

饲料棕榈粕添加水平对产蛋期蛋鸭产蛋性能、蛋品质、器官发育及抗氧化功能的影响

王爽 张亚男 AHMED MOHAMED FOUAD 陈伟 阮栋

夏伟光 黄雪冰 李凯潮 郑春田*

(广东省农业科学院动物科学研究所, 畜禽育种国家重点实验室, 农业部华南动物营养与饲料重点实验室, 广东省动物育种与营养公共实验室, 广东省畜禽育种与营养研究重点实验室, 广州 510640)

摘要: 本研究旨在探讨饲料棕榈粕添加水平对产蛋期蛋鸭产蛋性能、蛋品质、器官发育及抗氧化功能的影响, 为生产中棕榈粕在蛋鸭饲料中的科学应用提供参考。选择 600 只健康的 20 周龄福建龙岩麻鸭, 随机分为 5 个组, 每组 6 个重复, 每个重复 20 只鸭。各组蛋鸭分别饲喂棕榈粕添加水平为 0%、3%、6%、9% 和 12% 的试验饲料。试验期 12 周。结果表明: 饲料棕榈粕添加水平对蛋鸭平均蛋重、蛋黄重和蛋壳重有显著影响 ($P < 0.05$), 随着饲料棕榈粕添加水平的升高, 平均蛋重、蛋黄重和蛋壳重呈下降趋势; 饲料棕榈粕添加水平对其他产蛋性能和蛋品质指标均无显著影响 ($P > 0.05$)。饲料棕榈粕添加水平对蛋鸭血浆和肝脏抗氧化指标及器官重量均无显著影响 ($P > 0.05$)。由此可见, 以平均蛋重为评价指标, 推荐蛋鸭饲料中棕榈粕添加水平不高于 3%; 饲料中棕榈粕添加水平达 6%~12% 时可降低平均蛋重, 但并未影响蛋鸭器官发育和抗氧化功能。

关键词: 棕榈粕; 蛋鸭; 产蛋性能; 蛋品质; 抗氧化

中图分类号: S834

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2020)03-1196-08

棕榈粕是东南亚地区重要的油料副产品, 以棕榈核仁为原料经机械取油后得到, 粗蛋白质含量在 15% 左右, 其霉菌毒素风险小, 质量相对稳定, 同时价格优势大, 作为新型饲料原料添加至饲料中具有较高的经济价值。棕榈粕是我国南方鸭饲料中的常用饲料原料, 但迄今为止, 关于棕榈粕的合理应用仍未有详尽的科学报道。近年来, 我国大量进口棕榈粕作为豆粕及麸皮等的替代饲料原料^[1], 但其纤维含量高、颗粒较粗, 对肉鸡生长性能有负面影响^[2-3]。而棕榈粕在蛋鸭饲料中应用则获得了较大的经济效益^[4]。棕榈粕含有 25%~30% 的甘露聚糖, 饲料中添加复合酶可以改善高剂量棕榈粕对肉鸡生长性能的负面影响^[5],

同时提高临武鸭对棕榈粕的养分及能量利用率^[6], 但也增加了饲料成本。饲料企业对使用棕榈粕非常谨慎。现阶段, 我国饲料配方结构单一, 蛋白质原料进口依赖度高、玉米-豆粕型饲料占饲料配方结构的绝对主导, 新型饲料原料的应用研究十分必要。蛋鸭消化系统特殊, 其是否对纤维含量较高的饲料原料具有更好的消化效果, 棕榈粕是否可以在蛋鸭上广泛应用, 这有待进一步研究。近年来, 本研究团队在蛋鸭营养研究方面开展了较为系统的研究, 评价了多种新型饲料原料在蛋鸭上的应用^[7-11]。本试验拟依据龙岩麻鸭产蛋特点, 研究饲料棕榈粕添加水平对蛋鸭产蛋性能、蛋品质、器官发育及抗氧化功能的影响, 探索

收稿日期: 2019-09-18

基金项目: 国家重点研发项目(2018YFD0501504); 现代农业产业技术体系水禽体系(CARS-42-13); 广东省水禽产业技术体系创新团队项目; 广州市科技计划重点项目(201804020091, 201904020001); 广东省科技计划项目(2019A050505007)

作者简介: 王爽(1985—), 女, 黑龙江鸡西人, 硕士, 从事蛋鸭维生素营养研究。E-mail: wangshuang_730@163.com

* 通信作者: 郑春田, 研究员, E-mail: zhengcht@163.com

棕榈粕在蛋鸭上的应用效果, 为棕榈粕在蛋鸭生产上的应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验采用单因子完全随机试验设计。将 600 只健康的 22 周龄福建龙岩山麻鸭按体重及产蛋率一致的原则, 随机分为 5 个组, 每组 6 个重复, 每个重复 20 只鸭。各组蛋鸭分别饲喂棕榈粕添

加水平为 0、3%、6%、9% 和 12% 的试验饲料。试验期为 12 周。

1.2 试验饲料及饲养管理

采用玉米-豆粕型基础饲料, 饲料代谢能、粗蛋白质、氨基酸等水平参照本课题组前期研究结果^[12-16]。试验饲料组成及营养水平见表 1。试验鸭地面平养(水域面积:陆地面积=1:3)。试验期间每天记录 07:00、14:00 和 20:00 的温度、相对湿度及天气情况。

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	棕榈粕添加水平 Palm kernel meal supplemental level/%				
	0	3	6	9	12
原料 Ingredients					
玉米 Corn	55.400	54.100	53.900	53.000	51.700
小麦麸 Wheat bran	8.000	6.695	4.000	2.197	0.790
大豆粕 Soybean meal	24.300	23.900	23.800	23.500	23.200
棕榈粕 Palm kernel meal		3.000	6.000	9.000	12.000
磷酸氢钙 CaHPO ₄	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200
石粉 Limestone	9.600	9.600	9.600	9.600	9.600
食盐 NaCl	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300
DL-蛋氨酸 DL-Met	0.140	0.135	0.130	0.128	0.130
L-赖氨酸盐酸盐 L-Lys · HCl	0.060	0.070	0.070	0.075	0.080
预混料 Premix ¹⁾	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
合计 Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
营养水平 Nutrient levels ²⁾					
代谢能 ME/(MJ/kg)	10.46	10.46	10.46	10.46	10.46
粗蛋白质 CP	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00
赖氨酸 Lys	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
蛋氨酸 Met	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
钙 Ca	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80
总磷 TP	0.59	0.58	0.57	0.56	0.56
可利用磷 AP	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
粗纤维 CF	2.86	3.24	3.53	3.88	4.25
粗脂肪 EE	2.78	3.00	3.22	3.44	3.67

1) 预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kg of diets: VA 12 000 IU, VD₃ 2 000 IU, VE 26 mg, VK₃ 1.0 mg, VB₁ 3.0 mg, VB₂ 9.6 mg, VB₆ 6.0 mg, VB₁₂ 0.03 mg, 氯化胆碱 choline chloride 500 mg, 泛酸钙 calcium pantothenate 28.5 mg, 叶酸 folic acid 0.6 mg, 烟酸 nicotinic acid 50 mg, 生物素 biotin 0.15 mg, Fe 50 mg, Cu 10 mg, Mn 90 mg, Zn 90 mg, I 0.50 mg, Se 0.40 mg。

2) 计算值 Calculated values。

1.3 指标测定

1.3.1 产蛋性能

试验期间, 根据采食状况整体调整饲料饲喂量, 使每组试验鸭日采食量(160 g/d)一致。记录

试验鸭每日蛋重、产蛋数量, 计算产蛋率、平均蛋重、日产蛋重及料蛋比。

1.3.2 蛋品质

试验第 12 周, 采集蛋样。每个重复采集 4 枚

蛋,用于测定蛋形指数、蛋壳强度、哈氏单位、蛋白高度、蛋黄色泽、蛋黄重及蛋壳重。用数显游标卡尺(111-101)量出蛋的纵径和横径,计算蛋形指数(蛋形指数=纵径/横径);蛋壳强度、哈氏单位、蛋白高度和蛋黄色泽由全自动蛋品分析仪(EA-01,ORKA Food Technology,以色列)和蛋壳强度测定仪(EFR-01,ORKA Food Technology,以色列)测定,测定在48 h内完成。分离蛋黄并称重,计算蛋黄比率及蛋壳比例。

1.3.3 血浆抗氧化指标

试验第12周断料,第2天10:00每个重复中随机抽取2只试鸭,翅静脉采血5 mL,肝素钠抗凝,4℃下3 000 r/min离心制备血浆。测定血浆中超氧化物歧化酶(SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性和丙二醛(MDA)含量及总抗氧化能力(T-AOC),试剂盒由南京建成生物工程研究所提供。

1.3.4 肝脏抗氧化指标

试验鸭采血后放血致死。打开腹腔,取出肝脏-80℃冻存。利用紫外可见分光光度仪检测肝脏中SOD、GSH-Px活性和MDA含量及T-AOC,试剂盒由南京建成生物工程研究所提供。

1.3.5 器官重量

试验鸭采血后放血致死。打开腹腔,取出肝脏、心脏、脾脏、肌胃、卵巢及输卵管,分别称重记录,同时观察是否有腹水、脂肪肝、各器官不正常斑点、结节、卵泡萎缩等异常情况。

1.3.6 棕榈粕能量和粗蛋白质消化率

选择24周龄、体重(1.75±0.25) kg健康的山麻鸭种公鸭12只,禁饲36 h后,强饲代谢饲料(50%棕榈粕+50%玉米淀粉)后装配排泄物收集装置,逐只对应收集36 h的全部排泄物,收集的排泄物立即在65℃下烘干至恒重,室内回潮24 h。称重,粉碎,检测代谢饲料及粪样中能量及粗蛋白质含量。同时测定棕榈粕中能量、粗蛋白质、水分、粗脂肪、粗纤维、钙、磷等含量。计算棕榈粕能量和粗蛋白质消化率。

1.4 数据分析

数据采用SAS 9.12统计软件进行单因素方差分析,对F检验显著的效应采用Duncan氏法进行多重比较,各组试验数据均以平均值和均值标准误(SEM)表示, $P<0.05$ 为差异显著。

2 结果

2.1 饲料棕榈粕添加水平对产蛋期蛋鸭产蛋性能的影响

如表2所示,饲料棕榈粕添加水平对蛋鸭平均蛋重有显著影响($P<0.05$),随着饲料棕榈粕添加水平的升高,平均蛋重呈下降趋势,对饲料棕榈粕添加水平(y)和平均蛋重(x_1)进行回归分析得出线性方程为 $y = -20.984x_1 + 66.114$ ($R^2 = 0.8888$)。饲料棕榈粕添加水平对蛋鸭产蛋率、料蛋比及日产蛋重均无显著影响($P>0.05$);随着饲料棕榈粕添加水平的升高,日产蛋重有下降的趋势,料蛋比有升高的趋势。

表2 饲料棕榈粕添加水平对产蛋期蛋鸭产蛋性能的影响

Table 2 Effects of dietary palm kernel meal supplemental level on laying performance of laying ducks during laying period

项目 Items	棕榈粕添加水平					SEM	P 值 P-value
	Palm kernel meal supplemental level/%						
	0	3	6	9	12		
产蛋率 Laying rate/%	80.43	80.44	79.57	81.02	78.74	1.95	0.95
平均蛋重 Average egg weight/g	66.53 ^a	65.17 ^{ab}	64.44 ^b	64.32 ^b	63.81 ^b	0.52	<0.05
日产蛋重 Daily egg mass/(g/d)	53.50	52.35	51.31	52.11	50.24	1.16	0.47
料蛋比 Feed to egg ratio	3.03	3.10	3.18	3.15	3.22	0.07	0.50

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 饲料棕榈粕添加水平对产蛋期蛋鸭蛋品质的影响

如表 3 所示, 饲料棕榈粕添加水平对蛋鸭蛋形指数、蛋壳强度、蛋壳厚度、蛋白高度、哈氏单位、蛋黄色泽、蛋黄比率、蛋壳比率均无显著影响 ($P>0.05$); 但随着饲料棕榈粕添加水平的升高, 蛋黄色泽有升高的趋势。饲料棕榈粕添加水平对蛋

鸭蛋黄重和蛋壳重有显著影响 ($P<0.05$), 随着饲料棕榈粕添加水平的升高, 蛋黄重和蛋壳重呈下降趋势, 对饲料棕榈粕添加水平 (y) 和蛋黄重 (x_2) 和蛋壳重 (x_3) 进行回归分析得出线性方程分别为 $y = -16.867x_2 + 23.251$ ($R^2 = 0.8059$) 和 $y = -2.8751x_3 + 6.3461$ ($R^2 = 0.5030$)。

表 3 饲料棕榈粕添加水平对产蛋期蛋鸭蛋品质的影响

Table 3 Effects of dietary palm kernel meal supplemental level on egg quality of laying ducks during laying period

项目 Items	棕榈粕添加水平 Palm kernel meal supplemental level/%					SEM	P 值 P-value
	0	3	6	9	12		
蛋形指数 Eggshell index	1.36	1.38	1.36	1.35	1.34	0.05	0.20
蛋壳强度 Eggshell strength/kgf	3.71	3.40	3.72	3.97	3.77	0.08	0.25
蛋壳厚度 Eggshell thickness/mm	0.33	0.31	0.32	0.33	0.31	<0.01	0.06
蛋白高度 Albumen height/mm	5.91	5.87	5.71	5.93	5.87	0.96	0.97
哈氏单位 Haugh unit	72.01	72.26	71.51	73.22	73.03	0.76	0.96
蛋黄色泽 Yolk colour	5.13	5.20	5.20	5.47	5.47	0.83	0.59
蛋黄重 Yolk weight/g	23.64 ^a	22.61 ^{ab}	21.68 ^b	21.68 ^b	22.08 ^b	0.25	<0.05
蛋黄比率 Yolk rate/%	33.37	32.75	32.64	32.09	32.97	<0.01	0.61
蛋壳重 Eggshell weight/g	6.48 ^a	6.12 ^b	6.05 ^b	6.32 ^{ab}	5.99 ^b	0.06	<0.05
蛋壳比率 Eggshell rate/%	9.15	8.81	9.11	9.35	8.96	<0.01	0.06

2.3 饲料棕榈粕添加水平对产蛋期蛋鸭血浆和肝脏抗氧化指标的影响

如表 4 所示, 饲料棕榈粕添加水平对蛋鸭血

浆和肝脏 SOD、GSH-Px 活性和 MDA 含量及 T-AOC 均无显著影响 ($P>0.05$)。

表 4 饲料棕榈粕添加水平对产蛋期蛋鸭血浆和肝脏抗氧化指标的影响

Table 4 Effects of dietary palm kernel meal supplemental level on plasma and liver antioxidant indexes of laying ducks during laying period

项目 Items	指标 Indexes	棕榈粕添加水平 Palm kernel meal supplemental level/%					SEM	P 值 P-value
		0	3	6	9	12		
血浆 Plasma	丙二醛 MDA/(nmol/mL)	8.65	8.57	6.59	8.18	7.16	0.56	0.81
	超氧化物歧化酶 SOD/(U/mL)	104.16	103.96	115.66	111.67	113.59	2.02	0.30
	总抗氧化能力 T-AOC/(U/mL)	5.53	6.44	4.96	4.79	4.59	0.51	0.81
	谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mL)	345.66	266.95	325.84	316.35	352.77	13.30	0.15
肝脏 Liver	丙二醛 MDA/(nmol/mg prot)	1.66	1.24	1.15	1.14	1.20	0.11	0.51
	超氧化物歧化酶 SOD/(U/mg prot)	375.04	400.20	385.60	416.83	369.62	0.61	0.16
	总抗氧化能力 T-AOC/(U/mg prot)	1.65	1.80	1.76	1.60	1.66	0.04	0.52
	谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mg prot)	68.59	68.64	68.88	74.94	69.53	2.25	0.77

2.4 饲料棕榈粕添加水平对产蛋期蛋鸭器官重量的影响

如表 5 所示,饲料棕榈粕添加水平对蛋鸭肝

脏、脾脏、心脏、肌胃、卵巢及输卵管重量均无显著影响 ($P>0.05$);饲料棕榈粕添加水平为 12% 时,卵巢和输卵管重量最大。

表 5 饲料棕榈粕添加水平对产蛋期蛋鸭器官重量的影响

Table 5 Effects of dietary palm kernel meal supplemental level on organ weight of laying ducks during laying period g

项目 Items	棕榈粕添加水平					SEM	P 值 P-value
	Palm kernel meal supplemental level/%						
	0	3	6	9	12		
肝脏 Liver	34.93	36.52	33.92	33.69	36.50	1.01	0.85
脾脏 Spleen	0.64	0.70	0.68	0.70	0.67	0.03	0.97
心脏 Heart	9.52	9.71	10.10	10.01	9.34	0.21	0.77
肌胃 Muscle stomach	34.55	31.49	39.96	38.06	36.00	1.39	0.36
卵巢 Ovary	28.74	38.67	27.72	36.07	43.33	3.15	0.48
输卵管 Oviduct	31.74	35.49	24.20	29.72	36.45	2.05	0.34

2.5 棕榈粕的常规营养成分分析及能量和粗蛋白质消化率

如表 6 所示,棕榈粕粗蛋白质含量为 15.88%,

粗纤维含量较高,达 29.00%。棕榈粕的表观代谢能为 6.75 MJ/kg,粗蛋白质消化率较低,仅为 32.72%。

表 6 棕榈粕常规营养成分分析及能量和粗蛋白质消化率

Table 6 Analysis of conventional nutrients and digestibility of energy and crude protein of palm kernel meal

项目 Items	含量 Content	项目 Items	含量 Content
能量 Energy/(MJ/g)	18.48	钙 Ca/%	6.10
粗蛋白质 CP/%	15.88	磷 P/%	0.59
水分 Moisture/%	7.68	粗灰分 Ash/%	5.00
粗脂肪 EE/%	7.50	表观代谢能 AME/(MJ/kg)	6.75
粗纤维 CF/%	29.00	粗蛋白质消化率 CP digestibility/%	32.72

3 讨论

3.1 饲料棕榈粕添加水平对产蛋期蛋鸭产蛋性能的影响

本试验中,饲料棕榈粕添加水平显著影响了产蛋期蛋鸭的平均蛋重,但对产蛋率及日产蛋重无显著影响。以往研究结果与本试验结果不尽相同。谢正军等^[4]在蛋鸭上的研究表明,饲料添加 6% 棕榈粕对蛋鸭产蛋性能无显著影响,饲料添加 10% 棕榈粕对蛋鸭产蛋性能有一定负面效果。易文根^[17]研究表明,在蛋鸭饲料中添加 12% 棕榈粕,产蛋率虽有所下降,但差异不显著。苏满春等^[18]对半番鸭的研究表明,饲料添加 6% 棕榈粕对番鸭的生长性能影响不大。鸡及种鸡方面的研究与上述试验结果相似。李斌等^[19]和谢正军

等^[20]研究表明,蛋鸡饲料添加 6%~10% 棕榈粕并未影响蛋鸡产蛋性能。谢俊玲等^[21]在蛋鸡饲料中利用 5%~7% 的棕榈粕替代玉米,无任何毒副作用,同时增强蛋壳质量,改善蛋品质。以上研究均表明,蛋鸭及蛋鸡饲料中添加高水平棕榈粕没有影响产蛋性能。本试验中,饲料添加棕榈粕虽降低了蛋鸭平均蛋重,但计算全期利润,棕榈粕添加水平为 9% 时,经济效益最高,每只鸭每天增加利润 0.02 元,推荐生产中使用。

饲料添加高水平棕榈粕主要考虑其中甘露聚糖对动物的影响。甘露聚糖具有很强的抗营养作用,包括降低葡萄糖吸收率^[22]、影响胰岛素的分泌、降低氮存留率^[23]、干扰胰岛素生长因子-1 (IGF-1) 的分泌^[24]等。本研究测定棕榈粕粗蛋白质消化率仅为 32.73%,张旭等^[6]测定临武鸭对棕

榈粕中粗蛋白质真利用率为 54.34%。推测棕榈粕中的高浓度的甘露聚糖导致饲粮中粗蛋白质在蛋鸭消化道内利用率降低。鸭蛋中水分含量占 67%, 粗蛋白质含量占 11.5%~13.5%^[25-26], 粗蛋白质是鸭蛋干物质中含量最高的营养物质, 也是鸭蛋最主要的组成成分。蛋鸭蛋白质利用率低必然导致可吸收的蛋白质含量减少, 蛋鸭机体为了维持正常的生理状态, 可能会调整鸭蛋中蛋白质的沉积, 导致蛋重下降, 更深一步的机制仍需研究证实。

3.2 饲粮棕榈粕添加水平对产蛋期蛋鸭蛋品质的影响

本试验中, 随着饲粮棕榈粕添加水平的升高, 蛋黄重及蛋壳重呈线性下降趋势。这与蛋鸭生产性能中平均蛋重随饲粮棕榈粕添加水平的升高而下降的结果相一致。棕榈粕中粗蛋白质利用率低, 而随着饲粮棕榈粕添加水平的提升, 平均蛋重显著下降, 蛋壳重及蛋黄重也随之下降。而以往的研究与本试验结果不尽相同。李斌等^[19]探究表明, 饲粮中添加棕榈粕对蛋鸡蛋品质未产生显著影响。易文根^[17]研究发现, 饲粮中添加棕榈粕并未影响蛋鸭蛋品质, 而蛋黄色泽随棕榈粕添加水平的升高而升高, 与本试验研究结果相同。棕榈粕呈棕褐色, 色素的沉积多半与蛋黄色泽相关^[27], 因此蛋黄色泽可能与饲粮棕榈粕添加水平相关, 而本试验中蛋黄色泽虽有数值上的变化, 但统计学差异不显著, 推测蛋黄色泽可能与饲粮棕榈粕添加水平存在剂量效应, 棕榈粕添加水平对蛋黄色泽的影响仍需进一步研究。

3.3 饲粮棕榈粕添加水平对产蛋期蛋鸭器官发育及抗氧化功能的影响

本试验中, 饲粮棕榈粕添加水平并未影响蛋鸭肝脏、脾脏、心脏、肌胃等器官重量。同时观察脏器表观形态, 并未发现有病变发生。饲粮棕榈粕添加水平为 12% 时, 卵巢和输卵管重量最大, 饲粮棕榈粕添加水平是否对繁殖器官发育产生影响仍需进一步研究。同时, 饲粮棕榈粕添加水平并未对蛋鸭机体抗氧化功能产生影响。这表明在水面饲养的条件下, 饲粮中添加 12% 棕榈粕 12 周, 饲粮棕榈粕研究水平除对产蛋性能和蛋品质有一定影响外, 并未对蛋鸭器官发育和抗氧化功能产生负面影响, 但长期使用的效果仍需进一步研究。

4 结论

以平均蛋重为评价指标, 推荐蛋鸭饲粮中棕榈粕添加水平不高于 3%; 饲粮中棕榈粕添加水平达 6%~12% 时可降低平均蛋重, 但并未影响蛋鸭机体抗氧化功能和器官发育。

参考文献:

- [1] 彭运智, 谭会泽, 刘松柏, 等. 棕榈仁粕在家禽饲粮中的营养价值与应用[J]. 动物营养学报, 2018, 30(9): 3388-3393.
- [2] ABDOLLAHI M R, HOSKING B, RAVINDRAN V. Nutrient analysis, metabolisable energy and ileal amino acid digestibility of palm kernel meal for broilers [J]. *Animal Feed Science & Technology*, 2015, 206: 119-125.
- [3] MARDHATI M, WONG H K, NORAINI S. Growth performance and carcass quality of broilers fed with palm kernel meal-based rations [J]. *Journal of Tropical Agriculture & Food Science*, 2011, 39: 157-166.
- [4] 谢正军, 金征宇, 殷福珊, 等. 棕榈粕在蛋鸭日粮中的应用研究[J]. 饲料与畜牧, 2006(11): 17-18.
- [5] 薛梅. 棕榈粕和复合酶对肉鸡生长性能、养分表观消化系数和表观留存率的影响[J]. 中国饲料, 2018(20): 57-61.
- [6] 张旭, 蒋桂韬, 王向荣, 等. 临武鸭对添加复合酶棕榈粕和椰子粕的养分、氨基酸和能量的利用率[J]. 动物营养学报, 2016, 28(08): 2360-2366.
- [7] ABOUELEZZ K F M, SAYED M A M, ABDELNABI M A. Evaluation of hydroponic barley sprouts as a feed supplement for laying Japanese quail: effects on egg production, egg quality, fertility, blood constituents, and internal organs [J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2019, 252: 126-135.
- [8] RUAN D, LIN Y C, CHEN W, et al. Effects of rice bran on performance, egg quality, oxidative status, yolk fatty acid composition and fatty acid metabolism-related gene expression in laying ducks [J]. *Poultry Science*, 2015, 94: 2944-2951.
- [9] RUAN D, ZHU Y W, FOUAD A M, et al. Dietary curcumin enhances intestinal antioxidant capacity in ducklings via altering gene expression of antioxidant and key detoxification enzymes [J]. *Poultry Science*, 2019, 98: 3705-3714.
- [10] 阮栋, 林映才, 郑春田, 等. 蛋鸭非粮型饲料利用技术研究进展[J]. 中国家禽, 2015, 37(6): 44-48.

- [11] 阮栋,林映才,张罕星,等.饲料棉粕添加水平对高峰期麻鸭产蛋性能、蛋品质、血液生化指标、卵巢形态及棉酚残留的影响[J].动物营养学报,2014,26(2):353-336.
- [12] 夏伟光,张罕星,林映才,等.饲料代谢能和粗蛋白质水平对蛋鸭产蛋性能的影响[J].动物营养学报,2014,26(12):3599-3607.
- [13] 陈伟,张罕星,王爽,等.蛋鸭产蛋高峰期锌需要量研究[C]//全国动物生理生化第七届全国代表大会暨第十三次学术交流会论文摘要汇编.北京:中国畜牧兽医学会动物生理生化分会,2014.
- [14] 王爽,陈伟,阮栋,等.饲料核黄素水平对笼养蛋鸭产蛋性能、蛋品质、血液生化及抗氧化指标的影响[J].动物营养学报,2014,26(11):3284-3290.
- [15] 王爽,陈伟,阮栋,等.饲料亚油酸水平对产蛋初期蛋鸭产蛋性能、蛋品质及脂类代谢的影响[J].动物营养学报,2015,27(3):731-739.
- [16] 陈伟,张罕星,王爽,等.蛋鸭产蛋高峰期硒需要量研究[J].畜牧与兽医,2012(S1):136.
- [17] 易文根.棕榈粕的营养价值及其在蛋鸭饲料中的应用研究[D].硕士学位论文.厦门:集美大学,2017.
- [18] 苏满春,孙得发.棕榈粕型日粮添加甘露聚糖酶对半番鸭生长性能的影响研究[J].饲料工业,2014,35:11-15.
- [19] 李斌,陈瑾,王婧,等.棕榈粕对粉壳蛋鸡生产性能及蛋品质的影响[J].四川畜牧兽医,2011,38(5):29-31.
- [20] 谢正军,金征宇,殷福珊,等.棕榈粕在蛋鸡日粮中的应用研究[J].饲料工业,2006(7):36-38.
- [21] 谢俊玲,田林华.棕榈粕在蛋鸡饲料中替代玉米的经济效益分析[J].河南畜牧兽医,2003(11):17.
- [22] RAINBIRDA L, LOW A G, ZEBROWSKA T. Effect of guar gum on glucose and water absorption from isolated loops of jejunum in conscious growing pigs[J]. British Journal of Nutrition, 1984, 52: 489-498.
- [23] HALAS V, NOCHTA I. Mannan oligosaccharides in nursery pig nutrition and their potential mode of action [J]. Animals, 2012(2):261-274.
- [24] TANG Z R, YUN Y L, NYACHOTI C M, et al. Effect of dietary supplementation of chitosan and galactomannan-oligosaccharide on serum insulin-like growth factor-1 mRNA expression in early weaned piglets [J]. Domestic Animal Endocrinology, 2005, 28(4): 430-441.
- [25] 汤庆莉,张勇,王娜,等.贵州省麻鸭蛋的成分分析及营养评价[J].食品科学,2011,32(S1):36-38.
- [26] 韦启鹏,曾涛,李国勤,等.不同饲养模式下山麻鸭蛋品质及蛋营养成分的比较分析[J].中国畜牧兽医,2012,39(2):228-230.
- [27] 何青芬,苏越,王坤,等.不同复合色素对蛋鸡生产性能及蛋品质的影响[J].江苏农业科学,2019,47(9):207-210.

Effects of Dietary Palm Kernel Meal Supplemental Level on Laying Performance, Egg Quality, Organ Development and Antioxidant Function of Laying Ducks during Laying Period

WANG Shuang ZHANG Yanan AHMED MOHAMED FOUAD CHEN Wei RUAN Dong
XIA Weiguang HUANG Xuebing LI Kaichao ZHENG Chuntian*

(*Institute of Animal Science, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, State Key Laboratory of Livestock and Poultry Breeding, Key Laboratory of Animal Nutrition and Feed Science in South China, Ministry of Agriculture Guangdong Public Laboratory of Animal Breeding and Nutrition Guangdong, Key Laboratory of Animal Breeding and Nutrition, Guangzhou 510640, China*)

Abstract: The purpose of this experiment was to study the effects of dietary palm kernel meal supplemental level on laying performance, egg quality, organ development and antioxidant function of laying ducks during laying period, and to provide reference for the scientific application of palm kernel meal in duck diets. A total of 600 healthy *Fujian Long-Yan* ducks with similar body weight were randomly allotted into 5 groups with 6 replicates per group and 20 ducks per replicate. Ducks in each group were fed experimental diets which the palm kernel meal supplemental levels were 0, 3%, 6%, 9% and 12%, respectively. The experiment last for 12 weeks. The results showed that dietary palm kernel meal supplemental level had significant effects on average egg weight, yolk weight and eggshell weight of laying ducks ($P < 0.05$), with the dietary palm kernel meal supplemental level increased, the average egg weight, yolk weight and eggshell weight showed a decrease trend; dietary palm kernel meal supplemental level had no significant effects on other laying performance and egg quality indexes ($P > 0.05$). Dietary palm kernel meal supplemental level had no significant effects on plasma and liver antioxidant indexes and organ weight of laying ducks ($P > 0.05$). In conclusion, taking the average egg weight as the evaluation index, it is recommended that the dietary palm kernel meal supplemental level of laying duck is not higher than 3%; when dietary palm kernel meal supplemental level is 6% to 12%, the average egg weight is decreased, but has no effects on organ development and antioxidant function of laying ducks. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(3):1196-1203]

Key words: palm kernel meal; laying ducks; laying performance; egg quality; antioxidant