

# 不同浓度维生素 C 对干旱胁迫下 辣椒苗期根系生长的影响

张菊平<sup>1</sup>, 张会灵<sup>1</sup>, 任丽丽<sup>1</sup>, 张焕丽<sup>2</sup>

(1. 河南科技大学 林学院, 河南 洛阳 471023; 2. 洛阳农林科学院 蔬菜研究中心, 河南 洛阳 471022)

**摘 要:**以辣椒苗为试材, 采用盆栽称重法将辣椒土壤含水量控制在 40%~50%, 将不同浓度的维生素 C 溶液(0、20、40、60、80、100、120 mg·L<sup>-1</sup>)对辣椒叶面进行喷施, 通过测定辣椒根系的形态指标和生理指标, 研究了不同浓度维生素 C 对干旱胁迫下辣椒苗期根系生长的影响。结果表明:一定浓度的维生素 C 能够缓解干旱胁迫对辣椒根系生长的影响, 提高辣椒根系的吸水和保水能力; 表现为低浓度促进, 高浓度抑制, 维生素 C 浓度为 40 mg·L<sup>-1</sup> 时, 干旱缓解效果最显著, 根系的含水量、质膜透性分别比对照减少 2.58% 和 11.46%, 辣椒根系长度、根系活力、过氧化氢酶(CAT)活性、脯氨酸(Pro)含量分别比对照增加 0.273%、1.33%、11.1% 和 13.61%, 过氧化物酶(POD)活性比对照增加 12 倍。

**关键词:**辣椒; 根系; 干旱胁迫; 维生素 C

**中图分类号:**S 641.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)21-0013-05

我国约有 1/2 的土地面积为干旱、半干旱类型, 其中缺少灌溉条件的约占总耕地面积的 51.9%<sup>[1]</sup>。干旱是限制我国农业生产的重要因素之一。维生素 C 又称抗坏血酸, 具有抗氧化作用, 它能通过捕捉和消除包括链反应中产生的自由基, 或中断或延长链反应来保护植物<sup>[2]</sup>。植物体内合成的维生素 C 参与体内活性氧清除, 并作为多个酶的辅因子参与多种生理过程, 具有重要的生理功能<sup>[3]</sup>。然而, 外源维生素 C 能否作为植物生长调节剂刺激植物的生长, 一直存有争议<sup>[4-7]</sup>。该试验研究了干旱胁迫下外施维生素 C 对辣椒根系生长和生理指标的影响, 以期揭示维生素 C 对增强辣椒植株抗旱性的作用, 为辣椒田间施用维生素 C 提供参考依据。

**第一作者简介:**张菊平(1968-), 女, 河南汝阳人, 博士, 教授, 研究方向为蔬菜种质资源与生物技术。E-mail: jup-ingzhang@163.com.

**基金项目:**河南科技大学博士科研启动资助项目(13480017, 13480045)。

**收稿日期:**2017-07-14

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为“洛椒七号”辣椒, 由洛阳农林科学院蔬菜研究中心提供。

### 1.2 试验方法

将 4 叶 1 心的辣椒苗移栽至塑料盆(内径 15 cm, 高 12 cm)中, 基质为草炭: 蛭石: 珍珠岩=2: 1: 1, 移栽后浇 1 次水, 7 d 后再浇 1 次水。当辣椒苗长到 6 叶 1 心时, 选长势一致的苗用小喷壶叶面喷施 0、20、40、60、80、100、120 mg·L<sup>-1</sup> 的维生素 C(分别用 S0(CK)、S1、S2、S3、S4、S5、S6 表示), 每处理 10 株苗, 重复 3 次。每天早晚各喷 1 次, 叶片正反面喷均匀, 连喷 6 d, 采用盆栽称重法控水 3 d, 控制土壤相对含水量在 40%~50%<sup>[8]</sup>。之后将辣椒苗根系周围的土壤用流水冲净, 尽量免伤根系, 用滤纸将水吸干, 测定根长、根系含水量、根系质膜透性、根系活力、脯氨酸(Pro)含量、过氧化氢酶(CAT)活性及过氧化物

酶(POD)活性。

### 1.3 项目测定

用直尺测定根系长度;根系含水量采用烘干法测定;根系活力、根系膜透性和脯氨酸(Pro)含量分别采用甲烯蓝法、电导率仪法、磺基水杨酸法测定<sup>[9]</sup>。过氧化氢酶(CAT)活性采用高锰酸钾滴定法测定<sup>[10]</sup>。过氧化物酶(POD)活性采用愈创木酚法测定<sup>[11]</sup>。

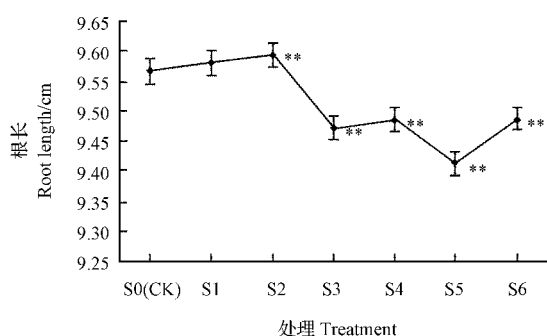
### 1.4 数据分析

采用 Excel 软件处理试验数据,采用 SPSS 18.0 软件进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同浓度维生素 C 对干旱胁迫下辣椒根长的影响

由图 1 可知,维生素 C 浓度为  $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时(S2),辣椒的根长最大,维生素 C 为  $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时次之,且均比 S0 有所增加,而当维生素 C 浓度大于  $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  (S3、S4、S5、S6)时,根长均比 S0 小。S1、S2 的根长分别比 S0 增加 0.136%、0.273%,但 S1 与 S0 差异不显著,S2 与 S0 差异极显著;S3、S4、S5、S6 分别比 S0 减少 0.983%、0.847%、1.610%、0.836%,且与 S0 差异均极显著。这说明干旱胁迫下低浓度的维生素 C 会增



注: \*\* 表示处理与 S0 相比在 0.01 水平上的差异显著性。下同。

Note: \*\* indicates significant difference between treatments and S0 at 0.01 level. The same as below.

图 1 不同浓度维生素 C 对干旱胁迫下辣椒根长的影响  
Fig. 1 Effect of different concentrations of vitamin C on root length of pepper under drought stress

强辣椒根系的伸长生长,提高其吸水能力,且维生素 C 浓度为  $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时效果显著;而高浓度维生素 C 显著抑制根系生长,降低其吸水能力<sup>[7]</sup>。

### 2.2 不同浓度维生素 C 对干旱胁迫下辣椒根系含水量的影响

由图 2 可以看出,随着维生素 C 浓度的增加,根系含水量呈先降后升再降的趋势,维生素 C 浓度为  $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  (S2)时,根系含水量最低,为 84.21%,浓度为  $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  (S1)时,根系含水量次低,且 S1、S2 均低于 S0 的,二者与 S0 差异均极显著;维生素 C 大于  $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时,各处理的根系含水量均比 S0 大,且与 S0 差异均达极显著水平<sup>[7]</sup>。这表明低浓度维生素 C 能显著增强辣椒的抗旱性, $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的维生素 C 效果最好;高浓度维生素 C 会显著降低干旱胁迫下辣椒的抗性。

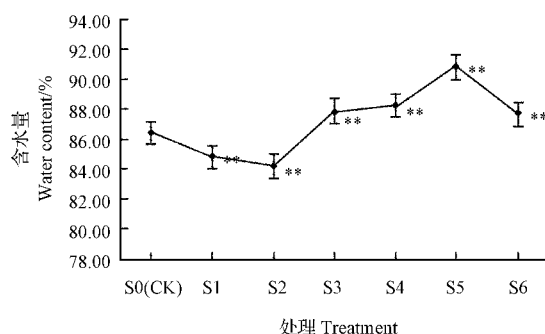


图 2 不同浓度维生素 C 对干旱胁迫下辣椒根系含水量的影响

Fig. 2 Effect of different concentrations of vitamin C on root water content of pepper under drought stress

### 2.3 不同浓度维生素 C 对干旱胁迫下辣椒根系质膜透性的影响

从图 3 可以看出,维生素 C 浓度为  $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  (S2)时,质膜透性最小,维生素 C 为  $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时质膜透性次之,且均比 S0 小,与 S0 差异均极显著;而当维生素 C 浓度大于  $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时,质膜透性均有不同程度的增加,且与 S0 差异均极显著。由此可知,在干旱胁迫下,低浓度的维生素 C 能维持辣椒根系细胞膜的稳定,缓解干旱的损害,提高其抗旱性,且当维生

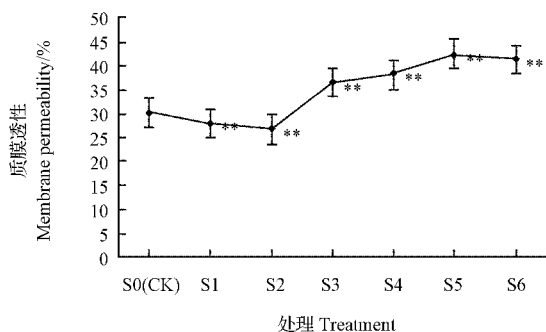


图 3 不同浓度维生素 C 对干旱胁迫下辣椒根系质膜透性的影响

Fig. 3 Effects of different concentrations of vitamin C on membrane permeability of pepper under drought stress

素 C 浓度为  $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时,抗旱性最强;而高浓度的维生素 C 降低根系细胞膜的稳定性,不利于干旱胁迫下辣椒根系的生长<sup>[7]</sup>。

#### 2.4 不同浓度维生素 C 对干旱胁迫下辣椒根系活力的影响

由图 4 可以看出,维生素 C 浓度为  $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  (S2) 时,根系活力最大,维生素 C 浓度为  $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  (S1) 时,根系活力次之,且 S1、S2 的根系活力均大于 S0,且与 S0 差异均极显著;而当维生素 C 浓度大于  $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时,根系活力均比 S0 小,但只有 S4 与 S0 差异极显著,S3、S5、S6 与 S0 差异均不显著。当维生素 C 浓度小于  $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时,根系活力随着维生素 C 浓度的升高而增大,而当维生素 C 的浓度大于  $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时,根系活跃吸收面积随维生素 C 浓度的增大而出现先降后升的变化。即低浓度的维生素 C 能显著提高根系活力,提高根系活跃吸收面积,且当维生素 C 浓度为  $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时效果最显著。高浓度的维生素 C 对根系活力没有明显的影响<sup>[7]</sup>。

#### 2.5 不同浓度维生素 C 对干旱胁迫下辣椒根系脯氨酸(Pro)含量的影响

由图 5 可知,随着维生素 C 浓度的增大,根系中的 Pro 含量呈先升高后降低的趋势,且维生素 C 浓度为  $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时的 Pro 含量达最大值,为  $38.84 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。维生素 C 浓度为  $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的 Pro 含量仅次于 S2,且 S1、S2 的 Pro

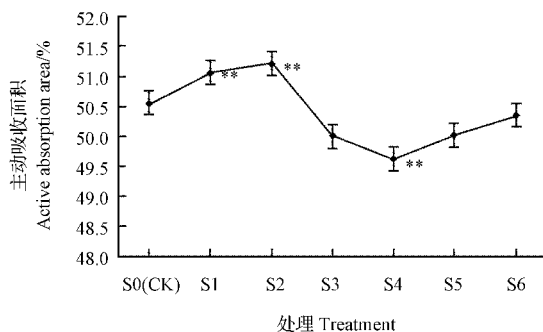


图 4 不同浓度维生素 C 对干旱胁迫下辣椒根系活力的影响

Fig. 4 Effect of different concentrations of vitamin C on root activity of pepper under drought stress

含量均与 S0 差异极显著;维生素 C 浓度大于  $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时,各处理的 Pro 含量均小于 S0,但 S3、S4 与 S0 差异均不显著,S5、S6 与 S0 差异均极显著,维生素 C 浓度为  $120 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时,Pro 含量最低。这说明低浓度的维生素 C 可显著提高辣椒根系的 Pro 含量,增强抗旱性,且  $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的维生素 C 效果最强;高浓度维生素 C 显著降低根系的 Pro 含量,降低抗旱性。

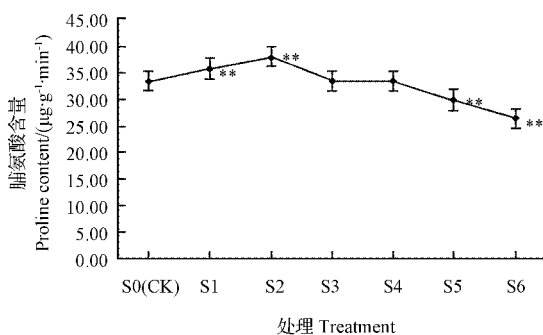


图 5 不同浓度维生素 C 对干旱胁迫下辣椒根系 Pro 含量的影响

Fig. 5 Effect of different concentrations of vitamin C on Pro contents of pepper root under drought stress

#### 2.6 不同浓度维生素 C 对干旱胁迫下辣椒根系过氧化氢酶(CAT)与过氧化物酶(POD)活性的影响

过氧化氢酶(CAT)与过氧化物酶(POD)是

植物重要的保护酶类,植物受到干旱胁迫时会启动或者提高保护酶的活性,CAT、POD活性的提高是辣椒减少逆境伤害的防御反应。由图6可知,当维生素C浓度小于 $40\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,辣椒根系的CAT活性随着维生素C浓度的提高而增大;而当维生素C浓度大于 $40\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,辣椒根系的CAT活性随维生素C浓度的增大呈先降后升的变化。维生素C浓度为 $40\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (S2)时,辣椒根系的CAT活性最大,浓度为 $20\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的次之,且S1、S2的CAT活性与S0差异均极显著;而当浓度大于 $40\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,辣椒根系的CAT活性均小于S0,但S6与S0差异不显著,而S3、S4、S5与S0差异均极显著。总之,低浓度的维生素C能显著地提高根系的CAT活性,维生素C浓度为 $40\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的效果最显著;高浓度维生素C会显著降低根系的CAT活性,但抑制程度与维生素C浓度之间不存在明显的相关性。

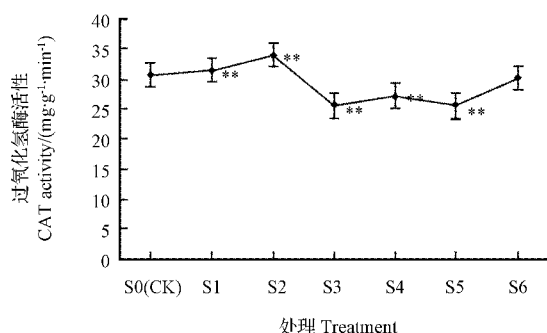


图6 不同浓度维生素C对干旱胁迫下辣椒根系过氧化氢酶活性的影响

Fig. 6 Effect of different concentrations of vitamin C on CAT activity of pepper roots under drought stress

从图7可以看出,辣椒根系的POD活性随维生素C浓度的增大呈现先升高后降低的趋势,维生素C浓度为 $40\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的POD活性位于拐点。维生素C为 $20\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,其POD活性次之,再次是维生素C为 $60\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 处理,并且维生素C浓度从 $20\sim 120\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的辣椒根系POD活性均大于S0,且与S0差异均极显著。由此说明,外施维生素C能够显著地提高辣椒根系的POD活性,且当维生素C浓度为 $40\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$

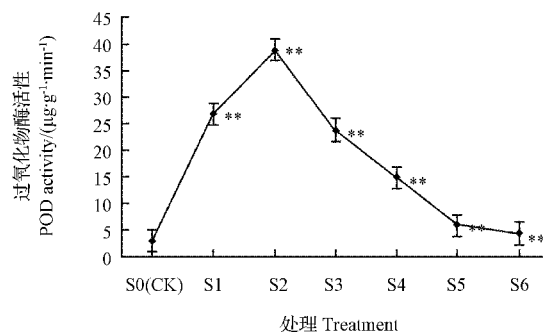


图7 不同浓度维生素C对干旱胁迫下辣椒根系过氧化物酶活性的影响

Fig. 7 Effect of different concentrations of vitamin C on POD activity of pepper roots under drought stress

时的效果最明显,且随维生素C浓度的升高,增效逐渐降低。

### 3 讨论与结论

植物受到干旱威胁时,根系的生长受到抑制,质膜透性增大,Pro等渗透调节物质积累,植物体内的活性氧产生和消除系统的平衡被打破,体内会产生大量的活性氧,对植物造成伤害<sup>[7,12]</sup>。该试验表明,低浓度的维生素C促进根系生长,高浓度的维生素C抑制生长,维生素C浓度为 $40\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时对辣椒幼苗缓解干旱效果极明显,这可能是干旱致使细胞内自由基的产生与清除系统失去平衡,造成自由基积累,对细胞内生物大分子造成伤害,从而加速植物的衰老与死亡<sup>[7,13]</sup>。维生素C是维持植物正常生长发育必需的一类微量营养物质<sup>[10]</sup>,是植物体内许多重要酶的辅酶,要参与植物激素、次生代谢产物的合成以及一些氨基酸残基的羟基化作用<sup>[14-16]</sup>。因此,关于外源维生素C在生产上的应用研究将愈来愈受到科研者的关心和重视,但有关施用量、施用后是否会对环境造成不良影响等因素有待进一步深入研究<sup>[7]</sup>。一定浓度的维生素C能提高干旱胁迫下辣椒根系的吸水和保水能力,表现为低浓度促进,高浓度抑制,维生素C浓度为 $40\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时的干旱缓解效果最显著,辣椒根系的含水量和质膜透性分别比S0减少2.58%和11.46%,辣椒根系的长度、根系活力、CAT活性、Pro含量分别比S0

增加 0.273%、1.33%、11.1% 和 13.61%，POD 活性比 S0 增加 12 倍。

### 参考文献

- [1] 山立, 邹宇峰. 我国旱区农业的地位和发展潜力及政策建议[J]. 农业现代化研究, 2013, 34(4): 425-430.
- [2] 刘永军, 赵宗芸, 杨晓玲, 等. 三种维生素对甜椒主要生育和生理生化指标的影响[J]. 河北职业技术师范学院学报, 2002, 16(2): 33-34.
- [3] 安华明, 陈力耕, 樊卫国, 等. 高等植物中维生素 C 的功能、合成及代谢研究进展[J]. 植物学通报, 2004, 21(5): 608-617.
- [4] 李才生, 胡寿祥, 巫薇薇. 干旱胁迫下维生素 C 对玉米根系生长的影响[J]. 西南农业大学学报, 2010, 23(1): 293-295.
- [5] 刘永立, 胡海涛, 兰大伟. 维生素 C 的生物合成及其基因调控研究进展[J]. 果树学报, 2006, 23(3): 431-436.
- [6] 齐艳玲, 郭守华, 马庆武. 干旱及外源 SOD 对盆栽茼蒿抗旱指标的影响[J]. 河北科技师范学院学报, 2010, 23(3): 19-22, 36.
- [7] 任丽丽. 维生素 C 对干旱胁迫下朝天椒生长的影响[D]. 洛阳: 河南科技大学, 2014.
- [8] 张爱民, 耿广东, 杨红, 等. 干旱胁迫对辣椒幼苗部分生理指标的影响[J]. 山地农业生物学报, 2010, 29(1): 35-38.
- [9] 郝建军, 康宗利, 于洋. 植物生理学实验技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 45-47.
- [10] 张立军, 樊金娟. 植物生理学实验教程[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2007.
- [11] 李和生, 夏凯, 王学奎, 等. 现代植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [12] 余春梅, 李斌, 李世民, 等. 拟南芥和作物中维生素 C 生物合成与代谢研究进展[J]. 植物学报, 2009, 44(6): 643-655.
- [13] 张恩让, 任媛媛, 胡华群, 等. 钙对淹水胁迫下辣椒幼苗根系生长和呼吸代谢的影响[J]. 园艺学报, 2009, 36(12): 1749-1754.
- [14] LOEWUS F A, LOEWUS M W, SEIB P A. Biosynthesis and metabolism of ascorbic acid in plants[J]. Critical Reviews in Plant Sciences, 1987, 5(1): 101-109.
- [15] SMIRNOFF N, CONKLN P L, LOEWUS F A. Biosynthesis of ascorbic acid in plants: A renaissance[J]. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 2001, 52(1): 437-467.
- [16] ARRIGONI O, de TULLIO M C. Ascorbic acid: Much more than just an antioxidant[J]. Biochimica et Biophysica Acta, 2002, 1569(1-3): 1-9.

## Effects of Different Concentrations of Vitamin C on Root Growth of Pepper Seedling Under Drought Stress

ZHANG Juping<sup>1</sup>, ZHANG Huiling<sup>1</sup>, REN Lili<sup>1</sup>, ZHANG Huanli<sup>2</sup>

(1. College of Forestry, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471023; 2. Vegetable Research Center, Luoyang Science Academy of Agricultural, Luoyang, Henan 471022)

**Abstract:** Pepper seedling was used as test material, the soil moisture in 40%—50% was controlled by using the weighing method for potted and sprayed different concentrations of vitamin C on the leaf of pepper. The concentrations were 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120 mg · L<sup>-1</sup>, respectively. Morphological and physiological indexes of pepper root were measured and explored effects of drought stress and vitamin C on growth of pepper seedling root. The results showed that, a certain concentration of vitamin C could alleviate the effects of drought stress on root growth of pepper and improve the absorption of pepper roots and water retention ability. Meanwhile, low concentrations of vitamin C promoted the growth of pepper roots while high concentrations inhibited. The effect was the most significant when the concentration was 40 mg · L<sup>-1</sup>. Root length increased by 0.273%. Root water content and membrane permeability decrease by 2.58% and 11.46%, respectively. Root activity, CAT activity, Pro content and POD activity increased 1.33%, 11.1%, 13.61% and 12 times than that of control, respectively.

**Keywords:** pepper; root; drought stress; vitamin C