

蒋建明, 闫俊书, 白建勇, 等. 微生物发酵床养猪模式的关键技术研究与应用[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(9): 173–176.

微生物发酵床养猪模式的关键技术研究与应用

蒋建明^{1,2}, 闫俊书¹, 白建勇¹, 宦海琳¹, 李寒梅², 周维仁¹

(1. 江苏省农业科学院畜牧研究所, 江苏南京 210014; 2. 江苏省沭阳县农业科学研究所, 江苏沭阳 223600)

摘要:发酵床养猪技术是一种基于环境保护理念的绿色养殖技术, 实现了无污染、低排放的目的, 缓解了养猪业对环境造成的压力。与常规水泥地面饲养方式相比, 发酵床养殖模式可显著改善猪舍环境和猪的福利状况, 有利于猪健康生长, 并改善生产性能和猪肉品质, 其安全性和经济性优势明显, 应用前景广阔。综述了发酵床养猪技术的原理、特点、应用及目前存在的问题, 为发酵床的研究和应用提供参考。

关键词:发酵床; 养猪; 关键技术; 应用

中图分类号: S828.4⁺6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)09-0173-03

我国每年畜禽粪便排放量达 20 亿 t, 超过了工业固体废弃物排放量。传统养殖业的畜禽粪便主要产于农村的散户养殖, 数量少且分散, 便于农户堆肥腐熟后回田。而目前, 畜禽养殖散户数量大大减少而养殖规模不断扩大, 出现了很多万头、十万头的大型养殖场, 这就使畜禽粪便的处理成为难题。发酵床养猪又称为自然养猪, 生态养猪, 是基于控制猪粪便排放与污染的一种无污染、低排放且符合动物福利的新型环保养猪技术, 国外称之为 pig-on-litter, deep-litter-system、breeding pig on litter, in-sit decomp position of pig manure。发酵床养殖技术最早起源于日本, 1970 年, 日本利用坑道, 以锯末为垫料建立了首个发酵床系统^[1]。1985 年, 加拿大 BioTec 公司推出了以土壤作地板、秸秆为垫料的新型发酵床猪舍, 并完善了围栏、食槽等辅助结构^[2]。此后, 香港、荷兰等地研究人员也对发酵床养殖方法进行了深入研究和推广应用, 确定了商业复合菌剂和锯末为最佳的发酵床养殖菌种和垫料基质, 其相互作用可加快粪便的降解速率并使发酵床的效果更加稳定^[3-4]。20 世纪 90 年代起, 发酵床养殖技术在我国部分省市陆续展开了试点, 并于 2008 年被国家环境部建议推广。近年来, 国内科研单位先后与日韩专家合作, 引进对方成熟的发酵床养殖技术, 共同开展发酵床养殖本土化的研究工作^[5-6]。

1 微生物发酵床养猪的机理

发酵床养猪技术运用垫料中的微生物迅速降解、消化猪的排泄物, 在猪舍内铺设以谷壳、锯末、米糠等原料组成的基质垫料作为培养基, 接种环境益生菌, 饲喂饲用益生菌, 猪饲养在上面所排出的粪尿在猪舍内经微生物完全发酵迅速降解、消化, 从而实现免冲洗猪栏、无臭味、零污染, 从源头达到环保、无公害的养殖目的^[7]。发酵床养猪技术与发酵温度、除臭、病原菌的抑制和粪便腐熟程度有直接关系; 关键是垫料

中优势菌群的形成, 其以尚未消化的猪粪为食饵而繁殖, 主要包括分解蛋白质的丝状真菌、降氮除臭的芽孢杆菌、固定碳素的光合细菌、抑制病害的放线菌、分解糖类的酵母菌及在兼气状态下有效分解的乳酸菌等; 这些优势菌种大多数能够分泌过氧化氢酶、脲酶、蛋白酶等酶类, 能利用猪粪营养迅速生长, 除臭效果良好^[8]。大量研究结果表明, 发酵床主要利用的是兼性好氧菌, 这些菌既可在有氧条件下生活也可在无氧条件下生活; 有氧时通过呼吸产能, 无氧时通过发酵或无氧呼吸产能, 但在发酵过程中一般以有氧生长为主, 如大肠杆菌、产气肠杆菌、芽孢杆菌和酿酒酵母等^[9]。微生物在氧气供应充分时代谢旺盛, 可以快速降解粪便中的有机物质为无机物, 达到零排放、无污染的目的。因此, 发酵床饲养技术的核心就是创造有氧环境; 这些菌种在温度升至 50 ℃ 之前就能够很好地生长繁殖, 扩大菌群^[10], 而发酵床在 40 ℃ 左右即可形成。

2 微生物发酵床功能菌群的筛选

微生物群落是发酵床养猪技术的核心部分, 猪排泄物降解效率和发酵床使用年限均与菌种质量有最直接的关系。良好的垫料管理、性状稳定且分解能力良好的微生物菌种是发酵床养猪技术的关键因子^[11-12]。市售用于发酵床养猪的微生物菌种普遍具有价格高、性状不稳定等缺陷^[13-14], 加入良好的微生物菌剂可有效抑制有害微生物的生长繁殖, 提高发酵床养猪的安全性^[15]。因此, 筛选出适合的优良菌种是目前发酵床养猪体系中急需解决的关键问题。然而, 基质垫层中的微生物群落动态研究十分薄弱, 一方面是由于许多功能微生物无法人工培养, 另一方面用分离微生物的方法研究微生物群落动态的工作量繁重, 对了解微生物实际群落变化比较困难^[16]。

发酵床功能菌群的粪便分解能力首先取决于发酵菌种的组成和活性。如果菌群的发酵温度不能在 50 ℃ 以上维持一段时间, 则粪便中的病原菌不能被有效杀灭; 但是如果菌群发酵持续发热, 则会使发酵床垫料过快分解。若菌群的发酵方式均为有氧发酵, 则氧气浓度较低的深层垫料中的有机物质不能有效分解; 若均为厌氧发酵, 则垫料表层的大量粪便无法分解消除。发酵床养殖过程中还需要不同种类的菌种进行分工发酵, 分别分解粪便中所含的糖类、淀粉、纤维素等不同有

收稿日期: 2013-06-07

基金项目: 江苏省农业科技自主创新基金[编号: CX(12)4047]。

作者简介: 蒋建明(1962—), 男, 江苏宜兴人, 硕士, 副研究员, 研究方向为畜牧学。

通信作者: 周维仁, 研究员。E-mail: jaaszwr@aliyun.com。

机物质^[17]。同时,还要考虑生猪拱食的因素,使有益菌定殖于生猪肠道,以增强其抗病性。

3 微生物发酵床的技术参数

3.1 初始含水率

水分是微生物生长繁殖不可缺少的因素之一,其主要作用在于溶解有机质、参与微生物的新陈代谢,同时水分蒸发带走热量起到调节堆体温度的作用。微生物生长适宜的湿度为 45%~70%,含水率过高或过低时均不利于微生物的生长。对于好氧发酵而言,发酵原料适宜的初始含水率为 50%~60%。含水量过高(超过 65%)会堵塞堆料中的空隙、影响通风而导致厌氧发酵,好氧降解速率下降,延长堆肥腐熟时间;水分过低(含量低于 40%)则有机物难以分解,微生物活动受阻,影响发酵速度^[18]。

3.2 适宜的碳氮比

微生物生存和繁殖需要一定的营养源,主要来源于垫料和猪粪尿中易分解的有机物。有机物中的碳水化合物(碳源)为微生物的食物,而氮素(氮源)则是微生物繁殖建造细胞的材料,因此碳和氮的含量决定了微生物的生存和繁殖效率。发酵床垫料中的碳氮比是发酵体系中最重要影响因素,合适的垫料碳氮比可为发酵床功能菌群的生长提供最均衡的营养条件,保证粪便快速发酵分解^[19]。碳氮比过低,微生物生长繁殖需要的能量物质缺乏,堆体温度上升缓慢,氮过量并以氨气形式释放,还会散发出难闻的气味而影响空气质量。碳氮比过高,微生物生长需要的氮缺乏,繁殖速度降低,有机物分解速度缓慢而导致发酵时间延长^[18]。因而合理调节比是加速微生物发酵的有效途径。罗泉达研究了碳氮比对猪粪堆肥腐熟的影响,结果表明碳氮比为 28 时堆肥效果较好^[19]。张英辉等的研究表明 pH 值为 7、堆肥高度为 1.5 m、含水量为 60%、C/N 比为 30:1,是粪便发酵参数和碳氮比的最佳组合^[20]。

3.3 温度

温度是衡量垫床发酵效率的一个重要指标^[21],制约着微生物的活性以及有机物质的分解速度。李国学等指出,温度过高会杀死一些有益微生物而延缓发酵的进行,温度过低会降低微生物的活性而延长堆肥达到腐熟的时间^[22]。对于发酵床而言,发酵熟化是一个放热过程,在夏季易产生高温,不仅影响微生物的活性,还易导致猪只受到热应激而影响生长性能,因此应采取措施加以控制。在南方地区,当发酵床温度超过 55℃ 时,应该采用机械通风或者降低垫料厚度等形式来达到降低温度的目的,否则会导致猪舍通气不流畅、湿度过高而使垫料层部分湿化,引起发酵停止或者进行异常发酵,对猪只健康不利^[23]。陈锋剑等给猪舍安装湿帘设施后,当外界出现 39℃ 高温时,通过湿帘控制猪舍温度在 33℃,猪在发酵床上生长未受影响^[24]。

3.4 透气性

氧气是好氧微生物生长繁殖中不可缺少的养分,发酵床主要利用兼性好氧菌进行好氧发酵,因此发酵床养猪的核心技术就是创造有氧的环境。微生物的生长繁殖能迅速分解猪粪尿中的有机质作为自身营养源及代谢产物。通气差会造成厌氧性微生物活动加强,发酵床垫料厌氧发酵,有机质腐败,

产生恶臭,污染环境。因此,加强垫料的翻动和通风,使垫料中含有充足的氧气是微生物快速分解猪粪尿的重要条件。在发酵床养猪过程中应定期翻动垫料,以保证发酵床中具有足够的氧气量,从而减少微生物的厌氧发酵。在氧气供应充分时,微生物代谢旺盛,可以快速将粪便中的有机物质降解为无机物,很多研究人员认为堆体含氧量应该保持在 8%~18% 之间。含氧量低于 8% 将导致厌氧发酵而产生恶臭味;高于 18% 则会导致堆体冷却,使得病原菌大量存活。在日常生产中,有人建议保育猪舍 5~7 d 翻动 1 次,中大猪舍 3~5 d 翻动 1 次,翻动深度为 30 cm 左右,在排猪粪尿集中的地方需将猪粪分散后再进行深翻^[25-26]。

3.5 适宜的 pH 值

发酵床发酵过程依赖于微生物的作用,而适宜的 pH 值是微生物生长的重要条件,适宜的 pH 值可以使微生物有效地发挥作用。有研究表明,微生物好氧发酵的适宜 pH 值一般为 6.0~8.5,此时微生物增长速度和有机质分解速度最大^[27]。过酸(pH 值 <5.0)或过碱(pH 值 >8.0)不利于微生物生长繁殖,分解能力大大降低。Sundberg 等研究发现,pH 值 <6 时,微生物的呼吸作用抑制^[28]。王飞等用过磷酸钙调节初始物料的 pH 值为 6.63 左右,堆肥时酸度处在相对较低且比较合适的范围内,减少了因氨挥发而导致的养分损失^[29]。

4 微生物发酵床养猪的应用效果

4.1 改善猪舍环境,减少污染

据监测显示,包含 N、Na、Zn、P、Mg 在内,生猪粪便中富含 20 多种元素。水质富营养化的形成原因之一便是 P、N 等营养物质过多,而猪粪富含大量的污染高负荷物质,除了污染水体之外,还会导致水中对有机污染物稍微敏感鱼类或水生生物批量死亡。近年来随着经济的发展,生猪养殖规模日益扩大,随之产生的大气污染也日益严重。猪舍中会产生 CO、NH₃、CO₂、H₂S 等有害气体,例如:1 个猪场每年 10 万头的生猪产量,其氨气排放量大于 159 kg/h。

发酵床垫料中的微生物能够有效地降解、消化猪的排泄物,不再需要清扫猪粪,也不会形成大量的冲圈污水,从而不会产生废弃物、排泄物排出养猪场,大大减轻了养猪业对环境的污染。同时,由于粪尿中含氮、含硫有机物的分解,也大大降低了猪舍 NH₃、H₂S 等有害气体的产生。

4.2 杀灭有害微生物,减少疾病发生

垫料中的优势菌群易形成微生态平衡环境,从而抑制有害微生物的生长繁殖。究其原因,一方面可能是优势菌的一些代谢产物能够抑制有害微生物的生长繁殖;另一方面垫料中优势菌株能够很好地分解猪的排泄物,相对于有害微生物而言具有很强的竞争优势。猪舍中 NH₃、H₂S 等有害气体的大大降低,也在一定程度上减少了猪呼吸道疾病的发生。本课题组对采用发酵床和水冲清粪方式的猪舍的气载需氧菌(细菌总数、真菌总数、葡萄球菌、大肠杆菌、沙门氏菌)进行了监测,结果表明:沙门氏菌在两种猪舍中都未检出,葡萄球菌是猪舍气载细菌的主要菌群,发酵床猪舍气载需氧菌浓度低于水冲清粪猪舍。

4.3 提高生产性能

发酵床垫料松软,舍内环境良好,更接近猪的自然生活环

境,可以最大程度上满足猪的行为需要和福利状况,从而促进猪的生长。另外,由于发酵床能够减少猪的一些疾病的发生,促进猪的健康,从而间接降低料肉比,提高日增重,增加养殖效益。韩薇等研究表明,微生物发酵床养猪可明显改善断奶后仔猪的生长发育状况,表现为平均日增重提高了 17.02%,料肉比下降 13.19%,均差异显著($P < 0.05$)^[30]。王诚等的研究也可以证明此结论^[31-32]。

4.4 改善猪肉品质

肉色、大理石纹、pH 值、系水力、嫩度、风味物质等感官品质最易引起消费者的重视,是评价猪肉常用的肉质指标。发酵床养猪可以显著提高猪肉的嫩度,有改善猪肉风味、降低瘦肉率的趋势^[33]。周玉刚等对 2 种不同养猪模式的猪肉品质进行了对比研究,结果显示,与传统养猪模式相比,发酵床养猪中猪肉的剪切值降低了 3.35%,差异不显著($P > 0.05$),pH 值提高了 5.58%,肌肉的失水率和滴水损失分别降低 14.62% 和 12.44%,均差异显著($P < 0.05$)^[34]。大理石纹评分与肉的肌内脂肪含量有密切关系,而肉的风味和多汁性会随肌内脂肪含量的增加而改善。Patton 等的研究显示,发酵床猪比传统模式猪在猪肉大理石纹水平上有显著提高($P < 0.01$);发酵床产出的猪肉蛋白质营养价值高、鲜味浓,肉色保鲜性优良,改善了猪肉的嫩度和口感,提高了猪肉的成型性;猪肉在红度和色泽丰富度上优于常规产出猪肉,pH 值和滴水损失适中,肌内脂肪含量高于常规产出猪肉且能达到较理想的值^[35]。

4.5 其他应用效果

发酵床中优势菌种大多数能够分泌过氧化氢酶、脲酶、蛋白酶等酶类,分解猪的粪尿而迅速生长繁殖,大大降低有害气体产生。Chan 等研究发现,发酵床养猪方式可减少氨、氧化亚氮、硫化氢、吡啶、3-甲基吡啶等臭味物质的产生和挥发^[36]。

盛清凯等发现冬季 09:00 发酵床猪舍内平均温度 15.92℃,水泥地面猪舍内平均温度为 13.64℃,差异显著;而 2 种猪舍内的相对湿度差异不显著^[12]。李娜等对夏季发酵床养猪的研究表明,床面温度可达 31~37℃,明显高于气温 30.6~31.4℃,超过了生长猪的适宜温度范围^[37]。可见,夏季用发酵床养猪需加强舍内的降温措施。

杨鸿对发酵床养猪的研究表明,发酵床猪舍内温度高于传统猪舍,有利于猪只过冬,不利于猪只越夏;发酵床猪舍与传统猪舍相比,能显著降低舍内氨气的浓度;发酵床技术生产出来的猪只体重更重,料肉比低于传统养猪法;猪肉品质优于传统养猪法;生物发酵床养猪技术能节约养殖成本,平均每头猪比传统养猪技术节约 53 元^[38]。

5 小结

微生物发酵床生态养猪作为新兴的养猪技术,实现了在养殖过程中少污染、低排放的目的,是一种全新的经济环保型养殖模式。与欧美、日韩等国家相比,我国引进该技术较迟且各地情况不同,许多问题有待摸索和探讨。但只要科学掌握微生物发酵床养猪的关键技术,做到因地制宜,定能开发出适合当地的发酵床养猪技术,这一技术也将成为今后我国养猪的重要模式之一。

参考文献:

- [1] Gadd J. Unnel housing of pigs in Livestock Environment IV. Fourth International Symposium [M]. Michigan, American society of Agricultural Engineers, 1993; 1040 - 1048.
- [2] Cornnor M L. Update on alternative housing systems for pigs [J]. Manitoba Swine Seminar Proceedings, 1995, 8: 93 - 96.
- [3] Tam N Y, Vrijmoed L P. Effects of commercial bacterial products on nutrient transformations of pig manure in a pig - on - litter system [J]. Water Manage Res, 1990, 8(5): 363 - 373.
- [4] Tam N Y, Vrijmoed L P. Effects of the inoculum size of a commercial bacterial product and the age of sawdust bedding on pig waste decomposition in a pig - on - litter system [J]. Water Manage Res, 1993, 11(2): 107 - 115.
- [5] 施光发, 甘友保, 朱冠元, 等. 土壤微生物发酵床养猪技术 [J]. 畜牧与兽医, 2006, 38(3): 59.
- [6] 盛清凯, 武英, 王成, 等. 发酵床养猪技术的优势与推广中存在的问题 [J]. 猪业科学, 2008, 35(3): 80 - 81.
- [7] 刘波, 朱昌雄. 微生物发酵床零污染养猪技术研究与应 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2009: 10 - 11.
- [8] 王远孝, 李娜, 李雁, 等. 发酵床养猪系统的卫生学评价 [J]. 畜牧与兽医, 2008, 40(4): 43 - 45.
- [9] 颜培实. 因地制宜推广发酵床养猪技术 [J]. 猪业科学, 2008, 25(9): 25 - 27.
- [10] 张庆宁, 胡明, 朱荣生, 等. 生态养猪模式中发酵床优势细菌的微生物学性质及其应用研究 [J]. 山东农业科学, 2009(4): 99 - 105.
- [11] 王连珠, 李奇民, 潘宗海. 微生物发酵床养猪技术研究进展 [J]. 中国动物保健, 2008(7): 29 - 30.
- [12] 盛清凯, 王诚, 武英, 等. 冬季发酵床养殖模式对猪舍环境及猪生产性能的影响 [J]. 家畜生态学报, 2009(1): 82 - 85.
- [13] 陈桂平, 牛鹏霞, 王华听, 等. 发酵床养猪技术及存在问题 [J]. 中国动物保健, 2009(1): 97 - 99.
- [14] 朱洪, 常志州, 叶小梅, 等. 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 [J]. 农业环境科学学报, 2008, 27(1): 354 - 358.
- [15] Vestal J R, White D C. Lipid analysis in microbial ecology: quantitative approaches to the study of microbial communities [J]. Bioscience, 1989, 39(8): 535 - 541.
- [16] Ulbricht H. Investigation on the controlled rotting of mature timber contaminated with polycyclic aromatic carbohydrates [D]. Germany: Technical University of Dresden, 2002.
- [17] Huang G F, Wong J W, Wu Q T, et al. Effect of C/N on composting of pig manure with sawdust [J]. Waste Management, 2004, 24(8): 805 - 813.
- [18] Zhu N. Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice straw [J]. Bioresource Technology, 2007, 98(1): 9 - 13.
- [19] 罗泉达. C/N 比值对猪粪堆肥腐熟的影响 [J]. 闽西职业技术学院学报, 2008, 10(01): 113 - 115.
- [20] 张英辉, 初月宏, 常喆, 等. 粪便发酵环境参数和最佳 C/N 比组合的确定 [J]. 吉林畜牧兽医, 2011, 32(01): 3 - 5.
- [21] Jeris J S, Recan R W. Controlling environmental parameters for optimum composting. Part I. Experimental procedures and temperature [J]. Compost Science, 1973(14): 10 - 15.

高利华,马国辅,夏远方,等. 小梅山猪性发育过程中生殖激素的变化规律[J]. 江苏农业科学,2013,41(9):176-178.

小梅山猪性发育过程中生殖激素的变化规律

高利华¹, 马国辅¹, 夏远方², 邢 军¹, 张建生¹, 吴井生¹

(1. 江苏农林职业技术学院, 江苏句容 212400; 2. 江苏省句容市动物疫病防疫控制中心, 江苏句容 212400)

摘要:采用电化学发光免疫测定(electro-chemiluminescence immunoassay, ECLIA)技术对小梅山猪性发育过程中血清 FSH、LH、E₂、P₄ 等生殖激素水平的变化规律进行研究,结果显示:初生时,血清中 FSH、LH、E₂、P₄ 等生殖激素水平处于高位状态,1~4 月龄间可能略有波动,但均呈上升趋势,至 4 月龄时达到最高水平,且与其他 5 个发育阶段差异均达显著或极显著水平,5 月龄时这 4 种生殖激素水平又迅速下降。根据上述 4 种生殖激素的变化规律,结合生产实践,可以推测小梅山猪的初情期在 3.5~4.5 月龄。

关键词:ECLIA 技术;小梅山猪;生殖激素

中图分类号:S828.8⁺13 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2013)09-0176-03

品种是影响猪初情期早晚的一个重要因素,如中国地方猪的初情期远早于欧美品种,平均早约 2 个月。初情期的到来是一个渐变过程,被广泛认为是由性腺阉假说发动的^[1-2]。动物体内生殖激素的调控作用几乎贯穿整个生殖活动过程,如性器官的发育、性成熟、发情、排卵、妊娠等一系列生殖活动。促卵泡素(FSH)和黄体生成素(LH)能促进卵泡生长发育、成熟和排卵,刺激性腺激素的合成;雌激素能维持雌性动物的第二性征,刺激性腺的生长发育等;孕酮能维持正常的发

情周期和妊娠,促进胚胎发育等。

目前关于从母猪出生到初情期全过程中血液生殖激素变化的系统报道较少,而这方面的研究无疑有助于进一步了解母猪初情期前下丘脑-卵巢-性腺轴的发育及初情期启动的机理。小梅山猪原产于江苏太仓、昆山及上海青浦等地,是我国著名的地方类群,以其性早熟、产仔多、母性好、耐粗饲等优点而闻名于世,一般 3~4 月龄达到初情期,平均产仔数可达 12~13 头。本研究以小梅山猪为试验材料,旨在研究小梅山猪性发育过程中血液中促卵泡素(FSH)、黄体生成素(LH)、雌二醇(E₂)和孕酮(P₄)的变化规律,丰富小梅山猪的种质特性,为母猪初情期的发动假说提供理论基础。

收稿日期:2013-02-26

基金项目:江苏省镇江市科技项目(编号:NY2009016);江苏农林职业技术学院院级项目(编号:2012[8])。

作者简介:高利华(1966—),女,江苏句容人,副教授,主要从事兽医临床工作。E-mail:799652634@qq.com。

通信作者:吴井生,博士,讲师,主要从事猪生产工作。E-mail:jingshengwu@yahoo.com。

[22]李国学,李玉春,李彦富. 固体废弃物堆肥化及堆肥添加剂研究进展[J]. 农业环境科学学报,2003,22(2):252-256.

[23]杨毓敏. 生物垫料发酵床环保养猪新技术[J]. 北京农业,2008(27):35-37.

[24]陈锋剑,梁国明,孙晓燕,等. 零排放垫料床在夏季养猪生产中的应用[J]. 中国畜牧杂志,2009,45(24):55-58.

[25]贾 涛. 发酵床技术在生猪养殖中的应用研究[J]. 猪业科学,2010,27(11):30-35.

[26]吴得中. 生物发酵床养猪应注意的几个问题[J]. 畜禽业,2010(1):53-53.

[27]Haug R T. The practical handbook of compost engineering[M]. Boca Raton,US:CRC Press Inc,1993.

[28]Sundberg C,Smårs S,Jönsson H. Low pH as an inhibiting factor in the transition from mesophilic to thermophilic phase in composting[J]. Bioresource Technology,2004,95(2):145-150.

[29]王 飞,张 硕. 填充料和初始 pH 值对猪粪堆肥效果的研究[J]. 浙江农业科学,2005(4):298-300.

[30]韩 薇,刘国庆,李世江,等. 发酵床养猪模式对猪生产性能的影响实验[J]. 科学种养,2010,7(2):32-33.

[31]王 诚,张 印,王怀忠,等. 发酵床饲养模式对猪舍环境、生长

1 材料与方法

1.1 试验猪群

试验用小梅山猪来自江苏省小梅山猪育种中心,同批出

性能、猪肉品质和血液免疫的影响[J]. 山东农业科学,2009,12(11):110-112.

[32]齐 刚,王守山. 微生物发酵床与水泥地面养猪方式对比效果的观察[J]. 现代畜牧兽医,2011(7):67-69.

[33]田明亮. 发酵床养猪对猪舍环境、生长性能及肉品质的影响[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2011.

[34]周玉刚,闻爱友,宁康健,等. 微生物发酵床对育肥猪生产性能及猪肉品质的影响[J]. 安徽科技学院学报,2011,25(1):9-12.

[35]Patton B S, Huff - Lonergan E, Honeyman M S, et al. Effects of deep-bedded finishing system on market pig performance, composition and pork quality[J]. Animal: an International Journal of Animal Bioscience,2008,2(3):459-470.

[36]Chan D O,Chaw D,Lo C 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):11-17.

[37]李 娜,艾 磊,沈晓昆,等. 发酵床猪舍的环境管理[J]. 畜牧与兽医,2008,40(6):49-52.

[38]杨 鸿. 生物发酵床养猪的应用技术研究[D]. 成都:四川师范大学,2011.