

尿素作为补充氮源对西番莲果渣高温堆肥进程的影响

徐 智, 汤 利

(云南农业大学资源与环境学院, 昆明 650201)

摘 要:利用西番莲废果渣为基本原料进行堆肥试验,研究了添加尿素及 2 种微生物菌剂(榕风与福贝)在西番莲果渣堆肥过程中温度、C/N 比、总氮(T-N)、水溶性 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和水溶性 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的动态变化规律。结果表明,加入一定比例的尿素能够增加高温堆肥中 $>50\text{ }^\circ\text{C}$ 的高温持续时间、减少最后达到环境温度所需时间;加快堆肥 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的下降,促进堆肥化腐熟后期 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的累积,增加腐熟后全氮的含量,加快堆肥化进程。在添加尿素的基础上,添加微生物菌剂,显著加快果渣堆肥中 C/N 比的下降速度,促进堆肥腐熟进程的作用效果更明显,但两种微生物菌剂之间对堆肥化的促进作用效果无显著差异。

关键词:尿素;西番莲果渣;堆肥;微生物菌剂

中图分类号:S141.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-2043(2010)07-1399-04

Effects of Adding Urea Supplementary Nitrogen on High-Temperature Composting Process of Passion Fruit Marc

XU Zhi, TANG Li

(College of Resources and Environmental Science, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: The composting with passion fruit marc as raw material with adding urea and microbial agents Rongfeng and Faby was carried out to study the effects of adding urea as the supplementary nitrogen on composting process. The dynamic changes of temperature, C/N ratio, T-N, water-soluble $\text{NH}_4^+\text{-N}$ and water-soluble $\text{NO}_3^-\text{-N}$ contents during the composting were discussed. The results showed that adding urea could enhance the duration time of high temperature ($>50\text{ }^\circ\text{C}$), reduce the time of reaching environmental temperature; decline the content of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ rapidly and enhance the content of total nitrogen (T-N) and water-soluble $\text{NO}_3^-\text{-N}$. Inoculating microbial agents Faby and Rongfeng under adding urea, the C/N ratio of composting decreased significantly, the accelerating effect on composting was significant, but no significant difference was found between Faby and Rongfeng.

Keywords: urea; passion fruit marc; composting; microbial agent

西番莲 (*Passiflora caerulea* Linn.) 为西番莲科常绿草质藤本植物,原产南美巴西、巴拉圭等地,现广泛分布于世界热带和亚热带地区,在我国云南热带地区有大量种植。现在西番莲主要用于加工制成果汁或饮料添加剂^[1]。近年来随着国际、国内市场对西番莲果汁的需求量不断上升,云南的西番莲种植面积也逐步增加。由于在云南大部分西番莲的种植都采用有机种植的方式,肥料来源成了限制西番莲产量和西番莲产业

发展的主要限制因子之一。在生产西番莲榨汁的过程中会留下大量的果渣(果渣占鲜果重 60%),这些果渣里含有丰富的有机物和氮磷钾等养分元素,而堆肥化是当前有机废弃物无害化和资源化利用的重要途径之一^[2-3]。由于西番莲果渣的蜡质层较厚,C/N 比较高,单独堆肥腐熟较慢^[4-6]。利用无机氮素调节堆肥 C/N 比可以获得较快的堆肥速度^[7],同时微生物菌剂也可以加快西番莲果渣堆肥的腐熟进程^[8]。

本文结合云南地区西番莲生产区域多雨、无机氮源和辅料不好获得及西番莲果渣水分含量高的实际,以西番莲废果渣为基本原料,探讨利用尿素作为氮源调节 C/N 比的情况下西番莲果渣堆肥的腐熟效果,寻求西番莲生产中果渣等有机废弃物资源无害化和再利用的有效途径。

收稿日期:2009-12-25

基金项目:农业部 948 项目(2006-G62);公益性行业(农业)科研专项(200803030)

作者简介:徐 智(1980—),男,湖北公安人,博士,讲师,主要从事有机固体废弃物资源化利用方面的研究。

E-mail: xuzhicau@yahoo.com.cn; xuzhi9910@126.com

通讯作者:汤 利 E-mail: ltang@ynau.edu.cn

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验以西番莲废果渣作为堆肥的基本原料。西番莲果渣切成<3 cm 的小块。试验设在云南绿色版纳生态食品有限公司江城基地(普洱市江城县桥头河),试验用的西番莲果渣来自公司基地工厂。试验用的微生物菌剂商品名分别为榕风和福贝。榕风由昆明榕风生物有限公司提供,主要由芽孢杆菌属和梭菌属两类细菌中的枯草芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌等 10 种微生物组成。福贝由中国科技开发院云南分院提供,主要由绿色木霉、地衣芽孢杆菌、微白黄链霉菌、灰螺旋霉菌等组成。堆肥原料的主要成分见表 1。

表 1 主要堆肥原料的基本理化性质

Table 1 The basic physical and chemical properties of the compost material					
项目	pH	水分/%	总碳/C%	总氮/N %	C/N 比
西番莲果渣	4.28	82.0	44.3	1.4	31.5

1.2 试验设计

试验设纯果渣(CK),果渣+尿素,果渣+尿素+福贝,果渣+尿素+榕风 4 个处理。在堆肥前,添加 0.5% 的生石灰粉(重量比)调节西番莲废果渣 pH 值,添加一定比例尿素(0.5%,重量比)调节堆肥 C/N 比为 25 左右,微生物菌剂的添加量分别根据福贝和榕风微生物菌剂使用说明书的要求添加,即微生物福贝按菌料比 1:100(重量比)添加,榕风按每 1 500 kg 鲜料 100 g 菌剂添加。堆肥开始第 1 周每 3 d 翻 1 次堆,之后每周翻 1 次。每个堆肥处理堆体设置长、宽、高为 2.0 m×1.5 m×1.0 m 的长方体。整个堆肥过程在塑料防雨大棚中进行,堆肥过程中无水分调节,堆肥时间为 62 d。

1.3 采样及测定

1.3.1 采样方法

分别于堆肥第 0、3、6、13、20、27、34、48、62 d 采样。在翻堆充分拌匀后,按 5 点采样法,每处理每次采集 6 个混合样,其中 3 个混合样品风干测定全量,3 个混合样品作为鲜样现场保存于 4 ℃ 的冰柜中测定水溶性指标。

1.3.2 分析方法

在各处理 50 cm 深处分 3 个不同方向各插入 1 支温度计,每天上午 10:00 测 1 次温度。全氮、全碳量测定按分析方法^[8]进行,新鲜样品按固液比 1:10(W/V 以干重计),在 150 r·min⁻¹ 速度下振荡浸提 1 h,以

4 000 r·min⁻¹ 速度离心 20 min,过滤,滤液用于水溶性指标测定。水溶性 NH₄⁺-N 采用靛酚蓝比色法,水溶性 NO₃⁻-N 采用紫外分光光度法^[9]。

2 结果与分析

2.1 果渣堆肥进程中温度的变化

在西番莲果渣高温堆肥体系中,添加一定比例的尿素,对西番莲果渣高温堆肥中高温(>50 ℃)持续的时间、最后达到环境温度需要持续的时间等有一定的促进作用。与纯果渣(CK)相比,果渣+尿素、果渣+尿素+福贝和果渣+尿素+榕风的处理,>50 ℃ 的高温持续时间分别增加了 4、5、5 d,而达到环境温度需要持续的时间分别减少了 4、7、7 d,但果渣+尿素+福贝与果渣+尿素+榕风间无显著差异(表 2)。

表 2 西番莲果渣堆肥过程中温度的变化

Table 2 Temperature changes during passion fruit marc composting				
处理	达到 50 ℃ 所需时间/d	>50 ℃ 持续的时间/d	达环境温度需要时间/d	最高温度/℃
CK	10±1a	4±0b	59±1a	53±1d
果渣+尿素	9±1a	8±1a	55±1b	62±1c
果渣+尿素+福贝	9±1a	9±1a	52±1c	68±1a
果渣+尿素+榕风	6±1b	9±1a	52±1c	66±1b

注:同列中数值标注不同字母表示差异显著 P<0.05。

2.2 果渣堆肥进程中 C/N 比的变化

西番莲高温堆肥中 C/N 比随着堆肥时间的进行而降低,在堆肥腐熟后期趋于稳定(图 1)。西番莲堆肥腐熟后期,添加微生物菌剂的处理(果渣+尿素+福贝、果渣+尿素+榕风)C/N 比下降的速率显著快于 CK 和果渣+尿素的处理,但果渣+尿素+福贝、果渣+尿素+榕风处理间无显著差异。CK 和果渣+尿素的处理

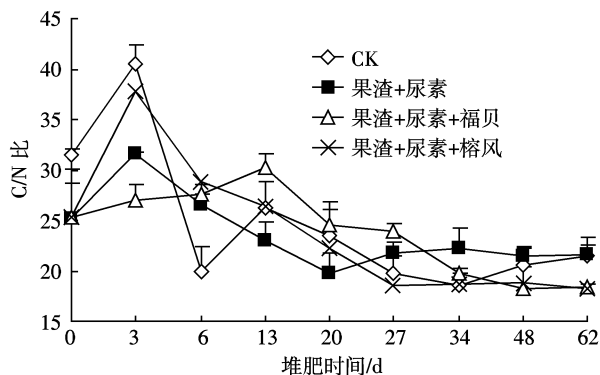


图 1 尿素对西番莲果渣堆肥过程中 C/N 比的影响

Figure 1 Effect of urea on the changes of C/N ratio during passion fruit marc composting

间在西番莲果渣堆肥后期 C/N 比也无显著差异。

2.3 果渣堆肥进程中水溶性 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的变化

如图 2-a 所示, 水溶性的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量的变化趋势是在堆肥化初期先迅速上升, 然后随着堆肥腐熟进程的加快, 水溶性的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量明显下降。添加尿素的各处理的水溶性 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量上升迅速, 并在 6 d 达到最高值后, 迅速下降, 至堆肥 20 d 时已趋平缓。而纯果渣处理 CK 的水溶性 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量上升缓慢, 在 20 d 才达到最高值。可能原因是, 尿素添加到西番莲高温堆肥体系中, 被很快分解氨化, 堆体 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量迅速上升。添加尿素的各处理, 在堆肥腐熟后期, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量下降速度明显快于 CK。

如图 2-b 所示, 添加过尿素的各处理的水溶性 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的含量在堆肥开始 3 d 后即迅速上升, 一直保持较快的增加。而纯果渣处理 CK 堆肥开始时 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量很低, 接近于零, 至堆肥 20 d 后才有明显增加。且加入菌种的处理(果渣+尿素+福贝、果渣+尿素+榕风)增加速度最快, 但二者之间无显著差异。

2.4 果渣堆肥进程中全氮的变化

由图 3 可以看出, 所有处理的总氮含量(T-N)在堆肥前期(0~3 d)都有一个下降阶段。然后逐渐上升, 最后稳定在一定的范围。在西番莲高温堆肥腐熟后期, 添加尿素的各处理(果渣+尿素、果渣+尿素+福贝、果渣+尿素+榕风)全氮含量显著高于 CK, 其中果渣+尿素处理的全氮的含量最高, 其次为果渣+尿素+榕风和果渣+尿素+福贝处理。

3 讨论

温度是堆肥化过程中的一个重要指标, 包括堆肥的快速升温过程和持续高温的过程都可能会影响堆肥

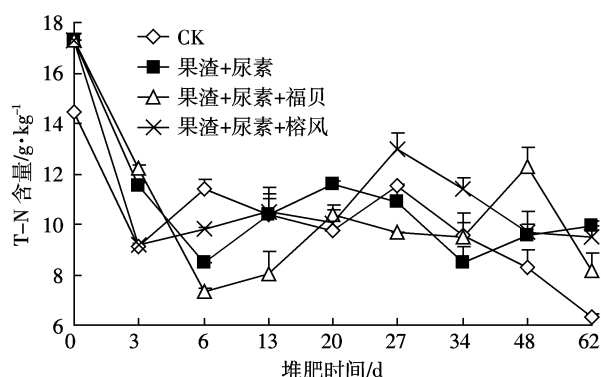


图3 尿素对西番莲果渣堆肥过程中 T-N 变化的影响

Figure 3 Effect of urea on the changes of T-N content during passion fruit marc composting

的进程。本试验各处理的堆肥升温($\geq 50^\circ\text{C}$)都超过了 6 d, 纯果渣处理甚至需要 10 d, 导致升温速度慢的原因可能和缺乏辅料、原料水分含量高(约 82%)有关。但是添加尿素和尿素+微生物菌剂处理的达到 50°C 的时间比纯果渣处理用的时间短, 持续高温时间($>50^\circ\text{C}$)较纯果渣处理时间长, 而且添加微生物菌剂的处理这两方面的效果都要明显。微生物(福贝和榕风)对西番莲果渣高温堆肥的促进作用与徐智等^[4-6]关于微生物接种剂在西番莲果渣堆肥上的研究报道一致。以尿素作为补充氮源对于堆肥的启动和促进堆肥的进程方面有积极作用, 这一点与张亚宁等^[7]的研究结果一致。

本文以 C/N 比下降程度、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的变化作为判断堆肥进程的指标。通常以 C/N 比降为 (15~20):1^[10] 和 (终点 C/N)/(初始 C/N) 值达 0.5~0.6 之间^[11] 时认为堆肥达到腐熟。本研究表明, 在堆料中添加尿素调节堆肥 C/N 比在 25 左右, 缩短了堆肥达到 50°C 所需时间, 显著增加高温持续时间和缩短达到环境温度时间,

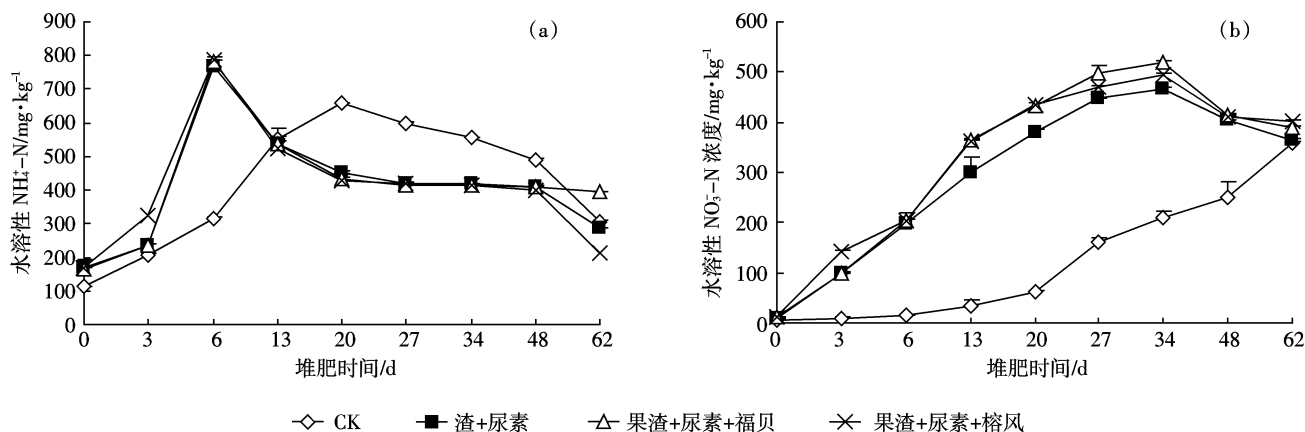


图2 尿素对西番莲果渣堆肥过程中水溶性 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ (a) 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ (b) 变化的影响

Figure 2 Effect of urea on the changes of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ (a) and $\text{NO}_3^-\text{-N}$ (b) content during passion fruit marc composting

有利于堆肥过程中 C/N 比的下降, 加快堆肥化进程。 NH_4^+-N 的缺失及减少是腐熟堆肥的标志, 当堆肥中的 NH_4^+-N 浓度 $<400 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时, 被认为已经腐熟^[12]。添加尿素的各处理, 在堆肥过程中, NH_4^+-N 含量下降速度明显快于纯果渣处理, 也进一步说明在西番莲果渣堆肥过程中添加尿素有利于堆肥化的进程。本研究也表明, 添加微生物后, NH_4^+-N 含量明显下降, NO_3^--N 含量明显提高, 说明西番莲果渣堆肥过程中添加微生物菌剂有利于促进堆肥的进程和提高堆肥品质, 这一点与微生物菌剂(和本研究一致的微生物菌剂)在西番莲^[5-6]和其他有机废弃物^[13]堆肥化上的研究报道一致。另外, 本研究还表明, 在添加尿素情况下, 微生物菌剂有利于西番莲果渣堆肥的全氮和 NO_3^--N 的提高, 进一步说明在堆肥过程中添加微生物菌剂有利于堆肥品质的提升。

添加尿素以后, 增加了氮元素的本底值, 因此堆肥过程中添加尿素有利于堆肥产品的全氮和 NO_3^--N 量的增加, 提高堆肥的肥料品质。但是, 以后的研究工作还应该从堆肥过程中氮的损失和固定情况来平衡尿素的添加量问题。

4 结论

在西番莲果渣高温堆肥体系中添加尿素, 增加堆肥过程中的高温持续时间 4 d, 缩短最后达到环境温度的持续时间 4 d, 堆肥腐熟后, NO_3^--N 的含量增加 2%, 全氮量增加 30%。在添加尿素的基础上, 加入合适的微生物菌剂(榕风和福贝), 增加堆肥过程中的高温持续时间 5 d, 缩短最后达到环境温度的持续时间 7 d, 进一步促进堆肥过程中 C/N 比降低, 加快腐熟进程, 堆肥腐熟后, NO_3^--N 的含量增加 9%~12%, 全氮量增加 50%~57%。

参考文献:

- [1] 农业部发展亚热带作物办公室编. 中国热带亚热带果树[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
Office of the Southern Subtropical Crops Development, the Ministry of Agriculture, P. R. C. China's tropical and subtropical fruit trees [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1998.
- [2] Li J, Xu Z. Current development of composting industry in China[J]. *Bio-cycle*, 2007, 8: 57-59.
- [3] 杨兴明, 徐阳春, 黄启为, 等. 有机(类)肥料与农业可持续发展和生态环境保护[J]. 土壤学报, 2008, 45(5): 925-932.
Yang X M, Xu Y C, Huang Q W, et al. Organic like fertilizers and its relation to sustainable development of agriculture and protection of eco-environment[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2008, 45(5): 925-932.
- [4] 徐 智, 毛昆明, 汤 利, 等. 榕风对西番莲果渣高温堆肥过程中氮变化的影响[J]. 云南农业大学学报, 2005(6): 800-803.
Xu Z, Mao K M, Tang L, et al. Effect of microbial strain Rongfeng on the nitrogen dynamic changes in passion fruit marc high-temperature homepost process[J]. *Journal of Yunnan Agricultural University*, 2005(6): 800-803.
- [5] 徐 智, 汤 利, 毛昆明, 等. 微生物菌剂福贝对西番莲果渣高温堆肥过程中氮变化的影响[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(增刊): 621-624.
Xu Z, Tang L, Mao K M, et al. Effects of microbial strain Faby on nitrogen dynamic changes in passion fruit marc high-temperature Compost Process[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2006, 25(Supplement): 621-624.
- [6] 徐 智, 汤 利, 李少明, 等. 两种微生物菌剂对西番莲果渣高温堆肥腐熟进程的影响[J]. 应用生态学报, 2007, 18(6): 1270-1274.
Xu Z, Tang L, Li S M, et al. Effects of two microbial agents on high temperature composting of passion fruit marc[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2007, 18(6): 1270-1274.
- [7] 张亚宁, 李国学. 化肥作为补充 N 源对堆肥碳素转化和污染物去除的影响[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(1): 154-157.
Zhang Y N, Li G X. Effect of supplementary nitrogen chemical fertilizer on carbon change and degradation of organic pollutants during composting[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2005, 24(1): 154-157.
- [8] 南京农业大学. 土壤农化分析[M]. 第三版. 北京: 中国农业出版社, 1999.
Nanjing Agricultural University. Soil and agricultural chemistry analysis [M]. 3rd Ed. Beijing: China Agriculture Press, 1999.
- [9] 国家环保局《水与废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 第四版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
National EPA. Analysis method of water and waste water [M]. 4rd Edition. Beijing: China Environmental Science Press, 2002.
- [10] Garcia C, Hernandez T, Fosta, et al. Evaluation of the maturity of municipal waste compost using simple chemical parameters[J]. *Commun Soil Sci Plant Anal*, 1992, 23(3): 1501-1512.
- [11] Morel T L, Colin F, Germon J C, et al. Methods for the evaluation of the maturity of municipal refuse compost. In composting of agriculture and other wastes[M]. London & New York: Elsevier Applied Science Publishers, 1985: 56-72.
- [12] Zucchini F, M Forte, Monac A, et al. Biological evaluation of compost maturity[J]. *Biocycle*, 1981, 22: 27-29.
- [13] 李少明, 汤 利, 范茂攀, 等. 不同微生物腐熟剂对废烟草废弃物高温堆肥腐熟进程的影响[J]. 农业环境科学学报, 2008, 27(2): 783-786.
Li S M, Tang L, Fan M P, et al. Effect of different microbial blends on high temperature composting maturity process of tobacco fine waste[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2008, 27(2): 783-786.