

锰、铜、锌、铁添加水平对产蛋鸡生产性能和养分表观利用率的影响^{*}

安晓芳¹, 姚军虎¹, 韩进诚¹, 刘玉瑞²,
王耀杰², 孙小琴¹, 钟乐伦¹

(1 西北农林科技大学 动物科技学院, 陕西 杨凌 712100;

2 深圳康达尔(高陵)饲料有限公司, 陕西 高陵 710200)

[摘要] 设计锰、铜、锌、铁不同添加水平的A、B、C、D和E 5组日粮(A组为不添加4种微量元素的基础日粮; B组添加锰 14 mg/kg; C组添加锰 34 mg/kg; D组添加锰 54 mg/kg、铜 2 mg/kg、锌 13 mg/kg; E组添加锰 10 mg/kg、铜 2 mg/kg、锌 17.5 mg/kg、铁 22.5 mg/kg)分别饲喂5组275日龄罗曼褐壳蛋鸡, 每组6个重复, 每重复15只, 试验期60 d, 研究锰、铜、锌、铁不同添加水平对产蛋鸡生产性能和养分表观利用率的影响。结果表明, 不添加4种微量元素的基础日粮(A组)的产蛋性能和养分利用率较高; 锰是影响鸡产蛋率、产蛋量和其他元素吸收率的主要因素, 添加锰使生产性能和养分利用率降低, 锰添加量为34 mg/kg时产蛋率和能量表观利用率显著降低($P < 0.01$), 日粮中锰和表观可利用锰的推荐含量应分别低于46和14 mg/kg; 基础日粮中添加铜、锌和铁不影响蛋鸡生产性能和能量、粗蛋白质、钙和磷的表观利用率($P > 0.05$)。说明基础日粮中锰和铁已能满足或超过蛋鸡营养需要, 添加锰对生产不利, 而基础日粮中铜和锌相对缺乏。

[关键词] 微量元素; 产蛋鸡; 生产性能; 养分表观利用率

[中图分类号] S816.72

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)03-0038-05

Effects of supplementing single, or multiple trace elements (Mn, Cu, Zn, Fe) on production performance and apparent nutrient availability in laying hens

AN Xiao-fang¹, YAO Jun-hu¹, HAN Jin-cheng¹, LIU Yu-rui²,
WANG Yao-jie², SUN Xiao-qin¹, ZHONG Le-lun¹

(1 College of Animal Science, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Shenzhen Kangdaer (Gaoling) Feed Co. Ltd., Gaoling, Shaanxi 710200, China)

Abstract: An experiment was conducted to evaluate effects of dietary content and combinations of Cu, Fe, Zn and Mn on performance and apparent nutrient availability in laying hens. A total of 450 Lohmann Brown Hens, 275-day-old, were randomly allotted to 1 of 5 groups for 6 replicates of 15 birds each group was fed on one of the following five diets: Group A, the basal diet not supplemented with trace element; group B, 14 mg/kg Mn supplementation with manganese sulfate ($MnSO_4 \cdot 14H_2O$); group C, $MnSO_4 \cdot 34H_2O$; group D, $MnSO_4 \cdot 54H_2O + CuSO_4 \cdot 2H_2O + ZnSO_4 \cdot 13H_2O$; group E, $MnSO_4 \cdot 10H_2O + CuSO_4 \cdot 2H_2O + ZnSO_4 \cdot 17.5H_2O + FeSO_4 \cdot 22.5H_2O$. This study indicated that the contents of Cu, Fe, Zn and Mn in the basal diet could meet layers' requirement, and that Mn had an obvious impact on laying hens production performance and absorptive ability of other elements. The study also implied that the dietary contents of Mn and apparent available Mn for optimal pro-

^{*} [收稿日期] 2006-02-14

[基金项目] 西北农林科技大学科研专项

[作者简介] 安晓芳(1978-), 女, 河南许昌人, 在读硕士, 主要从事动物营养与饲料科学研究。

[通讯作者] 姚军虎(1963-), 男, 陕西宝鸡人, 教授, 博士生导师, 主要从事动物营养与生物技术研究。E-mail: yaojunhu2004@sohu.com

duction performance should not exceed 46 mg/kg and 14 mg/kg, respectively.

Key words: trace element; laying hens; production performance; nutrient availability

微量元素锰、铜、锌、铁是家禽必需的营养素。现有的家禽营养标准对微量元素的推荐用量不一致且较低,NRC (1994) 蛋鸡微量元素需要量标准所依据的资料也较显陈旧^[1],需修订和完善。由于饲料原料中微量元素含量变异大,饲料生产中通常不考虑原料中微量元素含量,而按NRC 推荐量直接补充,因而导致饲料中微量元素超标添加的现象十分普遍,对动物生产造成潜在影响,并浪费资源、污染环境。由于微量元素与其他营养素以及元素间相互作用关系复杂,国内外对家禽微量元素营养的研究多集中于单一元素,涉及两种或两种以上微量元素在肉鸡和蛋鸡日粮中的适宜含量及其作用机理的系统研究较少^[2-4]。程妮等^[5]研究发现,蛋鸡育雏期、育成前期基础日粮中微量元素已能满足需要,育成后期和产蛋初期只需适量添加锌和锰即可。姚军虎等^[6]对产蛋初期蛋鸡的研究表明,日粮中添加锰、铜、锌、铁可提高蛋白质表观利用率,而不影响生产性能,并初步推荐蛋鸡日粮中锰、铜、锌、铁总含量应分别达到 80 2、16 8、102 0 和 160 7 mg/kg,但该研究未分析可利用微量元素的需要量。本试验参照 NRC (1994) 标准^[7],向产蛋鸡日粮中添加不同水平的锰、

铜、锌、铁,通过测定生产性能和养分表观利用率,研究 4 种微量元素对产蛋性能和养分利用率的影响,以为确定产蛋鸡可利用微量元素的需要量提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物

450 只 275 日龄相同营养背景的罗曼褐壳蛋鸡,随机等分为 5 组,每组 6 个重复,每重复 15 只,预试期 14 d,正试期 60 d。试鸡饲养于同一鸡舍,通风、采光等条件完全一致,日均光照 16 h。日喂 3 次,自由饮水。

1.2 试验设计

试验采用单因素区组设计。参考NRC (1994) 营养需要量标准设计产蛋鸡基础日粮^[7](表 1),基础日粮中锰、铜、锌、铁的实测含量分别为 46、18、162 和 557 mg/kg,超过NRC (1994) 标准的 2 倍,Fe 高达 12 倍。根据微量元素间相互关系并结合前期试验结果,设计Mn、Cu、Zn、Fe 不同添加水平的 5 种试验日粮(表 2)。微量元素添加形式均为硫酸盐。

表 1 基础日粮组成及养分含量

Table 1 Composition and nutrient content of basal diet

日粮组分 Ingredient	含量/ (g · kg ⁻¹) Content	日粮组分 Ingredient	含量/ (g · kg ⁻¹) Content	日粮养分 Nutrient level	含量 Content
玉米 Corn	500 0	石粉 Calcium carbonate	85 0	代谢能/(MJ · kg ⁻¹) Metabolizable energy	10 5
麸皮 Wheat bran	81 5	食盐 Sodium chloride	2 5	粗蛋白/(g · kg ⁻¹) Crude protein	163 0
大豆粕 Soybean meal	40 0	复合预混料 Vitamin mineral premix	1 3	钙/(g · kg ⁻¹) Calcium	39 0
棉籽粕 Cottonseed meal	60 0	赖氨酸盐酸盐 Lysine-HCl	0 5	总磷/(g · kg ⁻¹) Total phosphorus	6 5
菜籽粕 Rapeseed meal	70 0	液体蛋氨酸 MHA-FA	1 2	有效磷/(g · kg ⁻¹) Available phosphorus	3 4
玉米酒糟 DDGS	30 0	玉米油 Corn oil	3 0	赖氨酸/(g · kg ⁻¹) Lysine	6 5
玉米胚芽饼 Corn gluten feed	50 0	沸石粉 Zeolite powder	20 0	蛋氨酸/(g · kg ⁻¹) Methionine	3 4
肉粉 Meat meal	30 0	肉骨粉 Meat-bone meal	25 0	蛋氨酸+ 半胱氨酸/(g · kg ⁻¹) Methionine+ cystine	6 4
				苏氨酸/(g · kg ⁻¹) Threonine	5 5

注: 复合预混料向每千克日粮提供: VA 15 000 IU, VD₃ 3 750 IU, VE 8 3 mg, VK 2 1 mg, VB₁ 1 5 mg, VB₂ 7 2 mg, VB₆ 4 5 mg, VB₁₂ 6 μg, 烟酸 15 mg, 泛酸 12 mg, 叶酸 0 6 mg, 生物素 27 μg; 碘 0 4 mg, 硒 0 3 mg。

Note: The vitamin mineral premix provided per kilogram of diet: vitamin A 15 000 IU; vitamin D₃ 3 750 IU; vitamin E 8 3 mg; vitamin K 2 1 mg; vitamin B₁ 1 5 mg; vitamin B₂ 7 2 mg; vitamin B₆ 4 5 mg; vitamin B₁₂ 6 μg; niacin 15 mg; pantothenic acid 12 mg; folic acid 0 6 mg; biotin 27 μg; I 0 4 mg; Se 0 3 mg

表 2 各组日粮中锰、铜、锌、铁添加量及总含量

Table 2 Adding /total contents of Mn, Cu, Zn and Fe in trail diets

mg/kg

组别 Group	添加量 Adding contents				总含量 Total contents			
	锰 Mn	铜 Cu	锌 Zn	铁 Fe	锰 Mn	铜 Cu	锌 Zn	铁 Fe
A	0	0	0	0	46.0	18.0	162.0	557.0
B	14	0	0	0	60.0	18.0	162.0	557.0
C	34	0	0	0	80.0	18.0	162.0	557.0
D	54	2	13	0	100.0	20.0	175.0	557.0
E	10	2	17.5	22.5	56.0	20.0	179.5	579.5

注: A 组日粮中锰、铜、锌、铁总含量为实测值, 其余组为计算值。

Note: The contents of Mn, Cu, Zn, and Fe in Group A are determined by traditional methods, the others are calculated values

1.3 测定指标

1.3.1 生产性能 正试期(60 d)内以重复为单位记录每天的产蛋数、蛋重及产蛋量。减量法测定每周每重复鸡采食量。

1.3.2 代谢指标 正试期进行 40 d 时, 每处理随机抽取 15 只蛋鸡, 分为 5 个重复, 每重复 3 只, 单独饲养, 适应 3 d 后按重复连续收集 6 d 的全部排泄物。饲料及排泄物样品预处理后测定其中的能量、粗蛋白质、钙、磷、铜、铁、锌、锰等含量, 其中粗蛋白质含量采用凯氏定氮法测定, 能量采用氧弹式热量计测定, 钙采用 EDTA 滴定法测定, 磷采用 752 分光光度计比色法测定, 微量元素含量采用原子吸收法测定^[8]。

1.4 数据处理

采用 SAS 8.1 软件中的 ANOVA 模块对试验数据进行单因素方差分析和 Duncan 多重比较, 一元线性回归分析采用 GLM 模块。

2 结果与分析

2.1 4 种微量元素添加水平对产蛋鸡生产性能的影响

由表 3 可知, C 组产蛋率显著低于其他组 ($P < 0.05$), 日均产蛋量较 A 组低, 但差异不显著 ($P = 0.1534$), 其余各组间产蛋率、日均产蛋量均无显著差异。日均采食量、料蛋比及平均蛋重各组间无显著差异。A、B 和 C 组饲料中铜、锌、铁含量相同, 对其进行回归分析, 结果表明蛋鸡产蛋率 ($y = 93.5019 - 0.1850x, n = 3, R^2 = 0.9933, P = 0.0523$) 和日均产蛋量 ($y = 57.3299 - 0.1021x, n = 3, R^2 = 0.9840, P = 0.0807$) 均随日粮中锰含量的升高而线性降低。以上结果表明, 不添加微量元素的 A 组生产性能相对较好, 表明日粮中锰的总含量不宜超过 46 mg/kg。

表 3 锰、铜、锌、铁不同添加水平对产蛋鸡生产性能的影响

Table 3 Effect of incorporating Mn, Cu, Zn and Fe on performance of layers

组别 Group	产蛋率/% Egg production	平均蛋重/ (g · 枚 ⁻¹) Egg weight	日均采食量/ (g · 只 ⁻¹) Food intake	日均产蛋量/ (g · 只 ⁻¹) Egg yield	料蛋比 Feed/egg
A	84.79 ± 3.27 a	62.31 ± 0.96 a	127.10 ± 2.01 a	52.47 ± 2.70 a	2.44 ± 0.13 a
B	82.70 ± 3.60 a	61.84 ± 1.48 a	127.69 ± 3.69 a	51.46 ± 1.48 a	2.49 ± 0.09 a
C	78.58 ± 4.19 b	62.45 ± 1.99 a	126.20 ± 4.01 a	49.06 ± 3.83 a	2.61 ± 0.26 a
D	83.35 ± 2.09 a	62.46 ± 0.93 a	126.71 ± 3.25 a	51.83 ± 1.20 a	2.46 ± 0.10 a
E	84.53 ± 2.43 a	61.46 ± 1.54 a	126.89 ± 1.29 a	51.72 ± 1.53 a	2.47 ± 0.07 a
SEM	0.68	0.25	0.52	0.46	0.03
P 值 P value	0.0178	0.6932	0.9383	0.1534	0.2906

注: 同列数据后标不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Note: Data with different letters in the same column represent significant differences ($P < 0.05$).

2.2 4 种微量元素添加水平对养分表观利用率的影响

由表 4 可知, 锰、铜、锌、铁不同添加水平对粗蛋白质和钙的表观利用率无显著影响; 能量表观利用率 C 组显著降低 ($P < 0.01$), 其他组间差异不显著;

磷的表观利用率各组差异不显著, 但 C 组低于其他各组 ($P = 0.09$)。对 A、B 和 C 组进行回归分析结果表明, 随日粮中锰含量升高蛋鸡对能量 ($y = 80.0025 - 0.1094x, n = 3, R^2 = 0.9919, P = 0.0572$)、粗蛋白质 ($y = 50.1146 - 0.0598x, n =$

3, $R^2 = 0.9995$, $P = 0.0140$) 和磷 ($y = 56.7270 - 0.1828x$, $n = 3$, $R^2 = 0.9999$, $P = 0.0004$) 的表观

表 4 锰、铜、锌、铁不同添加水平对主要养分表观利用率的影响

Table 4 Effect of incorporating Mn, Cu, Zn and Fe on apparent nutrient availability of layers %				
组别 Group	能量 Energy	粗蛋白 Crude protein	钙 Calcium	磷 Phosphorus
A	74.84 ± 0.73 A	47.37 ± 3.85 a	58.54 ± 3.65 a	48.29 ± 2.99 a
B	73.63 ± 1.14 A	46.50 ± 3.42 a	60.13 ± 4.20 a	45.70 ± 4.38 a
C	71.17 ± 1.08 B	45.34 ± 2.20 a	58.46 ± 5.21 a	42.10 ± 2.57 a
D	74.37 ± 0.71 A	48.24 ± 3.94 a	60.81 ± 2.70 a	43.83 ± 3.31 a
E	74.99 ± 1.64 A	46.72 ± 4.48 a	59.08 ± 3.66 a	46.88 ± 4.29 a
SEM	0.35	0.70	0.75	0.79
P 值 P value	0.0001	0.7854	0.8498	0.0899

注: 同列数据后标不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 不同大写字母差异极显著 ($P < 0.01$)。下表同。
Note: Data with different small letters in the same column represent significant differences ($P < 0.05$) and data with different capital letters remarkable differences ($P < 0.01$). It is the same in the following tables

2.3.4 种微量元素添加水平对其表观利用率和表观可利用含量的影响

由表 5 可知, 锰的表观利用率 D 组显著低于其他各组 ($P < 0.01$); 铜的表观利用率 A、E 组显著或极显著高于其他组, A 与 E 组及 B 与 C 组无显著差异; 锌的表观利用率, A 与 E 组差异不显著, 但显著

或极显著高于 B、C、D 组, B、C、D 组间差异显著 ($P < 0.01$); 铁的表观利用率 A 组显著或极显著高于其他组, D、E 组显著高于 C 组 ($P < 0.01$)。对 A、B 和 C 组进行回归分析结果表明, 随日粮中锰含量升高, 锌的表观利用率线性降低 ($y = 73.1294 - 0.5561x$, $n = 3$, $R^2 = 0.9887$, $P = 0.0680$)。

表 5 锰、铜、锌、铁不同添加水平对其表观利用率的影响

Table 5 Effect of incorporating Mn, Cu, Zn and Fe on apparent availability of trace elements %				
组别 Group	锰 Mn	铜 Cu	锌 Zn	铁 Fe
A	30.44 ± 1.89 A	68.19 ± 2.74 Aa	48.16 ± 1.16 Aa	38.11 ± 1.26 Aa
B	32.88 ± 3.67 A	37.89 ± 7.15 ABbc	38.60 ± 4.23 ABb	20.73 ± 2.30 BCcd
C	31.84 ± 2.38 A	41.28 ± 5.48 ABb	29.12 ± 1.77 BCc	14.62 ± 2.51 Cd
D	19.49 ± 4.95 B	30.28 ± 9.14 Bc	16.73 ± 4.46 Cd	30.60 ± 7.31 ABb
E	36.25 ± 6.74 A	73.94 ± 3.04 Aa	51.61 ± 4.48 Aa	26.79 ± 6.86 ABbc
SEM	1.40	3.74	2.68	1.86
P 值 P value	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001

表 6 显示, A、B、C 组日粮中铜、锌、铁元素含量相同情况下, 表观可利用锌含量随日粮锰含量的增加而降低 ($y = 118.4468 - 0.9007x$, $n = 3$, $R^2 = 0.9887$, $P = 0.0678$), 表观可利用锰含量则随日粮锰含量升高而增加 ($y = -0.9766 + 0.3340x$, $n =$

3, $R^2 = 0.9897$, $P = 0.0648$)。
综合表 3、表 4 及表 6 可知, A 组日粮可获得相对较好的生产性能和养分利用率, 表明日粮表观可利用锰含量不宜超过 14 mg/kg。

表 6 锰、铜、锌、铁不同添加水平对其表观可利用含量的影响

Table 6 Contents of apparent available Mn, Cu, Zn and Fe in layers' diets mg/kg				
组别 Group	锰 Mn	铜 Cu	锌 Zn	铁 Fe
A	14.04 ± 0.87 Bc	12.21 ± 0.49 ABb	78.01 ± 1.88 ABb	212.27 ± 7.02 Aa
B	19.73 ± 2.20 ABb	6.79 ± 1.28 Bc	62.53 ± 6.86 BCc	115.47 ± 12.79 Bc
C	25.47 ± 1.91 Aa	7.39 ± 0.98 Bc	47.17 ± 2.87 CDd	81.43 ± 14.00 Bc
D	19.49 ± 4.95 ABb	6.06 ± 2.03 Bc	29.28 ± 7.81 De	170.04 ± 40.69 ABb
E	20.35 ± 3.78 ABb	14.72 ± 0.60 Aa	92.64 ± 8.03 Aa	155.25 ± 39.75 ABb
SEM	0.93	0.73	4.69	10.44
P 值 P value	0.0003	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001

3 讨 论

Luo 等^[9]研究表明,在肉鸡基础日粮中添加 450 mg/kg 硫酸铜可极显著降低采食量、日增重($P < 0.01$)。Liu 等^[10]研究表明,产蛋鸡日粮中添加不同水平(65, 130, 195, 260 mg/kg)的铜对采食量、产蛋率、产蛋量及饲料转化率均无影响。齐广海等^[11]研究发现,蛋鸡日粮铜含量为 35 mg/kg 时可获得最大产蛋性能。肉鸡日粮中添加不同水平的锌对其生长性能没有影响^[12]。肉鸡日粮中不添加微量元素对采食量、日增重、饲料转化率及胴体重均无影响^[13]。热应激条件下鹌鹑日粮中添加锌可提高饲料转化率($P = 0.01$)和胴体重($P \leq 0.05$)^[14]。Bakalli 等^[15]报道,铜的添加量为 125 mg/kg 时可显著提高生长蛋鸡能量和蛋白质的表观代谢率;锌添加量为 60 mg/kg 时可显著改善蛋鸡能量和蛋白质代谢率^[16]。中型褐壳产蛋鸡日粮锰适宜含量为 49 mg/kg^[17]。袁建敏等^[18]报道,25~38 周龄时,蛋鸡日粮锰需要量为 40~80 mg/kg;49~57 周龄时为 20~40 mg/kg。伍晓雄^[19]和曹盛丰等^[20]的研究显示,产蛋鸡高铁日粮铁含量应在 400~500 mg/kg。本试验 A 组日粮锰含量与以上报道相近,铁和锌水平较高,但铜含量可能未达到最大产蛋性能的需要量。因此,在本试验条件下,日粮中添加铜可能会进一步提高生产性能。

本试验不同组日粮蛋白质表观利用率无显著差异,C 组能量表观利用率和产蛋性能低于其他组,表明能量是影响产蛋率的主要因素,微量元素对生产性能的影响是通过改变其他养分的利用率实现的。姚军虎等^[6]研究表明,添加高水平锰、铜、锌、铁不能提高蛋鸡对能量的表观利用率,可提高蛋白质表观利用率,对产蛋性能无显著影响,表明蛋白质不是影响产蛋性能的限制性因素。程妮等^[5]对 1~18 周龄生长蛋鸡的研究结果表明,在基础日粮中适量添加锰、铜、锌、铁不影响采食量、期末体重和能量表观代谢率($P > 0.05$),过量添加可降低日增重和饲料转化率($P < 0.05$),提高蛋白质表观代谢率($P < 0.05$)。由本试验 A、B、C 组一元线性回归分析结果可知,锰是 4 种元素中影响产蛋量的最主要因素,微量元素对家禽生产性能的影响取决于日粮中微量元素含量及其比例、其他养分含量及其平衡度等。

由本试验结果可知,随日粮锰含量增加,日粮表观可利用锰含量线性提高,表观可利用铜、锌含量与能量、粗蛋白、磷表观利用率及产蛋率、产蛋量线性

降低,表明在 A 组日粮基础上添加锰可拮抗铜、铁、锌的吸收,影响能量和蛋白质利用,进而降低生产性能。但 E 和 D 组比较发现,在铜、铁和锌含量相当情况下,锰含量由 56 mg/kg 升高到 100 mg/kg 时,蛋鸡产蛋性能和养分利用率没有降低,原因可能与日粮表观可利用铁含量的增加有关。综合分析本试验及前期研究结果^[5-6]可知,产蛋量与日粮中铜和锌含量呈正相关,与铁和锰负相关,但均未达显著水平;基础日粮所采用的常规商品蛋鸡日粮原料中铁和锰超出蛋鸡实际需要量,而铜和锌含量相对不足。因此,改善产蛋性能的途径为向基础日粮中补充铜和锌。

生产中应考虑地方性饲料原料中锰、铜、锌、铁含量,添加时应以日粮中可利用微量元素含量为依据。复合微量元素研究的下一个目标是确定产蛋鸡理想微量元素需要量。

4 结 论

1) 从产蛋性能和养分利用角度出发,本试验 A 组基础日粮中锰、铁已能满足或超过蛋鸡的需要,但同时可能存在铜和锌的相对缺乏;

2) 锰与产蛋量、养分利用和微量元素吸收呈负相关,饲料中锰或表观可利用锰的含量应分别低于 46 和 14 mg/kg。

[参考文献]

- [1] Leeson S A new look at trace mineral nutrition of poultry: can we reduce the environmental burden of poultry manure[C]//Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries. Proceeding of Alltech's 19th International Symposium. England: Nottingham University Press, 2003: 125-129.
- [2] Mohanna C, Nys Y. Influence of age, sex and cross on body concentrations of trace elements (zinc, iron, copper and manganese) in chickens[J]. British Poultry Science, 1998, 39 (4): 536-544.
- [3] Inal F, Coskun B, Gulsen N, et al. The effects of withdrawal of vitamin and trace mineral supplements from layer diets on egg yield and trace mineral composition[J]. British Poultry Science, 2001, 42: 77-80.
- [4] Skrivan M, Skivanov áV, Marounek M. Effects of dietary zinc, iron, and copper in layer feed on distribution of these elements in eggs, liver, excreta, soil and herbage[J]. Poultry Science, 2005, 84: 1570-1575.
- [5] 程妮,姚军虎,张楠,等.复合微量元素对蛋鸡生产性能的影响[J].粮食与饲料工业, 2005(5): 35-37.

(下转第 48 页)

Acknowledgment We are thankful to Mr Wenzheng Shen for a critical reading of the manuscript and great help he had given in our experiment

[Reference]

- [1] Matsui Y, Zsebo K, Hogan B L. Derivation of pluripotential embryonic stem cells from murine primordial germ cells in culture[J]. *Cell*, 1992, 70: 841-847.
- [2] Shambloot J M, Axelman J, Wang S P, et al Derivation of pluripotent stem cells from cultured human primordial germ cells[J]. *Proc Natl Acad Sci*, 1998, 95: 13726-13731.
- [3] Turnpenny L, Brickwood S, Spalluto Cosma M, et al Derivation of human embryonic germ cells: an alternative source of pluripotent stem cells[J]. *Stem Cells*, 2003, 21: 598-609.
- [4] Jong H P, Sun J K, Jung B L, et al Establishment of a human embryonic germ cell line and comparison with mouse and human embryonic stem cells[J]. *Molecules and Cells*, 2003, 17: 309-315.
- [5] ShanRong L, HouQi L, YuQiong P, et al Human embryonic germ cells isolation from early stages of post-implantation embryos[J]. *Cell Tissue Research*, 2004, 318: 525-531.
- [6] Amit M, Carpenter M K, Inokuma M S, et al Clonally derived human embryonic stem cell lines maintain pluripotency and proliferative potential for prolonged periods of culture[J]. *Dev Biol*, 2000, 227: 271-278.
- [7] Xu C, Inokuma M S, Denham J, et al Feeder-free growth of undifferentiated human embryonic stem cells[J]. *Nat Biotechnol*, 2001, 19: 971-974.
- [8] Richards M, Fong C Y, Chan W K, et al Human feeders support prolonged undifferentiated growth of human inner cell masses and embryonic stem cells[J]. *Nat Biotechnol*, 2002, 20: 933-936.
- [9] Amit M, Margulets V, Segev H, et al Human feeder layers for human embryonic stem cells[J]. *Biol Reprod*, 2003, 68: 2150-2156.
- [10] Hanley N A, Hagan D M, Clement-Jones M, et al SRY, SOX9, and DAX1 expression patterns during human sex determination and gonadal development[J]. *Mech Dev*, 2000, 91: 403-407.
- [11] Koivisto H, Hyvarinen M, Stromberg A M, et al Cultures of human embryonic stem cells: serum replacement medium or serum-containing media and the effect of basic fibroblast growth factor[J]. *Reprod Biomed Online*, 2004, 9: 330-337.
- [12] De Felici M, McLaren A. *In vitro* culture of mouse primordial germ cells[J]. *Exp Cell Res*, 1983, 144: 417-427.
- [13] Donovan P J, Stott D, Cairns L A, et al Migratory and post-migratory mouse primordial germ cells behave differently in culture[J]. *Cell*, 1986, 44: 831-838.
- [14] Matsui Y, Zsebo K, Hogan B L. Derivation of pluripotential embryonic stem cells from murine primordial germ cells in culture[J]. *Cell*, 1992, 70: 841-847.
- [15] Resnick J L, Bixler L S, Cheng L, et al Long-term proliferation of mouse primordial germ cells in culture[J]. *Nature*, 1992, 359: 550-551.
- [16] Rao B M, Zandstra R. Culture development for human embryonic stem cell propagation: molecular aspects and challenges [J]. *Current opinion in Biotechnology*, 2005, 16: 1-9.
- [17] Martin M J, Moutri A, Gage F, et al Human embryonic stem cells express and immunogenic nonhuman sialic acid[J]. *Nat Med*, 2005, 11: 228-232.

(上接第 42 页)

- [6] 姚军虎, 张新阳, 张涛, 等. 复合微量元素添加水平对鸡产蛋性能及养分代谢率的影响[J]. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2003, 31(4): 36-40.
- [7] National R C. Nutrient Requirement of Poultry[M]. 9th ed. Washington D C: Academy Press, 1994.
- [8] 杨胜. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 北京: 北京农业出版社, 2001.
- [9] Luo X G, Ji F, Steward F A, et al Effects of dietary supplementation with copper sulfate or tribasic copper chloride on broiler performance, relative copper bioavailability, and oxidation stability of vitamin E in feed[J]. *Poultry Science*, 2005, 84(6): 888-893.
- [10] Liu Z, Bryant M M, Roland D A. Layer performance and phytase retention as influenced by copper sulfate pentahydrate and tribasic copper chloride[J]. *Journal of Applied Poultry Research*, 2005, 14(3): 499-505.
- [11] 齐广海, 武书庚, 刁其玉, 等. 不同铜源及水平的日粮对产蛋鸡生产性能及蛋品质的影响[J]. *动物科学与动物医学*, 2000, 17(6): 14-16.
- [12] Bartlett J R, Smith M O. Effects of different levels of zinc on the performance and immune competence of broilers under heat stress[J]. *Poultry Science*, 2003, 82(10): 1580-1588.
- [13] Maiorka A, Laurentiz A C, Santin E, et al Dietary vitamin or mineral mix removal during the finisher period on broiler chicken performance [J]. *Journal of Applied Poultry Research*, 2002, 11(2): 121-126.
- [14] Sahin K, Smith M O, Onderci M, et al Supplementation of zinc from organic or inorganic source improves performance and antioxidant status of heat-distressed quail[J]. *Poultry Science*, 2005, 84(6): 882-887.
- [15] Bakalli R I, Pwsti G M. Dietary copper in excess of nutritional requirement reduce plasma and breast cholesterol of chickens [J]. *Poultry Science*, 1995, 74: 360-365.
- [16] Kidd M T, Ferket P R. Zinc metabolism with special reference to its role in immunity[J]. *World's Poultry Science*, 1996, 52: 309-323.
- [17] 罗绪刚, 郭修泉, 刘彬. 中型褐壳产蛋鸡实用饲料中锰适宜水平的研究[J]. *畜牧兽医学报*, 2003, 34(2): 105-111.
- [18] 袁建敏, 吕于明, 吴四朝. 日粮锰水平对蛋鸡生产性能的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 2000, 36(1): 14-16.
- [19] 伍晓雄. 饲料中添加铁对蛋鸡血浆微量元素及增重的影响[J]. *湖北农学院学报*, 1998, 18(1): 35-38.
- [20] 曹盛丰, 杨丽娥, 程美蓉. 高铁日粮对鸡蛋铁含量与蛋品质的影响[J]. *上海农业学报*, 1999, 15(2): 30-35.