稀土元素的研究与应用现状

景绍红，胡占云，黄 微
（重庆市畜牧科学院，重庆 402460）

摘 要：稀土元素由17种元素组成，稀土元素及其化合物具有特殊的物理化学性质。在我国，一些稀土素盐如镧系元素（如其中的镧和铈等）被作为饲料添加剂应用于畜禽生产已经有40多年的历史，有大量文献表明添加微量稀土元素混合物的饲料不仅能提高猪、牛、羊、鸡等的体重，而且还能增加奶类和蛋类的产量；同时，适量补充稀土元素也可以提高动物机体免疫力。近5年，很多西方国家从我国进口稀土元素作为饲料添加剂，主要应用于猪的研究，结果表明：稀土元素可增加猪的日增重和提高饲料转化率，是一种新型、安全并且实惠的新型促生长剂。本文综述了稀土元素主要是镧系元素在国内外农业特别是养殖业上的应用研究成果及其潜在机理，为以后相关研究提供参考依据。

关键词：稀土元素；镧系元素；猪；体增重；饲料转化率

50多年来，抗生素作为饲料添加剂有效地预防和控制了畜禽疾病的发生和流行，但同时也带来了诸多不良后果：如肉类的药物残留；粪便给环境造成的污染；过度使用使动物产生对抗生素的依赖性甚至抗药性等。从2005年底开始，抗生素作为饲料添加剂在欧盟已经被全面禁止；2002年初，国家农业部明令禁止在动物饲料中添加各种抗生素药渣。目前全球人口不断增加，动物蛋白需求量不断增加，唯一的方法是增加肉类生产。而全面禁止抗生素会严重影响动物断奶后的健康和产量。这样一来，建立动物卫生保健战略和发展新型饲料已迫在眉睫，人们需要新的促生长素替代品作为饲料添加剂，这些添加剂必须有效、安全，并且有助于环境保护。比如说益生菌、益生素、酶类、有机酸，还有中草药提取物等。

目前，引起人们注意的是一种新型的稀土元素或稀土元素混合物添加剂，包括钪、钇和镧系中从镧到镥等元素。稀土元素在地壳中并不是非常罕见，但数量有限。特别是镧（La，57号元素）、铈（Ce，58号元素）、还有镨（Pr，59号元素）。



镧和铈主要存在于地质浓度类似于重要微量元素钴的地质区，因而不算太稀有。由于世界上80%的稀土元素存在于我国，我国成为了这些元素的主要供应方，它们主要以浓缩品、氧化物、合金的形式出口给其他国家。稀土元素主要应用于冶金、化工、电子工业和农业。其中，大约25%的镧矿石被用来制作碳弧灯；25%被用于镧、铈合金的生产，这些合金可以用在火石灯打火机、镁合金和某些合金铁生产；25%用于玻璃工业：如钕镨混合物、铈盐和其他的镧系元素在玻璃上色和脱色工艺上有重要用途。最后还有25%的镧产品被应用于其他行业，比如电视器件、催化剂、激光器和饲料添加剂。

1 稀土元素在国内农业的应用

1.1 在种植业的应用

在我国，稀土元素，通常是铈、镧和镨的混合物，在农业种植中作为肥料增强剂已经被应用了40余年，并且卓有成效。促进生长和增产的原因至今不清楚，但据推测可能是由于稀土元素与钙元素的相互作用对细胞质膜的结构和功能产生的影响增强了光合作用和酶的活性。

这些效果已被其他国家所证实。在澳大利亚和英国，科学家发现施有稀土元素的土壤可以提高15%的农作物产量，而且不会残留于农产品。在水溶性的研究中，Tucher等证明了培养基中的镧系元素对植物中的矿物质产生强烈影响，但由于稀土元素的盐是水溶性的，土壤浓度不会有大幅度增加。

1.2 在养殖业的应用

国内还进行了许多养殖业研究，诸多结果被报道。这些报道指出，添加少量稀土元素的饲料不仅能增加牛、猪、鸡、鱼和兔的体重，还能增加牛奶和鸡蛋的产量。此外，饲料转化率在以上动物养殖上都有提高。

稀土元素可加强猪生长性能。何若钢等发现，饲喂补充了稀土元素日粮的平均体重为7 kg（5 ~ 9 kg）组小猪，日增重可增加5%到23%[1]；饲料转化率可提高4%到19%。另一研究发现，日增重可增加11%到20%，饲料转化率提高5%到9%[2]。陈樵等研究发现，生长肥育猪（体重30 ~ 50 kg），稀土元素添加剂可使日增重增加9% ~ 13%，饲料转化率提高6% ~ 8%[3]。王和许提出体重可增加13%，饲料转化率提高7%。

总的来说，并不是某些特定的稀土元素添加到饲料中，而是以铈、镧、镨为主和其他一些镧系元素中某些成分组成的混合物。早期的研究主要采用添加这些稀土元素的硝酸盐和氯化物，而最近的研究主要采用添加有机盐类象柠檬酸和葡萄糖之类，有时再辅以氨基酸中的蛋氨酸、赖氨酸、谷氨酰胺之类。

不同研究采用不同浓度。在国内，猪饲料一般采用100 ~ 600 mg/kg浓度。较大的浓度差异导致研究数据缺乏可比性，从而使对稀土元素的作用机制的理解更困难。

2 稀土元素在国外饲养研究应用

欧美国家的饲养条件明显不同于国内，他们更注重家畜品种的选育和饲料的优化，家畜对生长促进剂和增强剂易感性较低。

1999年，Rambeck等首先进行了一系列猪的饲养试验。用稀土元素盐饲养72只德意志和皮特兰仔猪，平均体重7 kg，分为两组，对照组饲喂纯氯化镧（99.7%$LaCl_3.6H_2O$），试验组38.0% $LaCl_3.6H_2O$+52.1% $CeCl_3.6H_2O$+3% $CrCl_3.6H_2O$，以75 mg/kg和150 mg/kg添加到全价日粮（能量：13 MJ/kg；52.7%大麦，20%小麦，18.8%豆类）饲喂五周。结果表明，饲喂了稀土元素混合物的试验组效果最好，体重增加了5%，饲料转化率提高了7%（$P < 0.05$）[4]。在He等进行的另一个试验中，体重17.5 kg的杂交仔猪饲喂300 mg/kg含稀土元素配方。一个月以后，试验组体重明显增加了19%，饲料转化率提高了11%。继续添加一个月后，体重比对照组高12%，饲料转化率高3%。在瑞士进行的猪场实验把猪分为两组，一组97头仔猪（初始重11.2 kg），一组176头仔猪（初始重8.3 kg）。分别饲喂16 d和30 d，与对照组比较，添加了200 mg/kg稀土元素混合物的实验组体重增加3% ~ 10%，饲料转化率提高2% ~ 9%。这是第一次猪场实验证明稀土元素作为添加剂是有效的。

由于负离子的存在，稀土元素盐的生物利用率会受到影响，稀土元素中柠檬酸盐的影响也被考虑。Halle等发现，柠檬酸盐可以显著提高鸡的体重达7%。但Schuller等发现，在同样条件下，氯化盐既不能提高增重也不能提高饲料转化率，因此柠檬酸盐被广泛应用于仔猪饲养试验。另外因为柠檬酸盐比氯化盐的吸湿度要小，作为饲料添加剂比较容易置放。在一项持续了六周的饲养试验中，50、100和200 mg的柠檬酸盐添加给28只仔猪（每组7只，体重8.6 kg）。按照剂量比例计算，体重增加高达22%，饲料转化率达19%。2004年，Kessler研究发现，柠檬酸盐对整个育肥期有显著的促进作用，以250 mg/kg的浓度添加到饲料中，对照组达104 kg需102 d；而实验组只需93 d；日增重分别是782g/d VS851g/d；饲料转化率分别为2.5 VS 2.4；差稀土元素对家畜的健康和肉产品的质量和安全性没有影响。对胴体和肉的质量检测数据显示，所有被测家畜肉是E或U级（两个最高等级，EUROP等级制）。其他有关肉质参数也没有受到稀土元素的影响，例如，PH1和PH24，肉色和瘦肉率均很正常。从试验猪采取的肌肉、肝脏和肾脏样品中，实验组和对照组的稀土元素含量都很低。尽管实验组镧的含量比对照组高，但所有试验猪的镧沉积速度都很低，接近检测极限。

也有研究发现稀土元素添加剂对体重和饲料转化率没有影响。例如，Halle等做的一项有关猪的肥育试验，在饲料中添加不同稀土元素负离子氧化物，浓度为100 mg/kg，却没有表现出促生长效应，也许是本试验的浓度太低所致。在另一个实验中，稀土元素氯化物（300 mg/kg饲料）几乎对体增重（-4.7%对比对照组）和饲料转化率（+1.3%对比对照组）没有作用。

3 稀土元素对动物免疫具有重要影响作用

3.1 稀土元素的毒理学效应

众多研究表明，稀土元素适量添加，能显著提高动物生产性能，在大剂量添加时，会出现中毒症状，主要表现有：恶心、呕吐、腹泻、心跳加快、呼吸困难等，严重者出现死亡；也会表现出弥漫性腹膜炎、腹膜粘连、局部肺出血等现象

3.2 稀土元素对免疫的影响

国内外大量研究表明，小剂量稀土对提高NK细胞和T淋巴细胞的活性具有一定作用，增强机体的免疫机能。有研究表明，硝酸稀土盐可使NK细胞活力达到60%以上，同时能适当提高T淋巴细胞的吞噬功能。除此之外，稀土元素还具有抗氧化作用、抗细胞突变、抑制和杀灭肿瘤细胞的作用[5]。

4 稀土元素对动物的促生长机理及抗病力的影响

稀土元素在种植业和养殖业都有大量应用，在养殖业上，添加适量稀土元素，它可以激活动物体内生长因子，促进酶的转化，提高饲料转化率，

4.1 稀土元素的促生长机理

稀土元素是动物体内许多酶的激活剂，一些研究表明，稀土能够提高过氧化氢酶、蛋白酶、脂肪酶、淀粉酶等的活性，促进过氧化氢的分解，加强蛋白质、脂肪、淀粉的分解代谢，促进动物体对营养成分的吸收。



河北省著名商标

国际首创

替代瘦肉精的革命性绿色产品！

非常6+1

促生长 强免疫 防疾病
抗应激 变体型 改肉质 ＋增收益＝激生肽

冀中兽药 JIZHONGSHOUYAO | 绿色自然健康

保定冀中药业有限公司
地址:石家庄市胜利北街267号
电话:0311-86832735
http://www.bdjz.com E-mail:bdjz@bdjz.com

稀土元素还可以刺激胰岛 β 细胞分泌胰岛素，从而降低血糖浓度，对高血糖具有缓解作用；他还能降低血液中胆固醇含量，影响三羟酸循环，调节脂肪代谢。

稀土元素与某些矿物元素间有着密切的关系，在一定范围内可以代替必须微量元素。表现在添加稀土元素可以提高磷的吸收，提高动物体内 Cu、Zn、Fe、Se 的含量，从而提高动物生产性能，同时没有发现稀土元素对上述元素有拮抗作用。

4.2 稀土元素对动物抗病力的影响

免疫系统是机体抵抗疾病及有害物质入侵的重要防御体系，对猪、鸡、鱼饲喂稀土元素，能够减少疾病，提高成活率。主要表现在以下几个方面：

对动物添加 30 ~ 125 mg/kg 体重，能提高巨噬细胞活性，动物体防御能力增强；同样，适量稀土盐如 30 mg/kg 体重对老鼠注射，提高 NK 细胞活性，调节 T、B 细胞功能，可以提高抗肿瘤免疫作用[6]。

5 结论

稀土元素对猪生产性能产生显著影响的机理目前尚不十分清楚。据分析，虽然胃肠道对稀土元素的吸收很少，但可影响胃肠道微生物的组成，从而促进日粮中营养成分的消化和利用。高浓度的镧系元素通常可以抑制细菌的生长，低浓度的镧系元素可能促进细菌生长。

稀土元素既有微量元素的特征，可划为营养类添加剂；又可以增加胃肠道消化率和稳定有益菌丛，可被视为益生类添加剂。从目前在国内外养猪业的应用效果来看，稀土元素是一种高效、低价、安全的新型饲料添加剂。

参考文献

[1] 何若钢，夏中生．稀土对生长肥育猪生产性能的影响[J]．广西农业科学，1998（5）：243-245.

[2] 李德发，余伟民．添加稀土对生长猪生长性能及氮平衡的影响[J]．饲料博览，1992（4）：3-4.

[3] 陈樵，高家骅．稀土的表观消化率及添加稀土对日粮粗蛋白粗脂肪表观消化率的影响[J]．江苏农业科学，1994（1）：59-61.

[4] Rambeck W A, He M L, Chang J. A Possible role of rare earth elements as growth promoters. In:Vitamine undzusatzstoffe in der Ernahrung von Mensch UndTier.Symposium,22-23September1999,Jena/Thuringen,Germany,pp.311-317(1999).

[5] 马文强 冯杰．稀土元素对动物免疫功能的影响[J]．饲料工业，2006（4）：18-21.

[6] 江振莹，稀土元素对动物生长及抗病力影响的研究[J]．华北农学报，2004（19）：64-68.

（收稿日期：2010-01-28）