

## 优质大豆品种与抗除草剂转基因大豆品种杂种后代的遗传分析

高中利, 朱洪德, 刘 敏, 于洪久

(黑龙江八一农垦大学 农学院, 黑龙江 大庆 163319)

**摘 要:**通过利用4个普通优质大豆品种与3个抗除草剂转基因大豆品种进行组配,采用 $4 \times 3$  NCII遗传交配设计,对产量、品质等性状的遗传力和配合力进行分析。结果表明:抗除草剂 *Bar* 基因能在  $F_1$  代得到显性遗传,抗除草剂转基因大豆各性状以加性遗传效应为主,农大35306单株荚数和单株粒数一般配合力效应值最高,农大15751  $\times$  TSB2、农大35306  $\times$  TSB4等组合可作为高产优质抗除草剂组合进一步对比选择。

**关键词:**转基因大豆;配合力;遗传力

**中图分类号:**S565.1

**文献标识码:**A

**文章编号:**1000-9841(2011)01-0046-04

## Genetic Analysis of Hybrid Progenies of High Quality Soybean Cultivars with Transgenic Herbicide-resistance Soybean Cultivars

GAO Zhong-li, ZHU Hong-de, LIU min, YU hong-jiu

(College of Agronomy, Heilongjiang August First Agricultural Reclamation University, Daqing 163319, Heilongjiang, China)

**Abstract:** The genetic cross program was designed by four common best soybean lines and three transgenic herbicide-resistant soybean lines to study the heritability and combining ability for yield and quality and so forth. The results demonstrated that the herbicide-resistant gene *Bar* was dominant inheritance in  $F_1$ , the additive effects were mainly responsible for the heredity of each character. The pods and seeds of Nongda 35306 had higher GCA effect, the combinations Nongda 15751  $\times$  TSB2, Nongda 35306  $\times$  TSB4 can be developed for high yield and super quality combinations. The research laid a foundation for the effective use of the transgenic herbicide-resistant soybean.

**Key words:** Transgenic soybean; Combining ability; Heritability

从1996年转基因作物商品化种植开始至今抗除草剂转基因作物的发展尤为突出<sup>[1]</sup>。抗除草剂转基因大豆的种植面积也是越来越大<sup>[2]</sup>。如今,通过农杆菌介导转化法、基因枪法等不同转换方法把抗除草剂基因导入普通大豆以获得抗除草剂转基因大豆材料的研究较多,也有不少关于抗除草剂基因的遗传规律报道。而对抗除草剂转基因大豆与普通优质大豆品种间杂交的研究国内外鲜有报道。该文采用NCII设计,以系谱来源广泛的优质大豆品种(系)与血缘关系较远的转基因抗除草剂大豆品种杂交,对后代主要农艺性状进行遗传分析,为正确选配大豆亲本提供一定理论依据和指导,实现普通优质大豆与转基因抗除草剂大豆品种的同步改良。

### 1 材料与方法

#### 1.1 供试材料

高产、高油材料垦农18、高油材料农大15751和高蛋白材料垦农30、农大35306,4份普通优质大豆材料均为黑龙江八一农垦大学科研所自行选育,分别用代号N1、N2、N3、N4表示;3份抗除草剂转基因大豆TSB1、TSB2和TSB4,均为国外材料。

#### 1.2 试验设计

以普通优质大豆材料为母本,以转基因大豆材料为父本,按NCII遗传交配设计。2009年配制12个杂交组合,2010年将12个杂交组合( $F_1$ )、7个亲本共19份材料隔离种植于黑龙江八一农垦大学科研所。随机区组试验设计,3次重复,5 m行长,2行区,垄宽0.67 m,小区面积6.7 m<sup>2</sup>。

收稿日期:2010-11-25

**基金项目:**国家高技术研究发展计划资助项目(2003AA207170、2004AA207160);国家科技支撑计划资助项目(2006BAD01A04);引进国际先进农业科学技术计划资助项目(2008-Z24);国家农业科技成果转化资助项目(2010GB2B200128);黑龙江省发展高新技术产业专项资金项目(FW06B902);黑龙江省教育厅资助项目(11511245)。

**第一作者简介:**高中利(1979-),男,在读硕士,研究方向为大豆遗传育种。E-mail:gaozl1234@163.com。

**通讯作者:**朱洪德(1962-),男,研究员,硕士生导师,主要从事大豆遗传育种研究。E-mail:zhd495@163.com。

### 1.3 取样与性状考查

在 2010 年各收获小区, 去除边际株后随机取 5 株考种, 调查株高、主茎节数、分枝数、底荚高度、单株荚数、单株粒数、百粒重、单株粒重 8 个农艺性状和蛋白质含量、脂肪含量 2 个品质性状。其中品质性状测定采用 FOSS 公司生产的 Infratec1255 型近红外整粒谷物快速测定仪测定。亲本及杂交后代除草剂抗性分子鉴定按吕山花等<sup>[3]</sup>的方法进行。

遗传力和配合力的计算, 用 DPS 7.05 软件及 Excel 2003 统计分析软件<sup>[4]</sup>完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 除草剂抗性鉴定

分别提取各材料 DNA 和进行 PCR 检测。抗除草剂基因检测结果表明, 3 份抗除草剂转基因亲本和 12 份  $F_1$  材料均扩增出特异型片段, 检测结果均呈阳性, 4 份普通优质大豆亲本品种均未扩增出特异型片段。这说明 4 份普通优质大豆不含抗除草剂基因, 12 份  $F_1$  大豆材料中都含有抗除草剂基因。表明抗除草剂 *Bar* 基因能在  $F_1$  代得到显性遗传, 这与前人研究结果相吻合<sup>[5-6]</sup>。

### 2.2 配合力方差分析

方差分析表明(表 1),  $F_1$  各性状组合间均方  $F$  值均达到显著或极显著水平。10 个大豆性状的  $F_1$  平均值均高于亲本, 各基因型间存在差异。配合力方差分析的  $F$  测验表明, 母本中除了分枝数、底荚高度、蛋白质含量, 父本中除了底荚高度、单株荚数、单株粒数、单株粒重和蛋白质含量 5 个性状外, 其它性状的  $F$  值均达到了显著和极显著水平, 表明在父母本中这些性状一般配合力较高。母本  $\times$  父本的组合特殊配合力方差中, 底荚高度、单株荚数、单株粒数、单株粒重和蛋白质 5 个性状的  $F$  值也达显著或极显著水平。在 GCA/SCA 中, 脂肪、主茎节数、分枝数和百粒重和株高比值明显大于 1, 表明这

5 个性状是由加性基因控制遗传的, 非加性基因效应微弱或者没有, 单株荚数、蛋白质比值也大于 1, 表明这 2 个性状是由加性和非加性基因共同控制的, 并以加性效应为主, 对这 5 个性状选择可通过基因的加性效应达到较好的育种效果; 底荚高度、单株粒数比值接近 1, 说明这 2 个性状是由加性和非加性基因效应共同作用的, 对于这 2 个性状既有良好的育种效应, 又有较好的杂交组合配合效果; 单株粒重比值小于 1, 说明单株粒重同时受加性和非加性基因控制并以非加性基因效应为主, 单株粒重有较好的育种选择效果,  $F_1$  可获得显著的杂种优势。

### 2.3 一般配合力效应分析

2.3.1 主要产量性状一般配合力效应比较 如表 2 所示, 农大 35306 单株荚数及单株粒数的一般配合力效应值最大, 垦农 30 和垦农 18 单株荚数和单株粒数的一般配合力效应值较高, 农大 15751 和 TSB1 单株荚数和单株粒数的一般配合力效应为较大的负值。说明用农大 35306 做亲本, 提高杂种后代单株荚数和单株粒数效果显著。

单株粒重一般配合力效应从大到小的顺序为 垦农 30 > 垦农 18 > 农大 35306 > TSB2 > 农大 15751 > TSB1 > TSB4。对于 3 个转基因品种的主要产量性状一般配合力效应值都不显著, 不宜用于以提高杂种后代产量为目的的亲本, 但 TSB1 的百粒重一般配合力效应值比较显著, 有利于后代选育。

2.3.2 主要品质性状一般配合力效应比较 在品质性状上, 农大 15751 和垦农 18 脂肪含量的一般配合力效应值最高, 蛋白质含量的一般配合力效应值最低。农大 35306 与农大 15751 和垦农 18 呈相反趋势。对于 3 个转基因品种中 TSB4 蛋白质含量的一般配合力效应值较高, 其它品种品质性状一般配合力效应值一般。

表 1 组合方差和配合力方差分析表( $F$  值)

Table 1 Analysis of variances about hybridized combinations and combining ability ( $F$  value)

变异来源	株高	底荚高度	主茎节数	分枝数	单株荚数	单株粒数	百粒重	单株粒重	脂肪	蛋白质
Source of Variation	Plant height	Height of the lowest pod	Nodes of main stem	Branch number	Pod number per plant	Seed number per plant	100-seed weigh	Yield per plant	Oil content	Protein content
组合 Combination	3.14 **	3.25 **	2.31 **	1.85 *	2.79 **	3.18 **	2.44 **	2.41 **	3.77 **	2.18 **
母本 GCAP1	2.86 *	2.47	3.28 **	2.38	3.06 *	3.14 **	2.76 *	2.82 *	6.47 **	2.26
父本 GCAP2	3.07 *	0.64	2.87 *	3.31 **	1.43	1.15	3.43 **	1.04	3.65 **	2.17
母本 $\times$ 父本 SCAP1 $\times$ P2	1.32	3.02 **	1.24	1.07	2.08 **	3.42 **	1.36	4.95 **	1.19	2.07 **
GCA/SCA	4.49	1.03	4.96	5.32	2.16	1.26	4.55	0.78	8.47	2.14

\* 和 \*\* 分别表示 0.05 和 0.01 显著水平。

\* and \*\* are significantly different at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

表 2 亲本一般配合力相对效应值

Table 2 Relative effect of the general combining ability (GCA) in the parents

亲本 Parent	株高 Plant height	底荚高度 Height of the lowest pod	主茎节数 Nodes of main stem	分枝数 Branch number	单株荚数 Pod number per plant	单株粒数 Seed number per plant	百粒重 100-seed weight	单株粒重 Yield per plant	脂肪 Oil content	蛋白质 Protein content
N1	-9.22	-0.33	-0.49	-2.52	4.46	8.07	-0.67	2.36	3.98	-4.52
N2	-9.18	-1.16	-0.23	0.62	-3.87	-3.58	0.82	-1.35	3.38	-4.01
N3	0.24	0.29	0.44	-0.85	3.10	9.32	1.14	6.46	-4.05	3.98
N4	2.24	0.91	-0.09	-2.17	7.17	14.12	-1.46	5.24	-3.87	4.52
TSB1	8.23	1.33	0.84	3.47	-4.03	-7.24	3.05	-5.07	-0.27	1.27
TSB2	4.44	1.07	0.13	1.06	-4.11	-10.76	-1.97	0.48	1.27	0.97
TSB4	3.24	-1.12	-0.61	0.38	-2.71	-11.94	-0.89	-8.13	-0.45	1.76

## 2.4 特殊配合力分析

特殊配合力高低取决于亲本基因型的非加性效应,与杂种优势的关系甚为密切,不能稳定遗传,可用来指导杂种优势利用和杂交组合选配<sup>[7]</sup>。对 12 个组合所测的 10 个性状特殊配合力相对效应值进行分析,结果表明:单株荚数 SCA 效应值最高的是 N4 × TSB2,其次为 N1 × TSB1、N2 × TSB2。单株粒重 SCA 效应值最高的是 N4 × TSB2,其次是 N1 × TSB1、N4 × TSB1、N3 × TSB2、N2 × TSB2。单株粒数 SCA 效应值最高的是 N4 × TSB1,其次为 N1 × TSB1、N4 × TSB2。总体分析, N4 × TSB2、N1 × TSB1、N4 × TSB1、N2 × TSB2 这 4 个组合中与产量构成因素密切相关的单株荚数和单株粒数的 SCA 效应值较高,且此组合单株粒重 SCA 效应值也靠

前,因此 N4 × TSB2、N1 × TSB1、N4 × TSB1、N2 × TSB2 这 4 个组合可作为高产抗除草剂潜力组合进一步在后代中重点选择。

品质性状中,脂肪 SCA 效应值最高的是 N1 × TSB2,其次为 N2 × TSB2、N3 × TSB1。蛋白质 SCA 相对效应值最高的是 N4 × TSB4,其次为 N3 × TSB4、N1 × TSB1。这些组合可进一步进行对比研究,从中筛选出优质抗除草剂的杂交组合。

从育种实践中看,双亲性状“优-优”的组配方式,要好于其它的组配方式<sup>[8]</sup>。同时要注重大值亲本的作用,以弥补小值亲本缺点和不足<sup>[9]</sup>。注意双亲性状间的差异,选择优点互补的双亲,利于后代优良单株的选择。

表 3 12 个杂交组合各性状的特殊配合力相对效应值

Table 3 The relative effect of the SCA of the traits in the twelve combination

组合 Combination	株高 Plant height	底荚高度 Height of the lowest pod	主茎节数 Nodes of main stem	分枝数 Branch number	单株荚数 Pod number per plant	单株粒数 Seed number per plant	百粒重 100-seed weight	单株粒重 Yield per plant	脂肪 Oil content	蛋白质 Protein content
N1 × TSB1	1.2	-2.4	1.1	4.8	8.4	7.6	2.4	8.7	-1.6	1.9
N1 × TSB2	-0.7	-1.5	2.2	1.4	-6.2	-9.7	-3.6	-7.5	5.8	-3.4
N1 × TSB4	-0.5	3.9	-3.3	-6.2	-2.2	2.1	1.2	-1.2	-4.2	1.5
N2 × TSB1	-0.8	0.4	-2.3	10.8	-6.7	-2.8	1.1	-6.5	0.2	0.4
N2 × TSB2	1.4	1.9	2.9	-4.4	6.5	2.1	2.7	4.1	4.6	-3.7
N2 × TSB4	-0.6	-2.3	-0.6	-6.4	0.2	0.7	-3.8	2.4	-4.8	1.3
N3 × TSB1	3.4	1.5	3.2	3.7	-4.3	-3.7	6.4	-6.0	2.7	-1.3
N3 × TSB2	-2.7	-2.7	2.4	2.1	5.8	2.8	-3.9	4.8	1.1	-2.1
N3 × TSB4	-0.7	1.2	-5.6	-5.8	-1.5	0.9	-2.5	1.2	-3.8	3.4
N4 × TSB1	7.9	-1.1	2.5	7.9	3.4	8.8	4.2	5.7	2.0	-3.9
N4 × TSB2	-4.1	-2.4	2.2	-4.4	12.4	4.8	-3.7	9.4	1.5	0.5
N4 × TSB4	-3.8	3.5	-4.7	-3.5	-15.8	-13.6	-0.5	-14.1	-3.5	3.5

## 2.5 配合力与杂种优势的关系

从表 4 看到,在 10 个性状有 8 个性状的 SCA 效应值达到极显著水平,2 个达到显著水平,表明对于产量构成因素,可以根据杂种一代的优势表现,估测其 SCA 效应;母本 GCA 效应值都达到显著或极显著水平,表明杂种一代优势表现与母本 GCA 的相关性较大,而父本各性状 GCA 效应值的中有 3 个

达到极显著水平,5 个性状不显著,说明杂种一代优势表现与父本 GCA 关系并不密切,杂种一代优势的表现更趋向于母本 GCA 效应;各性状 TCA 效应值都为 1,都达到极显著水平,表明杂种一代优势表现与 TCA 的相关性极高,因此在育种实践中不只是注意 GCA 或 SCA,应注意组合的总配合力效应<sup>[11-12]</sup>,综合考虑各因素才更有意义。

表 4 配合力效应与杂种  $F_1$  表现的相关系数Table 4 The correlation coefficient between the effect of combination ability and  $F_1$ 

性状 Trait	特殊配合力 SCA	母本一般配合力 GCAp1	父本一般配合力 GCAp2	父母本一般配合力和 GCAp1 + p2	总配合力 TCA
株高 Plant height	0.64 **	0.57 **	0.52 **	0.77 **	1.00 **
底荚高度 Height of the lowest pod	0.69 **	0.42 *	0.34	0.65 **	1.00 **
主茎节数 Nodes of main stem	0.45 *	0.54 **	0.41 *	0.68 **	1.00 **
分枝数 Branch number	0.75 **	0.51 **	0.27	0.65 **	1.00 **
单株荚数 Pod number per plant	0.74 **	0.62 **	0.61 **	0.90 **	1.00 **
单株粒数 Seed number per plant	0.63 **	0.66 **	0.31	0.75 **	1.00 **
百粒重 100-seed weight	0.53 **	0.65 **	0.47 **	0.87 **	1.00 **
单株粒重 Yield per plant	0.68 **	0.72 **	0.35	0.77 **	1.00 **
脂肪 Oil content	0.65 **	0.64 **	0.29	0.76 **	1.00 **
蛋白质 Protein content	0.41 *	0.62 **	0.42 *	0.76 **	1.00 **

### 3 结论与讨论

选育高产、优质、抗除草剂的强优势组合是今后利用抗除草剂转基因大豆的方向,可有效解决试验条件下转化率低,转入品种农艺性状表现不好<sup>[10]</sup>等问题。研究表明,利用抗除草剂转基因大豆与优良非转基因品种(系)杂交可选择出高优势组合。

亲本自身表现与一般配合力效应之间存在密切相关,在 4 个母本中,以农大 35306 的产量性状一般配合力最好,以垦农 18 的脂肪含量性状一般配合力最好,农大 35306 的蛋白质含量性状一般配合力最好。在 3 个父本抗除草剂转基因大豆中,除 TSB2 产量性状一般配合力较好外,其余父本一般配合力较差。品质性状中,3 个父本一般配合力都不高。因此,选择品质性状优良配合力高的优良品种(系)用来改良父本大豆品质是有必要的。

在研究中发现同一亲本所配组合及同一组合不同性状间的特殊配合力差异很大,这与前人研究是一致的。农大 35306 × TSB4、农大 15751 × TSB2、垦农 18 × TSB2、垦农 30 × TSB4 这 4 个组合整体表现较好,对这些组合进一步进行对比试验,期望从中筛选出高产优质抗除草剂大豆杂交组合。并且总配合力效应与杂种优势表现的相关性较大,在进行后代选育中应充分考虑总配合力效应。

### 参考文献

- [1] 梁雪莲,王引斌.作物抗除草剂转基因研究进展[J].生物技术通讯,2001(2):17-21. (Liang X L, Wang Y B. Progress of studies on herbicide resistance gene of crop[J]. Biotechnology Information, 2001(2):17-21.)
- [2] 罗振锋,李启云.转基因大豆产业化现状及展望[J].大豆科学,2005,24(3):220-223. (Luo Z F, Li Q Y. Commercialization status and research progress of transgenic soybean[J]. Soybean Science, 2005, 24(3):220-223.)
- [3] 吕山花,常汝镇,陶波,等.抗草甘膦转基因大豆 PCR 检测方法的建立与应用[J].中国农业科学,2003,36(8):883-887. (Lv S H, Chang R Z, Tao B. Methodological research on pcr based

detection of genetically modified soybean resistant to glyphosate[J]. Scientia Agriculture Sinica, 2003,36(8):883-887.)

- [4] 唐启义,冯明光.实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M].北京:科学出版社,2007. (Tang Q Y, Feng M G. DPS data processing system-experimental design, statistical analysis and data mining[M]. Beijing: Science Publishers, 2007.)
- [5] 刘敏,朱洪德,高中利.抗除草剂转基因大豆遗传分析[J].大豆科学,2010,29(1):33-36. (Liu M, Zhu H D, Gao Z L. Inheritance analysis of herbicide-resistant transgenic soybean[J]. Soybean Science, 2010,29(1):33-36.)
- [6] Zhang Y, Yan D Y, Chen S Y. Inheritance analysis of herbicide-resistant transgenic soybean lines[J]. Acta Genetica Sinica, 2006,33(12):1105-1111.
- [7] 唐善德,陈卫江.大豆  $F_1$  杂种优势表现及产量配合力分析[J].作物研究,1991,5(3):26-28. (Tang S D, Chen W J. Analysis on heterosis and combining ability of hybrid  $F_1$  in soybean yield[J]. Crop Research, 1991, 5(3):26-28.)
- [8] 崔润芝,田保明,李延军.夏大豆产量性状的遗传力和配合力分析[J].华北农学报,1994,9(4):59-64. (Cui R Z, Tang B M, Li Y J. An analysis of genetic ability and combining ability for yield characters in summer soybean[J]. Acta Agricultura Boreal-Sinica, 1994, 9(4):59-64.)
- [9] 田佩占.大豆杂交亲本产量配合力与选择效果关系的研究[J].吉林农业科学,1984(4):6-10. (Tian P Z. Relation between combining ability of hydride parents and selection effect[J]. Journal of Jilin Agricultural Sciences, 1984(4):6-10.)
- [10] 刘海坤,卫志明.大豆遗传转化研究进展[J].植物生理与分子生物学学报,2005,31(2):126-134. (Liu H K, Wei Z M. Recent advances in soybean genetic transformation[J]. Journal of Plant Physiology and Molecular Biology, 2005, 31(2):126-134.)
- [11] 康波,王振民,邓少华,等.大豆主要农艺性状杂种优势与配合力的研究[J].吉林农业大学学报,1993(1):17-21. (Kang B, Wang Z M, Deng S H, et al. Study on the heterosis and combining ability of soybean hybrids[J]. Journal of Jilin Agricultural University, 1993(1):17-21.)
- [12] 杨琪,王金陵,杨庆凯.三种不同类型大豆及其杂种后代主要农艺性状的配合力分析[J].作物学报,1994,20(4):481-488. (Yang Q, Wang J L, Yang Q K. The combining ability analysis in main agronomic characters for three different types of soybean and their generation[J]. Acta Agronomica Sinica, 1994, 20(4):481-488.)