

王星果, 王克华, 郭军, 等. 神丹6号绿壳蛋鸡和海兰褐蛋鸡产蛋期腹脂和血清脂代谢指标的比较研究 [J]. 畜牧与兽医, 2024, 56 (5): 15-22.

WANG X G, WANG K H, GUO J, et al. Abdominal fat and serum lipid metabolism of Shendan No. 6 green shell egg layer and Hy-line brown egg layer at laying stage [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2024, 56 (5): 15-22.

神丹6号绿壳蛋鸡和海兰褐蛋鸡产蛋期腹脂和血清脂代谢指标的比较研究

王星果, 王克华, 郭军, 胡玉萍, 窦套存, 卢建, 曲亮*

(江苏省家禽科学研究所/江苏省家禽遗传育种重点实验室, 江苏 扬州 225125)

摘要: 旨在比较神丹6号绿壳蛋鸡和海兰褐蛋鸡产蛋期腹脂和血脂代谢情况, 为神丹6号绿壳蛋鸡的产蛋期饲养管理和营养调控提供理论依据。神丹6号绿壳蛋鸡和海兰褐蛋鸡19周龄商品代鸡, 饲养至60周龄, 19~28周龄每周采血一次, 29~40周龄每2周采血一次, 41~60周龄每4周采血一次, 测量血清中脂质代谢相关生化指标, 进行差异分析和相关性分析。结果显示: 随着周龄增长, 神丹6号绿壳蛋鸡腹脂率和肝脏指数变化不显著; 血清甘油三酯(TG)、游离脂肪酸(FFA)和高密度脂蛋白(HDL)含量先升高后降低, 之后变化不显著或波动变化; 低密度脂蛋白(LDL)先降低后升高, 之后变化不显著; 总胆固醇(TC)含量整体降低; 极低密度脂蛋白(VLDL_y)和卵黄蛋白原(VTG)含量前期变化不显著, 之后波动变化。随着周龄增长, 海兰褐蛋鸡血清HDL、LDL、VLDL_y和VTG含量变化与神丹6号绿壳蛋鸡趋势略有差异, 其他指标趋势基本一致。与海兰褐蛋鸡相比, 神丹6号绿壳蛋鸡血清FFA和VTG含量前期较低, 后期均与其含量接近, TG、TC、HDL、LDL和VLDL_y含量则整体相近。产蛋前期(19周龄)、高峰期(28周龄)与后期(52周龄)比较分析结果显示, 脂代谢指标中TG和FFA在神丹6号绿壳蛋鸡产蛋高峰期显著高于前期和后期($P < 0.05$), HDL和VTG均是后期显著低于前期($P < 0.05$)。综合分析表明, 神丹6号绿壳蛋鸡产蛋期血脂代谢稳定, 与海兰褐蛋鸡相比前期慢, 后期相当。

关键词: 神丹6号绿壳蛋鸡; 产蛋期; 血清; 脂代谢指标

中图分类号: S831 文献标志码: A 文章编号: 0529-5130(2024)05-0015-08

Abdominal fat and serum lipid metabolism of Shendan No. 6 green shell egg layer and Hy-line brown egg layer at laying stage

WANG Xingguo, WANG Kehua, GUO Jun, HU Yuping, DOU Taocun, LU Jian, QU Liang*

(Jiangsu Institute of Poultry Science/Jiangsu Key Lab of Poultry Genetics and Breeding, Yangzhou 225125, China)

Abstract: In the current study, the abdominal fat and serum lipid metabolism of Shendan No. 6 green shell egg layer and Hy-line brown egg layer at laying stage were compared in order to provide a theoretical basis for the feeding and management at laying stage and nutrient regulation of Shendan No. 6 green shell egg layer. The Shendan No. 6 green shell egg layers and the Hy-line brown egg layers of 19 weeks old were raised to 60 weeks of age. During the treatment, blood samples were collected from the hens every week in their 19-28 weeks of age, every 2 weeks in their 29-40 weeks of age, and every 4 weeks in their 41-60 weeks of age. Then, serum lipid metabolic indices of the birds were measured, and the variance and correlation of the indices were analyzed. The results showed that, from 19 to 60 weeks of age, the percentage of abdominal fat and liver index of the Shendan No. 6 green shell egg layers generally remained unchanged; their serum triglyceride (TG), free fatty acids (FFA) and high-density lipoprotein (HDL) levels firstly increased and then decreased, and then remained unchanged or fluctuated; their low-density lipoprotein (LDL) level decreased first and then increased, and then remained unchanged; their total cholesterol (TC) level decreased overall; and their yolk-targeted very-low density lipoprotein (VLDL_y) and vitellogenin (VTG) levels remained unchanged first and then fluctuated. From 19 to 60 weeks of age, the trends of the serum HDL, LDL, VLDL_y and VTG levels of the Hy-line brown egg layers were slightly different from those of the Shendan No. 6 green shell egg layers, the trends of the other indices were

收稿日期: 2023-08-01; 修回日期: 2024-02-25

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-40-K01); 江苏省种业振兴揭榜挂帅项目(JBGS[2021]104); 扬州市科技计划项目(YZ2021030)

第一作者: 王星果, 男, 博士, 副研究员

*通信作者: 曲亮, 博士, 研究员, 研究方向为蛋鸡育种, E-mail: 676542516@qq.com.

generally the same. Compared with those of the Hy-line brown egg layers, the serum FFA and VTG levels of the Shendan No. 6 green shell egg layers were lower early, and then they were almost the same. Their TG, TC, HDL, LDL and VLDL levels were almost the same with those of the Hy-line brown egg layers. The comparative analysis of the early (19 weeks of age), peak (28 weeks of age) and late stages (52 weeks of age) showed that, in the lipid metabolic indices, TG and FFA at the peak stage were significantly higher than those at early and late stages in the Shendan No. 6 green shell egg layers ($P < 0.05$). HDL and VTG were significantly lower at the late stage than those at the early stage ($P < 0.05$). The results indicated that the serum lipids of Shendan No. 6 green shell egg layers metabolized well at the laying stage. And their metabolism was slower than that of the Hy-line brown egg layers early and then the same.

Keywords: Shendan No. 6 green shell egg layer; laying stage; serum; lipid metabolic indices

区别于其他蛋壳色地方特色鸡蛋,绿壳鸡蛋具有独特的外观和优良的蛋品质,售价较高,有良好的养殖效益^[1]。江苏省家禽科学研究所与湖北神丹健康食品有限公司合作育成神丹6号绿壳蛋鸡配套系,并于2020年通过国家畜禽遗传资源委员会审定^[2]。该配套系全身黑羽、青脚,抗应激性强,抗病力强,产绿壳蛋率接近100%,蛋品质优。目前市场上主要的两类绿壳蛋鸡品种,包括地方绿壳蛋鸡品种如东乡绿壳蛋鸡、长顺绿壳蛋鸡^[3-4]和通过国家审定的绿壳蛋鸡品种如新杨绿壳蛋鸡、苏禽绿壳蛋鸡^[5-6]。神丹6号绿壳蛋鸡与其相比,具有产蛋率更高、蛋壳颜色更绿、蛋重更大等优点^[2, 7-9],因此具有十分广阔的市场前景。

脂质代谢在一定程度上反映了动物机体摄入的营养水平和健康状况^[10-13]。鸡的脂质代谢不仅反映其摄入的营养水平和健康状况,同时还与其生长发育和繁殖相关。日粮中能量水平升高则鸡的腹脂增多,而蛋白质水平升高则腹脂减少;血浆中极低密度脂蛋白(VLDL)含量随着日粮能量水平升高而降低,而总脂肪和总胆固醇(TC)含量则随着日粮能量、蛋白质水平的升高而降低^[14]。对产蛋期肉种鸡限饲能提高鸡胚血清中甘油三酯(TG)和TC含量,降低低密度脂蛋白(LDL)含量^[15]。鸡长期的脂肪代谢障碍会引发脂肪肝,导致过度肥胖,并使产蛋率下降,严重的甚至导致肝组织坏死,引起鸡只死亡^[16]。患有脂肪肝综合征的鸡与正常鸡相比,体重明显增大,腹脂率升高,血清TG、TC和LDL含量升高,而高密度脂蛋白(HDL)含量降低^[17]。通过饲料中添加

稀土壳聚糖,四川山地乌骨鸡腹脂率、肝脂率以及血清TG、TC和VLDL含量都明显降低,而日增重则明显提高^[18]。日粮中添加适量亚麻籽油可降低产蛋期太行鸡的血液TG、TC和LDL含量,同时提高产蛋率、蛋重和蛋黄比率^[19]。肉鸡的脂肪沉积与体重呈显著正相关,适当的脂肪沉积有利于肉鸡开产和产蛋,但脂肪沉积过度则降低产蛋数和蛋重^[20]。因此对鸡的脂质代谢进行研究对生产具有指导意义。神丹6号绿壳蛋鸡培育过程中并未对脂质代谢进行检测分析,而血液中TG、HDL等脂代谢相关指标含量高低能反应出脂质代谢状况^[21],因此有必要进行相关研究。本研究采集神丹6号绿壳蛋鸡和海兰褐蛋鸡产蛋期血清,对脂质、脂蛋白、卵黄前体蛋白等脂代谢指标进行检测和比较分析,为维持神丹6号绿壳蛋鸡的机体健康和生产性能提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以神丹6号绿壳蛋鸡为试验材料,江苏省家禽科学研究所引自宁夏晓明农牧股份有限公司的海兰褐蛋鸡为对照。采用密闭鸡舍两段式笼养,饲养条件相同,江苏盐城源耀饲料有限公司生产的标准饲料进行饲喂(饲料营养水平见表1),自由饮水、采食,常规光照、免疫。饲养至19周龄,19~28周龄每周各品种随机选取健康母鸡8只,29~40周龄每2周选取一次,41~60周龄每4周选取一次,空腹12h后进行后续测定。

表1 饲料营养水平

周龄	料号	粗蛋白质	粗纤维	粗灰分	钙	总磷	氯化钠	赖氨酸	蛋+胱氨酸	水分
0~5	806	19.0~22.0	≤6.50	≤10.00	0.50~1.50	≥0.30	0.20~0.90	≥1.10	≥0.80	≤13.5
6~8	816	17.0~20.0	≤6.50	≤12.00	0.80~1.50	≥0.30	0.20~0.90	≥0.90	≥0.60	≤13.5
9~18	828	15.0~17.0	≤6.00	≤9.00	0.80~1.20	0.45~1.00	0.30~0.80	≥0.66	≥0.55	≤13.5
19~60	868	14.0~16.0	≤6.00	≤15.00	2.50~4.20	≥0.45	0.30~0.80	≥0.60	≥0.50	≤13.5

1.2 测定项目及方法

1.2.1 体重、腹脂重、肝重测定

根据 NY/T 823—2020《家禽生产性能名词术语和度量计算方法》进行测定和记录^[22]。屠宰前称体重，屠宰后称腹脂重、肝重和全净膛重，计算腹脂率、肝脏指数。

1.2.2 血清脂代谢指标测定

翅静脉采非抗凝血 5 mL，静置 20 min 后 3 000 r/min 离心 5 min，吸取上清液即血清，使用 Angle Gene 公司生产的生化试剂盒进行各脂代谢指标测定。测定中设置空白（蒸馏水）和校准品。

TG、TC 测定：2.5 μL 血清加入 250 μL 工作液，混匀，37 °C 孵育 10 min，使用酶标仪测定波长 510 nm 的吸光度 OD 值。含量 = (血清 OD 值 - 空白 OD 值) / (校准 OD 值 - 空白 OD 值) × 校准品浓度。

游离脂肪酸 (FFA) 测定：4 μL 血清加入 200 μL 试剂 1，混匀，37 °C 孵育 5 min，使用酶标仪测定波长 546 nm 的吸光度 OD1，再加入 50 μL 试剂 2，混匀，37 °C 孵育 5 min，测定波长 546 nm 的吸光度 OD2，计算 $\Delta OD = OD2 - OD1$ 。含量 = (血清 ΔOD - 空白 ΔOD) / (校准 ΔOD - 空白 ΔOD) × 校准品浓度。

HDL、LDL 测定：2.5 μL 血清加入 180 μL R1，混匀，37 °C 孵育 5 min，使用酶标仪测定波长 546 nm 的吸光度 OD1，再加入 60 μL R2，混匀，37 °C 孵育 5 min，测定波长 546 nm 的吸光度 OD2，计算 $\Delta OD =$

$OD2 - OD1$ 。含量 = (血清 ΔOD - 空白 ΔOD) / (校准 ΔOD - 空白 ΔOD) × 校准品浓度。

极低密度脂蛋白 y (VLDLy)、卵黄蛋白原 (VTG) 测定：10 μL 血清加入 40 μL 稀释液中，然后加入 50 μL 酶标试剂，37 °C 孵育 30 min，弃去并甩干液体，加入洗涤液后静置 30 s，弃去并甩干，重复 5 次，先后加入显色液 A 和 B 各 50 μL，震荡混匀，37 °C 避光显色 10 min，加 50 μL 终止液终止反应，使用酶标仪测定波长 450 nm 的吸光度 OD 值。绘制标准曲线后算出各血清样品 VLDLy、VTG 含量。

1.3 数据统计与分析

使用 SPSS 26 软件中的独立样本 *t* 检验进行显著性分析，检验差异显著性并进行相关性分析。数据用“平均值 ± 标准差”表示。

2 结果与分析

2.1 腹脂率和肝脏指数

不同周龄蛋鸡腹脂率、肝脏指数见表 2。神丹 6 号绿壳蛋鸡和海兰褐蛋鸡随着周龄增长，腹脂率和肝脏指数变化不显著。神丹 6 号绿壳蛋鸡腹脂率除 34 周龄显著低于海兰褐蛋鸡 ($P < 0.05$)，其他周龄与海兰褐蛋鸡无显著差异 ($P > 0.05$)；肝脏指数 22 周龄极显著高于海兰褐蛋鸡 ($P < 0.01$)，25~30、36、44 周龄显著高于海兰褐蛋鸡 ($P < 0.05$)，其他周龄与海兰褐蛋鸡无显著差异 ($P > 0.05$)。

表 2 腹脂率和肝脏指数比较

%

周龄	腹脂率		肝脏指数	
	神丹 6 号绿壳蛋鸡	海兰褐蛋鸡	神丹 6 号绿壳蛋鸡	海兰褐蛋鸡
19	35.29±15.73	30.58±12.52	20.23±1.93	18.44±3.69
20	57.31±23.66*	38.74±10.04	18.96±4.67	17.30±2.01
21	45.73±20.18	48.16±8.84	18.99±5.11	19.12±1.63
22	42.03±13.42	41.14±11.78	21.71±3.13 ^A	16.67±2.45* ^B
23	51.92±23.94	46.19±15.13	18.66±1.96*	17.62±1.38
24	51.04±23.50	50.02±17.09	19.98±1.87	19.17±1.35*
25	57.69±20.33	51.74±15.22	20.57±2.00 ^a	17.76±2.11 ^b
26	60.79±19.47	53.77±16.90	20.14±2.43 ^a	17.83±0.86 ^b
27	55.52±19.83	58.45±13.85	21.18±3.93 ^a	17.05±1.48 ^b
28	41.31±21.68	49.55±12.79	18.52±1.53 ^a	16.91±1.29 ^b
30	55.66±20.66	51.08±6.55	19.35±2.76 ^a	17.90±2.42 ^b
32	54.44±15.51	48.48±6.21	18.25±1.81	17.53±2.98
34	38.87±19.67 ^b	64.93±14.80* ^a	19.21±2.52	16.95±3.73
36	40.29±32.74	53.54±11.28	17.96±2.17 ^a	15.34±1.57 ^b
38	49.30±15.29	51.76±14.86	19.97±2.70	17.73±2.07*
40	50.60±21.83	59.97±15.95	18.95±1.80	18.43±2.54
44	51.65±16.21	68.89±19.91	21.52±3.69 ^a	16.52±3.54 ^b

续表 2

%

周龄	腹脂率		肝脏指数	
	神丹 6 号绿壳蛋鸡	海兰褐蛋鸡	神丹 6 号绿壳蛋鸡	海兰褐蛋鸡
48	56.80±21.53	71.97±25.39	17.58±2.01	17.26±2.17
52	58.80±19.35	69.78±22.95	18.52±2.17	18.53±2.51
56	62.97±29.38	65.54±15.05	20.09±3.71	17.22±1.90
60	64.70±27.50	64.42±26.11	23.15±8.91	17.36±3.78

注：每周同一指标与前一周进行比较，* 表示差异显著 ($P<0.05$)，** 表示差异极显著 ($P<0.01$)；海兰褐蛋鸡每周同一指标与神丹 6 号绿壳蛋鸡比较，不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)，不同大写字母表示差异极显著 ($P<0.01$)。下同。

2.2 血清脂质指标

不同周龄蛋鸡血清 TG、TC、FFA 含量见表 3。神丹 6 号绿壳蛋鸡和海兰褐蛋鸡随着周龄增长，TG 含量先升高，到产蛋高峰期时突然下降，之后变化不显著，神丹 6 号绿壳蛋鸡下降时间比海兰褐蛋鸡晚 3 周；FFA 含量也是先升高至产蛋高峰期后下降，之后波动变化；TC 含量整体降低。神丹 6 号绿壳蛋鸡 TG 含量 20 周龄显著低于海兰褐蛋鸡 ($P<0.05$)，27 周

龄极显著 ($P<0.01$)，40、44 周龄显著 ($P<0.05$) 高于海兰褐蛋鸡，其他周龄与海兰褐蛋鸡差异不显著 ($P>0.05$)；TC 含量 32、34 周龄显著低于海兰褐蛋鸡 ($P<0.05$)，其他周龄与海兰褐蛋鸡差异不显著 ($P>0.05$)；FFA 含量则前期 19~24、26~27 周龄极显著低于海兰褐蛋鸡 ($P<0.01$)，32 周龄显著低于海兰褐蛋鸡 ($P<0.05$)，后期与海兰褐蛋鸡差异不显著 ($P>0.05$)。

表 3 血清脂质指标比较

mmol/L

周龄	TG		TC		FFA	
	神丹 6 号绿壳蛋鸡	海兰褐蛋鸡	神丹 6 号绿壳蛋鸡	海兰褐蛋鸡	神丹 6 号绿壳蛋鸡	海兰褐蛋鸡
19	3.03±5.28	1.93±1.82	4.10±0.72*	3.53±0.86	0.95±0.10 ^B	1.08±0.09 ^A
20	0.64±0.23 ^b	3.00±3.69 ^a	3.60±0.33	3.91±1.22	0.93±0.10 ^B	1.09±0.05 ^A
21	4.94±4.10*	6.74±1.48*	3.19±0.65	3.12±0.29	1.05±0.05*** ^B	1.23±0.07*** ^A
22	6.25±1.41	6.70±3.38	2.66±0.46	3.07±0.99	1.07±0.06 ^B	1.29±0.06 ^A
23	10.61±3.47**	8.06±2.77	3.76±1.29*	2.92±0.57	1.17±0.07*** ^B	1.31±0.02 ^A
24	10.18±10.64	12.18±5.85	3.43±2.04	3.41±0.69	1.15±0.14 ^B	1.42±0.04*** ^A
25	14.25±6.46	10.18±5.96	3.47±0.94	2.90±0.97	1.19±0.17	1.33±0.35
26	13.26±9.77	10.81±6.48	3.21±1.24	3.06±0.98	1.37±0.05*** ^B	1.48±0.03 ^A
27	13.94±6.62 ^A	4.96±0.91*** ^B	3.88±2.72	2.11±0.24*	1.26±0.05*** ^B	1.41±0.04*** ^A
28	16.15±10.33	8.10±9.17	3.75±2.32	2.68±1.43	1.15±0.24	1.45±0.43
30	5.93±1.87*	5.78±1.64	2.52±2.82	1.78±0.37	0.63±0.14***	0.58±0.03***
32	5.01±0.95	5.61±1.39	1.19±0.46 ^b	1.78±0.39 ^a	1.12±0.02*** ^b	1.13±0.01*** ^a
34	5.43±2.18	5.64±2.79	1.34±0.61 ^b	1.93±0.41 ^a	1.04±0.05***	1.00±0.05***
36	6.01±3.18	6.19±2.8	1.90±0.46	1.68±0.43	0.73±0.03***	0.72±0.03***
38	8.58±4.03	6.28±1.74	1.97±1.12	2.08±0.37	0.64±0.03***	0.64±0.02***
40	11.78±4.87 ^a	7.33±3.11 ^b	2.74±0.81	2.21±0.51	0.51±0.01***	0.51±0.02***
44	8.34±3.29 ^a	5.5±1.53 ^b	1.85±0.68*	1.74±0.20*	0.82±0.03***	0.84±0.03***
48	6.68±2.46	7.86±4.82	1.69±0.64	2.00±0.74	0.99±0.03***	0.99±0.02***
52	7.26±4.88	7.09±2.92	1.59±0.88	1.71±0.54	0.88±0.03***	0.89±0.03***
56	7.01±5.03	8.84±3.55	1.74±0.97	2.19±0.47	0.93±0.04*	0.94±0.05*
60	7.86±3.73	7.58±1.86	2.15±0.90	2.21±0.27	0.58±0.01***	0.58±0.02***

2.3 血清脂蛋白指标

不同周龄蛋鸡血清 HDL 和 LDL 含量见表 4。神丹 6 号绿壳蛋鸡随着周龄增长，HDL 含量先从 19~20 周龄快速升高，21 周龄降低，之后变化不显著；而 LDL 则先降低后升高，之后变化不显著。海兰褐

蛋鸡随着周龄增长，HDL 含量到 21 周龄降低，之后维持到产蛋高峰期再一次降低，之后变化不显著；而 LDL 则前期较高，产蛋高峰期时突然下降，之后变化不显著。神丹 6 号绿壳蛋鸡 HDL 含量 20 周龄显著高于海兰褐蛋鸡 ($P<0.05$)，中后期 27、28、34、40、

60 周龄则显著低于海兰褐蛋鸡 ($P < 0.05$), 其他周龄与海兰褐蛋鸡差异不显著 ($P > 0.05$); LDL 含量 20、32、34 周龄显著低于海兰褐蛋鸡 ($P < 0.05$),

27 周龄显著高于海兰褐蛋鸡 ($P < 0.05$), 其他周龄与海兰褐蛋鸡差异不显著 ($P > 0.05$)。

表 4 血清脂蛋白指标比较

mmol/L

周龄	HDL		LDL	
	神丹 6 号绿壳蛋鸡	海兰褐蛋鸡	神丹 6 号绿壳蛋鸡	海兰褐蛋鸡
19	1.70±0.59	1.57±0.55	1.64±1.02	1.31±0.79
20	2.31±0.31 ^{*a}	1.60±0.68 ^b	0.70±0.16 ^{*b}	1.53±0.91 ^a
21	1.20±0.79 ^{**}	0.86±0.12 ^{**}	1.21±0.48 [*]	1.26±0.18
22	0.78±0.09	0.79±0.20	0.95±0.22	1.36±0.79
23	0.79±0.25	0.78±0.13	1.85±1.00 [*]	1.15±0.31
24	0.85±0.51	0.74±0.10	1.25±0.79	1.45±0.42
25	0.69±0.16	0.67±0.11	1.50±0.56	1.24±0.51
26	0.60±0.09	0.68±0.10	1.38±0.66	1.27±0.49
27	0.49±0.18 ^b	0.69±0.08 ^a	1.66±1.06 ^a	0.72±0.11 ^{**b}
28	0.53±0.09 ^b	0.69±0.14 ^a	1.51±0.99	0.97±0.77
30	0.50±0.54	0.39±0.05 ^{**}	1.77±1.82	1.06±0.30
32	0.29±0.10	0.38±0.09	0.68±0.28 ^b	1.07±0.26 ^a
34	0.31±0.12 ^b	0.41±0.06 ^a	0.70±0.35 ^b	1.03±0.24 ^a
36	0.51±0.17 [*]	0.37±0.10	1.00±0.33	0.83±0.23
38	0.33±0.16 [*]	0.48±0.14	0.93±0.50	1.35±0.52 [*]
40	0.38±0.05 ^b	0.47±0.09 ^a	1.46±0.50	1.24±0.35
44	0.36±0.06	0.41±0.07	1.00±0.40	0.91±0.16 [*]
48	0.39±0.12	0.36±0.08	0.93±0.31	1.08±0.49
52	0.36±0.12	0.37±0.06	0.78±0.48	0.92±0.31
56	0.38±0.10	0.47±0.08 [*]	0.91±0.57	1.12±0.28
60	0.36±0.09 ^b	0.48±0.09 ^a	1.11±0.47	1.23±0.22

2.4 血清卵黄前体蛋白指标

不同周龄蛋鸡血清 VLDLy 和 VTG 含量见表 5。神丹 6 号绿壳蛋鸡和海兰褐蛋鸡随着周龄增长, VLDLy 含量前期均变化不显著, 神丹 6 号绿壳蛋鸡 30 周龄后呈波动变化, 而海兰褐蛋鸡产蛋高峰期时有波动变化, 之后变化不显著; VTG 含量神丹 6 号绿壳蛋鸡前期变化不显著, 26 周龄后呈波动变化,

而海兰褐蛋鸡整体呈波动变化。神丹 6 号绿壳蛋鸡 VLDLy 含量除 34 周龄显著低于海兰褐蛋鸡 ($P < 0.05$), 整体与海兰褐蛋鸡差异不显著 ($P > 0.05$); VTG 含量前期 19 周龄显著低于海兰褐蛋鸡 ($P < 0.05$), 20、22、23、26 周龄极显著低于海兰褐蛋鸡 ($P < 0.01$), 后期与海兰褐蛋鸡差异不显著 ($P > 0.05$)。

表 5 血清卵黄前体蛋白指标比较

ng/mL

周龄	VLDLy		VTG	
	神丹 6 号绿壳蛋鸡	海兰褐蛋鸡	神丹 6 号绿壳蛋鸡	海兰褐蛋鸡
19	348.10±24.98	363.6±33.21	74.51±10.14 ^b	82.44±6.51 ^a
20	343.98±32.14	356.24±47.27	70.62±7.91 ^B	88.69±8.47 ^A
21	348.53±29.09	335.31±36.61	65.58±4.99	69.79±9.62 ^{**}
22	337.63±34.55	327.74±32.40	58.43±9.32 ^B	72.38±8.19 ^A
23	359.32±40.46	354.00±58.64	64.91±8.95 ^B	80.53±9.49 ^A
24	346.85±36.94	338.82±48.00	70.24±9.30	62.69±7.19 ^{**}
25	381.33±61.30	377.36±54.08	71.30±7.66	78.70±10.36 ^{**}
26	348.06±56.26	345.23±47.88	59.21±8.30 ^{**B}	72.57±4.57 ^A
27	318.48±37.82	341.30±44.94	70.07±6.30 [*]	68.49±7.75
28	309.11±37.73	335.47±30.48	57.93±8.15 ^{**}	64.21±5.45

续表 5

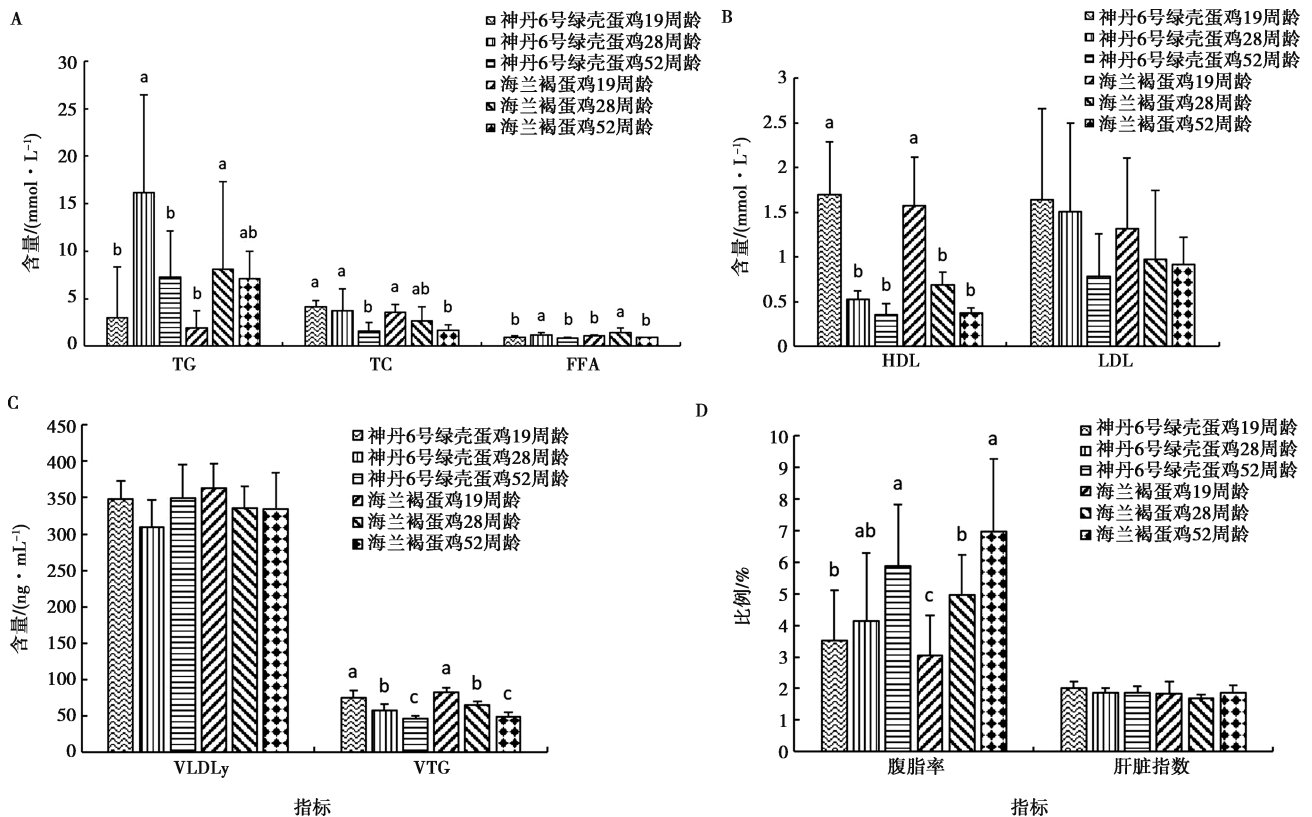
ng/mL

周龄	VLDLy		VTG	
	神丹 6 号绿壳蛋鸡	海兰褐蛋鸡	神丹 6 号绿壳蛋鸡	海兰褐蛋鸡
30	375.05±68.99*	392.23±57.91*	62.73±6.91	58.51±5.50
32	308.35±39.95*	306.82±41.50**	37.49±6.48**	37.20±6.93**
34	281.95±30.51 ^b	349.99±64.64 ^a	39.05±4.80	41.66±8.58
36	359.51±31.38**	340.22±41.07	51.90±4.65**	53.29±4.46**
38	344.76±50.13	376.64±54.15	57.40±6.11	58.12±5.85
40	414.27±62.13*	431.11±81.29	68.11±4.71**	67.33±5.27**
44	339.05±68.95*	346.20±28.43*	48.55±4.40**	49.10±4.55**
48	321.74±41.61	326.93±30.77	44.06±6.41	44.07±5.45
52	349.57±46.42	334.31±49.48	45.86±3.85	48.18±6.65
56	292.80±37.00*	340.57±65.06	40.82±5.90	47.13±6.05
60	398.28±19.37**	390.82±34.01	63.64±4.75**	61.43±5.14**

2.5 产蛋不同时期各指标比较

比较产蛋前期（19 周龄）、高峰期（28 周龄）与后期（52 周龄）蛋鸡血清中各脂质代谢指标及腹脂率、肝脏指数，见图 1。脂质指标中，TG 和 FFA 在神丹 6 号绿壳蛋鸡产蛋高峰期显著高于前期和后期（ $P < 0.05$ ），而海兰褐蛋鸡仅 FFA 在产蛋高峰期显著高于前期和后期（ $P < 0.05$ ）（图 1A）。脂蛋白指标中，HDL 在神丹 6 号绿壳蛋鸡和海兰褐蛋鸡中均是前期显著高于高峰期和后期（ $P < 0.05$ ），LDL 无显著

差异（ $P > 0.05$ ）（图 1B）。卵黄蛋白指标中，VTG 在神丹 6 号绿壳蛋鸡和海兰褐蛋鸡中均是前期显著高于高峰期（ $P < 0.05$ ）且显著高于后期（ $P < 0.05$ ），VLDLy 无显著差异（ $P > 0.05$ ）（图 1C）。腹脂率在神丹 6 号绿壳蛋鸡中虽然前期显著低于后期（ $P < 0.05$ ），但均与高峰期无显著差异（ $P > 0.05$ ），而在海兰褐蛋鸡中，前期显著低于高峰期（ $P < 0.05$ ）且显著低于后期（ $P < 0.05$ ），肝脏指数无显著差异（ $P > 0.05$ ）（图 1D）。



每个指标每个鸡种不同时期进行比较，上标不同小写字母表示差异显著（ $P < 0.05$ ）。

图 1 19、28 与 52 周龄各指标比较分析

3 讨论

神丹6号绿壳蛋鸡作为国家审定的最新绿壳蛋鸡配套系,其性能优秀,市场前景十分广阔。对神丹6号绿壳蛋鸡脂质代谢进行系统研究可以对其饲养期间的生长发育和繁殖状况提供间接数据支撑,指导生产。日粮中添加共轭亚油酸和铬可以增加TC含量,使腹脂率降低,料重比增加,减缓脂肪沉积和生长发育^[23]。而在本研究中,随着产蛋期神丹6号绿壳蛋鸡周龄增长,血清中TC含量降低,与以上研究中TC含量的关系相反,提示其脂肪不断沉积。东乡褐壳蛋鸡血清中仅LDL含量显著高于东乡褐壳蛋鸡,而TG、TC和HDL含量与东乡褐壳蛋鸡无显著差异^[24],与神丹6号绿壳蛋鸡早期血清中几个脂代谢指标变化一致。而本研究中神丹6号绿壳蛋鸡产蛋期血清中各指标均与海兰褐蛋鸡差异不显著,提示绿壳蛋鸡产蛋期脂代谢能力与褐壳蛋鸡无差异。矮小型褐壳蛋鸡产蛋中后期公鸡血液中TG含量极显著高于白来航公鸡,母鸡血液中TG含量与白来航母鸡无差异^[25],与本研究中两品种母鸡血清TG含量差异不一致,提示不同地方特色蛋鸡与高产蛋鸡血脂水平各异。北京油鸡腹脂率低于AA鸡,血液TG、FFA含量高于AA鸡^[26],与本研究两种蛋鸡差异也不一致,提示肉鸡和蛋鸡脂代谢有差异。VLDLy和VTG都是形成卵黄的重要前体蛋白,富含脂质,鸡卵黄中的大部分脂质均由VLDLy和VTG中获得,血清中VLDLy和VTG水平与蛋鸡繁殖性能密切相关^[27-28]。产蛋期神丹6号绿壳蛋鸡血清中VLDLy和VTG含量前期变化不显著,产蛋高峰期后波动变化,说明其在产蛋高峰期后卵黄生成不稳定,而VTG含量后期与海兰褐蛋鸡差异不显著,说明神丹6号绿壳蛋鸡与海兰褐蛋鸡后期繁殖性能差异不大。产蛋高峰期神丹6号绿壳蛋鸡肝脏指数高于海兰褐蛋鸡,提示神丹6号绿壳蛋鸡产蛋高峰期肝脏负荷较重。东北农业大学李辉团队根据肉鸡腹脂量进行双向选择,并检测16~18代高低脂系鸡群血清脂代谢指标,发现高脂系血清HDL含量显著低于低脂系,而LDL和FFA含量则显著高于低脂系,说明FFA、HDL和LDL含量与腹脂量关系最密切,并确定HDL为低脂系选种的一个潜在标记^[29]。而本研究中两个品种腹脂率在产蛋期并不随血清FFA、HDL和LDL等脂质指标的变化而变化,提示不能仅根据血脂指标判断腹脂沉积和肝脏负荷情况。对江西3个地方鸡种泰和乌鸡、宁都黄鸡和安义瓦灰鸡进行脂代谢研究发现3个鸡种腹脂率均有差异,血清TG、HDL含量均无差异,TC含量宁都黄鸡大于安义瓦灰鸡,LDL含量则相反;进一步研究发现

肝脏中apoA-1与宁都黄鸡TG负相关,与安义瓦灰鸡TC负相关^[30],说明可根据脂代谢基因表达量估计血脂水平。这也为本研究两个鸡种血脂水平估计提供了新思路。

产蛋前期、高峰期与后期的指标比较可以看出哪些指标对产蛋较重要,本研究中不管是神丹6号绿壳蛋鸡还是海兰褐蛋鸡,血清脂代谢指标中FFA均是高峰期显著高于前期和后期,提示FFA含量对维持两个鸡种的产蛋均很重要,而TG仅在神丹6号绿壳蛋鸡高峰期显著高于其他时期,提示TG对神丹6号绿壳蛋鸡产蛋更重要。HDL和VTG均是前期显著高于高峰期和后期,提示HDL和VTG对开产更重要。染料木素是一种大豆异黄酮,结构和功能与雌激素相似,在蛋鸡日粮中添加染料木素可以增加血清VTG、孕酮和促卵泡素含量,提高产蛋量和蛋壳强度^[31]。而在本研究中,血清中VTG含量后期低于高峰期且低于前期,提示其繁殖性能和蛋品质逐渐下降。腹脂率与HDL和VTG则相反,后期显著高于前期,说明腹脂沉积确实影响产蛋。综合分析,对神丹6号绿壳蛋鸡血清TG含量的维持是进一步选育的重要步骤。

脂肪肝出血综合征鸡血清中TG、TC和LDL含量显著高于正常鸡,而HDL含量则显著低于正常鸡,说明TG、TC和LDL含量的升高和HDL含量的降低会导致鸡肝脏脂肪病变,并造成脂质代谢紊乱,降低生产性能^[17]。因此,对鸡脂质代谢进行调控可以改善生产性能。京红蛋鸡产蛋后期日粮中添加0.4%发酵中草药可以显著降低血清TC含量和肝脏指数,提高产蛋率,改善蛋品质,但对血清TG、HDL和LDL均无显著影响^[32]。蛋鸡产蛋期日粮中添加一定量氧化大豆油可显著降低血清TG含量,提高腹脂率和肝脏指数,并增加料蛋比,降低蛋重^[33]。在蛋鸡体内使用RNAi对两个重要的脂质代谢相关基因ACACA和SREBP1进行敲低,可以显著降低血清TG、TC、HDL和LDL含量,并降低鸡蛋中TC和LDL含量,影响蛋品质^[34]。饲养方式也能调控鸡脂质代谢,例如与笼养相比,散养可以降低血清TC含量,提高鸡肉品质^[35]。神丹6号绿壳蛋鸡产蛋期血清脂代谢指标反映了其产蛋期的脂代谢水平,间接反映其营养和健康情况,对其进行测定和分析可为神丹6号绿壳蛋鸡产蛋期进行脂质代谢调控打下基础。

4 小结

从19周龄到60周龄的产蛋期间,神丹6号绿壳蛋鸡腹脂率和肝脏指数差异不显著;血清TG、HDL和LDL含量前期有变化,之后变化不明显;FFA、VLDLy和VTG含量后期波动变化;TC含量整体降

低。与海兰褐蛋鸡相比,神丹6号绿壳蛋鸡血清FFA和VTG含量前期较低,后期差异不明显,TG、TC、HDL、LDL和VLDL_y含量则整体差异不明显。总体上神丹6号绿壳蛋鸡产蛋期血脂代谢稳定。

参考文献:

- [1] 曲亮,李清逸,窦套存,等.“神丹6号”绿壳蛋鸡配套系筛选[J].中国家禽,2019,41(18):14-17.
- [2] 曲亮,李清逸,窦套存,等.神丹6号绿壳蛋鸡选育研究[J].畜牧与兽医,2021,53(12):8-11.
- [3] DARWISH H Y A. 东乡绿壳蛋鸡蛋壳绿色程度相关基因的鉴定[D].北京:中国农业大学,2018.
- [4] 木仁,格根图雅,张欢,等.长顺绿壳蛋鸡肠道菌群结构及基因功能分析[J].现代畜牧兽医,2022,51(7):7-11.
- [5] 丁阳,贺强,袁超,等.31~43周龄新杨绿壳蛋鸡赖氨酸需要量的研究[J].动物营养学报,2015,27(7):2215-2223.
- [6] 李东.苏禽绿壳蛋鸡养殖关键措施[J].农村新技术,2020,38(4):31-32.
- [7] 张会永,屠云洁,韩威,等.东乡绿壳蛋鸡和苏禽绿壳蛋鸡产蛋性能及蛋品质比较[J].中国家禽,2014,36(22):47-49.
- [8] 甘建伉,丁金龙.质量性状的分子标记在长顺绿壳蛋鸡选育中的应用[J].中国家禽,2018,40(20):67-69.
- [9] 廖荣荣,张向喆,陈强,等.新杨绿壳蛋鸡和白来航鸡快慢羽品系产蛋性能比较[J].中国家禽,2014,36(4):6-8.
- [10] 李英奇,梁雅旭,高霄霄,等.高能饲料对湖羊肝脏能量与脂代谢相关基因表达的影响[J].南京农业大学学报,2022,45(3):562-569.
- [11] 罗兴.高脂饲料中添加含硫氨基酸和溶血卵磷脂对大菱鲆幼鱼生长及脂代谢的影响[D].大连:大连海洋大学,2022.
- [12] 戴智芳.成人糖尿病体形指数与血糖血脂代谢指标之间的关系研究进展[J].黑龙江中医药,2021,50(5):97-98.
- [13] 王帅,程光辉,薛超杰,等.白藜芦醇对动脉粥样硬化大鼠脂代谢及抗氧化作用的研究[J].中医临床研究,2022,14(7):11-14.
- [14] 陈金文,杨山,莫棣华,等.日粮能量和蛋白水平对肉鸡腹脂和血脂的影响[J].动物营养学报,1998,10(1):20-28.
- [15] 徐良梅,牛树鹏,张慧,等.肉种鸡能量限饲对胚胎期血清脂类代谢相关指标影响[J].东北农业大学学报,2013,44(6):32-37.
- [16] 李永峰,邵丹,童海兵.蛋鸡脂肪肝综合征的研究进展[J].中国家禽,2022,44(4):101-107.
- [17] 姜锦鹏,顾有方,吕锦芳,等.鸡脂肪肝出血综合征发生过程中脂代谢与血清甲状腺激素水平变化[J].中国兽医学报,2013,33(11):1733-1737.
- [18] 张义.稀土壳聚糖对四川山地乌骨鸡脂类代谢及促生长作用的影响[D].雅安:四川农业大学,2008.
- [19] 吴斯诺,臧素敏,郭欣,等.亚麻籽油对太行鸡产蛋期生产性能、蛋品质及血脂指标的影响[J].中国家禽,2019,41(11):22-26.
- [20] 龚道清,李辉.肉鸡腹脂沉积与重要经济性状关系的研究进展[J].当代畜牧,2000,18(3):28-30.
- [21] 牟晓玲,王宗伟,隋美霞,等.日粮营养素水平对东北肉鹅生长性能及血液生化指标的影响(29~56日龄)[J].核农学报,2009,23(5):898-903.
- [22] 中华人民共和国农业农村部.家禽生产性能名词术语和度量计算方法:NY/T 823—2020[S].北京:中国农业出版社,2020.
- [23] 柴路,杨建,郑灿财,等.共轭亚油酸与铬对0~3周龄热应激肉仔鸡生长和血清脂类代谢及体脂沉积的影响[J].中国畜牧杂志,2015,51(5):39-44.
- [24] 徐彩丽,冯培勇.东乡绿壳蛋鸡和东乡褐壳蛋鸡血清指标、蛋黄总胆固醇含量、蛋黄比例的比较[J].黑龙江畜牧兽医,2015,58(19):137-139.
- [25] 曾丹,乔红光,宁中华.矮小型褐壳蛋鸡与普通蛋鸡血液生理生化指标比较分析[J].中国家禽,2010,32(6):12-14.
- [26] 蒋瑞瑞,赵桂苹,陈继兰,等.爱拔益加肉鸡和北京油鸡脂肪代谢及其相关基因表达的比较研究[J].动物营养学报,2010,22(5):1334-1341.
- [27] SCHNEIDER W J. Lipoprotein receptors in oocyte growth [J]. Clinic Investigation, 1992, 70(5): 385-390.
- [28] 王晓利.荧光蛋白标记的t-PA EGF缺失基因在鸡体内定位表达及靶向转运[D].洛阳:河南科技大学,2011.
- [29] DONG J Q, ZHANG H, JIANG X F, et al. Comparison of serum biochemical parameters between two broiler chicken lines divergently selected for abdominal fat content [J]. Journal of Animal Science, 2015, 93(7): 3278-3286.
- [30] 王斯雯.三个江西不同品种鸡 apoA-I、apoB 基因表达与脂类代谢的相关性分析[D].南昌:江西农业大学,2016.
- [31] LV Z P, YAN S J, LI G, et al. Genistein improves the reproductive performance and bone status of breeder hens during the late egg-laying period [J]. Poultry Science, 2019, 98(12): 7022-7029.
- [32] 许栋,彭箭,李海英,等.饲料中添加发酵中草药对蛋鸡产蛋后期生产性能、血清生化指标和脂代谢的影响[J].饲料研究,2021,44(3):25-29.
- [33] 岳洪源.日粮氧化大豆油对蛋鸡脂代谢及抗氧化机能影响的研究[D].北京:中国农业科学院,2011.
- [34] PRASAD A R, BHATTACHARYA T K, CHATTERJEE R N, et al. Silencing acetyl-CoA carboxylase A and sterol regulatory element-binding protein 1 genes through RNAi reduce serum and egg cholesterol in chicken [J]. Scientific Reports, 2022, 12(1): 1191.
- [35] 林丽珍,罗雯,艾佐佐,等.生化指标值与宁都黄鸡饲养方式的相关性研究[J].江西科学,2021,39(2):243-246.