

3 种诱导剂对辣椒幼苗抗寒性的影响

陈文超^{1,2}, 杨博智^{1,2}, 周书栋^{1,2}, 戴雄泽^{1,2}

(1.湖南省蔬菜研究所, 湖南 长沙 410125; 2.湖南省蔬菜工程与技术研究中心, 湖南 长沙 410125)

摘要:以福湘佳玉辣椒为试验材料, 研究低温胁迫下喷施水杨酸、多效唑和甜菜碱对辣椒幼苗植株形态和生化指标的影响。结果表明: 适宜浓度的诱导剂处理均能减轻辣椒幼苗的低温伤害程度, 提高幼苗壮苗复合指标值; 诱导剂处理幼苗叶中的叶绿素、可溶性糖、脯氨酸含量和过氧化物酶活性均高于对照植株, 呈先升后降趋势, 各诱导剂处理叶绿素、可溶性糖含量的最大值分别比对照高 25.93%和 61.54%, 脯氨酸含量和过氧化物酶活性的最大值分别为对照的 1.93 倍和 2.34 倍; 相对电导率与丙二醛含量均低于对照植株, 呈先降后升趋势, 相对电导率与丙二醛含量的最小值分别比对照减少了 33.44%和 79.31%; 3 种诱导剂中以水杨酸的抗寒效果较好, 多效唑最差, 且以 7.5 mmol/L 水杨酸处理的效果最佳。

关键词:辣椒; 水杨酸; 多效唑; 甜菜碱; 抗寒性

中图分类号: S641.3 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2011)04-0396-04

Effects of different inducers on cold resistance physiological characteristics of *Capsicum annuum*

CHEN Wen-chao^{1,2}, YANG Bo-zhi^{1,2}, ZHOU Shu-dong^{1,2}, DAI Xiong-ze^{1,2}

(1. Vegetables Research Institute of Hunan, Changsha 410125, China; 2. Vegetable Research and Development Center of Hunan, Changsha 410125, China)

Abstract: Effects of three different inducers on plant morphologic characteristics and biochemical parameters of Fuxiangjiayu, a strain of *Capsicum annuum* L., were studied. The results showed that inducer treatment under suitable concentration could decrease cold harm and improve seedling index of pepper seedlings. Content of chlorophylls, soluble sugar and proline and POD activity in leaves from inducer treatment group were higher than that from CK, which characterized by ascending at first and descending at last. The maximum value of chlorophylls and soluble sugar content in inducer treatment group increased 25.93% and 61.54% respectively compared to CK, and the maximum value of proline content and POD activity increased 1.93 and 2.34 times respectively than CK. But the relative leakage of electrolytes and MDA content in inducer treatment group were lower than that of CK, which also characterized by ascending at first and descending at last. The minimum value of chlorophylls and soluble sugar content in inducer treatment group decreased 33.44% and 79.31% respectively compared to CK. Of the three inducers, salicylic acid showed the best cold resistance effect followed by betaine and paclobutrazol. And for salicylic acid, 7.5 mmol/L was the optimum concentration.

Key words: *Capsicum annuum* L.; salicylic acid; betaine; paclobutrazol; cold resistance

辣椒(*Capsicum annuum* L.)是中国种植面积大, 供应期长的蔬菜之一。湖南属于中国产椒大省之一, 辣椒播种面积约占全国总播种面积的 8%^[1]。湖

南省冬季寒冷干燥, 春季低温潮湿, 特别是近几年来倒春寒频发, 导致辣椒幼苗生长不良, 给辣椒生产造成了极大损失, 因此, 如何防治辣椒寒害一直

收稿日期: 2010-09-01

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2008BAD7B01)

作者简介: 陈文超(1974—), 男, 湖南湘潭人, 副研究员, 主要从事辣椒栽培与育种工作, wenc1974@126.com

是辣椒生产和育种需要解决的问题之一。有研究^[2-5]表明,水杨酸、多效唑和甜菜碱均能有效提高植株的抗寒性。笔者研究这3种诱导剂对辣椒幼苗植株形态和抗寒性生化指标的影响,旨在筛选出最佳诱导剂及其最适浓度,为有效缓减辣椒冷害提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试辣椒品种为福湘佳玉,由湖南省农业科学院蔬菜研究所提供。

1.2 方法

将催芽后的辣椒种子播种于营养钵内,待幼苗生长至三叶一心时,选取形态和长势基本一致的辣椒幼苗,用小型喷壶分别往植株叶片喷洒诱导剂和清水(对照)。每处理(含对照)选辣椒幼苗25株。每种诱导剂分别设4个梯度,水杨酸分别为2.5、5.0、7.5、10.0 mmol/L(分别以S1、S2、S3和S4表示),多效唑分别为500、1 000、1 500、2 000 $\mu\text{g/g}$ (分别以D1、D2、D3和D4表示),甜菜碱分别为2、4、6、8 mg/g(分别以T1、T2、T3和T4表示)。喷施程度以叶面均匀布满雾状水滴为宜。每24 h喷洒叶片1次,连喷3次。缓苗1 d后将幼苗转入5 $^{\circ}\text{C}$ 光照培养箱中低温胁迫处理;48 h后将辣椒幼苗移出,立即对辣椒植株形态指标和幼苗叶片抗寒性生化指标进行测定。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 植株形态指标测定

观察辣椒幼苗的受冷害和生长情况,用游标卡尺测量其株高、茎粗及2片真叶叶面积,重复3次,取平均值,计算壮苗指数。壮苗复合指标值的计算参见文献[6]。

1.3.2 抗寒性指标测定

细胞膜透性采用电导法测定^[7],以相对电解质渗出率(%)表示;叶绿素相对含量采用SPAD-502叶绿素仪测定;可溶性糖含量采用DNS试剂法测定^[8];脯氨酸含量采用茚三酮法测定^[9];过氧化物

酶(POD)活性采用愈创木酚法测定^[10];丙二醛(MDA)含量采用硫代巴比妥酸显色法测定^[11]。

1.4 数据分析

用Excel 2003软件初步处理试验数据,再用DPS6.55数据处理系统进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 辣椒幼苗植株形态的变化

低温胁迫后,对照植株生长缓慢,叶片呈萎蔫状,叶尖、叶缘出现水渍状斑块;诱导剂处理的植株大部分生长正常,受冷害程度明显减轻,甚至无冷害情况发生。由表1可知,水杨酸和甜菜碱处理的辣椒幼苗株高、茎粗以及叶面积均随其浓度的增加呈先升高后降低的趋势;多效唑处理辣椒幼苗的株高和叶面积随其浓度增加呈下降趋势,而茎粗随其浓度的增加呈先升高后降低的趋势。与对照相比,除D4处理外,其余各诱导剂处理均能显著提高辣椒幼苗壮苗复合指标值。3种诱导剂中以水杨酸的抗寒效果较好,多效唑最差,且以7.5 mmol/L水杨酸处理的效果最佳。

表1 不同诱导剂对辣椒幼苗生长的影响

Table 1 Effects of different inducer on the growth of pepper seedlings

处理	株高/cm	茎粗/cm	叶面积/cm ²	壮苗复合指标值
CK	5.832	0.108	2.169	(0.040±0.004)d
S1	5.948	0.116	2.551	(0.050±0.002)c
S2	6.374	0.124	3.347	(0.065±0.008)b
S3	7.514	0.129	4.578	(0.079±0.011)a
S4	7.017	0.123	4.195	(0.073±0.004)a
D1	5.321	0.114	2.357	(0.050±0.006)b
D2	5.056	0.128	2.184	(0.055±0.007)a
D3	4.987	0.134	1.690	(0.045±0.004)c
D4	4.708	0.132	1.470	(0.041±0.002)d
T1	5.978	0.110	2.236	(0.041±0.002)c
T2	6.047	0.119	2.675	(0.053±0.004)b
T3	6.943	0.132	4.323	(0.076±0.004)a
T4	6.879	0.128	4.035	(0.075±0.005)a

2.2 辣椒幼苗叶片细胞膜透性的变化

由表2可知,诱导剂处理辣椒幼苗叶片的相对电导率均低于对照,且随诱导剂浓度的增加呈先降低后上升的趋势,其中,水杨酸以7.5 mmol/L处理

的相对电导率最低,多效唑以 1 500 $\mu\text{g/g}$ 处理最低,甜菜碱以 6 mg/g 处理最低,分别比对照减少了 33.44%、22.19%和 31.24%。3 种诱导剂中以水杨酸

的抗寒效果较好,且以 7.5 mmol/L 水杨酸处理的效果最佳。

表 2 不同诱导剂处理辣椒幼苗的生理指标

Table 2 Physiological indexes of pepper seedling treated by different inducers

处理	相对电导率/%	叶绿素相对含量	可溶性糖含量/($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	脯氨酸含量/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	MDA含量/($\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$)	POD活性/U
CK	36.33	24.3	0.26	21.33	0.29	52.29
S1	33.67	27.3	0.27	26.56	0.25	79.58
S2	30.03	29.4	0.34	34.50	0.16	107.32
S3	24.18	30.6	0.38	41.25	0.06	138.89
S4	28.35	28.2	0.36	39.75	0.13	91.23
D1	34.28	27.3	0.34	23.24	0.23	55.29
D2	31.90	30.2	0.42	28.78	0.10	71.71
D3	28.27	29.2	0.39	32.67	0.13	98.26
D4	30.02	26.3	0.35	31.55	0.15	70.15
T1	30.53	25.7	0.31	25.68	0.22	83.39
T2	26.42	30.1	0.33	32.19	0.16	101.89
T3	24.98	29.4	0.37	34.88	0.13	97.96
T4	25.37	27.4	0.31	30.56	0.14	78.33

2.3 辣椒幼苗叶片叶绿素含量的变化

由表 2 可知,诱导剂处理辣椒幼苗叶片中的叶绿素含量均高于对照,且随诱导剂浓度的增加呈先上升后降低的趋势,其中,水杨酸以 7.5 mmol/L 处理的叶绿素含量最高,多效唑以 1 000 $\mu\text{g/g}$ 处理的最高,甜菜碱以 4 mg/g 处理的最高,分别比对照提高了 25.93%、24.28%和 23.87%。3 种诱导剂中以水杨酸的抗寒效果较好,且以 7.5 mmol/L 水杨酸处理的效果最佳。

2.4 辣椒幼苗叶片可溶性糖含量的变化

由表 2 可知,诱导剂处理辣椒幼苗叶片的可溶性糖含量均高于对照,且随诱导剂浓度的增加呈先升高后降低的趋势,其中,水杨酸以 7.5 mmol/L 处理的可溶性糖含量最高,多效唑以 1 000 $\mu\text{g/g}$ 处理的最高,甜菜碱以 6 mg/g 处理的最高,分别比对照提高了 46.15%、61.54%和 42.30%。3 种诱导剂中以多效唑的抗寒效果较好,且以 1 000 $\mu\text{g/g}$ 多效唑处理的效果最佳。

2.5 辣椒幼苗叶片过氧化物酶活性、脯氨酸含量、丙二醛含量的变化

2.5.1 脯氨酸含量

由表 2 可知,诱导剂处理辣椒幼苗叶片中脯氨酸的含量均高于对照,且随诱导剂浓度的增加呈先升高后降低的趋势,其中,水杨酸以 7.5 mmol/L 处理的脯氨酸的含量最高,多效唑以 1 500 $\mu\text{g/g}$ 处理的最高,甜菜碱以 6 mg/g 处理的最高,分别为对照的 1.93、1.53 和 1.64 倍。3 种诱导剂中以水杨酸的抗寒效果较好,且以 7.5 mmol/L 水杨酸处理的效果最佳。

2.5.2 过氧化物酶活性

由表 2 可知,诱导剂处理辣椒幼苗叶片中 POD 的活性均高于对照,且随诱导剂浓度的增加呈先升高后降低的趋势,其中,水杨酸以 7.5 mmol/L 处理的 POD 活性最高,多效唑以 1 500 $\mu\text{g/g}$ 处理的最高,甜菜碱以 4 mg/g 处理的最高,分别为对照的 2.34、1.87 和 1.95 倍。3 种诱导剂中以水杨酸的抗寒效果较好,且以 7.5 mmol/L 水杨酸处理的效果最佳。

2.5.3 丙二醛含量

由表2可知,诱导剂处理辣椒幼苗叶片中MDA的含量均低于对照,且随着诱导剂浓度的增加呈先降低后升高的趋势,其中,水杨酸以7.5 mmol/L处理的MDA含量最低,多效唑以1 000 $\mu\text{g/g}$ 处理的最低,甜菜碱以6 mg/g处理的最低,分别比对照降低了79.31%、65.51%和55.17%。3种诱导剂中以水杨酸的抗寒效果较好,且以7.5 mmol/L水杨酸处理的效果最佳。

3 结论与讨论

与对照相比,经适宜浓度诱导剂处理后的辣椒幼苗生长势旺,真叶面积显著增加,这一方面说明低温在一定程度上限制着辣椒的营养生长;另一方面说明诱导剂既能够促进幼苗生长,又能明显降低低温对辣椒幼苗的伤害,有效提高植株的抗寒性。

喷施诱导剂后,辣椒幼苗叶片生化指标发生了变化,表现为幼苗叶片中叶绿素、可溶性糖、脯氨酸含量以及POD活性均高于对照,而相对电导率与MDA含量均低于对照,与前人研究结果^[12-13]基本一致。这说明适宜浓度的诱导剂一方面通过保护幼苗叶片中叶绿体的完整性、促进可溶性糖和脯氨酸的合成与大量积累以及提高POD活性来缓解低温对辣椒幼苗造成的伤害;另一方面通过降低叶片相对电导率和MDA含量来维持活性氧代谢系统的平衡,减少膜脂质过氧化,保护原生质体不受伤害,进而增强植株的抗逆性^[13-16]。

3种诱导剂均能提高辣椒幼苗的抗寒能力,使用时均具有明显的浓度效应。与多效唑和甜菜碱相比,水杨酸对幼苗的生长没产生明显副作用,对叶片各项生化指标的影响最大,是一种适宜用于辣椒低温抗寒的诱导剂,且以7.5 mmol/L处理的效果最佳。本试验中仅研究了单一诱导剂对辣椒抗寒性的影响,几种诱导剂联合使用对辣椒抗寒性产生的影响还有待研究。

参考文献:

- [1] 马艳青,张西露.湖南辣椒产业现状及发展思考[J].湖南农业科学,2009(12):94-97.
- [2] 孙磊,陈国祥,程嘉翎,等.低聚壳聚糖处理对低温胁迫下水稻幼苗类囊体膜特性的影响[J].南京师范大学学报:自然科学版,2009,32(1):93-97.
- [3] 张素勤,耿广东,谭玉丽.水杨酸对辣椒抗寒性的影响[J].华北农学报,2008,23(增刊):118-120.
- [4] 张素勤,耿广东,程智慧.外源水杨酸对茄子抗寒性的影响[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2007,33(6):687-689.
- [5] 李芸瑛,梁广坚,李永华,等.外源甜菜碱对黄瓜幼苗抗冷性的影响[J].植物生理学通讯,2004,40(6):673-676.
- [6] 李建明,邹志荣,黄志.温光驱动甜瓜壮苗指数模型研究[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2008,36(1):149-152.
- [7] 孙巧峰,于贤昌,高俊杰,等.羧甲基壳聚糖对黄瓜幼苗抗冷性的影响[J].中国农业科学,2004,37(11):1660-1665.
- [8] 李合生,孙群,赵世杰.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000:164-194.
- [9] 赵凯,许鹏举,谷广焯.3,5-二硝基水杨酸比色法测定还原糖含量的研究[J].分析检测,2008,29(8):534-536.
- [10] Bates L S, Waldren R P. Rapid determination of free proline for water stress studies[J]. Plant Soil, 1973, 39: 205-207.
- [11] 张志良.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2003:268-269.
- [12] 赵世杰.植物组织水中丙二醛测定方法的改进[J].植物生理学通讯,1994,30(3):207-210.
- [13] 林海馨.植物冷害与细胞生理[M].厦门:厦门大学出版社,1994:131-132.
- [14] Xin Z, Browse J. Cold comfort farm: The acclimation of plants to freezing temperature[J]. Plant Cell and Environment, 2000, 23: 893-902.
- [15] 乔俊鹏,夏鹏云,梅海军,等.脯氨酸、维生素C和CaCl₂处理对深山含笑抗寒性的影响[J].江西农业学报,2010,22(2):40-42.
- [16] Corbineau F, Gay-Mat hieu C, Vinel D. Decrease in sunflower seed viability caused by high temperatures as related to energy metabolism, membrane damage and lipid composition [J]. Physiol Plant, 2002, 116: 489-496.

责任编辑:王赛群