

饲料能量和蛋白质水平对 21~56 日龄青铜火鸡生长性能和血清生化指标的影响

徐晨¹, 杨芷², 杨海明^{1*}, 王莹¹, 鲁曼³, 杨永磊¹, 廖正军³

(1. 扬州大学动物科学与技术学院, 扬州 225009; 2. 扬州大学农业科技发展研究院, 扬州 225009;

3. 江苏军曼农业科技有限公司, 盐城 224700)

摘要: 为研究饲料能量和蛋白质水平对 21~56 日龄青铜火鸡雏鸡生长性能和血清生化指标的影响, 试验采用 2×3 双因子试验设计, 分别为 2 个能量水平 (12.13 和 12.53 MJ·kg⁻¹) 和 3 个蛋白质水平 (22%、24%和 26%); 选体重相近的青铜火鸡雏鸡 180 只, 随机分为 6 组, 每组 5 个重复, 每个重复 6 只; 常规饲养至 20 日龄, 21 日龄正式开始试验, 为期 35 d。结果表明: (1) 饲料蛋白质水平显著影响 56 d 火鸡体重、平均日增重 (ADG) 和料重比 (F/G), 蛋白质水平为 26%组 56 d 火鸡体重和 ADG 显著高于 22%组 ($P < 0.05$), 蛋白质水平为 26%组火鸡 F/G 显著低于 22%组 ($P < 0.05$); 饲料能量和蛋白质水平对 56 d 火鸡体重和 ADG 有显著的交互作用 ($P < 0.05$)。 (2) 饲料蛋白质水平对血清尿素 (UA) 和总胆固醇 (TC) 含量有显著性影响, 26%组雏火鸡血清中 UA 含量显著高于 22%和 24%组 ($P < 0.05$), 蛋白质水平为 22%组血清 TC 含量显著高于 26%组 ($P < 0.05$)。饲料能量和蛋白质水平对血清中球蛋白 (GLB) 含量有显著的交互作用 ($P < 0.05$)。 (3) 饲料能量水平对血清中类胰岛素生长因子 1 (IGF-1) 的含量有显著性影响 ($P < 0.01$), 能量水平为 12.53 MJ·kg⁻¹ 组血清中 IGF-1 的含量显著高于 12.13 MJ·kg⁻¹ 组; 饲料蛋白质水平极显著地影响血清中生长激素 (GH) 含量, 蛋白质水平为 22%组血清中 GH 含量显著高于 24%和 26%组 ($P < 0.01$); 饲料能量和蛋白质水平对血清中 GH 含量有显著的交互作用 ($P < 0.05$)。 (4) 饲料能量水平为 12.13 MJ·kg⁻¹, 蛋白质水平为 26%时, 火鸡的经济效益最好。综上所述, 本试验条件下, 21~56 日龄青铜火鸡最适宜的饲料能量水平为 12.13 MJ·kg⁻¹, 蛋白质水平为 26%。

关键词: 青铜火鸡; 能量; 蛋白质; 生长性能; 血清生化指标

中图分类号: S832

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2022)01-0092-06

Effects of dietary energy and protein levels on the growth performance and serum biochemical indices of Bronze Turkeys aged 21 - 56 days

XU Chen¹, YANG Zhi², YANG Haiming¹, WANG Ying¹, LU Man³, YANG Yonglei¹, LIAO Zhengjun³

(1. College of Animal Science and Technology, Yangzhou University, Yangzhou 225009;

2. Institute of Agricultural Science and Technology Development, Yangzhou University, Yangzhou 225009;

3. Jiangsu Junman Agricultural Science and Technology Co., Ltd., Yancheng 224700)

Abstract: To study the effects of dietary energy and protein levels on the growth performance and serum biochemical indices of Bronze young Turkey aged 21-56 days, an experimental design with 2×3 two-factor was used, with two energy levels (12.13 and 12.53 MJ·kg⁻¹) and three protein levels (22%, 24% and 26%), respectively; a total of 180 Bronze breeds of Turkeys were randomly divided into 6 groups with 5 replicates in each group and 6 birds in each replicate. The Turkeys were reared conventional to 20-day age, and the trial officially started at 21 days of age and lasted 35 days. Results showed that: (1) Dietary protein level had significant effects on body weight of 56 days of age, ADG and F/G. The body weight and ADG of the Turkeys in 26% protein level group were significantly higher than the group of 22% ($P < 0.05$), and F/G of the Turkeys in 26% protein level group was significantly lower than the group of 22% ($P < 0.05$); dietary energy and protein levels had significant interaction with the body weight and ADG gain at 56 days of age ($P < 0.05$). (2) Dietary protein level had significant effects on the contents of total cholesterol

收稿日期: 2021-04-16

基金项目: 江苏现代农业 (肉鸡) 产业技术体系建设项目 (JATS [2021] 254) 资助。

作者简介: 徐晨, 硕士研究生。E-mail: 1416813854@qq.com

* 通信作者: 杨海明, 教授。E-mail: yhmdl@qq.com

and urea in serum. The content of total cholesterol in the serum of Turkeys in 22% protein level group was significantly higher than that of 26% group ($P < 0.05$), the content of urea in the serum of the Turkeys in 26% group was significantly higher than that of 22% and 24% groups ($P < 0.05$), and the dietary energy and protein levels had significant interaction with serum globulin content ($P < 0.05$). (3) Dietary energy level had extremely significant effect on the serum IGF-1 content ($P < 0.01$), and which in 12.53 MJ·kg⁻¹ group was extremely significantly higher than that in 12.13 MJ·kg⁻¹ group; dietary protein level significantly affected the serum growth hormone (GH) content, and which in 22% protein group was extremely significantly higher than that in 24% and 26% groups ($P < 0.01$). Dietary energy and protein levels had significant interaction with serum GH content ($P < 0.05$). (4) When the energy level was 12.13 MJ·kg⁻¹ and the protein level was 26%, the economic benefit of each Turkey was the best. In conclusion, the optimal dietary energy level and protein level of 21 to 56 days Bronze Turkey chicks are 12.13 MJ·kg⁻¹ and 26%, respectively under the experimental conditions.

Key words: Bronze turkey; energy; protein; growth performance; serum biochemical indicators

火鸡肉营养价值丰富, 具有蛋白质含量丰富, 瘦肉率高, 脂肪少, 胆固醇低等特点, 在欧美等国家很受欢迎^[1]。近些年来, 我国的火鸡饲养规模在不断扩大, 在饲养过程中, 饲料营养需要还是参照美国 NRC (1994) 火鸡饲养标准制定, 但在实际生产中, 发现我国火鸡饲养所需的能量和蛋白质水平与美国 NRC 火鸡饲养标准之间存在一定的差异, 因而很有必要结合我国实际情况深入开展火鸡营养需要方面的研究。

满足动物生长的必要条件之一是日粮中蛋白质的充分供应, 蛋白质的需要主要决定于动物的生长速度以及对蛋白质沉积能力和蛋白质的利用率^[2]; 动物体内物质代谢过程中往往都伴随着能量的释放、转移和利用^[3]。因此, 饲料能量和蛋白质水平

会对畜禽的生长性能产生影响。本试验以青铜火鸡雏鸡为试验动物, 设计 2 种能量和 3 种蛋白质水平的饲料, 研究饲料能量和蛋白质水平对青铜火鸡雏鸡生长性能和血清生化的影响, 以期筛选出最适宜的能量和蛋白质水平, 为我国制定火鸡饲养标准提供一定的理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验动物及其管理

将同一批出雏的青铜火鸡雏鸡常规饲养至 20 日龄, 在 21 日龄时选取 180 只健康的、体重相近的火鸡进行试验。试验火鸡在同一环境下笼养, 自由采食、饮水。7 日龄和 21 日龄对雏火鸡接种新城疫疫苗, 饲养管理均严格按照雏火鸡的饲养管理程序进行。

表 1 试验饲料组成及营养水平
Table 1 Diet composition and nutrient levels

项目	A 组	B 组	C 组	D 组	E 组	F 组
玉米/ %	55.20	49.40	43.60	53.50	48.10	42.60
豆粕/ %	36.40	41.50	46.10	36.00	40.00	43.90
玉米蛋白粉/ %	1.60	1.60	2.20	1.90	2.80	3.90
豆油/ %	1.80	2.50	3.10	3.60	4.10	4.60
石粉/ %	1.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.00
磷酸氢钙/ %	2.00	2.10	2.00	2.00	2.00	2.10
氯化钠/ %	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
蛋氨酸/ %	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
赖氨酸/ %	0.40	0.30	0.20	0.40	0.40	0.30
预混料 ⁽¹⁾ / %	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
合计/ %	100	100	100	100	100	100
营养水平 ⁽²⁾						
代谢能/ (MJ·kg ⁻¹)	12.13	12.13	12.13	12.53	12.53	12.53
粗蛋白质/ %	22.06	24.05	25.93	22.01	23.96	25.90
钙/ %	1.08	1.13	1.18	1.08	1.09	1.14
有效磷/ %	0.59	0.62	0.59	0.59	0.59	0.61
蛋氨酸/ %	0.62	0.64	0.67	0.62	0.65	0.68
赖氨酸/ %	1.51	1.54	1.56	1.50	1.61	1.61

注: (1) 预混料为每千克日粮提供: VA 12 500 IU, VD₃ 4 125 IU, VE 15 IU, VK 2 mg, VB₁ 1 mg, VB₂ 8.5 mg, D-泛酸 50 mg; 烟酸 32.5 mg, VB₆ 8 mg, VB₁₂ 5 mg, 生物素 2 mg, Fe 60 mg, Cu 8 mg, Zn 66 mg, Mn 65 mg, Se 0.3 mg, I 1 mg。(2) 粗蛋白质水平为实测值, 其他营养水平均为计算值。

1.2 试验设计

参考美国 NRC (1994) 火鸡饲养标准, 本试验采用 2×3 双因子试验设计, 饲料设 2 个能量水平 (12.13 和 12.53 MJ·kg⁻¹) 和 3 个蛋白质水平 (22%、24% 和 26%), 共 6 个处理, 每个处理 5 个重复, 每个重复 6 只火鸡, 公母各半。试验从 21 日龄到 56 日龄, 共 35 d。试验饲料组成及营养成分见表 1。

1.3 测定指标

1.3.1 生长性能测定 分别在 21 和 56 日龄对火鸡进行空腹称重 (停饲 12 h), 每天记录各组火鸡耗料量, 并计算平均日增重 (ADG)、平均日采食量 (ADFI) 和料重比 (F/G)。

1.3.2 血清生化指标测定 在试验第 35 天, 按重复进行称重, 每个重复中选取 2 只与平均体重相接近的火鸡, 采取翅静脉采血 5 mL 至促凝管中, 倾斜静止 30 min 后, 3 000 r·min⁻¹, 离心 10 min, 用移液器将血清移入血清管中, 随即使用生化分析仪测定血清中的球蛋白 (GLB), 白蛋白 (ALB), 总胆固醇 (TC), 甘油三酯 (TG), 尿酸 (UA) 的含量, 检测由江苏诺明哲天医学检验实验室有限公司完成。

1.3.3 血清中激素测定 使用 1.3.2 中的血清, 采用酶联免疫吸附测定法 (ELISA) 测定血清中生长激素 (GH) 和类胰岛素生长因子 1 (IGF-1) 含量, 试剂盒购自上海钰博生物科技有限公司。

1.4 经济效益分析计算

统计试验饲料、火鸡苗、育成火鸡市场价格,

计算产肉成本、饲料成本、毛鸡收入和利润。产肉成本 (元·kg⁻¹) = 料重比×饲料价格; 饲料成本 (元·kg⁻¹) = (采食量 g×饲料价格/1 000); 毛鸡收入 (元·只⁻¹) = (毛鸡价格×56 日龄平均体重 g/1 000)。利润 (元·kg⁻¹) = 毛鸡收入 - 火鸡苗成本 - 饲料成本 - 人工成本 - 防疫成本。

1.5 数据处理

采用 Excel 2019 建立数据库, SPSS 21.0 统计软件进行数据统计分析。方差分析采用一般线性模型, 显著性检验采用 LSD 法, 以 $P < 0.05$ (差异显著) 作为差异显著性判断标准, 数据以“平均值±标准差”表示^[4]。

2 结果与分析

2.1 饲料能量和蛋白质水平对 21~56 日龄火鸡生长性能的影响

由表 2 可知, 饲料蛋白质水平显著影响火鸡 56 d 体重、ADG 和 F/G, 当饲料能量水平为 12.13 MJ·kg⁻¹ 时, 蛋白质水平从 22% 提高到 26%, 火鸡 56d 体重显著提高 19.6% ($P < 0.05$), ADG 显著提高 23.7% ($P < 0.05$), F/G 显著降低 12.9% ($P < 0.05$); 饲料能量和蛋白质水平对 56 d 体重和 ADG 有显著的交互作用 ($P < 0.05$)。饲料能量水平对生长性能指标无显著性影响 ($P > 0.05$), 饲料蛋白质水平对 ADFI 无显著性影响 ($P > 0.05$)。饲料能量和蛋白质水平对 ADFI 和 F/G 无显著的交互作用 ($P > 0.05$)。

表 2 饲料能量和蛋白水平对 21~56 日龄青铜火鸡生长性能的影响

Table 2 Effects of dietary and energy protein levels on the growth performance of bronze turkeys from 21 to 56 days

组别	CP/%	ME/(MJ·kg ⁻¹)	21 日龄体重/g	56 日龄体重/g	平均日增重/g	平均日采食量/g	料重比
A	22	12.13	130.13±0.42	771.83±51.56 ^c	18.33±1.48 ^c	48.31±3.14	2.64±0.21
B	24	12.13	129.97±0.43	841.87±22.58 ^{bc}	20.34±0.64 ^{bc}	48.40±1.68	2.38±0.13
C	26	12.13	130.00±0.42	923.33±59.41 ^a	22.67±1.70 ^a	52.07±2.87	2.30±0.10
D	22	12.53	129.97±0.40	845.84±59.40 ^{bc}	20.46±1.70 ^{bc}	48.42±2.51	2.38±0.20
E	24	12.53	129.80±0.32	870.04±56.97 ^{ab}	21.15±1.63 ^{ab}	48.72±6.22	2.31±0.30
F	26	12.53	129.83±0.35	841.29±56.50 ^{bc}	20.33±1.61 ^{bc}	45.32±2.58	2.23±0.12
			130.05±0.39	804.72±64.60 ^b	19.28±1.85 ^b	48.36±2.70	2.53±0.24 ^a
CP	24		129.88±0.37	854.39±41.14 ^{ab}	20.70±1.18 ^{ab}	48.54±4.00	2.35±0.21 ^{ab}
	26		129.92±0.38	882.31±69.31 ^a	21.50±1.98 ^a	48.70±4.41	2.27±0.11 ^b
ME		12.13	130.03±0.40	840.13±75.60	20.29±2.16	49.41±2.97	2.45±0.21
		12.53	129.87±0.34	852.39±53.77	20.64±1.54	47.49±4.08	2.31±0.21
		CP		0.038	0.038	0.983	0.032
P 值		ME		0.644	0.639	0.177	0.093
		CP×ME		0.017	0.017	0.078	0.468

注: 同列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 ($P > 0.05$), 不同大写字母表示差异极显著 ($P < 0.01$)。下同。

2.2 饲料能量和蛋白质水平对 56 日龄火鸡血清生化指标的影响

由表 3 可知, 饲料蛋白质水平对血清中 TC

和 UA 含量有显著性影响, 当饲料蛋白质水平从 22% 提高到 26%, 火鸡血清中 TC 的含量显著降低 19.9% ($P < 0.05$), 血清中 UA 含量极显著提高

26.7%($P < 0.01$), 达到 $380.33 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。饲料能量和蛋白质水平对血清中 GLB 含量有显著的交互作用($P < 0.05$)。饲料能量水平对 56 日龄火鸡血清生化指标无显著影响($P > 0.05$)。饲料蛋白质水平对

血清中 TC、ALB 和 GLB 含量均无显著性影响($P > 0.05$)。饲料能量和蛋白质水平对血清 TC、TG、ALB 和 UA 的含量均无显著的交互作用($P > 0.05$)。

表 3 饲料能量和蛋白质水平对 56 日龄青铜火鸡血清生化指标的影响

Table 3 Effects of dietary energy and protein levels on serum biochemical parameters of bronze turkeys at 56 days of age

组别	CP/%	ME/ (MJ·kg ⁻¹)	总胆固醇 TC/(mmol·L ⁻¹)	甘油三酯 TG/(mmol·L ⁻¹)	白蛋白 ALB/(g·L ⁻¹)	球蛋白 GLB/(g·L ⁻¹)	尿酸 UA/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)
A	22	12.13	3.00±0.64	1.16±0.44	17.33±3.33	39.17±5.78 ^a	325.80±56.04
B	24	12.13	2.95±0.50	1.11±0.45	16.33±1.03	31.50±6.16 ^{bc}	340.83±35.09
C	26	12.13	2.28±0.63	0.92±0.29	14.67±3.33	30.67±7.06 ^{bc}	379.33±60.62
D	22	12.53	3.02±0.71	1.23±0.56	16.50±2.26	32.83±5.12 ^{abc}	278.83±19.77
E	24	12.53	2.48±0.44	0.94±0.15	15.33±2.66	29.00±5.90 ^c	274.25±37.24
F	26	12.53	2.53±0.34	0.88±0.16	15.33±1.75	36.83±2.48 ^{ab}	381.33±63.01
			3.01±0.65 ^a	1.19±0.48	16.92±2.75	36.00±6.16	300.18±45.31 ^B
CP	24		2.72±0.51 ^{ab}	1.02±0.33	15.83±1.99	30.25±5.89	314.20±48.26 ^B
	26		2.41±0.50 ^b	0.90±0.23	15.00±2.56	33.75±5.99	380.33±58.96 ^A
ME		12.13	2.74±0.65	1.06±0.39	16.11±2.85	33.78±7.15	350.00±53.44
		12.53	2.68±0.55	1.02±0.36	15.72±2.19	32.89±5.53	316.13±66.75
		CP	0.042	0.153	0.174	0.076	0.002
P 值		ME	0.742	0.711	0.649	0.679	0.117
		CP×ME	0.293	0.740	0.677	0.031	0.247

表 4 饲料能量和蛋白水平对 56 日龄青铜火鸡血清 GH 和 IGF-1 含量的影响

Table 4 Effects of dietary energy and protein level on the contents of GH and IGF-1 in serum of bronze turkey at 56 days of age

组别	CP/%	ME/(MJ·kg ⁻¹)	GH/(ng·mL ⁻¹)	IGF-1/(ng·mL ⁻¹)
A	22	12.13	8.60±1.27 ^A	66.82±12.15 ^{ab}
B	24	12.13	4.41±0.88 ^{CD}	44.12±10.76 ^c
C	26	12.13	3.64±0.86 ^D	57.58±6.26 ^{bc}
D	22	12.53	5.25±0.68 ^{BC}	80.06±8.22 ^a
E	24	12.53	6.08±1.09 ^B	74.37±14.10 ^a
F	26	12.53	5.18±1.17 ^{BC}	77.47±14.01 ^a
CP	22		6.92±2.02 ^A	72.12±12.30
	24		5.41±1.29 ^B	59.25±19.81
	26		4.80±1.27 ^B	68.43±14.89
ME		12.13	5.40±2.42	56.09±13.77 ^B
		12.53	5.54±1.07	76.95±12.27 ^A
P 值		CP	0.007	0.172
		ME	0.858	0.000
		CP×ME	0.000	0.246

表 5 经济效益比较分析

Table 5 Comparison of economic benefits

组别	ME/ (MJ·kg ⁻¹)	CP/%	56 d 体 重/g	商品单价/ (元·kg ⁻¹)	商品收入 (元·只 ⁻¹)	雏鸡成本/ (元·只 ⁻¹)	产肉成本/ (元·kg ⁻¹)	饲料成本/ (元·只 ⁻¹)	人工+防疫 成本/元	利润/ (元·只 ⁻¹)
A	12.13	22	771.83	50.00	38.59	15.00	8.04	5.15	8.60	9.84
B	12.13	24	841.87	50.00	42.09	15.00	7.33	5.22	8.60	13.27
C	12.13	26	923.33	50.00	46.17	15.00	7.22	5.72	8.60	16.85
D	12.53	22	845.84	50.00	42.29	15.00	7.34	5.23	8.60	13.46
E	12.53	24	870.04	50.00	43.50	15.00	7.27	5.36	8.60	14.54
F	12.53	26	841.29	50.00	42.06	15.00	7.14	5.08	8.60	13.39

2.3 饲料能量和蛋白质水平对 56 日龄火鸡血清 GH 和 IGF-1 含量的影响

由表 4 可知, 饲料能量水平对血清 IGF-1 的含

量有极显著性影响, 饲料能量水平从 $12.13 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ 提高到 $12.53 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, 血清 IGF-1 的含量极显著增加了 37.2% ($P < 0.01$)。饲料蛋白质水平极显著影响

血清 GH 含量, 饲料蛋白质水平从 22% 提高到 26%, 血清 GH 的含量极显著降低了 30.6% ($P < 0.01$), 饲料能量和蛋白质水平对血清中 GH 含量有显著交互作用 ($P < 0.01$)。饲料能量水平对血清 GH 含量无显著影响 ($P > 0.05$)。饲料蛋白质水平对 IGF-1 含量无显著影响 ($P > 0.05$)。饲料能量和蛋白质水平对血清 IGF-1 的含量无显著的交互作用 ($P > 0.05$)。

2.4 经济效益分析

由表 5 可知, 56 日龄时, 相比其他饲料营养水平, 饲料能量水平为 12.13 MJ·kg⁻¹, 蛋白质水平为 26% 时, 每只火鸡产生的利润最高。

3 讨论

3.1 饲料能量和蛋白水平对雏火鸡生长性能影响

饲料中适宜的能量和蛋白质水平能够促进动物生长发育, 提高饲料转化效率。蛋白质能够为肠道的发育提供必需的营养物质^[5]。贾代汉等^[6]通过饲喂雪山鸡不同蛋白质水平的饲料, 发现雏鸡生长前期自身消化与免疫系统发育不完善, 对蛋白质的敏感度和需求量较高, 粗蛋白为肠道组织和免疫器官生长发育提供必需物质。Sell 等^[7]在火鸡上的研究表明, 雏鸡更容易吸收大的蛋白质分子, 这与 Yang 等^[8]在肉鸡上研究结果相一致。Laudadio^[9]和 Ritz^[10]等均认为饲料蛋白质水平对火鸡的 ADG、ADFI 和 F/G 有显著影响, 且随着蛋白质水平的提高, ADG 和 ADFI 均呈上升趋势, F/G 呈下降趋势。Haq 等^[11]在肉仔鸡上的研究也表明, 适当提高饲料蛋白质水平, 能够显著提高饲料利用率, 减少饲料浪费。本试验在青铜火鸡上也得到了相似的结果。随着饲料蛋白质水平从 22% 增加到 26%, 火鸡 56 d 体重提高了 9.64%, ADG 提高了 11.51%, F/G 降低了 10.27%。在火鸡育雏期, 饲料蛋白质水平对火鸡的 ADG、ADFI 和 F/G 有显著影响, 且较高的饲料蛋白质水平能够促进火鸡的生长发育, 降低 F/G。这可能是由于雏火鸡自身的消化系统和免疫系统发育不完善, 在生长前期对蛋白质的需求和利用率较高。

本研究结果表明, 饲料能量水平提高对雏火鸡的生长性能均无显著影响, 这可能是由于雏火鸡的生理结构发育不完善, 不能很好地利用较高的能量。同时 Gous 等^[12]研究表明, 当饲料能量水平不足时, 饲料中的蛋白质不能被很好地利用, 而且随着蛋白质水平的提高, 会进一步影响蛋白质的利用率。本试验结果表明, 当饲料能量水平为 12.13 MJ·kg⁻¹ 时, 随着蛋白质水平的提高, 火鸡的生长性能随之提高。这说明在本试验条件下, 12.13 MJ·kg⁻¹ 的饲料能量

水平能够满足 21 ~ 56 日龄雏火鸡的营养需要。随饲料能量水平提高, ADFI 和 F/G 均有降低的趋势, 这进一步验证了禽类具有“为能而食”的特性, 能够根据饲料中的能量水平来自动调节其采食量。徐铁山^[3]和施寿荣^[13]等在鸭和鹅上的研究也证明了禽类的这一特性。

本研究结果还显示饲料能量和蛋白质水平对火鸡 56 d 体重和 ADG 有显著的交互作用, 且当饲料能量水平为 12.13 MJ·kg⁻¹, 蛋白质水平为 26% 时, 火鸡 56 d 体重和 ADG 最大且高于其他组。Donaldson 等^[14]研究表明当饲料中能量蛋白比极度不平衡时, 会影响动物机体的正常代谢, 对火鸡的生长发育产生不利影响, 进而影响蛋白质的利用率。这说明在 6 种饲料营养水平中, 能量水平为 12.13 MJ·kg⁻¹ 时, 蛋白质水平为 26% 的组能量和蛋白比可能是最为平衡的, 对火鸡生长产生了较有利的影响, 具体影响机制值得进行进一步试验研究。

3.2 饲料能量和蛋白水平对雏火鸡血清生化指标的影响

禽类蛋白质分解的主要产物是尿酸 (UA), 血清中 UA 的浓度, 能够直接反映出机体对蛋白质的利用情况, UA 水平提高说明机体排出氮增加。张玲等^[2]对仔鹅的研究结果表明, 血清中 UA 含量会随饲料蛋白质水平的提高而呈上升趋势。本试验研究也得到了相似的结果, 即随着饲料中蛋白质水平的提高, 血清中 UA 的含量呈上升趋势; 22% 和 24% 蛋白组之间血清中 UA 含量无显著差异, 但 26% 蛋白组显著高于 22% 和 24% 蛋白组, 说明了饲料中 24% 蛋白水平可以满足 21~56 日龄雏火鸡的生长发育需求, 饲料中蛋白质水平增加至 26%, 会导致蛋白质代谢产物有所增加, 造成血清中 UA 含量的增加。过多的蛋白质会造成饲料的浪费, 且不利于火鸡的生长发育。

血清 TC 和 TG 对机体血脂代谢有重要的参考依据。本研究结果表明, 随着饲料蛋白质水平的提高, 血清中 TC 的水平均呈下降趋势。李琴等^[5]在肉仔鹅中的研究发现血清中的 TC 和 TG 水平随饲料蛋白质水平的提高呈逐渐下降趋势。这可能是由于饲料中蛋白质水平的提高促进了能量代谢, 进而影响了雏火鸡的脂肪代谢。

血清中球蛋白和白蛋白的含量能够反映机体的健康状况。本研究结果表明, 饲料中能量和蛋白质水平对血清中 GLB 和 ALB 无显著影响, 这说明在火鸡育雏期, 饲料能量水平在 12.13 ~ 12.53 MJ·kg⁻¹, 蛋白质水平在 22% ~ 26% 的范围内对其免

疫系统不产生明显影响。张玲等^[2]在仔鹅上的研究表明, 饲料蛋白质水平不会对试验鹅的免疫系统产生显著影响, 也不会对机体产生病理性损害, 这与本研究结果一致。本试验结果表明, 饲料能量和蛋白质水平对血清中 GLB 含量有显著交互作用, 这说明能量和蛋白质的互作可能会影响机体的免疫系统, 具体机制有待进一步研究。

3.3 饲料能量和蛋白水平对雏火鸡血清中 GH 和 IGF-1 含量的影响

GH 和 IGF-1 对机体的生长具有调节作用, 但对家禽的生长发育不一定起决定性作用^[15]。本研究结果表明, 随能量水平的升高, 血清中 GH 含量无明显变化, IGF-1 的含量逐渐上升; 随着蛋白质水平的升高, 血清中 GH 的含量显著降低, 且与 56 d 体重呈负相关, IGF-1 的含量无明显变化; 血清中 GH 和 IGF-1 含量的变化与上述生长性能研究结果不一致, 这与胡骏鹏^[16]和张玲^[2]等研究结果也存在差异, 可能是与不同物种、采样时间、环境影响等因素有关。另外, Scanes 等^[15]研究表明, GH 含量不能绝对影响火鸡的生长; Bacon 等^[17]通过对 56 日龄火鸡注入外源性 GH, 发现对火鸡的体增重没有影响, 但是会对 IGF-1 的分泌产生影响; Harvey 等^[18]研究发现, 禁食也会影响生长激素的循环浓度。本试验采血是在禁食 12 h 后进行的, 因此可能对血清中生长激素的含量有所影响。前人的研究结果和本试验结果均说明血清中 GH 和 IGF-1 的含量可能与火鸡体增重无绝对的相关性。

4 结论

饲料中能量和蛋白质水平可显著影响火鸡 56 d 体重和 ADG, 且当饲料能量水平为 12.13 MJ·kg⁻¹、蛋白质水平为 26%时, 火鸡 56 d 体重和 ADG 最大。

饲料蛋白质水平会显著影响血清中 UA 的含量, 在一定程度上会导致蛋白质代谢产物的增加。

当饲料能量水平为 12.13 MJ·kg⁻¹, 蛋白质水平为 26%时, 经济效益最好。

在本试验条件下, 得出 21 ~ 56 日龄青铜火鸡雏鸡饲料适宜的能量水平为 12.13 MJ·kg⁻¹, 蛋白质水平为 26%。

参考文献:

[1] 代航, 鲁曼, 杨海明, 等. 日粮中添加稻壳粉对雏火鸡生长性能、体尺指标、内脏器官发育和经济效益的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2017, 44(12): 3491-3496.
[2] 张玲, 袁旭红, 段修军, 等. 不同粗蛋白水平日粮对仔鹅生长性能、血液生化指标和血清激素的影响[J]. 中国

家禽, 2011, 33(16): 29-33.

- [3] 徐铁山, 顾丽红, 孙卫平, 等. 饲料能量水平对 42~90 日龄嘉积鸭生长性能和屠宰性能的影响[J]. 动物营养学报, 2020, 32(11): 5167-5174.
[4] 杨芷, 王志跃, 杨海明, 等. 饲料添加蛋氨酸与甜菜碱对仔鹅生长性能和屠宰性能交互作用研究[J]. 安徽农业大学学报, 2016, 43(4): 520-528.
[5] 李琴, 赵献芝, 谢友慧, 等. 能量和粗蛋白水平对生长期肉鹅血清生化指标和激素水平的影响及相关性分析[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2020(12): 35-41.
[6] 贾代汉, 朱沛霖, 计伟. 日粮蛋白水平对雪山鸡生长性能和屠宰性能的影响[J]. 中国家禽, 2020, 42(7): 109-112.
[7] SELL J L, HASIAK R J, OWINGS W J. Independent effects of dietary metabolizable energy and protein concentrations on performance and carcass characteristics of Tom turkeys[J]. *Poult Sci*, 1985, 64(8): 1527-1535.
[8] YANG Z, PIRGOZLIEV V R, ROSE S P, et al. Effect of age on the relationship between metabolizable energy and digestible energy for broiler chickens[J]. *Poult Sci*, 2020, 99(1): 320-330.
[9] LAUDADIO V, TUFARELLI V, DARIO M, et al. Growth performance and carcass characteristics of female turkeys as affected by feeding programs[J]. *Poult Sci*, 2009, 88(4): 805-810.
[10] RITZ C W, HULET R M, SELF B B, et al. Effects of protein level and enzyme supplementation upon growth and rate of digesta passage of male turkeys[J]. *Poult Sci*, 1995, 74(8): 1323-1328.
[11] NAWAZ H, MUSHTAQ T, YAQOUB M. Effect of varying levels of energy and protein on live performance and carcass characteristics of broiler chicks[J]. *J Poult Sci*, 2006, 43(4): 388-393.
[12] GOUS R M, FAULKNER A S, SWATSON H K. The effect of dietary energy: protein ratio, protein quality and food allocation on the efficiency of utilisation of protein by broiler chickens[J]. *Br Poult Sci*, 2018, 59(1): 100-109.
[13] 施寿荣, 王志跃, 杨海明, 等. 日粮能量和蛋白质水平对 5~10 周龄仔鹅生产性能的影响[J]. 饲料工业, 2006, 27(23): 39-42.
[14] DONALDSON W E, COMBS G F, ROMOSER G L. Studies on energy levels in poultry rations: 3. effect of calorie-protein ratio of the ration on growth, nutrient utilization and body composition of poults[J]. *Poult Sci*, 1958, 37(3): 614-619.
[15] SCANES C G. Perspectives on the endocrinology of poultry growth and metabolism[J]. *Gen Comp Endocrinol*, 2009, 163(1/2): 24-32.
[16] 胡骏鹏, 何瑞国, 范卫星, 等. 豆油能量对朗德鹅超饲养前期生长性能、血清参数及其相关激素水平的影响研究[J]. 中国粮油学报, 2008, 23(1): 131-136.
[17] BACON W L, LONG D W, VASILATOS-YOUNKEN R. Responses to exogenous pulsatile Turkey growth hormone by growing 8-week-old female turkeys[J]. *Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol*, 1995, 111(3): 471-482.
[18] HARVEY S, SCANES C G, CHADWICK A, et al. Influence of fasting, glucose and insulin on the levels of growth hormone and prolactin in the plasma of the domestic fowl (*Gallus domesticus*)[J]. *J Endocrinol*, 1978, 76(3): 501-506.