



乔莉娟,焦云红,岳丹,等.蚯蚓堆肥过程中蚯蚓生长性能及基料主要酶活性研究[J].黑龙江农业科学,2019(11):61-64.

蚯蚓堆肥过程中蚯蚓生长性能及基料 主要酶活性研究

乔莉娟¹,焦云红¹,岳丹¹,王红军²,段保宁³

(1. 邯郸学院 生命科学与工程学院,河北 邯郸 056005;2. 临漳县畜牧水产局称勾动物防疫监督站,河北 邯郸 056600;3. 邯郸市农业局畜牧处,河北 邯郸 056000)

摘要:为促进蚯蚓堆肥技术在处理有机废弃物方面的利用,以污泥、玉米芯、苹果渣等为材料,设置初始碳氮比分别为 25:1、20:1 的实验组,在实验室模拟进行蚯蚓堆肥,测定蚯蚓堆肥过程中的蚯蚓生长性能及基料主要酶活性变化规律。结果表明:养殖时间能极显著影响蚯蚓的日增重倍数($P < 0.001$),基料起始比碳氮能显著影响蚯蚓的日增重倍数($P < 0.05$);两组基料中有机碳含量均呈下降趋势,总氮含量先上升后下降,脲酶含量先下降后上升然后又下降,蛋白酶含量初期略有增长之后呈下降趋势,且在堆肥期间 1 组脲酶含量和蛋白酶含量均显著高于 2 组($P < 0.05$);1 组基料的 C/N 与蚯蚓平均重呈低度负相关、与基料脲酶含量呈显著负相关、与蛋白酶含量呈显著正相关。总之,1 组比 2 组更利于蚯蚓的生长,利于脲酶和蛋白酶对基料相应物质的分解转化,建议在利用蚯蚓堆肥处理有机废弃物时,要注意堆肥配方起始碳氮比的调制。

关键词:蚯蚓堆肥;蚯蚓生长性能;酶活性

随着我国生态文明建设的开启,生活、工农业生产流通和消费过程中所产生有机废弃物的处置越来越受到重视,如农业作物秸秆、污泥等,焚烧可能产生雾霾、填埋可能导致大量占地等问题^[1]。蚯蚓是生态系统的有机物分解者,作为“活犁耙”可维持基料孔隙结构,蚯蚓堆肥技术是接种蚯蚓于有机废弃物的堆肥化过程,蚯蚓在堆肥系统中能够促进基料通风,为好氧微生物创造良好的好氧微环境,进而改善硝化作用^[2],促进蚯蚓生长和生产蚯蚓粪的同时,蚯蚓消化道分泌的各种酶类及微生物能够矿化释放有效养分^[3],使基料各种复杂的有机态养分转化为可溶性养分和腐殖质等^[4],还能影响基料酶活性,如脲酶、蛋白酶、磷酸酶、脱氢酶等多种酶。其中脲酶能影响尿素的转化,促进氮素循环和堆肥氮素利用^[5-6];蛋白酶主要参与含氮化合物的分解及转化,也是参与氮循环最重要的酶类^[7]。而这些酶的活性能反映基料肥力,直接或间接反映微生物的代谢活性^[8],且与堆肥过程中基料的腐熟程度关系十分密切^[9]。按照生物堆肥最佳碳氮比为 25:1~30:1^[10],而蚯蚓

在不同基料中的最适生长碳氮比也会有差别^[11-12],其中污泥蚯蚓堆肥过程中最适蚯蚓生长的碳氮为 25:1~35:1^[13],因此,本研究选取高氮素原料活性污泥再辅以玉米芯、苹果渣等高碳素原料,根据原料碳氮含量设计堆肥配方并通过预实验确定初始碳氮比分别为 25:1 和 20:1 的基料配方,研究堆肥过程中蚯蚓生长性能及基料中脲酶、蛋白酶的变化规律及其与基料碳氮比的关系,以为利用蚯蚓堆肥技术处理有机废弃物奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

供试蚯蚓为赤子爱胜蚓(*Eisenia foetida*)购自养殖公司,培养在母土中备用。

新鲜城市活性污泥(脱水)取自邯郸市某污水处理厂;玉米芯,购自农贸市场,粉碎成颗粒状(直径约 0.5 cm);榨汁后的苹果渣,自然堆置使其挥发去多余水分;所有原料使用前均调整至湿度为 60%。

基料的配制通过前期预实验确定活性污泥:玉米芯为 1:2(1 组)和 1:1(2 组)的质量比配制 1 350 g 的混合基料,然后每组再加入 150 g 苹果渣,充分搅拌均匀,再调节湿度和 pH(湿度为 60%,pH 为 7)即为实验用基料,然后将每组基料均分为 3 份,每份基料 500 g 放入 1 L 塑料烧杯,

收稿日期:2018-09-30

基金项目:河北省高等学校科学技术研究项目(ZD2019315);邯郸市科技计划项目(1464601095-5);邯郸学院自然科学研究课题(15203)。

第一作者简介:乔莉娟(1981-),女,博士,副教授,从事蚯蚓养殖及综合利用开发研究。E-mail: 86662923@qq.com。

作为 3 个实验重复备用。

1.2 方法

1.2.1 蚯蚓堆肥与饲养管理 将体重相近的蚯蚓用纯净水洗净然后用滤纸吸干蚓体表面水分,每份 16 条称初始蚯蚓重量后分别放入烧杯中,在每个烧杯上罩上双层的白色纱布,以防蚯蚓逃逸。蚯蚓堆肥试验期间每天观察蚯蚓生活情况并及时调整基料湿度。

1.2.2 样品的采集与处理 试验共进行 40 d,在放入蚯蚓的第 10、20、30 和 40 d 时,将每个烧杯蚯蚓全部捞出,用纯净水洗净然后用滤纸吸干蚓体表面水分,然后称量养殖一定时间后每个烧杯的蚯蚓总重,计算蚯蚓平均重、蚯蚓日增重倍数分析蚯蚓生长性能。同期将基料混匀后每个烧杯取 10 g 样品,自然风干后充分粉碎,过 60 目筛后,进行有机碳、总氮、脲酶和蛋白酶含量的测定。

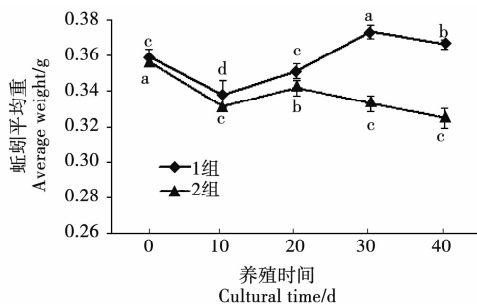
其中,蚯蚓平均重=养殖一定时间后成蚓总重/成蚓条数^[14],蚯蚓日增重倍数=(养殖一定时间后蚯蚓总重-初始蚯蚓重量)/(初始蚯蚓重量×培养时间)^[15]。式中养殖时间以 d 计算,蚯蚓重量以 g 计算。有机碳量参照重铬酸钾容量法测定有机质的方法只是公式中不再乘以常数 1.724;用海能 K9840 自动凯氏定氮仪测定总氮含量;脲酶用靛酚蓝比色法测定;蛋白酶用加勒斯江法蛋白酶测定。

1.2.3 数据分析 用 Excel 统计制图分析蚯蚓生长性能、基料中有机碳、总氮、脲酶和蛋白酶变化规律,利用 SPSS 统计软件分析养殖时间和组别对上述指标的影响及其相关性(以 $P<0.05$ 为显著性标准)。

2 结果与分析

2.1 蚯蚓生长性能结果与分析

养殖时间对蚯蚓日增重倍数有显著影响($P<0.05$),蚯蚓平均体重在实验的 0~10 d 呈下降趋势(图 1),其原因可能是由于 0~10 d 蚯蚓需要对新环境的适应,随后适应环境且营养充足,生长速度上升,随着基料物质的消耗蚯蚓生长受到抑制。起始碳氮比不同的两组蚯蚓的日增重倍数差异显著($P<0.05$),表明基料起始碳氮比对蚯蚓生长性能有重要性影响,其中 1 组配方在 10~30 d 时蚯蚓增重趋势明显,说明 1 组配方更适宜蚯蚓生长。



同一曲线中标有不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),下同

Different lowercaser in the same curves having the significant difference($P<0.05$),the same below

图 1 蚯蚓平均重变化

Fig. 1 Changes of earthworms average weight

2.2 基料中有机碳变化与分析

由图 2 可知,在蚯蚓堆肥过程中,基料中有机碳含量在 1~10 d 略有增加,随后呈下降趋势。原因可能是在堆肥初期蚯蚓处于对新环境的适应期,活动和吞吐能力不足,对基料中有机物含量影响不大;而蚯蚓逐渐适应了环境后,活动和吞吐能力开始增强,促进了基料及蚓粪中微生物对基料有机物的分解。

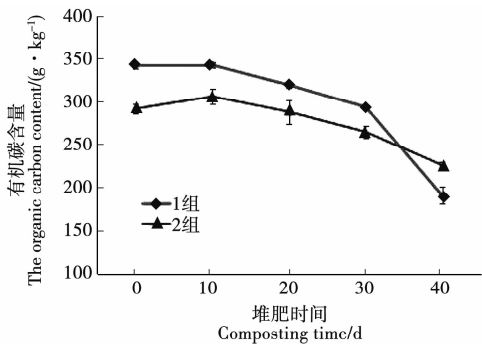


图 2 基料中有机碳含量变化

Fig. 2 Content changes of organic carbon in base stock

2.3 基料中总氮变化与分析

由图 3 可知,基料中总氮含量在 1~10 d 小幅度上升,10~30 d 呈下降趋势,30~40 d 急剧下降。原因可能是 0~10 d 蚯蚓不适应新环境摄食分解能力较低,而蚯蚓的排泄物尤其是含氮分泌物进入基料,导致基料中全氮含量升高,随后蚯蚓在新环境的活动和吞吐量增强,对食物的摄取和分解量开始增加,有机氮开始分解,30~40 d 蚯蚓的活动促进了硝化细菌等微生物的生长进而对基料中氮素的分解性能增强,促进全氮含量急剧下降。

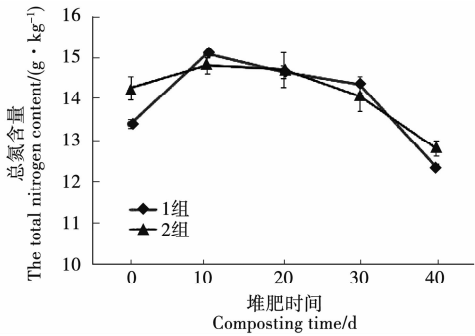


图 3 基料中总氮含量变化

Fig. 3 Content changes of total nitrogen in base stock

2.4 基料中脲酶变化与分析

由图 4 可知,两组的脲酶含量均先下降后上升然后又下降,原因可能是,在 0~10 d,蚯蚓以及相关微生物处于生存适应期,而后蚯蚓及微生物共同作用促进基料脲酶活性上升;在 30~40 d,基料脲酶活性均下降,可能原因是营养不足及蚯蚓生长下降。1 组脲酶上升势头及含量显著高于 2 组 ($P<0.05$),表明 1 组配方要比 2 组利于脲酶对尿素等的水解。

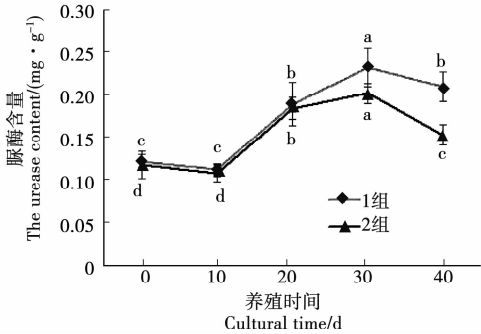


图 4 基料中脲酶含量变化

Fig. 4 Content changes of urease in base stock

2.5 基料中蛋白酶变化与分析

由图 5 可知,蛋白酶含量初期略有增长,之后呈下降趋势,原因可能是前期蚯蚓的活动使蛋白酶活性有所上升,在中后期由于有机质含量下降,导致了蛋白酶活性下降。本研究中 1 组蛋白酶活性显著高于 2 组蛋白酶活性 ($P<0.05$),表明 1 组配方更利于基料中含氮化合物的分解及转化。

2.6 基料中 C/N 变化与分析

由图 6 可知,两组的 C/N 均在堆肥过程中逐渐下降,1 组的下降趋势较明显,且两组碳氮比变化存在显著差异 ($P<0.05$)。另外,1 组基料 C/N 与蚯蚓平均重呈低度负相关、与脲酶含量呈显著负相关 ($P<0.05$),与蛋白酶含量呈极显著正相

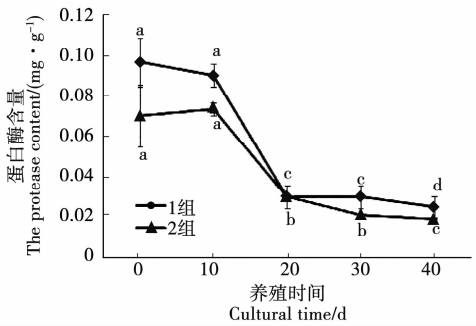


图 5 基料中蛋白酶含量变化

Fig. 5 Content changes of protease in base stock

关 ($P<0.01$) (表 1),表明在以起始 C/N 为 25:1 进行蚯蚓堆肥过程中基料的 C/N 对脲酶、蛋白酶活性影响较大。而蚯蚓平均重与基料脲酶含量呈极显著正相关 ($P<0.01$),与蛋白酶含量呈显著负相关 ($P<0.05$),基料脲酶含量与蛋白酶含量呈极显著负相关 ($P<0.01$) (表 1)。

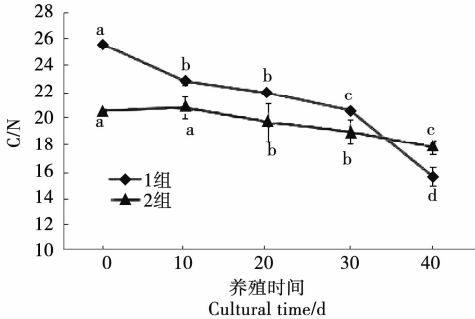


图 6 基料中 C/N 变化

Fig. 6 Changes of C/N in base stock

表 1 1 组 C/N 与蚯蚓平均重、基料中脲酶和蛋白酶含量相关性分析

Table 1 Correlation analysis of C/N, earthworms average weight, urease content and protease content in base stock of 1th group

项目	蚯蚓平均重 Earthworms average weight	C/N	脲酶含量 Urease content	蛋白酶含量 Protease content
蚯蚓平均重	1			
C/N	-0.317	1		
脲酶含量	0.688**	-0.600*	1	
蛋白酶含量	-0.521*	0.691**	-0.761**	1

注:**在 0.01 水平(双侧)上显著相关;*在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

Note: ** indicate significant correlation at 0.01 level (bilateral); * indicate significant correlation at 0.05 level (bilateral).

3 结论与讨论

本研究以初始碳氮比 25:1 进行蚯蚓堆肥的 1 组较低碳氮比的 2 组更利于蚯蚓的生长,1 组比 2 组更利于脲酶对基料尿素的水解和蛋白酶对基料含氮化合物的分解及转化。因此,在利用蚯蚓堆肥方法处理有机废弃物时,根据不同原料进行堆肥配方的设计时注重调制基料的初始碳氮比尤为重要。

本研究基料中脲酶整体变化趋势与徐轶群、李碧洁等研究一致,徐轶群等^[6]研究蚯蚓处理城市生活污水发现蛋白酶含量在堆肥过程中持续下降,而李碧洁^[7]研究发现基料中蛋白酶含量在前 15 d 呈上升趋势,随后又不断下降与本研究变化趋势相似。本文只是初步对以污泥、玉米芯、苹果渣为原料配制的两种初始碳氮比基料在蚯蚓堆肥过程中蚯蚓生长性能、基料有机碳、总氮以及脲酶和蛋白酶进行了研究对比,更广泛起始碳氮比情况下相关指标的变化规律还有待进一步研究。另外,由于城市污泥中通常含有一定量的重金属,而重金属可能抑制蚯蚓的生长^[16]、影响基料酶活性^[17]等,对相关指标的研究也可为蚯蚓堆肥处理有机废弃物以及开发相关堆肥产品奠定基础。

参考文献:

[1] 洪翩翩,周传斌.全生命周期视角下有机易腐垃圾分类与资源化利用[EB/OL]. 2018-07-12. <http://www.solidwaste.com.cn/column/926.html>.

[2] Aira M, Monroy F, Dominguez J. Earthworms strongly modify microbial biomass and activity triggering enzymatic activities during vermicomposting independently of the application rates of pig slurry[J]. Science of the Total Envi-

ronment, 2007, 385(1/3): 252-261.

[3] Kaviraj, Sharma S. Municipal solid waste management through vermicomposting employing exotic and local species of earthworms[J]. Bioresource Technology, 2003, 90(2): 169-173.

[4] 刘玉奇. 蚯蚓处理城市生活污水的技术研究[J]. 科技与企业, 2012(2): 105-106.

[5] 袁绍春. 蚯蚓处理污水污泥工艺及蚯蚓粪土地利用研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2012.

[6] 徐轶群, 封克, 王子波, 等. 城市生活污水蚯蚓处理过程中相关酶活性的动态变化特征[J]. 农业环境科学学报, 2010, 29(5): 995-999.

[7] 李碧洁. 城市污泥蚯蚓堆肥过程中的营养元素-酶活性及微生物动态研究[D]. 兰州: 西北师范大学, 2013.

[8] 邵森. 奶牛养殖场粪便堆肥处理技术研究[D]. 陕西: 西北农林科技大学, 2010.

[9] 于群英. 土壤磷酸酶活性及其影响因素研究[J]. 安徽技术师范学院学报, 2001, 15(4): 5-8.

[10] 唐景春. 生物质废弃物堆肥过程与调控[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2010.

[11] 袁嘉铭. 有机物料碳氮比调控对赤子爱胜蚓生长繁殖影响[D]. 广州: 华南农业大学, 2016.

[12] 高娟, 杨京平, 杨虎. 蚯蚓处理猪粪与秸秆的最适碳氮比及混合物腐熟度评价[J]. 应用生态学报, 2012, 23(3): 765-771.

[13] 孙文, 邢美燕, 杨健, 等. 污泥蚯蚓堆肥研究进展[J]. 环境工程, 2015(10): 90-94.

[14] 罗联. 不同农业废弃物配比对蚯蚓的影响及蚯蚓堆制物料的效果研究[D]. 成都: 四川大学, 2011.

[15] 刘波. 不同农作物秸秆配比对蚯蚓生长繁殖特性的影响及物料转化效率研究[D]. 成都: 四川农业大学, 2012.

[16] 刘昭兵. 蚯蚓对城市污泥中镉、铅及养分生物有效性的影响[D]. 武汉: 华中农业大学, 2007.

[17] 翁娜, 韩潇. 重金属污染对土壤酶活性影响的研究进展[J]. 农业开发与装备, 2016(10): 34-35.

Research on the Growth Characteristics of Earthworm and Enzyme Activity in Base Stock During Vermicomposting

QIAO Li-juan¹, JIAO Yun-hong¹, YUE Dan¹, WANG Hong-jun², DUAN Bao-ning³

(1. College of Life Science and Engineering, Handan College, Handan 056005, China; 2. Animal Prevention Supervision Station of Chenggou, Animal Husbandry and Fishery of Linzhang County, Handan 056600, China; 3. Animal Husbandry Department of Handan Agricultural Bureau, Handan 056000, China)

Abstract: In order to promote the utilization of earthworm composting technology in the treatment of organic waste, the paper analyzed the change law of growth characteristics of earthworm and enzyme activity in base stock. Vermicomposting was to carry out in with sewage sludge, corn cob and apple slag for materials. The initial C-to-N ratio was 25:1 and 20:1 of 1th and 2th group in this experiment. The results showed that the cultural time had significant effect on daily growth rate of earthworms ($P < 0.01$), the initial C-to-N ratio had significant effect on daily growth rate of earthworms ($P < 0.05$). The organic carbon content was going down in base stock, the total nitrogen content increased first and then decreased, the urease content tended to first down, then up and down. The protease content raised in the earlier days then declined. The urease content and protease content in 1th group was significant higher than 2th group ($P < 0.05$). The C-to-N ratio of base stock in 1th group was negatively correlated in low degree with earthworms average weight, was significant negatively correlated with the urease content ($P < 0.05$), were significant positively correlated with the urease content ($P < 0.01$). In a word, the growth characteristics of earthworm in 1th group was better than 2th group, and the base stock in 1th group was better for decomposition and transformation of related substances. It suggest to pay great attention to the initial C-to-N ratio in compost formula modulation during treatment of organic waste using vermicomposting.

Keywords: vermicomposting; growth characteristics of earthworm; enzyme activity