



有机铁在猪饲料中的应用研究进展

邝声耀 唐凌 张纯 曾礼华

1 生化特性

有机铁可分为金属络合铁(配体化合铁)和螯合铁两类。络合剂有蛋白质、氨基酸、糖、有机酸等天然有机物。金属络合铁是由一个中心离子(或原子)如 Fe^{2+} 和配位体以共价键相结合所形成的复杂离子或分子。配位体是指那些含有可提供孤对电子原子的分子,有机分子中的N、O、S都可提供孤对电子,这些供体可与金属离子发生配位作用,从而形成复合物。螯合铁是一种特殊的络合铁,它是指一个或多个基团与一个金属离子进行配位反应而生成的具有环状结构的络合铁。螯合铁也称作内络合铁,由于它的环状结构,通常比络合铁稳定。

美国官方饲料监测局(MFCO, 1996)确定了有机铁的定义:对氨基酸和蛋白质金属螯合铁,是指可溶性盐的金属离子同氨基酸按照1:1~3(最佳为1:2)的比例反应,生成配位的共价键所得产物。水解氨基酸的平均分子量为150,生成的螯合铁分子量不得超过800。这种结构使分子内电荷趋于中性,它的稳定常数适中,从而使金属在消化道中易于释放出来,比相应的无机离子更为优越。

2 效价作用

2.1 生物利用效价高

研究证明,有机铁比无机铁有更高的生物利用率,且对动物的生长、生殖、健康及饲料转化率等有明显的促进作用。在妊娠母猪的日粮中添加200mg/kg的氨基酸螯合铁,有相当的铁通过

油脂34g/kg)和大麦(含油脂39g/kg)相比,添加亚麻籽明显提高了阉牛肌肉中硫辛酸(AIA)的含量。Drouillard JS等报道,与不含亚麻籽的对照组相比,阉牛日粮中添加5%的亚麻籽明显提高了肌肉中ALA的含量。而在荷斯坦阉牛日粮中添加5%亚麻籽的第109天和第157天,同样提高了肌肉和脂肪中ALA的浓度。

Maddock等发现,在奶牛日粮中添加8%的亚麻籽可以增加肌肉中磷脂和中性脂肪ALA的含量;并特别指出,饲喂8%的亚麻籽可以显著提高磷脂长链n-3 PUFA,例如EPA、DPA和DHA的含量。Drouillard JS等的报道也指出,添加5%或更高水平的亚麻籽可以提高肉牛肌肉中EPA和DHA的含量。另有报道表明,日粮中添加一定量的亚麻油,可以有效改善羔羊肌肉组织中脂肪酸的含量,优化n-3、n-6多不饱和脂肪酸的比例。

3.3 肉质

Maddock等在阉牛日粮中添加3%和6%的亚麻籽,结果显

示,2个试验组在第12肋骨脂肪厚度和眼肌面积上无明显不同。随后Maddock等的试验在小母牛日粮干物质基础上添加8%的亚麻籽,结果表明可以增加肌肉大理石花纹($P=0.14$)。Drouillard JS等报道,在亚麻籽日粮中添加维生素E,提高了牛肉货架期的肉色;同时研究指出,添加亚麻籽组与不添加组在脂肪酸氧化方面没有差异。

2.2 化学结构稳定

植物性饲料中所含的植酸、草酸、磷酸根离子,容易与铁元素结合生成动物难以吸收的不溶性盐而排出体外,从而影响铁元素的吸收。有机铁由于其特殊的结构,具有较好的化学稳定性,分子内电荷趋于中性,缓解了矿物质间的颞颞作用,在消化过程中减少了pH、脂类、纤维、胃酸等物质的影响,有利于动物机体对金属离子的充分吸收和利用。

2.3 增强免疫功能

有机铁接近于酶的天然形态而有利于吸收,被吸收后可将螯合的铁元素直接运送到特定的靶组织和酶系统中,从而发挥作用和满足机体需要。有机铁具有增强抗病力,提高免疫应答反应,促进动物细胞和体液免疫力的功效,发挥抗病、抗应激作用,改善动物皮毛状况,减少早期胚胎死亡,对某些肠炎、皮炎、痢疾

胎盘进入胎儿体内,可降低胎儿死亡率,提高仔猪的初生重和断奶重,说明螯合铁可通过胎盘转运,进入到发育中的胚胎(无机铁无法通过)。有机铁的效价相对于硫酸亚铁($FeSO_4$)的效价范围为125%~185%。Kuznet-sor等报道,蛋氨酸铁对7~28日龄哺乳仔猪和4~5月龄育肥猪的相对生物学效价分别为120%和115%(设 $FeSO_4$ 为100%);Spears也研究了蛋氨酸铁对哺乳仔猪的相对生物学效价为183%;Kuznetsor以红细胞计数和过氧化氢酶为指标,研究了氨基酸螯合铁对26日龄仔猪的相对生物学效价,结果分别为103%和114%。从大量研究结果以及生产实践来看,氨基酸螯合铁的生物效价明显高于 $FeSO_4$ 、氯化亚铁($FeCl_2$)等无机铁源添加剂。

4 日粮中添加亚麻籽的饲料报酬

近年来,饲喂亚麻籽的试验研究结果有所不同。Drouillard JS等在干物质中分别添加0、5%、10%和15%的亚麻籽后发现,当添加5%水平时增加了干物质的摄入量且不影响饲料报酬。Drouillard JS等研究了在日粮干物质基础上分别添加亚麻籽0水平60d,加0水平40d,或0水平60天加5%水平49d,所有处理组均显示出相似的干物质摄入量和饲料报酬。

摘自《黑龙江畜牧兽医》,2007,(1),-30~31



和贫血有治疗作用；在接种、去势、运输、气温过高和变更日粮等应激条件下，有良好的效果。

2.4 副作用小、适口性好

有机铁如氨基酸螯合铁，既提供动物机体所需要的氨基酸，又提供铁元素，适口性好，毒副作用小，安全性好，吸收率高，易转运，可加强动物体内酶的活性，提高蛋白质、脂肪和维生素的利用率，从而促进动物生长性能的发挥。

2.5 吸收率好利于环保

有机铁中金属离子在配位体氨基酸或小肽的保护下，形成稳定的化学结构，既避免了矿物质之间的相互颉颃作用，又消除了无机铁易对维生素氧化的弊端。无机铁被动物吸收及蓄积的量很低，吸收率仅为10%，大部分随粪便排出体外，影响环境，破坏地力，引起农作物中铁的富集，危害人畜健康。由于有机铁生物学效价高，在日粮中添加一定量即可代替高剂量的无机铁。

3 吸收机理

Dreosti认为影响矿物质吸收的肠道的物理化学因素对其生物利用率的高低起主要作用。生物利用率高的微量元素吸收率也比较高。有机铁是利用配位体的转运系统吸收，而不是金属的转运系统。如氨基酸、蛋白质螯合物分别利用氨基酸、肽的吸收通道。尤其是研究小肽的吸收机制后，人们把更多目光投向蛋白质螯合物。通过氨基酸和肽的转运系统，螯合物完整地透过肠粘膜层进入血液，大大提高了铁元素的利用率。

有机铁受到配位体的保护，不易受胃肠道内不利于金属吸收的物理化学因素影响。胃肠道pH对金属复合物的稳定性和溶解性影响较大，试验认为氨基酸或肽的螯合物稳定常数适中，既有利于与铁元素结合成螯合铁被运输，需要时又能有效地从螯合物(载体)中释放出来。有机铁分子内电荷趋于中性，在体内pH环境下溶解度好，吸收率高，易被小肠粘膜吸收进入血液，供给周身细胞需要。

4 生产应用

4.1 哺乳仔猪

国内外研究表明，有机微量元素铁可通过母猪胎盘和母乳传递给仔猪，从而促进仔猪生长发育，预防缺铁性贫血，降低仔猪死亡率。Close研究结果发现，在妊娠母猪或哺乳母猪日粮里添加有机铁，仔猪断奶重增加，血液中Hb升高，证明有机铁通过胎盘容易进入胚胎。据英国Darneley研究报道，母猪在1~8胎次产前28d开始采食有机铁(56.7g/d·头)，平均每胎育成离乳仔猪头数增加7.1%，仔猪死亡率降低26.8%。Yamamoto研究结果也表明，有机铁可穿过母猪胎盘为胎儿所用，提高仔猪的铁储备，改善仔猪生长性能，仔猪初生重、断奶重均显著增加。

4.2 断奶仔猪

有机铁应用于断奶仔猪有显著效果，徐建雄在35~80日龄

断奶仔猪日粮中添加蛋氨酸铁60 mg/kg，使生长猪的日增重、饲料效率分别提高9.99%~12.98%、6.60%~10.61%。据四川省畜科院动物营养研究所研制，四川省畜科公司生产的中华富铁康，取代1/3的FeSO₄试验，结果日增重提高3.34%~5.47%，料肉比降低4.23%~4.26%，皮肤健康红润，被毛光滑亮泽，增重成本降低，经济上可行。

4.3 生长育肥猪

添加有机铁使生长育肥猪提高了日增重和饲料利用率。据黄国清试验结果看出，添加蛋氨酸铁日增重提高9.56%，饲料报酬提高7.63%。鞠继光等在生长育肥猪日粮中添加羟基蛋氨酸铁40 mg/kg代替等量相应的无机铁，可提高40~75kg生长猪的日增重8.3%，降低料肉比13.7%。

5 问题与对策

5.1 生产成本较高

现在市场上的有机铁产品售价是无机铁的10倍以上，难以在实际生产中大量应用。国内生产厂家如氨基酸螯合铁还没有研制出降低生产成本的新工艺新方法，要生产出市场能接受的经济可行的有机铁产品，应改进产品配方、工艺设计，选择合适的生产工艺路线和简化生产程序，降低生产成本。

5.2 建立完善有机铁的检测技术

有机铁产品(除富马酸亚铁外)的质检方法还没有得到很好解决。当前有机铁产品的定性定量分析尚待研究解决，通常采用的分光光度法、电位法等不适应其产品的定性定量分析，难以确定其有机的螯合度或络合度的质量，很难规范有机铁的生产、销售和应用。为了利用廉价的螯合剂生产有机铁，优化合成方法和新生产工艺路线，建立定性、定量的检测新技术，是今后研究工作的重点。

5.3 作用模式有待于进一步研究

有机铁在动物体内的吸收机制和代谢原理及对机体造血机能的影响有待进一步研究。近年来虽然越来越多的人接受金属氨基酸螯合铁和蛋白盐利用肽与氨基酸的吸收机制，而非小肠中普遍金属的吸收机制，但作用模式还需要进一步研究证实。

5.4 探讨利用条件

继续研究适合动物机体的最佳螯合物(络合物)结构形式、最佳添加时间和剂量。不同的螯合剂组成的有机铁、不同动物、不同日粮营养水平、不同生理条件，都影响有机铁需要量，因此明确有机铁的利用条件很有必要。

5.5 强化示范推广

加大对有机铁的示范宣传推广，终有一天，它将成为常规的矿物质元素添加到动物饲料中，一旦在生产上大面积推广普及使用，将会给饲料工业和畜牧业带来显著的社会经济效益。

摘自《中国畜牧兽医》-2006, 33(12). -31~33