

## 大豆不育系的恢复系筛选及其杂种优势利用研究

李杰坤<sup>1</sup>, 张磊<sup>1</sup>, 孙文勤<sup>2</sup>, 黄志平<sup>1</sup>, 张丽亚<sup>1</sup>, 胡晨<sup>1</sup>, 胡国玉<sup>1</sup>, 周斌<sup>1</sup>

(1. 安徽省农业科学院 作物研究所, 安徽 合肥 230031; 2. 阜阳市颍州区种子管理站, 安徽 阜阳 236000)

**摘要:**以大豆质核互作雄性不育系 S0105 为母本, 与分别来自国内外不同纬度、不同生态区的 280 个品种测交, 根据测交一代的花粉育性和植株育性, 筛选出恢复株率达 97% 以上的恢复系 9 个; 用这 9 个恢复系与不育系配制杂交组合, 对其 F<sub>1</sub> 籽粒产量进行测定。结果表明: 所有杂交组合的 F<sub>1</sub> 都有超亲和超标优势, 其中超亲和超标优势都达到 25% 以上的组合有 4 个。

**关键词:**大豆; 雄性不育系; 恢复系; 杂种优势

**中图分类号:** S565.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-9841(2010)04-0598-03

## Screening of Restorer Lines of a Soybean Sterile Line and Utilization of Its Heterosis

LI Jie-kun<sup>1</sup>, ZHANG Lei<sup>1</sup>, SUN Wen-qin<sup>2</sup>, HUANG Zhi-ping<sup>1</sup>, ZHANG Li-ya<sup>1</sup>, HU Chen<sup>1</sup>, HU Guo-yu<sup>1</sup>, ZHOU Bin<sup>1</sup>

(1. Crop Research Institute, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031; 2. Yingzhou District Seed Administration Station, Fuyang 236000, Anhui, China)

**Abstract:** S0105, a soybean cytoplasmic-nuclear male sterile line, was used as female parent to test cross with 280 cultivars from home and abroad in different latitudes and ecological zones. The results showed that when the fertilities rate of pollens were over 90 percent, the plant was fertile. According to both fertilities of pollens and plants of F<sub>1</sub>, 9 restorer lines (restoring rate  $\geq 97\%$ ) were selected. Crossed with the sterile line, superparents and superstandard heterosis appeared in all the 9 crosses by the seed yields of their F<sub>1</sub>. Furthermore, 4 crosses showed over 25% of both heterosis.

**Key words:** Soybean; Male sterile line; Restorer line; Heterosis

作物杂种一代具有显著的杂交优势, 一般能增产 20% ~ 40%, 有的甚至成倍增产。水稻、玉米、油菜、棉花等作物的杂种优势已在生产上得到广泛应用, 大豆的杂种一代同样具有显著优势<sup>[1-2]</sup>。安徽省农科院作物所于 2005 ~ 2006 年利用高代不育材料 S0105 通过测交, 对恢复系进行筛选, 并于 2008 年用恢复株率达 97% 以上的恢复系配制 9 个杂交组合, 2009 年对其 F<sub>1</sub> 产量优势进行测定, 目的在于进一步明确大豆杂种优势的大小, 并从中筛选优良的恢复系和强优势杂交组合。

### 1 材料与方法

#### 1.1 供试材料

用大豆雄性不育系 S0105 与来自国内外不同纬度、不同生态区的 280 个品种配制测交组合, 对其 F<sub>1</sub> 进行花粉育性和植株育性观察, 筛选恢复系;

用筛选出的恢复系与不育系配制杂交组合, 对杂交组合的 F<sub>1</sub> 进行产量测定, 超亲对照为各组合的父本(恢复系), 超标对照为国家黄淮区试的对照品种中黄 13<sup>[3-6]</sup>。

#### 1.2 试验方法

试验在安徽省农科院作物所蒙城大豆试验站进行, 土壤肥力中等, 砂壤土, 气候温暖, 年降雨量 900 mm。

**1.2.1 花粉育性鉴定方法** 采用 I<sub>2</sub>-KI 花粉染色法观察各测交组合 F<sub>1</sub> 的花粉育性, 染色的是可育花粉, 不染色的是败育花粉。

**1.2.2 植株育性的判别** 不育株: 花荚期植株叶腋中有成簇的不成荚花蕾, 花、荚发育不正常, 植株结荚数较少或不结荚, 成熟时茎秆不变黄, 叶青且不落。可育株: 花荚期植株叶腋中没有成簇的不成荚花蕾, 花、荚发育正常, 植株结荚数较多, 成熟时茎秆变黄, 叶枯且脱落。

收稿日期: 2010-03-12

基金项目: 安徽省自然科学基金资助项目(08040102004); 国家高技术研究发展计划资助项目(2009AA101106、2006AA100104-5); 国家大豆产业技术体系资助项目(nycyt-004)。

第一作者简介: 李杰坤(1968-), 男, 副研究员, 研究方向为大豆遗传育种和栽培技术。E-mail: jiekunli88@126.com。

通讯作者: 张磊, 研究员。E-mail: leizh66@163.com。

1.2.3 恢复系的筛选 2005 ~ 2006 年用国内外不同纬度、不同生态区的 280 个品种资源与不育系 S0105 进行测交,并于次年种植各测交组合,根据测交一代的花粉育性和植株育性,筛选恢复株率高、恢复性稳定、综合农艺性状好的恢复系。

1.2.4 杂种优势测定 2008 年用不育系 S0105 与筛选出的恢复系配制 9 个杂交组合,2009 年进行杂种优势测定试验,每个组合按父本、F<sub>1</sub> 顺序种植,中黄 13 为对照品种,3 次重复,每个组合及对照品种按随机区组排列,2 行区,行长 5 m,行距 50 cm,小区面积 5 m<sup>2</sup>,每行定苗 40 株,折合密度 16 万株·hm<sup>-2</sup>,6 月 12 日播种,成熟后全区收获计产。杂种优势测定公式是<sup>[1,6]</sup>:

超亲优势 = [(F<sub>1</sub> 产量 - 父本产量)/父本产量] × 100%

超标优势 = [(F<sub>1</sub> 产量 - 对照产量)/对照产量] × 100%

表 1 测交组合 F<sub>1</sub> 的花粉育性和植株育性

Table 1 Fertilities of pollens and plants of the first generation of test cross

可育花粉率 Rate of fertile pollens/%	总株数 Total plants	可育株 Fertile plants	不育株 Sterile plants	可育株比例 Rate of fertile plants/%
90-100	179	179	0	100.0
80-89.9	124	111	13	89.5
70-79.9	115	68	47	59.1
60-69.9	97	29	68	29.9
50-59.9	147	21	126	14.3
< 50	573	23	550	4.0

可育花粉率为每株 3 朵花花粉育性的平均数。  
Rate of fertile pollens is the average fertilities of three flowers on one plant.

表 2 恢复株率 97% 以上组合的 F<sub>1</sub> 花粉育性和植株育性

Table 2 Fertilities of pollens and plants in the F<sub>1</sub> of the crosses that restoring rate is over 97%

组合 Cross	可育花粉率 Rate of fertile pollens/%	总株数 Total plants	可育株 Fertile plants	不育株 Sterile plants	可育株比例 Rate of fertile plants/%
HS05009	96.8	128	126	2	98.4
HS05037	99.2	124	121	3	97.6
HS05060	100.0	141	141	0	100.0
HS05069	100.0	122	122	0	100.0
HS05088	95.7	136	135	1	99.3
HS06006	95.2	129	129	0	100.0
HS06027	100.0	146	146	0	100.0
HS06058	98.3	149	149	0	100.0
HS06132	90.7	143	139	4	97.2

可育花粉率为每组合可育株花粉育性的平均数。  
Rate of fertile pollens is the average fertilities of each cross.

2.2 杂种优势

2008 年用不育系 S0105 与筛选出的 9 个恢复系配制杂交组合,2009 年在蒙城大豆试验站进行种植,测定各组合 F<sub>1</sub> 产量的超亲和超标优势,结果表明,所有组合都有超亲和超标优势,超亲优势在 20.14% ~ 62.87% 之间,平均超亲优势 35.74%;超

2 结果与分析

2.1 恢复系筛选

2005 ~ 2006 年,以 S0105 为母本,以来自国内外不同纬度、不同生态区的 280 个品种为父本配制测交组合,并于次年种植各测交组合,开花期镜检各组合 F<sub>1</sub> 的花粉育性,结荚期逐株调查各组合 F<sub>1</sub> 植株的结荚数,结果表明,花粉可育率在 90% ~ 100% 的,植株全表现为可育(表 1);花粉可育率在 80% ~ 89.9% 的,可育株占 89.5%;花粉可育率在 70% ~ 79.9% 的,可育株占 59.1%;花粉可育率在 60% ~ 69.9% 的,可育株占 29.9%;花粉可育率在 50% ~ 59.9% 的,可育株占 14.3%;花粉可育率在 50% 以下的,可育株占的比例更少,对筛选恢复系已没有意义。根据各组合 F<sub>1</sub> 的花粉育性和植株育性表现,从 280 个测交品种中筛选出恢复株率 97% 以上的恢复系 9 个(表 2)。

标优势在 3.79% ~ 40.71% 之间,平均超标优势 22.96%(表 3)。

衡量杂交组合的优势强弱,要把超亲优势和超标优势结合起来考虑,一个组合超亲优势高而超标优势低或超标优势高而超亲优势低,在生产上应用价值都不大,只有超亲和超标优势都显著时,才能

应用于生产。从杂种优势测定结果看, HS05009、HS05060、HS06027 和 HS06058 组合的超亲和超标优势都达到 25% 以上, 生产上有应用价值, 但由于

HS05009 的恢复株率为 98.4%, 在生产上应用前, 还要经过试验论证。

表 3 杂交组合籽粒产量及其优势

Table 3 Seed yeilds of crosses and its heterosis/kg · hm<sup>-2</sup>

组合	父本产量	F <sub>1</sub> 产量	对照产量	超亲优势	超标优势
Cross	Yeild of male parent	Yeild of F <sub>1</sub>	Yeild of CK	Superparents heterosis/%	Superstandard heterosis/%
HS05009	2454.0	3619.5	2649.0	47.49	36.64
HS05037	2127.0	3040.5	2649.0	42.95	14.78
HS05060	2665.5	3570.0	2649.0	33.93	34.77
HS05069	1963.5	3198.0	2649.0	62.87	20.72
HS05088	2494.5	2997.0	2649.0	20.14	13.14
HS06006	2371.5	3000.0	2649.0	26.50	13.25
HS06027	2730.0	3412.5	2649.0	25.00	28.82
HS06058	2880.0	3727.5	2649.0	29.43	40.71
HS06132	2062.5	2749.5	2649.0	33.31	3.79
平均	2416.5	3256.5	2649.0	34.76	22.93
Average					

### 3 讨论

#### 3.1 恢复系的恢复性与不育系的关系

恢复系筛选要人工配制测交组合, 这是一项费工费时又需要一定操作技术的工作, 因此恢复系筛选规律的研究至关重要, 一方面要研究恢复基因与不育基因的关系及恢复基因的恢复积累和恢复基因的遗传规律; 另一方面要扩大测交亲本的范围, 研究恢复基因的地理分布, 并采用地理远缘、血缘远缘等技术增加父母本的遗传差异, 从而筛选出优异的恢复系和具有强优势的杂交大豆组合。

#### 3.2 测交后代 F<sub>1</sub> 育性的判断标准

在测交筛选恢复系过程中, 镜检测交组合 F<sub>1</sub> 的花粉育性, 发现花粉可育率从 0 ~ 100% 都有, 但可育花粉率达到多少的植株才算可育, 目前没有统一标准; 测交组合 F<sub>1</sub> 植株的结荚数少的为 0, 多的达 100 多个, 但结荚数多少的植株才算可育, 也没有统一标准。因此, 对植株育性的判定标准需进一步统一完善。在统计可育株和不育株时, 把植株花器特征表现、花粉育性、植株结荚数、成熟期植株豆荚发育情况及茎秆颜色变化情况和植株落叶性等结合在一起, 进行植株育性判定。

#### 3.3 杂种优势利用

杂交大豆产量优势来自于超亲优势和超标优势。超亲优势的高低是衡量大豆杂种优势内在潜力的一项关键指标, 具有显著超亲优势的组其绝对产量虽然比亲本增产很多, 但并不能表明比生产上大面积种植的对照品种产量高, 因此能否用于生产, 还要用超标优势来衡量。超标优势是选用生产上大面积推广的品种做对照, 它的高低能较好地衡量杂交大豆的丰产性, 在现实生产中有指导意义, 但具有显著超标优势的组其能否用于生产, 还要看超亲优势, 若超亲优势不显著, 生产上应用价值也

不大, 因为杂交种的生产要比常规种的扩繁成本高且制种产量较低。一个杂交组合只有超亲优势和超标优势都非常显著时, 在生产上才有应用价值。从杂种优势测定结果看, 组合 HS06058、HS05060 和 HS06027 的超亲和超标优势都达到 25% 以上, 且恢复株率高, 在生产上有应用价值。

### 参考文献

- [1] 李杰坤, 张磊, 黄志平, 等. 利用 M 型大豆质核互作雄性不育系配制高产组合的研究[J]. 大豆科学, 2002, 21(4): 241-244. (Li J K, Zhang L, Huang Z P, et al. Study on making soybean cross combination with M type male sterile lines heterosis of F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> generation yields of hybrid soybean and its utilization[J]. Soybean Science, 2002, 21(4): 241-244.)
- [2] 潘家驹. 作物育种学总论[M]. 北京: 农业出版社, 1994: 92-93. (Pan J J. Principle of crop breeding[M]. Beijing: Agriculture Press, 1994: 92-93.)
- [3] 孙寰, 赵丽梅, 王曙明, 等. 大豆杂种优势利用研究进展[J]. 中国油料作物学报, 2003, 25(1): 92-96, 100. (Sun H, Zhao L M, Wang S M, et al. A review on research progress of soybean heterosis utilization[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2003, 25(1): 92-96, 100.)
- [4] 张磊, 戴鸥和, 黄志平, 等. 大豆 M 型质核互作雄性不育系 W931A 三系配套及强优组合的研究[J]. 安徽农业科学, 2001, 29(1): 16-17, 22. (Zhang L, Dai O H, Huang Z P, et al. Study on high yielding combinations and three lines system of soybean M male sterile line W931A of nucleocytoplasmic interaction[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2001, 29(1): 16-17, 22.)
- [5] 张磊, 张丽亚, 李杰坤, 等. M 型杂交大豆育种研究进展[J]. 中国农业科技导报, 2004, 6(3): 27-29. (Zhang L, Zhang Y L, Li J K, et al. Development of breeding of M type hybrid soybean[J]. Review of China Agricultural Science and Technology, 2004, 6(3): 27-29.)
- [6] 盖钧镒, 胡蕴珠, 马玉华. 中国大豆品种间 F<sub>1</sub> 和 F<sub>3</sub> 杂种优势与配合力分析[J]. 大豆科学, 1984, 3(3): 183-191. (Gai J Y, Hu Y Z, Ma Y H. Heterosis and combining ability in F<sub>1</sub> and F<sub>3</sub> hybrids between soybean cultivars from the PRC and the US[J]. Soybean Science, 1984, 3(3): 183-191.)