

大豆油脂脂肪酸改良与生化育种策略

尹田夫

(黑龙江省农业科学院大豆研究所)

IMPROVEMENT ON FATTY ACID OF OIL LIPID AND STRATEGY OF BIOCHEMISTRY BREEDING IN SOYBEAN

Yin Tianfu

(Soybean Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences)

大豆特异脂肪酸和磷脂对人类健康和进步的贡献日趋重大。因此,国内外植物生理学家和营养学家们密切合作正洞悉特异脂肪酸、磷脂在人体新陈代谢中的奥秘。

大豆育种家们在提高大豆油脂含量的同时,已注意到选育特异脂肪酸含量高的新品种。为迎接大豆油脂脂肪酸品质改良的挑战,以及为传统式或经验式育种家们提供有关大豆油脂脂肪酸改良的遗传背景。需要了解大豆发育种子油脂脂肪酸形成过程;不同环境因子对大豆发育种子油脂脂肪酸累积动态的影响及脂肪酸的生态分布;大豆叶线粒体和叶绿体膜脂脂肪酸和磷脂组成、分布及其与发育种子油脂脂肪酸形成的关系;大豆油脂脂肪酸的演化和系统发育;各种油脂脂肪酸的遗传相关;以及大豆油脂脂肪酸与主要农艺性状的遗传相关等。这对于大豆油脂脂肪酸品质改良等研究工作具有事半功倍之效。

一、大豆油脂脂肪酸改良的战略意义

大豆油脂和蛋白质与碳水化合物不同,它含有不饱和的组成部分,即不饱和脂肪酸。大豆油脂的特性与其所含不饱和脂肪酸的组成与配比有关。大豆油脂中不饱和脂肪酸为人体健康所必需。其中大豆油脂中所含的亚油酸(18:2)和亚麻酸(18:3)是哺乳动物自身不能合成的,该重要营养物质必须从植物油脂中获得。大豆是亚油酸含量较高的油用作物。据人体营养生理代谢研究发现,亚油酸在人体内通过代谢转变为花生四烯酸,对于合成磷脂和前列腺素,以及细胞各种界膜脂组成具有重要的生化作用。同时可防止血清中胆固醇的增加和沉积,软化血管,防止高血压和心血管疾病均有重要作用。所以大豆油脂中亚油酸含量的高低是评价油脂品质的重要标准之一。大豆油脂中亚油酸含量高,则油的营养价值就高。

本文于1987年2月9日收到。This paper was received in Feb. 9, 1987.

大豆油脂中亚麻酸含量的高低也决定油脂的品质。亚麻酸在分子结构上,由于具有三个不饱和键,因而易于氧化使油质变劣。在贮藏过程中豆油的颜色常常变成青绿色,豆油食味不佳。其稳定性较差的主要原因,一般认为是由于油脂中亚麻酸含量的缘故。所以降低大豆油脂中亚麻酸含量,提高油脂耐贮性,为大豆油脂品质改良的重要研究课题。但是,值得注意的是那种认为“改良油脂品质的育种就是要降低其中亚麻酸的含量”的说法,尚有些片面性。因为改良油脂品质关键在于提高不饱和脂肪酸的配比,尤其是提高亚油酸的含量,从而降低饱和脂肪酸,如棕榈酸(16:0)和硬脂酸(18:0)配比。目前,影响油脂脂肪酸品质改良的障碍在于对大豆油脂中脂肪酸组成、配比及其在脂肪酸系统发育中的演化,以及在动植物体生理代谢中的作用了解较少。亚麻酸是构成动植物细胞膜的重要组分。当生理代谢受到干旱、低温、碱盐等环境胁迫时,亚麻酸对维持细胞膜的稳定性和调节细胞膜适应性具有极其重要的生物学意义。黑龙江省农业科学院大豆研究所生理实验室在研究大豆细胞膜膜脂组成对干旱反应中,发现亚麻酸也是大豆叶线粒体和叶绿体膜脂的重要组分。研究得知,在干旱胁迫条件下,亚麻酸对增强细胞膜流动性起到重要作用。因此,片面强调降低亚麻酸育种则会严重降低大豆对逆境的阻抗能力。存在片面性的第二方面的重要原因乃是对大豆油脂中亚麻酸的进化及大豆油脂脂肪酸的系统发育,生态环境对亚麻酸形成、累积之影响以及各种脂肪酸的遗传背景尚缺乏了解。美国印第安那州普渡大学的大豆育种家 White 进行低亚麻酸含量育种一度失败的原因,就在于此。基于上述,作者认为大豆油脂脂肪酸改良的策略,应是在降低饱和脂肪酸的同时,提高不饱和指数,即提高亚油酸含量,适当降低亚麻酸含量。

二、大豆油脂脂肪酸改良的生化基础

大豆油脂品质为脂肪酸组成,配比所佐佑。大豆油脂脂肪酸由棕榈酸(16:0)、硬脂酸(18:0),油酸(18:1),亚油酸(18:2)及亚麻酸(18:3)等五种主要脂肪酸组成。一般来说,亚油酸含量最高,占脂肪酸总量的50—55%以上;其次为油酸占20%左右;棕榈酸占10—14%;亚麻酸占7—13%;硬脂酸含量最低,仅占2—3%。除上述五种主要的脂肪酸外,还有少量的花生酸(20:0)、豆蔻酸(14:0),平均含量各约占总量的0.2—0.5%左右,以及微量的棕榈油酸(16:1)和月桂酸(12:0),二十二烷酸(22:0)等脂肪酸。

就五种主要脂肪酸而言,棕榈酸和硬脂酸属于饱和脂肪酸。油酸是带一个双键的不饱和脂肪酸,亚油酸和亚麻酸分别带有二个和三个双键的不饱和脂肪酸。种子形成初期先形成饱和脂肪酸,然后再由饱和脂肪酸转化为不饱和脂肪酸。

三、大豆油脂脂肪酸遗传与遗传操作

1931年, White 与 Quackenbush 先后报导了亚油酸,亚麻酸的遗传背景。1968年, Brim 也发表了关于大豆脂肪酸遗传的报告。1971年, Roche 等人也报导了油酸和

亚油酸的遗传研究结果。1981年, Wilson以及 Martin(1983) 等人又先后发表了他们的研究报告。综述前人的研究可以认为, F_1 代种子油脂脂肪酸组成介于双亲之间, 正反交组合相似, 且具有显性上位作用, 由此说明大豆油脂脂肪酸的遗传是数量性状遗传。

White 与 Quackenbush 研究了亚油酸和亚麻酸遗传传递规律的同时, 并用亚麻酸含量低的品系杂交, 于 F_2 代已鉴定出亚麻酸含量为 3.35% 的单株。但是, 这一可喜的研究工作以失败告终。其主要原因是由于缺乏生态条件对亚麻酸形成、累积的影响的了解, 也就是说环境对亚麻酸形成的影响是极其明显的。所以低亚麻酸杂交材料没能继续选择下来。

后来, Purdue 大学的 Wilcox, Iowa 大学的哈兹德和费尔等人利用 x 射线和化学诱变剂, 致使大豆油脂脂肪酸含量发生变异, 并取得了良好效果。费尔等人从 M_1 代选出低亚麻酸含量的单株, 该株系在不同生态环境中, 亚麻酸含量平均为 2.9—4.3%; Wilcox 等人从 M_2 代选择一亚麻酸含量为 3.4% 的辐射后代, 该后代在温室或田间自然条件下, 亚麻酸均保持在低含量水平。但是, 他们的研究目前只获得了脂肪酸变异的品系, 还未获得农艺性状优良的品系。因此, 一个具有低亚麻酸含量且农艺性状优良的大豆新品种问世尚需一段时间。但是, 随着生物遗传工程的进展, 作者相信大豆油脂脂肪酸组成可通过遗传操作定能选育出具有理想的脂肪酸成分的食用型或工业型的栽培大豆品种。

四、大豆油脂脂肪酸性状演化及生态分布

大豆各属、种(或亚种)的系统发育过程中, 当生态条件改变时, 油脂脂肪酸组成则发生一定的变化, 如饱和脂肪酸甘油酯的主要组成被保存下来, 而不饱和脂肪酸甘油酯以增加的数量与之相结合。在个体发育过程中, 生活条件的改变对油脂组成的影响是: 当把大豆移植到温带、极地和高山地区时, 油脂中不饱和指数增大, 亦即不饱和酸含量升高; 当移植到干旱成熟带区域时, 不饱和酸含量便减少。

研究生态条件, 特别是气候对植物体内油脂形成过程的影响, 以及研究气候因子对植物机体所形成的油脂的数量和质量的影响等问题有特殊意义。

庄无忌等(1984), 胡明祥等(1986), 徐豹(1986), 李莹等(1981) 先后曾对我国栽培大豆 (*Glycine max* L. Merr)、野生大豆 (*Glycine Soja*) 和半野生大豆 (*Glycine gracilis*) 成熟风干种子油脂脂肪酸的组成做了一些分析。尽管这些分析缺乏相同遗传背景, 或因试材的局限性, 其结论存在这样或那样的问题, 但是他们的工作是有意义的。概括他们的研究, 从总的趋势来看, 来源于不同地理纬度的大豆品种, 其脂肪酸组成具有一定差异。原产于低纬度地区的大豆品种其棕榈酸含量较高, 而高纬度地区大豆棕榈酸含量低, 其相关系数($r = -0.7179^*$)达显著水准。硬脂酸含量, 高纬度品种高于低纬度品种, 只呈不显著的正相关($r = 0.6041$)。油酸含量与纬度仅有极弱的负相关($r = -0.094$)。亚油酸含量与纬度也呈不显著的负相关($r = -0.0429$)。亚麻酸含量与纬

度有一定的正相关,即高纬度品种亚麻酸含量高于低纬度品种。

李莹(1981)等人对山西省野生大豆油脂脂肪酸组成进行了初步分析,且与栽培大豆作了比较,由于测试材料较少,其结论只可做参考,其分析结果指出棕榈酸含量与栽培大豆相似,油酸低于栽培大豆,亚油酸比栽培大豆高4.65—12.81%,亚麻酸比栽培大豆高3—4倍。徐豹等人(1986)报导了原产我国北纬24—51°度间的95份野生大豆的亚麻酸含量与地理纬度呈显著正相关($r=0.4181^{***}$);与硬脂酸呈高度显著负相关($r=-0.6504^{***}$);与软脂酸呈显著负相关($r=-0.2530^*$);基于上述分析,在以降低亚麻酸含量的大豆油脂脂肪酸改良中,试图利用野生大豆资源是有一定困难的。

五、大豆油脂脂肪酸相关及品质改良

大豆主要不饱和脂肪酸中,油酸分别与亚油酸和亚麻酸呈显著或高度显著负相关(徐豹等; $r=-0.9400^{**}$, $r=-0.5818^{**}$;胡明祥等; $r=-0.2065^{**}$, $r=-0.4368^{**}$;庄无忌等; $r=-0.798^{**}$, $r=-0.5600^{**}$)。换言之,当油酸含量增加时,亚油酸和亚麻酸含量降低;反之,结果亦呈反比。因此,在进行以降低油脂中亚麻酸含量和提高亚油酸含量为目标的脂肪酸改良中,利用此种相互消长关系,是较易于成功的。Wilson等(1981)利用该消长关系,采用间接选择方法,选择油酸含量高的材料,既提高了油酸含量、又降低了亚麻酸含量。哈兹德和费尔用选择: $R = \text{油酸}(18:1)/[\text{亚油酸}(18:2) + \text{亚麻酸}(18:3)]$ 比率的办法成功地改变了大豆脂肪酸。该选择方法的原理在于亚油酸(18:2)和亚麻酸(18:3)为油酸(18:1)去饱和而成。选择高R值则改变这三种脂肪酸配比。他们经过四个轮回选择周期以后,与纯系选择相比较,R值从0.4提高到0.65。

Takage(1979)报导了大豆亚油酸和亚麻酸含量呈正相关。庄无忌(1984)又进一步证实了他们的研究结果。这一相关说明欲选育低亚麻酸又保持高亚油酸品种也有一定的难度。

关于棕榈酸(16:0)、硬脂酸(18:0)与其它不饱和脂肪酸的相关报导不甚一致。

六、大豆油脂脂肪酸与其他性状的相关及杂种后代选择

徐豹等(1984)对野生、半野生和栽培大豆共175份混合材料的百粒重与几种脂肪酸含量的相关研究指出,百粒重与亚麻酸、亚油酸、棕榈酸分别呈显著负相关($r=-0.7576^{**}$, $r=-0.3051^{**}$, $r=-0.3807^{***}$),与油酸呈显著正相关($r=0.7217^{***}$);其中95份野生大豆和37份栽培大豆的亚麻酸与百粒重分别呈显著负相关($r=-0.3362^{**}$, $r=-0.3537^*$)。胡明祥等(1986)报导油酸与百粒重呈正相关($r=0.2122^{**}$),亚麻酸与百粒重呈显著负相关($r=-0.2785^{**}$)。他们也指出油酸与脂肪含量呈正相关($r=0.4395^{**}$),与蛋白质呈不显著负相关($r=-0.1482$)。亚油酸与百粒重、脂肪含量均呈负相关($r=-0.1161$, $r=-0.2246^{**}$),与蛋白质含量仅有弱的负相关($r=-0.0339$)。亚麻酸与百粒重、脂肪、蛋白质均呈负相关($r=-0.2385^*$, $r=-0.4157^{**}$, $r=-$

-0.2375**) 且达显著或高度显著。

亚麻酸与主要农艺性状的相关研究很少, 庄无忌等(1984)分析指出, 籽粒大小与亚麻酸含量呈极显著负相关($r = -0.8739^{**}$)。

上述研究表明在大豆油脂脂肪酸改良中, 可据此等性状间的相关关系对品种后代进行选择。

参 考 文 献

- [1] 徐 豹等: 1984, 野生大豆脂肪酸组成初步研究(简报), 吉林农业科学, 2: 92
- [2] 庄无忌等: 1984, 栽培、野生、半野生大豆脂肪酸组成的初步分析, 大豆科学, 3: 223—230.
- [3] 胡明祥等: 1986, 我国大豆品种脂肪酸组成的分析研究, 吉林农业科学, 1: 12—17.
- [4] 李 莹等: 1981, 山西省大豆品种生态分析, 山西农业科学, 2: 16—19.
- [5] 王国勋等: 1979, 大豆品种蛋白质、脂肪含量的地理纬度生态分布, 中国油料, 1: 46—50.
- [6] 王国勋等: 1980, 山西省野生大豆考察报告, 中国油料, 3: 41—47.
- [7] 王连铮等: 1980, 黑龙江省野生大豆的观察研究, 中国油料, 3: 48—53.
- [8] Wilson, R. F., et al.: 1981, Progress in the selection for altered fatty acid composition in soybeans, *Crop Sci.* 21: 788—791.
- [9] Martin, B. A., et al.: 1983, Inheritance of fatty acid composition in soybean seed oil, *Soybean Genet. News.* 10: 89—92.
- [10] Prim, C. A., et al.: 1968, Maternal effect on fatty acid composition and oil content of soybean, *Crop Sci.* 8: 517—518.
- [11] Burton, J. W., et al.: 1983, Recurrent selection on soybean. IV. Selection for increased oleic acid percentage in seed oil, *Crop Sci.* 23: 744—747.
- [12] Carver, B. F., et al.: 1983, Influence of maturity date on the oil content of soybean with genetically altered fatty acid composition, *Soybean Genetic Newslet.* Vol. 10: 93—95.
- [13] White, H. B., et al.: 1961, Occurrence and inheritance of linolenic and linoleic and in soybean seeds, *The Journal of the American Oil Chemists' Society.* Vol. 38: 113—117.
- [14] Hawkins, S. E., et al.: 1983, Use of tropical environments in breeding for oil composition of soybean genotypes adapted to temperate climates, *Crop Sci.* 23: 897—899.
- [15] Takage, Y., et al.: 1979, Varietal differences in fatty acid composition and heritability in soybean varieties from Japan and Korea, *Agricultural Bulletin of Soya University.* 47: 53—64.
- [16] Joshi, A. C., et al.: 1973, Distribution of fatty acid during germination of soybean seeds, *J. Am. Oil Chem. Soc.* 50: 282—283.
- [17] Brim, C. A., et al.: 1973, Application of genetic male sterility to recurrent selection schemes in soybean, *Crop Sci.* 13: 528—530.
- [18] Downey, R. K., et al.: 1975, Breeding for modified fatty acid composition, *Current Adv. Plt. Sci.* 12: 151—167.
- [19] Hammond, E. G., et al.: 1975, Oil quality improvement in soybean (*G. max*), *Fette Seifen Anstrich.* 77: 97—101.
- [20] Ho, C. F., et al.: 1978, The synthesis of 2—(1—pentenyl) furan and its relationship to the reversion flavor of soybean oil, *J. Am. Oil Chem. Soc.* 55: 233—237.
- [21] Howell, R. W., et al.: 1972, The plant geneticists contribution toward changing lipid and amino acid composition of soybean, *J. Am. Oil Chem. Soc.* 49: 30—32.
- [22] Mounts, T. L., et al.: 1978, Flavor and oxidative stability of hydrogenated and unhydrogenated soybean oils, Effects of antioxidants, *J. Am. Oil Chem. Soc.* 55: 345—349.
- [23] Wilson, R. F.: 1978, Breeding for oil quality in soybean, *Soybean Seed Res. Conf.* 8th (Chicago, IL.) 8: 49—56.
- [24] Wilson, R. F., et al.: 1976, Alteration of soybean oil composition by plant breeding, *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 53: 595—597.
- [25] Wilson, R. F., et al.: 1980, Involvement of phospholipids in polyunsaturated fatty acid synthesis developing soybean cotyledons, *Plant Physiol.* 66: 545—549.