

水葫芦在海水中的驯化及其对氨氮的去除能力研究

许泽昊^{1,2}, 胡海燕^{1,2*} (1. 浙江海洋大学海洋科学与技术学院, 浙江舟山 316022; 2. 中日联合海洋生态环境实验室, 浙江舟山 316021)

摘要 [目的]研究水葫芦在海水驯化条件下对氨氮的去除能力。[方法]设置不同盐度试验组对水葫芦进行驯化,采用纳氏试剂法测定水体中氨氮浓度。[结果]1:2和1:5试验组比1:0和1:1试验组更快到达平稳期,且去除氨氮效果更好。1:0、1:1、1:2和1:5试验组氨氮去除率分别为49.79%、66.45%、70.65%和77.43%。[结论]水葫芦可以在较低盐度生长且氨氮去除率高,通过海水驯化可以使得水葫芦更加适应海水环境,并为治理近海海域水体富营养化提供可靠的理论基础。

关键词 水葫芦;驯化;富营养化;氨氮;去除能力

中图分类号 X52 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)22-0065-02

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.22.020



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on Acclimation of *Eichhornia crassipes* in Seawater and Its Ability to Remove Ammonia Nitrogen

XU Ze-hao^{1,2}, HU Hai-yan^{1,2} (1. College of Marine Science and Technology, Zhejiang Ocean University, Zhoushan, Zhejiang 316022; 2. Sino-Japanese Joint Marine Ecological Environment Laboratory Zhoushan, Zhejiang 316021)

Abstract [Objective] The research aimed to study the ability of *Eichhornia crassipes* to remove ammonia nitrogen under seawater domestication conditions. [Method] The experimental group with different salinity was used to acclimate *Eichhornia crassipes*, and the ammonia nitrogen concentration in water was determined by Nessler's reagent method. [Result] The 1:2 and 1:5 experimental groups reached the stationary phase faster than the 1:0 and 1:1 experimental groups, and the effect of removing ammonia nitrogen was better. The ammonia nitrogen removal rates of the 1:0, 1:1, 1:2, and 1:5 experimental groups were 49.79%, 66.45%, 70.65% and 77.43%, respectively. [Conclusion] *Eichhornia crassipes* can grow at lower salinity and high ammonia nitrogen removal rate. Water domestication can make *Eichhornia crassipes* more adapt to seawater environment and provide a reliable theoretical basis for the treatment of eutrophication in offshore waters.

Key words *Eichhornia crassipes*; Acclimation; Eutrophication; Ammonia nitrogen; Removal ability

近几十年来,内陆居民农药化肥的滥用,工业革命以来的化石燃料的燃烧等人类活动使得海洋环境中营养盐陆地输入的总量不断增加,近海海域中水体富营养化现象日益严重^[1]。海洋赤潮的不断暴发正是近海海域水体富营养化最为突出的表现,并且暴发频率持续增加、暴发区域不断扩大^[2]。

水葫芦,又称为凤眼莲^[3],属于被子植物门、单子叶植物纲、粉状胚乳目、雨久花亚目、雨久花科、凤眼蓝属、凤眼蓝种^[4]。由于水葫芦利用水体中营养盐的能力强,在1901年引进我国时常作为水体净水植物来扩大培育。水葫芦能够很好地吸收水体中的氨氮,从而达到净化水体的目的。水葫芦有2种繁殖方式:有性繁殖和通过匍匐茎增殖的无性繁殖^[5]。无性繁殖使得水葫芦更快地扩大种群优势,占领生态位,压迫其他生物的生存环境^[6]。水葫芦具有广泛的温度适应性,且在25~35℃繁殖速度最快^[7-8]。若能将水葫芦进行盐度驯化,可以使得利用水葫芦治理近海海域水体富营养化成为可能。笔者通过设置不同盐度试验组和对照组,对水葫芦进行驯化,测定水体中的氨氮浓度随时间的变化,考察水葫芦在海水介质中驯化的可能性及其对氨氮的吸收能力。

1 材料与方

1.1 试验材料 水葫芦取自浙江舟山临城街道附近水道,选取长势良好的植株,将附着于其上的浮萍等其他水生植物及其他杂质洗净后进行培养。

海水取自浙江海洋大学附近海域,并以0.45 μm孔径滤膜过滤抽滤后备用。将抽滤好的海水与淡水分别按照1:5、1:2、1:1、1:0的比例混合至10 L,分别放入4个水桶中,并贴好标签。然后分别称取葡萄糖10.00 g、磷酸氢二钾7.50 g、磷酸二氢钠2.50 g、碳酸氢钠10.00 g、硫酸镁0.20 g、氯化铵0.38 g,溶解于4组不同比例的10 L水样中。

1.2 试验方法

1.2.1 水葫芦的驯化。从处理好的水葫芦样本中挑选出生长状态良好的植株,用吸水纸吸干表面水分。然后将等株数的水葫芦分别放入4个水桶中,加入量以能够均匀铺满桶表面为准,放入前先称量每株的重量。定期测定和观察水葫芦的生长状况,包括侧根分支情况、净重及其植株的高度。

1.2.2 氨氮的测定。采用纳氏试剂分光光度法测定氨氮浓度。每隔24 h从4个桶中分别移取1 mL置于50 mL具塞比色管,加蒸馏水至标线,加入1.0 mL酒石酸钾钠溶液,摇匀,再加入纳氏试剂1.0 mL,摇匀。放置10 min后,在波长420 nm下测定水样的吸光度,依工作曲线计算氨氮含量。

1.3 数据处理 试验所得数据用IBM SPSS Statistics 24和Origin 8.5分析和处理。

2 结果与分析

2.1 水葫芦生长状况 从前期培养的水葫芦中分别挑选出3株生长状况良好的水葫芦,分别标为1、2、3,用吸水纸吸干,测量每一株的重量和高度,并观察其分支情况,做好记录,然后将其分别放入已配好培养液的水桶中进行驯化试验。水葫芦的初始生长状况如表1所示。之后每隔3 d将水葫芦从水桶中拿出,用吸水纸吸干后测定其生长状况,其重量的变化情况如表2所示。

基金项目 国家自然科学基金项目(41106066)。

作者简介 许泽昊(1994—),男,浙江诸暨人,硕士研究生,研究方向:海水淡化后浓盐水处理利用。*通信作者,教授,博士,硕士生导师,从事海洋资源化学研究。

收稿日期 2019-05-23

从表1、2可看出,在最初的阶段各组水葫芦的重量都有小幅度增加,之后开始有所减小,且大株的水葫芦重量变化趋势较为明显,而小株的水葫芦重量变化不大。1:0试验组为全海水,其各株水葫芦减少的质量最多,而1:5试验组海水比例最小,其各株水葫芦质量几乎没有减小,一直呈增加的趋势,只是增加的幅度变得很小,其余两组差距不明显。总体来说,水葫芦的质量变化不大,各组之间的区别也不是很明显。

在培养3~4 d后,水葫芦边上叶子的外围一圈开始脱水发黄,变得干枯,之后开始渐渐枯萎,中间的葫芦开始干瘪。而1:0试验组中的水葫芦在第2天有些叶子就开始出现脱水现象,叶子周围细细的一圈开始发黄。各组水葫芦的分支均没有增加,高度变化也不明显。可见在海水与淡水混合配制的培养液中,由于盐度较高,水葫芦的生长状况并不是很理想,很短的时间便开始出现脱水现象。特别是在1:0试验组中,水葫芦的脱水现象最为明显,海水浓度低的又相对好一些。

表2 水葫芦重量变化

Table 2 Weight changes of *Eichhornia crassipes*

海水:淡水 Sea water: fresh water	试验组别 Test group	第4天 Fourth day	第7天 Seventh day	第10天 Tenth day	第13天 Thirteenth day
1:5	1	10.10	10.19	10.07	9.94
	2	9.86	10.16	9.95	9.83
	3	35.20	37.11	37.14	37.09
1:2	1	14.01	13.98	14.03	13.87
	2	6.84	6.64	6.59	6.54
	3	45.15	47.16	47.39	47.01
1:1	1	17.54	17.23	16.92	16.87
	2	6.04	5.98	5.83	5.91
	3	37.92	39.16	38.95	38.81
1:0	1	10.21	10.91	11.09	10.99
	2	6.71	6.52	6.63	6.67
	3	35.54	34.32	34.07	33.83

2.2 氨氮的浓度变化 由图1可知,1:0试验组的氨氮浓度在开始5 d呈下降趋势,在第6天突然回升,之后下降慢慢趋于稳定;1:1试验组的氨氮浓度在下降后的第6天有很明显的一个回升,之后慢慢稳定;1:2试验组中氨氮浓度变化较之前两组相对稳定,第7天后呈现稳定趋势;1:5试验组中海水含量最少,第5天后氨氮浓度变化相对稳定。各组水葫芦的氨氮浓度总体呈下降趋势,且均在第1天到第2天降低最快。1:5试验组在第5天后氨氮浓度便趋于稳定,1:2试验组的氨氮浓度在第8天后趋于稳定,1:1的氨氮浓度在第9天后趋于稳定,1:0试验组是在第9天后慢慢稳定;且趋于稳定后1:5试验组的氨氮浓度最低,之后依次是1:2、1:1、1:0试验组以及1:0和1:1试验组的氨氮浓度相近,无显著性差别;在第13天时,1:0、1:1、1:2和1:5试验组氨氮去除率分别为49.79%、66.45%、70.65%和77.43%。由此可知,水葫芦对水体中的氨氮具有较强的吸收能力。盐度越低时,水葫芦对氨氮的吸收效果更好,且更快到达平衡期。当盐度升高时,盐度对水葫芦具有盐胁迫作用,抑制水葫芦生长,因此水葫芦对氨氮的吸收效果不稳定。

表1 水葫芦初始生长状况
Table 1 The initial growth status of *Eichhornia crassipes*

海水:淡水 Sea water: fresh water	试验组别 Test group	分支 Branch	高度 Height cm	净重 Net weight g
1:5	1	5	7.0	9.23
	2	5	6.0	9.29
	3	8	9.0	22.86
1:2	1	5	6.5	13.51
	2	4	4.0	7.49
	3	7	10.0	32.46
1:1	1	4	8.0	16.81
	2	4	6.0	5.90
	3	8	10.0	31.42
1:0	1	5	8.0	7.67
	2	4	7.0	6.48
	3	7	8.0	28.79

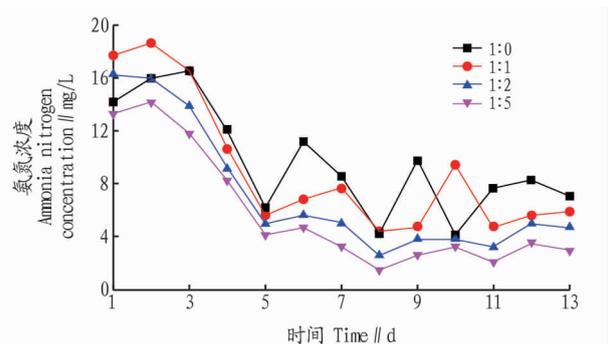


图1 氨氮浓度变化曲线

Fig.1 Variation curve of ammonia nitrogen concentration

3 结论与讨论

该研究通过设置盐度对照试验组探究了不同盐度下水葫芦的氨氮去除率。盐度对水葫芦具有胁迫作用,抑制水葫芦生长,但是低盐度对水葫芦抑制作用不明显,水葫芦生长状况与吸收氨氮浓度的能力相关,因此在低盐度下水葫芦吸收氨氮能力强于高盐度。

控压力更大,因此需要多种方案共同作用。

该研究对分离到的 Hps-SX19 株进行了 7 类 12 种抗生素的药物敏感性分析,结果表明致病性 Hps-SX19 株对 β -内酰胺类第三代头孢类药物、截短侧耳素类泰妙菌素、林可胺类大观霉素)药物敏感,对 β -内酰胺类氨基苄西林、阿莫西林、氨基糖苷类新霉素、四环素类土霉素、强力霉素、氯霉素类氟苯尼考、喹诺酮类恩诺沙星、环丙沙星产生耐药性,呈现出多重耐药性。

该研究从药物敏感性的角度对 Hps 进行了初步研究,通过分离和鉴定发病猪场致病菌,并对分离株 Hps-SX19 进行敏感药物性筛选,为进一步跟踪山西规模化猪场发生 Hps 的复杂病因和临床用药提供一定的科学参考。

参考文献

- [1] OLVERA A, PINA S, MACEDO N, et al. Identification of potentially virulent strains of *Haemophilus parasuis* using a multiplex PCR for virulence-associated autotransporters (*utaA*) [J]. *The veterinary journal*, 2012, 191 (2): 213-218.
- [2] 高丰, 罗毅, 成军, 等. 猪副嗜血杆菌感染的诊断与防治 [J]. *动物医学进展*, 2002, 23 (6): 101-103.
- [3] 刘正飞, 蔡旭旺, 陈焕春, 等. 副猪嗜血杆菌研究进展 [J]. *动物医学进展*, 2003, 24 (5): 17-19.
- [4] 白艳艳, 张斌, 刘健鹏, 等. 榆林市一起副猪嗜血杆菌病的诊治 [J]. *动物医学进展*, 2018, 39 (10): 130-133.

(上接第 66 页)

有研究表明,水葫芦对水体中的营养盐具有较强的富集作用^[9],水葫芦通过根系吸收水体中的氮磷等营养盐加快自身繁殖和生长^[10]。水葫芦的根部为许多活性微生物提供了良好的生存环境,微生物和水葫芦形成了良好的共生关系^[11]。因此对水葫芦的驯化可以使得水葫芦更好地适应高盐环境、更好地生长,从而得到更高的氨氮去除率。

参考文献

- [1] NIXON S W. Coastal marine eutrophication: A definition, social causes, and future concerns [J]. *Ophelia*, 1995, 41 (1): 199-219.
- [2] ANDERSON D M. Turning back the harmful red tide [J]. *Nature*, 1997, 388: 513-514.
- [3] 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.

- [5] 王超, 陈欣, 张梦南, 等. 副猪嗜血杆菌的分离鉴定及其 *OmpP5* 基因序列分析 [J]. *动物医学进展*, 2018, 39 (1): 16-21.
- [6] 李曦婷, 董俏, 李化生, 等. 副猪嗜血杆菌检测技术及耐药性研究进展 [J]. *动物医学进展*, 2016, 37 (10): 85-89.
- [7] 王建, 邵卫星, 吕占军, 等. 2012 年我国部分省市规模化猪场副猪嗜血杆菌分离鉴定及菌株血清分型 [J]. *动物医学进展*, 2014, 35 (3): 48-52.
- [8] ZHAO Y D, WANG Q, LI J, et al. Epidemiology of *Haemophilus parasuis* isolates from pigs in China using serotyping, antimicrobial susceptibility, biofilm formation and ERIC-PCR genotyping [J]. *PeerJ*, 2018, 6: 5040-5043.
- [9] ZHANG L, LI Y, WANG Y, et al. Integration of pharmacokinetic-pharmacodynamic for dose optimization of doxycycline against *Haemophilus parasuis* in pigs [J]. *Journal of veterinary pharmacology and therapeutics*, 2018, 41 (5): 706-718.
- [10] ZHAO Y D, GUO L L, LI J, et al. Characterization of antimicrobial resistance genes in *Haemophilus parasuis* isolated from pigs in China [J]. *PeerJ*, 2018, 6: 4613-4630.
- [11] JIA A Q, ZHOU R Y, FAN H Y, et al. Development of serotype-specific PCR assays for typing of *Haemophilus parasuis* isolates circulating in southern China [J]. *J Antimicrob Chemother*, 2017, 55 (11): 3249-3257.
- [12] WU X L, XIAO L, WANG Y, et al. Genetic variants and phylogenetic analysis of *Haemophilus parasuis* (HPS) OMPP2 detected in Sichuan, China from 2013 to 2015 [J]. *J Vet Med Sci*, 2017, 79 (10): 1648-1651.
- [13] WANG Z H, ZHAO Q, WEI H L, et al. Prevalence and seroepidemiology of *Haemophilus parasuis* in Sichuan province, China [J]. *PeerJ*, 2017, 5: 3379-3384.
- [14] LI Y F, KWOK A H, JIANG J W, et al. Complete genome analysis of a *Haemophilus parasuis* serovar 12 strain from China [J]. *PLoS One*, 2013, 8 (9): 683-685.

- [4] 陈轶, 李碧, 金鑫. 水葫芦的研究现状及其发展趋势 [J]. *广州化工*, 2013, 41 (5): 71-72, 76.
- [5] 蒋伟军, 颜幼平, 李萍. 水葫芦资源化利用综述 [J]. *水资源保护*, 2010, 26 (6): 79-83.
- [6] 刘立岩, 吕兴娜. 用水葫芦净化水质中氮、磷污染物的研究分析 [J]. *丹东纺专学报*, 2005, 12 (2): 40-41.
- [7] 吴虹玥, 包维楷, 王安, 等. 外来物种水葫芦的生态环境效应 [J]. *世界科技研究与发展*, 2004, 26 (2): 25-29.
- [8] 吴文庆, 洪渊扬, 秦双亭. 水葫芦治理技术的初步研究 [J]. *上海环境科学*, 2003 (S2): 146-149, 199.
- [9] 于世龙, 韩玉林, 付佳佳, 等. 富营养化水体植物修复研究进展 [J]. *安徽农业科学*, 2008, 36 (31): 13811-13813, 13818.
- [10] 吴建强, 黄沈发, 丁玲. 水生植物水体修复机理及其影响因素 [J]. *水资源保护*, 2007, 23 (4): 18-22.
- [11] GREENWAY M. Suitability of macrophytes for nutrient removal from surface flow constructed wetlands receiving secondary treated sewage effluent in Queensland, Australia [J]. *Water science & technology*, 2003, 48 (2): 121-128.