

# 氨基酸铁络合物对新生和哺乳仔猪铁营养状况的影响

曾丽莉<sup>1</sup>, 陈婉如<sup>1</sup>, 罗绪刚<sup>2\*</sup>, 魏克强<sup>2</sup>, Timothy M. Fakler<sup>3</sup>,  
林燕<sup>1</sup>, 潘瑞珍<sup>1</sup>, 吕林<sup>2</sup>, 刘彬<sup>2</sup>

(1. 福建省农业科学院畜牧研究所, 福州 350002; 2. 中国农业科学院畜牧研究所, 北京 100094;

3. Zinpro Corp., Eden Prairie, MN 55344-7298, USA)

**摘要:**用 24 头已与杜洛克父本配种的妊娠 70 天的(长×大)杂交母猪及其所生的 24 窝仔猪进行试验, 研究不同铁源与注射铁剂补铁对新生和哺乳仔猪铁营养状况的影响。试验分为妊娠和泌乳两个阶段, 均采用完全随机设计。在妊娠阶段, 将妊娠 70 天的杂交母猪 24 头随机分为 3 个处理组, 分别饲喂添加 80 mg/kg 铁源于硫酸亚铁的玉米-豆粕-小麦麸型饲料(正对照组)和在正对照组饲料基础上添加 120 mg/kg 铁源于氨基酸铁络合物的饲料(有机铁组), 以及在正对照组饲料基础上添加 120 mg/kg 铁源于硫酸亚铁的饲料(无机铁组)。在泌乳阶段, 泌乳母猪继续饲喂以上妊娠母猪的相应处理饲料, 而对来源于以上 24 头母猪的 24 窝新生仔猪, 则设置成另外 3 个饲料铁处理组, 即来源于以上正对照组母猪的哺乳仔猪饲喂未添加铁的玉米-豆粕-干乳清粉-鱼粉型基础饲料(负对照组), 来源于以上有机铁组母猪的哺乳仔猪饲喂在负对照组基础上添加 120 mg/kg 铁源于氨基酸铁络合物的饲料(有机铁组), 和来源于以上无机铁组母猪的哺乳仔猪饲喂在负对照组基础上添加 120 mg/kg 铁源于硫酸亚铁的饲料(无机铁组)。每窝仔猪中有一半于出生后的第 1 天内以葡萄糖酸铁形式一次性注射 100 mg 铁, 另一半则不注射铁。哺乳仔猪于出生后的第 5 天开始喂给开食料, 直到 27 日龄断奶结束。结果表明: ①有机铁处理组母猪在妊娠 70 天、90 天和 105 天时血红蛋白浓度、血细胞压积、血浆铁含量及 10 和 21 天的乳铁含量与正对照组相比无显著差异( $P > 0.11$ ); ②有机铁组新生仔猪的血红蛋白浓度显著高于负对照组( $P < 0.005$ )和硫酸亚铁组( $P < 0.08$ ); ③对于哺乳仔猪, 27 日龄时有机铁组血红蛋白浓度( $P < 0.02$ )和血细胞压积( $P < 0.05$ )明显高于负对照组, 14 和 27 日龄时有机铁组血浆总铁结合力(TIBC)明显低于硫酸亚铁组( $P < 0.02$ ); ④铁注射显著提高了哺乳仔猪 14 和 27 日龄时的血红蛋白浓度( $P = 0.0001$ )和血细胞压积( $P = 0.0001$ )以及 14 日龄时的血浆铁含量( $P < 0.08$ ), 其提高程度比饲喂有机铁的明显大。在妊娠和泌乳母猪以及哺乳仔猪饲料中添加有机铁在改善新生和哺乳仔猪铁营养状况方面的效果明显优于无机硫酸亚铁, 但有机铁的以上改善效果尚不足以完全代替养猪生产中常用的铁注射。

**关键词:**氨基酸铁络合物; 血红蛋白; 血浆铁; 血浆总铁结合力; 母猪; 仔猪

中图分类号: S828.5

文献标识码: A

文章编号: 0366-6964(2003)01-0001-08

新生和哺乳仔猪容易发生缺铁性贫血, 给母猪口服补铁能否改善新生和哺乳仔猪的铁营养状况, 仍是一个有广泛争议的问题。Ashamed(1982)<sup>[1]</sup>报道, 在母猪饲料中添加蛋氨酸铁和苏氨酸铁, 可使所产仔猪铁储量增加, 母猪乳中含铁量也有提高。徐建雄和俞沛初(1998)<sup>[2]</sup>报道了在母猪、仔猪饲料中分别添加 60 mg/kg、100 mg/kg 铁(蛋氨酸铁), 可显著提高仔猪初生时血清铁、血红蛋白浓度、肝脾和初乳含铁量及仔猪哺乳期血红蛋白和血清铁浓度, 仔猪生长速度明显提高, 有效地预防了仔猪缺铁性贫血的发生。但也有试验表明, 在妊娠母猪饲料中

添加 250 mg/kg 铁(蛋白质螯合铁), 仍不能满足仔猪对铁的需要<sup>[3]</sup>。因此, 对于养猪生产者目前使用的愈来愈多的有机络合铁源, 需要做更多的研究。而且, 目前常用的肌肉注射铁法虽可有效预防仔猪缺铁性贫血的发生, 但需耗费大量的技术劳动力, 且易产生组织损伤和应激反应, 难以适应现代规模化养猪生产的要求<sup>[4]</sup>。故现在养猪生产者对使用口服补铁代替注射铁越来越感兴趣。但是, 尚需做更多的研究, 以比较口服补铁和注射铁的效果。本试验的目的, 是研究在妊娠、泌乳母猪和哺乳仔猪饲料中添加氨基酸铁在改善新生和哺乳仔猪铁营养状况上能否代替目前通用的铁注射, 以及比较口服氨基酸铁与无机硫酸亚铁在改善新生和哺乳仔猪铁营养状况上的有效性。

收稿日期: 2002-05-24

作者简介: 曾丽莉(1961-), 女, 汉族, 福建晋江人, 学士, 高级畜牧师, 从事动物营养与饲料添加剂研究。\* 通讯作者, E-mail: wlysz@public.bta.net.cn

## 1 材料与方法

**1.1 动物与饲料** 试验分为妊娠和泌乳 2 个阶段,均采用完全随机设计。在妊娠阶段,将已与杜洛克父本配种的妊娠 70 天的(长×大)杂交母猪 24 头,随机分为 3 个处理组,每组 8 个重复,每个重复 1 头,养于妊娠母猪个体栏中。在泌乳阶段,泌乳母猪的饲料处理设置与妊娠母猪的相同,饲养于个体产仔栏中。但对于来源于以上 24 头母猪的 24 窝仔猪,则按 3 个仔猪饲料铁处理与仔猪注射铁剂与否设置成 6 个处理组,每窝仔猪一半于出生后的第 1 天内以葡萄糖酸铁形式一次性注射 100 mg 铁,另一半则不注射铁。仔猪于出生后的第 5 天开始喂给开食料,直到 27 日龄断奶结束。妊娠母猪每天每头定量喂给 2.8 kg 饲料,而泌乳母猪(分娩后,头几天除外)和哺乳仔猪则自由采食。整个 71 天试验期间,猪自由饮水。泌乳期间,通过隔离仔猪与母猪料槽和每天完全清洁产仔栏来努力防止哺乳仔猪采食母猪料及粪便。

在妊娠阶段,3 个处理组的母猪分别饲喂添加 80 mg/kg 铁源于硫酸亚铁的玉米-豆粕-小麦麸型饲料(正对照组,饲料组成和营养成分见表 1)和在正对照组饲料基础上添加 120 mg/kg 铁源于氨基酸铁络合物的饲料(有机铁组),以及在正对照组饲料基础上添加 120 mg/kg 铁源于硫酸亚铁的饲料(无机铁组)。在泌乳阶段,泌乳母猪继续饲喂以上妊娠母猪的相应处理饲料,而对来源于以上 24 头母猪的 24 窝新生仔猪,则设置成另外 3 个饲料铁处理组,即来源于以上正对照组母猪的哺乳仔猪饲喂未添加铁的玉米-豆粕-干乳清粉-鱼粉型基础饲料开食料(负对照组,开食料组成和营养成分见表 1),来源于以上有机铁组母猪的哺乳仔猪饲喂在负对照组基础上添加 120 mg/kg 铁源于氨基酸铁络合物的饲料开食料(有机铁组),和来源于以上无机铁组母猪的哺乳仔猪饲喂在负对照组基础上添加 120 mg/kg 铁源于硫酸亚铁的饲料开食料(无机铁组)。母猪和仔猪饲料中除铁以外的所有营养成分均满足美国 NRC(1998)中的相应营养成分建议量。按以上的试验处理设置分别添加有机与无机铁,从而配制各处理组饲料。所用的氨基酸铁络合物为美国 Zinpro 公司提供的 AvailarFe,含铁实测 6.0%,硫酸亚铁为国产试剂级。含铁实测 20.1%。

**1.2 样品采集与制备** 在妊娠期的 70、90 和 105 天,从所有母猪耳静脉采血,部分全血用于血红蛋白

含量和血细胞压积分析,另一部分制备血浆分析其中铁含量。在仔猪出生时和出生后的 14 及 27 天,从每窝仔猪中选取 6 头仔猪(3 头注射铁的和 3 头未注射铁的)经颈静脉采血,部分血样立即用于测定血红蛋白浓度和血细胞压积,另一部分离心获得血浆样品,用于血浆铁和总铁结合能力分析。于泌乳期的 10 天和 21 天,收集所有泌乳母猪的乳样,用于分析乳铁含量。所有血浆样品和乳样贮存于-20℃下备分析。

**1.3 样品分析** 用 AC-920 微型细胞计数仪测定血红蛋白浓度和血细胞压积;根据 Benevenga 和 Crenshaw(2001)的改进方法测定血浆 TIBC;铁源、饲料、血浆和乳样用浓 HNO<sub>3</sub> 和 HClO<sub>3</sub> 湿法消化后在 ICAP-9000 等离子体发射光谱仪上分析其中钙、铁的含量;用常规法分析饲料粗蛋白质含量。

**1.4 统计分析** 采用 SAS 软件(1989)中 GLM 法按完全随机设计对试验数据进行统计分析。每一栏或每头猪作为试验单元。对于妊娠期的数据,统计模型只包括饲料铁处理,而对于泌乳期的数据,统计模型则包括饲料铁处理、注射铁处理和它们的互作。

## 2 结果与讨论

### 2.1 有机铁对妊娠和泌乳母猪铁营养状况的影响

结果列于表 2 和表 3。由表 2 可见,试验开始时,观测到各处理间起始血液指标有差异( $P < 0.08$ )。在妊娠 70 天,无机硫酸亚铁处理组母猪的起始血红蛋白浓度和血细胞压积明显高于其余两个处理组( $P < 0.08$ ),而其余两组间无明显差异( $P > 0.50$ )。妊娠 90 天时,有机铁处理组母猪的血红蛋白浓度与硫酸亚铁组的接近( $P > 0.40$ ),而不明显高于对照处理组( $P > 0.14$ )。但是对照处理组母猪的血红蛋白浓度仍然显著低于硫酸亚铁组( $P < 0.03$ )。妊娠 105 天各处理组间血红蛋白浓度以及 90 和 105 天各处理组间血细胞压积均无明显差异( $P > 0.11$ )。铁处理对妊娠 70、90 和 105 天母猪的血浆铁含量以及泌乳母猪 10 和 21 天的乳铁含量均无显著影响( $P > 0.22$ ,见表 3)。

本试验关于有机铁对血液指标和乳铁含量影响的试验结果与以往的一些研究报道相一致。马康才等(1990)<sup>[5]</sup>对 4 批母猪试验的汇总结果表明,在妊娠母猪饲料中添加蛋氨酸铁,不能显著提高母猪在分娩时和产后 7 天、14 天时的血红蛋白和血浆铁含量。Spruill 等(1971)<sup>[6]</sup>认为,在妊娠和泌乳阶段饲

粮中添加 700 mg/kg 无机铁(硫酸亚铁), 不能显著提高乳中铁含量。但关于有机铁对母猪乳中铁含量的影响也有相反的报道。Paul 等(1978)<sup>[7]</sup>发现, 在母猪饲料中添加 3 000 mg/kg 铁(氨基酸螯合铁)可显著提高母猪乳中铁含量。可见, 乳铁提高与否, 可能与母猪饲料中铁添加水平有一定关系。如果本试

验中有机铁的添加水平进一步提高, 泌乳母猪的乳铁含量也可能增高, 但尚需进一步研究。

**2.2 有机铁对新生仔猪铁营养状况的影响** 结果列于表 4 和表 5。由表 4 可知, 出生时, 饲料铁源处理影响新生仔猪的血红蛋白浓度( $P < 0.02$ ), 但对血细胞压积无明显影响( $P > 0.11$ )。有机铁组新生

表 1 妊娠、泌乳母猪基础饲料和哺乳仔猪开食料的组成<sup>a</sup>

Table 1 Composition of the basal diets for gestating sows and lactating sows and basal creep diet for nursing piglets<sup>a</sup>

| 原料名称<br>Ingredient                            | 妊娠母猪基础饲料<br>Basal diet for<br>gestation sows (%) | 泌乳母猪基础饲料<br>Basal diet for<br>lactating sows (%) | 哺乳仔猪开食料<br>Basal creep diet for<br>nursing piglets (%) |
|---|--|--|--|
| 玉米 Corn                                       | 70.00  | 60.00  | 42.00  |
| 膨化大豆 Extruded soybean<br>(38.0% 粗蛋白 CP)       | —  | —  | 20.00  |
| 干燥乳清粉 Dried whey powder                       | —  | —  | 15.00  |
| 进口鱼粉 Menhaden fish meal                       | —  | —  | 10.00  |
| 喷雾干燥血浆蛋白粉<br>Sprayed dried plasma protein     | —  | —  | 4.00   |
| 全脂奶粉 Dried whole milk powder                  | —  | —  | 5.00   |
| 豆粕 Soybean meal                               | 13.14  | 30.00  | —  |
| 小麦麸 Wheat bran                                | 13.50  | 6.58   | 2.00   |
| 磷酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>                       | 1.80   | 1.74   | —  |
| 石粉 Limestone                                  | 0.95   | 0.90   | 0.80   |
| 食盐 Salt                                       | 0.25   | 0.35   | 0.20   |
| L-赖氨酸盐酸盐 L-lysine·HCl                         | 0.06   | 0.13   | —  |
| 微量成分 <sup>b</sup> Micronutrients <sup>b</sup> | 0.30   | 0.30   | —  |
| 预混料 <sup>c</sup> Premix <sup>c</sup>          | —  | —  | 1.00   |
| 合计 Total                                      | 100.00   | 100.00   | 100.00   |
| 化学成分 Chemical composition                     |  |  |  |
| 消化能 DE, MJ/kg                                 | 12.97  | 13.14  | 14.85  |
| 粗蛋白 CP, % <sup>d</sup>                        | 14.34  | 20.18  | 23.48  |
| 赖氨酸 Lysine, %                                 | 0.61   | 1.01   | 1.52   |
| 蛋氨酸 Met, %                                    | 0.20   | 0.28   | 0.40   |
| 蛋+胱 Met+ Cys, %                               | 0.48   | 0.62   | 0.84   |
| 苏氨酸 Threonine, %                              | 0.49   | 0.76   | 1.02   |
| 钙 Ca, % <sup>d</sup>                          | 1.05   | 1.03   | 1.15   |
| 有效磷 Available P, %                            | 0.39   | 0.40   | 0.55   |
| 铁 Fe, mg/kg <sup>d</sup>                      | 256  | 278  | 144  |

<sup>a</sup> 饲喂基础 As-fed basis。

<sup>b</sup> 每千克妊娠、泌乳母猪饲料中添加 Provided per kilogram of diet for gestating and lactating sows: 9 000 IU VA; 1 500 IU VD<sub>3</sub>; 30 IU VE; 2.00 mg VK<sub>3</sub>; 1.20 mg thiamin; 4.00 mg riboflavin; 15.00 mg d-pantothenic acid; 16.00 mg niacin; 1.00 mg VB<sub>6</sub>; 21.00 μg VB<sub>12</sub>; 0.80 g choline (choline chloride); 0.21 mg d-biotin; 1.00 mg folic acid; 80 mg Fe; 8 mg Cu; 70 mg Zn; 30 mg Mn; 0.50 mg I; 0.20 mg Se。

<sup>c</sup> 每千克哺乳仔猪开食饲料中添加 Provided per kilogram of creep diet for nursing piglets: 9 000 IU VA; 1 500 IU VD<sub>3</sub>; 30 IU VE; 2.00 mg VK<sub>3</sub>; 1.20 mg thiamine; 4.00 mg riboflavin; 15.00 mg d-pantothenic acid; 16.00 mg niacin; 1.00 mg VB<sub>6</sub>; 21.00 μg VB<sub>12</sub>; 0.60 g choline (choline chloride); 0.21 mg d-biotin; 1.00 mg folic acid; 140 mg ethoxyquin; 250 mg Cu; 200 mg Zn; 40 mg Mn; 1.00 mg I; 0.35 mg Se; 80 mg olaquinox; 500 mg calcium propionate。

<sup>d</sup> 分析成分 Analyzed composition。

表 2 饲粮氨基酸铁对妊娠母猪血红蛋白浓度和血细胞压积的影响

Table 2 Effect of dietary iron amino acid on blood hemoglobin and hematocrit of gestation sows

| 铁源<br>Iron source      | 添加铁 Added<br>Fe (mg/kg) | 饲粮铁 Dietary<br>Fe (mg/kg) <sup>2</sup> | 血红蛋白 Hb (g/dl) <sup>1</sup> |                    |        | 血细胞压积 Hct (%) <sup>1</sup> |        |        |
|------------------------|-------------------------|--|-----------------------------|--------------------|--------|----------------------------|--------|--------|
|                        |                         |  | D70                         | D90                | D105   | D70                        | D90    | D105   |
| 0                      | 0                       | 256                                    | 12.2 <sup>a</sup>           | 11.1 <sup>a</sup>  | 12.2   | 39.7 <sup>a</sup>          | 36.9   | 40.5   |
| 氨基酸铁<br>Fe amino acid  | 120                     | 365                                    | 12.3 <sup>a</sup>           | 12.1 <sup>ab</sup> | 11.1   | 38.4 <sup>a</sup>          | 39.3   | 36.3   |
| 硫酸亚铁 FeSO <sub>4</sub> | 120                     | 357                                    | 13.4 <sup>b</sup>           | 12.6 <sup>b</sup>  | 11.5   | 43.1 <sup>b</sup>          | 41.7   | 37.3   |
| 集合标准误 Pooled SE        |                         |  | 0.4                         | 0.5                | 0.4    | 1.3                        | 1.6    | 1.4    |
| P-值 P-value            |                         |  | 0.0754                      | 0.0820             | 0.1875 | 0.0550                     | 0.1356 | 0.1134 |

<sup>1</sup> 数据代表 6-8 头母猪的平均值; <sup>2</sup> 实测结果; <sup>a, b</sup> 同列中具有不同字母肩号的平均值间差异显著 ( $P < 0.08$ )。

<sup>1</sup>Data represent means of six to eight sows. <sup>2</sup>Determined data. <sup>3</sup>Means with the different superscripts within the same column differ significantly ( $P < 0.08$ ).

表 3 饲粮氨基酸铁对妊娠母猪血浆铁和泌乳母猪乳铁含量的影响

Table 3 Effect of dietary iron amino acid on plasma iron of gestation sows and milk iron of lactating sows

| 铁源<br>Iron source      | 添加铁 Added<br>Fe (mg/kg) | 饲粮铁 Dietary<br>Fe (mg/kg) <sup>2</sup> | 血浆铁 Plasma Fe (μg/dl) <sup>1</sup> |        |        | 乳铁 Milk Fe (μg/dl) <sup>1</sup> |        |
|------------------------|-------------------------|--|------------------------------------|--------|--------|---------------------------------|--------|
|                        |                         |  | D70                                | D90    | D105   | D10                             | D21    |
| 0                      | 0                       | 256(278) <sup>3</sup>                  | 328                                | 372    | 395    | 612                             | 633    |
| 氨基酸铁<br>Fe amino acid  | 120                     | 365(383)                               | 346                                | 403    | 445    | 580                             | 552    |
| 硫酸亚铁 FeSO <sub>4</sub> | 120                     | 357(393)                               | 308                                | 327    | 432    | 471                             | 494    |
| 集合标准误 Pooled SE        |                         |  | 59                                 | 59     | 64     | 60                              | 66     |
| P-值 P-value            |                         |  | 0.8984                             | 0.6850 | 0.8510 | 0.2266                          | 0.3347 |

<sup>1</sup> 数据代表 6-8 头母猪的平均值; <sup>2</sup> 实测结果; <sup>3</sup> 括弧中的数据指泌乳母猪饲粮中的铁含量。

<sup>1</sup>Data represent means of six to eight sows. <sup>2</sup>Determined data. <sup>3</sup>Data within parentheses stand for dietary Fe contents for lactating sows.

仔猪的血红蛋白浓度显著高于对照组 ( $P < 0.005$ ) 和硫酸亚铁组 ( $P < 0.08$ ), 但对照组与硫酸亚铁组间无明显差异 ( $P > 0.28$ )。饲粮铁源、铁注射及二者互作对新生仔猪的血浆铁、TIBC 及铁饱和度均无明显影响 ( $P > 0.29$ , 见表 5)。

Spruill 等(1971)<sup>[6]</sup>报道, 在妊娠母猪饲粮中添加 700 mg/kg 无机铁(源于硫酸亚铁), 不能显著提高新生仔猪的肝脏铁、血清铁和血红蛋白含量。徐建雄和俞沛初(1998)<sup>[2]</sup>的研究结果与此相同。本试验结果与以上的研究报道相一致, 说明在妊娠母猪饲粮中添加无机硫酸亚铁不能有效增加铁元素从胎盘向胎儿的转移。马康才等(1990)<sup>[5]</sup>对母猪的饲养试验表明, 在母猪妊娠后期饲粮中添加氨基酸铁可使初生仔猪的红血球及血红蛋白明显高于不添加铁及添加硫酸亚铁母猪所生的对照仔猪。徐建雄和俞沛初(1998)<sup>[2]</sup>发现, 在母猪饲粮中添加 60 mg/

kg 铁(蛋氨酸铁), 可显著提高初生仔猪的血红蛋白、血清铁和肝脾铁含量。本试验在妊娠母猪饲粮中添加有机铁可显著提高新生仔猪的血红蛋白浓度, 与上述结果相符, 说明有机铁比硫酸亚铁具有更强的穿过胎盘屏障的能力, 能有效提高初生仔猪的铁储, 从而改善初生仔猪的铁营养状况。血浆铁等指标因受到不同程度溶血现象的影响而不很敏感。

**2.3 有机铁对哺乳仔猪铁营养状况的影响** 结果列于表 4 和表 5。由表 4 可知, 饲粮铁源处理对出生后 14 ( $P < 0.03$ ) 和 27 ( $P < 0.05$ ) 日龄仔猪血红蛋白浓度及 27 日龄血细胞压积 ( $P < 0.06$ ) 有显著影响, 但不影响 14 日龄的血细胞压积 ( $P > 0.13$ )。14 日龄时, 硫酸亚铁处理组哺乳仔猪的血红蛋白浓度明显高于其余两个处理组 ( $P < 0.04$ ), 而其余两组间无明显差异 ( $P > 0.65$ )。27 日龄时, 有机铁处理组哺乳仔猪的血红蛋白浓度明显高于对照组 ( $P < 0.02$ ),

表 4 饲料氨基酸铁对注射和不注射铁情况下哺乳仔猪血红蛋白浓度和血细胞压积的影响

Table 4 Effect of dietary iron-amino acid on blood hemoglobin and hematocrit of neonatal and nursing piglets with or without injections

| 铁源<br>Iron source                     | 添加铁<br>Added Fe<br>(mg/kg) | 饲料铁<br>Dietary Fe <sup>1</sup><br>(mg/kg) | 注铁或不注铁<br>Iron injection<br>(+) or not(-) | 血红蛋白 Hb(g/dl) |                    |                   | 血细胞压积 Hct(%)       |         |                   |                   |
|---------------------------------------|----------------------------|---|---|---------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------|-------------------|-------------------|
|                                       |                            |   |   | D0            | D14                | D27               | D0                 | D14     | D27               |                   |
| 0                                     | 0                          | 278(144) <sup>2</sup>                     | - <sup>3</sup>                            | 9.05          | 6.19               | 5.94              | 34.9               | 25.7    | 7.9               |                   |
|                                       |                            |   | + <sup>3</sup>                            | 8.98          | 8.79               | 8.12              | 34.9               | 35.8    | 23.5              |                   |
| 氨基酸铁<br>Fe amino acid                 | 120                        | 383(288)                                  | -   | 10.53         | 6.06               | 6.95              | 39.4               | 20.0    | 12.3              |                   |
|                                       |                            |   | +   | 9.75          | 8.59               | 9.26              | 36.8               | 35.1    | 32.0              |                   |
| 硫酸亚铁<br>FeSO <sub>4</sub>             | 120                        | 393(285)                                  | -   | 9.30          | 7.26               | 6.43              | 37.6               | 25.5    | 13.3              |                   |
|                                       |                            |   | +   | 9.58          | 9.46               | 8.91              | 37.5               | 37.1    | 30.5              |                   |
| 集合标准误 Pooled SE                       |                            |   |   | 0.40          | 0.40               | 0.43              | 1.6                | 2.0     | 3.0               |                   |
| 铁源 Iron source <sup>4</sup>           |                            |   |   | 0             | 9.01 <sup>a</sup>  | 7.49 <sup>a</sup> | 7.03 <sup>a</sup>  | 34.9    | 30.8              | 15.7 <sup>a</sup> |
| 氨基酸铁 Fe amino acid                    |                            |   |   |               | 10.14 <sup>b</sup> | 7.32 <sup>a</sup> | 8.11 <sup>b</sup>  | 38.1    | 27.6              | 22.2 <sup>b</sup> |
| 硫酸亚铁 FeSO <sub>4</sub>                |                            |   |   |               | 9.44 <sup>a</sup>  | 8.36 <sup>b</sup> | 7.67 <sup>ab</sup> | 37.6    | 31.3              | 21.9 <sup>b</sup> |
| 集合标准误 Pooled SE                       |                            |   |   |               | 0.28               | 0.28              | 0.30               | 1.2     | 1.4               | 2.1               |
| 铁注射 Iron injection <sup>5</sup>       |                            |   |   | -             | 9.62               | 6.50 <sup>a</sup> | 6.44 <sup>a</sup>  | 37.3    | 23.7 <sup>a</sup> | 11.2 <sup>a</sup> |
|                                       |                            |   |   | +             | 9.44               | 8.95 <sup>b</sup> | 8.77 <sup>b</sup>  | 36.4    | 36.0 <sup>b</sup> | 28.7 <sup>b</sup> |
| 集合标准误 Pooled SE                       |                            |   |   |               | 0.23               | 0.22              | 0.25               | 1.0     | 1.2               | 1.7               |
| 影响 Effect                             |                            |   |   |               |                    |                   | P-值                | P-value |                   |                   |
| 铁源 Iron source                        |                            |   |   |               | 0.0163             | 0.0207            | 0.0409             | 0.1176  | 0.1331            | 0.0555            |
| 铁注射 Iron injection                    |                            |   |   |               | 0.5634             | 0.0001            | 0.0001             | 0.5079  | 0.0001            | 0.0001            |
| 铁源 × 铁注射 Iron source × iron injection |                            |   |   |               | 0.3944             | 0.8670            | 0.9398             | 0.6644  | 0.4489            | 0.7771            |

<sup>1</sup> 实测结果; <sup>2</sup> 括弧中的数据指哺乳仔猪开食料中的铁含量; <sup>3</sup> 数据代表 19-24 头哺乳仔猪的平均值; <sup>4</sup> 数据代表 41-48 头哺乳仔猪的平均值; <sup>5</sup> 数据代表 62-67 头哺乳仔猪的平均值; <sup>a, b</sup> 同列的相同类别中具有不同字母肩号的平均值间差异显著 ( $P < 0.08$ )。

<sup>1</sup> Determined data. <sup>2</sup> Data within parentheses stand for Fe contents in creep diets of nursing pigs. <sup>3</sup> Data represent means of 19 to 24 nursing pigs. <sup>4</sup> Data represent means of 41 to 48 nursing pigs. <sup>5</sup> Data represent means of 62 to 67 nursing pigs. <sup>a, b</sup> Means with the different superscripts within the same category of the same column differ significantly ( $P < 0.08$ ).

而不显著高于硫酸亚铁组 ( $P > 0.30$ ); 硫酸亚铁组哺乳仔猪的血红蛋白浓度不明显高于对照组 ( $P > 0.14$ ), 同时, 两个添加铁源处理组哺乳仔猪的血细胞压积显著高于对照组 ( $P < 0.05$ ), 但两个添加铁源处理组间无明显差异 ( $P > 0.92$ )。铁注射明显提高了 14 和 27 日龄哺乳仔猪的血红蛋白浓度和血细胞压积 ( $P = 0.0001$ ), 其提高的程度明显大于饲料添加有机铁的作用。以上两项指标在任何时间点均未观测到饲料添加铁源与铁注射间的互作影响 ( $P > 0.39$ )。饲料铁源处理对任何时间点哺乳仔猪的血浆铁和铁饱和度均无显著影响 ( $P > 0.41$ ), 但影响了 14 ( $P < 0.004$ ) 和 27 ( $P < 0.02$ ) 日龄哺乳仔猪的血浆 TIBC (见表 5)。对照和有机铁处理组哺乳仔猪的血浆 TIBC 明显低于硫酸亚铁处理组在 14 ( $P < 0.02$ ) 和 27 ( $P < 0.009$ ) 日龄的血浆 TIBC, 而

有机铁处理组哺乳仔猪的血浆 TIBC 不明显低于对照组 ( $P > 0.46$ )。TIBC 与铁营养状况成反比, 因此较低的 TIBC 表明动物体内的铁营养状况较好。铁注射显著提高 14 日龄哺乳仔猪的血浆铁含量 ( $P < 0.08$ ), 但对 27 日龄仔猪的血浆铁以及任何时间点的 TIBC 和铁饱和度无明显影响 ( $P > 0.21$ )。以上 3 项指标在任何时间点均未观测到饲料添加铁源与铁注射间的互作影响 ( $P > 0.14$ )。

Graff (1970)<sup>[8]</sup> 认为, 氨基酸螯合铁的吸收率为无机铁 (硫酸亚铁、碳酸铁、氧化铁) 的 4.9 倍。Paul 等 (1978)<sup>[7]</sup> 报道, 泌乳母猪饲料中添加 3000 mg/kg 铁 (氨基酸螯合铁), 可提高仔猪血红蛋白含量, 有效预防仔猪贫血的发生。本试验在母猪产前和产后正对照组饲料中添加 120 mg/kg 铁 (氨基酸铁) 的基础上, 又在仔猪开食负对照组饲料中添加 120 mg/kg

表 5 饲料氨基酸铁对注射和不注射铁情况下哺乳仔猪血浆铁、总铁结合力和铁饱和度的影响  
 Table 5 Effect of dietary iron-amino acid on plasma iron (PI), total iron binding capacity (TIBC), and percent PI values of neonatal and nursing piglets with or without iron injections

| 铁源<br>Iron source                               | 添加铁<br>Added Fe<br>(mg/kg) | 饲料铁<br>Dietary Fe <sup>1</sup><br>(mg/kg) | 注射或不注射<br>Iron injection<br>(+) or not(-) | 血浆铁 PI(μg/dl) |                   |        | 总铁结合力 TIBC(μg/dl) |                  |                  | 血浆铁饱和度 Percent PI |        |        |
|---|----------------------------|---|---|---------------|-------------------|--------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|--------|--------|
|   |                            |   |   | D 0           | D 14              | D 27   | D 0               | D 14             | D 27             | D 0               | D 14   | D 27   |
| 0   | 0                          | 278(144) <sup>2</sup>                     | - <sup>3</sup>                            | 88.5          | 71.4              | 72.6   | 542               | 613              | 698              | 16.9              | 11.6   | 11.2   |
| 氨基酸铁<br>Fe-amino acid                           | 120                        | 383(288)                                  | + <sup>3</sup>                            | 91.8          | 76.4              | 75.3   | 600               | 671              | 709              | 16.0              | 11.9   | 12.1   |
| 硫酸亚铁<br>FeSO <sub>4</sub>                       | 120                        | 393(285)                                  | -   | 98.7          | 69.6              | 72.5   | 585               | 620              | 709              | 17.1              | 11.7   | 10.2   |
| 集合标准误差 Pooled SE<br>铁源 Iron source <sup>4</sup> |                            |   | +   | 97.2          | 74.5              | 79.4   | 573               | 631              | 687              | 17.5              | 11.7   | 12.4   |
|   |                            |   | -   | 97.1          | 70.5              | 76.1   | 598               | 718              | 733              | 17.3              | 12.2   | 12.7   |
|   |                            |   | +   | 89.3          | 78.8              | 75.7   | 565               | 689              | 823              | 19.3              | 12.8   | 12.3   |
|   |                            |   | 0   | 6.1           | 4.1               | 4.9    | 30                | 23               | 27               | 1.4               | 0.8    | 0.9    |
|   |                            |   | 氨基酸铁 Fe-amino acid                        | 90.1          | 73.9              | 73.9   | 571               | 642 <sup>a</sup> | 703 <sup>a</sup> | 16.5              | 11.8   | 11.6   |
|   |                            |   | 硫酸亚铁 FeSO <sub>4</sub>                    | 97.9          | 72.0              | 75.9   | 579               | 626 <sup>a</sup> | 698 <sup>a</sup> | 17.3              | 11.7   | 11.3   |
|   |                            |   | 集合标准误差 Pooled SE                          | 93.2          | 74.7              | 75.9   | 581               | 703 <sup>b</sup> | 778 <sup>b</sup> | 18.3              | 12.5   | 12.5   |
|   |                            |   | -   | 4.3           | 2.9               | 3.4    | 21                | 16               | 19               | 1.0               | 0.5    | 0.6    |
|   |                            |   | +   | 94.7          | 70.5 <sup>a</sup> | 73.7   | 575               | 650              | 713              | 17.1              | 11.8   | 11.3   |
|   |                            |   | 集合标准误差 Pooled SE                          | 92.7          | 76.6 <sup>b</sup> | 76.8   | 579               | 664              | 739              | 17.6              | 12.1   | 12.3   |
|   |                            |   |   | 3.5           | 2.4               | 2.8    | 17                | 13               | 16               | 0.8               | 0.4    | 0.5    |
|   |                            |   |   | P-值 P-value   |                   |        |                   |                  |                  |                   |        |        |
|   |                            |   | 铁源 Iron source                            | 0.3969        | 0.7925            | 0.8884 | 0.9369            | 0.0033           | 0.0102           | 0.4483            | 0.5430 | 0.4166 |
|   |                            |   | 铁注射 Iron injection                        | 0.6874        | 0.0722            | 0.4441 | 0.8726            | 0.4656           | 0.2477           | 0.6398            | 0.6157 | 0.2101 |
|   |                            |   | 铁源 × 铁注射 Iron source × iron injection     | 0.6803        | 0.9096            | 0.7645 | 0.2961            | 0.1934           | 0.1421           | 0.6173            | 0.9118 | 0.3408 |

<sup>1</sup> 实测结果;<sup>2</sup> 括弧中的数据指哺乳仔猪开食料中的铁含量;<sup>3</sup> 数据代表 10-24 头哺乳仔猪的平均值;<sup>4</sup> 数据代表 24-48 头哺乳仔猪的平均值;<sup>5</sup> 数据代表 48-63 头哺乳仔猪的平均值;<sup>6</sup> 同列的相同类别中具有不同字母肩号的平均值间差异显著 ( $P < 0.08$ )。

<sup>1</sup> Determined data. <sup>2</sup> Data within parentheses stand for Fe contents in creep diets of nursing pigs. <sup>3</sup> Data represent means of 10 to 24 nursing pigs. <sup>4</sup> Data represent means of 24 to 48 nursing pigs. <sup>5</sup> Data represent means of 48 to 63 nursing pigs. <sup>6</sup> Means with the different superscripts within the same category of the same column differ significantly ( $P < 0.08$ ).

源于氨基酸铁的铁,使仔猪铁营养状况有明显改善,再次提示有机铁可能比无机铁更容易被仔猪吸收利用。但是,本试验中有机铁的改善效果尚不足以完全代替铁注射。而徐建雄和俞沛初(1998)<sup>[2]</sup>报道,在母猪产前和产后饲料中添加 60 mg/kg 铁(蛋氨酸铁)的效果与注射铁剂的效果基本一致。上述差异可能是由于本试验条件与徐建雄和俞沛初试验的条件不同,如猪品种不同(本试验为杜×长×大,徐建雄的试验为杜×长×上)、饲料类型不同(本试验为玉米-豆粕-小麦麸型,徐建雄和俞沛初的试验为玉米-次粉-豆粕-棉粕-麸皮型)、有机铁源不同(本试验为氨基酸铁,徐建雄的试验为蛋氨酸铁),因而产生了不同的试验结果,确切原因有待进一步研究。

### 3 结 论

试验研究结果表明,在妊娠和泌乳母猪以及哺乳仔猪饲料中添加有机铁在改善新生和哺乳仔猪铁营养状况方面的效果明显优于无机硫酸亚铁,提示有机铁中有更多的铁能穿过母体胎盘而进入胎儿体内,但有机铁的以上改善效果尚不足以完全代替铁注射。

致谢:美国金宝公司(Zinpro Corp., Eden Prairie, MN, USA)为本次研究提供了 iron-amino acid complex (Availar® Fe) 试验产品及资助,作者

们在此表示衷心的感谢!

### 参考文献:

- [1] Ashmead D. Prevention of baby pig anemia with amino acid chelates[J]. *VW/SAC*. 1975, 70: 607~ 610.
- [2] 徐建雄,俞沛初. 蛋氨酸铁螯合物对仔猪缺铁性贫血及生长的影响[J]. *上海农学院学报*, 1998, 14(4): 31~ 37.
- [3] Schoneweis D A, Allee G L. Efficacy of iron proteinate fed to sows in meeting the iron needs of baby pigs[J]. *Kansas Agr Expt St Rpt*, 1977, 312, 31.
- [4] Underwood E J. Trace Elements in Human and Animal Nutrition[M]. (4th ed) Academic Press, New York 1977.
- [5] 马康才, 聂光达, 周素莉. 添加剂——蛋氨酸铁研究简报[J]. *上海畜牧兽医通讯*, 1990, 4: 16.
- [6] Spruill D G, Hays V W, Cromwell G L. Effects of dietary protein and iron on reproduction and iron-related blood constituents in swine[J]. *J Anim Sci*, 1971, 33: 376~ 384.
- [7] Paul S B, Pao K K, Duane E U, et al. Evaluation of an amino acid iron chelate hematinic for the baby pig[J]. *J Anim Sci*, 1978, 47: 1135~ 1140.
- [8] Graff D. Absorption of minerals compared with chelates made from various protein sources into rat jejuna slices *in vitro*[D]. Paper presented at Utah Academy of Arts Letters and Science, April. 1970.

## Effect of Dietary Iron-amino Acid Complex on Iron Status of Neonatal and Nursing Piglets\*

ZENG Lili<sup>1</sup>, CHEN Wanru<sup>1</sup>, LUO Xurgang<sup>2\*</sup>, WEI Kerqiang<sup>2</sup>, Timothy M. Fakler<sup>3</sup>,  
LIN Yan<sup>1</sup>, PAN Ruizhen<sup>1</sup>, LU Lin<sup>2</sup>, LIU Bin<sup>2</sup>

(1. Institute of Animal Science Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350002, China;

2. Institute of Animal Science Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100094, China;

3. Zinpro Corp., Eden Prairie, MN 55344-7298, USA)

**Abstract:** An experiment was conducted using a total of 24 gestating sows (Landrace × Large White) and their piglets to investigate the effects of Fe source and Fe injection on Fe status of neonatal and nursing piglets. The experiment was divided into two phases, including a gestating phase and a lactating phase, and a completely randomized design was adopted. During the gestating phase, 24 sows crossbred with Duroc, which had been pregnant for 70 days, were randomly allocated to one of three treatments, and fed a corn-soybean meal-wheat bran basal diet supplemented with 80 mg/kg Fe as ferrous sulfate (positive control treatment, PC), the PC diet supplemented with 120 mg/kg Fe as Fe-amino acid complex (Availar® Fe, US Zinpro Corp., organic Fe treatment), and the PC diet supplemented with 120 mg/kg Fe as ferrous sulfate (inorganic Fe treatment), respectively. During the lactating phase, sows remained to be fed on the above treatment diets for gestating sows. However, neonatal piglets



of 24 litters born from the above sows were allotted to one of another three treatments, including that piglets from the sows of the PC treatment were fed a corn-soybean meal-dried whey meal-fish meal basal diet with no supplemental Fe (negative control treatment, NC), piglets from the sows of organic Fe treatment were fed the NC diet supplemented with 120 mg/kg added Fe as Fe-amino acid complex (organic Fe treatment), and piglets from the sows of inorganic iron treatment were fed the NC diet supplemented with 120 mg/kg Fe as ferrous sulfate (inorganic Fe treatment). One-half of piglets from each litter were injected with 100 mg Fe as Fe dextran on day one after birth, and another half of piglets were not injected. Nursing piglets were fed on their respective creep feeds from day five through weaning on day 27. There were no differences ( $P > 0.11$ ) between organic Fe treatment and the positive control treatment in hemoglobin (Hb) concentration, hematocrit and plasma Fe of gestating sows on days 70, 90, and 105, and milk Fe of lactating sows on days 10 and 21. Neonatal piglets in organic Fe treatment had a higher Hb concentration than those in the negative control treatment ( $P < 0.05$ ) and  $\text{FeSO}_4$  treatment ( $P < 0.08$ ). As to nursing piglets, Hb ( $P < 0.02$ ) and hematocrit ( $P < 0.05$ ) were higher in organic Fe treatment than in the negative control treatment at 27 days of age, and plasma total iron binding capacity (TIBC) was lower ( $P < 0.02$ ) in organic Fe treatment than in  $\text{FeSO}_4$  treatment on days 14 and 27. Iron injection improved Hb concentration ( $P = 0.0001$ ) and hematocrit ( $P = 0.0001$ ) on days 14 and 27, and plasma iron ( $P < 0.08$ ) on day 14, and greater improvements ( $P < 0.08$ ) were observed for Fe injection than for dietary organic Fe supplementation. The results from this study indicate that the addition of amino acid-Fe complex to the diets of gestating and lactating sows and nursing piglets improved Fe status of neonatal and nursing piglets more effectively than  $\text{FeSO}_4$ , however, this improvement of the organic Fe was not effective enough to replace the Fe injection commonly practised in swine production.

**Key words:** Dietary iron amino acid complex; Hemoglobin; Plasma iron; Sows; Piglets

\* The authors wish to acknowledge Zinpro Corp., Eden Prairie, MN for supplying Availa-Fe and for funds in support of this research. \*\* To whom correspondence should be addressed. E-mail: wlysz@public.bta.net.cn.

### 2002年《畜牧兽医学报》广告价目表

| 版 位  | 规格(mm × mm)         | 收费标准(元) |      |
|------|---------------------|---------|------|
|      |                     | 彩 色     | 黑 白  |
| 封 4  | 大 16 开整版(285 × 210) | 6000    |      |
| 封 2  | 大 16 开整版(285 × 210) | 5000    |      |
| 封 3  | 大 16 开整版(285 × 210) | 4500    |      |
| 内插加页 | 大 16 开整版(285 × 210) | 4000    |      |
| 内 页  | 大 16 开整版(230 × 210) |         | 1800 |
| 内 页  | 大 16 开半版(115 × 210) |         | 1000 |

开户行: 北京农行海淀支行营业部 帐号: 050101040010287

户 名: 中国农业科学院畜牧研究所 电话: (010) 62815987 广告经营许可证: 京海工商广字第 0326 号