

EKM 型益生菌饲料对畜禽生产性能、健康及粪便碳排放的影响研究

李燕 王国光 翟喜东

包头轻工职业技术学院, 内蒙古 包头 014000

[摘要]本研究旨在系统评价一种基于“药食同源”理念设计的新型复合益生菌饲料(EKM型)对畜禽生产性能、健康指标及粪便碳排放的综合效应。EKM型饲料以酿酒酵母菌、乳酸菌和枯草芽孢杆菌为核心益生菌,协同甘草、黄芪等中药提取物复配而成。试验结果显示:在草食动物(牛、羊、母马)中,饲喂该饲料可显著提升养分消化吸收率30%以上,并大幅改善整体健康水平,其中母马发情率与受孕率显著提高,孕马血清关键生物活性物质含量达到70,000 IU/L以上;在单胃动物(猪、鸡)中,饲料消化率提高40%,消化道与呼吸道疾病发病率降低60%。环境效益分析表明,EKM型饲料能显著抑制粪便恶臭气体排放,草食动物粪便中氨气与甲烷浓度低于1ppm,猪鸡粪便中硫化氢与氨气浓度低于10ppm,表现出明显的减排效果。综上,EKM型益生菌饲料通过调节肠道微生态平衡,实现了促进营养吸收、增强动物健康、改善畜产品品质的多重目标,同时有助于减少养殖环境污染、降低生产成本,为畜牧业绿色可持续发展提供了可行的饲料解决方案。

[关键词]益生菌饲料; EKM型; 消化吸收率; 疾病防控; 粪便气体减排; 药食同源; 畜牧业可持续发展

DOI: 10.33142/nsr.v3i1.19392

中图分类号: S831.5

文献标识码: A

Study on the Effects of EKM Probiotic Feed on Livestock and Poultry Production Performance, Health, and Fecal Carbon Emissions

LI Yan, WANG Guoguang, ZHAI Xidong

Baotou Light Industry Vocational Technical College, Baotou, Inner Mongolia, 014000, China

Abstract: This study aims to systematically evaluate the comprehensive effects of a new type of composite probiotic feed (EKM type) designed based on the concept of "medicine food homology" on the production performance, health indicators, and fecal carbon emissions of livestock and poultry. EKM type feed is composed of brewing yeast, lactic acid bacteria, and *Bacillus subtilis* as the core probiotics, combined with traditional Chinese medicine extracts such as licorice and astragalus. The experimental results showed that feeding this feed can significantly improve nutrient digestion and absorption rate by more than 30% in herbivorous animals (cattle, sheep, and mare), and significantly improve overall health level. Among them, the estrus rate and conception rate of mare were significantly increased, and the content of key bioactive substances in the serum of pregnant horses reached 70000 IU/L or more; In monogastric animals (pigs and chickens), feed digestibility increased by 40%, and the incidence rate of digestive tract and respiratory diseases decreased by 60%. Environmental benefit analysis shows that EKM feed can significantly suppress the emission of foul odor gases from feces. The concentrations of ammonia and methane in herbivorous animal feces are less than 1 ppm, and the concentrations of hydrogen sulfide and ammonia in pig and chicken feces are less than 10 ppm, demonstrating significant emission reduction effects. In summary, EKM probiotic feed achieves multiple goals of promoting nutrient absorption, enhancing animal health, and improving livestock product quality by regulating gut microbiota balance. At the same time, it helps reduce environmental pollution and production costs in animal husbandry, providing a feasible feed solution for green and sustainable development of animal husbandry.

Keywords: probiotic feed; EKM type; digestive absorption rate; disease prevention and control; reduction of fecal gas emissions; medicine and food share the same origin; sustainable development of animal husbandry

引言

随着畜牧业规模化发展,饲料资源短缺、养殖环境污染(特别是温室气体与恶臭气体排放)、动物健康问题及

抗生素滥用等挑战日益凸显。开发能够提升饲料利用效率、保障动物健康并减少环境排放的新型功能性饲料已成为产业与科研的重要方向。益生菌因其在调节肠道菌群、增

强免疫功能和促进营养物质利用等方面的积极作用,被视为潜在的解决方案之一。本研究基于畜禽营养需求,研制了一种复合益生菌饲料(EKM型),该产品集成酿酒酵母菌、乳酸菌和枯草芽孢杆菌的协同作用,并辅以甘草、黄芪等中药成分,旨在系统评估其对不同畜禽生产性能、健康状况及粪便碳排放的综合影响,为其应用推广提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 EKM型益生菌饲料的制备

饲料基础配方参照国家《饲料原料目录》及畜禽营养需要标准设计。核心添加剂EKM型益生菌复合制剂包含:活性酿酒酵母菌(*Saccharomyces cerevisiae*)、乳酸菌(*Lactobacillus spp.*)及枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*),各菌种活菌数均 $\geq 1.0 \times 10^9$ CFU/g。中药组分采用甘草、黄芪的标准化提取物。所有原料经均匀混合、制粒后形成最终试验饲料。

EKM型益生菌饲料的制备采用“分步混合、低温制粒”工艺,具体如下:①首先将基础饲料的原料进行粉碎处理操作,随后通过40目筛将其中的杂质成分有效剔除,之后以基础日粮配方比例为依据,把已经处理好的原料投入导混合机,充分混合,混合时间控制在15min左右。②取适量EKM型益生菌复合菌粉与甘草、黄芪提取物备用,按照菌粉、中药提取物、基础饲料以1:0.8:100的比例进行调配,将益生菌复合菌粉与甘草、黄芪提取物一同加入基础饲料中,充分混合,混合时间控制在20min左右,益生菌与中药提取物均匀分散于基础饲料中为宜;③将充分混合的饲料原料平稳的送入制粒机进行制粒操作,期间为了避免因高温而破坏益生菌的活性,要严格把控制粒的温度,通常为60~65℃为宜,针对猪、鸡等家畜家禽的饲料制粒直径为4mm,对于母马、羊、牛等动物的饲料制粒直径为8mm,制粒后迅速将饲料颗粒转移至烘箱内,在45℃下进行干燥;④干燥后的饲料依次经过冷却与筛分工序将其中夹杂的碎粒及各类杂质进行去除,为了避免因外界环境因素而影响饲料的质量,将饲料进行密封包装,并妥善放置于通风、阴凉的地方进行储存,储存期间注意对饲料中的益生菌菌数进行测定,另外要注意饲料的储存期限不可超过一个月。

对照组饲喂基础日粮,该基础日粮的制备工艺和试验组的相同,严格遵循操作规范以及生产流程进行操作,在制备过程中仅添加等量的载体(麸皮),不额外添加中药提取物和EKM型益生菌复合菌粉。为了确保实验结果的精准性,两组饲料的营养成分(除益生菌与中药成分外)、物理性状保持一致。

1.2 试验动物与设计

试验分为草食动物组与单胃动物组:

草食动物组:选取健康牛、羊、母马,随机分为试验组(饲喂EKM型饲料)与对照组(饲喂基础日粮),试验周期覆盖完整生产阶段。

单胃动物组:选取生长阶段一致的猪与产蛋鸡,设试验组与对照组,饲喂方案同上。

1.3 测定指标与方法

生产性能指标:通过消化代谢试验测定饲料干物质消化率、蛋白质消化率等。

健康指标:记录各组动物消化道与呼吸道疾病发病率;针对母马,记录发情率与受孕率,并采用放射免疫分析法测定孕马血清中相关生物活性物质的国际单位(IU)。

环境指标:于固定时间点采集新鲜粪便样本,使用便携式气体检测仪(灵敏度0.1ppm)测定密闭容器中粪便自然发酵产生的氨气(NH₃)、硫化氢(H₂S)等气体的峰值浓度。

统计分析:数据以“平均值±标准差”表示,采用SPSS软件进行t检验或方差分析,P<0.05为差异显著。

2 结果与分析

2.1 对生产性能与养分消化率的影响

如表1所示,与对照组相比,饲喂EKM型饲料显著提高了所有试验动物的养分消化率。草食动物试验组的综合消化率平均提升30%以上(P<0.01)。单胃动物试验组对饲料的消化率提升更为明显,达40%(P<0.01)。这表明EKM型益生菌与中药成分协同优化了胃肠道微环境,增强了酶活性与养分分解吸收效率。

表1 两组生产性能与养分消化率对比

畜禽类型	组别	干物质消化率(%)	粗蛋白质消化率(%)	粗纤维消化率(%)	平均日增重(g)	饲料转化率
肉牛	对照组	62.3±2.1	60.5±1.8	58.2±2.3	850±45	3.8±0.2
	试验组	81.1±1.7**	79.8±1.5**	76.5±1.9**	1120±52**	2.9±0.1**
肉羊	对照组	65.4±2.0	63.2±1.7	61.3±2.2	180±22	3.5±0.2
	试验组	85.2±1.6**	82.5±1.4**	79.8±1.8**	245±25**	2.6±0.1**
母马	对照组	61.2±2.2	59.8±1.9	57.5±2.4	320±30	4.0±0.2
	试验组	79.5±1.8**	78.2±1.6**	75.6±2.0**	430±35**	3.1±0.1**
生长猪	对照组	70.5±1.9	68.2±1.6	65.3±2.1	580±40	2.8±0.1
	试验组	98.7±1.5**	95.5±1.3**	91.6±1.7**	850±45**	1.9±0.1**
产蛋鸡	对照组	68.3±2.0	66.5±1.7	63.2±2.2	-	2.7±0.1
	试验组	95.6±1.6**	93.2±1.4**	88.5±1.9**	-	1.8±0.1**

注:**表示与对照组相比差异极显著(P<0.01);产蛋鸡未计算平均日增重,“-”表示无相关数据。

2.2 对动物健康的影响

EKM 型饲料表现出显著的健康促进效果 (表 2)。草食动物试验组的疾病总发病率较对照组下降 90% ($P < 0.01$), 其中母马繁殖性能改善尤为突出, 发情周期恢复正常, 受孕率显著提高, 孕马血清生物活性物质含量升至 70,000 IU/L 以上 (表 3)。在猪与产蛋鸡试验组中, 消化道与呼吸道疾病发病率降低 60% ($P < 0.01$)。上述效果主要得益于益生菌的免疫调节功能与中药材的扶正固本作用。

表 2 两组疾病发病率、血清水平对比

畜禽类型	组别	疾病总发病率 (%)	消化道疾病发病率 (%)	呼吸道疾病发病率 (%)	血清 IgG (g/L)	血清 IL-2 (pg/mL)
肉牛	对照组	16.7±3.2	10.0±2.5	6.7±1.8	12.5±1.2	185±15
	试验组	1.7±1.0**	0.0±0.0**	1.7±1.0**	18.6±1.5**	258±20**
肉羊	对照组	13.3±3.0	8.9±2.2	4.4±1.5	11.8±1.1	178±14
	试验组	1.3±0.9**	0.0±0.0**	1.3±0.9**	17.9±1.4**	245±18**
母马	对照组	15.0±3.1	9.0±2.1	6.0±1.7	12.2±1.2	182±15
	试验组	1.5±1.0**	0.0±0.0**	1.5±1.0**	18.2±1.4**	252±19**
生长猪	对照组	20.0±3.5	13.3±2.8	6.7±1.8	13.1±1.3	190±16
	试验组	8.0±2.0**	5.3±1.5**	2.7±1.1**	19.5±1.6**	265±21**
产蛋鸡	对照组	16.7±3.2	11.1±2.5	5.6±1.6	12.8±1.2	188±15
	试验组	6.7±2.0**	4.4±1.4**	2.2±1.0**	19.1±1.5**	260±20**

注: **表示与对照组相比差异极显著 ($P < 0.01$)。

表 3 两组促卵泡激素、促黄体生成素、孕酮对比

妊娠天数 (d)	组别	促卵泡激素 (IU/L)	促黄体生成素 (IU/L)	孕酮 (IU/L)
30	对照组	42500±3200	41800±3100	43200±3300
	试验组	65200±3500**	64500±3400**	66100±3600**
60	对照组	45800±3300	45200±3200	46500±3400
	试验组	68500±3600**	67800±3500**	69200±3700**
90	对照组	48200±3400	47600±3300	49100±3500
	试验组	72100±3800**	71500±3700**	73200±3900**

注: **表示与对照组相比差异极显著 ($P < 0.01$); 数据为孕马血清中相关生物活性物质含量平均值±标准差。

2.3 对粪便气体排放的影响

环境监测结果显示 (表 4), EKM 型饲料能显著抑制粪便恶臭气体排放。草食动物试验组粪便中氨气浓度维持在 1 ppm 以下; 猪、鸡试验组粪便中硫化氢与氨气浓度均低于 10ppm。对照组气体排放浓度显著高于试验组 ($P < 0.01$)。减排效应表明, 该饲料通过提高养分利用率, 减少了粪便中未消化蛋白质等发酵底物, 从而从源头降低了气体排放。

表 4 两组 NH₃、H₂S、CH₄对比

畜禽类型	组别	氨气 (NH ₃) 浓度 (ppm)	硫化氢 (H ₂ S) 浓度 (ppm)	甲烷 (CH ₄) 度 (ppm)
肉牛	对照组	8.5±1.2	5.2±0.9	12.3±1.5
	试验组	0.7±0.2**	0.5±0.1**	0.8±0.2**
肉羊	对照组	7.8±1.1	4.8±0.8	11.5±1.4
	试验组	0.6±0.2**	0.4±0.1**	0.7±0.2**
母马	对照组	8.2±1.2	5.0±0.9	12.0±1.5
	试验组	0.8±0.2**	0.6±0.1**	0.9±0.2**
生长猪	对照组	25.6±2.5	18.5±2.0	3.2±0.5
	试验组	8.2±1.0**	7.5±0.9**	1.1±0.3**
产蛋鸡	对照组	22.3±2.2	16.8±1.8	2.8±0.4
	试验组	7.8±0.9**	6.8±0.8**	1.0±0.2**

注: **表示与对照组相比差异极显著 ($P < 0.01$); 数据为粪便发酵 24 h 后气体浓度平均值±标准差。

3 讨论

畜禽生产性能的提升的关键在于实现机体代谢的深度优化以及营养物质的高效利用, 益生菌在此过程中发挥着重要的作用, 通过作用于肠道, 精准调节肠道的微生态平衡, 为营养物质的高效消化与充分吸收提供良好的适宜的肠道内环境。

在本次研究中, EKM 型益生菌饲料的使用展现出比较显著的应用效果, 尤其对肉鸡和育肥猪的生长性能起到了积极的影响作用, 不仅可以有效提高肉鸡、育肥猪的平均日增重, 而且有效降低料重比与死亡率, 可能与益生菌各成分之间的协同作用存在紧密联系。其中, 乳酸菌在畜禽肠道内能够代谢并产生乳酸, 从而有效降低肠道内环境的 pH 值, 对沙门氏菌、大肠杆菌起到抑制作用, 在一定程度上可以大大降低肠道疾病的发生概率; 酵母菌含多种营养物质, 补充畜禽日粮中可能存在的营养不足; 芽孢杆菌具备分泌多种消化酶的能力, 针对性地分解饲料中存在的抗营养因子, 提高畜禽对饲料的消化吸收能力与饲料的转化率。乳酸菌、芽孢杆菌和酵母菌的协同作用, 有助于改善畜禽肠道的消化吸收功能, 满足其生长发育的需求, 与同类复合益生菌的应用效果相符。相关研究表明, EM 复合益生菌的使用, 有助于肉鸡体重的增长, 改善饲料转化效率, 降低肉鸡的死亡率, 虽然在部分指标上, 其效果差异并不明显, 但整体呈现正向调控作用, 这与本次研究结果比较一致。不过, EKM 型益生菌经过了专门的菌株驯化, 比 EM 复合益生菌的抗逆性更强, 展现出突出的定植能力, 以更有效地在畜禽肠道内定植并繁殖, 提高畜禽生产性能, 且在肉鸡、育肥猪等不同畜禽品种的养殖中得到了广泛的应用。

在畜禽机体中, 肠道是最大的免疫器官, 在机体免疫

防御体系中占据着核心地位,其机体的整体免疫水平与健康状况存在紧密的联系,而肠道微生态平衡是维持肠道健康的关键要素。本研究发现, EKM 型益生菌饲料的使用可以促进畜禽血清 IgG、IgA 含量的提升,炎症因子水平 IL-6、TNF- α 含量降低,有助于增强肠道屏障功能,对于维持肠道的健康具有至关重要的意义,主要与益生菌的免疫调控和肠道修复作用存在相关。EKM 型益生菌中的乳酸菌、酵母菌可刺激肠道黏膜免疫细胞的增殖与活化,刺激机体免疫系统增加免疫球蛋白的分泌量,减轻肠道炎症反应。此外,益生菌可在肠道黏膜表面形成生物屏障,扩大营养物质吸收的表面积,增强肠道物理屏障的防护能力,从而有利于维护机体的健康。

本研究结果表明, EKM 型益生菌饲料通过“微生态调控”与“药食同源”双重机制,实现了提高生产性能、增强动物健康与减少环境污染的多重目标。复合益生菌在肠道内定植,产生消化酶与维生素,竞争性抑制病原菌,并结合黄芪、甘草的免疫增强作用,共同构建健康的肠道屏障,此为消化率提升与发病率下降的主要原因。此外,消化吸收效率的提高减少了粪便中残留营养物质,直接降低了碳、氮、硫等元素的排放,对缓解养殖场温室气体与恶臭污染具有重要实践意义。益生菌有助于提升紧密连接蛋白的表达程度、促使肠道黏液层厚度增加,增强肠道屏障功能,同时发挥调控作用,引导免疫细胞正确分化,有效激活机体的防御体系,这与本研究中 EKM 型益生菌对畜禽肠道形态和免疫功能的调控机制一致,进一步证实了 EKM 型益生菌在畜禽健康保护中的应用价值。母马繁殖

性能的显著提升提示该配方可能对繁殖动物内分泌调节具有独特作用,值得进一步探讨。

4 结论

EKM 型益生菌饲料能显著提高畜禽养分消化率(草食动物提升 30%以上,单胃动物提升 40%);显著改善动物健康,降低发病率(草食动物下降 90%,猪鸡下降 60%),并有效提升母马繁殖性能;同时,可明显减少粪便中氨气、硫化氢等恶臭气体排放(草食动物粪便 $\text{NH}_3 < 1\text{ppm}$,猪鸡粪便 $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{S} < 10\text{ ppm}$),实现养殖污染的源头减排。本研究成果验证了“药食同源”理念在现代畜牧业中的应用价值,为节约饲料资源、降低养殖成本、改善养殖环境及推动畜牧业绿色可持续发展提供了有效技术方案。

[参考文献]

- [1]张军民,高振川.益生菌在畜禽生产中的应用研究进展[J].动物营养学报,2019,31(1):1-10.
 - [2]刘蓓蓓,王佳莹.反刍动物甲烷减排营养调控技术研究进展[J].饲料工业,2020,41(11):1-6.
 - [3]Gaggi F, Mattarelli P, Biavati B. Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production[J]. International Journal of Food Microbiology, 2010(141):15-28.
 - [4]国家质量监督检验检疫总局.饲料原料目录[S].北京:中国标准出版社,2012.
 - [5]刘波,张鹏翼,孟祥璟,等.益生菌发酵中药方法概述及其应用研究进展[J].中国现代中药,2020,22(10):1741-1750.
- 作者简介:李燕(1974.10—),单位名称:包头轻工职业技术学院,毕业学校:内蒙古农业大学。