

# 生物工程平衡蛋白在三元杂交中猪中应用效果观察

王春芳<sup>1,2</sup> 王定发<sup>1</sup> 凌明湖<sup>1</sup> 程 蕾<sup>1</sup> 胡修忠<sup>1</sup> 夏 瑜<sup>1</sup>

陈汉生<sup>3</sup> 王 进<sup>3</sup> 徐 伟<sup>4</sup> 刘晓华<sup>1,3\*</sup>

1.武汉市农科院畜牧兽医科学研究所,武汉 430208;2.武汉市动物卫生监督所,武汉 430023;  
3.武汉明天生物科技有限公司,武汉 430206;4.湖北省红安闵湖畜牧有限公司,湖北红安,441322

**摘要** 为观察和验证生物工程平衡蛋白在生长中猪中的应用效果, 试验用 153 头断奶三元杂交中猪进行了为期 30 d 的试验。试验猪只随机分成 3 组, 每组 3 个栏, 每个栏中饲养 17 头中猪。其中, 对照组饲喂基础日粮, 含 20.0% 的豆粕; 试验 1 组为发酵菜粕组, 基础日粮中 20.0% 的豆粕完全由发酵菜粕替代; 试验 2 组为生物工程平衡蛋白组(棉粕+菜粕+杂粕+其他), 基础日粮中豆粕由生物工程平衡蛋白替代。结果发现: 试验前期, 试验各组平均日增重、平均日采食量和料肉比之间没有统计学差异; 试验后期, 试验 2 组的日均增重最高, 饲料转化率也是最优的, 和其他 2 组相比差异显著 ( $P < 0.05$ )。试验各组均出现腹泻现象, 但组间没有统计学差异 ( $P > 0.05$ )。入试的第 1 天和第 7 天试验各组猪只的血细胞数没有差异 ( $P > 0.05$ ); 到试验结束的第 30 天, 试验 2 组血细胞数显著 ( $P < 0.05$ ) 高于其他两组, 试验 1 组和对照组的血细胞数差异不显著 ( $P > 0.05$ )。试验 2 组的总蛋白水平显著 ( $P < 0.05$ ) 高于其他两组, 对照组和试验 1 组之间差异不显著 ( $P > 0.05$ )。对于总胆固醇而言, 试验 2 组和试验 1 组都显著 ( $P < 0.05$ ) 高于对照组, 但是试验 2 组和试验 1 组之间差异不显著 ( $P > 0.05$ )。表明生物工程平衡蛋白能通过高活性益生菌、复合酶、小肽、寡糖、有机酸等的协同作用, 提高饲料的适口性和消化效率、提高中猪的增重、激发中猪的免疫功能、保证中猪机体的肠道健康、提高中猪生长性能, 进而增加养殖经济效益。

**关键词** 生物工程平衡蛋白; 中猪; 生长性能; 生化指标; 发酵菜粕; 豆粕

自 1985 年英国发生首例疯牛病以来, 西欧各国就对肉骨粉等动物性饲料原料做出了限制甚至禁止使用的决定。在我国, 随着猪蓝耳病、猪高热病等疾病的流行和暴发, 人们对动物源性蛋白原料的使用开始产生忧虑。植物性非常规原料具有粗蛋白资源丰富, 价格低廉, 安全可靠, 加工、运输、保存和使用简易可行等优点。

我国棉籽粕和菜籽粕的资源非常丰富, 但其含有的抗营养因子限制了其在猪饲料中的大量应用。湖北地区非常规蛋白饲料中, 棉籽粕和菜籽粕的资源最为丰富, 花生粕次之, 另外还有芝麻粕、豆渣、红薯渣等农副产品。据统计, 全国各类饼粕

年产 6 500 万 t 以上, 92% 可用作饲料, 然而实际生产中由于非常规饲料原料中的抗营养因子或毒素的存在, 实际利用量只占 30%~50%。固态发酵可以降低棉粕、菜粕等非常规蛋白饲料中抗营养因子、提高其营养价值<sup>[1-3]</sup>。固态发酵过程中微生物产生的酶可以分解植物源性饲料中的纤维素、释放出植酸磷中的磷<sup>[4]</sup>; 乳酸杆菌在发酵过程中会产生有机酸, 可以改善饲料适口性, 降低动物肠道的 pH 值, 提高饲料的消化率。大分子蛋白酵解后生成的生物活性肽改善动物肠道健康、减少动物疾病和药物添加剂的使用。发酵使多糖酵解成寡糖, 寡糖是益生伴侣, 促进益生菌的增殖, 改善动物肠道菌群。但是单一

收稿日期: 2014-03-24

项目资助: 武汉市重大攻关计划(201302060201297); 武汉市高新技术成果转化及产业化项目(2014020303010184)

通讯作者: 刘晓华

王春芳, 女, 1972 年生, 高级畜牧师, 主要从事动物营养与水禽养殖的研究。

原料的发酵也存在营养不平衡、氨基酸不合理的缺陷。武汉明天生物科技有限公司把菜粕、棉粕、花生粕等杂粕辅以麸皮、玉米等能量饲料,调整碳氮比,接种复合益生菌,进行固态发酵后,将产品命名为生物工程平衡蛋白。

为观察和验证生物工程平衡蛋白在生长中猪中的应用效果,进行了本试验。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验猪只为闵湖猪场自繁自养的三元杂交猪杜长大;生物工程平衡蛋白为武汉明天生物科技有限公司生产的发酵产品;电子笼;国产 KT6180 全自动血细胞分析仪;7150 全自动生化分析仪。

### 1.2 试验时间

试验预试期为 7 d,试验期为 30 d。2013 年 7 月 11 日-17 日为预试期,同年 8 月 16 日结束试验。

### 1.3 试验设计

试验将 153 头断奶三元杂交中猪随机分成 3 组,每组 3 个栏,每个栏中饲养 17 头中猪。其中,对照组饲喂基础日粮,含 20.0%的豆粕;试验 1 组为发酵菜粕组,基础日粮中 20.0%的豆粕完全由发酵菜粕替代;试验 2 组为生物工程平衡蛋白组(棉粕+菜粕+杂粕+其他),基础日粮中豆粕由生物工程平衡蛋白替代。基础日粮组成及营养成分含量见表 1。

### 1.4 饲养管理

试验在同一栋育肥猪舍内进行,中猪转群前用清水冲洗栏舍和自动料槽,并对整栋猪舍进行消毒。试验期间按照猪场日常管理要求进行生产管理,并进行常规免疫、去势和驱虫。自由采食和饮

水。

### 1.5 测定指标与方法

1)生长性能指标。每天准确记录各重复(栏)的投料量、剩余料,观察并记录试验猪的腹泻头数、死亡头数。试验的第 1、7 和 30 天 20:00 停止喂料,照常供水,于次日早上对每个重复(栏)空腹逐头称重。

试验结束后,以重复(栏)为单位计算耗料量及试验前期(1~7 d)和后期(8~30 d)的平均日增重、平均日采量与料肉比。统计各重复的腹泻率、死亡率等。

腹泻率=试验期间每天腹泻头数总和/(试验天数×试验猪头数)

2)血细胞和血红蛋白。试验第 1、7 和 30 天,从每个重复分别挑选 2 头健康猪,颈静脉采血 5~10 mL,肝素钠抗凝,尽快送医院检测,测定血液中红细胞数及白细胞、单核细胞和血红蛋白的含量。

3)血液生化指标。试验结束后,试验猪空腹 12 h,从每个重复随机选取 1 头进行屠宰试验,收集血样 10 mL,用于测定血清生化指标。血样于 37 °C 静置 0.5 h,3 000 r/min 离心 10 min,分离血清,分装于 1 mL 的 Ependorf 离心管中-80 °C 保存。按照南京建成公司生化试剂盒说明书测定血清总蛋白、总胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白、血清尿素氮、免疫球蛋白 G。

### 1.6 数据与分析

所有试验数据均用“平均值±标准差”表示,用 SPSS11.5 软件进行单因子分析,进行 *t* 检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 生物工程平衡蛋白对断奶中猪生长性能的影响

生物工程平衡蛋白对断奶中猪生长性能的影响,结果见表 2。

由表 2 可知,试验前期,试验各组平均日增重、平均日采食量和料肉比之间差异不大,没有统计学差异,说明短时间内饲喂发酵菜粕和生物工程平衡蛋白对生长中猪的生产性能没有影响。

试验后期,试验 2 组的日均增重高于对照组 8.65%、高于试验 1 组 8.68%,且差异均显著( $P < 0.05$ );饲料转化效率比对照组提高了 6.22%、比试验 1 组提高了 7.86%,且差异均显著( $P < 0.05$ )。

表 1 基础日粮的组成及营养成分

原料组成	配比/%	营养指标	营养水平
玉米	67.3	消化能/(kJ/kg)	13.50
豆粕	20.0	粗蛋白质/%	15.45
麸皮	7.8	赖氨酸/%	0.88
豆油	0.9	蛋氨酸/%	0.53
预混料	4.0	钙/%	0.69
合计	100.0	总磷/%	0.50

注:每千克预混料含维生素 A 200 000 IU,维生素 D 4 000 IU,维生素 E 400 mg,维生素 K 30 mg,维生素 B1 40 mg,维生素 B12 350 μg,生物素 1.0 g,泛酸 250 mg,铜 3 500 mg,铁 2 500 mg,锰 1 000 mg,锌 2 500 mg。

表 2 试验各组的生长性能指标

项目		平均日增重 /g	平均日采食量 /g	料肉比
试验前期 (1~7 d)	试验 1 组(基础日粮)	431.36 ± 12.38	802.33 ± 23.54	1.86 ± 0.65
	试验 2 组(发酵菜粕)	432.29 ± 16.45	808.38 ± 12.84	1.87 ± 0.65
	试验 3 组(平衡蛋白)	435.11 ± 23.45	791.90 ± 52.12	1.82 ± 0.78
试验后期 (8~30 d)	试验 1 组(基础日粮)	734.54 ± 43.98 a	1 652.72 ± 245.16	2.25 ± 0.23 b
	试验 2 组(发酵菜粕)	726.06 ± 21.34 a	1 662.67 ± 56.18	2.29 ± 0.86 b
	试验 3 组(平衡蛋白)	798.09 ± 17.04 b	1 683.97 ± 56.89	2.11 ± 0.65 a

注:同列数据中肩标为不同小写字母者,表示差异显著( $P < 0.05$ )。下同。

表 3 试验各组猪只腹泻与死亡情况

项目	试验 1 组		试验 2 组		试验 3 组	
	腹泻率%	死亡率%	腹泻率%	死亡率%	腹泻率%	死亡率%
前期	7.84%	1.96%	7.84%	1.96%	3.92%	0/0
后期	1.96%	0.00	1.96%	0.00	1.96%	0/0
全期平均	4.90%	0.98%	4.90%	0.98%	2.94%	0/0

## 2.2 生物工程平衡蛋白对中猪腹泻和死亡的影响

试验期间最低气温 27.2 ℃、最高气温 39.5 ℃,异常炎热,导致该场猪只陆续出现中暑症状,该场出现了猪圆环病毒病、猪肾性皮炎综合征等。试验早期内出现了腹泻和死亡现象,对照组和试验 1 组各死亡 1 头;后期情况有所好转。具体情况如表 3 所示。

从表 3 可以看出,试验各组均出现了腹泻现象,但是不存在统计学差异( $P > 0.05$ )。

## 2.3 生物工程平衡蛋白对中猪血细胞和血红蛋白的影响

生物工程平衡蛋白对中猪血细胞和血红蛋白的影响见表 4。

从表 4 可以看出,入试的第 1 天和第 7 天各组试验猪只的血细胞数差异不显著( $P > 0.05$ );到第 30

天,试验 2 组血细胞数显著高于其他两组( $P < 0.05$ ),试验 1 组和对照组的血细胞数差异不显著( $P > 0.05$ )。试验各组的血红蛋白和血细胞有类似的趋势,第 1 天和第 7 天试验各组的血红蛋白含量之间差异不显著( $P > 0.05$ );第 30 天,试验 2 组的血红蛋白含量显著( $P < 0.05$ )高于试验 1 组,同时也高于对照组,但是没有统计学差异( $P > 0.05$ )。

## 2.4 生物工程平衡蛋白对中猪血液生化指标的影响

生物工程平衡蛋白对断奶中猪血液生化指标的影响,结果见表 5。

由表 5 可知,试验进行 30 d 后,试验 2 组的总蛋白水平显著( $P < 0.05$ )高于其他两组,对照组和试验 1 组之间差异不显著( $P > 0.05$ )。对于总胆固醇而言,试验 2 组和试验 1 组都显著( $P < 0.05$ )高于对照

表 4 试验各组各阶段血细胞数和血红蛋白含量

项目	分组	第 1 天	第 7 天	第 30 天
血细胞 ( $\times 10^{12}$ 个/L)	试验 1 组	2.52 ± 0.78	2.36 ± 0.42	2.49 ± 0.14 a
	试验 2 组	2.49 ± 0.11	2.69 ± 0.47	2.41 ± 0.57 a
	试验 3 组	2.50 ± 0.78	2.94 ± 0.65	2.89 ± 0.78 b
血红蛋白 白 / (g/L)	试验 1 组	84.54 ± 10.14	88.67 ± 9.95	94.23 ± 12.57 b
	试验 2 组	85.15 ± 9.39	87.23 ± 6.85	89.66 ± 13.58 a
	试验 3 组	84.12 ± 21.95	89.57 ± 11.94	99.45 ± 18.76 b

表 5 试验各组的血液生化指标

项目	对照组	试验 1 组	试验 2 组
总蛋白 / (g/L)	78.34 ± 20.65 a	73.93 ± 10.54 a	91.96 ± 22.09 b
总胆固醇 / (mmol/L)	3.42 ± 0.18 b	4.05 ± 1.15 a	4.57 ± 2.35 a
甘油三酯 / (mmol/L)	1.22 ± 0.44	1.46 ± 0.87	1.29 ± 0.14
高密度脂蛋白 / (mmol/L)	1.14 ± 0.56 a	2.09 ± 0.37 b	3.25 ± 0.32 b
血清尿素氮 / (mmol/L)	4.87 ± 2.41 b	5.49 ± 0.09 b	3.96 ± 3.12 a
免疫球蛋白 G / (g/L)	2.76 ± 0.37	2.95 ± 0.45	3.05 ± 1.46

注:同行数据中小写字母不同代表差异显著( $P < 0.05$ )。

组,但是试验 2 组和试验 1 组之间差异不显著( $P>0.05$ )。从试验结果还可以看出,生物工程平衡蛋白对中猪血液中的甘油三酯没有影响,对高密度脂蛋白和胆固醇有着一样的作用趋势。

### 3 讨 论

#### 3.1 生物工程平衡蛋白的配制和生产

豆粕蛋白质含量为 40%~48%, 赖氨酸含量为 2.5%~3.0%, 色氨酸含量为 0.6%~0.7%, 蛋氨酸含量为 0.5%~0.7%; 菜粕蛋白质的含量略低于豆粕, 蛋氨酸含量高(仅次于芝麻粕)、赖氨酸含量亦高,但是精氨酸含量低,有效能值偏低(淀粉含量低、菜籽壳难以消化利用)。棉粕蛋白质含量介于豆粕和菜粕之间,精氨酸含量高达 3.6%~3.8%, 赖氨酸含量仅为 1.3%~1.5%。武汉明天生物科技有限公司参考这些蛋白原料的营养特点,根据猪的理想蛋白模式(即氨基酸平衡理论)和净能体系理论,调整杂粕的复合比例,辅以能量原料,调整碳氮比,接种复合益生菌种,生产出新产品——生物工程平衡蛋白。

#### 3.2 生物工程平衡蛋白与生长中猪的生长性能、腹泻和死亡率

本试验中,以发酵菜粕和生物工程平衡蛋白为蛋白原料配制的全价饲料提高了生长中猪的生长速度和饲料转化效率,但是发酵菜粕的效果不如生物工程平衡蛋白。分析其原因:一方面可能是因为发酵蛋白原料(发酵菜粕和生物工程平衡蛋白)富含益生菌,可以产生丰富的酶、有机酸、B 族维生素;这些外源酶把饲料中的大分子蛋白和难以消化的碳水化合物分解为多肽(抗菌肽)、小肽、糖聚肽、多糖、寡糖等具有生物活性的物质;而这些生物活性物质对动物机体健康有积极的影响,促进了猪群的生长、提高了饲料的消化效率、降低了动物的死亡率。刘丁健等<sup>[9]</sup>研究发现,生物活性物质如小肽、抗菌肽可以通过提高猪群的健康水平来间接促进仔猪生长,这与复合抗菌肽制剂内的促生长因子有关。生物工程平衡蛋白作为蛋白原料饲喂中猪,其效果优于豆粕和发酵菜粕的另外原因是:生物工程平衡蛋白是有多种杂粕、麸皮和玉米按中猪理想蛋白模式进行科学配伍而成,其配方科学、碳元素和氮元素比例合理、氨基酸互补,接近于理想蛋白比例。根据饲料营养的水桶原理,理想蛋白条件下,能满足生长猪的营养需要、发挥生长猪的最大遗传潜力,使饲料的利用效率最大化。

现有生产条件下,多种细菌、病毒混合攻击猪群,使大量猪群处于亚健康状态,严重阻碍猪群生长潜能的发挥<sup>[6]</sup>。大量研究表明,肠道微生物对肠道形态和功能的发展非常重要。接触细菌的动物盲肠会变大且黏膜层会变薄、小肠的绒毛会变短且隐窝深度会变浅,导致中猪腹泻及营养物质的吸收率降低。本试验中,对照组较高的腹泻率可能是由于中猪刚刚断奶引起的断奶应激,加上开放式食槽难免有害细菌的污染。而同样条件下的试验 2 组中,富含益生菌的生物发酵饲料进入中猪消化道内可以迅速占领肠黏膜表层,形成生物屏障,通过占位性保护即竞争黏膜位点排斥病原微生物,来抑制外来致病菌的定植、占位、繁殖。同时在占位点的代谢产物(如乳酸、乙酸、丙酸、细菌等新型物质)又可以阻止或杀灭病原微生物。所以,可以减轻甚至抑制中猪腹泻的发生。

#### 3.3 生物工程平衡蛋白与生长中猪的血细胞和血红蛋白

血细胞和血红蛋白水平的提高能够在机体内运输更多的氧,而机体更多的氧供应可以减少自由基的形成,提高机体的免疫力。本试验中生物工程平衡蛋白能显著提高中猪血清中血细胞和血红蛋白的含量,这一结果与生物工程平衡蛋白能提高中猪生长性能和降低其死亡率有相似的趋势,说明生物工程平衡蛋白能通过改善中猪血液指标来提高生猪的生长性能和健康状况。

#### 3.4 生物工程平衡蛋白与生长中猪的血液生化指标

血清总蛋白是多种蛋白质的混合物,有营养、运输、参与机体免疫等功能,同时有利于维持机体的代谢,一定程度上反映机体的蛋白质代谢状况和营养状况。本试验中,生物工程平衡蛋白中猪血清总蛋白含量有积极的影响,效果显著,说明生物工程平衡蛋白提高了机体总蛋白含量。免疫球蛋白 G 也存在同样的趋势,说明生物工程平衡蛋白极有可能是通过影响机体的免疫球蛋白而使血清总蛋白增加的。

血清中总胆固醇和甘油三酯含量的异常升高通常是脂蛋白代谢异常的一种反映,其不正常的上升往往引起肾脏、心血管和脑血管方面的疾病。高密度脂蛋白主要在肝脏和小肠中合成,能清除存在于组织细胞中的胆固醇,从而确保体内胆固醇浓度稳定。本试验中生物工程平衡蛋白组血清中的总胆