

DOI:10.3969/j.issn.1004-6933.2013.03.016

巨紫根水葫芦在不同污染程度水体中的净化效果

段金程^{1,2}, 张毅敏¹, 晁建颖¹, 杨 阳^{1,2}, 周 创^{1,2}

(1. 环境保护部南京环境科学研究所, 江苏 南京 210042;
2. 常州大学环境与安全工程学院, 江苏 常州 213164)

摘要:通过实验室中试和野外现场工程试验比较,研究巨紫根水葫芦在低、中、高浓度污水和自然水体中对氮、磷和藻类的净化效果和抑制情况。结果发现:①巨紫根水葫芦分蘖速度慢,不会疯长,但有比较严重的根系脱落问题。②中试时,在 6 d 试验时间内巨紫根水葫芦可使试验中的高、中、低浓度组的 NH₃-N 质量浓度分别由 4.58 mg/L、2.61 mg/L、1.45 mg/L 均降至 0.10 mg/L 以下;试验结束时(21 d),中、低浓度试验组中 TP 的质量浓度由 0.65 mg/L 和 0.21 mg/L 分别降至(0.16±0.08) mg/L 和(0.11±0.06) mg/L,但试验组中 TN 浓度仍为劣 V 类水质。③野外现场工程中,巨紫根水葫芦仅对 TP 去除作用明显,野外试验区内、外的 TP 质量浓度分别为 0.13~0.31 mg/L 和 0.15~1.31 mg/L。④考虑到运输、人工等成本因素,巨紫根水葫芦在水体中的停留时间控制在 1 个月内为宜。

关键词:巨紫根水葫芦;氮磷去除;叶绿素 a;水体净化

中图分类号:X824 文献标志码:A 文章编号:1004-6933(2013)03-0073-06

Purification effect of water hyacinth with giant purple roots in wastewater with different concentrations

DUAN Jincheng^{1,2}, ZHANG Yimin¹, CHAO Jianying¹, YANG Yang^{1,2}, ZHOU Chuang^{1,2}

(1. Nanjing Institute of Environmental Science, Ministry of Environmental Protection, Nanjing 210042, China;
2. School of Environmental and Safety Engineering, Changzhou University, Changzhou 213164, China)

Abstract: Pilot experiments and on-site field projects were conducted to study the effects of water hyacinths with giant purple roots on purification of nitrogen and phosphorus, and the inhibition of algae in sewage with low, medium, and high concentrations and in natural water bodies. The results show the following: (1) The tillering of water hyacinths with giant purple roots was slow and not soaring, but the roots would fall off, which was a more serious problem. (2) In pilot experiments, after about six days, the NH₃-N concentration in the experimental groups with high, medium, and low concentrations decreased from 4.58 mg/L, 2.61 mg/L, and 1.45 mg/L, respectively, to less than 0.10 mg/L for all groups; at the end of the experiment (on the 21st day), the TP concentration in the experimental groups with medium and low concentrations decreased from 0.65 mg/L and 0.21 mg/L to (0.16 ± 0.08) mg/L and (0.11 ± 0.06) mg/L, respectively, but the TN concentration in the experimental groups was still at the inferior grade V level. (3) In field projects, a water hyacinth with giant purple roots had a significant effect only on the removal of TP, and the TP concentration was 0.13 to 0.31 mg/L and 0.15 to 1.31 mg/L, respectively, inside and outside of the engineering site during the test period. (4) In consideration of transportation, labor, and other cost factors, it is suggested that the residence time of water hyacinths with giant purple roots in the water be less than one month.

Key words: water hyacinth with giant purple roots; removal of nitrogen and phosphorous; chlorophyll a; water purification

基金项目:国家水体污染控制与治理科技重大专项(2008ZX07101-007)
作者简介:段金程(1986—),男,硕士研究生,研究方向为水体污染控制与生态修复。E-mail:duanjincheng1986@163.com
通信作者:张毅敏,研究员。E-mail: zhangymzym@163.com

国内外近几十年的研究发现,湿/水生植物具有实现污染水体的原位修复、净化效果佳、造价低、景观和生态效益好等优点,因此吸引了大量专家学者的关注^[1-6]。其中,凤眼莲(*Eichhornia crassipes*,俗称水葫芦)是研究较早的水生植物^[7-9]。水葫芦是生长最快的水生植物之一,这一特性造就了它超强的水质净化本领,但同时也带来了生态灾难。

为保留水葫芦超强的净化能力并克服水葫芦因疯长而造成的危害,云南省生态农业研究所运用基因表型诱导控制技术(GPIT)对普通水葫芦进行诱导,培育出了1种巨紫根水葫芦,该水葫芦柄叶短小根系发达,根长最长可达150 cm,并研究了其分泌的化感物质的抑藻作用^[10]。笔者对这种水葫芦进行实验室中试实验和野外现场工程研究,探讨其在不同污染程度水体中的水质净化效果。

1 试验材料与方法

1.1 供试植物、水箱及试验用水

选用植物为云南省生态农业研究所培育的巨紫根水葫芦;实验室中试水箱尺寸为70 cm×50 cm×40 cm、容积为120 L。

试验用水采用常州大学科教城内湖水和自来水(提前3 d进行露天曝晒除氯)以1:1的比例配置后,以劣V类湖水、漏湖入湖河流(扁担河和夏溪河)河水、漕桥河支流庙尖浜污染严重月份(2010—2011年)的水质浓度为标准(参考数据来源于实验人员长达2~3 a的不间断监测)分别加入一定量的葡萄糖、磷酸二氢钾、硝酸钾、氯化铵等配制成低、中、高3种不同营养盐浓度的试验用水(加入葡萄糖仅是提供碳源,COD_{Mn}并不作为研究指标),水质指标数据如表1所示。

表1 不同浓度水样中的水质指标 mg/L

水样	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})$	$\rho(\text{TP})$	$\rho(\text{TN})$	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$
低浓度	13.00	0.21	4.37	1.45
中浓度	13.00	0.65	6.05	2.61
高浓度	13.00	1.85	12.12	4.58

1.2 试验方法

将选用植物放在装有新鲜湖水(常州科教城内湖)的水箱中,在室外自然条件下进行培养驯化7 d后备用。

试验开始时,取已清洗晾干、编号的水箱,并按编号向水箱中加入80 L(水深35 cm)配好的试验用水;挑选生长状况良好、大小相近的巨紫根水葫芦,经蒸馏水清洗干净后(未伤其叶子和根系)用滤纸吸干水分并称取800 g(4棵),分别放置于已加好试验用水的对应水箱中,每种浓度设3个平行试验和

不放植物的空白对照。所有试验水箱均放在室外光照良好的地方,避免雨淋,如图1所示。



图1 试验装置图

试验时间为2011年7月23—8月10日,共21 d,每3 d采样1次,取样量为500 mL,气温在28.0~32.5℃,适合植物生长。水箱中蒸发的水每天用蒸馏水及时补充。

1.3 野外现场工程

由无锡智者水生态环境修复工程有限公司在现场工程区漏湖上游湖湾处投放1.8 hm²左右巨紫根水葫芦,采样点分别布置在试验区內和拦网外,采样频率为15 d一次,采样时间为2011年8月15日—11月30日。



图2 野外现场工程图

1.4 测定指标和数据处理

测定指标:TN、NH₃-N和TP,Chl-a。测试方法:TN采用过硫酸钾氧化-紫外分光光度法、NH₃-N浓度采用纳氏试剂比色法、TP浓度采用钼锑抗比色法、Chl-a浓度采用丙酮提取法测定等。

对于所有试验数据采用t检验进行组内数据差异显著性检验,并将差异显著的数据剔除,之后用Origin进行作图。

2 结果与分析

2.1 植物生长情况分析

根据文献[10],经过基因诱导后的巨紫根水葫芦柄叶生长慢,根较长,所以只对其进行试验前、后的株高、根长测量和整体称重。试验后的水样测定用3层湿纱布过滤,通过减量法确定水葫芦根脱落重量,试验前水样也经过3层湿纱布过滤后没有大

表 2 试验前后植物生长状况

水样	株高/cm		根长/cm		分蘖数/个	植物增加 鲜质量/g	试验后根系 脱落质量/g	根系脱落量与 植物增加量之比
	试验前	试验后	试验前	试验后				
低浓度	20±2	21±1	25±3	28±2	0	-20.0±2.7	21.6±3.2	-1.08
中浓度	20±2	23±1	25±1	33±1	0	40.0±5.1	15.2±5.7	0.38
高浓度	20±1	25±2	25±2	38±2	2	70.0±3.2	13.6±2.1	0.19

颗粒悬浮物质,记为 0.0 g;分蘖数指 3 个平行样中共计 16 棵水葫芦中的分蘖总数。具体结果如表 2。

由表 2 可知,巨紫根水葫芦在高浓度水样中生长最快,中浓度水样中次之,低浓度水样中最慢,并且根系部分生长速度均明显快于茎叶部分。这也验证了巨紫根水葫芦不会疯长,在污染控制和水体修复中不会造成河道的堵塞和湖面被大面积覆盖,但较多的巨紫根水葫芦根系脱落是个比较严重的问题,会直接影响水体的透明度和植物对水体的整体净化效果。

2.2 实验室水质净化效果与分析

2.2.1 对 TN 的去除效果与分析

从图 3(a)中可知,在试验的前 9 d, 试验组低浓度水样中,TN 质量浓度迅速下降,最低下降至(2.29±0.34) mg/L,之后开始升高,第 15 天后出现了高于空白对照组低浓度水样中 TN 质量浓度的情况;试验组中浓度水样中,在试验的前 9 d,TN 质量浓度迅速下降,之后下降趋势缓慢,第 12 天时降至最低值(4.06±0.01) mg/L,之后开始上升,并在第 15 天后也出现了 TN 质量浓度高于对应空白对照组中浓度水样的状况;试验组高浓度水样中,TN 质量浓度则在实验的前 12 d 迅速下降,在第 12 天时降至(9.03±0.37) mg/L,之后开始升高,最终 TN 质量浓度虽低于空白对照组中、高浓度水样,但中间出现了很长时间较明显的增长趋势,甚至也出现了超过空白对照组高浓度水样中 TN 质量浓度的情况。

此外,根据图中 TN 质量浓度的下降趋势可以很明显地判断出:巨紫根水葫芦对低浓度含氮污水

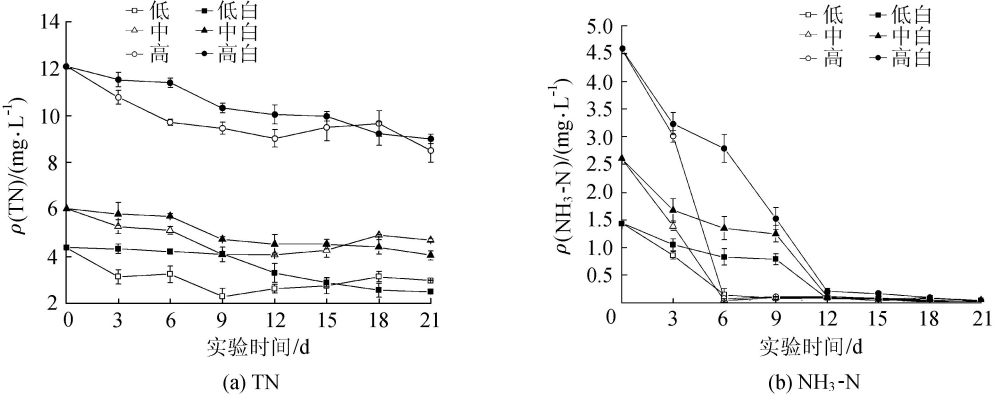
净化效果最好,中、高浓度的含氮污水净化效果相对较低,但试验结束后 3 组不同浓度污水的水质仍为劣 V 类。

对于试验组低、中、高浓度样本中的 TN 质量浓度明显高于空白对照组中的情况,应与巨紫根水葫芦本身的特性有关:其根系代谢快,其增长速度明显高于茎叶部分,但是强度不够,死根、老根容易脱落而被微生物分解(实验反驳了有关资料显示的巨紫根水葫芦根系可长达 1 a 不腐烂、不发臭的观点)。所以,巨紫根水葫芦在水中的停留时间最好控制在 15 d 左右,以确保有较高的去除率和防止长时间的停留造成根系的脱落、腐败而出现氮浓度升高,造成二次污染。

2.2.2 对 NH₃-N 的去除效果与分析

试验水体中 NH₃-N 的去除主要是通过根系微生物的硝化和反硝化作用、植物根系的吸收^[11]; NH₃-N 的浓度增加则主要是微生物对脱落根系的分解作用。

对图 3(b)分析可知,试验组低、中、高浓度样本中从试验开始到第 6 天,NH₃-N 质量浓度均迅速下降,并分别降至(0.15±0.11) mg/L、(0.05±0.00) mg/L 和(0.08±0.01) mg/L,之后缓慢的下降(低浓度水样)或上升(中、高浓度水样),由于在第 9 天后气温相对较高(32℃左右)使水体中的 NH₃-N 挥发较快造成空白对照组中的 NH₃-N 质量浓度也迅速降低,最终试验组和空白对照组中的 NH₃-N 质量浓度相差无几。



注:低、中、高分别代表试验组中低浓度样、中浓度样、高浓度样;低白、中白、高白分别代表空白对照组中低浓度样、中浓度样、高浓度样。下同。

图 3 不同水样中 TN、NH₃-N 质量浓度的变化

通过对试验组低、中、高浓度水样的对比分析可知,巨紫根水葫芦对污水中的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 具有较高的去除效果,6 d 左右即可使 3 种不同浓度污水中的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 质量浓度下降至 0.10 mg/L 以下,达到了 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中 I 类水质标准(仅指 $\text{NH}_3\text{-N}$ 项)。

2.2.3 对 TP 的去除效果与分析

试验组中不同浓度 TP 的变化趋势如图 4 所示。

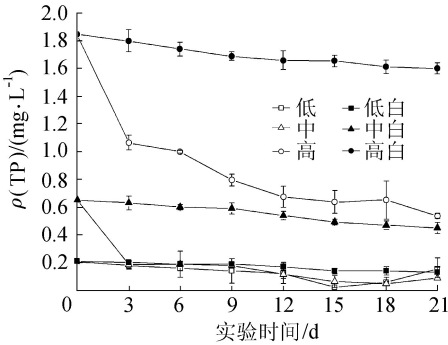


图 4 不同浓度水样中 TP 质量浓度的变化

由图 4 可知,试验组低浓度水样中,在巨根水葫芦的作用下 TP 质量浓度逐渐降低,在第 15 天时达到最低值(0.02±0.03) mg/L,之后开始上升,最终超过了空白对照组低浓度水样中 TP 的质量浓度;试验组中浓度水样中,TP 质量浓度在前 3 天迅速下降,达到(0.19±0.09) mg/L 后开始缓慢下降,在第 18 天时达到了最低值 90.05±0.04) mg/L,之后也开始出现缓慢增长,但最终仍低于空白对照组中浓度

水样中 TP 的质量浓度;试验组高浓度水样中,TP 质量浓度在前 3 天也迅速下降,当降至(1.06±0.05) mg/L 时开始缓慢下降,在第 21 天时降至实验周期内的最低值(0.54±0.02) mg/L。

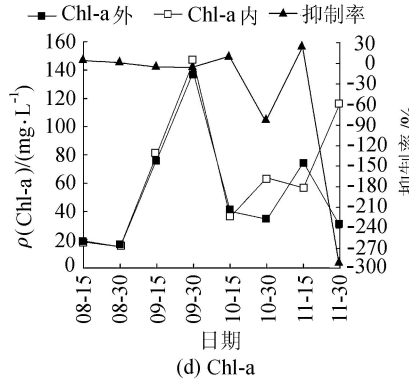
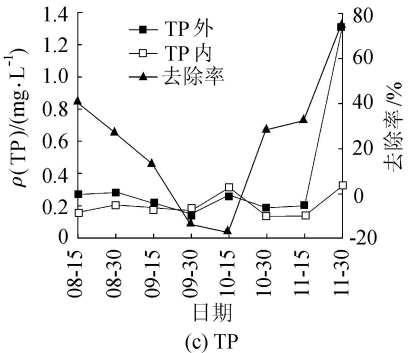
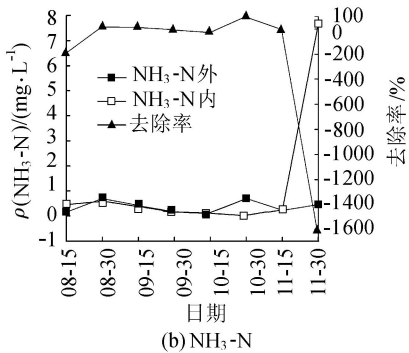
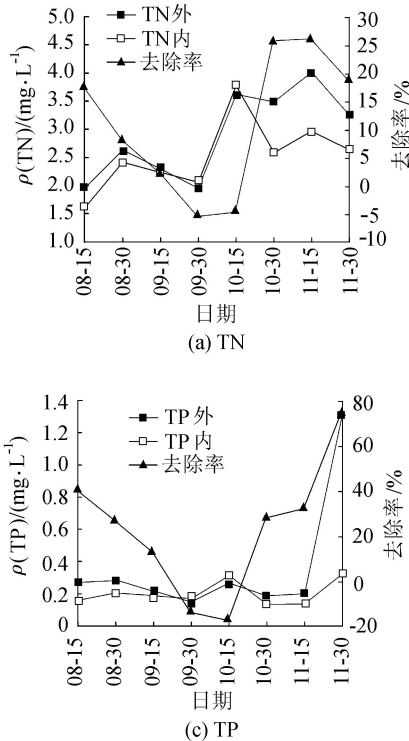
由此可以分析出,巨紫根水葫芦对不同浓度的含磷水体均具有较高的净化效果,并且 TP 质量浓度在 0.65 mg/L 以下时经过 18 d 左右即可达到 0.05 mg/L,达到 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中 II 类水质标准。不过,由于巨紫根水葫芦在水体中停留时间过长,在试验结束时水中 TP 质量浓度分别为(0.16±0.08) mg/L(低浓度组)和(0.11±0.06) mg/L(中浓度组),使水质下降了 1 个等级。

因此,巨紫根水葫芦在水体中($\rho(\text{TP}) = 0.65$ mg/L 左右)的停留时间控制在 18 d 左右为佳,以防止根系脱落、腐败造成二次污染,对其在高浓度含磷水体中的生长时间可以适当延长。

2.3 野外现场工程中水质净化效果与分析

一般而言,受气温、风力、降水、水体扰动等因素,实际工程的巨紫根水葫芦种植试验和实验室试验往往有很大差别,为了研究巨紫根水葫芦在真实水体中的实际效果,特对野外现场工程的监测数据进行分析。

从图 5(a)中可知,巨紫根水葫芦在水体中投放一段时间后,水体中的 TN 质量浓度开始下降,从去除率中也可以看出,刚投放初期对 TN 去除率较高



注:内、外分别代表试验区内和试验区外

图 5 野外现场工程试验区 TN、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP、Chl-a 的质量浓度变化及去除率

(20%左右),之后开始下降,甚至在9月15日至10月15日间出现了试验区内高于区外的情况,并持续到10月15日,随后则一直处于一个较高的去除率,最高为26.25%。这应与气候、水文条件和植物本身有关,8—9月南方气温相对较高,适合植物生长,巨紫根水葫芦投放后出现了TN短暂的高去除率,之后因为植物老根的脱落、腐败以及风浪的扰动使水体中的TN浓度在一段时间出现试验区内高于试验区外的情况,最后阶段虽然水体中TN浓度升高,但由于植物本身生长的需要,试验区内水体中的TN浓度又开始低于试验区外。整体来说,试验区内的TN浓度控制在1.61~3.78 mg/L,和试验区外的1.95~4.02 mg/L相差不多,对水体中TN浓度的控制效果不是很明显。

对图5(b)分析可知,在巨紫根水葫芦投放后,试验区内的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度高于试验区外(8月15日试验区内 $\rho(\text{NH}_3\text{-N}) = 0.45 \text{ mg/L}$,试验区外为0.15 mg/L),之后波动变化,大小关系不断改变,正负去除率交替出现,最高为97.52%(试验区外 $\rho(\text{NH}_3\text{-N}) = 0.70 \text{ mg/L}$,试验区内仅为0.02 mg/L),但之后试验区内 $\text{NH}_3\text{-N}$ 质量浓度一直高于区外(在11月30日试验区外 $\rho(\text{NH}_3\text{-N}) = 0.45 \text{ mg/L}$,试验区内则高达7.64 mg/L,是试验区外 $\text{NH}_3\text{-N}$ 质量浓度的17倍)。对于刚投放后巨紫根水葫芦后出现试验区内水体 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度高于试验区外的情况,研究人员认为应是在运输过程中死亡根系在高温天气中急速腐败分解,并且植物根系本身容易吸附一些物质,高温也促使其分解,最后在投入水体后因外源 $\text{NH}_3\text{-N}$ 质量浓度的添加造成了短时间内试验区内 $\text{NH}_3\text{-N}$ 质量浓度高于区外的情况。之后波动变化的原因和对图5(a)的分析相同,对于最后11月30日出现的试验区内远高于区外的质量浓度变化情况,其原因应该为随着季节的变化气温下降,巨紫根水葫芦开始大量枯萎、死亡,而死后的植株又被水体中的微生物分解而释放出大量的氨氮物质。

由图5(c)可知,试验区内部和外部水体中TP浓度的变化趋势和相对应的时间与TN的浓度变化的基本一致,但对TP的去除效果非常明显,最高可达75.29%(11月30日试验区外 $\rho(\text{TP}) = 1.31 \text{ mg/L}$,试验区内 $\rho(\text{TP}) = 0.32 \text{ mg/L}$),并且试验区内TP质量浓度控制在0.13~0.32 mg/L内,远低于试验区外0.15~1.31 mg/L的水平。

对于藻类抑制效果,从图5(d)中可知,8月15日至10月15日试验区内叶绿素a浓度和外部相差不多,没有表现出很明显的抑制效果;10月15日之后,总体上则是试验区内叶绿素a浓度高于试验区

外的现象。此外,由分析可知,藻类抑制率整体较低,最高只有24.05%,后期由于植物的死亡、分解甚至促进了藻类的生长(11月30日试验区外 $\rho(\text{Chl-a}) = 29.68 \text{ mg/m}^3$,试验区内 $\rho(\text{Chl-a}) = 116.27 \text{ mg/m}^3$),但整体上试验区内外的Chl-a的质量浓度相差不多(试验区内: $\rho(\text{Chl-a}) = 15.09 \sim 146.30 \text{ mg/m}^3$,试验区外: $\rho(\text{Chl-a}) = 15.19 \sim 138.52 \text{ mg/m}^3$)。

由此可知,整体上巨紫根水葫芦在富营养化水体中除氮和抑藻的效果一般,并且1a中可用于水体净化的时间不长,故建议其在富营养化水体应用时要控制好时间和面积,且避免单独应用。

3 结 语

a. 巨紫根水葫芦根部生长速度明显高于茎叶部分,分蘖速度慢,不会疯长,但有比较严重的根系脱落问题,不利于水体中氮磷物质的真正去除。

b. 实验室中试中,巨紫根水葫芦对不同浓度的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 污水净化效果均较好,并在其生长6d左右即可使 $\text{NH}_3\text{-N}$ 质量浓度降至0.10 mg/L以下;对磷的去除效果也较好,中、低浓度试验组在实验结束时分别为 $\rho(\text{NH}_3\text{-N}) = (0.16 \pm 0.08) \text{ mg/L}$ 和 $(0.11 \pm 0.06) \text{ mg/L}$ 。

c. 野外现场工程的数据显示,巨紫根水葫芦对水体中的TN、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和蓝藻的去除效果较小;对TP控制效果明显,试验期内试验区内、外的TP质量浓度分别为0.13~0.31 mg/L和0.15~1.31 mg/L。

d. 巨紫根水葫芦在静态水体或低浓度动态水体中的最佳停留时间为15~18d,但考虑到运输、人工等成本,控制在1个月内为宜。此外,由于巨紫根水葫芦是很好的产沼气料、饲料、肥料和纤维板制作原料等^[12-14],如在应用时将这些因素考虑进去,不仅能实现控制和修复水体污染,弥补巨紫根水葫芦应用时间短的缺陷,也能实现巨紫根水葫芦的资源化利用,解决二次污染的问题。

参考文献:

- [1] 方云英,杨肖娥,常会庆,等. 利用水生植物原位修复污染水体[J]. 应用生态学报,2008,19(2):407-412. (FANG Yunying, YANG Xiaoe, CHANG Huiqing, et al. In-situ remediation of polluted water body by planting hydrophytes[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008,19(2):407-412. (in Chinese))
- [2] KONNERUPA D, KOOTTATEPB T, BRIXA H. Treatment of domestic wastewater in tropical, subsurface flow constructed wetlands planted with Canna and Heliconia[J]. Ecological Engineering, 2009,35(2):248-257.

[3] CUI Lihua, YING Ouyang, QIAN Lou, et al. Removal of nutrients from wastewater with *Canna Indica* L. under different vertical-flow constructed wetland conditions [J]. *Ecological Engineering*, 2010, 36(6) : 1083-1088.

[4] HU Guangji, MIN Zhou, HOU Haobo, et al. An ecological floating-bed made from dredged lake sludge for purification of eutrophic water [J]. *Ecological Engineering*, 2010, 36(10) : 1448-1458.

[5] GUSTAVO G, HENRY S, MONTEIRO A F C. Efficiency of aquatic macrophytes to treat Nile tilapia pond effluents [J]. *Sci Agric*, 2006, 63(5) : 433-438.

[6] 周晓红, 王国祥, 冯冰冰, 等. 3 种景观植物对城市河道污染水体的净化效果 [J]. *环境科学研究*, 2009, 22(1) : 108-113. (ZHOU Xiaohong, WANG Guoxiang, FENG Bingbing, et al. Purification effect of nitrogen and phosphorus in polluted water of urban rivers by three landscape plants [J]. *Research of Environmental Sciences*, 2009, 22(1) : 108-113. (in Chinese))

[7] GIRALDO E, GARZÓN A. The potential for water hyacinth to improve the quality of Bogota River water in the Muña Reservoir: comparison with the performance of waste stabilization ponds [J]. *Water Science and Technology*, 2002, 45(1) : 103-110.

[8] MATHIAS E, MICHAEL W H, EVANGELOU A S. Cyanide phytoremediation by water hyacinths (*Eichhornia crassipes*) [J]. *Chemosphere*, 2007, 66(5) : 816-823.

[9] 胡绵好, 袁菊红, 常会庆, 等. 凤眼莲-固定化氮循环细菌联合作用对富营养化水体原位修复的研究 [J]. *环境工程学报*, 2009, 3(12) : 2163-2169. (HU Mianhao, YUAN Juhong, CHANG Huiqing, et al. In situ remediation of eutrophic water bodies by the combination of water hyacinth and immobilized nitrogen cycle bacteria [J]. *Chinese Journal of Environmental Engineering*, 2009, 3(12) : 2163-2169. (in Chinese))

[10] 张宪中, 孙梅, 张维娜, 等. 2 种水葫芦-微生物系统水质净化效果的比较 [J]. *安徽农业科学*, 2011, 39(8) : 4645-4648. (ZHANG Xianzhong, SUN Mei, ZHANG Weina, et al. Comparison of the water purification effect of two kinds of water hyacinth-on microbial system [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2011, 39(8) : 4645-4648. (in Chinese))

[11] 李欲如, 陈娟. 浮床植物对不同污染程度水体中氮、磷的去除效果 [J]. *水资源保护*, 2011, 27(1) : 58-62. (LI Yuru, CHEN Juan. Removal effect of floating-bed plants on nitrogen and phosphorus in wastewater with different concentrations [J]. *Water Resources Protection*, 2011, 27(1) : 58-62. (in Chinese))

[12] 任东华, 高蓓蕾, 沈建康. 水葫芦在太湖流域的应用 [J]. *中国资源综合利用*, 2011, 29(7) : 59-61. (REN Donghua, GAO Beilei, SHEN Jiankang. The application of water hyacinth in taihu lake basin [J]. *China Resources Comprehensive Utilization*, 2011, 29(7) : 59-61. (in Chinese))

[13] 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) : 79-81. (JIANG Weijun, YAN Youping, LI Ping. Progress in resources utilization of eichharnia crassipes [J]. *Water Resources Protection*, 2010, 26(6) : 79-81. (in Chinese))

[14] 盛婧, 刘红江, 陈留根, 等. 农田施用水葫芦对水稻磷素吸收利用的影响 [J]. *应用与环境生物学报*, 2011, 17(6) : 803-808. (SHENG Jing, LIU Hongjiang, CHEN Liugen, et al. Effect of hyacinth mulching on uptake and utilization of phosphorus by rice plant (*Oryza sativa* L.) [J]. *Chinese Journal of Applied & Environmental Biology*, 2011, 17(6) : 803-808. (in Chinese))

(收稿日期: 2012-05-29 编辑: 高渭文)

+++++

(上接第 72 页)

[3] 秦钰慧, 凌波, 张晓健. 饮用水卫生与处理技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.

[4] 董秉直, 李伟英, 秦祖群, 等. 用超滤膜处理长江水 [J]. *膜科学与技术* 2005, 25(1) : 34-37. (DONG Bingzhi, LI Weiyong, QIN Zuqun, et al. Ultrafiltration of Yangtze River water [J]. *Membrane Science and Technology*, 2005, 25(1) : 34-37. (in Chinese))

[5] 王占生. 中国饮用水的水质问题 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.

(收稿日期: 2012-04-24 编辑: 高渭文)

+++++

• 简讯 •

《水稻控制灌溉理论与技术》获首届江苏省新闻出版政府奖提名奖

国家“十一五”重点出版规划项目、河海大学出版社重点图书《水稻控制灌溉理论与技术》获首届江苏省新闻出版政府奖提名奖。《水稻控制灌溉理论与技术》由河海大学彭世彰教授和徐俊增教授编著。水稻控制灌溉理论与技术作为我国促控栽培稻作理论又一新的代表成果, 是河海大学几代研究人员持续性试验研究提出的水稻节水灌溉特色成果, 汇集了作者及其团队 20 余年试验研究的精华, 是“在实践中诞生, 并经实践验证”的水稻节水灌溉理论。

(本刊编辑部供稿)