

持续淹水处理对寒富苹果抗逆性酶及光合作用影响初探

杨宝铭, 吕德国, 秦嗣军, 黄作港

(沈阳农业大学 园艺学院 沈阳 110161)

摘要: 针对多雨地区及低洼地果园生产上面临的涝害问题, 对‘寒富’苹果抗逆性方面进行研究。以 3 a 生盆栽‘寒富’苹果为试材, 持续淹水处理后, 测定‘寒富’苹果根系和叶片抗逆性酶 (POD、SOD、PAL) 活性以及叶片净光合速率、蒸腾速率、气孔导度、胞间 CO_2 浓度。随着淹水时间的延长, POD、SOD、PAL 活性都呈先升高后降低的趋势。叶片净光合速率、蒸腾速率、气孔导度, 都随着淹水时间的延长显著下降, 而胞间 CO_2 浓度显著上升, 根系活力总体上呈下降趋势, 但在处理 3 d 左右有所回升, 根系活力于淹水 3 d 稍有升高, 但整体呈下降趋势。在淹水处理过程中, ‘寒富’苹果树体保护性酶系都表现出积极的响应, 在处理前期都表现出上升趋势, 在处理 5 d~7 d 达到最大值, 随后随着处理时间延长而降低。处理 18 d 后植株死亡。

关键词: 苹果; 淹水; 抗逆性酶; 光合指标

中图分类号: S 666.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-0009(2007)08-0032-03

苹果在生长发育过程中常受到各种非生物胁迫的影响, 水涝就是其中之一。植物浸泡在大量水中, 根系大量矿质元素及重要中间产物淋溶丢失, 无氧呼吸过程中产生有毒物质, 如乙醇等使植物受害, 以及土壤水分过多时气相被液相取代使土壤中气体 (O_2) 亏缺, CO_2 和乙烯过剩使植物缺氧受害^[1]。‘寒富’苹果近几年在北方寒地发展迅速, 但在沈阳市东港等年降水量在

1 000 mm 以上地区, 果树受涝轻则造成叶片黄化、脱落产量下降, 重则造成多年生长受阻, 甚至整株死亡^[2-3]。近年来有关‘寒富’苹果的研究多集中在栽培技术方面, 对其抗逆性方面研究鲜见报道。试验利用淹水处理, 测定‘寒富’苹果在淹水处理过程中抗逆性酶和光合指标的变化, 以初步揭示‘寒富’苹果抗性的生理基础。

1 材料与方法

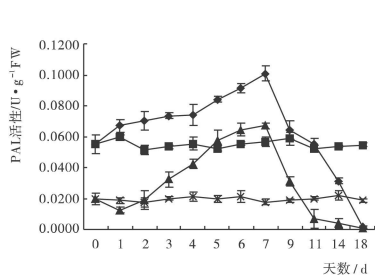


图1 淹水对‘寒富’苹果根系和叶片中 PAL 活性的影响

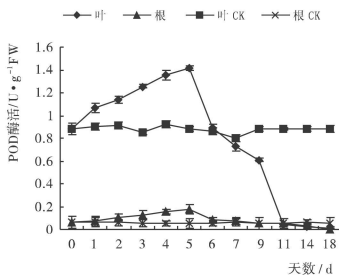


图2 淹水对‘寒富’苹果根系和叶片中 POD 活性的影响

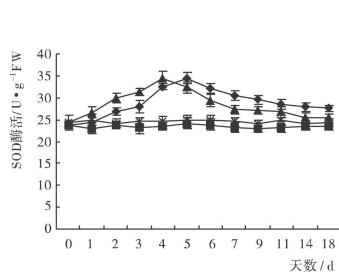


图3 淹水对‘寒富’苹果根系和叶片中 SOD 活性的影响

1.1 材料与处理

试验于沈阳农业大学设施果树试验基地进行, 试材为 3 a 生盆栽‘寒富’苹果 砧木为山定子 (*Malus baccata*)。2006 年 5 月 20 日开始淹水处理, 处理时将盆栽树全部放入水池中, 水深与盆的高度平齐, 并以正常灌水

(每 2 d 浇一次透水) 为对照。从 5 月 21 日开始, 每天上午 10 点各取一盆处理和对照, 叶片取新梢中部成熟叶 5 片, 细根按 1/4 圆法取样。在 5 月 27 日以后取样时间为 9、11、14、18 d。取样时取新梢基部成熟叶片, 采用英国 PP Systems 公司的 CIRAS-1 型便携式光合系统测定净光合速率, 蒸腾效率, 气孔导度, 胞间 CO_2 浓度。

1.2 测定指标及方法

POD 酶活、SOD 酶活、和 PAL 酶活分别采用愈创木酚染色法、NBT 染色法、苯丙氨酸脱氨显色法^[6,7]。供试样品为鲜样。

2 结果与分析

第一作者简介: 杨宝铭 (1981-), 男, 沈阳农业大学在读硕士, 从事果树生理生态研究。E-mail: ybm1981@163.com。

通讯作者: 吕德国 (1967-), 男, 教授, 从事果树生理生态研究。E-mail: lvdeguo@163.com。

收稿日期: 2007-04-06

2.1 淹水对‘寒富’苹果根系和叶片中PAL活性的影响

图2表明,对照中根系中PAL活性明显低于叶片中,处理过程中根系PAL活性明显低于叶片,都表现出先升高后下降的趋势,并且是在处理后7d达到最大值,分别是对照的3.8倍和1.77倍,随后PAL活性迅速下降。处理18d时根系和叶片PAL活性几乎检测不到,仅分别为对照的5.37%和0.29%。

2.2 淹水对‘寒富’苹果根系和叶片中POD活性的影响

如图2所示,叶片POD酶活性明显高于根系酶活性。根系POD活性于试验处理开始后缓慢上升,5d后开始下降但总体变化平稳。叶片POD活性较高,开始淹水处理后迅速上升,到处理5d达到最大值,为对照的1.6倍,然后开始迅速下降。到18d时仅为对照的1.36%。

2.3 淹水对‘寒富’苹果根系和叶片中SOD活性的影响

从图3中可以看出,在处理过程中,叶片和根系

SOD活性相近并表现出相同变化趋势。根系SOD活性于处理后4d达到最大值,为对照的1.4倍,然后开始下降,之后持续保持一个较高水平。叶片SOD活性5d达到最大水平,达到对照的1.5倍,随后开始下降。

2.4 淹水对‘寒富’苹果叶片净光合速率的影响

如图4所示,与对照相比,淹水处理过程中‘寒富’苹果叶片的净光合速率总体呈下降趋势。处理1~3d时下降趋势较缓,处理3d以后迅速下降,淹水处理7d时,接近于零。

2.5 淹水对‘寒富’苹果叶片蒸腾速率的影响

植物受到水涝胁迫时,会引起植物叶片的气孔关闭,气孔阻力增加,导致蒸腾速率和气孔导度下降。如图5所示,与对照相比,淹水处理过程中‘寒富’苹果叶片蒸腾速率变化明显,总体呈下降趋势。淹水处理18d时,处理叶片蒸腾速率是对照的5.5%。

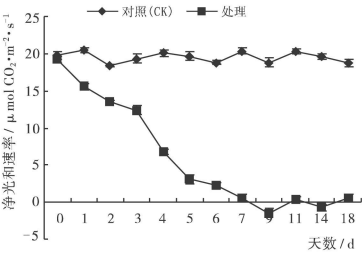


图4 淹水对‘寒富’苹果净光合速率的影响

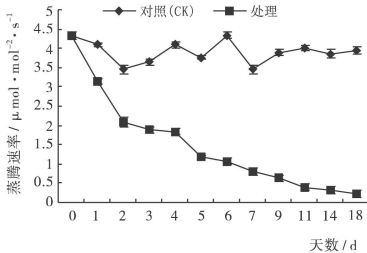


图5 淹水对‘寒富’苹果叶片蒸腾效率的影响

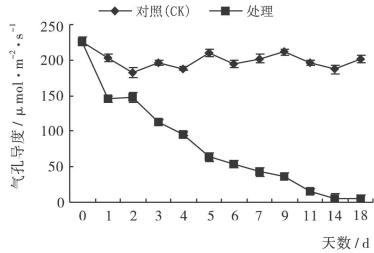


图6 淹水对‘寒富’苹果根叶片气孔导度的影响

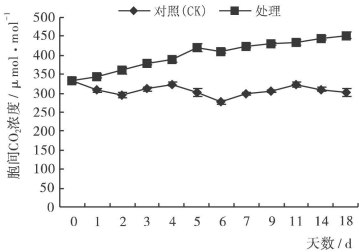


图7 淹水对‘寒富’苹果根叶片胞间CO₂浓度的影响

2.6 淹水对‘寒富’苹果叶片气孔导度的影响

从图6中可以看出,叶片的气孔导度随处理时间持续下降,在处理1~2d时趋势平缓,处理3d开始迅速下降,淹水处理18d时接近于零,仅为对照的2.4%。

2.7 淹水对‘寒富’苹果叶片胞间CO₂浓度的影响

叶片胞间CO₂浓度也是判断叶片光合速率降低由气孔限制还是非气孔限制引起的一个最重要的判据。从图7中可以看出,处理过程中叶片胞间CO₂浓度呈现持续上升的趋势。试验处理开始后,叶片胞间CO₂浓度有所上升,在处理18d时是对照的1.49倍。

3 结论与讨论

植株在受到水分胁迫时,体内活性氧大量积累,植

物体可动员活性氧清除系统清除活性氧,维持细胞膜的稳定,保护细胞免受膜脂过氧化作用引起的伤害^[15-16]。曾淑华等^[12-14]研究烟草受涝时发现,淹水前期烟草叶片中的SOD和POD活性升高,这可能是由于水涝使植株内产生较多的活性氧诱导了酶保护系统,使SOD和POD活性升高,以便清除活性氧,减轻伤害。试验在‘寒富’苹果叶片上也得到了相同结果,在处理4d和5d左右SOD和POD活性出现最大值。

在试验处理过程中,‘寒富’苹果根系中POD活性低于叶片中,根系中POD活性于试验处理开始后缓慢上升,最大值出现在5d与叶片相同。5d后开始下降但总体变化平稳。根系中SOD活性与叶片中含量相近,根系中SOD活性比叶片中早一天达到最大值,可能与根系是水涝处理直接作用部位有关。根系中SOD活性与叶片中相近并表现出相同变化趋势,表现出植物体地上部与根系的响应关系,随着淹水时间延长,胁迫伤害超出了树体本身的承受能力,清除活性氧自由基的SOD和POD活性逐渐降低。

PAL是苯丙烷类代谢途径的关键酶和限速酶,该酶对植物体内的木质素、植保素、类黄酮、花青素等次生物质的形成起重要的调节作用,因而该酶常被看作植物抗

逆性的指示酶^[7]。试验对处理过程中根系和叶片中 PAL 活性进行了测定,结果如下:对照中根系中 PAL 活性明显低于叶片中,处理过程中根系 PAL 活性明显低于叶片,都表现出先升高后下降的趋势,并且是在处理后 7 d 达到最大值,随后 PAL 活性迅速下降。处理 18 d 时根系和叶片 PAL 活性几乎检测不到。

当‘寒富’苹果受到水涝胁迫时,光合作用受到了严重的损害,其净光合速率、蒸腾速率、气孔导度都随着淹水时间的延长显著下降,这与曾淑华等^[12-14]在烟草上的研究结果趋势一致,而胞间 CO₂ 浓度显著上升。‘寒富’苹果表现出较强的抗逆性,叶片净光合速率在处理 1~3 d 时下降趋势较缓,处理 3 d 以后迅速下降,淹水处理 7 d 时,接近于零。而在烟草上表现出迅速下降,净光合速率在处理的第 3 天已经接近于零。

水涝胁迫下,植物表现出最早的适应性反应之一就是气孔关闭,虽然此时并不引起植株叶片的水分亏缺,有时甚至还会提高叶片的水势,但仍会很快引起气孔关闭,叶片气孔阻力增加,使得气孔导度下降。同时气孔还是 CO₂ 进入植物体、水蒸气逸出植物体的通道,气孔的开闭程度对蒸腾作用和光合作用具有重要的调控作用,因此在淹水期间气孔关闭导致蒸腾速率下降。从试验结果可知,处理后叶片胞间 CO₂ 浓度都显著高于对照,因此淹水导致‘寒富’苹果光合作用下降主要是由于非气孔因素所致。

综上所述,在淹水处理过程中,‘寒富’苹果叶片和根系中抗逆性酶都表现出积极的响应,在处理前期都表现出上升趋势,在处理 5~7 d 达到最大值,随后随着处理时间延长而降低。各项指标中,叶片中 POD 活性和 PAL 活性都明显高于根系中,叶片中 SOD 活性与根系中相近。叶片中各项指标和根系中变化趋势相同或

相近,在一定程度上反映出植物体地上部和根系的响应关系。‘寒富’苹果净光合速率、蒸腾速率、气孔导度都随着淹水时间的延长显著下降,而胞间 CO₂ 浓度显著上升,根系活力总体上呈下降趋势,但在处理 3 d 左右有所回升。处理 18 d 后植株死亡。

参考文献

- [1] 赵可夫. 植物对水涝胁迫的适应[J]. 生物学通报, 2003, 38(12): 11-14.
- [2] 陈立松, 刘星辉. 果树对水分胁迫的反应与适应性[J]. 干旱地区农业研究, 1999, 17(1): 88-94.
- [3] 刘国琴, 樊卫国. 果树对水分胁迫的生理响应[J]. 西南农业学报, 2000, 13(1): 101-106.
- [4] 吴强盛, 夏仁学, 张琼华. 果树对水分胁迫反应研究进展[J]. 亚热带植物科学, 2003, 32(2): 72-76.
- [5] 吴林, 李亚东, 刘洪章. 果树水分胁迫研究进展[J]. 吉林农业大学学报, 1996, 18(2): 92-97.
- [6] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [7] 薛应龙. 植物生理学实验[M]. 北京: 高等教育出版社, 1985.
- [8] 王华田, 孙明高. 水涝对银杏生长及生理的影响[J]. 经济林研究, 1997, 15(2): 14-18.
- [9] 刘祖祺, 张石城. 植物抗性生理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994.
- [10] 王三根, 何立人, 李正伟. 淹水对大麦与小麦若干生理生化特性影响的比较研究[J]. 作物学报, 1996, 22(2): 228-232.
- [11] 王建华, 刘鸿先, 徐同. 超氧化物歧化酶(SOD)在植物逆境和衰老生理中的作用[J]. 植物生理学通讯, 1989, 25(1): 1-7.
- [12] 曾淑华, 赵正雄, 覃鹏. 淹水对转超氧化物歧化酶或过氧化物酶基因烟草某些生理生化指标的影响[J]. 植物生理学通讯, 2005, 41(5): 603-606.
- [13] 曾淑华, 刘飞虎, 覃鹏. 水涝对转 SOD 和 POD 基因烟草光合能力的影响[J]. 湖北农业科学, 2004(3): 81-83.
- [14] 曾淑华, 刘飞虎, 覃鹏. 淹水对烟草生理指标的影响[J]. 烟草科技, 2004(1): 36-38.
- [15] 李露, 阎秀峰, 于涛. 水分胁迫对黄粟幼苗保护酶活性及脂质过氧化作用的影响[J]. 应用生态学报, 2005, 16(12): 2353-2356.
- [16] 何高涛, 刘国琴, 樊卫国. 银杏对水涝胁迫的生理反应(I) 水涝胁迫对银杏膜脂过氧化作用及保护酶活性的影响[J]. 山地农业科学, 2000, 19(4): 272-275.

Effects of Waterlogging on the Activities of Protective Enzyme System and Photosynthesis of Hanfu Apple

YANG Bao-ming, LV De-guo, QIN Si-jun, HUANG Zuo-gang
(College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161)

Abstract: Study on the anti-waterlogging of Hanfu apple in low-laying ground and rainy regions. Using three-year-old potted Hanfu apple as material, detected the effects of waterlogging on the activities of protective enzyme system (POD, SOD, PAL) and the net photosynthetic rate (Pn), transpiration rate (Tr), stomatal conductance (Gs) and intercellular CO₂ concentration (Ci) after waterlogging treatment. The POD, SOD, PAL activities increased firstly and then decreased with the elongation of time-course of waterlogging treatment. Meanwhile, There was actively response of the protection enzymes in Hanfu apple, which took increasing trend in prior treatment and was the most after the treatment of 5~7 d, but decreased lately. Pn, Tr and Gs decreased evidently with the time of waterlogging, but Ci increased remarkably, the root activity increased slightly in waterlogging three days, but showed the decreasing tendency seeing from the whole. The plant died after treatment 18 d.

Key words: Apple; Waterlogging; Protective enzyme system; Photosynthesis