

灰黄霉素菌渣土壤调理剂在不同作物上的应用效果

冷远鹏, 段路路*, 李江龙 (上海化工研究院有限公司, 上海化学品公共安全工程技术研究中心, 上海 200062)

摘要 [目的]研究灰黄霉素菌渣土壤调理剂在不同作物上的应用效果。[方法]利用催化氧化集成快速无害化处理的灰黄霉素菌渣,复配腐殖酸,造粒生产出不同菌渣配比的颗粒状灰黄霉素土壤调理剂,并通过盆栽和大田试验研究灰黄霉素土壤调理剂在玉米和谷子上的应用效果。[结果]随着调理剂中灰黄霉素菌渣配比的提高,玉米和谷子的株高、茎粗、生物量和产量均有不同程度的提高。复配比例为1:1的灰黄霉素菌渣土壤调理剂能够显著提高谷子、玉米产量,与未施用土壤调理剂的空白对照相比,大田小区试验的谷子产量为13 481.70 kg/hm²,增产54%;玉米产量为17 368.65 kg/hm²,增产18%。[结论]灰黄霉素菌渣具有比腐殖酸更优越的增产效果。

关键词 灰黄霉素菌渣;土壤调理剂;应用效果

中图分类号 S-3 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)35-0120-04

The Use Efficiency of Griseofulvin Residue Soil Conditioner in Different Crops

LENG Yuan-peng, DUAN Lu-lu, LI Jiang-long (Shanghai Research Institute of Chemical Industry, Shanghai Engineering Research Center of Chemical Administration for Public Safety, Shanghai 200062)

Abstract [Objective] To study use efficiency of griseofulvin residue soil conditioner in different crops. [Method] The research used a fulvine bacterial residue after the catalytic oxidation integrate with rapid harmless process to mix with humic acid and then granulated into fulvine soil amendments with different residue content. Application efficiency in millet and corn was studied by the pot test and the field plot test. [Result] The plant height, stem diameter, biomass and the yield of millet and corn were all increased in different degrees with the griseofulvin residue content in the conditioner. By applying the fulvine bacterial residue/humic acid with mixed ratio of 1:1, the maximum yields of millet and corn were harvested. Compared with the blank which no soil modifier was used, the treatment applied with soil modifier of 1:1 fulvine bacterial residue/humic acid gain achieved 13 481.70 kg/hm² of millet and 17 368.65 kg/hm² of corn, with 54% and 18% increase ratios, respectively. [Conclusion] A better applied efficiency of fulvine bacterial residue than the humic acid.

Key words Griseofulvin residue; Soil conditioner; Applied efficiency

我国是世界最大的抗生素原料药生产和出口大国,生产超过70种抗生素,占全球生产总量的70%,每年将产生数百万吨抗生素菌渣^[1-3]。抗生素菌渣是抗生素生产过程中,含产品抗生素的发酵液和副产物残渣液固分离后留下,包含未被完全提取的微量抗生素及其他代谢产物、未被抗生素产生菌完全利用的各种不溶性成分(淀粉和黄豆粉等复合碳氮源、不溶性盐等)以及抗生素产生菌菌体的残渣^[4-5]。

我国抗生素生产量和消耗量较世界其他地区更为严重,且我国医疗卫生抗生素使用缺少监管,抗生素滥用情况极其频繁,另外抗生素废水处理工艺不尽如人意,直接导致我国土壤环境中抗生素污染问题突出,对人体健康构成了极大的潜在威胁^[6-11]。此外,抗生素菌渣未经处理直接进入自然环境会诱发和传播大量耐药菌。抗生素在地表水和河流等水体中会形成一个高浓度的区域,在此区域内,环境致病菌耐药性的增加和扩散,将会对人类公共健康构成潜在威胁;抗生素菌渣未经处理直接做养殖饲料,抗生素将进入食物链,最终严重影响食品安全^[12-15]。因此,笔者在前期生态风险评估结果的基础上,利用安全剂量的灰黄霉素菌渣复配腐殖酸,造粒生产出不同菌渣配比的颗粒状土壤调理剂,探讨该类废弃物的资源化利用途径^[16-18],优选出灰黄霉素菌渣与腐殖酸的最佳配比,以期制定相关产品标准提供技术支持。

1 材料与与方法

1.1 试验材料 试验所用抗生素菌渣为某制药公司生产灰

黄霉素所得副产物,经催化氧化集成快速无害化处理后,总氮含量4.10%,总磷含量0.32%,有机质含量64.44%,灰黄霉素含量18.41 mg/kg,水分含量7.4%。

1.2 灰黄霉素菌渣土壤调理剂的制备 将灰黄霉素菌渣与腐殖酸按1:1、1:2及1:3的复配比例混合均匀,风干、粉碎,经计量后投入复合肥生产专业用的小型圆盘造粒机中,一边逆时针旋转,一边喷入黏合剂,待污泥成球后烘干、过筛,制得A、B、C 3种土壤调理剂。其中,A为灰黄霉素与腐殖酸复配成1:1的土壤调理剂,B为灰黄霉素与腐殖酸复配成1:2的土壤调理剂,C为灰黄霉素与腐殖酸复配成1:3的土壤调理剂。

1.3 试验设计

1.3.1 盆栽试验设计。 试验于2017年5月在上海化工研究院有限公司玻璃温室中进行,试验所用土壤采自内蒙古自治区赤峰市宁城县八里罕镇赵家沟村的棕壤土,采样深度为0~20 cm,质地为砂壤土。新鲜土样采集后拣去植物残体,风干,过2 mm筛,用于土壤基本理化性质的测定。土壤基本理化性质:pH 8.16,有机质12.0 g/kg,全氮1.21 g/kg,速效磷9.12 mg/kg,速效钾112.5 mg/kg,土壤容重1.3 g/cm³,田间持水量30%。盆栽所用盆为塑料盆,每盆装土7.5 kg。

选取A、B、C 3种土壤调理剂,A型土壤调理剂设低、中、高3个水平,B和C设1个水平,每种作物设A₁、A₂、A₃、B₁、C₁和CK对照6个处理,每个处理4个重复,其中A₁、A₂、A₃、B₁、C₁各处理土壤调理剂的施用量分别为10、20、40、20和20 g/kg,每盆装土7.5 kg。各处理施用肥料分别为复混肥料(20-8-12)、过磷酸钙和硫酸钾,每盆施用量相同,复混肥料(20-8-12)、过磷酸钙和硫酸钾的施用量分别为3.75、3.87和0.94 g/盆。分别在第12、30、51、75及95天量取作物的株

基金项目 上海市科学技术委员会项目(18DZ2280700)。

作者简介 冷远鹏(1990—),男,贵州遵义人,工程师,硕士,从事肥料质量检测及标准化研究。*通讯作者,教授级高级工程师,博士,从事肥料质量检测及标准化研究。

收稿日期 2018-08-01

高和茎粗,第95天收获并统计作物地上部鲜重和产量。

1.3.2 大田试验设计。大田小区试验在内蒙古自治区赤峰市宁城县八里罕镇赵家沟村常年耕作用地上进行,同样选取A、B、C 3种土壤调理剂,A型土壤调理剂设低、中、高3个水平,施用量分别为1 500、3 000、6 000 kg/hm²,B型和C型土壤调理剂设1个水平,施用量为3 000 kg/hm²。以谷子、玉米作为受试作物,每种作物设A₁、A₂、A₃、B₁、C₁和CK对照6个处理,每个处理小区面积为8 m×3 m,每个处理4个重复,随机区组排列。其中A₁、A₂、A₃、B₁、C₂各处理小区土壤调理剂的施用量分别为3.6、7.2、14.4、7.2和7.2 kg。各处理施用肥料为复混肥料(15-15-15),每小区肥料用量为2.5 kg。谷子于2017年4月21日播种,2017年9月22日收获,共计154 d。玉米于2017年4月25日播种,2017年10月10日收获,共计168 d。

1.4 测定项目与方法 有机质采用重铬酸钾-硫酸氧化法测定;总氮采用凯氏定氮法测定;速效磷采用0.5 mol/L

NaHCO₃ 浸提,钼锑抗比色法测定;速效钾采用1 mol/L CH₃COONH₄ 浸提,火焰光度法测定;灰黄霉素采用高效液相色谱法测定(灰黄霉素的最低检出限为0.28 mg/kg)

灰黄霉素、土壤及植株分析方法按照《土壤农业化学分析方法》^[19]进行。

2 结果与分析

2.1 灰黄霉素菌渣土壤调理剂对谷子生长的影响 在盆栽土壤中,添加不同用量的灰黄霉素菌渣土壤调理剂并与土壤混匀,然后种植谷子。由图1可知,灰黄霉素菌渣土壤调理剂与对照相比在谷子株高、茎粗生长上无显著差异,以灰黄霉素菌渣:腐殖酸为1:1,盆栽试验施用量40 g/kg土的A₃处理为例,在第95天谷子茎粗0.619 cm,谷子株高111.5 cm;对照谷子在第95天茎粗0.556 cm,谷子株高107.1 cm,但对比对照样与其他处理,对照植株明显偏浅绿,基部叶片黄化枯焦甚至死亡,表现出明显的氮、磷缺素特征。

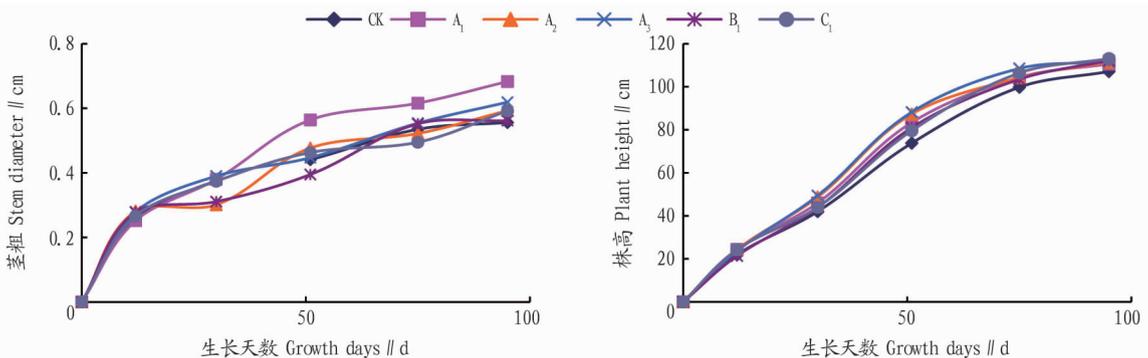


图1 盆栽试验谷子生长情况

Fig. 1 The growth of millet in pot test

从图2可以看出,施用灰黄霉素菌渣土壤调理剂处理的谷子地上部鲜重和产量显著高于对照,前者产量比对照提高了1~2倍,且随着调理剂用量的增加,产量持续升高。灰黄霉素菌渣和腐殖酸复配比例1:1的A₂调理剂对产量的提高高于B₁、C₁处理,说明灰黄霉素菌渣比腐殖酸具有更好的效果。

地上部鲜重指标也呈类似的趋势。对照地上部鲜重为45.74 g,而施用土壤调理剂的地上部鲜重为65.08~98.18 g,地上部鲜重提高42.3%~115.0%。谷子产量提高112%~205%,产量的提高比例高于地上部鲜重的提高比例,说明该土壤调理剂主要促进了谷穗的生长,具有显著提高谷子产量的效果。

为研究灰黄霉素菌渣土壤调理剂在实际耕作环境中对谷子生长的影响,在内蒙古赤峰市一块农耕用地上进行了大田小区试验,结论与盆栽试验相一致。由表1可知,施用灰黄霉素菌渣土壤调理剂处理的谷子株高与对照差异不显著,但在地上部重、穗长、穗重指标上均优于对照。与对照相比,谷子增产42.5%~53.6%。

比较A₁、A₂及A₃3个处理,灰黄霉素菌渣和腐殖酸比例1:1的调理剂施用量从1 500 kg/hm²增加到3 000 kg/hm²

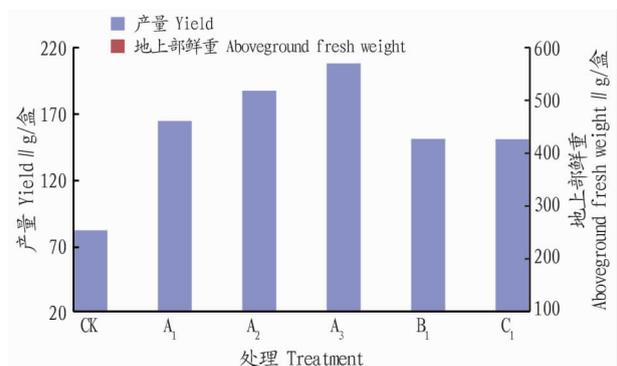


图2 盆栽试验谷子产量及地上部鲜重

Fig. 2 The yield and the aboveground fresh weight of millet in pot test

后,谷子产量从13 056.6 kg/hm²提高到了13 481.7 kg/hm²,但继续增加调理剂的用量,产量反而下降,说明过多的调理剂反而过度促进谷子植株中株干、穗壳等部分的生长,无益于果实部分的生长,3 000 kg/hm²是更适合的施用量。

比较A₂、B₁及C₁3个处理,随着灰黄霉素菌渣和腐殖酸比例从1:1下降到1:4,产量从13 481.70 kg/hm²减小到12 506.25 kg/hm²,说明灰黄霉素菌渣比腐殖酸具有更为优越的增产效果。

表1 大田试验谷子生长情况
Table 1 The growth of millet in field test

处理 Treatment	株高 Plant height cm	地上部鲜重 Aboveground fresh weight//g/株	穗长 Ear length cm	穗重 Panicle weight g	小区产量 Plot yield kg/m ²	产量 Yield kg/hm ²	增产率 Increased rate//%
A ₁	201.4	135.0	24.4	28.7	1.31	13 056.60	48.7
A ₂	194.9	127.5	24.7	29.3	1.35	13 481.70	53.6
A ₃	194.8	142.5	27.8	38.9	1.27	12 731.40	45.0
B ₁	187.2	137.5	25.8	28.6	1.26	12 556.35	43.0
C ₁	194.5	139.8	24.4	29.2	1.25	12 506.25	42.5
CK	199.7	107.5	22.9	23.1	0.88	8 779.35	—

由表2可知,灰黄霉素菌渣对试验后土壤的改良效果优于腐殖酸。同为3 000 kg/hm²施用量的A₂、B₁及C₁3个处理,试验后土壤的有机质、全氮及速效磷均随着灰黄霉素菌渣比例的提高而提高,其中以速效磷含量的提高最明显。从C₁处理的2.18 mg/kg提高到A₂处理的3.32 mg/kg。试验后,所有灰黄霉素均为未检出,说明该施用量下的灰黄霉素在一个谷子耕作周期内能够完全分解,不会带来抗生素残留风险。灰黄霉素菌渣能够直接用做有机肥料,实现弃置废弃物的资源化利用。

表2 试验后土壤的理化性状

Table 2 Physical and chemical properties of soil

处理 Treatment	有机质 Organic matter g/kg	全氮 Total nitrogen g/kg	速效磷 Available phosphorus mg/kg	灰黄霉素 Griseofulvin mg/kg
A ₁	14.4	1.20	5.84	≤0.28
A ₂	14.7	1.30	3.32	≤0.28
A ₃	14.8	1.42	4.31	≤0.28
B ₁	14.6	1.24	2.39	≤0.28
C ₁	12.8	1.24	2.18	≤0.28
CK	12.0	1.21	2.12	≤0.28

2.2 灰黄霉素菌渣土壤调理剂对玉米生长的影响 为考察灰黄霉素菌渣对多种禾本科粮食作物的影响,在盆栽土壤中,添加不同用量的灰黄霉素菌渣土壤调理剂并与土壤混匀,然后种植玉米。由图3可知,与谷子类似,灰黄霉素菌渣土壤调理剂与对照相比在玉米植株的株高、茎粗生长上无显著差异,以灰黄霉素菌渣:腐殖酸为1:1,盆栽试验施用量40 g/kg土的A₃处理为例,在第95天玉米茎粗1.450 cm,玉米株高201.6 cm;对照玉米在第95天茎粗1.357 cm,谷子株高181.5 cm,但对比对照与其他处理,对照植株明显偏浅绿,基部叶片黄化枯焦甚至死亡,表现出明显的氮、磷缺乏特征。且对照玉米茎粗在75 d达到最终水平,而施用调理剂的玉米茎粗在50 d已稳定,表明调理剂的加入促进了植株的生长。

从图4可以看出,施用灰黄霉素菌渣土壤调理剂处理的玉米地上部鲜重和产量显著高于对照,前者产量比对照提高了0.2~0.7倍,但产量最高的调理剂为灰黄霉素菌渣和腐殖酸比例1:1,施用量为10 g/kg土的A₁处理。随着调理剂用量的增加,产量反而降低,说明玉米对调理剂的需求量比谷子更低。

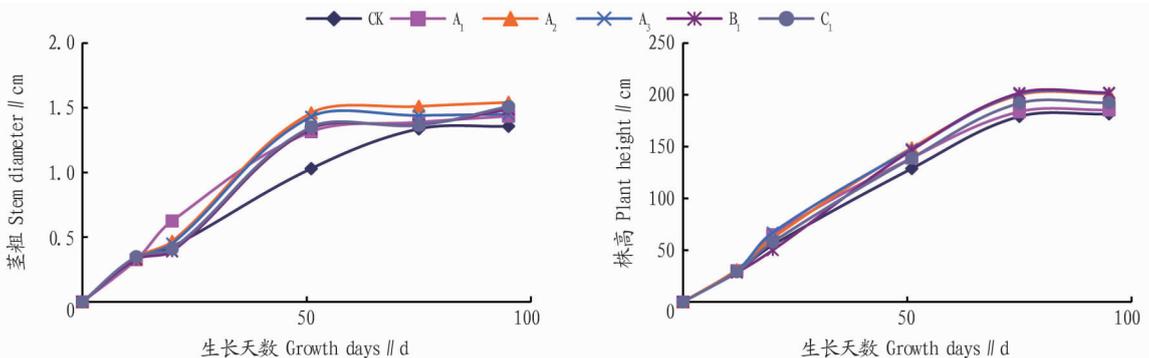


图3 盆栽试验玉米生长情况

Fig.3 The growth of corn in pot test

对比A₂、B₁及C₁3个处理,随着调理剂中灰黄霉素菌渣配比的提高,产量也提高,说明灰黄霉素菌渣具有比腐殖酸更优越的效果。

为研究灰黄霉素菌渣土壤调理剂在实际耕作环境中对玉米生长的影响,在内蒙古自治区赤峰市宁城县八里罕镇赵家沟村常年耕作地上进行了大田小区试验,结论与盆栽试验基本一致。由表3可知,施用灰黄霉素菌渣土壤调理剂处

理的玉米株高与对照无显著差异,但地上部鲜重、去皮单穗重均优于对照。与对照相比,玉米增产13.3%~18.4%。

比较A₁、A₂及A₃3个处理,灰黄霉素菌渣和腐殖酸比例1:1的调理剂施加量从1 500 kg/hm²增加到3 000 kg/hm²,谷子产量从16 607.4 kg/hm²提高到17 368.65 kg/hm²,但继续增加调理剂的用量,产量反而下降,说明过多的调理剂反而过度促进玉米植株中株干、穗壳

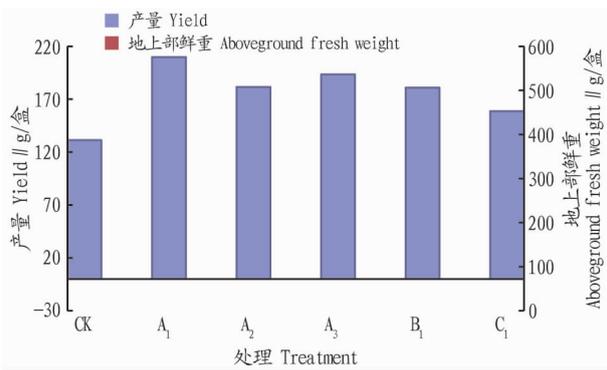


图4 盆栽试验玉米产量及地上部鲜重

Fig.4 The yield and the aboveground fresh weight of corn in pot test

等部分的生长,无益于果实部分的生长,3 000 kg/hm² 是更适

合的施用量。

比较 A₂、B₁ 及 C₁ 3 个处理,随着灰黄霉素菌渣和腐殖酸比例从 1:1 下降到 1:4,产量从 17 368.65 kg/hm² 减小到 16 706.25 kg/hm²,说明灰黄霉素菌渣具有比腐殖酸更优越的增产效果。

由表 4 可知,腐殖酸对试验后土壤的改良效果略优于灰黄霉素菌渣。同为 3 000 kg/hm² 施用量的 A₂、B₁ 及 C₁ 3 个处理,试验后土壤的有机质、全氮及速效磷均随着腐殖酸比例的提高而提高,其中以有机质含量的提高最明显,从 A₂ 处理的 14.2 mg/kg 提高到 C₁ 处理的 18.4 mg/kg。试验后,所有灰黄霉素均未检出,说明该施用量下灰黄霉素在一个玉米耕作周期内能够完全分解,不会带来抗生素残留风险。灰黄霉素菌渣能够直接用做有机肥料,实现弃置废弃物的资源化利用。

表3 大田试验玉米生长情况

Table 3 The growth of corn in field test

处理 Treatment	株高 Plant height cm	地上部鲜重 Aboveground fresh weight g/株	去皮单穗重 Spikelets peeled g	小区产量 Plot yield kg/m ²	产量 Yield kg/hm ²	增产率 Increased rate %
A ₁	307.9	947.8	396.5	39.84	16 607.40	13.3
A ₂	310.1	953.0	412.3	41.66	17 368.65	18.4
A ₃	301.9	986.3	404.8	40.50	16 883.40	15.1
B ₁	306.6	907.3	399.3	39.02	16 266.60	10.9
C ₁	282.2	938.8	400.8	40.08	16 706.25	13.9
CK	281.7	874.3	374.3	35.18	14 664.45	—

表4 试验后土壤的理化性状

Table 4 Physical and chemical properties of post tested soil

处理 Treatment	有机质 Organic matter g/kg	全氮 Total nitrogen g/kg	速效磷 Available phosphorus mg/kg	灰黄霉素 Griseofulvin mg/kg
A ₁	16.0	1.32	2.94	≤0.28
A ₂	14.2	1.24	4.04	≤0.28
A ₃	14.5	1.32	6.94	≤0.28
B ₁	16.2	1.38	6.94	≤0.28
C ₁	18.4	1.16	6.50	≤0.28
CK	13.0	1.16	4.14	≤0.28

3 结论

在土壤中施用灰黄霉素菌渣土壤调理剂,能够明显提高谷子和玉米产量,且灰黄霉素菌渣调理剂在促进果实吸收营养、增加产量方面比腐殖酸更具有优越性。在低于 6 000 kg/hm² 的施用量下,灰黄霉素菌渣在一个耕作周期内完全分解,不会带来抗生素残留风险。灰黄霉素菌渣能够直接用做有机肥料,实现弃置废弃物的资源化利用。

参考文献

[1] 朱培,张建斌,陈代杰. 抗生素菌渣处理的研究现状和建议[J]. 中国抗生素杂志,2013,38(9):647-651.
 [2] 公丕成,蔡辰,张博,等. 我国抗生素菌渣资源化研究新进展[J]. 环境工程,2017,35(5):107-111.
 [3] 李再兴,田宝阔,左剑丞,等. 抗生素菌渣处理处置技术进展[J]. 环境工程,2012,30(2):72-75.

[4] 成建华,张文莉. 抗生素菌渣处理工艺设计[J]. 医药工程设计杂志,2003,24(2):31-34.
 [5] 周保华,高勤,王洪华,等. 青霉素、土霉素菌渣研究利用现状及特性分析[J]. 河北工业科技,2011,28(5):291-294.
 [6] THIELE-BRUHN S, SEIBICKE T, SCHULTEN H R, et al. Sorption of sulfonamide pharmaceutical antibiotics on whole soils and particle-size fractions [J]. Journal of environmental quality, 2004,33(4):1331-1342.
 [7] 鲍艳宇,周启星,鲍艳姣,等. 3 种四环素类抗生素在石油污染土壤上的吸附解吸[J]. 中国环境科学,2012,32(7):1257-1262.
 [8] 吕颖,张玉玲,党江艳,等. 抗生素在地下水环境中的淋溶迁移能力分析[J]. 环境科学与技术,2013,36(6):21-25.
 [9] 章明奎,王丽平,郑顺安. 两种外源抗生素在农业土壤中的吸附与迁移特性[J]. 生态学报,2008,28(2):761-766.
 [10] 张旭. 典型抗生素在土壤中的淋滤行为研究[D]. 广州:暨南大学,2012.
 [11] ZHANG Y Z, SUN K, GAO B, et al. Adsorption of tetracycline on soil and sediment: Effects of pH and the presence of Cu(II) [J]. Journal of hazardous materials, 2011,190(1/2/3):856-862.
 [12] KÜMMERER K. Antibiotics in the aquatic environment—A review-Part I [J]. Chemosphere, 2009,75(4):417-434.
 [13] KÜMMERER K. Antibiotics in the aquatic environment—A review-Part II [J]. Chemosphere, 2009,75(4):435-441.
 [14] 叶叶,邹世春,张干,等. 典型抗生素类药物在珠江三角洲水体中的污染特征[J]. 生态环境,2007,16(2):384-387.
 [15] 姜蕾,陈书怡,杨蓉,等. 长江三角洲地区典型废水中抗生素的初步分析[J]. 环境化学,2008,27(3):371-374.
 [16] 张红娟. 抗生素菌渣堆肥化处理研究[D]. 郑州:郑州大学,2010.
 [17] 温沁雪,陈希,张诗华,等. 城市污泥混合青霉素菌渣堆肥实验[J]. 哈尔滨工业大学学报,2014,46(4):43-49.
 [18] 张红娟,郭夏丽,王岩. 林可霉素菌渣与牛粪联合堆肥实验研究[J]. 环境工程学报,2011,5(1):231-234.
 [19] 中国土壤学会. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业出版社,2000.