

文章编号:1673-5021(2006)01-0075-03

灌溉绿地再生水余氯上限的研究

张楠¹, 季民¹, 张克强², 霍贞¹

(1. 天津大学环境科学与工程学院, 天津 300072; 2. 农业部环境保护科研监测所, 天津 300191)

摘要:城市绿地灌溉是再生水回用的主要途径之一。为了保证回用水的生物安全性,回用前均经过加氯消毒且一般过量加氯。但是,再生水中过多的余氯对所灌溉的草坪草生长将产生伤害,甚至致其死亡。余氯上限的要求在现行的回用水标准中并没有体现。通过含余氯0.0~2.5 mg/L的再生水灌溉苗期高羊茅与早熟禾的盆栽试验,得出再生水灌溉这两种常用草坪草的余氯上限值应为:高羊茅余氯不超过1.0 mg/L,早熟禾余氯不超过0.8 mg/L。

关键词:再生水; 余氯; 影响; 高羊茅; 早熟禾

中图分类号:S688.4; Q945.78 **文献标识码:**A

我国是水资源严重短缺国家,而近年来城市绿地的大规模发展使这一问题更加突出。许多北方城市已经开始尝试使用再生水灌溉绿地。2002年颁布的《城市污水再生利用 城市再用水水质》中规定:绿化用再生水余氯在接触30min后,不低于1.0mg/L;管网末梢不低于0.2mg/L^[1]。一般水厂为达此标准均过量加氯。以天津市某城市污水处理厂处理后的再生水为例:2004年前三季度,管网末梢余氯的平均值为0.7mg/L,夏季更高。

再生水中的余氯含量过高将对所灌溉的景观草坪草的正常生长产生危害。在天津开发区还出现过因再生水余氯过高将草坪烧死的事件。目前我国尚没有专门针对城市绿地灌溉的再生水水质标准;同时,目前我国和国外使用的城市杂用水标准中,对余氯的规定只有下限没有上限^[1~3]。

本文通过用含有不同浓度余氯的再生水灌溉两种常用的草坪草——高羊茅、早熟禾的盆栽试验,测定再生水中余氯对草坪草生长的影响,以保证再生水灌溉绿地的安全性。

1 材料与方 法

1.1 水源

来自天津市中水有限责任公司,以天津市纪庄子污水处理厂生物法处理的二级出水为水源,采用连续微滤工艺(CMF)处理的再生水。以上述水源水为溶剂,30% NaOCl水溶液按比例配制不同浓度梯度的试验用水,处理浓度0.5 mg/L、0.8 mg/L、1.0 mg/L、1.5 mg/L、2.0 mg/L、2.5 mg/L。

1.2 草种

高羊茅(*Festuca arundinaces* Schreb.)和草地早熟禾(*Poa pratensis* L.)均由北京林业大学草坪研究所提供。

1.3 盆栽实验

将1周左右的幼苗移入已装有培养用土的、底部留透水孔的塑料盆中。移苗过程尽量小心,不破坏原有根系。用新配好的接触30min后的试验用水缓慢倒入喷雾器中,均匀喷洒于叶面,每天早晨8:00、下午5:00左右各喷洒一次。均匀喷洒,不同的处理单独、隔离喷洒,以免互相影响造成误差。苗期实验进行4周左右。

1.4 监测方法

地上生物量采用株高与对照组该值的百分比间接表示;光合速率采用美国LI-6000型便携式光合速率仪测定;叶绿素总量、过氧化氢酶活性分别采用95%乙醇分光光度比色法和高锰酸钾滴定法测定^[5]。实验中相关的水质指标监测均采用国标方法。实验结果采用生物统计软件进行方差分析。

2 结果与讨论

2.1 余氯对两种草地上生物量的影响

再生水余氯对两种草苗期的地上生物量均有负面影响,早熟禾降幅较为明显。余氯浓度低于1.0 mg/L,高羊茅的相对地上生物量保持在80%以上;余氯最大

收稿日期:2005-08-25;修回日期:2005-12-06

基金项目:国家“863”课题“都市再生水灌溉绿地水质控制指标及安全性评价(2002AA2Z428111)”

作者简介:张楠(1977-),女,天津人,天津大学环境科学与工程学院在读博士生,主要从事水污染控制方面研究。

浓度组其生物量仍达60%。但早熟禾在余氯浓度2.0 mg/L时该值已降至对照组的50%以下(图1)。

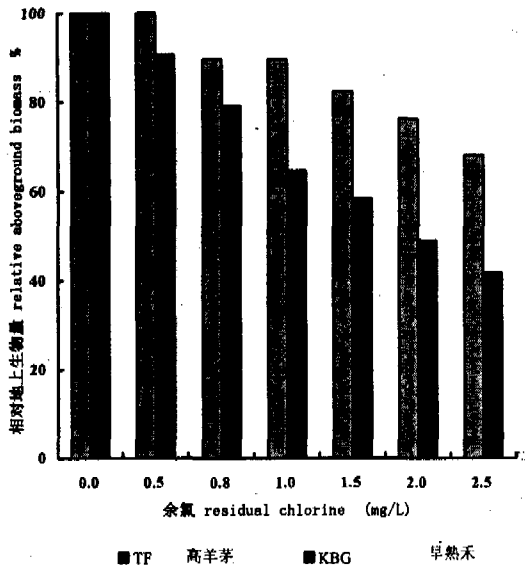


图1 再生水余氯对苗期两种草地上生物量的影响
Fig. 1 Effects of residual chlorine of reclaimed wastewater on relative aboveground biomass of two kinds of seedling grass

2.2 余氯对两种草光合速率与叶绿素总量的影响

再生水余氯在0.8 mg/L以下时,苗期两种草坪草的光合速率几乎没有下降,说明其体内原有的水分平衡尚未受到明显破坏,光合作用效率基本不变。早熟禾在余氯1.0 mg/L时,光合速率降幅已经超过50%。经生物统计分析(表1),再生水余氯对高羊茅与早熟禾的光合速率的影响分别在余氯浓度1.5mg/L、1.0 mg/L时达到显著水平

同样的趋势也出现在叶绿素总量的结果中。余氯0.8 mg/L时,其对早熟禾的影响已达显著性水平,说明再生水余氯对苗期早熟禾影响大于高羊茅。

表1 再生水余氯对两种草苗期光合速率与叶绿素总量的影响

Table 1 Effect of residual chlorine on photosynthetic rate and the Tchl concentration

余氯 (mg/L)	光合速率 (mmolCO ₂ /m ² ·s)		叶绿素总量 (mg/g)	
	TF	KBG	TF	KBG
0.0	0.2753	0.2805	2.720	2.514
0.5	0.2747	0.2785	2.691	1.981
0.8	0.2689	0.2701	2.669	1.691*
1.0	0.2610	0.1186**	2.652	1.518*
1.5	0.2436*	0.0069**	2.485	0.598**
2.0	0.1406**	0.0028**	2.129**	0.160**
2.5	0.1140**	0.0000**	2.073**	0.000**

注: * 为 P ≤ 0.05, ** 为 P ≤ 0.01; TF 为高羊茅, KBG 为早熟禾。

2.3 余氯对两种草过氧化氢酶活性的影响

苗期高羊茅的过氧化氢酶活性呈现先升高后降低的趋势。余氯较低时,酶活性显著提高,呈线性增加;在1.0mg/L左右时达最大值;之后随余氯增加又有所降低(图2)。过氧化氢酶活性的升高说明余氯对苗期高羊茅的抗逆性有影响,苗期高羊茅出现适应性表现。苗期高羊茅在用再生水灌溉时受影响大,这应与CMF出水加氯消毒后更多的剩余余氯作用有关。实际的再生水处理中,深度处理的余氯值往往大于二级水回用的余氯值,这使深度处理后的再生水灌溉绿地对草坪草生长影响更大。加氯消毒主要利用次氯酸,在与植物叶片接触中会逐渐分解,余氯浓度小的组影响较轻,但过氧化氢酶活性还是表现出了抗逆性反应。

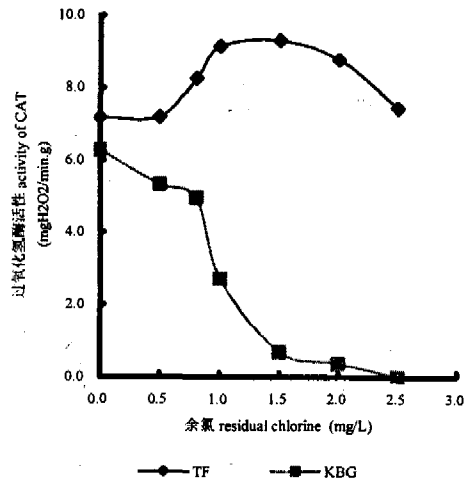


图2 再生水余氯对两种草过氧化氢酶活性的影响
Fig. 2 Effect of residual chlorine on activity of CAT

从图2可明显比较出两种草坪草在余氯逐渐增大后酶活性变化趋势的差异。当原水不含余氯时,两种草的过氧化氢酶活性差别不大,并且从表观上看二者生长均良好。随余氯增大,苗期高羊茅的酶活性出现适应性的增高,直至余氯1.5 mg/L左右达到最高,之后有所降低。相比高羊茅,苗期早熟禾的过氧化氢酶活性随余氯增大而降低,在余氯大于2.0 mg/L后降至零,表观显示全部死亡。由此可见,苗期早熟禾的保护酶系在再生水中余氯的作用下没有适应性的增高反而是显著下降,说明其体内过氧化物积累严重,细胞受到不可逆伤害,直至死亡。总之,对加氯消毒后的再生水的耐受力方面,高羊茅比早熟禾有明显优势。

3 小结

通过苗期两种草的盆栽实验表明,再生水中的余氯对高羊茅与早熟禾的生长均有明显的负面影响。随着余氯含量的增加,两种草的相对地上生物量、光合速率和叶绿素总量下降明显,尤其早熟禾降幅更剧烈。高羊茅的过氧化氢酶活性呈现先升高后降低的趋势,说明其抗逆性有所增强。

综合生物统计分析结果,再生水灌溉高羊茅,余氯应控制在 1.0 mg/L 以下;灌溉早熟禾,余氯应控制在 0.8 mg/L 以下。

参考文献(References):

- [1] GB/T 198920-2002, 城市污水再生利用城市杂用水水质[S]. 北京:中国标准出版社, 2003.
GB/T 198920-2002, The reuse of urban recycling water—

—Water quality standard for urban miscellaneous water consumption[S]. Beijing: Standards Press of China, 2003.

- [2] James Crook, Rao Y Surampalli. Water reclamation and reuse criteria in the U. S. [J]. *Water Science and Technology*, 1996, 33(10-11): 451-462.
- [3] Brissaud F, Xu P, agset M. Extensive reclamation technologies, assets for the development of water reuse in the Mediterranean[J]. *Water Science and Technology, Water supply*, 2003, 3(4): 209-216.
- [4] 张志国, 李德伟. 现代草坪管理学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2002. 42-43.
Zhang Zhi guo, Li Dewei. Turfgrass Management[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2002. 42-43.
- [5] 李合生, 孙群, 赵世杰. 植物生理生化实验原理和技术 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000. 134-138, 165-167.
Li Hesheng, Sun Qun, Zhao Shijie. Principles and techniques of plant physiological biochemical experiment [M]. Beijing: Higher Education Press, 2000. 134-138, 165-167.

Upper Limits of Residual Chlorine of Reclaimed Wastewater for Green Land Irrigation

ZHANG Nan¹, JI Min¹, ZHANG Ke-qiang², HUO Zhen¹

(1. School of Environmental Science and Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China

2. Agro-environmental Protection Institute, Ministry of Agriculture, Tianjin 300191, China)

Abstract: Due to increasing demands on water resources for landscape irrigation, use of reclaimed wastewater to irrigate urban greenbelt has become attractive. Chlorination as a disinfectant of tertiary treatment is the most common form in municipal wastewater treatment plants in China. Excess residual chlorine in reclaimed wastewater is harmful to growth of lawn grass. However, upper limit of residual chlorine aimed at reclaimed wastewater reuse for urban green land irrigation has not been promulgated. Lab-scale potted experiments with seedling of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) (TF) and Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.) (KBG) were performed to evaluate the effects of residual chlorine in reclaimed wastewater on these two kinds of lawn grass. The results showed that: relative aboveground biomass, photosynthetic rate and total chlorophyll (Tchl) concentration reduced to great extent with increasing of residual chlorine. The activity of catalase (CAT) of TF went up under low concentrations and decreased under higher ones, which was different from the decline trend of the same index of KBG. Considered growth of the two kinds of turf grass and disinfectant of reclaimed water, the upper limits of residual chlorine in reclaimed water for landscape irrigation should be equal to 1.0 mg/L for TF and 0.8 mg/L for KBG.

Key words: Reclaimed wastewater; Residual chlorine; Effect; Tall fescue; Kentucky bluegrass

【责任编辑 胡卉芳】