

姜琳琳,王静,段晓凤,等. 低温对富士苹果花抗性生理指标的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(11):111-114.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.11.022

# 低温对富士苹果花抗性生理指标的影响

姜琳琳,王静,段晓凤,马国飞,李红英

(中国气象局旱区特色农业气象灾害监测预警与风险管理重点实验室/宁夏气象防灾减灾重点实验室,宁夏银川 750002)

**摘要:**以富士苹果花为研究对象,采用霜冻模拟试验箱模拟自然霜冻降温过程,分别测定-2、-2.5、-3、-3.5、-4、-4.5℃时苹果花的丙二醛(MDA)、脯氨酸、可溶性蛋白质和可溶性糖含量。结果表明,随温度的降低,苹果花可溶性糖含量在-2.5℃时显著增加,达到峰值后其含量开始下降并趋于稳定;可溶性蛋白含量在-2.5℃时显著增加,在-3.5~-4℃时达到峰值后显著降低;脯氨酸含量在-3~-3.5℃时显著增加;MDA含量在-3~3.5℃时达到峰值后显著降低。总体来说,上述抗性生理指标对低温响应表现出较好的一致性,初步确定苹果花对低温响应的临界温度为-2.5~-3.5℃。

**关键词:**低温;苹果花;可溶性糖;丙二醛(MDA);脯氨酸;可溶性蛋白

**中图分类号:** S661.101 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)11-0111-04

苹果产业是宁夏果品的传统产业,是果农种植时间最早、比较效益相对较高的优势产业。近年来,随全国苹果产业发展由东部向西部的转移,宁夏成为苹果生产的重要产区,种植面积已达4.46万hm<sup>2</sup>,苹果产业已成为宁夏地方经济发展和农民增收致富的重要特色优势产业<sup>[1]</sup>。宁夏深处内陆,大陆性气候特点突出,在每年4月冷暖空气交汇时期,晚霜冻害频繁发生,严重影响苹果产量和品质,对苹果产业的发展造成很大威胁。据宁夏气象科学研究所调查,2018年4月4—8日出现的霜冻天

气使宁夏地区正值花期的苹果严重受冻。其中,银川河东生态园艺试验中心、灵武园艺场、吴忠园艺场和中宁轿子山林场苹果受冻率分别高达90%、70%、90%和85%。

在苹果低温抗寒性方面,前人已经做了大量研究。研究表明,苹果花器官不同发育阶段抗寒力存在差异,即花蕾期>盛花期>幼果期,其中花蕾和花朵的低温半致死温度分别为-4.53、-4.01℃<sup>[2]</sup>。许多学者通过测定低温胁迫下植物细胞内可溶性蛋白、脯氨酸、丙二醛(MDA)和可溶性糖等物质的含量对苹果的抗寒性进行评价<sup>[3-5]</sup>。但前人研究多集中于苹果枝条和果实,对低温下苹果花的生理响应研究较少。因此,本研究通过模拟自然霜冻降温过程,对苹果花中MDA、脯氨酸、可溶性蛋白质以及可溶性糖含量进行测定,分析苹果花在低温下的生理生化响应规律,以期对苹果霜冻指标的确定和防霜技术的研发提供参考依据。

收稿日期:2019-07-06

基金项目:国家自然科学基金地区科学基金(编号:41565006)。

作者简介:姜琳琳(1992—),女,河南许昌人,硕士,主要从事农业气象研究。E-mail:15261822625@163.com。

通信作者:李红英,博士,主要从事气候资源利用与农业气象灾害研究。E-mail:hongyingly@126.com。

益影响[J]. 北方园艺,2012(7):156-158.

[7] 呼生春,张永飞,张旭东,等. 不同水溶肥对土壤养分及“红地球”葡萄产量和品质的影响[J]. 北方园艺,2016(10):166-170.

[8] 朱家骝. 嘉有生命源黄腐酸水溶肥在葡萄上的应用[J]. 浙江农业科学,2018,59(7):1164-1165.

[9] 高元吉,陵军成. 腐殖酸水溶肥对葡萄叶片生长发育和果实品质的影响[J]. 青海农林科技,2017(3):15-18.

[10] 鲁如坤. 土壤农业化学分析法[M]. 北京:中国农业科技出版社,1998.

[11] 李合生,孙群,赵世杰,等. 植物生理生化实验原理与技术

[M]. 北京:高等教育出版社,1999.

[12] 刘约权. 实验化学[M]. 北京:高等教育出版社,1999.

[13] 国家技术监督局. 食品中总酸的测定方法:GB/T 12456-90[S]. 1990.

[14] 张志良. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,1990.

[15] 徐欣,郑利远,周珂,等. 长期施肥对不同有机质水平黑土蛋白酶活性及氮素的影响[J]. 中国土壤与肥料,2019(1):44-48.

[16] 王志平,王克武,贯立茹,等. 结果期不同水溶肥对温室草莓产量及含糖量的影响[J]. 中国园艺文摘,2014,30(1):46-47.

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验于2017年4月22—23日在宁夏河东生态园艺试验中心进行,为了确保试验结果具有可比性,选取树龄(13~15年)、树势、营养状况一致的富士苹果树作为采样树体,采取长度至少30 cm、花量均匀的苹果枝条,插入湿度适宜、覆膜的营养钵培养待用。

### 1.2 试验材料的低温处理

试验仪器采用中国农业科学院开发的、以PID

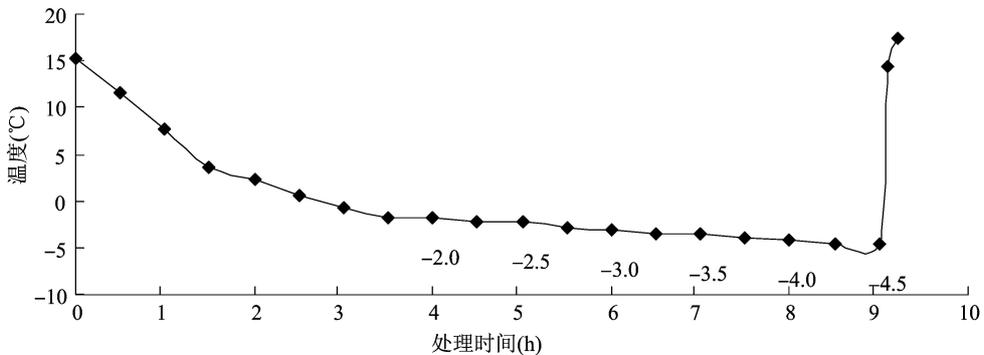


图1 用于培养苹果枝条的霜冻模拟试验箱中模拟自然霜冻的降温曲线

### 1.3 测定项目与方法

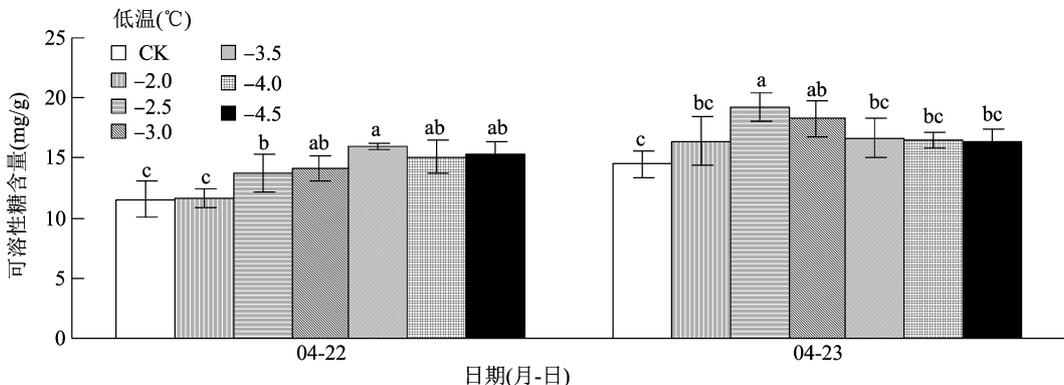
MDA含量采用硫代巴比妥酸法<sup>[6]</sup>测定;游离脯氨酸采用磺基水杨酸浸提-酸性茚三酮显色法<sup>[7]</sup>测定;可溶性蛋白质含量采用考马斯亮蓝法<sup>[7]</sup>测定;可溶性糖含量采用蒽酮比色法<sup>[7]</sup>测定。

### 1.4 数据处理

采用Excel 2010和SPSS 21.0软件进行数据处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 低温对苹果花可溶性糖含量的影响



同一日期不同温度柱形图上的不同字母表示在0.05水平上差异显著。图3至图5同

图2 低温对苹果花可溶性糖含量的影响

调节方式控温的MSX-2F型模拟霜箱系统。将培养的苹果枝条连同营养钵置于霜冻模拟试验箱,按照图1所示设置降温曲线,试验处理温度为-2、-2.5、-3、-3.5、-4、-4.5℃,降温过程中在达到每个处理温度并持续0.5 h之后取出一批样品,每批苹果花样品为10~15朵,并且为了尽量减少取样对降温过程的影响,每次取样时间严格控制在10 s之内。以营养钵中室温培养的样本作为对照(CK)。低温处理的每一批样品要及时用液氮处理保存其生理活性状态,用于测定各项生理指标,每批样品重复测定3次。

低温条件下可溶性糖含量越高,抗冻力越强。由图2可知,苹果花的可溶性糖含量随着温度降低呈现先升高后下降的趋势。当温度下降到-2.5℃时,苹果花可溶性糖含量显著高于-2℃时的可溶性糖含量。-3~-2.5℃可溶性糖含量维持在较高的水平。在整个研究温度范围(-2~-4.5℃)内,当可溶性糖含量达到峰值之后开始略微下降并趋于稳定。

### 2.2 低温对苹果花可溶性蛋白质含量的影响

由图3可知,随温度的降低,苹果花的可溶性蛋白质含量呈先增加后下降的趋势。与-2℃相比,

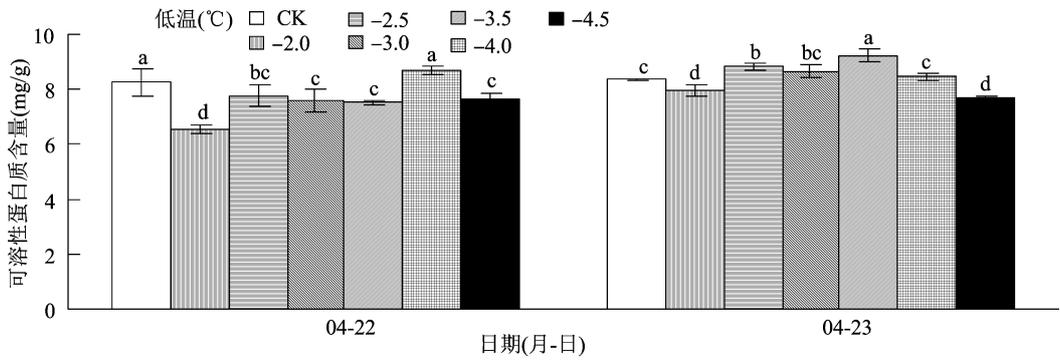


图3 低温对苹果花可溶性蛋白质含量的影响

-2.5 °C 时苹果花可溶性蛋白质含量显著升高,之后随着温度下降其含量继续上升,在 -3.5 ~ -4.0 °C 达到峰值。-4 ~ -2 °C 苹果花蛋白质含量的增加可能是由于其抗冷性增强导致的,之后其含量的降低可能是由于长期低温致使苹果花细胞遭受了不可逆伤害。

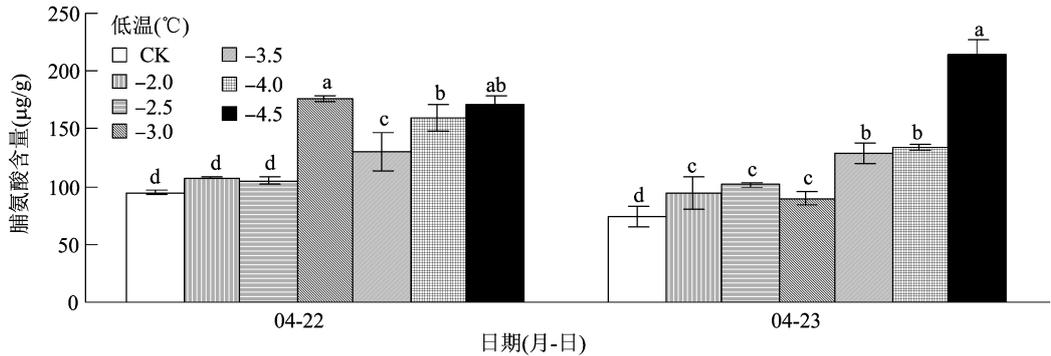


图4 低温对苹果花脯氨酸含量的影响

#### 2.4 低温对苹果花 MDA 含量的影响

MDA 是细胞膜脂过氧化的产物。由图 5 可知,随着温度的下降,MDA 含量呈先上升后下降最后趋于平稳的趋势。4 月 22、23 日,苹果花的 MDA 含量分别在 -3.5、-3 °C 达到峰值,分别为 6.2、5.8 μmol/g。之后随温度继续降低,MDA 含量开始下降,但与随后一温度处理相比,其含量无显著变

#### 2.3 低温对苹果花脯氨酸含量的影响

脯氨酸是植物在逆境胁迫下的产物。从图 4 可以看出,降温导致苹果花脯氨酸含量呈现增加趋势,4 月 22、23 日,苹果花的脯氨酸含量分别在 -3、-3.5 °C 下显著高于前一温度处理,之后其含量也一直显著高于 CK。

化。降温后期苹果花 MDA 含量趋于稳定,这可能是由温度达到了苹果花所能承受的低温临界值,细胞受到不可逆伤害导致的。

### 3 讨论与结论

MDA 是细胞膜脂过氧化的产物,逆境胁迫会导致其含量增加<sup>[8-9]</sup>。本研究表明,其含量在低温下

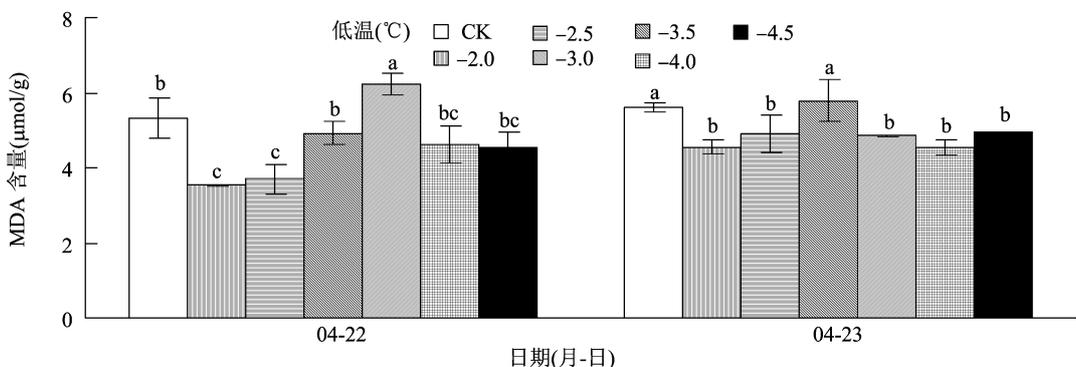


图5 低温对苹果花 MDA 含量的影响

呈先上升后下降最后趋于平稳的趋势。这与闫忠业等对苹果枝条的研究结果<sup>[10]</sup>一致,表明当温度低于苹果花体受冻临界值时,苹果花体将会遭受不可逆的伤害。脯氨酸是植物细胞内分布最广泛的一种有机渗透调节物质<sup>[11]</sup>,逆境下植物体内脯氨酸含量的增加通常被认为是植物的一种适应性反应<sup>[12-13]</sup>。也有研究认为,逆境下其含量的增加是植株受伤害的表现<sup>[14]</sup>。还有研究表明,脯氨酸含量与植株抗寒性没有明显的相关性<sup>[10,15]</sup>。本研究表明,随温度的降低,苹果花的脯氨酸含量呈增加趋势,结合MDA含量的变化特点,认为其含量的增加是植株受伤害的结果。一般认为,可溶性蛋白质含量与植物的抗寒性相关。有研究表明,低温下可溶性蛋白质含量呈增加趋势<sup>[16]</sup>。也有研究表明,低温会造成可溶性蛋白质,尤其是高分子可溶性蛋白质含量的迅速下降<sup>[14]</sup>。本研究表明,低温下苹果花的可溶性蛋白质含量呈现先增加后降低的趋势,这与令凡等的研究结果<sup>[17]</sup>一致。蛋白质含量增加可能是苹果花对低温的适应的表现。可溶性糖是冷害和冻害条件下细胞内的保护物质<sup>[18]</sup>,研究普遍认为,低温胁迫下其含量的增加能够提高植物抗逆性<sup>[19-21]</sup>。在本研究中,低温胁迫下可溶性糖呈现先增高后下降的趋势,前期其含量的增加是植株启动自身防御机制的表现,后期的下降过程是苹果花受到不可逆伤害的表现。本研究表明,脯氨酸、MDA、可溶性糖和可溶性蛋白质对低温响应的临界温度范围在 $-2.5 \sim -3.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,这与李红英等研究的苹果花期低温敏感范围<sup>[22]</sup>具有较好的对应关系。

植物的抗寒性机理是一个复杂的过程,本研究只选取了1个品种进行测定,由于苹果花期相对较短,本试验没有细分花苞期、开放期和落花期。4月22日测定结果和23日有所差别,可能是受花期发育进程的影响。另外,由于试验需要一定的样本量,因此没有细分为花瓣、花药和柱头等器官,今后可通过增加测定品种和其他抗寒性指标进一步深入研究苹果花的抗寒性机理。

#### 参考文献:

- [1]李国. 宁夏苹果产业发展提升思考与建议[J]. 宁夏林业, 2016(3): 21-22.
- [2]王来平,薛晓敏,路超,等. 几种抗逆增强剂对苹果花与幼果抗寒力的效果[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(9): 109-112.
- [3]付超,周雪玲,朱春林. 应用隶属函数法综合评价高酸苹果抗寒性及果实品质[J]. 北方园艺, 2017, 41(2): 11-15.
- [4]向春燕,樊丽,亢键,等. 低温胁迫下嘎拉苹果果实叶绿素荧光参数与其他生理和品质指标的相关性[J]. 西北农业学报, 2014, 23(8): 135-141.
- [5]李江阔,刘畅,张鹏,等. 低温条件下不同时期1-MCP处理对金冠苹果生理和品质的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(18): 220-224.
- [6]张志良,瞿伟菁. 植株生理学实验指导[M]. 3版. 北京:高等教育出版社, 2003: 274-276.
- [7]王学奎,黄见良. 植物生理生化实验原理与技术[M]. 北京:高等教育出版社, 2015.
- [8]冯建灿,张玉洁,杨天柱. 低温胁迫对喜树幼苗SOD活性、MDA和脯氨酸含量的影响[J]. 林业科学研究, 2002, 15(2): 197-202.
- [9]王华,王飞,陈登文,等. 低温胁迫对杏花SOD活性和膜脂过氧化物的影响[J]. 果树学报, 2000, 17(3): 197-201.
- [10]闫忠业,吕天星,王冬梅,等. 低温下六个苹果新品种抗性生理指标的比较[J]. 植物生理学报, 2015, 51(1): 93-96.
- [11]邓凤飞,杨双龙,龚明. 细胞信号分子对非生物胁迫下植物脯氨酸代谢的调控[J]. 植物生理学报, 2015, 51(10): 1573-1582.
- [12]汤章城. 逆境条件下植物脯氨酸的累积及其可能的意义[J]. 植物生理学报, 1984, 20(1): 15-21.
- [13]Kishor P, Sreenivasulu N. Is proline accumulation *per se* correlated with stress tolerance or is proline homeostasis a more critical issue[J]. Plant, Cell & Environment, 2014, 37(2): 300-311.
- [14]龚明,刘友良,朱培仁. 低温下水稻叶片中蛋白质及游离氨基酸的变化[J]. 植物生理学通讯, 1989, 25(4): 18-22.
- [15]徐炳达,朴成日,高文浩,等. 延边地区苹果梨抗寒生理研究[J]. 延边大学农学报, 2009, 31(1): 26-31.
- [16]王晓宇,张艳娥,张林生. 4种非生物胁迫下小麦幼苗表型及可溶性蛋白含量的变化[J]. 干旱地区农业研究, 2018, 36(2): 113-117, 169.
- [17]令凡,焦健,李朝周,等. 不同油橄榄品种对低温胁迫的生理响应及抗寒性综合评价[J]. 西北植物学报, 2015, 35(3): 508-515.
- [18]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): 57-61.
- [19]李自龙,徐雪凤,焦健,等. 不同品种油橄榄离体叶片对渗透胁迫的生理响应及其抗旱机制[J]. 西北植物学报, 2014, 34(9): 1808-1814.
- [20]徐卫平,蒋景龙,任绪明,等. 低温胁迫对3种柑橘幼苗细胞膜及渗透调节的影响[J]. 分子植物育种, 2017, 15(3): 1104-1108.
- [21]Couée I, Sulmon C, Gouesbet G, et al. Involvement of soluble sugars in reactive oxygen species balance and responses to oxidative stress in plants[J]. Journal of Experimental Botany, 2006, 57(3): 449-459.
- [22]李红英,段晓凤,王静,等. 宁夏苹果花期霜冻敏感性指标研究[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(6): 184-188.