

# 两种苹果砧木对中度干旱胁迫的生理响应

杜典, 刘芬

(甘肃省农业科学院林果花卉研究所, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 测定比较了以二年生苹果砧木山定子与陇东海棠盆栽幼苗正常供水和中度干旱胁迫下的叶片丙二醛、可溶性糖、可溶性蛋白、游离脯氨酸含量及抗氧化酶活性。结果表明, 随着干旱胁迫时间延长, 2种植物的丙二醛、可溶性糖、游离脯氨酸和过氧化物酶活性持续上升, 且在整个胁迫过程中 2种植物间差异显著; 可溶性蛋白含量则不断降低, 且于第 7 d 后差异显著。中度干旱胁迫下, 超氧化物歧化酶和过氧化氢酶活性于胁迫第 7 d 达到最大值, 随后不断下降, 表明 2种植物前期对活性氧的清除能力较强, 随胁迫时间加长其抗氧化能力减弱。综合分析, 山定子的抗旱能力强于陇东海棠。

**关键词:** 苹果砧木; 中度干旱胁迫; 渗透调节物质; 抗氧化酶

**中图分类号:** S661.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2020)08-0064-04

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1463.2020.08.016

## Physiological Responses of Two Apple Rootstocks to Moderate Drought Stress

DU Dian, LIU Fen

(Institute of Fruit and Floriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

**Abstract:** The effects of normal water supply and moderate drought stress on malondialdehyde, soluble sugar, soluble protein, free proline content and antioxidant enzyme activity of two-year apple rootstocks *Malus baccata* and *Malus kansuensis* were studied. The results showed that the activities of malondialdehyde, soluble sugar, free proline and peroxidase of the two rootstocks increased continuously with the prolongation of drought stress, and the differences between the two varieties were significant during the whole stress process, while the content of soluble protein decreased continuously, and the differences between the two varieties were significant after the 7th day. Under moderate drought stress, the activity of superoxide dismutase and catalase reached the maximum value on the 7th day of stress, and then decreased continuously, indicating that the scavenging ability of active oxygen in the early stage of two rootstocks was higher, and its antioxidant ability decreased with the increase of stress time. According to the comprehensive analysis, the drought resistance of apple rootstock *Malus baccata* is stronger than *Malus kansuensis*.

**Key words:** Apple rootstock; Moderate drought stress; Osmoregulation substance; Antioxidant enzymes

水资源的匮乏是导致植物遭受干旱胁迫的主要原因。当干旱胁迫发生, 植物正常的生理代谢活动发生紊乱, 可通过调节体内生理生化物质含量来减轻环境胁迫带来的伤害<sup>[1-2]</sup>。研究发现, 干旱胁迫加速了

苹果叶片中活性氧的产生速率, 使得丙二醛和抗氧化酶活性显著增加<sup>[3]</sup>。同时, 干旱胁迫抑制了植物叶片细胞膜系统的正常生理活动, 导致叶片失水, 细胞内有机与无机物质浓度升高, 从而维持细胞膨压以减缓失水。

**收稿日期:** 2020-06-08

**基金项目:** 甘肃省苹果产业科技攻关项目(GPCK2013-3); 农业农村部西北地区果树科学观测实验站(S-10-18)。

**作者简介:** 杜典(1988—), 男, 甘肃临洮人, 研究实习员。主要从事科研管理工作。联系电话: (0931)7614824。

苹果是甘肃陇东地区的重要经济树种之一，其栽培区所处位置均为干旱、半干旱地区，灌溉条件差，对苹果的生长发育产生极大影响。砧木是苹果树体生长的根基，其抗旱能力的强弱直接决定苹果树体的生长，在干旱、半干旱地区苹果生产中具有重要的实践意义。我们以 2 年生苹果砧木山定子与陇东海棠盆栽幼苗为材料，研究了中度干旱胁迫对其渗透调节物质含量与抗氧化酶活性的影响，以期为苹果砧木幼苗的规范化管理提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料与试验设计

2018 年 3—9 月，选取二年生山定子与陇东海棠盆栽幼苗进行试验。每盆栽植 1 株，盆栽基质采用草炭、蛭石与腐熟羊粪按体积比为 1:1:1 混合而成，均放置于简易温室中，自然光照，生长期温度 5~30℃。试验开始前正常浇水管理。于 2018 年 7 月中旬，选择山定子(SD)与陇东海棠(LD)生长趋势一致的幼苗各 40 株进行试验处理。采用称重法控制基质含水量，每隔 1 d 于 18:00 时称重补水。共设置 2 个水分处理：处理 1 为正常浇水处理(CK)，即保持基质含水量至最大持水量的 75%~85%；处理 2 为中度干旱胁迫处理(M)，即保持基质含水量至最大持水量的 45%~55%。分别于处理后 0、3、7、14、21 d 采取叶片测定指标。3 次重复。

### 1.2 指标测定

丙二醛(MDA)含量采用硫代巴比妥酸法进行测定，可溶性糖(SS)含量采用蒽酮法进行测定，可溶性蛋白(SP)含量采用考马斯亮蓝 G-250 染色法进行测定，游离脯氨酸(FP)含量采用酸性茚三酮显色法进行测定。根据李合生<sup>[4]</sup>的方法进行过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)和超氧化物歧化酶(SOD)活性的测定。

### 1.3 数据分析

数据使用 Excel 2016 与 SPSS 23.0 软件分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 中度干旱胁迫对丙二醛含量的影响

由图 1 可以看出，中度干旱胁迫对 2 种苹果砧木不同时期丙二醛含量的影响存在差异。中度干旱胁迫开始后，LDM 和 SDM 处理丙二醛含量均呈持续上升趋势，且整个干旱胁迫过程中 LDM 丙二醛含量始终显著高于 SDM 处理。干旱胁迫结束时，LDM 和 SDM 处理的丙二醛含量均达到最大值，较 CK 处理分别增加了 152.41% 和 79.67%，表明中度干旱胁迫对陇东海棠叶片细胞膜系统的损伤程度远高于山定子。

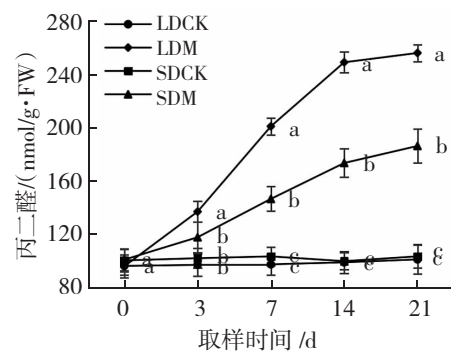


图 1 中度干旱胁迫苹果砧木丙二醛含量

### 2.2 中度干旱胁迫对可溶性糖、可溶性蛋白与游离脯氨酸含量的影响

由图 2 可以知，中度干旱胁迫对 2 种苹果砧木可溶性糖、可溶性蛋白与游离脯氨酸含量的影响存在差异。随着干旱胁迫时间延长，叶片的可溶性糖和游离脯氨酸含量呈不断上升趋势，干旱胁迫结束时达到最大值。干旱胁迫前 7 d，LDM 处理的可溶性糖含量高于 SDM，7 d 后发生改变，SDM 处理高于 LDM，14 d 后这两个处理差异显著。胁迫结束时，SDM 和 LDM 处理与 CK 相比较分别增加了 32.35% 和 15.45%。整个干旱胁迫过程，SDM 处理游离脯氨酸含量始终高于 LDM，且于 3 d 后差异显著。至于干旱胁迫结

束, SDM 和 LDM 处理与 CK 相比较分别增加了 102.11%和 45.78%。两种供试苹果砧木的可溶性蛋白含量则随干旱胁迫时间增加而呈持续下降趋势, 且 LDM 处理于整个过程始终显著低于 SDM。胁迫 21 d, SDM 和 LDM 处理的可溶性蛋白含量与 CK 相比分别降低了 9.96%和 14.18%。陇东海棠叶片细胞渗透调节物质的大幅变化表明干旱胁迫对其带来的伤害重于山定子。

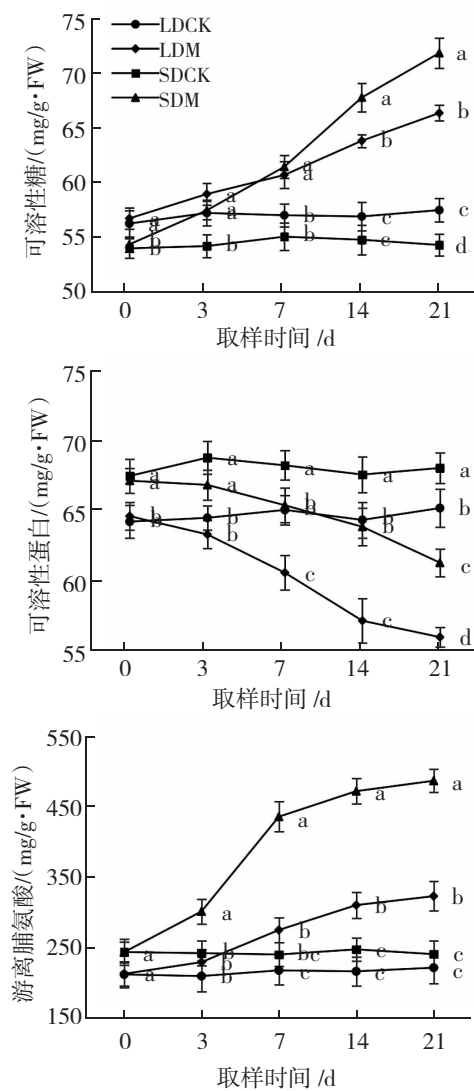


图 2 中度干旱胁迫苹果砧木可溶性糖、可溶性蛋白与游离脯氨酸含量

### 2.3 中度干旱胁迫对苹果砧木抗氧化酶活性的影响

由图 3 可以看出, 正常供水条件下, 2

种苹果砧木的超氧化物歧化酶、过氧化物酶和过氧化氢酶活性基本无变化。中度干旱胁迫后, SDM 处理与 LDM 处理的超氧化物歧化酶和过氧化氢酶活性随着胁迫发生呈现出先升高后降低趋势, 整个过程 SDM 处理高于 LDM。7 d 达到最大值, 与 CK 相比较, SDM 处理和 LDM 的超氧化物歧化酶活性分别增加了 117.88%和 111.07%, 而过氧化氢酶活性分别增加了 110.44%和 140.36%。过氧化物酶活性于干旱胁迫期间呈不断上升趋势, 且 SDM 处理显著高于 LDM。干旱胁迫结束时, SDM 处理和 LDM 与 CK 相比分别升高了 170.51%和 136.63%。陇东海棠叶片

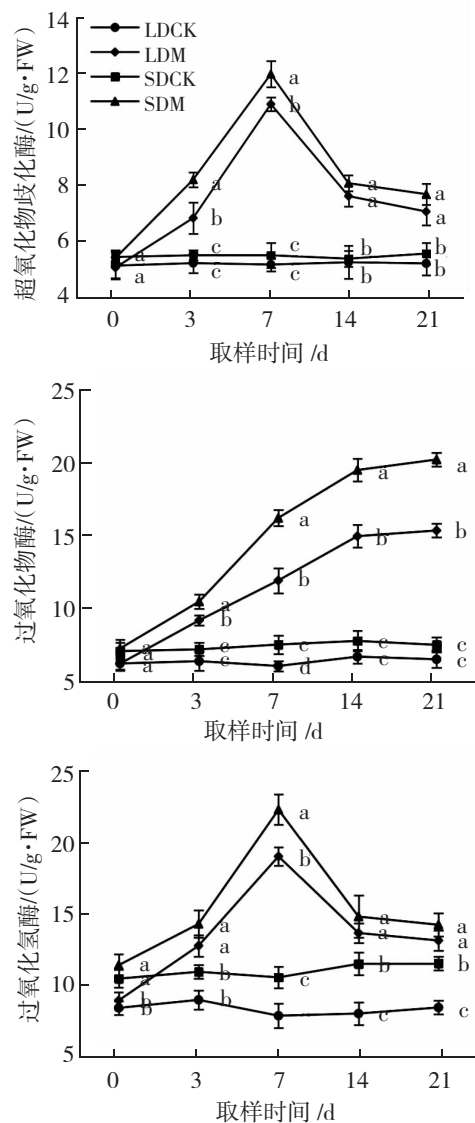


图 3 中度干旱胁迫苹果砧木抗氧化酶活性

细胞渗透调节物质的大幅变化表明干旱胁迫对其带来的伤害极大。

### 3 结论与讨论

研究结果表明,随着干旱胁迫时间延长,山定子和陇东海棠叶片丙二醛、可溶性糖、游离脯氨酸和过氧化物酶活性持续上升,且整个胁迫过程中二者差异显著;而可溶性蛋白含量则不断降低,且于7 d后二者差异显著。中度干旱胁迫下,超氧化物歧化酶和过氧化氢酶活性于胁迫7 d达到最大值,随后不断下降,表明两种植物前期对活性氧的清除能力较强,随胁迫时间加长其抗氧化能力减弱。综合分析认为,山定子抗旱能力强于陇东海棠。

植物细胞膜系统的完整性是植物得以健康生长发育的基础。细胞膜系统一旦遭到破坏将导致胞内电解质外渗,发生过氧化作用,而过氧化作用的代谢产物中包含丙二醛。本试验中,2种苹果砧木的丙二醛含量均于干旱胁迫后呈上升趋势,且陇东海棠大于山定子,表明陇东海棠的细胞膜系统受干旱胁迫后损伤明显。

植物受到干旱胁迫会通过调节细胞渗透物质浓度来阻止反渗透作用发生,以此进行细胞内水分含量与细胞膨压的保持,从而使细胞内各项代谢活动正常进行。从试验结果可以看出,中度干旱胁迫对2种苹果砧木的可溶性糖、可溶性蛋白及游离脯氨酸含量产生显著影响。其中叶片可溶性糖含量随着胁迫时间延长呈上升趋势,这是由于其作为有机碳合成的物质基础,逆境条件下能提高渗透调机能,起到平衡植物体内代谢的作用<sup>[5]</sup>。游离脯氨酸极强的水合能力是保持细胞水分与稳定蛋白质结构和细胞膜的有效保护剂。本研究中,游离脯氨酸含量的变化趋势与可溶性糖含量相同,表明其含量的增加对2种供试苹果砧木的抗旱性贡献较大,这一结果也与前人的研究一致<sup>[6]</sup>。而可溶性蛋白含量则

与前两者相反,呈不断下降趋势,这可能是由于中度干旱导致叶片细胞内蛋白酶活性增强,蛋白质发生降解,从而使蛋白质含量下降。

植物抗氧化酶相互协作对干旱胁迫产生的活性氧自由基进行清除,以此降低活性氧的毒害作用。本研究中,超氧化物歧化酶和过氧化氢酶活性随干旱胁迫时间延长呈先上升后下降的趋势,表明在短时间的干旱胁迫下,2种苹果砧木均能通过增加抗氧化酶活性来清除干旱所产生的大量活性氧自由基,从而提高抗旱能力。但当胁迫时间过长,其体内清除系统与活性氧生成间的平衡被打破,致使酶活性显著下降<sup>[7]</sup>。与此同时,过氧化物酶活性于整个胁迫时期内呈不断上升趋势,说明过氧化物酶是2种供试苹果砧木重要的抗氧化酶。

### 参考文献:

- [1] 易家宁,王康才,张琪琦,等.干旱胁迫对紫苏生长及品质的影响[J].核农学报,2020,34(6):1320-1326.
- [2] 王方,李忠旺,欧巧明,等.干旱胁迫对棉花种子品质与活力的影响[J].甘肃农业科技,2019(1):58-62.
- [3] 刘忠霞,刘建朝,胡景江.干旱胁迫对苹果树苗活性氧代谢及渗透调节的影响[J].西北林学院学报,2013(2):21-25.
- [4] 李合生.植物生理生化实验原理与技术[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [5] 胡飞,孔垂华.胜红蓟化感作用的研究水溶物的化感作用及其化感物质分离鉴定[J].应用生态学报,1997,8(3):304-308.
- [6] SINGH T N, ASPINALL D, PALEG L G. Proline accumulation and varietal adaptability to drought in barley: a potential metabolic measure of drought resistance[J]. Nature, 1972: 236: 188-190.
- [7] 黄尧瑶,邓明华,彭春秀,等.百合花瓣抗氧化酶系统对干旱胁迫响应的研究[J].园艺学报,2020,47(4):788-796.

(本文责编:陈珩)