

张永吉, 李爱民, 徐中友, 等. 不同浓度水杨酸对西瓜幼苗抗冷性的诱导效应[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(3): 183–185.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.03.050

# 不同浓度水杨酸对西瓜幼苗抗冷性的诱导效应

张永吉, 李爱民, 徐中友, 张云虹, 苏 芃, 张 瑛, 祁建波, 张永泰

(江苏里下河地区农业科学研究所, 江苏扬州 225002)

**摘要:**以早佳“8424”西瓜幼苗为试验材料, 低温处理前分别喷施 0、0.25、0.5、1.0、2.0 mmol/L 5 个浓度的水杨酸 (SA), 研究 SA 对西瓜幼苗抗冷性的影响。结果表明, 叶面喷施 SA 能有效提高西瓜苗抗冷性, SA 能降低西瓜幼苗的冷害指数, 显著提高西瓜幼苗叶片超氧化物歧化酶 (SOD)、过氧化物酶 (POD)、过氧化氢酶 (CAT) 活性, 增加脯氨酸 (Pro) 含量, 有效减缓丙二醛 (MDA) 积累, 促进可溶性蛋白含量积累。其中以 1 mmol/L 浓度缓解西瓜冷害效果最好。

**关键词:**西瓜幼苗; 水杨酸 (SA); 抗冷性; 生理生化

**中图分类号:** S651.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)03-0183-02

西瓜属喜温耐热的经济作物, 素有“夏季水果之王”的美称。早佳 8424 是长三角地区主要西瓜供应品种之一, 其果瓤脆嫩、味甜多汁, 栽培面积很大, 在江苏省常作保护地早春栽培。西瓜最适宜生长温度为 20~30 ℃, 最低、最高生长温度分别为 18、35 ℃<sup>[1]</sup>, 早春保护地栽培时经常受到 0 ℃以上的低温伤害, 虽然持续时间不长, 但给种植户带来的经济损失却很大, 常造成西瓜出苗不齐、死苗等问题, 而且对花芽分化、生长发育和产量等造成不同程度的影响。水杨酸 (SA) 是普遍存在于高等植物体内的内源生长调节物质<sup>[2-3]</sup>, 在植物的抗冷性中, 被认为是一种内源信号分子<sup>[4]</sup>, 它可以通过抑制膜脂过氧化来维持膜完整性<sup>[5]</sup>。在茄子<sup>[6]</sup>、西葫芦<sup>[7]</sup>、番茄<sup>[8]</sup>等蔬菜作物上的研究已经证实, SA 可以提高植物的抗冷性, 但不同作物适宜使用浓度不一致。于锡宏等研究表明, 300~400 mg/L SA 可以缓解番茄冷害<sup>[8]</sup>。刘伟等研究发现, 2 mmol/L SA 是预防黄瓜低温危害的最适浓度<sup>[9]</sup>。目前西瓜上应用 SA 预防低温伤害的最适浓度未见报道。本试验以早佳 8424 西瓜为试验材料, 研究了西瓜苗期施用不同浓度 SA 后对冷害及生理指标的影响, 旨在为进一步合理利用 SA 化学调控解决西瓜设施生产中的低温冷害问题提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试西瓜品种为早佳 8424, 2014 年 1 月 11 日购于浙江勿忘农种业股份有限公司。RXZ-1000 型智能人工气候箱, 水杨酸为国产分析纯。

### 1.2 试验方法

参照李爱民等的方法<sup>[10]</sup> (略有改动), 于 2014 年 2 月 24 日在江苏里下河地区农业科学研究所进行田间试验。选取籽粒饱满、大小一致的种子集中浸种催芽后播于 50 孔的穴盘

内, 每穴 1 株, 正常光温管理, 平均温度为 25 ℃ (白)/15 ℃ (夜), 光照度为 600  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。2014 年 5 月 3 日, 待西瓜幼苗长到 3 叶 1 心期时, 选择长势一致、无病虫害、健壮的植株进行 5 个浓度的 SA 处理, 分别为 0、0.25、0.5、1.0、2.0 mmol/L, 每个浓度处理 50 株, 均匀喷布叶面, 浓度为 0 的处理喷蒸馏水。间隔 24 h 连续喷施 2 次后放于人工气候箱中, 温度设定为 10 ℃ (昼)/5 ℃ (夜), 光照度为 200  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ , 光暗各 12 h。以 25 ℃ 常温苗为对照 (CK), 各处理重复 3 次, 低温胁迫 3 d 后测定各指标。

### 1.3 测定内容与方法

参照许勇等的方法<sup>[11]</sup> 计算冷害指数, 调查西瓜幼苗在低温胁迫下的伤害情况, 并统计冷害指数。冷害指数计算公式如下: 冷害指数 =  $\Sigma$  (各级株数  $\times$  级数) / 总株数。采用李合生的方法<sup>[12]</sup> 测定生理指标。采用氮蓝四唑 (NBT) 光还原法测定超氧化物歧化酶 (SOD) 活性; 采用愈创木酚比色法测定过氧化物酶 (POD) 活性; 采用紫外吸收法测定过氧化氢酶 (CAT) 活性; 采用硫代巴比妥酸比色法测定丙二醛 (MDA) 含量; 采用水合茚三酮显色法测定脯氨酸含量; 采用考马斯亮蓝法测定可溶性蛋白含量; 采用 SPAD-502 叶绿素仪测定叶片 SPAD 值。

### 1.4 数据分析

采用 DPS、Excel 软件统计分析数据。

## 2 结果与分析

### 2.1 SA 对低温胁迫下西瓜幼苗冷害指数、叶片 SPAD 值的影响

低温胁迫前对西瓜幼苗喷施 0、0.25、0.5、1.0、2.0 mmol/L 5 种不同浓度的 SA 溶液, 经低温处理 3 d 后, 其冷害指数分别为 0.684、0.623、0.552、0.240、0.350, 除 0.25 mmol/L SA 处理后冷害指数与 0 mmol/L 处理差异不显著外, 其他处理均极显著低于 0 mmol/L。随着 SA 浓度的增加, 西瓜幼苗的冷害指数逐渐减小, 1.0 mmol/L SA 处理下西瓜幼苗冷害指数最低, 2.0 mmol/L SA 处理下西瓜幼苗冷害指数开始变大, 表明 SA 对西瓜苗情的低温伤害有缓解作用, 采用叶面喷施 SA 可以有效提高西瓜幼苗的耐冷性, 以

收稿日期: 2015-05-12

基金项目: 江苏省扬州市农业科技计划 (编号: yz2014169)。

作者简介: 张永吉 (1985—), 男, 河北衡水人, 硕士, 研究实习员, 主要从事蔬菜育种研究。E-mail: zhangyongji85@126.com。

通信作者: 张永泰, 硕士, 研究员, 主要从事作物育种研究。Tel: (0514) 87302245; E-mail: yalam@126.com。

1.0 mmol/L SA 浓度最佳。

由于叶片 SPAD 值与叶绿素含量呈极显著相关,常用 SPAD 值来代表叶绿素的相对含量。低温胁迫 3 d 后,西瓜幼苗 SPAD 值都有所降低,没有喷施 SA 的低温处理 SPAD 值下降最多。1.0 mmol/L SA 处理的西瓜幼苗低温胁迫后其 SPAD 值仍与常温 CK 接近,表明其低温伤害最小(表 1)。

表 1 SA 对低温胁迫下西瓜幼苗冷害指数、叶片 SPAD 值的影响		
SA 浓度 (mmol/L)	冷害指数	SPAD 值
0	0.684aA	40.2cD
0.25	0.623aAB	44.2abABC
0.50	0.552bB	42.3bcCD
1.00	0.240dD	46.2aAB
2.00	0.350cC	42.3bcCD
0(25℃CK)	0eE	46.7aA

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ ),不同大写字母表示差异极显著( $P<0.01$ )。下表同。

2.2 SA 对低温胁迫下西瓜幼苗叶片 SOD、POD、CAT 活性的影响

由表 2 可见,低温处理 3 d 后,西瓜幼苗叶片 CAT 活性呈上升趋势,随着浓度的增加,CAT 的活性越大。0.5、1.0、2.0 mmol/L 3 种浓度低温处理下西瓜幼苗叶片 CAT 活性都极显著高于对照和未喷施 SA 的低温处理,由此可见,SA 处理增强了西瓜叶片 CAT 活性。同常温对照处理相比,所有低温处理后的西瓜叶片 SOD 活性都呈现不同程度的上升;进行不同浓度 SA 低温处理后,较没有喷施 SA 相比,西瓜叶片内 SOD 活性都有所提高,其中 1.0、0.25 mmol/L 2 个浓度处理下 SOD 活性提高最多。低温处理后,西瓜幼苗叶片 POD 酶活性升高,极显著高于常温对照,表明冷害胁迫刺激后,西瓜体内 POD 快速积累,提高呼吸作用、光合作用等反应提高抗冷性。与不喷施 SA 的低温处理相比,SA 处理均能提高叶片内 POD 活性,其中 1.0 mmol/L SA 处理下 POD 活性提高最多。

表 2 SA 对低温胁迫下西瓜幼苗叶片保护酶活性的影响			
SA 浓度 (mmol/L)	CAT 活性 [μmol/(g·min)]	SOD 活性 [U/(g·min)]	POD 活性 [U/(g·min)]
0	253.33bC	134.79cBC	2 606.17dD
0.25	281.33bBC	167.35abA	3 920.33bB
0.50	433.0aAB	162.89abAB	3 424.0cC
1.00	496.83aA	173.71aA	4 392.0aA
2.00	518.33aA	151.56bcABC	4 108.67bAB
0(25℃CK)	226.9bC	131.96cC	1 991.67eE

2.3 SA 对低温胁迫下西瓜幼苗脯氨酸、丙二醛、可溶性蛋白的影响

如表 3 显示,低温处理促进了西瓜叶片内脯氨酸(Pro)含量的积累,各处理均极显著高于常温对照。SA 有助于西瓜幼苗 Pro 的增加,从而在一定程度上保护细胞膜的结构。MDA 是膜脂过氧化产物,经过低温胁迫后西瓜幼苗体内的 MDA 含量有所增加。与 0 mmol/L 处理相比,喷施 SA 可以缓解植株体内 MDA 积累,其含量极显著低于 0 mmol/L 处理,特别在 1.0 mmol/L 下达到最低,说明 1.0 mmol/L SA 对缓解膜脂过氧化效果显著。除 0.25 mmol/L SA 处理外,低温胁迫下,西瓜幼苗可溶性蛋白含量变化均表现出增高趋势,喷施 SA 处理西

瓜幼苗可溶性蛋白含量明显高于未经 SA 处理过的植株,1.0 mmol/L SA 处理显著高于 0 处理和 CK。表明低温处理后,SA 可以调节西瓜幼苗主动积累可溶性蛋白降低渗透势。

表 3 SA 对西瓜幼苗叶片中 Pro、MDA、可溶性蛋白含量的影响			
SA 浓度 (mmol/L)	Pro 含量 (μg/g)	MDA 含量 (μmol/g)	可溶性蛋白含量 (mg/g)
0	57.31cC	10.23aA	6.05bAB
0.25	90.26aA	6.85bB	4.95bB
0.5	71.32bB	6.74bB	6.63abAB
1.0	72.52bB	5.12cC	8.84aA
2.0	72.28bB	6.7bB	7.36abAB
0(25℃CK)	48.28dC	4.60cC	5.67bAB

3 结论与讨论

低温胁迫有利于植物体内自由基的产生,可以引起膜脂过氧化作用,这时植物体内清除过剩自由基的酶保护系统会启动,酶的活性增高。水杨酸(SA)在植物的抗寒性中,被认为是植物在胁迫反应中产生的一种信号分子,它可以通过抑制膜脂过氧化来维持膜完整性<sup>[5]</sup>,从而可以有效地保护植株免受伤害。SOD、POD、CAT 是植物体内清除活性氧的重要细胞保护酶类,这 3 种保护酶是植物抗寒性鉴定的重要指标之一,它们协同作用,清除膜脂过氧化产生的中间产物。SOD 是植物抗氧化系统的第一道防线,它可以使歧化反应中产生的活性氧转化成 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,然后通过 POD、CAT 等将 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 转化为 H<sub>2</sub>O、O<sub>2</sub>,从而有效阻止 O<sub>2</sub><sup>-</sup>·和 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 相互作用对细胞膜产生更大伤害<sup>[13]</sup>。本研究结果表明,经过 SA 喷施与低温处理后,西瓜幼苗 SOD、POD、CAT 3 种保护酶相比没有喷施 SA 的 CK 有明显提高。低温试验中,1.0 mmol/L SA 处理后西瓜幼苗内 SOD、POD 活性达到最大,说明 1.0 mmol/L SA 浓度可以有效增强西瓜抗逆性。脯氨酸(Pro)广泛存在于植物体内,主要是作为渗透调节物质、蛋白质分子的保护物质以及活性氧的清除剂等发挥作用,从而起到抗寒作用。Kornyejev 等认为,在低温胁迫下 Pro 的累计能力与品种的抗寒能力呈正相关<sup>[14]</sup>。马淑英等认为,在低温胁迫下 Pro 的累积能力与品种的抗寒性呈负相关<sup>[15]</sup>。本试验中,低温后 Pro 含量明显增加,这于锡宏等和耿广东等的研究结果<sup>[6,8]</sup>一致。MDA 是膜脂过氧化的产物,其含量高低可以反映出膜脂过氧化的程度。本试验中,SA 处理的西瓜幼苗的 MDA 积累量显著较低,且在 1.0 mmol/L 的浓度下达到最低,说明 SA 处理后低温胁迫对西瓜幼苗叶片的细胞膜伤害较轻,保持了膜的稳定性,增强了西瓜幼苗的抗冷性。低温可以促使可溶性蛋白这种植物渗透调节物质含量增加,以增强细胞膜的稳定性。随着 SA 浓度的增加,西瓜幼苗体内的可溶性蛋白含量逐渐增加,在 1.0 mmol/L 诱导下其值达到最大。综合考虑各项指标,笔者认为,西瓜幼苗预防低温伤害适宜的水杨酸浓度应当选择 1.0 mmol/L。

参考文献:

[1] Korkmaz A, Dufault R J. Developmental consequences of cold temperature stress at transplanting on seedling and field growth and yield. I. Watermelon [J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 2001, 126(4): 404-409.

常丽丽,陈日远,刘厚诚,等. 外源蔗糖对  $\text{NO}_3^-$  胁迫下叶用莴苣矿质元素含量与积累量的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(3):185-187.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.03.051

# 外源蔗糖对 $\text{NO}_3^-$ 胁迫下叶用莴苣矿质元素含量与积累量的影响

常丽丽,陈日远,刘厚诚,宋世威,苏蔚,孙光闻

(华南农业大学园艺学院,广东广州 510642)

**摘要:**以耐抽薹意大利叶用莴苣(*Lactuca sativa* L. “yidali”)为试验材料,采用水培方法,以常规营养液(7.5 mmol/L  $\text{NO}_3^-$ )、叶面喷施清水作为对照(CK),在 75 mmol/L  $\text{NO}_3^-$  胁迫下,通过叶面喷施 0 mmol/L(T1)、3 mmol/L(T2)的蔗糖,研究外源蔗糖对  $\text{NO}_3^-$  胁迫下叶用莴苣生长及矿质元素含量与积累量的影响。结果表明:与 CK 相比, $\text{NO}_3^-$  胁迫处理显著抑制了叶用莴苣生长,降低了 P、Mg、Fe 的含量,但增加了 K、Ca 的含量;外源喷施蔗糖有效缓解了  $\text{NO}_3^-$  胁迫对叶用莴苣的抑制作用,其中植株地上部分鲜质量提高了 20.94%,同时显著提高了植株中 P、Mg、Fe 的含量,降低了植株中 Ca 含量。 $\text{NO}_3^-$  胁迫下,P、K、Ca、Mg、Fe 的积累量均显著降低,外源蔗糖可以提高植株中 P、K、Ca、Mg、Fe 的积累量。外源蔗糖通过影响植株对矿质元素的吸收缓解  $\text{NO}_3^-$  胁迫对叶用莴苣的伤害。

**关键词:**蔗糖; $\text{NO}_3^-$  胁迫;叶用莴苣;矿质元素

**中图分类号:** S636.201 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)03-0185-03

近年来,我国设施土壤次生盐渍化日益严重,已成为制约设施蔬菜生产的重要因素。研究表明,温室土壤的盐分组成主要阴离子是  $\text{NO}_3^-$ ,阳离子是  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{K}^+$ <sup>[1]</sup>。盐胁迫对作物造

成的危害主要有离子毒害、渗透胁迫、营养失衡等<sup>[2]</sup>。这些危害均与作物对盐分离子的吸收积累有直接或间接关系<sup>[3]</sup>。作物的耐盐性与其吸收、运输、积累盐分离子的能力关系密切<sup>[4]</sup>。蔗糖、己糖通过多种信号途径调节大量基因的表达,为植物适应环境条件的变化提供相应机制,并控制重要的生理和发育进程<sup>[5]</sup>。近年来,关于外源物质对盐胁迫下植株矿质元素吸收的研究已有许多报道,如外源  $\gamma$ -氨基丁酸通过影响植株对矿质营养的吸收可缓解 NaCl 胁迫对黄瓜幼苗的伤害<sup>[6]</sup>。外源  $\text{LaCl}_3$  影响硝酸盐胁迫下黄瓜对矿质元素的吸

收稿日期:2015-03-13

基金项目:现代农业产业技术体系专项(编号:CARS-25-C-04)。

作者简介:常丽丽(1988—),女,硕士研究生,主要从事设施蔬菜栽培与生理研究。E-mail:349511819@qq.com。

通信作者:孙光闻,博士,副教授,主要从事设施蔬菜栽培与生理研究。E-mail:sungw1968@scau.edu.cn。

[2]谢玉英.水杨酸与植物抗逆性的关系[J].生物学杂志,2007,24(4):12-15,20.

[3]Pal M,Kovacs V,Vida G,et al. Changes induced by powdery mildew in the salicylic acid and polyamine contents and the antioxidant enzyme activities of wheat lines[J]. European Journal of Plant Pathology,2013,135(1):35-47.

[4]Gaffney T,Friedrich L,Vernooij B,et al. Requirement of salicylic acid for the induction of systemic acquired resistance[J]. Science,1993,261(5122):754-756.

[5]李国婧,周燮.水杨酸与植物抗非生物胁迫[J].植物学通报,2001,18(3):295-302.

[6]耿广东,程智慧,李建设,等.水杨酸对茄子幼苗抗寒性的影响[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2002,30(6):101-103.

[7]徐伟慧,周兰娟,王志刚.外源水杨酸缓解西葫芦幼苗低温胁迫的效应[J].浙江农业学报,2013,25(4):764-767.

[8]于锡宏,蒋欣梅,刁艳,等.脱落酸、水杨酸和氯化钙对番茄幼苗抗冷性的影响[J].东北农业大学学报,2010,41(5):42-46.

[9]刘伟,艾希珍,梁文娟,等.低温弱光下水杨酸对黄瓜幼苗光合作用及抗氧化酶活性的影响[J].应用生态学报,2009,20(2):

441-445.

[10]李爱民,张永泰,熊飞,等.低温弱光对西瓜幼苗生理特性的影响[J].扬州大学学报:农业与生命科学版,2012,33(2):78-82,94.

[11]许勇,王永健,张峰,等.西瓜幼苗耐低温研究初报[J].华北农学报,1997,12(2):94-97.

[12]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,2000:260-261.

[13]Stevens K J,Kim S Y,Adhikari S,et al. Effects of triclosan on seed germination and seedling development of three wetland plants:*Sesbania herbacea*,*Eclipta prostrata* and *Bidens frondosa*[J]. Environmental Toxicology and Chemistry,2009,28(12):2598-2609.

[14]Korniyev D,Logan B A,Payton P,et al. Enhanced photochemical light utilization and decreased chilling-induced photoinhibition of photosystem II in cotton overexpressing genes encoding chloroplast-targeted antioxidant enzymes[J]. Physiologia Plantarum,2001,113(3):323-331.

[15]马淑英,尹田夫,宋海星,等.低温对不同耐冷大豆萌发种子游离脯氨酸变化的影响[J].吉林农业科学,1998(4):90-92.