

# 利用地下水对猪舍地板局部降温效果研究

李保明, 施正香, 张晓颖, 周道雷

(中国农业大学水利与土木工程学院, 北京 100083)

**摘 要:** 躺卧区温度高低对猪只的躺卧行为有直接影响。利用地下水, 为农村简易开放式猪舍的躺卧区地板设计了一套局部降温系统。试验结果表明, 躺卧区无降温系统时, 其地板温度与舍外气温接近; 采用该降温系统后, 在室外气温为 27~34 时, 躺卧区地板温度基本维持在 22~26 之间, 基本满足了猪只躺卧的要求。躺卧区地板温度低于 26 时, 85% 以上的猪选择躺卧区躺卧; 温度为 30~32 时, 只有 10%~20% 的猪仍选择躺卧区躺卧; 超过 33 后, 所有的猪都不在躺卧区休息。

**关键词:** 开放式猪舍; 地下水; 地板局部降温; 躺卧行为

**中图分类号:** S821.4<sup>+</sup>6

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-6819(2004)01-0255-04

## 0 引言

近年来研究开发的适合于不同猪群的降温设施<sup>[1-6]</sup>, 已在集约化养猪生产中得到了广泛应用, 大大减轻了封闭舍饲养环境下夏季热应激, 为规模化猪场实现全年均衡生产奠定了基础。但现有的降温系统在发挥降温效果的同时, 会带来其他一些问题, 如舍内湿度增加、地面潮湿和不洁, 设备使用发出的噪音, 过度的强制通风导致机体失热过多, 风速过大引起猪体不适等, 在一定程度上影响了猪群的健康和生产性能的发挥。

就我国整个养猪业发展情况而言, 70% 以上的存栏多集中在农村。而我国广大农村地区养猪基本上都采用简易开放猪舍(图 1), 通常都不具备降温措施, 已有的降温设施一般都不适于这类猪舍使用。因而, 农村夏季养猪的环境问题较为突出, 由此而造成的损失也很惨重, 特别是对妊娠母猪和育肥猪生产造成的损失更大。因此, 迫切需要研究与开发适合于农村养猪模式的降温

设施。由于猪的躺卧休息时间在一天的行为活动中占 80%, 而躺卧区地板温度的高低, 对猪的休息和睡眠质量有很大影响。良好的休息是确保猪发挥正常生产水平的一个重要因素<sup>[7]</sup>。为解决农村简易猪舍夏季降温问题, 作者设计了一套利用地下水的地板降温系统, 可对猪舍躺卧区实施局部降温, 并着重对开放舍中妊娠母猪、育肥猪舍的躺卧区地板降温效果进行了试验研究, 获得了较为满意的效果。

## 1 躺卧区地板降温系统设计

### 1.1 设计思想

近年来, 地板采暖在国外很多猪场特别是分娩猪舍应用较普遍, 获得了令人满意的效果<sup>[8,9]</sup>。由于水的热容量较大, 因此, 也可以利用低温水去吸收其他介质中的热量使介质的温度降低, 而且可保持介质温度的相对稳定。据这一思想, 在猪舍躺卧区地板下铺设排管并通以较低温度的地下水, 即能起到降温并保持躺卧区地板温度相对稳定的作用。

### 1.2 躺卧区地板降温系统的设计及造价估算

躺卧区地板降温系统由 5 部分组成: 1) 地下水或低温水源; 2) 提水泵; 3) 管道; 4) PVC 排管(或称散热管); 5) 控制部分: 阀门、压力表、温度表等。

在躺卧区地板下, 铺设 PVC 排管(图 2、3), 然后用厚度约 5 cm 的水泥覆盖固定, 其入水口通过阀门与进水端口相连, 水经躺卧区排管后汇入猪舍排水系统或水箱中进行再利用。进水端阀门可手动操作, 也可利用温度传感器进行自动开合。

以 1 存栏 300 头育肥猪舍为例, 采用该地板降温系统需配置的设备及其大致投资情况见表 1。

### 1.3 躺卧区地板降温系统的特点

躺卧区地板降温是以水为媒介, 在猪的躺卧区地板下部铺设排管的一种传导降温方式, 适用于有地下水、可以打井的地区。该系统具有以下特点:

1) 对育肥猪、妊娠母猪等大猪而言, 无论是开放式猪舍, 还是封闭式猪舍, 均可作为环境调控的一个措施加以应用, 这对改善饲养环境, 减少高温对生产的影响, 简化建筑结构, 降低成本都是有益的。



图 1 农村简易猪舍

Fig 1 Simple pig house in village

收稿日期: 2003-08-06 修订日期: 2003-12-26

基金项目: 国家“十五”重大科技攻关计划项目(2002BA514A-6-02);

教育部高等学校优秀青年教师教学科研奖励计划资助项目

作者简介: 李保明(1961-), 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事农业生物环境工程、畜牧工程研究。北京海淀区清华东路 17 号 中国农业大学(东校区)67 信箱, 100083。Email: libm@capitalfarmer.net

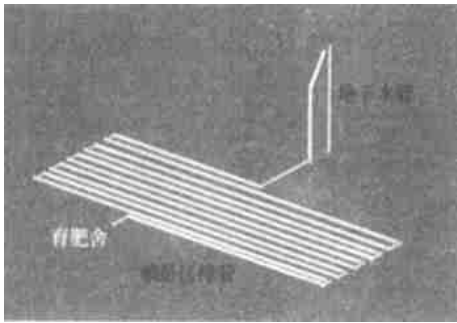


图2 地板降温系统排管布置示意图  
Fig. 2 Pipe layout of cooling systems

表1 存栏300头育肥猪舍配置的地板降温系统及投资估算

Table 1 Subassembly and price of the floor cooling system for a 300-head finishing pig house

设 备	数量	单价/元	价格/元
提水泵	1	560.00	560.00
压力表	1	20.00	20.00
温度表	1	10.00	10.00
外部管道	根据具体情况而定 一般在100 m左右	8.00	800.00
阀门	1	23.00	23.00
PVC 管道	(24.0×30) m	6.00	5212.00
混凝土地面	(0.375×30)m <sup>3</sup>	360	4050.00
合 计			10675.00

注：提水泵、压力表、温度表及外部管道全场共用，每栋猪舍配1阀门。

- 2) 该系统仅对躺卧区地板局部降温, 无须进行整舍温度调控, 因而也适用于分娩猪舍。即只对母猪的躺卧区地板降温, 而不会导致整舍温度过低, 从而较好地解决了哺乳母猪和新生仔猪对温度要求不同的矛盾, 可最大限度地减小对哺乳仔猪的影响。
- 3) 水的流动是在一个封闭式系统中进行的, 是通过传导降温来完成的, 不会增加猪舍内水汽含量, 可以保持舍内清洁、卫生。
- 4) 该系统采用地下水作为介质, 由于地下水水温较为恒定, 一般在 15℃ 左右<sup>[10]</sup>, 不仅适合于夏季降温使用, 也可用作冬季地面保温, 使躺卧区地板始终维持在较为适宜的温度范围, 满足猪的躺卧行为需要。
- 5) 地下水经过该系统后, 其水质不会发生变化, 水温一般可维持在 20~ 25℃, 若作为饮用水使用, 不仅可以提高水的利用率, 而且有利于猪群的健康和生产性能发挥。

2 测试内容和试验方法

试验选取河北邯郸某小型农村养猪场, 于 2000 年 7 月 27~ 8 月 30 日进行。

2.1 试验内容

2.1.1 温度测试

记录每天 8: 00、12: 00、16: 00、24: 00 时刻的舍外温度、躺卧区地板温度。采用德国 Thermo TP-2 传感器测定温度, 将传感器探头埋在躺卧区中部(图 3)测定躺卧区地板温度(Ta), 测定舍外温度(Tb)时, 将传感器置于

太阳不能直射的侧墙上(图 4)。

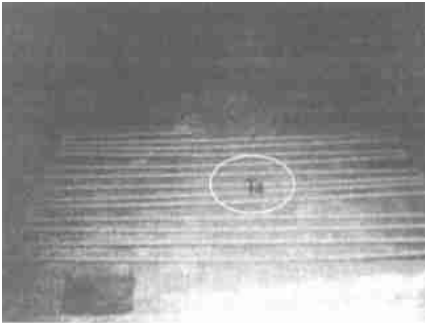


图3 躺卧区降温系统的铺设  
Fig. 3 Simplified water cooling system



图4 测量室外温度传感器的位置  
Fig. 4 Sensor position for air temperature outside measurements

2.1.2 躺卧行为观察

观察不同时段、不同气温下猪的活动情况和躺卧行为, 详细记录躺卧区躺卧猪只的数量。对猪而言, 不同的躺卧姿势其舒适程度有所差异, 本文中将猪的四肢伸展、分散、侧卧、头部朝向躺卧区外部的卧姿称之为最舒适的伸展侧卧姿势。

2.2 试验方法

选择较为炎热的天气进行试验。试验猪舍为简易开放棚舍, 外带运动场; 水泥地面, 有一定坡度, 温度较高时可在低处加水, 猪只可在其中泥浴。对照组躺卧区地板未作任何处理。试验组躺卧区地板则在原有基础上配置局部降温系统。当舍外气温超过 26℃ 时, 打开地下水入水口阀门启动降温系统。

将 14 头育肥猪和 4 头妊娠母猪随机分成试验组和对照组, 每个组中有育肥猪 7 头、妊娠母猪 2 头。除试验组配置躺卧区地板局部降温系统外, 其余的圈舍环境及饲料、饲养管理条件、猪群状况等基本一致。

3 实验结果与分析

3.1 舍外温度与躺卧区地板温度

试验期间室外月平均气温 27.7℃, 最高温度 35.3℃, 最低温度 21.4℃, 地下水的水温稳定在 15℃ 左右。试验组、对照组的地板温度以及舍外温度变化如图 5 所示。可以看出, 白天舍外温度变化幅度较大, 8: 00~ 20: 00 的温度一般都在 26℃ 以上, 20: 00 到第二天 8: 00

的温度一般在 22~ 25 之间。对开放式猪舍而言, 未经任何调温处理的躺卧区地板温度与舍外气温变化基本一致, 在 24.5~ 30.5 之间。而试验组躺卧区地板温度

基本保持在 24~ 25 , 表明该系统的降温效果十分显著。

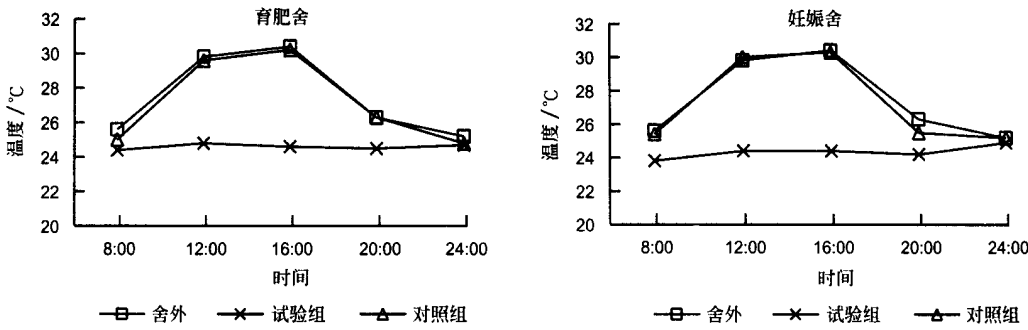


图 5 试验期间躺卧区地面及舍外温度变化  
Fig 5 Outside and floor temperatures in sleeping area

3.2 躺卧区地板温度对猪躺卧行为的影响

躺卧是猪最主要的行为, 环境温度比较适宜时, 猪只一天中 80% 的时间都处于躺卧状态, 其余时间则进行采食、饮水、排泄、站立、探究等活动。条件许可时, 猪会自动地将舍内划分成躺卧、采食、排泄等功能区, 猪一般都在躺卧区躺卧<sup>[11]</sup>。试验中, 作者对猪的躺卧情况进行了连续 20 d、每天 5 个时段的观察, 结果见图 6、表 1。由于舍外温度和地板温度在不同时段的变化明显, 因而对照组猪选择躺卧区躺卧的数量呈现出明显差异。24:00 至次日 8:00 时段, 舍外温度为 23~ 27 , 因躺卧区温度较适宜, 80% 的育肥猪选择躺卧区, 且多采用舒适卧姿躺卧; 12:00~ 16:00 是一天中高温时段, 舍外温度一般在 28 以上, 只有少数猪只选择躺卧区躺卧, 超过 30 时, 多数猪选择运动场有水的区域躺卧或站立。其中 25~ 30 时有 57% 的猪选择躺卧区躺卧, 30~

33 时仅剩 10~ 20%, 33 以上所有的猪都不在躺卧区躺卧; 20:00 以后, 随着舍外温度下降, 半数以上的猪只选择躺卧区躺卧。

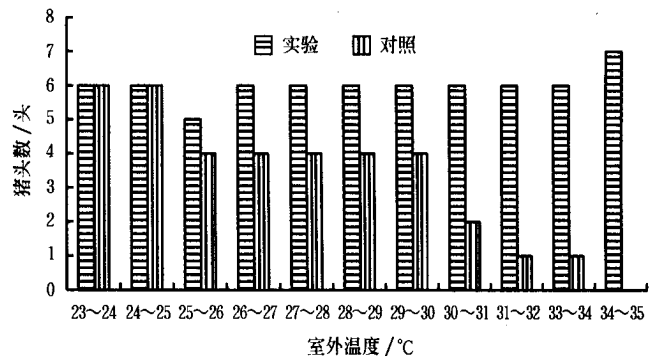


图 6 不同舍外温度下育肥猪的躺卧数量  
Fig 6 Pig numbers in lying at different temperatures

表 2 不同时段育肥猪躺卧数量分析(每组 7 头)

Table 2 Analysis on lying numbers of fattening pigs at different period of time					
观察时段	舍外温度 /	对照组 20 天平均		试验组 20 天平均	
		地板温度/	选择躺卧区躺卧头数/头	地板温度/	选择躺卧区躺卧头数/头
8:00—	23~ 27	23~ 27	5.45 ± 1.31	23~ 25.5	5.80 ± 1.43
12:00—	28~ 31.5	29~ 31.5	2.60 ± 4.15	23.5~ 26	6.35 ± 0.24
16:00—	27~ 34	27~ 34	3.00 ± 4.53	22~ 26	6.30 ± 0.43
20:00—	23~ 30	23~ 30	4.65 ± 3.40	23~ 25	5.75 ± 1.14
24:00—	23~ 27	23~ 27	6.10 ± 0.73	22.5~ 26	6.60 ± 0.25

注: a 表示同一时段试验组与对照组之间的差异极显著 ( $P < 0.01$ )。

尽管舍外温度日变化较大, 有时高达 34 , 但试验组地板温度基本不超过 26 , 试验组选择躺卧区躺卧的猪的数量在不同时段的差异不明显。各时段平均有 85% 以上的猪都在躺卧区躺卧, 且表现出舒适的伸展侧卧。表明采用地板降温系统后, 猪的躺卧行为几乎不受舍外温度变化的影响。

躺卧区地板温度是猪只选择躺卧区躺卧的决定因素。只要舍外温度不超过 27 , 即使躺卧区未加任何处理, 其温度也能满足躺卧行为要求, 大部分猪只在躺卧区躺卧。随着舍外温度升高, 躺卧区温度也随之上升, 超过 28 时, 猪只的躺卧行为开始发生很大变化, 躺卧的数量明显减少。因此, 为使猪只有更好的睡眠和休息, 应

对躺卧区实施局部降温。

此外, 每天 24: 00 到次日 8: 00 时段, 由于躺卧区温度比较适宜, 即使是对照组猪只亦都选择躺卧区躺卧。因此, 这个时段不必启动地面局部降温系统。

限于试验条件, 试验所用的妊娠母猪样本数只有 2 头, 但所观察到的躺卧行为表现基本上与育肥猪相似。由于试验组躺卧区温度比较适宜, 因而猪均在躺卧区躺卧; 对照组猪在 23~ 26 时, 均选择躺卧区躺卧; 当温度超过 29 时, 则都不在躺卧区躺卧(表 2)。表明使用地面降温系统后, 妊娠猪的躺卧区环境得到了很好的改善。

表 3 不同温度下妊娠母猪选择躺卧区的躺卧情况

Table 3 Lying pig numbers in lying areas selected by pregnant sow at different temperature

舍外温度 /	观察 次数	试验组		对照组	
		躺卧区 温度/	躺卧猪的 数量/头	躺卧区 温度/	躺卧猪的 数量/头
23~ 26	42	22~ 25	2	23~ 26	2
26~ 29	35	23~ 26	2	26~ 29	1
29~ 34	23	23.5~ 26	2	29~ 34	0

4 结论和建议

1) 利用地下水作为介质设计的地面降温系统具有良好的局部降温效果, 为减轻夏季热应激给养猪生产造成影响, 解决开放式猪舍夏季降温问题提供了又一途径。由于水的流动是在封闭的管道系统中进行的, 一般不会影响水质。因而从出口端流出的水, 可以作为清洁用水、田间灌溉用水加以利用; 若所用的水源符合饮用水标准, 则可作为猪饮用水利用。

2) 开放式猪舍中, 若不对躺卧区地板进行降温, 则其温度变化与外界气温变化基本一致。采用降温系统后, 即使外界温度较高, 甚至达 34 , 躺卧区温度可一直稳定在 22~ 26 。猪只的休息躺卧行为亦不会因外界环境温度变化而受到影响。

3) 躺卧区温度的高低, 对猪只的躺卧行为有直接影响。躺卧区温度低于 26 时, 85% 以上的猪选择躺卧

区躺卧; 超过 30 , 仅剩 10~ 20%; 33 以上, 所有的猪都不在躺卧区休息。4) 因条件所限, 对安装该系统后整个躺卧区温度场未作全面测试。考虑到入水口水温较低, 在流经躺卧区的过程中水温会逐渐升高, 可使地面的不同部分产生一定的温度差。建议今后的研究可结合自然形成的温差满足猪体不同部分对温度的不同要求<sup>[5]</sup>, 以便更好地符合猪的躺卧需要。

[参 考 文 献]

[1] Gates R S, U sry J L, N ienaber J A, et al An optimal misting method for cooling livestock housing[J]. Transactions of the A S A E, 34(5): 2199~ 2206

[2] Panagak is P, A xaopoulos P, Kyritsis S Misting control strategy for grow ing-sw ine under summer conditions[J]. Applied Engineering in Agriculture, 1996, 12 (6): 747~ 751.

[3] 刘 平, 马承伟, 李保明, 等. 猪舍夏季降温技术应用研究现状[J]. 农业工程学报, 1997, 13(增刊): 47~ 52

[4] 马承伟. 我国南方地区畜禽舍夏季采用潜地层地道风降温问题的探讨[J]. 农业工程学报, 1997, 13(增刊): 173~ 176

[5] 董红敏, 陶秀萍, 刘以连, 等. 分娩猪舍滴水降温系统的试验研究[J]. 农业工程学报, 1998, 14(4): 168~ 172

[6] Eigernberg R A, N ienaber J A, Hahn G L, et al Swine response to misting synchronized with meal events[J]. Applied Engineering in Agriculture, 2002, 18 (3): 347~ 350

[7] Hauge C N, Dinusson W E, Erickson D O, et al A day in the life of a pig[J]. Feedstuffs 1965, 37: 18~ 23

[8] Hoy St, Ziron M. Water bed qualities appeal to new borns [J]. Pig Prod 1998, 14: 35~ 37.

[9] Ziron M, St Hoy. Effect of a wam and flexible piglet nest heating system-the wam water bed-on piglet behaviour, live weight management and skin lesions[J]. Appl Anim Behav Sci 2003, 80: 9~ 18

[10] 甄华斌, 范 新, 徐继军, 等. 东营市某办公楼水源热泵空调系统冷冻站设计[J]. 暖通空调, 2001, 31(3): 60~ 62

[11] Schwarting G, Kleiner B. Tiergerechte Haltung von Schweinen in Nurtinger System [J]. Schweinerwelt, 1993, 3: 1~ 6

Effects of cooling floor for pig house using underground water

Li Baoming, Shi Zhengxiang, Zhang Xiaoying, Zhou Daolei

(College of Hydraulic and Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract** The temperature of sleeping area directly affects the lying behaviour for pigs. A floor cooling system using underground water of the sleeping area in an open housing was designed. The lying behaviours of pigs with different floor temperatures were observed. The results show that the floor temperature was close to the outside temperature without the cooling system, and the cooling effect was significant when the cooling system was used. The floor temperature could maintain between 22~ 26 using the cooling system, while the outside air temperature was 27~ 34 . More than 85% of the pigs lay on the sleeping area when the floor temperature was below 26 , and only 10% ~ 20% of the pigs lay on the sleeping area when the floor temperature was about 30 , while no pig laid on the sleeping area when the floor temperature was above 33 .

**Key words:** open pig housing; underground water; floor cooling system; lying behaviour