

不同无机磷源对仔猪腹泻及肠道微生态的影响

万荣 何姝颖 谢木林

中化云龙有限公司动物营养研究所, 成都 610066

摘要 试验旨在研究磷酸二氢钙(MCP)、磷酸氢钙Ⅲ型(MDCP)与磷酸氢钙(DCP)对仔猪腹泻和肠道微生态的影响。选用日龄一致的断奶 DLY 仔猪 200 头, 随机分为 5 个处理组, 每组 40 头, 设 4 个重复, 每重复 10 头, 试验期 28 d。试验采用单因子试验设计, 5 种不同的磷酸盐作为试验处理, 分别为 DCP(粉状 P17%)、MDCP(粒状 P21%)、MDCP(粉状 P21%)、MCP(粒状 P22%) 和 MCP(粉状 P22%)。结果表明: 与 DCP(P17%) 相比, 从无机磷源磷含量来看, MDCP(P21%) 和 MCP(P22%) 可显著降低仔猪 28~42 d 和 28~56 d 腹泻率($P < 0.05$), 降低十二指肠 pH, 提高空肠总菌数和盲肠乙酸及丙酸含量($P < 0.05$), 有增加空肠和盲肠乳酸杆菌及空肠双歧杆菌趋势, 但差异不显著($P > 0.05$); 但从无机磷源形态来看, 粒状无机磷源组降低仔猪腹泻率幅度均大于粉状组, 但对盲肠中乙酸和丙酸含量提高幅度不如粉状无机磷源, 但均未达到显著水平($P > 0.05$)。因此, 从无机磷源含量上来看, 相比 DCP(P17%)、MDCP(P21%) 和 MCP(P22%) 可显著降低仔猪腹泻率和改善肠道微生态, 但二者间差异不显著($P > 0.05$); 从无机磷源形态来看, 粒状无机磷源组能更好地降低仔猪腹泻率, 粉状无机磷源组对提高仔猪盲肠挥发性脂肪酸效果更佳。

关键词 仔猪; 腹泻; 微生态; 无机磷源

中图分类号: S 816.71 文献标志码: A 文章编号: 1002-2813(2015)23-0025-04
DOI 编号: 10.13557/j.cnki.issn1002-2813.2015.23.006

磷作为猪必须的矿物元素之一, 具有重要的生物学功能, 几乎参与其体内所有的生理生化反应(李德发, 2003), 而磷在动物机体内的含量仅次于钙, 在猪体内钙与磷的含量更达到全部矿物质的 65~70%(杨正文, 1996)。目前使用最广的无机磷源磷酸氢钙(DCP P17%)属于枸溶性磷酸盐, 难溶于水, 动物对其有效成分吸收率低, 对环境污染极大。磷酸二氢钙(MCP P22%)作为磷源具有优良的生物效价, 但成本较高, 国内推广存在一定困难(刘显军, 2001)。磷酸氢钙Ⅲ型(MDCP P21%)最早于 20 世纪 90 年代末由欧洲科学家研制, 因其在家禽(Lima 等, 1997)和猪(Eeckhout 等, 2011)等动物上的生物学利用率高于磷酸氢钙(DCP P17%)而在欧美等国得到广泛使用, 国内磷酸氢钙Ⅲ型(MDCP P21%)已在肉鸡、产蛋鸡、猪和建鲤上进行了相对生物效价的评定, 均证明了其生物效价高于磷酸氢

钙(DCP P17%)且是仅次于磷酸二氢钙(MCP P22%)的磷酸钙盐类产品(夏良宙等, 2014; 徐刚, 2011)。在之前的研究中探讨了不同磷源对仔猪生产性能和表观代谢率的影响, 但对造成生产性能和表观代谢率差异性的原因还缺乏深入研究, 试验旨在研究不同无机磷源对仔猪生产性能、腹泻率及肠道微生态影响, 进一步探讨不同磷源间对生产性能和表观代谢率产生差异性的原因, 并为仔猪无机磷源的选择和使用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物与试验方法

试验选取品种、体质量及日龄一致的断奶 DLY 仔猪 200 头, 按体质量相近原则分为 5 个处理, 每处理 4 个重复, 每重复 10 头。试验仔猪初始均质量 8.4 kg, 试验期为 28 d。试验采用单因子试验设计, 5 种不同磷酸钙盐作为试验处理, 包括 DCP(粉状 P17%)、MDCP(粒状 P21%)、MDCP(粉状 P21%)、MCP(粒状 P22%) 和 MCP(粉状 P22%)。

收稿日期: 2015-11-09

第一作者: 万荣, E-mail: wanrong@sinochem.com

1.2 试验日粮

本试验根据 NRC(1998) 5~10 kg 仔猪营养需要进行日粮配制。采用玉米-豆粕型颗粒饲料。配制含不同磷源饲料时,通过改变磷源、钙源和膨润土的水平来调整磷水平,保证有效磷水平不变,其它原料用量不变,保持饲料能量、蛋白质及钙等水平不变。基础饲料组成及营养水平见表 1。

表 1 日粮配方及营养水平

| 项目 | DCP 粉状组 | MDCP 粒状组 | MDCP 粉状组 | MCP 粒状组 | MCP 粉状组 |
|----------------------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|
| 日粮组成/% | | | | | |
| 玉米 | 56.00 | 56.00 | 56.00 | 56.00 | 56.00 |
| 豆粕 | 16.70 | 16.70 | 16.70 | 16.70 | 16.70 |
| 膨化全脂大豆 | 13.00 | 13.00 | 13.00 | 13.00 | 13.00 |
| 进口鱼粉 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 |
| 乳清粉 | 5.50 | 5.50 | 5.50 | 5.50 | 5.50 |
| 大豆油 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 |
| 石粉 | 0.87 | 1.02 | 1.03 | 1.08 | 1.08 |
| DCP 粉状 | 0.66 | | | | |
| MDCP 粉状 | | 0.49 | | | |
| MDCP 粒状 | | | 0.49 | | |
| MCP 粉状 | | | | 0.44 | |
| MCP 粒状 | | | | | 0.44 |
| 食盐 | 0.35 | 0.35 | 0.35 | 0.35 | 0.35 |
| 膨润土 | 0.40 | 0.42 | 0.41 | 0.41 | 0.41 |
| 赖氨酸 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.19 |
| 苏氨酸 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 |
| 蛋氨酸 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 |
| 氯化胆碱 50% | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
| 预混料 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 营养水平 | | | | | |
| 消化能/(MJ·kg ⁻¹) | 14.32 | 14.32 | 14.32 | 14.32 | 14.32 |
| 粗蛋白/% | 20.11 | 20.11 | 20.11 | 20.11 | 20.11 |
| 钙/% | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 0.83 |
| 总磷/% | 0.60 | 0.59 | 0.59 | 0.58 | 0.58 |
| 有效磷/% | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 |
| 赖氨酸/% | 1.42 | 1.42 | 1.42 | 1.42 | 1.42 |
| 蛋氨酸/% | 0.42 | 0.42 | 0.42 | 0.42 | 0.42 |
| 蛋+胱氨酸/% | 0.79 | 0.79 | 0.79 | 0.79 | 0.79 |
| 苏氨酸/% | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 |

注:每千克预混料提供维生素 A 46 000 和维生素 D₃ 8 600 IU,维生素 E 300、维生素 K₃ 355、维生素 B₁ 27、维生素 B₂ 60、维生素 B₆ 17、维生素 B₁₂ 0.25、泛酸 250、烟酸 325、叶酸 15、铜 250、铁 2 000、锰 500、锌 2 000、碘 23.5 和硒 2.5 mg; 消化能、粗蛋白、钙和总磷为实测值,其他各项均为计算值。

1.3 饲养管理

试验在江西宜春市奉新永辉猪场进行,采用保育床分栏饲养,每天拟定饲喂 3 次(以保证料槽不见底为准),在饲喂过程中观察仔猪的采食情况。试验舍内温度控制在 25~28℃,湿度在 55%~65%。粉料饲喂,仔猪自由采食和饮水。严格按照本场免疫和驱虫程序进行。其他日常管理按常规饲养管理方法进行,各处理组给与相同饲养管理和环境。

1.4 指标测定

1.4.1 腹泻率

腹泻状况:正式开始试验后,记录仔猪腹泻情况,即每天上午第一次喂完料时观察猪只粪便情况,记录各组腹泻头数。

$$\text{腹泻率}/\% = \frac{\text{总腹泻次数}}{\text{总只数} \times \text{试验天数}} \times 100$$

1.4.2 肠道微生物

试验 28 d,对仔猪进行屠宰并测定肠道微生物相关指标,肠道内容物 pH:屠宰结束后立即用 pH90 型直插式 pH 计测定十二指肠、空肠、回肠、盲肠及结肠(离盲结口 50 cm 处)内容物的 pH。

盲肠挥发性脂肪酸(VFA):称取 1 g 左右盲肠食糜于 5 mL 试管中,按 1:1 的蒸馏水稀释,充分振荡混匀,无明显结块的悬浮状为止。用 4 000 r/min 离心 10 min,取上清液 1 mL 于另一干净的 1.5 mL EP 管中,于 12 000 r/min 离心 10 min,取 900 μL 上清液。加入 0.2 mL 25% 的偏磷酸,充分混匀后,4℃放置 30 min。再用 12 000 r/min 离心 10 min,取 200 μL(盲肠)上清用 200 μL 甲醇混匀。12 000 r/min 离心 10 min,取上清于 -20℃ 备用。气相色谱仪进行测定。使用气相色谱仪对盲肠乙酸、丙酸及正丁酸进行测定(易中华等 2010)。

肠道微生物菌群:采用平板计数法计算盲肠、空肠的总菌、大肠杆菌、乳酸杆菌及双歧杆菌。粪样具体采集,稀释和培养,计数方法参照参考文献(何明清等 1985)。

1.5 统计分析

数据采用 Excel 处理后,分析采用 SPSS 17.0 中的 One-way ANOVA 程序进行方差分析,差异显著者用 Duncan 氏进行多重比较,结果以平均值 ± 标准差表示。P < 0.05 为差异显著判断标准。

2 结果与分析

2.1 不同磷源对仔猪腹泻状况影响

从表 2 可见:28~42 d 试验阶段,各试验组腹泻率均低于 DCP 粉状对照组,其中 MDCP 粒状组和 MCP 粒状组与 DCP 组相比腹泻率分别降低了 40.68% (P > 0.05) 和 54.23% (P < 0.05),MDCP 粉状组和 MCP 粉状组与 DCP 组相比腹泻率各自降低 18.64% 和 35.60% (P < 0.05); 42~56 d 试验阶段,腹泻率趋于稳定,各试验组腹泻率差异不显著

($P > 0.05$)。整个试验期 28 ~ 56 d 可以观察到, MDCP 粒状组、MCP 粒状组、MDCP 粉状组和 MCP 粉状组比 DCP 粉状组腹泻率分别降低了 26.83%、43.90% ($P < 0.05$)、14.63% 和 24.39%。

表 2 不同无机磷源对断奶仔猪腹泻状况的影响 %

| 项目 | DCP 粉状组 | MDCP 粒状组 | MDCP 粉状组 | MCP 粒状组 | MCP 粉状组 |
|----------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 28 ~ 42 日龄 腹泻率 | 0.59 ± 0.07 ^a | 0.35 ± 0.04 ^{ab} | 0.48 ± 0.04 ^{ab} | 0.27 ± 0.03 ^b | 0.38 ± 0.03 ^{ab} |
| 42 ~ 56 日龄 腹泻率 | 0.22 ± 0.02 | 0.25 ± 0.03 | 0.21 ± 0.01 | 0.19 ± 0.02 | 0.24 ± 0.02 |
| 28 ~ 56 日龄 腹泻率 | 0.41 ± 0.04 ^a | 0.30 ± 0.03 ^{ab} | 0.35 ± 0.02 ^{ab} | 0.23 ± 0.03 ^b | 0.31 ± 0.04 ^{ab} |

注: 同行数据肩标不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 肩标相同字母或无肩标表示差异不显著 ($P > 0.05$)。

2.2 不同磷源对仔猪肠道 pH 的影响

从表 3 可见: 对十二指肠 pH 影响上, MDCP 粒状、MDCP 粉状、MCP 粒状和 MCP 粉状比 DCP 粉状组依次降低 6.92% ($P < 0.05$)、3.91% ($P > 0.05$)、7.97% ($P < 0.05$)、7.07% ($P < 0.05$)。空肠、回肠、盲肠及结肠的 pH 值各处理组间差异不显著 ($P > 0.05$)。

表 3 不同磷源对仔猪肠道 pH 影响

| 项目 | DCP 粉状组 | MDCP 粒状组 | MDCP 粉状组 | MCP 粒状组 | MCP 粉状组 |
|------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 十二指肠 | 6.65 ± 0.52 ^a | 6.19 ± 0.45 ^b | 6.39 ± 0.53 ^{ab} | 6.12 ± 0.40 ^b | 6.18 ± 0.47 ^b |
| 空肠 | 7.00 ± 0.45 | 7.13 ± 0.33 | 6.97 ± 0.46 | 6.85 ± 0.40 | 6.71 ± 0.58 |
| 回肠 | 7.15 ± 0.35 | 7.11 ± 0.37 | 6.96 ± 0.63 | 7.03 ± 0.25 | 6.80 ± 0.57 |
| 盲肠 | 6.48 ± 0.40 | 6.46 ± 0.28 | 6.33 ± 0.42 | 6.25 ± 0.23 | 6.21 ± 0.29 |
| 结肠 | 6.37 ± 0.48 | 6.43 ± 0.35 | 6.31 ± 0.25 | 6.42 ± 0.50 | 6.13 ± 0.52 |

注同表 2。

2.3 不同磷源对仔猪肠道微生物和盲肠 VFA 的影响

从表 4 可见: DCP 粉状组的空肠总菌数显著低于其余处理组, 分别比 MDCP 粒状、MDCP 粉状组、MCP 粒状和 MCP 粉状组降低了 18.30%、10.48%、14.57% 和 19.80% ($P < 0.05$)。不同无机磷源对断奶仔猪空肠中大肠杆菌菌群数均无显著影响 ($P > 0.05$), 但其余处理组仔猪乳酸杆菌和双歧杆菌的菌群数量有高于 DCP 粉状组趋势 ($P > 0.05$)。不同无机磷源对断奶仔猪盲肠的总菌数、大肠杆菌和双歧杆菌的菌群数量差异不显著 ($P > 0.05$), MDCP 粒状、MDCP 粉状、MCP 粒状和 MCP 粉状组的乳酸杆菌的菌群数分别比 DCP 粉状组提高 6.93%、7.37%、6.64% 和 5.31% ($P > 0.05$)。

从表 5 可见: MDCP 粉状、MCP 粒状和 MCP 粉状三者盲肠的乙酸和丙酸含量显著高于 DCP 粉状

组 (39% ~ 47%, 45% ~ 59%, $P < 0.05$)。而在盲肠正丁酸含量上各处理组间无显著差异 ($P > 0.05$)。

表 4 不同磷源对仔猪肠道微生物的影响 lg (CFU/g)

| 项目 | DCP 粉状组 | MDCP 粒状组 | MDCP 粉状组 | MCP 粒状组 | MCP 粉状组 |
|--------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 空肠细菌计数 | | | | | |
| 总菌数 | 3.93 ± 0.40 ^f | 4.81 ± 0.24 ^{ab} | 4.39 ± 0.43 ^{abc} | 4.60 ± 0.13 ^{ab} | 4.90 ± 0.07 ^a |
| 大肠杆菌 | 4.13 ± 0.40 | 4.31 ± 0.38 | 4.39 ± 0.51 | 5.67 ± 0.69 | 4.46 ± 0.38 |
| 乳酸杆菌 | 3.92 ± 0.56 | 4.99 ± 0.44 | 4.56 ± 0.18 | 4.50 ± 0.77 | 4.45 ± 0.52 |
| 双歧杆 | 4.12 ± 0.46 | 5.16 ± 0.59 | 4.68 ± 0.37 | 4.84 ± 0.55 | 4.42 ± 0.54 |
| 盲肠细菌计数 | | | | | |
| 总菌数 | 6.50 ± 0.73 | 7.08 ± 0.69 | 5.95 ± 0.77 | 6.80 ± 0.38 | 7.15 ± 0.68 |
| 大肠杆菌 | 6.00 ± 0.92 | 6.53 ± 0.50 | 5.19 ± 0.37 | 6.49 ± 0.53 | 6.85 ± 0.67 |
| 乳酸杆菌 | 6.78 ± 0.57 | 7.25 ± 0.63 | 7.28 ± 0.29 | 7.23 ± 0.50 | 7.14 ± 0.82 |
| 双歧杆 | 7.22 ± 0.87 | 7.69 ± 0.79 | 7.13 ± 0.70 | 7.16 ± 0.19 | 7.59 ± 0.74 |

注同表 2。

表 5 不同磷源对仔猪盲肠 VFA 的影响 mmol/L

| 项目 | DCP 粉状组 | MDCP 粒状组 | MDCP 粉状组 | MCP 粒状组 | MCP 粉状组 |
|-----|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 乙酸 | 24.91 ± 3.10 ^b | 26.38 ± 3.25 ^b | 34.62 ± 3.22 ^a | 34.68 ± 5.33 ^a | 36.63 ± 5.33 ^a |
| 丙酸 | 15.42 ± 2.39 ^b | 14.06 ± 3.10 ^b | 24.57 ± 3.28 ^a | 22.37 ± 2.06 ^a | 23.13 ± 3.01 ^a |
| 正丁酸 | 2.27 ± 0.27 | 1.52 ± 0.33 | 1.93 ± 0.62 | 2.13 ± 0.74 | 2.01 ± 0.33 |

注同表 2。

3 讨论

3.1 不同磷源对仔猪腹泻率的影响

在之前的研究中发现, 不同磷源对仔猪生产性能和表现代谢率影响不同, 该结论与前人在猪和家禽等不同动物上所做研究一致 (夏良宙等 2014; 曹慧 2003; 谭占坤等 2011), 断奶仔猪腹泻是造成仔猪生产性能下降的关键因素之一, 一方面腹泻会导致仔猪采食量下降并抑制其生长, 另一方面腹泻会影响仔猪的后期生长性能 (彭凯等 2015)。在试验中, MDCP 和 MCP 的仔猪腹泻率明显低于 DCP 组, 同时粒状磷源的仔猪腹泻率有低于粉状磷源趋势。有研究表明造成仔猪腹泻的原因是由于日粮抗原诱发隐窝增生, 黏膜双糖活性下降, 导致养分吸收消化率下降, 从而造成腹泻 (尹靖东等 1999), 采食低 pH 饲料, 维持胃内容物 pH 可降低病原微生物的感染, 改善胃内蛋白酶活性 (孙铁虎等 2004)。而 MDCP 的 pH 约在 4 左右, MCP 的 pH 为 3 均远小于 DCP (pH 为 7), 动物采食后, 可维持胃 pH, 促进肠胃饲料消化利用, 降低腹泻率。

3.2 不同磷源对仔猪腹泻率和微生态的影响

Sissons (1989) 研究表明, 肠胃内容物酸度对动物体内微生物定植影响较大, 当胃内较小时有利于消化道内益生菌生长, 且抑制有害菌的繁殖。在试验中, MDCP 和 MCP 较 DCP 均有效降低了十二指

肠 pH ($P < 0.05$)，这为消化酶活性的发挥提供了适宜的环境，同时，胃的收缩活动受消化道酸度的反馈抑制，较低的 pH 可增加食糜在胃内的消化时间，促进消化腺的分泌 (Leavitt 等, 1978)。

乳酸杆菌、双歧杆菌及大肠杆菌是仔猪肠道菌群的代表菌，他们与断奶前后仔猪的健康密切相关。试验结果表明，采食 MDCP 和 MCP 组有提高仔猪空肠乳酸杆菌和双歧杆菌，盲肠乳酸杆菌趋势。这说明由于 MDCP 和 MCP 通过影响肠道 pH，促进了有益菌群的繁殖 (陈宝江等, 2011)。

仔猪肠胃中的微生物发酵糖类后能产生 VFA (主要包括乙酸、丙酸和丁酸等)，VFA 除了能为仔猪提供能量外，在抵御病原微生物和维持动物肠道健康中扮演者重要角色 (王志祥等, 2008)。在试验中，采食 MDCP 粉状和 MCP 的仔猪，盲肠乙酸含量和丙酸含量显著高于 DCP 组仔猪 ($P < 0.05$)，且粉状组对仔猪盲肠 VFA 的提高幅度大于粒状组。这说明 MDCP 和 MCP 可促进盲肠微生物生长，提高其生产 VFA 能力。有研究表明厌氧菌是动物肠道 VFA 主要生产菌，而试验中，VFA 的提高与 MDCP 和 MCP 对仔猪乳酸杆菌量提高一致。说明 MDCP 和 MCP 对 VFA 影响主要是通过其对乳酸杆菌影响来实现的。试验中粉状磷源对盲肠 VFA 提高幅度高于粒状，这可能与仔猪肠道较短，粒状磷源未能完全释放便排出体外相关。

4 结论

与 DCP 相比，MDCP 和 MCP 可降低仔猪腹泻率，这与其对肠道微生态改善作用一致；MDCP 和 MCP 对仔猪腹泻率和其肠道微生态改善差异不显著 ($P > 0.05$)；粒状磷源相比粉状磷源可更好的降低仔猪腹泻率，但对盲肠 VFA 改善效果不如粉状磷源。

参考文献

- [1] 彭凯, 吴薇, 龙蕾, 等. 断奶仔猪的腹泻研究进展 [J]. 饲料研究, 2015(13): 10 - 15.
- [2] 孙铁虎, 李德发, 龚利敏, 等. 酸化剂对断奶仔猪生长性能及腹泻的影响 [J]. 饲料研究, 2004(11): 34 - 37.
- [3] 刘显军. 生长猪饲料级磷酸盐中可消化磷的评定 [D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2001.
- [4] Lima F R, Mendonca J C, Alvarez J C, et al. Biological evaluations of commercial dicalcium phosphates as sources of available phosphorus for broiler chicks [J]. Poultry Sci., 1997, 76(12): 1707 - 1713.
- [5] Eeckhout W, Paepe M. The digestibility of three calcium phosphates for pigs as measured by difference and by slope - ratio assay [J]. Journal of Animal physiology & Animal Nutrition, 2011, 77 (1 - 5): 53 - 60.
- [6] 夏良宙, 李霞, 万荣. 不同种类和来源磷酸钙盐对肉鸡生产性能和养分代谢的影响 [J]. 饲料工业, 2014(S1): 48 - 52.
- [7] 徐刚. 饲料级磷酸氢钙 III 型在畜禽配合饲料中的应用 [J]. 饲料博览, 2011(2): 18 - 20.
- [8] 易中华, 马秋刚, 王晓霞, 等. 大豆寡糖对肉仔鸡肠道 pH 和盲肠短链脂肪酸的影响 [J]. 饲料工业, 2010(19): 32 - 35.
- [9] 何明清, 廖德惠, 谢镜怀, 等. 猪不同日龄及不同肠段正常肠菌群的研究 [J]. 畜牧兽医学报, 1985(1): 67 - 72.
- [10] 曹慧. 猪对饲料级磷酸盐磷生物学利用率的研究 [D]. 雅安: 四川农业大学, 2003.
- [11] 谭占坤, 白世平, 张克英, 等. 磷来源与水平对蛋鸡生产性能和蛋壳质量的影响 [J]. 动物营养学报, 2011(10): 1684 - 1696.
- [12] 李德发. 猪的营养 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2003: 160 - 161.
- [13] 尹靖东, 霍启光. 饲料酸化剂的发展现状及新型产品的开发 [J]. 饲料工业, 1999(10): 5 - 8.
- [14] 杨正文. 动物矿物质营养 [M]. 北京: 农业出版社, 1996: 15 - 19.
- [15] Sissons John W. Potential of probiotic organisms to prevent diarrhoea and promote digestion in farm animals - A review [J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 1989, 49(1): 1 - 13.
- [16] Leavitt J, Barrett J C, Crawford B D, et al. Butyric acid suppression of the in vitro neoplastic state of Syrian hamster cells [J]. Nature, 1978, 271(5642): 262 - 265.
- [17] 陈宝江, 景翠, 于会民, 等. 酸化剂对早期断奶仔猪肠黏膜形态、微生物区系及挥发性脂肪酸产生的影响 [J]. 中国畜牧兽医, 2011(10): 23 - 26.
- [18] 王志祥, 王自恒, 刘岭, 等. 三颗针提取物对仔猪生长及肠道菌群和挥发性脂肪酸的影响 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2008(6): 34 - 38.

通信地址: 四川省成都市成龙大道二段 888 号
经开区总部经济港 44 栋 610100