

# 大豆雄性核不育互交群体 RS6Y 在南京和 Raleigh 的异地产量轮回选择响应\*

司丽珍<sup>1</sup> 王明军<sup>1</sup> 邱家驹<sup>1</sup> 盖钧镒<sup>1 \* \*</sup> J. W. Burton<sup>2</sup>

(1. 南京农业大学大豆研究所, 农业部国家大豆改良中心 南京 210095; 2. USDA ARS, Department of Crop Science, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695 USA)

**摘要** 本试验采用雄性核不育大豆互交群体 RS6Y 研究了南京和 Raleigh 异地产量轮回选择响应在南京的表现。结果表明, 南京选择的二轮群体均与基础群体的产量存在显著差异, 两轮分别增产 9.45% 和 5.63%, 改良效果比较好。Raleigh 选择群体与基础群体间的产量差异没有达到显著水平, 但两轮选择后产量提高了 5.24%。不同地区之间的选择效果差异较大, 南京选择的效果显著高于 Raleigh 选择的效果。产量选择对蛋白质含量、脂肪含量的影响不大; 单株产量、单株荚数、单株粒数、株高和主茎节数增加, 百粒重下降, 但均未达到显著水平。产量选择伴随农艺性状遗传变异度的降低, 可能与该互交群体的遗传变异度相对较小有关。

**关键词** 大豆; 产量; 轮回选择; 间接响应; 雄性核不育

中图分类号 S 565.103.51 文献标识码 A 文章编号 1000-9841(2002)01-0020-05

轮回选择是通过群体改良为作物育种提供数量性状创新种质的一种重要手段。Iowa 州立大学的 K. Frey 迄今一直强调轮回选择是数量遗传理论应用于育种的一项重要技术, 是未来作物育种不可替代的重要方法。轮回选择已在大豆群体产量的改良方面取得了显著进展<sup>[1-4]</sup>, 并被广泛应用于蛋白质含量、脂肪含量、脂肪酸组成、油酸含量、子粒大小、抗病性、抗缺铁黄化等性状的改良。利用雄性核不育基因合成大豆互交群体, 减少了繁琐的杂交手续并保证了群体内个体间的随机交配, 是近年来大豆群体改良的一种重要手段。20 世纪 80 年代以来, 国内大豆轮回选择也得到发展, 利用雄性核不育基因合成一些互交群体并进行了初步轮回选择<sup>[5-9]</sup>, 南京农业大学从 1987 年开始与美国 North Carolina 州立大学合作, 在两地同时对雄性核不育互交群体 RS6Y 进行产量选择, 研究大豆互交群体的产量选择效应, 评价异地选择效果, 为大豆的群体改良提供依据。本文是南京地区的试验结果。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

美国 North Carolina 州立大学以 Ogden, Lee, Roanoke, D18-8107, Arksoy 和 Jackson 等 6 个品种相互杂交得到混合群体, 经 3 轮高油份含量选择后得到的 10 个高油份含量品系与核不育雄性保持系 N69-2774 (美国 North Carolina 州立大学材料, ms<sub>1</sub>) 杂交得到互交群体 RS6。1989 年春在波多黎哥南繁基地收取 RS6 互交群体 178 个家系不育株上种子混合, 作为对产量进行选择的基础群体, 定名为 RS6Y(C<sub>0</sub>)。

### 1.2 试验方法

1.2.1 群体处理方法 1989 年春在形成混合群体 RS6Y(C<sub>0</sub>) 的同时从 178 个家系中每家系取 2 株, 每株种子均分为 2 份, 分别于 1989 年正常生长季节在南京农业大学和 North Carolina 州立大学以产量为

\* 收稿日期: 2001-02-23

基金项目: 国家“九五”重大科技项目(96-002-02-12-1) 和国家自然科学基金重大项目(9390013)。南京农业大学与美国 North Carolina 州立大学的群体改良合作计划的一部分。

\*\* 联系作者

作者简介: 司丽珍, 女, (1974-), 主要从事大豆群体改良研究, 现中科院遗传所博士生。

目标性状进行  $S_1$  家系试验和轮回选择, 两地分别选出 18 个最优家系。1990 年在 North Carolina 州立大学分别将两套最优家系互交合成  $C_1$  (NJ)、 $C_1$  (NC) 两个群体, 从雄性不育株上收获种子。1991 年杂种育性分离, 成熟时收雄性不育株(半同胞家系)190 株, 1992 年春南繁后在两地对 190 个家系, 另加两个亲本为对照进行有重复的产量测验, 分别选出 20 个最优家系, 1993 年互交合成  $C_2$  (NJ)、 $C_2$  (NC)。

1.2.2 田间试验设计 1995、1996 和 1998 年在南京农业大学江浦试验站种植 RS6Y 基础群体  $C_0$ 、南京选择的第一轮群体  $C_1$  (NJ)、Raleigh 选择的第一轮群体  $C_1$  (NC)、南京选择的第二轮群体  $C_2$  (NJ)、Raleigh 选择的第二轮群体  $C_2$  (NC) 等五个群体, 随机区组设计, 3 次重复, 8 行区, 行长 4m, 行距 0.5m, 株距 0.1m。收获时收取中间 6 行, 每行 3m, 鉴定各群体的产量, 同时随机收获与小区不育株数相同的剩余可育株来补偿不育株对小区产量造成的影响。室内考种分析单株产量、单株荚数、单株实际粒数和百粒重、株高、结荚高度、主茎分枝数、主茎节

表 1 RS6Y 各轮回选择群体三年产量试验的方差分析与正交对比

Table 1 Analysis of variance and contrasts of yield among populations derived from RS6Y for three years

变异来源 Source of variation	DF	SS	MS	F	$P > F$
年内重复间 Replication within year	6	163664.86	27277.48	1.89	0.124
年份间 Year	2	905609.31	452804.66	31.34 **	0.000
群体间 Population	4	234590.15	58647.54	4.06 *	0.012
(1) $C_0$ vs $C_1$ (NJ)+ $C_2$ (NJ)+ $C_1$ (NC)+ $C_2$ (NC) #	1	84309.44	84309.44	5.84 *	0.024
(2) $C_1$ (NJ)+ $C_2$ (NJ) vs $C_1$ (NC)+ $C_2$ (NC) #	1	122313.40	122313.40	8.47 **	0.008
(3) $C_1$ (NJ) vs $C_2$ (NJ) #	1	26296.89	26296.89	1.82	0.190
(4) $C_1$ (NC) vs $C_2$ (NC) #	1	1670.42	1670.42	0.12	0.737
年份×群体 Year×Population	8	6831.32	8538.79	0.59	0.776
试验误差 Error	24	346742.38	14447.60		
总和 Total	44	1718917.036			

注:  $P > F$  表示大于所得 F 值的概率。“#”表示各群体的正交对比。\* 和 \*\* 表示达 0.05 和 0.01 差异水平。

Note: “ $P > F$ ” is the probability of the obtained F value. “#” indicates the contrasts between populations. \* and \*\* indicate significance at 0.05 and 0.01 level, respectively.

从群体平均产量来看, 不同轮次, 不同地区选择群体的产量均高于基础群体(表 3), 南京选择的二轮群体与基础群体的产量差异达到了极显著水平, 产量从基础群体  $C_0$  的 1357.40g/小区 (141.4kg/667m<sup>2</sup>) 提高到  $C_1$  (NJ) 的 1485.68g/小区 (154.8kg/667m<sup>2</sup>), 产量水平提高了 9.45%; 第二轮选择后, 产量达到 1562.12g/小区 (162.7kg/667m<sup>2</sup>), 比基础群

数, 实验室分析蛋白质、脂肪含量。

1.2.3 方差分析、正交比较以及遗传方差的计算参照马育华<sup>[10]</sup>和盖钧镒<sup>[11]</sup>的方法。

1.2.4 蛋白质、脂肪含量的测定分别采用凯氏定氮方法和残余法。

## 2 结果与分析

### 2.1 RS6Y 群体产量选择响应分析

Bartlett 测验结果表明各年产量试验的误差方差不存在显著差异。表 1 列出了五个群体三年产量鉴定的联合方差分析和群体间产量正交比较结果。群体间的产量存在显著差异性, 进一步正交对比结果表明, 轮选群体与基础群体间产量存在显著差异, 轮回选择对群体产量的改良效果是显著的(对比(1)); 南京选择群体间与 Raleigh 选择群体的产量差异也是显著的, 南京选择的二轮群体显著高于 Raleigh 选择群体(对比(2)); 而两地选择的群体第一轮与各自第二轮选择群体之间的产量差异不显著(对比(3)和对比(4))。

体内重复间产量差异以及群体和年份间的交互效应不显著, 群体产量具有相对稳定性。各群体在体增产 15.08%, 两轮选择产量平均每轮增加 7.54%, 改良效果比较好。Raleigh 选择的群体虽然与基础群体间的产量差异没有达到显著水平, 但两轮选择使产量提高了 5.24%, 利用轮回选择方法对大豆群体进行产量改良是有效的。

年内重复间产量差异以及群体和年份间的交互效应不显著, 群体产量具有相对稳定性。各群体在

不同年份间的相对产量是较稳定的, 同一地区由于多个基因型多年的相互交配, 扩展了遗传基础, 提高了群体基因型的适应性。轮回选择对目标性状改良的同时扩展了目标性状的遗传基础, 是未来作物育种一种重要方法。

年份间产量存在极显著差异, 群体产量基因型的表达仍受到环境条件的影响, 不同地区之间的选择效果差异可能与两地气候、生态及栽培条件不同有关, 单一的地区选择得到的只是适应该地区的产量基因型, 要进一步提高群体的适应范围, 须对产量基因型进行多环境综合选择。

## 2.2 产量选择的间接响应

### 2.2.1 RS6Y 群体产量选择对品质性状的影响

方差分析和平均数比较表明, 蛋白质、脂肪含量以及蛋脂总含量在轮回群体间不存在显著差异, 平

表 2 RS6Y 各轮选群体的蛋白质、脂肪含量和蛋脂总含量方差分析

Table 2 Analysis of variance of protein content, oil content and protein+oil content among populations from RS6Y

变异来源 Source of variation	DF	蛋白质含量 Protein content			脂肪含量 Oil content			蛋脂总含量 Protein+oil content		
		SS	MS	F	SS	MS	F	SS	MS	F
年内重复 Replication within year	6	84.01	14.00	13.14 **	38.34	6.39	12.18 **	23.38	3.90	3.39 **
年份间 Year	2	110.28	5.14	5.17 **	9.20	4.60	8.76 **	57.48	28.74	25.03 **
群体间 Population	4	1.59	0.40	0.37	2.73	0.68	1.30	6.32	1.58	1.38
年份×群体 Y×P	8	2.45	0.31	0.29	23.34	2.92	5.56 **	1.52	2.69	2.34 *
试验误差 Error	24	25.57	1.07		12.60	0.53		7.55	1.15	
总和 Total	44	223.90			86.20			136.25		

注: \* 和 \*\* 分别表示达 0.05 和 0.01 显著水平。

Note: \* and \*\* represent significance at 0.05 and 0.01 level, respectively.

表 3 RS6Y 各轮选群体的产量、蛋白质含量、脂肪含量和蛋脂总含量

Table 3 Means of yield, protein, oil content and protein+oil content of populations from RS6Y

性状 Trait	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub> (NJ)	C <sub>1</sub> (NC)	C <sub>2</sub> (NJ)	C <sub>2</sub> (NC)
小区产量 Plot seed yield(g/plot)	1357.40c	1485.68ab	1397.69bc	1562.12a	1416.96bc
蛋白质含量 Protein content (%)	39.34a	39.34a	39.09a	39.64a	39.53a
油份含量 Oil content (%)	19.34a	19.52a	19.21a	19.80a	19.11a
蛋脂总含量 Protein + oil content (%)	58.68a	58.86a	58.30a	59.44a	58.64a
蛋白质产量 Plot protein yield (g/plot)	534.41b	584.31b	547.40b	624.95a	560.36b
油份产量 Plot oil yield (g/plot)	262.11b	289.37b	268.61b	310.35a	272.49b

注: 附有 a、b 两符号的数字间差异达 0.05 显著水平。

Note: Figures with a, b indicate difference at 0.05 significance level.

### 2.2.2 RS6Y 群体产量选择对农艺性状的影响

方差分析结果表明单株产量、单株荚数、单株实际粒数、百粒重、株高、结荚高度、主茎分枝数、主茎节数等性状在不同群体间均未达到显著差异, 产量选择对农艺性状的影响并不显著, 这可能与试验误

均数基本上没有发生变化(表 2, 3)。三性状在年份间存在极显著差异, 蛋白质含量、油份含量、以及蛋脂总含量这三个生态性状受环境条件的影响较大。

蛋白质含量在群体与年份间的交互作用不显著而脂肪含量存在极显著交互作用; 蛋白质含量在两地区选择的群体间没有显著差异, 而脂肪含量存在显著差异; 蛋脂总含量受环境条件的影响介于蛋白质含量和脂肪含量之间。蛋白质含量具有相对稳定性, 而脂肪含量受环境各条件影响相对较大, 此群体以脂肪含量作为改良目标时, 应注意脂肪含量与环境的交互作用。

蛋白质产量和脂肪产量在群体间都存在显著差异, 二者的变化趋势与产量的变化趋势相同, 蛋白质产量和脂肪产量受子粒产量的影响较大, 可能是以产量为选择目标的结果。

差相对较大有关。但从各群体平均数的变化仍可看出一些趋势(表 4), 产量选择对单株产量、单株荚数、单株粒数三个产量性状的影响较大, 除单株产量在 C<sub>1</sub>(NJ) 群体中略有降低外, 三个性状均随着选择轮次的提高而得到不同程度的改良, 从而使产量得

以提高。株高、主茎节数随着选择轮次的提高存在增加的趋势,但百粒重则随着选择轮次的提高和产量的增加而有所下降。单株产量、单株荚数、单株粒

数、株高、百粒重等农艺性状的遗传方差随着选择轮次的增加均存在下降的趋势。

表4 RS6Y 各群体的农艺性状的平均数与变异数

Table 4 Means and variance of some agronomic traits in different populations from RS6Y

参数 Parameter	群体 Population	单株产量 Plant yield (g)	单株荚数 Pods per plant	单株粒数 Seeds per plant	百粒重 100 Seed weight (g)	株高 (cm) Plant height	结荚高度(cm) Height of pod set	分枝 No. of branches	主茎节数 No. of nodes
平均数 $\mu$	C <sub>0</sub>	11.30	39.67	66.03	16.70	61.57	14.50	2.1	15.67
	C <sub>1</sub> (NC)	12.51	48.20	77.37	16.50	66.73	23.06	1.9	16.53
	C <sub>2</sub> (NC)	13.86	52.27	86.03	16.13	63.67	23.06	1.6	16.17
	C <sub>1</sub> (NJ)	11.16	48.20	72.27	16.33	68.10	16.23	1.5	15.30
	C <sub>2</sub> (NJ)	12.33	58.77	77.27	15.71	65.13	17.60	1.6	16.20
遗传方差 $\sigma_g^2$	C <sub>0</sub>	54.22	472.02	1933.23	6.89	92.18	72.77	3.19	4.18
	C <sub>1</sub> (NC)	39.37	428.82	1671.01	6.64	44.41	63.87	1.14	2.89
	C <sub>2</sub> (NC)	24.70	277.20	916.65	5.85	32.15	37.37	0.84	0.61
	C <sub>1</sub> (NJ)	26.02	338.16	1164.54	5.34	48.01	33.27	0.79	2.97
	C <sub>2</sub> (NJ)	22.76	326.11	912.61	5.94	24.45	51.99	0.57	1.60

### 3 讨论

RS6Y 群体的产量轮回选择使产量增加幅度较大, C<sub>2</sub>(NJ)比基础群体产量提高了 15.08%, 两轮选择产量平均每轮增加 7.54%, 改良效果比较好。但每轮选择增益下降较快, 南京地区进行的第三轮产量选择增益仅 2.5%。选择增益降低的原因可能与群体遗传变异度的下降有关, 同时产量的选择导致农艺性状遗传变异的下降。RS6Y 群体合成时所用亲本仅仅 6 个, 合成亲本时虽然考虑到各亲本间亲缘关系, 遗传变异仍然可能相对较窄(表 5)<sup>[12]</sup>。产量和其它农艺性状的遗传变异度相对较窄可能是造成产量选择增益下降和农艺性状遗传变异度降低的主要原因。因此在群体合成时应适当地增加亲本数, 不仅要考虑亲本间的亲缘关系, 还要亲本各性状间具有较大的遗传差异性。

表5 RS6Y 群体各亲本间亲本系数

Table 5 Coefficient of parentage estimates among parents of RS6Y

	Ogden	Roanoke	Jackson	Lee
Arksoy	0.005	0.021	0.021	0.00
Ogden		0.012	0.023	0.00
Roanoke			0.047	0.00
Jackson				0.00

RS6Y 群体产量选择造成农艺性状遗传变异度的下降, 盖钧镒等<sup>[9]</sup>研究也认为连续产量轮回选择可能导致农艺性状遗传变异少量逐步下降, 朱成松等<sup>[9]</sup>对产量轮回选择也使单株产量、单株粒数、单株荚数等三个农艺性状的遗传方差和选择潜力下降, 这与本项研究中产量轮回选择引起农艺性状遗传变异度降低的结论相似, 产量轮回选择可能引起农艺性状遗传变异度的降低。而一些研究工作者传统研究均认为轮回选择经过重组并不降低遗传变异度, 这是轮回选择保持不断有进度的根源。有关轮回选择过程中群体遗传变异度随选择周期的推进而下降的问题有待于进一步进行研究。

### 参 考 文 献

- Burton J. W., E. M. K. Koinange, C. A. Brim. Recurrent selfed progeny selection for yield using genetic male sterility[J]. *Crop Sci.* 1990, 30: 1222-1226.
- Kenworthy W. J., C. A. Brim. Recurrent selection in soybeans I, seed yield[J]. *Crop Sci.* 1979, 19: 315-318.
- Rose T. L., D. G. Butler., M. F. Ryler. Recurrent selection for yield in *Glycogen max* [J]. *Australian J. of Agron. Research*, 1992, 45(1): 1335-1340.
- Sumarno, Fehr W. R. Response to recurrent selection for yield in soybeans[J]. *Crop Sci.* 1982, 22: 295-299.
- 盖钧镒, W. R. Fehr. 大豆产量轮回选择主要农艺性状的遗传响应[J]. *作物学报*, 1985, 11(4): 235-24.
- 盖钧镒, W. R. Fehr. 大豆产量轮回选择下主要农艺性状遗传型

- 相关及主成份的反应[J]. 中国农业科学, 1984, 5: 41—46.
- 7 宋启建, 吴天侠, 盖钧镒. 利用大豆隐性核不育基因进行群体改良的技术和方法的探讨[J]. 大豆科学, 1997, 16(1): 80—84.
- 8 宋启建, 吴天侠, 杨德. 大豆高蛋白、高产轮回选择群体的合成[J]. 中国农业科学集刊[J]. 1993, 1: 164—166.
- 9 朱成松, 盖钧镒, 宋启建. 大豆产量轮回选择的初步研究[J]. 江苏农业学报, 1998, 14(2): 80—84.
- 10 马育华. 植物育种的量遗传学基础[M]. 1982 江苏科技出版社.
- 11 盖钧镒主编. 试验统计方法[M]. 农业出版社, 2000.
- 12 Coefficient of parentage and genetics similarity estimates for 258 North American soybean cultivars released by public agencies during 1945—88. USDA. Technical bulletin number 1814.

## DIFFERENTIAL RESPONSES TO YIELD RECURRENT SELECTION UNDER NANJING AND RALEIGH CONDITIONS ON MS<sub>1</sub> INTERMATING POPULATION RS6Y

Si Lizhen<sup>1</sup> Wang Mingjun<sup>1</sup> Qiu Jiaxun<sup>1</sup> Gai Junyi<sup>1</sup> Song Qijian<sup>1</sup> J.W. Burton<sup>2</sup>

(1. Soybean Research Institute, Nanjing Agricultural University; National Center of Soybean Improvement, Ministry of Agriculture, Nanjing 210095, China; 2. USDA ARS, Department of Crop Science, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695, USA)

**Abstract** The differential responses to yield recurrent selection under Nanjing and Raleigh conditions on ms<sub>1</sub> intermitting population RS6Y were evaluated in Nanjing in 1995, 1996 and 1998. The significant yield increases after first and second cycle yield recurrent selection in Nanjing were obtained as 9.45% and 5.63%, respectively, while only 5.24% total increase, but not significant was obtained after two cycles selection in Raleigh when they were tested in Nanjing. It indicate the differential responses to selection under different ecological conditions at various sites were concluded. There was no significant indirect selection response on agronomic and seed quality traits, including protein content and oil content. However, there appeared increase on plant height, No. of nodes, single plant yield, number of pods per plant, number of seeds per plant, and some decrease on 100—seed weight, but not significant. There also appeared some decrease of genetic variation in agronomic traits under yield recurrent selection, which should be further studied.

**Key words** Soybean; Yield; Recurrent selection; Indirect response; Male sterility