

阿拉尔垦区不同樱桃品种一年生枝条抗寒性研究

徐 诚, 张 娟*, 高举, 张 倩, 张晶晶 (塔里木大学植物科学学院, 新疆阿拉尔 843300)

摘要 以国内引种栽培的 3 个甜樱桃品种(布鲁克斯、贾红、明珠)和 1 个本地栽培品种(中国樱桃)为试验材料, 经 0、-6、-12、-18、-24、-30 ℃ 条件下低温胁迫处理后, 通过其相对电导率值、丙二醛含量、脯氨酸含量、过氧化物酶活性和恢复生长率等指标对其进行综合分析, 并评价其抗寒性强弱。结果表明: 4 个樱桃品种通过 Logistic 方程拟合出的半致死温度与恢复生长率结果一致, 处于 -25~-19 ℃。随胁迫温度的降低, 一年生枝条的电导率值和丙二醛含量呈“S”型增长趋势。在每个低温胁迫条件下, 中国樱桃和布鲁克斯的电导率和丙二醛含量明显低于贾红和明珠。随胁迫温度的降低, 4 个樱桃品种枝条的脯氨酸含量和过氧化物酶活性表现出先升后降的变化趋势, 且均表现出缓慢升高至最大值后迅速降低的变化特点, 贾红和明珠早于中国樱桃和布鲁克斯达到峰值。通过隶属函数综合分析可得出, 几个樱桃品种的抗寒性强弱关系为: 中国樱桃>布鲁克斯>贾红>明珠。

关键词 樱桃; 低温胁迫; 一年生; 抗寒性; 评价

中图分类号 S662.5 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2021)09-0057-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.09.016

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Study on Cold Resistance of Annual Branches of Different Cherry Varieties in Alar Reclamation Area

XU Cheng, ZHANG Juan, GAO Ju et al (College of Plant Sciences, Tarim University, Alar, Xinjiang 843300)

Abstract Three sweet cherry varieties introduced and cultivated in China (Brooks, Jiahong, Mingzhu) and one local cultivated variety (Chinese cherry) were used as test materials. The temperature was 0, -6, -12, -18, -24, -30 ℃. After low temperature stress treatment under low temperature conditions, it was comprehensively analyzed by its relative conductivity value, malondialdehyde content, proline content, peroxidase activity and growth recovery rate and other indicators, and its cold resistance was evaluated. The results showed that the semi-lethal temperature of four cherry varieties fitted by logistic equation was consistent with the recovery growth rate, which was between -25 ℃ and -19 ℃. With the decrease of stress temperature, the conductivity value and malondialdehyde content of annual branches showed an “S”-shaped growth trend. Under each low temperature stress condition, the conductivity and malondialdehyde content of Chinese cherry and Brooks were significantly lower than Jiahong and Mingzhu. With the decrease of stress temperature, the proline content and peroxidase activity of the branches of the four cherry cultivars showed a trend of first increasing and then decreasing, and all showed the characteristics of slowly increasing to the maximum and then rapidly decreasing. Jiahong and Mingzhu reached its peak earlier than Chinese cherry and Brooks. According to the comprehensive analysis of membership function, the relationship of cold resistance of several cherry varieties was as follows: Chinese cherry>Brooks>Jiahong>Mingzhu.

Key words Cherry; Low temperature stress; Annual; Cold resistance; Evaluation

樱桃为蔷薇科李属樱桃亚属的乔木型果树^[1], 果实可食用, 被誉为“果中珍品”。其果实成熟早于北方其他果树, 我国多省份均开展了引种试验, 发展迅速^[2]。但由于其花期较早, 极易遭受早春晚霜低温伤害, 尤其随着全球气候的改变, 极端天气频繁发生, 花期受冻害已成为限制樱桃露地生产的关键障碍因子。因此, 樱桃抗寒相关研究显得尤为重要^[3]。

目前, 我国甜樱桃的主要栽培区域为山东、辽宁及河北秦皇岛等沿海地区, 但樱桃栽培的高效益极大刺激了甜樱桃的发展, 随着引种区域的扩大, 盲目引种给樱桃种植户造成了很大损失。因樱桃休眠期相对较短, 开花较早, 但抗寒性较弱, 早春极易造成低温冻害。有关甜樱桃品种抗寒性的研究已有不少报道, 但品种相对比较集中, 研究面较窄。陈新华等^[4]就甜樱桃品种龙冠、龙宝、红蜜、龙丹等进行过抗寒性研究, 通过对其电导率、丙二醛(MDA)、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、可溶性蛋白及脯氨酸进行研究, 比较供试材料的抗寒性强弱。阿布莱克·尼牙孜等^[5-6]都曾进行过樱桃抗寒性研究, 研究指标基本相同。而该试验供试材料中国樱桃、布鲁克斯、贾红和明珠品种却少有研究报道, 一定程度制约了南疆地区樱桃产业的发展。

南疆果树栽培历史悠久。昼夜温差大, 光、热资源丰富, 这些有利条件可显著提高樱桃品质。然而, 在樱桃引种过程中, 南疆冬季低温和土壤盐渍化是当前面临的主要问题。冬季低温是影响果树分布的生态因子, 冻害是南疆果树的主要自然灾害之一^[4-7]。樱桃在南疆冬季低温的胁迫下, 特别是个别年份会出现极低温度以及早春倒春寒现象。刘兰英等^[6]认为, 温度是制约甜樱桃推广的重要环境因子之一, 选育抗寒性强的品种已成为生产过程中亟待解决的问题之一。选择抗寒性强、能很好适应南疆特殊环境的樱桃品种是南疆樱桃引种的一项重要任务。

该试验选取 4 个樱桃品种为试验材料, 研究不同低温胁迫下, 供试材料的电导率值、丙二醛含量、脯氨酸含量、过氧化物酶活性等的变化, 并对数据进行综合分析, 判断 4 个樱桃品种的抗寒性, 以期为阿拉尔垦区乃至南疆樱桃引种及新品种选育工作提供一定的理论参考和借鉴。

1 材料与方法

1.1 材料 供试材料选自塔里木大学园艺试验站樱桃资源圃, 分别是中国樱桃、布鲁克斯、贾红和明珠 4 个品种, 均为 3 年生植株, 管理水平一致, 试验于 2018 年 10 月中旬(当地日最低温 5 ℃)进行, 随机采集生长状况一致的一年生健壮枝条。

1.2 试验方法 试验设 6 个低温胁迫梯度, 分别为 -30、

作者简介 徐诚(1995—), 男, 四川绵阳人, 硕士研究生, 研究方向: 设施农业。*通信作者, 副教授, 在读博士, 从事设施栽培研究。

收稿日期 2020-09-21

-24、-18、-12、-6、0℃。将采集回来的材料短截、清洗、捆扎和分组,每组 10 根枝条,全部保存于 0℃条件下备用。每个温度梯度下均包含各品种的材料 3 组即 3 次重复,低温处理 24 h,室温解冻 12 h 后剪成圆片进行各项指标的测定,另从每次重复中选取 1 根嫩芽饱满的枝条用于恢复生长率试验。

1.3 指标测定

1.3.1 生理指标的测定。电导率采用电导法^[8]测定;丙二醛(MDA)含量采用硫代巴比妥酸(TBA)法^[9]测定;游离脯氨酸含量采用磺基水杨酸法^[9]测定;过氧化物酶(POD)活性采用愈创木酚氧化法^[9]测定。

1.3.2 恢复生长率的测定。将胁迫处理后的枝条形态学下端切斜口插入锥形瓶放入智能光照培养箱中在 25℃条件下进行培养。每天更换一次水。整体发芽数恒定后,计算成活芽百分率,作为该樱桃品种在该胁迫条件下的恢复生长能力指标。

1.4 数据分析 数据处理及图表制作采用 Microsoft Excel 2010 软件,低温胁迫下半致死温度的拟合^[10]和隶属函数法^[11]隶属值的计算采用 DPS 软件。

2 结果与分析

2.1 低温胁迫处理对枝条相对电导率的影响及半致死温度的确定 图 1 表明,在低温胁迫条件下,4 个樱桃品种的一年生枝条相对电导率随温度的降低而升高,增长率呈现慢—快—慢的变化规律,不同品种的樱桃对低温胁迫的敏感性不同。从图中可看出,温度从 0℃降至-12℃的过程中,4 个樱桃品种枝条的相对电导率都只出现了相对缓慢的增长;在-12℃之后开始出现明显增长;在-18℃降至-24℃的过程中,各樱桃品种的相对电导率增加速度最快。4 个樱桃品种在 0℃时的电解质渗出率均不超过 50%,且中国樱桃(33%)和布鲁克斯(39%)都远低于 50%,表明在 0℃时各品种的细

胞结构完整。4 个樱桃品种在-18℃后的相对电导率均大于 50%,细胞受破坏较为严重。

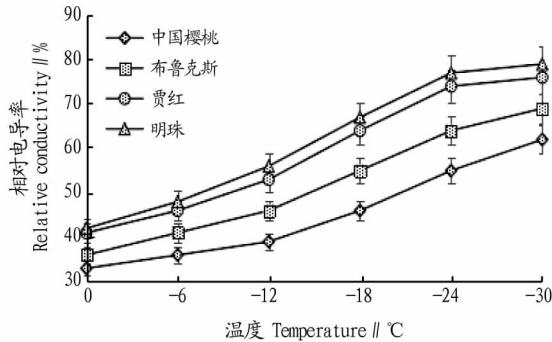


图 1 低温胁迫下不同品种枝条的相对电导率
Fig. 1 Relative conductivity of branches of different varieties under low temperature stress

在每一个低温胁迫温度下,中国樱桃的相对电导率均为最小值,根据电导率的大小与植物抗寒性关系可推断中国樱桃抗寒性最强;而明珠的相对电导率在每一低温胁迫下均为最大值,可推断明珠的抗寒性最弱。布鲁克斯相对电导率在-30℃之前缓慢增长,而贾红在-24℃降至-30℃过程中未发生明显增长,可推断布鲁克斯的抗寒性强于贾红。

表 1 是依据试验所测相对电导率,配合 Logistic 拟合曲线得到的半致死温度。4 个樱桃品种枝条相对电导率值与半致死温度有较强的相关性, R^2 介于 0.927 2~0.965 7,拟合结果较精确可靠,可作为判定樱桃一年生枝条抗寒性强弱的重要指标。由表 1 可看出,4 个樱桃品种的半致死温度均在-22℃附近,耐寒性最强的品种为中国樱桃(半致死温度-24.75℃),而耐寒性最弱的品种为明珠(半致死温度仅-19.45℃),4 个樱桃品种的抗寒性强弱关系为中国樱桃>布鲁克斯>贾红>明珠。

表 1 低温胁迫下各品种半致死温度
Table 1 Semi-lethal temperature of each variety under low temperature stress

品种 Variety	拟合方程 Fitting equation	拟合值(R^2) Fitting value	半致死温度 Semi-lethal temperature/℃
中国樱桃 Chinese cherry	$y = 116.7072 / [1 + e^{(1.012300 - 0.040874x)}]$	0.9652	-24.75
布鲁克斯 Brooks	$y = 122.7316 / [1 + e^{(0.844647 - 0.037339x)}]$	0.9657	-22.64
贾红 Jiahong	$y = 132.7923 / [1 + e^{(0.653909 - 0.031405x)}]$	0.9272	-20.82
明珠 Mingzhu	$y = 134.0712 / [1 + e^{(0.655491 - 0.033699x)}]$	0.9620	-19.45

2.2 低温胁迫处理对枝条恢复生长率的影响 表 2 表明,在低温胁迫条件下,4 个樱桃品种枝条的恢复生长率在未达到半致死温度前期,枝条的恢复生长率呈缓慢下降,下降幅度为 0~17%,而半致死温度后期枝条的恢复生长率迅速下降,下降幅度为 38%~83%,半致死温度前后变化差异显著。在胁迫温度降至-24℃时,贾红和明珠的恢复生长率已降至 0,布鲁克斯的恢复生长率也降至 17%,仅中国樱桃的恢复生长率相对较高,维持在 50%;当温度降至-30℃时,4 个樱桃品种恢复生长率均降至 0,可见该条件下各品种都受到了不可逆迫害。以 4 个樱桃品种为试验对象,所测定的枝条恢复

生长率与表 1 所拟合的半致死温度结果相吻合,验证了半致死温度估计的准确性。

2.3 低温胁迫处理对枝条 MDA 含量的影响 图 2 表明,在低温胁迫条件下,各樱桃品种一年生枝条中的 MDA 含量均随着温度的降低而增加,且变化趋势先慢后快。4 个品种枝条 MDA 的含量由高到低依次为明珠>贾红>布鲁克斯>中国樱桃。在不同低温胁迫条件下,受低温的影响各樱桃品种一年生枝条 MDA 含量的变化值由大到小依次为明珠(变化量 17.57)>贾红(变化量 15.27)>布鲁克斯(变化量 13.35)>中国樱桃(变化量 9.60)。

表 2 低温胁迫条件下枝条的恢复生长率
Table 2 Recovery growth rate of branches under low temperature stress

品种 Variety	恢复生长率 Growth recovery rate/%					
	0 ℃	-6 ℃	-12 ℃	-18 ℃	-24 ℃	-30 ℃
中国樱桃 Chinese cherry	100	100	100	83	55	0
布鲁克斯 Brooks	100	100	83	50	17	0
贾红 Jiahong	100	100	83	33	0	0
明珠 Mingzhu	100	100	83	0	0	0

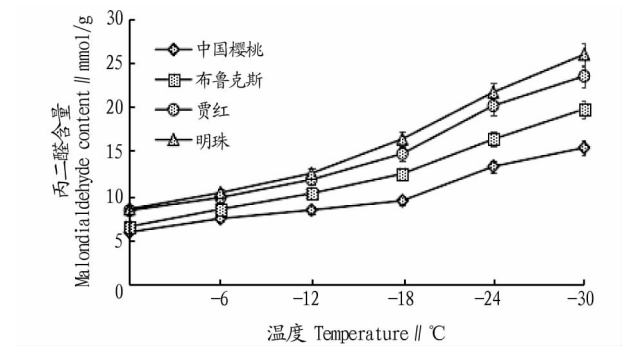


图 2 低温胁迫下不同品种枝条的丙二醛含量

Fig. 2 Macnlordialde content of branches of different varieties under low temperature stress

2.4 低温胁迫处理对枝条脯氨酸含量的影响 图 3 表明,在低温胁迫条件下,各樱桃品种枝条的游离脯氨酸含量呈现先升高后降低的变化趋势,4 个樱桃品种最显著的差异是脯氨酸含量达到峰值并非同一低温胁迫条件下,中国樱桃和布鲁克斯的脯氨酸含量峰值出现在-24 ℃ 附近;贾红和明珠的脯氨酸含量峰值出现在-18 ℃ 附近。依据游离脯氨酸与植物抗寒性的关系可推断中国樱桃和布鲁克斯的抗寒能力强于贾红和明珠。

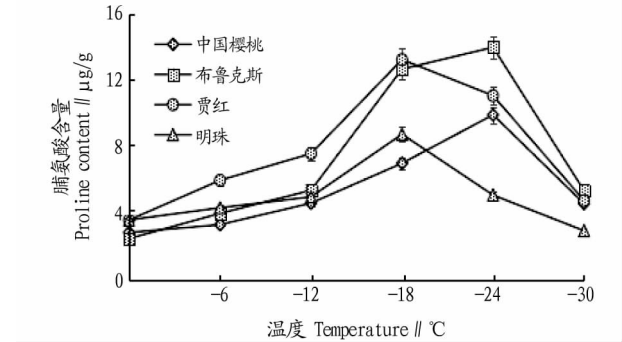


图 3 低温胁迫下不同品种枝条的脯氨酸含量

Fig. 3 Proline content of branches of different varieties under low temperature stress

2.5 低温胁迫处理对枝条过氧化物酶活性的影响 图 4 表明,在低温胁迫条件下,4 个樱桃品种随温度的降低其过氧化物酶活性的变化规律基本一致,呈先升后降的倒“V”形变化。4 个樱桃品种在 0~-24 ℃ 条件下,一年生枝条内过氧化物酶活性均随温度降低而升高,达到峰值时温度为-24 ℃;而后过氧化物酶活性骤降,从-24 ℃ 降至-30 ℃ 过程中,降幅均超过 80%。并且在各低温胁迫处理中,过氧化物酶活性峰值大小依次为中国樱桃 [161.63 U/(g·min)] > 布鲁克斯

[136.45 U/(g·min)] > 贾红 [104.43 U/(g·min)] > 明珠 [82.32 U/(g·min)]。

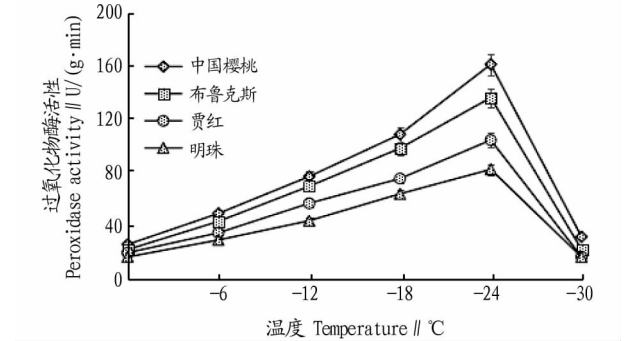


图 4 低温胁迫下不同品种枝条的过氧化物酶活性

Fig. 4 Peroxidase activity of branches of different varieties under low temperature stress

2.6 4 个樱桃品种各指标隶属值均值及抗寒性评价 运用模糊数学隶属函数法对 4 个樱桃品种在各指标上的隶属值平均值进行分析,并对其抗寒能力进行排序。由表 3 可看出,4 个樱桃品种的隶属度平均值分别为中国樱桃(0.89)、布鲁克斯(0.73)、贾红(0.32)、明珠(0.00),各品种抗寒能力大小可通过平均隶属值得到综合反映,各品种的抗寒性强弱与隶属值呈正相关。由此综合评定 4 个品种抗寒能力为中国樱桃>布鲁克斯>贾红>明珠。

3 讨论

人们对植物冻害发生的生理机制研究表明,冻害将直接作用于质膜破坏其结构,致使细胞内离子因质膜通透性增加而外渗,即细胞电解质的渗出可反映细胞的冻害程度^[12]。该试验表明,随着胁迫温度的降低,4 个樱桃品种的相对电导率都有显著增加,且增速先慢后快,与前人研究结果一致。该试验中,在-24 ℃ 附近 4 个樱桃品种的相对电导率均高于 50%,可认定其已经遭受不可逆的伤害。

有研究表明,低温胁迫下,细胞相对电导率与胁迫温度值呈 S 形曲线关系,与 Logistic 方程的拟合性较好^[13-14]。该试验使用 DPS 软件对试验数据进行 Logistic 方程回归分析能拟合出几个樱桃品种的半致死温度(-25~-19 ℃),并且拟合度均超过 0.92,与刘建等^[14]所得结果一致。

在低温胁迫下,枝条恢复生长率是检验半致死温度准确性的可靠指标^[15]。该试验结果表明,中国樱桃和布鲁克斯的恢复生长率在-24 ℃ 附近已低于 50%,贾红和明珠的恢复生长率在-18 ℃ 附近已低于 50%,结果与拟合出的半致死温度相吻合。

表 3 4 个樱桃品种抗寒性评价

Table 3 Evaluation of cold resistance of four cherry varieties

品种 Variety	相对电导率 Relative conductivity	丙二醛含量 Malondialdehyde content	脯氨酸含量 Proline content	过氧化物酶活性 Peroxidase activity	隶属值 Membership value	抗寒性排序 Ranking of cold resistance
中国樱桃 Chinese cherry	1.00	1.00	0.26	1.00	0.89	1
布鲁克斯 Brooks	0.60	0.62	0.57	0.65	0.73	2
贾红 Jiahong	0.15	0.18	0.90	0.26	0.32	3
明珠 Mingzhu	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	4

低温胁迫会破坏植物组织中细胞内的代谢平衡,形成的活性氧化自由基将氧化细胞膜上的脂质,氧化分解后形成丙二醛^[16]。组织中丙二醛含量越高,低温对组织的影响越严重,因此从生理学角度分析丙二醛含量是衡量细胞膜完整性的有效方法^[17-18]。该试验中,丙二醛含量随着胁迫温度的降低而升高,在半致死温度之后增速明显变快,与前人研究结果一致。陈新华等^[4]的研究表明,樱桃枝条内丙二醛含量随胁迫温度的降低出现先升后降的变化趋势,在低于-30℃之后继续降低。而该试验最低温度并未低于-30℃,欠缺之处有待后人加以探究。

游离脯氨酸是一种细胞渗透调节物质,在低温胁迫下,游离脯氨酸的大量积累有助于细胞维持稳定的渗透压,其积累对植物抵抗逆境有重要作用^[19]。枝条中游离脯氨酸的含量和变化趋势是决定其抗低温胁迫能力的主要指标^[20]。该试验中,各樱桃品种的脯氨酸含量随温度降低先升后降,且在其半致死温度附近脯氨酸含量达到最大值,与前人研究结果一致。但在同一低温胁迫条件下,4个樱桃品种脯氨酸的含量是否与各自抗寒性强弱有关,有待后续探索研究。

过氧化物酶可以消除植物组织低温代谢产生的有害物质,从而保护细胞结构,维持正常细胞的代谢^[21]。即过氧化物酶活性也能体现植物组织的耐低温能力。该试验中过氧化物酶的活性随胁迫温度的降低出现先升后降的变化规律,在各自半致死温度附近达到最大值,与前人研究结果一致。

抗寒性是植物生理生化综合效应的表现。因此,单靠一个抗寒指数很难判断植物对低温的综合适应能力^[22]。该研究运用隶属函数法对4个樱桃品种的各生理指标进行抗寒性能综合评价,结果显示,其抗寒能力大小依次为中国樱桃>布鲁克斯>贾红>明珠,该结果与单独运用半致死温度得出的各樱桃品种抗寒性结果一致,可见综合评价结果准确可靠。

4 结论

随着胁迫温度的降低,试验材料的相对电导率和MDA含量呈现“S”型增长趋势;恢复增长率随胁迫温度的降低而降低,直至降至0;脯氨酸含量和过氧化物酶活性随胁迫温度的降低表现出先升后降的倒“V”型变化趋势。

为了比较4个樱桃品种的抗寒能力强弱,对4个樱桃品种的一年生枝条进行低温胁迫处理,比较了其电导率、恢复

增长率、MDA含量、脯氨酸含量及过氧化物酶活性,运用Logistic方程拟合出该品种的半致死温度,结果显示,4个樱桃品种的半致死温度在-25~-19℃之间即-22℃附近,抗寒能力强弱关系为中国樱桃>布鲁克斯>贾红>明珠,与通过隶属函数法对4个樱桃品种进行综合评价得出的结论一致。

参考文献

[1] 孟瑜清. 樱桃栽培技术[M]. 北京:中国农业大学出版社,2015:1-5.

[2] 中国农业科学院. 中国果树栽培学[M]. 北京:农业出版社,1987:558-559.

[3] 魏国芹,杨洪强,付全娟,等. H₂S对低温胁迫下甜樱桃柱头和子房AsA-GSH循环的响应[J]. 核农学报,2017,31(6):1217-1225.

[4] 陈新华,郭靖,祁雷,等. 低温胁迫对甜樱桃一年生枝条的影响[J]. 果树学报,2014,31(S1):124-128.

[5] 阿布莱克·尼牙孜. 三个甜樱桃品种在南疆地区的引种表现观察和抗寒性鉴定[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2016.

[6] 刘兰英,王彦涛,张军民,等. 不同对櫻优系低温胁迫下抗寒性的比较试验[J]. 中国果树,2018(3):33-36,110.

[7] 徐海鸿,王瑾,武彬. 3个甜樱桃半矮化砧木品种抗寒性研究[J]. 现代农业科技,2017(15):67,71.

[8] 蔡庆生. 植物生理学实验[M]. 北京:中国农业大学出版社,2013:174-188.

[9] 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,2000:164-168.

[10] 许琪,陈发棣. 菊花8个品种的低温半致死温度及其抗寒适应性[J]. 园艺学报,2008,35(4):559-564.

[11] 张文娥,王飞,潘学军. 应用隶属函数法综合评价葡萄种间抗寒性[J]. 果树学报,2007(6):849-853.

[12] 张春山,赵英,张开春,等. 持续低温胁迫下甜樱桃枝条电导率变化研究[J]. 北方园艺,2012(3):11-13.

[13] 朱根海,刘祖祺,朱培仁. 应用Logistic方程确定植物组织低温半致死温度的研究[J]. 南京农业大学学报,1986(3):11-16.

[14] 刘建,项东云,陈健波,等. 应用Logistic方程确定三种桉树的低温半致死温度[J]. 广西林业科学,2009,38(2):75-78.

[15] 王菲,尹燕雷,冯立娟,等. 果树抗寒性研究进展[J]. 山东农业科学,2014,46(9):141-145.

[16] 乌凤章,王贺新,徐国辉,等. 木本植物低温胁迫生理及分子机制研究进展[J]. 林业科学,2015,51(7):116-128.

[17] 郭学民,刘建珍,肖啸,等. 桃、杏和樱桃树抗寒性研究进展[J]. 河北科技师范学院学报,2016,30(1):1-9.

[18] 王芳,裴哲. 三种不同抗寒类型植物体内脯氨酸含量的年季变化[J]. 中国科技信息,2006(5):115-116.

[19] 刘娥娥,宗会,郭振飞,等. 干旱、盐和低温胁迫对水稻幼苗脯氨酸含量的影响[J]. 热带亚热带植物学报,2000,8(3):235-238.

[20] 王敏,陈秋芳,石美娟,等. 低温胁迫对甜樱桃品种枝条SOD、POD活性和脯氨酸含量的影响[J]. 山西果树,2011(6):3-5.

[21] 邓仁菊,范建新,王永清,等. 火龙果幼苗离体辐射诱变及其对低温胁迫的生理响应[J]. 热带作物学报,2018,39(2):260-266.

[22] 苏李维,李胜,马绍英,等. 葡萄抗寒性综合评价方法的建立[J]. 草业学报,2015,24(3):70-79.