

## 能量浓度对高峰期褐壳蛋鸡赖氨酸需要量影响的研究

马秋刚 冯秀燕 计成

(中国农业大学动物科技学院)

**摘要** 选用 25 周龄产蛋高峰期北京红鸡 576 只, 研究了日粮不同代谢能水平对赖氨酸需要量的影响。2 个基础日粮代谢能水平分别为: 11. 09 和 11. 51 MJ·kg<sup>-1</sup>, 6 个处理的可消化赖氨酸水平分别为: 0. 57%, 0. 64%, 0. 71% (ME= 11. 09 MJ·kg<sup>-1</sup>); 0. 59%, 0. 66%, 0. 73% (ME= 11. 51 MJ·kg<sup>-1</sup>)。试验为期 17 周。结果表明: 产蛋高峰期北京红鸡日粮适宜代谢能浓度为 11. 09 MJ·kg<sup>-1</sup>, 可消化赖氨酸与代谢能适宜比值为 0. 57~ 0. 58 g·MJ<sup>-1</sup>, 或表示为适宜供给量 834~ 856 mg·只<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>可消化赖氨酸。

**关键词** 北京红鸡; 产蛋高峰期; 能量浓度; 可消化赖氨酸需要量

**分类号** S831. 5

## Study on Effect of Energy Density on Lysine Requirement of Brown Layers

Ma Qiugang Feng Xiuyan Ji Cheng

(College of Animal Sciences and Technology, CAU)

**Abstract** Five hundred and seventy-six Beijing-Brown-layers were used in a 17-week experiment to determine digestible lysine requirement and the influence of the dietary ME level on this requirement. Lysine-HCL and DL-methionine were supplemented to two corn-various meals basal diets with 11. 09 or 11. 51 MJ·kg<sup>-1</sup> ME respectively. Six treatment diets were formulated to contain 0. 57%, 0. 64%, 0. 71% (ME= 11. 09 MJ·kg<sup>-1</sup>), or 0. 59%, 0. 66%, 0. 73% (ME= 11. 51 MJ·kg<sup>-1</sup>) digestible lysine. All diets had the same ratio (0. 84) of digestible sulfur containing amino acids (SAA) to digestible lysine. Other nutrient contents in the diets met the NRC requirement sufficiently. Results indicated that the optimum level of ME was 11. 09 MJ·kg<sup>-1</sup>, and the true digestible lysine requirement was 834~ 856 mg daily per bird or 0. 57~ 0. 58 g·MJ<sup>-1</sup> for Beijing Brown layers during the peak laying days.

**Key words** Beijing brown layers; peak laying days; optimum level of ME; digestible lysine requirement

赖氨酸经常是产蛋鸡饲料的第二或第一限制性氨基酸, 它的供应状况很大程度上决定了蛋鸡的生产性能。但是长期以来蛋鸡赖氨酸的需要量的报道都很不一致。Ingram 等指出日粮中 0. 5% 的赖氨酸足以满足产蛋鸡的需要<sup>[1]</sup>; 而 Edward 等认为要获得良好生产性能需要

收稿日期: 2000-01-17

国家科委重中之重资助项目 (96-003-02)

计成, 北京海淀区圆明园西路 2 号中国农业大学(西校区), 100094

0.6% 赖氨酸<sup>[2]</sup>。Latshaw 等指出蛋鸡赖氨酸日需要量在 657 mg 左右<sup>[3]</sup>; Antis 等认为蛋鸡每日摄入量应大于 702 mg<sup>[4]</sup>; NRC 在 1971, 1977, 1984 年给出的褐壳蛋鸡赖氨酸日需要量分别为 500<sup>[5]</sup>, 660<sup>[6]</sup>, 760 mg<sup>[7]</sup>; 计成对北京白鸡的赖氨酸日需要量研究结果为 650~ 660 mg 之间<sup>[8]</sup>; Van Weerden 报道的赖氨酸日需要量为 930 mg<sup>[9]</sup>。

一般认为除了遗传等因素外, 能量浓度对自由采食蛋鸡的氨基酸需要量也存在很大影响<sup>[3]</sup>。但是 Gous 等试验结果表明赖氨酸在不同能量浓度时具有统一的剂量反应曲线, 能量浓度对产蛋量和氨基酸需要量没有直接影响, 是通过采食量产生的影响<sup>[10]</sup>。

本试验将通过研究能量浓度对高峰期褐壳蛋鸡赖氨酸需要量的影响, 确定北京红鸡赖氨酸的需要量, 探讨提高蛋鸡日粮代谢能水平的可行性。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料及设备条件

北京市俸伯鸡场 20 周龄的北京红鸡商品代蛋鸡 672 只, 预先饲养于 3 层笼密闭鸡舍中, 控温风机纵向负压通风, 乳头式饮水器, 人工喂料和捡蛋。

### 1.2 试验鸡的选择及分组

对照北京红鸡品种标准, 淘汰羽色异常的鸡, 使鸡群遗传基础更为统一。根据体重、冠形、耻骨间距等淘汰和更换体重偏低的鸡、病鸡、歇产鸡。在 25 周龄正式试验开始时选留体重、产蛋正常的健康母鸡 576 只, 随机分为 6 个处理, 每处理 3 个重复, 每重复 8 个笼, 每笼 4 只鸡。

### 1.3 试验设计及日粮配合

试验为 2×3 双因子设计, 包括 2 个代谢能水平(11.09, 11.51 MJ·kg<sup>-1</sup>)和 3 个氨基酸水平。其中处理 1 和处理 4 日粮分别为低能、高能基础日粮, 2 种日粮除能量水平不同外, 其余营养指标均极为相似并达到或超过 NRC (1994) 褐壳蛋鸡营养标准<sup>[11]</sup>。向 2 种基础日粮中加入适量赖氨酸、蛋氨酸构成 6 种处理日粮, 赖氨酸水平分别为 0.68%, 0.75%, 0.82%, 含硫氨基酸/赖氨酸比值保持在 0.84。配方及营养成分见表 1。

### 1.4 饲养管理

饲养试验于 1997-11-28~ 1998-03-26 进行。舍内春季温度 17~ 23℃, 冬季温度 14~ 18℃。18 和 19 周龄光照时间分别为 10 和 11 h, 以后每周增加 0.5 h, 最高至 16 h, 3 层笼的光亮度分别为 30, 16, 10 lx。防疫程序同生产群。

### 1.5 试验步骤与测定项目

**1.5.1 生产性能** 试验期从产蛋鸡 169 日龄(25 周龄初)到 286 日龄(41 周龄末), 共 17 周。使鸡保持准自由采食状态。试验鸡自由饮水。每天 16:00 捡蛋。

记录每天每层笼的产蛋个数、平均蛋重、破蛋个数、鸡死淘情况。详细记录每天的温湿度和采食饮水状况等饲养管理上的变化。从每个处理的中层笼分别任意抽取 8 只鸡, 套上翅号, 每 3 周对这些鸡称个体重并记录。每周结算一次耗料量。试验结束时计算全期平均日耗料、产蛋率、日产蛋量、平均蛋重、料蛋比、日增重、死淘率和破蛋率。

**1.5.2 日粮氨基酸消化率** 采用 Sibbald (1976) 方法和 2×2 拉丁方设计。选取 20 周龄体重一致健康北京红鸡去盲肠公鸡 8 只。恢复 4 周后, 其中 4 只分别强饲低能基础日粮和高能基础日粮, 另外 4 只强饲无氮日粮, 强饲量都为 50 g·只<sup>-1</sup>。无氮日粮配方为: 玉米淀粉 20%, 蔗糖

52%, 纤维素 4.3%, 石英砂 13%, 石粉 7.6%, 磷酸氢钙 2.15%, 食盐 0.5%, 蛋鸡微量元素 0.15%, 蛋鸡多维 0.1%, 50% 氯化胆碱 0.2%; 其中含代谢能  $11.46 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 钙 3.5%, 有效磷 0.38%, 钠 0.16%。向收集到的排泄物中均匀加入  $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  磷酸溶液 10 滴左右, 固定其中的氮, 然后用 65 °C 烘箱烘至风干, 测定风干物重量, 用高压液相色谱分析饲料和风干排泄物氨基酸组成。按以下公式计算 2 种基础日粮真可消化氨基酸含量。测算出的可消化氨基酸含量汇总于表 1。

表 1 试验处理间日粮及营养成分

w / %

项 目	低能组 ME = $11.09 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$			高能组 ME = $11.51 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$		
	处理 1	处理 2	处理 3	处理 4	处理 5	处理 6
<b>原料</b>						
玉米	55.75	55.75	55.75	57.75	57.75	57.75
膨化大豆	10.4	10.4	10.4	14.1	14.1	14.1
豆粕	7.0	7.0	7.0	5.0	5.0	5.0
棉粕	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
菜饼	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
麦麸	4.8	4.8	4.8	1.0	1.0	1.0
磷酸氢钙	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6
石粉	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2
食盐	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
1% 添加剂	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
合计	100	100	100	100	100	100
78.5% Lys-HCl / $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	0.22	1.112	2.004	0	0.892	1.784
98% DL-Met / $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	0	0.600	1.200	0	0.600	1.200
<b>营养成分</b>						
代谢能	11.09	11.09	11.09	11.51	11.51	11.51
粗蛋白	15.5(15.35)	15.5(15.38)	15.5(15.43)	15.5(15.41)	15.5(15.34)	15.5(15.44)
钙	3.5(3.56)	3.5(3.51)	3.5(3.5)	3.5(3.61)	3.5(3.62)	3.5(3.53)
磷	0.6(0.63)	0.6(0.62)	0.6(0.6)	0.6(0.59)	0.6(0.62)	0.6(0.59)
有效磷	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
钠	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
赖氨酸	0.68(0.68) [0.57]	0.75(0.75) [0.64]	0.82(0.82) [0.71]	0.68(0.69) [0.59]	0.75(0.76) [0.66]	0.82(0.83) [0.73]
含硫氨基酸	0.57(0.56) [0.48]	0.63(0.62) [0.54]	0.69(0.68) [0.6]	0.57(0.58) [0.50]	0.63(0.64) [0.56]	0.69(0.70) [0.62]
蛋氨酸	0.26(0.3) [0.261]	0.32(0.36) [0.32]	0.37(0.41) [0.37]	0.25(0.28) [0.245]	0.31(0.34) [0.305]	0.37(0.40) [0.365]
胱氨酸	0.31(0.26) [0.22]	0.31(0.26) [0.22]	0.31(0.26) [0.22]	0.32(0.30) [0.255]	0.32(0.30) [0.255]	0.32(0.30) [0.255]

1% 添加剂可为每千克日粮提供 VA 12 000 IU; VD<sub>3</sub> 1 500 IU; VE 25 IU; VK<sub>3</sub> 1.0 mg; VB<sub>1</sub> 5.5 mg; VB<sub>2</sub> 5.0 mg; 泛酸 16 mg; VB<sub>6</sub> 8 mg; 生物素 0.3 mg; 胆碱 1 000 mg; 叶酸 1.8 mg; VB<sub>12</sub> 0.008 mg; 铁 90 mg; 铜 20 mg; 碘 0.45 mg; 锰 80 mg; 锌 80 mg; 硒 0.2 mg。不带括号的数值是计算值。( )内数值是本试验各项测定值。[ ]内数值是本试验可消化氨基酸测定值。

**1.5.3 氮代谢试验** 在产蛋鸡 31 周龄进行一次氮代谢试验, 检测各处理日粮对蛋鸡氮代谢效率的影响。向各处理日粮中加入 0.33% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 作指示剂, 采用部分收粪法。用凯氏定氮法测定饲料、粪和鸡蛋中的含氮量, 用原子吸收光谱测定其中的饲料和粪中铬含量。按以下公式计算试验鸡的氮存留效率。

$$\text{氮的消化率} = 100 - \left[ \frac{\text{日粮中氮的含量}}{\text{粪中氮的含量}} \times \frac{\text{日粮中氮的含量}}{\text{粪中氮的含量}} \right] \times 100\%$$

氮排泄 = 氮进食  $\times$  (1 - 氮的消化率), 氮存留 = 食入氮 - 粪尿氮,

氮平衡 = 食入氮 - 粪尿氮 - 蛋中氮。

假设结晶氨基酸消化率为 100%, 推算出的其他处理日粮可消化氨基酸含量也列于表 1。

$$\text{氨基酸真消化率} = \frac{\text{食入氨基酸} - (\text{排泄物中氨基酸} - \text{内源氨基酸})}{\text{食入氨基酸}} \times 100\%$$

## 1.6 统计方法

试验数据采用 SAS 程序 (6.12 版) ANOVA 过程进行方差分析和 DUNCAN 多重比较。

## 2 结果与讨论

### 2.1 饲养试验结果

全期全群平均产蛋率为  $(90.3 \pm 3.8)\%$ , 平均只日产蛋量为  $(54.38 \pm 3.35)\text{g}$ , 表明试验鸡在整个试验期处于一个正常的产蛋状态。

**2.1.1 采食量** F 检验表明能量对鸡采食量的影响极显著 ( $P < 0.05$ )。低能日粮组采食量普遍高于相似赖氨酸 (含硫氨基酸) 水平的高能日粮组, 平均提高  $3.5\text{g} \cdot \text{只}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 。但是不同能量水平下, 鸡对代谢能、可消化赖氨酸、可消化含硫氨基酸的摄入量均保持相对恒定。在低能日粮条件下 3 种营养素摄入量分别平均提高  $5.02\text{kJ} \cdot \text{只}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、 $3.2\text{mg} \cdot \text{只}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$  和  $2.7\text{mg} \cdot \text{只}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ , 但 F 检验均不显著 ( $P > 0.05$ )。

平衡添加的赖氨酸-含硫氨基酸水平显著影响鸡的采食量 ( $P < 0.05$ ), 极其显著影响可消化赖氨酸和可消化含硫氨基酸的摄入量 ( $P < 0.01$ )。除处理 5 (高能中等赖氨酸) 外, 其他各处理日粮代谢能摄入量差异不显著 ( $P > 0.05$ )。在 2 个能量水平下, 采食量都随日粮可消化赖氨酸水平增加表现出先升后降的趋势, 但这种趋势在低能日粮条件时不如高能日粮明显。

可消化赖氨酸 (含硫氨基酸) 与能量比例相似的处理日粮, 尽管采食量可能存在较大差别, 但可消化赖氨酸、蛋氨酸、含硫氨基酸的摄入量总是极为相似。当可消化赖氨酸与代谢能比值超过  $0.63\text{g} \cdot \text{MJ}^{-1}$  后可消化赖氨酸和含硫氨基酸趋于恒定, 分别稳定在  $914\text{mg} \cdot \text{只}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$  和  $770\text{mg} \cdot \text{只}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$  (表 2)。

**2.1.2 产蛋率** 对产蛋率而言, F 检验能量效应不显著 ( $P > 0.05$ ), 但是相似可消化赖氨酸 (含硫氨基酸) 条件下低能日粮组的产蛋率普遍高于相应高能日粮组, 平均提高 0.9 个百分点。

可消化赖氨酸 (含硫氨基酸) 效应极其显著 ( $P < 0.01$ )。随着可消化赖氨酸水平提高产蛋率逐渐提高, 当可消化赖氨酸含量表示为与其与代谢能的比例时, 这种趋势更为明显。代谢能、可消化赖氨酸和含硫氨基酸水平分别为  $11.09\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 0.71%, 0.6% 时 (处理 3), 产蛋率最高, 但与处理 2, 5, 6 相比均不显著 ( $P > 0.05$ ) (表 2)。

**2.1.3 蛋重** 虽然 3 个高能日粮组的平均蛋重高于低能日粮组, 但 F 检验不显著 ( $P > 0.05$ )。赖氨酸 (含硫氨基酸) 水平极显著地影响蛋重指标 ( $P < 0.05$ )。从多重比较结果来看, 可消化赖氨酸含量从 0.57% 增加到 0.66% (可消化含硫氨基酸相应增加), 蛋重显著提高 ( $P < 0.05$ ), 进一步提高氨基酸水平蛋重仍然增加, 但不再显著 ( $P > 0.05$ )。代谢能、可消化赖氨酸和含硫氨基酸水平分别为  $11.51\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 0.73%, 0.62% 时 (处理 6), 蛋重最高, 但相对于处

理 2, 3, 5 不显著 ( $P > 0.05$ )。可消化赖氨酸与能量比值对蛋重的影响没有明显规律 (表 2)。

**2.1.4 产蛋量** 低能日粮组的只日产蛋量的平均值高于高能日粮组约  $0.3 \text{ g} \cdot \text{只}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ , 但 F 检验不显著 ( $P > 0.10$ )。可消化赖氨酸 (含硫氨基酸) 水平对产蛋量影响显著 ( $P < 0.05$ )。随着日粮中可消化赖氨酸水平的提高, 产蛋量逐渐增加, 超过 0.64% 后产蛋量的增加不再显著。代谢能、可消化赖氨酸和含硫氨基酸分别为  $11.09 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 0.71%, 0.6% 时 (处理 3), 只日产蛋量最大, 但相对于处理 2, 5, 6 不显著 ( $P > 0.05$ )。可消化赖氨酸、含硫氨基酸、蛋氨酸的摄入量与只日产蛋量的比例并不恒定, 而是随着摄入量增加, 这种比值趋于增大, 表明这些营养素的边际效益逐渐递减 (表 2)。

表 2 不同代谢能和可消化赖氨酸 (DLYS) 水平对北京红鸡生产性能的影响

处理	ME $\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	DLYS w/%	DLYS/ME $\text{g} \cdot \text{MJ}^{-1}$	采食量 $\text{g} \cdot \text{只}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$	MEI $\text{MJ} \cdot \text{只}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$	DLYSI $\text{mg} \cdot \text{只}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$	DSAAI $\text{g} \cdot \text{只}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$	产蛋率 %/	产蛋量 $\text{g} \cdot \text{只}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$
1	11.09	0.57	0.51	129.8 ± 0.8 a	1.440 ± 0.009 b	739.9 ± 4.6 d	623.1 ± 3.9 d	88.3 ± 1.2 bc	52.6 ± 0.7 bc
2	11.09	0.64	0.58	130.3 ± 0.2 a	1.445 ± 0.002 b	833.9 ± 1.2 c	702.2 ± 1.0 c	91.8 ± 3.5 ab	55.0 ± 2.0 ab
3	11.09	0.71	0.64	128.8 ± 1.6 a	1.429 ± 0.018 b	914.3 ± 11.7 a	769.9 ± 9.9 a	92.2 ± 1.4 a	56.0 ± 1.5 a
4	11.51	0.59	0.51	123.2 ± 3.6	1.418 ± 0.041 b	726.9 ± 21.1 d	612.1 ± 17.8 d	87.7 ± 2.4 c	52.1 ± 1.5 c
5	11.51	0.66	0.57	129.8 ± 0.7 a	1.494 ± 0.008 a	856.7 ± 4.7 b	721.4 ± 4.0 b	91.3 ± 2.6 a	55.4 ± 1.5 a
6	11.51	0.73	0.63	125.2 ± 2.4 b	1.441 ± 0.027 b	914.1 ± 17.6 a	769.8 ± 14.8 a	90.6 ± 0.7 ab	55.1 ± 0.8 ab
低赖氨酸		0.57~0.59		126.5 ± 2.2 b	1.429 ± 0.025 b	733.4 ± 12.9 c	619.6 ± 10.9 c	88 ± 1.8 b	52.40 ± 1.05 b
中赖氨酸		0.64~0.66		130.1 ± 0.5 a	1.470 ± 0.005 a	845.3 ± 3.0 b	715.2 ± 2.5 b	91.4 ± 3.1 a	55.23 ± 1.75 a
高赖氨酸		0.71~0.73		127.0 ± 2.0 b	1.435 ± 0.023 b	941.2 ± 14.7 a	780.8 ± 12.4 a	91.5 ± 1.1 a	55.54 ± 1.15 a
低能组	11.09			129.6 ± 0.9	1.438 ± 0.010	829.4 ± 5.8	698.4 ± 4.9	90.8 ± 2.0	54.5 ± 1.4
高能组	11.51			126.1 ± 1.9	1.451 ± 0.026	832.6 ± 15.1	701.1 ± 12.2	89.9 ± 1.9	54.2 ± 1.3

  

处理	ME $\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	DLYS w/%	DLYS/ME $\text{g} \cdot \text{MJ}^{-1}$	周死淘率 %/	蛋重 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	料蛋比	日增重 $\text{g} \cdot \text{只}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$	破蛋率 %/
1	11.09	0.57	0.51	0.27 ± 0.1	59.69 ± 0.18 c	2.47 ± 0.04 a	2.80 ± 0.73 a	0.55 ± 0.69
2	11.09	0.64	0.58	0.44 ± 0.11	59.95 ± 0.60 ab	2.38 ± 0.09 ab	0.34 ± 0.42 f	0.81 ± 0.33
3	11.09	0.71	0.64	0.59 ± 0.58	60.73 ± 0.68 ab	2.30 ± 0.07 b	1.31 ± 0.64 d	0.79 ± 0.51
4	11.51	0.59	0.51	0.93 ± 0.84	59.41 ± 0.46 c	2.37 ± 0.1 ab	1.42 ± 1.47 c	0.23 ± 0.36
5	11.51	0.66	0.57	0.63 ± 0.11	60.78 ± 0.31 ab	2.34 ± 0.07 ab	0.39 ± 0.78 e	0.46 ± 0.28
6	11.51	0.73	0.63	0.86 ± 0.62	60.87 ± 0.56 a	2.28 ± 0.07 b	2.41 ± 0.78 b	0.91 ± 0.30
低赖氨酸		0.57~0.59		0.60 ± 0.47	59.54 ± 0.32 b	2.42 ± 0.07 a	2.11 ± 1.10 a	0.39 ± 0.53
中赖氨酸		0.64~0.66		0.54 ± 0.11	60.36 ± 0.46 a	2.36 ± 0.08 ab	0.37 ± 0.60 c	0.86 ± 0.32
高赖氨酸		0.71~0.73		0.73 ± 0.60	60.80 ± 0.62 a	2.29 ± 0.07 b	1.86 ± 0.71 b	0.85 ± 0.41
低能组	11.09			0.43 ± 0.26	60.12 ± 0.49	2.38 ± 0.07	1.48 ± 0.60	0.72 ± 0.51
高能组	11.51			0.81 ± 0.52	60.35 ± 0.44	2.33 ± 0.05	1.41 ± 1.01	0.53 ± 0.31

注: ME, DLYS 分别表示饲料中代谢能和可消化赖氨酸含量; MEI, DLYSI, DSAAI 分别表示代谢能、可消化赖氨酸和可消化含硫氨基酸的采食量。

同一栏内有相同字母者差异不显著 ( $P > 0.05$ ); 无相同字母者差异显著 ( $P < 0.05$ )。

**2.1.5 料蛋比** 能量水平对料蛋比有一定影响但仍然不显著 ( $P > 0.05$ ), 但是可消化赖氨酸

(含硫氨基酸)水平相似时高能日粮的料蛋比普遍好于低能日粮。可消化赖氨酸和含硫氨基酸水平显著影响料蛋比。日粮可消化赖氨酸从 0.57% 增加到 0.73% 的过程中可消化赖氨酸每增加 0.01%, 料蛋比绝对值可改善 0.01 (约 0.4%)。代谢能、可消化赖氨酸和含硫氨基酸分别为 11.51 MJ·kg<sup>-1</sup>, 0.73%, 0.62% 时(处理 6), 料蛋比最低, 但相对于处理 2, 3, 4, 5 不显著( $P > 0.05$ )。可消化赖氨酸与能量比值对料蛋比的影响没有明显规律。

**2.1.6 破蛋率** 日粮能量水平、可消化赖氨酸和含硫氨基酸水平对破蛋率的影响均不显著( $P > 0.05$ )。但随着可消化氨基酸水平提高破蛋率有增加趋势。高能日粮组的平均破蛋率比低能日粮组降低 26%。代谢能、可消化赖氨酸和含硫氨基酸分别为 11.51 MJ·kg<sup>-1</sup>, 0.59%, 0.5% 时(处理 4), 破蛋率最低, 但相对于其他处理不显著( $P > 0.05$ )。

**2.1.7 死淘率** 死淘率的 3 个高能组平均值高于低能组, 但不显著( $P > 0.05$ )。赖氨酸和含硫氨基酸的含量对死淘率影响不显著。

**2.1.8 日增重** 日粮能量水平对日增重无显著影响( $P > 0.05$ )。过高或过低的可消化赖氨酸(含硫氨基酸)水平都会显著增加日增重( $P < 0.05$ )。

## 2.2 氮代谢试验结果

从试验结果来看(表 3), 随日粮中可消化赖氨酸和含硫氨基酸水平的提高, 试验鸡日氮采食量表现出逐渐增加的趋势, 但增加幅度越来越小。与此同时, 日氮排泄量趋于减少, 日氮存留和日氮平衡趋于增加。因而日粮可消化赖氨酸和含硫氨基酸的平衡添加有助于提高氮存留效率, 但不显著( $P > 0.05$ )。可消化赖氨酸(含硫氨基酸)含量相似的日粮具有相似的日氮存留量和氮存留效率。F 检验能量效应对于日氮采食量、日氮存留量、日氮平衡、氮存留效率影响均不显著( $P > 0.05$ ), 但以上 4 个指标低能日粮的平均值都大于高能日粮。处理 3(低能高赖氨酸)具有最低的日氮排泄量、最高的氮存留效率和接近最高的日氮存留量。

表 3 不同代谢能和可消化赖氨酸水平对北京红鸡氮代谢的影响

处理	ME /MJ·kg <sup>-1</sup>	DLYS w/%	日氮采食量 /mg·只 <sup>-1</sup> ·d <sup>-1</sup>	日氮排泄量 /mg·只 <sup>-1</sup> ·d <sup>-1</sup>	日氮存留 /mg·只 <sup>-1</sup> ·d <sup>-1</sup>	日氮平衡 /mg·只 <sup>-1</sup> ·d <sup>-1</sup>	氮存留效率 w/%
1	11.09	0.57	2 989.4±0.0 a	1 535.6±136.8	1 453.8±136.8	488.8±109.5	48.6±4.6
2	11.09	0.64	3 061.4±20.3 a	1 432.3±33.6	1 629.1±53.6	614.8±87.0	53.2±1.4
3	11.09	0.71	3 036.5±10.3 a	1 387.9±31.8	1 648.6±42.0	599.4±48.2	54.3±1.2
4	11.51	0.59	2 788.7±149.1 b	1 459.5±317.0	1 329.1±226.6	398.5±207.4	47.9±9.2
5	11.51	0.66	3 054.3±25.6 a	1 434.2±115.2	1 620.0±116.8	553.2±112.3	53.0±3.8
6	11.51	0.73	3 084.3±53.4 a	1 435.1±171.9	1 649.2±213.6	588.5±207.6	53.4±6.2
低赖氨酸组		0.57~0.59	2 889.1±74.6 b	1 497.6±226.9	1 391.5±181.7 b	443.6±158.5 b	48.2±6.9
中赖氨酸组		0.64~0.66	3 057.8±23.0 a	1 433.3±74.4	1 624.6±85.2 a	584.0±99.7 a	53.1±2.6
高赖氨酸组		0.71~0.73	3 060.4±31.9 a	1 411.5±101.9	1 648.9±127.9 a	594.0±127.9 a	53.9±3.7
低能组	11.09		3 029.1±10.2	1 451.9±67.4	1 577.2±77.5	567.7±81.6	52.1±2.4
高能组	11.51		1 443.0±201.4	1 443.0±201.4	1 532.8±185.7	513.4±175.8	51.4±6.4

注: ME, DLYS 分别表示饲料中代谢能和可消化赖氨酸含量;

同一栏内有相同字母者差异不显著( $P > 0.05$ ); 无相同字母者差异显著( $P < 0.05$ )

所有处理的氮平衡都是正的, 与饲养试验称重记录鸡在 31 周龄前后具有一定日增重相一

致。在2种能量水平下,都表现出日氮存留量随赖氨酸和蛋氨酸添加而增加的趋势,表明试验条件下赖氨酸或含硫氨基酸是日粮中的第一限制性因素。过低的赖氨酸与能量的比值会显著降低日氮存留量、氮平衡值和氮存留效率。处理3日粮具有最高氮存留效率(54.3%)、次高氮存留量( $1\ 648.6\ \text{mg}\cdot\text{只}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ )。与处理2相比均不显著。因此根据氮代谢试验结果也可得出与饲养试验结果基本一致的结论(表2)。

### 2.3 讨论

综合以上生产性能指标和代谢试验,可以看出:在代谢能为 $11.09\sim 11.51\ \text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,粗蛋白15.5%条件下,本试验得出产蛋鸡高峰期的可消化赖氨酸需要量范围为 $0.64\%\sim 0.66\%$ ,即 $834\sim 856\ \text{mg}\cdot\text{只}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ,折合成总赖氨酸为基础约为 $970\sim 996\ \text{mg}\cdot\text{只}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ,远远高于Antis(1979)提出的 $702\ \text{mg}\cdot\text{只}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ 、计成(1985)提出的 $650\sim 660\ \text{mg}\cdot\text{只}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ 、Vzvet(1985) $790\ \text{mg}\cdot\text{只}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ 和NRC(1994)提出的 $760\ \text{mg}\cdot\text{只}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ 的总赖氨酸需要量,也高于Van Weerden(1980)报道的 $930\ \text{mg}\cdot\text{只}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ 的总赖氨酸需要量。但是值得注意的是以上文献需要量都是轻型白鸡的需要量或推出值,产蛋量也存在不同,单纯的数字比较可能不会有助于解决问题。贺高峰(1996)用相似的基础日粮( $\text{ME}=11.30\ \text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ )研究了北京红鸡父母代产蛋高峰期的蛋氨酸需要量后利用自己建立的理想蛋白模式推出当日粮粗蛋白为14.5%时可消化赖氨酸需要量为 $849\ \text{mg}\cdot\text{只}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ <sup>[12]</sup>,与本试验结果基本一致。

品种、生产性能、日粮类型、代谢能水平等可能是造成本试验得到的需要量高于文献值的主要原因。

褐壳蛋鸡具有更大体重,这可能会增加赖氨酸的维持需要量。Fisher(1983)综述了大量文献后得到的每千克体重的赖氨酸维持需要为 $85\ \text{mg}$ <sup>[13]</sup>。一般来说,褐壳蛋鸡比轻型白莱航鸡重 $0.5\ \text{kg}$ 左右,因此赖氨酸维持需要会增加 $43\ \text{mg}\cdot\text{只}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ 。此外,品种不同会导致生产性能、氨基酸消化率等的差异<sup>[14]</sup>,从而间接影响到赖氨酸需要量。

褐壳蛋鸡还具有比轻型蛋鸡更高的平均蛋重和只日产。本试验蛋鸡只日产高达 $54.4\ \text{g}\cdot\text{只}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ 高出计成(1985)试验中 $44.8\ \text{g}\cdot\text{只}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ 约21.4%,如果假设北京白鸡与北京红鸡具有相似的转化效率,则北京红鸡产蛋需要的赖氨酸也应该高出北京白鸡约21.4%。

日粮类型不同会显著影响氨基酸消化率<sup>[15]</sup>,从而间接影响到总赖氨酸需要量。本试验为玉米-膨化大豆-豆粕-杂粕型日粮赖氨酸消化率为83.82%,低于Antis(1979)、Van Weerden(1980)、Vzvet(1985)、NRC(1994)的玉米-豆粕-鱼粉型或玉米-豆粕型,也略低于计成(1985)玉米-花生饼-豆饼-鱼粉型试验日粮的赖氨酸消化率<sup>[8]</sup>。这可能也是本试验得到的总赖氨酸需要量偏高的重要原因。

Reid等(1979)提出:日粮能量浓度改变时,以日粮百分数形式表示的氨基酸需要量必须随之调整<sup>[15]</sup>。戎易等(1980)试验也表明日粮代谢能水平和蛋白质能量比(本质上是氨基酸能量比)对采食量、生产性能、体重都有影响。NRC(1994)的氨基酸需要量是建立在代谢能浓度为 $12.14\ \text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ 基础上的,高于本试验的代谢能浓度上限 $11.51\ \text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。虽然本试验表明代谢能为 $11.09\sim 11.51\ \text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ 之间时,可消化赖氨酸与代谢能比值相似的日粮具有相似的生产性能。但是由于代谢能浓度对采食量的影响,可能赖氨酸需要量与代谢能水平并非简单的线性关系。

### 3 结论

在代谢能为  $11.09 \sim 11.51 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 粗蛋白 15.5% 条件下, 北京红鸡产蛋高峰期的可消化赖氨酸需要量为  $0.64\% \sim 0.66\%$  (日粮可消化赖氨酸含量), 或表示为  $0.57 \sim 0.58 \text{ g} \cdot \text{MJ}^{-1}$  (可消化赖氨酸与代谢能比值), 或表示为  $834 \sim 856 \text{ mg} \cdot \text{只}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$  (适宜供给量)。

北京红鸡产蛋高峰期日粮的适宜能量浓度为  $11.09 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。在代谢能为  $11.09$  和  $11.51 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$  时通过调节氨基酸含量都可以取得良好的生产性能。当可消化赖氨酸与代谢能比值相似条件下, 生产性能极为相似。因此代谢能在一定范围内变化时可以根据氨基酸能量比值方便地求出日粮赖氨酸最佳供给量。但是日粮能量浓度在更大范围内变化时对赖氨酸需要量的影响还有待研究。

### 参 考 文 献

- 1 Ingram J G, et al Studies on the lysine and tryptophan requirement of laying and breeding hen. Poultry Sci, 1951, 30: 526
- 2 Edward C M, et al Studies on a short-term procedure for determining amino acid requirement of laying hens. Poultry Sci, 1960, 39: 1438
- 3 Latshaw J D. Lysine requirement of hens fed diets with corn as the major cereal grain. Poultry Sci, 1976, 55: 2348~ 2353
- 4 Antis S N, et al Quantitative measurements of the lysine requirement of laying hen. Poultry Sci, 1979, 59: 594~ 597
- 5 NRC. Nutrient requirements of poultry. 6th ed, 1971
- 6 NRC. Nutrient requirements of poultry. 7th ed, 1977
- 7 NRC. Nutrient requirements of poultry. 8th ed, 1984
- 8 计成 北京白鸡III系产蛋鸡 24~ 44 周龄阶段赖氨酸的需要量: [学位论文] 北京农业大学 1985
- 9 Van Weerden E J, Schutte J B. Lysine requirement of the laying hen. Archiv für Gefügelkunde, 1980, 44: 36~ 40
- 10 Gous R M, Griessel M, Morris T R. Effect of dietary energy concentration on the response of laying hens to amino acids. British Poultry Science, 1987, 28: 427~ 436
- 11 NRC. Nutrient requirements of poultry. 9th ed, 1994
- 12 贺高峰 父母代北京红鸡蛋氨酸需要量和理想蛋白模式的研究: [学位论文] 中国农业大学, 1996
- 13 Fisher C. The physiological basis of the amino acid requirements of poultry. In: Arenal M, Pion R, Bonin D, eds Protein Metabolism and Nutrition. Les Colloques de l'INRA, No. 16. INRA, Paris, 1983, 385~ 404
- 14 闫奎友, 马秋刚, 计成 畜禽饲料氨基酸利用率的影响因素. 中国饲料, 1999, (1): 6~ 8
- 15 Reid B L, et al Interaction of dietary metabolizable energy and protein in laying hens diets. Poultry Sci, 1979, 59: 1451~ 1454