

饲料灵芝菌糠添加水平对蛋鸭产蛋性能、蛋品质和血清生化指标的影响

黄璇^{1,2} 姚亚铃³ 李闯^{1,2} 张旭^{1,2} 蒋桂韬^{1,2} 胡艳¹ 戴求仲^{1,2*}

(1.湖南省畜牧兽医研究所,动物营养与饲养技术研究室,长沙 410131;2.湖南家禽安全生产工程技术研究中心,长沙 410128;3.怀化市畜牧水产事务中心,怀化 418000)

摘要: 本试验旨在研究饲料灵芝菌糠添加水平对蛋鸭产蛋性能、蛋品质和血清生化指标的影响,以检验灵芝菌糠对蛋鸭的饲喂效果和确定其适宜添加水平。选择204日龄健康且产蛋率接近的临武鸭200只,随机分为5组,每组5个重复,每个重复8羽。对照组饲料不添加灵芝菌糠,4个试验组饲料在等氮等能条件下分别添加2%、4%、6%和8%的灵芝菌糠。试验期63 d。结果表明:1)饲料灵芝菌糠添加水平对蛋鸭的产蛋率和料蛋比均无显著影响($P>0.05$)。与对照组相比,2%、4%和6%灵芝菌糠组的合格蛋率、日产蛋重和平均日采食量均无显著差异($P>0.05$);但8%灵芝菌糠组的合格蛋率、日产蛋重和平均日采食量均显著低于其他各组($P<0.05$)。对照组和2%、4%灵芝菌糠组的平均蛋重显著高于6%和8%灵芝菌糠组($P<0.05$)。2)饲料灵芝菌糠添加水平对蛋鸭蛋品质指标均无显著影响($P>0.05$)。3)6%和8%饲料菌糠组血清中胆固醇和甘油三酯含量均显著低于对照组($P<0.05$)。饲料灵芝菌糠添加水平对蛋鸭其他血清生化指标无显著影响($P>0.05$)。4)以平均日采食量和合格蛋率为评价指标,通过二次曲线模型估测产蛋高峰期临武鸭的饲料中灵芝菌糠适宜添加水平分别为2.99%和2.38%。由此可见,饲料中添加6%~8%灵芝菌糠可降低血脂含量,灵芝菌糠在蛋鸭饲料中的添加水平不超过6%时对蛋鸭产蛋性能和蛋品质均无不良影响,而添加水平达8%时产蛋性能下降。综合考虑,204~266日龄临武鸭饲料中灵芝菌糠适宜添加水平为2.38%~2.99%。

关键词: 灵芝菌糠;临武鸭;产蛋性能;血清生化指标

中图分类号: S834

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2020)08-3654-08

菌糠是食用菌采收后的副产物,包括真菌菌丝、剩余培养基以及富含有机质的发酵代谢产物^[1],其经过多种微生物发酵后粗纤维含量大幅降低,同时由于菌体蛋白存在,粗蛋白质含量有所提高^[2],具有一定的饲用价值。菌糠可作为一种重要饲料原料按一定比例添加在家禽饲料中,不仅可改善肠道菌群,增加免疫力,而且可提高生产性能^[2]。菌糠在草食动物饲料中应用较为多见,建议用20%~50%菌糠替代肉牛^[3-4]、奶牛^[5-6]和

肉羊^[7]粗饲料中的秸秆或干草,但禽饲料适宜菌糠添加水平涉及很少。苏秋权^[8]研究表明,在胡须鸡饲料中添加6%~8%桑枝食用菌菌糠可提高饲料适口性,可获得最佳生产效益。在35日龄昌图鹅饲料中添加15%金针菇菌糠,可提高日增重和利润^[9]。上述研究结果仅证实了菌糠作为新型饲料资源的安全性和可利用性。然而,目前关于菌糠饲喂蛋鸭适宜添加量的研究还处于空白阶段。为此,本试验以204~266日龄临武鸭为试验

收稿日期:2020-02-19

基金项目:现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-42-21);湖南省重点研发计划(2017NK2163);湖南家禽安全生产工程技术中心专项资金(CICAPS)

作者简介:黄璇(1986—),女,湖南浏阳人,助理研究员,硕士,从事家禽营养与饲料科学研究。E-mail: 409097385@qq.com

*通信作者:戴求仲,研究员,博士生导师,E-mail: daiqiuzhong@gmail.com

对象,通过研究饲料中不同灵芝菌糠添加水平对产蛋高峰期临武鸭产蛋性能、蛋品质和血清生化指标的影响,以确定灵芝菌糠在蛋鸭饲料中适宜添加水平,旨在更好开发利用菌糠饲料资源、指导蛋鸭生产提供依据。

1 材料与方

1.1 试验材料

灵芝培养基以玉米芯、花生藤、红薯藤和麦麸等为主要原料混合制成。灵芝菌糠是经3~4茬收菇后,选取菌丝洁白、料块结实、无污染、无腐败的培养基,经晒干粉碎后,过60目筛后备用。

本次试验所用的灵芝菌糠营养成分含量为:水分10.53%,粗蛋白质9.08%,粗纤维20.53%,代谢能8.45 MJ/kg。

1.2 试验设计与试验饲料

选取健康状况良好、体重相近的204日龄产蛋高峰期临武鸭200只,随机分成5组,每组5个重复,每个重复8羽。试验期63 d。试验饲料参照《临武鸭营养需要》^[10]中的参数配制,对照组饲料不添加灵芝菌糠,在保持各组饲料等氮等能的基础上,4个试验组饲料中分别添加2%、4%、6%和8%的灵芝菌糠,所有饲料均制成颗粒料。试验饲料组成及营养水平见表1。

表1 试验饲料组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis)

%

项目 Items	灵芝菌糠添加水平 <i>Ganoderma lucidum</i> fungus chaff supplemental level/%				
	0	2	4	6	8
原料 Ingredients					
玉米 Corn	47.00	46.10	44.00	42.70	41.20
豆粕 Soybean meal	22.72	23.02	23.52	23.32	23.02
玉米蛋白粉 Corn gluten meal	3.30	3.20	3.00	3.00	3.20
次粉 Wheat middling	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00
麦麸 Wheat bran	2.40	1.10	0.90	0.40	
灵芝菌糠 <i>Ganoderma lucidum</i> fungus chaff		2.00	4.00	6.00	8.00
石粉 Limestone	8.90	8.90	8.90	8.90	8.90
L-赖氨酸盐酸盐 L-Lys · HCl (78.5%)	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
DL-蛋氨酸 DL-Met (98.5%)	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
磷酸氢钙 CaHPO ₄	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
食盐 NaCl	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
预混料 Premix ¹⁾	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels ²⁾					
代谢能 ME/(MJ/kg)	10.91	10.92	10.89	10.90	10.93
粗蛋白质 CP	18.00	18.03	18.01	18.02	18.03
粗纤维 CF	2.46	2.77	3.15	3.50	3.86
赖氨酸 Lys	0.89	0.90	0.88	0.90	0.90
蛋氨酸 Met	0.42	0.42	0.43	0.43	0.42
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.60	0.60	0.59	0.60	0.60
钙 Ca	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
总磷 TP	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
有效磷 AP	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34

1) 预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kg of diets: VA 5 000 IU, VB₁ 2 mg, VB₂ 15 mg, VB₆ 4 mg, VB₁₂ 0.02 mg, VD₃ 800 IU, VE 20 IU, VK₃ 0.5 mg, 生物素 biotin 0.2 mg, 叶酸 folic acid 0.6 mg, D-泛酸 D-pantothenic acid 60 mg, 烟酸 nicotinic acid 60 mg, 胆碱 choline 1 500 mg, 抗氧化剂 antioxidant 100 mg, Cu (as copper sulfate) 8 mg, Fe (as ferrous sulfate) 80 mg, Mn (as manganese sulfate) 50 mg, Zn (as zinc sulfate) 60 mg, I (as potassium iodide) 0.40 mg, Se (as sodium selenite) 0.20 mg。

2) 营养水平为计算值。Nutrient levels were calculated values.

1.3 饲养管理

试验采用封闭式鸭舍,双层立体笼,单笼饲养,笼具规格为40 cm×46 cm×39 cm;自然光照加每天人工补光8 h;每天喂料2次,清粪和捡蛋各1次,全期自由采食和饮水。

1.4 指标测定与方法

1.4.1 产蛋性能

试验期间每天以重复为单位记录产蛋数、蛋重和不合格蛋数(包括软壳蛋、破壳蛋、沙壳蛋、畸形蛋),统计产蛋率、平均蛋重、日产蛋重、合格蛋率、平均日采食量和料蛋比。

1.4.2 蛋品质

试验结束时,从每个重复抽取接近平均蛋重的鸭蛋6个,4℃保存,在24 h之内测定蛋形指数(游标卡尺测量)、蛋壳厚度(蛋壳厚度测定仪)、蛋黄比例、蛋壳比例、蛋黄颜色、蛋白高度和哈氏单位(Egg Analyzer, Orka Technology Ltd.)。

1.4.3 血清生化指标

在试验结束时,每个重复随机选取试验鸭2只,翅下静脉采血5 mL,分离血清,-20℃下保存。用比色法(全自动生化分析仪 URIT-8000, 优利特, 美国)检测血清中总蛋白、白蛋白、尿素氮、尿酸、葡萄糖、胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白和低

密度脂蛋白含量以及谷丙转氨酶、谷草转氨酶和碱性磷酸酶活性。

1.5 数据处理

采用 SPSS 18.0 软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA),差异显著者再进行 Duncan 氏法多重比较,结果用“平均值±标准差”(mean±SD)表示, $P<0.05$ 为差异显著, $0.05<P<0.10$ 为有趋势。采用 SAS9.0 软件中的非线性模拟程序中的二次曲线模型拟合蛋鸭各敏感指标与饲料灵芝菌糠添加水平的二次曲线方程,求导得出适宜的灵芝菌糠添加水平。

2 结果

2.1 饲料灵芝菌糠添加水平对蛋鸭产蛋性能的影响

由表2可知,饲料灵芝菌糠添加水平对蛋鸭的产蛋率和料蛋比均无显著影响($P>0.05$)。与对照组相比,2%、4%和6%灵芝菌糠组的合格蛋率、日产蛋重和平均日采食量均无显著差异($P>0.05$);但8%灵芝菌糠组的合格蛋率、日产蛋重和平均日采食量均显著低于其他各组($P<0.05$)。对照组和2%、4%灵芝菌糠组的平均蛋重显著高于6%和8%灵芝菌糠组($P<0.05$)。

表2 饲料灵芝菌糠添加水平对蛋鸭产蛋性能的影响

Table 2 Effects of dietary *Ganoderma lucidum* fungus chaff supplemental level on laying performance of laying ducks

项目 Items	灵芝菌糠添加水平 <i>Ganoderma lucidum</i> fungus chaff supplemental level/%					P 值 P-value
	0 (对照 Control)	2	4	6	8	
平均日采食量 Average daily feed intake/(g/d)	148.30±1.74 ^a	147.72±1.71 ^a	149.67±0.76 ^a	148.46±1.44 ^a	143.97±1.88 ^b	<0.001
产蛋率 Laying rate/%	82.97±1.99	81.72±1.55	82.14±0.83	84.70±3.43	81.01±1.63	0.106
平均蛋重 Average egg weight/g	68.19±0.60 ^a	67.98±1.05 ^a	67.22±0.76 ^a	65.90±0.75 ^b	65.55±0.79 ^b	0.013
日产蛋重 Daily egg weight/(g/d)	56.58±1.69 ^a	55.55±1.07 ^a	55.22±0.96 ^a	55.82±2.31 ^a	53.10±1.02 ^b	0.021
料蛋比 Feed/egg	2.62±0.06	2.66±0.05	2.71±0.06	2.66±0.10	2.71±0.04	0.252
合格蛋率 Qualified rate of egg/%	97.44±0.88 ^a	96.83±1.10 ^a	97.22±1.55 ^a	97.17±2.27 ^a	93.60±2.03 ^b	0.012

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

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

2.2 饲料灵芝菌糠添加水平对蛋鸭蛋品质的影响

由表3可知,饲料灵芝菌糠添加水平对蛋鸭

蛋品质指标均无显著影响($P>0.05$)。随饲料灵芝菌糠添加水平的增加,蛋黄比例呈下降趋势($P=0.085$)。

表3 饲料灵芝菌糠添加水平对蛋鸭蛋品质的影响

Table 3 Effects of dietary *Ganoderma lucidum* fungus chaff supplemental level on egg quality of laying ducks

项目 Items	灵芝菌糠添加水平 <i>Ganoderma lucidum</i> fungus chaff supplemental level/%					P 值 P-value
	0 (对照 Control)	2	4	6	8	
蛋形指数 Egg shape index	1.312±0.038	1.345±0.024	1.307±0.018	1.304±0.064	1.315±0.012	0.427
蛋壳厚度 Eggshell thickness/mm	0.397±0.004	0.405±0.006	0.404±0.008	0.404±0.008	0.407±0.011	0.364
蛋黄颜色 Yolk color	8.60±0.65	9.00±0.94	8.25±0.87	8.80±0.57	8.40±0.42	0.405
蛋白高度 Albumen height/mm	8.39±0.27	8.30±0.58	8.44±0.80	8.08±0.64	8.16±0.75	0.811
哈氏单位 Haugh unit	89.07±1.70	88.59±3.31	89.55±4.96	87.49±4.34	88.38±4.50	0.860
蛋黄比例 Yolk ratio/%	31.27±2.05	30.36±1.20	30.02±1.53	29.62±2.19	29.63±1.63	0.087
蛋重比例 Eggshell ratio/%	12.88±0.64	12.83±0.50	12.57±0.25	12.56±0.38	12.32±0.44	0.211

2.3 饲料灵芝菌糠添加水平对蛋鸭血清生化指标的影响

由表4可知,随饲料灵芝菌糠添加水平的增加,血清中胆固醇和甘油三酯含量逐渐下降,且6%和8%饲料菌糠组血清中胆固醇和甘油三酯含

量均显著低于对照组($P<0.05$)。饲料灵芝菌糠添加水平对蛋鸭血清中总蛋白、白蛋白、尿素氮、尿酸、葡萄糖、高密度脂蛋白和低密度脂蛋白含量以及谷丙转氨酶、谷草转氨酶和碱性磷酸酶活性均无显著影响($P>0.05$)。

表4 饲料灵芝菌糠添加水平对蛋鸭血清生化指标的影响

Table 4 Effects of dietary *Ganoderma lucidum* fungus chaff supplemental level on serum biochemical indices of laying ducks

项目 Items	灵芝菌糠添加水平 <i>Ganoderma lucidum</i> fungus chaff supplemental level/%					P 值 P-value
	0 (对照 Control)	2	4	6	8	
谷草转氨酶 ALT/(U/L)	32.00±12.02	30.60±4.51	36.40±11.31	34.00±6.82	37.20±5.72	0.715
谷丙转氨酶 AST/(U/L)	38.40±4.51	37.20±7.53	47.00±17.34	39.40±13.22	37.20±8.35	0.089
总蛋白 TP/(g/L)	71.80±13.22	64.00±2.74	66.00±4.55	63.20±3.83	67.80±6.46	0.266
白蛋白 ALB/(g/L)	28.64±3.35	26.76±0.42	26.88±1.65	26.68±1.53	28.84±2.26	0.354
碱性磷酸酶 AKP/(U/L)	270.20±158.37	323.00±137.02	299.00±121.64	342.20±254.53	272.20±100.85	0.508
尿素氮 UN/(mmol/L)	0.60±0.28	0.72±0.12	0.52±0.18	0.69±0.25	0.54±0.15	0.492
尿酸 UA/(mmol/L)	467.72±228.93	547.04±63.29	422.43±164.34	534.58±105.09	469.00±98.62	0.767
葡萄糖 GLU/(mmol/L)	8.37±1.86	8.71±0.59	9.40±1.10	8.28±1.10	8.62±0.60	0.728
甘油三酯 TG/(mmol/L)	22.17±6.13 ^a	19.17±2.57 ^{ab}	18.99±2.77 ^{ab}	16.47±3.97 ^b	10.62±1.81 ^c	0.001
胆固醇 CHO/(mmol/L)	4.95±1.02 ^a	4.04±0.85 ^{ab}	3.91±0.48 ^{ab}	3.71±0.88 ^b	3.03±0.59 ^b	0.021
高密度脂蛋白 HDL/(mmol/L)	0.94±0.32	0.87±0.22	0.78±0.25	0.85±0.42	0.92±0.30	0.333
低密度脂蛋白 LDL/(mmol/L)	0.38±0.07	0.34±0.08	0.39±0.09	0.38±0.07	0.44±0.05	0.246

2.4 蛋鸭饲料中灵芝菌糠适宜添加水平

由表5可知,平均日采食量和合格蛋率随饲料灵芝菌糠添加水平的增加均存在显著的先升高后降低的二次曲线变化($P<0.05$),而其他各差异显著指标(如日产蛋重、平均蛋重及血清中甘油三

酯、胆固醇含量)未呈现出显著的二次曲线变化($P>0.05$)。因此,以平均日采食量和合格蛋率为评价指标,通过二次曲线模型估测产蛋高峰期临武鸭的饲料中灵芝菌糠适宜添加水平分别为2.99%和2.38%。

表 5 蛋鸭饲料中灵芝菌糠适宜添加水平

Table 5 Dietary optimal supplemental level of *Ganoderma lucidum* fungus chaff of laying ducks

项目 Items	回归方程 Regressive equations	相关系数 R^2	P 值 P -value	灵芝菌糠适宜添加水平 Optimal supplemental level of <i>Ganoderma lucidum</i> fungus/%
平均日采食量 Average daily feed intake/(g/d)	$y = -0.196 1x^2 + 1.172 6x + 147.64$	0.795 8	<0.001	2.99
合格蛋率 Qualified rate of egg/%	$y = -0.113 6x^2 + 0.541 6x + 97.011$	0.799 1	0.047	2.38

3 讨论

3.1 饲料灵芝菌糠添加水平对蛋鸭产蛋性能和蛋品质的影响

食用菌栽培基质经过多种微生物发酵,半纤维素、纤维素和木质素被不同程度降解,同时还产生了菌体蛋白、糖类、微量元素和活性物质,因此将菌糠按照一定比例添加在饲料中,可提高生产性能^[11]。此外,张雅雪等^[12]研究表明,在 1~28 日龄天府肉鸭饲料中添加 2%~6% 鸡腿菇菌糠,可显著提高采食量和前 2 周日增重,综合各项指标以添加 2% 鸡腿菇菌糠组效果最好。本试验结果表明,在保持各组营养水平一致基础上,饲料灵芝菌糠添加水平为 8% 时,平均日采食量、日产蛋重和合格蛋率会显著降低,分析其原因可能在于随灵芝菌糠添加水平增加,饲料粗纤维水平上升,而蛋鸭消化道较短,对粗纤维消化能力较弱;此外,高纤维饲料容积大,持水力强,饲喂时饮水量会增加,不利于提高采食量^[13]。另有研究认为饲料粗纤维水平与家禽对钙、磷、锰和铁等利用率呈负相关^[14],这可能是合格蛋率下降的原因。当饲料灵芝菌糠添加水平达到 8% (粗纤维水平 3.86%) 时,试验鸭采食量下降,且饲料在消化道中排空时间缩短,从而导致饲料转化率和产蛋性能降低。因此,受粗纤维水平限制,从产蛋性能考虑,饲料中灵芝菌糠添加水平不超过 6% 为宜。

从蛋品质指标来看,饲料灵芝菌糠添加水平对蛋品质指标无显著影响,但随着饲料灵芝菌糠添加水平的增加,蛋黄比例呈下降趋势。蛋黄比例是衡量蛋营养价值的重要指标,鸭蛋蛋黄中脂肪蓄积丰富,其含量可达到 28%~33%^[15]。通过结合血清中胆固醇和甘油三酯含量变化趋势,可以看出饲料添加灵芝菌糠可能影响到蛋鸭脂类代

谢和蛋黄中脂质沉积。

3.2 饲料灵芝菌糠添加水平对蛋鸭血清生化指标的影响

血清胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白和低密度脂蛋白含量可反映机体脂类代谢情况,胆固醇和甘油三酯含量低说明机体内脂肪合成大于分解^[16]。同时有研究表明,菌糠中含有真菌多糖,可降低血脂和血糖水平^[17]。本试验结果显示,饲料灵芝菌糠添加水平对蛋鸭血清中蛋白质代谢物和葡萄糖含量均无显著影响,但随着灵芝菌糠添加水平的增加,血清中胆固醇和甘油三酯含量呈下降趋势,且 6% 和 8% 灵芝菌糠组血清中胆固醇和甘油三酯含量均显著低于对照组,这一研究结果与郭万正等^[18]报道的在波尔山羊饲料中添加 10%~30% 发酵金针菇菌糠血清中甘油三酯含量会有所下降的结果,以及池雪林等^[19]在饲料中添加 2.5% 灵芝菌糠可显著降低蛋鸡血清中的甘油三酯和总胆固醇含量、增加血清中高密度脂蛋白含量的研究结果一致;且与韩朋伟等^[20]用 3%~9% 发酵杏鲍菇菌糠替代玉米对肉鸡血清中谷丙转氨酶、谷草转氨酶和碱性磷酸酶活性均无显著影响的报道相同。然而,潘军等^[21]认为,与未添加菌糠组相比,用 40%~60% 的菌糠替代秸秆饲喂肉牛,血清中胆固醇含量显著升高,原因可能在于反刍动物利用粗纤维能力强且能将真菌多糖转化为挥发性脂肪酸。在本试验条件下,饲料灵芝菌糠添加水平达到 6% (粗纤维水平 3.50%) 时,血清中胆固醇和甘油三酯含量显著下降,蛋鸭机体脂类沉积作用减弱,这也验证了随着饲料灵芝菌糠添加水平增加蛋黄比例有所下降的结果。

3.3 蛋鸭饲料中灵芝菌糠适宜添加水平

食用菌菌糠作为新型饲料资源,其营养价值与糠麸类相当^[22]。在实际生产中,菌糠按一定比

例添加在家禽饲料中,可提高生长性能,改善肠道微生物菌群^[23]。菌糠在家禽饲料中适宜添加水平为0.5%~15.0%;肉鸡稻草菌糠推荐添加水平为0.5%^[24];以饲料转化比和屠宰性能为评价指标,肉鸡饲料中棉籽壳源低聚木糖菌糠适宜添加水平为2%^[25];以采食量和日增重为敏感指标,获得仔鹅饲料中金针菇菌糠适宜添加水平为15%^[9]。本试验研究表明,灵芝菌糠在蛋鸭饲料中的添加水平不超过6%对产蛋性能、蛋品质和血清生化指标均无不良影响,因此主观判断6%为灵芝菌糠最高添加水平。通过二次曲线模型分析灵芝菌糠添加水平与敏感指标(平均日采食量和合格蛋率)相关性,最终估算得出蛋鸭饲料中灵芝菌糠适宜添加水平为2.38%~2.99%。回归模型估测值与张雅雪^[26]的酒糟菌糠在肉鸭饲料中的适宜添加水平(2%)较接近,而与上述研究结果大相径庭,引起结果差异的原因可能是菌糠营养成分、品种、评价指标以及家禽消化利用粗纤维能力等不同。因此,综合各项指标考虑,204~266日龄临武鸭饲料中灵芝菌糠适宜添加水平为2.38%~2.99%,最高添加水平可达6%。

4 结论

① 在本试验条件下,饲料中添加6%~8%灵芝菌糠可降低蛋鸭血脂含量,灵芝菌糠在蛋鸭饲料中的添加水平不超过6%时对蛋鸭产蛋性能和蛋品质均无不良影响,而添加水平达8%时产蛋性能下降。

② 以平均日采食量和合格蛋率为评价指标,得出蛋鸭饲料中灵芝菌糠适宜添加水平分别为2.99%和2.38%。综合考虑,204~266日龄临武鸭饲料中灵芝菌糠适宜添加水平为2.38%~2.99%,最高添加水平可达6%。

参考文献:

[1] 王红兵,蒋桂韬,张建华.食用菌菌糠在畜禽饲料中应用的研究进展[J].饲料与畜牧,2015(12):30-33.

[2] 吴端钦,唐守伟,王延周,等.菌糠饲料化开发及其在动物生产中的应用[J].中国畜牧杂志,2015,51(24):75-78,83.

[3] 孙国强,郭立忠,李振江,等.大豆秸秆菌糠喂牛的效果研究[J].黄牛杂志,2001,27(2):18-20.

[4] 潘军,高腾云,付彤,等.白灵菇菌糠对肉牛适口性和

育肥效果的影响[J].家畜生态学报,2010,31(1):59-63.

[5] 朱洪龙,王力生,杨海,等.菌糠替代苜蓿干草对奶牛生产性能的影响[J].饲料工业,2007,28(17):44-46.

[6] FAZAELI H, MAHMODZADEH H, JELAN Z A, et al. Utilization of fungal treated wheat straw in the diet of late lactating cow[J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2004, 17(4):467-472.

[7] 王福明.莽壳菌糠在建昌黑山羊饲料中的应用研究[J].中国饲料,2008(11):31-32,36.

[8] 苏秋权.桑枝食用菌菌糠饲料化加工技术研究[D].硕士学位论文.广州:华南农业大学,2016.

[9] 李超,王绍斌,刘燕洁.金针菇菌糠饲料喂昌图鹅仔鹅试验[J].食用菌,2007,29(3):60-61.

[10] 湖南省质量技术监督局.DB/T 898—2014 临武鸭营养需要[S].[s.l.]:[s.n.],2014.

[11] 高士友,高雯,李勇,等.北虫草和金针菇菌糠饲喂畜禽的应用效果[J].饲料研究,2008(4):27-29.

[12] 张雅雪,王涛,殷中琼,等.鸡腿菇菌糠对天府肉鸭生长性能及免疫功能的影响[J].中国畜牧兽医,2011,38(11):14-18.

[13] HAN H Y, ZHANG K Y, DING X M, et al. Effect of dietary fiber levels on performance, gizzard development, intestinal morphology, and nutrient utilization in meat ducks from 1 to 21 days of age[J]. Poultry Science, 2017, 96(12):4333-4341.

[14] 李彦品.饲料粗纤维水平对仔鹅生产性能、养分利用率及盲肠微生物区系的影响[D].硕士学位论文.扬州:扬州大学,2017.

[15] YUAN J, WANG B, HUANG Z, et al. Comparisons of egg quality traits, egg weight loss and hatchability between striped and normal duck eggs[J]. British poultry Science, 2013, 54(2):265-269.

[16] DING Y, BU X C, ZHANG N N, et al. Effects of metabolizable energy and crude protein levels on laying performance, egg quality and serum biochemical indices of Fengda-1 layers[J]. Animal Nutrition, 2016, 2(2):93-98.

[17] 殷伟伟,张松.食药两用真菌降血脂作用的研究及应用[J].菌物研究,2006,4(4):82-86.

[18] 郭万正,魏金涛,赵娜,等.发酵金针菇菌糠对波尔山羊生长性能和血液生化指标的影响[J].饲料研究,2015(23):33-36.

[19] 池雪林,吴德峰,曾显成.灵芝和菌糠降低鸡蛋胆固醇的试验研究[J].福建畜牧兽医,2007,29(4):3-5.

- [20] 韩朋伟,卜小丽,刘世操,等.发酵杏鲍菇菌糠对肉鸡生长性能和血清生化指标的影响[J].粮食与饲料工业,2016(3):48-51,55.
- [21] 潘军,曹玉凤,吕超,等.菌糠对肉牛生长性能和血液生理生化指标的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2011,39(1):21-28.
- [22] 杨红梅,王瑜.食用菌菌渣在动物饲料应用中的研究进展[J].中国草食动物科学,2018,38(5):48-50,67.
- [23] LEE S B, CHOI Y H, CHO S K, et al. Effects of dietary *Flammulina velutipes* mycelium on broiler chick performance, pathogenic bacterial counts in caecal contents and amount of NH₃ in excreta[J]. Journal of Animal Science and Technology, 2012, 54(5): 341-347.
- [24] 吕文亭,庞春酉,郝荣超,等.稻草菌糠对 AA 肉鸡生长性能及内分泌代谢的影响[J].河北北方学院学报(自然科学版),2010,26(3):39-42.
- [25] 范艳平.棉籽壳源低聚木糖菌糠对 AA 肉鸡生长代谢的影响[D].硕士学位论文.扬州:扬州大学,2009.
- [26] 张雅雪.酒糟菌糠的成分分析及其对肉鸭免疫功能和肠道主要菌群的影响[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2011.

Effects of Dietary *Ganoderma lucidum* Fungus Chaff Supplemental Level on Laying Performance, Egg Quality and Serum Biochemical Indices of Laying Ducks

HUANG Xuan^{1,2} YAO Yaling³ LI Chuang^{1,2} ZHANG Xu^{1,2}
JIANG Guitao^{1,2} HU Yan¹ DAI Qiuzhong^{1,2*}

(1. Animal Nutrition and Feeding Technology Research Lab, Hunan Institute of Animal Science and Veterinary Medicine, Changsha 410131, China; 2. Hunan Engineering Research Center of Poultry Production Safety, Changsha 410128, China; 3. Huaihua Animal Husbandry and Aquatic Transaction Center, Huaihua 418000, China)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of dietary *Ganoderma lucidum* fungus chaff supplemental level on laying performance, egg quality and serum biochemical indices of laying ducks, in order to test the feeding effect for laying ducks and the optimal supplemental level of *Ganoderma lucidum* fungus chaff. A total of 200 healthy 204-day-old *Linwu* ducks with similar laying rate were randomly divided into 5 groups with 5 replicates in each group and 8 replicates in each replicate. The control group was fed a diet without *Ganoderma lucidum* fungus chaff, and the four experimental groups were fed the diet supplemented with 2%, 4%, 6% and 8% *Ganoderma lucidum* fungus chaff under the isonitrogenous and isoenergetic condition. The experimental period was 63 days. The results showed as follows: 1) dietary *Ganoderma lucidum* fungus chaff supplemental level had no significant effects on the laying rate and feed/egg of laying ducks ($P>0.05$). Compared with the control group, the qualified rate of egg, daily egg yield and average daily feed intake of 2%, 4% and 6% *Ganoderma lucidum* fungus chaff groups were no significant difference ($P>0.05$), but the qualified rate of egg, daily egg yield and average daily feed intake of 8% *Ganoderma lucidum* fungus chaff group were significantly lower than those of other groups ($P<0.05$). The average egg weight of control group and 2% and 4% *Ganoderma lucidum* fungus chaff groups was significantly higher than that of 6% and 8% *Ganoderma lucidum* fungus chaff groups ($P<0.05$). 2) Dietary *Ganoderma lucidum* fungus chaff supplemental level had no significant effects on the egg quality indices of laying ducks ($P>0.05$). 3) The contents of cholesterol and triglyceride in serum of 6% and 8% *Ganoderma lucidum* fungus chaff groups were significantly lower than those of the control group ($P<0.05$). Dietary *Ganoderma lucidum* fungus chaff supplemental level had no significant effects on other serum biochemical indices of laying ducks ($P>0.05$). 4) The dietary optimal supplemental levels of *Ganoderma lucidum* fungus chaff were 2.38% and 2.99% based on qualified rate of egg and average daily feed intake by quadratic regression, respectively. In conclusion, dietary supplemented 6% to 8% *Ganoderma lucidum* fungus chaff can reduce serum lipid content, and the dietary supplemental level of *Ganoderma lucidum* fungus chaff no more than 6% have no adverse effect on the laying performance and egg quality of laying ducks, while the laying performance can decrease when the supplemental level get 8%. Comprehensive consideration, these results suggest that dietary optimal supplemental levels of *Ganoderma lucidum* fungus chaff for *Linwu* ducks aged from 204 to 266 days is 2.38% to 2.99%. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(8):3654-3661]

Key words: *Ganoderma lucidum* fungus chaff; *Linwu* ducks; laying performance; serum biochemical indices