

番茄幼苗对水分胁迫的生理响应

张纪涛, 马大炜

(山西省农业科学院 现代农业研究中心, 山西 太原 030031)

摘 要:以醋栗番茄('L03708')和栽培番茄('M82')为试材,采用 15%(w/v)浓度的 PEG 6000 模拟水分胁迫,研究了干旱敏感性不同的番茄幼苗随水分胁迫时间变化下的失水率、脯氨酸(Pro)含量、丙二醛(MDA)含量、过氧化氢(H_2O_2)含量以及超氧化物歧化酶(SOD)活性、过氧化物酶(POD)活性、过氧化氢酶(CAT)活性、抗坏血酸过氧化物酶(APX)的活性等指标的变化,以期进一步明确番茄幼苗对水分胁迫的生理效应。结果表明:在水分胁迫下,'L03708'失水率显著低于'M82';在胁迫的 1~48 h 内,'L03708'的 Pro 含量显著高于'M82';在胁迫 1~72 h 内,'L03708'的 MDA、 H_2O_2 含量均显著低于'M82','L03708'的 SOD、POD、CAT、APX 活性均高于'M82'。以上结果表明,番茄幼苗抗旱性强的原因在于能产生更多的渗透调节物质,维持渗透调节能力,增加吸水或保水能力,细胞抗氧化酶系统活性强,清除活性氧等物质,减少细胞膜的氧化反应。

关键词:番茄幼苗;生理指标;水分胁迫;生理响应

中图分类号:S 641.204⁺.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)07-0046-04

干旱是限制农业生产的最主要的非生物因素之一,随着全球气温的升高,干旱胁迫对农业生产的影响越来越突出,提高植物抗旱性是实现农业增产的重要措施^[1-3]。番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill.)是最重要的蔬菜作物之一,番茄生产常常受到干旱的限制。水分胁迫下会造成番茄渗透调节物质含量增加、光合作用下降、 H_2O_2 、 O_2^- 含量增加、进而造成质膜过氧化发生,MDA 含量增加,SOD、POD、CAT 等保护酶活性的变化^[4-12]。但关于在水分胁迫下,番茄生理指标随胁迫时间变化的研究报道不多。为了深入阐明干旱条件下番茄的生理指标随胁迫时间的变化规律,该研究选择干旱敏感性不同的 2 个番茄品种,通过 PEG 6000 模拟干旱胁迫,研究了番茄在干旱条件下不同时间的生理响应,以期明确番茄干旱胁迫下的生理机制提供依据,为通过生理指标鉴定番茄抗旱性提供支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试番茄品种为醋栗番茄(*Solanum pimpinellifolium*, 'L03708')和干旱敏感型的栽培番茄(*Solanum lycopersicum*, 'M82')^[13]。

第一作者简介:张纪涛(1986-),男,硕士,现主要从事设施园艺工程等工作。E-mail:zhangjitaotao_xn@126.com。

基金项目:山西省农业科学院科技攻关资助项目(2010ygg25);山西省科技攻关资助项目(20130311010-2)。

收稿日期:2014-11-11

1.2 试验方法

选取饱满的番茄种子,采用 55℃温水浸种 15 min,然后置于高温消毒过的培养皿中,置于 28℃的培养箱中催芽。选取发芽一致的种子点播在装满珍珠岩的 50 孔的穴盘中,放入培养箱中,控制昼温 27℃、夜温 18℃,每天光照 12 h,每天早晚浇灌 1/4 Hoagland 营养液,待子叶展平后浇 1/2 Hoagland 营养液。第 4 片真叶展平后挑选整齐一致的幼苗用作试验处理。采用 1/2 Hoagland 营养液中加入 15%(w/v)浓度的 PEG 6000 模拟干旱处理。将长势一致的幼苗转移到处理液中,分别测定处理 0、1、2、6、12、24、48、72 h 的指标。

1.3 项目测定

失水率采用离体植株法测定,将番茄幼苗地上部分置于 15%(w/v)PEG 6000 的溶液中,测定 0~6 h 内不同时间的植株含水量 RWC_i ,计算不同时间的失水率。失水率(%) = $(RWC_0 - RWC_i) / RWC_0 \times 100\%$ 。

脯氨酸(Pro)含量测定采用磺基水杨酸法,丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥酸(TBA)法,超氧化物歧化酶(SOD)活性测定采用氮蓝四唑(NBT)法,过氧化氢酶(CAT)活性测定采用紫外吸收法,过氧化物酶(POD)活性测定采用愈创木酚法^[14-16]。抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性的测定参照孙云等^[17]的方法,过氧化氢(H_2O_2)含量的测定采用过氧化氢-四氯化钛反应方法^[18]。

1.4 数据分析

试验数据采用 Excel 2003 软件汇总分析,Origin 8.5

绘图。

2 结果与分析

2.1 水分胁迫对番茄幼苗失水率的影响

从图 1 可以看出,随胁迫处理时间的增加,2 种番茄的失水率均逐渐增加。‘M82’的失水率在胁迫的 0~6 h 为 0~35%,‘L03708’为 0~28%。‘M82’的失水率比‘L03708’高 0~7.48 百分点,并且随胁迫时间延长‘M82’的失水率高于‘L03708’。表明‘L03708’的保水率要高于‘M82’,即干旱胁迫下‘L03708’能更好的维持地上部分的水分,维持生命代谢所需。

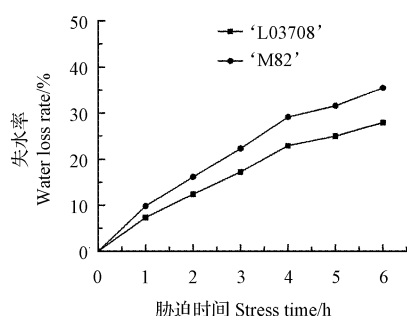


图 1 水分胁迫对番茄幼苗失水率的影响

Fig. 1 Effect of water stress on water loss rate of tomato seedling

2.2 水分胁迫对番茄幼苗脯氨酸含量的影响

脯氨酸(Pro)是维持植物细胞渗透势的重要物质,Pro 含量增加,可以增强细胞的渗透调节能力,有益于植物抗旱^[19]。由图 2 可以看出,在胁迫的 0~48 h 2 种番茄体内 Pro 含量逐渐增加,‘M82’的 Pro 含量低于‘L03708’。2 种番茄在胁迫 48 h 时 Pro 含量达到最大,分别为 155、105 $\mu\text{g/g}$ FW,‘L03708’显著高于‘M82’。

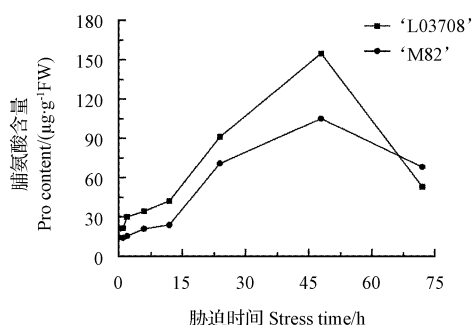


图 2 水分胁迫对番茄幼苗脯氨酸含量的影响

Fig. 2 Effect of water stress on Pro content of tomato seedling

2.3 水分胁迫对番茄幼苗 MDA 含量和 H_2O_2 含量的影响

丙二醛(MDA)是质膜过氧化作用的主要产物,是膜系统受到伤害的重要标志之一^[20]。从图 3 可以看出,在胁迫处理后,‘L03708’和‘M82’的 MDA 含量整体表现

为先升高后降低的趋势,在胁迫 6 h 达到最大,分别为 5.8、6.0 $\mu\text{mol/g}$ FW。在胁迫处理测定的各个时间点,‘L03708’的 MDA 含量均显著低于‘M82’。

在胁迫处理时间内,‘L03708’和‘M82’的 H_2O_2 含量也表现为先升高后下降的趋势,在胁迫处理 24 h 时均达到最大,分别为 148、155 $\mu\text{mol/g}$ FW。并且‘M82’的 H_2O_2 含量高于‘L03708’。

MDA 含量和 H_2O_2 含量均可以说明‘M82’在水分胁迫下质膜过氧化程度显著高于‘L03708’。

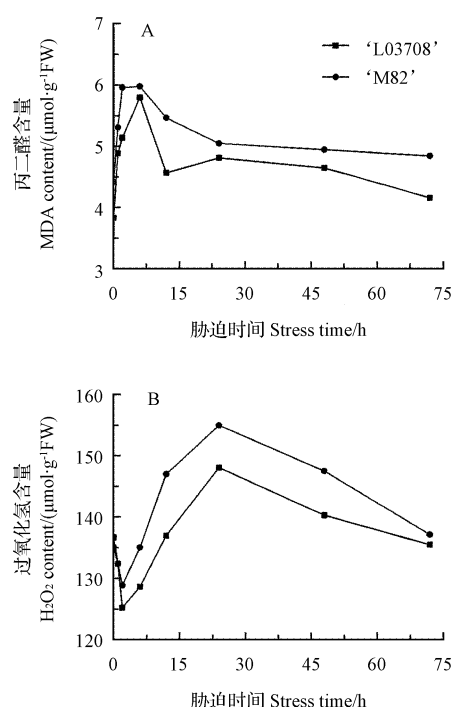


图 3 水分胁迫对番茄幼苗 MDA(A)含量和 H_2O_2 (B)含量的影响

Fig. 3 Effect of water stress on the contents of MDA and H_2O_2 of tomato seedling

2.4 水分胁迫对番茄幼苗保护酶系统活性的影响

由图 4 可知,随处理时间的增加 SOD、POD、CAT、APX 等 4 种保护酶的活性,整体上均出现先增加后降低的趋势。在不同水分胁迫下,‘L03708’的 4 种保护酶活性均高于‘M82’。说明在水分胁迫下‘L03708’保护酶系统活性更高,有利于保护细胞稳定性。

‘L03708’和‘M82’均在胁迫处理 12 h 时 SOD 活性达到最大,分别为 535、426 U/g FW,并随胁迫时间的延长 SOD 活性下降。

在胁迫处理 1 h 时,2 种番茄的 POD 活性和 CAT 活性均达到最大。其中,‘L03708’POD、CAT 活性分别为 39 $\text{U} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW} \cdot \text{min}^{-1}$ 和 101 $\text{U} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW} \cdot \text{min}^{-1}$; ‘M82’的 POD 活性、CAT 活性分别为 35 $\text{U} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW} \cdot \text{min}^{-1}$ 和 93 $\text{U} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

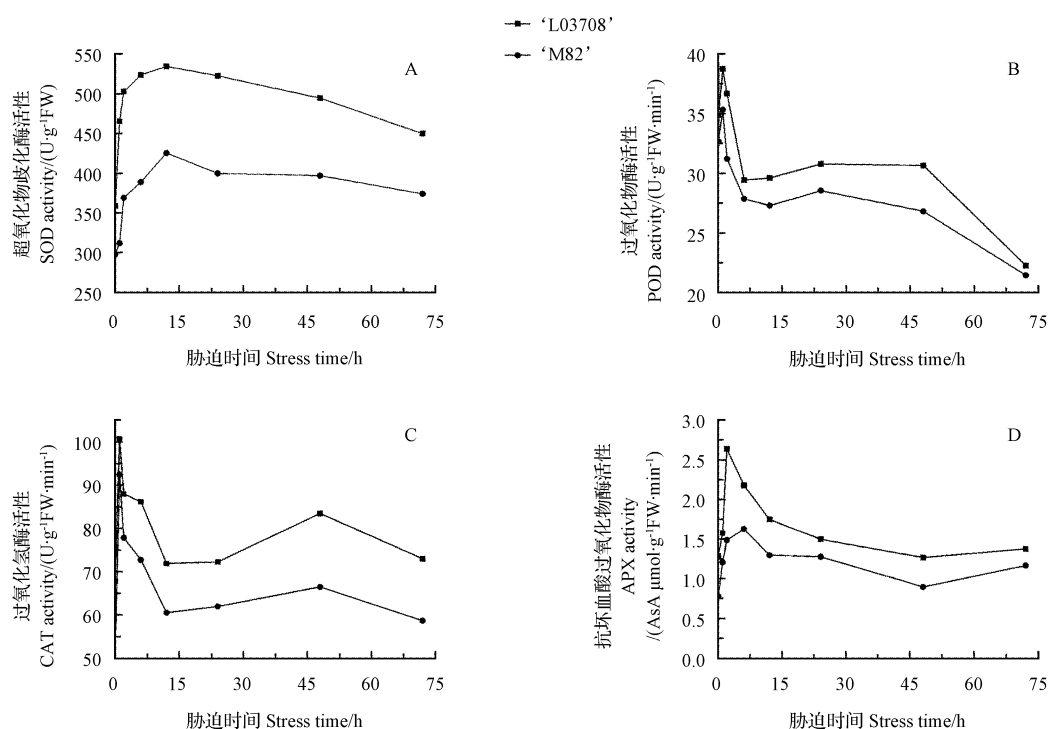


图4 水分胁迫对番茄幼苗保护酶系统的影响

Fig. 4 Effect of water stress on protective enzyme system of tomato seedling

随水分胁迫处理时间的延长,2种番茄的APX活性均先增加后降低,其中,'L03708'的APX活性在2h达到最大,为AsA $2.7 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW} \cdot \text{min}^{-1}$,而'M82'在6h达到最大,为AsA $1.7 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

3 讨论与结论

干旱是自然界最主要的非生物胁迫,水分胁迫下植物吸收困难,叶片蒸腾失水得不到补偿,引起原生质缺水,破坏膜脂分子排列,引起细胞透性增加,进而破坏植物体内正常的生理代谢,如渗透调节作用的变化、细胞膜过氧化反应,以及诱导的保护酶系统活性增加等^[21]。现通过对抗旱性不同的2个番茄品种幼苗在水分胁迫下不同时间的失水率、Pro含量、 H_2O_2 含量以及SOD、POD、CAT、APX活性等指标的测定,进一步阐明了'L03708'抗旱性高于'M82'的生理机制。在水分胁迫下,以上各项生理指标会发生变化,尤其是在1~48h,以上各指标均会发生显著变化,而且在不同品种间的差异也很明显。

失水率是植物抗旱性的直接表现,是植物渗透调节能力的充分体现。失水率高表明植物的地上部渗透调节能力较差,即吸水或保水能力差。该试验表明'L03708'失水率显著低于'M82',说明'L03708'地上部渗透调节能力显著强于'M82',这是'L03708'抗旱性强的一个重要方面。

渗透调节物质是维持植物细胞渗透式的重要物质,

水分胁迫下植物会产生大量渗透调节物质,以维持自身渗透式,以提高自身吸水和保水能力,维持体内正常的水环境。Pro作为最重要的渗透调节物质之一,其含量的高低与渗透调节能力显著相关。'L03708'在水分胁迫下1~48h Pro含量显著高于'M82',进一步表明'L03708'抗旱性比'M82'强的原因在于其体内水分胁迫能维持高含量的渗透调节物质,以维持正常的渗透调节能力,维持体内正常的水分含量。

水分胁迫会引起植物细胞活性氧的积累,破坏与其清除系统的平衡,引起膜的不饱和脂肪酸会发生质膜过氧化反应,进而影响细胞正常代谢^[22]。质膜过氧化作用的产物也会诱导细胞膜保护酶系统活性的提高,以清除 O_2^- 、 H_2O_2 等物质,维持膜系统的稳定,提高植物的抗逆性。保护酶系统的活性一定程度上可以反映植物的抗旱能力^[9,23-24]。该试验结果表明,番茄幼苗叶片在不同胁迫处理时间,MDA、 H_2O_2 含量均呈现先升高后降低的趋势,与杨再强等^[12]的试验结果一致,'L03708'幼苗MDA、 H_2O_2 含量均显著低于'M82'。在水分胁迫处理时间内,'L03708'幼苗保护酶活性均高于'M82',表明水分胁迫下'L03708'能更有效的清除活性氧等物质,减轻胁迫伤害。这也说明在水分胁迫下,'L03708'抗旱性强的原因在于,一方面能保持良好的渗透调节能力,另一方面在于保护酶系统较高的活性,减少了过氧化物、自由基等对细胞膜的破坏,有利于维持正常的细胞生理

代谢。

水分胁迫对植物影响的研究已经在光合、呼吸、渗透调节等生命活动过程进行了深入研究^[8,11-12],而且也深入到分子机制中进行深入研究,但是在分子应答机制、生理响应的系统上还需要更多深入研究,才能明确阐述水分胁迫下的植物生命活动变化规律,对提高作物抗旱能力提供明确的依据和支持。

参考文献

- [1] 山仑. 植物水分与旱地农业生产[J]. 陕西农业科学, 1983(5): 9-12.
- [2] 降云峰, 赵晋峰, 马宏斌, 等. 作物干旱研究进展[J]. 中国农学通报, 2013, 29(3): 1-5.
- [3] 张春梅, 邹志荣, 张志新, 等. 外源亚精胺对模拟干旱胁迫下番茄幼苗活性氧水平和抗氧化系统的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2009(3): 301-307.
- [4] 何承坤, 郭素枝, 李家慎. 干旱胁迫对番茄活性氧代谢的影响[J]. 福建农业大学学报, 1996, 25(3): 307-311.
- [5] 姚磊, 杨阿明. 不同水分胁迫对番茄生长的影响[J]. 华北农学报, 1997, 12(2): 102-106.
- [6] 李百凤, 冯浩, 吴普特. 苗期干旱胁迫及复水对番茄形态发育及产量的影响[J]. 灌溉排水学报, 2008, 27(2): 63-65.
- [7] 王学文, 付秋实, 王玉珏, 等. 水分胁迫对番茄生长及光合系统结构性能的影响[J]. 中国农业大学学报, 2010, 15(1): 7-13.
- [8] 高雁, 李春, 娄恺. 干旱胁迫条件下加工番茄对喷施甜菜碱的生理响应[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(2): 426-432.
- [9] 杨丽文, 李敬蕊, 高洪波, 等. 干旱胁迫下外源物质对番茄幼苗活性氧代谢及光合作用的影响[J]. 河北农业大学学报, 2012, 35(2): 18-24.
- [10] 韩国君, 陈年来, 李金霞, 等. 番茄叶片气孔导度及渗透调节物质对快速水分胁迫的响应[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(9): 1100-1106.
- [11] 韩国君, 陈年来, 李金霞, 等. 番茄叶片光合作用对快速水分胁迫的响应[J]. 应用生态学报, 2013, 24(4): 1017-1022.
- [12] 杨再强, 刘朝霞, 韩秀君, 等. 水分胁迫对番茄保护酶活性及果实产量的影响[J]. 东北农业大学学报, 2014, 45(3): 40-45.
- [13] 弓鹏娟. 基于潘那利番茄渐渗系发掘干旱胁迫响应基因及功能分析[D]. 武汉: 华中农业大学, 2010.
- [14] 李合生. 植物生理生化实验技术[D]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [15] 高俊凤. 植物生理学实验技术[D]. 西安: 世界图书出版公司, 2000.
- [16] 孙群, 胡景江. 植物生理学研究技术[D]. 西安: 西北农林科技大学出版社, 2006.
- [17] 孙云, 江春柳, 赖钟雄, 等. 茶树鲜叶抗坏血酸过氧化物酶活性的变化规律及测定方法[J]. 热带作物学报, 2008, 29(5): 562-566.
- [18] Nag S, Saha K, Choudhury M A. A rapid and sensitive assay method for measuring amine oxidase based on hydrogen peroxide-titanium complex formation[J]. Plant Sci, 2000, 157: 157-163.
- [19] 王娟, 危常州, 朱金龙, 等. 不同生育期干旱胁迫对棉花叶片生理指标及生物量的影响[J]. 新疆农业科学, 2014(4): 596-604.
- [20] 王小萍, 王云, 唐晓波, 等. 干旱胁迫对茶树生理指标的影响[J]. 西南农业学报, 2014(3): 1037-1040.
- [21] 宋海鹏, 刘君, 李秀玲, 等. 干旱胁迫对 5 种景天属植物生理指标的影响[J]. 草业科学, 2010, 27(1): 11-15.
- [22] 赵丽英, 邓西平, 山仑. 活性氧清除系统对干旱胁迫的响应机制[J]. 西北植物学报, 2005(2): 413-418.
- [23] 任广喜, 刘相阳, 石岩. 干旱胁迫对甜叶菊生理指标及单株干叶产量的影响[J]. 农学学报, 2011(11): 1-6.
- [24] 张香凝, 崔令军, 王保平, 等. 土壤干旱胁迫对 *Larrea tridentata* 叶片膜脂过氧化和保护酶活性的影响[J]. 生态环境学报, 2010(11): 2587-2591.

Research on Physiological Response to Water Stress in Tomato Seedling

ZHANG Ji-tao, MA Da-wei

(Research Center of Modern Agriculture, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan, Shanxi 030031)

Abstract: To research the physiological effect of tomato to water stress, the contents of Pro, MDA and H_2O_2 and the activities of SOD, POD, CAT and APX of two different gene-type tomatoes, *Solanum pimpinellifolium* 'L03708' and *Solanum lycopersicum* 'M82' were examined, under Hoagland nutrient solution with 15% (w/v) PEG 6000. The results showed that the leaves of 'L03708' lost less water than leaves of 'M82'; the content of Pro in 'L03708' was significantly higher than that in 'M82' during 1 hour to 48 hours; the contents of MDA and H_2O_2 in 'L03708' were lower than that in 'M82', while SOD, POD, CAT and APX activity were higher than that in 'M82' during 1 hour to 72 hours under water stress. The experiment results suggested that the drought tolerance of tomato seedling may due to the produce of more osmotic regulation substances which could maintain osmotic regulation ability, and more activity of antioxidant enzyme which could reduce the oxidation reaction of the cell membrane.

Keywords: tomato seedling; physiological indexes; water stress; physiological response