

# 喷雾冷风机对种公猪舍降温效果的试验研究

朱志平<sup>1</sup>, 董红敏<sup>1</sup>, 陶秀萍<sup>1</sup>, 闫恒普<sup>2</sup>

(1. 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 北京 100081; 2. 河北裕丰实业有限公司京安分公司, 安平 053600)

**摘要:** 带有户外活动场的种公猪舍降温是困扰种猪生产的一个难题。为探讨有效的公猪舍降温方式, 本研究对通风与喷雾于一体的冷风机降温系统进行现场试验研究。在河北省安平县京安集团原种猪场公猪舍试验证明: 冷风机降温系统是一种有效缓解夏季公猪热应激的措施, 在不对猪舍进行改造的条件下, 冷风机可降低开放种公猪舍温度 3~7℃, 当舍外温度为 35℃ 时, 舍内温度保持在 30℃ 以下; 在舍外相对湿度达到 90% 的最不利天气, 冷风机系统仍可降低舍内有效温度 3℃。

**关键词:** 公猪舍; 降温; 冷风机; 温度

中图分类号: S624.41; TH432.1; S815.9

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2004)04-0238-04

## 0 引言

高温是影响种公猪繁殖性能的主要环境因素之一, 在高温季节, 无交配欲的公猪所占比例高于常温季节, 且公猪射精量减少, 活精子和精子总数之间的比例下降, 睾丸的造精机能受阻, 精液中的多核巨型细胞随温度上升而增多, 高温使精液品质下降, 精液中精子数减少、活力降低、畸形精子数量增加, 品质差的精液造成与配母猪受胎率降低<sup>[7,8]</sup>。且短时间急性热应激能使公猪的繁殖力长时间下降, 热应激既可危害发育中的精子, 还会危害成熟(储存)的精子, 结果造成正常精子的产生减少, 高温热应激后 1~2 周开始有不良影响, 7~8 周后才能逐渐恢复<sup>[6]</sup>。研究表明, 在气温达到 28~40℃ 时, 公猪的采精量较平均数下降 34 mL, 精子活力下降 0.02 级, 母猪发情期受胎率较平均数下降 5~7%<sup>[1]</sup>。

中国的公猪舍一般多为带有户外活动场的有窗式结构, 由于舍内与运动场之间有常年开启的门连接, 受外界环境影响很大。在炎热的夏季, 如果不采用有效的降温方式, 舍内和舍外的温度基本保持一致, 极大的影响了种公猪的繁殖性能。湿帘降温等常规的降温系统对畜舍密闭性有严格要求, 公猪舍不能采用。为探讨有效的公猪舍降温方式, 有的猪场试着在猪舍安装民用空调, 由于民用空调制冷量小, 耗电高, 临时关闭舍内与运动场之间通道不仅繁琐, 且公猪对饲养员有一定危险而最终放弃, 许多猪场索性在夏季停止配种。夏季炎热已经给中国养猪业造成巨大损失, 种公猪舍的夏季降温是急需解决的环境问题。

为研究经济有效的种公猪舍降温方式, 本研究通过现场试验, 对国内最新开发的通风与喷雾于一体的冷风机降温系统在公猪舍的安装参数、运行参数和降温效果进行试验, 为冷风机降温系统的进一步开发和应用提供

## 依据

### 1 材料和方法

#### 1.1 试验猪舍

本试验于 2002 年 7~8 月在河北省安平县河北裕丰实业股份公司京安分公司原种猪场, 其地理位置为东经 116°, 北纬 38°。试验猪舍东西走向, 猪舍总长 45 m, 宽 6 m, 双坡式瓦屋顶, 每隔 4 m 有一个天窗, 北墙布置有 18 个窗户, 南墙有 20 个窗户, 窗台高度 1.3 m, 窗户尺寸为(长×宽)1.1 m×0.75 m 宽。舍内为双列中间通道式布置, 北面有 18 个公猪栏, 南面有 20 个栏位, 每个栏为(长×宽)2.2 m×2.5 m, 每个栏都有一个高 1 m、宽 0.6 m 的外活动场通道门, 全舍共饲养种公猪 38 头。具体结构和冷风机布置见图 1。

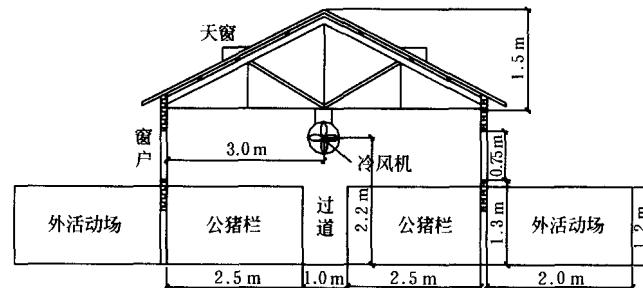
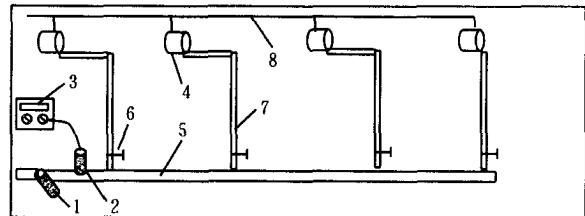


图 1 试验猪舍结构与冷风机布置图

Fig. 1 Structure of boar house and position for installing air-cooling fan

#### 1.2 冷风机降温系统的原理和构成

冷风机降温系统有供水、通风喷雾和控制 3 部分构成, 降温系统的总体布置结构如图 2 所示。



1. 过滤器 2. 电磁阀 3. 温度控制器 4. 冷风机 5. 主供水管路 6. 流量调节阀门 7. 分供水管路 8. 电源线

图 2 冷风机降温系统总体布置图

Fig. 2 Layout of air-cooling fans in typical animal house

收稿日期: 2003-05-08 修订日期: 2004-02-04

作者简介: 朱志平, 北京中关村南大街 12 号 农业部农业环境与气候变化重点实验室, 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 100081。Email: zhuzp@cjac.org.cn

通讯作者: 董红敏, 博士, 研究员, 北京中关村南大街 12 号 农业部农业环境与气候变化重点实验室, 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 100081。Email: donghm@mail.caas.net.cn

冷风机降温基本原理是普通的自来水在不需要任何的高压泵和喷嘴的情况下, 经过滤系统后, 直接进入冷风机的轮毂中, 经冷风机扇叶的顶部通过扇叶高速旋转产生的离心力喷出, 形成直径约为 20~50 μm 的细雾滴, 雾滴与冷风机产生的风一起向前运动, 弥漫在整个猪舍并与空气混合, 利用水的蒸发, 大量吸收空气中的热量, 从而达到降温的目的<sup>[9~11]</sup>。本系统不需要围护结构密闭, 不需要改动原有的建筑, 维修方便。

冷风机降温系统既可作单独通风, 也可以喷雾与通风联合使用。当猪舍内温度超过控制器设定的温度值时, 控制器系统自动开启供水电磁阀进行喷雾降温; 当猪舍内的温度降到控制器设定的温度值时, 系统就自动关闭电磁阀, 停止喷雾, 只进行通风换气。当舍外环境温度很高, 喷雾降温不能达到控制器设定的低限温度值时, 也可根据定时器的设定, 按一定时间间隔进行间歇性喷雾降温。

### 1.3 冷风机安装位置

冷风机的安装位置主要是指冷风机的悬挂高度和冷风机之间的安装间距, 安装位置直接影响需要安装的冷风机台数和运行效果。

#### 1) 冷风机安装高度

冷风机安装高度主要考虑因素: 一是不干扰饲养人员正常的饲养活动; 二是保证雾滴在下落到猪体和地面前能完全蒸发, 即不淋湿猪身体或地面。雾滴蒸发主要考虑不同直径的雾滴在不同的环境条件下的下落高度。

雾滴从扇叶中喷出以后, 与冷风机通风气流几乎一同作近似水平运动, 随雾滴的不断蒸发, 雾滴直径也在不断减小, 如果环境温度为 20~35 ℃ 范围内, 雾滴下落高度  $h_e$  可以按照下面公式计算<sup>[12]</sup>:

$$h_e = \frac{1}{6 \times 10^{-18} (t_d - t_w)} (d_0^4 - 2.6 \times 10^5 d_0^{11/2}) \quad (m) \quad (1)$$

式中  $t_d, t_w$  —— 空气干、湿球温度, ;  $d_0$  —— 雾滴初始直径, μm。

表 1 是根据公式(1)计算出雾滴在不同环境条件下的下落高度。

表 1 在不同环境条件下雾滴下落高度

Table 1 Heights of fogdrop falling under different environmental conditions

雾滴直径 /μm	相对 湿度	25	28	30	32	35	38
50		0.17	0.16	0.15	0.15	0.14	0.13
60	60%	0.35	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26
70		0.62	0.58	0.55	0.53	0.50	0.47
50		0.24	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18
60	70%	0.47	0.44	0.42	0.40	0.39	0.37
70		0.85	0.79	0.75	0.72	0.69	0.65
50		0.52	0.35	0.32	0.31	0.30	0.29
60	80%	1.05	0.70	0.65	0.63	0.61	0.58
70		1.88	1.26	1.17	1.13	1.09	1.03

如果设定冷风机的喷雾开启温度为 28 ℃, 且相对湿度为 80%, 雾滴的最大直径为 70 μm 时, 由表 1 得出雾滴的下落高度为 1.26 m。

考虑到公猪身高在 1 m 左右, 为了使雾滴不淋湿猪体表面, 安装高度可为 2.3 m。随着温度的升高, 在相同的相对湿度情况下, 雾滴的下落高度在减小, 所以 2.3 m 左右的安装高度能满足雾滴在下落到地面前完全蒸发的要求, 且不影响饲养员的正常工作。

#### 2) 冷风机安装距离

冷风机通风为射流运动, 断面平均速度  $v_F$  可以由以下公式计算<sup>[13]</sup>

$$\frac{v_F}{v_0} = \frac{0.095}{\alpha + 0.147} \quad (2)$$

式中  $v_0$  —— 射流出口速度, m/s;  $\alpha$  —— 扩散角或极角, (°);  $S$  —— 射程, m;  $d_0$  —— 风机出口直径, m。

通过机械工业风机质检中心检验的冷风机, 测定参数如下: 出口直径 0.386 m, 通风量 4100 m<sup>3</sup>/h, 静压 2.67 Pa, 全压 73.77 Pa, 风口断面风速为 9.7 m/s。

由公式(2)计算得出在距冷风机前方 15 m 处的平均风速 0.36 m/s, 因此, 冷风机的安装距离在 15 m 左右能满足降温和风速的要求。

#### 1.4 降温系统的运行参数

根据上面的理论计算, 在风机前方的 15 m 位置能满足降温和风速的要求, 本试验在猪舍中间走道处共安装冷风机 3 台, 风机间隔 15 m。试验过程中所有窗户和天窗为全打开状态, 控制器设定的喷雾起始温度为 28 ℃, 在舍外气温很高的情况下, 如果喷雾降温不能降到设定的温度, 通过时间继电器控制间歇式喷雾, 喷雾 5 s in, 停止喷雾 10 s in。

### 2 测试与分析

试验从 2002 年 7 月 18 日到 8 月 4 日为止。试验中采用 HOBO (美国 ONSET 公司生产) 自动记录舍内温湿度。在舍内长度方向 19 m 和 30 m 处(即在第二台冷风机的前方 3 m 和 11 m) 分别放置 HOBO, HOBO 悬挂高度为 1 m; HOBO 设定的记录时间间隔为 0.5 h, 在整个试验过程中自动记录温湿度数据, 试验结束后, 通过计算机自动下载数据并进行整理。舍外温度由安平县气象局提供同期数据, 县气象局温湿度测试点为处在县城中部位置的气象局院内, 距离安平县京安集团猪场 4 km, 气象局观测点的地貌和周围环境与猪场一致。

#### 2.1 温湿度变化

图 3 所示为 2002 年 7 月 18 日至 8 月 4 日舍内外温度和相对湿度测定数据。试验期间舍外温度为 26.3~35.5 ℃, 舍内温度为 28~30 ℃, 平均降温幅度为 3.5 ℃, 2002 年 8 月 4 日当舍外温度为 34.9 ℃ 时, 舍内平均温度为 26.7 ℃, 最大温差为 7.2 ℃; 试验期间舍外相对湿度在 59%~91%, 舍内平均相对湿度在 74%~100% 之间。舍内相对湿度比舍外增加 10% 左右。从图 3 可以看出, 在 2002 年 7 月 29 日至 8 月 2 日相对湿度较大, 除喷雾本身影响外, 饲养员为了进一步降低猪的体温, 一直在舍内给公猪和地面冲水, 一定程度上增加了舍内湿度, 造成舍内湿度偏高。

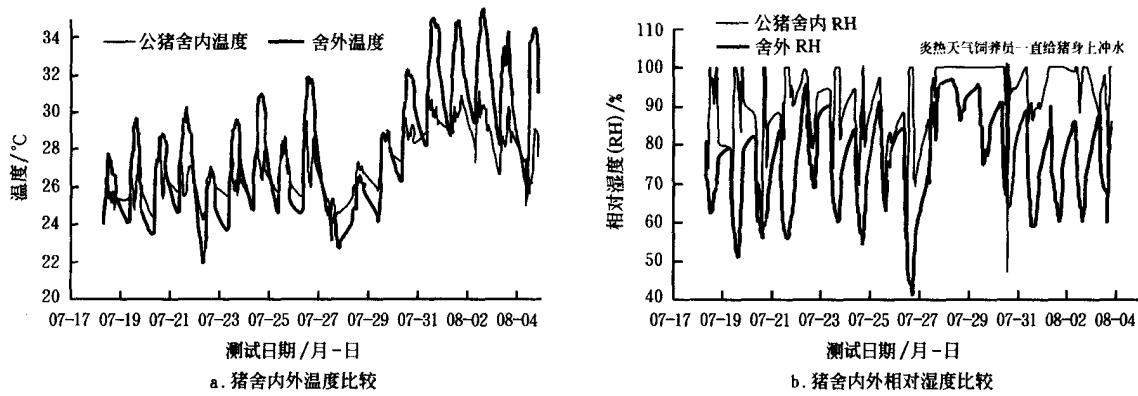


图 3 公猪舍内外平均温度、相对湿度变化

Fig. 3 Inside average temperature and RH vs outside average temperature and RH of boar house

图 4 是 2002 年 7 月 31 日温湿度的日变化, 8:00 至 21:00 舍外温度为 28.2~35.0, 舍内平均温度为 28.3~31.1 间, 舍内温度比舍外温度平均低 3.8, 最大幅度为 6.3; 舍外相对湿度在 59%~89%, 舍内平均相对湿度在 78%~91.1% 之间。

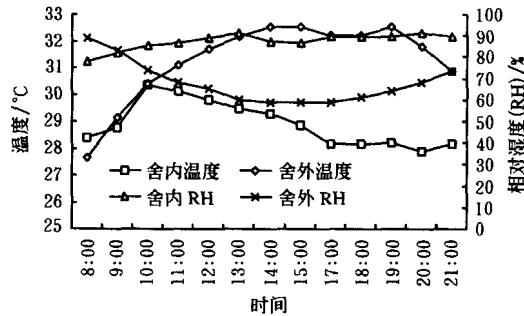


图 4 冷风机降温对公猪舍内外温度、相对湿度影响(2002-07-31)

Fig. 4 Effect of cooling on average temperature and RH in boar house (Date: 2002-07-31)

## 2.2 冷风机降温对有效温度的影响

猪舍环境温度和湿度是种公猪与其生存环境保持热平衡的重要因素, 相互影响且相互制约。为了评价蒸发热降后, 温度降低和湿度增加对猪舍整体环境的影响, 通常用有效温度表示动物舒适性的环境指标来描述动物在环境中的热应激程度。根据空气中湿度对动物的影响程度, 公猪舍的有效温度通常用公式(3)表示<sup>[4,5]</sup>

$$ET = 0.65T_d + 0.35T_w \quad (3)$$

式中  $T_d$  — 干球温度,  $T_w$  — 湿球温度。

图 5 是冷风机降温对有效温度的影响, 即使试验过程中 2002 年 7 月 29 日至 8 月 2 日舍外相对湿度达到 90% 的最不利天气, 喷水和喷雾使舍内相对湿度达到饱和, 舍内的有效温度仍能维持在 30 以下, 舍内有效温度要比舍外低约 3。

## 3 结论

一年的现场试验证明, 冷风机是一种有效缓解夏季公猪热应激的措施。

1) 当舍外温度为 26.3~35.5 时, 冷风机可降低舍内温度 3~7, 能使公猪舍温度保持在 30 以下。

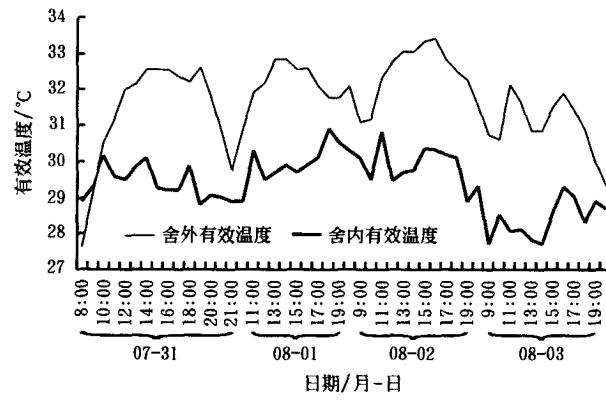
图 5 冷风机降温对公猪舍有效温度变化  
(2002 年 7 月 31 日- 8 月 3 日)

Fig. 5 Effect of cooling fan system on effective temperature in boar house (Date: 2002-07-31~08-03)

2) 冷风机降温的同时增加了舍内的相对湿度。在闷热天气, 在冷风机喷雾降温的同时, 加上饲养员人工额外喷水使舍内相对湿度增加 10% 左右; 但由于冷风机的降温作用, 舍内有效温度仍可处于 30 以下, 比舍外有效温度低 3。

3) 冷风机喷出的雾滴即使在舍内相对湿度为 80% 的条件下, 下落高度为约为 1.26 m, 考虑到种猪本身的高度和不影响饲养员正常的工作, 冷风机在猪舍安装高度以 2.0~2.5 m 为宜, 同时两台冷风机之间的安装距离以 15 m 为宜。

4) 喷雾冷风机在使用的过程中, 所有窗户和门都是打开状态, 因此, 不需要对现有的猪舍进行任何改造, 安装使用方便。

## [参考文献]

- [1] 郁炳贤, 李雪元 气温对猪的繁殖和仔猪育成的影响[J]. 中国畜牧杂志, 1994(1): 39~40.
- [2] 马承伟 沸腾炉式集中雾化降温系统的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 1996.
- [3] 陆耀庆 供暖通风设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1987.
- [4] 黄昌澍 家畜气候学[M]. 南京: 江苏科技出版社, 1989.
- [5] 汪开英, 等 中国东南地区猪舍夏季降温效果的试验研究

[J] 农业机械学报, 2002, 33(3): 80- 83

[6] 赵书广. 中国养猪大成[M]. 北京: 农业出版社, 2001.

[7] 郝庆国. 公猪繁殖生物学和繁殖性能[J]. 国外畜牧学- 猪与禽, 2003, 23(2): 37- 38

[8] 彭国良, 等. 热应激对猪的繁殖的影响及降温后果[J]. 广东畜牧兽医科技, 1995, 20(4): 16- 17.

[9] Fehr R L, et al. Limiting swine stress with evaporative cooling in the southeast[J]. Transactions of the ASAE, 1983, 542- 545

[10] Gates R S, et al. Numerical optimization of evaporative misting systems[J]. Transactions of the ASAE, 1991, 34(1): 275- 280

[11] 董红敏, 朱志平, 陶秀萍, 等. 冷风机雾滴分布特性试验研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(2): 118- 121.

## Experimental study on the cooling effect of air-cooling fans in boar house

Zhu Zhiping<sup>1</sup>, Dong Hongmin<sup>1</sup>, Tao Xiuping<sup>1</sup>, Yan Hengpu<sup>2</sup>

(1. Institute of Agro-Environmental and Sustainable Development, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 2. Hebei Yufeng Industrial Stock Co. Ltd Jing'an Branch Co., Anyang 053600, China)

**Abstract** It is difficult to control the environment of boar houses in summer, because the houses are semi-enclosed with outside playing ground. In order to investigate the effect of air cooling fan on the reduction of heat stress in boar house, the field experiment was implemented in a typical boar house in Hebei Province. The results show that the cooling fan system can reduce the inside air temperature by 3~7°C in the house without any construction change, and the temperature inside boar house is about 30°C when the outside air temperature is above 35°C. The average effective temperature in boar house was 3°C lower than outside effective temperature even in the extremely unfavorable weather with 90% of relative humidity.

**Key words:** boar house; cooling; air-cooling fan; temperature