

污泥保水功能的研究及应用初报

陈晓蓉¹, 孙克君², 王俊¹, 廖宗文¹

(1. 华南农业大学 资源环境学院, 广东 广州 510642; 2. 广州市园林科学研究所, 广东 广州 510170)

摘要: 污泥的透水性差, 难以干燥是污泥资源化利用的技术障碍。可以利用污泥的这一特性, 开发污泥保水的新功能。以土培及玉米盆栽研究污泥不同含量与在土壤中不同放置方式的保水效果, 对土培的含水量、失水量及失水率, 盆栽土壤水分含量及植株生物量进行了系统分析。污泥含量高的处理有一定保水效果但不及保水剂处理, 而其盆栽结果却优于保水剂处理。污泥在土层的不同放置试验表明, 在土壤中层状放置的土培及盆栽试验结果均优于全层混合, 且双层的效果最优。污泥具有较强的保水性, 是有待开发的新功能。与在土壤合适的放置方式结合, 可更好地发挥其保水潜力。

关键词: 污泥; 土培; 盆栽; 持水能力

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2011)05-0200-04

中图分类号: S157

Preliminary Research on Application of Sewage Sludge for Water Retention

CHEN Xiao-rong¹, XUN Kun-jun², WANG Jun¹, LIAO Zong-wen¹

(1. College of Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642, China; 2. Guangzhou Institute of Landscape Gardening, Guangzhou, Guangdong 510170, China)

Abstract: Sewage sludge may be exploited as water retaining agent owing to its characteristics of low water permeability and drying rate, which were considered as the technical barrier of sewage sludge application. Plot and pot culture of corn were conducted in the experiment to study the influences of different content and placement of sewage sludge on water retention. Water content, water loss and water loss rate in plot culture together with soil water content and plant biomass in pot culture were measured and analyzed systematically. The treatment with high sewage sludge amount had a significant effect of water retaining; sewage sludge had a better effect in pot culture and a worse effect in plot culture than the treatment of SAP (super absorbent polymer). Different placement of sewage sludge experiment showed that placing sewage sludge in a sandwich way was better than just mixing with soil. Especially, placing the sludge in two layers was superior. In summary, sewage sludge has a strong ability of water retention, which requires further investigation.

Keywords: sewage sludge; soil culture; pot culture; water-retaining capacity

随着社会的发展, 水资源的短缺已经成为制约农业发展的一个障碍^[1], 因而开发保水效果明显且低廉的保水材料成为重要研究课题^[2-3]。保水剂是重要的吸水保水材料, 从 20 世纪 60 年代开始, 已经在美国日本等发达国家开始研究^[4-5], 但其高成本成为一个重要制约因素^[6], 且保水剂的使用方式一般为与土壤混合^[7], 尚未见对保水剂在土壤中不同层次放置的保水效果的研究报道。目前, 对复合保水剂的研究中具有典型代表意义的是矿物/高分子超强吸水性树脂^[8-9], 而对于利用废物特性进行保水功能开发的研究, 尚显薄弱。污泥作为一种急待处理的废物, 迫切

需要寻求更多更新的有效处理技术^[10], 其肥料化利用被认为是最有发展潜力的处理方式^[11-13]。污泥本身有一定养分可以用作肥料, 但由于其滞水性强^[14-15], 干燥时外干硬内糊软, 成为干燥加工的难题。本研究拟使这一不利因素转化为有利因素, 开发污泥保水新功能, 在促进污泥利用的同时, 为复合保水剂提供一种新的廉价材料。目前, 保水剂因为高成本等问题^[16], 尚未广泛使用, 另一方面, 仅把污泥视为废弃物, 对于其水分含量高, 滞水性强特点进行应用也尚未见报道。本文针对污泥这些特点, 通过土培模拟试验及盆栽研究污泥不同用量及土层不同放置方式对土

收稿日期: 2010-12-04

修回日期: 2011-03-08

资助项目: “十一五”科技支撑计划“复(混)合肥养分高效优化技术”(2006BAD10B03)

作者简介: 陈晓蓉(1985—), 女(汉族), 广东省深圳市人, 硕士研究生, 研究方向为新肥料资源开发与城市废弃物的肥料资源化。E-mail: emilyxiaorong@yahoo.cn.

通信作者: 廖宗文(1947—), 男(汉族), 广东省新会市人, 教授, 研究方向为新型肥料功能化。E-mail: zwliao@sohu.com.

壤水分保持及作物生长的影响,开发其保水新功能,既解决污泥处理难题又解决作物干旱缺水问题。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

供试土壤为取自华南农业大学农场的菜园土,播前养分状况为:全氮 2.63 g/kg,全磷 1.51 g/kg,全钾 3.29 g/kg,pH 值为 6.05,土壤质地为壤质黏土。供试城市污泥取自珠海,水分含量为 78.24%,污泥含氮 3.8 mg/kg,含五氧化二磷 2.0 mg/kg,含氧化钾 3.8 mg/kg,有机质 80.5%,pH 值为 6.8。供试保水剂为美国商用保水剂(preliminary researc),吸水倍率为 306.82,耐盐倍率为 44.78。供试玉米为华宝 1 号。

1.2 土培模拟实验

2009 年 1 月 11 日至 1 月 29 日,在实验室中进行塑料杯土培模拟实验,先在塑料杯底部开几个气孔,按表 1 实验方案准备好相应量的保水剂或污泥,并与 170 g 土混合双层或单层。单层为保水剂(污泥)平铺于从塑料杯底部起 1/3 土壤处;双层为平铺(约 1 cm 厚)在 1/3 及 2/3 处;混合即保水剂(污泥)与土壤混合均匀。各处理浸泡于略低于土面的水中,24 h 后悬空放置 10 h,待土中重力水淋失,称重,即为土壤田间持水量。放在 28 ℃培养箱中,每 24 h 称其重量,共观察 20 d,计算其含水量、失水量及失水率。

1.3 盆栽试验

盆栽从 2009 年 2 月 25 日至 6 月 5 日种植 100 d,根据土培模拟实验结果选择 5 个处理进行温室盆栽试验如表 2 所示,其中,保水剂的量减少为 0.064%

(2.56 g)是考虑到实际应用时一般都在 2 g 保水剂/株左右。这一用量较接近生产实际,因而与土柱模拟的高用量以便于比较效果有所不同。盆栽重点研究污泥与保水剂的差异以及同一污泥量条件下置于土层不同位置的保水效果。每个处理重复 4 次,每盆装土 4 kg,N,P,K 用量分别为 N 150 mg/kg,P₂O₅ 100 mg/kg,K₂O 120 mg/kg。污泥含 N 3.8 mg/kg,P₂O₅ 2.0 mg/kg,K₂O 3.8 mg/kg,有机质 80.5%,pH 值为 6.8。污泥处理扣除其所含的 N,P,K 养分,全部肥料都作为基肥,一次性施入土壤。每盆播发芽玉米 4 颗,7 d 后间苗,每盆定植 3 株,收获后测定盆栽生物量及土壤含水量等。

表 1 土培模拟实验

编号	处理	保水剂或污泥重量/g	放置方式
CK ₀	—	—	—
CK	0.64%保水剂	1.09 g 保水剂	单层
T ₁	0.64%污泥	5 g 污泥	单层
T ₂	0.64%污泥	5 g 污泥	混合
T ₃	1.28%污泥	10 g 污泥	单层
T ₄	3%污泥	23.5 g 污泥	单层
T ₅	5%污泥	39 g 污泥	单层

注:污泥的配比均按干重计算。

叶绿素:用 SPAD-502 叶绿素测定仪测从顶部起首片成熟叶的中部^[17-18]。

土壤含水量:均匀选取盆栽的 5 个点,用取土器取 0—10 cm 土样,再用 105 ℃烘干 12 h 测定土壤含水量。

盆栽水分管理:玉米苗期(前 7 d)保持土壤表层湿润以利活苗,之后待玉米叶子微卷则浇水,每次浇水 200 mL,盆底无水分淋出。

表 2 污泥保水性玉米盆栽试验

处理号	CK ₀	CK	T ₁	T ₂	T ₃
保水材料	—	0.064%保水剂单层	0.64%污泥单层	1%污泥单层	1%污泥双层

2 结果与分析

2.1 土培模拟实验

2.1.1 含水量分析 由图 1 可知各处理的保水效果,0.64%保水剂处理含水量最高,其余各处理依次为:5%污泥单层>5%污泥双层>3%污泥单层>0.64%污泥单层>0.64%污泥混合>CK₀。其中 5%单层与 5%双层在 1 月 15 日后差异基本消失,两曲线几乎重合。图 1 显示了污泥用量及在土壤中放置方式 2 个因素均对保水性能产生影响,保水效果是这 2

因素共同作用结果,污泥用量越高,含水量则越高,且在土壤中分层放置优于全层混合。

2.1.2 累积失水量分析 由图 2 可知,各处理的累积失水量是一个急剧上升再趋于平稳的动态过程。0.64%保水剂 8 d 后趋于平稳,CK₀ 及 0.64%污泥处理 3 d 后就趋于平稳,其余污泥处理 7 d 后趋于平稳,表明保水剂及高量的污泥处理累积失水是缓慢的过程。图 2 进一步显示污泥在土壤分层放置优于全层混合,双层优于单层。失水量由高到低的规律为:0.64%保水剂单层>5%污泥单层>3%污泥单层>

5%污泥双层>CK₀>0.64%污泥全层混合>0.64%污泥单层。可以得出含水量高,累积失水量也高(详见图3)。

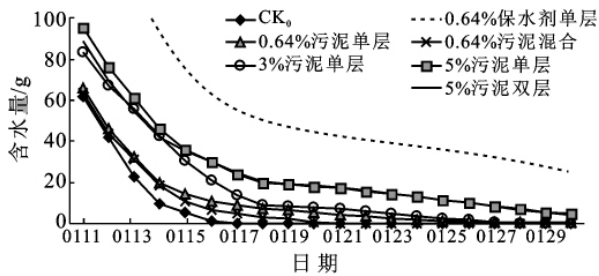


图1 各处理动态含水量变化

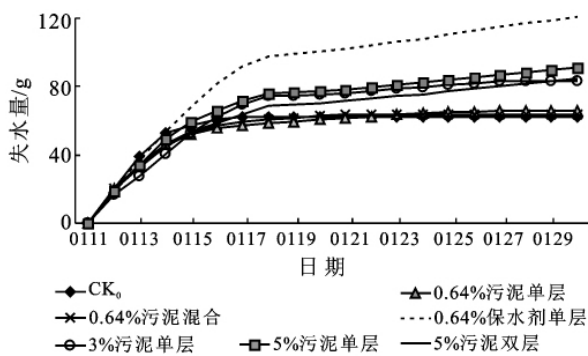


图2 各处理累积失水量变化

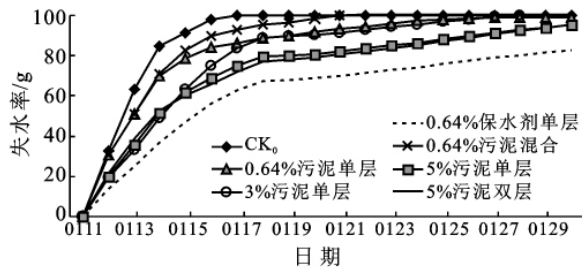


图3 各处理动态失水率变化

2.1.3 失水率分析 失水率是累积失水量与含水量的比值,是两者的综合反映,所以更能说明各处理保水功能。从图3可以看出,保水剂的失水率最低,其余CK₀>0.64%污泥全层混合>0.64%污泥单层>3%污泥单层>5%污泥单层>5%污泥双层。失水率

低表明吸水量大而失水量少且慢,由图3可知保水剂失水率最低。高量的污泥及分层放置对失水率有明显影响。高量5%和双层放置处理的失水率在污泥各处理中最低。高量优于低量,双层优于单层。表明通过污泥用量和分层放置两方面的调控可以更好发挥其保水功能,使之更接近保水剂效果。

2.2 盆栽试验

土培模拟的实验结果显示了污泥具有值得利用的保水功能,但在种植中的实际效果如何有待试验证实,为此进行盆栽试验。

由表3可知,土壤含水率是影响植株生长的一个很重要的指标^[19],由高至低依次为: T₃>CK₁>T₁>T₂>CK₀, T₃(高量、双层处理)效果最好,这与上述土培实验规律一致。盆栽土壤含水率与土培模拟含水量有一个重要的区别,前者的含水率还受作物吸收水分的影响。在作物生长量提高的情况下,尚有较高土壤含水率,更加显示污泥保水效果,其保水能力不亚于保水剂。

水分胁迫对光合作用的影响是一个复杂的过程,它不但影响光合器官的形态构造,而且也影响光合作用的各种生理生化过程^[20]。因此,叶绿素的测定也能在一定程度上体现作物水分状况。从表3中可见,CK₀的叶绿素含量最低,而保水材料中,污泥处理甚至比保水剂更能提高叶绿素含量。

就干重进行比较,污泥处理的植株干重及苞干重均优于对照,而保水剂处理,植株干重最大,苞干重却最小。就总产量(植株+苞重)进行比较,污泥处理的产量甚至高于保水剂处理。由此可见,污泥保水材料更有利于植株的均衡生长,尤其是苞重的增加。此外,污泥的用量和分层放置两方面影响因素中,仅污泥用量影响明显,高量污泥的增产效果最好,分层放置影响不明显。这可能与盆栽的浇水、作物吸水条件有关。

综合而言,高量且在土中分层放置的污泥处理更有利于土壤水分保持及植株生长。

表3 各处理盆栽农艺性状比较

处理	收获时土壤含水率/%	叶绿素/SPAD	植株重/g	苞重/g	总重(植株+苞)/g	总重较CK ₀ 增产/%	总重较CK增产/%
CK ₀	10.20b	31.48b	61.69b	34.83ab	96.52b	—	—
CK	11.80a	34.62ab	94.02a	17.77b	111.79ab	15.81	—
T ₁	11.46ab	38.80a	64.03b	47.92ab	111.95ab	15.98	0.14
T ₂	10.22b	35.60ab	74.68ab	64.84a	139.52a	44.55	24.81
T ₃	12.16a	37.73a	77.20ab	59.16a	136.36ab	41.28	21.99

注:不同小写字母表示显著差异($p \leq 0.05$)。

3 讨论

本项研究表明,污泥保水功能的开发是切实可行的,这为污泥的利用提供了一条新的功能化途径,同时也为复合保水剂的研制提供了一种新的廉价材料,对于污泥治理及节水两方面都有重要意义。

3.1 土培模拟实验

土培模拟实验的含水量、失水量及失水率结果都表明,污泥具有保水性能。虽然其效果不及保水剂,但价廉易得。可以通过适当增加用量及优化其在土层中的放置位置而提高其保水效果。与保水剂配合制成复合保水剂可望大幅降低保水剂的成本而保持较高的保水性能,值得进一步深入研究。

3.2 盆栽试验

通过测定作物生物量和叶绿素等指标,可以看到,保水剂及污泥处理均优于对照,生物量增幅达 0.14%~24.81%,而且污泥处理的增产效果超过保水剂。这与土培模拟试验的结果不同。土培模拟实验中保水剂的保水效果最好,而盆栽结果则是污泥处理效果更好。这种差别是由于两者试验的条件不同,模拟实验没有作物吸水影响亦无浇水过程。它可以反映污泥与保水剂的保水性能差异,但并不能反映两者在作物生长吸水情况下的实际效果,这一效果与生长过程中的条件,主要是浇水条件有关。在轻微水分胁迫情况下(叶片微卷即浇水)污泥用量较大(1%),且分层(单或双层)放置于土中,不仅有保水作用,而且还有托水作用,即使水分在一定土层中能较长时间保留,这样可以减少养分随水淋失,因而有较大的增产幅度,且收获后在土中还有较高的水分含量。试验表明,不仅污泥用量,而且污泥在土层的放置方式也对保水效果有重要影响。

3.3 污泥保水功能开发的前景

污泥保水功能的开发,在技术与经济上有明显优势。污泥是一种急待处理的废物,在大中城市尤其^[21]。一般每 1 t 污泥处置费用多达 150 元以上,基本上是负成本或 0 成本。而大多数城市污泥由于与工业排污分开,基本上没有重金属或有机污染物超标的问题。而作为保水材料使用,其用量比作肥料的用量更少,因而安全性更强。污泥若与保水剂结合制成复合保水剂使用,可望为污泥也为保水剂的使用提供更大的技术发展空间。污泥透水性差,使其干燥成为一个难题^[22-24],因而是一个明显的不利因素,而从保水的角度看,这却是一个值得开发的新功能。本研究的土培模拟实验和盆栽试验均表明,污泥保水功能的开发是可行的,对于污泥开发利用以及保水新材料的

研发提供了新的思路和科学依据。

本文研究证实了污泥保水性能,并揭示了其效果与用量及土层放置位置有关。今后要开展进一步的研究,在更多土层试验以及污泥土层中的构型,为进一步提升其保水效果提供更多的技术手段。

4 结论

(1) 污泥具有保水功能,其用量和在土层中放置的位置对保水效果有重要的影响。

(2) 污泥保水功能应用于玉米栽培有明显增产效果,适当增加污泥用量及调整其在土层中的放置方式,增产效果不亚于保水剂。

(3) 污泥保水功能的开发利用,对污泥的农用资源化及保水新材料的研制均有重要意义。

[参 考 文 献]

- [1] 黄占斌,张玲春,董莉,等. 不同类型保水剂性能及其对玉米生长效应的比较[J]. 水土保持学报, 2007, 21(1): 140-143.
- [2] 唐祥虎,范力仁,沈上越,等. 辉沸石/聚丙烯酸(钠)高吸水保水性复合材料合成研究[J]. 非金属矿, 2006, 29(1): 20-23.
- [3] 魏月琳,吴季怀. 超吸水性复合材料的性能研究[J]. 化工新型材料, 2003, 31(3): 22-24.
- [4] Mikkelsen R L, Behel A D, Williams H M. Addition of gel forming hydrophilic polymers to nitrogen fertilizer [J]. Fertilize Research, 1993, 36: 55-61.
- [5] Abraham J, Pillai V N R. Membrane-encapsulated controlled-release urea fertilizers based on acrylamide copolymers[J]. Journal of Applied Polymer Science, 1996, 60(13): 2347-2351.
- [6] 何绪生,何养生,邹绍文. 保水剂作为肥料养分缓释载体的应用[J]. 中国土壤与肥料, 2008(4): 5-8.
- [7] 弓凤仙,许巧玲. 保水剂在抗旱造林中的应用技术[J]. 山西林业, 2002(S): 29-30.
- [8] 舒小伟,沈上越,范力仁,等. 低成本耐盐性超强吸水复合材料的研制[J]. 矿物岩石, 2005, 25(3): 91-94.
- [9] 程丝. 高吸水性材料的复合化及进展[J]. 合成技术及应用, 2002, 17(3): 26-29.
- [10] 白玲玉,曾希柏,李莲芳. 不同农业利用方式对土壤重金属累积的影响及原因分析[J]. 中国农业科学, 2010, 43(1): 96-104.
- [11] 马娜,陈玲,熊飞. 我国城市污泥的处置与利用[J]. 生态环境, 2003, 12(1): 92-95.
- [12] 张树清,张夫道,刘秀梅. 高温堆肥对畜禽粪中抗生素降解和重金属钝化的作用[J]. 中国农业科学, 2006, 39(2): 337-343.

(下转第 214 页)

- 9-14.
- [20] 陈维英,肖乾广,盛永伟. 距平植被指数在 1992 年特大干旱监测中的应用[J]. 环境遥感,1994,9(2):106-112.
- [21] Liu W T, Negrón Juárez R I. ENSO drought onset prediction in northeast Brazil using NDVI[J]. International Journal of Remote Sensing, 2001,22(17):3483-3501.
- [22] Weiss E, Marsh S E, Pfirman E S. Application of NOAA-AVHRR NDVI time-series data to assess changes in Saudi Arabia's rangelands[J]. International Journal of Remote Sensing, 2001,22(6):1005-1027.
- [23] Barbosaa H A, Huetea A R, Baethgenb W E. A 20-year study of NDVI variability over the Northeast Region of Brazil [J]. Journal of Arid Environments, 2006,67(2):288-307.
- [24] 宋怡,马明国. 基于 SPOT VEGETATION 数据的中国西北植被覆盖变化分析[J]. 中国沙漠,2007,27(1):89-93.
- [25] 杜灵通,李国旗. 基于 SPOT-VGT 的宁夏盐池县近 8 年生态环境动态监测[J]. 北京林业大学学报,2008,30(5):46-51.
- [26] 蔡博峰,于嵘. 基于遥感的植被长时序趋势特征研究进展及评价[J]. 遥感学报,2009,13(6):1170-1186.
- [27] Herrmann S M, Anyamba A, Tucker C J. Recent trends in vegetation dynamics in the African sahel and their relationship to climate[J]. Global Environmental Change, 2005,15(4):394-404.
- [28] 杜灵通. 基于遥感技术的宁夏南部山区 LUCC 研究[J]. 地理科学进展,2006,25(6):94-101.

~~~~~

(上接第 89 页)

- [13] Genet M, Kokutse N, Stokes A, et al. Root reinforcement in plantations of *Cryptomeria japonica* D. Don effect of tree age and stand structure on slope stability [J]. Forest Ecology and Management. 2008, 256: 1517-1526.
- [14] Claus A G E. Effect of stand age on fine-root biomass and biomass distribution in three European forest chronosequences[J]. Can. J. For. Res., 2005(35):1617-1625.
- [15] De Baets S, Poesen J, Reubens B, et al. Root tensile strength and root distribution of typical Mediterranean plant species and their contribution to soil shear strength[J]. Plant Soil, 2008,305:207-226.
- [16] Pollen N. Temporal and spatial variability in root reinforcement of streambanks accounting for soil shear strength and moisture[J]. Catena, 2007,69:197-205.

~~~~~

(上接第 203 页)

- [13] 谷洁,李生秀,秦清军. 农业废弃物静态高温堆腐过程中的生物化学变化[J]. 中国农业科学,2005,38(8):1699-1705.
- [14] 蒋波,傅佳骏,蔡伟民. 阳离子表面活性剂改善污泥脱水性能的机理研究[J]. 中国给水排水,2006,22(23):59-62.
- [15] 张国占,方静,仝恩从. 污泥复合有机肥的生产与应用[J]. 中国给水排水,2003,19(6):66-67.
- [16] 何绪生,廖宗文,黄培钊,等. 保水缓/控释肥料的研究进展[J]. 农业工程学报,2006,22(5):184-190.
- [17] 姜丽芬,石福臣,王化田,等. 叶绿素计 SPAD-502 在林业上应用[J]. 生态学杂志,2005,24(12):1543-1548.
- [18] 钟全林,程栋梁,胡松竹. 刨花楠和华东润楠叶绿素含量分异特征及与净光合速率的关系[J]. 应用生态学报,2009,20(2):271-276.
- [19] 吴涛,张荣标,冯友兵. 土壤水分含量测定方法研究[J]. 农机化研究,2007(12):213-218.
- [20] 刘学师,宋建伟,任小林,等. 水分胁迫对果树光合作用及相关因素的影响[J]. 河南职业技术学院学报,2003,31(1):45-47.
- [21] 余杰,田宁宁,王凯军. 城市污水厂污泥处理与处置技术的新思路[J]. 中国给水排水,2008,24(6):11-14.
- [22] 林云琴,周少奇. 我国污泥处理处置与利用现状[J]. 能源环境保护,2004,18(6):15-18.
- [23] 卢宁,文一波,魏婧娟. 污泥的电渗透脱水技术研究进展[J]. 环境科学与管理,2010,35(3):85-87.
- [24] 张伟军,陈超,王达力. 利用生物方法改善污泥脱水性能[J]. 安徽农学通报,2010,16(3):37-39.