

低温胁迫下脱落酸对秋茄抗寒能力影响研究

潘万松¹ 刘云财² 何星辰³ 李怡² 赵明波²

1 山东核电有限公司 2 威海市蓝色经济研究院有限公司 3 北京交通大学环境学院

DOI:10.12238/eep.v5i6.1676

[摘要] 秋茄(*Kandelia obovata*)是我国红树植物中分布最广的树种之一,在滨海生态系统具有重要作用,其顺利越冬是北移引种的关键。ABA作为植物抗逆激素,对秋茄的影响及作用机理未见报道。本文以室外抗寒驯化设施内的秋茄幼苗为试验对象,进行外源ABA喷施处理。结果表明:ABA能够提高低温胁迫下秋茄叶片的可溶性糖和游离脯氨酸含量,显著提高抗氧化酶的活性,并降低相对电导率和丙二醛含量,缓解低温的危害。

[关键词] 秋茄; 脱落酸; 低温

中图分类号: TB655 文献标识码: A

Research on Effect of Abscisic Acid on Cold Resistance of *Kandelia Obovata* Under Low Temperature Stress

Wansong Pan¹ Yuncai Liu² Xingchen He³ Yi Li² Mingbo Zhao²

1 Shandong Nuclear Power Co., Ltd 2 Weihai Blue Economy Research Institute Co., Ltd

3 School of Environment, Beijing Jiaotong University

[Abstract] *Kandelia obovata* is one of the most widely distributed mangrove plants in China, which plays an important role in coastal ecosystems and its smooth wintering is the key to its introduction to the north. As a plant anti-stress hormone, ABA has not been reported on its effect on *kandelia obovata* and its mechanism of action. In this paper, the seedlings of *kandelia obovata* planted in the outdoor cold-resistant acclimation facility as the test objects were treated with exogenous ABA spraying. Results showed that ABA could not only increase the the content of soluble sugar and free proline content in leaves of *kandelia obovata* under low temperature stress, but also significantly increase the activities of antioxidant enzymes, and reduce the relative conductivity and malondialdehyde content, alleviating the harm of low temperature.

[Key words] *kandelia obovata*; abscisic acid; low temperature

引言

红树林重要的生态价值备受关注,在促淤造陆、抵御自然灾害、净化潮间带环境、维持生物多样性等方面发挥重要作用^[1]。秋茄是我国红树植物中分布最广的主要优势树种之一,是我国引种最北的红树植物。提高秋茄抗寒潜力,提高低温条件下存活率是引种造林的关键。细胞膜是秋茄受冻的首要部位,质膜因收缩而出现龟裂,从而使细胞质膜透性增大,造成质膜内电解质外渗,质膜内、外离子失衡,最终导致秋茄代谢功能紊乱^[2]。低温条件下,光合功能下降,长时间的极端低温还能使红树植物叶片超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)、过氧化物酶(peroxidase, POD)、过氧化氢酶(Catalase, CAT)活性降低,抑制水分利用率(water use efficiency, WUE)、叶片净光合速率、气孔导度和蒸腾速率等^[3]。

脱落酸(Abscisic acid, ABA)是植物在外界逆境环境中的重要调节因子,具有叶片脱落、抑制植物生长、引起芽休等生理

作用^[4]。研究发现在不利于植物生长发育的恶劣环境条件,ABA含量增加,而植物的抗寒性与植物体内的内源ABA水平呈正相关。在诱导植物抗寒潜能的过程中,喷洒外源激素的诱导来提高内源激素水平,从而提高植物的抗寒力,已被研究证实。现阶段对于秋茄抗逆性研究主要集中在盐胁迫、重金属离子胁迫、水淹胁迫等单因子胁迫,而对于多种环境因子共同胁迫的研究相对较少。为此,本研究设置田间实验,探讨喷洒外源性ABA对低温胁迫下渗透调节物质以及抗氧化系统中相关保护酶活性的影响,寻求减轻红树植物低温胁迫的新途径。

1 材料与方法

1.1 植物处理与方法。秋茄胚轴来自福建宁德市三都澳红树林保护培育基地,试验设置3个处理组,每处理组3次重复:①未受低温胁迫处理组记为对照组C;②仅低温胁迫处理组记L;③低温胁迫下添加20mg·L⁻¹的外源ABA处理组记L+ABA;实验于2021年6月—2022年3月进行,选取180株(60株/组)长势相近的

胚轴, 栽种于昼夜温度30℃/10℃, 光照周期12h/12h, 潮汐周期12h/12h, 相对湿度65%—70%的人工气候模拟池的种植盆内, 2021年9月采用叶面喷施ABA进行预处理, 共喷洒三周, 2021年11月将处理组及ABA预处理组全部转到海阳核电站温排水区保暖驯化设施内, 越冬后(2022年2月底)采集植株顶部叶片, 测定其相关理化指标。

1.2 植物理化指标测定。将三组处理的叶片参照张瑾^[5]等的方法进行理化性质的测定, 将叶片称重后测定电导率指标, 以相对电导率表示质膜透性的大小; MDA含量采用硫代巴比妥酸法, 可溶性蛋白质采用考马斯亮蓝G-250法, 总可溶性糖采用蒽酮-硫酸比色法, 脯氨酸采用茚三酮显色法测定, SOD测定采用氮蓝四唑法, POD采用愈创木酚法, CAT测定采用过氧化氢比色法。

1.3 数据统计分析方法。采用Graphpad Prism 8软件整理数据和制图, 并通过SPSS软件对各组处理间进行显著性分析, 数据结果为平均值+标准差(mean+SD)。

2 结果

2.1 温度监测数据。2021年12月-2022年2月对室外人工驯化设施内空气温度进行了监测, 最低温为-5.9℃。

2.2 脱落酸对低温胁迫下秋茄幼苗叶片细胞膜系统指标的影响。

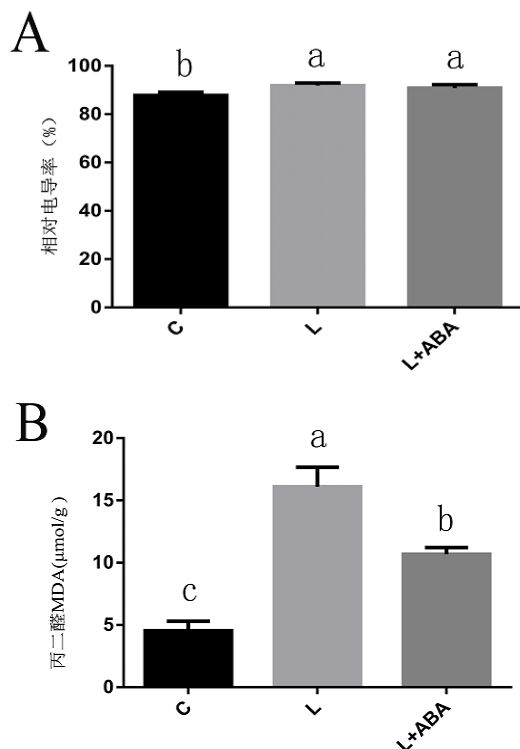


图1 各组间相对电导率变化(A)及MDA含量变化(B)

细胞膜系统叶片相对电导率及丙二醛(MDA)含量的变化如图1所示。组C、组L、组L+ABA相对电导率平均值分别88.6%、92.7%和90.6%, 组L明显升高(P<0.05), 脱落酸处理后, 相对电导率降低(P>0.05)。MDA含量: 组L显著高于组C(P<0.05); 外源添加ABA

后, 含量显著降低(P<0.05)。

2.3 脱落酸对低温胁迫下秋茄幼苗叶片渗透调节物质的影响。叶片中可溶性糖、可溶性蛋白及游离脯氨酸的含量变化如图2所示, 各组之间均有显著性差异(P<0.05), 其中组L与组C相比分别增加了58.8%(P<0.05)、32.3%(P<0.05)和128%(P<0.05), 喷洒脱落酸后, 分别比组L增加了41.1%(P<0.05)、29.4%(P>0.05)和9.4%(P<0.05), 脱落酸可在低温胁迫的基础上进一步提高渗透调节物质在秋茄叶片中的累积。

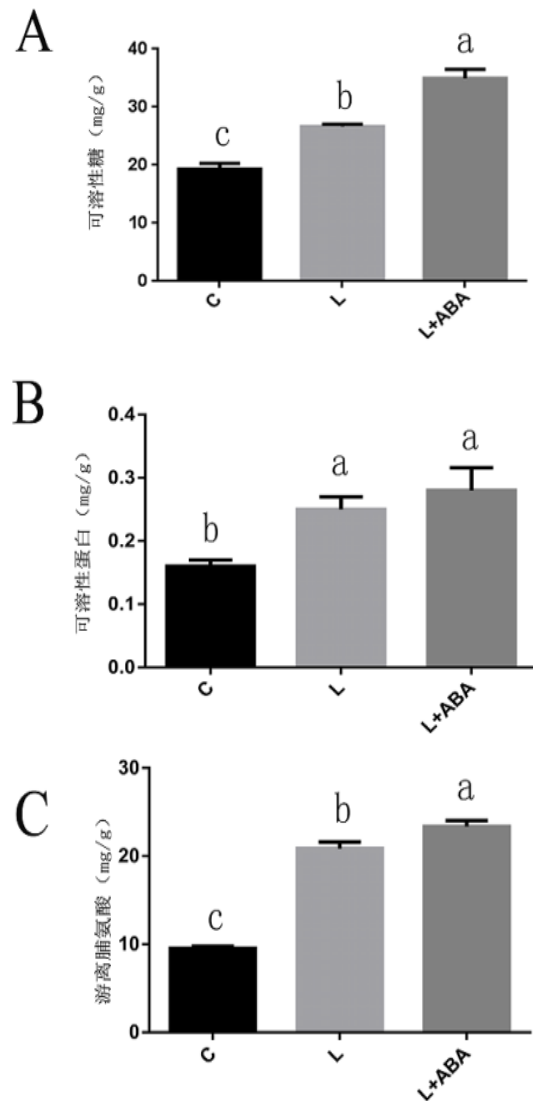


图2 各组间含量变化: 可溶性糖(A)、可溶性蛋白(B)、游离脯氨酸(PRO)(C)

2.4 脱落酸对低温胁迫下秋茄幼苗叶片抗氧化相关酶SOD、POD及CAT酶活性的影响。与组C相比, 较长时间低温胁迫显著增加秋茄叶片抗氧化相关酶SOD、POD及CAT酶的活性(P<0.05), 如图3, SOD、POD及CAT三种酶在较长时间自然降温处理后, 其活性分别比组C增加了65.9%(P<0.05)、189.3%(P<0.05)和64%(P<0.05), 而组L+ABA中SOD、POD及CAT酶的活性, 相对于组L, 分别增加21.9%(P<0.05)、25.6%(P<0.05)和179.7%(P<0.05)。

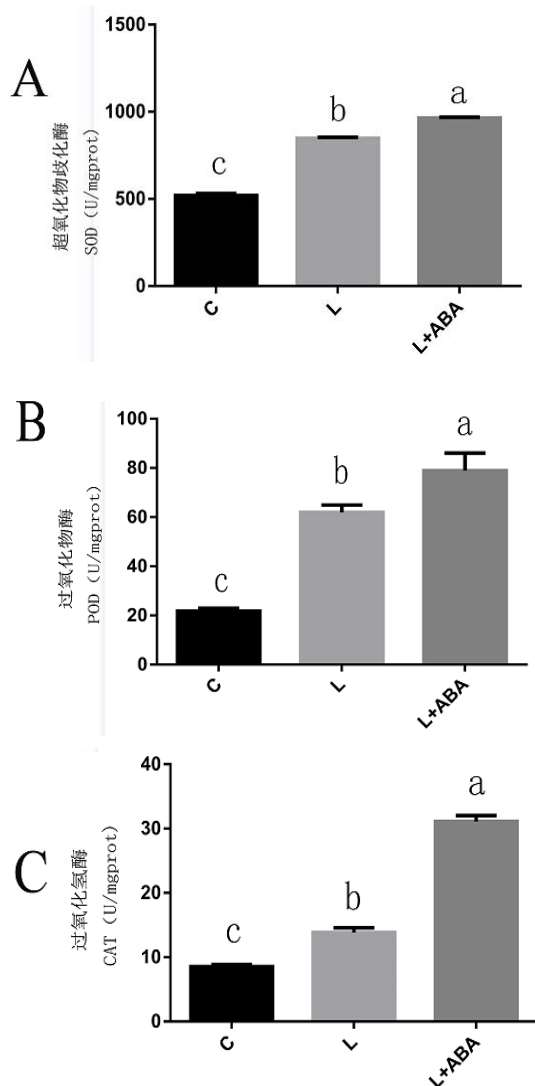


图3 各组间酶活性变化: SOD酶(A)、POD酶(B)、CAT酶(C)

3 原因分析

低温环境影响植物细胞膜的通透性,导致电解质外渗,致使细胞膜受损。相对电导率与膜受伤程度呈正相关,电导率越高细胞膜受到的伤害越大^[6]。研究表明低温可以通过破坏植物体内自由基产生与清除的动态平衡,多余的自由基会引发或加剧膜脂过氧化作用,其作用最终产物MDA会造成严重的膜系统损伤^[7]。本实验中,低温处理组相对电导率和MDA含量明显升高,说明秋茄已受到胁迫。而脱落酸处理后叶片的相对电导率和MDA含量较低温处理组降低,说明外源ABA处理可以降低低温环境下植物体内中的MDA积累量和相对电导率,减少低温胁迫给细胞膜结构带来的伤害,对于维持细胞膜的生理功能,增强植物抗冷性起到积极作用。

分析原因,一方面是外源ABA可提高水分由秋茄根系向叶片输送的效率,提高细胞膜透性,从而提高细胞膜稳定性,减少电解质渗漏。另一方面,低温胁迫时,ABA可以诱导产生更多的渗透调节物质,如脯氨酸、可溶性糖和可溶性蛋白。低温胁迫下,游

离脯氨酸积累,会降低植物渗透势、增强吸水能力,保持细胞膨压来维持正常生理功能。对于可溶性糖,植物在低温胁迫下可以通过在细胞中积累糖从而降低冰点,增强细胞持水能力;通过糖的代谢,可以产生其他保护性物质及能源^[8]。对于可溶性蛋白,因其亲水胶体性较强,能明显增强细胞的持水能力。故渗透调节物质能够提高植物细胞的持水力,提高秋茄体内保护酶的活性,降低膜脂过氧化程度,保护细胞膜结构的完整性。本实验中,低温胁迫下秋茄叶片的可溶性糖、可溶性蛋白及游离脯氨酸相比常温对照组显著增加。喷洒ABA后,可溶性糖、可溶性蛋白及游离脯氨酸的含量与低温胁迫处理组再次出现显著增加,证明了ABA可在低温胁迫的基础上进一步提高渗透调节物质在秋茄叶片中的累积,增强植物抗寒能力。

在低温环境下,植物对氧利用能力降低,打破体内活性氧(Reactive Oxygen Species, ROS)平衡,过量ROS攻击细胞大分子,会引起一系列有害生化反应^[9]。植物细胞内的保护酶系统(包括SOD, POD和CAT)产生协同作用,通过降低ROS的含量水平来减轻对细胞的伤害。如图3,在低温条件下,秋茄叶片中SOD、POD和CAT活性均增强;喷洒外源ABA则能显著提高秋茄叶片中SOD、POD和CAT的活性。

4 结论

长时间低温使细胞膜损伤,外源喷洒ABA可缓解伤害。秋茄幼苗通过渗透调节物质的累积缓解低温胁迫的伤害:一方面保护大分子蛋白缓解低温胁迫危害;另一方面启动植株体内的抗寒机制形成抗寒蛋白、相关激素对低温胁迫进行适应。本实验中,在ABA处理后:平衡细胞内外物质的渗透调节物质含量得到提升,提高了对低温胁迫的抵抗能力;SOD、POD和CAT活性明显增加,维护膜系统的完整性,秋茄抗逆性增强。

【参考文献】

- [1]张忠华,胡刚,梁士楚.我国红树林的分布现状、保护及生态价值[J].生物学通报,2006,41(4):3.
- [2]韩雪,孙镜明,刘晓东.低温胁迫后灯台树的枝、叶、根的细胞膜透性分析[J].吉林林业科技,2006,35(1):4.
- [3]李小安.低温胁迫对麻芡脯氨酸含量和过氧化氢酶、超氧化物歧化酶活性的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2014,(10):3.
- [4]郝格格.脱落酸在植物逆境胁迫研究中的进展[J].中国农学通报,2009,(18):4.
- [5]张瑾,徐秉良,吴步梅.梅下毛瘿螨为害对杏树幼芽结构和生理的影响[J].园艺学报,2014,41(4):653-660.
- [6]刘建新.红火炬郁金香种球的抗寒生理及植物生长调节剂的低温保护效果[J].江苏农业科学,2018,46(10):5.
- [7]王连荣.外源激素对柞扁抗寒生理指标的影响[J].核农学报,2016,(2):8.
- [8]和红军,田丽萍,薛琳.植物抗寒性生理生化研究进展[J].天津农业科学,2007,13(2):4.
- [9]石如意.低温胁迫下外源ABA对玉米幼苗抗寒性的影响[J].华北农学报,2018,33(3):8.