

中文摘要

低蛋白日粮中锌含量对肉用仔鸡生长及免疫功能的影响及研究

改革开放后几十年来,我国肉鸡养殖行业迅速发展,也是伴随着国内外肉鸡消费需求量的不断增加,使得肉鸡养殖业发展空间也得到了充分发展,肉鸡养殖业也一直沿用高蛋白高能量高营养素日粮饲养技术开展。然而,畜禽高蛋白饲料会导致对进口蛋白质饲料的严重依赖,以及大量非必需氨基酸不被机体吸收利用而作为氮源排泄物排出体外造成氮源浪费、环境污染等问题。为解决这些问题,低蛋白日粮技术出现并成功应用。然而,该技术的应用需要重新研究和认知微量元素营养标准,尤其是锌等微量元素在低蛋白日粮中的添加比例以及其营养和免疫功效。这些研究对于推动肉鸡养殖行业的可持续发展具有重要意义。

本研究旨在研究低蛋白LP饲料中添加无机锌的最佳剂量,以满足肉鸡的正常生产需求。试验选取 324 只 1 日龄 Arbor Acres (AA) 肉仔鸡,随机分为 6 个处理组,每组 3 个重复,每个重复 18 只鸡。根据吉林省地方标准肉鸡低蛋白日粮技术规范 (DB22/T 3207-2020),处理组日粮中CP含量较对照组降低 1.5%,试验设计如下,正常蛋白日粮组为对照组A组:正常蛋白+110mg/Kg Zn,低蛋白日粮组为处理组: B组(70mg/kg Zn)、C组(90mg/kg Zn)、D组(110mg/kg Zn)、E组(130mg/kg Zn)、F组(150mg/kg Zn)。试验期为 42 天。

试验一:低蛋白日粮中不同锌含量对肉鸡生产性能、血清生化及抗氧化活性、免疫性能的影响

通过在低蛋白日粮中添加不同水平的无机锌,结果表明,正常蛋白NP组体重极显著高于低蛋白LP组 ($P<0.001$)。但随着饲养期间低蛋白中补充锌后发现,LP中E组和F组的体重极显著增加 ($P<0.001$),生长后期料肉比极显著低于低蛋白LP其他处理组 ($P<0.001$)。正常蛋白NP组屠宰率、半净膛率和全净膛率相较于低蛋白D组显著升高,腹脂率显著降低 ($P<0.05$)。随着低蛋白LP中补充锌后发现,E组和F组的全净膛率和胸肌率显著高于其他处理组 ($P<0.05$),腹脂率极显著低于低蛋白其他处理组 ($P<0.001$)。正常蛋白NP组肉品质显著

高于低蛋白D组 ($P<0.05$)，E组和F组的肉品质极显著高于低蛋白LP其他处理组 ($P<0.001$)。正常蛋白组的血清生化指标、抗氧化活性及免疫器官指数均显著高于低蛋白LP中D组 ($P<0.05$)。E组和F组的白蛋白含量显著高于低蛋白LP其他试验组 ($P<0.05$)。E组和F组的总抗氧化能力、过氧化氢酶活性、丙二醛含量和超氧化物歧化酶活性显著高于低蛋白LP其他处理组差异显著 ($P<0.05$)，免疫器官指数极显著高于其他试验组 ($P<0.001$)。正常蛋白组在脾脏、肌肉、肝脏基因水平上的表达显著高于低蛋白LP中D组，粪便中无机锌的含量显著低于D组 ($P<0.05$)。E组和F组脾脏免疫细胞因子IL-2、IL-4、IL-6、IL-1 β 、IFN- γ 、TLR-4，肌肉发育相关基因Myf5、MyOD、Myf6、MyOG，肝脏MT的mRNA表达水平极显著高于LP其他处理组 ($P<0.001$)，且随着F组无机锌含量的增加，某些基因的表达呈下降趋势。E组和F组粪便中无机锌的含量极显著低于其他试验组 ($P<0.001$)。

试验二：低蛋白日粮中不同锌含量对肉鸡肠道发育及肠道微生态的影响

在试验一结果基础上，对低蛋白日粮中添加不同水平无机锌对肠道发育及对盲肠内容物的影响进行了研究。通过对肉鸡空肠肠道形态及发育相关基因表达量的分析，结果表明，正常蛋白组的绒毛高度和绒隐比显著高于低蛋白LP中D组 ($P<0.05$)。E组和F组的隐窝深度显著降低 ($P<0.05$)，绒隐比极显著高于低蛋白LP其他处理组 ($P<0.001$)。正常蛋白组与空肠紧密连接蛋白相关基因 (Claudin-1、Occludin-1、ZO-1) 的 mRNA 表达量显著高于低蛋白LP中D组 ($P<0.05$)。E组和F组空肠的 Claudin-1、Occludin-1、ZO-1 的 mRNA 表达量极显著高于低蛋白LP其他处理组 ($P<0.001$)。据此结果，通过对A组、E组和F组盲肠微生物进行16s rRNA测序分析。表明：A组和E组的Alpha多样性和Beta多样性差异不显著 ($P>0.05$)，说明A组和E组在盲肠种群物种组成的丰富性和多样性上更为相似。在门水平上，其中A组和E组的优势菌门有3个，F组的优势菌门有4个。其中丰度最高的是厚壁菌门，其次是拟杆菌门和变形菌门。在属水平上进行分析，E组和F组的有益菌的上调 (Bacteroides、Faecalibacterium、Ruminococcustorques、Oscillospira 以及 Streptococcus 等)，结果发现，低蛋白日粮中130mg/kg或150mg/kg水平的锌含量可以增加肉鸡盲肠中与免疫相关的有益菌的数量。本研究结论：通过在低蛋白日粮中添加无机锌为130 mg/kg或

150mg/kg 可以提高生长性能、增强机体免疫及抗氧化能力，上调盲肠有益菌数量，对肠道营养物质吸收利用以及肌肉发育有一定促进作用，同时减少氮的排放，保护环境。

关键词：

肉仔鸡，低蛋白日粮；无机锌；生产性能；免疫；肠道微生态

目 录

中文摘要	I
Abstract	IV
英文缩写词表	X
前 言	1
第一篇 文献综述	2
第 1 章 低蛋白日粮技术的研究进展	2
1.1 我国蛋白资源现状	2
1.1.1 畜禽蛋白饲料供应紧缺	2
1.1.2 畜禽业氮排泄污染环境	3
1.2 低蛋白日粮技术在畜牧业中的应用	4
1.2.1 低蛋白日粮技术在实际生产中的应用	4
1.2.2 低蛋白日粮技术发展展望	5
第 2 章 微量元素锌的研究进展	6
2.1 微量元素锌的概述	6
2.1.1 锌的生物学功能	6
2.2.2 锌的免疫及抗氧化功能	7
2.2.3 锌与家禽生长发育的关系	7
2.2 微量元素锌在畜禽机体中的吸收和代谢	8
2.2.1 锌的吸收	8
2.2.2 锌的代谢	8
2.2.3 锌的排泄	9
第 3 章 研究目的与意义	10
第二篇 研究内容	11
第 1 章 低蛋白日粮中不同锌含量对肉鸡生产性能、血清生化及抗氧化活性、免疫性能的影响	11
1.1 试验材料	12
1.1.1 研究对象	12
1.1.2 主要试剂	12
1.1.3 主要仪器	12
1.2 试验方法	13
1.2.1 试验分组	13
1.2.2 肉鸡饲养管理及日粮组成	14
1.2.3 低蛋白日粮中无机锌实际添加含量	15
1.2.4 指标测定及方法	17
1.2.5 数据处理及统计分析	22
1.3 试验结果	23

1.3.1	低蛋白日粮中梯度添加无机锌对肉鸡生长性能的影响	23
1.3.2	低蛋白日粮中梯度添加无机锌对肉鸡屠宰性能的影响	25
1.3.3	低蛋白日粮中梯度添加无机锌对肉鸡肉品质的影响	26
1.3.4	低蛋白日粮中梯度添加无机锌对肉鸡血清生化指标及抗氧化活性的影响	27
1.3.5	低蛋白日粮中梯度添加无机锌对肉鸡免疫器官指数的影响	30
1.3.6	低蛋白日粮中梯度添加无机锌对肉鸡脾脏细胞免疫因子基因 mRNA 表达水平的影响	31
1.3.7	低蛋白日粮中梯度添加无机锌对肉鸡肌肉发育相关基因 mRNA 表达水平的影响	32
1.3.8	低蛋白日粮中梯度添加无机锌对肉鸡肝脏 MT 的影响	34
1.3.9	低蛋白日粮中梯度添加无机锌在肉鸡粪便中锌含量的影响	34
1.4	讨论	35
1.5	小结	44
第 2 章	低蛋白日粮中不同锌含量对肉鸡肠道发育及肠道微生态的影响	45
2.1	试验材料	45
2.1.1	试验试剂	46
2.1.2	试验仪器	46
2.2	试验方法	46
2.2.1	试验分组	46
2.2.2	肉鸡日粮组成及饲养管理	47
2.2.3	指标测定及方法	47
2.2.4	数据处理及统计分析	48
2.3	试验结果	48
2.3.1	低蛋白日粮中梯度添加无机锌对肉鸡空肠形态的影响	48
2.3.2	低蛋白日粮中梯度添加无机锌在肉鸡肠道发育相关基因 mRNA 表达水平的影响	50
2.3.3	低蛋白日粮中梯度添加无机锌对肉鸡盲肠菌群结构的影响	52
2.4	讨论	58
2.5	小结	61
结 论	.....	62
参考文献	.....	63
导师简介	.....	83
作者简介及在学期间所取得的科研成果	.....	84
致谢	.....	86

英文缩写词表

英文缩写	英文全称	中文全称
LP	Low protein	低蛋白
NP	Normal protein	正常蛋白
CP	Crude protein	粗蛋白
NRC	National research council	国家研究委员会
BWG	Body weight gain	体增重
ADFI	Average daily feed intake	平均日采食量
ALP	Alkaline phosphatase	碱性磷酸酶
TP	Total protein	总蛋白
ALB	Albumin	白蛋白
GLO	Globulin	球蛋白
FCR	Feed conversion rate	料肉比
T-AOC	Total antioxidant capacity	总抗氧化能力
SOD	Superoxide dismutase	超氧化物歧化酶
GSH-Px	Glutathione peroxidase	谷胱甘肽过氧化物酶
CAT	Catalase	过氧化氢酶
MDA	Malondialdehyde	丙二醛
HE	Hematoxylin-eosin	苏木精-伊红染色法
V/C	Villus height/crypt depth	绒毛高度/隐窝深度
<i>IL-2</i>	Interleukin-2	白细胞介素 2
<i>IL-4</i>	Interleukin-4	白细胞介素 4
<i>IL-6</i>	Interleukin-6	白细胞介素 6
<i>IL-1β</i>	Interleukin-1 β	白细胞介素 1 β
<i>IFN-γ</i>	Interferon- γ	干扰素- γ

续表:

英文缩写	英文全称	中文全称
<i>TLR4</i>	Toll-like receptor 4	toll 样受体 4
<i>Myf5</i>	Myogenic factor 5	生肌因子 5
<i>MyOD</i>	Myogenic differentiation 1	肌分化因子
<i>Myf6</i>	Myogenic factor 6	生肌因子 6
<i>MyOG</i>	Myogenin	肌细胞生成素
<i>MT</i>	Metallothionein	金属硫蛋白
<i>TJ-1</i>	Tight junction	紧密连接蛋白-1
<i>OCLN-1</i>	Occludin-1	闭合蛋白
<i>ZO-1</i>	Zonula occludens-1	闭锁蛋白-1
<i>PCoA</i>	Principal co-ordinates analysis	主坐标分析

前 言

为响应国家“畜牧业减排”的战略，我国推行低蛋白饲料技术下合理添加氨基酸、酶制剂等，旨在减少粗蛋白含量，同时保障畜禽生产效率和产品品质^[1]，由于前人在肉鸡、肉鸭、淡水鱼等低蛋白日粮技术的科研工作中发现，在动物饲料配方中通过适量降低蛋白质含量，并补充适量的饲料添加剂或提高能量水平，可以减少动物对高蛋白饲料的需求量，提高其生产效率并降低饲料成本^{[2][13]}。锌在动物机体生命活动中作为一种重要的必需矿物元素，在动物生长发育和实际生产中扮演着重要角色，被称为“生命元素”^[14]。锌常和蛋白质结合在一起形成锌蛋白，在动物性饲料中会比植物性饲料中提供的锌会更多，所以若在玉米-豆粕型饲料中不额外补充锌，动物机体生长所需的锌含量超过了饲料中锌的供应量，导致无法满足其正常的生长发育，会造成动物机体锌缺乏，生长发育受阻^[15]。在肉鸡的实际生产应用中，为了提高家禽的生产性能，一般来说都会在肉鸡饲料中添加对于锌推荐量的水平，但饲料中锌水平过高也会引起家禽的不适^[16,17]。而一直以来饲料中锌的营养标准，都是在目前较高粗蛋白水平下的饲养标准，而低蛋白日粮技术条件下，微量元素需求量仍然按照高蛋白日粮的标准实行，特别是营养与免疫作用特别重要的锌，在低蛋白日粮条件下最佳适宜添加量，值得研究和探讨。本文主要通过采用肉鸡低蛋白日粮技术利用梯度添加不同水平微量元素锌，探究对肉鸡生产性能、血清生化指标、免疫指标、抗氧化指标、肠道发育的影响以及肠道微生态的影响。同时，探究低蛋白日粮中不同水平锌对肉鸡抗氧化性、免疫及生长等相关基因调控的影响。在此基础上，提出肉鸡低蛋白日粮条件下无机锌的最适宜添加量，为今后在推广肉鸡低蛋白日粮技术时提供有关锌营养标准的理论依据，并促进低氮、低矿物质排泄的肉鸡绿色养殖业的发展。

第一篇 文献综述

第1章 低蛋白日粮技术的研究进展

1.1 我国蛋白资源现状

1.1.1 畜禽蛋白饲料供应紧缺

畜牧业一直以来都对蛋白来源有着强烈的依赖。蛋白质是动物体生长和发育所必需的物质，它们参与形成身体组织、制造激素、酶和抗体等重要分子^[18]。因此，传统的饲料配方通常会包含大量的蛋白质，以满足动物的营养需求。这些蛋白质通常来源于如大豆、鱼粉、饼粕类等蛋白饲料原料。我国的蛋白质饲料资源问题十分紧迫，目前，主要的蛋白质来源是豆类植物，特别是大豆。以豆粕为例，豆粕作为大豆榨油副产品，蛋白含量高达43%-48%，氨基酸组成均衡，是优质蛋白质饲料来源。此外，豆粕具有耐高温的特性，并且具有强大的免疫原性^[19]。我国生产大豆能力和耕地资源有限，且饲料工业对豆粕强烈依赖，每年约有7000万吨的需求量，约有80%以上的大豆需依靠进口，使我们成为全球最大的大豆进口国。中美贸易战的持续紧张化导致豆粕价格迅速上涨，进一步加剧了我国蛋白质饲料资源的紧缺局面^[20]。

由于受传统养殖观念的影响，许多养殖场认为饲料中蛋白质含量越高，饲料品质越好。这种观念导致低蛋白日粮在养殖场中难以被接受。尤其在竞争激烈的市场环境下，推广低蛋白日粮市场面临困难^[21]。当前学术界对于减少豆粕的使用主要有三个研究方向：一是提高豆粕的利用效率，找到更好的利用方式；二是开发替代饲料，寻找能够替代豆粕的更具经济效益和营养价值的饲料来源；三是推广低蛋白日粮技术，通过调整动物饲料中蛋白质含量的方法，来减少对豆粕的依赖。

低蛋白日粮技术是指基于蛋白质氨基酸平衡理论，通过饲料中补充必需氨基酸，实现饲料粗蛋白含量的下调，旨在确保动物生产性能的前提下有效降低养殖行业氮排放，缓解环境压力。为了避免畜禽的生长发育受阻，应当科学合理地调节饲料中的蛋白质水平，并添加适量的饲料添加剂，如氨基酸和酶制剂等，来满

足畜禽对营养的需求,也不会降低肉鸡生产性能、产品品质和影响到畜禽的生产周期,具有降低饲料成本、减少养殖中有害气体排放等诸多优势。低蛋白日粮强调的是提供必需氨基酸的平衡,而不是提供过量的蛋白质。要根据动物特定的生理阶段需求,提供合适的营养方案,这通常通过添加氨基酸添加剂来实现,以确保动物获得所有必需的氨基酸,而不是仅仅依赖于高蛋白饲料。同时这项技术可以提高饲料的营养效率、减少对豆粕等蛋白原料的需求量、减少动物氮排放量,从而降低养殖环境的污染程度,并且在经济上也能带来一定的效益提升,促进农业可持续发展^[22,23]。此外,饲用豆粕在饲料中的比例也逐年下降^[24],该策略为精确调整饲料配比和节约饲养成本开辟了新路径。使用低蛋白饲料可能会对肉鸡的生长性能和健康状况产生不良影响^[25,26]。但是,研究表明,在氨基酸供给平衡的前提下,减少饲料中蛋白质的含量至适度水平,对肉鸡的生长性能及消化功能未形成负面影响^[27]。此外,选择适当的添加剂可以改善低蛋白饲料引起的负面影响^[28,29]。因此,选择适当的添加剂可以减轻低能低蛋白饲料引起的负面效应,使得使用低成本的低能低蛋白饲料成为可行的选择。

1.1.2 畜禽业氮排泄污染环境

现代养殖业越来越注重环境的可持续性,与全球对生态保护和资源节约的关注密切相关。低蛋白日粮技术是在这一背景下被提出的,其目标是减少传统高蛋白饲料对环境造成的压力。通过采用低蛋白饲料,动物排泄的含氮物质也相应减少,减少了对土壤和水源的污染风险,从而促进了环境的可持续发展。

动物粪便的恶臭主要是由于未被消化吸收的蛋白质产生的^[30]。这些未被消化的蛋白质在消化道中被细菌分解,产生一些硫化物和氨等气味物质,加之易于滋生致病微生物,对环境造成了重大的污染影响。动物在消化过程中对蛋白质的利用率相对低下,超过其需要的蛋白质会被转化为氮形态,并通过排泄物释放至环境中,这种污染会危害到动物的健康^[31]。增加植物性蛋白质在高蛋白日粮中的含量可能会对动物对锌和铜吸收产生不利影响^[32],这会对动物的营养摄取造成不利影响。高蛋白日粮也会增加动物的饮水量,而较低的粗蛋白水平则会减少动物的饮水量,从而降低尿液中氮的排泄量^[33]。通过降低饲料中蛋白质含量并配合适当比例的限制性氨基酸,来有效地降低氮的排放水平,这将有助于提高农业系统中氮的利用效率,从而减轻环境压力引起的问题^[34]。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/928022026113006141>