

有机微量元素在畜禽生产中的应用

邝声耀

(四川省畜科院动物营养研究所, 成都 610066)

有机微量元素是发展较快的第三代新型微量元素添加剂, 具有生物利用率高、化学结构稳定、增强免疫力、吸收率高, 是当前国内外研制和开发的热点。有机微量元素的研究推动了无机微量元素向有机微量元素在动物营养中的应用, 比无机矿物有较高的生物利用效价, 对畜禽生产性能可提高采食量、生长速度、饲料效率和健康水平等。

1 效价作用

1.1 生物利用效价高

许多研究证明, 有机微量元素比无机盐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。

Carlson 在仔猪断奶后的 28 天的饲养室中,

加入 50 毫克/千克的铜蛋白螯合物 (Bioplex cu), 结果发现相对于加入 250 毫克/千克硫酸铜的对照组, 仔猪的日增重显著的提高。

在妊娠母猪的日粮中添加 200 毫克/千克的氨基酸螯合铁, 有相当的铁通过胎盘进入胎儿体中, 可降低胎儿的死亡率, 提高仔猪的出生重和断奶重, 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铁的效价范围为 125%~185%。

有机锌饲喂断奶仔猪, 结果表明加入 80 毫克/千克相对于加入 500 毫克/千克无机锌的组可提高日增重 7.09%, 采食量 14.39% 和血清锌的含量 17.15%, 且碱性磷酸酶的活性提高了 20.16%。Wedekind(1994)指出有机锌的效价相对于硫酸锌为

n-3 多不饱和脂肪酸的牛奶。加拿大的若干学者研究了亚麻籽在奶牛日粮中的应用, 试图以此影响牛奶的成分。Kennellv 和 Khorasani(1992)证明使用了亚麻籽后奶中的不饱和脂肪酸含量增加, 但 C18:1 含量的增加大于 C18:3 含量的增加。给反刍家畜饲喂亚麻籽的问题在于脂肪酸的生物氢化作用, 脂肪酸氢化会导致奶中亚油酸沉积降低而油酸沉积增高, 这是不利于人体健康的。看来, 在奶牛日粮中有效应用亚麻籽的唯一途径是要保护其中的油不受瘤胃微生物作用的影响, 从而使奶中能够沉积较多的 n-3 脂肪酸而排除氢化作用, 必须先在这方面取得成功才能使给奶牛饲喂亚麻籽的做法成为商业现实。

通过添加亚麻籽来提高羊肉中的 n-3 多不饱和脂肪酸和共轭亚油酸、提

高牛奶中的共轭亚油酸含量的研究还未见报道。

4 改善动物健康状况

饲喂亚麻籽还可改善动物的健康状况。给种鸡或母猪饲喂亚麻可增高幼鸡和仔猪体内不饱和脂肪酸的水平。Cheronian 和 Sim 1991 年在种母鸡日粮中加 8% 和 16% 的磨碎亚麻籽并补充维生素 B₆, 结果所产鸡蛋和由鸡蛋孵出的胚胎和小鸡的脑组织中的 n-3 多不饱和脂肪酸都有增加。此外, 肉鸡饲喂亚麻籽后, 可减轻柔嫩艾美球虫所致的盲肠病变, 据推测, 这是由于高度不饱和油和油造成肠道中氧化应激状态, 杀死这种球虫。J.M. Bond(1996)的试验表明, 用亚麻油作为肉鸡日粮脂源可降低肺动脉高血压和腹水症发生率。

猫和狗常因冠心病而死亡, 喂给亚麻籽, 它们的健康水平就可以提高。

表 1 亚麻籽营养成分含量

营养物	含量	营养物	含量
干物质 (%)	5.0	锰 (毫克/千克)	70.0
热能 MJ/Kg)	18.8	维生素 A IU/千克)	188
粗蛋白质 (%)	21.0	维生素 E IU/千克)	6.0
粗脂肪 (%)	45.0	维生素 B ₁ 毫克/千克)	6.0
粗纤维 (%)	6.5	维生素 B ₂ 毫克/千克)	3.0
粗灰分 (%)	4.5	维生素 B ₆ 毫克/千克)	8.0
钙 (%)	0.25	维生素 B ₁₂ 毫克/千克)	5.0
磷 (%)	0.65	尼克酸 毫克/千克)	44.0
钾 (%)	0.75	赖氨酸 (%)	1.0
镁 (%)	0.35	蛋氨酸 (%)	0.4
铁 (mg/kg)	100	蛋+胱 (%)	0.8
铜 (mg/kg)	7.0	苏氨酸 (%)	1.0
锌 (mg/kg)	20.0	色氨酸 (%)	0.4

表 2 亚麻籽添加水平对肉仔鸡肉中脂肪酸组成的影响

指标	亚麻籽的添加水平 (%)		
	0	10	20
白肉脂肪的脂肪酸组成			
C16:0	18.1	18.0	19.1
C18:0	12.5	11.1	12.4
C18:1	33.5	28.9	19.0
C18:2	18.4	20.6	23.8
C18:3	1.2	4.1	7.0
C20:5	0.8	2.1	3.6
C22:6	2.0	3.1	4.7
深色肉脂肪的脂肪酸组成			
C16:0	18.4	15.0	13.4
C18:0	10.9	11.0	14.4
C18:1	37.4	28.6	21.1
C18:2	18.5	22.1	26.9
C18:3	1.2	6.9	10.3
C20:5	0.5	1.3	2.2
C22:6	1.5	2.7	2.9

206%；四川省畜科院营养所研制、畜科公司生产的中华富锌康-乳酸锌较硫酸锌提高日增重 6.14%，饲料报酬提高 7.04%，血液中锌的水平显著提高，但以饲料中添加 100 毫克/千克效果最佳。

Fehse 等 (2000) 在高产母猪的妊娠和泌乳期额外添加一定量的复合蛋白质络合物 (含 Cu、Fe、Zn、Mn、Cr 和酵母硒)，提高了母猪的生产年限和仔猪的存活率。

1.2 化学结构稳定

植物性饲料中所含的植酸、草酸、磷酸根离子，容易与微量元素结合生成动物难以吸收的不溶性盐而排出体外，从而影响微量元素的吸收。有机微量元素由于其特殊性的结构，具有较好的化学稳定性，分子内电荷趋于中性，缓解了矿物质之间的拮抗作用，在消化过程中减少了 PH 值、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。

1.3 免疫功能增强

有机微量元素接近于酶的天然形态而有利于吸收，被吸收后可将螯合的微量元素直接运输特定的靶组织和酶系统中，从中发挥作用和满足机体需要。有机微量元素具有增强抗痛力，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，改进动物皮毛状况，减少早期胚胎死亡，对某些肠炎、皮炎、痢疾有治疗作用；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。

1.4 副作用小和适口性好

无机微量元素因有特殊味道而影响动物的适口性，又因其性质不稳定，易与其他营养物质产生拮抗作用，并在消化吸收过程中还会影响胃肠道的酸碱平衡，而对机体产生不良影响，应用过量会造成动物的中毒。有机微量元素如氨基酸螯合物，既提供动物机体所需要的氨基酸，又提供微量元素，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。

1.5 吸收率好，利于环保

有机微量元素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拮抗作用，又消除了无机盐易对维生素氧化的弊端。无机微量元素被动物吸收及蓄积的量很低，吸收率仅为 2%~10%，以四川饲料产量加入硫酸铜为例，一般配合饲料中达到 200~



300 毫克/千克，年实际用量达 3500~4000 吨，约有 2700~3200 吨硫酸铜随粪便排出体外，影响环境，破坏地力，引起农作物富集，危害人畜健康。由于有机微量元素生物学效价高，在日粮中添加一定量即可代替高剂量的无机盐，Ashmead(1985)体外实验大鼠分离肠段对蛋白质螯合铜的吸收率是硫酸铜的 4 倍。

2 吸收机理

Dreosti 认为影响矿物质吸收的肠道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。有机微量元素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，人们把更多的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黏膜层进入血液，大大地提高了元素的利用率。DU (1996) 试验表明有机微量元素的利用率比 CuSO_4 的高，还提高了肝中铁、锌的含量，降低了胃中铜的含量。说明有机铜的吸收机制和代谢与无机铜不同。DU (1995) 的试验中，使用有机铜的奶牛比使用硫酸铜的奶牛血液中的铜蓝蛋白低，血浆中的铜的含量基本一致，同时肝中铁的含量使用有机铜的试验组明显高于使用硫酸铜的对照组。这些数据表明有机铜是通过与硫酸铜不同系统吸收的，且铜离子在血浆中并非通过与铜蓝蛋白结合运输的。

有机微量元素受到配位体的保护，不易受到胃肠道内的不利于金属吸收的物理化学因素的影响。胃肠道 PH 值对金属复合物的稳定性和溶解性的影响较大，试验证实赖氨酸铜和赖氨酸锌复合物的溶解性受 PH 值的影响，认为氨基酸或肽的螯合物的稳定常数适中，既有利于与金属元素结合成螯合物被运输，需要时又能有效地从螯合物 (载体) 中释放出来。有机微量元素分子内电荷趋于中性，在体内 PH 值环境下溶解度好，吸收率高，易于被小肠黏膜吸收进入血液，供给周身细胞需要。

3 生产应用

3.1 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,降低乳猪死亡率。

Close(2001)研究发现,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(1993)研究报道,母猪在1~8胎次产前28天开始采食有机铁(56.7克/头·天)平均每胎育成断奶仔猪头数提高7.1%,仔猪死亡率降低26.8%。Yamamoto(1982)研究亦表明,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。

3.2 断奶仔猪

有机微量元素应用于断奶仔猪有显著效果,Ward试验证实,添加250毫克/千克蛋氨酸锌可使断奶仔猪生长速度,采食量与饲料转化率分别提高5%~8%,3%~4%与1%~11%,保育期末体重增加0.63~0.90千克。

3.3 生长育肥猪

添加有机微量元素使生长育肥猪提高了日增重和饲料利用率,改善了胴体品质,澳大利亚大型集约化养猪场BMI将硫酸铜(CuSO₄)和蛋白质螯合铜(百乐铜Bioplex cu)进行对比试验,以评定它们对猪的生产性能和铜的排泄的影响。结果表明,生长育肥猪日粮中添加百乐铜可提高日增重5%,提高饲料报酬3%,粪中铜水平公猪从每千克373毫克降至198毫克,母猪从每千克372毫升降至200毫克,其屠宰率、瘦肉率均有所提高。

3.4 家禽

有机微量元素应用于肉禽,对改善肉禽的生产性能,增强免疫力,提高饲料转化率,改善禽肉质量有显著效果。李德发(1994)用0.3%氨基酸锌、锰代替无机盐饲喂肉仔鸡,使日增重提高6.6%,饲料消耗降低5.7%,腿病发生率下降9.9%。王邦仁(1992)用氨基酸铜、铁饲喂肉鸡,提高增重5.28%,饲料报酬提高2.95%,出栏重提高24.1克。

美国奥特奇用有机硒(赛乐硒)试验肉鸡,得出生长速度加快,改善饲料报酬,鸡肉色泽改观,胴体等级提高,鸡肉滴水损失减少,肉品保质期延长,鸡肉中的硒含量增加(富硒鸡肉)。有机微量元素应用于蛋禽,可以改善蛋壳质量,提高产蛋量与产蛋率以及种蛋的孵化率和健雏率。试验组的总产蛋率比对照组分别提高21.02%和12.8%,其中鸡蛋的微量元素含量显著提高。美国奥特奇有机硒(赛乐硒)

试验,每只种鸡一生可多产7枚种蛋,孵化率提高2.15%,繁殖率提高1.6%,死胎率降低1.45%,蛋壳强度得到改善。

3.5 反刍动物

马牛羊饲料中添加有机微量元素可提高其生产性能,减少疾病的发生。在肥育牛中添加蛋氨酸锌可使牛日增重提高8.6%,饲料利用率提高10%(张照熙1996)。Lawrence教授给母马补加酵母硒,可提高母马血清的硒水平,母马初乳和奶水中的硒水平。母马日粮添加有机硒(赛乐硒3mg,奥特奇公司产品)使产驹时间缩短一半,硒转移给驹的速度提高2倍。当使用有机硒时,更多的硒会贮存在马体硒库内,通过一系列硒蛋白的功能进行机体的抗氧化防御,赛马在运动量加大的情况下,机体会通过动员抗氧化系统来保持机体的生理平衡,使赛马跑得更快。

5 问题与对策

5.1 降低生产成本

现在市场上进口的有机微量元素铜、铁、锌系列产品,售价是无机盐的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物还没有研制出降低生产成本的新工艺、新方法,生产出市场能接受经济可行的有机微量元素产品,应改进产品配方,工艺设计,选择合适的生产工艺路线,降低生产成本。

5.2 提高产品质量

有机微量元素产品的质检方法还没有得到很好解决。当前有机微量元素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,难以确定其有机螯合度或络合度的质量,很难规范有机微量元素的生产、销售和应用。为了利用廉价的螯合剂生产有机微量元素,优化合成方法和新工艺,建立定性、定量的检测新技术,是今后研究工作的重点。

5.3 研究作用机理

有机微量元素在动物体内的吸收机制及代谢原理仍不清楚,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物和蛋白盐利用肽与氨基酸的吸收机制,而非小肠中普通金属的吸收机制,但这只是推测,还需要进一步研究证实。

5.4 探讨最佳剂型

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微量元素、不同的动物、不同日粮营养水平、不同生理条件,都影响有机微量元素需要量,因此需要继续深入研究阐明。(063800) ☉