

# 外源水杨酸对盐胁迫下番茄幼苗生理特性的影响

张彦

(唐山市南湖生态城管委会园林绿化中心,河北 唐山 063000)

**摘要:**以盐敏感型番茄“田园六号”为试材,采用水培法,研究了培养液中不同浓度外源水杨酸(SA)(10、50、150、300 mg/L)在 100 mg/L NaCl 胁迫下,对番茄幼苗超氧化物歧化酶(SOD)活性、丙二醛(MDA)含量、根系活力、可溶性蛋白含量、可溶性糖含量以及叶绿素含量的影响。结果表明:盐胁迫增加了 SOD 活性,提高了 MDA、可溶性蛋白和可溶性糖的含量,降低了叶绿素含量和根系活力。50 mg/L SA 处理后,MDA 含量较只有 NaCl 处理的降低 21.35%,而 SOD 活性、可溶性蛋白和可溶性糖含量则分别提高了 14.15%、74.30%和 33.71%,并有效缓解了叶绿素含量的降低和根系活力的下降,其缓解程度高达 26.88%和 82.03%。

**关键词:**外源水杨酸;盐胁迫;番茄;生理特性

**中图分类号:**S 641.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)12-0008-04

番茄 (*Lycopersicon esculentum* Mill) 属茄科 (Solanaceae) 番茄 1 a 生草本植物,是中度盐敏感型鲜食和加工型蔬菜作物,市场需求量大,但其在高盐土壤中生育状况差。植株耐盐性是一个受多基因控制的复杂数量性状,受多种因素的影响,目前虽已获得一些转基因番茄,但离实际生产还有很大的距离<sup>[1]</sup>。因此寻求一种可以缓解盐害的番茄育苗方法已迫在眉睫。

水杨酸(SA)广泛存在于植物界,是一种小分子的酚类化合物。除广泛应用于医疗方面外,也适宜在植物抗盐环境胁迫中大量使用<sup>[2]</sup>。已有研究发现,水杨酸对植物的病害、干旱、寒害都具有缓解作用<sup>[3-4]</sup>,但水杨酸对植物盐害影响研究还很少。基于此,该试验以番茄为试材,探讨外施水杨酸对盐胁迫下的幼苗盐害是否具有缓解作用,以期增强番茄的耐盐性提供技术参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为盐敏感型“田园六号”番茄。

### 1.2 试验方法

以水培法进行试验,待番茄长到 5 叶 1 心时开始处理。将幼苗分成 6 组,第 1 组:正常配方营养液栽培(对照 CK);第 2 组:山崎配方营养液中按 100 mg/L 添加 NaCl,进行盐胁迫处理;第 3~6 组:培养液分别在第 2 组加盐培养液的基础上按 10、50、150、300 mg/L 的浓度加入 SA。处理 15 d,试验期间,每 3 d 调 1 次 pH,每 5 d 更

换 1 次培养液。

分别于处理后第 0、3、6、9、12、15 天时取幼苗自上下相应的展开真叶,分别测定叶片的 SOD 活性、MDA 含量、可溶性蛋白含量、可溶性糖含量和叶绿素含量,并取其根测定根系活力。所有处理均设 3 次重复。

### 1.3 项目测定

**1.3.1 酶液的提取** 取新鲜番茄叶片 1.0 g,加入 3.0 mL 50 mM 磷酸缓冲液(pH 7.8)(PBS)和少量石英砂,于冰浴中的研钵内研磨成匀浆,定容到 5.0 mL 刻度试管中,4℃下冷冻离心(5 500 r/min)20 min,上清液即酶提取液,用于测定 SOD 活性、MDA 含量和可溶性蛋白含量。

**1.3.2 超氧化物歧化酶(SOD)活性的测定** 取 3.0 mL 的 NBT 反应液(含有 1.3 μM 的核黄素,13 mM 甲硫氨酸,63 mM NBT,50 mM pH 7.8 的 PBS),加入 50.0 μL 酶提取液,摇匀,置于光照培养箱中,25℃下照光 25 min,测定 OD<sub>560</sub>。以缓冲液代替酶液作为空白。

**1.3.3 丙二醛(MDA)含量的测定** 取 1.5 mL 酶提取液,加入 2.5 mL TCA 反应液,于沸水浴中加热 10 min,立即置于冰浴中冷却,2 200 r/min 离心 10 min,分别测定 OD<sub>532</sub> 和 OD<sub>600</sub>。

**1.3.4 可溶性蛋白含量的测定** 取 100 μL 上清液,5.0 mL 考马斯亮蓝 G-250 试剂,充分混匀,放置 2 min 后,测定 OD<sub>595</sub>。

**1.3.5 可溶性糖含量的测定** 采用蒽酮比色法。取 0.5 g 叶片,研磨后煮沸离心,定容到 25.0 mL,然后测定 OD<sub>620</sub>。

**1.3.6 叶绿素含量的测定** 采用乙醇提取法。取 0.1 g 叶片,研磨后离心,最后定容至 10.0 mL,然后进行比色,

**作者简介:**张彦(1972-),男,本科,工程师,现主要从事园林施工与养护及无土栽培和植物新品种选育等工作。E-mail: zhangyan19720111@126.com.

**收稿日期:**2013-03-07

分别测定  $OD_{665}$ 、 $OD_{649}$  和  $OD_{470}$ 。

1.3.7 根系活力的测定 采取改良的氯化三苯基四氮唑(TTC)法。取 0.5 g 根尖浸入 10.0 mL 反应液(0.4% TTC 和 0.067 mol/L PBS 各 5.0 mL 混合)中,37℃ 黑暗下反应 1 h,终止反应后取出根尖用 20.0 mL 甲醇浸泡 5 h,对浸出液测定  $OD_{485}$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 SA 对盐胁迫下番茄幼苗膜脂过氧化的影响

#### 2.1.1 SA 对盐胁迫下番茄幼苗体内 SOD 活性的影响

由图 1 可知,各组番茄幼苗 SOD 活性在处理期间变化趋势一致。盐胁迫下,SOD 活性明显上升,外施 SA 均使 SOD 活性进一步提高。以 10、50、150 mg/L 3 种浓度的 SA 提高作用较为明显;其中以 50 mg/L SA 的效果最佳。处理 6 d 时,NaCl+50 mg/L SA 的处理分别较对照和只添加 NaCl 的番茄幼苗 SOD 活性上升了 22.22% 和 14.15%。

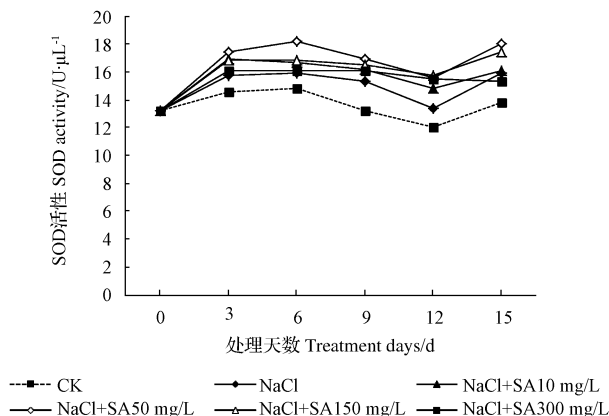


图 1 SA 对盐胁迫下番茄幼苗叶片 SOD 活性的影响

Fig. 1 Effect of SA on SOD activity in leaves of tomato seedlings under salt stress

2.1.2 SA 对盐胁迫下番茄幼苗 MDA 含量的影响 由图 2 可知,在处理期间,各组番茄幼苗的 MDA 均随着处理时间的延长而增加。与对照组比较发现,100 mg/L NaCl 胁迫下 MDA 含量显著上升,外源 SA 降低了盐胁迫下的 MDA 含量,且以 50 mg/L SA 降幅最为明显;10 和 150 mg/L 2 个浓度的外源 SA 也表现出了一定的缓解效果;而 300 mg/L SA 对 MDA 的缓解作用不明显。处理 9 d 时,NaCl+10 mg/L SA、NaCl+50 mg/L SA 和 NaCl+150 mg/L SA 3 个处理分别较只添加 NaCl 的 MDA 含量降低了 10.68%、21.35% 和 6.76%。

#### 2.2 SA 对盐胁迫下番茄幼苗渗透调节物质含量的影响

##### 2.2.1 SA 对盐胁迫下番茄幼苗可溶性蛋白含量的影响

由图 3 可以看出,单独 NaCl 胁迫处理的番茄幼苗可溶性蛋白含量升高,但随着处理时间的延长其可溶性蛋白含量与对照组间有差异缩小的趋势。外源施加 SA

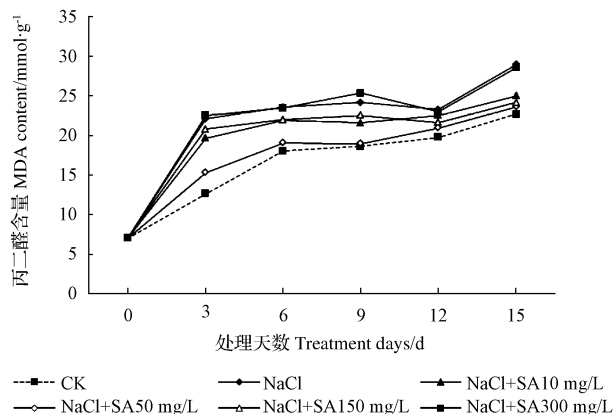


图 2 SA 对盐胁迫下番茄幼苗叶片 MDA 含量的影响

Fig. 2 Effect of SA on MDA content in leaves of tomato seedlings under salt stress

后,可溶性蛋白含量比单独 NaCl 胁迫处理的进一步提高,且施加 50 mg/L SA 时升高幅度最大,最大在增幅在处理第 6 天出现,为 74.30%;10、150 mg/L SA 处理也可提高可溶性蛋白含量,但效果均不如 50 mg/L 的 SA;300 mg/L SA 处理的可溶性蛋白含量变化不明显,甚至有时低于单独盐处理组。

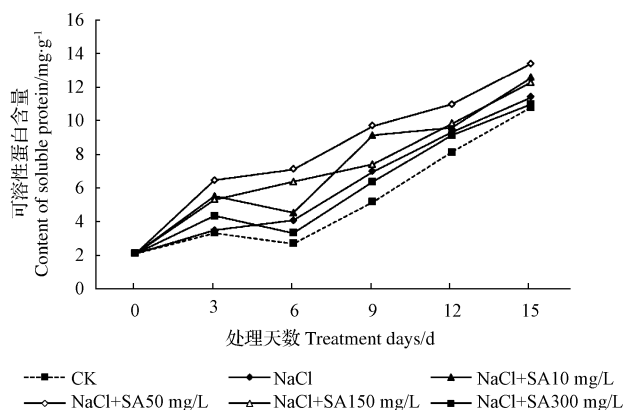


图 3 SA 对盐胁迫下番茄幼苗叶片中的可溶性蛋白含量的影响

Fig. 3 Effect of SA on content of soluble protein in leaves of tomato seedlings under salt stress

##### 2.2.2 SA 对盐胁迫下番茄幼苗可溶性糖含量的影响

由图 4 可知,对照组的番茄幼苗可溶性糖含量变化不明显,而盐胁迫组略有升高,但幅度不大。外源 SA 的加入促进了盐胁迫下可溶性糖含量的增加,且以 50 mg/L SA 的处理效果最佳,在第 6 天时增幅达到最大,分别较对照和只添加 NaCl 的番茄幼苗的可溶性糖含量升高了 36.77% 和 33.71%;其它浓度的 SA 处理效果不是很明显。

##### 2.3 SA 对盐胁迫下番茄幼苗叶绿素含量的影响

由图 5 可知,对照组番茄幼苗的叶绿素含量随时间延长呈缓慢上升的趋势;而盐胁迫组的叶绿素含量下降显著,在第 3 天时下降最多,以后下降幅度逐渐减小;外源施加 SA 后,叶绿素含量的下降有显著的缓解,随着天数的

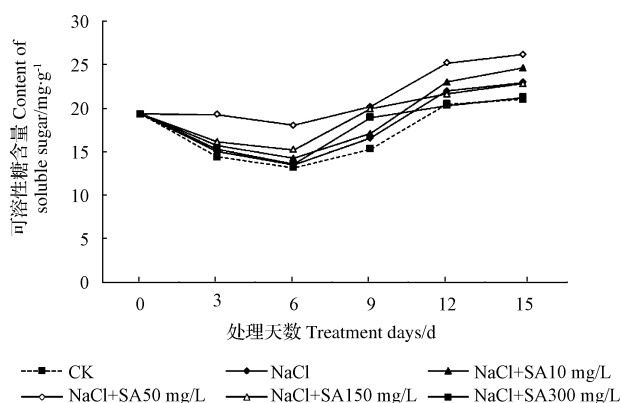


图4 SA对盐胁迫下番茄幼苗叶片可溶性糖含量的影响

Fig. 4 Effect of SA on content of soluble sugar in leaves of tomato seedlings under salt stress

增加,叶绿素含量几乎接近于正常水平。其中 50 mg/L 的 SA 缓解效果最明显,在第 3 天时,缓解率高达 26.88%,而 10、150 mg/L 的 SA 缓解率分别为 8.46% 和 14.90%。

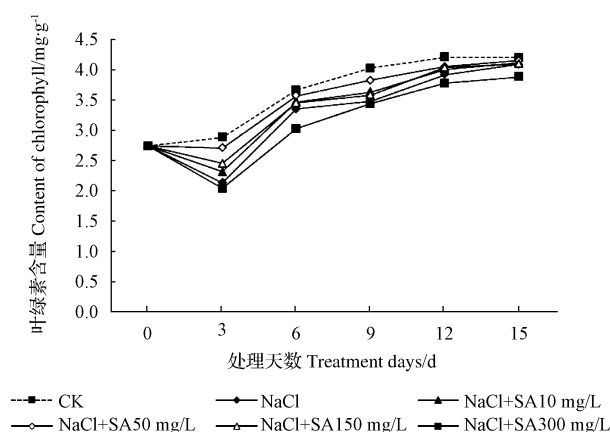


图5 SA对盐胁迫下番茄幼苗叶片叶绿素含量的影响

Fig. 5 Effect of SA on content of chlorophyll in leaves of tomato seedlings under salt stress

## 2.4 SA对盐胁迫下番茄幼苗根系活力的影响

由图 6 可知,对照组番茄幼苗的根系活力呈先升高后降低的变化趋势,而盐胁迫组与对照组比较变化趋势相似,但整体上根系活力有较大的降低,降低幅度甚至超过 54%(处理第 9 天)。SA 的加入缓解了盐胁迫下根系活力的降低,且以 50 mg/L SA 的效果最佳;10、100 mg/L 的 SA 处理也在一定程度上提高了根系活力;300 mg/L 的 SA 处理效果不明显。处理第 9 天时,50 mg/L SA 的缓解幅度高达 82.03%,而 10、150 mg/L SA 的缓解幅度分别为 50.00% 和 41.64%。

## 3 讨论与结论

SOD 作为植物体内保护酶之一起消除积累的活性氧(ROS)的功能;而丙二醛含量则在一定程度上表示细胞膜脂氧化的程度和植物对逆境条件反应的强弱<sup>[5]</sup>。

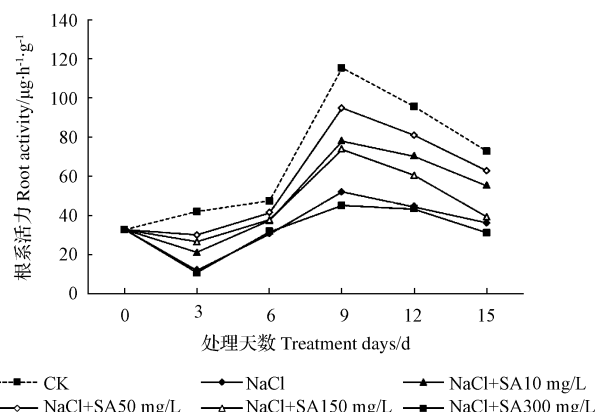


图6 SA对盐胁迫下番茄幼苗根系活力的影响

Fig. 6 Effect of SA on root activity of tomato seedlings under salt stress

有研究表明,SA 可有效降低草莓中 MDA 的含量,在一定浓度范围内能增强草莓的耐盐能力<sup>[6]</sup>。束良佐等<sup>[7]</sup>证实,SA 浸种预处理使水分胁迫下的玉米幼苗叶片超氧化物歧化酶等酶活性显著升高,膜脂过氧化作用减弱。康国章等<sup>[8]</sup>在香蕉方面的研究发现,在低温胁迫与恢复期间,SA 预处理明显抑制了  $H_2O_2$  快速上升,缓解了膜脂过氧化作用,从而提高了香蕉的抗冷性。杨剑平等<sup>[9]</sup>研究表明,用 10 mmol/L 的 SA 喷施玉米幼苗,可使叶片  $H_2O_2$  含量降低,MDA 含量减少;王素平等<sup>[10]</sup>通过对黄瓜的研究得出了相近的结果。该试验结果表明,番茄幼苗在盐胁迫下 SOD 活性和 MDA 含量均升高,SA 处理可以降低盐胁迫下番茄幼苗的 MDA 含量,进一步提高其 SOD 活性,这与以上的研究结论相一致。逆境条件下,细胞会主动形成渗透调节物质,以降低水势,适应胁迫。渗透调节物质如可溶性蛋白和糖的积累能够提高细胞渗透调节能力,稳定其内大分子蛋白生物膜的结构和功能<sup>[11]</sup>。植物体内的可溶性蛋白大多数是参与各种代谢的酶类,其含量是植物总体代谢水平的一个重要指标<sup>[12]</sup>。高含量的可溶性蛋白可以帮助植物细胞维持较低的渗透势,抵抗逆境胁迫导致的伤害。有研究表明,耐盐性和抗旱性强的植物的可溶性蛋白含量均较高<sup>[13]</sup>,如芦笋可通过增加可溶性蛋白含量,提高渗透调节能力,增强对盐碱胁迫的适应能力<sup>[14]</sup>。另外,可溶性糖是植物对盐渍环境适应过程的产物,也是番茄抵抗盐胁迫的方式之一。由于可溶性糖在细胞中的溶解度较大,因此,盐渍条件下其含量的增加对增加细胞质浓度、降低细胞水势、提高植物的吸水能力是十分有利的<sup>[15]</sup>。有资料表明,SA 能明显地提高植株产量和质量。小麦和水稻经 SA 处理后,籽粒中淀粉、总糖和可溶性糖含量均显著性提高<sup>[16]</sup>。该试验结果表明,盐胁迫下番茄幼苗中的可溶性蛋白和糖含量均略有增加,但增幅不是很明显,这可能是植物本身对环境胁迫的一种适应机制;外

源施加 SA 后,可溶性蛋白和糖含量明显增加,降低了细胞水势,提高了番茄的耐盐能力。这与前人的研究结论相似。

叶绿体是植物光合作用的场所,也是对盐胁迫最敏感的细胞器<sup>[17]</sup>。虽然叶绿素含量大小并不能直接反映植物耐盐性的高低,但能表示植物在盐胁迫条件下光合作用的强弱,可与其它指标综合分析作为植物抗盐性判断的参考指标。有材料报道,SA 对光合作用有促进效应,其中一方面原因是适宜浓度的 SA 能够提高叶绿素的含量<sup>[18]</sup>。该试验结果与上述结论相近,盐胁迫下的番茄幼苗外源施加 SA 后,叶绿素含量下降明显得到缓解。由此可见,SA 有利于叶绿素的积累,从而保证植株光合作用的正常进行,进而增加植株的抗逆性。

盐胁迫首先影响到的就是根系,所以根系活力的检测就成为检验植株受害程度的一个重要指标。有研究表明,不同浓度 NaCl 胁迫下,黄瓜幼苗根系活力随着胁迫时间的延长逐渐降低<sup>[19]</sup>。另外,陈炳东等<sup>[13]</sup>对油菜的研究发现,随着盐胁迫的加重,油菜根系受到损伤,根系活力下降。也有研究结果表明,采用适当浓度的 SA 处理毛豆幼苗可以提高其根系活力<sup>[20]</sup>。而该试验中盐胁迫下番茄根系活力的下降与适当浓度的 SA 处理后根系活力的上升与以上的研究相一致。由此可见,根系活力所受影响与在众多植物中具有一致性表现。

#### 参考文献

- [1] 郑艳红,刘仲齐,金凤媚,等.番茄耐盐性研究进展[J].天津农业科学,2006,12(2):20-23.
- [2] 崔婧.水杨酸与植物抗逆性[J].安徽农学通报,2007,13(9):35-38.
- [3] 蔡新忠,郑重.水杨酸在抗病反应中的作用[J].植物生理学通讯,1998,34(4):297-304.
- [4] 汪晓峰,张宪政. ASA 提高小麦抗旱性生理效应的研究[J].植物学

通报,1998,15(1):48-51.

- [5] 汪良驹,马凯,姜卫兵,等. NaCl 胁迫下石榴和桃植株  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  含量与耐盐性的研究[J].园艺学报,1995,22(4):336-340.
- [6] 李长军,李淑平,杨瑞红,等.外源水杨酸对草莓耐盐性的影响[J].黑龙江农业科学,2008(6):77-80.
- [7] 束良佐,李爽.水杨酸浸种对水分胁迫下玉米幼苗某些生理过程的影响[J].南京农业大学学报,2002,25(3):9-11.
- [8] Kang G Z, Wang Z X, Sun G C. Rarticipation of  $\text{H}_2\text{O}_2$  in enhancement of cold chilling by salicylic acid in banana seedlings[J]. Acta Botanica Sinica, 2003,45(5):567-573.
- [9] 杨剑平,段碧华,潘金豹,等.水杨酸和水分胁迫对玉米苗过氧化氢代谢的影响[J].中国农学通报,2002,18(2):8-11.
- [10] 王素平,郭世荣,胡晓辉,等.盐胁迫对黄瓜幼苗叶片光合色素含量的影响[J].江西农业大学学报,2002,28(1):32-37.
- [11] 陈贵,胡文玉,谢甫锦,等.提取植物体内 MDA 的溶剂及 MDA 作为衰老指标的探讨[J].植物生理学通讯,1991,27(1):44-46.
- [12] 杨颖丽,徐世键,保颖,等.盐胁迫对两种小麦叶片蛋白质的影响[J].兰州大学学报(自然科学版),2007,43(1):70-74.
- [13] 陈炳东,黄高宝,陈玉梁,等.盐胁迫对油菜根系活力和幼苗生长的影响[J].中国油料作物学报,2008,30(3):327-330.
- [14] 何若天.氯化胆碱在植物生长和光合作用中的生理学效应[J].广西农业大学学报,1995(2):176-179.
- [15] 费伟,陈火英,曹忠,等.盐胁迫对番茄幼苗生理特性的影响[J].上海交通大学学报(农业科学版),2005,23(1):5-9.
- [16] 张逸帆,祝咪娜.浅谈水杨酸的植物生理作用[J].中国新技术新产品,2009(1):8.
- [17] 张娟,姜闯道,平吉成.盐胁迫对植物光合作用影响的研究进展[J].农业科学研究,2008,29(3):74-80.
- [18] 时雨冉.外源水杨酸对玉米幼苗盐害的缓解作用[J].衡水师专学报,2000,2(2):35-38.
- [19] 王丽萍,陈普红,梁伟玲,等.渗透  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  和 NaCl 对黄瓜幼苗生长的影响[J].长江农业(学术版),2008(9b):44-46.
- [20] 陆晓民,谷超.水分胁迫下外源水杨酸对毛豆某些生理指标及其抗旱性的影响(简报)[J].热带作物学报,2008,29(4):468-471.

## Effects of Exogenous Salicylic Acid on Physiological Properties of Tomato Seedlings Under Salt Stress

ZHANG Yan

(Landscaping Center, Nanhu Eco-city Management Committee of Tangshan, Tangshan, Hebei 063000)

**Abstract:** Taking the seedlings of tomato varieties ‘Tianyuan No. 6’ (salt-sensitive) as materials, the effects of different concentrations of extraneous source salicylic acid (SA) (10, 50, 150, 300 mg/L) on superoxide dismutase (SOD) activity, MDA content, root activity, soluble protein content, soluble sugar content and the chlorophyll content of the tomato seedlings under NaCl stress (100 mg/L) were studied. The results showed that NaCl could increase the activity of superoxide dismutase (SOD) and the content of MDA, soluble protein and soluble sugar, while decrease the content of chlorophyll and root vigor, but after further treatment with SA 50 mg/L, compared to only dealt with NaCl, MDA content decreased by 21.35%, while the activity of SOD and the content of soluble protein and sugar respectively increased by 14.15%, 74.30% and 33.71%, and it prevented the decrease of chlorophyll and root vigor with 26.88% and 82.03%.

**Key words:** exogenous salicylic acid; salt stress; tomato; physiological properties