

刘波, 潘志针, 朱育菁, 等. 夏季高温阶段微生物发酵床表层温度分布研究 [J]. 福建农业学报, 2016, 31 (10): 1098—1103.

LIU B, PAN Z-Z, ZHU Y-J, et al. Surface Temperature of Fermentation Bed in Hog Farms during Hot Summer Time [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2016, 31 (10): 1098—1103.

夏季高温阶段微生物发酵床表层温度分布研究

刘 波^{1*}, 潘志针¹, 朱育菁¹, 陈 峥¹, 许 炼², 林营志³, 史 怀¹

(1. 福建省农业科学院农业生物资源研究所, 福建 福州 350003; 2. 厦门大学生命科学院, 福建 厦门 361005; 3. 福建省农业科学院数字农业研究所, 福建 福州 350003)

摘 要: 发酵床养猪是对环境友好的新型养猪技术, 其中发酵床垫料表层温度的控制是猪养殖过程中一个关键因素。为了探讨夏季高温期间微生物发酵床表层温度的状态, 本研究对微生物发酵床猪舍内部各个区域及其外部环境的表层温度进行测量分析, 结果表明: 猪舍内发酵床垫料区域 (30.13 ± 0.86)℃ 和非垫料区域如采食槽 (30.58 ± 1.09)℃、饮水槽 (30.93 ± 0.86)℃ 和猪舍走道 (29.90 ± 0.69)℃ 的表层温度不存在显著差异, 而猪舍内部表层温度与外部温度 [阴影区 (35.25 ± 2.70)℃、非阴影区 (41.44 ± 2.12)℃] 则存在显著差异; 不同猪养殖密度的发酵床垫料表层温度不存在显著性差异; 在一定养殖密度范围内, 猪舍排泄区和非排泄区的垫料表层温度不存在显著性差异。

关键词: 微生物发酵床; 发酵床养猪; 温度

中图分类号: S 828

文献标识码: A

文章编号: 1008—0384 (2016) 10—1098—06

Surface Temperature of Fermentation Bed in Hog Farms during Hot Summer Time

LIU Bo^{1*}, PAN zhi-zhen¹, ZHU Yu-jing¹, CHEN Zheng¹, XU Lian², LIN Ying-zhi³, SHI Huai¹

(1. Institute of Agricultural Biological Resources, Fujian Academy of Agriculture Sciences, Fuzhou, Fujian 350003, China; 2. School of Life Science, Xiamen University, Xiamen, Fujian 361005, China; 3. Institute of Digital Agriculture, Fujian Academy of Agriculture Sciences, Fuzhou, Fujian 350003, China)

Abstract: Raising pigs on a microbial fermentation bed was a newly implemented and environmentally friendly approach. Temperature of the bed was critical for an appropriate operation. Thus, the surface temperature of the bedding materials, particularly in the heat of summer, was monitored. No significant temperature differences were found in the areas covered by the bedding material i. e., (30.13 ± 0.86)℃ or where no such coverage was used in the feeding troughs (30.58 ± 1.09)℃, drinking troughs (30.93 ± 0.86)℃ or aisles (29.90 ± 0.69)℃. On the other hand, the surface temperature of the beds inside the piggery was significantly lower than outside the construction i. e., (35.25 ± 2.70)℃ vs. (41.44 ± 2.12)℃. And, within a certain range, an increased pig breeding density did not, nor did amount of pig excretion, seem to significantly affect the bedding temperature.

Key words: microbial fermentation bed; bio-bed pig raising; temperature

微生物发酵床养猪, 是一种区别于传统养猪模式的有机农业技术, 其优势在于能有效地解决猪生产过程中的排泄物处理, 降低环境污染等^[1-3]。发酵床垫料是由谷壳、秸秆、锯末等农业有机废弃物按照一定的比例混合后, 铺垫起来有机介质, 其作用是对猪排泄物进行吸附, 支撑起微生态的空间, 有利于

微生物对排泄物进行发酵降解, 从而达到无臭味、无污染、零排放的目的^[4-5]。

微生物发酵床养猪具有很多的优点, 然而, 许多学者认为夏季发酵床使得猪舍产生高温对猪产生较大影响, 是发酵床推广应用的最大障碍。温度过高不利于猪的生长, Colijn 等^[6]的研究表明当温度高

收稿日期: 2016-04-16 初稿; 2016-08-02 修改稿

作者简介: 刘波 (1957—), 男, 博士, 研究员, 主要从事微生物生物技术及农业生物药物研究 (E-mail: fzliubo@163.com); * 为通讯作者

基金项目: 福建省科技计划项目——省属公益类科研院所基本科研专项 (2015R1018-10、2015R1018-1); 福建省科技重大专项 (2015NZ0003)

于 33℃时,猪的采食量严重下降;刘胜军等^[7]的研究表明在温度为 33℃时,猪的平均日采食量、平均日增重下降,而料重比显著上升,表明高温不利于猪体重的累积。徐旨弘等^[8]研究认为夏季时发酵床能显著降低舍内氨气和硫化氢浓度,但床面日平均温度、猪舍空气日平均温度和日最高温度均极显著地高于有窗密闭漏缝地板舍,大棚式发酵床舍空气日平均温度和日最高温度又显著高于有窗密闭发酵床舍,有窗密闭发酵床舍又显著高于有窗实体地面舍。王学敏等^[9]在夏季 7~8 月份高温季节对南京市六合区江苏省农科院试验猪场 2 种不同类型育肥猪舍室内温度进行了观测分析,数据比较分析表明:夏季新型可移动发酵床育肥舍室内日平均温度波动幅度较大,而普通育肥舍室内日平均温度波动幅度较小;新型可移动发酵床育肥舍在夏季中午高温时舍内日平均温度高于普通育肥舍内日平均温度,而早上和晚上的日平均温度低于普通育肥舍内日平均温度。徐言明^[10]的研究表明发酵床温度高于传统水泥地面的主要原因是菌种正常发酵产热和垫料中能量原料添加过多。加大发酵床猪舍的通风条件,可以显著降低发酵床的温度水平。周忠凯等^[11]研究认为,夏季通风量加大,传统猪舍和发酵床猪舍平均通风量差异不显著,平均为 4 460 m³·h⁻¹,2 种猪舍的温度差异不大,进一步增加舍内空气流动可以降低舍内温度和湿度过高对生猪生产带来的影响。

传统的微生物发酵床猪舍,一般一栏饲养 30~100 头猪,猪舍的通风状况较差,导致发酵床猪舍温度升高,为克服这一缺点,作者提出了微生物发酵床大栏猪舍的设计,建立了一个面积为 2 100 m²,发酵床面积为 2 000 m²,屋顶肩高 4.5 m 的大空间发酵床猪舍。南北通透窗的面积占墙体面积 70%,同时,饲养 1 800 头育肥猪,在多年的观察发现微生物发酵床具有自动调节垫料表层温度的功能,如当温度低于 15℃的冬天,垫料表面温度可以稳定在 20~24℃,当温度高于 40℃时,垫料表面的温度可以稳定在 29~33℃。为此,在夏季高温期间,笔者对微生物发酵床大栏养猪区域范围的温度进行测定,分析夏季高温对微生物发酵床垫料表层温度的影响,以期发酵床养猪奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验时间、地点

2015 年 7 月 15 号 12:00~15:00 于福清渔溪现代设施农业样板工程微生物发酵床大栏养猪基地进行温度采集。

1.2 微生物发酵床大栏猪舍平面分布及区域描述

微生物发酵床猪舍由钢架结构建造,面积为 2 100 m²,长 35 m,宽 60 m,肩高 4.5 m,顶高 8.0 m,屋顶下方 1.5 m 处设置有轴流风机,进行猪舍内通风;屋顶下方 2 m 设有微型喷雾消毒降温系统,整个发酵床面积 2 000 m²,发酵床垫料厚度为 80 cm^[12],猪舍平面分布如图 1 所示。

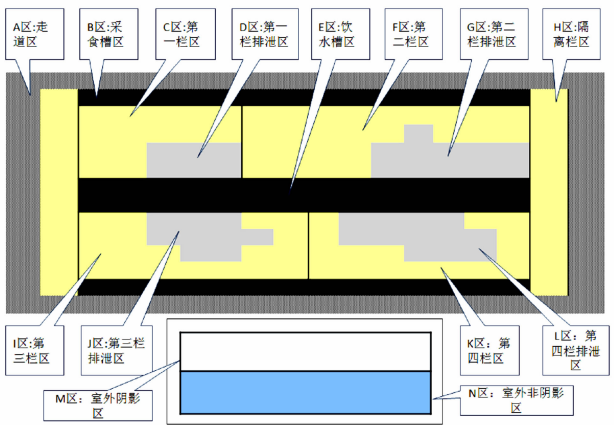


图 1 微生物发酵床大栏猪舍平面分布

Fig. 1 Floor plan of large-scale piggery with microbial fermentation bed

微生物发酵床大栏猪舍采用接触式发酵床饲养模式,2 000m²为 1 个大栏,中间用栏杆隔成 4 个小栏,包括采食槽区、水槽区和隔离栏区等,并配备导流水槽,避免饮用水流入发酵床内。微生物发酵床大栏猪舍内各区域的描述如表 1 所示。

表 1 微生物发酵床大栏猪舍内部各区域描述
Table 1 Description on areas in a large-scale piggery

区域	具体描述
A 区	走道区,围绕猪舍一圈,瓷砖地板
B 区	采食槽区,猪舍前后各一排
C 区	第 1 栏区,饲养育肥猪,养殖密度 0.33 头·m ⁻²
D 区	第 1 栏排泄区
E 区	饮水槽区,两排饮水槽之间有栏杆将第 1、2 栏和第 3、4 栏隔开
F 区	第 2 栏区,饲养母猪,养殖密度 0.11 头·m ⁻²
G 区	第 2 栏排泄区
H 区	隔离栏区,左右各一栏,隔离弱猪、病猪
I 区	第 3 栏区,饲养育肥猪,养殖密度 0.24 头·m ⁻²
J 区	第 3 栏排泄区
K 区	第 4 栏区,饲养保育猪,养殖密度 0.56 头·m ⁻²
L 区	第 4 栏排泄区
M 区	室外阴影区,距离猪舍门口 1~3 m
N 区	室外非阴影区,阳光直射,距离猪舍门口 5~10 m

1.3 微生物发酵床大栏猪舍各区域表层温度采集

将猪舍走道区等分 60 个大小一致的样方块、采食槽区和饮水槽区各等分成 28 个大小一致的样方块、第 1~4 栏分别等分成 20、36、28、28 个大小一致的样方块、隔离栏区等分成 24 个大小一致的样方块、猪舍外围阴影区和非阴影区各等分成 16 个大小一致的样方块。采用手持式红外测温仪 Tecman TM600（香港泰克曼公司）对各样方块内的表层温度进行测定，每个样方块采用 5 点采样法测定样方块的平均温度，并根据微生物发酵床大栏猪舍的结构制成相对应温度矩阵。

1.4 数据分析

采用 SPSS 22.0 统计软件，从以下 4 个方面进行温度分析：①分别从猪活动垫料区、采食槽区、饮水槽区、走道区以及室外区随机抽取温度样本 30 份，采用单因素方差分析各区域温度差异情况；

②分别从第一栏、第二栏、第三栏、第四栏随机抽取温度样本 30 份，采用单因素方差分析不同养猪密度下猪活动垫料区表层温度差异情况；③分别从第一到第四栏的排泄区和非排泄区随机抽取温度样本 18 份，采样独立样本 *T* 检验比较不同养殖密度下猪排泄区和非排泄区垫料表层温度差异情况；④统计夏季高温时，微生物发酵床大栏养猪下猪的生活状况，采用实时拍照的方式对猪的生活状况进行存证分析。

2 结果与分析

2.1 微生物发酵床大栏猪舍范围温度场数据采集

将采集的温度数据按照微生物发酵床大栏猪舍的结构制成温度矩阵（图 2），具体区域见图 1 标注，每个区域标注的温度值为该区域随机测定 5 次后的平均值。

30.7	30.1	29.8	29.8	30.1	30.7	30.1	29.8	29.8	30.1	29.5	29.8	28.3	29.2	30.7	30.1	29.8	29.8
30.8	30.3	31.3	31.8	32.0	32.1	31.3	30.7	31.1	31.1	30.7	31.2	30.7	31.3	31.3	30.9	29.8	30.2
29.8	30.0	29.7	29.7	28.8	30.4	29.5	30.1	30.1	30.6	29.9	30.6	30.0	30.3	30.9	30.7	30.7	29.8
30.6	30.0	29.0	30.3	30.0	30.4	30.3	29.2	29.6	30.2	31.0	29.8	29.5	29.4	29.9	30.9	30.2	30.2
29.8	29.5	29.6	29.9	30.9	29.8	30.3	29.6	29.1	30.1	30.0	29.2	30.6	29.7	30.5	30.5	30.0	29.8
30.6	30.0	30.8	29.8	30.4	30.4	31.5	30.7	30.2	30.1	30.2	30.8	30.9	30.7	30.1	31.1	29.8	30.8
30.4	29.5	32.0	31.1	31.1	31.5	31.5	30.5	30.8	30.6	31.7	30.6	29.7	29.5	30.7	31.0	30.7	31.4
31.3	29.4	30.7	31.7	29.4	30.3	31.7	30.5	29.7	30.3	30.6	32.0	31.9	31.7	31.9	31.2	29.6	28.3
30.2	29.3	29.0	28.3	30.2	30.9	30.5	30.1	30.9	30.3	32.8	32.3	31.8	31.8	31.5	31.1	28.7	29.2
29.6	29.7	28.1	27.7	29.7	30.6	29.6	28.5	30.7	30.3	31.2	31.9	31.9	32.3	32.3	30.6	28.0	28.6
29.9	29.8	28.0	28.2	29.0	30.6	29.6	28.6	31.5	29.3	31.2	31.5	32.1	31.2	31.5	30.4	29.1	28.7
29.7	29.7	27.9	28.4	30.3	30.6	29.9	30.5	31.7	29.4	31.0	31.1	31.2	32.2	31.6	31.4	28.0	28.9
29.7	29.8	30.4	29.9	28.3	29.8	29.8	29.6	30.3	30.1	31.9	31.9	31.1	31.7	30.9	30.9	29.1	30.2
30.4	30.1	29.8	29.9	30.1	29.8	29.6	29.8	29.9	30.1	29.8	29.6	29.8	30.1	29.6	29.8	30.1	29.8
				32.3	33.1	32.8	32.8	32.7	33.0	32.4	32.5						
				37.6	37.5	37.6	38.2	38.1	38.1	37.6	38.0						
				39.3	39.5	39.5	39.4	39.5	39.2	39.5	39.3						
				43.3	44.0	43.2	43.5	43.2	43.4	43.2	43.1						

图 2 微生物发酵床大栏猪舍各区域温度矩阵

Fig. 2 Temperature matrix of large-scale piggery with microbial fermentation bed

2.2 微生物发酵床大栏猪舍不同区域表层温度差异分析

微生物发酵床大栏猪舍各区域表层温度统计如表 2 所示，统计 4 个栏区发酵床垫料表层的温度表征猪活动垫料区的表层温度。采食槽区和饮水槽区为水泥结构的硬化处理，饮水槽区并配有导流水道，避免饮用水流入发酵床内，2 块区域各统计 30 个样本，比较它们与猪活动垫料区的温度差别。单因素方差试验结果表明，猪舍内部不同区域：猪活动垫料区（30.13±0.86）℃、采食槽硬化区（30.58±1.09）℃、饮水槽硬化区（30.93±0.86）℃和猪舍瓷砖走道硬化区（29.90±0.69）℃的表面温度不存在显著差异（*P*≥0.05）；而猪舍内部表层温度和猪舍外部水泥地表面温度〔阴影区

（35.25±2.70）℃、非阴影区（41.44±2.12）℃〕则存在显著差异（*P*<0.05）。

表 2 微生物发酵床不同区域温度
Table 2 Temperature at areas of microbial fermentation bed

地点	研究区域	样本数	温度 /℃
发酵床猪舍内	猪活动垫料区	30	30.13±0.86 c
	采食槽硬化区	30	30.58±1.09 c
	饮水槽硬化区	30	30.93±0.86 c
	猪舍瓷砖走道硬化区	30	29.90±0.69 c
发酵床猪舍外	外部水泥地表阴影区	30	35.25±2.70 b
	外部水泥地表非阴影区	30	41.44±2.12 a

注：表中数据为“平均值±标准差”，同列数据后不同小写字母表示不同区域温度值差异显著（*P*<0.05），下表同。

2.3 不同养殖密度下猪活动垫料区表层温度差异分析

微生物发酵床垫料区总共分为 4 个大栏, 第一栏 (30 m×25 m) 饲养中等育肥猪 (30~60 kg), 密度为 0.33 头·m⁻²; 第二栏 (30 m×45 m) 饲养大型空怀母猪等 (60~100 kg), 密度为 0.11 头·m⁻²; 第三栏 (30 m×35 m) 饲养小型育肥猪 (15~30 kg), 密度为 0.24 头·m⁻²; 第四栏 (30 m×35 m) 饲养保育猪 (6~15 kg), 密度为 0.56 头·m⁻²。分析不同养殖密度下, 猪活动垫料区表层温度的差异。方差分析结果表明, 不同猪养殖密度不会导致发酵床垫料表层温度发生明显改变 ($P\geq 0.05$) (表 3)。

2.4 不同养殖密度下猪排泄区和非排泄区垫料表层温度差异分析

分别统计不同养殖密度猪活动垫料区的排泄区

和非排泄区的垫料表层温度, 结果见表 4, 每一栏排泄区和非排泄区的垫料表层温度均在 29.5~32℃, T 检验结果表明第一、第二和第三栏排泄区和非排泄区的垫料表层温度不存在显著差异 ($P\geq 0.05$); 而第四栏排泄区和非排泄区温度存在显著差异 ($P<0.05$)。发酵床垫料对猪的饲养密度具有一定的饱和度, 过高的饲养密度会使得排泄集中区的垫料表层的温度过高, 不利于猪的健康管理。

表 3 不同养殖密度猪活动垫料区表层温度分析
Table 3 Temperature on different breeding density piggery

研究区域	样本数	养殖密度/ (头·m ⁻²)	温度 /℃
第 1 栏(中猪,30~60 kg)	30	0.33	29.89±0.70 a
第 2 栏(大猪,60~100 kg)	30	0.11	29.99±0.56 a
第 3 栏(小猪,15~30 kg)	30	0.24	29.82±1.41 a
第 4 栏(保育猪,6~15 kg)	30	0.56	30.72±0.99 a

表 4 不同养殖密度猪栏排泄集中区和非排泄区垫料表层温度分析

Table 4 Surface temperature of excretion and non-excretion areas in piggery of different pig breeding densities

研究区域	样本数	第 1 栏	第 2 栏	第 3 栏	第 4 栏
养殖密度/(头·m ⁻²)	18	0.33	0.11	0.24	0.56
排泄集中区	18	30.34±0.63 a	30.32±0.70 a	30.02±0.82 a	31.98±0.53 a
非排泄区	18	29.88±0.47 a	29.97±0.55 a	29.56±0.89 a	31.05±0.38 b

2.5 夏季高温阶段微生物发酵床大栏猪舍里猪的生活状况

7 月下旬是福清的高温时期, 根据气象局的温度报告数据, 高温都在 32 度以上。以 7 月 27~30 日的最高气温为例, 分别为 33、34、32、33℃。福清基地猪舍位置的气温很高, 中午 12:30, 阶段性气温可高达

40℃以上, 选择 7 月 27~30 日中午 12:30 猪栏照片, 如果猪舍外温度高, 发酵床表层温度也高, 高温难耐, 猪就不会躺在发酵床上; 如果猪舍外温度高, 发酵床表层温度适宜, 猪就能舒适地躺在发酵床上。从存证照片上看, 育肥猪度舒适地躺在发酵床上, 表明发酵床温度对猪的生长是适宜的(图 3)。



图 3 高温期间微生物发酵床猪生活状况

Fig. 3 Living conditions of pigs on microbial fermentation bed in hot summer time

3 讨论与结论

对于养猪而言,猪舍内环境温度条件是影响猪健康的重要环境因素,温度过高会影响猪的采食及能量消耗,不利于猪健康生长。微生物发酵床通过发酵床垫料对猪排泄物进行吸附、并利用微生物对猪排泄物进行发酵分解,达到减少猪舍内臭味,解决粪便处理和环境污染问题,近几年得到广泛的应用与推广^[13-14]。但是通过微生物发酵会提高垫料的温度,导致猪舍温度过高而不利于猪的生长,特别是炎热的夏季。传统的微生物发酵床猪舍的建造,一般分为多个栏,每个饲养 30~100 猪,猪舍由于过度分割,通风状况较差,导致发酵床猪舍的热量无法通畅排出,导致温度升高。为克服这一缺点,作者设计了微生物发酵床大栏养猪系统,建立了一个面积为 2 000 m²,发酵床面积为 1 900 m²,屋顶肩高 4.5 m 的大空间发酵床猪舍,南北通透窗的面积占墙体面积 70%,同时,饲养 1 800 头育肥猪^[12]。通过长期调查研究发现,无论在寒冷的冬季或者炎热的夏季,和外环境相比,微生物发酵床均能保证发酵床垫料表层温度相对稳定,不会随着环境温度改变而发生剧烈变化。为此,本研究拟通过分析夏季高温条件下微生物发酵床垫料及周围外部环境表层温度的差异,为夏季发酵床养猪提供理论指导。

发酵床养猪栏表面温度 (30.13 ± 0.86)℃ 和非垫料区域采食槽 (30.58 ± 1.09)℃、饮水槽 (30.93 ± 0.86)℃ 和猪舍走道 (29.90 ± 0.69)℃ 的表面温度差异不显著 ($P > 0.05$) (表 2),该结果表明发酵床的发酵不会明显升高垫料表层温度。发酵不会导致发酵床表面温度急剧上升一方面的原因是大栏发酵床通风能力强,夏季空气对流快,垫料表面不易形成局部高温,另一个原因可能是微生物垫料很厚 (40~80 cm),而发酵主要集中在中层,对上层温度影响相对较小。此外,发酵床基质能为微生物的发酵活动构建一个疏松、透气的空间,微生物对猪粪尿的发酵,产生热量,将垫料中的水分带走,同时将带走热量,使得垫料温度下降,垫料的干燥降低了微生物的活动,不会继续提高发酵床温度,新的猪粪尿加入又发生第二轮的微生物发酵,以此循环,从而使发酵床的温度保持在一个适合的范围,促进猪的健康生长。发酵床养猪栏 (30.13 ± 0.86)℃ 和外部地表温度 [阴影区 (35.25 ± 2.70)℃、非阴影区 (41.44 ± 2.12)℃] 则存在明显差异 (表 2)。表明相对于水泥地面,垫料对

温度的改变具有缓冲性,不会引起温度发生剧烈变化,是很好的温度调节器。

在集约化和规模化养猪不断发展的今天,在一定范围内,合理适当地提高猪养殖密度能够迅速提高养猪经济效益^[15]。本研究还发现在一定范围内,不同养殖密度不会明显的升高发酵床垫料表面的温度,这个结果进一步表明发酵床垫料具有一定的缓冲性。猪的排泄具有明显的区域性,据此可以将养猪栏分为排泄区和非排泄区,排泄区相比非排泄区湿度大,发酵程度高^[16]。因此研究排泄区和非排泄区垫料表面温度差异对于发酵床垫料温度特征的研究具有一定的意义。研究表明,在猪养殖密度相对较低时 (第 1、2、3 栏),相对非排泄区,排泄区的温度会升高 0.5~1.0℃,但是总体上二者没有显著性差异 ($P \geq 0.05$);原因可能是排泄区虽然发酵程度高,产热多,但是湿度大,水汽蒸发快,导致带走的热量更多,从而仍保持温度处于一个温度平衡状态;而随着养殖密度的增加 (第四栏),排泄区和非排泄区的温度差异变成显著,表明随着排泄量的增加,微生物的发酵可能也随之增加,当达到一定值后,超过发酵床垫料本身的调节范围,导致温度升高,因此控制合理养猪密度有利于保持发酵床垫料表层温度的稳定。排泄区和非排泄区垫料表层温度的差异的具体原因将在后续进行深入研究。

研究结果表明,微生物发酵床在夏季高温季节能保持相对稳定,在周围环境温度升高时能够自我调节,使发酵床垫料表层温度不至于剧烈变化,该研究结果将为夏季发酵床养猪提供一定的理论数据指导。微生物发酵床大栏养猪舍倡导大栏养猪的模式,足够大的空间能促进猪的运动,猪的翻拱,踩踏带动猪粪、尿在发酵床中均匀分布,加上大面积的发酵床的自我调节能力,有利用发酵床表层温度的控制。

参考文献:

- [1] 刘波,朱昌雄.微生物发酵床零污染养猪技术的研究与应用 [M].北京:中国农业科学技术出版社,2009.
- [2] 章红兵,楼月琴,徐玉花.发酵床饲养方式对猪舍环境的影响 [J].家畜生态学报,2012,33 (3): 96-99.
- [3] 蓝江林,刘波,宋泽琼,等.微生物发酵床养猪技术研究进展 [J].生物技术进展,2012,2 (6): 411-416.
- [4] 谭熙忠.微生物发酵床与水泥地面养猪方式对比试验报告 [J].当代畜牧,2012,(10): 4-5.
- [5] 林旭光.微生物发酵床养猪技术的优缺点分析 [J].当代畜禽养殖业,2013,(6): 23-23.
- [6] COLLIN A, VAN MILGEN J, LE DIVIDICH J. Modelling the

- effect of high, constant temperature on food intake in young growing pigs [J]. *Animal Science*, 2001, 72: 519—527.
- [7] 刘胜军, 卢庆萍, 张宏福, 等. 高温高湿环境对生猪生长性能血浆皮质醇浓度和免疫功能的影响 [J]. *动物营养学报*, 2010, 22 (5): 1214—1219.
- [8] 徐旨弘, 王美芝, 贾静, 等. 北京地区发酵床养猪方式冬夏季环境状况测试与分析 [J]. *中国畜牧杂志*, 2013, 49 (5): 66—71.
- [9] 王学敏, 任守文, 李碧侠, 等. 夏季新型发酵床猪舍与普通猪舍温度比较分析 [J]. *家畜生态学报*, 2012, 33 (1): 77—80.
- [10] 徐言明. 高温季节发酵床养猪的安全度夏措施 [J]. *中国畜牧兽医文摘*, 2012, (8): 59.
- [11] 周忠凯, 秦竹, 余刚, 等. 发酵床育肥猪舍内湿热环境与通风状况研究 [J]. *江苏农业学报*, 2013, 29 (3): 592—598.
- [12] LIU B, LAN J L, TANG J Y, et al. Structure design of large-scale fattening pig house with fermentation bed [J]. *Agricultural Science & Technology*, 2014, 15 (9): 1521—1525.
- [13] 王远孝, 钱辉, 王恬. 微生物发酵床养猪技术的研究与应用 [J]. *中国畜牧兽医*, 2011, 38 (5): 206—209.
- [14] 曹传闰, 甘叶青, 卞益, 等. 微生物发酵床生态养猪的应用试验 [J]. *上海畜牧兽医通讯*, 2014, (6): 46—47.
- [15] 黄高明. 高密度养猪地区防疫工作要点 [J]. *中国牧业通讯*, 2001, (12): 44—44.
- [16] 李以翠, 李保明, 施正香, 等. 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 (2): 108—111.

(责任编辑: 林海清)