

污泥农用对土壤理化性质及作物产量的影响

李梦红^{1,2}, 黄现民³, 诸葛玉平²

(1. 山东理工大学 资源与环境工程学院, 山东 淄博 255049; 2. 山东农业大学 资源与环境学院, 山东 泰安 271018; 3. 山东省农业环境监测站, 山东 济南 250100)

摘要: 为了研究污泥农用的有效性,通过田间试验,开展了污泥农用前后土壤理化性质及作物产量变化研究。结果表明,随着污泥施用量的增加,土壤容重最大降低了 14.8%;水稳性团粒总量达 31.5%;速效氮、磷的含量和土壤中的有机质含量明显增多;小麦和玉米都增产,其中污泥施用量为 56.25 t/hm² 时,小麦增产达极显著水平;玉米的产量都比对照要高,而且产量随施肥量的增加而增大。

关键词: 污泥; 污泥农用; 土壤理化性质; 作物产量

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2009)06-0095-04

中图分类号: S141.8

Effects of Agricultural Utilization of Sewage Sludge on Soil Physical and Chemical Properties and Crop Output

LI Meng-hong^{1,3}, HUANG Xian-min², ZHU GE Yur-ping³

(1. College of Resources and Environment Engineering, Shandong Technology University, Zibo, Shandong 255049, China; 2. College of Resources and Environment Science, Shandong Agricultural University, Taian, Shandong 271018, China; 3. Shandong Station of Agricultural Environment Monitoring, Jinan, Shandong 250100, China)

Abstract: For studying the effectiveness of agricultural utilization of sewage sludge, soil physical and chemical properties and crop output before and after sewage sludge utilization were studied by the field experiment of sludge utilization. Results showed that along with increased sludge application quantity, the maximum soil bulk density was reduced by 14.8% and the quantity of water stable aggregates amounted to 31.5%. The contents of available Nitrogen and available Phosphor were significantly increased and the content of organic matter was increased simultaneously. The output of wheat and corn increased, sludge application quantity was 56.25 t/hm², and wheat production increase reached the extremely remarkable level. Corn output was higher than the contrast and increased with the increased quantity of fertilizer.

Keywords: sewage sludge; agricultural utilization of sewage sludge; soil physical and chemical property; crop output

随着城市化的加快,城市人口的增加,工业废水和生活污水的排放量大大增加^[1]。在污水处理的过程中往往产生大量污泥,如不进行妥善处置将会对环境造成危害。目前,世界上大多数国家对城市污泥的处置普遍采取农用、陆地填埋、焚烧和排海 4 种方式^[2]。其中农用逐渐成为最具潜力的污泥处置方式,世界发达国家对污泥的处置有 45.3% 为农用。例如,美国和英国的污泥农用率为 30% 和 45%;日本的国土面积小,污泥农用率为 22%;欧盟各成员国中有丹麦、法国、卢森堡以农用为主;爱尔兰、芬兰、葡萄牙污泥农用的比例也在逐步增加^[3]。

污泥农用的主要原因是其含有大量的有机质及 N、P 等营养元素,已有学者对污泥农用对作物产量的

影响作过水稻盆栽试验,但是盆栽试验与大田试验相比存在盆子容量、渗漏和土壤均匀性的问题^[4],相比之下,大田试验更符合实际情况。本研究就是通过污泥土地利用的田间试验,研究污泥农用对土壤理化性质及对小麦玉米产量的影响,为污泥的合理利用提供更加准确和科学的依据。

1 材料与方法

1.1 供试污泥

供试污泥采自泰安污水处理厂,泰安污水处理厂的污水主要是生活污水(占 90% 以上)。生活污水中有机质的含量为 44.84 g/kg,速效氮和速效磷的含量分别为 720.31 和 885.46 mg/kg,远高于一般农家肥。

收稿日期:2009-02-16

修回日期:2009-06-08

资助项目:山东省自然科学基金项目(Y2007D29)

作者简介:李梦红(1976—),女(汉族),山东省淄博市人,硕士,讲师,主要从事环境监测及水处理方面的教学与科研。E-mail:zblmh76180@126.com。

通信作者:诸葛玉平(1969—),男(汉族),山东省莒南县人,教授,主要研究方向为土壤生态环境。E-mail:zgyp@tom.com。

1.2 供试土壤

田间试验选择在泰安市岱岳区粥店村,土壤为粉砂质棕壤。试验前土壤有机质为 1.13 mg/kg,碱解氮为 67.58 mg/kg,速效磷为 18.52 mg/kg,速效钾为 88.6 mg/kg。

1.3 供试作物

供试小麦品种为烟辐 188,玉米品种为泰单 315。

1.4 试验方法

试验设 5 个处理,一次重复共 10 个小区,每个小区的面积为 $7.2\text{ m} \times 7.2\text{ m} = 51.84\text{ m}^2$,以农大牌 15-15-15 的小麦专用肥作底肥,施用量为 350 N kg/hm^2 ,5 个处理施用的污泥量分别为 0,18.75,37.5,56.25,75.00 t/hm²。在春季小麦拔节期追施尿素,施用量为 300 N kg/hm^2 。小麦收获后继续种植玉米,施尿素一次,施肥量为 450 N kg/hm^2 。每月采集一次土样,在每个小区内按对角线采样,用土钻在每个小区取 5 个点,采样取 0—20 cm 表层土壤,取样后混合均匀,装入袋中。土样取回后在室内风干、磨细,过 2 mm 筛备用。试验结束时,在每个小区分取原状土,带回测其容重和团聚体水稳性。收获前在田间测产,在每个小区选 3 个 1 m^2 的区域,数其穗数,计算其单位面积穗数,将这 3 个小区的麦穗收回,晾干,测定其穗粒数和干粒重。然后根据公式计算产量。

产量(t/hm²) = 单位面积穗数(666.67 m^2) × 穗粒数 × 干粒重(g) × 15/1 000/1 000/1 000

1.5 分析方法

污泥有机质的含量采用重铬酸钾法;速效氮采用碱解扩散法;速效磷的测定采用酸性氟化铵浸提—钼锑抗比色法;土壤容重的测定采用环刀法。

2 结果与讨论

2.1 施用污泥对土壤容重的影响

在施用污泥一年后,即经过两个生长季后,测定土壤容重的变化,由图 1 可看出,土壤中施入污泥后土壤的容重比未施污泥的处理有明显的降低,且污泥施用量越大,土壤容重降低越多。施用 75.00 t/hm² 处理比空白降低了 14.8%。土壤容重的降低,一方

面是由于施入的污泥的容重比土壤的容重要低的缘故所致^[5],另一方面可能是由于团聚体结构以及一些结构参数的变化而引起的^[6]。

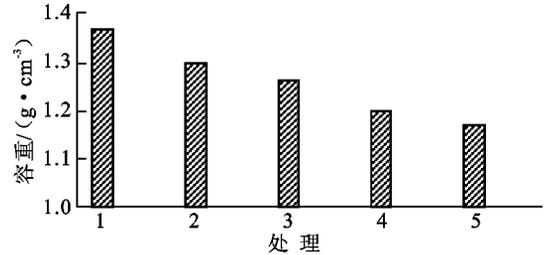


图 1 施用污泥对土壤容重的影响

注:5 个处理施用的污泥量分别为 0,18.75,37.5,56.25,75.00 t/hm²,下同。

2.2 施用污泥对土壤水稳性团粒的影响

土壤水稳性团粒结构的状况是鉴定土壤肥力的指标之一,有良好团粒结构的土壤能很好的调节肥力结构的诸因素,促进作物获得高产。由表 1 可看出施入污泥后土壤中的水稳性团粒总量增加,对照的水稳性团粒占 26.08%,而施入污泥最多的处理 5 则达到 31.5%,有随着污泥施用量增加而使水稳性团粒逐渐增加的趋势。在各个粒级中,以 3~1 mm 的水稳性团粒增加最为显著,有空白时的 5.05% 上升到 7.54%。施用污泥使土壤水稳性团粒增加主要是由于污泥中的脂肪、蜡质、树脂以及水溶性多糖等物质的缘故,同时,污泥中含有聚丙烯酰胺,其聚合性能较强,使土壤团粒结构发生明显变化,同时由于其具有较强的疏水性,使团粒水稳性能有显著增强,土壤团粒水稳性能的增强对土壤性质、土壤肥力及环境保护有重要意义^[7]。另外,在厌氧消化污泥中的醚溶性物质比好氧消化污泥多 1/3,它具有更强的疏水性,也可使团粒的水稳性增强。

2.3 施用污泥对土壤中速效氮、磷含量的影响

由图 2 可看出,施用污泥的处理速效氮、磷的含量都高于空白,且污泥施用量越大的处理,速效氮、磷的含量越高。污泥中含有大量的速效氮、磷养分,能被作物所吸收,但是污泥中有机态氮、磷的含量更高,施入土壤后有机氮、磷逐渐矿化,而能被作物吸收利用,所以污泥施用后在一年内仍然具有肥效,对土壤具有良好的培肥作用。

表 1 土壤的水稳性团粒结构

处理号	5 mm	5~3 mm	3~1 mm	1~0.5 mm	0.5~0.25 mm	合计
1	0	0.46	5.05	8.35	12.22	26.08
2	0.87	1.21	6.53	8.25	12.93	29.79
3	0	0.82	6.58	8.24	13.16	28.80
4	0.77	0.83	6.70	8.86	13.53	30.69
5	0	1	7.54	9.23	13.73	31.50

2.4 施用污泥对土壤中有机质含量的影响

由图 3 可看出,各处理中随着污泥施用量增大,土壤中的有机质含量有明显的增多,施用 75.00 t/hm²的小区与对照相比,土壤有机质含量由 1.15 mg/kg 提高到 1.88 mg/kg,这是由于所施污泥中有机质含量很高(46%)的缘故。自 2005 年 12 月到 2006 年 3 月土壤中有机质总体呈相对平稳的状态,2006 年 3 月后,土壤中的有机质相对明显降低,这主要是由于天气变暖,土壤中的微生物逐渐活跃,对有机质的分解作用加强。到 6 和 7 月份逐渐升高,可能是由于小麦收获后,其根系残留在土壤中,逐渐腐解后使土壤有机质含量增加。以后又呈逐渐降低趋势。消化污泥中的有机质较稳定,但在施用后 6 个月内,污泥中大约有 20%的有机物被降解。

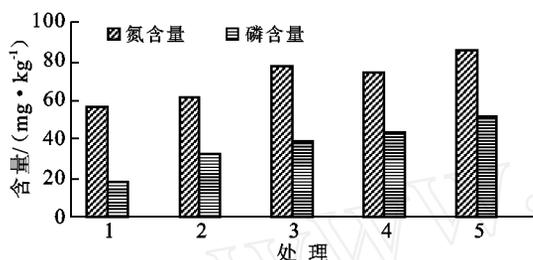


图 2 施用污泥对土壤中速效氮、磷含量的影响

2.5 施用污泥对作物产量的影响

2.5.1 施用污泥对小麦产量的影响 由表 2 可看出,在 5 个不同的污泥处理量中,处理 2 和处理 3 分别比对照(处理 1)增产 0.57 和 0.71 t/hm² 达到显著水平,处理 4 和处理 5 与对照(处理 1)相比分别增产 1.24 和 1.31 t/hm²,达到极显著水平。处理 4 和处理 5 的增产效果与处理 3 相比也达到显著水平,分别为 0.53 和 0.60 t/hm²。而处理 5 比处理 4 的增产效果和处理 3 比处理 2 的增产效果均未达到显著水平,分别为 0.07 和 0.14 t/hm²。上述结果表明,当污泥施用量达 56.25 t/hm² 时,小麦的增产效果极为显著,分别比处理 1 增产 0.57 t/hm²,比处理 2 增产 0.67 t/hm²,比处理 3 增产 0.53 t/hm²,当污泥施用量再增多时,增产效果不明显。

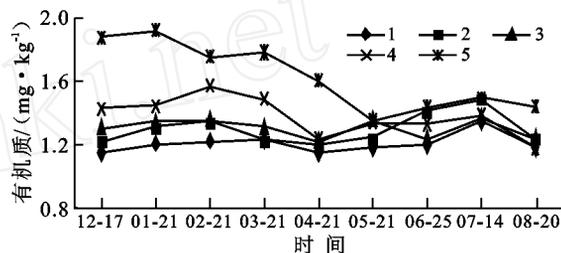


图 3 施用污泥后土壤中有机质的含量变化

表 2 小麦施用污泥产量结果的多重比较

处理号	污泥施用量/(t·hm ⁻²)	平均产量(X)	X-4.39	X-4.96	X-5.10	X-5.63
5	75.00	5.70	1.31 **	0.74 *	0.60 *	0.07
4	56.25	5.63	1.24 **	0.67 *	0.53 *	
3	37.50	5.10	0.71 *	0.14		
2	18.75	4.96	0.57 *			
1	0	4.39				

注:LSD(0.05) = 0.50; LSD(0.01) = 0.82。

2.5.2 施用污泥对玉米产量的影响 田间小麦试验结束后,在原试验小区继续种植玉米,收获后测产。由表 3 可看出,上季施污泥的处理,玉米的产量都比对照高,产量随施用量的增大而增大,使用 75.00 t/hm²的处理 5 与处理 1 相比增产达 27.76%,这说

明上季施用的污泥对下茬仍有较好的增产效果。将玉米的产量结构进行多重比较,结果表明,除处理 4 比处理 3 的增产效果不明显外,其余都达到了极显著水平。这说明由于污泥的有机质含量高,肥效长,能在作物生长的各个时期为作物提供养分,使作物增产。

表 3 玉米施用污泥产量结果的多重比较

处理号	污泥施用量/(t·hm ⁻²)	平均产量(X)	X-4.43	X-4.83	X-5.31	X-5.44
5	75.00	5.66	1.23 **	0.83 **	0.35 **	0.32 **
4	56.25	5.34	0.91 **	0.51 **	0.03	
3	37.50	5.31	0.88 **	0.48 **		
2	18.75	4.83	0.40 **			
1	0	4.43				

注:LSD(0.05) = 0.083; LSD(0.01) = 0.14。

3 结论

(1) 通过以上分析可知,污泥施入土壤后对土壤的物理性状具有改良作用,施用污泥后土壤的容重下降,水稳性团粒含量增加,有机质含量提高,速效氮、磷的含量明显提高^[8-10]。

(2) 污泥作为肥料施用,在一定范围内对作物具有明显的增产效果。通过对小麦的试验表明,施用量为 56.25 t/hm² 时,小麦增产达极显著水平,施用量再增加,增产效果不明显。对玉米的试验表明,在 18.75 ~ 75.00 t/hm² 的 4 个不同处理中增产效果都达到极显著水平。

(3) 将污泥作为基肥施入,不仅对当季的小麦有明显的增产效果,而且对后茬玉米也有明显的增产效应。这说明污泥在一年中的各个时期为作物的生长提供养分。这个过程是相对缓慢而持续不断的,它与化肥的养分释放速度快,强度高形成互补。因此,在作物需肥高峰期,追施化肥,可使作物在整个生长期内有充足而稳定的养分供应^[11]。

(4) 众所周知,污泥中同时也含有多种有毒有害物质,这对作物的品质可能带来有害影响,具体对作物的有害影响有多大,污泥的施用限量是多少,针对于污泥农用的安全性还有待于进一步研究^[12-14]。

[参 考 文 献]

[1] 杨丽标,邹国元,张丽娟,等. 城市污泥农用处置研究进展[J]. 中国农学通报,2008,24(1):420-424.
 [2] 杭世珺,陈吉宁,郑兴灿,等. 污泥处理处置的认识误区与控制对策[C]//北京:2004年国际污泥无害化处理先进技术,2004:1-5.
 [3] Davis R D. The impact of EU and U K environmental

pressures on future of sludge treatment and disposal [J]. Water Environ. Manage,1996,10(2):10-13.
 [4] 王新,陈涛,梁仁禄,等. 污泥土地利用对农作物及土壤的影响研究[J]. 应用生态学报,2002,13(2):163-166.
 [5] 刘化明,于萍萍,刘向阳. 城市污水厂污泥的农用研究[J]. 中国农村小康科技,2008(11):65-66.
 [6] Bille J L, Terry J L. Field response of physical properties to sewage sludge[J]. Environ. Qual.,1998,27:534-542.
 [7] 陈凌霄,黄杰,魏峰,等. 生活污水长期施用对土壤理化性质的影响[J]. 上海农业科技,2005(2):27-28.
 [8] Samaras V, Kallianou C. Effect of sewage sludge application on cotton yield and contamination of soils and plant leaves[J]. Commun. Soil Sci plant Anal.,2000,31(3/4):331-343.
 [9] Lee S Z, Allen H E, Huang C P, et al. Trace metal leachability of land-disposed dredged sediments[J]. Environ. Qual.,2000,29:1124-1132.
 [10] 李梦红,黄现民,诸葛玉平. 污泥农用后土壤中重金属形态的转化[J]. 生态环境,2008,17(4):1498-1502.
 [11] 王改兰,段建南,贾宁凤,等. 长期施肥对黄土丘陵区土壤理化性质的影响[J]. 水土保持学报,2006,4(20):82-89.
 [12] Zhou Qixing. Soil-quality guidelines related to combined pollution of chromium and phenol in agricultural environments [J]. Human Ecological Risk Assess.,1996,2(3):591-607.
 [13] Zhou Qixing, Zhu Yinmei, Chen Yiyi. Food-security indexes related to combined pollution of chromium and phenol in soil-rice systems [J]. Pedosphere, 1997,7(1):15-24.
 [14] 黄现民,史衍玺,王玉军,等. 污泥中重金属在棕壤和褐土上的淋洗特性的研究[J]. 农业环境保护,2002,21(1):19-22.