

水库集雨区沟渠湿地耐寒植物五节芒耐淹性研究

陈海生^{1,2}, 靳晓翠²

(1. 河南大学 生态科学与技术研究所, 河南 开封 475004; 2. 浙江同济科技职业学院, 浙江 杭州 311231)

摘要: 选取浙江省长潭水库集雨区上游农田沟渠湿地中生长的耐寒牧草五节芒(*Miscanthus floridulus*), 通过盆栽模拟试验, 测定其在涝渍逆境下叶片的光合色素含量、气孔导度、胞间 CO₂ 浓度、蒸腾速率和净光合速率, 并与生长于堤岸上的五节芒进行比较。结果表明: 涝渍逆境虽然造成沟渠湿地生长的五节芒叶片光合色素含量减少、蒸腾速率和净光合速率降低, 但与在堤岸中生长的五节芒相比, 下降幅度较小。说明生长于沟渠湿地上的五节芒具有较强的涝渍逆境适应性。因此, 在浙南山区水库集雨区农田沟渠湿地耐寒植物五节芒能强化沟渠湿地生态效应, 降低水库水体富营养化的风险。

关键词: 五节芒; 沟渠湿地; 涝渍胁迫; 耐受性

中图分类号: Q945 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2013)06-0077-04

Study on Flooding Tolerance of *Miscanthus Floridulus* Growing in Mountain Ditch Wetlands near Changtan Reservoir, Zhejiang Province

CHEN Hai-sheng^{1,2}, JIN Xiao-cui²

(1. Institute of Ecological Science and Technology, Henan University, Kaifeng 475004, China;

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

Abstract: The photosynthetic physiological characters of *Miscanthus floridulus* growing in ditch wetlands were studied under pot-cultivation experiments treated with flooding stress, compared with those of *Miscanthus floridulus* growing in river bank. The results showed that: under flooding stress, the net photosynthetic rate (Pn), transpiration rate (Tr), stomatal conductance and chlorophyll contents of leaves of *Miscanthus floridulus* growing in ditch wetlands decreased more slowly, compared with those of *Miscanthus floridulus* growing in river bank, indicating that *Miscanthus floridulus* has strong tolerance of flooding stress. So *Miscanthus floridulus* can enhance the ecological effects of ditch wetlands, decreasing the risk of eutrophication of reservoir in southern parts of Zhejiang province.

Key words: *Miscanthus floridulus*; ditch wetlands; flooding stress; tolerance

水库集雨区上游农田沟渠系统是指在农业灌溉中, 为了减少在降雨、灌溉过程中多余的水对农作物的危害而接纳农田排水的渠道。该渠道起始于农田出水口, 终止于水库库体。一般包括田间出水沟渠、田间排水沟渠以及小水塘和小溪流。作为农田与水体之间的一个过渡带, 它具有排水和湿地系统的双重功能, 能够通过土壤吸附、植物吸收、生物降解等

途径降低进入水体中的氮、磷化合物含量^[1-2]。

水库的富营养化是与库区周围农田的农业面源污染紧密相关的, 农药、化肥是水库水体 N、P 的主要来源之一。据调查, 长潭水库库区集雨区水稻田和果园的农药化肥施用量均很大, 接近全国平均水平的 2 倍, 达到了 9.23 kg/hm²。灌排时, 库区周围集水区七乡镇往往采用大水漫灌的方

收稿日期: 2012-12-07

基金项目: 浙江省水利厅科技计划项目(RC1110)

作者简介: 陈海生(1965-), 男, 浙江临海人, 副教授, 博士, 主要从事水环境研究。E-mail: haishch@126.com

式,作物吸收不了的化肥、农药流经沟渠最终汇集到水库,造成水体快速污染^[3]。因此,建设以植物为主体的生态沟渠,大幅度降解从农田流经沟渠流向水库的农业面源污染,对减轻水库富营养化程度,促进居民饮水质量的提高,建设和谐社会具有重要意义。

生态沟渠湿地系统中,植物是重要组成部分,既可直接吸收水体中氮、磷等营养成分,又可产生根区效应,促进含氮物质的氧化分解^[4-5]。Drizo 等^[6]的检测表明,沟渠中有芦苇(*Phragmites australis*)存在时,湿地系统对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的降解率达 100%,而无芦苇存在时,湿地系统对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的降解率只有 40%~75%。Farahbakhshazad 等^[7]报道,在垂直上流湿地中氨和硝酸盐的去除主要靠植物吸收。曹向东等^[8]的试验结果也表明,芦苇通过大量吸收氮和磷而净化了沟渠湿地中的污水。王岩等^[9]曾以福建长乐基本农田示范区为研究区域,选用以挺水植物为主要内容的多级表面流人工强化湿地系统治理灌溉水有机污染,出水达到农田灌溉水质标准和地表水Ⅴ类水质要求。但以前的研究很少涉及到如何避免沟渠湿地植物所产生的二次污染的问题。陈海生等^[10]研究了浙江省杭嘉湖区域水稻田中沟渠湿地盘培耐寒牧草多花黑麦草(*Lolium multiflorum*)对农业面源污染的降解效果,但还未见有关广泛分布于浙江省山区沟渠中的耐寒植物五节芒(*Miscanthus floridulus*)耐涝性方面的研究报道。五节芒的生长竞争力和生态适应性均较强,因此成为我国南方山地、丘陵和溪流等草本群落的优势植物^[11]。任立民等^[12]对广西刁江流域和安徽有色金属矿区一些植物的调查研究表明,五节芒对锰、镍、砷和锌均具有较强的吸收能力;孙健等^[13]对湖南郴州铅锌矿区土壤和植物重金属污染进行了调查,发现五节芒对铅和锌具有较强的吸收与转运能力。鉴于此,选取广泛分布于长潭水库库区山区沟渠中的耐寒植物五节芒为研究对象,研究其在涝渍逆境下光合色素含量和光合速率的变化特征,探讨沟渠湿地系统中五节芒对水分胁迫的生理调节机制,为建设水库上游沟渠生态系统提供依据。

1 材料和方法

1.1 材料

试验材料为五节芒(*Miscanthus floridulus*)植株幼苗。

1.2 方法

1.2.1 试验设置

在 2012 年 3 月初分别在长潭水

库上游上垌乡农田沟渠湿地和岸边堤岸上选取自然生长、长势一致、当年萌发的五节芒新苗。带土幼苗采样后带回温室,移植到 18 cm×14 cm×15 cm 的塑料钵钵,每个钵钵装土 5 kg,每钵移栽 2 株五节芒。于 4 月初将上述钵钵的五节芒进行涝渍逆境试验,土壤水分含量水平分别为淹水(以淹没根部 1 cm 为准)、土壤绝对含水量 23%(对照)2 个处理,每处理重复 3 次。采用烘干法测定土壤绝对含水量。

1.2.2 植物生理指标测定 净光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)、气孔导度(Gs)、胞间 CO_2 浓度(Ci)的测定采用美国 LI-COR 生产的 LI-6400 型便携式光合作用测量仪测定。测定时,通过 LI-6400 CO_2 钢瓶,控制 CO_2 浓度在 380 $\mu\text{mol/mol}$,温度 27 $^{\circ}\text{C}$,相对湿度 60%,光合有效辐射控制在 600 $\mu\text{mol/(m}\cdot\text{s)}$,测定各处理植株倒数第 3 片完全展开的叶片。

测定光合色素含量时,取与测定光合作用相同位置和相同成熟度的叶片,采用浸提法^[14]用 752N 型紫外分光光度计测定。每处理 3 株,取平均值。

2 结果与分析

2.1 淹水对五节芒叶片光合色素的影响

植物叶片中光合色素的含量将影响植株对光能的吸收、传递,影响光合作用的强弱^[15]。从表 1 可知,在涝渍环境下,植物光合色素含量减少,光合作用能力下降。如在堤岸中生长的五节芒在涝渍胁迫后,叶绿素 a 从对照的 1.38 mg/g 下降到淹水的 1.16 mg/g,下降幅度达 15.94%,但本来就在沟渠中生长的五节芒,由于其具有较强的生长适应性,在涝渍胁迫后,叶片叶绿素 a 含量从对照的 1.32 mg/g 下降到 1.23 mg/g,下降幅度只有 6.82%。

表 1 涝渍逆境下五节芒叶片光合色素含量 mg/g

取样点	处理	叶绿素 a	叶绿素 b	总叶绿素	类胡萝卜素
堤岸	对照	1.38	0.79	2.17	0.45
	淹水	1.16	0.48	1.64	0.36
沟渠	对照	1.32	0.73	2.05	0.41
	淹水	1.23	0.61	1.84	0.37

叶片叶绿素 b 含量变化也是同样的情况,堤岸中生长的五节芒发生涝渍后,叶片叶绿素 b 从对照的 0.79 mg/g 下降到淹水的 0.48 mg/g,下降幅度达 39.24%,而本来生长在沟渠中的五节芒叶绿素 b 从对照的 0.73 mg/g 下降到 0.61 mg/g,下降幅度为 16.44%。从总叶绿素含量来看,堤岸中生长的

五节芒叶片总叶绿素含量从对照的 2.17 mg/g 下降到淹水后的 1.64 mg/g, 下降幅度达 53%。而原本就生长在沟渠中的叶片的总叶绿素含量从对照的 2.05 mg/g 下降到淹水后的 1.84 mg/g, 下降幅度只有 10.24%。

从表 1 中还可看出, 五节芒叶片中类胡萝卜素含量的变化也与上述出现同样的趋势。堤岸中生长的五节芒叶片类胡萝卜素含量对照为 0.45 mg/g, 而淹水后则下降到 0.36 mg/g。下降幅度达 20%。而本来就生长在沟渠里的五节芒叶片类胡萝卜素含量从对照的 0.41 mg/g 下降到淹水后的 0.37 mg/g, 下降幅度达 9.75%。

2.2 淹水对五节芒叶片净光合速率和蒸腾速率的影响

光合速率是指光合作用不受光能供应限制光饱和条件下衡量光合速率高低的重要指标。在其他条件都相同的情况下, 高光合速率能有效提高光能利用率, 促进植株的旺盛生长。在涝渍逆境下, 植物会表现出净光合速率下降。据 5 月 16 日测定, 在堤岸中生长的五节芒, 其对照的净化合效率为 $9.8 \mu\text{mol}/(\text{m} \cdot \text{s})$, 而涝渍后其值下降到 $5.4 \mu\text{mol}/(\text{m} \cdot \text{s})$, 下降幅度达 44.90%, 而本来就生长在沟渠湿地环境下的五节芒, 对照的叶片净化合速率为 $9.6 \mu\text{mol}/(\text{m} \cdot \text{s})$, 涝渍胁迫后其值下降为 $7.7 \mu\text{mol}/(\text{m} \cdot \text{s})$, 下降幅度只有 19.79% (表 2)。

表 2 涝渍逆境下五节芒叶片 Pn 和 Tr

取样点	处理	Pn/ [$\mu\text{mol}/(\text{m} \cdot \text{s})$]	Tr/ [$\mu\text{mol}/(\text{m} \cdot \text{s})$]
堤岸	对照	9.8	1.19
	淹水	5.4	0.83
沟渠	对照	9.6	1.57
	淹水	7.7	1.20

蒸腾速率是计量蒸腾作用强弱的一项重要生理指标^[16]。在涝渍逆境下, 植物同样会表现出蒸腾速率下降, 生长在堤岸条件下的五节芒在涝渍逆境下蒸腾速率为 $0.83 \mu\text{mol}/(\text{m} \cdot \text{s})$ (表 2), 比对照下降 3%, 沟渠中生长的五节芒蒸腾速率淹水后其蒸腾速率为 $1.2 \mu\text{mol}/(\text{m} \cdot \text{s})$, 比对照的 $1.57 \mu\text{mol}/(\text{m} \cdot \text{s})$ 下降 20.38%, 说明从净化合速率和蒸腾速率这两方面看, 沟渠中生长的五节芒在涝渍时的逆境适应能力较强。

2.3 淹水对五节芒叶片气孔导度和胞间 CO₂ 浓度的影响

叶片气孔导度表和叶片气孔张开的程度直接影响植物的光合作用、呼吸作用及蒸腾作用。在

涝渍逆境下, 五节芒叶片的气孔导度也发生了变化, 生长于堤岸的五节芒叶片的气孔导度从对照的 $0.078 \text{ mmol}/(\text{m} \cdot \text{s})$ 下降到淹水后的 $0.047 \text{ mmol}/(\text{m} \cdot \text{s})$, 下降幅度为 39.74%, 而生长于沟渠中的五节芒叶片气孔导度从对照的 $0.069 \text{ mmol}/(\text{m} \cdot \text{s})$, 下降到淹水后的 $0.052 \text{ mmol}/(\text{m} \cdot \text{s})$, 只下降了 24.64% (表 3)。淹水前后叶片中胞间 CO₂ 浓度变化也是同样的趋势。生长于堤岸的五节芒叶片 CO₂ 浓度从对照的 $234 \mu\text{mol}/\text{mol}$ 下降到淹水后的 $172 \mu\text{mol}/\text{mol}$ 下降幅度为 26.50%, 而本来就生长于沟渠中的五节芒叶片 CO₂ 浓度从对照的 $203 \mu\text{mol}/\text{mol}$ 降到淹水后的 $187 \mu\text{mol}/\text{mol}$, 降低幅度只有 7.88%。

表 3 涝渍逆境下五节芒叶片 GS 和 Ci

取样点	处理	GS/ [$\text{mmol}/(\text{m} \cdot \text{s})$]	Ci/ [$\mu\text{mol}/(\text{m} \cdot \text{s})$]
堤岸中生长	对照	0.078	234
	淹水	0.047	172
沟渠中生长	对照	0.069	203
	淹水	0.052	187

3 结论和讨论

本研究结果表明, 耐寒植物五节芒在生态沟渠湿地中对涝渍逆境具有较强的生长适应性。淹水条件下, 虽然降低了五节芒叶片的气孔导度和叶绿素含量, 从而导致叶片蒸腾作用速率和光合作用速率降低, 但降低幅度相对较低, 这是五节芒对沟渠湿地涝渍逆境长期适应性进化的结果。五节芒作为禾本科植物, 在遗传上本来就具有一定的耐淹性, 再加上长期生长于沟渠湿地水淹胁迫环境, 耐淹能力得到了进一步强化。因此, 在水库库区周围的农田沟渠生态建设中, 湿地植物采用浙江省广泛分布的耐寒植物五节芒, 不但能避免冬季水体二次污染, 而且能在一定程度上增强五节芒自身对涝渍的适应性和抵抗力, 这对强化库区农田沟渠生态效应, 防止水库水体富营养化具有重要意义。

参考文献:

- [1] 姜翠玲, 崔广柏, 范晓秋, 等. 沟渠湿地对农业非点源污染物的净化能力研究[J]. 环境科学, 2004, 25(2): 125-128.
- [2] Watson Alisa M S J. The distribution of three uncommon freshwater gastropods in the drainage ditches of British grazing marshes[J]. Biol Conser, 2004, 118(4): 455-466.

(下转第 84 页)

病毒制剂 AHO 不能完全抑制 TMV 的发生发展,病毒抑制剂的使用只能作为综合防治中的辅助措施。但连续 2 a 的大田小区试验^[7]表明,AHO 在不同发病条件下对 TMV 的防治效果都优于其他几种市售药物,表明它具有开发成抗烟草花叶病的新型绿色农药的潜力。

参考文献:

- [1] 张仲凯,李毅. 云南植物病毒[M]. 北京:科学出版社, 2001.
- [2] 刘勇,李应金. 云南烟草漂浮苗主要病毒病种类的检测[J]. 烟草科技, 2006(11):58-61.
- [3] 樊兵,吴云锋,袁耀锋. 植物源抗毒活性物质的初步筛选[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2005, 33(增刊 1):167-170.
- [4] Yan X H, Chen J, Di Y T, *et al.* Anti-tobacco mosaic virus (TMV) quassinoids from *Brucea javanica* (L.) Merr[J]. J Agric Food Chem, 2010, 58:1572-1577.
- [5] Li Y M, Zhang Z K, Jia Y T, *et al.* 3-acetonyl-3-hydroxyoxindole; a new inducer of systemic acquired resistance in plants[J]. Plant Biotechnol J, 2008, 6:301-308.
- [6] Chen J, Yan X H, Dong J H, *et al.* Tobacco mosaic virus (TMV) inhibitors from *Picrasma quassioides* Benn [J]. J Agric Food Chem, 2009, 57: 6590-6595.
- [7] 张廷金,余青,莫笑晗,等. 三种新型烟草花叶病毒抑制剂的田间药效试验[J]. 昆明学院学报, 2010, 32(6): 20-22.
- [8] 陈丽,安德荣. 几种药剂防治烟草病毒病药效试验[J]. 植物保护, 2004, 30(3):78-80.
- [9] 胡厚芝,向固西,陈家任,等. 宁南霉素防治烟草花叶病的研究[J]. 应用与环境生物学报, 1998, 4(4): 390-395.
- [10] 李宏光,钟权,张赛,等. 8 种农药防治烟草花叶病的田间药效试验[J]. 江西农业学报, 2012, 24(4): 100-101.
- [11] 张琼芬. 几种病毒抑制剂对烟草花叶病防效试验[J]. 江西农业学报, 2011, 23(7):141-142.
- [12] 赵春颖,李兴红,商振清,等. VA 诱导烟草细胞内防御酶系统与 TMV 抗性的关系[J]. 华北农学报, 2002, 17(z1):56-60.
- [13] 刘华山,韩锦峰,张玉丰,等. 落葵提取液抑制普通烟草花叶病毒病的生理效应研究[J]. 华北农学报, 2007, 22(1):184-187.
- [14] 耿召良,商胜华,陈兴江,等. 植物源抗烟草花叶病毒天然产物研究进展[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(1): 84-11.
- [15] 杨爱娟,李宏光,谭济才,等. 天然产物抗烟草花叶病毒(TMV)研究进展[J]. 江西农业学报, 2012, 24(3): 80-82.

(上接第 79 页)

- [3] 钟一铭,曹瑛杰. 土地利用方式对浙江省长潭水库富营养化程度的影响[J]. 江西农业学报, 2010, 22(5):110-113.
- [4] 徐红灯,席北斗,王京刚,等. 水生植物对农田排水沟渠中氮、磷的截留效应[J]. 环境科学研究, 2007, 20(2): 84-88.
- [5] 薛晟岩,张春涛,程翠,等. 沈阳地区 7 种水生植物对富营养化水体中磷吸收能力的研究[J]. 辽宁林业科技, 2010(6):34-35.
- [6] Drizo A, Frosi C A, Smith K A, *et al.* Phosphate and ammonium removal by constructed wetlands with horizontal subsurface flow, using shale as a substrate[J]. Water Science & Technology, 1997, 35(5):95-102.
- [7] Farahbakhshazad N, Morrison G M, Filho E S. Nutrient removal in a vertical upflow wetland in Piracicaba, Brazil[J]. Ambio, 2000, 29(2):74-77.
- [8] 曹向东,王宝贞,蓝云兰,等. 强化塘-人工湿地复合生态塘系统中氮和磷的去除规律[J]. 环境科学研究, 2000, 13(2):15-19.
- [9] 王岩,成杰民. 南方农田灌溉水人工湿地处理工程设计研究[J]. 灌溉排水学报, 2001, 31(1):138-140.
- [10] 陈海生,王光华,宋仿根,等. 生态沟渠对农业面源污染物的截留效应研究[J]. 江西农业学报, 2010, 22(7):121-124.
- [11] 萧运峰,王锐,高洁,等. 五节芒生态-生物学特性的研究[J]. 四川草原, 1995(1):26-29.
- [12] 任立民,刘鹏,郑启恩,等. 广西大新县锰矿区植物重金属污染的调查研究[J]. 亚热带植物科学, 2006, 35(3):5-8.
- [13] 孙健,铁柏清,秦普丰,等. 铅锌矿区土壤和植物重金属污染调查分析[J]. 植物资源与环境学报, 2006, 15(2):63-67.
- [14] Li H S, Sui Q, Zhao S J, *et al.* Experimental principle and technology of plant physiology and biochemistry [M]. Beijing: Higher Education Press, 2000:134-138.
- [15] Devi S R, Prasad M N V. Copper toxicity in *Ceratophyllum demersum* L. (Coontail), a free floating macrophyte: responses of antioxidant enzymes and antioxidants[J]. Plant Science, 1998, 138:157-165.
- [16] 周玉梅,韩士杰,胡艳玲,等. 高浓度 CO₂ 对红松 (*Pinus koraiensis*) 针叶光合生理参数的影响[J]. 生态学报, 2008, 28(1):423-429.