

利用水生植物改善北京动物园水环境的研究初探

Preliminary Study on Improvement of Beijing Zoo Water Environment by Using Aquatic Macrophytes

陈飞星 朱 斌 (北京师范大学环境科学与工程系,环境模拟与污染控制国家重点联合实验室,北京 100875)
Chen Feixing Zhu Bin (State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, Department of Environmental Science and Engineering, Beijing Normal University, Beijing 100875)

摘要 近年来,北京动物园的水体出现严重的富营养化问题,为了净化水环境,本课题采用了水生植物净化水体的生态工程方法进行了研究。研究表明,利用水生植物不仅能净化北京动物园水体,而且还有利于营造水上园林景观和为水禽创造适宜的生存环境。从单一水生植物的净化作用上看,水葫芦的净化效果最好,次之为睡莲和野生荷花,人工种植的荷花相对较差;多种水生植物的组合更有利于植物在净化作用上的优势互补,从而能始终保持较好的净化效果。此外,试验还发现香蒲的适生水深为0.3~0.4m。

关键词: 水生植物 富营养化 水环境 北京动物园

1 引言

北京动物园是我国唯一的国家级动物园。它不仅是公众休闲娱乐的场所,也是珍稀野生动物的易地保护地。然而,近年来动物园的水体和国内其他多数园林水体一样,出现了严重的富营养化问题,大量藻类滋生,透明度下降,水体混浊、腥臭。这种恶化的水质不仅影响了园林景观,而且直接威胁到珍稀野生水禽的生长和繁殖^[1]。

近年来,利用水生植物净化富营养化水体的生态工程方法,以其良好的净化效果、独特的经济效益、能耗低、简单易行等特点,正日益引起人们的关注^[2-6]。因此,本研究拟利用水生植物来改善北京动物园水环境,并为园林水环境的改善积累经验。

2 研究方法

2.1 水生植物的选取

水生植物的选取原则是:

- (1) 具有较好的净化作用;
- (2) 有一定的景观价值;
- (3) 有利于创造适合于水禽生存的环境;
- (4) 抗逆性强;
- (5) 耐破坏力,耐污染。

经咨询专家并调研文献,确定了9种水生植物作为本次试验的研究对象,分别是:

荷花(*Nelumbo nucifera*);

水葫芦(*Eichhornia crassipes*);

睡莲(*Nymphaea linn.Sp.*);

香蒲(*Typha orientalis Presl*);

水葱(*Scirpus validus Vahl*);

千屈菜(*Lythrum salicaria*);

荆三棱(*Sxirpus yagara Ohwi*);

泽泻(*Alisma plantagoaquatica Linn. Var. orientale Sam*);

菖蒲(*Acorus calamus L.*)。

2.2 试验区的建立

北京动物园水体面积约4.8hm²,由6个“湖”自西向东串联而成,水深约为0.9~2.5m。其中,水禽湖面积最大,约1hm²,绝大部分水禽栖息在这里。

综合考虑到水禽对水生植物的破坏作用和园林规划的要求,在2001年的初步试验中,共建立了5个试验区。试验区的位置(见图1)及每种水生植物的种植量具体如下:

I#种植荷花194筐(每筐2株)。

II#种植水葫芦约2000kg。

III#种植睡莲150盆(每盆2株)。

IV#种植香蒲100筐(每筐20株)、水葱500株、千屈菜300株、荆三棱300株、泽泻150株、菖蒲20盆(每盆2株)。在IV#浅水岸区还有2年前种植的约600

北京市园林局资助项目。

第一作者陈飞星,男,1957年生,1995年毕业于北京师范大学,博士,副教授。

多株芦苇。

V#是动物园已有40多年的野生荷花池,为了和今年人工种植荷花作一对照,所以也将其作为一个研究对象。

除水葫芦外,其它水生植物均在5月12日种植。水葫芦则在7月下旬陆续移植完成。

2.3 水质监测

监测布点(见图1):1#入水口、2#荷花、3#水葫芦、4#睡莲、5#香蒲水葱等、6#水禽湖、7#(野生荷花)。

自2001年7月23日起,每隔15~20d监测1次,共进行6次水质监测。监测项目共11项,包括:透明度、pH值、DO、COD、TN、NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N、TP、PO₄-P、Chla(叶绿素a)。水质分析均采用有关标准方法^[7,8]。

北京动物园作为静水湖泊,在源头入水口至水禽

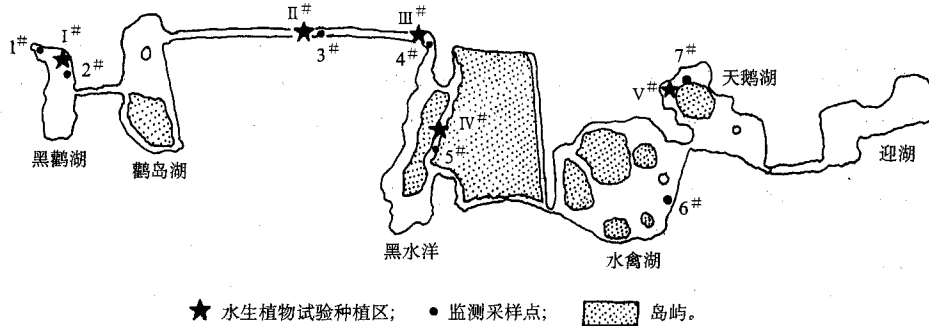


图1 水生植物试验种植区、采样点及其在北京动物园水系中的位置

Figure 1 Testing and monitoring sites of aquatic macrophytes and its location in Beijing Zoo

湖前没有明显的污染源,水质混合相对均一。而水禽湖则由于有千余只水禽的饲料、排泄物及游人的投食造成了营养物质的大量累积,水体富营养化程度大大加剧。基于以上分析,本试验以1#的水质变化作为2#、3#、4#、5#的对照,而将6#作为7#的对照。

2.4 香蒲适生湖水深度的试验

多数挺水植物和浮叶植物在种植时,对湖水深度都有一定限制,这无疑会在种植时造成不便或增加成本。例如,本次试验中,为了种植荷花和睡莲,在4月中下旬采用工程措施,分别在I#和III#修建土坝和搭建钢管木板架。

因此,探讨不同水生植物的适生水深有一定的现实意义。本次试验以香蒲为例进行研究。

5月20日,在黑鹤湖水深约为0.7m的湖区种植了68筐香蒲(每筐20株),之后观察其生长发育状况,并与种植在IV#浅水区,水深为0.3~0.4m的100筐香蒲(每筐20株)进行比较。

3 结果与讨论

3.1 水质净化效果

10月下旬时,只有水葫芦依然保持翠绿,仅少量叶片枯黄,而其他水生植物已是多数叶片枯黄。此时水生植物的净化能力必然与前几次有较大差异,因此,在分析数据时,将前5次数据(7月23日至10月8日)和第6次数据(10月25日)分别作比较研究。

对于pH,在试验期间,各水生植物试验区和对照

区一直较为接近,始终在7.5~9.0之间变化;对于透明度,在试验初期(7月23日),各水生植物试验区与对照区比较接近,都在42~48cm之间,其中,香蒲水葱试验区相对最低,睡莲试验区相对最高。在试验后期(10月8日),对照区透明度为55cm,而各水生植物试验区的透明度变化在68~78cm之间,增幅为23.6%~41.8%;对于DO,在试验期间,对照区的平均值为5.26mg/L,各水生植物试验区的平均值变化在6.76~8.67mg/L之间,增幅为28.5%~64.8%。以上分析说明水生植物的存在能较为明显地提高水体的透明度和溶解氧。

其他的水质指标变化见表1和表2。

由表1可知:

(1) 各种水生植物对湖水均有一定的净化能力。从单一水生植物对水体的净化作用上看,水葫芦的净化效果最好,次之为睡莲和野生荷花,人工种植的荷花相对较差。

(2) 多种水生植物组合的5#(香蒲水葱等),对各项指标的平均去除率始终保持在相对较高的水平,个别指标例如TN的去除率甚至明显高于2#(水葫芦),这说明多种植物组合有利于在净化作用上的优势互补。

(3) 本试验中除野生荷花外,其他植物对叶绿素的去除率都较差。但值得注意的是,各试验区植物对叶绿素a的去除率排序和这些水生植物遮光作用的大小排序基本一致,这说明水生植物的遮光效应对藻类的生长繁殖有一定的抑制作用。

表1 水生植物对各项水质指标的平均去除率(%) [前5次]
Table 1 Average removal rate of aquatic macrophytes to every water quality indicator [foregoing 5 times]

采样点	COD	TN	NO ₃ -N	NO ₂ -N	NH ₄ -N	TP	PO ₄ -P	Chla
2#(荷花)	13.77	17.94	18.20	7.41	12.50	33.81	30.56	9.03
3#(水葫芦)	44.36	19.95	38.03	50.62	50.95	52.88	49.07	4.31
4#(睡莲)	38.18	18.87	30.74	44.07	37.24	44.65	55.56	1.77
5#(香蒲水葱等)	31.54	32.44	38.37	51.85	59.38	42.37	48.61	-11.31
7#(野生荷花)	15.94	31.41	23.31	41.18	29.79	47.01	30.91	43.40

表2 水生植物对各项水质指标的平均去除率(%) [第6次]
Table 2 Average removal rate of aquatic macrophytes to every water quality indicator [the 6th times]

采样点	COD	TN	NO ₃ -N	NO ₂ -N	NH ₄ -N	TP	PO ₄ -P	Chla
2#(荷花)	8.41	-5.68	-2.11	-133.33	-2.86	-47.15	0.00	-46.47
3#(水葫芦)	34.51	6.82	0.99	-33.33	15.71	-25.20	28.57	-195.90
4#(睡莲)	37.17	-17.05	-10.14	-166.67	12.86	-13.82	28.57	-146.47
5#(香蒲水葱等)	32.74	-7.39	-5.49	-100.00	30.00	-2.44	28.57	-107.66
7#(野生荷花)	5.33	-10.33	-4.94	42.50	-24.53	-6.88	33.33	25.38

(4) 野生荷花的各项去除率均高于人工种植的荷花,这说明了合理的水生生态系统构成以及相关生物量的大小,直接影响到其净化效果,这也显示出人工种植荷花可能在未来将会有更佳的环境效益。

由表2可知:在10月下旬,水生植物种植水域的许多指标甚至高于对照区(去除率为负),这说明在植物生长的后期,其腐败的残体如不能及时清除出水体,会造成负面影响,加剧水体的富营养化。因此,在利用水生植物改善北京动物园水环境时,应尽量选取在北京地区生长期长的植物;另外,要加强水生植物的后期管理,及时将生长过盛的部分植物体及枯老的植物残体移出水体,真正地达到清除水中N、P,治理富营养化污染的目的。

3.2 其他效益

3.2.1 水生植物带来了很好的景观效应。荷花、睡莲以及水葫芦等水生植物都具有很高的观赏价值,种植水生植物的水域也常有鱼群游动,这些都引来了众多游人驻足观赏、拍照和在岸边休憩。另外,对游人采取意愿调查价值评估,有73.6%的游人愿意为此而接受多支付一些门票费。

3.2.2 水生植物为水禽创造了适宜的生存环境。在种植了水生植物的水域总不时发现有水禽在嬉戏,其中的IV#更是成为水禽偏爱惠顾的场所,因为这里的芦苇、香蒲、水葱等多种挺水植物为水禽营造了更为自然的野生气息。

3.2.3 部分水生植物还具有一定的经济价值。例如,在

本次试验的后期,每天将水葫芦约100kg作饲料,天鹅等水禽非常喜食,这使环境效益和经济效益达到了最佳结合。因此,对北京动物园来讲,水葫芦不存在后处理问题,其生长繁殖越快,就越能产生更大的环境效益和经济效益。

3.3 水生植物种植试验中出现的问题

3.3.1 水葫芦的种植位置和方法。2001年水葫芦种植在3#,其生长繁殖的速度并未象多数研究报道所讲的那样快,这可能是由于3#河道两旁的高大木本植物的遮光作用使水葫芦在生长过程中未能得到充足的光照,而强光对水葫芦恰恰是非常重要的。同时,本试验中水葫芦种植密度较大也可能限制了其生长发育。

3.3.2 睡莲的耐破坏力。本试验中的睡莲在种植后一直长势很好。但在8月初,即在种植水葫芦几日后,突然发现有1/4的睡莲死亡,茎叶折断,这对其净化效果带来了不良影响。经调查研究,这是由于龙虾将睡莲的茎钳断所致,而龙虾则是在引进水葫芦(由北京郊区一虾厂提供)时带入的。

3.4 香蒲适生的湖水深度

5月20日在黑鹳湖水深约为0.7m的湖区种植了香蒲,在6月中旬以前长势很快而且旺盛,仅有个别植株死亡,在6月下旬时,长势依然可观,但有小部分植株整株死亡,那些长势良好的植株也带有部分枯叶,7月上旬,有近半数的植株死亡,8月初时,所剩香蒲寥寥可数。

而种植在IV#浅水区,水深为0.3~0.4m的100筐

香蒲(每筐20株),自5月12日种植后,除有少数植株死亡和枯萎外,一直保持良好的生长态势,绝大多数植株一直生长至10月中下旬才开始季节性的衰落。

比较两处香蒲的生长情况可知,香蒲适生的湖水水深为0.3~0.4m。

4 结语

4.1 水生植物的存在能较为明显地提高水体的透明度和溶解氧。

4.2 从单一水生植物的净化作用上看,水葫芦在一定时段内对富营养化水体的净化效果最好,次之为睡莲和野生荷花,人工种植的荷花相对较差。

4.3 多种水生植物的组合有利于植物间的优势互补,从而能始终保持对营养元素及有机物较好的净化效果。不仅如此,合理的物种多样性也有利于物种的生存、环境的稳定性以及减少病虫害。

4.4 水生植物的遮光效应对藻类的生长繁殖有一定的抑制作用。

4.5 利用水生植物改善动物园水环境,有利于营造水上景观和为水禽创造适宜的生存环境。而且,部分水生植物(例如水葫芦)还可作饲料,能带来一定的经济效益。

4.6 在种植水葫芦时应注意满足其对光照的需求。在种

植睡莲中则应尽力避免龙虾等水生动物的破坏。在选取水生植物时,应尽量选用在北京地区生长期较长的植物种。在水生植物的生长后期,应加强人为管理,真正地达到清除水中N、P,治理富营养化污染的目的。

4.7 香蒲适生的湖水深度为0.3~0.4m的浅水带。

5 参考文献

- 1 马建华. 水污染对水禽生长及病理影响的初步研究. 国土与自然资源研究, 1999, (2):67~68.
- 2 李文朝. 富营养水体中常绿水生植被组建及净化效果研究. 中国环境科学, 1997, 17(1):53~57.
- 3 Miyawaki A. Restoration of urban green environments based on the theories of vegetation ecology. Ecological Engineering, 1998, (11):157~165.
- 4 王国祥. 冬季水生高等植物对富营养化湖水的净化. 中国环境科学, 1999, 19(2):106~109.
- 5 戴莽. 利用大型围隔研究沉水植被对水体富营养化的影响. 水生生物学报, 1999, 23(2):97~101.
- 6 由文辉. 水生经济植物净化受污染水体研究. 华东师范大学学报, 2000, (1):99~102.
- 7 国家环境保护局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法. 第3版, 北京: 中国环境科学出版社, 1989.
- 8 俞毓馨. 环境工程微生物检验手册. 北京: 中国环境科学出版社, 1990.

责任编辑 方如康 (收到修改稿日期: 2002-05-08)

(上接第465页)

复合厌氧反应器最大 COD_{Cr} 容积负荷达到 $8.57kg/m^3 \cdot d$, 产气能力达到 $1475L/(m^3 \cdot d)$, 平均 COD 比产气率为 $0.320m^3/kg$ 。

5.3 在水解酸化反应器中, 产酸发酵细菌处于优势地位; 在复合厌氧反应器中, 产甲烷菌处于相对优势地位。酸化程度的提高, 有利于后续产甲烷菌的厌氧消化。

6 参考文献

- 1 杨军, 陆正禹. 抗生素工业废水生物处理技术的现状与展望. 环境科学, 1997, 18(3):83.
- 2 竺建荣, 胡纪萃, 顾夏声. 二相厌氧消化工艺硫酸盐还原菌的研究. 环境科学, 1997, 18(6):42~48.
- 3 Omil F, Lens P. Long-term Competition between Sulfate Reducing and Methanogenic Bacteria in UASB Reactors Treating Volatile Fatty Acids. Biotech and Bioeng, 1998, 57(6):677~685.
- 4 Jan Dries, Andy De Smul. High rate biological treatment of sulfate-rich wastewater in an acetate-fed EGSB reactor. Biodegradation, 1998, 2(9):103~111.
- 5 柯建明, 王凯军. 采用好氧气提反应器处理含硫化物废水. 环境科学, 1998, 19(4):62~66.
- 6 冀滨弘, 章非娟. 高硫酸盐有机废水厌氧处理技术的进展.

中国沼气, 1999, 17(3):3~7.

- 7 张希衡. 废水厌氧生物处理工程. 北京: 中国环境科学出版社, 1996, 380~385.
- 8 杨景亮, 赵毅. 废水中硫酸盐生物还原影响因素的研究. 中国沼气, 1999, 17(2):2.
- 9 任南琪, 周大石, 马放. 水污染控制微生物学. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1993, 87.

责任编辑 蒋瑞琴 (收稿日期: 2002-03-13)

甲级钢质防火隔声门系列产品通过鉴定

由上海中华声学装备有限公司研制开发的SHM-GFM型甲级钢质防火隔声门系列产品日前通过鉴定。上海中华声学装备有限公司经过2年多努力, 在原有轻质、高效装饰隔声门的基础上, 研制生产了甲级钢质防火隔声门系列。经中国消防产品质量认证委员会检查、国家固定灭火系统和耐火构件质量监督检验中心防火测试以及同济大学隔声性能测试, 该系列产品完全符合国家有关标准规定——耐火极限大于72min, 背火面最高平均温度 $88.9^{\circ}C$, 隔声指数40.6dB。该系列防火隔声门已应用于上海科技城和久事大厦。该系列产品已经取得了单双扇甲级钢质防火门产品型式认可证书, 并获得国家专利。

(吕玉恒)

Screen and Characteristics of a Strain of
Flocculent-producing Microorganism

Yu Liping

Yin Hua

Peng Hui

(Dept. of Environmental Engineering, Jinan University,
Guangzhou 510032)

In the study, a flocculent-producing strain, *Aspergillus niger* was isolated from activated sludge and soil. Flocculation could reach more than 90% for kaolinite suspension. Culturing experiment showed that the optimum carbon source was sucrose or glucose, and the nitrogen sources were bean sprout or potato. The optimum pH was 6.0, the optimum growing and flocculent-producing temperature range was 30–34°C, and affected by the temperature, time of best performance was 50–60h after culturing. The flocculating experiment showed that the flocculating efficiency was prominent when culturing liquid was used to flocculate kaolinite suspension. And at pH6.0 of wastewater, the best performance could be reached.

Key words: Bioflocculant

Screening

Culture condition

Aspergillus niger

Study on Treatment of High-concentrated Antibiotic Waste-
water by Hydrolysis Acidification-Anaerobic Process

Chen Yegang

Qi Peishi

(School of Municipal & Environmental Engineering, Harbin
Institute of Technology, Harbin 150090)

In this paper, hydrolysis acidification-anaerobic digestion process was used in treatment of high-concentrated antibiotic wastewater, the results showed that the maximum volumetric loading rate of the hydrolysis acidification reactor was 16.84kgCOD/(m³·d), the compound anaerobic reactor was 8.57kgCOD/(m³·d), the max. inlet SO₄²⁻ of the system was 1325mg/L, the lowest COD / SO₄²⁻ was 3 and the total treating rate was COD:75.5%; SO₄²⁻: 95.2%. This system appeared adaptability to bacteriostatics and shock loadings.

Key words: Antibiotic wastewater

Hydrolysis acidification

Anaerobic digestion

Sulfate

Application of Ferrous Salt Pre-reducing Technology to
Chromium Waste Solidification/Stabilization

Han Huaifen

Huang Yuzhu

Jing Mangtong

(School of Biological and Environmental Engineering,
Zhejiang University of Technology, Hangzhou 3100032)

Effect of using/non-using reluctant, dosage and sorts of reluctant, filling-in manner of reluctant on chromium waste leaching toxicity has been studied, and showed that the leaching toxicity of chromium waste formed with ferrous sulfate pre-reducing decreased 60% above than those of chromium waste formed without pre-reducing. There were no apparent different effects between using ferrous sulfate and using ferrous ammonium sulfate, the former was much cheaper and no secondary pollution. The filling-in manner of ferrous sulfate could greatly affect treatment effect, ferrous sulfate dissolved in water mixed with chromium waste could increase reducing reaction, suitable filling-in manner of ferrous sulfate dissolved in water mixed with chromium waste could increase reducing reaction, this was the filling-in manner of ferrous sulfate. The suitable dosage of ferrous sulfate was 125% of the theoretical value.

Key words: Ferrous saline

Pre-reduce

Chromium waste

Preliminary Study on Improvement of Beijing Zoo Water
Environment by Using Aquatic Macrophytes

Chen Feixing

Zhu Bin

(State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation
and Pollution Control, Dept. of Environmental Science &
Engineering, Beijing Normal University, Beijing 100875)

The study results showed that planting aquatic macrophytes could purify Beijing Zoo eutrophy for water flows. *Eichhornia Crassipes* was the best performance in purifying eutrophic waterbody, *Nymphaea Linn sp.* and wild *Nelumbo nucifera* ranked last, and combination of several aquatic macrophytes could keep good purification effect for a long period. Besides, it was also found that proper water depth for growth of *Typha Orientalis Presl* was 0.3–0.4m.

Key words: Aquatic macrophytes

Eutrophication

Water environment

Beijing Zoo