

生物质炭对城市污泥堆肥过程中氮素转化的影响

郭 炜¹,于洪久¹,于春生²,刘 杰¹

(1. 黑龙江省农业科学院 农村能源研究所,黑龙江 哈尔滨 150086;2. 林口县农业技术推广中心,黑龙江 牡丹江 157600)

摘要:为揭示生物质炭在城市污泥堆肥发酵中的应用潜力,提高城市污泥的堆肥效率和堆肥品质,以城市污泥和稻壳为堆肥原料,分别添加 0.3%、5%、10% 的生物质炭,采用高温好氧堆肥工艺,通过测定堆肥过程中温度、pH 及硝态氮、铵态氮及总氮含量等的变化,研究了添加不同比例生物质炭对城市污泥好氧堆肥过程中氮素转化的影响。结果表明:生物质炭的添加可提高堆肥过程中氮的利用率,促进堆肥进程。各处理的堆体发酵中温度达 50℃ 以上时间均保持了 7 d 以上,都达到国家堆肥的无害化标准;添加生物质炭可使城市污泥的好氧发酵期提前;随着堆肥过程的进行,各处理中总氮含量均呈下降趋势,pH 呈先上升后下降而后趋势于平稳上的趋势,硝态氮呈先上升后趋势于平缓的趋势,铵态氮和温度都呈先上升后下降趋势,各处理间存在差异,但趋势相同。综合各项指标,与其它处理相比处理 2 即当生物质炭添加量为 5% 时,整个堆肥过程表现较好。

关键词:生物质炭;城市污泥;好氧堆肥;氮素

中图分类号:S141.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2016)11-0041-04 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2016.11.0041

近年来,随着我国城市化进程的不断加快,城市排水厂规模的不断扩大,城市污泥的产量大幅提升。城市污泥具有性质不稳定、易腐化发臭、含水率高、不易脱水、含病原菌及重金属等特点,如不对其进行妥善的处理,将会对环境造成严重的污染;另一方面,城市污泥中又含有丰富的有机质及氮、磷等元素,是一种值得利用的优质肥源^[1-4]。国内外研究普遍认为,城市污泥经堆肥化处理后可作为土壤改良剂和中等级的肥料再利用于农业^[5]。

但由于城市污泥的自身特点,在传统的高温好氧堆肥应用过程中存在氮素损失严重,延迟堆肥周期,造成大气环境的污染等问题^[6]。通过向城市污泥中添加一些外源物质以达到增加其孔隙度,进而提高其堆肥效率,提升堆肥产品品质,是一种行之有效的办法。生物质炭是一种稳定的富碳产物,具有发达的孔隙结构,稳定的化学性质,可调节土壤酸碱度,对重金属具有强吸附性等特性,且在堆肥过程中不易生成水溶性物质,有利于堆肥腐殖化的形成^[7-9]。

本试验以稻壳灰为添加剂,用仪器及化学分

析相结合的方法,研究了添加不同比例的生物质炭对城市污泥高温好氧堆肥过程中氮素转化的影响,旨在揭示生物质炭在城市污泥堆肥发酵中的应用潜力,以期为提高城市污泥的堆肥效率和堆肥品质提供理论数据,为城市污泥的基质化、肥料化应用提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

供试堆肥原料为城市污泥和稻壳,城市污泥取自哈尔滨市某污水处理厂,稻壳来自黑龙江五常松粳香米业公司,生物质炭为稻壳炭(兰西县),堆肥原料基本性质见表 1。

表 1 堆肥原料基本性质

Table 1 Basic properties of raw materials for composting

性质 Nature	城市污泥 Municipal sludge	生物 质炭 Biochar	稻壳 Rice husk
pH	7.0	7.5	6.3
含水率/% Moisture content	80.0	11.0	10.06
EC/(mS·cm ⁻¹)	2.27	5.2	16.8
C/N	6.9	6.2	70
全氮/(g·kg ⁻¹) Total N	33.1	2.6	6.3
全碳/(g·kg ⁻¹) All carbon	230.5	16.24	42.3
总磷/(g·kg ⁻¹) Total P	16.8	0.3	1.1
总钾/(g·kg ⁻¹) Total K	4.21	1.42	8.5
总 Cu/(mg·kg ⁻¹) Total Cu	340	0.4	-
总 Zn/(mg·kg ⁻¹) Total Zn	700	0.5	-

收稿日期:2016-10-21
基金项目:黑龙江省农业科学院创新工程资助项目(2014 ZD002)
第一作者简介:郭炜(1982-),女,黑龙江省哈尔滨市人,硕士,助理研究员,从事农业能源与生物肥料研究。E-mail: guoweixinwei@126.com。
通讯作者:刘杰(1974-),男,黑龙江省延寿县人,博士,研究员,从事农业能源及生态环境等方面的研究。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验采取单因素随机区组方法,共设4个处理即处理1、处理2、处理3、CK,每个处理3次重复,各处理中堆肥材料组成见表2。分别向城市污泥与稻壳的堆体原料中添加0、3%、5%、10%的生物质炭,稻壳/城市污泥的添加量为4:1,调节各处理的C/N为20~25:1,含水率为65%,堆体原料充分搅拌均匀,制成2.0 m×1.0 m×1.0 m的堆体,人工翻堆,堆肥时间为45 d,堆肥升温期 and 高温期每3 d翻1次堆,堆肥降温期每7 d翻1次堆。

表 2 堆体原料质量百分比

Table 2 Mass percentage of raw materials			
处理 Treatments	生物炭添加量/% (稻壳/城市污泥) Biomass Addition(Rice husk/urban sludge)		含水率/% Moisture content
	碳 carbon addition	添加量/% Addition	
CK	0	100	65
1	3	97	65
2	5	95	65
3	10	90	65

1.2.2 测定项目及方法 在堆肥的前期每3天取一次样,堆肥中期每5 d取一次样,堆肥后期每7 d取一次样,对堆体上下前后翻匀后多点采样,每次采集样品100 g左右,样品分成2份,一份鲜样用于测定pH、铵态氮和硝态氮;另一份用于干燥后测定总氮含量等。

堆体温度用精密水银温度计于每天9:00和15:00记录堆体温度及环境温度。

硝态氮采用酚二磺酸比色法测定,总氮采用H₂SO₄-H₂O₂消解蒸馏滴定法测定,pH采用电极法测定,铵态氮采用靛蓝比色法测定^[10-13]。

1.2.3 数据处理 数据通过Microsoft-Excell软件进行图表的制作处理分析。

2 结果与分析

2.1 堆肥过程中温度的变化

在城市污泥的好氧堆肥发酵过程中,温度的变化是衡量整个堆肥是否正常进行的关键性指标之一。由图1可知,在整个堆肥过程中,随着生物炭的添加量不同各处理的最高温度不尽相同,但对照CK、处理1、处理2、处理3的温度变化趋势大致相同,不同处理之间差异不大。都经历了

“升温-高温-降温-稳定”4个阶段。

对照CK、处理1、处理2、处理3的最高温度分别为66.0、67.5、68.0、70.0℃,这说明添加不同比例生物质炭的城市污泥堆肥均可正常发酵。对照处理CK的最高温度出现在第6天,比其它处理提前1 d左右。对照CK、处理1、处理2、处理3高温期持续时间分别为4、4、3、3 d左右。由此可见,生物质炭的添加可提高堆肥最高温度,并可以减少堆肥高温期时间,推动堆肥腐殖化进程。

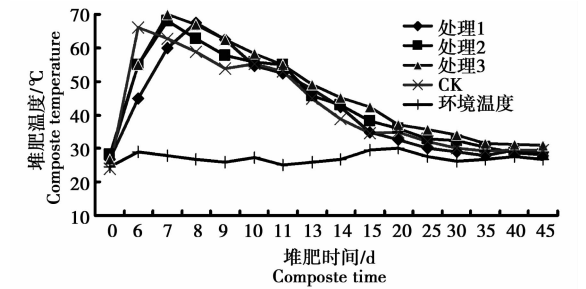


图 1 堆肥过程中温度的变化

Fig. 1 Change of temperature during the composting

2.2 堆肥过程中 pH 的变化

堆体 pH 的变化情况在一定程度上可以反映出整个堆体环境的 pH 变化。由图2可知,在堆肥初期,各处理 pH 差异不大,较为接近,为7.8~8.1;整个堆肥过程,各处理的 pH 都呈先上升后下降再平稳的趋势。所有堆肥处理的 pH 在第14天过后都开始下降,致堆肥后期添加生物质炭的处理 pH 高于CK,且随生物质炭的添加量的增加污泥堆肥产品 pH 的降低趋势越小。

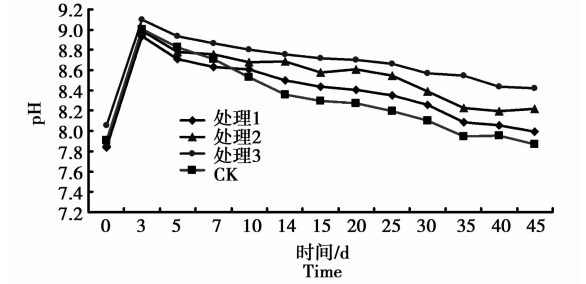


图 2 堆肥过程中 pH 的变化

Fig. 2 Change of pH during the composting

2.3 堆肥过程中总氮含量的变化

从图3看出,在城市污泥堆肥过程中各处理总氮含量大致都是先降低后升高的趋势。对照CK、处理1、处理2、处理3分别在第7、7、7、14天降到最低值。随着堆肥时间的延长,各处理总氮的含量开始缓慢升高,到堆肥结束,对照CK、处

理1、处理2、处理3的总氮含量较堆肥前期分别增加了8.1%、11.3%、15.6%和18.7%，其中处理3中全氮含量增幅最大，说明添加生物质炭含量与污泥堆肥产品中总氮含量成正比例关系。

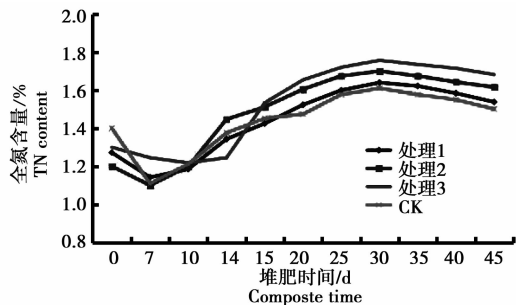


图3 堆肥过程中总氮的变化

Fig. 3 Change of TN during the composting

2.4 堆肥过程中硝态氮和铵态氮含量的变化

堆肥过程中硝态氮含量的变化受堆肥温度及微生物活性的影响。由图4可知,各处理的硝态氮含量变化趋势相同,都是先上升后趋于平缓,硝态氮在堆肥升温期及高温期含量都较低,在堆肥降温期其含量都增加,增加量由多至少依次是处理3>处理2>处理1>对照CK。

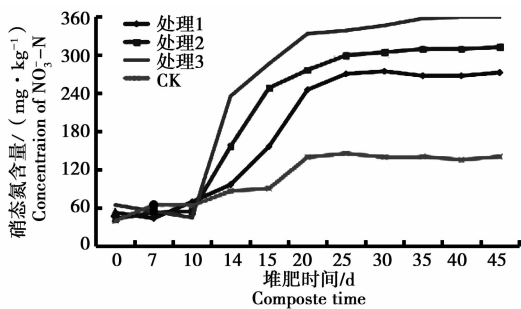


图4 堆肥过程中硝态氮的变化

Fig. 4 Change of $\text{NO}_3\text{-N}$ during the composting

堆肥过程中铵态氮含量变化是可以反映堆肥氮素损失情况。由图5可知,各处理的铵态氮

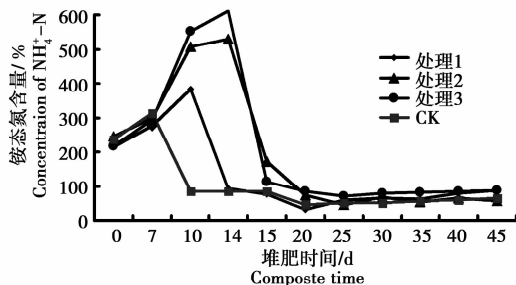


图5 堆肥过程中铵态氮的变化

Fig. 5 Change of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ during the composting

含量变化趋势大致相同,都是在堆肥升温期和高温期时铵态氮含量增加到峰值,在堆肥降温期其含量也随之降低。各处理堆体中铵态氮含量增加量与生物质炭添加比例呈正比,各处理的铵态氮含量在第20天降低到一个平稳水平。

3 讨论与结论

温度是判别好氧堆肥过程中堆肥腐熟度效果最直接的指标^[14]。本研究结果表明,生物质炭的添加可促进城市污泥的好氧堆肥发酵。其中处理3即生物炭添加量为10%时,较处理CK提前1d进入高温期,可提前完成城市污泥的发酵期。这与张春强、李映廷^[15-16]等研究的猪粪堆体中添加竹炭可促进堆肥进程结果一致。

好氧堆肥过程中pH的变化趋势可以反映出堆体内微生物的作用情况^[17]。本研究结果表明,生物质炭的添加,为堆体内的微生物提供了更好的活动条件,可以吸附更多的氨气,可提高堆肥产品pH。这与Chen^[18]等研究的猪粪中添加生物炭的结果类似。

好氧堆肥中最突出的问题就是氮素的损失问题,而向物料中投放一定量的活性炭、氯化物等可以控制氮素的损失^[19]。本研究结果表明,生物质炭的添加量与堆肥中硝态氮含量呈正相关,说明向城市污泥堆肥中添加生物质炭可有效提高堆肥产品中总氮的含量,且生物质炭的添加量越多固氮效果越好。

综上所述,在城市污泥的好氧堆肥中添加一定量的生物质炭可以明显推动堆肥向好的方向发展,综合各项指标,与其它处理相比处理2即当生物质炭添加量为5%时,整个堆肥过程表现较好。

但本研究中只对堆肥的温度、pH及总氮含量的变化做了分析讨论,而且,生物质炭的来源及种类固定,众所周知生物质炭的特性受制备条件及地域来源影响较大。因而,今后应重点研究堆肥过程中微生物活性、群落结构之间关系,以及开展不同种原料制备成的生物炭质对城市污泥好氧堆肥的影响方面的研究。

参考文献:

- [1] 弓凤莲,杨义,于淑婷,等. 市政污泥堆肥过程参数变化及腐熟度综合评价[J]. 中国给水排水, 2014, 30(21): 128-131.
- [2] 郭瑞,陈同斌,张悦,等. 不同污泥处理与处置工艺的碳排放[J]. 环境科学学报, 2011, 31(4): 673-679.
- [3] 杭世珩,史骏,关春雨. 全国城镇污水厂污泥处理处置规划

- 的技术路线研究[C]//山东省城镇供水协会,中国市政工程华北设计研究总院.中国城镇污泥处理处置技术与应用高级研讨会,山东:青岛,2011.
- [4] 侯艳伟,曾月芬,安增莉.生物炭施用对污染红壤中重金属化学形态的影响[J].内蒙古大学学报:自然科学版,2011,42(4):460-466.
- [5] 候月卿,赵立欣,孟海波,等.生物炭和腐植酸类对猪粪堆肥重金属的钝化效果[J].农业工程学报,2014,30(11):205-215.
- [6] 马闯,赵占楠,赵继红,等.污泥堆肥过程中致臭挥发性有机物的产生和释放[J].中国给水排水,2014,30(17):113-115.
- [7] 牛俊玲,郑宾国,梁丽珍.餐厨垃圾与麦秸混合堆肥中碳素物质变化规律研究[J].农业环境科学学报,2012,31(3):626-630.
- [8] 秦莉,沈玉君,李国学,等.不同CN比堆肥碳素物质变化规律研究[J].农业环境科学学报,2010,29(7):1388-1393.
- [9] 李昂,孙丽娜,李鹏.市政污泥堆肥过程中微生物群落的动态变化[J].环境工程学报,2014,8(12):5445-5450.
- [10] 孙文彬,李必琼.不同秸秆与城市污泥好氧堆肥过程中重金属质量分数及形态变化[J].西南大学学报:自然科学版,2012,34(3):90-94.
- [11] 王守红,葛骁,卞新智,等.菌菇渣和秸秆对生活污泥好氧堆肥的影响[J].江苏农业学报,2013,29(2):324-328.
- [12] 赵由才.生活垃圾资源化原理与技术[M].北京:化学工业出版社,2002.
- [13] Antal M J, Gronli M. The art, science and technology of charcoal production[J]. Industrial and Engineering Chemistry, 2003, 42: 1619-1640.
- [14] Kang J, Zhang Z, Wang J J. Influence of humic substances on bioavailability of Cu and Zn during sewage sludge composting [J]. Bioresource Technology, 2011, 102 (17): 8022-8026.
- [15] 张春强,王翠红,盛浩.生物质炭对土壤温室气体排放影响机制探讨[J].湖南农业科学,2012(11):49-52.
- [16] 李映廷.低碳氮比下生物质炭对高温好氧堆肥的影响[J].西南大学学报,2012,10(2):103-107.
- [17] 唐行灿.生物炭修复重金属污染土壤的研究[J].山东农业大学学报,2013(4):16-21.
- [18] Chen P, Aldoni G, al Re L, et al. Effects of 15 years sludge application on ropland [J]. Water Practice & Technology, 2007, 21(1):10-18.
- [19] 牛俊玲,郑宾国,梁丽珍.餐厨垃圾与麦秸混合堆肥中碳素物质变化规律研究[J].农业环境科学学报,2012,31(3):626-630.

Effect of Biomass Carbon on Nitrogen Transformation During Composting of Urban Sewage Sludge

GUO Wei¹, YU Hong-jiu¹, YU Chun-sheng², LIU Jie¹

(1. Rural Energy Resources Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086; 2. Linkou County Agricultural Technology Promotion Center, Linkou, Heilongjiang 157600)

Abstract: To reveal the biomass carbon potential in the application of sewage sludge composting fermentation, improve the efficiency of the composting of urban sludge and compost quality, taking city sludge compost and rice husk as raw materials, with the addition of 0, 3%, 5%, 10% of the biomass carbon by high-temperature aerobic composting process, by measuring changes in the composting temperature, pH and nitrate nitrogen, ammonium nitrogen and total nitrogen content, the effects of adding different ratio of biomass carbon on nitrogen transformation in aerobic composting process of sewage sludge were studied. The results showed that the addition of biomass carbon could increase the utilization ratio of nitrogen in the process of composting, and promote the process of composting. The pile fermentation temperature of 50 °C more were maintained for more than 7 days, reached standard of sub national compost harmless; add biochar could advance the urban sludge aerobic fermentation period; with the composting process, total nitrogen content in each treatment showed downward trend, pH was increased first and then decreased, nitrate nitrogen was increased first and the tended to be gentle ammonium nitrogen and temperature was increased first and then decreased, the differences, but the same trend. Comprehensive indicators, compared with other processing processing 2 when biomass carbon content was 5%, both in the performance was better in the composting process.

Keywords: biomass carbon; municipal sludge; aerobic composting; nitrogen