

# 水葫芦圈养对重庆动物园水禽湖富营养化水体水质的影响

袁 梨 吴登虎 姚 勇 戴 岗 田时飞 匡高翔

重庆市动物园管理处,重庆 400050

**摘要** 为了研究水葫芦圈养对富营养化水体的影响,对重庆动物园水禽湖水体在水葫芦圈养前后进行总磷(TP)、化学需氧量(COD)、生化需氧量(BOD<sub>5</sub>)以及不同形态氮浓度测定,分析水葫芦圈养对水禽湖水质的影响。试验结果显示:水禽湖圈养 10%水体面积的水葫芦,在充分防备水禽对水葫芦的采食下,水葫芦生长期可以有效吸收湖水中的氨氮、总氮、总磷,降低水体中 BOD<sub>5</sub> 和 COD 含量,在越冬期可持续降低水体中的 COD 含量;越冬期水葫芦残肢(叶片和根茎)重新进入水体,使氨氮、总氮和 BOD<sub>5</sub> 含量有所升高,水体重新受到一定污染。水葫芦圈养可以有效降低富营养化水体中的营养物质,改善水质。

**关键词** 水葫芦;富营养化水体;水禽湖;重庆动物园

水葫芦 (*Eichhornia crassipes* (Martius) Solms Laubach) 又称凤眼莲、凤眼兰(蓝)、假水仙、洋水仙、水(生)风信子、水荷花以及布袋莲等,是单子叶植物,雨久花科凤眼兰属<sup>[1]</sup>。自 1901 年引入中国,现已广泛分布于华北、华东、华中、华南和西南的 19 个省市<sup>[2]</sup>。水葫芦是世界上生长繁殖速度极快、产量极

高的水生植物之一。虽然水葫芦被视为世界上危害最严重的水生杂草,但其对无机养分、重金属、持久性有机污染物等具有更强的吸收积累与分解转化能力。因此,水葫芦被成功应用于处理各类废水并在世界范围内得到了广泛认可<sup>[3-4]</sup>。水葫芦在污染水体净化中的规模化应用,主要包含净化生活污水和

收稿日期:2020-10-29

袁 梨,女,1984 年生,硕士,畜牧师。

对实验动物造成一定的伤害。在临床诊疗实操开始之前,教师要让学生做好课前预习或观看教学录像,认真观察授课老师的示教,观察老师对待动物的态度和手术的方法,掌握对待动物的要领,使学生在动手操作前就已充分熟悉动物保定、注射输液、穿刺插管等临床诊疗操作的要求,规范实验操作,夯实基本技能操作。在学生动物临床诊疗实操训练中:1)要正确、温和地对待动物,保定动物时要严格按照动物福利标准化操作规程进行;2)授课老师要随时观察学生操作动作,及时发现并纠正不规范的诊疗操作行为,特别是对学生中具有“虐待”动物倾向的要及时给予制止和批评,杜绝虐待行为,尽量减少动物的痛苦和对其的伤害。

## 3 结 语

总之,立足于动物福利视角开展动物临床诊疗教学,不仅有利于缓解临床诊疗教学所面临的伦理学压力,提高动物临床诊疗技能,而且对学生的职业道德教育和人文素养的提升也具有重要价值。

## 参 考 文 献

- [1] 单芳,刘雨娟,李宏明.虚拟实验在机能学实验教学中的应用体会[J].医学教育,2015,19(3):357-358.
- [2] 申志惠,肖苒,胡正云,等.浅谈动物福利伦理在外科研究和教学中的实施[J].局解手术学杂志,2016(2):149-150.

【责任编辑:刘少雷】

工业废水、处理畜禽养殖废水、净化地表径流水、修复富营养化河流、湖泊和水库等。由于水葫芦在污染水体中生长迅速,甚至疯长,铺满整个水面,阻隔了水体与外界的阳光、空气和交换,如果不定期收集,可能会降低水体中的溶解氧,产生副效应,加剧水体的富营养化<sup>[5]</sup>,因此,水葫芦需控养以进行水体净化逐渐被大家所认识,并对控养水葫芦在水质净化中的作用进行研究<sup>[1,6-13]</sup>。本研究在重庆动物园人工水体水禽湖进行,通过对水禽湖控养前后的水质总磷(TP)、化学需氧量(COD)、生化需氧量(BOD<sub>5</sub>)以及不同形态氮浓度对比,评价了圈养水葫芦对重庆动物园水禽湖水质的净化效果,为小型畜禽养殖观赏型水体水质净化提供借鉴。

由于水禽吃食和排泄均是在水禽湖的岛上或水禽湖中,已近 10 年,水禽湖中氮、磷元素逐渐积累,水体富营养化,致使水体水华不间断暴发,特别是温度较高的夏季,更是大量暴发水华,观赏性极差。同时,湖底底泥也因湖周落叶等腐殖质沉积,于夏季温度较高被微生物降解形成异臭,水体处于富营养化状态<sup>[1]</sup>。因此,作为重庆动物园的一个饲养展出水禽的水体景观,无论在视觉还是嗅觉上,都已经不能满足观赏性水体应具备的最基本状态。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究地点

重庆动物园(地理位置为东经 106°50′、北纬 29°51′)水禽湖位于重庆动物园中心区域,为人工水体,水深约 2 m,水面面积 4 700 m<sup>2</sup>。自 2008 年起,常年饲养水禽 100 余只。水的来源为雨水、自来水和水禽湖中心陆地冲洗入湖的含有粪便、饲料等物质的污水。圈养在水禽湖里分 3 片区域控制性圈养水葫芦约 470 m<sup>2</sup>,用于削减水体内源污染。

### 1.2 研究方法

2015 年 3 月 23 日,在水葫芦开始圈养种植前对水体进行空白对照水样采集。2015 年 8 月 11 日,在水葫芦从最初约 20 m<sup>2</sup>长满圈养区域 470 m<sup>2</sup>,对水体进行第 2 次水样采集。2016 年 3 月 18 日,圈养水葫芦越冬后,对水体进行第 3 次水样采集。采样点设在水面下 1 m。

2015 年 3 月底,在圈养区域放入约 20 m<sup>2</sup>水葫芦,并于研究期内实时观察记录水葫芦长势。2015 年 3 月-2016 年 3 月,重庆动物园水禽湖月平均气

温以中国气象局发布的重庆市月平均气温为准,实时观察水禽湖中水华暴发情况。

### 1.3 分析方法

总氮采用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法(GB18918-2002);氨氮采用蒸馏滴定法(GB18918-2002);总磷采用钼锑抗分光光度法(GB18918-2002);COD 采用重铬酸钾法(GB18918-2002);BOD<sub>5</sub>采用仪器法(GB18918-2002)。

### 1.4 数据处理

采用 Excel 软件绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 水葫芦的长势随气温变化情况

经查,重庆地区 2015 年 3 月-2016 年 3 月平均气温为 10~33 ℃。3-10 月为水葫芦生长季,月平均气温在 20 ℃以上,11 月至第 2 年 2 月为水葫芦越冬期,平均气温 20 ℃以下。水葫芦长势最好的月份为 6-8 月,平均气温为 29~33 ℃;水葫芦历经约 60 d,面积从 20 m<sup>2</sup>增长至 470 m<sup>2</sup>;立秋前后为水葫芦开花期。2015 年 3-5 月,水葫芦长势较缓慢或一般,在投入面积较少时受水禽的采食不能存活(表 1)。因此,在饲养展出水禽的小型水体中,对于水葫芦的圈养方式还要考虑防备水禽的破坏。

### 2.2 水葫芦圈养对水体中氨氮、总氮含量的影响

氨氮和总氮在水葫芦面积达到 470 m<sup>2</sup>时,分别从 1.37 mg/L 和 4.84 mg/L 降低到小于 0.2 mg/L 和 0.967 mg/L,去除率为大于 85.40%和 80.02%。越冬后,氨氮依旧小于 0.2 mg/L,但总氮上升至 2.53 mg/L(图 1)。可见,圈养水葫芦的大量繁衍可有效吸收水体中的氨氮和总氮含量<sup>[1]</sup>,越冬期后,由于水葫芦外叶和根系不断脱落使水体有机物增加,造成次生污染影响<sup>[13]</sup>。但是,氨氮在越冬期后在水体中的含量并未有明显增加,可能由于冬季温度较低,水中含氮有机物的分解较少。

### 2.3 水葫芦圈养对水体中总磷含量的影响

水葫芦面积达到 470 m<sup>2</sup>时,总磷含量从 0.267 mg/L 降低到小于 0.119 mg/L,去除率为 55.43%(图 1)。越冬后,总磷含量上升至 0.121 mg/L,0.002 mg/L。这与秦洁等<sup>[1]</sup>报道的水葫芦生长进入生长放缓期后,微生物及浮游藻类释放磷,磷的释放大于磷的吸收结果相似,且水禽湖水葫芦越冬期内磷的吸收与水体中新增加的磷含量接近。

表 1 重庆动物园水禽湖水葫芦长势随气温变化情况

时间	月平均温度/℃	水葫芦圈养面积/m <sup>2</sup>	水葫芦长势
2015 年 3 月	20	20	刚放入,长势较缓慢
2015 年 4 月	25	10~20	被水禽吃掉,长势一般
2015 年 5 月	27	0~10	被水禽吃掉,长势一般
2015 年 6 月	29	20~80	长势迅速
2015 年 7 月	33	80~470	长势迅速
2015 年 8 月	31	470	长势迅速
2015 年 9 月	26	470	开花
2015 年 10 月	24	470	逐渐枯萎
2015 年 11 月	18	470	枯萎
2015 年 12 月	12	470	枯萎
2016 年 1 月	10	470	枯萎
2016 年 2 月	13	470	枯萎
2016 年 3 月	20	470	开始萌芽

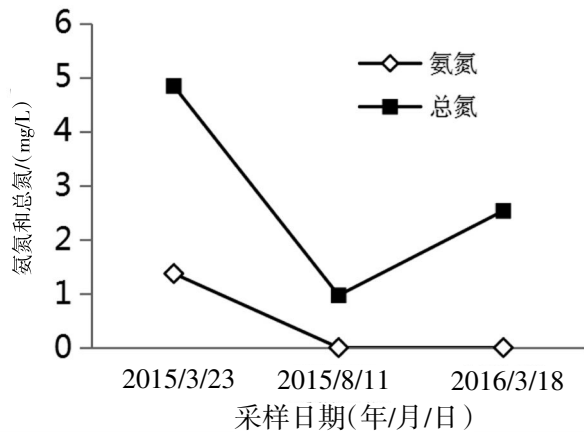


图 1 水禽湖氨氮和总氮变化情况

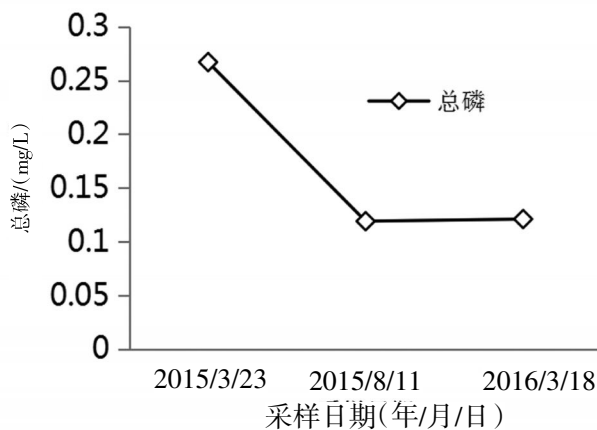


图 2 水禽湖总磷变化情况

#### 2.4 水葫芦圈养对水体中 BOD<sub>5</sub>、COD 含量的影响

水葫芦面积达到 470 m<sup>2</sup> 时, BOD<sub>5</sub> 值从 18 mg/L 降低到 2.6 mg/L, 去除率为 85.56%。水体中有机物在微生物降解、光解、氧化还原等作用下, BOD<sub>5</sub> 随着水葫芦生长量的不断增长呈现明显的下降趋势。

越冬后, BOD<sub>5</sub> 值上升至 4.8 mg/L, 上升了 2.2 mg/L。BOD<sub>5</sub> 含量随着水葫芦越冬期内, 根系向水体分泌有机物以及老化的残肢(叶片和根茎)进入水体<sup>[1]</sup>, 造成水体中有机物含量的增加, 从而 BOD<sub>5</sub> 值上升。比较水葫芦圈养前和越冬期后, BOD<sub>5</sub> 含量下降明显, 改善了水质(图 3)。

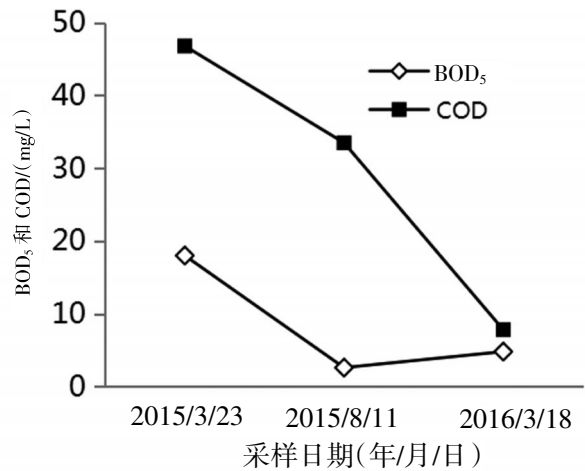


图 3 水禽湖 BOD<sub>5</sub>、COD 含量变化情况

水葫芦面积达到 470 m<sup>2</sup> 时, COD 值从 46.8 mg/L 降低到 33.5 mg/L, 去除率为 28.42%。越冬后, COD 值持续下降至 7.81 mg/L(图 3), 表明水葫芦圈养可以降低水体中的 COD。与此同时, 水体中 COD 值在水葫芦越冬期呈现持续下降, 并未随水葫芦越冬期残肢(叶片和根茎)进入水体而升高, 表明越冬期内水葫芦根系周围栖息着的丰富的异氧微生物仍能有效降解水体中的有机物<sup>[1]</sup>。

## 2.5 水葫芦圈养对水体水华暴发的影响

水禽湖在试验期内,3-6月均有水华暴发,特别是6月气温升高,水华遍及整个湖面。7月水葫芦迅速生长,但仍能见到水体中水华存在。7月1日-7月31日,共计下雨5d,水禽湖也于8月初实现无水华状态,直至试验结束仍旧无水华暴发。雨水使水华不再漂浮在水面上,而是进入到水体中,水葫芦的吸附、过滤、凝集和沉淀作用<sup>[9]</sup>,使得水华逐渐吸附在水葫芦周围,不再漂浮在水面上,从而逐渐消失不见;加之水葫芦对藻类的抑制作用<sup>[9]</sup>,抑制了藻类的生长,从而实现了使水华不再暴发的目标。

## 3 结 论

水禽湖中圈养10%水体面积的水葫芦,在充分防备水禽对水葫芦的采食下,在水葫芦生长期可以有效吸收湖水中的氨氮、总氮、总磷,降低水体中BOD<sub>5</sub>和COD含量,且在越冬期可持续降低水体中的COD含量。同时,水葫芦圈养对藻类起到了很好的吸附和抑制作用,控制了水华暴发,改善了水禽湖参观效果。越冬期水葫芦残肢(叶片和根茎)重新进入水体,使氨氮、总氮和BOD<sub>5</sub>含量有所升高,水体重新受到一定污染,因此,应适时进行采收,从而将水体中的营养物质带离水体,实现水体水质净化。

## 参 考 文 献

- [1] 王良芬,吴献花,刘东辉,等.水葫芦圈养对星云湖富营养化水体水质的影响[J].环境工程学报,2017,11(2):952-958.
- [2] JULIEN M H.Biological control of water hyacinth with arthropods:a review to 2000 [C]//JULIEN M H,HILL M P,CENTER T D,et al.Biological and integrated control of water hyacinth:eichhornia crassipes.Beijing:[s.n.],2000.
- [3] TCHOBANOGLOUS G,MAITSKI F K,THOMSON K,et al.Evolution and performance of city of San Diego pilot scale aquatic waste water treatment system using water hyacinth[J].Water pollution control federation,1989,61(11/12):11-20.
- [4] FOX L J,STRUICK B L,RULE J H.Nitrogen phyto remediation by water hyacinth (*Eichhornia crassipes*(Mart.)Solms)[J].Water, air and soil pollution,2008,194(1-4):199-207.
- [5] 齐玉梅,高伟生.凤眼莲净化水质及其后处理工艺探讨[J].环境科学进展,1999,7(2):136-140.
- [6] 徐寸发,刘海琴,徐为民,等.大水面控养条件下水葫芦与浮游藻类间的相互作用[J].生态环境学报,2016,25(5):850-856.
- [7] 何俊,张宪中,殷文健.太湖及其入湖河荡控制性种养水葫芦示范工程及效果分析[J].安徽农业科学,2016,44(35):133-136.
- [8] 常志州,郑建初.水葫芦放养的生态风险及控制对策[J].江苏农业科学,2008(3):251-253.
- [9] 郭安华,马国庆,刘婧美.杂交鲟养殖池塘种植水葫芦和浮萍对水质及鱼类生长效果的影响[J].河北渔业,2018(5):13-15.
- [10] 张志勇,徐寸发,刘海琴,等.滇池外海北岸封闭水域控养水葫芦对水质的影响[J].应用与环境生物学报,2015,21(2):195-200.
- [11] 秦红杰,张志勇,刘海琴,等.滇池外海规模化控养水葫芦局部死亡原因分析[J].长江流域资源与环境,2015,24(4):594-602.
- [12] 宋任彬,杨琏,何锋,等.水葫芦控制性种养技术研究[J].环境科学导刊,2011,30(4):5-7,16.
- [13] 李发荣,李晓铭,杨晓冬,等.滇池草海水葫芦规模化圈养及对草海富营养化水体的净化分析[C]//中国环境科学学会:2013中国环境科学学会学术年会论文集.昆明:中国环境科学学会,2013.
- [14] 秦洁,吴献花,吴斌,等.星云湖浮游植物和水环境特征研究及相关性分析[J].环境科学与技术,2012,35(6):45-50.

【责任编辑:胡 敏】