

# 大豆脂肪酸及其组成成分的相关和通径分析

李永忠

(吉林省农业科学院大豆研究所)

## 摘要

本研究利用来自我国东北和引自国外的三十份大豆栽培品种,以相关系数对大豆脂肪酸及其组成成分进行了相关和通径分析。相关分析表明,表型相关、遗传相关和品种相关系数的趋势基本一致,且品种相关系数更接近于遗传相关系数。油酸和亚油酸及亚麻酸之间具有显著的负相关。而亚麻酸和亚油酸间具有显著的正相关。通径分析表明,除了亚麻酸以外,所有脂肪酸的组分对油分含量的直接效应都为正的,但油酸和亚油酸的效应较大,且二者各自通过对方具有一个较大的负间接效应。亚麻酸对油分含量的净效应最大,主要来自直接效应和通过油酸负的间接效应。由此看来,改善油质和提高含油量并没有矛盾,但使二者都有明显地改善是有一定困难的。利用轮回选择进行高油酸的选择是大豆品质育种的有效方法。

目前,对于商品的大豆来说,不但要求其含油量高,而且越来越重视其脂肪酸的组成,这是大豆价值的重要一面。随着育种及生产实践的发展,大豆的品质育种已经提到一个相当重要的地位。对脂肪酸组成成分的遗传分析国外进行得较早,并以提高油酸、亚油酸含量,降低亚麻酸含量为目标。尽管大豆脂肪酸含量遗传变异的生物学基础尚不太清楚,但选择高油酸可以降低亚油酸和亚麻酸含量<sup>[1][2]</sup>。Howell<sup>[3]</sup>和 White<sup>[4]</sup>也指明了油酸和亚油酸及亚麻酸之间呈负相关。Chauhan<sup>[5]</sup>的研究认为,油分含量受加性和非加性效应的共同影响。对于大豆不饱和脂肪酸的呼吸代谢的研究也已经开始<sup>[6][1]</sup>。大豆对品质性状进行相关,尤其通径分析的报道尚不多见。选择是按表型相关进行的,考虑到选择对于表型值的影响,采用品种相关系数矩阵进行分析,会更符合实际情况。本文试图利用这种方法,对大豆脂肪酸及其组成成分进行分析,为品质育种提供参考。

本文于1986年9月27日收到。This paper was received in 27 Sep., 1986.

## 材 料 和 方 法

试材系来自东北春大豆区的一些以往至当前的主推品种和国外的引进材料共三十份。它们是丰收11号, 黑河3号, 黑农23号, 满仓金, 九农13号, 黑农10号, 刘胜, 吉林15号, 合丰6号, 九农6号, 东农33号, 吉林3号, 吉林1号, 吉林13号, 九农9号, 吉林16号, 金元1号, 系选17, 十胜长叶, 黄宝珠, 荆山璞, 秋八, 铁荚四粒黄, 铁丰18号, Corsoy, Beeson, Gnome, Sprite, Pella, Williams 82。试验于1984年在本所试验地进行。随机区组设计, 三次重复。四行区, 行长2米, 行距60厘米, 株距15厘米。成熟时在小区中间两行收获取种。本所分析室进行油分及其主要组成成分的软质酸, 硬质酸, 油酸, 亚油酸和亚麻酸的含量分析。

遗传、表型和环境相关系数是按常规方法<sup>[7]</sup>计算的。广义遗传力估计标准误差按

$$\sigma_{h^2} = (1 - h^2)[1 + (r - 1)h^2] / [0.5r(r - 1)(n - 1)]^{\frac{1}{2}}$$

式计算。遗传相关系数的估计标准误差按 Robertson<sup>[8]</sup>提出的近似公式计算

$$\sigma_{r_g} = (1 - r_g^2)[\sigma_{h_1}^2 \cdot \sigma_{h_2}^2 / (2 \cdot h_1^2 \cdot h_2^2)]^{\frac{1}{2}}$$

根据  $\sigma_{r_g}$  对遗传相关系数进行检验。品种相关系数按<sup>[9]</sup>计算。其具有简单相关系数的性质, 故用检验简单相关系数的方法进行显著性检验。通径分析方法按Dewey<sup>[10]</sup>进行。

## 结 果 和 讨 论

### 一、相关分析

表1给出了品种相关系数、遗传相关系数及遗传力, 表2给出了表型和环境相关系数。由表1可以看出, 遗传相关系数全部达到了0.01的显著水平。这种标准误差的估计方法似乎很低, 而且  $\sigma_{r_g}$  不但与  $r_g$  相关, 而且与两性状的遗传力成反比。两性状遗传力不同, 即使  $r_g$  相同,  $\sigma_{r_g}$  也不会相等, 因而不一定达到相同的显著水平。所以, 遗传相关系数绝对值是缺乏可比性的。由于该试验材料较多, 加之重复, 误差较小, 遗传力普遍较大, 使  $\sigma_{r_g}$  较小, 造成  $r_g$  都达到0.01的显著水平。因此遗传相关显著性的参考利用应与品种相关显著性对照, 才能得到较确切的认识。

联系表1和表2, 表型相关、遗传相关和品种相关趋势基本一致, 只有硬质酸与亚麻酸有出入, 主要由于环境相关较大的缘故。进一步看出, 三者的值一般为遗传相关 > 品种相关 > 表型相关。

品种相关和表型相关的显著性检验结果是相同的。油酸与亚油酸、油酸与亚麻酸、亚麻酸与油分都呈极显著的负相关; 亚油酸与亚麻酸则呈极显著的正相关, 而软质酸与亚油酸则呈显著的负相关。这一结果说明, 提高油酸的含量, 可以明显地降低亚麻酸的含量。这同 Wilson 等人的研究结果相同。

表 1 品种相关系数、遗传相关系数及遗传力

Table 1 Varietal correlation coefficient, genetic correlation coefficient and heritability

	软质酸 Palmitic acid	硬质酸 Stearic acid	油酸 Oleic acid	亚油酸 Linoleic acid	亚麻酸 Linolenic acid	油分 Oil
软质酸 Palmitic acid	0.93	-0.0822	0.2507	-0.4324**	-0.1601	0.0250
硬质酸 Stearic acid	-0.0947**	0.81	-0.2217	0.1716	0.0202	0.2517
油酸 Oleic acid	0.2679**	-0.2429**	0.93	-0.9461**	-0.7094**	0.2562
亚油酸 Linoleic acid	-0.4474**	0.1938**	-0.9463**	0.94	0.5046**	-0.1439
亚麻酸 Linolenic acid	-0.1678**	0.0374**	-0.7105**	0.5051**	0.91	-0.5197**
油分 Oil	0.0291**	0.2742**	0.2684**	-0.1529**	-0.5369**	0.87

对角线上方为品种相关系数，下方为遗传相关系数，对角线为遗传力。  
\*\*\* 为0.05, 0.01显著水平。  
Varietal correlation coefficient above the diagonal, genetic correlation coefficient below the diagonal and heritability along the diagonal  
\*\*\* Values significant at the 0.05, 0.01 probability level

表 2 表型相关系数和环境相关系数

Table 2 Phenotypic correlation coefficient and environmental correlation coefficient

	软质酸 Palmitic acid	硬质酸 Stearic acid	油酸 Oleic acid	亚油酸 Linoleic acid	亚麻酸 Linolenic acid	油分 Oil
软质酸 Palmitic acid		-0.0604	0.2186	-0.3997*	-0.1457	0.0176
硬质酸 Stearic acid	0.1947		-0.1852	0.1330	-0.0095	0.2285
油酸 Oleic acid	0.4580	0.2320		-0.9458**	-0.7074**	0.2343
亚油酸 Linoleic acid	0.3103	-0.3478	-0.3401		0.5036**	-0.1277
亚麻酸 Linolenic acid	0.1286	-0.3372	-0.6727	0.4909		-0.4878**
油分 Oil	-0.0942	-0.0175	-0.0839	0.1268	-0.0689	

对角线上方为表型相关系数，下方为环境相关系数。  
\*\*\* 为0.05, 0.01显著水平。  
Phenotypic correlation coefficient above the diagonal and environmental correlation coefficient below the diagonal  
\*\*\* Values significant at the 0.05, 0.01 probability level.

二、通径分析

相关分析是测定两个性状之间的相互关系，而不能了解其中的相关原因和效应的大小。通径系数可以使相关系数组成部分分解为直接作用和间接作用。图 1 表明，油分是由五种脂肪酸和影响油分组成的所有其他因素(X)混合作用决定的。而五种脂肪酸本身间相互有关联，除了直接影响油分的组成外，还有其他几个因素，因为与其有相关关系而引

起的交互作用。五种脂肪酸对油分  $y$  的通路系数 ( $p_{y \cdot x_i}$ ) 及通路链系数 ( $p_{y \cdot x_{ij}}$ ) 见表3。

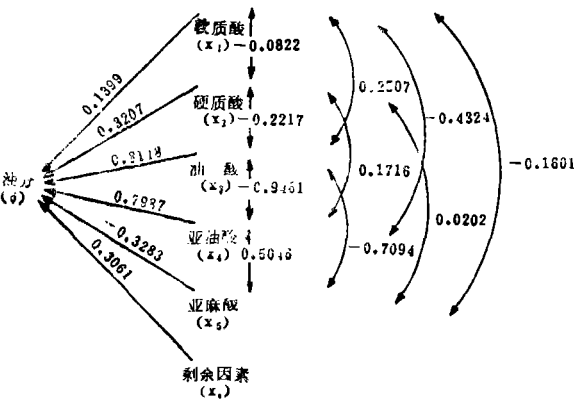


图1 大豆油分及其脂肪酸组成成分的通路图  
Fig. 1 Path of oil and fatty acid

由表中可以看出，软质酸、硬质酸、亚麻酸和油分的相关系数与通路系数比较接近。其余  $r$  和  $p_{y \cdot x_i}$  相差较大。例如油酸和油分的  $r_{3y} = 0.2562$  而  $p_{y \cdot 3} = 0.8148$ ，这是由于油酸通过亚油酸有一个对油分含量的较大的负间接通路系数  $p_{y \cdot 34} = -0.7555$ ，因而  $r$  被缩小了。在油酸和油分的  $r$  中包含有亚油酸对油分的负相关。亚油酸和油分  $r_{4y} = -0.1439$ ，而  $p_{y \cdot 4} = 0.7987$ 。前者表明亚油酸和油分具有负相关，而后者表明二者具有正相关。这两个互相矛盾的结果是由于亚油酸通过油酸和亚麻酸对油分都有一个较大负间接作用，它们混杂在亚油酸和油分的  $r_{4y}$  中，不仅掩盖了亚油酸对油分的正效应，而且得出相反的效应。

表 3 五种脂肪酸组成成分对油分含量的通路系数及通路链系数  
Table 3 Pathcoefficient and path chain coefficient of five kinds of fatty acid to oil content

$x_i \rightarrow x_j$	$x_j \rightarrow y$					
	$x_1 \rightarrow y$	$x_2 \rightarrow y$	$x_3 \rightarrow y$	$x_4 \rightarrow y$	$x_5 \rightarrow y$	$r_{iy}$
$x_1 \rightarrow$	0.1399	-0.0264	0.2043	-0.3454	0.0526	0.0250
$x_2 \rightarrow$	-0.0115	0.3207	-0.1807	0.1352	-0.0066	0.2571
$x_3 \rightarrow$	0.0351	-0.0711	0.8148	-0.7555	0.2329	0.2562
$x_4 \rightarrow$	-0.0605	0.0543	-0.7708	0.7987	-0.1656	-0.1439
$x_5 \rightarrow$	-0.0224	0.0065	-0.5781	0.4030	-0.3283	-0.5129

我们不难看出，五种脂肪酸对于油分含量的相对重要性依次为油酸 (0.8148) > 亚油酸 (0.7987) > 亚麻酸 (-0.3283) > 硬质酸 (0.3207) > 软质酸 (0.1399)。因此，为了获得大豆含油量高的品种，应当着重注意油酸和亚油酸含量高的基因型。这正是提高油酸、亚油酸含量，降低亚麻酸含量来改善油质之要求。因而，提高含油量和改善油质并不矛盾。

从表 4 可以看出，各种脂肪酸，尤其三种不饱和脂肪酸，品种间存在着非常大的差异，这说明了进行脂肪酸组成成分育种的重要性和可行性。进一步看，提高油酸含量，可以降低亚麻酸含量，但又大大地降低了亚油酸的含量。因此，改进油分质量同时，要明显地提高含油量也是有一定困难的。由于这种复杂的相关，单靠一般的杂交进行直接和间接选择进行大豆品质育种，效果不会太明显。利用轮回选择方法对高油酸进行选

表4 六种脂肪酸的最小值、最大值、平均数和变异系数  
Table 4 Minimum, maximum, means and variation coefficient of six kinds of fatty acid

	最 小 值 Minimum (%)	最 大 值 Maximum (%)	平 均 数 Means ( $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ )	变 异 系 数 Variation coefficient (%)
软质酸 Palmitic acid	10.0567	12.6700	11.25 $\pm$ 13.22	117.53
硬质酸 Stearic acid	2.1433	3.3367	2.62 $\pm$ 2.40	91.34
油 酸 Oleic acid	14.2333	30.2967	20.23 $\pm$ 391.75	1936.60
亚油酸 Linoleic acid	48.8533	61.2567	56.40 $\pm$ 296.81	526.26
亚麻酸 Linolenic acid	7.4500	12.5633	9.42 $\pm$ 33.49	355.36
油 分 Oil	16.6333	20.9667	19.15 $\pm$ 28.17	147.69

择,可能是进行大豆品质育种的有效途径。

从剩余作用来看,这个数值也不小(0.3061),说明还存在一定的试验误差,有待于进一步的研究。

## 结 语

1. 遗传相关系数全部达到了0.01的显著水平。五种脂肪酸的遗传力除硬质酸(0.81)外都达到了0.90以上。
2. 表型相关、遗传相关和品种相关趋势基本一致,且品种相关更趋近遗传相关。
3. 油酸与亚麻酸、亚油酸,亚麻酸与油分呈极显著负相关;亚油酸与亚麻酸呈极显著的正相关。
4. 油酸、亚麻酸和油分含量的相关系数与通径系数相差较大,而其余三种脂肪酸比较接近。
5. 五种脂肪酸对油分的通径系数除亚麻酸外皆为正,且油酸和亚油酸对油分通径系数较大。
6. 品种间五种脂肪酸存在着非常大的差异,尤其三种不饱和脂肪酸。

## 参 考 文 献

- [1] Wilson, R. F. et al., 1976. Alteration of soybean oil composition by plant breeding. J. Ame. Che. Soc., 53: 595-597.
- [2] Wilson, R. F. et al., 1981. Progress in the selection for altered fatty acid composition in soybeans. Crop Science, 21: 788-791.
- [3] Howell, R. W. et al., 1957. Factors affecting linolenic and linoleic acid content of soybean oil. Agron. J., 49: 593-597.
- [4] White H. B. et al., 1961. Occurrence and inheritance of linolenic and linoleic acids in soybean seeds. J. Am. Oil Chem. Soc., 38: 113-117.
- [5] Wilson, R. F. et al., 1978. Breeding for oil quality in soybean. Soybean Seed Res. Conf. 8th (Chicago, IL) 8: 49-56.
- [6] Chauhan, V. S. et al., 1983. Genetic analysis of protein and oil content in soybean. Indian J. agric. Sci., 53 (8): 634-7.

- [7] 马育华, 1980. 《植物育种的量变遗传学基础》, 江苏出版社.
- [8] Robertson, A., 1959, The sampling variance of the genetic correlation coefficient. *Biometrics*, 15: 469-85.
- [9] 刘垂珩等, 1984, 多数性状遗传分析的数据结构. 《安徽农学院学报》, (1): 1-5.
- [10] Deway, D. R. et al., 1959. A correlation and path-coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed production. *Agron. J.*, 51: 515-518.

## CORRELATION AND PATH-COEFFICIENT ANALYSIS OF OIL AND ITS COMPOSITIONS IN SOYBEAN

Li Yongzhong

(Soybean Institute, Jilin Academy of Agricultural Sciences)

### Abstract

Thirty cultivars obtained from Northeast China areas and foreign countries were studied in a randomized-block design with 3 replications. Phenotypic and genetic correlation coefficients were culculated from variance-covariance analysis of all possible combinations of characters. Varietal correlation coefficient was used in correlation and path-coefficient analysis.

Correlation analysis showed that genetic correlation coefficient could not be successfully used in characteristic correlation research because of the lack of reliable method for significant test. Phenotypic genetic and varietal correlation coefficients tended to be in common, and varietal correlation coefficient was more similar to genetic correlation coefficient. Oleic acid had a highly negative correlation with linoleic acid and linolenic acid, and there was a significant negative correlation between total oil and linolenic acid and between palmitic and linoleic acid. Highly positive associations were observed between linoleic and linolenic acid.

Path-coefficient analysis using varietal correlation coefficient indicated that all of oil compositions except linoleic acid had positive direct effect, and the effect of oleic and linoleic acid was greater. Both had a great indirect negative effect through each partner. Net effect of linolenic acid to oil content was the greatest and mainly came from direct and indirect negative effect through oleic acid.

Considering the results from the study, it would be concluded that there was no contradictory between increasing oil content and improving oil quality, and that raising oleic acid content was more preferable.

Recurrent selection may be taken as an effective method to improve soybean quality through improving oleic acid content.