

# 低温环境下饲粮核黄素添加水平对蛋鸭生长发育、免疫器官及抗氧化功能的影响

任延铭<sup>1,2</sup> 芦燕<sup>1</sup> 王安<sup>1\*</sup>

(1. 东北农业大学动物营养研究所, 哈尔滨 150030; 2. 黑龙江省兽药饲料监察所, 哈尔滨 150009)

**摘要:** 本试验旨在研究低温环境下饲粮核黄素添加水平对蛋鸭生长发育、免疫器官及抗氧化功能的影响。试验采用两因素有重复完全交叉设计, 温度设 2 个水平[适温( $18 \pm 1$ ) $^{\circ}\text{C}$ ,  $T_1$ ; 低温( $2 \pm 1$ ) $^{\circ}\text{C}$ ,  $T_2$ ]; 核黄素设 3 个水平, 在基础饲粮中分别添加 4、16、32 mg/kg 核黄素。选用 12 周龄健康的金定鸭(母)144 只, 随机分成 6 个处理, 每个处理 6 个重复, 每个重复 4 只, 试验期为 42 d。结果表明: 低温环境和核黄素互作对卵巢重量指数和输卵管长度指数均有显著影响( $P < 0.05$ ), 但对输卵管重量指数没有显著影响( $P > 0.05$ )。低温环境和核黄素互作对各免疫器官指数均有显著影响( $P < 0.05$ ), 但对血清中总抗氧化能力、谷胱甘肽还原酶活性和丙二醛浓度没有显著影响( $P > 0.05$ ), 对过氧化氢酶和总超氧化物歧化酶活性有显著影响( $P < 0.05$ )。由此可见, 低温环境不利于蛋鸭的生长和发育, 适当提高饲粮核黄素添加水平可以在一定程度上缓解机体对低温环境产生的应激反应。

**关键词:** 寒冷应激; 核黄素; 免疫; 抗氧化; 蛋鸭

**中图分类号:** S816.7

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-267X(2011)11-1912-07

低温所导致的冷应激常引起动物生长缓慢, 抗病性差<sup>[1]</sup>, 甚至死亡, 是制约北方畜牧业发展的主要因素之一。因此, 如何解决这一影响畜牧业生产的难题, 目前已成为营养生理和家畜环境营养学研究的前沿和热点。核黄素参与机体的物质代谢过程, 提高动物抗应激的能力<sup>[2-3]</sup>, 但对有关后备蛋鸭的影响研究报道却较少。本试验拟通过研究环境温度对后备蛋鸭生长发育和免疫抗氧化功能的影响, 探讨饲粮中添加核黄素对生长发育和免疫抗氧化功能的调控作用, 为丰富和完善核黄素提高机体耐寒能力和促进生长发育机制提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验动物、饲粮及试验设计

试验采用两因素有重复完全交叉设计, 温度

设 2 个水平[适温( $18 \pm 1$ ) $^{\circ}\text{C}$ ,  $T_1$ ]和低温[( $2 \pm 1$ ) $^{\circ}\text{C}$ ,  $T_2$ ]; 核黄素设 3 个水平, 在基础饲粮中分别以低、中、高 3 个水平添加核黄素, 添加水平分别为 4、16、32 mg/kg。试验共设 6 个处理, 分别为适温低核黄素组、适温中核黄素组、适温高核黄素组、低温低核黄素组、低温中核黄素组和低温高核黄素组。选用健康 12 周龄金定鸭(母)144 只, 随机分配到 6 个处理, 每个处理设 6 个重复, 每个重复 4 只, 各处理试验鸭初始体重经方差分析差异不显著( $P > 0.05$ ), 试验期 42 d, 正式试验开始前预饲 1 周。试验饲粮为玉米-豆粕型基础饲粮, 参照张宏福等<sup>[4]</sup>建议的蛋鸭营养需要量配制, 基础饲粮组成及营养水平见表 1。

### 1.2 饲养管理和样品采集

试验采用人工给料, 自由采食和饮水。试验过程中按正常的免疫程序进行免疫(鸭瘟、鸭肝

收稿日期: 2011-06-06

基金项目: 国家自然科学基金委资助(30972111)

作者简介: 任延铭(1984—), 男, 黑龙江绥滨人, 硕士, 高级畜牧师, 研究方向为动物营养与饲料科学。E-mail: renyanming2003@yahoo.com.cn

\* 通讯作者: 王安, 教授, 硕士生导师, E-mail: wangan451@126.com

炎、禽霍乱)。试验结束时,从各重复中抽取 1 只接近平均体重的试验鸭,用一次性注射器进行翅静脉采血 5 mL/只,将血样缓慢注入离心管中,先在 37 °C 下凝固 2 h,然后以 4 000 r/min 离心 10 min,制备血清并转移到 EP 管中,贮存在 -20 °C 冰箱中备用。

表 1 基础饲粮组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of the basic diet (air-dry basis) %

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	64.60
豆粕 Soybean meal	18.80
麦麸 Wheat bran	12.14
食盐 NaCl	0.30
磷酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>	1.20
石粉 Limestone	2.20
DL-蛋氨酸 DL-Met	0.26
L-赖氨酸 L-Lys	0.18
维生素预混料(无核黄素)	
Vitamin premix (without riboflavin) <sup>1)</sup>	0.02
胆碱 Choline chloride	0.10
微量元素预混料 Mineral premix <sup>2)</sup>	0.20
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels	
粗蛋白质 CP	15.55
代谢能 ME/(MJ/kg)	11.44
钙 Ca	1.24
总磷 TP	0.66
有效磷 AP	0.38
赖氨酸 Lys	0.91
蛋氨酸+胱氨酸 Met+Cys	0.73

<sup>1)</sup> 维生素预混料为每千克饲粮提供 Vitamin premix provided per kg of diet: VA 4 000 IU, VD<sub>3</sub> 600 IU, VE 20 mg, VK<sub>3</sub> 2 mg, VB<sub>1</sub> 3.5 mg, 烟酸 niacin 50 mg, 叶酸 folic acid 1.0 mg, 泛酸钙 calcium pantothenate 10 mg, 吡哆醇 pyridoxol 2.5 mg, VB<sub>12</sub> 0.01 mg, 生物素 biotin 0.1 mg。

<sup>2)</sup> 微量元素预混料为每千克饲粮提供 Mineral premix provided per kg of diet: Cu 10 mg, Fe 80 mg, Mn 60 mg, Zn 60 mg, I 0.4 mg, Se 0.2 mg。

### 1.3 测定指标及方法

屠宰后取试验鸭胸腺、法氏囊、脾脏、肝脏,迅速称重,并计算各器官指数。

器官指数(g/kg) = 器官重量(g)/试验鸭活重(kg)。

血清中总抗氧化能力(T-AOC)、总超氧化物

歧化酶(TSOD)活性、谷胱甘肽还原酶(GR)活性、过氧化氢酶(CAT)活性和丙二醛(MDA)浓度采用比色法测得。试剂盒由南京建成生物工程研究所提供,仪器为日本岛津 UV-2401PC 紫外可见分光光度计。

### 1.4 统计分析

试验所得数据采用 SAS 8.2 中 ANOVA 模块进行两因素有重复方差分析,用 Duncan 氏法进行多重比较。表中所有数据均为平均值 ± 标准差。

## 2 结果与分析

### 2.1 低温环境和核黄素添加水平对蛋鸭生殖器官指数的影响

由表 2 可见,低温环境对卵巢重量指数、输卵管重量指数和输卵管长度指数均有显著影响,且适温组均显著高于低温组( $P < 0.05$ )。核黄素对卵巢重量指数、输卵管重量指数和输卵管长度指数有一定影响,随着饲粮核黄素水平的升高,各指数均先升高后降低;低、高核黄素组间卵巢重量指数和输卵管长度指数没有显著差异( $P > 0.05$ ),但均显著低于中核黄素组( $P < 0.05$ );中、高核黄素组输卵管重量指数显著高于低核黄素组( $P < 0.05$ ),但前两者间没有显著差异( $P > 0.05$ )。低温环境和核黄素交互对卵巢重量指数和输卵管长度指数均有显著影响( $P < 0.05$ ),但对输卵管重量指数没有显著影响( $P > 0.05$ )。

### 2.2 低温环境和核黄素添加水平对免疫器官及肝脏指数的影响

由表 3 可见,低温环境对法氏囊指数没有显著影响( $P > 0.05$ ),但对胸腺指数和脾脏指数有显著影响,且适温组显著高于低温组( $P < 0.05$ )。核黄素对各免疫器官指数均有一定影响,随着饲粮核黄素水平的升高,各免疫器官指数均逐渐升高,各水平组间胸腺指数和脾脏指数差异显著( $P < 0.05$ ),高核黄素组法氏囊指数显著高于中、低核黄素组法氏囊指数( $P < 0.05$ ),而后两者间没有显著差异( $P > 0.05$ )。低温环境和核黄素交互对各免疫器官指数均有显著影响( $P < 0.05$ )。低温环境和核黄素交互对其肝脏指数有显著影响,且适温组显著低于低温组( $P < 0.05$ ),各核黄素水平组差异显著( $P < 0.05$ )。

表 2 低温环境和核黄素及两者互作对生殖器官指数的影响

Table 2 Effects of ambient temperature, riboflavin and the interaction between them on reproductive organ indices

温度 Temperature/ °C	核黄素 Riboflavin/ (mg/kg)	样本数 Number of samples (n)	卵巢重量指数 Ovarium weight index/(g/kg)	输卵管重量指数 Oviduct weight index/(g/kg)	输卵管长度指数 Oviduct length index/(cm/kg)
7~19	4	6	0.47 ± 0.01 <sup>b</sup>	4.83 ± 0.35 <sup>b</sup>	13.35 ± 3.86 <sup>b</sup>
7~19	16	6	0.70 ± 0.10 <sup>a</sup>	6.36 ± 0.20 <sup>a</sup>	19.18 ± 2.16 <sup>a</sup>
7~19	32	6	0.45 ± 0.06 <sup>bc</sup>	6.35 ± 0.38 <sup>a</sup>	16.95 ± 1.26 <sup>a</sup>
1~3	4	6	0.27 ± 0.07 <sup>d</sup>	1.37 ± 0.62 <sup>d</sup>	11.50 ± 1.52 <sup>bc</sup>
1~3	16	6	0.38 ± 0.03 <sup>bc</sup>	2.78 ± 0.27 <sup>c</sup>	12.15 ± 1.21 <sup>bc</sup>
1~3	32	6	0.36 ± 0.08 <sup>cd</sup>	2.29 ± 0.30 <sup>c</sup>	9.70 ± 0.54 <sup>c</sup>
双因素方差分析 Two-way analysis of variance					
17~19		18	0.54 ± 0.13 <sup>a</sup>	5.85 ± 0.81 <sup>a</sup>	16.49 ± 3.47 <sup>a</sup>
1~3		18	0.34 ± 0.08 <sup>b</sup>	2.15 ± 0.72 <sup>b</sup>	11.11 ± 1.51 <sup>b</sup>
	4	12	0.37 ± 0.12 <sup>b</sup>	3.10 ± 1.91 <sup>b</sup>	12.43 ± 2.89 <sup>b</sup>
	16	12	0.54 ± 0.18 <sup>a</sup>	4.58 ± 1.92 <sup>a</sup>	15.66 ± 4.09 <sup>a</sup>
	32	12	0.40 ± 0.08 <sup>b</sup>	4.32 ± 2.19 <sup>a</sup>	13.32 ± 3.98 <sup>b</sup>
P 值 P-value					
温度 Temperature			0.006 3	0.005 8	0.007 1
核黄素 Riboflavin			0.005 1	0.006 3	0.043 8
温度 × 核黄素 Temperature × riboflavin			0.043 8	0.400 8	0.039 7

同一项目同列中的数据肩标相同字母或无字母表示差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。下表同。

In the same column, values in the same item with the same or no letter superscripts mean no significant difference ( $P > 0.05$ ), while with different small letter superscripts mean significant different ( $P < 0.05$ ). The same as below.

表 3 低温环境和核黄素及两者互作对免疫器官及肝脏指数的影响

Table 3 Effects of ambient temperature, riboflavin and the interaction between them on immune organ and liver indices

温度 Temperature/ °C	核黄素 Riboflavin/ (mg/kg)	样本数 Number of samples (n)	胸腺指数 Thymus index/ (g/kg)	法氏囊指数 Bursal index/ (g/kg)	脾脏指数 Spleen index/ (g/kg)	肝脏指数 Liver index/ (g/kg)
7~19	4	6	1.55 ± 0.04 <sup>c</sup>	1.06 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.40 ± 0.01 <sup>d</sup>	20.69 ± 0.64 <sup>b</sup>
7~19	16	6	1.78 ± 0.09 <sup>b</sup>	0.96 ± 0.05 <sup>c</sup>	0.50 ± 0.02 <sup>c</sup>	19.15 ± 0.72 <sup>c</sup>
7~19	32	6	1.95 ± 0.05 <sup>a</sup>	1.10 ± 0.03 <sup>b</sup>	1.00 ± 0.04 <sup>a</sup>	17.76 ± 0.47 <sup>d</sup>
1~3	4	6	1.18 ± 0.02 <sup>d</sup>	0.82 ± 0.01 <sup>d</sup>	0.43 ± 0.01 <sup>d</sup>	23.17 ± 0.36 <sup>a</sup>
1~3	16	6	1.84 ± 0.05 <sup>b</sup>	0.97 ± 0.03 <sup>c</sup>	0.60 ± 0.01 <sup>b</sup>	23.34 ± 0.49 <sup>a</sup>
1~3	32	6	1.81 ± 0.05 <sup>b</sup>	1.26 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.41 ± 0.03 <sup>d</sup>	20.23 ± 0.57 <sup>b</sup>
双因素方差分析 Two-way analysis of variance						
17~19		18	1.76 ± 0.18 <sup>a</sup>	1.04 ± 0.07	0.64 ± 0.28 <sup>a</sup>	19.20 ± 1.37 <sup>b</sup>
1~3		18	1.61 ± 0.32 <sup>b</sup>	1.02 ± 0.19	0.48 ± 0.09 <sup>b</sup>	22.24 ± 1.55 <sup>a</sup>
	4	12	1.36 ± 0.20 <sup>c</sup>	0.94 ± 0.13 <sup>b</sup>	0.41 ± 0.02 <sup>c</sup>	21.93 ± 1.41 <sup>a</sup>
	16	12	1.81 ± 0.07 <sup>b</sup>	0.97 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.55 ± 0.05 <sup>b</sup>	21.24 ± 2.31 <sup>b</sup>
	32	12	1.88 ± 0.08 <sup>a</sup>	1.18 ± 0.10 <sup>a</sup>	0.71 ± 0.32 <sup>a</sup>	19.00 ± 1.40 <sup>c</sup>
P 值 P-value						
温度 Temperature			0.006 5	0.429 1	0.007 6	0.008 0
核黄素 Riboflavin			0.039 8	0.008 4	0.006 9	0.003 9
温度 × 核黄素 Temperature × riboflavin			0.003 2	0.006 9	0.005 1	0.004 2

## 2.3 低温环境和核黄素添加水平对血清抗氧化和脂质过氧化指标的影响

由表 4 可见,温度对 CAT 活性有显著影响,且适温组 CAT 活性显著低于低温组活性 ( $P < 0.05$ );环境温度对 T-AOC、GR 活性、TSOD 活性、MDA 浓度均没有显著影响 ( $P > 0.05$ )。饲粮核黄素水平对 GR 和 CAT 活性有一定影响,随着饲粮

核黄素水平的升高 GR 活性先升高后降低、CAT 活性逐渐降低 ( $P < 0.05$ );饲粮核黄素水平对 T-AOC、TSOD 活性、MDA 浓度均没有显著影响 ( $P > 0.05$ )。两者互作对 T-AOC、GR 活性和 MDA 浓度没有显著影响 ( $P > 0.05$ ),对 CAT 活性和 TSOD 活性有显著影响 ( $P < 0.05$ )。

表 4 低温环境和核黄素及两者互作对血清抗氧化和脂质过氧化指标的影响

Table 4 Effects of ambient temperature, riboflavin and the interaction between them on indices of serum antioxidant and lipid peroxidation

温度 Temperature/ °C	核黄素 Riboflavin/ (mg/kg)	样本数 Number of samples (n)	总抗氧化能力 T-AOC/ (IU/mL)	谷胱甘肽 还原酶 GR/(IU/mL)	过氧化氢酶 CAT/ (IU/mL)	总超氧化物 歧化酶 TSOD/(IU/mL)	丙二醛 MDA/ (nmol/mL)
7~19	4	6	25.28 ± 11.48	27.89 ± 5.18 <sup>bc</sup>	4.21 ± 0.17 <sup>a</sup>	129.35 ± 14.89	28.61 ± 0.81
7~19	16	6	21.28 ± 0.73	33.60 ± 1.44 <sup>ab</sup>	3.04 ± 0.13 <sup>d</sup>	114.94 ± 12.18	27.51 ± 0.85
7~19	32	6	22.23 ± 3.15	33.68 ± 1.63 <sup>ab</sup>	2.26 ± 0.06 <sup>e</sup>	117.30 ± 3.58	28.16 ± 3.24
1~3	4	6	22.80 ± 4.39	22.87 ± 1.99 <sup>c</sup>	3.79 ± 0.26 <sup>b</sup>	116.42 ± 9.30	29.43 ± 0.73
1~3	16	6	27.78 ± 1.80	35.33 ± 6.89 <sup>a</sup>	3.40 ± 0.18 <sup>c</sup>	131.95 ± 10.68	28.96 ± 1.85
1~3	32	6	28.07 ± 0.82	33.52 ± 6.20 <sup>ab</sup>	3.31 ± 0.07 <sup>c</sup>	130.68 ± 4.36	27.56 ± 0.96
双因素方差分析 Two-way analysis of variance							
17~19		18	22.93 ± 6.48	31.72 ± 4.08	3.17 ± 0.84 <sup>b</sup>	120.53 ± 12.16	28.10 ± 1.86
1~3		18	26.22 ± 3.56	30.57 ± 7.58	3.50 ± 0.28 <sup>a</sup>	126.35 ± 10.68	28.65 ± 1.42
	4	12	24.04 ± 8.15	25.38 ± 4.52 <sup>b</sup>	4.00 ± 0.30 <sup>a</sup>	122.88 ± 13.41	29.02 ± 0.84
	16	12	24.53 ± 3.70	34.46 ± 4.70 <sup>a</sup>	3.22 ± 0.24 <sup>b</sup>	123.45 ± 13.97	28.23 ± 1.54
	32	12	25.15 ± 3.78	33.60 ± 4.20 <sup>a</sup>	2.78 ± 0.56 <sup>c</sup>	123.99 ± 8.04	27.86 ± 2.23
P 值 P-value							
温度 Temperature			0.306 9	0.276 6	0.034 2	0.470 1	0.231 9
核黄素 Riboflavin			0.096 7	0.007 5	0.042 9	0.342 7	0.198 6
温度 × 核黄素 Temperature × riboflavin			0.097 6	0.126 5	0.004 9	0.042 1	0.297 6

## 3 讨论

### 3.1 低温环境和核黄素添加水平对蛋鸭生殖器官发育的影响

虽然育成期蛋鸭体重对生殖器官发育及性成熟期长短有一定影响,且常以不同周龄的体重为标准,采用限饲等措施以期调控性成熟,但是体重与生殖器官等缺乏直接联系,难以获得理想的育成效果,影响了蛋鸭生产性能的发挥。环境温度是影响动物性成熟的重要因素之一,寒冷地区的家禽成熟期晚于温暖地区的家禽。杨焕民等<sup>[5]</sup>证实,核黄素可降低大鼠对冷应激的敏感性,促进机体的冷适应。本试验进行了屠宰试验,测定了生殖器官的生长发育情况,以研究寒冷应激和饲粮

核黄素添加水平对育成蛋鸭性成熟的影响,以期为保证寒冷应激下蛋鸭适时开产提供理论帮助。结果表明,寒冷应激显著降低卵巢重量指数、输卵管重量指数和输卵管长度指数,而提高饲粮核黄素添加水平三者均有不同程度的升高。与适温低核黄素组相比,低温低核黄素组蛋鸭卵巢重量指数、输卵管重量指数显著降低,低温下提高饲粮核黄素水平到 16 mg/kg,二者均显著升高;但是低温低核黄素组输卵管长度指数与适温低核黄素组、低温中高核黄素组输卵管长度指数没有显著差异。这可能是因为寒冷应激下,蛋鸭的采食量虽然增加了,但是大部分能量用于维持体温恒定,从而导致生殖器官发育相对缓慢。提高饲粮核黄素水平,减缓了寒冷应激对生殖器官的抑制作用。

### 3.2 低温环境和核黄素添加水平对后备蛋鸭免疫器官及肝脏的影响

蛋鸭免疫器官主要有胸腺、脾脏、法氏囊。胸腺和法氏囊是机体的中枢免疫器官,在淋巴细胞的形成、诱导、分化过程中起着重要的作用;脾是动物的外周免疫器官,是 T 淋巴细胞和 B 淋巴细胞定居和对抗原的刺激进行免疫应答的场所。免疫器官重量的增加是由其自身细胞生长发育和分裂所致,重量增加表明机体的免疫机能提高;免疫器官萎缩重量减少时机体免疫状况变差。Rivas 等<sup>[6]</sup>报道,胸腺、法氏囊及脾的重量可用于评价动物的免疫状态。因此,从某种意义上说,免疫器官发育状态决定着禽类全身的免疫水平。寒冷应激和营养不良均能导致胸腺萎缩、重量下降,而添加核黄素能延缓寒冷应激和生理性胸腺萎缩,进而改善机体的免疫功能。Ben-Nathan 等<sup>[7]</sup>报道,低温可使胸腺和脾脏萎缩,王志跃等<sup>[8]</sup>报道,随饲料核黄素添加水平的升高,肉鸡胸腺指数、脾脏指数和法氏囊指数均逐渐升高。本研究结果显示,寒冷应激显著降低胸腺指数、脾脏指数,但对法氏囊指数没有影响;提高饲料核黄素添加水平三者均显著升高。低温下核黄素添加水平为 4 mg/kg 时能显著抑制胸腺和法氏囊发育,但对脾脏指数没有影响;而核黄素添加水平为 16、32 mg/kg 时能显著改善胸腺和法氏囊发育,核黄素添加水平为 16 mg/kg 时脾脏指数显著升高。胸腺是中枢性免疫器官,是免疫-内分泌器官与神经系统的联结物,对机体免疫(尤其是细胞免疫)有重要影响,萎缩后将直接影响细胞免疫功能,对体液免疫也有间接的影响。主要表现在产生淋巴细胞功能下降,胸腺激素的分泌量下降,体液免疫性下降,自身稳定功能下降。因此,无论是生理性还是病理性胸腺萎缩,均可影响机体的免疫功能。低温环境下胸腺等器官发育缓慢的原因可能是蛋鸭代谢增强,用于维持生长的能量相对减少,同时机体的内分泌机能改变,导致器官发育缓慢;补充核黄素,免疫器官的发育得到改善,可能是蛋鸭对养分吸收和利用增强,进而改善细胞增殖、加速蛋白质合成等。肝脏是非寒战产热的重要部位,肝脏重量指数升高,可提高非颤抖性产热的能力。本研究结果显示寒冷应激可显著提高育成蛋鸭肝脏指数,进而提高非颤抖性产热能力;寒冷应激下提高饲料核黄素添加水平能显著降低育成蛋鸭的肝脏

指数至适温低核黄素组水平,这与 Debski 等<sup>[9]</sup>的研究结果相一致。

### 3.3 低温环境和核黄素添加水平对后备蛋鸭抗氧化性能的影响

T-AOC 是用于衡量机体氧化系统功能状况的综合指标,反映了机体的抗氧化酶系统和非酶抗氧化防御系统对外来刺激的代偿性能力及机体自由基代谢的状况,是反映机体抗氧化功能的一个良好的指标。SOD 的主要作用为清除生物体内有氧化代谢的中间产物超氧阴离子,保护机体细胞免受损伤,其活力的高低间接反映了机体清除氧自由基的能力;CAT 主要清除细胞内过多的过氧化氢,其活性增加表明机体响应应激对清除产生的过氧化氢有很高的诱导能力;GR 是一种黄素酶,是谷胱甘肽(GSH)氧化还原循环必需的,该循环维持还原型 GSH 在适当水平;MDA 是脂质过氧化链式终止阶段产生的小分子产物,其含量可以间接反映自由基的产生情况和机体组织细胞的脂质过氧化程度。Kaushik 等<sup>[10]</sup>、杨芳<sup>[11]</sup>、陈鑫<sup>[12]</sup>、王金涛等<sup>[13]</sup>、王艳辉等<sup>[14]</sup>对寒冷应激或核黄素影响抗氧化酶活性和 MDA 浓度的报道不一,可能是存在组织和种属差异性。本试验条件下,寒冷应激对血清 T-AOC、GR 和 TSOD 活性及 MDA 浓度均没有显著影响,但显著升高了血清 CAT 活性。可能是因为育成蛋鸭冷适应能力较强,寒冷应激下机体抗氧化能力和脂质过氧化重新达到平衡,动物处于冷适应阶段;CAT 活性升高是对冷应激诱导的过氧化氢增多的阳性代偿反应。GR 活性依赖于核黄素的可利用度,与核黄素摄入量存在正相关( $r=0.68$ ),而核黄素对 GR 活性的刺激程度与核黄素摄入水平呈负相关<sup>[15]</sup>。本试验结果显示,低温条件下,随着饲料核黄素水平的升高,GR 活性增强,且由 4 mg/kg 升高到 16 mg/kg 时差异显著,而由 16 mg/kg 升高到 32 mg/kg 时没有差异;CAT 活性降低,且 4 mg/kg 组与 16 mg/kg 组差异显著,而 16 mg/kg 组与 32 mg/kg 组没有差异,这可能是核黄素抑制了过氧化氢形成的结果;同时 T-AOC 逐渐升高过适温组、MDA 浓度逐渐降低至适温组。

## 4 结 论

综合后备蛋鸭的免疫器官指数、抗氧化功能和生殖器官发育情况,可以看出,低温环境不利于

后备蛋鸭的生长和发育,适当提高饲粮核黄素添加水平可以在一定程度上缓解机体对寒冷刺激产生的应激效应。

#### 参考文献:

- [ 1 ] 李震钟. 家畜环境生理学[M]. 北京:中国农业出版社,1999.
- [ 2 ] MASSEY V. The chemical and biological versatility of riboflavin[J]. Biochemical Society Transactions, 2000, 28:283-296.
- [ 3 ] 王丹莉,张敏红,文杰,等. 日粮核黄素水平对热应激条件下肉仔鸡生产性能的影响[J]. 动物营养学报,2003,15(4):19-22.
- [ 4 ] 张宏福,张子仪. 动物营养参考数与饲养标准[M]. 北京:中国农业出版社,1998:184-195.
- [ 5 ] 杨焕民,李士泽,张丽萍,等. 核黄素对受冷大鼠增重、成活和有关激素的影响[J]. 营养学报,1998,20(3):281-284.
- [ 6 ] RIVAS A, FABRICANT J. Indication of immunodepression in chicken infected with various strain of Marek's disease virus[J]. Avian Disease, 1985, 32:1-8.
- [ 7 ] BEN-NATHAN D, FEUERSTEIN G. The influence of cold or isolation stress on resistance of mice to West Nile virus encephalitis[J]. Cellular and Molecular Life Science, 1990, 46(3):285-290.
- [ 8 ] 王志跃,汪张贵,龚道清,等. 日粮核黄素水平对新扬州仔鸡免疫器官发育及体液免疫的影响[J]. 动物营养学报,2005,17(3):21-24.
- [ 9 ] DEBSKI B, BERTRANDT J, KLOS A, et al. The Influence of folic acid, vitamins B<sub>2</sub> and B<sub>6</sub> supplementation on feed intake, body and organs weight, and liver fatty acids composition of rats subjected to 3 months moderate protein deprivation[J]. Journal Veterinary Medicine a Physiology Pathol Clinical Medicine, 2007, 54(2):57-61.
- [ 10 ] KAUSHIK S, JYOTDEEP K. Chronic cold exposure affects the antioxidant defense system in various rat tissues [J]. Clinica Chimica Acta, 2003, 333(1):69-77.
- [ 11 ] 杨芳. 补充铁、维生素 A 和 B<sub>2</sub> 对贫血孕妇抗氧化能力影响的研究[D]. 硕士学位论文. 青岛:青岛大学,2004:13-24.
- [ 12 ] 陈鑫. 低温和维生素 E 对笼养育成蛋鸭生长及生化指标的影响[D]. 硕士学位论文. 哈尔滨:东北农业大学,2007:15-20.
- [ 13 ] 王金涛,甘文平,徐世文. 冷应激对雏鸡下丘脑及血清抗氧化功能的影响[J]. 中国畜牧兽医,2007,34(9):8-11.
- [ 14 ] 王艳辉,王安,谢富. 维生素 B<sub>2</sub> 对笼养蛋雏鸭生长性能、内分泌及抗氧化能力的影响[J]. 动物营养学报,2009,21(1):31-35.
- [ 15 ] BEUTLER E. Effect of flavin compounds on glutathione reductase activity: *in vivo* and *in vitro* studies [J]. The Journal of Clinical Investigation, 1969, 48:1957-1966.

## Effects of Riboflavin Supplementation on Growth, Immune Organ and Antioxidant Function of Laying Ducks at Low Ambient Temperatures

REN Yanming LU Yan WANG An\*

(1. *Institute of Animal Nutrition, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China*; 2. *Heilongjiang Veterinary Medicine Feed Supervisory, Harbin 150009, China*)

**Abstract:** The experiment was conducted to study the effects of riboflavin supplementation on growth and development, immune organ and anti-oxidative ability of laying ducks at low ambient temperature. Two factors (temperature  $\times$  riboflavin) interactive experimental design was used in the experiment. The ambient temperatures were  $(2 \pm 1) ^\circ\text{C}$  and  $(18 \pm 1) ^\circ\text{C}$ , and supplemental levels of riboflavin in a basal diet were 4, 16 and 32 mg/kg, respectively. A total of 144 laying ducks (*Jinding* duck, female, 12 weeks old) were randomly allotted to 6 treatments with 6 replicates per treatment and each replicate comprised 4 ducks. The experiment lasted for 42 days. The results showed that ovary weight index and oviduct length index were significantly affected by the interaction between ambient temperature and riboflavin ( $P < 0.05$ ), however, the interaction between ambient temperature and riboflavin has no effect on the oviduct weight index ( $P > 0.05$ ). Immune organ indices were significantly affected by the interaction between ambient temperature and riboflavin ( $P < 0.05$ ). There were no significant differences in serum total antioxidant capacity, the activities of glutathione reductase and malondialdehyde concentration ( $P > 0.05$ ). However, catalase and total superoxide dismutase activity were significantly affected by the interaction between ambient temperature and riboflavin ( $P < 0.05$ ). In conclusion, low ambient temperature is not conducive to growth and development of laying ducks, and appropriately increasing dietary riboflavin level in diets can release cold stress response to a certain extent. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2011, 23(11):1912-1918]

**Key words:** cold stress; riboflavin; immune; anti-oxidation; laying ducks