

# 低温胁迫下三个石榴品种的抗寒性分析

王庆军, 郝兆祥, 侯乐峰, 赵丽娜, 罗 华, 孟 健

(山东省枣庄市石榴研究中心, 山东 枣庄 277300)

**摘 要:**以‘突尼斯’、‘宁津三白酸’、‘峰城三白甜’3个石榴栽培品种1年生枝为试材,进行不同低温处理,测定了相关半致死温度、脯氨酸等生理指标,并综合分析了隶属函数。结果表明:3个石榴品种的抗寒性为‘峰城三白甜’>‘宁津三白酸’>‘突尼斯’,即‘突尼斯’为不抗寒品种,‘宁津三白酸’为中抗寒品种,‘峰城三白甜’为抗寒品种。

**关键词:**石榴;半致死温度;脯氨酸;超氧化物歧化酶;丙二醛;抗寒性

**中图分类号:**S 665.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)02-0018-05

石榴(*Punica granatum* L.)属石榴科(Punicaceae)石榴属(*Punica* L.)果树,原产伊朗、阿富汗等地,向东传播至中国、印度,向西传播到地中海周边国家,尔后传播至世界各地<sup>[1]</sup>。石榴为亚热带、暖温带果树,冬季休眠期能耐-16℃低温,-17℃时会出现冻害,-20℃左右时大部分已冻死<sup>[2]</sup>。近年来,我国北方石榴主产区气候异常、倒春寒频发,给石榴种植业造成了不可估量的损失。冻害特别是倒春寒危害已成为我国北方石榴种植业最重要的一个限制因子。国内外对石榴品种抗寒性研究很少,进行石榴品种抗寒性研究迫在眉睫。为此,该研究选取山东省枣庄市峄城区3个栽培品种石榴为试验材料,对其抗寒性进行了研究,旨在为我国石榴抗寒种质资源挖掘、品种选育、栽培等提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试石榴品种定植于山东省枣庄市峄城区中国石榴种质资源圃内;以‘突尼斯’、‘宁津三白酸’、‘峰城三白甜’3个石榴栽培品种1年生健壮枝条为试材,每个品种选取30根枝条,迅速带回实验室,立即进行处理。

日本产岛津 UV-1800 紫外可见分光光度;上海雷磁

仪器厂生产的 DDS-307 型电导率仪。

### 1.2 试验方法

试验于2014年2月24日即石榴树休眠时进行,室内试验在枣庄学院实验室进行。每品种枝条剪成12cm左右枝段后分成7组,用去离子水洗净后再用吸水纸吸干水分,捆绑、封蜡,先后用湿报纸、保鲜膜包裹,然后放入超低温冰箱。采用梯度降温法,分组进行冷冻处理,降温 and 升温速度均为4℃/h,冷冻温度梯度为-8、-10、-12、-14、-16、-18、-20℃。当达到所需冷冻温度,使其维持24h后取出开始回温,至室温内进行电导率测定。

### 1.3 项目测定

参照张志良<sup>[3]</sup>的方法测定相对电导率;根据朱根海等<sup>[4]</sup>有关组织半致死温度计算方法,配合 Logistic 方程,计算出石榴半致死温度(LT<sub>50</sub>);游离脯氨酸(Pro)含量采用茚三酮法<sup>[5]</sup>测定;超氧化物歧化酶(SOD)活性采用氮蓝四唑(NBT)法<sup>[6]</sup>测定;丙二醛(MDA)含量采用硫代巴比妥酸法<sup>[7]</sup>测定。抗寒性综合分析用隶属函数法<sup>[8]</sup>及方差分析。参照廖景容等<sup>[9]</sup>的方法,按照平均隶属度将抗寒性分为5级:0.70~1.00为高抗,定为I级;0.60~0.69为抗,定为II级;0.40~0.59为中抗,定为III级;0.30~0.39为低抗,定为IV级;0~0.29为不抗,定为V级。

### 1.4 数据分析

试验数据采用 Excel 2003、SPSS 17.0 软件进行统计和分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 低温胁迫下3个石榴品种枝条相对电导率的比较

由表1可以看出,3个供试石榴品种相对电导率随处理温度的降低逐渐升高,在-8℃时,‘突尼斯’、‘宁津

**第一作者简介:**王庆军(1987-),男,本科,现主要从事石榴种质资源收集保存与创新利用等研究工作。E-mail: wangqingjun163@126.com.

**责任作者:**郝兆祥(1968-),男,高级工程师,现主要从事石榴种质资源收集保存与创新利用等研究工作。E-mail: 6776168@163.com.

**基金项目:**国家公益行业专项资助项目(201204402);国家林木种苗工程资助项目([2012]1888号);山东省农业良种工程计划资助项目(鲁科字[2014]96号)。

**收稿日期:**2014-09-04

三白酸’、‘峰城三白甜’之间无显著性差异;在-10℃时,‘突尼斯’与‘峰城三白甜’之间无显著性差异,‘宁津三白酸’与‘峰城三白甜’之间无显著性差异,而‘突尼斯’与‘宁津三白酸’之间差异显著,‘突尼斯’抗寒性最弱,‘宁津三白酸’、‘峰城三白甜’抗寒性较强;在-12℃和-16℃时,‘突尼斯’与‘宁津三白酸’之间差异显著,‘突尼斯’与‘峰城三白甜’之间差异显著,‘宁津三白酸’与‘峰城三白甜’之间无显著性差异,‘突尼斯’的抗寒性最

弱,‘宁津三白酸’、‘峰城三白甜’抗寒性较强;在-14℃时,‘突尼斯’、‘宁津三白酸’、‘峰城三白甜’之间均有显著性差异,‘突尼斯’的抗寒性最弱,‘宁津三白酸’的抗寒性最强,‘峰城三白甜’抗寒性居中;在-18℃和-20℃时,‘突尼斯’、‘宁津三白酸’、‘峰城三白甜’之间均有显著性差异,‘突尼斯’的抗寒性最弱,‘峰城三白甜’的抗寒性最强,‘宁津三白酸’抗寒性居中。

表 1 低温胁迫下 3 个石榴品种枝条的相对电导率

Table 1 The relative electrolyte leakage of shoots of 3 pomegranate cultivars under the low temperature stress %

品种 Cultivars	-8℃	-10℃	-12℃	-14℃	-16℃	-18℃	-20℃
‘突尼斯’ ‘Tunisi’	32.71±0.98a	39.29±1.21a	43.78±1.16a	50.91±1.34a	72.89±0.93a	75.03±1.14a	80.03±0.91a
‘宁津三白酸’ ‘Ningjin San Baisuan’	26.89±0.77a	31.01±1.12b	35.29±1.18b	38.51±0.97c	46.88±1.43b	54.81±1.20b	72.29±1.27b
‘峰城三白甜’ ‘Yicheng San Baitian’	26.62±1.51a	35.10±0.89ab	37.18±1.04b	42.42±1.05b	44.48±1.37b	52.02±0.97c	60.01±0.89c

注:同列数字后不同小写字母表示经新复极差检验法检验达到差异显著水平(P<0.05)。以下同。

Note: Different lowercase letters following each column show significance at P<0.05 with Duncan’s multiple range test. The same below.

2.2 低温胁迫下 3 个石榴品种枝条的半致死温度(LT<sub>50</sub>)

由表 2 可知,根据 Logistic 方程求出 3 个石榴品种

的半致死温度(LT<sub>50</sub>)由低到高为‘峰城三白甜’、‘宁津三白酸’、‘突尼斯’。初步确定‘峰城三白甜’抗寒性最强,‘宁津三白酸’抗寒性居中,‘突尼斯’抗寒性最弱。

表 2 低温胁迫下 3 个石榴品种枝条的半致死温度(LT<sub>50</sub>)

Table 2 In the low temperature stress shoots of 3 pomegranate cultivars LT<sub>50</sub>

品种 Cultivars	处理温度 Treatment temperature/℃	拟合方程 Logistic equation	拟合度 r <sub>yx</sub>	半致死温度(LT <sub>50</sub> ) Lethal temperature/℃
‘突尼斯’ ‘Tunisi’	-8~-20	y=-1.266+0.160x	0.956	-7.901
‘宁津三白酸’ ‘Ningjin San Baisuan’	-8~-20	y=-1.508+0.157x	0.976	-9.605
‘峰城三白甜’ ‘Yicheng San Baitian’	-8~-20	y=-1.371+0.122x	0.964	-11.273

2.3 低温胁迫对 3 个石榴品种枝条脯氨酸含量的影响

由表 3 可知,3 个供试石榴品种相对脯氨酸含量随处理温度的降低逐渐升高,在-8~-12℃脯氨酸含量上升缓慢,‘峰城三白甜’与‘突尼斯’、‘宁津三白酸’之间差异显著,‘宁津三白酸’与‘突尼斯’之间无显著性差异;在-14~-20℃之间脯氨酸含量迅速上升,在-14℃时‘突尼斯’、‘宁津三白酸’、‘峰城三白甜’之间都差异显

著;在-16~-20℃之间‘突尼斯’与‘宁津三白酸’、‘峰城三白甜’之间有显著性差异。有研究表明,植物抗寒性与脯氨酸含量呈正相关<sup>[10]</sup>,随着低温胁迫‘突尼斯’脯氨酸含量最低,在一定程度上说明其抗寒性最弱,‘峰城三白甜’脯氨酸含量最高,在一定程度上说明其抗寒性最强,‘宁津三白酸’脯氨酸含量居中,在一定程度上说明其抗寒性居中。

表 3 低温胁迫对 3 个石榴品种枝条脯氨酸含量的影响

Table 3 Effect of low temperature stress on shoots proline of 3 pomegranate cultivars μg/g

品种 Cultivars	-8℃	-10℃	-12℃	-14℃	-16℃	-18℃	-20℃
‘突尼斯’ ‘Tunisi’	2.404±0.220b	2.745±0.149b	5.480±0.205b	10.771±0.235c	11.660±0.225b	11.982±0.215b	12.310±0.200b
‘宁津三白酸’ ‘Ningjin San Baisuan’	2.573±0.220b	2.956±0.143b	5.693±0.200b	11.839±0.251b	12.469±0.220a	12.759±0.230a	12.820±0.191a
‘峰城三白甜’ ‘Yicheng San Baitian’	3.243±0.170a	4.393±0.149a	6.965±0.210a	12.530±0.220a	12.563±0.225a	12.770±0.225a	13.053±0.215a

2.4 低温胁迫对 3 个石榴品种枝条超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响

SOD 活性大小可以反映细胞对逆境的适应能力, SOD 活性高低间接地说明了植物耐寒性的强弱, SOD 活性的增大说明在低温胁迫下其清除自由基的能力增强,石榴的抗寒性与 SOD 活性呈正相关。从图 1 可以看出,不同处理温度下各品种的 SOD 活性表现出不同的差异,在-8℃时‘宁津三白酸’与‘突尼斯’、‘峰城三白甜’

之间差异显著;在-10、-14、-18、-20℃时‘突尼斯’、‘宁津三白酸’、‘峰城三白甜’之间均有显著性差异;在-12℃时‘突尼斯’与‘宁津三白酸’、‘峰城三白甜’之间有显著性差异;在-16℃时‘突尼斯’与‘峰城三白甜’之间有显著性差异,并且, SOD 活性随处理温度的降低呈先升高后降低的变化趋势,在-8~-10℃时其活性增加缓慢,且‘宁津三白酸’此时活性最大,说明‘宁津三白酸’抗寒性此时最强,‘突尼斯’与‘峰城三白甜’此时活性

几乎平衡;在-12~-14℃时 SOD 活性加速增大,增大到最大值且‘峰城三白甜’此时活性最大,说明‘峰城三白甜’抗寒性此时最强;在-16~-20℃时 SOD 活性逐步降低,且‘峰城三白甜’此时活性一直最大,说明‘峰城三白甜’抗寒性此时最强。

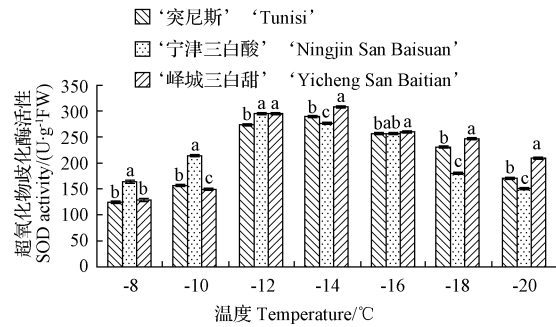


图1 低温胁迫对3个石榴品种枝条超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响

Fig.1 Effects of low temperature stress on superoxide dismutase (SOD) activity of shoots of 3 pomegranate cultivars

2.5 低温胁迫对3个石榴品种枝条丙二醛(MDA)含量的影响

抗寒性强的品种 MDA 含量较低,抗寒性相对较弱的品种 MDA 含量相对较高<sup>[11]</sup>。从图 2 可以看出,随着处理温度下降,3 个石榴品种枝条中 MDA 含量增大。在-8~-10℃时 MDA 含量增加缓慢;在-10℃以后 MDA 含量迅速增加,且 MDA 含量从大到小依次为‘突尼斯’、‘宁津三白酸’、‘峰城三白甜’,相应的抗寒性从小到大依次为‘突尼斯’、‘宁津三白酸’、‘峰城三白甜’。在-8~-10℃时 MDA 含量很小,‘突尼斯’、‘宁津三白

酸’、‘峰城三白甜’之间无显著性差异;在-12~-14℃时 MDA 含量升高,‘突尼斯’、‘宁津三白酸’、‘峰城三白甜’之间差异显著;在-16~-20℃时 MDA 含量升高,‘突尼斯’与‘宁津三白酸’、‘峰城三白甜’之间差异显著,而‘宁津三白酸’与‘峰城三白甜’之间无显著性差异。

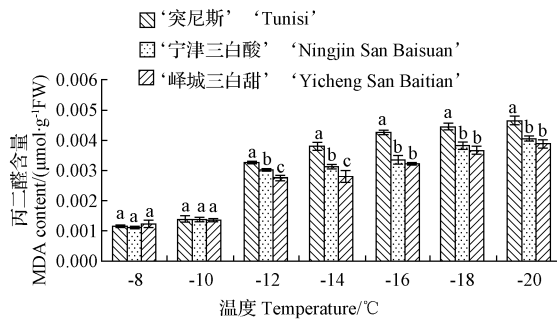


图2 低温胁迫下3个石榴品种枝条丙二醛含量

Fig.2 MDA content under cold stress shoots of 3 pomegranate cultivars

2.6 3个石榴品种抗寒性平均隶属度综合分析

前人抗寒性研究多采用生态、形态、理化、代谢和生化等单一指标进行抗寒性鉴定,而植物生理过程是错综复杂的,植物抗性受多种因素影响,孤立地用某一指标很难反映植物抗寒的实质,也不利于揭示植物抗寒的本质<sup>[8]</sup>,因此采用模糊数学中的隶属函数法,通过平均隶属度来综合评价供试3个石榴品种的抗寒性。由表4可以看出,3个石榴品种的抗寒性顺序为‘峰城三白甜’>‘宁津三白酸’>‘突尼斯’,‘突尼斯’为低抗寒石榴品种,‘宁津三白酸’为中抗寒石榴品种,而‘峰城三白甜’为抗寒石榴品种。

表4 3个石榴品种各生理生化指标抗寒隶属函数值及综合评价

Table 4 Various physiological and biochemical cold and comprehensive evaluation of the value of the membership function of 3 pomegranate cultivars

品种 Cultivars	相对电导率 REC	脯氨酸含量 Proline content	超氧化物歧化酶活性 SOD activity	丙二醛含量 MDA content	平均隶属度 The average membership	抗寒级别 The hardness level
‘突尼斯’‘Tunisi’	0.442	0.544	0.332	0.236	0.389	Ⅳ级
‘宁津三白酸’‘Ningjin San Baisuan’	0.680	0.594	0.517	0.512	0.576	Ⅲ级
‘峰城三白甜’‘Yicheng San Baitian’	0.702	0.653	0.566	0.549	0.617	Ⅱ级

3 讨论与结论

3.1 电解质外渗率及半致死温度与抗寒性的关系

利用测定电导率判定植物抗寒性已广泛应用到苹果<sup>[12]</sup>、李<sup>[13]</sup>、葡萄<sup>[14]</sup>、核桃<sup>[15]</sup>等果树。3个供试石榴品种相对电导率随处理温度的降低逐渐升高,‘突尼斯’相对电导率值最大,最不抗寒,这与宋尚伟等<sup>[16]</sup>研究结论一致。LT<sub>50</sub>是指一半试材临界死亡的温度<sup>[17]</sup>,是评价植物抗寒性比较准确的指标,LT<sub>50</sub>越低植物抗寒性越强。3个石榴品种的半致死温度(LT<sub>50</sub>)由低到高为‘峰城三白甜’、‘宁津三白酸’、‘突尼斯’。其相应的抗寒性为‘峰城

三白甜’抗寒性最强,‘宁津三白酸’抗寒性居中,‘突尼斯’抗寒性最弱。

3.2 脯氨酸含量、MDA 含量、SOD 活性与抗寒性的关系

在低温胁迫下,植物体内游离脯氨酸积累是一种普遍现象,其积累量已被广泛应用于抗寒力鉴定。许多果树在低温胁迫下,体内的游离脯氨酸含量都增加。脯氨酸对植物抗寒作用机理主要是作为渗透调节物质保护蛋白质分子。作为活性氧的清除剂,低温胁迫结束后可作为能源物质(或碳源)和氮源<sup>[18]</sup>。由于膜脂过氧化的



中间产物自由基和最终产物 MDA 都会严重的损伤生物膜,因此 MDA 浓度也通常用来表示过氧化物和膜系统的伤害程度。其含量可表示细胞膜系统结构和功能受害的程度。植物在低温胁迫时,体内产生活性氧会造成膜脂的过氧化作用及膜蛋白的破坏,而一些抗氧化酶,如 SOD,则可以迅速清除活性氧等毒害物质,保护植物细胞少受或免受伤害。大量研究表明 SOD 基因在植物体内的超表达与抗寒性呈正相关<sup>[19]</sup>。

研究表明植物抗寒性与脯氨酸含量、SOD 活性呈正相关<sup>[10]</sup>,与 MDA 含量呈负相关<sup>[11]</sup>。3 个石榴品种的 SOD 活性随处理温度降低呈先升高后降低变化趋势,在相同低温处理下脯氨酸含量、SOD 活性在石榴枝条内积累量依次为‘峰城三白甜’>‘宁津三白酸’>‘突尼斯’;MDA 含量在石榴枝条内积累量依次为‘突尼斯’>‘宁津三白酸’>‘峰城三白甜’。膜脂过氧化程度依次为‘突尼斯’>‘宁津三白酸’>‘峰城三白甜’。即抗寒性依次为‘峰城三白甜’>‘宁津三白酸’>‘突尼斯’。该研究结果与郭卫东<sup>[20]</sup>的研究结论一致。也有研究表明,高脯氨酸含量并没有真正显示高抗寒,因为在 3 月脱驯化后脯氨酸含量仍然很高,在高等植物脯氨酸浓度与严重的非生物胁迫相关,脯氨酸通过疏水性相互作用保护细胞膜,但它在严寒胁迫下效率较低<sup>[21]</sup>。

### 3.3 3 种石榴抗寒性隶属函数分析探讨

植物受到低温胁迫后,其生理代谢过程变化是错综复杂的,孤立的某一指标很难反映植物的抗寒性机理。试验采用 Fuzzy 数学中的隶属函数法对石榴各个抗寒性指标的隶属函数值进行累加,求取平均数以评定抗寒性。这种综合性的评价方法能够克服单个指标的片面性,使评定结果更全面地反映树种的实际抗寒能力<sup>[22]</sup>。经综合隶属函数分析,在对低温胁迫下 3 个石榴品种的抗寒性分析研究表明,3 个石榴品种的抗寒性依次为‘峰城三白甜’>‘宁津三白酸’>‘突尼斯’,‘突尼斯’为低抗寒石榴品种,‘宁津三白酸’为中抗寒石榴品种,而‘峰城三白甜’为抗寒石榴品种。

### 3.4 石榴品种抗寒性研究中处理温度梯度探讨

宋尚伟等<sup>[16]</sup>在不同石榴品种抗寒性研究中处理温度梯度为-4℃1 个处理,杨雪梅等<sup>[23]</sup>在不同石榴品种抗寒性综合评价中的处理温度梯度为-5℃,温度梯度太大,该梯度设置影响了测定的精确度。该试验弥补了这方面的不足,将处理温度梯度级差设为-2℃,使数据更加科学合理精确。

除此之外,该试验仅以山东省枣庄市峰城区 3 个石榴品种为试验材料进行了研究,具有一定的局限性。有必要对我国北方石榴产区主栽品种全面进行抗寒性进

行研究,以期为我国石榴抗寒种质资源挖掘、品种选育、栽培等提供科学依据。

### 参考文献

- [1] 曹尚银,侯乐峰. 中国果树志石榴卷[M]. 北京:中国林业出版社,2013:1-3.
- [2] 马俊,蒋锦标. 果树生产技术北方本[M]. 北京:中国农业出版社,2006:349-354.
- [3] 张志良. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,1990:268-271.
- [4] 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研究[J]. 南京农业大学学报,1986(3):11-16.
- [5] 赵世杰,史国安. 植物生理学实验指导[M]. 泰安:中国农业科学技术出版社,2002:132-133.
- [6] 刘家尧,刘新. 植物生理学实验教程[M]. 北京:高等教育出版社,2010:77-78.
- [7] 赵世杰,许长城,邹琦. 植物组织中丙二醛测定方法的改进[J]. 植物生理学通讯,1994(3):207-210.
- [8] 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,2007,24(6):849-853.
- [9] 廖景容,郑中阳,张卫星. 玉米不同杂交组合抗旱性、丰产性的研究[J]. 安徽农业科学,2005,33(1):7-10.
- [10] Cote B, Vogel C S, Dawson O. Autumnal changes in tissue nitrogen of autumn olive, black alder and eastern cottonwood[J]. Plant Soil, 1989, 188: 23-32.
- [11] 刘冰. 花椒抗寒性研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2008:32-33.
- [12] 高爱农,姜淑荣,赵锡温,等. 苹果品种抗寒性测定方法的研究[J]. 果树学报,2000,17(1):17-21.
- [13] 刘威生,张加延,唐士勇,等. 李属种质资源的抗寒性鉴定[J]. 北方果树,1999(2):6-8.
- [14] 牛立新,贺普超. 用电导法不同计量单位鉴定葡萄抗寒性的研究[J]. 果树科学,1989,6(3):159-164.
- [15] 相昆,张美勇. 不同核桃品种耐寒特性综合评价[J]. 应用生态学报,2011,22(9):2325-2330.
- [16] 宋尚伟,刘程宏,张芳明,等. 不同石榴品种抗寒性的研究[J]. 河南农业大学学报,2012(2):44-45.
- [17] 郑东虎,王兴国. 电导法在植物抗寒性研究中的应用[J]. 延边大学农学报,1998,20(2):73-78.
- [18] 王小华,庄南生. 脯氨酸与植物抗寒性的研究进展[J]. 中国农学通报,2008(11):398-401.
- [19] Bowler C, Alliotte T, Van den Bulcke M, et al. A plant manganese superoxide dismutase is efficiently imported and correctly processed by yeast mitochondria[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 1989, 86: 3237-3241.
- [20] 郭卫东. 低温胁迫下佛手半致死温度测定和抗寒性分析[J]. 园艺学报,2009,36(1):81-86.
- [21] Soloklui A A G, Ershadi A. Evaluation of cold hardiness in seven iranian commercial pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars[J]. Hort Science, 2012, 47(12):1821-1825.
- [22] 孟艳琼,张令峰,王雷宏,等. 低温胁迫对 6 种彩叶藤木植物抗寒性生理指标的影响[J]. 安徽农业大学学报,2009,36(2):172-177.
- [23] 杨雪梅,苑兆和,尹燕雷,等. 不同石榴品种抗寒性综合评价[J]. 山东农业科学,2014,46(2):46-52.

DOI:10.11937/bfyy.201502006

# 薄荷叶片在春季的荧光特性研究

陈 兰 兰, 郭 圣 茂, 刘 辉, 廖 兴 国, 赖 晓 莲

(江西农业大学 园林与艺术学院, 江西 南昌 330045)

**摘 要:**以药用植物薄荷作为研究对象,利用 PAM-2500 便携式调制叶绿素荧光仪对其叶片荧光特性在春季的动态变化进行了研究。结果表明:月份、时刻及其交互作用对薄荷的荧光特性会产生显著性影响( $P < 0.05$ );薄荷的各项荧光参数在春季的3个月中变化趋势基本一致,不同时刻间存在显著性差异( $P < 0.05$ ),且基本上5月份的各值最大,4月份次之,3月份最小;其中,最大荧光( $F_m$ )与光化学效率( $F_v/F_m$ )在春季的日变化趋势一致,而光化学淬灭系数( $qP$ )和非光化学淬灭系数( $qN$ )的日变化趋势则刚好相反。

**关键词:**薄荷;叶片;荧光;春季

**中图分类号:**Q 949.95 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)02-0022-04

近年来,随着叶绿素的荧光理论和测定技术的快速发展,光合作用的原初反应以及光合机理方面的研究也得到了极大地推动。其中,叶绿素的荧光分析技术作为植物的光合作用与环境之间关系的内在探针而得到了广泛的应用<sup>[1-2]</sup>。植物生长环境条件下的光照和自身适应环境变化的能力都会影响植物叶片的光合响应<sup>[3]</sup>。高等植物的这种光合响应包含了很多复杂的信息,可以反映植物应对环境变化的生理响应<sup>[4]</sup>。春季作为一般植物生长发育的重要时期,这一阶段生长的状况会对植物的整个生长发育产生影响。因此,通过对植物在春季

的荧光特性进行研究,了解其在这个重要阶段的生理调节过程,在一定程度上能够体现该植物对环境变化的响应<sup>[5]</sup>。

薄荷(*Mentha haplocalyx* Britq)属唇形科薄荷属的多年生宿根草本植物,全株具有浓烈的清凉香味。薄荷广泛分布于全国各地,具有医用和食用的双重功能。食用部位为茎和叶,药用部位是干燥的地上部分,能够治疗发热喉痛,头痛等不适症,是我国的传统中药之一<sup>[6]</sup>。目前,对薄荷的研究主要集中在药理作用<sup>[7-8]</sup>、薄荷挥发油的提取<sup>[9-10]</sup>、非挥发性成分的研究<sup>[11]</sup>、繁殖培育<sup>[12]</sup>和栽培管理<sup>[13]</sup>等方面,而针对薄荷的荧光生理特性的研究相对缺乏。因此,该试验通过对薄荷在春季的荧光特性进行研究,以期对薄荷的优质高产栽培提供试验依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试的2年生薄荷种植在江西农业大学中药园内,

**第一作者简介:**陈兰兰(1991-),女,江西南昌人,硕士研究生,研究方向为森林培育。

**责任作者:**郭圣茂(1970-),男,博士,副教授,研究方向为林业生态工程。

**基金项目:**江西省科技厅科技支撑资助项目(20111BBG70030-5)。

**收稿日期:**2014-09-23

## Analysis on Cold Resistance of Three Pomegranate Cultivars Under Cold Stress

WANG Qing-jun, HAO Zhao-xiang, HOU Le-feng, ZHAO Li-na, LUO Hua, MENG Jian  
(Zaozhuang Pomegranate Research Center, Zaozhuang, Shandong 277300)

**Abstract:** With one-year-old shoots of three cultivated varieties of pomegranate ('Tunisi', 'Ningjin San Baisuan', 'Yicheng San Baitian') as test materials, different low temperature was processed, the lethal temperature ( $LT_{50}$ ), proline content and other physiological indexes were measured and comprehensively analyzed by subordination function method. The results showed that, the cold resistance of 3 pomegranate cultivars ranked as 'Yicheng San Baitian' > 'Ningjin San Baisuan' > 'Tunisi', 'Tunisi' was low cold-resistant cultivars, 'Ningjin San Baisuan' was moderate cold-resistant cultivars, while 'Yicheng San Baitian' was cold resistance pomegranate cultivars.

**Keywords:** pomegranate; lethal temperature; proline; superoxide dismutase; MDA; cold resistance