

高油大豆杂交 F₂ 代品质性状与农艺性状的通径分析

宋伟¹, 朱洪德¹, 李洪林², 刘敏¹

(¹黑龙江八一农垦大学, 黑龙江 大庆 163319; ²建三江农业科学研究所, 黑龙江 建三江 156300)

摘要:选择5个高油大豆品种(系)作为亲本,配成4个杂交组合。对杂交 F₂ 代进行品质性状与主要农艺性状的相关分析和通径分析。结果表明:脂肪含量与蛋白质含量、主茎节数、单株产量、百粒重呈极显著负相关;蛋白质含量与主茎节数、分枝数、单株荚数和单株粒数的相关性达到显著或极显著水平。单株产量与主茎节数、分枝数、单株荚数、单株粒数和百粒重达极显著正相关。单株产量对脂肪含量的直接负效应最大,单株粒数对蛋白质含量的直接负效应最大,单株荚数对蛋白总量的间接负效应最大,单株粒数对单株产量的直接正效应最大。

关键词:高油大豆;品质性状;相关;通径系数

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2009)01-0090-07

Path-coefficient Analysis of Quality Traits with Agronomic Characters of F₂ Generation in High Oil Soybean

SONG Wei¹, ZHU Hong-de¹, LI Hong-lin², LIU Min¹

(¹Heilongjiang August First Land Reclamation University, Daqing 163319 Heilongjiang; ²Jiansanjiang Institute of Agricultural Sciences, Jiansanjiang 156300, Heilongjiang, China)

Abstract: Five high oil content soybean were selected and four crosses were made. The correlation and path-coefficient of oil content, protein content and the major agronomic characters in F₂ were analyzed. The results indicated that oil content in F₂ was extremely negatively correlated with protein content, node number of main stem, seed weight per plant and 100-seed weight in F₂; the protein content had significant positive correlation with node number of main stem, pod number per plant and seed number per plant; seed weight per plant had significant positive correlation with nodes number of main stem, pod number per plant, seed number per plant and 100-seed weight. The direct minus effect of seed weight per plant to oil content and seed number per plant to protein content was the most significant, the total content of protein and oil was mainly affected by the indirect minus effect of pod number per plant, the most effective factor for seed weight per plant was seed number per plant.

Key words: High oil soybean; Quality traits; Correlation; Path-coefficient

大豆起源于中国,自古以来是我国的主要作物之一。大豆籽粒中含有40%左右的蛋白质和20%左右的脂肪,具有很大的经济价值。随着科技的进步和人民生活水平的提高,高油、高蛋白大豆新品种深受科研工作者以及广大农民的青睐。脂肪和蛋白质是衡量大豆品质的主要性状。大豆脂肪含量的遗传变异国内外已有报道,陈恒鹤^[1]、宋启建等^[2]都对脂肪含量在早代分布、母体效应、基因作用及与产量的关系等方面做了较系统的报道。提高大豆籽粒

蛋白质含量也是优质大豆新品种选育的主要目标之一,国内外很多学者已经开展了这方面的研究。Wilcox^[3]、孟庆喜等^[4]、宋启建等^[2]、Ishige^[5]、胡明祥等^[6]和邱丽娟^[7]对蛋白质含量遗传的数量性状、母体效应、加性效应及与其他性状的相互关系方面均有报道,但结论并不统一。在前人研究的基础上,通过对杂种 F₂ 代脂肪含量、蛋白质含量与主要农艺性状的相关关系的分析,为大豆高油、高蛋白品质育种提供一些参考。

收稿日期:2008-11-02

基金项目:国家高技术研究发展计划(863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(948计划)资助项目(2008-Z24);黑龙江省发展高新技术产业专项资金资助项目(FW06B902)。

作者简介:宋伟(1983-),女,硕士研究生,现从事大豆遗传育种研究。E-mail:lihonglin135@163.com。

通讯作者:朱洪德,研究员,硕士生导师。E-mail:zhd495@sohu.com。

1 材料与方法

1.1 材料

供试品种为农大 15751、垦农 18、农大 55333、农大 56209 和合交 9702-6。由黑龙江八一农垦大学农业科学研究所大豆室提供。

1.2 方法

2006 年配置 4 个杂交组合,组合 6-1:农大 15751 × 垦农 18;组合 6-2:农大 15751 × 农大

55333;组合 6-3:农大 56209 × 合交 9702-6;组合 6-4:农大 56209 × 农大 55333,冬季南繁加代。

2007 年将 F₂种子种植于黑龙江八一农垦大学农业科学研究所大豆试验地,行距 67cm,行长 5 m,20 行区,10 cm 点播,随机区组排列,管理同大田。秋季每组合随机收获 51 株,共 204 株进行室内考种。采用 Excel 和 DPS 数据处理系统进行数据整理分析。

表 1 亲本的生物学特性
Table 1 Biological traits of soybean parent

亲本 Parents	脂肪 Oil/%	蛋白质 Protein/%	叶形 Leaf shape	花色 Flower color	结荚习性 Pod bearing
合交 9702-6 Hejiao 9702-6	23.31	37.72	椭圆形 Ellipse	白色 White	亚有限 Semi-determinate
垦农 18 Kennong 18	23.98	37.27	椭圆形 Ellipse	白色 White	亚有限 Semi-determinate
农大 15751 Nongda 15751	23.47	39.46	披针形 Lanceolate	紫色 Purple	亚有限 Semi-determinate
农大 56209 Nongda 56209	23.03	39.19	披针形 Lanceolate	紫色 Purple	亚有限 Semi-determinate
农大 55333 Nongda 55333	23.16	37.46	椭圆形 Ellipse	紫色 Purple	亚有限 Semi-determinate

2 结果与分析

2.1 F₂代脂肪含量与主要农艺性状的相关性分析

F₂代脂肪含量与主要农艺性状的相关见表 2,从总体看,脂肪含量与主茎节数、单株产量、百粒

重^[8]、蛋白质含量均为负相关,且达到极显著水平,相关系数分别为:r = -0.1827**、r = -0.2447**、r = -0.5166**和 r = -0.2463**。除组合 6-1 外,其它组合脂肪含量与百粒重均达到极显著负相关。脂肪含量与蛋白质含量呈显著或极显著负相关。

表 2 F₂代脂肪含量与蛋白质及主要农艺性状的相关系数

Table 2 The correlation coefficient of oil with protein and major agronomic characters in F₂

性状 Traits	脂肪含量 Oil content/%				
	6-1	6-2	6-3	6-4	总体 Total
株高 Plant height /cm	-0.0914	-0.0448	-0.0822	0.2388	0.0367
底荚高度 Height of lowest pod /cm	-0.1332	0.1240	0.0354	0.0434	-0.0201
主茎节数 Node number of main stem	-0.2271	-0.2074	-0.0064	-0.0749	-0.1827**
分枝数 Branch number	-0.0843	0.0622	-0.0965	-0.0822	-0.0297
单株荚数 Pod number per plant	0.0146	-0.0954	0.0063	-0.1547	-0.0509
单株粒数 Seed number per plant	0.0800	-0.0273	-0.0359	-0.0805	-0.0377
单株产量 Seed weight per plant /g	0.0156	-0.2195*	-0.2055	-0.2541	-0.2447**
百粒重 100 - seed weight /g	-0.1677	-0.6136**	-0.5092**	-0.5497**	-0.5166**
蛋白质含量 Protein content /%	-0.4494**	-0.4709**	-0.4563**	-0.2959*	-0.2463**

* 0.05 显著水平; ** 0.01 显著水平
* and ** Mean significant at 0.05 and 0.01 level

2.2 F₂代脂肪含量与主要农艺性状的通径分析

表 3 显示了 8 个主要农艺性状和蛋白质含量对脂肪含量影响的通径系数,其中直接效应从大到小依次为单株产量、单株粒数、蛋白质含量、主茎节数、

百粒重、底荚高度、单株荚数、分枝数、株高。间接效应从大到小依次为百粒重、株高、蛋白质含量、主茎节数、单株产量、分枝数、单株荚数、单株粒数、底荚高度。单株产量、蛋白质含量、主茎节数、百粒重、底

荚高度和株高的直接效应与遗传相关表现一致,单 效应所覆盖。
株粒数、单株荚数和分枝数的直接正效应被间接负

表 3 F₂代脂肪含量与蛋白质含量及主要农艺性状的通径系数
Table 3 The path coefficient between oil,protein and major agronomic characters in F₂

性状 Character	直接通径系数		间接通径系数								
	Direct path coefficient	Indirect path coefficient	→X ₁	→X ₂	→X ₃	→X ₄	→X ₅	→X ₆	→X ₇	→X ₈	→X ₉
株高 X ₁ Plant height	0.0377	-0.0010		-0.0515	-0.0496	0.0033	-0.0123	-0.0348	0.1108	0.0150	0.0181
底荚高度 X ₂ Height of lowest pod	-0.1278	0.1077	0.0152		0.0076	0.0144	-0.0145	-0.0410	0.1068	0.0084	0.0109
主茎节数 X ₃ No. of main stem nodes	-0.1546	-0.0281	0.0121	0.0062		0.0048	0.0445	0.2154	-0.3866	-0.0184	0.0938
分枝数 X ₄ Branch number	0.0419	-0.0716	0.0030	-0.0438	-0.0177		0.0560	0.2531	-0.4308	-0.0172	0.1260
单株荚数 X ₅ Pod number per plant	0.1265	-0.1774	-0.0037	0.0146	-0.0543	0.0185		0.5544	-0.9121	-0.0062	0.2111
单株粒数 X ₆ Seed number per plant	0.5903	-0.6280	-0.0022	0.0089	-0.0564	0.0180	0.1188		-0.9542	-0.0008	0.2400
单株产量 X ₇ Seed weight per plant	-1.0347	0.7900	-0.0040	0.0132	-0.0577	0.0174	0.1115	0.5443		-0.0535	0.2187
百粒重 X ₈ 100- seed weight	-0.1503	-0.3663	-0.0038	0.0071	-0.0189	0.0048	0.0052	0.0033	-0.3679		0.0039
蛋白质 X ₉ Protein content	-0.4123	0.1660	-0.0017	0.0034	0.0352	-0.0128	-0.0648	-0.3436	0.5489	0.0014	

2.3 F₂代蛋白质含量与主要农艺性状的相关性分析

F₂代蛋白质含量与主要农艺性状的相关分析见表 4,从总体上看,蛋白质含量与主茎节数^[9]、分枝数、单株荚数、单株粒数和单株产量呈极显著负相关,相关系数分别为 r = - 0. 2275 **、r = - 0. 3055 **、r = - 0. 5119 **、r = - 0. 5820 ** 和 r =

- 0. 5305 **。但在各组合及总体中大豆蛋白质含量与其它主要农艺性状的相关性各组合不同。除组合 6-3 外,其它组合蛋白质含量与单株荚数呈极显著负相关;所有组合和总体中蛋白质与单株粒数均达极显著负相关;组合 6-3 蛋白质含量与单株荚数呈显著负相关,其余组合达极显著负相关;组合 6-2 蛋白质含量与百粒重呈极显著正相关。

表 4 F₂代蛋白质含量与主要农艺性状的相关系数
Table 4 The correlation coefficient between protein and major agronomic characters in F₂

性状 Traits	蛋白质含量 Protein content/%				
	6-1	6-2	6-3	6-4	总体 Total
株高 Plant height/cm	-0.0341	-0.0238	-0.1112	-0.0949	-0.0438
底荚高度 Height of lowest pod/cm	0.2955 *	-0.0691	-0.0771	-0.0114	-0.0265
主茎节数 Node number of main stem	-0.3225 *	-0.2214	-0.3429 *	-0.2484	-0.2275 **
分枝数 Branch number	0.0033	-0.2859 *	-0.1541	-0.1718	-0.3055 **
单株荚数 Pod number per plant	-0.5986 **	-0.5851 **	-0.2509	-0.5740 **	-0.5119 **
单株粒数 Seed number per plant	-0.7066 **	-0.6126 **	-0.3859 **	-0.6152 **	-0.5820 **
单株产量 Seed weight per plant/g	-0.6858 **	-0.4515 **	-0.3164 *	-0.5118 **	-0.5305 **
百粒重 100 - seed weight/g	-0.1867	0.3829 **	0.1465	0.0737	-0.0094

2.4 F₂代蛋白质含量与主要农艺性状的通径分析

表 5 显示了 8 个主要农艺性状对蛋白质含量影

响的通径系数,直接效应从大到小依次为单株粒数、单株荚数、单株产量、百粒重、分枝数、株高、主茎节

数、底荚高度。间接效应从大到小依次为单株荚数、单株产量、单株粒数、分枝数、主茎节数、百粒重、底荚高度、株高。单株粒数、百粒重、分枝数、株高、底荚高度的直接负效应与遗传相关表现一致。单株荚数、单株产量和主茎节数的直接正效应被间接负效应所掩盖。

表 5 F₂代蛋白质含量与主要农艺性状的通径系数
Table 5 The path coefficient of protein and major agronomic characters in F₂

性状 Character	直接通径系数 Direct path coefficient	间接通径系数 Indirect path coefficient	→X ₁	→X ₂	→X ₃	→X ₄	→X ₅	→X ₆	→X ₇	→X ₈
株高 X ₁ Plant height	-0.0572	0.0134		-0.0003	0.0007	-0.0054	-0.0289	0.0600	-0.0212	0.0084
底荚高度 X ₂ Height of lowest pod	-0.0007	-0.0258	-0.0230		-0.0001	-0.0236	-0.0340	0.0706	-0.0204	0.0047
主茎节数 X ₃ No. of main stem nodes	0.0022	-0.2297	-0.0184	0		-0.0079	0.1043	-0.3713	0.0738	-0.0103
分枝数 X ₄ Branch number	-0.0688	-0.2367	-0.0045	-0.0003	0.0003		0.1314	-0.4363	0.0823	-0.0096
单株荚数 X ₅ Pods number per plant	0.2969	-0.8088	0.0056	0.0001	0.0008	-0.0304		-0.9557	0.1742	-0.0035
单株粒数 X ₆ Seed number per plant	-1.0175	0.4355	0.0034	0.0001	0.0008	-0.0295	0.2789		0.1823	-0.0005
单株产量 X ₇ Seeds weight per plant	0.1976	-0.7281	0.0061	0.0001	0.0008	-0.0286	0.2617	-0.9383		-0.0300
百粒重 X ₈ 100- seed weight	-0.0843	0.0749	0.0057	0	0.0003	-0.0078	0.0122	-0.0057	0.0703	

2.5 F₂代蛋脂总量与主要农艺性状的相关性分析

F₂代蛋脂总量与主要农艺性状的相关分析见表 6,从总体上看蛋脂总量与主茎节数、分枝数、单株荚数、单株粒数、单株产量和百里重达到显著或极显著水平,相关系数分别为 $r = -0.2920^{**}$ 、 $r =$

-0.3239^{**} 、 $r = -0.5433^{**}$ 和 $r = -0.6113^{**}$, $r = -0.1730^{*}$ 。在其它组合中蛋脂总量与主要农艺性状的相关性存在差异,只有蛋脂总量与单株荚数的极显著负相关在所有组合和总体中表现一致。

表 6 F₂代蛋脂总量与主要农艺性状的相关系数
Table 6 The correlation coefficient of the total content of protein and oil and major agronomic characters in F₂

性状 Traits	蛋脂总量 Total content of protein and oil/%				
	6-1	6-2	6-3	6-4	总体 Total
株高 Plant height/cm	-0.0701	0.0039	-0.1397	-0.0206	-0.0335
底荚高度 Height of lowest pod/cm	0.2799 *	-0.0612	-0.0698	-0.0022	-0.0337
主茎节数 Node number of main stem	-0.4376 **	-0.3246 *	-0.3583 *	-0.2499	-0.2920 **
分枝数 Branch number	-0.0268	-0.2419 **	-0.1894 **	-0.1988	-0.3239 **
单株荚数 Pod number per plant	-0.6585 **	-0.7100 **	-0.2587 **	-0.6204 **	-0.5433 **
单株粒数 Seed number per plant	-0.7548 **	-0.7284 **	-0.4112	-0.6461 **	-0.6113 **
单株产量 Seed weight per plant/g	-0.7543 **	-0.6547	-0.3888	-0.5884 **	-0.6236 **
百粒重 100- seed weight/g	-0.2654	0.1302	0.0015	-0.0656	-0.1730 *

2.6 F₂代蛋脂总量与主要农艺性状的通径分析

表 7 显示了 8 个主要农艺性状对蛋脂总量影响的通径系数,直接效应从大到小依次为单株粒数、单

株荚数、单株产量、百粒重、分枝数、主茎节数、底荚高度、株高。间接效应从大到小依次为单株荚数、单株产量、分枝数、主茎节数、单株粒数、百粒重、底荚

高度、株高。除单株荚数外其他主要农艺性状对蛋 直接正效应被间接负效应掩盖。
脂总量的直接负效应与总体表现一致,单株荚数的

表 7 F₂代蛋脂总量与主要农艺性状的通径系数

Table 7 The path coefficient of the total content of protein and oil and major agronomic characters in F₂

性状 Character	直接通径系数 Direct path coefficient	间接通径系数 Indirect path coefficient	→X ₁	→X ₂	→X ₃	→X ₄	→X ₅	→X ₆	→X ₇	→X ₈
株高 X ₁ Plant height	-0.0395	0.0060		-0.0165	-0.0150	-0.0038	-0.0299	0.0430	0.0160	0.0123
底荚高度 X ₂ Height of lowest pod	-0.0411	0.0074	-0.0159		0.0023	-0.0167	-0.0352	0.0506	0.0154	0.0069
主茎节数 X ₃ No. of main stem nodes	-0.0469	-0.2451	-0.0127	0.0020		-0.0056	0.1079	-0.2659	-0.0558	-0.0151
分枝数 X ₄ Branch number	-0.0486	-0.2753	-0.0031	-0.0141	-0.0054		0.1359	-0.3124	-0.0622	-0.0141
单株荚数 X ₅ Pod number per plant	0.3071	-0.8504	0.0038	0.0047	-0.0165	-0.0215		-0.6842	-0.1317	-0.0051
单株粒数 X ₆ Seed number per plant	-0.7285	0.1172	0.0023	0.0029	-0.0171	-0.0208	0.2884		-0.1378	-0.0007
单株产量 X ₇ Seed weight per plant	-0.1494	-0.4742	0.0042	0.0042	-0.0175	-0.0202	0.2707	-0.6718		-0.0439
百粒重 X ₈ 100-seed weight	-0.1234	-0.0496	0.0039	0.0023	-0.0057	-0.0056	0.0126	-0.0041	-0.0531	

2.7 F₂代单株产量与其它主要农艺性状的相关性
分析

F₂代单株产量与其它主要农艺性状的相关分析
见表 8,从总体看单株产量与主茎节数、分枝数、单
株荚数、单株粒数、百粒重均呈极显著正相关,相关

系数分别为 $r = 0.3736^{**}$ 、 $r = 0.4164^{**}$ 、 $r =$
 0.8815^{**} 、 $r = 0.9222^{**}$ 和 $r = 0.3555^{**}$ 。单株产量
与单株荚数、单株粒数的极显著正相关在所有组合
及总体中表现一致,单株产量与主茎节数的相关性
达到显著或极显著水平。

表 8 F₂代单株产量与其它主要农艺性状的相关系数

Table 8 The correlation coefficient of seed weight per plant and major agronomic characters in F₂

性状 Traits	单株产量 Seed weight per plant/g				
	6-1	6-2	6-3	6-4	总体 Total
株高 Plant height/cm	0.0114	-0.1787	-0.1404	-0.1382	-0.1071
底荚高度 Height of lowest pod/cm	-0.2370	-0.1426	0.1161	-0.2704	-0.1032
主茎节数 Node number of main stem	0.3091 ^{**}	0.3112 [*]	0.3952 ^{**}	0.5108 ^{**}	0.3736 ^{**}
分枝数 Branch number	0.1824	0.3276 [*]	0.4989 ^{**}	0.4539 ^{**}	0.4164 ^{**}
单株荚数 Pod number per plant	0.8887 ^{**}	0.9362 ^{**}	0.8429 ^{**}	0.9375 ^{**}	0.8815 ^{**}
单株粒数 Seed number per plant	0.9389 ^{**}	0.9491 ^{**}	0.9246 ^{**}	0.9500 ^{**}	0.9222 ^{**}
百粒重 100-seed weight/g	0.4787 ^{**}	0.2821 [*]	0.1719	0.2734	0.3555 ^{**}

2.8 F₂代单株产量与其它主要农艺性状的通径
分析

表 9 显示了 7 个其它主要农艺性状对单株产量

影响的通径系数,直接效应从大到小依次为,单株粒
数、百粒重、单株荚数、分枝数、株高、底荚高度、主茎
节数。间接效应从大到小依次为,单株荚数、分枝

数、主茎节数、底荚高度、株高、单株粒数、百粒重。效应与相关分析的结果表现一致,主茎节数、分枝数
单株粒数、百粒重、单株荚数、株高、底荚高度的直接 的直接负效应被间接正效应掩盖。

表9 F₂代单株产量与主要农艺性状的通径系数

Table 9 The path coefficient of seed weight per plant and major agronomic characters in F₂

性状 Character	直接通径系数 Direct path coefficient	间接通径系数 Indirect path coefficient	→X ₁	→X ₂	→X ₃	→X ₄	→X ₅	→X ₆	→X ₇
株高 X ₁ Plant height	-0.0113	-0.0958		-0.0029	-0.0009	-0.0015	-0.0023	-0.0534	-0.0349
底荚高度 X ₂ Height of lowest pod	-0.0073	-0.0959	-0.0045		0.0001	-0.0065	-0.0027	-0.0629	-0.0196
主茎节数 X ₃ No. of main stem nodes	-0.0027	0.3763	-0.0036	0.0004		-0.0022	0.0083	0.3307	0.0428
分枝数 X ₄ Branch number	-0.0188	0.4352	-0.0009	-0.0025	-0.0003		0.0104	0.3885	0.0400
单株荚数 X ₅ Pod number per plant	0.0235	0.8580	0.0011	0.0008	-0.0010	-0.0083		0.8510	0.0143
单株粒数 X ₆ Seed number per plant	0.9060	0.0162	0.0007	0.0005	-0.0010	-0.0081	0.0221		0.0020
百粒重 X ₇ 100-seed weight	0.3505	0.0050	0.0011	0.0004	-0.0003	-0.0021	0.0010	0.0051	

3 讨论

前人研究表明脂肪含量与蛋白质含量呈负相关^[10-14],通径分析表明蛋白质含量对脂肪含量产生直接负效应,通径系数为:PX₉→y = -0.4123,因此,在高油大豆育种的后代选择中,要适当放宽对大豆蛋白质含量的选择。

传统观点认为脂肪含量与产量呈显著正相关^[15],而这些大多都是稳定品种脂肪与产量的相关,研究结果显示组合 6-2 脂肪含量与单株产量为显著负相关(-0.2195*),总体脂肪含量与单株产量为极显著负相关(-0.2447**)。结果显示除组合 6-1 外,脂肪含量与百粒重呈极显著负相关,这与王颢等^[9]的研究结果不同,而与孟凡钢等^[8]的研究结果相同。通径分析也表明单株产量和百粒重对脂肪含量的直接效应为负,通径系数为:PX₇→y = -1.0347、PX₈→y = -0.1503。

对于蛋白质含量与产量的相关性有不同的结论^[16-18]。相关分析表明蛋白质含量与单株粒数和单株产量达到显著或极显著水平;除组合 6-3 外,蛋白质含量与单株荚数的相关达到极显著水

平,这与王新风等^[19-20]的结果一致。蛋白质含量与百粒重的相关性在各组合中有差异。通径分析表明单株产量对蛋白质的直接正效应被间接负效应所掩盖,百粒重对蛋白质含量的直接负效应与总体遗传相关表现一致。因此,在高油大豆育种时可在适当范围内考虑选择百粒重较小的品系,并可适当放宽对单株粒数和单株产量的选择。

从总体看蛋脂总量与主茎节数、分枝数、单株荚数、单株粒数和单株产量的负相关达到极显著水平,与百粒重呈显著负相关。但在不同组合中的表现有差异,只有蛋脂总量与单株荚数的负相关在所有组合和总体中表现一致。在蛋白质和脂肪的双高育种中,可适当降低对单株荚数的选择。

单株产量与其它主要农艺性状的相关分析表明,单株产量与单株荚数、单株粒数的正相关达到极显著水平,表明单株产量的构成因素主要是单株荚数和单株粒数,而与百粒重相关性不明显。在高产育种中,可以通过对增加单株荚数和单株粒数来获得较高的单株产量,进而提高群体产量。

参考文献

- [1] 陈恒鹤. 大豆蛋白质、脂肪含量及其他农艺性状遗传规律的轮配分析[J]. 中国农业科学, 1987, 20(1): 32-38. (Chen H H. Diallel analysis on some genetic parameters of protein and oil contents in soybean[J]. Scientia Agricultura Sinica, 1987, 20(1): 32-38.)
- [2] 宋启建, 盖钧镒, 马育华. 大豆品种蛋白质、油份含量的遗传特点[J]. 中国农业科学, 1989, 22(6): 24-29. (Song Q J, Gai J Y, Ma Y H. Genetic analysis of soybean protein and oil contents[J]. Scientia Agricultura Sinica, 1989, 22(6): 24-29.)
- [3] Wilcox J R, Simpson Jr A M. Performance of reciprocal soybean hybrids[J]. Crop Science, 1977, 17(3): 351-352.
- [4] 孟庆喜, 武天龙, 杨庆凯. 大豆蛋白质育种双列杂交分析[J]. 大豆科学, 1988, 8(3): 185-193. (Meng X L, Wu T L, Yang Q K. Analysis on diallel cross of soybean protein breeding[J]. Soybean Science, 1988, 8(3): 185-193.)
- [5] Ishige T. Bionometrical analysis and estimation of the number of genes for seed protein content of soybean, *Glycine max* (L.) Merrill [J]. Japanese Agricultural Research Quarterly (JARQ), 1984, 17(4): 230-235.
- [6] 胡明祥. 大豆杂种后代籽粒蛋白质含量的遗传研究[J]. 中国农业科学, 1984, 6(6): 40-44. (Hu M X. Genetic studies on seeds protein content of hybrid progenies in soybean[J]. Scientia Agricultura Sinica, 1984, 6(6): 40-44.)
- [7] 邱丽娟, 王金陵, 杨庆凯. 大豆蛋白质育种的亲本选配和后代选择的研究 I. 大豆杂种 F₂、F₃、F₄代蛋白质含量的遗传变异特点[J]. 大豆科学, 1990, 11(4): 271-277. (Qiu L J, Wang J L, Yang Q K. Studies on selection of parents and early generations of high-protein breeding in soybean I. Characteristics of genetic variability of protein content in F₂, F₃, F₄ of six soybean crosses[J]. Soybean Science, 1990, 11(4): 271-277.)
- [8] 孟凡钢, 富健, 王新风, 等. 大豆高脂肪组合初世代脂肪含量相关性研究 I F₂代高脂肪组合脂肪含量相关性研究[J]. 大豆通报, 2007(2): 30-32. (Meng F G, Fu J, Wang X F, et al. The study on the correlation of the oil content of the beginning generation at high-oil content soybean crosses I. The correlation of the oil content from the F₂ generation [J]. Soybean Bulletin, 2007(2): 30-32.)
- [9] 王颖, 王海, 郭凤霞. 大豆蛋白质和脂肪含量与数量性状的相关性[J]. 甘肃农业科技, 1994, 4: 14-15. (Wang H, Wang H, Guo F X. The correlation between the protein content, oil content and quantity character[J]. Gansu Agricultural Science and Technology, 1994, 4: 14-15.)
- [10] Simpn A M, Wilcox J R. Genetic and phenotypic association of agronomic characteristics in four high protein soybean populations [J]. Crop Science, 1983, 23(6): 1077-1081.
- [11] 游明安, 盖钧镒, 马育华. 长江中下游夏大豆地方品种群体蛋白质、油分含量及产量等性状的遗传变异和相关研究[J]. 大豆科学, 1989, 8(1): 11-20. (You M A, Gai J Y, Ma Y H. Studies on genetic variability and correlation of protein content, oil content and yield of the population of land soybean varieties in the lower Yangtze river valley[J]. Soybean Science, 1989, 8(1): 11-20.)
- [12] Wilcox J R. Increasing seed protein with eight cycles of recurrent selection[J]. Crop Science, 1998, 38: 1536-1540.
- [13] Wilcox J R. Sixty years of important in publicly developed elite soybean lines[J]. Crop Science, 2001, 41: 1711-1716.
- [14] Burton J W. Breeding soybeans for improved protein quantity and quality [C] // Shibles R. Proc. of the World Soybean Res. Conf. III. 1984, 361-367. Westview Press, Inc. Boulder, CO.
- [15] 王大秋, 陈恒鹤. 大豆蛋白质和脂肪含量选择效果研究[J]. 大豆科学, 1998, 17(1): 72-78. (Wang D Q, Chen H H. Studies on selection effect of protein and oil content in soybeans[J]. Soybean Science, 1998, 17(1): 72-78.)
- [16] 李远明, 刘伟, 鲁振明. 大豆蛋白质脂肪积累动态及与产量的关系[J]. 大豆通报, 2001(4): 6-7. (Li M Y, Liu W, Lu Z M. The relationship between accumulation of protein, oil and yield in soybean[J]. Soybean Bulletin, 2001(4): 6-7.)
- [17] 陈丽华, 李杰, 刘丽君, 等. 大豆蛋白质的积累动态及其与产量形成的关系[J]. 东北农业大学学报, 2002, 33(2): 116-124. (Chen L H, Liu J, Liu L J, et al. The relationship between protein accumulation regulation and yield formation in soybean[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2002, 33(2): 116-124.)
- [18] 游明安, 盖钧镒, 吴晓春, 等. 大豆产量空间分布特性的初步研究[J]. 大豆科学, 1993, 12(1): 66-71. (You M A, Gai J Y, Wu X C, et al. Preliminary study on soybean yield distribution in space [J]. Soybean Science, 1993, 12(1): 66-71.)
- [19] 王新风, 富健, 孟凡钢, 等. 高蛋白大豆杂交 F₂代与亲本蛋白质含量的相关分析[J]. 河南农业科学, 2008(2): 42-44. (Wang X F, Fu J, Meng F G, et al. Correlation analysis of protein content between high protein soybean parents and their F₂ hybrids [J]. Henan Agricultural Science, 2008(2): 42-44.)
- [20] 王新风, 富健, 孟凡钢, 等. 大豆高蛋白组合杂交后代的蛋白质含量遗传研究—杂种 F₂代蛋白质含量与亲本的相关性分析[J]. 作物研究, 2007(3): 165-166. (Wang X F, Fu J, Meng F G, et al. The genetic study of protein content of hybrids in high-protein soybean cross—Correlation analysis of protein content between high protein soybean parents and their F₂ hybrids [J]. Crop Research, 2007(3): 165-166.)