

DOI: 10.3876/j.issn.1000-1980.2011.06.010

废水胁迫条件下生态沟渠盘培 多花黑麦草的生长适应性

沈 燕,金斌斌

(浙江同济科技职业学院,浙江 杭州 311231)

摘要:针对浙江省杭嘉湖区域河道水体富营养化严重的问题,在水网平原水稻田进行生态沟渠降污试验.通过构建以盘培多花黑麦草为主要内容的生态沟渠,研究其在处理养猪场废水和生活污水条件下生长和生理指标响应,确定在不同条件下盘培多花黑麦草的逆境适应性.试验结果表明,多花黑麦草植株在处理养猪场废水时,其生长势、生长量以及活性氧清除系统的 POD, SOD, CAT 酶活性均明显高于在处理生活污水时的相应指标,盘培多花黑麦草对沟渠中高浓度废水有较强的生态适应性.

关键词:多花黑麦草 生态沟渠 逆境适应性 废水胁迫

中图分类号: X703 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-1980(2011)06-0646-05

浙江省杭嘉湖区域是浙江省最大的粮食产区,河道密布,沟渠纵横^[1].农村生活污水作为农业面源污染的一个重要组成部分,由于量大、分散、难于管理等特点一直没有得到有效的控制和治理.随着农村经济和乡村休闲旅游业的发展,浙江省杭嘉湖区域农村人口承载力不断增加,生活方式日趋城镇化,生活污水排放源和排放量都在不断增加.而早些年由于农村建房缺乏规划管理,杭嘉湖区域大多数农村居民住宅布局较为零乱,基础设施建设滞后,没有完整的污水收集管网和污水处理设施,这些未经处理的生活污水流经沟渠后直接排入江河湖泊等水体中,或排出室外空地后任其渗入地下,成为农村环境的重要污染源,造成农村河道水体变黑发臭、鱼虾绝迹、蚊蝇孳生,生活污水中的病菌虫卵甚至会引起疾病传播,危害人们的身体健康.因此,对农村生活污水治理进行科技攻关,从源头上控制农村面源污染,遏制水体富营养化趋势,已经成为河网水质治理和解决重点流域水环境水质恶化的最主要、最迫切的任务之一^[2].同时,浙江省杭嘉湖区域河道中也存在着严重的养猪场废水污染问题.近年来,由于规模化集约化养猪业蓬勃发展,很多养猪场的大量废水未经回收利用与处理,而流经沟渠后直接排放至河道,对水体造成严重污染,也对当地的农业生产、居民环境和饮用水源构成直接的威胁.由于养猪业是微利行业,受到自然与市场双重风险的影响,难以承受过高的污水处理运行费用,而采用植物修复的方法来处理养猪场废水,则具有效率高、处理方便、运行成本低的特点^[3-4].多花黑麦草(*Lolium multiflorum* Lam.)是一种冷季型牧草,具有适应性强、生长量大、再生能力强的特点,是畜禽的优质青饲料^[5].许多研究表明,多花黑麦草可以净化养猪场废水、啤酒废水、黄金废水以及水产养殖废水等多种污水,以多花黑麦草为主构建针对污水的生态净化工程具有较好的环境效应、生态效应和经济效益^[6-9].本文通过生态沟渠降解污染物的试验,采用在农田排水沟渠铺设盘培多花黑麦草的方法,利用其庞大密实的根系产生的机械滤清效果和植株生长速度快而大量吸收污水中营养物质的特点,来降解流经沟渠流向河道中的养猪场废水和生活污水,着重分析盘培多花黑麦草在处理养猪场废水和生活污水时,其生长情况和保护酶系统的变化,探索生态沟渠中多花黑麦草对不同富营养化程度废水的逆境生态适应性,为陆生植物净化农田沟渠中各种污染物的推广应用提供理论依据.

收稿日期:2010-12-10

基金项目:浙江省水利厅科技专项(RC0910) 水利部公益性行业科研专项(201001040)

作者简介:沈燕(1966—),女,浙江萧山人,副教授,主要研究方向为水环境治理. E-mail: shenyan8929@163.com

1 试验材料与试验方法

1.1 试验地点

试验地点位于浙江省杭嘉湖平原腹地的平湖市新埭镇民主村水稻田排水沟渠.该地区地处杭嘉湖平原,海拔较低,地势平坦,田地成块,沟渠呈网状分布,沟渠坡度较小($<0.2\%$).沟渠与河道落差小,沟渠常年保持一定水位.

选择 2 条位置相对、距离相近的三面光渠道,一条沟渠中污水源为民主村养猪专业户的养猪场废水,另一条沟渠中的污水源为民主村卫生院的生活污水,2 条沟渠都长约 600 m,沟渠中铺设盘培多花黑麦草来进行污水净化,分别记为 T1 和 T2.

1.2 试验材料

试验牧草选用多花黑麦草,在浙江大学农业生物环境工程研究所玻璃温室内培育,种植于育苗盘中^[5],生长时间为 60 d,经过 5 次刈割,留茬高度为 60 mm,最后一次刈割为试验开始前 1 天.育苗盘尺寸为:底面 400 mm×400 mm,厚约 0.7 mm,含 576 个 6 mm×6 mm 方孔,孔面积为总面积的 13%;上口 430 mm×430 mm,高 60 mm,每盘播种量为 5 g,即 31.3 g/m².育苗盘上垫层为 3 层无纺布(10 g/m²),在育苗时能防止草籽渗漏,可吸水保湿和固定根系,草的根系通过育苗盘上侧的上垫层和底面方孔后,在盘底形成一定厚度的密集的根网.然后于 2009 年 12 月 2 日移植到平湖市新埭镇民主村水稻田排水沟渠里.2 条沟渠中废水的污染物质量浓度见表 1.

表 1 生态沟渠废水中污染物初始质量浓度

Table 1 Initial concentrations of pollutants in

wastewater in ecological ditch

mg/L

废水类型	COD	TP	SS	NH ₄ -N	TN
养猪场废水	2 611	10.91	1 287.0	458.0	766.0
生活污水	455	3.53	251.5	9.7	26.8

1.3 试验方法

在生态沟渠中铺设盘培多花黑麦草后,分别于 6 d,12 d,18 d,24 d,30 d 后对 2 条生态沟渠中的多花黑麦草植株进行取材分析,测定其植物生物量和活性氧清除系统酶含量^[10].

a. 生物量测定 取边长为 10 cm 的正方形样块,齐根部剪下,将根洗净,晾干,测量地上、地下生物量的鲜质量,再将它们分别置于小铝盒中,在 105℃下烘干至恒重,测定干质量.

b. 叶绿素含量测定 采用分光光度法,用 80% 丙酮研磨提取后,分别在 663 nm,665 nm 和 440 nm 波长下测定光密度.

c. 超氧化物歧化酶(SOD)活性测定^[11] 采用氮蓝四唑(NBT)光化还原法,723 分光光度计在 560 nm 波长下测定吸光度值,以抑制 NBT 光化还原 50%所需的酶量为 1 个酶活性单位(以鲜质量计).整体试验平行重复 3 次.

d. POD 酶活性测定^[10] 酶液加样完毕后,立即将酶标板置于酶标仪 470 nm 波长下测定吸光值,每隔 1 min 读数 1 次,共读 15 次.以在 470 nm 波长下每分钟吸光度值变化 0.01 为 1 个 POD 酶活性单位.整体试验平行重复 3 次.

e. CAT 酶活性测定 采用过氧化氢分解量法.

2 结果与分析

2.1 不同富营养化程度废水胁迫对盘培多花黑麦草生长的影响

不同富营养化程度废水胁迫对生态沟渠中盘培多花黑麦草的生长情况影响是不同的.T1 中多花黑麦草的生长势和生长量明显高于 T2.试验结果表明,T1 中多花黑麦草的地上部分鲜质量为 3 432 mg/m²,比 T2 的 3 115 mg/m²高出 10.2%.T1 中多花黑麦草的地上部分干质量为 1 103 mg/m²,比 T2 的 950 mg/m²高出 16.1%.T1 中多花黑麦草的根鲜质量为 3015 mg/m²,比 T2 的 2 975 mg/m²高出 1.3%.T1 中多花黑麦草的根干质量为 923 mg/m²,比 T2 的 885 mg/m²高出 4.3%.T1 中多花黑麦草地上部分高为 17 cm,比 T2 的 16 cm 高出 1 cm.这说明多花黑麦草对富营养化程度相对较高的废水有较强的生态适应性.

2.2 不同富营养化程度废水胁迫对盘培多花黑麦草叶片叶绿素含量的影响

叶片中叶绿素含量是评价植物植株光合效率和营养胁迫的重要指标,植株叶片中叶绿素含量越高,光合作用能力也就越强,生态适应性也就越强.试验结果表明,T1 中多花黑麦草的叶绿素 a 质量比为 1.61 mg/g,

比 T2 的 1.29 mg/g 高出 24.8%。T1 中多花黑麦草的叶绿素 b 质量比为 0.90 mg/g,比 T2 的 0.87 mg/g 高出 3.4%。这与多花黑麦草生物量的变化情况相一致。这是由于废水的富营养化程度越高,其所含的营养物质如氮、磷就越高,植物光合能力和生长能力也就越强。

2.3 不同富营养化程度废水胁迫对盘培多花黑麦草 SOD 酶活性的影响

SOD,POD 和 CAT 酶共同组成植物体内一个有效的活性氧清除系统,逆境会影响植物的这个酶促系统^[12-13]。在不同废水胁迫条件下的三面光渠道中铺设盘培多花黑麦草后,其叶片 SOD 酶活性的测定结果表明,在处理的前期,各处理的多花黑麦草的 SOD 酶活性呈缓慢上升趋势,到第 12 天时,各处理的多花黑麦草的 SOD 酶活性急剧上升。第 18 天后,各处理的多花黑麦草的 SOD 酶活性又有所下降,可能是随着废水胁迫时间的延长,多花黑麦草叶片 SOD 酶合成受到抑制。经过短暂的适应后,叶片 SOD 酶活性又开始升高。这说明了废水胁迫诱导了多花黑麦草 SOD 酶活性的提高,同时也说明了多花黑麦草对废水胁迫环境有个逐步适应的过程。

从图 1 还可看出,不同富营养化程度废水胁迫对盘培多花黑麦草 SOD 酶活性的影响是不同的,T1 多花黑麦草植株中的 SOD 酶活性一直高于 T2 多花黑麦草植株中的 SOD 酶活性。

多花黑麦草叶片 SOD 酶活性的变化表明了生态沟渠中,盘培多花黑麦草对富营养化程度较高的养猪场废水有着较高的逆境适应性。

2.4 不同富营养化程度废水胁迫对盘培多花黑麦草 POD 酶活性的影响

对在不同废水胁迫条件下多花黑麦草叶片 POD 酶活性进行测定,结果(图 2)表明,在处理的前期,各处理的多花黑麦草叶片 POD 酶活性相对原始点(处理前)均呈现下降的趋势,到第 12 天时出现最低值,但随后 POD 酶活性急剧升高,从第 12 天时到第 18 天增大幅度最大,第 18 天后开始下降。可能是随着胁迫时间的延长,POD 酶合成也受到抑制,其活性也开始下降。

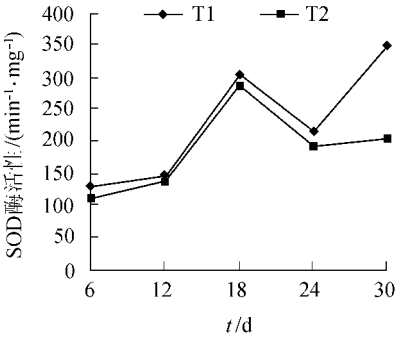


图 1 废水胁迫下生态沟渠中多花黑麦草 SOD 酶活性变化
Fig. 1 Variation of SOD activity of *Lolium multiflorum* Lam. under wastewater stress in ecological ditch

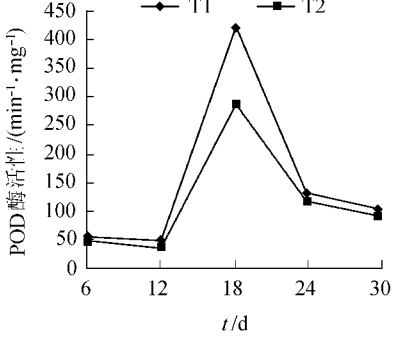


图 2 废水胁迫下生态沟渠中多花黑麦草 POD 酶活性变化
Fig. 2 Variation of POD activity of *Lolium multiflorum* Lam. under wastewater stress in ecological ditch

从图 2 还可看出,废水中污染物浓度的不同对盘培多花黑麦草植株中的 POD 酶活性的影响存在着较大的差异。高浓度废水条件下生长的多花黑麦草 POD 酶活性始终高于低浓度废水条件下生长的多花黑麦草 POD 酶活性,从本研究来看,POD 活性的变化表明多花黑麦草对高浓度的养猪场废水条件下的适应性要高于低浓度生活污水条件下的适应性。

2.5 不同富营养化程度废水胁迫对盘培多花黑麦草 CAT 酶活性影响

如图 3 所示,T1 多花黑麦草植株中的 CAT 酶活性同样高于 T2 多花黑麦草植株中的 CAT 酶活性,第 6 天检测出的 T1 多花黑麦草植株中的 CAT 酶活性为 63 min⁻¹·g⁻¹,比 T2 多花黑麦草植株中的 CAT 酶活性

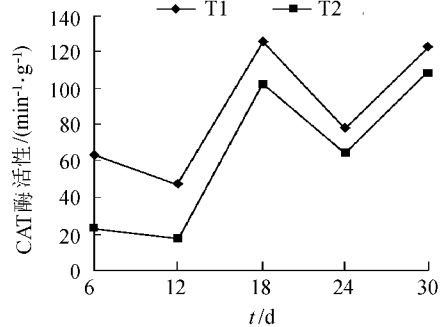


图 3 废水胁迫下生态沟渠中多花黑麦草 CAT 酶活性变化
Fig. 3 Variation of CAT activity of *Lolium multiflorum* Lam. under wastewater stress in ecological ditch

高 173.9%。第 24 天检测出的 T1 多花黑麦草植株中的 CAT 酶活性为 $78 \text{ min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$, 比 T2 多花黑麦草植株中的 CAT 酶活性高 21.9%。第 30 天检测出的 T1 多花黑麦草植株中的 CAT 酶活性为 $123 \text{ min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$, 比 T2 多花黑麦草植株中的 CAT 酶活性高 12.8%。从植株 CAT 酶活性的平均值来看, T1 多花黑麦草植株中的 CAT 酶活性为 $87.4 \text{ min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$, 比 T2 多花黑麦草植株中的 CAT 酶活性要高 38.3%。

3 结 语

农业面源污染具有形成过程随机性大、影响因子复杂、分布范围广、形成过程复杂、机制模糊、潜伏周期长、危害大等特点, 由此导致研究和控制农业非点源污染难度加大。人工湿地、缓冲带等生态工程被认为是控制面源污染的有效措施并被国内外广泛采用^[14]。杭嘉湖区域人口密度高, 而构建人工湿地、缓冲带、生态交错带等生态工程需要占用大量土地, 会进一步加剧当地人多地少的矛盾。杭嘉湖区域处于浙江省北部平原地区, 地势低平, 农田沟渠众多且较为统一, 如果利用现有农田沟渠建成具有拦截功能的生态沟渠, 就能减小农业面源污染进入河道湖泊等水体的风险。因此, 在浙江省杭嘉湖平原水稻田沟渠中, 建设以盘培多花黑麦草为主要内容的生态沟渠在降解农业面源污染方面有着重要的意义。本文研究结果表明, 在三面光渠道中铺设盘培多花黑麦草后, 养猪场废水中的多花黑麦草植株的生长势和生长量明显高于生活污水中的多花黑麦草相应指标, 说明高浓度污水中丰富的氮、磷营养物质促进了多花黑麦草的生长。同样, 养猪场废水中的多花黑麦草植株的活性氧清除系统 POD, SOD, CAT 酶活性均明显高于生活污水中的多花黑麦草相应指标, 说明盘培多花黑麦草对沟渠中的高浓度废水有着较强的生态适应性。

参考文献:

- [1] 蔡临明. 太湖流域杭嘉湖地区水污染的治理对策[J]. 宁夏大学学报: 人文社会科学版, 2008, 30(5): 143-145. (CAI Lin-ming. Treatment-of water pollution of Hangjiahu districts of Taihu lake basin in Zhejiang Province[J]. Journal of Ningxia University Humanities and Social Sciences Edition, 2008, 30(5): 143-145. (in Chinese))
- [2] BRASKERUD B C. Factors affecting nitrogen retention in small constructed wetlands treating agricultural non-point source pollution[J]. Ecological Engineering, 2002, 18(3): 41-61.
- [3] 李淑兰, 吴晓芙, 刘英, 等. 猪场废水处理技术[J]. 中南林学院学报, 2005, 25(5): 132-137. (LI Shu-lan, WU Xiao-fu, LIU Ying, et al. Summarization for piggery waste water treatment technology[J]. Journal of Central South Forestry University, 2005, 25(5): 132-137. (in Chinese))
- [4] 王校常, 施卫明, 曹志洪. 重金属的植物修复 绿色清洁的污染治理技术[J]. 核农学报, 2000, 14(5): 315-320. (WANG Xiao-chang, SHI Wei-ming, CAO Zhi-hong. Phytoremediation of heavy metals in soil: a green and clean technique[J]. Acta Agriculture Nucleatae Sinica, 2000, 14(5): 315-320. (in Chinese))
- [5] 泮进明, 杨祥龙. 薄层营养液膜技术(NFT)水培多年生黑麦草对不同富氮废水的净化效果[J]. 农业工程学报, 2005, 21(3): 138-142. (PAN Jin-ming, YANG Xiang-long. Treatment efficiency of different nitrogen-rich wastewater using *Lolium perenne* L. cultured by nutrient film technique [J]. Transactions of the CASE, 2005, 21(3): 138-142. (in Chinese))
- [6] 彭齐, 顾洪如, 沈益新. 多花黑麦草对猪场污水铵氮净化效果研究[J]. 江苏农业科学, 2008(6): 269-271. (PENG Qi, GU Hong-ru, SHEN Yi-xin. The effects of *Lolium multiflorum* on degradation of pollutants in piggery wastewater[J]. Jiangsu Agricultural Science, 2008(6): 269-271. (in Chinese))
- [7] 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. (DAI Quan-yu, CHEN Zhao. Purification of beer wastewater by *Lolium multiflorum* [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1993, 4(3): 334-337. (in Chinese))
- [8] 戴权裕, 蔡述伟, 张秀英. 多花黑麦草对黄金废水净化与富集的研究[J]. 环境科学学报, 1998, 18(5): 553-556. (DAI Quan-yu, CAI Su-wei, ZHANG Xiu-ying. Studies on the purification and accumulation of gold-bearing wastewater with *Lolium multiflorum* [J]. ACTA Science Circumstantiae, 1998, 18(5): 553-556. (in Chinese))
- [9] 泮进明, 应义斌. 营养液膜技术栽培牧草净化循环流水水产养殖废水试验[J]. 水产学报, 2005, 29(5): 695-699. (PAN Jin-ming, YING Yi-bin. Utilization of nutrient film technology grass to treat wastewater from a recirculating aquaculture system[J]. Journal of fisheries of China, 2005, 29(5): 695-699. (in Chinese))
- [10] 张志良, 瞿伟菁, 李小方. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009.
- [11] 郝再彬, 苍晶, 徐仲. 植物生理实验[M]. 哈尔滨: 工业大学出版社, 2004.
- [12] SCANDALIOS J G. Oxygen stress and superoxide dismutase[J]. Plant Physiol, 1993, 101(1): 7-12.

[13] CHEN Y Z. Effects of low temperature on the SOD,CAT activity and H₂O₂ content in plant leaves[J]. Acta Phytophysiol Sinica,1988,14(4) 323-328.

[14] 杨林章,周小平,王建国,等.用于农田非点源污染控制的生态拦截型沟渠系统及其效果[J].生态学杂志,2005,24(11):1371-1374. (YANG Lin-zhang,ZHOU Xiao-ping,WANG Jian-guo,et al. Ecological ditch system with interception function and its effects on controlling farmland non-point pollu-tion[J]. Chinese Journal of Ecology,2005,24(11) :1371-1374. (in Chinese))

Growth adaptability of *Lolium multiflorum* Lam. cultivated in pot in ecological ditch to wastewater stress

SHEN Yan, JIN Bin-bin

(Zhejiang Tongji Vocational College of Science and Technology, Hangzhou 311231, China)

Abstract : Ecological ditches were constructed to purify pollutants in paddy fields for the purpose of alleviating the eutrophication in the river channels of Hangjiahu districts in Zhejiang Province. Through construction of the ecological ditch in which *Lolium multiflorum* Lam. was cultivated in a single non-woven pot, the effects of piggery wastewater and domestic sewage on the growth and physiology of *Lolium multiflorum* Lam. were studied, and the adaptability of *Lolium multiflorum* Lam. to environmental stresses in different conditions was determined. The results show that the plant growth, and POD, SOD, and CAT activities in the active oxygen species removal system were much larger when *Lolium multiflorum* Lam. was used to treat piggery wastewater than those when *Lolium multiflorum* Lam. was used to treat domestic sewage. This indicates that *Lolium multiflorum* Lam. has strong ecological adaptability to wastewater of high concentration in the ditches.

Key words : *Lolium multiflorum* Lam. ; ecological ditch ; adaptability to adverse environment ; wastewater stress

《水资源保护》征订启事

中国科技核心期刊 RCCSE 中国核心学术期刊

《水资源保护》是河海大学和中国水利学会环境水利研究会共同主办的科学技术期刊,创刊于 1985 年,双月刊,国内外公开发行,国内统一连续出版物号 :CN32-1356/TV.

《水资源保护》主要刊登与水资源保护有关的基础研究,应用技术,工程措施,综合述评,专题讲座,国外动态,书刊评介,科技简讯,水资源管理、评价、监测、优化配置,节水技术,水环境污染控制等方面的文章. 近年来,重点关注与水有关的生态环境领域中的研究方向,新增设相关的基础研究、防治技术、城市水环境治理等内容.

主要读者对象 :与水资源保护工作有关的工程技术人员、科研人员、管理人员以及大专院校的师生.
《水资源保护》邮发代号 28-298,双月刊,每期定价 12 元,全年共 72 元,每逢单月 30 日出版.可在全国各地邮局订阅,也可直接与编辑部联系订阅.

地 址 :210098 南京市西康路 1 号 河海大学《水资源保护》编辑部

电话/传真 :(025)83786642 E-mail :bh@hhu.edu.cn

网 址 :kbb.hhu.edu.cn/web/indexbh.asp ?l_id = 34