

饲用芽孢杆菌制剂的研究进展及其在养猪生产中的应用

谭荣炳

湖南九鼎集团技术研究中心,长沙 410000

随着抗生素作为饲料添加剂的广泛使用,在给养殖业带来巨大经济效益的同时,其中的弊端也逐渐被人们所认识。抗生素的滥用和长期使用导致动物肠道重复感染和二重感染,同时导致病原微生物产生耐药性、动物产品产生药物残留、畜产品品质降低等,从而对微生态安全和食品安全产生重大威胁。在这种情况下,许多国家和地区都已禁止或即将禁止抗生素作为饲料添加剂使用,但随之而来的问题是养殖经济效益下降、动物疾病增加等。为了降低抗生素禁用带来的养殖效益的损失,各国学者都在寻求抗生素的理想替代品。

芽孢杆菌制剂是一种新型微生态制剂,具有较高的蛋白酶、脂肪酶、淀粉酶和纤维素酶活性,对植物性碳水化合物也有较强的降解能力。据统计,国内外用于畜禽生产中的芽孢杆菌种类有枯草芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌、短小芽孢杆菌、蜡样芽孢杆菌、环状芽孢杆菌、巨大芽孢杆菌、坚强芽孢杆菌、东洋芽孢杆菌、纳豆芽孢杆菌、芽孢乳杆菌、丁酸梭菌等。

芽孢杆菌是一类好氧或兼性厌氧菌,在制剂中以内生孢子形式存在,能忍受酸碱、高温、挤压、紫外线、电磁辐射、某些化学药品等多种不良环境,具有良好的稳定性,在饲料加工、运输和储存过程中损失较小,还具有其他益生菌所没有的抗逆性。孢子进入动物肠道后,在肠道上部能迅速复活并分泌活性很强的蛋白酶、脂肪酶、淀粉酶、纤维素酶等多种酶,有助于降解植物性饲料中某些复杂的碳水化合物,产生具有拮抗肠道致病菌的多种物质,同时通过生物夺氧消耗肠道内的氧气造成厌氧环境。肠道原籍优势菌大多属厌氧菌,而有害菌和外来菌多

为需氧菌,从而有利于维持肠道生态平衡。同时,芽孢杆菌的使用可避免长期使用抗生素产生的毒副作用和耐药性问题,可防止微生态菌群失调,而且为绿色食品的生产提供了条件。因此,芽孢杆菌在动物生产中具有广阔的应用前景。

1 饲用芽孢杆菌的作用机理

1.1 优势菌群说

在正常微生物群与畜禽机体和环境所构成的微生态系统内,少数优势种群对整个种群起决定作用,一旦失去了优势种群则造成微生态失调,使用芽孢杆菌制剂可补充或恢复优势种群,使失调的微生态达到新的平衡。

芽孢杆菌制剂主要通过以下 4 种方式维持有益菌的优势:一是直接充实有益的优势菌群,并使之在肠道内定植;二是与有害菌竞争养分或吸附位点;三是消耗氧气,形成无氧环境(一般有害菌为需氧菌);四是产生抑菌物质,如乳酸、过氧化氢、溶菌酶、抗菌物质等。Cavazzoni 等^[1]研究表明,凝结芽孢杆菌的芽孢可以在肉仔鸡和哺乳仔猪的消化道内迅速出芽,在肉仔鸡的嗉囊和仔猪的胃中未出芽的芽孢只占采食量的 10%。另外,芽孢杆菌的营养体和芽孢均可以在肉鸡十二指肠生存,而不被胆盐和胃酸所抑制或杀死,芽孢杆菌可以在动物消化道不断地出芽和形成芽孢,具有极强的生长繁殖的能力。

1.2 生物夺氧说

畜禽肠道内的优势微生物种群为厌氧菌,当一些有益的耗氧益生菌(如芽孢杆菌)进入肠道后在生长繁殖过程中消耗环境内的氧气,造成厌氧环

境,有助于厌氧菌的生长,从而使失调的菌群平衡调整到正常的状态以达到治病促生长的目的。

1.3 生物拮抗说

生物拮抗,就是正常的微生物群有序地定植于黏膜或细胞上皮构成机体防御屏障,而有害菌只有定植于黏膜上皮的某些位点才能对机体发挥毒性作用,这些微生物可竞争性抑制病原微生物黏附到肠黏膜上皮细胞上,同病原微生物竞争营养物和生态位点,从而在一定程度上阻止了病原微生物的生长繁殖。

目前,研究动物消化道菌群的方法主要有微生物计数法、PCR 法等多种方法,但是每种方法都不能完全确切地表明微生态的平衡状态。黄俊文等^[2]研究表明,饲喂纳豆芽孢杆菌后,仔猪结肠中的乳酸杆菌和双歧杆菌数量显著高于对照组($P < 0.05$),而大肠杆菌的数量要低于对照组($P < 0.05$)。但也有研究表明,蜡样芽孢杆菌可以降低断奶仔猪十二指肠和空肠食糜中大肠杆菌的数量,但是在回肠、盲肠和结肠食糜中大肠杆菌的数量却明显增加($P < 0.05$);在试验的前期仔猪粪便中的大肠杆菌和肠球菌的含量明显低于对照组,但是在后期,上述 2 种细菌的含量却高于对照组^[3]。

1.4 增强机体免疫力

芽孢杆菌可成为非特异性免疫因子,通过细菌本身或细胞壁成分刺激宿主细胞,激活免疫系统,提高机体抗体水平或巨噬细胞活性,使动物的体液免疫和细胞免疫水平提高,增强机体抵抗力。益生菌的免疫调节作用主要体现在可以调节致炎和抗炎因子的平衡,从而达到抑制过敏反应的目的。

高建忠等^[4]研究富硒益生菌对仔猪抗氧化能力和免疫功能的影响,结果表明:在 60 d 时,试验组仔猪血液 GSH-Px 活性、血清 SOD 活性、血液和组织中的硒含量及血清中的猪瘟抗体水平均显著高于对照组,MDA 水平显著低于对照组。

1.5 促进营养物质的消化吸收

动物微生态制剂中的活菌可以在动物消化道内产生一些有益代谢产物,如有机酸、抗菌物质、各种酶类物质、过氧化氢等。有机酸(如乳酸、乙酸、丙酸等)能够降低肠道 pH 值,从而能抑制致病性大肠杆菌和沙门氏菌的生长繁殖;有机酸还可加强肠道的蠕动,促进消化吸收。而且在酸性环境中,胃蛋白酶原被激活为有消化能力的胃蛋白酶,有助于蛋白质的消化吸收;芽孢杆菌的营养体不仅可以分泌复

杂的胞外酶系(纤维素酶、蛋白酶、淀粉酶等),而且在营养体形成芽孢过程中产生抗菌素。

过氧化氢的抗菌原理是使细胞膜脂肪发生氧化反应从而产生细胞毒性,或者产生具有细胞毒性的羟基;同时还可以激活肠道内乳过氧化物酶-硫氢酸盐系统,在这一系统中,过氧化物酶与过氧化氢结合,然后将硫氢酸盐氧化成氧化性中间产物,这种产物能抑制微生物的生长。另外,微生态制剂中的有益菌群在消化道繁衍,能促进消化道内多种氨基酸、维生素等一系列营养成分的有效合成和吸收利用,从而促进畜禽生长发育和增重。

挥发性脂肪酸(VFA)是动物消化道微生物发酵的产物,其含量和组成可间接反应消化道微生态的情况。苏勇等^[5]将 6 窝仔猪随机分成对照组和处理组,研究外源芽孢乳杆菌对仔猪空肠和结肠食糜中 VFA 含量的影响,结果表明:断奶后,仔猪结肠 VFA 含量明显下降;与对照组相比,处理组结肠 VFA 含量明显较高。由此可见,芽孢乳杆菌可以改善动物消化道的菌群分布及其代谢情况。但是,其作用效果因动物消化道微生态的完善程度(平衡程度)而异。

1.6 减少粪便中有害物质的产生

饲喂芽孢杆菌可抑制肠道内腐败菌生长,减少腐败物质产生,降低粪便中氨和硫化氢的含量。王晓霞等^[6]报道,果寡糖和枯草芽孢杆菌的添加使发酵粪中 NH_3 和 H_2S 的散发量分别降低 62.14%($P < 0.05$)和 28.49%($P < 0.05$)。Canh 等^[7]报道,猪摄入含芽孢杆菌的饲料后,粪便中大肠杆菌数减少到原来的 2%。在肠道内,芽孢杆菌还可产生氨基氧化酶及分解硫化氢的酶类,从而降低了蛋白质向刺激性较强的氨和胺的转化,使血液和肠道中氨的浓度降低,也降低了向外界的排泄量,改善了饲养环境。同时,肠道内产生有害物质的减少,可维持肠上皮细胞处于较好的吸收状态,并降低肠上皮细胞的更新率,从而降低动物的维持需要。

2 饲用芽孢杆菌制剂在养猪生产中的应用

2.1 提高生产性能

戴荣国等^[8]报道,仔猪基础日粮中添加蜡样芽孢杆菌后,仔猪的平均日增重较对照组明显提高,前、后期及全期平均日增重分别显著提高 45.7% ($P < 0.01$)、14.74%和 23.92% ($P < 0.05$);料重比分

别降低 18.8% ($P < 0.05$)、4.3% 和 7.2% ($P > 0.05$); 同时, 饲料采食量也得到了显著的提高, 但是饲料转化率没有得到明显的改善。霍军等^[9]在生长育肥猪饲料中添加芽孢杆菌后 (100 mg/kg 饲料, 活菌数 10^8 个/g), 生长育肥猪的平均日增重较空白对照组提高了 13.42% ($P < 0.01$)、料肉比降低了 11.83% ($P > 0.05$)。陈兵等^[10]在仔猪日粮中添加纳豆芽孢杆菌, 结果表明: 前期试验组仔猪日增重较对照组分别提高 12.31% 和 12.51% ($P < 0.05$), 料重比下降 8.56% ($P < 0.01$) 和 6.31% ($P < 0.05$); 后期试验组日增重较对照组分别提高 11.36% ($P < 0.01$) 和 9.14% ($P < 0.01$), 料重比下降 8.70% ($P < 0.01$) 和 5.93% ($P < 0.01$), 尤以低剂量添加组效果最好。范先超等^[11]选用体重约 20 kg 的杜长大三元杂交仔猪 40 头, 试验组日粮添加 0.1% 益生菌, 结果表明: 仔猪日增重试验组比对照组增加 14.25%, 差异显著 ($P < 0.05$); 料肉比降低 8.23%。李焕友等^[12]将复合芽孢杆菌添加到仔猪日粮中, 结果表明: 600 mg/kg 的添加量效果最好, 且比抗生素效果要好。黄沧海等^[13]研究了枯草芽孢杆菌益生菌添加剂对仔猪生长性能的影响, 处理 1 添加 0.1% 普百克、处理 2 添加 0.2% 普百克、处理 3 添加 80 mg/kg 的喹乙醇, 在断奶后第 1、2 和 3 周 3 个处理组间仔猪的日增重、料肉比和日采食量都无显著差异; 断奶后 3 周 3 个处理组之间日增重和日采食量无显著差异; 添加 0.2% 普百克组料肉比较低, 差异显著 ($P < 0.05$)。陈旭东等^[14]研究表明, 芽孢杆菌制剂能显著改善断奶仔猪日增重、饲料转化率和腹泻率; 芽孢杆菌添加于饲料能显著提高日采食量 ($P < 0.05$)。

此外, 芽孢杆菌对繁殖母猪的生产性能也有所改善。郭丽华等^[15]在妊娠及哺乳母猪饲料中添加地衣芽孢杆菌, 不仅可提高母猪的繁殖性能、改善肠道功能、降低便秘率, 还可增加仔猪出生体重以及日增重, 且腹泻率比对照组降低了 15.78%、死淘率仅为对照组的 44.48%。

宋良敏^[16]研究表明, 在哺乳母猪饲料中添加复合微生物制剂 (含有芽孢杆菌制剂) 能够促进胎儿和乳腺发育, 母猪奶水增多, 提高母猪窝产活仔数与仔猪初生重, 其中 0.1% 添加量效果最佳; 但对于仔猪初始重, 0.4% 处理组最高, 且断奶仔猪体重亦最重。

2.2 增强免疫功能

吴伟等^[17]研究在断奶仔猪日粮中添加芽孢杆菌、

低聚果糖制剂对其生长性能及血清 IgA、IgG、CD⁴⁺、CD⁸⁺、猪瘟抗体水平等指标的影响, 结果表明: 低聚果糖、芽孢杆菌制剂能显著提高断奶仔猪猪瘟抗体水平、IgA 和 IgG 水平 ($P < 0.05$), 但对 CD⁴⁺ 和 CD⁸⁺ 指标影响不大。

王虎伟^[18]选用 48 头平均体重为 (6.39 ± 0.42) kg 的 (21 \pm 2) 日龄杜长大三元杂交断奶仔猪, 饲喂基础日粮和含有芽孢杆菌制剂的日粮 (含有芽孢杆菌 1.3×10^{11} cfu/g), 结果表明: 试验组可以显著提高仔猪断奶后第 7 天血清 IL-1 β 水平 ($P < 0.05$), 也显著提高第 21 天血清 IgG、IL-6 和 TNF- α 及回肠黏膜 SIgA 水平 ($P < 0.05$), 而粪便 IgA 及外周血 T 淋巴细胞 CD³⁺、CD⁴⁺ 和 CD⁸⁺ 及 CD⁴⁺/CD⁸⁺ 并无显著性差异。

黄俊文等^[19]在 (5.57 ± 0.04) kg 断奶仔猪日粮中添加 0.1% 的纳豆芽孢杆菌 (1 000 mg/kg), 结果表明: 血清中 CD³⁺、CD⁴⁺ 水平显著高于对照组 ($P < 0.05$), 且 MDA 含量显著降低 ($P < 0.05$), GSH-Px 活性增强, 对仔猪的免疫和抗氧化机能有改善作用。

边连全等^[20]报道, 枯草芽孢杆菌有助于提高血清免疫球蛋白 G 的含量 ($P < 0.05$) 和免疫球蛋白 A 的含量 ($P < 0.05$), 合生元组补体 C3、C4 水平显著高于对照组 ($P < 0.05$), 表明枯草芽孢杆菌可提高断奶仔猪的体液免疫功能。

免疫器官的生长、发育和成熟有赖于抗原的刺激, 芽孢杆菌的菌体成分 (如胞壁酸、肽聚糖、多肽、蛋白质等) 可以作为抗原刺激肠道或以免疫佐剂的形式作用于动物免疫器官, 促进免疫器官的生长发育。其次, 芽孢杆菌在消化道内大量繁殖, 不断合成多种有益物质 (如维生素、氨基酸等), 直接促进免疫器官的生长发育。

2.3 调控肠道内微生态环境并促进肠道发育

邓军等^[21]研究枯草芽孢杆菌和猪源乳酸杆菌混合菌 (体积比 1:1) 对仔猪肠绒毛发育的影响并对饲喂混合菌液的试验组进行大肠埃希氏菌 K88 的攻毒试验, 结果表明: 同时饲喂枯草芽孢杆菌和猪源乳酸杆菌能显著提高十二指肠 ($P < 0.05$) 和回肠 ($P < 0.01$) 的肠绒毛高度, 增加十二指肠 ($P < 0.05$) 和空肠绒毛 ($P < 0.01$) 的数量, 降低空肠 ($P < 0.05$) 和回肠 ($P < 0.01$) 的隐窝深度, 以及增加十二指肠 ($P < 0.05$)、空肠 ($P < 0.05$) 和回肠 ($P < 0.01$) 的绒毛比, 此外同时饲喂这 2 种益生菌能有效地拮抗大肠

埃希氏菌 K88 对仔猪肠道上皮的损伤。研究提示枯草芽孢杆菌和猪源乳酸杆菌对肠道绒毛的发育起到了促进作用,并能有效地提高抗感染能力、预防腹泻和防治疾病。

2.4 改善养殖环境

饲料中蛋白质、肽、氨基酸、氯化物通过发生氨基酸脱氨基反应、尿素水解、细胞自溶等异化作用,分解产物最终生成氨。肠道细菌利用氨发生同化作用,生成菌体蛋白、核酸等物质。因此,肠道内氨浓度的高低直接反应了微生物对氨的利用状况,氨浓度降低说明氨的同化作用加强。

郭丽华等^[19]选取平均体重 124 kg 左右、2~3 胎次的妊娠母猪 30 头,于产前 30 d 至产后 28 d 饲喂地衣芽孢杆菌制剂和菌粉,结果表明:至 57 d 时,试验组的猪舍氨气浓度比对照组分别降低了 7.29% 和 6.59%,尽管差异不显著。另外,添加 0.3% 枯草芽孢杆菌可明显降低断奶仔猪猪舍的氨气浓度^[22]。

肖定福等^[23]研究结果表明,地衣芽孢杆菌微生态制剂能显著降低断奶后 10~30 日龄仔猪肠道内氨浓度,减少了臭气排放量,显著降低了猪场环境污染。与杜珍辉^[24]报道的地衣芽孢杆菌能降低猪粪中 NH₃ 浓度相符。

有关研究用腊样芽孢杆菌饲喂猪,发现氮沉积显著增加,血氨浓度减少 13.15%~20.11%,尿氨浓度减少 5.15%~17.10%。这说明血液及排泄物中氨的含量下降,释放到环境中的氨自然减少;同时 pH 值的下降可抑制腐败微生物的作用,也降低了腐败物质的产生;另外,粪便含有大量活菌也可利用剩余的氨及胺。

2.5 改善肉质

宋良敏^[16]在 55 kg 左右的生长肥育猪饲料中添加 0.1%、0.2%、0.4% 的枯草芽孢杆菌,与对照组相比,枯草芽孢杆菌饲料添加剂能提高猪肉酸价,也能增加猪肉系水力($P < 0.05$),其中 0.1% 添加量效果最好,其次为 0.2% 与 0.4% 的添加量;将枯草芽孢杆菌以 0.2%、0.4% 的添加量饲喂育肥猪后,猪肉中脂肪含量增加;另外,各试验组肉色均优于对照组。

3 小结

综上所述,饲用芽孢杆菌以其独特的物理、化学和生物特性在提高动物生产性能和免疫性能、促

进胃肠道发育、改善肉质、改善养殖环境方面起着抗生素不可替代的作用。随着养殖业的发展和人均动物产品占有量的增加,人们物质生活条件逐渐改善,消费者对动物产品质量要求越来越高,出于安全的考虑,人们选择绿色、天然食品的需求也将愈加强烈。芽孢杆菌制剂来源于动物消化道,通过饲料投入使其回到原来的环境,发挥天然生理功能,是一类天然安全的饲料添加剂。在实际应用上,芽孢杆菌相比抗生素的效果也不遑多让,势必在未来的动物生产中发挥越来越重要的作用并有着广阔的开发前景。

参 考 文 献

- [1] CAVAZZONI V, ADAMI A, CASTROVILLI C. Performance of broiler chickens supplemented with *Bacillus coagulans* as probiotic[J]. Br Poultry Sci, 1998, 39(4): 526-529.
- [2] 黄俊文, 林映才, 冯定远, 等. 纳豆菌甘露寡糖对仔猪肠道 pH 微生物区系及肠黏膜形态的影响[J]. 畜牧兽医学报, 2005, 36(10): 1021-1027.
- [3] GEDEK B, ROTH F X, KIRCHGESSNER M, et al. Influence of fumaric acid, hydrochloric acid, sodium formate, tylosin and toyocerin on the microflora in different segment of the gastrointestinal tract[J]. Pig News and Information, 1993, 14(2): 178.
- [4] 高建忠, 秦顺义, 黄克和. 富硒益生菌对仔猪抗氧化和免疫功能的影响[J]. 动物营养学报, 2006, 28(2): 128-135.
- [5] 苏勇, 姚文, 黄瑞华. 芽孢乳杆菌 S1 对断奶前后仔猪肠道乳酸菌、大肠杆菌和挥发性脂肪酸含量变化的影响[J]. 福建农林大学学报, 2006, 35(1): 73-76.
- [6] 王晓霞, 易中华, 计成, 等. 果寡糖和枯草芽孢杆菌对肉鸡肠道菌群数量、发酵粪中氨气和硫化氢散发量及营养素利用率的影响[J]. 畜牧兽医学报, 2006, 37(4): 337-341.
- [7] CANH T T, SUTTON A L, AARNINK A J A, et al. Dietary carbohydrates alter the fecal composition and pH and the ammonia emission from slurry of growing pig [J]. Anim Sci, 1998, 76: 1887-1895.
- [8] 戴荣国, 曹国文, 姜永康, 等. 不同芽孢杆菌组合对仔猪生产性能的影响[J]. 动物科学与动物医学, 2005(8): 53-54.
- [9] 霍军, 程会昌, 宋予震. 抗生素与芽孢杆菌制剂对猪生产性能影响的比较研究[J]. 现代畜牧兽医, 2004(11): 19-20.
- [10] 陈兵, 缪志伟, 朱凤香, 等. 仔猪日粮中添加纳豆芽孢杆菌的效果试验[J]. 浙江畜牧兽医, 2003(4): 5-7.
- [11] 范先超, 秦春娥. 益生菌对仔猪生产性能的影响[J]. 江西畜牧兽医杂志, 2003(4): 24-25.
- [12] 李焕友, 甄辑铭, 田萍, 等. 微生态制剂在断奶仔猪饲料中应用效果研究[J]. 饲料工业, 2001, 22(3): 10-12.
- [13] 黄沧海, 陈东晓, 谯仕彦. 普百克对断奶仔猪生长性能和腹泻的效果[J]. 中国畜牧兽医, 2004, 31(9): 3-5.