

淹涝胁迫对鹅掌楸属植物叶片部分生理指标的影响

张晓平¹, 方炎明^{2,①}, 陈永江²

(1. 安徽师范大学生命科学学院, 安徽 芜湖 241000; 2. 南京林业大学森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037)

摘要: 研究了淹涝胁迫对不同种源鹅掌楸 [*Liriodendron chinense* (Hemsl.) Sarg.] 和杂种鹅掌楸 (*L. chinense* × *L. tulipifera*) 幼苗部分生理指标的影响。结果表明: 在淹水处理 24 h 后, 杂种鹅掌楸幼苗叶片的净光合速率变化不明显, 鹅掌楸幼苗叶片的净光合速率则有一定程度的下降; 在淹水处理 48 h 后, 净光合速率均大幅度下降。在淹涝胁迫下及胁迫解除后, 幼苗叶片叶绿素含量持续缓慢下降; 而脯氨酸含量总体上呈现上升的趋势; 与鹅掌楸相比, 杂种鹅掌楸幼苗的超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)活性变化不明显, 但 SOD 活性最高, POD 活性最低。结果表明, 杂种鹅掌楸具有较强的耐淹涝胁迫的能力。

关键词: 淹涝胁迫; 鹅掌楸; 生理指标

中图分类号: Q945.78 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2006)01-0041-04

Effect of waterlogging stress on physiological indexes of *Liriodendron* seedlings ZHANG Xiaoping¹, FANG Yan-ming^{2,①}, CHEN Yong-jiang² (1. College of Life Science, Anhui Normal University, Wuhu 241000, China; 2. College of Forestry Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2006, 15(1): 41-44

Abstract: The effect of waterlogging stress on physiological indexes of *Liriodendron chinense* (Hemsl.) Sarg. and *L. chinense* × *L. tulipifera* seedlings were studied. The net photosynthetic rate of *L. chinense* × *L. tulipifera* seedlings had no obvious change, while that of *L. chinense* seedlings decreased to certain degree after waterlogging stress for 24 h. Then the net photosynthetic rate of all seedlings sharply decreased after 48 h. During the period of waterlogging stress and after the stress, the chlorophyll contents decreased gradually, but the proline content increased gradually. After the waterlogging stress, the SOD and POD activities of *L. chinense* × *L. tulipifera* seedlings had no obvious change, the SOD activity was the highest and the POD activity the lowest in comparing with *L. chinense*. The results indicated that waterlogging resistance of *L. chinense* × *L. tulipifera* seedlings was higher than that of *L. chinense* seedlings.

Key words: waterlogging stress; *Liriodendron* L; physiological index

洪涝胁迫是人类面临的严重自然灾害之一,每年都造成巨大的经济损失,因此洪涝灾害越来越受到人们的关注。有关涝渍胁迫对农作物影响的相关研究较多^[1-4],而有关木本植物的抗逆性研究也逐步展开,并取得了一定进展^[5,6]。

鹅掌楸属(*Liriodendron* L.)植物具有生长快、花色好、木材纹理优美等优良特性,是造林与园林绿化的优良树种,尤其是杂种鹅掌楸(*L. chinense* × *L. tulipifera*)在许多城市的园林绿化中应用较多。由于鹅掌楸属植物结实率一般都低于 5%,而且对土壤环境水分的要求较高,致使其苗木的培育有一定的困难,造成供不应求状态,在一定程度上限制了鹅掌楸属植物的发展与应用。基于以上各种原因,迫

切需要筛选出部分抗性较强的优良品种,并以营养繁殖为手段,培养出更多的优良苗木。有关鹅掌楸 [*Liriodendron chinense* (Hemsl.) Sarg.] 居群保护、繁育技术和胚胎发育等方面有详细的研究^[7,8],但对于淹涝胁迫下鹅掌楸的生理变化未见报道。本实验研究了在土壤淹水情况下鹅掌楸属植物的光合特征以及一些相关生理指标的变化,旨在探索淹涝胁迫对鹅掌楸属植物的伤害机制,为采取相应的栽培

收稿日期: 2005-06-01

基金项目: 江苏省“九五”农业科技攻关项目(BE96350)和安徽师范大学博士启动基金资助项目

作者简介: 张晓平(1972-),女,河北易县人,博士,讲师,从事植物生理学研究和教学工作。

① 通讯作者

措施提供一定的理论依据,同时为实际栽培、生产以及鹅掌楸的广泛应用提供技术支持。

1 材料和方法

1.1 材料

杂种鹅掌楸来源于江苏镇江,为扦插苗;鹅掌楸分别来源于浙江和湖南,均为1年生实生苗。

1.2 方法

1.2.1 胁迫处理 2003年4月将上述幼苗盆栽,每盆4棵,2003年6月待幼苗长至40~45 cm后,于6月17日至6月20日用套盆法进行淹水处理,水面保持土表以上3~5 cm,之后于6月21日至6月24日排水。对照则按常规浇水,并控制在田间持水量的50%~60%。每处理重复3次。

1.2.2 生理指标测定 于6月17日至6月24日每天早上8点按处理组随机重复取样,测定下列生理指标:

净光合速率:用Ciras-I型光合测定系统测定,在每天上午10点至11点进行;叶绿素含量:乙醇丙酮混合法^[9];超氧化物歧化酶(SOD)活性:用氮蓝四唑(NBT)光还原法测定,以SOD抑制NBT光还原50%为1个酶活性单位;过氧化物酶(POD)活性:用愈创木酚氧化法测定,以1 min在470 nm处吸收值增加1.0所需的酶量为1个酶活力单位;脯氨酸含量:采用茚三酮显色法测定^[10,11]。应用EXCEL软件进行数据处理和图表制作。

2 结果和分析

2.1 淹涝胁迫对净光合速率的影响

在淹水处理24 h后,供试幼苗叶片的光合特性表现不同(表1),其中杂种鹅掌楸叶片净光合速率略有上升,升幅为4.7%;而来源于湖南和浙江的鹅掌楸幼苗叶片净光合速率分别为3.70和3.88 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,与对照相比,分别下降了26.88%和25.95%。在淹涝胁迫处理48 h后,所有供试幼苗的净光合速率都明显下降,维持在0.2~0.6 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,降幅均在90%以上,净光合速率处于极低的水平。实验结果表明,在淹水处理24 h后,杂种鹅掌楸净光合速率几乎没有受到影响;而淹涝胁迫对不同种源鹅掌楸的光合作用均有一定的抑

制作用;随胁迫时间的延长(48 h),对净光合速率的抑制作用明显增加。此外,供试幼苗间的净光合速率也有差异,其中杂种鹅掌楸幼苗叶片的净光合速率高于鹅掌楸,净光合速率从高到低依次为杂种鹅掌楸、浙江种源鹅掌楸、湖南种源鹅掌楸。

表1 淹涝胁迫对鹅掌楸属植物净光合速率的影响¹⁾
Table 1 Effect of waterlogging stress on net photosynthetic rate of *Liriodendron L.* seedlings¹⁾

种类 Species	产地 Location	净光合速率/ $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ Net photosynthetic rate			
		CK ₁	T ₁	CK ₂	T ₂
Lz	江苏 Jiangsu	10.04	10.52	9.92	0.60
L ₁	湖南 Hu'nan	5.06	3.70	5.50	0.30
L ₂	浙江 Zhejiang	5.24	3.88	5.50	0.20

¹⁾ Lz: 杂种鹅掌楸 *Liriodendron chinense* × *L. tulipifera*; L₁: 鹅掌楸湖南种源 *L. chinense* (Hemsl.) Sarg. introduced from Hu'nan; L₂: 鹅掌楸浙江种源 *L. chinense* introduced from Zhejiang. CK₁: 胁迫处理24 h的对照 Control for 24 h; CK₂: 胁迫处理48 h的对照 Control for 48 h; T₁: 胁迫24 h Stress for 24 h; T₂: 胁迫48 h Stress for 48 h.

2.2 淹涝胁迫对叶绿素和游离脯氨酸含量的影响

在淹水24 h后,杂种鹅掌楸和不同种源鹅掌楸的叶片形态及颜色的变化不明显;在淹水处理48 h以及淹涝胁迫解除后,叶片则表现出一定的伤害症状,且随时间的延长而不断加重,这一现象可以用叶片内叶绿素含量的变化作为指标(表2)。在淹水48 h及淹涝胁迫解除后的一段时间内,杂种鹅掌楸及湖南种源和浙江种源鹅掌楸叶片叶绿素含量均呈现下降的趋势,而且在排水后各处理组叶绿素含量也有较大幅度下降,在淹涝胁迫解除4 d后,上述各处理组的叶绿素含量均降到最低值,与对照相比,分别下降了42.93%、56.18%和38.05%。表明淹涝胁迫对供试幼苗的叶绿素有明显的破坏作用,即使在胁迫解除后,对叶绿素的伤害作用仍然存在,并且不能在短期内消除。

在受到淹涝胁迫以及胁迫解除后4 d内,杂种鹅掌楸及浙江种源和湖南种源鹅掌楸幼苗叶片的脯氨酸含量均有不同程度的变化(表2)。杂种鹅掌楸叶片的脯氨酸含量先升后降再上升,但变化幅度相对较小。淹水48 h后,湖南种源鹅掌楸叶片内脯氨酸含量略有下降,但在排水后,则一直呈增加趋势;在排水4 d后,其叶片内脯氨酸含量达到63.23 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,与对照相比,增加了98.90%。浙江种源鹅掌楸在淹水处理24 h后,其叶片内脯氨酸含量有所降低;在淹水48 h后,脯氨酸含量开始缓慢增加;

在排水 4 d 后, 叶片内脯氨酸含量有较大幅度增加, 达到 $113.43 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 是对照的 2.8 倍以上。

表 2 淹涝胁迫对鹅掌楸属植物叶绿素和游离脯氨酸含量的影响¹⁾
Table 2 Effect of waterlogging stress on contents of chlorophyll and proline of *Liriodendron L.* seedlings¹⁾

日期 Date (MM-DD)	叶绿素含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ Chlorophyll content			脯氨酸含量/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ Proline content		
	Lz	L ₁	L ₂	Lz	L ₁	L ₂
06-17	4.435	3.464	4.350	30.57	31.79	40.11
06-18	4.180	3.446	3.881	34.86	30.41	38.25
06-19	3.757	3.339	3.679	28.29	33.81	35.96
06-20	3.561	3.201	3.454	33.38	27.58	47.62
06-21	3.264	2.989	3.149	34.30	37.13	52.11
06-22	3.254	2.514	2.867	36.86	55.61	62.39
06-24	2.531	1.518	2.695	40.47	63.23	113.43

¹⁾ Lz: 杂种鹅掌楸 *Liriodendron chinense* × *L. tulipifera*; L₁: 鹅掌楸湖南种源 *L. chinense* (Hemsl.) Sarg. introduced from Hu'nan; L₂: 鹅掌楸浙江种源 *L. chinense* introduced from Zhejiang.

2.3 淹涝胁迫对 SOD 和 POD 活性的影响

在受到淹涝胁迫后, 杂种鹅掌楸和不同种源鹅掌楸叶片内的超氧化物歧化酶(SOD)活性有不同的变化趋势(表 3)。在淹涝胁迫 10 h 后, 杂种鹅掌楸叶片内 SOD 活性有所增加, 之后开始下降, 并在淹水 24 h 后达到最低值(110.14 U); 排水 24 h 后(6 月 21 日), SOD 活性又略有升高, 但在整个实验期内杂种鹅掌楸叶片的 SOD 活性变化幅度较小。浙江种源鹅掌楸叶片的 SOD 活性变化趋势与杂种鹅掌楸相似, 但变化幅度较大, 而且 SOD 活性较杂种鹅掌楸低。在淹水 10 h 后, 湖南种源鹅掌楸叶片的 SOD 活性增幅较大, 活性高, 并一直持续到淹水 24 h 后; 当胁迫解除后, 湖南种源鹅掌楸叶片的 SOD

表 3 淹涝胁迫对鹅掌楸属植物叶片超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)活性的影响¹⁾
Table 3 Effect of waterlogging stress on SOD and POD activities of *Liriodendron L.* seedlings¹⁾

日期 Date (MM-DD)	SOD 活性/U SOD activity			POD 活性/U POD activity		
	Lz	L ₁	L ₂	Lz	L ₁	L ₂
06-17	116.52	46.84	80.89	24.01	61.99	14.96
06-18	121.72	121.91	88.84	17.19	80.45	58.47
06-19	116.28	130.31	65.47	12.13	34.44	11.69
06-20	110.14	95.11	52.83	15.62	29.39	26.32
06-21	113.52	93.39	82.38	20.95	67.14	40.93
06-22	114.49	86.88	94.32	23.09	73.95	64.39
06-24	115.41	78.25	107.14	34.52	170.46	64.19

¹⁾ Lz: 杂种鹅掌楸 *Liriodendron chinense* × *L. tulipifera*; L₁: 鹅掌楸湖南种源 *L. chinense* (Hemsl.) Sarg. introduced from Hu'nan; L₂: 鹅掌楸浙江种源 *L. chinense* introduced from Zhejiang.

活性则一直呈下降的趋势, 排水 4 d 后降到最低值(78.25 U)。

在实验期间, 浙江种源和湖南种源鹅掌楸叶片的过氧化物酶(POD)活性呈现升—降—升的趋势; 而杂种鹅掌楸的 POD 活性则先降后升, 而且变化幅度较小, 但所有处理组的 POD 活性都在排水 4 d 后达到最高值。另外, 根据表 3 可以看出, 杂种鹅掌楸 POD 活性总体上较鹅掌楸低。

3 结论和讨论

杂种鹅掌楸及不同种源鹅掌楸在淹涝胁迫 24 h 内受到轻微伤害, 在胁迫 48 h 后则受到严重伤害, 净光合速率大幅度下降, 这与高健^[12]等用 I-69/55 杨(*Populus deltoides* 'Lux')进行的实验结果一致。

大量研究表明, 在各种逆境胁迫下, 植物体内叶绿素均会受到不同程度破坏, 使其含量降低。因而, 在淹水胁迫及胁迫解除后, 不同种源鹅掌楸和杂种鹅掌楸叶片的叶绿素含量总体上均呈下降的趋势。在湿害条件下, 脯氨酸只能在植株体内短时间积累, 植物在逆境条件下游离脯氨酸的大量积累被认为是对逆境胁迫的适应性反应。本实验中, 虽然供试鹅掌楸属植物在淹水处理期间脯氨酸含量变化有一定的差异, 但在淹水胁迫后期到排水 4 d 内, 所有处理组脯氨酸含量均呈现增加的趋势。这种现象也可以看成是鹅掌楸属植物对淹涝胁迫的一种适应和保护机制。

超氧化物歧化酶(SOD)是植物体内清除活性氧的保护酶类, 在各种逆境下, SOD 活性都会受到一定的影响。有研究表明, 涝渍逆境下玉米(*Zea mays* L.)叶片内 SOD 活性下降, 导致叶片内保护系统平衡受到破坏; 在干旱逆境胁迫下, 抗性强的品种(*Triticum aestivum* L.)品种 SOD 活性高于抗性弱的品种, SOD 活性越强说明植物的抗性越强^[13], 并且 SOD 下降的幅度越大, 过氧化物酶(POD)活性的增幅越大。受淹涝胁迫后, 供试的鹅掌楸属植物叶片内 SOD 活性与 POD 活性呈相反的变化趋势, 尤其是杂种鹅掌楸的 SOD 活性较湖南和浙江种源鹅掌楸高, 而 POD 活性最低, 表明杂种鹅掌楸抗涝性最强, 这与外观表现和早期基础研究结论相符。

致谢: 在本文的完成过程中, 得到黄坚钦教授、谢寅峰博士、张往祥博士和郝明灼硕士的帮助, 在此一并致谢。

参考文献:

- [1] 刘晓忠, 李建坤, 王志霞, 等. 涝渍逆境下玉米叶片超氧化物歧化酶和过氧化氢酶活性与抗涝性的关系[J]. 华北农学报, 1995, 10(3): 29-32.
- [2] 蔡永萍, 陶汉之, 张玉琼. 土壤渍水对小麦开花后叶片几种生理特征的影响[J]. 植物生理学通讯, 2000, 36(2): 110-113.
- [3] 童富淡, 胡家恕, 邵爱萍, 等. 涝渍逆境下大麦叶片保护酶活性和膜脂过氧化作用的变化[J]. 浙江农业大学学报, 1998, 24(4): 437-438.
- [4] 李玉昌, 李阳生, 李绍清. 淹涝胁迫对水稻生长发育与耐淹性机理研究进展[J]. 中国水稻科学, 1998, 12(增刊): 70-76.
- [5] 唐罗忠, 程淑婉, 徐锡增, 等. 涝渍胁迫对杨树苗木叶片生长及其生理性状的影响[J]. 植物资源与环境, 1999, 8(1): 15-21.
- [6] 卓仁英, 陈益泰. 木本植物抗涝性研究进展[J]. 林业科学研究, 2001, 14(2): 215-222.
- [7] 方炎明. 鹅掌楸居群保护生物学研究[D]. 南京: 南京林业大学, 1995.
- [8] 张晓平, 方炎明. 杂种鹅掌楸不同季节扦插特征比较[J]. 浙江林学院学报, 2003, 20(3): 249-253.
- [9] 张宪政. 植物叶绿素含量测定——丙酮乙醇混合法[J]. 辽宁农业科技, 1986(3): 26-28.
- [10] 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.
- [11] 徐晓峰, 朱才. 小麦叶中脯氨酸测定方法的研究[J]. 生物技术, 1997, 7(1): 40-42.
- [12] 高健, 侯成林, 吴泽民. 淹水胁迫对 I-69/55 杨蒸腾作用的影响[J]. 应用生态学报, 2000, 11(4): 518-522.
- [13] 任红旭, 陈雄, 王亚馥. 抗旱性不同的小麦幼苗在水分和盐胁迫下抗氧化酶和多胺的变化[J]. 植物生态学报, 2001, 25(6): 709-715.

欢迎订阅 2006 年《植物资源与环境学报》

“中国期刊方阵”双效期刊

“江苏期刊方阵”优秀期刊

季刊, 单价 10 元, 邮发代号: 28-213, 国内统一连续出版物号: CN32-1339/S

《植物资源与环境学报》系江苏省·中国科学院植物研究所、江苏省植物学会及中国环境科学学会植物园保护分会联合主办的学术刊物, 国内外公开发行人。本刊为 BA、CA、CAB、Elsevier's、中国生物学文摘、中国环境科学文摘、中国科学引文数据库、万方数据——数字化期刊群、中国学术期刊(光盘版)和中文科技期刊数据库等国内外著名刊库收摘。本刊围绕植物资源与环境两个中心命题, 报道我国植物资源的考察、开发利用和植物物种多样性保护, 自然保护区与植物园的建设和管理, 植物在保护和美化环境中的作用, 环境对植物的影响以及与植物资源和植物环境有关学科领域的原始研究论文、研究简报和综述等。凡从事植物学、生态学、自然地理学以及农、林、园艺、医药、食品、轻化

工和环境保护等领域的科研、教学、技术人员及决策者, 可以从本刊获得相关学科领域的研究进展和信息。从 2006 年起本刊每期页码将增加至 80 页, 定价改为每期 10 元。

本刊于 1992 年创刊, 全国各地邮局发行, 若错过征订时间或需补齐 1992 至 2005 年各期者, 请直接与编辑部联系邮购, 订价: 1992 至 1994 年每年 8 元, 1994 至 2000 年每年 16 元, 2001 至 2005 年每年 24 元, 2006 年每年 40 元(均含邮资)。编辑部地址: 南京中山门外, 江苏省·中国科学院植物研究所内, 邮编: 210014; 电话: 025-84347016; Fax: 025-84432074; Email: nbgxx@jlonline.com 或 zwzy@mail.cnbg.net。