

## 添加菌剂和不同 C/N 对葡萄枝条堆肥效果的影响

次仁吉保<sup>1</sup>, 赵联芳<sup>1\*</sup>, 王成<sup>2</sup>, 路宗仁<sup>1</sup>

(1. 河海大学环境学院, 江苏南京 210024; 2. 句容市白兔镇农业服务中心, 江苏句容 212403)

**摘要** [目的]探究葡萄冬剪枝条资源再利用。[方法]采用好氧堆肥技术,将葡萄冬剪碎枝条与鲜鸡粪按不同比例混合进行堆肥处理,研究添加菌剂及鸡粪量对葡萄枝条堆肥进程及腐熟效果的影响。[结果]各处理中葡萄碎枝条与鲜鸡粪 1:1 比例混合、添加菌剂的处理 4 堆肥效果最好。在堆肥过程中,其温度能够在 3d 内上升至 50℃ 以上,并能持续 22 d 以上的堆肥高温期,能够有效的杀菌及降解难降解有机物。在堆肥 40d 时,其种子发芽率为 88.2%, C/N 降为 18.01,总养分含量为 4.85%。[结论]该研究将葡萄冬剪枝条堆肥化处理,对葡萄产业循环经济中实现减量、再利用和再循环具有重要意义。

**关键词** 冬剪枝条;鸡粪;堆肥;资源再利用

中图分类号 S141.4 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)02-0071-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.02.021



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

**Effect of Adding Microbial Agents and Different C/N on Composting of Grape Branches**CIREN Ji-bao<sup>1</sup>, ZHAO Lian-fang<sup>1</sup>, WANG Cheng<sup>2</sup> et al (1. College of Environment, Hohai University, Nanjing, Jiangsu 210024; 2. Jurong Baitu Town Agricultural Service Center, Jurong, Jiangsu 212403)

**Abstract** [Objective] The aim was to explore grape branches resource recycling. [Method] Using aerobic composting technology, mix the grape winter shredded branches and chicken manure in different proportions for composting. The effects of adding microbial agents and different chicken manure on the composting process and decomposition of grapes were studied. [Result] The results showed that the mixture of grape shreds and fresh chicken manure was mixed at a ratio of 1:1, and the treatment group 4 with added microbial agent had the best composting effect. In the composting process, the temperature could rise to above 50℃ within 3 days, and could last for more than 22 days in the high temperature period of compost, which could effectively sterilize and degrade refractory organic matter. When composted for 40 days, the seed germination rate was 88.2%, C/N decreased to 18.01, and total nutrient content was 4.85%. [Conclusion] This study carried out grape winter branches composting, it is of great significance to achieve reduction, reuse and recycling in the grape industry circular economy.

**Key words** Winter pruning branches; Chicken manure; Composting; Resource reuse

近年来,我国居民对葡萄酒的需求日益增加,致使葡萄种植面积急剧增加。据 2016 年葡萄与葡萄酒组织发布的最新行业统计,2000—2015 年内,我国占全世界葡萄园面积从 4% 上升到 11%,截至 2015 年我国的葡萄种植面积增长到 83 万 hm<sup>2</sup>。葡萄果树因其自身生长需求需要修剪枝条,每年冬季都会产生大量的枝条,但农民对枝条的利用率不高,常用作生活燃料,严重污染环境,所以提高葡萄枝条的资源利用率是亟待解决的问题<sup>[1-3]</sup>。

葡萄枝条中含有丰富的生物质能源,因堆肥具有降解木质素、环保、性能稳定等特点,能将葡萄枝条资源再利用,目前已受到越来越多的关注,有着非常广阔的前景<sup>[4]</sup>。陈雅娟等<sup>[5]</sup>研究秸秆、稻壳等易降解有机物堆肥,而对于果树枝条等难降解的有机物,目前还缺少相关的研究报道。

在葡萄枝条变为腐熟肥料的过程中,需要考虑各个因素,如水分含量、物料粒径、C/N 等因素影响堆肥物料转化效率,其中在堆肥过程中 C/N 对有机物的分解速率具有重要影响,因此,研究一个合适的 C/N 能够使堆肥有理想的分解速度<sup>[6-7]</sup>。同时据研究表明,在堆肥过程中添加菌剂能够加快堆肥中木质素的降解效率,因此添加生物降解菌可提高难

降解有机物的降解效率<sup>[8-11]</sup>。

为探究其葡萄枝条堆肥的实际效果,将 3 种 C/N 和有无菌剂的条件对堆肥物料的腐熟程度开展研究,分析堆肥过程中的 pH、水分含量、C/N 等因素的变化对堆肥腐熟效率的影响,促进葡萄冬剪枝条的堆肥化处理及其应用,对葡萄产业循环经济中实现减量、再利用和再循环具有重要意义。

**1 材料与方法**

**1.1 试验材料** 试验所用的葡萄碎枝条品种为巨峰葡萄果树枝条,来自江苏省句容市白兔镇永丰农庄葡萄果园修剪的枝条。枝条粉碎的粒径为 0.5~2.5 cm 的小段,鸡粪来自江苏东台市旺德福肥料有限公司。微生物堆肥菌剂为广州微元有限公司生产的堆肥快速腐熟剂。堆肥的基本理化性质见表 1。

表 1 堆肥材料的基本理化性状

Table 1 Basic physical and chemical properties of composting material

材料 Material	碳含量 Carbon content %	氮含量 Nitrogen content %	碳氮比 Carbon- nitrogen ratio	含水量 Water content %	pH
冬剪枝条 Winter shredded branches	97.5	0.72	135.42	13.34	6.58
鸡粪 Chicken manure	25.06	2.26	11.09	49.33	7.92

**1.2 试验设计** 该试验设计 6 个处理,处理 1:葡萄碎枝条与鲜鸡粪 1:0.8 混合;处理 2:葡萄碎枝条与鲜鸡粪 1:0.8 混合添加菌剂;处理 3:葡萄碎枝条与鲜鸡粪 1:1 混合;处理 4:

**基金项目** 江苏省科技支撑计划重点项目(BE2016357);国家自然科学基金资助项目(51209070)。**作者简介** 次仁吉保(1993—),男,西藏那曲人,硕士研究生,研究方向:水体污染控制与生态修复技术与理论。\*通信作者,副教授,博士,硕士生导师,从事水体污染控制与生态修复技术与理论方面研究。**收稿日期** 2018-09-28

葡萄碎枝条与鲜鸡粪 1:1 混合添加菌剂;处理 5:葡萄碎枝条与鲜鸡粪 1:1.5 混合;处理 6:葡萄碎枝条与鲜鸡粪 1:1.5 混合添加菌剂。将葡萄冬剪碎枝条和鸡粪充分混合进行堆肥处理,使混合物料含水率调节至 50%~60%,添加微生物菌剂的质量分数为 0.05%。堆肥反应器为容积 15 L 的密闭式发酵桶,试验共 40 d,在 0~20 d,每 4 d 翻堆一次,在 20~40 d,每周翻堆 1 次。在堆肥期每隔 2 d 取样 1 次,每次在堆肥前、后、左、右和中部选 5 个点进行取样,并充分混合后带回实验室,样品分成 2 份,1 份为鲜样,储存于 4 °C 冰箱中,24 h 内分析完毕;另 1 份自然风干,粉碎留做干样待测。

**1.3 项目测定** 每天 11:00 用超长水银温度计测量堆体多个中心部位温度,然后取温度平均值,同时记录环境温度。水分、pH、有机质、总氮、总磷和总钾的测定按《有机肥料标准 NY 525—2012 方法》测定。为了测定堆肥的效果,试验在灭菌的培养皿(直径 9 cm)内垫一张滤纸,均匀放入 30 粒油菜种子,然后加入堆肥浸提液 5.0 mL(10g 样品中加入 100 mL 蒸馏水浸泡 24 h 后过滤),放置在(25±1) °C 的培养箱中培养 48 h,测定发芽率和根长,每样品重复 3 次,以去离子水作空白对照,计算 GI 值。

$$GI = (\text{堆肥处理的种子发芽率} \times \text{种子根长}) / (\text{蒸馏水处理} \\ \text{的种子发芽率} \times \text{种子根长}) \times 100\% \quad (1)$$

## 2 结果与分析

**2.1 堆肥物料养分变化及效果评价** 如图 1 显示,在堆肥阶段后期,各处理有机质含量明显减少,主要原因是堆体内的微生物将物料中的有机质降解并转化为腐殖质<sup>[12-13]</sup>,其降幅范围为 18.96%~35.05%。其中处理 4 的养分降幅最大,这是因为菌剂的添加使堆体内降解木质素等难降解有机物菌群的数量增加,同时合适的 C/N 能够促进微生物菌群的发展,增加对有机物的降解效率。

各处理组堆肥中总氮、总磷、总钾含量都有所增加,主要原因是堆肥升温提高了微生物的活性、增加降解有机物的效率,生成大量可被植物吸收的有效态氮、磷、钾等化合物,同时合成新的高分子腐殖质,从而提高肥料肥力。各处理组的增幅范围分别为 0.06%~0.16%、0.04%~0.12%、0.06%~0.16%。

堆肥过程中添加菌剂的处理比未添加菌剂的处理养分增幅程度高。主要是因为菌剂的添加能够增加堆体中降解有机物的微生物数量,加快堆肥反应进程。从总养分含量分析,处理 4 的总养分值最高,主要原因是处理 4 在堆肥高温期时间及降解有机物的效率均高于其他处理组,且各处理组堆肥后总养分含量均高于 4%,均达到《有机肥国家标准 NY525—2002》中总养分≥4 的要求。

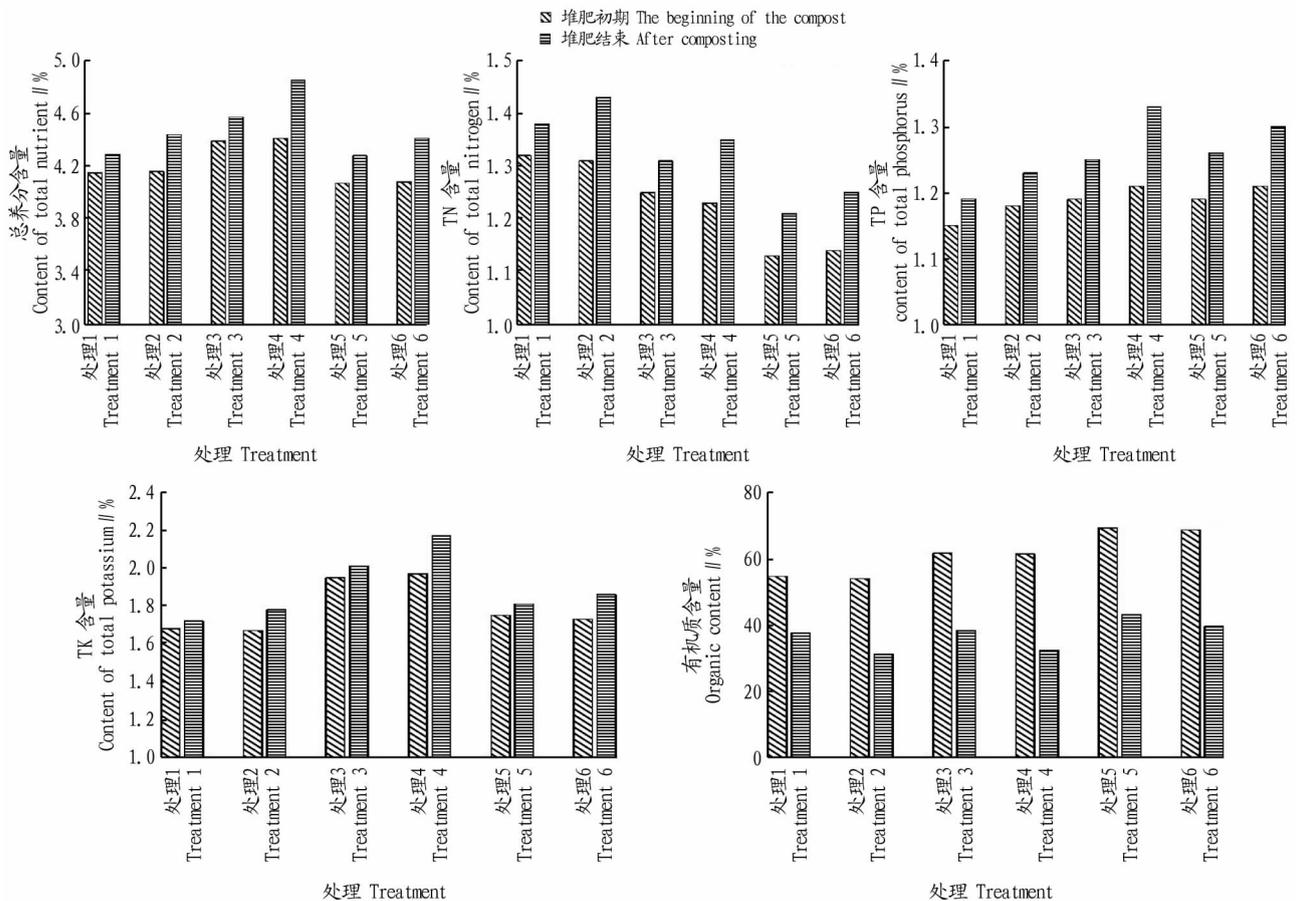


图 1 堆肥前后肥料养分变化状况

Fig.1 Nutrient change of fertilizer before and after composting

**2.2 种子发芽指数的变化** 种子发芽指数(GI)是判断堆肥

样品对植物毒性和堆肥是否腐熟的重要参数之一。Wang

等<sup>[14]</sup>认为当发芽指数大于 80% 时,可认为堆肥没有植物毒性,堆肥基本腐熟或堆肥产品质量合格。该试验以油菜种子为材料,测定 6 组处理不同取样时间下的堆肥物料对其发芽指数的影响。

由图 2 可知,随堆肥时间的延长,各处理组的种子发芽指数呈先下降后升高的趋势,这是因为堆肥前 3 d 内,堆肥浸提液中含有大量病菌,对植物的生长产生毒性,导致各处理组种子发芽指数降低,堆肥第 3 天之后,各处理组相继进入堆肥高温期,微生物中的高温菌种能够有效地杀灭病菌,降解有机碳源转化为腐殖质,提高堆肥养分,因此各处理组种子发芽指数呈现上升趋势。各处理组最初的种子发芽指数在 27.1%~28.5%;堆肥第 20 天时,各处理组间种子发芽率差异较明显,范围在 39.5%~63.2%,堆肥第 40 天时,范围在 63.2%~88.2%。从种子发芽指数大于 80% 这一标准判断,在堆肥结束后,处理 4、处理 5、处理 6 均能达到要求。其中处理 4 的种子发芽率达到 88.2%,表明该堆肥的产品质量符合且优于其他处理。

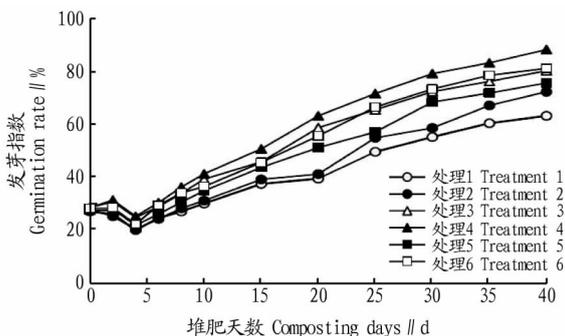


图 2 堆肥过程中种子发芽指数的变化

Fig.2 Change of seed germination rate in the composting process

**2.3 堆体理化性质的变化** 由图 3 可知,各处理组堆肥物料之间的温度变化趋势大致相似,经历升温期、高温期、冷却期和稳定期 4 个阶段。在堆肥升温阶段,接种菌剂的处理升温速度明显快于对照组,这是因为添加的微生物菌剂增加堆体中的微生物总量,加快对有机物的分解速率<sup>[15-17]</sup>。处理 4 的升温速度较其他处理升温快,堆肥高温期时间长。在堆肥后第 4 天迅速进入高温阶段,超过 50 °C 的高温阶段天数为 22 d,物料温度维持在 50~69 °C,能够有效利用高温菌种降解木质素等难降解有机物。同时在整个堆肥过程中,堆体温度与气温之间的相关系数在 0.55~0.75,相关性明显,因此外界气温对堆肥的影响较为明显。

图 4 显示了堆肥理化性质的变化,堆肥中各处理堆肥的起始含水量为 58.6%~59.5%,满足最佳含水量范围 50%~60% 的要求。在堆肥过程中,各处理组的含水量均呈现随时间递减的趋势,每个处理组间的含水量下降变化趋势接近,在第 30 天时除处理 1、2 外,其余的含水量<30.0%。此时处理 1、2 的含水率分别为 33.5%、31.1%,处理组 1、2 含水量高,这主要是因为堆体中鸡粪比例较高引起透气性能降低,氧气供应不足,升温困难,有机物降解速率降低,导致堆肥周期延长。

在堆肥初始阶段,各处理组的 pH 范围为 7.09~7.46。之

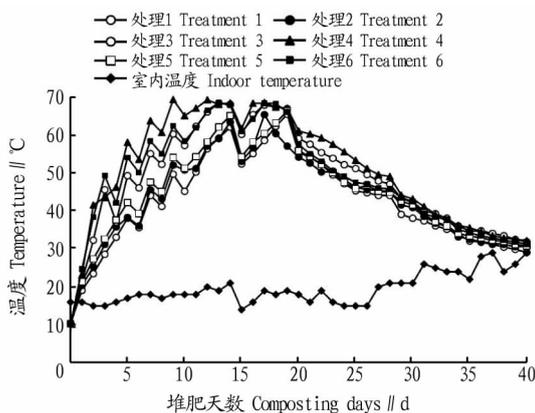


图 3 堆肥过程中温度的变化

Fig.3 Change of temperature in the composting process

后随堆体温度升高,各处理 pH 表现出随时间先升后降的变化趋势,这是因为在升温期的堆肥过程中  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  累积导致 pH 上升,高温期后,堆肥中的  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  浓度因微生物的同化作用、 $\text{NH}_3$  挥发损失及硝化作用而逐渐降低,导致 pH 降低<sup>[18]</sup>。堆肥结束时 pH 保持在 8.2~8.4 范围内,符合生物有机肥产品要求范围。其中处理 4 的 pH 变化较其他处理上升速度快,在各时间内 pH 也均高于其他处理,这与堆肥的升温进程是一致的,表明该处理堆肥中微生物最活跃。

堆肥初始阶段,合适的 C/N 决定了堆肥腐熟的效率,同时 C/N 变化是检验堆肥腐熟的一个重要指标。在堆肥过程中,微生物将有机碳源降解转化为  $\text{CO}_2$  和腐殖质,氮源一部分以氨气的形式散失,其余部分转化为硝酸盐和亚硝酸盐,堆肥腐熟时 C/N 降至 10~20<sup>[19-20]</sup>。

由图 4 可知,各处理组 C/N 值呈现先增后降的趋势,最后趋于稳定,这是因为堆肥前期温度、pH 升高,加快微生物降解有机物速率,但因堆体中葡萄枝条所含难降解的木质素较多,导致微生物降解有机氮的速率高于有机碳,因此在堆肥初期 C/N 值呈现上升趋势;堆肥后期随着有机碳的持续降解,C/N 呈现缓慢降低趋势。其中处理 4 的 C/N 值在第 5 天达到最高峰,之后呈现缓慢的下降趋势,30 d 时达到稳定。

### 3 结论与建议

(1) 在各堆肥处理组中,对养分、种子发芽指数的指标进行比较,各处理组堆肥中总氮、总磷、总钾含量都有所增加,其中葡萄碎枝条与鲜鸡粪 1:1 混合添加菌剂的处理 4 总养分为 4.8%,种子发芽指数达到 88.2%,表明该堆肥的产品质量符合且优于其他处理。

(2) 从堆肥的理化性质出发,在各处理堆肥中,葡萄碎枝条与鲜鸡粪 1:1 混合添加菌剂的处理 4 堆肥温度超过 50 °C 的天数为 22 d,物料温度维持在 50~69 °C,有效利用高温菌种降解木质素等难降解有机物。其 pH 变化较其他处理上升速度快,与堆肥的升温进程一致,进一步说明处理 4 中添加菌剂使堆肥中微生物更加活跃,其初始 C/N 为 28 左右,在 3 d 内升温到 50 °C 以上,处理 4 堆肥腐熟效率优于其他处理。说明适合的 C/N 比值对堆肥腐熟是至关重要的。

(3) 葡萄碎枝条与鲜鸡粪 1:1 混合添加菌剂的处理 4 肥

效优于其他处理组,同时该试验为冬剪葡萄枝条资源再利用提供了一条经济有效的途径,将葡萄枝条堆肥进行大力推广,能够将葡萄枝条资源循环利用,也能够为农民节省购买

肥料的支出。葡萄冬剪枝条的堆肥化处理及其应用,对葡萄产业循环经济实现减量、再利用和再循环具有重要意义。

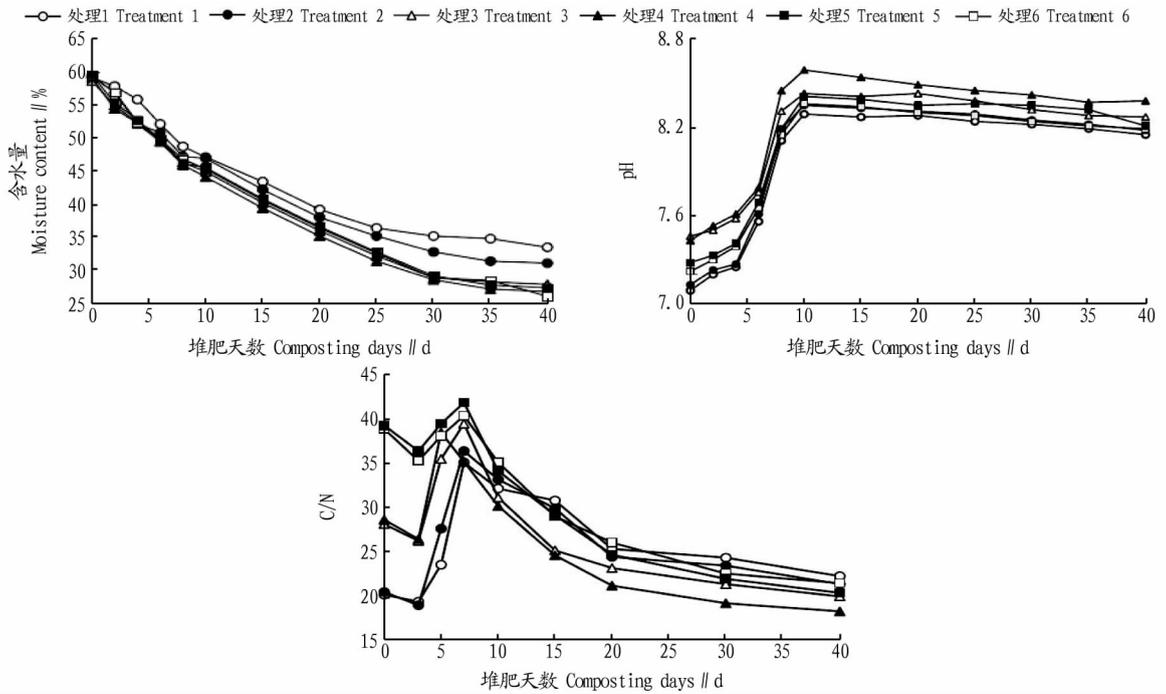


图4 堆肥理化性质变化

Fig.4 Change of physical and chemical properties of compost

#### 参考文献

- [1] LIU W, WANG S T, ZHANG J, et al. Biochar influences the microbial community structure during tomato stalk composting with chicken manure [J]. *Bioresource technology*, 2014, 154: 148-154.
- [2] 杨彩娟. 果园修剪枝条处理工艺及机械研究 [D]. 保定: 河北农业大学, 2013.
- [3] 王敦球, 龙腾锐, 张学洪. 城市固体废弃物堆肥工艺条件试验研究 [J]. *环境工程*, 2003, 21(1): 50-52.
- [4] 王引权. 葡萄冬剪枝条高温堆制化机理研究 [D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2005.
- [5] 陈雅娟, 霍培书, 程旭艳, 等. 物料 C/N 对鸡粪锯末高温堆肥腐熟过程主要指标的影响研究 [J]. *中国农业大学学报*, 2012, 17(5): 118-123.
- [6] AZIM K, FAISSAL Y, SOUDI B, et al. Elucidation of functional chemical groups responsible of compost phytotoxicity using solid-state  $^{13}\text{C}$  NMR spectroscopy under different initial C/N ratios [J]. *Environmental science & pollution research international*, 2018, 25(4): 3408-3422.
- [7] JIANG J S, LIU X L, HUANG Y M, et al. Inoculation with nitrogen turnover bacterial agent appropriately increasing nitrogen and promoting maturity in pig manure composting [J]. *Waste management*, 2015, 39: 78-85.
- [8] 朴仁哲, 姜成, 金玉姬, 等. 微生物菌群对鸡粪堆肥腐熟中物质变化的影响 [J]. *湖北农业科学*, 2006, 45(1): 110-113.
- [9] 冯红梅, 秦永胜, 李筱帆, 等. 添加菌剂和鸡粪对园林废弃物堆肥效果的影响 [J]. *北方园艺*, 2015(15): 156-160.
- [10] AWASTHI M K, WANG Q, CHEN H Y, et al. Beneficial effect of mixture of additives amendment on enzymatic activities, organic matter degradation and humification during biosolids co-composting [J]. *Bioresource technology*, 2018, 247: 138-146.
- [11] ZHANG M, LI J Y, CHEN D Y. Effects of inoculating microorganism agents on aerobic composting of chicken manure [J]. *Advanced materials research*, 2012, 518-523: 3345-3348.
- [12] BERNAL M P, ALBURQUERQUE J A, MORAL R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review [J]. *Bioresource technology*, 2009, 100(22): 5444-5453.
- [13] DIAS B O, SILVA C A, HIGASHIKAWA F S, et al. Use of biochar as bulking agent for the composting of poultry manure: Effect on organic matter degradation and humification [J]. *Bioresource technology*, 2010, 101(4): 1239-1246.
- [14] WANG P, CHANGA C M, WATSON M E, et al. Maturity indices for composted dairy and pig manures [J]. *Soil biology & biochemistry*, 2004, 36(5): 767-776.
- [15] PEIRCE C A E, SMERNIK R J, MCBEATH T M. Phosphorus availability in chicken manure is lower with increased stockpiling period, despite a larger orthophosphate content [J]. *Plant and soil*, 2013, 373(1/2): 359-372.
- [16] JIANG J S, HUANG H, HUANG Y M, et al. Relationship between maturity and microbial communities during pig manure composting by phospholipid fatty acid (PLFA) and correlation analysis [J]. *Journal of environmental management*, 2018, 206: 532-539.
- [17] CHOWDHURY M A, DE NEERGAARD A, JENSEN L S. Composting of solids separated from anaerobically digested animal manure: Effect of different bulking agents and mixing ratios on emissions of greenhouse gases and ammonia [J]. *Biosystems engineering*, 2014, 124: 63-77.
- [18] MARTINS O. Loss of nitrogenous compounds during composting of animal wastes [J]. *Bioresource technology*, 1992, 42(2): 103-111.
- [19] SROBINSON J. Release of nitrogen and phosphorus from poultry litter [J]. *J Evion Qual*, 1995, 24: 62-67.
- [20] STEINER C, DAS K C, MELEAR N, et al. Reducing nitrogen loss during poultry litter composting using biochar [J]. *Journal of environmental quality*, 2010, 39(4): 1236-1242.