

Z-27 菌剂对育肥猪生长性能、肠道酶活力及消化性能的影响

姜军坡¹,李 毅²,王世英^{1*},李梓慕¹,朱宝成¹

(1.河北农业大学 生命科学学院,河北 保定 071001; 2.河套学院 中等职业技术学校,内蒙古 巴彦淖尔 015000)

摘要:为明确枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)Z-27 制剂饲喂育肥猪的效果,将供试育肥猪分为试验组和对照组,对照组饲喂基础日粮,试验组0~30 d 饲喂添加0.1% Z-27 菌剂的基础日粮,31~40 d 饲喂不添加Z-27 菌剂的基础日粮,计算各组育肥猪的平均日增体质量及料重比;采集粪便并使用鉴别培养基进行培养和菌落计数;测定粪便中蛋白酶、 α -淀粉酶、脂肪酶、纤维素酶等消化酶活力及粗蛋白、淀粉、粗脂肪、粗纤维素等营养成分含量。结果显示,与对照组相比,试验组平均日增体质量提高了9.84%,料重比降低了7.05%;以试验8~30 d 的数据平均值计算,试验组育肥猪粪便中大肠杆菌数量降低了34.23% ($P<0.05$),乳酸菌、双歧杆菌、芽孢杆菌数量分别提高了40.05% ($P<0.05$)、30.76% ($P<0.05$)、52.79% ($P<0.05$);粪便中蛋白酶、 α -淀粉酶、纤维素酶、脂肪酶的平均活力分别提高了67.74% ($P<0.01$)、51.19% ($P<0.01$)、75.33% ($P<0.01$)、64.41% ($P<0.01$), β -葡聚糖酶的平均活力仅提高2.59% ($P>0.05$);粪便中残留的粗蛋白、粗纤维、粗脂肪和淀粉等营养成分含量分别下降了39.10% ($P<0.05$)、29.56% ($P<0.05$)、26.03% ($P<0.05$)和33.46% ($P<0.05$)。综上,Z-27 制剂能够抑制大肠杆菌等肠道病原菌,促进乳酸菌等有益菌的生长,维持育肥猪肠道微生态平衡,同时产生多种消化酶,有利于提高饲料转化率,提高育肥猪生长性能。

关键词:芽孢杆菌;育肥猪;生长性能;肠道菌群;消化酶;营养成分

中图分类号:S859.79⁺7 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-3268(2015)06-0131-06

Effects of Z-27 Preparation on Growth Performance, Digestive Enzymes Activities and Digestive Performance of Fattening Pigs

JIANG Junpo¹, LI Yi², WANG Shiyi^{1*}, LI Zimu¹, ZHU Baocheng¹

(1. College of Life Science, Agriculture University of Hebei, Baoding 071001, China;

2. Secondary Vocational Technical School, Hetao College, Bayannur 015000, China)

Abstract: Application effects of *Bacillus subtilis* Z-27 preparation on feeding fattening pigs, which were divided into the test group and the control group, were studied by feeding complete feed added with 0.1% Z-27 preparation to the test group during 0—30 days, and feeding complete feed to the control group. Both of two groups were fed the complete feed during 31—40 days. The average daily gain and feed-gain ratio were calculated by daily record. The bowel microflora in fattening pigs fecal samples were cultured and counted with differential mediums. Activities of digestive enzymes and nutritional ingredients in fattening pigs fecal samples were determined. Results showed that average daily gain of fattening pigs in the test group was increased by 9.84%. Feed-gain ratio in the test group was decreased by 7.05%. *E. coli* in fecal samples of the test group was decreased by 34.23% ($P<0.05$). *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* and

收稿日期:2015-01-20
基金项目:国家星火计划项目(2010GA105010);石家庄市科学技术研究与发展计划项目(151500062A)
作者简介:姜军坡(1981-),男,河北邢台人,讲师,硕士,主要从事农业微生物研究。E-mail:jjp_poe@126.com
* 通讯作者:王世英(1963-),男,河北衡水人,教授,主要从事应用微生物学研究。E-mail:wsy99999@126.com

Bacillus were increased by 40.05% ($P < 0.05$), 30.76% ($P < 0.05$) and 52.79% ($P < 0.05$), respectively, compared with the control group. Activities of protease, α -amylase, cellulase and lipase in fecal samples of the test group were increased by 67.74% ($P < 0.01$), 51.19% ($P < 0.01$), 75.33% ($P < 0.01$), 64.41% ($P < 0.01$) respectively, compared with the control group. But activities of β -glucanase showed no significant variation, only 2.59% ($P > 0.05$) promotion compared with the control group. Contents of crude protein, crude fiber, crude fat and starch were decreased by 39.10% ($P < 0.05$), 29.56% ($P < 0.05$), 26.03% ($P < 0.05$) and 33.46% ($P < 0.05$), respectively, compared with the control group. Research showed that *Bacillus subtilis* Z-27 preparation could inhibit *E. coli* and could promote the growth of beneficial bacterium, which was in favor of maintaining microecological balance. And Z-27 preparation also could produce digestive enzymes in favor of improving the feed conversion ratio and enhancing the growth performance of fattening pigs.

Key words: *Bacillus*; fattening pigs; growth performance; bowel microflora; digestive enzyme; nutritional ingredients

益生菌制剂是一种含有大量有益微生物、在肠道环境中存活并进行代谢、能够维持肠道微生态平衡、提高机体健康水平的活菌制剂^[1-6]。芽孢杆菌型益生菌能在动物肠道中生长繁殖,造成肠道形成厌氧环境,并产生多种消化酶^[7]。该类益生菌可产生芽孢,具有较好的抗逆特性,能耐受饲料制粒过程的高温、高压条件,且耐胆盐及胃液低 pH 值环境,还具有耐贮藏、保质期较长等特点,具有较好的应用前景。

Scharek 等^[8]向仔猪日粮中添加蜡样芽孢杆菌,用流式细胞术和荧光显微镜法测定空肠组织样本和淋巴集结中上皮内淋巴细胞数量,发现益生菌组仔猪上皮内的 CD8⁺ T 细胞显著增多。Sen 等^[9]向仔猪日粮中添加枯草芽孢杆菌 LS 1-2,发现 LS 1-2 可对仔猪生长性能、营养物质消化率、肠道微生物菌群和肠道形态等产生有利影响。国内关于芽孢杆菌型益生菌在猪生产中的应用效果研究主要集中在仔猪阶段^[10-13],而关于其在生长育肥猪上的应用效果尚未见报道。为此,对枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*) Z-27 制剂饲喂育肥猪的效果进行研究,探索饲喂该菌剂对育肥猪生长性能、肠道微生物菌群及粪便中消化酶活力和营养成分含量的影响,旨在明确芽孢杆菌型益生菌制剂饲喂育肥猪的效果。

1 材料和方法

1.1 试验材料与培养基

供试育肥猪为保定市清苑县大庄养殖场自繁的杜洛克长白杂交,体质量 50 kg 左右。

枯草芽孢杆菌 Z-27 菌剂:益生 Z-27 菌株的发酵液经连续离心、喷雾干燥后,加载体复配而成。菌粉活菌(芽孢)含量为 1.0×10^{10} cfu/g,具有抗腹泻等益生作用,由河北农业大学生命科学学院制药

工程系研制,以下简称 Z-27 菌剂。

基础日粮由保定方田饲料有限公司提供。

EMB 培养基、MRS 培养基、BBL 培养基、PCA 培养基的制备参考文献[8]。EMB 培养基用于分离、鉴别、计数大肠杆菌;MRS 培养基用于分离、鉴别、计数乳酸菌;BBL 培养基用于分离、鉴别、计数双歧杆菌;PCA 培养基用于分离、计数芽孢杆菌。

1.2 供试猪饲养管理及生长性能测定

将 28 头品种相同、日龄和体质量相当的育肥猪平均分为试验组和对照组。试验为期 40 d。对照组饲喂基础日粮;试验组 0~30 d 期间,饲喂添加 0.1% Z-27 菌剂的基础日粮,31~40 d 饲喂不添加 Z-27 菌剂的基础日粮,观察停止饲喂该菌剂后的情况。采用半自动化饲养模式,育肥栏内配有旋转式漏料器和挤压式饮水器,保证了自由采食和饮水。定时(每 2 d 一次)采集粪便样品,每次每组至少取 3 头猪(3 份)的粪便分装于灭菌牛皮纸袋中,及时送至实验室备检。每天向旋转式漏料器中添加日粮至相同标记线,加入量即为前一日总采食量。记录对照组和试验组育肥猪的采食量,计算日采食量。

分别于 0 d 和 40 d 称取 2 组供试猪的始质量和末质量,计算平均日增体质量及料重比:平均日增体质量 = (末质量 - 始质量) / (试验时间 \times 供试猪只数);料重比 = 平均日采食量 / 平均日增体质量。

1.3 育肥猪粪便中菌群的培养计数

称取对照组和试验组的新鲜猪粪样品各 3 份,每份 1.0 g。采用 10 倍梯度稀释法稀释至 10^{-8} ,选择至少 3 个稀释度以每平板(直径 9 cm)100 μ L 的接种量分别涂布于 EMB、MRS 及 BBL 鉴别培养基平板上,每种平板每个稀释度至少 3 个平行,37 $^{\circ}$ C 恒温培养 24~48 h。选择菌落数为 30~300 个的平板进行计数,分别检测粪便中大肠杆菌类、乳酸菌

类、双歧杆菌类的含量。其中双歧杆菌的培养在真空干燥器中进行。具体方法是将 BBL 平板倒置在干燥器中,点燃蜡烛,加盖密封,待蜡烛自然熄灭后,倾斜干燥器使底层的 200 mL 10% 的 NaOH 溶液与焦性没食子酸 20 g 混合,造成厌氧环境。然后 37 ℃ 恒温培养 24 ~ 48 h。

同样称取 2 组育肥猪粪便样品各 3 份,室温放置 3 d,让其中的芽孢杆菌充分形成芽孢。制备成 10^{-1} 的粪便悬浮液,80 ℃ 水浴 10 min,再采用 10 倍梯度稀释法稀释至 10^{-8} 。将至少 3 个稀释度的悬液按每平板(直径 9 cm)100 μ L 的量涂布接种于 PCA 培养基平板上,37 ℃ 恒温培养 24 ~ 48 h,以菌落数为 30 ~ 300 个的平板进行计数,检测芽孢杆菌的数量。

对于 2 组育肥猪,取相应 3 个样品的某菌群含量的平均值,作为当天该组育肥猪粪便的该菌群数量。

1.4 育肥猪粪便中酶活力的测定

1.4.1 待测酶液的制备 称取 2 组育肥猪新鲜粪便样品各 3 份,每份 5.0 g,加 20.0 mL 蒸馏水,用玻

璃棒搅拌,充分浸提约 30 min。8 000 r/min 离心 10 min,上清液即为稀释的待测酶液。

1.4.2 酶活力的测定 每次分别测定试验组 and 对照组各 3 个粪便样品以下 5 种酶的活力。 α -淀粉酶、蛋白酶、脂肪酶和纤维素酶活力的测定参照文献 [13] 的方法进行。 β -葡聚糖酶活力根据 NY/T 911—2004 方法测定^[14]。取 3 个样品的某酶活力平均值作为当天该组育肥猪粪便的酶活力。

1.5 育肥猪粪便中常规养分含量的测定

参照文献 [13] 的方法,测定粪便中粗蛋白、粗脂肪、淀粉、粗纤维的含量。每次分别测定试验组和对照组(各 3 个粪便样品)以上 4 种物质含量。取 3 个样品的含量平均值作为当天的某物质含量。

2 结果与分析

2.1 Z-27 菌剂对育肥猪生长性能的影响

由表 1 可知,试验期内试验组育肥猪的平均日增体质量比对照组提高 9.84%,料重比降低了 7.05%。表明 Z-27 菌剂明显提高了育肥猪的生长速度,并可降低生产成本。

表 1 Z-27 菌剂对育肥猪生长性能的影响

组别	平均始质量/ (kg/头)	平均末质量/ (kg/头)	平均增质量/ (kg/头)	平均日增质量/ (kg/头)	平均日采食量/ (kg/头)	料重比
对照组	50.42 ± 1.24	77.26 ± 1.37	26.84 ± 0.43	0.671	1.380 ± 0.132	2.057
试验组	51.57 ± 1.19	81.05 ± 1.34	29.48 ± 0.36	0.737	1.409 ± 0.147	1.912

2.2 Z-27 菌剂对育肥猪粪便中微生物菌群数量的影响

由图 1 可见,添加 Z-27 菌剂后,乳酸菌、双歧杆菌和芽孢杆菌等有益菌群的个体数量逐渐增加,而大肠杆菌逐渐减少,到第 8 天达到较为稳定的水平,一直保持到停饲 Z-27 菌剂之前;停止饲喂 Z-

27 菌剂后,试验组粪便中大肠杆菌的个体数量开始回升,而乳酸菌、双歧杆菌、芽孢杆菌的个体数量开始下降,逐渐接近对照组。

从测定的试验数据可知,饲喂 Z-27 菌剂后试验组育肥猪粪便中大肠杆菌数量(60.54×10^5 cfu/g,为第 8 天至第 30 天的平均数,下同)比对照组

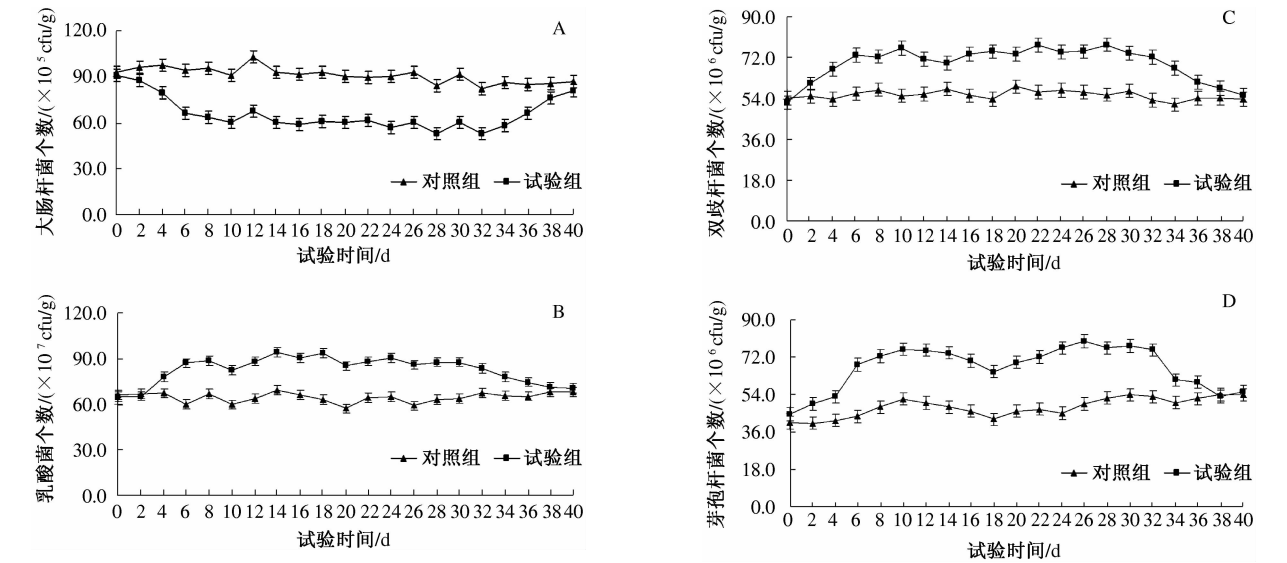


图 1 Z-27 菌剂对育肥猪粪便中微生物菌群数量的影响

(92.05×10^5 cfu/g)降低了 34.23% ($P < 0.05$),乳酸菌、双歧杆菌、芽孢杆菌数量(88.58×10^7 cfu/g、 74.18×10^6 cfu/g、 73.63×10^6 cfu/g)分别比对照组(63.25×10^7 cfu/g、 56.73×10^6 cfu/g、 48.19×10^6 cfu/g)提高了 40.05% ($P < 0.05$)、30.76% ($P < 0.05$)、52.79% ($P < 0.05$)。

2.3 Z-27 菌剂对育肥猪粪便中消化酶活力的影响

从图 2 可知,饲喂 Z-27 菌剂后,试验组育肥猪粪便中的蛋白酶、α-淀粉酶、纤维素酶、脂肪酶、β-葡聚糖酶的活力开始增加,8 d 后达到一个较为稳定的水平,直至第 30 天停饲 Z-27 菌剂之前;停饲菌剂后,以上各酶活力又开始下降,接近对照组。

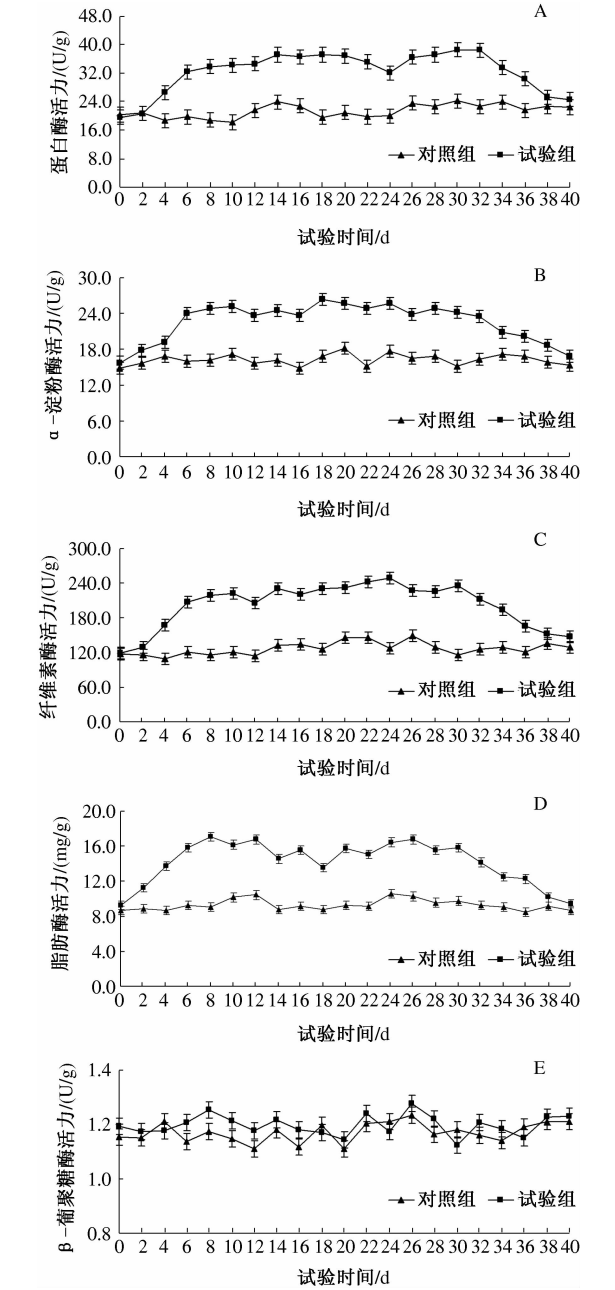


图 2 Z-27 菌剂对育肥猪粪便中消化酶活力的影响

从测定试验数据可知,饲喂 Z-27 菌剂后,在 8~30 d 期间,试验组育肥猪粪便中的蛋白酶、α-淀粉酶、纤维素酶及脂肪酶的平均活力(35.56 U/g、24.69 U/g、227.84 U/g、15.80 mg/g)分别比对照组(21.20 U/g、16.33 U/g、129.95 U/g、9.61 mg/g)提高了 67.74% ($P < 0.01$)、51.19% ($P < 0.01$)、75.33% ($P < 0.01$)、64.41% ($P < 0.01$)。β-葡聚糖酶的平均活力试验组(1.19 U/g)比对照组(1.16 U/g)增长不显著,只提高了 2.59% ($P > 0.05$)。

2.4 Z-27 菌剂对育肥猪粪便中常规营养成分含量的影响

从图 3 可知,饲喂 Z-27 菌剂后,试验组育肥猪粪便中的粗蛋白、粗纤维、粗脂肪和淀粉含量逐渐下降,8 d 后基本稳定。但停饲 Z-27 菌剂后,试验组粪便中这些物质的含量又不断升高,逐渐接近对照组。从具体试验数据分析可知,8~30 d 期间试验组粪便粗蛋白、粗纤维、粗脂肪和淀粉平均含量

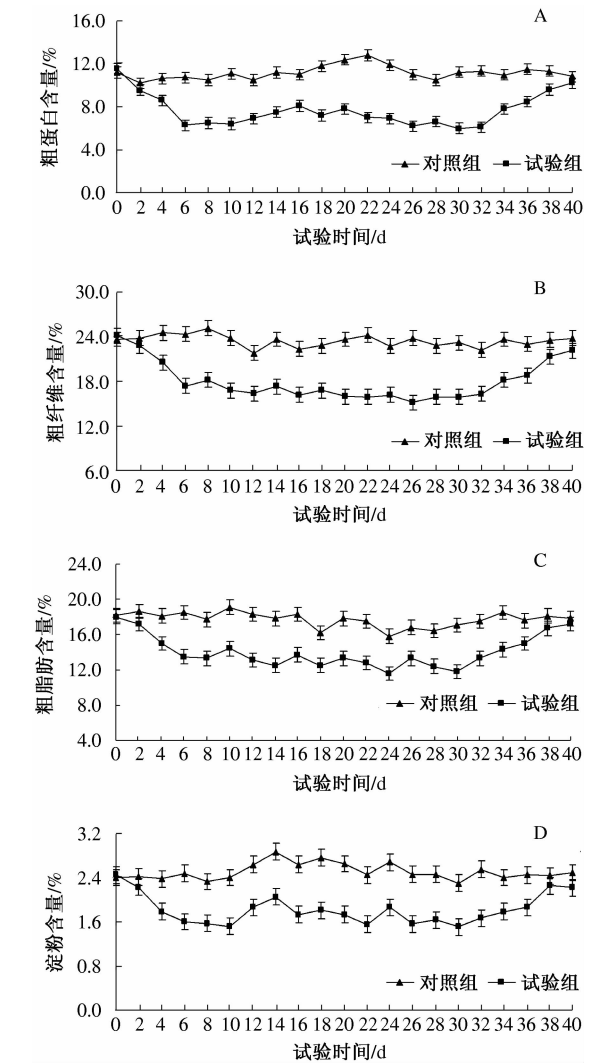


图 3 Z-27 菌剂对育肥猪粪便中常规营养成分含量的影响

(6.87%、16.47%、12.93%、1.69%)分别比对照组(11.28%、23.38%、17.48%、2.54%)下降了39.10% ($P < 0.05$)、29.56% ($P < 0.05$)、26.03% ($P < 0.05$)和33.46% ($P < 0.05$)。

3 结论与讨论

试验前期(0~8 d),随着时间的增加,试验组育肥猪粪便中的菌群数量、消化酶活力和有机营养物质含量等试验数据呈一定的变化规律。试验组粪便中的乳酸菌、双歧杆菌和芽孢杆菌的菌群数量逐渐增加,同时大肠杆菌数量逐渐减少,这有利于肠道的微生态平衡;试验组粪便消化酶活力逐渐提高,说明供试猪肠道相应酶活力也逐渐提高,有利于食糜的消化,从而提高饲料转化率;试验组育肥猪粪便中有机营养物质含量逐渐降低,这与肠道消化酶活力逐渐提高有关。试验8 d后,以上3类数据达到基本稳定,这与郝小燕等^[15]报道的益生菌在小鼠肠道的增殖规律基本一致。当停饲菌剂以后,这些数据的变化正好与以上所述规律相反,说明Z-27芽孢杆菌是育肥猪肠道过路菌,饲喂8 d后能增殖达到数量和作用最大的程度。故本试验计算从8 d至30 d试验组和对照组粪便中的菌群个体平均数量、平均酶活力及营养成分含量,并进行比较。

猪消化道可分泌产生胃蛋白酶、胰蛋白酶、乳糖酶、氨基肽酶、淀粉酶和脂肪酶等内源酶^[16],用以消化饲料营养成分。猪的消化道系统比较发达,食物在其中的滞留时间可达40.0~46.6 h^[17]。因此,添加到饲料中的芽孢杆菌可以利用消化道内环境充分生长繁殖,同时产生蛋白酶、淀粉酶、脂肪酶及纤维素酶等各种外源消化酶,这无疑可提高粪便或肠道中总酶活力,从而提高饲料转化率。本试验表明,添加Z-27菌剂后,育肥猪粪便中蛋白酶、 α -淀粉酶、纤维素酶及脂肪酶活力均显著增加,这与益生菌饲喂仔猪和其他动物的效果相近^[13,18-21]。育肥猪粪便中 β -葡聚糖酶活力增加不显著,主要原因可能是筛选Z-27菌株时是以蛋白酶、 α -淀粉酶、纤维素酶和脂肪酶活力为主要筛选指标,而 β -葡聚糖酶活力不作为筛选指标所致。本试验使用Z-27菌剂后,猪粪便中的粗蛋白、淀粉、粗脂肪和粗纤维等有机成分均明显下降,主要原因可能是以上酶活力提高所致,这与李梓慕等^[13]仔猪饲喂试验的结果一致。

试验期内(0~40 d),试验组育肥猪的平均日增体质量比对照组提高9.84%。根据动物生长速率与饲料消化利用率的相关性,Z-27菌剂对育肥猪

日增体质量的促进作用应该高于该值。在试验的8~30 d中,与对照组相比,试验组育肥猪粪便中的多种消化酶活力达到最高,而有机营养物质含量达到最低,说明此时饲料转化率最高。而在0~8 d和停饲菌剂后的10 d中,试验组育肥猪粪便消化酶活力分别有一个逐渐增加和逐渐降低的过程,即饲料转化率相应有一个逐渐提高和逐渐降低的过程。因此,如果按8~30 d计算,试验组育肥猪的平均日增体质量较对照组提高大于9.84%,此阶段试验组育肥猪体质量较对照组增长最快。这也表明Z-27菌剂的添加不是一劳永逸,应在饲喂过程中长期不间断添加方能达到最佳效果。

综上,Z-27制剂能够通过抑制大肠杆菌等肠道病原菌,促进乳酸菌等有益菌的生长,维护育肥猪肠道微生态平衡;通过产生多种外源消化酶,有利于提高饲料转化率,提高育肥猪生长性能。

参考文献:

- [1] 吕嘉彬,李瑛.益生菌制剂在养殖业的应用[J].饲料研究,2010(4):12-14.
- [2] 杨春雷,杨裕,巩振华.复合酶制剂对断奶仔猪生长性能和营养物质消化的影响[J].山西农业科学,2013,41(10):1122-1124.
- [3] 何颖,赵武,陈忠伟,等.NS复合乳酸菌对断奶仔猪生产性能、血液生化指标和腹泻率的影响[J].华北农学报,2011,26(B12):248-252.
- [4] 苏恺,王凯,孙力军,等.抗菌肽对断奶仔猪生产性能和健康水平的影响[J].河南农业科学,2013,42(9):112-115,127.
- [5] 陆琪.抗菌肽及其在畜牧业中的应用[J].现代农业科技,2008(8):167-168.
- [6] 莫瑾,方俊,蒋红梅,等.抗菌肽的研究进展[J].现代农业科技,2006(7):102-103.
- [7] 王连生,单安山,张圆圆.益生菌在仔猪生产中的应用研究[J].饲料研究,2009(9):15-17.
- [8] Scharek L, Altherr B J, Tolke C, et al. Influence of the probiotic *Bacillus cereus* var. toyoi on the intestinal immunity of piglets[J]. Veterinary Immunology and Immunopathology, 2007, 120(3/4):136-147.
- [9] Sen S, Ingale S L, Kim Y W, et al. Effect of supplementation of *Bacillus subtilis* LS 1-2 to broiler diets on growth performance, nutrient retention, caecal microbiology and small intestinal morphology[J]. Research in Veterinary Science, 2012, 93(1):264-268.
- [10] 朱五文,施伟领,陈晓峰.不同剂量枯草芽孢杆菌制剂对断奶仔猪饲养效果试验[J].畜牧与兽医,2007(8):32-33.

[11] 黄雪泉. 添加枯草芽孢杆菌制剂对仔猪生产性能的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2010, 37(7): 212-214.

[12] 孙燕, 边连全, 刘显军, 等. 枯草芽孢杆菌和抗生素对断奶仔猪生长性能的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2011, 47(7): 59-62.

[13] 李梓慕, 姜军坡, 周曙光, 等. *Bacillus subtilis* Z-27 制剂对仔猪肠道酶活及消化性能的影响[J]. 饲料工业, 2012, 33(20): 41-45.

[14] 中华人民共和国农业部. NY/T 911—2004 饲料添加剂 β -葡聚糖酶活力的测定 分光光度法[S]. 北京: 中国农业出版社, 2005.

[15] 郝小燕, 赵卫, 曹虹, 等. 益生菌对肠道致病菌肠粘附抑制作用[J]. 中国公共卫生, 2010, 12(26): 1516-1518.

[16] 蒋正宇, 周岩民, 王恬. 单胃动物内源消化酶活性变化规律研究进展[J]. 家畜生态学报, 2005, 26(6): 85-93.

[17] Pond W G, Pond K R, Ellis W C, et al. Markers for estimating digesta flow in pigs and the effects of dietary fiber[J]. Journal of Animal Science, 1986, 63: 1140-1149.

[18] 潘木水, 周凤珍, 张玲华, 等. 复合益生菌对肉仔鸡小肠内容物酶活性的影响[J]. 中国饲料, 2005(23): 21-22.

[19] 张锦华, 倪学勤, 何后军, 等. 不同益生菌对鲤鱼肠道蛋白酶、淀粉酶活力的影响[J]. 江西农业大学学报, 2005, 27(4): 513-516.

[20] 杨海英, 杨在宾, 杨维仁, 等. 益生菌和低聚木糖对断奶仔猪生产性能、消化酶活性、血液指标和肠道微生物的影响[J]. 中国兽医学报, 2009, 29(7): 914-919.

[21] 李路胜, 刘志彦, 种永常. 合生素对肉杂鸡免疫机能和消化酶活性的影响[J]. 饲料研究, 2010(5): 18-21.

(上接第 130 页)

土区目前耕作制度条件下大蒜氮肥施用提供指导依据。

参考文献:

[1] 吕玉花, 张留伟. 河南大蒜产业研究[J]. 河南农业, 2010(9): 16-17.

[2] 张桂荣. 鲁西南平原地区大蒜产量与施肥量关系研究[J]. 北方园艺, 2008(10): 67-68.

[3] 刘景福, 成瑞喜, 徐芳森. 磷肥对大蒜产量和品质的影响[J]. 湖北农业科学, 1995(6): 33-35.

[4] 冯磊, 刘世琦, 刘景凯, 等. 磷对水培青蒜生长及品质的影响[J]. 北方园艺, 2014(3): 9-14.

[5] 成瑞喜, 韦江群, 刘景福. 磷水平与大蒜产量和品质的关系[J]. 中国蔬菜, 1997(2): 6-8.

[6] 闫童, 刘士亮, 滕世辉, 等. 大蒜“3414”肥效试验研究[J]. 现代农业科技, 2011(22): 25, 27.

[7] 范宏伟, 刘兆进. 民乐县大蒜“3414”测土配方施肥试验研究[J]. 现代农业科技, 2013(4): 82-83, 85.

[8] 徐杰. 豫东潮土区大蒜氮磷钾推荐施肥研究[J]. 中国土壤与肥料, 2013(2): 62-65, 79.

[9] 张翔, 朱洪勋, 姜鸿启, 等. 大蒜氮肥的经济合理施用量研究[J]. 河南农业科学, 1995(6): 29-30.

[10] 刘正兴. 不同氮肥处理对新疆白皮大蒜生长发育、品质及产量的影响[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2009.

[11] 王应君, 王淑珍, 刘桂, 等. 大蒜氮肥效应及经济施用量试验研究[J]. 河南农业科学, 1991(11): 22-24.

[12] 张翔, 朱洪勋, 孙春河. 氮硫单施及配施对大蒜的效应研究[J]. 土壤肥料, 1997(5): 25-27.

[13] 张文君, 刘兆辉, 江丽华, 等. 氮素对大蒜产量影响和氮素供应目标值的研究[J]. 中国农学通报, 2008, 24(7): 254-259.

[14] 张涛. 氮和硼对大蒜生理、品质及“洋葱型大蒜”形成的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2012.

[15] 李虎申. 鲁西潮土大蒜氮钾配施增产效应试验研究[J]. 现代农业科技, 2008(3): 13.

[16] 李树和. 钾含量变化对无土栽培宝坻大蒜生长的影响[J]. 天津农业科学, 2010, 16(1): 101-104.

[17] 陈小叶. 腐殖酸钾液肥在大蒜上的应用[J]. 山西农业科学, 2003, 31(4): 50-51.