

# 根际低氧胁迫对水培番茄超氧化物歧化酶的影响

樊 严<sup>1</sup>, 孙 英<sup>1</sup>, 安 娜<sup>1</sup>, 冯 旻<sup>1</sup>, 宋卫堂<sup>2,3</sup>

(1. 锦州农业科学院, 辽宁 锦州 121017; 2. 中国农业大学 水利与土木工程学院, 北京 100083;

3. 农业部设施农业工程重点(综合)实验室, 北京 100083)

**摘 要:**以 10 个番茄品种为试材, 研究了不同根际低氧时间对番茄体内超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响, 以解决水培番茄栽培中根际低氧问题, 促进水培番茄技术大面积推广。结果表明: 根际低氧胁迫在低氧初期可促进酶活性的提高, 随着根际低氧胁迫时间增加, 酶活性降低; 而且不同番茄品种在根际低氧胁迫环境中酶活性的降低程度不同, 品种之间存在差异。在根际低氧胁迫条件下, SOD 活性较强的番茄品种为‘紫玫瑰’, SOD 活性较弱品种为‘丹红 F<sub>1</sub>’。

**关键词:**根际低氧; 番茄; 超氧化物歧化酶

**中图分类号:**S 641.222 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)24-0009-03

番茄是世界性重要蔬菜之一, 在栽培番茄时广泛的应用无土栽培技术。近几年来, 番茄以水培方式栽培的方法渐渐推广, 水培相对于基质栽培营养液管理简单, 不容易造成盐分累积, 节省了资源, 能良好的保持环境, 病害产生较少, 单株产量高, 而且根系的生长清晰可见, 具有非常好的观光性。由于在生产实践中水培营养液溶氧浓度较低、番茄根系耗氧快, 常常因为根系供氧状况恶化而影响植株的生长。番茄如果营养液长期供氧不足, 会直接造成根系生长不良从而影响产量<sup>[1]</sup>。

植物体的细胞内存在着多种抗氧化的分子和抗氧化酶, 这些抗氧化酶和抗氧化物质能够协同作用直接或者间接的清除植物体内的活性氧, 阻止和延缓了自由基对细胞膜系统的脂质过氧化作用及生物大分子尤其是蛋白质和核酸的氧化损伤。因此植物体内的抗氧化系统对植物维持正常生长发育起到了非常重要的作用<sup>[2]</sup>。

抗氧化酶系统包括超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)等。超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)在抗氧化酶系统处于核心位置, 它是抗氧化酶系统清除活性氧的第一个参与者, 也是植物体抵抗自由基伤害的第一道防线<sup>[3]</sup>。

该研究对 10 个番茄品种在根际低氧处理 30 d 内 SOD 活性进行分析, 找到根际低氧胁迫下水培番茄酶活

性的变化趋势, 为抗低氧水培番茄选种育种以及水培番茄大面积推广提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试番茄品种‘佳红 5 号’、‘佳红 4 号’来源于北京研益农科技发展有限公司; ‘中杂 106 号’、‘中杂 108 号’由北京中蔬园艺良种研究开发中心生产; ‘丹红 F<sub>1</sub>’、‘黄珍珠’、‘紫玫瑰’、‘黑玉一号’、‘春秀-3’购自北京凤鸣雅世科技发展有限公司; ‘红珍珠’购自北京南无科贸有限责任公司。

### 1.2 试验方法

选取 10 个水培番茄品种进行栽种。待番茄长出幼苗, 每个品种选取长势一致的幼苗 40~50 植株进行试验。试验设置 2 个处理: 每个品种 50% 用来进行低氧处理称为低氧组, 50% 进行对照试验称为对照组。对照组番茄幼苗采用管道栽培方法进行水培, 循环营养液池中加氧泵 24 h 持续充气进行加氧。低氧组番茄幼苗洗净根系定植于相同规格的栽培池中, 池内铺一层塑料薄膜, 放营养液。栽培池上面盖上苯板, 苯板上打孔, 孔的半径 1.5 cm, 每个孔栽植 1 株苗, 孔的空隙用岩棉填充紧实, 低氧组不用加氧泵加氧。番茄的日常管理与正常管理相同。试验时间为 30 d, 每天 9:00 对营养液中溶解氧进行测定, 对照组溶氧浓度为 7.2~8.5 mg/L, 低氧组溶氧浓度从 8.2 mg/L 降低至 3.4 mg/L。

处理后分别在低氧 10、20、30 d 取样测定各项指标。每处理试验重复测定 3 次以上, 取平均值。

### 1.3 项目测定

据取样原则, 从每处理随机选取 3 株植株, 采用靛蓝四唑法进行酶活性的测定。

**第一作者简介:**樊严(1975-), 女, 辽宁锦州人, 硕士, 高级农艺师, 现主要从事设施园艺栽培等研究工作。E-mail: fanyandd@126.com.

**责任作者:**宋卫堂(1968-), 男, 博士, 教授, 现主要从事设施园艺环境工程等研究工作。E-mail: songchali@cau.edu.cn.

**基金项目:**农业部星火计划资助项目(2012GA600002)。

**收稿日期:**2015-07-27

## 1.4 数据分析

利用 SPSS 统计软件对试验数据进行方差分析、标准误差计算和显著性分析。

## 2 结果与分析

## 2.1 低氧胁迫处理 10 d 水培番茄 SOD 活性变化

表 1 显示根际低氧胁迫使番茄植株 SOD 活性增强。可以看出弱低氧处理阶段即低氧处理 10 d, 50% 以上番茄品种植株体内 SOD 活性大于对照, 弱低氧胁迫处理增强了番茄体内 SOD 活性。其中比对照增加显著的是‘中杂 106 号’、‘中杂 108 号’、‘丹红 F<sub>1</sub>’、‘紫玫瑰’。‘佳红 4 号’、‘红珍珠’SOD 活性小于对照但差异不显著。与对照相比增加比例最大的是‘中杂 106 号’, 与对照之间差异较显著。

表 1 低氧胁迫处理 10 d 番茄幼苗 SOD 活性

Table 1 SOD activity after 10 days hypoxia stress in tomato seedlings

品种编号 Variety No.	品种名称 Variety name	SOD 活性 SOD activity/(U · g <sup>-1</sup> )		低氧/对照 Hypoxia/Control /%	P 值 P value
		低氧组 Hypoxic group	对照组 The control group		
1	‘佳红 5 号’	188.59±16.25	167.82±23.21	113.0±6.44	n
2	‘佳红 4 号’	247.45±21.72	274.16±26.18	90.6±8.34	n
3	‘中杂 106 号’	200.60±14.56	105.52±10.56	190.5±8.35	**
4	‘中杂 108 号’	221.02±23.45	163.39±17.40	135.5±9.56	*
5	‘丹红 F <sub>1</sub> ’	213.81±21.72	158.19±25.22	136.0±8.01	*
6	‘黄珍珠’	219.82±28.83	201.40±19.15	109.1±9.42	n
7	‘紫玫瑰’	199.40±14.56	155.38±20.52	129.0±7.95	*
8	‘黑玉一号’	216.07±17.92	173.54±25.43	125.3±8.33	n
9	‘春秀-3’	207.23±22.67	205.60±21.09	100.9±7.55	n
10	‘红珍珠’	174.72±16.79	215.41±24.13	81.4±7.79	n

注: \* 表示与对照组比较差异显著 ( $P < 0.05$ ), \*\* 表示与对照组比较差异较显著 ( $P < 0.01$ ), \*\*\* 表示与对照组比较差异极显著 ( $P < 0.0001$ ), n 表示与对照组比较差异不显著 ( $P > 0.05$ )。下同。

Note: \* Indicate there is significantly difference compared with the control group ( $P < 0.05$ ), \*\* indicate there is significantly difference compared with the control group ( $P < 0.01$ ), \*\*\* indicate there is very significantly difference compared with the control group ( $P < 0.0001$ ), n indicate there is not significant difference compared with the control group ( $P > 0.05$ ). The same below.

## 2.2 低氧胁迫处理 20 d 水培番茄 SOD 活性变化

由表 2 可知, 在中度低氧胁迫阶段, 即低氧处理 20 d, 50% 以上番茄品种体内 SOD 活性小于其对照; 其中与对照相比差异显著且降低的有‘中杂 108 号’、‘丹红 F<sub>1</sub>’、‘黄珍珠’、‘春秀-3’; 其中‘丹红 F<sub>1</sub>’较对照较显著降低。3 个品种‘紫玫瑰’、‘佳红 5 号’、‘黑玉一号’SOD 活性比对照增强, 其中‘紫玫瑰’SOD 活性与对照相比有较显著的增加。低氧胁迫处理 20 d, SOD 活性因番茄品种的不同显示出不同的变化, 品种间差异性表现比较明显。

## 2.3 低氧胁迫处理 30 d 水培番茄 SOD 活性变化

表 3 显示, 强低氧胁迫阶段, 即低氧处理 30 d 后 50% 以上品种 SOD 活性显著低于其对照。‘中杂 106 号’、‘黄珍珠’2 个品种与对照差异不显著且较对照 SOD

表 2 低氧胁迫处理 20 d 番茄幼苗 SOD 活性

Table 2 SOD activity after 20 days hypoxia stress in tomato seedlings

品种编号 Variety No.	品种名称 Variety name	SOD 活性 SOD activity/(U · g <sup>-1</sup> )		低氧/对照 Hypoxia/Control /%	P 值 P value
		低氧组 Hypoxic group	对照组 The control group		
1	‘佳红 5 号’	197.92±22.57	182.68±17.45	108.4±8.31	n
2	‘佳红 4 号’	154.85±15.75	166.20±16.95	93.4±7.69	n
3	‘中杂 106 号’	148.57±19.04	190.86±21.42	77.8±3.53	n
4	‘中杂 108 号’	135.40±14.11	181.71±11.28	74.5±6.29	*
5	‘丹红 F <sub>1</sub> ’	187.53±17.95	317.42±23.06	59.2±5.23	**
6	‘黄珍珠’	135.22±18.06	176.70±17.12	76.4±3.43	*
7	‘紫玫瑰’	161.89±16.44	97.08±14.13	167.4±7.09	**
8	‘黑玉一号’	116.17±12.91	102.93±14.45	113.3±6.55	n
9	‘春秀-3’	106.10±19.13	166.62±20.25	63.4±4.02	*
10	‘红珍珠’	114.33±21.47	150.61±17.38	75.5±5.84	n

表 3 低氧胁迫处理 30 d 番茄幼苗 SOD 活性

Table 3 SOD activity after 30 days hypoxia stress in tomato seedlings

品种编号 Variety No.	品种名称 Variety name	SOD 活性 SOD activity/(U · g <sup>-1</sup> )		低氧/对照 Hypoxia/Control /%	P 值 P value
		低氧组 Hypoxic group	对照组 The control group		
1	‘佳红 5 号’	225.66±24.89	383.59±29.06	58.9±5.73	**
2	‘佳红 4 号’	149.97±16.50	250.70±16.88	59.9±5.82	**
3	‘中杂 106 号’	188.66±20.59	229.87±19.21	82.2±8.11	n
4	‘中杂 108 号’	183.11±18.77	301.02±24.85	60.9±5.82	**
5	‘丹红 F <sub>1</sub> ’	151.92±18.93	376.25±23.43	40.3±3.35	***
6	‘黄珍珠’	250.75±21.22	283.44±17.57	88.7±8.66	n
7	‘紫玫瑰’	289.62±24.39	189.47±19.69	153.1±4.69	**
8	‘黑玉一号’	249.84±24.77	397.74±27.19	62.9±6.57	**
9	‘春秀-3’	150.52±22.84	333.41±20.89	45.0±4.18	**
10	‘红珍珠’	283.23±17.96	366.57±29.26	77.6±7.26	*

活性降低的比例较小, ‘丹红 F<sub>1</sub>’SOD 活性比其对照降低了 59.7%, 降低比例最大与对照有极显著差异。‘紫玫瑰’品种比对照 SOD 活性增大且与对照差异较显著。SOD 活性比对照降低比例由大到小的顺序为: ‘丹红 F<sub>1</sub>’、‘春秀-3’、‘佳红 5 号’、‘佳红 4 号’、‘中杂 108 号’、‘黑玉一号’、‘红珍珠’、‘中杂 106 号’、‘黄珍珠’、‘紫玫瑰’。

## 3 结论与讨论

由于根际低氧胁迫对水培植物的影响很大, 很多学者在根际低氧条件下对水培植物 SOD 活性进行过研究。黄金秋等<sup>[4]</sup>研究表明, 不向营养液中充氧水培黄瓜在苗期就出现了低氧胁迫的症状, 黄瓜幼苗的根系中的超氧化物歧化酶(SOD)高于对照。研究表明, SOD 活性增强, 可说明植物的抗逆性有了提升<sup>[5]</sup>。低氧胁迫下黄瓜超氧化物歧化酶显著提高, 且提高的幅度越大品种的抗低氧胁迫能力就越强<sup>[6]</sup>。

研究表明, 根际低氧胁迫使得水培番茄生理代谢中抗氧化系统受到破坏, 弱低氧环境能够促进水培番茄抗氧化酶 SOD 活性增强, 随着低氧时间增加营养液溶解氧浓度降低程度增大, 水培番茄的抗氧化系统被破坏, 抗氧化酶 SOD 活性降低。但可以看出不同品种表现有

差异,‘紫玫瑰’品种在低氧胁迫 20 d 和低氧胁迫 30 d,其 SOD 活性与对照的比值都为最大,且低氧处理 30 d 过程中其植株体内 SOD 活性都大于对照且差异显著,表明该品种在水培根际低氧胁迫下其植株体内 SOD 活性较高,植株受到低氧的伤害会较小。‘丹红 F<sub>1</sub>’强低氧胁迫处理阶段其 SOD 活性比对照极显著降低,表明该品种根际低氧胁迫下 SOD 活性较低。通过该研究分析确定根际低氧胁迫下‘紫玫瑰’品种植株体内 SOD 活性最强,‘丹红 F<sub>1</sub>’最弱。虽然目前还没有营养液栽培条件下根际低氧番茄品种的抗性分类标准,但是该研究可对番茄营养液栽培实践中对品种的选择具有一定的指导意义。

## 参考文献

- [1] 王汝祥,徐志豪,季鹰,等. NFT 无土栽培营养液溶氧量的研究[J]. 农业工程学报,1991,7(12):55-62.
- [2] 李忠光,李江鸿,杜朝昆,等. 在单一提取系统中同时测定五种植物抗氧化酶[J]. 云南师范大学学报(自然科学版),2002,22(6):44-48.
- [3] 褚妍,任菲,赵贵林,等. 渗透胁迫对植物抗氧化酶影响的研究进展[J]. 安徽农业科学,2011,39(3):1300-1302.
- [4] 黄金秋,王秀峰,宋述尧,等. 不同供气条件对水培黄瓜幼苗生长的影响[J]. 山东农业科学,2009(5):41-44.
- [5] 仪美芹,姜兴印,李雪峰,等. 吡虫啉对番茄幼苗根系活力及生理生化指标的影响[J]. 植物保护,2010,36(2):71-74.
- [6] 胡晓辉,郭世荣,李璟,等. 低氧胁迫对黄瓜幼苗根系无氧呼吸酶和抗氧化酶活性的影响[J]. 武汉植物学研究,2005,23(4):337-341.

## Effect of Rhizosphere Hypoxia Stress on SOD Enzyme of Hydroponics Tomato

FAN Yan<sup>1</sup>, SUN Ying<sup>1</sup>, AN Na<sup>1</sup>, FENG Yang<sup>1</sup>, SONG Weitang<sup>2,3</sup>

(1. Jinzhou Academy of Agricultural Sciences, Jinzhou, Liaoning 121017; 2. College of Water Resources and Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083; 3. Key Laboratory of Agricultural Engineering in Structure and Environment, Ministry of Agriculture, Beijing 100083)

**Abstract:** 10 tomato varieties were used as materials, different rhizosphere hypoxia stress on SOD of hydroponics tomato were carried out, in order to promote hydroponic tomato technology in large scale, to solve hydroponic tomato cultivation in the root zone hypoxia problem. The results showed that, the rhizosphere in the early hypoxic hypoxia stress could promote the activity, activity increased in the rhizosphere hypoxia with time decreased; different tomato varieties and hypoxic environment in the rhizosphere caused different degree of reduced activity, and there were differences among varieties. Under hypoxic conditions rhizosphere, tomato variety ‘Zimeigui’ had strong SOD activity, variety ‘Danhong F<sub>1</sub>’ had weaker SOD activity.

**Keywords:** rhizosphere hypoxia; tomato; SOD

## 欢迎订阅 2016 年《北方园艺》

中文核心期刊  
中国农业核心期刊  
全国优秀农业期刊  
中国北方优秀期刊  
黑龙江省优秀科技期刊  
美国化学文摘社(CAS)收录期刊

主管:黑龙江省农业科学院  
主办:黑龙江省农业科学院、黑龙江省园艺学会  
中国标准连续出版物号:  
ISSN 1001-0009 CN 23-1247/S  
广告经营许可证号:2301070000009  
邮发代号:14-150 半月刊 每月 15、30 日出版  
单价:15.00 元 全年:360.00 元

## 全国各地邮局均可订阅 或直接向编辑部汇款订阅

本刊栏目涵盖园艺学的蔬菜、果树、瓜类、花卉、植保等研究领域的新成果、新技术、新品种、新经验。竭诚欢迎全国各地科研院所人员、大专院校师生,各省、市、县、乡、镇农业技术推广人员、农民科技示范户等踊跃订阅。

现辟有试验研究、研究简报、设施园艺、栽培技术、园林花卉、生物技术、植物保护、贮藏保鲜加工、食用菌、中草药、土壤与肥料、新品种选育、产业论坛、专题综述、农业经纬、经验交流等栏目。

地址:黑龙江省哈尔滨市南岗区学府路 368 号《北方园艺》编辑部

邮编:150086 电话:0451-86674276 信箱:bffyybjb@163.com 网址:www.haasep.cn