

石龙芮在城市生活污水净化中的应用潜力

徐晓锋¹, 杨浩¹, 杨林章²

(1. 土壤与农业可持续发展国家重点实验室, 江苏南京 210008; 2. 中国科学院南京土壤研究所, 江苏南京 210008)

摘要 采用水培技术,研究了石龙芮(*Ranunculus sceleratus* L.)在净化城市生活污水中的应用潜力。经5 d培养,石龙芮处理组总氮(K-N)、总磷(TP)浓度分别降低到2.93和0.097 6 mg·L⁻¹,总去除率分别达到97.47%和98.44%;氧化还原电位(Eh)迅速提高;pH值得到一定的改善;浊度迅速下降,72 h后达到5度。而对照组K-N、TP浓度分别为35.42和1.27 mg·L⁻¹,总去除率仅为52.29%和61.31%;氧化还原电位上升缓慢;浊度下降缓慢,72 h后仍为57.8度。结果表明石龙芮在富营养化水体控制及水生生态修复中具有很大的应用潜力。

关键词: 石龙芮;污水净化;总氮;总磷

中图分类号: X17 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2004)02-0017-04

The applying potential of purifying sewage with *Ranunculus sceleratus* L. XU Xiao-feng¹, YANG Hao¹, YANG Lin-zhang² (1. State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture, Nanjing 210008, China; 2. Institute of Soil Science, the Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2004, 13(2): 17-20

Abstract: The applying potential of *Ranunculus sceleratus* L. to purify sewage was studied with water culture method. After 5 d cultivating, the concentration of total nitrogen(K-N) and total phosphorus(TP) in sewage treated with *R. sceleratus* were reduced to 2.93 and 0.097 6 mg·L⁻¹ respectively, and total removal ratios were 97.47% and 98.44% respectively; the redox level increased quickly; the pH was amended; and the turbidity reduced quickly, it reached to 5 degree after 72 h. Contrastively, the K-N and TP concentration of controls were 35.42 and 1.27 mg·L⁻¹ respectively, total removal ratios were 52.29% and 61.31% respectively; the redox level increased slowly; and the turbidity reduced slowly, and it yet remained 57.8 degree after 72 h cultivation. The result shows that there is large application potential for *R. sceleratus* in eutrophication control and water ecological restoration.

Key words: *Ranunculus sceleratus* L.; wastewater purifying; total nitrogen (K-N); total phosphorus (TP)

人工湿地技术因其在处理城镇生活污水和水源污染中的高效低耗而受到广泛关注^[1,2]。植物是人工湿地的重要组成部分,对湿地处理效果具有重要的作用,经常选用的植物有宽叶香蒲(*Typha latifolia* L.)、灯心草(*Juncus effuses* L.)、芦苇(*Phragmites australis* Trin.)、水烛(*Typha angustifolia* L.)、茭白[*Zizania caduciflora* (Turcz. ex Trin.) Hand.-Mazz.]等数种^[2-7]。然而,由于种种原因,野生植物容易侵入人工湿地而成为湿地中的主要植物群落,为维持设计的植物群落而清除野生植物成为人工湿地运行成本增加的主要因素。因此研究野生湿地植物在污水处理中的意义,有助于人工湿地技术的改进,提高处理效率,降低运行成本。

石龙芮(*Ranunculus sceleratus* L.)为毛茛科(Ranunculaceae)草本植物,是生长于自然沼泽、湿地

中的常见野生湿地植物。周化斌等的研究表明,石龙芮可以有效积累重金属^[8];吴刚等的研究证明石龙芮可以与莲子草[*Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb]共生于富营养化湖水中^[9]。这些研究结果说明石龙芮在控制水体富营养化中可能具有较好的应用潜力。

本实验主要利用室内模拟实验,采用水培方法,研究石龙芮对城市生活污水中氮、磷等富营养化物质的去除效果以及净化作用,以了解石龙芮在控制富营养化水体中的应用潜力。

收稿日期: 2003-07-17

基金项目: 中国科学院知识创新工程领域前沿项目,土壤圈物质循环国家重点实验室重大支柱项目“土壤侵蚀与沉积物NP再循环对滇池水体环境的影响研究”(005301)

作者简介: 徐晓锋(1969-),男,浙江兰溪人,博士,主要从事污染及富营养化水体的研究。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

石龙芮(*Ranunculus sceleratus* L.)苗采自云南省昆明市郊区滇池边的自然湿地中,用自来水洗净植株上的污泥,在生活污水中预培养 20 d。

实验用生活污水采自昆明市云南环境科学研究所的污水排放沟,污水采集后,不进行预处理,直接用于培养。污水理化性质为:pH 7.34;氧化还原电位(Eh) -232 mV;凯氏氮(K-N) 39.02 mg·L⁻¹;总磷(TP) 1.72 mg·L⁻¹;化学需氧量(COD_{Cr}) 100 mg·L⁻¹。

1.2 实验方法

实验于 2002 年 12 月 31 日 - 2003 年 1 月 5 日在云南环境科学研究所进行。培养期间气温 5 ~ 17℃。

实验使用的培养桶为直径 20 cm、高 25 cm 的塑料桶,每桶注入污水 7.4 L。桶体用黑色垃圾袋包裹 2 层,避光以免藻类生长。另外,用边长为 30 cm 的泡沫板做支撑板,泡沫板支在桶边沿,不直接浸泡在污水中。在泡沫板中央开孔,石龙芮根系通过中间小孔,浸入污水中。在培养过程中,因植物蒸腾损失的水分,不进行补充。随培养时间延长,水面下降,调整泡沫板,保证植株 2/3 以上的根系浸泡在污水中。实验设 3 个重复,以无石龙芮的污水培养桶作为对照。

实验周期为 5 d。取样时间分别为 12、24、48、72 和 120 h。总氮(K-N)采用凯氏定氮法、总磷(TP)采用钼锑抗比色法、浊度采用比色法、COD_{Cr}采用重铬酸钾氧化法,操作步骤均采用《水与废水监测分析方法》(第三版)^[10]中的方法。Eh 用去极化法原位测定;pH 采用电极法原位测定。

水体中各污染物的去除率按下式进行计算:去除率/% = [(开始时浓度 × 开始体积 - 实验中某次浓度 × 该时刻体积) / (开始时浓度 × 开始体积)] × 100%。

2 结果与分析

2.1 石龙芮对城市生活污水中的 pH 和氧化还原电位(Eh)的调节作用

石龙芮处理过程中污水 pH 值的变化动态见图

1。由图 1 可见,石龙芮对污水的 pH 值有一定的调节作用。在 24 h 内,石龙芮处理组污水 pH 值由原来的 7.4 左右下降到 6.8 左右,并且在此后的培养期间 pH 值维持这一水平。而在培养期间对照组污水的 pH 值则上升至 8.0 左右,表明石龙芮对污水的理化性质有直接影响。

石龙芮可以有效提高水体的氧化还原电位(图 2)。由图 2 可见,在 24 h 内,石龙芮处理组污水的氧化还原电位由原来的 -232 mV 上升到接近 0 mV,然后持续上升,到培养结束时达到 400 mV 左右。而对照组在 72 h 内污水的氧化还原电位变化很小,72 h 后才开始上升,培养结束时仅达 200 mV。在培养的最后 48 h,对照组污水的氧化还原电位上升趋势与处理组相似。石龙芮对污水氧化还原电位的调节,来源于根系对污水中悬浮物质的吸附和根表面的强氧化作用。根系对有机悬浮物的富集吸附,直接降低了水中有机污染物的浓度;根系表面的好氧微生物在根系泌氧的作用下,加快了有机物质的降解。

2.2 石龙芮对城市生活污水中氮、磷的去除作用

城市生活污水经石龙芮处理后,总氮(K-N)和总磷(TP)均有显著的降低(图 3 和图 4)。处理组污水中的 K-N 在开始的 12 h 内快速下降,此后下降的速度减慢,72 h 后,达到稳定的水平。而在整个培养过程中,对照组污水的 K-N 变化不明显。处理组和对照组水体的 TP 变化也具有相似的特征。

到培养结束时,处理组污水中的 K-N 浓度下降到 2.93 mg·L⁻¹,去除率达到 97.47%(图 5);对照组 K-N 浓度仍高达 35.42 mg·L⁻¹,去除率仅为 52.29%。处理组污水中的 TP 浓度下降到 0.097 6 mg·L⁻¹,去除率达到 98.44%;对照组 TP 浓度为 1.27 mg·L⁻¹,去除率仅为 61.31%。

对照组污水中的 K-N 和 TP 浓度虽有一定程度的降低,但浓度变化不明显,是由于在昆明地区水体蒸发作用较大,污水自身的净化能力几乎为蒸发浓缩作用所抵消。与对照组相比,处理组 K-N、TP 去除率分别提高了 45% 和 37%。

经过石龙芮处理,污水中 TP 单项指标可以达到地面水环境质量标准(GB3838-88) II 类水标准(TP ≤ 0.1 mg·L⁻¹)^[10]。

2.3 石龙芮对城市生活污水浊度的影响

石龙芮处理后污水浊度的变化动态见图 6。用

石龙芮处理 72 h, 污水的浊度下降至 5 度, 呈直线下降的趋势, 此时处理组水体的透明度已经超过 1 m。对照组污水的浊度下降缓慢, 培养 72 h 后浊度仍为

57.8 度, 相当于透明度为 0.14 m。可见石龙芮可以加速污水的澄清。由于透明度与水中光照条件相关, 因此, 高透明度有利于大型水生植被的恢复。

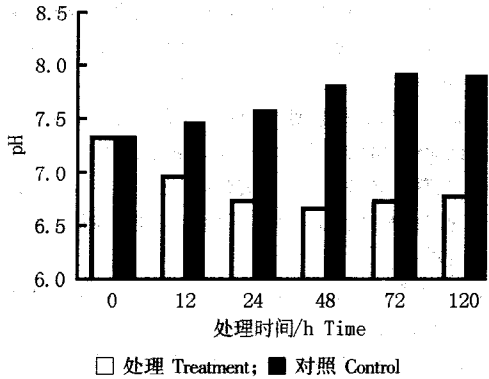


图 1 石龙芮处理过程中污水 pH 变化动态
Fig. 1 Changes of wastewater's pH in the treating process with *Ranunculus sceleratus* L.

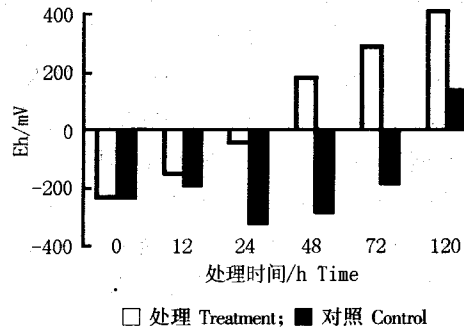


图 2 石龙芮处理过程中污水氧化还原电位 (Eh) 变化动态
Fig. 2 Changes of wastewater's Eh in the treating process with *Ranunculus sceleratus* L.

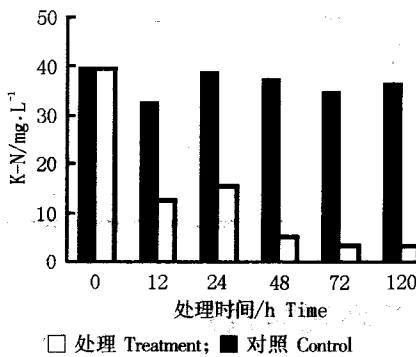


图 3 石龙芮处理过程中污水总氮 (K-N) 浓度变化动态
Fig. 3 Changes of wastewater's total nitrogen (K-N) concentration in the treating process with *Ranunculus sceleratus* L.

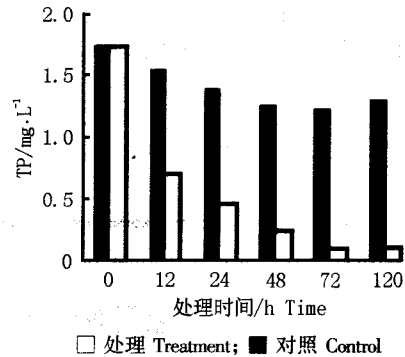


图 4 石龙芮处理过程中污水总磷 (TP) 浓度变化动态
Fig. 4 Changes of wastewater's total phosphorus (TP) concentration in the treating process with *Ranunculus sceleratus* L.

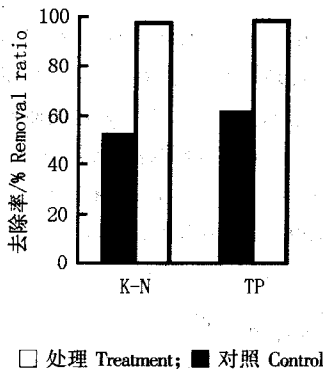


图 5 石龙芮对污水中总氮 (K-N) 和总磷 (TP) 的去除率
Fig. 5 Removal ratio of total nitrogen (K-N) and total phosphorus (TP) in wastewater treated with *Ranunculus sceleratus* L.

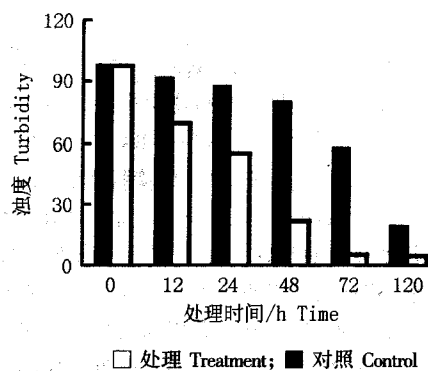


图 6 石龙芮处理过程中污水水体浊度的变化动态
Fig. 6 Changes of wastewater's turbidity in the treating process with *Ranunculus sceleratus* L.

3 结 论

石龙芮是适应温暖气候生长的沼生植物之一。在云南省昆明地区,由于冬季温暖,具有很大的生长量,在田间、水沟边常见。在本实验中,采用石龙芮水培处理,可以去除污水中大约 97.47% 的 K-N 和 98.44% 的 TP; 水体中悬浮物质明显减少,透明度在处理的 72 h 就超过了 1 m; 水体氧化还原电位 (Eh) 和 pH 值得到改善。与对照比较,石龙芮不但提高了氮、磷等富营养化物质的去除率,还加快了污水的净化速度。因此,石龙芮是一种很有潜力的人工湿地备选植物。

参考文献:

- [1] 吴晓磊. 人工湿地废水处理机理[J]. 环境科学, 1994, 16(3): 83-86.
- [2] 成水平, 况琪军, 夏宜净. 香蒲、灯心草人工湿地的研究——I. 净化污水的效果[J]. 湖泊科学, 1997, 9(4): 351-358.
- [3] 成水平, 吴振斌. 人工湿地植物研究[J]. 湖泊科学, 2002, 14(2): 179-184.
- [4] 马立珊, 骆永明, 吴永华, 等. 浮床香根草对富营养化水体氮磷去除动态及效率的初步研究[J]. 土壤, 2000(2): 99-101.
- [5] 靖元孝, 陈兆平, 杨丹菁. 风车草对生活污水的净化效果及其在人工湿地的应用[J]. 应用与环境生物学报, 2002, 8(6): 614-617.
- [6] 丁树荣, 程树培, 胡志明. 利用人工基质无土栽培多花黑麦草净化缙丝废水的研究[J]. 中国环境科学, 1992, 12(1): 9-15.
- [7] 关保华, 葛 滢, 常 杰, 等. 富营养化水体中植物的元素吸收与净化能力的关系[J]. 浙江大学学报(理学版), 2002, 29(2): 191-197.
- [8] 周化斌, 郭水良. 金华市郊土壤和杂草元素含量特征及数量分析[J]. 广西科学, 2002, 9(6): 231-240.
- [9] 吴 刚, 于 丹. 武汉东湖石龙芮生长和种群生态研究[J]. 水生生物学报, 1999, 23(3): 211-216.
- [10] 国家环保局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法(第三版)[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1994.
- [11] 李扬汉. 中国杂草志(第一版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998. 841-843.

欢迎订阅 2005 年《植物资源与环境学报》

“中国期刊方阵”双效期刊 “江苏期刊方阵”优秀期刊
季刊, 单价 6 元, 邮发代号: 28-213, 统一刊号: CN32-1339/S

《植物资源与环境学报》系江苏省植物研究所、中国科学院江苏省植物学会及中国环境科学学会植物园保护分会联合主办的学术刊物, 国内外公开发行。本刊为 BA、CA、CAB、SCI、中国生物学文摘、中国林业文摘、中国环境科学文摘、中国科学引文数据库、万方数据——数字化期刊群、中国学术期刊(光盘版)和中文科技期刊数据库等国内外著名刊库收摘。本刊围绕植物资源与环境两个关系国计民生的中心命题, 报道我国植物资源的考察、开发利用和植物物种多样性保护, 自然保护区与植物园的建设和管理, 植物在保护和美化环境中的作用, 环境对植物的影响以及与植物资源和植物环境有关学科领域的原始研究论文、研究简报和综述等。

凡从事植物学、生态学、自然地理学以及农、林、园艺、医药、食品、轻化工和环境保护等领域的科研、教学、技术人员及决策者, 可以从本刊获得相关学科领域的研究进展和信息。

本刊于 1992 年创刊, 全国各地邮局发行, 若错过征订时间或需补齐 1992-2004 年各期, 请直接与编辑部联系邮购, 订价 1992-1993 年每年 8 元, 1994-2000 年每年 16 元, 2001-2005 年每年 24 元(均含邮资)。编辑部地址: 南京中山门外江苏省植物研究所内, 邮编: 210014, 电话: 025-84347016; Fax: 025-84432074; Email: nbgxx@jlonline.com 或 zwzy@mail.cnbg.net。