

水杨酸预处理对低温胁迫下菊花叶片生理活性的影响

李永华¹, 苏志国¹, 李洪涛², 田彦彦¹, 杨秋生^{1*}

(1. 河南农业大学 林学院, 河南 郑州 450002; 2. 郑州市城市园林科学院研究所, 河南 郑州 450051)

摘要: 以秋菊早花品种唐宇金秋和晚花品种祥云为试材, 研究了外施水杨酸(SA)后不同低温处理下植株叶片脯氨酸含量、净光合速率等生理生化指标的变化。结果表明: 各温度处理下, SA处理组的菊花叶片脯氨酸含量、净光合速率、SOD活性和CAT活性均高于喷施蒸馏水的对照组, 丙二醛含量则是对照组较高。祥云的各项指标均优于唐宇金秋, 如在 -4°C 与 -8°C 下, 祥云SA处理的脯氨酸含量分别比对照增加了96.8%和54.7%; -8°C 时祥云SA处理的净光合速率为 4°C 的43.1%, 唐宇金秋SA处理的净光合速率为 4°C 时的14.7%。外施1.0 mmol/L的SA能提高叶片脯氨酸含量和抗氧化酶活性, 保持其光合作用能力, 显著提高菊花的低温胁迫抗性。

关键词: 菊花; 水杨酸; 低温胁迫; 生理活性

中图分类号: S682.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2010)12-0099-04

Effects of Salicylic Acid Pretreatment on Physiological Activity of Chrysanthemum Leaves under Low Temperature Stress

LI Yong-hua¹, SU Zhi-guo¹, LI Hong-tao², TIAN Yan-yan¹, YANG Qiu-sheng^{1*}

(1. College of Forestry, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;

2. Institute of City Landscape Science of Zhengzhou, Zhengzhou 450051, China)

Abstract: A autumn chrysanthemum early-flower cultivar Tanguyujinqiu and late-flower cultivar Xiangyun were used in this experiment, some physiological and chemical indices such as Pro content and Pn of chrysanthemum leaves were studied under low temperature after SA pretreatment. These results showed that Pro content, Pn, SOD activity and CAT activity of leaf of two cultivars after SA pretreatment were higher than those of CK, but MDA content lower, these index in Xiangyun was prior to those in Tanguyujinqiu; for example, Pro content in Xiangyun SA was 96.8% and 54.7% higher at -4°C and -8°C than that in Xiangyun CK respectively; Pn in Xiangyun SA at -8°C was 43.1% of that at 4°C , but Pn in Tanguyujinqiu SA 14.7%. Exogenous 1.0 mmol/L SA could make Pro content and antioxidase activity in leaves higher, furthermore, keep photosynthetic capacity to the certain extent, these might be beneficial to improve the resistance to low temperature stress in chrysanthemum.

Key words: *Dendranthema × grandiflorum* Ramat; Salicylic acid; Low temperature stress; Physiological activity

水杨酸(SA)是广泛存在于植物体内的一种小分子酚类物质, 能明显降低低温胁迫下植物体细胞

的膜透性, 提高植物的抗冷性^[1]。外源SA可提高油菜^[2]、番茄^[3]、水曲柳^[4]等植物的抗冷能力。菊花

收稿日期: 2010-08-10

基金项目: 河南省重大科技专项(30400380)

作者简介: 李永华(1974-), 男, 河南西华人, 副教授, 博士, 主要从事园林植物栽培生理与分子生物学方面的科研与教学工作。

E-mail: liyhany@163.com

*通讯作者: 杨秋生(1958-), 男, 辽宁阜新人, 教授, 主要从事园林植物栽培生理与栽培基质方面的科研与教学工作。

(*Dendranthema*×*grandiflorum* Ramat)是我国传统名花,在开花过程中,经常会遭遇低温胁迫,对叶片和花瓣造成低温伤害,极大影响了观赏价值。加强对秋菊低温抗性生理的研究,并通过外源物质的施用提高其低温胁迫抗性,已成为延长秋菊观赏期、提高观赏价值的重要途径。目前已有学者对菊花花期生理、胁迫抗性等方面进行了初步探讨^[5,9],但有关外源 SA 提高菊花抗冷性的研究还未见报道。鉴此,以秋菊常见的观赏品种祥云和唐宇金秋为试材,研究外源 SA 对菊花植株低温抗性的影响,探讨 SA 改善菊花抗冷性的机制,为秋菊的推广应用提供理论指导。

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验于 2009 年 11 月上旬至 12 月中旬在河南农业大学校内进行。供试材料秋菊早花品种唐宇金秋(TYJQ)和晚花品种祥云(XY)由开封市禹王台公园提供。SA 为分析纯。选取生长健康、长势一致的盆栽菊花植株(株高 25 cm 左右,叶 10~13 片),每盆 1 株,混合基质(河沙:珍珠岩:草炭土(体积比)=1:2:3)栽培。

1.2 试验方法

试验分 2 组:一组喷施 SA(SA,处理组),另一组喷施蒸馏水(CK,对照组)。SA 处理:通过预试验,筛选出了合适的外源 SA 浓度:1.0 mmol/L;喷施菊花叶片 2 次,间隔 1 d,每次以叶片滴水为准,喷施完毕后 24 h 进行低温处理:4℃(T1)、0℃(T2)、-4℃(T3)、-8℃(T4),将植物材料放入低温展示柜中,温度由室温缓慢降至所处理的温度(每小时降低 1℃),低温处理 24 h,然后把低温处理过的植株于弱光下恢复 1 d。对照组喷施蒸馏水替代 SA,其他处理方法相同。选取上数第 4~5 片健康的功能叶进行各项生理指标及净光合速率的测定,5 次重复。

1.3 测定方法

游离脯氨酸(Pro)、丙二醛(MDA)、超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化氢酶(CAT)活性测定均参考邹琦的方法^[7]。利用开路式光合气体分析系统(LI-6400,LI-COR,NE,USA)于上午 9:00—11:00 测定处理植株的净光合速率(Pn)和气孔导度(Gs),测定时叶片温度控制在 25℃,光照强度为 500 μmol/(m²·s),CO₂ 气源由随光合气体分析系统配备的 CO₂ 小钢瓶提供。

2 结果与分析

2.1 外源 SA 对低温处理下菊花叶片脯氨酸和丙二醛含量的影响

脯氨酸含量在低温胁迫下显著上升,其主要作用是作为渗透调节物质在胁迫条件下维持细胞水势,增强细胞持水力。由表 1 可知,在各温度胁迫下,祥云 SA 处理脯氨酸含量均高于祥云 CK,在-4℃与-8℃下,祥云 SA 处理脯氨酸含量分别比祥云 CK 增加了 96.8%和 54.7%。唐宇金秋 SA 处理的脯氨酸变化趋势与祥云 SA 处理相似,唐宇金秋 SA 处理在-8℃下脯氨酸含量与唐宇金秋 CK 相比增加了 76.4%。外源水杨酸在低温,尤其是零下低温时对提高祥云和唐宇金秋叶片内游离脯氨酸含量作用明显。丙二醛是膜脂氧化的主要产物,各温度处理下,无论是祥云还是唐宇金秋,SA 处理组丙二醛含量均低于对照组,表明对照组的菊花叶片在低温处理下更容易受到损伤;祥云丙二醛含量均低于唐宇金秋,在-4℃处理下,唐宇金秋 CK 丙二醛含量比祥云 CK 高 8.5%。

表 1 外源 SA 对低温处理下菊花叶片脯氨酸和丙二醛含量的影响

项目	低温处理	祥云		唐宇金秋	
		CK	SA	CK	SA
Pro 含量/(μmol/g)	T1	113.54	163.32	137.82	216.92
	T2	208.07	239.90	166.74	225.46
	T3	276.61	544.35	264.33	299.53
	T4	419.22	648.48	376.35	664.00
MDA 含量/(μg/g)	T1	7.86	6.83	9.83	8.15
	T2	8.69	7.44	11.05	9.98
	T3	11.24	9.78	12.19	10.34
	T4	12.87	10.92	13.50	11.02

2.2 外源 SA 对低温处理下菊花叶片光合作用的影响

净光合速率的高低反映了植物光合能力的强弱,是研究植物光合作用的重要指标^[8]。如表 2 所示,在低温胁迫下,两品种的净光合速率均随着温度的降低而下降,但下降幅度不同。祥云 SA 处理在 0℃与 4℃时净光合速率差异不显著,温度继续降低,净光合速率下降速度加快,-8℃时菊花叶片净光合速率为 4℃的 43.1%。不同低温条件下,祥云 SA 处理的净光合速率均高于同温度下祥云 CK,-8℃时祥云 SA 处理比祥云 CK 高 190%。唐宇金秋的净光合速率变化趋势与祥云相似,-8℃时唐宇金秋 SA 处理的净光合速率为 4℃时的 14.7%。随着温度的降低,唐宇金秋净光合速率的下降速度比

祥云快, - 8℃时祥云净光合速率为 4℃时的 16 3%, 而唐宇金秋为 9.2%, 祥云净光合速率比唐宇金秋高 76.5%。在 2 个菊花品种中, 气孔导度的变化趋势与净光合速率相似。试验表明, 水杨酸对降低低温伤害, 维持菊花光合作用具有一定的作用。

表 2 外源 SA 对低温处理下菊花叶片光合作用的影响
 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$

项目	低温处理	祥云		唐宇金秋	
		CK	SA	CK	SA
Pn	T1	9.23	10.10	9.20	12.27
	T2	5.80	9.80	6.70	11.95
	T3	3.00	6.55	5.25	6.50
	T4	1.50	4.35	0.85	1.80
Gs	T1	171	202	242	248
	T2	104	173	75	164
	T3	30	91	54	79
	T4	27	79	15	50

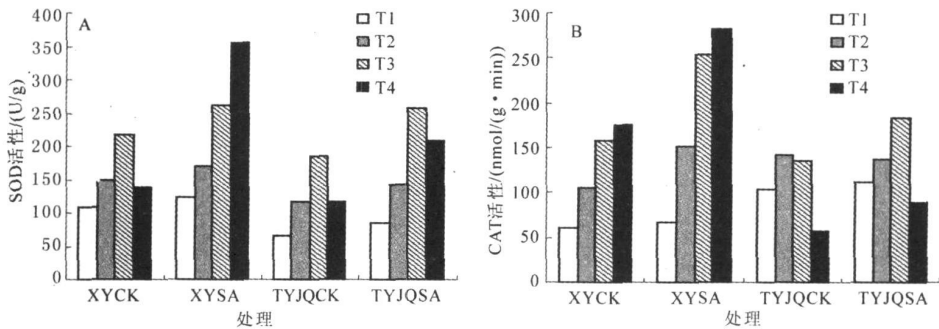


图 1 外源 SA 对低温处理下菊花叶片 SOD(A)和 CAT(B)活性的影响

3 讨论

低温胁迫会对植物体造成一定程度的伤害, 但一定浓度的外源 SA 可减轻低温胁迫对质膜造成的伤害, 抑制 MDA 的积累, 降低植株受伤害的程度^[1]。本研究中, 各温度处理下, 无论是祥云还是唐宇金秋, SA 处理组菊花叶片 MDA 含量均低于对照组, 并具有较高的净光合速率, 如在 - 8℃低温处理时, 祥云 SA 处理的净光合速率比祥云 CK 高 190%。SA 在一定程度上能改善菊花的抗冷性, 这与在茉莉^[8]、番茄^[3]上的试验结果相似。在低温胁迫条件下, 植物体内游离脯氨酸含量会迅速上升, 抗氧化酶活性的高低也可作为判断植物抗逆能力的重要指标^[4,9]。本研究结果显示: 唐宇金秋 SA 处理的脯氨酸变化趋势与祥云 SA 处理相似, 在 - 4℃与 - 8℃下, 祥云 SA 处理脯氨酸含量分别比祥云 CK 增加了 96.8%和 54.7%, 2 个菊花品种 SOD 活性和 CAT 活性均是 SA 处理组较高, 其清除活性氧的

能力较强。SA 处理的菊花具有较强的脯氨酸积累能力和较高的抗氧化酶活性。尽管外源 SA 能够改善祥云和唐宇金秋的抗冷性, 但 2 个品种在抗性指标的变化幅度上却有一定差异, 反映了 2 个品种抗冷性的差异, 这可能与品种本身的特性有关。

综上所述, 一方面, 外源 SA 可减轻低温胁迫对菊花叶片 SOD 和 CAT 的抑制, 进而减少活性氧和 MDA 的产生; 另一方面, 外源 SA 通过调节脯氨酸等渗透调节物质的积累, 增强胁迫条件下菊花叶片的渗透调节能力, 在低温胁迫下保持相对高的净光合速率; 最后, SA 作为一种类似植物激素的小分子物质, 对低温胁迫下菊花生理功能的保持具有促进作用。通过以上几种方式, 外源 SA 处理提高了菊花植株的抗冷性。

参考文献:

[1] 王利军, 战吉成, 黄卫东. 水杨酸与植物抗逆性[J]. 植物生理学通讯, 2002 38(6): 619-622. (下转第 106 页)

果实椭圆形, 果皮墨绿。植株生长势中等, 抗逆性强。产量高, 整齐度高, 商品瓜率高。果皮硬韧, 贮运性好。果肉红色, 剖面好, 肉质脆细, 口感风味佳。可在海南、广西、广东等华南地区推广种植。

4.2 小黑子(W072)

福建省农业科学院农业生物资源研究所选送, 折合产量 25 467kg/hm², 平均单瓜质量 4.1 kg, 果型指数 1.2, 果皮硬度 28.0kg/cm², 皮厚 0.8 cm, 果实中心果肉可溶性固形物含量平均 13.5%, 边部果肉可溶性固形物含量 10.5%, 可溶性固形物含量中边梯度差 3.0%。抗病性强, 整个生育期无明显病害。果实高圆形, 果皮墨绿。植株生长势强, 抗逆性强。易坐果, 整齐度高, 商品瓜率高。果皮硬韧, 贮运性好。果肉红色, 剖面好, 肉质脆细, 口感风味佳。可在海南、广西、广东等华南地区推广种植。

4.3 黑翡翠(W073)

福建省农业科学院农业生物资源研究所选送, 折合产量 36 648.0kg/hm², 平均单瓜质量 5.9 kg, 果型指数 1.1, 果皮硬度 29.0kg/cm², 皮厚 1.1 cm, 果实中心果肉可溶性固形物含量平均 12.0%, 边部果肉可溶性固形物含量 9.5%, 可溶性固形物含量中边梯度差 2.5%。抗病性强, 整个生育期无明显病害。果实高圆形, 果皮墨绿。植株生长势强, 抗逆性强。产量高, 整齐度高, 商品瓜率高。果皮硬韧, 贮运性好。果肉红色, 剖面好, 肉质脆细, 口感风味佳。可在海南、广西、广东等华南地区推广种植。

4.4 甜美人(W166)

农友种苗(中国)有限公司选育, 折合产量 27 951.0kg/hm², 平均单瓜质量 4.5 kg, 果型指数 1.5, 果皮硬度 26.0kg/cm², 皮厚 1.1 cm, 果实中心果肉可溶性固形物含量平均 13.1%, 边部果肉可溶性固形物含量 9.6%, 可溶性固形物含量中边梯度差 3.5%。抗病性强, 整个生育期无明显病害。果

实椭圆形, 果皮墨绿。植株生长势中等, 抗逆性强。易坐果, 整齐度高, 商品瓜率高。果皮硬韧, 贮运性好。果肉大红, 剖面好, 肉质脆细, 口感风味佳。可在海南、广西、广东等华南地区推广种植。

4.5 腾农大果黑美人(W216)

三亚腾农科技发展有限公司选送, 折合产量 27 640.5kg/hm², 平均单瓜质量 4.5 kg, 果形指数 1.6, 果皮硬度 29.5kg/cm², 皮厚 1.1 cm, 果实中心果肉可溶性固形物含量平均 12.3%, 边部果肉可溶性固形物含量 9.5%, 可溶性固形物含量中边梯度差 2.8%。抗病性强, 整个生育期无明显病害。果实高圆形, 果皮墨绿。植株生长势中等, 抗逆性强。易坐果, 整齐度高, 商品瓜率高。果皮硬韧, 贮运性好。果肉红色, 剖面好, 肉质脆细, 口感风味佳。可在海南、广西、广东等华南地区推广种植。

参考文献:

[1] 柳唐镜, 李劲松, 任红. 海南省小型无籽西瓜新品种比较试验研究[J]. 长江蔬菜, 2010(8): 45-48.

[2] 柳唐镜, 张棵, 李劲松, 等. 海南小型无籽西瓜品种及栽培关键技术[J]. 中国蔬菜, 2009(17): 50-52.

[3] 柳唐镜, 李劲松, 韩晓燕, 等. 2008—2009 年度海南省西瓜品种比较试验初报[J]. 中国瓜菜, 2009, 22(3): 28-30.

[4] 马跃. 国家鉴定无籽西瓜品种的特征分析初报[J]. 长江蔬菜, 2010(8): 75-79.

[5] 王忠义, 陈梅. 夏季西瓜品种比较试验[J]. 现代农业科技, 2008(14): 24.

[6] 宋春香, 卢飞. 淮安市大棚西瓜品种比较试验[J]. 现代农业科技, 2009(4): 31-34.

[7] 陈梅, 蒋华. 礼品小西瓜品种比较试验[J]. 现代农业科技, 2008(14): 25.

[8] 刘君璞, 许勇, 孙小武, 等. 我国西瓜甜瓜产业“十一”的展望及建议[J]. 中国瓜菜, 2006 19(1): 1-3.

(上接第 101 页)

[2] 范志强. 低温胁迫下外源水杨酸对油菜叶片生理活性的影响[J]. 安徽农学通报, 2009, 15(24): 17-19.

[3] 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.

[4] 吴楚, 王政权. 冰冻条件下外源 SA 对水曲柳幼苗叶片内抗氧化酶的影响[J]. 林业科学, 2002, 38(5): 54-59.

[5] 李永华, 闫双喜, 尚玉萍, 等. 不同品种菊花花瓣衰老生理机制的比较研究[J]. 河南农业大学学报, 2009, 43

(4): 385-388.

[6] 许瑛, 陈发棣. 菊花 8 个品种的低温半致死温度及其抗寒适应性[J]. 园艺学报, 2008 35(4): 559-564.

[7] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.

[8] 蔡汉, 李卫东, 陈颖, 等. 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[J]. 中国农业大学学报, 2007, 12(5): 29-33.

[9] 康国章, 欧志英, 王正询, 等. 水杨酸诱导提高香蕉幼苗耐寒性的机制研究[J]. 园艺学报, 2003 3(2): 141-146.