动物营养学报 2022,34(8):4969-4976
Chinese Journal of Animal Nutrition

doi:10.3969/j.issn.1006-267x.2022.08.022

饲粮不同含硫氨基酸水平对育成期海兰灰蛋鸡生长发育及后续生长和产蛋性能的影响

张家图　耿顺菊　赵丽红　张建云　黄世猛　马秋刚*

(中国农业大学动物科学技术学院,动物营养学国家重点实验室,北京 100193)

摘　要: 本试验旨在研究饲粮不同含硫氨基酸(SAA)水平对育成期海兰灰蛋鸡生长发育及后续生长和产蛋性能的影响。采用单因素试验设计,选取240只体重和胫骨长度相近的9周龄海兰灰商品代蛋鸡,随机分为4个组,每组6个重复,每个重复10只鸡。对照组饲喂SAA水平为0.54%的基础饲粮,试验组分别饲喂在基础饲粮中添加0.08%、0.16%和0.24%可消化蛋氨酸(等量替换各组沸石粉)的饲粮。各组饲粮SAA水平(实测值)分别为0.54%、0.62%、0.70%和0.78%。育成期试验期为7周(9~15周龄);后续的预产蛋期和产蛋高峰期各组采用相同饲粮,持续观察到33周龄末。结果表明:1)育成期饲粮不同SAA水平对海兰灰蛋鸡的终末体重、平均日增重和料重比均无显著影响($P>0.05$)。与对照组相比,0.62% SAA组蛋鸡平均日采食量显著提高($P<0.05$)。2)10和12周龄,与对照组相比,试验组蛋鸡体重显著提高($P<0.05$),且随着饲粮SAA水平的提高,蛋鸡体重呈线性提高($P<0.05$);10周龄,与对照组相比,试验组蛋鸡胫骨长度显著增加($P<0.05$),且随着饲粮SAA水平的提高,蛋鸡胫骨长度呈线性增加($P<0.05$)。3)20周龄,与对照组相比,0.62% SAA组后续产蛋期蛋鸡胫骨长度显著增加($P<0.05$);同时,随着育成期饲粮SAA水平的提高,后续产蛋期蛋鸡胫骨长度呈二次曲线变化($P<0.05$)。22和29周龄,育成期饲粮添加不同水平的SAA对后续产蛋期海兰灰蛋鸡体重和胫骨长度均无显著影响($P>0.05$)。4)育成期饲粮不同SAA水平对21~33周龄海兰灰蛋鸡产蛋性能无显著影响($P>0.05$)。综合育成期蛋鸡生长发育及后续产蛋性能,海兰灰商品代蛋鸡育成期饲粮SAA水平以0.62%~0.70%为宜。

关键词: 海兰灰蛋鸡;育成期;含硫氨基酸;生长性能;持续效应

中图分类号:S831.5　　**文献标识码:**A　　**文章编号:**1006-267X(2022)08-4969-08

含硫氨基酸(sulfur amino acid,SAA)是动物体内重要的功能性氨基酸,对提高畜禽生产性能、免疫机能和改善肠道发育等具有重要作用[1]。作为一种功能性氨基酸,除了能够参与调节机体蛋白质结构、代谢和氧化等活动外[2],SAA在机体免疫调控和缓解环境变化诱发应激损伤方面扮演着重要角色[2-3]。研究表明,饲粮添加适量SAA可以显著改善产蛋高峰期"京红"蛋鸡的生产性能[4]。由此可见,SAA对促进机体发育和改善畜禽产品质量具有重要应用价值。SAA为蛋氨酸、胱氨酸和半胱氨酸的统称[5],其中蛋氨酸作为玉米-豆粕型蛋鸡饲粮的主要限制性氨基酸,广泛参与机体内多种生物学功能。徐良梅等[6]研究表明,饲粮添加蛋氨酸不仅能够提高饲粮中蛋白质的利用率进而降低生产成本,而且还发现蛋氨酸具有抗氧化应激和调节机体免疫的功能。Marou-

收稿日期:2022-02-26

基金项目:国家蛋鸡产业技术体系(CARS-40-K08)

作者简介:张家图(1999—),女,河北承德人,硕士研究生,从事动物营养与饲料科学研究。E-mail: Twinkletu2958@hotmail.com

*通信作者:马秋刚,教授,博士生导师,E-mail: maqiugang@cau.edu.cn

fyan 等[7]和 Rama Rao 等[8]研究表明,家禽机体免疫应答水平与饲粮中蛋氨酸添加水平呈正相关。因此,添加适宜水平 SAA 不仅可以提高动物的生长性能并获得更优质的畜禽产品,而且还能节约饲粮,减少饲料投入,从而达到提高经济效益的目的。众所周知,育成期作为蛋鸡生产程序中至关重要的阶段,蛋鸡体重、胫骨长度和骨骼发育等情况直接影响蛋鸡产蛋期生产性能和畜禽养殖企业的经济效益。海兰灰品系因其生长发育快、产蛋高峰期维持时间长、适应环境能力好、抵抗力强以及粉色蛋壳等特点,占据我国蛋鸡市场重要份额。然而,我国对于海兰灰育成期蛋鸡 SAA 供给量研究较少。为此,本研究旨在确定海兰灰商品代蛋鸡育成期(9~15 周龄)饲粮 SAA 添加水平,为我国海兰灰蛋鸡饲养标准的精准制定和饲粮配制提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料和试验设计

本试验选取健康、体重和胫骨长度相近的 9 周龄海兰灰商品代蛋鸡共计 240 只,随机分为 4 个组,每组 6 个重复,每个重复 10 只鸡。试验用*DL*-蛋氨酸(纯度≥99%)由住友化学株式会社提供,以 NY/T 33—2004[9]为依据,将对照组 0.54% SAA 水平设为基准,各试验组依次分别添加 0.08%、0.16%和 0.24%的可消化蛋氨酸等量替换各组沸石粉,各组饲粮 SAA 水平(实测值)分别为 0.54%、0.62%、0.70%和 0.78%。育成期、预产蛋期和产蛋高峰期采用干粉型的玉米-豆粕饲粮,以 NY/T 33—2004[9]标准进行饲粮配制,自由采食,饲粮组成及营养水平见表 1。饲养试验在中国农业大学涿州试验基地开展,育成期试验期为 7 周(9~15 周龄);后续的预产蛋期和产蛋高峰期各组采用相同饲粮,持续观察到 33 周龄末。

表 1 饲粮组成及营养水平(风干基础)

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

项目 Items	育成期(9~15 周龄)饲粮 SAA 水平 Dietary SAA levels during growing period (9 to 15 weeks of age)/%				预产蛋期(16~20 周龄) Pre-laying period (16 to 20 weeks of age)	高峰期(21~33 周龄) Peak laying period (21 to 33 weeks of age)
	0.54	0.62	0.70	0.78		
原料 Ingredients						
玉米 Corn	64.25	64.25	64.25	64.25	68.25	65.77
小麦麸 Wheat bran	9.50	9.50	9.50	9.50		
去皮豆粕 Dehulled soybean meal						23.00
豆粕 Soybean meal	19.00	19.00	19.00	19.00	22.80	
石粉 Limestone	1.40	1.40	1.40	1.40	6.40	8.80
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.80	1.80	1.80	1.80	1.70	1.60
食盐 NaCl	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
维生素预混料 Vitamin premix[1)]	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03
微量元素预混料 Trace element premix[2)]	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
DL-蛋氨酸 *DL*-Met		0.08	0.16	0.24	0.12	0.10
赖氨酸 Lys (65%)	0.05	0.05	0.05	0.05		
苏氨酸 Thr	0.10	0.10	0.10	0.10		
氯化胆碱 Choline chloride	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
大豆油 Soybean oil	2.00	2.00	2.00	2.00		
沸石粉 Zeolite powder	1.16	1.08	1.00	0.92		
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[3)]						
粗蛋白质 CP	14.89	14.97	15.05	15.13	15.52	15.95

续表 1

项目 Items	育成期(9~15 周龄)饲粮 SAA 水平 Dietary SAA levels during growing period (9 to 15 weeks of age)/%				预产蛋期(16~20 周龄) Pre-laying period (16 to 20 weeks of age)	高峰期(21~33 周龄) Peak laying period (21 to 33 weeks of age)
	0.54	0.62	0.70	0.78		
代谢能 ME/(MJ/kg)	11.80	11.80	11.80	11.80	11.30	11.26
钙 Ca	1.01	1.01	1.01	1.01	2.90	3.79
总磷 TP	0.69	0.69	0.69	0.69	0.60	0.60
非植酸磷 NPP	0.44	0.44	0.44	0.44	0.39	0.40
蛋氨酸 Met	0.24	0.32	0.40	0.48	0.37	0.40
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.54	0.62	0.70	0.78	0.64	0.66
赖氨酸 Lys	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.83
色氨酸 Try	0.17	0.17	0.17	0.17		
苏氨酸 Thr	0.63	0.63	0.63	0.63		

1)维生素预混料为每千克饲粮提供 The vitamin premix provided the following per kg of diets: VA 8 000 IU, VD_3 3 600 IU, VE 21 IU, VB_1 3 mg, VB_2 10.2 mg, VK_3 4.2 mg, VB_6 5.4 mg, VB_{12} 0.024 mg, 泛酸钙 calcium pantothenate 15 mg, 叶酸 folic acid 0.9 mg, 生物素 biotin 0.15 mg, 烟酸 nicotinic acid 45 mg。

2)微量元素预混料为每千克饲粮提供 The trace element premix provided the following per kg of diets: Zn 83 mg, Fe (as ferrous sulfate) 66 mg, Mn (as manganese sulfate) 80 mg, Cu (as copper sulfate) 6.8 mg, Se (as sodium selenite) 0.3 mg, I (as potassium iodide) 1 mg。

3)蛋氨酸+半胱氨酸为实测值,其他均为计算值。Met+Cys was a measured value, while the others were calculated values.

1.2　测定指标

1.2.1　生长性能

观察各组蛋鸡的健康状况,试验期以重复为单位,分别于 9、10、12 和 15 周龄末整理和统计耗料量、体重和胫骨长度等数据。汇总和统计各组的平均日采食量(ADFI)、平均日增重(ADG)和料重比(F/G)。育成期试验结束后,饲喂相同饲粮后统计每阶段(20、22 和 29 周龄末)的蛋鸡体重和胫骨长度,以及试验期间死亡鸡只数。

1.2.2　产蛋性能

育成期试验结束后,饲喂相同营养水平的饲粮,每天 15:30 开始收集各组鸡蛋,以重复为单位统计产蛋数、平均蛋重和平均日产蛋量,计算试验期内(21~33 周龄)的产蛋率。

1.3　数据分析

采用 Excel 2016 进行数据整理,使用 SPSS 20.0 统计软件对数据进行 GLM 分析,采用 Duncan 氏法进行多重比较,生长性能和产蛋性能数据以重复作为试验单位,对差异显著数据进行二次拟合曲线分析,结果用“平均值±标准误”(mean±SE)以及均值标准误(SEM)表示,以 $P<0.05$ 为差异显著,$0.05<P<0.10$ 为有差异显著趋势。

2　结果与分析

2.1　饲粮不同 SAA 水平对育成期海兰灰蛋鸡生长性能的影响

由表 2 可知,与对照组(0.54% SAA 组)相比,0.62% SAA 组育成期(9~15 周龄)蛋鸡平均日采食量显著提高($P<0.05$),同时 0.62% SAA 组蛋鸡终末体重和平均日增重均一定程度上高于其他组($P>0.05$)。饲粮添加不同水平的 SAA 对育成期(9~15 周龄)海兰灰蛋鸡的终末体重、平均日增重和料重比均无显著影响($P>0.05$)。

2.2　饲粮不同 SAA 水平对育成期海兰灰蛋鸡体重和胫骨长度的影响

由表 3 可知,9 周龄,随着饲粮 SAA 水平的提高,蛋鸡胫骨长度呈线性增加($P<0.05$);同时,与对照组相比,0.70% SAA 组蛋鸡胫骨长度具有增加趋势($0.05<P<0.10$)。10 和 12 周龄,与对照组相比,0.62%、0.70%和 0.78% SAA 组蛋鸡体重显著提高($P<0.05$),并且随着饲粮 SAA 水平的提高,蛋鸡体重呈线性提高($P<0.05$)。10 周龄,与对照组相比,0.62%、0.70%和 0.78% SAA 组蛋鸡胫骨长度显著增加($P<0.05$),并且随着饲粮 SAA 水平的提高,蛋鸡胫骨长度呈线性增加($P<0.05$)。

表 2 饲粮不同 SAA 水平对育成期海兰灰蛋鸡生长性能的影响

Table 2 Effects of different dietary SAA levels on growth performance of Hy-Line grey laying hens during growing period

项目 Items		初始体重 IBW/g	终末体重 FBW/g	平均日采食量 ADFI/g	平均日增重 ADG/g	料重比 F/G
饲粮 SAA 水平 Dietary SAA levels/%	0.54	728.83±13.24	1 226.30±37.13	61.69±3.62^{b}	11.05±0.91	5.62±0.64
	0.62	730.33±17.22	1 268.83±25.50	65.93±2.14^{a}	11.97±0.57	5.51±0.13
	0.70	735.33±14.12	1 251.83±37.65	61.37±2.44^{b}	11.48±0.64	5.36±0.25
	0.78	746.33±20.45	1 265.30±31.17	62.66±2.34^{b}	11.53±0.27	5.44±0.25
SEM		13.57	6.74	1.10	0.26	0.15
P 值 *P*-value						
处理 Treatment		0.14	0.28	0.03	0.14	0.67
线性 Linear		0.07	0.12	0.74	0.42	0.32
二次 Quadratic		0.30	0.49	0.19	0.12	0.56

同列数据肩标相同字母或无字母表示差异不显著($P>0.05$),不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下表同。

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

表 3 饲粮不同 SAA 水平对育成期海兰灰蛋鸡体重和胫骨长度的影响

Table 3 Effects of different dietary SAA levels on body weight and shank length of Hy-Line grey laying hens during growing period

项目 Items		9 周龄 9 weeks of age		10 周龄 10 weeks of age		12 周龄 12 weeks of age		15 周龄 15 weeks of age	
		体重 BW/g	胫骨长度 TL/mm	体重 BW/g	胫骨长度 TL/mm	体重 BW/g	胫骨长度 TL/mm	体重 BW/g	胫骨长度 TL/mm
饲粮 SAA 水平 Dietary SAA levels/%	0.54	708.13	87.11	814.07^{b}	93.27^{b}	994.90^{b}	99.87	1 214.07	100.81
	0.62	730.57	87.85	872.77^{a}	95.09^{a}	1 062.20^{a}	100.95	1 270.27	101.64
	0.70	732.37	88.94	867.90^{a}	95.20^{a}	1 043.97^{a}	100.52	1 247.63	101.34
	0.78	730.40	88.24	884.17^{a}	95.39^{a}	1 070.73^{a}	100.26	1 253.33	101.27
SEM		10.33	0.48	11.35	0.49	15.00	0.42	16.99	0.42
P 值 *P*-value									
处理 Treatment		0.30	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	0.33	0.13	0.56
线性 Linear		0.14	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	0.70	0.21	0.52
二次 Quadratic		0.24	0.13	0.06	0.10	0.18	0.12	0.14	0.30

2.3 育成期饲粮不同 SAA 水平对后续产蛋期海兰灰蛋鸡生长性能的影响

由表 4 可知,20 周龄,与对照组相比,0.62% SAA 组后续产蛋期蛋鸡胫骨长度显著增加($P<0.05$);同时,随着育成期饲粮 SAA 水平的提高,后续产蛋期蛋鸡胫骨长度呈二次曲线变化($P<0.05$)。22 和 29 周龄,育成期饲粮添加不同水平的 SAA 对后续产蛋期海兰灰蛋鸡体重和胫骨长度均无显著影响($P>0.05$)。

2.4 育成期饲粮不同 SAA 水平对后续产蛋期海兰灰蛋鸡产蛋性能的影响

由表 5 可知,育成期饲粮添加不同水平的 SAA 对 21~33 周龄海兰灰蛋鸡产蛋性能无显著影响($P>0.05$);同时,0.62%或 0.70% SAA 组蛋鸡平均蛋重、平均日产蛋量和产蛋率在一定程度上高于其他组($P>0.05$)。

表 4　育成期饲粮不同 SAA 水平对后续产蛋期海兰灰蛋鸡生长性能的影响

Table 4　Effects of different dietary SAA levels during growing period on growth performance of Hy-Line grey laying hens during subsequent laying period

项目 Items		20 周龄 20 weeks of age		22 周龄 22 weeks of age		29 周龄 29 weeks of age	
		体重 BW/g	胫骨长度 TL/mm	体重 BW/g	胫骨长度 TL/mm	体重 BW/g	胫骨长度 TL/mm
育成期饲粮 SAA 水平 Dietary SAA levels during growing period/%	0.54	1 474.21	102.88[b]	1 674.79	101.19	1 736.21	100.87
	0.62	1 564.10	104.59[a]	1 722.20	101.86	1 694.83	101.76
	0.70	1 515.73	103.02[b]	1 719.47	101.29	1 679.37	101.13
	0.78	1 531.30	102.40[b]	1 722.03	101.83	1 705.80	101.24
SEM		22.23	0.50	26.30	0.46	26.16	0.45
P 值 *P*-value							
处理 Treatment		0.05	0.02	0.52	0.62	0.48	0.55
线性 Linear		0.22	0.18	0.24	0.51	0.37	0.81
二次 Quadratic		0.10	0.02	0.40	0.88	0.20	0.38

表 5　育成期饲粮不同 SAA 水平对后续产蛋期海兰灰蛋鸡产蛋性能的影响

Table 5　Effects of different dietary SAA levels during growing period on laying performance of Hy-Line grey laying hens during subsequent laying period

项目 Items		平均蛋重 Average egg weight/g	平均日产蛋量 Average daily egg production/g	产蛋率 Laying rate/%
育成期饲粮 SAA 水平 Dietary SAA levels during growing period/%	0.54	54.60±3.77	42.50±15.79	75.87±27.14
	0.62	54.54±2.94	44.10±12.00	79.18±21.20
	0.70	53.18±2.88	44.48±10.85	83.16±19.26
	0.78	53.46±2.83	42.67±11.94	78.87±20.89
SEM		0.87	3.55	6.19
P 值 *P*-value				
处理 Treatment		0.55	0.97	0.87
线性 Linear		0.22	0.95	0.64
二次 Quadratic		0.85	0.64	0.54

3　讨　论

3.1　饲粮不同 SAA 水平对育成期海兰灰蛋鸡生长发育的影响

蛋氨酸不仅是畜禽必需的 SAA[10],而且作为主要的限制性氨基酸在畜禽生长发育、免疫调控和营养代谢过程中发挥着重要作用[11-12]。目前,在禽类饲粮中通常添加的蛋氨酸主要为结晶 *DL*-蛋氨酸、液态蛋氨酸羟基类似物和 *L*-蛋氨酸等,其中 *DL*-蛋氨酸应用效果和市场接受度最好,因此,本试验选用 *DL*-蛋氨酸作为研究对象。前人研究发现,在禽类饲粮中蛋氨酸添加水平高于 NRC(1984)标准可显著提高肉鸡生长性能和抗氧化能力,改善肉鸡的肉品质,显著提高产蛋率[13]。Wu 等[14]研究发现,肉鸡饲粮中缺乏蛋氨酸将显著降低机体免疫机能,表现在胸腺指数显著降低,T 细胞增殖和白细胞介素-2(IL-2)含量显著降低,细胞凋亡率显著提高。Ma 等[15]研究发现,随着饲粮蛋氨酸水平的提高,38 周龄蛋鸡生产性能得到显著提高,主要表现在能够改善机体消化道功能和营养代谢水平,并且显著地促进肠道菌群组成和功能。由此可见,依据家禽生长发育规律,饲粮中补充适量蛋氨酸对促进机体生长发育、免疫机能成熟和肠道健康至关重要。Liu 等[16]研究表明,在 37 周龄的海兰褐蛋鸡饲粮中补充适当剂量蛋氨酸,维持蛋氨酸+半胱氨酸与赖氨酸比值为 0.75 时,能够显著改善蛋鸡生长性能和饲料利用效率。在本试验中,在饲粮赖氨酸含量为 0.75%条件下,

与对照组(0.54% SAA)相比,海兰灰蛋鸡育成期饲粮中含有0.62% SAA可显著提高其平均日采食量;同时,随着饲粮SAA水平的提高,9和10周龄蛋鸡胫骨长度呈线性增加,10和12周龄蛋鸡体重呈线性提高,而且10周龄蛋鸡体重具有二次曲线变化趋势,由此表明适量添加SAA可以有助于改善蛋鸡生长发育。D'Agostini等[17]研究表明,7~12周龄的罗曼粉和罗曼褐蛋鸡饲粮SAA需求量分别为0.710%和0.706%;索菲娅等[18]研究表明,7~12周龄京红商品代蛋鸡饲粮SAA需要量为0.62%,以上研究结果均与本试验结果相似,部分结果有所差异的原因可能是由于试验动物的品种和年龄不同所导致。本试验期间,海兰灰蛋鸡育成期饲粮中不同SAA水平显著影响其平均日采食量,且0.62% SAA组蛋鸡平均日采食量显著高于其他3组,同时0.62% SAA组蛋鸡终末体重和平均日增重高于其他组。结合本试验蛋鸡育成期的胫骨长度和体重结果可知,与对照组相比,10周龄,0.62%、0.70%和0.78% SAA组海兰灰蛋鸡的体重与胫骨长度、以及12周龄的体重呈线性提高。综上所述,在海兰灰蛋鸡育成期(9~15周龄),当饲粮中SAA水平维持在0.62%~0.70%时,可极大发挥蛋鸡在该阶段的生长性能,而且一定程度上避免蛋氨酸浪费等问题,由此为海兰灰蛋鸡育成期饲粮的精准配制提供了理论依据。

3.2 育成期饲粮不同SAA水平对21~33周龄海兰灰蛋鸡生长和产蛋性能的影响

育成期蛋鸡的饲粮营养价值和饲养管理水平是决定蛋鸡在该阶段培育成功与否的关键,育成期蛋鸡的生长性能直接影响产蛋阶段生产性能的发挥,因此海兰灰蛋鸡育成期最佳营养供给量的研究十分必要。前人研究发现,蛋鸡育雏和育成阶段生长发育的好坏影响后续性成熟与生产性能[19]。陈曦等[20]研究表明,育成期蛋鸡饲粮中添加适应水平的营养物质能够弥补育雏阶段营养不足而形成的生长性能差异。然而在蛋鸡生产程序中,由于不同地方、不同企业和不同品种等因素很难保证给蛋鸡提供适宜的营养摄入量,最终无法在后续生长阶段消除这种差异化影响。通过本试验后续蛋鸡体重数据可知,育成期饲粮不同SAA水平对蛋鸡体重的影响会持续到22周龄甚至29周龄,这可能与育成阶段或是更早期的SAA水平限制有关,造成预产蛋期和产蛋高峰期蛋鸡的补偿性生长。Da Silva等[21]研究发现,蛋鸡育雏后期提供低水平SAA对产蛋性能会造成后续影响。陈曦等[20]发现育雏前期饲粮不同SAA水平不会持续影响育雏后期和育成期"京红1号"蛋鸡的体重和胫骨长度,但对蛋鸡产蛋阶段的产蛋性能具有一定潜在影响。通过分析本试验中21~33周龄蛋鸡的产蛋性能,我们发现尽管各组之间没有显著差异,但与对照组相比,0.70% SAA组蛋鸡平均日产蛋量和产蛋率有稍许提高,其中产蛋率提高了9.61%,说明饲粮不同SAA水平对育成期蛋鸡造成的影响会对后续部分产蛋性能造成持续作用,这可能是由于SAA的营养成分前期在体内进行了有效蓄积,而后续在产蛋期得以持续发挥作用。

4 结 论

海兰灰蛋鸡育成期阶段,饲粮不同SAA水平显著影响其体重和胫骨生长发育。以平均日采食量、体重和胫骨长度为参照指标,综合育成期、预产蛋期和产蛋高峰期海兰灰蛋鸡的生长发育和产蛋性能等数据,9~15周龄海兰灰蛋鸡饲粮SAA水平以0.62%~0.70%为宜。

参考文献:

[1] TESSERAUD S, MÉTAYER COUSTARD S, COLLIN A, et al. Role of sulfur amino acids in controlling nutrient metabolism and cell functions: implications for nutrition[J]. British Journal of Nutrition, 2009, 101(8): 1132-1139.

[2] BIN P, HUANG R L, ZHOU X H. Oxidation resistance of the sulfur amino acids: methionine and cysteine[J]. BioMed Research International, 2017, 2017: 9584932.

[3] 宗恩艳,熊霞,杨焕胜,等.含硫氨基酸对猪生长性能及肠道功能的影响机制[J].生命科学研究,2016,20(5):466-470.
ZONG E Y, XIONG X, YANG H S, et al. The effects and mechanisms of sulfur amino acids on growth performance and intestinal function in pigs[J]. Life Science Research, 2016, 20(5): 466-470. (in Chinese)

[4] 梁中军,韩雪娇,马秋刚,等.饲粮含硫氨基酸水平对京红蛋鸡产蛋高峰期生产性能的影响[J].动物营养学报,2015,27(12):3720-3725.
LIANG Z J, HAN X J, MA Q G, et al. Effects of dietary levels of sulphur amino acids on performance of

Jinghong laying hens during peak production period [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2015, 27 (12): 3720-3725. (in Chinese)

[5] BROSNAN J T, BROSNAN M E. The sulfur-containing amino acids: an overview [J]. Journal of Nutrition, 2006, 136(6 Suppl): 1636S-1640S.

[6] 徐良梅,曹淑鑫,刘大伟,等.含硫氨基酸在动物肠道代谢及养殖生产中应用[J].东北农业大学学报,2019,50(2):90-96.
XU L M, CAO S X, LIU D W, et al. Metabolism of sulfur amino acids in animal intestinal and application in aquaculture production [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2019, 50(2): 90-96. (in Chinese)

[7] MAROUFYAN E, KASIM A, HASHEMI S R, et al. The effect of methionine and threonine supplementations on immune responses of broiler chickens challenged with infectious bursal disease [J]. American Journal of Applied Sciences, 2010, 7(1): 44-50.

[8] RAMA RAO S V, PRAHARAJ N K, PANDA A K, et al. Interaction between genotype and dietary concentrations of methionine for immune function in commercial broilers [J]. British Poultry Science, 2003, 44(1): 104-112.

[9] 中华人民共和国农业部.鸡饲养标准:NY/T 33—2004[S].北京:中国农业出版社,2004.
Ministry of Agriculture of the PRC. Feeding standard of chicken: NY/T 33—2004 [S]. Beijing: China Agriculture Press, 2004. (in Chinese)

[10] 林泽铃,蒋守群.家禽蛋氨酸营养研究新进展[J].广东畜牧兽医科技,2021,46(4):1-6,19.
LIN Z L, JIANG S Q. New progress of methionine nutrition in poultry [J]. Guangdong Journal of Animal and Veterinary Science, 2021, 46(4): 1-6, 19. (in Chinese)

[11] MATSUSHITA K, TAKAHASHI K, AKIBA Y. Effects of adequate or marginal excess of dietary methionine hydroxy analogue free acid on growth performance, edible meat yields and inflammatory response in female broiler chickens [J]. The Journal of Poultry Science, 2007, 44(3): 265-272.

[12] KIM W K, FROELICH C A, PATTERSON P H, et al. The potential to reduce poultry nitrogen emissions with dietary methionine or methionine analogues supplementation [J]. World's Poultry Science Journal, 2006, 62(2): 338-353.

[13] AHMED M E, ABBAS T E. Effects of dietary levels of methionine on broiler performance and carcass characteristics [J]. International Journal of Poultry Science, 2011, 10(2): 147-151.

[14] WU B Y, CUI H M, PENG X, et al. Effect of methionine deficiency on the thymus and the subsets and proliferation of peripheral blood T-cell, and serum IL-2 contents in broilers [J]. Journal of Integrative Agriculture, 2012, 11(6): 1009-1019.

[15] MA M L, GENG S J, LIU M L, et al. Effects of different methionine levels in low protein diets on production performance, reproductive system, metabolism, and gut microbiota in laying hens [J]. Frontiers in Nutrition, 2021, 8: 739676.

[16] LIU Z, WU G, BRYANT M M, et al. Influence of added synthetic lysine in low-protein diets with the methionine plus cysteine to lysine ratio maintained at 0.75 [J]. Journal of Applied Poultry Research, 2005, 14(1): 174-182.

[17] D'AGOSTINI P, GOMES P C, CALDERANO A A, et al. Requirement of methionine+cystine for pullets in the growing phase from 7 to 12 weeks old [J]. Arquivo Brasileiro De Medicina Veterinária e Zootecnia, 2012, 64(6): 1699-1706.

[18] 索菲娅,梁中军,马秋刚,等.7~12 周龄京红商品代蛋鸡饲粮含硫氨基酸需要量的研究[J].动物营养学报,2018,30(2):553-559.
SUO F Y, LIANG Z J, MA Q G, et al. Dietary sulphur amino acids requirement of *Jinghong* commercial layers from 7 to 12 weeks of age [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2018, 30(2): 553-559. (in Chinese)

[19] CASTRO F L S, KIM Y, XU H, et al. The effect of total sulfur amino acid levels on growth performance and bone metabolism in pullets under heat stress [J]. Poultry Science, 2020, 99(11): 5783-5791.

[20] 陈曦,刘茹,赵丽红,等.育雏前期含硫氨基酸水平对育雏、育成及产蛋期"京红 1 号"蛋鸡生产性能的影响[J].中国畜牧杂志,2018,54(8):75-79.
CHEN X, LIU R, ZHAO L H, et al. Effects of different levels of total sulfur amino acids during 0-2wk on production performance of *Jinghong* layers in brooding, rearing and laying period [J]. Chinese Journal of Animal Science, 2018, 54(8): 75-79. (in Chinese)

[21] 潘迎丽,孙秋娟,张晓怡,等."京粉 6 号"商品蛋鸡产蛋期适宜蛋白、蛋氨酸水平的研究[J].中国饲料,2021(7):92-96.
PAN Y L, SUN Q J, ZHANG X Y, et al. Study on the suitable level of protein and methionine of "Jing Tint 6" commodity laying hens [J]. China Feed, 2021(7): 92-96. (in Chinese)

[22] DA SILVA E L, DA SILVA J H V, BERTECHINI A G, et al. Methionine+cystine requirements for light and semi-heavy pullets from 1 to 4 weeks of age fed crushed or ground rations [J]. Revista Brasileira de Zootecnia, 2009, 38(3): 500-507.

Effects of Different Dietary Sulfur Amino Acid Levels on Growth and Development and Subsequent Growth and Laying Performance of Hy-Line Grey Laying Hens during Growing Period

ZHANG Jiatu GENG Shunju ZHAO Lihong ZHANG Jianyun HUANG Shimeng MA Qiugang*

(*State Key Laboratory of Animal Nutrition*, *College of Animal Science and Technology*, *China Agricultural University*, *Beijing* 100193, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to investigate the effects of different dietary sulfur-containing amino acid (SAA) levels on growth and development and subsequent growth and laying performance of Hy-Line grey laying hens during growing period. A total of 240 Hy-Line grey commercial laying hens of 9-week-old with similar body weight and tibia length were randomly divided into 4 groups with 6 replicates per group and 10 hens per replicate. Hens in the control group were fed a basal diet with SAA level of 0.54%, and those in experimental groups were fed the basal diet supplemented with 0.08%, 0.16% and 0.24% digestible methionine (replaced zeolite powder in each group in equal quantity), respectively. Dietary SAA levels (measured values) in each group were 0.54%, 0.62%, 0.70% and 0.78%, respectively. The growing period was 7 weeks (9 to 15 weeks of age). Then the same diet was used in the subsequent pre-laying period and peak laying period, and the observation lasted until the end of 33 weeks of age. The results showed as follows: 1) different dietary SAA levels had no significant effects on the final body weight, average daily gain and feed to gain ratio of Hy-Line grey laying hens during growing period ($P>0.05$). Compared with the control group, the average daily feed intake of laying hens in 0.62% SAA group was significantly increased ($P<0.05$). 2) At 10 and 12 weeks of age, the body weight of laying hens in experimental groups was significantly increased compared with the control group ($P<0.05$), which was linearly increased with the increase of dietary SAA level ($P<0.05$). At 10 weeks of age, the tibia length of laying hens in experimental groups was significantly increased compared with the control group ($P<0.05$), which was linearly increased with the increase of dietary SAA level ($P<0.05$). 3) At 20 weeks of age, the tibia length of laying hens in 0.62% SAA group was significantly increased compared with the control group ($P<0.05$); meanwhile, with the increase of dietary SAA level in growing period, the tibia length in laying period showed a quadratic curve change ($P<0.05$). At 22 and 29 weeks of age, different dietary SAA levels during growing period had no significant effects on body weight and tibia length of Hy-Line grey laying hens during subsequent laying period ($P>0.05$). 4) Different dietary SAA levels during growing period had no significant effects on laying performance of Hy-Line grey laying hens from 21 to 33 weeks of age ($P>0.05$). Considering the growth and development during growing period and subsequent laying performance of laying hens, the optimal dietary SAA level of Hy-Line grey commercial laying hens during growing period is 0.62% to 0.70%. [***Chinese Journal of Animal Nutrition***, **2022**, **34**(**8**):**4969-4976**]

Key words: Hy-Line grey laying hens; growing period; sulfur amino acid; growth performance; sustained effects

* Corresponding author, professor, E-mail: maqiugang@cau.edu.cn

(责任编辑 田艳明)