第3卷 第3期 大 豆 科 学 Vol.3 No.3
1984年8月 SOYBEAN SCLENCE Aug., 1984

栽培、野生、半野生大豆脂肪酸组成的初步分析研究

庄无忌 韩华琼 谢发明 张 乔
（中国农业科学院综合分析室）
李福山 舒世珍 常汝镇
（中国农业科学院品种资源所）

大豆富含脂肪和蛋白质。大豆油是世界上主要食用油之一，因此油的质量极为重要。降低大豆油中亚麻油酸含量，提高油脂的耐贮性是当前研究的课题之一。另一方面，不饱和脂肪酸，尤其是亚油酸含量高，对防止动脉粥样硬化，软化血管又有重要作用。因此，大豆油脂肪酸组成的研究近年来日益受到重视。

李莹等（1981）结合山西野生大豆资源考察，分析了部分山西野生大豆的脂肪酸组成，其中油酸含量为14.09—17.71%，亚麻油酸含量为19.82—20.35%。而晋豆3号分别为23.79%和8.19%。野生大豆的油酸含量低于栽培大豆，亚麻油酸含量远高于栽培大豆。王连铮等（1983）也得有类似结果。

Wilson等（1981）的研究指出，轮回选择能够改变大豆油的脂肪酸组成。他们选出的"N78—2245"品系亚麻油酸降至4.2%。研究还指出大豆油脂肪酸组成是受遗传控制的。Martin等（1983）研究了脂肪酸组成的遗传，F_1植株所收种子油分脂肪酸组成介于双亲之间，正反交组合的结果很相近。他们还指出存在显性和上位作用。

本研究对我国各地栽培、野生和半野生大豆及天然杂交种后代的种子进行油分脂肪酸组成的分析，并加以比较研究。

材料和方法

本试验选用1981和1982年品种资源所野生大豆观察圃的部分材料，其中1981年分析了野生大豆74份，栽培大豆30份，半野生大豆14份，天然杂交种后代11份；1982年分析了野生大豆35份，栽培大豆52份，半野生大豆29份，天然杂交种后代16份。材料包括北起黑龙江，南至广东、广西的品种（品系）。天然杂种是根据植株和种子性状的分离而确定的。

脂肪酸组成采用脂肪酸甲酯的气相色谱法。测定方法如下：

1. 主要试剂

(1) 0.5N甲醇氢氧化钠溶液。

本研究为中国农科院品种资源所与综合分析室合作进行，统计分析由品种资源所计算机组张贤珍等同志协助进行，谨此致谢。气相色谱分析方法由庄无忌等执笔，试验结果由常汝镇执笔整理。

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.ne

（2）酯化液（将甲醇冷却至0°C后放冰水浴中，缓慢加入0°C的35％三氟化硼乙醚溶液，二者等重量混合，放冰箱中备用）。

2．测定步骤

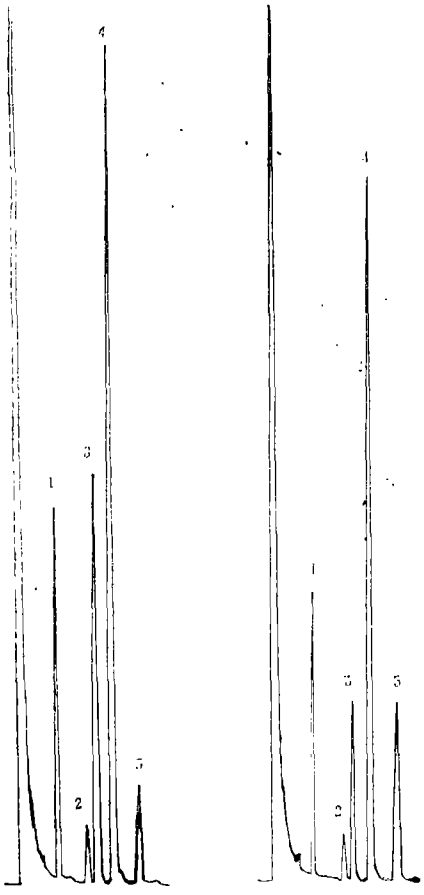
称大豆粉（30—60目）1.5g，用20ml石油醚（30—60°C）浸泡过夜。振摇30—60分钟，过滤，并用10—20ml石油醚分次清洗滤渣，滤液并入60ml烧瓶中。浓缩除去石油醚。加入5ml 0.5N氢氧化钠甲醇溶液和数粒沸石，在95—98°C水浴中回流10分钟，待油珠全部消失呈均相溶液，使脂肪酸甘油酯水解成脂肪酸。加入5ml酯化液，将脂肪酸甲酯化。5分钟后再加入5ml异辛烷，回流1—2分钟。冷至室温，移入25ml具塞量筒中，用15ml饱和食盐水洗涤烧瓶数次，全部倒入量筒。振摇数次，待分层后吸取上层脂肪酸甲酯的异辛烷溶液2ml，置2ml带塞试管里，加1g无水硫酸钠干燥，待测。

3．气相色谱型号及测试条件

采用日本岛津GC—5A气相色谱仪。

色谱柱内径2mm，柱长3m。

固定液：Silar 10 CP+Carbowax 20 M TPA



各种脂肪酸甲酯的保留时间

1.棕榈酸甲酯	4分56秒
2.硬脂酸甲酯	7分86秒
3.油酸甲脂	8分65秒
4.亚油酸甲酯	10分18秒
5.亚麻油酸甲脂	12分58秒

图1 栽培大豆（左）和野生大豆（右）脂肪酸酯甲谱色图

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.ne

表1 栽培、半野生、野生大豆及天然杂种后代种子油分脂肪酸组成的相对百分含量

类型	棕榈酸 (C16:0)			硬脂酸 (C18:0)			油酸 (C18:1)			亚油酸 (C18:2)			亚麻油酸 (C18:3)		
	变幅	平均数	C.V%	变幅	平均数	C.V%	变幅	平均数	C.V%	变幅	平均数	C.V%	变幅	平均数	C.V%
栽培大豆	10.06—13.38	11.71±0.64	5.49	2.60—5.17	3.53±0.53	14.87	16.83—27.88	21.35±3.10	14.56	49.42—58.96	54.49±2.85	5.22	5.37—10.12	8.33±1.21	14.58
半野生大豆	10.49—12.51	11.82±0.55	4.68	2.82—3.87	3.18±0.30	9.43	13.83—22.07	16.96±2.61	15.39	49.90—58.75	56.19±2.57	4.58	8.50—13.07	10.84±1.56	14.41
野生大豆	10.38—13.37	12.05±0.50	5.80	2.69—3.72	3.33±0.23	7.41	10.40—17.64	12.84±1.37	10.70	50.49—60.82	56.11±1.55	2.76	13.10—19.45	15.81±1.18	7.45
天然杂种后代	11.17—14.34	12.61±1.11	8.77	2.91—4.35	3.54±0.48	13.53	10.38—28.03	17.02±5.59	32.84	45.38—60.20	55.46±4.53	8.17	6.99—13.50	11.15±1.73	15.37
LSR	0.05=0.21, 0.01=0.27			0.05=0.14, 0.01=0.19			0.05=0.39, 0.01=0.51			0.05=0.37, 0.01=0.49			0.05=0.27, 0.01=0.36		
栽培大豆	9.49—12.58	11.33±0.67	5.94	2.67—4.59	3.32±0.38	11.39	16.46—38.14	23.51±4.56	19.40	44.43—61.12	53.75±3.47	6.46	5.63—12.52	8.17±1.64	20.02
半野生大豆	10.53—13.75	11.41±0.77	6.76	2.89—4.32	3.37±0.36	10.69	13.23—24.79	17.69±2.60	14.68	53.07—61.01	56.87±1.78	3.13	7.45—13.17	10.66±1.59	14.94
野生大豆	10.17—12.66	11.54±0.68	5.87	2.74—4.03	3.38±0.30	8.95	11.98—18.43	14.59±1.63	11.18	52.06—59.11	55.69±1.46	2.61	12.12—18.15	14.91±1.71	11.44
天然杂种后代	10.55—13.46	11.82±0.84	7.11	2.96—4.29	3.42±0.40	11.66	13.40—22.02	17.42±2.76	15.83	50.75—59.50	56.43±2.57	4.56	9.17—14.25	10.98±1.49	13.58
LSR							0.05=0.39, 0.01=0.51			0.05=0.34, 0.01=0.45			0.05=0.27, 0.01=0.36		

1) 上下两组分别为1981和1982年样本分析结果。
2) 用最小显著极差法(LSR法)比较平均数间的差异，采用Duncan的新复极差测验。

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

担 体：Chromosorb W—HP 80—100目

柱 温：210°C，气化室温度：230°C

氮气：40ml/分；氢气：55ml/分；空气：0.7 1/小时。

以硬脂酸甲脂为测定组分，测得色谱柱的理论塔板数为4447，硬脂酸甲酯与油酸甲酯的分辨率为1.76。而AOAC法规定理论塔板数应≥2000，硬脂酸甲酯与油酸甲酯的分辨率应≥1.25。各种脂肪酸甲酯的保留时间见图1。

结果和讨论

一、大豆油脂肪酸组成情况

栽培大豆、半野生大豆、野生大豆及天然杂交种后代种子油分的脂肪酸组成情况列于表1。大豆油的脂肪酸主要由棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸和亚麻油酸组成。此外，在部分材料中还可测得不到0.1%的肉豆寇酸和花生——烯酸。其中主要成分是亚油酸，约占脂肪酸组成的55%左右。其次是油酸、棕榈酸和亚麻油酸，硬脂酸含量约占油3.5%左右。

栽培、野生和半野生大豆脂肪酸含量的差异主要是不饱和脂肪酸之间的差异，尤其是油酸和亚麻油酸含量不同。经显著性测定（LSR法），其平均数间的差异均达高度显著水平。栽培大豆和野生大豆相比，亚麻油酸含量低6.74—7.49%，油酸含量高8.51—8.92%。这两种脂肪酸含量间的差数较为接近，看来油酸和亚麻油酸的含量间有互为消长的关系。亚油酸含量虽有显著差异，但类型间的差数比油酸和亚麻油酸含量间的差数要小得多。天然杂交种后代的油酸、亚麻油酸含量处于野生和栽培大豆之间，与半野生大豆的含量相似。

栽培大豆亚麻油酸含量在5.37—12.52%之间，含量的变幅是相当大的，表明品种间有明显的差别。因此对我国丰富的大豆品种资源进行脂肪酸组成的分析，筛选亚麻油酸含量低的品种，可为大豆油品质育种提供珍贵资源。在我国，尤其是东北各省，大豆油是主要食用油来源，改进油脂的品质是很有意义的。

从各脂肪酸含量的变异程度来看，油酸和亚麻油酸的变异要大些，亚油酸含量的变异最小。各类型间变异程度的比较看出，天然杂种后代的变异要大一些。野生大豆的变异小于其它三种类型。

从亚麻油酸含量的变化看，不同种或类型间的差别十分明显，因此亚麻油酸含量的多少可以做为大豆种或类型鉴别的一个参考指标，结合其它性状，可为大豆分类提供依据。有些野生大豆，虽然籽粒泥膜消失，种皮褐色或绿色，但亚麻油酸含量仍与普通野生大豆相同，从而可以断定它们仍属野生大豆。半野生大豆的亚麻油酸含量虽处于栽培大豆和野生大豆之间，但更偏向于栽培大豆。

在*Glycine*属*Soja*亚属的分类问题上争论颇多。Skwortzow（1927）将半野生大豆定为一个独立的种，而Hermann（1962）和Hymowitz（1980）等则将其归入栽培大豆（*G. max*）。最近王连铮等（1983）主张将半野生大豆定为栽培大豆的一个变种。从形态上看虽不能与栽培大豆截然分开，但也有一定的形态特征，其脂肪酸组成接近于栽

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.ne

培大豆。因此，它虽不能做为一个独立的种存在，但给予一定的分类地位，如变种甚至亚种地位是可以考虑的。

二、原产地野生大豆与种植后种子油分脂肪酸组成的比较

表 2　原产地与种植后的野生大豆种子油分脂肪酸组成

类别	脂肪酸含量的相对百分组成				
	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻油酸
原产地	10.97±1.06	3.66±0.62	11.64±1.63	55.62±1.40	17.92±1.59
种植后	12.18±0.89	3.14±0.24	12.82±1.16	55.95±1.29	15.75±0.75
t 测验	3.229	−3.422	3.035	0.679	−6.782

N=18−1，t0.05=2.110，t=0.01=2.898

将18份原产地采收的野生大豆种子与它们在北京田间条件下种植后收获的种子一起进行分析，各脂肪酸组成的平均值列于表 2。平均数间进行配偶成对 t 值测验，除亚油酸含量间的差异不显著外，均达 1% 显著水平。表明原产地与田间种植后，其脂肪酸含量变化较大。尤其是亚麻油酸含量的变化，经种植后亚麻油酸含量下降 2.17%，与其相对应油酸含量增高。含量间的变化是否与生态环境的变化有关，尚须研究。野生大豆原产地多为荒滩、河湖岸边、道旁等，昼夜温差大，所处生存条件恶劣。亚麻油酸含量高可能有助于抵御不良条件。田间种植后，生存条件改善，促使亚麻油酸含量下降。

三、各类大豆不同年分间脂脂酸组成的比较

表 3　各大豆类型相同品种（品系）不同年分间脂肪酸组成

类型	样本数	年分	油分脂肪酸组成相对百分含量									
			棕榈酸		硬脂酸		油酸		亚油酸		亚麻油酸	
			$\bar{x}$±S	C.V%	$\bar{x}$±S	C.V%	$\bar{x}$±S	C.V%	$\bar{x}$±S	C.V%	$\bar{x}$±S	C.V%
栽培大豆	14	1981	11.93±0.43	3.63	3.24±0.27	8.26	20.99±2.84	13.53	54.34±2.53	4.65	8.93±0.81	9.11
		1982	11.40±0.54	4.73	3.21±0.39	12.05	23.65±4.62	19.54	52.94±3.53	6.65	8.81±1.84	10.84
半野生大豆	10	1981	11.71±0.59	5.10	3.16±0.33	10.56	17.15±2.68	15.68	55.99±2.87	5.16	10.75±1.70	15.83
		1982	11.45±0.44	3.91	3.39±0.53	15.75	18.02±2.84	15.76	56.74±1.69	2.98	10.37±1.47	14.19
野生大豆	22	1981	12.14±0.63	5.21	3.15±0.21	6.74	13.02±1.00	7.68	55.84±1.40	2.52	15.71±1.09	6.95
		1982	11.50±0.68	5.90	3.34±0.31	9.27	14.24±1.40	9.86	55.58±1.34	2.42	15.35±1.56	10.18

将栽培、野生和半野生大豆相同品种（品系）1981和1982年收获的种子进行脂肪酸组成的分析（表 3）。无论栽培大豆，野生大豆还是半野生大豆，不饱和脂肪酸的含量年分间的差异均较小，经 t 值测验，除野生大豆油酸含量年分间有显著差异外，各种类

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.ne

型大豆的不饱和脂肪酸含量年分间的差异均不显著，表明不同年分的差别为非本质性的，不饱和脂肪酸的含量有相对的稳定性。三种大豆类型相比，野生大豆的各种脂肪酸含量年分间差异要小些，变异系数小于栽培大豆和半野生大豆，说明野生大豆对环境的适应能力最强。

四、北方春豆与南方夏秋豆脂肪酸组成的比较

表4 北方春豆与夏秋豆脂肪酸组成的比较

年分	播种类型	油分脂肪酸组成的相对百分含量				
		棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻油酸
1981	春豆	11.58±0.81	3.80±0.65	21.39±3.45	55.03±3.16	7.55±1.18
	夏秋豆	11.73±0.41	3.31±0.17	20.90±2.67	54.31±2.39	9.18±0.63
1982	春豆	11.58±0.61	3.46±0.49	24.21±4.94	53.48±3.31	7.41±1.40
	夏秋豆	11.05±0.73	3.20±0.31	21.46±3.73	54.91±3.30	9.37±1.72

1981和1982年分别各测14份和18份北方春大豆和南方夏秋大豆的脂肪酸组成（表4）。夏秋豆亚麻油酸含量高于春豆，二年分别高1.63%（L.S.R0.01=0.53）和1.96%（L.S.R0.01=0.55），其差异均为高度显著。1982年还测定了长江流域春大豆的脂肪酸组成，6份春大豆的亚麻油酸含量平均为7.33%，与北方春大豆含量相似。总的趋势是春豆的亚麻油酸含量比夏秋豆低，油酸含量比夏秋豆高。这表明栽培大豆播种类型间在脂肪酸组成上有差别。筛选低亚麻油酸的种质时应多着眼于春大豆。我们分析的82份大豆品种中，亚麻油酸含最低的是“呼5139”（5.37%）和“金元”（5.63%）。

五、脂肪酸组成成分的相互关系

从前面的分析中我们已经知道，油酸和亚麻油酸含量之间有相互消长的关系。为进一步了解各脂肪酸成分间的相互关系，进行了脂肪酸组成成分间的相关分析（表5）。三种不饱和脂肪酸中，油酸与亚油酸，油酸与亚麻油酸之间呈显著的负相关。当油酸含量增加时，亚油酸、亚麻油酸含量就减少。反之，油酸含量减少，亚油酸、亚麻油酸含量增加。这与前面的分析结果是一致的。因此，在进行以降低油脂中亚麻油酸含量为目标的育种工作中，利用这种相互消长的关系，是比较容易得到成效的，而增加的又主要是油酸。Wilson等（1981）选出的“N78—2245”品系，油酸含量增加到51%。

无论栽培大豆、半野生大豆还是野生大豆，油酸和亚麻油酸含量间均为高度显著的负相关。亚油酸与亚麻油酸含量间的关系，栽培大豆为极显著的正相关，半野生大豆为不显著的正相关，而野生大豆则为不显著的负相关。这种差别是否是种或类型间的差异，则需要测定更多的样本，做进一步的分析。

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.ne

表 5　三种大豆类型各种脂肪酸组成成分间的相关系数

脂肪酸	栽培大豆				半野生大豆				野生大豆			
棕榈酸												
硬脂酸	−0.026				0.378 *				0.481**			
油酸	−0.046	0.052			−0.068	−0.077			0.075	0.222		
亚油酸	−0.125	−0.074	−0.798 **		−0.329	−0.183	−0.733**		−0.347	−0.251	−0.253	
亚麻油酸	−0.195	−0.109	−0.560**	0.457**	−0.096	−0.084	−0.765**	0.283	−0.189	−0.185	−0.626**	−0.346

栽培大豆：n−2=50　r0.05=0.273　r0.01=0.354
半野生大豆：n−2=27　r0.05=0.367　r0.01=0.470
野生大豆：n−2=33　r0.05=0.349　r0.01=0.449

六、亚麻油酸含量与几种农艺性状的关系

表 6　三种大豆类型几种农艺性状和亚麻油酸含量的均数

类型	百粒重（克）	株高（厘米）	主茎节数（个）	分枝数（个）	亚麻油酸含量（%）
栽培大豆	16.39	72.07	18.68	6.16	8.24
半野生大豆	6.01	148.28	27.56	10.54	10.83
野生大豆	1.46	195.99	30.38	19.07	15.96

从栽培、野生和半野生大豆样本中各随机取 10 份材料，计算亚麻油酸含量及百粒重等性状的平均数（表 6），并测定了亚麻油酸含量与这些性状的相关系数（表 7）。从表 6 看出，从野生大豆向栽培大豆演化的过程中，随着籽粒的明显增大，其植株高度下降，主茎节数和分枝数减少。亚麻油酸含量也相应从 15.96%降至 8.24%。

表 7　亚麻油酸含量与几种农艺性状的相关系数

亚麻油酸含量				
百粒重	−0.8739			
株高	0.5764	−0.5965		
主茎节数	0.5083	−0.5218	0.8736	
分枝数	0.6692	0.5846	0.8030	0.7331

n−2=28　r0.05=0.361　r0.01=0.463

相关性测定结果表明，籽粒大小与亚麻油酸含量呈极为显著的负相关，相关系数达 −0.8739。从野生大豆向栽培大豆进化过程中，亚麻油酸含量的下降趋势与百粒重的增大是同步进行的。我们所以强调籽粒增大在大豆进化中的作用，因为籽粒是人们利用的主要部分。长期选择的结果，大豆的籽粒就由小变大，相应地株高下降，株高的下降有利于

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.ne

植株从蔓生向直立方向发展。株高下降又使节数和分枝数减少，这些性状间的密切关系显示出大豆进化过程。上述分析表明，亚麻油酸含量的下降是大豆进化的标志之一。

参 考 文 献

〔1〕李莹，焦广音，王国勋，常汝镇：1981，山西省野生大豆生态分析。山西农业科学，7期 5—9。
〔2〕王连铮，吴和礼，姚振纯，林红：1983，黑龙江省野生大豆的考察和研究。植物研究 3(3):116—130。
〔3〕Wilson, R. F. J. W. Burton, and C. A. Brim: 1981, Progress in the selection for altered fatty acid composition in soybeans. Crop Sci. 21: 788—791.
〔4〕Martin, B. A. et al:1983, Inheritance of fatty acid composition in soybean seed oil. Soy bean Genet. Newsl. 10:89—92.

COMPOSITION OF FATTY ACID IN CULTIVATED, SEMI—CULTIVATED AND WILD SOYBEAN

Zhuang Wuji Han Huaqiong Xie Faming Zheng Qiao
(The Comprehensive Analytical Laboratory, CAAS)
Li Fushan Shu Shizhen Chang Ruzhen
(Institute of Crop Germplasm Resources, CAAS)

Abstract

The mean fatty acid composition of cultivated, semicultivated and wild soybean oil was determined in 1981 and 1982. The difference of fatty acid composition among cultivated, semi-cultivated and wild soybeans is mainly the difference among unsaturated fatty acids. The difference among them are statistically significant at the 1% level. The means of linolenic acid (18:3) content of cultivated, semi-cultivated and wild soybeans are 8.33%, 10.84% and 15.81% respectively in 1981; and 8.17%, 10.66% and 14.91% in 1982. In general, the fatty acid composition of progenies of natural crossing between cultivated and wild soybean is similar that of semi-cultivated.

The difference of fatty acid composition between wild soybeans grown in original areas and planted in Beijing was statistically significant at the 1% level except linoleic acid. The fatty acid composition of the same cultivars or lines in cultivated, semi-cultivated and wild soybean planted in 1981 and 1982 was determined. Except oleic acid content of wild soybean there was essentially no difference on unsaturated fatty acid composition between years.

In comparison with the spring sowing type of soybean in the northern part of China, the summer or autumn sowing type of soybean in the middle or southern part of China contained a significantly higher percentage of 18:3.

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.ne