

# 大豆蛋白质含量的遗传变异及其与 主要农艺性状的相关性分析

张金巍, 韩粉霞, 孙君明, 于福宽, 马 磊, 陈明阳, 张晶莹, 闫淑荣, 杨 华

(中国农业科学院作物科学研究所/国家农作物基因资源与基因改良重大科学工程, 北京 100081)

**摘要:**以综合性状优良的黄淮海区主栽大豆品种中黄 13 为轮回亲本, 从大豆微核心种质中选择蛋白质含量显著低于或高于轮回亲本的中黄 20、东山 69、迟黄豆-1 和泰兴牛毛黄乙等 4 个品种作为供体亲本, 比较分析了 4 个组合的 RP、DP、 $F_2$ 、 $BC_1F_2$  和  $BC_2F_2$  蛋白质含量的遗传变异及其与主要农艺性状的相关性。结果表明, 双亲蛋白质含量高, 有利于提高其杂交、回交后代的蛋白质平均含量及超轮回亲本个体比例;  $F_2$ 、 $BC_1F_2$  和  $BC_2F_2$  群体蛋白质含量的变异系数依次降低,  $BC_2F_2$  的蛋白质平均含量及其变异系数接近于轮回亲本; 蛋白质含量在  $F_2$  群体内呈正态分布, 在双亲蛋白质含量高的组合中, 其  $BC_1F_2$  群体呈偏态分布, 但在  $BC_2F_2$  群体恢复了正态分布, 稳定较快; 供体亲本与其杂交 2 代、回交 1 代和回交 2 代在蛋白质含量、脂肪含量、株高、单株荚数、单株粒数、百粒重等性状上呈显著或极显著相关。

**关键词:**大豆; 蛋白质含量; 遗传变异; 相关性

## Genetic Variation of the Protein Content and Correlation between Protein Content and Main Agronomic Characters of Soybean

ZHANG Jin-wei, HAN Fen-xia, SUN Jun-ming, YU Fu-kuan, MA Lei,

CHEN Ming-yang, ZHANG Jing-ying, YAN Shu-rong, YANG Hua

(The National Key Facility for Crop Gene Resources and Genetic Improvement/Institute of Crop Sciences,  
Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

**Abstract:** Backcrossing was an effective way to breeding high-protein soybean lines. In this study Zhonghuang 13 popularized in Yellow-Huai-Hai Valley with super synthetic characters was choose to be the recurrent parent of four crosses. Zhonghuang 20 and Dongshan 69 which were lower significantly than recurrent parent and Chihuanguang-dou-1 and Taixingniumaohuangyi which were higher significantly than recurrent parent on protein content were screened from soybean mini core collection to be the donor parents. The RP, DP,  $F_2$ ,  $BC_1F_2$  and  $BC_2F_2$  of four crosses were conducted to evaluate the genetic variation of protein content and correlation between protein content and main agronomic characters. The results show that the level of recurrent parent and donor parent on protein content would notably affected the performance of hybrid and backcross lines. The mean protein content and the ratio of transgress individuals of hybrid and backcross lines were superior in the cross which recurrent parent and donor parent were both rich in protein. The genetic variation of populations would decrease with backcrossing, in this study variation coefficient of protein content in  $F_2$ ,  $BC_1F_2$  and  $BC_2F_2$  descended in turn. The mean protein content and variation coefficient of  $BC_2F_2$  were both closed to recurrent parent. The protein content of  $F_2$  populations obedient to normal distribution, the  $BC_1F_2$  populations of two crosses which donor parents were significantly higher than recur-

收稿日期: 2011-03-07 修回日期: 2011-05-21

基金项目: 转基因重大专项 (2008ZX08004-004, 2008ZX08004-003); 国家“948”计划项目 (2006-G51); 国家“863”计划项目 (2006AA100104-16); 国家“十一五”科技支撑计划 (2006BAD01A04, 2006BAD13B05-2)

作者简介: 张金巍, 在读硕士, 研究方向为大豆品质育种。E-mail: zhjw0122good@126.com

通讯作者: 韩粉霞, 研究员, 研究方向为大豆优质分子标记及辅助育种。E-mail: hanfx@mail.caas.net.cn

parent obedient to skewed distribution, but it recovered normal distribution in  $BC_2F_2$ .  $F_2$  was positively correlated with donor parent significantly on main agronomic characters such as protein content, oil content, plant height, height of 1st pod, No. of stem node, effective branch number, pod No. per plant, seed No. per plant, 100 seed weight.  $BC_1F_2$  and  $BC_2F_2$  were positively correlated with donor parents significantly on protein content, oil content, plant height, pod No. per plant, seed No. per plant, 100 seed weight.

**Key words:** Soybean; Protein content; Genetic variation; Correlation

大豆蛋白质是人类食用植物蛋白的主要来源<sup>[1]</sup>, 同时还可作牲畜饲料和轻工业、医药的原料<sup>[2]</sup>, 因此, 提高蛋白质含量一直是大豆品质育种工作的重点。回交改良法可以改进数量性状<sup>[3]</sup>, 并在大豆、玉米、小麦等作物中有了较为广泛的应用<sup>[4-6]</sup>, 此法也是选育大豆高蛋白品种的一种有效方法<sup>[7]</sup>。大豆蛋白质的遗传受多基因控制, 是以基因加性效应为主的数量性状, 有关研究表明, 大豆轮回选择对蛋白质含量是有效的<sup>[8]</sup>, 赵双进等<sup>[9]</sup>经多年轮回选择, 选育出了 01S56 (蛋白质 48.0%)、01S1 (蛋白质 46.05%) 高蛋白品系; 在不针对蛋白质含量进行选择回交的情况下, 回交后代群体的蛋白质含量会下降<sup>[10]</sup>, 而以组配方式对其进行选择性回交, 能有效的增加回交后代群体的蛋白质含量, 使其高于轮回亲本<sup>[11]</sup>; 大豆子粒蛋白质含量与产量矛盾突出<sup>[12]</sup>, 对蛋白质含量和子粒产量同时进行选择性回交, 是克服蛋白质与产量负相关的一种有效方法<sup>[13]</sup>; 回交亲本蛋白质含量会影响后代群体蛋白质含量的遗传变异<sup>[14-16]</sup>, 在回交中, 随着轮回亲本所占遗传分量的增加, 蛋白质含量等各性状与轮回亲本相似的频率增加, 因而世代平均数渐趋于轮回亲本, 遗传变异度降低。已有的研究由于存在方法和材料的差异, 得到的遗传变异规律不尽相同<sup>[17-19]</sup>, 也少有品种选育成功先例。本研究比较分析了中黄 13 × 中黄 20、中黄 13 × 东山 69、中黄 13 × 迟黄豆-1 和中黄 13 × 泰兴牛毛黄乙等 4 个组合的 RP (轮回亲本)、DP (供体亲本)、 $F_2$ 、 $BC_1F_2$  和  $BC_2F_2$  等世代蛋白质含量的遗传变异规律及其与主要农艺性状的相关性, 为利用回交法提高大豆蛋白质含量提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

以综合性状优良的主栽品种中黄 13 作为轮回亲本, 在大豆微核心种质中选择蛋白质含量显著低于轮回亲本的中黄 20、东山 69 和显著高于轮回亲本的迟黄豆-1、泰兴牛毛黄乙等作为供体

亲本, 构建了中黄 13 × 中黄 20 (I)、中黄 13 × 东山 69 (II)、中黄 13 × 迟黄豆-1 (III) 和中黄 13 × 泰兴牛毛黄乙 (IV) 4 个组合的  $F_2$ 、 $BC_1F_2$  和  $BC_2F_2$  等世代材料。

### 1.2 试验方法

**1.2.1 田间试验设计** 4 个组合的 RP (轮回亲本)、DP (供体亲本)、 $F_2$ 、 $BC_1F_2$  和  $BC_2F_2$  材料于 2010 年 6 月 12 日在中国农业科学院昌平试验站种植, 试验采用随机区组设计, 3 次重复, 2 行区, 行长 3m, 行距 45cm, 株距 10cm。

**1.2.2 农艺性状调查** 成熟期去除边际植株, 每小区随机取样 30 株, 风干后对株高、底荚高度、主茎节数、有效分枝、单株荚数、单株粒数、单株粒重、百粒重等 8 个主要农艺性状进行室内考种。

**1.2.3 蛋白质含量测定** 室内考种后每个组合的不同世代分别得到 3 个重复共 90 个单株的子粒, 利用 Bruker MPA 近红外光谱分析仪测定大豆子粒蛋白质含量。

**1.2.4 数据分析** 本研究中的数据分析全部采用 SAS 统计分析软件进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同世代中蛋白质含量的遗传变异

**2.1.1 不同世代间蛋白质含量的变化** 对不同世代的蛋白质含量进行方差分析, 结果显示, 4 个组合的蛋白质平均含量在不同世代间的差异均极显著,  $F$  值分别为 14.48\*\*、15.91\*\*、18.26\*\* 和 39.65\*\*。对各世代的蛋白质含量进行 Duncan's 变量多重比较, 结果见表 1。由表 1 可知, 4 个组合的 RP 和 DP 的蛋白质平均含量的差异均极显著; 对于供体亲本蛋白质含量显著低于轮回亲本的组合 I 和 II, 其杂交 2 代、回交 1 代蛋白质平均含量皆低于 RP; 对于供体亲本蛋白质含量显著高于轮回亲本的组合 III 和 IV, 其杂交 2 代、回交 1 代和回交 2 代的蛋白质含量无显著差异, 但都高于 RP。由以上结果可知, 双亲蛋白质含量越高, 其杂交及

回交后代的蛋白质平均含量越高。可见,选育高蛋白大豆品种,需要选择两个蛋白质含量高的亲本进行杂交和回交。

表 1 不同世代蛋白质平均含量的 Duncan's 变量多重比较  
Table 1 Duncan's Multiple Range test for mean protein content at different generations

世代 Generation	组合 I Cross I	组合 II Cross II	组合 III Cross III	组合 IV Cross IV
RP	45.36 Aa	45.36 Aa	45.36 Cc	45.36 Dd
DP	42.01 Cc	43.13 Cc	47.89 Aa	49.92 Aa
MPV	43.68 Bb	44.25 Bb	46.62 Bb	47.64 Bb
F <sub>2</sub>	44.54 ABab	44.25 Bb	45.81 BCc	46.55 BCc
BC <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	44.67 ABab	45.30 ABa	46.49 Bb	46.44 CDc
BC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	45.37 Aa	45.62 Aa	45.99 BCbc	46.06 CDed

数字后小写字母为 5% 显著性,大写字母为 1% 显著性。下同  
Value within rows followed by different small or capital letters are significantly different at 5% or 1% level respectively. The same as below

2.1.2 不同组合蛋白质含量的差异 对不同组合的蛋白质平均含量进行方差分析,结果显示,DP 蛋白质平均含量在 4 个组合间差异极显著, $F$  值为 284.59<sup>\*\*</sup>;F<sub>2</sub>和 BC<sub>1</sub>F<sub>2</sub>在组合间差异显著, $F$  值分别为 6.42<sup>\*</sup>和 7.21<sup>\*</sup>;BC<sub>2</sub>F<sub>2</sub>组合间无显著差异。对各组合蛋白质含量进行 Duncan's 变量多重比较,结果见表 2。由表 2 可见,在 F<sub>2</sub>中,组合 I 和 II 的蛋白质平均含量无显著差异,组合 III 和 IV 无显著差异,组合 III 和组合 IV 显著高于组合 I 和 II;在 BC<sub>1</sub>F<sub>2</sub>中,组合 I 和 II 无显著差异,组合 III 和 IV 的蛋白质含量无显著差异,组合 III 和 IV 的蛋白质含量极显著高于组合 I 和 II;说明选择蛋白质含量显著高于轮回亲本品种作为供体亲本有利于提高其杂交 2 代和回交 1 代的蛋白质含量。在 BC<sub>2</sub>F<sub>2</sub>中,4 个组合间蛋白质含量无显著差异,这可能是由于在不加选择的情况下,经过了 1 次杂交,2 次回交和 2 次自交,BC<sub>2</sub>F<sub>2</sub>群体恢复了轮回亲本的大部分遗传背景<sup>[20]</sup>,其蛋白质平均含量与轮回亲本无显著差异(表 1),因此无论供体亲本蛋白质含量高低,连续回交都使其回交高世代的蛋白质含量趋近于轮回亲本,这是育种者所不愿看到的结果。因此在利用回交来改良蛋白质含量时,应在施以较高的选择力度后继续回交,以有效的改良其后代蛋白质含量。

万方数据

表 2 不同组合蛋白质平均含量的 Duncan's 变量多重比较  
Table 2 Duncan's Multiple Range test for mean protein content at different crosses

组合 Cross	蛋白质平均含量(%) Mean protein content			
	DP	F <sub>2</sub>	BC <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	BC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>
组合 I Cross I	42.01 Dd	44.54 Bbc	44.67 Bc	45.37 Aa
组合 II Cross II	43.13 Cc	44.25 Bc	45.30 Bb	45.62 Aa
组合 III Cross III	47.89 Bb	45.81 ABab	46.49 Aa	45.99 Aa
组合 IV Cross IV	49.92 Aa	46.55 Aa	46.44 Aa	46.06 Aa

2.1.3 F<sub>2</sub>、BC<sub>1</sub>F<sub>2</sub>和 BC<sub>2</sub>F<sub>2</sub>群体蛋白质含量超亲率变化 4 个组合在 F<sub>2</sub>、BC<sub>1</sub>F<sub>2</sub>和 BC<sub>2</sub>F<sub>2</sub>等后代群体中蛋白质含量超过轮回亲本的个体的比例见表 3。由表 3 可知,组合 III 和 IV 的 F<sub>2</sub>、BC<sub>1</sub>F<sub>2</sub>和 BC<sub>2</sub>F<sub>2</sub>群体中出现超轮回亲本个体的比例显著高于组合 I 和 II;组合 I 和 II 其 F<sub>2</sub>、BC<sub>1</sub>F<sub>2</sub>和 BC<sub>2</sub>F<sub>2</sub>群体超轮回亲本个体比例依次提高,组合 III 和 IV 的 BC<sub>2</sub>F<sub>2</sub>群体中超轮回亲本个体比例低于 F<sub>2</sub>、BC<sub>1</sub>F<sub>2</sub>。说明双亲蛋白质含量高能显著提高其杂交和回交后代群体中超轮回亲本个体比例;即使供体亲本的蛋白质含量低于轮回亲本,也可以利用回交来提高后代中超亲个体比例。

表 3 蛋白质含量超过轮回亲本个体比例  
Table 3 Ratio of individuals superior to recurrent parent on protein content

世代 Generation	超过轮回亲本个体比例(%) Ratio of individuals superior to recurrent parent			
	组合 I Cross I	组合 II Cross II	组合 III Cross III	组合 IV Cross IV
	F <sub>2</sub>	33.33	28.24	73.49
BC <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	40.26	48.31	79.75	78.18
BC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	54.44	67.03	65.48	71.43

2.1.4 不同世代蛋白质平均含量遗传变异参数比较 表 4 中列出的是不同世代蛋白质含量的遗传变异参数,可以看出组合 I 和 II 的 BC<sub>1</sub>F<sub>2</sub>蛋白质含量的变异幅度低于组合 III 和 IV,说明双亲蛋白质含量高有利于提高其回交 1 代蛋白质含量的变异幅度;组合 I 的 F<sub>2</sub>、BC<sub>1</sub>F<sub>2</sub>和 BC<sub>2</sub>F<sub>2</sub>蛋白质含量的变异系数和变异幅度均高于组合 II,组合 IV 的 F<sub>2</sub>、BC<sub>1</sub>F<sub>2</sub>和 BC<sub>2</sub>F<sub>2</sub>蛋白质含量的变异系数和变异幅度均高于组合 III,说明在同一组配方式中,双亲蛋白质含量差异

越大,其后代变异系数和变异幅度越大;组合Ⅲ和Ⅳ其后代变异幅度上下限均高于组合Ⅰ和Ⅱ,说明双亲蛋白质含量高有利于提高后代出现高蛋白个体的几率。

表4 不同世代蛋白质含量遗传变异参数

Table 4 Genetic parameters of protein content at different generations

组合 Cross	世代 Generation	变异幅度(%) Variation range	平均值(%) Mean	变异系数 (%) CV
组合Ⅰ CrossⅠ	RP	40.00 ~ 48.16	45.36 ± 1.23	2.71
	DP	38.24 ~ 44.75	42.01 ± 1.36	3.24
	F <sub>2</sub>	38.26 ~ 49.22	44.54 ± 1.93	4.35
	BC <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	40.09 ~ 47.70	44.67 ± 1.65	3.69
	BC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	40.76 ~ 48.33	45.37 ± 1.51	3.33
组合Ⅱ CrossⅡ	RP	40.00 ~ 48.16	45.36 ± 1.23	2.71
	DP	37.16 ~ 45.87	43.13 ± 1.69	3.92
	F <sub>2</sub>	40.67 ~ 47.82	44.25 ± 1.80	4.07
	BC <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	41.35 ~ 48.15	45.30 ± 1.37	3.02
	BC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	42.27 ~ 48.21	45.62 ± 1.25	2.73
组合Ⅲ CrossⅢ	RP	40.00 ~ 48.16	45.36 ± 1.23	2.71
	DP	44.09 ~ 50.64	47.89 ± 1.49	3.13
	F <sub>2</sub>	42.31 ~ 48.31	45.81 ± 1.50	3.25
	BC <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	42.14 ~ 50.47	46.49 ± 1.47	3.16
	BC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	42.34 ~ 49.10	45.99 ± 1.39	3.02
组合Ⅳ CrossⅣ	RP	40.00 ~ 48.16	45.36 ± 1.23	2.71
	DP	46.30 ~ 52.57	49.92 ± 1.90	3.80
	F <sub>2</sub>	42.29 ~ 51.26	46.55 ± 1.78	3.82
	BC <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	42.37 ~ 51.60	46.44 ± 1.58	3.40
	BC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	42.72 ~ 50.85	46.06 ± 1.46	3.18

表5 杂交及回交后代主要农艺及品质性状与其供体亲本的相关系数

Table 5 Correlation coefficient between donor parents and different generations on main agronomic and quality traits

世代 Generation	株高 (cm) Plant height	底荚高度 (cm) Height of 1st pod	主茎节数 No. of stem node	有效分枝 No. of Effective branch	单株荚数 Pod No. per plant	单株粒数 Seed No. per plant	单株粒重(g) Seed weight per plant	百粒重(g) 100 seed weight	脂肪含量 (%) Oil content	蛋白质 含量(%) Protein content
F <sub>2</sub>	0.4629 **	0.2240 **	0.3674 **	0.1196 *	0.3348 **	0.2788 **	0.0437	0.1531 **	0.4335 **	0.4702 **
BC <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	0.3801 **	0.0203	0.0247	-0.0508	0.1647 **	0.1508 **	0.1091	0.4719 **	0.5901 **	0.4345 **
BC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	0.2611 **	0.0972	0.0994	0.0629	0.1450 **	0.1821 **	0.1328 *	0.2814 **	0.3252 **	0.1790 **

表中\*和\*\*分别代表5%和1%显著水平。下同 \* and \*\* represent significance at 5% and 1% probability level, respectively. The same as below

2.2.2 同一世代中蛋白质含量与其他农艺性状的相关性 蛋白质含量与其他农艺性状的相关系数见表6。由表6可知,亲本、F<sub>2</sub>、BC<sub>1</sub>F<sub>2</sub>和BC<sub>2</sub>F<sub>2</sub>的蛋白质含量与各自的脂肪含量呈极显著负相关;亲本品种蛋白质含量与其株高、主茎节数、有效分枝、单株

F<sub>2</sub>、BC<sub>1</sub>F<sub>2</sub>和BC<sub>2</sub>F<sub>2</sub>蛋白质含量的变异系数均依次降低,且F<sub>2</sub>、BC<sub>1</sub>F<sub>2</sub>均高于双亲,而BC<sub>2</sub>F<sub>2</sub>虽高于轮回亲本,但低于F<sub>2</sub>、BC<sub>1</sub>F<sub>2</sub>,说明F<sub>2</sub>和BC<sub>1</sub>F<sub>2</sub>分离广泛,存在着丰富的遗传变异,但BC<sub>2</sub>F<sub>2</sub>遗传变异程度降低,趋向于轮回亲本。

## 2.2 蛋白质含量与主要农艺性状的相关性分析

2.2.1 杂交及回交后代主要农艺及品质性状与其供体亲本的相关性 供体亲本与其后代在相同性状上的相关系数见表5。由表5可知,F<sub>2</sub>的蛋白质含量、脂肪含量、株高、底荚高度、主茎节数、单株荚数、单株粒数和百粒重等与供体亲本呈极显著正相关,有效分枝与供体亲本呈显著正相关;回交1、2代BC<sub>1</sub>F<sub>2</sub>和BC<sub>2</sub>F<sub>2</sub>的蛋白质含量、脂肪含量、株高、单株荚数、单株粒数和百粒重等与供体亲本呈极显著正相关;F<sub>2</sub>和BC<sub>1</sub>F<sub>2</sub>的单株粒重与供体亲本无显著相关,但是BC<sub>2</sub>F<sub>2</sub>的单株粒重与供体亲本呈显著正相关;BC<sub>1</sub>F<sub>2</sub>的有效分枝与供体亲本呈不显著负相关,BC<sub>2</sub>F<sub>2</sub>的有效分枝与供体亲本呈不显著正相关。供体亲本与其后代在多数性状上有显著相关性,而底荚高度、主茎节数和有效分枝等性状在杂交2代与供体亲本相关性显著,但在2个回交世代中则与供体亲本无显著相关性,说明在不经选择的情况下,回交过程中供体亲本对于蛋白质含量、脂肪含量、百粒重等多数性状的影响较为显著,但对改良底荚高度、主茎节数和有效分枝的意义不大,但如果施加选择压力,情况可能会有所改变,但需要进一步研究。

荚数、单株粒数皆呈极显著正相关,与百粒重呈极显著负相关,与单株粒重呈显著负相关;F<sub>2</sub>单株的蛋白质含量与其主茎节数和百粒重呈极显著正相关,与单株荚数呈显著正相关;BC<sub>1</sub>F<sub>2</sub>单株的蛋白质含量与其株高呈显著正相关;BC<sub>2</sub>F<sub>2</sub>单株的蛋白质含量

与其主茎节数、单株荚数、单株粒数、单株粒重和百粒重皆呈极显著正相关,有望在杂交和回交后代中

通过选择这些与蛋白质含量显著相关的性状来达到对高蛋白个体的间接选择<sup>[21]</sup>。

表 6 蛋白质含量与其他农艺性状的相关系数

Table 6 Correlation coefficient between protein content and other agronomic characters

各世代蛋白质含量(%) Protein content at different generation	株高(cm) Plant height	底荚高度(cm) Height of 1st pod	主茎节数 No. of stem node	有效分枝 Effective branch number	单株荚数 Pod No. per plant	单株粒数 Seed No. per plant	单株粒重(g) Seed weight per plant	百粒重(g) 100 seed weight	脂肪含量(%) Oil content
Parents	0.3727 **	0.0405	0.2075 **	0.3260 **	0.3837 **	0.2280 **	-0.1136 *	-0.2904 **	-0.9121 **
F <sub>2</sub>	0.0606	0.0216	0.1517 **	0.0976	0.1429 *	0.0691	0.0865	0.2034 **	-0.7679 **
BC <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	0.1147 *	-0.1052	0.0632	0.0313	0.0883	0.0568	0.0730	0.1042	-0.7996 **
BC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	0.1017	-0.0854	0.1912 **	0.0847	0.2306 **	0.1612 **	0.2720 **	0.3046 **	-0.5571 **

### 3 讨论

#### 3.1 双亲蛋白质含量对于其后代的影响

双亲蛋白质含量的水平显著影响其杂交及回交后代的蛋白质含量,在不经选择的情况下,随着轮回亲本所占遗传分量的增加,蛋白质含量等各性状的世代平均数会渐趋于轮回亲本,无论供体亲本蛋白质含量高低,连续回交都使其回交高世代的蛋白质含量趋近于轮回亲本,这是育种者所不愿看到的结果,因此在利用回交来改良蛋白质含量时,应在施以较高的选择力度后继续回交,以有效地改良其后代蛋白质含量;选择高蛋白品种作为轮回亲本和供体亲本能够提高其杂交及回交后代的蛋白质平均含量及超轮回亲本个体比例,因此在选育高蛋白大豆品种时,需要选择 2 个蛋白质含量高亲本进行杂交和回交,但即使双亲蛋白质含量较低,也可以利用回交来提高后代中超亲个体比例。

#### 3.2 杂交及回交后代的遗传变异

蛋白质含量在 F<sub>2</sub> 和 BC<sub>1</sub>F<sub>2</sub> 分离广泛,存在着丰富的遗传变异,但 BC<sub>2</sub>F<sub>2</sub> 遗传变异程度降低,趋向于轮回亲本,这与盖钧镒等<sup>[22]</sup>的研究结论一致。双亲蛋白质含量高有利于提高其后代群体中出现高蛋白个体的几率,在同一组配方式中,双亲蛋白质含量差异越大,其后代变异系数和变异幅度越大。

正态分布检验显示,蛋白质含量在各 F<sub>2</sub> 群体内

呈正态分布,再次证明大豆蛋白质含量是以加性效应为主的数量性状<sup>[23]</sup>。供体亲本蛋白质含量高的组合其 BC<sub>1</sub>F<sub>2</sub> 群体呈偏态分布,但在 BC<sub>2</sub>F<sub>2</sub> 恢复了正态分布,这说明选择高蛋白品种作为轮回亲本和供体亲本能够缩短回交后代稳定的进程,但要得到明确的结论还需要进一步验证。

#### 3.3 蛋白质含量及主要农艺性状的相关关系

供体亲本与其杂交和回交后代在蛋白质含量、脂肪含量、株高、单株荚数、单株粒数、百粒重等性状上均有显著或极显著的相关性,在利用回交方法改良品种上述性状时,应该选择在这个性状上表现优良的品种作为供体亲本;底荚高度、主茎节数和有效分枝等性状在杂交 2 代与供体亲本相关性显著,但在 2 个回交世代中则与供体亲本无显著相关性,说明在不经选择的情况下,回交过程中供体亲本对于蛋白质含量、脂肪含量、百粒重等多数性状的影响较为显著,但对改良底荚高度、主茎节数和有效分枝的意义不大,如果施加选择压力,情况可能会有所改变,但需要进一步研究。

大豆子粒蛋白质含量与产量矛盾突出,本研究中 BC<sub>2</sub>F<sub>2</sub> 的蛋白质含量与单株荚数、单株粒数、百粒重等产量构成因素间呈极显著正相关,说明回交是克服蛋白质含量与产量负相关的一种有效方法。

### 4 结论

双亲蛋白质含量高且供体亲本蛋白质含量显

著高于轮回亲本的组合,其杂交及回交后代的蛋白质平均含量及超轮回亲本个体比例高于其他组合方式; $F_2$ 、 $BC_1F_2$ 和 $BC_2F_2$ 蛋白质含量的变异系数依次降低, $BC_2F_2$ 的蛋白质含量及其变异系数接近于轮回亲本;在同一组配方式中,双亲蛋白质含量差异越大,其后代变异系数和变异幅度越大;蛋白质含量在各 $F_2$ 群体内呈正态分布,在双亲蛋白质含量高的组合中,其 $BC_1F_2$ 群体呈偏态分布,但在 $BC_2F_2$ 群体恢复了正态分布;供体亲本与其杂交和回交后代在蛋白质含量、脂肪含量、株高、单株荚数、单株粒数、百粒重等性状上均有显著或极显著的相关性;在亲本、 $F_2$ 、 $BC_1F_2$ 和 $BC_2F_2$ ,蛋白质含量与脂肪含量均呈极显著的负相关, $F_2$ 的蛋白质含量与其主茎节数和百粒重呈极显著正相关,与单株荚数呈显著正相关, $BC_1F_2$ 的蛋白质含量与其株高呈显著正相关, $BC_2F_2$ 的蛋白质含量与其主茎节数、单株荚数、单株粒数、单株粒重、百粒重等呈极显著正相关。

#### 参考文献

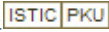
- [1] 朱志华,李为喜,刘三才,等. 2002年我国大豆(*Glycine max*)品种及种质资源的蛋白质和脂肪含量分析[J]. 植物遗传资源学报,2003,4(2):157-161
- [2] 王新风,富健,孟凡钢,等. 影响大豆籽粒蛋白质含量因素及其改良途径[J]. 大豆科学,2008,27(3):515-520
- [3] 刘纪麟. 玉米育种学[M]. 北京:中国农业出版社,2000:143-175
- [4] 王振民,康波,邓劭华. 栽培大豆×半野生大豆主要农艺性状的遗传变异及回交改良[J]. 吉林农业大学学报,1999,21(1):16-19
- [5] 乔善宝,王玉花,杨克诚,等. 不同供体及不同回交次数对玉米自交系R08的改良效应[J]. 作物学报,2009,35(12):2187-2196
- [6] 陈素生,刘生祥,宋晓华. 回交育种在春小麦育种上的应用[J]. 宁夏农学院学报,1995,16(2):79-82
- [7] 王连铮,王金陵. 大豆遗传育种学[M]. 北京:科技出版社,1992:260-262
- [8] Miller J E, Fehr W R. Direct and indirect recurrent selection for protein in soybeans [J]. Crop Sci, 1979, 19: 101-106
- [9] 赵双进,张孟臣,蒋春志,等. 大豆 msl 轮回群体品质改良效应与分离特性研究[J]. 中国农业科学,2006,39(12):2422-2427
- [10] Cianzio S R, Fehr W R. Genetic variability for soybean seed composition in crosses between high and low parents [J]. Agric. Hniv. P. R, 1982, 66: 123-129
- [11] Wehrmann V K. Transfer of high seed protein to high-yielding soybean cultivars [J]. Crop Sci, 1987, 27: 927-937
- [12] Therne J C, Fehr W R. Incorporation of high-protein exotic germplasm into soybean population by 2- and 3-way crosses [J]. Crop sci, 1979, 10: 652-655
- [13] Wilcox J R. Performance of reciprocal soybean hybrids [J]. Crop Sci, 1977, 17(3):351-352
- [14] 张国栋,王金陵. 大豆种间杂交主要农艺性状和蛋白质含量的遗传变异研究[J]. 大豆科学,1989,8(1):1-9
- [15] Simpson A M, Wilcox J R. Genetic and phenotypic association of agronomic characteristics in four high protein soybean populations [J]. Crop Sci, 1983, 23(6):1077-1081
- [16] Wilcox J R, Cavins J F. Backcrossing high seed protein to a soybean cultivar [J]. Crop Sci, 1995, 35(4):1036-1041
- [17] 孟祥勋,闫日红,王曙光,等. 大豆蛋白质含量及产量的回交效应分析[J]. 中国油料作物学报,1999,21(4):21-25
- [18] 王振民,康波,邓劭华,等. 回交对栽培大豆×半野生大豆杂交后代的改良效果[J]. 吉林农业大学学报,1996,18(4):12-17
- [19] 李文斌,王金陵,杨庆凯. 大豆种间杂种后代自交与回交群体数量性状的遗传分析[J]. 大豆科学,1990,9(2):89-102
- [20] 张帆,郝宪彬,高用明,等. 利用籼稻资源中的“隐蔽有利基因”提高籼稻苗期耐冷性[J]. 作物学报,2007,33(10):1618-1624
- [21] 张宝石. 作物育种学[M]. 北京:中国农业科技出版社,1996:40-41
- [22] 盖钧镛, Fehr W R, Palmer R D. 大豆栽培种和野生种回交计划的四个世代中一些农艺性状的遗传表现[J]. 遗传学报,1982,9(1):44-56
- [23] 翟虎渠,王建康. 应用数量遗传[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2007:140-145
- [7] 方嘉禾,常汝镇. 中国作物及其野生近缘植物:经济作物卷[M]. 北京:中国农业出版社,2007
- [8] 朱德蔚,王德楦,李锡香,等. 中国作物及其野生近缘植物:蔬菜作物卷[M]. 北京:中国农业出版社,2008
- [9] 费砚良,刘青林,葛红,等. 中国作物及其野生近缘植物:花卉卷[M]. 北京:中国农业出版社,2008
- [10] 蒋尤泉,武保国. 中国作物及其野生近缘植物:饲用及绿肥作物卷[M]. 北京:中国农业出版社,2007
- [11] 贾敬贤,贾定贤,任庆棉,等. 中国作物及其野生近缘植物:果树作物卷[M]. 北京:中国农业出版社,2006
- [12] 杨全,王文全,魏胜利. 甘草不同类型间总黄酮、多糖含量比较研究[J]. 中国药理学杂志,2007,32(5):445-447
- [13] 李先恩,祁建军,周丽莉,等. 地黄种质资源形态及生物学性状的观察与比较[J]. 植物遗传资源学报,2007,8(1):95-98
- [14] 中国树木志编辑委员会. 中国树木志(1)[M]. 北京:中国林业出版社,1982
- [15] 中国森林编辑委员会. 中国森林:阔叶林[M]. 北京:中国林业出版社,1998
- [16] 数据查询[EB/OL]. [2011-03-01]. <http://www.cgris.net>
- [17] 马春英,王文全,张学静,等. 乌拉尔甘草花部特征和开花结实特性的研究[J]. 植物遗传资源学报,2009,10(2):295-299
- [18] 刘旭. 中国生物种质资源科学报告[M]. 北京:科学出版社,2003
- [19] 王述民,李立会,黎裕,等. 中国粮食和农业植物遗传资源状况报告(I)[J]. 植物遗传资源学报,2011,12(1):1-12
- [20] 王述民,李立会,黎裕,等. 中国粮食和农业植物遗传资源状况报告(II)[J]. 植物遗传资源学报,2011,12(2):167-177
- [21] 刘旭,郑殿升,董玉琛,等. 中国农作物及其野生近缘植物多样性研究进展[J]. 植物遗传资源学报,2008,9(4):1-5

(上接第500页)

# 大豆蛋白质含量的遗传变异及其与主要农艺性状的相关性分析

作者: [张金巍](#), [韩粉霞](#), [孙君明](#), [于福宽](#), [马磊](#), [陈明阳](#), [张晶莹](#), [闫淑荣](#), [杨华](#), [ZHANG Jin-wei](#),  
[HAN Fen-xia](#), [SUN Jun-ming](#), [YU Fu-kuan](#), [MA Lei](#), [CHEN Ming-yang](#), [ZHANG Jing-ying](#), [YAN](#)  
[Shu-rong](#), [YANG Hua](#)

作者单位: [中国农业科学院作物科学研究所/国家农作物基因资源与基因改良重大科学工程](#), 北京, 100081

刊名: [植物遗传资源学报](#) 

英文刊名: [Journal of Plant Genetic Resources](#)

年, 卷(期): 2011, 12(4)

## 参考文献(23条)

1. [翟虎渠;王建康](#) [应用数量遗传](#) 2007
2. [盖钧镒;Fehr W R;Palmer R D](#) [大豆栽培种和野生种回交计划的四个世代中一些农艺性状的遗传表现](#) 1982(01)
3. [张帆;郝宪彬;高用明](#) [利用籼稻资源中的“隐蔽有利基因”提高籼稻苗期耐冷性](#) 2007(10)
4. [李文斌;王金陵;杨庆凯](#) [大豆种间杂种后代自交与回交群体数量性状的遗传分析](#) 1990(02)
5. [王振民;康波;邓劭华](#) [回交对栽培大豆×半野生大豆杂交后代的改良效果](#) 1996(04)
6. [孟祥勋;闫日红;王曙明](#) [大豆蛋白质含量及产量的回交效应分析](#) 1999(04)
7. [Wilcox J R;Cavins J F](#) [Backcrossing high seed protein to a soybean cultivar](#) 1995(04)
8. [Simpson A M;Wilcox J R](#) [Genetic and phenotypic association of agronomic characteristics in four high protein soybean populations](#) 1983(06)
9. [张国栋;王金陵](#) [大豆种间杂交主要农艺性状和蛋白质含量的遗传变异研究](#) 1989(01)
10. [Wilcox J R](#) [Performance of reciprocal soybean hybrids](#) 1977(03)
11. [Theme J C;Fehr W R](#) [Incorporation of high-protein exotic germplasm into soybean population by 2- and 3-way crosses](#) 1979
12. [Wehrmann V K](#) [Transfer of high seed protein to high-yielding soybean cultivars](#) 1987
13. [Cianzio S R;Fehr W R](#) [Genetic variability for soybean seed composition in crosses between high and low parents](#) 1982
14. [赵双进;张孟臣;蒋春志](#) [大豆ms1轮回群体品质改良效应与分离特性研究](#) 2006(12)
15. [Miller J E;Fehr W R](#) [Direct and indirect recurrent selection for protein in soybeans](#) 1979
16. [张宝石](#) [作物育种学](#) 1996
17. [王连铮;王金陵](#) [大豆遗传育种学](#) 1992
18. [陈素生;刘生祥;宋晓华](#) [回交育种在春小麦育种上的应用](#) 1995(02)
19. [乔善宝;王玉花;杨克诚](#) [不同供体及不同回交次数对玉米自交系R08的改良效应](#) 2009(12)
20. [王振民;康波;邓劭华](#) [栽培大豆×半野生大豆主要农艺性状的遗传变异及回交改良](#) 1999(01)
21. [刘纪麟](#) [玉米育种学](#) 2000
22. [王新风;富健;孟凡钢](#) [影响大豆籽粒蛋白质含量因素及其改良途径](#) 2008(03)
23. [朱志华;李为喜;刘三才](#) [2002年我国大豆\(Glycine max\)品种及种质资源的蛋白质和脂肪含量分析](#) 2003(02)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_zwyczyxb201104003.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zwyczyxb201104003.aspx)