

不同粗蛋白和苏氨酸水平对生长前期 北京鸭羽毛发育的影响

郭 锋,张 丽,侯水生*,谢 明,黄 苇,喻俊英

(中国农业科学院北京畜牧兽医研究所 动物营养学国家重点实验室,北京 100193)

摘 要: 采用 2×5 试验设计,研究了 2 个粗蛋白(CP)水平(14%和 20%)和 5 个苏氨酸水平(0.50%、0.58%、0.66%、0.74%、0.82%)对生长前期北京鸭羽毛发育的影响。480 只 1 日龄雄性北京鸭随机分为 10 组,每组 6 个重复,每个重复 8 只鸭。试验期为 0~21 d。结果表明,日粮粗蛋白和苏氨酸水平均极显著影响北京鸭产毛率、正羽百根质量、正羽长、绒羽千朵质量和绒羽长($P < 0.01$)。高 CP 水平下,日粮苏氨酸水平从 0.74%增加到 0.82%对正羽百根质量、正羽长、绒羽千朵质量和绒朵长均无显著影响($P > 0.05$)。在低 CP 水平下,苏氨酸极显著增加正羽百根质量、正羽长、绒羽千朵质量和绒朵长度($P < 0.01$)。因此,苏氨酸在羽毛早期发育中具有重要作用,羽毛发育需要高水平的苏氨酸。

关键词: 羽毛; 苏氨酸; 蛋白质; 北京鸭; 发育

中图分类号:S834.81; S816.4

文献标识码:A

文章编号:0366-6964(2012)01-0065-06

Effect of Dietary Crude Protein and Threonine on Feather Development of Starter Peking Ducks

GUO Feng, ZHANG Li, HOU Shui-sheng*, XIE Ming, HUANG Wei, YU Jun-ying

(The National Laboratory of Animal Nutrition, Institute of Animal Science,
Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract: A 2×5 factorial experiment containing two CP levels(14%, 20%) and five threonine levels(0.5%, 0.58%, 0.66%, 0.74% and 0.82%) was conducted to evaluate the effects of different CP and threonine levels on feather development of starter Peking ducks. Four hundred and eighty one-day-old male Peking ducks were randomly divided into 10 groups with 6 replicates in each group and 8 ducks in each replicate. These ducks were raised with experimental diets from 1 to 21 days of age. The results showed that threonine and CP in diets significantly affected the feather meat, one thousand downs weight, down length, one hundred plumages weight and plumages length($P < 0.01$). Dietary threonine levels from 0.74% to 0.82% did not affect feather reproduction rate, one thousand downs weight, down length, one hundred plumages weight and plumages length at higher dietary CP levels($P > 0.05$). However, dietary threonine levels from 0.74% to 0.82% significantly increased feather reproduction rate, one thousand downs weight, down length, one hundred plumages weight and plumages length at lower dietary CP levels($P < 0.01$). These results indicate that dietary threonine levels significantly affected feather development of starter White Peking ducks. Feather development need higher levels of threonine.

Key words: feather; threonine; protein; White Peking duck; development

收稿日期:2011-01-27

基金项目:现代水禽产业技术体系建设专项资金资助

作者简介:郭 锋(1985-),男,河北保定人,硕士,主要从事水禽羽毛发育调控的研究,E-mail: daguofeng@126.com

* 通讯作者:侯水生,研究员,E-mail: houses@263.net

羽毛是水禽重要的外貌特征,主要起到防止皮肤磨损感染和保温隔热的作用。良好的被羽对胴体品质起决定性作用^[1]。绒羽是水禽生产的重要副产品。随着集约化养禽业的蓬勃发展以及水禽笼养早养技术的推广,水禽羽毛的生长发育出现了一系列的问题,如发育相对滞后、羽绒产率和品质下降等。羽毛主要由角蛋白组成,角蛋白中含有 20 种氨基酸^[2]。不同品种水禽羽毛或不同类型羽毛其氨基酸组成存在很大差异^[3]。因此,蛋白质和氨基酸营养对于水禽羽毛发育具有十分重要的作用。

Urdaneta-Rincon 等^[4]研究表明,粗蛋白水平从 $170 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 增加到 $250 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,羽毛质量显著增加。苏氨酸在绒羽和正羽中均占总氨基酸含量的 5% 左右,但是丝氨酸在羽毛总氨基酸中占有 12%,这高于羽毛中任何氨基酸的含量^[5]。苏氨酸作为必需氨基酸在畜禽体内可以转化丝氨酸。羽毛中苏氨酸与丝氨酸含量之和甚至高于含硫氨基酸,而含硫

氨基酸被普遍认为在羽毛发育中具有重要作用^[6-8]。目前为止国内外还未见有关于苏氨酸对羽毛发育影响的相关研究报道。本试验通过设立不同的蛋白质和苏氨酸水平探究其对生长前期北京鸭羽毛发育的影响及其交互作用。从羽毛发育的角度估计苏氨酸的需要量。

1 材料与方法

1.1 试验日粮

试验设 10 种日粮,采用 2×5 试验设计,2 个蛋白水平(14% 和 20%)和 5 个苏氨酸水平(0.50%、0.58%、0.66%、0.74%、0.82%),其中 2 种日粮为基础日粮(对照组),其余 8 种日粮为基础日粮中分别添加 0.08%、0.16%、0.24%、0.32% 苏氨酸配制而成。其他营养物质参照 NRC(1994)饲养标准中肉鸭的营养需要及根据实际生产经验进行设计。

表 1 试验基础日粮组成及营养成分(风干基础)

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

项目 Item	低蛋白日粮 Low CP diet	高蛋白日粮 High CP diet	项目 Item	低蛋白日粮 Low CP diet	高蛋白日粮 High CP diet
原料 Ingredient			营养水平 Nutrient level		
玉米 Corn	55.90	39.30	能量 ME(MJ · kg ⁻¹) ²⁾	12.75	12.59
玉米淀粉 Corn flour	20.00	20.00	粗蛋白质 CP	14.00	20.00
豆粕 Soybean meal	2.00	2.00	钙 Ca	0.967	1.00
花生粕 Peanut meal	14.40	30.50	有效磷 AP	0.406	0.439
豆油 Bean oil	2.30	3.20	赖氨酸 Lys	1.11	1.11
磷酸氢钙 CaHPO ₄	1.60	1.60	蛋氨酸 Met	0.72	0.72
石粉 Limestone	1.00	1.00	色氨酸 L-Trp	0.237	0.237
食盐 NaCl	0.30	0.30	异亮氨酸 L-Ile	0.62	0.62
预混料 Premix ¹⁾	1.00	1.00	缬氨酸 L-Val	0.80	0.80
DL-蛋氨酸 DL-Met	0.40	0.40			
赖氨酸盐酸盐 Lys hydrochloride	0.70	0.50			
L-苏氨酸 L-Thr	0.10	0.10			
L-异亮氨酸 L-Ile	0.30	0.10			
L-缬氨酸 L-Val	0.34	0.20			
合计 Total	100.00	100.00			

¹⁾ 预混料为每千克饲料提供 Cu (CuSO₄ · 5H₂O) 10 mg; Fe (FeSO₄ · 7H₂O) 60 mg; Zn (ZnO) 60 mg; Mn (MnSO₄ · H₂O) 80 mg; Se (NaSeO₃) 0.2 g; I (KI) 0.2 mg; Cr (Cr₂O₃) 0.15 mg; 氯化胆碱 1 000 mg; VA 10 000 IU; VD₃ 3 000 IU; VE 20 IU; VK₃ 2 mg; 硫胺素 2 mg; 核黄素 8 mg; VB₆ 4 mg; VB₁₂ 0.06 mg; 泛酸 20 mg; 烟酸 50 mg; 叶酸 1 mg; 生物素 0.2 mg。²⁾ 依据鸡饲料原料表观能量值进行计算

¹⁾ The premix provides following per kg of diet: Cu (CuSO₄ · 5H₂O) 10 mg; Fe (FeSO₄ · 7H₂O) 60 mg; Zn (ZnO) 60 mg; Mn (MnSO₄ · H₂O) 80 mg; Se (NaSeO₃) 0.2 g; I (KI) 0.2 mg; Cr (Cr₂O₃) 0.15 mg; Choline chloride 1 000 mg; VA 10 000 IU; VD₃ 3 000 IU; VE 20 IU; VK₃ 2 mg; Thiamin 2 mg; Riboflavin 8 mg; VB₆ 4 mg; VB₁₂ 0.06 mg; D-pantothenic acid 20 mg; Nicotinic acid 50 mg; Folic acid 1 mg; Biotin 0.2 mg. ²⁾ Values were calculated according to the AME of chicken's feed ingredients

1.2 试验设计及饲养管理

480 只中国农业科学院北京畜牧兽医研究所选育的健康 1 日龄 W 系雄性北京鸭。将实验鸭随机分为 10 组,每组 6 个重复,每个重复 8 只鸭,每个重复为 1 圈,每组鸭随机饲喂不同的试验日粮,试验期为 21 d。

试验采用网上平养,自由采食和饮水,全期鸭舍温度由 33 °C 逐渐降至 22 °C。采取人工补光制度,光照时数由前期 24 h · d⁻¹ 减至采食补光和自然光照结合。0~21 日龄采用试验日粮分组饲养,其他按常规饲养管理进行。

1.3 测定方法与指标

1.3.1 生产性能的测定 于试验开始和结束时,以圈为单位记录鸭空腹体质量、耗料量、计算 21 日龄各处理平均日增体质量、日采食量和料重比。

1.3.2 羽毛指标的测定 将鸭整皮小心剥下,在两体侧(体侧翅下区域,羽毛发育明显较其他部位快,且未受污染)沿体侧方向分别取 4 cm × 3 cm 羽毛,共 24 cm²。

单位面积毛质量计算公式:单位面积毛质量 = 样品质量/24 cm²;绒羽千朵质量:从分离的绒羽中随机取 1 000 朵绒羽并称重;绒羽长度:从分离绒羽中每重复随机选取 2 朵绒羽,游标卡尺测量根部至尖部的长度。正羽百根质量:从分离的正羽中随机选取 100 根正羽并称重;正羽长度:从分离正羽中随机选取 2 根正羽,每处理 12 根,游标卡尺测量根部至尖部的长度。

1.4 数据统计

全部数据采用国际通用 SAS 统计软件进行方差分析和回归分析,各试验数据表示为“平均数 ± 标准差”的形式。

2 结 果

2.1 日粮不同蛋白和苏氨酸水平对 0~21 日龄北京鸭生产性能的影响

表 2 表明,日粮苏氨酸水平对北京鸭日采食量、日增体质量和料重比均具有极显著影响($P < 0.01$)。苏氨酸水平为 0.50% 北京鸭日增体质量和日采食量极显著低于其他各组($P < 0.05$),苏氨酸水平从 0.50% 增加到 0.74% 显著提高了北京鸭日采食量和日增体质量($P < 0.05$),进一步提高到 0.82%,对日采食量和日增体质量影响不显著。日粮蛋白水平极显著影响北京鸭日采食量,日增体质量和料重比

($P < 0.01$)。日粮蛋白水平显著降低北京鸭料重比($P < 0.05$)。日粮蛋白水平与苏氨酸水平对北京鸭日增体质量,日采食量和料重比具有极显著的交互作用($P < 0.01$)。低蛋白水平下,随着苏氨酸水平升高,日增体质量和日采食量均逐渐上升,当苏氨酸添加量为 0.74% 时,影响不显著($P > 0.05$);高蛋白水平下,随着苏氨酸水平升高,日增体质量和日采食量也呈上升趋势,当苏氨酸添加量为 0.66% 时,影响不显著($P > 0.05$)。

2.2 日粮不同蛋白和苏氨酸水平对 0~21 日龄北京鸭产毛率的影响

表 2 结果表明,日粮苏氨酸水平极显著影响北京鸭单位面积产毛率($P < 0.01$)。在低蛋白水平下,随苏氨酸水平的增高,北京鸭产毛率显著增加($P < 0.05$);高蛋白水平下,苏氨酸水平从 0.50% 增加到 0.66% 时。北京鸭产毛率显著增加($P < 0.05$),继续增加苏氨酸水平对于产毛率影响不显著。日粮蛋白水平极显著影响北京鸭产毛率($P < 0.01$)。日粮蛋白水平和苏氨酸水平对于北京鸭产毛率无显著的交互作用($P > 0.05$)。

2.3 日粮不同蛋白和苏氨酸水平对 0~21 日龄北京鸭绒羽发育的影响

表 3 结果显示,日粮苏氨酸水平极显著影响北京鸭绒羽千朵质量和绒朵长度($P < 0.01$)。苏氨酸水平从 0.50% 增加到 0.74% 显著提高北京鸭绒羽千朵质量和绒朵长度($P < 0.05$),进一步提高到 0.82%,千朵质量和绒朵长有下降的趋势。日粮蛋白水平极显著影响北京鸭千朵质量和绒朵长($P < 0.01$),与低蛋白组相比,高蛋白组显著增加了北京鸭千朵质量和绒朵长($P < 0.05$)。日粮蛋白水平与苏氨酸水平对于北京鸭绒朵长和千朵质量不具有显著的交互作用($P > 0.05$)。

2.4 日粮不同蛋白和苏氨酸水平对 0~21 日龄北京鸭正羽发育的影响

表 3 结果显示,日粮苏氨酸水平极显著影响北京鸭正羽百根质量和正羽长($P < 0.01$)。随苏氨酸水平从 0.50% 增加至 0.82%,正羽百根质量和正羽长度均显著增加($P < 0.05$)。与低蛋白水平相比,高蛋白水平正羽百根质量和长度均显著增加($P < 0.05$)。日粮粗蛋白水平与苏氨酸水平对于北京鸭正羽百根质量和正羽长度具有显著的交互作用($P < 0.05$)。低蛋白水平下,随苏氨酸水平的增高,正羽百根质量和正羽长均逐渐上升,于 0.82% 时达最大值;高蛋

白水平,苏氨酸水平从 0.50%增加到 0.82%时,正羽百根质量和正羽长显著增加($P<0.05$),继续增加苏氨酸水平对正羽百根质量和正羽长无显著影响($P>0.05$)。

2.5 北京鸭生长前期苏氨酸需要量估计

根据 0~21 日龄北京鸭对日粮苏氨酸剂量反应的试验数据,采用二次曲线模型拟合,分别以平均日增体质量(y_1)、平均日采食量(y_2)、绒羽长(y_3)为应变量,以苏氨酸需要量(x)为自变量进行回归分析,结果:

$$y_1 = -109.26x^2 + 173.49x - 7.1258 \quad (R^2 = 0.995, P = 0.0380);$$

$$y_2 = -313.5x^2 + 459.46x - 61.042 \quad (R^2 = 0.962, P = 0.0050);$$

$$y_3 = -17.522x^2 + 27.692x - 7.1017 \quad (R^2 = 0.9586, P = 0.0414)。$$

从回归模型可以看出,以平均日采食量、平均日增体质量或者绒羽长度为评价指标,苏氨酸的需要量分别为 0.794%、0.733%和 0.790%。对于正羽,由于苏氨酸水平增加到 0.82%时,其长度和百根质量仍处于明显增加的趋势,不能够准确的构建二次曲线模型,但是,可以肯定的是正羽发育苏氨酸最佳需要量会更高。

表 2 日粮蛋白质和苏氨酸水平对 0~21 日龄北京鸭生产性能与产毛率的影响

Table 2 Effects of dietary CP and Thr on production performance and Feather meat of Peking ducks from 0 to 21 days of age

蛋白质水平/% Protein level	苏氨酸水平/% Thr levels	日采食量/g Daily feed intake	日增体质量/(g·d ⁻¹) Daily weight gain	料重比 F/G	产毛率(单位面积)/(g·cm ⁻²) Feather reproduction rate
14	0.50	86.65±3.45 ^c	51.34±1.61 ^c	1.69±0.02 ^b	12.96±1.12 ^e
	0.58	94.27±2.52 ^b	52.38±1.56 ^c	1.80±0.04 ^a	13.91±1.92 ^{bcde}
	0.66	97.90±4.36 ^b	54.81±1.99 ^b	1.79±0.034 ^a	13.33±1.27 ^{de}
	0.74	102.75±5.07 ^a	57.08±2.70 ^a	1.80±0.02 ^a	14.17±2.43 ^{bcde}
	0.82	102.78±2.54 ^a	57.86±0.71 ^a	1.77±0.032 ^a	15.18±1.02 ^{abc}
20	0.50	92.42±5.79 ^c	52.91±3.21 ^c	1.74±0.05 ^a	13.49±1.70 ^{cde}
	0.58	108.57±4.08 ^b	61.89±1.90 ^b	1.75±0.02 ^a	14.71±1.10 ^{bcde}
	0.66	114.17±3.54 ^a	64.62±2.35 ^a	1.76±0.03 ^a	15.00±2.02 ^{abcd}
	0.74	107.91±4.21 ^b	65.17±1.59 ^a	1.66±0.04 ^b	15.44±1.60 ^{ab}
	0.82	108.89±1.63 ^b	65.81±1.69 ^a	1.65±0.02 ^b	16.59±1.14 ^a
主效应 Main effect					
Pro/%	高 High	96.868±7.04 ^b	54.695±3.097 ^b	1.7699±0.05 ^b	15.05±1.79 ^a
	低 Low	106.39±8.36 ^a	62.083±5.28 ^a	1.7157±0.06 ^a	13.91±1.74 ^b
Thr/%	0.50	89.53±5.45 ^c	52.12±2.56 ^d	1.72±0.048 ^b	13.23±1.42 ^c
	0.58	101.42±8.14 ^b	57.13±5.24 ^c	1.78±0.039 ^a	14.31±1.57 ^{bc}
	0.66	106.03±9.30 ^a	59.71±5.53 ^b	1.78±0.032 ^a	14.17±1.85 ^{bc}
	0.74	105.33±5.20 ^a	61.12±4.73 ^{ab}	1.73±0.081 ^b	14.80±2.09 ^{ab}
	0.82	105.83±3.78 ^a	61.83±4.33 ^a	1.72±0.068 ^b	15.89±1.27 ^a
P 值 P-value	Pro	0.0001	0.0001	0.0001	0.0022
	Thr	0.0001	0.0001	0.0001	0.0004
	Pro*Thr	0.0009	0.0001	0.0001	0.8522

同行肩标不同者表示差异显著, $P<0.05$ 。下同

Means with different superscripts in the same row differ significantly at $P<0.05$ level. The same as below

表 3 日粮蛋白质和苏氨酸水平对 0~21 日龄北京鸭绒羽发育、正羽百根重和正羽长度的影响

Table 3 Effect of CP and Thr levels on downs weight and downs length, plumages weight and plumages length of Peking ducks from 0 to 21 days of age

蛋白质水平/% Protein level	苏氨酸水平/% Thr level	千朵质量/g One thousand downs weight	绒朵长/cm Down length	百根羽质量/g One hundred plumages weight	正羽长/cm Plumage length
14	0.50	0.98±0.17 ^c	2.24±0.29 ^f	4.83±0.63 ^d	2.98±0.33 ^d
	0.58	1.11±0.11 ^{bc}	2.64±0.41 ^e	5.04±0.32 ^{cd}	2.94±0.49 ^d
	0.66	1.14±0.10 ^c	3.39±0.25 ^{cd}	5.88±1.14 ^c	3.16±0.20 ^{cd}
	0.74	1.10±0.12 ^{bc}	3.69±0.26 ^{bc}	5.96±0.87 ^c	3.06±0.26 ^{cd}
	0.82	1.14±0.09 ^{bc}	3.71±0.26 ^{bc}	7.67±1.18 ^{ab}	3.53±0.27 ^b
	0.50	1.07±0.11 ^{bc}	2.65±0.72 ^e	5.82±0.76 ^c	3.39±0.22 ^{bc}
20	0.58	1.10±0.13 ^{bc}	3.10±0.38 ^d	7.15±0.60 ^b	3.94±0.22 ^a
	0.66	1.12±0.11 ^{bc}	3.83±0.43 ^{ab}	8.23±1.31 ^a	4.19±0.46 ^a
	0.74	1.33±0.37 ^a	4.09±0.30 ^a	7.88±0.86 ^{ab}	4.04±0.45 ^a
	0.82	1.23±0.10 ^{ab}	3.82±0.46 ^{ab}	8.18±1.12 ^a	4.21±0.19 ^a
主效应 Main effect					
Pro/%	高 High	1.17±0.21 ^a	3.50±0.64 ^a	7.45±1.29 ^a	3.95±0.43 ^a
	低 Low	1.07±0.13 ^b	3.13±0.66 ^b	5.88±1.32 ^b	3.14±0.38 ^b
Thr/%	0.50	1.02±0.15 ^c	2.45±0.35 ^d	5.32±0.85 ^d	3.18±0.34 ^c
	0.58	1.11±0.12 ^b	2.87±0.45 ^c	6.09±1.18 ^c	3.44±0.63 ^b
	0.66	1.13±0.11 ^b	3.61±0.37 ^b	7.06±1.70 ^b	3.78±0.63 ^{ab}
	0.74	1.22±0.29 ^a	3.90±0.34 ^a	6.92±1.30 ^b	3.55±0.62 ^b
	0.82	1.18±0.10 ^{ab}	3.76±0.37 ^{ab}	7.93±1.14 ^a	3.87±0.42 ^a
	Pro	0.007 6	0.000 1	0.000 1	0.000 1
P 值 P-value	Thr	0.007 3	0.000 1	0.000 1	0.000 1
	Pro*Thr	0.391 1	0.536 7	0.027 8	0.037 1

3 讨 论

本试验中,苏氨酸水平对于产毛率、正羽指标和绒羽指标均产生了极显著地影响。一方面添加一定量苏氨酸,可显著提高北京鸭生产性能,这与之前肉鸡^[9]的试验结果相符;另一方面苏氨酸水平极显著的影响北京鸭羽毛的早期发育。对正羽长,正羽百根质量,绒羽长和绒羽千朵质量均具有极显著的影响。羽毛主要由角蛋白羽组成,毛角蛋白中含有 17 种氨基酸,其中 Met+Cys 与 Ser+Thr 分别占有 12%和 17%^[5]。羽毛角蛋白分为 α -角蛋白和 β -角蛋白,在羽毛早期形态发生过程中,早期主要富含

α -角蛋白,但随后被大量 β -角蛋白替代^[10-11]。 β -角蛋白中最具有代表性的蛋白家族包括高丝氨酸蛋白家族(15%~17%)、高甘氨酸家族(11%~15%)、高脯氨酸家族(11%~12%)和高半胱氨酸家族(8%~8.5%)^[12]。角蛋白氨基酸序列中的高甘氨酸和高苏氨酸区域被认为在维持 β -角蛋白结构中发挥着重要作用^[13]。丝氨酸是构成 β -角蛋白的重要氨基酸,而苏氨酸可在体内转化为丝氨酸。因此,苏氨酸缺乏势必影响羽毛角蛋白的合成。

日粮蛋白水平对于羽毛产毛率、正羽指标和绒羽指标均具有极显著的影响。之前的研究表明日粮蛋白的水平影响羽毛的生长^[14],当蛋白从 17%增加

到 25% 时,羽毛的生长加快。然而,当蛋白含量达到一定水平,再增加其含量(>25%)不会促进羽毛的生长^[4]。肉鸡羽毛的重量会随着日粮蛋白水平的提高而增加^[15],减少而减少^[1]。因此在肉鸡生长初期制定合理的粗蛋白添加量对于促进羽毛发育是必须的。Si 等^[16]发现日粮粗蛋白水平只有减少到 18% 或者更低时才会使羽毛重量,毛重比降低。本试验中高蛋白水平较低蛋白水平显著促进羽毛生长,与之前研究相符。

在低蛋白条件下,无论是绒羽指标还是正羽指标,均随苏氨酸水平升高而升高。在高蛋白条件下,当苏氨酸水平增加至 0.74%,再增加苏氨酸添加量对于正羽和绒羽指标无显著影响。可见,日粮蛋白水平对于苏氨酸添加水平具有影响。当日粮蛋白水平较低时,需要添加更高水平的苏氨酸以满足北京鸭羽毛正常发育。

王勇生等^[17]指出北京鸭 0~3 周龄苏氨酸需要量为 0.68%,本研究通过对建立二次曲线模型,以绒羽指标为标准得出苏氨酸添加量为 0.79% 左右,正羽的良好发育可能需要更高水平的苏氨酸。当然,苏氨酸添加量与日粮蛋白水平密切相关。

4 结 论

4.1 苏氨酸水平显著影响生长前期北京鸭产毛率、正羽长、正羽百根质量、绒羽长和绒羽千朵质量。

4.2 日粮蛋白水平对于生长前期北京鸭正羽、绒羽指标均具有极显著的影响。当日粮蛋白水平较低时,需添加更高水平的苏氨酸以满足北京鸭羽毛的良好发育。

4.3 从羽毛发育的角度,0~21 日龄北京鸭苏氨酸需要量为 0.79%。

参考文献:

- [1] LOPEZ-CLELL C. Potential causes of broiler feathering problems [M]. feathering manual. Novus International, St. Louis, 2003: 1-46.
- [2] HARRAP B S, WOODS E F. Soluble derivatives of feather keratin-1 isolation fractionation and amino acid composition [J]. *J Biochem*, 1964, 92(1): 8-18.
- [3] 郑文竹, 张松踪. 鸭的羽毛组成成分比较分析[J]. 厦门大学学报自然科学, 1989, 6: 12-14.
- [4] URDANETA-RINCON M, LEESON S. Effect of dietary crude protein and lysine on feather growth in chicks to twenty-one days of age [J]. *Poult Sci*, 2004, 73: 1421-1427.
- [5] SCHROEDER W A, KAY L M, LEWIS B, et al. The amino acid composition of certain morphologically distinct parts of white turkey feathers, and of goose feather barbs and goose down [J]. *J American Chem Society*, 1955, 77(14): 3901-3908.
- [6] WHEELER K B, LATSHAW J D. Sulfur amino acid requirements and interactions in broilers during two growth periods [J]. *Poult Sci*, 1981, 60(1): 228-236.
- [7] SIAGBE V K, KRAUS R J, BENEVENGA N J, et al. Identification of volatile sulfur derivatives released from feathers of chicks fed diets with various levels of sulfur containing amino acids [J]. *J Nutr*, 1987, 117: 1859-1865.
- [8] KALINOWSKI A, MORAN E T, WYATT C L. Methionine and cysteine requirements of slow- and fast-feathering broiler males from three to six weeks of age [J]. *Poult Sci*, 2003, 82: 1428-1437.
- [9] YAMAZKAI M H, OHGUCHI H, MURAKAMI M, et al. Available threonine requirements of laying hens [J]. *Jap Poult Sci*, 1997, 34: 52-57.
- [10] HAAKE A R, KONIG G, SAWYER R H. Avian feather development: relationships between morphogenesis and keratinization [J]. *Dev Biol*, 1984, 106: 406-413.
- [11] ALIBARDI L, TONI M. Beta-keratins of reptilian scales share a central amino acid sequence termed core-box [J]. *J Anat*, 2007, 2: 329-339.
- [12] GREGG K, ROGERS G E. Feather keratin: composition, structure and biogenesis [C]. In *Biology of the Skin* (ed. BEREIT-HER-HAHN J, MATOLTSY AG, SYLVIA-RICHARDS R), 1986, 2: 667-694.
- [13] ALIBARDI L. Structural and immunocytochemical characterization of keratinization in vertebrate epidermis and epidermal derivatives [J]. *Int Rev Cyto*, 2006, 253: 177-259.
- [14] TWINING, THOMAS O P, BOSSARD E H. The number of feathers on little: another criterion for evaluation the adequacy of broiler [J]. *Poult Sci*, 1976, 55: 1200-1207.
- [15] AKTARE S S, KHAN A G, BHARDWAJ J K, et al. Effect of protein levels on carcass yield of commercial broiler progenies from dwarf dam × normal sire [J]. *Poult Sci*, 1996, 32: 226-228.
- [16] SI J, FRITTS C A, WALDROUP P W, et al. Minimizing crude protein levels in broiler diets through amino acid supplementation [J]. *Poult Sci*, 2000, 79: 96.
- [17] 王勇生, 侯水生, 刘福柱, 等. 0~3 周龄北京鸭氨基酸理想模式的研究 [J]. 畜牧兽医学报, 2005, 36(3): 230-234.

(编辑 郭云雁)