

山东夏大豆品种的脂肪品质及其遗传改良途径分析^{*}

徐 冉 张礼凤 王彩洁 李星华 李 伟 戴海英

(山东省农业科学院作物研究所, 济南 250100)

摘要 大豆[*Glycine max* (L) Merrill] 脂肪品质的优劣取决于不同脂肪酸在脂肪中所占的比例。为了解山东省夏大豆品种脂肪品质, 探讨大豆脂肪品质的改良途径, 本研究对 727 份山东省夏大豆品种的粗脂肪含量、5 种脂肪酸含量及主要农艺性状之间的相互关系进行了分析。结果表明: 山东夏大豆品种的粗脂肪和脂肪酸含量存在较大差异。粗脂肪含量为 13.9%~24.0%, 其中硬脂酸占脂肪总量的 1.6%~5.5%, 平均 3.3%; 软脂酸为 7.1%~14.5%, 平均 12.1%; 油酸为 14.2%~34.4%, 平均 21.6%; 亚油酸为 43.9%~61.4%, 平均 54.3%; 亚麻酸为 4.9%~13.6%, 平均 8.7%。通过品种选育和遗传改良可获得不饱和脂肪酸和必需脂肪酸含量高的品种。各种脂肪酸之间存在不同程度的相关性, 相关系数为 -0.859^{**} ~ 0.417^{**} , 利用其相关性可以有效改善大豆脂肪中不同脂肪酸的比例, 提高大豆脂肪品质。脂肪酸与生育日数、株高、百粒重之间也存在不同程度的相关性, 相关系数为 -0.295^{**} ~ 0.402^{**} 。利用这些相关性, 通过农艺性状可间接选择必需脂肪酸和不饱和脂肪酸含量高的品种, 改良大豆的脂肪品质。

关键词 山东; 夏大豆; 脂肪品质; 脂肪酸; 遗传改良

中图分类号 S 565.1; S 324 **文献标识码** A **文章编号** 1000-9841(2006)04-0385-05

大豆[*Glycine max* (L) Merrill] 是人类植物脂肪的重要来源。大豆产量占世界含油植物种子产量的 54.1%。大豆油占 14 种主要油料作物产油总量的 25.1%, 居食用油首位^[1]。大豆脂肪主要含有硬脂酸、软脂酸、油酸、亚油酸和亚麻酸等脂肪酸, 其品质的优劣主要取决于这些脂肪酸所占的比例。脂肪酸可分为饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸与多不饱和脂肪酸三大类。硬脂酸和软脂酸为饱和脂肪酸, 油酸为单不饱和脂肪酸, 亚油酸和亚麻酸为多不饱和脂肪酸。对人体而言各种脂肪酸都具有重要的生理功能。但是, 饱和脂肪酸含量高会导致血胆固醇浓度上升; 不饱和脂肪酸可预防冠心病和中风等心脑血管疾病^[2]。Menendez 等研究表明, 油酸可降低乳腺癌细胞 ERBB2 基因的表达^[3]; 多不饱和脂肪酸二十二碳六烯酸 (Docosahexaenoic acid), 简称 DHA, 能降低乳腺癌细胞 Her-2 基因的表达^[4]。衡量脂肪营养价值高低的标准之一是必需脂肪酸 (Essential Fatty Acid, 简称 EFA) 含量的多少。必需

脂肪酸是指机体生理所必需的, 体内又不能合成, 必需由食物供给的多不饱和脂肪酸。亚油酸为必需脂肪酸, 是组织细胞的组成成份, 特别是参与线粒体及细胞膜磷脂的合成。亚油酸缺乏可以导致线粒体肿胀, 细胞膜结构、功能改变, 膜透性、脆性增加, 出现湿疹等。亚油酸缺乏还会使胆固醇转运受阻, 不能进行正常代谢, 在体内沉积, 导致疾病。亚油酸还能阻止动脉粥样硬化, 降低血脂和血清胆固醇的含量, 阻止血液的不正常凝固, 软化血管、扩张动脉, 增大血液循环, 因而对高血压、冠心病等心血管疾病有较好的疗效^[5]。可见, 提高大豆脂肪中必需脂肪酸与不饱和脂肪酸含量, 对改善大豆脂肪品质和增强人们体质都具有十分重要的意义。改善大豆脂肪品质的主要措施是选育必需脂肪酸和不饱和脂肪酸含量高或脂肪酸比例适当的大豆品种^[6-8]。本研究对 727 份山东夏大豆选育品种和地方品种的粗脂肪含量、5 种主要脂肪酸含量及主要农艺性状 (生育日数、株高、百粒重) 之间的相互关系等进行了分析, 可

^{*} 收稿日期: 2006-04-24

基金项目: “十五”国家科技攻关项目 (2004BA525B06)

作者简介: 徐冉 (1967-), 男, 副研究员, 主要从事大豆遗传育种研究。Tel: 0531-83179348, E-mail: zwsdds@saas.ac.cn.

望为大豆脂肪品质改良研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

以 727 份山东夏大豆选育品种和地方品种为对象,测定其粗脂肪含量及硬脂酸、软脂酸、油酸、亚油酸和亚麻酸等在脂肪中的含量,并调查其生育日数、株高、百粒重等主要农艺性状。脂肪和脂肪酸含量均以干基计算。所测品种占山东夏大豆品种资源总数的 61 %左右。

1.2 方法

1.2.1 测定方法

粗脂肪含量以残余法 GB2906-82 测定,脂肪酸含量以气相色谱法测定。

1.2.2 数据处理方法

用 SPSS (Statistics Package for Social Science)统计分析软件分析粗脂肪、硬脂酸、软脂酸、油酸、亚油酸和亚麻酸含量之间的相互关系,及其含量与生育日数、株高、百粒重等主要农艺性状之间的关系。

2 结果与分析

2.1 山东夏大豆品种的脂肪及脂肪酸含量

山东夏大豆品种,粗脂肪含量为 13.9 % ~ 24.0 %,平均 18.2 %,最高值是最低值的 1.73 倍。在大豆脂肪中,硬脂酸所占比例为 1.6 % ~ 5.5 %,平均 3.3 %,最高值是最低值的 3.44 倍;软脂酸为 7.1 % ~ 14.5 %,平均 12.1 %,最高值是最低值的 2.04 倍;油酸为 14.2 % ~ 34.4 %,平均 21.6 %,最高值是最低值的 2.42 倍;亚油酸为 43.9 % ~ 61.4 %,平均 54.3 %,最高值是最低值的 1.40 倍;亚麻酸为 4.9 % ~ 13.6 %,平均 8.7 %,最高值是最低值的 2.78 倍。大豆脂肪中饱和脂肪酸含量平均为 15.4 %,不饱和脂肪酸含量平均达 84.6 %,其中油酸含量为 21.6 %。亚油酸含量高达 54.31 % (表 1)。据宋俊梅等报道,大豆脂肪中饱和脂肪酸的平均含量为 15.4 % 左右,其中硬脂酸 3.9 %,软脂酸 10.7 %;不饱和脂肪酸的平均含量为 84.6 %,其中油酸 22.8 %,亚油酸 50.8 %,亚麻酸 6.8 %^[5]。由

表 1 山东夏大豆品种的脂肪及脂肪酸含量

Table 1 Fat content and fatty acids percentages in seed oil of summer soybean cultivars in Shandong province

	粗脂肪 (%)	硬脂酸 (%)	软脂酸 (%)	油酸 (%)	亚油酸 (%)	亚麻酸 (%)
	Fat	Stearic acid	Palmitic acid	Oleic acid	Linoleic acid	Linolenic acid
最大值 Max	24.0	5.5	14.5	34.4	61.4	13.6
最小值 Min	13.9	1.6	7.1	14.2	43.9	4.9
平均值 Mean	18.2	3.3	12.1	21.6	54.3	8.7

此可见,山东夏大豆品种的脂肪应属于优质脂肪;同时大豆品种间粗脂肪和各种脂肪酸的含量存在较大差异,通过品种选育可获得必需脂肪酸及不饱和脂肪酸含量高的品种,以进一步改善大豆脂肪品质。

2.2 脂肪及脂肪酸之间的相关关系

由表 2 可见,大豆品种的粗脂肪含量与硬脂酸、油酸之间存在显著的正相关关系,其相关系数分别为 0.327 ** 和 0.236 **;与软脂酸、亚油酸、亚麻酸之间存在显著的负相关关系,相关系数分别为 -0.161 **, -0.105 ** 和 -0.525 **。可见大豆粗脂肪含量主要受亚麻酸、油酸和硬脂酸等三种脂肪酸的影响,随着亚麻酸所占比例的增加大豆粗脂肪含量降低;随着油酸、硬脂酸所占比例的增加大豆粗脂肪含量升高。

脂肪酸之间也存在不同程度的相关关系。油酸与硬脂酸之间存在显著的正相关关系,相关系数为 0.292 **;与亚油酸、亚麻酸、软脂酸之间存在显著

的负相关关系,相关系数分别为 -0.859 **, -0.708 ** 和 -0.145 **。可见油酸含量受亚油酸、亚麻酸影响较大,随着亚油酸、亚麻酸含量增加,油酸含量降低。亚油酸与亚麻酸之间存在显著的正相关关系,相关系数为 0.417 **;与油酸、硬脂酸、软脂酸之间存在显著的负相关关系,相关系数分别为 -0.859 **, -0.325 ** 和 -0.181 **。影响亚油酸含量的主要是油酸、亚麻酸和硬脂酸含量,随着亚麻酸含量增加亚油酸含量增加,随着油酸、硬脂酸含量增加亚油酸含量降低。亚麻酸与亚油酸之间存在显著的正相关关系,相关系数为 0.417 **;与油酸、硬脂酸之间存在显著的负相关关系,相关系数分别为 -0.708 ** 和 -0.533 **;与软脂酸之间的相关程度较弱。综上所述,提高大豆脂肪中油酸含量,可通过降低亚油酸和亚麻酸含量来实现;提高亚油酸含量,可通过降低油酸与硬脂酸含量和提高亚麻酸含量来实现。

表 2 山东夏大豆脂肪及脂肪酸之间的 Pearson 相关系数

Table 2 Pearson correlation coefficient of fat and fatty acids percentages of summer soybean in Shandong province					
	粗脂肪	硬脂酸	软脂酸	油酸	亚油酸
	Fat	Stearic acid	Palmitic acid	Oleic acid	Linolenic acid
粗脂肪 Fat					
硬脂酸 Stearic acid	0.236 **				
软脂酸 Palmitic acid	-0.161 **	0.005			
油酸 Oleic acid	0.327 **	0.292 **	-0.145 **		
亚油酸 Linolenic acid	-0.105 **	-0.325 **	-0.181 **	-0.859 **	
亚麻酸 Linolenic acid	-0.525 **	-0.533 **	0.052	-0.708 **	0.417 **

Note: * Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed). ** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

2.3 脂肪及脂肪酸含量与主要农艺性状的关系

大豆的脂肪及其组成脂肪酸含量是需要经过检测才可知的性状,在实际的育种研究工作中有一定的操作难度。徐豹(1984)研究表明野生大豆的百粒重与脂肪酸存在相关关系^[9]。GJ Rebetzke (1998)等研究表明大豆种质资源 N87-2122-4 的软脂酸含量与产量性状和籽粒性状存在相关关系^[6]。通过观察调查一些直观的农艺性状间接判断脂肪及脂肪酸的含量,可提高育种效率,降低大豆育种研究成本。由表 3 得出,粗脂肪含量与品种的百粒重之间存在显著的正相关关系,相关系数为 0.402 **;与株高、生育日数之间存在显著的负相关关系,相关系数为-0.249 **、-0.190 **,所以选育百粒重大、株高低、生育日数少的大豆品种可有效提高粗脂肪含量。不同脂肪酸与生育日数、株高、百粒重的相关关系不同。油酸含量与这些农艺性状的相关关系较强,其中与百粒重之间存在显著的正相关关系,相关系数为 0.296 **;与株高、生育日数之间存在显著的负相关关系,相关系数分别为-0.239 **和

-0.195 **。选育百粒重大、株高低的品种可有效提高油酸含量。亚油酸含量与生育日数、株高之间存在显著的正相关关系,相关系数分别为 0.185 **、0.106 **;与百粒重之间存在显著的负相关关系,相关系数为-0.152 **。亚麻酸与株高之间的正相关关系最强,相关系数为 0.309 **;与百粒重之间存在显著的负相关关系,相关系数为-0.295 **;与生育日数之间的相关系数为 0.157 **。选育株高低、百粒重大的品种可有效降低亚麻酸含量。软脂酸与生育日数、百粒重之间存在显著的负相关关系,相关系数为-0.133 **和-0.194 **;与株高存在显著的正相关关系,相关系数为 0.106 **。硬脂酸含量与生育日数、株高、百粒重之间的相关关系均较弱,相关系数分别为 0.058、-0.093 *和 0.077 *。可见硬脂酸含量不易受生育日数、株高、百粒重等因素影响。综上所述,在大豆脂肪品质育种中,可采用农艺性状间接选择的方法,选育油酸和亚油酸含量高、软脂酸和亚麻酸含量低的优质材料。

表 3 脂肪及脂肪酸含量与主要农艺性状间的 Pearson 相关系数

Table 3 Pearson correlation of fat fatty acids and main agronomic characteristics in summer soybean						
	粗脂肪	硬脂酸	软脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸
	Fat	Stearic acid	Palmitic acid	Oleic acid	Linolenic acid	Linolenic acid
生育日数 Growth period	-0.190 **	0.058	-0.133 **	-0.195 **	0.185 **	0.157 **
株高 Plant height	-0.249 **	-0.093 *	0.106 **	-0.239 **	0.106 **	0.309 **
百粒重 100 seed weight	0.402 **	0.077 *	-0.194 **	0.296 **	-0.152 **	-0.295 **

3 讨论

3.1 从总体来看,山东大豆品种的脂肪为优质脂肪,饱和脂肪酸含量平均为 15.4%,不饱和脂肪酸含量平均达 84.6%,其中单元不饱和脂肪酸油酸为 21.6%,必需脂肪酸亚油酸高达 54.31%,极适于人类健康食用和调配优质食用油。

3.2 大豆品种间脂肪酸含量存在较大差异,通过品种选育和遗传改良可获得不饱和脂肪酸和必需脂肪酸含量高的品种,以进一步改善大豆脂肪品质。

3.3 不同脂肪酸之间存在不同程度的相关关系,相关系数为-0.859 **~0.417 **。利用这些相关关系可以有效改善不同脂肪酸的比例,提高必需脂肪酸及不饱和脂肪酸的含量。如可以通过降低亚麻酸含量来提高油酸含量;通过降低硬脂酸含量和提高

亚麻酸含量来提高亚油酸含量。

3.4 脂肪酸与生育日数、株高、百粒重等农艺性状之间也存在不同程度的相关关系, 相关系数为 $-0.295^{**} \sim 0.402^{**}$ 。利用这些相关关系, 可以通过农艺性状间接选择必需脂肪酸和不饱和脂肪酸含量高的品种, 改良大豆的脂肪品质。如选育株高低、百粒重大的材料来提高油酸含量, 选育生育期长、百粒重小的材料来提高亚油酸含量, 选育株高高、百粒重小的材料来提高亚麻酸含量, 选育生育期长、百粒重大的材料来降低软脂酸含量等。

参 考 文 献

1 王连铮, 傅玉清, 赵荣娟, 等. 黄淮海地区大豆育种的研究[J]. 大豆科学, 2001, 20(4): 166~269.
2 Hirayasu Is, Shinichi Sato, Kazuko Koike, et al. Linoleic acid, other fatty acid, and the risk of stroke[J]. stroke, 2002, 33: 2086—2093.
3 Menendez JA, Vellon L, Colomer R, et al. Oleic acid, the main monounsaturated fatty acid of olive oil, suppresses Her-2/neu (erbB-2) expression and synergistically enhances the growth in-

hibitory effects of trastuzumab (Herceptin) breast cancer cells with Her-2/neu oncogene amplification[J]. Annual Oncology, 2005, 16(3): 359—371.
4 Menendez JA, Lupu R, Colomer R. Exogenous supplementation with omega-3 polyunsaturated fatty acid docosahexaenoic acid (DHA; 22: 6n-3) synergistically enhances taxane cytotoxicity and downregulates Her-2/neu oncogene expression in human breast cancer cells[J]. Eur J Cancer Prev., 2005, 14 (3): 263—270.
5 宋俊梅, 鞠洪荣. 新编大豆食品加工技术[M]. 济南: 山东大学出版社, 2002. 4—7.
6 GJ Rebetzke, JW Burton, TE Carter, et al. Changes in agronomic and seed characteristics with selection for reduced palmitic acid content in soybean [J]. Crop Science, 1998, 38(2): 297—302.
7 Wilson, R. F.. Progress in the selection for altered fatty acid composition in soybean [J]. Crop Science, 1981, 21: 788—791.
8 Burton, J. W.. Recurrent selection on soybeans IV. Selection for increased oleic acid percentage in seed oil [J]. Crop Science, 1983, 23: 744—747.
9 徐豹. 野生大豆脂肪酸组分的初步研究[J]. 吉林农业科学, 1984 (2): 92.

ANALYSIS ON THE QUALITY AND GENETIC IMPROVEMENT OF FAT
IN SUMMER SOYBEAN CULTIVARS OF SHANDONG PROVINCE

Xu Ran Zhang Lifeng Wang Caijie Li Xinghua Li Wei Da Haiying

(Crops Institute, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100)

Abstract Soybean [*Glycine max* (L) Merrill] is an important source of fat. It is known that the quality of fat lies on the percentages of different kinds of fatty acids in fat. Development of soybean cultivars with low saturated fatty acid content and high unsaturated fatty acid content is an important goal of soybean breeder. In order to get more information of fatty quality and improve the quality of summer soybean fat in Shandong province, the percentage of fat and 5 kinds of fatty acid of 727 summer soybean cultivars were measured, the Pearson correlations of fat, fatty acids and main agronomic characteristics were analyzed. The results showed that there were great difference among the cultivars, the percentages of fat were ranged from 13.9% to 24.0%, the mean of the percentage was 18.2%; the percentage of stearic acid in seed oil ranged from 1.6% to 5.5%, the mean was 3.3%; palmitic acid was ranged from 7.1% to 14.5%, the mean was 12.1%; oleic acid was ranged from 14.2% to 34.4%, the mean was 21.6%; linoleic acid was ranged from 43.9% to 61.4%, the mean was 54.3%; linolenic acid was ranged from 4.9% to 13.6%, the mean was 8.7%. And there were significant correlations between fat, fatty acids and agronomic characteristics. The Pearson correlation coefficient between fat and stearic acid was 0.327^{**} , and palmitic acid was -0.161^{**} , and oleic acid was 0.236^{**} , and linoleic acid was -0.105^{**} , and linolenic acid was -0.525^{**} . The correlation coefficient between oleic acid and stearic acid, palmitic acid, linoleic acid, and linolenic acid were 0.292^{**} , -0.145^{**} , -0.859^{**} , and -0.708^{**} . The correlation coefficient be-

tween linoleic acid and stearic acid, palmitic acid, and linolenic acid were -0.325^{**} , -0.181^{**} and 0.417^{**} . The correlation coefficient between fatty acid and Growth Period (d) ranged from -0.195^{**} to 0.185^{**} , between stearic acid and Growth Period was 0.058 , and palmitic acid was -0.133^{**} , and oleic acid was -0.195^{**} , and linoleic acid was 0.185^{**} , and linolenic acid was 0.157^{**} ; the correlation coefficient between Plant height (cm) and fat, stearic acid, palmitic acid, oleic acid, linoleic acid, and linolenic acid were -0.249^{**} , -0.093^{*} , 0.106^{**} , -0.239^{**} , 0.106^{**} , and 0.309^{**} ; the correlation coefficient between 100-seed weight (g) and fat, stearic acid, palmitic acid, oleic acid, linoleic acid, and linolenic acid were 0.402^{**} , 0.077^{*} , -0.194^{**} , 0.296^{**} , -0.152^{**} , and -0.295^{**} . The results suggested that soybean cultivars with quality fat could be gotten by cultivar breeding; the quality of soybean fat could be improved by means of the correlations between different fatty acids, and the correlations between fatty acids and agronomic characteristics.

Key words Shandong; Summer soybean; Fat quality; Fatty acid; Improvement

(上接 384 页)

APPLICATION OF PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS ON EVALUATION THE DROUGHT-RESISTANCE OF SOYBEAN GENOTYPES

Pan Xiangwen^{1, 2} Li Wenbin¹ Li Yanhua² Wang Guodong² Wang Guanghua² Jin Jian²

(1. Key Lab. of Education Department For Soybean Biology, Northeast Agricultural University, Harbin 150030; 2. Key Lab. of Heilongjiang Province for Black Soil Ecology, Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, CAS, Harbin 150040)

Abstract Drought resistance of 202 soybean materials was evaluated by using the method of principal component analysis according to relative drought resistance coefficient of 10 indexes at harvest stage. The results showed that there were broad genetic variations in drought resistance for soybean materials included and these materials were divided into 5 different grades of drought resistance based on the comprehensive evaluation index from principal component analysis. Further research indicated that plant grain weight, percentages of one-grain pod and three-grain pod under drought treatment and their relative coefficients of drought-resistance correlated tightly with drought resistance of soybean germplasm and might be used as effective assessment indexes for drought resistance of soybean. Among them, relative plant grain weight and relative percentage of three-grain pod increased with enhancement of drought resistance, for relative percentage of one-grain pod in reverse. It was also indicated that soybean germplasm with good drought resistance performed comparatively badly in yield and soybean germplasm sensitive to drought treatment exerted well in yield, implying that there did not exist corresponding relationship between drought resistance and yield in soybean, and soybean germplasm with different drought resistance should be utilized discriminatively in breeding.

Key words Soybean; Evaluation of drought-resistance; Principal component analysis