

上海花博会沉水植物水质净化效果分析

蔡晓男, 林墨翰, 赵辉, 莫亚思

Analysis of submerged plants' water quality purification effect in the 10th China Flower Expo

CAI Xiaonan, LIN Mohan, ZHAO Hui, MO Yasi

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12024/jsou.20210803528>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

椭圆萝卜螺对3种沉水植物的牧食特性

Grazing characteristics of three kinds of submerged plants for *Radix swinhoei*

上海海洋大学学报. 2020, 29(3): 339 <https://doi.org/10.12024/jsou.20190102502>

上海市环城绿带休憩型河道浮游植物群落结构特征

Structural characteristics of phytoplankton community in suburb rivers for leisure located in Green belt around City of Shanghai, China

上海海洋大学学报. 2020, 29(5): 734 <https://doi.org/10.12024/jsou.20200302960>

团头鲂池塘工业化生态养殖系统中浮游植物群落结构分析

Community structure of phytoplankton in pond industrial eco-aquaculture system culturing *Megalobrama amblycephala*

上海海洋大学学报. 2018, 27(1): 79 <https://doi.org/10.12024/jsou.20170602087>

大型-苦草配合处理富营养化水体的研究

Study on water eutrophication treatment with *Daphnia magna* and *Vallisneria natans* control system

上海海洋大学学报. 2018, 27(4): 515 <https://doi.org/10.12024/jsou.20171102166>

沉水植物对养殖池塘底泥中重金属的生物有效性

Bioavailability of heavy metals in aquaculture pond sediments with submerged plants

上海海洋大学学报. 2019, 28(5): 651 <https://doi.org/10.12024/jsou.20181002426>

文章编号: 1674-5566(2023)01-0118-08

DOI:10.12024/jsou.20210803528

上海花博会沉水植物水质净化效果分析

蔡晓男, 林墨翰, 赵 辉, 莫亚思

(中交三航局第二工程有限公司, 上海 200122)

摘 要: 选取矮型苦草 (*Vallisneria natans*)、改良型刺苦草 (*Vallisneria spinulosa*) 和龙须眼子菜 (*Potamogeton pectinatus*) 等 3 种沉水植物为研究对象, 对由江苏昆山污水处理厂尾水配制的试验污水开展水质净化试验。试验设置 5 个种植密度梯度和无植物空白对照组, 从去除效率和不稳指数两个方面, 分析不同植物种类和种植密度对试验污水净化效果的影响。结果表明: 创新性建立的去除效率和不稳指数两大指标具有较好的评价效果。两大指标分别用于评价水质净化试验前后期的水质变化趋势, 相互结合可综合评价试验全周期的水生态修复效果。不同植物对试验污水中污染物的净化效果存在差异, 且种植密度对净化效果也存在一定程度的影响。因此, 水生态修复工程中, 建议选择适宜的沉水植物种类与种植密度, 并且注意监测植株生长状况, 以避免植株恶性竞争对水体净化产生负面影响。

关键词: 水生态修复; 沉水植物; 种植密度; 净水效果

中图分类号: X 524; X 171 **文献标志码:** A

中国花卉博览会(简称“花博会”)是我国规模最大、规格最高、影响最广的国家级花事盛会, 素有花卉界“奥林匹克”的美誉。第十届中国花博会选址上海崇明, 于 2021 年 5 月 21 日正式开幕, 为期 42 d。花博会园区水系为半开挖水体, 水下生态系统结构缺失, 水域自净能力不高。园区周围存在农业面源污染、地表径流及大气沉降污染, 导致外河道补水携带大量的泥沙、氮、磷营养盐及有机物等, 补水水质较差, 为 III ~ IV 类地表水, 透明度均不高, 为 30 ~ 36 cm。

为保证景观水体质量及感官透明度, 花博园 37 万 m² 水域采用沉水植物生态修复技术^[1], 以构建稳定的水下生态系统, 提升水体自净能力。该技术作为生物-生态方法的一种^[2], 具有低能耗、低投资、无二次污染等特点^[3-4]。采用该项技术进行水生态修复时, 植株种类和种植密度对净水效果、工程成本有重要影响, 是工程实践中备受关注的问題。

国内外相关研究^[5-7]表明: 水蕴草、金鱼藻、四季常青苦草、黑藻、竹叶眼子菜、温丝草等沉水植物能吸收水中的氮、磷等富营养元素^[7], 能促

进悬浮物沉降, 同时能释放化感物质抑制藻类生长^[8], 而不同沉水植物对污染水体中富营养元素的去除具有明显的倾向性^[7]。

目前, 关于沉水植物种植密度的研究仍存在不确定性。有研究^[5]表明, 种植密度越大, 水中氮磷净化效果越好; 也有研究^[9-10]表明, 低种植密度具有较好的污染物去除效果、植物生长态势和水体透明度, 高种植密度导致植物间生长竞争出现水体浑浊、叶片腐烂以及藻类增多等现象。

因此, 本文依托花博园生态水系整治工程, 从工程经验、获取成本、环境适宜性等角度筛选了矮型苦草 (*Vallisneria natans*)、改良型刺苦草 (*Vallisneria spinulosa*) 和龙须眼子菜 (*Potamogeton pectinatus*) 等 3 种长江中下游湖泊常见的沉水植物^[11], 设计室内水质净化试验, 分析不同沉水植物去除氮、磷等污染物的能力, 同时创新性建立去除效率和不稳指数两大量化指标, 综合评价水生态修复效果, 确定水体中沉水植物优化种植的最佳密度, 为富营养化水体的处理或防治提供科学依据。

收稿日期: 2021-08-12 修回日期: 2022-01-20

基金项目: 中交第三航务工程局有限公司 A 类课题: 江河湖泊水生态植物修复成套技术研究与应用项目(2021-07)

作者简介: 蔡晓男(1988—), 男, 高级工程师, 博士研究生, 研究方向为水生态修复、水环境治理。E-mail: 874113804@qq.com

版权所有 ©《上海海洋大学学报》编辑部(CC BY-NC-ND 4.0)

Copyright © Editorial Office of Journal of Shanghai Ocean University (CC BY-NC-ND 4.0)

<http://www.shhydx.com>

1 工程概况

花博园拟建场区主要为新开挖水系,底质淤泥层较浅,为黏土-粉质黏土土质。潜水稳定水位 +2.24 ~ +3.2 m,平均值为 +2.64 m。地下水环境为Ⅲ类地表水,未发现严重污染源。花博园地区东临张网港,为区级河道,其水质较好,为Ⅱ~Ⅳ类地表水,但是水体悬浮颗粒较多,整体透明度不高。西临3条镇级河道:东风小横河、东风南横河、洪林河,水质基本稳定在Ⅲ~Ⅳ类地表水,透明度均不高,为30~36 cm。

2020年6月,对花博园区内新开挖水系进行实地采样检测,根据单因子水质评价法^[12-13],检测结果显示:园区内水系仅牡丹湖水质为Ⅴ类地表水,玉兰湖、复兴河、梅湖、花田河均为劣Ⅴ类地表水,河湖水域总磷含量高达0.44 mg/L,整体水质较差。为确保会展期间园区水质指标达到地表水Ⅲ类标准,水体感官透明度不少于1.5 m,园区水系拟种植6.7万m²矮型苦草、4.6万m²改良型刺苦草和2.7万m²龙须眼子菜,以构成稳定的水生生态系统,从而达到水质净化和景观提升的效果。

2 材料与方

2.1 试验材料

试验在上海花博会项目建设的水生态创新工作室(31°41'51"N,121°29'38"E)进行。试验植株由上海太和水环境科技发展股份有限公司提

供。其中,矮型苦草高15~26 cm,约5.5 g/株,改良型刺苦草高25~35 cm,约6.5 g/株,龙须眼子菜高25~35 cm,约3.5 g/株。试验底泥来自原位水系,为铲除干燥河床表层淤泥后,于河床表面20 cm以下取得的灰褐色黏土。黏土于25~35℃自然光照环境中,铺开暴晒累计24 h(日照时间)以实现水分蒸发与杀菌。另外,试验水体通过稀释生活污水原水配制而成,生活污水原水由江苏昆山污水处理厂提供,配得水体污染物平均质量浓度约为氨氮(NH₃-N)3.8 mg/L、总磷(TP)1.2 mg/L、总氮(TN)6.3 mg/L。

2.2 试验方法

试验培养箱采用68 cm×52 cm×39 cm的白色低透光率的塑料箱体,箱内均匀铺设厚度约为7 cm的现场河道底泥并轻微压实,以满足根系种植稳固。试验所用水体经初始水样检测后倒入各培养箱内(图1)。将3种沉水植物冲洗、晾干、测量株高并称重后,分别以5种不同的种植密度来种植,并设无植物空白对照组,累计15个试验组和1个空白对照组(表1)。通过植物生长灯^[14]模拟自然光照环境,为了加快试验进度,每天设置14小时(6:00~20:00)的光照时长。并适时监测温度、湿度数据保持恒温恒湿环境,防止极端天气或季节变化对试验造成干扰。此外,每隔3 d采集水样并检测水质,共检测11次,试验周期为30 d。水质采样后若发现藻类、幼螺、废叶等及时清除,避免对试验结果造成影响。

表1 单一沉水植物对比试验具体方案
Tab.1 Plan for individual-species planting tests

植物类型 Plant type	种植密度 Planting density/(株/m ²)				
矮型苦草 <i>Vallisneria natans</i>	25	50	75	125	200
改良型刺苦草 <i>Vallisneria spinulosa</i>	25	50	75	125	200
龙须眼子菜 <i>Potamogeton pectinatus</i>	25	50	75	125	200
空白对照组 Blank control group	0	0	0	0	0

水质检测指标包括氨氮(NH₃-N)、总磷(TP)、总氮(TN),具体检测方法参考《水和废水监测分析方法(第四版)》^[15],即采用钼酸铵分光光度法检测总磷(TP);纳氏试剂分光光度法检测氨氮(NH₃-N);碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法检测总氮(TN)。

2.3 分析方法

水生态修复是依靠生物-生态方法使目标水

体得以快速净化并维持生态系统稳定的一门科学。为科学评估水生态修复的作用效果,研究构建了污染物去除效率 η 和系统不稳指数 K 两个指标。其中,去除效率 η 用以评估沉水植物对污染指标的净化速度,不稳指数 K 用以评估污染指标达到近似最小值后维持恒定的能力。公式如下:

$$\eta = [(C_0 - C_i) / C_0] \times 100 / i \quad (1)$$

$$K = S^2 \quad (2)$$

式中: η 为去除效率, %/d; C_0 为目标水体中初始污染物指标质量浓度, mg/L; C_i 为污染物在沉水植物作用下第 i 天达到近似最小的指标质量浓度, mg/L; S^2 为目标水体中污染物指标质量浓度达到近似最小值后数据波动期间的波动方差,

$$\text{mg}^2/\text{L}^2。$$

据此,采用污染物去除效率 η 和系统不稳指数 K 两大指标作为评判依据,对不同品种、不同种植密度的植株进行水生态修复效果评估,并且去除效率值越大,不稳指数值越小,代表水生态修复的效果越好。



图1 试验环境实拍

Fig. 1 Photos of test environment

3 结果与分析

3.1 试验结果

试验过程中,分别对矮型苦草、改良型刺苦草、龙须眼子菜的水体改良效果进行数据检测,并绘制不同植株氨氮($\text{NH}_3\text{-N}$)、总磷(TP)、总氮(TN)质量浓度变化曲线(图2)。研究发现,空白对照组的检测指标呈先下降后波动的变化趋势,试验组的检测指标呈先下降后趋于稳定的变化趋势,但是不同品种、不同种植密度的检测指标差异性较为明显。

如图3所示,关于氨氮质量浓度,苦草、刺苦草和龙须眼子菜均在试验的第9天达到近似最小值,之后龙须眼子菜与苦草的指标波动较为显著,不稳指数较高;关于总磷质量浓度,苦草在第12天达到近似最小值,且后期指数变化不大,不

稳指数较低,而刺苦草和龙须眼子菜会持续到试验末期;关于总氮质量浓度,苦草在第15天达到近似最小值,刺苦草和龙须眼子菜则在第9天,但后期均存在较大波动,不稳指数较高。

3.2 氨氮的去除效果

研究发现,苦草、刺苦草、龙须眼子菜的氨氮去除效率均高于空白对照组,3种沉水植物对水体中氨氮的去除效果较为明显,其去除效率的平均值依次为11.3%/d、10.6%/d、10.8%/d。苦草的去除效率平均值略高,这是由于苦草能够释放较多的溶解氧,在好氧环境下氨氮易转化为低价态的亚硝氮和硝氮^[16-17],并且苦草自身也会通过根茎叶直接吸收氨氮。从去除效率来看,苦草125株/ m^2 的去除效率最高(14.44%/d),其他植株的种植密度对水体中氨氮去除效果的差异不大。结合不稳指数来看,苦草、刺苦草、龙须眼子

菜的最佳种植密度分别为 125、75 和 75 株/m², 定(图3)。此时试验水体基本能维持生态系统的平衡与稳

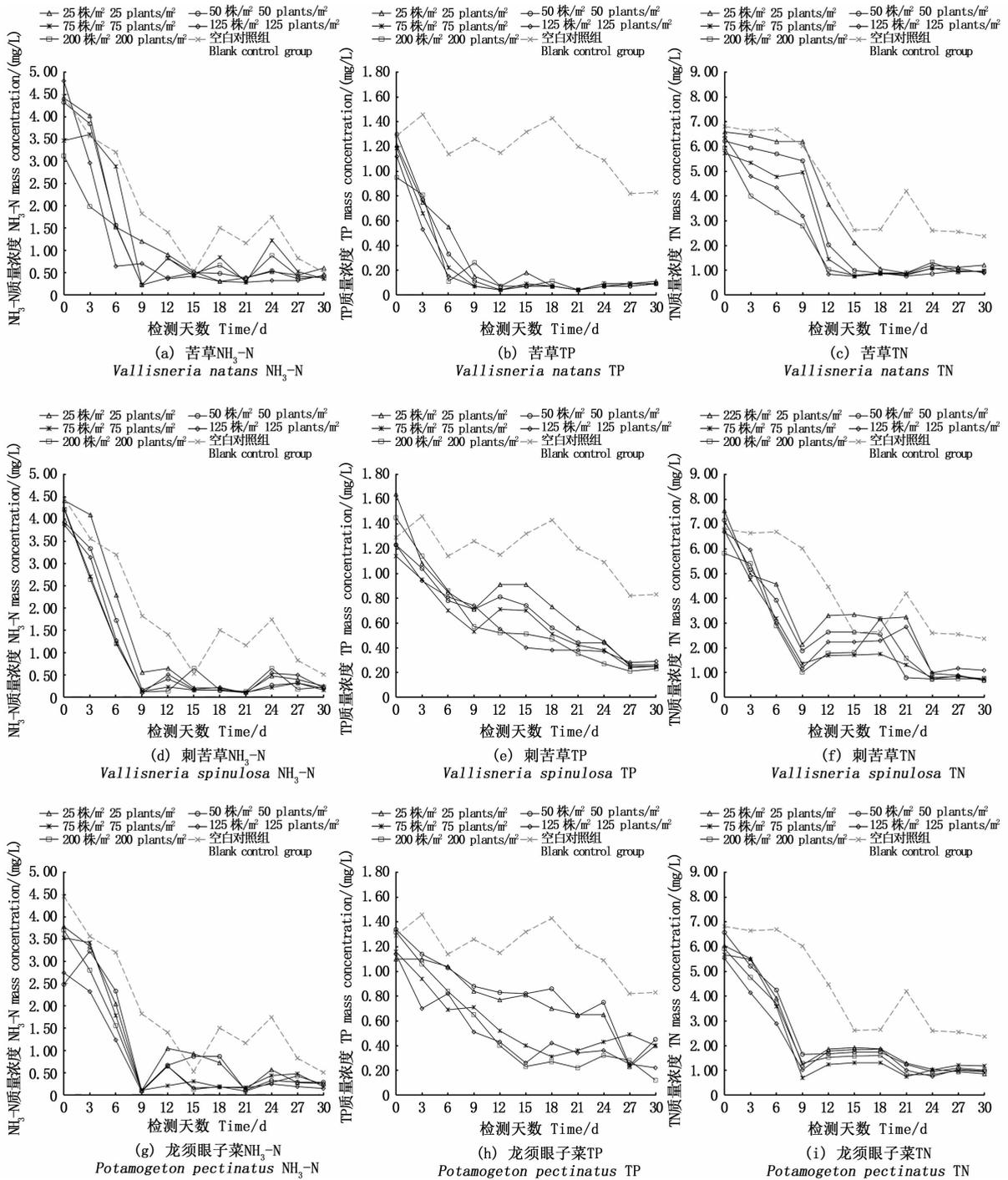


图2 NH₃-N、TP、TN 质量浓度 - 时间数据分析图

Fig. 2 NH₃-N、TP、TN mass concentration - time diagram

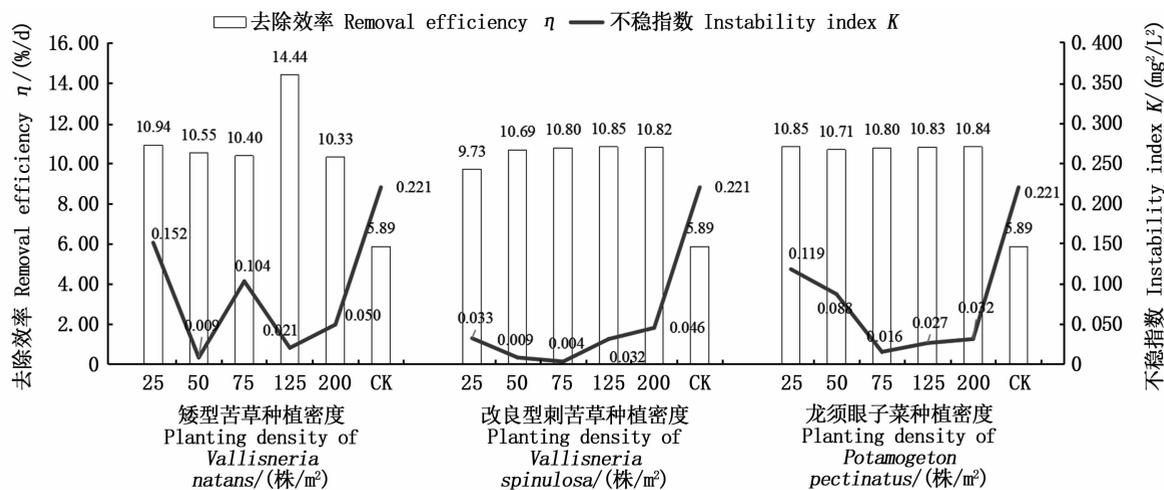


图3 氨氮去除效果分析图

Fig. 3 Diagram of NH₃-N removal effect

3.3 总磷的去除效果

研究^[16,18]发现,苦草对总磷的去除效率平均值高达8.9%/d,为刺苦草(3.0%/d)、龙须眼子菜(4.1%/d)的2~3倍,显然苦草对总磷的去除效果最好,这是由于苦草处理组有较高的溶解氧含量,水体的强氧化性有利于磷的化学沉淀及沉降吸附。刺苦草对水体中总磷的去除需延长试验周期,同时其对总磷的去除速度也较为缓慢。从去除效率来看,苦草的适宜种植密度在75~

125株/m²,并且过量种植苦草可能会影响总磷的去除效果;刺苦草的种植密度对总磷的去除效率影响不大;而龙须眼子菜的种植密度越高,水体中总磷的去除效果越好(图4)。结合不稳指数来看,苦草的最佳种植密度为75~125株/m²;而刺苦草和龙须眼子菜的总磷浓度在试验末期才达到近似最小值,因此在30d试验周期内未能监测到完整的后期波动数据,故这2个组别的不稳指数不作为去除效果的评价依据。

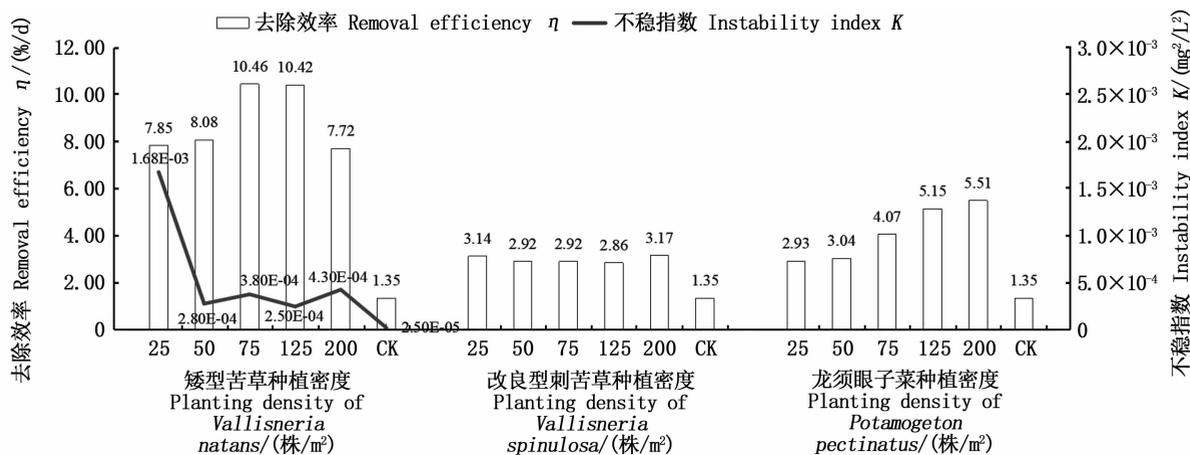


图4 总磷去除效果分析图

Fig. 4 Diagram of TP removal effect

3.4 总氮的去除效果

研究发现,苦草、刺苦草、龙须眼子菜的总氮去除效率平均值依次为6.1%/d、8.7%/d、9.0%/d,苦草对总氮的去除效果较其他两种植

株略差。从去除效率来看,苦草的适宜种植密度为125株/m²;刺苦草的种植密度越大,总氮的去除效率越高,这主要是由于总氮的去除是依靠沉水植物对营养盐氮素的直接吸收、微生物的硝化-

反硝化作用,以及基质的吸附沉淀^[16,19],沉水植物种植密度越高,根茎叶表面积越大,吸收能力越强,同时也为微生物附着提供充足的空间,促进了硝化-反硝化作用;龙须眼子菜的适宜种植密度为 75 株/m²,过量种植反而去除效率出现下降趋势,这也印证了:成倍增加沉水植物并不能引起水体中污染物的去除效果成倍增加^[9]。反而,可能因为沉水植物种植密度过高,导致植物生长

恶性竞争^[20],于试验中后期发育不良、出现衰败、影响水质。适宜的种植密度能够让沉水植物持续生长,对污水的净化效果更佳。结合不稳指数来看,种植苦草的水体不稳指数小,水生态维持平衡且稳定;种植刺苦草的水体随种植密度增加出现较大波动,过量种植可能会影响植株净水效率或稳态能力,其最佳种植密度为 75 株/m²;龙须眼子菜的最佳种植密度也为 75 株/m²(图 5)。

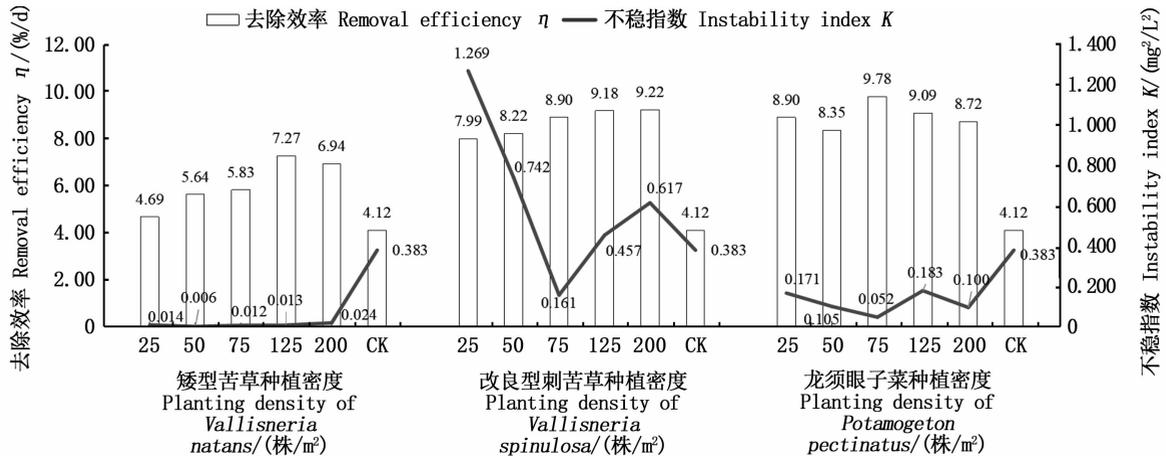


图 5 总氮去除效果分析图

Fig. 5 Diagram of TN removal effect

4 总结

本文以矮型苦草、改良型刺苦草、龙须眼子菜 3 种沉水植物为研究对象,以不同种植密度为变量共模拟构建 15 种污水净化系统,建立去除效率和不稳指数两大参数指标,定量化评估各系统的水质净化效果,得到如下结论:(1)创新性建立的去除效率和不稳指数两大指标具有较好的评价效果。两大指标分别用于评价水质净化试验前后期的水质变化趋势,相互结合可综合评价试验全周期的水生态修复效果,具体应用在本文中得到了较好的实践。(2)不同植物对试验污水中污染物的净化效果存在差异^[21],且种植密度对净化效果也存在一定程度的影响。本研究认为:净化以氨氮为主要污染物的水体时,建议采用的苦草、刺苦草、龙须眼子菜的最佳种植密度分别为 125、75 和 75 株/m²;净化以总磷为主要污染物的水体时,苦草的最佳种植密度为 75~125 株/m²;净化以总氮为主要污染物的水体时,3 种沉水植物的最佳种植密度分别为 125、75 和 75 株/m²。

参考文献:

[1] 莫亚思,蔡晓男,杨连佼,等. 上海花博会水系整治工程水生态修复技术[J]. 施工技术, 2021, 50(11): 20-22.
MO Y S, CAI X N, YANG L J, et al. Study on hydroecology biocoenosis system and construction technology of the 10th China Flower Expo in Shanghai [J]. Construction Technology, 2021, 50(11): 20-22.

[2] 王英才,刘永定,郝宗杰,等. 上海市几条黑臭河道治理效果的比较与分析[J]. 水生生物学报, 2009, 33(2): 355-359.
WANG Y C, LIU Y D, HAO Z J, et al. Comparing and analysing the control effect of several black and stinking rivers in shanghai[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2009, 33(2): 355-359.

[3] 韦立峰. 浅谈水体富营养化的成因及其防治[J]. 中国资源综合利用, 2006, 24(8): 25-27.
WEI L F. The reason of over-nutrition and its countermeasures [J]. China Resources Comprehensive Utilization, 2006, 24(8): 25-27.

[4] 张婉. 以生态修复技术为基础的城市人工湖景观设计研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2015.
ZHANG W. On the basis of ecological restoration technology of urban artificial lake the landscape design research [D].

- Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2015.
- [5] 朱平, 王全金, 宋嘉骏. 沉水植物塘对生活污水的净化效果[J]. 工业水处理, 2013, 33(11): 33-37.
ZHU P, WANG Q J, SONG J J. Purifying effect of domestic sewage by using a submerged macrophyte pond [J]. Industrial Water Treatment, 2013, 33(11): 33-37.
- [6] 林运通, 崔理华, 范远红, 等. 5种湿地沉水植物对模拟污水厂尾水的深度处理[J]. 环境工程学报, 2016, 10(12): 6914-6922.
LIN Y T, CUI L H, FAN Y H, et al. Advanced treatment of simulated tail water of wastewater treatment plant by five submerged plants in wetlands [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2016, 10(12): 6914-6922.
- [7] 林高瑞, 王镭. 西安市园林水体造景中沉水植物重建对水体氮磷含量的影响[J]. 科技通报, 2018, 34(2): 252-255.
LIN G R, WANG L. Effects of submerged plant reconstruction on nitrogen and phosphorus contents in water landscape of Xi'an City [J]. Bulletin of Science and Technology, 2018, 34(2): 252-255.
- [8] RICE E L. Allelopathy[M]. 2nd ed. New York: Academic Press, 1984: 1-5, 309-315.
- [9] 冯承婷, 赵强民, 甘美娜. 关于景观水体生态修复沉水植物生物量配置探讨[J]. 中国园林, 2019, 35(5): 117-121.
FENG C T, ZHAO Q M, GAN M N. Discussion on biomass allocation of submerged plants in landscape water ecological restoration[J]. Chinese Landscape Architecture, 2019, 35(5): 117-121.
- [10] 雷泽湘, 陈光荣, 谭镇, 等. 富营养水体中3种沉水植物的生长竞争及其净化效果[J]. 湖北大学学报(自然科学版), 2009, 31(2): 192-196.
LEI Z X, CHEN G R, TAN Z, et al. Growth, competition and purification effect of three submersed aquatic macrophytes in eutrophic water[J]. Journal of Hubei University(Natural Science Edition), 2009, 31(2): 192-196.
- [11] 陈磊, 叶其刚, 潘丽珠, 等. 长江中下游湖泊两种混生苦草属植物生活史特征与共存分布格局[J]. 植物生态学报, 2008, 32(1): 106-113.
CHEN L, YE Q G, PAN L Z, et al. Vallisneria species in lakes of the middle-lower reaches of the Yangtze River of China[J]. Journal of Plant Ecology, 2008, 32(1): 106-113.
- [12] 丛铭, 阳辉, 张晓静, 等. 单因子法与可变模糊法在水质评价中的应用[J]. 南水北调与水利科技, 2021, 19(4): 720-728.
CONG M, YANG H, ZHANG X J, et al. Application of single factor method and fuzzy variable method in water quality assessment [J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2021, 19(4): 720-728.
- [13] 徐嘉波, 刘永士, 施永海, 等. 淡水集中连片池塘与养殖尾水处理系统的综合水质评价[J]. 上海海洋大学学报, 2022, 31(1): 170-180.
XU J B, LIU Y S, SHI Y H, et al. Comprehensive water quality evaluation of freshwater concentrated continuous ponds and aquaculture tail water treatment system [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2022, 31(1): 170-180.
- [14] 沈建国. LED植物生长灯设计[J]. 大科技, 2021(35): 142-143.
SHEN J G. Design of LED lamp for plant growing[J]. Super Science, 2021(35): 142-143.
- [15] 林树生, 尤小娟, 陆权, 等. 水质COD在线自动监测与实验室分析方法比较[J]. 仪器仪表与分析监测, 2011(3): 30-32.
LIN S S, YOU X J, LU Q, et al. Water COD on-line automatic monitoring and laboratory analysis comparison [J]. Instrumentation Analysis Monitoring, 2011(3): 30-32.
- [16] 陈双, 王国祥, 许晓光, 等. 水生植物类型及生物量对污水处理厂尾水净化效果的影响[J]. 环境工程学报, 2018, 12(5): 1424-1433.
CHEN S, WANG G X, XU X G, et al. Influence of aquatic plant types and biomasses on purification effects of tail water of wastewater treatment plant [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2018, 12(5): 1424-1433.
- [17] 陈君, 张艾晓, 钟卫鸿, 等. 固定化脱氮细菌协同除氨氮废水及生物膜观察[J]. 生物技术, 2008, 18(3): 76-80.
CHEN J, ZHANG A X, ZHONG W H, et al. Ammonia removal of wastewater by immobilized ammonia-oxidizing bacteria with denitrifying bacteria and biofilm observation [J]. Biotechnology, 2008, 18(3): 76-80.
- [18] 刘嫦娥, 赵健艾, 易晓燕, 等. 静态条件下沉水植物净化污水厂尾水能力研究[J]. 环境科学与技术, 2011, 34(s2): 271-274, 304.
LIU C E, ZHAO J A, YI X Y, et al. Experimental study on tailwater purification with submerged macrophyte under static conditions [J]. Environmental Science & Technology, 2011, 34(s2): 271-274, 304.
- [19] 马凡凡. 水生植物净化污水的试验研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2013.
MA F F. Experimental research on sewage purification by aquatic plant [D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2013.
- [20] 闵奋力, 左进城, 刘碧云, 等. 穗状狐尾藻与不同生长期苦草种间竞争研究[J]. 植物科学学报, 2016, 34(1): 47-55.
MIN F L, ZUO J C, LIU B Y, et al. Competition between *Myriophyllum spicatum* L. and *Vallisneria natans* (Lour.) Hara at different growth stages [J]. Plant Science Journal, 2016, 34(1): 47-55.
- [21] 吴旻, 赵群芬. 3种沉水植物在不同污染水体中的生长及其对水质的影响[J]. 生物学杂志, 2015, 32(4): 43-47, 52.
WU M, ZHAO Q F. The growth of three submerged plants in different polluted water and its impact on water quality [J]. Journal of Biology, 2015, 32(4): 43-47, 52.

Analysis of submerged plants' water quality purification effect in the 10th China Flower Expo

CAI Xiaonan, LIN Mohan, ZHAO Hui, MO Yasi

(No. 2 Engineering Co., Ltd. of CCCC Third Harbor Engineering Co., Ltd., Shanghai 200122, China)

Abstract: By carrying out water purification test on the sample diluent mixed by the tail water from Kunshan Sewage Treatment Plant, sewage purification effect of three submerged plants, namely *Vallisneria natans*, *Vallisneria spirulosa* and *Potamogeton pectinatus*, was studied in this research. For each plant, five gradients of plant density are set with a blank control group. After getting the test data, the impacts of different species and planting densities on plants' sewage purification are analyzed from two aspects, namely pollutant-removal efficiency and instability index. The analysis results showed that: innovatively defined removal efficiency and instability index had good evaluation effect. These two indexes were respectively used to evaluate the trend of water quality change during the whole water purification test, and combined with each other to comprehensively evaluate the water ecological restoration effect of the full test cycle. The specific application has been well practiced in this paper. There were differences in the purification effects of different plants on the pollutants in the experimental sewage, and the planting density also had a certain degree of influence on the purification effects. Therefore, in the water ecological restoration project, it is suggested to select suitable submerged plant species and planting density, and pay attention to monitor the growth status of plants, so as to avoid water quality deterioration caused by vicious competition among plants.

Key words: water ecological restoration; submerged plant; planting density; purification effect