

添加不同含量的锰元素对犊牛生长性能、粪尿排泄指标的影响研究

王韬伟¹, 梁晓姣¹, 张清文², 金亚辉³, 朱存良⁴, 斯日古楞¹,

张佐忠¹, 娜仁花¹, 张玉^{1*}

(1. 内蒙古农业大学动物科学学院, 呼和浩特 010018; 2. 内蒙古旗帜牧业有限公司, 呼和浩特 010029;

3. 内蒙古自治区农牧业技术推广中心乡村产业推进处, 呼和浩特 010011;

4. 内蒙古鄂尔多斯市准格尔旗大路镇人民政府, 内蒙古 鄂尔多斯 017100)

摘要: [目的] 研究锰元素对粪便氮磷的表观消化率以及多种元素排放的影响。 [方法] 采用日粮 1% 预混料减少 60 mg/kg、120 mg/kg 和 240 mg/kg 锰元素的方法对犊牛生长性能和粪尿排泄指标的影响。 [结果] 结果表明, 日粮 1% 预混料减少 120 mg/kg 锰元素时, 30 d 犊牛累积生长显著高于对照组 ($P < 0.05$), 说明锰元素与犊牛的生长性能确有明显影响; 但是日粮中不同的锰元素对于犊牛体尺指标均没有显著影响 ($P > 0.05$), 说明微量元素锰对于犊牛体尺性能影响不大。可以适当提高犊牛粪便氮磷的表观消化率, 降低犊牛多种元素的排放。 [结论] 日粮 1% 预混料减少 240 mg/kg 锰元素时的氮磷消化率最高, 而且可以有效降低犊牛粪氮、粪铜和粪锌的排放量、30 d 的尿氮排放量效果最好。

关键词: 预混料; 犊牛; 锰元素

中图分类号: S823

文献标识码: A

文章编号: 1001-9111(2022)05-0009-08

目前, 国内对微量元素的研究非常广泛。微量元素的特点之一是使用剂量小而作用大, 尽管微量元素在生物体中的含量不足 0.01%, 但却是维持生物体正常功能所必需的元素。锰是生命体所必需的微量元素之一, 其是酶的重要组成成分, 参与机体多种代谢反应^[1-3]。现阶段越来越多的研究证明了锰在增强肉鸡免疫功能、促进肉种鸡繁殖性能方面的重要作用。缺乏锰元素可使家禽引起骨骼发育障碍, 引起骨短粗症、滑腱症等营养缺乏病。Guarner 等^[4]研究发现, 锰能通过血睾屏障, 过量的锰可造成睾丸生长和成熟迟缓、精液浓度和精子活率下降, 引起生精功能障碍, 睾丸锰含量与精子总数的减少呈正相关。粪便中残留过多的锰, 则会随之排放到土壤中, 对植物造成土壤锰毒, 不利于植物的生长, 而且这些锰元素随着生物链循环到人体内, 对人体造成伤害, 饮用水中锰超标或过量的锰长期低剂量的吸入, 会引起慢性中毒。饲料中添加有机锌和有机锰能够提高蛋种母鸡的平均蛋重和产蛋率,

降低破蛋率, 增加蛋壳强度, 提高蛋品质, 增加蛋黄中锰的沉积量^[5]。锰还是维护正常生殖机能所必需, 缺乏或过多都会造成畜禽生殖机能紊乱, 严重时会导致雄性不育、雌性不孕^[6-7]。哺乳动物发生锰缺乏的情况较少见。王一冰等^[8]在产蛋高峰期的黄羽肉种鸡饲料中添加 90 ~ 120 mg/kg 的锰, 发现可以显著降低胚胎早期的死亡率。有关研究表明, 饲料中添加锰影响了 3 ~ 4 月龄獭兔的脂肪沉积和脂肪组织脂质代谢, 锰添加水平为 20 mg/kg 时, 可以有效促进脂肪组织的氧化分解, 抑制脂肪组织的合成, 并能降低体脂肪的沉积率^[9]。王贺飞等^[10]饲料中添加适宜水平锰能提高产蛋期种鹅繁殖性能、蛋壳厚度、蛋壳强度、血清总抗氧化能力和促卵泡素含量, 降低血清丙二醛含量。并建议产蛋期种鹅饲料添加水平为 24.27 ~ 32.91 mg/kg (饲料中锰含量为 60.67 ~ 69.31 mg/kg)。张海华等^[11]发现饲料中添加 100 mg/kg 的锰能够提高雄性水貂生产性能, 同时提高血清中蛋白含量, 以及氮代谢相关酶活

收稿日期: 2022-01-25 修回日期: 2021-02-25

基金项目: 内蒙古“草原英才”创新人才团队项目 (内组通字[2018]19 号); 内蒙古自治区 2018 年科技重大专项 (畜禽养殖废弃物资源化利用研究与示范——内财科[2018]1351 号) 项目

作者简介: 王韬伟 (1995—), 男, 硕士研究生, 主要从事动物生产与生态研究。

* 通讯作者: 张玉 (1965—), 男, 博士, 教授, 主要从事特种经济动物养殖与生态研究。

性,有利于动物的生长发育,同时对脾没有损害。表明锰元素对动物的生长发育起着至关重要的作用。

1 材料与方法

1.1 试验时间及环境条件

研究从 2020 年 6 月底到 2020 年 12 月底在内蒙古旗帜牧业有限公司完成,该公司位于内蒙古呼和浩特市玉泉区民安村西南。呼和浩特市属于温带大陆性气候,昼夜温差较大,全年平均气温 $2\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 14\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。该奶牛场交通便利,环境条件良好。

1.2 试验材料和试验动物

试验日粮所使用原料由旗帜牧业代购买,然后

由本人混合饲喂。试验选用 8 头出生日期、体重、生长状态和健康状况相近的 5 月龄的奶牛犊牛。

1.3 试验设计

试验牛饲养于同一环境,温湿度、通风、光照、舍内空气质量尽量控制一致。试验牛分圈饲养,日饲喂 2 次,每天早 8:00、晚 5:00 各进行 1 次,自由采食,自由饮水,每天上下午喂料时打扫卫生,采用奶牛场常规制度进行饲养管理和免疫。选取出生日期、胎次相近的生长状态相近且健康的犊牛 8 头,随机分成 4 个组,其中对照组 I 组,试验组 3 个组进行试验,试验 I 组(蛋白标准减少量为 2%)、试验 II 组(蛋白标准减少量为 4%)和试验 III 组(饲喂蛋白标准减少量为 6% 的日粮)。

表 1 试验日粮组成及营养水平

组别	对照组	试验 I 组	试验 II 组	试验 III 组
蛋白标准/%	20.23	18.35	16.14	14.33
综合净能/($\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$)	6.52	6.74	6.94	7.14
营养水平				
粗纤维/%	5.03	5.23	5.45	5.61
钙/%	1.02	1.12	1.24	1.32
磷/%	0.53	0.64	0.74	0.81
玉米/%	48.00	49.00	50.00	50.00
麸皮/%	20.00	22.00	31.00	38.50
豆粕/%	15.00	14.00	11.00	5.00
原料配比				
棉粕/%	12.00	10.00	3.00	1.50
食盐/%	1.00	1.00	1.00	1.00
磷酸氢钙/%	2.00	2.00	2.00	2.00
石粉/%	1.00	1.00	1.00	1.00
预混料/%	1.00	1.00	1.00	1.00

注:日粮中粗蛋白指标不添加非蛋白氮物质;日粮为精料,不包括粗饲料。

1.4 测定指标和方法

1.4.1 生长指标测定与方法 于试验的第 0、10、20、30 天晨饲前称重,称取初始重和末重,计算累积生长和绝对生长。

体高:自髻甲最高点到地面的垂直高度,用测杖测量。

体斜长:从肱骨前突起的最高点到同侧坐骨结节后缘间的距离,用测杖测量。

胸围:在肩胛骨后缘处作一垂线,用卷尺绕 1 周测量。其松紧程度以能插入食指并上下滑动为宜。

管围:前掌骨上 1/3 最细处的水平周长,用卷尺测量。

在以上指标所测基础上,计算了饲喂不同蛋白标准奶牛体重的累积生长、绝对生长和相对生长。

累积生长:指开始试验后犊牛初始重、10 d、20

d 和 30 d 时的体重,体现犊牛试验开始后 1 个月生长发育的累积结果。

绝对生长:指开始试验后犊牛初始重、10 d、20 d 和 30 d 各时间段内体重增长量的平均值,此指标体现犊牛体重生长速度的快慢,其计算公式为:

$$\text{绝对生长}(G) = \frac{\text{末重}(W_1) - \text{始重}(W_0)}{\text{末时间}(T_1) - \text{始时间}(T_0)}$$

1.4.2 粪便指标测定与方法 料样采集与制备:精料配方符合犊牛的生长发育特点,分为 4 种:对照组、试验 I 组减蛋白标准 2%、试验 II 组减蛋白标准 4%、试验 III 组减蛋白标准 6%。以预试验前收集好样品,测定粗纤维、酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维、盐酸不溶灰分、氮、磷。

粪样采集与制备:采用内源指示剂法测定干物质、氮和磷的表观消化率,利用粪中氮、磷浓度与粪

便干物质质量比值表示粪中浓度。于试验第 0、10、20、30 天,采用直肠取粪法早晚 2 次分别采集粪样 300 ~ 500 g,将每头牛的粪样均匀混合后取样 400 g 左右,按照 1/4 粪重加入 10% 4 mol/L 盐酸,混匀,于 65 ℃ 烘干回潮,粉碎后保存待测。用粪和饲料中的盐酸不溶灰分含量计算营养物质氮和磷表观消化率,粪便氮与磷浓度。

日粮营养物质养分消化率 = [1 - (b/a) × (c/d)] × 100%

式中:a 为饲料中某营养成分的含量(%);b 为粪便中某营养成分的含量(%);c 为饲料中盐酸不溶灰分的含量(%);d 为粪中盐酸不溶灰分的含量(%)。

试验中,粪便氮、磷含量;COD(化学需氧量)、铜、锌含量;重金属(铁、锰、铅、砷、汞、铬、镉)含量,按采样时间分批次送往内蒙古农牧渔业生物试验研究中心进行检测。

1.4.3 尿液指标测定与方法 于试验的第 0、10、20、30 天采用人工接尿的方式,收集尿液,放入干燥洁净的 50 mL 试管中,密封,置于 - 20 ℃ 下保存,然后送往内蒙古农牧渔业生物试验研究中心进行检测。

1.5 数据处理与统计分析

试验数据用 Excel 进行整理,应用 SPSS 20.0 统计软件进行单因素方差分析,试验数据均用平均值 ± 标准差表示,其中, $P < 0.01$ 表示差异极显著, $P < 0.05$ 表示差异显著。

表 2 犊牛预混料配方

组别	对照组	试验 I 组	试验 II 组	试验 III 组
营养成分	犊牛预混料含量(1%)	锰 ↓ 60 mg/kg	锰 ↓ 120 mg/kg	锰 ↓ 240 mg/kg
VA/(IU · kg ⁻¹)	79 500	79 500	79 500	79 500
VD3/(IU · kg ⁻¹)	28 500	28 500	28 500	28 500
VE/(mg · kg ⁻¹)	200	200	200	200
铜/(mg · kg ⁻¹)	220	220	220	220
锰/(mg · kg ⁻¹)	1060	1000	940	820
钴/(mg · kg ⁻¹)	13. 40	13. 40	13. 40	13. 40
碘/(mg · kg ⁻¹)	32. 80	32. 80	32. 80	32. 80
硒/(mg · kg ⁻¹)	3. 60	3. 60	3. 60	3. 60
锌/(mg · kg ⁻¹)	1060	1060	1060	1060
水分/%	2	2	2	2

2 试验结果与分析

2.1 不同锰元素日粮对犊牛生长性能的影响

通过计算犊牛体重在 0、10、20、30 d 的累积生长和 0 ~ 10 d、10 ~ 20 d 和 20 ~ 30 d 的绝对生长,使用 SPSS 20.0 统计软件进行单因素方差分析,结果如表 3 所示。

由表 3 可知,在第 0、10、20 天的时候,不同锰元素日粮对犊牛体重累积生长量的影响差异不显著($P > 0.05$),在第 30 天的时候,试验 II 组的犊牛累积生长量显著高于对照组($P < 0.05$)。对于绝对生长,在 0 ~ 10 d、10 ~ 20 d 和 20 ~ 30 d,3 个试验组与对照组在的绝对生长量的差异均不显著($P > 0.05$)。

表 3 不同锰元素日粮对犊牛体重的影响

项目	时间/d	对照组	试验 I 组	试验 II 组	试验 III 组
累积生长/kg	0	201. 50 ± 0. 71 ^a	210. 50 ± 7. 78 ^a	228. 50 ± 9. 19 ^a	227. 00 ± 22. 63 ^a
	10	212. 50 ± 2. 12 ^a	220. 50 ± 6. 36 ^a	238. 50 ± 4. 95 ^a	239. 00 ± 21. 21 ^a
	20	230. 00 ± 5. 66 ^a	231. 50 ± 9. 19 ^a	256. 00 ± 4. 24 ^a	248. 00 ± 16. 97 ^a
	30	238. 00 ± 4. 24 ^b	241. 00 ± 1. 41 ^b	271. 50 ± 0. 71 ^a	252. 50 ± 10. 61 ^b
绝对生长/%	0 ~ 10	1. 10 ± 0. 14 ^a	1. 00 ± 0. 14 ^a	1. 00 ± 0. 42 ^a	1. 20 ± 0. 14 ^a
	10 ~ 20	1. 75 ± 0. 78 ^a	1. 78 ± 0. 28 ^a	1. 75 ± 0. 07 ^a	0. 90 ± 0. 42 ^a
	20 ~ 30	1. 75 ± 0. 78 ^a	1. 73 ± 0. 28 ^a	1. 80 ± 0. 42 ^a	1. 38 ± 0. 54 ^a

注: 同列数据比较,小写字母完全不同表示差异显著($P < 0.05$),含相同小写字母表示差异不显著($P > 0.05$)。

2.2 不同锰元素日粮对犊牛体尺指标的影响

通过测量记录对照组和试验组在 0, 10, 20, 30 d 犊牛的各项体尺指标(包括体高、体斜长、胸围和管围), 使用 SPSS 20.0 统计软件进行单因素方差分

析, 结果如表 3 所示。由表 4 可知, 与对照组相比, 在 0, 10, 20, 30 d 日粮中不同浓度的锰元素对犊牛的体尺指标的影响均不显著($P > 0.05$)。

表 4 不同锰元素日粮对犊牛体尺的影响

m

项目	时间/d	对照组	试验 I 组	试验 II 组	试验 III 组
体高	0	1.12 ± 0.01 ^a	1.11 ± 0.03 ^a	1.12 ± 0.01 ^a	1.12 ± 0.01 ^a
体斜长	0	1.18 ± 0.02 ^a	1.18 ± 0.50 ^a	1.23 ± 0.01 ^a	1.15 ± 0.03 ^a
胸围	0	1.37 ± 0.01 ^a	1.39 ± 0.01 ^a	1.42 ± 0.02 ^a	1.41 ± 0.07 ^a
管围	0	0.16 ± 0.01 ^a	0.15 ± 0.01 ^a	0.16 ± 0.01 ^a	0.15 ± 0.01 ^a
体高	10	1.14 ± 0.01 ^a	1.11 ± 0.04 ^a	1.12 ± 0.02 ^a	1.15 ± 0.02 ^a
体斜长	10	1.20 ± 0.02 ^a	1.21 ± 0.06 ^a	1.30 ± 0.01 ^a	1.22 ± 0.02 ^a
胸围	10	1.39 ± 0.01 ^a	1.43 ± 0.01 ^a	1.46 ± 0.01 ^a	1.44 ± 0.06 ^a
管围	10	0.16 ± 0.01 ^a	0.16 ± 0.01 ^a	0.16 ± 0.01 ^a	0.16 ± 0.01 ^a
体高	20	1.15 ± 0.01 ^a	1.13 ± 0.01 ^a	1.19 ± 0.01 ^a	1.16 ± 0.04 ^a
体斜长	20	1.27 ± 0.04 ^a	1.22 ± 0.05 ^a	1.31 ± 0.02 ^a	1.29 ± 0.04 ^a
胸围	20	1.42 ± 0.01 ^a	1.43 ± 0.01 ^a	1.49 ± 0.03 ^a	1.47 ± 0.06 ^a
管围	20	0.17 ± 0.01 ^a	0.16 ± 0.01 ^a	0.17 ± 0.01 ^a	0.17 ± 0.01 ^a
体高	30	1.18 ± 0.02 ^a	1.17 ± 0.04 ^a	1.20 ± 0.02 ^a	1.18 ± 0.04 ^a
体斜长	30	1.28 ± 0.01 ^a	1.25 ± 0.01 ^a	1.32 ± 0.01 ^a	1.30 ± 0.02 ^a
胸围	30	1.46 ± 0.01 ^a	1.47 ± 0.01 ^a	1.51 ± 0.01 ^a	1.50 ± 0.06 ^a
管围	30	0.17 ± 0.01 ^a	0.17 ± 0.02 ^a	0.17 ± 0.03 ^a	0.17 ± 0.02 ^a

注: 同列数据比较, 小写字母完全不同表示差异显著($P < 0.05$), 含相同小写字母表示差异不显著($P > 0.05$)。

2.3 不同锰元素日粮对犊牛粪便指标的影响

2.3.1 对犊牛粪便氮和磷的表观消化率的影响

对照组和试验组的犊牛粪便中各项指标交由内蒙古农牧渔业生物试验研究中心进行检测。统计结果利用公式进行氮、磷表观消化率的计算, 并用 SPSS 20.0 统计软件进行单因素方差分析, 粪便中氮和磷的表观消化率如表 5 所示。

由表 5 可知, 在 0 d 时, 与对照组相比, 3 个试验组中犊牛的粪便氮、磷表观消化率均显著升高($P <$

0.05)。在 10 d 时, 试验 III 组极显著高于对照组犊牛的粪便氮表观消化率($P < 0.01$), 试验 I 组和试验 III 组均显著高于对照组犊牛的磷表观消化率($P < 0.05$)。在 20 d 时, 3 个试验组与对照组犊牛的粪便氮、磷表观消化率之间差异不显著($P > 0.05$)。在 30 d 时, 3 个试验组的犊牛粪便氮表观消化率均显著高于对照组($P < 0.05$), 试验 II 组和试验 III 组犊牛粪便磷表观消化率均显著高于对照组($P < 0.05$)。

表 5 不同锰元素日粮对犊牛粪便中氮、磷表观消化率的影响

项目	时间/d	对照组	试验 I 组	试验 II 组	试验 III 组
氮表观消化率/%	0	48.98 ± 0.30 ^b	49.96 ± 0.04 ^a	49.91 ± 0.01 ^a	50.92 ± 0.01 ^a
	10	45.47 ± 0.01 ^B	48.95 ± 0.15 ^A	49.91 ± 0.01 ^A	53.93 ± 0.01 ^A
	20	53.68 ± 0.21 ^a	56.94 ± 0.02 ^a	54.93 ± 0.06 ^a	59.95 ± 0.01 ^a
	30	59.50 ± 0.16 ^b	62.94 ± 0.01 ^a	63.92 ± 0.15 ^a	65.97 ± 0.04 ^a
磷表观消化率/%	0	38.98 ± 0.30 ^b	39.93 ± 0.04 ^a	40.91 ± 0.01 ^a	42.96 ± 0.01 ^a
	10	39.47 ± 0.01 ^b	41.93 ± 0.02 ^a	40.05 ± 0.01 ^{ab}	43.92 ± 0.02 ^a
	20	42.68 ± 0.21 ^a	43.94 ± 0.02 ^a	43.95 ± 0.06 ^a	44.95 ± 0.01 ^a
	30	43.50 ± 0.16 ^b	45.91 ± 0.01 ^{ab}	49.92 ± 0.05 ^a	50.94 ± 0.04 ^a

注: 同列数据比较, 小写字母完全不同表示差异显著($P < 0.05$), 含相同小写字母表示差异不显著($P > 0.05$)。

2.3.2 对犊牛粪便氮和磷的浓度的影响 对照组和试验组的犊牛粪便中氮、磷及干物质的含量交由内蒙古农牧渔业生物试验研究中心进行检测。统计结果利用公式进行氮、磷浓度的计算,并用 SPSS 20.0 统计软件进行单因素方差分析,粪便中氮和磷的浓度结果如表 6 所示。

由表 6 可知,在 0 d 和 30 d 时,试验Ⅱ组犊牛的粪便氮浓度低于对照组和另两个试验组 ($P <$

0.05);在 10 d 和 20 d 时,3 个试验组和对照组中犊牛的粪便氮浓度差异均不显著 ($P > 0.05$);在 30 d 时,3 个试验组犊牛的粪便氮浓度显著低于对照组 ($P < 0.05$),因此日粮中 1% 预混料减少 240 mg/kg 锰元素可以降低犊牛粪氮浓度。在 0,10,20,30 d 时,日粮中 1% 预混料减少 60 mg/kg、120 mg/kg、240 mg/kg 锰元素均对犊牛粪便磷浓度无显著影响 ($P > 0.05$)。

表 6 不同锰元素日粮对犊牛粪便中氮、磷浓度的影响

项目	时间/d	对照组	试验Ⅰ组	试验Ⅱ组	试验Ⅲ组
氮浓度/%	0	0.13 ± 0.01 ^a	0.12 ± 0.01 ^b	0.12 ± 0.01 ^a	0.08 ± 0.00 ^b
	10	0.13 ± 0.02 ^{Va}	0.13 ± 0.02 ^a	0.13 ± 0.01 ^a	0.09 ± 0.01 ^a
	20	0.14 ± 0.02 ^a	0.14 ± 0.01 ^a	0.13 ± 0.02 ^a	0.11 ± 0.02 ^a
	30	0.15 ± 0.01 ^a	0.13 ± 0.01 ^b	0.13 ± 0.01 ^b	0.09 ± 0.01 ^b
磷浓度/%	0	0.12 ± 0.02 ^a	0.11 ± 0.03 ^a	0.13 ± 0.01 ^a	0.12 ± 0.01 ^a
	10	0.13 ± 0.01 ^a	0.12 ± 0.01 ^a	0.13 ± 0.01 ^a	0.12 ± 0.02 ^a
	20	0.12 ± 0.01 ^a	0.13 ± 0.02 ^a	0.13 ± 0.01 ^a	0.13 ± 0.01 ^a
	30	0.13 ± 0.02 ^a	0.12 ± 0.01 ^a	0.13 ± 0.02 ^a	0.14 ± 0.01 ^a

注:同列数据比较,小写字母完全不同表示差异显著($P < 0.05$),含相同小写字母表示差异不显著($P > 0.05$)。

2.3.3 对犊牛粪便中铜、锌排放的影响 对照组和试验组的犊牛粪便中重金属(铁、锰、铅、铬和镉)的含量交由内蒙古自治区农牧渔业生物试验研究中心进行检测。统计 30 d 时增加不同水平的不同发酵剂日粮对犊牛粪便中 5 种重金属排放的影响,并用 SPSS 20.0 统计软件进行单因素方差分析,其结果如表 7 所示,试验数据采用平均值 ± 标准差表示。

由表 7 可知,在 0,10,20,30 d 的时候,日粮中 1% 预混料减少 240 mg/kg 锰元素试验组的犊牛粪铜排放均低于对照组,差异不显著水平 ($P > 0.05$)。由表 7 可知,日粮中 1% 预混料减少 60 mg/kg 和 240 mg/kg 锰元素试验组的犊牛粪锌排放均低于对照组,差异显著水平 ($P < 0.05$)。因此,日粮中 1% 预混料减少 240 mg/kg 锰元素可以有效减少犊牛粪铜和锌的排放。

表 7 不同锰元素日粮对犊牛粪铜、锌排放的影响mg/kg

项目	时间/d	对照组	试验Ⅰ组	试验Ⅱ组	试验Ⅲ组
铜	0	54.37 ± 1.34 ^a	53.22 ± 0.62 ^{ab}	51.80 ± 0.26 ^b	49.82 ± 0.56 ^b
	10	52.15 ± 0.23 ^a	51.77 ± 0.77 ^a	51.50 ± 0.40 ^a	49.86 ± 1.18 ^b
	20	38.05 ± 0.85 ^a	35.44 ± 0.96 ^b	33.48 ± 0.71 ^b	32.67 ± 0.34 ^b
	30	27.96 ± 0.04 ^a	24.72 ± 2.26 ^b	24.94 ± 0.41 ^b	23.50 ± 1.50 ^b
锌	0	328.45 ± 2.48 ^a	323.75 ± 1.20 ^{ab}	294.10 ± 6.51 ^b	313.65 ± 2.62 ^b
	10	300.95 ± 3.46 ^a	283.75 ± 6.86 ^a	223.70 ± 0.14 ^b	294.65 ± 5.57 ^b
	20	277.65 ± 6.00 ^a	271.50 ± 5.37 ^{ab}	194.60 ± 6.64 ^b	260.60 ± 6.79 ^a
	30	231.45 ± 4.54 ^a	230.15 ± 12.23 ^a	169.20 ± 3.25 ^b	208.00 ± 10.47 ^b

注:同列数据比较,小写字母完全不同表示差异显著($P < 0.05$),含相同小写字母表示差异不显著($P > 0.05$)。

2.3.4 对犊牛粪便氮和磷的重金属排放的影响 对照组和试验组的犊牛粪便中重金属(铁、锰、铅、砷、汞、铬和镉)的含量交由内蒙古农牧渔业生物试验研究中心进行检测。统计 30 d 时增加不同水平的不同发酵剂日粮对犊牛粪便中 5 种重金属排放的影响,并用 SPSS 20.0 统计软件进行单因素方差分析,其结果如表 8 所示,数据用平均值 ± 标准差表示。

由表 11 可知,在 30 d 的时候,不同锰元素日粮对犊牛铁和铬 2 种重金属排放的影响差异不大,均为不显著水平 ($P > 0.05$)。但是 3 个试验组的犊牛粪锰显著高于对照组 ($P < 0.05$);试验Ⅰ组和试验Ⅲ组的犊牛粪便铅和镉的排放显著低于试验Ⅱ组和对照组 ($P < 0.05$)。可见,1% 预混料日粮中减少锰元素可以减少犊牛部分重金属的排放,尤其 1% 预混料减少 60 mg/kg 和 240 mg/kg 锰元素效果最佳。

表 8 不同锰元素日粮对犊牛粪便重金属排放的影响

重金属	对照组	试验 I 组	试验 II 组	试验 III 组
铁/(mg · kg ⁻¹)	237.50 ± 17.37 ^a	236.00 ± 22.00 ^a	234.50 ± 15.87 ^a	231.00 ± 20.69 ^a
锰/(mg · kg ⁻¹)	486.35 ± 25.42 ^a	404.34 ± 10.91 ^b	411.06 ± 41.49 ^b	406.16 ± 18.85 ^b
铅/(mg · kg ⁻¹)	0.20 ± 0.01 ^a	0.16 ± 0.02 ^b	0.18 ± 0.01 ^a	0.16 ± 0.01 ^b
镉/(μg · kg ⁻¹)	0.02 ± 0.01 ^a	0.01 ± 0.01 ^b	0.03 ± 0.02 ^a	0.01 ± 0.01 ^b
铬/(mg · kg ⁻¹)	0.41 ± 0.08 ^a	0.35 ± 0.03 ^a	0.31 ± 0.23 ^a	0.27 ± 0.06 ^a

注:同列数据比较,小写字母完全不同表示差异显著($P < 0.05$),含相同小写字母表示差异不显著($P > 0.05$)。

2.3.5 不同锰元素日粮对犊牛尿液指标的影响

对照组和试验组的犊牛尿液中 COD、铜、锌、氮和磷的含量交由内蒙古农牧渔业生物试验研究中心进行检测。统计 0,10,20,30 d 时不同组别的不同发酵剂日粮对犊牛尿液中 5 种成分的影响,并用 SPSS 20.0 统

计软件进行单因素方差分析,结果如表 9 所示。

由表 9 可知,在 0,10,20 d 的时候,日粮中不同锰元素含量对犊牛尿液 COD 的影响差异不大,均为不显著水平($P > 0.05$)。在 30 d 时,3 个试验组犊牛尿液 COD 显著低于对照组($P < 0.05$)。

表 9 不同锰元素日粮对尿液 COD 的影响

项目	时间/d	对照组	试验 I 组	试验 II 组	试验 III 组
COD/(mg · L ⁻¹)	0	41 160.00 ± 4520.00 ^a	38 080.00 ± 960.00 ^a	38 680.00 ± 3880.00 ^a	35 760.00 ± 5120.00 ^a
	10	66 560.00 ± 10 640.00 ^a	42 640.00 ± 12 200.00 ^a	40 120.00 ± 9040.00 ^a	37 320.00 ± 9080.00 ^a
	20	40 280.00 ± 200.00 ^a	24 160.00 ± 7600.00 ^a	26 120.00 ± 17 640.00 ^a	12 200.00 ± 1720.00 ^a
	30	36 200.00 ± 1480.00 ^b	30 800.00 ± 3040.00 ^b	32 440.00 ± 520.00 ^b	30 840.00 ± 6040.00 ^b

注:同列数据比较,小写字母完全不同表示差异显著($P < 0.05$),含相同小写字母表示差异不显著($P > 0.05$)。

由表 10 可知,在 0,10,20 d 的时候,不同锰元素日粮中尿铜含量都很低($P < 0.02$);到 30 d 时,尿铜含量才有所提高,但是差异不显著($P > 0.05$)。在 0,10,20,30 d 的时候,不同锰元素日粮中尿锌含量差异不显著($P > 0.05$)。在 0,10,20 d 的时候,不

同锰元素日粮中尿液中氮的百分比含量差异均不显著($P > 0.05$);在 30 d 时,试验 I 组和试验 III 组犊牛的尿液氮含量都显著低于对照组($P < 0.05$)。在 0,10,20,30 d 的时候,不同锰元素水平的日粮中尿液中磷的百分比含量差异均不显著($P > 0.05$)。

表 10 不同锰元素日粮对尿液铜、锌、氮、磷含量的影响

项目	时间/d	对照组	试验 I 组	试验 II 组	试验 III 组
铜/(mg · kg ⁻¹)	0	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
	10	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
	20	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
	30	0.16 ± 0.01 ^a	0.14 ± 0.04 ^a	0.18 ± 0.08 ^a	0.12 ± 0.01 ^a
锌/(mg · kg ⁻¹)	0	2.21 ± 0.32 ^a	2.20 ± 0.35 ^a	2.81 ± 0.22 ^a	2.19 ± 0.27 ^a
	10	2.95 ± 0.22 ^a	2.74 ± 0.42 ^a	2.23 ± 0.06 ^a	1.91 ± 0.46 ^a
	20	4.00 ± 0.17 ^a	3.25 ± 0.15 ^a	4.62 ± 0.20 ^a	3.37 ± 0.23 ^a
	30	7.33 ± 0.41 ^a	6.15 ± 0.36 ^a	7.25 ± 0.15 ^a	6.45 ± 0.75 ^a
氮/%	0	1.08 ± 0.02 ^a	1.04 ± 0.02 ^a	1.15 ± 0.08 ^a	1.02 ± 0.07 ^a
	10	0.80 ± 0.01 ^a	0.42 ± 0.04 ^a	0.43 ± 0.11 ^a	0.33 ± 0.05 ^a
	20	0.41 ± 0.02 ^a	0.25 ± 0.05 ^a	0.25 ± 0.16 ^a	0.18 ± 0.02 ^a
	30	0.40 ± 0.03 ^b	0.30 ± 0.00 ^c	0.58 ± 0.08 ^a	0.34 ± 0.04 ^c
磷/%	0	0.11 ± 0.01 ^a	0.11 ± 0.01 ^a	0.12 ± 0.02 ^a	0.21 ± 0.01 ^a
	10	0.12 ± 0.02 ^a	0.13 ± 0.02 ^a	0.12 ± 0.01 ^a	0.11 ± 0.02 ^a
	20	0.22 ± 0.01 ^a	0.19 ± 0.01 ^a	0.21 ± 0.01 ^a	0.20 ± 0.01 ^a
	30	0.23 ± 0.01 ^a	0.22 ± 0.01 ^a	0.23 ± 0.01 ^a	0.23 ± 0.02 ^a

注:同列数据比较,小写字母完全不同表示差异显著($P < 0.05$),含相同小写字母表示差异不显著($P > 0.05$)。

3 讨论

目前多项研究表明锰是多种酶的成分和辅助因子,在动物机体中有重要营养作用,具有促进生长,增强免疫力和提高动物繁殖性能等作用^[12]。但是日粮中的锰元素溶解度较低,因此动物利用率很低,仅有2%~8%可以被机体吸收利用^[13]。因此本研究选择测定减少日粮锰元素对于犊牛各项生长指标和粪便排泄的影响。

3.1 不同锰元素日粮对犊牛生长性能的影响

日粮中的锰元素在动物营养中是最主要的微量元素之一,与动物生长、生殖以及一系列生命活动密切相关。有研究表明,在生长肥育猪的生长性能上,添加螯合锰对生长肥育猪的生长性能没有明显性影响^[14]。本研究也发现3个减少锰元素的试验组与对照组的绝对生长量差异不显著。但是,锰元素在其他物种研究上有不同的结果:饲料锰的添加水平对骨骼中的RANKL/OPG有显著影响($P < 0.05$),显著降低了RANKL/OPG的比值^[15];Fahim表明饲料锰水平可以影响啮齿类动物的生长速度^[16];Bao的研究证明,饲料添加锰能够改善梅花鹿的生长性能^[17]。因此,不同的物种、不同的锰存在形态,锰元素对动物的生长性能不同。在本研究中,当1%预混料减少120 mg/kg 锰元素时,30 d 犊牛累积生长显著高于对照组($P < 0.05$),证明了锰元素与犊牛的生长性能确有明显影响。

3.2 不同锰元素日粮对犊牛体尺指标的影响

目前,张海琴已经证明了饲料添加适量的锰能够提高肉鸡的生长速度^[18],但是在猪的生长性能上,添加螯合锰对生长肥育猪的生长性能没有明显性影响^[14],说明锰元素的存在形态、物种等因素都会影响日粮中锰元素对个体的影响。在本研究中,日粮中不同的锰元素对于犊牛体尺指标均没有显著影响($P > 0.05$),说明微量元素锰对于犊牛体尺性能影响不大。

3.3 不同锰元素日粮对犊牛粪尿排泄指标的影响

有研究证明,生长的獭兔饲料中补充适当锰水平可以减少獭兔生产过程中对环境的氮排放^[15]。但是也有不同研究证明,锰的添加对肥育猪的生长生产可以产生影响,其中以对减少微量元素的排放量最为明显^[14]。本研究对粪尿中的某些指标进行测定得到了类似结果:因此日粮1%预混料减少60 mg/kg、120 mg/kg 和 240 mg/kg 锰元素均可以适当提高犊牛粪便氮磷的表观消化率,降低犊牛的元素

排放,其中日粮1%预混料减少240 mg/kg 锰元素时的氮磷消化率最高,效果最好。而且,日粮中1%预混料减少240 mg/kg 锰元素可以有效降低犊牛粪氮、粪铜和粪锌的排放量,30 d 的尿氮排放量。综合以上,适当减少锰元素添加量,可减少奶牛粪尿养殖过程中对环境氮、磷、铜、锌的排放。

4 结论

在本研究中,当日粮1%预混料减少120 mg/kg 锰元素时,30 d 犊牛累积生长显著高于对照组($P < 0.05$),证明了锰元素与犊牛的生长性能确有明显影响。但是日粮中不同的锰元素对于犊牛体尺指标均没有显著影响($P > 0.05$),说明微量元素锰对于犊牛体尺性能影响不大。经过对犊牛粪尿元素排放的测定,发现日粮1%预混料减少60 mg/kg、120 mg/kg 和 240 mg/kg 锰元素均可以适当提高犊牛粪便氮磷的表观消化率,降低犊牛的元素排放,其中日粮1%预混料减少240 mg/kg 锰元素时的氮磷消化率最高,效果最好。而且,日粮中1%预混料减少240 mg/kg 锰元素可以有效降低犊牛粪氮、粪铜和粪锌的排放量,30 d 的尿氮排放量。

参考文献:

- [1] 鲍坤,李光玉,刘佰阳,等. 饲料锰水平对冬毛期乌苏里貉生长性能和营养物质消化率及氮代谢的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2014,50(23):58-61.
- [2] 付云超,李善文,薛琳琳,等. 微量元素对奶牛繁殖性能的影响[J]. 河南畜牧兽医(综合版),2007(4):13-14.
- [3] 刘博,王力,朱大年,等. 微量元素与奶牛的繁殖性能[J]. 中国牛业科学,2007(6):53-55.
- [4] MALECKI E A, HUTTNER D L, GREGER J L. Manganese status, gut endogenous losses of manganese, and antioxidant enzyme activity in rats fed varying levels of manganese and fat[J]. Biological Trace Element Research, 1994, 42(1): 17-29.
- [5] 郝洋洋,张修修,王玉,等. 有机锌和有机锰对蛋种母鸡生产性能、蛋品质、抗氧化能力和免疫功能的影响[J]. 动物营养学报,2018,30(12):4931-4938.
- [6] TUORMAA T E. The adverse effects of manganese deficiency on reproduction and health: A literature review[J]. Journal of Orthomolecular Medicine, 1996, 11(2): 69-79.
- [7] 孔兰先,刘立国,于振梅,等. 鸡锰缺乏症的诊疗[J]. 中国兽医杂志,2003,39(10):53.
- [8] 王一冰,陈芳,蒋守群,等. 产蛋高峰期黄羽肉种鸡饲料中锰适宜添加水平[J]. 动物营养学报,2019,31(10):4527-4536.
- [9] 陈晓阳,杨国雨,李凡,等. 饲料添加锰对3~4月龄獭兔脂肪沉积和脂肪组织脂质代谢的影响[J]. 动物营养学报,2020,32(4):1836-1841.

- [10] 王贺飞,李文立,隋福良,等. 饲料锰添加水平对产蛋期种鹅繁殖性能、蛋品质、血清生殖激素和抗氧化指标的影响[J]. 动物营养学报,2019,31(7):162-169.
- [11] 张海华,周宁,王士勇,等. 不同锰水平对雄性水貂生产性能,血清生化指标及脏器指数的影响[J]. 畜牧兽医学报,2016,47(1):120-127.
- [12] 朱玉琴,张日俊. 0~2周龄肉用仔鸡日粮中锰需要量的研究[J]. 动物营养学报,1997(3):13-22.
- [13] 井明艳,孙建义,许梓荣. 锰的生物学功能及有机态锰的应用研究[J]. 中国饲料,2003,22(18):26-28.
- [14] 孙晓光. 日粮添加螯合铜、铁、锰和锌对生长肥育猪增重、胴体特性和矿物元素消化率的影响[D]. 南京:南京农业大学,2009.
- [15] 陈晓阳. 饲料锰水平对生长獭兔生产性能,脂肪代谢及骨骼发育的影响[D]. 泰安:山东农业大学,2020.
- [16] FAHIM F A, MORCOS N Y S, ESMAT A Y. Effects of dietary magnesium and/or manganese variables on the growth rate and metabolism of mice [J]. Ann. Nutr. Metab., 1990, 34: 183-192.
- [17] BAO Kun, WANG Kai-ying, WANG Xiao-xu, et al. Effects of dietary manganese supplementation on nutrient digestibility and production performance in male sika deer (Cervus Nippon) [J]. Animal Science Journal = Nihon Chikusan Gakkaiho, 2017, 88(3).
- [18] 张海琴,闫素梅,塔娜. 日粮中添加不同锰、锌源对肉鸡生长性能及免疫机能的影响[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版),2006(2):17-20.

Effects of Different Manganese Content Diets on Growth Performance and Fecal and Urine Excretion Indices of Calves

WANG Tao-wei¹, LIANG Xiao-jiao¹, ZHANG Qing-wen², JIN Ya-hui³, ZhU Cun-liang⁴,

SI Rigu-leng¹, ZHANG Zuo-zhong¹, NA Ren-hua¹, ZHANG Yu^{1*}

(1. College of Animal Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010018;

2. Inner Mongolia Banner Animal Husbandry Co., Ltd., Hohhot, Inner Mongolia 010029;

3. Rural Industry Promotion Division of Agricultural and Animal Husbandry Technology Promotion Center, Hohhot, Inner Mongolia, Hohhot 010011;

4. People's Government of Dalu Town, Jungar Banner, Ordos City, Ordos, Inner Mongolia 017100)

Abstract: [Objective] To study the effects of manganese on the apparent digestibility of nitrogen and phosphorus and the emission of various elements in feces. [Method] The growth performance and fecal and urine excretion indexes of calves were measured by reducing 60 mg/kg, 120 mg/kg and 240 mg/kg manganese with 1% premixed diet. [Result] The results showed that when 120 mg/kg manganese reduced in 1% premix, the cumulative growth of calves on day 30 was significantly higher than that of the control group ($P < 0.05$), indicating that manganese had a significant effect on the growth performance of calves. However, different dietary manganese had no significant effects on calf body size indices ($P < 0.05$), indicating that trace element manganese had little effect on calf size performance. It could improve the apparent digestibility of nitrogen and phosphorus in feces and reduce the emission of various elements of calves. [Conclusion] The results showed that 240 mg/kg manganese reduced in 1% premix had the highest nitrogen and phosphorus digestibility, and could effectively reduce the fecal nitrogen, copper and zinc emissions, and urine nitrogen emissions for 30 days.

Key words: premix; calf; manganese element