

# 大豆品种远缘杂交 $F_1$ 代的杂种优势分析

谢甫绶, 丑晓奇, 张惠君, 王海英

(沈阳农业大学农学院, 沈阳 110161)

**摘要** 为探讨大豆品种远缘杂交  $F_1$  代的杂种优势差异, 采用地理纬度相近的中国辽宁省和美国俄亥俄州新育成亚有限型品种各4个和4个辽宁省20年代老品种为亲本, 配置组成地理远缘和时代远缘杂交  $F_1$  代, 对  $F_1$  代主要形态性状、产量性状、生理性状的杂种优势进行了分析。结果表明: 大豆部分形态性状、产量性状、生理性状具有较高的杂种优势, 但不同类型杂交组合间差异显著。地理远缘的亲本间杂交会产生明显的杂种优势, 并且地理远缘的亲本间杂交的杂种优势要高于时代远缘的亲本间杂交, 但百粒重、粒茎比、光合速率这三个性状的杂种优势均以新老品种杂交的高。

**关键词** 大豆; 杂种优势;  $F_1$  世代

**中图分类号** S565.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-9841(2007)06-0857-05

## $F_1$ HETEROSIS OF SOYBEANS CROSSED FROM VARIETIES RELEASED IN DIFFERENT GEOGRAPHIC PLACES AND DECADES

XIE Fu-ti, CHOU Xiao-qi, ZHANG Hui-jun, WANG Hai-ying

(College of Agronomy, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161)

**Abstract** Being a self-pollination plant, there still exist heterosis in soybean. The objectives of this research was to explore the differences of  $F_1$  heterosis of soybeans crossed from varieties released in different geographic places and decades. 12 soybean varieties released in different geographic places and decades were used as parents to make crosses, in which 4 current varieties released in Liaoning, China and 4 released in Ohio, USA, and 4 old varieties released in Liaoning in about 1920s',  $F_1$  heterosis of morphological, yield and physiological traits were evaluated. The results showed that some of the morphological, yield and physiological traits had higher heterosis, but there were obvious differences among different types of cross. The heterosis of crosses which parents released in different geographic places was higher than those of crosses which parents released in different decades. However, the heterosis of 100-grain weight, seed to stem ratio, and photosynthetic rate were higher in the crosses which parents released in different decades.

**Key words** Soybean; Heterosis;  $F_1$  generation

杂种优势是杂合体在一种或多种性状上优于两个亲本的现象, 也是一种生物界普遍存在的现象。玉米、水稻、油菜等作物的杂交种已广泛应用<sup>[1]</sup>。

尽管人们很早就注意到了大豆的杂种优势现象<sup>[2]</sup>, 并发现了一些雄性不育系<sup>[3]</sup>, 已有数个大豆不育系专利公诸于世, 然而, 这些专利多还没有达到应用程

收稿日期: 2007-04-07

基金项目: 辽宁省科技厅科技基金(2006201008); 辽宁省教育厅科技项目(05L378)

作者简介: 谢甫绶(1966-), 男, 教授, 博士生导师, 从事大豆株型育种与栽培研究。

度。直到 20 世纪 90 年代,孙寰等选育了大豆质核互作雄性不育系,并实现了三系配套,才使得大豆杂种优势的利用成为可能<sup>[4-5]</sup>。有关大豆籽粒产量的杂种优势研究,国内外曾做过一些报道。东北农学院<sup>[6]</sup>对 49 个组合的研究结果表明,平均中亲优势 11.2%, 平均高亲优势 - 6. 5% ( - 60. 5% ~ 117. 7%)。黄承运等<sup>[7]</sup>对 15 个组合的研究结果表明,平均中亲优势为 18. 7%, 平均高亲优势为 9. 0%。王曙明<sup>[8]</sup>研究结果表明,高亲优势率平均为 6. 8%, 对照优势率平均为 11. 9%, 高亲优势率超过 30% 以上的组合占 19. 8%, 对照优势率超过 30% 以上的组合占 25. 3%, 高亲与对照优势率同时超过 20 % 以上的组合占 18. 3%。Metha 等<sup>[9]</sup>以 11 个亲本配制 12 个组合,高亲优势从 3. 64% 至 249%。梁慧珍等<sup>[10]</sup>研究得出,选择适当亲本有利于增加杂种后代大豆籽粒异黄酮含量,且这种优势是较为明显的。前人对不同类型组合杂种优势的分析表明,“本地品种×本地品种”组合的杂种优势低于“本地(引入)品种×引入品种”的组合,而“本地(引入)品种×引入品种”组合的杂种优势又低于“中国品种×国外品种”的组合,这种趋势是较为明显的<sup>[8]</sup>。然而,时代远缘杂种优势研究未见报道。试验采用中国辽宁省和美国俄亥俄州当代大豆品种各 4 个和辽宁省 20 年代老品种 4 个为亲本,配置地理远缘和时代远缘杂交组合,探讨了 F<sub>1</sub> 代的性状表现,试图为大豆杂种优势利用提供理论依据。

## 1 材料与方法

试验于 2005 ~ 2006 年沈阳农业大学进行。采用辽宁省和美国俄亥俄州当代大豆品种各 4 个和辽宁省 20 年代老品种 4 个为亲本(俄亥俄当代品种为:HS93-4118、OhioFG1、Darby、Kottman; 辽宁当代品种为:辽豆 11、辽豆 12、沈农 9411、沈豆 4 号,辽宁 20 年代老品种为:Shingto, Mukden, Harbinsoy, Boone), 于 2005 年配置了辽宁当代品种×俄亥俄当代品种(Lnew × Onew)、辽宁当代品种×辽宁 20 年代老品种(Lnew × Lold)、俄亥俄当代品种×辽宁 20 年代老品种(Onew × Lold)三种类型杂交组合,各类型的杂交组合数分别为 16、16 和 13 个。

2006 年将亲本与杂交种子进行单行种植,亲本 3 个重复,杂交种子 1 次重复。行长 3 m, 每行 27 株,株距 0. 11 m, 垄距 0. 6 m, 正常田间管理。在大豆鼓粒期用 SPAD504 活体叶绿素测定仪测定倒数第 3 片成熟叶片的叶绿素含量,用 LiCor6400P 光合仪测定倒数第 3 片成熟叶片的光合速率、气孔导度、蒸腾速率。收获后,进行室内考种,考察形态性状和产量性状,分析了 F<sub>1</sub> 代性状的中亲优势和超亲优势。计算方法如下:

中亲优势:  $H_m = (F_1 - MP) / MP \times 100\%$

超亲优势:  $H_b = (F_1 - BP) / BP \times 100\%$

其中 F<sub>1</sub>、BP、MP 分别代表各性状杂种一代值、高值亲本、中亲值。

## 2 结果与分析

### 2.1 植株形态性状的杂种优势分析

2.1.1 F<sub>1</sub> 代形态性状的杂种优势 根据考种结果计算了各组合 F<sub>1</sub> 代形态性状的杂种优势(表 1)。由表 1 可以看出,性状不同杂种优势的表现是不同的,株高的超亲优势率三个杂交类型均为负值,在分枝数、主茎节数的超亲优势率中,Lnew × Onew 为正值。株高、分枝数、主茎节数的超亲优势率和中亲优势率均以 Lnew × Onew 最高。

2.1.2 F<sub>1</sub> 代形态性状杂种优势的组合分布 将形态性状杂种优势的组合分布列入表 2,从表 2 可知,不同杂交组合 F<sub>1</sub> 代形态性状表现出的杂种优势程度不同。对株高而言,Lnew × Onew、Lnew × Lold、Onew × Lold 表现出中亲优势的组合所占比例分别为 81. 5%、43. 8%、15. 4%,表现出超亲优势的组合所占比例分别为 25%、18. 8%、7. 7%,可见,Lnew × Onew 表现出杂种优势的组合所占比例最高,Onew × Lold 最低。对分枝数来说,Lnew × Onew 表现出中亲优势的组合所占比例最高为 87. 5%,Lnew × Onew、Lnew × Lold、Onew × Lold 表现出超亲优势的组合所占比例分别为 56. 3%、37. 5%、46. 2%。对于主茎节数,Lnew × Onew 表现出中亲优势的组合所占比例最高为 81. 3%,Lnew × Onew、Lnew × Lold 表现出超亲优势的组合所占比例相同,值为 56. 3%,高于 Onew × Lold。

表 1 大豆形态性状的杂种优势分析  
Table 1 Heterosis of soybean morphological traits

形态性状 Morphological traits	组合类型 Cross	超亲优势率 High parent heterosis/%		中亲优势率 Mid-parent heterosis/%	
		平均值 Mean	变幅 Range	平均值 Mean	变幅 Range
株高 Plant height	Lnew × Onew	-3.5	-12.4 ~ 13.5	4.3	-3.2 ~ 15.2
	Lnew × Lold	-8.0	-32.3 ~ 10.3	0.8	-16.2 ~ 22.3
	Onew × Lold	-24.6	-49.0 ~ 0.7	-14.4	-33.3 ~ 2.8
分枝数 Branch number	Lnew × Onew	0.6	-27.1 ~ 17.8	20.2	-15.4 ~ 43.8
	Lnew × Lold	-4.7	-36.0 ~ 56.4	13.0	-41.4 ~ 58.1
	Onew × Lold	-6.7	-39.4 ~ 27.9	15.4	-18.4 ~ 76.6
主茎节数 Number of node	Lnew × Onew	0.9	-5.9 ~ 12.3	4.3	-3.3 ~ 13.5
	Lnew × Lold	-0.1	-14.3 ~ 8.7	4.0	-11.2 ~ 18.0
	Onew × Lold	-1.9	-18.1 ~ 17.4	2.7	-11.3 ~ 17.9

表 2 大豆形态性状的杂种优势组合分布  
Table 2 Heterosis distribution of soybean morphological traits

形态性状 Morphological traits	组合类型 Cross	超亲优势率 High parent heterosis/%				中亲优势率 Mid-parent heterosis/%			
		< -15	-15 ~ 0	0 ~ 15	> 15	< -15	-15 ~ 0	0 ~ 15	> 15
株高 Plant height	Lnew × Onew	0	12	4	0	0	3	12	1
	Lnew × Lold	4	9	3	0	1	8	6	1
	Onew × Lold	9	3	1	0	6	5	2	0
分枝数 Branch number	Lnew × Onew	3	4	6	3	1	1	4	10
	Lnew × Lold	6	4	4	2	1	4	4	7
	Onew × Lold	5	2	3	3	2	4	1	6
主茎节数 Number of node	Lnew × Onew	0	7	9	0	0	3	13	0
	Lnew × Lold	0	7	9	0	0	5	10	1
	Onew × Lold	1	7	4	1	0	4	8	1

2.2 植株产量性状的杂种优势分析

2.2.1 F<sub>1</sub>代产量性状的杂种优势

各组合 F<sub>1</sub>代产量性状的杂种优势列于表 3。由表 3 可以看出,不同产量性状杂种优势的表现是不同的,各性状的中亲优势率个别表现出负值,百粒重和粒茎比的超亲优势表

现不明显。单株荚数、单株粒重的超亲优势率和中亲优势率均以 Lnew × Onew 最高。在单株粒数的超亲优势中,Lnew × Lold 的超亲优势率最大,为 28.7%。在百粒重的超亲优势中,Onew × Lold 的值最大,为 0.3%,另两种组合为负值。

表 3 大豆产量性状的杂种优势分析  
Table 3 Heterosis of soybean yield traits

形态性状 Morphological traits	组合类型 Cross	超亲优势率 High parent heterosis/%		中亲优势率 Mid-parent heterosis/%	
		平均值 Mean	变幅 Range	平均值 Mean	变幅 Range
单株荚数 Pods per plant	Lnew × Onew	16.4	-5.9 ~ 37.7	32.8	6.3 ~ 63.0
	Lnew × Lold	15.5	-19.5 ~ 89.8	24.0	-14.1 ~ 98.7
	Onew × Lold	14.0	-43.7 ~ 42.1	31.4	-43.7 ~ 105.5
单株粒数 Grain number per plant	Lnew × Onew	19.2	-3.7 ~ 47.2	37.7	9.3 ~ 79.6
	Lnew × Lold	28.7	-7.2 ~ 101.4	37.4	-7.2 ~ 111.6
	Onew × Lold	12.3	-39.9 ~ 56.0	34.2	-32.3 ~ 81.6
单株粒重 Grain weight per plant	Lnew × Onew	24.5	4.8 ~ 54.6	70.0	-42.8 ~ 157.7
	Lnew × Lold	20.4	-20.7 ~ 104.0	44.5	-0.3 ~ 129.0
	Onew × Lold	23.2	-16.4 ~ 69.3	45.7	4.2 ~ 101.4
百粒重 100-seed weight	Lnew × Onew	-7.6	-24.7 ~ 3.2	4.7	-14.4 ~ 17.1
	Lnew × Lold	-14.8	-30.3 ~ -6.9	-1.9	-14.2 ~ 8.7
	Onew × Lold	0.3	-15.0 ~ 8.5	4.0	-9.2 ~ 11.6
粒茎比 Seed stem ratio	Lnew × Onew	-9.3	-28.1 ~ 10.8	-1.5	-20.3 ~ 15.6
	Lnew × Lold	-4.9	-45.5 ~ 27.6	6.5	-41.5 ~ 51.3
	Onew × Lold	-5.2	-33.2 ~ 12.6	15.0	-25.2 ~ 43.3

2.2.2 F<sub>1</sub>代产量性状杂种优势的组分布 从表4来看,不同杂交组合 F<sub>1</sub> 代产量性状表现出的杂种优势程度是不同的。Lnew × Onew、Lnew × Lold、Onew × Lold 单株荚数表现出中亲优势的组所占比例分别为 100%、81.3%、84.6%,表现出超亲优势的组所占比例分别为 81.3%、62.5%、69.2%,可见,Lnew × Onew 表现出杂种优势的组所占比例最高,Lnew × Lold 最低。Lnew × Onew 单株粒数表现出中亲优势的组所占比例最高为 100%,超亲优势也如此,所占比例为 93.8%。Lnew × Onew 单株粒重表现出超亲优

势的组所占比例最高为 100%,但 Lnew × Onew 表现出中亲优势的组所占比例却很低。Onew × Lold 百粒重表现出超亲优势的组所占比例最高为 61.5%。Lnew × Onew、Lnew × Lold、Onew × Lold 粒茎比表现出超亲优势的组所占比例分别为 18.8.%、31.3%、30.8%。

2.3 植株生理性状的杂种优势分析

在大豆鼓粒期测定了叶片的一些生理指标,结果如表5、表6所示。

表4 大豆产量性状的杂种优势组分布  
Table 4 Heterosis distribution of soybean yield traits

产量性状 Yield traits	组合类型 Cross	超亲优势率 High parent heterosis/%				中亲优势率 Mid-parent heterosis/%			
		< -15	-15 ~ 0	0 ~ 15	> 15	< -15	-15 ~ 0	0 ~ 15	> 15
单株荚数 Pod number per plant	Lnew × Onew	0	3	4	9	0	0	2	14
	Lnew × Lold	2	4	4	6	0	3	4	9
	Onew × Lold	2	2	3	6	2	0	2	9
单株粒数 Seed number per plant	Lnew × Onew	0	1	5	10	0	0	1	15
	Lnew × Lold	1	1	4	10	0	2	2	12
	Onew × Lold	2	3	2	6	1	1	3	8
单株粒重 Seed weight per plant	Lnew × Onew	0	0	6	10	1	3	1	11
	Lnew × Lold	2	2	4	8	0	2	1	13
	Onew × Lold	1	3	1	8	0	0	3	10
百粒重 100-seed weight	Lnew × Onew	1	14	1	0	0	2	12	2
	Lnew × Lold	6	10	0	0	0	11	5	0
	Onew × Lold	1	4	8	0	0	4	8	1
粒茎比 Seed stem ratio	Lnew × Onew	6	7	3	0	1	8	6	1
	Lnew × Lold	3	8	3	2	2	3	6	4
	Onew × Lold	2	7	4	0	1	1	5	6

表5 大豆鼓粒期生理性状的杂种优势  
Table 5 Heterosis of soybean physiological traits in grain-filling stage

生理性状 Physiological traits	组合类型 Cross	超亲优势率 High parent heterosis/%		中亲优势率 Mid-parent heterosis/%	
		平均值 Mean	变幅 Range	平均值 Mean	变幅 Range
叶绿素含量 Chl content	Lnew × Onew	3.3	-3.8 ~ 10.8	4.8	-2.9 ~ 10.7
	Lnew × Lold	-0.1	-10.4 ~ 15.4	3.0	-3.6 ~ 9.7
	Onew × Lold	0.5	-12.9 ~ 16.0	4.6	-4.0 ~ 17.9
光合速率 Photosynthetic rate	Lnew × Onew	7.7	-8.8 ~ 31.3	7.2	-7.8 ~ 20.7
	Lnew × Lold	1.3	-13.8 ~ 12.4	8.0	-4.8 ~ 18.2
	Onew × Lold	12.0	5.1 ~ 21.8	15.4	-5.9 ~ 21.8
气孔导度 Stomata conductance	Lnew × Onew	60.4	11.3 ~ 161.8	68.0	16.0 ~ 166.5
	Lnew × Lold	35.9	-15.9 ~ 79.4	58.8	-1.6 ~ 107.8
	Onew × Lold	41.9	-1.4 ~ 132.8	60.6	8.6 ~ 143.0
蒸腾速率 Transpiration rate	Lnew × Onew	32.0	16.0 ~ 52.1	34.8	22.4 ~ 56.0
	Lnew × Lold	25.2	-4.2 ~ 45.9	33.9	2.1 ~ 57.6
	Onew × Lold	25.7	12.3 ~ 41.1	35.2	15.5 ~ 46.0

由表5可以看出,不同生理性状杂种优势的表现是不同的,只有 Lnew × Lold 叶绿素含量的超亲优势表现为负值。叶绿素含量、气孔导度、蒸腾速率的超亲优势均以 Lnew × Onew 的值最高,Lnew × Lold

的值最低。光合速率以 Onew × Lold 超亲优势和中亲优势值最高。

从表6可知,不同杂交组合 F<sub>1</sub> 代鼓粒期生理性状表现出的杂种优势是不同的。Lnew × Onew 和

Lnew × Lold 光合速率表现出超亲优势的组 合均占组合比例的 50. 0% , Onew × Lold 占组合比例的 100% , 三种类型表现出中亲优势的组 合占组合比例

分别为 81. 3% 、81. 3% 、100% 。可见, Onew × Lold 鼓粒期光合速率杂种优势表现最佳, 这可能与它们的亲本既地理远缘又时代远缘有关。

表 6 大豆鼓粒期生理性状的杂种优势组合分布  
Table 6 Heterosis distribution of soybean physiological traits

生理性状 Physiological traits	组合类型 Cross	超亲优势率 High parent heterosis/%				中亲优势率 Mid-parent heterosis/%			
		< - 15	- 15 ~ 0	0 ~ 15	> 15	< - 15	- 15 ~ 0	0 ~ 15	> 15
叶绿素含量 Chl content	Lnew × Onew	0	4	12	0	0	3	13	0
	Lnew × Lold	0	11	4	1	0	6	10	0
	Onew × Lold	0	7	5	1	0	4	8	1
光合速率 Photosynthetic rate	Lnew × Onew	0	8	7	1	0	3	9	4
	Lnew × Lold	1	7	8	0	0	3	10	3
	Onew × Lold	0	0	9	4	0	0	6	7
气孔导度 Stomata conductance	Lnew × Onew	0	0	1	15	0	0	0	16
	Lnew × Lold	1	1	3	11	0	1	1	14
	Onew × Lold	0	1	1	11	0	0	1	12
蒸腾速率 Transpiration rate	Lnew × Onew	0	0	0	16	0	0	0	16
	Lnew × Lold	0	1	4	11	0	0	2	14
	Onew × Lold	0	0	1	12	0	0	0	13

Lnew × Onew 叶绿素含量、气孔导度表现出中亲优势的组 合所占比例最大, 超亲优势亦如此。三种类型杂交组合蒸腾速率表现出中亲优势的组 合所占比例均为 100% , 超亲优势以 Lnew × Lold 的值最低为 93. 8% , Lnew × Onew 和 Onew × Lold 表现出超亲优势的组 合均占组合比例的 100% 。

### 3 讨论

通过对不同组合 F<sub>1</sub> 代的杂种优势分析, 证明大豆部分形态性状、产量性状、生理性状具有较高的杂种优势。其中大豆 F<sub>1</sub> 单株籽粒产量的杂种优势较为明显, 这与 Metha 研究的结果相似<sup>[6]</sup>。

结果初步表明, 不同类型大豆的杂交组合杂种优势存在明显差异, 亲本的亲缘关系对大豆杂种优势有着重要的影响。前人研究表明, 地理远缘差异较大的亲本间杂交产生高优势组合的机率要大些。本试验研究结果也证实, 地理远缘的亲本间杂交会 产生明显的杂种优势, 并且地理远缘的亲本间杂种优势要高于时代远缘的亲本, 但这并非等于亲缘关系较远的品种间杂交就一定会产生高优势组合, 有些组合会表现出负超亲优势; 并且个别性状并非地理远缘的亲本间杂交, 其 F<sub>1</sub> 的杂种优势就强, 如百粒重、粒茎比、光合速率, 这三个性状的杂种优势均以新老品种杂交的高, 造成这种现象的原因有待进

一步探讨。

### 参 考 文 献

[1] 王志新, 郭泰, 齐宁, 等. 大豆杂种优势高优势组合筛选及稳定性分析[J]. 中国农学通报, 2001, 17(2): 27-29.

[2] Woodworth C M. Genetics of soybean[J]. Journal of American Society Agronomy, 1933, 25 (1): 36-51.

[3] Palmer R G, Winger G L, Albertsen M G. Four independent mutations at the *ms1* locus in soybeans[J]. Crop Science, 1978, 18 (4): 727-729.

[4] 孙寰, 赵红梅, 黄梅, 等. 大豆质-核互作不育系研究[J]. 科学通报, 1993, 38(16): 1535-1536.

[5] Ding D R, Cui Z L, Gai J Y. Development and cytological features of the cytoplasmic-nuclear male sterile soybean line NJCMS1A [J]. Soybean Genetic Newsletter, 1998, 25: 34-35.

[6] 东北农学院农学系大豆课题组. 大豆杂交种第一代优势的研究[J]. 遗传学报, 1977, 4(3): 228-232.

[7] 黄承运, 满为群, 陈怡, 等. 东北大豆种质的拓宽与改良, I 品种间杂交 F<sub>1</sub> 代杂种优势与配合力分析[J]. 大豆科学, 1993, 12(3): 190-196.

[8] 王曙明, 孙寰, 王跃强, 等. 大豆杂种优势及其高优势组合选配的研究 I. F<sub>1</sub> 代籽粒产量的杂种优势与高优势组合选配[J]. 大豆科学, 2002, 21(3): 161-167.

[9] Metha S K, Lal M S, Beohar A B L. Heterosis in soybean crosses [J]. Indian Journal of Agricultural Science, 1984, 54 (8): 682-684.

[10] 梁慧珍, 李卫东, 曹颖妮, 等. 大豆籽粒异黄酮含量的遗传效应研究[J]. 作物学报, 2006, 32(6): 856-860.