

文章编号:1003-8701(2015)04-0083-04

# 干旱胁迫对番茄幼苗叶片 SOD、POD 和 PAL 活性的影响

裴冬丽<sup>1</sup>, 张红岩<sup>1,2</sup>, 张贺<sup>1</sup>, 陈瑞<sup>1</sup>, 李成伟<sup>3</sup>

(1. 商丘师范学院生命科学学院/植物与微生物互作重点实验室, 河南 商丘 476000; 2. 商丘师范学院体育学院, 河南 商丘 476000; 3. 周口师范学院生命科学学院/植物遗传与分子育种重点实验室, 河南 周口 466001)

**摘要:**以4个番茄品种为材料,研究了聚乙二醇模拟干旱胁迫处理后,番茄幼苗叶片中SOD、POD和PAL活性的变化。结果表明,4个番茄品种干旱胁迫处理后表现出相同的变化趋势,SOD活性显著增加,于48 h达到最大值,而后下降,整个过程中处理组活性均显著高于对照组;POD活性迅速增加,于24 h达到最大,其中雅致的增幅最大,处理组为对照组的4.13倍,随后活性快速下降,于48 h达到一个低值后,活性又有所回升,整个过程中处理组活性均高于对照组;雅致、Money maker 处理组PAL活性先升后降,而菜都五号和超级908处理组PAL活性呈缓慢上升,活性均高于对照组。由SOD、POD和PAL活性分别得到的4个番茄品种的胁迫系数高低顺序一致,由高到低依次是雅致、Money maker、菜都五号、超级908,说明雅致响应积极,具有相对较强的清除活性氧和修复损伤、适应胁迫环境的能力。

**关键词:**聚乙二醇;干旱胁迫;超氧化物歧化酶;过氧化物酶;苯丙氨酸解氨酶

中图分类号:S641.2

文献标识码:A

## Effects of Drought Stress on SOD, POD and PAL Activity in Tomato Seedling Leaves

PEI Dong-li<sup>1</sup>, ZHANG Hong-yan<sup>1,2</sup>, ZHANG He<sup>1</sup>, CHEN Rui<sup>1</sup>, LI Cheng-wei<sup>3</sup>

(1. Key Laboratory of Plant-Microbe Interactions, Department of Life Science, Shangqiu Normal University, Shangqiu 476000; 2. Department of Physical Education, Shangqiu Normal University, Shangqiu 476000;

3. Key Laboratory of Plant Genetics and Molecular Breeding, Department of Life Science, Zhoukou Normal University, Zhoukou 466001, China)

**Abstract:** Four tomato cultivars used as materials, the change of superoxide dismutase(SOD), peroxidase(POD) and phenylalanine ammonia-lyase (PAL) activities in tomato seedling leaves under drought stress simulated by polyethylene glycol were studied. The results showed that four tomato cultivars had the same tendency. SOD activities increased significantly, reached a maximum at 48h, then, decreased. POD activities increased quickly, reached a maximum at 24h, and Yazhi had the highest increase which activities of treatment group was 4.13 times of control group. Then, the activities decreased quickly, after reaching a low value at 48h, it increased to some extent. In the whole progress the POD activities of treatment group were higher than the control group. The PAL activities of Yazhi and Money maker in treatment group increased at first, then, decreased. The activities of Caidu No. 5 and Super 908 increased slowly, and the PAL activities of treatment group were higher than the control. The orders of stress coefficient obtained from SOD activity, POD activity and PAL activity respectively were identical. The stress coefficient ranked from high to low was Yazhi, Money maker, Caidu No. 5, Super 908, indicating that Yazhi responded actively and had relatively strong ability of removing reactive oxygen, repairing the damage and adapting to the drought stress.

收稿日期:2015-02-02

基金项目:国家自然科学基金(31071807);河南省教育厅项目(13B210199)

作者简介:裴冬丽(1971-),女,教授,博士,研究方向:分子植物病原体互作。

**Key words:** Polyethylene glycol; Drought stress; Superoxide dismutase; Peroxidase; Phenylalanine ammonia-lyase

干旱是影响植物生长的重要因素之一,干旱胁迫下植物的形态特征、理化性质等会发生一系列的变化,同时体内大量聚集活性氧等有害物质<sup>[1]</sup>。植物的抗旱性与植物的抗氧化能力和抗氧化物质含量关系密切。植物的抗氧化能力主要是通过抗氧化酶来实现,其中超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)和过氧化物酶(peroxidase, POD)是主要的抗氧化酶,能够有效地清除植物体内的过氧化氢、超氧阴离子自由基等活性氧,减少对膜系统的损伤、防止脂质氧化<sup>[2-3]</sup>。而苯丙氨酸解氨酶(phenylalanin ammonia-lyase, PAL)是类黄酮合成代谢与苯丙烷类代谢途径过程中的限速酶和关键酶,类黄酮在减轻和消除由于干旱等胁迫引起的活性氧伤害方面,直接或间接地发挥作用<sup>[4]</sup>。

聚乙二醇(polyethylene glycol, PEG)是一种高分子渗透剂,可以人为地控制种子的发芽进程和吸水速率,导致植物细胞和组织处于类似干旱的胁迫状态,但它不会穿越细胞壁进入细胞质引发质壁分离,因此是植物模拟干旱胁迫的良好试剂。本试验采用20%的PEG6000对4个不同品种的番茄幼苗进行干旱胁迫处理,对其叶片中POD、SOD和PAL活性的变化进行比较,观察其变化规律,为番茄抗旱新品种的选育提供参考依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

供试番茄品种雅致、超级908、菜都五号种子于河南省商丘市种子公司购买;Money-maker(*Solanum esculentum* cv. Money-maker)由荷兰瓦格宁根大学植物育种系提供。

### 1.2 方 法

#### 1.2.1 材 料 处 理

精选饱满的各番茄品种种子50粒,用1 g/L HgCl<sub>2</sub>溶液消毒5 min,蒸馏水反复冲洗4~5次,再在水中浸泡6 h后将其在盛有2/3营养土的塑料盆中,每盆定苗5株,移入昼夜温度为(26±2)℃/(19±2)℃的人工气候室内,培养20 d左右,约长出2或3片真叶时,把每个品种分为两组,加入含20% PEG6000的1/2Hoagland培养液作为处理组,不含20% PEG6000的1/2Hoagland培养液作为对照组。分别在试验开始0、24、48、72 h后对两组番茄幼苗的叶片进行取样分析。试验重复3次。

#### 1.2.2 酶 液 的 粗 提

称取各处理组和对照组的番茄幼苗叶片(去除叶脉)0.5 g,加入1 mL预冷的50 mmol/L磷酸缓冲液(pH 7.8,内含1% PVP),加入适量的石英砂于冰浴下研磨成浆,再加入磷酸缓冲液使匀浆液终体积为5.0 mL,4℃转速10 000 r/min下,离心15 min,取上清,即得酶提取液。

#### 1.2.3 酶 活 性 的 测 定

SOD、POD活性测定参照张志良的方法<sup>[5]</sup>; PAL活性测定参照郝再彬的方法<sup>[6]</sup>。

#### 1.2.4 胁 迫 系 数 的 计 算

胁迫系数是植物在其生长过程中抗胁迫能力高低的一种表述方式,其计算公式:SOD(或POD或PAL)胁迫系数=处理组SOD(或POD或PAL)总活性最大值/相应对照组SOD(或POD或PAL)总活性值。

## 2 结 果 与 分 析

### 2.1 干 旱 胁 迫 下 番 茄 幼 苗 叶 片 中 SOD 活 性 的 变 化

4个番茄品种幼苗20% PEG6000处理后叶片SOD活性变化见图1,由SOD活性得到的胁迫系数见表1。从图1可知,4个不同品种的番茄干旱胁迫处理后表现出相同的变化趋势,SOD活性显著增加,于48 h达到最大值,而后下降,整个过程中处理组活性均高于对照组。其中雅致品种的SOD活性增幅最大,48 h活性为97.98,为对照的3.28倍。由表1可知,由SOD活性得到的4个番茄品种的胁迫系数由高到低依次为雅致、Money-maker、菜都五号、超级908,说明各品种间SOD活性响应干旱胁迫的程度不同。

表1 干旱胁迫处理后4个番茄品种幼苗SOD活性与胁迫系数

品种	对照组酶活 U/g(FW)	处理组酶活 U/g(FW)	胁迫 系数
雅致	29.87	97.98	3.28
Money-maker	30.14	76.25	2.53
菜都五号	25.90	50.75	1.96
超级908	30.32	53.97	1.78

### 2.2 干 旱 胁 迫 下 番 茄 幼 苗 叶 片 中 POD 活 性 的 变 化

4个番茄品种幼苗20% PEG6000处理后叶片POD活性变化如图2。4个番茄品种干旱胁迫后

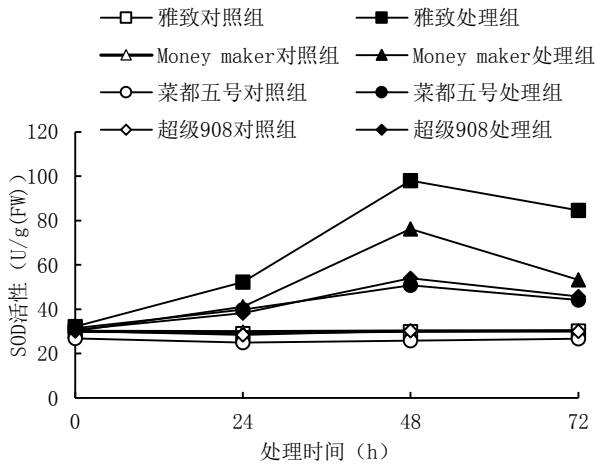


图1 干旱胁迫下4个番茄品种幼苗叶片SOD活性的变化

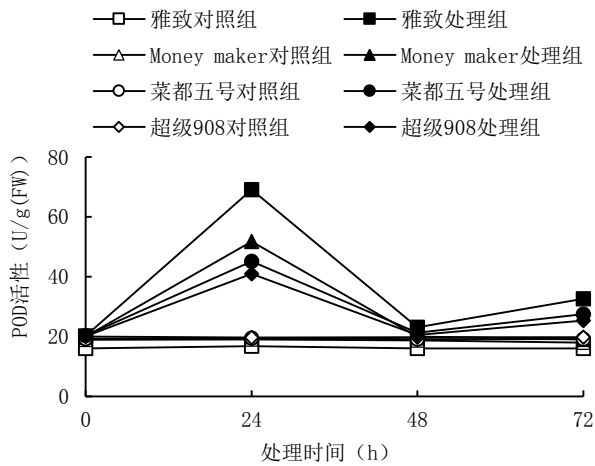


图2 干旱胁迫下4个番茄品种幼苗叶片POD活性的变化

叶片POD活性变化趋势一致,酶活性迅速增加,于24h达到最大,其中雅致的增幅最大,处理组为对照组的4.13倍,随后活性快速下降,于48 h达到一个低值后,活性又有所回升。整个过程中处理组活性均高于对照组。由POD活性得到的4个番茄品种的胁迫系数由高到低依次为雅致、Money maker、菜都五号、超级908(表2)。

表2 干旱胁迫处理后4个番茄品种幼苗POD活性与胁迫系数

品种	对照酶 U/g(FW)	处理组酶 U/g(FW)	胁迫 系数
雅致	16.73	69.09	4.13
Money maker	18.98	51.75	2.73
菜都五号	19.45	45.09	2.32
超级908	19.67	40.96	2.08

### 2.3 干旱胁迫下番茄幼苗叶片中PAL活性的变化

4个番茄品种幼苗20% PEG6000处理后叶片PAL活性变化如图3。雅致、Money maker番茄品种叶片PAL活性在胁迫处理24 h内明显上升,并在处理48 h时达到最大值,在处理48~72 h时下降。菜都五号和超级908番茄品种PAL活性在胁迫24 h内变化不明显,之后24~72 h活性缓慢上升。由表2可见,由PAL活性得到的4个番茄品种的胁迫系数由高到低依次为雅致、Money maker、菜都五号、超级908(表3),这与由SOD、POD活性得到的胁迫系数一致。

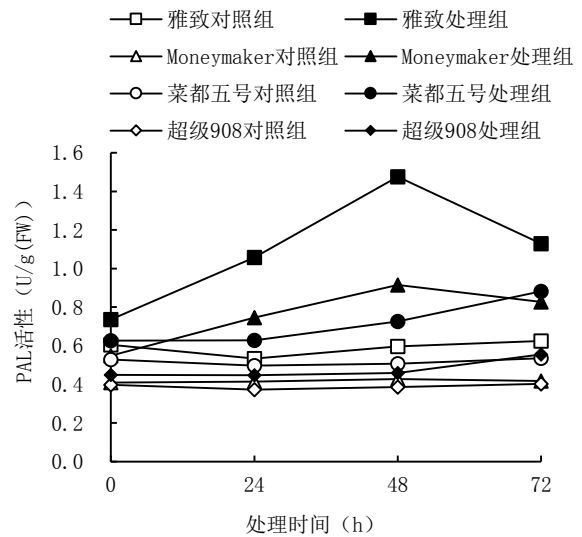


图3 干旱胁迫下4个番茄品种幼苗叶片中PAL活性的变化

表3 干旱胁迫处理后4个番茄品种幼苗PAL活性与胁迫系数

品种	对照组酶活 U/g(FW)	处理组酶活 U/g(FW)	胁迫 系数
雅致	0.5973	1.4753	2.47
Money maker	0.4279	0.9157	2.14
菜都五号	0.5348	0.8824	1.65
超级908	0.4022	0.5550	1.38

## 3 讨论

植物在正常的生长条件下,其体内活性氧的产生与清除保持着一定的动态平衡,但在干旱等逆境条件下,此二者之间的平衡被打破,导致活性氧在体内大量积聚。参与活性氧清除机制的主要是一些抗氧化酶和抗氧化物质。抗氧化酶主要有超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)等保护酶,通过阻止活性氧破坏细胞膜系统,减轻干旱对植物的伤害,建立新的动态平衡。

SOD是植物体内清除活性氧机制的第一步,在抗氧化酶类中处于核心地位。SOD的主要作用是清除植物体内的超氧阴离子,使其发生歧化反应生成双氧水,从而清除活性氧,减轻由干旱胁迫造成的膜系统损伤。一般来说,胁迫条件下SOD活性越高,植物的抗逆性就越强,本试验中,干旱胁迫处理组较对照组的SOD活性显著增加,于48h达到最大峰值,得到的结果与上述一致。在持续干旱胁迫下,4个番茄品种的抗旱能力不同,胁迫系数也不同,这与经干旱胁迫处理的小黑麦<sup>[7]</sup>、平邑甜茶、新疆野苹果<sup>[8]</sup>等的研究结论相似。

在适度逆境胁迫下,POD酶活性增加,以提高植物的适应能力。胁迫试验中,POD酶活性一般是随着胁迫的增加而增加,或者是呈现先增加后降低的变化趋势<sup>[9]</sup>。本试验中,PEG6000模拟干旱胁迫下,4个品种的番茄幼苗的POD酶活均在胁迫的24h内显著增加,达到最大值,说明4个品种的番茄幼苗在干旱胁迫下,可通过POD清除活性氧的能力增强来适应干旱胁迫;但随着胁迫时间的延长,在24~48h时POD酶活降低,说明4个品种的番茄幼苗在干旱胁迫下,随着胁迫时间的延长,有害活性氧的累积,超出其承受范围,此时干旱胁迫可能对POD的清除机制产生了抑制作用,所以,植物忍耐干旱的能力均是有限的;在PEG6000模拟干旱胁迫的48~72h内,4个番茄品种POD活性出现了反弹回升现象,而对照组POD活性一直处于较低水平。赵丽英等<sup>[10]</sup>研究认为:POD具有双重作用,一方面是在胁迫或逆境的初期其表达活动加强,清除H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,表现为保护效应;另一方面是在胁迫逆境的后期,POD参与叶绿素的破坏,活性氧的生成,并可引发膜氧脂的过氧化作用,此时表现即为伤害效应。

植物体内的抗氧化物质也与抗旱性有关,周桂等<sup>[11]</sup>的研究结果认为在减轻和消除由干旱等胁迫引起的活性氧伤害方面,抗氧化物质直接或间接地发挥作用,而苯丙氨酸解氨酶(phenylalanin ammonia-lyase, PAL)是抗氧化物质代谢途径过程

中的限速酶和关键酶,所以它与植物的抗胁迫能力有关。据报道植株受到干旱等逆境胁迫时,其PAL活性升高<sup>[11]</sup>,本试验中雅致、Moneymaker处理组PAL活性先升后降,而菜都五号和超级908处理组PAL活性缓慢上升,活性均高于对照组,与此研究结果一致。

本研究的结果可为深入了解番茄抗旱能力与SOD、POD和PAL活性的变化之间的关系提供参考,但抗旱机制的研究过程十分复杂,干旱胁迫对番茄叶片其他生理指标的影响还有待于进一步探讨。

#### 参考文献:

- [1] 张盼盼,冯佰利,王鹏科,等. PEG胁迫下糜子苗期抗旱指标鉴定研究[J]. 中国农业大学学报, 2012, 17(1): 53-59.
- [2] 孙彩霞,刘志刚,荆艳东. 水分胁迫对玉米叶片关键防御酶活性及其同工酶的影响[J]. 玉米科学, 2003, 11(1): 63-66.
- [3] 王娟,李德全,谷令坤. 干旱胁迫对玉米根中抗氧化酶的影响[J]. 西北植物学报, 2002, 22(2): 285-290.
- [4] Treutter D. Significance of flavonoids in plant resistance: a review[J]. Environmental Chemistry Letters, 2006, 4(3): 147-157.
- [5] 张志良. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 1990.
- [6] 郝再彬. 植物生理学实验[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2004.
- [7] 朱俊刚,王曙光,李晓燕,等. PEG胁迫对六倍体小黑麦幼苗SOD, POD活性及MDA含量的影响[J]. 中国农学通报, 2009, 25(18): 202-204.
- [8] 谭冬梅. 干旱胁迫对新疆野苹果及平邑甜菜生理生化特性的影响[J]. 中国农业科学, 2007, 40(5): 980-986.
- [9] 任安芝,高玉葆,刘爽. 青菜幼苗体内几种保护酶的活性对Pb、Cd、Cr胁迫的反应研究[J]. 应用生态学报, 2002, 13(4): 510-512.
- [10] 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, 25(2): 413-418.
- [11] 周桂,杨瑞,杨丽涛,等. 干旱胁迫下甘蔗叶类黄酮及相关酶活性的变化[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(6): 185-188.

(责任编辑:王昱)