

外源脱落酸对低温胁迫下马铃薯野生材料生理特性的影响

吴巧玉, 何天久*

(贵州省农业科学院生物技术研究所, 贵阳 550006)

摘要:以马铃薯野生材料 W3(耐寒材料)和 Cph12(敏感材料)幼苗为试验材料,采用不同浓度脱落酸(ABA)叶面喷施,通过低温胁迫(-2℃, 2 h)后,观察幼苗表现性状,并测定马铃薯叶片叶绿素、丙二醛(MDA)、脯氨酸(Pro)含量,超氧化物歧化酶(SOD)活性。结果表明,外源喷施 ABA 可以有效缓解由低温胁迫引起的叶绿素降解,降低植物中 MDA 积累量,增加体内 SOD 活性和 Pro 含量。抗寒性与生理指标相关性分析结果表明:添加外源 ABA 后,马铃薯野生材料 W3 的抗寒性与叶绿素、MDA、Pro 含量, SOD 活性变化呈显著相关,抗寒性进一步增强,霜冻敏感野生材料 Cph12 的抗寒性无显著变化。因此,叶面喷施外源 ABA 能通过调控马铃薯的渗透调节和抗氧化能力来减轻细胞膜的损伤,有效缓解低温胁迫带来的伤害;同时外源 ABA 能增强 W3(耐寒材料)的耐寒性。

关键词:马铃薯;脱落酸;低温胁迫;生理特性

中图分类号: S532

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2023)05-0088-04

Effects of Exogenous Abscisic Acid on Physiological Characteristics of Potato Wild Materials under Low Temperature Stress

WU Qiaoyu, HE Tianjiu*

(Institute of Biological Technology, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang 550006, China)

Abstract: We used wild potato material W3 (cold resistant material) and Cph12 (sensitive) seedlings as experimental materials. Different concentrations of abscisic acid (ABA) were used to spray on the leaf, then after low temperature stress (-2°C, 2 h), we observed the apparent properties of the seedlings and determined the change of physiological indicators such as malondialdehyde (MDA), superoxide dismutase (SOD), proline (Pro) content. The results showed that ABA spraying could effectively alleviate the chlorophyll degradation caused by low temperature stress, reduced the accumulation of MDA in plants, and increased the content of SOD and Pro. The correlation analysis between cold resistance and physiological indexes showed that potato material W3 was significantly correlated with the changes of chlorophyll, MDA, SOD and Pro content after ABA treatment. The cold resistance was further enhanced, while the cold resistance of frost-sensitive wild material Cph12 showed no significant changes. Therefore, ABA spraying on the leaf can reduce the damage of cell membrane by regulating the osmotic regulation and antioxidant capacity of potato, and effectively alleviate the damage caused by low temperature stress. ABA could also enhance the cold resistance of W3.

Key words: Potato; Abscisic acid; Low temperature stress; Physiological characteristics

马铃薯是茄科茄属一年生草本植物,一种粮、菜、饲料和工业原料兼用型经济作物,在保障世界粮食安全中发挥重要作用,随着我国农业产业

结构调整,马铃薯种植面积不断扩大^[1]。低温霜冻是影响马铃薯生产的重要自然灾害之一。在马铃薯种植的南方冬作区,常遭冬季低温和早春“倒春寒”,严重影响马铃薯产量和品质,造成重大经济损失。因此,如何提高马铃薯抵御低温的能力,减轻低温胁迫对马铃薯产量及品质的影响逐渐成为冬作栽培马铃薯的研究热点。

ABA 是植物在外界逆境环境中的重要调节因子,在逆境胁迫下 ABA 通过逆境信号的转导,启

收稿日期: 2022-12-14

基金项目: 贵州省科学技术基金项目(黔科合基础[2018]1152)

作者简介: 吴巧玉(1982-),女,副研究员,硕士,主要从事薯类作物生理生化研究。

通讯作者: 何天久,男,博士,研究员, E-mail: hetianjiu1983@163.com

动植物体内的应激反应,参与调控植物的代谢水平,缓解逆境胁迫对植物的伤害,并提高植物的抗逆性^[2]。施加外源ABA可提高植物抗寒性、抗旱性、耐盐性等非生物胁迫抗性,已在多种植物中上被证实^[3-4]。外源ABA处理可提高小麦^[5]、玉米^[6]、辣椒^[7]、番茄^[8-9]、茶苗^[3]等植物的抗寒性。研究表明番茄品种耐寒性与ABA和可溶性糖含量相关^[10]。研究外源ABA预处理的番茄幼苗能够促进冷胁迫相关基因的表达并提高番茄的抗冷性^[9]。在冬季或初春时,适当施用低浓度ABA可在一定程度上提高茶苗的抗逆性,增加新植茶园茶苗的成活率^[3]。0.01%~0.06%ABA浸种可提高番茄幼苗内容物含量,增强幼苗抗寒性。70 mg/L脱落酸促进番茄幼苗抵抗低温伤害^[8]。外源喷施ABA使植物细胞中渗透调节物质、可溶性糖及脯氨酸含量增加、渗透势下降、保水能力增强,均有利于宿主植物度过恶劣条件^[11]。

本研究以两种抗性不同的马铃薯材料为研究对象,采用喷施外源脱落酸方法,低温胁迫后通过测定其生理生化指标,旨在探索脱落酸提高马铃薯耐寒性的机理,为马铃薯抗寒研究提供技术依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

马铃薯野生材料W3(耐低温型)和Cph12(低温敏感型),从国家马铃薯中心引进。材料经脱毒,试管苗用15 cm×15 cm营养钵于温室大棚内进行栽培,栽培基质为泥炭土与蛭石(1:1)。

1.2 试验设计

待植株生长到5~7片复叶时,分别选取长势一致的材料进行处理。试验设4个处理:处理1(CK):0 mg/L ABA,处理2:50 mg/L ABA,处理3:100 mg/L ABA,处理4:150 mg/L ABA,每个处理3次重复。分别用浓度0、50、100、150 mg/L ABA喷施马铃薯叶片,每次喷施50 mL,连续喷施3 d。喷施后幼苗正常生长2 d后,转入低温人工气候箱(PAX-250C,常州)内-2℃黑暗条件下处理2 h。取从上到下第3片完全展开叶进行生理指标检测。

1.3 生理指标检测方法

叶绿素(Chl)含量采用SPAD-502(日本)叶绿素测定仪测定。超氧化物歧化酶(SOD)活性,脯氨酸(Pro)、丙二醛(MDA)含量采用北京索莱宝生物试剂盒使用酶标仪(Bio TeK)测定。

1.4 抗冻性评价

低温胁迫处理后进行冷冻损伤评分。评分标

准采用李飞等^[12]的方法,具体标准为:0=没有损伤;1=叶片轻微伤害;2=一些叶片被冻死;3=所有顶部叶片冻死;4=所有叶片和小叶柄冻死;5=叶片和茎秆冻死。计算各试验受损程度的伤害指数(DI)。DI=($x_0+x_1+x_2+x_3+x_4+x_5$)/总株数,式中 $x_0\sim x_5$ 分别代表各损伤等级的植株数量。

1.5 数据处理

试验数据均以“平均数±标准偏差”表示。采用Excel 2007对数据进行统计分析并作图,使用SPSS 21进行差异显著性检验($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同浓度外源ABA对低温胁迫下马铃薯幼苗抗冻性评价

由表1可知,材料W3抗冻性高于材料Cph12;材料W3的抗冻性随外源ABA浓度提高而提高,冷冻损伤程度逐渐减轻,伤害指数评分降低。当外源ABA浓度达到150 mg/L时,植株无明显冻害性状;材料Cph12的抗冻性随外源ABA浓度的提高没有变化,伤害指数仍然最高,植株全部死亡。说明外源ABA可以提高抗性材料的抗冻性,但对敏感材料的抗冻性影响不大。

表1 不同ABA浓度下两种材料的冷冻伤害指数

| ABA浓度 (mg/L) | 伤害指数 | |
|-----------------|------|-------|
| | W3 | Cph12 |
| 0(CK) | 2.0 | 5.0 |
| 50 | 1.0 | 5.0 |
| 100 | 0.3 | 5.0 |
| 150 | 0.0 | 5.0 |

2.2 不同浓度外源ABA对低温胁迫下马铃薯幼苗叶片叶绿素含量的影响

植物通过叶绿体进行光合作用,遇到非生物胁迫时常引起叶绿体降解^[13]。由表2可知,添加外源ABA后,两种材料的叶绿素含量都高于对照,说明添加外源ABA可以缓解马铃薯植株面临低温胁迫时叶绿素的降解。整体上两种材料叶片叶绿素总含量呈先升后降的趋势。当外源ABA浓度达到100 mg/L时马铃薯叶片叶绿素含量达到最高,其中材料W3叶绿素含量为36.90,与0(CK)和50 mg/L ABA处理相比达到显著性差异($P<0.05$)。

2.3 不同浓度外源ABA对低温胁迫下马铃薯幼苗叶片MDA含量的影响

在非生物胁迫时,植物器官往往会受到伤害,

表2 不同浓度ABA对低温胁迫下马铃薯野生材料叶片生理指标的影响

| ABA浓度(mg/L) | W3 | | | | Cph12 | | | |
|-------------|--------------|-------------------|--------------------|-----------------|--------------|----------------|--------------------|-----------------|
| | 叶绿素含量 (SPAD) | 丙二醛含量 (nmol/g·FW) | 超氧化物歧化酶活性 (U/g·FW) | 脯氨酸含量 (μg/g·FW) | 叶绿素含量 (SPAD) | 丙二醛含量 (nmol/g) | 超氧化物歧化酶活性 (U/g·FW) | 脯氨酸含量 (μg/g·FW) |
| 0 | 31.77±0.26a | 15.80±3.98a | 248.51±9.96a | 111.4±10.46a | 32.40±1.68a | 20.18±2.65a | 130.40±5.11a | 24.69±2.19a |
| 50 | 33.40±0.66a | 15.30±1.54a | 281.32±5.76b | 154.89±9.45b | 34.87±1.46a | 17.80±0.81a | 146.13±11.82ab | 31.24±2.31b |
| 100 | 36.90±1.4b | 13.85±2.14a | 352.28±17.84c | 224.64±18.02c | 35.17±2.05a | 17.50±2.16a | 154.23±13.45bc | 36.82±3.83c |
| 150 | 35.47±0.81b | 11.31±0.34a | 337.73±10.18c | 238.01±10.63c | 34.50±1.71a | 16.04±2.49a | 160.72±3.87bc | 50.18±1.79d |

注: 同列数字后不同字母表示处理间差异显著性 ($P < 0.05$)

发生膜脂过氧化作用,MDA是细胞膜膜脂过氧化物的产物,MDA的积累会对植物细胞膜系统造成一定伤害。由表2可知,添加外源ABA后两种材料叶片内MDA含量都低于对照,添加ABA浓度越高,体内MDA含量越低,说明外源ABA可以调节马铃薯植株体内MDA含量,降低低温对植株的伤害。整个处理过程中,Cph12体内积累MDA含量高于W3,分别是W3的1.28、1.16、1.26、1.42倍,低温时受害程度强于W3。

2.4 不同浓度外源ABA对低温胁迫下马铃薯幼苗叶片SOD活性的影响

由表2可知,两种材料添加ABA后体内SOD活性均高于对照。材料W3体内SOD活性随ABA处理浓度升高呈先升后降的趋势,均与对照达到显著性差异 ($P < 0.05$),当外源ABA浓度

达到100 mg/L时,叶片SOD活性最高,为352.28 U/g·FW;当ABA浓度为150 mg/L时,SOD活性下降,为337.73 U/g·FW。材料Cph12 SOD活性随ABA处理浓度升高呈逐渐上升趋势,当ABA浓度为50 mg/L时,SOD活性与对照差异不显著,ABA浓度为100、150 mg/L时,SOD活性与对照达到显著性差异 ($P < 0.05$)。整个处理过程中,W3体内SOD活性是Cph12的1.91、1.93、2.28、2.10倍。

2.5 不同浓度外源ABA对低温胁迫下马铃薯幼苗叶片Pro含量的影响

脯氨酸是植物体内极其重要的渗透调节物质。在逆境条件下,植物体内脯氨酸含量显著增加。从表2可知,添加外源ABA后,两种材料叶片脯氨酸含量均呈逐渐上升趋势,均与对照达到显著性差异 ($P < 0.05$),说明外源ABA可以提高马铃

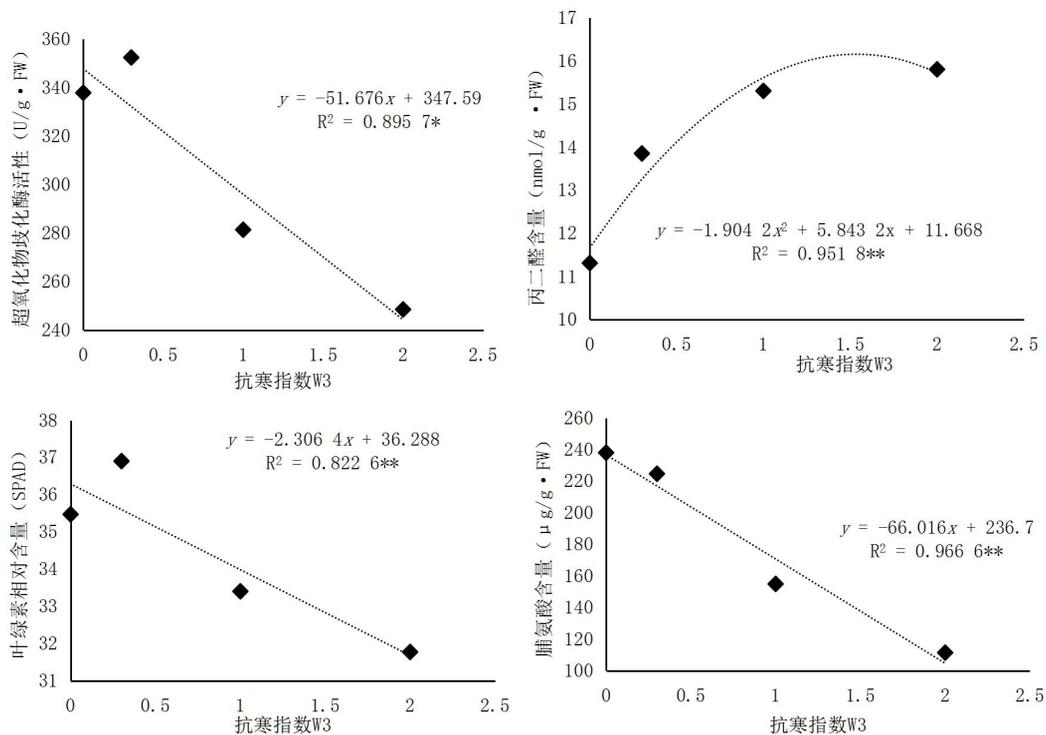


图1 马铃薯野生材料抗寒性与生理指标相关性

薯植株在低温胁迫时的抗逆性。整个处理过程中, W3 体内脯氨酸含量是 Cph12 的 4.51、4.96、6.10、4.74 倍, 说明材料 W3 抗逆性强于 Cph12。

2.6 抗寒性与生理指标相关性

相关性分析结果表明(图 1), 添加不同浓度 ABA 后马铃薯野生材料 W3 抗寒性与叶绿素、丙二醛、脯氨酸含量, 超氧化物歧化酶活性变化呈显著相关; 而添加不同浓度 ABA 后材料 Cph12 抗寒性没有变化。

3 结论与讨论

ABA 是抗寒基因表达的启动因子, 对植物抗寒力的调控起着重要作用^[10]。外源物质处理提高植物耐寒性首先表现在植物表观性状的变化方面^[8]。ABA 处理可有效缓解低温胁迫对植物的伤害, 如适当剂量的外源 ABA 能够提高茶树、香蕉、荔枝、甘蔗、库尔勒香梨等多种植物耐寒性^[10]。在冬小麦、山茶花、玉米等^[5,14-15]的研究中, 外源 ABA 可降低植物中 MDA 的积累量, 从而减轻低温胁迫对细胞膜的破坏作用。本试验结果添加外源 ABA 后两种材料叶片内 MDA 含量都低于对照, 添加 ABA 浓度越高, 体内 MDA 含量越低, 与石如意等^[15]研究结果一致。添加不同浓度 ABA 还能使马铃薯叶片中超氧化物歧化酶活性和游离脯氨酸的含量明显增加, 与周琳等^[3]研究结果一致。

光合作用是植物的重要代谢过程, 是植物生长发育和能源的主要来源^[16]。叶绿素含量直接影响光合作用强弱, 当遇到非生物胁迫时常引起叶绿体降解。外源喷施 ABA、GA、SA 可以有效缓解由盐胁迫引起的叶绿素含量降低^[17]。本研究结果表明, 添加外源 ABA 可以缓解马铃薯植株面临低温胁迫时叶绿素的降解, 外源 ABA 浓度达到 100 mg/L 时抗寒材料 W3 叶片叶绿素含量达到最高, 与对照达显著性差异。

抗寒性与生理指标相关性分析结果表明, 添加外源 ABA 后, 抗寒马铃薯野生材料 W3 的抗寒性与叶绿素、丙二醛、脯氨酸含量, 超氧化物歧化酶活性变化呈显著相关, 抗寒性进一步增强, 霜冻敏感野生材料 Cph12 的抗寒性无显著变化。说明添加外源 ABA 增强 W3 抗寒性是通过强化植株原有抗寒性状来实现的, 对抗寒过程的研究有助于解析植物抗寒机理, 为种质资源抗寒能力鉴定

筛选和抗寒遗传育种提供理论依据。

参考文献:

- [1] 李 闯, 张海燕, 谭 化, 等. 马铃薯新品种‘吉薯 1 号’茎尖脱毒及组培快繁研究[J]. 东北农业科学, 2019, 44(6): 62-64, 73.
- [2] Chen H H, Li P H, Brenner M L. Involvement of abscisic Acid in potato cold acclimation [J]. Plant Physiology, 1983, 71(1): 326-365.
- [3] 周 琳, 申加枝, 段 玉, 等. 外源脱落酸对茶树生理指标的影响[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(12): 102-108.
- [4] Cao F Y, Yoshioka K, Desveaux D. The roles of ABA in plant-pathogen interactions [J]. Journal of Plant Research, 2011, 124: 489-499.
- [5] 王军虹, 徐 琛, 苍 晶, 等. 外源 ABA 对低温胁迫下冬小麦细胞膜脂组分及膜透性的影响[J]. 东北农业大学学报, 2014, 45(10): 21-28.
- [6] Anderson M D, Prasad T K, Martin B A, et al. Differential gene expression in chilling acclimated maize seedlings and evidence for the involvement of abscisic acid in chilling tolerance[J]. Plant Physiology, 1994, 105(1): 331-339.
- [7] 徐珊珊, 史星雲, 李 强. 外源 ABA 对辣椒幼苗抗冷性的影响[J]. 长江蔬菜, 2015(24): 55-58.
- [8] 段思阳, 王美玲, 张喜春, 等. 外源脱落酸和水杨酸及赤霉素对番茄幼苗抗寒性的影响[J]. 北京农学院学报, 2020, 35(3): 50-56.
- [9] 尹松松, 赵婷婷, 李景富, 等. 外源 ABA 对番茄幼苗抗冷性差异的研究[J]. 东北农业科学, 2016, 41(4): 94-99.
- [10] 王孝宣, 李树德, 东惠茹, 等. 番茄品种耐寒性与 ABA 和可溶性糖含量的关系[J]. 园艺学报, 1998, 25(1): 56-60.
- [11] 谢静静, 王 笑, 蔡 剑, 等. 苗期外源脱落酸和茉莉酸减缓小麦花后干旱胁迫的效应及生理机制[J]. 麦类作物学报, 2018, 38(2): 221-229.
- [12] 李 飞, 金黎平. 野生马铃薯材料耐霜冻性评价[J]. 中国马铃薯, 2007, 21(3): 139-141.
- [13] Wu Q Y, He T J, Liu H, et al. Cell ultrastructure and physiological changes of potato during cold acclimation[J]. Canadian Journal of Plant Science, 2019, 99: 873-884.
- [14] 章锦涛, 王 华, 王 松, 等. 外施脱落酸对低温胁迫下山茶花生理生化指标的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2017, 44(1): 142-145.
- [15] 石如意, 王腾飞, 李 军, 等. 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): 136-143.
- [16] 李琬婷, 宁 朋, 王 菲, 等. 外源脱落酸对干旱胁迫下滇润楠幼苗生长及生理特性的影响[J]. 应用生态学报, 2020, 31(5): 1543-1550.
- [17] 张环宇. 盐胁迫下外源激素对黄瓜幼苗生理特性的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2018(3): 38-40.

(责任编辑: 王 昱)