

# 桂林市污水处理厂污泥农业利用 \* Agricultural Utilization of the Sludge of Sewage Treatment Plants in Guilin

解庆林 王敦球 李金城 张学洪

Xie Qinglin Wang Dunqiu Li Jincheng Zhang Xuehong

秦义勇 \*\* 黄文晔 \*\* 王惠兰 \*\*

Qin Yiyong Huang Wenye Wang Huilan

(桂林工学院资源与环境工程系 桂林 541004)

(Department of Resources and Environmental Engineering,  
Guilin Institute of Technology, Guilin, 541004)

**摘要** 桂林市污水处理厂污泥中有机质、氮、磷和钾等有益组分含量较高,而重金属等有害组分相对较低,基本符合国家污泥农用的有关标准。制成有机复合肥后进行的农用试验表明:污泥有机肥施用后水稻增产 13%~19%,肥效略优于或等同于市场上出售的华丰牌复合肥;施用甘蔗后,产量比施用市场上出售的三元复合肥高 22%,比施用尿素、钙镁磷肥和氯化钾混合肥高 29%。

**关键词** 污泥 有机复合肥 农业利用

中图法分类号 X 703

**Abstract** According to the analysis of the sludge of Sewage Treatment Plants in Guilin, the sludge contains a relatively high organic matter, nitrogen, phosphorus and potassium, and relatively low heavy metals. The heavy metals contents accord with the National Standard of Sludge for Agricultural Use. So, the sludge can be used to produce organic complex fertilizer. Based on the results of agricultural experiments, the sludge organic complex fertilizer has a good effect. The output of rice is increased by 13% to 19% over contrast region when the fertilizers are applied. The fertilizer efficiency is a little higher than or equal to the normal complex fertilizer. When the organic fertilizer is applied to sugarcane at the same conditions, the output of sugarcane is 22% higher than that of the used normal complex fertilizer, 29% higher than that of the used the mixed fertilizer of urea, calcium magnesium phosphate, and potassium chloride.

**Key words** sludge, organic complex fertilizer, agricultural utilization

当前, 污水处理厂在各主要城市相继建成并投入运行, 与此同时处理厂又产生大量的残渣即污泥。根据统计资料<sup>[1]</sup>, 英、美两国在过去的几年中, 污泥量每年增长 5%~10%, 年产干污泥分别达到  $1.7 \times 10^6 \text{t}$  和  $9 \times 10^6 \text{t}$ 。我国每年产生的城市污水污泥达 1 亿吨以上<sup>[2]</sup>。显然, 如此大量的污泥如果处理不当不仅会影响污水处理厂的正常运行, 还容易形成“二次污染”。而污泥中含有许多有益成分, 如不充分利用又会造成资源浪费。

国内外常用的污泥处置方法有农用、填埋、投海、焚烧等。它们各有其优缺点(表1)。中国作为发展中国家, 经济发展水平还不够高, 因此, 必须寻找适合自己的处理方法。在安全、可靠的前提下, 我们对桂林市污水处理厂的污泥堆肥, 掺料制复合肥, 并进行农业利用试验, 以消除城市污染, 又促进农业的发展, 并为类似污水处理厂污泥处理起示范作用。

表1 各种污泥处置方法对比

处置方法	特 点
农 用	运行成本低, 可资源化利用污泥。但污泥含有重金属和病原体等有害物质, 存在二次污染的可能性。
填 埋	方法简单, 运行成本低。但侵占土地, 可能污染地下水。
投 海	方法简单, 运行成本低。但污染海洋, 正在受到严格限制, 并将终止使用。
焚 烧	使污泥矿物化并减至最小量, 可部分利用能量。但运行费用高, 废气处理复杂。
其 他	污泥制动物饲料, 可利用污泥中的蛋白质资源, 但潜在危害和长远影响不清。污泥热解产油, 改性制活性炭和污泥制水泥质材料均可实现污泥资源化, 但是投入大、运行成本过高, 且工艺技术水平仍需提高。

## 1 污泥农业利用的可行性分析

由表2可知, 桂林市污水污泥含有大量有机质和氮、磷、钾等营养成分。干污泥中有机质含量为 32.3%~55.6%, 平均 39.6%, 总氮为 34 g/kg~76.9 g/kg, 平均 48.3 g/kg; 总磷为 11.7 g/kg~32.7 g/kg, 平均 21.1 g/kg; 总钾为 4.3 g/kg~14.5 g/kg, 平均 8.5 g/kg, 速效氮、速效磷和速效钾, 平均分别为 13 g/kg, 1.0 g/kg 和 1.6 g/kg。与国内其他污水污泥相比, 有机质含量大致相当, 而总氮、总磷和总钾含量略高。因此, 桂林市污水污泥中含有较高的植物营养成分。

表2 桂林市污水污泥主要肥料成分含量\*

污水污泥	含水率 (%)	pH 值	有机质 (%)	肥料成分(g/kg)					
				总氮	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	速效氮	速效磷	速效钾
1号样(桂林污水处理厂)	80		37.5	38.8	16.0	5.8	2.8	0.7	0.6
2号样(桂林污水处理厂)	80		55.6	76.9	11.7	7.8	30.2	0.9	1.3
3号样(桂林污水处理厂)	82.5		38.9	43.6	24.3	14.5	5.9	1.4	3.0
4号样(桂林污水处理厂)	80		39.8	34	21.0	4.3			
5号样(桂林污水处理厂)	78	6.5	33.6	46	32.7	11.8			
6号样(桂林污水处理厂)	80	6	32.3	51	20.8	6.60			
平 均	80	6.3	39.6	48.3	21.1	8.50	13.0	1.0	1.6
天津纪庄子 <sup>[2]</sup>	95	6.6~7.4	40	35	13.2	3.9			

广州大坦沙<sup>[3]</sup> 80 6.8 39.8 28 22 1.2

\* 1998 年 4 月 10 日至 1998 年 7 月 10 日采用常规分析方法测得。

从表 3 可知,和其他污水污泥一样,桂林市污水污泥中也含有一定量的 As、Cd、Cr、Cu、Ni、Pb、Zn 等重金属。与国内其他污水污泥相比,桂林市污水污泥砷含量偏高,而镉、铬、铜、镍、铅和锌都较低。桂林市污水污泥中各重金属的含量均低于我国农用污泥酸性土壤最高容许含量(除锌略高外)。

表 3 桂林市污水污泥重金属含量\*

污水处理厂	重金属含量(mg/kg)						
	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
1 号样(桂林污水处理厂)	47	1.1	672	179	122	276	657
2 号样(桂林污水处理厂)	27	0.6	516	94	74	393	249
3 号样(桂林污水处理厂)				164	100	57	520
4 号样(桂林污水处理厂)				179	96	70	599
平均	37	0.9	594	154	98	199	506
天津纪庄子 <sup>[2]</sup>	10	3	728	336		669	1095
广州大坦沙 <sup>[3]</sup>			1550	2200	462	245	1790
中国农用标准*	75	5	600	250	100	300	500
中国农用标准*	75	20	1000	500	200	1000	1000
瑞典正常污泥 <sup>[4]</sup>		5~15	50~200	500~1500	25~1000	100~300	1000~3000
加拿大标准	10	20	1000	500	500	200	2000

\* 1999 年 12 月由中南工业大学测试分析中心测得。\* \* 据《农用污泥污染物控制标准》GB4284—84; 酸性土壤 pH 值 < 6.5, 中性和碱性土壤 pH 值 ≥ 6.5。

污水污泥中还含有大量致病微生物和寄生虫卵。据文献<sup>[4]</sup>报道,只需在 60℃~70℃ 温度条件下将污泥加热 30 min 就可将绝大部分致病微生物与寄生虫卵杀死,又不损失其中的植物养分。

综上所述,桂林市污水污泥含有较高的有机质和植物营养成分,而有害重金属元素含量较低,完全符合农用污泥的标准,作为农用不存在重金属毒害。如果选用堆肥方法既可在低温条件下杀灭污泥中致病微生物和寄生虫卵类,又不损害污泥中植物养分,是经济可行的。

## 2 污泥堆肥及有机复合肥研制

桂林市污水处理厂排出的污泥含水率平均为 70%~80%, 通气性能差, 堆置时易粘结成块, 故加木糠等作为外源有机调理剂。

有机复合肥的生产工艺流程为: 污泥预处理→一次好氧发酵→二次厌氧发酵→烘干→与添加剂混合→成品。

(1) 污泥预处理。主要是调整污泥含水率至 50%~65%。

(2) 一次好氧堆肥发酵。通过鼓风机向污泥泥堆供氧, 使污泥好氧发酵 14 d, 减弱污泥臭味。

(3) 二次厌氧堆肥发酵。一次好氧发酵的污泥再经过静态堆置, 使污泥在厌氧状态下将一次好氧发酵未完全分解的有机物分解。堆置 30 d, 污泥异味完全去除。

(4) 烘干。减少腐熟污泥的含水率。

(5) 制成有机复合肥。根据土壤、作物状况、产前定肥等要求, 确定合适的氮、磷、钾比例及含量。

考虑到广西地区的土壤特征, 以及主要作物是水稻和甘蔗, 因此, 首批选取水稻和甘蔗为主试对象, 研制了水稻和甘蔗复合肥 (表4)。

表4 2种污泥有机复合肥

肥料种类	成分 (%)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
水稻用	11	4	5
甘蔗用	14.3	4	5

### 3 污泥有机复合肥的肥效试验

分别于1998年和1999年在桂林市农业科学研究所进行早稻、晚稻及甘蔗施用污泥有机复合肥的肥效田间试验。试验结果见表5。

从表5可见, 水稻施用有机复合肥, 增产13%~19%, 肥效略优于市场上出售的华丰牌复合肥。甘蔗施用有机复合肥, 甘蔗产量分别比施用尿素、钙镁磷肥和氯化钾复合肥及市场出售的三元复合肥高22%和29%, 肥效明显优于后者。

表5 不同类型肥料的肥效对比

作物	肥料类型	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	与对照区对比
晚稻	污泥有机复合肥	7 564	增产 13%
	华丰牌复合肥	7 500	增产 12%
	对照区 (不施肥)	6 701	
早稻	污泥有机复合肥	7 290	增产 19%
	华丰牌复合肥	6 908	增产 13%
	对照区 (不施肥)	6 120	
甘蔗	污泥有机复合肥	92 369	比混合肥增产 29%, 比华丰牌复合肥增产 22%。
	尿素、钙镁磷肥及氯化钾复合肥	71 534	
	华丰牌复合肥	75 701	

### 4 小结

(1) 桂林市污水厂污泥中有机质、氮、磷和钾等有益组分含量较高。而重金属等有害组分较低, 基本符合国家污泥农用标准, 可以制成安全的有机复合肥。

(2) 将污泥先堆肥, 再根据作物特点添加适当的配料可制成专用有机复合肥。田间试验表明, 污泥有机复合肥肥效好。有机复合肥对水稻、甘蔗等作物有较高的增产效果, 且肥效优于市场上出售的复合肥。

(3) 利用城市污泥生产有机复合肥既可大大减少蚊蝇等有害物的产生和繁衍机会, 减少病原菌的存活时间, 切断病原菌传播到人类的途径, 避免城市污水污泥二次污染的潜在威胁, 又为农业提供了廉价的有机肥料, 值得今后产业化开发。

### 参考文献

- 1 Davis R D. The impact of EU and UK environmental pressures on the future of sludge treatment and disposal. *Water Environ Manage*, 1996, 10 (2): 65~69.
- 2 国家环境保护局. 水污染防治及城市污水资源化技术. 北京: 科学出版社, 1997. 601~607.
- 3 吴启堂, 林毅, 曾海思. 城市污泥作复合肥粘结剂的研究. *中国给水排水*, 1992, 8 (4): 20~22.
- 4 金儒霖. 污泥处置. 北京: 中国建筑工业出版社, 1988.