

污泥垃圾复混肥对油菜及土壤的影响^{*}

闫双堆 卜玉山[†] 刘利军 徐鹏翔

(山西农业大学资源环境学院, 山西太谷 030801)

EFFECTS OF BLENDED FERTILIZERS OF SEWAGE SLUDGE AND MUNICIPAL GARBAGE ON RAPE AND SOIL

Yan Shuangdui Bu Yushan[†] Liu Lijun Xu Pengxiang

(College of Resources and Environment Science, Shanxi Agriculture University, Taigu, Shanxi 030801, China)

关键词 污泥; 垃圾; 复混肥; 土壤养分; 油菜; 养分利用率; 重金属

中图分类号 S158.3 文献标识码 A

随着城市化进程的加快、城市人口的增加, 工业废水与生活污水的排放量日益增多, 污泥的产出量迅速增加。据有关资料统计, 目前美国所积累的干污泥总量已达 1 000 万 t, 欧洲各国总计达 660 万 t, 日本为 240 万 t 左右。我国由于环境产业起步较晚, 目前污水处理量和处理率虽然不高(4.5%), 但年产污泥量已达 30 万 t(干重计)^[1]。同时, 城市生活垃圾的数量也在迅速增加, 根据抽样调查, 我国城市生活垃圾增长迅速。到 2000 年底, 我国每天城市生活垃圾的产生率为 0.66~2.62 kg 人⁻¹, 平均为每人每天 1.16 kg; 预计 2010 年和 2015 年将分别达到 1.52 亿 t 和 1.79 亿 t; 年增长率将由目前的 2.82% 提高到 3.28%^[2]。如何处理和处置城市污泥和垃圾已成为一个亟待解决的重大环境问题。城市垃圾和污泥中含有一定量的植物生长所必须的矿质元素, 是一种良好的肥料和土壤改良剂^[3], 土地施用既可为植物提供养分, 又能起到培肥改土的作用^[4]。因而, 将污泥垃圾作为肥料资源, 经过处理后, 加工生产成有机无机复混肥是其合理处置的重要途径之一。但是, 如果处理或施用量不当也可能对土壤质量和作物的生长发育产生一些负面效应, 因此在加工生产复混肥料前, 应经过高温腐熟以提高污泥和垃圾的稳定性和腐殖物质含量, 同时可以杀灭其所含有害生物如病原菌、虫卵、杂草种子等并促进有毒

有机物质的降解; 在复混肥加工过程, 按设计配入无机肥料以增加复混肥中有效养分的含量, 同时起到稀释作用, 降低垃圾和污泥中有害物质特别是重金属的浓度^[5]。这样可以降低垃圾和污泥农业资源化利用的环境污染风险。

本盆栽试验利用自制的垃圾污泥复混肥, 在施入纯养分数量、比例一致条件下, 研究了不同配比污泥垃圾复混肥对油菜产量、养分利用率、土壤速效养分和土壤、油菜中重金属含量的影响, 以探讨污泥垃圾复混肥中适宜的污泥垃圾用量, 以期对污泥垃圾的安全合理农用提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试土壤为山西农业大学农场石灰性褐土; 供试污泥由太原市南堰污水处理厂提供, 生活垃圾为太原市东山垃圾填埋场半腐熟垃圾, 将垃圾和污泥分别堆腐后, 粉碎, 按 1:1 混合, 所用化肥尿素(N, 46%)、磷酸一铵(N, 11%, P₂O₅, 42%) 和氯化钾(K₂O, 60%) 分别粉碎, 再按不同比例与污泥垃圾混合后造粒, 烘干(160 ℃), 配置成三种污泥垃圾复混肥: SGBF I (N + P₂O₅ + K₂O = 20%); SGBF II (N + P₂O₅ + K₂O = 30%); SGBF III (N + P₂O₅ + K₂O = 40%)

* 山西省归国留学人员基金项目(99045)和山西省攻关基金项目(011053)资助

† 通讯作者, 电话: 0354-6289671 转 8013; E-mail: yushanbu@sxau.edu.cn

作者简介: 闫双堆(1976~), 女, 山西临汾人, 硕士, 研究方向为生产生活废弃物的农业资源化利用。Tel: 0354-6587093

收稿日期: 2004-11-22; 收到修改稿日期: 2005-05-20

(百分数指复混肥料中的纯养分含量, 且 N: P₂O₅: K₂O= 2: 1: 1), 其中污泥垃圾复混肥中 N+ P₂O₅+ K₂O由污泥垃圾和化肥共同提供; 供试油菜品种为上海青; 供试污泥、垃圾与土壤的部分性质见表 1。

供试土壤及城市生活垃圾和污泥的理化性状

表 1 供试土壤及城市生活垃圾和污泥的理化性状

项目	pH ^①	有机质	全氮	全磷	全钾	速效氮	速效磷	速效钾	全铜	全铅	全镉	全铬
		(g kg ⁻¹)				(mg kg ⁻¹)						
土壤	8.07	11.0	1.00	2.30	12.60	27.20	16.20	165.0	8.80	26.70	0.12	48.50
垃圾	8.14	92.6	3.70	2.50	11.70	49.70	18.60	979.2	96.30	50.40	1.26	51.50
污泥	7.05	304.3	30.50	17.40	5.80	450.3	750.0	862.5	177.1	40.60	2.38	59.90

注: 土水比为 1: 10

1.2 试验设计与实施

试验为盆栽试验, 共设 5 个处理: 对照(CK), 化肥(NPK), SGBF I, SGBF II, SGBF III, 4 次重复。试验用盆为直径 22 cm, 高 18 cm 的塑料盆, 每盆装土 5 kg, 按处理设计每盆施纯养分 4.5 g(N+ P₂O₅+ K₂O), 所施肥料全部用作基肥一次施入。露天完全随机排列, 2004 年 4 月 17 日播种(催芽后)。两个月后收获测定地上部分生物量, 土壤和油菜中养分和重金属含量。

1.3 分析测定项目与方法

土壤和油菜的养分含量测定为常规方法^[6]; 总砷用二乙基二硫代氨基甲酸银分光光度法测定(GB/T 17134); 总汞用冷原子吸收分光光度法测定(GB/T 17136); 总铬用火焰原子吸收分光光度法测定(GB/T 17137); 铅和镉用 K₂MIBK 萃取火焰原子吸收分光光度法测定(GB/T 17140)。

2 结果与分析

2.1 污泥垃圾复混肥对油菜鲜重和干重的影响

试验结果表明, 油菜鲜重和干重各施肥处理均显著高于 CK, 污泥垃圾复混肥处理与化学肥料处理比较, SGBF I 和 SGBF II 显著高于 NPK, 而 SGBF III 与 NPK 之间差异不显著(见表 2)。

表 2 不同施肥处理对油菜鲜重和干重的影响

处理	鲜重(g 株 ⁻¹)	干重(g 株 ⁻¹)
SGBF I	65.55±7.24 a	8.46±0.93 a
SGBF II	55.80±6.45 b	7.29±0.81 b
NPK	51.58±6.79 c	6.42±0.86 c
SGBF III	49.59±5.86 c	6.38±0.76 c
CK	34.01±5.23 d	5.55±0.68 d

注: 具有完全不同字母的处理达到极显著水平

垃圾和污泥含有丰富的植物营养成分及有机质^[7], 它们不但在产量上可表现出显著的作用, 而且还有改善产品品质的作用^[8], 同时, 可以起到改善土

壤结构, 减少肥料损失的作用。SGBF I 处理中由于污泥垃圾的用量较多, 使得有机肥功效得以显现, 其增产效果优于等养分的化肥。所以 SGBF I 处理与 CK、化学复混肥相比较均达到差异显著水平。而 SGBF II 中由于污泥垃圾的用量较少, 有机肥的功效不明显, 所以与化学复混肥相比较差异不显著。说明污泥垃圾的施入量与作物的产量呈正相关, 这与郭媚兰等的研究相一致^[9]。如日本有较为系统的研究证明, 施用污泥与城市垃圾复混肥, 能提高春小麦的产量和春小麦中蛋白质的含量, 并且大多数污泥施用地未发现作物品质下降, 污泥堆肥的施用能提高叶菜类的品质, 如增加卷心菜的甜度, 阻止缺硼引起的白菜品质下降^[10]。

从环保角度出发, 污泥垃圾制备成复混肥解决了污水处理厂污泥与城市垃圾的出路问题, 可缓解污泥垃圾对环境造成的压力; 从经济角度考虑, 污泥垃圾复混肥减少了化肥的用量, 降低了肥料的生产成本, 同时污泥垃圾加工成颗粒复混肥, 便于运输也易于被农民所接受。因此, 污泥垃圾复混肥的研制和推广, 具有较大的实际应用价值^[11]。

2.2 污泥垃圾复混肥对油菜养分吸收的影响

油菜从肥料中吸收的养分占所施肥料养分的百分数, 可以反映肥料养分利用率的高低。根据差减法计算^[12], 结果表明: SGBF I 的 N、P、K 利用率分别是 41%、9.2%、8.6%; SGBF II 的 N、P、K 利用率分别是 23%、6.5%、7.6%; 而等养分的化肥的 N、P、K 利用率分别是 18%、3.2%、8.1%。由此可见, SGBF I 可以显著提高氮磷肥料养分的利用率。

从油菜全氮含量来看, 各施肥处理与对照相比氮素含量差异均达显著水平, 增加 28.8%~ 77.8%。SGBF I、SGBF II 处理与化学复混肥处理相比, 差异显著; 其中以 SGBF I 全氮含量最高, 氮利用率也远远高于其他处理, 达 41%; SGBF III 与化学复混肥处理相比, 全氮含量和氮利用率的差异都不显著。油

菜全磷含量和磷利用率的趋势与氮相似。但钾素含量和利用率各处理间差异不显著,说明污泥垃圾复混肥对提高油菜全钾含量无明显影响(见表3)。

表3 不同施肥处理对油菜养分含量及养分利用率的影响

处理	全氮含量 (g kg ⁻¹)	氮利用率 (%)	全磷含量 (g kg ⁻¹)	磷利用率 (%)	全钾含量 (g kg ⁻¹)	钾利用率 (%)
SGBF I	57.8 a	41.00 a	5.1 a	9.20 a	10.8 a	8.60 a
SGBF II	48.5 b	23.00 b	4.8 a	6.50 b	9.9 a	7.60 a
NPK	49.2 b	18.00 c	3.9 b	3.20 c	10.1 a	8.10 a
SGBF III	41.9 c	11.00 c	4.2 b	3.80 c	9.2 a	7.70 a
CK	32.5 d	—	2.8 c	—	6.8 b	—

注:具有完全不同字母的处理达到极显著水平

由于污泥垃圾复混肥中有机成分较化学复混肥高(与污泥垃圾复混肥中纯养分含量呈负相关),有机质可以吸附NH₄⁺使其挥发较少,也有抑制反硝化作用的效果,从而减少了氮素的损失,提高了氮肥利用率;有机质可以与磷形成螯合物,减少磷肥在石灰性土壤的固定,从而有效提高磷肥的利用率。SGBF I 中有机成分含量最高,所以其对氮磷肥料的利用率提高最为有效,均达到极显著水平。

由于供试土壤的有效钾含量较高,所以试验结果的钾肥利用率较低,也不能有效地看出污泥垃圾复混肥对钾肥利用率的影响。

污泥垃圾复混肥可明显促进作物对养分的吸收,对N、P的吸收利用优于化肥处理。虽然污泥中91%以上的N和95%以上的P是以有机态存在^[13],其速效养分的供应不如化肥的高,但污泥垃圾复混肥是有机养分与无机养分的结合,其中有机肥稳定而持续的供肥特性和化肥浓度高、时间短的特点互补,相互协调,无疑对作物的生长发育有良好的促进作用^[14]。

2.3 污泥垃圾复混肥对土壤养分状况的影响

油菜收获后, SGBF I 处理的速效 N 含量比 SGBF II 处理提高 36.7%, 比化肥处理提高 47.5%, 比 CK 处理提高 65.9%, 其余处理与 CK 处理相比相差不大(见图1); SGBF I 处理的速效 P 含量比化肥处理提高 45.1%, 比 CK 处理提高 87.4%, 其余处理的增长趋势与速效 N 相似。各处理的土壤速效 K 养分含量相差不大, 但都高于 CK 处理, 说明施用污泥垃圾复混肥可以提高土壤中的速效 N、P 含量, 但对速效 K 含量无明显影响。

由于污泥垃圾复混肥中有机成分较高(与污泥垃圾复混肥中纯养分含量呈负相关), 有机质提高了氮肥磷肥的利用率; 同时也使得更多的有效态养分

留在土壤而不被流失、挥发或是固定从而明显提高土壤速效态养分的含量, 对培肥地力有很好的作用。

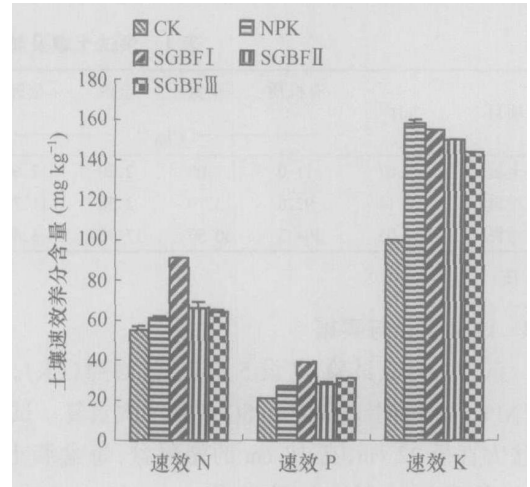


图1 不同施肥处理油菜收获后土壤速效养分含量

总的看来, 施用复混肥的土壤有机质和速效 N、P、K 均较等养分的化肥高^[15]。但在本试验中, 污泥垃圾复混肥对有机质的增加趋势不明显, 从 1.49%~1.62%, 可能是由于在盆栽试验中污泥垃圾施用量少, 而且试验时间短的原因。有许多相关研究表明: 施用污泥垃圾复混肥后土壤有机质含量增加, 其数量与污泥垃圾施用量有显著关系^[4, 11, 15~17]。

2.4 污泥垃圾复混肥对土壤及油菜重金属含量的影响

重金属对人们生活以及土壤环境的影响很大^[18], 随着污泥施用量的增大, 造成重金属污染的危险性也就越大, 而施用污泥制成的复混肥, 纯污泥的使用量可降低到 1/1 000 或者更少, 带入的重金属大幅减少, 因此土壤和作物受重金属污染的风险大大地降低; 同时将复合肥制备成颗粒状, 在贮存、运输和施用上都比直接施用污泥及其堆肥要方便^[19]。油菜收获后, 对各处理的土壤和植株的重金属含量进行测定, 结果见表 4, 可以看出施用污泥复混肥后土壤重金属含量 SGBF I、SGBF II 的镉、铬差异显著而 SGBF II 并不显著, 其他重金属元素各个处理均不显著; 油菜中的重金属含量与 CK 并无显著差异。

重金属元素在土壤中的含量和存在形态, 都影响植物对重金属的吸收量, 土壤中重金属的生物有效性主要决定于其有效态含量^[20]。研究表明^[21], 植物从污泥堆肥中吸收的 Cd、Zn 通常比从含等量重金属的无机盐中吸收的少, 这说明重金属在污泥中多以稳定的化学形态存在。合理使用就不会对食物链产生危害。本试验结果表明, 污泥复合肥在增

表4 污泥垃圾复混肥对土壤及油菜重金属含量的影响

项目	处理	镉(Cd, mg kg ⁻¹)	铬(Cr, mg kg ⁻¹)	铅(Pb, mg kg ⁻¹)	铜(Cu, mg kg ⁻¹)
油菜	SGBF I	0.034 a	0.29 b	0.11 a	0.16 c
	SGBF II	0.031 a	0.27 b	0.10 a	0.14 b
	NIK	0.031 a	0.26 b	0.10 a	0.10 a
	SGBF III	0.030 a	0.26 b	0.10 a	0.13 b
	CK	0.031 a	0.22 a	0.10 a	0.11 a
土壤	SGBF I	4.33 b	53.4 ab	28.6 a	9.08 a
	SGBF II	4.33 b	53.1 ab	28.0 a	8.99 a
	NIK	4.30 ab	52.7 a	26.8 a	8.80 a
	SGBF III	4.30 ab	53.2 ab	27.2 a	8.91 a
	CK	3.91 a	52.1 a	26.6 a	8.81 a
污泥垃圾农用国标	< 3.0	< 300	< 100	< 250	
无公害蔬菜土壤环境国标(pH> 7.5)	≤0.6	≤250	≤150	≤150	
无公害蔬菜重金属限量国标	≤0.05	≤0.5	≤0.2	-	

产和提高土壤养分含量提高肥料利用率等方面优于化学复混肥,而在实验中,作物对吸收累积重金属没有明显差异。

3 结 论

1) SGBF I 和 SGBF II 两个处理的油菜鲜重与等养分的化肥相比,差异达显著水平,其中 SGBF I 差异达极显著,比 CK 增产 92.7%,对油菜生长有良好的促进作用。

2) 与等养分量的化肥相比,SGBF I 能促进油菜对 N、P 养分的吸收,利用率为 41% 和 9.2%; SGBF II 处理的 N、P 利用率为 23% 和 6.5%; 而化肥处理的 N、P 利用率仅有 18% 和 3.2%。

3) 污泥垃圾复混肥促进了土壤速效 N 和速效 P 养分含量的提高,但对土壤速效 K 含量无显著性的影响。污泥垃圾复混肥还能提高土壤有机质的含量,但由于本试验所用污泥垃圾量少,所以有机质的增加不明显。

4) 与施用纯污泥相比,施用污泥垃圾复混肥可以大大减少重金属在土壤中的积累,且养分含量较高(SGBF III) 时与 CK 和化肥处理差异不显著;污泥垃圾复混肥中重金属大部分以有机态存在,生物有效性很低,不会在油菜中积累^[18,19]。

参 考 文 献

- 乔显亮, 骆永明, 吴胜春, 等. 污泥的土地利用及其环境影响. 土壤, 2000, 32(2): 79~ 85
- 袁英. 我国城市生活垃圾现状与对策. 科技情报开发与经济, 2003, 13(7): 59~ 62
- 杨毓峰, 薛澄泽, 袁红旭, 等. 城市污泥堆肥商品化应用问题的探讨. 农业环境与发展, 2000, 17(1): 6~ 8
- 陆文龙, 毛建华, 潘洁, 等. 垃圾肥对土壤养分及物理性状的影响. 农业环境保护, 1998, 17(3): 104~ 108, 112
- 和文祥, 黄英锋, 朱铭裁, 等. 汞和镉对土壤脲酶活性影响. 土壤学报, 2002, 39(3): 412~ 419
- 鲍士旦. 土壤农化分析. 北京: 中国农业出版社, 1996. 33~ 90, 212~ 219
- 常玉海. 城市污泥对土壤物理化学性质的影响. 农业环境与发展, 1995, 12(3): 25~ 27
- 李成琼, 唐阵武, 王正银, 等. 肥料组合对茎瘤芥产量和营养品质的影响. 西南农业大学学报, 2004, 26(2): 95~ 99
- 郭媚兰, 席鸣岐. 城市污泥和污泥与垃圾堆肥的农田施用对土壤性质的影响. 农业环境保护, 1994, 13(5): 204~ 209
- 潭启玲, 胡承孝, 赵斌, 等. 城市污泥的特性及其农业利用现状. 华中农业大学学报, 2002, 21(6): 587~ 592
- 金燕, 李艳霞, 陈同宾, 等. 污泥及其复合肥对蔬菜产量及重金属积累的影响. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(4): 288~ 291
- 毛达如. 植物营养研究方法. 北京: 中国农业大学出版社, 1989
- McCoy J L, Weil R R, Sikora L J. Plant availability of phosphorus from compost sewage sludge. Agron. Abs., 1983, 60: 35
- 张树清, 武翻江, 牛建彪. 施用不同缓释肥料对春小麦产量的影响. 土壤肥料, 2004, (2): 23~ 25
- 李国学, 孙英. 不同堆肥及其制成低浓度复混肥的环境和蔬菜效应的研究. 农业环境保护, 2000, 19(4): 200~ 203
- 赵莉, 李艳霞, 陈同斌, 等. 城市污泥专用复合肥在草皮生产中的应用. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(4): 501~ 503
- 李冰, 王昌全, 李廷轩, 等. 不同有机物料对小麦氮素利用和土壤肥力的影响. 中国农学通报, 2004, 20(2): 123~ 125
- Zhou D M, Chen H M, Hao X Z, et al. Fractionation of heavy metals in soils as affected by soil types and metal load quantity. Pedosphere, 2002, 12(4): 309~ 319
- 陈同斌, 李艳霞, 金燕, 等. 城市污泥复合肥的肥效及其对小麦重金属吸收的影响. 生态学报, 2002, 22(5): 104~ 106
- 陈怀满. 土壤-植物系统中的重金属污染. 北京: 科学出版社, 1996. 10~ 11
- Dowdy R H, Larson W E. The availability of sludge-borne metals to various vegetables crops. Environ. Qual., 1975, 4: 278~ 282