

污泥有机肥在油菜上的应用研究

邵 蕾¹, 王丽霞¹, 马元民², 丛惠芳¹, 武长飞¹

(1. 中国农业大学 烟台研究院, 山东 烟台 264670; 2. 济南市长清区农业局, 山东 济南 250300)

摘 要:以油菜为试材,通过盆栽试验研究了不同用量污泥有机肥 0、50、100、200、400 g/盆对作物产量、土壤和植株重金属含量的影响,以评价污泥有机肥的安全性。结果表明:污泥有机肥施用后对作物的增产效果显著,当施用量超过 200 g/盆时增产效果不明显;污泥有机肥用量为 400 g/盆处理的土壤和植株中 Cu、Zn 含量最高,0、50、100、200 g/盆处理间差异不显著;5 个处理的土壤和植株中 Pb、Cd、Cr、Hg、As 含量之间无显著差异;所有土壤和植株的重金属含量均在土壤质量和农产品安全标准范围内。

关键词:污泥;好氧堆肥;有机肥;重金属

中图分类号:S 565.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)23-0178-03

城市污泥中含有丰富有机质和氮、磷、钾等植物营养元素。污泥的农业利用实现污泥的资源化、减量化、稳定化,是最具潜力的处置方式^[1]。城市污泥一般不能直接进行土地利用,而需要进行一系列的工艺流程,对污泥中重金属活性进行钝化、消灭病原物,最终形成有机肥或有机无机复混肥后方可施用^[2]。

污泥农用最是有发展前景、经济有效的一种污泥处置方法,污泥资源化利用对实现农业可持续发展有重要意义。然而污泥有机肥中的重金属是限制污泥农用的主要因素^[3],该试验通过油菜盆栽试验研究不同用量污泥有机肥对作物产量、土壤和植株重金属含量的影响,对污泥有机肥的土壤和农产品安全进行评价,以期污泥农业资源化利用提供可靠的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试土壤为棕壤,其理化性质如下:有机质含量为 20.1 g/kg,碱解氮含量为 42.21 mg/kg,速效磷含量为 34.02 mg/kg,速效钾含量为 30.78 mg/kg,pH 值 6.56,重金属含量见表 1。

表 1 供试土壤重金属含量 mg/kg

Cu	Zn	Pb	Cd	Cr	Hg	As
20.78	52.37	10.51	0.15	85.22	0.075	7.75

供试污泥由山东省淄博市沂源县污水处理厂提供。从外观上看,污泥呈深褐色,含水量高,粘稠,机械强度

小,不易分散,并有恶臭气味。将污泥:蘑菇渣:秸秆按干重比 1:2:2 混合,同时添加发酵有机物料干重的 5% 的粉煤灰,经好氧发酵后制成污泥有机肥。污泥发酵后,由原来的粘稠状变得疏松、颗粒均匀,颜色由原来的深褐色变为黑色,气味由恶臭变为泥土清香,不再吸引苍蝇等飞虫,堆料中长出大量白色菌丝,表明已经符合了腐熟的物理指标。经检测堆肥产品的各项指标均符合《有机肥料(NY525-2012)》、《农用污泥中污染物控制标准(GB4284-84)》(表 2)。

1.2 试验方法

盆栽试验每盆称土 10 kg,5 次重复。污泥有机肥的施用量为 0、50、100、200、400 g/盆,分别标记为 T0(CK)、T50、T100、T200、T400。各处理 N 含量为 400 mg/kg、P₂O₅ 含量为 200 mg/kg、K₂O 含量为 200 mg/kg,不足部分用尿素、磷酸二氢钾、硫酸钾补充。

表 2 污泥有机肥检测结果

序号	检测项目	技术要求	单位	检测结果
1	总氮(N)的质量分数(以烘干基计)	—	%	1.59
2	磷(P ₂ O ₅)的质量分数(以烘干基计)	—	%	3.14
3	钾(K ₂ O)的质量分数(以烘干基计)	—	%	0.67
4	总养分(N+P ₂ O ₅ +K ₂ O)	≥5.0	%	5.40
5	水分(鲜样)的质量分数	≤30	%	21.15
6	有机质的质量分数(以烘干基计)	≥45	%	50
7	总砷(As)(以烘干基计)	≤15	mg/kg	11.01
8	总镉(Cd)(以烘干基计)	≤3	mg/kg	0.32
9	总铅(Pb)(以烘干基计)	≤50	mg/kg	6.12
10	总铬(Cr)(以烘干基计)	≤150	mg/kg	120
11	总汞(Hg)(以烘干基计)	≤2	mg/kg	0.92
12	总铜(Cu)(以烘干基计)	≤250	mg/kg	166.30
13	总锌(Zn)(以烘干基计)	≤500	mg/kg	305.65
14	粪大肠杆菌数	≤100	个/g	54.21
15	蛔虫卵死亡率	≥95	%	97.71

注:“—”表示未做限定。

第一作者简介:邵蕾(1980-),男,山东文登人,博士,讲师,现主要从事土壤化学与植物营养等研究工作。E-mail:shaolei6751@163.com.

基金项目:烟台市科学技术发展计划资助项目(2008154)。

收稿日期:2013-09-16

将污泥有机肥、土壤、无机肥料磨碎,过 2 mm 筛,按照试验方案混匀后装盆。分别选用 10 粒饱满均匀的油菜种子,在盆中播深 0.5 cm。第 1 次用去离子水加入土壤至 100%田间持水量,在随后的管理过程中用称重法保持土壤水分在田间持水量的 70%。为避免重金属的流失,将盆放置在塑料托盘上,下渗到托盘内的水回灌至盆内,保持系统内重金属总量不变,以便对其进行定量分析。发芽后 1 周间苗,每盆保留生长较一致的幼苗 3 株,于第 50 天时收获。

1.3 项目测定

土壤样品重金属测定的样品前处理:称取样 0.1 g (精确到 0.0001 g)加入聚四氟乙烯消解罐中,加入 8 mL 浓硝酸,2 mL 高氯酸,混合均匀,拧紧消解罐,按程序升温进行微波消解。消解完毕后冷却至室温,将消解液转移并定容到 50 mL 容量瓶中,用等离子体质谱测定溶液中重金属含量。

植株样品重金属测定的样品前处理,参照《食品卫生标准》(GB2715-2005):取试样 0.300~0.500 g 于具有聚四氟乙烯内筒的高压消解罐中,加入 1.0 mL 硝酸、4.0 mL 过氧化氢,轻轻摇匀,盖紧消解罐的上盖,放入恒温箱中,从温度升高至 140℃时开始记时,保持恒温 1 h,同时做试剂空白。取出消解罐待自然冷却后打开上盖,将消解液移入 100 mL 容量瓶中,将消解罐用水洗净。合并洗液于容量瓶中。用水稀释至刻度、混匀,即为试液。

2 结果与分析

2.1 污泥有机肥施用量对作物产量的影响

由表 3 可以看出,污泥有机肥施用后对作物的增产效果显著,当施用量超过 200 g/盆时增产效果不明显。相对于 T0(CK)处理,T50 的增产效果不显著,而 T100、T200、T400 处理分别将作物产量提高了 9.14%、17.30%、19.07%。T200 与 T400 处理间产量差异不显著。

表 3 不同污泥施用水平下油菜的产量(鲜重) g/盆

处理	T0(CK)	T50	T100	T200	T400
产量	575.65c	592.41bc	628.25b	675.25a	685.44a

注:在同一行中的数据用邓肯多重比较分析,凡尾部标有不同字母的数值表示其间差异显著($P<0.05$),下同。

2.2 污泥有机肥施用量对土壤重金属累积的影响

由表 4 可知,T400 处理的土壤 Cu 含量显著高于 T0(CK)、T50、T100,T0、T50、T100、T200 处理间土壤 Cu 含量无显著差异;T400 处理的土壤 Zn 含量显著高于其余 4 个处理,其余 4 个处理间差异不显著;对于土壤 Pb、Cd、Cr、Hg、As 含量,5 个处理间无显著差异。试验结束后,将不同处理土壤中的重金属含量与《土壤环境质量标准》中规定的一级及二级标准进行了比较。5 个处理的 7 种重金属含量都低于自然背景值。

表 4 不同污泥施用水平下土壤重金属的含量

元素	mg/kg					自然背景值
	T0(CK)	T50	T100	T200	T400	
Cu	19.85b	20.15b	22.54b	24.58ab	26.41a	35
Zn	51.25b	52.24b	53.41b	52.85b	57.05 a	100
Pb	10.21a	10.85a	9.54a	11.21a	10.45a	35
Cd	0.14a	0.12a	0.12a	0.12a	0.13a	0.2
Cr	85.45a	85.24a	86.41a	84.54a	85.24a	90
Hg	0.072a	0.072a	0.073a	0.074a	0.075a	0.15
As	7.72a	7.74a	7.64a	7.84a	7.78a	15

2.3 污泥有机肥施用量对植株重金属累积的影响

油菜样品的测定样品为干样,表 5 中数据是根据 5 个处理油菜含水量由干样换算成的鲜样重金属浓度。由表 5 可以看出,T400 处理的植株中 Cu、Zn 含量显著高于 T0(CK)、T50、T100 处理的,而 T0、T50、T100、T200 处理间植株 Cu、Zn 含量无显著差异;对于植株中 Pb、Cd、Cr、Hg、As 含量,5 个处理间无差异。

将油菜中重金属含量与《农产品安全质量无公害蔬菜安全要求》(GB 18406.1-2001)、《食品安全国家标准-食品中污染物限量》(GB2762-2012)2 个规定的限定值进行了比较,无论是对照还是施用污泥有机肥油菜中重金属含量均显著低于限定值:油菜中未测出 Hg,而 Pb、Cd、Cr、As 的限定值分别是测定值的 4、2、3、5 倍。

表 5 不同污泥施用水平下植株重金属的含量

元素	mg/kg					GB 2762-2012	GB 18406.1-2001
	T0(CK)	T50	T100	T200	T400		
Cu	0.401b	0.412b	0.425b	0.451ab	0.472a	—	—
Zn	2.141b	2.152b	2.257b	2.312ab	2.442a	—	—
Pb	0.042a	0.045a	0.041a	0.042a	0.044a	0.3	0.2
Cd	0.018a	0.017a	0.020a	0.021a	0.019a	0.2	0.05
Cr	0.132a	0.135a	0.144a	0.135a	0.132a	0.5	0.5
Hg	*	*	*	*	*	0.01	0.01
As	0.098a	0.101a	0.089a	0.102a	0.093a	0.5	0.5

注:“—”表示标准对该项无限制,“*”表示未检出。

3 结论与讨论

试验表明,有机肥有显著的增产效果,且随着有机肥用量的增加而增加,但是当有机肥的施用超过一定量时,增产效果不明显。周桦等^[4]用发酵的猪粪做为有机肥在玉米上的试验,李淑仪等^[5]用鸽粪做为有机肥在苦瓜和豇豆上的试验表明,有机肥中高量处理间产量差异不显著,但是显著高于低量处理。刘善江等^[6]研究污泥做为有机肥在油菜上施用时发现,污泥施用量 30、50 g/盆时,产量无差异,但显著高于 100 g/盆的。限制污泥施用的最主要因素是其中所含的重金属。刘善江等^[6]试验所用的污泥中 Cu、Zn、Pb、Hg、As 的含量是《有机肥料(NY525-2002)》限定值的 1.6~4.0 倍。污泥虽然含有较高的有机质,但是与传统的有机肥相比,由于含有大量的重金属,当施用量增加时,对作物的生长反而有一定的毒害。亦大量试验表明,施用污泥可改善土壤理化性质,提高土壤有机质和氮、磷、钾等养分元素的

含量,其改良作用因污泥类型而异。污泥对土壤重金属的积累有所影响,特别是在酸雨频发地区或者长期施用污泥,可能会带来重金属污染的环境风险。汪莉等^[7]探讨应用生活污水改良滩涂土壤的可行性试验中发现,施用生活污水可显著提高滩涂土壤的总氮、总磷、碱解氮、速效磷等养分含量,但增加了滩涂土壤 Ni、Cd、Zn、Cu、Cr 重金属的全量及有效态含量。刘强等^[8]研究污泥堆肥对园林植物生长及重金属积累的影响时发现,施用污泥堆肥可显著提高土壤中 Zn、Cu 和 Pb 的含量。即使污泥和粉煤灰配合施用,也只对重金属产生了钝化,但土壤中重金属总量仍然增加。污泥农用时,作物体内的重金属含量随污泥的施用量增加而增加,甚至超过国家标准。张桥等^[9]利用污泥堆肥在萝卜和菜心 2 种作物上连续进行了两茬试验,随着污泥用量的增加,萝卜和菜心中重金属含量随之增加,但并未超出国家标准。李国学等^[10]用污泥堆肥在青菜上的试验表明,当污泥堆肥用量比例大于 10% 时青菜地上部可食部分的 Cd 的含量大于国家标准。因此,将污泥进行农业利用时,要充分考虑污泥堆肥的重金属含量和施用量。对于苋菜等重金属十分敏感、易富集重金属的蔬菜,还要考虑作物对重金属的富集能力。

重金属是限制污泥土地利用的主要因素,重金属的环境风险取决于污泥、土壤、污泥进入土壤后的行为等因素^[11]。如果合理使用,污泥土地利用不会在短期内造成土壤重金属污染,但由于污泥用量大、重金属含量高、土壤 pH 等原因,污泥土地利用的重金属污染风险较突出,因此要严格控制污泥中的重金属含量和污泥用量。在污泥用量一定的情况下,必须消减污泥中的重金属含量。

该试验将污泥:蘑菇渣:秸秆按干重比 1:2:2 混合,同时添加发酵有机物料干重的 5% 的粉煤灰,相当于将原污泥中重金属稀释近 5 倍,因此发酵完的污泥有机肥符合《有机肥料(NY525-2012)》、《农用污泥中污染物控制标准(GB4284-84)》的要求。相对于污泥重金属的

去除,好氧堆肥的稀释,既降低了有机肥中重金属的浓度,又利用了工农业有机废弃物,降低了成本和价格,与传统的有机肥相比,具有很强的竞争力。施用量达到 200 g/盆(相当于 45 t/hm²),土壤和植株中 7 种重金属与不施有机肥的 T0 处理相比,二者之间无显著差异,且均在农产品安全标准和土壤质量安全标准范围内。当施用量达到 400 g/盆(相当于 95 t/hm²),相对于对照 T0 (CK),植株 Cu、Zn 含量分别提高 17.71%、14.06%,但农产品安全标准未对 Cu、Zn 含量进行限制。虽然该试验中污泥有机肥对农产品安全和土壤质量安全不存在危险,但是仍然增加了作物中 Cu、Zn 含量。因此需要经过多年、连续施用才能全面评价污泥有机肥的农安安全性。

参考文献

- [1] 王维军. 城市污泥处理及资源化利用技术[D]. 北京:北京工业大学, 2009.
- [2] 曹仲宏,王秀朵. 某城市污水处理厂污泥处理处置方案的选择[J]. 中国给水排水, 2013, 29(2): 13-15.
- [3] 徐新阳,陈熙,柳青,等. 城市污水处理厂污泥堆肥化处理优化[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2012, 33(9): 1340-1343.
- [4] 周桦,马强,姜子绍,等. 有机肥用量对玉米体内养分浓度及分配的影响[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(4): 647-650.
- [5] 李淑仪,郑惠典,廖新荣,等. 有机肥用量与蔬菜硝酸盐和重金属关系初探[J]. 生态环境, 2005, 14(6): 307-311.
- [6] 刘善江,康少杰,孙昊,等. 污泥施用对油菜生长和土壤重金属积累的影响[J]. 中国农学通报, 2011, 27(27): 135-140.
- [7] 汪莉,陶天云,陈国华,等. 施用生活污水对滩涂土壤性质及重金属含量的影响[J]. 中国农学通报, 2012, 28(23): 227-231.
- [8] 刘强,陈玲,邱加洲,等. 污泥堆肥对园林植物生长及重金属积累的影响[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2010, 38(6): 870-875.
- [9] 张桥,吴启堂,黄焕忠,等. 施用污泥堆肥对作物和土壤的影响[J]. 土壤与环境, 2000, 9(4): 277-280.
- [10] 李国学,黄焕忠,黄铭洪. 施用污泥堆肥对土壤和青菜(*Brassica chinensis*)重金属积累特性的影响[J]. 中国农业大学学报, 1998, 3(1): 113-118.
- [11] 林茂兹,邱雪芬,林能文,等. 空心莲子草对污泥重金属的响应与吸附效应[J]. 草业科学, 2012, 29(5): 681-686.

Research on Sludge Organic Fertilizer Applied on Rape

SHAO Lei¹, WANG Li-xia¹, MA Yuan-min², CONG Hui-fang¹, WU Chang-fei¹

(1. China Agricultural University (Yantai), Yantai, Shandong 264670; 2. Agriculture Bureau of Changqin District, Jinan, Shandong 250300)

Abstract: Taking rape as material, to evaluate the security of sludge organic fertilizer, effects of different application rates of sludge organic fertilizer (0, 50, 100, 200, 400 g/pot) on yield and content of heavy metal in soil and rape were studied. The results showed that the yield increased with the application rates, but the yield didn't increased when the application rates was above 200 g/pot. The Cu, Zn contents of soil and plant of 400 g/pot were the highest, but there was no difference among the other treatments. The heavy metal contents of soil and plants were within the security standard of agricultural products and soil quality.

Key words: sewage sludge; aerobic fermentation; heavy metals; organic fertilizer