

低温下7个草莓品种的抗性生理指标比较

杨馥霞, 汤玲, 贺欢, 孔芬, 王卫成

(甘肃省农业科学院林果花卉研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 以7个草莓新品种为试材, 在-15~4℃范围内设置7个温度梯度处理, 测定草莓叶片叶绿素、可溶性糖、游离脯氨酸及丙二醛(MDA)含量, 以评价其抗寒性。结果表明, 低温处理后, 宁玉叶片中叶绿素含量最高; 隋珠、宁玉的可溶性糖含量较高, 但各品种间差异不明显。脯氨酸含量受到影响因素较多, 不能从含量上判断与抗寒力强弱的相关性; 京藏香的MDA含量一直较高, 宁玉的MDA含量较低且稳定。宁玉的抗寒力最强, 京藏香较弱, 其他品种介于两者之间。

关键词: 草莓; 抗寒性; 可溶性糖; MDA; 游离脯氨酸

中图分类号: S668.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2021)04-0014-04

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2021.04.005](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2021.04.005)

Comparison of Resistant Physiological Index among Seven New Strawberry Cultivars after Low Temperature Treatment

YANG Fuxia, TANG Ling, HE Huan, KONG Fen, WANG Weicheng

(Institute of Fruit and Floriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: In order to evaluate cold tolerance of seven strawberry cultivars, we measured the contents of chlorophyll, soluble sugar, proline and malondialdehyde (MDA) after the plants were treated at seven different

收稿日期: 2020-08-19; 修订日期: 2021-02-01

基金项目: 甘肃省青年科技基金项目(20JR10RA461); 甘肃省农业科学院重点研发计划项目(2020GAAS21); 甘肃省农业科学院院列中青年基金项目(2016GAAS48、2017GAAS80)。

作者简介: 杨馥霞(1986—), 女, 甘肃白银人, 助理研究员, 主要从事草莓栽培工作。联系电话: (0)15109319746。Email: yangfu.xia@163.com。

通信作者: 王卫成(1968—), 男, 甘肃白银人, 副研究员, 主要从事草莓育种研究工作。联系电话: (0)13919430750。Email: wang216630@sohu.com。

量、根长、根直径和根重均为80万株/hm²时最大, 说明密度太小或太大都不利于党参生长发育。在干旱半干旱的定西市, 密度为80万株/hm², 施氮量为120 kg/hm²为最佳党参种植肥密组合。

参考文献:

- [1] 中国科学院《中国植物志》编委会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1983.
- [2] 卢有媛, 张小波, 杨燕梅, 等. 秦艽药材的品质区划研究[J]. 中国中药杂志, 2016, 41(17): 3132-3138.
- [3] 崔同霞, 李怀德, 杨俊海, 等. 配方施肥对党参产量性状的影响[J]. 甘肃农业科技, 2017(3): 25-28.
- [4] 于忠智, 杨玉洪, 林凤霞. 党参栽培技术[J]. 吉林林业科技, 2011(4): 58.
- [5] 龚成文, 赵欣楠, 冯守疆, 等. 配方施肥对党参生产特性的影响[J]. 西北农业学报, 2013, 22(11): 130-136.
- [6] 王艳玲, 奚广生. 轮叶党参关键栽培技术[J]. 北方园艺, 2012(7): 182-183.
- [7] 纪瑛, 漆璐涛, 蔡伟, 等. 不同密度和栽培方式对党参种子产量及其构成的影响[J]. 中药材, 2015(12): 2473-2475.
- [8] 何春雨, 张延红, 蔺海明, 等. 不同密度和施肥量对党参品质及其病害程度的效应研究[J]. 中国农业科技导报, 2012, 14(3): 127-131.

(本文责编: 陈珩)

temperatures from $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. The results showed that after low temperature treatment, the chlorophyll content was highest in Ningyu leaves, the soluble sugar content of Suizhu and Ningyu was higher, but the difference was not obvious among the cultivar. Proline content is affected by many factors, so it cannot be judged from the content of the correlation with cold resistance strength; the MDA content of Jingzangxiang was always high, Ningyu was low and stable. The cold tolerance of Ningyu is strongest and of Jingzangxiang is weakest, and of other cultivars is intermediate.

Key words: Strawberry; Cold resistance; Soluble sugar; MDA; Proline

甘肃位于中国西北地区，冬季寒冷干燥。随着草莓生产规模的扩大，低温伤害成为影响草莓栽培的因素之一，选择抗寒性强、适应性强的品种成为当地育种及引种的目标^[1]。近年来，甘肃省陆续引进一系列草莓新品种^[2]，但这些品种在寒旱条件下适应性如何，需要采用与抗寒相关的生理指标进行评价。我们前期对部分品种低温半致死温度进行了测定^[3]，现通过对草莓叶片中叶绿素含量、可溶性糖含量、游离脯氨酸含量及 MDA 含量变化的测定，进一步评价草莓品种红颜、甘露、隋珠、京藏香、宁玉、蒙特瑞、圣安德瑞斯的抗寒性，以期筛选适应甘肃省寒旱生态环境栽培的草莓品种及抗寒亲本的选择提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试草莓品种为红颜(Benihoppe)、甘露(Ganlu)、隋珠(Suizhu)、京藏香(Jingzangxiang)、宁玉(Ningyu)、蒙特瑞(Monterey)、圣安德瑞斯(San Andreas)，均由甘肃省农业科学院林果花卉研究所提供。

1.2 试验方法

2017 年 11 月选择供试草莓品种的匍匐

茎苗，每个品种 100 株，定植于规格 $12\text{ cm} \times 12\text{ cm}$ 的黑色营养钵中草炭土培养，正常水肥管理。定植 120 d 后低温处理，先在人工培养箱中 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 低温锻炼 12 h，期间无光照。然后用低温培养箱进行处理，控温精度 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。每个温度下每品种处理 3 株，处理温度分别为 0 、 -3 、 -6 、 -9 、 -12 、 $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，对照温度为 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (CK)。以 $4.0\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 升降温，至设定温度后保持 12 h，然后温度回升至 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保持 12 h，取中心展开叶外数第 2~4 张复叶测定叶绿素、可溶性糖、游离脯氨酸、MDA 等含量，测定时参考李合生^[4]方法，重复 3 次。

2 结果与分析

2.1 叶绿素含量

低温能使叶绿素降解，影响叶绿素的含量与组分，还能使与光合作用有关的酶失活，从而影响光合速率。从图 1 可知，受到低温胁迫时，草莓叶绿素总量的变化呈先增加后降低的趋势。其中，京藏香、圣安德瑞斯、隋珠、红颜和甘露在 $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的低温处理下叶绿素含量出现最大值，随后降低；蒙特瑞和宁玉则在 $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ 达到最高点，随后下降。不同温度下宁玉叶片中平均叶绿素含

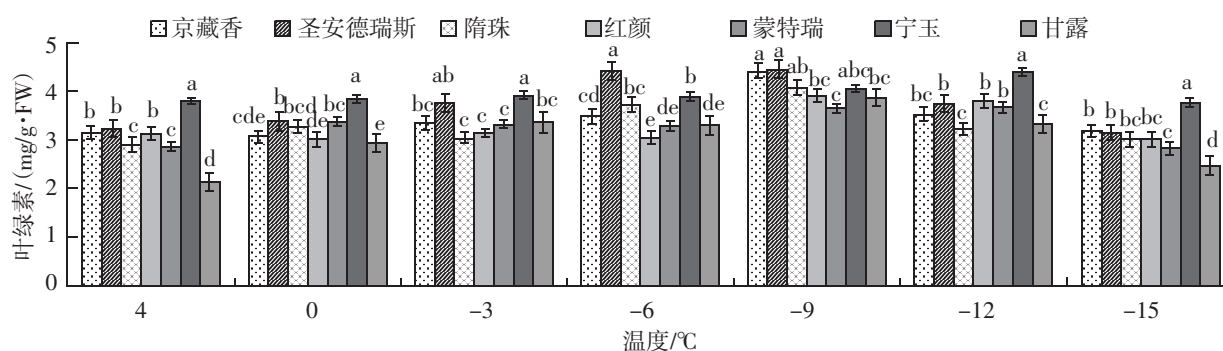


图 1 不同低温处理后草莓叶片中叶绿素含量的变化

量高, 部分品种间差异不明显。上述结果说明不同草莓品种叶绿素含量在一定温度下与抗寒性的强弱存在相关性。

2.2 可溶性糖含量

低温处理后可溶性糖含量较高的品种抗寒能力较强^[5]。由图2可见, 不同草莓品种的可溶性糖含量变化相对稳定。4℃条件下不同品种草莓叶片中可溶性糖含量为4.6~5.3 g/kg, 其中圣安德瑞斯含量显著高于其他品种。京藏香和隋珠在0℃低温处理后可溶性糖含量出现最大值, 圣安德瑞斯、红颜和甘露经-9℃低温处理下可溶性糖含量最高, 蒙特瑞和宁玉可溶性糖含量最高点出现在-15℃处理。在7个温度梯度下, 隋珠叶片中可溶性糖含量的平均值最高, 其次是宁玉, 但各品种间差异不明显。

2.3 游离脯氨酸含量

由图3可见, 红颜、蒙特瑞、宁玉在4℃时游离脯氨酸含量最高, 京藏香在-6℃处理下出现最高值, 隋珠和甘露在0℃下含

量最高, 圣安德瑞斯在-12℃出现最高值。除4、0℃外, 其他温度下游离脯氨酸含量平均值以京藏香最高, 明显高于其他品种; 隋珠次之, 宁玉含量最低, 其他品种在部分温度下差异不明显。宁玉和甘露在不同低温下的脯氨酸含量相对稳定, 没有太大变化, 而京藏香不同处理间差异较大。

2.4 MDA含量

由图4可以看出, MDA的含量在不同品种间差异较大。京藏香、红颜、蒙特瑞、宁玉MDA含量均在4℃条件下最高, 甘露、隋珠、圣安德瑞斯在-12℃处理时MDA出现最高值。在7个温度条件下, 京藏香和蒙特瑞中MDA含量的平均值均高于宁玉。京藏香经不同温度处理后MDA含量始终保持较高水平, 宁玉处于最低水平。可见, 宁玉抗寒性最强, 其次是甘露、红颜、圣安德瑞斯、隋珠、蒙特瑞, 京藏香的抗寒性最差。低温处理后, 宁玉叶片中MDA含量低且较稳定。

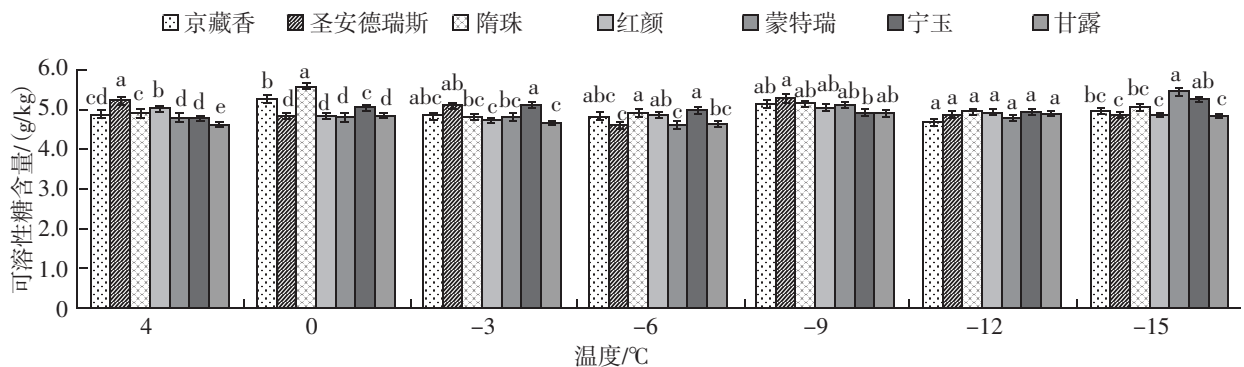


图2 不同低温处理后草莓叶片中可溶性糖含量的变化

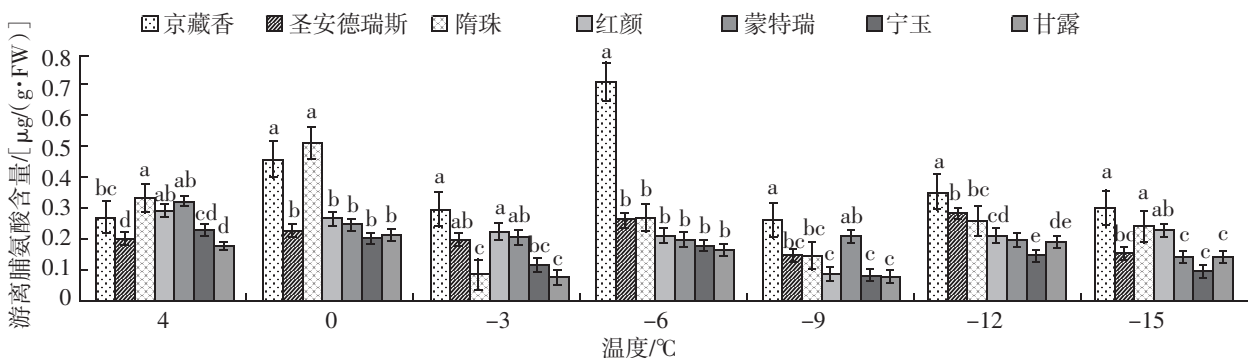


图3 不同低温处理后草莓叶片中游离脯氨酸含量的变化

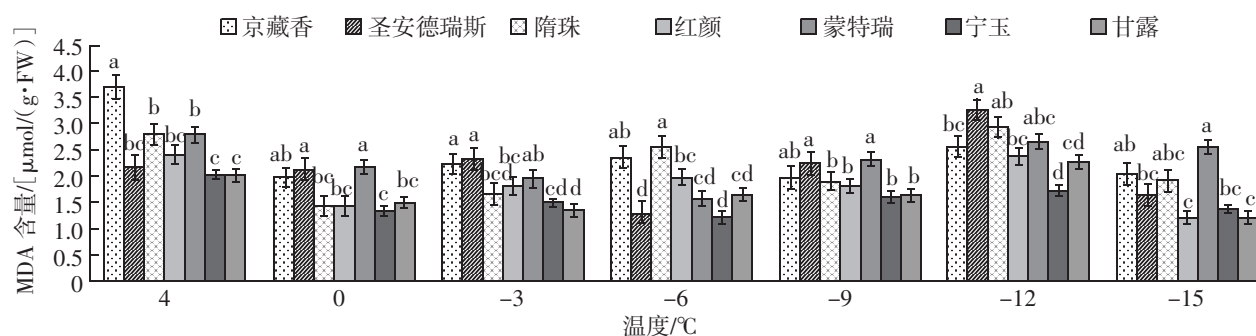


图 4 不同低温处理后草莓叶片中 MDA 含量的变化

3 小结与讨论

叶绿素是植物光合作用中吸收光的主要色素，低温胁迫下叶绿素含量的变化可反映出植物光合强度的强弱，常被用作植物对胁迫反应的指标。本试验中，低温使草莓叶片叶绿素含量先增加后减少，其中以宁玉叶片中叶绿素含量最高。增加可能与草莓对低温的适应有关，下降与 MDA 的不断积累有关，膜脂过氧化产物 MDA 的增加降低了相关酶活性，加速了叶绿素的降解^[5]。

植物体内糖含量与抗性密切相关。罗娅^[5]认为低温胁迫后草莓体内可溶性糖含量增加，从而减轻胁迫对草莓造成的损伤。本试验中，隋珠、宁玉可溶性糖含量一直较高，可见低温胁迫对宁玉的损伤较小。

脯氨酸是否作为抗寒指标学者持有不同见解^[6]。Xin 等^[7]的研究表明，高浓度的脯氨酸是拟南芥抗冻性较高的原因之一。闫忠业等^[8]认为脯氨酸含量与抗寒力强弱没有明显的相关性，只是抗寒品种的脯氨酸含量相对稳定。我们的研究也表明，脯氨酸含量受到影响因素较多，不能从含量上判断与抗寒力强弱的相关性。MDA 是膜脂氧化的最终产物，是膜系统受害的重要标志之一。

宁玉叶片中 MDA 含量比较低且稳定，京藏香的 MDA 含量一直较高，其他品种的变化较大。闫忠业等^[8]认为可以将低温处理后 MDA 含量稳定性作为苹果抗寒性鉴定的辅助指标，与本研究一致。草莓是多年生草本耐低温植物，其抗寒性是由遗传性决定

的，不同抗寒基因诱导表达出形态结构和生理上的抗寒性不同^[9]。在引进的 7 个品种中，宁玉、甘露抗寒生理指标较高，这和我们前期对几种草莓半致死温度排序结果基本一致^[2]，说明可以在甘肃地区栽植，但抗寒特性考虑的是能否生存的问题，能否在甘肃地区大面积推广，需对多年的试验结果进行综合分析。

参考文献：

- [1] 魏丽丽. 草莓耐寒性状分子标记分析[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2014.
- [2] 李玉亮, 胡轶林, 潘旭升, 等. 兰州新区日光温室绿色食品草莓生产技术规程[J]. 甘肃农业科技, 2020(5): 91-94.
- [3] 杨馥霞, 汤玲, 贺欢, 等. 取样部位对 6 个草莓品种低温半致死温度的影响[J]. 甘肃农业科技, 2019(12): 31-34.
- [4] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [5] 罗娅. 低温胁迫与锻炼对草莓生理特性的影响和草莓几丁质酶基因的克隆[D]. 雅安: 四川农业大学, 2007.
- [6] 赵福庚, 刘友良. 胁迫条件下高等植物体内脯氨酸代谢及调节的研究进展[J]. 植物学通报, 1999, 16(5): 540-546.
- [7] XIN Z, LI P H. Abscisic acid-induced chilling tolerance in maize suspension cultured cells [J]. Plant Physiol, 1992, 99: 707-711.
- [8] 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(1): 93-96.
- [9] 万清林. 草莓抗寒特性分析[J]. 北方园艺, 1990(8): 4-7.

(本文责编: 陈伟)