

理想氨基酸模式下低粗蛋白质饲料对蛋鸡生产性能的影响

任冰^{1,2} 武书庚² 计峰² 张海军² 岳洪源²
董延³ 高玉鹏^{1*} 齐广海^{2*}

(1. 西北农林科技大学动物科技学院, 杨凌 712100; 2. 中国农业科学院饲料研究所, 北京 100081;
3. 赢创德固赛投资有限公司健康与营养事业部, 北京 100176)

摘要: 本试验旨在研究以理想氨基酸(AA)模式配制的低粗蛋白质(CP)饲料对21~32周龄蛋鸡生产性能、蛋品质、全血氨浓度和血浆尿酸浓度及粪氮含量的影响。试验选用540只体重相近的健康海兰灰蛋鸡, 随机分为5组, 每组6个重复, 每个重复18只鸡, 分别饲喂等能量(11.00 MJ/kg)的5种CP水平(17.00%、16.50%、16.00%、15.50%和15.00%)的饲料, 试验期12周。结果表明: 在理想AA模式下降低饲料CP水平, 蛋鸡产蛋率显著提高($P < 0.05$), 平均蛋重有降低的趋势($P = 0.06$), 但对平均日采食量、日产蛋重和蛋料比无显著影响($P > 0.05$); 降低饲料CP水平极显著影响了蛋白高度和哈氏单位($P < 0.01$), 显著影响了蛋黄颜色($P < 0.05$), 未显著影响蛋壳厚度和蛋壳强度($P > 0.05$); 饲料CP水平对各鸡蛋成分均无显著影响($P > 0.05$), 但鸡蛋蛋白含量随饲料CP水平的降低有降低的趋势($P = 0.09$); 饲料CP水平对血浆尿酸浓度及全血氨浓度均无显著影响($P > 0.05$); 降低饲料CP水平极显著降低了蛋鸡粪氮含量($P < 0.01$)。由此可见, 在理想AA模式下, 适当降低饲料CP水平可提高蛋鸡产蛋率, 改善鸡蛋品质, 降低粪氮含量。

关键词: 低粗蛋白质; 蛋鸡; 生产性能; 蛋品质; 粪氮含量

中图分类号: S831

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2012)08-1459-10

近年来, 我国饲料原料价格不断上涨, 蛋白质饲料依赖进口的程度越来越严重, 因畜牧养殖造成的环境氮污染日趋严重, 故生产中使用低粗蛋白质(CP)饲料的呼声越来越高。研究表明, 禽类仅能有效利用饲料蛋白质的40%, 其余则以粪氮及尿氮形式排出^[1]。按照理想氨基酸(AA)模式, 在饲料中添加晶体AA可以降低饲料CP水平、提高蛋白质利用率、减少氮排放、降低饲料成本。越来越多工业合成的价格便宜的赖氨酸(Lys)、蛋氨酸(Met)、色氨酸(Trp)、苏氨酸(Thr)等的使用也

使得低CP饲料成为现实^[2]。研究表明, 添加晶体AA的同时降低饲料CP水平可保持蛋鸡的生产性能^[3-5]。但如果饲料CP水平(13%)过低, 即使添加Lys、Met及Trp, 也会显著降低蛋重、蛋鸡体增重、料蛋比和鸡蛋蛋白及蛋黄含量^[6]; 通过研究饲料CP水平及总含硫氨基酸(TSAA)与Lys的比率对海兰W-98蛋鸡产蛋性能的影响表明, 日产蛋量和采食量随饲料CP水平的降低而显著下降, 降低饲料CP水平可显著改善饲料转化率^[7]。添加晶体AA的低CP饲料对蛋鸡生产性能的影响与饲

收稿日期: 2012-02-27

基金项目: 国家科技支撑计划(2011BAD26B03); 现代农业产业技术体系(CARS-41-K13); 公益性行业(农业)科研专项经费(200903006-03); 家禽产业技术体系北京市创新团队

作者简介: 任冰(1988—), 女, 山西运城人, 硕士研究生, 从事动物产品品质的营养调控研究。E-mail: rb17@163.com

* 通讯作者: 高玉鹏, 教授, 硕士生导师, E-mail: gaoyupeng112@sina.com; 齐广海, 研究员, 博士生导师, E-mail: qiguanghai@mail.caas.net.cn

粮的 AA 模式密切相关。目前,关于蛋鸡饲料的最佳 CP 水平、最适 AA 模式的研究较少。Lemme^[8]应用 meta-analysis 方法分析了 1990 年以来发表的 13 篇文献,得出蛋鸡理想 AA 模式 Met:[Met + 胱氨酸(Cys)]:Thr:Trp:精氨酸(Arg):异亮氨酸(Ile):缬氨酸(Val):Lys 为 50:91:70:21:104:80:88:100,与 Bregendahl 等^[9]用剂量-最大产蛋量反应-折线回归法研究得出的模式类似。本试验采用该理想 AA 模式[(Met + Cys):Lys = 91:100]配制蛋鸡低 CP 饲料,研究添加晶体 AA 的低 CP 饲料对开产期至产蛋高峰期蛋鸡生产性能、蛋品质及粪氮含量等指标的影响,旨在为低 CP 饲料在蛋鸡生产实践及减少氮排出效应的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验所用 DL-Met、L-赖氨酸盐酸盐(L-Lys·HCl)、L-Trp、L-Thr、L-Ile、L-Val 均购自德国 Evon-

ik Degussa GmbH 公司。

1.2 试验动物及设计

试验采用单因子试验设计,选取初始体重相近的 540 只 20 周龄健康海兰灰蛋鸡,随机分为 5 组,每组 6 个重复,每个重复 18 只鸡(6 个鸡笼),每笼(57 cm×37 cm×47 cm)饲养 3 只。5 组的代谢能(11.00 MJ/kg)相同,饲料 CP 水平分别为:17.00%、16.50%、16.00%、15.50% 和 15.00%。预试期 1 周,正试期 12 周。

1.3 试验饲料

参照 NRC(1994)和 NY/T 33—2004,并结合海兰灰蛋鸡饲养手册配制试验饲料。采用玉米-豆粕型基础饲料(粉料),试验饲料组成及营养水平分别见表 1 和表 2,以 Met:(Met + Cys):Thr:Trp:Arg:Ile:Val:Lys 为 50:91:70:21:104:80:88:100 模式为依据,配制低 CP 饲料,各组饲料的标准回肠可消化氨基酸(standardized ileal digestible amino acids, SID AA)模式见表 3。

表 1 试验饲料组成(风干基础)
Table 1 Composition of experimental diets (air-dry basis) %

项目 Items	饲料粗蛋白质水平 Dietary CP level/%				
	17.00	16.50	16.00	15.50	15.00
原料 Ingredients ¹⁾					
玉米 Corn (8.24%)	61.73	62.55	63.37	64.19	65.00
豆粕 Soybean meal (44.07%)	22.79	21.45	19.92	18.38	16.85
羽毛粉 Feather meal (81.96%)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
鱼粉 Fish meal (70.16%)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
DL-蛋氨酸 DL-Met, 99%	0.24	0.25	0.26	0.28	0.29
L-赖氨酸盐酸盐 L-Lys·HCl, 99%	0.09	0.14	0.18	0.23	0.28
L-苏氨酸 L-Thr, 98%	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12
L-异亮氨酸 L-Ile, 98%	0.02	0.04	0.07	0.09	0.12
L-缬氨酸 L-Val, 98%	0.00	0.02	0.04	0.07	0.10
L-色氨酸 L-Try, 98%	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04
石粉 Limestone	8.30	8.30	8.30	8.30	8.30
磷酸氢钙 CaHPO ₄	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
食盐 NaCl	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
预混料 Premix ²⁾	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
氯化胆碱 Choline chloride	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
膨润土 Bentonite	2.99	3.38	3.97	4.54	5.12
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

¹⁾原料括号中的数据表示 4 种主要含蛋白质原料的实测 CP 含量。Data contained in the parentheses of ingredients were the measured crude protein contents of the main four protein ingredients.

²⁾预混料为每千克饲料提供 Premix provided the following per kg of diets: Mn 65 mg, Cu 8 mg, Fe 60 mg, Zn 66 mg, Se 0.3 mg, I 1 mg, VA 12 500 IU, VD₃ 4 125 IU, VE 15 IU, VK 2 mg, VB₁₂ 5 mg, 核黄素 riboflavin 8.5 mg, 泛酸钙 calcium pantothenate 50 mg, 烟酸 niacin 32.5 mg, 生物素 biotin 2 mg, 硫胺素 thiamine 1 mg, 吡哆醇 pyridoxine 8 mg, 叶酸 folic acid 5 mg。

表2 试验饲料的营养水平(风干基础)

Table 2 Nutrient levels of experimental diets (air-dry basis)

%

项目 Items	饲料粗蛋白质水平 Dietary CP level/%				
	17.00	16.50	16.00	15.50	15.00
营养水平 Nutrient levels					
代谢能 ME/(MJ/kg)	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00
粗蛋白质 CP	17.00(16.77)	16.50(16.52)	16.00(15.66)	15.50(15.34)	15.00(14.67)
钙 Ca	3.61(4.18)	3.61(3.66)	3.61(3.54)	3.60(3.87)	3.60(3.92)
总磷 TP	0.52(0.53)	0.51(0.59)	0.51(0.51)	0.50(0.56)	0.49(0.53)
蛋氨酸 Met	0.50(0.43)	0.50(0.48)	0.51(0.47)	0.52(0.46)	0.52(0.49)
胱氨酸 Cys	0.32(0.31)	0.31(0.29)	0.30(0.27)	0.29(0.27)	0.29(0.27)
蛋氨酸+胱氨酸 Met+Cys	0.82(0.74)	0.81(0.77)	0.81(0.75)	0.81(0.73)	0.81(0.75)
赖氨酸 Lys	0.88(0.87)	0.89(0.88)	0.88(0.85)	0.88(0.84)	0.88(0.86)
苏氨酸 Thr	0.67(0.65)	0.67(0.67)	0.66(0.65)	0.66(0.65)	0.66(0.65)
精氨酸 Arg	1.07(1.05)	1.03(1.03)	0.98(0.96)	0.93(0.93)	0.88(0.88)
异亮氨酸 Ile	0.72(0.70)	0.71(0.71)	0.71(0.69)	0.70(0.68)	0.70(0.68)
亮氨酸 Leu	1.48(1.46)	1.44(1.42)	1.40(1.36)	1.36(1.35)	1.31(1.30)
缬氨酸 Val	0.81(0.79)	0.80(0.79)	0.80(0.76)	0.80(0.76)	0.80(0.76)
组氨酸 His	0.41(0.41)	0.40(0.41)	0.38(0.39)	0.37(0.38)	0.35(0.35)
苯丙氨酸 Phe	0.81(0.81)	0.78(0.78)	0.75(0.74)	0.72(0.73)	0.69(0.69)
色氨酸 Trp	0.20	0.20	0.20	0.19	0.19

括号内为实测值。Data contained in the parentheses were measured values.

1.4 饲养管理

采用半开放式鸡舍4层阶梯式笼养;自然光照加人工补光,光照时间为16 h/d、光照强度为20 lx;相对湿度:50%~90%;通风方式:自然通风结合纵向负压通风;饲料为干粉料,每天布料2次,匀料4次,自由采食和饮水;专人管理,每天捡蛋2次,每周结料1次;每周带鸡消毒1次;每天清粪2次。常规免疫和管理。

1.5 指标测定与方法

1.5.1 样品的采集与制备

试验期间,每天以重复为单位记录蛋重、产蛋数,并计算平均蛋重、日产蛋重和产蛋率,每周以重复为单位记录耗料量,计算平均日采食量和蛋料比。

每4周以重复为单位收集蛋样,每个重复5枚鸡蛋,3枚用于测定蛋壳强度、蛋壳厚度、蛋白高度、蛋黄颜色、哈氏单位5个蛋品质指标;其余2枚用于测定鸡蛋成分。

于试验第12周每个重复随机选取体重相近的3只鸡,空腹翅静脉采血,保存于肝素铝抗凝管中,部分血样现场测定全血氨浓度,余下样品3 000 r/min离心10 min制备血浆,置-20℃冰箱

保存,用于血浆尿酸浓度检测。

于试验第12周每个重复随机选取1笼鸡,连续5 d每天2次收集鸡只粪尿混合物,并按20%左右取样,分别称重并记录,按鲜重的5%加入10%硫酸固氮,自封袋封装,-20℃保存,60~65℃烘箱干燥至恒重,备测粪氮含量。

1.5.2 测定方法

蛋壳强度采用蛋壳强度分析仪(egg force reader,ORKA Technology Ltd.)进行测定,蛋壳厚度采用蛋壳厚度测定仪(egg shell thickness gauge,ORKA Technology Ltd.)进行测定,蛋白高度、蛋黄颜色和哈氏单位采用SONOVA蛋品质自动分析仪(egg analyzer™,ORKA Technology Ltd.)进行测定。

全血氨浓度测定采用日本全自动干式生化分析仪(FUJI DRI-CHEM 100,FUJI Technology Ltd.),采血后现场取样10 μL进行测定。血浆尿酸浓度采用磷钨酸还原法进行测定,试剂盒购自南京建成生物工程研究所。

粪氮含量采用上海纤检仪器有限公司的KDN-102F型半自动凯氏定氮仪进行测定。

表 3 试验饲料的 SID AA 模式

Table 3 SID AA pattern of experimental diets

%

项目 Items	饲料粗蛋白质水平 Dietary CP level/%				
	17.00	16.50	16.00	15.50	15.00
营养水平 Nutrient levels					
代谢能 ME/(MJ/kg)	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00
粗蛋白质 CP	17.00	16.50	16.00	15.50	15.00
标准回肠可消化蛋氨酸 SID Met	0.475	0.481	0.488	0.495	0.502
标准回肠可消化(蛋氨酸+胱氨酸) SID(Met + Cys)	0.730	0.730	0.730	0.730	0.730
标准回肠可消化赖氨酸 SID Lys	0.802	0.802	0.802	0.802	0.802
标准回肠可消化苏氨酸 SID Thr	0.561	0.561	0.561	0.561	0.561
标准回肠可消化色氨酸 SID Try	0.168	0.168	0.168	0.168	0.168
标准回肠可消化精氨酸 SID Arg	0.980	0.936	0.892	0.848	0.804
标准回肠可消化异亮氨酸 SID Ile	0.642	0.642	0.642	0.642	0.642
标准回肠可消化亮氨酸 SID Leu	1.337	1.299	1.261	1.223	1.185
标准回肠可消化缬氨酸 SID Val	0.712	0.706	0.706	0.706	0.706
标准回肠可消化组氨酸 SID His	0.381	0.367	0.353	0.338	0.324
标准回肠可消化苯丙氨酸 SID Phe	0.722	0.695	0.668	0.641	0.613
标准回肠可消化氨基酸比例 SID AA ratio					
蛋氨酸:赖氨酸 Met:Lys	59	60	61	62	63
(蛋氨酸+胱氨酸):赖氨酸 (Met + Cys):Lys	91	91	91	91	91
赖氨酸:赖氨酸 Lys:Lys	100	100	100	100	100
苏氨酸:赖氨酸 Thr:Lys	70	70	70	70	70
色氨酸:赖氨酸 Trp:Lys	21	21	21	21	21
精氨酸:赖氨酸 Arg:Lys	122	117	111	106	100
异亮氨酸:赖氨酸 Ile:Lys	80	80	80	80	80
亮氨酸:赖氨酸 Leu:Lys	167	162	157	153	148
缬氨酸:赖氨酸 Val:Lys	88	88	88	88	88

所有数据均为计算值,其中 SID AA 含量根据 Evonik Degussa GmbH 公司提供的数据库计算得出。
All of the data were calculated values, and the contents of standardized ileal digestible amino acids were calculated using the data base of Evonik Degussa GmbH.

1.6 数据处理

数据经 Excel 处理后,以时间为区组单位采用 SPSS 16.0 的 GLM 模型进行方差分析,并采用 Duncan 氏法进行多重比较,以 $P<0.05$ 为差异显著性标准。

2 结 果

2.1 理想 AA 模式下低 CP 饲料对蛋鸡生产性能的影响

由表 4 可知,在理想 AA 模式下降低饲料 CP 水平显著提高了蛋鸡的产蛋率($P<0.05$),其中 CP 15.50% 组产蛋率最高,比 CP 17.00% 组高

8.08% ($P<0.05$);平均日蛋白质摄入量极显著降低($P<0.01$);随饲料 CP 水平降低,平均蛋重有下降趋势($P=0.06$),CP 15.00% 组平均蛋重最小,与 CP 17.00% 组相比减少 1.03 g/枚($P>0.05$);饲料 CP 水平对平均日采食量、日产蛋重和蛋料比无显著影响($P>0.05$)。

时间(周龄)区组因素对平均日采食量、平均日蛋白质摄入量、产蛋率、日产蛋重、平均蛋重及蛋料比均有极显著影响($P<0.01$)。随蛋鸡周龄的增长,各指标均显著增长。其中产蛋率在 29 ~ 32 周为 91.51%,达到生产中的产蛋高峰期。

表 4 理想 AA 模式下低 CP 饲料对蛋鸡生产性能的影响

Table 4 Effects of low protein diets in ideal amino acid pattern on performance of laying hens

项目 Items	饲料粗蛋白质水平 Dietary CP level/%					蛋鸡周龄 Age of laying hens/weeks			SEM	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value	
	17.00	16.50	16.00	15.50	15.00	21 ~ 24	25 ~ 28	29 ~ 32		粗蛋白质 CP	周龄 Age
平均日采食量 ADFI/g	102.74	102.40	103.83	102.52	102.90	76.55 ^a	107.96 ^b	124.13 ^c	1.11	0.79	<0.01
平均日蛋白质摄入量 ADPI/g	17.47 ^a	16.90 ^b	16.61 ^b	15.89 ^c	15.43 ^d	12.24 ^a	17.27 ^b	19.86 ^c	0.18	<0.01	<0.01
产蛋率 Laying rate/%	65.44 ^a	70.50 ^b	68.09 ^{ab}	70.73 ^b	69.39 ^{ab}	35.29 ^a	79.69 ^b	91.51 ^c	1.42	0.04	<0.01
日产蛋重 Daily egg yield/g	37.61	39.88	38.61	39.64	39.05	18.00 ^a	44.58 ^b	54.29 ^c	0.88	0.25	<0.01
平均蛋重 Average egg weight/g	55.74	54.95	55.28	54.80	54.71	50.16 ^a	55.87 ^b	59.26 ^c	0.23	0.06	<0.01
蛋料比 Egg/feed/%	34.56	37.18	35.70	37.26	36.32	23.44 ^a	41.35 ^b	43.82 ^c	0.61	0.14	<0.01

平均日蛋白质摄入量是由平均日采食量与饲料粗蛋白质水平计算得出。ADPI was calculated with ADFI and dietary CP level.

同行数据肩标不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。下表同。Data with different letter superscripts in the same row mean significant difference ($P < 0.05$). The same as below.

2.2 理想 AA 模式下低 CP 饲料对蛋品质及鸡蛋成分的影响

由表 5 可知,饲料 CP 水平影响了蛋品质,其中对蛋白高度和哈氏单位影响极显著 ($P < 0.01$),对蛋黄颜色影响显著 ($P < 0.05$),但对蛋壳厚度、蛋壳强度无显著影响 ($P > 0.05$)。饲料 CP 水平对鸡蛋蛋壳、蛋白、蛋黄含量及蛋黄含水率均无显著影响 ($P > 0.05$),但鸡蛋蛋白含量随饲料 CP 水平的降低有降低趋势 ($P = 0.09$)。其中,CP 17.00% 组、CP 15.50% 组和 CP 15.00% 组蛋白高度均显著高于 CP 16.50% 组 ($P < 0.05$),但与 CP 16.00% 组差异不显著 ($P > 0.05$),CP 15.00% 组蛋白高度最高;哈氏单位随饲料 CP 水平降低先降低后升高,CP 17.00% 组、CP 15.50% 组和 CP 15.00% 组哈氏单位均显著高于 CP 16.50% 组和 CP 16.00% 组 ($P < 0.05$),且前 3 组之间差异不显著 ($P > 0.05$);CP 17.00% 组蛋黄颜色最深,CP 16.50% 组最浅,2 组差异显著 ($P < 0.05$),其余组均与 CP 17.00% 组和 CP 16.50% 差异不显著 ($P > 0.05$)。

试验期内,蛋鸡周龄极显著影响蛋白高度、蛋壳强度、蛋黄颜色 3 个蛋品质指标 ($P < 0.01$),且极显著影响蛋壳、蛋白、蛋黄含量及蛋黄含水率

($P < 0.01$),但对蛋壳厚度及哈氏单位无显著性影响 ($P > 0.05$)。

2.3 理想 AA 模式下低 CP 饲料对血浆尿酸浓度及全血氨浓度的影响

由表 6 可知,饲料 CP 水平对血浆尿酸浓度及全血氨浓度均无显著性影响 ($P > 0.05$)。饲料 CP 水平在一定程度上影响了血浆尿酸浓度,其中 CP 15.00% 组最低,比 CP 17.00% 组降低了 17.03%,但差异不显著 ($P > 0.05$);全血氨浓度随饲料 CP 水平的降低先升后降,CP 15.50% 组和 CP 15.00% 组最低,但与其他组也差异不显著 ($P > 0.05$)。

2.4 理想 AA 模式下低 CP 饲料对粪氮含量的影响

由表 7 可知,饲料 CP 水平对蛋鸡平均日粪氮含量及粪干物质含氮量均有极显著影响 ($P < 0.01$),但对蛋鸡平均日排粪量、平均日排干物质质量及粪便含水率均无显著影响 ($P > 0.05$)。

降低饲料 CP 水平极显著降低了蛋鸡平均日粪氮含量 ($P < 0.01$),CP 15.00% 组最低,比 CP 17.00% 组降低了 34.36% ($P < 0.05$);随饲料 CP 水平降低,粪干物质含氮量极显著降低 ($P < 0.01$),同样是 CP 15.00% 组最低,与 CP 17.00%

组相比, CP 15.00% 组下降了 20.36% ($P < 0.05$); 平均日排粪量和平均日排干物质质量随饲料

CP 水平降低有下降趋势($P = 0.05$)。

表 5 理想 AA 模式下低 CP 饲料对蛋品质及鸡蛋成分的影响

Table 5 Effects of low protein diets in ideal amino acid pattern on egg quality and components

项目 Items	饲料粗蛋白质水平 Dietary CP level/%					蛋鸡周龄 Age of laying hens/weeks			SEM	P 值 P-value	
	17.00	16.50	16.00	15.50	15.00	24	28	32		粗蛋白质 CP	周龄 Age
蛋白高度 Albumen height/mm	6.52 ^a	5.96 ^b	6.29 ^{ab}	6.48 ^a	6.53 ^a	5.97 ^a	6.85 ^b	6.26 ^c	0.06	<0.01	<0.01
蛋壳厚度 Eggshell thickness/mm	0.38	0.36	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.00	0.45	0.87
蛋壳强度 Eggshell strength/(N/cm ²)	41.93	41.76	43.77	42.21	42.93	40.60 ^a	41.94 ^b	45.02 ^c	0.40	0.46	<0.01
哈氏单位 Haugh unit	79.65 ^a	76.51 ^b	76.67 ^b	80.26 ^a	80.05 ^a	79.68	78.20	78.00	0.42	<0.01	0.19
蛋黄颜色 Yolk color	4.09 ^a	3.50 ^b	3.81 ^{ab}	3.76 ^{ab}	3.83 ^{ab}	3.79 ^{ab}	3.57 ^a	4.04 ^b	0.06	0.02	<0.01
蛋壳含量 Eggshell percentage/%	13.44	13.23	13.43	13.49	13.52	13.51 ^a	12.91 ^b	13.84 ^a	0.08	0.72	<0.01
蛋白含量 Albumen percentage/%	63.17	63.85	62.91	62.61	62.80	64.32 ^a	63.27 ^b	61.61 ^c	0.19	0.09	<0.01
蛋黄含量 Yolk percentage/%	23.39	22.92	23.66	23.89	23.68	22.16 ^a	23.82 ^b	24.54 ^c	0.16	0.14	<0.01
蛋黄含水率 Moisture in egg yolk/%	49.16	49.32	49.97	49.52	49.87	49.93 ^a	49.89 ^b	48.88 ^c	0.15	0.28	<0.01

表 6 理想 AA 模式下低 CP 饲料对蛋鸡血浆尿酸浓度及全血氨浓度的影响

Table 6 Effects of low protein diets in ideal amino acid pattern on the concentrations of plasma uric acid and whole blood ammonia of laying hens

项目 Items	饲料粗蛋白质水平 Dietary CP level/%					SEM	P 值 P-value
	17.00	16.50	16.00	15.50	15.00		
血浆尿酸 Plasma uric acid/(mg/L)	22.49	22.59	18.86	20.82	18.66	0.61	0.11
全血氨 Whole blood ammonia/(μmol/L)	145.14	153.72	157.33	142.22	142.22	2.88	0.33

3 讨论

3.1 理想 AA 模式下低 CP 饲料对蛋鸡生产性能的影响

畜禽对饲料 CP 的需要其实是对 AA 的需要, 低 CP 饲料中补充晶体 AA, 减少了饲料中非必需氨基酸 (NEAA) 的含量, 提高了饲料 CP 的利用率; 理想 AA 模式更能提高 CP 质量, 使蛋鸡维持良好生产性能。本试验结果表明, 在理想 AA 模式

下降低饲料 CP 水平对蛋鸡平均日采食量、日产蛋重及蛋料比均无显著影响, 显著提高了产蛋率, 但有降低蛋鸡平均蛋重的趋势。

产蛋率与平均蛋重是衡量蛋鸡生产性能的重要指标, 其影响因素主要有蛋鸡品种、周龄、环境、饲料营养水平等。本研究表明, 在其他因素不变的情况下, 降低饲料 CP 水平可显著提高 21~32 周龄海兰灰蛋鸡的产蛋率, 与 Khajali 等^[10]的研究结果不同, 该试验研究了开产 1 年期间低 CP 饲料

对海兰白 W-36 型蛋鸡的生产性能和蛋品质的影响,结果表明,在试验前 8 个月,饲料 CP 水平对产蛋率无显著影响,但试验期后 4 个月饲喂低 CP 饲料可显著降低蛋鸡产蛋率。这可能与 2 个试验所采用的 AA 模式有关,本试验中,整个试验期 TSAA 与 Lys 的比例均为 0.91,而在 Khajali 等^[10]

的试验中,开产至 50% 产蛋率时期的 TSAA:Lys 为 0.86,50% 产蛋率至开产 7 个月时期该比例为 0.78。此外,本试验结果表明,虽然饲喂低 CP 饲料可提高蛋鸡产蛋率,但日产蛋量无显著变化,因此这也可能与平均蛋重的降低有关。

表 7 理想 AA 模式下低 CP 饲料对蛋鸡粪氮含量的影响

Table 7 Effects of low protein diets in ideal amino acid pattern on nitrogen content in excretion of laying hens

项目 Items	饲料粗蛋白质水平 Dietary CP level/%					SEM	P 值 P-value
	17.00	16.50	16.00	15.50	15.00		
平均日排粪量 Average daily fresh excretion/g	197.88	170.95	165.22	173.24	163.01	4.20	0.05
平均日排干物质质量 Average daily excretion of dry matter/g	40.49	35.69	35.97	36.32	33.32	0.78	0.05
平均日粪氮含量 Average daily nitrogen content in excretion/g	2.27 ^a	1.75 ^b	1.84 ^b	1.72 ^b	1.49 ^c	0.07	<0.01
粪干物质含氮量 Nitrogen content in dry matter of excretion/%	5.60 ^a	5.08 ^a	4.87 ^b	4.70 ^b	4.46 ^b	0.11	<0.01
粪便含水率 Moisture in fresh excretion/%	79.49	79.44	78.93	78.80	78.27	0.35	0.82

关于饲料 CP 水平对平均蛋重的影响也有许多报道,耿爱莲等^[11]研究表明,在代谢能水平相同的条件下,饲料 CP 水平越高,平均蛋重越大。近期有学者研究了 48 周龄海塞克斯白蛋鸡在饲料不同 CP 水平下生产性能的变化,结果表明,平均蛋重随饲料 CP 水平增加而呈线性增加^[12]。这与本试验结果相同,本试验表明,降低饲料 CP 水平有降低平均蛋重的趋势。产生这一结果的原因尚不十分清楚,Penz 等^[6]的研究表明,蛋重随饲料 CP 水平的降低而降低可能与鸡蛋蛋白含量的减少有关,而 Leeson 等^[5]将蛋重降低的原因归结于总氮含量的缺乏,具体的原因尚需进一步研究。

低 CP 饲料对日产蛋重、平均日采食量及蛋料比均无显著影响,这与黄保华等^[13]对 19~43 周龄海兰白 W-36 型蛋鸡的研究结果类似。本试验中,蛋鸡周龄对各项生产性能指标都产生了极显著地影响,这与预期结果相符。本试验结果显示,饲料 CP 水平为 15.00% 仍可满足开产期至产蛋高峰期海兰灰蛋鸡的生产需要,但鉴于蛋鸡饲养周期较长,此 CP 水平对蛋鸡后期生产性能能否产生影响仍需进行进一步的研究。

3.2 理想 AA 模式下低 CP 饲料对蛋品质及鸡蛋成分的影响

蛋品质的衡量指标有蛋白高度、蛋壳厚度、蛋壳强度、哈氏单位、蛋黄颜色等,影响蛋品质的因素有很多,如饲料营养水平、环境因素、蛋鸡品种、疾病等。本试验表明,降低饲料 CP 水平极显著影响了鸡蛋的蛋白高度和哈氏单位,对蛋黄颜色也有显著影响,但对蛋壳厚度与蛋壳强度无显著影响;饲料 CP 水平对鸡蛋蛋壳含量、蛋黄含量以及蛋黄含水率均无显著影响,但有降低蛋白含量的趋势。

蛋白质量是衡量鸡蛋新鲜与否的重要指标,而哈氏单位是评价蛋白质量的综合指标。哈氏单位是由蛋白高度及蛋重计算而得,它的值与蛋白高度呈正相关,而与蛋重呈负相关^[14]。研究表明,添加 Met 的低 CP 饲料有增加热带地区鸡蛋蛋白高度的趋势^[15],与本试验结果一致。本研究表明,降低饲料 CP 水平极显著影响了鸡蛋的蛋白高度、哈氏单位,与饲料 CP 水平对平均蛋重的影响结果相符。

本试验表明,降低饲料 CP 水平加深了蛋黄颜色,这与 Gunawardana 等^[16]及 Roberts 等^[17]的结

果相同。影响蛋黄颜色的主要成分为积累在蛋黄脂类物质中的叶黄素,它们通常存在于玉米、玉米蛋白粉、苜蓿、万寿菊中。而随饲料 CP 水平的降低,玉米的相对量升高,可能是致蛋黄颜色加深的原因。由本试验结果可得,饲料 CP 水平为 15.00% 时各项蛋品质指标仍可保持在良好水平,与 17.00% 组差异不显著。

研究表明,蛋白含量随饲料 CP 水平增加而线性增加^[12],降低饲料 CP 水平显著降低了蛋白含量^[18],本试验表明,降低饲料 CP 水平有降低鸡蛋蛋白含量的趋势,但各组均差异不显著,可能与各组间饲料 CP 水平差距不够大有关。

3.3 理想 AA 模式下低 CP 饲料对血浆尿酸浓度与全血氨浓度的影响

尿酸是蛋白质以及核酸的代谢产物,在家禽体内含量较高,血浆尿酸浓度与全血氨浓度是衡量饲料 AA 利用率的重要指标^[19]。家禽体内正常生理浓度的尿酸可有效地防止自由基对蛋白质、膜脂质及 DNA 的损伤,保护动物细胞及组织,延长动物寿命,而高浓度的尿酸可能会沉积在动物的关节处,引起痛风,也可致动物高血压等心血管疾病^[20]。

在本试验中,饲料 CP 水平并未显著影响血浆尿酸浓度及全血氨浓度,与 Namroud 等^[21]的结果不同。Namroud 等^[21]研究了添加晶体 AA 的同时降低饲料 CP 水平对肉鸡生产性能、血氨浓度及排泄物的影响,表明饲料 CP 水平低于 19% 或在饲料中添加过量必需氨基酸(EAA)时血氨浓度显著升高,而血浆尿酸浓度随饲料 CP 水平的降低显著降低。低 CP 饲料对蛋鸡血浆尿酸浓度及血氨浓度的影响报道较少,其机制有待进一步研究。

3.4 理想 AA 模式下低 CP 饲料对粪氮含量的影响

随现代养鸡业的规模化发展,其对环境的污染,尤其是排泄物对环境的污染越来越受到人们的关注。粪氮含量与摄入的饲料氮含量密切相关,故可通过调控饲料氮的摄入量来调节粪氮含量。本试验表明,降低饲料 CP 水平极显著地降低了蛋鸡平均日粪氮含量和粪干物质含氮量,平均日排粪量和平均日排干物质质量也有降低的趋势。

研究表明,与高 CP 饲料相比,低 CP 添加 AA 饲料,可在维持良好生产性能的同时,降低蛋鸡粪氮含量^[17,22],这与本试验结果一致。本试验中,随

饲料 CP 水平降低,平均日蛋白质摄入量极显著降低,而平均日采食量各组间无显著差异,进一步证明了粪氮含量与饲料 CP 水平密切相关。

4 结 论

① 按照理想 AA 模式,通过向饲料中添加晶体 AA 并降低饲料 CP 水平提高了 21 ~ 32 周龄海兰灰蛋鸡的产蛋率,改善了鸡蛋品质,减少了粪氮含量。

② 按照本试验的理想 AA 模式,能量为 11.00 MJ/kg 情况下,综合各项指标可知,饲料 CP 水平为 15.00% 仍可满足开产期至产蛋高峰期海兰灰蛋鸡的生产需要。

参考文献:

- [1] LOPEZ G, LEESON S. Response of broiler breeders to low-protein diets in adult breeder performance[J]. Poultry Science, 1995, 74: 685 - 695.
- [2] ISHIBASHI T, YONEMOCHI C. Amino acid nutrition in egg production industry[J]. Animal Science, 2003, 74: 457 - 469.
- [3] KESHAVERZ K, JACKSON M E. Performance of growing pullets and laying hens fed low-protein, amino acid-supplemented diets [J]. Poultry Science, 1992, 71: 905 - 918.
- [4] SUMMERS J D. Reducing nitrogen excretion of the laying hen by feeding lower crude protein diets [J]. Poultry Science, 1993, 72: 1473 - 1478.
- [5] LEESON S, CASTON L J. Response of laying hens to diets varying in crude protein or available phosphorus [J]. Journal of Applied Poultry Research, 1996, 5: 289 - 296.
- [6] PENZ A M, Jr, JENSEN L S. Influence of protein concentration, amino acid supplementation and daily time of access to high or low-protein diets on egg weight and components in laying hens [J]. Poultry Science, 1991, 70: 2460 - 2466.
- [7] NOVAK C, YAKOUT H M, SCHEIDELER S E. The effect of dietary protein level and total sulfur amino acid:lysine ratio on egg production parameters and egg yield in Hy-Line W-98 hens [J]. Poultry Science, 2006, 85: 2195 - 2206.
- [8] LEMME A. Amino acid recommendations for laying hens [J]. Lohmann Information, 2009, 44 (2): 21 - 32.
- [9] BREGENDAHL K, ROBERTS S A, KERR B, et al. I-

- deal ratios of isoleucine, methionine, methionine plus cysteine, threonine, tryptophan, and valine relative to lysine for white leghorn-type laying hens of twenty-eight to thirty-four weeks of age[J]. *Poultry Science*, 2008, 87:744–758.
- [10] KHAJALI F, KHOSHOUIE E A, DEHKORDI S K, et al. Production performance and egg quality of Hy-Line W36 laying hens fed reduced-protein diets at a constant total sulfur amino acid:lysine ratio[J]. *Poultry Science*, 2008, 17:390–397.
- [11] 耿爱莲, 石晓琳, 王海宏, 等. 饲料粗蛋白质水平对散养北京油鸡产蛋性能及蛋品质的影响[J]. *动物营养学报*, 2011, 23(2):307–315.
- [12] SILVA M R F, DE FARIA D E, RIZZOLI P W, et al. Desempenho, qualidade dos ovos e balanço de nitrogênio de poedeiras comerciais alimentadas com rações contendo diferentes níveis de proteína bruta e lisina[J]. *Teveista Brasileira de Zootecnia*, 2010, 39(6):1280–1285.
- [13] 黄保华, 张桂芝, 殷若新, 等. 不同营养水平对 19~43 周龄蛋鸡生产性能影响的研究[J]. *山东家禽*, 2000(3):4–7.
- [14] EISEN E J, BOHREN B B, MCKEAN H E. The Haugh unit as a measure of egg albumen quality[J]. *Poultry Science*, 1962, 41:1461–1468.
- [15] CHAIYAPOOM B, TAWEESEK S. Effects of adding methionine in low-protein diet on production performance, reproductive organs and chemical liver composition of laying hens under tropical conditions[J]. *Journal of Poultry Science*, 2005, 4(5):301–308.
- [16] GUNAWARDANA P, SR ROLAND D A, BRYANT M M. Effect of energy and protein on performance, egg components, egg solids, egg quality and profits in molted Hy-Line W-36 hens[J]. *Poultry Science*, 2008, 17:432–439.
- [17] ROBERTS S A, XIN H, KERR B J, et al. Effects of dietary fiber and reduced crude protein on nitrogen balance and egg production in laying hens[J]. *Poultry Science*, 2007, 86:1716–1725.
- [18] NOVAK C, YAKOUT H, SCHEIDELER S. The combined effect of dietary lysine and total sulfur amino acid level on egg production parameters and egg components in Dekalb Delta laying hens[J]. *Poultry Science*, 2004, 83:977–984.
- [19] DONSBOUGH A L, POWELL S, WAGUESPACK A, et al. Uric acid, urea, and ammonia concentrations in serum and uric acid concentration in excreta as indicators of amino acid utilization in diets for broilers[J]. *Poultry Science*, 2010, 89:287–294.
- [20] 王讯, 马恒东, 赵玲. 鸡体内尿酸生物学功能的研究进展[J]. *动物医学进展*, 2005, 26(3):41–43.
- [21] NAMROUD N F, SHIVAZAD M, ZAGHARI M. Effects of fortifying low crude protein diet with crystalline amino acids on performance, blood ammonia level, and excreta characteristics of broiler chicks[J]. *Poultry Science*, 2008, 87:2250–2258.
- [22] KESHAVARZ K, AUSTIC R E. The use of low-protein, low-phosphorus, amino acid- and phytase-supplemented diets on laying hen performance and nitrogen and phosphorus excretion[J]. *Poultry Science*, 2004, 83:75–83.

Effects of Low Crude Protein Diets in Ideal Amino Acid Pattern on Performance of Laying Hens

REN Bing^{1,2} WU Shugeng² JI Feng² ZHANG Haijun² YUE Hongyuan²

DONG Yan³ GAO Yupeng^{1*} QI Guanghai^{2*}

(1. College of Animal Science and Technology, Northwest A & F University, Yangling 712100, China;

2. Feed Research Institute, The Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China;

3. Health and Nutrition Division, Evonik Degussa Investment Co., Ltd., Beijing 100176, China)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of low crude protein diets in ideal amino acid pattern on performance, egg quality, the concentrations of plasma uric acid and whole blood ammonia, and nitrogen content in excretion of laying hens aged 21 to 32 weeks. Hy-Line Grey laying hens ($n = 540$) were randomly allotted into one of the five dietary treatments, which had 17.0%, 16.5%, 16.0%, 15.5% and 15.0% crude protein levels at the same dietary energy of 11.00 MJ/kg, respectively. Each treatment contained 6 replicates of 18 hens. The trial lasted for 12 weeks. The results showed as follows: in ideal amino acid pattern, average daily feed intake, daily egg yield and egg/feed were not be affected ($P > 0.05$), while laying rate was significantly affected by dietary crude protein level ($P < 0.05$), and average egg weight was tended to be decreased during this trial ($P = 0.06$). The egg quality parameters, such as albumen height and Haugh unit, were significantly affected by dietary crude protein level ($P < 0.01$). The dietary crude protein level significantly affected yolk color ($P < 0.05$), but did not affect eggshell thickness and strength ($P > 0.05$). There were no significant effects on egg components, but the albumen content in egg was tended to be decreased with the decreasing of dietary crude protein level ($P = 0.09$). The concentrations of plasma uric acid and whole blood ammonia among treatments were not be affected by dietary crude protein level ($P > 0.05$). As dietary crude protein level decreased, the nitrogen content in excretion was significantly reduced ($P < 0.01$). The results indicate that laying rate and egg quality in laying hens fed low crude protein diets added synthetic amino acids can be improved during the trial, and nitrogen excretion is significantly decreased. [Chinese Journal of Animal Nutrition, 2012, 24(8):1459-1468]

Key words: low crude protein; laying hens; performance; egg quality; nitrogen content in excretion

* Corresponding author, GAO Yupeng, professor, E-mail: gaoyupeng112@sina.com; QI Guanghai, professor, E-mail: qiguanghai@mail.caas.net.cn