.55	6.4	6.7	0.3	-	1.16	-0.35	-0.11
	海 1	2009	1	7.20	-	-	-	-	-	-	-
	海 1	2010	1	5.90	-	-	-	-	-	-	-
断裂比强度(cN/tex) FS	BC ₅ F ₃ 总单株	2009	1942	26.57	21.4	36.5	15.1	22.76	8.48	0.49	0.07
	BC ₅ F ₃ 挑选单株	2009	658	27.74	21.4	36.5	15.1	48.48	9.92	-0.08	-0.61
	BC ₅ F _{3:4} 株行	2010	658	28.65	25.2	32.2	7	40.27	4.65	-0.06	-0.29
	中棉所 36	2009	18	28.23	27	29.3	2.3	-	2.94	-0.33	-1.39
	中棉所 36	2010	32	29.05	27.7	30	2.3	-	2.17	-0.55	-0.43
	海 1	2009	1	35.3	-	-	-	-	-	-	-
	海 1	2010	1	33.9	-	-	-	-	-	-	-

BW: 铃重; LP: 衣分; FL: 上半部平均长度; FU: 纤维整齐度指数; FM: 马克隆值; FE: 纤维伸长率; FS: 断裂比强度, 下同
BW; Boll weight; LP: Lint Percentage; FL: Fiber length; FU: Fiber uniformity; FM: Fiber micronaire; FE: fiber elongation ; FS: Fiber strength, respectively ,
The same as below

比较轮回亲本中棉所 36 与供体亲本海 1 在两年的平均表现,亲本间的差异显著,轮回亲本铃大、衣分高、马克隆值低,而供体亲本纤维上半部平均长度、断裂比强度大,2010 年供体亲本的纤维上半部平均长度比轮回亲本高出 2.34mm,断裂比强度较轮回亲本高出 4.85cN/tex。

3 个群体产量及纤维品质性状的平均表现均与对照中棉所 36 相近,群体内部各性状的表型值变化范围比较大。相比株行群体,单株群体各性状的表

型值变化范围较大,总单株群体中铃重最大值 6.88g,最小值 1.82g,极差 5.06g;衣分最大值 49.57%,最小值 26.82%,极差 22.75%;上半部平均长度最大值 32.19mm,最小值 22.41mm,极差 9.78mm;整齐度、马克隆值、伸长率等性状的极差分别为 12.2%、4.19%、2.5%;纤维断裂比强度最大值 36.5cN/tex,最小值 21.4cN/tex,极差 15.1cN/tex;总单株群体各性状超轮回亲本比例在 14.93% ~ 71.78%之间,在 7 个性状中衣分的超轮回亲本比例

最大,铃重的超轮回亲本比例最小;变异系数在 2.32%~20.22%,其中铃重的变异系数最大,纤维整齐度指数最小。2009 年挑选的单株群体与总单株相比,各性状的极差,变异系数变化不大,在超轮回亲本比例上,除衣分的超轮回亲本比例有所降低外,其他性状均有所提高,这与人工挑选的不完全随机性有关。与对照中棉所 36 两年平均表现相似,BC₅F_{3:4} 株行群体与对应的 BC₅F₃ 单株群体相比,铃重变大,衣分变小,纤维品质性状平均表现较好,铃重、衣分、纤维上半部平均长度、整齐度、马克隆值、纤维伸长率、断裂比强度等性状的极差大幅变小,其中伸长率和断裂比强度的极差缩小了 1 倍,变异系数均变小;铃重最大值 6.75g,最小值 3.94g,极差 2.81g;衣分最大值 39.8%,最小值 23.7%,极差

16.1%;上半部平均长度最大值 32.25mm,最小值 25.4mm,极差 6.85mm;纤维断裂比强度最大值 32.2cN/tex,最小值 25.2cN/tex,极差 7cN/tex;各性状的超轮回亲本比例在 20.06%~62.61% 之间,其中纤维上半部平均长度为 47.57%,断裂比强度为 40.27%,纤维伸长率超轮回亲本比例最大,纤维整齐度指数超轮回亲本比例最小。

以上结果说明,通过高代回交并连续自交,CSSLs 材料的遗传背景大部分已得到恢复,与轮回亲本相似,但群体中存在丰富的遗传变异,相比较而言,单株群体中存在的遗传变异丰富,并且含有大量的纤维品质表现优异的单株。

除总单株群体的纤维伸长率外,3 个群体其他各性状的偏斜度的绝对值均小于 1,符合正态分布(图 2)。

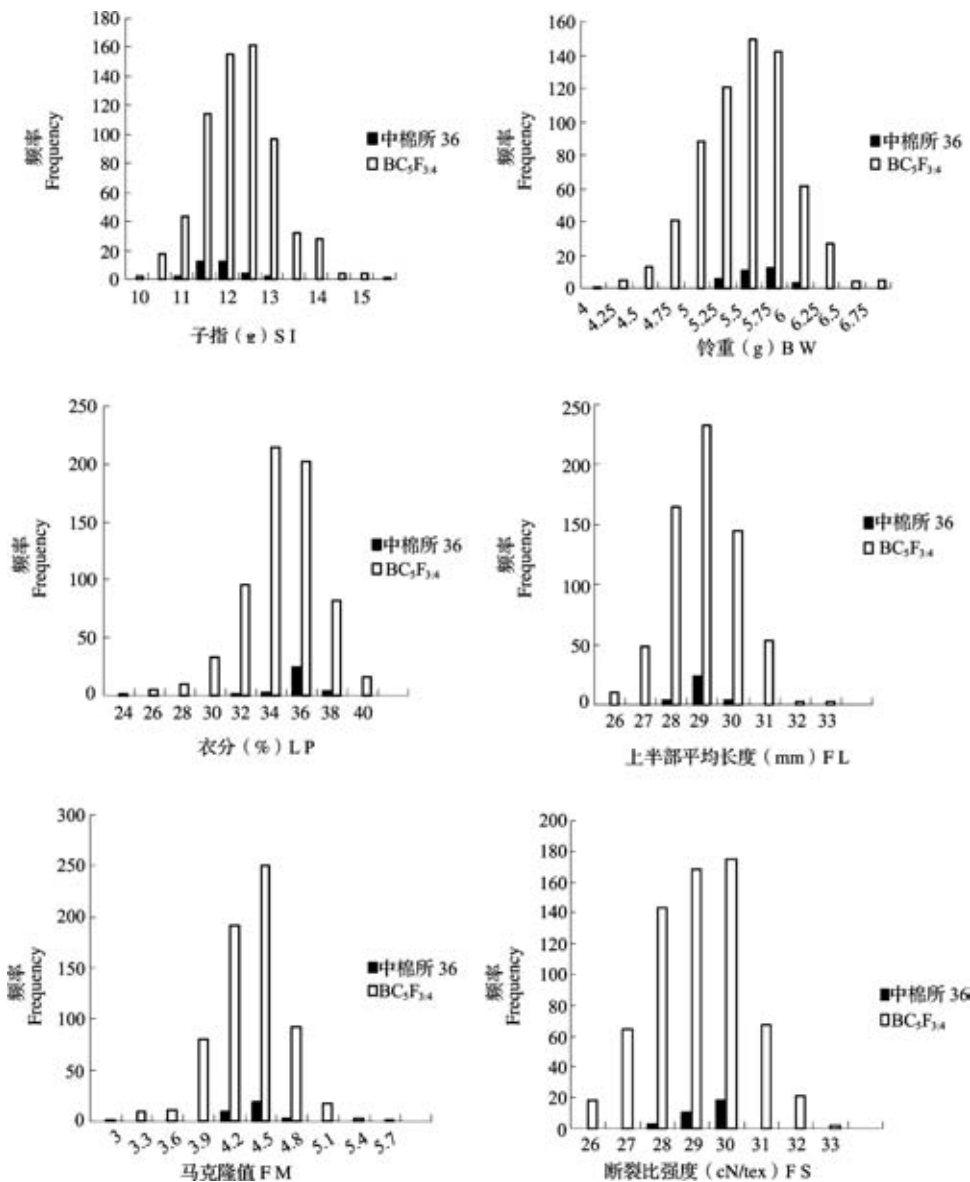


图2 中棉所 36 和 BC₅F_{3:4} 株行群体产量及主要纤维品质性状的柱形分布图
Fig.2 The histogram of yield and main phenotypic traits in CCRI 36 and BC₅F_{3:4} populations

通过对两个世代的评价分析,筛选出许多表现优异并稳定的代换系材料(表2列出了部分材料),纤维上半部平均长度基本在30mm以上,断裂比强度基本上都在30cN/tex以上。例如,9109004株行的纤维上半部平均长度达到32.06mm,其来源单株也达到30.79mm;9109045株行的纤维上半部平均长度、马克隆值及断裂比

强度分别为30.10mm、3.96和30.3cN/tex,其来源单株也分别达到31.17mm、4.18和35.1cN/tex,符合长、强、细的特点。9109046和9109134两个株行及其来源单株的纤维上半部平均长度超过30mm,断裂比强度超过31cN/tex,且马克隆值均在3.8~4.2之间,均为纤维品质较突出的材料。这些优异材料可应用于棉花育种工作。

表2 BC₅F₃和BC₅F_{3:4}群体中部分稳定高品质CSSLs的纤维品质性状具体表现

Table 2 The fiber quality performance of part of CSSLs in BC₅F₃ and BC₅F_{3:4} populations

株行号 Lines	上半部平均 长度(mm)FL	整齐度指数 (%)FU	马克隆 值FM	伸长率 (%)FE	断裂比强度 (cN/tex)FS	来源(单株号) Individuals	上半部平均 长度(mm)FL	整齐度指数 (%)FU	马克隆 值FM	伸长率 (%)FE	断裂比强度 (cN/tex)FS
9109004	32.06	82.10	3.80	6.70	31.3	9095236-12	30.79	82.10	2.51	6.40	28.9
9109017	30.47	82.10	3.69	6.60	29.9	9095239-3	30.75	84.40	3.43	6.90	32.7
9109045	30.10	83.80	3.96	6.60	30.3	9095244-2	31.17	84.60	4.18	6.70	35.1
9109046	30.01	83.90	4.06	6.70	31.7	9095244-7	30.06	85.30	3.94	6.50	32.7
9109048	29.80	84.30	3.91	6.60	31.9	9095244-16	30.25	83.90	3.22	6.60	31.6
9109134	30.64	84.00	3.84	6.90	32.2	9095263-4	30.14	84.20	3.95	6.60	32.4
9109162	30.45	84.60	4.15	6.60	31.3	9095268-11	29.40	85.60	3.91	6.50	32
9109166	30.57	83.70	4.00	6.70	31.6	9095269-1	31.08	85.10	4.29	6.70	33.2
9109221	29.75	83.00	3.55	6.70	30.2	9095280-8	29.20	84.40	3.48	6.70	34.2
9109351	29.82	82.50	4.01	6.70	31.2	9095307-4	30.31	83.90	3.04	6.60	30
9109355	29.63	83.10	4.31	6.70	31	9095307-18	30.41	84.60	4.18	6.60	31.4
9109407	30.47	83.30	4.18	6.60	29.4	9095317-4	31.32	83.20	2.98	6.60	30.5
9109433	30.69	85.80	4.10	6.80	31.8	9095323-5	31.31	85.60	3.25	6.80	34.5
9109438	30.97	83.40	4.05	6.70	30.8	9095323-18	30.53	82.40	3.62	6.60	32.7
9109476	28.62	82.20	3.60	6.70	31.1	9095330-16	30.44	84.00	3.62	6.80	34.5
9109492	29.60	83.20	4.46	6.90	30.9	9095333-18	27.78	83.30	4.29	6.60	31
9109517	31.05	83.50	4.04	6.70	32	9095339-18	31.41	85.90	3.30	6.60	31.6
9109581	30.76	83.30	3.65	6.60	30.6	9095353-3	32.19	86.20	4.04	6.40	30.8
9109598	29.45	83.30	4.21	6.80	30.3	9095356-4	30.61	86.20	4.54	6.80	31.4
9109687	30.25	85.50	4.73	6.80	30	9095373-7	29.01	86.30	4.85	6.70	31.9
中棉所36	28.56	83.68	4.28	6.55	29.05	中棉所36	27.74	82.87	4.08	6.34	28.23

2.2 性状表型相关性分析

2.2.1 群体内性状间相关分析

产量性状之间的相关性 由表3看出,3个群体的铃重与衣分均呈负相关,其中在两个BC₅F₃单株群体中达到极显著水平,在BC₅F_{3:4}株行群体中负相关性不显著;BC₅F_{3:4}株行群体中,铃重与子指呈极显著正相关,衣分与子指呈极显著负相关。

纤维品质性状之间的相关性 3个群体的纤维上半部平均长度与断裂比强度呈极显著正相关,相关系数最大,它们除了与马克隆值的相关性方向及

程度不一致外,与整齐度指数及伸长率均呈极显著正相关;纤维整齐度指数与其他纤维品质性状呈极显著正相关;马克隆值与伸长率呈正相关,其中在单株群体中表现为极显著正相关,在株行群体中呈不显著正相关;伸长率与断裂比强度在3个群体中均呈极显著正相关。

产量性状与品质性状之间的相关性 在两个单株群体中,铃重与纤维上半部平均长度、整齐度指数、马克隆值、伸长率及断裂比强度均呈极显著正相关;在株行群体中,铃重与纤维上半部平均长度及

表 3 群体内纤维产量与纤维品质性状间的相关分析

Table 3 Correlation coefficients among fiber yield-related and quality traits with populations

性状 Traits	群体 Populations	子指 SI	铃重 BW	衣分 LP	上半部平均长度 FL	整齐度指数 FU	马克隆值 FM	伸长率 FE
铃重 BW	BC ₅ F ₃ 总单株	—						
	BC ₅ F ₃ 挑选单株	—						
	BC ₅ F _{3:4} 株行	0.302 **						
衣分 LP	BC ₅ F ₃ 总单株	—	−0.206 **					
	BC ₅ F ₃ 挑选单株	—	−0.225 **					
	BC ₅ F _{3:4} 株行	−0.512 **	−0.025					
上半部平均长度 FL	BC ₅ F ₃ 总单株	—	0.295 **	−0.277 **				
	BC ₅ F ₃ 挑选单株	—	0.285 **	−0.370 **				
	BC ₅ F _{3:4} 株行	0.200 **	0.065	−0.385 **				
整齐度指数 FU	BC ₅ F ₃ 总单株	—	0.262 **	−0.108 **	0.584 **			
	BC ₅ F ₃ 挑选单株	—	0.265 **	−0.250 **	0.697 **			
	BC ₅ F _{3:4} 株行	0.098 *	0.019	−0.118 **	0.336 **			
马克隆值 FM	BC ₅ F ₃ 总单株	—	0.498 **	−0.002	0.120 **	0.269 **		
	BC ₅ F ₃ 挑选单株	—	0.440 **	0.025	0.071	0.239 **		
	BC ₅ F _{3:4} 株行	−0.189 **	0.104 **	0.376 **	−0.357 **	0.106 **		
伸长率 FE	BC ₅ F ₃ 总单株	—	0.126 **	−0.176 **	0.341 **	0.343 **	0.148 **	
	BC ₅ F ₃ 挑选单株	—	0.225 **	−0.331 **	0.605 **	0.613 **	0.179 **	
	BC ₅ F _{3:4} 株行	0.126 **	−0.046	−0.265 **	0.606 **	0.409 **	0.004	
断裂比强度 FS	BC ₅ F ₃ 总单株	—	0.327 **	−0.295 **	0.742 **	0.506 **	0.214 **	0.511 **
	BC ₅ F ₃ 挑选单株	—	0.297 **	−0.402 **	0.794 **	0.669 **	0.122 **	0.740 **
	BC ₅ F _{3:4} 株行	0.258 **	−0.019	−0.443 **	0.795 **	0.460 **	−0.420 **	0.675 **

* :0.05 显著水平; ** :0.01 显著水平;SI:子指,下同
* :0.05 significant level, ** :0.01 significant level;SI:Seed index,The same as below

整齐度指数表现不显著正相关,与马克隆值呈极显著正相关,与伸长率和断裂比强度呈不显著负相关。3 个群体中,衣分除与马克隆值的相关性方向及程度不一致外,与其他纤维品质性状均呈极显著负相关,这说明同步改良产量和纤维品质性状仍然比较困难。BC₅F_{3:4} 株行群体中,子指与马克隆值呈极显著负相关,与其他品质性状均呈显著或极

显著正相关。
2.2.2 两世代间主要产量性状和纤维品质性状的相关性分析 对 658 个 BC₅F₃ 单株群体与相应的 BC₅F_{3:4} 株行群体的主要产量性状和纤维品质性状的相关性进行分析,两群体各性状呈极显著正相关(表 4),说明两个世代材料具有较好的一致性与稳定性。

表 4 单株及株行群体间主要产量性状和纤维品质性状的相关分析

Table 4 Correlation analysis of fiber yield-related traits and quality traits among BC₅F₃ and BC₅F_{3:4} populations

群体 Populations	铃重 BW	衣分 LP	上半部平均长度 FL	整齐度指数 FU	马克隆值 FM	伸长率 FE	断裂比强度 FS
BC ₅ F ₃ 单株—BC ₅ F _{3:4} 株行	0.206 **	0.565 **	0.432 **	0.209 **	0.385 **	0.301 **	0.368 **

2.3 CSSLs 材料的田间表型描述

供体亲本海 1 的品质性状表现出明显的纤维长且强等特点,其田间表型表现为株型高大松散、无腺体、黄色花冠、黄色花药、红色花基斑颜色、鸡脚叶。在对 BC₅F_{3:4} 株行的田间表型调查中发现,大部分株行材料与轮回亲本相似,部分株行材料从表型上表

表 5 部分具特异性状 CSSLs 材料的品质表现

Table 5 The performance of fiber quality traits in some CSSLs with specific traits

株行号 Lines	上半部平均 长度(mm)FL	马克隆值 FM	断裂比强度 (cN/tex)FS	来源(单株号) Individuals	上半部平均长度 (mm)FL	马克隆值 FM	断裂比强度 (cN/tex)FS
9109003	28.41	4.31	29.2	9095236-9	28.59	3.87	29
9109006	29.38	4.11	30.3	9095236-12	30.79	2.51	28.9
9109143	29.26	4.14	28.6	9095264-14	28.25	4.20	29
9109175	27.91	4.79	26.9	9095264-19	29.53	4.10	30
9109338	28.93	4.46	28.9	9095304-16	28.74	4.74	27.2
9109513	27.97	4.73	27.5	9095305-2	26.77	4.20	23.8
9109014	27.92	3.82	28.1	9095238-11	27.87	3.60	28.7
9109054	29.10	4.30	29.9	9095239-1	28.21	4.18	29.5
9109097	32.25	3.87	31.7	9095239-3	30.75	3.43	32.7
9109165	28.95	4.61	28.8	9095239-6	29.50	3.50	31.7
9109628	28.53	3.75	27.6	9095262-6	28.80	3.80	29.2
9109548	27.06	4.50	27	9095347-8	24.34	3.20	23.8
9109048	29.80	3.91	31.9	9095244-16	30.25	3.22	31.6
9109061	28.72	4.16	29.7	9095245-11	30.06	2.93	33.4
9110166	29.04	4.58	30.3	9095269-1	31.08	4.29	33.2
9109176	27.62	4.22	29	9095269-5	27.46	3.70	30.7
9109673	28.12	4.03	29.6	9095370-18	25.17	4.20	23.8

从田间表型上看,CSSLs 材料中仍保留有海岛棉的特征性状,高代回交并自交后,没有使海岛棉的染色体片段完全丢失,这些材料可以作为具有标记性状的新种质,拓宽了陆地棉的遗传基础。

3 讨论

通过高代回交后自交构建染色体片段代换系,在番茄、水稻等作物上报道较多,但在棉花上培育染色体片段代换系的报道较少。王鹏等^[12]利用遗传标准系 TM-1 和海 7124 构建了一套棉花染色体片段代换系,但未用生产上推广应用的品种作为轮回亲本。本研究评价的染色体片段代换系所采用的受体亲本为生产上大面积种植的中棉所 36,供体亲本为纤维品质优良的海岛棉海 1,这样在培育深入研究的基础材料的同时,可获得具有优良特性的染色体

现出海岛棉的部分特征,其中表现黄色花冠特异性状的有 9109003 等 20 行,表现黄色花药性状的有 9109014 等 24 行,表现红色花基颜色性状的有 1 行(9109548),表现鸡脚叶性状的有 9109048 等 10 行,还有部分材料表现出晚熟等性状,表 5 列出了具有特异性状的部分 BC₅F_{3:4} 株行的品质性状表现。

片段代换系,可以直接作为新品系利用。本课题组同时利用陆地棉中熟品种中棉所 45 为轮回亲本,以海 1 为供体亲本构建了另一套染色体片段代换系^[13-14],可相互比较和印证。

本研究结果表明,BC₅F₃ 单株及 BC₅F_{3:4} 株行材料中存在丰富的遗传变异材料,含有大量的优异单株;群体间(世代间)产量和纤维品质性状极显著相关,材料世代间具有较好的稳定性;群体内品质性状间呈极显著正相关,与衣分呈显著负相关,说明可同步改良纤维品质性状,但同步改良纤维品质与衣分难度较大。这些结果和兰孟焦^[15]的研究结果相一致。

遗传育种中长期的人工选择造成了棉花遗传基础狭窄,使其产量、适应性和品质性状的进一步改良面临极大的挑战,棉花育种进入一个平台期,从事棉

花应用研究的许多工作者就解决该问题进行了多方面的尝试。周忠丽等^[16]从棉花种质资源数据库中选择早熟、丰产、优质、抗病的优良种质,进行综合评价,评价出某一性状优异或综合性状优良、遗传稳定的种质 16 份提供应用,这只是对已有的种质资源进行了鉴定。本研究是对棉花染色体片段代换系群体进行评价,可筛选出大量具有陆地棉背景的优质新材料,丰富了种质资源库。

如何将海岛棉的优异性状基因导入到大面积推广种植的陆地棉品种中,前人已做了大量的研究工作^[17-18]。石玉真等^[19-20]以 4 个陆地棉品种(系)和 3 个海岛棉为亲本配制不完全双列杂交组合 12 个,对陆海种间杂交产量及纤维品质性状的遗传及其 F₁ 群体优势进行了分析,结果表明陆海杂种纤维具有优质、高产等优点,品质性状超中亲优势强。这是以传统的组配杂交组合的方式进行杂种 F₁ 材料的分析与鉴定。许多学者构建陆海 F₂ 群体、F_{2:3} 群体及 RIL 进行研究,并通过分子水平的鉴定,构建了种间遗传连锁图谱和定位了重要产量及品质性状的 QTL^[21-23]。由于 F₂ 群体及 RIL 群体自身的缺陷,即分离严重和遗传背景复杂,使得以它们为材料的 QTL 研究工作不太理想。而本研究评价分析的材料是在相同的遗传背景中导入供体亲本的染色体片段,与轮回亲本之间只存在渗入片段的差异,降低了遗传背景的干扰,是作物数量性状遗传、基因聚合、基因功能等分子研究的重要工具;通过评价得到的部分稳定的纤维品质优良的 CSSLs 材料,亦可作为新品系直接应用或作为棉花育种的亲本材料。

参考文献

[1] 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

[2] 潘家驹. 棉花育种学[M]. 北京:中国农业出版社,1998:23-53

[3] 黄滋康. 中国棉花遗传育种学[M]. 济南:山东科学技术出版社,2003

[4] 廖长见,王颖姮,潘光堂. 作物染色体导入系的构建及其应用[J]. 分子植物育种,2007,5(6):139-144

[5] 何风华,席章营,曾瑞珍,等. 利用高代回交和分子标记辅助选择建立水稻单片段代换系[J]. 遗传学报,2005,32(8):825-831

[6] Eshed Y,Zamir D. An introgression line population of *Lycopersicon pennellii* in the cultivated tomato enables the identification and fine mapping of yield-associated QTL[J]. Genetics,1995,141:1147-1162

[7] 徐华山,孙永建,周红菊,等. 构建水稻优良恢复系背景的重叠片段代换系及其效应分析[J]. 作物学报,2007,33(6):979-986

[8] 邵迪,李秋萍,邢永忠,等. 利用染色体片段代换系定位水稻主效抽穗期 QTL[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2009,35(4):344-347

[9] 郭晋杰,陈景堂,祝丽英,等. 基于玉米导入系群体的 3 个农艺性状 QTL 分析[J]. 植物遗传资源学报,2009,10(1):27-31

[10] 吕爱枝,王立秋,张晓光,等. 玉米染色体片段代换系对瘤黑粉病的抗性研究[J]. 植物遗传资源学报,2011,12(3):489-493

[11] 靖深蓉,占先合. 显性无腺体陆地棉(*G. hirsutum* L.) 新类型的选育[J]. 中国农业科学,1990,23(4):22-27

[12] 王鹏,丁业掌,张天真,等. 陆地棉遗传标准系 TM-1 背景的海岛棉染色体片段置换系的培育[J]. 科学通报,2008,53(9):1065-1069

[13] 梁燕. 早熟陆地棉染色体片段代换系的构建及 QTL 初步定位[D]. 安阳:中国农业科学院棉花研究所,2010

[14] 梁燕,贾玉娟,袁有禄,等. 棉花 BC₅F₂ 代换系的产量及品质相关性状表型分析及 QTL 定位[J]. 分子植物育种,2010,8(2):221-230

[15] 兰孟焦. 以中棉所 45 为背景的海岛棉染色体代换片段的鉴定及纤维产量与品质 QTL 定位[D]. 安阳:中国农业科学院棉花研究所,2011

[16] 周忠丽,杜雄明,刘国强. 陆地棉优良种质综合评价[J]. 植物遗传资源科学,2002,3(2):13-18

[17] 张金发,龚振平,孙济中,等. 陆地棉与海岛棉种间杂种产量品质优势的研究[J]. 棉花学报,1994,6(3):140-145

[18] 王芙蓉,张军,刘国栋,等. 海岛棉 DNA 导入陆地棉栽培品种获得变异种质的初步遗传分析[J]. 中国农业科学,2005,38(8):1528-1533

[19] 石玉真,刘爱英,袁有禄,等. 陆海种间杂交铃重和衣分的遗传及其 F₁ 群体优势分析[J]. 中国农学通报,2008,24(2):139-143

[20] 石玉真,刘爱英,袁有禄,等. 陆海种间杂交纤维品质性状的遗传及其 F₁ 群体优势分析[J]. 棉花学报,2008,20(1):56-61

[21] 史丽芳,胡磊,王沛政,等. 陆海杂交棉产量及重要农艺性状 QTL 定位[J]. 新疆农业科学,2010,47(1):67-72

[22] Wu M Q,Zhang X L,Nie Y C. Localization of QTLs for yield and fiber quality traits of tetraploid cotton cultivar. [J] Acta Genetica Sinica,2003,30(5):443-452

[23] 李莲,石玉真,袁有禄,等. 陆海杂种高代回交自交系纤维细度性状相关性分析[J]. 棉花学报,2009,21(5):356-360