

大豆籽粒发育过程中脂肪 酸的组分分析*

马淑英 梁 歧 尹田夫 张思河 侯建设 毕建丽

(中国人民解放军农牧大学农学系 长春 130062)

摘 要

大豆籽粒发育过程中,棕榈酸(16:0),硬脂酸(18:0)及亚麻酸(18:3)的相对含量下降,亚油酸(18:2)则上升,油酸(18:1)的变化不显著。棕榈酸及亚麻酸相对含量的减少与籽粒发育的天数呈极显著的负相关,而亚油酸相对含量与发育天数则呈极显著的正相关。饱和脂肪酸的降低与不饱和脂肪酸的增加均极显著。亚麻酸与油酸及亚油酸呈极显著的负相关,亚油酸与棕榈酸及硬脂酸呈极显著的负相关。

关键词 大豆;籽粒发育;脂肪酸;变化;相关分析

大豆籽粒脂肪酸的组成是决定大豆油脂品质的重要因素。前人已从不同角度对成熟籽粒的脂肪酸做过许多报道。但对大豆发育过程中,脂肪酸的组成变化及其相关性的研究尚少。而籽粒发育中脂肪酸的形成又是成熟籽粒油脂合成的关键。因此,本文以 Aldana 为供试的大豆品种,分析了籽粒成熟过程中脂肪酸的组分变化,旨在探讨不同发育时期大豆籽粒的脂肪酸的配比及变化,为大豆油脂品质的改良和育种提供基础依据

材料与amp;方法

1 材料

大豆 Aldana 由波兰植物育种与驯化研究所赠送。大豆种植于解放军农牧大学试验田。大豆开花当天标记,于开花后 16 天开始,每 3-4 天取一次样,直至大豆籽粒成熟。取样时,取同天标记不同植株同一节位的豆荚,剥出籽粒,于 105℃ 烘箱 30 分钟,然后置 70-80℃ 烘箱烘干至恒重,粉碎,过筛。

2 方法

脂肪酸测定采用脂肪酸甲酯的气相色谱法。

试样制备 将粉碎过筛的样品 0.5g 于试管中,加入 5mL 甲醇钠溶液,振荡,使样品与溶液充分混匀,静止 30min,滴入 5 滴 10% 乙酸,再加入 5ml 正庚烷,轻轻振荡后静止片

* 收稿日期 1998-08-21
Received on Aug. 21, 1998

刻,待萃取后,吸取上层脂肪酸甲酯的正庚烷溶液待测

色谱图结果计算按峰面积归一化法由仪器微处理机完成。

仪器:日本产岛津 GC-14B型气相色谱仪,R-TB型数据微处理机,氢火焰离子化检测器(FID),量程 3,衰减 2,担体 GAS. CHROMSORB-Q, 80-100目,固定液 DEGS,担体与固定液配比 100:4

色谱柱:不锈钢柱 $1m \times 3.2mm$ (内径)

温度:柱温 $180^{\circ}C$,气化室 $240^{\circ}C$,检测室 $240^{\circ}C$,气体,载气 N_2 60ml/分,燃气 H_2 50ml/分,助燃气体空气 500ml/分,纸速 2.5cm/分。

结果与分析

1 大豆籽粒发育过程中脂肪酸的含量变化

超早熟大豆 Aldana 花后 16-51天内,脂肪酸的含量随籽粒发育天数而呈不同的变化,如表 1

表 1 大豆籽粒发育过程中脂肪酸的变化(%)

Table 1 Changes of fatty acids content during development of soybean seed(%)

| 花后天数 Day after flowering | 饱和脂肪酸 Saturated fatty acids | 不饱和脂肪酸 Unsaturated fatty acids | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| | 棕榈酸 (16:0) Palmitic acid | 硬脂酸 (18:0) Stearic acid | 油酸 (18:1) Oleic acid | 亚油酸 (18:2) Linoleic acid | 亚麻酸 (18:3) Linolenic acid |
| 16 | 22.7793 | 18.3706 | 18.8923 | 20.5261 | 19.4318 |
| 20 | 31.7203 | 4.5950 | 20.7157 | 29.9041 | 13.0648 |
| 23 | 19.7720 | 3.0129 | 19.3883 | 40.7539 | 17.0726 |
| 27 | 16.7083 | 3.2645 | 22.3283 | 45.8686 | 11.8304 |
| 30 | 14.5187 | 3.0384 | 29.1147 | 44.8412 | 8.4870 |
| 34 | 12.8563 | 3.0023 | 28.6213 | 46.6641 | 8.8561 |
| 37 | 13.5262 | 2.3508 | 22.0615 | 50.1266 | 11.9349 |
| 41 | 10.1236 | 2.3427 | 26.3427 | 51.9182 | 9.2728 |
| 44 | 11.9828 | 3.0524 | 22.6620 | 52.1288 | 10.1748 |
| 48 | 11.4412 | 3.9913 | 21.8419 | 53.1010 | 9.6246 |
| 51 | 10.7770 | 2.3759 | 21.6066 | 56.9245 | 8.3159 |

花后 16天时,饱和脂肪酸(棕榈酸+硬脂酸)占 41.4199%,不饱和脂肪酸(油酸+亚油酸+亚麻酸)为 58.8501%,5种脂肪酸含量相差不明显,即分别为 22.7793%、18.3706%、18.8923%、20.5261%及 19.4312%。随着籽粒的发育,各种脂肪酸变化各异。

花后 20天时,硬脂酸和亚麻酸含量急剧下降到 4.5950%及 13.0648%,棕榈酸、油酸和亚油酸含量迅速上升,其中棕榈酸及亚油酸的含量累积幅度较大,分别为 31.7203%和 29.9041%,比花后 16天时提高了 8.941%及 9.378%。

花后 23天时,棕榈酸、硬脂酸及油酸含量下降,亚油酸和亚麻酸的含量上升。此后至籽粒成熟时,棕榈酸、硬脂酸和亚麻酸含量随籽粒的成熟而减少,而油酸和亚油酸的含量

增加,尤以亚油酸累积得最多,为 56.9245%,比花后 16天时的含量提高了 36.3984%,油酸的含量为 21.6066%,与花后 16天时的含量相比,略有提高。大豆籽粒发育的过程中,饱和脂肪酸(棕榈酸+硬脂酸)的含量逐渐下降,不饱和脂肪酸(油酸+亚油酸+亚麻酸的含量则上升,至籽粒成熟时,不饱和脂肪酸占总脂肪酸的 86.8471%。脂肪酸含量的动态变化如图 1

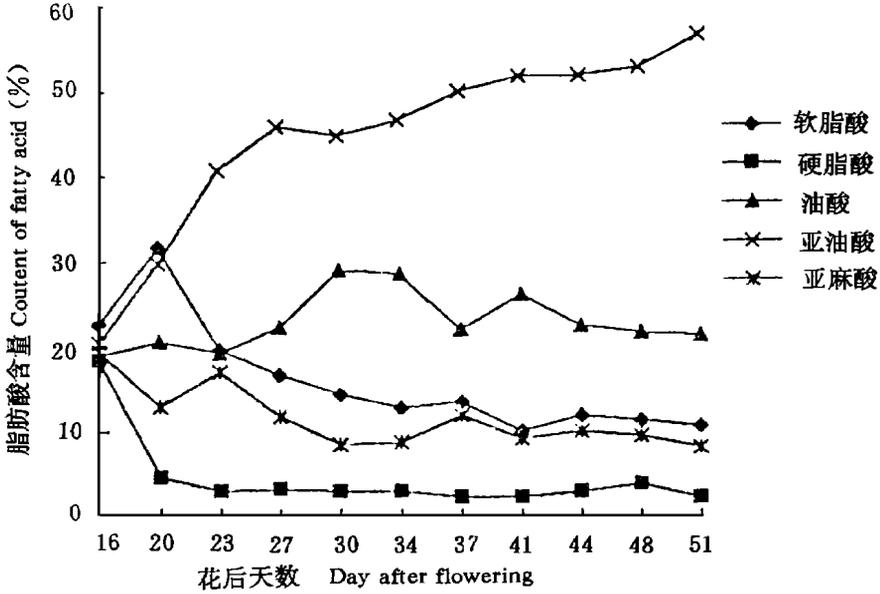


图 1 大豆籽粒发育过程中脂肪酸的变化

Fig. 1 Changes of fatty acids content during development of soybean seed

2 脂肪酸的含量与籽粒发育天数的相关分析

籽粒发育过程中,脂肪酸的形成与籽粒发育存在着一定的相关性,如表 2

表 2 大豆籽粒发育与脂肪酸含量间的相关分析

Table 2 The correlations analysis of the content of fatty acids with the days after flowering of soybean

| 脂肪酸 Fatty acid | 花后天数 Day after flowering | 棕榈酸 Palmitic Acid | 硬脂肪 Stearic Acid | 油酸 Oleic Acid | 亚油酸 Linoleic Acid |
|-----------------------|--------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|-------------------------|
| 棕榈酸 Palmitic acid | 饱和脂肪酸 | - 0.82* * | | | |
| 硬脂肪 Stearic acid | | - 0.55 | 0.44 | | |
| 油酸 Oleic acid | | 0.26 | - 0.48 | - 0.43 | |
| 亚油酸 Linoleic acid | 不饱和脂肪酸 | 0.91* * | - 0.85* * | - 0.80* * | 0.39 |
| 亚麻酸 Linolenic acid | | - 0.76* * | 0.65* | 0.73* | - 0.85* * |

自由度为 9, *、* *, 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上显著; *、* *, Significant at 0.05 and 0.01 level, respectively

由表 2 可知, 棕榈酸和亚麻酸的含量与籽粒发育天数呈极显著的负相关, 而亚油酸含

量则与其呈极显著的正相关;硬脂酸和油酸的含量与籽粒发育的天数之间无显著的相关关系。饱和脂肪酸含量的降低与不饱和脂肪酸含量的增加均极显著。

脂肪酸的含量在大豆籽粒成熟过程中变化各异但它们之间的含量变化存在着一定的相关关系。饱和脂肪酸中的棕榈酸、硬脂酸的含量与亚油酸的含量呈极显著的负相关,而与亚麻酸的含量呈显著的正相关,与油酸则呈不显著的负相关。不饱和脂肪酸中,油酸、亚油酸的含量与亚麻酸的含量呈极显著的负相关,油酸的含量与亚油酸的含量呈不显著的正相关。饱和脂肪酸中的棕榈酸含量与硬脂酸含量呈不显著的正相关。

讨 论

1 脂肪酸的组分变化与大豆籽粒发育的关系

脂肪酸的组分和配比影响着大豆油的品质,在籽粒发育过程中,大豆脂肪酸各个组分消长变化的趋势是不同的。本研究表明,花后 16天时,脂肪酸的各个组分所占的比例相差不多,随籽粒的发育,棕榈酸含量在花后 20天时先是急速上升,花后 23天时,其含量又急剧下降,直到成熟。硬脂酸含量在花后 20天时突然下降,此后一直呈现下降趋势,油酸的含量随籽粒发育而稍有变化,但整个趋势是上升的,亚油酸含量变化最大,在整个籽粒发育过程中累积最多,呈上升趋势,亚麻酸含量在花后 20天时下降,花后 23天时又上升,随后又下降。至籽粒成熟时,各脂肪酸的含量为:棕榈酸 10.7770%,硬脂酸 2.3759%,油酸 21.6.66%,亚油酸 56.9245%,亚麻酸 8.3159%。由此看出油酸及亚油酸含量在花后 20天时就占总脂肪酸的 50%左右,至花后 51天时,两者占 78.531%。可见,大豆油的脂肪酸大部分由油酸和亚油酸组成,其中亚油酸含量最高。各组分含量依次为亚油酸>油酸>棕榈酸>亚麻酸>硬脂酸。这与落花生油所含油酸量最多的情况不同^[1]。吕景良等(1990)测定 2341份大豆材料后,指出大豆的脂肪酸组成有两种品种类型。一类以油酸为主要成分,此类品种亚麻酸含量较低。另一类是以亚油酸为主要成分,此类品种亚麻酸含量相对较高^[2]。本实验的大豆材料 Aldana 属于后一种类型,其脂肪酸含量为亚油酸>油酸>棕榈酸>亚麻酸>硬脂酸。

不同的植物材料中,籽粒发育时脂肪酸的累积速度是不同的。Awasthi等(1993)在研究 Brassica juncea 品种时,指出随种子的发育成熟,棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸含量减少,而亚麻酸、花生酸及芥子酸增加^[3]。Khor, HT; (1988)通过对 Psophocarpus tetragonolobus 种子发育的研究,认为在种子成熟过程中,棕榈酸、硬脂酸及亚麻酸的含量是下降的,亚油酸、山萘酸含量则上升^[4]。由此可知,脂肪酸的合成途径因种类而不同,但许多学者认为不饱和脂肪酸是由饱和脂肪酸脱饱和而形成,因为随籽粒的发育,饱和脂肪酸含量减少,不饱和脂肪酸的含量增加,或是不饱和脂肪酸中低度不饱和脂肪酸减少,高度不饱和脂肪酸增加。本研究中,棕榈酸、硬脂酸及亚麻酸含量下降,这与 Khor 等人的研究结果一致。油酸及亚油酸含量随籽粒发育而升高,这与 Awasthi 等人的研究结果相反,这可能是由于不同的材料其脂肪酸的组成不同,而且脂肪酸的形成同时受遗传因素和环境因子影响的结果。

2 籽粒发育过程中脂肪酸组分间的相关性

籽粒发育的天数与饱和脂肪酸中的棕榈酸含量间有极显著的负相关,与不饱和脂肪酸中的亚油酸含量具极显著的正相关,与亚麻酸含量呈极显著的负相关。与硬脂酸及油酸含量无显著的相关关系。但与饱和脂肪酸总量(棕榈酸+硬脂酸)呈极显著的负相关,而与不饱和脂肪酸总量(油酸+亚油酸+亚麻酸)具极显著的正相关。

脂肪酸各组分间变化亦具有一定的规律。高木胖等对 172 份大豆材料的不饱和脂肪酸含量间相关分析研究,结果表明:亚油酸与亚麻酸呈正相关,二者均与油酸呈负相关^[5]。庄无忌^[6]等(1984)和吕景良等(1990)得到同样的相关分析结果。本研究的结果表明,油酸与亚油酸具不显著的正相关关系,但油酸与亚麻酸呈极显著的负相关($r_{油酸 \cdot 亚麻酸} = -0.85^{**}$),这与上述结论一致。亚油酸与亚麻酸具极显著的负相关($r_{亚油酸 \cdot 亚麻酸} = -0.81^{**}$),这与庄无忌等(1984)的研究结果相反。汤文通等对 12 个品系的大豆脂肪酸进行分析表明,棕榈酸含量与硬脂酸含量间有正相关,与亚油酸及亚麻酸含量间则有负相关关系。硬脂酸与油酸间也有负相关存在^[7]。我们的相关分析结果($r_{棕榈酸 \cdot 硬脂酸} = 0.44$),棕榈酸与亚油酸间有极显著的负相关,这与上述结果一致,但棕榈酸、硬脂酸与亚麻酸呈显著的正相关,与其结果相反。

综合上述结果,可知不同品种的脂肪酸的组分不同,其相关关系亦有差别,至于其详细的机理还有待于进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 苏匡基、陈清秀, 1971, 落花生品种与栽培地区及季节对脂肪酸成分含量之研究, 中华农学会报, 新(74): 19-26
- [2] 吕景良、邵荣春等, 1990, 东北大豆品种资源脂肪酸组成的分析研究, 作物学报, 16(4): 349-355
- [3] Awasthi- pk Pathak, 1993, Changes in oil content and fatty acids composition developing high erucic mustard (*Brassica juncea*) varieties *Agrochimica*, 37, 1-2, 77-85, 15. ref.
- [4] Khor, HT. Chan, - SI 1988, Changes in lipid classes and fatty acid composition in developing *Psophocarpus tetragonolobus* seeds. *Phytochemistry*, 27, 7, 2041-2044 25. ref.
- [5] 高木胖等, 1979, (日)佐贺大学农学报, (47): 53-64
- [6] 庄无忌等, 1984, 大豆科学, 3(3): 223-230
- [7] 汤文通、陈明哲等, 品种与栽培地区对大豆油分含量及脂肪酸成分之影响, 中华农学会报, 新(97): 5

ANALYSIS OF THE FATTY ACIDS COMPOSITION DURING THE DEVELOPMENT OF SOYBEAN SEED

Ma Shuying Liang Qi Yin Tianfu Zhang Sihe Hou Jianshe Bi Jianli

(*University of Agriculture and Animal Sciences of PLA, Changchun 130062*)

Abstract

The content of Palmitic acid, Stearic acid and Linolenic acid were decreased with

the days after flowering and that of Linoleic acid was increased. The content of Oleic acid had slight variation. Palmitic acid and Linolenic acid had negative correlation with the development at days of soybean seed, and Linoleic acid was positively correlated. There was significant correlation between unsaturated and saturated fatty acids. Linolenic acid had a significant negative correlation with Oleic acid and Linoleic acid. Linoleic acid had a significant negative correlation with Palmitic acid and Stearic acid.

Key words Soybean; Development of seed; Fatty acid; Change; Correlation analysis