

doi:10.11937/bfyy.20170662

水分胁迫对苹果幼苗生理特性的影响

薛新平¹, 刘洁²

(1. 山西省农业科学院 园艺研究所, 山西 太原 030031; 2. 山西省农业科学院 农业科技信息研究所, 山西 太原 030031)

摘要:以盆栽“嘎啦”苹果幼苗为试材,研究了不同水分处理对其叶片相对电导率、过氧化物酶(POD)活性、超氧化物歧化酶(SOD)活性、过氧化氢酶(CAT)活性、丙二醛(MDA)含量、根系活力的影响,以探讨“嘎啦”苹果幼苗对水分胁迫的生理适应特性。结果表明:叶片相对电导率、MDA整体上表现出逐渐上升的趋势,并都在胁迫18 d时达到最大值,分别为53.254%、15.325 mmol·g⁻¹。POD、SOD、CAT活性以及根系活力均表现出先上升后下降的趋势。在发生水分胁迫早期,对苹果幼苗的伤害较小,随着时间的延长,苹果幼苗的生理指标变化较复杂,最终对苹果幼苗影响严重。表明“嘎啦”苹果具有一定抗旱能力,但持续干旱影响幼苗生长,应及时浇水。

关键词:水分胁迫;“嘎啦”苹果幼苗;生理特性

中图分类号:S 661.101 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2017)20-0072-05

水分是生物体的重要组成部分,是赖以生存的根本条件之一,如在其生长过程中发生水分亏缺可能对植物的生长发育产生影响^[1]。在作物的生长过程中干旱所造成的伤害公认是最大^[2-3]。由于果树的生长发育期十分漫长,在其整个生长期中极易遇到干旱。

苹果(*Malus domestica* Borkh)起源于我国,在我国的果树种植中占有重要地位。但在我国种植苹果的地区多为干旱与半干旱的地区,常常遇到干旱的威胁。研究苹果对水分胁迫反应机制的特点,寻找影响其抗性强弱的因子,对于苹果抗旱节水栽培具有较重要的意义。已有的一些研究多集中在水分胁迫对苹果树木的结构^[4]、光合机制^[5-6]、渗透调节^[7-8]、保护酶体系^[8-10]的影响等领域。上述研究较为凌乱,有关干旱对苹果生理指

标系统性的研究,即从干旱对细胞膜的伤害逐步深入至物质代谢水平的报道较少。为了了解苹果幼苗对干旱胁迫的生理反应,现以北方常见的“嘎啦”苹果幼苗为盆栽试材,调查水分胁迫下的叶片相对电导率、POD活性、SOD活性、CAT活性、MDA含量、根系活力等指标的变化规律及其渗透调节机制,以期今后苹果耐旱性研究提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2016年在山西省农业科学院园艺研究所试验基地(东经111°30′~112°19′,北纬37°27′~38°05′)进行,海拔约800 m。属温带大陆性气候区,夏季炎热多雨,冬季寒冷干燥。年平均气温9.5℃,无霜期平均202 d,年均降水量456 mm。试验地土壤主要为石灰性褐土亚类,土层厚度100 cm以上。

1.2 试验材料

供试苹果幼苗为“嘎啦”一年生苹果苗,购自山西省农业技术市场,苗木长势一致,无病虫害。

第一作者简介:薛新平(1963-),男,本科,副研究员,现主要从事设施果树栽培技术等研究工作。E-mail: xxp15834065878@163.com.

基金项目:山西省科技厅新特优果树设施栽培技术网络共享平台建设资助项目(2013091003-0105)。

收稿日期:2017-04-01

1.3 试验方法

采用盆栽控水法即用不同的浇水量对幼苗进行水分胁迫。栽培用的花盆高为 50 cm, 盆径为 35 cm, 盆栽土壤用耕层 30 cm 的表土、河沙、底肥(羊粪)组成, 按 5 : 2 : 1 比例混合, 每盆装土 12.5 kg。2016 年 3 月 10 日将苹果幼苗栽入盆中, 每盆栽 1 株, 共栽 300 盆, 正常管理, 8 周后, 选取生长正常、一致、健壮、无病害的幼苗作为供试材料。试验共设 7 个处理, 其中 1 个处理为对照组(CK), 用称重法计算盆土中的含水量, 以田间持水量为 75% 的作为对照, 正常浇水。另外 6 个处理进行水分胁迫处理, 试验开始后处理组停止浇水, 以停止浇水的天数作为胁迫程度, 分别为胁迫 3、6、9、12、15、18 d, 每处理 5 株幼苗; 设 3 次重复, 其余的管理方式一致。

1.4 项目测定

处理组 3 d 后开始测量, 每隔 3 d 采集处理与对照的叶片, 采后放入冰盒中, 带回实验室测定各项生理指标。幼苗的叶片相对电导率采用抽气法测定^[11]; 过氧化物酶(POD)活性采用愈创木酚法测定^[11]; 超氧化物歧化酶(SOD)活性采用 NBT 法测定^[11]; 过氧化氢酶(CAT)活性采用紫外吸收法测定^[11]; 丙二醛(MDA)含量采用硫代巴比妥酸法测定^[11]; 根系活力采用甲烯蓝法测定^[11]。

1.5 数据分析

数据用 DPS 数据分析软件进行处理, 并用 Microsoft Excel 2003 制图。

2 结果与分析

2.1 水分胁迫对叶片相对电导率的影响

苹果幼苗在遇到干旱逆境后细胞膜会受到伤害, 发生破裂, 导致细胞内电解质外渗, 使电导率上升, 而对于耐旱作物来讲, 受到的伤害较小, 细胞内电解质外渗较少, 电导率较低, 因此叶片相对电导率是作物抗旱的鉴定指标^[12]。由图 1 可知, 在 3 d 的水分胁迫处理的叶片相对电导率与对照相同, 无变化。在 6 d 时略有上升, 在 9 d 时达 40.364%, 对照变化不大, 在 18 d 时达到最高峰, 为 53.254%。说明随着处理时间的延长, 水分胁迫

对苹果幼苗的伤害越来越强, 即细胞膜受到的伤害越来越强, 细胞内的电解质外渗量加大, 使相对电导率升高, 而对照的变化幅度较小。

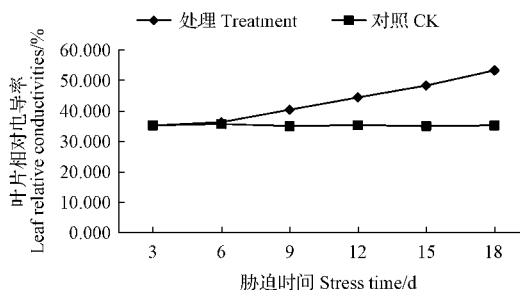


图 1 水分胁迫下的叶片相对电导率变化

Fig. 1 Change of leaf relative conductivities under water stress

2.2 水分胁迫对苹果幼苗 POD 活性的影响

植物体在水分胁迫时产生过氧化氢, 该物质能伤害细胞膜, 最终影响植物体的生长, POD 能分解过氧化氢, 以保护细胞膜^[12]。图 2 表明, 经过 6 d 的水分胁迫处理, POD 活性开始升高, 达 $2.335 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, 在 12 d 时达到最高, 为 $5.456 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, 之后 POD 活性下降, 降至 $3.654 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。说明在 3、6 d 的水分胁迫处理后, 苹果幼苗受到的伤害较轻, POD 活性没有明显的变化, 但在 9、12 d 后, 细胞受到的伤害较重, 引起 POD 活性的应激反应, 为杀灭过氧化氢, POD 活性大幅升高, 但随着处理的继续, 对 POD 造成不可逆损伤, 其活性又开始下降。对照的 POD 活性基本保持不变, 最低为 $1.690 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, 最高为 $1.826 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

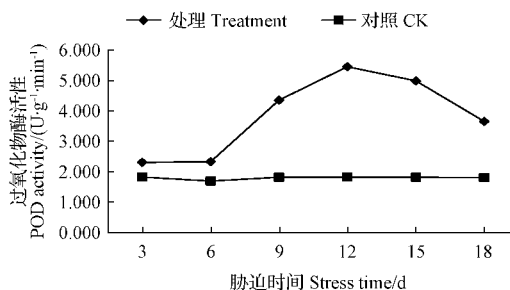


图 2 水分胁迫下的 POD 活性变化

Fig. 2 Change of POD activity under water stress

2.3 水分胁迫对苹果幼苗 SOD 活性的影响

SOD 广泛存在于植物体中,能清除植物体在逆境胁迫时产生的大量超氧自由基、羟自由基,维持细胞膜的稳定性^[12]。由图 3 可知,经过 18 d 的水分胁迫处理,SOD 活性先升高后降低,在 6 d 时 SOD 活性上升至 $142.365 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$,在 9 d 时 SOD 活性则大幅升高至 $194.32 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$,在 12 d 时达到顶峰,为 $210.394 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$,在 15、18 d 时 SOD 活性缓慢下降,分别降至 196.684 、 $161.365 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$ 。SOD 活性变化的趋势与 POD 活性类似,在 6 d 时开始升高,以维持细胞膜的稳定性,之后逐步升高,但在 12 d 达到顶峰,之后发生不可逆损伤,使 SOD 活性下降。而对照的 SOD 活性变化趋势基本为直线。

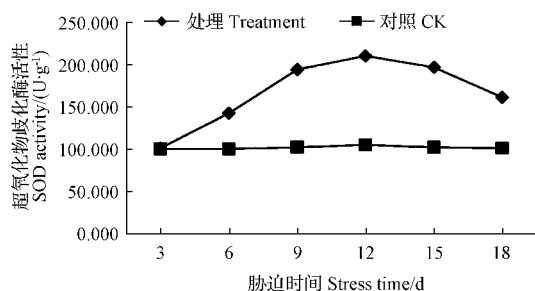


图 3 水分胁迫下的 SOD 活性变化

Fig. 3 Change of SOD activity under water stress

2.4 水分胁迫对苹果幼苗 CAT 活性的影响

CAT 的作用与 SOD 类似^[12]。从图 4 可以看出,处理后的苹果幼苗 CAT 活性变化趋势与 SOD 活性类似,而对照的变化幅度较小,在 $99.111 \sim 102.111 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。在 3 d 时 CAT 活性为 $102.320 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,6 d 缓慢上升

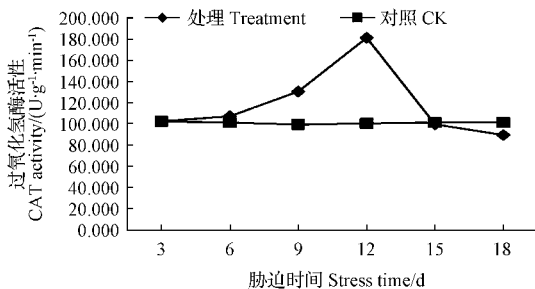


图 4 水分胁迫下的 CAT 活性变化

Fig. 4 Change of CAT activity under water stress

至 $107.214 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,在 9、12 d 时出现高速上升,分别达 130.365 、 $181.331 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,之后逐步下降至 99.354 、 $89.254 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,最后降至对照以下。说明在苹果幼苗受到水分胁迫时,在最初的 3~12 d 时,其活性逐步升高,以杀灭破坏细胞膜的物质,但随着胁迫时间的延长,对 CAT 造成的不可逆伤害加重,其活性开始下降。

2.5 水分胁迫对苹果幼苗 MDA 含量的影响

植物在遭遇逆境时发生膜脂过氧化作用,其产物就是 MDA,其含量与植物受到的伤害呈正相关^[13]。由图 5 可知,水分胁迫处理后 MDA 含量呈上升的趋势,6 d 为 $5.512 \text{ mmol} \cdot \text{g}^{-1}$,9 d 时升至 $7.087 \text{ mmol} \cdot \text{g}^{-1}$,自 12 d 后上升的幅度明显加大,15、18 d 分别达 12.656 、 $15.325 \text{ mmol} \cdot \text{g}^{-1}$ 。说明随着水分胁迫的持续,对苹果幼苗的伤害越来越大,膜脂过氧化作用加大,MDA 含量逐步升高,而对照的变化较小。

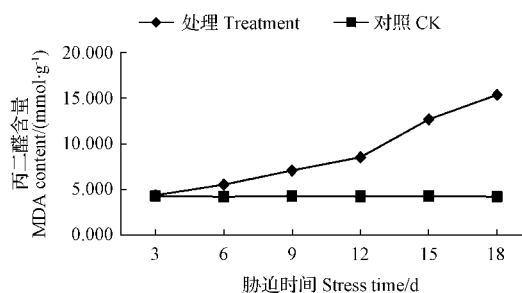


图 5 水分胁迫下的 MDA 含量变化

Fig. 5 Change of MDA content under water stress

2.6 水分胁迫对苹果幼苗根系活力的影响

根系是植物吸收养分的主要器官,研究表明在发生水分胁迫时根系活力受到抑制^[14]。从图 6 可以看出,处理的根系活力在开始时上升,但随着处理时间的延长又发生下降,在 6 d 时根系活力开始上升,之后在 12 d 时达最高,为 0.471 m^2 ,之后开始下降,在 15 d 时下降至 0.458 m^2 ,在 18 d 时下降至 0.313 m^2 。说明在最初的处理中,苹果幼苗受到伤害,但其还可以通过调节自身的物质代谢,即根系活力以应对这种逆境,但随着时间的延长,这种调节是有限的,超出一定的范围后,调节能力便会下降。而对照基本没有变化。

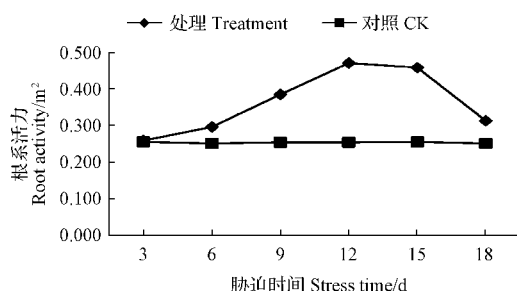


图6 水分胁迫下的根系活力变化

Fig. 6 Change of root activity under water stress

3 讨论与结论

3.1 叶片相对电导率

对于果树受到水分胁迫后叶片相对电导率变化的报道较多^[15-16],学者均认为在水分胁迫下细胞膜受到伤害,相对电导率逐渐升高,该试验得出的结论与上述结论相同,说明在水分胁迫下苹果幼苗叶片细胞膜受损害日益加剧,外渗的电解质含量升高,使电导率上升。并影响苹果幼苗的生长发育,由于这个指标的测定较为简单,因此可以作为鉴定苹果幼苗耐旱的指标。

3.2 保护酶活性

POD、SOD、CAT 均属保护酶,能杀灭有害物质维持细胞膜的稳定性,学者认为在其活性在水分胁迫初期受到诱发而先升高,但随着胁迫的加重最终表现出降低的趋势^[13]。该研究的结论与上述报道相同,其原因是在胁迫初期,由于受到水分的胁迫,诱发苹果幼苗产生一定的应激反应,POD、SOD、CAT 活性上升,保持细胞膜的稳定性,但 POD、SOD、CAT 的渗透调节的作用是有限的,在一定的范围内,苹果幼苗能通过提高保护酶活性来调控水分胁迫对自身的伤害;当胁迫的时间延长,超过自身调控范围后,保护酶失活,苹果幼苗则受到不同程度的伤害。可以说苹果幼苗能在一定的范围内通过自身应激反应对抗外界逆境。

3.3 MDA 含量

MDA 与水分胁迫的关系报道较多,多认为水分胁迫发生后苹果幼苗 MDA 含量逐渐上升^[17-18]。该研究的结论与之一致,说明幼苗在 3 d

处理时细胞膜已受到一定的伤害,细胞内产生了 MDA,随着处理时间的延长,伤害逐步加剧,使 MDA 含量明显的增加。其含量呈逐步上升的趋势,因此可以通过这个指标反映苹果幼苗受伤害的程度。

3.4 物质代谢

根系活力能表征植物体物质代谢的情况,对苹果的研究表明,干旱胁迫下苹果根系活力表现出先上升后下降的变化过程^[19]。其原因可能是在水分胁迫的前期,根系活力为适应逆境环境,有一定的上升,表现出一定的抗逆性,以维持自身正常的代谢,但随着处理时间的延长,超出自身调节的范围,而且根系本身也在水分胁迫下受到的伤害,因此根系活力逐渐下降。这再一次说明苹果幼苗有通过自身调节来应对逆境的能力,但有一定范围。

综上所述,说明在水分胁迫的前期对苹果幼苗造成一定的伤害,但影响较小。在胁迫的中期,这一时期苹果幼苗表现出了应激反应,POD、SOD、CAT 活性、根系活力上升,在胁迫的后期苹果幼苗受伤害较重,上述指标下降。上述的指标均在 12 d 处理时达到顶峰,然后开始下降,说明 12 d 处理是苹果幼苗水分胁迫耐受的拐点。叶片相对电导率、MDA 含量一直表现出上升的趋势。说明“嘎啦”苹果幼苗具有一定抗旱能力,但有一定的耐旱极限,如遇到长时间的干旱,会造成严重伤害,为维持正常的生长,应及时补充水分。

参考文献

- [1] 周黎,龚宁,彭健. 干旱胁迫下金线兰渗透调节物质的变化规律[J]. 贵州科学, 2008, 26(4): 68-71.
- [2] 钱永生,王慧中. 渗透调节物质在作物干旱逆境中的作用[J]. 杭州师范学院学报, 2006, 5(6): 476-480.
- [3] 詹妍妮,郁松林,陈培琴. 果树水分胁迫反应研究进展[J]. 中国农学通报, 2006, 22(4): 239-243.
- [4] 李合生. 植物生理生化试验原理和技术[M]. 北京: 北京高等教育出版社, 2000: 138-167.
- [5] 李嘉瑞,任小林,王民柱,等. 干旱对果树光合的影响及水分胁迫信息传递[J]. 干旱地区农业研究, 1996, 14(3): 69-72.
- [6] 张丽军,赵领军,赵善仓. 干旱胁迫对苹果光合特性的影响[J]. 河北果树, 2007(4): 3-5.
- [7] 汪祖华,罗国光,张宇和,等. 中国农业百科全书果树卷[M]. 北京: 农业出版社, 1993: 141.
- [8] 马春花,李明军,李翠英,等. 不同抗性苹果砧木叶片抗坏血

- 酸代谢对干旱胁迫的响应[J]. 西北植物学报, 2011, 1(8): 1596-1602.
- [9] 刘彩香, 王建国. 干旱对苹果生产的影响及预防措施[J]. 中国园艺文摘, 2016(8): 196-197.
- [10] CHALMERS D J, CANTERFORD R L, JERIE P H, et al. Photo synthesis in relation to growth and distribution of fruit in apple trees[J]. Australian Journal of Plant Physiology, 1975, 2(4): 635-645.
- [11] 张宪政, 陈凤玉, 王荣富. 植物生理学[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1994: 70.
- [12] 艾尼莫明. 几种植物细胞膜的差别透性及其与抗旱性的关系[J]. 干旱区研究, 1994, 11(1): 57-61.
- [13] 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: 56.
- [14] 赵雅静, 翁伯琦, 王义祥, 等. 植物对干旱胁迫的生理生态响应及其研究进展[J]. 中国稻麦科技, 2009(2): 45-50.
- [15] 曹铁森, 许明亮. 水分胁迫对梨幼树叶水势的影响[J]. 西北农业大学学报, 1992, 20(1): 91-93.
- [16] 刘彦琴, 张丰雪, 杨敏生. 电导率在白杨杂种无性系耐旱性鉴定中的应用[J]. 河北林果研究, 1997, 12(4): 301-305.
- [17] 束怀瑞. 苹果学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 25.
- [18] 李绍华. 果树生长发育、产量和果实对水分胁迫反应的敏感期及节水灌溉[J]. 植物生理学通讯, 1993, 29(1): 10-16.
- [19] 曹慧. 水分胁迫诱导苹果属植物叶片衰老机理的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2003: 45.

Effects of Water Stress on Biochemical Characteristics of Apple Seedlings

XUE Xinping¹, LIU Jie²

(1. Gardening Research Institute, Shanxi Academy of Agricultural Sciences Institute, Taiyuan, Shanxi 030031;
2. Information Institute, Shanxi Academy of Agricultural Science, Taiyuan, Shanxi 030031)

Abstract: Apple seedlings of ‘Gala’ in pot, were taken as materials, the effects of different water stress treatment on the relative leaf conductivities, POD activity, SOD activity, CAT activity, MDA content, root activity were studied with potted apple seedlings. In order to learn the physiological adaptability of apple seedlings of ‘Gala’ to water stress. The results showed that under water stress condition the relative leaf conductivities, MDA content, were increasing in general and reached the highest values of 53.254%, 15.325 mmol · g⁻¹, respectively at the 18th days, POD activity, SOD activity, CAT activity, root activity at first increased, then decreased. In conclusion, apple seedlings grew well under the early water stress, under the mid water stress seedlings showed a more complex process of change; under the late stage stress the seedlings seriously injured. It showed apple seedlings of ‘Gala’ drought tolerance, but it should be watered on time; otherwise their growth will be affected.

Keywords: water stress; ‘Gala’ apple seedlings; biochemical characteristics