

水杨酸对植物抗旱性的影响

刘 杰¹, 杨絮茹¹, 方 婧¹, 刘 坤¹, 金旭阳¹, 刘 晶²

(1. 东北林业大学, 哈尔滨 150040; 2. 哈尔滨学院, 哈尔滨 150086)

摘要: 综述了外源水杨酸对植物的诱导作用, 水杨酸诱导及诱导后水分胁迫对植物生理生化指标的影响, 结果表明, 水杨酸能提高游离脯氨酸含量、POD 活性、SOD 活性和可溶性蛋白质含量, 使 MDA 含量减少, 并对细胞膜透性产生影响, 能显著提高植株抗旱性, 分析和揭示了水杨酸增强植株抗旱性的初步机理。

关键词: 水杨酸; 水分胁迫; 抗旱性

中图分类号: S311 文献标识码: A 文章编号: 1002-2767(2008)04-0135-03

水杨酸(Salicylic acid, SA), 即邻羟基苯甲酸, 是一种植物体内普遍存在的酚类化合物, 一般较多分布在产热植物的花序中。纯品为粉状结晶, 微溶于水, 易溶于乙醇、乙醚等极性有机溶剂, 其饱和水溶液的 pH 为 2.4。

1763 年水杨酸被发现存在于柳树的树皮中。1874 年, 首次合成水杨酸。1898 年 Bayer 公司推出阿斯匹林(ASPIRIN, 乙酰水杨酸的商品名), 其功效似 SA, 不久即成为全球畅销药物。相比之下, 20 世纪 60 年代后, 人们才开始发现 SA 在植物中具有重要的生理作用, 而且越来越多研究表明, SA 是植物抗病反应的信号分子和诱导植物对非生物逆境反应的抗逆信号分子^[1]。进入 20 世纪 90 年代, SA 应用于植物抗病性的研究成为植物抗逆研究的热点。近十多年来, 关于植物体内 SA 水平的调控途径、在植物抗病性中的作用、生化机制及抵抗其他逆境(干旱、盐害、重金属等)的研究也开始有所报道。

1 水杨酸在植物抗旱性方面的研究进展

水杨酸是一种新型植物激素, 综合国内外研究现状分析, 近十年来, 关于植物体内 SA 水平的调控途径, SA 在植物抗病中所起的作用及生化机制, SA 信号转导途径等方面已取得重大进展, 其他方面的研究主要集中在 SA 在植物体内代谢过程和对呼吸系统调控作用, 而 SA 应用于提高植物抵抗其他逆境的研究直到 20 世纪 90 年代末期才有报道, 当今将 SA 应用于植物抗病的研究已成为抗逆性研究的热点, 但把 SA 应用于提高植物的抗旱性方面在近十年仍少有报道。

SA 对缓解干旱有一定的作用。干旱引起植物体内细胞自由基的积累及其膜脂过氧化是导致植物

受干旱伤害的重要原因。SA 作为植物内源信号分子组成部分, 在植物细胞信息传递和代谢中, 特别是干旱条件下, 降低植物体内自由基含量、减轻细胞膜脂过氧化、保护生物大分子、提高水分利用效率方面有重要作用。陶宗娅等^[2]对小麦的研究表明, 渗透胁迫下 $1.0\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ SA 能起到一定的缓解干旱的作用。1% 的 SA 类似物乙酰水杨酸拌种处理玉米种子, 可提高玉米幼苗叶片保水能力^[3]。用 SA 和 8-羟基喹啉(8-HQC)处理玫瑰切花有助于提高游离脯氨酸含量, 较好地改善切花组织的水分平衡状况, 延长玫瑰切花的保鲜时间^[4]。曹翠玲等^[5]在对玉米幼苗抗旱研究中, 叶面喷施 $0.2\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 SA, 可以增强玉米幼苗累积可溶性糖和脯氨酸的含量, 使光合速率下降最小, 气孔导度、蒸腾速率最小, 有效提高了叶片内的含水量。但一些研究表明, SA 与植物抗旱性关系并非如此。黄清泉^[6]对黄瓜幼苗的研究表明, 低浓度 SA 对减缓水分胁迫伤害效果不明显, 但高浓度 SA 反而加重水分胁迫的伤害。Monika^[7]也报道, 外施 SA 会降低玉米的耐旱性, 如降低光合速率、气孔导度等。自 1999 年以来, SA 应用于植物抗逆性的研究越来越引起人们重视, 其在抗病虫性研究比较多, 但在抗旱性研究较少。

2 水杨酸对低温胁迫下植物各种生理因子的影响

2.1 干旱胁迫下 SA 对植物游离脯氨酸及蛋白质含量的影响

脯氨酸是一种渗透调节物质, 它能增加植物的耐旱胁迫能力和延缓缺水胁迫的加剧。在水分胁迫下脯氨酸能够迅速积累^[8], 因此脯氨酸可作为植物抗旱性的指标^[9-10]。据种培芳, 杨江山^[11]研究表明, 不同浓度 SA 浸种处理过的甜瓜幼苗可显著提高脯氨酸的含量, 高浓度的 SA 极显著提高脯氨酸含量。但也有报道指出外施 SA 降低了脯氨酸含量, 原因可能是 SA 能启动干旱条件下叶片蛋白质的某种合成机制, 加速了脯氨酸的消耗^[12]。

收稿日期: 2007-12-15
第一作者简介: 刘杰(1982-), 女, 哈尔滨市人, 硕士, 从事园艺园林研究。Tel: 13766825090; 82164900; E-mail: liujie2001@163.com。

水分胁迫抑制植物蛋白质的合成作用, 促进蛋白质分解, 使植物体蛋白质含量下降^[13]。蛋白质的降解是叶片衰老的标志, 大量研究表明, 植物体内可溶性蛋白质含量与植物抗旱性成正比关系。束良佐、李爽^[14]研究表明, 经 SA 浸种预处理后的玉米幼苗, 在干旱环境下, 蛋白质含量极显著提高。姜中珠、陈祥伟^[12]研究指出, 在干旱条件下, 与对照相比, 不同浓度的 SA 对丁香(*Syringa oblata*) 叶片可溶性蛋白含量有不同影响, 出现蛋白质含量“高一低一高”的趋势, 其原因可能是在干旱胁迫下, 低浓度 SA 对丁香叶片可溶性蛋白含量下降有抑制作用, 高浓度 SA 会使丁香产生一种新的与胁迫前期抗旱性无关, 而与后期的抗严重脱水有关的逆境蛋白。

2.2 干旱胁迫下 SA 对植物 MDA 含量的影响

大量的研究表明, 植物在逆境胁迫中, 细胞内自由基代谢的平衡被破坏, 有利于自由基的产生, 过剩的自由基的毒害之一是引发或加剧膜脂过氧化作用, 造成细胞膜系统的损伤, 严重时导致植物细胞的死亡。MDA 已被确认为是膜脂过氧化作用的最终产物, 其含量多少与细胞膜的伤害程度呈正相关^[15]。而 SA 可通过降低 MDA 的增加来保护膜膜的稳定性, 从而提高膜的抗旱能力。吴建国^[16]研究表明, 水杨酸对毛豆进行处理后, 与对照相比可抑制 MDA 增加。杨剑平^[17]的结果表明, 在水分胁迫下, 经 SA 处理的玉米根系 MDA 含量要低。据姜中珠、陈祥伟^[12]研究表明, 在所试的 SA 浓度范围内, 小叶锦鸡儿(*Caragana microphylla*) 的 MDA 含量显著提高, 但乌苏里绣线菊(*Spiraea chamaedryfolia*) MDA 的含量无显著影响。这可能是由于在水分胁迫条件下, SA 不是通过提高小叶锦鸡儿叶片的可溶性蛋白质含量来提高其抗旱性的, 而主要是通过降低 MDA 含量, 降低了因细胞膜脂过氧化而对细胞造成的伤害, 从而提高其抗旱性。

2.3 干旱胁迫下 SA 对植物 SOD、POD 活性的影响

干旱胁迫引起膜脂过氧化及保护酶系统与抗旱性关系的研究, 目前已受到广泛的重视^[18-20]。Dhinsa^[21]研究表明, 胁迫条件下保护酶系统活性上升和下降与植物或品种的抗旱性强弱有关。抗旱性强的品种在逆境条件下保护酶活性能维持在一个较高的水平, 有利于清除自由基降低膜脂过氧化水平, 从而减轻膜伤害程度。

在正常生长条件下, 植物体内活性氧的产生和清除处于动态平衡, 当处于逆境时, 植物体内活性氧的产生和消除平衡受到破坏。一般来说, 水分胁迫下植物体内的 SOD 活性与植物抗氧化能力呈正相关^[22]。刘志龙、胡景江^[23]报道, 水分胁迫下外施

250 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 SA 可使小麦叶片 SOD 活性提高 14.3%。黄清泉等^[6]的研究表明, SA 处理水分胁迫过的黄瓜幼苗 24h 后, 叶片中 POD 活性剧增, 但 SOD 活性增加不显著。许明丽^[24]对小麦进行了 SA 浸种处理, 在中度水分胁迫下, 小麦幼苗叶片中的 SOD 含量与非胁迫条件基本一致, 表明在吸胀和萌发过程中外施 SA 可保护幼苗免受水分胁迫所造成的膜损伤。

POD 是膜上重要的保护酶, 可使体内某些氧化酶的毒性产物分解, 阻止其对膜脂的攻击而发生过氧化作用, POD 活性与植物代谢强度及抗逆性有一定联系。干旱处理会使植物膜脂过氧化作用增强, 氧化产物增加, 从而激发 POD 活性, 而 SA 可以通过提高 POD 活性来保护膜膜的稳定性, 从而提高植物的抗旱性。在杨剑平等^[17]研究中, 用 SA 对红小豆叶片进行涂抹, 与对照相比, 受水分胁迫叶片中的 POD 活性略高。李淑菊等^[25]的结果也表明, 在对黄瓜幼苗经水杨酸处理后, POD 活性在处理 24 h 有明显提高, 以后一直呈上升趋势直至 144 h。孙歆^[26]研究表明, 对菜豆进行 SA 叶片喷施处理, 受水分胁迫 48 h 后 POD 活性明显下降。分析认为这与植物种类和水杨酸的浓度有关。

2.4 干旱胁迫下 SA 对植物细胞膜透性的影响

越来越多的研究证实了生物膜在维持细胞的生理生化过程中稳定性方面的重要作用及在植物逆境胁迫中的重要性。膜的伤害与各种逆境胁迫间有着密切的关系^[27]。逆境胁迫对质膜结构和功能的影响通常表现为质膜选择透性的丧失, 电介质和某些小分子有机物质的大量外渗^[28]。植物受到水分胁迫时, 细胞膜损伤使电介质大量外渗, 其中耐旱性强的植物外渗小, 膜透性增加幅度小。左仲武等^[29]研究表明, 干旱胁迫下 0.25 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ SA 使膜相对透性降低 26.3%, 对膜脂具有保护作用。这与许明丽^[24]的结果一致, 表明外施 SA 可以保护植物免受水分胁迫引起的膜的损伤。陶宗娅等^[2]的研究表明, 中度水分胁迫导致小麦幼苗叶片膜显著受到损伤, 外施 SA 虽不能阻止叶片膜受损伤, 但在吸收和萌发期间经相同浓度 SA 预处理过的种子, 则同样强度的水分胁迫不会对幼苗细胞膜造成损害。但也有研究指出, 在水分胁迫期间叶面喷施 SA 并未能阻止叶片膜的损伤^[4]。杨剑平等^[17]对玉米幼苗的研究也表明, 渗透胁迫下 SA 处理对膜透性几乎无影响。

3 结语

水分胁迫使植物体内产生大量自由基, 引起膜系统损伤, 造成干旱伤害, 由于植物体内水杨酸受体蛋白基因与过氧化酶基因高度同源, 外源水杨酸进入体内后能激活抗氧化保护酶系统的活性, 改善细

胞膜透性, 提高蛋白质含量, 加强植物的抗旱性。

目前, 尽管已有研究者将水杨酸应用于提高农作物抗旱性方面, 但仍存在一些机理不清楚, 甚至有的学者提出不同甚至相反观点, 综合分析造成这种结果可能是由于植物的不同种类, 水杨酸的浓度、处理方式、作用时间及作用途径的不同造成的, 有待进一步研究, 从而加深对这一课题的认识。

参考文献:

[1] 刘林德, 姚敦义. 植物激素的新概念及其新成员[J]. 生物学通报, 2002, 37(8): 18-20.

[2] 陶宗娅, 邹琦, 彭涛, 等. 水杨酸在小麦幼苗渗透胁迫中的作用[J]. 西北植物学报, 1999, 19(2): 196-302.

[3] 王淑芬, 贾炜珑, 杨丽莉, 等. 药剂处理玉米种子对种子萌发及苗期抗旱力的影响[C] // 中国植物生理学会. 中国植物生理第七次全国会议学术论文汇编. 北京: 中国植物生理学会, 1996: 331.

[4] 李雪萍, 庞学群, 张昭其, 等. 水杨酸对玫瑰切花保鲜机理的研究[J]. 福建农业学报, 1999, 14(6): 38-42.

[5] 曹翠玲, 刘林丽, 田强兵. 水杨酸对玉米幼苗抗旱性的影响[J]. 玉米科学, 2004, 12(增刊): 103-104.

[6] 黄清泉, 孙歆, 张年辉, 等. 水杨酸对水分胁迫黄瓜幼苗叶片生理过程的影响[J]. 西北植物学报, 2004, 24(12): 2202-2207.

[7] Monica N. Exogenous salicylic acid increases polyamine content but may decrease drought tolerance in maize[J]. Plant Sci., 2002, 162: 569-574.

[8] Hafid E R, Smith D H, Karrou M, et al. Physiological responses of spring durum wheat cultivars to early-season drought in a Mediterranean environment[J]. Annals of Botany, 1998, 81(2): 363-370.

[9] 汤章城. 植物抗逆性生理生化研究的某些进展[J]. 植物通讯, 1991(2): 146-148.

[10] Lngoyen J J, Emerich D W. Water stress induced changes in concentration of praline and total soluble sugars in modulates alfalfa (Medicagosature) plants[J]. Physiologic Planetarium, 1992, 84: 55-60.

[11] 种培芳, 杨江山. 水杨酸对水分胁迫下甜瓜幼苗生理特性的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2006, 41(3): 44-47.

[12] 姜中珠, 陈祥伟. 水杨酸对灌木幼苗抗旱性的影响[J]. 水土保持报, 2004, 32(3): 32-36.

[13] 刘友良. 植物水分逆境生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 1992.

[14] 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.

[15] 孙国荣, 彭永臻, 阎秀峰, 等. 干旱胁迫对白桦实生苗保护酶及脂质过氧化作用的影响[J]. 林业科学, 2003, 39(1): 165-167.

[16] 吴建国, 陆晓民, 张晓婷, 等. 水分胁迫下水杨酸对毛豆幼苗生长及其抗渍性的影响[J]. 中国农学通报, 2006, 22(1): 153-155.

[17] 杨剑平, 金文林, 徐红梅, 等. SA 对水分胁迫下红小豆叶片过氧化物酶活性的影响[J]. 北京农学院学报, 2002, 18(1): 7-9.

[18] 蒋明义, 荆家海, 王韶唐. 渗透胁迫对水稻幼苗膜脂过氧化及体内保护系统的影响[J]. 植物生理学报, 1991, 17(1): 80-84.

[19] 夏新莉, 郑彩霞, 尹伟伦. 土壤干旱胁迫对樟子松针叶膜脂过氧化、膜脂成分和乙烯释放的影响[J]. 林业科学, 2000, 36(3): 8-12.

[20] 王霞, 侯平, 尹林克, 等. 土壤水分胁迫对怪柳体内膜保护酶及膜脂过氧化的影响[J]. 干旱研究, 2002, 19(3): 17-20.

[21] Dhinsa R S, Dhindas P P, Thorope T A. Leaf senescence, Correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation and decreased levels of superoxidation dismutase and catalase[J]. J Exp Bot, 1981(32): 93.

[22] 杨特武, 鲍健寅. 干旱胁迫下白三叶器官生理特征变化及其 SOD 在抗旱中的作用[J]. 中国草地, 1997(4): 55-61.

[23] 刘志龙, 胡景江. 水分胁迫下水杨酸对小麦幼苗叶片膜脂的保护作用[J]. 陕西农业科学, 2002(11): 3-4.

[24] 许明丽, 孙晓艳, 文江祁. 水杨酸对水分胁迫下小麦幼苗叶片膜损伤的保护作用[J]. 植物生理学通讯, 2000, 36(1): 35-36.

[25] 李淑菊, 马德华, 庞金安, 等. 水杨酸对黄瓜几种酶活性及抗病性的诱导作用[J]. 华北农学报, 2000, 15(2): 118-122.

[26] 孙歆, 郭云梅, 雷韬, 等. 水杨酸对水分胁迫下菜豆若干生理指标的影响[J]. 四川大学学报(自然科学版), 2005, 42(3): 575-579.

[27] 王以柔. 低温对不同耐寒力的黄瓜幼苗子叶各种细胞器中超氧化物的影响[J]. 广西植物, 1995 11(11): 48-52.

[28] 王洪春. 植物抗性生理[J]. 植物生理学通讯, 1981(6): 72-81.

[29] 左仲武. 水分胁迫下水杨酸对油松幼苗叶片膜质过氧化物作用的影响[J]. 西北林学院学报, 2003, 18(4): 24-25.

(上接第 95 页)

和有机蔬菜将越来越受欢迎, 推广蔬菜无公害优质栽培技术, 既保证蔬菜污染物不超标, 又使蔬菜品质优良, 真正实现了提高蔬菜质量, 促进农业产业化, 增加农民收入, 也可以促进农业可持续发展, 提高蔬菜在市场上的竞争力。佳木斯市无公害蔬菜从无到有, 2007 年无公害和绿色蔬菜种植面积达到了 0.7 万 hm², 无公害、绿色、有机蔬菜将是今后的发展方向。

3.4 向外向型方向发展

发展蔬菜的对外出口, 具有较大的效益空间, 一

般是国内市场价格的十几倍甚至几十倍。一方面, 佳木斯市处于三江平原腹地, 与俄罗斯有 449 km 的边境线, 又有对俄出口的国家一类口岸 5 个, 具有良好的地缘优势。另一方面, 与我们接壤的俄罗斯远东地区大约有人口 900 多万, 每年有 50 万 t 蔬菜的市场需求。抚远对岸的哈巴、共青城、比罗比詹就有人口 100 万, 年需蔬菜 22 万 t, 当地自产蔬菜 1.7 万 t, 有很大潜力可以挖掘。而且我们的蔬菜产品无论是对俄罗斯, 还是对韩、日, 都有较大的市场空间, 应充分发挥优势, 打好蔬菜外销牌。