

丛玮玮,陈永林,陈小锦,等. 利用蚯蚓粪改良太湖底泥的效果[J]. 江苏农业科学,2016,44(10):475-478.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.10.137

利用蚯蚓粪改良太湖底泥的效果

丛玮玮¹, 陈永林¹, 陈小锦¹, 王卫娟¹, 曹雪林², 承杰², 张文清³, 姚粉霞¹, 盛海君¹, 钱晓晴¹

(1. 扬州大学环境科学与工程学院, 江苏扬州 225009; 2. 江苏科力农业资源科技有限公司, 江苏常州 213115;

3. 宿迁禾润农业科技有限公司, 江苏宿迁 223800)

摘要:底泥利用是指将疏浚底泥直接或经过改造后用于农田、林地、草地、湿地、市政绿化、育苗基质及严重扰动的土地修复与重建等方面,使底泥重新进入自然界的物质循环和能量流动。蚯蚓粪作为一种特殊的有机肥,富含植物生长所需的多种营养元素,同时蚯蚓粪还具有良好孔性、通气性和保水性。理论上用蚯蚓粪可以改善底泥物理性质、平衡底泥中的养分和提高有机质含量,将底泥改造成植物生产性能优良的人造土壤(也称技术新成土)。将蚯蚓粪与太湖底泥按一定比例混合、稳定化,研究其物理、化学性质及生物学性质的变化。设置 CK、T₁、T₂、T₃、T₄ 5 个处理,其中 CK 为空白,即太湖底泥(黑底泥),T₁、T₂、T₃、T₄ 处理的蚯蚓粪添加量分别为 5%、10%、15%、20%。试验结果表明,添加一定量的蚯蚓粪能有效改变底泥的物理、化学性质,使其能更好地适合植物生长,其中当蚯蚓粪添加量为 10% 时改良底泥效果达到最佳,最有助于白菜对氮、磷元素的吸收和茎叶的快速生长。

关键词:太湖底泥;蚯蚓粪;人造土;白菜

中图分类号: S156 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)10-0475-03

近些年来,随着我国经济社会的发展和人口的增加,大量的工业废水、生活污水和农业废水排入水体,污水中携带的污染物(重金属、难降解有机物等)和营养物(氮、磷等)不断积累于河流、湖泊和港湾等水体底泥中,使底泥成为潜在而又巨大的内污染源,如果不及时治理,将严重影响水环境质量甚至威胁到人们的日常生活。底泥作为水体的重要组成部分,是黏土、泥沙、有机质及各种矿物的混合物在水体传输的作用下,经过长期的物理、化学及生物的共同作用后,沉积于水体底部而形成的。因此,底泥中富含大量的营养物质,但同时它又是多种污染物的蓄积库^[1],它所积累的污染物质可作为二次污染源直接或间接对底栖生物或上覆水生物产生毒害作用^[2],并通过生物富集等过程,进入食物链影响人体健康。由于底泥的释放作用而对河流水质产生二次污染,会使水质恶化。蚯蚓粪作为一种特殊的有机肥料,最大特点是能将有机物、微生物和一些作物生长因子合理地结合起来改善土壤环境^[3],最终达到增肥、抗病、养土的目的^[4]。蚯蚓粪保水透气能力比一般土壤高 3 倍,有机质含量达 40% 左右,经过多次发酵和动物消化,所形成的有机质活性高。蚯蚓粪不仅易被植物利用,而且能促进土壤团粒结构的形成,提高土壤通透性、保水性、保肥力^[4-9],蚯蚓粪在盆栽试验中取得了明显的效果^[10],能提高作物生物量、果实品质和产量^[11]。理论上

讲,蚯蚓粪可以改善底泥物理性质,提高底泥中养分和有机质含量,充分发挥底泥的作物生产功能。

本试验将蚯蚓粪与太湖底泥按一定比例混合、培养、熟化稳定,改良底泥物理、化学性质,平衡其养分含量,以充分发挥底泥中的营养成分和蚯蚓粪促进土壤团粒形成的特殊功能,不同比例混合培养、稳定后形成新的人造土壤,其养分浓度普遍得到提高与优化,结构、容重等得到改善。人造土壤既可以就地使用,也可以作为一种特殊商品进入市场流通领域,作为市政绿化、污染土壤客土改良,或应用于林业、草业等实际生产中。

1 材料与方法

本试验于 2014 年 6—12 月年在扬州大学环境科学与工程学院盆栽实验场进行。

1.1 试验材料

供试底泥为取自太湖水体黑色淤泥层的底泥,简称黑底泥。黑底泥有机质含量 168.96 g/kg,硝态氮含量 4.18 mg/kg,铵态氮含量 9.88 mg/kg,速效磷含量 6.56 mg/kg,速效钾含量 183.24 mg/kg,pH 值 6.9,电导率 152.3 μS/cm。

供试蚯蚓粪取自扬州大学奶牛场蚯蚓养殖基地,为牛粪蚓粪,其有机质含量 418.55 g/kg,全氮含量 39.55 g/kg,全磷含量 14.86 g/kg,硝态氮含量 2 364.1 mg/kg,铵态氮含量 144.1 mg/kg,速效磷含量 1 541.2 mg/kg,速效钾含量 1 646.8 mg/kg,pH 值 6.6,电导率 124.5 μS/cm。

供试作物白菜(*Brassica chinensis*),品种为四月慢。

培养钵为上口长 17 cm、宽 10 cm、高 7 cm 的塑料花盆。

1.2 试验设计

试验设 5 个处理,蚯蚓粪的添加量(按质量计算)分别为混合物(底泥+蚯蚓粪)的 5%、10%、15%、20%,以不加蚓粪

收稿日期:2015-08-14

基金项目:江苏省产学研前瞻性联合研究项目(编号:BY2013063-09);江苏省常州市科技计划(编号:CE20142005)

作者简介:丛玮玮(1990—),男,江苏南通人,硕士研究生,主要从事农业资源利用方面的理论与技术研究。E-mail:1090702165@qq.com。

通信作者:钱晓晴,博士,教授,主要从事资源环境科学领域的教学与研究工作。E-mail:xiaoqingqian@163.com。

的自然底泥为对照(CK),各处理重复 3 次。每盆装混合物 1 kg,备用。

白菜于 10 月 30 日播种,每盆播种 50 粒,薄层覆盖后定量浇水,保持土壤湿润,置于日光下培养,试验期间根据实际情况适量补水,维持水分条件一致。11 月 7 日采样,进行生物量测定与根系扫描分析,11 月 30 日采收,对植株叶片进行叶绿素含量与养分含量测定。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 土壤理化性质 pH 值:水土质量比 5 : 1,pH 计测定;电导率:水土质量比 5 : 1,电导计测定;铵态氮含量:KCl 浸提,靛酚蓝比色法测定;硝态氮含量:KCl 浸提,紫外分光光度法测定;速效磷含量:0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提,钼蓝比色法测定;速效钾含量:1.0 mol/L NH₄OAc 浸提,火焰光度法测定;有机质含量:重铬酸钾容量法 - 外加加热法测定。

1.3.2 作物生物量 白菜生长 1 周后,各处理采样(3 株)后用称质量法测定鲜质量(包括新长成的幼枝和根系),进行差异性分析。

1.3.3 根系参数 白菜生长 1 周后,各处理采样后用流水冲洗白菜根系,采用数字化扫描仪(STD1600 Epson USA)进行扫描,借助配套的 WinRHIZO (Version 5.0a) 根系分析系统(WinRhizo Regent Instruments, Canada)分析根长、根表面积、根体积、根尖数等根系参数。单株测量,并进行差异性分析。

表 1 添加蚯蚓粪对土壤部分化学性质的影响

处理	pH 值	电导率 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	硝态氮含量 (mg/kg)	铵态氮含量 (mg/kg)	速效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)	有机质含量 (g/kg)
CK	6.95 \pm 0.035a	153.35 \pm 0.65e	22.6 \pm 0.75a	9.35 \pm 0.35d	6.03 \pm 0.03e	195.30 \pm 0.55c	169.3 \pm 0.30e
T ₁	6.70 \pm 0.030b	211.25 \pm 0.25d	94.3 \pm 0.10b	10.04 \pm 0.03d	87.72 \pm 0.72d	193.50 \pm 4.50c	188.4 \pm 0.45d
T ₂	6.65 \pm 0.015bc	319.50 \pm 2.50c	188.7 \pm 1.65c	12.27 \pm 0.37c	189.90 \pm 0.10c	204.55 \pm 0.55b	225.3 \pm 1.30c
T ₃	6.15 \pm 0.250bc	390.50 \pm 5.50b	427.9 \pm 11.94d	13.65 \pm 0.03b	284.90 \pm 0.10b	217.59 \pm 0.41a	238.0 \pm 0.70b
T ₄	6.57 \pm 0.000c	492.00 \pm 8.00a	519.8 \pm 2.98e	14.57 \pm 0.07a	303.50 \pm 0.50a	224.50 \pm 0.50a	256.2 \pm 1.60a

注:同列数据后不同小写字母表示差异达显著水平($P < 0.05$)。下表同。

2.2 添加蚯蚓粪对白菜部分根系形态特征参数的影响

表 2 为生长 1 周后白菜根系的一些特征参数,可以看出,随着蚯蚓粪添加比例的提高,根长、根尖数、根系面积、根体积、平均根直径均呈现出一定的增长趋势。根尖数、根长、根

1.3.4 茎叶营养生理指标 叶片叶绿素含量:白菜生长 30 d 后,取一定量的叶片,用 95% 乙醇溶液于 40 $^{\circ}\text{C}$ 浸提,分别测定 665、649、470 nm 处吸光度,计算叶绿素 a、叶绿素 b、胡萝卜素含量。

叶片全氮、全磷、全钾含量测定:白菜生长 30 d 后,称取一定量的叶片鲜样,硫酸 - 双氧水煮沸后,分别采用靛酚蓝比色法、钼锑抗比色法、火焰光度计法测定全氮、全磷、全钾含量。

1.4 数据分析与统计方法

对所获得的数据采用 Excel 2003、SPSS 等软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 添加蚯蚓粪对土壤部分化学性质的影响

添加不同比例蚯蚓粪后各处理土壤部分化学性质见表 1,可以看出,与自然底泥(对照)相比,添加蚯蚓粪后人造土 pH 值没有明显变化,保持在中性左右,能为植物生长提供有利的环境条件。电导率、有机质、硝态氮、速效磷含量随着蚯蚓粪添加量的增加,与对照相比出现显著($P < 0.05$)的增加。在一定范围内,蚯蚓粪的添加会给白菜的生长提供良好的环境条件。本试验中铵态氮和速效钾含量随着蚯蚓粪添加量的增加并没有出现明显的变化。

体积、根表面积都是添加 10% 蚯蚓粪的处理最大,进一步提高蚯蚓粪添加量使这些特征参数呈现降低的趋势。平均根直径随着蚓粪添加量的增加在不同处理间差异不明显,但都显著高于对照。

表 2 不同添加比例蚯蚓粪对白菜根系特征参数的影响

处理	根长 ($\text{cm}/\text{株}$)	根尖数 ($\text{条}/\text{株}$)	根表面积 ($\text{cm}^2/\text{株}$)	根体积 ($\text{cm}^3/\text{株}$)	平均根直径 ($\text{mm}/\text{株}$)
CK	13.54 \pm 7.66c	87.00 \pm 30b	6.15 \pm 0.77b	0.10 \pm 0.011c	0.65 \pm 0.11b
T ₁	12.70 \pm 0.91c	75.50 \pm 8.99b	9.23 \pm 2.02b	0.58 \pm 0.21ab	2.06 \pm 0.46a
T ₂	26.66 \pm 3.2a	147.00 \pm 22.05a	15.99 \pm 2.93a	0.82 \pm 0.27a	1.94 \pm 0.29a
T ₃	19.90 \pm 2.21bc	122.75 \pm 27.ab	12.00 \pm 1.69ab	0.59 \pm 0.11ab	1.93 \pm 0.2a
T ₄	20.15 \pm 2.1bc	88.50 \pm 7.9ab	11.54 \pm 2.00ab	0.56 \pm 0.17ab	1.84 \pm 0.28a

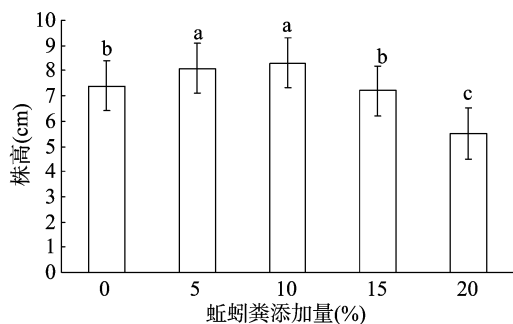
2.3 添加蚯蚓粪对白菜地上部株高及硝酸盐含量的影响

不同蚯蚓粪添加比例对白菜地上部株高及硝酸盐含量的影响见图 1、图 2。图 1 为各处理生长 1 周后白菜的株高,可见 5%、10% 2 个蚯蚓粪添加处理显著高于对照,并在蚯蚓粪添加量达到 10% 时株高达到最大;然而随着蚯蚓粪添加比例的不提高,白菜株高的增加幅度回落,T₄ 处理的株高甚至出现显著低于对照的现象($P < 0.05$)。从白菜株高的测量结果同样可以看出,过多地添加蚯蚓粪反而会抑制作物的生长。

图 2 比较各处理白菜叶片里硝酸盐的含量,可以看出,除了 5% 蚯蚓粪添加量处理下的白菜硝态氮含量比对照低以外,白菜的硝态氮含量随着蚓粪含量的增加不断提高,说明蚯蚓粪的过度添加会导致白菜体内硝态氮积累,从而影响白菜食用品质。添加 5%、10% 蚓粪时硝酸盐含量不超标,但蚯蚓粪添加量达到 15%、20% 时则导致白菜硝态氮含量超标。

2.4 添加蚯蚓粪对白菜种子发芽和幼苗生长量的影响

蚯蚓粪添加比例在一定范围内对白菜的发芽率并没有显



不同小写字母表示差异达显著水平($P<0.05$)。下图同

图1 不同添加比例蚯蚓粪对白菜株高的影响

著的影响(表3),然而当蚯蚓粪添加比例达到一定水平后白菜的发芽率降低,可能是由于蚯蚓粪含有较高浓度的盐,对白菜种子发芽产生一定的渗透胁迫。从表3还可以看出,各处理白菜在根质量和茎叶质量方面都随着蚯蚓粪添加比例的提

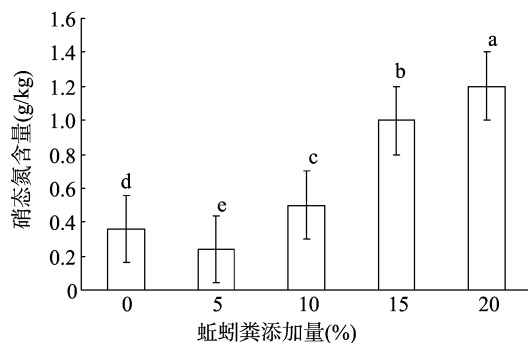


图2 不同添加比例蚯蚓粪对白菜叶硝酸盐的影响

高呈现先增后降的趋势,而且部分处理间存在显著性差异。综合来看,处理 T_2 的根质量、茎叶质量及总生物量最大且明显高于其他各处理。

表3 添加蚯蚓粪对白菜种子发芽和幼苗生长量的影响

处理	发芽率(%)	3株根质量(g)	3株茎叶质量(g)	3株总生物量(g)
CK	76.00 ± 1.1a	0.037 0 ± 0.002d	0.181 0 ± 0.005e	0.218 0 ± 0.007e
T_1	57.33 ± 4.8b	0.127 5 ± 0.008b	1.075 5 ± 0.02b	1.203 0 ± 0.012b
T_2	68.00 ± 6.4ab	0.171 0 ± 0.021a	1.569 5 ± 0.00a	1.740 5 ± 0.022a
T_3	60.00 ± 6.4ab	0.093 0 ± 0.006bc	0.719 0 ± 0.02d	0.812 0 ± 0.025d
T_4	58.70 ± 5.9ab	0.088 5 ± 0.0015c	0.804 0 ± 0.006c	0.892 5 ± 0.007c

2.5 添加蚯蚓粪对白菜叶片叶绿素含量及氮、磷、钾养分含量的影响

由表4可见,白菜的叶片叶绿素a、叶绿素b、类胡萝卜素含量均随蚯蚓粪添加比例的增加大体呈现增加的趋势,不过不是蚓粪添加量越高增加的趋势越明显,而是在 T_1 、 T_2 处理时达到相对最大值且与对照差异明显, T_3 、 T_4 处理反而出现了叶绿素的小幅度减少,但相对对照都有增加且差异显著,说明蚯蚓粪添加比例为 T_1 、 T_2 的处理最有利于叶绿素和类胡萝

卜素的合成,有利于白菜生长,过多的蚓粪可能会产生一定的盐害胁迫,不利于白菜幼苗生长和叶绿素含量的提高。叶片中全氮含量与叶绿素含量表现相同的趋势。随着蚯蚓粪添加比例的提高,叶片全磷的含量表现出明显的先增加后减的趋势,且各个处理间差异显著。随着蚓粪添加量的增加,各处理白菜叶片中全钾含量有所增加,但增加的幅度不明显,其中 T_1 、 T_2 处理与对照不存在显著性差异, T_3 、 T_4 处理与对照差异显著。

表4 不同添加比例蚯蚓粪对白菜叶片叶绿素含量及氮、磷、钾含量的影响

处理	叶绿素a含量(mg/g)	叶绿素b含量(mg/g)	类胡萝卜素含量(mg/g)	总叶绿素含量(mg/g)	全氮含量(%)	全磷含量(mg/kg)	全钾含量(mg/kg)
CK	0.36 ± 0.012c	0.11 ± 0.001b	0.14 ± 0.002c	0.46 ± 0.011c	0.241 0 ± 0.012c	170 ± 11.12e	1 356 ± 27.56c
T_1	0.56 ± 0.001a	0.17 ± 0.000a	0.21 ± 0.000a	0.73 ± 0.002a	0.521 0 ± 0.103a	350 ± 34.21d	1 477 ± 120.12c
T_2	0.44 ± 0.001b	0.14 ± 0.001ab	0.17 ± 0.001bc	0.57 ± 0.002b	0.421 0 ± 0.006b	701 ± 57.67a	1 462 ± 141.21c
T_3	0.42 ± 0.024b	0.12 ± 0.026ab	0.16 ± 0.006c	0.54 ± 0.002b	0.411 7 ± 0.010b	630 ± 30.76b	2 001 ± 164.20a
T_4	0.52 ± 0.031a	0.15 ± 0.012ab	0.19 ± 0.016ab	0.67 ± 0.044a	0.501 0 ± 0.004a	550 ± 54.12c	1 624 ± 70.20b

3 结论

蚯蚓粪含有丰富的高品质有机质和大量的营养物质,添加适量的蚯蚓粪可以改善底泥的有机质、硝态氮和速效磷含量等化学性质,提高土壤综合肥力,为作物提供良好的生长环境。

添加适量的蚯蚓粪会促进白菜幼苗的根系生长,有助于白菜对所需要的营养成分的吸收,但超过一定范围,添加蚓粪对白菜幼苗根系生长的促进作用会降低,这可能由于蚓粪含量过高对白菜幼苗所需营养物质的供应过剩,减缓了幼苗根系的生长。综合来看,在蚯蚓粪添加量为10%时,白菜幼苗根系生长状况最佳。

添加适量蚯蚓粪有利于提高白菜地上部分株高,并减少

白菜硝酸盐含量。然而并不是蚯蚓粪的添加量越多越好,过量的蚓粪添加量会抑制白菜的生长,影响株高并使得叶菜中硝酸盐含量增加,从而降低白菜的品质,综合来看,在蚓粪添加量为10%时,白菜的地上部分品质最好。

蚯蚓粪的添加有利于白菜叶片的叶绿素含量和类胡萝卜素含量的提高,增强叶片光合能力,提高白菜对氮、磷等养分元素的吸收,促进作物生长。综合来看,蚯蚓粪添加量在5%~10%时更有利于白菜叶绿素的合成,有利于白菜对土壤氮、磷的吸收,适合作物生长。

参考文献:

[1] Singh M, Ansari A, Muller G, et al. Heavy metals in freshly eposited sediments of the Gomati River (a tributary of the Ganga River): effects

孙丽静,蒋益成. 岭南不同园林植物根区土壤微生物功能多样性季节动态变化[J]. 江苏农业科学,2016,44(10):478-483.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.10.138

岭南不同园林植物根区土壤微生物 功能多样性季节动态变化

孙丽静¹, 蒋益成²

(1. 广东科贸职业学院, 广东广州 510430; 2. 四川农业大学旅游学院, 四川成都 611830)

摘要:利用 Biolog 微平板法研究岭南不同园林植物(草本、灌木和乔木)根区土壤微生物多样性群落特征及其季节动态。结果表明,植物根区土壤略显酸性,季节间 pH 值大小依次为春季 > 冬季 > 秋季 > 夏季,差异不显著;不同类型植物根区土壤养分含量排序基本为草本 > 灌木 > 乔木,不同季节根区土壤养分含量基本表现为夏季 > 秋季 > 春季 > 冬季;土壤微生物群落代谢颜色变化率(AWCD)随季节呈先增加后降低趋势,表现为草本 > 灌木、乔木;土壤微生物对不同种类碳源的利用强度存在较大差异,碳水化合物和羧酸类碳源是不同园林植物土壤微生物的主要碳源,其次为氨基酸类、酚酸类和聚合物类,胺类碳源的利用率最低;土壤微生物群落的物种丰富度以草本最高,灌木次之,乔木最低,随季节呈先增加后降低趋势。主成分分析结果表明,从 31 个因素中提取的在碳源利用中起主要贡献作用的是胺类和氨基酸类碳源;相关性分析表明,土壤养分和土壤 pH 值与微生物群落功能多样性密切相关,其中土壤 pH 值对土壤微生物群落功能多样性贡献为负,土壤养分对土壤微生物群落功能多样性贡献为正,这是造成园林植物土壤微生物群落多样性和根区土壤微生物群落功能多样性季节差异的主要原因。

关键词:园林植物;土壤微生物;群落多样性;季节动态;主成分分析;相关分析

中图分类号: S154.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)09-0478-06

岭南是指中国南方五岭之南地区,相当于现在广东、广西海南全境,以及湖南、江西等省的部分地区,现在提及“岭南”一词时,常特指广东、广西和海南三省(区)^[1-2]。岭南属东亚季风气候区南部,濒临海洋,具有热带、亚热带季风海洋性气候特点,以高温多雨为主要特征,太阳辐射量较多,光照时间较长,植物资源丰富,其中不乏具有良好观赏价值的园林植

物种类^[2-3]。在岭南地区的城市生态环境中,园林绿化植物作为城市-自然-景观复合生态系统的一部分,在减少阳光辐射、吸尘、增大空气湿度、净化空气、调节气候、改善城市生态环境等方面有着重要的作用^[4]。土壤养分影响着土壤的透水性、保墒性、缓冲性、耕性、通气状况和土壤温度等,其含量高低是表征土壤肥力高低的重要指标之一^[5-6];土壤微生物参与土壤有机碳分解、腐殖质形成、土壤养分转化和循环等过程,土壤微生物群落结构组成及活性变化是衡量土壤质量、维持土壤肥力和作物生产力的一个重要指标^[7-8]。受技术和方法的限制,以往的研究多侧重于对园林植物根际微生物数量等方面,而表现土壤微生物在组成和区系上的变化,还要结合土壤微生物多样性的研究。Biolog 为功能微生物群落变化较为敏感的指标,广泛应用于评价土壤微生物群落的功能多

收稿日期:2016-03-16

基金项目:国家教育部、财政部关于“高等职业学校提升专业服务产业发展能力”园林工程技术专业建设项目[编号:教职成厅函(2011)71号]。

作者简介:孙丽静(1981—),女,河南南阳人,硕士,讲师,主要研究方向为园林植物应用及森林培育。E-mail:Leejing_sun@163.com。

of human activities [J]. Environmental Geology, 1997, 29(3): 246-252.

[2] Sin S N, Chua H, Lo W, et al. Assessment of heavy metal cations insediments of Shing Mun River, Hong Kong [J]. Environment International, 2001, 26(5/6): 297-301.

[3] Arancon N Q, Edwards C A, Bierman P. Influences of vermicomposts on field strawberries: Part 2. Effects on soil microbiological and chemical properties[J]. Bioresource Technology, 2006, 97(6): 831-840.

[4] 周美荣, 孙振江, 申晓强. 蚯蚓粪的研究及应用[J]. 山西农业科学, 2012, 40(8): 921-924.

[5] 柏彦超, 周雄飞, 汪孙军, 等. 牛粪经蚯蚓消解前后理化性质的比较研究[J]. 江西农业学报, 2010, 22(10): 135-137.

[6] 宋忠俭, 赵海涛, 钱晓晴. 蚯蚓消解畜禽粪便生态资源化利用探析[J]. 现代农业科技, 2012(23): 228-230.

[7] 王凤艳. 蚯蚓粪对土壤的影响[J]. 吉林农业, 2005(10): 25.

[8] 裴庆海. 蚯蚓粪的优点、作用和对土壤的影响[J]. 农村实用科技信息, 2005(10): 18.

[9] 张洪钦, 董廷涛. 蚯蚓粪改良老化土壤效果好[J]. 技术与市场, 2004(1): 29.

[10] Arancon N Q, Edwards C A, Babenko A, et al. Influences of vermicomposts, produced by earthworms and microorganisms from cattle manure, food waste and paper waste, on the germination, growth and flowering of petunias in the greenhouse[J]. Applied Soil Ecology, 2008, 39(1): 91-99.

[11] Zaller J G. Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties [J]. Scientia Horticulturae, 2007, 112(2): 191-199.