

# 环境温度、湿度等因素对家禽体温调节的影响及评估模型

常 玉 冯京海\* 张敏红

(中国农业科学院北京畜牧兽医研究所,北京 100193)

**摘 要:** 温热环境是影响家禽福利、健康以及生产性能的重要因素。家禽属恒温动物,当环境温度、湿度等因素改变时,可通过调节自身产热和散热维持体温恒定,因此家禽体温调节的变化是反映温热环境舒适程度的重要指标。本文针对环境温度、湿度、风速对家禽产热量、采食量、蒸发散热量、呼吸频率、皮肤温度、深层体温等体温调节指标的影响进行了总结和分析,为今后研究、建立家禽舒适环境模型,科学调控家禽舍内温热环境提供参考。

**关键词:** 环境温度;湿度;家禽;体温调节;温湿指数

**中图分类号:** S815

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-267X(2015)05-1341-07

品种、饲料、疫病和环境是制约家禽生产的四大技术要素<sup>[1]</sup>。优良品种遗传潜力的发挥、饲料的转化效率以及疫病的发生都与家禽所处的环境密切相关。在诸多环境因素中,温热环境是影响家禽的一个重要方面。温热环境通常包括温度、湿度、风速、辐射和降雨等气象因子,在密闭鸡舍中辐射和降雨可以忽略不计,主要是温度、湿度和风速的共同影响。家禽是恒温动物,在温热环境发生变化时,会通过调节产热和散热来维持体温恒定,因此体温调节的变化是家禽反映温热环境舒适程度的重要指标。总结、分析不同温热环境下家禽体温调节的变化规律,可为今后研究、建立家禽舒适环境模型,科学调控家禽舍内温热环境提供参考。

## 1 家禽的产热和散热

动物的体温调节中枢位于下丘脑,破坏下丘脑前腹侧会引起机体体温过高<sup>[2]</sup>。当外周温度感受器受到温度变化刺激时,会将信号传递到下丘脑,进而调节产热和散热。家禽产热主要包括饲

料消化产热、肌肉活动产热、基础代谢产热和生产过程产热 4 个来源<sup>[1]</sup>,规模化养殖模式下家禽肌肉活动产热的变化很小(热喘息是个例外),主要通过下丘脑调控肾上腺、甲状腺、性腺等内分泌系统<sup>[3]</sup>,改变饲料的摄入及营养物质的代谢,调控产热量<sup>[4]</sup>。因此采食量的变化可以间接反映家禽产热量的变化,或使用呼吸舱直接测定家禽产热量的变化。家禽的散热分为可感散热和蒸发散热,通过改变皮肤血流量,影响皮肤温度是调控可感散热的主要方式,因此一般用皮肤温度反映可感散热的变化,研究发现肉鸡无羽区的皮肤温度与环境温度之间的相关系数达到 0.8<sup>[5]</sup>。蒸发散热分为皮肤和呼吸蒸发,家禽虽然没有汗腺,但 Richards<sup>[6]</sup>发现在低温环境下皮肤蒸发量占到全身蒸发量的 78%,而在高温环境下(40℃)呼吸蒸发量可占到全身蒸发量的 75%。Wolf 等<sup>[7]</sup>在黄头小山雀的研究中也得到相同结果。因此呼吸频率的变化可以间接反映家禽蒸发散热量的变化,或使用呼吸舱直接测定家禽蒸发散热量的变化。

收稿日期:2014-12-26

基金项目:国家“十二五”科技支撑课题(2012BAD39B02);中国农业科学院科技创新工程(ASTIP-IAS07)

作者简介:常 玉(1992—),女,河南洛阳人,硕士研究生,从事家禽环境与营养研究,E-mail: aa2013qingian@126.com

\* 通信作者:冯京海,副研究员,硕士生导师,E-mail: fjh6289@126.com

## 2 环境温度对家禽体温调节的影响

### 2.1 对家禽产热及采食量的影响

家禽可以通过调节采食量来改变产热量<sup>[8]</sup>,环境温度低时家禽通过提高采食量增加产热量以维持体温恒定。Collin 等<sup>[9]</sup>报道了对于 7 日龄的肉鸡,在冷应激条件下(20 ℃)的采食量要显著高于在热中性区(31 ℃)时的采食量。同样,Yahav<sup>[10]</sup>研究发现,4 周龄火鸡在 15 ℃条件下的采食量显著高于 25 ℃条件下的采食量。环境温度高时家禽减少采食量以降低产热量。Payne<sup>[11]</sup>发现在 21~30 ℃内,环境温度每升高 1 ℃,日均采食量平均下降 1.5%。但采食量的下降并非呈线性变化,Donkoh<sup>[12]</sup>发现 20~25 ℃时,肉鸡日均采食量变化不显著,而环境温度继续上升达到 30 ℃后,日均采食量下降了 2.8 g。Peguri 等<sup>[13]</sup>发现从 22 ℃升高到 27.8 ℃时,蛋鸡日均采食量下降了 4 g,而当环境温度从 27.8 ℃上升到 31.1 ℃时,采食量下降了 10 g,表明当环境温度超过等热区后,家禽采食量的下降呈曲线形式。在环境温度高于 22.4 ℃时<sup>[14]</sup>或在 26.5~32 ℃内<sup>[15]</sup>,蛋鸡代谢能日均摄入量同样随环境温度升高而呈现加速下降的曲线形式。

Li 等<sup>[8]</sup>、Valencia 等<sup>[16]</sup>使用呼吸舱测定蛋鸡的产热量,发现环境温度升高时,蛋鸡的产热量显著降低。但环境温度对蛋鸡产热量的影响并非呈线性,Marsden 等<sup>[17]</sup>汇总了数十项研究的数据,发现在 10~34 ℃内,蛋鸡产热量随环境温度呈三次曲线形式变化,其中白来航蛋鸡在 10~32.5 ℃内,产热量呈缓慢下降状态,当环境温度高于 32.5 ℃时,产热量迅速上升。该研究的产热量是用摄入的代谢能减去产蛋和体增重所储存的能量推算出的,并非实际测定的结果。Yunianto 等<sup>[18]</sup>采用呼吸舱研究了环境温度对肉鸡产热量的影响,同样发现在 16~34 ℃内,肉鸡产热量随温度呈曲线形式变化,其中在 16~28 ℃时产热量随温度升高明显下降,在 28~31 ℃轻微变化且差异不显著,超过 31 ℃后产热量急剧上升。Wolf 等<sup>[7]</sup>在黄头小山雀上也得到了一致的规律。上述 2 项研究是在相同采食量和禁食条件下开展的,因此研究发现环境温度超过适温区后产热量下降不明显,可能是由于无法通过调控采食量减少产热量所致,而当环境温度升高到一定程度其产热量急剧升高,推

测此时通过减少产热、增加可感散热已无法维持体温恒定,只能通过热喘息来加大蒸发散热,而热喘息时肌肉运动会产生大量热量,导致产热量增加,但增加的产热量可能远小于增加的蒸发散热量。

### 2.2 对家禽散热的影响

#### 2.2.1 皮肤温度

De Souza 等<sup>[19]</sup>发现环境温度从 24 ℃上升到 31 ℃时,蛋鸡腿部温度升高了 3 ℃。环境温度对家禽皮温的影响并非呈线性,林海<sup>[20]</sup>研究发现,当环境温度从 20 ℃上升到 25 ℃时,肉鸡平均皮温升高了 3 ℃,而当环境温度从 25 ℃上升到 30 ℃时,肉鸡平均皮温仅上升了 0.5 ℃,推测在热中性区附近时,肉鸡以可感散热为主,而当环境温度继续升高,升高皮温散热的作用越来越小,逐渐过渡到以蒸发散热为主。

#### 2.2.2 蒸发散热量和呼吸频率

Tzschentke 等<sup>[21]</sup>通过测定进出呼吸舱气体中水蒸气含量的变化,研究环境温度对蛋鸡蒸发散热量的影响,发现在 5~25 ℃内白来航蛋鸡蒸发散热量增加不明显,而当环境温度超过 25 ℃后,蛋鸡蒸发散热量急剧升高,表明环境温度超过 25 ℃以后,蛋鸡逐渐以蒸发散热为主。Wolf 等<sup>[7]</sup>采用同样方法测得黄头小山雀的蒸发散热量,发现在环境温度为 30~36 ℃时,小山雀的蒸发散热量增长缓慢,而超过 36 ℃后急剧上升。

呼吸频率可以反映家禽呼吸蒸发散热量的变化。高温时蛋鸡<sup>[22-23]</sup>、北京鸭<sup>[24]</sup>呼吸频率均升高。但环境温度对家禽呼吸频率的影响规律研究较少。Calder 等<sup>[25]</sup>发现,在 30~33 ℃内鸽子的呼吸频率变化不明显,在 33~37 ℃阶段开始升高,而超过 37 ℃后出现急剧升高,这与环境温度对蒸发散热量的影响规律相一致。

### 2.3 对家禽深层体温的影响

家禽属恒温动物,但当机体产热和散热失衡时将导致深层体温改变。Tzschentke 等<sup>[21]</sup>研究发现,在 20~30 ℃内白来航蛋鸡的直肠温度变化不显著,超过 30 ℃直肠温度急剧上升。Richards<sup>[26]</sup>发现在 20~30 ℃时,肉鸡直肠温度变化不显著,超过 30 ℃后,直肠温度急剧上升。林海<sup>[20]</sup>和 Donkoh<sup>[12]</sup>也有类似发现。与皮温和蒸发散热量的变化规律相比,家禽深层体温剧烈变化的温度点可能略高,这表明只有当家禽产热和散热失衡

时深层体温才迅速改变。

### 3 环境湿度对家禽体温调节的影响

环境湿度对家禽的影响与温度有关。低温环境下潮湿空气的导热性强,可能会增加家禽的可感散热,但这方面研究较少。Prince等<sup>[27]</sup>研究发现在12.6℃时,52%~90%的湿度对肉鸡的体增重和饲料转化效率均无显著影响。在适温环境下湿度对家禽体温调节的影响不显著。Yahav等<sup>[28]</sup>研究发现,28℃时环境湿度对肉鸡体温和皮温均无显著影响。林海<sup>[20]</sup>同样发现,在低于25℃的条件下环境湿度对肉鸡皮温的影响并不显著。Milligan等<sup>[29]</sup>发现21℃时湿度对肉鸡的体重没有显著影响。而高温环境下湿度对家禽体温调节具有明显的影响。高温时家禽以蒸发散热为主,较高的空气湿度会抑制蒸发散热,升高直肠温度和皮温。Lin等<sup>[30]</sup>研究发现,35℃时高湿(85% VS 60%)显著提高肉鸡的直肠温度以及背部和腹部皮温,Yahav等<sup>[31]</sup>也得到相似的结果。其他研究也发现,高温环境下高湿导致家禽生产性能快速下降<sup>[32-33]</sup>。然而高温环境下低湿虽然有利于家禽的蒸发散热,但是湿度过低时易造成家禽脱水,影响家禽的生长和健康<sup>[34]</sup>。

### 4 风速对家禽体温调节的影响

高温条件下,适宜的风速可促进家禽蒸发散热和对流散热,以维持体温恒定。Ruzal等<sup>[35]</sup>研究发现,在35℃条件下,2.0 m/s的风速与0.2 m/s相比,蛋鸡的采食量有显著的增加。Tzschentke等<sup>[21]</sup>研究了不同风速和环境温度对蛋鸡产热量的影响,发现提高风速使蛋鸡对环境高温的适应性逐渐提高。但是过高的风速可能会对家禽造成不良影响,Yahav等<sup>[36]</sup>研究发现1.5 m/s的风速可以显著增加35℃条件下肉鸡的采食量,而3 m/s的风速却显著降低了肉鸡的采食量。Yahav等<sup>[37]</sup>还发现2.0 m/s的风速可以有效降低35℃条件下肉鸡的体温,而超出这一风速,肉鸡的体温又会增加,而导致这一现象的原因尚不清楚。

### 5 环境温度、湿度等因素对家禽的综合影响及评价模型

环境温度、湿度以及风速共同影响家禽体温

调节以及生产性能。1927年Yaglou<sup>[38]</sup>提出了人的有效温度(effective temperature, ET)的概念。它是以人的主观温热感觉为基础,将不同温热环境(气温、气湿以及气流)共同作用于人体产生与湿度100%、风速为0相同的感觉时的空气温度定义为该温热环境下的ET。其后ET的运用逐渐扩展到畜禽上,因为动物无法直接表达感觉,因此在研究过程中选取最能表达动物舒适程度的指标建立了相应的评估模型,逐渐发展、衍生出温湿指数(temperature-humidity index, THI)模型<sup>[39-43]</sup>、实感温度模型<sup>[20]</sup>、风冷指数模型<sup>[44]</sup>、黑球湿度指数模型<sup>[45]</sup>、热负荷指数模型<sup>[46]</sup>、等温指数<sup>[47]</sup>等。由于THI使用起来较为方便,测量后计算简单,因此被大量运用于家禽舒适度评价中。THI是通过研究环境温度、湿度对家禽某一体温调节指标的共同影响规律,合理分配温度和湿度的影响权重,以保证THI与该指标的线性相关系数最大。有关家禽THI与体温调节指标的回归关系见表1。后续的研究逐渐深入,将气温、气湿和风速3个因素进行了拟合,建立了温湿风指数模型,对于环境的评价更为综合<sup>[48]</sup>。

THI与家禽体温调节指标之间相关系数越大,建立回归方程后预测家禽体温调节的准确度就越高。Egbunike<sup>[41]</sup>在22.2~33.3℃内,以呼吸频率和直肠温度为指标,建立了2个关于蛋鸡的THI模型,相关系数( $r$ )值分别为0.80和0.71。陶秀萍<sup>[42]</sup>在35~41℃内以体核温度为指标,得到肉鸡的THI模型,其回归方程的决定系数( $R^2$ )可达到0.9。Purswell等<sup>[49]</sup>运用陶秀萍<sup>[42]</sup>建立的肉鸡THI模型,研究THI与肉鸡生产性能之间的相关性,发现THI与肉鸡生产性能之间呈二次曲线相关,建立回归方程后,THI与肉鸡体重、体增重、采食量之间的 $R^2$ 分别达到0.82、0.86和0.77。Xin等<sup>[43]</sup>在32~40℃内以产热量为指标,得到火鸡的THI模型,其 $R^2$ 可达到0.97。THI与体温调节指标之间的相关系数可能与测定时的环境温度范围有关。温度本身对家禽体温调节的影响就是非线性的,另外湿度对家禽的影响在不同温度下也不同,而THI是将温度和湿度的影响权重值进行了固化,因此温度范围过宽可能导致THI与体温调节指标之间的相关系数降低。



表 1 家禽 THI 模型与体温调节指标的回归关系

Table 1 Regression relationship between poultry THI model and thermoregulation index

品种 Breed	温度范围 Temperature range/℃	温湿指数模型 THI model	回归方程及相关系数/ 决定系数 Regression equation and $r/R^2$	作者、年份 Author, year
蛋鸡 Hen		$THI=0.78T_{db}+0.22T_{wb}$		Hassam <sup>[39]</sup> , 1982
蛋鸡 Hen		$THI=0.6T_{db}+0.4T_{wb}$		Zulovich 等 <sup>[40]</sup> , 1990
蛋鸡 Hen	22.2~33.3	$THI=0.64T_{db}+0.36T_{wb}$	$r=0.80$	Egbunik <sup>[41]</sup> , 1979
肉鸡 Broiler	35~41	$THI=0.85T_{db}+0.15T_{wb}$	$\Delta t_b=0.51THI-15.90$ ( $R^2=0.90$ )	陶秀萍等 <sup>[42]</sup> , 2003
火鸡 Turkey	32~40	$THI=0.74T_{db}+0.26T_{wb}$	$THP=THI-15.21$ ( $R^2=0.97$ )	Xin 等 <sup>[43]</sup> , 1992

$T_{db}$ : 干球温度 dry-bulb temperature;  $T_{wb}$ : 湿球温度 wet-bulb temperature;  $\Delta t_b$ : 深层体温升高度数 core temperature rise after exposure;  $THP$ : 总产热率 total heat production rate。

上述温湿指数模型固化了温度和湿度的影响权重,并与测定指标之间进行简单线性回归,可能会限制模型的适用范围。Tzschentke 等<sup>[21]</sup>研究了温度、风速对不同日龄白来航蛋鸡体温调节的影响规律,发现温度对蛋鸡产热量的影响呈三次曲线方式,日龄对蛋鸡产热量的影响呈对数式规律,而风速的影响呈线性方式,并且温度和风速之间以及温度和日龄之间存在互作效应,根据这些研究结果建立了三元多次回归方程,综合反映温度、湿度、日龄及其互作对火鸡体温调节的影响,利用这种多元多次回归方程预测家禽体温调节的变化可能更加精确,其适用范围可能更宽。

6 小 结

综上所述,环境温度对家禽产热量、采食量、皮肤温度、蒸发散热量、呼吸频率以及深层体温等体温调节指标的影响均是非线性的,且各体温调节指标发生剧烈变化的温度点也是不同的,进一步研究不同体温调节指标发生剧烈变化时的环境温度,将有助于确定家禽舒适环境的范围。另外环境温度、湿度以及风速共同影响家禽体温调节,建立温湿指数或温湿风指数可以综合反映温度、湿度、和风速的共同影响,但这类指数模型固化了温度、湿度的影响权重,可能存在适用范围有限的问题,而建立温湿或温湿风与家禽体温调节指标之间的多元多次回归方程,可能是解决这一问题的有效方法。

参考文献:

[ 1 ] 刘风华. 家畜环境卫生学[ M ]. 北京: 中国农业大学出版社, 2004: 10-11.

[ 2 ] VAN TIENHOVEN A, SCOTT N R, HILLMAN P E. The hypothalamus and thermoregulation: a review[ J ]. Poultry Science, 1979, 58 ( 6 ) : 1633-1639.

[ 3 ] 顾宪红, 王新谋. 高温对蛋鸡生产性能和血浆皮质酮、甲状腺素、孕酮水平的影响[ J ]. 畜牧兽医学报, 1995, 26 ( 2 ) : 109-115.

[ 4 ] BROBECK J R. Food intake as a mechanism of temperature regulation [ J ]. Obesity Research, 1997, 5 ( 6 ) : 641-645.

[ 5 ] NÄÄS I A, ROMANINI C E B, NEVES D P, et al. Broiler surface temperature distribution of 42 day old chickens [ J ]. Scientia Agricola, 2010, 67 ( 5 ) : 497-502.

[ 6 ] RICHARDS S A. Evaporative water loss in domestic fowls and its partition in relation to ambient temperature[ J ]. The Journal of Agricultural Science, 1976, 87 ( 3 ) : 527-532.

[ 7 ] WOLF B, WALSBURG G. Respiratory and cutaneous evaporative water loss at high environmental temperatures in a small bird[ J ]. The Journal of Experimental Biology, 1996, 199 ( Pt 2 ) : 451-457.

[ 8 ] LI Y, ITO T, NISHIBORI M, et al. Effects of environmental temperature on heat production associated with food intake and on abdominal temperature in laying hens[ J ]. British Poultry Science, 1992, 33 ( 1 ) : 113-122.

[ 9 ] COLLIN A, BUYSE J, VAN AS P, et al. Cold-induced enhancement of avian uncoupling protein expression, heat production, and triiodothyronine concentrations in broiler chicks [ J ]. General and Comparative Endocrinology, 2003, 130 ( 1 ) : 70-77.

[ 10 ] YAHAV S. The effect of constant and diurnal cyclic temperatures on performance and blood system of young turkeys[ J ]. Journal of Thermal Biology, 1999,

- 24(1):71-78.
- [11] PAYNE C G. Practical aspects of environmental temperature for laying hens[J]. *World's Poultry Science Journal*, 1966, 22(2):126-139.
- [12] DONKOH A. Ambient temperature; a factor affecting performance and physiological response of broiler chickens[J]. *International Journal of Biometeorology*, 1989, 33(4):259-265.
- [13] PEGURI A, COON C. Effect of temperature and dietary energy on layer performance[J]. *Poultry Science*, 1991, 70(1):126-138.
- [14] SMITH A J. The productivity of laying pullets at high environmental temperatures[J]. *Feedstuff*, 1971, 17:26.
- [15] SMITH A J, OLIVER J. Some nutritional problems associated with egg production at high environmental temperatures. 4. The effect of prolonged exposure to high environmental temperatures on the productivity of pullets on high energy diets[J]. *Rhodesian Journal of Agricultural Research*, 1972, 10(1):43-60.
- [16] VAJENCIA M E, MAIORINO P M, REID B L. Energy utilization by laying hens. II. Energetic efficiency and added tallow at 18.3 and 35 °C[J]. *Poultry Science*, 1980, 59(9):2071-2076.
- [17] MARSDEN A, MORRIS T R. Quantitative review of the effects of environmental temperature on food intake, egg output and energy balance in laying pullets[J]. *British Poultry Science*, 1987, 28(4):693-704.
- [18] YUNianto V D, HAYASHIT K, KAIWDA S, et al. Effect of environmental temperature on muscle protein turnover and heat production in tube-fed broiler chickens[J]. *British Journal of Nutrition*, 1997, 77(6):897-909.
- [19] DE SOUZA J B F Jr, DE ARRUDA A M V, DOMINGOS H G T, et al. Regional differences in the surface temperature of naked neck laying hens in a semi-arid environment[J]. *International Journal of Biometeorology*, 2013, 57(3):377-380.
- [20] 林海. 肉鸡实感温度的系统模型分析及热应激下的营养生理反应[D]. 博士学位论文. 北京: 中国农业科学院, 1996.
- [21] TZSCHENTKE B, NICHELMANN M, POSTEL T. Effects of ambient temperature, age and wind speed on the thermal balance of layer-strain fowls[J]. *British Poultry Science*, 1996, 37(3):501-520.
- [22] HADI H E, SYKES A H. Thermal panting and respiratory alkalosis in the laying hen[J]. *British Poultry Science*, 1982, 23(1):49-57.
- [23] KASSIM H, SYKES A H. The respiratory responses of the fowl to hot climates[J]. *Journal of Experimental Biology*, 1982, 97(1):301-309.
- [24] BOUVEROT P, HILDWEIN G, LE GOFF D. Evaporative water loss, respiratory pattern, gas exchange and acid-base balance during thermal panting in pekin ducks exposed to moderate heat[J]. *Respiration Physiology*, 1974, 21(2):255-269.
- [25] CALDER W A, Jr, SCHMIDT-NIELSEN K. Evaporative cooling and respiratory alkalosis in the pigeon[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1966, 55(4):750-756.
- [26] RICHARD S A. The significance of changes in the temperature of the skin and body core of the chicken in the regulation of heat loss[J]. *The Journal of Physiology*, 1971, 216(1):1-10.
- [27] PRINCE R P, WHITAKER J H, MATTERSON L D, et al. Response of chickens to temperature and relative humidity environments[J]. *Poultry Science*, 1965, 44(1):73-77.
- [28] YAHAV S. Relative humidity at moderate ambient temperatures: its effect on male broiler chickens and turkeys[J]. *British Poultry Science*, 2000, 41(1):94-100.
- [29] MILLIGAN J L, WINN P N. The influence of temperature and humidity on broiler performance in environmental chambers[J]. *Poultry Science*, 1964, 43(4):817-824.
- [30] LIN H, ZHANG H F, DU R, et al. Thermoregulation responses of broiler chickens to humidity at different ambient temperatures. II. Four weeks of age[J]. *Poultry Science*, 2005, 84(8):1173-1178.
- [31] YAHAV S, GOLDFELD S, PLAVNIK I, et al. Physiological responses of chickens and turkeys to relative humidity during exposure to high ambient temperature[J]. *Journal of Thermal Biology*, 1995, 20(3):245-253.
- [32] YAHAV S, SHINDER D, RAZPAKOVSKI V, et al. Lack of response of laying hens to relative humidity at high ambient temperature[J]. *British Poultry Science*, 2000, 41(5):660-663.
- [33] YAHAV S, PLAVNIK I, RUSAL M, et al. Response of turkeys to relative humidity at high ambient temperature[J]. *British Poultry Science*, 1998, 39(3):340-345.
- [34] WINN P N, GODFREY E F. The effect of humidity on

- growth and feed conversion of broiler chickens[J]. *International Journal of Biometeorology*, 1967, 11(1): 39–50.
- [35] RUZAL M, SHINDER D, MALKI I, et al. Ventilation plays an important role in hens' egg production at high ambient temperature[J]. *Poultry Science*, 2011, 90(4): 856–862.
- [36] YAHAV S, STRASCHNOW A, VAX E, et al. Air velocity alters broiler performance under harsh environmental conditions[J]. *Poultry Science*, 2001, 80(6): 724–726.
- [37] YAHAV S, RUZAL M, SHINDER D. The effect of ventilation on performance body and surface temperature of young turkeys[J]. *Poultry Science*, 2008, 87(1): 133–137.
- [38] YAGLOU C P. Temperature, humidity, and air movement in industries; the effective temperature index[J]. *The Journal of Industrial Hygiene*, 1927, 9(7): 297–309.
- [39] HASSAM A, AL-RAWL B A. Relative importance of environmental temperature and humidity on the physiological performance of layers[J]. *World Review of Animal Production*, 1982, 18(3): 43–48.
- [40] ZULOVICH J M, DESHAZER J A. Estimating egg production declines at high environmental temperatures and humidities[J]. *American Society of Agricultural Engineers*, 1990, (90): 15.
- [41] EGBUNIK G N. The relative importance of dry-and wet-bulb temperatures in the thermorespiratory function in the chicken [J]. *Zentralblatt für Veterinärmedizin Reihe A*, 1979, 26(7): 573–579.
- [42] 陶秀萍. 不同温湿风条件对肉鸡应激敏感生理生化指标影响的研究[D]. 博士学位论文. 北京: 中国农业科学院, 2003.
- [43] XIN H, DESHAZER J A, BECK M M. Responses of pre-fasted growing turkeys to acute heat exposure[J]. *Transactions of the ASABE*, 1992, 35(1): 315–318.
- [44] AMES D R, INSLEY L W. Wind-chill effect for cattle and sheep[J]. *Journal of Animal Science*, 1975, 40(1): 161–165.
- [45] BUFFINGTON D E, COLLAZO-AROCHO A, CANTON G H, et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows[J]. *Transactions of the ASABE*, 1981, 24(3): 711–714.
- [46] GAUGHAN J B, MADER T L, HOLT S M, et al. A new heat load index for feedlot cattle[J]. *Journal of Animal Science*, 2008, 86(1): 226–234.
- [47] BAETA F C, MEADOR N F, SHANKLIN M D, et al. Equivalent temperature index at temperatures above the thermoneutral for lactating dairy cows[J]. *American Society of Agricultural Engineers*, 1987, 14: 321–332.
- [48] TAO X P, XIN H W. Temperature-humidity-velocity index for market-size broilers[C]//2003 ASAE annual international meeting. Las Vegas: [s.n.], 2003.
- [49] PURSWELL J L, DOZIER III W A, OLANREWAJU H A, et al. Effect of temperature-humidity index on live performance in broiler chickens grown from 49 to 63 days of age[C]//Ninth international livestock environment symposium. [S.l.]: ASABE Valencia Conference Centre, 2012: 1–9.

## Effects of Ambient Temperature, Humidity on Poultry Thermoregulation and the Evaluation Model

CHANG Yu FENG Jinghai\* ZHANG Minhong

(*Institute of Animal Science, Chinese Academy of Agriculture Sciences, Beijing 100193, China*)

**Abstract:** Thermal environment plays an important role in welfare, health and productive performance of poultry. Poultry are a homoeothermic, and can maintain thermostasis by regulating the heat production and loss when the ambient temperatures, humidity change, so the thermoregulation is a significant index for reflecting the poultry comfort degree. This article is aimed to summarize and analyze the effects of ambient temperature, humidity and air velocity on poultry thermoregulation indicators such as heat production, feed intake, evaporative heat loss, respiratory rate, skin temperature and core temperature, to provide the reference for establishing the comfort environment model and regulating the thermal environment scientifically. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2015, 27(5):1341-1347]

**Key words:** ambient temperature; humidity; poultry; thermoregulation; temperature-humidity index

---

\* Corresponding author, associate professor, E-mail: fjh6289@126.com