

萱草对农村养殖废水净化能力的研究

陈娟¹, 谌素娟¹, 李明银¹, 何云晓¹, 郭英¹, 李艳²

(1. 绵阳师范学院 城乡建设与规划学院, 四川 绵阳 610001; 2. 生态安全与保护四川省重点实验室, 四川 绵阳 610001)

摘要:以萱草为试材,通过水培试验,研究了萱草对农村养殖废水的净化能力及其在高、低浓度污水中的生长和生理适应性,以期为农村污水治理提供数据支持。结果表明:萱草能显著降低养殖废水的生物需氧量(BOD)和化学耗氧量(COD)、氨氮、总氮和总磷含量;不同浓度的污水处理对萱草生长和生理过程的影响不同;2种污水处理下,与CK相比,萱草叶片类胡萝卜素含量、叶绿素a含量和总叶绿素含量均无显著差异,但高浓度污水处理降低了萱草叶片叶绿素b含量;在高浓度养殖废水处理下,虽然萱草叶片超氧化物歧化酶(SOD)活性略有增强,但丙二醛(MDA)含量仍呈显著上升,表明萱草在高浓度养殖废水胁迫下受到了明显的过氧化胁迫和膜伤害;高浓度污水显著降低了萱草根活力,而低浓度养殖废水处理下,萱草表现出比CK更高的根系活力;低浓度养殖废水中的氮、磷养分促进了萱草的生长,但高浓度养殖废水则抑制了萱草的生长和生物量积累;因而萱草可用于一定浓度范围的养殖废水净化,但不适宜高浓度的原水的处理,在实际应用时可结合养殖废水的物理前处理技术,作为人工湿地的备选植物应用。

关键词:萱草;养殖废水;净化能力;生长;生理响应

中图分类号:S 682.1⁺9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)06-0066-04

近年来,随着我国经济的快速发展,人民生活水平的逐步提高,农村畜禽养殖业也得到飞速发展,由此产生的养殖废水对环境的污染也日益严重。养殖废水属于高浓度有机废水,处理难度大、处理费用高,很多养殖场废水未经处理直接排入周边水体,已成为目前水体的主要面源污染源之一^[1-2]。

植物修复污染水体具有净化效果良好,能耗低、经济效益高、操作方便,对环境的不良影响较小等特点,其应用日益广泛,可应用于城镇生活污水、畜牧业、食品业污水等的净化处理。以往的研究主要侧重于净化效果,较少兼顾经济和生态效益^[3-4]。近年来,有学者开始对污染水体进行无土栽培陆生经济植物净化与利用研究^[5-6]。从物种繁多的观赏花卉和经济植物中筛选出对养殖废水具有净化能力的植物,将为农村环境污染的治理开辟新的途径。

萱草(*Hemerocallis citrina* Baroni)属百合科萱草属多年生草本植物,其根系发达,花型美丽,开花期长,应用广泛,可用于园林绿化或坡地的水土保持。萱草营养

价值高,具有止血、消炎、消除自由基与抗衰老功能,具有较高的经济价值。萱草植株对气候和土壤的适应性都很强,在我国的湖南、浙江、江苏、四川等省均有大面积种植^[7-8]。迄今为止,萱草对农村养殖废水净化能力的研究尚鲜见报道。现通过水培试验,研究了萱草对农村养殖废水的净化能力及其在高、低浓度污水中的生长和生理适应性,以期为农村污水治理提供试验数据支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以萱草幼苗为供试材料。

1.2 试验方法

试验在绵阳师范学院城乡建设与规划学院苗圃基地进行。选取生长一致的萱草幼苗分别栽入5L的水桶中,载体为聚苯乙烯塑料,其上打孔用于插苗。水桶中装入清水使萱草适应水培环境1周后,再移入不同浓度的养殖废水进行试验。养殖废水取自绵阳丰谷沙川养殖场,按照1:3和1:5的比例分别配制高浓度养殖废水(HW)、低浓度养殖废水(LW)2个浓度处理,作为萱草的生长基质;以Hoagland营养液水培植株为对照(CK)。每个处理6次重复。在水培期间,每天定时通气10 min。

1.3 项目测定

待植物水培生长2周后,将植株取出,取相同部位的叶片测定叶绿素含量,超氧化物歧化酶(SOD)活性^[9]和丙二醛(MDA)含量^[10];取细根测定根系活力^[11]。并

第一作者简介:陈娟(1975-),女,湖南衡阳人,硕士,讲师,研究方向为植物生态学。E-mail: cj041699@126.com.

责任作者:李艳(1981-),女,四川乐山人,博士,副教授,研究方向为植物生态学。E-mail: leeleehi@163.com.

基金项目:生态与环境技术四川省高校重点实验室开放基金资助项目(ZDS1005);四川省教育厅资助项目(10ZB047)。

收稿日期:2013-11-11

分别收获植株地上部和地下部的生物量,放入恒温干燥箱 105℃杀青后,在 80℃干燥 72 h 至恒重时,测定干重。按照国家环境保护总局颁布的水和废水监测分析方法分析未栽植的养殖废水和栽植了萱草的废水中的化学耗氧量(COD)、生物需氧量(BOD)、氨氮(NH₃-N)、总磷(TP)、总氮(TN)^[12]。

1.4 数据分析

试验数据均采用 SPSS 16.0 软件进行分析,并用 Duncan's进行单因素方差分析($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 萱草对不同浓度养殖废水处理的生长和生理响应

从表 1 可以看出,在高浓度养殖废水(HW)处理下,

表 1 萱草在不同浓度养殖废水处理下的生物量和叶绿素含量比较

Table 1 Comparison of biomass accumulation and leaf chlorophyll content of *Heimerocallis citrina* Baroni under different concentration aquaculture wastewater treatment

处理 Treatment	地上生物量干重 Aboveground biomass /g (DW) · 株 ⁻¹	地下生物量干重 Underground biomass /g (DW) · 株 ⁻¹	总生物量 Total biomass /g (DW) · 株 ⁻¹	叶绿素 a 含量 Chlorophyll a content /mg · g ⁻¹ (FW)	叶绿素 b 含量 Chlorophyll b content /mg · g ⁻¹ (FW)	类胡萝卜素含量 Carotenoids content /mg · g ⁻¹ (FW)	总叶绿素含量 Chlorophyll content/mg · g ⁻¹ (FW)
对照 Control(CK)	1.55±0.05b	3.37±0.32a	4.92±0.31b	1.70±0.07a	0.92±0.06ab	0.11±0.00a	2.62±0.07a
高浓度养殖废水 High concentration aquaculture wastewater(HW)	1.21±0.02c	2.73±0.05b	3.94±0.06c	1.82±0.04a	0.71±0.04b	0.11±0.01a	2.53±0.06a
低浓度养殖废水 Low concentration aquaculture wastewater(LW)	2.84±0.07a	5.29±0.32a	8.12±0.34a	1.85±0.06a	0.94±0.07a	0.11±0.00a	2.79±0.12a

注:表中数据为平均值±标准误,n=3。各处理中不同的字母表示有显著性差异($P<0.05$)。下同。
Note: The values are the means±SE, n=3. The different letters in all treatments indicate significant difference between treatments ($P<0.05$). The same below.

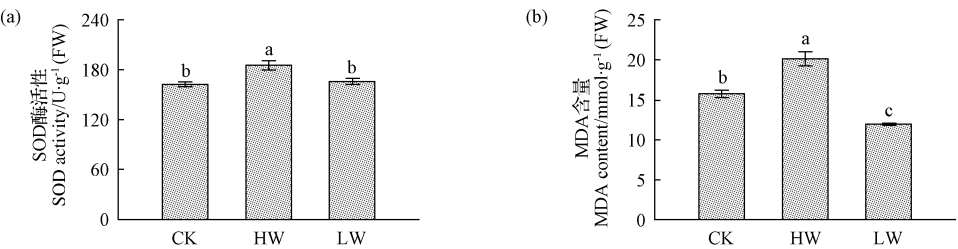


图 1 萱草在不同浓度养殖废水处理下的超氧化物歧化酶活性和丙二醛含量比较

Fig. 1 Comparison of SOD activity, and MDA content of *Hemerocallis citrina* Baroni under different aquaculture wastewater treatment

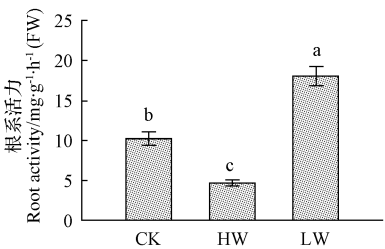


图 2 萱草在不同浓度养殖废水处理下的根系活力比较

Fig. 2 Comparison of root activity of *Hemerocallis citrina* Baroni under different aquaculture wastewater treatment

萱草的地上和地下生物量干重最低。由图 1 可知,由图 1 可知,与 CK 相比,低浓度养殖废水(LW)处理明显促进了植株的生长。研究显示,HW 处理下萱草叶片叶绿素 b 含量较 CK 有明显下降,但不同浓度养殖废水处理下萱草叶片类胡萝卜素含量、叶绿素 a 含量和总叶绿素含量均无显著差异。由图 1 可知,与 CK 相比,HW 处理下萱草叶片 SOD 活性显著上升,而 LW 处理其活性与 CK 无显著差异。丙二醛含量在 HW 处理下最高,而在 LW 处理下比 CK 略有降低。在 HW 处理下萱草根系活力显著降低,而在 LW 处理下其根系活力要显著高于 CK(图 2)。

2.2 萱草对不同浓度养殖废水的净化能力

从表 2 可以看出,萱草能显著降低养殖废水的生物需氧量(BOD)、化学耗氧量(COD)、氨氮、总氮和总磷含量。与未栽植的养殖废水 CK 相比,有萱草栽植的高浓度养殖废水中的 BOD 降低了 71.0%,COD 降低了 27.5%,氨氮降低了 27.6%;与 CK 相比,有萱草栽植的低浓度养殖废水中的 BOD 降低了 77.6%,COD 降低了 36.6%,氨氮降低了 48.1%。萱草在低浓度养殖废水处理下去除 COD 和氨氮的能力更强。高浓度养殖废水的总氮去除率为 37.1%,总磷的去除率 47.3%;低浓度养殖废水中总氮的去除率为 42.6%,总磷的去除率为 34.5%。

表 2 萱草对农村养殖废水氨态、总氮、总磷、生物需氧量(BOD)和化学耗氧量(COD)的净化能力比较

Table 2 Comparison of capacity of *Hemerocallis citrina* Baroni in purifying BOD, COD, $\text{NH}_3\text{-N}$, total N and total P of rural aquaculture wastewater

	氨氮 Ammonia nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$)/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	总氮 Total nitrogen content (TN)/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	总磷 Total phosphorus content (TP)/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	化学耗氧量 Chemical oxygen demand (COD)/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	生物需氧量 Biochemical oxygen demand (BOD)/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
HW+萱草 HW+ <i>Hemerocallis citrina</i>	181.33±4.91b	97.85±5.71b	4.38±0.35b	333.31±11.72c	96.07±0.97c
LW+萱草 LW+ <i>Hemerocallis citrina</i>	97.33±4.91c	61.32±1.02c	2.32±0.28d	241.92±12.32d	48.70±0.66d
HW	250.33±1.20a	155.68±5.28a	8.31±0.23a	459.65±8.06a	331.73±3.01a
LW	187.67±1.59b	106.86±6.32b	3.54±0.22c	381.70±7.11b	217.20±1.25b
HW 去除率 Removal rate/%	27.6	37.1	47.3	27.5	71.0
LW 去除率 Removal rate/%	48.1	42.6	34.5	36.6	77.6

注:HW+萱草;栽植有植物的高浓度养殖废水;LW+萱草;栽植有植物的低浓度养殖废水。

Note:HW+plant;high concentration aquaculture wastewater with daylily;LW+plant;low concentration aquaculture wastewater with daylily.

3 讨论

3.1 萱草对养殖废水胁迫的生长及生理响应

研究显示萱草对养殖废水胁迫产生了一定的生长及生理响应。低浓度养殖废水促进了萱草的生长和生物量的积累,与CK相比,其内在生理指标如叶绿素含量、抗氧化酶(如SOD)活性未受到明显影响,丙二醛含量下降,而根系活力则有显著的升高。可见,萱草对养殖废水处理有一定的胁迫响应机制,通过维持叶片的光合能力、抗氧化酶系统和提高根系的活力来适应和耐受养殖废水胁迫环境。因而低浓度养殖废水对萱草未有明显的伤害作用,反而一定程度上促进了萱草植株的生长,这可能与低浓度养殖废水中适宜的氮、磷养分和萱草植株根系活力的增加有关。而高浓度养殖废水处理下,萱草的生长和生物量积累明显下降,叶绿素b含量和根系活力下降,而丙二醛含量上升,说明萱草植株在高浓度养殖废水处理下生长及生理过程如光合能力、抗氧化和根的吸收过程均受到了抑制。植物在受到逆境胁迫时,会产生一些生理上的响应,可表征其对逆境的耐受性。植物体内叶绿素的变化既可表征植物光合作用的强弱,也可反映植物在逆境胁迫下组织、器官的衰老状况。鲁敏等^[13]研究表明芦苇叶绿素含量的变化与养殖废水胁迫呈正相关。该研究也表明,萱草在高浓度养殖废水处理下其叶片叶绿素b含量较CK有明显下降,说明高浓度养殖废水显著影响到了叶绿素的光合吸收和传递功能。丙二醛(MDA)的产生和积累会加剧对细胞的毒害^[14],它可与细胞膜上的蛋白质、酶等结合、交联使之失活,损坏生物膜的结构与功能,影响细胞的物质代谢。研究显示,高浓度养殖废水处理下,萱草的MDA含量显著升高,说明萱草植株受到了明显的氧化胁迫和膜伤害。SOD是歧化和清除植物体内过量超氧阴离子自由基及其它活性氧物质的屏障,对植物逆境胁迫下的抗氧化保护起着重要的作用。高浓度养殖废水下萱草叶片SOD活性较CK略有上升,而低浓度养殖废水处理其活性无明显变化,说明萱草在高浓度养殖废水中生长时,体内的活性氧物质等的积累刺激了SOD活性的升高,

这可能是萱草遭到胁迫时的耐受响应。植物根系是水分和矿质营养的主要吸收器官,也是多种物质合成的场所。在高浓度养殖废水处理下萱草根系活力明显降低,而在低浓度养殖废水处理下其根系活力要显著高于对照植株。说明低浓度养殖废水刺激了根系的活性和生长,这可能与低浓度养殖废水中较高的氮、磷含量有关。一定程度的氮、磷养分水平有可能促进了植物根系对其的吸收,使植物根系活力较CK有升高。但过高的氮、磷水平则对根系的生长和活性有毒害作用。

3.2 萱草对养殖废水的净化能力

近年来利用水生或湿生经济植物净化废水的研究得到了重视。戴全裕等^[6]利用废水水培了丝瓜、水芹菜、水蕹菜、西洋菜和萱草等多种经济植物,并在1.344 hm²氧化塘水面上建立了以水培经济植物为主的废水净化与资源化生态工程体系。柳骅等^[15]报道了千屈菜对富营养化水体中磷的去除作用,结果表明,生长30 d后,千屈菜对水体中总磷的去除率达到98.35%,与对照凤眼莲相当。高冲^[16]报道薹苳对富营养化水的净化效果,结果表明薹苳对水体中总氮的去除率可达到84.59%,对氨氮可以达到89.46%,对总磷、可溶性磷的去除率分别为66.37%和51.09%,对COD的去除率为37.54%。刘霄等^[17]的人工湿地模拟试验表明,香蒲和梭鱼草2种湿地植物均能在富营养化的水体中正常生长,梭鱼草具有较高的氮、磷积累量。该研究表明,萱草能显著降低养殖废水的BOD、COD、氨氮、总氮和总磷含量。萱草在低浓度养殖废水处理下,其去除COD的能力更强,而在高浓度养殖废水中去除氨氮的效果更好。2种浓度处理下,萱草均显示出良好的净化污水的能力,说明萱草可作为人工湿地的备选植物,用于农村生活污水的处理。但是通过生长和生理指标的观测显示,萱草在高浓度养殖废水下生长和内在生理过程受到了一定程度的抑制,但低浓度养殖废水则显示出一定的促进生长的作用,因而,萱草在人工湿地应用时,应结合污水的物理前处理技术,如过滤、沉降、氧化塘等使用,以更好地发挥萱草净化污水的作用。兼具美学和经济价值的萱草作为净

化养殖废水的植物,将为今后养殖废水及其它污水的净化提供理论依据,也为农村环境污染的治理提供参考。

参考文献

- [1] 杨国义,陈俊坚,何嘉文,等. 广东省畜禽粪便污染及综合防治对策[J]. 土壤肥料,2005(2):46.
- [2] 李远. 我国规模化畜禽养殖业存在的环境问题与防治对策[J]. 上海环境科学,2002,21(1):597-599.
- [3] 丁树荣. 高产水生维管束植物在城镇污水资源中的作用及其发展前景[J]. 中国环境科学,1984,4(2):10-15.
- [4] 靖元孝,陈兆平,杨丹菁,等. 风车草对生活污水的净化效果及其在人工湿地的应用[J]. 应用与环境生物学报,2002,8(6):614-617.
- [5] 程树培. 利用人工基质无土栽培水蕹菜净化缙丝废水研究[J]. 环境科学,1991,12(4):47-51.
- [6] 戴全裕,陈源高,魏云,等. 水培经济植物对酿酒废水净化与资源化生态工程研究[J]. 科学通报,1996,41(6):547-551.
- [7] 潘旸. 黄花草保鲜与保健功能的研究[D]. 杭州:浙江大学,2006.
- [8] 许国宁,张卫明,孙晓明,等. 黄花草的采后生理与保鲜技术研究进展[J]. 中国野生植物资源,2001,30(3):9-13.
- [9] 李合生. 植物生理生化试验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000:167-169.
- [10] 孔祥生,易现锋. 植物生理学实验技术[M]. 北京:中国农业出版社,2008:257-259.
- [11] 王韶唐. 植物生理学实验指导[M]. 西安:陕西科学技术出版社,1986:35-48.
- [12] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法[M]. 4版. 北京:中国环境科学出版社,2002.
- [13] 鲁敏,裴翡翠,宁静,等. 4种湿地植物受污水胁迫生理生化特性影响的相关性研究[J]. 山东建筑大学学报,2011,26(5):416-419.
- [14] 王宝山. 生物自由基与植物膜伤害[J]. 植物生理学通讯,1988(2):12-16.
- [15] 柳骅,夏宜平,邓云兰. 千屈菜对富营养化水体中磷的去除作用[J]. 园艺学报,2003(5):579-580.
- [16] 高冲. 薹苣对富营养化水体中氮磷的吸收去除效应及其影响因子研究[D]. 杭州:浙江大学,2008:48-49.
- [17] 刘霄,黄岁樑,唐婷芳子,等. 人工湿地植物生长特性及其对氮磷富集能力研究[J]. 水资源与水工程学报,2011,22(5):2-5.

Research on Purification Capacity of *Hemerocallis citrina* Baroni in Rural Aquaculture Wastewater

CHEN Juan¹, CHEN Su-juan¹, LI Ming-yin¹, HE Yun-xiao¹, GUO Ying¹, LI Yan²

(1. Department of Urban and Rural Planning and Construction, Mianyang Normal University, Mianyang, Sichuan 610001; 2. Ecological Security and Protection Key Laboratory of Sichuan Province, Mianyang, Sichuan 610001)

Abstract: Taking *Hemerocallis citrina* Baroni as material, by a hydro-cultural experiment, the purification capacity of *Hemerocallis citrina* Baroni in rural aquaculture wastewater and its growth and physiological adaptability to high and low concentration of waste water were studied. The results showed that *Hemerocallis citrina* Baroni significantly reduced the BOD, COD, NH₃-N, total-N and total-P content of wastewater compared with un-plant wastewater. Two concentration wastewater treatments differently affected the growth and physiological process of daylily. In two wastewater treatments, no difference in chlorophyll a content, carotenoid content and total chlorophyll content were observed, however, chlorophyll b content was decreased by high concentration wastewater treatment comparing with control plants. In high concentration wastewater treatment (HW), although leaf superoxide dismutase (SOD) activity slightly increased, but MDA content also significantly increased, indicating *Hemerocallis citrina* Baroni suffered obvious oxidant stress and membrane damage under HW treatment. On the other hand, the root activity significantly increased by low wastewater treatment (LW) and obviously decreased by HW treatment compared with control plant. In conclusion, HW treatment significantly inhibited the growth of *Hemerocallis citrina* Baroni, whereas the nitrogen and phosphorus in LW treatment could be beneficial to the growth and biomass accumulation of *Hemerocallis citrina* Baroni. Therefore, *Hemerocallis citrina* Baroni could purify aquaculture wastewater of some content. In practical application, *Hemerocallis citrina* Baroni could be considered as a selected plant in constructed wetland that combined with physical pre-treatment technology.

Key words: *Hemerocallis citrina* Baroni; aquaculture wastewater; purification capacity; growth; physiological response