

10种早春开花植物花器官抗寒临界温度比较研究

李盼华,石丽环,沙翠云,李单,李彦慧
(河北农业大学园林与旅游学院,河北保定 071000)

摘要:试验以保定市10种早春开花植物为试材,利用能准确模拟自然界霜夜降温的人工模拟霜箱测定各植物不同发育时期花瓣的过冷却点,并用霜箱对其进行低温处理,测定电解质外渗率,结合Logistic方程计算其半致死温度,统计褐变率,从而对其抗寒性进行排序。试验结果表明:抗寒性由低到高的顺序为榆叶梅、桃、金钟花、重瓣榆叶梅、贴梗海棠、白玉兰、山桃、连翘、迎红杜鹃、迎春。

关键词:早春开花植物;抗寒性;过冷却点;半致死温度

中图分类号:Q945,S685

文献标志码:A

论文编号:2010-2824

The Cold Critical Temperature Compare of 10 Species of Early Spring Flowering Plants in Baoding

Li Panhua, Shi Lihuan, Sha Cuiyun, Li Dan, Li Yanhui

(College of Landscape Architecture and Tourism, Agricultural University of Hebei, Baoding Hebei 071000)

Abstract: Trial of 10 early spring flowering plants of Baoding as materials, the author determined the petals of different stages of plant supercooling point used of the artificial cream boxes, after low temperature treatment using the artificial cream boxes, to measure the electrolyte leakage, combined with Logistic equation to calculate the half-lethal temperature, browning rate statistics, which sort of their cold hardiness. The results showed that: cold hardiness from low to high *Amygdalus triloba*, *Amygdalus persica*, *Forsythia viridissima*, *Amygdalus triloba* f. *multiplex*, *Chaenomeles speciosa*, *Magnolia denudata*, *Amygdalus davidiana*, *Forsythia suspensa*, *Rhododendron mucronulatum*, *Jasminum nudiflorum*.

Key words: early spring flowering plants; cold hardiness; supercooling point; half-lethal temperature

0 引言

中国北方大部分城市树种资源相对较贫乏。早春开花植物有缤纷的色彩、奇特的花姿,在北方景观中占有重要的地位^[1]。早春骤然降温、晚霜是中国北方地区一个主要气候特征,早春开花植物由于开花早,极易遭受晚霜的危害,一旦遇到霜冻,就会影响它的生长发育和观赏效果,严重限制了其在北方城市园林中的应用。目前,国内对早春开花植物的研究仍处于起步阶段,前人主要是对早春开花植物进行了简单的统计分析,提出了一些观点和意见,促进了早春开花植物在园林建设中的应用。龙茹、孟宪东等^[2]对秦皇岛30科50属94种野生早春开花植物进行了调查研究,并对早春开花植物资源利用进行了初步探讨,提出了如何有效

的利用野生植物资源。张春宇等^[3]就沈阳市14科37种早春野生花卉资源进行了调查和筛选,认为堇菜科紫花地丁、鸢尾科细叶鸢尾、毛茛科白头翁等具有较高的观赏价值,可进一步引种栽培。刘晓铃等^[4]对太原市39科82属142个种早春开花植物种类进行了统计,提出早春开花植物不但具有极高的观赏价值,而且具有很高的生态效益和经济效益。王森等^[5]对河南省16科39属51种野生早春花卉植物资源进行了调查研究,对其观赏特性进行评价,并对其保护和利用提出了建议。近年来,国内外学者在农作物、果树抗寒机理、抗寒性鉴定等领域做了大量工作,而对于早春开花植物抗寒性研究未见报道。中国拥有丰富的早春开花植物资源,加强选育抗寒性强的早春开花植物不仅可以丰

第一作者简介:李盼华,男,1983年出生,河北沧州人,在读硕士,主要从事园林植物资源及利用方向的研究。通信地址:071000 河北农业大学园林与旅游学院, E-mail: lipanhua123@163.com。

通讯作者:李彦慧,女,1971年出生,副教授,硕士生导师,博士,主要从事植物栽培方向的研究。通信地址:071000 河北农业大学园林与旅游学院, E-mail: yanhuili01@163.com。

收稿日期:2010-09-28, **修回日期:**2010-11-29。

富春季园林景观,更能为早春开花植物在园林绿化中的应用提供参考^[1-2]。本研究以保定市栽培的10种早春开花植物为试验材料,利用能准确模拟自然界霜夜降温过程的人工霜箱,通过其准确测定早春开花植物不同花期花瓣的过冷却点,及不同低温胁迫下早春开花植物电解质外渗率的变化,对不同早春开花植物抗寒性进行排序,为早春开花的抗寒性机理研究提供基础数据,同时为今后早春开花植物的生产栽培、资源利用和植物抗寒性鉴定提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验时间、地点

研究田间试验于2010年在保定市各大公园绿地进行,室内试验在河北农业大学园林与旅游学院实验室进行。

保定市位于东经113° 40'—116° 20',北纬38° 10'—40° 00'之间,属南温带亚湿润气候区,春季干旱多风,夏季炎热多雨,秋季气候凉爽,冬季寒冷少雪,四季分明,年日照2447~2871 h,无霜期165~210天,年均降雨量575.4 mm,年均径流量24.5亿m³。

1.2 试验材料

材料为3~4年生实生苗,迎红杜鹃(*Rhododendron mucronulatum*),迎春(*Jasminum nudiflorum*)、连翘(*Forsythia suspensa*)、金钟花(*Forsythia viridissima*)、榆叶梅(*Amygdalus triloba*)、重瓣榆叶梅(*Amygdalus triloba* f. *multiplex*)、贴梗海棠(*Chaenomeles speciosa*)、白玉兰(*Magnolia denudata*)、桃(*Amygdalus persica*)、山桃(*Amygdalus davidiana*)等植物材料来源河北省保定市各大公园绿地。

1.3 试验方法

1.3.1 过冷却点的测定 参照孟庆瑞等^[6-7]的方法。

1.3.2 低温处理 将试材花枝分批放入以PID调节方式控温和FrosTem 40数据采集的MSZ-2F型模拟霜箱内^[5]。为了模拟自然界霜夜的降温过程,先将试材预冷至10℃左右,之后以10℃/0.5 h速度降温至2℃左右,再用1℃/0.5 h速度降至所需温度,维持0.5 h后,以10℃/0.5 h速度升至室温^[6]。试验设-1℃、-2℃、-3℃、-4℃、-5℃、-6℃、-7℃等7个低温处理(以18℃室温为对照),取试材外层

花瓣进行指标测定。

1.3.3 褐变率的统计 低温处理后,将试材取出,于室温下2 h后观察并对受冻情况进行统计,花瓣呈水浸状并变褐色者统计为受冻害,未变褐色统计为正常。受冻率=(褐变花朵数/处理总花朵数)×100%。

1.3.4 电解质外渗率测定 采用DDS-II型数字电导仪测定,电导率计算参照李合生等^[8]的方法。

1.3.5 半致死温度(LT₅₀)的确定 采用电解质外渗率与Logistic方程相结合的方法^[9-10]。Logistic方程的表达式为: $y=k/(1+ae^{-bt})$,其中 y 代表细胞伤害率, t 代表处理温度, k 为细胞伤害率的饱和容量, a 、 b 为方程参数, $LT_{50}=(\ln a)/b$ 。

1.4 数据统计

数据处理采用DPS 2.0统计分析软件进行,试验结果均为3次重复取平均值±标准误。采用LSD、Duncan分析方法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 褐变率的统计

如表1所示,低温处理后,-4℃下早春开花植物褐变情况如下:大蕾期迎红杜鹃、迎春褐变率为0%,榆叶梅、金钟花、桃花褐变率分别达到45%、41%、38%,显著高于其他8种植物,白玉兰、重瓣榆叶梅、连翘、桃、山桃、贴梗海棠6种植物间褐变率无显著差异。初花期、盛花期结论同大蕾期。褐变率统计结果表明,迎春、迎红杜鹃的抗寒性较强,白玉兰、重瓣榆叶梅、连翘、桃花、山桃、贴梗海棠次之,榆叶梅、金钟花、桃的抗寒性最差。

2.2 过冷却点的比较

表2表明随着物候期进程的推移,10种早春开花植物花瓣的过冷却点呈上升趋势,不同物候期过冷却点由低到高的顺序为大蕾期、初花期、盛花期。即随发育进程推移,花瓣抗寒能力降低,桃、重瓣榆叶梅大蕾期花瓣过冷却点比初花期分别降低0.6℃、0.5℃,比盛花期降低1.0℃、0.9℃,且2个树种大蕾期花瓣过冷却点温度极显著低于其盛花期($P<0.01$)。连翘、白玉兰、金钟花、贴梗海棠大蕾期花瓣过冷却点为-5.7℃、-5.3℃、-4.8℃、-5.2℃,极显著高于初花期、盛花期花瓣过冷却点($P<0.01$),山桃、迎红杜鹃、迎春各

表1 低温胁迫下早春开花植物不同花期褐变率统计结果

时期	白玉兰	重瓣榆叶梅	榆叶梅	迎红杜鹃	迎春	连翘	金钟花	桃	山桃	贴梗海棠
大蕾期	18	11	45	0	0	9	41	38	12	13
初花期	47	38	86	12	0	45	88	78	33	36
盛花期	54	47	100	18	6	55	100	96	46	46

时期花瓣过冷却点之间均达到极显著水平($P<0.01$),其他植物花器官不同时期的过冷却点间无显著差异。

由表2还可以看出,10种早春开花植物大蕾期花瓣过冷却点由高到低的顺序为榆叶梅、桃、金钟花、重瓣榆叶梅、贴梗海棠、白玉兰、山桃、连翘。榆叶梅大蕾期花瓣过冷却点为 -4.4°C ,经方差分析,显著高于其他9种早春开花植物($P<0.05$),迎红杜鹃、迎春大蕾期花瓣过冷却点显著低于其他8种植物($P<0.05$),其中以迎春花瓣过冷却点最低为 -6.7°C 。10种早春开花植物初花期、盛花期花瓣过冷却点与大蕾期花瓣过冷却点排序基本保持一致。

表2 10种早春开花植物不同时期过冷却点温度比较 $^{\circ}\text{C}$

早春开花植物	大蕾期	初花期	盛花期
榆叶梅	$-4.4\pm 0.15\text{aA}$	$-4.0\pm 0.11\text{aA}$	$-3.7\pm 0.25\text{aA}$
桃花	$-4.7\pm 0.05\text{bA}$	$-4.1\pm 0.30\text{aAB}$	$-3.7\pm 0.04\text{abB}$
金钟花	$-4.8\pm 0.05\text{bA}$	$-4.0\pm 0.05\text{aB}$	$-3.8\pm 0.05\text{bB}$
重瓣榆叶梅	$-5.1\pm 0.10\text{cA}$	$-4.6\pm 0.11\text{bAB}$	$-4.2\pm 0.01\text{cB}$
贴梗海棠	$-5.2\pm 0.10\text{cA}$	$-4.7\pm 0.05\text{bcB}$	$-4.4\pm 0.10\text{dB}$
白玉兰	$-5.3\pm 0.15\text{cA}$	$-4.8\pm 0.05\text{bcdB}$	$-4.5\pm 0.05\text{dB}$
山桃	$-5.5\pm 0.20\text{dA}$	$-4.9\pm 0.01\text{bcdB}$	$-4.4\pm 0.05\text{dC}$
连翘	$-5.7\pm 0.05\text{dA}$	$-5.0\pm 0.05\text{cdB}$	$-4.7\pm 0.15\text{eB}$
迎红杜鹃	$-6.3\pm 0.05\text{eA}$	$-5.4\pm 0.30\text{dB}$	$-4.8\pm 0.05\text{eC}$
迎春	$-6.7\pm 0.15\text{fA}$	$-5.9\pm 0.11\text{eB}$	$-5.4\pm 0.05\text{fC}$

注:同行数值不同大写字母表示同一植物不同时期在0.01水平差异极显著;同列数值不同小写字母表示不同植物在 $P<0.05$ 水平上的差异显著。

2.3 低温胁迫对早春开花植物电解质外渗率的影响

由表3可以看出,随着温度的降低,早春开花植物花瓣的电解质外渗率呈不断升高的趋势。就同一植物的不同时期而言,电解质外渗率由低到高的顺序为大蕾期、初花期、盛花期。以榆叶梅为例, -4°C 下大蕾期、初花期、盛花期花瓣的电解质外渗率分别为34.7%、40.6%、55.2%,分别比对照升高了25.5%、31.7%、45.6%,表明花瓣的抗寒性大蕾期>初花期>盛花期。就同一时期不同植物而言,电解质外渗率越大抗寒性越差。以大蕾期为例, -4°C 时,榆叶梅、桃、金钟花、重瓣榆叶梅、贴梗海棠、白玉兰、山桃、连翘、迎红杜鹃、迎春的电解质外渗率分别比对照升高了39.1%、35.7%、33.5%、32.1%、29.3%、26.8%、23.6%、21.5%、12.9%、11.2%,表明大蕾期花瓣抗寒性榆叶梅<桃<金钟花<重瓣榆叶梅<贴梗海棠<白玉兰<山桃<连翘<迎红杜鹃<迎春,经分析初花期、盛花期花瓣抗寒性与大蕾期一致。

2.4 半致死温度(LT_{50})

如表4所示,不同物候期半致死温度由低到高的顺序为大蕾期、初花期、盛花期;就同一时期而言,早春开花植物花瓣半致死温度由高到低的顺序为榆叶梅、桃、金钟花、重瓣榆叶梅、贴梗海棠、白玉兰、山桃、连翘、迎红杜鹃、迎春。以大蕾期为例,榆叶梅、桃花瓣半致死温度最高,为 3.2°C ;迎红杜鹃、迎春花瓣半致死温度最低,分别为 -5.0°C 、 -5.8°C 。10种早春开花植物初花期、盛花期花瓣半致死温度差值较大蕾期而言,其差值减小,这与所得过冷却点相吻合。

表3 10种早春开花植物不同时期电解质外渗率变化

%

早春开花植物	时期	相对电导率							
		18°C	-1°C	-2°C	-3°C	-4°C	-5°C	-6°C	-7°C
榆叶梅	大蕾期	9.1	13.4	22.1	35.6	48.2	56.3	63.2	66.2
	初花期	9.6	15.2	24.3	40.9	55.2	72.3	83.9	89.2
	盛花期	9.8	18.3	28.5	45.6	63.4	78.6	88.4	92.4
桃	大蕾期	10.2	16.0	23.3	31.6	45.9	56.8	61.6	65.4
	初花期	12.4	16.7	25.5	36.7	50.6	61.2	68.7	72.5
	盛花期	15.0	22.1	32.0	44.4	66.2	74.0	79.3	81.8
金钟花	大蕾期	11.5	17.6	23.5	32.3	45.0	59.0	67.6	74.7
	初花期	16.9	22.5	37.9	49.1	61.7	69.7	76.9	83.7
	盛花期	17.5	25.2	41.7	55.5	69.3	76.8	83.9	88.0
重瓣榆叶梅	大蕾期	10.5	13.8	22.2	34.4	42.6	49.9	55.5	57.5
	初花期	13.1	17.4	27.1	35.4	50.0	62.0	73.5	77.3
	盛花期	13.4	18.7	29.4	44.5	58.7	67.0	76.2	81.5

续表3

早春开花植物	时期	相对电导率							
		18℃	-1℃	-2℃	-3℃	-4℃	-5℃	-6℃	-7℃
贴梗海棠	大蕾期	7.1	10.1	14.3	27.6	36.4	47.0	57.8	61.9
	初花期	9.1	12.5	20.5	33.7	45.0	54.7	62.0	65.9
	盛花期	11.9	15.0	22.5	34.5	48.7	60.4	68.6	73.2
白玉兰	大蕾期	8.8	14.4	16.8	28.4	35.6	42.5	52.1	66.1
	初花期	10.2	16.5	19.1	35.6	43.2	54.7	67.4	77.1
	盛花期	15.9	18.7	20.5	36.8	59.8	69.5	77.9	86.1
山桃	大蕾期	11.3	14.2	20.3	27.6	34.9	42.5	52.4	55.8
	初花期	13.4	18.2	27.1	32.6	41.4	48.1	55.0	61.3
	盛花期	15.1	20.7	31.5	43.4	52.7	63.2	67.2	74.2
连翘	大蕾期	7.2	8.8	11.1	18.2	28.7	41.8	52.3	58.9
	初花期	15.3	17.4	22.4	33.2	41.8	50.6	62.8	69.6
	盛花期	18.6	19.6	24.2	36.4	46.7	62.0	68.5	71.8
迎红杜鹃	大蕾期	4.7	5.5	8.2	11.2	17.6	32.3	41.6	49.6
	初花期	7.3	7.5	8.4	16.3	28.2	36.4	43.9	51.2
	盛花期	12.0	14.5	16.3	22.5	36.6	45.4	56.7	59.5
迎春	大蕾期	8.4	9.9	11.6	12.9	19.6	24.1	34.3	37.0
	初花期	12.9	13.2	17.4	19.8	26.0	31.8	39.5	42.5
	盛花期	19.6	23.1	27.8	33.8	43.5	60.4	65.2	67.0

表4 10种早春开花植物不同时期半致死温度比较 ℃

早春开花植物	大蕾期	初花期	盛花期
榆叶梅	-3.0±0.02	-2.7±0.05	-2.5±0.03
桃	-3.2±0.03	-2.9±0.02	-2.6±0.03
金钟花	-3.5±0.06	-3.1±0.01	-2.7±0.01
重瓣榆叶梅	-3.6±0.08	-3.0±0.04	-2.7±0.07
贴梗海棠	-3.8±0.05	-3.3±0.03	-3.1±0.01
白玉兰	-4.0±0.05	-3.6±0.01	-3.3±0.03
山桃	-4.4±0.04	-3.7±0.02	-3.4±0.02
连翘	-4.6±0.01	-3.7±0.03	-3.4±0.05
迎红杜鹃	-5.0±0.01	-4.2±0.05	-4.1±0.04
迎春	-5.8±0.03	-4.6±0.05	-4.3±0.04

3 结论与讨论

霜冻害发生后,调查植物器官的褐变率是应用最广泛最直接的方法^[11],但往往由于不同气候条件的限制及霜冻发生的不稳定性、持续时间等因素,使田间调查结果缺乏比较性。本试验采用人工模拟霜箱同一条件控制,对10种早春开花植物进行低温处理,研究结果表明迎春、迎红杜鹃是较抗寒的早春开花植物。

前人对园林植物抗寒性的测定主要是通过低温处理(如采用冰箱冷冻等)测定园林植物体内所含的渗透

调节物质、保护酶、膜质过氧化物含量的变化及解剖构造等来间接确定植物抗寒性的强弱,此种方法虽然能够测定植物抗寒性的强弱,但由于条件控制、工作量、数据处理繁琐等,极易产生误差,使试验数据不准确。笔者提出以过冷却点来反映植物抗寒性的强弱,条件控制统一,操作简单。过冷却温度是器官生理适应的低温下限^[6],过冷却点越低,抗寒性越强,是描述植物抗寒能力强弱的重要指标^[7]。试验中过冷却点的测定结果表明花瓣抗寒能力强弱的顺序为:大蕾期>初花期>盛花期,可能是因为春季气温回升后,经过低温锻炼形成的抗寒物质,如糖、蛋白消失所致。10种早春开花植物抗寒能力为:迎春>迎红杜鹃>连翘>山桃>白玉兰>贴梗海棠>重瓣榆叶梅>金钟花>桃>榆叶梅。

细胞膜的破坏程度表现为细胞内电解质外渗率的大小,比较相同胁迫水平下电解质外渗率是间接评价植物应对低温胁迫能力的一种有效的途径^[12-13]。由本试验电解质外渗率的测定结果可知,10种早春开花植物抗寒能力为迎春>迎红杜鹃>连翘>山桃>白玉兰>贴梗海棠>重瓣榆叶梅>金钟花>桃>榆叶梅。由电解质外渗率推算出的半致死温度(LT_{50})与其保持一致。

综合各个指标测定结果表明随着植物发育进程的推移,早春开花植物花瓣抗寒性减弱,以盛花期为最敏

感时期,对于同一时期早春开花植物的抗寒性强弱表现为迎春>迎红杜鹃>连翘>山桃>白玉兰>贴梗海棠>重瓣榆叶梅>金钟花>桃花>榆叶梅,而且10种早春开花植物之间抗寒性强弱关系随着植物的发育进程而减小。

参考文献

- [1] 刘晓铃,强玉丰,刘加,等.太原市早春开花植物的初步研究[J].山西大学学报,2001,24(3):251-254.
- [2] 龙茹,孟宪东,徐兴友.秦皇岛市野生早春开花植物资源的调查研究[J].北方园艺,2008,12(6):127-129.
- [3] 张春宇,孙权,孙晓梅.沈阳市早春野生草本花卉资源的调查和筛选[J].安徽农业科学,2007,35(15):4496-4497.
- [4] 王森,田朝阳.河南省野生早春开花草本花卉植物资源研究[J].河南农业科学,2008(9).
- [5] 陈学森,李宪利,张艳敏,等.杏种质资源评价及遗传育种研究进展[J].果树学报,2001,18(3):178-181.
- [6] 孟庆瑞,王文凤,梁隐泉,等.杏品种花器官过冷却点及结冰点的研究[J].中国农业科学,2008,41(4):1128-1133.
- [7] 孟庆瑞,徐秀英,杨建民,等.杏花器官抗寒性初步研究[J].河北农业大学学报,2006,29(3):22-25.
- [8] 李合生,孙群,赵世杰.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000:22-23.
- [9] 缴丽莉,路丙社,白志英,等.四种园林树木抗寒性的比较分析[J].园艺学报,2006,33(3):667-670.
- [10] 王飞,李嘉瑞,陈登文,等.电导法配合Logistic方程确定杏花期的抗寒性[J].西北农业大学学报,1997,25(5):59-63.
- [11] 宁超,孟庆瑞,李淑贤,等.抗霜冻优株花器官抗寒性的比较研究[J].河北农业大学学报,2010,9(4):29-34.
- [12] 王宝山.生物自由基与植物膜伤害[J].植物生理学通讯,1988,24(2):12-16.
- [13] 洪剑明,邱泽生.植物抗性生理[J].生物学通报,1997,32(6):6-8.