

奶牛集约化生产体系中 铜素产污系数的测定

王会群¹, 高腾云^{1*}, 付建伟², 傅彤¹, 李改英¹, 史鹏飞¹

(1. 河南农业大学 牧医工程学院, 河南 郑州 450002; 2. 郑州市农产品质检中心, 河南 郑州 450006)

摘要:通过对集约化奶牛场的育成牛和泌乳牛各季节的粪尿产生量进行测定, 并且分析粪样和尿样, 从而计算出育成牛和泌乳牛的铜产污系数, 并比较两者各季节间的差异性。结果显示集约化奶牛场的育成牛铜产污系数 4 个季节平均为 0.14 g/(head·d), 泌乳牛铜产污系数 4 个季节平均为 0.31 g/(head·d), 泌乳牛铜产污系数远大于育成牛铜产污系数。

关键词:集约化奶牛场; 产污系数; 铜; 环境污染

中图分类号: S823.9⁺11.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 - 2286(2010)02 - 0227 - 04

Determination of Pollutant - Producing Coefficient of Copper in the Intensive Dairy Production System

WANG Hui-qun¹, GAO Teng-yun^{1*}, FU Jian-wei²,
FU Tong¹, LI Gai-ying¹, SHI Peng-fei¹

(1. Technological College of Animal Husbandry and Veterinary Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; 2. Zhengzhou Agricultural Product Quality Testing Center, Zhengzhou 450006, China)

Abstract: Through measuring the amounts and analyzing the components of faeces and urine of heifers and cows in the intensive dairy farm in four seasons, Cu pollutant - producing coefficients were calculated and compared between heifer and cow in all the seasons. The results showed that the Cu pollutant - producing coefficient of the heifer was 0.14 g/(head·d), that of the cow was 0.31 g/(head·d) in the intensive dairy farm in the four seasons. The Cu pollutant producing coefficient of cow was much higher than that of heifer.

Key words: intensive dairy farm; pollutant - producing coefficient; copper; environmental pollution

近些年来, 畜牧业的生产规模不断扩大, 集约化程度不断提高, 禽畜粪便的产生量与日俱增, 2000 年我国畜禽粪便产生量约为 19 亿 t, 是我国固体废弃物产生量的 2.4 倍^[1]。2003 年中国畜禽粪便产生量约为 31.9 亿 t^[2], 畜禽排泄物对环境的污染日趋严重, 其中奶牛粪便占了一定的比例。自从 1928 年发现铜是日粮组成的必需成分, 直到 1950 年关于铜在动物营养中的重要作用才被查明, 微量元素铜营养的研究也逐渐被重视。铜是人和动物的必需微量元素之一, 具有广泛的生物学效应, 与畜禽的生长性能、繁殖能力以及免疫能力有着密切的联系。铜的缺乏会对动物的神经系统、造血功能、被毛生长、骨骼生长以及结缔组织造成各种影响^[3]。反刍动物机体内许多生理功能都离不开铜。铜对动物体的生物学功能主要是通过影响酶的活性来实现的, 目前已知反刍动物体内至少有 14 种酶需要铜的参与, 因

收稿日期: 2009 - 10 - 30 修回日期: 2010 - 01 - 21

基金项目: 国家污染源普查科技专项 (WX - X - 07 - 10)

作者简介: 王会群 (1982 -), 男, 硕士生, 主要从事动物生产与环境研究, E-mail: hnxchwq@yahoo.com.cn; * 通讯作者: 高腾云, 教授, 博士生导师, E-mail: tygao@371.net

此铜在机体代谢中发挥重要的作用^[4]。但在实际养殖过程中铜元素被过量添加,铜的不合理添加已经造成一定程度上的资源浪费,还给环境造成很大的压力。有资料表明,当铜含量达到 100 mg/L 时,可使微生物蛋白变性而使微生物死亡。如果长期使用含有高铜的粪便作为肥料,铜就会在土壤中蓄积,使土壤中的铜离子浓度上升,微生物减少,土壤板结,肥力下降,农作物的产量减低。同时,大量的铜进入水中,还会污染水源,对人和牲畜的健康产生巨大的危害,对人们生活环境将产生深远的影响。据估算,到 2010 年,全国畜禽粪便的排放量将 45 亿 t。由于我国 90% 以上的规模化养殖场缺乏必要的污染治理措施,大量的畜禽粪便不经处理就排放到环境中^[5],这势必对环境造成巨大的压力。

污染物产生系数(即产污系数)是一定时间内(1 日或者 1 年)单个畜禽或生产单位畜产品所产生的粪、尿、COD、全氮、全磷、铜、锌等原始污染量。它的单位一般表示为 g/(head·d)。它是反映该畜牧场产生污染物状况的一个重要指标。

铜元素产污系数是国家污染源普查的重要组成部分,也是准确测算污染物数量的基本前提和重要保证。其科学性和准确性将直接影响全国畜禽养殖污染普查的结果和结论,从而影响畜禽养殖产业发展和产业政策的制定。本试验就针对集约化奶牛场铜产污系数进行了测定,以便为有效处理奶牛粪污和利用奶牛粪等方面提供依据,为环境污染治理提供科学理论依据和数据基础。

1 材料与方法

1.1 实验动物

本试验在拥有 1 200 头奶牛的集约化生产模式下的某奶牛场进行。随机选用体重接近、采食正常、健康的泌乳牛、育成牛各 5 头,对其进行限位饲养。整个试验过程的饲料、饮水与常规饲养一致。

1.2 试验采样

1.2.1 粪、尿的收集 采样分为 4 个季节,每个阶段试验期为 12 d,其中预试期 7 d,正试期 5 d。正式试验期内准确收集各定位栏中实验动物每日 24 h 的排粪和排尿,称量并记录。

1.2.2 粪、尿的采样 对单个定位栏分别收集实验动物的新鲜粪便和尿液称重记录。粪便混合均匀分别采集 2 个样品,样品保证 500 g 以上,装入自封样品袋中。每次采集的 2 个样品,其中 1 个不进行预处理测含水率,另 1 个按每 100 g 新鲜粪便加入 4.5 mol/L H₂SO₄ 20 mL 预处理。对尿液进行 pH 测定后,从尿液收集器重取出 1~2 L,按每 100 mL 加入 4.5 mol/L H₂SO₄ 2 mL 和 4 滴甲苯预处理,搅拌均匀,将样品装入经过润洗的样品瓶内,每次采集 2 个样品。

1.3 测定方法

本试验对粪尿样品铜含量的测定分别采用土壤质量、铜、锌的测定(火焰原子吸收分光光度法)^[6](GB/T 17138 - 1997)与水质铜、锌、铅、镉的测定(原子吸收分光光度法)^[7](GB 7475 - 87)。

产污系数计算公式如:

$$Fp_{ijk} = QF_{ij} \times CF_{ijk} + QU_{ij} \times CU_{ijk}$$

其中: Fp_{ijk} ——产物系数,单位为 g/(head·d); QF_{ij} ——粪产量,单位为 kg/(head·d); CF_{ijk} ——第 i 种动物第 j 生产阶段粪便中含第 k 种污染物的浓度,单位为 mg/kg; QU_{ij} ——尿液产量,单位为 L/(head·d); CU_{ijk} ——第 i 种动物第 j 生产阶段尿液中含第 k 种污染物的浓度,单位为 mg/L。

1.4 数据统计分析

试验数据采用 SPSS 软件进行统计分析,数值均以均值 ± 标准差 (Mean ± SD) 表示。

2 结果与分析

2.1 育成牛四季铜产污系数的比较

由表 1 可以看出,育成牛铜产污系数在 4 个季节间差异均不显著 ($P > 0.05$),春季最大,冬季最小,4 个季节铜产污系数几乎相等。

2.2 泌乳牛各季节铜产污系数的比较

由表 2 可以看出,泌乳牛铜产污系数在 4 个季节间差异均不显著 ($P > 0.05$),冬季最大,夏、秋季相等。

2.3 育成牛与泌乳牛各季节的铜产污系数的比较

由表 3 可以看出,在各季节中育成牛与泌乳牛的铜产污系数均呈现出显著差异 ($P < 0.05$),泌乳牛的铜产污系数远大于育成牛的铜产污系数。

表 1 育成牛四季粪尿相关指标及铜产污系数的比较

Tab 1 Comparison of PPC and indexes of Cu in feces and urine of heifer in four seasons

测定指标 Measurement index	春 Spring	夏 Summer	秋 Autumn	冬 Winter	全年平均 Annual average
粪样含水率 / % Moisture content in faecal samples	77.89 ± 2.68a	78.90 ± 4.93a	77.85 ± 1.30a	77.35 ± 1.85a	78.00 ± 0.65
粪样铜 / (μg · g ⁻¹) Cu in faecal samples	35.02 ± 9.06b	47.56 ± 5.41a	43.69 ± 6.44a	35.19 ± 6.96b	40.35 ± 6.29
产粪量 / (kg · head ⁻¹ · d ⁻¹) Faecal amount	19.73 ± 3.03a	14.88 ± 2.79b	14.72 ± 2.86b	15.76 ± 2.70b	16.27 ± 2.35
尿样铜 / (μg · L ⁻¹) Cu in urine samples	156.35 ± 12.38a	121.66 ± 73.41b	57.38 ± 20.88c	143.90 ± 40.13ab	119.83 ± 44.03
产尿量 / (kg · head ⁻¹ · d ⁻¹) Urine amount	7.62 ± 2.72a	6.10 ± 2.18b	8.15 ± 1.44a	5.95 ± 1.37b	6.95 ± 1.10
育成牛铜产污系数 /(g · head ⁻¹ · d ⁻¹) Cu PPC of heifer	0.16 ± 0.05a	0.15 ± 0.05a	0.14 ± 0.04a	0.13 ± 0.04a	0.14 ± 0.01

同行小写字母不同表示显著差异 ($P < 0.05$); “pollutants producing coefficient 缩写为“PPC”。

Different letters within rows means significantly different ($P < 0.05$). “PPC” represents for “pollutants producing coefficient”。

表 2 泌乳牛四季粪尿相关指标及铜产污系数的比较

Tab 2 Comparison of PPC and index of Cu in feces and urine of cows in four seasons

测定指标 Measurement index	春 Spring	夏 Summer	秋 Autumn	冬 Winter	全年平均 Annual average
粪样含水率 / % Moisture content in faecal samples	78.58 ± 2.17a	78.42 ± 2.90a	78.10 ± 0.96a	79.09 ± 0.98a	78.54 ± 0.41
粪样铜 / (μg · L ⁻¹) Cu in faecal samples	34.27 ± 9.746b	51.05 ± 6.83a	51.50 ± 8.30a	52.97 ± 11.29a	47.44 ± 8.82
产粪量 / (kg · head ⁻¹ · d ⁻¹) Faecal amount	38.37 ± 6.41a	29.45 ± 3.22b	27.80 ± 3.84b	28.97 ± 3.76b	31.15 ± 4.86
尿样铜 / (μg · L ⁻¹) Cu in urine samples	193.72 ± 31.07a	134.23 ± 109.06b	62.05 ± 28.72c	121.44 ± 48.22b	127.86 ± 54.01
产尿量 / (kg · head ⁻¹ · d ⁻¹) Urine amount	12.21 ± 4.34b	12.36 ± 3.79b	15.54 ± 2.20a	12.63 ± 1.74b	13.19 ± 1.58
泌乳牛铜产污系数 /(g · head ⁻¹ · d ⁻¹) Cu PPC of cow	0.28 ± 0.09a	0.32 ± 0.05a	0.32 ± 0.07a	0.33 ± 0.10a	0.31 ± 0.02

3 讨论与小结

(1) 育成牛与泌乳牛铜产污系数的季节变化。在 4 个季节中, 育成牛的铜产污系数都是春季最高, 冬季最低, 可能是由于春季环境温度适宜, 采食量大, 从饲料当中摄取的铜元素较多的缘故。在 4 个季节中, 泌乳牛铜产污系数以冬季最大, 夏、秋季相等, 春季最小。冬季铜产污系数最大, 这可能因为泌乳牛个体比较大, 耐低温, 在冬季产热多, 相应的采食量大。另外, 4 个季节育成牛与泌乳牛铜产污系数的变化与采食的饲料的铜含量也有很大的关系。

表 3 育成牛与泌乳牛四季铜产污系数的比较

Tab 3 Comparison of Cu PPC of heifer and cow in four seasons

g/(head·d)

阶段 Stage	春 Spring	夏 Summer	秋 Autumn	冬 Winter	全年平均 Annual average
育成牛 Heifer	0.16 ±0.05a	0.15 ±0.05a	0.14 ±0.04a	0.13 ±0.04a	0.14 ±0.01a
泌乳牛 Cow	0.28 ±0.09b	0.32 ±0.05b	0.32 ±0.07b	0.33 ±0.10b	0.31 ±0.02b

同列小写字母不同表示显著差异 ($P < 0.05$)。

Different letters within the same column means significantly different ($P < 0.05$).

(2) 育成牛产污系数与泌乳牛铜产污系数的比较。4 个季节泌乳牛铜产污系数大于育成牛铜产污系数,泌乳牛平均铜产污系数是育成牛的 2.21 倍。因为泌乳牛机体大于育成牛,粪尿的产生量也大于育成牛。4 个季节泌乳牛粪中铜含量除了春季,其他 3 个季节都大于育成牛的铜含量。4 个季节泌乳牛尿中铜含量除了冬季,其他 3 个季节都大于育成牛的铜含量。因此从整体而言,无论泌乳牛粪尿的铜含量,还是粪尿的产生量都大于育成牛。据王利等^[8]报道,动物体内 90% 的铜(包括被吸收和未被吸收的铜)随粪排出,只有 2%~4% 的铜从尿中排出,泌乳牛粪的排泄量远大于育成牛的排泄量,这也是泌乳牛铜产污系数大的重要原因。综合这几方面的因素,泌乳牛铜产污系数就大于育成牛铜产污系数。

(3) 降低奶牛铜产物系数措施。要降低奶牛铜产物系数,主要是加强奶牛营养调控与饲养管理,做到精确配方。而目前高剂量铜的添加量是正常量的 20~40 倍,由于饲料中铜代谢后 90% 经粪便排出,铜又为不可降解物质,必然会引起土壤和水中铜浓度增加,同时畜禽产品中残留的铜对人体健康也会造成危害^[9]。因此要合理供给适宜铜含量的饲料,使饲料中铜等微量元素和营养物质的配比平衡,提高各种成分的利用率,降低铜在排泄物中的含量,避免对水体、土壤等造成污染。制定动物生长性能指标,根据不同品种不同生理阶段奶牛对于铜的需求,制定合理的摄入标准,防治奶牛铜缺乏和铜过量。提高奶牛铜利用率,降低铜排泄量,降低铜产污系数。如饲喂有机铜,饲料中的无机铜被采食后只有 10% 被体内利用和沉积,其余 90% 排出体外,危害畜禽、浪费资源造成环境受到严重污染。研究^[10]表明,用氨基酸、小肽等作为螯合剂与矿物铜进行螯合,生产出的有机铜明显提高了铜的利用率,同时减少了对环境的污染。使粪便中铜等微量元素的排放量大幅度降低,从源头上减少微量元素铜的排泄来降低产污系数。

奶牛场铜产污系数主要有育成牛与泌乳牛产物系数共同决定,泌乳牛铜产污系数大于育成牛铜产污系数。在畜牧业中奶牛场铜污染是重金属污染的一大方面,准确计算奶牛场奶牛铜的产污系数,从而降低奶牛铜产物系数对于治理环境污染有重要的指导作用。所以通过合理的奶牛营养调控与饲养管理,降低奶牛铜产污系数显得尤为重要。奶牛场要特别重视被铜污染的粪污的处理,避免铜通过粪便流入周围环境。在牛场内和周围还可以种植耐铜和富集铜的植物,降低对土壤污染,如据钱海燕等^[11]试验表明,黑麦草对 Cu、Zn 有极好的忍耐能力和较好的富集能力,是修复 Cu、Zn 污染土壤很有潜力的植物。总之,降低奶牛铜产污系数只是降低奶牛场铜污染一个环节,另外还要加强粪尿排泄物的管理,做好粪便的清理与储存,采取相应对策,实现奶牛场的良性生态循环。

参考文献:

- [1] 国家环境保护总局自然生态保护局. 全国规模化畜禽养殖业污染情况调查及防治对策 [M]. 北京:中国环境科学出版社, 2002, 25 - 26
- [2] 张克强, 高怀文. 畜禽养殖业污染物处理与处置 [M]. 北京:化学工业出版社, 2004: 19 - 23
- [3] 段智勇, 吴跃明, 刘建新. 奶牛微量元素铜的营养 [J]. 中国奶牛, 2003 (4): 28 - 30
- [4] 张苏琼. 反刍动物营养中铜的研究进展 [J]. 饲料研究, 2005 (2): 24 - 27
- [5] 朱海生, 陈志宇, 栾冬梅. 畜禽粪便的综合利用 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2004 (4): 59 - 60
- [6] GB/T 17138 - 1997, 土壤质量、铜、锌的测定 (火焰原子吸收分光光度法) [S]. 1997
- [7] GB 7475 - 1987, 水质铜、锌、铅、镉的测定 (原子吸收分光光度法) [S]. 1987
- [8] 王利, 汪开毓. 动物铜中毒及防治 [J]. 四川畜牧兽医, 2002, 29 (11): 21 - 23
- [9] 何河, 方热军. 减轻畜禽排泄物中高铜污染的生态对策 [J]. 饲料研究, 2006 (11): 62 - 64
- [10] 李焕江. 不同铜源对畜禽作用及对环境的影响 [J]. 吉林畜牧兽医 2008, 29 (7): 11 - 13
- [11] 钱海燕, 王兴祥, 蒋佩兰, 等. 黑麦草连茬对铜、锌污染土壤的耐性及其修复作用 [J]. 江西农业大学学报, 2004, 26 (5): 801 - 804