

孙凯文,时佩佩,盛海君,等. 富营养化水体中磷浓度对不同种类浮萍生长的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(5):529-531.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.05.151

富营养化水体中磷浓度对不同种类浮萍生长的影响

孙凯文,时佩佩,盛海君,钱晓晴

(扬州大学环境科学与工程学院,江苏扬州 225127)

摘要:采用扬州地区常见的 3 种浮萍(紫背浮萍、青萍和少根紫萍),在模拟自然光照和一定温度的条件下,研究了在同一营养背景下不同磷浓度以及在不同营养背景下同一磷浓度,对水体中浮萍生长的影响效果。结果表明:营养背景浓度在 1/5 时,浮萍分裂的速度较快。在同一营养背景下,浮萍(青萍、少根紫萍)生长的个数随磷浓度升高先增加后减少。在一定营养背景下青萍的生长速度是最快的,即在适应环境生长方面,青萍较其他 2 种浮萍(紫背浮萍、少根浮萍)更具优势。

关键词:磷浓度;浮萍;营养背景;富营养化水体;生长优势

中图分类号: X173 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)05-0529-03

随着社会的发展和生活水平的提高,水体富营养化问题日益严重,水体藻类的暴发给全球环境造成了严重的危害,导致了巨大的经济损失^[1-3]。近年来,利用水生植物去除污染水体中的氮、磷受到众多专家的关注。与大型水生植物相比,小型水生植物浮萍因其对氮、磷的吸收效果好、生长速度快、营养价值高、易回收等特点,越来越受到学者的重视^[4-7]。我

国在该领域也开展了实验室规模的基础性研究工作,如环境和营养条件对浮萍生长的影响、浮萍吸收氮的动力学特性及浅水体浮萍净化系统的除氮途径等,明确了浮萍对污染水体中部分污染物去除的规律及浮萍植物生长的规律等^[8-9]。同时,浮萍中含有多种氨基酸,且其细胞壁中未检测到木质素成分,因此更利于动物的消化吸收,这些特点使得浮萍在作为畜禽、鱼类饲料使用时可明显提高养殖产量,收到较好的经济效益^[16-17]。因此浮萍有着极大的应用前景。然而,关于水中磷浓度对浮萍生长及其对浮萍吸收污染物质能力的影响的研究相对较少。

本试验在相关理论和实践研究的基础上,以扬州市荷花池公园水池中 3 种浮萍(紫背浮萍、青萍和少根紫萍)为研究对象,主要研究了相同环境条件下不同磷浓度对浮萍生长的

收稿日期:2015-04-24

基金项目:江苏省宿迁市科技计划(2013);江苏省科技支撑计划(编号:BE2011707)。

作者简介:孙凯文(1989—),男,江苏盐城人,硕士,植物营养硕士研究生,主要从事植物营养与环境研究。E-mail:861077941@qq.com。

通信作者:钱晓晴,教授。E-mail:xiaoqingqian@163.com。

[7]秦芳玲,田中民. 同时接种解磷细菌与丛枝菌根真菌对低磷土壤红三叶草养分利用的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2009,37(6):151-157.

[8]张瑞芹,卢致霖,陈洁雯,等. AM 真菌影响三叶草根系抗氧化酶活性的系统效应[J]. 微生物学通报,2011,38(3):322-327.

[9]张颖,高景慧. 镉胁迫对红三叶种子萌发及幼苗生理特性的影响[J]. 西北农业学报,2007,16(3):57-59.

[10]何玮,蒋安,王琳,等. PEG 干旱胁迫对红三叶抗性生理生化指标的影响研究[J]. 中国农学通报,2013,29(5):5-10.

[11]孔令慧,赵桂琴. 不同品种红三叶苗期对 4℃ 低温胁迫的生理响应[J]. 中国草地学报,2013,35(3):31-37.

[12]吉云秀. 含 ACC 脱氨酶 PGPR 分离及提高植物抗逆性[D]. 大连:大连海事大学,2008.

[13]Phillips J M, Hayman D S. Improved procedures for clearing and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection[J]. Trans Br Mycol Soc, 1970, 55: 158-161.

[14]李玲. 植物生理学实验指导[M]. 北京:科学出版社,2009:10-11.

[15]刘光崧. 土壤理化分析与剖面描述[M]. 北京:中国标准出版社,1996.

[16]简令成,王红. 逆境植物细胞生物学[M]. 北京:科学出版社,2009.

[17]何洁,贺鑫. 石油对翅碱蓬生长及生理特性的影响[J]. 农业环境科学学报 2011,30(4):650-655.

[18]岳冰冰,李鑫,任芳菲,等. 石油污染对紫花苜蓿部分生理指标的影响[J]. 草业科学,2011,28(2):236-240.

[19]李小利,刘国彬. 土壤石油污染对植物苗期生长和土壤呼吸的影响[J]. 水土保持学报,2007,21(3):95-98.

[20]张金林,李惠茹,郭妹媛,等. 高等植物适应盐逆境研究进展[J]. 草业学报,2015,24(12):220-236.

[21]Linderman R G. Role of VAM fungi in biocontrol[M]//Pfeleger F L, Linderman R G. Mycorrhizae and plant health. St Paul, MN: APS Press, 1994: 1-26.

[22]Kohler J, Hernández J A, Caravaca F, et al. Induction of antioxidant enzymes is involved in the greater effectiveness of a PGPR versus AM fungi with respect to increasing the tolerance of lettuce to severe salt stress[J]. Environmental and Experimental Botany, 2009, 65: 245-252.

[23]Kohler J, Caravaca F, Carrasco L, et al. Interactions between a plant growth-promoting rhizobacterium, an AM fungus and a phosphate-solubilising fungus in the rhizosphere of *Lactuca sativa*[J]. Applied Soil Ecology, 2007, 35: 480-487.

[24]耿春女,李培军,陈素华,等. 不同丛枝菌根真菌对万寿菊生长及柴油降解率的影响[J]. 应用生态学报,2003,14(10):1775-1779.

影响,从而筛选出何种浮萍可以最快的清除对水体中 N、P,同时减少不必要的经济投入。

1 材料与方法

试验于 2014 年 5—7 月年在江苏省扬州大学环境科学与工程学院光照培养室进行。

1.1 试验材料

试验样品:本试验选用浮萍品种为青萍、紫背浮萍、少根浮萍,采自扬州市荷花池公园水池。将采回来的浮萍先放入自来水中沉淀杂质,然后挑选大小相近、长势良好的浮萍,经蒸馏水漂洗后使用。

培养液:以霍格兰不完全营养液为基础,其中磷浓度按试验要求进行调整(表 1)。

表 1 试验培养液配方				
霍格兰营养液成分	贮备液浓度(g/L)	培养液吸取量(mL)	1/5 倍营养背景培养液吸取量(mL)	5 倍营养背景培养液吸取量(mL)
MgSO ₄ · 7H ₂ O	50	100	20	500
Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	108.635	100	20	500
KNO ₃	50.2	100	20	500
FeSO ₄ · 7H ₂ O	1.984	100	20	500
Na ₂ EDTA	6	100	20	500
H ₃ BO ₃	2.86	10	2	50
MnCl ₂ · 4H ₂ O	1.86	10	2	50
ZnSO ₄ · 7H ₂ O	0.22	10	2	50
Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	0.09	10	2	50
CuSO ₄ · 5H ₂ O	0.09	10	2	50

培养装置:光照培养室,温度可调整范围 25 ~ 30 ℃,光照强度可调整为 0 ~ 15 000 lk。培养试验光暗时间比均设定为 16 h : 8 h。浮萍培养容器为 220 mL 的一次性杯子,每个杯子放入培养液 200 mL,培养开始时每个处理样均放入生长状态相同的叶片 1 个。

1.2 试验设计

试验采用室内模拟培养方式进行。试验设 3 个营养背景(即除磷元素,其他养分含量浓度不变),根据磷浓度 0.1、0.3、1.5、3.0、15.0、45.0 mg/L 设 6 个处理 T1、T2、T3、T4、T5、T6。同时用氢氧化钠(0.1 mol/L)溶液将营养液调节至 pH 值 6.5,每隔 3 d 更换 1 次营养液,并计数 1 次。

1.3 测定项目与方法

浮萍的分裂速度测定:记数法。

1.4 数据分析与统计方法

对所获得的数据采用 Excel 2003、SPSS 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 青萍、紫萍、少根浮萍在 1/5 营养背景下不同磷浓度的生长情况

由表 2、表 3、表 4 可知,在 1/5 营养背景下,随着培养时间延长,浮萍的个数也迅速增加,但由于培养空间的限制,到后期即 6 月 13 日后(12 d)浮萍的分裂速度降低。在比较不同磷浓度条件时,青萍随着磷浓度升高,其分裂呈先增加后降低的趋势(表 2),而紫萍和少根浮萍的个数均随磷浓度升高

而降低(表 3、表 4)。同时由表 2 可以看出,青萍的最佳生长浓度在 3 ~ 15 mg/L;紫背浮萍和少根浮萍对磷的适应范围较广,但分裂速度没有青萍快。

表 2 青萍在 1/5 营养背景下不同磷浓度的生长情况						
计数时间 (月 - 日)	浮萍个数(个)					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
06 - 04	1.00a	1.67a	2.00a	2.67a	1.00a	1.67a
06 - 07	2.33a	3.00a	6.00a	5.67a	2.67a	2.67a
06 - 10	9.33a	10.67ab	21.67a	22.00ab	10.33ab	11.67a
06 - 13	25.33ab	23.67ab	43.00a	46.33b	21.67ab	25.33ab
06 - 16	64.33b	73.00b	119.00b	125.67c	60.33b	60.67c
06 - 19	136.67c	162.00c	213.33c	237.67c	116.67c	119.67c

注:同列数据后不同字母者表示处理间差异显著(P < 0.05)。下表同。

表 3 紫萍在 1/5 营养背景下不同磷浓度的生长情况						
计数时间 (月 - 日)	浮萍个数(个)					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
06 - 04	1.33a	1.00a	1.00a	1.00a	1.00a	1.00a
06 - 07	2.00a	2.00a	2.00a	2.00a	1.33a	4.00a
06 - 10	7.67b	6.67a	4.00ab	3.33a	2.67a	5.33a
06 - 13	11.00b	10.00a	8.00ab	6.33b	4.00ab	9.00ab
06 - 16	25.00c	25.33b	14.67b	15.00c	9.00ab	14.33b
06 - 19	38.33d	45.00b	27.67b	27.33d	16.00c	27.00c

表 4 少根浮萍在 1/5 营养背景下不同磷浓度的生长情况						
计数时间 (月 - 日)	浮萍个数(个)					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
06 - 04	1.67a	1.67a	2.67a	1.00a	1.67a	2.00a
06 - 07	4.33a	2.67a	3.33a	2.67ab	2.33a	2.33a
06 - 10	10.33ab	7.67ab	8.33a	4.65a	6.67a	5.00a
06 - 13	19.67ab	17.33bc	16.00a	9.00c	11.67ab	9.00ab
06 - 16	35.00b	29.33c	26.67a	16.67d	20.00bc	17.33bc
06 - 19	61.67c	56.33d	53.00b	32.00e	27.00c	26.00c

2.2 一般营养背景下不同磷浓度对青萍、紫萍、少根浮萍生长的影响

由表 5、表 6、表 7 可知,在一般营养背景下,相较于 1/5 营养背景青萍、紫萍、少根浮萍分裂速度较慢,随着培养天数增加,其在 6 月 16 日即约 15 d 后浮萍生长基本稳定。在横向比较中可以发现青萍随着磷浓度升高,其个数变化呈先增加后降低的趋势。而紫萍、少根浮萍的分裂个数随浓度变化无显著的变化趋势。其中青萍的最佳磷生长浓度在 3 ~ 45 mg/L;少根浮萍的最佳范围在 0.5 ~ 1.5 mg/L。

表 5 青萍在一般营养背景下不同磷浓度的生长情况						
计数时间 (月 - 日)	浮萍个数(个)					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
06 - 04	1.33a	1.33a	1.33a	1.33a	2.00a	1.33a
06 - 07	2.67a	2.67a	2.00a	2.00a	3.00a	2.67ab
06 - 10	3.00a	3.00a	2.00a	2.67ab	3.67a	3.00ab
06 - 13	5.33ab	6.00ab	4.33a	5.33b	8.00a	6.67b
06 - 16	10.33b	10.67bc	8.33a	9.67c	19.00b	12.67c
06 - 19	10.67b	13.67c	12.00a	12.00c	20.00b	15.33c

表 6 紫萍在一般营养背景下不同磷浓度的生长情况

计数时间 (月-日)	浮萍个数(个)					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
06-04	1.67ab	1.00a	1.00a	1.33a	1.00a	1.33a
06-07	1.33a	1.00a	1.33ab	1.67a	1.00a	1.33a
06-10	1.67ab	2.00a	1.33ab	1.67a	1.00a	1.33a
06-13	2.00ab	2.00a	2.33b	2.00a	1.00a	1.33a
06-16	3.33bc	3.33b	2.33b	3.33b	1.33a	3.00a
06-19	4.00c	3.67b	3.67c	3.67b	2.67b	3.33a

表 7 少根浮萍在一般营养背景下不同磷浓度的生长情况

计数时间 (月-日)	浮萍个数(个)					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
06-04	1.33a	1.33a	1.67a	1.67a	1.67a	1.33a
06-7	1.67ab	2.33ab	2.33a	3.00ab	1.33a	2.00ab
06-10	2.67b	2.67abc	3.33ab	2.67a	2.33a	2.33ab
06-13	2.67b	4.67bcd	4.67bc	5.33bc	4.33b	3.67ab
06-16	4.33c	5.33cd	6.33c	7.33c	5.67bc	4.67b
06-19	4.33c	5.67d	6.67c	7.33c	6.00c	5.00b

2.3 5 倍营养背景下不同磷浓度对青萍、紫萍、少根浮萍生长的影响

由表 8、表 9、表 10 可知,在 5 倍营养背景下,青萍、紫萍、少根浮萍 3 种浮萍分裂速度也相对较慢,都在 15 d 后基本稳定。在比较不同磷浓度的影响时,可以发现 3 种浮萍的个数随磷浓度升高均呈现先增加后降低的趋势。其中青萍的最佳磷生长浓度在 0.1~1.5 mg/L;少根浮萍在 3~15 mg/L。

表 8 青萍在 5 倍营养背景下不同磷浓度的生长情况

计数时间 (月-日)	浮萍个数(个)					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
06-04	2.00a	2.33a	3.00a	2.67a	2.67a	2.67a
06-07	3.33a	3.33a	4.00a	3.67a	2.67a	3.33a
06-10	3.33a	5.33ab	7.00ab	5.33a	5.00a	5.67b
06-13	6.67b	8.67ab	9.00ab	9.33ab	8.33ab	7.67c
06-16	9.67c	15.67bc	15.00bc	16.33b	14.33b	11.33d
06-19	12.00c	21.33c	21.67c	18.33b	14.33b	14.67e

表 9 紫萍在 5 倍营养背景下不同磷浓度的生长情况

计数时间 (月-日)	浮萍个数(个)					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
06-04	2.00a	1.67a	1.67a	1.00a	1.00a	1.67ab
06-07	3.67b	4.0a	4.00b	3.00a	4.00b	3.00b
06-10	2.00a	1.67a	2.00a	1.67a	1.33a	1.33ab
06-13	2.67ab	2.00a	2.67a	1.00a	1.00a	1.33ab
06-16	5.00c	3.00a	5.00bc	2.00a	1.67a	2.00ab
06-19	5.00c	4.00a	5.67c	2.00a	2.33ab	2.67a

3 小结

营养背景浓度在 1/5 时,浮萍分裂的速度较快。在同一营养背景下,浮萍(青萍、少根紫萍)生长的个数随磷浓度升

高先增加后减少。在一定营养背景下青萍的生长速度是最快的,即在适应环境生长方面,青萍较其他 2 种浮萍(紫背浮萍、少根浮萍)更具优势。

表 10 少根浮萍在 5 倍营养背景下不同磷浓度的生长情况

计数时间 (月-日)	浮萍个数(个)					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
06-04	2.67a	2.67ab	3.00a	2.00a	3.00a	1.33a
06-07	2.33a	2.00a	2.00a	1.00ab	1.33a	2.00ab
06-10	4.33a	4.33ab	4.67ab	4.33ab	6.33ab	3.33b
06-13	6.67b	6.67b	7.33b	7.33bc	11.33b	6.00c
06-19	8.67bc	12.33c	13.67c	11.67c	20.00c	7.33c
06-16	9.33c	11.67c	11.67c	11.33c	19.33c	7.67c

参考文献:

[1]王玲玲,沈 熠. 水体富营养化的形成机理、危害及其防治对策探讨[J]. 环境研究与监测,2007,20(4):33-35.

[2]孙 宇,张永春. 利用河流的环境容量控制太湖流域农村面源污染[J]. 中国水土保持,2005(10):39-41.

[3]金相灿,刘树坤,章宗涉. 中国湖泊环境(第 1 册)[M]. 北京:海洋出版社,1995.

[4]郭培章,宋 群. 中外水体富营养化治理案例研究[M]. 北京:中国计划出版社,2003.

[5]刘扬扬,靳铁胜,杨瑞坤. 浅析水体富营养化的危害及防治[J]. 中国水运:下半月,2011,11(5):150-151.

[6]张平录. 养殖水体中氮元素的转化与氨氮、亚硝酸盐的危害和防治[J]. 渔业致富指南,2006(11):45.

[7]梁国辉. 城市水体微生物修复技术研究现状及进展[J]. 黑龙江环境通报,2007,31(3):58-60.

[8]刘弋潞,何宗健. 水生植物净化富营养化水质的机理探讨和研究进展[J]. 江西化工,2006(1):27-30.

[9]陈 晓. 利用浮萍进行富营养化修复及控藻研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2006.

[10]瞿建宏. 植物化感抑藻物质的研究进展[J]. 现代农业科技,2008(9):226-227,229.

[11]由文辉,刘淑媛,钱晓燕. 水生经济植物净化受污染水体研究[J]. 华东师范大学学报:自然科学版,2000,3(1):99-102.

[12]陆景陵. 植物营养学[M]. 2 版. 北京:中国农业大学出版社,2003.

[13]谢有奎,俞 栋,高殿森,等. 水体富营养化危害、成因及防治[J]. 后勤工程学院学报,2004,20(3):27-29,37.

[14]种云霄,胡洪营,钱 易. 细脉浮萍和紫背浮萍在污水营养条件下的生长特性[J]. 环境科学,2004,25(6):59-64.

[15]种云霄,胡洪营,钱 易. 环境及营养条件对稀脉浮萍和紫背浮萍氮磷含量的影响[J]. 环境科学,2005,26(5):67-71.

[16]种云霄,胡洪营,崔理华,等. 浮萍植物在污水处理中的应用研究进展[J]. 环境污染治理技术与设备,2006,7(3):14-18.

[17]朱晔荣,马 荣,刘清岱,等. 浮萍相关研究的几方面重要进展[J]. 生物学通报,2010,45(4):4-6.

[18]吴生才,陈伟民. 水体富营养化的渐进性和灾难性[J]. 灾害学,2004,19(2):13-17.