

水杨酸对废电池污染下玉米幼苗抗氧化系统的影响

纪秀娥, 王红星, 任 帅, 史留功, 赵 盼

(周口师范学院 生命科学系, 河南 周口 466000)

摘要: 采用不同质量浓度水杨酸(SA)处理玉米幼苗, 研究了 SA 对废电池溶液胁迫下玉米幼苗抗氧化系统的影响。结果表明, 废电池胁迫下, SOD 和 POD 活性比对照分别降低了 47.05%和 59.38%, 丙二醛(MDA)含量、电导率和脯氨酸含量升高, 分别较对照高 17.62%、17.62%、32.58%, 显示出毒害效应; 25~100 mg/L 的外源 SA 处理, 能使废电池溶液胁迫下玉米幼苗 SOD 及 POD 活性升高, MDA、电导率及脯氨酸含量下降, 说明在一定浓度范围内, 外施 SA 可以缓解废电池对玉米幼苗生长所造成的胁迫, 且以 SA 质量浓度为 100 mg/L 效果最佳。

关键词: 水杨酸; 废电池; 玉米; 保护酶

中图分类号: S513 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2011)03-0035-04

Effects of Salicylic Acid on Antioxidant System of Maize Polluted by Used Batteries

JI Xiu-e, WANG Hong-xing, REN Shuai, SHI Liu-gong, ZHAO Pan

(College of Life Science, Zhoukou Normal University, Zhoukou 466000, China)

Abstract: Effects of different concentration of salicylic acid(SA) on antioxidant system of maize seedling were studied under the stress of used batteries. The results showed that superoxide dismutase(SOD) and peroxidase(POD) activities decreased by 47.05% and 59.38%, respectively, and malonaldehyde(MDA) content, conductivity and proline content increased by 17.62%, 17.62% and 32.58% respectively. The used batteries showed stress and toxic effects. 25—100 mg/L of SA promoted the SOD and POD activities, decreased conductivity, MDA and proline contents. The results indicated that within certain concentration scope, SA could weaken the injury of maize seedlings polluted by used batteries, and 100 mg/L was an optimal concentration.

Key words: SA; Used batteries; Maize; Protective enzyme

废旧电池中含有汞、铅、镉、镍等重金属及酸碱电解质等, 对人体健康和生态环境危害较大。我国每年生产电池约 140 亿只, 使用后的废电池一般多随生活垃圾堆放或随意丢弃。生活垃圾填埋、堆积处理时, 废电池中的重金属会进入农田或污染地下水, 直接影响作物生长^[1]。研究表明, 废电池液对植物的生长发育有很大的毒害作用^[2]。宋关玲等也发现, 废电池浸出液对水生植物青萍有较大的毒害作用, 细胞遭受到一定的氧化伤害, 可溶性蛋白含量明显降低^[3]。因此, 解决废电池的污染问题, 已受到人们越来越多的关注。水杨酸(SA)是一种广泛存在

于植物体内的酚类内源性的植物激素。在植物对抗生物^[4]和非生物胁迫的防御反应中起关键作用^[5]。植物受到不良环境胁迫时, SA 通过 H₂O₂ 介导的信号途径, 调节植物抗氧化系统活性, 减轻不良因素对植物的伤害^[6-8]。如, SA 处理可增强 Cd 胁迫下玉米抗氧化酶活性, 提高抗性^[9], 缓解 Cd、Pb、Hg 和 Mn 等重金属对植物的毒害效应^[10-13]。而水杨酸对废电池这种复合重金属污染下农作物生长发育的影响, 尚少见报道。本试验以粮食兼饲料作物玉米为材料, 采用土培法, 研究了不同质量浓度 SA 对一定浓度废电池液处理下玉米幼苗保护酶系的影响, 旨

收稿日期: 2010-10-03

基金项目: 河南省教育厅自然科学研究计划项目(2011B210033)

作者简介: 纪秀娥(1966-), 女, 河南商水人, 教授, 主要从事植物生理生化研究。E-mail: jxe200809@163.com

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

在为缓解废电池污染造成的毒害和农业生态环境保护提供一定的理论依据,也为干旱地区污水乃至废水的合理灌溉提供有益的帮助。

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验材料为玉米郑单 985, 购于周口市农科院。

1.2 试验方法

取 2 节普通 5 号废电池(去除外部包壳), 加入 1000 mL 蒸馏水浸泡 24 h, 过滤后, 再将其配置成 1 : 4 的废电池液, 再用此稀释液配制成不同质量浓度梯度的 SA 溶液, 并编号 0 ~ 6。其中 0 为蒸馏水对照, 1 为废电池液, 2 ~ 6 表示 SA 质量浓度分别为 25、50、100、150、200 mg/L。选择均一、饱满的玉米种子, 将种子均匀分成 7 份, 每份 50 粒, 用相应编号的、含不同质量浓度水杨酸的废电池液浸种 12 h 后, 按编号分别种植在含有培养土的纸杯中, 常温培养, 试验过程中每 48 h 浇一次等量相应编号的溶液, 待玉米长出三叶一心时测定相应指标。

1.3 测定项目与方法

超氧化物歧化酶(SOD)活力测定用联苯三酚自氧化法; 过氧化物酶(POD)活力的测定用愈创木酚比色法^[4]。游离脯氨酸含量采用 3- 磺基水杨酸沸水浴提取, 茚三酮显色后分光光度计测定; 丙二醛(MDA)含量的测定采用硫代巴比妥酸(TBA)法; 电导率的测定采用李合生的方法^[15], 各项指标重复测定 3 次。

2 结果与分析

2.1 SA 对废电池胁迫下玉米幼苗 SOD 活性的影响

SOD 是一种广泛存在于生物体中的金属酶类, 其存在与细胞需氧代谢密切相关。SOD 作为植物抗氧化系统的第一道防线, 能清除细胞中多余的超氧阴离子。植物可以通过提高机体内 SOD 活性来调节超氧根阴离子的浓度^[16]。图 1 显示, 废电池胁迫下, SOD 活性明显降低, 比蒸馏水对照降低了 47.05%。在废电池胁迫下, 外加 SA 处理, 在一定质量浓度范围内(25 ~ 100 mg/L), SOD 活性随质量浓度升高而增强, 并在 100 mg/L 达到最大值, 为废电池处理的 1.86 倍。随着 SA 质量浓度继续升高, 幼苗的 SOD 活力又逐渐下降, 但仍高于废电池处理。这说明, 在低质量浓度范围内外源 SA 能提高废电池胁迫下玉米幼苗 SOD 的活力, 降低细胞受伤害的程度。

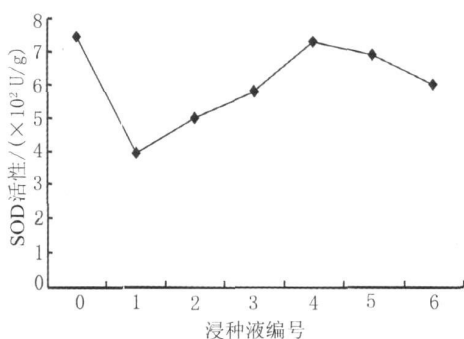


图 1 SA 对废电池胁迫下玉米幼苗 SOD 活性的影响

2.2 SA 对废电池胁迫下玉米幼苗 POD 活性的影响

POD 是逆境条件下植物防御系统的主要保护酶系之一, 它可以消除膜脂过氧化的产物, 减少细胞膜的损伤, 保护细胞免受伤害^[17]。由图 2 可见, 在废电池胁迫下, POD 活性明显降低, 比对照降低了 59.38%; 一定质量浓度的 SA (25 ~ 100 mg/L) 处理, POD 活性随 SA 质量浓度的增加而明显升高, 并在 100 mg/L 时增幅最大, 为废电池处理的 3.23 倍。但随着 SA 浓度的升高, 幼苗的 POD 活性又逐渐下降, 说明高质量浓度的 SA 对 POD 的激活作用减弱。

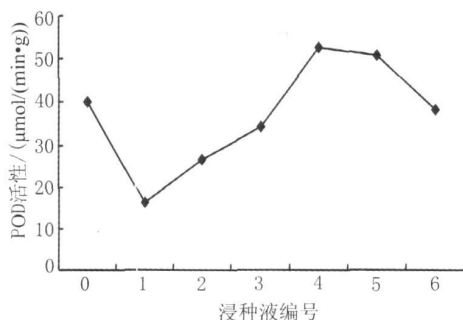


图 2 SA 对废电池胁迫下玉米幼苗 POD 活性的影响

2.3 SA 对废电池胁迫下玉米幼苗脯氨酸含量的影响

植物体内游离脯氨酸具有调节渗透及保护细胞膜结构稳定的作用, 因此, 游离脯氨酸含量一直是倍受关注的抗逆性指标。当植物处于低温、干旱、盐渍、病原菌侵染等的逆境条件下时, 细胞内游离脯氨酸含量升高, 这是植株抵抗逆境胁迫的重要机制。如图 3 所示, 废电池胁迫导致玉米脯氨酸积累明显增加, 比对照增加了 32.58%; 施用 SA 能降低玉米叶片中脯氨酸含量, 且具有浓度效应, 在 25 ~ 100 mg/L 范围内, 脯氨酸含量无明显变化, 当 SA 增至 150 mg/L 时, 脯氨酸含量降幅最大, 比废电池液处理减少了 63.42%, 随后不再发生明显变化。玉米叶片中脯氨酸积累的减少, 说明 SA 处理下, 废

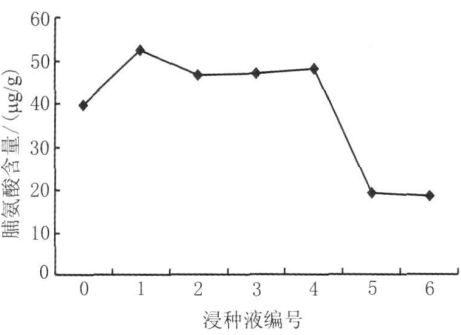


图3 SA对废电池胁迫下玉米幼苗脯氨酸含量的影响

电池对玉米幼苗的胁迫作用减弱。

2.4 SA对废电池胁迫下玉米幼苗丙二醛含量和质膜透性的影响

丙二醛(MDA)是植物组织在逆境下遭受氧化胁迫发生膜脂过氧化的产物,反映细胞膜脂过氧化程度和植物对逆境条件反应的强弱。由图4可以看出,废电池处理导致玉米幼苗叶片MDA含量升高17.62%;随着SA质量浓度(25~150mg/L)的升高,废电池胁迫下玉米幼苗叶片中的MDA含量逐渐下降,当SA质量浓度为100mg/L时,MDA含量降至最低,比对照减少11.17%。随后MDA含量又持续上升,甚至高于对照组,说明低质量浓度的SA可以减轻废电池液胁迫下玉米幼苗叶片细胞的膜脂过氧化作用,质量浓度过高反而会加重过氧化作用。

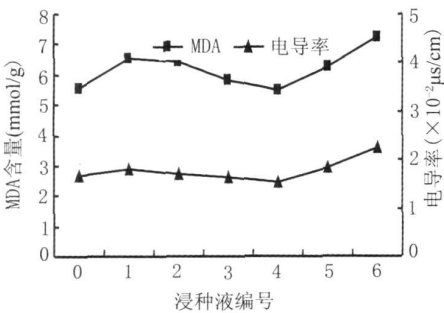


图4 SA对废电池胁迫下玉米幼苗丙二醛含量和电导率的影响

植物细胞膜对维持细胞的微环境和正常代谢起着重要作用,正常的细胞膜对物质具有选择透性,能阻止细胞中的有用物质外渗,当受到逆境胁迫时,细胞电解质外渗导致电导率加大。因此,电导率的大小代表细胞膜透性的大小。本试验结果显示,废电池胁迫下的玉米幼苗叶片电导率较对照增加17.62%;外施SA处理,在一定质量浓度(25~100mg/L)范围内,随着SA质量浓度升高,废电池胁迫下玉米幼苗叶片电导率下降,100mg/L时下降

最多,比废电池处理下降14.81%,随后电导率开始升高,甚至高于对照,说明低质量浓度SA对玉米幼苗叶片细胞电解质的外渗作用有所缓解,高质量浓度的SA能使玉米幼苗叶片细胞膜的透性增加。

3 讨论与结论

植物在生命活动过程中,通过各种途径产生超氧物阴离子自由基(O_2^-)、羟自由基($\cdot OH$)、过氧化氢(H_2O_2)、单线态氧(O_2)等。正常生理条件下,植物体内的抗氧化系统能协同作用,使细胞中ROS维持在较低水平。研究表明,重金属对作物的伤害主要是引起作物体内的过氧化胁迫。而POD、SOD作为生物体内广泛存在的保护酶,其主要功能是清除在各种逆境条件下产生的过氧化物和自由基^[18]。例如,机体中重要的抗氧化酶SOD,可以将 O_2^- 歧化成 H_2O_2 和 O_2 ,POD则能将 H_2O_2 分解成 H_2O ,从而调节机体内的氧代谢,维持细胞ROS代谢平衡。内源SA作为植物体内一种重要的激素,能激活一系列抗性防卫反应。黄守程证明,外源SA能缓解重金属的氧化伤害,提高SOD和POD活性,减缓膜脂过氧化产物MDA的积累^[19]。杨剑平等在研究SA和渗透胁迫对玉米幼苗特性影响时,发现随着SA质量浓度的升高,SOD、POD的含量不断降低^[20]。而我们研究发现,在一定质量浓度范围内外源SA处理,能使废电池溶液胁迫下玉米幼苗SOD、POD活性升高。

膜脂过氧化的终产物MDA会攻击质膜内蛋白质、核酸、饱和脂肪酸等生物大分子,阻止新脂类的合成,导致膜的损伤和破坏^[21-22],进而导致生物膜透性增大。因此,MDA的含量和电导率是反映细胞质膜过氧化程度和膜透性的重要指标。外施SA使玉米叶片中MDA含量和电导率降低,说明SA降低了废电池液胁迫下玉米幼苗叶片细胞质膜过氧化程度,维持了膜透性,提高了玉米幼苗对废电池液的适应性,这与SA在番茄^[23]上的研究是一致的。

脯氨酸作为细胞调节物质和细胞渗透物质,可保持植物受环境胁迫时的渗透压,还参与植物体内氧自由基的清除^[24],在逆境胁迫下脯氨酸会大量积累^[25],因此,脯氨酸的含量在一定程度上反映了植物所受胁迫影响的程度。本试验显示,在废电池液胁迫下,外施SA能减少幼苗叶片脯氨酸的积累,说明SA能缓解废电池对玉米胁迫的作用。

综上所述,外施SA能提高SOD、POD活性,降低电导率以及MDA和脯氨酸的含量,从而增强玉米对废电池胁迫的抗性,缓解废电池对玉米幼苗生

长的毒害,但缓解作用仅限于低质量浓度的 SA,综合考虑认为,SA 的质量浓度在 100mg/L 时缓解效果最佳,具体机制有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] 马文丽,金小弟.镉处理对乌麦种子萌发幼苗生长及抗氧化酶的影响[J].农业环境科学学报,2004,23(1):55-59.
- [2] 姚锦秋,王云,齐广,等.废电池浸提液对小麦种子发芽影响的初步研究[J].内蒙古大学学报,2007,22(6):637-638,641.
- [3] 宋关玲,马汇泉,宋新华.废电池浸出液对青萍生长的影响[J].东北林业大学学报,2009,37(8):15-16,25.
- [4] Durner J,Shah J,Klessig D F.Salicylic acid and disease resistance in plants[J].Trends in Plant Science,1997(2):266-274.
- [5] 江行玉,赵可夫.植物重金属伤害及其抗性机理[J].应用与环境生物学报,2001,7(1):92-99.
- [6] 王海华,冯涛,彭喜旭,等.镉对镉超积累植物美洲商陆抗氧化系统的影响[J].应用生态学报,2009,20(10):2481-2486.
- [7] Chen J,Zhu C,Li L P,et al.The effects of exogenous salicylic acid on growth and H₂O₂-metabolizing enzymes in rice seedlings under lead stress[J].Journal of Environmental Science,2007,19(1):44-49.
- [8] Horváth E,Szalai G,Janda T.Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling[J].Journal of Plant Growth Regulation,2007,26:290-300.
- [9] 李彩霞,李鹏,苏永发,等.水杨酸对镉胁迫下玉米幼苗质膜透性和保护酶活性的影响[J].植物生理学通讯,2006,42(5):882-884.
- [10] Lei Y,Chen K,Tian X,et al.Effect of Mn toxicity on morphological and physiological changes in two populus cathayana populations originating from different habitats[J].Trees Structure and Function,2007(21):569-580.
- [11] 纪秀娥,王红星,李迟园.水杨酸对 Cd²⁺胁迫下玉米种子萌发及幼苗生长发育的影响[J].河南农业科学,2009(10):48-50.
- [12] Krantev A,Yordanova R,Janda T,et al.Treatment with salicylic acid decreases the effect of cadmium on photosynthesis in maize plants[J].Journal of Plant Physiology,2008,165(9):920-931.
- [13] 彭喜旭,冯涛,严明理,等.外源水杨酸对镉污染红壤中玉米的生长与抗氧化酶活性的调节作用[J].农业环境科学学报,2009,28(5):972-977.
- [14] 刘萍,李明军.植物生理学实验技术[M].北京:科学出版社,2007.
- [15] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [16] 杜海荣,杨田甜,吕荣芳,等.氟污染对玉米幼苗生长及生理特性的影响[J].农业环境科学学报,2010,29(2):216-222.
- [17] 张桂春.金属硫蛋白的功能及应用前景[J].烟台师范学院学报:自然科学版,2005,21(2):142-145.
- [18] 陶毅明,陈燕珍,梁杨琳,等.铅胁迫对木榄幼苗抗氧化酶的影响[J].生态学杂志,2009,28(2):342-345.
- [19] 黄守程,刘爱荣,陆宝川.外源水杨酸对小麦幼苗生长和抗氧化能力的影响[J].安徽农学通报,2009,15(7):45-46,86.
- [20] 杨剑平,潘金豹,王文平,等.水杨酸对水分胁迫下玉米根系膜脂过氧化的影响[J].北京农学院学报,2002,17(1):8-12.
- [21] 唐咏,王萍萍,张宁.植物重金属毒害作用机理研究现状[J].沈阳农业大学学报,2006,37(4):551-555.
- [22] 何俊瑜,任艳芳,任明见,等.镉对小麦种子萌发、幼苗生长及抗氧化酶活性的影响[J].华北农学报,2009,24(5):135-139.
- [23] 李艳军,王丽丽,蒋欣梅,等.外源水杨酸诱导对番茄幼苗抗冷性的影响[J].东北农业大学学报,2006,37(4):463-467.
- [24] 郭晓音,严重玲,叶彬彬.镉锌复合胁迫对秋茄幼苗渗透调节物质的影响[J].应用与环境生物学报,2009,15(3):308-312.
- [25] 刘娥娥,黎用朝.干旱、盐和低温胁迫对水稻幼苗脯氨酸含量的影响[J].热带亚热带植物学报,2000,8(3):235-238.