



朱佳明, 田坤, 齐仁立, 李佳雨, 谭琼, 简悦. 节水碗和躲避栏改造对育肥猪饮水、排泄行为及圈栏清洁的影响[J]. 中国农业大学学报, 2026, 31(04):176-184.
ZHU Jiaming, TIAN Kun, QI Renli, LI Jiayu, TAN Qiong, JIAN Yue. Effects of water-saving bowls and evasion bar modifications on drinking, defecation behavior, and pen hygiene in finishing swine[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2026, 31(04):176-184.
DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2026.04.14

节水碗和躲避栏改造对育肥猪饮水、排泄行为及圈栏清洁的影响

朱佳明^{1,2,3} 田坤² 齐仁立^{1,2} 李佳雨² 谭琼^{1,2,3} 简悦^{1,2,3*}

(1. 重庆市畜牧科学院, 重庆 402460;

2. 国家生猪技术创新中心, 重庆 402460;

3. 农业农村部西南设施养殖工程科学观测实验站, 重庆 402460)

摘要 为探索规模化生猪养殖中节水型饮水碗与躲避栏优化对减少污水和粪便污染、改善圈舍清洁度的作用与机制, 本研究选取48头(81.82 ± 7.72)kg育肥猪, 分别进行节水型饮水碗和躲避栏的传统与改造后的对比分析。结果表明: 1) 改造饮水系统对育肥猪的生产性能、饮水量和饮水行为均无显著影响($P > 0.05$)。2) 改造I组与传统I组相比, 用水量与浪费水量分别降低了12.67%和69.52%。3) 传统II组与改造II组水泥地板上排便率分别为19.01%和11.08%, 改造II组较传统II组水泥地板上排便量下降了41.71%, NH_3 排放量降低了33.52%。综上, 通过采用节水型饮水碗和躲避栏, 可实现污水、粪便与 NH_3 的源头减排, 协同削减生猪养殖过程中的粪污与有害气体污染。

关键词 猪; 节水碗; 躲避栏; 排泄行为; 圈栏清洁

中图分类号 S828

文章编号 1007-4333(2026)04-0176-09

文献标志码 A

Effects of water-saving bowls and evasion bar modifications on drinking, defecation behavior, and pen hygiene in finishing swine

ZHU Jiaming^{1,2,3}, TIAN Kun², QI Renli^{1,2}, LI Jiayu², TAN Qiong^{1,2,3}, JIAN Yue^{1,2,3*}

(1. Chongqing Academy of Animal Sciences, Chongqing 402460, China;

2. National Center of Technology Innovation for Pigs, Chongqing 402460, China;

3. Scientific Observation and Experiment Station of Livestock Equipment Engineering in Southwest, Ministry of Agriculture, Chongqing 402460, China)

Abstract This study aimed to elucidate the role and mechanisms by which optimized water-saving drinking bowls reduce wastewater and fecal contamination and improve pen cleanliness in large-scale pig farming. 48 finishing pigs weighing (81.82 ± 7.72) kg were selected to conduct comparative trials between conventional and modified water-saving drinking bowls and shelter pens. The results showed that: 1) The transformation of the water-saving drinking bowls had no significant effect on the production performance, water intake, or drinking behavior of finishing pigs ($P > 0.05$). 2) Compared to traditional Group I, modified Group I reduced water consumption and water waste by 12.67% and 69.52%, respectively. 3) The fecal deposition rates on traditional Group II and

收稿日期: 2025-08-12; 接受日期: 2025-11-19

基金项目: 重庆荣昌农牧高新技术产业研发专项(cstc2019ngzx0004); 国家生猪技术创新中心先导科技项目(NCTIP-XD/B07)

第一作者: 朱佳明(ORCID:0000-0002-3678-2716), 硕士, 助理研究员, 主要从事圈栏环境调控研究, E-mail: xrd610@126.com

通讯作者: 简悦(ORCID:0000-0002-3102-959X), 硕士, 副研究员, 主要从事圈栏环境调控研究, E-mail: jiany16@163.com

modified Group II cement floors were 19.01% and 11.08%, respectively. Compared to traditional Group II pens, modified Group II reduced fecal deposition on cement floors by 41.71% and ammonia (NH_3) emissions by 33.52%. In summary, by using water-saving drinking bowls and avoidance barriers, the source reduction of wastewater, feces, and NH_3 can be achieved, and the synergistic reduction of mitigating manure and harmful gas pollution in pig farming can be achieved.

Keywords pigs; water-saving bowls; dodge barriers; defecation behavior; pen cleaning

我国生猪养殖业正朝着规模化和集约化方向快速发展,在此背景下,清洁生产已成为行业发展的刚性约束和迫切需求。猪场饮水系统、圈栏设计、清粪系统、饲养密度与管理方式等因素都会直接或间接影响粪污及有害气体的产生,从而影响圈舍清洁^[1]。不合理的饮水设备会导致污水量增加,增加粪污处理负担^[2]。圈舍空间与布局直接影响猪的排泄行为。若空间狭小或分区不当,猪只可能因不适应而乱排泄,增加污染;合理的空间规划可引导其集中排泄,减少排污面积,降低地面污染^[3]。

源头减量是养殖污水减排的关键路径,其中优化饮水系统是源头减量的重要措施。通过改进饮水器的结构设计、安装方法及出水速率等措施,可有效降低非必要耗水,从而减少污水产生量^[4-5]。当前生产中的主流饮水设备包括乳头式、碗式和槽式饮水器等。乳头式饮水器因其构造简单,多用于育肥猪及母猪养殖,但其漏水率较高,水资源浪费程度高于碗式饮水器^[6]。碗式饮水器具有节水防漏功能,能够保持圈栏干燥,若安装高度控制在猪肩高的40%左右,可显著提高节水效果,然而此类设备需经常清理,以避免残留污物积累。槽式饮水器适合大群猪群,但容易被污染且无法精确控制每头猪的饮水量^[7]。目前在饮水器的研究更多聚焦于出水速率控制、动物行为特征与水流参数的匹配等,而较少涉及行为学与设备结构的协同优化。

合理的圈舍布局对保持圈舍清洁至关重要。Bøe等^[8]研究发现,将生猪的排泄行为引导至固定区域能显著减少圈栏的污染面积,同时减少清粪工作量与污水产生量。相关研究表明,圈栏内若未能及时清除粪便等污染物,会滋生大量有害气体,对生猪生长及饲养人员健康造成威胁。而 NH_3 的释放量与粪污暴露面积呈显著正相关($r=0.852$)^[9-10],减少圈栏内地板的粪便积累量可有效减少40%~60%的 NH_3 排放量^[11-12]。同时,圈栏地板被粪便污染严重未及时清理时会引起猪只滑倒,增加蹄损伤和感染的风险^[13-14]。科学的圈栏布局有助于减少生

猪在休息区的排泄行为,从而降低因冲洗圈栏所产生的污水量,改善圈栏内部环境卫生^[15]。Hacker等^[16]研究表明,与开放式圈栏相比,封闭式结构可使排泄区域更集中,有助于保持圈栏清洁;同时,猪只倾向于在角落排泄,越靠近角落排泄频率越高^[17-18]。Voermans等^[19]指出,采用刮粪板清理粪便能有效减少 NH_3 的排放。Jensen等^[20]研究发现养殖群体规模与圈栏污染程度呈正相关。然而,目前关于不同圈栏布局对猪只行为模式和 NH_3 挥发过程的影响研究较少,这限制了环境控制与动物行为调控的融合与应用。

综上所述,减少饮水浪费、科学规划圈栏布局等措施对于降低饮水浪费、降低有害气体排放及提升猪只健康福利具有重要意义。然而,现有研究多集中于单一因素的局部优化,缺乏对饮水系统节水改造与圈栏功能分区优化的系统考量,特别是其与猪只饮水、排泄行为、地面污染及 NH_3 排放间的相互作用关系。

本研究针对传统圈栏存在的饮水浪费、猪只排泄分布不均以及 NH_3 排放量大的问题,设计了传统与改造节水型饮水碗及躲避栏的对比试验,系统评估节水型饮水碗和躲避栏对猪只饮水行为、用水量、排泄模式、 NH_3 与 CO_2 排放及圈栏清洁的影响。本研究创新性地将节水型饮水碗与躲避栏优化相结合,从工程应用角度提出了可直接操作的改造方案,为生猪养殖业的清洁化转型和动物福利提升提供实践指导与理论支撑。

1 材料与方法

1.1 试验设计与饲养管理

本试验于2022年9月在中国重庆市某规模化猪场开展,试验周期为14 d。试验猪舍为南北朝向,中间有走廊,猪舍内窗户均密闭,每个圈栏均设置一扇窗户。南侧墙壁有一台水空调和一台排气扇,风速约为6 m/s,西侧为密闭卷帘门,东侧为出入卷帘门。本试验中猪舍光照均来源于窗户自然采光,未额外补充人工光照。圈栏平面布局如图1所示,

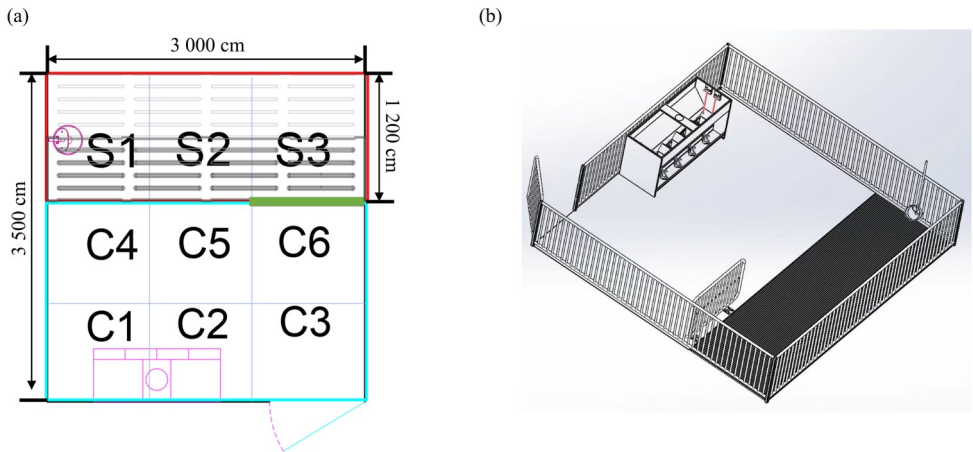
圈栏尺寸为3.5 m(长)×3 m(宽)×1.1 m(高),中间设有1.5 m宽的饲喂过道。躲避栏主体为直径33.5 mm的不锈钢管,面板遮挡率为45%,面板材质为不锈钢,躲避栏距地面6 cm,通过底板螺栓连接。试验将圈栏改造分为两部分:试验一为节水型饮水碗改造,试验二为躲避栏改造。试验前进行了为期3 d的预试验,使猪只适应环境,排除环境应激影响。共设4个处理组,每组3个重复圈栏,每栏4头“杜洛克×长白×大约克”三元杂交育肥猪,初始体重(81.82±7.72) kg。试验期间,猪只每日09:00和15:00人工饲喂颗粒配合饲料,自由采食与饮水,按常规免疫程序防疫并定期清理粪便。试验一(图1)在圈栏南侧进行,右侧3栏为传统I组

安装传统饮水碗,左侧3栏为改造I组安装节水型饮水碗。其中本研究采用的节水型饮水碗为自主设计的试验装置,其具体设计与性能测试详见文献^[21]。饮水碗安装高度按Gonyou等^[22]方法统一设为36.5 cm,下方设置0.4 m×0.3 m×0.05 m的废水收集装置以监测水资源浪费。试验二(图1和图2)在北侧圈栏进行,右侧3栏为传统II组,左侧3栏为改造II组,安装躲避栏以实现功能分区。圈栏水泥地面分为6个区域(C1~C6),每个区域尺寸为1.15 m×1 m(长×宽),漏缝地面分为3个区域(S1~S3),每个区域尺寸为1.2 m×1 m(长×宽),躲避栏设置于S3区与C6区交界处(1.0 m×0.9 m),用于引导猪只排泄与休息分区。



图1 圈栏平面图

Fig. 1 Plan view of the enclosure



(a)圈栏分区示意图;(b)圈栏布置立体示意图。

(a) Schematic diagram of pen zoning; (b) Three-dimensional schematic diagram of pen arrangement.

图2 圈栏结构与布置示意图

Fig. 2 Schematic diagram of pen structure and arrangement

1.2 数据监测

1.2.1 传统I组与改造I组

温湿度:使用温湿度传感器(U23-001, Onset

Bourne)监测圈栏内温湿度。其中温度传感器测量范围为-40~120℃,精度为±0.2℃(0~50℃时),湿度传感器测量范围为0~100%,精度为±2.5%

RH。每30 min记录1次,温湿度监测点布置如图1所示,监测高度为1.5 m。

生产性能测定:试验开始和结束时,采用WA200型单体秤(Meier-Brakenberg)对所有试验猪进行称重,每周记录各圈栏的饲料净采食量(投喂量-剩料量),据此计算试验期内猪只的平均日增重、平均日采食量及料肉比,具体计算方法见公式(1)~(3)。

$$ADG = (w_t - w_0) / (n \times d) \quad (1)$$

$$ADFI = f / (n \times d) \quad (2)$$

$$F/G = f / (w_t - w_0) \quad (3)$$

式中:ADG为平均日增重,kg/(d·头);ADFI为平均日采食量,kg/(d·头);F/G为料肉比; w_t 为猪试验期结束体重,kg; w_0 为猪初始体重,kg; n 为试验猪头数,头; d 为试验天数,d; f 为猪总采食量,kg。

用水量测定:试验期间于每日9:00读取各圈栏水表表示数并记录,每次记录完毕后将水表归零,以便次日继续监测。

浪费水量:通过设置在饮水碗下方的接水装置进行收集,每日9:00和15:00分别记录饮水浪费量,2次读取的数据分别对应前一时段的累计浪费量,该2次测量值之和即为单圈日浪费水量,每次测量后清空接水槽。实际饮水量为用水量和浪费水量之差,具体公式参见公式(4)~(6)。

$$A = a / (n \times d) \quad (4)$$

$$B = b / (n \times d) \quad (5)$$

$$C = A - B \quad (6)$$

式中:A为平均日用水量,L/d;B为平均日浪费水量,L/d; a 为总用水量,L; b 为总浪费水量,L; C 为平均日浪费水量,L/d。

饮水行为观测:在圈栏上加装摄像系统,试验期间进行录像,根据录像统计每栏每日24 h猪只饮水次数与饮水时长并整理数据。计算公式见式(7)~(8)。

$$T = t / (n \times d) \quad (7)$$

$$E = e / (n \times d) \quad (8)$$

式中: T 为各时段的平均饮水时长,s/d; t 为各时段的总饮水时长,s; n 代表试验猪头数,头; d 为试验天数,d; E 为各时段的平均饮水次,次; e 为各时段的总饮水次,次。

1.2.2 传统II组与改造II组

粪便分布:根据圈栏的分区示意图,采用人工清粪的方式在每日9:00使用电子秤(SN-01,成都倍赛卡仪器仪表研究所,测量范围为0~30 kg,精度

为0.1 g)记录各区的粪便重量。

二氧化碳(CO₂)和氨气(NH₃):使用CO₂传感器(073,山东仁科测控技术有限公司,测量范围为0~5 000 μmol/mol,精度为±(50 μmol/mol + 3% F·S))和NH₃传感器(115,山东仁科测控技术有限公司,测量范围0~50 μmol/mol,精度为±8%)对圈栏内CO₂和NH₃浓度进行监测,每30 min记录一次,CO₂和NH₃检测布点位置如图1所示,监测高度为1.5 m。

1.3 数据分析

使用OriginPro2018进行数据处理与绘图,采用R软件对数据进行统计分析,采用单因素方差分析进行显著性分析,当 $P > 0.05$ 表示不显著, $P < 0.05$ 时认为差异显著,当 $P < 0.01$ 时认为差异极显著。

2 结果与分析

2.1 饮水系统改造对育肥猪生产性能与饮水行为影响

2.1.1 饮水系统改造对育肥猪生产性能的影响

试验期间育肥圈栏室内温度和湿度如图3所示,舍内日平均温度为19.73~25.18℃,舍内日平均湿度为66.58%~81.35%。由表1可知,传统和改造I组试验期内舍内温度差异不显著($P > 0.05$),传统和改造I组育肥猪的平均日增重、平均日采食量和料重比差异不显著($P > 0.05$)。

2.1.2 饮水系统改造对育肥猪用水量、浪费水量和饮水行为影响

由表2可知,在试验期内,改造I组育肥猪的平均日用水量与浪费水量均极显著低于传统I组($P < 0.01$),降幅分别为12.67%和69.52%;两试验组在平均日饮水量方面均差异不显著($P > 0.05$)。

传统I组与改造I组试验期内育肥猪用水量和浪费水量如图4所示,改造I组第3、6、10天育肥猪的用水量显著低于传统I组($P < 0.05$)(图4(a)),改造I组试验期间浪费水量显著低于传统I组($P < 0.01$)(图4(c))。

传统I组与改造I组试验期间猪的饮水行为如图4所示,传统和改造I组猪只每日各时段饮水行为(饮水时长、饮水次数)的规律相同,并且均有2个峰值,分别在09:00和15:00时。传统I组与改造I组试验期内猪只饮水行为无显著差异($P > 0.05$)(图4(b)和4(d))。

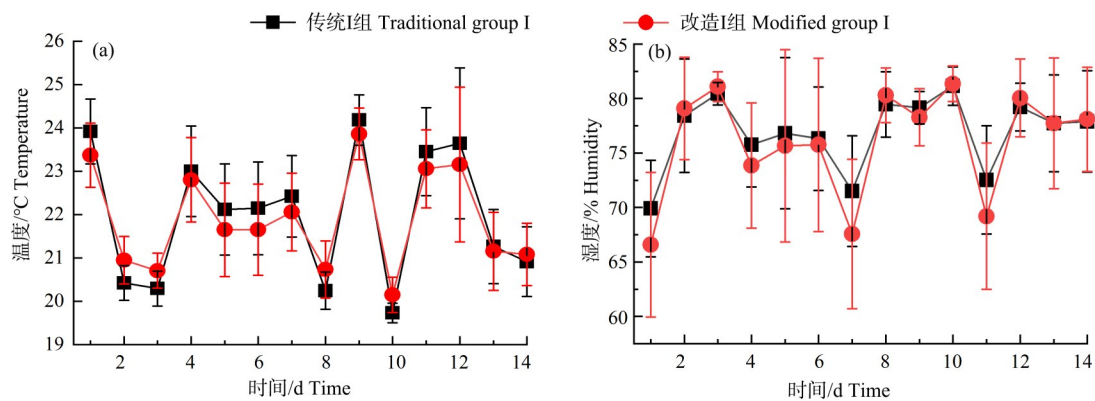


图3 圈栏室内温度(a)与湿度(b)
Fig. 3 Temperature (a) and humidity (b) in the enclosed pen

表1 传统与改造I组育肥猪的生产性能

Table 1 Production performance of fattening pigs in the traditional and modified group I

项目 Item	传统 I 组 Traditional group I	改造 I 组 Modified group I	项目 Item	传统 I 组 Traditional group I	改造 I 组 Modified group I
温度 Temperature	21.98±1.51	21.88±1.17	平均日增重/(kg/d) Average daily gain	0.99±0.03	1.00±0.02
初始体重/kg Initial body weight	81.90±6.86	81.73±8.80	平均日采食量/(kg/d) Average daily feed intake	2.75±0.15	2.81±0.04
最终体重/kg Final body weight	95.71±7.08	95.73±9.14	料肉比 Feed gain ratio	2.79±0.10	2.81±0.10

表2 传统与改造I组平均每头育肥猪日用水量、饮水量和浪费水量

Table 2 Average daily water use, water consumption and water wastage per fattening pig in traditional and modified group I

项目 Item	传统 I 组 Traditional group I	改造 I 组 Modified group I
用水量/L Water consumption	12.23±0.47	10.68±0.48**
饮水量/L Water intake	10.12±0.48	10.04±0.43
浪费水量/L Water leakage	2.10±0.01	0.64±0.05**

注:与传统I组相比,** $P<0.01$ 。
Note: Compared with traditional group I, ** $P<0.01$.

2.2 改造圈栏设计对粪便分布与有害气体排放的影响

2.2.1 改造圈栏设计对粪便分布的影响

传统II组和改造II组试验期内圈栏各区粪便重量分布如图5所示,传统和改造II组试验期内漏缝地板(S1~S3)粪便重量显著高于水泥地板

(C1~C6)。与传统II组相比,改造II组水泥地板粪便占总量比例下降41.71%,特别是改造II组C6区粪便占总量比例下降80.07%;改造II组漏缝地板粪便占总量比例上升9.79%,特别是改造II组S3区粪便占总量比例上升38.72%。

传统II组和改造II组试验期内漏缝地板各区粪便重量分布如图6所示,与传统II组相比,改造II组S2区粪便占总量比例下降22.03%;改造II组S3区粪便占总量比例上升26.33%。

2.2.2 圈栏设计改造对NH₃和CO₂浓度的影响

传统II组与改造II组试验期内NH₃和CO₂浓度如图7所示,传统II组试验期间NH₃浓度在7.69~23.13 μmol/mol范围内,平均NH₃浓度为(15.78±5.35) μmol/mol;改造II组试验期间NH₃浓度为3.19~19.21 μmol/mol,平均NH₃浓度为(10.49±5.41) μmol/mol,改造II组NH₃浓度显著低于传统II组($P<0.05$)。传统II组试验期间CO₂浓度为451.03~576.06 μmol/mol,平均CO₂浓度为(506.09±41.53) μmol/mol;改造II组试验

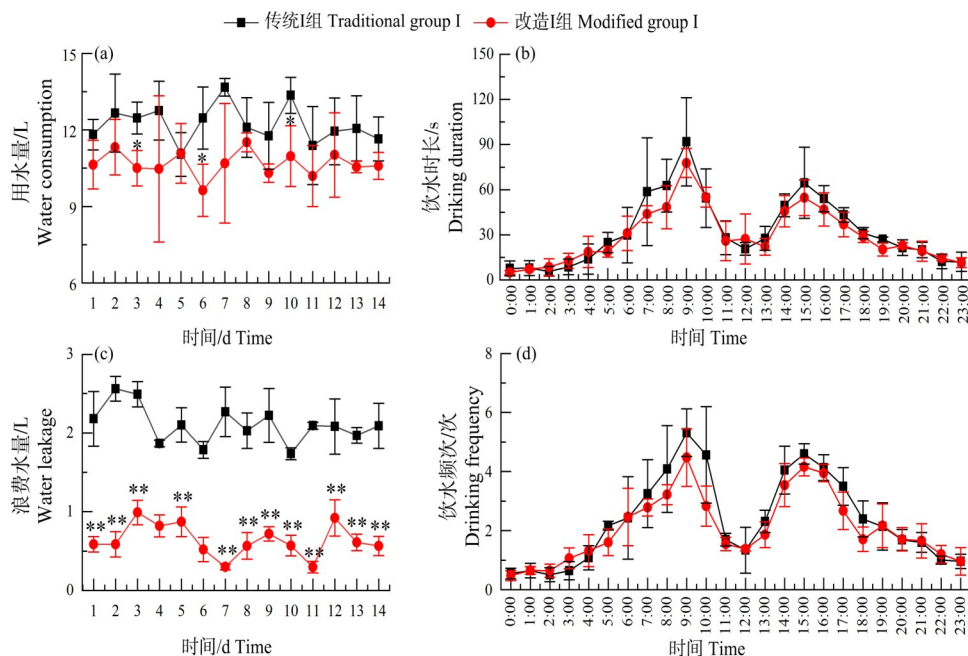


图 4 传统 I 组与改造 I 组平均每头育肥猪用水量(a)、饮水时长(b)、浪费水量(c)和饮水次数(d)

Fig. 4 Average water use (a), drinking duration (b), wasted water (c), and number of drinks (d) per fattening pig in traditional vs modified group I

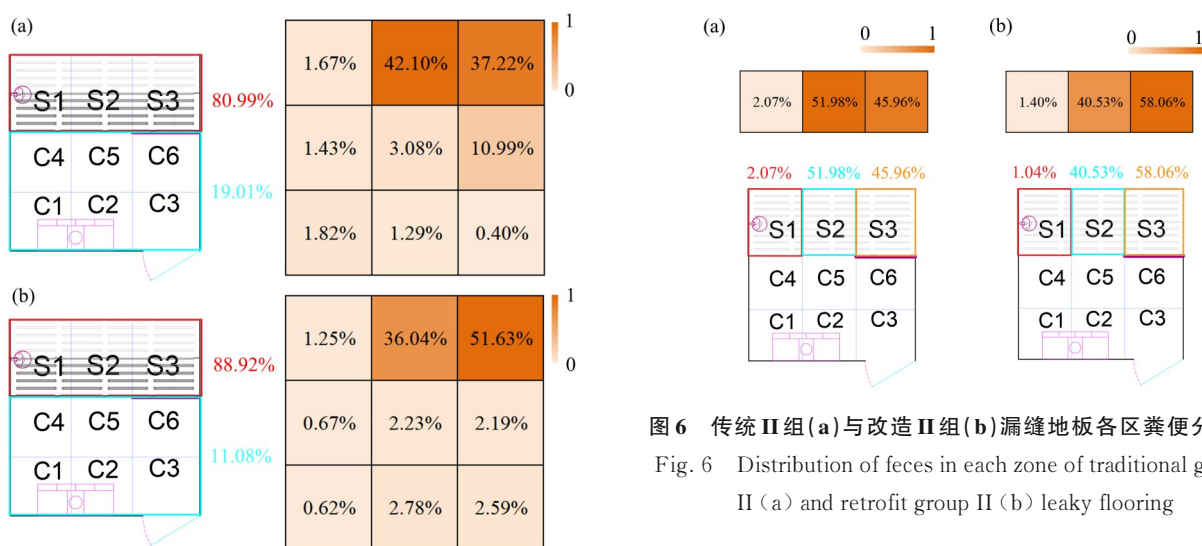


图 5 传统 II 组(a)与改造 II 组(b)各区粪便分布图

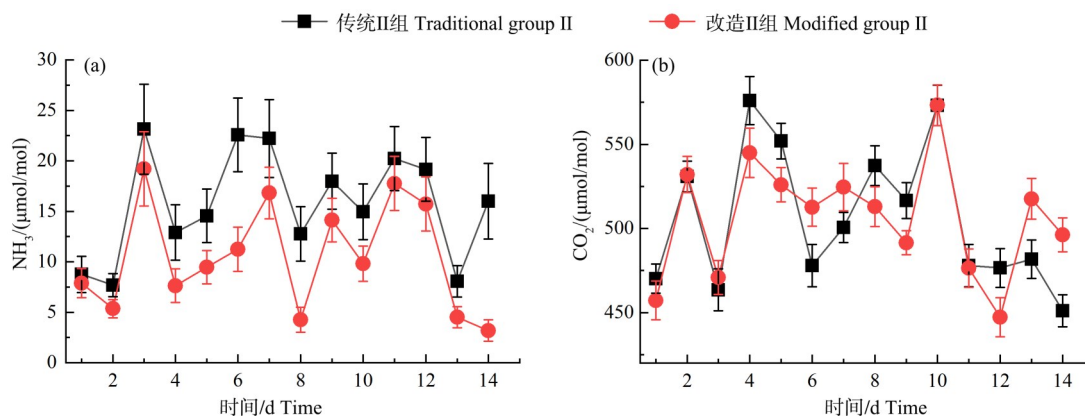
Fig. 5 Distribution of feces in each zone of traditional group II (a) and modified group II (b)

期间 CO_2 浓度为 $447.27 \sim 573.25 \mu\text{mol/mol}$, 平均 CO_2 浓度为 $(505.96 \pm 35.01) \mu\text{mol/mol}$, 传统 II 组与改造 II 组的 CO_2 浓度无显著性差异 ($P > 0.05$)。

3 讨 论

3.1 饮水系统改造对育肥猪生长、饮水性能以及圈栏清洁影响

猪只饮水浪费是养殖场污水来源之一, 猪只饮水浪费的影响因素很多, 包括饮水器类型、安装方式和水流速度等, 其中饮水器类型是最主要因素^[4-5]。饮水器浪费的水与粪尿混合会导致污水量增加^[23]。现有研究证明, 采用智能饮水碗可使育肥

图7 传统与改造Ⅱ组NH₃(a)与CO₂(b)浓度Fig. 7 Traditional and modified group II NH₃ (a) and CO₂ (b) concentrations

猪的饮水浪费率下降60.9%~79.5%^[21]。本研究结果表明,通过采用节水型饮水器对饮水系统进行改造,可使水的浪费量相比传统饮水器降低69.52%,且对猪只的饮水量无显著影响。此外,猪只倾向于在潮湿区域排泄,饮水浪费导致的地面潮湿可能会改变其排泄模式。研究表明,猪只刚转群时,圈栏内干燥地板的污染率低于10%,而湿度增加后污染率可升至50%;即使在已经形成良好排泄习性的育肥猪群中,圈栏湿度增加仍会显著提高粪便污染率^[24-25]。因此,通过改造饮水系统以减少饮水浪费,不仅可直接降低污水的产生量,还能间接减少圈栏内的粪便污染,从而有助于保持圈栏的清洁。

猪的饮水量受多种因素影响^[26],主要因素为体重、采食量及环境温度等。本研究中,体重为80~100 kg的育肥猪平均日饮水量与采食量分别约为10 L/d与2.8 kg/d,能够满足其生长饮水和采食量需求。同时,环境温度也是影响猪只饮水行为的关键因素^[27-29]。已有研究指出,在环境温度超过20℃时,温度每升高1℃,猪的日饮水量将增加0.2 L^[30]。本研究期间,圈舍环境温度保持稳定,未对育肥猪的饮水量产生显著影响。由此可见,在本研究条件下,猪的体重、采食量和环境温度未对饮水量产生显著干扰。饮水量是影响猪只生长发育的重要因素,本研究结果显示,改造后的饮水器对育肥猪的生长性能(采食量、日增重和料肉比)及饮水量均无显著影响。同时,饮水行为是评估猪只健康状况的重要指标之一,与采食行为密切相关^[31-32]。本研究中,传统I组和改造I组育肥猪每日的饮水行为规律

相同,每日各时段饮水次数和时长均无显著差异,且与采食时间高度吻合,这与柴捷等^[28]研究结果一致。综上所述,采用节水型饮水器对饮水系统进行改造,在不影响育肥猪生产性能和饮水行为的同时,有效减少了饮水浪费,从源头减少了养殖污水的产生,保持了圈舍环境清洁,进而有助于提升动物福利水平。

3.2 改造圈栏设计对育肥猪粪便分布、NH₃排放量及圈栏清洁的影响

排泄行为直接影响圈栏的清洁度。猪的排泄行为存在时间性与区域性特征:通常在完成躺卧、采食和饮水等活动后连续进行排泄,倾向于选择圈舍角落或隔栏交界处作为排泄地点^[33-34]。圈舍布局和舍内环境等因素明显影响猪的排泄行为^[35]。在本研究中,改造Ⅱ组在圈栏S3区与C6区的交界处安装躲避栏,与传统Ⅱ组相比,改造Ⅱ组水泥地板上排便量下降了41.71%,漏缝地板上排便量上升了9.79%。结果表明,减少实体地板排便率可以降低圈栏污染程度,提高圈栏清洁度。躲避栏的存在影响圈栏微环境,强化圈栏空间功能区划分,通过减少空气流动维持躺卧区(水泥地板)的温度,在圈栏内形成温度梯度,引导猪只在潮湿、凉爽区域(漏缝地板)处排泄,降低育肥猪在水泥地板的排便率,维持圈栏的清洁^[36]。

圈栏内NH₃产生量与猪只排泄行为密切相关^[37]。研究表明,减少地板上粪便积累量可使NH₃排放量降低40%~60%^[38]。本研究中,通过改造圈栏设计,使水泥地板上的排便量减少了41.71%,从而使NH₃排放量降低33.52%,与既有研究结果一

致^[39]。本研究通过在圈栏中安装躲避栏,减少了猪在水泥地板上的排泄行为,从而提高了地面清洁度,优化了圈栏空气环境,减少了冲洗地面所需的用水量,从源头降低了污水的产生,有助于提升猪只的健康与福利待遇。总体而言,改造后的圈栏设计在有效减少水泥地板排便率的同时,对改善圈舍卫生及空气质量、节约清粪用水具有积极意义。

4 结 论

本研究表明,节水型饮水碗与躲避栏的优化能够有效改善育肥猪的生产生活环境。通过改造饮水设施和优化圈舍空间结构,可减少水的浪费,从源头减少污水产生,维持圈舍清洁度。同时,圈舍结构优化有助于引导猪的排泄行为,减少粪便污染及相关有害气体排放,从而改善空气质量与圈舍卫生状况。综上所述,本研究为生猪养殖场清洁生产 and 环境控制提供了有效的技术路径,为提升育肥猪健康与福利水平提供了科学依据。

参考文献 References

- [1] 刘安芳,阮蓉丹,李厅厅,刘作华,曾雅琼,龙定彪,蒲施桦,王浩. 猪舍内粪污废弃物和有害气体减量化工程技术研究[J]. 农业工程学报, 2019, 35(15): 200-210
Liu A F, Ruan R D, Li T T, Liu Z H, Zeng Y Q, Long D B, Pu S H, Wang H. Research progress of in-house reduce engineering technology for piggery manure wastes and poisonous gas [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2019, 35(15): 200-210 (in Chinese)
- [2] Ocepek M, Škorjanc D. Does rearing system (conventional vs. organic) affect ammonia emissions during the growing and fattening periods of pigs [J]. *Biosystems Engineering*, 2016, 147: 81-89
- [3] 李以翠,李保明,施正香,周道雷. 猪排泄地点选择及其对圈栏污染程度的影响[J]. 农业工程学报, 2006, 22 (S2): 108-111
Li Y C, Li B M, Shi Z X, Zhou D L. Selection site of pigs excretion and its effects on pollution extent of pen [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2006, 22 (S2): 108-111 (in Chinese)
- [4] Gaspa D, B, Hermida B, Balcells J, Calvet S, Rodriguez J A. Farm technological innovations on swine manure in southern Europe [J]. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2011, 40: S334-S343
- [5] Brumm M C, Dahlquist J M, Heemstra J M. Impact of feeders and drinker devices on pig performance, water use, and manure volume[J]. *Swine Health and Production*, 2000, 8: 51-57
- [6] Vande Pol K D, Grohmann N S, Weber T E, Ritter M J, Ellis M. Effect of drinker type on water disappearance of nursery pigs [J]. *Translational Animal Science*, 2022, 6: txac014
- [7] Little S, Woodward A, Browning G, Billman-Jacobe H. Water distribution systems in pig farm buildings: Critical elements of design and management [J]. *Animals (Basel)*, 2021, 11(11): 3268
- [8] Bøe K E, Hall E J S, Cronin G M. The effect of pen design on pen floor

- cleanliness in farrowing pens for loose housed lactating sows[J]. *Livestock Science*, 2019, 229: 37-42
- [9] Aarnink A J A, Swierstra D, van den Berg A J, Speelman L. Effect of type of slatted floor and degree of fouling of solid floor on ammonia emission rates from fattening piggeries [J]. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 1997, 66(2): 93-102
 - [10] Ni J Q, Vinckier C, Coenegrachts J, Hendriks J. Effect of manure on ammonia emission from a fattening pig house with partly slatted floor[J]. *Livestock Production Science*, 1999, 59(1): 25-31
 - [11] Næss G, Bøe K, Ruud L. Floor cleanliness dairy freestall barns. In *Proceedings of the 10th international livestock environment symposium* [C]. Agricultural and Food Sciences, USA, September, 2018: 25-27
 - [12] Cai L Y, Yu J K, Zhang J, Qi D S. The effects of slatted floors and manure scraper systems on the concentrations and emission rates of ammonia, methane and carbon dioxide in goat buildings [J]. *Small Ruminant Research*, 2015, 132: 103-110
 - [13] Wegner K, Lambertz C, Das G, Reiner G, Gauly M. Effects of temperature and temperature-humidity index on the reproductive performance of sows during summer months under a temperate climate [J]. *Animal Science Journal*, 2016, 87(11) 1334-1339
 - [14] Pertagnol J. Untersuchung zu verschiedenen zuluftführungs-und kühlungsmöglichkeiten in mastschweinställen [D]. *Dissertation*, Germany, Stuttgart, Universität Hohenheim, 2014
 - [15] Ocepek M, Škorjanc D. Does rearing system (conventional vs. organic) affect ammonia emissions during the growing and fattening periods of pigs? [J]. *Biosystems Engineering*, 2016, 147: 81-89
 - [16] Hacker R R, Ogilvie J R, Morrison W D, Kains F. Factors affecting excretory behavior of pigs[J]. *Journal of Animal Science*, 1994, 72(6): 1455-1460
 - [17] Wiegand R M, Gonyou H W, Curtis S E. Pen shape and size: Effects on pig behavior and performance[J]. *Applied Animal Behaviour Science*, 1994, 39(1): 49-61
 - [18] Guo Y G, Lian X M, Yan P S. Diurnal rhythms, locations and behavioural sequences associated with eliminative behaviours in fattening pigs[J]. *Applied Animal Behaviour Science*, 2015, 168: 18-23
 - [19] Voermans J A M, Poppel F V. Scraper systems in pig houses[C]. *Symposium on Livestock Environment*, St. Joseph, Mich: ASAE. 1993: 650-656
 - [20] Jensen T, Kold Nielsen C, Vinther J, D'earth R B. The effect of space allowance for finishing pigs on productivity and pen hygiene[J]. *Livestock Science*, 2012, 149(1/2): 33-40
 - [21] 龙定彪,唐明凤,胡彬,王浩,于洲,潘学民,蒲施桦. 育肥猪智能饮水碗设计与性能测试[J]. 农业工程学报, 2024, 40(17): 250-256
Long D B, Tang M F, Hu B, Wang H, Yu Z, Pan X M, Pu S H. Performance test of the intelligent drinking bowls for fattening pigs[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2024, 40 (17): 250-256 (in Chinese)
 - [22] Gonyou H W. Water use and drinker management: A review [C]. Saskatoon, Saskatchewan, Canada: Annual Research Report of the Prairie Swine Centre Inc. 1996: 74-80
 - [23] Tavares J M R, Filho P B, Coldebella A, Oliveira P A V. The water disappearance and manure production at commercial growing-finishing pig farms [J]. *Livestock Science*, 2014, 169: 146-154
 - [24] Banhazi T, Murphy T, Hillyard K. The effects of a wet floor on dunging patterns [J]. *Animal Production in Australia*, 2002, 24: 372
 - [25] Banhazi T M, Hillyard K, Murphy T, Kloppers M. The effects of floor wetting on established dunging patterns[J]. *Animal Production in Australia*, 2002, 24: 373

- [26] Deligeorgis S G, Karalis K, Kanzouros G. The influence of Drinker location and colour on drinking behaviour and water intake of newborn pigs under hot environments[J]. *Applied Animal Behaviour Science*, 2006, 96(3/4): 233-244
- [27] 赖建兵, 潘卡丽, 蒋永健, 汪开英. 数字化条件下的猪场饮水节水实践与探究[J]. *浙江畜牧兽医*, 2023, 48(4): 7-9
- Lai J B, Pan K L, Jiang Y J, Wang K Y. The practice and exploration of drinking water saving in pig farm under digital condition [J]. *Zhejiang Journal Animal Science and Veterinary Medicine*, 2023, 48(4): 7-9, 39 (in Chinese)
- [28] 柴捷, 魏铭宏, 张波, 涂志, 刘贵平, 蒲红州. 湿热环境对生长育肥猪饮水行为的影响[J]. *猪业科学*, 2023, 40(4): 86-88
- Chai J, Wei M H, Zhang B, Tu Z, Liu G P, Pu H Z. Effect of hot and humid environment on drinking behavior of growing and finishing pigs[J]. *Swine Industry Science*, 2023, 40(4): 86-88 (in Chinese)
- [29] 美国国家科学院科学研究委员会著. 印遇龙, 阳成波, 敖志刚主译. 猪营养需要[M]. 11th. 北京: 科学出版社, 2014
- Authored by the Scientific Research Council of the National Academy of Sciences of the United States of America. Yin Y L, Yang C B, and Ao Z G as chief translators. Nutrient requirements of swine[M]. Eleventh Revised Edition, Beijing Science Press, 2014
- [30] 周斌, 陈曦, 金敬岗, 汪开英. 浅议畜牧业的节水技术与养殖模式[J]. *浙江畜牧兽医*, 2015, 40(3): 11-12
- Zhou B, Chen X, Jin J G, Wang K Y. A brief discussion on water-saving technology and breeding mode in animal husbandry[J]. *Zhejiang Journal Animal Science and Veterinary Medicine*, 2015, 40(3): 11-12 (in Chinese)
- [31] Tavares J M R, Filho P B, Coldebella A, Oliveira P A V. The water disappearance and manure production at commercial growing-finishing pig farms[J]. *Livestock Science*, 2014, 169: 146-154
- [32] 郭瑶, 姚春燕, 王强军, 李琴, 刘中英, 张轲豪, 耿仕夏, 余德勇, 吴中红. 智能电子饲喂系统下猪采食时间对行为节律和生长的影响[J]. *农业工程学报*, 2022, 38(11): 206-214
- Guo Y, Yao C Y, Wang Q J, Li Q, Liu Z Y, Zhang K H, Geng S X, She D Y, Wu Z H. Effects of feeding time on behavioral rhythm and performance of pigs under an intelligent electronic eading system [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2022, 38(11): 206-214 (in Chinese)
- [33] Guo Y G, Lian X M, Yan P S. Diurnal rhythms, locations and behavioural sequences associated with eliminative behaviours in fattening pigs[J]. *Applied Animal Behaviour Science*, 2015, 168: 18-23
- [34] Vermeer H M, Altena H, Vereijken P F G, Bracke M B M. Rooting area and drinker affect dunging behaviour of organic pigs [J]. *Applied Animal Behaviour Science*, 2015, 165: 66-71
- [35] Pedersen S, Sousa P, Anderson L, Jensen K H. Thermoregulatory behaviour of growing/finishing pigs in pens with access to outdoor areas [J]. *CIGR EJournal*, 2003, 5
- [36] Hacker R R, Ogilvie J R, Morrison W D, Kains F. Factors affecting excretory behavior of pigs [J]. *Journal of Animal Science*, 1994, 72(6): 1455-1460
- [37] Blanes-Vidal V, Hansen M N, Pedersen S, Rom H B. Emissions of ammonia, methane and nitrous oxide from pig houses and slurry: Effects of rooting material, animal activity and ventilation flow [J]. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2008, 124(3/4): 237-244
- [38] Fraley S M, Fraley G S, Karcher D M, Makagon M M, Lilburn M S. Influence of Plastic slatted floors compared with pine shaving litter on pekin duck condition during the summer months [J]. *Poultry Science*, 2013, 92(7): 1706-1711
- [39] Sun G, Guo H Q, Peterson J. Seasonal odor, ammonia, hydrogen sulfide, and carbon dioxide concentrations and emissions from swine grower-finisher rooms[J]. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 2010, 60(4): 471-480

责任编辑: 秦梅



第一作者简介: 朱佳明, 重庆市畜牧科学院, 助理研究员, 主要从事猪舍环境调控与智能装备研发, 曾获智能化养猪创新团队和智能化养猪装备创新奖。主持及参与国家重点研发计划2项, 省部级项目5项。发表论文30余篇, 授权专利30余项, 转化5项, 制定地方及团体标准6件。相关研究成果曾获重庆市畜牧科学院科技进步奖一等奖(第8)、重庆市科技进步三等奖(第5)、中国产学研合作促进会科技创新成果奖(第5)。



通讯作者简介: 简悦, 工学硕士, 主要研究方向为养殖环境调控, 主持省部级项目2项, 参与项目16项; 发表研究论文31篇, 以第一或通讯作者发表论文9篇, 其中SCI论文7篇; 以第一发明人授权发明专利3项; 获重庆市科学技术三等奖1项(第4)、中国产学研合作促进科技创新奖创新成果奖三等奖1项(第3); 颁布并实施地方标准3项, 团体标准4项。