

利用微生物处理畜禽粪便的研究

陈杰¹, 赵祥杰¹, 邝哲师^{1*}, 林显丽²

(1. 广东省农业科学院蚕业与农产品加工研究所, 广东广州 510610; 2. 阳春市绿亨生物科技有限公司, 广东阳春 524600)

摘要 随着养殖业的快速发展, 畜禽粪便大量堆积对环境的污染问题也日益严重。为了缓解环境和资源问题, 将这些丰富的有机质资源化进行重新利用显得越发重要。阐述和总结了微生物资源对畜禽业发展的意义, 特别是在畜禽粪便等废弃物处理上与微生物关系紧密。微生物在粪便除臭、有机质降解转化, 甚至是通过调整饲料营养比例或改善饲料消化水平来降低畜禽粪便的生产量都起着重要的作用。因此, 利用微生物来改善养殖业废弃物带来的污染问题以及资源化利用畜禽粪便具有广阔的应用前景。

关键词 畜禽粪便; 微生物; 改善; 资源化; 利用

中图分类号 S181.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)28-09910-02

Study on Animal Slurry Treatment by Microorganism

CHEN Jie, ZHAO Xiang-jie, KUANG Zhe-shi* et al (Institute of Sericulture and Agricultural Products Processing, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou, Guangdong 510610)

Abstract With the dramatic development of livestock production, serious pollution issues caused by the disposal of animal slurry have arisen increasingly. It is of great importance to recover these organic matter resources in order to meet the needs of source and solve the environmental problems. And this paper reviews the significance of microorganism for livestock development and particularly the close relationship between microorganism and biodegradation of animal breeding residues. These bacteria play an important role in odor control, degradation and conversion of organic matters, and even the reduction of animal waste discharging amount by adjusting the feed nutrition proportion or improving the digestibility of nutrients. Consequently, it shows good application prospect of microbe practice in the improvement of contaminated environment resulting from livestock farming residues and the utilization of livestock manure resource.

Key words Animal slurry; Microorganism; Improvement; Resource; Utilization

近年来,随着畜禽养殖业的快速发展,在促进农村经济发展的同时,大量的养殖废弃物也在不断产生。这些废弃物主要来自于动物产生的大量粪便,我国每年畜禽粪便产生量为21.7亿t,是工业废弃物的2.7倍,并且仍呈现上升趋势。由于养殖过程中粪便经不适当的处理或直接排放至环境中,造成大量的有机质以及N、P元素的流失^[1-2],引起水体细菌富养,甚至影响到地下水,成为生态环境的污染源^[3];养殖过程中产生的大量恶臭气体,含有不少的氨、甲烷、氮氧化物等多种化合物^[4],对人体和大气都会造成危害。同时未经处理的粪便本身就含有大量的病原微生物、寄生虫卵以及蚊蝇,可长期在环境中生存甚至繁殖孳生^[5],若直接排放,极易造成疾病传播,危害人畜健康。但是从资源化利用的角度观察,这些粪便含有大量的有机质,以及植物生长所必需的氮、磷、钾等营养要素^[6-7],将这些潜在资源重新变为宝,对畜禽粪便进行无害化处理,是符合中国农业可持续发展的重要方向之一。

采用化学试剂混凝沉淀或物理方法进行分离和沉淀等是比较常见的粪便处理技术,这些传统方法在一定程度上减少了废弃物的堆积和污染问题,然而氨态氮以及其他污染物的含量仍然较高^[8],浪费了大量的有机质资源,且存在一次性投资大等问题。生物法特别是微生物技术的应用,在畜禽粪便处理上因其环保、高效以及低投入等特点逐渐受到人们的重视,它可以将大量粪便腐熟降解最后转化成有机肥或者

在厌氧条件下发酵成生物燃料。此外,微生物还可以均衡动物饲料营养比例,提高饲料消化利用率,从而减少粪便中氮磷的排放。阐述了微生物在畜禽粪便不同阶段产生的养殖废弃物处理工艺,大体可分为减少源头排放、养殖过程控制和废弃物处理三个不同方面^[9],为养殖业的可持续发展提供了重要的理论依据。

1 从源头上减少畜禽粪便中有机质的排放

通过微生物改善饲料的营养比例并提高其消化率,可以做到从养殖源头减少禽畜粪便中有机物的排放。畜禽饲料在营养方面的改善一直是畜禽养殖业的研究热点,然而对这些丰富的营养物质在动物体内消化率的关注度却相对缺乏。在饲料中特别是氨基酸比例不平衡的情况下,极易造成禽畜排泄物中氮素含量偏高,排放后造成环境污染^[10]。

微生物饲料是利用微生物发酵饲料原料转化成食用蛋白或菌体蛋白,能够维护动物肠道健康、帮助消化及缓解不良应激等。向饲料中添加微生物还可以改变粪便中挥发性脂肪酸的组成,降低其丙酸盐的含量^[11],弥补了畜禽粪便降解能力不足的缺点^[12],从源头出发减少禽畜粪便的排放量。微生物通过改善饲料中的营养比例或增强饲料在动物体内的代谢活动,减少了产生的有害物质的排泄^[13];或增加了动物排泄物中微生物的数量,加强了粪便的分解作用。微生物作为添加剂的生物饲料可以大致分为两大类,一种是利用微生物的发酵作用改变原料的理化性质,提高营养价值的同时也增强了饲料在动物体内的消化效率。如利用不同微生物对豆粕、棉粕等原料进行发酵,能有效去除原料中多种抗营养因子,生成大量的益生菌,同时提高脲酶、胰蛋白酶等生理活性物质的含量^[14-15]。另一种是利用其他副产物、下脚料或者是低值原料培养微生物获得的菌体蛋白。应用芽孢杆菌和乳酸菌作为菌体蛋白饲料,因其

基金项目 广东省教育部产学研结合项目(2012B091100402);广东省科技星火计划(2012A020602095);国家星火计划项目(2013GA780071)。

作者简介 陈杰(1990-),男,上海人,硕士研究生,研究方向:资源综合利用。*通讯作者,研究员,硕士生导师。

收稿日期 2014-08-22

能在动物肠道定殖,并分泌一些抗菌物质或帮助消化的水解酶,而常用于添加到商业饲料中^[16-17]。

2 发酵床养殖进行养殖过程控制

发酵床养殖是一种全新的绿色生态养殖法,以接种大量的益生菌与养殖动物圈舍环境中的土著菌构成优势菌群,添加锯末、秸秆等农作物废弃纤维为发酵垫料,将养殖过程中产生的粪便进行原位发酵来控制粪便的堆积,达到边养殖边控制粪便污染,是一种无污染、低排放的有机农业技术。这其中功能微生物的分解作用发挥着关键性作用。

发酵床中的微生物是个复杂的生物体系,在发酵的过程中,随着垫料空间分布和使用时间的变化,微生物群落结构也在发生着变化^[18]。在发酵床养殖过程中,也正是这些复杂丰富的微生物种群进行分工发酵,包括垫料表层的有氧发酵和里层的厌氧发酵,分别来分解粪便中的淀粉、糖类、纤维素等不同有机物;而禽畜的排泄物也能提供给微生物大量的营养物,让细菌不断繁殖增生,能更有效降解粪便消除异味^[19]、提高动物抵抗力^[20]和饲料消化率^[21]。目前发酵床养殖在养猪领域上已较为成熟,对益生菌的筛选和垫料的配比及其相互作用的研究比较透彻。张庆宁等从养猪发酵床中分离得到多种芽孢杆菌,并在细菌发酵液中检测到脲酶、蛋白酶、纤维素酶和过氧化氢酶等多种生物活性,能有效分解禽畜排泄物中的大量有机物,改善环境^[22]。另外丰富多样的微生物在发酵床中通过相互协调帮助粪便的降解,它们的代谢产物能提高其他菌种的活性,或者抑制病原微生物。如酵母菌可以提高纤维素的降解率^[23],乳酸菌和放线菌能够加快粪便和垫料的纤维素分解,并抑制有害细菌的繁殖增生等^[24]。但到了养殖后期仍会出现不可忽视的问题,由于垫料承受的粪便越来越多,直到功能菌的分解速度跟不上动物的排泄速度,会使垫料出现硬化,最终导致发酵床的功能丧失。

3 微生物发酵处理畜禽废弃物

利用微生物的降解作用可以将养殖业产生的大量污染物发酵成肥料或燃料,将资源进行重新利用。根据氧气的供应情况,可将发酵分为有氧发酵和厌氧发酵,两者都能把废弃物中的有机质分解成 CO_2 、 H_2O 以及有机肥料或生物燃料等,并放出大量热。微生物的活性对整个堆肥化的进行是至关重要的。

3.1 堆肥发酵 堆肥过程中,整个微生物群体结构随堆肥的进行而迅速演变交替,是微生物活动与堆肥指标(温度、水分、pH、碳氮比等)相互作用和影响的结果^[25]。传统堆肥利用原料中的土著微生物来降解有机物,由于堆肥刚开始阶段功能微生物数量少,造成发酵周期长,同时也容易引起氮素的损失,从而污染环境。因此在进行发酵前通常人为接种具降解有机质能力的微生物制剂,来加快粪便的腐熟并让其更加充分地降解^[26]。在堆肥过程中,以 NH_3 形式挥发损失的氮要占到总氮的 47%~62%^[27],在堆肥前期所分解的有机氮产生的氨气,挥发至环境中,是氮素流失和恶臭气味产生的主要原因,控制氮素的损失是堆肥质量的关键所在。然而在添加适当的分解纤维素菌和固氮菌后,可以明显降低 C/N

比^[28],对氮保存有较好的效果。相比之下,磷元素和钾元素不会通过挥发等形式流走,发酵前后含量变化不会很大。在堆肥某一阶段的优势菌种或者直接添加的外源菌种所具备的解磷、解钾作用还能增加堆肥中有效磷和速效钾的含量^[29],能让植物直接吸收利用,提高堆肥质量。

3.2 光合细菌 光合细菌是地球上最早出现的原核生产者,能进行光合作用,固定大气中的游离氮。并且,光合细菌还能将环境中的有害物质消除、同化和降解^[30],转化成有益其他生物生长的营养物质,净化空气的同时又变废为宝。随着对光合细菌不断深入的研究,光合细菌的理化性质、代谢特征以及应用也日趋成熟。

光合细菌含有大量的蛋白质、维生素以及多种生理活性物质,是一种重要的营养资源,将其添加到水产养殖饲料中不仅可以丰富鱼类的蛋白质来源,提高养殖鱼类免疫力^[31],还可以帮助其消化^[32],从而减少废弃物中粗蛋白含量。自 Gest 和 Kamen 发现深红螺菌的产氢现象^[33]以来,利用光合细菌制备生物能源逐渐受到广泛关注,畜禽粪便含有大量的有机碳氮底物,以及光合细菌广阔的生存谱,将养殖业产生的大量废弃物转化成氢气^[34]可达到一举两得的经济效益。此外,光合细菌也能像其他微生物发酵一样将粪便转化成有机肥料,含有光合细菌的有机肥不仅含有丰富的有机质基础,还具备合成物质促生因子、提高光合作用的能力^[35],增加作物产量。因此,光合细菌处理畜禽粪便,既能达到无害化处理,还能将这些废弃物转化成绿色氢能源和有机肥,进行资源化利用,对畜禽粪便的开发利用有着良好的应用前景。

4 小结与展望

综上所述,微生物处理养殖业废弃物主要通过添加微生物饲料帮助动物消化、减少未消化彻底的有机质排放,或者利用微生物的发酵降解作用将粪便转化成其他可再生资源。发酵床养殖为养殖业提供了方便的原位发酵法将有机质进行就地降解,但同时也要注意动物粪便的排放量是否在微生物的承受范围之内。堆肥利用微生物分解作用处理这些粪便,不仅减少养分流失造成的环境污染,同时也可制备得到优质的有机肥。这些方法就目前来看,在养殖业的健康发展上产生了良好的经济效益和社会效益。其中光合细菌在这些有机废弃物处理上是个崭新的方法,它以自身对环境高耐性的优势,在高浓度有机质的基质中将畜禽粪便进行转化,产生绿色氢气,缓解了能源紧张,以及产生了具有光合细菌的有机肥,可更好地促进植物生长。因此,全面认识微生物处理畜禽粪便的机理和作用,对保障养殖业的可持续发展具有重要的指导意义。

参考文献

- [1] HOLM-NIELSEN J B, AL SEADI T, OLESKOWICZ-POPIEL P. The future of anaerobic digestion and biogas utilization[J]. *Bioresource Technology*, 2009, 100:5478-5484.
- [2] MARÍA CORINA LECONTE, MARÍA JULIA MAZZARINO, PATRICIA SATTI, et al. Nitrogen and phosphorus release from poultry manure composts: the role of carbonaceous bulking agents and compost particle sizes [J]. *Biol Fertil Soils*, 2011, 47:897-906.

3 结语

外业调查作为土地调查的重要阶段,直接影响到土地调

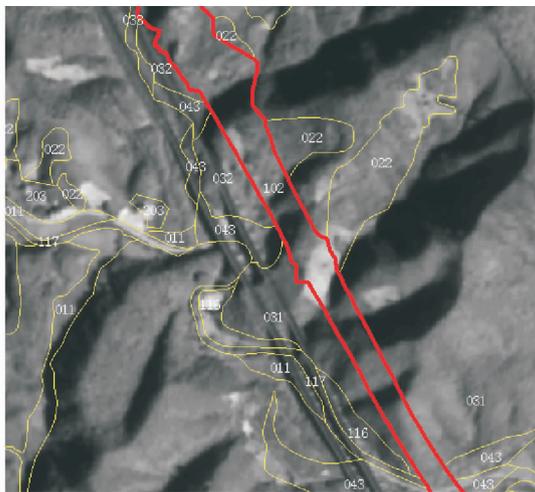


图2 某县第二次土地调查农村土地调查成果高速公路偏移示意

(上接第9911页)

- [3] MOORE JR P A, DANIEL T C, SHARPLEY A N, et al. Poultry manure management: Environmentally sound options[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1995, 50: 321-327.
- [4] LI C S, SALAS W, ZHANG R H, et al. Manure - DNDC: a biogeochemical process model for quantifying greenhouse gas and ammonia emissions from livestock manure systems[J]. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2012, 93: 163-200.
- [5] JINKYUNG KIM, MARION W, SHEPHERD JR, et al. Evaluation the effect of environmental factors on pathogen regrowth in compost extract[J]. *Microbial Ecology*, 2009, 58: 498-508.
- [6] 邢璐, 王火焰, 陈玉东, 等. 施加粪肥对潮土有机磷形态转化的影响[J]. *土壤*, 2013, 45(5): 845-849.
- [7] 谢德意, 赵伯善. 添加物对粪肥堆腐过程中尿囊素含量的影响[J]. *华北农学报*, 2000, 15(3): 114-117.
- [8] 李长生, 王应宽. 集约化猪场粪污处理工艺的研究[J]. *农业工程学报*, 2001, 17(1): 86-90.
- [9] 陶秀萍, 董红敏. 禽畜养殖废弃物资源的环境风险及其处理利用技术现状[J]. *现代畜牧兽医*, 2009(11): 34-38.
- [10] 元娜, 臧素敏, 张志刚. 配制氨基酸平衡日粮降低猪氮排泄物的研究进展[J]. *中国饲料*, 2008(17): 4-7.
- [11] CHU G M, LEE S J, JEONG H S. Efficacy of probiotics from anaerobic microflora with prebiotics on growth performance and noxious gas emission in growing pigs[J]. *Animal Science Journal*, 2011, 82: 282-290.
- [12] DAVIS M E, PARROTT T, BROWN D C, et al. Effect of a bacillus-based direct-fed microbial feed supplement on growth performance and pen cleaning characteristics of growing - finishing pigs[J]. *Journal of Animal Science*, 2008, 86: 1459-1467.
- [13] 聂存喜, 冯莉, 张文举. 微生物代谢组学及其在饲料产品开发中的应用[J]. *动物营养学报*, 2011, 23(4): 563-570.
- [14] 刘海燕, 邱玉朗, 魏炳栋, 等. 微生物发酵豆粕研究进展[J]. *动物营养学报*, 2012, 24(1): 35-40.
- [15] 金红春, 兰时乐, 胡敏, 等. 棉粕发酵前后营养成分变化研究[J]. *饲料工业*, 2011, 32(13): 19-23.
- [16] HONG H A, DUC L H, CUTTING S M. The use of bacterial spore as probiotics[J]. *FEMS Microbiology Reviews*, 2005, 29: 813-835.
- [17] 汤江武, 孙宏, 姚晓红, 等. 芽孢杆菌在肉鸡肠道内的分布及对肠道菌群、消化酶或许的影响[J]. *浙江大学学报*, 2011, 37(3): 319-325.
- [18] 卢舒娟, 朱昌雄, 刘波. 养猪发酵床垫料微生物群落动态及其对猪细菌病原预防作用的研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2011.
- [19] 林莉莉, 姜雪, 冯聪, 等. 发酵床养殖猪舍环境与猪体表微生物分布状况的研究[J]. *安徽农业科学*, 2010, 38(34): 19530-19532.
- [20] 胡元庆, 周玉刚, 唐红, 等. 家禽发酵床养殖环境对病原微生物的防控

查成果的进度和质量。虽然外业调查的技术、模式和工具在不断的改进和创新,减轻了外业调查的工作强度,缩短了外业调查时间。但外业调查工作仍然比较辛苦,容易被技术单位和技术人员忽视。该研究提出的外业调查4个方面的改进措施,在江西省东乡县第二次土地调查农村土地调查工作中发挥了重要作用,特别是在加快调查进度、提高调查效率和保证成果质量方面发挥了重要作用。

参考文献

- [1] 国土资源部. 土地调查条例实施办法(国土资源部令第45号)[Z]. 2009.
- [2] 负小苏. 第二次全国土地调查培训教材[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007: 141-142.
- [3] 马克伟, 樊志全, 向洪宜, 等. GT/B 21010 2007 土地利用现状分类[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007: 1.
- [4] 陈丹, 刘艳芳. GPS/PDA 应用于土地调查的关键技术研究[J]. *测绘科学*, 2010, 35(2): 137-138.
- [5] 张颖, 高秋华. 论第二次土地调查与土地详查的主要区别[J]. *测绘科学*, 2008, 34(1): 233-234.
- [6] 负小苏. 第二次全国土地调查培训教材[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007: 164.
- [7] 作用研究[J]. *安徽农业科学*, 2013, 41(26): 10672-10795.
- [21] 赵迪武, 贺月林, 符利辉, 等. 益生菌发酵床养猪对猪生产性能及饲料效益的影响[J]. *湖北农业科学*, 2011, 49(11): 2842-2845.
- [22] 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.
- [23] CARRO M D, LEBZIEN P, ROHR K. Effects of yeast culture on rumen fermentation, digestibility and duodenal flow in dairy cows fed a silage based diet[J]. *Livestock Production Science*, 1992, 32: 219-229.
- [24] 陈世琼, 李平兰, 张麓. 猪肠道中抑制大肠杆菌的乳酸菌的分离与筛选[J]. *中国农业大学学报*, 2002, 7(5): 117-120.
- [25] VARGAS - GARCÍA M C, SUÁREZ - ESTRELLA F, LÓPEZ M J, et al. Microbial population dynamics and enzyme activities in composting process with different starting materials[J]. *Waste Management*, 2010, 30: 771-778.
- [26] ZENG G M, HUANG H L, HUANG D L, et al. Effects of inoculating white-rot fungus during different phases on the compost maturity of agricultural wastes[J]. *Process Biochemistry*, 2009, 44: 396-400.
- [27] BUENO P, TAPIAS R, LOÓPEZ F, et al. Optimizing composting parameters for nitrogen conservation in composting[J]. *Bioresource Technology*, 2008, 99: 5069-5077.
- [28] 孙海英, 许修宏. 接种纤维素分解菌与固氮菌对牛粪堆肥发酵的影响[J]. *东北大学学报*, 2009, 40(10): 52-54.
- [29] 宁志刚, 王维, 刘畅. 复合微生物菌剂在猪粪堆肥中的试验研究[J]. *安徽农学通报*, 2010, 16(1): 59-62.
- [30] HISASHI NAGADOMI, TOMOHIRO KITAMURA, MASANORI WATANABE, et al. Simultaneous removal of chemical oxygen demand (COD), phosphate, nitrate and H₂ in the synthetic sewage wastewater using porous ceramic immobilized photosynthetic bacteria[J]. *Biotechnology Letters*, 2000, 22: 1369-1374.
- [31] 张新娣, 金叶飞, 陈瑛. 光合细菌对鱼病原菌生长的影响[J]. *中国生态农业学报*, 2008, 16(3): 659-663.
- [32] 王梦亮, 郭小青. 光合细菌(PSB)对鲤鱼肠道菌群及肠消化功能的影响[J]. *中国微生物学杂志*, 1999(3): 146-147.
- [33] GEST H, KAMEN M D. Studies on the metabolism of photosynthetic bacteria IV. Photochemical production of molecular hydrogen by growing cultures of photosynthetic bacteria[J]. *Journal of Bacteriology*, 1949, 52(2): 239-245.
- [34] 张全国, 原玉丰, 李鹏鹏, 等. 猪粪污水浓度对球形红假单胞菌光合制氢的影响[J]. *太阳能学报*, 2006, 26(6): 806-809.
- [35] HAN J R. The influence of photosynthetic bacteria treatments on the crop yield, dry matter content, and protein content of the mushroom *Agaricus bisporus*[J]. *Scientia Horticulturae*, 1999, 82: 171-178.