

不同品种亚麻籽粒中主要脂肪酸含量的变化

安建平^{1,*} 牛一川²

¹天水师范学院生化学院, 甘肃天水 741000; ²天水农业学校, 甘肃清水 744000

Changes in Main Fatty Acid Contents in Different Varieties of Flax (*Linum usitatissimum* L.) Seeds

AN Jian-Ping^{1,*}, NIU Yi-Chuan²

¹School of Life Science and Chemistry, Tianshui Normal University, Tianshui, Gansu 741000, China; ²Tianshui Agricultural School, Qingshui, Gansu 744000, China

提要 不同亚麻品种‘陇亚7号’、‘82(50)’、‘匈牙利3号’和‘范呢’籽粒中亚麻酸含量最高, 其次是油酸、亚油酸和硬脂酸, 棕榈酸含量最低。棕榈酸和亚油酸在籽粒发育成熟的初期增长速度较快, 含量较高, 但随着籽粒逐渐发育成熟而下降, 硬脂酸也如此, 后者下降幅度较小。油酸和亚麻酸含量随着籽粒发育成熟进程而渐增, 油酸含量增加幅度较小。不同品种的籽粒完全成熟时, 棕榈酸、硬脂酸、亚油酸和亚麻酸含量有异, 同一基因型的亚麻籽粒完全成熟时, 开花晚的油酸含量较低, 而亚麻酸含量较高。

关键词 亚麻籽粒; 脂肪酸

亚麻(*Linum usitatissimum* L.)是我国北方地区重要的油料作物之一, 已有几百年的栽培历史。亚麻籽粒中含有的各种不饱和脂肪酸在保持细胞膜的完整性、流动性和细胞功能中起作用(Rubbelen等1991)。不饱和脂肪酸特别是多不饱和脂肪酸在降低血液胆固醇和血脂, 预防心血管疾病, 保护大脑和神经系统中的意义很大(McGandy和Hegsted 1975; Torres等2000; Laurizen等2000; Gill和Valivety 1997)。关于植物中脂肪酸的研究主要集中于结构、组成和功能等方面(王文霞等2004; 付华等1997; 卢昌义等1997; 罗湘宁等1997; 陈炳华等2001; 薛刚等1997; Wang等2000; 王映强等2000; 李和等1998), 而植物中脂肪酸的积累规律目前国内外报道较少, 且主要研究为逆境条件下植物脂肪酸的积累与抗性的关系(Surjus和Durand 1996; Yaeno等2004; Thelen和Ohlrogge 2002; Conconi等1996)。本文检测了不同品种亚麻籽粒发育成熟过程中主要脂肪酸的含量变化, 旨在阐明主要脂肪酸的积累规律, 以期能为亚麻育种提供参考。

材料与amp;方法

采用的亚麻(*Linum usitatissimum* L.)品种有‘陇亚7号’、‘82(50)’、‘匈牙利3号’和

‘范呢’4个品种。试验于1999~2002年在甘肃省天水农业学校试验农场进行。试验地土质为黄绵土, 容重 $1.15 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, 主要养分含量(0~20 cm土层)速效氮为 $49.7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 速效磷为 $16.55 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 速效钾为 $88.06 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 土壤有机质含量1.01%。小区面积为 $5 \text{ m} \times 4 \text{ m}$, 栽培密度为20万株·亩⁻¹, 行距20 cm, 播种深度3 cm, 人工开沟撒播, 出苗后适当间苗。从始花期开始, 选用生长整齐一致、健壮的植株, 标记每天的花, 每5 d为1期, 共标记3期, 其余所有的花列为第4期, 分别用1、2、3表示各期开花所结籽粒(1、2、3期花所结籽粒分别为下部、中部和上部籽粒。‘范呢’品种开花后40 d籽粒完全成熟, 其他3个品种开花后45 d籽粒完全成熟)。在第1期开花后10 d开始, 每隔5 d, 采收同期所结果实, 人工方法剥离后放在 105°C 下烘10 min, 然后在 75°C 下烘干至恒重, 分别测定不同时期亚麻籽粒中脂肪酸含量。

植物油脂的提取采用索氏提取法, 脂肪酸的测定参照张海满(2001)的方法。

收稿 2005-08-19 修定 2005-12-20

资助 甘肃省中青年科技基金(YS991-A21-034)。

致谢 实验中脂肪酸由西北农林科技大学测定。

*E-mail: jianpingan1@126.com, Tel: 0938-8362524

皂化水解亚麻油时, 精确称取亚麻油 5 g, 加入 $0.25 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的 NaOH-甲醇溶液 10 mL, 置于 60°C 水浴中皂化 20 min 后, 加入 $1.2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ HCl, 调 pH 至 3~4, 以饱和盐水洗至中性并除去水分, 得到游离的混合脂肪酸。

混合脂肪酸甲酯化参照朱彭龄(1989)的方法。称取 0.100 g 混合脂肪酸, 置于 10 mL 容量瓶中, 加入 2~3 mL 无水甲醇, 于水浴中加热使其溶解, 滴加 5~8 滴浓硫酸, 在 $65\sim 70^\circ\text{C}$ 水浴中加热 10~15 min, 加入 4 mL 蒸馏水和 1 mL 无水乙醚后转入分液漏斗, 剧烈震荡萃取 1 min, 溶液分层后将上层乙醚相蒸去, 脂肪酸甲酯溶于甲醇, 稀释至一定浓度后待测。标准脂肪酸按相同方法甲酯化。

各种脂肪酸为 SIGMA 公司的标准样品。分析条件为 Shim-pack ODS 分析柱(150 mm \times 6 mm), 柱温为 40°C , 流动相为色谱纯甲醇, 流速为 $1.2 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$, 检测波长为 205 nm。

实验结果

1 亚麻籽粒成熟过程中棕榈酸含量的变化

图 1 显示: 不同品种亚麻籽粒成熟过程中棕榈酸的含量有一定差异, ‘陇亚 7 号’和 ‘82 (50)’ 的较高, ‘匈牙利 3 号’和 ‘范呢’ 的较低。同一品种不同部位的成熟籽粒中棕榈酸含量无明显差别。但随着籽粒的逐渐成熟, 不同品种和同一品种的不同部位籽粒中棕榈酸含量逐渐下

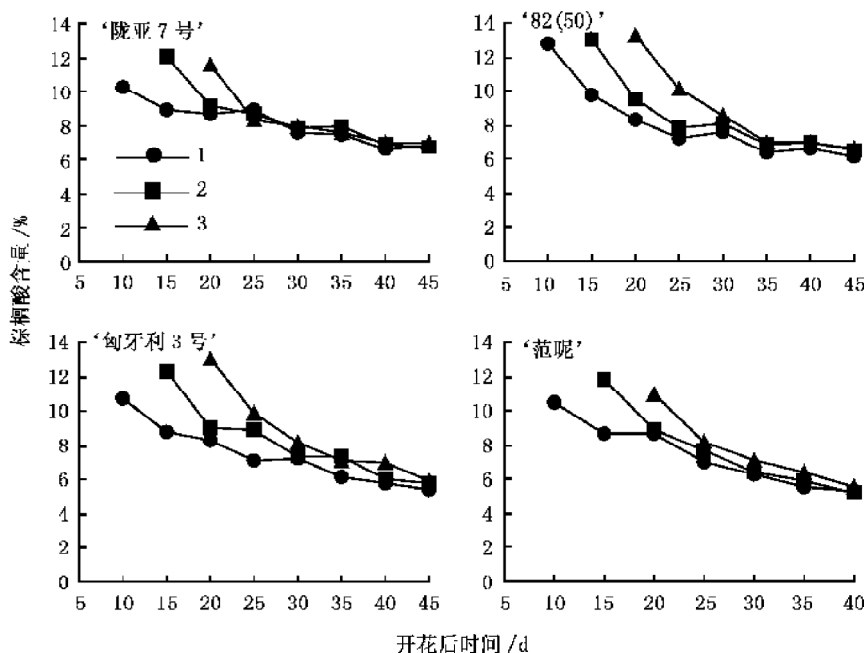


图1 亚麻籽粒成熟过程中棕榈酸含量的变化

降, 籽粒成熟时降至最低。这表明亚麻籽粒中棕榈酸积累主要发生在籽粒发育早期。

2 亚麻籽粒成熟过程中硬脂酸含量的变化

不同品种亚麻籽粒中硬脂酸含量不同, ‘陇亚 7 号’和 ‘82 (50)’ 的硬脂酸含量高于 ‘匈牙利 3 号’和 ‘范呢’。同一品种的不同部位的籽粒中硬脂酸含量基本相同, 无明显差别。同一品种随着籽粒的发育成熟, 其含量逐渐下降, 说明亚麻籽粒中硬脂酸的积累主要发生在籽粒发育的早期阶段(图 2)。

3 亚麻籽粒成熟过程中油酸含量的变化

图 3 显示, 亚麻籽粒中油酸含量仅次于亚麻酸, 油酸含量在不同品种间差异较小, 但在同一品种的不同部位籽粒中的含量有差异, 如 ‘范呢’ 的下部籽粒含量为 30.57%, 中部为 28.58%, 上部为 25.37%。在亚麻籽粒发育成熟的过程中, 不同品种和同一品种的不同部位籽粒中油酸的含量变化较小。

4 亚麻籽粒成熟过程中亚油酸含量的变化

由图 4 可以看出, 籽粒成熟时 ‘匈牙利 3

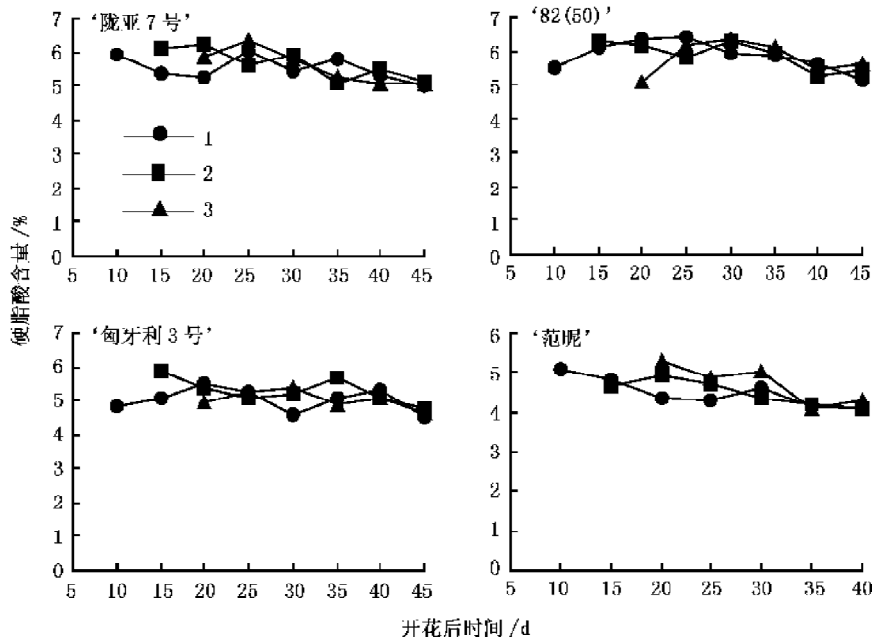


图2 亚麻籽粒成熟过程中硬脂酸含量的变化

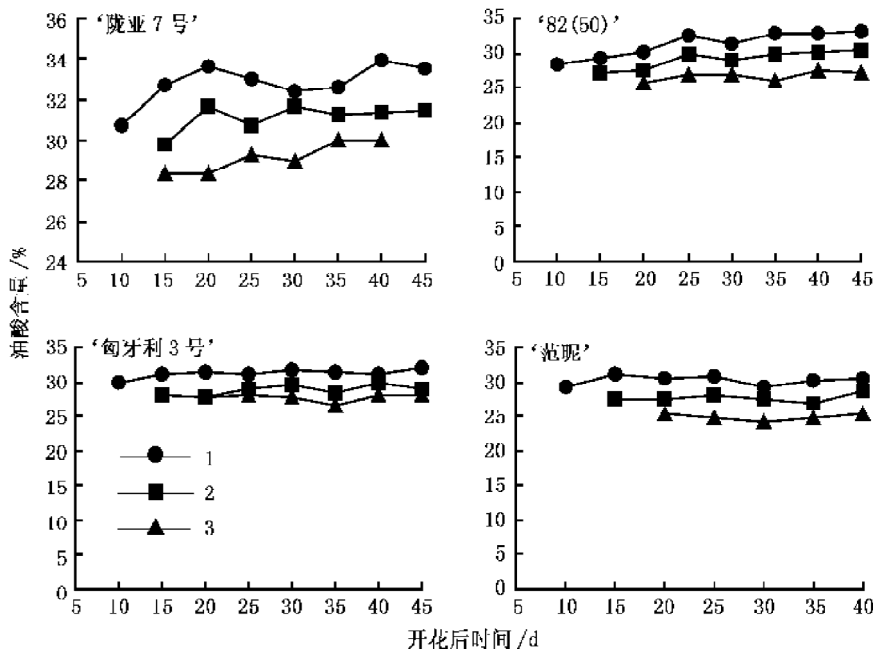


图3 亚麻籽粒成熟过程中油酸含量的变化

号’、‘范呢’和‘陇亚7号’籽粒中的亚油酸含量高于‘82(50)’.但同一品种的不同部位籽粒中亚油酸的含量基本相同。随着亚麻籽粒的发育成熟,亚油酸含量持续下降,在不同品种和同一品种不同部位籽粒中表现出相同趋势。

5 亚麻籽粒成熟过程中亚麻酸含量的变化

图5显示:亚麻籽粒中亚麻酸含量随着籽粒

逐渐成熟而提高,不同品种和同一品种的不同部位表现出相同的增长趋势。籽粒完全成熟时,不同品种的亚麻酸含量存在着差异,但差异并不明显,‘匈牙利3号’亚麻酸含量略高,‘陇亚7号’亚麻酸含量较低。同一品种的不同部位所结籽粒中亚麻酸含量无明显差异。

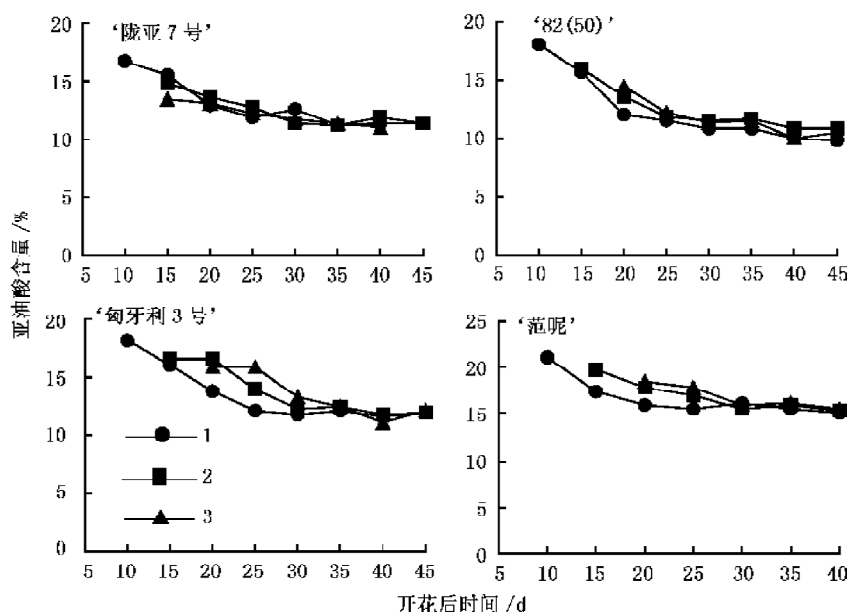


图4 亚麻籽粒成熟过程中亚油酸含量的变化

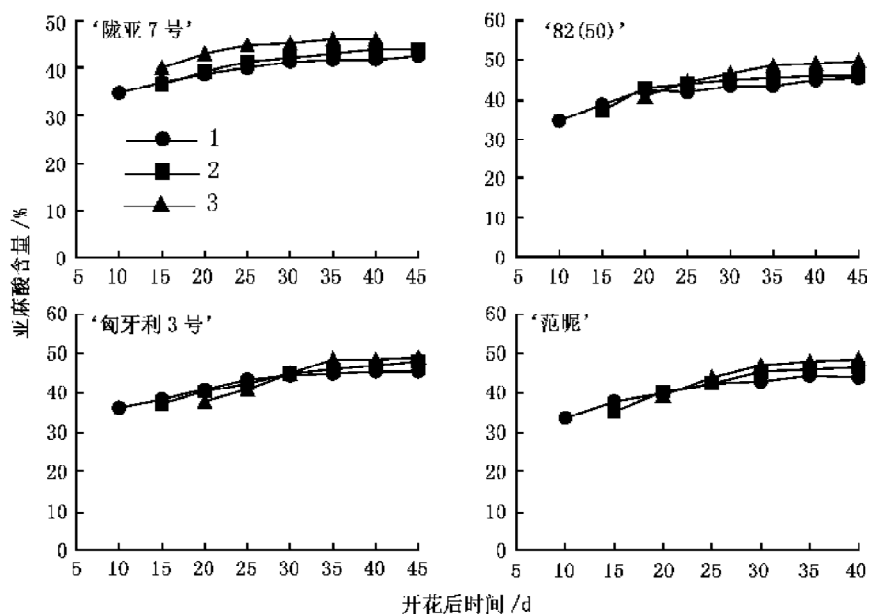


图5 亚麻籽粒成熟过程中亚麻酸含量的变化

讨 论

不同品种的亚麻籽粒中以亚麻酸含量最高,其次是油酸、亚油酸和硬脂酸,棕榈酸含量最低。本地品种‘陇亚7号’和‘82(50)’的棕榈酸和硬脂酸含量高于‘匈牙利3号’和‘范呢’,亚油酸含量‘匈牙利3号’和‘范呢’高于本地品种‘陇亚7号’和‘82(50)’,油

酸和亚麻酸在各品种间无明显差异。说明不同品种的亚麻籽粒中各种脂肪酸的含量并不完全相同。棕榈酸和亚油酸在籽粒发育成熟的初期含量较高,但随着籽粒逐渐发育成熟而下降,硬脂酸也随着籽粒逐渐发育成熟而下降,但下降幅度较小,说明它们的积累在籽粒发育成熟的初期快于晚期。随着籽粒发育成熟,油酸和亚麻酸含量呈上升趋势,但油酸含量增加幅度较小,说明它们的积累

在籽粒发育成熟的晚期要快于初期。同一品种的籽粒完全成熟时, 开花晚的籽粒油酸含量较低, 而亚麻酸含量较高。说明不同类型的脂肪酸在亚麻籽粒中积累时间和速度是不相同的。

脂肪酸是在绿色组织的叶绿体或非绿色组织的前质体中合成的, 是以糖代谢的中间产物乙酰辅酶A为底物, 首先转变为丙二酰辅酶A, 乙酰辅酶A和丙二酰辅酶A在脂肪酸合成酶系的作用下首先合成棕榈酸, 棕榈酸碳链延长2个碳原子转变为硬脂酸, 由硬脂酸去饱和转变为油酸, 油酸脱氢去饱和转变为亚油酸, 亚油酸脱氢去饱和转变为亚麻酸(曹仪植和宋占午1998)。本文中亚麻籽粒发育成熟过程中棕榈酸、硬脂酸、油酸和亚麻酸含量的动态变化与这一过程相吻合。

参考文献

- 曹仪植, 宋占午(1998). 植物生理学. 兰州: 兰州大学出版社, 189
- 陈炳华, 刘剑秋, 林文群, 方玉霖(2001). 海边月见草种子油中脂肪酸组成的分析. 福建师范大学学报(自然科学版), 17 (1): 75~78
- 付华, 王钦, 周志宇, 郑尚珍, 周军才(1997). 色质联用(GC/MS)研究天祝微孔草籽油中的脂肪酸. 草地学报, 5 (3): 205~209
- 李和, 李惠琳, 朱七庆, 杨遇春, 陶海荣(1998). 芥菜籽油和亚麻仁油中脂肪酸和不皂化物成分的分析. 中国油料作物学报, 20 (1): 86~89
- 卢昌义, 林良牧, 汪河海(1997). 红树植物叶片中脂肪酸组成及其资源价值. 厦门大学学报(自然科学版), 36 (3): 454~459
- 罗湘宁, 余旭, 杨叙启, 安承熙(1997). 蔷薇科10种野生植物籽油脂肪酸研究. 青海师范大学学报(自然科学版), 4: 40~44
- 王文霞, 李曙光, 白雪芳, 杜昱光(2004). 不饱和脂肪酸及其衍生物在植物抗逆反应中的作用. 植物生理学通讯, 40 (6): 741~748
- 王映强, 赖炳森, 颜晓林, 路萍, 郑成贵, 谭亚芳(2000). 亚麻子与紫苏子油中脂肪酸成分和 α -亚麻酸含量的研究. 营养学报, 22 (1): 79~81
- 薛刚, 刘凤霞, 高俊凤(1997). 干旱对棉花根和下胚轴质膜脂肪酸组分及其相关酶活性的影响. 植物生理学通讯, 33 (2): 99~100
- 张海满(2001). 脂肪酸中 α -亚麻酸的高效液相色谱分析. 青海大学学报(自然科学版), 19 (3): 42~44
- 朱彭龄著(1989). 现代液相色谱分析. 兰州: 兰州大学出版社, 83~96
- Conconi A, Miquel M, Browse JA, Ryan CA (1996). Intracellular levels of free linolenic and linoleic acids increase in tomato leaves in response to wounding. *Plant Physiol*, 111: 797~803
- Gill I, Valivety R (1997). Polyunsaturated fatty acids. Part 2: Biotransformations and biotechnological applications. *Trends Biotechnol*, 15: 470~478
- Laurizen I, Blondeau N, Heurteaux C, Widmann C, Romey G, Lazdunski M (2000). Polyunsaturated fatty acids are potent neuroprotectors. *EMBO J*, 19 (8): 1784~1793
- McGandy RR, Hegsted DM (1975). The Role of Fats in Human Nutrition. London: Academic Press, 211~230
- Rubbelen G, Downey RK, Shri AA (1991). 孙万仓, 党占海, 安贤惠译. 世界油料作物. 兰州: 兰州大学出版社, 74~103
- Surjus A, Durand M (1996). Lipid changes in soybean root membranes in response to salt treatment. *J Exp Bot*, 47: 17~23
- Thelen JJ, Ohlrogge JB (2002). Metabolic engineering of fatty acid biosynthesis in plants. *Metab Eng*, 4: 12~21
- Torres IC, Mira L, Ornelas CP, Melim A (2000). Study of the dietary fish intake on serum lipids and lipoproteins in two populations with different dietary habits. *Br J Nut*, 83 (4): 371~379
- Wang M, Xu Y-N, Jiang G-Z, Li L-B, Kuang T-Y (2000). Membrane lipids and their fatty acid composition in *Nostoc flagelliforme* cell. *Acta Bot Sin*, 42 (12): 1263~1266
- Yaeno T, Matsuda O, Iba K (2004). Role of chloroplast trienoic fatty acids in plant disease defense responses. *Plant J*, 40 (6): 931~941