

少污水排放垫料猪舍生产和环境效果

康国虎, 董红敏^{*}, 陶秀萍, 朱志平

(中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 农业部畜牧环境设施设备质量监督检验测试中心, 北京 100081)

摘 要: 针对传统猪舍污水产生量大、处理费用高问题, 该文设计并建造了一种基于减少育肥猪生产过程中污水排放的猪舍, 为了检验少污水排放猪舍的饲养和环境控制效果, 以规模化猪场常规育肥猪舍为对照舍, 对其春季和夏季的生产效果和环境效果进行了研究。结果表明: 试验舍与对照舍夏季平均温度分别为 26.6℃、27.0℃, 相对湿度分别为 77%、71%, 春季平均温度分别为 18.9℃、21.0℃, 相对湿度分别为 50%、49%, 试验舍和对照舍内育肥猪的平均日增质量、料质量比基本相同; 但少污水排放型猪舍具有明显的节水效果, 单头猪夏季减少用水量 13.2 L/d, 春季减少用水量 1.4 L/d, 夏季减少污水量 16.5 L/d, 春季减少污水量 4.7 L/d, 少污水排放型猪舍不影响育肥猪生长性能, 但能较大的减少生产过程中的用水量和污水排放量。

关键词: 污水, 环境影响, 生产, 猪舍, 节水

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2009.12.046

中图分类号: S811.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2009)-12-0259-06

康国虎, 董红敏, 陶秀萍, 等. 少污水排放垫料猪舍生产和环境效果[J]. 农业工程学报, 2009, 25(12): 259—264.

Kang Guohu, Dong Hongmin, Tao xiuping, et al. Evaluation on performance and thermal environment of hoop structure for finishing pigs[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(12): 259—264. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

在过去 30 多年里, 对于猪场粪尿、污水的处理, 不论是好氧处理, 还是厌氧处理, 国内外研究人员都进行了大量的研究与实践^[1-4], 开发出 UASB+SBR+氧化塘组合处理, 沼气发酵, 生物膜处理, 人工湿地和农田利用等多种污水处理方法。但对养殖污水的处理, 仍然受到气候条件、农田面积以及投资和运行成本限制, 解决污水处理问题一直是国际畜牧环境工程技术研究的难题。

由于猪场污水后续处理困难, 日本、美国等发达国家提出了从源头减少养殖污水的少污水排放的养殖模式, 已在生产中得到了一定应用。少污水排放型猪舍是一种类似于大棚的养猪建筑^[5]。这种猪舍通过在舍内的部分地面铺设有机厚垫料吸收污水, 垫料一般为稻草或者是玉米秸秆^[5-6], 不添加任何外界微生物, 只通过在饲养过程中不断添加垫料直接与猪粪尿中的微生物和有机营养物质之间进行发酵, 它不同于通过添加外来微生物的发酵床系统^[7-8]。

国外对这种少污水排放猪舍的环境状况和生长性能进行了研究^[9-11], 在中国目前还没有采用这种结构的猪舍用来饲养育肥猪, 为了研究少污水排放猪舍在中国北方气候条件下的饲养育肥猪的可行性, 作者设计并建造了

一种基于减少育肥猪生产过程中污水排放的少污水排放型猪舍, 进行了夏季和春季的生产试验, 研究少污水排放型猪舍饲养育肥猪的生产效果, 为少污水排放型猪舍用于生产提供一定实践依据。

1 材料与方法

1.1 试验舍和对照舍

少污水排放型猪舍为试验舍, 砖瓦结构有窗式封闭舍为对照舍。试验舍和对照舍在建筑结构和管理上有所不同, 夏季和春季试验中试验舍和对照舍内对照栏的饲养密度相同。

试验舍建在北京安定种猪场西南角, 采用南北走向, 长 18 m, 宽 8 m。舍内南端走道宽 2 m, 北端宽 1 m。侧墙为 24 墙, 高 1.2 m。侧墙每隔 1 m 设置一个构造柱, 热浸镀锌拱架固定在柱上, 在拱架上铺设双层聚乙烯膜。南北两端均设 3 个门, 中门高 2 m, 宽 4 m, 在其两侧各设 1 个高 2 m、宽 1.2 m 的门。舍内布置了 3 个栏位, 1#栏位于试验舍的南端, 其尺寸为 8 m×8 m, 其中饲喂区的尺寸为 2.4 m×8 m, 躺卧及排泄区的尺寸为 5.6 m×8 m。2#、3#栏位于舍内北端, 两栏面积均为 4 m×7 m, 两栏用铁栅栏隔开, 两栏饲喂区相连。2#栏饮食区与躺卧区面积分别为 1.5 m×7 m 和 2.5 m×7 m; 3#栏饮食区和躺卧区面积分别为 2.5 m×7 m 和 1.5 m×7 m。饮食区与躺卧区的地面高差为 30 cm。布置如图 1 和图 2 所示^[12]。

对照舍使用北京安定种猪场的一栋育肥舍。对照舍为东西走向, 长 54 m, 宽 8 m, 舍内安装天花板, 单列饲养, 走廊宽 1 m。栏位尺寸为 5.6 m×2.6 m, 共 20 个。墙为 24 墙, 南墙设有 1.4 m×2.0 m 的窗户, 窗台高 1.2 m, 窗间墙距离为 1 m, 北墙设有 0.6 m×0.8 m 的窗户, 窗

收稿日期: 2008-09-02 修订日期: 2009-07-10

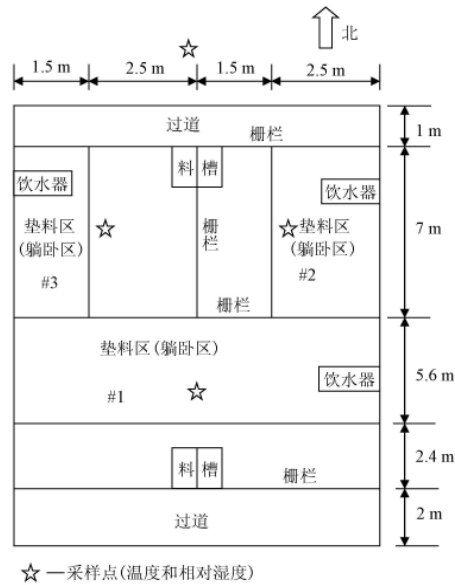
基金项目: 国家科技支撑计划课题 (2006BAD14B09, 2006BAJ10B04); 国家生猪现代产业技术体系建设专项资金资助 (NYCYTX-009)

作者简介: 康国虎, 研究方向: 畜禽养殖环境。北京海淀区中关村南大街 12 号 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 100081。

Email: kgh982@eyou.com

*通信作者: 董红敏, 博士, 研究员, 博士生导师, 主要研究方向: 畜牧环境工程。北京海淀区中关村南大街 12 号 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

台高 2 m，窗间墙距离为 2.5 m。屋顶为双坡式，檐口高 2.6 m，试验过程中选择对照舍中部位置的 3 栏作为对照栏，舍内布置如图 3 所示。



☆—采样点(温度和相对湿度)

图 1 试验舍平面图

Fig.1 Layout of hoop structure



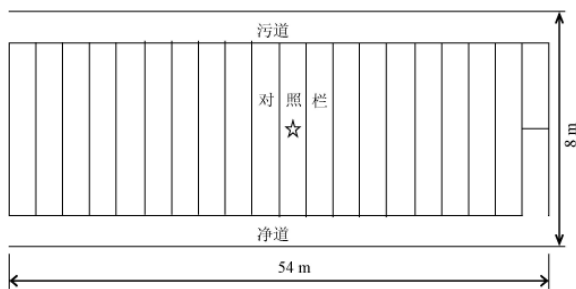
a. 外景



b. 内景

图 2 试验舍外景和内景

Fig.2 Outside view and inside structure of hoop



☆—采样点(温度和相对湿度)

图 3 对照舍平面图

Fig.3 Layout of control house

1.2 饲养管理

试验舍和对照舍均采用料槽自由采食，饲料为猪场内统一生产的育肥猪饲料。对照舍采用鸭嘴式饮水器自由饮水，试验舍采用箱式饮水器自由饮水。不同季节对照栏和试验舍内饲养的育肥猪头数和密度见表 1。

表 1 试验舍各栏及对照栏饲养头数及饲养密度

Table 1 Number of each pan-fed pigs and the stocking density

试验号	饲养头数		饲养密度/(m ² ·头 ⁻¹)	
	夏季	春季	夏季	春季
#1 栏	50	54	1.27	1.16
#2 栏	22	24	1.27	1.16
#3 栏	22	24	1.27	1.16
对照栏	33	36	1.27	1.16

1.3 猪舍的环境管理

试验舍在躺卧区以及排泄区地面上铺设玉米秸秆，在生产期间猪只产生的尿液及饮水产生的污水被秸秆吸收，饲喂区地面上的粪便每天清理 1 次，秸秆垫料随着育肥猪的生长不断增加，从 10 cm 垫料到出栏的 30 cm 左右，猪出栏后垫料全部清出；对照舍采用人工干清粪，每天上午 8 点清理 1 次，清出的粪便直接运往堆粪场处理，猪只尿液、饮水漏水以及冲洗水都通过栏位南端的漏缝地板下排粪沟排出舍外。

试验舍在夏季试验中，南北两端的门及窗户均处于开放的状态，在东西两侧，屋顶覆膜各向上卷起 30 cm，通过自然通风来达到换气目的，春季试验一般只打开南端门窗进行通风换气；对照舍采用自然通风，在夏季南窗每个窗户打开一半，北窗仅为采光不打开，春季南窗白天打开通风换气，夜间为了保温关闭。

1.4 数据采集与分析

育肥猪生产性能指标主要包括日增质量、料质量比、死亡率、淘汰率等。在试验猪只进栏和出栏时分别称量各个栏位饲养试验猪只的体质量，在试验期间，称量并记录试验舍各栏以及对照舍内对照栏饲养育肥猪消耗的饲料总量，根据饲养头数和天数计算试验猪只的日均采食量，根据试验开始体质量和出栏体质量以及饲养天数计算日增质量，由采食量和日增质量的比值得到料质量比，同时记录试验期间的死亡率和淘汰率。

猪舍的环境状况直接影响舍内饲养生猪的生长水平，环境因素包括空气温度、相对湿度、气流速度、空气质量等。夏季试验在 2006 年 7 月 9 日至 9 月 13 日进行，春季试验在 2007 年 3 月 8 日至 5 月 20 日进行。试验期间连续测定了试验舍、对照舍以及舍外的空气温湿度，采集频率为每 10 min 1 次，采集仪器为 HOBO 温湿度自动记录仪。在试验舍中温湿度采集点位于每个栏位的中央以及整个试验舍中央，对照舍温湿度采集点位于对照舍的中央，采样高度均为 1.5 m。

污水减排效果主要通过水表计量试验舍和对照舍的用水量情况。试验舍饲养猪只的饮水量通过在试验舍的进水管道上安装水表来记录，进栏和出栏时的水表读数之差即为试验舍在生产期间的饮水量，试验舍在每批生

猪出栏后冲洗地面的水量也通过同一水表记录；对照舍通过在 3 个对照栏的饮水器进水管道上安装了一个水表用于记录试验猪只的饮水耗水量；同时对照舍在舍内安装了两个水表用于记录舍内冲洗水量，记录试验期间总的冲洗水量。

2 结果与分析

2.1 猪舍热环境效果

2.1.1 舍内温度变化

在饲养密度一致的情况下，猪舍的隔热保温性能主要取决于猪舍的结构和其所使用的材料以及猪舍通风情况的好坏。试验舍屋顶采用聚乙烯薄膜，隔热保温性能较差，猪舍内温度受外界环境温度影响很大。图 4 和图 5 分别表示试验舍和对照舍以及舍外在夏季和春季试验期间的日平均温度变化。夏季试验舍和对照舍的日平均温度变化趋势一样（7 月 19 日至 22 日自动采集的温湿度计由于电量用完，无记录数据），两者都略高于舍外的日平均温度，统计分析结果表明，试验舍与舍外温度变化无显著差异（ $P=0.09$ ），对照舍与舍外温度变化有显著差异（ $P<0.05$ ），表明试验舍受舍外温度变化影响较大。在春季生产试验期间，试验舍和对照舍舍内的平均温度变化趋势也一致，试验舍的日平均温度要低于对照舍，试验舍和对照舍与舍外的温度变化都具有显著性差异（ $P<0.05$ ）。

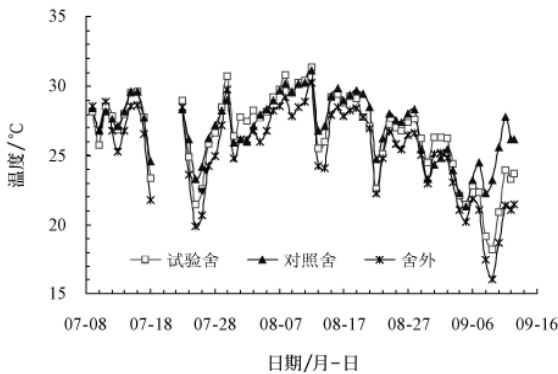


图 4 夏季试验舍和对照舍及舍外的日平均温度（2006 年）

Fig.4 Daily average temperature inside and outside hoop in summer (2006)

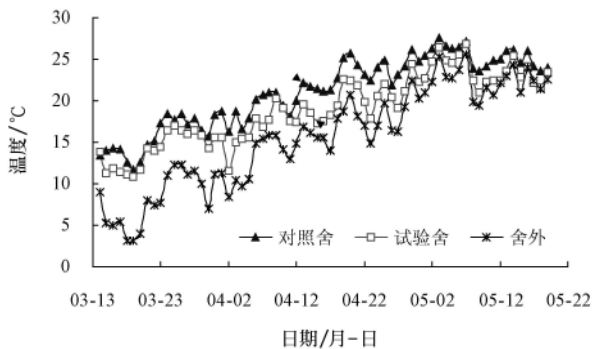


图 5 春季试验舍和对照舍及舍外的日平均温度（2007 年）

Fig.5 Average temperatures inside and outside hoop during trial (2007)

试验舍和对照舍日最高温度平均值、日最低温度平

均值及试验期间的平均温度见表 2，在炎热的夏季，试验舍内的日最高气温一般要略高于舍外最高气温，试验舍在试验期间日最高温度比对照舍高 1.6°C （ $P<0.05$ ）；试验舍内日最低温度平均要比对照舍内日最低温度低 1.9°C （ $P<0.05$ ），两舍日平均温度基本相同，稍高于生长育肥猪的适宜范围^[13]。

表 2 试验期间舍内外各项平均温度

Table 2 Average temperatures inside and outside hoop during trial

试验	试验舍	日最高温度	日最低温度	日平均温度
		平均值/ $^{\circ}\text{C}$	平均值/ $^{\circ}\text{C}$	平均值/ $^{\circ}\text{C}$
夏季试验	试验舍	31.5 \pm 3.2	22.5 \pm 3.6	26.5 \pm 2.9
	对照舍	29.9 \pm 2.4	24.4 \pm 2.6	27.0 \pm 2.3
	舍外	30.9 \pm 3.6	21.0 \pm 4.0	25.3 \pm 3.2
春季试验	试验舍	23.6 \pm 5.6	14.4 \pm 3.7	18.9 \pm 4.3
	对照舍	23.7 \pm 4.8	17.8 \pm 4.3	21.0 \pm 4.3
	舍外	21.7 \pm 7.8	9.7 \pm 5.1	15.6 \pm 7.4

在春季，在舍外温度较高（大于 15°C ）的情况下，试验舍内的日最高气温一般要略高于对照舍内日最高气温，温度趋势与夏季试验情况一致；当舍外温度较低时（小于 15°C ），试验舍内的日最高温度一般低于对照舍日最高气温，这可能是由于试验舍保温性能比对照舍差，散热较快造成，在春季生产试验期间，试验舍的日平均温度要低于对照舍，两舍平均温度差异显著（ $P<0.05$ ）。试验舍平均温度高出舍外 3.4°C （ $P<0.05$ ），对照舍要高出舍外 5.5°C （ $P<0.05$ ），但试验舍和对照舍的日平均温度都在育肥猪生猪的适宜范围。

2.1.2 舍内相对湿度变化

图 6 和图 7 表示夏季和春季试验中对照舍在试验期间的日均相对湿度，从图中可以看出夏季试验舍、对照舍及舍外的相对湿度的变化趋势一致，试验舍由于尿液和污水均被垫草吸收而不排出舍外，相对湿度要高于对照舍，在夏季，试验舍、对照舍平均相对湿度分别为 77%、71%（7 月 19 日至 22 日自动采集的温湿度计由于电池电量用完，无记录数据），试验舍与对照舍相对湿度具有显著差异（ $P<0.05$ ）；春季，试验舍、对照舍的平均相对湿度分别为 50%、49%，试验舍与对照舍相对湿度无显著差异（ $P=0.72$ ）。一般猪舍空气相对湿度在 50%~80%之间时，病原体不易繁殖，过高过低均会增加猪呼吸道疾病发生率^[14]，试验舍和对照舍的平均相对湿度均在适宜湿度范围内。

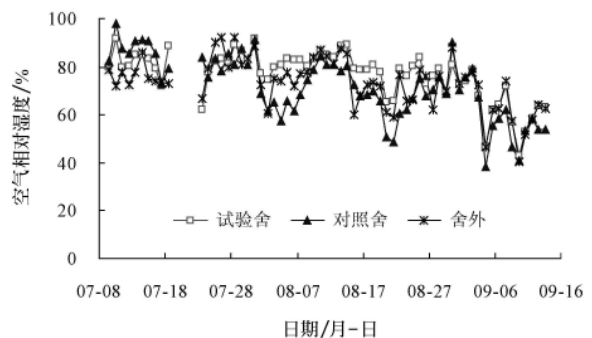


图 6 夏季舍内外日平均空气相对湿度（2006 年）

Fig.6 Daily average RH inside and outside hoop in summer (2006)

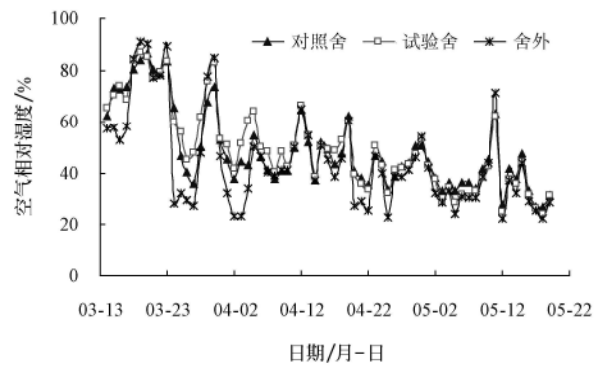


图 7 春季舍内外日平均空气相对湿度 (2007 年)

Fig.7 Daily average RH inside and outside hoop in spring (2007)

2.2 生产性能的比较分析

夏季试验猪只生产性能见表 3, 在试验期间, 试验舍与对照舍都无猪只死亡。从试验结果可以看出, 试验舍与对照舍的平均进栏质量和出栏质量不尽相同, 但统计分析结果显示它们之间无显著差异, 夏季试验舍饲养的育肥猪平均日增质量达到 729 g, 比对照舍高 2%。试验舍与对照舍料质量比分别为 2.88 和 2.95。

从表 3 中可以看出, 试验舍#3 栏饲养的育肥猪的日增质量大于#1 栏和#2 栏, #1 栏和#2 栏位的日增质量情况无显著差异, 表明栏位内的猪群大小对生产性能无明显影响, 而#1 栏、#2 栏日增质量情况与#3 栏位有显著性差异 ($P<0.05$), 其中: #3 栏的日增质量达到 749 g, #1 栏、#2 栏的日均增质量分别为 722 g 和 724 g, 3 个栏位的料质量比相当, 由于试验舍的屋顶铺设膜, 保温隔热

性能较差, 试验舍内的温热环境受外界环境的影响较对照舍更为明显, 在炎热的夏天, 舍内的温度常处于较高的水平, 舍内饲养的育肥猪容易产生热应激。试验舍#1 栏、#2 栏的垫料区占整个栏位的 2/3, 夏季垫料的温度明显高于饲喂区水泥地面温度, #1 栏、#2 栏的水泥地面缺乏足够面积让猪只躺卧, 在垫料区上的猪只更易受到高温的影响, 而#3 栏垫料区的面积占整个栏为 1/3, 较大的水泥地面面积避免了猪只在高温的情况下躺在垫料上, 因此夏季高温对于#3 栏的影响要低于#1 栏、#2 栏, 这可能是#3 栏育肥猪生产性能要优于#1 栏、#2 栏的原因。春季各栏舍试验猪只生产性能见表 4。从表中可以看出, 除试验舍#2 栏内的一头育肥猪因病被淘汰外, 所有的试验猪只均饲养至试验期末。对照舍饲养的育肥猪的日增质量要高于试验舍饲养的育肥猪, 试验舍#2 栏的料质量比最高。从总体饲养效果来看, 试验舍的平均日增质量要比对照舍低 1.7% (分别为 703 g/d 和 715 g/d); 试验舍饲养的育肥猪的平均料质量比为 2.91, 对照舍内饲养的育肥猪料质量比为 2.90。

通过对春季试验舍 3 栏育肥猪的日增质量进行统计分析, 结果与夏季试验基本一致, #1 栏与#2 栏日增质量无显著差异 ($P=0.261$), 饲养猪群大小对生长性能的影响不明显, 而#1 栏、#2 栏的平均日增质量与#3 栏的日增质量之间存在显著差异 ($P=0.011$), 表明试验舍的地面布置对育肥猪的生长有影响, 饲喂区与垫草区面积比为 2:1 的#3 栏育肥猪日增质量比饲喂区与垫草区面积比为 1:2 的#1 栏和#2 栏日增质量高出 2% 和 1%, 料质量比则要略低于#1 栏和#2 栏。

表 3 试验舍和对照栏饲养育肥猪夏季生产性能

Table 3 Performance of finishing pigs fed in hoop structure and control barn in summer trial

试验		出栏数	死亡率/%	进栏质量/kg	出栏质量/kg	饲养天数/d	每头日增质量/g	每头日均采食/kg	料质量比
试验舍	#1 栏	50	0	47.9±3.7	97.0±7.2	68	722	2.07	2.88
	#2 栏	22	0	49.9±3.8	99.2±6.4	68	724	2.07	2.88
	#3 栏	22	0	51.5±2.9	102.4±4.8	68	749	2.15	2.87
对照舍		33	0	49.5±3.6	98.2±4.0	68	716	2.11	2.95

表 4 试验舍和对照栏饲养育肥猪春季生产性能

Table 4 Performance of finishing pigs fed in hoop structure and control barn in spring trial

试验		出栏数	死亡率/%	进栏质量/kg	出栏质量/kg	饲养天数/d	每头日增质量/g	每头日均采食/kg	料质量比
试验舍	#1 栏	54	0	27.11±1.07	77.99±2.04	73	697	2.03	2.91
	#2 栏	24	4.4	29.26±1.16	80.60±2.34	73	703	2.06	2.93
	#3 栏	24	0	30.22±1.31	82.22±2.47	73	712	2.06	2.90
对照舍		36	0	29.80±1.38	82.00±2.24	73	715	2.07	2.90

2.3 耗水量与污水产生量比较

试验舍在饲养育肥猪期间, 舍内不进行冲洗, 育肥期间无污水排出, 耗水全部为猪只饮水, 在生猪出栏后, 清理完舍内垫草时需要少量水冲洗栏舍。对照舍虽然采用人工清粪, 但在炎热的夏季, 猪舍需经常用水冲洗。

表 5 给出了试验舍与对照舍在育肥阶段的夏季和春季试验中的饮水、冲洗水量数据。夏季试验中, 试验舍每头平均饮水量为 11.8 L/d, 对照舍每头平均饮水量为

18.7 L/d, 对照舍的饮水量比试验舍每头高 6.9 L/d; 春季试验中, 试验舍每头饮水量为 8.1 L/d, 对照舍每头饮水量为 9.0 L/d, 对照舍饮水量比试验舍每头高 0.9 L/d。试验舍的饮水量低于对照舍是由于在试验舍的饮水器是箱式饮水器, 饮水过程中无漏水, 而对照舍采用鸭嘴式饮水器, 猪只在饮水时, 不能全部饮用, 部分水会漏掉。

试验舍在饲养过程中不冲洗圈舍, 只是在生猪出栏后, 冲洗地面及边墙, 春季和夏季的冲洗水平平均每头生

猪每天耗水量为 0.2 L；对照舍在夏季为了降温，在饲养阶段冲洗圈栏较多，每头日均耗水量为 6.5 L，春季冲洗次数较少，每头日均耗水量为 0.7 L；试验舍在饲养过程中的尿液被垫料吸收和发酵后不产生污水，只有最后清圈的时候产生污水，即污水产生量为每头 0.2 L/d，而对

照舍的污水包括饮水器漏水，冲洗水以及尿液等排出。其中育肥猪每天的尿液产生量为 3.3 L^[15]，饮水器漏水按照试验舍与对照舍平均饮水量的差值计，对照舍在夏季的排污量每头为 16.7 L/d，在春季排污量每头为 4.9 L/d，试验舍平均排污量每头为 0.2 L/d。

表 5 试验舍和对照舍耗水量
Table 5 Consumption of water in hoop and control barn

试验		饲养头数	饲养天数/d	饮水耗量/m ³	冲洗水量/m ³	每头日均饮水量/L	每头日均冲洗水量/L
夏季试验	试验舍	94	68	72.6	1.2	11.8	0.2
	对照组	33	68	27.9	85	18.7	6.5
春季试验	试验舍	102	73	59.5	1.5	8.1	0.2
	对照组	36	73	15.8	11.9	9	0.7

对照舍用水量在夏季和春季试验中都高于试验舍用水量，其中在夏季，对照舍的用水量是试验舍 2.10 倍，春季是 1.17 倍；采用少污水排放猪舍饲养方式，可以大大减少养殖场用水量，减少污水产生，按年万头养殖场计算，1 a 可节约用水 1.07 万 m³ 以上，同时少排放了近 2 万 m³ 的养殖废水，对生态环境保护具有重要的意义。

3 结 论

1) 试验结果表明少污水排放型育肥猪舍的围护结构的传热保温性能不及常规猪舍，舍内的温度受外部环境影响比常规猪舍所受的影响要大，夏季试验舍内的平均温度为 26.5℃，对照舍内的平均温度为 27.0℃。春季生产试验中，试验舍内的平均温度为 18.9℃，对照舍内的平均温度为 21.0℃，试验舍和对照舍无显著差异。

2) 少污水排放型育肥猪舍饲养肥猪的生产性能与规模化常规猪舍基本相近，无显著差异。夏季少污水排放育肥猪舍饲养育肥猪平均日增质量要比常规猪舍饲养的育肥猪高 2% 左右，料质量比要低 3%。春季少污水排放育肥猪舍饲养的育肥猪的平均日增质量要低于对照舍饲养的育肥猪 1.7%，试验舍和对照舍饲养的育肥猪的料质量比无显著差异。

3) 少污水排放猪舍具有明显的节水效果，单头猪夏季减少用水量 13.2 L/d，春季减少用水量 1.4 L/d；夏季减少污水量 16.5 L/d，春季减少污水量 4.7 L/d。

试验结果表明，该类型猪舍在没有影响生产性能的前提下，能够减少养猪生产过程中的用水量和污水产生量，减少环境压力，具有较好的应用推广前景。

[参 考 文 献]

[1] Safley L M, Westerman P W. Anaerobic lagoon biogas recovery systems[J]. Biological Wastes, 1989, 27(1): 43—62.
[2] Ng W J, Chin K K. Treatment of piggery wastewater by expanded bed anaerobic filters[J]. Biological Wastes, 1988, 26(3): 215—228.
[3] Lo K V, Liao P H, Gao Y C. Anaerobic treatment of swine wastewater using hybrid UASB reactors[J]. Biol Tech, 1994, 47(2): 153—157.
[4] 国家环保局. 水和废水分析方法(第四版)[M]. 北京:中国

环境科学出版社, 2002.
[5] Brumm M C, Harmon J D, Honeyman M S, et al. Hoop structures for grow-finishing swine. Publication AED41[M]. Ames, IA: Mid-West Plan Service, Iowa State University, 1997.
[6] Honeyman M S, Koenig F W, Harmon J D, et al. Pork industry handbook PIH-138: Managing market pigs in hoop structures[M]. W Lafayette, IN: Purdue University, 1999.
[7] 帅起义, 邓昌彦, 李家连, 等. 生物发酵床自然养猪技术养猪效果的试验报告[J]. 养猪, 2008, (5): 27—29.
[8] 朱洪, 常志州, 王世梅, 等. 基于畜禽废弃物管理的发酵床技术研究 II -接种剂的应用效果研究[J]. 江苏农业科学, 2007, (2): 228—232.
[9] Gentry J G, McGlone J J, Blanton J R, et al. Alternative housing systems for pigs: Influence on growth, composition and pork quality[J]. J Anim Sci, 2002, 80(7): 1781—1790.
[10] Harmon J D, Hongwei Xin. Thermal performance of a hoop structure for finishing swine. ASL-R1391. 1996 Swine Research Reports[R]. Ames, IA: Iowa State University, 1997. 104—106.
[11] Honeyman M S, Harmon J D. Performance of finishing pigs in hoop structures and confinement during winter and summer[J]. Anim Sci, 2003, 81(1): 1663—1670.
[12] 康国虎. 少污水排放型猪舍的试验研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2007.
Kang Guohu. Study on environmental sound hoop structure for finishing pigs[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2007. (in Chinese with English abstract)
[13] 艾地云. 常温与高温季节育肥猪主要营养素采食量研究[J]. 中国饲料, 1996, (11): 9—11.
[14] 阎宏, 赵保全, 蒋发斌. 封闭式断奶仔猪舍空气环境状况评价[J]. 家畜生态, 2002, 23(1): 18—21.
Yan Hong, Zhao Baoquan, Jiang Fabi. Evaluation of the environmental condition on closed house for weaner[J]. Ecology of Domestic Animal, 2002, 23(1): 18—21. (in Chinese with English abstract)
[15] 国家环境保护总局自然生态保护司. 全国规模化畜禽养殖业污染情况调查及防治对策[R]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.

Evaluation on performance and thermal environment of hoop structure for finishing pigs

Kang Guohu, Dong Hongmin^{*}, Tao Xiuping, Zhu Zhiping

*(Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences;
Animal Environmental Facility Surveillance, Inspection and Testing Center (Beijing), Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China)*

Abstract: A hoop structure swine production system was designed aiming to reduce wastewater from pig production. A 100-head hoop structure for finishing pigs was built in Beijing, and the environment status and pig performance in the hoop structure were studied and compared with that of control in typical brick-concrete concentrated swine house. Results showed that the average inner air temperature in hoop structure and control house was 26.6°C, 27°C, and relative humidity was 77%, 71%, respectively, in summer; Average inner air temperature was 18.9°C, 21°C, and relative humidity was 50%, 49%, respectively, in spring; Pig's daily average gain and feed grain ratio were no significantly different between the hoop structure and control house, but water-saving effect was very significant in the hoop structure, with water consumption in hoop decreased by 13.2 L/d each pig in summer and 1.4 L/d each pig in spring compared with control house, which reduced 16.5 L/d and 4.7 L/d waste water in summer and spring, respectively.

Key words: wastewater, environment impact, production, pig house, water saving