

## 陆地棉棉仁营养品质及种子物理性状的遗传相关分析

王国建<sup>1</sup> 朱 军<sup>1</sup> 臧荣春<sup>2</sup> 许馥华<sup>1</sup> 季道藩<sup>1</sup>

(1 浙江农业大学农学系, 杭州 310029; 2 浙江农业大学中心实验室, 杭州 310029)

**摘 要** 采用包括基因型与环境互作的双子叶作物种子遗传模型, 分析了陆地棉 5 个亲本及其  $F_1$ 、 $F_2$  棉子仁的 4 个营养品质性状(油分含量、油分指数、蛋白质含量和蛋白质指数)以及棉子的 4 个物理性状(籽指、容重、仁壳比和仁指)的 3 年实验资料, 估算了棉仁营养品质性状及棉子物理性状的遗传效应的各项相关系数, 并讨论了性状之间遗传相关性在棉花品质改良育种中的应用

**关键词** 陆地棉; 棉子仁营养品质; 棉子物理性状; 遗传相关系数

**中图分类号** S562.099

Wang Guojian<sup>1</sup>; Zhu Jun<sup>1</sup>; Zang Rongchun<sup>2</sup>; Xu Fuhua<sup>1</sup>; Ji Dao fan<sup>1</sup> (1 Dept. of Agron., Zhejiang Agricultural University, Hangzhou 310029, China; 2 Central Laboratory, Zhejiang Agricultural University, Hangzhou 310029, China)

**Analysis of genetic correlation among seed nutrient quality traits and seed physical traits in Upland cotton.** Journal of Zhejiang Agricultural University, 1996, 22(6): 585~ 590

**Abstract** With genetic models including GE interaction for diploid plant seed and agronomy traits, data from a three-year experiment for five Upland cotton parents and their  $F_1$ 's,  $F_2$ 's were analyzed for four kernel nutrient quality traits (oil content and index, protein content and index) and four seed physical traits (seed index and density, the ratio of kernel weight to hull weight and kernel index). Correlation Coefficients among kernel nutrient quality traits and seed physical traits were estimated. The application of these genetic relationship in cotton nutrient improvement was discussed.

**Key words** Upland cotton; kernel nutrient quality traits; seed physical traits; genetic correlation coefficients

棉子品质育种是棉花育种中的一项重要任务。棉花种子性状大多为多基因控制的数量性状。由于基因的遗传连锁或一因多效, 种子品质间往往存在不同程度的遗传相关

性。因此, 了解性状间的遗传相关性, 可以提高育种选择效率。棉子品质性状的相关性已有一些报道<sup>[1~10]</sup>。但以往的研究都未考虑种子遗传表现可能同时受种子直接遗传效应、母体植株遗传效应和细胞质效应三套遗传体系的控制<sup>[11,12]</sup>。另外, 还可能存在基因型与环境的互作。因此, 遗传相关应进一步分解为各项遗传效应的相关分量以及遗传效应与环

收稿日期: 1996-01-08

国家教委《跨世纪优秀人才专项基金》和浙江省自然科学基金资助项目

境互作的相关分量。但有关这方面的研究尚未见报道。作者采用朱军等提出的方法<sup>[11-14]</sup>, 深入地分析多环境下棉子品质性状及种子物理性状间的各项遗传相关性, 以期作为棉子品质育种提供选择的理论依据。

## 1 材料与方法

试验于 1990 至 1993 年在浙江农业大学实验农场进行。1990 年, 选用 5 个陆地棉亲本按  $4 \times 5$  杂交方式配制  $F_1$ 。陆地棉品种为:

中棉所 7 号; HG-12, 高棉酚品种; PD 0111; PD 0458; GL-5, 无棉酚品种。于 1991、1992 和 1993 年分别种植亲本和  $F_1$ , 随机区组设计, 2 次重复, 小区面积为  $1.33 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}$ 。亲本和  $F_1$  分别自交产生亲本和  $F_2$  种子, 亲本间杂交获得  $F_1$  当代种子。测定了棉子仁油分含量 (索氏抽提法测定)<sup>[15]</sup>、油分指数 (百粒棉子仁油分重量, g)、蛋白质含量 (劳理法)<sup>[15]</sup>、蛋白质指数 (百粒棉子仁蛋白质重量, g)、赖氨酸含量 (染料键合法) 和赖氨酸指数 (百粒棉子仁赖氨酸重量, g)。

采用包括基因型与环境互作的作物二倍体种子遗传模型<sup>[12, 13]</sup>及统计分析方法<sup>[11, 14]</sup>, 分析多环境下棉子仁营养品质及种子物理性状间的遗传相关性。运用 M NQUE (0/1) 法估算各性状的方差分量及成对性状的协方差分量, 并进一步计算成对性状的各项遗传相关系数。成对性状间的遗传相关可剖分为直接加性相关 ( $r_A^2$ )、直接显性相关 ( $r_D^2$ )、细胞质相关 ( $r_C^2$ )、母体加性相关 ( $r_{Am}^2$ )、母体显性相关 ( $r_{Dm}^2$ )、和直接加性互作相关 ( $r_{AE}^2$ )、直接显性互作相关 ( $r_{DE}^2$ )、细胞质互作相关 ( $r_{CE}^2$ )、母体加性互作相关 ( $r_{AmE}^2$ )、母体显性互作相关 ( $r_{DmE}^2$ ) 及机误相关 ( $r_e^2$ )。采用 Jackknife 技术对每一年的基因型重复抽样, 计算各项相关系数估算值的标准误, 并用  $t$  测验对相关

系数参数进行显著性检验<sup>[16]</sup>。所有数据的运算均采用 C 语言自编的软件在 BM PC 机上运行。

## 2 结果分析

### 2.1 棉子仁营养品质性状间的遗传相关

棉子仁营养品质性状间的遗传相关分析见表 1。由表 1 可知, 油分含量与蛋白质含量存在显著的表现型和遗传负相关。油分指数与蛋白质指数、及蛋白质含量与蛋白质指数存在显著的表现型和遗传正相关。进一步分析营养品质性状的各项遗传相关表明, 油分含量与蛋白质含量的遗传负相关, 主要归因于较大的母体显性和细胞质互作负相关。油分含量和蛋白质含量的母体显性负相关表明, 这两个性状的母体杂种优势存在相反的表现。油分含量和蛋白质含量的细胞质互作负相关表明, 这两个性状的细胞质效应有相反的表现, 但其表现程度因环境而异。在杂交组合配制时, 很难同时利用油分和蛋白质的杂种优势。由此可见, 在棉子品质育种中, 同步提高油分和蛋白质存在一定的难度。

方差分析结果表明, 油分含量与油分指数、油分含量与蛋白质指数及油分指数与蛋白质含量的遗传相关系数均未达到显著水平。剩余效应或随机误差对油分含量和油分指数有相同的影响 ( $r_e = 0.45^{**}$ )。油分含量与蛋白质指数存在负的直接加性互作相关 ( $r_{AE} = -0.46^{**}$ ), 在一些环境中, 提高棉子油分含量可能会降低蛋白质指数。油分指数与蛋白质含量存在显著的直接加性正相关。因此, 通过选择可同时提高油分指数和蛋白质含量。但直接显性互作负相关可能会使组合在某些环境下呈现高油分指数和低蛋白质含量。正向的直接加性相关、直接显性互作相关和细胞质互作相关是油分指数与蛋白质指数的基因效应相关和基因型  $\times$  环境互作相

表 1 陆地棉种子营养品质性状间的遗传相关系数估计值

Table 1 Estimates of genetic correlation coefficients among seed nutrient quality traits in Upland cotton

相关系数 Correlation	油分含量与 油分指数 O il&O I	油分含量与 蛋白含量 O il&Pro	油分含量与 蛋白指数 O il&PI	油分指数与 蛋白含量 O I&Pro	油分指数与 蛋白指数 O I&PI	蛋白含量与 蛋白指数 Pro&PI
$r_P$	0.04	-0.14*	-0.06	0.12	0.37**	0.45**
$r_G$	-0.05	-0.16*	-0.07	0.13	0.29**	0.47**
$r_A$	0.00	0.00	0.00	0.32**	0.41**	0.47**
$r_D$	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
$r_C$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$r_{Am}$	-0.00	0.00	-0.09	0.00	-0.05	0.00
$r_{Dm}$	0.00	-0.52**	0.00	0.00	0.00	0.00
$r_{AE}$	0.00	-0.09	-0.46**	0.00	0.00	0.78**
$r_{DE}$	0.00	0.00	0.00	-0.56**	0.49**	-0.63**
$r_{CE}$	-0.10	-0.60**	0.24**	0.13**	0.43**	0.29**
$r_{AmE}$	0.00	-0.28**	0.00	0.00	0.00	0.00
$r_{DmE}$	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00
$r_e$	0.45**	-0.02	0.03	0.06	0.90**	0.19*

含量以百分率计(%)

关的主要分量, 这表明当代种子的基因加性、显性效应和母体植株的细胞质效应会导致棉子仁油分指数和种子蛋白质指数的同步提高, 但显性效应和细胞质效应的表现程度因环境而异, 较大的机误相关( $r_e = 0.90^{**}$ )可能会干扰这种相关性。

蛋白质含量与蛋白质指数存在较大的直接显性互作负相关、直接加性效应相关和直接加性互作相关。因此, 在多点或多年份进行选择可以有效地提高棉子的蛋白质含量和蛋白质指数。以上遗传相关分析表明, 选得棉子油分指数、蛋白质指数和棉仁蛋白质含量均高的新品种或选系是可行的。

## 2.2 棉子物理性状间的遗传相关分析

由棉子物理性状间的遗传相关性结果可知(表 2), 籽指与容重、籽指与仁指、容重与仁指、仁/壳与仁指和容重与仁/壳的表现型相关和遗传相关均达到显著水平。籽指与容重的较大表现型和遗传负相关归因于母体加性负相关和直接显性互作负相关。因此, 在杂种后代选得籽指大的棉子往往容重小, 籽指小的则容重大。籽指与仁/壳遗传关系不密

切, 遗传相关系数未达到显著水平, 但存在较大的细胞质互作相关。说明在一定环境下, 有可能选到籽指和仁/壳均理想的棉花品种。

容重与仁壳显著的遗传相关归结于较高的直接加性相关。这对改良棉子质量十分有利。在选育高活力棉花新品种时, 注重选择容重或仁/壳大的材料有助于提高棉子播种质量。直接加性相关和母体加性相关是容重与仁指遗传相关的主要分量, 但较大的母体加性负相关可能会干扰对容重和仁指的同步改进。另外, 除受到较大的细胞质与环境互作相关影响外, 环境误差或测定误差等随机因素也影响籽指与仁/壳、籽指与仁指、仁/壳与仁指的相关性。

## 2.3 营养品质与物理性状间的遗传相关

通过选择种子物理性状而间接改良棉子仁营养品质, 可减少品质测试工作, 提高品质育种选择效率。因此, 分析这两类性状的各项遗传相关, 对实际育种工作有着重要的指导意义。

由表 3 可见, 就表现型相关和遗传相关而言, 各个物理性状与营养品质性状间的相

表 2 陆地棉种子物理性状间的遗传相关系数估计值

Table 2 Estimates of genetic correlation coefficients among seed physical traits in Upland cotton

相关系数 Correlation	籽指与容重 SI&SD/V	籽指与仁/壳 SI&Ker/Hul	籽指与仁指 SI&KI	容重与仁/壳 SD/V &Ker/Hul	容重与仁指 SD/V &KI	仁/壳与仁指 Ker/Hul&KI
$r_P$	- 0.49**	0.04	0.39**	0.17**	0.18**	0.27**
$r_G$	- 0.60**	- 0.03	0.30**	0.23**	0.21**	0.22*
$r_A$	0.14	0.19**	0.08	0.65**	0.48**	0.41**
$r_D$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$r_C$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$r_{Am}$	- 0.86**	0.00	0.03	0.00	- 0.69**	0.00
$r_{Dm}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$r_{AE}$	0.00	0.00	0.00	- 0.16*	0.00	0.00
$r_{DE}$	- 0.31**	0.00	0.25**	0.00	0.24**	0.00
$r_{CE}$	0.00	0.54**	0.52**	0.00	0.00	0.53**
$r_{AmE}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$r_{DmE}$	0.00	0.00	- 0.22**	0.00	0.00	0.03
$r_e$	0.07	0.49**	0.93**	- 0.08	0.02	0.60**

关性表现基本相似。各物理性状均与油分指数、蛋白质含量和蛋白质指数有正向显著的表现型相关和遗传相关。进一步分析各项遗传相关性可发现,油分含量与籽指、仁指的各项遗传相关系数均为负值,油分含量与容重有母体加性正相关,可见选择小籽或密度大的棉子,在后代易获得油分含量高的品种或选系。仁/壳与油分含量存在较高的母体显性相关,这表明仁/壳大的杂交组合其油分含量往往也高,但细胞质与环境互作效应的负相关在一定程度上会降低某些年份中杂交组合的油分含量。籽指、容重、仁/壳和仁指分别与油分指数、蛋白质含量、指数存在显著的直接加性相关,这揭示在杂种早代直接选择棉子这 3 个物理性状的任何一个,均可提高油分指数、蛋白质含量和指数。

容重分别与油分指数和蛋白质指数有较高的直接加性正相关和母体加性负相关,进一步表明宜在当代棉子上选择容重,以间接改良油分指数和蛋白质指数。根据母体植株的遗传表现选择容重,会负向地影响油分指数和蛋白质指数的遗传表现。分析成对性状

的各项基因与环境互作相关性,可知籽指、仁指分别与油分指数和蛋白质指数有较高的直接显性互作相关,这表明在某些特定环境下,可利用籽指或仁指的直接杂种优势间接提高油分指数和蛋白质指数。

除油分含量外,其余 3 个营养品质性状分别与籽指、仁/壳和仁指存在细胞质互作相关,在杂种早代,选择籽指、仁/壳或仁指有可能选到适合于某些特定环境的高蛋白或油分的材料或组合。

### 3 讨 论

作物种子性状间的遗传表现并不相互独立,由于存在基因的一因多效或基因连锁,不同性状间往往存在程度或方向不同的相关性,研究营养品质性状间的遗传相关性,有利于指导同步改良营养品质性状,提高育种效果。作物种子的数量性状间的表现型相关可分解为遗传相关和环境相关。遗传相关虽然排除了环境条件的影响,但还不能从遗传本质上反映性状间各种基因效应的关系,因

表 3 种子营养品质性状与物理性状间的遗传相关系数估计值

Table 3 Estimates of genetic correlation coefficients between seed nutrient quality and physical traits in Upland cotton

参数 Parameter	籽指与 SI &				容重与 SD/V &			
	油分含量 Oil%	油分指数 OI	蛋白质含量 Pro%	蛋白质指数 PI	油分含量 Oil%	油分指数 OI	蛋白质含量 Pro%	蛋白质指数 PI
<i>r<sub>P</sub></i>	- 0.11**	0.33**	0.22**	0.39**	- 0.04	0.16*	0.15**	0.20**
<i>r<sub>G</sub></i>	- 0.14	0.24**	0.23**	0.32**	- 0.11	0.17**	0.17**	0.23**
<i>r<sub>A</sub></i>	0.00	0.17*	0.18*	0.14*	0.00	0.47**	0.92**	0.67**
<i>r<sub>D</sub></i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>r<sub>C</sub></i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>r<sub>Am</sub></i>	- 0.16*	- 0.07	0.00	0.00	0.26**	- 0.57**	0.00	- 0.69**
<i>r<sub>Dm</sub></i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>r<sub>AE</sub></i>	0.00	0.00	0.00	0.00	- 0.56**	0.00	- 0.12	- 0.09
<i>r<sub>DE</sub></i>	0.00	0.23**	- 0.79**	0.12	0.00	0.30**	0.04	0.30**
<i>r<sub>CE</sub></i>	- 0.06	0.51**	0.21**	0.51**	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>r<sub>AmE</sub></i>	0.00	0.00	0.00	0.00	- 0.54**	0.00	0.24**	0.00
<i>r<sub>DmE</sub></i>	0.00	- 0.14*	0.00	- 0.20**	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>r<sub>e</sub></i>	0.08	0.86**	0.01	0.91**	0.25**	0.13	0.12	0.05

  

参数 Parameter	仁壳比与 Ker/Hul &				仁指与 KI &			
	油分含量 Oil%	油分指数 OI	蛋白质含量 Pro%	蛋白质指数 PI	油分含量 Oil%	油分指数 OI	蛋白质含量 Pro%	蛋白质指数 PI
<i>r<sub>P</sub></i>	0.07	0.30**	0.12*	0.26**	- 0.08	0.37**	0.19**	0.40**
<i>r<sub>G</sub></i>	- 0.09	0.26**	0.14	0.22**	- 0.10	0.27**	0.20**	0.32**
<i>r<sub>A</sub></i>	0.00	0.29**	0.40**	0.47**	0.00	0.34**	0.33**	0.35**
<i>r<sub>D</sub></i>	- 0.22**	0.00	0.23**	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>r<sub>C</sub></i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>r<sub>Am</sub></i>	0.00	0.00	0.00	0.00	- 0.10	- 0.04	0.00	0.01
<i>r<sub>Dm</sub></i>	0.49**	0.00	- 0.33**	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>r<sub>AE</sub></i>	- 0.04	0.00	0.75**	- 0.59**	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>r<sub>DE</sub></i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49**	- 0.57**	0.38**
<i>r<sub>CE</sub></i>	- 0.45**	0.42**	0.54**	0.60**	- 0.21**	0.42**	0.28**	0.49**
<i>r<sub>AmE</sub></i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>r<sub>DmE</sub></i>	0.00	0.12	0.00	- 0.02	0.00	- 0.06	0.00	- 0.12
<i>r<sub>e</sub></i>	- 0.04	0.50**	- 0.13	0.58**	0.04	0.91**	0.08	0.99**

而有必要将遗传相关进一步分解为各项基因效应的遗传相关分量。分析基因效应遗传相关性有助于制定适当的育种方案。由于加性效应能在后代累加和稳定遗传,以直接加性相关或母体加性相关显著的成对性状,可以在早代进行单粒或单株间接选择;而直接显性相关或母体显性相关会随世代的递增而发生衰减,以显性相关为主的成对性状,宜于高代选择改良为好;存在较大的互作相关的成对性状则应注意在不同环境下进行选择。因

而遗传效应相关性分析不仅可以排除环境干扰,更能反映性状间的各种遗传效应的本质关系,对育种工作有较大的指导意义。

棉子品质性状遗传相关性分析结果表明,一些品质性状间存在较强的遗传相关性。其中油分含量与蛋白质含量有明显的母体显性负相关和细胞质互作负相关。同时对这两种性状同步改良难度较大。油分指数与蛋白质含量、油分指数与蛋白质指数的基因效应相关均以加性相关为主,也存在较大的基因

效应互作相关 对它们间接选择改良宜在多环境下进行 仁/壳与油分含量以母体显性相关为主,在选配油分含量高的强优势组合时,可考虑利用这种相关性 但由于显性相关会因世代的增加而改变,对成对性状进行间接选择效果不明显 籽指、仁指分别与油分指数和蛋白质指数以直接加性相关为主 直接显性互作相关和细胞质互作相关是互作相关的主要分量 在不同环境下间接选择籽指、仁指可提高油分指数和蛋白质指数 容量与蛋白质含量有明显加性相关,选择当代容量可获得高蛋白质含量的棉子 仁/壳与蛋白质含量以直接加性和母体加性相关为主 可见,在低世代选择仁/壳较大的双亲配制杂交组合,有可能提高棉子蛋白质含量

**致 谢** 叶旭君,陈文华同学参加了部分工作,谨此致谢

#### 参考文献

- 1 Kohel R J. Genetic studies of seed oil in cotton. *Crop Sci*, 1980, 20: 784~ 787
- 2 Shaver T N, R H Dilday. Measurement of and correlations among selected seed quality actors for 36 Texas race stocks of cotton. *Crop Sci*, 1982, 22: 779~ 781
- 3 项时康,孙善康 陆地棉种子蛋白质脂肪含量与籽指衣分的相关性 *中国棉花* 1982, 3: 27~ 28
- 4 杨奎华 陆地棉种仁脂肪含量及蛋白质等几种性

- 状相关性的研究 *棉花学报*, 1985, 1: 48~ 53
- 5 陈仲方,张治伟,承泓良 陆地棉品种棉籽品质分析研究 *作物学报*, 1986, 12(3): 195~ 199
- 6 季道藩,朱 军 陆地棉品种间杂种的种仁油分和氨基酸成分的遗传分析, *作物学报*, 1988, 14(1): 1~ 6
- 7 王学德,俞碧霞,夏如冰等 低酚棉产量、纤维品质和棉仁营养品质的表现及其相关性 *浙江农业科学*, 1989(3): 118~ 120
- 8 周治国,许玉璋,许 莹 棉籽品质与纤维品质及其铃期温度的相关性研究 *陕西农业科学*, 1992, 3: 3~ 5
- 9 周有耀 棉子营养品质与纤维品质的关系 *中国棉花*, 1993, 2: 13~ 14
- 10 王国印 陆地棉数量性状遗传研究进展 *中国棉花*, 1994, 21(3): 5~ 7
- 11 朱 军 Mixed model approaches for estimating variances and covariances *生物数学学报*, 1992, 7(1): 1~ 11
- 12 朱 军 广义遗传模型与数量遗传分析新方法, *浙江农业大学学报*, 1994, 20(6): 551~ 559
- 13 朱 军 包括基因型×环境互作效应的种子遗传模型及其分析方法 *遗传学报*, 1996, 23(1): 56~ 68
- 14 Zhu Jun, B S Weir. A analysis of cytoplasmic and maternal effects. I A genetic model for diploid plant seeds and animals. *Theor. Appl. Genet.* 1994, 89(3): 153~ 159
- 15 何范照 *粮油品质分析方法* 北京: 农业出版社, 1985
- 16 朱 军,季道藩,许毓华 作物品种杂种优势遗传分析的新方法 *遗传学报*, 1993, 20(3): 262~ 271