

# 黑水虻幼虫粉代替豆粕对肉鸡的免疫增强效果观察

沙 茜<sup>1</sup> 杨仁灿<sup>1</sup> 胡清泉<sup>1</sup> 高春国<sup>2</sup> 王国君<sup>3</sup> 缪祥虎<sup>2</sup> 常雅洁<sup>1</sup> 沈元春<sup>2</sup>  
张 斌<sup>1</sup> 杨美兰<sup>4</sup> 鲍晓伟<sup>1</sup> 张云利<sup>5</sup> 陈吉红<sup>1</sup> 韩 敏<sup>1</sup> 刘继忠<sup>6</sup> 赵智勇<sup>1\*</sup>

1. 云南省畜牧兽医科学院, 昆明 650242; 2. 云南省曲靖市畜禽改良工作站, 云南曲靖 655003; 3. 云南农业大学动物医学院, 昆明 650201; 4. 云南省曲靖市兽药饲料监察所, 云南曲靖 655004; 5. 云南省曲靖市沾益区畜禽改良工作站, 云南曲靖 655331; 6. 云南省禄丰市农业综合执法大队, 云南禄丰 651200

**摘要** 黑水虻幼虫营养丰富, 蛋白质含量较高, 氨基酸组成均匀, 富含多种脂肪酸, 是一种优良的蛋白质与油脂饲料资源。此外, 还含月桂酸、己二酸和内源性抗菌肽等抗菌成分, 具有潜在的促机体生长发育和调节免疫的功能。为了掌握其对肉鸡免疫增强效果, 本研究对饲喂添加黑水虻幼虫粉饲料的肉鸡, 应用 ELISA 检测试剂盒对 C3 补体、免疫球蛋白 IgA、IgG、鸡白细胞介素 6(IL-6) 和鸡肿瘤坏死因子  $\alpha$ (TNF- $\alpha$ ) 等相关免疫因子表达情况进行了检测。结果表明对照组与 4 个处理组间 C3、IgA、IgG、IgM 和 IL-6 表达水平存在统计学差异 ( $P < 0.05$ ); 结合屠宰试验结果, 以黑水虻幼虫粉替换 15% 豆粕, 不仅可促进机体生长, 对肉鸡免疫也有一定的免疫增强作用, 表明黑水虻在养殖业具有良好的应用前景。

**关键词** 黑水虻; 肉鸡; 细胞因子; 免疫调节

黑水虻是水虻科扁角水虻属动物, 它原产于美洲<sup>[1]</sup>。黑水虻具有繁殖快、食源广泛、易饲养、动物适口性好等优点, 可用于畜禽粪便的减量化、无害化处理和资源化利用, 有助于畜牧养殖业的绿色环保和可持续性发展<sup>[2-3]</sup>。黑水虻幼虫营养丰富, 蛋白质含量较高, 氨基酸组成均匀, 富含多种脂肪酸, 是一种优良的蛋白质与油脂饲料资源。此外, 因富含月桂酸、己二酸和内源性抗菌肽等抗菌成分, 具有潜在的促机体生长发育和调节免疫的功能<sup>[4]</sup>。本研究以黑水虻饲料饲喂肉鸡, 应用 ELISA 试剂盒对补体蛋白 3(C3)、免疫球蛋白 IgA、IgG、IgM、鸡白细胞介素 6(IL-6) 和鸡肿瘤坏死因子  $\alpha$ (TNF- $\alpha$ ) 等相关免疫因子表达情况进行了检测, 评估黑水虻对肉鸡免疫增强效果。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

鸡补体蛋白 3(C3)、免疫球蛋白 IgA、IgG、IgM、

鸡白细胞介素 6(IL-6)、鸡肿瘤坏死因子  $\alpha$ (TNF- $\alpha$ ), ELISA 检测试剂盒由泉州市睿信生物科技有限公司生产。试验鸡品种为铁脚麻鸡。饲养全期采用按组分笼饲养, 自然温度 18~28℃, 自动投料, 自由饮水。

### 1.2 试验动物及分组

采用随机分组试验方法将 300 只 28 日龄健康铁脚麻肉鸡, 随机分成 5 组, 每组 3 个重复, 每个重复 20 只进行饲养试验。分别用黑水虻幼虫粉替代基础饲料中 0(对照)、5%、10%、15%、20% 的豆粕, 配制成 5 种试验饲料, 并分别记为对照组、处理 1 组、处理 2 组、处理 3 组、处理 4 组饲养铁脚麻鸡, 饲喂 83 d 后, 从 5 个试验组 300 只鸡中平均每组随机抽取 20 只(共 100 只)进行屠宰试验, 评估免疫器官发育情况, 同时采血检测相关免疫指标。

### 1.3 免疫器官增重测定

在屠宰性能测定中, 对胸腺、脾脏、法氏囊的发

收稿日期: 2021-06-10

基金项目: 云南畜牧兽医科学院基础研究项目(2019RW013)

沙 茜, 女, 1978 年生, 助理研究员。

育情况进行测量,比较各处理组间差异。

#### 1.4 免疫指标测定

采集血清,用 ELISA 试剂盒检测鸡补体蛋白 3 (C3)、免疫球蛋白 IgA、IgG、IgM、鸡白细胞介素 6 (IL-6)、鸡肿瘤坏死因子  $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ) 等免疫相关指标,按试剂盒说明书操作。

#### 1.5 数据统计分析

按常规方法进行数据统计,用 IBM SPSS 22.0 版本进行方差分析和相关分析,并用最小显著差数法进行多重比较, $P < 0.05$  表示差异显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 免疫器官增重测定结果

胸腺、脾脏增重均存在统计学差异( $P < 0.05$ ) (表 1)。胸腺对照组与处理 1 组和处理 4 组存在统计学差异,脾脏对照组与处理 1 组、处理 2 组和处理 3 组均存在统计学差异,其中对照组与处理 1 组和处理 2 组差异较大。

### 2.2 免疫指标测定结果

补体 C3 表达对照组与处理 1 组、处理 4 组差异较大; IgA 对照组与处理 2 组和处理 4 组差异较大; IgG 对照组与处理 3 组、处理 4 组间有统计学差异; IgM 对照组与处理 1 组、处理 4 组这 2 组有统计学差异( $P < 0.05$ ); IL-6 对照组与处理 2 组、处理 3 组、处理 4 组这 3 组差异较大; TNF- $\alpha$  表达对照组与处理组间无统计学差异( $P > 0.05$ )。表明黑水虻饲料对鸡的免疫有一定的增强作用。C3、IgA、IgG、IgM、IL-6 表达对照组与 4 个处理组间存在统计学差异( $P < 0.05$ ) (表 2)。

## 3 讨论

豆粕是最常见、最理想、使用量最多的主要蛋白原料,需求量一直居高不下,因蛋白质资源匮乏,

价格时常上涨,想要降低饲料成本,提高养殖的经济效益,需要寻找能够替代豆粕的蛋白质饲料原料<sup>[5]</sup>。而地球上种类和数量众多的昆虫,多含有丰富的蛋白质,是可持续利用的饲用蛋白质来源<sup>[6]</sup>。黑水虻幼虫是蛋白质含量极其丰富的昆虫,其蛋白质含量高达 44%,与豆粕的蛋白质含量相当。另外,氨基酸组成均匀,富含多种脂肪酸,其氨基酸组成中以月桂酸含量最高,其次是棕榈酸,含有多种微量元素,钙含量较高,还含多种维生素和类胡萝卜素<sup>[7]</sup>。目前国内学者正在研究黑水虻幼虫补充饲料蛋白质资源的可行性。猪、鱼饲料中添加黑水虻幼虫粉均可取得良好的饲养效果<sup>[8-9]</sup>。本研究结果也显示黑水虻幼虫粉替换 15% 豆粕可有效促进机体生长。

机体免疫系统由免疫器官、免疫组织、免疫细胞和免疫活性因子组成。胸腺、脾脏和法氏囊发育情况是评估禽类免疫功能的重要指标<sup>[10]</sup>。本研究结果显示黑水虻幼虫替代饲料饲喂的肉鸡免疫器官发育良好,生长增重快。其机理应与黑水虻幼虫富含的月桂酸、己二酸和内源性抗菌肽等抗菌成分有关,能促进机体对营养物质的消化和利用,改善肠道的微生物菌群,进而促进机体的生长发育和免疫机能<sup>[11-12]</sup>。

本研究结果显示饲喂黑水虻幼虫粉的鸡免疫球蛋白、IL-6 和 TNF- $\alpha$  表达随添加量的增加出现不同程度上升或下调。可见黑水虻幼虫粉可调节机体免疫功能,IL-6、TNF- $\alpha$  等细胞因子参与了这一过程。IL-6 是一种功能广泛的多效性细胞因子,可调节多种细胞的生长和分化、具有调节免疫应答、急性期反应及造血功能,并在机体的抗感染免疫反应中起重要作用。而 TNF- $\alpha$  主要由活化的单核-巨噬细胞及其他多种细胞产生,可引起机体恶病质,出现进行性消瘦等症状。

表 1 免疫器官增重测定结果

组别	对照组	处理 1	处理 2	处理 3	处理 4	平均值
胸腺	7.661 2 $\pm$ 1.095 36b	10.670 5 $\pm$ 0.756 74a	7.355 5 $\pm$ 0.882 26b	6.410 5 $\pm$ 1.201 25b	8.407 4 $\pm$ 0.841 96a	8.102 4 $\pm$ 0.449 45
脾脏	4.250 5 $\pm$ 0.319 02b	5.566 0 $\pm$ 0.423 99a	5.585 5 $\pm$ 0.414 95a	5.182 5 $\pm$ 0.421 83ab	4.203 7 $\pm$ 0.269 57b	4.972 6 $\pm$ 0.176 93
法氏囊	3.767 4 $\pm$ 0.536 41a	4.646 0 $\pm$ 0.437 70a	4.296 0 $\pm$ 0.565 34a	3.976 0 $\pm$ 0.415 19a	5.044 2 $\pm$ 0.519 88a	4.344 7 $\pm$ 0.222 55

注:同列数据后标不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ ),下同。

表 2 免疫球蛋白及部分细胞因子表达检测结果

组别	对照组	处理 1	处理 2	处理 3	处理 4	平均值
C3	133.090 0±10.159 67b	151.222 0±12.551 2a	145.0620±15.11332ab	145.9160±20.47652ab	158.760 0±11.075 35a	146.810 0±16.177 37
IgA	75.049 0±13.126 61bc	73.974 0±6.941 89c	85.389 0±6.786 68a	83.358 0±9.661 43ab	87.381 0±9.336 46a	81.030 2±10.620 33
IgG	386.008 0±56.113 3c	429.874 0±47.671 2bc	427.1270±53.81436bc	441.696 0±32.946 3b	499.008 0±55.516 7a	436.742 6±60.358 4
IgM	184.988 0±12.623 4ab	174.734 0±20.680 2b	179.244 0±29.683 6Ab	186.120 0±18.533 3ab	199.301 0±26.217 93a	184.877 4±23.005 45
IL-6	4.909 0±0.778 99a	4.304 0±0.896 30ab	4.183 0±0.664 85b	4.140 0±0.833 84b	3.896 0±0.485 55b	4.286 4±0.792 49
TNF-α	7.241 0±1.987 71a	7.416 0±2.041 62a	6.089 0±1.759 01a	6.202 0±2.028 81a	5.674 0±0.826 63a	6.524 4±1.848 14

综上所述,黑水虻幼虫可为动物饲料提供丰富的蛋白质来源。黑水虻及其幼虫体内的月桂酸、己二酸和抗菌肽具有广谱的抗菌性,其独特的杀菌机制能够抗菌、抗病毒,且不易产生耐药性,随着抗生素在养殖业的应用受到越来越多的限制,黑水虻在饲料添加剂中的应用前景正在变得更加广阔<sup>[13-14]</sup>。

参 考 文 献

[1] 王付彬,刘玉升,张秀波.黑水虻[J].农业知识,2010(9):44-45.

[2] 张金金,王占彬.黑水虻在畜禽养殖中的应用与研究进展[J].家畜生态学报,2021,42(4):84-90.

[3] 靳任任,刘杰.黑水虻繁育技术[J].农村新技术,2016(7):30-31.

[4] SCHIAVONE A, MARCO M, MARTINEZ S, et al.Nutritional value of a partially defatted and a highly defatted black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) meal for broiler chickens: apparent nutrient digestibility, apparent metabolizable energy and apparent ileal amino acid digestibility[J].J Anim Sci Biotechnol, 2017(8):51.

[5] 陈继发.黑水虻在家禽生产中的应用研究进展[J].动物营养学报,2020,32(9):3986-3992.

[6] VELDKAMP T, BOSCH GUID O.Insects: a protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets[J]. Animal frontiers, 2015,5(2):45-50.

[7] 陈柏宇,李楚君,胡斌,等.黑水虻幼虫饲用价值[J].饲料工业,2020,41(10):9-15.

[8] LI M, LI M, WANG G, et al.Defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal can partially replace fish meal in diets for adult Chinese soft-shelled turtles[J].Aquaculture, 2021(5):541.

[9] 王斌,邹仕庚,胡文锋,等.饲料添加黑水虻虫粉对断奶仔猪生长性能和血清生化指标的影响[J].饲料工业,2021,42(7):38-42.

[10] 吴植,袁维峰,周广生,等.复方中草药添加剂对林下生态鸡生长性能和免疫功能的影响[J].中国畜牧兽医,2011,38(8):16-18.

[11] 胡珊珊,陈开莉,陈红贤,等.黑水虻抗菌肽的克隆及其生物信息学分析[J].江苏农业科学,2020,48(24):49-52.

[12] SAVIANE A, TASSONI L, NAVIGLIO D, et al.Mechanical processing of *Hermetia illucens* larvae and *Bombyx mori* pupae produces oils with antimicrobial activity[J]. Animals : an open access journal from MDPI, 2021, 11(3):unknown.

[13] 单安山,马得莹,冯兴军,等.抗菌肽的功能、研发与应用[J].中国农业科学,2012,45(11):2249-2259.

[14] 刘世财,范琳琳,郑珩,等.抗菌肽作用机制及应用研究进展[J].中国生化药物杂志,2016,36(4):20-23.

【责任编辑:刘少雷】