

郑美欣, 程文雨, 王叶录, 等. 血根碱对畜禽肠道屏障功能影响的研究进展 [J]. 畜牧与兽医, 2025, 57 (11): 129-135.

ZHENG M X, CHENG W Y, WANG Y L, et al. Progress in research on the effects of sanguinarine on intestinal barrier function in livestock and poultry [J].

Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2025, 57 (11): 129-135.

血根碱对畜禽肠道屏障功能影响的研究进展

郑美欣¹, 程文雨¹, 王叶录², 赵月娟³, 王慧^{1*}

(1. 临沂大学农林科学学院, 山东 临沂 276000;

2. 诸城市诸城畜牧兽医站, 山东 诸城 262200;

3. 桓台县畜牧渔业服务中心, 山东 桓台 256499)

摘要: 抗生素的使用在畜禽养殖中易产生药物残留、细菌耐药性等一系列问题, 对畜产品质量和人类健康造成严重威胁, 无抗养殖成为畜禽养殖业可持续发展的新趋势。在禁抗环境下, 维持肠道健康是促进畜禽健康生长的有效方法之一, 血根碱作为一种天然产物, 可直接或间接应用于畜禽生产, 并产生积极影响, 尤其在畜禽肠道中发挥多种生物活性以维护肠道屏障, 促进畜禽肠道健康, 提高其生长性能, 是未来畜禽生产中的理想替抗产品之一。本文综述了血根碱在畜禽生产中的应用和对畜禽肠道物理、微生物、免疫和化学屏障的改善作用, 旨在对畜禽的生产和治疗应用提供理论参考。

关键词: 血根碱; 畜禽生产; 肠道; 物理屏障; 微生物屏障; 免疫屏障; 化学屏障

中图分类号: S816.79

文献标志码: A

文章编号: 0529-5130(2025)11-0129-07

Progress in research on the effects of sanguinarine on intestinal barrier function in livestock and poultry

ZHENG Meixin¹, CHENG Wenyu¹, WANG Yelu², ZHAO Yuejuan³, WANG Hui^{1*}

(1. College of Agriculture and Forestry Sciences, Linyi University, Linyi 276000, China;

2. Zhucheng City Zhucheng Animal Husbandry and Veterinary Station, Zhucheng 262200, China;

3. Huantai County Animal Husbandry and Fishery Service Center, Huantai 256499, China)

Abstract: The use of antibiotics in livestock and poultry breeding is prone to cause a series of problems such as drug residues and bacterial resistance, posing a serious threat to the quality of livestock products and human health. Therefore, antibiotic-free breeding has become a new trend for the sustainable development of the livestock and poultry breeding industry. And, under the environment of antibiotic ban, maintaining intestinal health is one of the effective methods to promote the healthy growth of livestock and poultry. Sanguinarine, as a natural product, can be directly or indirectly applied in livestock and poultry production and has a positive impact. Especially in the intestinal tract of livestock and poultry, it exerts various biological activities to maintain the intestinal barrier, promote intestinal health of livestock and poultry, and improve their growth performance. It is one of the ideal alternative antibiotics for future livestock and poultry production. This article reviews the application of sanguinarine in livestock and poultry production and its improvement effects on the physical, microbiological, immune and chemical barriers of the intestinal tract in livestock and poultry; which would provide theoretical references for its therapeutic applications to livestock and poultry production.

Keywords: sanguinarine; livestock and poultry production; intestinal; physical barrier; microbiota barrier; immune barrier; chemical barrier

随着畜禽集约化养殖的推行, 抗生素的使用引起

的细菌耐药性、药物残留、环境污染等问题日趋严重^[1-2], 现已成为危害公共卫生的主要威胁之一^[3]。

欧盟于 2006 年初开始全面禁止抗生素在饲料中使用, 我国则在 2020 年 1 月 1 日起, 全面禁止在饲料中添加抗生素。因此, 寻找并开发低毒、低残留的天然替抗药物对于保证畜禽健康、提高畜产品品质以及养殖业绿色转型和可持续发展具有重要意义。天然产物凭借生物利用度高、毒性低、副作用少等优势成为药物

收稿日期: 2025-06-09; 修回日期: 2025-08-24

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31802105, 32372939); 2024 年山东省自然科学基金面上项目 (ZR2023MC032); 山东省 2022 年本科教学改革研究重点项目 (Z2022019); 中国高等教育学会 2023 年度高等教育科学研究规划课题 (23NL0410)

第一作者: 郑美欣, 女, 本科

* 通信作者: 王慧, 博士, 教授, 主要从事动物行为福利与健康养殖研究, E-mail: wys450@163.com。

开发领域的重要资源^[4]。

血根碱作为天然产物之一，其具有多种生物活性。以血根碱为主要活性成分的博落回提取物已被开发为二类新兽药〔(2011)新兽药证字34号〕，可作为药物饲料添加剂使用，应用于畜禽生产，提高动物生长性能，成为抗生素添加剂的替代品之一^[5]。肠道是消化和吸收的主要部位，由相互关联的物理、微生物、免疫及化学4个屏障组成。研究表明，血根碱能够改善动物肠道的相对长度和肠道黏膜形态^[6-7]，调节肠道微生物菌群^[8]，促进有益菌增殖^[9]，减轻肠道炎症^[10]，提高机体的营养物质消化率^[11]，进而影响肠道屏障。本文通过查阅国内外文献，综述了血根碱在畜禽生产中的应用和对畜禽肠道屏障的影响，旨在为血根碱作为天然药物在兽医临床中的应用提供理论参考。

1 血根碱及其在畜禽生产中的应用

血根碱 (sanguinarine, SA) 是一种苯菲啶异喹啉类生物碱，其化学名称为 13-甲基 [1, 3] 苯并二氧杂环戊烯 [5, 6-c] 并 [1, 3] 二氧杂环戊烯 [4, 5-i] 菲啶鎓^[12]，主要存在于博落回、白屈菜全草、血水草的地上部分以及血根草的根部^[5]，具有抗炎^[13]、抗菌^[14]、抗氧化^[15]、抗肿瘤^[16]和驱虫^[17]等生物活性，可直接或间接作为饲料添加剂应用在畜禽养殖中。研究发现，血根碱可能通过调节肠道菌群和黏膜形态提高黄羽肉鸡生长性能，日粮中添加血根碱能增加黄羽肉鸡肠道绒毛比和厚壁菌门菌群及厚壁菌门/拟杆菌门的比值，提高黄羽肉鸡的平均日增重和平均日采食量，降低料重比^[7]。也有研究表明，博落回提取物凭借其抗炎活性促进肉鸡生长，降低肉鸡空肠黏膜一氧化氮合成酶的表达和腹脂水平^[18]。断奶仔猪饲料中添加博落回提取物也可提高仔猪平均日采食量、平均日增重和营养物质消化率，降低料重比，且上调断奶仔猪血清中免疫球蛋白 (Ig) G、一氧化氮 (NO) 含量和溶菌酶活性，提高血清总抗氧化能力、谷胱甘肽过氧化物酶和超氧化物歧化酶活性，增强仔猪免疫力和抗氧化能力，降低腹泻率^[9, 11, 19]。犊牛断奶前食用博落回提取物，在犊牛体长、臀部高度及宽度等方面均产生积极影响^[20]。在产蛋鸡粗蛋白日粮中添加血根碱可降低蛋黄胆固醇含量和甘油三酯浓度，提高蛋鸡肝脏健康指数、回肠营养物质消化率和抗氧化能力，增强细胞和体液免疫^[21-22]。在摄入高能量日粮的牛的饲料中添加血根碱，能提高牛的酮体产量且更有效地转化酮体中增加消耗的干物质^[23]。另外，博落回提取物能缓解坏死性肠炎对肉鸡胸肉、大腿肉产量以及饲料转化率的不

良影响，修复十二指肠、空肠和回肠的损伤^[24]，增加肠道乳酸菌数量，竞争性抑制病原菌定植^[25]。此外，在哺乳仔猪饲料中添加博落回提取物还可提高肠道菌群的丰度，降低与肠道疾病有关的变形菌门 (Proteobacteria) 和梭杆菌门 (Fusobacteria) 的数量，增加毛螺菌科 (Lachnospiraceae) 相对丰度和考拉杆菌属等有益菌数量^[26]。

综上所述，血根碱作为饲料添加剂凭借其生物活性对畜禽生产产生积极影响，且对畜禽肠道具有一定的改善作用。

2 血根碱对畜禽肠道屏障的影响

2.1 血根碱对畜禽肠道物理屏障的影响

2.1.1 血根碱对畜禽肠道紧密连接的影响

紧密连接和黏附连接蛋白是维持肠道屏障功能的重要组成部分，其中，闭合蛋白 (occludin) 和闭锁蛋白 (claudin) 是常见的整合蛋白，构成了紧密连接束的骨架^[27]。血根碱可上调肉鸡回肠和盲肠紧密连接蛋白-1 (zonula occludens-1, ZO-1)，Occludin 和 Claudin-1 的相对 mRNA 表达水平^[28]，增强肠道屏障功能，减少肠道损伤。日粮中添加博落回提取物也显著上调了仔猪空肠组织 Claudin-1 和 ZO-1 的表达水平，降低仔猪腹泻，增加空肠黏膜二胺氧化酶 (diamine oxidase, DAO)，降低血浆 D-乳酸 (D-Lactate, D-LA)，促进肠道黏膜发育和屏障强度^[29]。髓过氧化物酶 (myeloperoxidase, MPO) 与乳酸脱氢酶 (lactate dehydrogenase, LDH) 水平的高低通常可反应组织损伤的严重程度^[30-31]。联合添加博落回提取物和益生菌复合芽孢杆菌 (probiotics bacillus compound, PBC) 可降低蛋鸡血清中 MPO 和 LDH，间接改善肠道物理屏障^[32]。此外，盐酸血根碱在一定程度上可恢复小鼠溃疡性结肠炎引起的肠道屏障损伤，抑制炎症的同时促进结肠组织内 ZO-1 和 Occludin 的表达，保护小鼠结肠组织，减少炎症细胞浸润^[33]。博落回叶提取物还能抑制溃疡性结肠炎小鼠肠道 NO 的过度产生，减轻过量 NO 对结肠上皮细胞紧密连接的损害^[34]。由此可见，血根碱与肠道物理屏障存在密切联系，可通过提高紧密连接蛋白表达及减少肠上皮细胞损伤增强畜禽免疫功能。

2.1.2 血根碱对畜禽肠道厚度的影响

小肠是动物机体营养物质消化的主要场所，小肠黏膜的通透性和形态结构可作为判断营养物质吸收强弱标准^[35]。日粮养分消化利用率与肠壁厚度呈负相关，换言之，肠壁越薄越有利于转运更多的养分^[36]，进而降低料重比，提高饲料利用率。Lee 等^[37]研究发现，饲料中添加 20 或 50 mg/kg 血根碱

可能通过降低肠壁厚度促进肉鸡对营养物质的吸收,提高肉鸡后期(22~35 d)末重和日增重,降低饲料转化率。血根碱还可增加空肠和回肠的相对长度,扩大吸收面积。周文等^[36]发现博落回散可使肉鸡空肠肠壁变薄,且效果优于金霉素,进而提高营养物质利用率,促进白羽肉鸡生长。肉鸡日龄不同,添加血根碱发挥的作用可能存在差异。研究发现,28日龄黄羽肉鸡日粮中添加血根碱可降低空肠肠壁厚度,而56日龄黄羽肉鸡日粮中添加血根碱除降低空肠肠壁厚度外还明显降低了十二指肠的肠壁厚度^[38]。此外,血根碱还能改善由高淀粉饮食导致的马浸润性和炎症性肠壁增厚^[39]。由此可见,血根碱可改善畜禽肠壁厚度,进而促进营养物质的吸收,改善肠道健康,有利于畜禽健康生长。

2.1.3 血根碱对畜禽肠道绒毛高度和隐窝深度的影响

小肠是消化酶分泌和营养物质吸收的关键部位,其黏膜形态可直接影响肠道健康,与动物机体生产及生长性能密切相关^[40-41]。小肠黏膜的绒毛高度(VH)、绒毛宽度、隐窝深度(CD)及绒隐比(V/C)是反映小肠黏膜形态结构及功能完整性最直接的指标^[42]。小肠绒毛高度、V/C值与小肠吸收面积呈正相关,而绒毛宽度、隐窝深度与消化吸收功能呈负相关^[43]。

早期断奶引发仔猪断奶应激综合征和断奶后肠道黏膜损伤。研究发现,在早期断奶仔猪日粮中添加血根碱可增加其十二指肠、空肠绒毛高度和绒隐比,进而增大肠道吸收面积,提高仔猪生长性能^[35,44]。博落回提取物可有效改善由产气荚膜梭菌引起的鸡肠道损伤,提高空肠绒毛高度和绒隐比,降低空肠隐窝深度^[45]。同样,在雪峰乌骨鸡饲料中添加博落回提取物可降低空肠隐窝深度,而蛋鸡日粮补充博落回提取物可使空肠绒毛更长,排列更紧密^[32,46]。周文等^[36]比较博落回散(美佑壮, Sangrovit)与金霉素对肠道健康的影响,发现博落回散对十二指肠、空肠的绒毛高度和空肠、回肠的隐窝深度的改善明显优于金霉素,更有利于肉鸡对营养物质的消化吸收。此外,日粮中联合添加茶籽多糖和博落回生物碱(血根碱占60%)能改善黄羽肉鸡空肠形态结构,其作用效果与抗生素相当^[47]。

肠上皮细胞增殖对肠黏膜重量和绒毛高度产生一定的影响,绒毛高度的增加标志着小肠吸收功能的增强^[48]。李杰等^[49]通过体外细胞培养发现低浓度(0.006 25~0.1 $\mu\text{g}/\text{mL}$)的血根碱可促进猪小肠黏膜上皮细胞(IPEC-J2细胞)增殖,且在0.012 5 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时达到峰值。然而由于细胞株耐受性的不同,

有研究发现血根碱浓度达0.5 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时IPEC-J2细胞数量达到最高值^[50]。综上,血根碱能够改善畜禽小肠形态结构,进而扩大小肠吸收面积,提高畜禽对饲料营养物质的吸收利用以及免疫屏障功能。

2.2 血根碱对畜禽肠道微生物屏障的影响

血根碱可通过增加机体肠道有益菌数量或抑制有害菌的增殖,对畜禽肠道起保护作用。日粮中添加博落回提取物(Sangrovit,其中血根碱含量 $\geq 1.5\%$)可降低早期断奶仔猪回肠和盲肠中沙门菌属(*Salmonella* spp.)的细菌数量以及回肠大肠杆菌(*Escherichia coli*)的数量,且有降低盲肠*Escherichia coli*数量的趋势,减少有害菌毒素的产生及对肠上皮细胞的损害,同时增加回肠和盲肠中乳酸杆菌属(*Lactobacillus*)的数量且有增加盲肠双歧杆菌属(*Bifidobacterium*)数量的趋势,改善肠道菌群结构^[51]。添加博落回提取物也可改善雪峰乌骨鸡空肠和回肠微生物多样性,提高空肠中*Lactobacillus*和气斯卡多维亚菌属(*Aeriscardovia*)的相对丰度,增加盲肠拟杆菌门(Bacteroidetes)和脱铁杆菌门(Deferribacteres)丰度,降低盲肠中厚壁菌门(Firmicutes)丰度^[46]。然而由于鸡品种的不同,在黄羽肉鸡日粮中添加博落回提取物可增加盲肠Firmicutes和梭菌XIVa簇(*Clostridium* cluster XIVa)的细菌数量,增加短链脂肪酸含量,促进肠细胞分化。博落回提取物还可替代促生长抗生素降低幼龄肉鸡盲肠大肠杆菌等有害菌增殖^[52]。同样,饲料中添加血根碱可上调肉仔鸡盲肠拟杆菌门的比例以及拟杆菌属、巨单胞菌属的比例,下调厚壁菌门和毛螺科的相对丰度^[8]。此外,血根碱还能增加犊牛瘤胃脱硫弧菌属(*Desulfovibrio*)的菌群数量,进而把硫酸盐还原为硫化氢(H_2S),在消化系统中的黏膜防御中发挥重要作用^[53-54]。综上所述,血根碱能通过调节微生物菌群及微生物多样性改善肠道菌群,并替代抗生素减少畜禽肠道疾病,促进畜禽健康生长的作用。

2.3 血根碱对畜禽肠道免疫屏障的影响

核转录因子- κB (NF- κB)信号通路被视为典型的炎症相关信号通路,一般有p65和p50两个功能亚单位,通常与I κB 结合成无活性形式存在于胞质中,激活后NF- κB 进入细胞核与特异蛋白结合形成蛋白复合物,介导炎症信号转导^[50,55]。血根碱不仅能阻止核转录因子- κB 抑制蛋白 α (I $\kappa\text{B}\alpha$)磷酸化和降解、抑制p65核转移,进而抑制NF- κB 的激活^[56],还能诱导免疫球蛋白的产生。在饲料中添加血根碱可增加肉鸡回肠IgA、IgM和IgG含量,上调肉鸡回肠白细胞介素(IL)-4、IL-10和干扰素- γ (IFN- γ)的水平,降低回肠Toll样受体mRNA表达和IL-1 β

和 NF- κ B 的蛋白表达量^[28]。同样,血根碱也可提高断奶仔猪十二指肠 IgA、IgM,空肠 IgA、IgG 以及回肠 IgG、IgM、IgA 含量^[44],增强仔猪免疫力,抑制脂多糖 (lipopolysaccharide, LPS) 诱发的断奶仔猪肠黏膜 TLR4 和 NF- κ B 的表达,进而抑制 TLR4/NF- κ B 通路的激活,缓解肠道炎症^[57]。

研究还发现,博落回提取物可缓解坏死性肠炎和热应激引起的肠道炎症,增加坏死性肠炎肉鸡空肠黏膜抗炎因子 IL-10 水平及其免疫基因表达,降低促炎因子 IL-17、IL-17/IL-10 比值及 IL-17/IL-10 的空肠免疫基因水平,降低热应激肉鸡肠道 IL-6、肿瘤坏死因子- α (TNF- α) 和诱导性一氧化氮合酶 (iNOS) 的 mRNA 表达水平^[45,58]。断奶仔猪饲料中加入美佑壮 (血根碱) 可增强抗炎活性,降低血液中结合珠蛋白 (Hp) 和血清淀粉样蛋白 A 值 (SAA),减少断奶应激引发的仔猪腹泻^[59]。此外,肠道病原微生物还能引发肠道黏膜炎症,肉鸡饮水中添加血根碱可降低其盲肠炎沙门氏菌含量,减少炎症对肠黏膜的损伤^[60]。由此可见,血根碱能从多方面发挥免疫调节作用,进而减少炎症对畜禽肠道的损伤。

2.4 血根碱对畜禽肠道化学屏障的影响

2.4.1 血根碱对畜禽肠道黏液层的影响

由黏蛋白和抗菌肽组成的黏液层能避免肠道微生物菌群与肠道上皮细胞直接接触^[61]。黏蛋白是由杯状细胞产生和分泌,黏蛋白 2 (MUC2) 是肠道中含量最丰富的保护性粘蛋白,可形成凝胶状发挥屏障作用^[62]。抗菌肽由仅存在于小肠中的潘氏细胞分泌,具有保护肠黏膜免受损伤和维持肠道健康的作用^[63]。研究发现,肉鸡日粮中添加不同剂量的血根碱能上调回肠和盲肠中 MUC2 和禽 β -防御素 1 (AvBD1)、 β -防御素 10 (AvBD10) 以及 β -防御素 12 (AvBD12) 以及的 mRNA 表达水平,同时降低回肠组织中 TLR2 和盲肠 TLR4 的 mRNA 水平,增强肠道化学屏障免疫功能,维护机体健康^[28]。由此可见,血根碱可通过调节黏蛋白和抗菌肽的基因表达影响肠道化学屏障。

2.4.2 血根碱对畜禽肠道短链脂肪酸的影响

短链脂肪酸 (SCFAs) 也被称为挥发性脂肪酸,是饱和有机脂肪酸的统称,由肠道微生物发酵未消化的碳水化合物而产生,包括乙酸、丙酸、丁酸等,大部分以盐离子形式存在,可通过调节机体酸碱度、黏蛋白分泌和黏膜免疫功能来维持肠道的完整性,并通过抑制组蛋白脱乙酰酶 (HDAC) 下调促炎因子,减少肠道炎症^[64-66]。Juskiewicz 等^[67]发现,博落回提取物可降低盲肠菌群 β -葡萄糖醛酸酶和 β -葡萄糖苷酶活性,提高与细菌糖酵解相关的 α -葡萄糖苷酶、 α -

半乳糖苷酶和 β -半乳糖苷酶活性,进而改善乳糖、棉子糖家族寡糖 (RFO) 和抗性淀粉的发酵,促进乳酸和短链脂肪酸的产生。短链脂肪酸浓度的升高有助于降低盲肠病原体浓度和 pH 值,对盲肠代谢产生正向促进作用。柴毛毛等研究也发现日粮中添加博落回提取物能上调肠道中主要产丁酸的 *Clostridium* cluster XIVa 菌群数量,提高黄羽肉鸡盲肠中总短链脂肪酸、乙酸及丁酸的含量,为肠上皮细胞提供能量,促进肠上皮细胞的增殖和分化,增加盲肠长度^[52,65]。断奶仔猪日粮中添加血根碱也能增加乙酸盐、丙酸盐、丁酸盐、戊酸盐和总短链脂肪酸的浓度^[51]。同样,0~2 月龄荷斯坦犊牛代乳粉中添加纯度大于 99% 的血根碱,56 日龄时犊牛瘤胃乙酸浓度明显上升,可促进犊牛采食量,但对营养物质消化率没有影响^[68]。马驹饲料中补充 1 mg/kg 博落回提取物时能提高异戊酸浓度,1 或 2 mg/kg 博落回提取物可通过影响定殖微生物提高丁酸浓度,从而减轻高淀粉摄入量对马驹肠道的不良影响^[69]。

综上所述,血根碱可直接或间接提高畜禽肠道或瘤胃中短链脂肪酸浓度,改善肠道环境。

3 结语

肠道不仅是畜禽消化食物和吸收营养的关键部位,还影响饲料转化效率、生产效益以及畜禽的生长速度和健康状况。在保障动物健康和福利,禁止使用抗生素作为饲料添加剂的背景下,维持和保护肠道健康是保障畜禽免受病原侵害,提高养殖经济效益的有效方法之一。血根碱作为一种天然植物提取物,凭借抗炎、抗菌、整肠及促进生长等优势成为替代抗生素的理想选择,在改善肠道结构和环境,抑制肠道有害菌,增强肠道免疫功能,增加肠道代谢产物,恢复肠道炎症造成的肠道屏障损伤等方面发挥了重要作用,在生物医药和畜牧生产等领域得到广泛关注。但目前以血根碱为主要成分的医药产品种类还较少,且针对血根碱的研究主要集中在啮齿类动物和猪、禽等单胃动物上,对于牛羊等反刍动物上的研究相对较少。因此,本文基于已有研究归纳出血根碱在畜禽生产中的应用,进一步归纳血根碱对肠道物理、微生物、免疫和化学屏障的调节作用,这些作用看似独立,却又相互关联,协调整体。深入解析血根碱在畜牧养殖中的应用价值,可对畜禽疾病防控及生长调控提供新的参考依据。

参考文献:

[1] PERRY B D, GRACE D, SONES K. Current drivers and future di-

- rections of global livestock disease dynamics [J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2013, 110 (52): 20871–20877.
- [2] 贾亚楠, 唐忠. 中国和欧美国家养殖业抗生素使用负面问题及管理政策比较 [J]. 农业环境科学学报, 2024, 43 (6): 1205–1219.
- [3] PRESTINACI F, PEZZOTTI P, PANTOSTI A. Antimicrobial resistance: a global multifaceted phenomenon [J]. Pathog Glob Health, 2015, 109 (7): 309–318.
- [4] HUANG L J, LAN J X, WANG J H, et al. Bioactivity and mechanism of action of sanguinarine and its derivatives in the past 10 years [J]. Biomed Pharmacother, 2024, 173: 116406.
- [5] 侯博, 曾建国. 血根碱的生物学活性及博落回提取物在动物生产中的应用 [J]. 动物营养学报, 2018, 30 (2): 413–420.
- [6] LI X, WU X, WANG Q, et al. Sanguinarine ameliorates DSS induced ulcerative colitis by inhibiting NLRP3 inflammasome activation and modulating intestinal microbiota in C57BL/6 mice [J]. Phytomedicine, 2022, 104: 154321.
- [7] LIU Z Y, WANG X L, OU S Q, et al. Sanguinarine modulate gut microbiome and intestinal morphology to enhance growth performance in broilers [J]. PLoS One, 2020, 15 (6): e0234920.
- [8] LEMOS M P L, SARAIVA M M S, LEITE E L, et al. The post-hatch prophylactic use of ceftiofur affects the cecal microbiota similar to the dietary sanguinarine supplementation in broilers [J]. Poult Sci, 2020, 99 (11): 6013–6021.
- [9] CHEN J, KANG B, YAO K, et al. Effects of dietary *Macleaya cordata* extract on growth performance, immune responses, antioxidant capacity, and intestinal development in weaned piglets [J]. J Appl Anim Res, 2019, 47 (1): 349–356.
- [10] 赵娜, 沈梦迪, 赵睿, 等. 血根碱通过调控 Nrf2/NF- κ B 通路缓解小鼠溃疡性结肠炎 [J]. 南方医科大学学报, 2024, 44 (8): 1467–1475.
- [11] GOODARZI BOROOJENI F, MÄNNER K, ZENTEK J. The impacts of *Macleaya cordata* extract and naringin inclusion in post-weaning piglet diets on performance, nutrient digestibility and intestinal histomorphology [J]. Arch Anim Nutr, 2018, 72 (3): 178–189.
- [12] SINGH N, SHARMA B. Toxicological effects of berberine and sanguinarine [J]. Front Mol Biosci, 2018, 5: 21.
- [13] WANG Q, DAI P, BAO H, et al. Anti-inflammatory and neuroprotective effects of sanguinarine following cerebral ischemia in rats [J]. Exp Ther Med, 2017, 13 (1): 263–268.
- [14] GU Y, DONG J, LI J, et al. Antibacterial activity and mechanism of sanguinarine against *Staphylococcus aureus* by interfering with the permeability of the cell wall and membrane and inducing bacterial ROS production [J]. Front Vet Sci, 2023, 10: 1121082.
- [15] ZHENG Z, ZHENG Y, LIANG X, et al. Sanguinarine enhances the integrity of the blood-milk barrier and inhibits oxidative stress in lipopolysaccharide-stimulated mastitis [J]. Cells, 2022, 11 (22): 3658.
- [16] KONG R, WANG N, ZHOU C, et al. Sanguinarine induces necroptosis of HCC by targeting PKM2 mediated energy metabolism [J]. Cancers, 2024, 16 (14): 2533.
- [17] HUANG H, YAO J, LIU K, et al. Sanguinarine has anthelmintic activity against the enteral and parenteral phases of *Trichinella* infection in experimentally infected mice [J]. Acta Trop, 2020, 201: 105226.
- [18] KHADEM A, SOLER L, EVERAERT N, et al. Growth promotion in broilers by both oxytetracycline and *Macleaya cordata* extract is based on their anti-inflammatory properties [J]. Br J Nutr, 2014, 112 (7): 1110–1118.
- [19] 满意, 张春勇, 李美荃, 等. 博落回提取物对早期断奶仔猪生长性能和血清免疫参数的影响 [J]. 动物营养学报, 2013, 25 (1): 126–132.
- [20] KÜÇÜKOFLAZ M, ÖZBEK V, GÜÇLÜ B K, et al. Effects of *Bacillus amyloliquefaciens* FD777 and *Macleaya cordata* extract on performance, immunity, gastrointestinal system microbiome, and profitability in Holstein calves [J]. Animals, 2025, 15 (3): 313.
- [21] BAVARSADI M, MAHDAVI A H, ANSARI-MAHYARI S, et al. Sanguinarine improved nutrient digestibility, hepatic health indices and productive performance in laying hens fed low crude protein diets [J]. Vet Med Sci, 2021, 7 (3): 800–811.
- [22] BAVARSADI M, MAHDAVI A H, ANSARI-MAHYARI S, et al. Effects of different levels of sanguinarine on antioxidant indices, immunological responses, ileal microbial counts and jejunal morphology of laying hens fed diets with different levels of crude protein [J]. J Anim Physiol Anim Nutr, 2017, 101 (5): 936–948.
- [23] MICHELS A, NEUMANN M, MATTOS LEÃO G F, et al. Isoquinoline alkaloids supplementation on performance and carcass traits of feedlot bulls [J]. Asian-Australas J Anim Sci, 2018, 31 (9): 1474–1480.
- [24] XUE G D, WU S B, CHOCT M, et al. Impact of a *Macleaya cordata*-derived alkaloid extract on necrotic enteritis in broilers [J]. Poult Sci, 2017, 96 (10): 3581–3585.
- [25] HUANG P, ZHANG Y, XIAO K, et al. The chicken gut metagenome and the modulatory effects of plant-derived benzyloisoquinoline alkaloids [J]. Microbiome, 2018, 6 (1): 211.
- [26] 韩佃刚, 杨宏清, 张冲, 等. 博落回提取物对哺乳仔猪肠道微生物菌群特征的影响 [J]. 动物医学进展, 2021, 42 (10): 43–49.
- [27] MU K, YU S, KITTS D D. The role of nitric oxide in regulating intestinal redox status and intestinal epithelial cell functionality [J]. Int J Mol Sci, 2019, 20 (7): 1755.
- [28] SU Y, CHANG G, LIU J, et al. Dietary sanguinarine supplementation improves the growth performance and intestinal immunity of broilers [J]. Anim Nutr, 2024, 19: 76–89.
- [29] LIU G, GUAN G, FANG J, et al. *Macleaya cordata* extract decreased diarrhea score and enhanced intestinal barrier function in growing piglets [J]. BioMed Res Int, 2016, 2016 (1): 1069585.
- [30] RAMACHANDRA C J A, JA K P M M, CHUA J, et al. Myeloperoxidase as a multifaceted target for cardiovascular protection [J]. Antioxid Redox Signal, 2020, 32 (15): 1135–1149.
- [31] PANDARATHODIYIL A K, RAMANATHAN A, GARG R, et al. Lactate dehydrogenase: the beacon of hope [J]. J Pharm Bioallied Sci, 2022, 14 (Suppl 1): S1090–S1092.
- [32] WANG F, ZOU P, XU S, et al. Dietary supplementation of *Macleaya cordata* extract and *Bacillus* in combination improve laying performance by regulating reproductive hormones, intestinal microbiota and barrier function of laying hens [J]. J Anim Sci Biotechnol, 2022, 13 (1): 118.

- [33] XIN J, HE L, LI Y, et al. Sanguinarine chloride hydrate mitigates colitis symptoms in mice through the regulation of the intestinal microbiome and metabolism of short-chain fatty acids [J]. *Biochim Biophys Acta BBA Mol Basis Dis*, 2025, 1871 (2): 167579.
- [34] 马晓兰, 董朕, 岳美杉, 等. 博落回叶提取物对小鼠溃疡性结肠炎的影响 [J]. *中国畜牧兽医*, 2023, 50 (11): 4664-4680.
- [35] 康保聚, 陈家顺, 金顺顺, 等. 血根碱对脂多糖免疫应激断奶仔猪生长性能、免疫功能及肠道健康的影响 [J]. *动物营养学报*, 2019, 31 (9): 4251-4261.
- [36] 周文, 曲湘勇, 刘华. 博落回散和金霉素对白羽肉鸡生长性能、血液生化指标、肠道健康影响的比较研究 [J]. *湖南饲料*, 2018 (6): 28-32.
- [37] LEE K W, KIM J S, OH S T, et al. Effects of dietary sanguinarine on growth performance, relative organ weight, cecal microflora, serum cholesterol level and meat quality in broiler chickens [J]. *Jpn Poult Sci*, 2015, 52 (1): 15-22.
- [38] 云龙. 血根碱制剂对黄羽肉鸡生长性能及抗氧化功能的影响 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2016.
- [39] DE MEDEIROS FERREIRA J R, FERRAZ P A, DA SILVA A H, et al. *Macleaya cordata* extract phytogetic additive: a safe alternative for horses that influences intestinal wall thickness [J]. *Livest Sci*, 2023, 275: 105290.
- [40] REN L Q, ZHAO F, TAN H Z, et al. Effects of dietary protein source on the digestive enzyme activities and electrolyte composition in the small intestinal fluid of chickens [J]. *Poult Sci*, 2012, 91 (7): 1641-1646.
- [41] XU Z, HU C, XIA M, et al. Effects of dietary fructooligosaccharide on digestive enzyme activities, intestinal microflora and morphology of male broilers [J]. *Poult Sci*, 2003, 82 (6): 1030-1036.
- [42] 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]. *Res Vet Sci*, 2012, 93 (1): 264-268.
- [43] 苏家宜, 孔祥峰, 李华伟, 等. 芪楂口服液渣对断奶仔猪生长性能和肠道健康的影响 [J]. *动物营养学报*, 2017, 29 (5): 1730-1738.
- [44] 陈家顺, 康宝聚, 曾建国, 等. 血根碱对断奶仔猪生长性能、肠道形态结构及小肠黏膜免疫功能的影响 [J]. *动物营养学报*, 2018, 30 (5): 1845-1853.
- [45] SONG B, HE J, PAN X, et al. Dietary *Macleaya cordata* extract supplementation improves the growth performance and gut health of broiler chickens with necrotic enteritis [J]. *J Anim Sci Biotechnol*, 2023, 14 (1): 113.
- [46] GUO S, LIU L, LEI J, et al. Modulation of intestinal morphology and microbiota by dietary *Macleaya cordata* extract supplementation in Xuefeng Black-boned Chicken [J]. *Animal*, 2021, 15 (12): 100399.
- [47] 胡贵丽, 刘靖, 田莎, 等. 茶籽多糖和博落回生物碱对黄羽肉鸡肠道菌群的影响及博落回血根碱的抑菌活性 [J]. *动物营养学报*, 2018, 30 (11): 4619-4625.
- [48] SUKHOTNIK I, AGAM M, SHAMIR R, et al. Oral glutamine prevents gut mucosal injury and improves mucosal recovery following lipopolysaccharide endotoxemia in a rat [J]. *J Surg Res*, 2007, 143 (2): 379-384.
- [49] 李杰, 伍树松, 熊兴耀, 等. 博落回生物碱对猪肠上皮细胞增殖的影响 [J]. *动物营养学报*, 2014, 26 (6): 1632-1637.
- [50] 高欢, 蒋晓旭, 杨玉婷, 等. 血根碱通过核转录因子- κ B 信号通路减轻脂多糖诱导的仔猪小肠黏膜上皮细胞炎症反应 [J]. *动物营养学报*, 2021, 33 (3): 1675-1686.
- [51] CHEN J, KANG B, ZHAO Y, et al. Effects of natural dietary supplementation with *Macleaya cordata* extract containing sanguinarine on growth performance and gut health of early-weaned piglets [J]. *J Anim Physiol Anim Nutr*, 2018, 102 (6): 1666-1674.
- [52] 柴毛毛, 郭玉光, 李阳源, 等. 博落回提取物替代抗生素对肉鸡生长性能、盲肠微生物及盲肠紧密连接的影响 [J]. *微生物学报*, 2020, 60 (8): 1718-1728.
- [53] ZHANG R, ZHANG W B, BI Y L, et al. Sanguinarine and resveratrol affected rumen fermentation parameters and bacterial community in calves [J]. *Anim Feed Sci Technol*, 2019, 251: 64-75.
- [54] WALLACE J L. Physiological and pathophysiological roles of hydrogen sulfide in the gastrointestinal tract [J]. *Antioxid Redox Signal*, 2010, 12 (9): 1125-1133.
- [55] LAWRENCE T. The nuclear factor NF- κ B pathway in inflammation [J]. *Cold Spring Harb Perspect Biol*, 2009, 1 (6): a001651.
- [56] CHATURVEDI M M, KUMAR A, DARNAY B G, et al. Sanguinarine (pseudocheilerythrine) is a potent inhibitor of NF- κ B activation, I κ B α phosphorylation, and degradation [J]. *J Biol Chem*, 1997, 272 (48): 30129-30134.
- [57] 康保聚. 血根碱对免疫应激断奶仔猪肠道黏膜损伤的修复作用研究 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2019.
- [58] KIKUSATO M, XUE G, PASTOR A, et al. Effects of plant-derived isoquinoline alkaloids on growth performance and intestinal function of broiler chickens under heat stress [J]. *Poult Sci*, 2021, 100 (2): 957-963.
- [59] KANTAS D, PAPATSIROS V G, TASSIS P D, et al. The effect of a natural feed additive (*Macleaya cordata*), containing sanguinarine, on the performance and health status of weaning pigs [J]. *Anim Sci J*, 2015, 86 (1): 92-98.
- [60] PICKLER L, BEIRÃO B C B, HAYASHI R M, et al. Effect of sanguinarine in drinking water on *Salmonella* control and the expression of immune cells in peripheral blood and intestinal mucosa of broilers [J]. *J Appl Poult Res*, 2013, 22 (3): 430-438.
- [61] MCGUCKIN M A, LINDÉN S K, SUTTON P, et al. Mucin dynamics and enteric pathogens [J]. *Nat Rev Microbiol*, 2011, 9 (4): 265-278.
- [62] CHENG X, CAO Z, LUO J, et al. Baicalin ameliorates APEC-induced intestinal injury in chicks by inhibiting the PI3K/AKT-mediated NF- κ B signaling pathway [J]. *Poult Sci*, 2022, 101 (1): 101572.
- [63] FUSCO A, SAVIO V, DONNIACUO M, et al. Antimicrobial peptides human β -defensin-2 and -3 protect the gut during *Candida albicans* infections enhancing the intestinal barrier integrity: *in vitro* study [J]. *Front Cell Infect Microbiol*, 2021, 11: 666900.
- [64] DEN BESTEN G, VAN EUNEN K, GROEN A K, et al. The role of short-chain fatty acids in the interplay between diet, gut microbiota, and host energy metabolism [J]. *J Lipid Res*, 2013, 54 (9): 2325-2340.
- [65] LIU M, LU Y, XUE G, et al. Role of short-chain fatty acids in host physiology [J]. *Anim Models Exp Med*, 2024, 7 (5):

641-652.

[66] CHANG P V, HAO L, OFFERMANN S, et al. The microbial metabolite butyrate regulates intestinal macrophage function via histone deacetylase inhibition [J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2014, 111 (6): 2247-2252.

[67] JUSKIEWICZ J, GRUZAUSKAS R, ZDUNCZYK Z, et al. Effects of dietary addition of *Macleaya cordata* alkaloid extract on growth performance, caecal indices and breast meat fatty acids profile in male broilers [J]. J Anim Physiol Anim Nutr, 2011, 95 (2): 171-178.

[68] 张卫兵, 张蓉, 毕研亮, 等. 代乳粉中添加白藜芦醇和血根碱对0~2月龄荷斯坦奶牛营养物质消化及瘤胃发酵的影响 [J]. 中国畜牧杂志, 2018, 54 (7): 65-70.

[69] DE MEDEIROS FERREIRA J R, MELLO CERBARO A E, BAS-TOS F L, et al. Effects of *Macleaya cordata* extract supplementation on digestive parameters of ponies [J]. Arch Anim Nutr, 2023, 77 (2): 110-120.

· 信息 ·

21 种畜牧、兽医科学类中国科技核心期刊中《畜牧与兽医》综合评价总分排名第九位

《2024年版中国科技期刊引证报告(核心版)自然科学卷》共收录了在中国(不含港澳台地区)正式出版的1998种中文期刊和167种英文期刊,其中畜牧、兽医科学类期刊共收录21种,包括19本中文期刊和2本英文期刊,《畜牧与兽医》综合评价总分排名第九位。21种期刊主要指标详见附表。

附表 2023年畜牧、兽医科学类期刊主要指标

序号	刊名	核心总被引频次			核心影响因子			综合评价总分		学科扩 散指标	学科影 响指标	红点 指标
		数值	排名	离均差率	数值	排名	离均差率	数值	排名			
1	ANIMAL NUTRITION	951	15	-0.49	1.612	2	0.65	51.9	2	6.52	0.81	0.25
2	JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY	1 123	13	-0.40	1.403	4	0.44	46.8	4	6.48	0.81	0.08
3	蚕业科学	627	19	-0.66	0.660	16	-0.32	34.3	13	7.19	0.43	0.25
4	动物医学进展	1 522	9	-0.19	0.670	15	-0.31	41.7	8	16.05	0.90	0.52
5	动物营养学报	7 671	1	3.11	1.990	1	1.04	78.4	1	16.33	1.00	0.82
6	家畜生态学报	1 158	12	-0.38	0.643	17	-0.34	34.6	12	8.90	0.95	0.54
7	经济动物学报	215	21	-0.88	0.510	20	-0.48	26.6	19	3.71	0.71	0.53
8	粮食与饲料工业	807	16	-0.57	0.618	19	-0.37	28.3	18	7.81	0.57	0.22
9	饲料工业	2 549	6	0.36	1.529	3	0.57	45.6	5	11.00	0.90	0.73
10	饲料研究	3 500	3	0.87	1.202	6	0.23	32.2	16	13.43	0.95	0.70
11	畜牧兽医学报	2 563	5	0.37	1.060	8	0.09	44.1	7	12.14	0.95	0.59
12	畜牧与兽医	1 484	11	-0.21	0.730	14	-0.25	39.1	9	9.48	0.86	0.57
13	畜牧与饲料科学	797	17	-0.57	0.620	18	-0.37	36.8	11	8.14	0.86	0.47
14	中国动物传染病学报	648	18	-0.65	0.821	11	-0.16	24.7	20	5.33	0.76	0.56
15	中国家禽	1 966	7	0.05	0.911	10	-0.07	33.6	15	7.71	0.95	0.56
16	中国兽药杂志	572	20	-0.69	0.462	21	-0.53	23.6	21	7.95	0.76	0.25
17	中国兽医科学	1 102	14	-0.41	0.772	12	-0.21	33.8	14	8.05	0.86	0.57
18	中国兽医学报	1 808	8	-0.03	0.761	13	-0.22	37.4	10	11.38	0.95	0.56
19	中国畜牧兽医	3 121	4	0.67	1.004	9	0.03	45.3	6	15.29	0.95	0.65
20	中国畜牧杂志	3 551	2	0.90	1.189	7	0.22	47.4	3	12.95	1.00	0.63
21	中国预防兽医学报	1 484	10	-0.21	1.338	5	0.37	31.0	17	6.52	0.81	0.47

注:数据来自中国科学技术信息研究所《2024年版中国科技期刊引证报告(核心版)自然科学卷》。