

外源水杨酸对喜树幼苗盐害胁迫缓解效应的生理机制初探

孟长军, 杜喜春, 赵银萍

(西安文理学院生物与环境工程学院/秦岭野生观赏植物研究中心, 西安 710065)

摘要:为了明确外源水杨酸对喜树幼苗盐害胁迫缓解效应的生理机制,以喜树幼苗为试验材料,以0.5% NaCl胁迫为对照,设4个处理:T₁(0.5% NaCl+60 mg/L SA 喷叶),T₂(0.5% NaCl+60 mg/L SA 灌根),T₃(0.5% NaCl+120 mg/L SA 喷叶),T₄(0.5% NaCl+120 mg/L SA 灌根)。通过比较不同处理间喜树幼苗的超氧化物歧化酶活性、过氧化物酶活性、可溶性蛋白含量、丙二醛含量以及干重发现:60 mg/L的水杨酸处理对喜树幼苗NaCl胁迫的缓解作用效果最佳,且喷叶处理的效果优于灌根处理。60 mg/L水杨酸喷叶处理盐胁迫下喜树幼苗叶片中的保护酶活性和渗透调节物质含量均显著增加,叶片中的丙二醛含量显著下降,喜树幼苗的干重则显著高于对照。表明外施适宜浓度的水杨酸可增强盐胁迫下喜树幼苗的抗氧化酶活性并增加渗透调节物质含量,进而保护了植物光合膜的完整性,提高了细胞的保水能力,并最终促进了盐胁迫下喜树幼苗的生长。通过研究水杨酸缓解喜树幼苗盐害的生理机制,为喜树的抗盐栽培提供了一些理论依据和参考。

关键词:水杨酸;喜树;抗氧化酶;可溶性蛋白;干重

中图分类号:S567.19

文献标识码:A

文章编号:1003-8701(2018)03-0023-05

Physiological Mechanism of Mitigative Effects of Salicylic Acid on Salt-Stressed *Camptotheca acuminata* Seedlings

MENG Changjun, DU Xichun, ZHAO Yinping

(College of Biology and Environmental Engineering, Xi'an Art and Science University/Research Center of Wild Ornamental Plants in Qinling Mountains, Xi'an 710065, China)

Abstract: To determine the physiological mechanism of mitigative effects of salicylic acid on salt-stressed *Camptotheca acuminata* seedlings, under the control of 0.5% NaCl stress, 4 treatments were set up: T₁ (0.5% NaCl+60 mg/L SA foliar spray), T₂ (0.5% NaCl+60 mg/L SA root irrigation), T₃ (0.5% NaCl+120 mg/L SA foliar spray) and T₄ (0.5% NaCl+120 mg/L SA root irrigation). Through the comparison of *Camptotheca acuminata* seedlings' antioxidant enzyme activity, soluble protein content, MDA content as well as dry weight, we found that the mitigative effects of 60 mg/L SA was best, and the result of foliar spraying was better than that of root irrigating. Under the treatment of 60 mg/L SA foliar spraying, activity of protective enzymes in leaves of *Camptotheca acuminata* seedlings and content of osmotic adjustment substances increased significantly, MDA content decreased significantly, the dry weights of seedlings were higher than those of control significantly. This showed that application of salicylic acid at suitable concentration could enhance antioxidant enzyme activity, increase the content of osmotic adjustment substances, thus protecting the integrity of the photosynthetic membrane, increasing cell water retention capacity, and ultimately promoting the growth of seedlings under salt stress. By studying the physiological mechanism of mitigative effects of salicylic acid on salt-stressed *Camptotheca acuminata* seedlings, theoretical basis was provided for salt tolerance cultivation of *Camptotheca acuminata*.

Key words: Salicylic acid; *Camptotheca acuminata*; Antioxidant enzyme; Soluble protein; Dry weight

收稿日期:2018-03-09

基金项目:西安市科技计划项目文理专项(CXY1352WL16);省级大学生创新创业训练计划(09009001065)

作者简介:孟长军(1980-),男,实验师,硕士,研究方向:设施园艺和光合生理生态。

中国是遭受土壤盐渍化危害较为严重的国家之一,我国盐渍土总面积约3 600万hm²,约占全国可利用土地面积的4.88%^[1]。由于气候及人类活动因素的影响,中国干旱、半干旱地区土壤盐渍

化问题更是日趋严重。土壤盐渍化对土壤的通气性、透水性以及养分的有效性均会带来负面影响,最终抑制植物的正常生长^[2-3]。

喜树(*Camptotheca acuminata*)为蓝果树科、喜树属植物。喜树既是优良的园林树种,也是抗癌的药用植物^[4],目前被列为国家二级保护植物^[5]。据研究,在NaCl胁迫下,喜树幼苗虽然具有一定的渗透调节能力和自由基清除能力,但对盐胁迫依然比较敏感^[6]。因此,要想在我国分布广泛的盐渍化土壤中种植喜树,首先要解决喜树的抗盐栽培问题。

水杨酸(salicylic acid, SA)是一种广泛存在于植物体内的激素,它可以参与调节植物的呼吸代谢、衰老生理等植物生长发育的各个方面^[7-9]。作为一种信号分子,水杨酸可以通过和其它功能分子的交互影响,参与复杂的应激响应,如诱导逆境相关基因的表达、激活系统的获得性抗性以及调节细胞抗氧化机制等,从而增强植物对生物和非生物胁迫的耐受性^[10-11]。近年,关于SA在提高植物抗盐性方面的报道较多,刘广明等研究发现0.6 mmol/L的SA可显著缓解盐分对黑麦草幼苗的胁迫^[12],王宝增等研究发现SA能够在一定程度上促进盐胁迫下沙打旺幼苗的生长^[13]。虽然SA在植物抗逆生产栽培中具有广阔的应用前景,但需要指出的是,水杨酸对植物生长发育的调节作用有明显的剂量效应,且具体的调节效果还会因植物种类而发生变化^[14-16]。

为此,笔者研究了不同喷施方式和不同浓度的水杨酸处理对盐胁迫下喜树幼苗生理生化指标的影响,以进一步阐明水杨酸缓解喜树幼苗盐害胁迫的生理生化机制,为喜树的抗盐栽培提供一些理论依据和技术支撑。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

选取长势一致(茎粗约5 mm,株高15 cm)、生长健壮的一年生喜树幼苗为试验材料,将喜树幼苗种植在大小相同且装有等量基质(草炭:沙:土=2:1:1)的营养钵(13 cm×13 cm)中。

1.2 试验设计

试验于2017年10月8日~31日在西安文理学院生长繁育单元文洛温室内进行。本试验以0.5%NaCl胁迫为对照,设4个处理:T₁(0.5% NaCl+60 mg/L SA 喷叶),T₂(0.5% NaCl+60 mg/L SA 灌根),T₃(0.5% NaCl+120 mg/L SA 喷叶),T₄(0.5%

NaCl+120 mg/L SA 灌根)。每个处理3次重复,每个重复15株幼苗。每株喜树幼苗每2 d用100 mL 0.5%NaCl溶液浇灌1次。每隔一周用SA处理一次,连续处理3次。在第3次SA处理后的第8天,每个处理任选5株,测定相关指标。

1.3 测定的指标及其方法

1.3.1 保护酶活性及可溶性蛋白含量的测定

超氧化物歧化酶(SOD)活性用氮蓝四唑光还原法测定。过氧化物酶活性(POD)用愈创木酚法测定^[17]。可溶性蛋白含量用考马斯亮蓝法测定^[18]。丙二醛(MDA)含量用硫代巴比妥酸法测定^[19]。

1.3.2 幼苗干物质净增长量的测定

在试验开始时,挖出喜树幼苗,漂洗干净后在80℃的烘箱烘干至恒重,用电子天平称量起始整株干重(D₁);在试验结束时,继续挖出喜树幼苗,漂洗干净后在80℃的烘箱烘干至恒重,用电子天平称量最终整株干重(D₂)。

$$\text{喜树幼苗干物质净增长量} = D_2 - D_1$$

1.4 数据计算和分析

通过excel 2013进行数据处理,使用SPSS 16.0对各指标进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 水杨酸处理对盐胁迫下喜树幼苗超氧化物歧化酶活性的影响

由图1可知,水杨酸的喷施浓度和处理方式不同,对喜树幼苗叶片中超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响也不同。60 mg/L SA处理后,喜树幼苗叶片中SOD活性均显著高于CK。120 mg/L SA处理后,其SOD活性和CK相比,差异均不显著。其中,T₁(60 mg/L SA 喷叶)处理盐胁迫下喜树幼

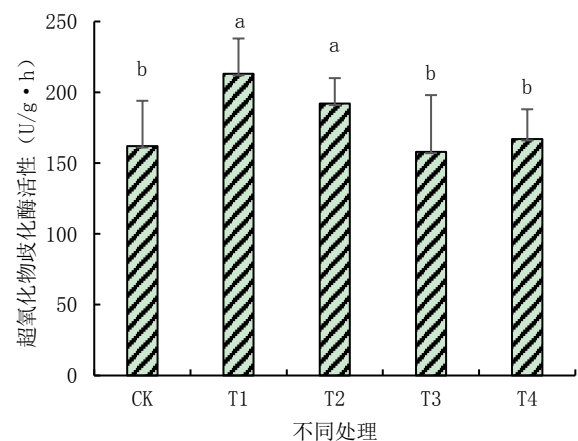


图1 不同水杨酸处理对喜树幼苗叶片中SOD活性的影响
注:不同小写字母表示各处理之间差异显著($P < 0.05$, $n = 5$),下同

苗叶片中的SOD酶活性最高,为CK的1.31倍。其次为T₂(60 mg/L SA灌根)处理,该处理下喜树幼苗叶片中的SOD酶活性为CK的1.19倍。

2.2 水杨酸处理对盐胁迫下喜树幼苗过氧化物酶活性的影响

水杨酸的喷施浓度和处理方式不同,对喜树幼苗叶片中过氧化物酶(POD)活性的影响也不同。T₁(60 mg/L SA喷叶)处理盐胁迫下喜树幼苗叶片中的POD酶活性最高,为CK的1.88倍。其次为T₂(60 mg/L SA灌根),该处理盐胁迫下喜树幼苗叶片中的POD酶活性为CK的1.72倍。T₃(120 mg/L SA喷叶)和T₄(120 mg/L SA灌根)处理盐胁迫下喜树幼苗叶片中的POD酶活性分别为CK的1.21倍和1.35倍(图2)。

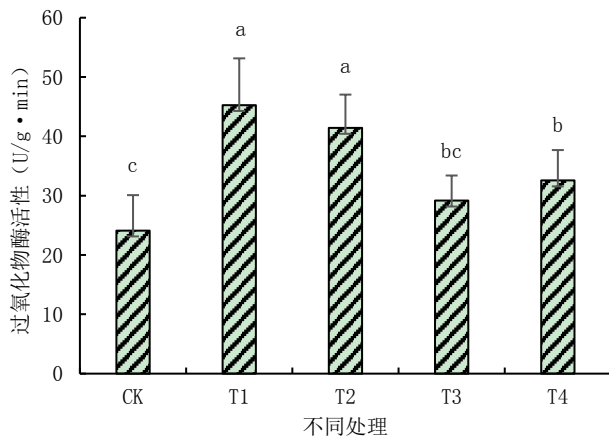


图2 不同水杨酸处理对喜树幼苗叶片中POD活性的影响

2.3 水杨酸处理对盐胁迫下喜树幼苗可溶性蛋白含量的影响

水杨酸的喷施浓度和喷施方式不同,对盐胁迫下喜树幼苗叶片中可溶性蛋白含量的影响也不同。T₁(60 mg/L SA喷叶)、T₂(60 mg/L SA灌根)、T₃(120 mg/L SA喷叶)中,喜树幼苗叶片中可溶性蛋

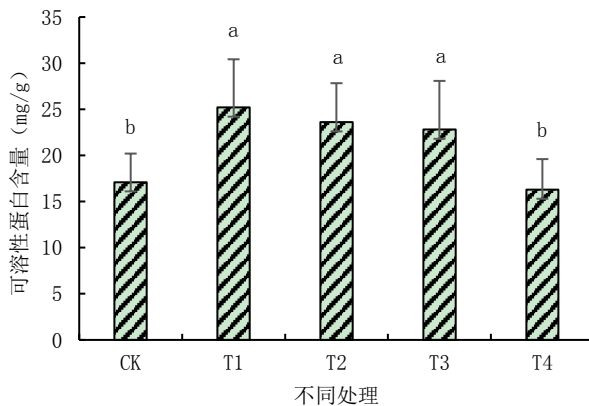


图3 不同水杨酸处理对喜树幼苗叶片中可溶性蛋白含量的影响

白的含量均显著高于CK(图3)。T₁、T₂和T₃处理盐胁迫下喜树幼苗叶片中可溶性蛋白的含量分别为CK的1.47倍、1.38倍和1.33倍。

2.4 水杨酸处理对盐胁迫下喜树幼苗丙二醛含量的影响

由图4可知,水杨酸的处理浓度和处理方式不同,对喜树幼苗叶片丙二醛(MDA)含量的影响也不同。喷施水杨酸后,盐胁迫下喜树幼苗叶片的MDA含量均显著低于CK。T₁(60 mg/L SA喷叶)和T₂(60 mg/L SA灌根)处理下,喜树幼苗叶片的MDA含量分别为CK的53.97%和50.09%;T₃(120 mg/L SA喷叶)和T₄(120 mg/L SA灌根)处理下,喜树幼苗叶片的MDA含量分别为CK的68.57%和85.05%。其中,T₁的MDA含量和T₂的MDA含量相比,差异并不显著;T₃的MDA含量则显著小于T₄的MDA含量。

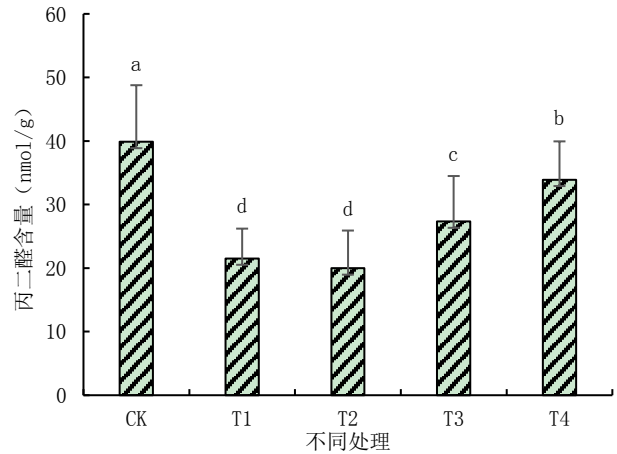


图4 不同水杨酸处理对喜树幼苗叶片中丙二醛含量的影响

2.5 水杨酸处理对盐胁迫下喜树幼苗干物质净增长量的影响

水杨酸的喷施浓度和喷施方式不同,对喜树幼

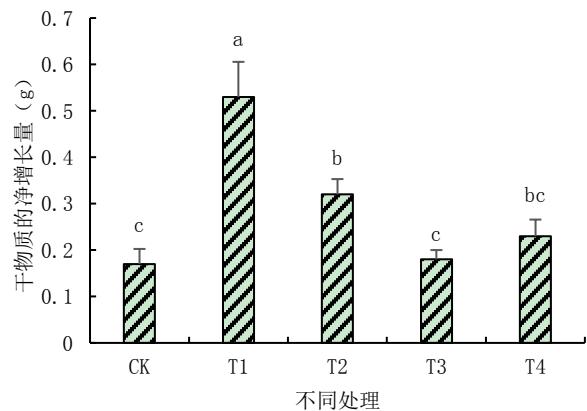


图5 不同水杨酸处理对喜树幼苗干物质净增长量的影响

苗干物质净增长量的影响存在着差异。 T_1 (60 mg/L SA 喷叶)和 T_2 (60 mg/L SA 灌根)处理下,喜树幼苗干物质的净增长量均显著高于CK,且 T_1 的干物质净增长量还显著高于 T_2 的干物质净增长量。 T_3 (120 mg/L SA 喷叶)和 T_4 (120 mg/L SA 灌根)的干物质净增长量和CK相比,差异均不显著(图5)。由此可知,在相同盐浓度胁迫下,60 mg/L SA 喷叶可显著提高盐胁迫下喜树幼苗的生物量。

3 讨论

本研究以喜树幼苗为试验材料,通过比较不同处理间喜树幼苗的SOD活性、POD活性、可溶性蛋白含量、MDA含量以及干重发现:SA对喜树幼苗的盐害胁迫具有一定的缓解作用。其中,60 mg/L的水杨酸处理对喜树幼苗NaCl胁迫的缓解作用效果最佳,且喷叶处理的效果优于灌根处理。60 mg/L水杨酸喷叶处理盐胁迫下喜树幼苗叶片中的保护酶活性和渗透调节物质含量均显著增加,叶片中的丙二醛含量显著下降,喜树幼苗干物质的增长量则显著高于对照。

施用合适浓度的SA后,喜树幼苗叶片中的SOD活性有所增高,这和李天来等^[20]的研究结果一致。喜树幼苗叶片中SOD活性的升高,可能是水杨酸与其它信号分子互作的结果。这种互作能够诱导抗逆基因的表达,提高细胞中SOD的活性,进而增强植物对非生物胁迫的耐受性^[4]。SA处理盐胁迫下喜树幼苗的过氧化物酶(POD)活性被进一步激活。其中,60 mg/L SA 喷叶处理下,喜树幼苗叶片中的POD酶活性最高,为CK的1.88倍。SOD和POD均为重要的抗氧化酶,两者可协同作用及时清除植物体内的活性氧;SOD和POD酶活性的升高就可进一步降低盐害对喜树光合膜的破坏作用,保护细胞的完整性^[21]。

可溶性蛋白是重要的渗透调节物质,60 mg/L的SA处理下,可溶性蛋白含量明显增高,可显著提高喜树幼苗叶片细胞的渗透调节能力和保水能力,有效抑制了细胞的膜脂过氧化作用^[18]。

丙二醛(MDA)是膜脂氧化的产物,其含量直接反映出细胞质膜受破坏的程度^[22]。本研究发现,外施水杨酸后,盐胁迫下喜树幼苗叶片中的MDA含量均小于对照,这就进一步明确了外源水杨酸对盐胁迫下喜树幼苗光合膜的保护作用,这和扈雪欢、张会灵等的研究结果一致^[23-26]。60 mg/L的水杨酸处理下,喜树幼苗叶片中的MDA含量更低,这就表明60 mg/L的水杨酸处理对盐胁迫下喜

树幼苗中膜脂的保护作用更强。

盐胁迫往往会引起植物叶片凋落并抑制植物的生长。本研究中,60 mg/L的水杨酸处理对喜树幼苗的盐害胁迫有很好的缓解作用,该处理下的喜树幼苗叶片基本上没有凋落,而其它SA处理下,喜树幼苗叶片均有不同程度的凋落。此外,60 mg/L水杨酸处理下,细胞保水能力得到了提高、盐害对光合膜的伤害进一步得到缓解,这些变化对于盐胁迫下净光合速率的提高而言,都具有很好的促进作用。所述因素皆为60 mg/L水杨酸处理下喜树幼苗干物质增长量显著高于其他处理的重要原因。

本研究还发现SA喷叶处理的效果要优于灌根,SA喷叶比灌根效果更明显。这可能是因为SA喷施叶面后,可以很快被植物细胞吸收,迅速参与调节植物的光合作用,增强植物的光合速率。灌根则需要经过根系吸收后再转运到相应的响应部位起作用,调节效果具有一定的迟滞性。

通过研究外源水杨酸对NaCl胁迫下喜树幼苗相关生理指标的影响,进一步阐明了SA缓解喜树幼苗盐害的生理生化机理,为喜树的抗盐栽培提供了一些理论依据和参考。但作为一种外源调节物质,还有必要进一步研究SA调节喜树幼苗光合作用的信号途径,以及SA处理下喜树幼苗气体交换参数的变化规律,以进一步明确SA对喜树盐害胁迫缓解的光合机理。

参考文献:

- [1] 王佳丽,黄贤金,钟大洋,等.盐碱地可持续利用研究综述[J].地理学报,2011,66(5):673-684.
- [2] Gao F, Huang Q, Sun X Y, et al. Study on dynamic changes of the soil salinization in the upper stream of the Tarim river based on RS and GIS[J]. Procedia Environmental Sciences, 2011, 11(12): 1135-1141.
- [3] 周丹丹,刘德玺,李存华,等.盐胁迫对朴树和速生白榆幼苗光合特性及叶绿素荧光参数的影响[J].西北植物学报,2016,36(5):1004-1011.
- [4] 王玲丽,周晓君,刘文哲.增强UV-B辐射对喜树生理指标及喜树碱含量的影响(英文)[J].西北植物学报,2016,36(5):979-986.
- [5] 康菊清,张建强,李智军,等.陕西省国家重点保护植物—分布新记录种—喜树(*Camptotheca acuminata*)[J].陕西师范大学学报(自然科学版),2017,45(2):68-70.
- [6] 郝峰鸽,周俊国,周秀梅.NaCl胁迫对喜树幼苗生长和叶片生理特性的影响[J].东北林业大学学报,2010,38(1):18-19.
- [7] Hayat Q, Hayat S, Irfan M, et al. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review[J]. Environmental &

- Experimental Botany, 2010, 68(1): 14-25.
- [8] 代红军,秦晨亮,丁玲.水杨酸对‘赤霞珠’葡萄总类黄酮、白藜芦醇含量及相关酶活性的影响[J].中国农业大学学报,2016,21(7):37-42.
- [9] 徐晓昀,郁继华,顾建明,等.水杨酸和油菜素内酯对低温胁迫下黄瓜幼苗光合作用的影响[J].应用生态学报,2016,27(9):3009-3015.
- [10] Yuan S, Lin H H. Role of salicylic acid in plant abiotic stress[J]. Zeitschrift Für Naturforschung C, 2008, 63(5-6): 313-320.
- [11] 吴超,郭方其,陈世平,等.外源水杨酸(SA)对食用百合长期低温储藏过程中生理代谢影响[J].分子植物育种,2016,14(9):2495-2501.
- [12] 刘广明,李金彪,王秀萍,等.外源水杨酸对黑麦草幼苗盐胁迫的缓解效应研究[J].土壤学报,2016,53(4):995-1002.
- [13] 王宝增,张一名,张江丽,等.水杨酸对盐胁迫下沙打旺幼苗生长的影响[J].草业学报,2016,25(8):74-80.
- [14] 唐艳萍,文涛,孙歆,等.水杨酸对植物光合作用影响的研究进展[J].西北植物学报,2015,35(8):1701-1708.
- [15] 许力,李姣,宋文强,等.水杨酸通过提高抗氧化酶活性及基因表达缓解番茄低钾胁迫[J].华北农学报,2016,31(1):96-101.
- [16] 董春娟,曹宁,尚庆茂.外源水杨酸对低温胁迫下黄瓜幼苗根系脂肪酸不饱和度的影响[J].园艺学报,2017,44(7):1319-1326.
- [17] 李合生,孙群,赵世杰,等.植物生理生化实验原理和技
- 术[M].北京:高等教育出版社,2000:167-169.
- [18] 中国科学院上海植物生理研究所.现代植物生理学实验指南[M].北京:科学出版社,1999:236-238.
- [19] 李天来,李森,孙周平.钙和水杨酸对亚高温胁迫下番茄叶片保护酶活性的调控作用[J].应用生态学报,2009,20(3):586-590.
- [20] 蒋光华,母少东,李浩,等.不同植烟区土壤对上中部烟叶抗氧化系统及部分质量指标的影响[J].土壤,2014,46(6):1157-1163.
- [21] 杨颖丽,马海荣,李晶,等.茶多酚对盐胁迫下小麦幼苗根渗透调节作用的影响[J].西北师范大学学报(自然科学版),2017,53(5):84-90.
- [22] 李明,王根轩.干旱胁迫对甘草幼苗保护酶活性及脂质过氧化作用的影响[J].生态学报,2002,22(4):503-507.
- [23] 扈雪欢,宁欢欢,刘光照,等.外源SA对盐胁迫下颠茄生理生化、氮代谢及次生代谢的影响[J].草业学报,2017,26(11):147-156.
- [24] 张会灵,吴正景,郭大龙,等. IAA 和 SA 对盐胁迫下萝卜幼苗生理特性的影响[J].北方园艺,2017(8):32-34.
- [25] 杨洪兵,李发良.盐胁迫下川芥3号和川芥4号生理特性的比较[J].吉林农业科学,2014,39(3):14-17.
- [26] 李才生,秦燕,宗盼.水杨酸对玉米幼苗的生长及细胞膜的影响[J].吉林农业科学,2010,35(2):5-8.

(责任编辑:王昱)