

## 肉仔鸡的硒碘营养互作关系<sup>①</sup>

吴于明<sup>②</sup> 李志伟 周毓平

(中国农业大学动物科学技术学院)

**摘要** 在2×2的因子试验中用200羽1日龄艾维因肉仔鸡研究了不同硒碘营养水平对甲状腺的相对重量及其碘含量、组织硒含量及谷胱甘肽过氧化物酶和5'-脱碘酶活力、血清甲状腺激素(T<sub>4</sub>, T<sub>3</sub>)浓度的影响。试验结果表明4周龄肉仔鸡甲状腺的相对质量及碘含量因碘营养缺乏而分别显著增大和下降,但不受硒营养水平的影响;硒营养缺乏使肝脏、肾脏、心脏和胰脏硒含量及肝、肾脏谷胱甘肽过氧化物酶和5'-脱碘酶活力极显著下降;血清T<sub>4</sub>浓度因硒缺乏而上升但变化幅度未达到显著水平( $P>0.05$ ),而且因碘缺乏而显著下降( $P<0.05$ );血清T<sub>3</sub>浓度只在硒碘双重缺乏时极显著下降( $P<0.01$ )。在硒营养缺乏时,碘营养缺乏导致组织硒含量、肝脏和肾脏中谷胱甘肽过氧化物酶和5'-脱碘酶活力均显著下降;但在适宜的硒营养状态下,三者的下降幅度未达到显著水平( $P>0.05$ )。本研究结果证明肉仔鸡的硒碘营养互作关系:①5'-脱碘酶是硒酶,硒为甲状腺激素正常代谢所必需;②碘营养水平影响组织中硒沉积和硒酶活力。

**关键词** 肉仔鸡; 硒; 碘

**分类号** S816.72; S831.41

## Nutritional Interrelationships Between Selenium and Iodine in Broiler Chicks

Guo Yuming Li Zhiwei Zhou Yuping

(College of Animal Science & Technology, CAU)

**Abstract** In a 2×2 factorial experiment, 200 one-day-old broiler chicks were used to study the effects of different selenium and iodine nutritional status on the relative weight of thyroid glands and their iodine contents, concentrations of selenium and activities of glutathione peroxidase and 5'-iodothyronine deiodinase in some tissues, and sera thyroxine and thyronine levels. The results showed that, thyroidal relative weights of four-week-old broiler chicks were increased but the iodine concentrations were decreased by iodine deficiency, but be not influenced by selenium. Selenium deficiency lowered the selenium concentrations in livers, kidneys, hearts and pancreases, and the hepatic and renal glutathione peroxidase and 5'-iodothyronine deiodinase activities significantly. Sera thyroxine levels declined significantly due to iodine deficiency ( $P<0.05$ ), but did not elevate significantly due to selenium deficiency no matter what the iodine nutritional status was. The sera thyronine levels declined significantly only under concomitant selenium and iodine deficiency ( $P<0.01$ ). Under selenium nutritional deficiency, iodine deficiency caused the selenium concentrations in the liver,

收稿日期: 1997-01-02

①国家自然科学基金资助项目 39200086

②吴于明,北京市圆明园西路2号中国农业大学(西校区),100094

kidney, heart and pancreas, and the hepatic and renal glutathione peroxidase and 5'-iodothyronine deiodinase activities lowered ( $P < 0.05$ ), but under normal selenium nutritional status, the decreased magnitudes of hepatic and renal 5'IDI activities and selenium concentrations and the hepatic GSHPx activity did not reach statistical significant level ( $P > 0.05$ ). It can be concluded that nutritional interrelationship between selenium and iodine does exist in broiler chicks. On the one hand, normal thyroid hormone metabolism necessitate selenium because of selenium-containing 5'-iodothyronine deiodinase; on the other hand, iodine nutritional status influences tissue selenium depositions and thus the activities of selenoenzymes.

**Key words** broiler chick; selenium; iodine

硒和碘是人和动物必需的2种重要的微量元素。我国大部分地区土壤、粮食作物及饲料中硒和碘含量极低,而且过去的畜禽饲料和人膳食中硒碘的补充不足,因此我国是硒缺乏病和碘缺乏病既普遍又严重的国家。人的缺硒病以心脏损伤为主(“克山病”),家禽缺硒则表现渗出性素质、肝脏纤维化和肌肉营养不良(“白肌病”)等;碘缺乏使人生长发育不良、智力低下和甲状腺肿大,畜禽也表现生长发育迟缓及繁殖性能下降等。硒碘营养缺乏危害极大。目前,人膳食和畜禽饲料中补充硒碘已受到我国政府及营养学界的高度重视。

碘是甲状腺激素合成所需的原料,甲状腺激素调控许多基因的表达和蛋白质的合成,影响许多生理生化代谢过程。硒的生物功能也很繁杂,Behme等<sup>[1]</sup>报道大鼠组织中至少有13种含硒蛋白,但目前对绝大多数含硒蛋白的功能知之甚少。1972年明确了机体内抗氧化系统中的谷胱甘肽过氧化物的活性中心含硒半胱氨酸,1990至1991年间又发现第二种硒酶——I型5'-脱碘酶<sup>[2,3]</sup>,明确了硒为哺乳动物甲状腺激素正常代谢所必需,也就表明了硒营养状况影响碘的营养作用。但碘营养不良是否影响硒的代谢及动物对硒的需要量,目前尚少研究。本研究以肉仔鸡为试验动物,探讨了硒碘营养互作关系。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验动物与日粮

1日龄艾维因商品肉仔鸡200羽,随机分配到2×2因子设计的4个处理组:对照组(+Se+I)、缺碘组(+Se-I),缺硒组(-Se+I)和硒碘双重缺乏组(-Se-I)。每组50羽,分上下两层笼养。基础日粮组成见表1,其中含硒0.009 mg·kg<sup>-1</sup>和碘0.056 mg·kg<sup>-1</sup>,以亚硒酸钠和碘化钾分别补充硒0.30 mg·kg<sup>-1</sup>和碘0.35 mg·kg<sup>-1</sup>到适宜的硒碘营养水平。鸡自由采食

表1 基础日粮组成及营养水平\*\*

原 料	质量分数 w/%
玉米	22.90
豆粕	44.57
淀粉	25.00
植物油	3.14
磷酸氢钙·CaHPO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	4.2
碳酸钙·CaCO <sub>3</sub>	0.94
食盐*	0.35
赖氨酸	0.25
蛋氨酸	0.25
复合微量元素*	0.20
复合维生素	0.25

\* 均为分析纯试剂

\*\* 每千克日粮含代谢能12.6 kJ,粗蛋白220 g,赖氨酸12 g,蛋氨酸5.2 g,钙9.6 g,磷6.6 g,锰100 mg,锌75 mg,铁100 mg,铜8 mg,VA 8 800 IU,VD<sub>3</sub> 3 000 IU,VE 30 IU,VK<sub>3</sub> 1.65 mg,VB<sub>1</sub> 1.1 mg,VB<sub>2</sub> 6.6 mg,VB<sub>12</sub> 0.02 mg,泛酸11 mg,烟酸66 mg,VB<sub>6</sub> 4.4 mg,叶酸1 mg,胆碱550 mg,生物素0.2 mg。

与饮用去离子水,其他管理按《艾维因肉仔鸡饲养管理》进行。

## 1.2 采样与分析

1) 4 周龄末,从每处理组随机取 6 羽鸡称体质量、断颈静脉采血并制备血清,摘取心脏、肝脏、肾脏、胰脏及甲状腺等器管组织于 $-30^{\circ}\text{C}$ 下保存备用。

2) 饲料和动物组织中硒含量测定采用 2,3-二氨基萘荧光测定法<sup>[4]</sup>;碘含量的测定采用铈催化比色法<sup>[5]</sup>;组织谷胱甘肽过氧化物及 5'-脱碘酶活力的测定方法见文献<sup>[6]</sup>。血清 T4 及 T3 含量采用放射免疫测定法,试剂盒购自北京海科锐生物技术中心;T3 的测定灵敏度为  $3\text{ pg}\cdot\text{mL}^{-1}$ ,T4 的为  $25\text{ pg}\cdot\text{mL}^{-1}$ ;回收率均为  $(103\pm 10)\%$ ,批内变异系数均为  $(4\pm 0.1)\%$ ,批间变异系数均为  $(6\pm 0.3)\%$ 。

## 1.3 数据处理分析

用 SAS6.04 软件对试验数据进行方差分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 肉仔鸡甲状腺的相对质量及碘含量

从 2 周龄开始,缺硒组肉仔鸡群中出现渗出性素质,表现腹部及翅下等部位皮下出现蓝绿色胶冻样组织液;缺碘的处理组鸡群生长发育不良,羽被和精神状态较差。各组鸡的甲状腺(相对于体质量)的相对质量分数见表 2。硒缺乏对甲状腺相对重量及其中的碘含量均无影响;碘缺乏导致甲状腺相对重量增加 2.2 倍左右( $P<0.01$ ),组织碘含量显著下降 70%以上( $P<0.05$ )。甲状腺相对重量增大是碘营养不良致使甲状腺组织代偿性增生肿大的结果。

表 2 甲状腺的几种测定指标

项 目	质量分数 $w/\%$	碘含量/ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	质量浓度 $\rho/(\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1})$	
			血清 T4	血清 T3
+Se+I	$0.082\pm 0.030\text{a}$	$361.4\pm 130.9\text{a}$	$15.42\pm 0.68\text{a}$	$0.51\pm 0.09\text{a}$
+Se-I	$0.279\pm 0.087\text{b}$	$61.8\pm 28.8\text{b}$	$11.00\pm 0.37\text{b}$	$0.76\pm 0.14\text{a}$
-Se+I	$0.085\pm 0.020\text{a}$	$323.3\pm 73.3\text{a}$	$16.22\pm 1.43\text{a}$	$0.78\pm 0.09\text{a}$
-Se-I	$0.212\pm 0.059\text{b}$	$94.5\pm 47.7\text{b}$	$11.75\pm 0.35\text{b}$	$0.38\pm 0.09\text{b}$

注:同栏内平均数±标准差右肩标不同,即表示差异显著( $P<0.05$ )。

### 2.2 甲状腺激素代谢水平

如表 2 所示,日粮碘缺乏,甲状腺合成 T4 所需碘的供应不足,致使血清 T4 浓度显著下降( $P<0.05$ ),而血清 T3 浓度只在硒碘双重缺乏时才明显降低,与单纯缺碘组相比下降了近 50%( $P<0.01$ )。硒缺乏使血清 T4 浓度上升,这与大鼠的情形<sup>[7]</sup>相似,其主要机制还是因催化 T4 转化生成 T3 的 5'-脱碘酶的活力受硒营养水平的调节,硒缺乏导致组织中 5'-脱碘酶活力下降(表 3),T3 生成减少,血清中 T4 浓度升高。这种甲状腺激素代谢异常在本试验中的硒碘双重缺乏的肉仔鸡尤为严重。

### 2.3 组织硒含量以及 5'-脱碘酶(5'IDI)和谷胱甘肽过氧化物酶(GSHPx)的活力

从表 3 可看出,硒营养缺乏时肉仔鸡组织硒含量、谷胱甘肽过氧化物酶及 5'-脱碘酶活力均显著下降。碘营养不良时也导致肝脏、肾脏中 5'IDI 及 GSHPx 酶活力降低,但只有肾脏的

GSHPx 活力的变化达到显著水平;以上两种组织中两种酶的活力下降的幅度在硒缺乏时更大,且均达到显著水平( $P < 0.05$ );在硒营养水平正常时,肝肾组织中 5'IDI 活力因碘营养状况而变化的趋势与 Pazos-Moura 等<sup>[8]</sup>和 Behne, D 等<sup>[9]</sup>的大鼠试验结果一致,其变化幅度较小可能与试验期短有关。以上两组织中两种酶活力的变化与组织中硒含量变化的趋势一致,说明酶活力降低可能与组织硒沉积减少有关,当然也不能排除酶蛋白本身合成量少的可能性,因为碘营养不良时机体内蛋白的合成量通常减少。在本试验中,当日粮硒营养水平适宜时,碘缺乏导致心脏、肝脏、肾脏及胰脏中硒含量分别下降 11.2% ( $P < 0.05$ ), 9.1% ( $P > 0.05$ ), 7.5% ( $P > 0.05$ ) 和 12.7% ( $P < 0.05$ );当硒营养缺乏时,碘缺乏使以上四种组织中硒含量分别下降 12.7%, 7.6%, 7.0% 和 16.2%, 均达到显著水平 ( $P < 0.05$ )。由此可见,无论肉仔鸡的硒营养状况如何,碘营养不良对组织硒沉积量的影响均存在且强度较恒定;还表现出日粮硒碘营养调节作用的可加性。硒营养缺乏导致以上 4 种组织硒沉积量下降的幅度在碘营养适宜时分别为 71.2%, 81.5%, 63.5% 和 53.3%, 而在碘缺乏时分别为 83.8%, 89.1%, 80.5% 和 69.5% 这种可加性从不同硒碘营养状况肉仔鸡肝脏 GSHPx 酶活力变化也反映出来。单纯碘缺乏、单纯硒缺乏和硒碘双重缺乏导致的 GSHPx 活力值下降的幅度分别为 5.2% ( $P > 0.05$ ), 92.1% ( $P < 0.01$ ) 和 96.0% ( $P < 0.01$ )。

表 3 不同硒碘营养状态下,组织 5'IDI 和 GSHPx 酶活力以及硒含量

项 目	+Se+ I	+Se- I	-Se+ I	-Se- I
5'IDI ( $^{125}\text{I}^- \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ )				
肝脏	107.8±6.3a	106.1±9.6a	58.7±8.5b	20.8±9.4c
肾脏	135.2±4.2a	121.3±10.3a	73.8±12.1b	55.0±12.2c
GSHPx (NADPH $\mu\text{mol} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )				
肝脏	0.229±0.011a	0.217±0.018a	0.018±0.002b	0.009±0.002c
肾脏	0.142±0.004a	0.094±0.001b	0.018±0.002c	0.011±0.001d
Se/(ng·mg <sup>-1</sup> )				
肝脏	0.596±0.021a	0.542±0.019a	0.110±0.004b	0.065±0.005c
肾脏	0.650±0.016a	0.601±0.023a	0.237±0.017b	0.127±0.008c
心脏	0.260±0.024a	0.231±0.006b	0.075±0.004c	0.042±0.002d
胰脏	0.197±0.005a	0.172±0.010b	0.092±0.006c	0.060±0.002d

注:同栏“平均数±标准误”右肩标不同即表示差异显著( $P < 0.05$ )。

本研究结果说明硒与碘两种微量元素间的营养互作关系不仅在于硒营养缺乏通过降低 5'-脱碘酶活力而妨碍甲状腺素(T4)向生物效力更强的 T3 的转化,从而影响了碘的营养作用的发挥,而且碘营养不良时还导致组织硒沉积量下降和硒酶(GSHPx 和 5'IDI)的活力降低,甚至干扰其他功能仍不明了的众多硒蛋白的合成。因此,在营养实践中,单方面考虑其中单一元素的营养水平都不会收到预期的效果,而是必须要同时重视。硒碘营养互作关系及其机制还有待于在不同种类动物进行更深入的研究,以便正确实施硒碘营养,增进人畜健康,提高人口素质,增加畜禽养殖效益。

## 参 考 文 献

- 1 Behne D, Hilmert H, Scheid S, Gessner H, Elger W. Evidence for specific selenium target tissues and new biologically important. *Selenoproteins Biochem Biophys Acta*, 1988, 966:12~21
- 2 Arthur J R, Fergus N, Beckett G J. Hepatic iodothyronine 5'-deiodinase —— the role of selenium. *Biochemical Journal*, 1990, 272:537~540
- 3 Berry M J, Banu L, Larsen P R. Type I iodothyronine deiodinase is a selenocysteine-containing enzyme. *Nature*, 1991, 349 :438~440
- 4 丁角立, 冯于明, 周毓平, 朱玉琴. 硒缺乏对肉仔鸡体内含硫化合物代谢的影响. *中国动物营养学报*, 1992(4):37~44
- 5 王夔主编. 生命科学中的微量元素(下册). 北京:中国计量出版社,1992
- 6 冯于明, Arthur J R, 周毓平. 冷应激前后不同硒营养状态大鼠甲状腺激素代谢水平变化. *北京农业大学学报*, 1992,18:447~451
- 7 冯于明, Arthur J R, 周毓平. 不同硒营养状态下大鼠血浆甲状腺素水平的变化. *中国动物营养学报*, 1992(4):1~6
- 8 Pazos-moura C C, Moura E G, Dorris M L, Rehnmark S, Melendez L, Silva J E, Taurog A. Effect of iodine deficiency and cold exposure on thyroxine 5'-deiodinase activity in various rat tissues. *Am J Physiol*, 1991, 260:E175~E182
- 9 Behne D, Kyriakopoulos A, Gessner H, Walzog B Meinhold H. Type I iodothyronine Deiodinase activity after high Selenium intake, and relations between selenium and iodine metabolism in rats. 1992, 122: 1542~1546