

日粮碘铁水平与蛋鸡血浆、肝及蛋碘铁含量的相关性研究^{*}

曹盛丰, 程美蓉, 杨丽娥

(上海交通大学 农学院, 上海 201101)

[摘 要] 将30羽278日龄罗曼蛋鸡随机分成3组, 以日粮含I 0.5 mg/kg, 含Fe 25 mg/kg(对照组), 含I 50 mg/kg, 含Fe 525 mg/kg(试验I组), 含I 100 mg/kg, 含Fe 1 025 mg/kg(试验II组)饲喂8周, 观察日粮中碘铁在产蛋母鸡体内的转运及日粮碘铁水平与产蛋母鸡血浆、肝及蛋碘铁含量的关系。结果表明, 与对照组比较, 试验I组和II组血浆碘含量增加了153%和201%, 蛋黄碘含量提高了1 395%和1 762%, 蛋白碘含量提高了121%和187%; 血浆铁含量增加了115%和142%, 蛋黄铁含量提高了77%和124%, 肝铁含量提高了105%和149%, 蛋白铁含量和肝碘含量未发现明显变化。相关性检验表明, 日粮碘与血浆碘、蛋黄碘及蛋白碘, 血浆碘与蛋黄碘及蛋白碘, 日粮铁与血浆铁、肝铁及蛋黄铁, 血浆铁与肝铁、蛋黄铁, 均呈强正相关($P < 0.01$)。这些结果提示, 通过高碘高铁日粮可以大幅度提高蛋中碘铁含量, 产蛋母鸡是日粮中碘铁向蛋中转运的良好载体。

[关键词] 碘; 铁; 鸡蛋; 日粮; 血浆; 肝

[中图分类号] S816.71; S831.5

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-2782(2001)05-037-04

碘和铁是正常生命活动必不可少的微量元素。缺碘使人生长发育不良、智力低下和甲状腺肿大。缺铁引起的贫血造成儿童生长发育受阻、免疫功能障碍和智力发育不全。由于我国大部分地区土壤和粮食作物中碘含量极低, 约占世界80%以上的缺碘性克汀病发生在中国。目前主要采取食盐加碘的方法来预防碘缺乏病, 但据德国调查资料^[1]表明, 仅有20%的人可以单一通过碘盐来满足机体的需要。营养学调查结果显示, 我国城乡中老年人群缺铁性贫血的患病率高达21%~39%^[2]。因此, 人膳食中碘铁营养素的有效、合理补充已成为营养学界迫切需要解决的一大问题。

鸡蛋是人的主要食品之一。研制富含微量元素的功能鸡蛋, 既有益于人们通过食用鸡蛋得到微量元素的补充, 也有益于提高蛋的品质和价值。因此受到国内外的关注。Nakajima等用高碘日粮饲喂产蛋母鸡, 使蛋中碘含量提高了60~70倍。Szabo等报道, 用添加质量分数为9%沸石的日粮饲喂蛋鸡, 蛋黄铁含量显著增加。曹盛丰等^[3]的试验表明, 高铁高碘日粮饲喂产蛋母鸡引起铁碘在蛋中的沉积量显著增加。为了进一步观察日粮碘铁水平的调控对蛋碘

铁含量的影响, 本研究就日粮碘铁水平与产蛋母鸡血浆、肝及蛋碘铁含量之间的相关性进行了分析, 旨在探讨生产高碘高铁复合营养蛋的有效途径。

1 材料和方法

1.1 试验动物与处理

从278日龄父母代罗曼(Lohmann)蛋鸡生产群中选取身体健康, 体重相近, 产蛋性能相似的产蛋母鸡30羽, 随机分成3组, 每组10羽。试验期为8周。试验期间对照组饲喂基础日粮, 由玉米、玉米蛋白粉、豆饼、碳酸钙、磷酸氢钙、贝壳粉、蛋氨酸、氯化胆碱、多维、氯化钠、微量元素等组成, 含CP 169.6 g/kg, ME 11.37 MJ/kg, Ca 36 g/kg, P 6.5 g/kg, I 0.5 mg/kg, Fe 25 mg/kg。试验组饲喂高碘高铁日粮, 此日粮在基础日粮中添加碘化钾、蛋氨酸铁及促进铁吸收剂(还原剂), 使试验I组日粮含I 50 mg/kg, Fe 525 mg/kg, 试验II组日粮含I 100 mg/kg, Fe 1 025 mg/kg。试验鸡单羽笼养, 定量饲喂, 自由饮水, 自然加入人工光照(14L:10D)。

1.2 检测的指标与方法

1.2.1 血浆碘铁含量的测定 每隔2周从试验鸡

* [收稿日期] 2000-10-16

[基金项目] 上海市教委资助项目(97-E11)

[作者简介] 曹盛丰(1954-), 男, 浙江镇海人, 教授, 在读博士生。主要从事营养生理研究。

翼根静脉采血 2.5 mL, 肝素抗凝, 常规分离血浆, -20℃保存, 待测。血浆碘含量采用亚砷酸-硫酸铈铵法进行比色测定^[4]。血浆铁含量测定方法是: 取血浆, 120℃烘干, 置 600℃3 h, 加体积比为 1:1 HCl 2 mL, 蒸馏水 5 mL, 离心, 取上清液用原子吸收光谱法测定血浆铁含量。

1.2.2 蛋碘铁含量测定 每 2 周从每羽试验鸡各取蛋 1 枚, 测定蛋白及蛋黄中碘铁含量。碘含量测定按 Schjeide 的方法^[5]进行。铁含量测定采用原子吸收光谱法, 分别取蛋黄 6 g 左右, 蛋白 15 g 左右, 120℃烘箱过夜, 经微火炭化后, 置 600℃高温下炭化成白色灰烬。灼烧后的灰分加入体积比为 1:1 HCl 2 mL, H₂O 5 mL, 加热煮沸, 冷却后定容, 测定。

1.2.3 肝碘铁含量测定 试验第 8 周末, 每组随机

取试验鸡 5 只, 颈部放血扑杀, 取出肝脏, 除去血液和外膜, 40℃烘箱烘干至恒重, 测定肝碘铁含量。肝碘含量用亚砷酸-硫酸铈铵法比色测定^[4]。肝铁含量以 HNO₃-HClO₄ 湿法消化, 原子吸收光谱法测定。

1.2.4 资料处理与分析 测得资料用 WINDOWS 98 进行方差分析, 并求相关系数和回归方程。

2 结果与分析

2.1 血浆中碘、铁含量

由各组血浆碘铁含量的测定结果(表 1)可见, 饲喂高碘高铁日粮的试验 I 组和试验 II 组血浆碘铁含量均高于对照组($P < 0.05$)。血浆碘铁含量的增加同日粮碘铁水平的提高同步, 呈强正相关, r 值分别为 0.925 2 和 0.889 5($P < 0.01$)(表 2)。

表 1 高碘高铁日粮对血浆碘铁含量的影响

Table 1 Effect of high iodine and iron diet on iodine and iron content of plasma

试验期/周 Experimental period	血浆碘含量/($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$) Iodine content of plasma			血浆铁含量/($\mu\text{g}/\text{mL}$) Iron content of plasma		
	对照组 Control group	试验 I 组 Group I	试验 II 组 Group II	对照组 Control group	试验 I 组 Group I	试验 II 组 Group II
2	241 ± 26	634 ± 26 c	819 ± 39 c	8.53 ± 0.69	17.54 ± 2.61 b	20.77 ± 5.59 c
4	279 ± 18	661 ± 46 c	725 ± 101 c	8.54 ± 1.24	18.31 ± 4.07 b	20.96 ± 2.49 c
6	249 ± 31	716 ± 46 c	757 ± 57 c	9.12 ± 1.78	19.65 ± 4.54 b	21.54 ± 2.18 c
8	263 ± 20	603 ± 66 c	809 ± 81 c	8.96 ± 1.42	20.11 ± 3.61 c	21.88 ± 4.53 c

注: 同行 a 与对照组比较 $P > 0.05$, b 与对照组比较 $P < 0.05$, c 与对照组比较 $P < 0.01$ 。下表同。

Note: In the same row, compared to control group, values with superscripts a are not significantly different ($P > 0.05$), values with superscripts b are significantly different ($P < 0.05$), values with superscripts c are very significantly different ($P < 0.01$). The following tables are the same.

表 2 日粮碘铁与血浆碘铁及蛋碘铁的回归方程和相关系数

Table 2 Regression equations and correlative coefficients of dietary iodine and iron levels to iodine and iron in plasma, and iodine and iron in egg

x 变量 x variable	y 变量 y variable	回归方程 Regression equation	r Correlative coefficients	P
日粮碘 Dietary iodine	血浆碘 Plasma iodine	$y = 0.30218 + 0.00521x$	0.925 2	< 0.01
日粮碘 Dietary iodine	蛋黄碘 Yolk iodine	$y = 1.00688 + 0.07305x$	0.927 6	< 0.01
日粮碘 Dietary iodine	蛋白碘 Albumin iodine	$y = 7.51452 + 0.12287x$	0.894 8	< 0.01
血浆碘 Plasma iodine	蛋黄碘 Yolk iodine	$y = -2.61055 + 12.9142x$	0.923 3	< 0.01
血浆碘 Plasma iodine	蛋白碘 Albumin iodine	$y = 1.87301 + 21.93611x$	0.894 2	< 0.01
日粮铁 Dietary iron	血浆铁 Plasma iron	$y = 9.7629 + 0.0125x$	0.889 5	< 0.01
日粮铁 Dietary iron	蛋黄铁 Yolk iron	$y = 31.5476 + 0.02726x$	0.819 3	< 0.01
日粮铁 Dietary iron	蛋白铁 Albumin iron	$y = 2.74815 + 0.00234x$	0.305 0	> 0.05
日粮铁 Dietary iron	肝脏铁 Liver iron	$y = 401.453 + 0.83671x$	0.833 2	< 0.01
血浆铁 Plasma iron	蛋黄铁 Yolk iron	$y = 17.2406 + 1.7530x$	0.796 9	< 0.01
血浆铁 Plasma iron	蛋白铁 Albumin iron	$y = 2.59476 + 0.01692x$	0.329 0	> 0.05
血浆铁 Plasma iron	肝脏铁 Liver iron	$y = -36.21065 + 58.31744x$	0.834 16	< 0.01
肝脏铁 Liver iron	蛋黄铁 Yolk iron	$y = 23.52148 + 0.027461x$	0.894 76	< 0.01
肝脏铁 Liver iron	蛋白铁 Albumin iron	$y = 1.84622 + 0.00109x$	0.068 37	> 0.05

2.2 蛋中碘铁含量

蛋黄蛋白碘含量的测定结果(表 3)表明, 经高

碘高铁日粮作用的产蛋母鸡其蛋黄碘沉积量显著提高, 分别为对照的 13.95(试验 I 组)和 17.62(试验

II 组) 倍 ($P < 0.01$); 蛋白碘含量试验 I 组较对照增加了 1.21 倍, 试验 II 组较对照增加了 1.89 倍 ($P > 0.05$)。蛋黄碘含量和蛋白碘含量的增加同日粮碘水

平的提高同步, 呈强正相关, r 值分别为 0.927 6 和 0.894 8 ($P < 0.01$) (表 2)。

表 3 高碘高铁日粮对蛋黄蛋白碘含量的影响

Table 3 Effect of dietary high-iodine and iron on iodine contents of yolk and albumen μg/g						
试验期/周 Experimental period	蛋黄碘含量 Iodine content of yolk			蛋白碘含量 Iodine content of albumen		
	对照组 Control group	试验 I 组 Group I	试验 II 组 Group II	对照组 Control group	试验 I 组 Group I	试验 II 组 Group II
2	434 ± 77	5 145 ± 135 b	7 136 ± 1 321 c	71 ± 8	142 ± 4 b	180 ± 20 b
4	454 ± 47	5 345 ± 607 c	7 314 ± 1 185 c	72 ± 7	142 ± 17 b	194 ± 38 c
6	463 ± 57	5 866 ± 586 c	7 791 ± 748 c	65 ± 8	157 ± 35 b	192 ± 26 c
8	466 ± 44	6 969 ± 493 c	8 675 ± 587 c	70 ± 6	155 ± 32 b	201 ± 33 c

高碘高铁日粮对蛋黄蛋白铁含量的影响测定结果(表 4)表明, 高碘高铁日粮引起蛋黄铁含量明显增加, 试验第 8 周试验 I 组和试验 II 组分别比对照组提高 77% ($P < 0.05$) 和 124% ($P < 0.01$)。蛋黄铁

含量的增加同日粮铁水平的提高同步, 呈强正相关, r 值为 0.819 3 ($P < 0.01$) (表 2)。日粮高碘高铁对蛋白铁沉积量的影响作用不明显, r 值为 0.305 0 ($P > 0.05$) (表 2)。

表 4 高碘高铁日粮对蛋黄蛋白铁含量的影响

Table 4 Effect of dietary high-iodine and iron on iron contents of yolk and albumen μg/g						
试验期/周 Experimental period	蛋黄铁含量 Iron content of yolk			蛋白铁含量 Iron content of albumen		
	对照组 Control group	试验 I 组 Group I	试验 II 组 Group II	对照组 Control group	试验 I 组 Group I	试验 II 组 Group II
2	27.80 ± 2.84	43.08 ± 5.59 b	45.78 ± 4.83 b	2.60 ± 0.17	2.94 ± 0.25 a	2.92 ± 0.19 a
4	29.69 ± 5.34	49.45 ± 6.19 b	53.68 ± 4.29 b	2.74 ± 0.56	2.82 ± 0.24 a	2.96 ± 0.22 a
6	33.30 ± 1.23	53.75 ± 6.36 b	62.99 ± 5.59 c	2.78 ± 0.42	2.92 ± 0.26 a	2.94 ± 0.17 a
8	30.11 ± 4.54	53.14 ± 8.44 b	67.55 ± 3.83 c	2.83 ± 0.31	2.93 ± 0.14 a	3.06 ± 0.50 a

2.3 肝碘铁含量

对饲喂高碘高铁日粮的母鸡肝中碘铁含量测定结果列于表 5。从表 5 可见, 肝脏重试验 II 组略低, 各组肝脏重/体重基本相同 ($P > 0.05$)。肝脏碘含量

各组间无明显变化 ($P > 0.05$)。而肝脏铁含量试验 I 组和试验 II 组分别显著高于对照组, 且与日粮铁水平呈强正相关, r 值为 0.833 2 ($P < 0.01$) (见表 2)。

表 5 高碘高铁日粮对母鸡肝碘铁含量的影响

Table 5 Effects of dietary high-iodine and iron on the iodine and iron content in liver of laying hens				
组别 Groups	肝脏碘含量/(μg · g ⁻¹) Liver iodine content	肝脏铁含量/(μg · g ⁻¹) Liver iron content	肝脏重/g Liver weight	肝脏重/体重 Liver weight/body weight
对照组 Control group	0.196 ± 0.029	420.50 ± 94.77	43.94 ± 6.37	0.021 7 ± 0.002 5
试验 I 组 Group I	0.206 ± 0.046 a	859.96 ± 134.28 b	44.62 ± 6.58 a	0.020 3 ± 0.002 8 a
试验 II 组 Group II	0.218 ± 0.033 a	1 046.24 ± 115.77 c	39.38 ± 6.85 a	0.020 5 ± 0.002 9 a

3 讨论

一般认为, 饲料中的碘在消化道内几乎可以被全部吸收。而产蛋母鸡对铁的吸收量与其所处的生理状态有关。Garcia 等^[6]报道, 产蛋母鸡小肠对铁的吸收率随产蛋时对铁的需要量增加而提高。由于小肠对铁的吸收率增加, 可使母鸡血浆铁含量在开产时比未产蛋时提高 2~ 5 倍, 并在整个产蛋期血浆铁处于高水平^[7]。本试验以高碘高铁日粮饲喂产蛋母

鸡引起血浆碘铁含量显著增加, 且与日粮碘铁水平呈强正相关, r 值分别为 0.925 2 和 0.889 5。表明产蛋母鸡对碘铁的吸收量随日粮碘铁水平的提高而增加。试验所采用的碘及铁添加的化合物形式, 所用的碘、铁的高水平, 以及促进铁吸收剂的合理应用有效地促进了产蛋母鸡消化道对碘和铁的吸收, 这为日粮碘、铁向蛋中的转移提供了前提条件。

由本试验结果可知, 产蛋母鸡在饲喂高碘高铁日粮时, 伴随血浆碘含量的上升, 蛋黄和蛋白中碘沉

积量同步上升。日粮碘水平与蛋黄、蛋白碘含量,血浆碘水平与蛋黄、蛋白碘含量均呈强正相关, r 值分别为 0.927 6, 0.894 8, 0.923 3 和 0.894 2。表明高碘高铁日粮中高水平的碘能通过血液向蛋中转移。这种血碘向蛋中的转移可能与卵母细胞对碘的高亲和力和力有关,因为卵母细胞有特异性蓄积碘的作用^[8],它趋使碘向卵巢转运。由本试验结果可见,产蛋母鸡在饲喂高碘高铁日粮时,伴随血浆铁含量的上升,蛋黄铁沉积量同步上升,而蛋白铁含量没有明显变化。相关性检验表明,日粮铁水平与蛋黄铁含量,血浆铁水平与蛋黄铁含量均呈强正相关, r 值分别为 0.819 3 和 0.796 9;而日粮铁水平与蛋白铁含量,血浆铁水平与蛋白铁含量相关性极弱。这些结果提示,高碘

高铁日粮中的高水平铁可通过血液经卵巢向卵黄转运。这种血浆铁向蛋中的转移可能与卵黄高磷蛋白有关,在血浆铁含量上升时卵黄高磷蛋白可增加 10 ~ 20 倍^[7],并同血浆铁结合,促进铁在蛋黄中沉积。

通过相关性检验可以看到在日粮碘铁水平、血浆碘铁水平、蛋黄碘铁水平、蛋白碘铁水平之间的内在关系,表明产蛋母鸡具有将高水平碘铁通过血液向蛋中转运的能力,这使通过日粮碘铁水平的调控生产高碘高铁复合营养鸡蛋成为可能。尽管日粮碘铁水平与蛋碘铁水平相关性极强,但由于高碘高铁日粮中高水平碘会造成产蛋母鸡产蛋率降低^[3],因此在调控日粮碘铁水平时既要考虑碘铁在蛋中的沉积,又要尽可能避免高碘引起的生产性能下降。

[参考文献]

- [1] Grossklau R. Iodining of foods[J]. Ernahrungsumschau, 1993, 41(2): 55- 59
- [2] 葛可佑, 常素英. 中国居民微量营养素的摄入[J]. 营养学报, 1999, 21(1): 1- 6
- [3] 曹盛丰, 杨丽娥, 程美蓉, 等. 日粮铁碘水平对蛋中铁碘含量及蛋品质的影响[J]. 上海农学院学报, 1999, 17(4): 248- 254
- [4] 福州军区总医院. 临床医学检验[M]. 上海: 上海科技出版社, 1975. 420
- [5] Schjeide O A, Prehald K V. Uptake of iodine into growing chicken oocytes[J]. Poult Sci, 1977, 56: 1036- 1038
- [6] Garcia F, Sanchez J, Planas J. Influence of laying on iron metabolism in quail[J]. Br Poult Sci, 1986, 27: 585- 592
- [7] Lopez-Berjes M A, Recio J M. Plasma variation of transferrin-iron and phosvitin-iron during the laying period in chicken hens[J]. Poult Sci, 1981, 60: 1951- 1956
- [8] Arrington L R, Santo-Cruz R A, Ham s R J H, et al. Effects of excess dietary iodine upon pullets and laying hens[J]. J Nutr, 1967, 92: 325 - 330

Study of the correlation between iodine and iron levels in diet and iodine and iron contents in plasma, liver and egg

CAO Sheng-feng, CHENG Mei-rong, YANG Li-e

(College of Agronomy, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 201101, China)

Abstract: Thirty 278-day old hens were divided into three groups randomly and fed with diets containing 0.5 mg I, 25 mg Fe/kg (control group), 50 mg I, 525 mg Fe/kg (group I) and 100 mg I, 1025 mg Fe/kg (group II), respectively, for 8 weeks. The transfer of dietary iodine and iron in hen's body was observed. The results showed that, compared with control group, plasma iodine contents in group I and group II were increased by 153% and 201%, yolk iodine contents by 1395% and 1762%, albumen iodine contents by 121% and 187%, plasma iron contents by 115% and 142%, yolk iron contents by 77% and 124%, liver iron contents by 105% and 149%, respectively. However, the changes in albumen iron and liver iodine were not found. The results of correlation determination showed that there were very significant positive relationships between dietary iodine and iodine contents in plasma, yolk and albumen, between plasma iodine and iodine contents in yolk and albumen, between dietary iron and iron contents in plasma, yolk and liver, and between plasma iron and iron contents in yolk and liver. Those results suggested that the diet supplemented with high-iodine and iron could cause much higher iodine and iron contents in egg. So, the laying hen could be used as an effectual biologic transporter to transfer iodine and iron from diet to egg.

Key words: iodine; iron; egg; diet; plasma; liver