

城市生活污水浇灌对金盏菊生长的影响

刘俊伟¹, 胡宏友², 许甘治¹, 陈登雄³, 卢昌义²

(1.厦门市园林局 南湖公园, 福建 厦门 361004; 2.厦门大学 海洋环境科学教育部重点实验室, 福建 厦门 361005; 3.厦门市园林局 仙岳山公园筹建处, 福建 厦门 361004)

摘要: 用三种稀释倍数的城市生活污水[污水:清水(v/v)为1:0、1:0.5、1:1]处理金盏菊种子及盆花, 结果表明, 污灌处理不仅显著地降低种子的萌发率, 还增加萌发后幼苗病害的发生率; 未经稀释的原生污水显著抑制金盏菊幼苗的生长, 而稀释后抑制作用降低, 当稀释至适当浓度时, 则对幼苗生长起促进作用; 对于金盏菊成年植株, 污灌处理(不论稀释与否)显著地增加其茎、叶和根的鲜重, 分别较对照增加161.63%~215.12%、86.77%~109.23%和23.89%~34.13%。综合分析表明, 原生污水经过适当稀释后用于草花污灌, 可以使污水中的营养盐得到回用, 提高草花的观赏性。

关键词: 污水回用; 城市生活污水; 金盏菊

中图分类号: S273.5 文献标识码: A 文章编号: 1009-7791(2005)02-0029-04

Effects of Municipal Domestic Sewage Effluents on the Growth of *Calendula officinalis*

LIU Jun-wei¹, HU Hong-you², XU Gan-zhi¹, CHEN Deng-xiong³, LU Chang-yi¹

(1.Nanhu Park, Bureau of Municipal and Garden Administration, Xiamen 361004, Fujian China; 2.Key Lab. for Marine Environmental Science of Ministry of Education, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian China; 3.The Construction Office for Xianyue Park, Bureau of Municipal and Garden Administration, Xiamen 361004, Fujian China)

Abstract: The seeds and potted plants of *Calendula officinalis* were treated with municipal domestic sewage effluents. The treatments were divided into 4 groups according to effluents : tap water(v/v): I, 1 : 0; II, 1 : 0.5; III, 1 : 1; control, 0 : 1. Compared with the control, sewage irrigation treatments (I, II and III) obviously reduced the rate of seed germination and increased the disease incidence of seedlings. The undiluted raw sewage could remarkably restrain the seedling growth, and the retarding effect could be relaxed by diluting with tap water. Furthermore, the diluted sewage of proper concentration could improve the seedlings growth. Compared to the control, sewage irrigation treatments increased the fresh weight of the stem, leave and root of full-grown *C. officinalis* plant by 161.63%~215.12%, 86.77%~109.23% and 23.89%~34.13%, respectively. The results of this study showed that the diluted sewage could be reused in irrigation and the nutrient elements in the sewage effluents could increase the ornamental value of herbage flowers.

Key words: wastewater reuse; municipal domestic sewage effluents; *Calendula officinalis*

污水回用是解决水资源紧张及水污染问题的主要途径之一^[1-3]。我国污水灌溉面积已达88.06万hm²^[4], 主要为农业灌溉、园林绿化等。城市污水中一般含有较高浓度的N、P及某些微量元素, 合理施用污水可以提高土壤肥力, 减少化肥使用, 促进植物生长, 提高作物产量^[5,6]。但由于污水中所含成分难以把握, 如生活污水中的盐分、致病菌和病毒等往往过量^[7,8], 而工业污水则含有超量的重金属和有毒废物, 如未经处理直接施用, 会造成土壤重金属积累和作物有毒物质残留, 带来环境灾难, 影响经济

收稿日期: 2005-03-30

作者简介: 刘俊伟(1970-), 男, 黑龙江哈尔滨人, 农艺师, 从事草花生产与园林绿化工作。

发展^[9]。厦门作为风景优美的海湾型城市，历来注重园林绿化，每天为其消耗大量的淡水资源；而厦门又是水资源缺乏城市，因此，寻找替代的水资源对城市的发展具有实际意义。迄今，尚未见到有关适合厦门地区生态特性的污水回用于园林绿化方面的报道。本研究以金盏菊为试材，探讨城市原生生活污水在草花生产及养护上的应用效果，为城市生活污水的合理回用提供理论依据。

1 材料与方

1.1 材料

金盏菊 (*Calendula officinalis*) 种子购自厦门台湾农友种苗有限公司。栽培基质为砂壤土：草木灰：堆制的稻蔗秸秆 = 6 : 1 : 3。污灌样方设在厦门狐尾山公园草花生产基地；污灌水源来自厦门污水处理二厂 3 号泵站前截流井，污水仅经格栅除渣，未经任何其它处理，每天经专用污水输送管道输送至实验样地，并贮于前置池备用；污水主要为城市生活污水，水质指标见表 1。污灌方式采用定量浇灌法，污水稀释按污水：自来水 (v/v) 设四种处理，处理 I: 1 : 0；处理 II: 1 : 0.5；处理 III: 1 : 1；对照(CK): 0 : 1。

表 1 原生生活污水主要水质指标

污水水质指标	浓度	变动范围
NH ₄ ⁺ -N(mg/L)	45	34-50
NO ₃ ⁻ -N(mg/L)	6.5	5.4-8.0
NO ₂ -N(mg/L)	0.02	0.01-0.04
Organic-N(mg/L)	18	13-24
Cl ⁻ (%)	0.73	0.52-0.76
P(mg/L)	1.2	0.8-2.2
pH	7.3	7.2-7.6

1.2 方法

1.2.1 种子萌发试验 于 2004 年 1~4 月进行，将种子播于穴盘（每盘 40 穴）中，每穴一粒，按上述四个处理设置样方，每种处理 3 个重复（每重复 1 盘），随机区组排列。浇灌频度每天早晚各一次，浇灌量约 100ml/盆。

1.2.2 草花生产试验 试验时间同种子萌发试验，将相应污灌处理下生长的种苗移栽于盆中，栽培盆为软质塑料盆(Ø=16cm, h=18cm)，每盆一株。每处理分 3 个重复(每重复 10 盆)，浇灌量约 300ml/盆/日。

1.2.3 观察记录 在污灌期间观察并记录花期、花色及病虫害情况。种子萌发试验观察指标为萌发率，种苗成活率（或病死率）及种苗的生长发育，其中萌发率测定按露白种子计；种苗成活率及种苗的生长发育指标为株高、茎径粗及叶面积，均在幼苗出土后具 2 片真叶时测定。草花生产试验测定污灌植株表观生长指标（高生长、茎径、花的投影面积等）、鲜重（茎、叶、花和根分别测定）和叶绿素含量（分光光度计法^[10]）；土壤 pH 和 Cl⁻ 按常规方法^[11]测定。用 Spss 软件通过单因素方差分析(One-Way-Anova)检验污水浓度对植物生长和生理指标影响的显著性。

2 结果与分析

2.1 污灌对种子萌发的影响

种子萌发试验结果（图 1）表明，污灌处理显著地降低金盏菊种子的萌发率，处理 I(78.00%) < 处理 II (87.50%) < 处理 III (94.00%) < CK (96.00%)，且各处理间差异显著。这说明，高浓度的污水不利于金盏菊种子萌发，而经稀释后对种子萌发的负面影响有所降低。但要消除这种影响，污水浓度至少要低于 50% (V/V, 处理 III)。

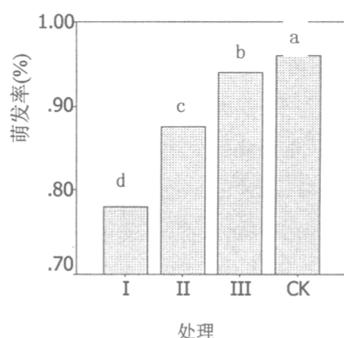


图 1 污灌对金盏菊种子萌发的影响

注：标有不同小写英文字母表示差异显著(以下各表、图同)。

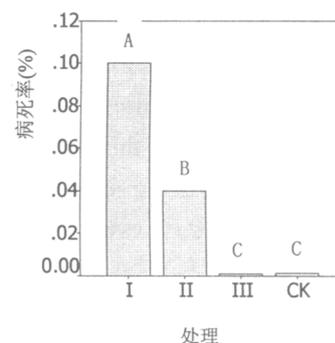


图 2 污灌对金盏菊幼苗病死率的影响

注：标有不同大写英文字母表示差异极显著。

污灌处理还增加萌发后幼苗病害发

生率（图 2）。从图 2 可见，处理 I 的幼苗病死率达到 10%，显著高于处理 II，极显著高于处理 III 和 CK，表明原生污水灌溉能诱发或直接导致金盏菊幼苗病害的发生；而经污水经稀释后进行污灌（处理

II), 幼苗病死率显著下降, 且当污水稀释至低于 50% (V/V, 处理 III) 时, 基本可以消除污灌造成的苗期病害风险。这一结果可为污水无害化回用提供参考。

2.2 污灌对幼苗生长的影响

污灌处理对金盏菊幼苗生长的影响如表 2 所示。从表 2 可见, 未经稀释的原生污水 (处理 I) 显著抑制了幼苗的高生长、径粗和叶面积的增加; 而稀释 50% (V/V) 的污水 (处理 III) 处理效果 (苗高除外) 与对照无显著差异; 处理 II 和处理 III 均能促进幼苗的高生长, 处理后幼苗显著高于对照组。这一结果表明, 未经稀释的原生污水抑制了金盏菊幼苗的生长, 而稀释污水这种抑制程度下降, 适当稀释的污水反而对幼苗生长有一定的促进作用。

表 2 污灌处理对金盏菊幼苗表现生长的影响

处理	苗高(cm)	叶面积(mm ²)	茎粗(mm)
处理 I	1.46±0.042 c	0.503±0.012b	0.680±0.025c
处理 II	1.73±0.020 a	0.525±0.017a	0.706±0.032b
处理 III	1.72±0.026 a	0.532±0.020a	0.742±0.083a
CK	1.59±0.029 b	0.580±0.023 a	0.813±0.040a

2.3 污灌对成年植株生长及病死率的影响

与幼苗期污灌处理的存活率比较, 金盏菊成年植株抗病性显著增强。对成年植株污灌试验结果 (表 3) 表明, 处理 II 和处理 III 均未引起植株病死, 且能正常开花; 但是, 未经稀释的污水仍导致 7% 的植株病死, 这说明, 虽然成年植株抗病性增强, 但污灌仍存在病害发生的风险。

表 3 污灌对成年植株生长的影响

处理	病死率(%)	株高(cm)	茎粗(mm) ¹⁾	花朵投影面积(cm ²)
处理 I	7	11.43±0.86b	11.8±0.8 c	25.48±2.26b
处理 II	0	13.42±0.25a	13.1±0.5 c	28.06±2.32b
处理 III	0	13.55±0.29a	22.7±0.9 a	32.64±1.25a
CK	0	11.60±0.68b	17.7±0.7 b	27.12±5.79b

注: 1) 主茎基部直径。

从表 3 还可看出, 污灌对金盏菊成年植株生长有显著影响, 与对照相比, 显著提高金盏菊的整体观赏性。原生污水并未对成年金盏菊的株高及花的生长产生

明显的抑制; 适当稀释后, 均能显著促进其株高、径粗和花朵投影面积 (以处理 III 尤甚)。而植株的增高及花朵增大, 反映其观赏性增强。可见, 与对照 (自来水) 相比, 利用适当稀释后的污水灌溉能够整体提高金盏菊的观赏性。尽管高浓度的污水 (处理 I、II) 抑制了金盏菊平均基径的粗生长, 但对金盏菊各器官解析时发现, 这些植株的丛生枝生长较为旺盛, 植株形态亦较为丰满, 主要是由于高浓度的污水促进丛生芽的生长, 因而减少了主茎的横向增粗。丛生芽生长旺盛, 有利于保持盆栽草花丰满的株形, 提高金盏菊盆花观赏度。

2.4 污灌对成年植株鲜重的影响

从表 4 可见, 污灌显著地增加了金盏菊成年植株的鲜重。首先污灌处理极大地提高了金盏菊茎的鲜重, 三组污灌处理茎鲜重在 22.5~27.1 (g·fw/盆), 显著高于自来水灌溉的 8.6 (g·fw/盆), 同比增加了 161.63%~215.12%, 这主要是污灌促进了丛芽分生和丛生茎的生长; 其次, 污灌处理极大地提高了叶片的鲜重, 处理组叶片鲜重在 121.4~136.0 (g·fw/盆), 显著高于自来水灌溉的 65.0 (g·fw/盆), 同比增加 86.77%~109.23%; 污灌处理对根鲜重的增加亦相当明显, 三组污灌处理根重在 72.6~78.6 (g·fw/盆), 显著高于自来水灌溉的 58.6 (g·fw/盆), 同比提高 23.89%~34.13%。

表 4 污灌对成年植株鲜重的影响(g·fw/盆)

处理	茎 ¹⁾	叶	花	根	全株
处理 I	27.1±1.2a	136.0±5.9a	18.6±0.8a	78.6±2.8a	260.3±8.9a
处理 II	26.3±2.6a	121.4±12.3a	19.6±1.4a	72.6±9.2a	240.0±23.5a
处理 III	22.5±1.3b	127.5±7.6a	16.3±0.3b	78.6±1.2a	245.0±8.5a
CK	8.6±0.7c	65.0±5.3b	7.00±1.0c	58.6±2.9b	139.3±8.1b

注: 1) 包括主茎和丛生茎。

对全株鲜重进行 LSD_{0.05} 分析表明, 各污水处理间 (处理 I~III) 并无显著差异 (表 4), 表明直接用

原生污水灌溉草花并不会对全株鲜重造成负面影响;相反,对花及茎的鲜重作相应分析表明,污水稀释至50% (V/V) 后灌溉反而不利于茎鲜重的增加。

2.5 污灌对叶片叶绿素含量的影响

与对照相比,原生污水灌溉(处理I)显著增加了金盏菊叶片叶绿素a、b及总含量,而经过稀释的两个处理却未达到显著差异(图3)。处理I叶绿素含量为 $2.501\text{mg}/\text{dm}^2$,显著高于对照组的 $1.947\text{mg}/\text{dm}^2$,处理II和处理III叶绿素含量分别为 1.985 和 $2.047\text{mg}/\text{dm}^2$,与对照差异不显著。

2.6 污灌对栽培基质中 Cl^- 含量及pH的影响

对盆栽基质 Cl^- 含量及pH测定结果(图4)表明,污灌明显造成盆栽基质的 Cl^- 积累,并提高土壤pH值。污水浓度越高,盆栽土壤 Cl^- 累积量越大,污灌各处理的盆栽土中 Cl^- 含量为 0.269% ~ 0.429% ,显著高于对照组(0.085%),表明污灌使土壤盐分提高,有可能对植物根系形成较强的生理胁迫。污灌还提升了盆栽土壤的pH值,污灌45d后,盆土的pH由 6.05 提高到 6.23 ~ 6.52 。 Cl^- 积累和pH升高的趋势均为:处理I > 处理II > 处理III > CK。

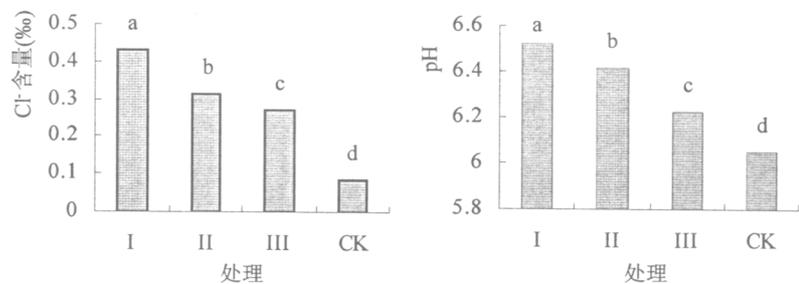


图4 污灌对盆栽基质 Cl^- 含量及pH的影响

3 结论与讨论

本试验结果显示,原生污水直接进行污灌处理,不仅显著降低了金盏菊种子的萌发率,还存在萌发后幼苗发生病害的风险。这是由于未经处理的原生污水中盐分含量过高,易引起种子萌发时渗透压失衡,或因污水中大量的有害病原菌引发种子病变,因而降低了金盏菊种子的萌发率^[7,8];此外,萌发后的幼苗在幼龄期抗逆性较低,也是导致发病率高的一個原因。

由污灌引发的幼苗病害,可通过稀释原生污水而得到有效控制。当原生污水用自来水稀释至低于50%浓度(V/V)时,基本上可消除污水在草花生产中的病害影响。其原因可能是污水稀释后,有害病菌浓度下降,感染能力减弱;也可能与自来水中的余氯等消毒剂有一定的关系。另一方面,污水中充足的营养元素有利于植株的生长发育,从而也提高了植株的抗病性。本试验中,原生污水显著增加了成年植株的叶绿素含量,而叶绿素含量提高表明其光合机能增强^[12],是植物生长健壮,抗病性增强的重要标志^[13]。

本试验还发现,原生城市生活污水并不会对金盏菊生长产生不利的影響,虽然未经稀释的原生污水显著抑制金盏菊幼苗的生长,但在稀释至适当浓度时,反而对其生长有促进作用;而对于成年植株,则不管污水稀释与否,均能显著地增加其茎、叶及根的鲜重,这与国内外有关利用生活污水灌溉粮食类作物(水稻、大豆)^[12]、蔬菜类(茄子)^[14]和绿化树种^[15]等的研究结果相似。然而,对于未区分生活污水与工业污水的另一类城市综合污水,其研究结果却与此不同,如诸多报道指出,城市综合污水灌溉会引起植物叶片损伤^[16]、重金属残留超标^[17]等,可见,不同城市或类型的污水水质差异较大,其污灌产生的环境影响也存在着明显差异,这要求我们在实施污水回用工程时,应根据水质采用不同的措施。

厦门作为旅游、商业化程度较高的城市,城市污水主要以生活污水为主。污水资源充足,污水N、P含量较为丰富,尤其在厦门岛内,重污染型工业较少,不存在大量重金属污染问题,原生污水通过

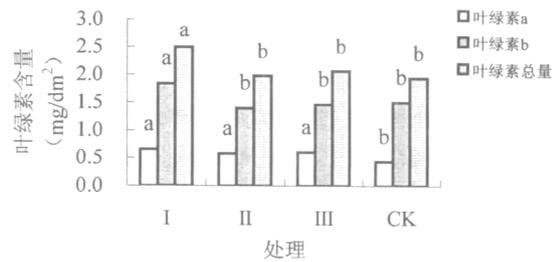


图3 污灌对金盏菊叶片叶绿素含量的影响

适当处理(如自来水稀释)后用于草花浇灌,不仅可以使污水中的营养元素得到回用,降低草花的种植成本,还能大大节省淡水资源,减少污水排放。

参考文献:

- [1] Oron G, *et al.* Wastewater treatment, renovation and reuse for agricultural irrigation in small communities[J]. *Agricultural Water Management*, 1999,38: 223-234.
- [2] Heinzmann B, *et al.* An integrated water management concept to ensure a safe water supply and high drinking water quality on an ecologically sound basis[J]. *Wat Sci Tech.*, 1995,31(8): 281-291.
- [3] 张智,等. 城市污水回用技术[J]. *重庆建筑大学学报*, 2000,22(4): 103-107.
- [4] 李森照,等. 中国污水灌溉与环境质量控制[M]. 北京: 气象出版社, 1995. 68-69.
- [5] Gupta A P, *et al.* Sewer water composition and its effect on soil properties[J]. *Bioresour Technol.*, 1998, 65: 171-173.
- [6] Vazquez-Montiel O, *et al.* Effects of nitrogen application rates using treated wastewaters, on nitrogen uptake and crop yield based on pot trials with maize and soybean[J]. *Wat Res.*, 1995,29(8): 1945-1949.
- [7] 王秀茹. 卫生微生物学[M]. 北京: 北京医科大学、中国协和医科大学联合出版社, 1998. 72.
- [8] 蔡宏道. 现代环境卫生学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1995. 516-517.
- [9] Weng H X, *et al.* Impact of polluted canal water on adjacent soil and groundwater systems[J]. *Environmental Geology*, 2000, 39(8): 945-950.
- [10] 张志良. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 1990. 59-62.
- [11] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1981. 62-78.
- [12] 刘庆元,等. 黄瓜品种对霜霉病的抗性机理[J]. *华北农业学报*, 1993,8(1): 70-75.
- [13] 郑丕尧,等. 复播“京早七号”玉米叶片叶绿素含量消长规律的研究[J]. *华北农学报*, 1988,3(1): 21-27.
- [14] 齐广平. 生活污水灌溉对茄子生长效应的影响[J]. *甘肃农业大学学报*, 2001,36(3): 329-332.
- [15] 秦宝荣,等. 滨海盐碱地区生活废水在园林绿化上的应用[J]. *山东林业科技*, 1997, S1: 46-49.
- [16] Jordan L A., *et al.* Foliar damage to ornamental trees sprinkler-irrigated with reuse water[J]. *Irrig Sci.*, 2001,21: 17-25.
- [17] 韩冰. 白银市污水灌溉对农田环境及小表产量质量的影响研究[J]. *甘肃农业科技*, 2000,37(6): 46-47.

(上接第 28 页)

参考文献:

- [1] Burg S P, *et al.* Role of ethylene in fruit ripening[J]. *Plant Physiol.*, 1962,37: 179-189.
- [2] 李安妮,等. 芒果采后生理研究[J]. *热带亚热带植物学报*, 1994,2(1): 64-69.
- [3] 邓义才. 紫花芒果生理特性与保鲜技术研究[J]. *中国果菜*, 1996,(3): 9-11.
- [4] Tripthl J S. Post-harvest changes during storage and ripening of Gaurjeet mango fruits[J]. *Agricultural Science Digest, India*. 1988,8(4): 191-192.
- [5] 黄邦彦,等. 芒果采后防腐保鲜方法的研究[J]. *热带作物科技*, 1988,(1): 5-8.
- [6] 苏小军,等. 芒果采后生物学及贮运保鲜技术研究进展[J]. *仲恺农业技术学院学报*, 2001,14(1): 60-66.
- [7] 戴宏芬,等. 几种温度处理对芒果贮藏冷害及自由基清除剂的影响[A]. 广东省植物生理学会, 广东省第五届青年植物生理学研讨会学术论文汇编[C]. 广州: 广东省植物生理学会, 1997. 51.
- [8] 陈昆松,等. 脂氧合酶与猕猴桃果实后熟软化的关系[J]. *植物生理学报*, 1999,25(2): 138-144.
- [9] 朱广廉. 植物生理学实验[M]. 北京: 北京大学出版社, 1990.
- [10] Robert R C S. Lipid peroxidation association with accelerated aging of soybean axes[J]. *Plant Physiol.*, 1980,65: 245-248.
- [11] 徐克学. 生物数学[M]. 北京: 科学出版社. 1999. 78.
- [12] 高惠璇. 实用统计方法与SAS系统[M]. 北京: 北京大学出版社, 2001. 264-265.
- [13] 乔峰,等. 时序全局主成分分析在经济发展动态描述中的应用[J]. *数理统计与管理*, 2003,22(2): 1-5.