

水杨酸预处理对低温胁迫下茉莉幼苗光合作用及相关生理特性的影响

蔡汉^{1,2} 李卫东³ 陈颖¹ 赵梁军¹

(1. 中国农业大学 农学与生物技术学院, 北京 100094; 2. 扬州大学 园艺与植物保护学院, 江苏 扬州 225009;
3. 中国科学院 植物研究所, 北京 100093)

摘要 为探明水杨酸(SA)提高茉莉幼苗抗寒性的生理机制,以抗寒性不同的2个茉莉品种(单瓣茉莉,低抗;双瓣茉莉,高抗)为材料,研究叶面预先喷施SA(1.0 mmol/L)对低温胁迫下茉莉幼苗光合作用及相关生理指标的影响。结果表明SA预处理能够:1)缓解因低温胁迫导致的净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、PS 原初光化学效率(F_v/F_m)、叶绿素和淀粉含量的下降,第15天时与CK1(低温)相比各项指标平均提高了51.2%、47.4%、28.3%、60.0%和30.0%;2)缓解因低温胁迫导致的初始荧光(F_0)、可溶性糖和脯氨酸含量的上升,第15天时与CK1相比平均减少了8.2%、6.0%和34.3%;3)缓解低温胁迫对单、双瓣茉莉伤害的生理效应期分别为6和9 d。由此可见,SA预处理能减轻低温胁迫对茉莉光合作用及相关生理特性的影响,有效提高茉莉耐寒性指标。

关键词 水杨酸;茉莉;低温;光合作用;淀粉;可溶性糖;脯氨酸

中图分类号 S 601; S 685.16

文章编号 1007-4333(2007)05-0029-05

文献标识码 A

Effects of salicylic acid pretreatment on photosynthesis and its related physiological parameters in jasmine (*Jasminun sambac*) seedlings under cold stress

Cai Han^{1,2}, Li Weidong³, Chen Ying¹, Zhao Liangjun¹

(1. College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094, China;

2. College of Horticulture and Plant Protection, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China;

3. Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China)

Abstract The objective of this study was to gain better insight into the biological mechanisms of SA (salicylic acid)-enhancement of cold tolerance in jasmine seedlings. Salicylic acid (1.0 mmol/L) was sprayed to investigate the effects of its pretreatment on photosynthesis, content of chlorophyll and osmotic solutes in leaves of two jasmine cultivars, Single petal jasmine (susceptible) and Double petal jasmine (resistant), under conditions of cold stress. The results indicated that SA pretreatment effectively alleviated the decrease in net photosynthetic rate (P_n), stomatal conductance (G_s), primary conversion of light energy of photosystem (F_v/F_m), and the content of chlorophyll and starch, all of which increased by 51.2%, 47.4%, 28.3%, 60.0% and 30.0% compared with water pretreatment under cold stress for 15 days. Salicylic acid pretreatment also significantly reduced the fundamental fluorescence (F_0), content of proline and soluble sugars by 8.2%, 6.0% and 34.3%. The physiologically effective phase of SA pretreatment on cold tolerance of Single and Double petal jasmine was 6 and 9 days respectively. The cold tolerance of jasmine seedlings was enhanced with SA pretreatment through alleviating damages to photosynthetic apparatus.

Key words salicylic acid (SA); *Jasminun sambac*; cold stress; photosynthesis; starch; soluble sugars; proline

茉莉(*Jasminun sambac* (L.) Aiton)原产于波斯湾附近的伊朗,属喜温忌寒植物,越冬最低温度一般在0℃以上,气温低于-6℃时冻害严重^[1]。低温寒害给我国茉莉的北移种植和生产造成严重的影

收稿日期: 2007-03-16

基金项目: 国家“十五”科技攻关计划项目(2004BA521B02);扬州大学校自然科学基金项目(MK0413167)

作者简介: 蔡汉,讲师,博士研究生, E-mail: yzdxcaihan@126.com; 赵梁军,教授,博士生导师,通讯作者,主要从事园林植物生理生态研究, E-mail: zhaolj5073@sina.com

响。因此研究茉莉寒害的机理并寻找一种简单、切实可行的方法提高茉莉的耐寒性指标对茉莉生产有重要意义。光合作用是作物获得高产的基础,也是受低温影响最明显的生理过程之一^[2]。低温能降低光合效率、改变光合色素组成及抑制叶绿体发育等,因此提高植物光合器官的抗冷性有助于提高植物的抗冷性^[3]。叶绿素荧光动态变化包含十分丰富的光合信息,可以明显地反映出逆境胁迫对光合作用的影响,是研究植物光合生理状况及植物与逆境胁迫关系的理想探针^[4]。水杨酸(salicylic acid, SA)是广泛存在于植物体内可自身合成的一种类似植物激素的酚类化合物,已被证明可提高植物对逆境的抗性^[5]。大量研究表明,SA可通过诱导抗氧化剂酶类产生而增强植物的耐冷性^[6]。在茉莉的抗寒生理方面,研究表明单瓣茉莉在3时会发生冷害^[7];双瓣茉莉在低温胁迫下的超微结构和ATP酶活性的适应能力强于单瓣茉莉^[8]。SA预处理能显著增强低温胁迫下茉莉酶促防御系统的抗氧化能力,保持活性氧代谢的平衡,维持细胞膜的稳定性^[9]。但低温胁迫对茉莉光合作用及相关生理特性的影响和利用SA提高茉莉耐寒性指标方面的研究尚未见报道。本研究旨在阐明SA提高茉莉耐寒性的生物学机制。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为中国农业大学科学园实验基地种植的单瓣茉莉('single petal jasmine')和双瓣茉莉('double petal jasmine')。

1.2 试验设计

剪取枝条扦插于营养钵中,扦插基质配方为V(泥炭土)V(珍珠岩)=4:6,在温室内常规培养(昼夜温度为25~27/18~20,相对湿度为75%~85%,自然光照)。当植株生长至6片功能叶时,选取健壮且生长一致的幼苗,处理组用1.0 mmol/L的SA水溶液喷施幼苗的叶面和叶背,以叶片上药液欲滴为度,每天喷1次,共4d,设喷施清水为CK1;将这2组幼苗置于人工气候箱内培养36h(温度为18),再以2/h的速度降温至4,光照12h/d,光子量照度为400 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\text{s})$,相对湿度为75%,CO₂饱和点为(400 \pm 10) $\mu\text{mol}/\text{mol}$ 。

另设喷施清水在常温条件(昼夜温度为25~27/18~20)下生长的幼苗为CK2。

低温处理的第0、3、6、9、12和15天时分别测定各项生理指标。

1.3 测定方法

1) 光合生理参数的测定。选取嫩枝中部完全展开的叶片,在取样当天的10:00~12:00,用LCA-4型光合作用测定系统(ADC, Hoddesdon, UK)分别测定净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s);用FMS2脉冲调制式荧光仪(Hansatech, King's Lynn, UK)分别测定初始荧光(F_0)、最大荧光(F_m)和可变荧光(F_v),测定前将叶片加入暗适应夹中适应30 min。测定过程中光子量照度为800 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\text{s})$ 、大气温度(25 \pm 1)、大气CO₂饱和点为(380 \pm 10) $\mu\text{mol}/\text{mol}$ 。

2) 叶绿素含量的测定。采用直接浸提法^[10]。

3) 淀粉和可溶性糖含量的测定。采用蒽酮法^[11]。

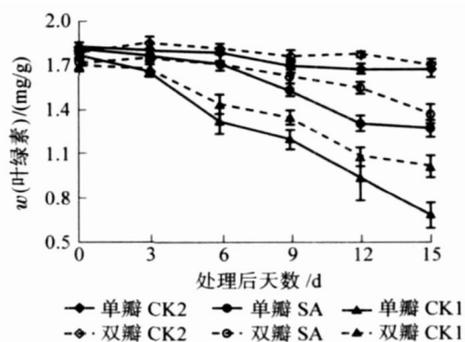
4) 脯氨酸含量的测定。采用Bates等的方法^[12]。

5) 数据处理。每试验组设3个重复,所有数据均在Excel软件中进行分析 and 绘图,差异显著性采用t-test分析。为明确SA的作用,进行了同一品种内各组间的差异性比较,并对同一组内2品种间的差异作了分析。

2 结果与分析

2.1 SA预处理对低温胁迫下茉莉叶片叶绿素含量的影响

随着低温胁迫时间的延长,单、双瓣茉莉的叶绿素含量均呈下降趋势(图1),低温胁迫前期2品种的



注:“单瓣CK2”和“双瓣CK2”表示喷施清水后置于常温下的单、双瓣茉莉;“单瓣SA”和“双瓣SA”表示喷施SA后置于低温下的单、双瓣茉莉;“单瓣CK1”和“双瓣CK1”表示喷施清水后置于低温下的单、双瓣茉莉。下同。

图1 SA预处理对低温胁迫下茉莉叶片叶绿素质量分数的影响

Fig. 1 Effect of SA pretreatment on chlorophyll content in jasmine leaves under cold stress

叶绿素含量差异不明显,但在第 15 天时差异显著 ($P < 0.01$),叶绿素含量比 CK2 低 59.1% 和 40.1%,单瓣茉莉叶绿素含量降解得更快。SA 预处理后 2 品种叶绿素含量虽低于 CK2,但降解程度明显减小。第 15 天时 2 品种叶绿素含量比 CK1 高 85.4% 和 34.6%,这表明 SA 可部分缓解低温引起的叶绿素含量下降,且对单瓣茉莉的作用更加明显。单瓣茉莉自第 9 天起,SA 与 CK2 间叶绿素含量差异显著 ($P < 0.01$),双瓣茉莉则从第 12 天起差异显著 ($P < 0.01$)。这表明 SA 对缓解茉莉叶绿素含量

的降低具有时效性,双瓣茉莉持续的时间稍长。

2.2 SA 预处理对低温胁迫下茉莉叶片光合气体交换参数的影响

低温胁迫下单、双瓣茉莉 P_n 和 G_s 水平明显降低(图 2)。SA 预处理可显著提高 2 品种低温胁迫下 P_n 和 G_s 水平 ($P < 0.01$),至第 15 天时 P_n 比 CK1 高 68.4% 和 33.9%, G_s 高 52.9% 和 41.9%。胁迫开始后的 6 d 内 P_n 和 G_s 基本维持在 CK2 水平 ($P > 0.05$),这表明 SA 能有效缓解初期的低温胁迫对茉莉 P_n 和 G_s 的影响。

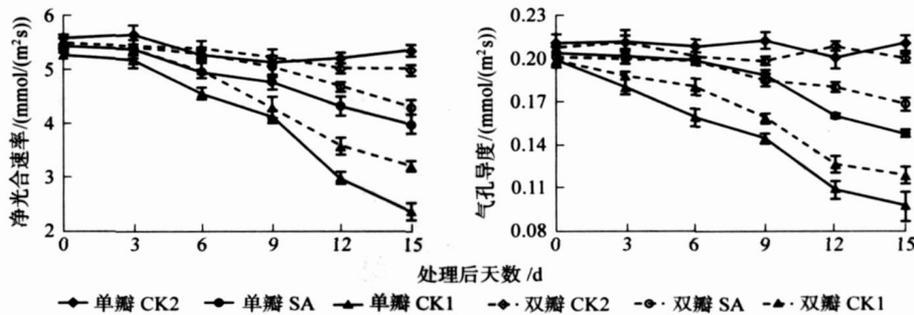


图 2 SA 预处理对低温胁迫下茉莉叶片净光合速率和气孔导度的影响

Fig. 2 Effect of SA pretreatment on P_n and G_s in jasmine leaves under cold stress

2.3 SA 预处理对低温胁迫下茉莉叶片叶绿素荧光参数的影响

低温胁迫导致 2 个茉莉品种的 F_0 上升, F_v/F_m 降低(图 3)。第 15 天时 2 品种 F_0 上升斜率明显加大,这说明 PS 反应中心可能遭到不易逆转的破坏^[13]。SA 预处理可有效缓解低温胁迫对 F_0 和 F_v/F_m 的影响,第 15 天时单、双瓣茉莉 F_0 分别比

CK1 低 10.6% 和 5.8%, F_v/F_m 高 40.5% 和 16.0%,前者的变化幅度较大。单瓣茉莉自第 9 天起,SA 预处理与 CK2 间 F_0 和 F_v/F_m 均达到显著差异水平 ($P < 0.01$),而双瓣茉莉则自第 12 天起差异显著 ($P < 0.01$)。这表明 SA 缓解低温胁迫对茉莉叶绿素荧光参数的影响具有时效性。

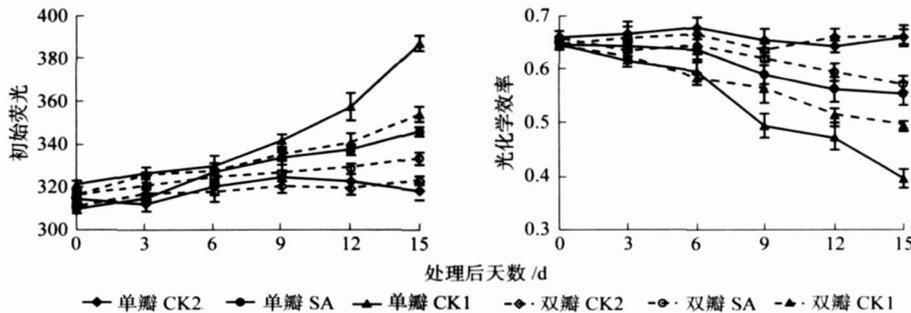


图 3 SA 预处理对低温胁迫下茉莉叶片初始荧光和光化学效率的影响

Fig. 3 Effect of SA pretreatment on F_0 and F_v/F_m in jasmine leaves under cold stress

2.4 SA 预处理对低温胁迫下茉莉叶片可溶性糖、淀粉和脯氨酸含量的影响

低温胁迫降低了单、双瓣茉莉的淀粉含量,提高

了可溶性糖和脯氨酸含量,且对前者的影响更大(图 4)。SA 预处理明显缓解了低温胁迫对上述 3 个指标的影响,第 15 天时 2 品种的淀粉含量比 CK1 高

39.2%和20.7%,可溶性糖含量低6.8%和5.1%,脯氨酸含量低39.3%和29.2%。比较SA预处理与CK2,单瓣茉莉的可溶性糖和淀粉含量均从第9天起差异显著,双瓣茉莉则从第12天起($P <$

0.01);前者脯氨酸含量从第6天起差异显著,后者则从第9天起($P < 0.01$)。这也进一步证明了SA对缓解茉莉的低温伤害具有一定的生理效应期。

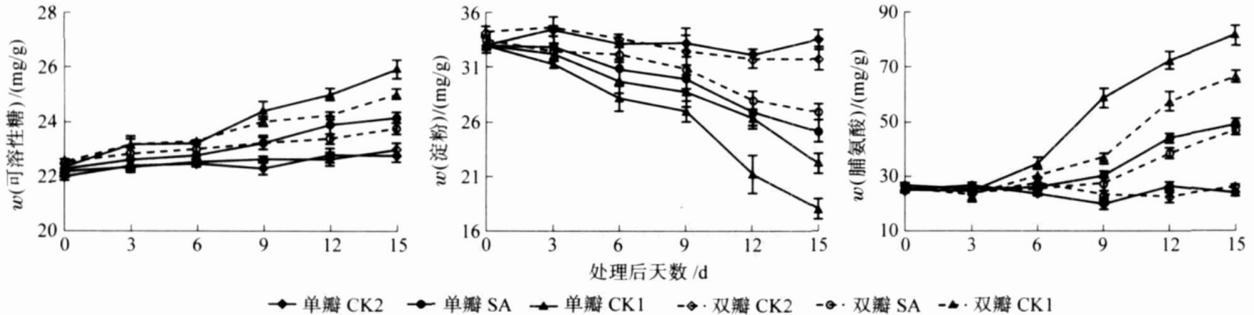


图4 SA预处理对低温胁迫下茉莉叶片可溶性糖、淀粉和脯氨酸质量分数的影响

Fig. 4 Effect of SA pretreatment on soluble sugar, starch and proline content in jasmine leaves under cold stress

3 讨论

1) 低温胁迫下茉莉叶绿素含量明显下降(图1),这意味着叶片捕捉和利用光能的能力降低,从而影响光合作用的能量供应,使光合作用受到影响。SA预处理显著提高了叶绿素含量,减少了光合参数的变化幅度,使植株维持较高的光合效率(图2、3),这有助于缓解低温胁迫对茉莉光合机构的伤害。低温胁迫导致茉莉叶片 P_n 降低(图2),这与文献[14]-[15]的报道相一致。这可能是由于茉莉叶片 G_s 的降低限制了 CO_2 向叶绿体的输送,使叶片内 CO_2 浓度降低,进而引起光合原料供应不足所致。

2) 可溶性糖和脯氨酸含量在低温胁迫下显著上升(图4),其主要作用是作为渗透调节剂在胁迫条件下维持细胞水势,增强细胞持水力^[16-17]。它们在叶片中的过量积累,通常认为是逆境胁迫导致植物组织受到伤害的一种表现^[18-19]。在低温胁迫条件下,单瓣茉莉叶片中总可溶性糖和脯氨酸的积累量大于双瓣茉莉,表明后者受低温胁迫的伤害程度小于前者,这可能是后者抗寒性略强的原因之一。SA预处理显著缓解了低温胁迫下茉莉幼苗体内可溶性糖和脯氨酸的积累,这有助于增强茉莉对低温环境的抵抗力。

低温胁迫下2个茉莉品种各项生理指标的变化趋势基本一致,但变化幅度有明显区别,单瓣茉莉在各项指标上均较双瓣茉莉表现出较大的变化幅度。SA预处理对2品种的影响也不尽相同。SA预处理的生理效应期,双瓣茉莉的比单瓣茉莉长3d。其原

因有待于今后进一步研究。

4 结论

SA预处理能有效缓解低温胁迫对茉莉的伤害,尤其是对单瓣茉莉的效果更加明显。SA预处理缓解低温胁迫对单、双瓣茉莉伤害的生理效应期分别为6和9d。SA的这种保护作用可能与其能缓解因低温胁迫导致的光合机构的受损及相关生理指标的变化有关。

参考文献

- [1] 董利娟,张曙光. 茉莉花的生产现状与科研方向[J]. 茶叶通讯, 2001, (2): 11-13
- [2] 何洁,刘鸿先,王以柔,等. 低温与植物的光合作用[J]. 植物生理学通讯, 1986, 22(2): 1-6
- [3] Kratsch H A, Wise R R. The ultrastructure of chilling stress[J]. Plant Cell and Environ, 2000, 23: 337-350
- [4] Maxwell K, Johnson G N. Chlorophyll fluorescence—a practical guide [J]. Journal of Experimental Botany, 2000, 345: 659-668
- [5] 尹玲莉,侯晓杰. 植物抗性信号分子-水杨酸研究进展[J]. 中国农学通报, 2007, 23(1): 338-342
- [6] 崔婧. 水杨酸与植物抗逆性[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(9): 35-38
- [7] 郭素枝,邓传远,张国军,等. 低温对单、双瓣茉莉叶片细胞膜透性的影响[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(1): 42-44
- [8] 苏金为,王湘平. 茉莉幼苗ATP酶活性的超微细胞化学定位与耐冷性研究[J]. 园艺学报, 2001, 28(6):

- 544-550
- [9] 蔡汉, 李卫东, 熊作明, 等. 低温胁迫下水杨酸预处理对茉莉幼苗活性氧及保护酶的影响[J]. 中国农学通报, 2007, 23(7): 290-294
- [10] Arnon D I. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidase in *Bera vulgaris*[J]. Plant Physiology, 1949, 24: 1-15
- [11] Souza R P, Machado E C, Silva J A B, et al. Photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and some associated metabolic changes in cowpea (*Vigna unguiculata*) during water stress and recovery[J]. Environ Exp Bot, 2004, 51: 45-56
- [12] Bates L S, Waldren S P, Teare I D. Rapid determination of free proline for water-stress studies[J]. Plant Soil, 1973, 39: 205-207
- [13] Rintamäki E, Salo R, Aro E M. Rapid turnover of the D1 reaction center protein of photosystem as a protection mechanism against photoinhibition in a moss *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid[J]. Planta, 1994, 193: 520-529
- [14] 樊怀福, 蒋卫杰, 郭世荣. 低温对番茄幼苗植株生长和叶片光合作用的影响[J]. 江苏农业科学, 2005(3): 89-91
- [15] 朱佳, 梁永超, 丁燕芳, 等. 硅对低温胁迫下冬小麦幼苗光合作用及相关生理特性的影响[J]. 中国农业科学, 2006, 39(9): 1780-1788
- [16] Cechin I, Rossi S C, Oliveira V C, et al. Photosynthetic responses and proline content of mature and young leaves of sunflower plants under water deficit[J]. Photosynthetica, 2006, 44: 143-146
- [17] 张海清, 邹应斌, 肖国超, 等. 抗寒种衣剂对早籼稻秧苗抗寒性的影响及其作用机理的研究[J]. 中国农业科学, 2006, 39(11): 2220-2227
- [18] Souza R P, Machado E C, Silva J A B, et al. Photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and some associated metabolic changes in cowpea (*Vigna unguiculata*) during water stress and recovery[J]. Environ Exp Bot, 2004, 51: 45-56
- [19] Irigoyen J J, Emerich D W, Sánchez-Dias M. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants[J]. Physiol Plant, 1992, 84: 55-60