

干旱胁迫对 6 种湿地植物生理特性的影响

赵 峰, 张建旗, 程晓月, 黄 蓉

(兰州市园林科学研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要:以花叶芦苇(*Phragmites australis* var. *versicolor*)、慈姑(*Sagittaria sagittifolia*)、菖蒲(*Acorus calamus*)、水生红花美人蕉(*Canna* sp.)、泽泻(*Alisma orientale*)、花叶水葱(*Scirpus validus* cv. *Zebrinus*)等 6 种两年生湿地植物为试验材料, 观察记载其物候期特性和成活率, 采用盆栽控水法比较研究干旱胁迫不同天数(0、2、4、6、8 d)对其生理特性的影响。结果表明: 定植 2 个月后, 水生红花美人蕉、花叶芦苇和慈姑的成活率达到 96%, 6 种湿地植物叶片相对含水量, 持水率和叶绿素含量随着干旱胁迫天数的增加而降低, 且与 CK 差异显著($P < 0.05$), 泽泻与慈姑在干旱胁迫 6 和 8 d 后死亡; 花叶芦苇、菖蒲、水生红花美人蕉和花叶水葱的叶片叶绿素含量下降幅度分别为 43.7%、33.2%、17.6% 和 62.8%; 相对电导率呈上升趋势, 水生红花美人蕉的叶片相对电导率上升幅度较小, 为 25.2%, 花叶水葱最大, 上升幅度达 90.9%; 菖蒲和水生红花美人蕉叶片丙二醛含量在干旱胁迫 6 d 含量较高, 其余品种均在干旱胁迫 4 d 后叶片丙二醛含量达到高峰, 且 6 种植物各处理间差异性显著($P < 0.05$)。通过分析 6 种湿地植物的成活率和各项生理指标, 综合评价打分, 得出 6 种湿地植物的抗旱性强弱顺序为: 水生红花美人蕉 > 花叶芦苇和菖蒲 > 花叶水葱 > 慈姑 > 泽泻。

关键词:湿地植物; 干旱胁迫; 成活率; 生理指标

中图分类号:S682.32 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2019)05-0096-06

DOI: 10.13817/j.cnki.cyycp.2019.05.013

随着全球气候变暖, 水资源短缺已成为当今世界极为严重的生态环境问题。湿地被称为“地球之肾”, 它在调节气候、涵养水源、控制土壤侵蚀、促淤造陆、降解环境污染和保护生物多样性等方面起着极其重要的作用^[1], 水分条件是决定湿地生态系统是否健康的关键因子, 它决定着湿地生态系统中的植被类型及生长情况^[2]。兰州市位于西北干旱内陆区, 气候干燥, 年均降水量仅 325 mm, 主要集中在 7~9 月, 占全年降水量的 60% 左右。年蒸发量 1 500 mm 以上, 是降水量的 4~5 倍。研究湿地植物对于干旱胁迫的适应性及其机制, 有助于在不同的湿地条件下进行合理的植物配置

和种植。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

以兰州市园林科学研究所品种圃内两年生的花叶芦苇(*Phragmites australis* var. *versicolor*)、慈姑(*Sagittaria sagittifolia*)、菖蒲(*Acorus calamus*)、水生红花美人蕉(*Canna* sp.)、泽泻(*Alisma orientale*)和花叶水葱(*Scirpus validus* cv. *Zebrinus*)为试验材料。

1.2 试验方法

1.2.1 成活率统计 对兰州市园林科学研究所品种圃内栽植的 6 种湿地植物正常管理, 每隔 10~15 d 观察植株的花期和生长状况, 2 个月后统计植株的存活率。

1.2.2 生理指标测定 选择健康、无病虫害、生长一致的幼苗定植于规格为 28 mm × 19 mm 的塑料花盆中, 每种植物栽植 50 盆, 采用盆栽控水法人为模拟干旱胁迫。经过一个月的适应性培养后进行干旱胁迫试验, 设 4 个处理(2、4、6、8 d), 以正常管理为对照

收稿日期:2019-01-25; **修回日期:**2019-03-06

基金项目:兰州市人才创新创业项目(2018-RC-41)资助

作者简介:赵峰(1980-), 男, 甘肃天水人, 硕士, 工程师, 主要从事园林生态研究工作。

E-mail: 308020975@qq.com

张建旗为通讯作者。

E-mail: zhangjianqi_123@126.com

(CK),每个处理和对照重复 3 次,每隔 2 d 采集不同植物顶端以下 5 片功能叶片,测定生理指标。

叶片相对电导率采用电导率,采用称重法测定叶片相对含水量(RWC)、相对水分亏缺(WSD)和叶片持水率;利用 SPAD502 叶绿素仪测定叶片叶绿素含量;丙二醛(MDA)含量用双组分分光光度计法测定^[3-5]。通过对各项指标的综合打分,总结出 6 种湿地植物抗旱性强弱的排序^[6]。

1.3 数据处理

采用 Microsoft Excel 2007 软件对所有数据进行处理并作图,用 SPSS 17.0 软件对品种间各项指标的

差异显著性进行分析^[7]。

2 结果与分析

2.1 6 种湿地植物的物候期和成活率

6 种湿地植物主要以观叶观花为主,均具有较高的观赏性^[8]。花叶水葱的始花期较早,于 6 月 12 日开放,且花期最长,达 115 d;慈姑和泽泻次之,但慈姑和泽泻花期较短,分别为 40 d 和 43 d(表 1)。定植 2 个月,6 种湿地水生植物的成活率均较高,水生红花美人蕉、花叶芦苇和慈姑的成活率达 96%,花叶水葱和泽泻次之,成活率达 91%(表 2)。

表 1 6 种湿地植物的物候期

Table 1 Phenophases of 6 wetland plants

| 植物名 | 始花期 | 盛花期 | 末花期 | 叶始枯 | 叶全枯 | 观赏类型 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 花叶水葱 | 06-12 | 06-20 | 10-50 | 09-25 | 11-20 | 观叶 |
| 花叶芦苇 | 08-25 | 09-30 | 10-80 | 09-30 | 11-05 | 观叶 |
| 慈姑 | 06-23 | 06-40 | 08-20 | 09-50 | 10-50 | 观叶 |
| 泽泻 | 08-30 | 08-15 | 09-15 | 09-80 | 10-10 | 观叶观花 |
| 水生红花美人蕉 | 06-25 | 07-20 | 08-22 | 09-30 | 11-15 | 观叶观花 |
| 菖蒲 | 06-50 | 06-30 | 07-20 | 01-05 | 11-10 | 观叶观花 |

表 2 6 种湿地植物引种成活率

Table 2 The survival rate of wetlands plants

| 植物名 | 引种数 | 成活率/% |
|---------|-------|-------|
| 花叶水葱 | 1 000 | 91 |
| 花叶芦苇 | 1 000 | 96 |
| 慈姑 | 500 | 96 |
| 泽泻 | 500 | 91 |
| 水生红花美人蕉 | 500 | 96 |
| 菖蒲 | 500 | 90 |

2.2 干旱胁迫条件下叶片水分的变化

2.2.1 叶片相对含水量和相对水分亏缺 随着干旱

胁迫时间的增加,6 种湿地植物的叶片相对含水量(RWC)总体呈下降趋势,但品种不同,下降的幅度有所不同,相对水分亏缺(WSD)随胁迫时间延长而增大(表 3)。干旱胁迫期处理下,水生红花美人蕉和菖蒲的相对含水量变化不明显,其次是花叶芦苇和花叶水葱,在干旱胁迫 8 d 后 RWC 含量下降幅度分别 4.6%、10.9%、30.7% 和 62.3%;在干旱胁迫 6 d 后,泽泻死亡,干旱胁迫 8 d 后,慈姑死亡。因此,从叶片含水量指标判断,6 种湿地植物抗旱强弱依次为水生红花美人蕉>菖蒲>花叶芦苇>花叶水葱>慈姑>泽泻。

表 3 干旱胁迫下叶片的相对含水量和相对水分亏缺

Table 3 Effect of drought stress on RWC and WSD of 6 wetland plants

| 品种名称 | RWC/% | | | | | WSD/% | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | CK | 2 | 4 | 6 | 8 | CK | 2 | 4 | 6 | 8 |
| 花叶芦苇 | 77.84 | 66.34 | 63.01 | 57.95 | 53.94 | 28.48 | 32.66 | 35.99 | 42.15 | 46.26 |
| 慈姑 | 86.15 | 86.09 | 43.17 | 59.61 | 0.00 | 16.07 | 14.91 | 56.89 | 41.39 | 0.00 |
| 菖蒲 | 82.69 | 78.27 | 73.35 | 74.36 | 73.66 | 20.93 | 21.63 | 25.65 | 25.54 | 25.34 |
| 水生红花美人蕉 | 99.42 | 96.73 | 96.21 | 94.07 | 94.80 | 0.58 | 3.28 | 3.89 | 6.93 | 6.20 |
| 泽泻 | 86.55 | 64.73 | 28.74 | 0.00 | 0.00 | 15.55 | 35.26 | 71.16 | 0.00 | 0.00 |
| 花叶水葱 | 95.27 | 47.88 | 45.49 | 43.88 | 33.19 | 4.67 | 52.12 | 54.49 | 56.11 | 66.81 |

2.2.2 叶片持水率 随着干旱胁迫时间的延长,6个湿地植物品种的持水率整体呈下降趋势,下降幅度因品种不同而不尽相同(图1)。干旱胁迫2d时,水生红花美人蕉与CK间差异不显著($P < 0.05$),其余5品种均与CK差异显著($P < 0.05$);随着干旱时间的延长,各品种处理间持水率变化不明显;但干旱胁迫6d时泽泻死亡,8d后慈姑死亡,花叶水葱、花叶芦苇叶片持水率分别下降为58.4%和43.3%。6种湿地植物叶片持水率由强到弱依次为水生红花美人蕉和菖蒲>花叶水葱>花叶芦苇>慈姑>泽泻。

2.3 干旱胁迫条件下叶片叶绿素含量的变化

6种湿地植物的叶绿素含量随着干旱胁迫时间的增加呈现下降趋势,但下降幅度有所差异。在相同缺水时间内,叶片叶绿素含量下降的幅度越大,说明其抗缺水能力越弱。各品种各处理间差异均显著($P < 0.05$);在干旱胁迫8d时,花叶芦苇、菖蒲、水生红花美人蕉和花叶水葱叶片叶绿素含量下降幅度分别为43.7%、33.2%17.6%和62.8%,慈姑和泽泻死亡(图2)。6种湿地植物的抗旱能力强弱顺序为水生红花美人蕉>菖蒲>花叶芦苇>花叶水葱>慈姑>泽泻。

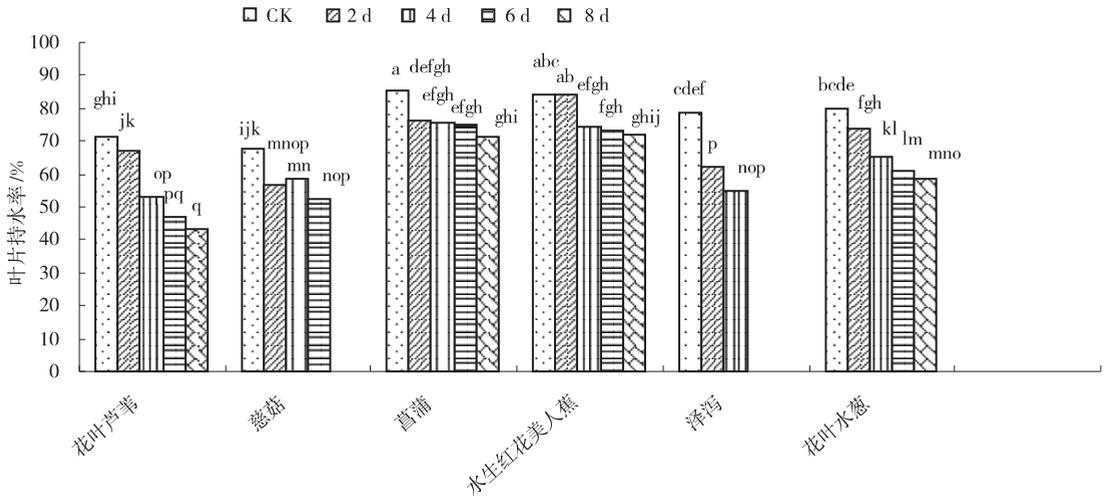


图1 干旱胁迫下叶片的相对持水率

Fig.1 Effect of drought stress on leaf relative water holding capacity

注:不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$),下同

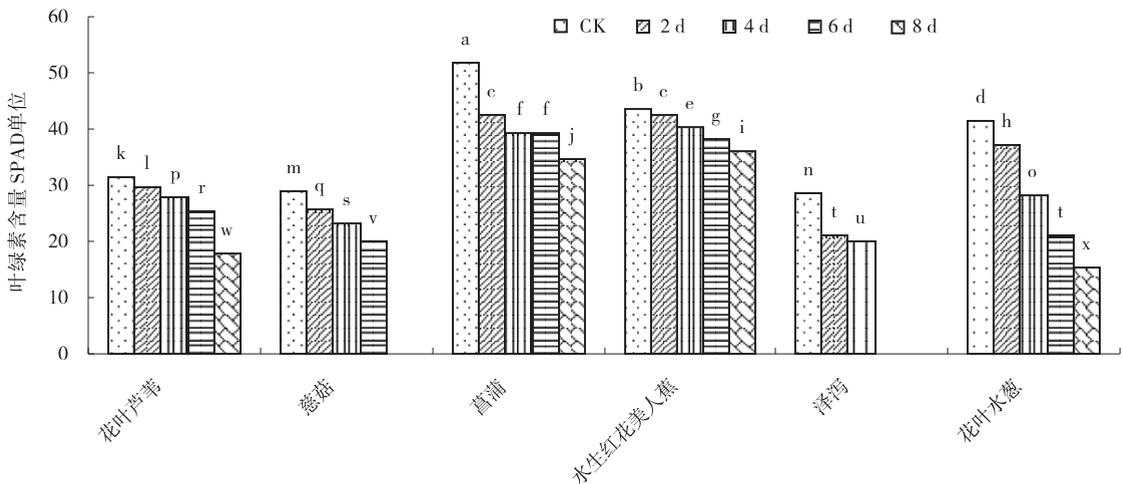


图2 干旱胁迫下叶片的叶绿素含量

Fig.2 Effect of drought stress on leaf chlorophyll content

2.4 干旱胁迫条件下叶片相对电导率的变化

6种湿地植物电导率呈递增趋势,上升幅度因品种不同而异,且变化明显(图3)。干旱胁迫8d后各湿地植物与CK相比,水生红花美人蕉的叶片相对电导

率呈递增趋势,上升幅度因品种不同而异,且变化明显(图3)。干旱胁迫8d后各湿地植物与CK相比,水生红花美人蕉的叶片相对电导

率上升幅度较小,为 25.2%,花叶水葱最大,上升幅度达 90.9%,明显高于其他品种。因此,叶片相对电导率来看 6 种湿地植物的抗旱能力强弱依次为:水生红

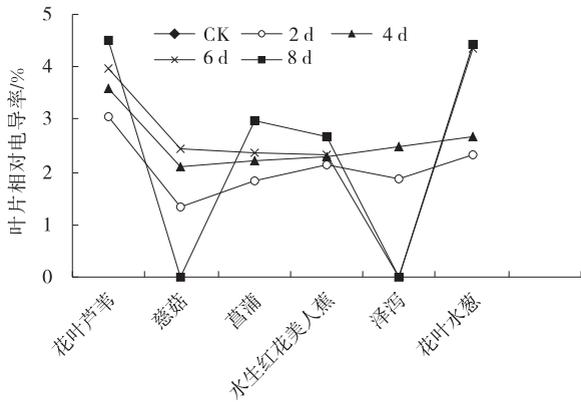


图 3 干旱胁迫下叶片的相对电导率

Fig. 3 Effect of drought stress on leaf relative conductivity

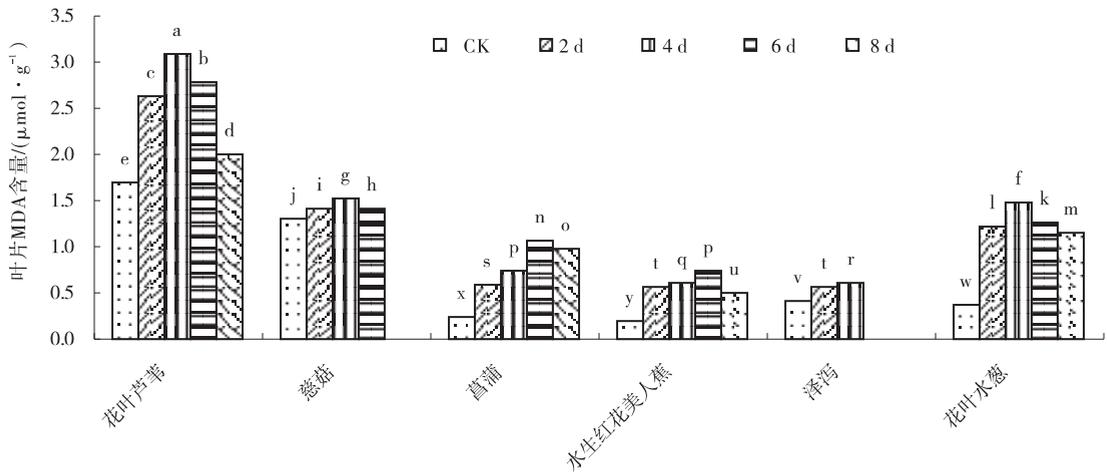


图 4 干旱胁迫下叶片的 MDA 含量

Fig. 4 Effect of drought stress on leaf MDA content

2.6 6 种湿地植物综合指标分析

通过对 6 种湿地植物各项指标的综合分析,水生红花美人蕉最好,综合得分 160 分;菖蒲次之,综合得

花美人蕉>花叶芦苇>菖蒲>花叶水葱>慈菇>泽泻。

2.5 干旱胁迫条件下叶片丙二醛含量的变化

6 种湿地植物叶片丙二醛(MDA)含量随着干旱胁迫时间的延长而变化,均呈现出先升后降的趋势(图 4)。菖蒲和水生红花美人蕉在干旱胁迫 6 d 后叶片 MDA 含量较高,分别为 1.06 和 0.744 $\mu\text{mol/g}$,其余品种均在干旱胁迫 4 d 后叶片 MDA 含量达到高峰,且 6 种湿地植物各处理间均差异显著($P<0.05$)。干旱胁迫 8 d 后,慈菇和泽泻死亡,花叶芦苇、菖蒲、水生红花美人蕉和花叶水葱叶片 MDA 含量分别比 CK 高出 0.19、3.07、1.45 和 3.14 倍,因此,依 MDA 含量变化 6 种湿地植物的抗旱能力强弱顺序依次为水生红花美人蕉>花叶芦苇>菖蒲>花叶水葱>慈菇>泽泻。

分 130 分;花叶芦苇和花叶水葱综合得分值在 100~110 分;而慈菇和泽泻 2 品种最差,综合得分值在 40~50 分(表 4)。

表 4 6 种湿地植物的综合指标分析

Table 4 Analysis of comprehensive indexes of 6 wetland plants

| 品种名称 | 花期 | 成活率 | 8 d 后 | | | | | 得分 |
|---------|----|-----|-------|-----|-----|-----|-------|-----|
| | | | RWC | 持水率 | 叶绿素 | MDA | 相对电导率 | |
| 花叶芦苇 | △ | + | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | 100 |
| 慈菇 | △ | + | △ | △ | △ | △ | △ | 50 |
| 菖蒲 | △ | △ | + | + | + | + | + | 130 |
| 水生红花美人蕉 | ○ | + | + | + | + | + | + | 160 |
| 泽泻 | △ | ○ | △ | △ | △ | △ | △ | 40 |
| 花叶水葱 | + | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | 110 |

注: + 表示好; ○ 表示中等; △ 表示差; 设定原始分值为 100 分, 对好者加 10 分, 中等者维持不变, 而对差者减 10 分

3 讨论

植物的抗旱能力是一种复合性状,是植物的综合反映^[9-11]。植物含水量是反应植物水分状况和研究植物抗旱性的重要指标,反映了植物保水性和抗脱水的能力。植物的抗旱能力通常与叶片含水量成正相关^[12-13]。叶片含水量却随着干旱时间延长而减小。植物叶片 RWC 和 WSD 反映了植物保水、抗脱水的能力和植物体内水分亏缺的程度,是研究植物抗旱性的重要指标^[14]。叶片持水率是指叶片在离体条件下保持原有水分的能力,是反映干旱条件下叶片抗脱水性能的综合指标之一。在离体情况下,叶片持水率在单位时间内水分蒸发得越小,持水率越高,说明该品种耐旱性越强^[15]。6 种湿地植物的 RWC 和持水率总体呈现降低趋势,但品种不同,下降的幅度有所不同,慈姑和泽泻分别在干旱胁迫 6、8 d 后死亡,红花美人蕉叶片含水量和持水率随着干旱时间的增加变化依然较小,说明红花美人蕉耐旱性较强,慈姑和泽泻的抗旱能力较差。

叶绿素是植物光合作用的光敏催化剂,一定程度上可以指示植物对干旱胁迫的敏感性,其质量浓度的多少影响光合作用的强弱^[16],其含量和比例是植物适应和利用环境因子的重要指标。叶片内叶绿素的含量既取决于立地条件,又取决于植物种的特性。当植物处于干旱环境时,往往表现为叶绿素含量降低^[17-19]。供试 6 种湿地植物叶绿素含量均随着干旱天数的增加而减少,在 CK 时的含量最高,这与前人的研究结果相吻合^[20]。

渗透调节是植物耐旱性的一种重要调节机制,膜系统是水分胁迫伤害最初和关键部位,水分胁迫下膜的伤害与膜脂过氧化增强、细胞膜透性增大有关^[21-22]。在缺水胁迫下,不同湿地水生植物叶片的膜系统被破坏,细胞质外渗严重,电导率上升,因而通过测定叶片相对电导率的变化,可判断不同植物受害的程度和抗性的大小^[11-12]。在干旱胁迫 8 d 后,6 种湿地植物相对电导率随着干旱天数的增加而增加,水生红花美人蕉叶片相对电导率为 25.2%,说明其细胞膜受到的破坏较小,耐旱性较强。

植物器官在逆境情况下会发生膜质过氧化作用,从而积累膜质过氧化物的最终分解产物 MDA,MDA 的产生可以反映膜质过氧化的程度。植物叶片中

MDA 含量增幅越小,说明植物抗旱性越强,反之,植物抗旱性越弱^[13-15]。试验中 6 种湿地植物叶片的 MDA 含量呈现出先升后降趋势,这和前人的研究结果相似^[23]。

4 结论

通过观察记载 6 种湿地植物的物候期和成活率,综合分析干旱胁迫对它们各项生理生化指标的影响并打分。结果表明,6 种湿地植物的抗旱性强弱顺序依次为:水生红花美人蕉>菖蒲>花叶水葱和花叶芦苇>慈姑和泽泻。

参考文献:

- [1] 张建旗,赵峰,巴永娣,等. 4 种水生植物抗寒性比较[J]. 草原与草坪,2013,33(4):63-65.
- [2] 于洪贤,姚允龙. 湿地概论[M]. 北京:中国农业出版社,2011.
- [3] 郑炳松. 现代植物生理生化研究技术[M]. 北京:气象出版社,2006.
- [4] 李合生. 植物生理生化实验原理和测定技术[M]. 北京:高等教育出版社,2004.
- [5] 高俊风. 植物生理学实验技术[M]. 西安:世界出版社,2000.
- [6] 杨永花,汉梅兰,张建旗,等. 藤本及地被月季新优品种引种及选优试验研究[R]. 兰州:兰州市园林科学研究所,2011:109.
- [7] 徐秋艳. SPSS 统计分析方法及应用实验教程[M]. 北京:中国水利水电出版社,2011.
- [8] 赵峰,张继娜,巴永娣,等. 兰州地区湿地水生植物引种试验研究[J]. 甘肃农业大学学报,2013,48(3):88-92.
- [9] 邹琦. 作物抗旱生理生态研究[M]. 济南:山东科学技术出版社,1994.
- [10] 舒美英,卢伟民,蔡建国,等. 5 种湿地植物抗旱性的初步研究[J]. 江苏农业科学,2008,36(3):266-268.
- [11] 吴秋花,吴雪梅,吴家森,等. 花菖蒲等 3 种鸢尾属湿地植物抗旱性研究[J]. 安徽农业科学,2007,35(12):3481-3492.
- [12] 赵燕燕,芦建国. 鸢尾属五种植物的抗旱性研究[J]. 北方园艺,2010,34(12):91-94.
- [13] 喻方圆,徐锡增. 植物逆境生理研究进展[J]. 世界林业研究,2003,16(5):6-11.
- [14] 顾振瑜,胡景江,文建雷,等. 元宝枫对于旱适应性的研究[J]. 西北林学院学报,1999,14(2):1-6.
- [15] 王育红. 花生抗旱性与生理生态指标关系的研究[J]. 杂

- 粮作物,2002,22(3):147-149.
- [16] 李莉,董志国,贾纳提,等. 干旱胁迫对伊利绢蒿生理生化指标的影响[J]. 草原与草坪,2014,36(6):82-85.
- [17] 苏兴. 北京地区几种蔷薇属植物的抗旱性研究[D]. 北京:北京林业大学,2008.
- [18] Bunce J A. Carbon dioxide effects on stomatal responses to the environment and water use by crops under field conditions[J]. *Oecologia*,2004,140:1-10.
- [19] 马楠,刘建华,雷江丽. 4 种观花地被植物对 PEG 模拟干旱胁迫的生理响应及其抗旱性评价[J]. 亚热带植物科学,2015,44(3):193-198.
- [20] 崔光芬,杜文文,段青,等. 蕾期干旱胁迫对百合切花品质的影响[J]. 应用生态学报,2016,27(5):1569-1575.
- [21] 钱璐璜,雷江丽,庄雪影. 3 种草本蕨类植物耐旱性研究[J]. 西北林学院学报,2012,27(1):22-27.
- [22] 张智顺,张庆费,夏楠,等. 遮阴对几种绿化植物光合特性和生长的影响[J]. 东北林业大学学报,2010,38(3):47-49.
- [23] 曹弈璘,曾春菡,刘小波,等. PEG 模拟干旱胁迫下 4 种苔藓植物的生理指标变化及其耐旱性评价[J]. 西北林学院学报,2014,29(4):33-39.

Effects of drought stress on physiological characteristics of six wetland plants

ZHAO Feng, ZHANG Jian-qi, CHEN Xiao-yue, HUANG Rong

(Lanzhou Institute of Landscape Gardening, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Six biennial wetland plants (*Phragmites australis* var. *versicolor*, *Sagittaria sagittifolia*, *Acorus calamus*, *Canna* sp., *Alisma orientale* and *Scirpus validus* cv. *Zebrinus*) were used as experimental materials to study their physiological characteristics under drought stress through moisture control pot experiment (CK, 2, 4, 6 and 8 days). The phenological features and survival rates were observed. The results indicated that after two-month colonization, the survival rates of *P. australis* var. *versicolor*, *C. sp.* and *S. sagittifolia* reached to 96%; the relative water content, water-holdup and chlorophyll content of tested materials decreased with the increase of drought stress days, and were significantly different from CK ($P < 0.05$). *A. orientale* and *S. sagittifolia* were death after 6 and 8 days drought stress respectively, the chlorophyll content in leaf of *P. australis* var. *versicolor*, *A. calamus*, *Canna* sp. and *S. validus* cv. *Zebrinus* decreased by 43.7%, 33.2%, 17.6% and 62.8% respectively. The relative electrolytic leakage showed an increasing trend, and among tested materials, the decrease percentage of *C. sp.* was the lowest (25.2%), *S. cv. Zebrinus* the largest (90.9%). The malondialdehyde contents of *A. calamus* and *Canna* sp. reached the maximum on 6th day, and it was on 4th day for the rest, the difference among tested materials and treatments were significant ($P < 0.05$). Based on the survival rate, physiological indexes and comprehensive evaluation score, the order of drought resistance of 6 testes materials was *Canna* sp. > *P. australis* var. *versicolor* and *A. calamus* > *S. validus* cv. *Zebrinus* > *S. sagittifolia* > *A. orientale*.

Key words: wetland plant; drought stress; survival rate; physiological characteristics