

赵崇杰, 姜小梅, 张帅. 复合酸化剂对育肥猪生长性能的影响 [J]. 畜牧与兽医, 2025, 57 (5): 31-34.

ZHAO C J, JIANG X M, ZHANG S. Effect of compound acidifier on growth performance of fattening pigs [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2025, 57 (5): 31-34.

复合酸化剂对育肥猪生长性能的影响

赵崇杰¹, 姜小梅², 张帅³

(1. 湖南农业大学动物科学技术学院, 湖南 长沙 410128;

2. 浙江天蓬农业发展有限公司, 浙江 衢州 324000;

3. 苏州登高生物科技有限公司, 江苏 苏州 215000)

摘要: 旨在研究复合酸化剂对育肥猪生长性能的影响。选取 (154±3) d、体重 (90.50±1.12) kg 的“杜×长×大”三元育肥猪 112 头, 随机分为 2 组, 每组 7 个重复, 每个重复 8 头猪, 公母各半, 对照组饲喂基础日粮, 试验组在基础日粮中添加 1 500 mg/kg 复合酸化剂, 试验共 70 d, 其中预饲期 7 d。结果: 与对照组相比, 试验组平均日采食量 (ADFI) 无显著差异, 料重比 (F/G) 显著降低 ($P<0.05$), 平均日增重 (ADG) 有升高趋势 ($P<0.1$); 试验组粗蛋白质、精氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸和缬氨酸的消化率显著提高 ($P<0.05$); 试验组猪血清丙氨酸氨基转移酶 (ALT) 和乳酸脱氢酶 (LDH) 活性显著降低 ($P<0.05$), 球蛋白 (GLO) 和总胆固醇 (CHOL) 含量有升高趋势 ($P<0.1$)。结论: 在基础日粮中添加 1 500 mg/kg 复合酸化剂, 有助于提高育肥猪的生长性能, 增强养分表观消化率并改善育肥猪的血清生化指标。

关键词: 复合酸化剂; 育肥猪; 生长性能; 养分表观消化率; 血清生化指标

中图分类号: S816 **文献标志码:** A **文章编号:** 0529-5130(2025)05-0031-04

Effect of compound acidifier on growth performance of fattening pigs

ZHAO Chongjie¹, JIANG Xiaomei², ZHANG Shuai³

(1. College of Animal Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China;

2. Zhejiang Tianpeng Agricultural Development Co., Ltd., Quzhou 324000, China;

3. Suzhou Denggao Biotechnology Co., Ltd., Suzhou 215000, China)

Abstract: The aim of this study was to determine the effect of compound acidifier on the growth performance of fattening pigs. A total of 112 “Duroc×Landrace×Large White” ternary fattening pigs, at (154±3) days of age, weighing (90.50±1.12) kg, were used and randomly divided into 2 groups, each with 7 replicates and 8 pigs in each replicate. Half of pigs were males and half females. The control group was fed with the basal diet and the experimental group was fed with the basal diet supplemented with 1 500 mg/kg of the compound acidifier. The results showed that, compared with the control group, the average daily feed intake (ADFI) of the experimental group was not significantly different, their feed-to-weight ratio (F/G) was significantly reduced ($P<0.05$), and their average daily weight gain (ADG) tended to be increased ($P<0.1$). The digestibility of crude protein, arginine, isoleucine, leucine, lysine, phenylalanine, threonine and valine in the experimental group was significantly increased ($P<0.05$); the activities of serum glutathione (ALT) and lactate dehydrogenase (LDH) in the group were significantly decreased ($P<0.05$), and the contents of globulin (GLO) and total cholesterol (CHOL) tended to be increased in the tested pigs ($P<0.1$). These results indicated that the addition of 1 500 mg/kg acidifier complex to the basal diet helped to improve the growth performance of fattening pigs, enhance the apparent digestibility of nutrients in the animals, and improve their serum biochemical indexes.

Keywords: compound acidifier; fattening pigs; growth performance; apparent nutrients digestibility; serum biochemical indices

在现代生猪产业中, 饲料成本占据了生猪养殖总成本的 60%~70%, 而育肥期饲料的用量大约占全程饲料总用量的 70%^[1], 所以提高育肥猪的生长性能

是提升生猪养殖经济效益的关键。抗生素作为饲料添加剂可以促进育肥猪对营养物质的消化和吸收, 在促进育肥猪生长、预防疾病发生等方面发挥了重要作用, 但同时也为猪源食品安全和公共卫生安全埋下了隐患^[2-3]。寻找新型绿色的抗生素替代品成为近些年来研究的热点。酸化剂作为一种安全、绿色、无污染

收稿日期: 2024-11-14; 修回日期: 2025-02-28

第一作者: 赵崇杰, 男, 本科生, 研究方向为单胃动物营养, E-mail: jiezhaoh@stu.hunau.edu.cn。

的新型饲料添加剂,因其具有抑菌、促消化、降低胃液 pH 值和提高饲料消化利用率的作用而被广泛应用^[4-5]。然而,目前还没有任何一种单一酸化剂能够完全替代抗生素。大量研究证明,将不同的无机酸、有机酸和盐类配合使用的复合酸化剂可以显著提升乳仔猪的采食量和生长速度,降低腹泻率^[6]。张旭晖等^[7]研究发现,通过不同有机酸化剂之间合理配比能够改善断奶仔猪的生长发育和肠道健康。秦圣涛等^[8]报道,多种高品质酸合理配比制成的复合酸化剂能使酸化剂的应用效果更加有效。此外,目前国内外对于酸化剂在猪上的研究和应用主要集中在乳仔猪阶段,其对育肥猪生长性能的研究鲜有报道。因此,本试验旨在研究复合酸化剂对育肥猪生长性能的影响,以期开发出一种新型成分配比、效果优良的复合酸化剂使用方案。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验使用的复合酸化剂由上海美农生物科技股份有限公司提供,配方组成主要为富马酸 19.89%,柠檬酸 9.69%,乳酸 7.80%,甲酸钙 4.55%,磷酸 15.20%。

1.2 试验方法

试验选取 (154±3) d、体重 (90.50±1.12) kg 的“杜×长×大”三元育肥猪(南通晨安生态养殖有限公司) 112 头,随机分为 2 个组,每组 7 个重复,每个重复 8 头猪,公母各半。对照组饲喂基础日粮,试验组在基础日粮中添加 1 500 mg/kg 复合酸化剂。试验共 70 d,其中预饲期 7 d。基础日粮组成及营养水平见表 1。

表 1 基础日粮组成及营养水平

原料组成	含量/%	营养成分	水平
玉米	68.00	粗蛋白/%	14.80
豆粕	17.00	猪净能/(MJ·kg ⁻¹)	9.93
麸皮	10.00	粗纤维/%	3.25
大豆油	1.00	中性洗涤纤维/%	11.15
预混料	4.00	粗灰分/%	4.57
		粗脂肪/%	3.99
		总钙/%	0.64
		猪可消化磷/%	0.22
		标准回肠末端可消化赖氨酸/%	0.88
		总赖氨酸/%	0.98

注:预混料为每千克日粮提供:维生素 A 5 500 IU,维生素 D₃ 4 500 IU,维生素 E 210 IU,维生素 K₃ 8 mg,维生素 B₁ 5.5 mg,维生素 B₆ 4.20 mg,维生素 B₁₂ 35 μg,Zn 30.5 mg,Mn 42.1 mg,Fe 80.0 mg,Cu 15.0 mg,I 0.5 mg,Co 0.35 mg,Se 0.35 mg。

1.3 饲养管理

育肥猪均采用标准化饲养管理措施,常规圈舍饲养,半漏粪地板,自由采食、饮水。每日上午 8:30 和下午 4:30 各饲喂 1 次,保持圈舍通风、清洁、干燥和卫生,所有育肥猪均按照猪场正常程序进行消毒、免疫和驱虫。试验期间,每日于上午 10:00 记录猪舍温度和湿度,平均温度为 23.4℃,平均湿度为 71.2%。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 生长性能

试验期间,以每个重复栏舍为单位记录喂料量和剩余料量,分别于试验开始、试验结束时称量试验猪体重,计算平均日增重(ADG)、平均日采食量(ADFI)和料重比(F/G)。

1.4.2 养分表观消化率

试验结束时收集 2 组育肥猪的新鲜粪样和日粮样品,并测定日粮和粪样的粗蛋白质和氨基酸的含量。测定方法分别参照 GB/T 6432—2018《饲料中粗蛋白的测定 凯氏定氮法》,GB/T 18246—2019《饲料中氨基酸的测定》。养分表观消化率计算公式如下:

养分表观消化率 = (日粮中该养分含量 - 粪便中该养分含量) / 日粮中该养分含量 × 100%。

1.4.3 血清生化指标

试验结束时,在每个重复中随机选取 3 头育肥猪,前腔静脉采血约 5 mL,4℃保存待测。测定丙氨酸氨基转移酶(ALT)、天门冬氨酸氨基转移酶(AST)、碱性磷酸酶(ALP)、乳酸脱氢酶(LDH)、总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、球蛋白(GLO)、尿素氮(BUN)、肌酐(CREA)、总胆固醇(CHOL)和甘油三酯(TG)活性和含量。以上指标均在扬州大学动物医院采用 SABA 全自动生化分析仪进行分析。

1.5 数据统计与分析

试验数据经 Excel 2007 整理后,使用 SPSS 26 软件进行独立样本 *t* 检验分析统计数据,结果以“平均值±标准差”表示。0.01 ≤ *P* < 0.05 表示差异显著,*P* < 0.01 表示差异极显著,0.05 < *P* ≤ 0.10 表示趋势性。

2 结果与分析

2.1 复合酸化剂对育肥猪生长性能的影响

由表 2 可知,与对照组相比,试验组 ADFI 无显著差异(*P* > 0.05),F/G 显著降低(*P* < 0.05),ADG 有升高趋势(*P* = 0.084)。

2.2 复合酸化剂对育肥猪养分表观消化率的影响

由表 3 可知,与对照组相比,试验组蛋氨酸、色

氨酸、组氨酸和胱氨酸消化率差异不显著 ($P > 0.05$), 粗蛋白质、精氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸和缬氨酸消化率均显著提高 ($P < 0.05$)。

表 2 复合酸化剂对育肥猪生长性能的影响

指标	对照组	试验组	P 值
初始均重/kg	91.00±1.13	90.00±1.54	0.415
结束均重/kg	175.00±1.87	181.00±3.14	0.553
ADFI/kg	3.73±0.06	3.72±0.07	0.909
ADG/kg	1.20±0.04	1.30±0.07	0.084
F/G	3.11±0.05	2.86±0.10	0.014

表 3 复合酸化剂对育肥猪养分表观消化率的影响 %

指标	对照组	试验组	P 值
粗蛋白质	59.57±0.70	62.29±1.49	0.017
精氨酸	0.79±0.01	0.82±0.02	0.040
组氨酸	0.78±0.01	0.80±0.01	0.116
异亮氨酸	0.57±0.02	0.63±0.01	0.007
蛋氨酸	0.55±0.01	0.63±0.01	0.052
色氨酸	0.81±0.03	0.83±0.06	0.678
亮氨酸	0.72±0.01	0.76±0.01	0.013
赖氨酸	0.54±0.02	0.62±0.02	0.009
胱氨酸	0.45±0.03	0.50±0.02	0.067
苯丙氨酸	0.67±0.01	0.72±0.01	0.005
苏氨酸	0.51±0.01	0.58±0.02	0.005
缬氨酸	0.60±0.02	0.65±0.02	0.029

2.3 复合酸化剂对育肥猪血清生化指标的影响

由表 4 可知, 与对照组相比, 试验组饲喂复合酸化剂显著降低了育肥猪血清中 ALT 和 LDH 活性 ($P < 0.05$), 血清中 GLO 和 CHOL 的含量有升高趋势 ($P < 0.1$), 血清中 TP、ALB、GLO、BUN、CREA、CHOL 和 TG 含量以及 AST、ALP 活性无显著差异 ($P > 0.05$)。

表 4 复合酸化剂对育肥猪血清生化指标的影响

指标	对照组	试验组	P 值
ALT/ (U · L ⁻¹)	38.73±2.50	31.83±1.17	0.012
AST/ (U · L ⁻¹)	74.87±41.88	33.93±9.25	0.174
ALP/ (U · L ⁻¹)	97.67±13.50	86.67±14.36	0.389
LDH/ (U · L ⁻¹)	629.03±90.94	446.10±51.86	0.039
TP/ (g · L ⁻¹)	62.57±2.81	64.27±1.37	0.400
ALB/ (g · L ⁻¹)	40.57±1.21	39.37±2.46	0.490
GLO/ (g · L ⁻¹)	22.00±2.59	25.87±0.93	0.071
BUN/ (mmol · L ⁻¹)	5.08±1.04	5.16±0.66	0.923
CREA/ (mmol · L ⁻¹)	142.97±8.81	146.47±5.80	0.596
CHOL/ (mmol · L ⁻¹)	1.91±0.38	2.52±0.08	0.054
TG/ (mmol · L ⁻¹)	0.45±0.12	0.38±0.13	0.490

3 讨论

3.1 复合酸化剂对育肥猪生长性能的影响

育肥猪的生长性能直接关乎养殖的经济效益, 是饲料和养殖企业关注的重点。在育肥猪日粮中添加复合酸化剂可以降低胃液的 pH 值提高消化酶活性, 促进营养物质的吸收利用, 从而提高其生长性能^[9-10]。本研究结果发现, 在基础日粮中添加 1 500 mg/kg 复合酸化剂可以显著降低育肥猪 F/G, 且有提高 ADG 的趋势。Tsilyiannis 等^[11]研究表明苹果酸、柠檬酸、甲酸、富马酸、乳酸和丙酸组成的复合酸化剂提高了断奶仔猪的 ADG, 降低了 F/G。Kil 等^[12]也指出柠檬酸通常会提高 ADG, 降低 F/G。淡江华等^[13]和 Dahmer 等^[14]试验表明, 在仔猪日粮中添加酸化剂显著提升断奶仔猪 ADG 和 ADFI, 降低 F/G。本试验与上述试验结果基本一致, 探究其深层原因, 可能是复合酸化剂可以调节猪胃肠道菌群, 提高消化酶活性^[15], 并促进机体对营养物质的消化吸收, 从而改善育肥猪的生长性能。本试验还发现在基础日粮中添加复合酸化剂对育肥猪的 ADFI 无显著影响。Ahmed 等^[16]试验发现, 在研究中使用的酸化剂混合物在整个试验期间对断奶仔猪的 ADG、ADFI 和 F/G 产生了负面影响。同样的, Walsh 等^[17]研究指出在玉米-豆粕型日粮中添加 0.2% 由磷酸、富马酸、乳酸和柠檬酸组成的混合物时, 断奶仔猪的 ADG 和 ADFI 会降低。一般来说, 添加一些具有腐蚀性气味的有机酸可能会降低日粮的适口性, 从而减少 ADFI, 并对 ADG 产生负面影响^[18-19]。

3.2 复合酸化剂对育肥猪养分表观消化率的影响

养分表观消化率是指动物对摄入饲料中养分的消化和吸收能力, 是评估饲料营养价值的重要指标。高的表观消化率意味着动物能够更有效地利用饲料中的养分。马卓等^[20]分别在仔猪的基础日粮中添加 2、4、6 kg/t 的复合酸化剂, 结果发现添加 2 kg/t 复合酸化剂显著提高蛋白质消化率 11.74%。廖正睿等^[21]研究表明, 日粮中添加包被或未包被酸化剂均可显著促进断奶仔猪胃内对饲料蛋白的消化。上述研究结果与本试验研究结果类似, 表明在日粮中添加适量的复合酸化剂可以促进育肥猪对养分的消化利用。但在 Kil 等^[22]代谢试验中, 他们使用 15 头断奶仔猪来评估补充酸化剂对营养消化率的影响, 发现添加酸化剂并未改善干物质、粗蛋白质、粗脂肪、粗灰分、钙和磷的消化率。分析其原因, 可能是猪的品种、所处的生理阶段、饲养管理标准以及环境因素不同所导致。

3.3 复合酸化剂对育肥猪血清生化指标的影响

ALT 和 AST 是目前诊断肝细胞受损最常用的指

标,在肝炎急性发作期,由于肝细胞大量受损可急剧增高^[23]。杨玲等^[24]研究发现,在断奶仔猪日粮中添加三丁酸甘油酯可使 ALT、AST 活性有所降低。张翠等^[25]研究表明,肉鸡日粮中添加酸化剂后,动物机体蛋白质的合成和免疫力有所增强,且不会影响肉鸡的血清转氨酶活性。本试验结果表明,日粮添加复合酸化剂显著降低了猪血清 ALT、LDH 活性,提示其可能对育肥猪肝功能和炎症反应有改善作用。于瀚学等^[26]在仔猪基础日粮中添加复合酸化剂,研究发现 GLO 含量有升高趋势但未见显著差异,AST 含量在各组之间不存在显著差异。何荣香等^[27]在基础日粮中添加 0.2% 的复合有机酸,且在饮水中添加 0.1% 的复合有机酸,研究发现,仔猪血清中的 ALT 和 AST 活性显著降低,TP 含量有升高趋势。本试验结果显示,在基础日粮中添加复合酸化剂后,育肥猪血清 ALT 和 LDH 活性显著降低,GLO 和 TP 含量有升高趋势。研究结果提示复合酸化剂对育肥猪血清生化指标有改善作用。

综上所述,本试验条件下,在基础日粮中添加 1 500 mg/kg 复合酸化剂能显著降低育肥猪的 F/G,显著提高粗蛋白质、赖氨酸、苏氨酸和缬氨酸等的消化率,并改善育肥猪的血清生化指标。

参考文献:

- [1] 张晓辉, SOMWARU A, TUAN F. 中国生猪生产结构、成本和效益比较研究 [J]. 中国畜牧杂志, 2006, 42 (4): 27-31.
- [2] 王云鹏, 马越. 养殖业抗生素的使用及其潜在危害 [J]. 中国抗生素杂志, 2008, 33 (9): 519-523.
- [3] 孔维栋, 朱永官. 抗生素类兽药对植物和土壤微生物的生态毒理学效应研究进展 [J]. 生态毒理学报, 2007, 2 (1): 1-9.
- [4] 顾芳, 胡平, 蔡德敏, 等. 畜禽健康养殖中抗生素应用及其替代品研究进展 [J]. 动物营养学报, 2023, 35 (10): 6247-6256.
- [5] 马嘉瑜, 朴香淑. 酸化剂改善畜禽生长和肠道健康的研究进展 [J]. 中国畜牧杂志, 2021, 57 (8): 1-10.
- [6] HONGLIANG W, WEITONG L, DAVE C, et al. Dietary acidifiers as an alternative to antibiotics for promoting pig growth performance: a systematic review and meta-analysis [J]. Anim Feed Sci Technol, 2022, 289: 115320.
- [7] 张旭晖, 王恬, 冀凤杰, 等. 有机酸化剂对断奶仔猪生长性能和肠道健康的影响 [J]. 动物营养学报, 2012, 24 (3): 507-514.
- [8] 秦圣涛, 张宏福, 唐湘方, 等. 酸化剂主要生理功能和复合酸选配依据 [J]. 动物营养学报, 2007, 19 (S1): 515-520.
- [9] 奚玉莲, 黄金华, 宁国信, 等. 酸化剂在生猪养殖中的应用 [J]. 中国饲料, 2020, 661 (17): 10-14.
- [10] GUTIERREZ N A, MCKNIGHT L L, POWELL C, et al. 227 varying the acid binding capacity of high and zinc-free diets influences weanling pig growth performance [J]. J Anim Sci, 2023, 101 (14): 145-146.
- [11] TSILOYIANNIS V K, KYRIAKIS S C, VLEMMAS J, et al. The effect of organic acids on the control of porcine post-weaning diarrhoea [J]. Res Vet Sci, 2001, 70 (3): 287-293.
- [12] KIL D Y, KWON W B, KIM B G. Dietary acidifiers in weanling pig diets: a review [J]. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 2011, 24 (3): 231-247.
- [13] 淡江华, 李国柱, 冯燕平, 等. 不同饲料添加剂对断奶仔猪生长性能、免疫性能、肠道健康及粪便微生物的影响 [J]. 动物营养学报, 2024, 36 (9): 5581-5593.
- [14] DAHMER P L, JONES C K. Evaluating dietary acidifiers as alternatives for conventional feed-based antibiotics in nursery pig diets [J]. Transl Anim Sci, 2021, 5 (2): txab040.
- [15] LUISE D, CORREA F, BOSI P, et al. A review of the effect of formic acid and its salts on the gastrointestinal microbiota and performance of pigs [J]. Animals, 2020, 10 (5): 887.
- [16] AHMED S T, HWANG J A, HOON J, et al. Comparison of single and blend acidifiers as alternative to antibiotics on growth performance, fecal microflora, and humoral immunity in weaned piglets [J]. Asian-Australas J Anim Sci, 2014, 27 (1): 93.
- [17] WALSH M C, SHOLLY D M, HINSON R B, et al. Effects of acid LAC and Kem-Gest acid blends on growth performance and microbial shedding in weanling pigs [J]. J Anim Sci, 2007, 85 (2): 459-467.
- [18] COLE D J A, BEAL R M, LUSCOMBE J R. The effect on performance and bacterial flora of lactic acid, propionic acid, calcium propionate and calcium acrylate in the drinking water of weaned pigs [J]. Vet Rec, 1968, 83 (18): 459-464.
- [19] ZHANG W, HE H, GONG L, et al. Effects of sweetener sucralose on diet preference, growth performance and hematological and biochemical parameters of weaned piglets [J]. Asian-Australas J Anim Sci, 2020, 33 (5): 802.
- [20] 马卓, 周莹, 李生涛, 等. 复合酸化剂对断奶仔猪生长性能、养分利用率及肠道组织形态的影响 [J]. 中国饲料, 2024, 742 (2): 31-34.
- [21] 廖正睿, 张立, 高萍, 等. 酸化剂对断奶仔猪生长性能、胃肠消化酶活性及饲料蛋白消化的影响 [J]. 甘肃农业大学学报, 2022, 57 (5): 9-16.
- [22] KIL D Y, PIAO L G, LONG H F, et al. Effects of organic or inorganic acid supplementation on growth performance, nutrient digestibility and white blood cell counts in weanling pigs [J]. Asian-Australas J Anim Sci, 2006, 19 (2): 252-261.
- [23] 刘梅, 刘文芳. 多种生化指标联合检测在肝病诊断中的应用 [J]. 世界最新医学信息文摘, 2018, 18 (40): 132.
- [24] 杨玲. 三丁酸甘油酯对断奶仔猪生长性能、肠道结构和血液生化指标的影响 [J]. 饲料工业, 2012, 33 (S1): 46-49.
- [25] 张翠, 王昕陟, 齐爱岭. 二甲酸钾对断奶仔猪生长性能和免疫指标的影响 [J]. 畜牧与兽医, 2011, 43 (2): 43-46.
- [26] 于瀚学, 齐娟. 复合酸化剂对仔猪生长性能、肠道菌群和血液生化与免疫指标的影响 [J]. 中国饲料, 2024, 752 (12): 29-32.
- [27] 何荣香, 吴媛媛, 韩延明, 等. 复合有机酸对断奶仔猪生长性能、血清生化指标、营养物质表观消化率的影响 [J]. 动物营养学报, 2020, 32 (7): 3118-3126.