

# 城市二级污水灌溉对城市绿地土壤化学性状的影响

雷 琼<sup>1</sup>, 李修岭<sup>2</sup>

(1. 临沂大学农林科学系, 山东 临沂 276005;

2. 临沂大学水土保持与环境保育研究所, 山东 临沂 276005)

**摘 要:** 采用城市二级污水对万寿菊 (*Tgetes erecta* L.)、五彩石竹 (*Dinathus* L.)、鸡冠花 (*Celosia argentea* var. *cristata*)、高羊茅 (*Testucaarundinacea* L.)、百日草 (*Zinnia elegans jacq*) 5 种园林植物进行室内盆栽灌溉, 以自来水灌溉为对照, 研究城市二级污水灌溉园林植物对土壤化学性状的影响。研究表明: 5 种植物污灌处理和对照处理的土壤全氮、速效磷、速效钾含量差异均未达显著水平, 但速效钾含量呈增加趋势。二级污水灌溉对土壤全盐量的影响总体呈增加的趋势, 但目前土壤全盐量的绝对值尚未达到轻度盐渍化 (0.1%) 的危害水平, 最高值为 0.075% (高羊茅), 说明短期灌溉不会引起土壤盐渍化, 给园林植物带来养分胁迫。土壤 pH 值测定结果表明, 污水灌溉土壤 pH 值呈增加趋势, 但与对照差异不显著, 长期灌溉 pH 是否还会增加, 对园林植物的生长是否会产生不良的影响, 还需要进一步的试验来验证。

**关键词:** 城市二级污水; 土壤化学性状; 园林植物; 速效钾; 全盐量

中图分类号: S153; S273.5

文献标识码: A

文章编号: 1673-6257(2013)02-0022-04

在以色列、美国等一些国家利用污水对城市园林进行灌溉已有几十年的历史, 尤其是以色列, 其城市园林 80% 以上使用生活污水和工业废水经过简单处理后, 结合现代灌溉技术进行灌溉, 不仅可使植物既吸收水分, 而且又吸收养分, 还可以增加土壤肥力<sup>[1]</sup>。可见, 在城市绿化中用污水代替自来水灌溉是一个非常有利的节水增肥措施<sup>[1 2]</sup>。围绕污水灌溉对园林植物的影响方面, 国内陆续展开了相关的研究, 如黄冠华<sup>[3]</sup>、彭致功<sup>[4]</sup>等对几种草坪植物进行了再生水灌溉技术的研究; 何江<sup>[5]</sup>等对草坪草和草花地被植物用二级污水灌溉进行了生理生态方面影响的研究, 本试验主要针对北方地区几种常用的园林草本植物 (万寿菊、鸡冠花、百日草、五彩石竹、高羊茅), 选取临沂市区园林绿地土壤为试验土壤, 研究城市二级污水灌溉对土壤速效养分、含盐量等方面的效应, 旨在探讨城市污水安全应用于园林灌溉的科学依据, 为污水资源化利用提供有益的借鉴。

## 1 材料与方

### 1.1 试验材料

试验在临沂大学水土保持与环境保育研究实验

室进行, 灌溉用水为临沂首创水务有限公司污水处理厂二级出水 (工业和生活混合出水)。水质检测结果见表 1。供试植物为万寿菊 (*Tgetes erecta* L.)、五彩石竹 (*Dinathus* L.)、鸡冠花 (*Celosia argentea* var. *cristata*)、高羊茅 (*Testucaarundinacea* L.)、百日草 (*Zinnia elegans jacq*), 所有供试植物种子均购于临沂鲁南花卉市场。供试土壤为褐土, 取自临沂大学校内绿化苗圃地。土壤理化指标检测结果见表 2。

表 1 自来水和城市二级污水检测结果

检测指标	自来水	二级污水
pH	7.32	8.09
氨氮 (N $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	0.05	25.0
总磷 (P $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	0.032	2.42
色度 (稀释倍数)	1	40
总氮 ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	6.75	126
Na ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	2.008	27.5
K ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	0.126	2.26
Hg (ng/mL)	0.0	7.0
Cd (ng/mL)	0.0	0.5
Cu (ng/mL)	0.0	5.8
Zn (ng/mL)	10.0	23.1
Ni (ng/mL)	0.0	0.0
Pb (ng/mL)	0.0	0.0

收稿日期: 2012-08-08; 最后修订日期: 2012-11-27

基金项目: 临沂市科技发展计划项目 (080203023)。

作者简介: 雷琼 (1977-), 女, 布依族, 贵州福泉人, 硕士, 讲师, 从事植物营养和土壤生态环境方面的研究。

表2 供试土壤理化指标

样品名称	全氮 (g/kg)	速效钾 (K mg/kg)	速效磷 (P mg/kg)	全盐量 (%)	pH 值
盆栽用土	0.78	170	32.5	0.062	7.53

注: 土壤理化指标于采土装盆时测定。

1.2 试验方法

试验采用盆栽对比的方法。2009年3月20日采土装盆(12 cm × 18 cm), 每盆装2 kg 土壤, 浇透水。由于试验期短, 为避免外来肥源对土壤养分供给的影响, 装盆土壤未施肥。3月22日播种, 先用自来水灌溉使其发芽, 发芽10 d后选取长势均一的植株设污灌(二级污水灌溉)、对照(自来水灌溉)两个处理, 各处理6次重复。每隔2~3 d进行灌溉, 每盆浇200 mL水。

6个月后(2009年10月9日)各处理分别进行土壤取样, 用于测定土壤全氮、速效磷、速效钾、土壤pH值和土壤盐分含量。土壤盐分测定采用电导仪法; 土壤全氮采用凯氏消煮比色法; 土壤速效磷采用碳酸氢钠浸提-分光光度法; 土壤速效钾采用醋酸铵浸提-火焰光度计法; 土壤pH值采用电极法。

1.3 数据分析

实验所得数据均采用Excel2003进行数据处理, 并用SPSS16.0进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 污水灌溉对土壤全氮的影响

采用二级污水和自来水灌溉5种园林植物6个月后的土壤全氮含量见图1。万寿菊、五彩石竹、鸡冠花、高羊茅、百日草5种植物污灌处理的土壤全氮含量分别为0.600、0.641、0.589、0.637、0.610 g/kg, 对照处理依次为0.606、0.642、0.591、0.635、0.615 g/kg。与对照相比, 高羊茅污灌处理土壤全氮含量略有增加, 其它植物(万寿菊、五彩石竹、鸡冠花、百日草)采用污灌, 土壤全氮含量都比对照略低。统计分析表明, 不同植物之间土壤全氮含量存在显著差异(图1), 原因可能与植物生长状况及植物对养分的吸收利用不同有关; 而同种植物两种处理的全氮含量均无显著差异, 这一结果与孙瑞、彭致功等人的研究结果相似<sup>[4,6,7]</sup>, 从5种园林植物的长势来看, 二级污水灌溉的植物的长势明显好于自来水灌溉, 推测是与二级污水中氮含量较高有关, 由表1可知, 二级污水

总氮含量126 μg/mL, 氨氮含量25.0 μg/mL, 而自来水总氮含量6.75 μg/mL, 氨氮含量0.05 μg/mL, 试验共浇水75次, 每次浇水200 mL。因此, 污水灌溉处理的总氮比自来水灌溉处理的总氮多投入1781.25 mg, 氨氮则多投入374.25 mg, 这些多投入的氮提高了植物根层中的氮素养分并加快了植物的生长, 而植物的快速生长又促进了对土壤氮素的吸收利用。

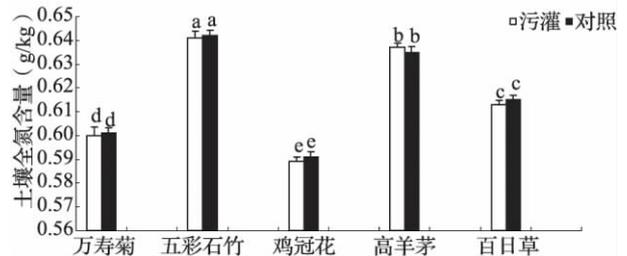


图1 不同灌溉水源条件下的土壤全氮含量

注: F 检验 - 双样本方差分析<sup>[8]</sup>, 柱状图上标示字母不同表示0.05水平差异显著, 下同。

2.2 污水灌溉对土壤速效磷的影响

试验表明, 万寿菊、五彩石竹、鸡冠花、高羊茅、百日草5种植物污灌处理土壤速效磷含量分别为24.0、33.5、24.8、25.5、26.3 mg/kg, 对照处理依次为24.2、29.0、25.1、25.5、26.3 g/kg。显然, 与对照相比, 除五彩石竹土壤速效磷略有升高外, 其它植物土壤速效磷含量均没有明显变化(图2), 统计分析表明: 五彩石竹两种处理土壤速效磷含量差异不显著, 但其污灌处理与其它4种植物两种处理土壤速效磷含量差异显著, 原因可能与五彩石竹自身体量小有关, 其余4种植物(万寿菊、鸡冠花、高羊茅、百日草)两种处理土壤速效磷含量差异均未达到显著水平, 可见, 城市二级污水灌溉6个月后, 没有明显提高土壤的供磷水平。

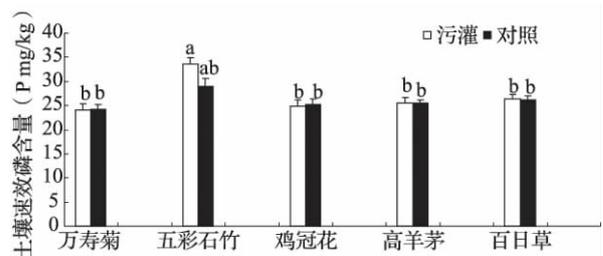


图2 不同灌溉水源条件下的土壤速效磷含量

2.3 污水灌溉对土壤速效钾的影响

图3表明: 与对照相比, 采用污灌, 土壤速效

钾含量呈增加的趋势。5种植物中鸡冠花增幅最大,污灌处理土壤速效钾含量比对照增加 13.1 mg/kg,增加百分数为 10.1%,增幅较小的是百日草,污灌处理速效钾含量较对照处理增加 12.2 mg/kg,增加百分数为 8.1%。虽然污灌处理速效钾含量较对照处理呈增加趋势,但统计分析表明,不论是不同植物之间还是同种植物污灌处理和对照处理之间土壤速效钾含量差异都不显著(图3)。

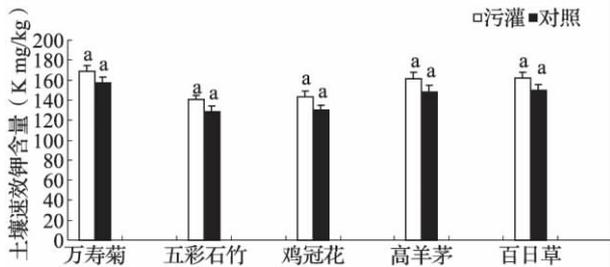


图3 不同灌溉水源条件下的土壤速效钾含量

#### 2.4 污水灌溉对土壤全盐量的影响

试验表明:污水灌溉对土壤全盐量的影响总体呈增加的趋势(图4)。与对照相比,万寿菊、五彩石竹、鸡冠花、高羊茅、百日草分别增加了 0.002、0.002、0.003、0.002、0.002 个百分点,增加百分数分别为 2.81%、2.70%、4.34%、2.67%、2.98%。统计分析表明,5种植物两种处理的土壤全盐量无显著差异。值得一提的是,5种植物无论是污灌处理还是对照处理,土壤全盐含量都比原土样高(0.062%),原因可能与两种水源的钠离子含量有关,由表1可知,自来水钠离子含量为 2.008  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ,城市二级污水钠离子含量为 27.5  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ,根据每盆植物的浇水总量,对照处理每盆植物在试验期间共投入钠离子 30.1 mg,污灌处理共投入钠离子 412.5 mg,较对照处理每盆植物要多投入 382.4 mg,这也就是污灌处理全盐量较对照处理全盐量高的原因。另外,植物之间的土壤全盐含量存在差异,如图4所示,高羊茅和五彩石竹污灌处理差异不显著,但与百日草、鸡冠花污灌处理差异显著,对照处理亦如此。因此,土壤全盐含量除了与灌溉水类型有关外,是否还与植物有关,尚需进一步验证。

#### 2.5 污水灌溉对土壤 pH 值的影响

土壤 pH 值测定结果表明,5种植物两种处理的土壤 pH 值都比原土样 pH 值高,其中污水灌溉的 pH 值增幅范围在 0.01~0.03 之间,最大增幅达

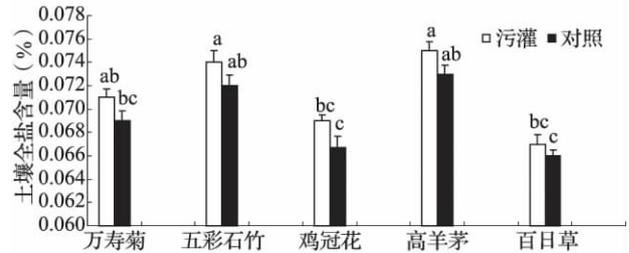


图4 不同灌溉水源条件下的土壤全盐含量

0.03 (高羊茅)。统计分析表明,5种植物两种处理土壤 pH 值差异不显著,但 pH 值升高的现象需要继续关注,因为 pH 值升高会引起土壤中多种营养元素(磷、铁、铜、锌等)的有效性降低<sup>[3,9]</sup>。

与土壤全盐含量类似,虽然同种植物之间两种处理的土壤 pH 值差异不显著,但不同植物之间的土壤 pH 值含量存在显著差异,如图5所示,高羊茅、五彩石竹与万寿菊、鸡冠花、百日草两种处理的土壤 pH 值含量差异均达到显著水平,因此,植物对土壤 pH 值是否有影响值得进一步研究。

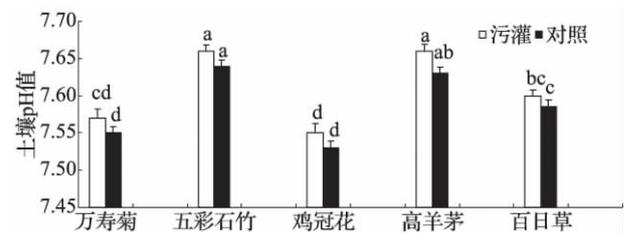


图5 不同灌溉水源条件下的土壤 pH 值

### 3 结论与讨论

一般认为城市二级污水中富含氮、磷、钾等可供植物利用的营养资源,利用污水进行灌溉,不仅可使植物既吸收水分,又吸收养分,其理化指标也会发生相应的变化。通过对万寿菊、五彩石竹、鸡冠花、百日草、高羊茅5种植物的灌溉试验表明:在短期内采用二级污水合理灌溉不会使大量氮素残留于土壤,也不会明显提高土壤供磷水平。由于污水氮、磷过高容易引起景观水体富营养化,因此目前污水的深度处理过程主要集中在脱氮和除磷,而对钾的去除率不高,因此土壤速效钾含量出现了升高的趋势。由于本试验灌溉周期较短,污水灌溉对土壤氮、磷、钾养分含量的影响不明显,但是由于污水中含有一定浓度的氮、磷、钾等营养成分,推测长期灌溉对土壤氮、磷、钾养分的提高是有利的。

Mortram 认为随着灌溉时间的推移,盐分逐渐

积累,盐分胁迫是必然的,应当采取适当措施<sup>[10]</sup>。王玉岱等<sup>[11]</sup>的试验表明,灌溉前后土壤全盐量无明显变化,但二级污水含一定量的盐分,虽然短期灌溉不会对植物造成伤害,但若长期灌溉,需要注意预防盐分在土壤中的积累。本试验城市二级污水灌溉处理的土壤全盐量亦呈增加的趋势,但目前土壤全盐量的绝对值尚未达到轻度盐渍化(0.1%)的危害水平,最高值为0.075%(高羊茅)。临沂地区降雨量不高,若长期的使用城市污水,仍需加强对土壤盐分的监控,避免盐分积累而导致土壤盐渍化。

城市二级污水灌溉对土壤pH值影响总体为增加趋势,但与对照差异不显著,说明短期内污水灌溉对pH值变化影响很小,从5种植物生长状况来看,暂时没有受到影响。长期灌溉pH值是否还会增加,对园林植物的生长是否会产生不良的影响,还需要进一步的试验来验证。

#### 参考文献:

- [1] Friedler E. Water reuse - an integral part of water resources management: Israel as a case study [J]. Water Policy, 2000, 3: 29 - 39.
- [2] Kevin W K, James C B, Daren H R. Feeding turf with wastewater [J]. Golf Course Management, 2000, 87 (2): 59 - 62.
- [3] 黄冠华, 杨建国, 黄权中. 污水灌溉对草坪土壤与植株氮含量影响的试验研究 [J]. 农业工程学报, 2002, 18 (3): 22 - 25.
- [4] 彭致功, 杨培岭, 王勇, 等. 再生水灌溉对草坪土壤速效养分及盐碱化的效应 [J]. 水土保持学报, 2006, (6): 84 - 88.
- [5] 何江, 地里拜尔·苏力坦, 蒲丹, 等. 城市二级污水灌溉对几种园林植物生长的影响 [J]. 环境污染与防治, 2005, (3): 161 - 164.
- [6] 孙瑞, 招礼军, 魏国余, 等. 城市污水灌溉对植物栽培基质理化性质的影响 [J]. 生态科学, 2009, 28 (3): 217 - 220.
- [7] 张洪生, 张克强, 韩烈保, 等. 再生水灌溉对绿地土壤环境的影响 [J]. 北京林业大学学报, 2006, (6): 78 - 83.
- [8] 吴占福. 生物统计与试验设计 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2010. 112 - 140.
- [9] 陶安安, 吴红艳, 张欢, 等. 象山稻田土壤中有效微量元素含量及其有效性 [J]. 浙江农业科学, 2010, (5): 1081 - 1083.
- [10] Mortram A. The effects of irrigating turf-grass with wastewater [J]. Turf-grass Bulletin, 2003, 219 (1): 30 - 32.
- [11] 王玉岱, 杨素梅, 梅君美. 用城市污水回用水灌溉园林植物的试验 [J]. 山东林业科技, 1995, (3): 41 - 44.

#### Effects of irrigation with secondary urban sewage on city greenbelt soil

LEI Qiong<sup>1</sup>, LI Xiu-ling<sup>2</sup> (1. Department of Agriculture and Forestry Sciences, Linyi University, Linyi Shandong 276005; 2. Research Institute of Water-soil Conservation and Environment Conservation, Linyi University, Linyi Shandong 276005)

**Abstract:** A pot experiment was carried out to study the effect of irrigation with secondary urban sewage on several landscape plants' soil, establishing sewage water irrigation treatment and fresh water irrigation treatment (CK). The landscape plants adopted in the experiment were marigold (*Tgetes erecta*. L), multicoloured pink (*Dinathus*. L), cockscomb (*Celosia argentea*. var. *cristata*), (*Testucaarundinacea*. L), Zinnia (*Zinnia elegans jacq*). The results showed that the contents of the total nitrogen, the available phosphorus and the available potassium were not significant differences between the two treatments, but the available potassium was a tendency of increasing. The content of total salt was increased in sewage water irrigation treatment, and the highest total salt content was 0.075%, but the level was still safe for the soil and the plants. It was showed that short time irrigation with secondary urban sewage could not lead to the soil salinization and bring on nutrient stress for the plants. Soil pH analysis indicated that pH were increased by the secondary municipal effluent, but there were no obvious difference compared with the control. That is to say, the secondary urban sewage irrigation effect little the soil pH. However, whether it could be enhance and bring harm for the landscape plants by long time irrigation with the secondary urban sewage need further test to validate.

**Key words:** secondary urban sewage; soil chemical properties; landscape plants; available potassium; soil total salt