

不同水质条件对水葫芦生长的影响研究

韩志汉^{1,2}, 王冬梅¹, 石一凡¹, 朱成立², 许静波³, 吴勇锋¹

(1. 江苏省水利科学研究院, 江苏 南京 210017; 2. 河海大学 农业科学与工程学院, 江苏 南京 210098;

3. 江苏省泰州引江河管理处, 江苏 泰州 225321)

摘要:为探究影响水葫芦滋生的主要水质条件,采集兴化市河道内水葫芦,经室内纯水预培养,置入7种不同氮磷浓度水质条件的培养皿中。通过定期采集水葫芦样本的生物量、叶片数、根系长度生理指标,分析不同水质对水葫芦生理指标的影响,探讨不同水质条件下水葫芦的生长发育特征,为水葫芦的综合治理提供科学依据。

关键词:水葫芦; 水体水质; 富营养化; 生长特征

中图分类号: X703

文献标识码: A

文章编号: 1007-7839(2024)04-0021-0004

Study on the effect of different water quality conditions on the growth of water hyacinth

HAN Zhihan^{1,2}, WANG Dongmei¹, SHI Yifan¹, ZHU Chengli²,
XU Jingbo³, WU Yongfeng¹

(1. Jiangsu Hydraulic Research Institute, Nanjing 210017, China;

2. College of Agricultural Science and Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;

3. Taizhou Yinjiang Canal Administration of Jiangsu Province, Taizhou 225321, China)

Abstract: To explore the main water quality conditions that affect the growth of water hyacinth, water hyacinth was collected from the rivers of Xinghua City, and pre-cultured with pure water indoors. They were placed in culture dishes with seven different nitrogen and phosphorus concentration water quality conditions. By regularly collecting physiological indicators such as biomass, leaf number, and root length of water hyacinth samples, analyzing the impact of different water quality on physiological indicators of water hyacinth, exploring the growth and development characteristics of water hyacinth under different water quality conditions, and providing scientific basis for the comprehensive management of water hyacinth.

Key words: water hyacinth; water quality; eutrophication; growth characteristics

水体富营养化是近年来众多湖泊和河流水域所面临的主要问题和挑战之一^[1-2]。江苏省地处平原地区和长江下游,水网密集,在经济快速发展和人类活动的影响下,水体富营养化过程加快,水体富养

化给外来入侵植物创造了一定的环境条件。根据《2022年度江苏省生态环境状况公报》,目前发现的以水葫芦、水花生为代表的需要重点管控的外来入侵物种有32种,需要花费大量人力、物力打捞治理

收稿日期: 2023-12-29

基金项目: 江苏省水利科技项目(2021072); 江苏省水利科学研究院自主科研项目(2023z043)

作者简介: 韩志汉(2000—),男,硕士,研究方向为水环境遥感。E-mail:1521756818@qq.com

通信作者: 王冬梅(1978—),女,研究员级高级工程师,硕士,主要从事河湖监测、规划与治理等工作。E-mail: 17290559@qq.com

水葫芦等外来物种。

水葫芦属于雨久花科,适宜生长温度范围为 $7^{\circ}\sim 39^{\circ}$,为多年生浮水草本植物^[3]。水葫芦对区域生物多样性和生态系统的稳定性构成了严重的威胁,多个国家和地区受到水葫芦入侵的危害。水葫芦兼具性繁殖和无性繁殖,能快速侵占水面,大量的水葫芦覆盖河面会消耗大量的溶解氧,造成水质环境恶化,影响水底生物的生长,同时给航运、灌溉、发电带来严重的影响。

目前,对于水葫芦的研究主要集中在水葫芦生长对生物群落的负面影响^[4-5],水葫芦对污染水体的修复^[6-9],水葫芦对富营养化水体中微生物的影响^[10-12],水葫芦对重金属(镉、铅、锌)等方面的影响^[13-17]。而在不同水质条件对水葫芦的生理特性影响的研究不足。因此,本文以江苏省兴化市采集的水葫芦为研究对象,以《地表水环境质量标准》(GB3838—2002)设置不同水质条件,进一步阐明水质与水葫芦生长繁殖的关系,为水葫芦治理打捞提供参考依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

2023年9月5日于江苏省兴化市河道内采集水葫芦幼株,在室内用纯水预培养7 d后,选取长势良好且外观形态、生长状态大小初期基本一致的水葫芦,放入塑料透明培养箱(40 cm×25 cm×15 cm)。每4株水葫芦为同种处理,设置7个处理方案,共计28株水葫芦。试验室的室温恒定为 23°C ,培养液水温恒定为 20°C 。

1.2 试验方法

1.2.1 水质试验处理

在其他营养元素相同的条件下,基于《地表水环境质量标准》(GB 3838—2000)的氮、磷浓度为参考,设置1个对照组和6个不同水质条件的处理组,见表1。其中,氮源为硝酸钠(NaNO_3),磷源为磷酸二氢钾(KH_2PO_4)。

1.2.2 水葫芦生理指标测定的方法

试验处理时间7 d为1个周期,每周固定时间记录水葫芦主要生理指标。每隔3 d更换1次培养液,以保证各培养液浓度稳定,每种处理的指标为4株水葫芦指标平均值。室内试验57 d内共测得9次水葫芦生理指标。

(1)水葫芦生物量:培养开始后,每周将水葫芦捞出,置之于阴凉处沥干5 min后用电子称测定生

表1 排放标准对比

分组类别	水质等级	总氮/(mg/L)	总磷/(mg/L)
对照组 CK	/	0.0	0.00
处理组 I	I类	0.2	0.02
处理组 II	II类	0.5	0.10
处理组 III	III类	1.0	0.20
处理组 IV	IV类	1.5	0.30
处理组 V	V类	2.0	0.40
处理组 VI	劣V类	2.5	0.50

物量。

(2)根系长度:用直尺进行测量,试验以水葫芦根到茎的部分作为根系长度。

(3)水葫芦叶片数测定:采用单株观测的方法,新叶叶长达2 cm以上作为判定长出新叶的标准。

1.3 数据分析

采用Microsoft Excel 2016软件整理数据,利用SPSS 27.0软件对水葫芦各生理指标进行数据回归分析和One-way ANOVA分析,检验相应数据的显著差异性,显著水平设为0.05。

2 结果与分析

2.1 不同水质对水葫芦生物量的影响

在整个试验期间,各处理组水葫芦的生物量变化明显,处理间存在显著性差异($P<0.001$)。水葫芦生物量的整体变化呈现先上升后下降再上升的趋势(图1)。在2023年10月10日后,各处理组水葫芦生物量变化趋势呈现明显不同,其中对照组CK的水葫芦生物量变化随着时间的推移呈现缓慢上升趋势。处理组I、处理组III、处理组IV、处理组VI的水葫芦生物量变化趋势与对照组CK大致相同,但是处理组II、处理组V的水葫芦生物量变化趋势呈现先下降后上升。

在对照组CK、处理组I、处理组II的培养条件下,水葫芦的生物量都有明显的增加,在对照组CK培养下,水葫芦的生物量由初始的30.42 g增加到31.92 g,生物量增加了1.5 g;处理组I的水葫芦生物量由初始的32.03 g增加到37.23 g,生物量增加了5.2 g;处理组II的水葫芦的生物量由初始的29.73 g增加到39.12 g,生物量增加了9.39 g。相较于上述处理组,其余条件下水葫芦生物量均有不同程度的减少,其中处理组III的水葫芦生物量由初始的26.05 g减少到22.48 g,生物量减少了3.57 g。处理组IV的

水葫芦生物量由初始的 14.15 g 减少到 13.78 g, 减少了 0.37 g。处理组 V 的水葫芦生物量由初始的 39.75 g 减少到 32.80 g, 减少了 6.95 g。处理组 VI 的水葫芦生物量由初始的 19.47 g 减少到 18.26 g, 减少了 1.21 g(图1)。

综上可知,水葫芦生物量变化呈现“先上升后下降再上升”的趋势,处理组 II 的水质条件为水葫芦生物量增长的最适宜条件,处理组 V 的水质条件是最不利于水葫芦生物量增长。

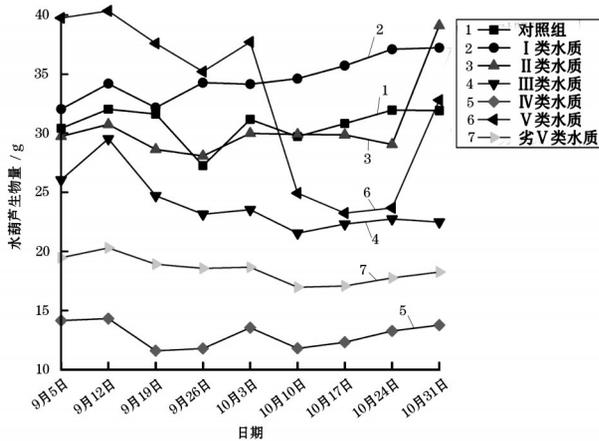


图1 不同水质对水葫芦生物量的影响

2.2 不同水质对水葫芦叶片数的影响

通过不同水质对水葫芦叶片数的影响(图2)试验可知,在整个试验期间,各处理间存在显著差异性($P<0.001$),水葫芦叶片数变化趋势呈现先上升后下降再上升的过程。初始状态叶片较少,随着水葫芦的生长发育,新叶生长,老叶脱落。初期水葫芦叶片生长速度高于老叶脱落速度,叶片数上升。中期水葫芦老叶脱落数量高于新叶生长数量,当水葫芦叶片数减少至一定数量后,水葫芦叶片新叶生长速度高于老叶脱落速度。在2023年9月12日之后,各处理组间水葫芦叶片数变化趋势出现明显不同,对照组CK、处理组 III、处理组 V 的水葫芦叶片数呈现下降再上升趋势,处理组 I、处理组 II、处理组 IV、处理组 VI 呈现先上升后下降再上升趋势。

在对照组 CK、处理组 I、处理组 II 的条件下,水葫芦叶片数均有明显的减少。其中对照组 CK 处理下水葫芦叶片数由初始的 14 片减少至 12 片,减少了 2 片。处理组 I 的水葫芦叶片数由初始的 15 片减少至 14 片,减少了 1 片。处理组 II 的水葫芦叶片数由初始的 14 片减少至 11 片,减少了 3 片。处理组 III 的水葫芦叶片数由初始的 11 片增长至 13 片,增长了 2 片。处理组 IV 的水葫芦叶片数由初始的 9 片

增长至 12 片,增长了 3 片。处理组 V 的水葫芦叶片数由初始的 16 片减少至 10 片,减少了 6 片。处理组 VI 的水葫芦叶片数由初始的 8 片减少至 7 片,减少了 1 片。

综上可知,水葫芦叶片变化呈现“先上升后下降再上升”的趋势,处理组 IV 的水质条件为水葫芦叶片数生长的最适宜条件,处理组 V 的水质条件最不利于水葫芦叶片数的生长。

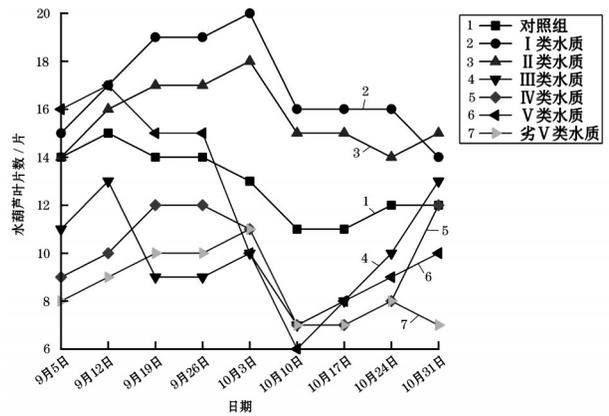


图2 不同水质对水葫芦叶片数的影响

2.3 不同水质对水葫芦根系长度的影响

根据不同水质对水葫芦根系长度的影响(图3)试验可知,在整个试验期间,各处理的水葫芦根系长度均有不同程度的增加,处理间存在显著差异性($P<0.001$),水葫芦根系长度整体变化呈现先上升后下降再上升趋势。在9月12日,对照组 CK、处理组 I 与其他处理组呈现明显差异性,对照组 CK 与处理组 I 的水葫芦根系长度在之后呈现下降趋势,而其余处理组根系长度则在2023年9月19日后呈现下降趋势。在2023年10月3日,各处理组水葫

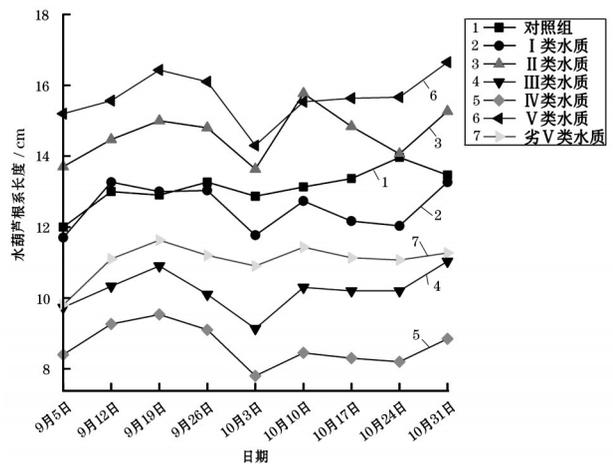


图3 不同水质对水葫芦根系长度的影响

芦根系长度均呈现上升趋势。

在对照组 CK 培养中,水葫芦的根长由初始的 12 cm 增加到 13.47 cm,增加了 1.47 cm。处理组 I 的水葫芦根系长度由初始的 11.70 cm 增加到 13.27 cm,增加了 1.57 cm。处理组 II 的水葫芦的根系长度由初始的 13.70 cm 增加到 15.28 cm,增加了 1.58 cm。处理组 III 的水葫芦根系长度由初始的 9.73 cm 增加到 11.03 cm,增加了 1.30 cm。处理组 IV 的水葫芦根系长度由初始的 8.40 cm 增加到 8.85 cm,增加了 0.45 cm。处理组 V 的水葫芦根系长度由初始的 15.20 cm 增加到 16.65 cm,增加了 1.45 cm。处理组 VI 的水葫芦根系长度由初始的 9.80 cm 增加到 11.27 cm,增加了 1.47 cm。

综上所述,水葫芦根系长度变化呈现“先上升后下降再上升”的趋势,处理组 II 的水质条件最适合水葫芦根系生长,处理组 IV 的水质对水葫芦根系生长的促进作用最小。

3 结 论

水葫芦在整个生长季表现为先上升后下降再上升的趋势,其中 II 类水质为水葫芦生长最适宜条件, V 类水质最不利于水葫芦生长。在水葫芦生长旺盛期间,水葫芦通过增加其根长来调节自身生长,通过促进根系长度等营养器官的发育,提高水葫芦自身对资源的获取能力和竞争力。在水葫芦成株阶段,水葫芦通过减少根系长度,将较多的营养物质分配到叶片,具体表现为叶片数增加,根长减少,有利于水葫芦扩张其种群面积。因此,在水葫芦治理方面,应重视 II 类水质下生长的水葫芦,在水葫芦生长旺盛期,及时治理并打捞水葫芦。

参考文献:

- [1] JIANGUO L, WU Y. Water management. Water sustainability for China and beyond[J]. Science, 2012, 337(6095): 649-650.
- [2] 张万顺,邓浪浪,彭虹,等.柳堰集水库渔光互补工程对水环境影响的数值模拟研究[J].水资源保护,2023,39(5):1-8.
- [3] 严国安,任南,李益健.环境因素对凤眼莲生长及净化作用的影响[J].环境科学与技术,1994(1):2-5.
- [4] ONGORE O C, AURA M C, OGARI Z, et al. Spatial-temporal dynamics of water hyacinth, *Eichhornia crassipes* (Mart.), other macrophytes and their impact on fisheries in Lake Victoria, Kenya [J]. Journal of Great Lakes Research, 2018, 44(6):1273-1280.
- [5] 许伟健,姚岚.昆山市水葫芦防控现状分析与对策研究[J].水利发展研究,2021,21(12):83-86.
- [6] M. W, JAYAWEERA J C, et al. Removal of nitrogen and phosphorus from industrial wastewaters by phytoremediation using water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) [J]. Water Science and Technology, 2004 (50) : 217-225.
- [7] CHUNKAO K, NIMPEE C, DUANGMAL K. The King's initiatives using water hyacinth to remove heavy metals and plant nutrients from wastewater through Bueng Makkasan in Bangkok, Thailand [J]. Ecological Engineering, 2012(39):40-52.
- [8] 王智,张志勇,张君倩,等.水葫芦修复富营养化湖泊水体区域内外底栖动物群落特征[J].中国环境科学,2012,32(1):142-149.
- [9] 赵明涛,谭鹏,何彤慧,等.银川平原水葫芦·大藻引种栽培及水体氮磷去除研究[J].安徽农业科学,2023,51(13):70-74.
- [10] 李洁,蒋丽娟,王晓琳,等.凤眼莲对富营养化水体中氨氧化和反硝化微生物的影响[J].环境科学,2017,38(10):4253-4261.
- [11] 郑凯玲,杨意伯,李锦泉,等.泉州市水葫芦致病真菌的分离与鉴定[J].福建农业科技,2022,53(7):17-22.
- [12] 刘明文.水生植物与微生物协同修复富营养化水体的效能研究[D].西安:西安建筑科技大学,2021.
- [13] 王红,夏雯,卢平,等.生物炭对土壤中重金属铅和锌的吸附特性[J].环境科学,2017,38(9):3944-3952.
- [14] 侯俊,尹雪雪,杨梓俊,等.改性生物炭吸附剂对水中磷酸盐的去除和回收研究进展[J].水资源保护,2023,39(5):186-194.
- [15] 王亚丽.水葫芦生物炭对生菜富集重金属镉的影响研究[D].南昌:江西农业大学,2023.
- [16] 叶芬,石维,成昊,等.静态模拟实验研究水葫芦吸收水中锰离子的特性[J].广州化工,2023,51(8):39-41.
- [17] 周润娟,张明.水葫芦生物炭对水中重金属离子的吸附特征研究[J].安全与环境工程,2022,29(3):168-177.