

曾丽蓉,郑鑫,张婷,等.电导法协同 Logistic 方程进行 6 种苹果砧木抗寒性的比较[J].江苏农业科学,2017,45(10):119-121.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.10.034

电导法协同 Logistic 方程进行 6 种苹果砧木抗寒性的比较

曾丽蓉,郑鑫,张婷,骆建霞

(天津农学院园艺园林学院,天津 300384)

摘要:对八棱海棠、平顶海棠、圆叶海棠、西府海棠、珠美海棠和红果海棠进行低温($-3 \sim -40\text{ }^{\circ}\text{C}$)处理以比较其抗寒性,用电导法测定各低温处理后的电导率,计算电解质外渗率及外渗率与温度间的回归系数,并采用 Logistic 方程计算各植物的临界致死低温,同时对各植物低温处理后枝条横断面进行观察。结果表明,随着温度的降低,参试植物电解质外渗率均逐渐增加,其中红果海棠的电解质外渗率增加的幅度最大,其回归系数达 -7.78 ;其次是西府海棠,为 -6.67 ;而八棱海棠最小,为 -2.86 。根据各低温处理后横断面的表现可以看出,八棱海棠的受害程度最轻,红果海棠的受害程度最重。各植物的临界致死温度分别为:红果海棠 $-23.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、西府海棠 $-27.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、珠美海棠 $-33.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、圆叶海棠 $-35.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、平顶海棠 $-44.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、八棱海棠 $-48.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。综合各观测指标发现,6 种苹果砧木的抗寒性强弱依次为八棱海棠>平顶海棠>圆叶海棠>珠美海棠>西府海棠>红果海棠。

关键词:苹果砧木;抗寒性;电导法;Logistic 方程;电解质外渗率;回归系数;临界致死低温

中图分类号: S661.101 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)10-0119-03

由于种类、品种及各地气候不同,苹果抗寒性存在很大差异,抗寒力决定着苹果植株的越冬安全、树势及产量等。在本试验中,八棱海棠、平顶海棠、西府海棠、珠美海棠、圆叶海棠和红果海棠既可以用作苹果的嫁接砧木,又可以用作观赏的园林树木。砧木直接影响接穗的生长和结果,正确选择抗寒性强的砧木,可以明显增强苹果树的抗逆性,实现早产、丰产、稳产、优质的栽培目标。作为观赏园林植物,选择抗寒性强的海棠可以为观赏树木在园林绿化中的选用提供依据。在果树抗寒性研究中,电导法是一个成熟的技术,广泛用于各种植物抗寒力的研究。李勃等利用电导法对樱桃砧木抗寒性进行鉴定^[1],裴珍飞等应用电导法评价了桉树抗寒性^[2],张德舜等研究了常绿阔叶树种的抗寒性等^[3]。在不同的低温处理下,膜的透性因不同的种和品种而不同,抗寒性强的膜透性变化小,反之变化大,而细胞膜透性的变化主要表现为电解质外渗率^[4]。在 1985 年刘友良等利用植物组织在冰冻温度下的电解质外渗率配以 Logistic 方程来求出半致死温度,即临界致死温度^[5];随后谢军等均利用电导法拟合 Logistic 方程对植物的抗寒性进行研究^[6-8]。本试验对各参试植物进行低温处理,通过计算电解质外渗率、回归系数、Logistic 方程的拐点温度以及枝条横断面的观察,了解这几种植物的抗寒性,为生产和园林绿化提供指导意义。

收稿日期:2016-01-21

基金项目:天津市科学技术委员会基础与前沿技术研究计划(编号:14JCYBJC30200);天津市农业委员会资助项目(编号:201101120)。

作者简介:曾丽蓉(1990—),女,江西南昌人,硕士研究生,主要从事果树适应性研究。E-mail:544037081@qq.com。

通信作者:骆建霞,教授,主要从事果树及园林地被植物资源及其适应性等研究工作。Tel:(022)23781301。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料为八棱海棠(*Malus robusta* Rehd)、平顶海棠(*M. prunifolia*)、珠美海棠(*M. zumei* Rehd)、圆叶海棠(*M. prunifolia* var *ringo*)、西府海棠(*M. micromalus* Makino)和红果海棠(*M. sieboldii* Rehd)等休眠期的 1 年生枝条,于树冠层外围采集生长健壮且粗细比较一致的枝条。

1.2 试验方法

1.2.1 低温处理 于 2015 年 1 月上旬采集各植物枝条,采集后将每种试材平均分成 8 份,分别置于 -3 、 -9 、 -15 、 -19 、 -24 、 -30 、 -35 、 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冰箱内冷冻处理 24 h,其中以 $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 处理作为对照(此时自然环境温度低温约为 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$)。

1.2.2 测定方法 低温冷冻处理后的枝条先用细毛刷子在自来水下将枝条清洗干净,再用蒸馏水冲洗 3 次,然后将枝条剪成 $2 \sim 3\text{ mm}$ 长的小段,每种试材等量称取 3 份,每份 3 g ,投入 3 个三角瓶中,做好标记,每瓶加入 50 mL 蒸馏水。浸泡 12 h 后,用 DDS-11A 型数字电导仪测定浸出液的电导率(测时摇匀),以后每 12 h 测量 1 次,连续测定 5 次,即浸泡后 60 h。24 h 测定后将 $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (对照)、 $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 处理的各样品煮沸 25 min,用蒸馏水补充到未煮时的刻度,再次测量其电导率。计算出各处理的电解质外渗率,求出温度与各处理的回归系数,同时用 Logistic 方程求出各植物的拐点温度(也就是电解质外渗率为 50% 时的临界致死低温),以作为评价各参试植物抗寒力的重要参考指标。将各低温冷冻处理后的枝条放置在自来水中浸泡 1 周,观察枝条横断面的颜色变化,作为植物抗寒力评价的一个辅助指标。

1.2.3 数据分析 采用统计分析软件 SPSS V17.0 进行回归

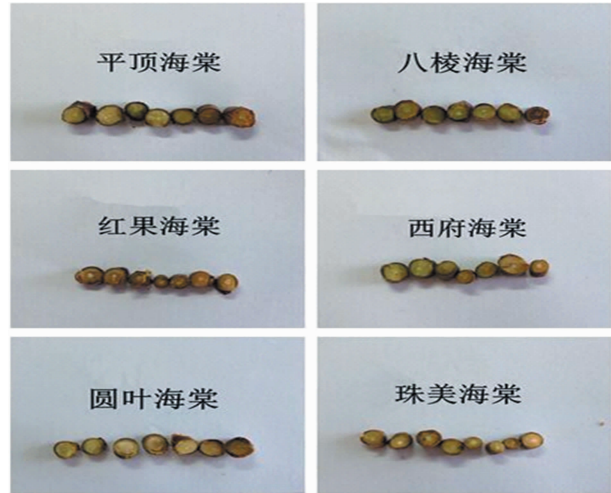
系数、临界致死低温的计算,并分析各处理间电解质外渗率的差异显著性。

电解质外渗率 = $\frac{\text{样品低温处理后电导率} - \text{对照电导率}}{\text{样品煮沸后电导率} - \text{对照电导率}} \times 100\%$ 。

2 结果与分析

2.1 低温处理后参试植物枝条横断面的变化

对不同低温处理的参试植物枝条横断面进行观察,结果见图 1。由图 1 可看出,随着处理温度的逐渐降低,各植物枝条横断面的颜色逐渐加深变褐。其中红果海棠发生的变化最明显,在 -19℃ 时,已经褐变为最深,而八棱海棠在 -40℃ 时才开始褐变,枝条仍未显示出明显的受冻害的症状,其次是平顶海棠。说明从枝条横断面的变化来看,在这 6 种参试植物中,红果海棠的抗寒性是最弱的,八棱海棠抗寒性最强。



图中从左到右处理温度依次为 -3、-9、-19、-24、-30、-35、-40℃

图1 低温处理后各植物枝条横断面的变化

2.2 低温处理对参试植物电解质外渗率的影响

由表 1 可以看出,随着温度的降低,各参试植物枝条的电导率逐渐增加,说明电解质外渗量逐渐增大。在对照情况下,各植物的电导率有较大的差异,为了消除各植物基础电导率对电解质外渗率的影响,用处理后的电导率减去基础电导率进行分析更加客观可靠。

表 1 各参试植物的电导率测定结果

温度 (℃)	电导率(μS/cm)					
	圆叶海棠	八棱海棠	平顶海棠	西府海棠	珠美海棠	红果海棠
-3	165.6hG	138.8fF	151.6fE	177.9fF	157.8gG	174.0hG
-9	190.1gF	154.3eE	160.0fE	198.9eE	171.4fF	211.4gF
-15	213.8eE	160.9deDE	185.2eD	250.9dD	217.6eE	255.5eD
-19	201.0fF	165.3dD	180.4eD	248.2dD	220.4eE	230.2fE
-24	231.1dD	166.1dD	213.1dC	341.0cC	292.0dD	360.6dC
-30	315.8cC	178.3cC	254.8cB	371.6bB	305.6cC	375.3cB
-35	342.9bB	215.3bB	266.8bB	391.2aA	340.2bB	426.8bA
-40	364.2aA	267.4aA	281.1aA	393.9aA	368.6aA	438.0aA

从表 2 中电解质外渗率的变化来看,各参试植物枝条的电解质外渗率均随着温度降低而逐渐增高。从差异显著性的结果看,-35~-40℃ 圆叶海棠、八棱海棠、平顶海棠和珠美

海棠电解质外渗率均极显著高于其他处理温度。在 -9~-35℃ 时,八棱海棠的电解质外渗率变化幅度最小,而红果海棠的变化幅度最大。

表 2 各参试植物电解质外渗率的分析结果

温度 (℃)	电解质外渗率(%)					
	圆叶海棠	八棱海棠	平顶海棠	西府海棠	珠美海棠	红果海棠
-3						
-9	8.01gF	5.41eE	2.77fE	6.45eE	4.03fE	11.35fE
-15	15.74fE	7.73deDE	10.61eD	22.27dD	17.76eD	24.46dC
-19	11.62eEF	9.34dD	9.18eD	21.51dD	18.49eD	16.96eD
-24	21.54dD	9.66dD	19.58dC	49.92cC	39.63dC	56.13cB
-30	49.31cC	13.95cC	32.69cB	59.17bB	43.71cC	60.68bB
-35	58.17bB	27.04bB	36.61bB	65.07aA	53.95bB	76.08aA
-40	65.17aA	45.37aA	41.13aA	66.06aA	62.18aA	79.16aA

据报道,植物的电解质外渗率为 50% 的点可以作为评价临界致死低温^[5],本试验中红果海棠的临界致死低温在 -19~-24℃ 之间,西府海棠的临界致死低温在 -24~-30℃ 之间。为了准确知道植物的临界致死低温,对低温处理下参试植物的回归系数及临界致死低温进行分析。

2.3 不同低温处理与电解质外渗率的回归系数分析及临界致死低温

从回归系数绝对值的大小可以反映出植物电解质外渗率随温度的变化而变化的幅度,即回归系数绝对值越大,其电解质外渗率变化的幅度越大,植物的抗寒能力越弱。对本试验中不同浸泡时间处理后的各植物回归系数进行分析,结果见表 3。回归系数绝对值越大,低温对其细胞的影响越大,膜遭受的迫害越严重。其中,红果海棠的平均回归系数绝对值最大,八棱海棠的平均回归系数绝对值最小,说明在低温处理下,红果海棠的抗寒力最弱,八棱海棠的抗寒力最强。

表 3 各处理与电解质外渗率的回归系数及临界致死低温

浸泡时间 (h)	回归系数					
	圆叶海棠	八棱海棠	平顶海棠	西府海棠	珠美海棠	红果海棠
12	-5.06	-2.32	-3.13	-6.45	-5.67	-7.26
24	-5.15	-2.34	-3.47	-6.65	-5.70	-7.43
36	-5.53	-2.72	-3.72	-6.58	-5.80	-7.55
48	-6.30	-3.33	-4.26	-6.74	-6.08	-7.88
60	-6.40	-3.60	-4.59	-6.92	-6.93	-8.76
平均	-5.69	-2.86	-3.83	-6.67	-6.04	-7.78
临界致死低温(℃)	-35.5	-48.5	-44.6	-27.3	-33.5	-23.2

临界致死低温值可以更确切地反映各植物抵抗低温的能力,Logistic 方程的拐点温度可以很好地反映植物的临界致死低温,对 6 种参试植物的临界致死低温进行分析,结果见表 3。结果(表 3)表明,八棱海棠的临界致死低温最低,其次是平顶海棠,都低于 -40℃,与高爱农等的报道^[9]基本一致;红果海棠的临界致死低温最高。说明抗寒力最强的是八棱海棠,最弱的是红果海棠。此结果与用电解质外渗率和回归系数分析的结果基本一致。

2.4 浸泡时间对电解质外渗率的影响

本研究还对枝条不同浸泡时间后电解质变化进行了测定分析,结果见表 4。在浸泡 12~24 h 时,各植物电解质外渗率

有明显的变化,但尚未达到稳定程度;在浸泡 24~36 h 时,多数植物的电解质外渗率基本上稳定;在浸泡 36~48 h 时,各植物电解质外渗率基本呈显著上升趋势;在浸泡 48~60 h 时,参试植物电解质外渗率基本稳定。随着浸泡时间的延长,各个参试植物的电解质外渗率值呈上升的趋势,这与张玉兰

等的研究结果^[4,10]基本一致。6 种植物在浸泡 24~36、48~60 h 时,电解质外渗率增加幅度较小,为了稳定并能快速测定电解质外渗率,选取在浸泡 24~36 h 这个范围内进行电解质外渗率的测定,其结果的代表性较强,这为其他植物的抗寒性研究提供了参考依据。

表 4 各参试植物不同浸泡时间电解质外渗率的变化

时间 (h)	电解质外渗率(%)					
	圆叶海棠	八棱海棠	平顶海棠	西府海棠	珠美海棠	红果海棠
12	26.81cC	15.49cC	18.14cE	35.09cC	29.88cC	38.13dD
24	30.43bB	16.04cBC	21.10bCD	39.94bB	33.11bB	43.13cC
36	32.73bB	18.80bB	23.17bBC	40.29bB	34.03bB	45.09bcBC
48	36.86aA	21.82aA	26.12aAB	43.39aAB	35.37abAB	47.22bB
60	36.60aA	22.38aA	27.09aA	44.81aA	37.30aA	50.85aA

3 讨论与结论

一年生枝条在不同低温处理下,由于其抗寒性不同,其植物组织受到伤害的程度不同,可以直观反映出不同植物的受害程度。曾经有人做过研究,根据其颜色的变化来判断植物受到冻害的程度^[11]。本试验中可以从横断面清楚地看出不同植物在不同低温处理下受伤害的情况。因未知各参试植物间的抗寒力差异,而各参试品种在 -3℃(对照)情况下的浸出液电导率各不相同,那么电解质外渗率也各不相同。这些数据与参试品种的抗寒性无直接的相关性,为克服品种间基础浸出液电导率不同引起的误差,达到准确鉴定的各品种抗寒力的目的,本研究电解质外渗率计算公式采用陈能武的方法^[12]。通常用临界致死低温和回归系数来反映植物抗低温胁迫的能力,在参试的 6 种苹果砧木中,电导率、电解质外渗率和回归系数的绝对值与抗寒力是呈负相关的,即电导率越大,抗寒力越弱;反之越强,与用 Logistic 方程求出的临界致死温度所呈现的结果基本一致,这也和前人的研究结果^[13-14]相吻合。

浸泡时间对植物电解质外渗率也有影响,有文献报道,不同植物在不同的浸泡时间下电解质外渗率是不同的,如海建平在用电导法对苦楝树抗寒性影响的研究中,采用浸泡 12 h 后测量植物电解质外渗率^[15]。刘颖等在比较不同结缕草品系抗寒性的研究中,采用浸泡 24 h 后测量植物电解质外渗率^[16]。多数报道认为,测量电导率的最佳时间应该是 12~24 h。笔者研究了浸泡 12~60 h 范围内每隔 12 h 测量电解质外渗率,结果发现,在 24~36 h 这个范围内测定的电解质外渗率代表性最强,这为其他植物的抗寒性研究提供了参考依据。

本研究通过对 6 种苹果砧木的 1 年生枝条进行低温处理,并对砧木枝条的电导率进行测定,计算各品种电解质外渗率与温度间的回归系数,同时结合 Logistic 方程计算 6 种苹果砧木的临界致死温度,再结合各参试植物枝条横断面的变化,可初步认为参试植物的抗寒性强弱依次为八棱海棠(-48.5℃)>平顶海棠(-44.6℃)>圆叶海棠(-35.5℃)>珠美海棠(-33.5℃)>西府海棠

(-27.3℃)>红果海棠(-23.2℃)。

参考文献:

- [1]李 勃,刘成连,杨瑞红,等. 樱桃砧木抗寒性鉴定[J]. 果树学报,2006,23(2):196-199.
- [2]裴珍飞,曾炳山,刘 英,等. 应用电导法评价 5 个桉树抗寒性[J]. 广东林业科技,2011,27(3):27-31.
- [3]张德舜,刘红权,陈玉梅. 八种常绿阔叶树种抗寒性的研究[J]. 园艺学报,1994,21(3):283-287.
- [4]张玉兰,李 雄. 苹果矮化砧的抗寒性鉴定——电导法[J]. 内蒙古农牧学院学报,1984(1):37-43.
- [5]唐士勇. Logistic 方程在果树半致死温度测定中的应用[J]. 北方果树,1993(4):23-24.
- [6]谢 军,耿文娟,何峰江,等. 以电导法配合 Logistic 方程测定 6 种扁桃枝条的抗寒性[J]. 新疆农业大学学报,2011,34(1):32-35.
- [7]金孝芳,贾尚智,石亚亚,等. 以电导法配合 Logistic 方程鉴定茶树品种(系)的抗寒性[J]. 湖北农业科学,2012,51(20):4538-4539,4548.
- [8]徐 康,夏宜平,徐碧玉,等. 以电导法配合 Logistic 方程确定茶梅‘小玫瑰’的抗寒性[J]. 园艺学报,2005,32(1):148-150.
- [9]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]. 果树科学,2000,17(1):17-21.
- [10]贺普超,牛立新. 电导法测定果树抗寒性中确定适当计量单位的探讨[J]. 中国果树,1986(3):45-47.
- [11]高庆玉,张永和,周 恩. 苹果冻害的鉴定方法——薄层扫描法[J]. 中国果树,1991(1):18.
- [12]陈能武. 电导法在甘蔗抗寒性鉴定中的应用[J]. 甘蔗糖业,1990(6):14-20.
- [13]罗正荣,章文才. 柑橘抗寒性的研究[J]. 果树科学,1994,11(2):100-102.
- [14]黄海涛,余继忠,张 伟,等. 电导法配合 Logistic 方程鉴定茶树抗寒性的探讨[J]. 浙江农业科学,2009(3):577-579.
- [15]海建平,柴梦颖. 电导法测定苦楝树的抗寒性[J]. 河南农业,2007(20):12-13.
- [16]刘 颖,沈益新,顾洪如,等. 电导法配合 Logistic 方程比较不同结缕草品系抗寒性的研究[J]. 草原与草坪,2010,30(1):33-36.