

有机微量元素的 研究应用进展

邝声耀

(四川省畜牧科学研究院;四川省畜科饲料有限公司,四川 成都 610066)

中图分类号:S816.72 文献标识码:A 文章编号:1001-8964(2003)增刊-0043-02

摘要: 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、吸收率高利于环保,是当前国内外研制和开发的热点。本文综述了有机微量元素的生化特性、功能作用、吸收机理、生产应用和研究进展。

关键词: 有机微量元素;螯合物;动物生产;研究应用

Progress in Research and Application of Organic Trace Elements

KUANG Sheng-yao

(Sichuan Academy of Animal Sciences; Sichuan Animtech Feed Co., Ltd., Sichuan Chengdu 610066, China)

Abstract: Organic trace elements are the third generation trace elements additives, it is specialized at high organism utility, steady chemical structure, improving immunity, a high absorbability and being good for environment protection, consequently, it is a hot spot researched and developed at home and abroad. The biochemical specificity, function, absorption principle, production, application and progress in research of organic trace elements are elaborated in this article.

Key words: organic trace elements; chelate; animal production; research and application

有机微量元素的研究推动了无机有机在动物营养中的应用,比无机矿物有较高的生物利用效价,对动物生产性能可提高采食量、生长速度、饲料效率和健康水平等。近年来,有机微量元素的研究应用受到重视。

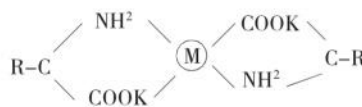
1 生化特性

有机微量元素可分为金属络合物(配体化合物)和螯合物两类。络合剂有蛋白质、氨基酸、糖、有机酸等天然有机物。金属络合物是由一个中心离子(或原子)如(Fe^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 等)和配位体以其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。螯合物是一种特殊的络合物,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物。螯合物也称作内络合物,由于它的环状结构,通常比络合物稳定。

美国官方饲料监测局(MFCO, 1996)确定了有机微量元素的定义:对氨基酸和蛋白质金属螯合物,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 左右,生成的螯合物的分子量不得超过 800。

其典型的螯合物结构:



一个中心离子可与多个氨基酸形成环螯合物,形成的环数越多,螯合物的稳定性越好,常见的螯环有五元环和六元环, α -氨基酸为五元环, β -氨基酸螯合物为六元环。位于具有五元环或六元环螯合物中心的金属离子可通过小肠绒

毛刷状缘,而且所有的螯合物都可以氨基酸或肽的形式被吸收。

2 效价作用

2.1 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 50mg/kg 的铜蛋白螯合物(Bioplex cu),结果发现相对于加入 250mg/kg CuSO_4 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 mg/kg 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 FeSO_4 的效价范围为 125%~185%。

有机锌饲喂断奶仔猪,结果表明加入 80mg/kg 相对于加入 500mg/kg 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

收稿日期:2003-05-12

作者简介:邝声耀(1956-),男,四川省广安市人,本科,副研,四川大学兼职教授,公开发表论文 40 余篇,获省以上科技奖 4 项,现从事动物营养与饲料应用的管理与研发。

磷酸酶的活性提高了 20.16%。Wedekind (1994) 指出有机锌的效价相对于 ZnSO₄ 为 206%。

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。

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。

2.3 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,被吸收后可将整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,改进动物皮毛状况,减少早期胚胎死亡,对某些肠炎、皮炎、痢疾和贫血有治疗作用;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。

2.5 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 CuSO₄ 为例,一般配合饲料中达到 2×10^{-4} ~ 3×10^{-4} ,年实际用量达 3500~4000 T 吨,约有 2700~3200 T CuSO₄ 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 CuSO₄ 的 4 倍。

3 吸收机理

Dreosti 认为影响矿物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粘膜层进入血液,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 CuSO₄ 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 CuSO₄ 的奶牛的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 CuSO₄ 的对照组。这些数据表明有机铜是通过与 CuSO₄ 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,易于被小肠粘膜吸收进入血液,供给周身细胞需要。

4 生产应用

4.1 猪

4.1.1 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 28d 开始采食有机铁(56.7g/头·d)平均每胎育成离乳仔猪头数提高 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。

4.1.2 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 250mg/kg 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 0.63~0.90kg。据四川畜牧饲料有限公司生产的富马酸亚铁,取代部分 Fuso4 试验,结果日增重提高 3.34%~5.47%,料肉比降低 4.23%~4.26%,皮肤红润皮毛状况有所改观,增重成本降低经济上可行。

4.1.3 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公斤 373 mg 降至 198 mg,母猪从每公斤 372 mg 降至 200 mg,其屠宰率、瘦肉率均有所提高。

4.1.4 改善猪肉质量 提高养猪经济效益就是使我们自己生产的猪肉产品区别于市场上的普通猪肉产品,这可通过添加有机微量元素提高猪肉质量来实现,根据消费者的爱好,它可能是指猪肉的口感和香味,现正在开发的营养增强产品包括,改变猪肉中脂肪酸的组成,增加肌肉间的脂肪,减少猪肉中的含水量,提高 ω-3 和 ω-6 脂肪酸的含量;富含维生素和有机猪肉。如四川省畜科院正在研究开发的风味猪。

美国 Mahan 教授的研究显示,有机硒(赛乐硒,酵母硒)以线性上升的方式在肌肉组织中贮存。肌肉组织中硒水平提高的量是非常关键的,通常成为人类的限制性营养元素,这就导致使用赛乐硒喂养的猪肉价格显著高于市场上的普通猪肉,而成为富含硒的功能性食品(富硒猪肉)。富硒猪肉产品目前已成功在韩国开发上市,提高了人群硒的摄入量。

4.2 家禽

4.2.1 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,改善肉禽质量有显著效果。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(下转 48 页)

(上接 44 页)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 24.1g。

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)。

4.2.2 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。

4.2.3 水产 促进水产养殖的生产性能,提高饲料转化率和水产的成活率。在鲤鱼日粮中试验增重提高 37.2%~61.8%,饵料系数由 2.4 下降为 1.4~1.7(赵元凤 1994)。用尼罗罗非鱼试验,日增重提高 35.5%,饲料利用率提高 24.2%,成活率提高 8.3%,饲料成本下降 24.3%(李家成 1994)。

美国 Auhum 大学 Lovell 教授的有机硒研究发现,有机硒在鲑鱼和鲑鱼养殖生产中的生物利用率在所有测定指标上均高于无机的亚硒酸钠。在促进生长、肌肉贮留硒水平和肝脏硒水平指标上,有机硒的生物利用率高于无机硒 2~4.5 倍。对鱼的健康也有影响,饵料添加有机硒组(赛乐硒、美国奥特奇公司)的鱼的抗体滴度是添加无机硒组鱼的 2 倍,死亡率是无机硒组的 50%,生长速度提高 2%,尤其是给鱼喂有机硒来提高我们人类的硒摄入量是一个很理想的办法。

4.2.4 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 3 mg,奥特奇公司产品)使产马驹时间缩短一半,硒转移给马驹的速度提高 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

有机微量元素作为新一代高效的绿色营养添加剂,有其自身的功能作用,是有良好的市场应用领域。但从实际使用情况看还存在一些问题,有待今后进一步研究开发和生产应用上解决。

5.1 降低生产成本 现市场上进口的有机微量元素奥特奇百乐铜、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,难以确定其有机的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,而并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。

5.5 强化宣传推广 加大对有机微量元素元素的宣传,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一场新的变革。■

参考文献:

- [1]周毓平.金属螯合物的生物利用率及有关应用.动物营养研究进展[M].北京:中国农业出版社,1994.
- [2]许振英.十年来我国畜牧科学中微量元素的研究[J].动物营养学报,1989,(1):1.
- [3]Gerhard schrauzer.硒能降低人类癌症的发病率吗[J].饲养时报,2002,7(2):5-25.
- [4]谭会泽.有机微量元素对母猪生产性能的影响研究[J].中国饲料,2002,(20):15-16.
- [5]纪孙瑞.有机微量元素对断奶仔猪生长发育和饲料利用率的影响[J].中国饲料,2002,(21):10-11.
- [6]方希修.微量元素氨基酸螯合物的营养功能与应用研究进展[J].中国饲料添加剂,2003,(2):11-14.
- [7]陈喜斌、母铁、柠檬酸铁和硫酸亚铁相对生物利用率的研究[J].中国饲料,2003,(7):21-22.
- [8]武书庚,等.有机微量元素吸收机制研究进展[J].山东饲料,2002,(10):4-5.
- [9]袁书林,等.微量元素氨基酸螯合物的研究与应用[J].中国饲料,2002,(22):11-13.
- [10]郑学斌,等.微量元素氨基酸螯合物[J].中国饲料,2003,(7):23-24.
- [11]谭会泽,冯定远.蛋白质氨基酸金属螯合物在动物营养中的应用研究[J].广东饲料,2001,10(6).

piratory syndrome virus isolates in the mid-western United States[J]. J Gen Virol 1996,(6):1271-12769.

- [15] Suarez P, Zardoya R, Prieto C, et al. Direct detection of the porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS) virus by reverse polymerase chain reaction (RT-PCR)[J]. Arch Virol 1994,(1-2): 89-99.
- [16] 蔡家利,姜平,蔡宝祥.应用 RT-PCR 检测流产胎儿组织中猪繁殖与呼吸综合征病毒[J].中国病毒学,2000,(3):272-276.
- [17] Seuberlich T, Tratschin JD, Thur B, et al. Nucleocapsid protein-based enzyme-linked immunosorbent assay for detection and differentiation of antibodies against European and North

American porcine reproductive and respiratory syndrome virus [J]. Clin Diagn Lab Immunol, 2002,(6):1183-1191.

- [18] 杜文金,刘卫,王志亮,等.应用重组猪生殖与呼吸综合征病毒核衣壳蛋白为抗原建立 IELISA 检测方法的研究[J].中国兽医科技,2000,(6):7-9.
- [19] 周艳君,董光志,薛强,等.猪繁殖与呼吸综合征病毒 CH-1a 株核蛋白基因在原核系统中的高效表达与初步应用[J].中国预防兽医学报,2002,(6):401-404.
- [20] Sur JH, Doster AR, Christian JS, et al. porcine reproductive and respiratory syndrome virus replicate in testicular germ cell, alters spermatogenesis, and induces germ cell death by apoptosis[J]. J Virol. 1997,71:9170-9179.

- [21] 任慧英,杨汉春,高云.猪繁殖与呼吸综合征病毒核酸在仔猪呼吸及繁殖系统动态分布的研究[J].中国兽医杂志,2002,(2):3-4.
- [22] Plana Duran J, Climent I, Sarraseca J, et al. Baculovirus expression of proteins of porcine reproductive and respiratory syndrome virus strain Olot/91. Involvement of ORF3 and ORF5 proteins in protection[J]. Virus Genes 1997,(1):19-29.
- [23] Kreutz LC, Mengeling WL. Baculovirus expression and immunogenic detection of the major proteins of porcine reproductive and respiratory syndrome virus [J]. 1997,(59):1-13.
- [24] J. Kwang, Fzuckermann. Res. Vet [J]. Sci. 1999,(67):199-201.