

大豆脂肪酸组份含量的正反交 效应和配合力分析*

付玉清

杨庆凯

(中国农业科学院作物所) (东北农学院大豆研究室)

摘 要

5个亲本按 Griffing I 配置 20 个正反交组合,研究了脂肪酸组份含量的正反交效应和配合力。结果为:

1、 F_1 代正反交组合油酸、亚油酸、亚麻酸含量群体平均值间无显著差异。表明无正反交效应。

2、棕榈酸、硬脂肪、油酸、亚油酸及亚麻酸等 5 种脂肪酸含量的一般配合力方差(M.S.g)与特殊配合力方差(M.S.s)均显著,以一般配合力方差占优势(M.S.g/M.S.s 值为 4.75~18.54),表明均以加性效应遗传为主。

3、5 种脂肪酸含量的一般配合力效应值与亲本值间为显著或极显著正相关($r=0.948^* \sim 0.996^{**}$);特殊配合力效应值与一般配合力效应值间关系不密切。

关键词 大豆;脂肪酸组份;正反交效应;配合力

大豆油分品质育种的目标就是针对脂肪酸组成中的不饱和组份,提高其油酸、亚油酸含量,适当降低亚麻酸含量^{[1]、[7]}。目前,美国已选育了低亚麻酸(3-3.5%)的优良品系。我国部分省份对大豆品种的脂肪酸组份进行了测定,筛选出高亚油酸、低亚麻酸含量的优良种质,为油分品质育种提供了基础材料^{[2]、[3]}。有关大豆脂肪酸组份育种理论方面研究较少^{[4]、[10]、[12]}。配合力是有机体能够遗传的一种属性,可作为亲本选配的重要依据。对大豆产量、产量因素、生育期、蛋白质及脂肪含量的配合力分析,国内外学者作了一些研究^{[4]、[5]、[6]、[11]}。脂肪酸组份的配合力研究很少^[4]。关于脂肪酸组份的正反交效应,Wilcox (1985)^[12]研究指出油酸、亚油酸含量不存在正反交效应,表明无细胞质遗传。基于以上研究现状,本试验利用 5 亲本按 Griffing I 5×5 完全双列杂交配置 20 个正反交组合,分析其正反交效应和配合力,以期为大豆油分品质育种的亲本选配提供一些依据。

* 本文于 1993 年 1 月 5 日收到。

This paper was received on Jan. 5, 1993.

材 料 与 方 法

选用 5 个亲本, 1. 东农 84-601 2. 嫩 78615-3 3. 九资 767 4. 东农 75-548 5. 绥 85-5064 于 1987 年按 Griffing 方法 I 配置 20 个杂交组合; 1988 年种植 F_1 代及亲本, 随机区组设计, 3 次重复, 单行区, 行长 2.25 米, 行株距 70×10 厘米。 F_1 代每小区取 5 个单株, 采用脂肪酸甲脂气相色谱法测定单株的脂肪酸含量。 色谱条件: 日本产 GC-9A 型气相色谱仪, 氢火焰离子化检测器; 色谱柱: 玻璃柱, 直径 3mm, 柱长 1.6m; 固定液: 12% DEGS; 担体: Chrosorb W. DMCS; 柱温: 195°C ; 气化室温度: 250°C ; 检测室温度: 250°C ; 载气 (N_2) 流速: 35ml/min; 氢气压力: $0.5\text{kg}/\text{cm}^2$; 空气压力: $0.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 。 结果按峰面积归一化法计算, 组份含量 $\% = \frac{A_i}{\sum A} \times 100$ 。

配合力的统计分析利用 Griffing 方法 I 固定模型程序, 在 IBM-PC 机上完成。

结 果 与 分 析

一、脂肪酸组份含量的正反交效应

本试验供试 5 个亲本在油酸、亚油酸、亚麻酸含量上相互间存在一定差异, 饱和脂肪酸棕榈酸、硬脂酸含量间差异不显著(见表 1)。

表 1 亲本间脂肪酸含量差异显著性比较

Table 1 Comparison of fatty acid content among parents

亲本代号 No. of parent	棕榈酸(%) Palmitic acid	亲本代号 No. of parent	硬脂酸(%) Stearic acid	亲本代号 No. of parent	油 酸(%) Oleic acid	亲本代号 No. of parent	亚油酸(%) Linoleic acid	亲本代号 No. of parent	亚麻酸(%) Linolenic acid
5	7.76 ^a	1	3.50 ^a	4	37.93 ^a	2	48.97 ^a	5	7.81 ^a
3	7.66 ^a	5	3.42 ^a	3	37.58 ^a	1	46.70 ^b	1	6.99 ^{ab}
2	7.30 ^a	2	3.12 ^a	1	35.50 ^b	5	46.67 ^b	2	6.23 ^{bc}
1	7.29 ^a	4	2.86 ^a	5	34.57 ^b	4	46.08 ^b	4	5.96 ^c
4	7.01 ^a	3	2.70 ^a	2	34.15 ^b	3	45.98 ^b	3	5.82 ^c

注: 同一组数字后不同字母表示差异显著 ($P=0.05$)

从表 2 看出, 20 个正反交组合油酸、亚油酸、亚麻酸含量的群体平均值及其相应亲本进行方差分析与多重比较, 表现为, 两亲本间差异显著, 但其正反交组合间差异均未达 0.05 显著水平。

再以 10 对正反交组合脂肪酸含量间差异进行成对法 t 测验, 油酸、亚油酸、亚麻酸含量的 t 测验值分别为 1.376、0.171 和 1.810, 都小于 $t_{0.05, q}=2.262$, t 测验结果均不显著。两种统计分析方法均表明, 油酸、亚油酸和亚麻酸含量不存在正反交效应。

表 2 亲本及 F₁ 代正反交组合的表现

Table 2 Performance of parents and reciprocal crosses in F₁ generation

亲本及组合 Parents and crosses	油 酸(%) Oleic acid	亚 油 酸(%) Linoleic acid	亚 麻 酸(%) Linolenic acid
嫩 78615-3(P ₂)	34.15 ^a	48.97 ^a	6.23 ^a
P ₁ ×P ₂	33.33 ^a	48.72 ^a	7.03 ^a
P ₂ ×P ₁	33.84 ^a	48.34 ^a	6.79 ^a
东农 84-601(P ₁)	35.50 ^a	46.70 ^a	6.99 ^a
九资 767(P ₃)	37.58 ^a	45.98 ^a	5.82 ^a
P ₃ ×P ₁	35.56 ^b	47.34 ^a	6.96 ^b
P ₁ ×P ₃	35.74 ^b	47.49 ^a	6.44 ^{ab}
东农 84-601(P ₁)	35.50 ^b	46.70 ^a	6.99 ^b
东农 84-601(P ₁)	35.50 ^a	46.70 ^a	6.99 ^a
P ₁ ×P ₁	36.55 ^b	46.17 ^a	6.70 ^{ab}
P ₁ ×P ₄	36.05 ^{ab}	46.59 ^a	6.18 ^b
东农 75-548(P ₄)	37.93 ^c	46.08 ^a	5.96 ^c
绥 85-5064(P ₅)	34.57 ^a	46.67 ^a	7.81 ^a
P ₁ ×P ₅	34.37 ^a	47.89 ^a	7.84 ^a
P ₅ ×P ₁	34.34 ^a	47.06 ^a	7.58 ^a
东农 84-601(P ₁)	35.50 ^a	46.70 ^a	6.99 ^a
嫩 78615-3(P ₂)	34.15 ^a	48.97 ^a	6.23 ^a
P ₂ ×P ₃	35.78 ^b	47.50 ^a	5.98 ^a
P ₃ ×P ₂	35.51 ^b	48.03 ^a	6.11 ^a
九资 767(P ₃)	37.58 ^c	45.98 ^b	5.82 ^a
嫩 78615-3(P ₂)	34.15 ^a	48.97 ^a	6.23 ^a
P ₄ ×P ₂	34.58 ^a	48.12 ^a	6.79 ^a
P ₂ ×P ₄	35.57 ^a	47.89 ^a	6.25 ^a
东农 75-548(P ₄)	37.93 ^b	46.08 ^b	5.96 ^a
嫩 78615-3(P ₂)	34.15 ^a	48.97 ^a	6.23 ^a
P ₂ ×P ₅	34.54 ^a	47.83 ^{ab}	7.12 ^b
P ₅ ×P ₂	33.99 ^a	47.72 ^{ab}	7.59 ^b
绥 85-5064(P ₅)	34.57 ^a	46.67 ^b	7.81 ^b
九资 767(P ₃)	37.58 ^a	45.98 ^a	5.82 ^a
P ₃ ×P ₄	37.57 ^a	45.53 ^a	5.91 ^a
P ₄ ×P ₃	36.91 ^a	46.32 ^a	5.97 ^a
东农 75-548(P ₄)	37.93 ^a	46.08 ^a	5.96 ^a
九资 767(P ₃)	37.58 ^a	45.98 ^a	5.82 ^a
P ₅ ×P ₃	36.05 ^b	46.17 ^a	6.94 ^b
P ₃ ×P ₅	36.17 ^b	45.94 ^a	6.93 ^b
绥 85-5064(P ₅)	34.57 ^c	46.67 ^a	7.81 ^c
绥 85-5064(P ₅)	34.57 ^a	46.67 ^a	7.81 ^a
P ₅ ×P ₄	35.73 ^b	46.27 ^a	6.98 ^b
P ₄ ×P ₅	35.99 ^b	46.42 ^a	6.94 ^b
东农 75-548(P ₄)	37.93 ^c	46.08 ^a	5.96 ^c

注:同一组数字后不同字母表示差异显著(P=0.05)

二、脂肪酸含量的配合力分析

5 种脂肪酸配合力的方差分析结果列于表 3,一般配合力方差均达显著或极显著,特

殊配合力方差,除棕榈酸外,均达显著或极显著,反交效应方差均不显著。棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、亚麻酸五性状的 M. S. g/M. S. s 值分别为 4. 75、18. 54、11. 27、15. 90 和 15. 61。表明各脂肪酸含量以加性遗传为主。

表 3 配合力方差分析

Table 3 Analysis of variance of combining ability

变 异 来 源 Source of variance	DF	MS				
		棕榈酸 Palmitic acid	硬脂酸 Stearic acid	油 酸 Oleic acid	亚油酸 Lino leic acid	亚麻酸 Linolenic acid
一般配合力 G. C. A	4	0. 328**	0. 241**	10. 332**	3. 609**	1. 889**
特殊配合力 S. C. A	10	0. 069	0. 013**	0. 917*	0. 227**	0. 121**
反交效应 R. E. C	10	0. 064	0. 003	0. 695	0. 132	0. 026
机 误 Error	300	0. 038	0. 002	0. 384	0. 078	0. 014
M. S. g/M. S. s		4. 75*	18. 54**	11. 27**	15. 90**	15. 61**

注: *表示 0. 05 水平显著. **表示 0. 01 水平显著

(一)一般配合力分析

5 亲本各脂肪酸一般配合力效应值分析(见表 4),亲本值与其 \hat{g}_i 效应值大小密切相关,相关系数 $r_{\text{plai}}=0. 948^* \sim 0. 996^{**}$,这也表明脂肪酸含量遗传以加性效应为主。

表 4 一般配合力效应值(\hat{g}_i)亲本脂肪酸含量(X_i)及两者间的相关系数

Table 4 Effect values of G. C. A, fatty acid content of parents and correlation coefficients between both of them

亲本代号 No. of parent	棕 榈 酸 Palmitic acid		硬 脂 酸 Stearic acid		油 酸 Oleic acid		亚 油 酸 Linoleic acid		亚 麻 酸 Linolenic acid	
	\hat{g}_i	X_i	\hat{g}_i	X_i	\hat{g}_i	X_i	\hat{g}_i	X_i	\hat{g}_i	X_i
1	-0. 091	7. 29	0. 185	3. 50	-0. 799	35. 50	0. 236	46. 70	0. 296	6. 99
2	-0. 064	7. 30	0. 035	3. 12	-0. 917	34. 15	0. 942	48. 97	-0. 141	6. 23
3	0. 145	7. 66	-0. 200	2. 70	0. 954	37. 58	-0. 508	45. 98	-0. 367	5. 82
4	-0. 216	7. 01	-0. 112	2. 86	1. 233	37. 93	-0. 428	46. 08	-0. 390	5. 96
5	0. 226	7. 76	0. 092	3. 42	-0. 472	34. 57	-0. 241	46. 67	0. 602	7. 81
r	0. 996**		0. 982**		0. 948*		0. 952*		0. 990**	

综合的看,亲本 3、4 的油酸含量一般配合力最高,分别为 0. 954 和 1. 233,其亚麻酸含量的 \hat{g}_i 最低,为-0. 367 和-0. 390,说明这是高油酸、低亚麻酸育种的较好材料。亲本 2 亚油酸含量的 \hat{g}_i 值最高(0. 942),其亚麻酸的 \hat{g}_i 为负值,是亚油酸、亚麻酸二性状一般配合力较好的材料。

(二)特殊配合力分析

4 种脂肪酸(除棕榈酸外)特殊配合力方差均显著。特殊配合力效应值列于表 5。

表 5 各脂肪酸特殊配合力效应值(\hat{S}_{ij})
Table 5 Effect values of S. C. A of fatty acid compositions

\hat{S}_{ij}	硬脂酸 Stearic acid	油酸 Oleic acid	亚油酸 Linoleic acid	亚麻酸 Linolenic acid
\hat{S}_{11}	0.073	1.858	-1.036	-0.418
\hat{S}_{12}	-0.006	-1.025	0.085	0.001
\hat{S}_{13}	0.117	-0.751	0.421	0.580
\hat{S}_{14}	-0.088	0.086	0.310	-0.222
\hat{S}_{15}	-0.095	-0.167	0.220	0.059
\hat{S}_{22}	-0.016	1.469	-0.178	-0.242
\hat{S}_{23}	-0.045	-0.365	0.063	-0.203
\hat{S}_{24}	0.060	-0.486	0.220	0.300
\hat{S}_{25}	0.007	0.407	-0.190	0.144
\hat{S}_{33}	0.040	1.154	-0.268	-0.265
\hat{S}_{34}	-0.011	0.323	-0.254	-0.057
\hat{S}_{35}	-0.100	-0.361	0.039	-0.054
\hat{S}_{44}	0.059	0.223	-0.324	-0.027
\hat{S}_{45}	-0.020	-0.145	0.049	0.007
\hat{S}_{55}	0.209	0.266	-0.118	-0.156

分析各组合 4 种脂肪酸的特殊配合力效应时发现, (1) 两 \hat{g}_i 值高的亲本, 其特殊配合力不一定高, 如硬脂酸的 C_{15} 、亚油酸的 C_{12} 、亚麻酸的 C_{15} 等。 (2) \hat{g}_i 值低的两亲本, 其特殊配合力很低, 如硬脂酸的 C_{34} 组合, 油酸的 C_{12} 、亚油酸的 C_{34} 等。 (3) 两亲本间 \hat{g}_i 值有一定差异的组合, 产生了一定的互补作用, 如硬脂酸、亚油酸的 C_{13} 组合、油酸的 C_{25} 、亚麻酸的 C_{24} 等。分析各脂肪酸的特殊配合力效应值与亲本平均值、亲本差值的相关性, $r=0.233\sim 0.186$, 相关均不密切。所以, 很难由亲本的一般配合力推知特殊配合力的表现。这与大豆蛋白质、脂肪及其它农艺性状的表现有所不同^[8]。

讨 论

1. 分析脂肪酸含量的正反交效应, 本文中采用了成对法 t 测验和正反交组合与双亲间的方差分析与多重比较两种统计分析方法。这较单纯依据配合力方差分析中反交效应差异显著性来判断是否存在正反交效应更为准确, 能够在具体的组合上体现差异显著性。本研究中, 在油酸含量上, C_{13} 、 C_{14} 、 C_{23} 、 C_{24} 、 C_{35} 、 C_{45} 等组合中, 亚油酸含量的 C_{23} 、 C_{24} 、 C_{25} 组合, 亚麻酸含量的 C_{13} 、 C_{14} 、 C_{25} 、 C_{35} 和 C_{45} 等组合, 两亲本脂肪酸含量间均存在显著差异, 但各组合与其相应反交组合平均值间差异均未达显著。表明不存在正反交效应, 即无细胞质遗传现象。这只是对本研究试材的 5 种细胞质作出的结论, 有待于对大量材料的细胞质进行筛选。而且, 对于数量性状, 研究其细胞质遗传, 除应比较正反交组合平均表现外, 还应

对分离世代正反交组合的遗传变异作出分析。

2. 本研究表明, 不饱和脂肪酸油酸、亚油酸、亚麻酸含量遗传以加性为主, 有关研究指出, 三种不饱和脂肪酸间相互存在一定的关系, 油酸与亚油酸、亚麻酸间存在显著或极显著负相关, 亚油酸与亚麻酸呈正相关^{[3], [9]}。胡明祥(1990)^[9], 以 F_2 代材料分析了脂肪酸组成成分间的相互关系, 油酸与亚油酸、亚麻酸的相关系数分别为 $r = -0.76^{**} \sim -0.96^{**}$ 和 $r = 0.46^{**} \sim -0.68^{**}$, 亚油酸与亚麻酸含量相关系数为 $r = 0.09 \sim 0.68^{**}$, 有些组合达极显著水平。油分品质育种中, 若以提高油酸含量为目标, 就会自然降低亚麻酸含量。本文指出, 亲本的一般配合力效应值与其脂肪酸含量为极密切正相关。本研究所用试材中, 亲本 3(九资 767)、4(东农 75-548)的油酸含量最高, 其一般配合力效应值亦最高, 分别为 0.954 和 1.233, 依其内在的负相关关系, 其亚麻酸含量最低, 一般配合力效应值亦最低, 分别为 -0.367 和 -0.390。因此, 配置高油酸 \times 高油酸或低亚麻酸 \times 低亚麻酸组合, 既可达到提高了油酸含量, 又降低了亚麻酸含量的目的。若以提高亚油酸含量为目标, 配置高亚油酸 \times 高亚油酸组合, 还应忽视亚麻酸含量的变化。在亲本选配上, 需要考虑亲本一般配合力在亚油酸、亚麻酸含量上的表现。本试材中, 亲本 2(嫩 78615-3)亚油酸含量的 \hat{g}_i 值最高(0.942), 其亚麻酸含量 \hat{g}_i 值为负值, 是亚油酸、亚麻酸二性状一般配合力较好的材料。

参 考 文 献

- [1] 王金陵: 1986, 大豆品质育种, 作物杂志 2: 1-3
- [2] 胡明祥: 1986, 我国大豆品种脂肪酸组成的分析研究, 吉林农业科学, (1), 12-17
- [3] 赵道新: 1988, 大豆科学, 7(4): 327-331
- [4] 刘显华: 1986, 改良蛋白质、脂肪及其组份的遗传育种概况, 中国油料, 4: 18-21
- [5] 孟庆喜等: 1988, 大豆蛋白质育种的双列杂交分析, 大豆科学, 7(3): 185-190
- [6] 马育华等: 1983, 大豆杂种世代的遗传变异研究 I 配合力及有关遗传参数, 作物学报, 9(4): 249-258
- [7] 李国桢: 1986, 黑龙江农业科学, 3: 29
- [8] 陈恒鹤: 1987, 大豆蛋白质、脂肪含量及其它农艺性状遗传规律的轮配分析, 中国农业科学, 20(1): 32-38
- [9] 胡明祥等: 1990, 大豆杂种 F_2 代脂肪酸组成的遗传研究, 大豆育种应用基础和技术研究进展, 江苏科学技术出版社, P124-131
- [10] Brim, C. A. & C. C. Cockerham: 1961, Inheritance of quantitative characters in soybeans. Crop Sci., 1: 187-190
- [11] Chauhan, V. S.: 1983, Combining ability for yield and its component characters in soybean, Crop Improv., 10(1): 40-44
- [12] Wilcox, J. R.: 1985, Breeding soybean for improved oil quantity and quality, WSRC II, 380-386

ANALYSIS OF RECIPROCAL CROSS EFFECT AND COMBINING ABILITY OF FATTY ACID COMPOSITIONS OF SOYBEAN

Fu Yuqing

(Institute of Crop Breeding and Cultivation, CAAS, Beijing 100081)

Yang Qingkai

(Soybean Research Lab., Northeast Agricultural College, Harbin 150030)

Abstract

20 reciprocal crosses by 5 parents according to Griffing I design were used to study the reciprocal cross effect and combining ability of fatty acid compositions. The results showed that both M. S. g and M. S. s were significant in genetic variation for palmitic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid and linolenic acid, and M. S. g occupied a dominant position, the ratios of M. A. g and M. S. s were 4.75—18.54. It demonstrated that additive effect played an important role in the inheritance of fatty acid compositions. Values of \hat{g}_i for the five kinds of fatty acid were significantly or very significantly positively correlated with the fatty acid content of parents, the correlation coefficients were $0.948^* - 0.996^{**}$, \hat{s}_{ij} values had no close correlation with g_i values.

Key words Soybean; Fatty acid compositions; Reciprocal cross effect; Combining ability

书 讯

由黑龙江省农科院窦新田研究员主编的《Current Developments in Soybean—Rhizobium Symbiotic Nitrogen Fixation》(大豆—根瘤菌共生固氮研究进展)(英文版)已由黑龙江科技出版社正式出版发行。全书共邀请了世界上 19 个国家, 100 余名固氮学者撰写了 39 篇论文。这些论文分属 6 个内容: A、大豆共生固氮的分子遗传学, B、大豆共生固氮育种, C、大豆共生固氮的无机氮和生物氮, D、大豆根瘤菌的生态、生理和生化, E、大豆根瘤菌的选育和应用, F、大豆共生固氮的竞争结瘤和环境因素。这些论文反映了近几年大豆—根瘤菌共生固氮研究各领域的新进展, 是这些固氮学者最新研究结果的首次发表。

该书由我国著名的大豆育种家、东北农学院王金陵教授, 以及美国田纳西大学、植物分子遗传学家 P. M. Gresshoff 博士作序。该书的出版对加强和促进我国科技工作者与世界各国的科技交流和合作, 提高我国对大豆研究的科研水平具有重要意义。

该书为国际开本, 精装, 共 493 页, 约 50 万字。如有需要者, 请与黑龙江省农科院土肥所微生物室联系。