

益生菌在断奶仔猪腹泻防控中的作用机制与应用效果

罗春明

湖南省永州市祁阳市大忠桥镇人民政府农业综合服务中心 湖南 永州 426100

摘要: 断奶应激是现代集约化养猪生产中影响仔猪健康和生长性能的关键瓶颈,其中以断奶后腹泻(Post-weaning diarrhea, PWD)最为突出。PWD不仅导致仔猪高死亡率、生长迟滞,还因抗生素的过度使用而加剧了细菌耐药性和食品安全问题。在此背景下,寻找安全、有效的抗生素替代品成为行业共识。益生菌作为一种绿色环保的饲料添加剂,因其在调节肠道微生态、增强宿主免疫力及抑制病原菌等方面的多重功效,被广泛研究并应用于PWD的防控。本文系统综述了断奶仔猪腹泻的成因,深入剖析了益生菌通过竞争性排斥、代谢产物抑菌、屏障功能强化、免疫调节及微生物群落重塑等核心作用机制,并全面评估了其在实际生产中的应用效果、影响因素及未来发展方向,旨在为益生菌在养猪业中的科学、高效应用提供理论依据与实践指导。

关键词: 益生菌;断奶仔猪;腹泻;作用机制;应用效果;肠道健康

引言

仔猪早期断奶能提升母猪繁殖效率、加速商品猪周转,但人为干预使其面临多重应激,消化系统不成熟、免疫功能低及肠道微生态失衡引发断奶后腹泻(PWD)。PWD多由产肠毒素大肠杆菌等病原菌导致,严重时可致死,给养猪业带来巨大损失。长期以来,抗生素是预防和治疗PWD的主要手段,但滥用引发细菌耐药性这一公共卫生危机,多国出台政策限制或禁止饲料中添加促生长类抗生素。因此,开发安全有效的抗生素替代策略迫在眉睫。益生菌作为活的微生物,天然、无残留、无耐药性风险,被视为有潜力的替代品,合理使用可缓解断奶应激、降低PWD发病率。不过,其作用效果受多种因素影响,机制复杂。本文整合成果,阐述其防控PWD的作用机制并客观评价应用效果,以推动精准化、标准化应用。

1 断奶仔猪腹泻的成因分析

断奶仔猪腹泻成因主要有三方面:一是消化生理功能紊乱。断奶后,仔猪从液态母乳转为固态饲料,营养转变大。其胃酸分泌能力弱,胃内pH值升高,削弱蛋白质消化能力,还为病原菌繁殖创造碱性环境;胰腺和小肠绒毛上皮细胞分泌的消化酶活性不足,营养物质无法充分降解,未消化物质进入后肠,经病原菌发酵产生有害物质,损伤肠道黏膜,加剧腹泻。二是免疫系统功能低下。仔猪出生后依赖母源抗体获得被动免疫,断奶切断了这一来源,而自身主动免疫系统在3-4周龄时尚未完全建立,处于“免疫空白期”。肠道相关淋巴组织功能不健全,对病原微生物的识别、清除能力下降,易受病原体侵袭^[1]。三是肠道微生态失衡。哺乳期仔猪肠道菌群

以有益菌为主,断奶应激打破平衡,饮食结构改变和应激激素释放抑制有益菌生长,潜在致病菌大量增殖,削弱肠道定植抗力,放大全身性应激反应,形成恶性循环,诱发或加重腹泻。

2 益生菌防控断奶仔猪腹泻的核心作用机制

2.1 竞争性排斥与空间占位

这是益生菌最直接、最经典的抑菌机制。益生菌(如乳酸杆菌、芽孢杆菌)在口服后能够成功定植于仔猪的肠道黏膜表面,与病原菌(如ETEC)竞争有限的附着位点(如肠上皮细胞上的糖脂、糖蛋白受体)。由于益生菌通常具有更强的黏附能力,它们能优先占据这些“生态位”,形成一层生物保护膜,物理性地阻止病原菌与肠上皮细胞的接触和黏附。没有成功黏附的病原菌便无法发挥其毒力因子(如F4、F18菌毛)的作用,只能随粪便排出体外,从而从源头上阻断了感染过程。

2.2 代谢产物介导的抑菌作用

益生菌在肠道内旺盛的生长繁殖过程中,会源源不断地产生多种具有强大抑菌活性的代谢产物,从而营造出一个对病原菌极为不利的微环境。首先,乳酸杆菌和双歧杆菌等能够发酵肠道内的碳水化合物,产生大量的乳酸、乙酸等短链脂肪酸(SCFAs)。这些有机酸的积累能够显著降低肠道局部的pH值,这种酸性环境不仅能直接抑制甚至杀灭对酸敏感的大肠杆菌、沙门氏菌等革兰氏阴性菌,还能反过来激活胃蛋白酶,促进蛋白质的消化,从而减少进入后肠的未消化底物,抑制腐败发酵^[2]。其次,许多益生菌,如某些特定的乳酸杆菌和枯草芽孢杆菌,能够合成一类被称为细菌素(Bacteriocins)的小分子肽或蛋白质。细菌素具有高度的靶向性,能特异性

地攻击亲缘关系较近的病原菌,通过在其细胞膜上打孔,导致细胞内容物泄漏而死亡。此外,部分乳酸杆菌在有氧条件下还能产生过氧化氢(H_2O_2),作为一种强氧化剂,它能有效破坏病原菌的细胞膜结构和遗传物质DNA,起到广谱的杀菌作用。

2.3 增强肠道物理与化学屏障功能

健康的肠道屏障是防止病原体和毒素入侵的最后一道防线。益生菌能从多个层面强化这一屏障。(1)促进肠上皮细胞增殖与修复:益生菌及其代谢产物(特别是丁酸)是结肠上皮细胞的主要能量来源,能刺激肠上皮细胞的增殖与分化,加速受损绒毛的修复。研究表明,饲喂益生菌的仔猪,其小肠绒毛高度增加、隐窝深度变浅,绒毛高度/隐窝深度(V/C)比值显著提高,这意味着更大的吸收表面积和更强的消化吸收能力。(2)上调紧密连接蛋白表达:肠道上皮细胞之间通过紧密连接(Tight Junctions, TJs)蛋白(如Occludin, Claudins, ZO-1)紧密相连,形成选择性通透的物理屏障。断奶应激会导致TJ蛋白表达下调,肠道通透性增加(“肠漏”)。益生菌能通过激活AMPK、MAPK等信号通路,上调TJ蛋白的表达,从而降低肠道通透性,有效阻止病原体、内毒素等有害物质透过肠壁进入血液循环。

2.4 免疫调节作用

益生菌被誉为“天然的免疫调节剂”,其对仔猪免疫系统的调控是多维度、双向的。(1)激活先天性免疫:益生菌的细胞壁成分(如肽聚糖、脂磷壁酸)可作为病原体相关分子模式(PAMPs),被肠上皮细胞和肠道免疫细胞(如树突状细胞、巨噬细胞)表面的模式识别受体(PRRs,如Toll样受体TLRs)所识别。这一识别过程能激活NF- κ B等信号通路,促进免疫细胞分泌白细胞介素(IL-1 β , IL-6, TNF- α)等促炎因子,启动快速的非特异性免疫应答,以清除入侵的病原体。(2)调节适应性免疫:更重要的是,益生菌能诱导免疫耐受,防止过度炎症反应。它们能促进调节性T细胞(Treg)的分化,并刺激免疫细胞分泌抗炎因子(如IL-10, TGF- β),从而平衡Th1/Th2免疫应答。此外,益生菌还能刺激肠道派氏结(Peyer's patches)中的B细胞分化为浆细胞,大量分泌sIgA。sIgA能与肠腔内的病原体和毒素结合,形成免疫复合物,阻止其黏附和侵入肠上皮,是肠道黏膜免疫的第一道防线。

2.5 重塑肠道微生物群落结构

益生菌的引入不仅仅是增加几个有益菌那么简单,它能够通过上述的竞争、抑菌和代谢活动,深刻地改变整个肠道微生物的组成和功能。(1)抑制病原菌丰度:通过竞争排斥和代谢产物抑菌,益生菌能有效降低大肠杆

菌、产气荚膜梭菌等致病菌的数量。(2)富集有益菌群:益生菌产生的SCFAs等物质,不仅是自身能源,也是其他共生菌(如双歧杆菌)的良好底物,从而间接促进了整个有益菌群的繁荣^[3]。(3)提升菌群多样性与稳定性:一个健康、多样的微生物群落更具抵抗力和恢复力(Resilience)。益生菌的补充有助于构建一个结构更复杂、功能更稳定的微生态系统,增强了肠道抵抗后续扰动(如再次应激、病原入侵)的能力,从根本上提升了仔猪的健康水平。

3 益生菌的应用效果评估

大量体内外试验和生产实践证明,科学合理地使用益生菌对防控断奶仔猪腹泻具有显著成效。

3.1 对腹泻率和死亡率的影响

这是衡量益生菌效果最直观、最关键的生产指标。众多严谨的科学研究和广泛的田间试验证明,在断奶仔猪的日粮中添加经过筛选的特定益生菌,如植物乳杆菌、屎肠球菌或枯草芽孢杆菌等,能够将断奶后腹泻(PWD)的发病率有效降低20%至50%,仔猪的死亡率也随之呈现显著下降趋势。尽管其见效速度可能不如抗生素那般立竿见影,但益生菌的优势在于其作用的安全性、持久性以及无任何药物残留和耐药性风险,为猪场的长期健康发展奠定了坚实基础。

3.2 对生长性能的改善

益生菌对仔猪健康的积极影响最终会转化为实实在在的生产性能提升。由于益生菌有效改善了肠道健康状况和消化吸收功能,饲喂益生菌的仔猪通常表现出卓越的生长表现。它们的平均日增重(ADG)更高,这得益于更高效的营养吸收以及因疾病和炎症减少而节省下来的宝贵能量^[4]。同时,其料重比(F/G)更低,反映出肠道消化效率的提高和饲料转化率的优化。此外,健康的肠道减少了不适感,使得仔猪的食欲更佳,平均日采食量(ADFI)也往往高于对照组,形成了一个良性循环。

3.3 对肠道健康指标的积极影响

通过对屠宰仔猪的肠道样本进行深入的形态学和微生物学分析,可以清晰地观察到益生菌处理所带来的积极变化。在肠道形态方面,益生菌组仔猪的小肠绒毛通常更长、排列更紧密,隐窝深度更浅,其绒毛高度与隐窝深度的比值(V/C)显著高于对照组,这是肠道健康和功能强大的直接证据。在功能层面,其肠道内容物中胰蛋白酶、淀粉酶、脂肪酶等关键消化酶的活性也得到显著增强。微生物区系分析则显示,粪便或肠道内容物中乳酸杆菌、双歧杆菌等有益菌的数量明显增加,而大肠杆菌等有害菌的数量则相应减少。在免疫状态上,血清

中的IgG、IgA水平以及肠道局部的sIgA含量均有所升高,而与炎症相关的因子水平则趋于正常,全面印证了益生菌对肠道健康的综合改善作用。

4 影响益生菌应用效果的关键因素

尽管益生菌前景广阔,但其应用效果并非总是一致,受多种因素制约。

4.1 菌株特异性

“益生菌”并非一个均质化的概念,不同种属、甚至同一种属的不同菌株,其生物学特性、定植能力、代谢产物和功效可能存在天壤之别。例如,一株来自健康猪肠道的植物乳杆菌,其对猪源ETEC的抑制效果,很可能远优于一株人源的嗜酸乳杆菌。因此,筛选和使用针对目标动物(猪)、目标问题(PWD)的特异性高效菌株至关重要。

4.2 剂量与饲喂方案

益生菌的效果遵循“剂量-效应”关系。剂量过低,不足以在肠道内形成有效竞争优势;剂量过高,则可能造成资源浪费,甚至因过度刺激免疫系统而产生负面效应。此外,饲喂时间也很关键。通常建议在断奶前数天开始添加,让益生菌提前在肠道内定植,以更好地应对断奶带来的冲击。

4.3 饲料加工与储存条件

益生菌是活的微生物,其活性极易受到高温、高湿、强光、氧化等因素的影响。在饲料制粒过程中,高温蒸汽会杀死大部分不耐热的益生菌(如乳酸杆菌)。因此,选择耐高温的芽孢杆菌,或采用后喷涂、包被等特殊工艺来保护益生菌活性,是保证其效果的前提。同样,产品的储存条件(阴凉、干燥)也必须严格控制。

4.4 宿主与环境因素

仔猪的品种、健康状况、日龄以及养殖场的管理水平、环境卫生、饲养密度等都会影响益生菌的最终效果。在一个管理混乱、病原压力极高的环境中,单靠益生菌可能难以力挽狂澜。益生菌应被视为综合健康管理方案的一部分,而非万能灵药。

5 结语

益生菌通过多重协同机制,在防控断奶仔猪腹泻上展现出巨大潜力,能降低腹泻发生率和死亡率,改善肠道健康与生长性能,是实现绿色养猪的有力工具。但发挥其功效面临挑战,未来研究与应用需着重:一是利用前沿技术精准筛选本土猪源益生菌菌株;二是探索益生菌与其他替抗产品的最佳复配方案,实现增效;三是推动制剂工艺创新,确保益生菌在复杂过程中保持高活性和稳定性;四是建立统一评价标准、使用规范和效果验证方法,推动产业规范化发展。随着对益生菌-宿主-微生物相互作用机制理解的深入和相关技术的进步,益生菌将在保障仔猪健康、减少抗生素依赖、推动养猪业高质量发展方面发挥核心作用。

参考文献

- [1]陈好,程文荟,靳建军,等.猪源益生菌对断奶仔猪肠道健康影响的研究进展[J/OL].动物营养学报,1-11[2026-01-20].
- [2]杲明亮,王磊.益生菌在猪养殖中的应用[J].畜牧兽医科技信息,2025,(06):16-18.
- [3]李铭晗.我国地方猪种肠道微生物群结构解析与主要抗病益生菌的筛选及作用机制研究[D].吉林农业大学,2025.DOI:10.27163/d.cnki.gjlnu.2025.000046.
- [4]郭振兴,邓敦,谢建华.益生菌发酵饲料在猪生产中的应用[J].广东饲料,2025,34(04):36-39.