

蛋鸡日粮碘和硒水平的调控对碘和硒向蛋转运的影响

曹盛丰¹, 程美蓉², 陈鲁勇²

(1. 上海商学院艺术设计学院, 上海 200235; 2. 上海交通大学农业与生物学院, 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⁻¹、含Se 0.2 mg · kg⁻¹(对照组)、含I 50 mg · kg⁻¹、含Se 1.2 mg · kg⁻¹(试验I组)、含I 100 mg · kg⁻¹、含Se 2.2 mg · kg⁻¹(试验II组)饲喂8周, 观察蛋碘和硒含量的变化。结果表明, 与对照组比较, 试验I组和II组蛋黄碘含量分别提高10.81倍和13.37倍; 蛋黄硒提高3.51倍和6.34倍; 蛋白碘和硒含量均有显著增加; 并伴有血浆碘和硒含量的同步上升。这些结果提示, 通过日粮碘和硒水平的调控可大幅度提高蛋中碘和硒含量, 产蛋母鸡是日粮中碘和硒向蛋中转运的良好载体。

关键词: 碘; 硒; 日粮; 蛋; 血浆

中图分类号: S816.7

文献标识码: A

文章编号: 1004-1389(2005)06-0007-04

Effect of Regulating Dietary Iodine and Selenium Level for Laying Hens on Transfer of Dietary Iodine and Selenium into Chicken Eggs

CAO Sheng-feng¹, CHENG Mei-Rong² and CHEN Lu-yong²

(1. Department of Art Design, Shanghai Business School, Shanghai 200235, China; 2. School of Agriculture & Biology, Shanghai Jiaotong 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 and 0.2 mg Se · kg⁻¹(control group), 50 mg I and 1.2 mg Se · kg⁻¹(group I), and 100 mg I and 2.2 mg Se · kg⁻¹(group II), respectively, for 8 weeks. The changes of iodine and selenium in egg were observed. The results showed that, compared with control group, yolk iodine contents in group I and group II were increased by 1081% and 1337%, yolk selenium contents by 351% and 634%. Egg white iodine and selenium contents were significantly increased. And iodine and selenium in plasma were also synchronously enhanced. Those results suggested that regulating dietary iodine and selenium level for laying hens could cause much higher iodine and selenium in egg. So, the laying hen could be used as an effectual biologic transporter to transfer iodine and selenium from diet into egg.

Key words: Iodine; Selenium; Diet; Egg; Plasma

碘和硒是人体生命活动所必需的微量元素。缺碘导致甲状腺机能不足, 身体和智力发育障碍^[1]。硒通过调节机体的谷胱甘肽和含硒的谷胱甘肽过氧化酶参与组织细胞的抗氧化功能^[2,3]。鸡蛋既营养丰富且食用方便, 是人们膳食中基本食品之一, 又是人体微量营养元素碘和硒的来源之

一。但鸡蛋中胆固醇含量过高限制了人们对鸡蛋的食用^[4]。近年来, 根据人体的营养需要在鸡蛋营养成分的调控方面进行了大量的研究, 这种“designer eggs”已成为功能性食品引起人们极大的关注^[5]。Rys等的研究表明, 碘在降低机体胆固醇水平中起非常重要的作用^[6]。富碘鸡蛋能减少

收稿日期: 2005-04-04 修回日期: 2005-08-22

基金项目: 上海市教委资助项目。

作者简介: 曹盛丰(1954—), 男, 教授, 从事动物营养生理研究。

普通鸡蛋对人体胆固醇水平的负面效应,增强鸡蛋消费的营养安全性^[7,8]。根据我国居民日平均摄入量仅为中国营养学会制定的 RDA 标准 88% 的现状^[9],及碘能有效降低蛋中胆固醇对人体的不利影响的作用,研制富含碘和硒的功能鸡蛋很有必要。本试验以产蛋母鸡为试验对象,采用对日粮碘和硒水平的调控方法,观察日粮中碘和硒在鸡体内的转运及蛋中的沉积,旨在探讨生产高碘高硒复合鸡蛋的有效途径。

1 材料和方法

1.1 试验动物与处理

从 278 日龄罗曼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由玉米、豆饼、碳酸钙、磷酸氢钙、贝壳粉、蛋氨酸、氯化胆碱、多维、氯化钠、微量元素等组成的基础日粮。基础日粮含 CP 16.96%, ME 11.3755 MJ·kg⁻¹, Ca 3.6%, P 0.65%, I 0.5 mg·kg⁻¹, Se 0.2 mg·kg⁻¹。试验组日粮在基础日粮中添加碘化钾和亚硒酸钠,使试验 I 组日粮含 I 50 mg·kg⁻¹, Se 1.2 mg·kg⁻¹; 试验 II 组日粮含 I 100 mg·kg⁻¹, Se 2.2 mg·kg⁻¹。试验鸡单羽笼养,自由采食,自由饮水,自然光及人工光照时间为 14 h。

1.2 检测指标与方法

蛋鸡生产性能 每天记录各组产蛋量及蛋

表 1 高碘高硒日粮对产蛋母鸡生产性能的影响

Table 1 Effect of dietary high-iodine and high-selenium on production performance of laying hens

组别 Groups	产蛋率/% Egg production rate	蛋重/g Egg weight	蛋量/(g·d ⁻¹) Egg mass	采食量/(g·d ⁻¹) Feed intake	饲料报酬/(g·g ⁻¹) Feed efficiency
对照组 CK	85.45	62.67±5.05	53.55	134.9	2.52
试验 I 组	81.25	58.72±6.21 ^b	47.71	128.5	2.69
试验 II 组	75.36	60.09±4.83 ^a	45.28	126.7	2.80

注:与同列对照组比较,a 表示差异不显著($P>0.05$);b 表示差异显著($P<0.05$)。

Note: Compared with control group at the same column, a indicates no significant difference ($P>0.05$), b indicates significant difference ($P<0.05$).

2.2 高碘高硒日粮与蛋黄及蛋白碘含量

由表 2 可见,产蛋母鸡饲喂高碘高硒日粮,蛋可食部分碘含量明显提高。试验 I 组蛋黄碘含量随高碘高硒日粮作用时间的延长而逐渐上升,最高值出现在试验第 8 周,比对照组增加 10.81 倍;试验 II 组蛋黄和蛋白碘含量最高值均出现在试验第 4 周,分别比对照组增加 13.37 倍和 1.31 倍;蛋白碘含量与日粮碘水平的高低有关,而与高碘高

重。

蛋黄及蛋白中碘含量 每隔 2 周从每羽试验鸡各取蛋 1 枚,将蛋黄和蛋白分离后,取蛋黄 4 g,蛋白 15 g,按照 Schjeide 的方法^[10]测定蛋黄和蛋白中的碘含量。

蛋黄及蛋白中硒含量 从上述所取蛋中分别取蛋黄和蛋白样品,采用 2,3-二氨基萘荧光法^[11]测定蛋黄及蛋白中的硒含量。

血浆碘含量 每隔 2 周从试验鸡翼根静脉采血,肝素抗凝,常规分离血浆,保存于-20℃,待测血浆碘、硒含量。血浆碘含量采用亚砷酸-硫酸铈铵法^[12]进行比色测定。

血浆硒含量 取上述血浆采用 2,3-二氨基萘荧光法^[11]测定血浆中硒含量。

2 结果与分析

2.1 高碘高硒日粮与产蛋母鸡的生产性能

由表 1 可见,用高碘高硒日粮饲喂产蛋母鸡,产蛋率、蛋重和蛋量均呈明显下降。与对照组比较,产蛋率试验 I 组下降 4.92%,试验 II 组下降 11.81%;蛋重试验 I 组下降 6.30%,试验 II 组下降 4.12%;蛋量试验 I 组下降 10.91%,试验 II 组下降 15.44%。尽管试验组的采食量有所降低,但由于产蛋性能下降较大,饲料报酬同步降低。

硒日粮作用时间的长短关系不大。这些结果表明高碘高硒日粮中的碘能通过产蛋母鸡有效地向蛋中转移。

2.3 高碘高硒日粮与蛋黄及蛋白硒含量

表 3 表明,试验 I 组蛋黄硒含量随高碘高硒日粮作用时间的延长而逐渐上升,最高值出现在试验第 8 周,比对照组增加 3.51 倍;试验 II 组蛋黄硒含量最高值出现在试验第 2 周,比对照组增加 6.34 倍,但随高碘高硒日粮作用时间的延长蛋黄

硒含量的增加量逐渐减少;蛋白硒含量与日粮硒水平的高低有关,而与高碘高硒日粮作用时间的长短关系不大。这些结果表明高碘高硒日粮中的硒能通过产蛋母鸡有效地向蛋中转移。

表 2 高碘高硒日粮对蛋黄及蛋白碘含量的影响

Table 2 Effect of dietary high-iodine and high-selenium on iodine contents of yolk and egg white						
试验期/周 Experimental period	蛋黄碘含量/($\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$) Iodine content of yolk			蛋白碘含量/($\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$) Iodine content of egg white		
	对照组	试验 I 组	试验 II 组	对照组	试验 I 组	试验 II 组
2	43.4 $\pm$ 7.7	473.4 $\pm$ 84.1 ^b	618.0 $\pm$ 74.6 ^c	7.1 $\pm$ 0.8	12.4 $\pm$ 1.2 ^b	17.6 $\pm$ 0.9 ^b
4	45.4 $\pm$ 4.7	521.6 $\pm$ 56.3 ^c	652.2 $\pm$ 92.7 ^c	7.2 $\pm$ 0.7	13.5 $\pm$ 0.7 ^b	19.1 $\pm$ 1.2 ^c
6	46.3 $\pm$ 5.7	547.9 $\pm$ 60.2 ^c	647.3 $\pm$ 106.4 ^c	6.5 $\pm$ 0.8	15.1 $\pm$ 0.9 ^b	17.2 $\pm$ 0.8 ^c
8	46.6 $\pm$ 4.4	550.4 $\pm$ 48.5 ^c	624.8 $\pm$ 65.3 ^c	7.0 $\pm$ 0.6	15.0 $\pm$ 0.7 ^b	16.2 $\pm$ 0.6 ^b

注:与同行对照组比较,b表示差异显著($P<0.05$);c表示差异极显著($P<0.01$)。
Note: Compared with control group at the same line, b indicates significant difference($P<0.05$), c indicates very significant difference($P<0.01$).

表 3 高碘高硒日粮对蛋黄及蛋白硒含量的影响

Table 3 Effect of dietary high-iodine and high-selenium on selenium contents of yolk and egg white						
试验期/周 Experimental period	蛋黄硒含量/($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) Selenium content of yolk			蛋白硒含量/($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) Selenium content of egg white		
	对照组	试验 I 组	试验 II 组	对照组	试验 I 组	试验 II 组
2	0.50 $\pm$ 0.09	2.53 $\pm$ 0.42 ^b	3.67 $\pm$ 0.62 ^c	0.12 $\pm$ 0.04	0.34 $\pm$ 0.04 ^b	0.43 $\pm$ 0.06 ^b
4	0.58 $\pm$ 0.18	2.56 $\pm$ 0.51 ^b	3.54 $\pm$ 0.49 ^c	0.13 $\pm$ 0.04	0.35 $\pm$ 0.04 ^b	0.45 $\pm$ 0.07 ^b
6	0.59 $\pm$ 0.28	2.67 $\pm$ 0.34 ^b	3.31 $\pm$ 0.33 ^c	0.16 $\pm$ 0.04	0.32 $\pm$ 0.05 ^b	0.38 $\pm$ 0.08 ^b
8	0.63 $\pm$ 0.08	2.84 $\pm$ 0.46 ^b	3.17 $\pm$ 0.34 ^c	0.12 $\pm$ 0.04	0.34 $\pm$ 0.04 ^b	0.35 $\pm$ 0.06 ^b

注:与同行对照组比较,b表示差异显著($P<0.05$);c表示差异极显著($P<0.01$)。
Note: Compared with control group at the same line, b indicates significant difference($P<0.05$), c indicates very significant difference($P<0.01$).

2.4 高碘高硒日粮与蛋鸡血浆碘及硒含量

由表 4 可见,试验 I 组和试验 II 组血浆碘含量随日粮碘水平的增加而增加,并随高碘高硒日粮作用时间的延长而上升,在试验第 8 周时分别比对照组提高 1.57 倍和 2.10 倍。试验 I 组和试验 II 组血浆硒含量均显著高于对照组,试验 I 组血浆硒含量随高碘高硒日粮作用时间的延长而逐渐上升,而试验 II 组则随高碘高硒日粮作用时间的延长血浆硒含量增加量逐渐减少。试验组血浆碘及硒含量的显著增加提示,高碘高硒日粮能使蛋鸡对碘和硒的净吸收量增加。

表 4 高碘高硒日粮对蛋鸡血浆碘及硒含量的影响

Table 4 Effect of dietary high-iodine and high-selenium on iodine and selenium contents of plasma in laying hens						
试验期/周 Experimental period	血浆碘含量/($\mu\text{g} \cdot 100\text{mL}^{-1}$) Iodine content of plasma			血浆硒含量/($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$) Selenium content of plasma		
	对照组	试验 I 组	试验 II 组	对照组	试验 I 组	试验 II 组
2	24.1 $\pm$ 2.6	57.8 $\pm$ 7.2 ^b	75.2 $\pm$ 8.8 ^c	0.121 $\pm$ 0.008	0.369 $\pm$ 0.042 ^b	0.471 $\pm$ 0.055 ^b
4	27.9 $\pm$ 1.8	60.2 $\pm$ 5.7 ^b	79.3 $\pm$ 7.5 ^c	0.125 $\pm$ 0.013	0.381 $\pm$ 0.038 ^b	0.464 $\pm$ 0.027 ^b
6	24.9 $\pm$ 3.1	66.3 $\pm$ 8.4 ^b	81.6 $\pm$ 8.1 ^c	0.128 $\pm$ 0.018	0.394 $\pm$ 0.036 ^b	0.453 $\pm$ 0.034 ^b
8	26.3 $\pm$ 2.0	72.2 $\pm$ 9.1 ^b	81.4 $\pm$ 9.2 ^c	0.127 $\pm$ 0.013	0.407 $\pm$ 0.024 ^b	0.449 $\pm$ 0.029 ^b

注:与同行对照组比较,b表示差异显著($P<0.05$);c表示差异极显著($P<0.01$)。
Note: Compared with control group at the same line, b indicates significant difference($P<0.05$), c indicates very significant difference($P<0.01$).

3 讨论

3.1 微量元素碘和硒是家禽繁殖所必需的,鸡胚的生长发育在蛋中进行,其所需的微量元素必须由蛋提供。因此家禽在产蛋期间既要满足自身机体对碘和硒的营养需要,又要保证在蛋形成过程中有足够的碘和硒在蛋中沉积^[13]。为提高碘和硒在蛋中的沉积量本试验用高碘高硒日粮饲喂产蛋母鸡,试验鸡精神状态良好,行为正常,未见中毒

症状,提示产蛋母鸡对本试验配制的高碘高硒日粮有较强的耐受性。但用高碘高硒日粮处理的产蛋母鸡,其产蛋率、蛋重、蛋量和饲料报酬等反映生产性能的指标均呈明显降低,这可能同日粮中高水平碘影响蛋鸡卵泡内卵子发育及卵黄沉积,并阻止排卵^[14],日粮中高水平硒导致蛋鸡排卵周期中雌激素和孕酮分泌紊乱^[15]等有关,也可能是高碘高硒的互作所引起。

3.2 由蛋样品碘和硒测定结果可知,用高碘高硒

日粮处理蛋鸡使蛋黄和蛋白碘及硒含量显著提高。据此认为,以产蛋母鸡作为碘硒的生物转移器,通过日粮中高水平碘和硒水平的调控,能促进碘和硒向蛋中的沉积,是生产富含碘和硒功能性鸡蛋的有效途径。产蛋母鸡在高水平碘和硒日粮的作用下,之所以能成为日粮中碘和硒向蛋中有效转运的生物转移器,可能是因为:①产蛋母鸡消化道对日粮中高水平碘和硒有良好的吸收机制。当日粮中碘和硒含量增加时母鸡消化道对碘和硒吸收的绝对量增加。本试验高碘高硒日粮组产蛋母鸡血浆碘及硒含量显著增加的测定结果提示消化道对碘和硒吸收量的增加,这为日粮中碘和硒通过产蛋母鸡向蛋中转运提供了有利的前提条件。②产蛋母鸡对碘和硒有良好的转运机制。Unak 等用同位素标记 I,以 Na^{131}I 形式饲喂产蛋母鸡,观察到 ^{131}I 能在蛋黄和蛋白聚积,且在蛋中的沉积量达投喂量的 15%^[16]。蛋碘的沉积量如此之高,同血浆中碘可能以与血浆蛋白或与血浆蛋白样分子结合的形式转运到蛋^[16],并通过卵母细胞具有的特异性聚碘作用^[15]趋使碘向蛋中转运有关。血浆中硒含量的提高促使由肝脏合成并进入血液的蛋黄球蛋白和 HDL 与硒的结合量上升,有利于硒由血液经卵巢向蛋中转运^[17]。

3.3 本试验用高碘高硒日粮饲喂产蛋母鸡,蛋样品及血浆碘和硒测定结果中值得注意的是:①血浆碘含量随日粮碘水平的增加而增加,并随高碘高硒日粮作用时间的延长而上升;蛋黄碘含量随日粮碘水平的增加而增加,随高碘高硒日粮作用时间的延长而上升(试验 I 组),但试验 II 组蛋黄碘含量最高值出现在试验第 4 周,以后碘沉积增加量逐渐减少(表 2)。②血浆硒含量随日粮硒水平的增加而增加,并伴有蛋黄硒含量的同步提高;试验 I 组血浆硒含量和蛋黄硒含量随高碘高硒日粮作用时间的延长而上升,但试验 II 组血浆硒含量和蛋黄硒含量的增加量随高碘高硒日粮作用时间的延长而逐渐减少(表 3、4)。这些结果提示:长期高水平碘作用于蛋鸡,不影响其对碘的有效吸收,但 $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 剂量长时间作用会影响碘向蛋的沉积;Se $2.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 剂量长期作用于蛋鸡,既影响其对硒的有效吸收也影响硒向蛋的沉积;因此对 $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 Se $2.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 日粮适度降低碘和硒添加量,有可能更有利于蛋鸡对碘和硒的吸收及向蛋中的转运。

参考文献:

- [1] Hetzel B S. Iodine-deficiency disorders in the world. Human nutrition and dietetics[M]. CRC Press, Inc. 1993, 534~555.
- [2] Kaneko T, Luchi Y, Kawachiya S, *et al*. Alteration of glutathione reductase expression in the female reproductive organs during the estrous cycle[J]. Biol. Reprod, 2001, 65: 1410~1416.
- [3] Avanzo J L, Mendonca C X, Pugine S M, *et al*. Effect of vitamin E and selenium on resistance to oxidative stress in chicken superficial pectoralis muscle[J]. Comp. Biochem. Physiol., Part C. 2001, 129: 163~173.
- [4] Ansah G A. Selection for low yolk cholesterol in leghorn type chickens[J]. Poult. Sci., 1985, 64: 1~5.
- [5] Surai P F, Sparks N H C. Designer eggs: from improvement of egg composition to functional food[J]. Trends in Food Sci. Technol., 2001, 12: 7~16.
- [6] Rys R, Wir-Konas E, Pietras M, *et al*. The effect of iodine level in egg diet on cholesterol metabolism and thyroid function in rats[J]. Roczn. Naukowe Zootechniki, 1995, 22: 153~160.
- [7] Garber D W, Henkin Y, Osterlund L C, *et al*. Thyroid function and other clinical chemistry parameters in subjects eating iodine-enriched eggs[J]. Food Chem. Toxicol., 1993, 31: 247~251.
- [8] Michella S M, Slaugh B T. Producing and marketing a specialty egg[J]. Poultry Sci., 2000, 79: 975~976.
- [9] 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: 1~6.
- [10] Schjeide O A, Prehald K V. Uptake of iodine into growing chicken oocytes[J]. Poult. Sci., 1977, 56: 1036~1038.
- [11] Olson O E, Palmer I S, Cary E E. Modification of the official fluorometric method for selenium in plant[J]. J Assoc. Offic. Anal. Chem., 1975, 58: 117~121.
- [12] 福州军区总医院编. 临床医学检验[M]. 上海: 上海科技出版社, 1975. 420.
- [13] Richards M P, Steele N C. Trace element metabolism in developing avian embryo: A review[J]. J. Exp. Zool., 1987, (Suppl.): 39~51.
- [14] Arrington L R, Santo-Cruz R A, Harms R J, *et al*. Effects of excess dietary iodine upon pullets and laying hens[J]. J. Nutr., 1967, 92: 325~330.
- [15] 刘林, 向涛. 日粮中硒对产蛋白耳鸡生殖力的影响[J]. 江西农业大学学报, 1998, 20(5): 38~44.
- [16] Unak T, Yildirim Y, Avcibasi U, *et al*. Transfer of orally administered iodine-131 into chicken eggs[J]. Appl. Radiat. Isot., 2003, 58: 299~307.
- [17] Latshaw J D, Biggert M D. Incorporation of selenium into egg proteins after feeding selenomethionine or sodium selenite[J]. Poult. Sci., 1991, 60: 1309~1313.