

# 淹水胁迫对石菖蒲抗氧化酶系统的影响

朱启红, 夏红霞

(重庆文理学院水环境修复重点实验室, 重庆 永川 402168)

**摘要:**以石菖蒲(*Acorus tatarinowii* Schott)为供试材料,研究了淹水环境对植物抗氧化酶(SOD、POD、CAT)系统及丙二醛(MDA)含量的影响。结果表明,3种处理条件下植株SOD变化趋势相近,但半淹、全淹处理植株变化幅度大于对照组。在7 d时,半淹处理植株SOD低于对照组16.0%,全淹处理低于对照组42.7%;21 d时,半淹处理植株SOD与对照组相近,全淹处理则高于对照组25.1%。试验期间,半淹处理植株CAT、MDA均呈现先上升、后下降的趋势,POD持续上升;而全淹处理植株CAT、SOD、MDA含量持续升高,在淹水21 d时显著高于对照组和半淹处理( $P < 0.05$ )。试验表明,在淹水条件下,石菖蒲可通过抗氧化系统调节抗逆能力,增强植株抗淹能力。在湿地中种植挺水植物,可以增强湿地系统的抗淹能力。

**关键词:**石菖蒲;淹水胁迫;抗氧化酶

**中图分类号:**Q142 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2012)04-0138-04

人工湿地技术具有水质稳定、基建和运行费用少、技术含量低、维护方便、耐冲击负荷强以及具备环境美学价值等优点,在全球环境修复方面发展迅速(夏红霞和朱启红,2010)。淹水是湿地植物常常面临的胁迫环境,被认为是影响湿地植物生存和发展的主导因子(陈芳清等,2008)。在淹水条件下,植物受淹组织缺氧、根系活力降低、生长受限,严重阻碍其生长发育,甚至会导致其死亡,影响湿地系统的净化能力(闫成仕,2002;钟雪花等,2002;Armstrong & Drew, 2002)。石菖蒲(*Acorus tatarinowii* Schott)是天南星科、菖蒲属的多年生植物,因其强大的环境适应性和较强的污水净化能力,故常用作湿地植物(杨集辉等,2008;王海锋等,2008)。本试验采用盆栽控水法,模拟淹水环境,研究淹水胁迫对石菖蒲抗氧化系统酶的影响,旨在揭示淹水逆境对湿地植物生长的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

供试植物石菖蒲自野外采回,选取大小均一的植株种植于盛有3 kg土壤的花盆里,待植株长出新叶后用于淹水胁迫试验。

### 1.2 测定指标

超氧化物歧化酶(SOD)是植物体内清除活性氧的关键酶,可将超氧阴离子自由基歧化为过氧化氢( $H_2O_2$ ),减缓其对膜的伤害(高尚等,2008;彭秀等,2010)。

过氧化氢酶(CAT)存在于所有植物中,通过催化 $H_2O_2$ 分解为 $O_2$ 和 $H_2O$ ,清除植物体内的 $H_2O_2$ ,从而使细胞免受其毒害,是植物防御系统的关键酶之一,CAT活性变化对植物体氧化和抗氧化的平衡起着至关重要的作用(刘筱等,2011)。

过氧化物酶(POD)是植物中普遍存在的一种氧化还原酶类,参与植物体内的生理生化过程,具有许多重要的生理功能,它能催化 $H_2O_2$ 与酚类的反应,达到清除过氧化物的作用(韩露等,2005;刘筱,等2011)。

丙二醛(MDA)是植物细胞膜脂过氧化产物之一,其含量的高低可以反应逆境胁迫下植物受到伤害的程度,是膜脂过氧化程度的重要标志(林杰等,2009;李玉琴等,2011)。

试验设置半淹(淹过叶子50%)和全淹2种方式,以未淹水处理为对照。自淹水之日起,每7 d测1次植株叶片超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)活性及丙二醛(MDA)含量等指标。每1个处理均重复3次,取其平均值用于统计分析。

### 1.3 测定方法

植株叶片POD、SOD、CAT活性指标均采用分光光度法测定(张志良和瞿伟菁,2007);丙二醛

收稿日期:2012-04-16

基金项目:重庆市自然科学基金项目(cstc2011jjA1236)。

通讯作者:夏红霞。E-mail:287670325@qq.com

作者简介:朱启红,1978年生,男,硕士,副教授,主要从事环境修复教研工作。E-mail:zhuqh05@163.com

(MDA)含量采用硫代巴比妥酸法测定(刘祖祺和张石城,1994)。

## 2 结果

### 2.1 超氧化物歧化酶

从图1-A可以看出,在整个试验阶段,对照组SOD活性都表现为平稳,半淹、全淹在淹水初期(7 d)SOD活性均有所下降。随着淹水时间的延长,半淹、全淹下石菖蒲叶片中SOD活性均有所提高,表明在植物感应到淹水胁迫时迅速启动SOD表达,以清除厌氧胁迫过程中产生的活性氧(ROS),增强自身的抗性,减少淹水对植物的伤害(张丹凤,2009)。试验结果显示,在处理7 d时,半淹处理植株SOD低于对照组16.0%,全淹处理低于对照组42.7%;在14 d时,半淹状态下石菖蒲叶片SOD活性下降并最终与对照组持平;全淹条件下SOD保持平稳,最终其活性比对照组提高了25.1%,显著高于对照组和半淹处理( $P < 0.05$ )。

### 2.2 过氧化氢酶

由图1-B可知,对照组CAT活性始终保持平衡,试验组植株在淹水前14 d,叶片中CAT活性随着淹水时间的延长呈现缓慢上升的趋势;其中,全淹

状态下的CAT活性一直比半淹的高,说明在淹水胁迫下,石菖蒲启动了保护酶系统;之后,半淹状态下CAT呈现下降趋势,最终与对照组持平,全淹组仍然呈现上升趋势,最终其活性比对照组提高了94.1%,显著高于对照组和半淹组( $P < 0.05$ )。

### 2.3 过氧化物酶

从图1-C可以看出,对照组POD活性基本保持平稳,而半淹、全淹随淹水时间的延长,POD活性均呈逐渐增加的趋势,说明短期淹水胁迫使植物体内的活性氧清除系统被激活;但二者在15 d均急剧上升,在21 d时,半淹组的活性比对照组提高了168.3%,全淹组比对照组提高了164.4%,显著高于对照组( $P < 0.05$ )。

### 2.4 丙二醛

由图1-D可见,在试验期间,对照组MDA总体上比较平稳;在淹水胁迫7 d时,半淹、全淹条件下石菖蒲叶片MDA含量均缓慢增加,这说明菖蒲受到淹水后,导致叶片细胞膜脂过氧化作用;但在试验14 d后,半淹状态下石菖蒲叶片中MDA含量呈下降趋势,并最终与对照组持平;全淹条件下MDA含量仍然呈上升趋势,最终含量比对照组提高了63.0%,显著高于对照组和半淹处理( $P < 0.05$ )。

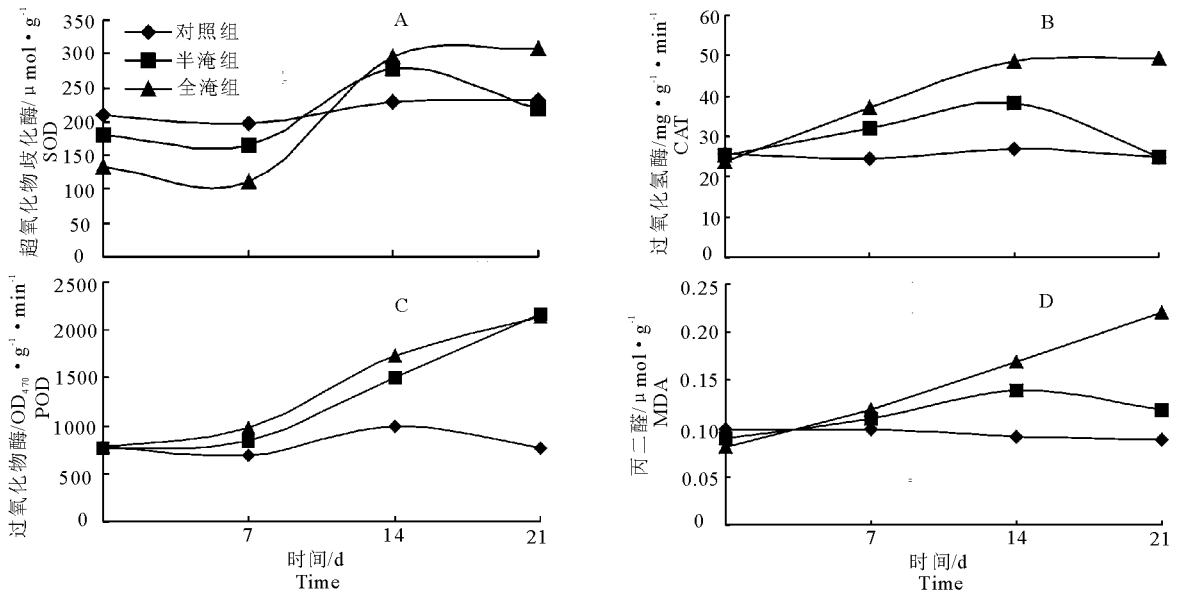


图1 不同处理下石菖蒲3种酶活性和丙二醛含量的变化

Fig. 1 Changes of enzyme activities and MDA content of *A. tatarinowii* under different treatments

## 3 分析与讨论

### 3.1 SOD活性变化

植株淹水时,根系供氧不足,电子传递受阻,ATP的合成受到抑制,造成植株体内活性氧大量累

积,从而导致植物受害(王良桂和杨秀莲,2009)。作为植物细胞中最主要的抗氧化酶,SOD显示出极强的调节作用,增强了植株的抗逆性(刘文革等,2006)。经适度的逆境处理,能提高植物的SOD活性,增强抗逆性(杨暹等,2000)。本试验结果显示,

石菖蒲在半淹、全淹前期(7 d),叶片中 SOD 活性下降,与其他胁迫(盐、干旱等)处理下 SOD 活性增加不同(彭秀,2006;连洪燕,2008;汪祖程,2008);这是因为 SOD 易受底物活性氧浓度的诱导,但淹水初期活性氧的积累量不足以诱导 SOD 活性发生显著变化。随着石菖蒲对淹水胁迫环境的适应,SOD 开始回升,半淹条件下的石菖蒲 SOD 最终接近对照水平,说明半淹胁迫对石菖蒲 SOD 活性的影响不大,这可能与菖蒲为多年生挺水植物的自身特性有关。而全淹条件下产生活性氧较多,诱导 SOD 活性更高,最终使石菖蒲叶片中 SOD 活性比对照组提高了 25.1%;说明全淹胁迫下,植物迅速启动了抗氧化酶保护系统,从而诱导植物体内 SOD 活性升高,清除过多的活性氧以降低对植物的毒害,表明石菖蒲对淹水具有很强的抗性。

### 3.2 CAT 活性变化

随淹水时间的延长,石菖蒲叶片 CAT 活性开始呈现升高趋势,说明淹水胁迫下作为植物防御系统关键酶之一的 CAT 活性随之升高,清除了由于淹水胁迫所产生的自由基和过氧化氢等,从而使细胞膜免受其毒害(张丹凤,2009);随着淹水时间的延长,半淹状态下石菖蒲叶片 CAT 活性逐渐降低至与对照组持平,可能是由于植株启动了抗氧化酶系统,对半淹胁迫产生了适应。全淹下植株 CAT 继续上升,最终比对照组提高了 94.1%,这可能是植物受胁迫产生了过多的自由基,还需要抗氧化酶系统继续清除过多的自由基。

### 3.3 POD 活性变化

在淹水胁迫前期(7 d),石菖蒲叶片的 POD 活性略有上升,这可能是植株还处于胁迫处理状态,未及时响应淹水胁迫;7 d 之后,植株叶片 POD 活性上升趋势明显提高,说明植物体内启动了保护酶系统,防止细胞膜的脂质过氧化,降低了植物受伤害程度,故氧化物酶(POD)的活性增加(李玉琴等,2011)。在淹水 21 d 时,各处理与对照之间的差异达到最大,但半淹与全淹之间差异不明显,说明 2 种程度的淹水胁迫对石菖蒲叶片 POD 活性的影响差异较小。

### 3.4 MDA 含量变化

试验表明,随淹水时间延长,石菖蒲叶片 MDA 含量均缓慢增加。植物在逆境条件下体内通常会产生活性氧,从而启动膜脂过氧化或膜脂脱脂作用,通常表现为 MDA 的积累(彭秀等,2010);本试验也呈现出相似的结果。半淹条件下,植株 MDA 含量逐渐降低,说明石菖蒲体内清除活性氧自由基的能力

增强,从而抑制了膜脂过氧化作用,减少了细胞膜结构和功能的改变;而全淹条件下 MDA 一直呈上升趋势,说明植物继续受到细胞膜脂过氧化作用的影响。

### 3.5 环境胁迫下的酶活性受损顺序

植株体内各种活性氧的产生或清除是相互促进和相互制约的。晏斌等(1995)在对玉米叶片涝渍伤害研究中推测,其叶片受害顺序是:SOD 活性受抑制→活性氧增生→MDA 积累→质膜受损。本试验也呈现出相似的变化,首先是 SOD 活性在 7 d 前下降,CAT 升高,7~14 d 时抗氧化酶系统(SOD、POD、CAT)活性和 MDA 含量增加;之后半淹条件下抗氧化酶系统活性和 MDA 含量均下降到与对照组持平,全淹条件下抗氧化酶活性和 MDA 含量继续升高,可推测石菖蒲在淹水胁迫后受其影响顺序为:抑制 SOD 活性→活性氧增生→MDA 含量和抗氧化酶活性升高→清除活性氧→MDA 含量降低→淹水胁迫加深→石菖蒲适应了半淹环境;而全淹条件下活性氧再增加→MDA 积累→抗氧化酶活性继续增加,以减轻对植株的伤害。

### 参考文献

- 陈芳清,李永,郟光武,等.2008.水蓼对水淹胁迫的耐受能力和形态学响应[J].武汉植物学研究,26(2):142-146.
- 高尚,黄民生,戴兴春,等.2008.锌离子对菖蒲的胁迫反应研究[J].水资源保护,24(5):55-58.
- 韩露,张小平,刘必融.2005.香根草对重金属铅离子的胁迫反应研究[J].应用生态学报,16(11):2178-2181.
- 李玉琴,赵丹丹,余永芳,等.2011.磷胁迫对油菜幼苗 Apase·POD·CAT 活性的影响[J].安徽农业科学,39(16):9548-9550.
- 连洪燕.2008.石楠属植物幼苗对淹水胁迫的响应[D].南京:南京林业大学.
- 林杰,柯金炼,魏道军.2009.铅胁迫对香根草叶片膜系统及抗氧化系统的影响[J].福建农业学报,24(3):254-257.
- 刘文革,阎志红,王川,等.2006.西瓜幼苗抗氧化系统对淹水胁迫的响应[J].果树学报,23(6):860-864.
- 刘筱,易守理,高素萍.2011.铅胁迫对紫萼玉簪幼苗 SOD、POD 和 CAT 活性的影响[J].安徽农业科学,39(14):8244-8246.
- 刘祖祺,张石城.1994.植物抗性生理学[M].北京:中国农业出版社.
- 彭秀,李彬,王铁浩,等.2010.淹水胁迫对香根草生理生化特性的影响[J].四川林业科技,31(2):65-67.
- 彭秀.2006.淹水胁迫对中华蚊母形态特征及生理生化特性

- 影响的研究[D]. 雅安:四川农业大学.
- 彭秀,李彬,王铁浩,等. 2010. 淹水胁迫对中华蚊母形态特征及生理生化特性影响的研究[J]. 四川林业科技, 31(2):64-69.
- 汪祖程. 2008. 黄瓜耐热耐渍性指标鉴定及抗性材料筛选的研究[D]. 武汉:华中农业大学.
- 王海锋,曾波,乔普,等. 2008. 长期水淹条件下香根草(*Vetiveria zizanioides*)、菖蒲(*Acorus calamus*)和空心莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)的存活及生长响应[J]. 生态学报, 28(6):2571-2580.
- 王良桂,杨秀莲. 2009. 淹水对2个桂花品种生理特性的影响[J]. 安徽农业大学学报, 36(3):382-386.
- 夏红霞,朱启红. 2010.  $Fe^{3+}$ 对马蹄莲除氮效果及抗氧化酶活性的影响[J]. 安徽农业科学, 38(31):17646-17647.
- 闫成仕. 2002. 水分胁迫下植物叶片抗氧化系统的响应研究进展[J]. 烟台师范学院学报:自然科学版, 18(3):220-225.
- 晏斌,戴秋杰,刘晓忠,等. 1995. 玉米叶片涝渍伤害过程中超氧自由基的积累[J]. 植物学报, 37(9):738-744.
- 杨集辉,周守标,谢传俊,等. 2008. 菖蒲和石菖蒲的生长特性及其对生活污水净化功能的比较研究[J]. 激光生物学报, 17(3):418-422.
- 杨暹,陈晓燕,杨运英,等. 2000. 涝害逆境对菜心的菜薹形成与细胞保护系统的影响[J]. 中国蔬菜, (2):7-10.
- 张丹凤. 2009. 淹水胁迫下 microRNA 介导的玉米不定根生长及抗氧化机制研究[D]. 保定:河北农业大学.
- 张志良,瞿伟菁. 2007. 植物生理学实验指导(第3版)[M]. 北京:高等教育出版社.
- 钟雪花,杨万年,吕应堂. 2002. 淹水胁迫下对烟草、油菜某些生理指标的比较研究[J]. 武汉植物学研究, 20(5):395-398.
- Armstrong W, Drew M C. 2002. Root growth and metabolism under oxygen deficiency//Waisel Y, eds. Plant Roots: The Hidden Half[DB/OL]. New York: Marcel Dekker:729-761.

(责任编辑 万月华)

## Effect of Flooding Stress on Antioxidant Enzyme System of *Acorus tatarinowii* Schott

ZHU Qi-hong, XIA Hong-xia

(Key Laboratory of Water Environment Restoration, Chongqing University of Arts and Sciences, Yongchuan 402168, P. R. China)

**Abstract:** *Acorus tatarinowii* Schott was used to study the effect of flooding stress on plant antioxidant enzyme system(SOD, POD, CAT) and malondialdehyde (MDA). The results showed that the plants SOD of the three treatments had similar trends, but the change ranges of half-submerged and submerged plants were higher than that in the control. On the 7<sup>th</sup> day, half-submerged plants SOD was 16.0% lower than that of control and submerged treatment was 42.7% lower than that in the control. On the 21<sup>st</sup> day, half-submerged plants SOD was closely near the control and submerged treatment was 25.1% higher than that in the control. During the experiment period, CAT and MDA showed ascending first and then descending. POD kept elevating all the time. On the 21<sup>st</sup> day, All submerged plants CAT, SOD and MDA kept elevating and significantly higher than that in the control and half-submerged. It presented that under flooding condition, *A. tatarinowii* could regulate its stress resistance through antioxidant enzyme system, and enhance anti-submergence ability. So, emerged plants can be cultivated in wetland to enhance its anti-submergence ability.

**Key words:** *Acorus tatarinowii* Schott; flooding stress; antioxidant enzyme