

低温胁迫下不同月季品种的抗寒性评价

李玉亮, 王尚华, 鱼亚兰, 王连泉, 王旭东, 胡轶林
(兰州新区农业科技开发有限责任公司, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 为了给兰州新区双膜大棚冬季月季种植品种的选择提供科学依据, 通过对5个月季品种进行低温胁迫处理, 分析其生长和生理生化指标的变化, 以筛选出具有较强抗寒能力的月季品种。结果表明, 供试月季品种粉扇(木香嫁接)和扉扇在低温胁迫下鲜重下降较少, 粉扇鲜重下降最多。干重下降最少的是粉扇(木香嫁接)和朱墨双辉。粉扇(木香嫁接)和粉扇的相对电导率和丙二醛含量较小, 膜脂过氧化程度较弱。与其余品种相比, 粉和平的游离脯氨酸含量最多。粉扇(木香嫁接)和粉和平的可溶性糖含量、可溶性蛋白含量则均高于其他品种。主成分分析表明, 抗寒性最强的月季品种是粉和平与扉扇, 粉扇(木香嫁接)次之, 粉扇和朱墨双辉抗寒性较弱。综合以上结果认为, 在兰州新区双膜大棚冬季种植时建议优先考虑月季品种粉和平、扉扇。

关键词: 低温胁迫; 月季; 品种; 抗寒性; 引种; 抗逆性评价; 主成分分析

中图分类号: S685.12 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-2172(2024)04-0349-05

[doi:10.3969/j.issn.2097-2172.2024.04.009](https://doi.org/10.3969/j.issn.2097-2172.2024.04.009)

Evaluation of Cold Resistance in Different Chinese Rose Varieties under Low Temperature Stress

LI Yuliang, WANG Shanghua, YU Yalan, WANG Lianquan, WANG Xudong, HU Shilin
(Lanzhou New Area Agricultural Science and Technology Development Co., Ltd., Lanzhou Gansu 730000, China)

Abstract: To provide a scientific basis for selecting Chinese rose varieties for winter cultivation in double-layered greenhouses in Lanzhou New Area, this study subjected 5 Chinese rose varieties to low temperature stress and analyzed changes in their growth and physiological and biochemical indicators to identify those with strong cold resistance. Results showed that the varieties Fenshan (grafted with Muxiang) and Feishan experienced the least reduction in fresh weight under stress, with Fenshan showing the most significant decrease. Fenshan (grafted with Muxiang) and Zhumoshuanghui showed the least reduction in dry weight. Fenshan (grafted with Muxiang) and Fenshan had lower relative electrical conductivity and malondialdehyde content, indicating less lipid peroxidation. Compared to other varieties, Fenheping had the highest content of free proline. Fenshan (grafted with Muxiang) and Fenheping had higher contents of soluble sugars and proteins than other varieties. Principal component analysis indicated that the strongest cold-resistant varieties were Fenheping and Feishan, followed by Fenshan (grafted with Muxiang), with Fenshan and Zhumoshuanghui being less cold-resistant. Based on these results, it is recommended to prioritize the varieties Fenheping and Feishan for winter cultivation in double-layered greenhouses in the Lanzhou New Area.

Key words: Low temperature stress; Chinese rose; Variety; Cold resistance; Introduction; Stress resistance evaluation; Principal component analysis

月季(*Rosa hybrida*)别名长春花、月月红、四季蔷薇等, 属蔷薇科蔷薇属多年生灌木植物, 一年四季均可开花^[1]。月季花为我国原产品种, 原产于江苏、浙江、山东、河北等地, 现全国各省均有栽培。月季花色非常丰富, 几乎涵盖了自然界中的各种颜色, 常见颜色主要有红色、粉色、黄色和白色。由于花大而艳的特征, 总是带给人

们一种幸福、美好的感觉, 被称为“花中皇后”, 是当今世界四大切花之一。由于花期长, 观赏价值高, 价格低廉、成活率高, 成为使用次数最多的花卉, 在园林绿化中发挥重要价值。

温度是否适宜对月季能否正常生长起着决定性作用。低温胁迫下植物的生理生化会发生明显变化, 如叶绿素合成受阻、各种光合+酶活性受

收稿日期: 2023-12-07; 修订日期: 2024-03-02

基金项目: 甘肃省科技计划项目(23YFNA0019)。

作者简介: 李玉亮(1994—), 男, 甘肃庆城人, 农艺师, 研究方向为作物栽培及其技术推广。Email: 1143688036@qq.com。

通信作者: 胡轶林(1987—), 男, 甘肃武威人, 农艺师, 硕士, 研究方向为设施作物栽培。Email: 804316283@qq.com。

到抑制、光合速率下降、光合作用减弱、细胞膜系统受损、体内代谢紊乱,植物体内的渗透物质含量也会有改变^[2-3]。低温胁迫会导致月季叶片明显褐变,叶片叶柄软化,透明,组织变柔软、萎蔫皱缩,有明显的冻害斑点^[4],显著抑制月季花芽分化^[5-6],进而严重阻碍其生长发育。

月季作为大众喜欢的观赏植物,广泛用于园艺栽培和切花。人们引进了很多其他地区的月季品种,但是由于生长环境的变化,很多品种很难适应本地区的生长条件。兰州新区冬季低温和寡照天气较为常见,这给外来月季品种的引种栽培带来了一定的挑战。本试验选取 5 个月季外引品种进行低温胁迫处理,通过对叶片干鲜重、相对电导率、丙二醛含量、脯氨酸含量、可溶性糖含量、可溶性蛋白含量等抗寒性指标的测定,并利用主成分分析法综合评价其抗寒能力,结合当地冬季气候条件,以期筛选出适宜在兰州新区冬季栽培的月季品种提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试月季品种为朱墨双辉、粉扇、扉扇、粉扇(木香嫁接)、粉和平,均为新引进的月季品种,由兰州植物园提供。

1.2 试验区概况

试验在位于兰州新区的兰州新区农业科技开发有限责任公司试验基地进行。试验区属典型的大陆干旱性气候,年平均气温 10.3 ℃,极端最低温度 -23.1 ℃。试验地耕层土壤含速效氮 56.5 mg/kg、速效磷 47.1 mg/kg、速效钾 218.5 mg/kg, pH 8.2, 偏碱性。

1.3 试验方法

试验于 2023 年 6 月在兰州新区农业科技开发有限责任公司人工气候室进行。参照王茹华等^[7]和马曙晓等^[8]对月季的低温处理梯度及兰州新区冬季温度,设置了本试验低温处理梯度(4、0、-10、-20 ℃),即将供试月季品种分别放在 4、0、-10、-20 ℃的环境中处理 48 h,以室温下生长的月季枝条作为对照,测定相关指标。每个温度处理均选 5 支长势和株高一致的一年生扦插月季植株中上部、朝向和部位一致的 10 cm 长度带叶枝条,3 次重复,在剪切口处用封口膜包裹。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 叶片干重、鲜重 低温处理 48 h 后,取月季相同部位叶片,用 RO 水冲洗叶片后用吸水纸吸干,称鲜重。随后在烘箱中烘干至恒重,称取叶片干重。

1.4.2 生理生化指标 ①膜脂过氧化指标。低温胁迫 48 h 时,采取月季植株相同部位的叶片,用电导仪测定月季叶片的电导率(REC)^[9],用硫代巴比妥氨酸法测定月季叶片的丙二醛(MDA)含量^[10]。②渗透调节物质含量。低温胁迫 48 h 时,采取月季植株相同部位的叶片,用茚三酮比色法测定月季叶片的脯氨酸(Pro)含量^[11],用蒽酮比色法测定月季叶片的可溶性糖(WSS)含量^[12],用考马斯亮蓝染色法来测定月季叶片的可溶性蛋白(WSP)含量^[12]。

1.5 数据分析与统计

试验数据使用软件 SPSS 14.0 进行数据分析和 Excel 2019 作图。

2 结果与分析

2.1 低温胁迫对不同月季品种生长指标的影响

2.1.1 鲜重 从图 1 中可以看出,随着温度的不断降低,月季枝条鲜重呈逐渐下降趋势,除 4 ℃处理下的粉扇(木香嫁接)外,其他处理的月季枝条鲜重均与对照差异显著($P < 0.05$)。随着处理温度的下降,各品种的枝条鲜重受到的影响越严重。同时可看出,月季枝条鲜重下降幅度与品种有关,各温度处理对粉扇和粉和平的鲜重影响较大,而朱墨双辉、扉扇、粉扇(木香嫁接)在 0 ℃以上的处理下鲜重下降较少,在 0 ℃以下的处理下鲜重下降较多。在 -20 ℃时,各品种鲜重的下降幅度均较小,可能是由于温度较低导致枝条休眠,消耗较少。

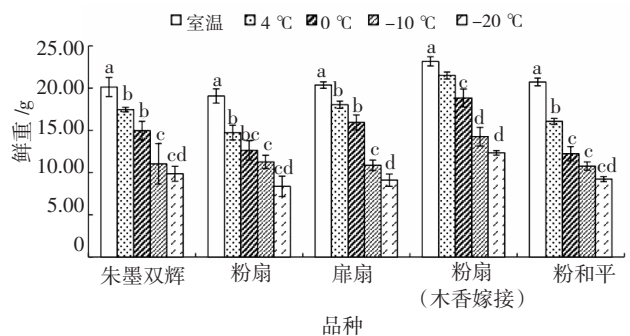


图 1 低温胁迫对 5 个月季品种鲜重的影响

2.1.2 干重 从图 2 可知,随着温度的不断下降,

5 个月季品种的干重均呈逐渐下降趋势, 且低温对月季枝条干重有显著的影响。比较而言, 低温对朱墨双辉和粉扇(木香嫁接)枝条干重的影响较小, 对粉扇、扉扇、粉和平的枝条干重的影响较大。

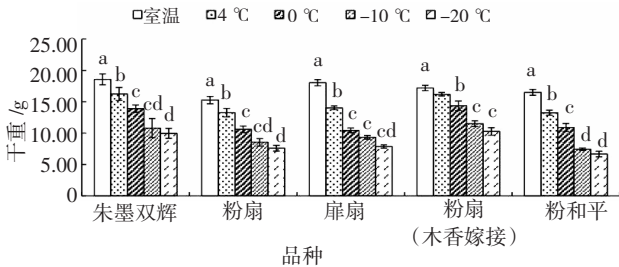


图 2 低温胁迫对 5 个月季品种干重的影响

2.2 低温胁迫对不同月季品种生理生化指标的影响

2.2.1 相对电导率(REC) 从图 3 可以看出, 随着温度的逐渐降低, 各月季品种的叶片相对电导率均呈上升趋势, 但上升幅度因品种而异, 其中粉扇(木香嫁接)和粉和平的相对电导率增加较小。与对照相比, 粉扇和粉和平 4 °C 处理与对照差异不显著, 其余各温度下各处理的相对电导率差异均达显著水平($P < 0.05$)。

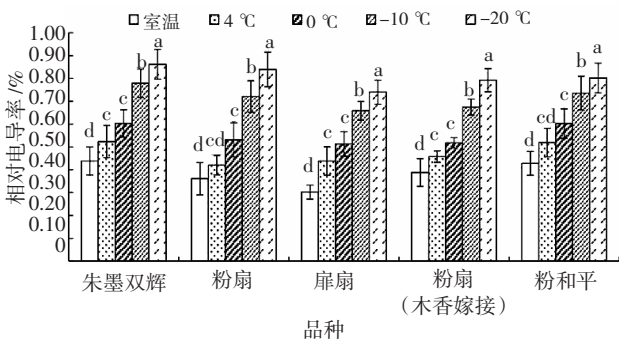


图 3 低温胁迫对 5 个月季品种相对电导率的影响

2.2.2 丙二醛(MDA)含量 由图 4 可知, 各供试月季品种的 MDA 含量随着温度的降低而增加, 各温度处理下的月季叶片 MDA 含量与对照均差异显著($P < 0.05$), 可见低温处理对各月季品种的膜脂过氧化作用有显著的影响。在 4、0 °C 处理下, 各月季品种叶片的 MDA 含量增加不明显, 膜脂过氧化程度较轻, 说明温度 > 0 °C 时对月季的生长影响较小。在 -10、-20 °C 处理下, 各月季品种叶片的 MDA 含量增加较显著, 膜脂过氧化程度加重, 说明温度 < 0 °C 时对月季的生长影响较大。低温的影响与品种有一定的关系。在供试各月季品种中, 粉扇(木香嫁接)叶片的 MDA 含量增加最少, 膜脂过氧化程度最轻; 朱墨双辉、粉扇、扉扇叶片的 MDA

含量增加中等, 膜脂过氧化程度居中; 粉和平叶片的 MDA 含量增加最多, 膜脂过氧化程度最严重。

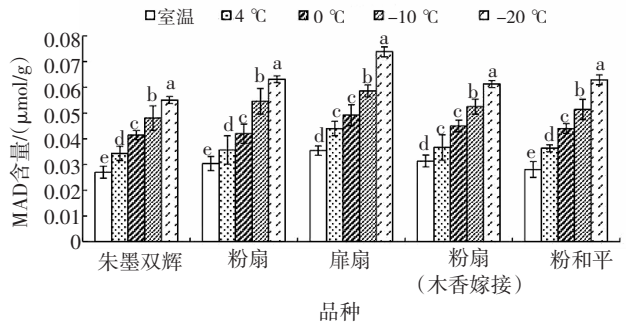


图 4 低温胁迫对 5 个月季品种 MDA 含量的影响

2.2.3 游离脯氨酸(Pro)含量 从图 5 可以看出, 随着低温胁迫的加重, 各月季品种叶片的游离脯氨酸含量均呈现上升趋势, 但上升幅度与品种相关。与对照相比, 不同处理下各月季品种叶片的游离脯氨酸含量差异显著($P < 0.05$)。随着温度的降低, 月季枝条中游离脯氨酸的增加幅度逐渐加大。其中粉扇(木香嫁接)和粉扇的游离脯氨酸含量增加较多, 朱墨双辉和扉扇的游离脯氨酸含量增加居中, 粉和平的游离脯氨酸含量增加最少。

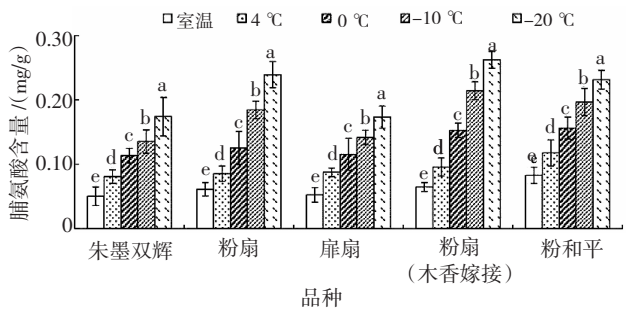


图 5 低温胁迫对 5 个月季品种游离脯氨酸含量的影响

2.2.4 可溶性糖含量 低温胁迫下 5 个月季品种枝条可溶性糖含量的变化情况如图 6 所示。与对照相比, 各温度处理下的月季枝条的可溶性糖含量均差异显著($P < 0.05$), 其中粉扇(木香嫁接)在不同温度处理下可溶性糖含量均显著高于其余品种。

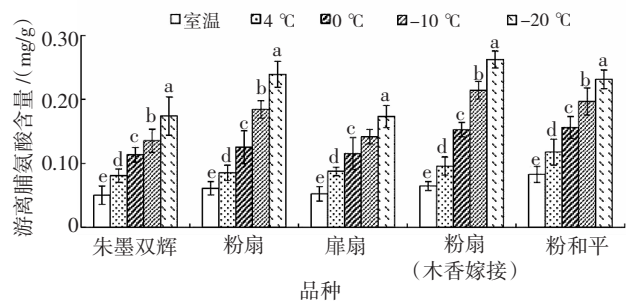


图 6 低温胁迫对 5 个月季品种可溶性糖含量的影响

2.2.5 可溶性蛋白含量 如图 7 所示, 随着温度的降低, 各月季品种可溶性蛋白含量均出现不同程度的增长, 增长幅度因品种而异, 各处理的可溶性蛋白含量与对照相比均差异显著($P < 0.05$)。低温胁迫能影响月季植株可溶性蛋白含量的增加。温度越低, 可溶性蛋白含量越高。低温处理下, 粉扇(木香嫁接)、粉和平的可溶性蛋白含量增长较多, 朱墨双辉、粉扇、扉扇的可溶性蛋白含量增长较少。

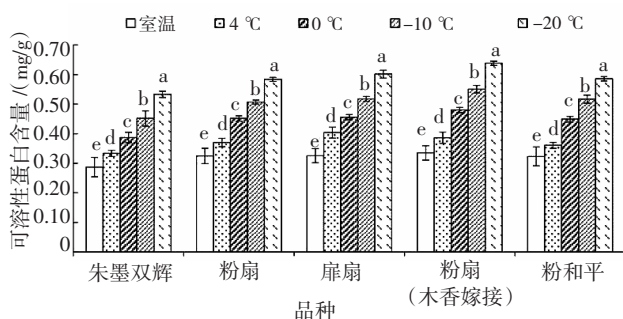


图 7 低温胁迫对 5 个月季品种叶片可溶性蛋白含量的影响

2.3 不同月季品种的耐寒性分析

对月季品种低温处理后的生长和生理生化指标进行主成分分析。由表 1 可知, 提取前 3 个主成分, 特征值均大于 1, 方差累计贡献率达到 96.405%。选择前 3 个主成分作为评价 5 个月季品种在低温胁迫下的抗寒性指标。第一主成分的特征值为 3.519, 相对电导率、可溶性糖含量、丙二醛含量、可溶性蛋白含量等指标的载荷值较大, 均达到 0.80 以上, 除了相对电导率是负向标以外,

表 1 低温胁迫下月季耐寒性评价因子的特征值及方差贡献率

主成分	特征值	方差贡献率 /%	累计方差贡献 /%
1	3.519	50.266	50.266
2	1.964	28.053	78.319
3	1.266	18.086	96.405
4	0.252	3.595	100.000
5	1.699×10^{-16}	2.426×10^{-15}	100.000
6	1.110×10^{-16}	1.586×10^{-15}	100.000
7	-1.203×10^{-16}	-1.719×10^{-15}	100.000

其他的指标均为正向标; 第二主成分的特征值为 1.964, 载荷值达到 0.50 以上的指标是鲜重和干重; 第三主成分的特征值为 1.266, 载荷值较大的指标是游离脯氨酸含量(表 2)。

低温胁迫下, 5 个月季品种的抗寒性指标主成分分析综合得分结果如表 3 所示, 抗寒能力由强到弱依次排名为粉和平、扉扇、粉扇(木香嫁接)、粉扇、朱墨双辉。其中粉和平、扉扇的综合得分均在 0.200 以上, 表现为抗寒性较强; 粉扇(木香嫁接)的综合得分为 0.181, 为 0~0.200, 表现为抗寒性中等; 粉扇和朱墨双辉的综合得分分别为 -0.121、-0.551, 均小于 0, 表现为抗寒性较弱。

表 2 主成分在各耐寒指标上的载荷矩阵

耐寒指标	第一主成分	第二主成分	第三主成分
相对电导率	-0.966	-0.035	0.201
可溶性糖含量	0.929	-0.209	-0.043
丙二醛含量	0.922	-0.144	-0.275
可溶性蛋白含量	0.816	0.443	0.274
鲜重	0.237	0.970	0.031
干重	-0.359	0.867	-0.329
游离脯氨酸含量	0.141	0.095	0.982

3 讨论与结论

低温是影响植物正常生长的主要逆境因素, 低温胁迫后, 植物形态的变化是最直观的表现。本研究中, 月季枝条的鲜重和干重均随着温度的降低而下降。徐耀照等^[14]研究中发现, 低温胁迫能明显抑制设施彩椒的地上鲜重与干重的上升, 而且随着温度的降低, 植株的生长指标出现明显降低。这与本研究一致。

本研究发现, 与对照室温处理相比, 采用不同的低温处理后, 月季枝条的相对电导率和丙二醛含量均显著高于对照, 推测可能是低温导致细胞膜受损, 使细胞膜透性增大。刁倩楠等^[15]发现, 在低温(昼 12 °C/夜 6 °C)处理 7 d 后, 与对照相比, 甜瓜幼苗的相对电导率(REC)和丙二醛(MDA)含量均会上升, 与本研究一致, 说明低温会使细胞膜受损, 导致细胞膜透性增大。对葡萄的

表 3 低温胁迫下月季耐寒指标主成分分析

品种	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	综合主成分得分 ^①	综合排名
朱墨双辉	0.752	-2.403	-1.406	-0.551	5
粉扇	-0.307	0.699	-0.897	-0.121	4
扉扇	-0.366	0.726	1.038	0.208	2
粉扇(木香嫁接)	-0.412	0.570	1.262	0.181	3
粉和平	0.334	0.408	0.002	0.283	1

①抗寒指标主成分综合得分>0.200 为抗寒性较强; 0~0.200 为抗寒性中等, <0 为抗寒性弱^[13]。

研究也发现, 低温胁迫处理后葡萄枝条的相对电导率也是呈现上升趋势^[16]。在低温条件下, 植物可通过增加脯氨酸的含量, 缓解低温对植物的伤害。本研究发现, 低温处理后的月季游离脯氨酸(Pro)含量均显著高于对照室温处理。张双群等^[17]也发现藤本月季品种大游行、金秀娃、御用马车、光谱等经过不同的低温处理后游离脯氨酸(Pro)的含量与对照相比分别增加了 175%、160%、82%、62%, 说明低温会促进月季体内游离脯氨酸(Pro)含量的增加, 这与本研究一致。可溶性糖和可溶性蛋白作为植物体内重要的渗透调节物质, 起着平衡植物细胞之间渗透压的作用, 此外, 可溶性蛋白还可以保护细胞膜, 减少逆境对植物造成的损伤^[18]。本研究还表明, 低温胁迫处理后, 与对照室温处理相比, 月季可溶性糖含量和可溶性蛋白含量都有不同程度的明显增加。说明月季可以通过提高可溶性糖和可溶性蛋白含量缓解低温对自身造成的影响。向娟等^[19]低温处理豇豆幼苗后发现, 检测到可溶性糖含量和可溶性蛋白含量与对照室温处理相比均有不同程度的升高, 这也与本研究的结果相符。

本研究以 5 个月季品种朱墨双辉、粉扇、扉扇、粉扇(木香嫁接)、粉和平等为试材进行低温胁迫处理, 研究了低温胁迫对月季生长的影响, 结果表明, 经对低温胁迫处理后供试月季品种有关生长指标、生理生化指标进行比较和主成分分析, 月季品种粉和平、扉扇抗寒性较强, 粉扇(木香嫁接)的抗寒性中等, 粉扇、朱墨双辉的抗寒性弱。因此, 在兰州新区冬季双膜大棚月季种植中可以尝试推广月季品种粉和平、扉扇。

参考文献:

- [1] 石力匀, 冯 叶, 赵宗胜, 等. 非生物胁迫对月季生长发育影响的研究进展[J]. 河南农业大学学报, 2024, 58(1): 1-14.
- [2] 郁万文. 银杏抗寒机理及种质资源抗寒性评定的初步研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2008.
- [3] 毕庆文, 汪 健, 杨志晓, 等. 成熟期大田渍水胁迫对烤烟叶片生理特性的影响[J]. 中国烟草学报, 2009, 15(2): 46-49; 54.
- [4] 王 毅, 杨宏福, 李树德. 园艺植物冷害和抗冷性的研究——文献综述[J]. 园艺学报, 1994(3): 239-244.
- [5] HOPPER D A, HAMMER P A. Regression models describing *Rosa hybrida* response to day/night temperature and photosynthetic photon flux[J]. Journal of the American society for horticultural science, 1991, 116(4): 609-617.
- [6] MOE R. The effect of growing temperature on keeping quality of cut roses[J]. Symposium on Postharvest Physiology of Cut Flowers, 1973, 41: 77-92.
- [7] 王茹华, 丁久敏, 张启发. 低温胁迫对几种月季砧木生理特性的影响[J]. 北方园艺, 2023(12): 59-65.
- [8] 马曙晓, 席素亭, 朱 铮. 外源水杨酸对低温胁迫月季苗生理指标的影响[J]. 北方园艺, 2023(7): 70-78.
- [9] ZHAO D Y, SHEN L, FAN B, et al. Physiological and genetic properties of tomato fruits from 2 cultivars differing in chilling tolerance at cold storage[J]. Journal of Food Science, 2009, 74(5): 348-352.
- [10] 邹 琦. 植物生理实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [11] REDILLAS M C F R, PARK S H, LEE J W, et al. Accumulation of trehalose increases soluble sugar contents in rice plants conferring tolerance to drought and salt stress[J]. Plant Biotechnology Reports, 2012, 6(1): 89-96.
- [12] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [13] 牟开萍, 李维芳, 杨文新, 等. 20 个月季品种的抗寒性综合评价[J]. 草原与草坪, 2021, 41(6): 58-66.
- [14] 许耀照, 张芬琴, 陈修斌, 等. 低温胁迫对彩椒幼苗生长指标及光合特性的影响[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2019, 39(1): 68-72.
- [15] 刁倩楠, 蒋雪君, 陈幼源, 等. 外源水杨酸预处理对低温胁迫下甜瓜幼苗生长及其抗逆生理特性的影响[J]. 西北植物学报, 2018, 38(11): 2072-2080.
- [16] 李桂荣, 连艳会, 程珊珊, 等. 低温胁迫对山葡萄等 6 个葡萄品种抗寒性的影响[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(8): 130-134.
- [17] 张双群, 于烁烁, 孟庆瑞. 4 个藤本月季品种的抗寒性研究[J]. 林业与生态科学, 2019, 34(2): 181-189.
- [18] 王 曼, 沙 伟, 张梅娟, 等. 高温胁迫对毛尖紫萼藓生理生化特性的影响[J]. 基因组学与应用生物学, 015, 34(6): 1290-1295.
- [19] 向 娟, 潘绍坤, 鲁荣海, 等. 脱落酸预处理对低温胁迫下豇豆幼苗生理生态的影响[J]. 北方园艺, 2019(7): 49-53.