

凤眼莲对铅、镉废水净化能力的研究

张志杰 王志盈 吕秋芬 诸竹君 方 芳

(西安冶金建筑学院环境工程系)

摘要 本文通过室内静态、动态实验和现场试验研究了凤眼莲对废水中铅、镉的积累能力和净化作用。实验结果表明,凤眼莲对废水中铅、镉有较强的净化作用,与处理浓度、放养时间和放养量有关,大约 84—93% 的铅、镉被积累在根中;不同浓度铅、镉废水养殖凤眼莲 7—10 天后,其去除率可达 62—89%。凤眼莲对铅的吸收净化能力大于镉。

铅、镉是环境中分布较广,危害严重的重金属之一。处理含铅、镉废水对改善生态环境,保障人体健康,具有重要的实际意义。

生物氧化塘是处理污水的一种方法。凤眼莲 (*Eichhornia crassipes*) 又名水葫芦是强化生物氧化塘功能的首选水生植物,但对铅、镉吸收积累规律的系统研究较少^[1-3]。

本文比较系统地研究了凤眼莲对废水中铅、镉吸收积累的特点,富集能力和净化效果,观察了凤眼莲对铅、镉的耐受能力,为应用凤眼莲处理铅、镉废水提供理论依据和有关参数。

一、材料与方 法

供试凤眼莲取自宝鸡市牧草工作站,所有实验植物都是预先经过培养和挑选后进行放养的。整个实验在温室内进行,自然光照,室温 19—37℃。

采用张自杰 1983 年试验污水配方*,稍加修改配制而成。这种污水 BOD₅ 平均 250 mg/L, COD 平均 450—500 mg/L, pH6.9—7.2 之间。

1. 静态试验

根据试验要求分别配制成 1、5、10 和 20 ppm 的含铅、镉废水,按每盆定量分装于直径 41.5 cm、深 15.5 cm 的塑料盆内,将预先挑选

好的生长健壮、大小整齐的凤眼莲放养,每盆 160 g,进行静态试验。定期采取水样和凤眼莲,经处理后,用 WFX-II 型原子吸收分光光度计测定铅、镉含量的变化,并观察生长状况。

2. 动态试验

动态试验是由配水池、生物塘和集水池三部分组成,生物塘装污水 168L,内设三道导流隔板。生物塘放养凤眼莲 1 kg,运行 34 天,观测项目与静态试验相同(见图 1)。

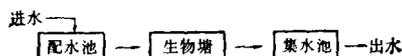


图 1 动态试验工艺流程图

二、结果与讨论

(一) 凤眼莲对铅、镉的吸收积累规律

凤眼莲不同器官对铅的富集量列于表 1。这些结果表明:(1)凤眼莲对铅的富集量随水体铅浓度增大而增加,而富集系数(植物体内某元素的含量与该元素在水中含量之比值)则随水体铅浓度升高而降低,这可能与较高浓度铅破坏植物对铅的吸收机能有关。(2)不同器官对铅的吸收富集能力不同,凤眼莲

* 张自杰等,全国氧化塘处理城镇工业污水管理座谈会会议资料汇编,1983。

表 1 放养 10 天凤眼莲各器官铅的富集量*

铅处理浓度 (ppm)	铅含量(ppm)		铅含量(%)		富集系数	
	根茎	叶	根茎	叶	根茎	叶
1	1025	172	85.6	14.4	1025	172.0
5	3730	242	93.7	6.1	746	48.4
10	7180	587	92.4	7.6	718	58.7
20	14435	1542	90.3	9.7	721.8	77.1

* 富集量=放养废水中的植物含铅量-对照植物含铅量

表 2 放养 7 天凤眼莲不同器官镉的富集量

镉浓度 (ppm)	镉含量 (ppm)		镉含量(%)		富集系数	
	根茎	叶	根茎	叶	根茎	叶
0.5	410	31	93	7.0	820	62
1.0	830	62	93	7.0	830	62
2.0	1670	145	92	8.0	835	72.5
4.0	2850	375	88.4	11.6	712.5	93.8
8.0	4300	785	84.6	15.4	537.5	98.1

根茎对不同浓度铅的富集系数为 700—1000 左右,而且铅主要积累在根茎中,叶内积累的铅量平均不到 10%,这为进一步处理与利用富集了铅的凤眼莲提供了依据。

铅在根茎中积累较多的原因,可能与铅在植物内迁移较慢有关^[4-6]。

表 2 为凤眼莲在不同镉浓度废水中放养 7 天后的富集量。

表 2 说明随废水含镉浓度提高,凤眼莲各器官镉的富集量相应提高,同样,90%的镉被积累在根茎中,大约 10%的镉积累在叶中。这说明凤眼莲对镉的积累分配规律与铅相似。但在同样浓度下凤眼莲对镉的吸收积累能力要比对铅的吸收能力差一些。而且镉从 5 ppm 开始对植物生长已产生了抑制现象,铅在 10—20 ppm 才能对植物生长有影响,但仍不明显。

我们还做过不同放养量的凤眼莲对水体铅富集方面的试验,看到随凤眼莲放养量的增加,植物各器官含铅量相应减少之势。但富集铅的总量仍有所提高(图 2)。这些结果说明,适当增加凤眼莲的放养量,是减少废水

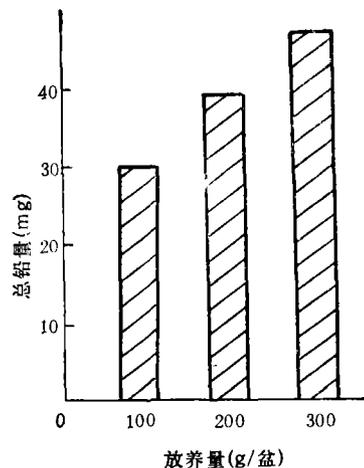


图 2 不同放养量凤眼莲 14 天内积累铅总量

和凤眼莲叶子含铅量的措施之一。

(二) 凤眼莲对水中铅、镉的净化效果

在研究凤眼莲对铅、镉吸收富集规律的基础上,进一步验证了凤眼莲对水中铅、镉的去除效果。结果如下:

1. 试验浓度对净化效果的影响

凤眼莲对不同浓度铅、镉废水的净化效果如表 3 和表 4 所示。这些结果表明,不同浓度的铅废水养殖凤眼莲 10 天后,其中 80%

表 3 放养凤眼莲 10 天后不同浓度废水铅含量的变化

开始浓度 (ppm)	1.23	5.82	12.18	24.80
7 天后浓度 (ppm)	0.18	0.99	1.80	4.78
去除率 (%)	85.4	84.9	85.0	80.1

表 4 放养凤眼莲 10 天后不同浓度废水镉含量的变化

开始浓度 (ppm)	0.74	1.49	2.82	5.09	10.24
7 天后浓度 (ppm)	0.08	0.36	0.83	1.87	3.81
去除率 (%)	89.2	75.8	70.6	63.3	62.8

以上的铅被除去。含铅 1—12 ppm 的废水除铅效果基本相同,但对 25 ppm 浓度的废水除铅的去除率则有所降低。而镉的去除率则随处理浓度增加逐渐降低,其去除率约为 62.8—89.2%。高浓度铅镉影响处理效果,与其破坏植物对铅、镉吸收机能相吻合。

2. 放养时间对净化效果的影响

凤眼莲放养时间与净化效果的关系，决定着植物的采收时间。放养凤眼莲后不同时间水中铅含量的变化(表 5) 说明，随放养时间延长，各处理水的铅含量逐渐降低，铅的去除率相应逐渐增高(图 3)。以 10 ppm 铅浓度为例，大约 2—4 天内可使水中 75%—80% 的铅去除掉。在适宜生长环境中，凤眼莲放养 7—10 天便可采收，这一结果对决定处理含铅废水中植物采收时间有一定参考价值。

表 5 凤眼莲不同放养时间水中铅含量的变化

开始浓度 (ppm)	不同时间水体铅含量 (ppm)				
	1 天	2 天	3 天	4 天	8 天
1.23	0.85	0.48	0.42	0.31	0.25
5.82	3.91	2.84	2.09	1.65	1.21
12.18	7.59	4.33	2.94	2.25	1.71
24.80	14.97	9.50	7.60	6.35	4.80

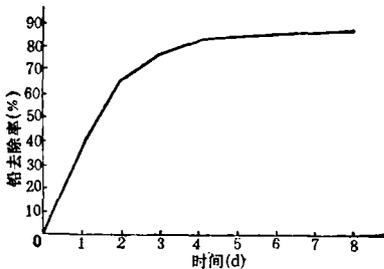


图 3 凤眼莲放养时间与铅去除率的关系

3. 放养量对净化效果的影响

表 6 是不同时间不同放养量的水质含铅量分析，结果表明，放养凤眼莲 3 天后，不同处理的除铅率平均为 92%，再次证实了凤眼莲对水中铅的去除最快时间在放养后 2—4 天的结论；14 天后去除率接近 98%。不同放养量之间的差别主要是，前 3 天内除 100 g 投放量水中铅含量接近排放标准外，其余两个处理均达排放标准，14 天后各处理全部达到排放标准。这说明适当增加放养量(本试验每盆放养 200 g 较为理想)不但可以减少植物体内铅的积累，而且可以缩短放养时间。

4. 动态模拟试验结果

表 6 凤眼莲不同放养时间对水体铅的去除效果

放养量 (g/盆)	开始浓度 (ppm)	第三天		第十四天	
		水体铅含量 (ppm)	去除率 (%)	水体铅含量 (ppm)	去除率 (%)
100	11.11	1.22	87.9	0.26	97.4
200	10.13	0.46	93.7	0.15	94.5
300	10.41	0.58	94.4	0.22	97.9

表 7 动态模拟试验中凤眼莲对水体铅的去除效果

池号	处理浓度 (ppm)	不同时间去除率 (%)					
		1 天	4 天	7 天	11 天	14 天	17 天
I	5	24.6	80.0	85.6	91.0	81.2	78.6
II	10	27.0	81.7	91.1	91.0	89.2	88.1
III	20	43.0	79.2	89.7	95.3	85.4	80.9

从表 7 实验数据可知，动态模拟试验对含铅废水的净化效果与静态试验基本一致，平均去除铅的效率可达 80% 左右，而且在高浓度(20 ppm)处理中对铅的去除率有随时间延长逐渐下降之势。

(三) 凤眼莲净化能力的现场试验

1. 放养与不放养凤眼莲的除铅效果

为了进一步证明凤眼莲对含铅废水的净化能力，我们采取西安植物园水生馆的自然塘水，在试验前按每盆 200 ml 塘水接种于供试的人工含铅污水内，一天后测定培养液的铅含量，同时按每盆 160 g 凤眼莲进行放养(试验组)与不放养(对照组)的除铅效果试验，对比分析结果如图 4 所示。

图 4 说明 2—4 天内对照组铅的去除率

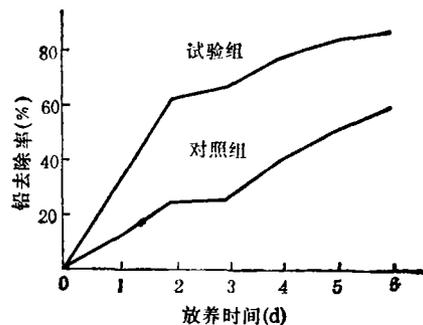


图 4 凤眼莲对模拟生物塘除铅效率的强化作用

为 23.7—39.3%，试验组为 60.0—74.8%，平均去除铅效率比对照组高出 36% 左右。这说明凤眼莲对生物塘(菌藻塘)的净化功能的强化作用是非常明显的。

2. 凤眼莲对铅镉的吸收积累能力

根据本试验的实测数据,在 5 ppm 铅、镉浓度中,每 kg 干重凤眼莲在 5—7d 内可以吸收铅 3.972 g、镉 3.225 g。若以每亩年产 5×10^4 kg 新鲜凤眼莲计算,可以从废水中去除 11.92 kg 铅、9.68 kg 镉。

由此可见,凤眼莲对去除铅、镉废水,特别对那些大量低浓度的重金属废水净化具有重要的实际应用价值。

三、存在的问题

1. 应用凤眼莲净化铅、镉废水的重要障碍之一是富集了这些有毒金属的植物的处理和利用问题。根据本试验结果,铅、镉绝大部

分被积累在根中,若能采取措施将根叶分开,叶子可沤肥,用作苗圃等施肥,从而减少或避免铅、镉沿食物链进行转移。

2. 用凤眼莲作为工业原料(如造纸)发酵产生沼气等,以延长铅、镉在生态系统中的转运周期,减少对人体危害。

3. 对凤眼莲的综合利用与物料平衡等问题尚待进一步研究。

参 考 文 献

- [1] Wolverton, B.C. et al., *NASA tech. Memo. TM-X-72726*, (1975).
- [2] 小林登史夫等,化学与生物, **18**(4): 231, (1980).
- [3] 张信之等,西安环境保护, **1**: 25, (1978).
- [4] 周鸿等,环境科学学报, **3**(3), 222, (1983).
- [5] Foy, C. D. et al., *Annu. Rev plant physiol.*, **29**, 511(1978).
- [6] 刘金林,中国环境科学, **5**(2): 25(1985).
- [7] Wolverton, B. C., *Eco. Bot.*, **36**, 373, (1982).

(收稿日期: 1988年7月6日)

青岛海滨疗养区环境噪声中的海浪声研究

陈子明 谢风明

张 宁

(青岛海洋大学物理系)

(青 岛 疗 养 院)

摘要 本文提出海滨疗养区环境噪声为海浪声与海浪声为 0dB 时的环境本底噪声的合成。并介绍一种调查观测和实验方法,来分析海浪声 L' 及其对人的影响。着重分析了疗养房间开窗期间(5—9 月份)海浪声与近岸风浪、涌浪、地形,海浪声强度、频谱与人的感受关系。研究结果表明,疗养人员对一般海况下的海浪声有好感和不受影响者在 98% 以上,影响睡眠的海浪声的发生率仅占 2% 以下。从而得出一般海浪声不应视为噪声且对人们有一定益处的结论,提出海滨疗养区环境噪声评价标准的建议。

一、引 言

我国有漫长的海岸线,有不少海滨是风景优美的旅游疗养地。海浪拍打沙滩或岩岸产生有节奏的海浪声,给在海边的人们愉快的感觉,而其环境噪声却超过国家关于疗养区的卫生标准。这种超标不使人们烦恼反而

受到好评并有某些实际疗效的特殊环境噪声,迄今国内尚无人研究,国外亦尚未见到有关的研究报导。

随着我国沿海地区加快发展和对外开放,不少海滨正在开辟和建设新的旅游疗养区。探讨环境噪声中的海浪声特点及其对人的影响,认识绝大部分近岸海浪声有益无

Study on the Flocculation Mechanism of Polyacrylamide

Wang Qi, He Qiang and Jiang Zhanpeng (Department of Environmental Engineering, Qinghua University)

This paper deals with the shape condition of polyacrylamide at the optimum flocculation state using Mean Square Root End-to-End Distance as the shape parameter of polyacrylamide in aqueous solution. It shows that Mean Square Root End-to-End Distance can be used as the flocculation control factor. When using polyacrylamide to treat water and the bigger the Mean Square Root End-to-End Distance is, the better the results of flocculation of polyacrylamide. Various factors affect the shape of polyacrylamide in aqueous solution while in the determined ions condition Mean Square Root End-to-End Distance can be limited. Hydrolysis test reveals that optimum solubility of polyacrylamide is 54%. It is found that at the range of 0 to 1 mg/L of polyacrylamide the effect of flocculation can come up to optimum and the optimum concentration of polyacrylamide is 0.4 mg/L. In addition, the shape of polyacrylamide in aqueous solution has been observed by electromicroscope with a satisfied result. (See pp. 2—6)

The Model Prediction of Atmospheric Pollution and Its Comparison with the Observed Data in the Area of Gujiao Mine

Hu Erbang *et al.* (Institute for Radiation Protection, Taiyuan)

The Gaussian plume model or volume puff model under changing weather conditions (for a point source) cooperated with ATDL (for an area source) has been used to predict the following quantities of atmospheric pollutants (SO₂, dust etc.) at several sites of interest in the area of Gujiao coal Mine: annual average concentration, typical average day concentration, and maximum hour concentration, the predicted values are statistically compared with measured ones based on the correlation coefficient r and the index of agreement d . The results show that the models adopted are applicable while the performance of the volume puff model is obviously better than the Gaussian plume model. (See, pp. 7—14)

A Study on Purifying Capacity of Water Hyacinth in Pb-and Cd-Polluted Water

Zhang Zhijie *et al.* (Dept. of Environmental Engineering, Xi'an Institute of Metallurgy and Construction Engineering)

Under laboratory conditions, the absorption of Eich-

hornia crassipes to Pb-and Cd-polluted water and its purificatory function were studied. The results show that water hyacinth has significant accumulation and purifying function. In different concentrations of Pb and Cd-containing wastewater about 62—89% of Pb and Cd were dispelled by hyacinth in 7-10 days. The absorbed Pb and Cd in hyacinth was much more in roots and stems than in leaves. It was found that the Pb and Cd levels accumulated in plant roots and stems were 84—93%. Moreover, the absorption of Pb by hyacinth was much more than that of Cd. The above data show that water hyacinth is a good purifier for Pb and Cd-polluted water. (See pp. 14—17)

A Study of the Wave Sound in the Environmental Noise in the Seaside Sanatorium Quarter of Qingdao

Chen Ziming and Xie Fengming (Department of Physics, Qingdao University of Oceanography); Zhang Ning (Qingdao Sanatorium)

In this paper it is assumed that environmental noise in a seaside sanatorium quarter is composed of wave sound and the background environmental noise when wave sound is absent ($L=L_0+L'$). To analyse the effect of wave sound on human beings, an experimental method is presented. The stress is on the studies of the relation between sound from various waves (bores, wind-generated waves, swell) and topography, the relation between the intensity and frequency spectrum of wave sound and people's feeling during the windowopen period (from May to September). The results show that over 98% patients give a favourable or neutral comment on ordinary waves, and the rate of occurrence of wave noise interfering sleep is below 2%. Hence we conclude that ordinary wave sound should not be regarded as noise and we make some suggestions concerning the evaluation criterion of the environment noise in seaside sanatorium quarters, which are of practical significance for the environment noise pre-evaluation and the siting of new sanatorium building in Qingdao and other seaside cities. (See pp. 17—21)

Studies on the Relationship between Superoxide Dismutase of Plant Leaves and Air Pollution of Sulfur Dioxide

Yang Lirui *et al.* (Department of Biology, South China Agricultural University, Guangzhou)

The present paper deals with the activity changes of superoxide dismutase (SOD) in leaves of 4 species of trees more resistant to sulphur dioxide pollution, determined in polluted and control areas. It has been found