

赖氨酸和其他必需氨基酸对 1~18 日龄中速型黄羽肉鸡生长性能、血清生化指标、器官指数和肠道组织形态的影响

施寿荣^{1*} 刘勇强¹ 张 珊¹ 朱沛霖²

(1.中国农业科学院家禽研究所,扬州 225125;2.江苏立华牧业股份有限公司,常州 213100)

摘要: 本试验旨在研究赖氨酸和其他必需氨基酸对 1~18 日龄中速型黄羽肉鸡生长性能、血清生化指标、器官指数和肠道组织形态的影响。试验选取 810 羽雄性 1 日龄中速型黄羽肉鸡,随机分成 9 个组,每组 6 个重复,每个重复 15 羽,分别饲喂 9 种不同氨基酸水平的饲料。试验设 3 个赖氨酸水平(0.89%、1.05%、1.20%)和 3 个其他必需氨基酸(蛋氨酸+苏氨酸+色氨酸)水平(低水平:0.66%蛋氨酸+0.58%苏氨酸+0.16%色氨酸;中水平:0.78%蛋氨酸+0.68%苏氨酸+0.19%色氨酸;高水平:0.90%蛋氨酸+0.78%苏氨酸+0.22%色氨酸),试验期 18 d。结果表明:1)1.05%、1.20%赖氨酸水平组平均日增重显著高于 0.89%赖氨酸水平组($P<0.05$),1.05%赖氨酸水平组料重比显著低于 0.89%、1.20%赖氨酸水平组($P<0.05$)。2)赖氨酸和其他必需氨基酸交互作用对血清总蛋白(TP)含量有显著影响($P<0.05$)。1.05%赖氨酸水平组的血清 TP 和尿酸含量显著低于 0.89%、1.20%赖氨酸水平组($P<0.05$);低、中其他必需氨基酸水平组的血清胆固醇和高密度脂蛋白含量显著高于高其他必需氨基酸水平组($P<0.05$),低、中其他必需氨基酸水平组的血清甘油三酯含量显著低于高其他必需氨基酸水平组($P<0.05$)。3)赖氨酸和其他必需氨基酸交互作用对法氏囊指数有显著影响($P<0.05$),赖氨酸水平为 1.20%、蛋氨酸水平为 0.78%、苏氨酸水平为 0.68%、色氨酸水平为 0.19%时,法氏囊指数最高。中其他必需氨基酸水平组的胸腺指数显著高于低、高其他必需氨基酸水平组($P<0.05$)。4)赖氨酸和其他必需氨基酸交互作用对空肠隐窝深度有显著影响($P<0.05$)。0.89%赖氨酸水平组的空肠绒毛高度显著高于 1.05%赖氨酸水平组($P<0.05$)。低其他必需氨基酸水平组的空肠隐窝深度显著低于中、高其他必需氨基酸水平组($P<0.05$),而绒毛高度/隐窝深度显著高于中、高其他必需氨基酸水平组($P<0.05$)。综上所述,在本试验条件下,1~18 日龄中速型黄羽肉鸡饲料赖氨酸为水平 1.05%、蛋氨酸水平为 0.78%、苏氨酸水平为 0.68%、色氨酸水平为 0.19%时,可以获得最佳的生长性能和血清生化指标。

关键词: 中速型黄羽肉鸡;赖氨酸;蛋氨酸;苏氨酸;色氨酸

中图分类号: S823

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2021)02-0779-13

赖氨酸是家禽饲料中的第二限制性氨基酸,被称为“生长型氨基酸”,具有参与能量代谢、蛋白质合成及增强机体免疫等功能^[1-3]。赖氨酸添加

量对确定其他必需氨基酸的添加量极为重要,保持一定的必需氨基酸比例对家禽生长具有重要意义。国内外学者提出了理想氨基酸平衡模式^[4],

收稿日期:2020-08-31

基金项目:江苏现代农业(肉鸡)产业技术体系建设项目(JATS[2019]379)

作者简介:施寿荣(1981—),男,江苏扬州人,副研究员,博士,主要从事家禽饲料营养研究。E-mail: sss236@163.com

* 通信作者:施寿荣,副研究员,硕士生导师,E-mail: sss236@163.com

赖氨酸、蛋氨酸、苏氨酸、色氨酸是家禽玉米-豆粕型饲料的限制性氨基酸^[5-7],已有学者针对氨基酸比例进行研究。席鹏彬等^[8]研究表明,饲料赖氨酸:蛋氨酸:色氨酸为100:40:17时,快长型岭南黄鸡能获得最佳生长性能。林厦菁等^[9]综合生长性能、血浆生化指标等认为适合快大型黄羽肉鸡的饲料赖氨酸:蛋氨酸:苏氨酸:色氨酸:异亮氨酸为100:(44~55):72:23:(54~72)。然而,关于黄羽肉鸡营养需要量的研究不尽相同,加之我国黄羽肉鸡品种繁多,市场覆盖范围逐步增大,完善我国黄羽肉鸡饲养标准的营养需要量至关重要。因此,本试验旨在研究赖氨酸和其他必需氨基酸对1~18日龄黄羽肉鸡生长性能、血清生化指标、器官指数和肠道组织形态的影响,为黄羽肉鸡的营养需要量以及实际生产提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验动物与设计

选择遗传背景相同、同批次、同性别(雄性)、发育正常的1日龄健康中速型“优麻”黄羽肉鸡(江苏立华牧业股份有限公司)810羽,随机分为9

组,每组6个重复,每个重复15羽。试验采用双因素试验设计,以我国《鸡饲养标准》(NY/T 33—2004)中黄羽肉鸡仔鸡营养需要中的氨基酸添加推荐量为基础,结合江苏立华牧业股份有限公司中速鸡的前期研究,确定了本试验的中氨基酸水平,即赖氨酸水平为1.05%、蛋氨酸水平为0.78%、苏氨酸水平为0.68%、色氨酸水平为0.19%;以中氨基酸水平为基础,梯度设置依次为85%基础、100%基础、115%基础,即设3个赖氨酸水平(0.89%、1.05%、1.20%)和3个其他必需氨基酸(蛋氨酸+苏氨酸+色氨酸)水平(低水平:0.66%蛋氨酸+0.58%苏氨酸+0.16%色氨酸;中水平:0.78%蛋氨酸+0.68%苏氨酸+0.19%色氨酸;高水平:0.90%蛋氨酸+0.78%苏氨酸+0.22%色氨酸),试验设计见表1。

1.2 试验饲料

试验饲料参考我国《鸡饲养标准》(NY/T 33—2004)配制,选用玉米、豆粕、玉米蛋白粉等配制而成,其组成及营养水平见表2。各组饲料能量、钙、磷等营养水平相同,通过添加氨基酸调整各组氨基酸水平。

表1 试验设计

Table 1 Experiment design

项目 Items	赖氨酸水平 Lys level/%	其他必需氨基酸水平 Other EAA level	蛋氨酸水平 Met level/%	苏氨酸水平 Thr level/%	色氨酸水平 Try level/%
I组 Group I		低水平 Low-level	0.66	0.58	0.16
II组 Group II	0.89	中水平 Medium-level	0.78	0.68	0.19
III组 Group III		高水平 High-level	0.90	0.78	0.22
IV组 Group IV		低水平 Low-level	0.66	0.58	0.16
V组 Group V	1.05	中水平 Medium-level	0.78	0.68	0.19
VI组 Group VI		高水平 High-level	0.90	0.78	0.22
VII组 Group VII		低水平 Low-level	0.66	0.58	0.16
VIII组 Group VIII	1.20	中水平 Medium-level	0.78	0.68	0.19
IX组 Group IX		高水平 High-level	0.90	0.78	0.22

表2 试验饲料组成及营养水平(风干基础)

Table 2 Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis)

%

项目 Items	组别 Groups								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
原料 Ingredients									
玉米 Corn	65.24	65.59	66.09	65.30	66.09	66.47	65.72	66.47	66.85
豆油 Soybean oil	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.34
豆粕 Soybean meal (43% CP)	23.05	26.95	26.44	23.54	26.44	26.06	23.44	26.06	25.68

续表 2

项目 Items	组别 Groups								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
玉米蛋白粉 Corn protein powder	4.39	1.35	1.33	3.83	1.33	1.31	3.50	1.31	1.29
石粉 Limestone	1.26	1.24	1.24	1.26	1.24	1.24	1.25	1.24	1.24
磷酸氢钙 CaHPO ₄	1.84	1.82	1.83	1.84	1.83	1.83	1.85	1.83	1.84
氯化钠 NaCl	0.16	0.18	0.18	0.13	0.14	0.14	0.09	0.10	0.10
氯化胆碱 Choline chloride (50%)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
多矿 Multi-mineral ¹⁾	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
多维 Multi-vitamin ²⁾	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
赖氨酸盐酸盐 Lys · HCl (98%)	0.19	0.09	0.11	0.39	0.32	0.33	0.59	0.52	0.53
蛋氨酸 Met	0.13	0.27	0.40	0.14	0.28	0.40	0.14	0.28	0.40
色氨酸 Try		0.01	0.04		0.01	0.05		0.02	0.05
苏氨酸 Thr	0.02	0.12	0.22	0.03	0.12	0.23	0.03	0.13	0.23
碳酸氢钠 NaHCO ₃	0.04	0.02	0.02	0.07	0.06	0.06	0.11	0.10	0.10
水洗砂 Washed-out sand	2.91	1.59	1.33	2.70	1.37	1.11	2.51	1.17	0.91
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels ³⁾									
代谢能 ME/(MJ/kg)	11.97	11.97	11.97	11.92	11.97	12.01	11.97	12.01	12.01
粗蛋白质 CP	18.00	18.17	18.25	18.07	18.16	18.28	18.03	18.18	18.29
钙 Ca	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
有效磷 AP	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
可消化赖氨酸 DLys	0.89	0.89	0.89	1.05	1.05	1.05	1.20	1.20	1.20
可消化蛋氨酸 DMet	0.66	0.78	0.90	0.66	0.78	0.90	0.66	0.78	0.90
可消化苏氨酸 DThr	0.58	0.68	0.78	0.58	0.68	0.78	0.58	0.68	0.78
可消化色氨酸 DTry	0.16	0.19	0.22	0.16	0.19	0.22	0.16	0.19	0.22

1) 多矿为每千克饲料提供 Multi-mineral provided the following per kg of diets: Cu 8.00 mg, Zn 75.00 mg, Fe 100.00 mg, Mn 100.00 mg, Se 0.15 mg, I 0.35 mg。

2) 多维为每千克饲料提供 Multi-vitamin provided the following per kg of diets: VA 12 500 IU, VD₃ 2 500 IU, VK₃ 2.65 mg, VB₁ 2.00 mg, VB₂ 6.00 mg, VB₁₂ 0.025 mg, VE 30 IU, 生物素 biotin 0.032 5 mg, 叶酸 folic acid 1.25 mg, 泛酸 pantothenic acid 12.00 mg, 烟酸 nicotinic acid 50.00 mg。

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

1.3 饲养管理

动物养殖试验在中国农业科学院家禽研究所仪征试验基地开展。试验期 18 d (即 1~18 日龄, 为江苏立华牧业股份有限公司确定的中速型黄羽肉鸡的第 1 生长阶段)。试验采用网面平养, 人工持续光照, 育雏温度前 3 d 为 32~35 ℃, 之后每天降低 0.5~1.0 ℃, 直至常温。试验期间试验鸡自由采食和饮水。按试验基地的常规程序进行免疫和饲养管理。

1.4 测定指标与方法

1.4.1 生长性能

在动物试验期间观察试验肉鸡的生长和健康状况, 并记录死淘情况, 在试验开始时以重复为单

位进行称重并记录, 试验结束前 1 天晚上进行断料, 第 2 天 06:00 以重复为单位称重, 记录饲养期间耗料量和死淘状况, 计算平均日增重 (ADG)、平均日采食量 (ADFI) 和料重比 (F/G)。

1.4.2 血清生化指标

试验结束后于每个重复随机选取 2 只鸡进行采血, 翅静脉采血并置于促凝管中, 静置离心制备血清, 于 -20 ℃ 保存。用全自动生化分析仪 (Uni-Cel Dx C 800 Synchron, Beckman Coulter, 美国) 测定血清总蛋白 (TP)、尿酸 (UA)、甘油三酯 (TG)、胆固醇 (CHO)、高密度脂蛋白 (HDL) 含量, 试剂盒购于中山标佳生物科技有限公司。

1.4.3 器官指数

在试验结束后每个重复随机选取 2 只鸡,称重后屠宰,分离单侧胸腺、肝脏、脾脏和法氏囊,并称重,计算相关的器官指数:

$$\text{胸腺指数 (g/kg)} = \frac{\text{单侧胸腺重量 (g)} \times 2}{\text{活体重 (kg)}};$$

$$\text{肝脏指数 (g/kg)} = \frac{\text{肝脏重量 (g)}}{\text{活体重 (kg)}};$$

$$\text{脾脏指数 (g/kg)} = \frac{\text{脾脏重量 (g)}}{\text{活体重 (kg)}};$$

$$\text{法氏囊指数 (g/kg)} = \frac{\text{法氏囊重量 (g)}}{\text{活体重 (kg)}}。$$

1.4.4 肠道组织形态

在试验结束后每个重复随机选取 2 只鸡,屠宰后迅速剪取空肠前端 1 cm 左右,置于 10% 甲醛溶液中浸泡保存,固定 24 h 以上,留作肠道切片。然后进行洗涤、脱水、浸蜡、包埋、切片,并用苏木精-伊红染色,用荧光显微镜 (DM4000B, Leica Microsystems, Wetzlar, 德国) 测量绒毛高度和隐窝深度,计算绒毛高度/隐窝深度 (villous height/crypt depth, V/C)。

1.5 数据处理与统计分析

试验数据采用 SPSS 19.0 软件的一般线性模型 (GLM) 的单变量进行分析,若组间差异显著,则采用 Duncan 氏法进行多重比较, $P < 0.05$ 为差异显著。试验结果用平均值和均值标准误 (SEM) 表示。

2 结果

2.1 赖氨酸和其他必需氨基酸对黄羽肉鸡生长性能的影响

赖氨酸和其他必需氨基酸对黄羽肉鸡生长性能的影响见表 3。赖氨酸和其他必需氨基酸交互作用对黄羽肉鸡生长性能无显著影响 ($P > 0.05$)。赖氨酸显著影响黄羽肉鸡的 ADG 和 F/G ($P < 0.05$), 表现为 1.05%、1.20% 赖氨酸水平组 ADG 显著高于 0.89% 赖氨酸水平组 ($P < 0.05$), 1.05% 赖氨酸水平组 F/G 显著低于 0.89%、1.20% 赖氨酸水平组 ($P < 0.05$)。其他必需氨基酸对黄羽肉鸡 ADG、ADFI 和 F/G 均无显著影响 ($P > 0.05$)。

表 3 赖氨酸和其他必需氨基酸对黄羽肉鸡生长性能的影响

Table 3 Effects of lysine and other essential amino acids on growth performance of yellow-feather broilers

项目 Items		平均日增重 ADG/(g/d)	平均日采食量 ADFI/(g/d)	料重比 F/G
I 组 Group I		17.46	30.59	1.74
II 组 Group II		17.42	30.36	1.74
III 组 Group III		17.43	30.09	1.71
IV 组 Group IV		17.76	30.23	1.70
V 组 Group V		18.05	30.71	1.70
VI 组 Group VI		18.10	29.82	1.68
VII 组 Group VII		17.71	30.77	1.72
VIII 组 Group VIII		17.83	30.82	1.72
IX 组 Group IX		17.68	30.22	1.70
SEM		0.07	0.10	0.01
主效应 Main effects				
赖氨酸水平 Lys level/%	0.89	17.44 ^b	30.35	1.73 ^a
	1.05	17.97 ^a	30.26	1.69 ^b
	1.20	17.74 ^a	30.60	1.72 ^a
SEM		0.12	0.17	0.01
其他必需氨基酸水平 Other EAA level	L	17.64	30.53	1.72
	M	17.71	30.63	1.72
	H	17.74	30.04	1.70
SEM		0.12	0.17	0.01

续表 3

项目 Items		平均日增重 ADG/(g/d)	平均日采食量 ADFI/(g/d)	料重比 F/G
<i>P</i> 值	赖氨酸 Lys	0.014	0.337	0.018
<i>P</i> -value	其他必需氨基酸 Other EAA	0.757	0.054	0.086
	赖氨酸×其他必需氨基酸 Lys×other EAA	0.863	0.766	0.747

L: 低水平(0.66%蛋氨酸+0.58%苏氨酸+0.16%色氨酸); M: 中水平(0.78%蛋氨酸+0.68%苏氨酸+0.19%色氨酸); H: 高水平(0.90%蛋氨酸+0.78%苏氨酸+0.22%色氨酸)。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($P>0.05$)。下表同。

L: low-level (0.66% methionine+0.58% threonine+0.16% tryptophan); M: medium-level (0.78% methionine+0.68% threonine+0.19% tryptophan); H: high-level (0.90% methionine+0.78% threonine+0.22% tryptophan). In the same column, 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 赖氨酸和其他必需氨基酸对黄羽肉鸡血清生化指标的影响

赖氨酸和其他必需氨基酸对黄羽肉鸡血清生化指标的影响见表 4。赖氨酸和其他必需氨基酸交互作用对黄羽肉鸡血清 TP 含量有显著影响($P<0.05$), 对其他血清指标无显著影响($P>0.05$)。同时, 赖氨酸对黄羽肉鸡的血清 TP 和 UA 含量有显著影响($P<0.05$), 表现为 1.05% 赖氨酸水平组的血清 TP 和 UA 含量显著低于 0.89%、

1.20% 赖氨酸水平组($P<0.05$); 赖氨酸对黄羽肉鸡的血清 CHO、TG 和 HDL 含量无显著影响($P>0.05$)。其他必需氨基酸对黄羽肉鸡的血清 CHO、TG 和 HDL 含量有显著影响($P<0.05$), 表现为低、中其他必需氨基酸水平组的血清 CHO 和 HDL 含量显著高于高其他必需氨基酸水平组($P<0.05$), 低、中其他必需氨基酸水平组的血清 TG 含量显著低于高其他必需氨基酸水平组($P<0.05$)。

表 4 赖氨酸和其他必需氨基酸对黄羽肉鸡血清生化指标的影响

Table 4 Effects of lysine and other essential amino acids on serum biochemical indexes of yellow-feather broilers

项目 Items		总蛋白 TP/ (g/L)	尿酸 UA/ ($\mu\text{mol/L}$)	胆固醇 CHO/ ($\mu\text{mol/L}$)	甘油三酯 TG/ ($\mu\text{mol/L}$)	高密度 脂蛋白 HDL/ ($\mu\text{mol/L}$)
I 组 Group I		29.55 ^b	15.24	4.76	0.37	3.11
II 组 Group II		28.29 ^b	11.99	4.77	0.33	3.17
III 组 Group III		29.71 ^b	14.73	4.42	0.41	2.93
IV 组 Group IV		28.43 ^b	13.35	4.69	0.37	2.92
V 组 Group V		30.34 ^a	11.58	4.68	0.33	3.02
VI 组 Group VI		27.23 ^c	12.65	4.17	0.40	2.71
VII 组 Group VII		31.15 ^a	15.98	4.74	0.37	3.14
VIII 组 Group VIII		30.79 ^a	17.58	4.52	0.35	2.86
IX 组 Group IX		31.39 ^a	13.65	4.66	0.38	2.97
SEM		0.26	0.44	0.05	0.01	0.03
主效应 Main effects						
赖氨酸水平 Lys level/%	0.89	29.18 ^b	13.98 ^b	4.65	0.37	3.07
	1.05	28.66 ^c	12.53 ^c	4.51	0.37	2.88
	1.20	31.11 ^a	15.73 ^a	4.64	0.36	2.99
SEM		0.44	0.77	0.08	0.01	0.05
其他必需氨基酸水平 Other EAA level	L	29.71	14.85	4.73 ^a	0.37 ^b	3.06 ^a
	M	29.81	13.71	4.66 ^a	0.34 ^b	3.01 ^a
	H	29.44	13.68	4.41 ^b	0.40 ^a	2.87 ^b

续表 4

项目 Items	总蛋白 TP/ (g/L)	尿酸 UA/ ($\mu\text{mol/L}$)	胆固醇 CHO/ ($\mu\text{mol/L}$)	甘油三酯 TG/ ($\mu\text{mol/L}$)	高密度 脂蛋白 HDL/ ($\mu\text{mol/L}$)	
SEM	0.45	0.77	0.08	0.01	0.05	
<i>P</i> 值	赖氨酸 Lys	0.012	0.028	0.439	0.977	0.058
<i>P</i> -value	其他必需氨基酸 Other EAA	0.845	0.483	0.025	0.017	0.050
	赖氨酸×其他必需氨基酸 Lys×other EAA	0.046	0.162	0.211	0.896	0.150

2.3 赖氨酸和其他必需氨基酸对黄羽肉鸡器官指数的影响

赖氨酸和其他必需氨基酸对黄羽肉鸡器官指数的影响见表 5。赖氨酸和其他必需氨基酸交互作用对黄羽肉鸡的法氏囊指数有显著影响 ($P < 0.05$), 表现为 VIII 组的法氏囊指数显著高于其他各组 ($P < 0.05$); 对胸腺指数、肝脏指数、脾脏指数无

显著影响 ($P > 0.05$)。赖氨酸对黄羽肉鸡的胸腺指数、肝脏指数、脾脏指数和法氏囊指数均无显著影响 ($P > 0.05$)。其他必需氨基酸对黄羽肉鸡的胸腺指数有显著影响 ($P < 0.05$), 表现为中其他必需氨基酸水平组的胸腺指数显著高于低、高其他必需氨基酸水平组 ($P < 0.05$)。

表 5 赖氨酸和其他必需氨基酸对黄羽肉鸡器官指数的影响

Table 5 Effects of lysine and other essential amino acids on organ indexes of yellow-feather broilers g/kg

项目 Items		胸腺指数 Thymus index	肝脏指数 Liver index	脾脏指数 Spleen index	法氏囊指数 Bursa of Fabricius index
I 组 Group I		3.12	27.40	1.19	3.56 ^b
II 组 Group II		3.23	27.53	1.22	3.39 ^b
III 组 Group III		2.92	27.67	1.24	3.47 ^b
IV 组 Group IV		2.72	26.83	1.15	3.49 ^b
V 组 Group V		3.39	26.27	1.37	3.06 ^c
VI 组 Group VI		2.90	26.88	1.17	3.27 ^b
VII 组 Group VII		3.10	27.81	1.11	3.23 ^b
VIII 组 Group VIII		3.20	26.79	1.09	4.01 ^a
IX 组 Group IX		2.56	26.80	1.11	3.39 ^b
SEM		0.06	0.21	0.03	0.06
主效应 Main effects					
赖氨酸水平 Lys level/%	0.89	3.09	27.54	1.22	3.47
	1.05	3.00	26.66	1.23	3.27
	1.20	2.95	27.13	1.10	3.54
SEM		0.10	0.36	0.04	0.10
其他必需 氨基酸水平 Other EAA level	L	2.98 ^b	27.35	1.15	3.43
	M	3.27 ^a	26.86	1.23	3.49
	H	2.79 ^b	27.11	1.17	3.38
SEM		0.10	0.37	0.04	0.10
<i>P</i> 值	赖氨酸 Lys	0.569	0.320	0.085	0.147
<i>P</i> -value	其他必需氨基酸 Other EAA	0.004	0.678	0.494	0.716
	赖氨酸×其他必需氨基酸 Lys×other EAA	0.227	0.850	0.490	0.016

2.4 赖氨酸和其他必需氨基酸对黄羽肉鸡空肠组织形态的影响

赖氨酸和其他必需氨基酸对黄羽肉鸡空肠组织形态的影响见表 6。赖氨酸和其他必需氨基酸交互作用对黄羽肉鸡空肠隐窝深度有显著影响 ($P<0.05$), 对空肠绒毛高度和 V/C 无显著影响 ($P>0.05$)。赖氨酸对黄羽肉鸡空肠绒毛高度有显著影响 ($P<0.05$), 表现为 0.89% 赖氨酸水平组的

空肠绒毛高度显著高于 1.05% 赖氨酸水平组 ($P<0.05$), 与 1.20% 赖氨酸水平组差异不显著 ($P>0.05$)。其他必需氨基酸对黄羽肉鸡的空肠隐窝深度和 V/C 有显著影响 ($P<0.05$), 表现为低其他必需氨基酸水平组的空肠隐窝深度显著低于中、高其他必需氨基酸水平组 ($P<0.05$), 而 V/C 显著高于中、高其他必需氨基酸水平组 ($P<0.05$)。

表 6 赖氨酸和其他必需氨基酸对黄羽肉鸡空肠组织形态的影响

Table 6 Effects of lysine and other essential amino acids on jejunum morphology of yellow-feather broilers

项目 Items		绒毛高度 Villous height/ μm	隐窝深度 Crypt depth/ μm	绒毛高度/隐窝深度 V/C
I 组 Group I		756.60	95.47 ^b	7.46
II 组 Group II		716.01	89.69 ^c	6.94
III 组 Group III		815.53	117.13 ^a	7.28
IV 组 Group IV		705.17	87.43 ^c	8.52
V 组 Group V		623.32	110.88 ^{ab}	7.01
VI 组 Group VI		668.76	85.45 ^c	7.34
VII 组 Group VII		681.45	86.81 ^c	8.40
VIII 组 Group VIII		781.72	105.80 ^{ab}	7.19
IX 组 Group IX		711.93	105.46 ^{ab}	6.91
SEM		11.93	1.35	0.12
主效应 Main effects				
赖氨酸水平 Lys level/%	0.89	762.71 ^a	100.76	7.22
	1.05	665.75 ^b	94.59	7.62
	1.20	725.03 ^{ab}	99.36	7.50
SEM		20.16	2.40	0.20
其他必需氨基酸水平 Other EAA level	L	714.41	89.90 ^b	8.12 ^a
	M	707.02	102.12 ^a	7.04 ^b
	H	732.07	102.68 ^a	7.18 ^b
SEM		20.92	2.31	0.20
P 值 P-value	赖氨酸 Lys	0.009	0.177	0.383
	其他必需氨基酸 Other EAA	0.687	0.001	0.001
	赖氨酸×其他必需氨基酸 Lys×other EAA	0.056	<0.001	0.356

3 讨论

3.1 赖氨酸和其他必需氨基酸对黄羽肉鸡生长性能的影响

赖氨酸是家禽体内用于正常生长和发育不可或缺的营养元素,不但参与机体内蛋白质的合成,而且对机体的能量代谢也有着重要的影响,在实际生产中适宜的赖氨酸添加量对提高肉鸡生长速度及饲料转化率等有重要意义^[10-11]。赖氨酸添加量对确定其他必需氨基酸的添加量极为重要,当

饲料中的赖氨酸水平降低时,其他氨基酸的吸收利用也会受到很大的影响。蛋氨酸作为家禽玉米-豆粕型饲料的第一限制性氨基酸,在饲料中的添加量是影响动物体增重、F/G、屠宰性能的主要因素^[12-15]。苏氨酸亦是肉鸡的必需氨基酸之一,对肉鸡的生长性能、饲料转化率等具有重要影响^[16]。国内外亦有研究表明饲料中色氨酸缺乏会抑制肉鸡的体增重和采食量,同时会显著降低饲料转化率,通过补充合成色氨酸可显著改善肉鸡的生长性能^[17-18]。本研究结果表明,赖氨酸和其

他必需氨基酸交互作用对黄羽肉鸡生长性能无显著影响,但赖氨酸显著影响黄羽肉鸡的 ADG 和 F/G,当赖氨酸水平为 1.05% 时,黄羽肉鸡获得最大 ADG 和最低 F/G,在本试验条件下其他必需氨基酸对黄羽肉鸡生长性能影响不大,可能是因为试验鸡品种及营养需求特征不同,加之当地饲养环境也存在差异。

Knowles 等^[19]研究 4~15 日龄的肉仔鸡获得最大体增重、ADFI 以及最佳饲料转化率的赖氨酸需要量分别为 1.01%、0.91% 和 1.07%,这与本研究得到的赖氨酸需要量接近。Bernal 等^[20]研究 10~21 日龄的肉仔鸡获得最大体增重的赖氨酸需要量为 1.22%,高于本试验研究所得到的结果,这可能是因为不同品种鸡的生理特点以及营养需要特点不同。国内关于不同种类黄羽肉鸡赖氨酸营养需要量的试验研究比较缺少,陈继兰等^[21]研究 1~3 周龄石岐黄肉鸡获得最大生长性能的赖氨酸需要量为 1.03%,与本试验的赖氨酸需要量接近。陈盼盼等^[22]研究表明,饲料中赖氨酸水平从 0.60% 升至 1.40% 时,1~21 日龄肉鸡 ADG 与 ADFI 呈先增加后降低的趋势,F/G 呈先降低后增加的趋势;而当饲料赖氨酸水平为 1.00% 时,F/G 显著低于其他各组。本试验研究与陈盼盼等^[22]的研究结果相似,随着饲料中的赖氨酸水平的提高,黄羽肉鸡 ADG 升高,但 1.05% 和 1.20% 赖氨酸水平组的 ADG 无显著差异,F/G 则先降低后升高,表明肉鸡的生长性能并没有总随着赖氨酸水平的升高而升高。当饲料中赖氨酸水平过量时可能会与其他种类的氨基酸发生拮抗作用,从而抑制肉鸡蛋白质的合成,阻碍生长。

3.2 赖氨酸和其他必需氨基酸对黄羽肉鸡血清生化指标的影响

血清 TP 含量可以反映出机体的营养以及代谢状况,当机体营养欠缺时,或者血液中的水分增多等都能够引起 TP 含量降低,机体营养不良也可以造成血清 TP 含量下降^[23]。Grisoni 等^[24]研究表明,血清 TP 含量是能够有效反映家禽体内蛋白质代谢状况的指标,血清 TP 含量越高,表明家禽体内的蛋白质代谢越旺盛,营养状况表现良好。孙丰^[25]研究报道,饲料中添加高精氨酸和高赖氨酸的 1~21 日龄和 22~42 日龄 2 个阶段肉鸡血清 TP 含量均显著高于基础饲料组。Debnath 等^[26]研究发现,饲料中添加苏氨酸可使血清 TP 含量增

加。本试验结果表明,赖氨酸和其他必需氨基酸交互作用对血清 TP 含量影响显著,适宜的饲料氨基酸水平能够提高血清 TP 的含量,从而加强了肉鸡合成蛋白质的能力,与前人报道研究一致。

UA 是核酸中嘌呤代谢的终极产物,它是用来衡量机体内蛋白质营养状况和分解代谢水平的一个非常重要的指标,当蛋白质合成增加时,血清 UA 含量将降低。王纪亭等^[27]研究表明,适宜的饲料氨基酸比例可以显著降低血清 UA 含量。本试验结果表明,不同的赖氨酸水平组的血清 UA 含量差异显著,但其他必需氨基酸以及赖氨酸和其他必需氨基酸的交互作用对血清 UA 含量无显著影响,从结果看以饲料中赖氨酸水平为 1.05%、蛋氨酸水平为 0.78%、苏氨酸水平为 0.68%、色氨酸水平为 0.19% 时,1~18 日龄中速型黄羽肉鸡血清 UA 含量最低,且增加了血清 TP 含量,从而加强了肉鸡合成蛋白质的能力。

CHO 不但是构成动物机体的重要组织成分,而且也是血液中的脂类转移系统的必需因子。动物血清中 CHO 含量的高低能够体现出动物机体内脂肪的沉积状况。血清 TG 含量在一定意义上能够表明肉仔鸡脂肪合成的强度,当机体某种氨基酸过量或者少量时,其他氨基酸的吸收利用将会受到影响,不能用于合成蛋白质的氨基酸可能用于合成 TG^[28]。当机体脂肪沉积增加时,血清 CHO 和 TG 含量降低。田大龙等^[29]研究表明,饲料赖氨酸水平对 22~42 日龄爱拔益加肉鸡的血清 CHO、TG 含量等指标无显著影响。本试验结果与其类似,赖氨酸对黄羽肉鸡血清 CHO、TG 含量无显著影响,这可能是由于本试验设计的赖氨酸水平不足以对肉鸡体内的脂类代谢产生影响。而其他必需氨基酸对黄羽肉鸡的血清 CHO、TG 含量有显著影响,且血清 CHO 和 HDL 含量随着其他必需氨基酸水平的提高呈现降低趋势。根据血清生化指标确定 1~18 日龄中速型黄羽肉鸡饲料适宜氨基酸组为:赖氨酸水平 1.05%、蛋氨酸水平 0.78%、苏氨酸水平 0.68%、色氨酸水平 0.19%。

3.3 赖氨酸和其他必需氨基酸对黄羽肉鸡器官指数的影响

动物机体的免疫状况能够通过对其主要的免疫器官重量以及免疫器官指数来评价,比如胸腺指数、脾脏指数、法氏囊指数等可以在一定程度上反映动物机体的免疫功能^[30],免疫器官的生长和

发育对机体的免疫力强度有着直接的影响作用,免疫器官指数的提高则代表机体免疫系统发育的速度较快,表明机体的免疫力比较强。陈盼盼等^[22]研究发现,饲料赖氨酸水平为 1.00% 时,肉鸡胸腺、肝脏等器官重量最大。田大龙等^[29]研究表明,饲料赖氨酸水平对 22~42 日龄爱拔益加肉鸡的胸腺指数、肝脏指数和脾脏指数有显著影响。而李燕蒙等^[31]研究表明,饲料赖氨酸缺乏会显著抑制胸腺的发育,而对脾脏和法氏囊指数没有显著影响。本试验结果表明,赖氨酸对黄羽肉鸡的胸腺指数、肝脏指数、脾脏指数以及法氏囊指数无显著影响。而赖氨酸和其他必需氨基酸交互作用对黄羽肉鸡法氏囊指数具有显著影响,饲料中赖氨酸水平为 1.20%、蛋氨酸水平为 0.78%、苏氨酸水平为 0.68%、色氨酸水平为 0.19% 时,肉鸡的法氏囊指数最高,说明合理的氨基酸配比在一定程度上可以促进黄羽肉鸡的免疫器官发育,从而增强机体免疫力。

郑辉等^[32]研究表明,饲料中不同的蛋氨酸水平对肉鸡的胸腺指数有显著影响。Azzam 等^[33]研究表明,饲料中苏氨酸水平的提高对肉鸡的胸腺指数、法氏囊指数没有显著影响。Taghinejad-Roudbaneh 等^[16]研究 8 种不同水平的苏氨酸饲料对 21~42 日龄肉鸡免疫器官指数的影响,发现苏氨酸对肉鸡脾脏指数没有显著影响。王红梅等^[34]研究发现,饲料苏氨酸水平对肉鸡法氏囊指数没有显著影响,但对脾脏指数有显著影响,且苏氨酸水平为 0.67% 时肉鸡脾脏指数最高。本试验研究结果与之接近,本试验结果表明,随着氨基酸水平的提高,肉鸡胸腺指数有先增高后降低的趋势,饲料中蛋氨酸水平为 0.78%、苏氨酸水平为 0.68%、色氨酸水平为 0.19% 时,肉鸡胸腺指数最高,表明试验肉鸡的免疫器官指数并没有总随着氨基酸水平的升高而升高,饲料氨基酸水平过低或过高均会影响机体免疫系统的发育及功能的发挥。

3.4 赖氨酸和其他必需氨基酸对黄羽肉鸡空肠组织形态的影响

良好的小肠结构和小肠功能是动物体消化并吸收营养物质和健康生长的生理学基础^[35]。消化系统的消化吸收强度会随着肠绒毛高度的增加而增强,从而促进动物的生长发育^[36]。蒋桂韬等^[37]研究发现,饲料赖氨酸水平为 0.75% 时,临武鸭的肠绒毛高度显著增加,表明适宜的赖氨酸水平可

以提高肠道绒毛高度。而杨麒^[38]研究表明,提高饲料中赖氨酸水平能够显著降低肉鸡肠道绒毛高度,赖氨酸水平为 1.15% 时,各个肠段的隐窝深度最浅。本研究结果表明,随着饲料赖氨酸水平增加,空肠绒毛高度呈先降低而后升高的趋势,饲料赖氨酸水平为 0.89% 时,空肠绒毛高度最大,而各组的空肠隐窝深度无显著差异。这可能是高水平的赖氨酸会增加空肠的消化吸收负担,从而引起空肠绒毛的发育速度降低。

陈娜娜等^[39]研究表明,蛋氨酸锌可以显著降低空肠黏膜的隐窝深度。对于蛋氨酸、苏氨酸以及色氨酸对肠道黏膜影响的研究鲜见。本研究结果表明,赖氨酸和其他必需氨基酸交互作用对黄羽肉鸡空肠隐窝深度有显著影响,当赖氨酸水平为 1.05% 时,低、高其他必需氨基酸水平组空肠黏膜隐窝深度相对较低。V/C 能够综合反映小肠的功能状态,若 V/C 降低,则代表黏膜不完整,机体消化吸收功能会降低,常易发生腹泻,从而阻碍动物生长;若 V/C 升高,表明肠内膜面积比较大,肠黏膜的结构得到益化,单位面积内的肠绒毛细胞数量提高,消化吸收功能得增强,腹泻率降低^[40-41]。Selle 等^[42]研究报道,饲料赖氨酸水平为 1.15% 时,肉鸡的回肠消化率得到显著改善。本试验结果表明,赖氨酸对肉鸡空肠黏膜 V/C 没有显著影响,而其他必需氨基酸对空肠黏膜 V/C 有显著影响,低其他必需氨基酸水平即蛋氨酸水平为 0.66%、苏氨酸水平为 0.58%、色氨酸水平为 0.16% 时,回肠黏膜 V/C 最高,从而增加空肠肠段的消化率。

4 结 论

① 饲料赖氨酸水平为 1.05% 时,1~18 日龄中速型黄羽肉鸡获得最大 ADG 和最低 F/G,而其他必需氨基酸对黄羽肉鸡生长性能影响不大。

② 饲料赖氨酸水平为 1.05%、蛋氨酸水平为 0.78%、苏氨酸水平为 0.68%、色氨酸水平为 0.19% 时,1~18 日龄中速型黄羽肉鸡血清 UA 含量最低,且血清 TP 含量较高。

③ 饲料赖氨酸水平为 1.20%、蛋氨酸水平为 0.78%、苏氨酸水平为 0.68%、色氨酸水平为 0.19% 时,1~18 日龄中速型黄羽肉鸡的法氏囊指数最高。

参考文献:

- [1] 王信喜,李小娟,张宜辉,等.家禽赖氨酸研究进展[J].中国饲料,2011(16):13-16,19.
WANG X X, LI X J, ZHANG Y H, et al. Research progress of lysine in poultry [J]. China Feed, 2011 (16): 13-16. (in Chinese)
- [2] 田颖,彭景,陈玉.人体赖氨酸需要量的研究进展[J].现代预防医学,2014,41(1):22-24,27.
TIAN Y, PENG J, CHEN Y. Research progress of human lysine requirement [J]. Modern Preventive Medicine, 2014, 41(1): 22-24, 27. (in Chinese)
- [3] PLUMSTEAD P W, ROMERO-SANCHEZ H, PATON N D, et al. Effects of dietary metabolizable energy and protein on early growth responses of broilers to dietary lysine [J]. Poultry Science, 2007, 86(12): 2639-2648.
- [4] BAKER D H. Ideal amino acid profiles for swine and poultry and their applications in feed formulation [R]. Chesterfield: Biokyowa Publ. Co., 1997: 1-24.
- [5] NETKE S P, SCOTT H M, ALLEE G L. Effect of excess amino acids on the utilization of the first limiting amino acid in chick diets [J]. The Journal of Nutrition, 1969, 99(1): 75-81.
- [6] BOOMGAARDT J, BAKER D H. Sequence of limiting amino acids in gelatin for the growing chick [J]. Poultry Science, 1972, 51(5): 1650-1655.
- [7] BAGHEL R P S, PRADHAN K. Effect of energy, protein and limiting amino acid levels on retention of lysine, methionine and cystine and weight gains in broilers during hot season [J]. Indian Journal of Animal Nutrition, 1988, 5(2): 127-132.
- [8] 席鹏彬,林映才,郑春田,等.饲粮色氨酸水平对1~21日龄黄羽肉鸡生长、体成分沉积及下丘脑5羟色胺的影响[J].动物营养学报,2011,23(1):43-52.
XI P B, LIN Y C, ZHENG C T, et al. Effects of dietary tryptophan levels on growth, whole-body nutrient retention and hypothalamic serotonin concentration in yellow-feathered broilers aged 1 to 21 days [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2011, 23(1): 43-52. (in Chinese)
- [9] 林厦菁,蒋守群,丁发源,等.1~21日龄快大型黄羽肉鸡低蛋白质饲粮氨基酸平衡模式[J].动物营养学报,2014,26(9):2542-2552.
LIN X J, JIANG S Q, DING F Y, et al. Amino acid balance pattern of a low protein diet in fast-growing yellow-feathered broilers aged from 1 to 21 days [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2014, 26(9): 2542-2552. (in Chinese)
- [10] POWELL S, BIDNER T D, SOUTHERN L L. The interactive effects of glycine, total sulfur amino acids, and lysine supplementation to corn-soybean meal diets on growth performance and serum uric acid and urea concentrations in broilers [J]. Poultry Science, 2009, 88(7): 1407-1412.
- [11] ZHAI W, PEEBLES E D, WANG X, et al. Effects of dietary lysine and methionine supplementation on Ross 708 male broilers from 21 to 42 d of age (III): serum metabolites, hormones, and their relationship with growth performance [J]. Journal of Applied Poultry Research, 2016, 25(2): 223-231.
- [12] DAŞKIRAN M, ÖNOL A G, CENGİZ Ö, et al. Effects of dietary methionine levels and L-carnitine supplementation on performance and egg quality parameters of layers [J]. Journal of Animal and Feed Sciences, 2009, 18(4): 650-661.
- [13] KALINOWSKI A, MORAN E T, Jr, WYATT C L. Methionine and cystine requirements of slow- and fast-feathering broiler males from three to six weeks of age [J]. Poultry Science, 2003, 82(9): 1428-1437.
- [14] SI J, FRITTS C A, WALDROUP P W, et al. Effects of excess methionine from meeting needs for total sulfur amino acids on utilization of diets low in crude protein by broiler chicks [J]. Journal of Applied Poultry Research, 2004, 13(4): 579-587.
- [15] CHAMRUSPOLLERT M, PESTI G M, BAKALLI R I. Influence of temperature on the arginine and methionine requirements of young broiler chicks [J]. Journal of Applied Poultry Research, 2004, 13(4): 628-638.
- [16] TAGHINEJAD-ROUDBANEH M, BABAEE M J, AFROOZIYEH M, et al. Estimation of dietary threonine requirement for growth and immune responses of broilers [J]. Journal of Applied Animal Research, 2013, 41(4): 474-483.
- [17] CORZO A, MORAN E J, Jr, HOEHLER D, et al. Dietary tryptophan need of broiler males from forty-two to fifty-six days of age [J]. Poultry Science, 2005, 84(2): 226-231.
- [18] SHAN A S, STERLING K G, PESTI G M, et al. The influence of temperature on the threonine and tryptophan requirements of young broiler chicks [J]. Poultry Science, 2003, 82(7): 1154-1162.
- [19] KNOWLES T A, SOUTHERN L L. The lysine requirement and ratio of total sulfur amino acids to ly-

- sine for chicks fed adequate or inadequate lysine[J]. Poultry Science, 1998, 77(4): 564-569.
- [20] BERNAL L E P, TAVERNARI F C, ROSTAGNO H S, et al. Digestible lysine requirements of broilers[J]. Brazilian Journal of Poultry Science, 2014, 16(1): 49-54.
- [21] 陈继兰, 侯水生, 吕连山, 等. 石岐黄肉鸡前期日粮总含硫氨基酸和赖氨酸需要量的研究[J]. 畜牧兽医学报, 1997, 28(5): 394-400.
- CHEN J L, HOU S S, LV L S, et al. Study on the dietary requirements of total sulphur containing amind acid and lysine of *Shiqi* yellow broiler during the early growth period [J]. Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica, 1997, 28(5): 394-400. (in Chinese)
- [22] 陈盼盼, 闵育娜, 王哲鹏, 等. 日粮赖氨酸水平对 1~21 日龄肉鸡生长性能和血清生化指标的影响[J]. 中国家禽, 2017, 39(9): 29-34.
- CHEN P P, MIN Y N, WANG Z P, et al. Effects of dietary lysine level on growth performance and serum biochemical parameters of broilers at the age of 1 to 21 days[J]. China Poultry, 2017, 39(9): 29-34. (in Chinese)
- [23] 田河, 杨桂芹, 刘显军, 等. 以可消化氨基酸为基础配制日粮对蛋用种母鸡繁殖性能和蛋白质代谢的影响[J]. 中国饲料, 2006(11): 22-24, 30.
- TIAN H, YANG G Q, LIU X J, et al. Effects of the diets based on digestive amino acids on reproductive ability and protein metabolism of laying hens[J]. China Feed, 2006(11): 22-24, 30. (in Chinese)
- [24] GRISONI M, UZU G, LARBIER M, et al. Effect of dietary lysine level on lipogenesis in broilers[J]. Reproduction Nutrition Development, 1991, 31(6): 683-690.
- [25] 孙丰. 日粮精氨酸和赖氨酸水平对肉仔鸡生产性能及血液生化指标的影响[D]. 硕士学位论文. 北京: 中国农业科学院, 2010.
- SUN F. Effects of dietary arginine and lysine on growth and blood biochemical indicator in broilers [D]. Master's Thesis. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2010. (in Chinese)
- [26] DEBNATH B C, BISWAS P, ROY B. The effects of supplemental threonine on performance, carcass characteristics, immune response and gut health of broilers in subtropics during pre-starter and starter period[J]. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 2019, 103(1): 29-40.
- [27] 王纪亭, 孙存孝, 杨在宾, 等. 肉鸡日粮中赖氨酸与精氨酸适宜比例的研究[J]. 畜牧兽医学报, 1999, 30(3): 3-5.
- WANG J T, SUN C X, YANG Z B, et al. Study on effects of different ratios of lysine to arginine (L/A) in diets of broilers[J]. Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica, 1999, 30(3): 3-5. (in Chinese)
- [28] SCHUTTE J B, PACK M. Sulfur amino acid requirement of broiler chicks from fourteen to thirty-eight days of age. I. Performance and carcass yield[J]. Poultry Science, 1995, 74(3): 480-487.
- [29] 田大龙, 陈盼盼, 瞿宝兵, 等. 饲料赖氨酸水平对 22~42 日龄 AA 肉鸡生长性能及血清生化指标的影响[J]. 中国家禽, 2017, 39(8): 15-19.
- TIAN D L, CHEN P P, ZI B B, et al. Effects of dietary lysine level on growth performance and serum biochemical parameters of AA broilers at the age of 22 to 42 days[J]. China Poultry, 2017, 39(8): 15-19. (in Chinese)
- [30] 王自力, 鲁琳, 朱晓宇, 等. 中药复方对鸡免疫器官指数及 *IL-2* 表达的动态影响[J]. 中国兽医科学, 2007, 37(6): 543-546.
- WANG Z L, LU L, ZHU X Y, et al. Effects of Chinese materia medica on the indexes of immune organs and expression of *IL-2* in immune organs in chicken [J]. Veterinary Science in China, 2007, 37(6): 543-546. (in Chinese)
- [31] 李燕蒙, 田大龙, 陈盼盼, 等. 赖氨酸对肉鸡生长性能、免疫器官发育及免疫相关基因表达的影响[J]. 中国家禽, 2019, 41(4): 22-27.
- LI Y M, TIAN D L, CHEN P P, et al. Effects of dietary lysine on growth performance, immune organs development and expression of immune-associated genes of broilers [J]. China Poultry, 2019, 41(4): 22-27. (in Chinese)
- [32] 郑辉, 李兵, 范伟, 等. 两种蛋氨酸添加剂对肉仔鸡生产性能和免疫器官发育的影响[J]. 饲料广角, 2008(1): 25-27.
- ZHENG H, LI B, FAN W, et al. The effect of two methionines additives to the growth performance and immune organ growth of broilers[J]. Feed China, 2008, (1): 25-27. (in Chinese)
- [33] AZZAM M M M, EL-GOGARY M R. Effects of dietary threonine levels and stocking density on the performance, metabolic status and immunity of broiler chickens [J]. Asian Journal of Animal and Veterinary Advances, 2015, 10(5): 215-225.
- [34] 王红梅, 刘国华, 陈玉林, 等. 日粮苏氨酸水平对 0~3

- 周龄肉仔鸡生长性能、血清生化指标及免疫机能的影响[J]. 中国家禽, 2005, 27(20): 12-15.
- WANG H M, LIU G H, CHEN Y L, et al. Effect of dietary threonine levels on growth performance, serum biochemical parameters and immune function in broilers at 0~3 weeks [J]. *China Poultry*, 2005, 27(20): 12-15. (in Chinese)
- [35] PAIVA D, WALK C, MCELROY A. Dietary calcium, phosphorus, and phytase effects on bird performance, intestinal morphology, mineral digestibility, and bone ash during a natural necrotic enteritis episode [J]. *Poultry Science*, 2014, 93(11): 2752-2762.
- [36] THOMAS D V, RAVINDRAN V. Effect of cereal type on the performance, gastrointestinal tract development and intestinal morphology of the newly hatched broiler chick [J]. *The Journal of Poultry Science*, 2008, 45(1): 46-50.
- [37] 蒋桂韬, 林谦, 张旭, 等. 日粮赖氨酸水平对 12~18 周龄雌性临武鸭生长性能及肠道结构的影响 [J]. *家畜生态学报*, 2014, 35(11): 33-36.
- JIANG G T, LIN Q, ZHANG X, et al. Effect of diet lys level on growth performance and intestinal villi structure of 12 to 18 weeks female *Linwu* ducks [J]. *Acta Ecologica Animalis Domastici*, 2014, 35(11): 33-36. (in Chinese)
- [38] 杨麒. 日粮赖氨酸水平对 0~3 周龄肉仔鸡生长性能及肠道发育的影响 [D]. 硕士学位论文. 哈尔滨: 东北农业大学, 2018.
- YANG L. Effects of dietary lysine levels on growth performance and intestinal development of 0 to 3 weeks old broilers [D]. Master's Thesis. Harbin: Northeast Agricultural University, 2018. (in Chinese)
- [39] 陈娜娜, 马莲香, 侯川川, 等. 蛋氨酸锌对蛋鸡生产性能、肠道形态、组织学结构及盲肠微生物菌群的影响 [J]. *中国畜牧杂志*, 2017, 53(9): 102-108.
- CHEN N N, MA L X, HOU C C, et al. Effects of zinc-methionine on performance, intestinal morphology, histological structure and cecal microbial flora of laying hens [J]. *Chinese Journal of Animal Science*, 2017, 53(9): 102-108. (in Chinese)
- [40] KATO Y, YU D H, SCHWARTZ M Z. Glucagonlike peptide-2 enhances small intestinal absorptive function and mucosal mass *in vivo* [J]. *Journal of Pediatric Surgery*, 1999, 34(1): 18-21.
- [41] EWTUSHIK A L, BERTOLO R F P, BALL R O. Intestinal development of early-weaned piglets receiving diets supplemented with selected amino acids or polyamines [J]. *Canadian Journal of Animal Science*, 2000, 80(4): 653-662.
- [42] SELLE P H, RAVINDRAN V, RAVINDRAN G, et al. Effects of dietary lysine and microbial phytase on growth performance and nutrient utilisation of broiler chickens [J]. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 2007, 20(7): 1100-1107.

Effects of Lysine and Other Essential Amino Acids on Growth Performance, Serum Biochemical Indexes, Organ Indexes and Intestinal Morphology of Medium-Speed Yellow-Feather Broilers during 1 to 18 Days of Age

SHI Shourong^{1*} LIU Yongqiang¹ ZHANG Shan¹ ZHU Peiji²

(1. Poultry Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Yangzhou 225125, China; 2. Lihua Livestock Company of Jiangsu Province, Changzhou 213100, China)

Abstract: The aim of this experiment was to study the effects of lysine and other essential amino acids on growth performance, serum biochemical indexes, organ indexes and intestinal morphology of medium-speed yellow-feather broilers during 1 to 18 days of age. A total of 810 one-day-old male medium-speed yellow-feather broilers were randomly divided into 9 groups with 6 replicates per group and 15 broilers per replicate, and fed with 9 different amino acid levels of diets. Three lysine levels (0.89%, 1.05% and 1.20%) and three other essential amino acids levels (low-level: 0.66% methionine+0.58% threonine+0.16% tryptophan; medium-level: 0.78% methionine+0.68% threonine+0.19% tryptophan; high-level: 0.90% methionine+0.78% threonine+0.22% tryptophan) were designed. The experimental period was 18 days. The results showed as follows: 1) the average daily gain of 1.05% and 1.20% lysine level groups was significantly higher than that of 0.89% lysine level group ($P<0.05$), and the ratio of feed to gain of 1.05% lysine level group was significantly lower than that of 0.89% and 1.20% lysine level groups ($P<0.05$). 2) The interaction of lysine and other essential amino acids had significant effect on serum total protein (TP) content ($P<0.05$). The contents of TP and uric acid in serum of 1.05% lysine level group were significantly lower than those of 0.89% and 1.20% lysine level groups ($P<0.05$); the contents of cholesterol and high density lipoprotein in serum of low and medium other essential amino acids level groups were significantly higher than those of high other essential amino acids level group ($P<0.05$), and the serum triglyceride content of low and medium other essential amino acids level groups was significantly lower than those of high other essential amino acids level group ($P<0.05$). 3) The interaction of lysine and other essential amino acids had significant effect on bursa of Fabricius index ($P<0.05$), which was highest when lysine level was 1.20%, methionine 0.78% level was, threonine level was 0.68% and tryptophan level was 0.19%. The thymus index of medium other essential amino acids level group was significantly higher than that of low and high other essential amino acids level groups ($P<0.05$). 4) The interaction of lysine and other essential amino acids had significant effect on jejunum crypt depth ($P<0.05$). The jejunum villus height of 0.89% lysine level group was significantly higher than that of 1.05% lysine level group ($P<0.05$). The jejunum crypt depth of low other essential amino acids level group was significantly lower than that of medium and high other essential amino acids level groups ($P<0.05$), and the villus height/crypt depth was significantly higher than that of medium and high other essential amino acids level groups ($P<0.05$). In conclusion, when the dietary levels of lysine, methionine, threonine and tryptophan are 1.05%, 0.78%, 0.68% and 0.19%, respectively, the growth performance and serum biochemical indexes of medium-speed yellow-feather broilers during 1 to 18 days of age are the best under this experimental conditions. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2021, 33(2): 779-791]

Key words: medium-speed yellow-feather broilers; lysine; methionine; threonine; tryptophan