

中国野生大豆(*G. soja*)脂肪 及其脂肪酸组成的研究^{*}

徐豹 庄炳昌 路琴华 王玉民 胡传璞 梁歧 郑惠玉 吕景良

(吉林省农业科学院大豆研究所)

摘 要

对中国 1598 份野生大豆和 1595 份栽培大豆的脂肪含量进行了比较分析,发现野生大豆的脂肪含量为 9.94%,明显低于栽培大豆的(19.05%)。对来自中国不同纬度的 174 份不同进化类型大豆进行了脂肪酸组成分析,发现随着大豆进化程度的提高,亚麻酸、棕榈酸含量逐渐降低,油酸含量逐渐增加。探索了日照长度,昼夜温度对大豆脂肪酸形成与积累的影响。发现了一批特异基因型。

关键词 野生大豆 脂肪 脂肪酸

野生大豆(*G. soja*)是栽培大豆(*G. max*)的近缘祖先种¹。目前我国收集的野生大豆 5000 余份,约占世界总数的 90%,其中发现了许多新类型,如高蛋白、多分枝、多节、多荚、抗病虫、抗逆性等。因此,野生大豆是我国的宝贵种质资源。近年来,我国在野生大豆的研究与利用方面,取得了卓有成就的研究结果,在很多方面处于世界领先地位。在杂交育种方面,通过种间杂交,创造出了许多新的变异类型,如长花序、高蛋白等中间材料,并培育出了专用型小粒纳豆,开辟了大豆育种的一条新途径。因此,野生大豆在大豆育种中占有重要的地位,也是大豆育种的重要基因源。有关野生大豆的研究,国内外研究很多,分别从形态学、生态学、遗传学、生理生化等方面做了大量的工作,发表了很多重要研究论文,这为野生大豆的研究与利用提供了重要的实验依据。但是,对中国野生大豆脂肪含量进行全面系统的分析,还未见报道。本研究旨在通过中国野生大豆脂肪、脂肪酸的系统分析,了解中国野生大豆脂肪、脂肪酸的地理分布规律,筛选特异基因型。为大豆品质育种提供优异亲本;并通过与栽培大豆的比较,探讨野生大豆脂肪及脂肪酸组成的特点,为大豆的演化、分类等研究提供基础资料。通过不同光周期,不同昼夜温度处理的材料的分析,结合野生大豆的地理分布规律,探索大豆脂肪酸地理分布的形成机制。

材料与方 法

一、脂肪

供试材料为我国 25°N~46°N 野生大豆 1598 份,25°N~50°N 栽培大豆 1595 份。脂肪含量采用美国产 FQA~51 型近红外分光光度计测定,测定结果以绝对干物重的百分率表示。

二、脂肪酸

原产我国 24°N~51°N 的野生大豆(百粒重<3g)95 份,中间型大豆(百粒重 3~10g)43 份,栽培大豆(百粒重>10g)37 份。脂肪酸含量测定采用日本岛津 GC-RIA 型气相色谱仪。采用氢火焰离子化检测器,量程 2,衰减 4。担体为 Gas chromsorb Q100-120 目。固定液为 DEGS。色谱柱为长 1.5m,内径 3.2mm 的玻璃管。固定相比比 3%。载气流程:N 气为

^{*} 国家自然科学基金资助项目。

50mL/分,氢气为60mL/分,空气为500mL/分。柱温180℃,气化室温度240℃,检测室温度为240℃。色谱图结果计算按面积归一化法,由仪器自动完成。

试验结果

一、脂肪

1. 野生大豆、栽培大豆脂肪含量

表1结果表明:(1)我国1598份野生大豆的脂肪平均含量为9.94%,1595份栽培大豆的脂肪平均含量为19.05%,明显高于野生大豆的。(2)大豆脂肪含量的遗传变异比较丰富,野生大豆的变化幅度从4.49%到18.90%,相差四倍多,差异十分悬殊,栽培大豆的变幅为12.5%~25.5%,变化也比较大。

2. 野生大豆、栽培大豆脂肪含量的地理分布

野生大豆和栽培大豆脂肪含量的地理分布趋势明显不同。野生大豆的趋势是南高北低,原产地纬度与脂肪含量的相关系数为-0.473,达5%显著水平,高脂肪含量区在38°N,7份供试样本平均为13.68%,明显高于其它纬度的。栽培大豆的趋势相反,为北高南低,原产地纬度与脂肪含量的相关系数为0.665,达1%显著水平,高脂肪区有2个,分别是33°N和47°N。

另外,为了探索大豆脂肪含量与进化的关系,对118份26°N~44°N的中间型大豆(百粒重3~10g)进行了脂肪含量的分析。发现中间型大豆脂肪的平均含量为13.65%,介于野生大豆与栽培大豆之间,高脂肪含量区在37°N。

表1 中国野生大豆和栽培大豆的脂肪含量

°N	G. soja			G. max		
	样本数	$\bar{x} \pm S_x$	变幅	样本数	$\bar{x} \pm S_x$	变幅
24	1	12.33	—	60	16.67±1.14	12.5~20.00
25	1	12.47	—	44	17.71±1.40	15.4~20.90
26	28	8.33±1.19	5.17~12.61	44	17.71±1.03	15.4~20.00
27	18	10.59±1.57	8.02~14.25	82	17.98±1.27	15.0~20.40
28	15	9.91±1.57	6.35~11.57	44	18.87±1.78	16.0~23.20
29	15	10.23±1.62	8.61~12.26	42	19.24±2.31	13.30~23.00
30	17	8.83±1.92	7.28~15.28	160	17.87±1.91	15.30~22.90
31	16	9.45±0.91	7.65~11.65	125	17.64±1.56	14.9~20.40
32	59	9.23±0.86	7.40~12.49	78	19.27±2.37	15.3~22.90
33	20	9.88±1.17	8.62~13.05	17	20.52±2.21	16.4~22.50
34	31	10.84±2.34	8.64~18.84	18	19.56±1.37	17.3~21.60
35	24	10.52±2.28	7.47~16.74	68	16.98±1.55	15.0~20.80
36	19	11.50±2.63	7.93~18.90	56	17.33±1.68	15.2~23.30
37	14	10.95±1.84	8.15~13.35	39	19.19±2.18	13.2~23.10
38	7	13.68±0.61	13.06~14.83	16	18.51±1.83	15.80~21.50
39	9	9.87±1.76	8.03~13.40	13	18.56±1.69	16.3~20.30
40	147	9.45±3.11	6.75~12.74	76	19.57±1.91	16.0~24.20
41	186	9.03±1.76	4.47~14.72	139	19.39±1.59	16.3~23.40
42	349	8.26±1.35	4.94~16.35	69	19.58±1.49	16.3~23.30
43	425	8.19±1.20	5.41~13.25	99	19.88±1.23	17.9~23.80
44	118	8.04±1.52	4.72~13.53	125	20.04±1.48	16.6~22.50
45	62	7.78±1.07	5.53~9.78	48	19.34±1.33	16.3~22.90
46	26	8.74±0.99	7.41~10.39	47	20.87±1.73	16.3~23.90
47	—	—	—	16	20.55±1.24	13.0~23.40
48	—	—	—	41	20.34±0.99	18.1~21.40
49	—	—	—	16	19.51±1.47	17.2~21.50
50	—	—	—	8	19.98±1.23	18.0~21.40
合计	1,98	9.94±1.59	4.47~18.90	1,595	19.05±1.21	12.5~24.20

二、脂肪酸

1. 不同进化类型大豆的脂肪酸含量

表2结果表明,不同进化类型大豆脂肪酸含量明显不同,其中有些脂肪酸的含量随着进化程度的提高呈规律性的变化,不饱和脂肪酸的变化程度尤为明显。野生型、中间型的栽培大豆的油酸含量分别是12.93,17.36和24.37,亚麻酸含量分别为16.16,11.90和11.29,软脂酸含量的变化也比较明显,分别为12.66,12.55和11.61,硬脂酸和亚油酸含量的变化不够明显。

在中国野生大豆资源中,发现一些特异基因型,其中有一份亚麻酸含量高达23.12%,一份亚油酸含量高达61.24%,油酸含量51.55%的基因型1份,棕榈酸含量最高的为15.49%。这些特异基因型在野生大豆的利用以及脂肪酸代谢特点与规律等研究中具有重要意义。

表2 中国不同进化类型大豆脂肪酸组成

类型	样本数	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸
G. soja	95	12.66	3.05	12.93	54.99	16.16
G. gracilis	45	12.55	2.85	17.36	55.30	11.90
G. max	37	11.61	2.98	24.37	54.47	11.20

2. 不同进化类型大豆脂肪酸组成的地理分布趋势具有明显的差异

野生大豆亚麻酸含量有北高南低的趋势,原产地纬度与亚麻酸含量的相关系数为0.4183,达0.1%显著水平,棕榈酸、硬脂酸的分布趋势是南高北低,与纬度的相关系数分别为-0.2530和-0.6504,分别达到5%和1%显著水平。栽培大豆硬脂酸含量的分布趋势却为北高南低,相关系数为0.4000。达5%显著水平。

3. 脂肪酸之间的相关分析

脂肪酸之间的相关分析结果表明(表3),不同进化类型大豆的油酸含量与亚油酸、亚麻酸含量均呈极显著的负相关,这在大豆品质育种中很值得注意。

表3 不同进化类型大豆脂肪酸之间的相关分析

脂肪酸	类型	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸
硬脂酸	G. soja	0.2534*			
	G. gracilis	-0.0585			
	G. max	0.1857			
油酸	G. soja	0.0844	0.0385		
	G. gracilis	-0.2812	0.2064		
	G. max	-0.3153	-0.4390		
亚油酸	G. soja	-0.5093**	-0.1329	-0.2990**	
	G. gracilis	0.0126	-0.0881	-0.8029**	
	G. max	0.0795	0.3640*	-0.9402**	
亚麻酸	G. soja	-0.1654	-0.3050**	-0.7156**	-0.2157*
	G. gracilis	0.0386	-0.3832	-0.6927**	0.2149
	G. max	0.3150	0.1899	-0.5818**	0.3211

4. 光周期、昼夜温度对大豆脂肪酸组成的影响

为了探索大豆脂肪酸地理分布的形成机制,分析了光周期和昼夜温度对野生大豆脂肪酸组成的影响。表4结果表明,随着日照长度的增加,亚油酸和亚麻酸含量均呈增加的趋势,与日照长度的相关系数分别为0.8795**和0.7591*。油酸含量逐渐降低,相关系数为-0.8610**。棕榈酸含量与光照长度的相关性虽然没有达到显著水平,但也有较明显的趋

势。值得注意的是,15小时的光照对于大豆脂肪酸的形成与积累似乎是一个很重要的转折点,从8小时一直到15小时,多数脂肪酸呈较明显的变化,15小时延长到16.5小时后,反而呈相反的趋势,很值得注意(表4)。在本研究中所采用的三种昼夜温度下,随着昼夜温度的升高,野生大豆的亚麻酸含量逐渐降低,棕榈酸含量逐渐增加(表5)。

表4 日照长度对大豆脂肪酸组成的影响

光照长度(小时)	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸
8.0	13.27	3.36	18.50	50.52	14.12
13.0	13.34	4.15	14.53	52.90	14.89
13.5	12.96	3.51	11.86	54.54	16.93
14.5	12.80	3.49	10.25	56.36	16.98
15.0	11.59	3.43	9.63	57.94	17.30
16.5	12.06	3.36	12.29	56.01	16.14
r	-0.6301	-0.0118	-0.8610	0.8795	0.7591

r:为日照长度与脂肪酸含量的相关系数。

5. 子粒大小与大豆脂肪酸组成的关系

子粒由小到大是大豆进化过程中的一个重要特征。为了探索大豆子粒大小与脂肪酸组成的关系,从原产吉林省的野生和中间型大豆中选择百粒重从1.0到9.9克的基因型25份,进行了脂肪酸分析。表6结果表明,大豆子粒大小与某些脂肪酸含量有明显的相关性,随着子粒的增大,油酸含量逐渐增加,而亚麻酸含量逐渐降低,百粒重与油酸、亚麻酸含量的相关系数分别为0.8531**和-0.8114**,均达1%显著水平(表6)。

表6 大豆子粒大小与脂肪酸组成的关系

材料号	百粒重	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸
1	1.0	13.06	2.73	11.30	52.12	20.64
2	1.0	12.28	3.12	10.42	56.40	17.54
3	1.4	11.95	3.18	10.42	55.97	18.26
4	1.5	12.08	2.66	9.70	55.34	19.73
5	1.6	13.42	2.88	11.30	55.25	16.96
6	1.8	13.31	2.72	9.88	56.40	17.54
7	1.9	12.58	3.02	10.53	54.16	10.47
8	1.9	11.25	2.98	11.54	54.79	19.22
9	2.0	11.28	2.67	11.95	54.68	19.27
10	2.0	11.68	2.79	10.86	55.88	18.58
11	2.3	12.05	3.02	9.94	55.91	18.89
12	2.6	11.74	2.65	12.82	58.41	14.20
13	2.7	11.80	2.92	11.29	57.62	16.17
14	3.7	12.42	3.12	14.84	57.31	12.12
15	4.0	11.58	2.94	15.03	58.04	12.30
16	5.0	13.79	3.55	15.63	56.27	10.49
17	5.1	11.78	2.49	12.61	59.13	13.80
18	6.0	11.17	3.17	11.73	59.82	13.37
19	6.0	11.32	2.94	12.78	59.35	13.26
20	7.1	13.32	2.84	15.88	56.18	11.55
21	7.2	13.06	3.03	17.95	54.96	10.76
22	8.0	11.16	2.90	14.62	58.21	12.91
23	9.0	11.24	2.97	23.52	53.49	8.49
24	9.3	11.28	3.29	16.88	56.68	11.61
25	9.9	12.91	2.87	20.39	55.82	7.76
r	-0.1476	0.2282	0.8531**	0.2259	-0.8114**	

r:为百粒重与脂肪酸的相关系数。

表5 昼夜温度对野生大豆脂肪酸组成的影响

材料号	35/25 C		30/20 C		20/20 C	
	亚麻酸 Linolenic acid					
W01	28	14.30	14.65	18.56		
W02	28	13.15	14.96	16.75		
W03	30	13.63	14.62	18.16		
W04	35	8.66	13.76	20.49		
W05	40	13.13	15.10	20.81		
材料号	棕榈酸 Palmitic acid					
W01	28	15.33	13.31	12.27		
W02	28	13.45	12.13	10.74		
W03	30	13.75	12.17	12.10		
W04	35	14.12	12.97	13.69		
W05	40	15.33	13.09	14.02		

表7 大豆脂肪含量与脂肪酸组成的关系

材料编号	脂肪含量 (%)	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸
ZYD943	6.21	12.66	2.89	9.85	52.98	21.32
ZYD782	7.00	12.56	3.02	10.53	54.16	10.47
ZYD801	7.00	13.13	3.51	14.01	55.85	13.25
ZYD1047	8.20	12.48	2.61	11.19	55.37	18.17
ZYD758	9.00	12.87	2.94	11.59	53.59	18.61
ZYD748	9.01	12.26	3.22	11.04	756.93	16.29
ZYD834	9.22	11.25	2.98	11.54	54.79	19.22
ZYD787	9.80	12.72	3.49	13.49	53.00	16.76
ZYD1613	10.00	13.65	2.99	11.64	53.98	17.52
ZYD1475	10.84	13.42	2.85	11.30	55.25	16.96
ZYD1301	10.87	11.47	3.52	24.07	53.10	7.60
ZYD1549	11.43	11.73	2.63	11.59	58.41	15.41
ZYD1575	12.37	11.46	2.72	9.99	55.64	19.99
ZYD1128	12.56	12.11	3.20	11.62	57.91	14.91
ZYD964	13.07	11.80	2.92	11.29	57.62	16.17
ZYD854	14.42	12.30	3.46	14.65	57.83	11.52
ZYD855	14.87	12.64	2.80	11.75	58.22	14.46
ZYD1461	14.39	11.54	4.09	16.66	54.59	12.50
ZYD1597	15.28	11.57	2.83	8.93	57.89	16.61
ZYD1551	15.72	11.61	2.73	10.54	55.49	19.49
ZYD1149	16.15	11.15	2.79	13.03	58.97	13.88
ZYD1302	17.61	11.76	3.82	15.32	58.67	10.22
ZYD1505	17.75	11.66	3.48	15.61	57.22	11.81
ZYD1505	18.86	11.98	2.57	9.83	54.90	20.52
r:	-0.5222**	0.0731	0.1103	0.5603**	-0.1697	

r:为脂肪含量与脂肪酸的相关系数。

三、脂肪含量与脂肪酸组成的关系

大豆油的脂肪酸组成对于豆油的品质具有重要的影响。我们从吉林省野生大豆中选择脂肪含量从 6.21% 到 18.86% 的基因型 24 份进行了脂肪酸分析,结果表明(表 7),随着大豆脂肪含量的增加,棕榈酸含量呈降低的趋势,亚麻酸含量呈增加的趋势。与脂肪含量的相关系数分别是 -0.5222^{**} 和 0.5603^{**} ,均达极显著水平。

讨 论

一、中国野生大豆脂肪含量、脂肪酸组成特点及其利用问题

根据我们的分析,中国 1595 份野生大豆的脂肪含量平均为 9.94%,远远低于 1598 份栽培大豆(19.05%),因此,在以提高大豆脂肪含量为主的品质育种中,不宜以野生大豆为亲本。

大豆油的质量与其脂肪的组成有密切的关系。其中不饱和脂肪酸,包括油酸、亚油酸、亚麻酸对于防止动脉硬化,软化血管,防止血清中胆固醇的沉积,防止高血压和心脏病具有重要意义。脂肪酸中亚油酸和亚麻酸是人体必需脂肪酸。亚麻酸虽然对大豆油品质具有重要意义,但是由于易氧化而使脂肪发生劣变,所以又成为大豆品质育种降低的目标之一。因此,亚麻酸在其功能上与贮藏上又相互矛盾,如果大豆劣变问题能得以解决,亚麻酸含量高对于大豆油的品质是有利的。从野生大豆和栽培大豆的脂肪酸组成上看,一个十分明显的特点是野生大豆的亚麻酸含量远远高于栽培大豆的,而亚油酸的平均含量也略高于栽培大豆的平均含量。因此,看出野生大豆中虽然脂肪含量较低,但是其中必需脂肪酸,亚油酸和亚麻酸的含量却较高。故在以提高大豆油脂品质为主的品质育种工作中,可考虑选用野生大豆做为亲本之一。

另外,我们在中国野生大豆中发现了一些特异基因型,可能具有特殊的应用价值,如其中一份基因型的亚麻酸含量高达 23.12%,是目前发现的最高的罕见基因型,亚油酸含量高达 61.21%,油酸含量高达 51.55% 的基因型各一份,这些基因型的发现为大豆品质育种提供了优异基因型,这对于大豆品质育种具有重要意义。另有一份棕榈酸含量高达 15.49%,可能对于大豆脂肪酸的形成机制与利用具有一定的价值。

二、大豆脂肪、脂肪酸的地理分布及形成机制

关于栽培大豆脂肪含量的地理分布研究较多,均发现大豆脂肪含量与地理纬度呈正相关(丁振麟,1965;王国勋,1979;吕世霖,1977;费家骅,1983;胡明祥,1985)。本研究对中国 1598 份栽培大豆的分析结果与前人的研究结果一致。但是,野生大豆脂肪含量的地理分布却呈相反的趋势,其原因值得进一步研究。

本研究结果表明中国野生大豆亚麻酸含量与纬度呈正相关,与棕榈酸含量呈负相关,与胡明祥等(1986)的结果基本一致。关于大豆脂肪酸的地理分布的形成机理,过去有关大豆异地种植等生态研究结果对于理解这一问题似乎有一定的帮助。胡明祥等(1986)的研究发现不同地理播种对大豆脂肪酸的组成有一定的影响,即在春播时,大豆棕榈酸含量与种植地区纬度呈负相关,而亚麻酸含量与播种地区纬度呈正相关,表明大豆在高纬度地区种植有利于亚麻酸的积累,但对于棕榈酸的积累不利。为了进一步说明这一问题,我们分析了不同光周期和不同昼夜温度对大豆脂肪酸的组成的影响,发现随着日照长度的增加,大豆亚麻酸含量有所增加,棕榈酸含量有所降低,随着昼夜温度的增加,亚麻酸含量降低,棕榈酸含量增加。

综合光、温试验结果,结合异地种植的研究结果,看到高纬度地区长日照、低温有利于亚麻酸的积累与形成,而低纬度地区的短日照高温则利于棕榈酸的形成与积累。因此,大豆脂肪含量、脂肪酸组成的遗传特性及其地理分布规律与原产地的光照、温度等自然条件有密切的关系,是长期生态适应的结果。

三、大豆脂肪含量及脂肪酸组成特点与大豆的进化与分类

庄无忌等(1984)曾对野生、半野生、栽培大豆的脂肪酸组成进行了分析,发现亚麻酸含量在不同种或类型间差别显著,因此提出将亚麻酸含量作为大豆种或类型鉴定的一个参考指标。吕景良等(1990)的研究也提出了同样的假设。我们的分析也发现,亚麻酸含量和脂肪含量在不同进化类型间差别十分明显,而且随着进化程度的提高而呈规律性的变化,因此将其做作为大豆进化与分类研究的参考指标是有意义的。

参 考 文 献

- [1]丁振麟:气候条件对大豆化学品质的影响,《作物学报》,1965,4(4):313~320。
- [2]王国勋:大豆品种生态研究 Ⅱ.大豆品种蛋白质、脂肪含量的地理纬度生态分布,《中国油料》,1979,1:46~50。
- [3]庄无忌等:栽培、野生、半野生大豆脂肪酸组成的初步分析研究,《大豆科学》,1984,3(3):223~230。
- [4]吕世霖等:大豆含油量与植物学性状及栽培条件的关系,《植物杂志》,1977,5:14。
- [5]吕景良等:东北地区大豆品种资源脂肪酸组成的分析研究,《作物学报》,1990,16(4):349~356。
- [6]胡明祥等:我国大豆品种脂肪酸组成的分析研究,《吉林农业科学》,1986,1:1~6。
- [7]胡明祥等:生态环境条件对大豆品种脂肪酸组成的影响,《中国油料》,1986,3。
- [8]费家骅等:有关大豆化学成份的相关性,生态地理分布和形成机理的初步探讨,《大豆科学》,1983,2(1):15~24。
- [9]Bernard, R. L.: 1965~1969, Evaluation of maturity groups 00 to iv of the USDA soybean collection.

A STUDY ON FAT CONTENT AND FATTY ACID COMPOSITION OF WILD SOYBEAN (*G. soja*) IN CHINA*

Xu Bao Zhuang Bingchang Lu Qinghua Wang Yumin

Hu Chuanpu Liang Qi Zheng Huiyu Lu Jingliang

(Soybean Institute, Jilin Academy of Agri. Sci.)

ABSTRACT

The fat content of 1598 wild soybeans (*G. soja*) from different regions of China was 9.94% on the average and lower significantly than that of 1595 cultivated soybeans (*G. max*), which was averaged 19.05%. The results of fatty acid composition of 174 wild, semi-wild (*G. gracilis*) and cultivated soybeans showed that the linolenic and palmitic acid content decreased, while the oleic acid content increased as the soybean evolved from wild to cultivated type. The effect of photoperiod and day and night temperature on fatty acid composition was analyzed. Some special genotypes, such as the linolenic content as high as 23.12%, the linoleic acid content as high as 61.24%, the oleic acid content as high as 51.55%, and the palmitic acid content as high as 15.49, were discovered in Chinese wild soybean germplasm.

Key words: Wild soybean, Fat, Fatty acid

* This project supported by NNSF of China