

# 晋大 52 × 晋大 57 杂交后代群体贮藏蛋白与产量及品质性状关系的分析

赵 恒, 李贵全

(山西农业大学 农学院, 山西 太谷 030801)

**摘 要:** 选用晋大 52 × 晋大 57 杂交亲本和后代群体为试验材料, 对杂交亲本及后代群体的贮藏蛋白各亚基间、亚基与品质性状、亚基与产量的关系进行了相关分析和通径分析。结果表明: 7S 球蛋白相对含量与 11S 球蛋白相对含量呈极显著负相关(−0.98), 7S 总含量与各组分都与脂肪含量呈不同程度正相关, 7S 组分间  $\alpha'$  与  $\beta$  亚基呈极显著正相关(0.70),  $\alpha$  亚基与产量呈显著正相关(0.53); 通径分析显示,  $\alpha'$  亚基含量对产量直接通径系数为负值(−0.626 4);  $\alpha$  亚基和  $\beta$  亚基含量对产量直接通径系数均为正值(0.144 2 和 0.275 7), 并都通过脂肪含量的提高对产量提高有明显贡献(0.240 8 和 0.359 8)。

**关键词:** 大豆; 贮藏蛋白; 相关性分析; 通径分析

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

DOI: 10.11861/j.issn.1000-9841.2014.05.0779

## Research on the Correlation of Storage Protein, Yield and Quality Characters of the Soybeans (Jinda 52 × Jinda 57) Hybrid Progeny Population

ZHAO Heng, LI Gui-quan

(College of Agriculture, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China)

**Abstract:** The correlations between different storage protein subunits, subunits and quality characters, subunits and yield of parents and progeny population Jinda 52 × Jinda 57 were analyzed by correlation analysis and path analysis. The conclusions were as follows: the significant negative correlation between 7S globulin and 11S globulin was observed at 0.01 level (−0.98). The positive correlation between 7S globulin or its subunits and fat was observed at different level. The  $\alpha'$  and  $\beta$  subunits of 7S globulin were significant positive correlated at 0.01 level (0.70). The  $\alpha$  subunit and yield were significant positive correlated at 0.05 level (0.53). The path analysis results showed the direct path coefficient from  $\alpha'$  subunits to yield was negative (−0.626 4), but from  $\alpha$  and  $\beta$  subunits were positive (0.144 2 and 0.275 7), and both them through the fat path made positive contribution to yield (0.240 8 and 0.359 8).

**Key words:** Soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]; Storage protein; Correlation analysis; Path analysis

一般栽培大豆的蛋白质平均含量在 40% 左右, 其中, 贮藏蛋白约占大豆总蛋白的 70%, 是植物食用蛋白的重要来源<sup>[1]</sup>。贮藏蛋白的主要成分是 7S 和 11S 球蛋白<sup>[2]</sup>。其中 7S 组分也称  $\beta$ -伴大豆球蛋白, 是由  $\alpha'$ -(76 kD)、 $\alpha$ -(72 kD) 和  $\beta$ -(52~54 kD) 3 种亚基组成的分子量为 150 kD 的三聚体化合物<sup>[3]</sup>, 具有降血脂和降低血清胆固醇含量的保健功能, 是大豆种子贮藏蛋白研究的热点之一。但是, 在营养价值上, 7S 球蛋白的含硫氨基酸含量较低, 其中  $\beta$  亚基无含硫氨基酸, 11S 球蛋白含硫氨基酸含量较高, 是 7S 球蛋白含硫氨基酸含量的 5~6 倍。大豆贮藏蛋白含硫氨基酸含量较低, 限制了人和其他动物对大豆贮藏蛋白中其他氨基酸的吸收。含硫氨基酸中的蛋氨酸是人体不能合成的 8 种必需氨基酸之一, 而大豆贮藏蛋白供应不足。另外, 7S 组分中的  $\alpha$  亚基是引起人体对大豆蛋白制品过敏的主要因素之一<sup>[4]</sup>。因此, 对于改进大豆品质的一般育种

思路是选育 7S 球蛋白含量低而 11S 球蛋白含量高的 大豆品种。本研究讨论了大豆贮藏蛋白含量、贮藏蛋白各组分和亚基含量, 与大豆产量、总蛋白含量、脂肪含量等产量和品质性状间的关系, 旨在为指导选育高产优质的大豆品质提供一定理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

以晋大 52 为母本, 晋大 57 为父本进行杂交, 父母本皆由山西农业大学大豆育种室选育而成, 其中母本晋大 52 由 371 × (312 × 海 94) 杂交选育而成, 父本晋大 57 由冀黄 4 号 × 晋大 28 杂交选育而成。在后代群体中选育出有代表性的不同类型的后代 44 个作为试验的研究群体。

### 1.2 试验设计

试验于 2011 和 2012 年在山西农业大学作物遗

收稿日期: 2013-10-19

基金项目: 山西省科技攻关项目 (20120311005-3); 山西省农业科技成果转化资金项目。

第一作者简介: 赵恒 (1989-), 男, 硕士, 主要从事大豆育种与分子生物学研究。E-mail: Albert.Zhao.1989@gmail.com。

通讯作者: 李贵全 (1954-), 男, 教授, 博导, 主要从事大豆遗传育种研究。E-mail: li-gui-quan@126.com。

传育种试验地进行。采用随机区组设计,3次重复,设46个小区,共205.5 m<sup>2</sup>,行长3 m,行距0.5 m,株距0.2 m,每个小区3行,于5月5日播种,按照当地生产水平管理,及时中耕锄草,并按照大豆育种的常规方法进行田间观察记录,秋后收获时,在收获行连续取样10株进行考种分析,风干后进行室内考种,剩余植株实打实收,加入考种量后计算小区产量,按照实收面积折算每公顷产量,进行统计分析。

### 1.3 蛋白及脂肪含量的测定

采用 Infratec TM 1241 改进型近红外分析仪(Infratec)测定。

### 1.4 贮藏蛋白的提取与测定

1.4.1 种子脱脂 取单粒种子脱壳、碾成粉末,称取0.1 g,置于2 mL的离心管中,每小管加入1.9 mL无水乙醚脱脂过夜、风干,得到脱脂大豆干粉<sup>[5]</sup>。

1.4.2 贮藏蛋白的提取 将提取液(0.05 mol·L<sup>-1</sup> Tris-HCl pH8.0, 0.01 mol·L<sup>-1</sup> β-巯基乙醇)与干粉,按10:1(mL:g)的比例混合,室温下提取1 h;4℃ 5 000 r·min<sup>-1</sup>离心15 min,取上清液,调pH至4.5,沉淀总球蛋白,再5 000 r·min<sup>-1</sup>离心10 min,弃去上清液,沉淀的球蛋白冷冻干燥备用。

1.4.3 贮藏蛋白 SDS-PAGE 凝胶电泳 对各亚基的分析采用 SDS-PAGE 法<sup>[6]</sup>,参照植物生理学实验指导<sup>[7]</sup>及王燕平等<sup>[8]</sup>的方法进行电泳,略有改动。电泳完成后用 TY4133 型凝胶成像分析系统拍照。

### 1.5 数据分析

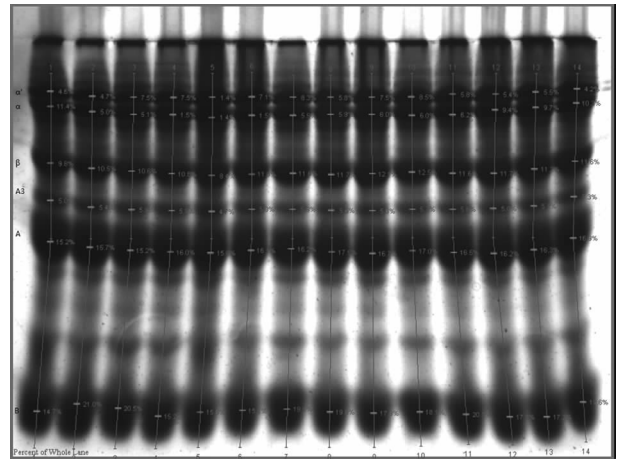
蛋白谱带采用 Bio-Rad 公司的 Quantity one 4.1 软件分析,各亚基带型依据 Mujoo 等<sup>[9]</sup>的研究结果进行识别。

数据应用 Excel 2003 和 DPS 3.0 统计软件进行分析和计算。

## 2 结果与分析

### 2.1 贮藏蛋白 11S 组分和 7S 组分 SDS-PAGE 凝胶电泳图谱

如图1所示,大豆贮藏蛋白质 SDS-PAGE 图谱由一系列亚基组成,同一条带不同亚基含量差异较大,通过用 Bio-Rad 公司的 Quantity one 4.1 软件对 SDS-PAGE 蛋白质电泳胶条进行分析,由上至下标出含量最高的是 α'、α、β、A3、Acid、Basic 谱带,其他亚基含量较少的谱带差异也不大,没有获得 α'、α 或 β 亚基缺失的品种,但是不同品系间3种亚基含量差异明显。这为进一步选育 7S 球蛋白含量低甚至缺失品种,提高 11S 球蛋白含量,改善大豆贮藏蛋白品质提供了基础。



1:母本;2:父本;其余为后代群体。

1: Femal parent; 2: Male parent; The rest is progeny population.

图1 贮藏蛋白电泳图谱

Fig. 1 SDS-PAGE of soybean storage protein

### 2.2 贮藏蛋白各组分与品质性状的相关性分析

如表1所示,11S 球蛋白含量和 7S 球蛋白含量呈极显著负相关( $r = -0.98^{**}$ ),姜振峰等<sup>[10]</sup>对黑龙江省大豆资源进行研究,其 11S 球蛋白含量和 7S 球蛋白含量也呈极显著负相关( $r = -1.00^{**}$ ),二者基本吻合。因此可以尝试通过降低 7S 球蛋白的含量来提高 11S 的含量,为选育优良品质大豆提供理论依据。此外蛋白质含量与脂肪含量在 0.01 水平上达到显著负相关,符合实际规律。

表1 贮藏蛋白 7S、11S、总蛋白及脂肪的相关性分析

Table 1 The correlative analysis of 7S, 11S, protein and oil

	a1	a2	a3
a2	-0.98 **		
a3	0.11	0.14	
a4	0.48	-0.32	-0.43 **

表中数据为相关系数; \*\* 表示在 0.01 水平上显著; a1、a2、a3、a4 分别代表 7S 球蛋白含量、11S 球蛋白含量、蛋白质含量和脂肪含量。

The data in the table were correlative coefficient; \*\* indicated significance at the 0.01 levels. a1, a2, a3 and a4 indicated 7S, 11S, protein and oil, respectively.

### 2.3 贮藏蛋白 7S 各亚基与品质、产量性状的相关性分析

如表2所示,α 亚基含量(b2)与产量(b6)在 0.05 水平上达到显著正相关(0.53)。α' 亚基含量(b1)与脂肪含量(b5)在 0.05 水平上达到显著正相关(0.60),与 β 亚基含量(b3)在 0.01 水平上达到显著正相关(0.70)。β 亚基含量(b3)与脂肪含量(b5)在 0.01 水平上达到显著正相关(0.75)。由此可见,7S 组分内部各亚基间、各组分与脂肪含量间的关系,是一个正相关的协调整体。而在大豆种子贮藏蛋白内部,11S 球蛋白含量和 7S 球蛋白含量相互制约。说明了大豆贮藏蛋白各组分与大豆品质、产量之间关系非常微妙,两两之间有的彼此制约,

有的相互促进。王燕平等<sup>[11]</sup>研究发现,大豆中总 11S 球蛋白与  $\alpha$  亚基在 0.01 水平上达到显著负相关,也进一步印证了这一结果。因此,要想选育蛋 白质、脂肪含量协调双高,且蛋白质品质优良的大豆品种,需要对 7S 组分各亚基、脂肪和蛋白含量进行通径分析,以进一步探讨他们之间的关系。

表 2 贮藏蛋白 7S 各亚基相对含量与蛋白质、脂肪及产量的相关分析  
Table 2 The correlative analysis of subunit of 7S,protein,oil and yield

	b1	b2	b3	b4	b5
b2	-0.05				
b3	0.70**	0.34			
b4	0.29	0.09	0.04		
b5	0.60*	0.50	0.75**	-0.43**	
b6	-0.09	0.53*	0.26	-0.12	0.05

表中数据的相关系数;\*\*, \* 分别表示在 0.01 和 0.05 水平上显著;b1、b2、b3、b4、b5、b6 分别代表  $\alpha'$ -亚基含量、 $\alpha$ -亚基含量、 $\beta$ -亚基含量、蛋白含量、脂肪含量和单株产量。下同。

The data in the table were correlative coefficient; \*\*, \* indicated significance at 0.01 and 0.05 levels, respectively. b1, b2, b3, b4, b5 and b6 indicated  $\alpha'$  subunit,  $\alpha$  subunit,  $\beta$  subunit, protein content, oil content and yield respectively. The same below.

2.4 贮藏蛋白 7S 各亚基、品质性状与产量的通径分析

从通径分析可以看出(表 3),通径系数绝对值较大的分别是  $\alpha'$ 亚基含量(-0.626 4)和脂肪含量(0.472 8),虽然在前面的相关分析中, $\alpha'$ 亚基含量与产量的负相关没有达到显著水平,但通径分析验证了两者的负相关性较大。谢冬微等<sup>[12]</sup>研究发现,

脂肪中亚麻酸与百粒重呈极显著正相关,这可能是脂肪含量提高对产量增加贡献的原因。 $\alpha$ 亚基和  $\beta$ 亚基含量均对产量产生直接正向贡献(0.144 2 和 0.275 7),并都通过脂肪含量的提高对产量产生明显的正向贡献(0.240 8 和 0.359 8)。由此可见  $\alpha$ 亚基和  $\beta$ 亚基含量对于协调产量与品质性状有重要作用。

表 3 单株产量与 7S 各个亚基、蛋白、脂肪的通径系数分析  
Table 3 The path coefficient analysis of 7S,11S,protein and oil

作用因子	直接作用	通过 b1	通过 b2	通过 b3	通过 b4	通过 b5
Factors	Direct function	Through b1	Through b2	Through b3	Through b4	Through b5
b1	-0.6264	-	-0.0076	0.1918	0.0703	0.2863
b2	0.1442	0.0330	-	0.0929	0.0205	0.2408
b3	0.2757	-0.4357	0.0486	-	0.0096	0.3598
b4	0.2386	-0.1845	0.0124	0.0111	-	0.0949
b5	0.4782	-0.3750	0.0726	0.2074	0.0473	-

3 结论与讨论

3.1 贮藏蛋白 7S 球蛋白、11S 球蛋白、总蛋白及脂肪的相关性分析

在大豆品质性状中,蛋白质含量与脂肪含量呈显著负相关,二者此消彼长,相互制约。在蛋白质内部,7S 各组分与脂肪含量呈正相关,11S 球蛋白含量与蛋白质含量呈正相关。而 7S 球蛋白相对含量与 11S 球蛋白相对含量呈极显著负相关,因此在选育优质蛋白大豆品种的策略中,提高 11S 球蛋白含量,降低 7S 球蛋白含量是相对易行的,且对保证蛋白质与脂肪含量双高有一定帮助。也有研究显示<sup>[13]</sup>,提高 11S 的含量或降低 7S 的含量除改善大豆营养组成和加工品质外,不会改变总蛋白质和脂肪的含量,这种相互补偿的关系确保了整个大豆种子储藏蛋白含量的稳定性,并且对大豆亚基品质的

改善非常重要。

3.2 贮藏蛋白 7S 组分各亚基、蛋白质、脂肪含量与产量的通径分析

刘珊珊等<sup>[14]</sup>以球蛋白亚基组成各异的稀有大豆试材研究发现,大豆 7S 球蛋白亚基组成对蛋白质、脂肪、蛋脂总量都有一定影响。在本研究中,7S 组分的  $\alpha'$ 亚基含量对产量直接作用为负向,其余各亚基亚含量对产量直接作用均为正向。其中, $\alpha$ 亚基和  $\beta$ 亚基含量的提高都通过脂肪含量的提高对产量提高有明显效果。同时, $\beta$ 亚基含量的提高通过  $\alpha'$ 亚基对产量提高有明显的负向作用,且相关分析也显示  $\beta$ 亚基与  $\alpha'$ 亚基呈极显著正相关。因此,根据各组分对产量的影响,选取  $\alpha'$ 亚基含量低, $\alpha$ 亚基含量高的品种,对选择高产品种的帮助较大。 $\beta$ 亚基对产量的提高作用有一定内在矛盾性,需要特别注意。

长期以来,对杂交后代的表型选择因其具有简便、易行、直观的特点,一直被广大育种工作者用来对杂交后代及其杂交群体进行选择,但在选择过程中的人为因素使选择具有盲目性与主观性,而且常规育种方法难以在高蛋白、高油分品质育种上取得进一步突破,因此,诱变育种、分子育种已开始在部分常规育种无法解决的问题上展现出明显的优越性<sup>[15]</sup>。而把握蛋白、脂肪之间制约协调的关系成为指导选育方向的关键。本研究结果表明,大豆贮藏蛋白7S组分内部各亚基间关系是一个正相关的协调的整体,7S球蛋白含量、脂肪含量与11S球蛋白含量、蛋白含量之间相互制约。7S各组分含量对大豆产量作用复杂。需要对7S组分各亚基含量与11S球蛋白含量,与脂肪含量和产量之间的关系进行进一步研究,从而为选育高产,蛋白质、脂肪含量协调双高,蛋白质品质优良的大豆品种提供思路。

## 参考文献

- [1] 简爽,卢为国,文自翔,等.大豆微核心种质蛋白亚基含量变异的分析[J].河南农业科学,2012,41(5):42-45. (Jian S, Lu W G, Wen Z X, et al. Analysis of protein subunit variation in the mini core collection of cultivated soybean[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2012, 41(5): 42-45. )
- [2] 孟祥勋.大豆种子贮藏蛋白研究[J].东北农业大学学报,1997,28(2):201-207. (Meng X X. Studies on storage protein in soybean seeds[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 1997, 28(2): 201-207. )
- [3] 刘珊珊,武小霞,姜振峰,等.大豆7S球蛋白 $\beta$ -伴大豆球蛋白的研究现状[J].大豆科学,2007,26(3):417-421. (Liu S S, Wu X X, Jiang Z F, et al. Advance in soybean 7S globulin  $\beta$ -conglycinin[J]. Soybean Science, 2007, 26(3): 417-421. )
- [4] Ping X, Haas E J, Zeece M G, et al. C-Terminal 23 kDa polypeptide of soybean Gly m Bd 28 K is a potential allergen[J]. Planta, 2004, 220: 56-63.
- [5] 王金胜.农业生物化学技术[M].太原:山西科学技术出版社,1991:64-76. (Wang J S. Technology of agricultural biochemistry [M]. Taiyuan: Science and Technology Press of Shanxi, 1991: 64-76. )
- [6] 刘顺湖,周瑞宝,盖钧镒.大豆蛋白质11S和7S组分及其亚基分析方法的研究述评[J].河南工业大学学报(自然科学版),2007,28(4):1-5. (Liu S H, Zhou R B, Gai J Y. A review on the analytical methods of protein components and its subunits and their applications in soybean[J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2007, 28(4): 1-5. )
- [7] 山西农业大学植物生理教研室编.植物生理学实验指导[M].太谷:山西农业大学,1999. (Teaching and Research Section for Plant Physiology in Shanxi Agricultural University. Instruction book of experiments in plant physiology[M]. Taigu: Shanxi Agricultural University, 1999. )
- [8] 王燕平,李贵全,郭数进,等.山西不同生态型大豆种质资源蛋白亚基的变异[J].生态学报,2011,31(1):203-211. (Wang Y P, Li G Q, Guo S J, et al. Variation of protein subunits of soybean germplasms of different eco-types in Shanxi[J]. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(1): 203-211. )
- [9] Mujoo R, Trinh D T, Ng P K W. Characterization of storage proteins in different soybean varieties and their relationship to tofo yield and texture[J]. Food Chemistry, 2003, 82(2): 265-273.
- [10] 姜振峰,赫卫,汪洋,等.大豆种子7S、11S球蛋白及7S球蛋白亚基的研究[J].中国油料作物学报,2007,29(2):32-35. (Jiang Z F, He W, Wang Y, et al. Study on 7S, 11S globulin and subunits of 7S globulin of soybean seed[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2007, 29(2): 32-35. )
- [11] 王燕平,王鹏,李贵全,等.大豆贮藏蛋白11S和7S组分及其亚基相对含量的研究[J].中国粮油学报,2011,25(8):15-18. (Wang Y P, Wang P, Li G Q, et al. Content variation of 11S, 7S globulins and their subunits of soybean storage protein[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2011, 25(8): 15-18. )
- [12] 谢冬微,韩英鹏,李文滨.不同环境条件下大豆脂肪酸含量与主要农艺性状相关性及通径分析[J].大豆科学,2010,29(3):403-407. (Xie D W, Han Y P, Li W B. Correlation of fatty acid with major agronomic characters of soybean in different environments[J]. Soybean Science, 2010, 29(3): 403-407. )
- [13] 王林林,关荣霞,齐峥,等.大豆微核心种质与育成品种的种子蛋白11S/7S比值的分析[J].植物遗传资源学报,2008,9(1):68-72. (Wang L L, Guan R X, Qi Z, et al. Analysis of 11S/7S ratio between soybean mini core collection and cultivars[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2008, 9(1): 68-72. )
- [14] 刘珊珊,田福东,高丽辉,等.大豆7S球蛋白亚基组成对品质性状的影响[J].作物学报,2008,34(5):909-913. (Liu S S, Tian F D, Gao L H, et al. Effect of subunit composition of 7S globulin on soybean quality characteristics[J]. Acta Agronomica Sinica, 2008, 34(5): 909-913. )
- [15] 杨春燕,姚利波,刘兵强,等.国内外大豆品质育种研究方法与最新进展[J].华北农学报,2009,24(增刊):75-78. (Yang C Y, Yao L B, Liu B Q, et al. Advance on soybean quality breeding in China and abroad[J]. Acta Agriculture Boreali-Sinica, 2009, 24(S): 75-78. )