动物营养学报 2021,33(6):3271-3279
Chinese Journal of Animal Nutrition

doi:10.3969/j.issn.1006-267x.2021.06.029

复合植物提取物对蛋鸡生产性能、蛋品质、免疫功能和抗氧化能力的影响

陈祥宇[1] 朱亚昊[1] 刘 萌[1] 张 丞[1] 郝二英[1] 王德贺[1]
陈一凡[1] 周荣艳[1] 邸科前[2*] 陈 辉[1*]
(1.河北农业大学动物科技学院,保定 071001;2.河北大学基础医学院,保定 071001)

摘 要: 本试验旨在研究饲粮中添加不同水平的复合植物提取物(主要成分是大蒜素和菊粉)对蛋鸡生产性能、蛋品质、免疫功能及抗氧化能力的影响。试验选取960只健康状态良好且体重、产蛋率相近的42周龄海兰灰蛋鸡,随机分为4组,每组5个重复,每个重复48只鸡。对照组饲喂基础饲粮,3个试验组分别饲喂在基础饲粮中添加150、300和450 mg/kg复合植物提取物的试验饲粮。预试期10 d,正试期56 d。结果表明:与对照组相比,1)在生产性能方面,第1~28天时,各试验组的产蛋率和平均蛋重均显著升高($P<0.05$),饲粮中添加450 mg/kg复合植物提取物可使平均日采食量显著增加($P<0.05$);第29~56天时,饲粮中添加300和450 mg/kg复合植物提取物可使产蛋率显著升高($P<0.05$)。2)在蛋品质方面,第28天时,饲粮中添加300 mg/kg复合植物提取物可显著提高鸡蛋的蛋壳厚度($P<0.05$);第56天时,饲粮中添加300 mg/kg复合植物提取物可显著提高鸡蛋的蛋重($P<0.05$),饲粮中添加300和450 mg/kg复合植物提取物可显著提高鸡蛋的哈氏单位($P<0.05$)。3)在免疫功能方面,第28天时,饲粮中添加300 mg/kg复合植物提取物能够显著提高血清免疫球蛋白M(IgM)含量($P<0.05$);第56天时,饲粮中添加300和450 mg/kg复合植物提取物能够显著提高血清IgM和免疫球蛋白G(IgG)含量($P<0.05$)。4)在抗氧化能力方面,第28天时,饲粮中添加150和300 mg/kg复合植物提取物可使血清超氧化物歧化酶(SOD)活性显著升高($P<0.05$);第56天时,饲粮中添加300和450 mg/kg复合植物提取物可使血清SOD和谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性显著升高($P<0.05$)。综上所述,在本试验条件下,饲粮中添加300 mg/kg复合植物提取物(主要成分是大蒜素和菊粉)能够提高蛋鸡的产蛋率,改善蛋品质,并能增强机体的免疫功能及抗氧化能力。

关键词: 复合植物提取物;蛋鸡;生产性能;蛋品质;免疫功能;抗氧化能力
中图分类号:S816 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-267X(2021)06-3271-09

抗生素滥用所导致的耐药性、环境污染以及食品安全等问题,已经严重影响到畜牧业的健康发展,我国农业农村部已发布194号公告,公告称,自2020年1月1日起,我国饲料中全面禁止添加抗生素。因此,寻找抗生素替代品已经成为目前的研究热点。植物提取物是一类来源于天然植物且具有1种或多种生物学功效的活性物质[1]。植物提取物的活性成分差别很大,其活性成分基本可以分为生物碱类、植物多酚、挥发油类、有机酸类和多糖类等[2]。近年来关于植物提取物全部或部分替代抗生素的试验研究中,大多表现为正效果,其抗菌与抑菌能力及促进动物生长、提高动

收稿日期:2020-11-23
基金项目:国家蛋鸡产业技术体系(CARS-40-K20);农业高质量发展关键共性技术攻关专项(20326609D);山东省重大创新工程项目(2019JZZY020611);河北省人才工程培养资助项目(A201903009)
作者简介:陈祥宇(1997—),女,河北石家庄人,硕士研究生,从事家禽养殖研究。E-mail: 1393049213@qq.com
*通信作者:邸科前,副教授,硕士生导师,E-mail: 56788604@qq.com;陈 辉,教授,硕士生导师,E-mail: 531613107@qq.com

物免疫力的作用已被畜牧业广泛接受和认同[3]。大蒜素是从百合科植物大蒜的球形鳞基中提取出来的一种化学名称为二烯丙基三硫的化合物,具有“通五脏、达诸窍、去寒湿、避邪恶、消臃肿、化积食”等功能[4-5]。研究显示,饲粮中添加大蒜素可提高蛋鸡的免疫功能及生产性能[6]。菊粉是一种水溶性膳食纤维[7],研究表明,菊粉具有促进矿物质吸收、改善肠道功能、降低血糖和控制血脂等功效[8]。研究表明,在饲粮中添加菊粉可提高动物机体免疫能力[9],改善鸡蛋蛋品质[10],延缓蛋鸡衰老,延长蛋鸡产蛋期。目前,大多研究针对的是单一植物提取物对畜禽生产性能、繁殖性能和肠道形态等的影响,关于同时含有大蒜素与菊粉的复合植物提取物对蛋鸡影响的研究较少。因此,本试验通过在饲粮中添加不同水平的复合植物提取物(主要成分是大蒜素和菊粉),探讨其对蛋鸡生产性能、蛋品质、免疫功能和抗氧化能力的影响,以期为该复合植物提取物在蛋鸡生产中的应用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物及材料

试验选用 960 只健康状况良好、体重及产蛋率相近的 42 周龄海兰灰蛋鸡,试验在河北省邢台市威县德青源蛋鸡场进行。试验所用复合植物提取物由大蒜提取物、蒲公英提取物组成,辅料为沸石粉,水分含量在 7%~12%。该产品成分分析保证值(每千克最低含量):大蒜素≥70 g、菊粉≥10 g。

1.2 试验设计

将 960 只体重及产蛋率相近的 42 周龄海兰灰蛋鸡随机分为 4 组,每组 5 个重复,每个重复 48 只鸡。对照组饲喂基础饲粮,3 个试验组分别饲喂在基础饲粮中添加 150、300 和 450 mg/kg 复合植物提取物的试验饲粮。试验期共 66 d,其中预试期 10 d,正试期 56 d。蛋鸡采用 4 层叠层笼养,每天分 6 次定时饲喂,自由采食,充足饮水。光照强度为 15 lx,光照时间为 16 h,鸡舍温度在 24 ℃左右。每天观察蛋鸡的采食、粪便和健康状况,按正常免疫程序进行免疫接种。试验期间蛋鸡所饲喂基础饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1 基础饲粮组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis) %

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	62.60
豆粕 Soybean meal	23.90
麦麸 Wheat bran	1.80
大豆油 Soybean oil	0.90
石粉 Limestone	8.00
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.50
氯化钠 NaCl	0.30
预混料 Premix[1)]	1.00
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]	
代谢能 ME/(MJ/kg)	12.48
粗蛋白质 CP	16.70
钙 Ca	3.50
有效磷 AP	0.43
蛋氨酸 Met	0.45
赖氨酸 Lys	0.89

1)预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet: VA 10 000 IU, VD 30 000 IU, VE 15 IU, VK 3.0 mg, VB_1 1.2 mg, VB_2 7 mg, VB_{12} 0.08 mg, VB_6 6 mg, 烟酸 niacin 40 mg, 生物素 biotin 0.15 mg, 叶酸 folic acid 1.0 mg, Cu 10 mg, Fe 60 mg, Zn 80 mg, Mn 80 mg, I 1 mg, Se 0.3 mg。

2)粗蛋白质为测定值,其余均为计算值。CP was a measured value, while the others were calculated values.

1.3 指标测定与方法

1.3.1 生产性能

在相同管理条件下,以重复为单位,记录每天的产蛋总数和总蛋重;每隔 2 周测定饲料消耗量;计算平均蛋重、产蛋率、平均日采食量和料蛋比。

1.3.2 蛋品质

在试验第 4 周和第 8 周末,各组随机选取 20 枚鸡蛋进行蛋品质测定。采用蛋壳强度分析仪(EFR-01,以色列)测定蛋壳强度;使用罗氏比色扇测定蛋黄颜色;采用游标卡尺测定蛋壳厚度,剥离蛋壳膜后,取钝端、锐端、中间部位 3 点进行测定,取平均值;采用蛋形指数测定仪(NFN385,以色列)测量鸡蛋长径和短径,长径与短径之比即为蛋形指数;采用蛋品质分析仪(EA-01,以色列)测定蛋白高度及哈氏单位。

1.3.3　血清指标

在试验第 4 周和第 8 周末,各组随机抽取 10 只蛋鸡进行翅下采血,血样在 3 000 r/min 下离心 15 min,分离血清,-20 ℃保存,用于血清指标的测定。采用酶联免疫吸附试验(ELISA)法测定血清中免疫球蛋白 A(IgA)、免疫球蛋白 G(IgG)、免疫球蛋白 M(IgM)、白细胞介素-2(IL-2)、干扰素-γ(IFN-γ)含量及超氧化物歧化酶(SOD)和谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性。上述指标测定所用试剂盒购自上海江莱生物科技有限公司,按照说明书进行操作。

1.4　数据处理与分析

先用 Excel 2016 对试验数据进行整理,再采用 SPSS 22.0 软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA),并用 Duncan 氏法进行组间多重比较,以 $P<0.05$ 表示差异显著,$P>0.05$ 表示差异不显著,结果用平均值±标准差来表示。

2　结　果

2.1　复合植物提取物对蛋鸡生产性能的影响

由表 2 可知,第 1~28 天时,与对照组相比,各试验组的料蛋比无显著差异($P>0.05$),但产蛋率和平均蛋重均显著升高($P<0.05$);同时,饲粮中添加 450 mg/kg 复合植物提取物组的平均日采食量显著增加($P<0.05$)。第 29~56 天时,与对照组相比,各试验组的平均蛋重、平均日采食量和料蛋比无显著差异($P>0.05$);饲粮中添加 300 和 450 mg/kg复合植物提取物组的产蛋率显著升高($P<0.05$)。第 1~56 天时,与对照组相比,各试验组的平均蛋重和料蛋比无显著差异($P>0.05$);饲粮中添加 300 和 450 mg/kg 复合植物提取物组的产蛋率显著升高($P<0.05$);饲粮中添加 450 mg/kg复合植物提取物组的平均日采食量显著升高($P<0.05$)。

表 2　复合植物提取物对蛋鸡生产性能的影响

Table 2　Effects of compound plant extracts on performance of laying hens

时间 Time	指标 Index	对照组 Control group	复合植物提取物添加水平 Compound plant extract added levels/(mg/kg)			P 值 P-value
			150	300	450	
第 1~28 天 Days 1 to 28	产蛋率 Laying rate/%	86.87±3.50^{b}	89.09±1.91^{a}	90.00±1.50^{a}	89.94±2.10^{a}	0.001
	平均蛋重 Average egg weight/g	60.30±0.55^{b}	60.58±0.37^{a}	60.63±0.38^{a}	60.57±0.35^{a}	0.017
	平均日采食量 ADFI/g	123.45±11.78^{b}	117.12±6.35^{b}	122.50±6.84^{b}	132.91±5.96^{a}	0.001
	料蛋比 Feed to egg ratio	2.47±0.36	2.34±0.24	2.44±0.17	2.33±0.49	0.753
第 29~56 天 Days 29 to 56	产蛋率 Laying rate/%	87.70±2.06^{c}	88.14±2.14^{bc}	89.78±2.07^{a}	89.14±1.62^{ab}	0.001
	平均蛋重 Average egg weight/g	61.42±0.27	61.36±0.35	61.34±0.84	61.54±1.04	0.721
	平均日采食量 ADFI/g	124.54±11.46	118.84±7.83	120.91±6.04	124.68±6.84	0.327
	料蛋比 Feed to egg ratio	2.37±0.44	2.32±0.27	2.43±0.18	2.37±0.44	0.937
第 1~56 天 Days 1 to 56	产蛋率 Laying rate/%	87.28±2.88^{b}	88.65±2.08^{b}	89.90±1.80^{a}	89.59±1.89^{a}	0.001
	平均蛋重 Average egg weight/g	60.99±0.53	60.97±0.53	60.98±0.74	60.92±1.04	0.953
	平均日采食量 ADFI/g	120.53±11.05^{b}	117.10±7.29^{b}	122.20±5.82^{b}	128.51±8.17^{a}	0.004
	料蛋比 Feed to egg ratio	2.33±0.36	2.32±0.26	2.42±0.18	2.33±0.41	0.817

同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著($P>0.05$),不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下表同。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$), while with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$). The same as below.

2.2　复合植物提取物对蛋鸡蛋品质的影响

由表 3 可知,第 28 天时,与对照组相比,饲粮中添加不同水平复合植物提取物对蛋重、蛋壳强度、蛋黄颜色、蛋形指数和哈氏单位均无显著影响($P>0.05$);饲粮中添加 300 mg/kg 复合植物提取物可显著提高蛋壳厚度($P<0.05$)。第 56 天时,与对照组相比,饲粮中添加不同水平复合植物提取物对蛋壳强度、蛋黄颜色和蛋形指数均无显著影响($P>0.05$);饲粮中添加 300 mg/kg 复合植物提取物可显著提高蛋重($P<0.05$);饲粮中添加 300 和 450 mg/kg 复合植物提取物可显著提高哈氏单位($P<0.05$)。

表 3 复合植物提取物对蛋鸡蛋品质的影响

Table 3 Effects of compound plant extracts on egg quality of laying hens

时间 Time	指标 Index	对照组 Control group	复合植物提取物添加水平 Compound plant extract added levels/(mg/kg)			P 值 P-value
			150	300	450	
第 28 天 Day 28	蛋重 Egg weight/g	60.94±2.90	61.15±3.62	61.20±3.56	59.31±3.49	0.105
	蛋壳强度 Eggshell strength/N	40.51±7.09	39.60±10.44	39.07±7.48	39.97±9.18	0.930
	蛋黄颜色 Yolk color	9.77±0.50	9.63±0.57	9.90±0.55	9.83±0.53	0.259
	蛋壳厚度 Eggshell thickness/mm	0.36±0.02^{b}	0.37±0.03^{ab}	0.38±0.05^{a}	0.35±0.03^{b}	0.005
	蛋形指数 Egg shape index	1.30±0.05	1.32±0.08	1.30±0.06	1.32±0.06	0.303
	哈氏单位 Haugh unit	81.48±7.80	84.67±8.10	82.47±5.52	80.22±3.79	0.065
第 56 天 Day 56	蛋重 Egg weight/g	60.70±3.22^{b}	61.16±3.63^{b}	63.28±3.68^{a}	61.05±2.86^{b}	0.015
	蛋壳强度 Eggshell strength/N	37.87±7.64	39.59±6.40	38.94±7.08	40.18±8.18	0.654
	蛋黄颜色 Yolk color	8.87±0.57	8.83±0.46	8.90±0.40	8.97±0.41	0.721
	蛋壳厚度 Eggshell thickness/mm	0.36±0.05	0.39±0.06	0.38±0.07	0.39±0.06	0.215
	蛋形指数 Egg shape index	1.34±0.09	1.32±0.05	1.31±0.04	1.33±0.03	0.208
	哈氏单位 Haugh unit	84.12±6.51^{b}	86.69±5.57^{ab}	88.57±6.21^{a}	87.52±5.67^{a}	0.033

2.3 复合植物提取物对蛋鸡血清免疫指标的影响

由表 4 可知,第 28 天时,饲粮中添加复合植物提取物可显著影响蛋鸡血清 IgM 含量($P<0.05$),对蛋鸡血清 IgA、IgG、IFN-γ 和 IL-2 含量均无显著影响($P>0.05$);饲粮中添加 300 mg/kg 复合植物提取物组的血清 IgM 含量显著高于其他各组($P<0.05$)。第 56 天时,饲粮中添加复合植物提取物可显著影响蛋鸡血清 IgM、IgG 和 IL-2 含量($P<0.05$),对蛋鸡血清 IgA 和 IFN-γ 含量均无显著影响($P>0.05$);饲粮中添加 300 mg/kg 复合植物提取物组的血清 IgM、IgG 和 IL-2 含量显著高于对照组和饲粮中添加 150 mg/kg 复合植物提取物组($P<0.05$)。

2.4 复合植物提取物对蛋鸡血清抗氧化指标的影响

由表 5 可知,第 28 天时,与对照组相比,饲粮中添加 150 和 300 mg/kg 复合植物提取物组蛋鸡血清 SOD 活性显著升高($P<0.05$);饲粮中添加 450 mg/kg 复合植物提取物组蛋鸡血清 GSH-Px 活性显著升高($P<0.05$)。第 56 天时,与对照组相比,饲粮中添加 300 和 450 mg/kg 复合植物提取物组蛋鸡血清 SOD 和 GSH-Px 活性均显著升高($P<0.05$)。

表 4 复合植物提取物对蛋鸡血清免疫指标的影响

Table 4 Effects of compound plant extracts on serum immune indexes of laying hens

时间 Time	指标 Index	对照组 Control group	复合植物提取物添加水平 Compound plant extract added levels/(mg/kg)			P 值 P-value
			150	300	450	
第 28 天 Day 28	免疫球蛋白 A IgA/(μg/mL)	181.74±33.35	164.69±21.75	192.53±37.96	178.28±33.74	0.301
	免疫球蛋白 M IgM/(μg/mL)	515.25±79.18^{b}	490.11±51.09^{b}	626.64±62.63^{a}	518.41±101.62^{b}	0.001
	免疫球蛋白 G IgG/(μg/mL)	1 736.65±252.52	1 650.83±225.29	1 931.83±236.70	1 728.06±238.27	0.073
	干扰素-γ IFN-γ/(pg/mL)	40.91±8.31	37.01±10.84	45.71±8.94	39.86±10.31	0.257
	白细胞介素-2 IL-2/(pg/mL)	207.06±33.62	194.35±25.06	224.32±27.04	202.27±39.70	0.211

续表 4

时间 Time	指标 Index	对照组 Control group	复合植物提取物添加水平 Compound plant extract added levels/(mg/kg)			P 值 P-value
			150	300	450	
第 56 天 Day 56	免疫球蛋白 A IgA/(μg/mL)	191.20±40.63	181.01±38.75	209.14±31.60	187.06±28.58	0.331
	免疫球蛋白 M IgM/(μg/mL)	615.36±90.40^{b}	582.81±33.02^{b}	711.43±104.57^{a}	648.21±88.92^{ab}	0.011
	免疫球蛋白 G IgG/(μg/mL)	1 913.40±277.97^{b}	1 860.78±131.85^{b}	2 192.34±270.03^{a}	1 985.82±226.71^{ab}	0.017
	干扰素-γ IFN-γ/(pg/mL)	37.07±6.18	43.92±10.20	46.06±9.79	41.92±11.76	0.214
	白细胞介素-2 IL-2/(pg/mL)	211.69±25.19^{b}	206.75±34.06^{b}	248.72±33.36^{a}	229.22±30.68^{ab}	0.019

表 5　复合植物提取物对蛋鸡血清抗氧化指标的影响

Table 5　Effects of compound plant extracts on serum antioxidant indexes of laying hens　　ng/mL

时间 Time	指标 Index	对照组 Control group	复合植物提取物添加水平 Compound plant extract added levels/(mg/kg)			P 值 P-value
			150	300	450	
第 28 天 Day 28	超氧化物歧化酶 SOD	7.08±0.45^{b}	8.05±0.62^{a}	8.21±1.08^{a}	7.19±1.02^{b}	0.006
	谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px	10.31±1.70^{ab}	10.00±0.47^{b}	11.13±2.02^{ab}	11.69±1.75^{a}	0.001
第 56 天 Day 56	超氧化物歧化酶 SOD	7.58±0.57^{b}	7.97±1.15^{b}	8.93±0.76^{a}	8.16±1.65^{ab}	0.010
	谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px	10.18±1.69^{b}	10.23±2.14^{b}	14.05±1.81^{a}	12.48±1.80^{a}	<0.001

3　讨　论

3.1　复合植物提取物对蛋鸡生产性能的影响

在蛋鸡养殖过程中,提升生产性能是提高经济效益的关键。陈帆[11]研究表明,在饲粮中添加大蒜和辣椒粉等复合添加剂可显著提高 28 周龄苏禽青壳蛋鸡的产蛋率、平均蛋重及平均日采食量。王文利等[12]研究表明,在蛋鸡饲粮中添加大蒜素可极显著提高海兰白商品蛋鸡的产蛋率及平均蛋重。本试验结果显示,在基础饲粮中添加复合植物提取物可显著提高海兰灰蛋鸡的产蛋率和平均蛋重,与上述研究结果一致。赵姝娴等[13]研究表明,在产蛋后期海兰褐蛋鸡饲粮中添加菊粉会显著提高其产蛋率、平均蛋重及料蛋比。而在本试验条件下,饲粮中添加复合植物提取物对蛋鸡的料蛋比没有产生显著影响。这可能是因为大蒜素具有诱食效果,能够加快肠道蠕动,提高蛋鸡采食量[14],同时饲粮中添加的复合植物提取物能够显著提高蛋鸡产蛋率,所以饲粮中添加复合植物提取物对料蛋比没有显著影响。

3.2　复合植物提取物对蛋鸡蛋品质的影响

蛋壳质量对鸡蛋的保存、运输等具有重要意义[15]。在蛋鸡养殖过程中,蛋壳破损影响种蛋孵化和商品蛋销售,给养殖场造成一定的经济损失[16]。而一般情况下,随着蛋鸡周龄的增长,蛋壳质量会有所下降。哈氏单位是表示蛋的新鲜程度和蛋白质量的指标[17]。韩璐璐[6]研究发现,在饲粮中添加大蒜素能改善蛋鸡的蛋壳品质,降低畸形蛋率,这是由于大蒜素提高了蛋鸡的采食量,使钙、磷等微量元素的摄入量相应增加所致。于慧等[18]研究表明,在饲粮中添加菊粉和中链脂肪酸可显著提高罗曼褐壳蛋鸡的蛋壳质量。在本试验条件下,饲粮中添加 300 mg/kg 复合植物提取物可显著提高鸡蛋的蛋壳厚度及哈氏单位,这表明在蛋鸡饲粮中添加复合植物提取物可提高蛋品质。

3.3 复合植物提取物对蛋鸡免疫功能和抗氧化能力的影响

血清中的免疫球蛋白是体液免疫的主要抗体,主要包括 IgA、IgG 和 IgM,免疫球蛋白含量能够在一定程度上反映机体的免疫水平[19]。炎性细胞因子是指参与炎症反应的各种细胞因子,主要的炎性细胞因子包括 IFN-γ 和 IL-2 等[20]。IFN-γ 是在机体免疫网络中起调节作用的重要因子,IL-2 含量可反映机体免疫功能的强弱[17,21]。SOD 能消除机体在新陈代谢过程中产生的有害物质,GSH-Px是体内重要的抗氧化剂和自由基清除剂,具有抗氧化、抗衰老的作用[22-23]。徐静等[24]研究表明,在饲粮中添加大蒜精油可显著提高蛋鸡的免疫功能及血清 SOD 活性。王凡等[25]研究表明,在饲粮中添加大蒜素可显著提高蛋雏鸡血清 SOD 和 GSH-Px 活性。魏轶男等[26]研究表明,在饲粮中添加菊粉可显著提高肉仔鸡血清 SOD 和 GSH-Px活性。徐腾腾等[27]研究表明,在饲粮中添加复合植物提取物可使奶牛血清 IgA 含量显著增加,血清 IgM 含量显著降低,血清 SOD 和 GSH-Px 活性显著升高。在本试验条件下,饲粮中添加 300 mg/kg复合植物提取物能够提高试验期内蛋鸡血清 IgM 与 IgG 含量及 SOD 与 GSH-Px 活性,与前人研究结果基本一致。这说明以大蒜素和菊粉为主要成分的复合植物提取物可提高蛋鸡的免疫功能和抗氧化能力,这可能与大蒜素和菊粉具有增加巨噬细胞、淋巴细胞的免疫调节以及对自由基不同程度的清除作用有关[28-29]。

4 结 论

综上所述,在本试验条件下,饲粮中添加 300 mg/kg复合植物提取物(主要成分是大蒜素和菊粉)能够提高蛋鸡的产蛋率,改善蛋品质,并能增强机体的免疫功能及抗氧化能力。

参考文献:

[1] 金立志,杨江涛.植物提取物的抗氧化特性及其在动物无抗饲料中的应用研究进展[J].中国畜牧杂志,2020,56(4):29-34.
JIN L Z,YANG J T.Antioxidative actions of phytogenics and their application in AGP-free diets for domestic animals[J].Chinese Journal of Animal Science,2020,56(4):29-34.(in Chinese)

[2] 肖传明,王蕾,黄远荣,等.常见植物提取物在饲料中的主要应用研究进展[J].广东饲料,2016,25(12):29-31.
XIAO C M,WANG L,HUANG Y R,et al.Research progress on main application of common plant extracts in feed[J].Guangdong Feed,2016,25(12):29-31.(in Chinese)

[3] OH J,WALL E H,BRAVO D M,et al.Host-mediated effects of phytonutrients in ruminants:a review[J].Journal of Dairy Science,2017,100(7):5974-5983.

[4] 张静,孔德云.大蒜油活性成分、制剂制备和配伍应用[J].世界临床药物,2010,31(10):611-615.
ZHANG J,KONG D Y.Active components,preparations and compatible application of garlic oil[J].World Clinical Drugs,2010,31(10):611-615.(in Chinese)

[5] 代航,杨海明,廖正军,等.大蒜素对蛋用家禽的研究与应用[J].上海畜牧兽医通讯,2017(1):55-57.
DAI H,YANG H M,LIAO Z J,et al.Research and application of allicin on egg poultry[J].Shanghai Animal Husbandry and Veterinary News,2017(1):55-57.(in Chinese)

[6] 韩璐璐.大蒜素对蛋鸡免疫功能及生产性能的影响[D].硕士学位论文.哈尔滨:东北农业大学,2015.
HAN L L.The effects of allicin on immune function and growth performance of lying hen[D].Master's Thesis.Harbin:Northeast Agricultural University,2015.(in Chinese)

[7] GIBSON G R,HUTKINS R,SANDERS M E,et al.Expert consensus document:the International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics[J].Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology,2017,14(8):491-502.

[8] VANDEPUTTE D,FALONY G,VIEIRA-SILVA S,et al.Prebiotic inulin-type fructans induce specific changes in the human gut microbiota[J].Gut,2017,66(11):1968-1974.

[9] 蔡超,魏艳红,曲湘勇,等.菊粉的生物学功能及其在畜禽生产中的应用[J].中国饲料,2013(3):37-40.
CAI C,WEI Y H,QU X Y,et al.Biochemical function of inulin and its application in livestock and poultry production[J].China Feed,2013(3):37-40.(in Chinese)

[10] 奚文博,严昌国,崔莲花.益生元-菊粉在动物营养中的研究进展[J].饲料研究,2017(21):8-12,21.
XI W B,YAN C G,CUI L H.Research progress of

prebiotics-inulin in animal nutrition[J]. Feed Research,2017(21):8-12,21.(in Chinese)

[11] 陈帆.复合添加剂对蛋鸡生产性能、蛋品质及肠道菌群的影响[J].畜禽业,2017,28(7):1-4.
CHEN F.The effect of the additives on the production performance,egg quality and the main microoganism of caecum[J].Livestock and Poultry Industry,2017,28(7):1-4.(in Chinese)

[12] 王文利,张玉仙.不同浓度的大蒜素对蛋鸡产蛋性能的影响[J].中国兽医杂志,2018,54(3):34-37.
WANG W L,ZHANG Y X.Effect of different concentrations of allicin on laying performance of laying hens[J]. Chinese Journal of Veterinary Medicine,2018,54(3):34-37.(in Chinese)

[13] 赵姝娴,贾俊涛,赵宇飞.枯草芽孢杆菌和菊粉对产蛋后期蛋鸡生产性能、蛋品质及肠道绒毛形态的影响[J].中国饲料,2018(24):44-48.
ZHAO S X,JIA J T,ZHAO Y F.Dietary supplementation of *Bacillus subtilis* and inulin on laying performance,egg quality and intestinal morphology of laying hens in late production phase[J]. China Feed,2018(24):44-48.(in Chinese)

[14] 刘丽馥.大蒜素在畜禽生产中的应用[J].新农业,2020(17):54.
LIU L F.Application of allicin in livestock and poultry production[J]. New Agriculture,2020(17):54.(in Chinese)

[15] 张鑫,封伟杰,王玉璘,等.不同水平酿酒酵母发酵白酒糟对蛋鸡生产性能、蛋品质、粪便菌群微生物的影响[J].饲料工业,2020,41(20):26-31.
ZHANG X,FENG W J,WANG Y L,et al.Effects of different level of yeast culture for white distiller's grains on production performance,egg quality,feces microflora of layers[J].Feed Industry,2020,41(20):26-31.(in Chinese)

[16] 汪腾蛟,王田田,SAYTHON C,等.辣木茎叶粉对产蛋后期广西麻鸡生产性能、蛋品质和血清生化指标的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2020(19):111-114.
WANG T J,WANG T T,SAYTHON C,et al.Effect of moringa stem and leaf powder on production performance,egg quality and serum biochemical indexes of *Guangxi Ma* chicken in late laying period[J].Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine,2020(19):111-114.(in Chinese)

[17] 童小峰,张磊,黄杰,等.淫羊藿苷对蛋鸡生产性能、蛋品质、输卵管氧化还原状态和炎性细胞因子基因表达的影响[J].动物营养学报,2020,32(12):5676-5683.
TONG X F,ZHANG L,HUANG J,et al.Effects of icariin on performance,egg quality,redox state and gene expression of inflammatory cytokines in oviduct of laying hens[J].Chinese Journal of Animal Nutrition,2020,32(12):5676-5683.(in Chinese)

[18] 于慧,杨培峰,柴霞,等.有机酸和益生元对蛋鸡生产性能和蛋壳质量的影响[J].中国饲料,2019(16):44-49.
YU H,YANG P F,CHAI X,et al.Effects of organic acids and prebiotics on the performance and eggshell quality of laying hens[J].China Feed,2019(16):44-49.(in Chinese)

[19] 秦彩玲,王中华.伤力草提取物对蛋鸡产蛋后期产蛋性能、蛋品质及免疫功能的影响[J].饲料研究,2020,43(8):42-45.
QIN C L,WANG Z H.Effect of Shanglicao extract on laying performance,egg quality and immune function of laying hens in late laying period[J]. Feed Research,2020,43(8):42-45.(in Chinese)

[20] HOTAMISLIGIL G S.Inflammation,metaflammation and immunometabolic disorders[J].Nature,2017,542(7640):177-185.

[21] 高光平,张艳英,李艳云,等.紫黄散对免疫抑制小鼠血清 IL-2、IL-4 和 IFN-γ 的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2015(13):205-207.
GAO G P,ZHANG Y Y,LI Y Y,et al.Effect of *Zihuang* powder on serum IL-2,IL-4 and IFN-γ in immunosuppressed mice[J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine,2015(13):205-207.(in Chinese)

[22] 杨博文,赵国先,马可为,等.不同水平脱壳"张杂谷"日粮对蛋鸡生产性能、蛋品质及血清抗氧化指标的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2020(16):105-108.
YANG B W,ZHAO G X,MA K W,et al.Effects of different levels of hulling "*Zhang Zagu*" diets on layer performance,egg quality and serum antioxidant index[J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine,2020(16):105-108.(in Chinese)

[23] 李赵嘉,杨文娇,左永梅,等.饲粮添加蒲公英、酵母细胞壁提取物对蛋鸡生产性能、血清抗氧化能力及免疫功能的影响[J].饲料研究,2020,43(7):39-43.
LI Z J,YANG W J,ZUO Y M,et al.Effect of taraxacum and yeast cell wall extract on production performance,serum antioxidant capacity and immune function

of laying hens[J]. Feed Research, 2020, 43(7): 39-43. (in Chinese)

[24] 徐静,陈一凡,王德贺,等.大蒜精油对0~4周龄蛋雏鸡生长性能、肠道组织形态、免疫机能和血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2020,32(12):5684-5691.
XU J, CHEN Y F, WANG D H, et al. Effects of garlic essential oil on growth performance, intestinal tissue morphology, immune function and serum biochemical indexes of 0 to 4 weeks old layer chickens[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2020, 32(12): 5684-5691. (in Chinese)

[25] 王凡,张学科,张学艳,等.大蒜素对蛋雏鸡免疫器官抗氧化能力及生产性能的影响[J].饲料博览,2019(10):19-23.
WANG F, ZHANG X K, ZHANG X Y, et al. Effects of allicin on immune organs antioxidant function and growth performance of laying hens[J]. Feed Review, 2019(10): 19-23. (in Chinese)

[26] 魏轶男,黄倩倩,吕亚军,等.菊粉对肉仔鸡生长性能、免疫器官指数及抗氧化指标的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2013,41(11):13-18.
WEI Y N, HUANG Q Q, LYU Y J, et al. Effects of inulin on growth performance, immune organs indexes and antioxidantion of broilers[J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 2013, 41(11): 13-18. (in Chinese)

[27] 徐腾腾,张腾龙,王丽芳,等.复合植物提取物对奶牛生产性能及血清免疫、抗氧化指标的影响[J].动物营养学报,2019,31(12):5707-5718.
XU T T, ZHANG T L, WANG L F, et al. Effects of compound plant extracts on production, serum immune and antioxidant indexes of dairy cows[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019, 31(12): 5707-5718. (in Chinese)

[28] 魏安琪.天然抗氧化剂对氮/氧自由基损伤抑制机制的研究[D].硕士学位论文.北京:北京工业大学,2018.
WEI A Q. Research on the mechanism of natural antioxidants inhibiting nitrogen/oxygen free radical damage[D]. Master's Thesis. Beijing: Beijing University of Technology, 2018. (in Chinese)

[29] 王维康,陈代文,余冰,等.菊粉对断奶仔猪生长性能、养分表观消化率及抗氧化能力的影响[J].动物营养学报,2021,33(2):760-768.
WANG W K, CHEN D W, YU B, et al. Effects of inulin on growth performance, nutrient apparent digestibilities and antioxidant capacity of weaned piglets[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2021, 33(2): 760-768. (in Chinese)

Effects of Compound Plant Extracts on Performance, Egg Quality, Immune Function and Antioxidant Ability of Laying Hens

CHEN Xiangyu[1]　ZHU Yahao[1]　LIU Meng[1]　ZHANG Cheng[1]　HAO Erying[1]　WANG Dehe[1]
CHEN Yifan[1]　ZHOU Rongyan[1]　DI Keqian[2*]　CHEN Hui[1*]
(1. *College of Animal Science and Technology, Agricultural University of Hebei, Baoding* 071001, *China*; 2. *School of Basic Medical Sciences, Hebei University, Baoding* 071001, *China*)

Abstract: This experiment aims to study the effects of adding different levels of compound plant extracts (the main ingredients were allicin and inulin) in diets on the performance, egg quality, immune function and antioxidant ability of laying hens. In the experiment, a total of 960 of 42-week-old Hy-Line gray hens with good health and similar body weight and laying rate were selected and randomly divided into 4 groups with 5 replicates in each group and 48 chickens in each replicate. The chickens in control group were fed a basal diet, and those in three experimental groups were fed experimental diets which supplemented with 150, 300 and 450 mg/kg compound plant extracts in the basal diet, respectively. The pre-feeding period was 10 d and the formal period was 56 d. The results showed as follows: compared with the control group, 1) in the term of performance, at days 1 to 28, the laying rate and average egg weight of the experimental groups were significantly increased ($P<0.05$); diet supplemented with 450 mg/kg compound plant extracts could significantly increase the average daily feed intake ($P<0.05$). At days 29 to 56, diets supplemented with 300 and 450 mg/kg compound plant extracts could significantly increase the laying rate of laying hens ($P<0.05$). 2) In the term of egg quality, at day 28, the diet supplemented with 300 mg/kg compound plant extracts could significantly increase the shell thickness of eggs ($P<0.05$); at day 56, the diet supplemented with 300 mg/kg compound plant extracts could significantly increase the egg weight of eggs ($P<0.05$); diets supplemented with 300 and 450 mg/kg compound plant extracts could significantly increase the Haugh unit of eggs ($P<0.05$). 3) In the term of immune function, at day 28, the diet supplemented with 300 mg/kg compound plant extracts could significantly increase the serum immunoglobulin M (IgM) content of laying hens ($P<0.05$); at day 56, diets supplemented with 300 and 450 mg/kg compound plant extracts could significantly increase the serum IgM and immunoglobulin G (IgG) contents of laying hens ($P<0.05$). 4) In the term of antioxidant ability, at day 28, diets supplemented with 150 and 300 mg/kg compound plant extracts could significantly increase the serum superoxide dismutase (SOD) activity of laying hens ($P<0.05$); at day 56, diets supplemented with 300 and 450 mg/kg compound plant extracts could significantly increase the serum SOD and glutathione peroxidase (GSH-Px) activities of laying hens ($P<0.05$). In summary, under the experimental conditions, adding 300 mg/kg compound plant extracts (the main ingredients are allicin and inulin) to the diet can increase the laying rate of laying hens, improve the egg quality, and enhance the body's immune function and antioxidant ability. [***Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2021, 33(6):3271-3279**]

Key words: compound plant extracts; laying hens; performance; egg quality; immune function; antioxidant ability

* Correspongding authors: DI Keqian, associate professor, E-mail: 56788604@qq.com; CHEN Hui, professor, E-mail: 531613107@qq.com

(责任编辑　管景颖)