

# 几种园林灌木对自然失水胁迫的生理响应

田治国<sup>1,2</sup>, 王 飞<sup>2</sup>

(1. 常州大学 艺术学院, 江苏 常州 213164; 2. 西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘 要:**以紫叶小檗、大叶黄杨、丁香、连翘、小叶女贞、月季、石榴 7 种园林中常见的灌木为试材, 采用离体枝条水插法, 研究了自然失水胁迫对其叶片相对含水量(RWC)、叶绿素含量(Chl a+b)、细胞膜透性(REC)、丙二醛(MDA)含量和游离脯氨酸(Pro)含量等生理指标的影响。结果表明: 自然失水条件下, 7 种园林灌木的 5 个抗旱生理指标的变化趋势基本一致, 随胁迫程度加强, 叶片相对含水量和叶绿素含量降低, 细胞膜透性增大, 丙二醛含量和游离脯氨酸含量不同程度增加。

**关键词:**自然失水胁迫; 园林植物; 生理响应

**中图分类号:**Q 142 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)03-0059-03

水分是植物正常生长的必要条件之一, 因而了解植物的抗旱性对于干旱、半干旱地区的植物种植具有重要的意义。目前, 我国对园林植物抗旱性的研究相对大田作物较少, 主要集中在草本植物方面, 而有关观赏木本植物的抗旱研究较少。现以大叶黄杨、月季、小叶女贞、石榴、丁香、紫叶小檗、连翘 7 种园林中常见的灌木为试材, 采用离体枝条水插法, 研究了自然失水胁迫对其叶片相对含水量(RWC)、叶绿素含量(Chl a+b)、细胞膜透性(REC)、丙二醛(MDA)含量和游离脯氨酸(Pro)含量等生理指标的影响, 初步探讨了 7 种灌木适应自然离体失水的水分生理特征, 以期为进一步研究其抗旱性提供

理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为紫叶小檗(*Berberis thumbergii*)、大叶黄杨(*Euonymus japonicus* Thunb.)、丁香(*Syringa oblata*)、连翘(*Forsythia suspensa*)、小叶女贞(*Ligustrum quihoui*)、月季(*Rosa chinensis*)、石榴(*Punica granatum*) 7 种园林灌木。

### 1.2 试验方法

在西北农林科技大学苗圃地选取生长较一致的 7 个树种, 剪取树冠中上部无虫害、生长健康的枝条 5~8 个, 迅速带回实验室。将枝条基部插入 400 mL 蒸馏水中。于当天进行第 1 次生理指标的测定, 之后每隔 2 d 测定 1 次, 共测定 6 次, 3 次重复。

### 1.3 项目测定

叶片相对含水量(RWC)、叶绿素(Chl a+b)含量、细胞膜透性(REC)、丙二醛(MDA)含量和游离脯氨酸(Pro)含量等生理指标的测定参照高俊凤<sup>[1]</sup>的方法。

**第一作者简介:**田治国(1978-), 男, 甘肃天水人, 博士, 讲师, 现主要从事园林植物生理生态教学与科研工作。E-mail: zhiguo.tian@163.com.

**责任作者:**王飞(1954-), 女, 博士, 教授, 博士生导师, 现主要从事果树及花卉生理与生物等研究工作。E-mail: xnwangfei521@126.com.

**基金项目:**中国科学院知识创新资助项目(kzcxz2xb1206)。

**收稿日期:**2013-10-22

increased significantly, while soluble sugar content was decreasing as a whole, and the contents of Proline, TTC, GSH and MDA firstly increasing and then decreased with the increasing of Cr (VI) stress. And superoxide free radical contents firstly decreased and then increased, while Vitamin C content decreased under Cr (VI) stress. For antioxidant enzyme activity, SOD activity and PAL activity firstly increased and then decreased with the increasing of Cr concentrations, while CAT activity and POD activity increased significantly. Therefore, it could be concluded that *Acorus calamus* could adapt the certain concentration of Cr stress and make corresponding adjustments. Then *Acorus calamus* had a good adaptability and pollution resistance ability to Cr (VI) stress, which was an excellent constructed wetland plant in the treatments of Cr wastewaters.

**Key words:** Cr(VI) stress; *Acorus calamus*; physiology and biochemistry; constructed wetlands; environmental remediation

## 2 结果与分析

### 2.1 自然失水胁迫对离体叶相对含水量(RWC)的影响

从表1可以看出,随失水时间的延长,各树种离体叶RWC均呈下降趋势,但不同树种其下降的时间和速率不同。失水初期,连翘叶RWC最高;丁香、小叶女贞、月季和大叶黄杨次之;紫叶小檗和石榴叶RWC最低。试验结束前,连翘和月季叶RWC最高;紫叶小檗和石榴叶RWC最低。石榴叶RWC变化幅度最大,降低了42.47%。连翘和月季的变化幅度较平缓,分别降低了8.62%和7.95%。

表1 自然失水胁迫对离体叶相对含水量的影响

Table 1 Effect of natural dehydration stress on relative water content of *in vitro* leaf %

树种 Species	失水时间 Natural dehydration time/d					
	0	3	6	9	12	15
紫叶小檗 <i>Berberis thunbergii</i>	88.46	88.64	84.38	76.76	75.73	75.51
大叶黄杨 <i>Euonymus japonicus</i> Thunb.	90.83	88.65	84.68	82.77	82.45	81.27
丁香 <i>Syringa oblata</i>	94.89	94.34	84.25	82.86	81.81	80.34
连翘 <i>Forsythia suspensa</i>	96.39	95.57	93.58	92.94	89.78	88.08
小叶女贞 <i>Ligustrum quihoui</i>	93.50	88.00	84.38	83.33	82.35	76.92
月季 <i>Rosa chinensis</i>	93.48	95.52	94.35	89.33	88.15	86.05
石榴 <i>Punica granatum</i>	84.29	67.92	54.28	51.51	51.51	48.49

### 2.2 自然失水胁迫对离体叶绿素含量的影响

由表2可知,各树种叶绿素含量下降差异较大,随失水时间的延长,大部分树种叶绿素含量表现为在波动中降低。其中小叶女贞叶绿素变化幅度较小,只降低了6.33%。但丁香、连翘、月季树种在失水的第3天先出现小的回落再升高后又降低,石榴则一直降低。而且不同树种叶绿素含量的变化幅度不同。紫叶小檗第15天的1.12 mg/g反而高于胁迫当天的1.05 mg/g。

表2 自然失水胁迫对离体叶绿素含量的影响

Table 2 Effect of natural dehydration stress on chlorophyll content of *in vitro* leaf mg/g

树种 Species	失水时间 Natural dehydration time/d					
	0	3	6	9	12	15
紫叶小檗 <i>Berberis thunbergii</i>	1.05	1.24	1.29	1.14	1.14	1.12
大叶黄杨 <i>Euonymus japonicus</i> Thunb.	1.57	2.20	1.67	1.93	1.20	1.15
丁香 <i>Syringa oblata</i>	1.90	1.68	2.04	1.70	1.63	1.07
连翘 <i>Forsythia suspensa</i>	2.21	1.99	2.35	2.20	2.18	1.67
小叶女贞 <i>Ligustrum quihoui</i>	0.79	0.89	0.80	0.97	0.81	0.74
月季 <i>Rosa chinensis</i>	2.37	2.30	2.45	2.28	2.11	1.72
石榴 <i>Punica granatum</i>	2.70	1.89	1.56	1.38	1.21	1.24

### 2.3 自然失水胁迫对离体叶细胞膜透性(REC)的影响

由表3可知,7种树种的REC均随失水时间的延长而呈现增大趋势。从脱水对质膜的伤害程度看,树种间有差异。在胁迫15 d内,大叶黄杨和月季REC增大幅度小,仅分别增加了23.19%和26.83%;小叶女贞和石榴次之;紫叶小檗REC增大幅度最大,胁迫后第6天,REC出现较大幅度的升高,由8.11%剧增到33.33%,提高了310.97%,而到15 d时比胁迫当天增加了439.46%。

表3 自然失水胁迫对离体叶细胞膜透性的影响

Table 3 Effect of natural dehydration stress on membrane permeability of *in vitro* leaf %

树种 Species	失水时间 Natural dehydration time/d					
	0	3	6	9	12	15
紫叶小檗 <i>Berberis thunbergii</i>	8.11	14.17	33.33	37.05	40.65	43.75
大叶黄杨 <i>Euonymus japonicus</i> Thunb.	19.71	20.27	20.37	23.43	24.19	24.28
丁香 <i>Syringa oblata</i>	24.61	25.26	43.34	51.15	53.85	57.84
连翘 <i>Forsythia suspensa</i>	17.91	21.05	37.32	42.80	46.94	38.43
小叶女贞 <i>Ligustrum quihoui</i>	31.96	34.08	50.23	57.51	54.60	59.95
月季 <i>Rosa chinensis</i>	37.75	47.72	51.16	57.65	54.72	47.88
石榴 <i>Punica granatum</i>	30.99	33.20	46.64	51.29	49.51	58.70

### 2.4 自然失水胁迫对离体叶丙二醛(MDA)含量的影响

从表4可以看出,月季MDA含量其变化幅度要小于其它树种,比胁迫当天增加了14.78%。其它树种的MDA含量随胁迫时间的延长增加幅度较大,尤其是丁香和石榴处理15 d后,MDA含量达到最高值,比胁迫当天分别增加了591.43%和521.25%。小叶女贞MDA含量为负值,说明可溶性糖对其干扰较大。7种花灌木MDA大部分先后呈现出增加-下降-再增加的趋势,实质上反映了不同植物膜系统对水分胁迫的适应过程。水分胁迫初期MDA含量增加,表明膜系统受到伤害,植物启动防御系统,膜脂过氧化得到一定的抑制,因而中期MDA含量又有所降低。但随着胁迫时间的延长,膜脂过氧化加强,MDA含量再次增加。

表4 自然失水胁迫对离体叶丙二醛含量的影响

Table 4 Effect of natural dehydration stress on MDA content of *in vitro* leaf mmol/g

树种 Species	失水时间 Natural dehydration time/d					
	0	3	6	9	12	15
紫叶小檗 <i>Berberis thunbergii</i>	3.06	4.56	3.69	4.76	6.65	7.85
大叶黄杨 <i>Euonymus japonicus</i> Thunb.	0.69	0.52	0.83	1.01	2.56	3.17
丁香 <i>Syringa oblata</i>	0.35	0.66	0.62	0.81	1.30	2.42
连翘 <i>Forsythia suspensa</i>	0.50	1.52	0.88	1.63	2.10	2.97
小叶女贞 <i>Ligustrum quihoui</i>	-0.29	-0.20	-0.69	1.01	-0.98	-0.73
月季 <i>Rosa chinensis</i>	17.73	14.12	20.92	20.95	20.26	20.35
石榴 <i>Punica granatum</i>	0.80	1.83	2.12	3.45	3.63	4.97

### 2.5 自然失水胁迫对离体叶游离脯氨酸(Pro)含量的影响

表5表明,自然失水胁迫下,各个树种叶片Pro含量均增幅明显,且叶片离体时间越长,Pro积累越多。但

表5 自然失水胁迫对离体叶脯氨酸含量的影响

Table 5 Effect of natural dehydration stress on proline content of *in vitro* leaf  $\mu\text{g/g}$

树种 Species	失水时间 Natural dehydration time/d					
	0	3	6	9	12	15
紫叶小檗 <i>Berberis thunbergii</i>	511.76	705.62	710.03	738.95	846.78	858.05
大叶黄杨 <i>Euonymus japonicus</i> Thunb.	31.92	32.89	32.33	40.16	41.70	44.64
丁香 <i>Syringa oblata</i>	35.78	57.64	131.03	154.48	182.56	194.72
连翘 <i>Forsythia suspensa</i>	29.96	32.71	47.43	49.05	54.23	55.68
小叶女贞 <i>Ligustrum quihoui</i>	48.38	53.86	54.69	64.32	78.11	93.73
月季 <i>Rosa chinensis</i>	117.90	120.85	174.63	207.14	248.35	379.74
石榴 <i>Punica granatum</i>	212.41	211.93	180.90	186.09	223.04	229.92

开始迅速升高的时间、幅度和速度稍有差异。丁香 Pro 含量在自然失水胁迫升高幅度最大,在第 15 天增加了 444.21%,月季次之。大叶黄杨和石榴升幅较为缓慢,分别增加了 39.85% 和 8.24%。

### 3 结论与讨论

一般认为抗旱性强的植物叶 RWC 下降速度一般比抗旱性弱的叶片要缓慢,这样可以维持植物体生理生化的正常运转<sup>[2]</sup>。植物叶 RWC 在一定程度上反映组织的抗脱水能力。该研究中,月季和连翘叶 RWC 变化幅度较小,说明具有较好的保水能力。研究表明,干旱胁迫抑制叶绿素合成,并加速其分解,从而导致叶绿素含量直线下降<sup>[3]</sup>。该研究中,7 个树种叶绿素含量随失水时间的延长,大部分树种叶绿素含量表现先升高再降低的趋势,前期的叶绿素含量增加可能与 RWC 减小有关,但变化规律因树种不同而有很大差异。

REC 和 MDA 含量高低是反映细胞膜脂过氧化作用强弱和质膜破坏程度的重要指标<sup>[4]</sup>。通常耐旱树种比不耐旱树种具有较低的电解质外渗率<sup>[5]</sup>。该试验中细胞膜透性增幅变化从大到小依次为紫叶小檗>丁香>连翘>石榴>小叶女贞>月季>大叶黄杨。水分胁迫时,往往会发生膜脂过氧化作用,MDA 是膜脂过氧化的主要产物。在水分胁迫下,MDA 含量积累越多,表明组织的保护能力越弱。该试验中 MDA 含量增幅变化从大到小依次为丁香>石榴>连翘>大叶黄杨>紫叶小檗>小叶女贞>月季。许多研究表明,植物在水分胁迫条件下体内的游离 Pro 含量增加是对水分胁迫的一种适应<sup>[6]</sup>。但对其在抗旱性方面的作用与抗旱性之间的关系存在争议<sup>[7]</sup>。该研究中石榴和紫叶小檗 Pro 含量在自然失水过程中变化幅度却较小,说明抗旱性强的植物渗透调节能力不一定高,这与 Martmez 等<sup>[8]</sup>的研究结论相一致。

但是植物受到水分胁迫后,植物对水分胁迫的适应性反应是一个复杂的生理生态学问题,对于干旱适应具有多样性,同一种植物在不同抗旱指标中可能表现不同<sup>[9]</sup>。该研究结果表明,在树木叶离体过程中,REC、MDA 含量、Pro 含量升高,叶片 RWC 和叶绿素含量下降,各树中间变化幅度差异较大。综合试验结果认为,7 种园林灌木抗旱机理是比较复杂的,各种抗旱机制对不同的植物所发挥作用和程度不同。如果单独用其中的一项指标反映植物抗旱的强弱,则很难真实的说明树种间抗旱的本质差异,需要从多个角度评价其抗旱性。

用离体枝条水插法和传统的盆栽人工控制土壤水分比较,研究水分胁迫对生理的影响,二者之间是否有相关性,需要进一步开展系统的研究。

### 参考文献

- [1] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 西安:世界图书出版公司,2000.
- [2] 葛体达,隋方功,张金政,等. 玉米根、叶质膜透性和叶片水分对土壤干旱胁迫的反应[J]. 西北植物学报,2005,25(3):507-512.
- [3] Wu F Z, Bao W K, Li F L, et al. Effects of drought stress and N supply on the growth, biomass partitioning and water use efficiency of *Sophora davidii* seedlings[J]. Environmental and Experimental Botany, 2008, 63: 248-255.
- [4] Chen S Y. Relationship between membrane lipid peroxidation and the stressed plants[J]. Chinese Bulletin of Botany, 1989, 6(4): 211-217.
- [5] 章崇玲, 曾国平, 陈建勋. 干旱胁迫对菜苔叶片保护酶活性和膜脂过氧化的影响[J]. 植物资源与环境学报, 2000, 8(4): 23-26.
- [6] 汤章城. 逆境下脯氨酸的累积及其可能意义[J]. 植物生理学通讯, 1984(1): 15-21.
- [7] 陈成升, 谢志霞, 刘小京. 早盐互作对冬小麦幼苗生长及其抗逆生理特性的影响[J]. 应用生态学报, 2009, 20(4): 811-816.
- [8] Martmez J P, Lutts S, Schanck A, et al. Is osmotic adjustment required for water stress resistance in the Mediterranean shrub *Atriplex halimus* L. [J]. Journal of Plant Physiology, 2004, 161: 1041-1051.
- [9] 孙铁军, 苏日古嘎, 马万里, 等. 10 种禾草苗期抗旱性的比较研究[J]. 草业学报, 2008, 17(4): 42-49.

## Study on Physiological Response of Seven Kinds of Garden Shrub Plants Under Natural Dehydration Stress

TIAN Zhi-guo<sup>1,2</sup>, WANG Fei<sup>2</sup>

(1. College of Art, Changzhou University, Changzhou, Jiangsu 213164; 2. College of Horticulture, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

**Abstract:** Taking 7 kinds of garden plants of *Berberis thunbergii*, *Euonymus japonicus* Thunb., *Syringa oblata*, *Forsythia suspense*, *Ligustrum quihoui*, *Rosa chinensis*, *Punica granatum* as tset materials, with *in vitro* branch water plugging method, the effect of natural dehydration stress on RWC, Chl a+b content, REC, MDA content and Pro content of *in vitro* leaves in 15 d were studied. The results showed that in the natural dehydration stress, drought-resistance indexes from 7 kinds of garden plants were basically the same. With the extent of stress, the relative water content reduced, chlorophyll content decreased, the relative membrane permeability increased, MDA content increased, free proline content increased, but changes in magnitude between species significantly different.

**Key words:** natural dehydration stress; garden plants; physiological response