



## 铁和维生素A及其互作效应对产蛋鸡生产性能和血清抗氧化指标的影响

张利环<sup>1</sup>, 张春善<sup>2</sup>, 王博<sup>2</sup>, 高晔<sup>3</sup>, 巩振华<sup>4,5</sup>, 杨瑞娟<sup>4</sup>, 樊君<sup>4</sup>

(<sup>1</sup>山西农业大学生命科学学院, 山西太谷 030801; <sup>2</sup>河北科技师范学院动物科学系, 河北昌黎 066600;

<sup>3</sup>陕西榆林学院, 陕西榆林 719000; <sup>4</sup>山西农业大学动物科技学院, 山西太谷 030801;

<sup>5</sup>山西汇福科技发展有限公司, 太原 030031)

**摘要:**为探讨铁和维生素A及其互作效应对产蛋鸡生产性能和血清抗氧化指标的影响, 采用3×2完全随机试验设计, 将432只海兰褐产蛋鸡随机分为6个处理组。日粮铁的添加量为0、30、60 mg/kg, 维生素A的添加量为4000、8000 IU/kg。结果表明: (1)日粮铁的添加水平显著提高平均蛋重和血清铜锌超氧化物歧化酶、谷胱甘肽过氧化物酶和铜蓝蛋白活力及过氧化氢含量和抑制羟自由基能力( $P<0.05$ ), 显著提高31~34周龄总抗氧化能力( $P<0.05$ )。 (2)日粮维生素A的添加水平显著提高了血清铜蓝蛋白活力( $P<0.05$ )。 (3)铁和维生素A互作效应对血清谷胱甘肽过氧化物酶和铜蓝蛋白活力的影响均显著( $P<0.05$ )。结果说明常规日粮中添加铁没有明显改善产蛋鸡的生产性能, 但促进了体内自由基的生成, 同时提高了抗氧化酶的活力。

**关键词:**产蛋鸡; 铁; 维生素A; 互作效应; 血清; 抗氧化指标

中图分类号: S831.5

文献标志码: A

论文编号: 2011-0448

### Effects of Iron, Vitamin A and Their Interaction on Production Performance and Serum Antioxidant Indices in Laying Hens

Zhang Lihuan<sup>1</sup>, Zhang Chunshan<sup>2</sup>, Wang Bo<sup>2</sup>, Gao Ye<sup>3</sup>, Gong Zhenhua<sup>4,5</sup>, Yang Ruijuan<sup>4</sup>, Fan Jun<sup>4</sup>

(<sup>1</sup>College of Life Science, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, Shanxi, China;

<sup>2</sup>Department of Animal Science, Hebei Normal College of Science and Technology, Changli 066600, Hebei, China;

<sup>3</sup>Shaanxi Yulin College, Yulin 719000, Shanxi, China;

<sup>4</sup>College of Animal Science and Technology, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, Shanxi, China;

<sup>5</sup>Shanxi Huifu SCI&TECH Development Co. Ltd., Taiyuan 030031, Shanxi, China)

**Abstract:** The purpose of this paper was to investigate the effects of iron and vitamin A on performance and serum antioxidant indices in laying hens. A 3×2 completely random experiment was designed. A total of four hundred and thirty-two Hyline Brown laying hens were randomly divided into 6 treatments. Iron supplementation levels were 0, 30 and 60 mg/kg, and vitamin A supplementation levels were 4000 and 8000 IU/kg. It is found that the supplementation of dietary iron significantly increased average egg weight, the activities of Cu/Zn-superoxide dismutase, glutathione peroxidase and ceruloplasmin in serum, and the concentration of hydrogen peroxide and hydroxyl radical inhibition in serum ( $P<0.05$ ), and significantly increased total antioxidant capacity in serum at 31–34 weeks ( $P<0.05$ ). The supplementation of dietary vitamin

**基金项目:**河北科技师范学院博士科研启动项目基金“蛋鸡体内铁和维生素A互作效应研究”(850801); 山西省科技攻关项目基金“蛋鸡环保型微量元素和维生素预混料的开发研究”(052007)。

**第一作者简介:**张利环, 女, 1970年出生, 山西太谷人, 讲师, 在读博士, 主要从事动物营养素的互作研究。通信地址: 030801 山西农业大学生命科学学院, Tel: 0354-6268689, E-mail: tgzlh@yahoo.com.cn。

**通讯作者:**张春善, 男, 1961年出生, 山西河津人, 教授, 博士生导师, 博士, 主要从事营养素的互作及营养参数的确定研究。E-mail: zcs19610302@163.com。

**收稿日期:**2011-06-13, **修回日期:**2011-06-30。

A significantly increased the activity of ceruloplasmin in serum ( $P<0.05$ ). Interaction between iron and vitamin A significantly affected the activities of glutathione peroxidase and ceruloplasmin in serum ( $P<0.05$ ). It is concluded that the supplementation of iron in diet did not improve the production performance of laying hens, but promoted the production of free radicals, and increased the activity of antioxidant.

**Key words:** Laying Hens; Iron; Vitamin A; Interaction; Serum; Antioxidant Indices

## 0 引言

铁和维生素A是动物机体必需的营养物质,适量的铁和维生素A是机体营养代谢、生长发育及繁衍后代必不可少的。Blackfan等<sup>[1]</sup>发现维生素A缺乏导致缺铁性贫血以来,大量研究表明,维生素A可促进铁的吸收<sup>[2-3]</sup>,改善铁在体内的转运、分布和利用<sup>[3-4]</sup>,严重缺乏维生素A可导致RNA代谢和蛋白质合成异常<sup>[5]</sup>,引起血细胞生成障碍<sup>[6]</sup>。与此同时,人们也发现铁对维生素A的代谢也存在一定的影响,铁通过稳定血浆视黄醇水平改善维生素A的营养状况<sup>[7-8]</sup>。铁通过机体酶促抗氧化系统起到清除由超氧阴离子导致脂质过氧化而产生的歧化产物过氧化氢( $H_2O_2$ )及有机过氧化物,维护抗氧化酶系催化反应得以正常进行,起到抗氧化作用<sup>[9]</sup>。维生素A作为机体抗氧化系统中非酶组分的重要成员,能清除自由基和过氧化产物,保护细胞膜,避免不饱和脂肪酸在自由基的作用下经酶促反应或非酶促反应发生过氧化而生成脂质过氧化物。此外铁在自由基反应中起催化作用,它主要通过催化Fenton反应,参与氧化酶的构成,构成自由基反应链中的电子传递系统而起作用<sup>[10]</sup>。Halery等<sup>[11]</sup>已证实维生素A在体外试验中是一种有效的抗氧化和清除自由基的物质,后来的研究进一步证明了维生素A的上述作用。前人以人和鼠等哺乳动物为模型的研究表明,铁和维生素A在代谢上存在互作关系<sup>[12-13]</sup>,之后有研究报道,在肉仔鸡上铁和维生素A在代谢上也存在互作关系<sup>[14]</sup>,但在蛋鸡方面尚未见到有关报道。为此,笔者拟通过在日粮中添加不同水平的铁和维生素A,探讨铁和维生素A及其互作效应对产蛋鸡生产性能和血清抗氧化指标的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计与试验动物

试验采用 $3\times 2$ (铁 $\times$ 维生素A)完全随机试验设计,选用432只健康活泼的27周龄商品代海兰褐蛋鸡,产蛋率相近且整体产蛋率92%以上,体重均匀度在95%以上。试验鸡随机分为6个处理,每个处理6个重复,每个重复12只鸡。试验期共8周,分为27~30周龄和31~34周龄2个阶段。日粮中铁以硫酸亚铁( $FeSO_4\cdot H_2O$ )粉剂形式添加,添加水平为0、30、60 mg/kg;维

素A以维生素A棕榈酸酯粉剂形式添加,添加水平为4000、8000 IU/kg。

### 1.2 试验日粮与饲养管理

基础日粮是按照《鸡饲养标准(NY/T 33—2004)》产蛋鸡营养需要配制而成的玉米-豆粕型粉状配合料,铁和维生素A除外。基础日粮组成及营养水平见表1。

试验鸡自由采食和饮水,3层全阶梯式笼养,同一层3个小笼为1个重复,每1小笼4只鸡,同一处理的各重复均匀分布于鸡舍。鸡舍保持良好通风,每日定时清扫,定期常规消毒。光照采用自然光照加人工光照,光照时间为16 h。

表1 基础日粮组成与营养水平(风干基础)

组成	含量/%	营养水平	含量
玉米	61.93	代谢能/(MJ/kg)	11.31
豆粕	19.94	粗蛋白质/%	16.78
棉粕	5.00	钙/%	3.54
鱼粉	1.50	总磷/%	0.52
大豆油	1.14	非植酸/%	0.38
石粉	8.62	蛋氨酸/%	0.34
磷酸氢钙	1.17	赖氨酸/%	0.83
食盐	0.30	铁/(mg/kg)	339.12
氯化胆碱	0.10	铜/(mg/kg)	17.76
DL-蛋氨酸	0.08	锰/(mg/kg)	138.66
预混料	0.22	锌/(mg/kg)	169.76
合计	100.00		

注:预混料中含有维生素预混料0.02%、微量元素预混料0.20%,且为每千克日粮提供:VD 1600 IU,VE 5 IU,VK 0.5 mg,硫胺素0.8 mg,核黄素2.5 mg,泛酸2.2 mg,烟酸20 mg,吡哆醇3.0 mg,生物素0.1 mg,叶酸0.25 mg,VB<sub>12</sub> 0.004 mg,Cu 8 mg,Mn 60 mg,Zn 80 mg,I 0.35 mg,Se 0.30 mg。基础日粮中粗蛋白质、钙、总磷和铁、铜、锰、锌为实测值,其余为计算值。

### 1.3 指标测定

每日准确记录各重复的产蛋数、蛋重、破蛋个数、死淘鸡数,每阶段记录耗料量,根据饲养记录计算产蛋率、平均蛋重、平均日采食量和料蛋比。饲养日产蛋率



$\text{产蛋率} = (\text{总产蛋数} / \text{饲养日总鸡数}) \times 100\%$ ;  $\text{平均蛋重}(\text{g}) = \text{总产蛋重}(\text{kg}) / (\text{总产蛋数} \times 1000)$ ;  $\text{平均日采食量}(\text{g} / \text{只} \cdot \text{日}) = \text{总耗料量}(\text{kg}) / (\text{饲养日总鸡数} \times 1000)$ ;  $\text{料蛋比} = \text{总耗料量}(\text{kg}) / \text{总产蛋重}(\text{kg})$ 。

试验第4周末和第8周末,每重复抽取1只鸡,空腹心脏采血5 mL,3000 r/min离心10 min,制备血清,低温保存待测有关指标。

血清总抗氧化能力(T-AOC),铜锌超氧化物歧化酶(CuZn-SOD)、过氧化氢酶(CAT)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)和铜蓝蛋白(Cp)活力,丙二醛(MDA)和 $\text{H}_2\text{O}_2$ 含量及抑制羟自由基能力采用试剂盒法测定,试剂盒购自南京建成生物工程研究所。

#### 1.4 统计分析

数据以重复为单位进行整理统计,采用SAS 9.0统计软件中的ANOVA程序进行方差分析和Duncan氏多重比较。结果以平均值 $\pm$ 标准差(MEAN $\pm$ SD)形式表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 铁和维生素A及其互作效应对产蛋鸡生产性能的影响

由表2可知,日粮铁的添加水平对产蛋鸡产蛋率、平均日采食量和料蛋比的影响均不显著( $P>0.05$ ),但显著提高了产蛋鸡的平均蛋重( $P<0.05$ )。维生素A添

加水平对产蛋鸡产蛋率、平均蛋重、平均日采食量和料蛋比的影响均不显著( $P>0.05$ )。铁和维生素A互作效应对产蛋鸡产蛋率、平均蛋重、平均日采食量和料蛋比的影响均不显著( $P>0.05$ )。

### 2.2 铁和维生素A及其互作效应对血清CuZn-SOD、GSH-Px和CAT活力的影响

由表3可知,日粮铁的添加水平对血清CuZn-SOD和GSH-Px活力的影响均显著( $P<0.05$ ),CuZn-SOD和GSH-Px活力在铁的添加水平为60 mg/kg时显著升高( $P<0.05$ )。日粮铁的添加水平对血清CAT活力的影响不显著( $P>0.05$ ),但随着铁水平的升高,其活力升高( $P>0.05$ )。日粮维生素A的添加水平对血清CuZn-SOD、GSH-Px和CAT活力的影响均不显著( $P>0.05$ ),随着维生素A水平的升高,GSH-Px和CAT活力升高( $P>0.05$ )。铁和维生素A互作效应对血清CuZn-SOD和CAT活力的影响均不显著( $P>0.05$ ),但对血清GSH-Px活力的影响显著( $P<0.05$ )。

### 2.3 铁和维生素A及其互作效应对血清Cp活力的影响

由表3可知,日粮铁的添加水平对血清Cp活力的影响极显著( $P<0.01$ ),随着铁水平的升高,其活力极显著提高( $P<0.01$ )。日粮维生素A的添加水平对血清Cp活力的影响极显著( $P<0.01$ ),随着维生素A水平的升

表2 铁和维生素A及其互作效应对产蛋鸡产蛋率、平均蛋重、平均日采食量和料蛋比的影响

Fe和VA添加水平		N	产蛋率/%		平均蛋重/g		平均日采食量/[g/(只·d)]		料蛋比	
Fe/(mg/kg)	VA/(IU/kg)		27~30周龄	31~34周龄	27~30周龄	31~34周龄	27~30周龄	31~34周龄	27~30周龄	31~34周龄
0	4000	6	95.11 $\pm$ 2.46a	91.31 $\pm$ 3.72a	59.52 $\pm$ 0.66b	59.27 $\pm$ 1.00ab	111.08 $\pm$ 4.23a	107.32 $\pm$ 5.84a	1.96 $\pm$ 0.10a	1.99 $\pm$ 0.13a
0	8000	6	92.10 $\pm$ 2.02a	90.29 $\pm$ 3.14a	58.37 $\pm$ 0.82c	58.41 $\pm$ 0.54b	110.31 $\pm$ 4.78a	106.71 $\pm$ 7.30a	2.08 $\pm$ 0.08a	2.02 $\pm$ 0.09a
30	4000	6	95.09 $\pm$ 2.08a	92.17 $\pm$ 2.98a	60.56 $\pm$ 0.93a	60.20 $\pm$ 1.46a	111.76 $\pm$ 4.09a	106.87 $\pm$ 3.62a	1.95 $\pm$ 0.07a	1.93 $\pm$ 0.10a
30	8000	6	94.05 $\pm$ 3.70a	91.22 $\pm$ 3.68a	59.92 $\pm$ 0.30ab	59.48 $\pm$ 0.56ab	112.94 $\pm$ 4.60a	109.80 $\pm$ 7.64a	2.00 $\pm$ 0.11a	2.02 $\pm$ 0.13a
60	4000	6	94.04 $\pm$ 4.00a	93.00 $\pm$ 4.86a	59.48 $\pm$ 0.60b	59.17 $\pm$ 1.32ab	111.08 $\pm$ 4.42a	108.84 $\pm$ 9.71a	1.98 $\pm$ 0.11a	1.98 $\pm$ 0.08a
60	8000	6	94.85 $\pm$ 2.61a	91.62 $\pm$ 2.20a	59.82 $\pm$ 1.04ab	59.22 $\pm$ 0.74ab	112.81 $\pm$ 1.41a	108.69 $\pm$ 4.23a	2.00 $\pm$ 0.09a	2.02 $\pm$ 0.12a
0		12	93.61a	90.80a	58.94b	58.84b	110.69a	107.01a	2.02a	2.00a
30		12	94.57a	91.70a	60.24a	59.84a	112.34a	108.34a	1.98a	1.98a
60		12	94.44a	92.31a	59.65a	59.18ab	111.94a	108.76a	1.99a	2.00a
	4000	18	94.75a	92.16a	59.85a	59.53a	111.31a	107.68a	1.96a	1.96a
	8000	18	93.67a	91.04a	59.37a	59.04a	112.02a	108.40a	2.03a	2.02a
P值	Fe		0.6806	0.5772	0.0011	0.0487	0.6806	0.5895	0.8035	0.5671
	VA		0.2742	0.3482	0.0696	0.1353	0.2742	0.6044	0.7493	0.0563
	Fe $\times$ VA		0.2884	0.9865	0.0705	0.4317	0.2884	0.7378	0.7847	0.4999

注:同一列肩注字母不同表示差异显著( $P<0.05$ )。下表同。

表3 铁和维生素A及其互作效应对产蛋鸡血清CuZn-SOD、GSH-Px、CAT和Cp的影响

Fe和VA 添加水平		N	CuZn-SOD/(U/mL)		GSH-Px/(U/mL)		CAT/(U/mL)		Cp/(U/L)	
Fe/ (mg/kg)	VA/ (IU/kg)		27~30 周龄	31~34 周龄	27~30 周龄	31~34 周龄	27~30 周龄	31~34 周龄	27~30 周龄	31~34 周龄
0	4000	6	63.70±5.97b	65.01±5.24ab	334.43±70.86b	395.08±77.05ab	334.43±70.86b	395.08±77.05ab	3.06±0.67c	2.79±0.81c
0	8000	6	65.97±5.58ab	63.12±7.39b	300.00±89.72b	313.93±72.77bc	300.00±89.72b	313.93±72.77bc	3.17±0.56c	1.83±0.83c
30	8000	6	66.83±6.10ab	65.52±8.60ab	429.51±76.80a	433.61±87.61a	429.51±76.80a	433.61±87.61a	16.18±4.10a	19.13±6.73a
60	4000	6	70.99±5.89a	71.81±4.24a	477.87±73.44a	458.20±84.41a	477.87±73.44a	458.20±84.41a	17.25±3.14a	17.63±3.30a
60	8000	6	72.88±5.39a	71.02±6.85ab	455.71±73.82a	459.02±52.94a	455.71±73.82a	459.02±52.94a	18.43±5.01a	20.31±3.57a
0		12	64.84b	64.06b	317.21b	354.51b	317.21b	354.51b	3.12c	2.31c
30		12	66.69b	67.45ab	369.67b	346.31b	369.67b	346.31b	12.01b	13.78b
60		12	71.93a	71.42a	466.79a	458.61a	466.79a	458.61a	17.84a	18.97a
	4000	18	67.08 a	68.73 a	374.04 a	370.77 a	374.04 a	370.77 a	9.39b	9.61b
	8000	18	68.56 a	66.56 a	395.07 a	402.19 a	395.07 a	402.19 a	12.59a	13.76a
	Fe		0.0103	0.0240	0.0003	0.0017	0.1140	0.2170	0.0001	0.0001
P值	VA		0.4280	0.3010	0.4321	0.2295	0.1369	0.0748	0.0050	0.0017
	Fe×VA		0.8958	0.8298	0.0428	0.0011	0.8529	0.8679	0.0068	0.0014

高,其活力显著提高( $P<0.05$ )。铁和维生素A互作效应对血清Cp活力的影响极显著( $P<0.01$ ),铁60 mg/kg组显著高于其他组( $P<0.01$ )。

#### 2.4 铁和维生素A及其互作效应对血清T-AOC的影响

由表4可知,日粮铁的添加水平对27~30周龄血清T-AOC的影响不显著( $P>0.05$ ),但对31~34周龄血清T-AOC影响显著( $P<0.05$ )。维生素A的添加水平对血清T-AOC的影响不显著( $P>0.05$ ),维生素A 8000 IU/kg组高于维生素A 4000 IU/kg组( $P>0.05$ )。铁和维生素A互作效应对血清T-AOC的影响不显著( $P>0.05$ ),27~30周龄Fe(0 mg/kg)×VA(4000 IU/kg)组最高,Fe(30 mg/kg)×VA(8000 IU/kg)组最低,31~34周龄Fe(0 mg/kg)×VA(8000 IU/kg)组最高,Fe(60 mg/kg)×VA(4000 IU/kg)组最低。

#### 2.5 铁和维生素A及其互作效应对血清抑制羟自由基能力的影响

由表4可知,日粮铁的添加水平对血清抑制羟自由基能力的影响显著( $P<0.05$ ),日粮中添加铁后,抑制羟自由基能力显著提高( $P<0.05$ )。维生素A的添加水平对血清抑制羟自由基能力的影响不显著( $P>0.05$ ),维生素A 8 000 IU/kg组高于维生素A 4000 IU/kg组( $P>0.05$ )。铁和维生素A互作效应对血清抑制羟自由基能力的影响不显著( $P>0.05$ ),27~30周龄Fe(60 mg/kg)×VA(8000 IU/kg)组最高,Fe(0 mg/kg)×VA(4000 IU/kg)组最低,31~34周龄Fe(30 mg/kg)×VA(4000 IU/kg)组最高,Fe(0 mg/kg)×

VA(4000 IU/kg)组最低。

#### 2.6 铁和维生素A及其互作效应对血清MDA和H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>含量的影响

由表4可知,日粮铁的添加水平对血清MDA含量的影响不显著( $P>0.05$ ),但对血清H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>含量的影响显著( $P<0.05$ ),日粮中添加铁后,血清MDA含量升高( $P>0.05$ ),H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>含量则显著升高( $P<0.05$ )。维生素A的添加水平对血清MDA和H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>含量的影响均不显著( $P>0.05$ ),维生素A 8000 IU/kg组高于维生素A 4000 IU/kg组( $P>0.05$ )。铁和维生素A互作效应对血清MDA和H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>含量的影响均不显著( $P>0.05$ )。

### 3 讨论

#### 3.1 铁和维生素A及其互作效应对产蛋鸡生产性能的影响

铁是产蛋鸡维持正常生理活动所必需的微量元素之一。NRC(1994)建议白壳产蛋鸡日粮中含铁水平为60 mg/kg,褐壳产蛋鸡为56 mg/kg;中国2004年的鸡饲养标准建议产蛋鸡日粮中铁水平为60 mg/kg。研究表明,常规日粮中铁含量可以满足肉仔鸡对铁的营养需要<sup>[15-16]</sup>。Ruiz等<sup>[17]</sup>也曾报道,去除肉仔鸡基础日粮中添加的铁后(基础日粮含铁159 mg/kg)对生产性能影响不显著。屠友金等<sup>[18]</sup>研究表明,日粮中添加80 mg/kg铁(分别由硫酸亚铁、甘氨酸铁和纳米硫酸亚铁提供)对罗曼褐壳蛋鸡的产蛋性能无显著影响。这说明在常规日粮中添加铁没有明显提高肉仔鸡和产蛋鸡的生产



表4 铁和维生素A及其互作效应对产蛋鸡血清T-AOC、MDA和H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>含量及抑制羟自由基能力的影响

Fe和VA 添加水平		N	T-AOC/(U/mL)		MDA/(nmol/mL)		H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /(mmol/L)		抑制羟自由基能力 (/U/mL)	
Fe/ (mg/kg)	VA/ (IU/kg)		27~30周龄	31~34周龄	27~30周龄	31~34周龄	27~30周龄	31~34周龄	27~30周龄	31~34周龄
0	4000	6	7.17±2.02a	7.92±1.53a	8.90±1.39a	8.38±1.42a	140.28±27.69b	143.81±35.60b	496.88±58.62b	465.75±83.40b
0	8000	6	7.15±1.65a	8.22±1.00a	9.26±1.57a	9.08±1.55a	145.33±36.69b	176.16±49.60b	518.88±35.11ab	488.17±62.24ab
30	4000	6	6.25±1.04a	7.46±1.72a	9.05±1.24a	10.07±3.52a	194.41±54.32ab	198.75±49.19ab	560.40±49.64ab	556.24±75.11a
30	8000	6	6.14±1.87a	6.78±1.55a	10.16±2.19a	9.93±1.29a	217.74±35.58a	185.42±51.57ab	564.55±54.49ab	525.11±51.87ab
60	4000	6	6.21±1.33a	6.27±1.23a	10.05±1.40a	8.88±2.26a	216.12±52.71a	202.79±56.64ab	535.07±59.84ab	529.26±47.64ab
60	8000	6	6.25±2.09a	6.75±1.72a	9.66±2.14a	9.28±2.84a	205.01±60.14a	250.56±67.78a	583.23±62.92a	552.51±54.05a
0		12	7.16 a	8.07a	9.08 a	8.73 a	142.80b	160.00b	507.88b	476.96b
30		12	6.20 a	7.12ab	9.60 a	10.00 a	206.07a	192.09ab	562.47a	540.68a
60		12	6.23 a	6.51b	9.85 a	9.08 a	210.57a	226.68a	559.15a	540.89a
	4000	18	6.54 a	7.21 a	9.33 a	9.11 a	183.60 a	181.78 a	530.78 a	517.09 a
	8000	18	6.52 a	7.25 a	9.69 a	9.43 a	189.36 a	204.05 a	555.55 a	521.93 a
	Fe		0.3048	0.0484	0.5266	0.3856	0.0015	0.0153	0.0332	0.0285
P值	VA		0.9630	0.9351	0.5312	0.6772	0.7103	0.2140	0.1807	0.8211
	Fe×VA		0.9945	0.5892	0.5678	0.9040	0.6609	0.3478	0.6117	0.4961

性能。本试验中,日粮中铁的添加水平对产蛋鸡产蛋率、平均耗料量和料蛋比的影响均不显著,这与屠友金等<sup>[17]</sup>的研究结果相一致。但本试验所得的日粮铁添加水平对产蛋鸡平均蛋重有显著影响,这可能与铁的添加水平和来源不同有关。

维生素A是动物必需的脂溶性维生素之一。前人在这方面的研究较多,结果大多证明维生素A添加量在广泛范围内对肉仔鸡生产性能影响不显著,但各自的研究结果范围差异太大。日粮维生素A水平为3000 IU/mg时即可满足肉仔鸡的需要,当达到12000 IU/mg时提示有过量的可能<sup>[19]</sup>,高水平维生素A(20000 IU/kg)对雏鸡生长有明显的抑制作用<sup>[20]</sup>,维生素A添加量超过80000 IU/kg时肉仔鸡体重开始降低<sup>[21]</sup>。研究表明,日粮不同维生素A水平对蛋鸡的产蛋率<sup>[22]</sup>、蛋重和料蛋比<sup>[23]</sup>无显著影响。雷宁利等<sup>[24]</sup>试验表明,不同水平维生素A和维生素D<sub>3</sub>组合对产蛋率无显著影响。本试验中,日粮中维生素A的添加水平对产蛋率、平均日采食量、平均蛋重和料蛋比的影响均不显著。但任转龙等<sup>[25]</sup>试验表明,随着日粮维生素A添加量的增加,31~44周龄产蛋鸡的产蛋率、平均蛋重显著提高,料蛋比显著降低,而平均采食量无显著变化。王兰芳等<sup>[23]</sup>试验结果提示在高温下提高维生素A添加水平有助于改善蛋鸡的生产性能,维持正常的生理状态。黄保华等

<sup>[26]</sup>研究表明,种鸡产蛋期日粮中维生素A的适宜水平为4000 IU/kg。丁丽敏等<sup>[22]</sup>总结了前人的研究结果后认为,肉鸡及蛋鸡育雏育成日粮中添加维生素A 2000~5000 IU/kg即可满足需要,产蛋鸡日粮中添加4000~10000 IU/kg即可满足需要。

本试验中,铁和维生素A互作效应对产蛋率、平均蛋重、平均日采食量和料蛋比的影响均不显著。关于铁和维生素A互作效应对产蛋鸡生产性能的影响尚未见到报道,有待进一步研究。

### 3.2 铁和维生素A及其互作效应对血清抗氧化酶活力的影响

体内的氧自由基产生于代谢过程中的酶促反应和非酶促反应,氧自由基可引起脂质过氧化,损伤DNA和蛋白质<sup>[27]</sup>。但在抗氧化酶和抗氧化剂的协同作用下,自由基维持有利无害的极低水平<sup>[28]</sup>。机体防御自由基所致氧化损伤的体系主要有抗氧化酶和抗氧化剂。CuZn-SOD、GSH-Px和CAT是体内重要的抗氧化酶,对自由基的清除起着重要作用;近来发现Cp可能是一种抗氧化剂,能抑制抗坏血酸或无机铁引起的脂质过氧化<sup>[29]</sup>。

关于铁对血清CuZn-SOD、GSH-Px和Cp活力影响的研究较少。吴建设等<sup>[30]</sup>报道,日粮铁缺乏时,肉仔鸡组织中CuZn-SOD活力无明显降低,而GSH-Px活

力显著降低。近年来研究表明,在免疫反应过程中硒、铁通过 GSH-Px 与环加氧酶(含铁酶)和脂加氧酶(含铁酶)调节免疫反应相联系,但铁如何影响 GSH-Px 活力的具体机理还不清楚<sup>[30]</sup>。CAT 是一种重要的含铁酶,铁是该酶功能活性中心发挥作用所必需的组分,机体铁状况显著影响 CAT 活力,铁缺乏时抑制 CAT 活力。吴建设等<sup>[30]</sup>报道,日粮铁缺乏时肉仔鸡组织中 CAT 活力显著降低,而张春善等<sup>[15]</sup>报道,日粮中铁充足时,肉仔鸡血清中 CAT 活力无显著变化,后来张兆琴等<sup>[31]</sup>对獭兔的研究表明,日粮铁的添加水平对血清 CAT 活力无显著影响,但随着铁水平的升高, CAT 活力增加。这说明在一定范围内,铁含量的变化将直接影响该酶的活性,但当超过这一范围,再继续提高日粮铁水平, CAT 活力趋于平衡。关于铁对血清 Cp 活力的影响尚未见到类似报道。

关于维生素 A 对 SOD、GSH-Px 和 CAT 活力的影响有一些研究报道,但尚未见到维生素 A 对血清 Cp 活力的研究报道。索兰弟等<sup>[32]</sup>研究表明,日粮维生素 A 的缺乏时血清 SOD 活力极显著降低,补加到 3000 IU/kg 的维生素 A 后, SOD 活力显著上升,并趋于稳定。马向明等<sup>[33]</sup>研究表明,日粮中添加 3300~5500 IU/kg 的维生素 A 可显著提高肉牛血清 CuZn-SOD 活力,但当添加量为 5500 IU/kg 时 CuZn-SOD 活力降低。张春善<sup>[34]</sup>报道,日粮高水平维生素 A 显示出了提高肝脏 CuZn-SOD 活力的趋势。马向明等<sup>[33]</sup>研究表明,肉牛血清 GSH-Px 活力随维生素 A 添加水平(1100、2200、3300、4400、5500 IU/kg)的升高呈现上升趋势,日粮中添加 3300~400 IU/kg 的维生素 A 可显著提高肉牛血清 GSH-Px 活力,但当添加量为 5500 IU/kg 时 GSH-Px 活力却显著降低( $P<0.05$ )。Pelissie 等<sup>[35]</sup>报道,维生素 A 缺乏导致大鼠肝脏 GSH-Px 活力明显低于正常对照组。但维生素 A 缺乏导致 GSH-Px 活力降低的原因尚不清楚,可能是维生素 A 缺乏使脂质过氧化物生成增多, GSH-Px 消耗增加导致其活力降低。张春善等<sup>[15]</sup>的研究认为,维生素 A 对 4 周龄肉仔鸡的血清 CAT 活力有极显著影响。付瑞珍等<sup>[36]</sup>研究表明,铁和维生素 A 之间对提高 21 日龄肉仔鸡血清 CuZn-SOD、GSH-Px 和 CAT 活力表现出极显著互作效应。本试验结果表明,铁和维生素 A 互作效应对血清 GSH-Px 活力影响显著( $P<0.05$ )。本试验所得结果与付瑞珍等<sup>[36]</sup>的研究结果基本一致。

### 3.3 铁和维生素 A 及其互作效应对血清 T-AOC 和氧化产物的影响

血清 T-AOC 与动物机体的健康程度与抗氧化能

力强弱密切相关,其值代表整个机体的抗氧化水平,是体内各种抗氧化酶和抗氧化剂共同作用的结果。机体防御氧化作用主要通过以下 3 个途径:(1)清除自由基和活性氧以免引发脂质过氧化;(2)分解过氧化物,阻断过氧化链;(3)除去起催化作用的金属离子。

脂质过氧化是游离或结合状态的不饱和脂肪酸受体内自由基作用而发生的有害的过氧化反应<sup>[37]</sup>。机体产生的自由基能引发脂质过氧化反应,生成脂质过氧化物。MDA 是脂质过氧化反应的产物之一,测定 MDA 的量常可反映体内脂质过氧化的程度,间接反映出细胞损伤的程度。机体代谢产生的超氧阴离子( $O_2^{\cdot-}$ )可导致脂质过氧化而产生歧化产物  $H_2O_2$  及有机过氧化物,铁通过机体酶促抗氧化系统起到清除  $H_2O_2$  及有机过氧化物的作用,维护抗氧化酶系催化反应得以正常进行,起到抗氧化作用。体内的 CAT 和 GSH-Px 能清除产生的  $H_2O_2$ ,转铁蛋白和铁蛋白能结合游离铁,这些作用可防止  $O_2^{\cdot-}$  与  $H_2O_2$  在铁离子作用下产生毒害更强的羟自由基。羟自由基的化学性质非常活泼,寿命极短,产生部位常为其起作用的部位。铁在自由基生成过程中起催化作用,它主要通过催化 Fenton 反应产生毒性很强的羟自由基。铁摄入量过多则会形成大量的自由基,导致细胞组织的氧化损伤<sup>[38]</sup>。

本试验中日粮添加铁后,血清  $H_2O_2$  含量和抑制羟自由基能力显著提高。在体内  $O_2^{\cdot-}$  是  $H_2O_2$  产生的主要来源<sup>[39]</sup>,日粮中添加铁后,参与代谢的含铁酶活性增强,  $O_2^{\cdot-}$  的生成量增多,从而使  $H_2O_2$  的生成量增加,同时为了防御  $O_2^{\cdot-}$  对机体的损伤,抑制羟自由基能力也提高。随着铁添加水平的升高,血清 T-AOC 降低。可能原因是氧化产物的生成量超过了机体抗氧化系统对氧化产物的清除能,从而表现出总抗氧化能力的降低。随着维生素 A 添加水平的升高,血清 T-AOC 和 MDA 含量提高。可能原因是维生素 A 发挥了清除自由基的作用,阻断了脂质过氧化反应,从而使机体的抗氧化能力增强。付瑞珍等<sup>[17]</sup>对肉仔鸡的研究表明,铁和维生素 A 之间对降低血清 MDA 含量表现出极显著互作效应。本试验中,铁和维生素 A 互作效应对血清 MDA 含量的影响不显著,所得结果与付瑞珍等的不一致,其原因有待进一步探讨。低铁组的血清  $H_2O_2$  含量较低,同时抑制羟自由基能力也较低,可能原因是自由基的生成量减少。

### 4 结论

本试验条件下基础日粮铁含量丰富,日粮中添加铁没有明显改善产蛋鸡的生产性能,日粮中维生素 A 的添加水平对产蛋性能也无显著影响。



随着日粮铁添加水平的升高,血清抗氧化酶活力提高,日粮中添加铁后,血清 $H_2O_2$ 含量和抑制羟自由基能力显著提高,血清丙二醛含量也提高,但差异不显著。这说明铁促进了体内自由基的生成,同时提高了抗氧化酶的活力,以清除体内过多的自由基,从而将自由基维持在生理水平范围内。

日粮维生素A的添加水平对血清CAT、CuZn-SOD和GSH-Px活力,血清MDA和 $H_2O_2$ 含量及抑制羟自由基能力的无显著影响,对血清铜蓝蛋白活力的影响显著。维生素A的添加水平为8000 IU/kg时,血清CAT、CuZn-SOD和GSH-Px活力,血清MDA和 $H_2O_2$ 含量及抑制羟自由基能力提高,但差异不显著,血清Cp活力则显著提高。

铁和维生素A之间对提高血清GSH-Px和Cp活力表现出显著的互作效应。

### 参考文献

- [1] Blackfan K D, Wolbach S B. Vitamin A deficiency in infants: A clinical and pathological study[J]. *Pediatr*,1933,3:679-706.
- [2] Garcia-casal M N. Vitamin A and betacaroten can improve nonheme iron absorption from rice, wheat and corn by humans[J]. *The Journal of Nutrition*,1998,128(3):646-650.
- [3] 洪赤波,乌剑波,朱寿民.维生素A对小鼠铁代谢的影响及机理的探讨[J].*营养学报*,1994,16(2):138-143.
- [4] Roodenbrug A J, West C E, Hovenier R, et al. Supplemental vitamin A enhances recovery from iron deficiency in rats with chronic vitamin A deficiency[J]. *British Journal of Nutrition*,1996, 75:623-636.
- [5] 李延玉,邓兵.维生素A缺乏对大鼠红细胞膜蛋白的影响[J].*营养学报*,1996,18(1):52.
- [6] Meija L A, Hodges R E, Rucher R B. Clinical signs of anemia in vitamin A deficient rats[J]. *American Journal of Clinical Nutrition*, 1979,32:1439-1444.
- [7] Munoz E C. Iron and zinc supplementation improves indicators of vitamin A status of Mexican preschoolers[J]. *American Journal of Clinical Nutrition*,2000,71(3):789-794.
- [8] Rosales F J, Jang J T, Pinero D J, et al. Iron deficiency in young rats alters the distribution of vitamin A between plasma and liver and between hepatic retinol and retinyl esters[J]. *The Journal of Nutrition*,1999,129:1223-1228.
- [9] Yu B, Huang W J, Chiou P W S. Bioavailability of iron from amino acid complex in weanling pigs[J]. *Animal Feed Science and Technology*,2000,86(1):39-52.
- [10] 陶新,许梓荣,汪以真.营养物质对生物自由基产生及清除影响的研究进展[J]. *中国畜牧杂志*,2005,41(10):61-64.
- [11] 李英哲,黄连珍,周丽玲.维生素A缺乏对大鼠脂质过氧化和抗氧化系统的影响[J]. *营养学报*,2001,23(1):1-4.
- [12] 唐仪,杨清,沈晓毅,等.补充维生素A和铁对孕妇铁营养状况的影

- 响[J]. *营养学报*,2002,24(1):13-16.
- [13] Shatrugna V, Raman L, Uma K, et al. Interaction between vitamin A and iron: effects of supplements in pregnancy[J]. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*,1997,67(3):145-148.
- [14] 张春善,姜俊芳,贾春燕,等.肉仔鸡体内铁与维生素A互作效应的研究[J].*动物营养学报*,2002,14(3):51-56.
- [15] 张春善,姜俊芳,张映,等.铁和维生素A及互作效应对肉仔鸡生产性能、免疫性能与有关酶及激素的影响[J].*畜牧兽医学报*,2002,33 (6):544-550.
- [16] 姜俊芳,张春善,贾春燕,等.铁与维生素A及其互作效应对肉仔鸡的生产性能、铁、铜、锰、锌表现存留率的影响[J].*动物营养学报*, 2003,15(1):31-37.
- [17] Ruizj A, Perez-vendrell A M, Esteve-garcia E. Effect of dietary iron and copper on performance and oxidative stability in broiler leg meat[J]. *British Poultry Science*,2000,41(2):163-167.
- [18] 屠友金,邹晓庭,唐胜球.日粮中不同铁源对罗曼蛋鸡产蛋性能以及蛋品质的影响[J].*浙江大学学报(农业与自然科学版)*,2004,30 (5):561-566.
- [19] 闫素梅,史彬林,索兰弟,等.利用血液维生素A的相对剂量反映评价肉仔鸡维生素A营养状况的研究[J].*动物营养学报*,2002,14(4): 38-43.
- [20] 侯水生,佟建明,何胜才,等.三种维生素对仔鸡发育及组织维生素含量的影响[J].*营养学报*,1999,21(4):428-433.
- [21] Aburto A, Britton W M. Effects of different levels of vitamin A and E on the utilization of cholecalciferol by broiler chickens[J]. *Poultry Science*,1998,77(4):570-577.
- [22] 丁丽敏,张日俊.维生素A最适需要量的研究进展[J].*饲料工业*, 2004,25(4):14-19.
- [23] 王兰芳,林海,杨全民.高温下不同维生素A水平对蛋鸡影响的研究[J].*粮食与饲料工业*,2001,(5):34-36.
- [24] 雷宁利,杨景,朱天和,等.蛋鸡维生素A、维生素D3适宜添加水平的研究[J].*新饲料*,2007(9):18-19.
- [25] 任转龙,龚月生,武会娟.维生素A、E、B2对蛋鸡生产性能及生化指标的影响[J].*新饲料*,2007(5):44-46.
- [26] 黄保华,张桂芝,石天虹,等.维生素对产蛋种鸡生产性能的影响[J]. *山东农业科学*,2002(1):40-41.
- [27] 黄进,杨国宇,李宏基,等.动物体内氧自由基的产生及危害[J].*黄牛杂志*,2004,30(5):44-47.
- [28] Fang Y Z, Yang S, Wu G. Free radicals, antioxidants, and nutrition [J]. *Nutrition*,2002,18:872-879.
- [29] 袁勤生.现代酶学[M].上海:华东理工大学出版社,2001:290-325.
- [30] 吴建设,吕于明,周毓平.日粮铁缺乏对肉仔鸡机体抗氧化功能影响的研究[J].*中国畜牧杂志*,1999,35(4):5-7.
- [31] 张兆琴,任文陟,张嘉保,等.添加不同水平铁对吉戎Ⅱ系獭兔血液酶活力影响的研究[J].*吉林农业大学学报*,2006,28(4):433-439.
- [32] 索兰弟,魏建民,闫素梅,等.日粮锌及维生素A水平对肉仔鸡体内超氧化物歧化酶活性的影响[J].*内蒙古农业大学学报*,2003(4): 39-43.
- [33] 马向明,杨在宾,杨维仁,等.不同水平维生素A对肉牛机体抗氧化能力的影响[J].*畜牧兽医学报*,2005,24(5):4-9.
- [34] Pelissir M A, Boisset M, Albrecht R. The effects of vitamin A nutritional status on microsomal lipid peroxidation and



- $\alpha$ -tocopheral level in rat liver[J]. *Experientia*,1989,45:343-344.
- [35] 张春善.肉仔鸡日粮中不同锌及维生素A对生产性能、免疫性能和有关酶及激素的影响[J].*动物营养学报*,2000,12(3):57-62.
- [36] 付瑞珍,袁纛,陈立华.锌、铁和维生素A互作对肉仔鸡血清中抗氧化生化指标的影响[J].*中国饲料*,2007(6):3-6.
- [37] Jenkins R R. Free radical chemistry, relationship to exercise[J]. *Sport med.*,1988,5:156-161.
- [38] Mccord J M. Iorn, freeradicals, andoxidative injury[J]. *Senrmin Hematol*,1998,35:5-12.
- [39] Bors W, Saran M, Michel C. Assay of oxygen radicals. Method and mechanisms[M]. In: Oberley L W de Superoxide Dismutase. Floreda: CRC Press.1989:31-62.