

# 不同遗传背景和环境条件下大豆油分含量与产量性状的相关性和通径分析

毛婷婷, 姜振峰, 李文滨

(东北农业大学 大豆研究所/大豆生物学教育部重点实验室/农业部东北大豆生物学与遗传育种北方区域重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150030)

**摘要:**以高油品种合丰47分别与高产品种黑农37和高油品种黑农44杂交所得的2个重组自交系群体(AB, AC)以及高油品种东农46与高产品种垦鉴23杂交获得的1个重组自交系群体(DE)为材料,比较分析了3个重组自交系群体在7个不同环境下油分含量的遗传变异和主要农艺性状的相关性。结果表明,3个群体的油分含量呈正态分布,双亲油分含量高有利于提高杂交后代的油分含量。在不同环境下3个群体油分含量与单株粒数、单株荚数呈正相关,与株高呈负相关。油分含量与单株粒重在AB和AC 2个群体中呈正相关。大豆油分与其它农艺性状相关性在不同群体和不同环境下存在差异。通径分析结果表明,单株粒数与单株粒重对油分含量的直接和间接效应最大。

**关键词:**大豆;脂肪含量;农艺性状;相关性;通径分析

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2012)05-0744-05

## Path and Correlation Analysis between Oil Content and Yield Related Traits of Soybean in Multi-Genetic Backgrounds and Multi-Environments

MAO Ting-ting, JIANG Zhen-feng, LI Wen-bin

(Key Laboratory of Soybean Biology in Chinese Ministry of Education, Key Laboratory of Biology and Genetics & Breeding for Soybean in Northeast China, Ministry of Agriculture, Soybean Research Institute of Northeast Agricultural University, Harbin 150030, Heilongjiang, China)

**Abstract:** Oil content is an important trait in soybean and many efforts have been conducted to increase it. The genetic variation of oil content and the correlations between oil content and yield together with yield related traits in seven different environments were analyzed among three RIL populations in present study. These three inbred lines (RILs) were crossed by Hefeng 47/Heinong 37, Hefeng 47/Heinong 37 and Dongnong 46/Kenjia 23 and consisted of 148, 109 and 153 lines, respectively. The average oil content in three populations showed a normal distribution, and the mean oil content of the cross with parents both rich in oil was higher than other crosses. The correlation between oil and yield and yield related traits indicated that oil content was positively correlated with pod number per plant and seed number per plant in all three populations in seven different environments. Seed weight per plant also showed positive correlation with oil content in two populations (AB, AC). However, the negative correlation was observed between oil content and plant height. For other agronomic traits, they showed different correlation with oil content in different crosses and various environments. In addition, path coefficients between oil content and the yield together with yield related traits showed that seed number per plant and seed weight per plant had the highest direct and indirect effects on oil content.

**Key words:** Seed oil content; Yield and related traits; Correlation coefficients; Path-coefficients

大豆含油量约为20%左右,其中含有大量的饱和脂肪酸,且胆固醇含量较低,长期食用可减少心脑血管疾病,是我国的主要食用油之一。但目前我国的大豆正面临种植面积逐年减少的严峻形势。如何同时提高产量与品质已成为大豆育种的重点。

前人针对大豆产量及产量构成因素与油分含量的关系已经进行了较深入的研究。游明安等<sup>[1]</sup>提出长江中下游品种的油分含量与产量呈正相关;成雪峰<sup>[2]</sup>用灰色关联度分析了黄淮海地区高油品种与农艺性状的相关性,并提出相应的改良措施;周恩远等<sup>[3]</sup>研究表明春大豆品种油分含量与百粒

重呈负相关,而与其他农艺性状相关性不大。大豆产量和油分含量受环境和遗传背景影响较大,其相关性在不同环境和遗传背景下表现也不同,选择合适的材料在多个环境中进行分析比较,能够更准确的评价大豆的遗传特性。重组自交系可以在很大程度上消除遗传背景的干扰,且可在多环境中进行比较,能较为准确地反映不同性状间的相关性<sup>[4-5]</sup>。简单的相关性分析只能表明两性状关系的远近,而对多个性状如何作用于同一性状却不能很好的阐述,通径分析可以弥补简单相关分析的缺陷,将简单的相关划分为直接作用和间接作用两部分。直

收稿日期:2012-04-04

基金项目:农业部大豆产业技术体系资助项目(CARS-04-PS04)。

第一作者简介:毛婷婷(1986-),女,在读硕士,研究方向为大豆遗传育种。E-mail:maotingting1986@126.com。

通讯作者:李文滨(1958-),男,教授,博士生导师,从事大豆遗传育种研究。E-mail:wenbinli@yahoo.com。

接通径系数反映的是一个性状对因变量的直接作用,直接通径系数绝对值越大,说明对因变量的直接影响越大。间接作用是该性状通过其他性状对因变量的间接效应,并能分析出间接效应的途径和各条途径的效应大小,这样可以从各性状间的复杂关系中,找出性状间的真实关系<sup>[6]</sup>。关于以多个大豆重组自交系群体为材料,研究油分含量与产量和产量构成因素相关性的报道还较少,本文旨在通过对 3 个重组自交系群体的相关性分析和通径分析,探讨在不同背景和环境下大豆主要农艺性状与油分含量的关系,以期为高产高油大豆育种提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

高油品种合丰 47 × 高产品种黑农 37 组合衍生的重组自交系 148 个株系;高油品种黑农 44 × 高油品种合丰 47 组合衍生的重组自交系 109 个株系和高油品种东农 46 × 高产抗性良好品种垦鉴 23 组合衍生重组自交系 153 个株系,分别简称为 AB、AC 和 DE 群体,构建于 2005 年。

1.2 试验设计

2009 年将 3 个群体 F<sub>6</sub> 代重组自交系种植于呼兰、宾县、东北农业大学哈尔滨实验实习基地,2010 年将 F<sub>7</sub> 代种植于佳木斯、绥化,2011 年种植 F<sub>8</sub> 代于

哈尔滨实验实习基地和呼兰。试验为随机区组设计,3 行区,行长 3 m,行距 0.6 m,株距 0.05 m,2 次重复。常规大田管理。

1.3 测定项目与方法

收获后,每个株行取 5 株进行室内考种,包括株高、节数、有效分枝数、单株荚数、单株粒数、单株粒重和百粒重等农艺性状。利用近红外谷物分析仪 Infratec 1241 NIR Grain Analyzer(FOSS, Sweden)对每个组合的株系进行油分含量测定,每个株行取 3 次,每次选取大小一致的大豆籽粒 20 ~ 25 g。

1.4 数据分析

采用 SPSS17.0 和 DPS7.05 软件进行相关性和通径分析。

2 结果与分析

2.1 大豆油分含量的变异分析

3 个群体在 7 个环境中油分含量的统计指标如表 1 所示,3 个重组自交系群体后代平均油分含量均值都介于双亲之间,且都呈正态分布。双亲高油的 AC 群体平均油分含量高于其它两个群体,且其变异系数也较小,表明双亲油分含量高,其重组自交系后代的油分含量也较高,并且能保持较好的稳定性。DE 群体双亲的油分含量差异大,其后代油分含量的变异系数也较大,说明亲本遗传差异越大,其重组自交系后代的变异范围越大。

表 1 大豆群体在 7 个环境下平均油分含量的变异  
Table 1 Oil content variance of soybean population in seven environments

群体 Population	母本 P1	父本 P2	平均值 Mean	标准差 SD	变异系数 CV/%	偏度 Skew	峰度 Kurt
AB	21.44	20.92	21.15	0.27	1.28	0.09	-0.17
AC	22.14	21.44	21.61	0.26	1.18	-0.03	-0.30
DE	22.15	19.80	20.94	0.45	2.16	-0.01	-0.35

SD: Standard deviation; CV: Coefficient of variation

2.2 油分含量与主要农艺性状的相关性分析

由表 2 可以看出,在 AC 群体中,油分含量与单株粒数和单株荚数在各个环境中均呈正相关,在 AB 和 DE 群体除个别地点外均呈相同趋势;在 3 个群体中除个别地点外油分含量均与株高呈负相关,表明控制油分含量与单株粒数、单株荚数和株高的遗传基础紧密相关,受环境影响小。同时单株粒重与油分含量在 DE 群体中呈正相关,在 AB 群体中除了 2010 年绥化环境外都呈正相关,而在 AC 群体

中油分含量与单株粒重的相关性在不同环境中不同,说明油分含量与单株粒重的相关性在不同的高油组合中存在差异。在 DE 群体中油分含量与百粒重呈正相关,而在 AB 和 AC 群体中这种相关性在不同环境中的重复性较差,说明油分含量与百粒重的关系同样受遗传和环境共同影响。油分含量与节数在 DE 群体呈负相关,而在群体 AB 和 AC 中在不同环境条件下相关性不同。油分含量与分枝数的相关性重复性差。

表 2 大豆油分含量与农艺性状的相关性

Table 2 Correlation analysis between main agronomic traits and oil content

群体	地点	株高	节数	分枝数	单株荚数	单株粒数	单株粒重	百粒重
Population	Location	PH	NMSN	NB	NTP	SNP	SWP	100SW
AB	HL	-0.0978	-0.0418	0.0124	0.1809	0.2170 *	0.1602	-0.248 **
	HB	-0.0675	0.0821	0.0839	0.2190 *	0.3090 **	0.2740 **	0.0509
	BX	-0.0544	0.1269	0.0536	-0.0141	0.1593	0.1530	-0.0139
	JMS	0.1029	0.2460 **	0.0498	0.2890 **	0.3430 **	0.3320 **	0.0466
	SH	-0.0514	0.0138	-0.1165	0.2630 **	0.4570 **	-0.3360 **	-0.5210 **
	HEB	-0.4120 **	-0.4000 **	0.0406	0.2280 *	0.4020 **	0.4600 **	0.1898
	HL11	-0.2760 **	0.0472	0.1767	0.2490 *	0.3620 **	0.3530 **	0.0115
	AVER	-0.2490 **	-0.1416	-0.1045	0.1023	0.1555	-0.0565	-0.3020 **
AC	HL	0.0998	0.1322	0.0025	0.0865	0.1010	0.0981	0.0245
	HB	-0.0198	-0.0050	-0.1960 *	0.0782	0.0853	-0.0122	-0.2000 *
	BX	-0.0271	0.1053	-0.1553	0.0143	0.0573	0.0506	0.0035
	JMS	0.0574	-0.1149	-0.1710 *	0.3250 **	0.3340 **	0.3090 **	-0.1539
	SH	-0.0002	-0.1549	-0.0906	0.2790 **	0.3150 **	0.0310	0.0888
	HEB	-0.0139	0.0374	-0.1351	0.1600	0.1476	-0.0878	-0.3420 *
	HL11	-0.2509	0.1446	0.0211	0.0184	0.0264	-0.0774	-0.1256
	AVER	0.0152	-0.0948	-0.1503	0.0857	0.2090 **	0.0434	0.0567
DE	HL	-0.2950 **	-0.3800 **	-0.0879	-0.0683	-0.0180	0.0746	0.2110 **
	HB	-0.1053	0.0927	0.0734	0.1341	0.2080 **	0.3360 **	0.3590 **
	BX	-0.1220	-0.0363	-0.0784	0.0541	0.0106	0.1262	0.3000 **
	JMS	-0.2750 **	-0.363 **	0.0828	0.0228	0.1300	0.252 **	0.1720 *
	SH	-0.1491	-0.0515	0.0194	-0.0572	0.1660 *	0.0339	-0.0277
	HEB	-0.2720 **	-0.2030 *	-0.0025	0.0344	0.0647	0.2400 **	0.5650 **
	HL11	-0.0896	-0.0201	-0.0177	-0.0002	0.0082	0.1830 *	0.2970 **
	AVER	-0.3540 **	-0.3610 **	-0.0738	-0.1296	-0.0555	0.0662	0.1880 *

\*\*表示0.01水平上显著; \*表示0.05水平上显著; HL:2009年呼兰地区; HB:2009年哈尔滨地区; BX:2009年宾县; JMS:2010年佳木斯地区; SH:2010年绥化地区; HEB:2011年哈尔滨地区; HL11:2011年呼兰地区; AVER:7个环境平均值

\*\* and \* indicate significance at the 0.01 and 0.05 level, respectively. HL: Hulan in 2009; HB: Harbin in 2009; BX: Binxian in 2009; JMS: Jiamusi in 2010; SH: Suihua in 2010; HEB: Harbin in 2011; HL11: Hulan in 2011; AVER: the average in seven environments; PH: Plant height; NMSN: Number of main stem nodes; NB: Number of branch; NTP: Number of total pods; SNP: Seeds number per plant; SWP: Seeds weight per plant; 100SW: 100-seed weight.

### 2.3 油分含量与农艺性状的通径分析

通径分析将相关系数分解为直接作用和间接作用两部分。本研究用3个群体在7个环境的平均值来进行油分含量与农艺性状的通径分析。如表3所示,农艺性状与油分含量的直接通径系数从大到小排列,AB群体依次为单株粒数、单株粒重、节数、分枝数、株高、百粒重、单株荚数;AC群体:单株粒数、单株粒重、百粒重、分枝数、单株荚数、节数、株高;DE群体:单株粒重、单株荚数、株高、单株粒数、百粒重、节数、分枝数。3个群体中最大的间接效应为AC群体中的单株荚数通过单株粒数对油分含量的作用,为0.7174。

#### 2.3.1 单株粒数与油分含量 在AB和AC群体

中,单株粒数对油分含量的直接通径系数最大,分别为0.7052和0.8112,通过单株粒重的间接负效应影响了两性状的相关程度。而在DE群体中单株粒数却对油分含量有负效应,因为其通过单株粒重的间接效应为较大的正值(0.6042),二者呈弱正相关,以上结果说明虽然在不同群体中单株粒数对油分含量的直接决定方式不同,但通过单株粒重都有较大的间接效应,且单株粒重对油分含量的间接效应与单株粒数对油分含量的直接效应方向相反,而使单株粒数与油分含量的相关程度弱。所以在选育高油品种时要注意单株粒数与单株粒重的协调性。

表 3 大豆主要农艺性状对脂肪含量的通径分析

Table 3 Analysis of path coefficients between soybean oil content and the main agronomic traits

群体 Population	性状 Trait	→株高 →PH	→节数 →NMSN	→分枝数 →NB	→单株荚数 →NTP	→单株粒数 →SNP	→单株粒重 →SWP	→百粒重 →100SW
AB	株高 PH	-0.1369	-0.0722	0.0009	-0.0018	0.0167	-0.0701	0.0148
	节数 NMSN	-0.0434	-0.2280	-0.0443	0.0110	0.3207	-0.1448	-0.0129
	分枝数 NB	0.0009	-0.0680	-0.1485	0.0214	0.3302	-0.2565	0.0159
	单株荚数 NTP	0.0067	-0.0672	-0.0852	0.0373	0.5648	-0.3468	-0.0072
	单株粒数 SNP	-0.0032	-0.1037	-0.0695	0.0299	0.7052	-0.3799	-0.0233
	单株粒重 SWP	-0.0193	-0.0664	-0.0766	0.0261	0.5391	-0.4969	0.0376
	百粒重 100SW	-0.0217	0.0315	-0.0253	-0.0029	-0.1761	-0.2005	0.0932
AC	株高 PH	-0.0171	-0.0087	0.0192	0.0080	-0.0329	0.0452	0.0016
	节数 NMSN	-0.0018	-0.0843	-0.0660	-0.0352	0.1285	-0.0323	-0.0038
	分枝数 NB	0.0011	-0.0187	-0.2980	-0.1321	0.4837	-0.2054	0.0191
	单株荚数 NTP	0.0007	-0.0145	-0.1924	-0.2047	0.7174	-0.2240	0.0031
	单株粒数 SNP	0.0007	-0.0133	-0.1777	-0.1810	0.8112	-0.2275	-0.0032
	单株粒重 SWP	0.0019	-0.0067	-0.1501	-0.1124	0.4525	-0.4077	0.2659
	百粒重 100SW	-0.0001	0.0009	-0.0153	-0.0017	-0.0070	-0.2917	0.3717
DE	株高 PH	-0.3557	-0.1162	-0.0005	-0.0492	-0.0684	0.2374	-0.0012
	节数 NMSN	-0.2164	-0.1909	-0.0077	-0.1188	-0.0838	0.2414	0.0151
	分枝数 NB	-0.0049	-0.0371	-0.0397	-0.1233	-0.0641	0.1946	0.0005
	单株荚数 NTP	-0.0476	-0.0617	-0.0133	-0.3677	-0.1963	0.4704	0.0866
	单株粒数 SNP	-0.1089	-0.0717	-0.0114	-0.3233	-0.2232	0.6042	0.0685
	单株粒重 SWP	-0.1147	-0.0626	-0.0105	-0.2349	-0.1832	0.7363	-0.0539
	百粒重 100SW	-0.0020	0.0131	0.0001	0.1447	0.0695	0.1802	-0.2200

各群体对角线上的数值为直接通径系数,其它为间接通径系数。

Values of diagonal are direct path coefficients. Others are indirect path coefficients, respectively. PH; Plant height; NMSN; Number of main stem nodes; NB; Number of branch; NTP; Number of total pods; SNP; Seeds number per plant. SWP; Seeds weight perplant; 100SW; 100-seed weight.

2.3.2 单株粒重与油分含量 在 AB 群体中,虽然单株粒重与油分含量直接通径系数较大( -0.4969),但单株粒重与油分含量呈弱负相关,主要通过单株粒数对油分含量有较大的间接正效应。在 AC 群体中,单株粒重对油分含量的直接效应为负,而其通过较大的单株粒数和百粒重的间接正效应而使单株粒重与油分含量相关性为正。在 DE 群体中,单株粒重对油分含量的直接通径系数最大,为 0.7363。但其正相关性并不显著,主要是被单株荚数、单株粒数、株高较大的间接负效应掩盖。

2.3.3 百粒重与油分含量 在 AB 群体中百粒重对油分含量的直接效应很小,但是二者却极显著负相关,主要是因为通过单株粒数与单株粒重较大的间接负效应。在 DE 群体中百粒重对单株荚数的直接效应为负,而通过单株粒重、每节荚数对油分含量的间接正效应较大,所以百粒重与油分含量呈显著正相关。在 AC 群体中,百粒重对油分含量的直接正效应较大,但其通过单株粒重的间接负效应较

大,抵消了部分相关,使百粒重与油分含量的相关性不显著。

2.3.4 单株荚数与油分含量 在 AC 和 DE 群体中,单株荚数对油分含量的直接决定系数为 -0.2047和 -0.3677,通过单株粒数和单株粒重的间接效应较大,因而两者相关程度不显著。

2.3.5 株高与油分含量 在 AB 和 DE 群体中,株高与油分含量呈极显著负相关,主要是株高对油分含量的直接效应较大,且通过其他性状的间接效应较小,说明大豆的营养生长的形态建成对籽粒的油分含量有影响。而在 AC 群体中直接和间接通径系数都较小。

### 3 讨 论

高产和优质是大豆育种的主要目标,产量与品质的协调关系一直是大豆育种者的关注重点。不同研究的结果不尽相同。前人对油分含量与产量相关性状的相关性研究主要是品种间的,缺乏在同一背景下的比较;或是单个群体的相关性研究,在

不同的遗传背景下通用性较差。本试验采用3个RIL群体在7个环境下研究了大豆产量相关性状与油份含量间的关系。较全面地分析了多遗传背景下二者的相关性及相关性在单个背景下的不同表现。研究结果表明油分含量和单株粒数、单株荚数在3个重组自交系群体的绝大多数环境下呈正相关,这与前人结果一致<sup>[7-10]</sup>。且通径分析表明在3个群体中单株粒数对油分含量有重要的直接和间接效应,所以在进行高油育种时加强对单株粒数、单株荚数的选择可以同时提高产量。

刘桂梅等<sup>[11]</sup>研究表明油分含量和单株粒重呈正相关,在本研究中油分含量和单株粒重在DE和AB群体的绝大多数环境下呈正相关,并且在有的环境极显著,表明高油与高产可以同时在一品种出现,并且在育种实践中已经有多个高产高油品种。傅艳华<sup>[12]</sup>和陈恒鹤等<sup>[13]</sup>研究认为油分与产量呈负相关,但也有研究认为在油分含量低于21.5%时,油分含量与产量呈正相关;而超过21.5%,二者呈负相关。本研究中也有群体在个别环境中二者呈负相关,说明二者相关性在一定条件下是可变的,主要决定于不同遗传背景群体对环境的反应,需要进一步的分子生物学研究探求原因。通径分析发现,单株粒重在DE群体中对油分含量的直接效应最大,并且通过单株粒重对油分含量的间接效应较大,对其他性状与油分含量的相关性也有较大影响,因此,在选育高油品种时应注意单株粒重的选择。

在AB、AC和DE群体中,单株粒数、单株粒重对油分含量的直接效应相反,可能是因为AB和AC群体拥有同一亲本,其作用的机制比较一致。同时单株粒数、单株粒重对油分含量的间接效应较大,对其他性状与油分含量的相关性有较大影响,所以在选育高油品种时要注意性状的协调性,特别是单株粒数与单株粒重的协调性。

## 参考文献

- [1] 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.)
- [2] 成雪峰.黄淮海大豆高产优质育种的灰色关联分析[J].大豆科学,2010,29(5):751-755. (Cheng H F. Grey correlation analysis on agronomic traits of high yield and quantity soybean in Huang-Huai-Hai region [J]. Soybean Science, 2010, 29 (5): 751-755.)
- [3] 周恩远,刘丽君,祖伟.春大豆农艺性状与品质相关关系的研究[J].东北农业大学学报,2008,39(2):145-149. (Zhou E Y, Liu L J, Zu W, et al. Study on relationship between agronomic traits and quality traits in spring soybean[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2008, 39(2):145-149.)
- [4] 赵京岚,陈民生,李瑞军,等.利用RIL群体分析小麦品质与中国干面条加工品质的关系[J].麦类作物学报,2008,28(2):227-231. (Zhao J L, Chen M S, Li R J, et al. The relationship between wheat quality traits and Chinese dry noodle quality using recombinant inbred lines (RILs) [J]. Journal of Triticeae Crops, 2008, 28(2):227-231.)
- [5] 丁安明,李君,崔法,等.小麦关联RIL群体产量性状与品质性状的相关分析[J].麦类作物学报,2011,31(3):480-486. (Ding A M, Li J, Cui F, et al. Correlation analysis on yield related traits and quality traits of wheat using two associated RIL populations[J]. Journal of Triticeae Crops, 2011, 31(3):480-486.)
- [6] 王钦德,杨坚.食品实验设计与统计分析[M].北京:中国农业大学出版社,2003. (Wang Q D, Yang J. Food experimental design and statistical analysis[M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2003.)
- [7] 关荣霞.大豆重要农艺性状的QTL定位及中国大豆与日本大豆的遗传多样性分析[R].北京:中国农业科学院,2004. (Guan R X. QTL mapping of soybean agronomic characters and genetic diversity analysis of soybean cultivars from China and Japan [R]. Beijing: Chinese Academy of Agriculture Sciences, 2004.)
- [8] 郑永战.我国大豆种质资源脂肪性状的变异、遗传与基因定位的研究[D].南京:南京农业大学,2006. (Zheng Y Z. Variability, inheritance, and QTL mapping of fatty traits in Chinese germplasm of soybean [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2006.)
- [9] 张海军,王英,张艳,等.东北地区大豆种质资源脂肪与蛋白质含量分析[J].大豆科学,2011,30(2):215-218. (Zhang H J, Wang Y, Zhang Y, et al. Analysis of oil and protein content of soybean germplasm grown in northeast China[J]. Soybean Science, 2011, 30(2):215-218.)
- [10] 李盛有,宋书宏.不同遗传背景大豆杂交F<sub>2</sub>代脂肪含量遗传分析[J].大豆科学,2011(6):916-919. (Li S Y, Song S H. Genetic analysis for fat content in F<sub>2</sub> generation of crosses with different genetic background soybeans [J]. Soybean Science, 2011 (6): 916-919.)
- [11] 刘桂梅.南方春大豆品质性状间及其与产量和地理因素的相关分析[J].中国油料,1990(4):43-45. (Liu G M. Analysis of quality traits with production and geographical factors relation in spring sowing-type soybeans [J]. China Oil Crops, 1990 (4): 43-45.)
- [12] 傅艳华.大豆蛋白质脂肪含量与其它农艺性状关系的遗传研究[J].吉林农业大学学报,1988,10(2):59-60. (Fu Y H. Genetic research for relation between protein, oil content and other agronomic characters [J]. Acta Agriculturae Universitatis Jilinensis, 1988, 10(2):59-60.)
- [13] 陈恒鹤,尹丽华,王大秋,等.大豆蛋白质及脂肪含量的遗传和选择效果研究-III.早期世代的变异与遗传进度[J].大豆科学,1991,10(1):1-9. (Chen H H, Yin L H, Wang D Q, et al. Studies on inheritance and selection effect of protein and oil content in soybean III. Variability and genetic advance in early generations [J]. Soybean Science, 1991, 10(1):1-9.)