

# 微生物发酵床

## 零污染养猪技术研究与应用

刘波 朱昌雄 主编

中国农业科学技术出版社



责任编辑 杨玉文  
封面设计 孙宝林

ISBN 978-7-80233-876-0



9 787802 338760 >

定价：100.00元

# 微生物发酵床

## 零污染养猪技术研究与应用

刘波 朱昌雄 主编

中国农业科学技术出版社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

微生物发酵床零污染养猪技术研究与应用/刘波, 朱昌雄主编. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2009. 5

ISBN 978-7-80233-876-0

I. 微… II. ①刘…②朱… III. 微生物-发酵-应用-养猪学-研究 IV. S828

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 062865 号

责任编辑 杨玉文  
责任校对 贾晓红

出版者 中国农业科学技术出版社  
北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081  
电 话 (010) 82106631 (编辑室) (010) 82109704 (发行部)  
(010) 82109703 (读者服务部)  
传 真 (010) 82106636  
网 址 <http://www.castp.cn>  
经销者 新华书店北京发行所  
印刷者 北京华正印刷有限公司  
开 本 880 mm × 1 230 mm 1/16  
印 张 23  
字 数 700 千字  
版 次 2009 年 5 月第 1 版 2009 年 5 月第 1 次印刷  
定 价 100.00 元

版权所有·翻印必究



# 编委会

主 编 刘 波 朱昌雄

副主编 蓝江林 郭 萍 叶耀辉 林 斌 周宏围

## 编 委

- |     |                      |           |
|-----|----------------------|-----------|
| 刘 波 | 福建省农业科学院农业生物资源研究所    | 博士，研究员    |
| 朱昌雄 | 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所 | 博士，研究员    |
| 蓝江林 | 福建省农业科学院农业生物资源研究所    | 博士，副研究员   |
| 郭 萍 | 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所 | 博士，副研究员   |
| 叶耀辉 | 福建省宁德市农业科学研究所        | 所长，副研究员   |
| 林 斌 | 福建省农业科学院农业工程技术研究所    | 博士生，研究员   |
| 周宏围 | 厦门集芯科技有限公司           | 董事长，高级系统员 |
| 郑雪芳 | 福建省农业科学院农业生物资源研究所    | 硕士，助理研究员  |
| 唐建阳 | 福建省农业科学院农业生物资源研究所    | 所长，副研究员   |
| 朱育菁 | 福建省农业科学院农业生物资源研究所    | 博士，副研究员   |
| 林营志 | 福建省农业科学院农业生物资源研究所    | 博士，副研究员   |
| 车建美 | 福建省农业科学院农业生物资源研究所    | 博士生，助理研究员 |
| 苏明星 | 福建省农业科学院农业生物资源研究所    | 硕士生，助理研究员 |
| 刘丽辉 | 开创阳光环保科技发展（北京）有限公司   | 董事长，高级工程师 |
| 田云龙 | 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所 | 博士，助理研究员  |
| 李瑞波 | 福建省诏安县绿洲生化有限公司       | 总经理，高级工程师 |

# 致 谢

- 水体污染控制与治理国家科技重大专项：2008 ~ 2010；华南村镇塘坝地表饮用水安全保障适用技术与示范课题（2008ZX07425-002）

- 地方配套项目

- (1)：2008 ~ 2010，福建省发展和改革委员会“五新”项目——远程监控微生物发酵床零污染养猪法的研究与应用（闽发改投资〔2008〕762号）

- (2)：2007 ~ 2011，福建省财政专项——福建省农业科学院科技创新团队建设基金（STIF-Y03）

- (3)：2004 ~ 2006，福建省发展和改革委员会产业技术开发项目——微生物饲料添加剂“益生菌”产业技术研究开发（闽发改投资〔2004〕477号）

# 序 言

村镇塘坝地表饮用水的安全依赖于地表污染源的控制。农村养猪业所造成的环境污染是地表水不安全的重要因素之一。本研究为国家水体污染控制与治理科技重大专项—华南村镇塘坝地表饮用水安全保障适用技术研究与示范—福建省宁德市村镇塘坝地表饮用水安全保障适用技术研究与示范（2008ZX07425-002）的子项目——“远程监控微生物发酵床零污染养猪法的研究与应用”，旨在从源头上控制养猪业的污染，以保障村镇塘坝地表饮用水安全。

为适应我国养猪业的健康发展，有效控制养猪造成的环境污染，以保证村镇地表饮用水的安全，研究者提出了“远程监控微生物发酵床零污染养猪法的研究与应用”研究课题，并建立以“秣窠”为品牌的零污染养猪法关键技术体系。“秣窠”读音与“农科”相同，意喻着农业科学院研究的技术。秣本义为花木繁盛的样子，秣，花木厚（《广韵》）。一枝秣艳露凝香，云雨巫山枉断肠（唐李白《清平调》）。又如：秣李（繁盛的李花）；秣秀（繁花）；秣花（盛开的花）；秣华（繁盛艳丽的花朵）；秣密（花木繁多茂密）；秣茂（繁盛浓密）；秣繁（浓密繁盛）艳丽，华丽。窠：昆虫、鸟、兽的巢穴，如窠巢、狗窠。“秣窠”意喻给猪建造舒服的零污染的窝。商标图形设计如图 I，它由三个同心圆组成，意喻着零，边上一根堵住的管道，意喻着零污染；同时，管道和同心圆组成一个天线，意喻着远程监控，天线上方一个菱形的封闭室，放有“秣窠”字样，表示着舒适的垫料猪舍，整个图形外面有个圆，表明圆满、彻底地解决养猪污染，同时，商标可以是圆、长椭圆、扁椭圆，表明可以因地制宜，适用于所有的家畜养殖场的污染处理。

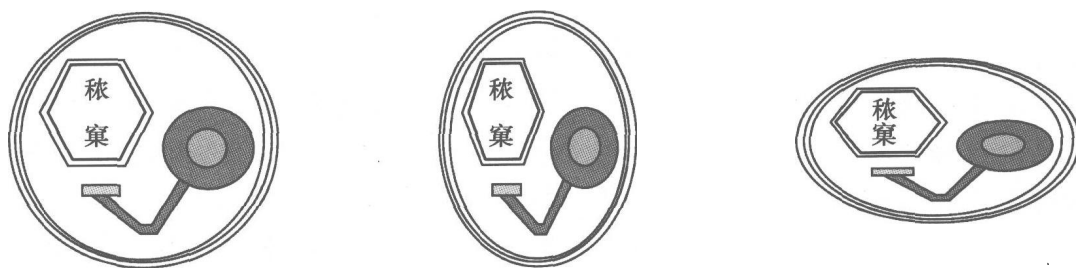


图 I 秣窠商标图案

商标用于：环境微生物——秣窠零污染 I 号益生菌；饲用微生物——秣窠零污染 II 号益生菌；  
秣窠猪舍远程监控技术；秣窠零污染养猪的相关设备

养猪业是我国重要的农业产业。专家预计，到 2010 年，我国每年畜禽粪便产生量将达到 45 亿 t，中国养猪业生产量和饲养量占全球 1/2 以上。养猪业的料肉比通常为

3 : 1, 也就是 33% 的饲料转化为猪肉, 67% 的饲料转变为猪粪, 一个万头猪场每天所造成的污染, 相当于一个人口为 5 万 ~ 10 万人的集镇每天所造成的污染 (图 II)。

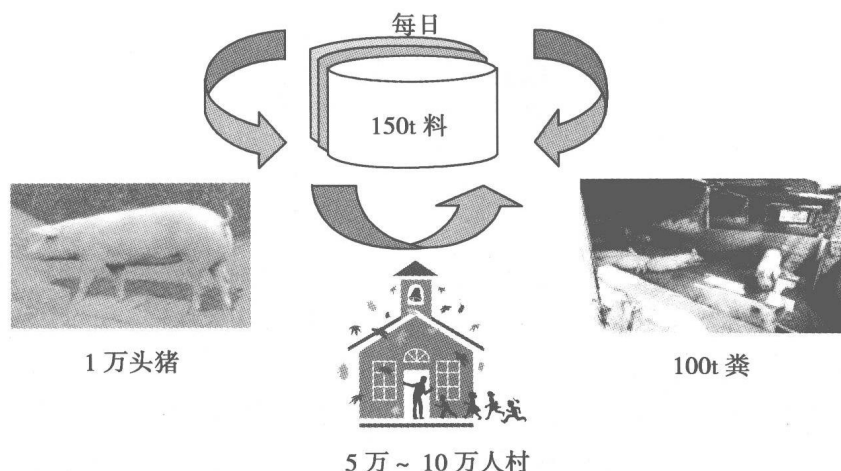


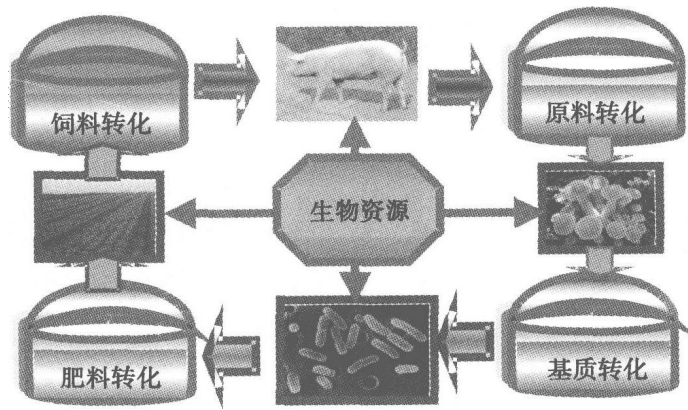
图 II 万头猪场污染 = 5 万 ~ 10 万人所造成的污染

随着畜牧业生产规模的日益扩大, 随之产生的大量畜禽排泄物的处理已成为一个亟待解决的新问题。这些排泄物中水分含量高, 体积大, 处理费用高, 有些养殖户往往把污水不经处理就直接放入河流、湖泊, 导致河水污染以及富营养化, 破坏了自然生态环境; 把粪便等固形废弃物随意堆放, 这样不仅要占用大量土地, 而且在堆放中还会产生大量的恶臭物质和硝酸盐而污染大气和地下水, 雨天则因污水四溢常引起附近居民的极大不满。还有些养殖户不加任何处理就直接将这些排泄物卖给附近的农民作为有机肥在农田施用, 这样常会引起人、畜疾病及作物病虫害等的发生和传播。

以往的猪场猪粪的处理主要采用两种方法: 沼气发酵处理法和种养结合处理法。这两种方法无法根本消除猪粪污染。沼气发酵的沼渣仍然会引起二次污染, 种养结合过程未经处理的猪粪仍然会引起巨大的环境问题。解决养猪场污染的问题, 必须走“循环经济”的模式。这种模式是一种倡导慎重开发利用资源、废弃物资源化、清洁生产、遵循自然生态系统的物质良性循环规律的经济发展模式, 是一个“资源—产品—再生资源”的闭环反馈式循环过程。将养猪过程看成生物资源的转化过程, 饲料通过养猪, 转化为猪肉资源和食用菌培养基资源。前者作为产品, 后者作为食用菌的培养基, 通过栽培的转化, 产生食用菌资源和下脚料资源。前者作为食用菌产品, 后者成为功能微生物 (如固氮、解磷、解钾、农药降解微生物) 的培养基, 通过微生物发酵, 加工成颗粒功能有机肥药, 返回农田使用, 形成资源的再生循环, 可以保障实现“最佳生产, 最适消费, 最少废弃”, 达到建设人与自然和谐的、可持续发展的新型社会的目标 (图 III)。

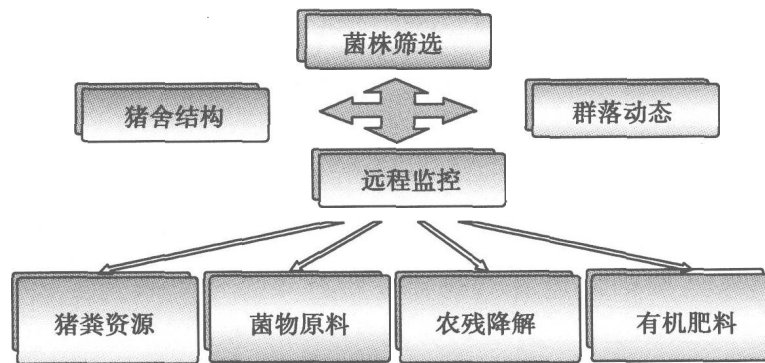
为此, 编者分析了 1 518 篇相关研究论文, 综述了微生物在养猪业的应用; 提出了远程监控微生物发酵床零污染养猪法, 研究环境微生物——秣稊零污染 I 号益生菌, 用于猪舍粪便分解; 研究了饲用微生物——秣稊零污染 II 号益生菌, 作为饲料添加剂饲喂猪。本书阐述了秣稊益生菌的工业化生产工艺, 设计秣稊零污染猪舍的结构





图III 养猪场生物资源的转化

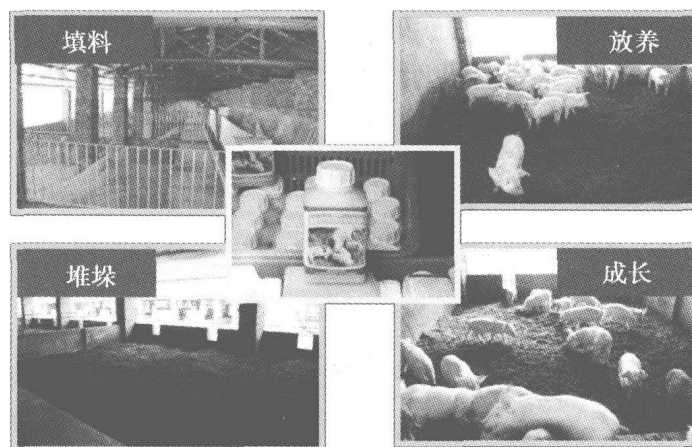
及其垫料配方；设计微生物发酵床基质垫层远程监测，采用远程监控技术，实时地监测和控制垫料的发酵过程；利用微生物脂肪酸生物标记研究猪舍垫料微生物群落变化动态；编制了远程监控微生物发酵床零污染养猪法技术操作规程（简称秣窠技术）。切实、经济、有效地做到了规模化养猪零污染，同时提出了用过的垫料资源化的方法和思路，猪粪通过垫料上的微生物进行发酵，除臭、转化，形成蘑菇培养基，种植蘑菇，蘑菇收成后形成的废料，作为功能微生物培养基，接入农药降解菌（固氮、解磷、解钾）、土传病害生防菌进行发酵，加工造粒形成农药降解、植物病害防治功能的有机肥药，施用到作物上，既可肥田，又可降解土壤中的农药残留并防治土传病害。通过资源循环有望彻底解决养猪业的环境污染问题，有效地进行猪场废弃物的资源化，为保障村镇塘坝地表饮用水的安全提供技术支撑（图IV）。



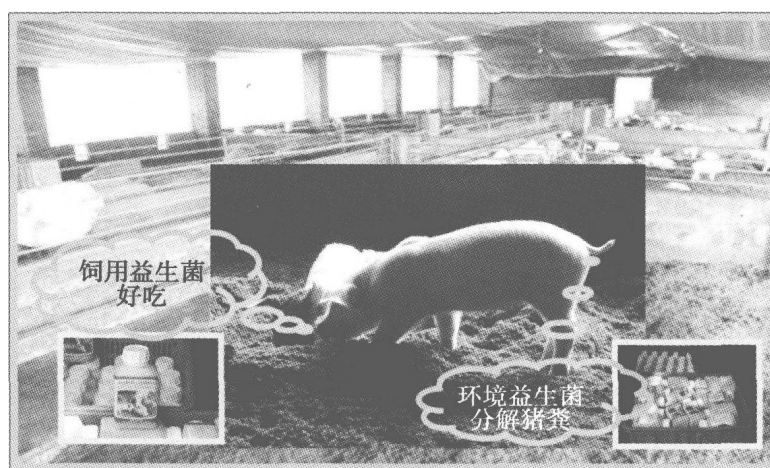
图IV 远程监控猪场零污染降污技术

研究出环境微生物——秣窠零污染I号用于猪舍粪便分解（图V），研究出饲用微生物——秣窠零污染II号益生菌作为饲料添加剂喂饲猪（图VI）。将秣窠环境微生物添加剂、锯末、谷壳、米糠、生猪粪按一定比例搅拌均匀并调整水分堆积发酵使有益微生物菌群繁殖，经充分发酵后，铺垫猪舍（40~100cm）。在垫料中形成以有益菌为强势菌的生物发酵垫料，使猪舍中病原菌得以抑制，保证了生猪的健康生长。该生物发酵垫料中的有益菌以生猪粪尿为营养保持运行，调节养殖密度，使生猪粪尿得到充分分解并转化为水分得以挥发，达到猪舍无臭、无排放的环保要求，同时，设计猪舍垫料温度远程监控技术，将温度探头埋入猪舍垫料底部，自动采集垫料温度，通过

无线终端自动采集，将数据自动发送到互联网，实现远程监控。猪舍垫料一次投入，可连续使用3年。



图V 环境微生物——秣窠零污染I号益生菌的使用

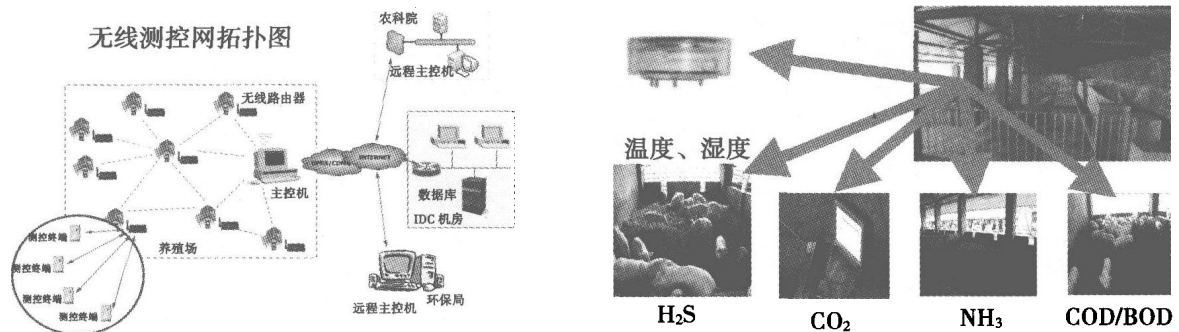


图VI 饲用微生物——秣窠零污染II号益生菌的使用

将秣窠饲用微生物添加剂按一定比例均匀拌入饲料喂养生猪，经特殊工艺加工的秣窠饲料添加剂进入生猪的肠道时，两种好氧菌相互作用而产生代谢物质和淀粉酶、蛋白酶、纤维酶等，同时还耗去肠道内的氧气，给乳酸菌的繁殖创造了良好的生长环境。而其代谢物质本身不但具有抗生物物质功能，而且还是乳酸菌繁殖时很好的营养，促成生猪肠道的乳酸菌（厌气菌）大量繁殖，从而改善了生猪肠道的菌群平衡，提高对饲料的吸收率，增强抗病能力，大大减少生猪发病率与死亡率。

远程监控微生物发酵床零污染养猪法，设计了现场测控数据（温度、湿度、硫化氢、二氧化碳、氨气、COD/BOD等）的自动采集系统；实现基于无线网的大范围多点测控数据的记录与汇集；基于图形化人机交互界面的现场数据实时处理，以及异常提示、告警；具备互联网测控数据汇集与实时查询能力；可以进行互联网远程单终端点、多终端点、单节点测控；能够为集成应用提供数据接口和控制接口。养殖场安装一台主控机，每个笼舍都安装一台无线路由器，这些路由器同主控机组成网状结构，形成覆盖全场的无线网；每个笼舍内测控终端采集的感应器数据，均实时上传到主控

机；主控机接收并记录全网监测数据；主控机实时处理各监测点所采集数据，发现异常会及时提示或告警；操作人员可在主控机的图形化人机界面上直接查看全养殖场实时数据，并可随时下达操控指令。实时监控发酵舍垫层微生物发酵温度的变化，控制猪粪的分解（图VII）。

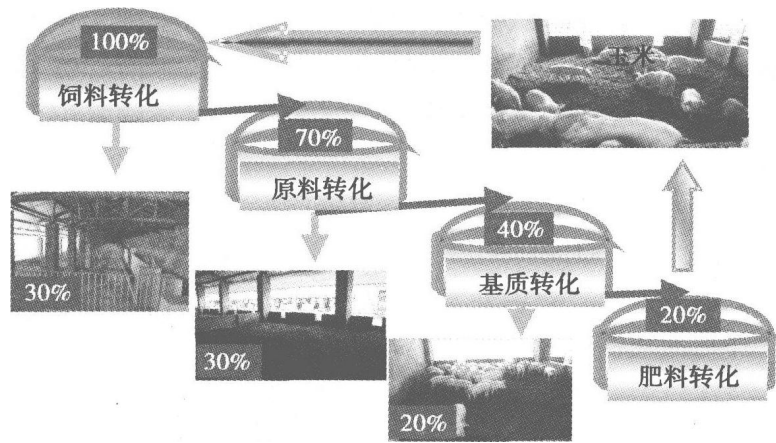


图VII 现场测控数据（温度、湿度、硫化氢、二氧化碳、氨气、COD/BOD等）的自动采集系统

通过微生物发酵床养猪法发酵加工后的猪粪，除去了水分、臭味、病原微生物，转化了猪粪的物质成分，且无需粉碎可以直接作为种植蘑菇的基质。从成本上说，每平方米猪舍的垫料建造成本为40元（规模化经营可以再降低成本40%），一个万头存栏量的猪场需要面积1万 $m^2$ ，投资40万元，可以使用3年；减少人工费用50%，3年节约费用约 $2.5 \times 3 = 7.5$ 万元；减少用水量90%，3年节约费用约 $3.6 \times 3 = 10.8$ 万元；减少环境处理费用99%，3年节约费用约 $4 \times 3 = 12$ 万元；3年合计节约资金30.3万元。一个万头猪场3年可以产出0.8万 $m^3$ 的蘑菇培养料，可以种植2.4万 $m^2$ 的蘑菇，每平方米蘑菇培养基的价值约为10元（低估），共计 $2.4 \times 10 = 24$ 万元；蘑菇栽培后的废料剩余50%，继续加工成有机肥，有机肥的原料每吨150元（低估），有机肥原料数量 $1.4 \text{万} m^2 \times 0.5 t/m^2 = 0.7 \text{万} t$ ，原料价值 $150 \times 7000 = 105$ 万元。稀粪微生物发酵床零污染养猪法总体效益 = 节约成本 + 蘑菇料资源转化收益 + 有机肥原料转化收益 =  $30.3 + 24 + 105 = 159.3$ 万元。在同等养猪的条件下，通过稀粪微生物发酵床养猪法，不仅消除了污染，同时可获得收益159.3万元，即每年每头猪增加收159元左右。当然，稀粪微生物发酵床零污染养猪法要结合蘑菇厂的经营和生物肥药厂的经营，才能实现整体效益（图VIII）。

远程监控微生物发酵床零污染养猪法的技术优点：①彻底解决养猪对环境的污染。采用稀粪微生物发酵床零污染养猪技术后，由于有机垫料里含有相当活性的特殊有益微生物，能够迅速有效地降解、消化猪的粪尿排泄物。不需要每天清扫猪栏，冲洗猪舍，没有任何冲洗圈舍的污水，从而没有任何废弃物排出养猪场，真正达到养猪零污染的目的。②改善猪舍环境。发酵床猪舍为全开放，使猪舍通风透气、温湿度均适合于猪的生长。猪粪尿在“稀粪饲料添加剂”作用下迅速分解，猪舍里不会臭气冲天、苍蝇滋生。③提高饲料利用率。在饲料中按一定比例添加稀粪饲料添加剂，可相互作用而产生代谢物质和淀粉酶、蛋白酶、纤维酶等，同时还耗去肠道内的氧气，给乳酸菌的繁殖创造了良好的生长环境，改善猪的肠道功能，提高饲料的转化率，一般可以节省饲料5%~10%。④提高猪肉品质。猪饲养在垫料上，显得十分舒适，猪活





图VIII 穉窠微生物发酵床养猪法

动量较大。猪生长发育健康，几乎没有猪病发生，几乎不用抗生药物，提高了猪肉品质。⑤变废为宝。垫料在使用3年后，可直接作为蘑菇栽培的基质，蘑菇收成后的废料可加工成功能有机肥药，作为果树、农作物的生物有机肥，达到循环利用、变废为宝的效果。⑥省工节本、提高效益。由于穉窠式微生物发酵床养猪技术有不需用水冲猪舍、不需要每天清除猪粪以及采用自动给食、自动饮水技术等众多优势，达到了省工节本的目的。该技术可节水90%以上，在规模养猪场应用这项技术，经济效益十分明显。⑦穉窠微生物发酵床零污染养猪技术，采用远程监控技术，实时监测和控制发酵过程。穉窠微生物发酵床零污染养猪技术是一种零污染的环保农业技术，是传统养猪模式的一场革命。

远程监控穉窠微生物发酵床零污染养猪法从原理上完全可以解决养猪业的污染问题，实现零污染。在生产上推广应用的困难主要是：①养猪户的认识问题；②与传统养猪方法的对接问题；③降低首次建造微生物发酵床的成本问题。第一个问题——养猪户的认识问题，可以通过宣传和培训来说服养猪户。让养猪户认识到零污染养猪法的优点，同时为养猪户分析成本，让他们认识到零污染养猪既没有增加成本和用工，又使整个猪场没有臭味、无排放，并且为食用菌生产和有机肥药的生产提供原料。第二个问题——与传统养猪方法的对接问题，零污染养猪法完全可以与传统的养猪法接轨，传统的猪舍不需要作太多的改造，可以通过猪舍垫层配方和铺垫高度的调节，完成传统猪舍的改造；传统猪舍只要简单地铺垫10~20cm的垫料，就可以成为微生物发酵床，可以免去猪舍的结构改造。第三个问题——降低首次建造微生物发酵床的成本问题，在新建猪舍时，经过设计，直接使用微生物发酵床的垫料，其成本更经济；根据投资能力，可以将垫层高度调整为40~80cm，投资充足可以做80cm的垫层，每平方米猪舍增加的投资不超过40元，投资不足可以只做40cm的垫层，每平方米的猪舍增加投资不超过20元，可见，建造价格比猪舍用水泥地的成本还低。

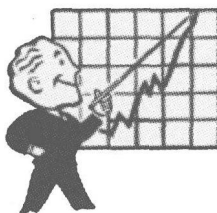
本书仅为远程监控微生物发酵床零污染养猪法研究应用的阶段性小结，主要阐述微生物发酵床环境益生菌和饲用益生菌的筛选、机理与应用，发酵舍的结构设计与管埋，基质垫层微生物群落动态的脂肪酸生物标记分析，远程监控系统的设计与应用。关于垫料资源转化蘑菇种植、功能有机肥药的研制、基质垫层对于动物病原菌的抑制

及其饲养环境卫生效应的研究、微生物发酵床健康养猪的食品安全和饲养效率（料肉比）研究、发酵舍垫料原料的来源及其传统猪舍接轨改造技术的研究以及微生物发酵床的产业经营模式研究等将另文报道。由于编者知识的限制，研究时间尚不长，应用的面积尚不大，资料内的研究结果和总结的经验需要不断改进，书中存在着许多的不足，甚至谬误，望业内同行批评指正，编者感激不尽，共勉于养猪业环境污染治理的事业中。

编者

2008年8月8日奥运会前夕于福州

这正是：  
养猪真可贵  
资源价更高  
做好产业链  
两者皆能好



◆ 谢谢

# 目 录

第一章 养猪业与微生物 .....	(1)
第一节 微生物在养猪业污染治理中的应用 .....	(1)
一、我国养猪业发展形势 .....	(1)
二、养猪业特点与发展方向 .....	(3)
三、我国养猪业的可持续发展 .....	(5)
四、畜牧业污染治理的技术措施 .....	(12)
五、养猪废弃物处理技术的研究进展 .....	(19)
六、区域养猪业发展规划思路 .....	(30)
第二节 饲用益生菌的研究进展 .....	(37)
一、益生菌的类型 .....	(37)
二、益生菌的功能 .....	(43)
三、益生菌的作用机理及其有关学说 .....	(49)
四、益生菌的应用 .....	(54)
第三节 近五年猪用益生菌的研究进展 .....	(58)
一、2008 年文献 .....	(58)
二、2007 年文献 .....	(59)
三、2006 年文献 .....	(63)
四、2005 年文献 .....	(69)
五、2004 年文献 .....	(72)
第四节 远程监控微生物发酵床零污染养猪法研究的技术路线 .....	(74)
一、秣窠商标设计的来历 .....	(74)
二、远程监控微生物发酵床零污染养猪法的技术路线 .....	(74)
三、远程监控微生物发酵床零污染养猪法的技术优点 .....	(75)
四、远程监控微生物发酵床零污染养猪法的研究内容 .....	(75)
第二章 饲用益生菌的研究 .....	(76)
第一节 饲用益生菌的筛选 .....	(76)
一、饲用益生菌的作用 .....	(76)
二、饲用益生菌的筛选方法 .....	(76)
三、饲用益生菌的初筛 .....	(77)
四、饲用益生菌的复筛 .....	(80)
第二节 饲用益生菌的鉴定 .....	(82)
一、零污染 II 号益生菌的形态特征 .....	(82)
二、零污染 II 号益生菌的生化特性 .....	(82)
三、零污染 II 号益生菌的脂肪酸鉴定 .....	(82)



四、零污染Ⅱ号益生菌的分子鉴定 .....	(83)
五、同类益生菌的研究概况 .....	(84)
第三节 饲用益生菌的生物学特性 .....	(85)
一、零污染Ⅱ号益生菌的碳氮营养需求 .....	(85)
二、零污染Ⅱ号益生菌的矿物质营养需求 .....	(87)
三、温度对零污染Ⅱ号益生菌生长的影响 .....	(88)
四、零污染Ⅱ号益生菌的生长曲线 .....	(91)
第四节 饲用益生菌的拮抗特性 .....	(92)
一、零污染Ⅱ号益生菌对靶标大肠杆菌的对峙作用 .....	(92)
二、零污染Ⅱ号益生菌对靶标大肠杆菌的抑制效应 .....	(92)
三、零污染Ⅱ号益生菌胞外抑菌物的测定 .....	(93)
四、作用浓度对零污染Ⅱ号益生菌拮抗能力的影响 .....	(94)
五、培养时间对零污染Ⅱ号益生菌拮抗能力的影响 .....	(94)
六、培养基 pH 对零污染Ⅱ号益生菌拮抗能力的影响 .....	(96)
七、发酵转速对零污染Ⅱ号益生菌拮抗能力的影响 .....	(98)
八、零污染Ⅱ号益生菌对靶标大肠杆菌拮抗能力的讨论 .....	(100)
第五节 饲用益生菌的作用机理 .....	(101)
一、关于细菌病原动力学 .....	(101)
二、零污染Ⅱ号益生菌在小白鼠体内定殖特性 .....	(104)
三、零污染Ⅱ号益生菌对小白鼠毒力的时间动力学模型 .....	(106)
四、零污染Ⅱ号益生菌对小白鼠毒力的浓度动力学模型 .....	(108)
五、零污染Ⅱ号益生菌对小白鼠促长作用的动力学模型 .....	(110)
六、零污染Ⅱ号益生菌对感染 K88 的小白鼠控病模型 .....	(113)
七、零污染Ⅱ号益生菌对鸡免疫功能的影响 .....	(118)
第六节 零污染Ⅱ号益生菌的动物饲养应用 .....	(121)
一、零污染Ⅱ号益生菌在鸡饲养中的应用 .....	(121)
二、零污染Ⅱ号益生菌对鸡的防病效果 .....	(122)
三、零污染Ⅱ号益生菌对鸡的增重效果 .....	(123)
四、零污染Ⅱ号益生菌对鸡肉料比的影响 .....	(123)
第三章 环境益生菌的研究 .....	(126)
第一节 环境益生菌的筛选 .....	(126)
一、环境微生物在猪粪尿处理中的意义 .....	(126)
二、环境益生菌筛选方法 .....	(126)
三、环境益生菌筛选结果 .....	(126)
四、环境益生菌的鉴定 .....	(128)
第二节 环境益生菌的生物学特性 .....	(130)
一、零污染Ⅰ号环境益生菌的生长曲线 .....	(130)
二、零污染Ⅰ号环境益生菌的营养需求 .....	(131)
第三节 温度对环境益生菌生长竞争的影响 .....	(135)
一、零污染Ⅰ号环境益生菌生长竞争试验方法 .....	(135)
二、零污染Ⅰ号菌株单独培养条件下的生长能力 .....	(137)
三、零污染Ⅰ号菌株单独培养的温度动力学模型 .....	(137)

四、零污染 I 号双菌株混合培养生长竞争 .....	(138)
五、零污染 I 号三菌株混合培养生长竞争 .....	(140)
六、零污染 I 号四菌株混合培养生长竞争 .....	(141)
七、零污染 I 号菌株在 35℃ 下混合培养生长竞争 .....	(142)
八、零污染 I 号菌株在 45℃ 下混合培养生长竞争 .....	(142)
九、零污染 I 号菌株在 50℃ 下混合培养生长竞争 .....	(143)
十、零污染 I 号菌株在 55℃ 下混合培养生长竞争 .....	(144)
十一、零污染 I 号四菌株组合混合培养和单独培养的生长特性比较 .....	(144)
十二、零污染 I 号四菌株组合混合培养和单独培养的生长曲线比较 .....	(144)
十三、零污染 I 号四菌株组合混合培养和单独培养生长量变化比较 .....	(145)
第四节 培养时间对环境益生菌生长竞争的影响 .....	(146)
一、不同培养时间下环境益生菌的生长竞争 .....	(146)
二、零污染 I 号菌株单独培养的时间动力学模型 .....	(149)
三、培养时间对零污染 I 号双菌株混合生长竞争的影响 .....	(152)
四、培养时间对零污染 I 号三菌株混合生长竞争的影响 .....	(153)
五、零污染 I 号菌株混合培养与单独培养不同时间生长特性的比较 .....	(154)
六、零污染 I 号菌株混合培养与单独培养不同时间生长数量的比较 .....	(156)
第四章 益生菌的工业化生产技术 .....	(157)
第一节 益生菌发酵网络监控生物反应器的设计 .....	(157)
一、网络监控生物反应器的设计原理 .....	(157)
二、基于 TCP/IP 协议的局域网发酵状态远程监控软件设计 .....	(157)
第二节 发酵罐微机控制系统的设计 .....	(160)
一、发酵罐微机控制系统的设计 .....	(160)
二、发酵罐微机控制软件的设计 .....	(160)
第三节 发酵罐微机温控软件的设计 .....	(161)
一、微机控制发酵系统温控实体模型 .....	(161)
二、气升式发酵罐温控软件的设计 .....	(162)
三、温控自识别切换管路设计 .....	(163)
第四节 益生菌的发酵工艺 .....	(164)
一、益生菌的作用 .....	(164)
二、益生菌发酵条件 .....	(165)
三、益生菌的发酵工艺 .....	(165)
第五节 益生菌粉剂的制备工艺 .....	(166)
一、益生菌粉剂制作原料 .....	(166)
二、益生菌粉剂制作工艺 .....	(166)
第六节 益生菌胶悬剂的制备工艺 .....	(167)
一、益生菌胶悬剂制作原料 .....	(167)
二、益生菌胶悬剂制作工艺 .....	(167)
第五章 微生物发酵床猪舍构建与管理 .....	(168)
第一节 微生物发酵床猪舍构建 .....	(168)
一、猪舍结构 .....	(168)
二、猪舍类型 .....	(168)

三、猪舍配套设施 .....	(169)
四、应用实例 .....	(170)
第二节 零污染猪舍基质垫层的垫料配方与制作 .....	(173)
一、基质垫层垫料配方与功能 .....	(173)
二、垫料制作 .....	(173)
第三节 影响基质垫层堆垛温度的因素 .....	(176)
一、垫料配方与堆垛升温的关系 .....	(176)
二、不同配方垫料堆垛温度变化动态 .....	(177)
三、季节温度对垫料堆垛温度的影响 .....	(178)
四、不同季节垫料堆垛温度随时间的变化 .....	(181)
五、不同季节垫料堆垛温度预测方程的建立 .....	(181)
第四节 克服夏季高温基质垫层处理方法 .....	(187)
一、降低垫层高度 .....	(187)
二、调整垫料配方 .....	(187)
三、应用基质 .....	(188)
四、采用猪舍降温 .....	(188)
五、猪舍底部通风 .....	(188)
六、使用半途填料 .....	(189)
第六章 微生物发酵床零污染猪舍远程监控技术 .....	(190)
第一节 微生物发酵床零污染养猪法的网络管理系统 .....	(190)
一、养猪与网络技术 .....	(190)
二、微生物发酵床零污染养猪法的网络管理系统的组成 .....	(190)
第二节 可用于猪舍远程监控的无线测控终端的发展 .....	(190)
一、基础元器件催生新应用 .....	(190)
二、GPRS 无线数据接入终端 .....	(193)
三、基于 ZigBee 的无线网络技术及其应用 .....	(195)
四、万能开发板和芯片介绍 .....	(198)
五、无线测控终端在生态环境监测中的应用实例 .....	(199)
第三节 零污染猪舍远程监控系统的设计 .....	(206)
一、无线测控终端设计原理 .....	(206)
二、基于 IP 技术的智能监控系统构架及装置 .....	(207)
三、远程监控系统设计 .....	(211)
四、远程监控系统的软件设计 .....	(213)
五、远程监控系统的后台管理 .....	(214)
六、远程监控系统的程序操作 .....	(217)
第四节 远程监控数据图分析功能 .....	(217)
一、图形分析主要功能 .....	(217)
二、图形分析程序使用方法 .....	(217)
第七章 零污染猪舍基质垫层微生物群落变化动态 .....	(223)
第一节 猪舍基质垫层微生物群落研究的意义 .....	(223)
一、微生物发酵床零污染养猪法中微生物群落动态 .....	(223)
二、脂肪酸生物标记法用于微生物群落分析的原理 .....	(223)