

基于畜禽废弃物管理的发酵床技术研究： Ⅲ 高湿热季节养殖效果评价

朱 洪, 常志州, 叶小梅, 费辉盈

(江苏省农业科学院农业资源与环境研究所, 江苏 南京 210014)

摘 要:通过养殖场养殖试验,研究了夏季高温、高湿条件下,发酵床养殖效果,并比较了不同垫料方式及垫料材料对猪生长的影响。结果显示:发酵床养殖发病率较常规养殖平均下降 22.4%,减少了 50%以上用工量,节约了 82.1%用水量,猪日增重率增加了 7.23%。按万头规模养殖场推算,采用发酵床技术可向环境减排 10.8 万 m³ 养殖废水,能减排粪尿 21 600 t,能节约成本 10 万元以上。即使在高温高湿的夏季,发酵床养殖在技术上、经济上和生态环境效益上仍然是一种切实可行的控制养殖场污染物排放的管理模式。

关键词: 畜禽废弃物; 发酵床技术; 经济效益; 可行性

中图分类号: X713 文献标识码: A 文章编号: 1672-2043(2008)01-0354-05

Study on Deep Litter System for Management of Livestock Manure Evaluation on Effects of Deep Litter System on Pig Growth in High Temperature and RH Season

ZHU Hong, CHANG Zhi-zhou, YE Xiao-mei, FEI Hui-ying

(Institute of Agricultural Resource and Environment, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China)

Abstract: Deep-litter systems have been developed as an alternative management for domestic animal manure and utilized in temperature and cold area in world. In Jiangsu province, both temperature and relative humidity in summer are very high, the effects of deep litter system on pig growth need to be evaluated. A pile experiment was carried out on pig feed farm near Nanjing city. Effects of both feeding pig methods with deep litter and no litter on pig growth and reducing waste water and excreta discharge were compared, the differences between deep litter and shallow litter, both litters with saw dust and mixture of saw dust and rice hull with ratio of 1:1(V/V) on pig growth were also analyzed. The results showed that the diseases incidence decreased by 19.7% in deep litter system than that in no litter. The pig growth rate had no significant difference between deep litter and no litter. Water consumption in deep litter system decreased by 82.07% compared with that in no litter. No differences between deep and shallow litter, only saw dust and mixture litter on pig growth were found. A pig farm with ten thousand heads of pig could reduce 108 000 m³ waste water and 21 600 t animal manure discharge to the environment and one billion yuan economic benefit would be increased if using the deep litter system. The deep litter system can be utilized in height temperature and humidity season in south area of China.

Keywords: animal manure; deep-litter systems; economic benefit; feasibility

我国年生猪存栏量达 4 亿多头,产生排泄物近 4 亿 t^[1],由此产生的环境污染问题相当严峻。发酵床养殖技术是一种基于畜禽废弃物管理,实现畜禽粪便“原

位降解”,对生态环境“零污染”的新型养殖模式,其技术理念就是实现养殖与生态环境之间的协调发展。该技术最早出现在日本^[2],随后欧美等国家相继开展研究并推广实行^[3]。在香港地区,Chan(1995)为使发酵床养殖技术能够在干燥的热带地区推广与应用,对原有的发酵床设计作了改进,取得了较好的效果^[4];美国夏威夷环境保护协会(2001),提出了一种适合夏威夷地区改良的废弃物管理系统^[5]。我国内陆地区,自上世

收稿日期: 2007-03-12

基金项目: 农业部“948”项目(2006-G62)

作者简介: 朱 洪(1981—),男,安徽安庆人,硕士,主要从事废弃物处理处置及环境影响评价研究。

E-mail: zhuhong5@yahoo.com.cn

通讯作者: 常志州 E-mail: czhizhou@hotmail.com

纪90年代中后期,在少部分省市开展了该技术引进与示范研究^[6],并取得了初步成功,但发酵床技术是否适合在我国南方高温、高湿的夏季应用,未见报道。

本次试验在夏季高温高湿条件下,比较了发酵床养殖与常规养殖的效果以及环境效益,并试验了不同垫料材料以及垫料方式之间的差异,为发酵床养殖技术在我国南方地区推广应用提供试验依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试验地点

试验在南京市浦口区外洲家畜养殖场进行。木屑垫料来自南京木器厂,由锯屑与刨花混合组成,粒径约0.5~2 cm;稻壳垫料来自南京谷盛米业公司;接种菌剂由江苏省农业科学院资源与环境研究所研制,每mL活菌数在 10^{10} 个以上^[7];供试仔猪为长白猪种,产自安徽,入栏前平均重量为20 kg左右。

1.2 试验设计

试验共分常规养殖(干清粪、水冲圈)与发酵床养殖。发酵床养殖又分深层与浅层两种垫料方式。垫料分木屑与混合两种垫料,共5个处理。每处理为一栏,每栏面积为12 m²,每栏饲养10头猪,重复两次,共10栏。试验饲养时间为3个月。供试仔猪经过严格挑选,保持各栏中仔猪的均衡,入舍前都用打孔器在耳朵上编号,称重。

供试木屑垫料直接铺入猪舍,混合垫料由稻壳垫料与木屑垫料按1:1(体积比)比例混合组成。深层发酵床设计高度为50 cm,垫料铺入后每个月在其表层接种微生物菌剂一次;浅层发酵床设计高度为

10 cm,每20 d更换一次垫料,更换的废料进行堆肥处理。在深层、浅层与对照处理之间用薄膜隔开,监测其温、湿度变化。发酵床供水系统采用水箱贮水、畜用饮水器自动控制方式。每间猪舍通过万能水表全程监测耗水量。发酵床通风降温系统采用自然通风为主、吊扇间歇性吹风为副的方式。整个试验区域采用纱门窗封闭,防止蚊蝇滋生。同时不定期对猪舍周围进行消毒,预防疫情。

1.3 监测项目及方法

每天中午2:00记录猪舍温、湿度,记录每天的用工、饲料、用药等数据。温、湿度监测通过高级温湿度表(北京市益春发仪表技术开发中心生产)直接记录;试验耗水量通过万能水表(宁波天慈仪表有限公司生产)全程记录;试验结束时,对出栏生猪逐个称重。养殖废水指标检测方法参照GB18596—2001^[8]和GB7959—87^[9]。

2 结果与讨论

2.1 对猪舍环境的影响

2.1.1 对温度的影响

从图1监测结果可以看出,深层垫料与浅层垫料之间猪舍中温度变化规律不明显。对照(CK)猪舍平均温度为30.74℃,而深层垫料猪舍平均温度为32.44℃,浅层垫料猪舍平均温度为32.42℃,仅仅相差0.02℃。与CK相比,猪舍温度分别上升了1.70℃和1.68℃。对照各类猪舍适宜温度范围^[10],试验猪舍里的平均温度超过育肥猪舍适宜温度上限^[11],试验中虽然采用了自然风和吊扇间歇性鼓风来降温,但由于处于炎热的夏季,猪舍温度仍然很高,特别是发酵床

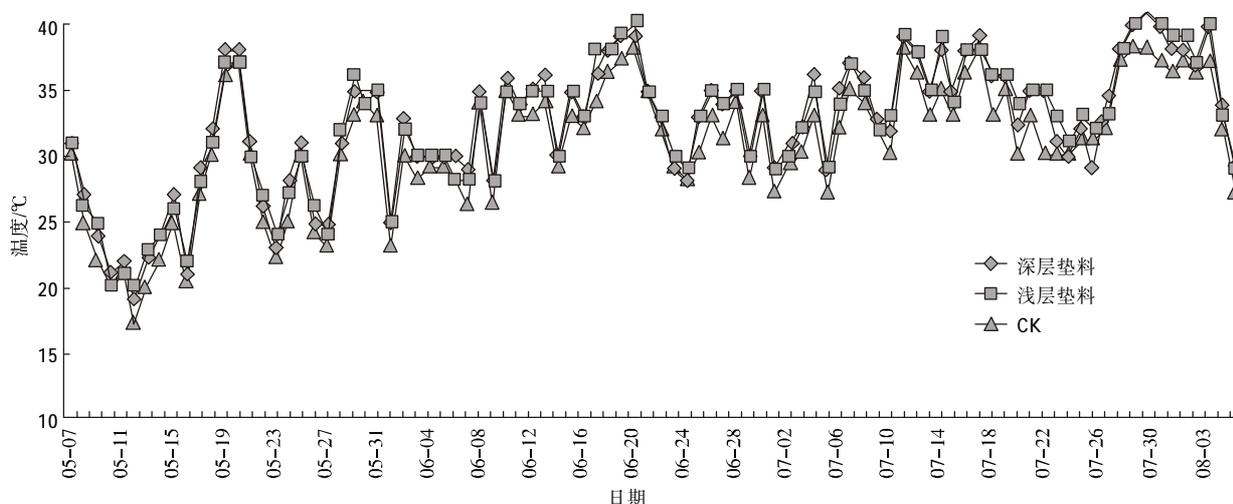


图1 猪舍环境温度动态变化

Figure 1 Dynamics of temperature in pig house

处理的猪舍,需要探索其他途径来减少因发酵床使猪舍温度提高而造成的不利影响。

2.1.2 对相对湿度的影响

空气相对湿度对家畜的影响,主要表现在家畜蒸发散热方面,当环境湿度高时,由于湿热,散湿比较困难,空气的相对湿度就成为增加潜热散失的主要因素^[2]。从图 2 监测结果可以看出:深层垫料猪舍中相对湿度要低于浅层垫料,常规养殖猪舍相对湿度处于两者之间。深层垫料猪舍中平均相对湿度为 52.5%,浅层垫料环境中平均相对湿度为 59.6%,两者相差 7.1%。这可能因为深层垫料中粪尿可以渗入到垫料里面,而浅层垫料仅 10 cm 厚,粪尿主要累积在表层,从而在猪舍中大量蒸发而导致湿度高于深层猪舍,众多研究表明:当温度较高(>24 ℃)时,湿度的增加使猪的日增重率下降 16%~29%不等^[1],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^[3]。本试验各处理猪舍平均相对湿度均在适宜湿度范围内,未对猪的正常生长造成不利影响。

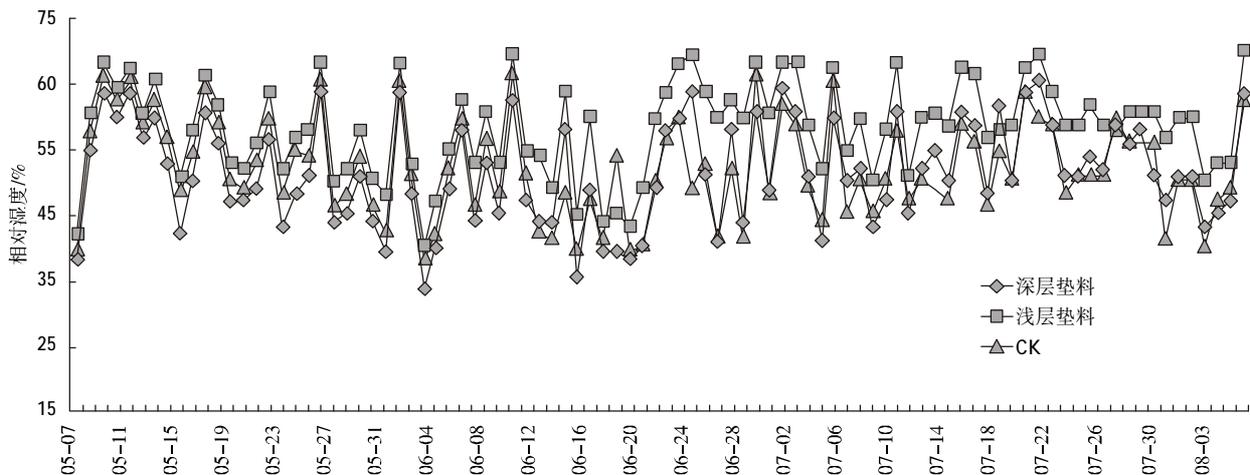


图 2 猪舍环境相对湿度动态变化

Figure 2 Dynamics of relative humidity in pig house

表 1 发酵床与常规养殖水消耗量($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{舍}^{-1}$)

Table 1 Water consumption in deep-litter systems and CK

养殖方式	数据				平均值	标准差	显著性	
	I	II	III	IV			0.05	0.01
发酵床	0.043 9	0.063 6	0.088 6	0.072 1	0.065 1	0.015 8	b	B
	0.062 5	0.062 6	0.082 2	0.045 4				
常规养殖	0.354 8	0.364 4	0.342 9	0.370 3	0.363 2	0.014 3	a	A
	0.377 1	0.353 9	0.355 2	0.386 9				

注:1.常规养殖为同一猪舍不同时期平均数据;2.发酵床为不同猪舍试验周期内平均数据;表中同一列中不同字母表示有显著差异,相同字母表示差异不显著,以下同。

2.2 不同方式间养殖成本比较

2.2.1 用工量比较

常规养殖采用的是干清粪、水冲洗的方式,每天需清粪 2 次,冲洗 3 次,耗时耗力;而发酵床养殖不需要清粪冲洗,省工省力。按 GB/T17824.1—1999^[4]规定小型养猪场劳动定员 225~250 头·人⁻¹·a⁻¹来计算,一个年产 1 600 头生猪的养殖场,常规养殖需要 2 人清粪、2 人冲洗、2 人喂食、1 人饲料加工及配料,共 7 人工作 10 h 以上才能完成。而发酵床养殖,由于不需要干清粪与水冲洗,而节省了 4 个人的工作量,按南京市劳务工资标准,工人最低工资为 800 元·月⁻¹,则发酵床养殖可以节约工资支出 3 200 元·月⁻¹。一个万头养殖场,全年 12 个月节约的工资支出为 24 万元左右。

2.2.2 耗水量比较

2.2.2.1 发酵床养殖与常规养殖比较

常规养殖平均耗水量为 $0.363 2 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{舍}^{-1}$,而发酵床养殖(包括深层和浅层)平均耗水量为 $0.065 1 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{舍}^{-1}$ (表 1),常规养殖用水量是发酵床

养殖的 5.58 倍,节水率为 82.07%,两者之间达到了极显著水平。

2.2.2.2 深层垫料与浅层垫料比较

从表 2 可以看出:深层垫料养殖平均耗水量为 $0.0671 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{舍}^{-1}$,而浅层垫料养殖平均耗水量为 $0.0632 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{舍}^{-1}$,两者之间相差 $0.0039 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{舍}^{-1}$,差异不显著。

2.2.2.3 不同垫料间比较

比较了不同垫料间耗水量,在深层发酵床养殖过程中,木屑垫料耗水量为 $0.0663 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{舍}^{-1}$;混合垫料耗水量为 $0.0679 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{舍}^{-1}$,两者之间相差 $0.0016 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{舍}^{-1}$,差异不显著。在浅层垫料养殖过程中,木屑垫料耗水量为 $0.0540 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{舍}^{-1}$;混合垫料耗水量为 $0.0723 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{舍}^{-1}$,两者相差 $0.0183 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{舍}^{-1}$,差异不显著。

2.3 对猪生长的影响

2.3.1 猪发病率比较

试验期间,常规养殖猪发病率为 $3.25 \text{ 次} \cdot \text{舍}^{-1}$,而深层垫料为 $2.61 \text{ 次} \cdot \text{舍}^{-1}$,浅层垫料为 $2.55 \text{ 次} \cdot \text{舍}^{-1}$,与对照相比,两者分别下降了 19.7%和 21.5%。造成两种不同养殖方式发病率的差异,可能是因常规养殖需

人工冲洗,饲养员的频繁出入,增加了感染病原微生物、有害细菌的机会,再则,常规养殖采用的是水槽贮水,猪在活动中会将粪便、蹄等带入到水槽中,夏季高温时期更是躺在水槽中,增加了饮水不卫生的风险。

2.3.2 对猪增重的影响

2.3.2.1 发酵床养殖与常规养殖比较

从表 3 可以看出:常规养殖猪平均日增重率为 $0.41 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{头}^{-1}$,而发酵床养殖(包括深层和浅层)猪平均日增重率为 $0.44 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{头}^{-1}$,发酵床养殖是常规养殖的 1.07 倍,日增重率增加 7.23%,但未达到统计显著差异。

2.3.2.2 深层垫料与浅层垫料及不同垫料间效果比较

比较了深层垫料与浅层垫料及不同垫料间,猪日增重率,统计均无显著差异。

2.4 经济与生态效益比较

2.4.1 经济效益比较

表 4 列出了常规养殖与发酵床成本与经济效益,在不考虑常规养殖污染治理费、电费等支出以及有机垫料堆肥化后产生的经济收入情况下,万头养殖场采用发酵床养殖方式与常规养殖相比,每年养殖户可节约成本 10 多万元左右。

表 2 深层垫料与浅层垫料耗水量比较($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{舍}^{-1}$)

Table 2 Water consumption in deep-litter and shallow-litter

养殖方式	数据				平均值	标准差	显著性	
	I	II	III	IV			0.05	0.01
深层垫料	0.043 9	0.063 6	0.088 6	0.072 1	0.067 1	0.018 6	a	A
浅层垫料	0.062 5	0.062 6	0.082 2	0.045 4	0.063 2	0.015 0	a	A

表 3 发酵床与常规养殖猪日增重率($\text{kg} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{头}^{-1}$)

Table 3 Daily gain rate in deep-litter systems and CK

养殖方式	数据				平均值	标准差	显著性	
	I	II	III	IV			0.05	0.01
发酵床	0.31	0.43	0.50	0.44	0.44	0.124 7	a	A
	0.49	0.42	0.46	0.49				
常规养殖	0.42	0.40	0.42	0.41	0.41	0.018 8	a	A
	0.40	0.42	0.43	0.41				

表 4 经济效益分析表⁽¹⁾

Table 4 Analysis of economic benefit of different feeding systems

养殖方式	支出成本 / 万元					合计	节支/万元
	垫料	水箱等	饮水器	工资	用水 ⁽³⁾		
深层	21.9 ⁽²⁾	0.7	0.6	18.0	2.2	43.4	10.1
浅层	16.4	0.7	0.6	18.0	2.2	37.9	15.6
常规	—	0.3	0.6	42.0	10.6	53.5	—

注:(1)按万头养殖规模计;(2)按一次垫料使用两年计算;(3)按每吨水 1 元计。

2.4.2 生态效益比较

2.4.2.1 养殖废水污染检测

按照《畜禽养殖业污染物排放标准》^[7]规定,集约化畜禽养殖业水污染物最高允许日均排放浓度分别为:COD_{Cr} 380 mg·L⁻¹、BOD₅ 140 mg·L⁻¹、铵态氮 70 mg·L⁻¹。对猪舍冲出废水检测发现:其中 COD_{Cr} 含量高达 7 029.12 mg·L⁻¹,是国家标准 18.5 倍;BOD₅ 含量 4 231.53 mg·L⁻¹,是国家标准 30.2 倍;铵态氮含量为 1.76×10³ mg·L⁻¹,是国家标准 25 倍;粪大肠菌群检测结果<4×10⁻⁷,远远超过国家标准规定的 0.1~0.01 范围^[8];沙门氏菌检测结果显阴性。由此可以看出猪场冲出废水大部分指标严重超标。

2.4.2.2 废弃物减排

据统计 1 头猪的日排泄粪尿是人的 5 倍,平均约为 6 kg^[9]。按 6 个月的生长周期计算,1 头猪生长期间产生的粪尿达到 1.08 t。1 个万头养殖场年排泄粪尿高达 21 600 t。这些粪尿污染物若得不到有效的处理,屯积场内,必然造成粪污漫溢,臭气熏天,蚊蝇孳生。而在发酵床系统中,粪尿直接累积在有机垫料中,实现了粪尿“零排放”,未对环境造成污染。

2.4.2.3 废水减排

采用发酵床技术大大节约了养殖场用水量。按万头养殖场计算,一年可节约用水 10.8 万 m³ 以上,这意味着向生态环境中少排放了 10.8 万 m³ 的养殖废水,对生态环境保护意义不言而喻。

3 结语

通过对发酵床养殖效果比较分析,可以初步得出:即是在南方高温、高湿的夏季,采用发酵床养殖,对猪的生长不仅未产生不利用影响,且还较常规养殖省工省力,减少了养殖成本,更重要是减少了用水量与排泄物的排放,从而减轻了对环境污染的压力。作为一种减少粪便排放污染的养殖技术,发酵床技术在我国南方高温高湿季节仍可推广应用。

但试验中也发现由于夏季温度高、水分散发快,垫料表面易干燥而产生粉尘,影响猪的呼吸道健康,此外,如果垫料多批次使用,是否会增加寄生虫等对猪生长的影响以及如何防范,还有待进一步深入研究。

总之,开展发酵床养殖技术应用研究,不断完善发酵床养殖技术,对采取有效措施,减少畜禽排泄物排放与环境污染及保障养殖业健康发展都有十分重要的意义。

参考文献:

- [1] 温书斋.关于现代化畜牧生产中的环境与环境管理[J].畜牧与兽医,2000,32(增刊):1-3.
- [2] Haug R T. The practical handbook of compost engineering[M]. Lewis Publishers Boca Raton Florida, USA, 1993.
- [3] Gadd J. Tunnel housing of pigs in Livestock Environment IV. Fourth International Symposium .Michigan [J]. American society of Agricultural Engineers 1993,5:1040-1048.
- [4] Chan D K O, Chaw D, Lo C Y Y. Development of an environmentally-friendly and cost-effective system for the treatment of waste in pig farming[J].中山大学学报论丛,1995,3:11-16.
- [5] <http://www.ctahr.hawaii.edu/sustainag/Projects/DryLitter.asp>
- [6] 黄振兴,陈 谊.猪粪尿零排放无污染研究与可行性探讨[J].上海畜牧兽医通讯,2001,6:10-11.
- [7] 朱 洪,常志州,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,待刊
- [8] GB18596—2001, 畜禽养殖业污染物排放标准[S].
- [9] GB7959—87. 粪便无害化卫生标准[S].
- [10] 陈清明,王连纯. 现代养猪生产[M]. 北京:中国农业出版社,1997.
- [11] 汪开英,苗香雯,崔绍荣.猪舍环境温湿度对育成猪的生理及生产指标的影响[J].农业工程学报,2002,18(1):99-103.
- [12] 吴金英,李 勇,杨前平,等.影响养猪的小环境因素及其调控设备选型配置[J].湖北农业科学,2004,2:89-91.
- [13] 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.
- [14] GB/T17824.1—1999,中、小型集约化养猪场建设[S].
- [15] 刘忠琛.规模化养猪场环境控制措施[J].湖北畜牧兽医,2004,6:7-9.