

# 补铬对高温环境下猪的铬代谢、 生理生化反应和生产性能的影响\*

张敏红 张卫红 杜 荣 王丹莉 张子仪  
(中国农业科学院畜牧研究所, 北京 100094)

**摘 要** 根据窝别、体重将 16 头阉公猪随机分成对照组和补铬组, 每组 8 头, 试猪个体饲养在猪舍(25~ 34℃)的包塑代谢笼中, 补铬组日粮补加铬 300μg/kg 饲料(以吡啶羧酸铬形式), 研究补铬对高温环境中猪的铬代谢、生理生化反应和生产性能的影响, 得出: 1. 对照组猪的血浆铬含量随着高温时间的延长而不断下降( $P < 0.01$ ), 尿铬排出量与高温时间之间呈“先高后低”关系, 即在短期内, 高温增加尿铬排出量( $P < 0.05$ ), 随着高温处理时间延长, 尿铬排出量逐渐减少。补铬组猪的血浆 Cr 含量不因高温时间延长而显著下降, 尿铬排出量不因高温时间延长而显著下降。2. 给饲养于高温环境中的猪补铬, 可使猪血浆皮质醇不因高温应激而显著上升。3. 高温增加猪血浆尿素氮水平( $P < 0.01$ ), 降低血浆总蛋白和球蛋白水平( $P < 0.01$ ); 补铬使猪的血浆尿素氮水平不因高温应激而显著上升, 总蛋白水平不因高温应激而显著下降。4. 给饲养于高温环境中猪补充吡啶羧酸铬, 在前 2 周, 日增重、日采食量和饲料转化率没有显著影响( $P > 0.05$ ); 在后 2 周, 补铬提高猪的日采食量 10.2% ( $P > 0.05$ ), 提高猪的日增重 38.1% ( $P < 0.01$ ), 料重比下降 20.5% ( $P < 0.01$ )。

**关键词** 高温, 铬, 生理生化反应, 生产性能, 猪

铬是动物的必需元素, 其最重要的生理功能是作为葡萄糖耐量因子的活性成分与胰岛素发挥协同生理功能<sup>[1]</sup>而参与碳水化合物、脂类、蛋白质和核酸代谢<sup>[2]</sup>。

近来, 人们对铬在家畜抗应激中的作用颇感兴趣。Chang 和 Mowat (1992)、Moonsie-Shagger 和 Mowat (1993)、Mowat 等 (1993) 给受运输和上市应激的犊牛补充酵母铬或有机螯合铬, 可使犊牛の日增重和饲料转化率都显著提高<sup>[3~ 5]</sup>。我国南方每年有 3~ 6 个月的日平均气温在 30℃以上, 相对湿度高达 90%, 规模养殖场的猪只不可避免地要遭受持续高温的困扰, 导致猪只生产性能下降。张敏红等 (1998 年) 的研究表明, 饲养于持续日变高温环境中的猪, 血铬含量逐渐下降, 尿铬排出量增加, 血浆皮质醇、尿素氮含量升高<sup>[6]</sup>, 而迄今为止国内外尚未见补铬对饲养于高温环境中猪的铬代谢、生理生化反应和生产性能影响方面的报道, 故开展本研究, 为寻找抗热应激措施提供科学依据。

## 1 材料与方 法

**1.1 试验设计** 选 16 头三元杂交阉公猪(长×大枫), 体重 40kg 左右, 按窝别、体重随机分为两组, 每组 8 只。试猪个体饲养在猪舍的包塑代谢笼中, 预试期 7d, 饲喂基础日粮见表 1, 每日定时饲喂湿拌料, 上午 8:30~ 9:00, 下午 16:30~ 17:30, 其余时间自由饮水。预试期统计日采食量, 两组间无显著差异( $P > 0.05$ )。试验前称重, 两组始重无显著差异( $P > 0.05$ )。正式试

\* 本研究属国家自然科学基金资助项目(39470522)。

\*\* 收稿日期 1998-04-15。

验在6月6日至7月5日进行。全试验期猪舍的温度在25~34℃之间,湿度在70%~85%之间。正式试验开始时,第1组猪继续饲喂基础饲粮,作为对照,第二组猪的日粮中添加铬300μg/kg(以吡啶羧酸铬形式)。吡啶羧酸铬含铬12%,由本课题组合成。

表1 饲粮组成及营养水平

Table 1 Nutritive levels and composition of diet

原料 Ingredient	含量 Percent(%)	营养水平 Nutritive levels	
玉米 Corn	70.0	消化能 DE (MJ/kg)	13.18
小麦麸 Wheat bran	6.0	粗蛋白质 CP (%)	15.8
大豆粕 Soybean meal	21.0	钙 Ca (%)	0.70
磷酸钙 Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	1.5	磷 P (%)	0.61
石粉 Stone meal	0.2	赖氨酸 Lys (%)	0.81
食盐 Salt	0.3	蛋+胱 Met+ Cys (%)	0.53
维生素和微量元素预混料*	1.0	苏氨酸 Thr (%)	0.63
Premix		色氨酸 Trp (%)	0.20

Cr的测定值 Determined value: 441μg/kg。

\* 每公斤饲粮中提供 Premix provided the following (Per kg complete diet): VA 4 400IU; VD<sub>3</sub> 440IU; VE 111IU; VK 0.25mg; VB<sub>2</sub> 4.4mg; d-泛酸 d-pantothenic acid 22mg; 烟酸 niacin 22mg; VB<sub>12</sub> 22μg; 氯化胆碱 choline chloride 440mg; Zn 50mg; Fe 32.5 mg; Mn 30mg; Cu 5mg; I 1mg; Se 0.1mg。

1.2 取样和分析 统计每只猪每顿采食量,试验前、第14日、第28日在8:30饲喂前称每只猪体重。

在试验前、试验第10、20和28日上午,于饲喂前自每只猪的前腔静脉采血10ml左右,置于15ml含有肝素钠的塑料试管中,立即离心分离制血浆,血浆分成3份:一份用于测定葡萄糖、尿素氮、甘油三酯、总蛋白、白蛋白和球蛋白,制样后立即送检;一份用于测定血浆铬;一份用于测定皮质醇和胰岛素,后两份血浆保存于-20℃冰箱中待测。

血浆葡萄糖、尿素氮、甘油三酯、总蛋白、白蛋白、球蛋白的含量用Monarch1000型生化分析仪测定。胰岛素和皮质醇的含量分别采用北京北方免疫试剂研究所研制的胰岛素、皮质醇放射免疫试剂盒测定。

收取从适应期第7日7:30至试验期第一日7:30、从试验期第9日7:30至第10日7:30、从试验期第19日7:30至第20日7:30、从试验期第27日7:30至第28日7:30的尿样,统计记录每头猪每日的排尿量,每头猪取200ml尿样,装于250ml塑料瓶中,保存于-20℃冰箱中待测。按照张敏红等(1998年)的方法测定尿铬含量<sup>[6]</sup>。

1.3 统计分析 调用SAS程序包的GLM过程,用双因素方差分析确定补铬水平和高温处理时间对血浆铬、胰岛素、皮质醇、葡萄糖、尿素氮、甘油三酯、总蛋白、白蛋白、球蛋白含量和尿铬排出量的影响,不同处理平均数的比较用SNK检验。用单因素方差分析确定不同补铬水平对猪日增重和饲料转化率的影响。

## 2 结果

### 2.1 猪血浆中铬含量和尿铬排出量的变化

猪血浆铬含量的变化结果见表2。I组(对照组)猪随着高温时间延长,猪血浆铬含量不

断下降( $P < 0.01$ ), 试验第 10 日的血浆铬含量显著低于试验前( $P < 0.05$ ), 此后仍不断下降, 在试验第 28 日血浆铬含量又显著低于试验第 10 日( $P < 0.05$ )。而 II 组(补铬组)猪的血浆铬含量在整个试验期间无明显变化( $P > 0.05$ )。在试验前, I、II 两组猪的血浆铬含量没有明显差异( $P > 0.05$ ), 在试验第 10、20 和 28 日, II 组猪的血浆铬含量都显著高于 I 组( $P < 0.01$ )。这些结果表明, 给高温环境中猪补充 Cr 300 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 可以防止由高温应激引起的血浆铬含量的明显下降。

表 2 日粮补铬对高温环境中猪的血浆铬含量的影响  
Table 2 Effects of supplemental chromium on plasma Cr contents of pigs ng/ml

补 Cr ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	血浆铬含量 Plasma Cr content				显著性 Significance
	0d	10d	20d	28d	
0	1.10 $\pm$ 0.078 <sup>a</sup>	0.96 $\pm$ 0.067 <sup>b</sup>	0.88 $\pm$ 0.071 <sup>bc</sup>	0.84 $\pm$ 0.064 <sup>c</sup>	< 0.01
300	1.14 $\pm$ 0.085	1.16 $\pm$ 0.081	1.08 $\pm$ 0.064	1.04 $\pm$ 0.074	ns
Pr	ns	< 0.01	< 0.01	< 0.01	

注: 表中同一行数值标以相同字母者表示差异不显著( $P > 0.05$ ), 标以不同字母者表示差异显著( $P < 0.05$ )。8 个结果的平均值 $\pm$ 标准误。

Values within row with the same superscripts weren't different significantly( $P > 0.05$ ), those with different superscripts differ significantly( $P < 0.05$ ). Mean of eight results  $\pm$  standard error.

给饲养于高温环境中猪补充铬, 尿铬的排出量发生明显变化, 见表 3。对照组猪在高温的第 10 日, 日尿铬排出量显著增加( $P < 0.05$ ), 尔后逐渐下降, 在高温第 20 日, 日尿铬排出量降到试验前水平( $P > 0.05$ ), 至高温的第 28 日, 日尿铬排出量显著低于试验前( $P < 0.05$ ), 这说明在高温初期尿铬排出量增加, 然后逐渐下降。而补铬组猪的尿铬排出量在高温处理第 10、20 和 28 日仍能维持在试验前水平以上。在高温第 10、20 日猪的尿铬排出量显著高于试验前, 在高温 28 日猪的尿铬排出量又显著高于高温第 10 和 20 日( $P < 0.05$ )。在试验前, I、II 两组猪的尿铬排出量没有显著差异, 在高温第 10 日, I、II 两组猪的尿铬排出量也没有显著差异( $P > 0.05$ ), 在高温第 20 和 28 日, II 组猪的尿铬排出量都极显著高于 I 组( $P < 0.001$ ), 这说明补铬增加猪在高温后期的尿铬排出量。

表 3 日粮补铬对高温环境中猪的尿铬排出量的影响  
Table 3 Effects of supplemental Cr on urinary Cr excretion of pigs  $\mu\text{g}/\text{d}$

补 Cr ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	尿铬排出量 Urinary Cr excretion				显著性 Significance
	0d	10d	20d	28d	
0	0.20 $\pm$ 0.011 <sup>b</sup>	0.30 $\pm$ 0.015 <sup>a</sup>	0.23 $\pm$ 0.016 <sup>b</sup>	0.13 $\pm$ 0.012 <sup>c</sup>	< 0.001
300	0.23 $\pm$ 0.017 <sup>c</sup>	0.31 $\pm$ 0.015 <sup>b</sup>	0.35 $\pm$ 0.018 <sup>b</sup>	0.42 $\pm$ 0.023 <sup>a</sup>	< 0.001
Pr	> 0.05	> 0.05	< 0.001	< 0.001	

同表 2。The same as table 2.

## 2.2 猪血浆中皮质醇和胰岛素含量的变化

日粮补铬对高温环境中猪血浆皮质醇含量的影响见表 4。在全试验期, 对照组猪在高温环境下血浆皮质醇含量发生显著变化( $P < 0.01$ ), 在高温第 10 日, 血浆皮质醇含量显著升高

( $P < 0.05$ ), 然后逐渐下降, 在试验第 20 和 28 日血浆皮质醇含量维持在试验前相同的水平上; 而补铬组猪在高温环境下血浆皮质醇含量没有发生显著变化( $P > 0.05$ )。在试验前, I、II 两组猪的血浆皮质醇含量没有显著差异( $P > 0.05$ ), 在高温第 10 日, II 组猪的血浆皮质醇浓度显著低于 I 组( $P < 0.05$ ), 而在高温第 28 日, II 组猪的血浆皮质醇浓度显著高于 I 组( $P < 0.01$ )。综合这些结果表明, 给饲养于高温环境中的猪补充吡啶羧酸铬, 使血浆皮质醇浓度维持在试验前水平。

表 4 日粮补铬对高温环境中猪血浆皮质醇含量的影响  
Table 4 Effects of supplemental Cr on plasma cortisol level of pigs ng/ml

补 Cr ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	血浆皮质醇含量 Plasma cortisol level				显著性 Significance
	0d	10d	20d	28d	
0	$12.3 \pm 1.11^b$	$16.5 \pm 1.01^a$	$11.9 \pm 0.97^b$	$9.7 \pm 0.63^b$	$< 0.01$
300	$13.4 \pm 0.99$	$13.8 \pm 0.86$	$12.7 \pm 0.84$	$13.1 \pm 0.90$	ns
Pr	ns	$< 0.05$	ns	$< 0.01$	

同表 2。The same as table 2.

从表 5 可见, I、II 两组猪在全试验期血浆胰岛素含量没有发生显著变化, 说明高温不影响猪血浆胰岛素浓度, 给处在高温环境中猪补铬也不影响血浆胰岛素浓度。

表 5 日粮补铬对高温环境中猪血浆胰岛素含量的影响  
Table 5 Effects of supplemental Cr on plasma insulin level of pigs  $\mu\text{IU}/\text{ml}$

补 Cr ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	血浆胰岛素含量 Plasma insulin level				显著性 Significance
	0d	10d	20d	28d	
0	$8.9 \pm 0.79$	$9.3 \pm 0.72$	$9.6 \pm 0.71$	$9.8 \pm 0.82$	ns
300	$9.4 \pm 0.88$	$9.0 \pm 1.10$	$10.1 \pm 1.03$	$9.3 \pm 0.90$	ns
Pr	ns	ns	ns	ns	

同表 2。The same as table 2.

### 2.3 猪血浆代谢产物的含量

从表 6 可见, I、II 两组猪在全试验期血浆葡萄糖和白蛋白含量都没有发生显著变化( $P > 0.05$ ), 这说明持续高温不影响猪血浆葡萄糖、白蛋白含量, 给处在高温环境中猪补铬也不影响血浆葡萄糖和白蛋白含量。

随着高温时间延长, 对照组猪的血浆甘油三酯含量发生极显著变化( $P < 0.01$ ), 在高温第 10、20 日, 猪血浆甘油三酯含量尽管有升高趋势, 但与试验前无明显差异( $P > 0.05$ ), 至高温第 28 日, 猪血浆甘油三酯含量明显高于试验前( $P < 0.05$ ); 而补铬组猪的血浆甘油三酯含量在整个试验期没有发生显著变化( $P > 0.05$ )。在试验前和高温第 10 日, I、II 两组猪的血浆甘油三酯含量没有显著差异( $P > 0.05$ ), 在高温第 20 日和 28 日, I 组猪的血浆甘油三酯含量都高于 II 组( $P < 0.05$  或  $0.01$ )。这说明随着高温时间的延长, 猪血浆甘油三酯含量升高; 给处在高温环境中的猪补铬, 可使血浆甘油三酯含量不因高温应激而发生显著变化。

猪血浆尿素氮含量在高温时发生变化(见表 6)。在高温第 10 日、20 日和 28 日, 对照组的尿素氮含量都显著高于试验前( $P < 0.05$ ); 而补铬组的尿素氮含量在整个试验期都不发生

变化( $P > 0.05$ )。在试验前、试验第 10 和 20 日, I、II 两组猪的尿素氮含量都没有差异( $P > 0.05$ ), 而在试验第 28 日, II 组猪的尿素氮含量明显低于 I 组( $P < 0.05$ )。这说明, 持续高温使猪血浆尿素氮含量升高; 给高温环境中的猪补铬, 可使血浆尿素氮含量不因高温应激而发生显著变化。

在高温时, 猪血浆总蛋白和球蛋白含量发生变化(见表 6)。随着高温时间延长, 对照组猪的血浆总蛋白和球蛋白含量都极显著下降( $P < 0.01$ ), 在高温第 10 日猪血浆总蛋白和球蛋白含量与试验前都无明显不同( $P > 0.05$ ), 在高温第 20 日和 28 日, 猪血浆总蛋白和球蛋白含量都分别显著低于试验前( $P < 0.05$ ); 而补铬组猪的血浆总蛋白和球蛋白含量尽管都有下降趋势, 但差异不显著( $P > 0.05$ )。而且在试验前、试验第 10、20 和 28 日, I、II 两组猪的血浆总蛋

表 6 日粮补铬对在高温环境中猪血浆代谢产物含量的影响  
Table 6 Effects of supplemental Cr on plasma metabolite levels of pigs

补 Cr ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	试验日数 Experimental period(d)				显著性 Pr
	0	10	20	28	
	葡萄糖 Glucose (mmol/L)				
0	6.16 $\pm$ 0.21	6.38 $\pm$ 0.22	6.59 $\pm$ 0.18	6.49 $\pm$ 0.23	ns
300	6.15 $\pm$ 0.19	6.54 $\pm$ 0.25	6.34 $\pm$ 0.16	6.66 $\pm$ 0.29	ns
Pr	ns	ns	ns	ns	
	尿素氮 Urea N (mmol/L)				
0	6.58 $\pm$ 0.20 <sup>b</sup>	7.06 $\pm$ 0.18 <sup>a</sup>	7.28 $\pm$ 0.15 <sup>a</sup>	7.40 $\pm$ 0.13 <sup>a</sup>	< 0.01
300	6.39 $\pm$ 0.22	6.68 $\pm$ 0.17	6.71 $\pm$ 0.17	6.58 $\pm$ 0.18	ns
Pr	ns	ns	ns	< 0.05	
	甘油三酯 Triglyceride (mmol/L)				
0	0.62 $\pm$ 0.028 <sup>b</sup>	0.64 $\pm$ 0.021 <sup>b</sup>	0.69 $\pm$ 0.011 <sup>ab</sup>	0.74 $\pm$ 0.017 <sup>a</sup>	< 0.01
300	0.65 $\pm$ 0.023	0.65 $\pm$ 0.015	0.63 $\pm$ 0.024	0.65 $\pm$ 0.019	ns
Pr	ns	ns	< 0.05	< 0.01	
	总蛋白 Total protein (g/L)				
0	74.1 $\pm$ 1.91 <sup>a</sup>	73.1 $\pm$ 1.80 <sup>a</sup>	69.1 $\pm$ 1.24 <sup>b</sup>	68.8 $\pm$ 1.06 <sup>b</sup>	< 0.01
300	74.5 $\pm$ 1.84	72.9 $\pm$ 1.87	72.9 $\pm$ 1.80	71.9 $\pm$ 1.59	ns
Pr	ns	ns	ns	ns	
	白蛋白 Albumin (g/L)				
0	34.5 $\pm$ 1.06	34.0 $\pm$ 0.92	32.4 $\pm$ 0.64	32.0 $\pm$ 0.60	ns
300	34.3 $\pm$ 0.99	33.9 $\pm$ 0.78	33.5 $\pm$ 0.71	33.0 $\pm$ 0.74	ns
Pr	ns	ns	ns	ns	
	球蛋白 Globulin (g/L)				
0	39.6 $\pm$ 0.95 <sup>a</sup>	39.1 $\pm$ 0.95 <sup>a</sup>	36.8 $\pm$ 0.71 <sup>b</sup>	36.8 $\pm$ 0.57 <sup>b</sup>	< 0.01
300	40.3 $\pm$ 0.99	39.0 $\pm$ 1.17	39.4 $\pm$ 1.13	38.9 $\pm$ 0.92	ns
Pr	ns	ns	ns	ns	

同表 2。The same as table 2.

白和球蛋白含量都没有显著差异( $P > 0.05$ )。这说明, 高温可使猪血浆总蛋白和球蛋白含量显著降低; 给处在高温环境中的猪补铬, 可缓和猪血浆总蛋白和球蛋白含量的下降。

## 2.4 猪的生产性能

I 组和 II 组猪的生产性能变化情况列于表 7。前 2 周, I 组和 II 组的日增重、日采食量和料重比都无显著差异 ( $P > 0.05$ )。后 2 周, 补铬组与对照组相比日采食量提高 10.2%, 但不显著, 日增重提高 38.1% ( $P < 0.01$ ), 料重比下降 20.5% ( $P < 0.01$ ), 说明补铬提高了饲料转化率。在整个试验期, 补铬组提高日采食量 3.9% ( $P > 0.05$ ), 日增重提高 16.7% ( $P < 0.05$ ), 料重比下降 12.2% ( $P < 0.05$ )。

表 7 补铬对在高温环境下猪的生产性能的影响  
Table 7 Effects of supplemental Cr on production performance of pigs exposed to high temperature

指 标 Parameter	I 组(对照组) Control	II 组(补铬组) + Cr	显著性 Significance
日增重 Average daily gain(g)			
1~ 14d	388 ±34	385 ±14	> 0.05
15~ 28d	318 ±8	439 ±12	< 0.01
1~ 28d	353 ±17	412 ±12	< 0.05
日采食量 Daily feed intake(kg)			
1~ 14d	1.54 ±0.072	1.52 ±0.088	> 0.05
15~ 28d	1.47 ±0.13	1.62 ±0.11	> 0.05
1~ 28d	1.51 ±0.095	1.57 ±0.088	> 0.05
料重比 Feed/ Gain			
1~ 14d	(4.08 ±0.24): 1	(3.96 ±0.21): 1	> 0.05
15~ 28d	(4.63 ±0.16): 1	(3.68 ±0.15): 1	< 0.01
1~ 28d	(4.33 ±0.32): 1	(3.80 ±0.16): 1	< 0.05

## 3 讨 论

本试验中, 给饲养于高温环境中猪补充吡啶羧酸铬, 在前 2 周, 日增重、日采食量和饲料转化率都没有显著影响; 在后 2 周, 补铬提高日采食量 10.2% ( $P > 0.05$ ), 提高日增重 38.1% ( $P < 0.01$ ), 料重比下降 20.5% ( $P < 0.01$ ), 这说明铬在缓解热应激、提高生产性能方面需要一个过程。

对照组猪的血铬含量不断下降, 在高温第 10 日尿铬排出量显著增加, 这一结果与张敏红等(1998 年)的试验结果相似<sup>[6]</sup>; 但随着高温时间的延长, 尿铬排出量逐渐减少, 至高温第 28 日, 猪的尿铬排出量显著低于高温第 20 日和试验前; 而补铬组猪血浆铬含量和尿铬排出量都未因高温应激而显著下降。Doisy 等(1971)认为, 铬一旦从铬代谢库中动员出来参与代谢, 就不能被肾脏重吸收而从尿中迅速排出<sup>[7]</sup>, 因此这很可能是, 随着高温持续日数的增多, 猪不断从铬代谢库中动员铬参与代谢并最终从尿中排出, 在日粮不补铬的情况下, 猪铬库中的铬逐渐减少, 此时表现为机体铬的不足, 机体产生自我调节机制使尿中铬排出量减少, 同时血铬含量下降。

从本试验中发现, 对照组猪在高温第 10 日血浆皮质醇显著升高, 而补铬使猪的皮质醇浓度不因高温应激而上升。Munck 等(1984)认为, 糖皮质类激素是生长抑制性类固醇激素, 抑

制免疫功能<sup>[8]</sup>。因此补铬组猪生产性能的改善可部分归因于补铬使猪的皮质醇含量不因高温应激而上升。

在本试验中, 对照组猪血浆尿素氮含量显著升高、血浆总蛋白含量显著下降, 补铬组猪血浆尿素氮含量、总蛋白含量未因高温应激而发生显著变化。前已述及, 补铬使猪的皮质醇浓度不因高温应激而上升, 从而使补铬组的猪不因皮质醇浓度升高而促进蛋白质分解和糖原异生。补铬使猪的蛋白质分解和糖原异生作用不因高温应激而显著加强, 很可能是补铬提高受高温应激猪生产性能的原因之一。

本试验得出, 持续日变高温 2 周内猪血浆甘油三酯含量没有显著变化, 而在第 28 日, 猪血浆甘油三酯含量显著升高 ( $P < 0.05$ ), 这一结果与 Christon(1988)<sup>[10]</sup>的结果相一致。同时还发现补铬使猪的甘油三酯含量不因高温应激而升高。

综上所述, 持续日变高温(25~34℃, 28 日)因在初期促进释放皮质醇, 而使蛋白质分解和糖原异生作用加强, 表现为血浆尿素氮水平升高、总蛋白含量下降。糖代谢加强导致动员组织中铬参与反应而从尿中排出。随着高温时间延长, 机体中的铬逐渐减少, 表现为血铬水平下降, 尿中铬排出量减少。若此时不给机体补充铬, 机体就表现出铬不足的危害。在本试验中得出, 给在高温环境中的猪补铬, 可使猪的血浆皮质醇浓度不因高温应激而上升, 使猪的尿素氮水平不因高温应激而显著上升, 使猪的血浆总蛋白不因高温应激而显著下降, 从而起到了缓解高温应激作用。同时, 补铬使猪血浆铬浓度不因高温应激而下降, 尿铬排出量不表现出“先后低”的现象, 弥补了机体每日因高温应激而动员参与代谢的铬量, 使机体铬量充足。这是补铬提高饲养于高温环境中猪生产性能的主要原因。

## 参 考 文 献

- 1 Anderson R A, Chromium. In: Trace Elements in Human and Animal Nutrition. 5th Ed., Vol 1. W. Mertz(Ed.) Academic Press Inc., New York. 1987. 225
- 2 Nielson F H. Chromium. In: Shils M E, Olson J A. and Shike M (Eds). Modern Nutrition in Health and Disease. 8th Ed. Lea and Febiger, Philadelphia, PA. 1994. 113
- 3 Chang Z, Mowat D N. Supplemental chromium for stressed and growing feeder calves. J Anim Sci, 1992, 70: 559
- 4 Moonsie-shageer S, Mowat D N. Levels of supplemental chromium on performance, serum constituents and immune status of stressed feeder calves. J Anim Sci, 1993, 71: 232
- 5 Mowat D N, Chang X, Yang W Z. Chelated chromium for stressed feeder calves. Can J Anim Sci, 1993, 73: 49
- 6 张敏红, 张卫红, 等. 持续日变高温对猪的铬代谢及血液生化指标的影响. 畜牧兽医学报, 1998, 29: (2), 112~120
- 7 Doisy R J, et al. Metabolism of chromium<sup>51</sup> in human subjects. In: Mertz W. and Cornatzer W E. (eds) Newer Trace Elements in Nutrition. Marcel Dekker, New York. 1971. 155
- 8 Munck A, Guyre P, Holbrook N. Physiological function of glucocorticoids in stress and their relation to pharmacological function of glucocorticoids in stress and their relation to pharmacological actions. Endocr Rev, 1984, 5: 25
- 9 Bunting L D, Fernandez J M, Thompson Jr. D L. and Southern L L. Influence of chromium picolinate on glucose usage and metabolic criteria in growing holstein calves. J Anim Sci, 1994, 72: 1591~1599
- 10 Christon R. The effect of tropical ambient temperature on growth and metabolism in pigs. J Anim Sci, 1988, 66:

3112~ 3123

**EFFECTS OF SUPPLEMENTAL CHROMIUM ON CHROMIUM  
METABOLISM, PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL RESPONSES AND  
PERFORMANCE IN PIGS EXPOSED TO HEAT EXPOSURE**

Zhang Minhong, Zhang Weihong, Du Rong, Wang Danli, Zhang Ziyi  
(*Institute of Animal Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100094*)

**Abstract**

Sixteen crossbred barrow pigs were randomly assigned to the control group (CON) and the Cr-supplemented group (+ Cr). The Cr-supplemented level was 300 $\mu$ g/kg diet Cr (Chromium picolinate). The pigs were individually penned in plastic coated metabolism crates in pig house in summer (25~ 34 °C, 70% ~ 85% RH) for four weeks.

Plasma Cr levels (CON) decreased gradually and 24-h urinary excretion of Cr increased firstly, then decreased within heat exposure of 28 days. These indicated that Cr contents of body store decreased gradually. But plasma Cr levels and 24-h urinary excretion of Cr(+ Cr) hadn't a significant decrement due to heat exposure. These results showed that Cr addition to diet at 300 $\mu$ g Cr/kg diet level could make up a Cr loss due to heat exposure.

Plasma cortisol levels in pigs (+ Cr) had not a significant increase due to heat exposure.

Plasma insulin, glucose levels weren't altered by high temperature treatment and supplemental Cr ( $P > 0.05$ ).

Plasma urea N contents of pigs (CON) increased ( $P < 0.01$ ) and total protein, globulin levels decreased ( $P < 0.01$ ). However, plasma urea N levels of pigs (+ Cr) didn't increased and total protein level didn't decreased significantly. These results indicated that supplemental Cr alleviate the detrimental effect of heat stress.

Plasma triglyceride concentrations increased ( $P < 0.05$ ) due to long heat exposure. Supplemental Cr prevented an increase of plasma triglyceride level from long heat exposure.

Average daily gain, ADFI, gain/feed were not affected by supplemental Cr in the first 2 weeks. However, average daily gain, feed/gain were increased ( $P < 0.01$ ) by supplemental Cr, but ADFI was not altered in the last 2 weeks ( $P < 0.05$ ).

**Key words** High temperature, Chromium, Physiological and biochemical response, Performance, Pig