

纳米硒对肉鸡生长、肝脏脱碘酶 I 活性和血清甲状腺激素的影响*

夏枚生, 潘金敏, 胡彩虹, 许梓荣

(浙江大学 动物科学学院 动物分子营养学教育部重点实验室, 浙江 杭州 310029)

[摘 要] 将岭南黄母鸡混合雏 780 羽按饲养试验要求分为 13 组, 每组 4 个重复, 每重复 15 羽, 纳米硒和亚硒酸钠 2 种硒源分别以 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 和 1.0 mg/kg 6 个硒水平添加到基础日粮中, 配制成 12 种试验日粮, 以基础日粮为对照, 研究纳米硒和亚硒酸钠对肉鸡生长、肝脏脱碘酶 I 活性和血清甲状腺激素的影响。结果显示: (1) 基础日粮组肝脏脱碘酶 I 活性和血清 T₃ 水平显著低于 2 种硒源的各组硒添加水平 ($P < 0.05$), T₄ 水平显著高于 2 种硒源的各组硒添加水平 ($P < 0.05$)。 (2) 亚硒酸钠添加量在 0.1 mg/kg 时, 肉鸡生长性能、肝脏脱碘酶 I 活性、血清 T₃ 和 T₄ 趋于平台; 添加量在 0.3~1.0 mg/kg 时, 肉鸡生长性能随硒添加量的增加而下降; 添加量在 0.2~1.0 mg/kg 时, 肝脏脱碘酶 I 活性和血清 T₃ 水平随硒添加量的增加而下降, T₄ 水平随硒添加量的增加而上升; 1.0 mg/kg 硒添加水平的肉鸡生长性能显著低于 0.2~0.4 mg/kg 硒添加水平, 肝脏脱碘酶 I 活性和血清 T₃ 水平显著低于 0.1~0.3 mg/kg 硒添加水平 ($P < 0.05$), 血清 T₄ 水平显著高于 0.1~0.3 mg/kg 硒添加水平 ($P < 0.05$)。 (3) 纳米硒添加量在 1.0 mg/kg 时, 肉鸡生长性能、肝脏脱碘酶 I 活性和血清 T₃ 水平仍然保持在高峰平台, T₄ 保持在低峰平台 ($P > 0.05$)。 (4) 硒源添加量在 0.1~0.3 mg/kg 时, 亚硒酸钠和纳米硒对肉鸡生长性能的影响无显著差异 ($P > 0.05$); 硒源添加量在 0.4~1.0 mg/kg 时, 纳米硒组肉鸡生长性能显著高于亚硒酸钠组 ($P < 0.05$)。硒源添加量在 0.1~0.2 mg/kg 时, 2 种硒源对脱碘酶 I 活性、血清 T₃ 和 T₄ 的影响无显著差异 ($P > 0.05$); 硒源添加量在 0.3~1.0 mg/kg 时, 纳米硒组肝脏脱碘酶 I 活性和血清 T₃ 水平显著高于亚硒酸钠组 ($P < 0.05$), 血清 T₄ 水平显著低于亚硒酸钠组 ($P < 0.05$)。上述结果说明, 纳米硒的 Weinberg 剂量-效应的最适剂量范围宽于亚硒酸钠。

[关键词] 硒; 脱碘酶 I; 甲状腺激素; 肉鸡; 生长性能

[中图分类号] S816.72

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2005)04-0024-05

硒是动物机体必需的微量元素, 具有抗氧化、提高免疫、促进生长、提高肉质等功能。畜禽日粮中广泛使用的硒源是亚硒酸钠, 但由于亚硒酸钠具有较强的毒性和较低的生物利用率, 并有助氧化作用, 会对动物和环境造成不良影响。所以, 一些国家已限制使用无机盐形式的硒营养补充剂, 如瑞典规定乳猪饲料必须使用有机硒, 日本禁止在动物饲料中添加亚硒酸钠类无机硒^[1]。因此, 开发低毒、高效的硒源一直是硒营养研究的重点。纳米硒是粒径为纳米级的单质硒, 小鼠急性毒性试验表明^[2], 以口服硒元素的量计, 纳米硒的 LD₅₀ = 112.98 mg/kg, 亚硒酸钠的 LD₅₀ = 15.72 mg/kg, 显示出纳米硒的低毒性。高学云等^[3]和张劲松等^[4,5]在小鼠试验中发现, 纳米硒在提高小鼠免疫功能、抗氧化和延缓衰老等方面作

用显著。

硒的生物学功能主要通过各种硒酶表现出来。脱碘酶 I 催化 3, 5, 3', 5'-四碘甲腺原氨酸(甲状腺素, T₄) 脱碘转变为活性强的 3, 5, 3'-三碘甲腺原氨酸(T₃)^[6]。本试验研究了纳米硒和亚硒酸钠对肉鸡生长、肝脏脱碘酶 I 活性和血清甲状腺激素的影响, 旨在为纳米硒在畜牧生产中的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验动物为岭南黄 1 日龄肉鸡。

纳米硒: 粒径 30~70 nm, 平均粒径 45 nm, X 光电子能谱的 Se 3d 为 55.3 eV (表明为零价硒, Se⁰)。

* [收稿日期] 2004-07-05

[基金项目] 浙江省自然科学基金资助项目(M303435); 浙江省教育厅资助项目(G20040390); 国际科学基金资助项目(B/3452-1)

[作者简介] 夏枚生(1965-), 男, 江西余干人, 副研究员, 主要从事动物营养学和纳米生物学研究。E-mail: msxia@zju.edu.cn

亚硒酸钠(Na_2SeO_3): 饲料级 Na_2SeO_3 , 硒含量 10 g/kg。

1.2 试验饲料

参考美国 NRC (1994 年) 肉用仔鸡营养需要配合而成, 配方及主要营养指标见表 1。

1.3 饲养试验和样品采集

岭南黄公母混合雏 780 羽, 按饲养试验要求分为 13 组, 每组 4 个重复, 每重复 15 羽。将纳米硒和亚硒酸钠 2 种硒源分别以 0 1, 0 2, 0 3, 0 4, 0 5 和 1.0 mg/kg 6 个硒水平添加到基础日粮中, 配制

成 12 种试验日粮, 以基础日粮为对照 (饲料组成和营养指标见表 1)。充分混匀后, 装袋封存备用, 并分别取样, 根据 GB/T 13883- 92 硒测定法测定实际硒含量。在自由采食、饮水和 24 h 光照条件下, 分为 0~ 21 d, 22~ 42 d 和 43~ 56 d 3 个阶段饲养, 记录鸡生长状况。饲养试验结束后, 每组选体重相近的试验鸡 8 羽 (公母各半), 共 104 羽, 给水不给料, 禁食 12 h 后屠宰。颈静脉采血, 制备血清; 采取肝脏样品, 液氮冷冻后转至 - 70 ℃ 冰箱保存。

表 1 试验基础饲料组成与营养指标

Table 1 Ingredients and nutrient composition of diets

成分/(g · kg ⁻¹) Ingredients	饲喂时段 Fed phase			营养水平 Nutrition composition	饲喂时段 Fed phase		
	第 0~ 21 天 0 to 21 days	第 22~ 42 天 22 to 42 days	第 43~ 56 天 43 to 56 days		第 0~ 21 天 0 to 21 days	第 22~ 42 天 22 to 42 days	第 43~ 56 天 43 to 56 days
玉米 Corn	560.00	620.00	640.40	代谢能/(MJ · kg ⁻¹) ME	12.87	13.08	13.08
豆粕 Soybean meal	303.00	274.00	284.00	粗蛋白/(g · kg ⁻¹) CP	228.10	201.10	181.70
鱼粉 Fishmeal	60.00	30.00	0.00	赖氨酸/(g · kg ⁻¹) Lys	12.10	10.80	0.96
菜油 Rapeseed oil	40.00	40.00	40.00	蛋氨酸+ 胱氨酸/(g · kg ⁻¹) Met+ Cys	0.90	7.20	0.62
食盐 NaCl	3.00	3.00	3.00	钙(g · kg ⁻¹) Ca	1.01	8.80	0.76
磷酸氢钙 Calcium phosphate	15.00	15.00	15.00	磷/(g · kg ⁻¹) P	0.82	7.20	0.64
石粉 Limestone	12.00	12.00	12.00	硒/(mg · kg ⁻¹) Se	0.038	0.040	0.038
蛋氨酸 DL-methionine	2.00	1.00	0.60				
多维微量元素预混料 Vitamin-mineral premix	5.00	5.00	5.00				

注: 每 kg 多维微量元素预混料中含 1 500 IU 维生素 A, 200 IU 维生素 D₃, 10 mg 维生素 E, 0.5 mg 维生素 K, 1.8 mg 维生素 B₁, 3.6 mg 核黄素, 10 mg 泛酸, 0.5 mg 叶酸, 3.0 mg 维生素 B₆, 25 mg 烟酸, 10 μg 维生素 B₁₂, 800 mg 氯化胆碱, 0.15 mg 生物素, 60 mg 锰, 40 mg 锌, 80 mg 铁, 8.0 mg 铜和 0.35 mg 碘。

Note: The Vitamin-mineral premix provided (per kg feed): 1 500 IU VA, 200 IU VD₃, 10 mg VE, 0.5 mg VK, 1.8 mg VB₁, 3.6 mg riboflavin, 10 mg d-pantothenic acid, 0.5 mg folic acid, 3.0 mg VB₆, 25 mg niacin, 10 μg VB₁₂, 800 mg choline chloride, 0.15 mg biotin, 60 mg Mn, 40 mg Zn, 80 mg Fe, 8.0 mg Cu and 0.35 mg I.

1.4 测定项目和方法

1.4.1 肝脏脱碘酶 I 活性的测定 参照 Behne 等^[7]的方法。制备肝脏匀浆, 离心后取上清液, 经 10 倍稀释后取 100 μL, 加入 2.5 μmol T4 底物液 400 μL (用 T4 试剂盒中的标准品), 混匀, 置 37 ℃ 水浴中温育 30 min。非酶对照管先经 80 ℃、15 min 灭活酶蛋白, 再加 T4 底物液并置 37 ℃ 温育 30 min。温育完毕后用 1 mL (1 000 μL) 冷的体积分数 95% 乙醇终止反应, 混匀后置 4 ℃ 过夜, 次日 1 500 g 离心 20 min, 取上清, 采用北京北方生物技术研究所以生产的放射免疫分析测定 T₃、T₄ 试剂盒, 在美国产 Packard γ 计数器上测定。

1.4.2 血清甲状腺激素水平的测定 血清中 T₃、

T₄ 水平采用北京北方生物技术研究所以生产的放射免疫分析测定 T₃、T₄ 试剂盒, 在美国产 Packard γ 计数器上测定。

1.5 统计学分析

各处理间平均值的比较采用方差分析中的最小显著极差法 (LSD), 结果以 $\bar{x} \pm SD$ 表示。计算程序采用 SAS (6.12) 中的一般线性模式 (General Linear Models Procedure) 进行。

2 结果与分析

2.1 硒对肉鸡生长性能的影响

肉鸡生长性能随硒源和硒添加水平的变化结果见表 2。

表 2 纳米硒对肉鸡生长性能的影响

Table 2 Effects of Nano-Se on the growth performance of broilers

硒添加量/ (mg · kg ⁻¹) Levels of added Se	日增重/g Average daily gain		日采食量/g Average daily feed intake		料重比 Feed/gain	
	Na ₂ SeO ₃	纳米硒 Nano-Se	Na ₂ SeO ₃	纳米硒 Nano-Se	Na ₂ SeO ₃	纳米硒 Nano-Se
0 0	26 21 ± 1.26 BC	26 21 ± 1.26 C	65 26 ± 2.16 BC	65 26 ± 1.26 B	2 49 ± 0.10 AB	2 49 ± 0.10 A
0 1	27.48 ± 1.50 ABC	27.35 ± 0.86 BC	66 78 ± 1.91 ABC	66 19 ± 1.88 B	2 43 ± 0.05 ABC	2 42 ± 0.08 AB
0 2	28 87 ± 1.55 A	28 92 ± 1.08 AB	68 13 ± 1.51 A	68 54 ± 1.96 A	2 36 ± 0.09 C	2 37 ± 0.04 C
0 3	28 43 ± 1.41 A	29 73 ± 1.18 A	67 38 ± 1.17 AB	68 38 ± 2.08 A	2 37 ± 0.05 C	2 30 ± 0.08 CD
0 4	27.91 ± 0.97 ABb	30 44 ± 1.39 Aa	67 26 ± 2.06 AB	68 49 ± 1.42 A	2 41 ± 0.03 BCa	2 25 ± 0.08 Db
0 5	27.13 ± 1.46 ABCb	30 60 ± 1.17 Aa	66 20 ± 1.74 ABCb	68 24 ± 1.56 Aa	2 44 ± 0.05 ABCa	2 23 ± 0.07 Db
1 0	25 81 ± 1.56 Cb	30 23 ± 1.51 Aa	65 04 ± 1.52 Cb	68 32 ± 1.74 Aa	2 52 ± 0.08 Aa	2 26 ± 0.05 CDb

注:同一行中小写字母不同者表示差异显著($P < 0.05$),同一列中大写字母不同者表示差异显著($P < 0.05$)。下表同。 $n = 4$ 。

Note: Means in a row with different lowercases differ significantly ($P < 0.05$), means in a line with different capitals differ significantly ($P < 0.05$). The same in following tables $n = 4$ 。

2.1.1 亚硒酸钠对肉鸡生长性能的影响 由表 2 可知,亚硒酸钠添加量在 0~0.2 mg/kg,肉鸡生长性能随硒添加量的增加而提高,显示出良好的效应-剂量关系;在 0.3~1.0 mg/kg,肉鸡生长性能随硒添加量的增加而下降;与不加硒的空白对照组相比,添加 0.2 和 0.3 mg/kg 亚硒酸钠分别使日增重提高了 10.15% ($P < 0.05$) 和 7.69% ($P < 0.05$),使料重比降低了 5.22% ($P < 0.05$) 和 5.08% ($P < 0.05$);与添加 0.2, 0.3 和 0.4 mg/kg 亚硒酸钠组相比,添加 1.0 mg/kg 亚硒酸钠使肉鸡生长性能显著降低 ($P < 0.05$)。

2.1.2 纳米硒对肉鸡生长性能的影响 由表 2 还可看出,纳米硒添加量在 0~0.50 mg/kg 时,肉鸡生长性能随硒添加量的增加而提高;与不加硒的空白对照组相比,添加 0.2~1.0 mg/kg 纳米硒均使

肉鸡生长性能显著提高 ($P < 0.05$);与添加 0.2 mg/kg 纳米硒组相比,添加 0.4 和 0.5 mg/kg 纳米硒对肉鸡日增重有显著提高趋势 ($P < 0.05$),使料重比显著降低 ($P < 0.05$)。

2.1.3 亚硒酸钠和纳米硒对肉鸡生长性能影响的比较 表 2 表明,硒源添加量在 0.1~0.3 mg/kg 时,亚硒酸钠和纳米硒对肉鸡生长性能的影响无显著差异 ($P > 0.05$);硒源添加量在 0.4~1.0 mg/kg 时,纳米硒组肉鸡的日增重显著高于亚硒酸钠组 ($P < 0.05$),料重比显著低于亚硒酸钠组 ($P < 0.05$)。

2.2 硒对肉鸡肝脏脱碘酶 I 活性和血清甲状腺激素水平的影响

肝脏脱碘酶 I 活性和血清甲状腺激素水平随硒源和硒添加水平的变化见表 3。

表 3 纳米硒对肉鸡肝脏脱碘酶 I 活性和血清甲状腺激素水平的影响 ($n = 8$)Table 3 Effects of Nano-Se on the activity of Type-I deiodinase in liver and serum thyroid hormones of broilers ($n = 8$)

硒添加量/ (mg · kg ⁻¹) Levels of added Se	脱碘酶 I 活性/(nmol · min ⁻¹ · g ⁻¹) Activity of Type-I deiodinase		T3/(ng · mL ⁻¹)		T4/(ng · mL ⁻¹)	
	Na ₂ SeO ₃	纳米硒 Nano-Se	Na ₂ SeO ₃	纳米硒 Nano-Se	Na ₂ SeO ₃	纳米硒 Nano-Se
0 0	0 52 ± 0.22 C	0 52 ± 0.22 B	0 96 ± 0.18 C	0 96 ± 0.18 B	14 98 ± 1.24 A	14 98 ± 1.24 A
0 1	2 34 ± 0.13 A	2 39 ± 0.18 A	1 75 ± 0.26 A	1 70 ± 0.15 A	10 86 ± 0.86 C	10 90 ± 1.33 B
0 2	2 32 ± 0.25 A	2 57 ± 0.22 A	1 72 ± 0.22 A	1 85 ± 0.27 A	10 84 ± 1.35 C	10 38 ± 0.82 B
0 3	2 23 ± 0.21 Ab	2 68 ± 0.24 Aa	1 62 ± 0.15 Ab	1 93 ± 0.22 Aa	11 38 ± 0.77 Ca	9 87 ± 0.76 Bb
0 4	2 16 ± 0.17 ABb	2 66 ± 0.29 Aa	1 55 ± 0.25 ABb	1 96 ± 0.19 Aa	11 74 ± 1.15 BCa	9 64 ± 0.93 Bb
0 5	2 07 ± 0.20 ABb	2 65 ± 0.15 Aa	1 49 ± 0.17 ABb	1 93 ± 0.11 Aa	12 07 ± 1.01 BCa	9 70 ± 1.64 Bb
1 0	1 90 ± 0.30 Bb	2 60 ± 0.11 Aa	1 30 ± 0.20 Bb	1 89 ± 0.16 Aa	12 95 ± 0.91 Ba	9 68 ± 1.18 Bb

由表 3 可知,基础日粮组肝脏脱碘酶 I 活性和血清 T3 水平显著低于 2 种硒源组的各硒添加水平 ($P < 0.05$),T4 水平显著高于 2 种硒源组的各硒添加水平 ($P < 0.05$)。

2.2.1 亚硒酸钠对肝脏脱碘酶 I 活性和血清 T3, T4 的影响 亚硒酸钠添加量在 0.1 mg/kg 时,肝脏脱碘酶 I 活性和血清 T3, T4 趋于平台;硒添加量在 0.1~0.5 mg/kg 时,各组肝脏脱碘酶 I 活性和

血清 T3 水平随硒添加量的增加而下降, 而 T4 水平随硒添加量的增加而上升, 但各组差异不显著 ($P > 0.05$); 1.0 mg/kg 硒添加量组肝脏脱碘酶 I 活性和血清 T3 水平显著低于 0.1~0.3 mg/kg ($P < 0.05$), 血清 T4 水平则显著高于 0.1~0.3 mg/kg 硒添加量 ($P < 0.05$), 与 0.4 和 0.5 mg/kg 硒添加量差异不显著 ($P > 0.05$)。

2.2.2 纳米硒对肝脏脱碘酶 I 活性和血清 T3、T4 的影响 纳米硒添加量在 0.1 mg/kg 时, 肝脏脱碘酶 I 活性和血清 T3、T4 趋于平台, 硒添加水平在 0.1~1.0 mg/kg 时, 各组肝脏脱碘酶 I 活性和血清 T3 水平始终保持在高峰平台 ($P > 0.05$), T4 始终保持在低峰平台 ($P > 0.05$); 与添加 0.1 mg/kg 纳米硒组相比, 添加 0.3~0.5 mg/kg 纳米硒的肝脏脱碘酶 I 活性和血清 T3 水平有提高趋势 ($P < 0.10$), 血清 T4 有降低趋势 ($P < 0.10$)。

2.2.3 亚硒酸钠和纳米硒对肝脏脱碘酶 I 活性和血清 T3、T4 影响的比较 硒源添加量在 0.10~0.20 mg/kg 时, 2 种硒源对肝脏脱碘酶 I 活性和血清 T3、T4 的影响无显著差异 ($P > 0.05$); 硒源添加量在 0.30~1.0 mg/kg 时, 纳米硒组肝脏脱碘酶 I 活性和血清 T3 水平显著高于亚硒酸钠组 ($P < 0.05$), 血清 T4 水平显著低于亚硒酸钠组 ($P < 0.05$)。

3 讨论

脱碘酶 I 主要存在于肝、肾组织中, 能催化 3, 5, 3', 5'-四碘甲腺原氨酸 (T4) 脱碘转变为活性强的 3, 5, 3'-三碘甲腺原氨酸 (T3)^[6]。动物缺硒能引起脱碘酶 I 活性下降, 降低 T4 向 T3 的转化速度, 使血液中 T4 含量上升而 T3 含量下降^[8]。因此, 缺硒动物生长受阻的机制之一可能是, 其体内调节正常代谢和生长发育的某些激素合成量不足造成的。本试验中, 肉鸡缺硒状态下肝脏组织脱碘酶 I 受到显著

影响, 显著低于各硒源的各硒添加水平。脱碘酶 I 活性直接影响到血清甲状腺激素水平, 因此基础日粮组肉鸡由脱碘酶 I 参与脱碘的 T4 向 T3 的转化速率减缓, 从而造成血清 T3 水平显著低于 2 种硒源组的各硒添加水平, 相应地 T4 水平显著升高。

动物对硒的营养需要存在一个剂量范围, 在这个范围内, 硒对动物具有营养作用, 而在这个范围之外会引起硒缺乏症或慢、急性中毒, 这种关系就是硒的 Weinberg 原理, 即硒的剂量-效应关系曲线^[1]。硒在最佳浓度和致毒浓度之间的安全限度非常狭窄。本研究结果表明, 纳米硒的 Weinberg 剂量-效应的最适剂量范围要宽于亚硒酸钠, 对肉鸡具有更高的安全性。高学云等^[2]对小鼠急性毒性试验结果表明, 以口服硒元素的量计, 纳米硒的 $LD_{50} = 112.98$ mg/kg, 亚硒酸钠的 $LD_{50} = 15.72$ mg/kg, 显示出纳米硒的低毒性。虽然本试验未就纳米硒对肉鸡的毒性进行研究和探讨, 但从其生物效应的表现趋势可以看出, 纳米硒的毒性低于亚硒酸钠。纳米硒由于是纳米微粒, 便具有了表面及界面效应, 其比表面积迅速增大, 位于纳米硒颗粒表面的原子数急剧增加, 悬键和不饱和键增多, 表面能迅速升高, 表面原子严重失配, 活性中心显著增加, 从而导致生物学效应发生显著变化^[9]。应用纳米技术制成的纳米金属和纳米生物材料具有许多令人惊奇的特性。如纳米金属毒性低, 其传感特性和弹性模量可接近正常的天然生物组织, 可使细胞在其表面生长, 并具有修复病变组织的功能^[10]。按照徐辉碧等^[11]提出的硒毒性自由基机理, 谷胱甘肽与硒(化合物)的不断反应产生大量活性氧自由基是硒产生毒性的原因之一。Gao 等^[12]报道, 纳米硒与谷胱甘肽的反应速率仅仅是 Na_2SeO_3 与谷胱甘肽反应速率的 $1/12.3$ ^[12]。这能部分解释纳米硒 Weinberg 剂量-效应的最适剂量范围较宽的原因, 但其作用机理还有待于进一步研究。

[参考文献]

- [1] 徐辉碧, 黄开勋. 硒的化学、生物化学及其在生命科学中的应用[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1994
- [2] 高学云, 张劲松, 张立德. 纳米红色元素硒的急性毒性和生物利用性[J]. 卫生研究, 2000, 29: 57-58
- [3] 高学云, 张劲松, 张立德, 等. 纳米红色元素硒对小鼠免疫功能的调节作用[J]. 中国公共卫生, 2000, 16: 421-422
- [4] Zhang J S, Gao X Y, Zhang L D. Biological effects of a nano red elemental selenium [J]. Biofactors, 2001, 15: 27-38
- [5] 张劲松, 高学云, 张立德, 等. 蛋白质分散的纳米红色元素硒的延缓衰老作用[J]. 营养学报, 2000, 22: 219-222
- [6] Berry M J, Banu L, Larsen P R. Type I iodothyronine deiodinase is a selenocysteine-containing enzyme[J]. Nature, 1991, 341: 438-440
- [7] Behne D, Scheid S, Kyriakopoulos A. Subcellular distribution of selenoproteins in the liver of the rat biochim biophys[J]. Acta, 1990,

1033: 219- 225

- [8] Beckett G J. Inhibition of type I and type II iodothyronine deiodinase activity in rat liver and brain produced by selenium deficiency[J]. *Biochem*, 1989, 259: 887- 892
- [9] 江 龙. 量子化尺寸纳米颗粒及其在生物体系中的作用[J]. *无机化学学报*, 2000, 16: 185- 194
- [10] 朱鹁屯, 王福明, 王习冬, 等. 国外纳米材料技术进展与应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 材料科学与工程出版中心, 2002. 163
- [11] 徐辉碧, 冯志明, 程 驿. 硒化合物毒性的自由基机理[J]. *华中理工大学学报*, 1991, 19: 13- 19
- [12] Gao X Y, Zhang J S, Zhang L D. Hollow sphere selenium nanoparticle: their *in vitro* anti hydroxyl radical effect[J]. *Advanced Materials*, 2002, 14: 290- 293

Effect of Nano-selenium on growth performance, type-I deiodinase in liver and serum thyroid hormones of broiler chicks

XIA Mei-sheng, PAN Jin-min, HU Cai-hong, XU Zi-rong

(College of Animal Science, Zhejiang University, the Key Laboratory of Molecular Animal Nutrition, Ministry of Education, Hangzhou, Zhejiang 310029, China)

Abstract: Seven hundred eighty L inen Yellow broiler chicks, 1 d of age, were used to investigate the effects of nano elemental selenium (Nano-Se) or sodium selenite (Na_2SeO_3) on the growth performance and serum thyroid hormones. The chicks were allocated to 13 treatments, each of which had 4 pens, 15 chicks per pen. The thirteen dietary treatments were basal diet only (containing 0.04 mg/kg Se), basal diet + 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 1.0 mg/kg Se as Na_2SeO_3 or Nano-Se, respectively. The results were as follows: (1) Supplementation with Se increased ($P < 0.05$) the activity of Type-I deiodinase in liver and serum T3, and decreased ($P < 0.05$) serum T4. (2) When Na_2SeO_3 was added to the diet, the growth performance, the activity of type-I deiodinase and thyroid hormones came to the peak value at a concentration of 0.1 mg/kg. The growth performance decreased with the concentration of Se at a concentration range of 0.3- 1.0 mg/kg. The activity of type-I deiodinase and serum T3 decreased and serum T4 increased with the concentration of Se at a concentration range of 0.2- 1.0 mg/kg. When 1.0 mg/kg Se was added to the diet, growth performance was lower ($P < 0.05$) as compared with the addition of a concentration range of 0.2- 0.4 mg/kg Se, and the activity of type-I deiodinase and serum T3 were lower ($P < 0.05$) and serum T4 was higher ($P < 0.05$) as compared with the addition of a concentration range of 0.1- 0.3 mg/kg Se. (3) When Nano-Se was added to the diet, the growth performance, the activity of type-I deiodinase and thyroid hormones remained steady at the peak value even at a concentration of 1.0 mg/kg Se. (4) There was no difference in growth performance between the treatments of Nano-Se and Na_2SeO_3 when the added concentration of Se was 0.1- 0.3 mg/kg. The chicks had better ($P < 0.05$) growth performance at a concentration range of 0.4- 1.0 mg/kg with Nano-Se than with Na_2SeO_3 . There was no difference in the activity of type-I deiodinase and thyroid hormones between the treatments of Nano-Se and Na_2SeO_3 when the added concentration of Se was 0.1- 0.2 mg/kg. The chicks had higher ($P < 0.05$) activity of type-I deiodinase and serum T3 and lower T4 at a concentration range of 0.3- 1.0 mg/kg with Nano-Se than with Na_2SeO_3 . The results implies that for the best concentration range of Weinberg curve, Nano-Se is more widely applied than Na_2SeO_3 .

Key words: selenium; type-I deiodinase; thyroid hormones; broiler chick; growth performance