

几种湿地植物水涝逆境生理研究

徐 杰¹, 屠娟丽²

(1. 嘉兴欣盛园林绿化工程有限公司, 浙江 嘉兴 314000; 2. 嘉兴职业技术学院, 浙江 嘉兴 314036)

摘 要:以花叶芦竹、睡莲、黄菖蒲、水生美人蕉 4 种湿地植物为试材,研究了 4 种湿地植物在水涝胁迫过程中的各种生理生化变化,以期比较 4 种植物的耐涝性。结果表明:黄菖蒲和花叶芦竹耐涝性较差,睡莲耐涝性指标中叶绿素含量、可溶性蛋白质含量、游离脯氨酸含量、MDA 含量、细胞膜透性要强于水生美人蕉。

关键词:湿地植物;水涝;生理生化

中图分类号:S 682.32 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)04-0073-04

“湿地”泛指暂时或长期覆盖水深不超过 2 m 的低地、土壤充水较多的草甸以及低潮时水深不过 6 m 的沿海地区。目前,湿地覆盖地球表面仅有 6%,却为地球上 20%的已知物种提供了生存环境,具有不可替代的生态功能。中国湿地面积占世界湿地的 10%,位居亚洲第一位,世界第四位。我国湿地生态环境十分脆弱,由于人们长期不合理的利用湿地资源,致使湿地环境问题十分突出,已严重影响到湿地的可持续发展和利用,突出表现在湿地面积锐减、水资源过度开采、生物多样性受损、污染加剧等方面。在湿地环境越来越恶化的同时,选取对环境抗性较强的植物,可以相对较好的维护湿地环境,有利于湿地可持续发展。

目前国内外已经有很多关于植物逆境生理的研究,但都主要集中在玉米、大豆、甘蔗、水稻、越桔、马铃薯^[1]等非湿地植物,如王晶英等^[2]对银中杨的生理研究等。该试验主要以花叶芦竹、睡莲、黄菖蒲、水生美人蕉 4 种湿地植物为试材,进行水涝胁迫,测定植物在胁迫过程中的各种生理生化变化,比较 4 种植物的耐涝性,以期为湿地植物的景观配置提供基础数据,并为更好的发挥其在湿地生态系统中的作用提供基本理论依据。

1 材料与方

1.1 试验材料

供试材料选用浙江习见的花叶芦竹、睡莲、黄菖蒲、水生美人蕉 4 种湿地植物。

1.2 试验方法

于 2012 年 3 月将 4 种湿地植物栽于无孔加仑盆,经过 4 个月的适应性培养后选取长势正常、体量相近的植株进行耐涝性试验。每种植物 10 盆。7 月 8 日将植物连同花盆放入水池中,根据植株的高矮在水池底垫上砖,使得每种植株均达到顶端浸没水面。以后每隔 2 d 将其从水中取出观察生长情况,并随机采集叶片测定相关生理指标。

1.3 项目测定

叶绿素含量测定采用侯福林^[8]的乙醇丙酮混合液法;可溶性蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝 G-250 法;氮蓝四唑(NBT)法测定超氧化物歧化酶(SOD)活性;愈创木酚法测定过氧化物酶(POD)活性;硫代巴比妥酸比色法测定丙二醛(MDA)含量;游离脯氨酸含量测定采用茚基水杨酸法;细胞膜透性测定采用(DDS-11A)电导法。

1.4 数据分析

利用模糊隶属函数法对数据进行综合分析,以确定各种植物的抗性强弱。这种方法是根据模糊数学的原理,利用隶属函数进行综合评估。一般步骤为:首先利用隶属函数给定各项指标在闭区间(0,1)内相应的数值,称为“单因素隶属度”,对各指标做出单项评估。然后对各单因素隶属度进行加权算术平均,计算综合隶属度,得出综合评估的指标值。其结果越接近 0 越差,越接近 1 越好^[3]。计算方法如下:

$$U_{ij} = (X_{ij} - X_{jmin}) / (X_{jmax} - X_{jmin});$$

$$\bar{U} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_{ij}。$$

式中, U_{ij} 表示*i*植物的*j*指标单因素隶属函数值; X_{ij} 表示测得的*i*植物*j*指标值; X_{jmin} 表示测得的*j*指标数据中最小值; X_{jmax} 表示测得的*j*指标数据中最大值; \bar{U} 表

第一作者简介:徐杰(1982-),男,浙江海宁人,工程师,现主要从事园林绿化设计与施工管理等工作。

责任作者:屠娟丽(1975-),女,浙江桐乡人,硕士,副教授,现主要从事观赏植物引种及应用等研究工作。

收稿日期:2013-10-22

示 U_j 的算术平均值。

试验数据采用 DPS 8.0 软件进行 Excel 和统计分析。

2 结果与分析

2.1 水涝逆境对 4 种湿地植物叶绿素含量的影响

叶绿体是光合作用中最重要的细胞器,因为光能的吸收、 CO_2 的固定及还原,直至淀粉的形成,都可以在叶绿体内独立完成,植物叶片叶绿素含量的高低直接影响到叶片的光合能力^[4]。在逆境胁迫下,随着逆境的延长,植物叶片叶绿素含量必定会呈下降趋势。在水涝逆境下 4 种植物的生理指标变化见图 1,在淹水的逆境胁迫下,4 种植物因叶片出现枯萎而导致叶绿素含量都随着时间推移而不断下降,并随之影响到它们的生长,经过 12 d 淹水处理后,花叶芦竹和黄菖蒲死亡。由表 4 比较模糊隶属函数值可知,睡莲的抗性较水生美人蕉略强。

2.2 水涝逆境对 4 种湿地植物可溶性蛋白质含量的影响

蛋白质是生物的基本生命物质,体内蛋白质含量的

表 1

水涝逆境对 4 种湿地植物蛋白质含量的影响

Table 2

The influence of waterlogging stress on protein content of four wetland plants

$\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$

湿地植物 Wetland plants	7-8	7-10	7-12	7-15	7-17	7-19	7-22	7-24
睡莲	3 616.44	5 240.74	6 041.04	3 199.63	6 477.48	6 721.21	6 427.55	4 395.03
花叶芦竹	4 774.34	6 375.60	6 292.72	4 737.23	7 694.01	6 073.86	5 401.16	
黄菖蒲	7 510.47	14 478.99	8 199.91	5 386.04	10 428.30	9 622.40		
水生美人蕉	4 250.91	4 217.46	4 227.02	4 150.63	6 804.27	5 639.16	3 499.82	2 721.57

2.3 水涝逆境对 4 种湿地植物细胞膜透性的影响

植物细胞膜对维持细胞的微环境和正常的代谢起着重要的作用。在正常情况下,细胞膜对物质有选择透过性,植物细胞与外界环境之间发生的一切物质交换都必须经过细胞膜,当植物受到逆境胁迫时,细胞膜遭到破坏,透性增大,使细胞内的电解质外渗,以致植物细胞浸提液的电导率增大。膜透性增大的程度与逆境胁迫强度有关,也与植物抗逆性的强弱有关。因此,膜透性可作为植物抗性研究的一个生理指标,用测定组织外渗液电导率的变化表示膜透性的变化和膜受伤害的程度^[8]。由图 2 可知,4 种植物在淹水初期均出现细胞膜透性大量增加的情况,但经过最大值之后都出现了不同程度的下降,这应该是在淹水条件下细胞膜破坏较严重,以致细胞内电解质溶解到水溶液中的缘故。试验后期花叶芦竹和黄菖蒲均死亡。

2.4 水涝逆境对 4 种湿地植物超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响

超氧化物歧化酶(SOD)是植物体内的自由基清除

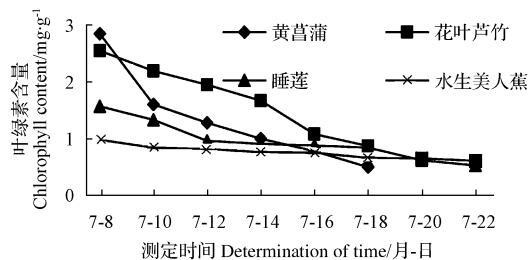


图 1 水涝逆境对湿地植物叶绿素含量的影响

Fig. 1 The influence of waterlogging stress on chlorophyll content of four wetland plants

变化将直接影响植株的生长。前人在研究水分胁迫与树木可溶性蛋白质含量关系时也有类似的结果^[5-7]。绿色植物通过光合作用合成各种碳水化合物,进而转化成生命必须的蛋白质、氨基酸等。逆境下植株蛋白质含量的变化见表 1,在淹水条件下,4 种植物体叶片逐渐呈水饱和,出现软化现象,蛋白质含量高低起伏而无规律。黄菖蒲和花叶芦竹因抗性到达极点,分别在第 14 天和第 16 天时死亡。由表 4 隶属函数值可知,睡莲的耐涝性较强。

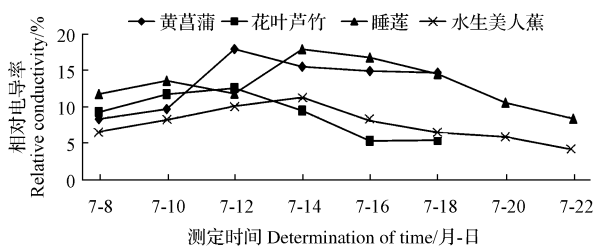


图 2 水涝逆境对湿地植物细胞膜透性的影响

Fig. 2 The influence of waterlogging stress on membrane permeability of four wetland plants

剂,与 POD 协调一致,能有效防止自由基的毒害^[9-10]。因此其活性与植物抗性密切相关。由图 3 可以看出,淹水条件下 4 种植物的 SOD 活性都出现了先增强后减弱的状况,说明都达到了抗性的极点。花叶芦竹和黄菖蒲的变化幅度较大,并首先死亡。

2.5 水涝逆境对 4 种湿地植物过氧化物酶(POD)活性的影响

过氧化物酶广泛分布于植物的各个组织器官中,在

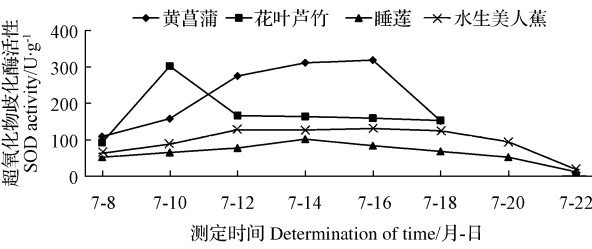


图3 水涝逆境对湿地植物 SOD 活性的影响
Fig. 3 The impact of waterlogging stress SOD activity of four wetland plants

有 H_2O_2 存在时 POD 能催化多酚类芳香族物质氧化形成各种产物,如作用于愈创木酚(邻甲氧基苯酚)生成四邻甲氧基苯酚(棕红色聚合物),该产物在 470 nm 处有特征吸收峰,且在一定范围内颜色的深浅与产物的深度成正比,因此可通过分光光度法间接测定 POD 活性^[11]。由图 4 可知,在淹水条件下,4 种植物 POD 活性呈先增

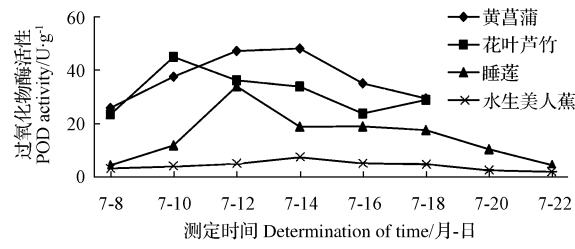


图4 水涝逆境对湿地植物 POD 活性的影响
Fig. 4 The impact of waterlogging stress on POD activity of four wetland plants

强后减弱的趋势,其中水生美人蕉的 POD 活性始终保持在一个较低的水平,且变化幅度不大,但黄菖蒲和花叶芦竹活性始终保持在一个相对较高的水平。

2.6 水涝逆境对 4 种湿地植物丙二醛(MDA)含量的影响

植物在逆境或衰老条件下,会发生膜脂的过氧化作用。丙二醛(MDA)是膜脂过氧化产物之一,其浓度表示脂质过氧化强度和膜系统伤害程度,所以是一个重要的逆境生理指标。不同植物在旱涝逆境条件下植株体内 MDA 含量的变化见表 2,在淹水条件下,4 种植物体内 MDA 含量都出现了增长,但到一定程度后睡莲和黄菖蒲有略微的回落,花叶芦竹和水生美人蕉则表现为持续增长,说明 4 种植物都有不同程度的脂质过氧化和膜系统伤害。

2.7 水涝逆境对 4 种湿地植物游离脯氨酸含量的影响

植物在逆境胁迫下,游离脯氨酸会大量积累,脯氨酸对活性氧自由基具有清除作用^[12-13],因此,脯氨酸是反映植物抗逆性的生理指标之一。

采用碘基水杨酸提取植物体内的游离脯氨酸,可大大减少其它氨基酸的干扰,快速简便,而且不受样品状态限制。在酸性条件下,脯氨酸与茚三酮反应生成稳定的红色络合物,用甲苯萃取后,该络合物在波长 520 nm 处有最大吸收峰。在一定范围内脯氨酸浓度的高低与其消光值成正比。由表 3 可知,淹水条件下 4 种植物体内脯氨酸的含量均表现为先上升后下降趋势,并且都大致在 8 d 后达到最大值,说明此时各植物的抗性均达到了极限。8 d 后,各植株抗性均逐渐下降,并慢慢趋于死亡。

表 2 水涝逆境对湿地植物丙二醛含量的影响

Table 2		The impact of waterlogging stress on MDA content of four wetland plants							$\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$
湿地植物	测定时间	Determination of time/月-日							
Wetland plant	7-8	7-10	7-12	7-14	7-16	7-18	7-20	7-22	
黄菖蒲	2.66	2.82	3.04	4.23	3.87	3.72	—	—	
花叶芦竹	1.71	2.00	2.02	2.21	3.00	4.68	—	—	
睡莲	2.90	3.12	4.55	4.59	5.45	9.40	11.48	7.11	
水生美人蕉	2.88	2.93	3.00	2.93	3.16	4.05	4.95	5.49	

表 3 水涝逆境对 4 种湿地植物游离脯氨酸含量的影响

Table 3		The impact of waterlogging stress on free proline content of four wetland plants							$\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$
湿地植物	测定时间	Determination of time/月-日							
Wetland plant	7-8	7-10	7-12	7-14	7-16	7-18	7-20	7-22	
黄菖蒲	9.39	11.07	16.65	20.00	25.60	5.24	—	—	
花叶芦竹	4.80	4.50	4.21	6.77	19.39	2.41	—	—	
睡莲	1.23	5.70	4.02	16.80	24.83	8.00	8.74	8.93	
水生美人蕉	3.00	4.70	5.30	7.20	18.90	5.73	3.75	3.26	

2.8 4 种湿地植物耐涝生理指标值的综合评判
利用隶属函数法对其进行综合分析,得出 4 种植物

各指标的隶属函数值集合。由表 4 可知,耐涝性大小排序为睡莲>水生美人蕉>黄菖蒲>花叶芦竹。

表 4

4 种湿地植物耐涝生理指标值的综合评判结果

Table 4

Comprehensive evaluation results on physiological indicators of four wetland plants under waterlogging stress

湿地植物 Wetland plants	叶绿素 含量	可溶性蛋白 质含量	游离脯 氨酸含量	MDA 含量	SOD 活性	POD 活性	细胞膜 透性	平均值	排名
花叶芦竹	0.505	0.396	0.271	0.301	0.384	0.295	0.501	0.379	4
黄菖蒲	0.355	0.427	0.463	0.465	0.354	0.351	0.454	0.410	3
睡莲	0.409	0.587	0.363	0.370	0.579	0.361	0.503	0.453	1
水生美人蕉	0.402	0.420	0.219	0.304	0.696	0.415	0.484	0.420	2

3 结论与讨论

综上所述,耐涝性试验中,黄菖蒲和花叶芦竹提早死亡,故抗性较差,据隶属函数值可知睡莲的抗性略强于水生美人蕉。在前人的类似研究中^[14-15],其选用的相关指标也呈现与该试验类似的变化,说明该试验各项措施均控制的较好,试验结果较有说服力,有一定的借鉴作用。

另外,通过试验数据可知,4 种湿地植物的叶绿素含量、相对电导率等指标一直处于不断下降的状态,而蛋白质含量、SOD 活性、POD 活性、MDA 含量、游离脯氨酸含量等指标均呈现高低起伏的变化,说明虽然这些指标与植物抗性有密切联系,但是具体每一品种其酶活性等与抗旱性的关系又较复杂,特别是 POD 活性等,变化非常灵敏。

通过该试验可知,在以后的湿地植物栽培及各种景观配置时,对由那些雨季或者短时间暴雨会造成水位急剧上升而使得岸边水湿生植物被淹没的水体,应慎重选择植物种类,要综合考虑水体的大小、多年平均降水特点、植物的耐水淹性等因素。像花叶芦竹和黄菖蒲适合浅水位栽植,而且水位比较稳定;睡莲和水生美人蕉则可以忍受 10 d 的水淹,其适栽范围也比较大。

参考文献

[1] Sio-Se Mardeh A, Ahmadi A, Poustini K, et al. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions[J]. Field Crops Research, 2006, 19(2-3): 222-229.

[2] 王晶英,赵雨森,王臻,等. 干旱胁迫对银中杨生理生化特性的影响[J]. 水土保持学报, 2006, 2(20): 197-200.

[3] 吕凤山,侯建华. 陆稻抗旱性主要指标的研究[J]. 华北农学报, 1994, 9(4): 7-12.

[4] 曾广文,蒋德安. 植物生理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.

[5] 孙国荣,张睿,姜丽芬,等. 干旱胁迫下白桦(*Betula platyphylla*)实生苗叶片的水分代谢与部分渗透调节物质的变化[J]. 植物研究, 2001, 21(3): 413-415.

[6] Clifford S C, Arndt S K, Corlett J E, et al. The role of soluble accumulation, osmotic adjustment and changes in cell wall elasticity in drought tolerance in *Ziziphus mauritiana* (Lamk)[J]. Journal of Experimental Botany, 1998, 49(323): 967-977.

[7] 陈建勋 王晓峰. 植物生理学实验指导[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2002.

[8] 侯福林. 植物生理学实验教程[M]. 北京: 科学出版社, 2004.

[9] 王宝山. 生物自由基与植物膜伤害[J]. 植物生理学通讯, 1988, 24(2): 12-16.

[10] 郝再彬. 植物生理实验[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2004.

[11] 孙群 胡景江. 植物生理学研究技术[M]. 杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2006.

[12] 蒋明义,郭绍川,张学明. 氧化胁迫下稻苗体内积累的脯氨酸的抗氧化作用[J]. 植物生理学报, 1997, 23(4): 347-352.

[13] Smirnov N. The role of active oxygen in the response of plant to water deficit and desiccation[J]. New Phytol, 1993, 125: 27-58.

[14] 杨晓玲,鲁玉哲,杜香华. 干旱胁迫下新红星苹果叶片一些生理指标的变化[J]. 河北农业技术师范学院学报, 1996, 9(10): 23-26.

[15] 宋志荣. 干旱胁迫对辣椒生理机制的影响[J]. 西南农业学报, 2003(16): 53-55.

Physiology Research on Waterlogging Stress of Four Wetland Plants

XU Jie¹, TU Juan-li²

(1. Jiaxing Xinsheng Landscaping Co. Ltd, Jiaxing, Zhejiang 314000; 2. Jiaxing Vocational Technical College, Jiaxing, Zhejiang 314036)

Abstract: Taking *Arundo donax* var. *versicolor*, *Nymphaea tetragona*, *Iris pseudacorus*, *Canna glauca* as materials, the changes of physiological and biochemical under waterlogging stress were studied, and their waterlogging resistance were compared. The results showed that the waterlogging resistance of *Arundo donax* var. *versicolor* and *Iris pseudacorus* were poor. The waterlogging resistance of *Nymphaea tetragona* was better than that of *Canna glauca* in chlorophyll, soluble protein content, proline content, MDA content and membrane permeability.

Key words: wetland plant; waterlogging; physiology and biochemical