



全国中文核心期刊
中国科技核心期刊

环境工程学报

Chinese Journal of Environmental Engineering



第8卷 第1期

Vol.8 No.1

中国科学院
生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版

1
2014

目 次

水 污 染 防 治

诱导结晶法去除地下水中氟离子	黄廷林 孙 田 邓林煜(1)
中试螺旋式自循环厌氧反应器处理安乃近制药废水的稳定性能	 陆慧锋 丁 爽 吴泽高 吴大天 张红来 厉 巍 王 茹 郑 平(6)
水源切换条件下模拟管网铁离子释放控制	唐 敏 王海波 黄显怀 唐玉朝 胡 春(13)
A ² O-MBR 工艺处理城市污水作农业灌溉用水中试研究	王素兰 于 洁 邢传宏(17)
高氨废水短程硝化特性	王 磊 段 雪 吕永涛 穆建雄 鞠 恺 王旭东 王志盈(22)
CuO/过硫酸氢钾体系催化氧化苯酚	吉 飞 李朝林 邓 磊 徐 超(27)
臭氧氧化法处理焦化废水生化出水的反应动力学	杨德敏 夏 宏 袁建梅(32)
碳纳米管电极原位产生过氧化氢及其对亚甲基蓝脱色效果	李文军 戴启洲 胡 翔 邵 磊(38)
混凝-纳滤集成工艺深度处理脱墨废水	任晓晶 刘 丹 吴 月 张忠国 张凤山 程言君 李继定(43)
碳酸根对磷酸钙沉淀反应回收磷的影响	赵亚丽 宋永会 钱 锋 程建光 梁 慧(48)
畜禽养殖废水生物处理剩余污泥臭氧减量过程中的重金属释放	何帅雄 陈梅雪 强志民(55)
蜘蛛兰去除不同程度富营养水体中氮磷及抑藻效应	黄 伟 郭沛涌 陈淑芳(62)
生物膜法处理硫化铅锌矿尾矿库外排废水	林伟雄 孙水裕 黄绍松 杜青平(67)
反冲洗周期对生物除锰滤池去除效果的影响	程庆锋 李 冬 李相昆 孟令威 张 杰(72)
印染生化尾水反渗透深度处理工艺膜污染成因分析	李 丽 杨 成 龙 超(77)
螺旋藻和菌-藻共生系统处理啤酒废水	刘玉环 史晓洁 巫小丹 阮榕生 王 辉 胡蓓娟 王允圆 万益琴(82)
利用生物柴油去除滨海构筑物上原油的模拟研究	夏文香 张丹峰 肖行川 郭 慧 于 洋 李金成(87)
磷酸微波活化多孔生物质炭对亚甲基蓝的吸附特性	贾佳祺 李坤权 张雨轩 乔小朵(92)
地下水浅埋区某加油站特征污染物空间分布	杨 青 陈小华 孙从军 康丽娟 赵 振 陈漫漫(98)
共存物质对重金属絮凝剂 MCC 除镉性能的影响	张翠玲 张明月 常 青 张家利(104)
堆肥 + 零价铁可渗透反应墙修复黄土高原地下水中铬铅复合污染	李 雅 张增强 沈 锋 汪 葵(110)
水力停留时间对反应沉淀一体化反应器中半亚硝化反应的影响	 刘月敏 焦秀梅 崖婷婷 王少坡 李玉友 孙力平(116)
气升回流一体化工艺处理生活污水	张媛媛 潘 杨 黄 勇 陈智杰(121)
EGSB 反应器处理产氢发酵液	苏彩丽 张 楠 朱灵峰 李海华(126)
Zn/Al 双金属氧化物对水中硫酸根离子的吸附性能	程璐煜 岳秀萍 曹 岳 张 悦(131)
Ni ²⁺ 对活性污泥活性及群落多样性的影响	王 伟 徐 艳 侯昭牧 江丹丹 李晓晨(138)
镁盐和炉渣对印染废水的脱色处理	李甲亮 吴利娟 单长青 王 雪(144)
银钛共负载型光催化材料降解甲基橙废水	徐 荣 葛 骁 郭海宁 束正华 封 克 王小治(150)
南京某城市污水二级处理系统中酞酸酯类的分布及去除特征	 孔祥吉 单正军 许 静 郭 敏 张雪梅 孔德洋(157)
微米级负载型 TiO ₂ 催化剂在光催化-膜分离反应器中的应用	费学宁 董业硕 陈 磊 解立平(162)
内循环厌氧反应器多相流流场的三维数值分析	雷镕甄 周冬卉 刘伟京 涂 勇 郭方峥(170)
竹制填料生物接触氧化工艺处理污染河水	蒋晓阳 熊文军 刘子正 郭一舟 黄 凯 王宗平(178)
钻井废水的生物强化处理	冯 栩 谷晋川 鲍 晋 龚志莲 江元霞 张 彬 魏春梅(184)
微波-Fenton 氧化-PAFSi 絮凝法处理含油废水	施国飞 徐晓军 贾 佳 郑 鑫 管堂珍 陈晓鸿(190)
人工湿地基质对 NH ₄ ⁺ -N 吸附性能	张 亮 邹长武 田 筱 叶骏菲(198)
2 种不同性能碳纤维载体的固定床厌氧反应器运行效果比较	林长松 袁旭峰 崔宗均 程 序 朱万斌(203)
混凝-超滤短流程工艺处理北方水库原水	曲 明 滕李军 傅金祥 杨 勇 卢善文(210)
Fenton 氧化深度处理高浓度造纸废水的中试实验	贾永强 李 伟 贾立庄 闫东杰(215)

炼化企业中水紫外线消毒及其影响因素	兰效宁	刘宏莉	卢红梅 (222)
改性矿物吸附法和 O ₃ 氧化法对维生素 B ₁₂ 废水脱色处理	单思行	范鹏飞	邢 奕 譙 耕 (230)
铁-镧系合金氧化物污水除磷及再生	杨永珠	江映翔	赵李丽 刘艳冰 (236)
微气泡曝气 O ₃ /H ₂ O ₂ 处理 RO 浓水的效能及影响因素	张培龙	于 丽	庞立飞 侯甲才 贾寿华 (242)
粉末活性炭对三烯丙基异氰脲酸酯的吸附性能	赵泽华	孙亚兵	徐建华 荣少鹏 张 艳 (249)
疏基酯化壳聚糖的合成及对 Cd ²⁺ 的去除性能研究	李 平	金兰淑	林国林 刘时光 (254)

大气污染防治

一种包埋微生物复合填料的制备及性能评价	李顺义	朱仁成	张雅丽	王 岩 (260)
直流电晕自由基簇射处理 PCB 热解废气的动力学模拟	林 杰	温正城	刘 彦	谢晨晖 骆沁奇 (266)
生物滤池处理城市污水工艺中恶臭和微生物气溶胶的填料选择	刘建伟	吕 臣	夏雪峰	刘会平 (273)
超重力脱除模拟烟气中一氧化氮	王 芳	李小露	余国贤	晋 梅 路 平 (280)
煤化工企业火炬 NO _x 排放的模拟燃烧实验	梁俊宁	卢立栋	宋丽娜	柳 玲 (285)
锌、铁等离子对氧化锌烟气脱硫工艺中亚硫酸锌氧化的影响	刘兆斌	童 华	王京刚	(290)
膜吸收法净化低浓度甲醛和氨气	姚志良	叶 宇	曹鑫悦	刘伟伟 马永亮 (294)

固体废物处置

污泥膜覆盖好氧发酵堆体流场模拟及应用研究	盛金良	朱金龙	胡海鹤	龚 莹	施 炜	(298)
干化床和芦苇床稳定污泥过程中的腐殖化特征	崔玉波	冉春秋	王 芳	孙红杰	高 伟	(305)
蔬菜与餐厨垃圾厌氧发酵启动阶段微生物分析						
..... 孙玉辉	刘 齐	姜 月	车振宇	张 欢	王晓明	曹炎鑫
超临界丙酮降解废弃线路板中的溴化环氧树脂						寇 巍(310)
..... 邢明飞						张付申(317)
市政污泥与生活垃圾混烧技术验证	陈兆林	温俊明	刘朝阳	张鸿涛	杨仕桥	唐 侠
..... 陈 清						(324)
电解锰渣无害化处理技术	王积伟	周长波	杜 兵	陈 舒	裴倩倩	(329)
温度与秸秆比例对牛粪好氧堆肥的影响	赵秀玲	朱新萍	罗艳丽	余 雄	贾宏涛	李金军
..... 刘洪蓬						(334)

土壤污染防治

铬污染土壤对水泥熟料强度和铬浸出浓度的影响	李 静	陈胡星	(341)
氧化亚铁硫杆菌对电子垃圾焚烧迹地重金属形态的影响	赵国华	高顺芝	罗兴章 (347)

噪声污染防治

城市天然气加气站噪声影响分析及噪声控制技术	熊鸿斌	陈新燕	姜 海 (353)
-----------------------------	-----	-----	-----------

环境生物技术

修复 PAHs 复合污染体系的高效菌群构建及降解特性	杨 旭	陈芳艳	唐玉斌 (360)
一株反硝化细菌的分离鉴定及其反硝化特性	杨浩锋	唐佳琦	胡安辉 杨岳平 谢 柳 (366)
嗜盐菌的筛选及原油降解性能	陈梅梅	邓 皓	宋佳宇 刘光全 (372)
高效脱硫菌的筛选及其性能研究	张秀霞	孔甜甜	陈水泉 王志伟 邵 珺 刘欣梅 (378)

环境监测与评价

含油污泥中油含量的 3 种测定方法比较	张 珂	朱建华	周 勇 武本成 (385)
程序化的未确知测度模型用于水环境质量评价	张卫兵	姚 建	汤 乐 彭 艳 (392)

工程实例

蒙自矿冶重金属冶炼废水处理工程改造与实践	马 玲	徐晓军	黄昌元	黄伟忠 陈晓鸿 韦建初 杨津津 (397)
----------------------------	-----	-----	-----	-----------------------

相关研究

TiO ₂ 纳米管催化活性再生处理技术	刘翠云	傅大放	孟钦伟 (403)
--------------------------------------	-----	-----	-----------

CONTENTS

Removal of fluoride from groundwater by induced crystallization	Huang Tinglin Sun Tian Deng Linyu(1)
Stability of pilot-scale spiral automatic circulation anaerobic reactor treating analgin pharmaceutical wastewater	Lu Huifeng Ding Shuang Wu Zegao Wu Datian Zhang Honglai Li Wei Wang Ru Zheng Ping(6)
Control iron release in model drinking water distribution system under water source switch	Tang Min Wang Haibo Huang Xianhuai Tang Yuchao Hu Chun(13)
Treatment of urban wastewater for agricultural irrigation by AO-MBR	Wang Sulan Yu Jie Xing Chuanhong(17)
Performance of shortcut nitrification for high ammonia wastewater treatment	Wang Lei Duan Xue Lyu Yongtao Mu Jianxiong Ju Kai Wang Xudong Wang Zhiying(22)
Catalytic oxidation of phenol by CuO/peroxymonosulfate system	Ji Fei Li Chaolin Deng Lei Chao Xu(27)
Reaction kinetics of biological treatment of coking wastewater by ozonation	Yang Demin Xia Hong Yuan Jianmei(32)
In-site generating hydrogen peroxide by carbon nanotubes electrode and application in decolorization of wastewater containing methylene blue	Li Wenjun Dai Qizhou Hu Xiang Shao Lei(38)
Advanced treatment of deinking wastewater by coagulation and nanofiltration integrated process	Ren Xiaojing Liu Dan Wu Yue Zhang Zhongguo Zhang Fengshan Cheng Yanjun Li Jiding(43)
Effect of carbonate on calcium phosphate precipitation for phosphorus recovery	Zhao Yali Song Yonghui Qian Feng Cheng Jianguang Liang Hui(48)
Release behavior of heavy metals in the ozonation of sludge from swine wastewater biological treatment process	He Shuaixiong Chen Meixue Qiang Zhimin(55)
Removal of nitrogen and phosphorus from different degree eutrophic waters and restraint of algae by <i>Hymenocallis americana</i>	Huang Wei Guo Peiyong Chen Shufang(62)
Biofilm process for treating Pb-Zn sulfide ore tailing wastewater	Lin Weixiong Sun Shuiyu Huang Shaosong Du Qingping(67)
Influence of backwashing period on removal efficiency in a biological manganese removal filter	Cheng Qingfeng Li Dong Li Xiangkun Meng Lingwei Zhang Jie(72)
Analysis of membrane fouling causes in RO process for advanced treatment of dyeing secondary effluent	Li Li Yang Cheng Long Chao(77)
Brewery wastewater treatment by <i>Spirulina platensis</i> or fungi-algae symbiosis system	Liu Yuhuan Shi Xiaojie Wu Xiaodan Ruan Rongsheng Wang Hui Hu Beijuan Wang Yunpu Wan Yiqin(82)
Simulative study on removal of crude oil from coastal structures by biodiesel	Xia Wenxiang Zhang Danfeng Xiao Xingchuan Guo Hui Yu Yang Li Jincheng(87)
Adsorption characteristics of methylene blue onto biomass-based porous activated carbons by microwave assisted H ₃ PO ₄ activation	Jia Jiaqi Li Kunquan Zhang Yuxuan Qiao Xiaoduo(92)
Spatial distribution of typical pollutants of gas stations in shallow water-table areas	Yang Qing Chen Xiaohua Sun Congjun Kang Lijuan Zhao Zhen Chen Manman(98)
Effects of coexisting substances on cadmiun removal performance by heavy metal flocculant MCC	Zhang Cuiling Zhang Mingyue Chang Qing Zhang Jiali(104)
Remediation of Cr-Pb polluted groundwater using a mixed zero-valent iron compost permeable reactive barrier in Loess Plateau aera	Li Ya Zhang Zengqiang Shen Feng Wang Kui(110)
Effect of hydraulic retention time on half-nitrosofication in integrated reaction-precipitation reactor	Liu Yuemin Jiao Xiumei Ya Tingting Wang Shaopo Li Yuyou Sun Liping(116)
Treatment of domestic sewage by airlift-reflux integrated reactor	Zhang Yuanyuan Pan Yang Huang Yong Chen Zhijie(121)
Start-up of EGSB reactor for treatment of biohydrogen fermentative liquid	Su Caili Zhang Nan Zhu Lingfeng Li Haihua(126)
Adsorptive removal of sulfate from water by Zn/Al layered double oxide	Cheng Junyu Yue Xiuping Cao Yue Zhang Yue(131)
Effects of Ni(II) on activity and community diversity of activated sludge	Wang Wei Xu Yan Hou Zhaomu Jiang Dandan Li Xiaochen(138)
Decoloration of dyeing wastewater by Mg ²⁺ salts and slag	Li Jialiang Wu Lijuan Shan Changqing Wang Xue(144)
Photocatalytic degradation of methyl orange wastewater by Co-deposited (Ag ⁺ -TiO ₂ -EP) material	Xu Rong Ge Xiao Guo Haining Shu Zhenghua Feng Ke Wang Xiaozhi(150)
Distribution and removal characteristics of PAEs in secondary sewage process systems in a municipal sewage plant in Nanjing	Kong Xiangji Shan Zhengjun Xu Jing Guo Min Zhang Xuemei Kong Deyang(157)
Application of micron-scale supported TiO ₂ catalysts in photocatalysis-membrane reactor	Fei Xuening Dong Yesuo Chen Lei Xie Liping(162)
Three-dimensional numerical analysis of multiphase flow field in internal circulation anaerobic reactor	Lei Rongzhen Zhou Donghui Liu Weijing Tu Yong Guo Fangzheng(170)
Experimental study on treatment of polluted water by a biological contact oxidation process filled with bamboo filler	Jiang Xiaoyang Xiong Wenjun Liu Zizheng Guo Yizhou Wang Zongping(178)
Bioaugmentation treatment of drilling wastewater	Feng Xu Gu Jinchuan Bao Jin Gong Zhilian Jiang Yuanxia Zhang Bin Wei Chunmei(184)
Treatment of oily wastewater by microwave-Fenton oxidation-PAFSi flocculation	Shi Guofei Xu Xiaojun Jia Jia Zheng Xin Guan Tangzhen Chen Xiaohong(190)

NH ₄ ⁺ -N adsorption characteristics of substrates in constructed wetland	Zhang Liang Zou Changwu Tian Xiao Ye Junfei (198)
Comparative study on operational effect of two kinds of fixed-bed anaerobic reactor packed with different properties of carbon fiber as carrier	Lin Changsong Yuan Xufeng Cui Zongjun Cheng Xu Zhu Wanbin (203)
Treatment of raw water of northern reservoir by coagulation/ultrafiltration membrane short technological process	Qu Ming Teng Lijun Fu Jinxiang Yang Yong Lu Shanwen (210)
A pilot study on advanced treatment of high-concentration papermaking wastewater by Fenton oxidation process	Jia Yongqiang Li Wei Jia Lizhuang Yan Dongjie (215)
UV disinfection of reclaimed water from an oil refining and petrochemical enterprise and its influencing factors	Lan Xiaoning Liu Hongju Lu Hongmei (222)
Decoloration treatment of wastewater containing vitamin B ₁₂ by modified mineral adsorption and O ₃ oxidation	Shan Sihang Fan Pengfei Xing Yi Qiao Geng (230)
Phosphorous removal from wastewater by iron-lanthanum based alloy oxides and their regeneration	Yang Yongzhu Jiang Yingxiang Zhao Lili Liu Yanbing (236)
Treatment efficiency and influencing factors of RO concentrated water by microbubble ozonation with H ₂ O ₂	Zhang Peilong Yu Li Pang Lifei Hou Jiakai Jia Shouhua (242)
Adsorption property of Triallyl isocyanurate onto powdered activated carbon	Zhao Zehua Sun Yabing Xu Jianhua Rong Shaopeng Zhang Yan (249)
Synthesis of sulfhydryl esterification chitosan and research on removal performance of Cd ²⁺	Li Ping Jin Lanshu Lin Guolin Liu Shiguang (254)
Preparation and performance evaluation of a composite filler embedding microorganisms	Li Shunyi Zhu Rencheng Zhang Yali Wang Yan (260)
Dynamic simulation of PCB pyrolysis gas treatment by DC corona radical shower	Lin Jie Wen Zhengcheng Liu Yan Xie Chenhui Luo Qinqi (266)
Selection of packing materials for biofilter to treat odor and bioaerosol from municipal wastewater treatment process	Liu Jianwei Lu Chen Xia Xuefeng Liu Huiping (273)
Removal of NO from simulated flue gas under high gravity	Wang Fang Li Xiaolu Yu Guoxian Jin Mei Lu Ping (280)
Simulated combustion experiment on torch NO _x emissions from coal chemical industry	Liang Junning Lu Lidong Song Lina Liu Ling (285)
Effects of Zn and Fe ion on zinc sulfite oxidation in flue gas desulfurization with zinc oxide	Liu Zhaobin Tong Hua Wang Jinggang (290)
Purification of simulated low-concentration formaldehyde and ammonia by membrane absorption method	Yao Zhiliang Ye Yu Cao Xinyue Liu Weiwei Ma Yongliang (294)
Research on application & flow field simulation of membrane-covered compost pile in sludge aerobic fermentation	Sheng Jinliang Zhu Jinlong Hu Haihe Gong Ying Shi Wei (298)
Humification characteristics of stabilized sewage sludge in sludge drying bed and reed bed	Cui Yubo Ran Chunqiu Wang Fang Sun Hongjie Gao Wei (305)
Analysis of microorganism at starting stage of anaerobic fermentation of vegetable waste and restaurant garbage	Sun Yuhui Liu Qi Jiang Yue Che Zhenyu Zhang Huan Wang Xiaoming Cao Yanxin Kou Wei (310)
Decomposition of brominated epoxy resinsand in waste printed circuit boards by supercritical acetone	Xing Mingfei Zhang Fushen (317)
Validity study on co-incineration of municipal sewage sludge and municipal solid waste	Chen Zhaolin Wen Junming Liu Chaoyang Zhang Hongtao Yang Shiqiao Tang Xia Chen Qing (324)
Harmless treatment technology of manganese slag	Wang Jiwei Zhou Changbo Du Bing Chen Shu Pei Qianqian (329)
Impact of temperature and straw adding ratio on contents of nutrients in cow dung aerobic compost	Zhao Xiuling Zhu Xinping Luo Yanli Yu Xiong Jia Hongtao Li Jinjun Liu Hongpeng (334)
Effect of chromium-contaminated soil on strength and chromium ions leaching concentration of cement clinker	Li Jing Chen Huxing (341)
Partitioning variation of heavy metals in contaminated soil by E-waste open burning activities via <i>Thiobacillus Ferrooxidans</i> bioleaching	Zhao Guohua Gao Shunzhi Luo Xingzhang (347)
Analysis of noise effect and technology of noise control in urban gas stations	Xiong Hongbin Chen Xinyan Jiang Hai (353)
Construction of high-effective microbial flora for bioremediation of system polluted by PAHs and its degradation characteristics	Yang Xu Chen Fangyan Tang Yubin (360)
Identification and denitrification characteristics of a denitrifier	Yang Haofeng Tang Jiayu Hu Anhui Yang Yueping Xie Liu (366)
Isolation and oil-degrading characteristics of halophilic bacteria	Chen Meimei Deng Hao Song Jiayu Liu Guangquan (372)
Screening of high efficient desulphurization bacteria and study on its properties	Zhang Xiuxia Kong Tiantian Chen Shuiquan Wang Zhiwei Shao Jun Liu Xinmei (378)
Comparison of three kinds of determination methods on oil and water content of oily sludge	Zhang Ke Zhu Jianhua Zhou Yong Wu Bencheng (385)
Application of programmed unascertained measure model in water environmental quality assessment	Zhang Weibing Yao Jian Tang Le Peng Yan (392)
Reconstruction and practice of treatment project of heavy metals smelting wastewater from Mengzi Mining-Metallurgy Co. Ltd	Ma Ling Xu Xiaojun Huang Changyuan Huang Weizhong Chen Xiaohong Wei Jianchu Yang Jinjin (397)
Regeneration technologies for catalytic activity of TiO ₂ nanotubes	Liu Cuiyun Fu Dafang Meng Qinwei (403)

温度与秸秆比例对牛粪好氧堆肥的影响

赵秀玲¹ 朱新萍¹ 罗艳丽¹ 余雄² 贾宏涛^{1*} 李金军¹ 刘洪蓬³

(1. 新疆农业大学草业与环境科学学院, 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆农业大学动物科学学院, 乌鲁木齐 830052;

3. 山东省德州市农业局土壤肥料工作站, 德州 253016)

摘要 为了研究不同 C/N 比值在不同温度条件下牛粪堆肥 30 d 时的全量养分和有机质的含量情况, 提出了以新鲜牛粪和苜蓿秸秆混合物为堆料, 在添加 1% 的生物腐熟剂的基础上, 对堆肥温度及 C/N 比进行调控, 并进行交叉实验。结果表明, (1) 采用培养箱进行好氧发酵时, 在温度为 30 ℃ 和 45 ℃ 的环境下堆肥最佳, 温度过低或过高都会影响堆肥。(2) 牛粪高温好氧堆肥时, 添加一定比例的苜蓿秸秆可以调节堆料的 C/N 比值、含水量, 缩短堆肥时间, 其中牛粪与秸秆比例为 1:1 混合堆肥效果较好。(3) 堆肥 30 d 时, 堆料的 TN、TP 和 TK 含量较堆肥初期都有所增加, 有机质含量有所降低是因为矿化和释放养分造成的, 且各含量均符合国家有机肥标准。

关键词 温度 秸秆添加比例 好氧堆肥 牛粪 C/N

中图分类号 S141.4 文献标识码 A 文章编号 1673-9108(2014)01-0334-07

Impact of temperature and straw adding ratio on contents of nutrients in cow dung aerobic compost

Zhao Xiuling¹ Zhu Xinping¹ Luo Yanli¹ Yu Xiong² Jia Hongtao¹ Li Jinjun¹ Liu Hongpeng³

(1. College of Grassland and Environmental Sciences, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;

2. College of Animal Science, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;

3. Soil and Fertilizer Working Station of Dezhou Municipal Agricultural Bureau in Shandong, Dezhou 253016, China)

Abstract In order to study the contents of total amount of nutrients and the organic matter in cow dung after composting for 30 days under different C/N ratios and varied temperature conditions, the mixture of fresh cow dung and alfalfa straw were taken as the composting materials. On the basis of adding 1% of biological decomposition agent, a crossover trial was made while the temperature and the C/N ratio of the compost could be changed and controlled. Results showed that, firstly, when using the incubator for aerobic fermentation, composting reached the best effect with an environmental temperature of 30℃ or 45℃, while over-low or over-high temperatures could affect the composting. Secondly, when the cow dung was in aerobic composting process at high temperature, adding a certain proportion of alfalfa straw could adjust the C/N ratio, change the water content of composting material, and shorten the composting time. A 1:1 ratio of cow dung to straw of the mixture could reach the best result. Thirdly, after composting for 30 days, all the contents of TN, TP and TK in the compost increased when comparing with the beginning, however, organic matter content decreased because of mineralization and nutrients release. Each content of there nutritions could meet the national standard for organic fertilizer.

Key words temperature; straw adding ratio; aerobic compost; cow dung; C/N

随着畜禽养殖业集约化、规模化和工厂化的快速发展, 畜禽养殖业粪便废弃物的产生量也急剧增加, 目前已成为我国农业有机固体废弃物的主要生产源^[1]。根据中国乳业协会的最新统计数据表明, 每年我国由于奶牛养殖产生粪污及垫料、饲料残渣等废弃物约 18 亿 t^[2], 每年产生畜禽粪便约 1.1 亿 t 标煤的资源量^[3], 其中, 除少部分作为肥料还田外, 大部分被堆放弃置^[4]。

新疆是全国五大牧区之一, 发展奶业有着得天

独厚的优势。据统计, 截至 2010 年末, 良种及改良乳牛养殖总头数为 3.30×10^6 头, 出栏总数达 2.17×10^6 头, 年产奶量 1.29×10^6 t, 乳牛养殖优势显

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项 (XDA05050504); 土壤学新疆自治区重点学科资助

收稿日期: 2012-12-27; **修订日期:** 2013-03-11

作者简介: 赵秀玲 (1987~), 女, 硕士研究生, 主要从事固体废弃物资源化相关研究, E-mail: 61003039@qq.com

* 通讯联系人, E-mail: hongtaojia@126.com

著^[5]。随着奶牛数量的增加,大量的牛粪也成为了影响当地环境的主要污染源。这是由于养殖场产生的粪便污水量大而集中,未经妥善利用与处理即直接予以排放,养殖场周围又没有相应的土地对粪便进行消化,传统的有机肥被大量的化肥代替,还田利用率低^[6]。畜禽粪便的不合理利用,不仅危害到人体健康,同时也制约了奶牛业自身的持续发展。

目前,国外对奶牛粪污的处理要求是对粪便中的营养物质进行多层次的分级利用,实现资源和能源循环利用。好氧堆肥化技术是一种为世界各国普遍采用的畜禽粪便处理方法,运用良好的堆制技术,可以在较短的时间内使粪便减量、脱水和无害化,取得较好的处理效果。经过堆肥后,生产的肥料是腐熟的高效有机肥^[7]。在奶牛粪便堆肥中,水分、温度、pH 和 C/N 等均影响牛粪腐熟的快慢及肥效,很多研究学者都对这些影响因素进行了大量研究。孙先锋等^[8]研究认为,最适宜微生物生长的 pH 值呈中性或弱碱性,pH 过低或过高都会影响堆肥的顺利进行。Roger T. Haug^[9]的研究表明,初始含水率 50%~60% 是较为合适的,整个堆肥过程中水分含量也不应该超出这个范围。施宠等^[10]研究认为,向牛粪中添加一定量的菌剂可加快堆肥进程,缩短堆肥周期。于海霞等^[11]研究表明,牛粪堆肥时加入玉米芯作为调理剂,有利于通风供氧,堆体升温 and 降温均较快,高温持续时间长,堆料腐熟快,有利于加快堆肥的进程。魏彦红等^[12]研究发现,牛粪同时添加玉米秸秆和微生物腐熟剂堆肥的效果最好。栾冬梅等^[13]研究认为,温度和 C/N 是牛粪堆肥快速腐熟的关键性环境因素,过高或过低都会造成有机质的分解不完全或过度分解,从而影响堆肥的质量。因此,为了研究不同 C/N 比值在不同温度条件下牛粪堆肥 30 d 时的全量养分和有机质的含量情况,寻求最佳堆肥条件,提出了以新鲜牛粪和苜蓿秸秆混合物为堆料,在添加 1% 的生物腐熟剂的基础上,对堆肥温度及 C/N 比进行调控,并进行交叉试验。

1 实验部分

1.1 实验材料及其特性

堆肥原料采用新鲜牛粪和晒干的苜蓿秸秆,且秸秆粉碎至 0.5~1.0 cm,牛粪和苜蓿秸秆均取自新疆昌吉州呼图壁县种牛场。实验用堆肥发酵菌剂为中国人民解放军军事医学院研制“满园春”牌有机物料腐熟剂,牛粪的基本特性见表 1。

1.2 实验设计方案

实验设温度控制与秸秆比例 2 个因素。发酵容器为 1 000 mL 的烧杯,发酵体积为 500 mL,温度控制器为人工气候箱,发酵周期为 30 d。秸秆比例(牛粪:秸秆)设 1:1、2:1、3:1、4:1、5:1、6:0 6 个水平,温度控制设室温、30℃、45℃ 和 60℃ 4 个水平。

秸秆比例和温度控制完全组合共 24 个处理,其中室温重复 4 次,其他温度都重复 3 次,共计 78 个处理,各处理均加入 1% 的有机物料腐熟剂。每个处理堆料每天读取温度,每 6 天进行翻堆一次,并测定样品含水率,堆肥结束时采样带回实验室进行风干,粉碎。

1.3 检测项目及方法

温度的测定采用温度计测量,含水量测定采用烘干称重法,TN 的测定采用奈氏比色法,TP(P₂O₅)的测定采用钒钼黄比色法,TK(K₂O)的测定采用火焰光度计法,有机质的测定采用重铬酸钾滴定法^[14]。

1.4 数据的处理

用 Excel2003 和 SPSS17.0 数据处理软件对实验数据进行整理分析以及图表制作。

2 结果分析与讨论

2.1 不同温度及秸秆比例条件下堆肥对 TN 含量的影响

氮是构成蛋白质、核酸、氨基酸、酶等细胞生长必需物质的重要元素^[15]。堆肥氮素转化主要是微生物过程的结果,并决定最终堆肥产品的腐熟度。

表 1 堆肥原料特性

Table 1 Physical and chemical properties of tested composting material

实验材料	含水率(%)	TN(%)	TP(P ₂ O ₅)(%)	TK(K ₂ O)(%)	有机质(g/kg)	C/N
牛 粪	82.52	1.78	1.38	1.56	681.23	22.20
苜蓿秸秆	3.05	0.11	0.21	2.49	775.82	27.33

堆肥过程中氮素转化与臭气、肥效和氮营养素损失相关^[16]。通常随着堆肥时间的延长,微生物消耗大量的碳水化合物,总碳量呈下降趋势。而堆肥后期,微生物的硝化作用和固氮作用增强,从而有效控制了氮素的损失^[17],全氮含量增加,堆体的 C/N 逐渐降低,堆肥逐渐达到腐熟。

如表 2 所示,堆肥 30 d 时,在室温条件下,牛粪与秸秆比例为 1:1 的物料的 TN 含量最高,为 1.93%,与牛粪与秸秆比例为 2:1 的堆肥差异显著,但与其他比例堆肥的差异均极显著;牛粪与秸秆比例为 4:1 的物料的 TN 含量次之,为 1.68%,与牛粪与秸秆比例为 1:1 和 6:0 的堆肥差异均极显著,但与其他比例堆肥的差异均不显著。在 30℃ 条件下,牛粪与秸秆比例为 2:1 的物料的 TN 含量最高,为 2.27%,牛粪与秸秆比例为 1:1 的物料的 TN 含量次之,为 2.24%,且 2 种比例之间差异均不显著,但与其他比例之间差异均极显著。

在 45℃ 条件下,牛粪与秸秆比例为 1:1 的物料的 TN 含量最高,为 1.78%,与其他比例堆肥的差异均极显著;牛粪与秸秆比例为 3:1 的物料的 TN 含量次之,为 1.42%,与牛粪与秸秆比例为 1:1 比例堆肥的差异极显著,但与其他比例堆肥差异均显著。

在 60℃ 条件下,牛粪与秸秆比例为 2:1 的物料的 TN 含量最高,为 1.53%,与牛粪与秸秆比例为 1:1 和 6:0 比例堆肥的差异均极显著,但与其他比例差异均显著;牛粪与秸秆比例为 5:1 的物料的 TN 含量次之,为 1.45%,与牛粪与秸秆比例为 6:0 堆肥的差异极显著,但与其他比例差异均显著。

由以上各温度条件下,不同秸秆比例堆肥 30 d 时,TN 的含量可以看出,30℃ 条件下牛粪与苜蓿秸秆混合堆肥的 TN 含量最高,且比初期有所增加,说明在堆肥过程中有机质不断分解成 CO₂ 和 H₂O 而散失,总干物质重的下降幅度明显大于 NH₃ 挥发所引起的下降幅度,最终使得干物质中 TN 含量相对增加^[18]。根据方差分析可知,牛粪与秸秆比例为 1:1 混合堆肥最佳,牛粪与秸秆比例为 2:1 混合堆肥次之。

2.2 不同温度及秸秆比例条件下堆肥对 TP (P₂O₅)含量的影响

牛粪中存在的磷主要以有机态为主,随着发酵的进行,一方面有机物质逐渐被分解,可以使难溶磷转变为植物较易吸收的形态;而另一方面,发酵的实质是腐殖化的过程,同样一部分磷也可以转变成为较稳定的富里酸态磷和更加稳定的胡敏酸态磷,更利于植物的吸收^[19]。

表 2 30 d 时不同处理条件下堆肥对 TN 含量的影响
Table 2 Impact of different treatment methods on total N content in compost after 30 d (%)

处 理	室 温	30 ℃	45 ℃	60 ℃
牛粪: 秸秆 (1:1)	(1.93 ± 0.08) aA	(2.24 ± 0.08) aA	(1.78 ± 0.07) aA	(1.25 ± 0.07) cdBC
牛粪: 秸秆 (2:1)	(1.70 ± 0.07) bAB	(2.27 ± 0.05) aA	(1.24 ± 0.03) bcBC	(1.53 ± 0.05) aA
牛粪: 秸秆 (3:1)	(1.56 ± 0.06) bBC	(1.86 ± 0.08) bB	(1.42 ± 0.09) bB	(1.43 ± 0.03) abAB
牛粪: 秸秆 (4:1)	(1.68 ± 0.05) bB	(1.83 ± 0.07) bB	(1.23 ± 0.06) bcBC	(1.34 ± 0.07) bcAB
牛粪: 秸秆 (5:1)	(1.61 ± 0.04) bBC	(1.89 ± 0.06) bB	(1.07 ± 0.03) cC	(1.45 ± 0.05) abAB
牛粪: 秸秆 (6:0)	(1.38 ± 0.06) cC	(1.69 ± 0.04) bB	(1.08 ± 0.10) cC	(1.10 ± 0.07) dC

注:同列不同大小写字母分别表示在 0.01 或 0.05 水平上差异显著,其中大写字母 A、B 和 C 表示在 0.01 水平上的显著性差异,小写字母 a、b 和 c 表示在 0.05 水平上的显著性差异。

表 3 30 d 时不同处理条件下堆肥对 TP 含量的影响
Table 3 Impact of different treatment methods on total P content in compost after 30 d (%)

处 理	室 温	30℃	45℃	60℃
牛粪: 秸秆 (1:1)	1.43 ± 0.04	(1.39 ± 0.05) dC	(1.27 ± 0.04) cD	(1.33 ± 0.07) cC
牛粪: 秸秆 (2:1)	1.39 ± 0.10	(1.48 ± 0.04) cdBC	(1.61 ± 0.04) bB	(1.42 ± 0.05) cABC
牛粪: 秸秆 (3:1)	1.41 ± 0.01	(1.50 ± 0.04) bcdBC	(1.33 ± 0.05) cCD	(1.65 ± 0.02) aA
牛粪: 秸秆 (4:1)	1.51 ± 0.08	(1.63 ± 0.06) bcBC	(1.50 ± 0.06) bBC	(1.38 ± 0.06) cBC
牛粪: 秸秆 (5:1)	1.57 ± 0.05	(1.68 ± 0.11) bAB	(1.92 ± 0.07) aA	(1.47 ± 0.08) bcABC
牛粪: 秸秆 (6:0)	1.43 ± 0.10	(1.90 ± 0.06) aA	(1.85 ± 0.04) aA	(1.62 ± 0.06) abAB

注:同列不同大小写字母分别表示在 0.01 或 0.05 水平上差异显著,其中大写字母 A、B、C 和 D 表示在 0.01 水平上的显著性差异,小写字母 a、b、c 和 d 表示在 0.05 水平上的显著性差异。

从表 3 可以看出,堆肥 30 d 时,在室温条件下,牛粪与秸秆比例为 5:1 的物料的 TP 含量最高,为 1.57%,牛粪与秸秆比例为 4:1 的物料的 TP 含量次之,为 1.51%,二者与其他比例堆肥的差异均不显著。

在 30℃ 条件下,牛粪与秸秆比例为 6:0 的物料的 TP 含量最高,为 1.90%,与牛粪与秸秆比例为 5:1 堆肥的差异显著,但与其他比例堆肥差异均极显著;牛粪与秸秆比例

为 5:1 的物料的 TP 含量次之,为 1.68%,与牛粪与秸秆比例为 1:1 堆肥差异极显著,但与其他比例之间差异均显著。

在 45℃ 条件下,牛粪与秸秆比例为 5:1 的物料的 TP 含量最高,为 1.92%,牛粪与秸秆比例为 6:0 的物料的 TP 含量次之,为 1.85%,二者之间差异不显著,但与其他比例堆肥的差异均极显著。

在 60℃ 条件下,牛粪与秸秆比例为 3:1 的物料的 TP 含量最高,为 1.65%,与牛粪与秸秆比例为 1:1 和 4:1 比例堆肥的差异均极显著,但与其他比例差异均显著;牛粪与秸秆比例为 6:0 的物料的 TP 含量次之,为 1.62%,与牛粪与秸秆比例为 1:1 的差异极显著,但与其他比例差异均显著。

由以上各温度条件下,不同秸秆比例堆肥 30 d 时,TP 的含量可以看出,30℃ 和 45℃ 条件下牛粪与苜蓿秸秆混合堆肥的 TP 含量最高,且比初期有所增加,说明在发酵过程中,牛粪中的磷随着有机物的分解转变为植物较易吸收的形态。根据方差分析可知,牛粪与秸秆比例为 5:1 混合堆肥最佳。

2.3 不同温度及秸秆比例条件下堆肥对 TK (K₂O)含量的影响

牛粪和秸秆作为一种有机固体废物,本身就拥有丰富的作物所需氮、磷、钾等营养物质。在堆肥过程中由于堆料中有机质的分解,堆料体积和重量不

断减少,而全钾含量不可能通过挥发等形式损失,因此全钾含量变化直接反映出有机肥中 CO₂ 和 NH₃ 等物质的挥发损失快慢。

如表 4 所示,堆肥 30 d 时,在室温条件下,牛粪与秸秆比例为 1:1 的物料的 TK 含量最高,为 2.53%,牛粪与秸秆比例为 2:1 的物料的 TK 含量次之,为 2.51%,二者之间差异不显著,但与其他比例堆肥的差异均极显著。

在 30℃ 条件下,牛粪与秸秆比例为 4:1 的物料的 TK 含量最高,为 2.41%,与牛粪与秸秆比例为 2:1 堆肥的差异不显著,但与其他比例堆肥差异均极显著;牛粪与秸秆比例为 2:1 的物料的 TK 含量次之,为 2.35%,与牛粪与秸秆比例为 4:1 堆肥差异不显著,但与牛粪与秸秆比例为 5:1 堆肥差异显著,与其他比例之间差异均极显著。

在 45℃ 条件下,牛粪与秸秆比例为 1:1 的物料的 TK 含量最高,为 2.50%,牛粪与秸秆比例为 3:1 的物料的 TK 含量次之,为 2.30%,二者与其他比例堆肥的差异均极显著。

在 60℃ 条件下,牛粪与秸秆比例为 6:0 的物料的 TK 含量最高,为 1.78%,牛粪与秸秆比例为 5:1 的物料的 TK 含量次之,为 1.72%,二者与牛粪与秸秆比例为 2:1 比例堆肥的差异均极显著,但与其他比例差异均不显著。

由以上各温度条件下,不同秸秆比例堆肥 30 d 时,TP 的含量可以看出,30℃ 和 45℃ 条件下牛粪与苜蓿秸秆混合堆肥的 TK 含量最高,且比初期有所增加,这是因为在堆肥过程中,钾素较氮素稳定,不会挥发以及养分的“浓缩效应”^[20],使得 TK 含量随堆肥过程的完成而增加。根据方差分析可知,牛粪与秸秆比例为 1:1 混合堆肥最佳,牛粪与秸秆比例为 2:1 混合堆肥次之。

表 4 30 d 时不同处理条件下堆肥对 TK 含量的影响

Table 4 Impact of different treatment methods on total K content in compost after 30 d (%)

处理	室温	30℃	45℃	60℃
牛粪: 秸秆(1:1)	(2.53 ± 0.01) aA	(2.06 ± 0.04) bcCD	(2.50 ± 0.03) aA	(1.60 ± 0.04) aAB
牛粪: 秸秆(2:1)	(2.51 ± 0.04) aA	(2.35 ± 0.02) aAB	(1.44 ± 0.02) eE	(1.43 ± 0.06) bB
牛粪: 秸秆(3:1)	(2.24 ± 0.02) bB	(1.97 ± 0.01) cD	(2.30 ± 0.02) bB	(1.65 ± 0.01) aAB
牛粪: 秸秆(4:1)	(2.23 ± 0.01) bB	(2.41 ± 0.11) aA	(1.96 ± 0.02) cC	(1.62 ± 0.03) aAB
牛粪: 秸秆(5:1)	(2.10 ± 0.01) cC	(2.19 ± 0.01) bBC	(1.69 ± 0.12) dD	(1.72 ± 0.04) aA
牛粪: 秸秆(6:0)	(1.80 ± 0.06) dD	(2.04 ± 0.01) cCD	(1.50 ± 0.01) eDE	(1.78 ± 0.11) aA

注:同列不同大小写字母分别表示在 0.01 或 0.05 水平上差异显著,其中大写字母 A、B、C、D 和 E 表示在 0.01 水平上的显著性差异,小写字母 a、b、c、d 和 e 表示在 0.05 水平上的显著性差异。

2.4 不同温度及秸秆比例条件下堆肥对有机质含量的影响

堆肥过程中有机物质在微生物作用下分解转化为二氧化碳、水及矿物质等,分解产物又在微生物的作用下合成新的腐殖酸物质^[21]。

表 5 数据分析表明,堆肥 30 d 时,在室温条件下,牛粪与秸秆比例为 1:1 的物料的有机质含量最高,为 636.98 g/kg,牛粪与秸秆比例为 5:1 的物料的有机质含量次之,为 626.59 g/kg,二者与其他比例堆肥差异显著。

在 30℃ 条件下,牛粪与秸秆比例为 1:1 的物料的有机质含量最高,为 643.49 g/kg,与牛粪与秸秆比例为 6:0 堆肥的差异极显著,与牛粪与秸秆比例为 2:1 堆肥差异不显著,但与其他比例堆肥差异均显著;牛粪与秸秆比例为 2:1 的物料的有机质含量次之,为 621.75 g/kg,与牛粪与秸秆比例为 1:1 堆肥差异不显著,与牛粪与秸秆比例为 6:0 堆肥差异极显著,但与其他比例之间差异均显著。

在 45℃ 条件下,牛粪与秸秆比例为 1:1 的物料的有机质含量最高,为 680.49 g/kg,与牛粪与秸秆比例为 3:1 堆肥差异极显著,但与其他比例堆肥差异显著;牛粪与秸秆比例为 2:1 的物料的有机质含量次之,为 629.24 g/kg,与牛粪与秸秆比例为 5:1 堆肥差异不显著,但与其他比例堆肥的差异均显著。

在 60℃ 条件下,牛粪与秸秆比例为 5:1 的物料的有机质含量最高,为 688.76 g/kg,牛粪与秸秆比例为 1:1 的物料的有机质含量次之,为 686.62 g/kg,二者与其他比例堆肥差异均不显著。

由以上各温度条件下,不同秸秆比例堆肥 30 d 时的有机质含量可以看出,30℃ 和 45℃ 条件下牛粪与苜蓿秸秆混合堆肥的有机质含量最好,这是因为

在堆肥过程中,有机物质分解矿化造成的。根据方差分析可知,牛粪与秸秆比例为 1:1 混合堆肥最佳。

3 讨 论

温度是影响微生物活性的最显著因子,对堆肥反应速率起着决定性作用,常常作为堆肥中微生物生化活动量的宏观指标,温度过低或过高都会影响堆肥。温度过低不能将堆料中的虫卵、病原菌、寄生虫、孢子、杂草种子等杀灭,而温度过高会抑制好氧细菌的作用,使微生物失去活性。且一般认为,微生物活性的最适范围为 35~50℃,在 49~55℃ 时微生物的多样性相似,当温度大于 60℃ 时,多样性显著减少^[22]。由实验结果可知,温度为 30℃ 和 45℃ 两个处理条件下,各养分和有机质的含量均较好,且与其他处理的差异性显著,说明环境温度适中有利于堆肥反应的进行。室温由于温度太低而影响微生物活性,使堆肥时间延长,而 60℃ 的高温使微生物多样性减少,抑制了好氧细菌的活动,二者均不利于堆肥的进行。

在禽畜粪便的堆肥中,通常用 C/N 来反映堆肥材料的营养平衡状况。由于微生物体的 C/N 约为 20,所以一般 C/N 在 20~30 之间比较适宜^[23]。若 C/N 过高,微生物增殖时由于氮不足,生长受到限制,有机物降解速率变得缓慢,好氧生物处理时间变长。若 C/N 过低,堆体中的氮将以 NH₃ 形式大量挥发损失,不仅影响环境和降低养分,而且堆肥产品也会给农作物带来不利影响^[24]。本实验结果表明,牛粪与秸秆比例为 1:1 和 2:1 的处理堆肥效果较其他好,虽然在 TP 含量分析中牛粪与秸秆比例为 5:1 混合堆肥的结果较好,但其初始 C/N 较低,不利于堆肥的快速腐熟。

表 5 30 d 时不同处理条件下堆肥对有机质含量的影响

Table 5 Impact of different treatment methods on organic contents in compost after 30 d (g/kg)

处 理	室 温	30℃	45℃	60℃
牛粪: 秸秆(1:1)	(636.98 ± 8.68) a	(643.49 ± 14.38) aA	(680.49 ± 25.30) aA	686.62 ± 15.95
牛粪: 秸秆(2:1)	(623.49 ± 11.86) ab	(621.75 ± 12.82) aAB	(629.24 ± 10.98) abAB	685.46 ± 9.79
牛粪: 秸秆(3:1)	(618.09 ± 11.52) ab	(613.45 ± 17.66) abAB	(587.60 ± 25.23) bB	653.40 ± 30.34
牛粪: 秸秆(4:1)	(623.94 ± 11.53) ab	(587.52 ± 33.57) abAB	(614.72 ± 24.96) bAB	677.90 ± 11.94
牛粪: 秸秆(5:1)	(626.59 ± 18.02) ab	(584.06 ± 10.67) abAB	(626.31 ± 16.94) abAB	688.76 ± 10.77
牛粪: 秸秆(6:0)	(591.80 ± 6.96) b	(558.39 ± 19.04) bB	(612.64 ± 8.29) bAB	648.05 ± 12.23

注:同列不同大小写字母分别表示在 0.01 或 0.05 水平上差异显著,其中大写字母 A、B 表示在 0.01 水平上的显著性差异,小写字母 a、b 表示在 0.05 水平上的显著性差异。

4 结 论

(1)采用培养箱进行好氧发酵时,温度 30℃ 和 45℃ 为牛粪堆肥最佳温度范围,温度过低或过高都会影响堆肥效果及堆肥品质。

(2)通过采用牛粪与苜蓿秸秆不同比例堆肥得出,牛粪高温好氧堆肥时,添加一定比例苜蓿秸秆,通过调节堆料的 C/N 比值、含水量,可有效缩短堆肥时间,其中牛粪与秸秆比例为 1:1 和 2:1 的混合堆肥效果最好。

(3)TN、TP、TK 含量较堆肥初期都有所增加,有机质由于矿化作用导致含量有所降低,堆肥结束产品均符合国家有机肥标准:有机质含量(以干基计)/% ≥ 30 ;总养分(氮 + 五氧化二磷 + 氧化钾)含量(以干基计)/% ≥ 4.0 ,可以作为商品有机肥进行农用。

参 考 文 献

- [1] 汪建飞,于群英,陈世勇,等. 农业固体有机废弃物的环境危害及堆肥化技术展望. 安徽农业科学, **2006**, 34(18):4720-4722
Wang J. F. , Yu Q. Y. , Chen S. Y. , et al. Environmental hazards and prospect of composting technology of agricultural organic solid waste. Journal of Anhui Agricultural Sciences, **2006**, 34(18):4720-4722 (in Chinese)
- [2] 程文定,郜敏. 奶牛粪便饲料资源化试验研究. 中国奶牛, **2007**, (7):46-49
Chen W. D. , Gao M. Experimental study of cow manure feed resources. China Cow, **2007**, (7):46-49 (in Chinese)
- [3] Yusuke Kuzuhara. Biomass Nippon Strategy-Why "Biomass Nippon" now. Biomass and Bioenergy, **2005**, 29(5):331-335
- [4] 郭琨,庞金梅. 畜禽养殖废弃物污染防治与资源化循环利用. 山西农业科学, **2011**, 39(2):149-151, 161
Guo J. , Pang J. M. Study on the control and resources circulation models of livestock and poultry waste. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, **2011**, 39(2):149-151, 161 (in Chinese)
- [5] 新疆维吾尔自治区统计局. 2011 年新疆统计年鉴. 北京:中国统计出版社, **2011**
- [6] 柴仲平,贾宏涛,余雄,等. 新疆奶牛养殖及粪污处理现状研究. 中国牛业科学, **2009**, 35(1):74 - 77
Chai Z. P. , Jia H. T. , Yu X. , et al. Study on the cultivation and excrement processing of dairy cattle in Xinjiang. China Cattle Science, **2009**, 35(1):74 - 77 (in Chi-

nese)

- [7] 王文全,赵秀玲,罗艳丽,等. 牛粪发酵过程中的红外光谱分析. 中国牛业科学, **2011**, 37(2):15-19
Wang W. Q. , Zhao X. L. , Luo Y. L. , et al. Infrared spectral analysis during fermentation of cattle manure. China Cattle Science, **2011**, 37(2):15-19 (in Chinese)
- [8] 孙先锋,邹奎,钟海风,等. 堆肥工艺和填充料对猪粪的影响研究. 土壤肥料, **2004**, (4):28-30
Sun X. F. , Zou K. , Zhong H. F. , et al. Effect of different technics and bulking agent on composting swine feces. Soils and Fertilizers, **2004**, (4):28-30 (in Chinese)
- [9] Roger T. Haug. The Practical Handbook of Compost Engineering. Boca Raton: CRC-Press, **1993**:184
- [10] 施宠,谢晶晶,郑春霞,等. 不同腐熟剂对牛粪好氧堆肥的影响. 新疆农业科学, **2010**, 47(2):410-414
Shi C. , Xie J. J. , Zheng C. X. , et al. Effects of different bulking agents on cattle manure composting. Xinjiang Agricultural Science, **2010**, 47(2):410-414 (in Chinese)
- [11] 于海霞,孙黎,栾冬梅. 不同调理剂对牛粪好氧堆肥的影响. 农业工程学报, **2006**, 22(2):235-238
Yu H. X. , Sun L. , Luan D. M. Effects of different bulking agents on cattle manure composting. Journal of Agricultural Engineering, **2006**, 22(2):235-238 (in Chinese)
- [12] 魏彦红,郁继华,颀建明,等. 不同添加剂对牛粪高温堆肥的影响. 甘肃农业大学学报, **2012**, 47(3):52-56
Wei Y. H. , Yu J. H. , Xie J. M. , et al. Effects of different additives on high temperature composting of cow dung. Journal of Gansu Agricultural University, **2012**, 47(3):52-56 (in Chinese)
- [13] 栾冬梅,关静姝,徐璿,等. 碳氮比对牛粪好氧堆肥过程的影响. 东北农业大学学报, **2008**, 39(8):77-81
Luan D. M. , Guan J. S. , Xu J. , et al. Effect of different initial carbon to nitrogen ratio on dairy manure composting. Journal of Northeast Agricultural University, **2008**, 39(8):77-81 (in Chinese)
- [14] 陈隆隆,潘振玉. 复混肥料和功能性肥料分析测试与标准. 北京:化学工业出版社, **2008**:79-90
- [15] 刘凯,郁继华,颀建明,等. 不同配比的牛粪与玉米秸秆对高温堆肥的影响. 甘肃农业大学学报, **2011**, 46(12):82-88
Liu K. , Yu J. H. , Jie J. M. , et al. Effects of different ratios of dairy manure and corn stalk on high temperature composting process. Journal of Gansu Agricultural University, **2011**, 46(12):82-88 (in Chinese)
- [16] 解开治,徐培智. 一种腐熟促进剂配合微生物腐熟剂对鲜牛粪堆肥的效应研究. 农业环境科学学报, **2007**, 26

- (3):1142-1146
- Xie K. Z. , Xu P. Z. Effects of one chemical composting promoter and microorganism composting preparations on fresh cow dung compost. *Journal of Agro-Environment Science*, **2007**, 26(3):1142-1146 (in Chinese)
- [17] 赵玉娇,贺萌,呼世斌,等. 牛粪和红薯秸秆静态高温堆肥研究. *农机化研究*, **2012**, 34(12):218-222
- Zhao Y. J. , He M. , Hu S. B. , et al. Composting in static state with high temperature of cow dung and sweet potato straw. *Journal of Agricultural Mechanization Research*, **2012**, 34(12):218-222 (in Chinese)
- [18] 解开治. 不同添加剂对鲜牛粪的堆肥化效应及肥效研究. 兰州:甘肃农业大学硕士学位论文, **2007**:1-52
- Xie K. Z. Studies on effect of different additives on composting of fresh cow dung and fertilization efficiency. Lanzhou: Master Dissertation of Gansu Agricultural University, **2007**:1-52 (in Chinese)
- [19] 单德鑫. 牛粪发酵过程中碳、氮、磷转化研究. 哈尔滨:东北农业大学博士学位论文, **2006**:1-89
- Shan D. X. Study on transformation of carbon, nitrogen and phosphorus during dairy manure fermentation. Harbin: Doctor Dissertation of Northeast Agricultural University, **2006**:1-89 (in Chinese)
- [20] 刘东银,许景刚,袁磊,等. 低温条件下猪粪堆肥过程营养元素动态变化. *东北农业大学学报*, **2008**, 39(11):32-35
- Liu D. Y. , Xu J. G. , Yuan L. , et al. Nutrient dynamics during pig feces composting under low temperature. *Journal of Northeast Agricultural University*, **2008**, 39(11):32-35 (in Chinese)
- [21] 施宠,张小娥,金俊香,等. 牛粪堆肥不同处理全 N、P、K 及有机质含量的动态变化. *中国牛业科学*, **2010**, 36(4):26-29
- Shi C. , Zhang X. E. , Jin J. X. , et al. Dynamic changes of total N, P, K and organic matter by different treatments on cattle manure composting. *China Cattle Science*, **2010**, 36(4):26-29 (in Chinese)
- [22] Peter F. S. Effect of temperature on bacterial species diversity in thermophilic solid waste composting. *Appl. Environ. Microbiol.*, **1985**, 50(4):899-905
- [23] 李秀金,董仁杰. 粪草堆肥特性的试验研究. *中国农业大学学报*, **2002**, 7(2)31-35
- Li X. J. , Dong R. J. Characteristics of cattle manure and rice straw composting. *Journal of China Agricultural University*, **2002**, 7(2)31-35 (in Chinese)
- [24] 单德臣,单德鑫,许景钢,等. 牛粪好氧生物处理条件分析. *东北农业大学学报*, **2007**, 38(4):554-558
- Shan D. C. , Shan D. X. , Xu J. G. , et al. Conditions on aerobic bio-treatment of cow manure. *Journal of Northeast Agricultural University*, **2007**, 38(4):554-558 (in Chinese)