

大豆种间杂交育种技术的研究与应用*

杨光宇 郑惠玉 韩春风 纪 锋

(吉林省农科院大豆研究所,公主岭 136100)

提 要 利用 478 个种间杂交组合和 307 个回交组合进行大豆种间杂交育种技术的研究。提出亲本选配原则,克服种间杂种后代蔓生、小粒、粒色深等野生不良性状的技术,明确了种间杂种主要性状的选择潜力,在种间杂种早代性状选择、后代群体规模、回交改良时期及决选世代等方面的种间杂交选育新技术。直接利用野生大豆种质育成“吉林小粒 1 号”新品种,1990 年通过吉林省的品种审定并出口创汇。利用种间杂交新技术创造出主茎有效节数 25 个以上、单株荚数 150 个以上以及蛋白质含量 50%左右的直立型育种中间材料,育成一批大粒高产优良新品系,现已进入省区试或省预试。

关键词 栽培大豆,野生大豆,种间杂交

目前,国内外大豆育种采用的主要方法是品种间有性杂交。但是由于大豆育种的遗传基础狭窄,因而进展缓慢。据报道,美国北部和加拿大杂交育成的品种,有 80%以上的祖先种来自 10 个引入种;我国东北地区育成品种遗传基础的 57.7%来自 10 个品种,其中“金元”和“黄宝珠”两个品种就贡献了 28.7%的遗传物质。由于对大豆遗传脆弱性的关注及对新资源的需求,野生大豆利用研究,引起国内外大豆科技工作者的极大关注。Ertl, D. E. 等(1985)利用一套 BC_0-BC_4 材料,研究利用野生种改良栽培大豆产量,结果到 BC_4 仍未分离出产量超过轮回亲本(栽培种)的品系,认为是无效的。Carpenta, J. A. 等(1986)曾试图利用野生大豆提高栽培大豆产量,也未获成功。

1979 年以来,我们在吉林省野生大豆考察、收集的基础上,对 1 000 余份野生大豆进行优异种质资源的筛选鉴定。筛选出一批单株荚数 3 000 个以上、蛋白质含量 53%以上、高抗大豆蚜虫的优异野生大豆种质,极大地丰富了大豆遗传基因库。但是野生大豆茎蔓生缠绕、裂荚、种皮色深等不良基因与优良基因间存在较强的连锁,影响野生大豆种质的有效利用。我们把筛选优异野生大豆基因源与应用于大豆育种的实际需要紧密地结合起来,采用重点组合分析与大量组合调查相结合的方法,开展了大豆种间杂交育种技术及其利用的研究。试图将野生大豆的有利性状转育到栽培大豆中,克服种间杂种的野生不良性状,以达到增大栽培种的遗传多样性,拓宽大豆育种遗传基础的目的;研究一套野生大豆种质在大豆育种程序中利用的方法和规律。

1 材料与方 法

利用野生种先后配制了 478 个种间杂交组合和 307 个回交组合;并以不同结荚习性的栽培种与株高不同的野生种和半野生种按 NC I 设计,配制 20 个杂交组合进行重点分析研究。

按 NC I 设计配制的杂交组合亲本、 F_1 、 F_2 代相邻种植,按组合顺序排列,3 次重复。每次重复亲本收 10 株,后代收 20~50 株考种。一般杂交、回交组合的 F_0 代种子拿到海南岛加代,在公主岭种植 F_2 及以后各世代; F_2 代每组合亲本收 20 株,后代收 150~200 株考种,然后利用“一粒传选择法”衍生到 F_4 代。

利用测得的数据估算各性状 F_2 代的遗传变异系数、遗传进度; F_2 、 F_4 代直立或半直立型植株的分离频率和百粒重的平均表现;不同世代回交 BC_1F_2 代直立或半直立型植株的分离频率和百粒重的平均表现。根据测得的遗传参数,进一步研究种间杂交选育技术,并在大豆育种实践中检验种间杂交育种技术的利用效果。

为了描述时方便,将利用有限结荚习性栽培种配制的组合简称为有限组合,以此类推,将配制的种间杂交组合分为有限组合、亚有限组合、无限组合、高秆野生组合、矮秆野生组合、高秆半野生组合和矮秆半野生组合 7 种类型。

2 结果与分析

2.1 亲本选择技术

克服种间杂种的蔓生性是野生大豆在大豆育种中利用的前提,而克服蔓生性的关键是亲本选配技术。现将不同类型组合 F_2 代主要农艺性状的一些遗传参数估算结果列于表 1。

表 1 不同类型组合 F_2 代主要农艺性状的平均数、遗传变异系数(GCV)和遗传进度(GA)

组合类型	参数	性 状				
		株 高	主茎有效节数	主 茎 粗	百 粒 重	生育日数
有 限	\bar{x}	156.5	19.6	0.76	8.2	129.8
	GCV	36.71	25.31	30.18	18.73	14.63
	GA	57.3	3.2	0.10	1.5	13.6
亚 有 限	\bar{x}	167.6	19.3	0.72	8.8	124.2
	GCV	34.83	27.56	36.17	13.65	15.43
	GA	51.6	3.0	0.09	1.6	18.1
无 限	\bar{x}	201.8	20.1	0.64	9.3	126.3
	GCV	26.34	20.68	41.78	20.67	11.85
	GA	59.5	2.1	0.09	0.8	14.6
高 秆 野 生	\bar{x}	228.6	24.6	0.50	6.0	125.4
	GCV	33.17	27.81	28.92	22.14	16.15
	GA	49.9	3.3	0.06	0.7	16.2
矮 秆 野 生	\bar{x}	179.3	22.1	0.53	6.5	127.3
	GCV	28.90	21.15	26.81	18.32	17.89
	GA	60.7	2.9	0.08	1.0	10.7
高 秆 半 野 生	\bar{x}	178.6	18.6	0.81	9.4	126.4
	GCV	27.11	30.15	33.13	17.22	16.13
	GA	53.4	2.6	0.08	1.1	15.5
矮 秆 半 野 生	\bar{x}	158.1	18.4	0.85	9.7	126.5
	GCV	19.63	21.33	32.37	15.78	12.36
	GA	56.1	3.3	0.11	1.4	11.4

从表 1 可以看出,不同结荚习性栽培大豆亲本的选择对种间杂种 F_2 代的株高、主茎粗,有较大的影响;而对百粒重的影响较小,经测定 3 种结荚习性类型组合间百粒重的差异均未达到显著水准。从株高来看,无限组合明显高于有限和亚有限组合。不同类型野生种亲本的

选配对 F_2 代也有很大的影响。半野生组合的百粒重、主茎粗值明显地高于野生组合；而野生组合的株高值则大于半野生组合。在同一进化类型(野生或半野生)的组合中,株高值的大小为高秆野生组合 > 矮秆野生组合;高秆半野生组合 > 矮秆半野生组合,并且均达到显著水准。除了主茎有效节数、主茎粗以外,其余性状的遗传变异系数均为野生组合大于半野生组合。除了百粒重和主茎粗以外,各性状均有较大的遗传进度,一般的趋势为野生组合 > 半野生组合,有限组合 > 无限组合。

根据上述分析及我们的多年种间杂交育种实践表明:选择百粒重较大、主茎较粗、矮秆基因传递能力强的有限或亚有限的栽培种做母本;选择百粒重较大、植株较矮、单株荚数多、早熟的野生种做父本将有利于克服种间杂种蔓生、小粒等不良性状,有利于分离出产量性状好的植株。野生种亲本的选择似乎更为重要。从克服种间杂种蔓生、小粒等不良性状的作用来看,选用半野生大豆做亲本更为有效。只要亲本选配适当,从种间杂种的后代中就能分离出直立型材料。

2.2 F_2 代选择技术

表 1 的估算结果还表明:种间杂种后代存在着广泛的遗传变异,在 F_2 代可根据需要选择各种类型。从选育高产、高蛋白新品种的目的出发,在 F_2 代应选择百粒重较大、无泥膜或少泥膜、不裂荚、抗病、无硬石粒的直立或半直立型植株。

我们对不同类型组合 F_2 、 F_4 代直立或半直立型植株的分离频率和百粒重的平均表现进行测定(表 2)。结果表明,不同类型组合之间存在着显著差异。除了高秆野生组合以外,其余类型组合 F_2 代均有直立或半直立型植株的分离,以有限组合、亚有限组合和矮秆半野生组合的分离频率较高。同一有限结荚习性的栽培种与不同类型野生种配制的组合之间, F_2 代直立或半直立型植株的分离频率也存在着显著差异,其变幅为 0~8.6%。

表 2 F_2 、 F_4 代直立或半直立型植株的分离频率和百粒重的平均表现

组 合 类 型	直立或半直立型植株分离频率的变幅(%)		百粒重(g)	
	F_2	F_4	F_2	F_4
有 限	0—8.6	0—8.9	8.2	8.5
亚 有 限	0—7.9	0—8.1	8.8	8.6
无 限	0—0.4	0—1.0	9.3	9.3
高 秆 野 生	0	0	6.1	6.6
矮 秆 野 生	0—2.5	0—2.8	7.4	7.2
高 秆 半 野 生	0—5.0	0—6.8	9.3	9.4
矮 秆 半 野 生	0.4—8.6	1.0—8.9	9.6	9.8

各种类型组合 F_2 代直立或半直立型植株的分离频率与其 F_4 代比较略有不同,但总的趋势一致。只有从 F_2 代直立或半直立型植株的后代中才能分离出稳定的直立型材料;蔓生型植株一直衍生到 F_4 代也未分离出直立型材料。这一结果表明,欲通过从蔓生型植株的后代中进行直立植株的选择是十分困难的。

各种类型组合 F_2 代的百粒重平均值与其 F_4 代比较差异不大,而且百粒重的平均值均低于双亲的平均值。从表 2 可以看出,野生种亲本子粒的大小对其后代影响较大。矮秆半野生组 F_2 代百粒重的平均值为 9.6 g,而高秆野生组合仅为 6.1 g。

2.3 回交改良技术

我们对 4 个不同类型的组合分别于 F_1 代进行随机回交和在 F_3 代进行“广义选择性回交”,测定了 BC_1F_2 代直立或半直立型植株的分离频率和百粒重的平均表现(见表 3)。

表3 不同世代回交 F₂ 代直立或半直立型植株的分离频率和百粒重的平均表现

组合类型	回交世代	直立或半直立型植株的 分离频率(%)	百粒重(g)		
			\bar{x}	变 幅	CV.(%)
有限×野生	F ₁	6.72	11.7	5.1—18.1	25.33
	F ₂	34.74	15.9	7.8—20.3	23.75
有限×半野生	F ₁	10.11	14.1	6.7—19.3	21.28
	F ₂	56.83	17.6	9.5—22.1	19.87
亚有限×野生	F ₁	5.65	11.3	4.9—16.8	26.71
	F ₂	27.94	14.5	5.6—19.9	31.16
亚有限×半野生	F ₁	8.95	14.3	7.3—20.3	18.94
	F ₂	43.67	18.2	8.1—23.4	24.18

表3的测定结果表明,种间杂种在不同世代进行回交,其BC₁F₂代直立或半直立型植株的分离频率和百粒重的平均表现均有显著差异。F₁代随机回交对其后代直立或半直立型植株的分离频率和百粒重的提高幅度不大。在F₂代选择百粒重较大的直立或半直立型植株做非轮回亲本,并针对其表现出来的缺点,根据育种目标有针对性地选择优良栽培大豆品种进行“广义选择性回交”,其后代直立或半直立型植株的分离频率和百粒重则显著提高。这样可以聚合更多栽培品种的遗传性,加快改良栽培种的进程,从其后代可以选出百粒重20g左右、产量性状好的优良品系。只要基础亲本选好,仅需一二次“广义选择性回交”就可以克服野生大豆的不良性状,获得栽培型的优良品系。但是,回交的次数不能过多,否则就达不到利用野生种改良栽培大豆的目的。

2.4 后代性状选择技术

在获得直立型植株的基础上,先就种皮色、脐色、子粒光泽以及蛋白质含量进行选择。但早期世代对这些性状的选择标准应放宽,适当扩大入选群体,于F₆代以后进行决选。F₈代开始再进行产量选择,比品种间杂交推迟3~4个世代。蔓生性、裂荚、硬石粒等性状,从F₂代开始就应严格淘汰。

单株粒重、单株荚数、单株粒数的遗传变异系数较高,可供选择的范围广,但鉴于这些性状的遗传力不高,应在相对一致的条件下增加选择数量。百粒重虽然有较高的遗传力,但由于较低的遗传变异系数在一定程度上限制了自身的选择效果。因此,欲通过人工定向选择使种间杂种的百粒重达到栽培种亲本的水平是很难的。对于蛋白质含量,早期世代选择可以收到较好的效果。在F₂代高蛋白植株衍生的后代中,分离出了蛋白质含量等于或超过野生种亲本的材料。

由于种间杂种后代中直立或半直立型植株及农艺性状符合要求植株出现的频率极低,因此应采用系谱法选择,这样能使有利变异系充分表现出来,便于观察、记载和分析,有利于选择性状突出的材料。对于回交组合,采用“一粒传”选择法或混合选择法处理较好,这样可以保持杂交群体遗传的丰富性,并能提高优良植株的分离频率。

2.5 种间杂交技术在大豆育种中的应用

我们在大豆育种的实践中应用种间杂交技术,成功地将野生大豆高蛋白、多荚、多节等有利基因融渗到栽培大豆中,实现优良基因间的重组,并有效地克服了野生大豆蔓生等不利性状,取得了重要进展。

2.5.1 育成小粒黄豆新品种 利用野生大豆(*G. soja*)种质直接选育出适合外贸出口的小粒黄豆新品种“吉林小粒1号”,1990年通过吉林省的品种审定。该品种与原小粒黄豆品种

比较(见表4),其特点是高蛋白、低脂肪、子粒小而匀、虫食率低、商品率高、耐瘠薄、产量高,是日本制做“纳豆”食品的紧俏原料。该品种在国际市场每吨售价比普通大豆高1倍以上,比原小粒黄豆高20%左右,到1994年底已为国家累计创汇1000多万美元。“吉林小粒1号”是我国直接利用野生大豆种质育成的经济效益最大的大豆新品种。该品种已被收入1994年由农业部编辑出版的《中国农业新技术、新成果、新产品精选》一书,1993年获吉林省科技进步三等奖。

表4 “吉林小粒1号”与“长白山1号”的比较

品种名称	蛋白质 (%)	脂肪 (%)	百粒重 (g)	产量 (kg/hm ²)	虫食率 (%)	商品率 (%)	国际市场售价 比率 (%)
长白山1号(CK)	42.63	17.18	11.6	1827.0	3.12	50.0	100.0
吉林小粒1号	44.89	16.14	9.5	1935.0	2.67	85.0	120.0
与CK比	+2.26	-1.04	-2.1	+108.0	-0.45	+35.0	+20.0

2.5.2 育成高产大豆新品系 利用“广义选择性回交”等方法选育出一批比“吉林小粒1号”子粒小、品质优良、生育期短、产量高的超小粒黄豆新品系。其中2个新品系在敦化市进行3年试验,平均产量2250 kg/hm²,最高产量达2500 kg/hm²以上,深受当地农民和外贸部门的欢迎。1995年扩繁种子200 hm²。1996年可在小粒黄豆生产基地大面积推广应用。另外,还选育出一批比推广品种增产15%左右的大粒优良新品系,现已参加省区试或预试。

2.5.3 创造优异种间大豆中间材料 利用长花序、每节荚数多的野生大豆创造出无限型中间长花序的春大豆栽培资源中没有的新类型材料,其特点是产量潜力大、适应性广。

通过种间杂交或1次“广义选择性回交”,获得单株荚数350个以上,百粒重10g左右,每节荚数10个左右,节间短、呈鞭炮型的株系;获得单株荚数150个以上,主茎有效节数25个以上、百粒重20g左右的栽培型株系;获得蛋白质含量50%左右,早熟的栽培型材料。这些优异基因型的特点是:产量潜力大、遗传基础广、遗传变异丰富等,是高产育种、品质育种的中间材料。

3 讨论

种间杂种后代蔓生等野生不育性状是野生大豆种质在大豆育种程序中利用的主要障碍。国外学者普遍认为种间杂种后代偏向野生亲本的低劣性状,直接利用的价值不大,其主要原因可能是与其掌握的野生大豆资源的类型和数量较少,以及亲本选配不当等原因有关。国内学者一般认为,选用有限或亚有限结荚习性的栽培大豆做亲本是克服野生大豆蔓生性的主要手段。我们的试验结果表明,除了正确选择栽培种亲本以外,野生种亲本的选择似乎尤为重要。同是一个栽培种与不同野生种杂交,其后代直立型植株的分离频率有显著差异。只要亲本选配适当,后代处理合理,不需要回交也可以克服种间杂种的蔓生性。美国一些学者回交多次仍未分离出理想的栽培型优良品系,似乎与回交世代及非轮回亲本的选择不当有关。在F₃代选择无泥膜、百粒重较大、不裂荚、直立或半直立型植株进行“广义选择性回交”,可以大幅度提高后代直立型植株的分离频率和百粒重,可以选育出产量超过栽培种亲本的优良品系。

我们的试验结果表明:野生大豆的有利性状如高蛋白、多荚、多节等,通过种间杂交可以遗传,野生大豆茎蔓生缠绕、裂荚、小粒、种皮色深等不良性状可以得到克服;利用野生大豆

种质拓宽大豆育种的遗传基础,创造新的大豆遗传资源是有效的;利用野生种改良栽培大豆的产量和品质是可行的;以事实从根本上改变了前人“野生大豆短期内难以应用于育种”的传统观点。大量的种间杂交组合验证,大豆种间杂交育种新技术可行、有效,为大豆高产育种、品质育种、抗性育种提供了一种新方法,将给大豆育种带来活力和突破。

参 考 文 献

- 1 王金陵等.野生大豆蛋白质含量和性状间相关及通径分析.东北农学院学报.1986,17(1),1-5
- 2 李莹等.大豆种间杂交产量性状的遗传变异.华北农学报.1986,(3),10-17
- 3 郑惠玉等.利用野生大豆(*G. soja*)种质育成小粒大豆新品种“吉林小粒1号”的选育报告.吉林农业科学.1991,(3),9-11
- 4 张国栋等.大豆种间杂交主要农艺性状和蛋白质含量遗传变异的研究.大豆科学.1989,8(1),1-11
- 5 杨光宇等.利用野生大豆(*G. soja*)种质选育大豆新品种研究.中国农业科学.1991,24(1),89-90
- 6 杨光宇等.栽培大豆(*G. max*)×半野生大豆(*G. gracilis*)后代主要农艺性状遗传参数的初步分析.作物学报.1992,18(6),439-446
- 7 杨光宇等.克服种间杂种蔓生、小粒等不良性状技术的初步研究.大豆科学.1993,12(4):275-282
- 8 Yang Guangyu et al. A preliminary study on genetic variation of major yield characters of progeny from *G. max* × *G. gracilis* hybrid. Soybean Genetics Newsletter. 1992,19:33-37
- 9 Yang Guangyu et al. The study on the techniques of usage of wild soybean in soybean breeding. Soybean Genetic Newsletter. 1994,21,27-31
- 10 Williams, L. F. Inheritance in a species cross in soybean. Genetic. 1948,33:131-132
- 11 Ertl, D. S. et al. Agronomic performance of soybean genotype from *Glycine max* × *Glycine soja* crosses. Crop Science. 1985,25(4),589-592

Study and Utilization of Techniques of Soybean Interspecific Cross in Breeding

YANG Guangyu and ZHENG Huiyu et al.

(Soybean Research Institute, Jilin Academy of Agri. Sci., Gongzhuling 136100)

Abstract Since 1979, 478 interspecific crosses and 307 backcrosses were made to study the usage of wild soybean to improve cultivated soybean. We have studied the methods and rules of usage of wild soybean in soybean breeding and the techniques of parent selection and erect plant selection. Techniques of backcross and selection for agronomic characters of progenies from interspecific crosses were studied. Our results show that it is possible to improve cultivated soybean by the use of wild soybean germplasm, and interspecific hybridization is a new way for soybean breeding. We have obtained some lines with over 150 pods per plant and some lines with protein content over 50%. The new soybean variety “Jilin Xiao Li No. 1” was selected directly from the cross (*G. max* × *G. soja*). It is registered in Jilin province on April 1990.

Key words *G. max*, *G. soja*, Interspecific cross