

多环境大豆种质资源脂肪酸组分评价及其与农艺性状的相关分析

赵雪, 杜雪, 孙晶, 吴瑶, 曹广禄, 韩英鹏, 李文滨, 张彬彬

(东北农业大学大豆生物学教育部重点实验室, 东北农业大学农业部东北大豆生物学与遗传育种重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要:对哈尔滨、三亚和南宁3个不同地点种植的150份东北地区栽培大豆代表品种(系)的脂肪酸组分及总油分含量进行评价,系统地分析了脂肪酸组分、总油分含量及其与农艺性状的相关性,探讨不同生长环境对脂肪酸组分和总油分积累的影响。结果表明:饱和及不饱和脂肪酸组分的表型均受到环境影响,不饱和脂肪酸的3种组分受环境影响更为明显,油分总量在三个地点间表现较为稳定;在3个不同地点油酸与亚油酸、亚麻酸、棕榈酸均呈极显著负相关;三亚与南宁的大豆种质脂肪酸组分,亚油酸与亚麻酸均呈极显著正相关,而其他性状在不同地点的相关性差异较大;单株荚数与油酸呈极显著负相关,与亚油酸、亚麻酸呈显著正相关,脂肪酸组分与其他农艺性状间相关性均未达到显著水平。

关键词:大豆;不同地点;脂肪酸含量;农艺性状;相关性分析

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

DOI:10.11861/j.issn.1000-9841.2014.03.0353

Relation Analysis of the Fatty Acid Component Content of Soybean Germplasm and Agronomic Trait

ZHAO Xue, DU Xue, SUN Jing, WU Yao, CAO Guang-lu, HAN Ying-peng, LI Wen-bin, ZHANG Bin-bin

(Key Laboratory of Soybean Biology in Chinese Ministry of Education, Key Laboratory of Soybean Biology and Breeding/Genetics of Chinese Agriculture Ministry, northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: Optimization of soybean fatty acid is one of the most important breeding objectives. In this study, a total of 150 soybean germplasms from Northeastern China were planted in three tested sites including Harbin, Nanning and Sanya. The oil content and fatty acid component of the tested seeds were measured to investigate the relationship within oil content and five fatty acid and with main agronomic traits of soybean as well as the influence of different environments on soybean fatty acids. The results showed that the accumulations of saturated and unsaturated fatty acid, particularly the latter, were influenced by the environments. Oil content of soybean germplasms was relatively stable in the three tested sites. Oleic acid showed a highly significant negative correlation with linoleic acid, palmitic acid and linolenic acid in all the three tested sites. Variation coefficient of various fatty acids was different, of them, that of linolenic acid and stearic acid were higher, linoleic acid variation coefficient is lower. Variation coefficient among different environment was small. The correlation analysis showed oleic acid and linoleic acid, linolenic acid, palmitic acid showed a significant negative correlation in three environments, and the linoleic and linolenic acid content was significantly positively correlated. Oil and oleic acid was significantly positively correlated with linolenic acid, and it was significantly negatively correlated.

Key words: Soybean; Different sites; Fatty acid; Agronomic trait; Correlation analysis

油脂是由脂肪酸和甘油组成,其中脂肪酸的含量超过总量的90%^[1]。栽培大豆[*Glycine max* (L.) Merr.]中的油脂含量约占干重的15%~20%,含有丰富的不饱和脂肪酸,在人体中消化吸收率高达98%,因此大豆油是一种营养价值很高的优良食用油^[2-3]。

各种脂肪酸具有不同的化学特性和生理功能。饱和脂肪酸能量低,不易消化吸收,过多食用会引起心血管疾病,对健康不利;不饱和脂肪酸为人体

必需脂肪酸,具有软化血管、降低血压及胆固醇的功能,在人体新陈代谢中具有重要的生理功能,有益于健康^[2-3]。大豆因其脂肪酸组成不同而品质各异,研究油脂的脂肪酸组成是评价大豆品质的一个重要内容。

在实际育种工作中,充分利用脂肪酸各组分及各农艺性状间的相关性分析,可为有效繁育优良的大豆品种提供依据。有关大豆油脂脂肪酸含量与主要农艺性状的相关分析,国内外学者已经做了一

收稿日期:2014-02-03

基金项目:国家重点基础研究发展计划“973计划”前期项目(2012CB126311);国家自然科学基金(31201227, 31301339);国家“十二五”科技支撑计划(2011BAD35B06-1);现代农业产业技术体系项目(CARS-04-PS04);中国博士后项目(20110491024);黑龙江省博士后项目(LBH11220, LBH-TZ1210, LBH-Z12047);黑龙江省教育厅骨干教师资助项目(1252G014);黑龙江省教育厅新世纪项目优秀人才项目资助(1253-NCET-005);黑龙江省教育厅项目(10531012, 12541049);教育部博士点项目(20122325120012);东北农业大学博士后启动金项目(2012RCB11, 2012RCB40)。

第一作者简介:赵雪(1983-),女,博士,助理研究员,主要从事分子辅助育种研究。E-mail:zhaoxue_s@163.com。

通讯作者:张彬彬(1977-),女,博士,副教授,主要从事植物生物技术研究。E-mail:bbzhang77@126.com。

些研究,但由于供试材料以及方法等各方面的限制,试验结果不尽相同^[4-6]。

本研究以哈尔滨、三亚、南宁 3 个不同生态条件下生长的 150 份东北地区栽培大豆代表品种(系)的种质资源为材料,对其脂肪酸组分含量及其与农艺性状的相关性进行了分析,为大豆品质育种工作的进一步开展提供有价值的参考。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验以东北地区栽培大豆 150 份代表品种(系)为材料,于黑龙江哈尔滨市(N45.44°, E126.36°),广西南宁市(N22.48°, E108.19°),海南三亚市(N18.14°, E109.31°)3 个地点进行。采用完全随机设计,垄宽 50 cm,株距 6 cm,每地点设置 3 次重复,哈尔滨市 5 月 7 日播种,10 月 4 日收获,南宁市 3 月 12 日,播种 7 月 1 日收获,三亚市 11 月 15 日播种,3 月 7 日收获,田间管理同一般大田。

1.2 测定项目与方法

脂肪酸测定参考李文滨等^[5]的方法。大豆粗油分测定采用近红外谷物分析仪进行^[7]。针对哈尔滨试验点,随机抽取每个品种每个重复的 5 株大豆植株,调查株高、主茎节数、分支数、单株荚数、单株粒数、单株粒重和百粒重 7 个主要农艺性状,取 5 株的平均值。

1.3 数据分析

采用 SAS 8.2 软件进行数据处理和显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同地点大豆种质资源总油分和脂肪酸组分的分析及变异比较

利用气相色谱法对 3 个地点的种质资源脂肪酸组分进行测定,结果表明各地点样本均呈现清晰的 5 个主峰,依保留时间先后,出峰顺序为棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸和亚麻酸,5 种脂肪酸占大豆出峰物质的 99% 以上。从整体看,棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸和亚麻酸的出峰时间分别在 3.6, 5.6, 5.9, 6.7 和 7.92 min 左右,3 个地点的供试材料共 450 次色谱分析出峰时间基本一致,且峰型稳定,图 1 为代表材料气象色谱峰型图示。

东北地区栽培大豆代表品种(系)在不同试验地点的总油分和脂肪酸组分含量及变异幅度见表 1。大豆总油分含量均值差异不大,变异系数由高纬度到低纬度呈降低的趋势,说明高纬度试验点种质

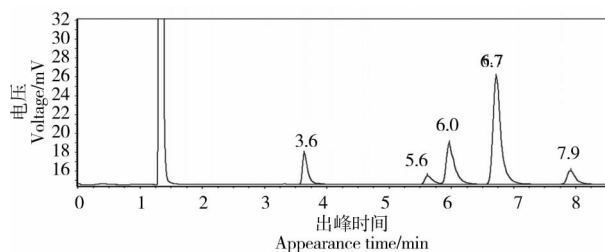


图 1 大豆脂肪酸测定气相色谱峰面积图

Fig. 1 Soybean fatty acid peak from gas chromatography

资源油分总量变异相对广泛。从各地点大豆种质脂肪酸组分相对百分含量可以发现 5 种主要脂肪酸组分由高到低依次为亚油酸、油酸、棕榈酸、亚麻酸和硬脂酸,该趋势在不同地点间保持不变。比较 3 个试验地点各脂肪酸组分均值可以发现,哈尔滨、南宁和三亚的不饱和脂肪酸总量依次为 15.58%, 15.78% 和 15.93%, 饱和脂肪酸总量依次为 84.33%、84.23% 和 84.08%, 基本不存在地点间的差异。而在饱和与不饱和脂肪酸组分内部存在地域间的规律性差异,就饱和脂肪酸而言,低纬度地区(三亚和南宁)种植的大豆材料硬脂酸均值高于高纬度地区(哈尔滨),而棕榈酸含量低于高纬度地区。对于饱和脂肪酸的各组分,低纬度地区油酸含量相对较高,而高纬度地区则是亚油酸含量相对较高,亚麻酸呈现不规则变化。从变异范围来看,饱和脂肪酸中的棕榈酸和硬脂酸在高低纬度间不存在显著差异,而饱和脂肪酸中油酸和亚油酸含量在三亚和南宁两地的变异范围较哈尔滨广泛,南宁试验点亚麻酸含量最低,且变异系数最低。通过相同地点内部各组分变异比较发现,哈尔滨以硬脂酸的变异系数最高(23.22%),其次为亚麻酸(17.47%)、油酸(13.72%)和棕榈酸(9.06%),变异系数最低的为亚油酸(5.05%);三亚以油酸的变异系数最高(24.61%),其次为硬脂酸(20%)、亚麻酸(15.59%)和棕榈酸(10.13%),最低的为亚油酸(8.94%);南宁与三亚类似,油酸变异系数最高(22.30%),其次硬脂酸(16%)、亚麻酸(15.75%)和亚油酸(14.88%),最低为棕榈酸(8.22%),说明硬脂酸在高纬度地区变异广泛,而油酸在低纬度地区变异更为广泛,南宁试验点相对于三亚和哈尔滨对形成低亚麻酸组分有利;饱和及不饱和脂肪酸组分的表型均受到环境影响,影响更为明显的为不饱和脂肪酸的 3 种组分,油分总量在 3 个地点间表现较为稳定,与内部各组分相比,整体变异程度较低。

表 1 不同地点大豆脂肪酸组分含量及变异分析

Table 1 Variation of content of fatty acids in different soybean varieties(%)

地点	脂肪酸	均值	标准偏差	变异系数	最小值	最大值
Location	Fatty acid	Means	SD	CV/%	Minimum	Maximum
哈尔滨	棕榈酸 Palmitic acid	11.92	1.08	9.06	9.51	18.79
	硬脂酸 Stearic acid	3.66	0.85	23.22	1.17	6.12
	油酸 Oleic acid	21.72	2.98	13.72	10.96	29.91
	亚油酸 Linoleic acid	54.87	2.77	5.05	47.08	62.48
	亚麻酸 Linolenic acid	7.84	1.37	17.47	4.40	12.91
	油份 Oil	21.88	1.09	5.19	17.00	23.10
三亚	棕榈酸 Palmitic acid	13.13	1.33	10.13	10.34	17.78
	硬脂酸 Stearic acid	2.80	0.56	20.00	1.76	5.89
	油酸 Oleic acid	24.30	5.98	24.61	15.88	48.74
	亚油酸 Linoleic acid	50.99	4.56	8.94	32.33	58.40
	亚麻酸 Linolenic acid	8.79	1.37	15.59	3.63	12.35
	油份 Oil	21.25	0.84	3.96	18.00	23.03
南宁	棕榈酸 Palmitic acid	12.28	1.01	8.22	10.32	17.00
	硬脂酸 Stearic acid	3.50	0.56	16.00	2.20	5.36
	油酸 Oleic acid	34.93	7.79	22.3	19.57	61.91
	亚油酸 Linoleic acid	44.41	6.61	14.88	21.41	56.54
	亚麻酸 Linolenic acid	4.89	0.77	15.75	2.77	6.91
	油份 Oil	21.20	0.99	4.44	18.35	24.30

2.2 大豆脂肪酸组分相关分析

如表 2 所示,在 3 个不同地点油酸与亚油酸、亚麻酸、棕榈酸均呈极显著负相关;在三亚与南宁,大豆种质脂肪酸组分,亚油酸与亚麻酸均呈极显著正相关,以上性状在不同地点的相关关系比较稳定,说明其积累可能受到相同的遗传基础控制,而其它性状在不同地点的相关性差异较大,在哈尔滨试验

点总油分含量与油酸呈极显著正相关,与亚油酸呈极显著负相关,而在三亚和海南试验点则与亚油酸呈显著和极显著正相关关系,说明油酸或亚油酸作为构成总油分的主要因素在不同环境下分别起重要作用,同时说明这两个组分的积累受环境因素影响较大。

表 2 不同地点大豆脂肪酸组分及总油分间的相关性分析

Table 2 Correlation analysis on components of soybean fatty acids at different tested locations

地点	脂肪酸	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸	油份
Location	Fatty acid	Palmitic acid	Stearic acid	Oleic acid	Linoleic acid	Linolenic acid	Oil
哈尔滨	棕榈酸 Palmitic acid	1	-0.1204	-0.2840 **	0.0155	-0.1285	0.0654
	硬脂酸 Stearic acid		1	0.3741 **	-0.5614 **	-0.2026 *	0.0507
	油酸 Oleic acid			1	-0.8398 **	-0.4876 **	0.2882 **
	亚油酸 Linoleic acid				1	0.1427	-0.2640 **
	亚麻酸 Linolenic acid					1	-0.1824
	油份 Oil						1
三亚	棕榈酸 Palmitic acid	1	0.1645	-0.5329 **	0.3273 **	0.2019 *	0.0929
	硬脂酸 Stearic acid		1	-0.1552	0.0535	-0.06808	0.1208
	油酸 Oleic acid			1	-0.9488 **	-0.6304 **	-0.1697
	亚油酸 Linoleic acid				1	0.4768 **	0.2383 *
	亚麻酸 Linolenic acid					1	-0.1948
	油份 Oil						1

续表 2

地点	脂肪酸	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸	油份
Location	Fatty acid	Palmitic acid	Stearic acid	Oleic acid	Linoleic acid	Linolenic acid	Oil
南宁	棕榈酸 Palmitic acid	1	0.2853 **	-0.5686 **	0.4380 **	0.4700 **	0.0130
Nanning	硬脂酸 Stearic acid		1	-0.3259 **	0.2262 *	0.2494 *	0.1142
	油酸 Oleic acid			1	-0.9823 **	-0.6944 **	-0.2569 *
	亚油酸 Linoleic acid				1	0.6083 **	0.2832 **
	亚麻酸 Linolenic acid					1	0.0689
	油份 Oil						1

* 和 ** 分别代表在 0.05 和 0.01 水平显著相关。下同。
* and ** represents correlation at 0.05 and 0.01 level. The same below.

2.3 大豆脂肪酸组分与主要农艺性状的相关分析

本研究对哈尔滨地点的农艺性状与脂肪酸组分的相关关系进行分析发现,单株荚数与油酸呈极

显著负相关,与亚油酸、亚麻酸呈显著正相关,脂肪酸组分与其他农艺性状间相关性均未达到显著水平,说明脂肪酸组分与主要农艺性状的相互作用效应较小。

表 3 脂肪酸与主要农艺性状的相关性
Table 3 The correlation of fatty acids and agronomic traits

	棕榈酸 Palmitic acid	硬脂酸 Stearic acid	油酸 Oleic acid	亚油酸 Linoleic acid	亚麻酸 Linolenic acid
株高 Plant height	-0.0365	0.0467	-0.1527	0.0766	0.1810
主茎节数 Nod number	0.0287	0.0193	-0.1035	0.0690	0.0541
分支数 Branch number	-0.1303	0.0207	-0.1580	0.1212	0.1944
单株荚数 Pod number per plant	-0.0619	0.0032	-0.2863 **	0.2171 *	0.2410 *
单株粒数 Seed number per plant	-0.0385	0.0676	-0.1738	0.1111	0.1470
单株粒重 Seed weight per plant	0.0016	0.0566	-0.1250	0.0811	0.0751
百粒重 100-seed weight	0.0428	0.0031	-0.1242	0.0368	0.1624

3 结论与讨论

大豆不饱和脂肪酸组分的提高是大豆品质的改良的重要目标,尤其是不饱和脂肪酸中的多不饱和脂肪酸亚油酸是机体不能自行合成,需要体外摄入的营养物质。本研究对 3 个不同环境的大豆种质资源的评价发现哈尔滨试验点亚油酸含量均值最高,且变异系数远小于三亚和南宁试验点,说明高纬度地区环境对大豆种质资源的亚油酸含量遗传潜力发挥方面存在积极影响,表现在亚油酸组分的百分含量高和变异度低,具有较好的遗传稳定性;油酸含量在不同地点变异范围最广,遗传稳定性相对低,这与前人研究结果相类似^[8-14],因此对上述脂肪酸组分的改良应充分考虑环境的影响。

大豆不饱和脂肪酸中亚麻酸含有 3 个不饱和双

键,性质不稳定,容易导致脂肪酸变质,影响大豆油的贮藏品质,硬脂酸作为饱和脂肪酸不利于人体的吸收^[2-3],降低这两种组分在脂肪酸中的比例有利于优质大豆品种的培育。本研究发现供试材料亚麻酸和硬脂酸在 3 个地点的变异系数均较其他组分高,谢冬薇等^[15]在对杂交后代群体的脂肪酸研究中也得到类似结果,因此对上述组分的直接改良有相当的难度,可尝试通过提高其他不饱和脂肪酸组分的比重间接改良亚麻酸和硬脂酸的比例。

大豆脂肪酸组分之间的相关关系因环境不同而受到不同程度的影响。本研究发现 3 个不同地点油酸与亚油酸、亚麻酸均呈极显著负相关,与年海等^[6]和胡明祥等^[16]的研究结论相一致,而其他组分之间的相关性因试验地点的不同发生不同程度改变,如在三亚与南宁大豆种质脂肪酸组分中亚油酸

与亚麻酸均呈极显著正相关,在哈尔滨则相关性不显著。以上结果说明在不同生态条件下,亚麻酸、亚油酸及油酸之间的相关关系较稳定,在直接改良上述某组分的同时可实现对相关组分的间接改良。

前人研究发现大豆脂肪酸组分与百粒重之间存在显著相关的关系^[6,15],本研究发现上述相关关系未达到显著水平,前人研究多以遗传背景相对简单的杂交后代为评价对象,本试验针对遗传背景较为复杂的种质资源进行研究,可能导致结论上的差异;本研究发现单株荚数与油酸呈极显著负相关,与亚油酸和亚麻酸则表现为显著正相关关系,与前人研究结论一致^[6],在大豆脂肪酸组分改良的同时需要兼顾与之相关重要农艺性状的水平。

参考文献

- [1] 郑永战,盖钧镒,周瑞宝. 大豆脂肪及脂肪酸组分含量遗传分析[J]. 大豆科学,2007,26(6):801-806. (Zheng Y Z, Gai J Y, Zhou R B. Inheritance of fat and fatty acid composition contents in soybean[J]. Soybean Science, 2007, 26(6):801-806.)
- [2] 尹田夫. 大豆油脂脂肪酸改良与生化育种策略[J]. 大豆科学, 1988,7(1):75-79. (Yin T F. Improvement on fatty acid of oil lipid and strategy biochemistry breeding in soybean[J]. Soybean Science, 1988, 7(1):75-79.)
- [3] 李志香,沈翠平. 不饱和脂肪酸对人体的作用[J]. 生物学通报,1998,33(1):9-11. (Li Z X, Chen C P. The role of polyunsaturated fatty acids on human health[J]. Bulletin of Biology, 1998, 33(1):9-11.)
- [4] 徐杰,胡国华,张大勇. 大豆种子脂肪酸组分的研究进展[J]. 大豆科学,2005(1):61-65. (Xu J, Hu G H, Zhang D Y. Study advance on fatty acid composition of soybean[J]. Soybean Science, 2005(1):61-65.)
- [5] 李文滨,郑宇宏,韩英鹏. 大豆种质资源脂肪酸组分含量及品质性状的相关性分析[J]. 大豆科学,2008,27(5):740-745. (Li W B, Zheng Y H, Han Y P. Analysis of fatty acid composition and other quality traits in soybean varieties developed in Heilongjiang province[J]. Soybean Science, 2008, 27(5):740-745.)
- [6] 年海,王金陵,杨庆凯,等. 大豆脂肪酸与主要农艺和品质性状的相关分析[J]. 大豆科学,1996,15(3):213-221. (Nian H, Wang J L, Yang Q K, et al. Correlation analysis between fat acid and main chemical and agronomic traits[J]. Soybean Science, 1996, 15(3):213-221.)
- [7] 毛婷婷,姜振峰,李文滨. 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[J]. 大豆科学,2012,31(5):744-748. (Mao T T, Jiang Z F, Li W B. Path and correlation analysis between oil content and yield related traits of soybean in multi-genetic backgrounds and multi-environments[J]. Soybean Science, 2012, 31(5):744-748.)
- [8] 齐宁,郭泰,刘忠堂. 东北春大豆品种脂肪酸组成的分析[J]. 大豆通报,1997(5):6-7. (Qi N, Guo T, Liu Z T. Analysis of fatty acid composition of spring soybean varieties in Northeast China[J]. Soybean Bulletin, 1997(5):6-7.)
- [9] 吕景良,邵荣春,吴百灵,等. 东北地区大豆品种资源脂肪酸组成的分析研究[J]. 作物学报,1990(4):349-356. (Lyu J L, Shao R C, Wu B L, et al. Studies on the fatty acid composition of germplasm resources in Northeast China[J]. Acta Agronomica Sinica, 1990(4):349-356.)
- [10] 王颖. 甘肃省大豆种质资源脂肪酸组成及评价[J]. 甘肃科技, 2007(7):11-12. (Wang H. Evaluation of fatty acid composition of soybean germplasms in Gansu province[J]. Gansu Science and Technology, 2007(7):11-12.)
- [11] 陈霞. 黑龙江省主栽大豆品种脂肪、脂肪酸组分的测定及其相关性的分析[J]. 大豆科学,1996(1):91-95. (Chen X. Measurement and correlation study on fat and fatty acid composition of soybean varieties in Heilongjiang province[J]. Soybean Science, 1996(1):91-95.)
- [12] 张礼凤,李伟,王建成,等. 黄淮海地区大豆品种脂肪酸组成分及其变化规律[J]. 大豆科学,2008(5):755-759. (Zhang L F, Li W, Wang J C, et al. Fat content and composition of fatty acid of soybean cultivars in Huanghuaihai region of China[J]. Soybean Science, 2008(5):755-759.)
- [13] Wilson R F. Progress in the selection for altered fatty acid composition in soybeans[J]. Crop Science, 1981, 21:788-791.
- [14] Primomo V S, Falk D E, Ahlett G R, et al. Genotype \times environment interactions, stability and agronomic performance of soybean with altered fatty acid profiles[J]. Crop Science, 2002, 42:37-44.
- [15] 谢冬薇,韩英鹏,李文滨. 不同环境条件下大豆脂肪酸含量与主要农艺性状相关性通径分析[J]. 大豆科学,2010,29(3):403-407. (Xie D W, Han Y P, Li W B. Correlation of fatty acid with major agronomic characters of soybean in different environments[J]. Soybean Science, 2010, 29(3):403-407.)
- [16] 胡明样,梁岐,孟祥勋. 我国大豆品种脂肪酸组成的分析研究[J]. 吉林农业科学,1986(1):12-17. (Hu M X, Liang Q, Meng X X. Studies on fatty acid composition of soybean varieties in China[J]. Journal of Jilin Agricultural Sciences, 1986(1):12-17.)