

污泥土地利用研究

III. 富锌污泥¹

乔显亮 骆永明

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

摘 要 本文通过温室盆栽试验方法研究了不同富锌污泥施用方法对水稻生长及其重金属含量的影响。结果表明,污泥施用主要通过增加水稻分蘖来促进水稻生长从而提高产量。污泥的施用显著地提高了水稻茎叶和籽粒中锌的含量。

关键词 污泥;水稻;生长效应;重金属

土地利用具有成本低、处理量大并能充分利用污泥中各种养分等优点,符合资源可持续发展要求,日益成为国内外最有潜力的污泥处置方式^[1,2]。但是污泥中的各种有害物质也随之进入农田生态系统^[3]。其中,重金属因为具有难迁移、危害大和易累积等特点成为限制污泥土地利用的主要因子^[4]。一些研究证明,污泥作为一种有机肥,适量施用对各种蔬菜、小麦、玉米、棉花、以及树木、牧草、园林花卉的生长都有较好的促进作用,肥效相当于优质的农家肥^[5,6,7],而且还能在一定程度上改善作物的品质^[8]。另一些研究表明污泥中重金属会抑制植物根系生长,降低作物产量^[9]。更多的研究发现,污泥施用增加作物的产量同时,也增加了作物体内的重金属等有害物质^[5,6,10,11],这直接关系到食物的安全和人体的健康,因此倍受关注。

江苏省苏南地区污水处理厂正在扩建、新建,大量的污水处理必然产生巨量的污泥。污泥的出路何在?施入的污泥有无肥效或农艺价值,同时是否会带来严重的食物链风险?合适的施用量是多少?这些问题都有待回答。本文在已有的化学组成及重金属化学有效性探讨的基础上,选择了太湖流域典型水稻土(竖头乌珊土),进行施污泥和污泥与稻草混施,在温室盆栽条件下探索富锌污泥施用对水稻的农艺效应及重金属积累的影响。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试土壤仍为采自中科院南京土壤所江苏常熟生态站河湖相沉积物发育的水稻土,污泥为无锡污水处理厂污泥。所用土壤和污泥主要养分和重金属含量见同期论文^[12]。

1.2 样品处理

土壤和污泥风干后过 2mm 筛,按污泥施用量 (g/kg) 不同设 4 个处理:0 (对照,用

¹ 国家自然科学基金重点项目 (49831070), 国家重点基础研究发展规划项目 (G1999011807) 和中国科学院南京土壤研究所土壤与环境联合开放研究实验室项目资助。

CK 表示) 20 (污泥 20) 40 (污泥 40) 60 (污泥 60); 另外在施污泥量 40 g/kg 时, 再加 2% 稻草粉 (<0.5mm) 处理 (表示为污泥 40+稻草 2%) 共 5 个处理, 土壤和污泥均以烘干重计, 4 次重复。

1.3 盆栽试验

采用容量为 3 kg 白色搪瓷钵, 每盆装土 2500g。将土壤与污泥混匀后灌水, 栽培期间水分管理按照水稻生育期需水要求进行, 除烤田期外, 其它时间均为淹水处理。5 月 28 日插秧。每钵插苗 3 棵。水稻品种为杂交稻 86-161, 取自苏州吴县旺山村。

1.4 测定项目和方法

培养期间观察测定株高、分蘖、穗数, 7 月 17 每钵取样 1 棵, 测定鲜重、株高和干重。11 月 10 日收获后测定穗总重、稻草总重、谷草比、单穗重、千粒重和空瘪率。茎叶和籽粒 (带壳) 分开, 分别烘干磨细后, 用 $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$ 消煮, ICP(TJR POEMS II) 测定重金属含量。

2 结果与讨论

2.1 污泥施用对水稻生长的影响

从株高 (图 1) 和分蘖 (图 2) 随时间动态可以看出, 施用污泥处理可以促进水稻株高的生长, 但影响不明显 ($p>0.05$)。施用污泥对水稻分蘖影响较大。收获后 (8 月 10 日) 的分蘖结果显示, 污泥 40 处理与对照比达到极显著水平 ($p<0.01$)。污泥 60 和污泥 40+稻草处理与对照比也达到显著水平 ($p<0.05$)。

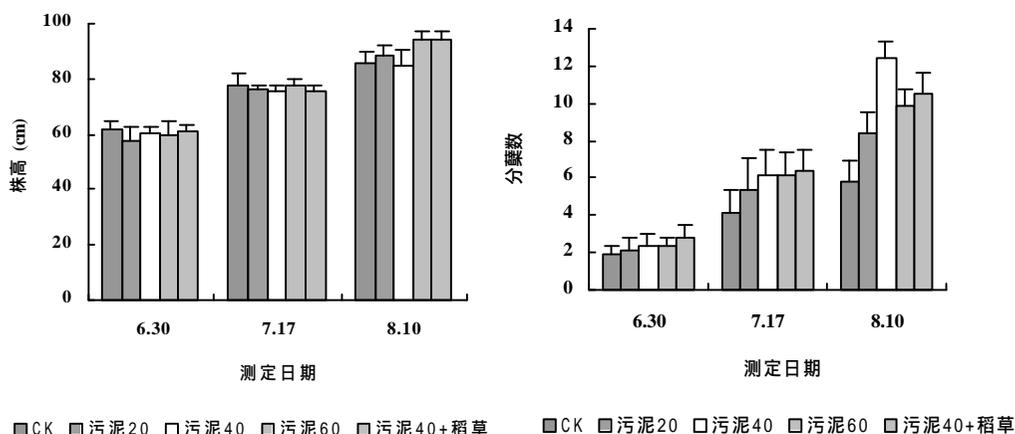


图 1 不同污泥处理水稻株高时间动态

图 2 不同污泥处理水稻分蘖时间动态

从表 1 看出, 污泥施用显著促进了水稻生长, 其稻穗和稻草总重都有明显的增加。穗草比虽然呈上升趋势, 但未达到显著水平 ($p>0.05$)。单穗重、千粒重和空瘪率等指标, 污泥施用后没有显著变化 ($p>0.05$)。

可以看出, 污泥施用主要通过增加水稻有效分蘖, 从而增加水稻的产量。

2.2 水稻植株中重金属的含量

由表 2 看出污泥施用增加水稻茎叶锌的吸收, 其中污泥 40 和污泥 60 处理与对照相比达到显著水平 ($p<0.05$)。水稻对其它元素的吸收没有明显的增加趋势, 镉元素在茎叶

表 1 不同污泥处理对水稻其它生长指标 (g/盆) 的影响

处理	CK	污泥 20	污泥 40	污泥 60	污泥 40+2%稻草
稻穗总重	27.0 ± 0.9 ^{aA}	36.5 ± 7.9 ^{abAB}	49.8 ± 3.2 ^{bAB}	48.5 ± 5.4 ^{bAB}	50.2 ± 3.4 ^{bB}
稻草总重	35.7 ± 3.1 ^{aA}	47.4 ± 3.3 ^{bAB}	58.5 ± 3.2 ^{bcB}	55.9 ± 3.8 ^{bb}	61.4 ± 2.3 ^{bcB}
穗草比	0.76 ± 0.06	0.76 ± 0.12	0.85 ± 0.03	0.87 ± 0.06	0.82 ± 0.05
单穗重	2.41 ± 0.42	2.18 ± 0.42	2.02 ± 0.23	2.49 ± 0.16	2.40 ± 0.22
千粒重	26.0 ± 0.7	25.7 ± 2.1	23.3 ± 1.2	24.2 ± 0.8	23.9 ± 1.3
空瘪率%	5.0 ± 1.2	2.0 ± 0.0	9.5 ± 5.5	5.0 ± 4.8	4.5 ± 3.8

*: 用新复极差法(SSR 法)统计, 表中小写字母为 5% 差异显著性水平, 大写字母为 1% 差异显著性水平, 未标注说明各处理没有显著性差异。

和籽粒中未检出。这可能是由于所选用的无锡污泥中锌含量高达 2128 mg/kg, 超过了我国农用污泥中允许锌的浓度 (pH>6.5 土壤, 1000mg/kg) [13], 加入等量污泥时, 锌带入的数量比其他元素多, 化学浸提态锌大幅度增加 [14]。据报道, 与铜、镉相比, 锌的迁移性和植物吸收能力较强 [15, 16], 这可能是水稻茎叶中锌浓度明显增加而其它元素未显著变化的原因。

表 2 水稻茎叶中的重金属含量 (mg/kg)

处 理	Zn	Cu	Pb	Ni
CK	64.4 ± 16.4 ^a	8.51 ± 2.81	2.12 ± 1.51	3.23 ± 1.94
污泥 20	76.8 ± 18.5 ^{ab}	6.99 ± 1.09	3.42 ± 1.24	3.89 ± 0.98
污泥 40	96.9 ± 17.4 ^b	8.14 ± 1.90	1.48 ± 1.09	3.29 ± 1.07
污泥 60	133 ± 35 ^b	8.61 ± 1.94	2.48 ± 1.69	3.24 ± 1.51
污泥 40+2%稻草	86.8 ± 6.6 ^{ab}	5.63 ± 2.34	1.03 ± 1.46	2.05 ± 0.95

从表 3 结果可以看出, 锌、铜、铅、镍 4 种元素的含量与表 2 中的比较都呈不同程度下降趋势, 这符合前人研究发现的茎叶>籽粒的吸收积累规律, 同时体现了重金属在植物体内难转移的特性。水稻籽粒中重金属锌含量明显高于在各处理中相差较明显, 其中污泥 40+2% 稻草处理明显高于对照 (p<0.05), 但仍属于正常范围 [16]。

表 3 水稻籽粒中的重金属含量 (mg/kg)

处理	Zn	Cu	Pb	Ni
CK	36.2 ± 3.3 ^a	6.35 ± 0.52	ND	0.66 ± 0.31
污泥 20	41.8 ± 5.6 ^{ab}	5.70 ± 0.59	ND	0.84 ± 0.20
污泥 40	44.0 ± 8.5 ^{ab}	6.62 ± 1.51	ND	0.62 ± 0.40
污泥 60	42.6 ± 3.1 ^{ab}	7.59 ± 1.46	ND	1.05 ± 0.13
污泥 40+2%稻草	45.2 ± 3.3 ^b	6.48 ± 0.92	ND	1.26 ± 0.68

注: ND 指低于检测限水平。

不同污泥使用量锌的吸收没有显著差异。其它元素各处理间均没有明显的差异 (p>0.05)。

3 结论

通过本盆栽试验研究表明:

1. 高锌污泥施用可显著促进水稻分蘖, 从而增加水稻的产量。
2. 该污泥施用增加了水稻茎叶和籽粒中锌的浓度, 并且呈现茎叶浓度>籽粒的趋势。
3. 水稻体内铜、镉、铅、镍的吸收没有明显变化。

参 考 文 献

- 1 W. R. Berti and L. W. Jacobs. *Journal of Environmental Quality*, 1996, 25: 1025-1032
- 2 张天红, 薛澄泽. 西安市污水污泥林地施用效果的研究. *西北农业大学学报*, 1994, 22(2): 67~71
- 3 徐颖. 污泥用作农肥处置及其环境影响. *农村生态环境*, 1993, (3): 32~39
- 4 鲁艳兵. 施用污泥的土壤重金属元素有效性的影响因素. *热带亚热带土壤科学*, 1998, 7(1): 68~71
- 5 李国学, 黄焕忠, 黄铭洪. 施用污泥堆肥对土壤和青菜重金属积累特性的影响. *中国农业大学学报*, 1998, 3(1): 113~118
- 6 周立祥, 戈乃玢. 苏州市生活污泥成分性质及其对蔬菜和菜地土壤的影响. *南京农业大学学报*, 1994, 17(2): 54~59
- 7 张增强, 薛澄泽. 几种草本植物对污泥堆肥的生长响应. *西北农业大学学报*, 1996, 24(1): 65~69
- 8 林春野, 董克虞, 李萍. 污泥农用对土壤及作物的影响. *农业环境保护*, 1994, 13(1): 23~25, 33
- 9 肖玲, 李岗, 郝卫平. 堆土施污泥对小麦生长的影响研究. *西北农业大学学报*, 1994, 22(1): 89~92
- 10 欧阳喜辉, 崔晶, 佟庆. 长期施用污泥对农业土壤和农作物影响的研究. *农业环境保护*, 1994, 13(6): 271~274
- 11 S. J. Kim, A.C. Chang, A. L. Page and J. E. Warneke E. *Journal of Environment Quality*, 1998, 17(4): 568~573
- 12 乔显亮, 骆永明. 污泥土地利用研究 II. 连续化学提取法研究施污泥土壤重金属的有效性和环境风险. *土壤*, 2001, 33(4): 210~213
- 13 乔显亮, 骆永明. 我国部分城市污泥化学组成及其农用标准初探. *土壤*, 2001, 33(4): 205~209
- 14 钟熏光, 林毅, 张纯茹等. 城市污泥直接施用对农田的生态效应研究初报. *热带亚热带土壤科学*, 1992, 1(2): 91~98
- 15 周立祥, 胡蔼堂, 戈乃玢等. 城市污泥土地利用研究. *生态学报*, 1999, 19(2): 185~193
- 16 陈怀满等. 土壤 - 植物系统中的重金属污染. 科学出版社, 1996, 300~307

(上接 213 页)

- 3 W. R. Berti and L. W. Jacobs. *Journal of Environmental Quality*, 1996, 25: 1025-1032 (下转 20 页)
- 4 D. A. Cataldo, R. E. Wildung and T. R. Garland. *Journal of Environmental Quality*, 1987, 16(4): 289~295
- 5 陈怀满等. 土壤 - 植物系统中的重金属污染. 科学出版社, 1996, 10~11
- 6 M. G. Hickey and J. A. Kittrick. *Journal of Environmental Quality*. 1984, 13: 372~376
- 7 乔显亮, 骆永明, 吴胜春. 污泥的土地利用研究 I. 施污泥土壤中重金属的化学浸提性研究. *土壤* 2000, 32(2): 86~90
- 8 Y. M. Luo and Peter Christie. *International Journal of Environmental and Analytical Chemistry*. 1998, 72(1): 59~75
- 9 A. C. Chang, Hae-nam Hyun and A. L. Page. *Journal of Environmental Quality*. 1997, 26: 11~19
- 10 Hae-nam Hyun, A. C. Chang, D. R. Parker and A. L. Page. *Journal of Environmental Quality*. 1998, 27: 329~334
- 11 Fangjie Zhao. Forum on biosolids management & utilization. September 8, 2000. Lam Woo international Conference Centre, Hong Kong : 165~174
- 12 乔显亮, 骆永明. 我国部分城市污泥化学组成及其农用标准初探. *土壤*, 2001, 33(4): 205~209
- 13 南京农业大学. 土壤农化分析. 农业出版社, 1992, 31