

# 大豆高蛋白育种的亲本选配 和后代选择的研究

## I 大豆杂交 $F_2$ 、 $F_3$ 、 $F_4$ 代蛋白质 含量的遗传变异特点\*

邱丽娟\* 王金陵 杨庆凯

(东北农学院)

### 摘 要

用蛋白质含量不同的九个亲本配成六个组合,对其  $F_2$ 、 $F_3$ 、 $F_4$ 代蛋白质含量的遗传基因作用方式和遗传参数等进行了系统的研究。试验结果表明,除  $C_2$  外,其它五个组合的蛋白质含量遗传主要是基因的加性效应,可用中亲值预测杂交后代蛋白质含量的平均表现。组合  $C_2$  除基因的加性效应外,还存在显性效应。多数组合蛋白质含量的遗传力一般中等偏高且随着世代的升高而增加。不同组合  $F_2$ 、 $F_3$ 、 $F_4$ 代蛋白质含量变异系数和遗传进度较大,以及高蛋白超亲个体的普遍存在,均表明了早期世代选择高蛋白个体的必要性和可能性。

关键词 大豆;蛋白质含量;遗传力

### 前 言

据国内外育种者的研究,大豆蛋白质含量遗传一般以基因的加性效应为主<sup>[1,2,4]</sup>,有的组合以高蛋白或低蛋白为显性<sup>[2,4]</sup>;蛋白质含量的遗传力中等偏高,但组合不同、年份有别<sup>[4]</sup>、计算单位各异时,遗传力估值也不完全相同。由于有关大豆蛋白质含量的遗传研究多是针对杂交某一代或高世代进行的而且结果各异,本试验对六个组合  $F_2$ 、 $F_3$ 、 $F_4$ 代

\* 本文为邱丽娟博士研究生学位论文一部分,现于中国农科院品资所工作。

本文于1989年11月29日收到。

This paper was received on Nov. 29, 1989.

蛋白质含量的遗传变异特点系统地进行了研究,试图明确大豆蛋白质含量的遗传规律,为大豆高蛋白育种提供理论依据。

## 材料和方法

用蛋白质含量不同的九个亲本配成六个组合(表1)。以这六个组合的 $F_2$ 、 $F_3$ 、 $F_4$ 代为表1 六个组合杂交亲本及亲本的蛋白质含量(1986~1988年均值)

Table 1 Parents and their protein contents of six soybean crosses

| 组合代号<br>Crosses | 母本(♀)<br>Female |          | 父本(♂)<br>Male |          |
|-----------------|-----------------|----------|---------------|----------|
| C <sub>1</sub>  | 东农 78-34        | (44.56%) | Sioux         | (48.21%) |
| C <sub>2</sub>  | 东农 78-34        | (44.56%) | 合丰 26号        | (41.60%) |
| C <sub>3</sub>  | 北丰 3号           | (40.39%) | 早生小金          | (43.64%) |
| C <sub>4</sub>  | 东农 37号          | (41.06%) | 东农 79-298     | (43.50%) |
| C <sub>5</sub>  | 东农 37号          | (41.06%) | 早生小金          | (43.64%) |
| C <sub>6</sub>  | 东农 82-644       | (41.36%) | 合丰 25号        | (42.78%) |

材料,连续三年(1986~1988年)在哈尔滨东北农学院香坊农场试验站进行试验。三个世代均以组合为小区随机区组设计,三次重复。各世代均为随机选择群体。 $F_2$ 代以单株, $F_3$ 和 $F_4$ 代以家系为单位测定种子的蛋白质含量。蛋白质含量测定采用微量凯氏定氮法。

统计计算公式如下:

$$\text{相关系数 } r = \frac{\Sigma(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\Sigma(X - \bar{X})^2 \Sigma(Y - \bar{Y})^2}}$$

$$t \text{ 测验标准差: } S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$\text{遗传力 } h^2_{(F_2)} (\%) = (V_{F_2} - V_e) / V_{F_2} \times 100$$

$$h^2_{(F_3, F_4)} = \frac{\delta g^2}{\delta g^2 + \delta e^2} \times 100 = \frac{V_1 - V_2}{V_1 + (r - 1) \times V_2} \times 100$$

$$\text{遗传进度 } GA = K \delta g \sqrt{h^2}$$

$$\text{相对遗传进度 } RGA = KCVg \sqrt{h^2}$$

$$\text{变异系数 } CV, \% = \frac{\delta g}{\bar{X}} \times 100$$

$$CV, \% = \frac{\delta p}{\bar{X}} \times 100$$

## 结果与分析

### 一、大豆杂交后代蛋白质含量与亲本蛋白质含量的关系

#### (一)大豆杂交 $F_2$ 、 $F_3$ 、 $F_4$ 代蛋白质含量与亲本蛋白质含量的相关分析

在杂交  $F_2$ 、 $F_3$ 、 $F_4$  代中,各组合蛋白质含量分离的下限(L)、上限(H)和平均值( $\bar{X}$ )与其母本、父本、高蛋白亲本、低蛋白亲本的蛋白质含量均为正相关,但相关的密切程度世代之间有差异;与双亲蛋白质含量的平均值则呈显著或极显著的正相关。这表明亲本的蛋白质含量越高则杂交后代的蛋白质均值也越高,但中亲值对杂交后代蛋白质含量的影响大于任何一个亲本。故可用中亲值(MP)预测杂交后代蛋白质含量的高低。

表 2 大豆杂交后代蛋白质含量与亲本蛋白质含量的相关系数

Table 2 Correlation coefficients between protein contents of each generation and their parental protein contents in soybeans

| 蛋<br>白<br>分<br>离<br>世<br>代 | 相<br>关<br>系<br>数 | 亲<br>本    |           |            |             |             |
|----------------------------|------------------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|
|                            |                  | 杂交母本      | 杂交父本      | 双亲均值<br>MP | 高蛋白亲本<br>HP | 低蛋白亲本<br>LP |
| $F_2$                      | L(下限)            | 0.7778    | 0.3719    | 0.7904     | 0.6321      | 0.8400 *    |
|                            | $\bar{X}$ (平均)   | 0.7837    | 0.4533    | 0.8265 *   | 0.6730      | 0.9179 **   |
|                            | H(上限)            | 0.8672 *  | 0.3401    | 0.8162 *   | 0.6567      | 0.8673 *    |
| $F_3$                      | L                | 0.9598 ** | 0.5240    | 0.8121 *   | 0.8464 *    | 0.7209      |
|                            | $\bar{X}$        | 0.8934 *  | 0.7028    | 0.9118 **  | 0.9523 **   | 0.8058      |
|                            | H                | 0.8265 *  | 0.8134    | 0.9620 **  | 0.9869 **   | 0.8796 *    |
| $F_4$                      | L                | 0.7173 *  | 0.9591 ** | 0.9415 **  | 0.9096 *    | 0.9304 **   |
|                            | $\bar{X}$        | 0.5769    | 0.9803 ** | 0.8492 *   | 0.8551 *    | 0.8436 *    |
|                            | H                | 0.6246    | 0.9919 ** | 0.9035 **  | 0.9066 *    | 0.8551 *    |

注: \* 和 \*\* 分别为  $P \leq 0.05$  和  $P \leq 0.01$  显著水平

Note: \* and \*\* are significant level of  $P \leq 0.05$  and  $P \leq 0.01$  respectively.

#### (二)遗传方式的组合间差异

对六个组合  $F_2$ 、 $F_3$ 、 $F_4$  代蛋白质含量的平均值与其各自的中亲值之差分别进行 t 测验(表 3)。其中,组合  $C_2$  的杂交后代、 $C_4$  的  $F_2$  代、 $C_5$  的  $F_4$  代的蛋白质含量均值分别与其母亲值之差达到显著或极显著水平,表明组合  $C_1$ 、 $C_3$  和  $C_6$  的蛋白质含量遗传以基因的加性效应为主;组合  $C_4$  和  $C_5$  的蛋白质含量遗传除基因的加性效应外还有显性效应,但加性比显性更重要;而组合  $C_2$  的蛋白质含量遗传则是加性效应和显性效应共同作用的结果。可见,不同组合蛋白质含量遗传基因的作用方式不同。因此,在大豆高蛋白杂交育种的亲本选配方式上应根据蛋白质含量的遗传特点来确定。

#### (三)大豆不同组合杂交后代蛋白质含量的超亲百分率

六个组合的杂交后代群体中,超亲现象普遍存在(表 4)。除组合  $C_2$  的  $F_4$  代外,其它杂

交群体均有高蛋白超亲单株或家系产生。在随机选择的条件下,杂交 F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub>、F<sub>4</sub>代群体分离出的高蛋白超亲个体占总超亲个体的百分率分别是 67.6%、53.9%和 43.1%,大约逐代下降 10%。这说明在分离较广的杂交早期世代,如果不对高蛋白进行选择,将会遗失一些高蛋白优良个体。可见,在杂交早期世代选择高蛋白个体是有必要的。

表 3 不同组台早期世代蛋白质含量平均值与中亲值差异的显著性测验

Table 3 Significant test of protein content deviation of early generation mean and mid-parent in six crosses

| 组<br>值          | C <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> | C <sub>3</sub> | C <sub>4</sub> | C <sub>5</sub> | C <sub>6</sub> |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| $\bar{F}_2$ -MP | -0.18          | 1.32 **        | -0.13          | 1.12 *         | 0.70           | 0.43           |
| $\bar{F}_3$ -MP | -0.25          | 1.23 **        | 0.35           | -0.43          | -0.47          | 0.07           |
| $\bar{F}_4$ -MP | -0.14          | -2.60 **       | -0.18          | 0.55           | 1.08 *         | -0.28          |

表 4 不同组台早期世代蛋白质含量的超亲百分率

Table 4 Transgressive rates of protein content in early generations of six soybean crosses

| 组<br>超亲百分率     | F <sub>2</sub> |          |       | F <sub>3</sub> |          |       | F <sub>4</sub> |          |       |
|----------------|----------------|----------|-------|----------------|----------|-------|----------------|----------|-------|
|                | 正向             | 负向       | 总计    | 正向             | 负向       | 总计    | 正向             | 负向       | 总计    |
|                | Positive       | Negative | Total | Positive       | Negative | Total | Positive       | Negative | Total |
| C <sub>1</sub> | 12             | 14.7     | 26.7  | 1.75           | 4        | 5.75  | 15             | 20       | 35    |
| C <sub>2</sub> | 40             | 1.3      | 41.3  | 52.6           | 0        | 52.6  | 0              | 68.3     | 68.3  |
| C <sub>3</sub> | 3              | 10.7     | 18.7  | 28.1           | 8.8      | 36.9  | 18.3           | 31.7     | 50    |
| C <sub>4</sub> | 44             | 9.3      | 53.3  | 14.0           | 40.0     | 54.4  | 21.7           | 3.3      | 25    |
| C <sub>5</sub> | 21.3           | 6.7      | 28.0  | 10.5           | 36.8     | 47.3  | 45             | 2.3      | 53.3  |
| C <sub>6</sub> | 8              | 21.3     | 29.3  | 22.8           | 21.1     | 43.9  | 35             | 46.7     | 81.7  |

表 5 不同组台早期世代蛋白质含量的遗传参数

Table 5 Genetic parameters of protein content in early generations of six soybean crosses

| 参<br>数<br>台    | F <sub>2</sub>              |                      |                      |                     |      |      | F <sub>3</sub>              |                      |                      |                     |      |      | F <sub>4</sub>              |                      |                      |                     |      |      |
|----------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|------|------|-----------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|------|------|-----------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|------|------|
|                | σ <sub>g</sub> <sup>2</sup> | CV <sub>P</sub><br>% | CV <sub>G</sub><br>% | h <sup>2</sup><br>% | RGA  | GA   | σ <sub>g</sub> <sup>2</sup> | CV <sub>P</sub><br>% | CV <sub>G</sub><br>% | h <sup>2</sup><br>% | RGA  | GA   | σ <sub>g</sub> <sup>2</sup> | CV <sub>P</sub><br>% | CV <sub>G</sub><br>% | h <sup>2</sup><br>% | RGA  | GA   |
| C <sub>1</sub> | 2.32                        | 4.04                 | 3.24                 | 64.40               | 5.37 | 2.52 | 0.66                        | 2.15                 | 1.77                 | 67.60               | 3.01 | 1.38 | 1.51                        | 3.20                 | 2.69                 | 71.01               | 4.67 | 2.13 |
| C <sub>2</sub> | 2.15                        | 4.06                 | 3.23                 | 64.98               | 5.42 | 2.43 | 0.56                        | 1.83                 | 1.69                 | 34.91               | 3.21 | 1.42 | 0.45                        | 3.40                 | 1.67                 | 24.07               | 1.68 | 0.68 |
| C <sub>3</sub> | 2.65                        | 4.57                 | 3.76                 | 67.49               | 6.35 | 2.75 | 0.73                        | 2.18                 | 1.99                 | 83.08               | 3.71 | 1.60 | 0.84                        | 3.83                 | 2.31                 | 36.53               | 2.28 | 1.14 |
| C <sub>4</sub> | 1.64                        | 4.06                 | 2.85                 | 49.43               | 4.12 | 1.85 | 0.79                        | 2.34                 | 2.08                 | 75.41               | 3.82 | 1.63 | 1.50                        | 3.47                 | 3.01                 | 75.19               | 5.30 | 2.19 |
| C <sub>5</sub> | 1.09                        | 3.34                 | 2.31                 | 47.59               | 3.28 | 1.48 | 0.58                        | 1.95                 | 1.79                 | 61.85               | 3.40 | 1.45 | 1.12                        | 3.85                 | 2.61                 | 45.83               | 3.64 | 1.48 |
| C <sub>6</sub> | 1.76                        | 4.01                 | 3.04                 | 57.44               | 4.74 | 2.07 | 0.55                        | 2.20                 | 1.77                 | 64.44               | 2.95 | 1.23 | 1.51                        | 3.27                 | 3.05                 | 86.54               | 5.83 | 2.35 |

二、大豆杂交后代蛋白质含量的遗传参数

(一)大豆不同组合后代蛋白质含量的遗传力和遗传进度

六个组合蛋白质含量的遗传力(表5)在 $F_2$ 代即相当高,而且于 $F_2$ 和 $F_3$ 代随着世代的升高而增加。在 $F_4$ 代,组合 $C_1$ 、 $C_4$ 和 $C_6$ 的蛋白质含量遗传力大于或近似于 $F_3$ 代,其余三个组合则比 $F_2$ 和 $F_3$ 代都低。组合 $C_2$ 、 $C_3$ 和 $C_5$ 杂交 $F_4$ 代蛋白质含量偏低,推测与大豆生育期间降雨分布不均对蛋白质的正常积累影响较大有关,同时也说明蛋白质含量的遗传力,随着杂交世代的升高而增加,是在各世代生长环境相似或杂交后代群体具有对环境反应相似时才能实现。六个组合杂交后代蛋白质含量的遗传力一般中等偏高(0.6~0.8)表明在大豆高蛋白杂交育种中,选择综合性状好的高蛋白材料作亲本是必要的。

各组合蛋白质含量遗传进度大小的顺序与遗传力不完全相同。遗传进度和相对遗传进度一般以 $F_2$ 代最大, $F_3$ 代次之。各组合 $F_4$ 代与 $F_3$ 代相比则有高有低。其中,组合 $C_3$  $F_2$ 代的遗传进度和相对遗传进度最大,分别是6.35%和2.75%;组合 $C_2$  $F_4$ 代最小,分别是1.68%和0.68。尽管不同组合之间蛋白质含量的遗传进度和相对遗传进度大小有别,但从全为正值这点来看,不同组合在其杂交早期世代进行选择,均可使蛋白质含量得到提高。

### (二)大豆不同组合后代蛋白质含量的变异系数

六个组合蛋白质含量均以 $F_2$ 代单株群体的变异幅度和表型变异系数最大,分别为7.14~10.21%和3.34~4.57%;自 $F_3$ 代随机选择材料形成的 $F_4$ 代家系群体次之,分别是6.12~7.29%和3.20~3.85%;而自 $F_2$ 代随机选择材料形成的 $F_3$ 代家系群体最小,分别为3.36~5.12%和1.83~3.24%。蛋白质含量的遗传变异系数的变化趋势与表型变异系数相似。故可用表型变异系数的大小代表遗传变异系数的变化。各组合 $F_4$ 代群体的变异普遍大于 $F_3$ 代,一方面与 $F_3$ 代生育前期降雨少可能限制了群体内遗传差异的充分表现有关,另一方面也表明杂交 $F_4$ 代群体的蛋白质含量仍存在较大的遗传变异,对其进行测定选择是有效的。

## 讨 论

Chauhan 和 Singh<sup>[3]</sup>、孟庆喜等<sup>[1]</sup>用大豆双列杂交试验、Mckendry<sup>[4]</sup>和高木<sup>[2]</sup>用亲本、 $F_1$ 、 $F_2$ 和回交 $F_1$ 、 $F_2$ 代同时种植分析了蛋白质含量遗传基因作用的方式。本试验则是以在不选择条件下基因作用仅有加性时,随机品系群体的平均值,应与中亲值相等的理论为依据,分析了六个组合蛋白质含量的基因作用方式。Thorne 和 Fehr<sup>[5]</sup>曾应用此法分析过单交和三交后代蛋白质含量的基因作用方式。

本试验除 $C_2$ 外,其它五个组合的蛋白质含量均值与中亲值之差普遍不显著,表明在决定群体蛋白质含量的平均表现上,基因的加性效应比显性效应更重要。这与前人的研究结果相同<sup>[1,2,3]</sup>,同时也表明在大豆高蛋白杂交育种中,应选用蛋白质含量“高×高”的亲本组配方式。孟庆喜等对大豆高蛋白双列杂交研究表明,高蛋白大豆之间杂交其配合力较高。

有关大豆蛋白质含量基因显性效应的研究,高木<sup>[2]</sup>Chauhan 和 Singh<sup>[3]</sup>认为高蛋白为显性,而 Mckendry 等<sup>[4]</sup>的试验结果则是低蛋白为显性。组合 $C_2$  $F_2$ 代和 $F_3$ 代蛋白质含量均

值显著地高于中亲值,以及  $F_4$  代蛋白质含量均值显著地低于中亲值的结果;并不表明高蛋白和低蛋白同时为显性。因为到  $F_4$  代显性作用已基本消失,组合  $C_2$  的  $F_2$  和  $F_3$  代更能代表早期世代的正常表现,故组合  $C_2$  的蛋白质含量遗传以高蛋白为显性,McKendry 等<sup>[4]</sup> 认为,以高蛋白为显性是晚熟大豆的表现,早熟大豆以低蛋白为显性。他选用的两个组合 Maple presto (ooo 熟期组) × Sioux (oo 组) 和 Maple presto × X446-2-1 (oo 组) 分别与本试验中  $C_1$  和  $C_2$  的组配方式相似,但本试验中  $C_1$  主要是加性效应,  $C_2$  则是以高蛋白为显性。因此,作者认为,大豆蛋白质含量遗传基因的作用方式,与大豆熟期的早晚无必然联系,可能性更大的是与基因型间互作以及基因型与环境互作有关。

### 参 考 文 献

- [1] 孟庆喜等,1988:大豆高蛋白双列杂交分析,大豆科学,7(3):183-191
- [2] 高木和岸,1988:タ“イス”品 にすけろ蛋白の遗传,大,64:1-10
- [3] Chauhan and singh, 1983: Genetic Analysis of Protein and Oil Content in Soybean. Indian J. Agric. Sci., 53(8): 634-37
- [4] Meckendry et al., 1985: Inheritance of Seed Protein and Seed Oil Content in Early Maturing Soybean. Can. J. Genet. Cytol., 27:603-607
- [5] Sebern and Lambert, 1984: Effect of Stratification for Percent Protein in Two Soybean Populations. Crop Sci., 24: 225-228
- [6] Thorne and Fehr, 1970: Incorporation of Exotic Germplasm into Soybean Populations by 2- And 3- Way Crosses. Agron. J., 10(6):652-655

### STUDIES ON SELECTION OF PARENTS AND EARLY GENERATIONS OF HIGH-PROTEIN BREEDING IN SOYBEAN I. CHARACTERISTICS OF GENETIC VARIABILITY OF PROTEIN CONTENT IN $F_2$ , $F_3$ , $F_4$ OF SIX SOYBEAN CROSSES

Qiu Lijuan Wang Jinling Yang Qingkai

(Northeast Agricultural College)

#### Abstracts

Our objectives were to investigate specific segregating feature of protein content of soybean hybrid so that selecting of nice high protein parents can be provided. Experiments were conducted through the early successive segregating generations of the six soybean crosses on Xiang Fang Experimental Farm at Harbin for three years. Generation means analysis indicated that gene action for seed protein content in all crosses but  $C_2$  was primarily additive, but instances of epistatic effect in  $C_4$  and  $C_5$  were noted. The mid-parent value of protein content could be used to predict the mean of segregating generations in these crosses. There exist additive effect and epistatic ef-

fect for high protein in  $C_2$ . In general, the heritability of protein content in most populations ranged from 0.6 to 0.8, and increased as the generation in advance. Abnormal low heritability of protein content in some generations might be due to the influence by unusual environment. Early generation selection for high seed protein content would be desirable because of more plants with protein content equalling or exceeding that of better parent in most populations. Larger coefficients of genetic variability and genetic advance of protein content were found in  $F_2$ ,  $F_3$ ,  $F_4$  generations of six crosses.

Key words Soybean; Generation; Protein content

## 大豆高光效育种的研究获得新进展

从1985年开始,我们对大豆高光效育种的生理遗传基础及其种质遗传改进进行了比较深入的研究,获得了许多新的进展,现简单报导如下:

一、通过对大豆品种(系)光合作用与产量关系研究,证明了大豆光合速率与籽粒产量呈正相关,相关系数  $r=0.796$ 。阐明了在大豆光合作用与产量关系中,收获指数起着很大的影响。

二、几年来,我们对大豆品种(系)光合速率进行了测定,其结果表明大豆品种(系)间光合速率具有明显的差异,其变异幅度为  $11\sim 40\text{mg CO}_2/\text{dm}^2\text{hr}$ 。明确了我国大豆品种资源在光合活性方面十分丰富。

三、阐明了光合作用各分过程,如光能的吸收,传递和转换效率, RuBP 羧化酶活性,光合单位密度,光合产物的积累和分配等之间的相关性及其与光合效率和籽粒产量的关系。提出籽粒产量的提高取决于光能转换效率,光合环的运转效率和光合产物在籽粒中的高比例分配,这三者构成高光效的基础。

四、我们采用不同类型(高光效 $\times$ 高光效、高光效 $\times$ 中光效、高光效 $\times$ 低光效、低光效 $\times$ 低光效)20个组合,及用高光效 $\times$ 低(中)光效的五对互交组合,研究了大豆光合作用遗传特性。结果表明大豆品种(系)间光合速率差异具有遗传稳定性,其遗传是数量性状遗传,并表现出母系遗传特点。光合速率  $F_2$ 代广义遗传力为  $41\sim 61\%$ ,  $F_2$ 代大于  $55\%$ ,高于经济产量的遗传力(单株粒重  $F_3$ 代广义遗传力为  $26.2\%$ )。

五、建立了大豆高光效育种的生理生化指标和以提高大豆光合活性和收获指数为主要目标的高光效育种(第一阶段)的程序和方法。

六、选育出在光合特性、光合势、单株叶面积以及 RuBP 羧化酶活性和光合产物的积累和分配等均有较大遗传改进的高光效种质哈 82-7799 和哈 82-7851。并且获得了一定的经济效益。

杜维广

郝乃斌

(黑龙江省农科院大豆所)

(中国科学院植物所)