

# 几种草本植物对污泥堆肥的生长响应\*

张增强 薛澄泽

(西北农业大学基础科学系, 陕西杨陵 712100)

**摘要** 3种花卉(旱荷花、美人蕉及龟背竹)和5种草坪草(黑麦草、紫羊茅、葡枝翦股颖、马尼拉草及白三叶)施用污泥堆肥后,花卉的开花时间提前、花期延长,开花量增加;草坪草的生物量增大,绿色期延长等;土壤理化性质有明显改善。长期施用该污泥堆肥,不会造成Cd、Hg对园林植物的毒害;当污泥堆肥施用量小于 $9\text{ kg/m}^2$ 时,无 $\text{NO}_3^-$ -N淋溶及地面径流造成的环境问题。

**关键词** 污泥堆肥,生长响应,土壤理化性质,环境影响,草本植物

**中图分类号** X705

经过堆肥化处理的污泥,含有丰富的有机质、氮、磷及微量元素,可以用作肥料和土壤改良剂,同时其中还含有一定量的重金属及难降解的有机毒物,在园林绿化中作为有机肥施用,既可促进园林植物的生长<sup>[1]</sup>,还可避开食物链,且就近使用,减少了运输费用,因而具有较好的环境效益、经济效益和社会效益。本研究的目的在于探讨污泥堆肥在不同施用量下几种草本植物的生长响应、土壤理化性质的变化及重金属、 $\text{NO}_3^-$ -N淋溶和地面径流对环境的影响。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

试验于1992年7月~1993年12月在农业部环保所(天津市)试验地进行。小区面积为 $0.5\text{ m} \times 2\text{ m}$ ;淋溶与地面径流试验的小区面积为 $2\text{ m} \times 4\text{ m}$ ;盆栽试验在沙池活动大棚中进行,供试的陶盆高20 cm、口径25 cm;供试土壤为华北潮土;厩肥为农村人粪尿与麦草混合厩肥;麻酱饼为鲜样;污泥堆肥为天津市纪庄子污水处理厂的消化污泥二次发酵堆肥。供试土壤、污泥堆肥、厩肥及麻酱饼均风干、过5 mm筛,其化学性质见文[2,3]。

供试植物:旱荷花(*Tropaeolum majus* L.)种子、美人蕉(*C. indica* L.)球根、龟背竹(*Monstera deliciosa* Liebm)一年生苗、瓜叶菊[*Senecio Cruentus* Dc. (*Cineria cruenta* Mass.)]30 d苗、五叶地锦(*P. quinquefolia* Planch.)同龄等长等粗枝条、黑麦草(*Lolium Perenne* L.)种子、紫羊茅(*Festuca rubra* L.)种子、葡枝翦股颖(*Agrostis stolonifera* L.)草皮、野牛草[*Buchloe dactyloides* (Nutt.)Engelum]草皮、白三叶(*Trifolium repens* L.)草皮、马尼拉草(*Zoysia japonica* Steud.)草皮。

### 1.2 方法

**盆栽试验** 黑麦草、紫羊茅和葡枝翦股颖3种草坪草处理见文[2]。于1992年9月在

收稿日期:1994-12-09

\*天津市“八五”重点攻关项目的部分内容。

温室中种植,1993年3月底移至室外沙池中。

**花卉与草坪草试验** 试验于1993年3月开始,处理同文[3],其中旱荷花、龟背竹为盆栽试验;美人蕉、五叶地锦、白三叶和马尼拉草为小区试验。

**重金属毒性试验** 试验方案见文[2],黑麦草与瓜叶菊于1992年10月初在温室中栽植,1993年4月初移至室外。旱荷花于1993年4月5日在种植过瓜叶菊的花盆中播种。

**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N淋溶与地面径流试验** 方法见文[3],区别仅在于种植的材料是野牛草。

**项目测定** 土壤物理和化学性质采用土壤农化常规分析法<sup>[4]</sup>;NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N用酚二磺酸比色法;Hg用冷原子吸收法;Cd用HNO<sub>3</sub>-HClO<sub>4</sub>消解、原子吸收法。分析过程中进行了分析质量控制。

## 2 结果与分析

### 2.1 施用污泥堆肥后花卉的生长响应

#### 2.1.1 旱荷花与美人蕉

经过一个生长季节(4月~10月),旱荷花的开花时间和花期以3.0 kg/m<sup>2</sup>的污泥堆肥处理的最早、最长(表1)。除15.0 kg/m<sup>2</sup>的污泥堆肥处理和3.4 kg/m<sup>2</sup>的麻酱饼处理外,其他处理的旱荷花开花时间与对照接近,但花期比对照长。污泥堆肥处理旱荷花的开花量和生物量比对照及NPK处理的均有增加,且不同处理间差异达显著水平。旱荷花的各生长参数麻酱饼处理的小于污泥堆肥,与NPK处理接近。

表1 旱荷花与美人蕉对污泥堆肥的生长响应

处 理 (kg/m <sup>2</sup> )	旱荷花						美人蕉 <sup>2)</sup>				
	花期(月/日)		开花量 (个)	生物量 (g)	高度 (m)	最大叶 面积(cm <sup>2</sup> )	开花量 (个)	花期 I (月/日)		花期 II (月/日)	
	起始	终止						起始	终止	起始	终止
CK	6/23	10/15	66.7d	49.3c	1.30de	641.2cde	60.0c	6/26	8/21	10/13	10/20
NPK	6/29	10/20	63.3d	54.0c	1.43abcd	544.6e	73.0bc	6/26	8/22	10/14	10/23
3.0	6/20	10/21	113.0bc	97.7bc	1.52ab	604.3de	71.3bc	6/26	8/23	9/13	10/24
6.0	6/24	10/22	141.7a	114.7a	1.58a	1046.5ab	106.0a	6/24	8/24	9/12	10/28
9.0	6/23	10/23	130.7ab	104.3ab	1.52abc	1142.9a	89.7ab	6/25	8/23	9/11	10/26
12.0	6/25	10/22	118.0bc	83.7cd	1.42bcde	840.8bc	80.0bc	6/26	8/24	9/10	10/26
15.0	7/5	10/21	76.0d	74.0d	1.03f	782.6cd	84.7abc	6/26	8/24	9/11	10/24
3.4 <sup>1)</sup>	7/26	10/15	64.3d	51.0c	—	—	—	—	—	—	—

注:1)该处理为麻酱饼;2)美人蕉的高度、最大叶面积为第一次开花时测定值,开花量为两次开花量之和。

美人蕉的高度不同处理间差异达显著水平(表1)。与对照及NPK处理相比,污泥堆肥处理美人蕉的最大叶面积和开花量大,不同处理间差异显著;第I、II期开花时间提前,花期长。

#### 2.1.2 龟背竹与五叶地锦

经过一个生长季节,龟背竹的叶子数和叶面积不同处理间差异不明显,施用污泥堆肥和麻酱饼处理的叶面积分别比对照、NPK处理的增加13%~25%、2%~13%和19%、8%。污泥堆肥和麻酱饼处理的龟背竹的叶柄长度都大于对照,且不同处理间差异显著。

污泥堆肥处理五叶地锦藤长和鲜重分别比对照、NPK处理的增加8%~31%、5%~

27%; 67%~234%、34%~160%, 且不同处理间差异显著; 随污泥堆肥施用量的增加, 五叶地锦的叶子颜色加深, 当施用量大于 12.0 kg/m<sup>2</sup> 时, 颜色变浅。

## 2.2 施用污泥堆肥后几种草坪草的生长响应

### 2.2.1 黑麦草、紫羊茅及葡枝翦股颖

图 1 表明, 随污泥堆肥施用量的增加, 黑麦草和紫羊茅的平均单株分蘖数均减小。黑麦草不同处理间的平均单株分蘖数差异显著, 而紫羊茅的差异不显著。3.0 kg/m<sup>2</sup> 的厩肥处理黑麦草的平均单株分蘖数与 1.5 kg/m<sup>2</sup> 的污泥堆肥处理接近, 而相同处理紫羊茅的平均单株分蘖数与污泥堆肥处理的相近。

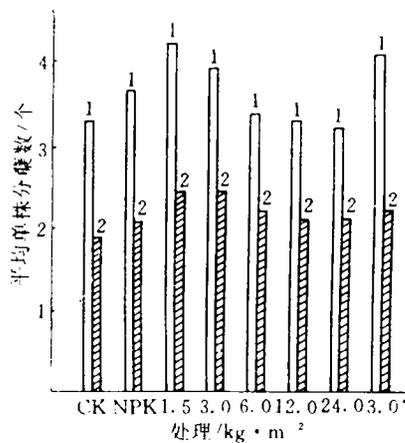


图 1 不同处理黑麦草与紫羊茅分蘖力  
1. 黑麦草; 2. 紫羊茅

随污泥堆肥施用量的增加, 葡枝翦股颖每茬鲜重与总干重都随之增加(图 2), 且不同处理间差异显著。而厩肥处理与对照及 NPK 处理的接近。黑麦草及紫羊茅每茬鲜重与总干重的变化规律与葡枝翦股颖相似。

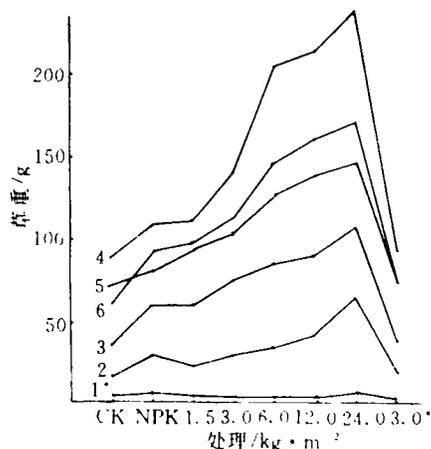


图 2 葡枝翦股颖对污泥堆肥的生长响应

1, 2, 3, 4, 5, 6 分别示第 1~5 茬鲜重及总干重

比对照、NPK 处理的增加 43%~54%、26%~36%, 其中以 9.0 kg/m<sup>2</sup> 污泥堆肥处理的为最长。污泥堆肥处理的白三叶和马尼拉草绿色期分别比对照、NPK 处理的长 5%~14%、2%~11%; 10%~17%、7%~13%。

### 2.3 施用污泥堆肥后土壤理化性质的变化

由表 2 可看出, 施用污泥堆肥经过一个生长季节后, 白三叶小区 0~20 cm 土壤中的全氮、速效氮、全磷、有机质、阳离子代换量和土壤物理性质(水分、田间持水量及孔隙度)均随污泥堆肥施用量的增加而增大, 土壤容重减小, 化肥处理的各项指标与对照相近; 美人蕉小区土壤理化性质的变化类似白三叶小区。

## 2.4 施用污泥堆肥对环境的影响

2.4.1 污泥堆肥中 Cd、Hg 对园林植物的潜在影响 据文献[5], 园林植物可接受较高浓度的重金属而不易显出毒害症状。但有关污泥堆肥中重金属对植物毒性效应的阈值报道较少。为了探索该污泥堆肥按 1.5 kg/(m<sup>2</sup> · a) 的施用量对园林植物施用的安全年限, 除对照外, 其他处理按 1.5 kg/(m<sup>2</sup> · a) 的量一次性施入 5 年的量, 其余 Cd、Hg 的量由相应

的盐补充。研究发现,所有 Cd、Hg 处理中,瓜叶菊与旱荷花的开花量与地上部分的生物量都比对照大,且随 Cd、Hg 含量的增加,瓜叶菊与旱荷花的开花量与地上部的生物量并未明显减少;对于黑麦草,第一、二茬鲜重所有的 Cd、Hg 处理都比对照大,这与花卉地上部生物量的变化相似,原因相同。所有的 Cd、Hg 处理间,黑麦草第一、二茬鲜重差别不明显。因此,污泥堆肥中 Cd、Hg 对瓜叶菊、旱荷花及黑麦草的毒性很小,长期施用该污泥堆肥,不会对园林植物造成毒害。

表 2 白三叶小区土壤理化性质的变化

处 理 (kg/m <sup>2</sup> )	全 氮 (g/kg)	速效氮 (mg/kg)	全 磷 (g/kg)	有机质 (g/kg)	CEC (cmol/kg)	水 分 (%)	持水量 (%)	容 重 (g/cm <sup>3</sup> )	孔隙度 (%)
CK	0.682	11.4	0.311	1.23	13.4	18.5	51.5	1.43	47.5
NPK	0.795	17.5	0.324	1.24	14.7	19.2	51.8	1.42	47.3
3.0	0.884	23.3	0.343	1.31	15.2	23.5	52.3	1.36	48.8
6.0	0.946	31.4	0.427	1.42	17.5	24.7	52.6	1.33	49.6
9.0	1.24	48.6	0.538	1.50	19.1	26.3	53.7	1.31	50.7
12.0	1.43	57.3	0.627	1.57	23.9	27.5	53.9	1.29	51.6
15.0	1.55	68.9	0.651	1.74	25.5	28.8	54.2	1.27	52.1

2.4.2 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 淋溶对地下水的影 响 由图 3 可见,施用污泥堆肥后,淋溶液 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 浓度随时间的变化峰值出现在 7.5~8 月份,这与前人研究结果一致<sup>[6]</sup>。在 9.0 kg/m<sup>2</sup> 施用量下,淋溶液中 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 浓度小于 4.0 mg/L,说明当污泥堆肥施用量小于该浓度,不会造成地下水中 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 浓度超标。

2.4.3 地面径流中的氮、磷及沉淀物 由表 3 知,总氮在前 3 次测定中较高,以后都小于 2.0 mg/L,达到我国地面水环境Ⅳ类水标准;径流液中总磷浓度在不同时期都小于 0.2 mg/L,达到Ⅳ类水标准。当覆盖度为 70%时,总磷浓度较高,是因为人工降雨对地面的冲刷力比其它覆盖度(大于 70%)大所致<sup>[7]</sup>。沉淀物的含量随地面覆盖度的增加而降低,这因为冲刷力减弱和土壤物理性质得到改善。

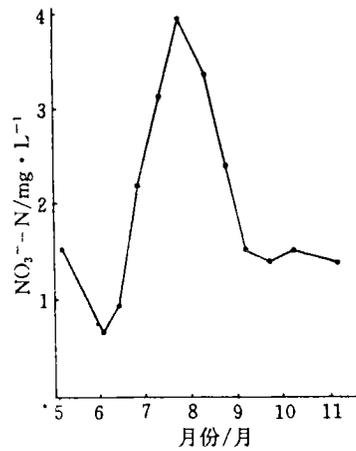


图 3 淋溶液中 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 浓度的变化

表 3 不同时期地面径流液中总氮、总磷及沉淀物含量

时 间	覆盖度(%)	T-N(mg/L)	T-P(mg/L)	沉淀物(mg/L)
1993-06-21	90	4.75	未检出	131
1993-07-20	100	3.56	未检出	102
1993-08-05	100	3.38	0.095	86.0
1993-08-23	70	1.66	0.122	102
1993-09-21	100	1.32	0.061	63.5

注:8月6日野牛草刈割过一次。

### 3 结 论

1) 施用污泥堆肥后,供试旱荷花、美人蕉、龟背竹、五叶地锦和黑麦草、紫羊茅、葡枝翦股颖、马尼拉草及白三叶等均可获得良好的生长响应;花卉的花量增加、开花时间提前、花期延长;草坪草的生物量增大、绿色期延长等。

2) 供试的白三叶小区与美人蕉小区经过一个生长季节后,土壤表层中的全氮、速效氮、全磷、有机质及阳离子交换量随污泥堆肥施用量的增加而增大;土壤容重下降,水分、田间持水量和孔隙度增大等。

3) 长期施用该污泥堆肥,不会造成重金属 Cd、Hg 对园林植物的毒害;当污泥堆肥施用量小于 9.0 kg/m<sup>2</sup> 时,也不会造成地下水中 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 超标和因径流而污染下游水域。

致谢:农业部环保所赵子安、李应学及常玉海等同志在研究中给予了帮助,在此谨致谢忱。

#### 参 考 文 献

- 1 Hornick S B, Sikora L J, Sterret S B et al. Utilization of sewage sludge compost as a soil conditioner and fertilizer for plant growth. U. S. A Agricultural Information Bullentin, 1984, 464: 1~32
- 2 张增强, 薛澄泽, 赵子定等. 污泥堆肥对花卉及草坪草生长的影响. 见: 徐明岗等编, 现代土壤科学研究. 北京: 中国农业科技出版社, 1994: 770~774
- 3 张增强, 薛澄泽. 几种木本植物对污泥堆肥的生长响应研究. 西北农业大学学报, 1995, 23(6): 47~51
- 4 Simeoni L A, Barbarick K A, Sabey B R. Effect of small-scale composting of sewage sludge on heavy metal availability to plants. J Environ Qual, 1984, (13): 264~268
- 6 张天红, 薛澄泽. 西安市污水污泥林地利用效果的研究. 西北农业大学学报, 1994, 22(2): 67~71
- 7 Sharpley A N. The enrichment of soil phosphorus in runoff sediment. J Environ Qual, 1980(9): 512~526

## The Growth Response of Some Kinds of Herbs to Sludge Compost

Zhang Zengqiang Xue Chengze

( Department of Basic Science, Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi, 712100 )

**Abstract** After the application of sludge compost, significant increment in blooming period, blooming date and flower number was observed in such flowers as nasturtium (*Tropaeolum majus* L.), Canna (*C. india* L.) and Ceriman (*Monstera deliciosa* Liebm) and remarkable improvement in biomass, green period and soil physical-chemical behavior was detected in such lawn grasses as euphorbia (*P. quinquefolia* Planch), ryegrass (*Lolium perenne* L.), fescue (*Festuca rubra* L.), bentgrass (*Agrostis stolonifera* L.), white clover (*Trifolium repens* L.) and Manila grass (*Zoysia japonia* Steud). Both Cd and Hg in the sludge compost had little toxicity to plants. When the sludge compost application rates did not exceed 9.0 kg/m<sup>2</sup>, there was no nitrate leaching and runoff-induced pollution problems.

**Key words** sludge compost, growth response, soil physical-chemical behavior, environmental impact, herb