

艾蒿醇提物对肉仔鸡生长性能及肝脾 抗氧化和免疫指标的影响

张晶 杨硕 邢媛媛 杜海东 江阳 徐元庆 金晓 史彬林*

(内蒙古农业大学动物科学学院,呼和浩特 010018)

摘要: 本试验旨在研究艾蒿醇提物(AAEE)对肉仔鸡生长性能及肝脾抗氧化和免疫指标的影响。选取240只1日龄爱拔益加(AA)肉仔鸡,采用完全随机试验设计,随机分成5组,在基础饲料中分别添加0(对照)、250、500、750和1 000 mg/kg AAEE,每组6个重复,每个重复8只鸡(公母各占1/2),试验期42 d。结果表明:1)42日龄时,750 mg/kg AAEE添加组的肉仔鸡末体重极显著高于对照组($P<0.01$),且有一次线性升高趋势($P=0.094$);500和750 mg/kg AAEE添加组的总采食量显著低于对照组($P<0.05$),且有显著的一次线性($P=0.071$)或二次曲线($P=0.075$)降低趋势。2)42日龄时,与对照组相比,添加500和750 mg/kg AAEE显著提高了肝脏过氧化氢酶(CAT)活性($P<0.05$),极显著提高了总抗氧化能力(T-AOC)($P<0.01$),且2项指标均随AAEE添加量的增加呈显著的一次线性($P<0.05$)或极显著的二次曲线($P<0.01$)升高效应。21日龄时,与对照组相比,添加750 mg/kg AAEE分别极显著提高了脾脏总超氧化物歧化酶(T-SOD)、CAT活性和T-AOC($P<0.01$),且三者均有极显著的一次线性或二次曲线升高效应($P<0.01$)。42日龄时,与对照组相比,添加750 mg/kg AAEE极显著提高了脾脏CAT活性($P<0.01$),显著提高了T-AOC($P<0.05$),显著降低丙二醛(MDA)含量($P<0.05$),此外CAT活性具有极显著的一次线性或二次曲线升高效应($P<0.01$)。3)42日龄时,与对照组相比,添加500和750 mg/kg AAEE极显著降低了肝脏白细胞介素-1 β (IL-1 β)含量($P<0.01$),显著降低白细胞介素-6(IL-6)含量($P<0.05$),且二者均有极显著的二次曲线降低效应($P<0.01$)。21日龄时,与对照组相比,添加500和750 mg/kg AAEE分别显著降低了脾脏IL-1 β 和IL-6含量($P<0.05$),此外IL-1 β 具有显著的二次曲线降低效应($P<0.05$);添加750和1 000 mg/kg AAEE同时极显著升高脾脏白细胞介素-2(IL-2)和白细胞介素-4(IL-4)含量($P<0.01$),且二者均有极显著的一次线性或二次曲线升高效应($P<0.01$)。42日龄时,添加750 mg/kg AAEE使脾脏IL-1 β 含量显著低于对照组($P<0.05$),且具有显著的二次曲线降低效应($P<0.05$)。综上所述,750 mg/kg的AAEE添加量更有利于AA肉仔鸡生长,提高其抗氧化和免疫功能。

关键词: 艾蒿醇提物;生长性能;免疫指标;抗氧化指标

中图分类号:S831

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2020)11-5185-10

2019年我国受非洲猪瘟的持续影响,市场对于鸡肉的需求量大幅上升,国内肉鸡价格处于历史最高点,肉鸡存栏量大幅上涨,产业链利润快速

增加,使肉鸡养殖业呈现良性发展的局势。尽管2020年初因新型冠状病毒肺炎对肉鸡养殖和消费产生了较为明显的抑制,但随着疫情的有效控制,

收稿日期:2020-04-29

基金项目:国家自然科学基金项目(31660674)

作者简介:张晶(1996—),女,内蒙古包头人,硕士研究生,研究方向为动物环境与营养。E-mail: jingyuer96@163.com

*通信作者:史彬林,教授,博士生导师,E-mail: shibinlin@yeah.net

消费市场对肉鸡需求仍将保持持续增长的态势^[1]。另外,我国农业农村部宣布自2020年7月起除中草药外,不得使用所有促生长类药物饲料添加剂生产商品饲料,因此开发既可促进禽类生长又可提高免疫和抗氧化功能的中草药植物饲料添加剂迫在眉睫。艾蒿(*Artemisia argyi*)作为菊科蒿属植物,其植株本身和提取物均可作为中草药添加剂,且具有价格低廉的优点^[2-3]。艾蒿中主要的化学成分有多糖、挥发油类、多酚和黄酮类化合物等。研究表明,利用水提法得到的艾蒿水提物(*Artemisia argyi* aqueous extract, AAEE)含有丰富的多糖成分^[4]。而利用醇提法得到的艾蒿醇提物(*Artemisia argyi* ethanol extract, AAEE)则主要含有挥发油、多酚和黄酮类化合物等生物活性成分。Kang等^[5]用70%乙醇提取艾蒿,测得苯酚和类黄酮类化合物含量分别为72.25和33.34 mg/g。多酚和类黄酮类化合物作为艾蒿中重要的次生代谢产物,不仅含量丰富,而且不同的结构类型会产生不同的功能^[6-7]。艾蒿中多酚和类黄酮类化合物均含有酚羟基,可供氢还原自由基,从而发挥抗氧化活性^[7]。此外,蒿属植物醇提物可通过激活肿瘤细胞内的促凋亡蛋白(*Bax*)、肿瘤抑制基因 *p53* 以及 *Caspase* 家族蛋白的表达实现免疫调节作用,预防免疫介导性疾病^[8]。另有研究表明,艾蒿有促生长、抗炎和抗病毒等生物学功能^[9-12]。然而,迄今尚未见有系统探究 AAEE 对肉仔鸡生长性能、肝脏和脾脏免疫和抗氧化指标影响的研究报道。因此,本试验选取艾蒿作为试验材料,将提取的 AAEE 添加到肉仔鸡饲料中,研究不同添加量的 AAEE 对肉仔鸡生长性能、肝脏和脾脏中抗氧化和免疫指标的影响,旨在探讨提高肉仔鸡健康生产的适宜 AAEE 添加量,为其在肉鸡饲料中的科学应用提供理论依据。

1 材料与试验方法

1.1 试验材料

艾蒿采自呼和浩特市和林格尔县大红城乡,将艾蒿地上部分平铺于室内至完全阴干,剪成5~8 cm的小段,将叶子与秆混合均匀。参考杨洁等^[13]方法,经预试验改进后,选用70%乙醇作为溶剂,按照1:20的比例70℃水浴4 h,旋转蒸发浓缩得到棕黄色粉末状 AAEE,测得其含有黄酮

367.92 mg/g、多糖 216.01 mg/g、多酚 62.70 mg/g。将得到的 AAEE 冻干后收集放入-20℃冰箱备用。

1.2 试验饲料

参照 NRC(1994)和中国农业行业标准 NY/T 33—2004 配制所需玉米-豆粕型粉料,分为前期(1~21日龄)和后期(22~42日龄)2个阶段,各阶段营养成分均满足肉鸡营养需要标准。基础饲料组成及营养水平见表1。

1.3 试验设计

试验选用240只的无病1日龄轻型爱拔益加(AA)肉雏鸡,采用单因素试验设计,随机分成5组,在基础饲料中分别添加0(对照)、250、500、750和1000 mg/kg的AAEE,每组6个重复,每个重复8只鸡(公母各占1/2),各组初体重(IBW)相近,经方差检验组间无显著差异($P>0.05$)。试验期42 d。

表1 基础饲料组成及营养水平(风干基础)

项目 Items	Table 1 Composition and nutrient levels of basal diets (air-dry basis) %	
	1~21日龄 1 to 21 days of age	22~42日龄 22 to 42 days of age
原料 Ingredients		
玉米 Corn	52.50	58.80
豆粕 Soybean meal	40.00	33.80
豆油 Soybean oil	3.00	3.00
石粉 Limestone	1.08	1.22
磷酸氢钙 CaHPO_4	1.90	1.80
食盐 NaCl	0.37	0.37
蛋氨酸 Met	0.19	0.07
赖氨酸 Lys	0.05	0.03
胆碱 Choline	0.11	0.11
微量元素预混料 Trace element premix ¹⁾	0.50	0.50
维生素预混料 Vitamin premix ²⁾	0.30	0.30
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels ³⁾		
代谢能 ME/(MJ/kg)	12.42	12.62
粗蛋白质 CP	21.77	19.65
钙 Ca	1.00	1.02

续表 1

项目 Items	1~21 日龄	22~42 日龄
	1 to 21 days of age	22 to 42 days of age
有效磷 AP	0.44	0.42
赖氨酸 Lys	1.34	1.15
蛋氨酸 Met	0.51	0.36
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.95	0.76

1) 微量元素预混料为每千克饲料提供 Trace element premix provided the following per kilogram of diets: Fe (as ferrous sulfate) 100 mg, Cu (as copper sulfate) 10 mg, Zn (as zinc sulfate) 108 mg, Mn (as manganese sulfate) 120 mg, I (as potassium iodide) 1.5 mg, Se (as sodium selenite) 0.35 mg。

2) 维生素预混料为每千克饲料提供 Vitamin premix provided the following per kilogram of diets: VA 9 000 IU, VD₃ 3 000 IU, VE 26 IU, VK₃ 1.20 mg, VB₁ 3.00 mg, VB₂ 8.00 mg, VB₆ 4.40 mg, VB₁₂ 0.012 mg, 烟酸 niacin 45 mg, 泛酸钙 calcium pantothenate 15 mg, 叶酸 folic acid 0.75 mg, 生物素 biotin 0.20 mg, 胆碱 choline chloride 1 100 mg。

3) 代谢能为计算值,其他为实测值。ME was a calculated value, while the others were measured values.

1.4 饲养管理

试验动物饲养于有窗封闭式鸡舍,舍内通风与环境符合卫生学要求,地面设有平养鸡笼,每笼 4 只公鸡 4 只母鸡,每组的 6 个重复均匀排列分布于舍内不同位置,已消除环境误差。每日保持 23 h 光照 1 h 黑暗。1 日龄首免使用新城疫滴鼻点眼;7 日龄再次滴鼻点眼进行新城疫+传染性支气管炎弱毒苗免疫;14 日龄饮水免疫法氏囊。试验期间自由采食和饮水,其他条件均满足常规饲养规程。

1.5 肝脏、脾脏样品采集

于 21 和 42 日龄,在每个重复中随机选择 1 只试验鸡屠宰(每组的 6 个重复保证选取 3 公 3 母),剖腹采集肝脏、脾脏样品,将采集的肝脏、脾脏样品包于锡箔纸内,液氮速冻后转移至 -80 °C 冰箱储存备用。

1.6 指标的检测与方法

1.6.1 生长性能指标

于 1、21、42 日龄早晨空腹称重,以每个重复为单位,计算各组试验鸡平均体重,并准确记录采食量和剩料量,计算各组试验鸡在试验前期和后期的总采食量(FI)和饲料转化效率(FE)。

饲料转化效率 = 试验期体增重 / 试验期采食量。

1.6.2 肝脏、脾脏抗氧化指标

采用商用抗氧化试剂盒(南京建成生物工程研究所)测定肝脏、脾脏中抗氧化相关指标。2,2'-联氮-双-3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸(ABTS)法测定总抗氧化能力(T-AOC),硫代巴比妥酸法测定丙二醛(MDA)含量,羟胺法测定总超氧化物歧化酶(T-SOD)活性,可见光分光光度法测定过氧化氢酶(CAT)活性,考马斯亮蓝法测定蛋白含量,所有测定方法按照试剂盒内说明书要求的详细步骤进行。

1.6.3 肝脏、脾脏免疫指标

采用商用酶联免疫吸附测定(ELISA)检测试剂盒(泉州睿信生物科技有限公司)测定肝脏、脾脏中白细胞介素(IL)-1 β 、IL-2、IL-4、IL-6 含量,测定方法按照试剂盒内说明书要求的详细步骤进行。

1.7 数据分析

利用 Excel 2010 初步整理试验数据,采用 SPSS 16.0 软件 one-way ANOVA 程序进行方差分析,Duncan 氏法进行多重比较;采用曲线估计 Curve Estimation 程序,评估 AAEE 添加量与肉仔鸡相应指标间的线性和二次回归效应, $P < 0.05$ 表示组间差异或回归关系显著, $0.05 < P < 0.10$ 为组间差异或回归关系趋于显著, $P < 0.01$ 表示组间差异或回归关系极显著。

2 结果

2.1 AAEE 对肉仔鸡生长性能的影响

如表 2 所示,1~21 日龄时,与对照组相比,各 AAEE 添加组肉仔鸡末体重(FBW)、总 FI 和 FE 均无显著差异($P > 0.05$),且不随 AAEE 添加量增加而产生显著变化($P > 0.05$);22~42 日龄时,750 mg/kg AAEE 添加组肉仔鸡 FBW 极显著高于对照组($P < 0.01$),且有一次线性升高趋势($P = 0.094$);与对照组相比,500 和 750 mg/kg AAEE 添加组总 FI 显著降低($P < 0.05$),且有一次线性($P = 0.071$)或二次曲线($P = 0.075$)降低趋势;各组之间 FE 无显著差异($P > 0.05$),且不随 AAEE 添加量增加而产生显著变化($P > 0.05$)。

2.2 AAEE 对肉仔鸡肝脏、脾脏抗氧化指标的影响

如表 3 所示,21 日龄时,与对照组相比,250 和 1 000 mg/kg AAEE 添加组肝脏 CAT 活性显著

降低 ($P < 0.05$); 各组之间肝脏 T-SOD 活性、T-AOC 和 MDA 含量无显著差异 ($P > 0.05$)。21 日龄的肉仔鸡肝脏中各抗氧化指标均未随 AAEE 添加量增加而产生显著变化 ($P > 0.05$)。42 日龄时, 与对照组相比, 各 AAEE 添加组肝脏 CAT 活性均显著提高 ($P < 0.05$), 且有显著的一次线性 ($P < 0.05$) 或极显著的二次曲线 ($P < 0.01$) 升高效应; 500 和 750 mg/kg AAEE 添加组肝脏 T-AOC 极显著上升

($P < 0.01$), 且有显著的一次线性 ($P < 0.05$) 或极显著的二次曲线 ($P < 0.01$) 升高效应; 250 和 1 000 mg/kg AAEE 添加组肝脏 MDA 含量显著高于对照组和 750 mg/kg AAEE 添加组 ($P < 0.05$), 且有极显著的一次线性或二次曲线 ($P < 0.01$) 升高效应; 各组之间肝脏 T-SOD 活性无显著差异 ($P > 0.05$), 且不随 AAEE 添加量增加而产生显著变化 ($P > 0.05$)。

表 2 AAEE 对肉仔鸡生长性能的影响

Table 2 Effects of AAEE on growth performance of broilers

项目 Items	对照组 Control group	AAEE 添加量 AAEE additive amount/(mg/kg)				SEM	P 值 P-value		
		250	500	750	1 000		方差 ANOVA	线性 Linear	二次 Quadratic
初体重 IBW/g	44.72	44.70	44.73	44.72	44.67	0.01	0.663	0.459	0.458
1~21 日龄 1 to 21 days of age									
末体重 FBW/g	637.66	648.97	650.68	675.83	652.97	8.27	0.670	0.284	0.531
总采食量 Total FI/(g/只)	874.52	886.76	851.04	817.06	857.46	12.37	0.473	0.242	0.503
饲料转化效率 FE	0.66	0.69	0.72	0.78	0.70	0.02	0.233	0.124	0.293
22~42 日龄 22 to 42 days of age									
末体重 FBW/g	1 351.59 ^{Aa}	1 372.42 ^{Aa}	1 381.52 ^{Aa}	1 541.96 ^{Bb}	1 406.90 ^a	18.92	0.005	0.094	0.234
总采食量 Total FI/(g/只)	2 798.87 ^b	2 847.45 ^b	2 415.69 ^a	2 409.54 ^a	2 654.96 ^{ab}	55.10	0.012	0.071	0.075
饲料转化效率 FE	0.28	0.26	0.30	0.38	0.28	0.02	0.135	0.402	0.594

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.

如表 4 所示, 21 日龄时, 与对照组相比, 750 和 1 000 mg/kg AAEE 添加组脾脏 CAT 和 T-SOD 活性极显著上升 ($P < 0.01$), 且有极显著的一次线性或二次曲线 ($P < 0.01$) 升高效应; 750 mg/kg AAEE 添加组脾脏 T-AOC 极显著高于对照组和 250 mg/kg AAEE 添加组 ($P < 0.01$), 且有极显著的一次线性或二次曲线 ($P < 0.01$) 升高效应; 各组之间脾脏 MDA 含量无显著差异 ($P > 0.05$), 且不随 AAEE 添加量增加而产生显著变化 ($P > 0.05$)。42 日龄时, 与对照组相比, 500、750 和 1 000 mg/kg AAEE 添加组脾脏 CAT 活性极显著上升 ($P < 0.01$), 且有极显著的一次线性或二次曲线升高效应 ($P < 0.01$); 750 mg/kg AAEE 添加组脾脏 T-AOC 显著高于对照组和其他 AAEE 添加组 ($P < 0.05$); 250 和 1 000 mg/kg AAEE 添加组脾

脏 T-SOD 活性显著降低 ($P < 0.05$); 750 mg/kg AAEE 添加组脾脏 MDA 含量显著低于对照组 ($P < 0.05$)。

2.3 AAEE 对肉仔鸡肝脏、脾脏免疫指标的影响

如表 5 所示, 21 日龄时, 各组之间肝脏 IL-1 β 、IL-2、IL-4 和 IL-6 含量差异不显著 ($P > 0.05$), 各免疫指标均未随 AAEE 添加量增加而产生显著变化 ($P > 0.05$)。42 日龄时, 500、750 和 1 000 mg/kg AAEE 添加组极显著低于对照组 ($P < 0.01$), 且有显著的一次线性 ($P < 0.05$) 或极显著的二次曲线 ($P < 0.01$) 降低效应; 500 和 750 mg/kg AAEE 添加组肝脏 IL-6 含量显著低于对照组 ($P < 0.05$), 且有极显著的二次曲线降低效应 ($P < 0.01$); 各组之间肝脏 IL-2 和 IL-4 含量差异不显著 ($P > 0.05$), 且两者均不随 AAEE 添加量增加而产生显著变化 ($P > 0.05$)。

表 3 AAEE 对肉仔鸡肝脏抗氧化指标的影响

Table 3 Effects of AAEE on hepatic antioxidant indexes of broilers

项目 Items	对照组 Control group	AAEE 添加量 AAEE additive amount/(mg/kg)				SEM	P 值 P-value		
		250	500	750	1 000		方差 ANOVA	线性 Linear	二次 Quadratic
21 日龄 21 days of age									
过氧化氢酶 CAT/(U/mg prot)	18.72 ^b	14.84 ^a	15.97 ^{ab}	17.17 ^{ab}	14.65 ^a	0.50	0.043	0.102	0.241
总抗氧化能力 T-AOC/(mmol/mg prot)	0.23	0.24	0.21	0.21	0.22	0.01	0.209	0.372	0.640
总超氧化物歧化酶 T-SOD/(U/mg prot)	2.89	2.61	2.78	3.18	2.94	0.11	0.153	0.531	0.714
丙二醛 MDA/(nmol/mg prot)	6.70	6.48	5.44	6.34	6.66	0.20	0.081	0.873	0.206
42 日龄 42 days of age									
过氧化氢酶 CAT/(U/mg prot)	8.62 ^a	12.13 ^b	12.30 ^b	13.17 ^b	12.44 ^b	0.52	0.037	0.015	0.008
总抗氧化能力 T-AOC/(mmol/mg prot)	0.16 ^{Aa}	0.17 ^{Aa}	0.22 ^{Bb}	0.23 ^{Bb}	0.18 ^{Aa}	0.01	<0.001	0.020	0.001
总超氧化物歧化酶 T-SOD/(U/mg prot)	2.84	2.32	2.49	2.71	2.20	0.10	0.076	0.220	0.476
丙二醛 MDA/(nmol/mg prot)	5.15 ^a	7.81 ^b	6.13 ^{ab}	5.57 ^a	7.90 ^b	0.34	0.015	0.001	0.003

表 4 AAEE 对肉仔鸡脾脏抗氧化指标的影响

Table 4 Effects of AAEE on splenic antioxidant indexes of broilers

项目 Items	对照组 Control group	AAEE 添加量 AAEE additive amount/(mg/kg)				SEM	P 值 P-value		
		250	500	750	1 000		方差 ANOVA	线性 Linear	二次 Quadratic
21 日龄 21 days of age									
过氧化氢酶 CAT/(U/mg prot)	12.13 ^{Aa}	11.28 ^{Aa}	11.86 ^{Aa}	14.27 ^{Bb}	15.00 ^{Bb}	0.40	0.003	0.001	0.001
总抗氧化能力 T-AOC/(mmol/mg prot)	0.27 ^{Aa}	0.29 ^{Aa}	0.33 ^{ABab}	0.39 ^{Bb}	0.33 ^{ABab}	0.01	0.006	0.008	0.009
总超氧化物歧化酶 T-SOD/(U/mg prot)	6.69 ^{Aa}	5.99 ^{Aa}	6.67 ^{Aa}	8.29 ^{Bb}	9.30 ^{Bb}	0.32	<0.001	0.001	<0.001
丙二醛 MDA/(nmol/mg prot)	7.16	7.29	6.61	5.53	7.52	0.36	0.135	0.236	0.502
42 日龄 42 days of age									
过氧化氢酶 CAT/(U/mg prot)	4.55 ^{Aa}	4.10 ^{Aa}	12.02 ^{Bb}	15.08 ^{Bb}	16.19 ^{Bb}	1.13	<0.001	<0.001	<0.001
总抗氧化能力 T-AOC/(mmol/mg prot)	0.15 ^a	0.14 ^a	0.15 ^a	0.21 ^b	0.15 ^a	0.01	0.017	0.214	0.369
总超氧化物歧化酶 T-SOD/(U/mg prot)	5.60 ^b	4.03 ^a	5.06 ^{ab}	4.91 ^{ab}	4.26 ^a	0.19	0.039	0.171	0.363
丙二醛 MDA/(nmol/mg prot)	6.30 ^{bc}	6.81 ^{bc}	5.96 ^{ab}	5.23 ^a	7.71 ^c	0.27	0.013	0.898	0.021

如表 6 所示,21 日龄时,500 mg/kg AAEE 添加组显著低于对照组 ($P < 0.05$),且有显著的二次曲线降低效应 ($P < 0.05$);750 和 1 000 mg/kg AAEE 添加组脾脏 IL-2 和 IL-4 含量极显著高于对照组和其他 AAEE 添加组 ($P < 0.01$),且均有极显著的一次线性或二次曲线升高效应 ($P < 0.01$);

750 mg/kg AAEE 添加组脾脏 IL-6 含量显著低于对照组和 1 000 mg/kg AAEE 添加组 ($P < 0.05$),但不随 AAEE 添加量增加而产生显著变化 ($P > 0.05$)。42 日龄时,与对照组相比,750 mg/kg AAEE 添加组脾脏 IL-1 β 含量显著低于对照组和 1 000 mg/kg AAEE 添加组 ($P < 0.05$),且有显著的二次曲线降低效应 ($P < 0.05$)。

表 5 AAEE 对肉仔鸡肝脏免疫指标的影响

Table 5 Effects of AAEE on hepatic immune indexes of broilers

pg/mg prot

项目 Items	对照组 Control group	AAEE 添加量 AAEE additive amount/(mg/kg)				SEM	P 值 P-value		
		250	500	750	1 000		方差 ANOVA	线性 Linear	二次 Quadratic
21 日龄 21 days of age									
白细胞介素-1 β IL-1 β	3.00	2.64	2.39	2.55	2.88	0.12	0.157	0.713	0.174
白细胞介素-2 IL-2	2.02	1.76	1.90	2.10	2.12	0.08	0.197	0.325	0.393
白细胞介素-4 IL-4	2.00	1.97	2.10	2.29	2.29	0.10	0.378	0.197	0.439
白细胞介素-6 IL-6	2.97	2.52	2.67	3.05	3.07	0.11	0.152	0.345	0.274
42 日龄 42 days of age									
白细胞介素-1 β IL-1 β	2.98 ^{Cc}	2.58 ^{BCbc}	2.05 ^{Aa}	2.38 ^{ABab}	2.43 ^{ABab}	0.09	0.006	0.045	0.003
白细胞介素-2 IL-2	2.04	2.02	1.83	2.06	1.93	0.06	0.293	0.668	0.902
白细胞介素-4 IL-4	2.08	1.94	1.61	2.02	1.93	0.07	0.059	0.735	0.394
白细胞介素-6 IL-6	2.91 ^b	2.52 ^{ab}	2.01 ^a	2.48 ^a	2.34 ^{ab}	0.09	0.014	0.091	0.004

表 6 AAEE 对肉仔鸡脾脏免疫指标的影响

Table 6 Effects of AAEE on splenic immune indexes of broilers

pg/mg prot

项目 Items	对照组 Control group	AAEE 添加量 AAEE additive amount/(mg/kg)				SEM	P 值 P-value		
		250	500	750	1 000		方差 ANOVA	线性 Linear	二次 Quadratic
21 日龄 21 days of age									
白细胞介素-1 β IL-1 β	4.68 ^b	4.24 ^b	3.12 ^a	4.52 ^{ab}	5.00 ^b	0.21	0.038	0.807	0.039
白细胞介素-2 IL-2	3.02 ^{Aa}	2.56 ^{Aa}	2.93 ^{Aa}	4.24 ^{Bb}	4.54 ^{Bb}	0.21	0.002	0.001	0.001
白细胞介素-4 IL-4	3.31 ^{Aa}	3.03 ^{Aa}	3.14 ^{Aa}	4.61 ^{Bb}	4.33 ^{Bb}	0.17	0.001	0.001	0.003
白细胞介素-6 IL-6	5.08 ^b	4.41 ^{ab}	3.08 ^{ab}	4.32 ^a	4.95 ^b	0.23	0.039	0.342	0.076
42 日龄 42 days of age									
白细胞介素-1 β IL-1 β	2.93 ^b	2.45 ^{ab}	2.29 ^{ab}	1.72 ^a	3.13 ^b	0.16	0.042	0.792	0.043
白细胞介素-2 IL-2	2.47	2.04	2.20	2.63	1.93	0.12	0.103	0.576	0.830
白细胞介素-4 IL-4	2.39	2.15	2.65	2.71	2.87	0.13	0.141	0.078	0.194
白细胞介素-6 IL-6	2.71	2.51	2.45	2.13	2.74	0.12	0.181	0.724	0.398

3 讨论

研究表明,风干艾蒿中含有挥发油、多糖类、多酚类和黄酮类等生物活性物质,使艾蒿具有保健和促生长作用^[14]。本课题组前期研究表明,饲料中添加 0.25% 艾蒿粉可以极显著提高 22~42 日龄肉仔鸡的平均日增重(ADG)^[15];添加 500 和 1 000 mg/kg AAEE 也可显著提高 ADG^[16];添加 1 000 mg/kg 艾蒿多糖同样可以显著提高 ADG,此外,添加 750 mg/kg 艾蒿多糖显著降低 21 日龄肉仔鸡的平均日采食量^[17]。在本试验中,22~42 日龄 FBW 和总 FI 分别显著高于和低于对照组,且

FBW 有随着 AAEE 添加量的增加而增加的变化趋势,而总 FI 有相反的变化趋势,说明添加适宜剂量的 AAEE 可以保证生长的同时降低采食量,有利于节约饲养成本。随着 AAEE 添加量的增加,肉鸡采食量呈二次曲线式降低的原因是艾蒿本身味苦且有挥发性成分,气味特殊,导致适口性较差。

在动物与外界的持续接触中,有害气体、噪音和放射线照射等因素不断地在动物体内产生活性氧(ROS)自由基。抗氧化功能可以有效抑制自由基的氧化反应,任何以低浓度存在的抗氧化物均可直接作用于自由基或是间接消耗掉容易生成自由基的物质,从而达到抗氧化的效果^[18]。动物体

内的抗氧化物质由机体本身存在两类抗氧化系统合成,即酶和非酶抗氧化系统。陈宏燕^[19]的研究表明,在肉仔鸡 42 日龄时,随艾蒿粉添加量的增加,肝脏中 T-AOC 和 CAT 活性呈显著的一次线性或二次曲线升高,肝脏中 MDA 含量呈显著的一次线性或二次曲线降低;同时上述艾蒿粉添加组肉鸡 42 日龄脾脏中 SOD 和 CAT 的基因表达量显著提高。赵飞^[20]研究发现,使用 500 和 1 000 mg/kg AAEE 添加到肉鸡饲料中,可以极显著提高肝脏 CAT 活性,显著降低肝脏 MDA 的含量;2 000 mg/kg AAEE 添加组肉鸡 42 日龄时肝脏 T-AOC 显著提高。此外,AAEE 还可以提高 Fe²⁺ 还原力并且清除羟自由基($\cdot\text{OH}$)和 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)自由基^[7]。本试验结果表明,仅添加 500 和 750 mg/kg AAEE 既可显著提高 42 日龄肉鸡肝脏的 T-AOC 和 CAT 活性;但是各 AAEE 添加组 MDA 含量反而升高,其原因可能是 AAEE 促进 ROS 中间产物的增加,攻击肝脏组织被膜上的多不饱和脂肪酸,引起脂质过氧化,导致代谢产物 MDA 含量增加^[21]。此外,本试验还探究了肉仔鸡脾脏中的抗氧化指标,添加 750 mg/kg AAEE 显著提高肉鸡脾脏 T-AOC 和 CAT 活性,以及 21 日龄时 T-SOD 活性,并且显著降低 42 日龄时 MDA 含量。综合上述结果得出,750 mg/kg AAEE 添加量可以提高肉仔鸡肝脾的抗氧化能力,但是 AAEE 在脾脏中的抗氧化能力要强于肝脏。AAEE 作为一种天然的抗氧化剂,其活性成分进入机体后,可激活核转录因子 2(NFE2-related factor 2, Nrf2) 诱导调控下游一系列的抗氧化因子[血红素氧合酶-1(HO-1)、SOD、CAT 和 T-AOC]表达^[22]。因此推测 AAEE 进入机体后,可能会激活 Nrf2 通路,进而提高抗氧化能力。

肝脏在机体内不仅可以抗氧化,还具有解毒及抗凝血等功能,由肝脏合成的血清总蛋白代谢旺盛时可促进动物生长^[23]。而脾脏与免疫息息相关,几乎参与机体内所有的免疫应答,尤其影响特异性免疫中免疫细胞分泌的趋化因子,如 IL-1 β 、IL-2、IL-4 和 IL-6 等,其中 IL-6 也被称为肝细胞刺激因子^[24]。这类细胞因子均可不同程度地介导 T 淋巴细胞、B 淋巴细胞、巨噬细胞、树突状细胞和

自然杀伤细胞的成熟、增殖和活化,是一种免疫增强剂,常被用来测定动物的免疫活性强弱^[25]。本试验结果表明,添加 500 和 750 mg/kg AAEE 可显著降低肉仔鸡 42 日龄时肝脏和 21 日龄时脾脏的 IL-1 β 和 IL-6 含量;而添加 750 和 1 000 mg/kg AAEE 则极显著提高肉仔鸡 21 日龄时脾脏 IL-2 和 IL-4 含量,这表明 AAEE 在一定程度上可以增加抗炎因子的分泌,减少促炎因子的释放。与本试验结果类似,门连超等^[26]研究兔耳草醇提取物,发现其可提高小鼠血清中 IL-2 和 IL-4 含量。Quintans-Júnior 等^[27]研究表明,白色野牡丹醇提取物(主要成分为糖苷类黄酮)可显著降低小鼠关节腔内滑膜液的 IL-6 含量。董建新等^[28]研究酸枣叶醇提取物(主要成分为黄酮类化合物)的结果表明,此醇提取物可下调单核巨噬细胞 M1 型 IL-1 β 的表达量,并通过 NF- κ B 通路抑制乳腺癌细胞的迁移。此外另有研究表明,添加 AAEE 不仅可以缓解肉鸡 21 日龄由脂多糖引起的肝脾中 IL-6 基因表达量的上升,而且会限制机体 ROS 的产生,抑制由 ROS 激活的丝裂原活化蛋白激酶/核因子- κ B(MAPK/NF- κ B) 信号通路^[3]。因此可以推测,黄酮作为 AAEE 中有效成分,在雏鸡阶段可通过 NF- κ B 信号通路发挥免疫调节作用,但其具体机制仍需进一步深入研究。

4 结 论

① 对生长性能而言,随着 AAEE 添加量的增加,22~42 日龄 FBW 呈一次线性升高趋势,而总 FI 呈一次线性降低趋势。

② 对抗氧化指标而言,随着 AAEE 添加量的增加,肉仔鸡 21 日龄的脾脏 CAT、T-SOD 活性和 T-AOC 呈极显著的一次或二次增加效应;42 日龄的脾脏 MDA 含量呈显著的二次降低效应,而肝脏、脾脏 CAT 活性和肝脏中 T-AOC 则呈显著的一次或二次增加效应。

③ 对免疫指标而言,随着 AAEE 添加量的增加,肉仔鸡 21 日龄的脾脏 IL-2 和 IL-4 含量呈极显著的一次或二次增加效应;肉仔鸡 42 日龄的肝脏、脾脏 IL-1 β 含量和肝脏 IL-6 含量呈显著的二次降低效应。

综上所述,饲料中添加适宜剂量的 AAEE 不

仅对肉仔鸡的生长性能有促进作用,而且可提高肉仔鸡肝脏、脾脏的抗氧化和免疫功能,其中对脾脏的作用效果更明显,且添加量为 750 mg/kg 时效果最好。

参考文献:

- [1] 辛翔飞,郑麦青,文杰,等.2019 年肉鸡产业形势分析、未来展望与对策建议[J].中国畜牧杂志,2020,56(3):155-159.
- [2] 刘超齐,常娟,王平,等.艾草的生物学功能及在畜牧生产上的应用[J].动物营养学报,2018,30(9):3417-3422.
- [3] 张鹏飞.艾蒿水提物对脂多糖刺激的肉仔鸡免疫和抗氧化功能的影响及其机理研究[D].博士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2018.
- [4] CORRÊA-FERREIRA M L, FERREIRA D M, DALLAZEN J L, et al. Gastroprotective effects and structural characterization of a pectic fraction isolated from *Artemisia campestris subsp maritima* [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2018, 107: 2395-2403.
- [5] KANG J R, KANG M J, CHOI M H, et al. Physicochemical characteristics of ethanol extract from artemisia Argyi H. using different preparation methods [J]. Journal of Life Science, 2017, 27(1):23-31.
- [6] SIDDIQUI A, AKHTAR J, SHAHAB U M S, et al. A naturally occurring flavone (*chrysin*): chemistry, occurrence, pharmacokinetic, toxicity, molecular targets and medicinal properties [J]. Journal of Biologically Active Products from Nature, 2018, 8(4):208-227.
- [7] 杨硕,邢媛媛,郭世伟,等.不同采收期艾蒿水提物体外抗氧化活性的研究[J].饲料研究,2019,42(6):83-86.
- [8] 范建平.两种绿绒蒿属植物醇提物抑制白血病细胞增殖效应的生物学机制研究[D].博士学位论文.西安:陕西师范大学,2018.
- [9] SONG X W, WEN X, HE J W, et al. Phytochemical components and biological activities of *Artemisia argyi* [J]. Journal of Functional Foods, 2019, 52:648-662.
- [10] 杨硕,徐元庆,邢媛媛,等.植物源黄酮类化合物对动物免疫和抗氧化功能影响的研究进展[J].动物营养学报,2019,31(7):2958-2964.
- [11] ZHOU Y F, MAO S G, ZHOU M X. Effect of the flavonoid baicalein as a feed additive on the growth performance, immunity, and antioxidant capacity of broiler chickens [J]. Poultry Science, 2019, 98(7):2790-2799.
- [12] CAI L M, ZHANG X S, HOU M L, et al. Natural flavone tricetin suppresses oxidized LDL-induced endothelial inflammation mediated by Egr-1 [J]. International Immunopharmacology, 2020, 80:106224.
- [13] 杨洁,曹旭蓉,林佳丽,等.黄杨叶中黄酮多糖和多酚含量及其抗氧化活性[J].农业与技术,2018,38(15):22-24.
- [14] 胡林峰,崔乘幸,吴玉博,等.艾蒿化学成分及其生物活性研究进展[J].河南科技学院学报(自然科学版),2010,38(4):75-78.
- [15] 曹振兴.艾蒿粉对肉仔鸡生产性能和免疫功能的影响[D].硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2016.
- [16] 楚维斌.艾蒿水提物对肉仔鸡生产性能和免疫功能的影响[D].硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2016.
- [17] 牛壮.艾蒿多糖对肉仔鸡生长性能及肠道相关指标的影响[D].硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2019.
- [18] 周明星.基于 Nrf2 信号通路的天然抗氧化剂研究[D].硕士学位论文.济南:山东大学,2018.
- [19] 陈宏燕.艾蒿粉对肉仔鸡抗氧化和免疫功能及相关基因表达量的影响[D].硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2017.
- [20] 赵飞.艾蒿水提物对肉仔鸡免疫和抗氧化功能及相关基因表达的影响[D].硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2017.
- [21] NOVIDIYANTO N, FARMAWATI A, LESTARI L A. Pengaruh pemberian kecambah kacang hijau [*Phaseolus radiatus* (L.)] terhadap kadar malondialdehid (MDA) plasma dan jaringan hati tikus Sprague Dawley yang diberi pakan lemak tinggi [J]. Journal Gizi Klinik Indonesia, 2017, 13(2):82-89.
- [22] 高温婷,王金荣,苏兰利,等.畜禽抗氧化应激过程中核因子 E2 相关因子 2 信号通路的调控作用机制[J].饲料研究,2020,43(4):137-140.
- [23] 杨汝才,杨胜林,谭斌,等.饲料中添加辣木黄酮对蛋雏鸭生长、免疫及抗氧化功能的影响[J].中国家禽,2019,41(1):31-34.
- [24] 李莹.DHM 对雏鸡生长和免疫功能影响及其缓解 LPS 致肝脾损伤作用[D].博士学位论文.哈尔滨:东北农业大学,2019.
- [25] 张婷婷,姚镜.离子通道在免疫细胞和免疫应答反应

- 中的功能研究进展[J].生理学报,2019,71(6):894-904.
- [26] 门连超,赵勤,何树梅,等.藏药兔耳草醇提物对小鼠免疫功能的影响[J].现代免疫学,2017,37(4):335-341.
- [27] QUINTANS-JÚNIOR L J, GANDHI S R, PASSOS F R S, et al. Dereplication and quantification of the ethanol extract of *Miconia albicans* (melastomaceae) by HPLC-DAD-ESI-/MS/MS, and assessment of its anti-hyperalgesic and anti-inflammatory profiles in a mice arthritis-like model; Evidence for involvement of TNF- α , IL-1 β and IL-6[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2020, 258: 112938.
- [28] 董建新,刘晓光,李晨曦,等.酸枣叶醇提物对小鼠巨噬细胞 M1 和 M2 型极化的影响[J].天然产物研究与开发,2020,32(6):961-967.

Effects of *Artemisia argyi* Ethanol Extract on Growth Performance, Immunity and Antioxidant Indexes in Liver and Spleen of Broilers

ZHANG Jing YANG Shuo XING Yuanyuan DU Haidong JIANG Yang

XU Yuanqing JIN Xiao SHI Binlin*

(College of Animal Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China)

Abstract: The aim of this study was to investigate the effects of *Artemisia argyi* ethanol extract (AAEE) on growth performance, immunity and antioxidant indexes in liver and spleen of broilers. Using completely randomized trial design, two hundred and forty Arbor Acres broilers (1 day of age) were selected and randomly allotted to 5 groups, and each replicate with 8 broilers (half males and half females). Basal diet supplemented with 0 (control), 250, 500, 750, and 1 000 mg/kg of AAEE were constituted the experiment diets, respectively. The experiment lasted for 42 days. The results showed as follows: 1) at 42 days of age, the final body weight of broilers in 750 mg/kg AAEE group was significantly higher than that in the control group ($P<0.01$) and increased linearly ($P=0.094$). Adding 500 and 750 mg/kg AAEE significantly decreased the total feed intake (FI) compared with the control group ($P<0.05$). Moreover, total FI linearly ($P=0.071$) or quadratically decreased ($P=0.075$) with the supplementation of AAEE. 2) At 42 days of age, dietary supplementation of 500 and 750 mg/kg AAEE significantly increased catalase (CAT) activity in liver ($P<0.05$) and significantly increased total antioxidant capacity (T-AOC) ($P<0.01$) compared with the control group, and both of them linearly ($P<0.05$) or quadratically ($P<0.01$) increased in the liver. In spleen of broilers, compared with the control group, adding 750 mg/kg AAEE significantly increased the T-AOC and the activities of CAT and total superoxide dismutase (T-SOD) ($P<0.01$). And all above indexes linearly or quadratically ($P<0.01$) increased at 21 days of age. Adding 750 mg/kg AAEE significantly increased CAT activity ($P<0.01$) and T-AOC ($P<0.05$) in spleen, and significantly decreased malondialdehyde (MDA) content ($P<0.05$) compared with the control group at 42 days of age. In addition, CAT linearly or quadratically increased ($P<0.01$). 3) In the liver of broilers, 500 and 750 mg/kg AAEE significantly reduced interleukin-1 β (IL-1 β) ($P<0.01$) and interleukin-6 (IL-6) ($P<0.05$) contents in liver compared with the control group, and both of them quadratically decreased ($P<0.01$) at 42 days of age. In the spleen of broilers, compared with the control group, adding 500 and 750 mg/kg AAEE significantly reduced IL-1 β and IL-6 contents ($P<0.05$) at 21 days of age. In addition, IL-1 β contents quadratically decreased ($P<0.05$). Compared with the control group, adding 750 and 1 000 mg/kg AAEE significantly increased interleukin-2 (IL-2) and interleukin-4 (IL-4) ($P<0.01$) contents, and both of them linearly or quadratically increased ($P<0.01$) at 21 days of age. Adding 750 mg/kg AAEE, IL-1 β content was not only significantly lower than that in the control group ($P<0.05$), but also quadratically decreased ($P<0.05$) at 42 days of age. In conclusion, the addition of 750 mg/kg AAEE is more beneficial to the growth and improvement of antioxidant and immune function of broilers. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(11):5185-5194]

Key words: *Artemisia argyi* ethanol extract; growth performance; immune index; antioxidant index