

文章编号:1674-2869(2018)01-0035-05

农林废弃物阻控土壤中重金属对蔬菜污染的效果

王丹,周旋*,吕靖龙

武汉工程大学化学与环境工程学院,湖北 武汉 430205

摘要:将豆苗种植于人工模拟的重金属污染土壤中,其土壤中镉、铅污染物浓度分别为 0.3 mg/kg、300.0 mg/kg。通过在土壤中投加不同比例的香菇根和皂素废渣,考察了其阻控土壤中重金属铅和镉对蔬菜污染的效果。结果表明:土壤中含有适量的香菇根和皂素废渣可促进植物豆苗的生长;当香菇根或皂素废渣的添加浓度为 30.0 g/kg 时,对铅的阻控效率最高(阻控率分别达到 49%、19%),当皂素废渣的添加浓度为 10.0 g/kg 时,对镉的阻控效率最高(阻控率达到 9%)。说明了香菇根和皂素废渣对土壤中铅和镉的污染都有一定的阻控作用。

关键词:农林废弃物;重金属污染;阻控;蔬菜

中图分类号:X53 **文献标识码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1674-2869.2018.01.006

Inhibiting Effect of Agriculture and Forestry Waste on Uptake of Heavy Metals by Vegetables

WANG Dan, ZHOU Xuan*, LÜ Jinglong

Chemical and Environmental Engineering College, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430205, China

Abstract: Bean seedlings were planted in simulated heavy metal contaminated soil with cadmium of 0.3 mg/kg and lead of 300.0 mg/kg, respectively. We investigated the inhibiting effects of waste residues on uptake of lead and cadmium heavy metals by vegetables with addition of different proportions of lentinus edodes root and diosgenin waste residues into the soil. It was found that the appropriate amount of lentinus edodes roots or diosgenin waste residues in soil could promote the growth of bean seedlings. When the addition of lentinus edodes root or diosgenin waste residues were 30.0 g/kg, the inhibiting effect of lead was best (the inhibiting rate were 49% and 19%, respectively). When the addition of diosgenin waste residues were 10.0 g/kg, the inhibiting effect of cadmium was greatest (the inhibiting rate was 9%). These results indicated that both lentinus edodes root and diosgenin waste residues had some inhibiting effects on uptake of lead and cadmium by bean seedlings.

Keywords: agriculture and forestry waste; heavy metal pollution; inhibit; vegetables

土壤的重金属污染问题日益严峻,所造成的经济损失巨大且重金属的毒性较强,将会对人体健康造成重大危害^[1-2],近几年居民血铅超标和镉大米事件屡见不鲜,因此对重金属土壤的治理已是刻不容缓^[3-5]。现有修复方法可大致分为化学方法、物理方法、生物方法等,其中化学和物理修复

方法费用较高、效率低、易引起二次污染,使之无法广泛应用^[6-7]。近年来讨论度较高的生物修复法有成本低、操作简单、绿色环保等优点,受到了广泛的关注^[8]。农林业生产过程中产生的大量废弃物,来源广、价格低^[9],如能将其应用于重金属污染的土壤,将会使废物得到有效利用,也能给重金属

收稿日期:2017-06-09

作者简介:王丹,硕士研究生。E-mail:1464652390@qq.com

*通讯作者:周旋,博士,副教授。E-mail:840500045@qq.com

引文格式:王丹,周旋,吕靖龙.农林废弃物阻控土壤中重金属对蔬菜污染的效果[J].武汉工程大学学报,2018,40(1):

土壤的治理带来新的动力^[10]。

利用农林废弃物修复重金属土壤的研究有许多,目前研究较多的是将农林废弃物在缺氧条件下高温热解制备成生物炭,再利用生物炭对土壤进行治理^[11-12],研究表明生物炭对重金属的吸附能力显著且具有粘性低、容重低^[13-14]的特点,能促进植物生长,是最具前景的修复材料之一^[15-17]。姚海燕等^[18]采用牛粪生物炭、菌液以及其混合物修复电子废弃物处理厂周边土壤,实验结果表明经处理后,土壤中 As、Cd、Pb 的含量都明显下降。添加生物炭可改变土壤中重金属的形态,使有效态含量减少、钝化土壤^[19-20],且与其他钝化剂一起施用效果更佳^[21]。

而直接施用农林废弃物对土壤也有一定的改良作用。杨天悦等^[22]将牛粪和四种不同的农林废弃物分别掺入土壤中研究其对土壤稳定性的影响,结果发现牛粪和农林废弃物加入后,土壤中稳定性团聚体占比大大提高,使土壤稳定性增强。

表 1 供试土壤的基本性质
Tab. 1 Basic properties of experimental soil

基本参数	pH 值	有机质 / (g/kg)	阳离子交换量 <i>c</i> / (mol/kg)	总 N	总 P	总 K	全 Cd / (mg/kg)	全 Pb	全 Cu	全 Zn
测定值	6.5	3.26	24.02	360	485	2.24	—	—	32	79

1.1.2 供试材料 阻控材料选用市场上废弃的香菇根和黄姜皂素行业的固体废渣,香菇根预处理步骤为:风干-用剪刀和搅拌器进行粉碎-将碎渣过孔径 2 mm 的分样筛进行筛分-称重,记录数据;皂素废渣预处理步骤为:风干-筛分(同上)-称重,记录数据。本研究选用 80 d 毛豆种子作为实验用种子,其优点在于种子的颗粒饱满,发芽较快。选用的盆为普通的圆形塑料花盆,直径为 11 cm,高度为 14.5 cm。

1.2 试验设计 采用人工模拟 Cd(Pb)污染土壤:向盆中土壤加入适量的氯化镉溶液(硝酸铅溶液),使土壤 Cd、Pb 污染浓度分别为 0.3 mg/kg、300.0 mg/kg。共设 4 个组合:Pb-香菇根、Pb-皂素废渣、Cd-香菇根、Cd-皂素废渣,每组设 6 个处理水平,分别按照 0.0 g/kg、1.0 g/kg、5.0 g/kg、10.0 g/kg、30.0 g/kg、50.0 g/kg 的浓度设置(*c*₀)投加农林废弃物,每个样做 2 组平行对照。污染物和废弃物均一次性拌入土壤中,并均匀加入 9 粒大豆种子,种植于塑料大棚中每日浇水并做好记录。

由于豆苗发芽后 2 周为主要营养物质积累期,且生长状况也较好,再加上时间条件的限制,待发

钱翌等^[23]将核桃壳和花生壳投入受重金属铅污染的土壤中,发现其对低浓度的重金属污染有一定的治理效果,但对高浓度重金属污染土壤的治理效果不理想。

使用农林废弃物去阻控土壤中重金属对蔬菜的污染,不用将土壤进行原位修复、易位修复或者原位易位修复技术复杂的过程,只需要添加适量的农林废弃物,将土壤中的重金属阻控在土壤中,减少重金属对蔬菜的影响,这种方法是一种解决重金属污染的新方法新思路,本文即是选用废弃蘑菇根和皂素废渣来验证其可能性及效果。

1 实验部分

1.1 试验材料

1.1.1 供试土壤 供试土壤来自校园内菜园,土壤的基本性质见表 1。将土壤过筛,除去土样中的树枝树叶和小石块等,风干后装盆备用,每盆土重约 1.67 kg。

芽后种植 2 周即收获新鲜豆苗(连根)。对其进行预处理:洗净-风干-称重-在 105 ℃烘箱中烘 72 h-研磨-称重-过筛(孔径 0.150 mm),称取适量粉末于微波消解罐中,加入少量的蒸馏水、5 mL 的浓硝酸、5 mL 浓盐酸、3 mL 浓氢氟酸和 1 mL 过氧化氢,在设定的温度下按照 HJ 786—2016 上的升温程序进行消解。

用火焰原子吸收分光光度计测量标准液和待测液,铅元素的测定波长为 283.3 nm、通带宽度为 0.5 nm、灯电流为 8.0 mA 及火焰类型为乙炔-空气(中性燃烧),镉元素的测定波长为 228.8 nm、通带宽度 0.5 nm、灯电流为 5.0 mA 及火焰类型为乙炔-空气(贫燃),将所得数据记录下来,用于后期分析。

1.3 数据处理方法

豆苗中待测重金属元素的含量 *c* (mg/kg)按下列公式计算:

$$c = \frac{(\rho - \rho_0) \times V_0}{m_3} \times \frac{m_2}{m_1}$$

豆苗中待测重金属元素的总量 *m* (μg)按下列公式计算:

$$m = c \times m_1$$

豆苗中待测重金属元素阻控率 e (%)按下列公式计算:

$$e = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_1} \times 100\%$$

式中 c 为豆苗中待测元素的含量; ρ 为由校准曲线查得试样中元素的质量浓度, ρ_0 为实验室空白试样中元素的质量浓度; V_0 为消解后试样的定容体积; m_1 为干燥前固体废物样品的称取量; m_2 为干燥后固体废物样品的质量; m_3 为研磨过筛后试样的称取量; ω_1 为农林废弃物空白豆苗中重金属含量; ω_2 为添加不同农林废弃物后豆苗中重金属含量。本试验得到的数据将用 Microsoft Office Excel 2013 表通过统计做出曲线图, 每组所得数据为两个平行样的平均值和偏差。

2 结果与讨论

2.1 香菇根和皂素废渣的添加对豆苗生长状态的影响

在受 Pb、Cd 污染土壤中, 香菇根和皂素废渣的添加浓度 c_0 不同, 对植物平均株高 h 的影响有很大差别, 具体表现如图 1。

由图 1(a)中可以看出香菇根的添加范围在 1 g/kg~50 g/kg 内时, 当向 Pb、Cd 污染土壤中添加 1.0 g/kg、5.0 g/kg、10.0 g/kg 的香菇根时豆苗株高基本一致, 而从添加浓度为 10.0 g/kg 开始, 豆苗的株高开始下降, 以添加 50.0 g/kg 时香菇根的株高最小, 且此时出现烂根。

由图 1(b)可以看出皂素废渣的添加范围在 1 g/kg~50 g/kg 内时, 其株高基本上一致, 即长势基本相同。将添加皂素废渣和未添加皂素废渣的株高进行比较, 可以看出与不添加皂素废渣相比, 添加皂素废渣之后, 豆苗的高度普遍都要比未添加的要高。添加的皂素废渣在 1 g/kg~50 g/kg 的范围内, 皂素废渣对植物株高的影响不明显。

在两种重金属污染土壤中添加适量香菇根或皂素废渣之后, 豆苗的高度普遍都比未添加的要高, 即可以促进豆苗生长。但香菇根的添加量不是越多越好, 适宜的添加量才能保证豆苗的正常生长, 添加的越多反而适得其反。这可能是因为添加过多可能会造成土壤结块(见图 2(a))、植物烂根(见图 2(b))或菌丝产生过多(见图 2(c))影响植物生长。

农林废弃物中含有丰富的有机物, 本身即可作为肥料掺入土壤中, 在促进植物生长的同时土

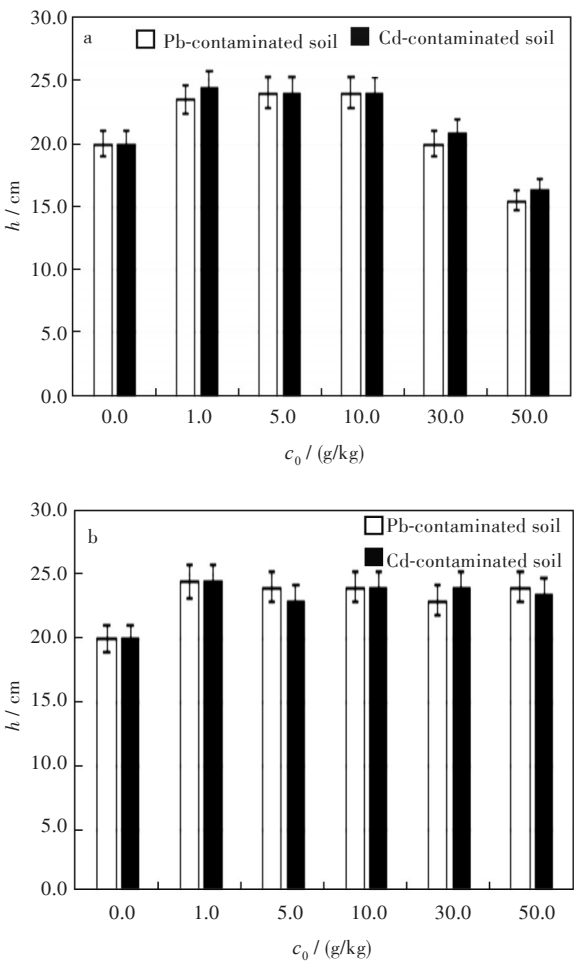


图1 不同比例农林废弃物添加下的豆苗株高(a)添加香菇根,(b)添加黄姜皂素

Fig. 1 Height of bean seedlings with different proportions of agricultural and forestry wastes: (a) Addition lentinus edodes root; (b) Addition diosgenin waste residues

壤的质量得以提高。香菇根废料是食用香菇被丢弃的部分, 无食用价值, 但其本身富含氮、磷、钾等营养物质, 是极好的营养肥料; 皂素废渣成分主要包括淀粉、粗纤维素、木质素等, 掺入以上成分可改善土壤质量。因此两种废渣的加入均能促进豆苗生长。

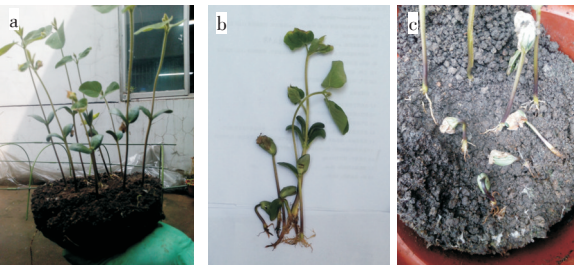


图2 豆苗生长情况图:

(a)土壤结块;(b)豆苗烂根;(c)菌丝产生过多
Fig. 2 Growth status photographs of bean seedlings: (a) Soil with caking; (b) Rot root of bean seed-lings; (c) Too much hypha produced

2.2 香菇根和皂素废渣对重金属阻隔的影响

将本实验通过火焰原子吸收分光光度计测得的样品的吸光度代入标准曲线方程即可得到样品的质量浓度,通过计算分别得到样品中铅、镉元素的质量分数(c)、总量(m)及阻隔率(e)见图 3。

从图 3 的(a)和(b)可以看出农林废弃物的添加范围在 1 g/kg~50 g/kg 时,相比于没有添加香菇根或皂素废渣的情况,添加之后的豆苗中重金属的含量和总量普遍比没有添加时要低,也就是说香菇根和皂素废渣能够有效的去阻隔土壤中铅、镉元素对蔬菜的污染,降低豆苗中的重金属含量,且豆苗样品中铅的含量和总量的最小值是出现在香菇根和皂素废渣的添加浓度为 30.0 g/kg 时,镉含量和总量的最小值是出现在皂素废渣添加浓度 10.0 g/kg 时。在图 2(c)中可以看出,香菇根和皂素废渣都是在 30.0 g/kg 时对铅的阻隔率最大(分别达到 49%、19%);从不同香菇根浓度添加下对豆苗中重金属镉的阻隔率中可以看出豆苗中重金属镉的阻隔效率是随着香菇根浓度的增大而逐渐增大的,也就是说在一定范围内,香菇根的添加浓度越大对镉的阻隔效率越好,皂素废渣浓度在 10.0 g/kg 的时候,对土壤中的重金属镉阻隔率最大(达到 9%)。综合上述得出:在给定的投加范围内,对铅阻隔效果最好的情况都是发生在废弃物添加浓度为 30.0 g/kg 时;皂素废渣添加浓度在 10.0 g/kg 时,对土壤中的重金属镉的阻隔效果最佳。比较香菇根对铅和对镉的阻隔,香菇根对铅的阻隔能力较强;比较皂素废渣对铅和对镉的阻隔,皂素废渣对铅的阻隔能力较强。且香菇根对重金属元素铅和镉的阻隔能力都要比皂素废渣的阻隔能力要强。在样品重金属含量图里面出现香菇根添加浓度在 50.0 g/kg 时的重金属含量比没有添加香菇根时的含量要高,这个现象的出现可能与豆苗的生长受到阻碍有关系。

依据 tessier 的五步连续萃取分类方法,土壤中重金属的形态包括残留态、水溶态(有效态)、可交换态(有效态)、碳酸盐结合态和铁锰氧化物结合态,一般来说植物吸收的为有效态重金属。在污染土壤中加入农林废弃物会使土壤中的可交换态吸附钝化,并促进其向铁锰氧化态转化^[23]。而蘑菇根和皂素废渣的主要成分纤维素,可在酸性条件下水解为单糖,单糖上的活泼氢原子可吸附或螯合土壤中有效态的铅和镉,抑制重金属的迁移能力;另一方面,蘑菇根和皂素废渣的施用可提高土壤 pH,使重金属形成氢氧化物或碳酸盐沉淀,

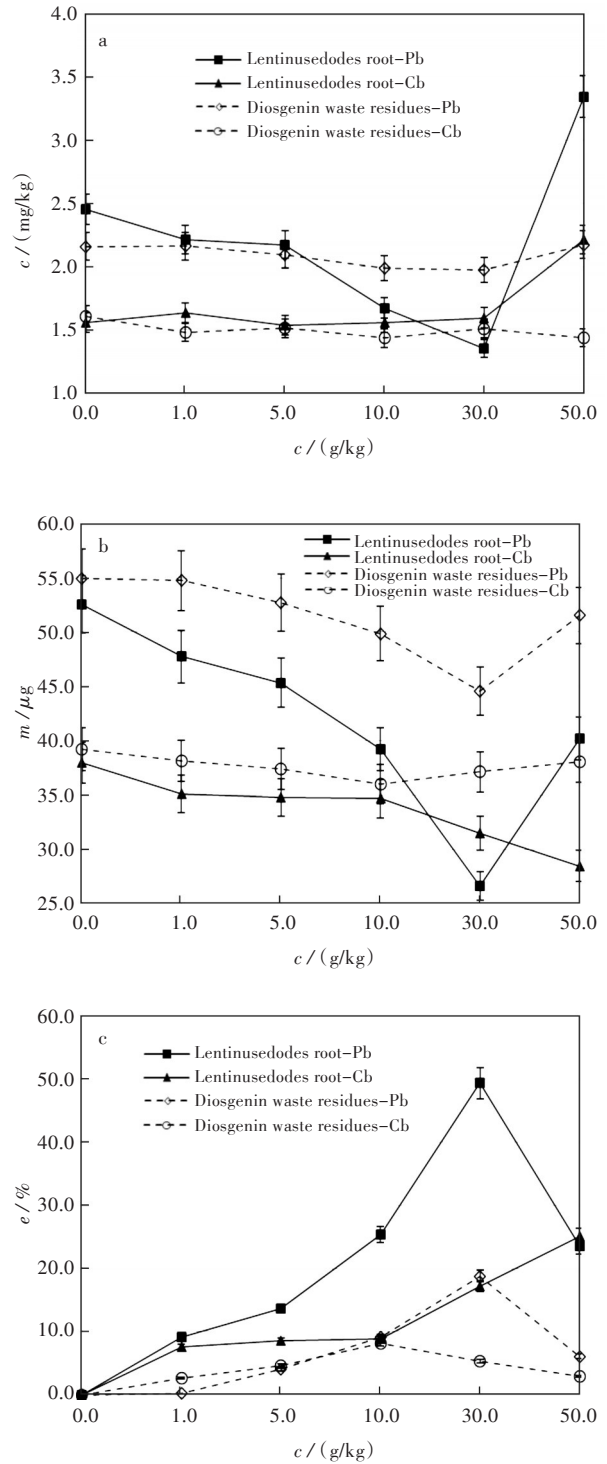


图 3 农林废弃物对重金属的阻隔效果(a)不同浓度农林废弃物添加下豆苗中重金属的含量,(b)不同浓度农林废弃物添加下豆苗中重金属的总量,(c)不同浓度农林废弃物对重金属的阻隔率

Fig. 3 Inhibiting effect of agricultural and forestry wastes on heavy metals: (a)Content of heavy metals in bean seedlings with different proportions of agricultural and forestry wastes; (b)Total amount of heavy metals in bean seedlings with different proportions of agricultural and forestry wastes; (c)Inhibiting rates of different proportions of agricultural and forestry wastes on heavy metals

促进有效态重金属向碳酸盐结合态和铁锰氧化物结合态转化。通过上述作用使植物豆苗根际少吸收或不吸收土壤中有效态的铅和镉,从而达到阻控效果。

3 结 语

1) 适当添加香菇根和皂素废渣可促进植物豆苗生长,但添加过量会发生结块烂根等现象,反而抑制植物的生长。

2) 香菇根和皂素废渣的投加都能有效的阻控土壤中重金属铅和镉对豆苗的污染,但是添加过多,可能反而会影响其对金属的阻控效果。香菇根对重金属元素铅和镉的阻控能力比皂素废渣的要强。

3) 虽然这两种废弃物都能不同程度的阻控铅和镉对大豆苗的污染,但其阻控效果仍然不理想,不能达到可食用标准,因此,此法不建议用于单独处理重金属污染土壤,可与其他方法联合使用或用于治理一些污染较轻、利用价值不高的土地。

参考文献:

[1] 纪小凤,郑娜,王洋,等. 中国城市土壤重金属污染研究现状及展望[J]. 土壤与作物,2016,5(1):42-47.

[2] YANG G T, SHI J N, JIN S W, et al. A geochemical survey of trace elements in agricultural and non-agricultural topsoil in Dexing area China[J].Journal of Geochemical Exploration,2010 ,104(3):118-127.

[3] 周旋,郑琳,胡可欣.污染土壤的来源及危害性[J].武汉工程大学学报,2014,36(7):12-19.

[4] 向明文,王丹,姚天月,等. 8种植物对铀和镉的富集特性[J]. 环境工程学报,2017,11(1):594-601.

[5] 李婧,周艳文,陈森,等. 我国土壤镉污染现状、危害及其治理方法综述[J]. 安徽农学通报,2015,21(24):104-107.

[6] KRUMINS J A, GOODEY N M, GALLAGHER F. Plant-soil interactions in metal contaminated soils [J]. Soil Biology and Biochemistry,2015,80:224-231.

[7] 邢艳帅,乔冬梅,朱桂芬,等. 土壤重金属污染及植物修复技术研究进展[J]. 中国农学通报,2014,30(17):208-214.

[8] 邵云,郝真真,王文斐,等. 土壤重金属污染现状及修

复技术研究进展[J]. 北方园艺,2016(17):193-196.

[9] 姚桂华,徐海舟,朱林刚,等. 不同有机物料对东南景天修复重金属污染土壤效率的影响[J]. 环境科学,2015,36(11):4268-4276.

[10] 刘飞,周岭.农林剩余物综合利用的研究现状[J].农机化研究,2015(2):230-235.

[11] 张小凯,何丽芝,陆扣萍,等. 生物质炭修复重金属及有机物污染土壤的研究进展[J]. 土壤,2013,45(6):970-977.

[13] BUSSCHER W J, NOVAK J M, EVANS D E, et al. Influences of pecan biochar on physical properties of a Norfolk loamysand [J].Soil Science, 2010, 175 (1) :10-14.

[14] MASULILI A, UTOMO W H, SYECHFANI M S. Rice husk biochar for rice based cropping system in acid soil [J]. The Journal of Agricultural Science, 2010, 59:102-117.

[15] LUN R, CAI ZC, HONG J, et al. The effects of biochars from rice residue on the formation of iron plaque and the accumulation of Cd, Zn, Pb, as in rice (oryza sativa L) seedlings[J].Chemosphere,2012,89 (7):856-862.

[16] TENENBAUM D J. Biocharcarbon mitigation from the ground up [J].Environmental Health Perspectives, 2009 ,117(2):A70.

[17] 周旋,邓光天,郑琳. 生物炭对铅离子的动态吸附[J]. 武汉工程大学学报,2013,35(10):32-35.

[18] 姚海燕,李洋,龙飞,等. 电子废弃物处理场地重金属污染土壤的钝化修复及其机理初析[J]. 上海第二工业大学学报,2016(2):127-133.

[19] 刘晶晶,杨兴,陆扣萍,等. 生物质炭对土壤重金属形态转化及其有效性的影响[J]. 环境科学学报,2015,35(11):3679-3687.

[20] 张迪,胡学玉,柯跃进,等. 生物炭对城郊农业土壤镉有效性及镉形态的影响[J]. 环境科学与技术,2016(4):88-94.

[21] 高瑞丽,唐茂,付庆灵,等. 生物炭、蒙脱石及其混合添加对复合污染土壤中重金属形态的影响[J]. 环境科学,2017(1):361-367.

[22] 杨天悦,史振鑫,孟安华,等. 农林废弃物与有机肥配施对黑土团聚体组成及稳定性的影响[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2014(1):47-52.

[23] 钱翌,褚兴飞. 核桃壳和花生壳在铅污染土壤治理中的应用[J]. 中国农学通报,2011,27(11):246-249.

本文编辑:张 瑞