

# 高羊茅在净化养鱼废水的适应性研究

邵志鹏, 苗香雯, 崔绍荣

(浙江大学农业生物环境工程研究所, 浙江 杭州 310029)

**摘要:**在温室中采用盆培、浮植和土培 3 种植方式, 观察研究了高羊茅在养鱼废水中的适应能力及净化效果。结果表明, 陆地草高羊茅 (*Festuca arundinacea* Schreb.) 在净化养鱼废水中, 表现氧自由基水平升高, 但与逆境有关的脯氨酸水平亦增加, 表明植株抗逆性上升。高羊茅在净化养鱼废水中生长的适应性由强至弱依次为盆培、浮植和土培。

**关键词:**高羊茅; 净化; 废水; 适应性

**中图分类号:**X835 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-0267(2002)05-0436-03

## Adaptability of Applying *Festuca Arundinacea* Schreb in Purification of Wastewater from Fish Pond

SHAO Zhi-peng, MIAO Xiang-wen, CUI Shao-rong

(Institute of Agricultural Bio-Environmental Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

**Abstract:** Our test concerning utilization of *Festuca arundinacea* Schreb in purification of wastewater from fish pond showed that increasing production rate of free radical and increasing content of praline related to the adversity in the plant tissue. It has been also found that in terms of the adaptability of the plant in the condition of adversity of the sewage from fish pond with an order from pot, float and soil cultivations.

**Keywords:** *Festuca arundinacea* Schreb; purification; wastewater; adaptability

随着高密度水产养殖业的快速发展, 大量的有机富营养化废水的处理越来越受到社会的关注。机械滤清固然有其净化快、效率高等优点, 但其能耗、水耗、投资和管理等方面存在的问题也不容忽视<sup>[7]</sup>, 植物特别是高等植物在处理污水方面有着广阔的前景<sup>[1-10]</sup>。陆地草高羊茅具有生长迅速、耐热、耐涝、抗寒和抗病等优点, 在亚热带和温带冬季低温地区, 是解决高等水生植物净化污水时不能有效运转难题的新途径<sup>[8]</sup>; 与大多数冷季型草坪草相比, 高羊茅更耐盐碱 (尤其在有浇灌的条件下)。高羊茅耐土壤潮湿, 也可忍受较长时间的水淹<sup>[9]</sup>。本试验采用 3 种植方式, 旨在探讨其生长的适应性, 为高羊茅净化有机富营养废水提供合理的净化模式及理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料与种植方式

供试的高羊茅品种为斗牛士 (*Matador Tall Fescue*)。3 种植方式: 土培 (土培草下铺设两层无纺布,

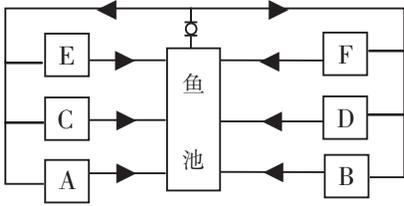
以防土壤被水冲掉)、盆培 (两层无纺布铺在长方平底的育苗盘上, 育苗盘下再铺两层无纺布, 用于养鱼废水的过滤, 保湿) 以及浮植 (两层无纺布铺在厚 1.0 cm 平整泡沫板上, 板上孔间距 5.0 cm, 孔中载有小的育苗钵, 钵中填满岩棉, 用于吸水)。播种采用人工撒播, 高羊茅播量为  $30 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ , 种子播种在盆培和浮植的无纺布上。鱼池长 1.88 m, 宽 1.52 m, 深 1.5 m, 池中水深 1 m。水槽长 7.0 m, 宽 0.59 m, 深 0.30 m, 坡度 1%。污水泵流量  $6 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , 工作时间每次 10 min。鱼池中罗非鱼 120 条。试验期间鱼池养鱼废水常规指标 (平均值) 为:  $\text{BOD}_5$   $3.68 \pm 1.65 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $\text{COD}_\text{Cr}$   $13.68 \pm 2.73 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 固体悬浮物  $7.54 \pm 3.29 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , pH  $7.25 \pm 0.2$ , 氨态氮  $0.63 \pm 0.38 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 亚硝态氮  $1.68 \pm 1.21 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。本试验在浙江大学农业生物环境工程研究所玻璃温室中进行 (图 1)。

各种处理的高羊茅在各自所处的环境条件下抽水频率一致, 生长周期已达一年, 在进行本试验后各种处理抽水频率则不一致, 而处理 E、F 本来均为浮植, 在试验前 8 d 将处理 F 中的水排干。

### 1.2 氧自由基的测定

收稿日期: 2001-10-16

作者简介: 邵志鹏 (1971—), 男, 湖北省浠水县人, 博士生, 主要从事植物环境工程研究。



(→水流方向; CK: 对照草, 露天种植; A: 抽水 1 次 · d<sup>-1</sup> 的土培草; B: 抽水 0.5 次 · d<sup>-1</sup> 的土培草; C: 抽水 24 次 · d<sup>-1</sup> 的盆培草; D: 抽水 2 次 · d<sup>-1</sup> 的盆培草; E: 抽水 24 次 · d<sup>-1</sup> 的浮植草; F: 抽水 2 次 · d<sup>-1</sup> 的无水浮植草)

图 1 鱼草共生循环系统流程图

Figure 1 Flow chart of symbiosis circulation system fish and grazing

采用王爱国等<sup>[2,5]</sup>的方法。

### 1.3 丙二醛的测定

参照赵世杰等<sup>[3]</sup>的方法。

### 1.4 脯氨酸的测定

参考张殿忠等<sup>[4]</sup>的方法。

### 1.5 蛋白质含量的测定

采用朱广廉等<sup>[5]</sup>的方法。

## 2 结果分析

### 2.1 种植方式对高羊茅植株中自由基的产生水平与丙二醛含量变化的比较

#### 2.1.1 土培

由图 2 可见,对照与两种处理的氧自由基呈峰形变化,均于第 24 d 达到最大值。试验初期,两种处理的氧自由基水平均极显著地高于对照,此外,除峰值时明显高于对照,其它各时期则与对照水平相接近。在丙二醛变化中,处理 B 与对照的变化相似,除在第 16 d 极显著低于对照,其它时期则与对照含量接近,且均于第 32 d 达到最大值,其值为  $6.01 \pm 0.30 \text{ nmol} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$ ,约为试验初期含量的 2 倍。处理 A 于

第 16 d 后变化平稳,且第 32 d 的含量极显著低于对照。上述结果说明,在土培中,虽然氧自由基在某些阶段明显高于对照,但丙二醛的含量却基本上低于对照。两种处理的氧自由基变化出现很大程度的相似,而丙二醛的含量除第 32 d 出现极显著差异,其它均相互接近。说明在土培中,高羊茅没有因抽水的次数增多而导致膜脂过氧化加剧,相反从整体上比较,水流次数增加,膜脂过氧化程度减弱。

#### 2.1.2 盆培

盆培中,两种处理的氧自由基水平除第 16 d 与对照接近,其它各时期均极显著高于对照,而对照在整个试验期间一直保持较低的水平。在丙二醛含量的变化中,对照与两种处理的含量均逐渐升高,于第 32 d 达到最大值。其中处理 C 在试验期间均低于对照,且在第 16 d 和 32 d 出现极显著差异,而处理 D 在第 24 d 前均高于对照,之后开始逐渐低于对照,并且处理 C 均低于处理 D。说明在盆培中,氧自由基的升高不一定就导致膜脂过氧化加剧,相反随着流水次数增多,高羊茅叶的细胞膜脂过氧化程度并未随之增强(图 2)。

#### 2.1.3 浮植

由图 2 可知,在浮植中,对照与两种处理的氧自由基水平在试验开始 16 d 前维持较低的水平,然后急剧上升。对照与处理 E 在第 24 d 出现一个最大值,而处理 F 则持续上升。处理 E、F 分别于第 16 d、24 d 前与对照的水平相接近,随后均极显著地高于对照。丙二醛含量的变化均呈峰形变化,试验开始时两种处理的丙二醛含量明显高于对照,随后与对照水平相接近。而两种处理的丙二醛含量呈现极为相似的变化,但在试验期间,处理 E 的丙二醛含量均低于处理 F。上述结果表明,在浮植中,两种处理的氧自由基在后期高于对照,但氧自由基升高并不导致膜脂氧化增

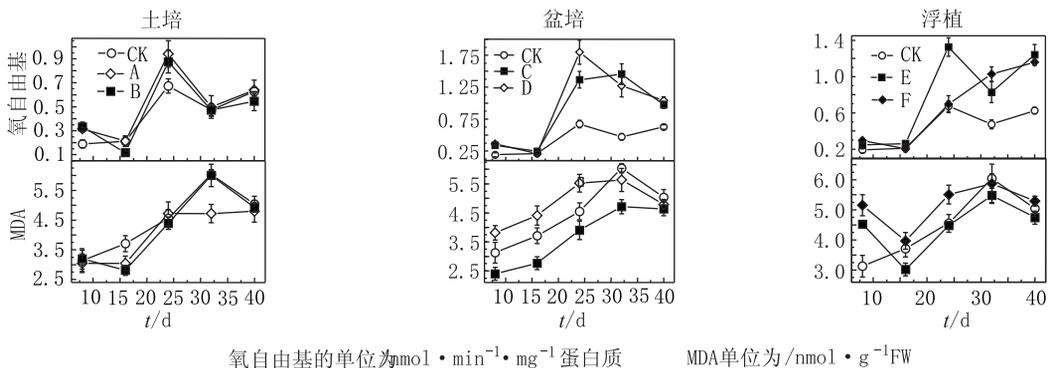


图 2 土培、盆培和浮植中自由基与丙二醛含量的变化

Figure 2 Changes of free radicals and MDA content in the mode of soil cultivation

强。流水的次数增多,细胞膜脂过氧化程度不会随之加剧。

## 2.2 三种种植方式中的自由基与丙二醛含量变化的比较

三种处理均可促进氧自由基的水平,尤其是第16 d后的处理C、E。而在三种处理中,A、E在第24 d与对照差异显著,随后三种处理相互间呈现极显著的差异。而在丙二醛的含量变化中,除试验开始时E处理的丙二醛含量明显高于对照,其它时期三种处理则大致上低于对照数值。处理C的丙二醛含量明显低于其它各处理和对照。说明无论在何种种植方式中,氧自由基的水平均升高,而膜脂过氧化却被抑制。

## 2.3 脯氨酸的含量变化

脯氨酸的变化规律可分为两大类,处理A、E变化剧烈,于第24 d出现最大值,而对照与处理B、C在试验期间保持相对较低的水平。其中对照在试验开始时含量最多,随后缓慢地下降,而其它处理基本上在第16 d后均高于对照的水平。上述结果说明,处理可促进高羊茅叶中的脯氨酸含量。而试验中处理A高于处理B则说明随着流水的次数增多,脯氨酸含量增加。

## 3 讨论

高羊茅是陆地性草,虽然具有广泛的适应性、耐旱和耐涝等优点,但它毕竟是陆地生草坪草,不适宜长期生长在多水的环境中。但如果经常间隙的有水流过,或者如无土栽培中的浅流水水培,植物根系能得到充足的氧气供给,只要其它的理化条件如水温、pH值、营养等能满足植物的生长需要,植物仍能良好地生长。通常在利用人工湿地净化有机废水时,一般选用水生植物,但陆生植物同样可以发挥重要作用<sup>[1]</sup>。

本试验中,高羊茅3种植方式一年四季均能正常生长,其中盆培高羊茅的相邻育苗盘底部根系结为一个整体,而浮植高羊茅的根系则完全布满泡沫板下部,大量根系穿透泡沫板。由于高羊茅是典型的陆生植物,在多水的逆境影响下,植株的氧自由基水平高于正常环境下生长的植株,但是植物的自生的防御系统,如对自由基清除具有积极意义的脯氨酸<sup>[6]</sup>表现出较高的水平。植株的MDA低于对照水平,这表明高羊

茅对多水的环境具有良好的抗逆性和适应性。

从有效净化有机废水的角度来考虑3种处理A、C和E条件下草的生长适应性,可以由图4得知。从丙二醛的含量能初步判断3种植方式草的生长适应性可能依次是盆培、土培和浮植,但是高羊茅土培方式每天循环至多一次,否则因水槽坡度影响导致土壤积水过多,使根系生长不良,严重时会发生根部腐烂,所以土培种植方式不能满足于高密度养鱼净化的需要。浮植高羊茅随时间延长会发生叶黄现象,但如果少量水后一、二个星期叶片会转绿,而盆培则一直保持正常生长状态,这可能与泡沫板下部植物根系长时间淹没于水中有关。总之,从高密度养鱼角度考虑,高羊茅净化养鱼废水的适应性大致依次为盆培、浮植和土培。

虽然各处理的氧自由基水平高低大致可为处理C> E> A,而脯氨酸水平则依次为处理E> C> A,可能其它的氧清除系统不一而导致三种处理的膜脂过氧化程度有别。然而,在间隙供水的环境条件下,活性氧清除系统有待进一步证实。

## 参考文献:

- [1] 彭清涛. 植物在环境污染治理中的应用[J]. 环境保护, 1998, (2): 24 - 27.
- [2] 王爱国, 罗广华. 植物的超氧化物自由基与羟胺反应的定量关系[J]. 植物生理学通讯, 1990, (6): 55 - 57.
- [3] 赵世杰, 许长成, 邹琦, 等. 植物组织中丙二醛测定方法的改进[J]. 植物生理学通讯, 1994, 30(3): 207 - 210.
- [4] 张殿忠, 汪沛洪, 赵会贤. 测定小麦叶片游离脯氨酸含量的方法[J]. 植物生理学通讯, 1990, (4): 62 - 65.
- [5] 朱广廉, 钟海文, 张爱琴. 植物生理学试验[M]. 北京: 北京大学出版社, 1990. 126 - 130.
- [6] 吴平, 陈昆松. 植物分子生理学进展[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2000. 211 - 212.
- [7] 文一波. 发展适合中国国情的城市污水处理技术[J]. 环境保护, 1999, (5): 26 - 27.
- [8] 戴全裕, 陈钊. 多花黑麦草对啤酒废水净化功能的研究[J]. 应用生态学报, 1993, 4(3): 334 - 337.
- [9] 韩烈保, 杨磊, 邓菊芬. 草坪草种及其品种[M]. 北京: 中国林业出版社, 1999. 90.
- [10] Suhas R Ghate, Gary J Burtle, George Vellidis, G Larry Newton. Effectiveness of grass strips to filter catfish (*Ictalurus punctatus*) pond effluent[J]. *Aquacultural Engineering*, 1997, (6): 149 - 159.