

黄淮海地区大豆品种脂肪酸组成成分及其变化规律

张礼凤,李 伟,王建成,徐 冉,王彩洁,戴海英

(山东省农业科学院作物研究所,山东 济南 250100)

摘 要:为了解黄淮海地区大豆种质资源不同脂肪酸含量的差异,掌握各脂肪酸成分含量间的相关关系,对黄淮海地区 8 个省份的 2141 份大豆品种的粗脂肪与脂肪酸各组成成分进行了分析研究。结果表明:通过长期的人工定向选择,大豆脂肪酸中不饱和脂肪酸含量增加,但亚油酸、亚麻酸含量下降。不同省份之间的大豆品种资源在脂肪酸的不同组成成分上存在较明显差异,具有丰富的遗传多样性。通过相关性分析发现亚油酸、亚麻酸与百粒重和粗脂肪之间呈极显著负相关关系,说明在提高百粒重和粗脂肪含量的同时提高必需脂肪酸含量,采用常规育种技术比较困难。

关键词:黄淮海;大豆;脂肪酸;组成成分

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2008)05-0755-05

Fat Content and Composition of Fatty Acid of Soybean Cultivars in Huanghuaihai Region of China

ZHANG Li-feng, LI Wei, WANG Jian-cheng, XU Ran, WANG Cai-jie, DAI Hai-ying

(Crop Institute, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, Shandong, China)

Abstract: Soybean is an important oil crop. The variety sources are important to soybean breeding. It is crucial to select high-oil variety resources for soybean breeding by analyzing the fatty acid composition content of soybean resources. We analyzed the lipid concentration and the fatty acid composition content of 2141 soybean varieties from 8 Provinces in Huanghuaihai region. Results indicated the unsaturated fatty acid content increased, but the linoleic acid and linolenic acid content decreased by long-term selection. There was significant difference among different provinces about the fatty acid composition content; the linoleic and linolenic acid content had negative correlation with 100-seed weight and fat content. The results indicated it was difficult to simultaneously enhance the essential fatty acid content, 100-seed weight, and fat content by the conventional breeding methods.

Key words: Huanghuaihai region; Soybean; Fatty acid; Composition of fatty acid

大豆是主要的油料作物,豆油的营养价值与人们的生活密切相关,脂肪酸不同成分含量的高低决定着食用油的品质,尤其是不饱和脂肪酸的含量是衡量大豆油营养价值的重要参数。大豆脂肪酸组分及各脂肪酸所占的比例关系到大豆油的营养、贮运、加工,是决定大豆油脂的重要因素。因此开展高油大豆育种的同时应注重培育大豆脂肪酸组分配比例合理的品种。在已发表的文章中针对不同省份大豆品种脂肪酸组成研究较多^[1-5],而对黄淮海地区各省份之间大豆资源的不同脂肪酸含量比较研究少有报道。对黄淮海 8 省份的大豆资源的脂肪酸进行研

究,为进一步了解该地区大豆资源品质状况、进化规律以及育种工作提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 数据来源

所有数据来源于国家品种资源大豆数据库,对黄淮海地区大豆品种的粗脂肪以及脂肪酸组成进行了分析研究。随机抽取大豆样品 2141 份,其中安徽 172 份,甘肃 70 份,河北 354 份,河南 135 份,江苏 273 份,山东 378 份,陕西 287 份,山西 472 份。

大豆各种脂肪酸(a)的相对数据采用气相色谱

收稿日期:2008-02-14

基金项目:农业部资助项目[NB06-070404-(22-27)-05]。

作者简介:张礼凤(1972-),女,副研究员,研究方向为大豆品种资源评价与利用。E-mail:zhanglifeng9639@sina.com。

法测定,粗脂肪(b)采用索氏抽提法测定。各种脂肪酸的绝对含量为 ab/100。

1.2 数据分析

应用 SAS 软件对所有数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 地方品种与选育品种脂肪酸组分变化规律

在 2141 份大豆品种中,地方品种 1427 份,选育品种 714 份。气相色谱法所测各种脂肪酸所占百分

比皆为占总脂肪酸的相对比例,分别对其相对含量和绝对含量进行分析。

由表 1 可以看出,脂肪酸绝对含量:选育品种与地方品种相比饱和脂肪酸中硬脂酸下降了 0.23 个百分点,差异达到极显著水平;软脂酸增加了 0.22%,差异达到显著水平;不饱和脂肪酸(油酸、亚油酸、亚麻酸)上升了 0.05 个百分点,其中油酸含量增加不显著,亚油酸和亚麻酸均有所降低,但未达到显著水平。

表 1 地方品种与选育品种脂肪酸组成成分的方差分析

Table 1 Variance analysis of fatty acid composition content between traditional cultivar and advanced cultivar

	绝对含量 Absolute content			相对含量 Relative content		
	地方品种	选育品种	P	地方品种	选育品种	P
	Traditional cultivar/%	Advanced cultivar/%	Sig.	Traditional cultivar/%	Advanced cultivar/%	Sig.
硬脂酸 Stearic	3.39	3.16	0.0004	3.40	3.24	0.0250
软脂酸 Palmitic	11.83	12.05	0.0210	11.83	12.10	0.0042
油酸 Oletic	21.07	21.30	0.3981	21.03	22.73	<0.0001
亚油酸 Linoleic	54.71	54.62	0.6674	54.73	53.93	0.0004
亚麻酸 Linolenic	9.01	8.92	0.5003	9.04	8.02	<0.0001

脂肪酸相对含量:选育品种与地方品种相比硬脂酸下降 0.16 个百分点达到显著水平,软脂酸增加了 0.17 个百分点达到极显著水平;不饱和脂肪酸下降 0.12 个百分点,其中油酸增加达到极显著水平,亚油酸与亚麻酸下降达到极显著水平。

由分析结果可以看出,选育大豆品种食用油中饱和脂肪酸绝对含量下降,不饱和脂肪酸绝对含量增加,这一趋势对提高豆油的营养价值是有利的,但被称为必需脂肪酸的亚油酸与亚麻酸^[6]绝对含量

与相对含量都有所下降,这一现象表明,通过常规育种技术,提高对人体有利的亚油酸与亚麻酸含量有一定困难。

2.2 不同省份间大豆品种脂肪酸组分差异性分析

由表 2、表 3 可以看出粗脂肪最高与最低相差 2.43 个百分点,其中安徽的大豆品种粗脂肪含量最高,和其它省分的差异达到极显著水平;陕西的大豆品种粗脂肪含量最低,除甘肃外和其它省份的差异均达极显著水平。

表 2 不同省份粗脂肪及脂肪酸成分的平均含量

Table 2 Comparison of the average fat and fatty acid composition content among the cultivars from different provinces

省份 Province	粗脂肪 Fat	硬脂酸 Stearic	软脂酸 Palmitic	油酸 Oletic	亚油酸 Linoleic	亚麻酸 Linolenic
安徽 Anhui	19.21	3.11	12.01	23.65	53.53	7.68
甘肃 Gansu	17.11	2.87	10.53	19.93	56.07	10.51
河北 Hebei	17.76	2.97	12.39	20.80	54.09	9.74
河南 Henan	17.42	3.47	11.52	21.80	53.65	9.62
江苏 Jiangsu	17.87	3.10	12.15	23.07	53.56	8.16
山东 Shandong	18.16	3.23	12.12	21.63	54.35	8.74
陕西 Shaanxi	16.78	3.34	10.88	19.20	55.45	11.11
山西 Shanxi	17.72	3.67	11.77	20.28	55.36	8.93

各成分含量为相对含量。

The results indicate the relative content of fat and fatty acid composition.

硬脂酸含量山西大豆品种最高,甘肃最低,相差 0.8 个百分点。山西与河南差异达到显著水平,与其它省份差异达到极显著水平;甘肃与河南、山西、

陕西、山东 4 省差异达到极显著水平,与安徽、河北、江苏 3 省差异不显著。

软脂酸河北最高,为 12.39;甘肃最低,为 10.53,

表 3 不同省份间脂肪酸及各组分含量的方差分析
Table 3 Variance analysis of fat and fatty acid composition content among the cultivars from different provinces

成分	安徽	甘肃	河北	河南	江苏	山东	陕西	成分	安徽	甘肃	河北	河南	江苏	山东	陕西
Composition	Anhui	Gansu	Hebei	Henan	Jiangsu	Shandong	Shaanxi	Composition	Anhui	Gansu	Hebei	Henan	Jiangsu	Shandong	Shaanxi
安徽 Anhui															
甘肃 Gansu	<0.0001								<0.0001						
河北 Hebei	<0.0001	0.0088							<0.0001	0.2889					
河南 Henan	<0.0001	0.8158	0.2272					油酸	<0.0001	0.0003	0.0145				
江苏 Jiangsu	<0.0001	0.0004	0.9233	0.0146				Oleic	0.0751	<0.0001	<0.0001	0.0002			
山东 Shandong	<0.0001	<0.0001	0.0002	<0.0001	0.0069				<0.0001	<0.0001	0.000	0.9981	<0.0001		
陕西 Shaanxi	<0.0001	0.5696	<0.0001	0.0001	<0.0001	<0.0001			<0.0001	0.5096	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	
山西 Shanxi	<0.0001	0.0065	0.9999	0.1931	0.3704	<0.0001	<0.0001		<0.0001	0.9733	0.0431	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
安徽 Anhui															
甘肃 Gansu	0.1148								<0.0001						
河北 Hebei	0.0978	0.9549							0.0449	<0.0001					
河南 Henan	<0.0001	<0.0001	<0.0001					亚油酸	0.9997	<0.0001	0.6168				
江苏 Jiangsu	1.0000	0.1191	0.0760	<.0001				Linoleic	1.0000	<0.0001	0.0338	1.0000			
山东 Shandong	0.0931	0.0004	<.0001	0.0027	0.0157				<0.0001	<0.0001	0.7182	0.0422	<0.0001		
陕西 Shaanxi	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.5075	<0.0001	0.1497			<0.0001	0.4713	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	
山西 Shanxi	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0255	<0.0001	<0.0001	<0.0001		<0.0001	0.2210	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.9988
安徽 Anhui															
甘肃 Gansu	<0.0001								<0.0001						
河北 Hebei	<0.0001	<0.0001							<0.0001	0.0019					
河南 Henan	<00001	<00001	<0.0001					亚麻酸	<0.0001	0.0013	0.9937				
江苏 Jiangsu	0.4850	<.0001	0.0071	<0.0001				Linolenic	0.0002	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001		
山东 Shandong	0.7040	<.0001	0.001	<0.0001	0.9997				<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001		
陕西 Shaanxi	<0.0001	0.0849	<0.0005	<0.0001	<0.0001	<0.0001			<0.0001	0.0452	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	
山西 Shanxi	0.0003	<.0001	<.0001	0.0717	<0.0001	<0.0001	<0.0001		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0569	<0.0001

差异值小于0.05表示差异显著,小于0.01表示差异极显著。数据分析采用各成分相对含量。
p < 0.05, Significant at 0.05 level, p < 0.01, Significant at 0.01 level. The data of fat and fatty acid composition relative content was used for variance analysis.

相差 1.86 个百分点。河北与其它省份差异均达极显著水平;除陕西外甘肃与其它省份软脂酸差异达到极显著水平。

油酸含量安徽最高,为 23.65;陕西最低,为 19.20,相差 4.45 个百分点。除与江苏差异不显著外,安徽油酸含量与其它省份的差异均达显著水平。除与甘肃差异不显著外,陕西油酸含量与其它省份的差异均达显著水平。

亚油酸含量甘肃省最高,为 56.07;安徽最低,为 53.53,相差 2.54 个百分点。甘肃与陕西、山西的亚油酸含量差异不显著,与其它 5 省差异均达显著水平。安徽与河南、江苏的亚油酸含量差异不显著,与河北差异显著,与甘肃、山东、陕西、山西 4 省差异达到极显著水平。

亚麻酸含量陕西省最高,为 11.11;安徽最低,为 7.68,相差 3.43 个百分点。陕西与甘肃的亚麻酸含量差异达到显著水平,与其它 6 省的亚麻酸含量差异均达极显著水平。安徽与其它各省的亚麻酸含量差异均达极显著水平。

由以上分析可以看出,黄淮海地区的大豆品种

资源在脂肪酸及其各组成成分上不同省分之间存在较明显的差异,这说明黄淮海地区大豆品种在脂肪酸及其各组成成分上存在丰富的遗传多样性,这可能与各省大豆品种资源本身的特点与不同的生态环境有关。

2.3 粗脂肪、百粒重、各种脂肪酸之间相关性分析

由表 4 可以看出,粗脂肪与百粒重、硬脂酸、软脂酸、油酸呈正相关,这与徐冉等^[2]研究结果一致,且相关达到极显著水平,而与亚油酸、亚麻酸呈负相关,且相关达到极显著水平。百粒重与硬脂酸呈极显著正相关,与软脂酸、油酸、亚油酸、亚麻酸呈极显著负相关。硬脂酸与油酸呈极显著正相关,与亚油酸、亚麻酸呈极显著负相关,与软脂酸负相关,但未达显著水平。软脂酸与油酸呈极显著正相关,与亚油酸、亚麻酸呈极显著负相关。油酸与亚油酸、亚麻酸呈极显著负相关,这与前人的报道结论相一致。亚油酸与亚麻酸呈极显著正相关,这与年海^[7]的研究结果一致,这说明在不同生态条件下,油酸、亚油酸、亚麻酸之间的相关关系较稳定,表明其三者受外界环境影响较小。

表 4 各脂肪酸组分与粗脂肪和百粒重间的相关性

Table 4 The correlation among different fatty acid composition, fat content and 100-seed weight

	粗脂肪 Fat	百粒重 SW	硬脂酸 Stearic	软脂酸 Palmitic	油酸 Oletic	亚油酸 Linoleic	亚麻酸 Linolenic
粗脂肪 Fat	1.0000						
百粒重 SW	0.2588 **	1.0000					
硬脂酸 Stearic	0.0917	0.1754 **	1.0000				
软脂酸 Palmitic	0.0465 **	-0.1230	-0.0148	1.000			
油酸 Oletic	0.3958 **	0.2291 **	0.1999 **	0.0528 **	1.0000		
亚油酸 Linoleic	-0.2391 **	-0.1525 **	-0.3102 **	-0.2893 **	-0.8262 **	1.0000	
亚麻酸 Linolenic	-0.4532 **	-0.2085 **	-0.3241 **	-0.2672 **	-0.6918 **	0.4035 **	1.0000

* 表示差异显著, ** 表示差异极显著。SW:100 - Seed weight。

* Significant at 0.05 level, ** Significant at 0.01 level.

通过育种者长期定向选择,选育品种与地方品种相比百粒重与粗脂肪含量都不同程度的得到增加,由于必需脂肪酸(亚油酸、亚麻酸)与粗脂肪和百粒重呈极显著负相关关系,所以选育品种与地方品种相比其二者略有下降。这一结果表明,在提高百粒重和粗脂肪的同时,如要提高亚油酸与亚麻酸的含量从而提高大豆油营养价值的目的采用常规育种手段是很难达到的。

3 讨论

人们通过长期的育种选择,大豆油中不饱和脂

肪酸含量得到提高,从而提高了大豆油的营养价值,整个黄淮海地区大豆品种资源在脂肪酸及其组分上有着丰富的遗传多样性,其中不饱和脂肪酸含量变化幅度较大,油酸为 9.2 ~ 51.6,亚油酸为 35.9 ~ 63.4,亚麻酸为 4.5 ~ 17.7,这些特点为育种者提供了较多的亲本类型。

由于亚麻酸(C18:3)的高度不饱和性,易使油质氧化劣变,所以豆油加工过程中需要降低亚麻酸含量,为适应这一需要,育种者希望培育出低亚麻酸含量的大豆品种,由各成分相关性分析,亚麻酸与亚油酸存在极显著正相关关系,同时与粗脂肪、百粒重呈极显著负相关关系,这一结论增加了育种工作的

难度。很多研究表明油份中亚麻酸的遗传是受多基因控制的数量遗传,杨柳等^[8]利用杂交后代 F_2 群体亚麻酸含量的概率密度分布图也证明了这一结论。所以要想培育出不饱和脂肪酸含量高且亚麻酸含量低的大豆品种可以采用常规育种与生物技术相结合的方法。

随着人们研究的深入开展,大豆分子育种、大豆转基因育种、大豆分子设计育种都取得了阶段性成果^[9]。近期,人们对大豆品质的要求越来越高,所以在品质改良上的研究增多,鉴定出的与品质相关的基因逐渐增加,油料作物脂肪酸代谢过程也基本清晰,这为品质改良的转基因研究奠定了基础,例如,Buhr 等^[10]通过抑制大豆 Δ^{12} 脂肪酸脱氢酶基因和 ACP-棕榈酸硫激酶基因的表达,获得了油酸含量高达 85% 的大豆新品种。这一研究的成功经验,为下一步培育适合人们食用的高亚麻酸含量的大豆品种以及适合食用油生产加工的低亚麻酸含量的大豆品种提供了新的思路。

参考文献

- [1] 王颢. 甘肃省大豆种质资源脂肪酸组成及评价[J]. 甘肃科技, 2007, 23(7): 211-212. (Wang H. Estimate for the fatty acid composition content of soybean resources in Gansu province[J]. Gansu Science and Technology, 2007, 23(7): 211-212.)
- [2] 徐冉, 张礼凤, 王彩洁, 等. 山东夏大豆品种的脂肪品质及其遗传改良途径分析[J]. 大豆科学, 2006, 25(4): 385-388. (Xu R, Zhang L F, Wang C J, et al. Analysis on the quality and genetic improvement of fat in summer soybean cultivars of Shandong province[J]. Soybean Science, 2006, 25(4): 385-388.)
- [3] 王晓燕, 张彩英, 贾晓艳. 河北省大豆品种脂肪酸组成与含量分

析[J]. 河北农业大学学报, 2007, 30(2): 15-18. (Wang X Y, Zhang C Y, Jia X Y. Analysis of fatty acids composition and content in soybean varieties in Hebei province[J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 2007, 30(2): 15-18.)

- [4] 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, 15(1): 91-95. (Chen X. Test of content of fat and fatty acid and correlation analysis among them of the main cultivars of soybean in Heilongjiang province[J]. Soybean Science, 1996, 15(1): 91-95.)
- [5] 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, 16(4): 349-355. (Lü J L, Shao R C, Wu B L, et al. Studies on the fatty acid composition of soybean germplasm resources in northeast China[J]. Acta Agronomica Sinica, 1990, 16(4): 349-355.)
- [6] 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. (Song J M, Ju H R. The new compilation of soybean food processing techniques[M]. Jinan: Shandong University Press, 2002: 4-7.)
- [7] 年海, 王金陵, 杨庆凯, 等. 生态环境对大豆籽粒脂肪酸含量的影响[J]. 大豆科学, 1996, 15(1): 35-41. (Nian H, Wang J L, Yang Q K, et al. Effect of ecological environments on fat acids contents in seeds of various soybean cultivars[J]. Soybean Science, 1996, 15(1): 35-41.)
- [8] 杨柳, 张彬彬, 韩英鹏, 等. 大豆亚麻酸含量的 QTL 分析[J]. 大豆科学, 2006, 25(4): 270-274. (Yang L, Zhang B B, Han Y P, et al. QTL analysis of linolenic acid content in soybean[J]. Soybean Science, 2006, 25(4): 270-274.)
- [9] 邱丽娟, 王昌陵, 周国安, 等. 大豆分子育种研究进展[J]. 中国农业科学, 2007, 40(11): 2418-2436. (Qiu L J, Wang C L, Zhou G A, et al. Soybean molecular breeding[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2007, 40(11): 2418-2436.)
- [10] Buhr T, Sato S, Ebrahim F. Ribozyme termination of RNA transcripts down-regulate seed fatty acid genes in transgenic soybean[J]. The Plant Journal, 2002, 30(2): 155-163.

(上接第 754 页)

- [6] 冯新华, 蒋兴邨, 邵启全. 大豆[*Glycine max*(L.) Merr.] 未成熟子叶组织的体细胞胚胎诱导和植株再生的研究[J]. 中国科学(B 辑), 1988, 9: 939 - 943. (Feng X H, Jiang X C, Shao Q Q. Soybean [*Glycine max*(L.) Merr.] Somatic embryogenesis induction and plant regeneration from the immature cotyledon organizations of soybean[J]. China Science (Series B), 1988, 9: 939-943.)
- [7] Christianson M L, Warnick D A, Carlson P S. Amorphogenetically competent soybean suspension culture[J]. Science, 1983, 222: 632-634.
- [8] Lazzeri P A, Hidebrand D F, Collons G B, et al. A procedure for

plant regeneration from immature cotyledone tissue of soybean[J]. Plant Molecular Biology Reporter, 1985, 3: 160-167.

- [9] 王萍, 吴颖, 杨武杰, 等. 大豆未成熟子叶体细胞胚胎发生及其相关因子的分析[J]. 中国油料作物学报, 2002, 24(1): 29-32. (Wang P, Wu Y, Yang W J, et al. Somatic embryogenesis from immature cotyledons of soybean and analysis of correlative factors[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2002, 24(1): 29-32.)
- [10] 周思军, 尹光初, 雷勃钧, 等. 大豆体细胞胚胎发生影响因素的研究[J]. 植物学通报, 1992, 9(2): 38-43. (Zhou S J, Yin G C, Lei B J, et al. Study on the influential factors of the somatic embryogenesis of soybean[J]. Chinese Bulletin of Botany, 1992, 9(2): 38-43.)