

## 综 述

## 日粮多不饱和脂肪酸对猪繁殖性能的影响

河北工程大学 孙占田 钟翠红 刘志敏

[摘要] 本文主要从多不饱和脂肪酸(PUFA)的来源、合成途径、作用机理及使用效果等方面阐述了多不饱和脂肪酸影响猪繁殖性能的研究进展。

[关键词] 多不饱和脂肪酸; 猪; 繁殖性能; 日粮

[中图分类号] S814

[文献标识码] A

[文章编号] 1004-3314(2007)05-0013-04

[Abstract] The sources, kinds, active mechanism and effects of dietary polyunsaturated fatty acids(PUFA) on the reproductive performance of swine were reviewed.

[Key words] polyunsaturated fatty acid; swine; reproductive performance; diet

日粮营养水平对猪的繁殖性能影响较大,然而日粮中的脂肪酸尤其是多不饱和脂肪酸(PUFA)的种类和含量对种猪繁殖性能的影响,尚未受到足够的重视。目前妊娠母猪的日粮基本上是由谷物和植物性饼粕等组成,含有较多的-6系列多不饱和脂肪酸,而-3系列多不饱和脂肪酸的含量较少,甚至不含二十碳五烯酸(EPA)和二十二碳六烯酸(DHA)。因此,导致了母猪日粮中-6多不饱和脂肪酸和-3多不饱和脂肪酸的比值过高,进而影响母猪的繁殖性能。本文主要从多不饱和脂肪酸的来源、合成途径、影响猪繁殖性能的可能机理及使用效果等方面阐述多不饱和脂肪酸对猪繁殖性能的影响。

### 1 日粮多不饱和脂肪酸的种类和合成途径

1.1 多不饱和脂肪酸的种类 按照编号系统可将多不饱和脂肪酸分为-9、-7、-6、-3组。其中具有重要生物学功能的通常是-3组和-6组,常见的-3多不饱和脂肪酸包括:α-亚麻酸(ALA)、二十碳五烯酸和二十二碳六烯酸;常见的-6多不饱和脂肪酸包括:亚油酸(LA)、γ-亚麻酸(GLA)、双高-α-亚麻酸(DHGLA)和花生四烯酸(AA)、二十二碳五烯酸(DPA)等。

1.2 多不饱和脂肪酸的生物合成 在哺乳动物体内,合成长链-3和-6多不饱和脂肪酸共用一套酶系统,并且合成途径中第一步的6-去饱

和酶是限速酶,因此存在相互竞争,并且两类多不饱和脂肪酸不能相互转换(Calder, 2001)。所以种猪日粮中-3多不饱和脂肪酸和-6多不饱和脂肪酸之间的适宜比例比它们的绝对含量更重要。一般认为,日粮中-6多不饱和脂肪酸和-3多不饱和脂肪酸之比不应大于10:1。

Sprecher(2000)和Wallis等(2002)提出了合成二十二碳多不饱和脂肪酸的新途径,其中最后一步-氧化过程发生在细胞的微粒体内,而其他合成过程则在内质网,这也说明了二十二碳六烯酸的合成效率低于二十碳五烯酸的原因。Li等(2000)证实,14日龄仔猪的肝脏中存在这种合成途径,不过在胎儿的肝脏中没有发现这种合成途径。

### 2 多不饱和脂肪酸影响猪繁殖性能的作用机理

2.1 影响特定细胞的脂肪酸组成 和大多数哺乳动物一样,猪大脑、视网膜和精子的脂类中二十二碳六烯酸含量远远高于其他组织(Rooke等, 2001)。在妊娠后期,胎儿的大脑和视网膜中多储存相当数量的二十二碳六烯酸,日粮缺乏二十二碳六烯酸会导致视力下降和大脑功能受损(Das, 2003)。Penny等(2000)报道,精子中二十二碳六烯酸的比例降低及二十碳五烯酸含量升高与受精能力降低有关。一般认为,二十二碳六烯酸含量高的细胞膜更具弹性、伸缩性,更容易从伸展态转化为环状结构。

考虑到在种公猪的整个利用期中,精子的常规质量指标和数量指标会发生显著变化,人们现已开始深入研究能减少这些变化的可行方法,以便提高公猪的商用价值。由于二十碳和二十二碳多不饱和脂肪酸对精子的新陈代谢具有重要作用,所以这两类多不饱和脂肪酸受到了人们的特别关注。

2.2 多不饱和脂肪酸是类二十烷的前体物质在哺乳动物体内,经磷脂酶 A<sub>2</sub> 催化,磷脂中的花生四烯酸和二十碳五烯酸被释放出来,随后经过环加氧化酶和脂加氧酶的催化途径形成两类主要的类二十烷代谢产物:一类是前列腺素类化合物,包括前列腺素(PG)、凝血甾烷和环前列腺素;另一类为白三烯。其中花生四烯酸产生 2-前列腺素类化合物(包括前列腺素 F<sub>2</sub>、E<sub>2</sub>、D<sub>2</sub>、I<sub>2</sub> 和 A<sub>2</sub>) 和 4-白三烯,其中 E<sub>2</sub> 型前列腺素和 F<sub>2</sub> 型前列腺素有刺激子宫收缩和破坏黄体的作用。而二十碳五烯酸被转化为 3-前列腺素类化合物和 5-白三烯,这类前列腺素的生物学效能低于 2-前列腺素。

饲喂二十碳五烯酸可降低细胞膜中花生四烯酸的含量,二十碳五烯酸还抑制催化磷脂释放花生四烯酸的磷脂酶 A<sub>2</sub> 的活性和竞争性抑制环加氧化酶和脂加氧酶的活性,从而最终减少由花生四烯酸转化的 2 系列前列腺素的产生,有利于胎儿的生长发育。此外,体内和体外的试验结果都显示,增加日粮的  $\omega$ -3 多不饱和脂肪酸可减少肿瘤坏死因子的产生(Rooke 等,2001)。

2.3 影响机体的基因表达 多不饱和脂肪酸主要通过以下途径影响基因表达:1) 通过改变生物膜的流动性来影响受体的活性。Bhathena 等(2001)报道,体内胰岛素受体的活性受膜流动性的影响较大,饲喂玉米油和油鲱鱼油的结果发现,猪生物膜的流动性和胰岛素受体的结合程度密切相关。2) 膜磷脂的衍生物即三磷酸肌醇和二酰基甘油酯是细胞内的第二信使。磷脂酶 C 作用于磷脂酰肌醇产生三磷酸肌醇和二酰基甘油酯。猪日粮中补加鱼油可增加心脏肌细胞的  $\omega$ -3 多不饱和脂肪酸的含量,进而导致三磷酸肌醇释放减少,蛋白激酶 C 活性下降(Nair 等,2001)。3) 脂肪酸可以和核内受体及转录因子发生交互作用。油酸提高猪脂肪组织中转录因子过氧化物酶体增多生

物激活受体(PPAR)和 CCAAT/增强子黏结蛋白活性,它们的 mRNA 水平升高(Ding 和 Mersmann,2001)。Kachhap 等(2000)报道,日粮不饱和脂肪酸和乳腺癌的发病率有关,通过细胞培养发现,增加亚油酸和雌激素水平可影响乳腺癌易感基因(BRCA<sub>1</sub>) 基因的表达,导致乳腺癌的发病率升高。

### 3 多不饱和脂肪酸对猪繁殖性能的影响

3.1 多不饱和脂肪酸对公猪繁殖性能的影响 二十碳和二十二碳多不饱和脂肪酸在精子及精浆中的浓度相当高,在有些情况下甚至高达总脂肪酸的 60%~70%。此外,精子及精浆中的脂肪几乎全部由磷脂组成。精子中脂肪的这些特点是为满足精子的各个特定功能,满足完成受精过程中的特定需要,并且和精子的浓度、活力和成活率有关。

Paulenz 等(1995)研究表明,添加鳕鱼肝油可使精子中的二十二碳六烯酸含量显著增加,而  $\omega$ -6 系列二十二碳五烯酸则显著减少。公猪日粮中添加金枪鱼油后,精子脂肪酸中二十二碳六烯酸持续增加,并且脂肪酸持续增加的时间和精子重新发育时间相一致,精液的精子浓度显著提高,精子活力和每 100 头母猪出生的活仔猪数显著增加。Rooke 等(2001)指出,公猪日粮中添加 30 g/kg 金枪鱼油可使活精子数、运动精子数和具有完整精子顶体的精子数显著增加,但精液的精子浓度差异不显著。此外,通过日粮添加鱼油来提高精子的多不饱和脂肪酸的水平,有利于提高低温和冷冻贮存精液的精子存活力,改善精子的功能。考虑到精子的发育特点,建议在公猪日粮中持续适当添加鱼油。

3.2 多不饱和脂肪酸对母猪繁殖性能的影响 仔猪大脑在胎儿时期的发育是至关重要的。因此为妊娠母猪提供适宜水平的长链多不饱和脂肪酸,满足仔猪大脑发育需要,则有利于提高仔猪出生后的存活率。不过,在妊娠后期,脂肪酸通过胎盘效率较低,胎儿脐带血中二十二碳六烯酸浓度比母体血中二十二碳六烯酸含量低很多。Bazin 等(2003)给分娩前 10 d 到分娩后 14 d 的母猪日粮中添加高水平的亚麻酸,使日粮的  $\omega$ -3 多不饱和脂肪酸与  $\omega$ -6 多不饱和脂肪酸的比值为 0.5,而对照组则为 0.05,仔猪 14 日龄时断奶并屠宰。

试验结果显示,高-亚麻酸(18:3-3)日粮可使母乳中18:3-3和22:6-3多不饱和脂肪酸的含量分别比对照组增加了1.41倍和86%。试验组仔猪胴体的亚麻酸含量比对照组高4.23倍,-3/-6多不饱和脂肪酸比值高4.60倍。

Rooke等(1998)在妊娠90d的母猪日粮中分别添加豆油和金枪鱼油,结果显示,添加鱼油后出生仔猪体内的-3多不饱和脂肪酸尤其是二十二碳六烯酸含量增加,而-6多不饱和脂肪酸尤其是花生四烯酸含量减少。因此,尽管日粮的多不饱和脂肪酸转移到胎儿的效率较低(<5%),但通过在母猪日粮中添加长链-3多不饱和脂肪酸,仍可使胎儿大脑和视网膜的二十二碳六烯酸含量增加。

在母猪排卵前或排卵期间,日粮中添加多不饱和脂肪酸可提高母猪的受孕率和早期胎儿的存活率。Perez-Rigau等(1995)在青年母猪初次配种前28d的日粮中分别添加40g/kg椰子油(中链脂肪酸)、大豆油(主要是亚油酸)和油鲱鱼油(二十碳五烯酸和二十二碳六烯酸),并且一直持续到配种后35~37d。结果显示,与淀粉对照日粮相比,油鲱鱼油可增加初产母猪的活胎儿的数量,豆油和椰子油则没有效果。经产母猪的试验结果则显示,已产多胎的经产母猪的效果不明显,这可能是由于青年母猪饲喂鱼油的时间较早或经产母猪体内二十二碳六烯酸贮存较多的缘故。研究结果表明,在母猪哺乳期日粮中补加-3型脂肪酸,使得母猪下一胎的存活数比上一胎有明显提高。在母猪妊娠期和哺乳期补充5%亚麻仁油不仅可以提高其窝产仔数,而且还可使仔猪初生重和断奶重均增加,同时也可以降低仔猪断奶前死亡率(汪勇等,2004)。袁巧灵等(2003)利用妊娠95d到产后21d的母猪比较了日粮添加5%的葵花籽油、胡麻油和猪油对母猪繁殖性能的影响效果,试验结果显示,高亚麻酸含量的胡麻油母猪组的仔猪个体出生重较高,死亡率和仔猪腹泻率较低。综合以上试验结果,母猪妊娠60d后及泌乳期,日粮中添加适宜水平的长链-3多不饱和脂肪酸,有利于提高母猪的繁殖性能。

#### 4 小结

由于机体内-3和-6多不饱和脂肪酸的代谢存在着相互竞争,所以种猪日粮中-3多不

饱和脂肪酸和-6多不饱和脂肪酸之间的适宜比例比其绝对含量更重要。补加富含-3多不饱和脂肪酸的饲料原料,如深海鱼油或鱼粉等可使精子中的二十二碳六烯酸含量显著增加,精液的精子浓度显著提高。母猪日粮添加-3多不饱和脂肪酸也可提高母猪的生产性能。但是,目前有关多不饱和脂肪酸对猪繁殖性能影响的研究还不多,并且试验结果大都是通过添加富含多不饱和脂肪酸的脂肪获得的,因此很难把多不饱和脂肪酸的作用从脂肪的能量效果中区分开来。今后的研究方向应着重以下两个方面:1)不同类型猪对长链多不饱和脂肪酸的需要量的差异;2)富含亚麻酸的植物油能否代替深海鱼油。

#### 参考文献

- [1] 汪勇, 顺克巧, 张国红. n-3型脂肪酸在母猪日粮中的应用[J]. 畜业, 2004, 3: 20~21.
- [2] 袁巧灵, 张喜玲, 双金. 不同脂肪酸组成的三种油脂添加饲料对母猪繁殖性能的影响[J]. 内蒙古畜牧科学, 2003, 2: 7~8.
- [3] Bazinet R P, McMillan E G, Cunnane S C. Dietary alpha-linolenic acid increases the n-3 PUFA content of sow's milk and the tissues of the suckling piglet[J]. Lipids 2003, 38: 1045~1049.
- [4] Bhatena S, Berlin E, McClure D, et al. Effects of dietary fats on red blood cell membrane insulin receptor in normo- and hypercholesterolemic miniature swine[J]. Journal of the Nutritional Biochemistry, 2001, 12: 529~535.
- [5] Calder P C. N-3 polyunsaturated fatty acids inflammation and immunity: pouring oil on troubled waters or another fishy tale? [J]. Nutrition Research, 2001, 21: 309~341.
- [6] Das U N. Long-chain polyunsaturated fatty acids in the growth and development of the brain and memory[J]. Nutrition, 2003, 19: 62~65.
- [7] Ding S T, Mersmann H J. Fatty acids modulate porcine adipocyte differentiation and transcripts for transcription factors and adipocyte characteristic proteins[J]. Journal of Nutritional Biochemistry, 2001, 2: 101~108.
- [8] Kachhap S K, Dange P, Ghosh S N. Effect of n-6 polyunsaturated fatty acid (linoleic acid) on BRCA1 gene expression in MCF-7 cell line[J]. Cancer Letters 2000, 154: 115~120.
- [9] Li Z, Kaplan M L, Hachey, D L. Hepatic Microsomal and peroxisomal docosahexanoate biosynthesis during piglet development[J]. Lipids 2000, 35: 1325~1333.
- [10] Nair S S D, Leitch J, Garg M L. N-3 polyunsaturated fatty acid supplementation alters inositol phosphate metabolism and protein kinase C activity in adult porcine cardiac myocytes [J]. Journal of Nutritional Biochemistry, 2001, 12: 7~13.
- [11] Paulenz H, Taugbol O, Hofmo P O, et al. A preliminary study on the effect of dietary supplementation with cod liver oil on the polyunsaturated fatty acid composition of boar semen [J]. Veterinary research Communications 1995, 19: 273~284.
- [12] Penny P C, Noble R C, Mirdjian A, et al. Potential role of lipids for the enhancement of boar fertility and fecundity [J]. Pig News and Information, 2000, 21: 119~126.

(下转第19页)

一种转基因产品检测方法(黄培堂, 2002)。

多重 PCR 因为含有一对以上的引物, 可以同时几个靶序列检测, 模板可以为单一的也可以是不同的, 所以多重 PCR 比单一 PCR 反应更快、更经济, 只需一次 PCR 反应, 就能同时检测多个靶基因, 提高了检测效率, 降低了检测成本, 还可以有效防止假阴性并且其适时检测灵敏度高, 对内源基因可以定量, 无需对 PCR 产物分析, 减少了 PCR 污染机会, 但是所用仪器价格较高(肖红梅和周光宏, 2001)。

PCR- GeneScan 法所需仪器昂贵, 并且需要在 PCR 反应体系中加入荧光标记的 dCTP 进行扩增, 从而限制了其推广应用。

4.3 竞争 PCR、荧光定量 PCR、Southern 杂交和套式 PCR 方法的比较 竞争定量 PCR 对实验仪器要求不高, 定量也准确, 但是竞争物的制备要求比较高, 实验操作也比较困难。

荧光定量 PCR 采用封闭的检测模式, 因此扩增产物导致污染的可能性比普通 PCR 要小得多; 而且扩增的同时, 进行数据采集和分析, 检测时间大为缩短; 荧光定量 PCR 功能强大, 具备定性、定量、突变、多项目等检测功能, 而且定量线性范围比普通 PCR 要宽得多。

Southern 杂交可清除操作中的污染(如 DNA 提取过程中的交叉污染)及转化中的质粒残留所引起的假阳性信号, 准确度高、特异性强, 是目前转基因检测的权威方法。但 Southern 杂交程序复杂, 成本高, 对实验条件要求也比较高。

套式 PCR 具有灵敏度高、特异性强等优点, 其结果准确性大大增加。但是因为两套引物的存在, 使得步骤繁琐, 增加了污染机会, 不适合常规分析。

综上所述, 每种检测方法都有各自的优缺点, 随着科学技术的不断发展和创新, 转基因产品的检测方法也在不断完善。同时国家对转基因产品的检测要求也在不断提高, 这就要求有一个相对比较统一的、检测精确度比较高的方法。仅就检测是否为转基因产品来说, 多重 PCR 法还是比较可取的。这种方法省时省力, 成本也不高, 检测效率也较普通 PCR 法有所提高。如果涉及转基因产品的定量检测, 荧光定量 PCR 要比竞争定量 PCR 方法可取。尤其使用荧光染料的荧光定量 PCR,

准确度不仅不会比使用探针的荧光定量 PCR 低, 而且还降低了成本。随着外源基因转入方法的改进, 转基因产品的检测方法也将有相应的改进。

(基金项目: 科研院所社会公益研究专项资助项目, 项目编号: 2004DIB4J152)

#### 参考文献

- [1] 黄培堂. 分子生物克隆实验指南(第三版)[M]. 北京: 科学出版社, 2002.698 ~ 699.
- [2] 李少霖. 转基因植物外源基因的检测方法及整合位点的研究: [博士学位论文][D]. 长沙: 湖南农业大学, 2002.
- [3] 吕山花, 邱丽娟, 陶波. 转基因植物食品检测技术研究进展[J]. 生物技术通讯, 2002, 4:35 ~ 37.
- [4] 吕秀华. 电泳技术的发展和应[J]. 农业技术, 2001, 21(3): 43 ~ 44.
- [5] 毛德倩, 牟维鹏, 杨晓光. 利用聚合酶链式反应方法检测 GM 大豆和玉米中的基因修饰物质[J]. 卫生研究, 2002, 31(3): 184 ~ 187.
- [6] 孙鑫. 转基因抗虫棉安全性评价及分子生物学检测体系建立的研究: [硕士学位论文][D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2004.
- [7] 肖红梅, 周光宏. 食品中转基因成分的检测[J]. 食品科学, 2001, 22(6): 93.
- [8] 杨建霞. 转基因植物安全性及检测技术研究进展[J]. 甘肃农业, 2004, 5: 34 ~ 35.
- [9] 郑云雁, 李小芳. 转基因食品及其卫生管理[J]. 中国食品卫生杂志, 1998, 10(5): 35.
- [10] Hardegger M, Brodman P, Herrmann A. Quantitative detection of the 35S promoter and the NOS terminator using quantitative competitive PCR[J]. Eur Food Res Technol, 1999, 209:83 ~ 87.
- [11] Klaus Zimmermann, Josef W. Mannhalter. Technical Aspects of Quantitative Competitive PCR[J]. Biotechniques 1996, 21:268 ~ 279.
- [12] Koppel E, Stadler M, Luthy J et al. Sensitive method for the detection of the genetically engineered soybean Roundup Ready™ [J]. Mitt Gebiete Lebensm Hyg, 1997, 88: 164 ~ 175.
- [13] Perez-Rigau A, Lindemann M D, Komegay E T, et al. Role of dietary lipids on fetal tissue fatty acid composition and fetal survival in swine at 42 days of gestation[J]. Journal of Animal Science, 1995, 73: 1372 ~ 1380.
- [14] Rooke J A, Bland I M, Edwards S A. Effect of feeding tuna oil or soybean oil as supplements to sows in late pregnancy on piglet tissue composition and piglet Viability[J]. British Journal of Nutrition, 1998, 80: 273 ~ 280.
- [15] Rooke J A, Shao C C, Speake B K. The effect of feeding tuna oil upon porcine spermatozoa lipid and fatty acid composition and semen characteristics [J]. Reproduction, 2001, 121: 315 ~ 322.
- [16] Sprecher H. Metabolism of highly unsaturated n-3 and n-6 fatty acids[J]. Biochimica et biophysica Acta 2000, 1486: 219 ~ 231.
- [17] Wallis J G, Watts J L, John Browse J. Polyunsaturated fatty acid synthesis what will they think of next? [Z]. Published online: 15 August. 2002. http://tibs.trends.com.

[通讯地址: 北京市海淀区圆明园西路 2 号, 邮编: 100094]

(上接第 15 页)

[通讯地址: 河北省邯郸市中华南大街 62 号 河北工程大学(中华南校区)农学院, 邮编: 056021]