

徐江涛, 武志勇, 彭松, 等. 一种新型中药复方制剂对肉鸡生长性能、血清免疫指标及肠道菌群的影响 [J]. 畜牧与兽医, 2025, 57 (8): 49-60.  
XU J T, WU Z Y, PENG S, et al. Impact of a new traditional Chinese medicine compound preparation on growth, immune response, and gut microbiota in broiler chickens [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2025, 57 (8): 49-60.

# 一种新型中药复方制剂对肉鸡生长性能、血清免疫指标及肠道菌群的影响

徐江涛<sup>1,2</sup>, 武志勇<sup>3</sup>, 彭松<sup>4</sup>, 于亚明<sup>4</sup>, 林芳竹<sup>4</sup>, 马凤洲<sup>5</sup>,  
陈瑞昶<sup>5</sup>, 王喜亮<sup>1</sup>, 李自力<sup>1\*</sup>

(1. 华中农业大学动物医学院, 湖北 武汉 430070; 2. 山东凤祥股份有限公司, 山东 聊城 252325;  
3. 南京中兽医药研究中心, 江苏 南京 210018; 4. 南京农业大学动物医学院, 江苏 南京 210095;  
5. 山东益远药业有限公司, 山东 济南 250400)

**摘要:** 旨在探究人参、麦冬等中药复方制剂对白羽肉鸡生长性能、血清免疫指标及肠道微生物菌群的影响。将 60 000 只 1 日龄的健康白羽肉鸡分为 2 组, 每组 3 个重复, 每个重复 10 000 只鸡, 试验组在饮水中添加人参、麦冬为主要成分的中药制剂, 连续 15 d, 且 1~5 日龄按 0.1 mL/只添加, 6~10 日龄按 0.2 mL/只添加, 11~15 日龄 0.3 mL/只添加; 对照组对应期间不添加药物, 其他饲养管理与试验组保持一致。试验 21 d 每组随机挑选 30 只鸡采样, 测定细胞因子含量、免疫球蛋白含量和肠道微生物菌群, 并统计各组所有鸡的 21 d 死淘率和周增重。出栏时, 计算各组鸡的欧洲效益指数 (EPI)、料重比和 42 d 死淘率。结果: 试验组肉鸡在 15~21 d 期间生长速度明显提高, 平均周增重显著高于对照组 ( $P < 0.05$ ); 1~21 d 的总死淘率显著低于对照组 ( $P < 0.05$ ); 42 d 的总死淘率显著低于对照组 ( $P < 0.05$ ); 肉鸡 EPI 显著高于对照组 ( $P < 0.05$ ); 试验组肉鸡血清中的免疫球蛋白 G (IgG) 和干扰素  $\gamma$  (IFN- $\gamma$ ) 的含量显著增加 ( $P < 0.05$ ), 白细胞介素 6 (IL-6) 和白细胞介素 1 $\beta$  (IL-1 $\beta$ ) 的含量显著降低 ( $P < 0.05$ )。此外, 与对照组相比, 试验组能够提高肉鸡盲肠微生物群落的多样性, 丰富其微生物结构的组成; 在肠道微生物门分类水平上, 增加了厚壁菌门 (Firmicutes) 的相对丰度, 降低了拟杆菌门 (Bacteroidota) 的相对丰度, 并极显著提高了厚壁菌门与拟杆菌门的比值 (F/B) ( $P < 0.001$ ); 在肠道微生物属分类水平上, 拟杆菌属 (*Bacteroides*) 的相对丰度极显著降低 ( $P < 0.001$ ), 另枝菌属 (*Alistipes*) 的相对丰度极显著增加 ( $P < 0.001$ ), 普拉梭菌属 (*Faecalibacterium*) 的相对丰度显著增加 ( $P < 0.05$ ); 其中以拟杆菌属和另枝菌属的变化最明显。综上所述, 饮水中添加以人参、麦冬为主要成分的中药制剂能够提高肉鸡的生长性能和免疫力, 并通过调节肠道微生物菌群的变化, 从而提高饲料的转化率和降低潜在肠道炎症发生的风险。

**关键词:** 中药复方制剂; 肉鸡; 生长性能; 细胞因子; 免疫球蛋白; 肠道微生物菌群

中图分类号: S853 文献标志码: A 文章编号: 0529-5130(2025)08-0049-12

## Impact of a new traditional Chinese medicine compound preparation on growth, immune response, and gut microbiota in broiler chickens

XU Jiangtao<sup>1,2</sup>, WU Zhiyong<sup>3</sup>, PENG Song<sup>4</sup>, YU Yaming<sup>4</sup>, LIN Fangzhu<sup>4</sup>, MA Fengzhou<sup>5</sup>,  
CHEN Ruichang<sup>5</sup>, WANG Xiliang<sup>1</sup>, LI Zili<sup>1\*</sup>

(1. College of Veterinary Medicine, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;  
2. Shandong Fengxiang Co., Ltd., Liaocheng 252325, China;  
3. Nanjing Traditional Chinese Veterinary Medicine Research Center, Nanjing 210018, China;  
4. College of Veterinary Medicine, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;  
5. Shandong Yiyuan Pharmaceutical Co., Ltd., Jinan 250400, China)

**Abstract:** This experiment was to investigate the effects of ginseng, *Ophiopogon japonicus* and other traditional Chinese medicine compound preparations on growth performance, serum immune indicators, and intestinal microflora in white-feathered broiler chickens. Initially,

收稿日期: 2024-08-21; 修回日期: 2025-06-11

基金项目: 山东省重点研发计划 (重大科技创新工程) 项目 (2022CXGC010606)

第一作者: 徐江涛, 男, 博士研究生, 兽医

\* 通信作者: 李自力, 博士生导师, 研究方向为动物黏膜免疫、重要动物疫病的诊断与免疫防控, E-mail: lizili@mail.hzau.edu.cn.

60 000 1-day-old healthy chickens were divided into two groups: the test group and the control group, with three replicates in each group and 10 000 chickens per replicate. In the test group, the traditional Chinese medicine compound preparation was administered in the drinking water for 15 days at dosages of 0.1 mL/chicken from days 1 to 5, 0.2 mL/chicken from days 6 to 10, and 0.3 mL/chicken from days 11 to 15. The control group received no treatment during this period. On day 21, 30 chickens from each group were randomly selected for sampling. Serum cytokines and immunoglobulins were collected from these chickens and were measured, and cecal microbial flora in them was analyzed. Then, mortality, culling rate, and weekly weight gains were calculated for all chickens, and the feed conversion ratio and the European performance index (EPI) were assessed at slaughter. The results showed that the broiler chickens in the test group exhibited a significantly higher growth rate and average weekly weight gain from days 15 to 21, compared with the control group ( $P < 0.05$ ). The total mortality rate of the birds from day 1 to day 21 was significantly reduced ( $P < 0.05$ ), and the total mortality rate on day 42 was also significantly reduced ( $P < 0.05$ ). The EPI was considerably higher in the test group ( $P < 0.05$ ). Their serum levels of immunoglobulin G and gamma interferon were significantly increased, whereas the levels of interleukin-6 and interleukin-1 $\beta$  were significantly reduced ( $P < 0.05$ ). Additionally, the traditional Chinese medicine compound preparation improved the diversity of the cecal microbial community and enriched the microbial structure in the test group, compared with the control group. At the phylum level, the relative abundance of Firmicutes in the test group chickens increased, Bacteroidota decreased, and the Firmicutes to Bacteroidota ratio (F/B) rose significantly ( $P < 0.001$ ). At the genus level, the relative abundance of *Bacteroides* in the birds significantly decreased, whereas *Alistipes* and *Faecalibacterium* in them significantly increased, with *Bacteroides* and *Alistipes* showing the most notable changes. In summary, the traditional Chinese medicine compound preparation supplementation in drinking water enhanced growth performance and immunity in the broiler chickens, improved their feed conversion rate, and reduced the risk of potential intestinal inflammation in them by modulating their intestinal microflora.

**Keywords:** traditional Chinese medicine compound preparation; broiler; growth performance; cytokine; immunoglobulin; intestinal microflora

肉鸡的规模化和集约化养殖具有生长周期短、养殖成本低、经济效益高等特点。然而高密度的养殖环境使肉鸡的抗病力与生产压力与日俱增，尤其是初生雏鸡由于消化系统与免疫系统功能尚未完善，容易受到外界刺激（如饲喂不当、疫苗接种、断喙、气温突变和传染病）发生各种疾病，导致肉鸡养殖的经济效益骤减，同时，抗生素的过度使用造成雏鸡的抗病能力下降，更易引起疾病的暴发<sup>[1]</sup>。在饲料中添加少量抗生素预防肉鸡疾病，维持机体的健康，是传统养殖模式下提高生产效益的方式，但抗生素的长期使用也会导致细菌耐药菌株的出现以及禽产品中药物残留，不仅降低了抗生素的疗效，同时威胁到了人类的健康。因此，亟需寻找天然广泛、绿色健康、无毒副作用的“替抗药物”来解决肉鸡养殖中的问题，以提高经济效益。

中兽医学认为，雏鸡出生后为稚阴稚阳之体，先天之气不足，脏腑功能未充，又在没有阳光的鸡舍里高密度饲养，导致阳气不足，外邪容易侵入<sup>[2]</sup>。因此需要补气健脾，培补元气，鼓舞正气，增强机体抵抗力，抵御外邪。新型复方中药制剂的组方原则基于经方“生脉饮”，由人参、麦冬等多种补益药组成，具有益气复脉、养阴生津的功效，可补先天之气，增强机体免疫力，提高肉鸡存活率。药理学研究表明，人参甘温，补脾益肺，生津安神，其主要活性成分包括皂苷、多糖、挥发油、蛋白质、氨基酸、有机酸、黄酮类、维生素类及微量元素等，具有兴奋神经中枢、抗肿瘤、保护心脑血管、提高免疫力、延缓衰

老、降血脂及抗疲劳等药理作用<sup>[3]</sup>。麦冬甘寒，养阴生津，润肺清心，其主要活性成分包括甾体皂苷、高异黄酮、多糖、挥发油等，具有保护心血管、抗肿瘤、抗氧化、免疫调节、降血糖、降血脂等作用<sup>[4]</sup>。刘洪亮等<sup>[5]</sup>研究表明，改良后的“生脉饮”药方经发酵后，能够降低猪肉平均背膘厚，提高熟肉率和油酸含量，从而改善猪肉品质，提高其营养价值。王剑铎<sup>[6]</sup>研究表明，母猪妊娠后期和哺乳期日粮中添加参麦渣能提高母猪繁殖性能和仔猪的生长性能。本试验旨在探究包含人参、麦冬的新型复方中药制剂对肉仔鸡的生长性能、血清免疫指标及肠道微生物菌群数量的作用效果，为中药复方添加剂在家禽生产中的应用提供参考。

## 1 材料与方

### 1.1 试验药物

新型复方中药制剂：主要原料为人参、麦冬等，原料购于安徽亳州市真源堂药业有限公司，由山东益远药业有限公司生产，批号 2023102501。

### 1.2 主要试剂

鸡白细胞介素 6 (IL-6)、白细胞介素 1 $\beta$  (IL-1 $\beta$ )、白细胞介素 2 (IL-2)、干扰素  $\gamma$  (IFN- $\gamma$ ) 试剂盒购于上海翌圣生物有限公司；免疫球蛋白 G (IgG)、免疫球蛋白 M (IgM) 试剂盒购于南京建成生物工程研究所有限公司；E. Z. N. A.<sup>TM</sup> Bacterial DNA 提取试剂盒购于美国 Omega Bio-Tek 公司；MiSeq Reagent Kit v3 试剂盒购于美国 Illumina 公司。

### 1.3 试验仪器

Multiskan FC 酶标仪购于赛默飞世尔上海仪器有限公司；Nano Drop 微量分光光度计购于美国 Thermo 公司；气相色谱仪购于美国 Thermo 公司；生物分析仪购于美国安捷伦公司。

### 1.4 试验动物及分组

试验选用 60 000 只 1 日龄的 AA 白羽肉鸡，分成 2 组，每组 3 个重复，每个重复各 10 000 只。对照 (CON) 组在 1~21 日龄期间不添加任何药物；试验组为添加试验中药制剂 (TCM) 组，在饮水中添加量为 1 g/mL，连续 15 d，其中 1~5 日龄 0.1 mL/只，6~10 日龄 0.2 mL/只，11~15 日龄 0.3 mL/只，16~21 日龄不添加任何药物。

### 1.5 生产性能测定

每周选取 3% 的鸡称重，计算周平均增重。每日观察肉鸡生长情况，统计 21 日龄和 42 日龄死淘率，并准确记录每天喂料量和剩余量。于试验第 42 天出栏前早晨对鸡进行空腹称重并统计饲料消耗，计算各重复组的料重比和欧洲效益指数 (EPI)<sup>[7]</sup>。

$$EPI = (\text{体重} \times \text{存活率}) / (\text{料重比} \times \text{出栏日龄}) \times 10\ 000。$$

### 1.6 免疫应答水平测定

于试验第 21 日龄，从 CON 组和 TCM 组中各随机选取 30 只鸡 (每个重复挑选 10 只)，采集血液，分离血清，保存于 -20 ℃。采用酶联免疫吸附试验 (ELISA) 测定血清中 IL-6、IL-2、IL-1 $\beta$ 、IFN- $\gamma$ 、IgM 和 IgG 的含量。首先通过试剂盒标准品制作标准曲线。然后将血清稀释至同一浓度，根据试剂盒说明书加入相应试剂。最后在酶标仪上测量样品的 OD 值，根据标准曲线计算样品细胞因子。

### 1.7 盲肠样品微生物组 16S rDNA 基因测序分析

于试验第 21 日龄，从采集血液的鸡中每组各随机选取 8 只鸡，无菌采集盲肠内容物，置于无菌管中，并迅速置于液氮中，后转移至 -80 ℃ 保存。首先用 E. Z. N. A.™ Bacterial DNA 提取试剂盒提取内容物样品的 DNA，并评估 DNA 的浓度和质量，同时用凝胶电泳检测 DNA 的完整性。设计特异性扩增细菌 16S rDNA 基因 V3~V4 区的通用引物，341F: 5'-CCTACGGGNGGCWGCAG-3' 和 805R: 5'-GACTACH-VGGGTATCTAATCC-3'，并用凝胶电泳验证引物的特异性。PCR 反应体系 (10  $\mu$ L): 10  $\times$  Top Taq 缓冲液 (1  $\mu$ L)，dNTPs (0.8  $\mu$ L, 25 mmol/L)，上游引物 (0.1  $\mu$ L, 10  $\mu$ mol/L)，下游引物 (0.1  $\mu$ L, 10  $\mu$ mol/L)，Top Taq DNA 聚合酶 (0.2  $\mu$ L)，

100 ng 模板 DNA 和水 (配平 10  $\mu$ L 体积)。PCR 反应条件: 94 ℃ 2 min; 94 ℃ 30 s, 55 ℃ 30 s, 72 ℃ 延伸 60 s, 25 次循环; 72 ℃ 延伸 5 min。PCR 反应结束后，产物用 2% 琼脂糖凝胶电泳进行检测，并用 AMPure XP PCR 纯化珠纯化扩增产物，得到各个样本的原始文库。得到文库后，用 Qubit 对样品文库定量，定量后根据测序要求按一定比例稀释样品并进行混合。最后利用 MiSeq Reagent Kit v3 构建原始测序文库，并确定文库浓度和非特异性扩增 (120~200 bp)；最后，文库测序采用 Illumina 2  $\times$  250 bp 双端测序策略。

### 1.8 生物信息学分析

首先对原始数据进行统计和质控，使用 QIIME2 软件统计分析原始数据，生成扩增序列变体 (ASV)，并进行注释。以 ASV 数据表为基础进行  $\alpha$ -多样性分析、 $\beta$ -多样性分析和群落组成分析，并用 R 语言进行绘图。 $\alpha$ -多样性分析的稀释性曲线和物种累积箱曲线用于分析样本的测序数据量是否合理以及抽样是否充分；用 Shannon、Chao1、ACE 和 Observed species 指数来描述每个样本的多样性指数。 $\beta$ -多样性分析采用 Venn 图、非度量多维尺度分析 (NMDS)、主坐标分析 (PCoA) 和基于加权 Unifrac 距离的层次聚类分析 (样本聚类树) 来描述样本间的差异。然后，从门和属分类水平对群落组成进行分析。

### 1.9 数据统计与分析

本试验数据用 Excel 初步整理计算，试验所得数据均用 SPSS 18.0 软件的 *t* 检验进行显著性分析， $P < 0.05$  为差异显著。用 GraphPad Prism 9.0 软件作图。结果均以“平均数 $\pm$ 标准差”表示。

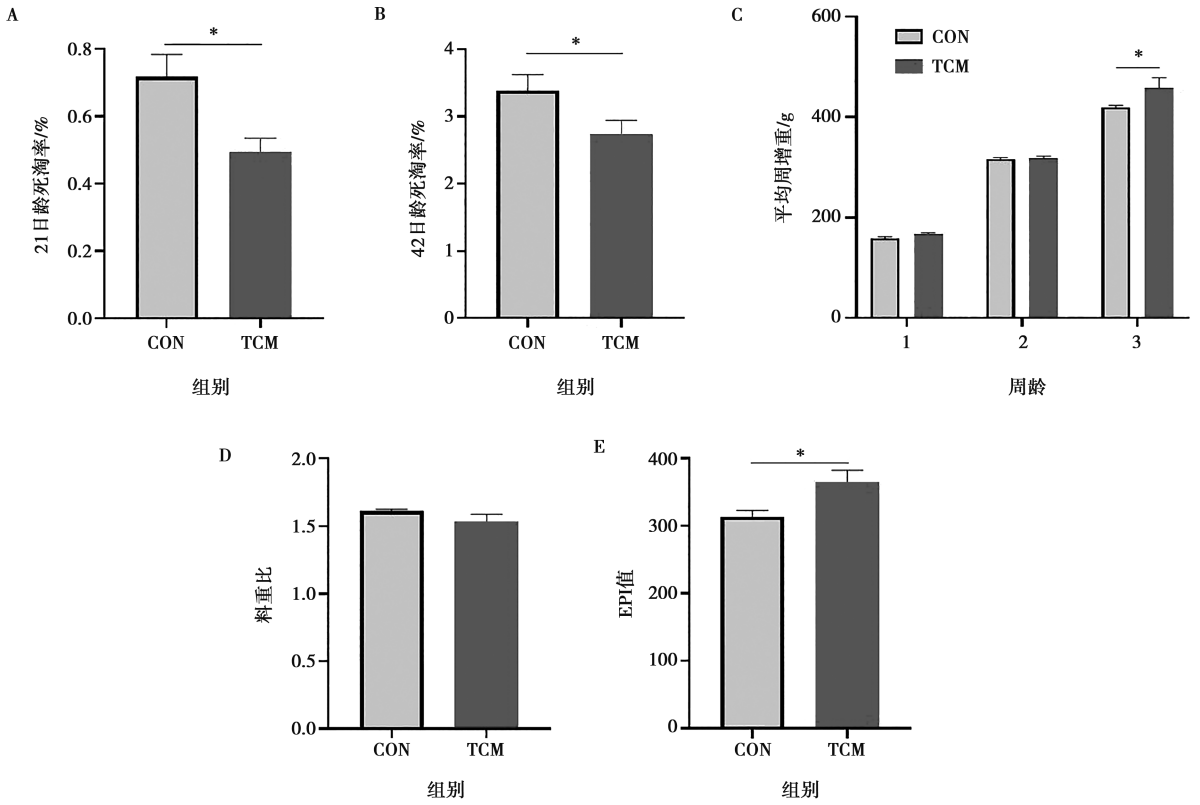
## 2 结果与分析

### 2.1 复方中药制剂对肉鸡生产性能的影响

结果显示 (图 1)，与 CON 组相比，TCM 组的 21 和 42 日龄的死淘率均显著降低 ( $P < 0.05$ )；TCM 组 42 日龄出栏时料重比有下降趋势，但无显著性差异 ( $P > 0.05$ )；TCM 组的 EPI 值显著升高 ( $P < 0.05$ )；TCM 组 3 周龄的平均周增重显著升高 ( $P < 0.05$ )。

### 2.2 复方中药制剂对肉鸡免疫应答水平的影响

结果显示 (图 2)，与 CON 组相比，TCM 组 IgG 和 IFN- $\gamma$  的含量显著增加 ( $P < 0.05$ )，IL-6 和 IL-1 $\beta$  的含量显著降低 ( $P < 0.05$ )；TCM 组 IgM 和 IL-2 的含量有上升趋势，但无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。



\*表示  $P < 0.05$ 。下同。

图1 复方中药制剂对肉鸡生产性能的影响

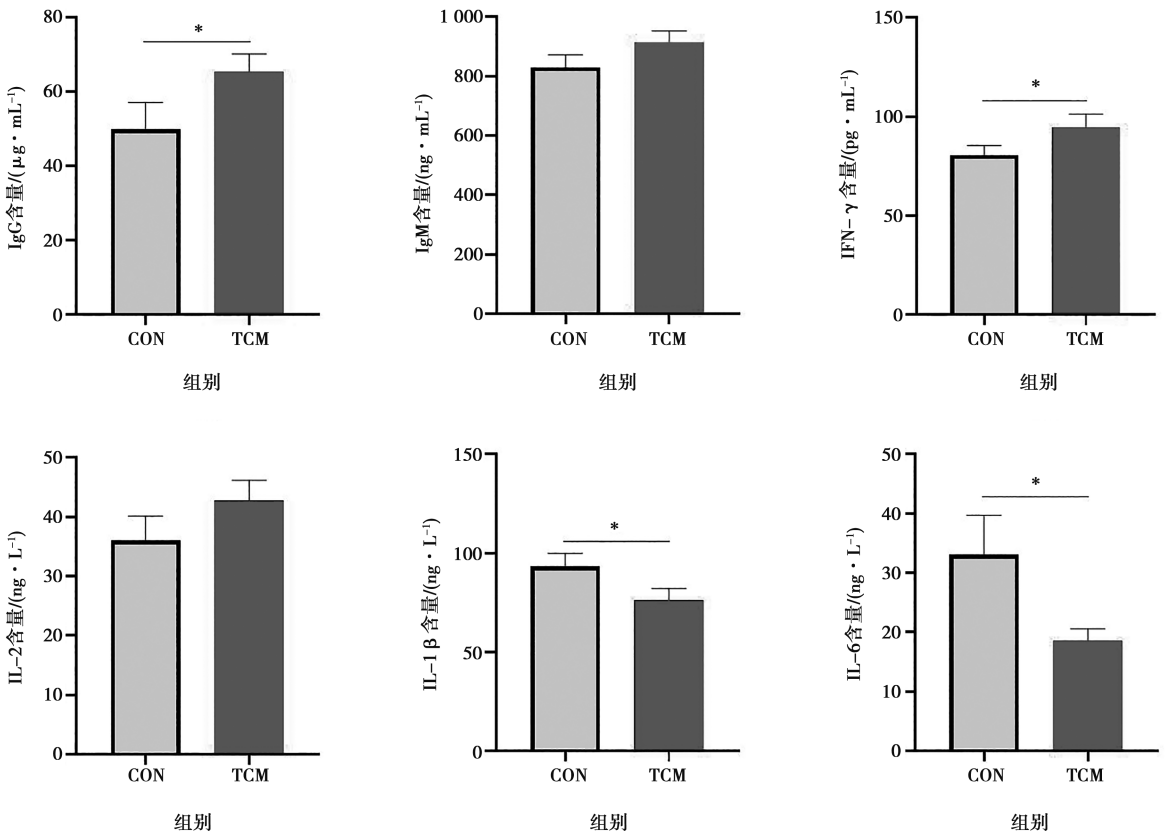


图2 复方中药制剂对肉鸡免疫应答水平的影响

### 2.3 盲肠内容物抽样合理性和测序深度的测定

选择 CON 组和 TCM 组的盲肠内容物样品, 使用特异性引物扩增出粪便样品 DNA 的 16S rDNA 基因 V3~V4 区, 进行粪便样品的抽样合理性和测序深度的测定, 抽样数据是否充足与测序深度是否足够直接关系到整个 16S rDNA 测序分析的准确性和真实性。由于大多数生物多样性和群落研究无法做到系统地调查, 只能抽样研究。因此, 抽样研究的样本量必须足够大, 要客观地符合调查需求。物种累积曲线在一定范围内, 随着样本量的加大, 若箱形图位置表现

为急剧上升则表示群落中有大量物种被发现; 当箱形图位置趋于平缓, 则表示此环境中的物种并不会随样本量的增加而显著增多。物种累积箱形图可以作为对样本量是否充分的判断, 箱形图位置急剧上升表明样本量不足, 需要增加抽样量; 反之, 则表明抽样充分, 可以进行数据分析。如图 3A 所示, 物种累积箱形图曲线上升呈现平缓趋势, 表明本试验抽样本量充分。如图 3B 所示, 随着序列数量的增加, 稀释性曲线上升越来越平缓, 表明该试验测序合理, 无新的扩增子序列变体 (ASV) 出现。

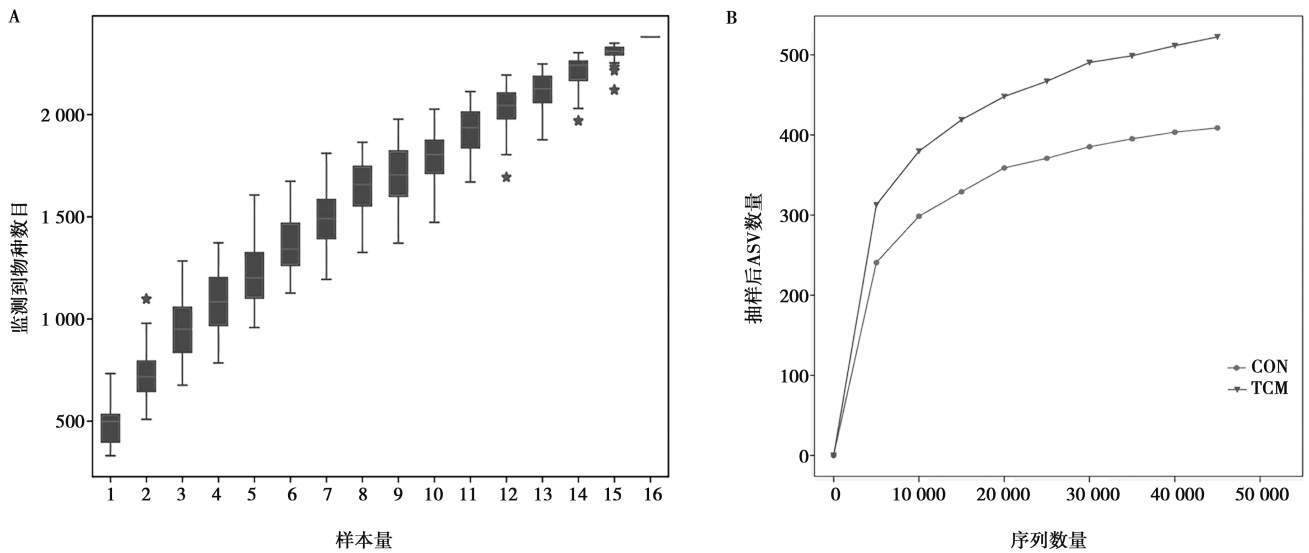


图3 物种累积曲线 (A) 和稀释性曲线 (B)

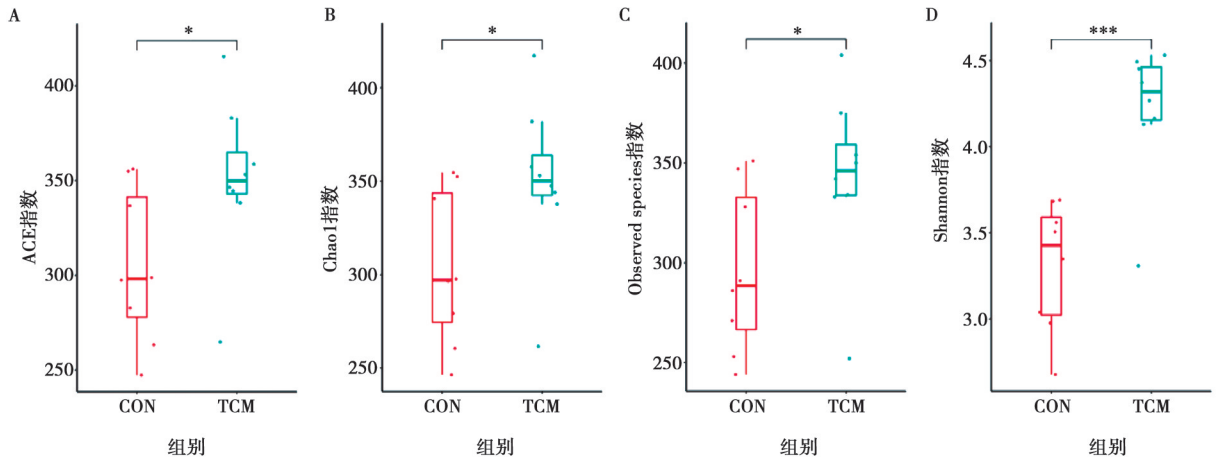
### 2.4 复方中药制剂对肉鸡肠道菌群 $\alpha$ -多样性的影响

样品 DNA 经过测序, 采集到高质量序列, 并通过 QIIME2 软件对原始数据进行质控后, 对每组样本的 ASV 数据进行比较, Observed species 指数可以直接观测到 ASV 个数。Chao1 和 ACE 指数用来表示测序样本中的物种总数, 其值越大表示该样品物种数越多。Shannon 指数反映物种  $\alpha$ -多样性丰富度, 指数越大表示物种丰富度越高。如图 4 所示, 与 CON 组相比, TCM 组的 Observed species、Chao1、ACE 和 Shannon 指数显著上升 ( $P < 0.05$ ), 表明 TCM 组鸡盲肠内容物的微生物菌群的多样性丰富度增加。

### 2.5 复方中药制剂对肉鸡肠道菌群 $\beta$ -多样性的影响

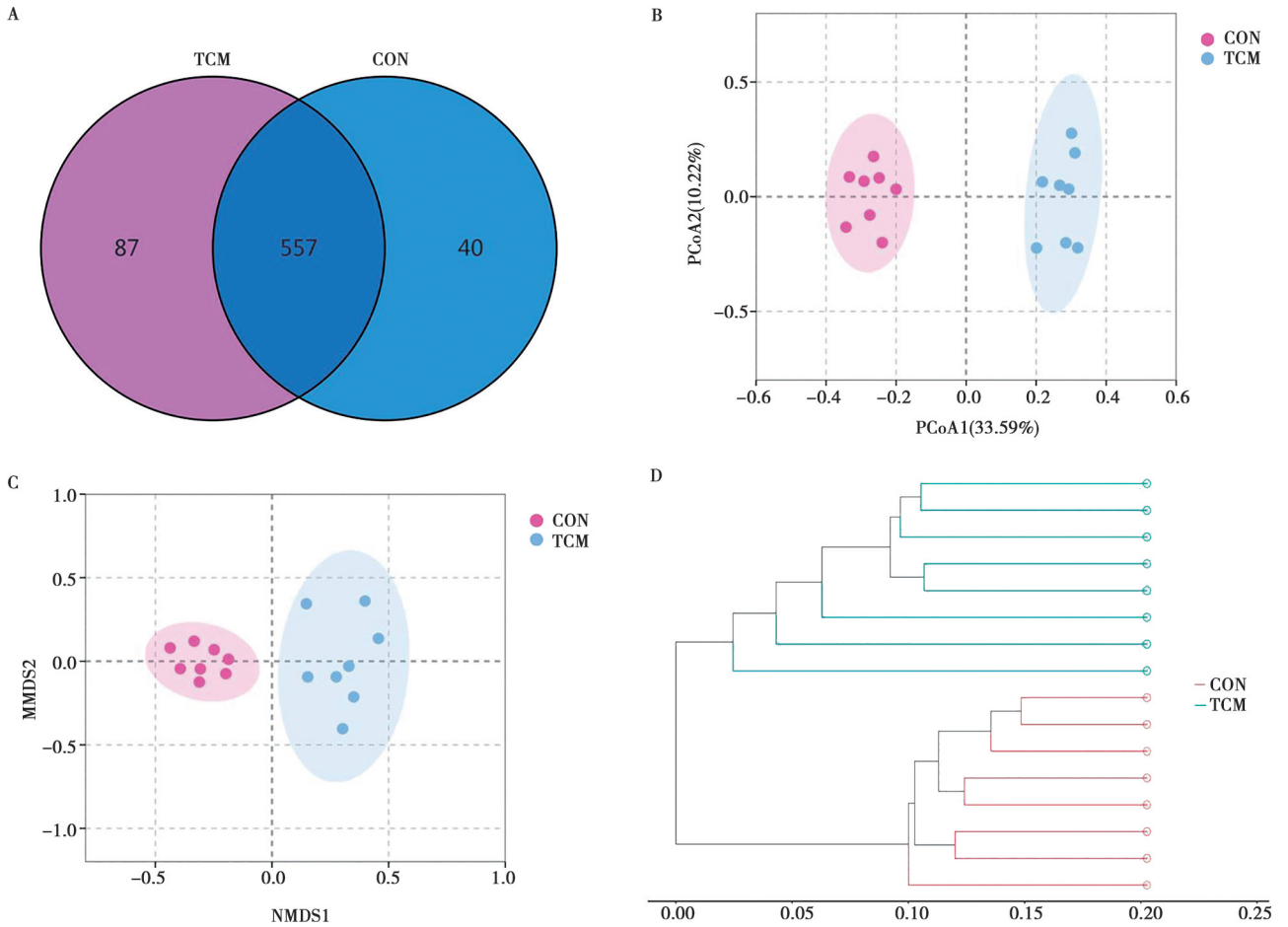
通过  $\beta$ -多样性分析方法研究了不同组盲肠微生物

菌群组成的差异性, Veen 图、NMDS 分析、PCoA 分析和分层聚类分析表示不同组微生物群落组成的整体相似性和差异性。如图 5A 所示, 不同组之间微生物菌群相同物种和不同物种的数量, 样本中一共鉴定出 684 个 ASV, 其中有 557 个 ASV 是两组样本所共有的。此外, CON 组和 TCM 组之间各自独有的物种数比例分别为 5.8% 和 12.7%, 结果表明两组的微生物菌群存在着物种的差异。如图 5B、5C、5D 所示, CON 组和 TCM 组的微生物菌群都分布在不同的地方, 其中 CON 组单独存在一处, 与 TCM 组相隔较远, 表明两组之间的菌落组成相似度不高。



\*\*\*表示  $P < 0.001$ 。下同。

图4 复方中药制剂对肉鸡肠道菌群  $\alpha$ -多样性的影响



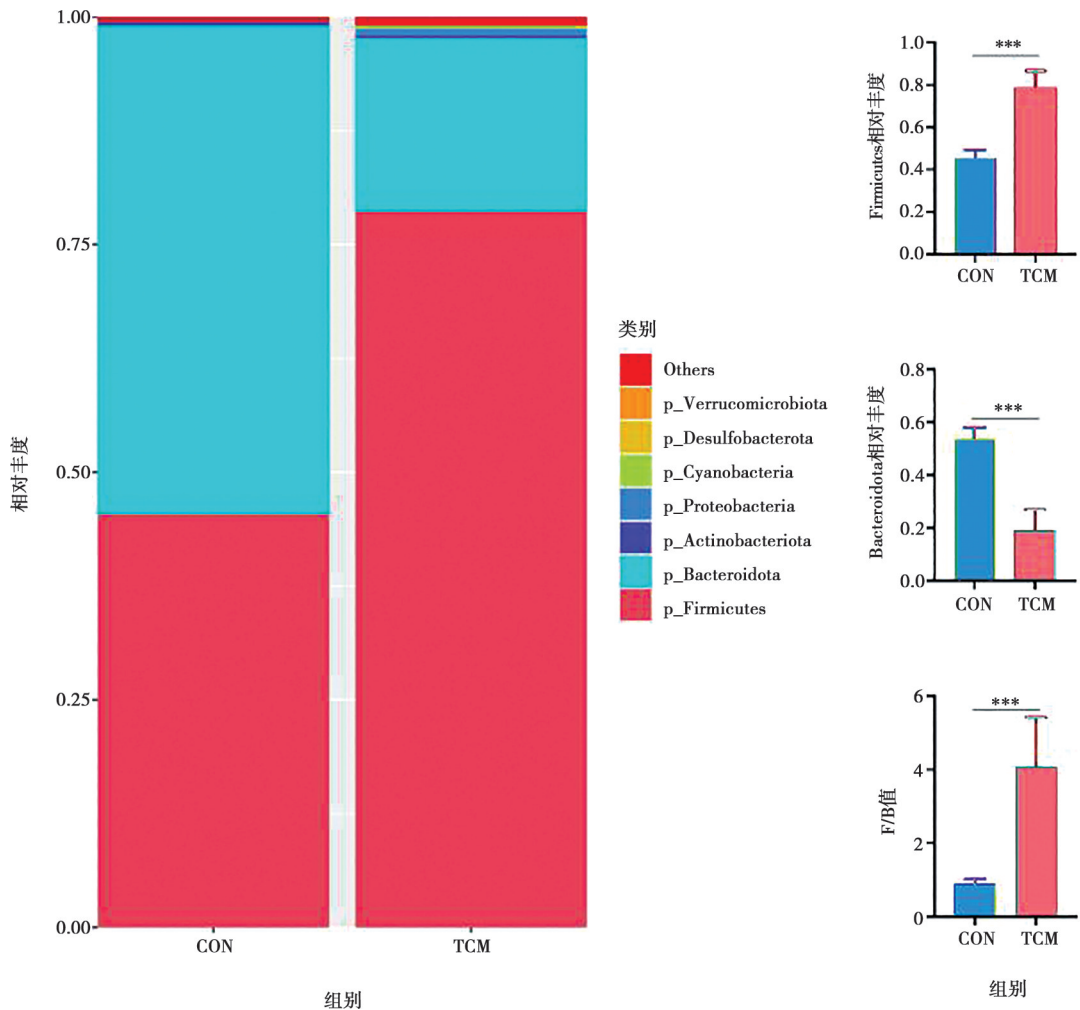
A. Venn图; B. PCoA图; C. NMDS图; D. 分层聚类分析树状图。

图5 复方中药制剂对肉鸡肠道菌群  $\beta$ -多样性的影响

## 2.6 复方中药制剂对肉鸡肠道菌群门分类水平的影响

在门分类水平微生物群落的变化上，两组样品具有相似的分类群落，并且表现出两个相对较高丰度的拟杆菌门（Bacteroidota）和厚壁菌门（Firmicutes），它

们占据了所有菌群门分类水平的90%以上。如图6所示，与CON组相比，TCM组中拟杆菌门的相对丰度显著降低（ $P < 0.001$ ），厚壁菌门的相对丰度显著增高（ $P < 0.001$ ），同时，厚壁菌门与拟杆菌门相对丰度的比值（F/B）也显著升高（ $P < 0.001$ ）。



F/B 值是指厚壁菌门与拟杆菌门相对丰度的比值。

图6 复方中药制剂对肉鸡肠道菌群门分类水平的影响

## 2.7 复方中药制剂对肉鸡肠道菌群属分类水平的影响

在属分类水平上，观察到微生物的显著变化（图7）。特别是9个属的相对丰度，包括拟杆菌属（*Bacteroides*）、另枝菌属（*Alistipes*）、普拉梭菌属（*Faecalibacterium*）、乳杆菌属（*Lactobacillus*）、普氏梭杆菌属（*Flavonifractor*）、丁酸梭杆菌属（*Butyricoc-*

*cus*）、大肠埃希菌属（*Colidextribacter*）、厌氧菌属（*Anaerotruncus*）和罕见小球菌属（*Subdoligranulum*）。TCM组中拟杆菌属的相对丰度极显著低于CON组（ $P < 0.001$ ），而另枝菌属（ $P < 0.001$ ）和普拉梭菌属（ $P < 0.05$ ）的相对丰度显著高于CON组。此外，其余6个菌属虽有变化，但两组之间无显著性差异（ $P > 0.05$ ）。

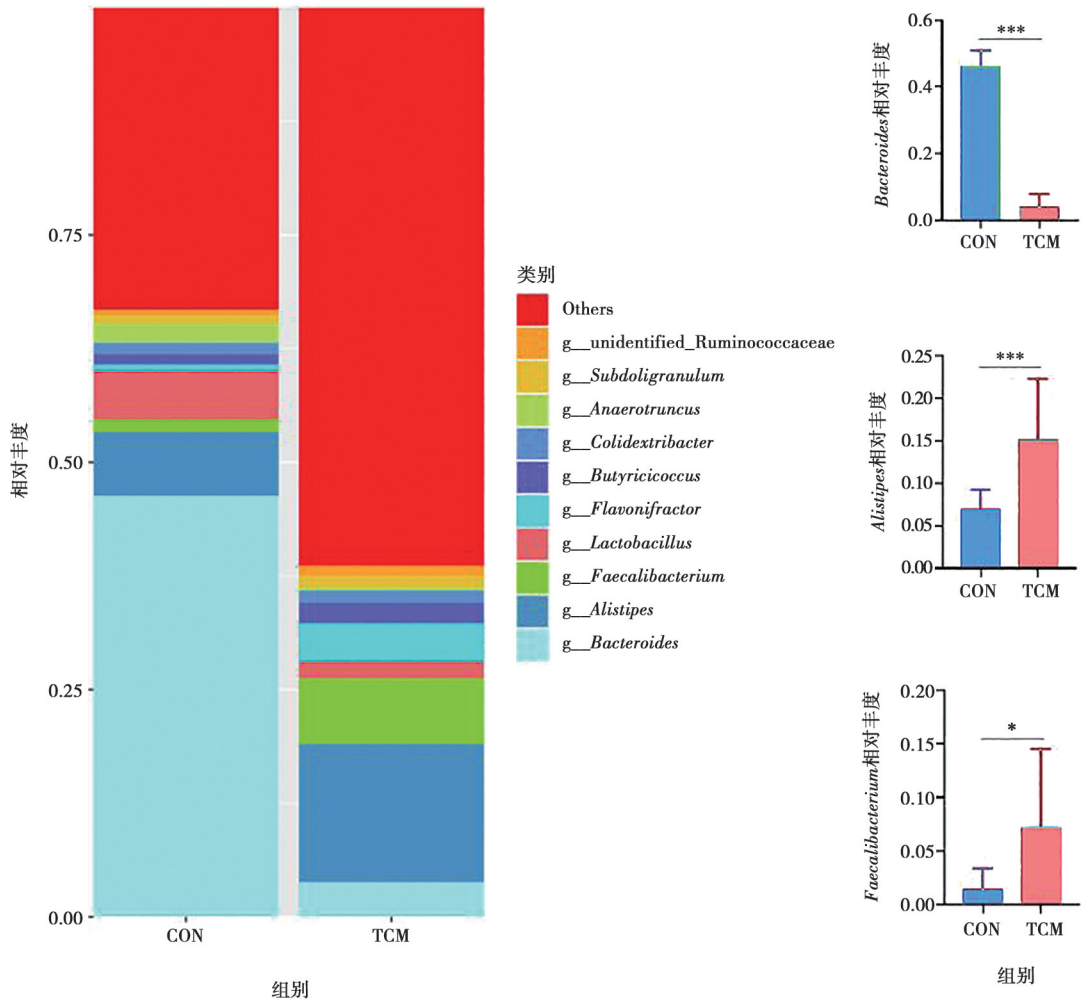
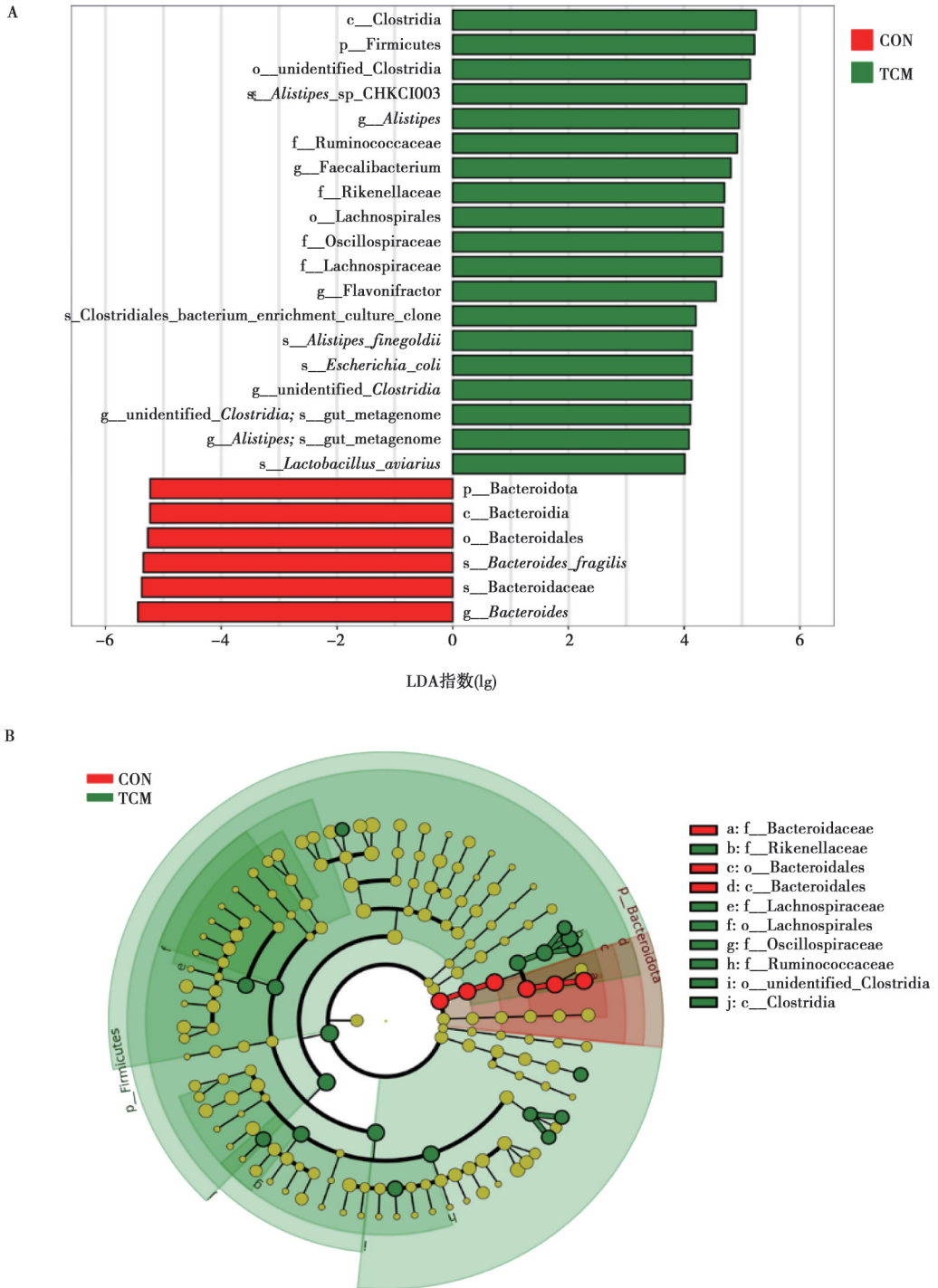


图7 复方中药制剂对肉鸡肠道菌群属分类水平的影响

### 2.8 LEfSe 分析复方中药制剂对肉鸡肠道菌群的影响

结果如图 8 所示，为了更清晰地了解 CON 组与 TCM 组之间微生物种属的具体变化，采用 LEfSe 分析了两组之间物种在各个分类水平上的差异，并确定了各组之间的特征影响。LEfSe 分析根据 LDA 评分鉴定生物标志分类群，以 4.0 为评分阈值，鉴定了 25 个生物标志分类群。在 CON 组中，有 6 个分类群，拟杆菌门 (p\_Bacteroidota)、拟杆菌纲 (c\_Bacteroidia)、拟杆菌目 (o\_Bacteroidales)、拟杆菌科 (f\_Bacteroidaceae)、拟杆菌属 (g\_Bacteroides)、脆弱拟杆菌 (*s\_Bacteroides\_fragilis*) 高度表达 (LDA>4.0)。在 TCM 组中，有 19 个分类群，厚壁菌门 (p\_Firmicutes)、梭菌纲 (c\_Clostridia)、未鉴定梭菌目 (o\_unidentified\_Clostridia)、另枝菌属 (g\_Alistipes)、

另枝菌属未定种 CHKCI003 (*s\_Alistipes\_sp\_CHKCI003*)、瘤胃球菌科 (f\_Ruminococcaceae)、粪杆菌属 (g\_Faecalibacterium)、里肯氏菌科 (f\_Rikenellaceae)、毛螺菌目 (o\_Lachnospirales)、毛螺菌科 (f\_Lachnospiraceae)、奥斯氏菌科 (f\_Oscillospiraceae)、黄酮分解杆菌属 (g\_Flavinifractor)、梭菌目细菌富集培养克隆 06\_1235251\_76 (*s\_Clostridiales\_bacterium\_enrichment\_culture\_clone\_06\_1235251\_76*)、细长拟杆菌 (*s\_Alistipes\_finegoldii*)、大肠杆菌 (*s\_Escherichia\_coli*)、未鉴定梭菌属 (g\_unidentified\_Clostridia)、肠道宏基因组未鉴定梭菌属 (g\_unidentified\_Clostridia; s\_gut\_metagenome)、肠道宏基因组另枝菌属 (g\_Alistipes; s\_gut\_metagenome)、鸟乳酸杆菌 (*s\_Lactobacillus\_aviarius*) 高度表达 (LDA>4.0)。



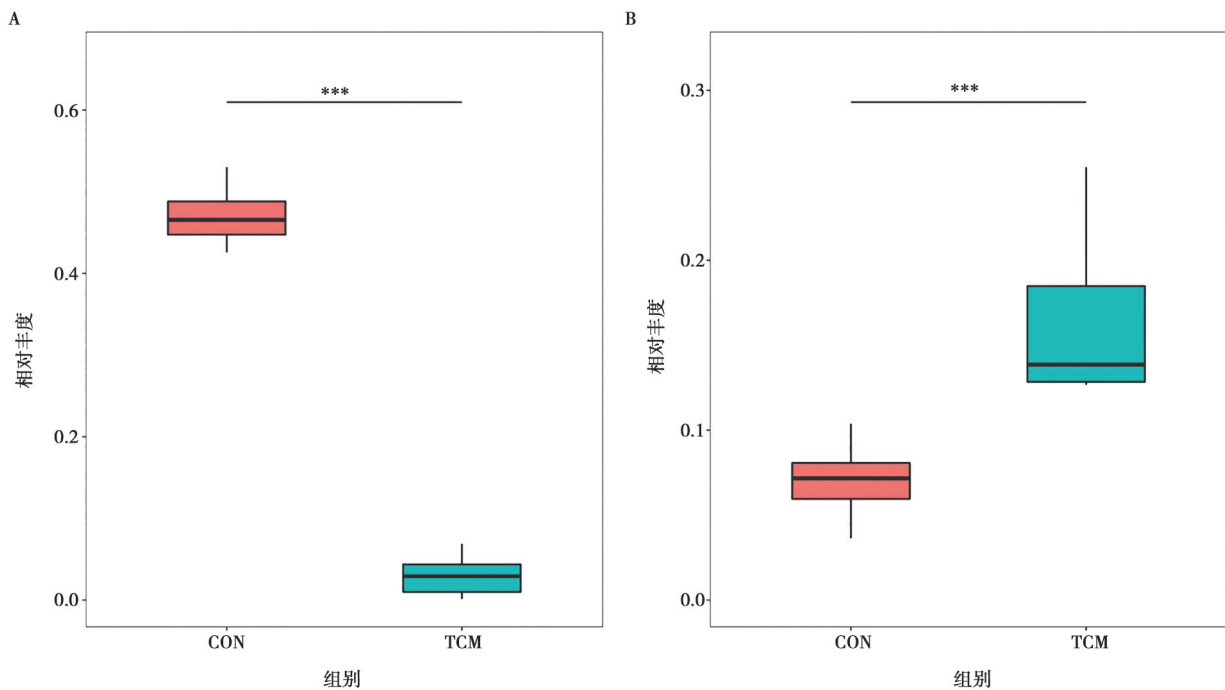
A. 基于 ASV 的 LDA 值分布柱状图；B. 基于 ASV 的进化分支图。

图 8 LEfSe 分析复方中药制剂对肉鸡肠道菌群的影响

### 2.9 Metastats 分析复方中药制剂对肉鸡肠道菌群的影响

如图 9 所示，通过 Metastats 分析筛选了 CON 组和 TCM 组之间具有差异的肠道微生物，其中，拟杆

菌属和另枝菌属的相对丰度在两组之间具有最显著的差异 ( $P < 0.001$ )。TCM 组中拟杆菌属的相对丰度显著低于 CON 组 ( $P < 0.001$ )；TCM 组中另枝菌属的相对丰度显著高于 CON 组 ( $P < 0.001$ )。



A. 拟杆菌属丰度; B. 另枝菌属丰度。

图9 Metastats 分析复方中药制剂对肉鸡肠道菌群的影响

### 3 讨论

#### 3.1 复方中药制剂对肉鸡生长性能的作用

肉鸡的死淘率、周增重能反映出其健康状态，而EPI能综合衡量养鸡场的经济效益。中药复方制剂中含有利于畜禽生长的营养物质，如蛋白质、糖类及维生素等，添加在畜禽日粮中具有促进生长的效果。郭嘉静等<sup>[8]</sup>研究表明，人参渣能提高黑羽乌鸡的采食量、日增重和免疫器官指数，并降低料重比。陈思等<sup>[9]</sup>研究表明，人参提取物能够提高蛋鸡生产性能和免疫力，并调节肠道微生物菌群，从而提高蛋鸡养殖的经济效益。阳刚等<sup>[10]</sup>研究表明，麦冬多糖具有免疫调节作用，能使环磷酰胺造成的雏鸡免疫抑制状态恢复到正常水平。本试验研究结果表明，饮水中添加含有人参、麦冬等补益类中药复方制剂可促进肉鸡体重的增长，降低死淘率，提高EPI。这些效果可能与中药复方制剂中包含的人参和麦冬等中药成分增强了肉鸡免疫力有关。

#### 3.2 复方中药制剂对肉鸡免疫应答水平的作用

免疫球蛋白(IgG、IgM和IgA)是体液免疫最重要的组成部分，在对病原微生物的免疫保护中起着主要作用<sup>[11]</sup>。IgG是血清中主要的免疫球蛋白，具有调节吞噬、中和病毒和毒素以及激活补体经典途径等功能。IgM是由抗原刺激的活化B细胞产生的最早

的免疫球蛋白，具有很强的抗原结合能力。王维维<sup>[12]</sup>研究表明，饲料中添加人参粗提取物和鱼腥草精油的复合制剂替代抗生素后，肉鸡血清中IgG含量升高，且生长性能得到改善。本试验研究结果表明，由人参、麦冬等组成的复方中药制剂可显著增加肉鸡血清中IgG含量，增强体液免疫，提高肉鸡的免疫力。

细胞因子具有广泛生物活性，它是由多种免疫细胞经刺激而合成分泌的小分子蛋白，可作为评估机体细胞免疫能力的另一重要指标<sup>[13]</sup>。IL-2与IFN- $\gamma$ 主要由辅助性T细胞分泌的细胞因子，可参与机体的免疫调控，起到增强免疫的作用。杨家圆等<sup>[14]</sup>研究表明，饲料中添加中草药复方可通过提高蛋鸡血清中IL-2与IFN- $\gamma$ 的含量改善免疫功能，从而提高蛋鸡的生产性能。IL-6和IL-1 $\beta$ 作为一种促炎细胞因子，对于启动和调节炎症反应、增强细胞介导的免疫反应以及调控其他细胞因子的生产和活性等有重要作用。人参皂苷Rg3能改善脂多糖(LPS)刺激引起的肉仔鸡生长抑制和发热。曲逸文<sup>[15]</sup>研究表明，人参皂苷Rg3可降低应激激素和血清中促炎介质(IL-6、IL-1 $\beta$ 、TNF- $\alpha$ 和NO)含量，改善机体的应激状态。本试验研究结果显示，试验复方中药制剂可以显著提高肉鸡血清IFN- $\gamma$ 含量，对IL-2的含量有提升但并不显著，同时，显著降低了IL-6和IL-1 $\beta$ 的含量，表明该产品可以有效增强肉鸡的免疫力，预防炎症的

发生。

### 3.3 复方中药制剂对肉鸡肠道微生物菌群的影响

肠道微生物群在吸收营养、促进生长和新陈代谢、抵御有害细菌和调节免疫系统等方面发挥着重要作用<sup>[16]</sup>。鸡的盲肠在肠道中具有最高的微生物细胞密度 ( $10^{11}$ 个/g) 和多样性,它是尿素回收、水调节和碳水化合物发酵的重要场所,有助于肠道健康和营养<sup>[17]</sup>。微生物的  $\alpha$ -多样性可以反映微生物群落的丰度和多样性,包括一系列统计学分析指数估计环境群落的物种丰度和多样性。微生物  $\beta$ -多样性分析是对不同样品/不同组间样品的微生物群落构成进行比较分析。本试验结果表明,研究开发的复方中药制剂可以显著改变肠道微生物的  $\alpha$ -多样性和  $\beta$ -多样性,从而使肉鸡肠道微生物多样性和结构组成更加丰富。

正常生理情况下,禽类盲肠微生物以厚壁菌门、拟杆菌门和变形菌门为主<sup>[18]</sup>。厚壁菌门和拟杆菌门中的细菌常被当作系统发育的指标,因为它们丰度很容易受到肠道发酵条件的影响。F/B 值在维持肠道稳态中发挥着重要作用,F/B 值的降低通常会导致肠道炎症的发生<sup>[19]</sup>,而 F/B 值的升高可提高饲料消化率和保护宿主肠道健康<sup>[20]</sup>。本试验结果显示,在肠道微生物的门分类水平上,饮水中添加试验复方中药制剂后,肠道拟杆菌门的相对丰度显著降低,而厚壁菌门的相对丰度显著升高,F/B 值显著增加,表明试验用中药复方制剂可提高肉鸡的饲料消化率并维持肠道稳态。在肠道微生物的属分类水平上,拟杆菌属、另枝菌属、普拉梭菌属的相对丰度显著改变,结合 LEfSe 和 Metastats 分析发现,拟杆菌属和另枝菌属的相对丰度差异最为明显,试验复方中药制剂可降低拟杆菌属的相对丰度,提高另枝菌属的相对丰度。据报道,拟杆菌属在通常情况下被认为是有益菌,但拟杆菌属的相对丰度与促炎因子 IL-1 $\beta$  的含量呈正相关,在坏死性肠炎的肉鸡模型中拟杆菌属的相对丰度显著增加<sup>[21]</sup>。因此,拟杆菌属的相对丰度过高不利于肉鸡肠道的健康。另枝菌属是一种耐胆汁的生物体,能够产生纤溶酶、消化明胶和发酵碳水化合物以产生乙酸,因此被认为是肠道微生物有益细菌<sup>[22]</sup>。另枝菌属也被确定为肠道中的丁酸盐生产者,并在人体和动物试验中表现出良好的抗炎作用<sup>[23]</sup>。据报道,饲料中添加中药成分黄芪多糖和甘草多糖混合物可提高另枝菌属的相对丰度,并提高肉鸡增重和饲料转化率<sup>[24]</sup>。

综上所述,本研究通过对以人参、麦冬为主要成分的中药复方制剂进行饮水给药的临床试验,探究了其对于肉鸡免疫与生长性能的影响。结果表明,试验产品能显著增加肉鸡血清中的免疫球蛋白含量,调节炎

性细胞因子的分泌,并改善肠道微生物群落的稳定性。这些变化不仅提高了肉鸡的生长性能和免疫力,还提升了肉鸡养殖的 EPI,展示出其在肉鸡养殖中的潜在应用价值。

### 参考文献:

- [1] 刘新月,左舒月,李梦梅,等.辣木叶多糖对广西三黄鸡生长性能、免疫功能和血清生化指标的影响[J].饲料研究,2023,46(24):46-50.
- [2] 王一辰,林殷,张聪,等.“忍三分寒”源流考辨及其现代保健意义[J].吉林中医药,2019,39(5):565-569.
- [3] 杨珊,赵暖暖,杨鑫,等.人参活性成分及药理作用研究进展[J].中医药导报,2023,29(1):105-107.
- [4] 孙晓媛,于凡,肖伟,等.麦冬现代应用的研究进展[J].中国现代中药,2018,20(11):1453-1458.
- [5] 刘洪亮,鲍菊,刘庆雨,等.发酵中草药副产物对松辽黑猪屠宰性能和肉质及经济效益的影响[J].饲料工业,2023,44(22):47-53.
- [6] 王剑锋.参麦渣对围产期母猪及哺乳仔猪的保健作用[D].福州:福建农林大学,2017.
- [7] 武志勇,彭松,张良,等.中药清瘟解毒口服液对肉鸡生长性能及呼吸道功能的影响[J].畜牧与兽医,2023,55(6):139-146.
- [8] 郭嘉静,段红爽,韩雪,等.人参渣对黑羽乌鸡生长性能及免疫器官指数的影响[J].中国饲料,2020(1):53-55.
- [9] 陈思,王倩倩.人参提取物对蛋鸡产蛋性能、蛋品质、血清生化指标及经济效益的影响[J].中国饲料,2021(8):41-44.
- [10] 阳刚,杨仕群,徐丹,等.川麦冬多糖对免疫抑制乌骨鸡公雏生长性能和免疫功能的影响[J].饲料工业,2019,40(8):21-25.
- [11] FANG J, MARTÍNEZ Y, DENG C, et al. Effects of dietary enzymolysis products of wheat gluten on the growth performance, serum biochemical, immune, and antioxidant status of broilers [J]. Food and Agricultural Immunology, 2017, 28(6): 1155-1167.
- [12] 王维维.人参鱼腥草粗提物对 AA 肉鸡生长性能、免疫功能与肠道菌群的影响[D].长沙:湖南农业大学,2021.
- [13] 朱彤波.医学免疫学[M].2版.成都:四川大学出版社,2017.
- [14] 杨家圆,张申林,陈贝妮,等.中草药复方添加剂对蛋雏鸡生长性能、血清生化指标及脾脏 IL-2 mRNA 表达量的影响[J].饲料研究,2023,46(21):27-31.
- [15] 曲逸文.人参皂苷 Rg3 对脂多糖诱导肉仔鸡应激的保护作用[D].重庆:西南大学,2022.
- [16] ROWLAND I, GIBSON G, HEINKEN A, et al. Gut microbiota functions: metabolism of nutrients and other food components [J]. Eur J Nutr, 2018, 57(1): 1-24.
- [17] OAKLEY B B, LILLEHOJ H S, KOGUT M H, et al. The chicken gastrointestinal microbiome [J]. FEMS Microbiol Lett, 2014, 360(2): 100-112.
- [18] FEYE K M, BAXTER M F A, TELLEZ - ISAIAS G, et al. Influential factors on the composition of the conventionally raised

broiler gastrointestinal microbiomes [J]. *Poult Sci*, 2020, 99 (2): 653-659.

[19] STOJANOV S, BERLEC A, ŠTRUKELJ B. The influence of probiotics on the Firmicutes/Bacteroidetes ratio in the treatment of obesity and inflammatory bowel disease [J]. *Microorganisms*, 2020, 8 (11): 1715.

[20] LI Y, XU Q, HUANG Z, et al. Effect of *Bacillus subtilis* CGMCC 1.1086 on the growth performance and intestinal microbiota of broilers [J]. *J Appl Microbiol*, 2016, 120 (1): 195-204.

[21] KEERQIN C, RHAYAT L, ZHANG Z H, et al. Probiotic *Bacillus subtilis* 29, 784 improved weight gain and enhanced gut health status of broilers under necrotic enteritis condition [J]. *Poult Sci*, 2021, 100 (4): 100981.

[22] RAUTIO M, EEROLA E, VÄISÄNEN-TUNKELROTT M L, et al. Reclassification of *Bacteroides putredinis* (Weinberg et al., 1937) in a new genus *Alistipes* gen. nov., as *Alistipes putredinis* comb. nov., and description of *Alistipes finegoldii* sp. nov., from human sources [J]. *Syst Appl Microbiol*, 2003, 26 (2): 182-188.

[23] WU M, CAO W, CHEN X, et al. Intelligent optimization and control for reheating furnaces; intelligent optimization and control of complex metallurgical processes [J]. *Engineering Applications of Computational Methods*, 2020, 14 (3): 223-271.

[24] QIAO Y, LIU C, GUO Y, et al. Polysaccharides derived from *As-tragalus membranaceus* and *Glycyrrhiza uralensis* improve growth performance of broilers by enhancing intestinal health and modulating gut microbiota [J]. *Poult Sci*, 2022, 101 (7): 101905.

· 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》以《中国科技论文与引文数据库》（CSTPCD）为基础，采用科学客观的研究方法与评价方式，遴选中国自然科学领域各学科分类重要期刊作为统计来源期刊。2024 年版引证报告共收录了在中国（不含港澳台地区）正式出版的 1 998 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
21 种期刊平均值		1 868			0.976							

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》。