

白红杰,范磊,王丽英,等. 过滤式垂直立体通风系统对改善舍内空气质量和提高生产指标的实践与研究[J]. 上海农业学报,2021,37(1):66-70.

过滤式垂直立体通风系统对改善舍内空气质量和提高生产指标的实践与研究

白红杰¹, 范磊¹, 王丽英¹, 刘丙贤², 王璟², 张家庆², 郑凯³

(¹ 河南省农业科学院, 郑州 450002; ² 河南省农业科学院畜牧兽医研究所, 郑州 450002;

³ 河南农科种猪科技有限公司, 新乡 453512)

摘要: 为评价过滤式垂直立体通风系统对舍内空气指标和猪生产性能的影响, 选择同一批次、平均日龄为 70 d、平均体重为 32 kg 的保育猪 1 224 头, 将其随机均分为 2 组, 每组 306 头, 2 个重复。对照组猪舍通风方式为负压通风、试验组为过滤式垂直立体通风系统。每日 0 时、6 时、12 时、18 时收集舍内气象数据、有害气体浓度、微粒浓度; 每 3 周定期抽检猪群健康指标; 病、死猪及时送检; 详细统计生产物料用量、猪只状况和出栏均重等指标。结果表明: 与对照相比, 试验组温度高 0.92 °C、湿度高 8.33%, 差异均达到显著水平; 风速低 0.19 m/s, 差异极显著; NH₃ 浓度低 3.13 mg/m³, 差异极显著; H₂S、CO₂、CH₄ 浓度显著降低。与对照组相比, 试验组 PM₁₀ 浓度低 133.91 mg/m³、PM_{2.5} 浓度低 337.33 mg/m³, 差异极显著; 试验组发病率少 1.9%、死亡率低 0.82%、出栏率提高 1.79%, 3 个指标差异显著 ($P < 0.05$), 平均体重增加 5.8 kg/头、生产物料成本降低 17.54 元/头, 饲料费用、兽药费显著降低。建议规模化或有条件猪场安装过滤式垂直立体通风换气系统。

关键词: 空气过滤系统; 废气除臭系统; 垂直立体通风系统; 空气质量; 生产指标

中图分类号: S828.4; TU83 文献标志码: A 文章编号: 1000-3924(2021)01-066-05

Practice and research of filter type vertical stereo ventilation system to improve air quality and production index

BAI Hongjie¹, FAN Lei¹, WANG Liying¹, LIU Bingxian², WANG Jing², ZHANG Jiaqing², ZHENG Kai³

(¹ Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China; ² Animal Husbandry and Veterinary Institute, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China; ³ Henan Agricultural Science and Technology Co., LTD., Xinxiang 453512, China)

Abstract: To evaluated the effect of filter type vertical stereo ventilation system on improving air quality and pig production performance, a batch of 1 224 nursery pigs with an average age of 70 d and an average body weight of 32 kg were randomly divided into 2 groups with 306 pigs per group and 2 replicates. The control group was ventilated by negative pressure ventilation and the experimental group was ventilated by filtration vertical stereo system. Collect meteorological data, harmful gas concentration and particle concentration in the house at 0:00, 6:00, 12:00 and 18:00 every day. Health indicators of pigs were regularly sampled every 3 weeks. Sick and dead pigs should be submitted for inspection in time; Detailed statistics of production material consumption, pig condition and average weight and other indicators. The results showed that temperature and humidity in the experimental group were 0.92 °C and 8.33% higher than the control group, there were significant difference between the two groups. The wind speed reduced 0.19 m/s. The concentration of NH₃ in the test group reduced 3.13 mg/m³, and the concentration of H₂S, CO₂ and CH₄ significantly decreased. The concentration of PM₁₀ decreased by 133.91 mg/m³ and PM_{2.5} decreased by 337.33 mg/m³ in the experimental group. The incidence, mortality and emergence rate of experimental group decreased by 1.9%, 0.82% and 1.79% respectively. The

收稿日期: 2019-12-12

基金项目: 河南省农业科学院杰出青年科技基金(2019JQ05); 河南省农业科学院自主创新(2018ZC53); 河南省重点研发与推广专项(182102110063)

作者简介: 白红杰(1978—), 男, 硕士, 助理研究员, 研究方向为规模化猪场环境控制。E-mail: 364663187@qq.com

average body weight increased by 5.8 kg, the cost of production materials decreased by 17.54 yuan, and the cost of feed and veterinary drugs were significantly decreased. Recommended large-scale or conditional pig farm install of this filter type vertical stereo ventilation system.

Key words: Air filtration system; Exhaust gas deodorant system; Vertical stereo ventilation system; Air quality; Production quota

养猪是复杂的动态管理过程,受通风换气方式、舍内外温差、湿度、有害气体浓度、养殖密度、卫生状况、饲养设备、生产工艺及管理水平等多个因素影响。猪舍内空气质量长期不达标会诱发猪呼吸系统疾病并继发其他疾病,降低其生产性能,严重时可能造成死亡^[1]。舍内环境是猪赖以生存的重要环境因素^[2],猪舍通风换气效果呈复杂的非线性动态变化^[3],虽然国内外大型养猪集团和相关高校、科研院所对猪舍通风换气技术和通风换气设备进行了大量探索,但缺乏舍内空气质量实时检测、排出废气无害化处理等方面的研究。本研究在立体通风系统的基础上增加了空气过滤系统和废气除臭消毒系统^[4],对通风口、出风口、通风设备、通风管道、过滤系统、风速设定和空气指标监测等方面进行设计优化,并通过 SERB 软件对猪舍环境监测数据进行分析等,以期规模化猪场环境调控提供参考。

1 材料与方 法

1.1 试验猪舍条件

试验地点为河南省农业科学院试验示范种猪场,试验所用的猪舍建设条件及饲养管理条件一致。猪舍呈东西走向、舍长 60 m、宽 11 m。舍顶呈双坡式人字型结构,脊高 4.8 m、檐高 2.8 m,舍内檐高位置用阻燃矿棉材料吊顶^[5];南、北两侧墙离地 1.2 m 处有 10 个双层玻璃窗户(1.6 m × 1.4 m);双列式猪栏,长 5.5 m、宽 4.5 m。中间净道宽 2 m。对照组采用普通负压通风系统,猪舍长轴墙上安装湿帘 2 块、对应另一侧墙安装负压大功率风机 2 台;试验组采用过滤式垂直立体通风系统。

过滤式垂直立体通风系统由空气过滤系统、航道式进、出风系统、消毒除臭系统 3 部分组成。空气过滤系统选用 2 套 F9 级(MERV15—16)中效空气过滤系统^[6],外框热镀锌板材的板式过滤器(滤料为复合纤维滤芯),其额定功率为 3 200 m³/h、初阻力为 120 Pa。过滤系统分三层:第一层为低阻初效大颗粒过滤材料,过滤 PM₁₀ 左右颗粒,虑效 ≥ 85%;第二层对第一层过滤材料进行保护并过滤 PM_{2.5} 左右颗粒,虑效 ≥ 90%;第三层为低风阻抗菌抗病毒空气过滤材料,对第二层进行保护并过滤 PM_{2.5} 以下颗粒,虑效 ≥ 95%。航道式进风、出风系统由进风口、进风管道、出风口、出风管道、正压负压风机等组成。舍内中间净道下挖进风航道 42 m × 1.6 m × 3 m,安装 2 台正压风机、两条直径 0.6 m 塑料复合材料进风管道、每个猪栏位置设置进风口 1 个;南北两侧吊顶上设置 20 个出风口和 2 条出风管道、2 台负压风机。消毒除臭系统由水洗喷淋装置、丝网除雾器、风机、排风管、消毒池、沉淀池、循环水箱、水泵等组成。负压通风系统采用湿帘 + 风机模式,包含 2 台负压风机、2 块湿帘及其他小组件^[7]。风机尺寸:1.4 m × 1.4 m × 0.4 m;风叶直径:1.2 m;转速:460 r/min、风量:38 000 m³/h。

1.2 试验方法

试验时间为 2018 年 1 月 8 日—3 月 9 日和 7 月 12 日—9 月 11 日。试验组和对照组南、北两列猪栏上方的前、中、后位置、离地板高 1.2 m 处设置测定点。舍内气象条件:温度 20 ℃、湿度 65%、风速 0.2 m/s。通风时间:定时自动化通风,冬季每日 0 时、6 时、12 时、18 时进行通风,每次通风时长 3 min;夏季每日 0 时、2 时、4 时、6 时、8 时、12 时、14 时、16 时、18 时、20 时、22 时通风,每次通风时长 5 min。每日 0 时、6 时、12 时、18 时测定通风前 5 min 和通风后 5 min 各指标,每次测定时间为 0.5 min,间隔为 1 min,两个重复。

在河南省农业科学院进行免疫抗体合格率检测和病原监测、猪群稳定水平和疫病风险监测、免疫抗体效价保护率评价、病毒学和细菌学的分离鉴定。利用深圳市君达时代仪器有限公司英思科 Mx6TBRid 复合气体检测仪、美国 Metone-AEROCET831 尘颗粒物检测仪、深圳华盛昌机器实业有限公司 DT-8820 型多功能风速-温度测量仪进行空气质量监测。利用美国 ABIQuantStudio3 实时免疫荧光定量 PCR 仪、美国 Wisdom-6500 酶标仪及爱德士 IDEXX 抗体检测试剂盒等进行疫病监测。所用生产设备包括自动化料线、电动清粪设备、数控化智能温控系统、猪场管理软件、猪场监控系统、计量水表、电表、其他养猪用品等。

按猪群数量的 10% 进行抽检,收集样本血清、呼吸道分泌物、病猪或死猪血清、全血或病死猪脏器(肺、肝、肾等)和淋巴结等病理材料,每 3 周送检一次;临床症状猪只或病死猪全部送检,详细记录各组、各栋猪只发病头数、死亡头数、出栏头数、头平均体重(以下简称均重)、生产物资(饲料、疫苗、兽药、水、电)等费用等。有害气体浓度检测按照 GB/T 14668—93 和 GB/T 18204—24 进行;可吸入总悬浮颗粒物含量检测按照 GB/T 15432—1995 进行;疫病监控监测按照 GB/T 22914—2008 SPF 猪病原的控制与监测标准进行。

1.3 数据处理

用 Excel 2007 软件进行数据处理,用 SPSS 17.0 统计软件进行显著性分析,结果用平均值 \pm 标准差表示, $0.01 \leq P < 0.05$ 表示差异显著, $P < 0.01$ 表示差异极显著。

2 结果与分析

2.1 舍内气象指标测定

由表 1 可知,试验组和对照组温度分别高于设定温度 1.34 $^{\circ}\text{C}$ 、0.42 $^{\circ}\text{C}$,两组差异显著;试验组湿度 64.41%,低于设定湿度 0.59%、对照组湿度高于设定湿度 7.74%,两组差异显著;试验组风速低于设定风速 0.02 m/s,对照组高于设定风速 0.17 m/s,两组差异极显著。

表 1 猪舍气象条件

Table 1 Meteorological indexes of pig house

组别	平均温度/ $^{\circ}\text{C}$	相对湿度/%	平均风速/($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
试验组	21.34 \pm 0.18 a	64.41 \pm 0.12 a	0.18 \pm 0.18 A
对照组	20.42 \pm 0.35 b	72.74 \pm 0.87 b	0.37 \pm 0.02 B

注:同列数据不同小写字母表示差异显著,不同大写字母表示显著极差异,表中数据为“平均值 \pm 标准差”。下同。

2.2 舍内环境参数

由表 2 可知,试验组舍内 NH_3 、 H_2S 、 CO_2 、 CH_4 气体浓度比对照组的低 3.13 mg/m^3 、2.8 mg/m^3 、1 167 mg/m^3 、3.27 mg/m^3 ,下降比例分别为 64%、39%、23%、33%。其中,两组 NH_3 浓度差异极显著; H_2S 、 CO_2 、 CH_4 浓度差异显著。

表 2 舍内环境参数对比

Table 2 Comparison of internal environment parameters

组别	NH_3	H_2S	CO_2	CH_4
试验组	1.74 \pm 0.12 A	4.4 \pm 0.21 a	3 875.42 \pm 16.22 a	6.58 \pm 0.72 a
对照组	4.87 \pm 0.47 B	7.2 \pm 0.35 b	5 042.74 \pm 24.47 b	9.85 \pm 1.14 b

2.3 猪舍微粒浓度

由表 3 可知,试验组舍内 PM_{10} 浓度比对照组的低 133.91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,下降比例 32.44%,两者差异极显著; $\text{PM}_{2.5}$ 浓度比对照组低 337.33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,下降比例为 51.52%,差异极显著。

表 3 猪舍微粒浓度

Table 3 Particle concentration in piggery

组别	PM_{10}	$\text{PM}_{2.5}$
试验组	278.84 \pm 6.43 A	317.41 \pm 8.34 A
对照组	412.75 \pm 5.43 B	654.74 \pm 7.38 B

2.4 疫病情况与生产指标

由表 4 可知,试验组发病 4 头、死淘 2 头、出栏 610 头、总体重 76 761 kg、生产成本 321.14 元(人民币,下同)/头;对照组发病 14 头、死淘 7 头、出栏 599 头、出栏总重 72 149 kg、生产成本 338.68 元/头。试验组发病率比对照组低 1.63%、两者差异极显著;死淘率低 0.82%,差异显著,出栏率和出栏个体均重高 1.79%、0.46%,差异显著,生产成本低 17.54 元/头,其中饲料费用、兽药费用组间差异显著。

表 4 疫病情况与生产指标

Table 4 Epidemic situation and production performance index

组别	发病率/ %	死淘率/ %	出栏率/ %	初始头均重/ kg	出栏头均重/ kg	每头饲料 成本/元	每头兽药 成本/元	每头疫苗 成本/元	每头水电费 成本/元
试验组	0.65 A	0.32 a	99.67 a	32.21 \pm 0.35	126.25 \pm 5.21 a	290.56 a	5.24 a	8.78	16.56
对照组	2.28 B	1.14 b	97.88 b	32.34 \pm 0.24	120.45 \pm 7.35 b	304.25 b	7.58 b	8.42	18.43

3 讨论

3.1 过滤式垂直立体通风系统对空气质量的影响

猪舍内小于 75 μm 的颗粒称为微粒^[6],当舍内温度高、湿度大时,微粒浓度升高,猪只患病率升高。当舍内风速大、温度低、湿度大时会增加饲料消耗量,同时低湿度环境又容易增加舍内微粒浓度。研究证明, NH_3 、 H_2S 、 CO_2 、 CH_4 等有害气体由空气带入较少,多为舍内猪只呼吸、排泄物和各类生产物料有机物分解产生。舍内 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 微粒又可进入呼吸道,粒径低于 5 μm 时能在肺泡沉积,其危害程度与自身化学性质、粒径和病原体种类有关^[7]。本研究中,加装空气过滤系统后,入舍气体经过 3 层过滤, PM_{10} 以下的较大微粒经过第一层过滤后,85% 大颗粒被过滤处理,第二层对 $\text{PM}_{2.5}$ 以下微尘颗粒处理合格率达 90%,第三层空气消毒处理后,入舍空气微尘浓度低于国家标准。试验组内微粒的浓度显著低于对照组。

3.2 过滤式垂直立体通风系统对疫病和生产指标的影响

舍内粉尘浓度和猪只健康程度有密切关系,长期处于粉尘超标的环境中可引起慢性支气管炎、慢性肺泡功能障碍及粉尘中毒综合征 (TDDS)^[8],造成猪只抑制免疫功能降低^[9],甚至是肺炎,乃至死亡^[10]。Zhand 等^[11]认为养猪生产中呼吸系统疫病 70% 以上与舍内空气质量有关。舍内有害气体超标,附着在微粒上的病原微生物在高温、高湿条件下引起黏毛细胞快速生长和代谢,不但影响猪只生产性能发挥,而且威胁人、猪的健康^[12]。猪舍又是微生物产生的重要场所,微生物借助空气介质中的杂质进行扩散,病原微生物达到一定的数量时可降低猪只机体免疫力^[13]。长期在低浓度有害气体环境下,猪只抗病能力减弱,在高浓度下,猪只发病率升高^[14]。过滤式垂直立体通风系统采用地下正压送风和舍顶负压抽风的立体通风换气技术,利用航道自身冬暖夏凉的特点,对入舍空气温度进行温度预处理,使入舍空气温度和舍内的温差减小,对冬季猪只呼吸系统疫病防控有利。舍顶抽风便于快速抽走舍内上层混合污染废气,同时又能做到气流均匀、无死角、无贼风,既保证了送风均匀又满足舍内废气无死角抽走。垂直通风气流运动方向为垂直上下,相对独立且运动路径短,如果某猪栏猪只出现病情,通风时气流带病菌直接通过废气管道排到室外,减少感染其他猪只的风险^[15]。本试验发现,试验组猪只群体抗体保护率明显比对照组高,发病率、死淘率较对照组下降显著。

当舍内温度低于猪只适宜生长温度时,其代谢率提高,饲料利用率降低,猪只生长速度缓慢;反之,温度高于适宜温度时,猪只采食量下降,出现热应激,生长缓慢^[16]。湿度和风速对养猪影响也大,高湿度、低风速容易造成猪只散热困难,出现热应激。本研究发现试验组出栏头数和出栏均重都比对照组高,且猪只整齐度好,发病数少,药费较低。

3.3 过滤式垂直立体通风系统在空气质量方面的优势

负压通风通过风机的引入和导出,对舍内的空气进行直接对流交换。其优势在于价格便宜、安装简单、使用方便;缺点是通风和保温难以兼顾、换气不彻底、舍内温度无法保证等。和普通通风系统相比,过滤式垂直立体通风系统增加了舍内进气过滤系统和舍内废气外排的消毒除臭系统,可过滤有害气体、微尘和病原体等物质,使清洁、新鲜、安全的空气进入舍内。舍内污染气体含有有害物质、大量臭分子和病原体,直接外排会造成大气污染和人畜二次患病风险,而增加喷淋除尘除臭系统可降低其对大气的污染,符合国家对养殖企业的环保要求。本研究中,试验组加装废气处理系统,废气经过消毒、水雾除臭后可达标排放。但垂直通风的风速小、通风管道短,降温效果比水平方向通风差。在我国南方地区猪场,夏季仍以水平通风为好^[17]。综上,过滤式垂直立体通风系统在空气更新、有害气体置换、微粒控制和污染气体无害化外排方面更高效、更环保。

4 结论

过滤式垂直立体通风系统能够显著降低舍内有害气体浓度和微粒浓度,提高猪只抗体水平,降低发病率和死淘率,提高出栏率和出栏重,降低生产成本等。使用该系统后养猪效益提高,可在大型养猪企业推广使用。

参 考 文 献

- [1] 黄藏宇,李永明,徐子伟,等. 舍内气态及气载有害物质对猪群健康的影响及控制技术[J]. 家畜生态学报,2012,33(2):80-84.
- [2] 周丹,刁亚萍,高云,等. 猪舍内 CO₂ 的排放研究进展[J]. 中国农业科学,2018,51(16):3201-3213.
- [3] 胡鸿惠,彭国良,南文金,等. 猪舍空气病原微生物与环境通风的关系研究进展[J]. 安徽农业科学,2013,41(13):5755-5757.
- [4] 付典林,杨卫平,刘仁鑫,等. 集约化猪场垂直通风模式分析[J]. 黑龙江畜牧兽医,2018(3):137-139,143,255-257.
- [5] 陈辉,仝亚广,张岩,等. 雏鸡舍留温新风换气系统设计及试验[J]. 农业机械学报,2018,49(11):320-327.
- [6] 宋卫东. 空气过滤系统的分类与使用维护[J]. 农业开发与设备,2018(9):47-49.
- [7] 白红杰. 实用养猪大全[M]. 3版,郑州:河南科学技术出版社,2018.
- [8] 李永明,徐子伟,黄藏宇. 新风系统对寒冷季节密闭猪舍空气质量及仔猪生产性能、血液生化 and 免疫指标的影响[J]. 中国畜牧杂志,2013,49(11):83-87.
- [9] 方治国,欧阳志云,胡利峰,等. 北京市夏季空气微生物群落结构和生态分布[J]. 生态学报,2005,25(1):83-88.
- [10] ZONG C,LI H,ZHANG G. Ammonia and greeghouse gas emissons from fattening pig house with two types of partial pitventilation systems[J]. Agriculture Ecosystems &Environment,2015,208:94-105.
- [11] ZHANG G,STROM J S,LI B,et al. Emission of ammonia and other contaminent gases from naturally ventitated dairy cattle buildings[J]. Biosystems Engineering,2005,92(3):355-364.
- [12] 刘爱军,赵灵燕,李军星,等. 浙江省某地区保育猪群呼吸道疾病综合征现场调查与诊治[J]. 中国动物检疫,2019,36(4):14-18.
- [13] 宁芳芳,施正香,荆凯凯,等. 光触媒空气净化器对猪舍空气质量和猪生产性能的影响[J]. 家畜生态学报,2015,36(7):47-50.
- [14] LI M F,GI J H,ZHANG H D,et al. Concentration and size distribution of bioaerosols in an outdoor environment in Qingdao coastal region[J]. Science of The Total Environment,2011,409(19):3812-3819.
- [15] 解天,罗松,杨卫平,等. 现代化猪舍通风简介[J]. 南方农机,2018(4):7-9.
- [16] JU X H,YONG Y H,XU H J,et al. Impacts of heat stress onbaseline immune measures and a subset of T cells in Bamaminiature pigs[J]. Livest Sci,2011,135(2/3):289-292.
- [17] CAMBRAL6PEZ M,AARNINK A J,ZHAO Y,et al. Airborne particulate matter from livestock production systems;a review of an air pollution problem[J]. Environmental Pollrtion,2010,158(1):1-17.

(责任编辑:郭娇)