

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

月-日

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。

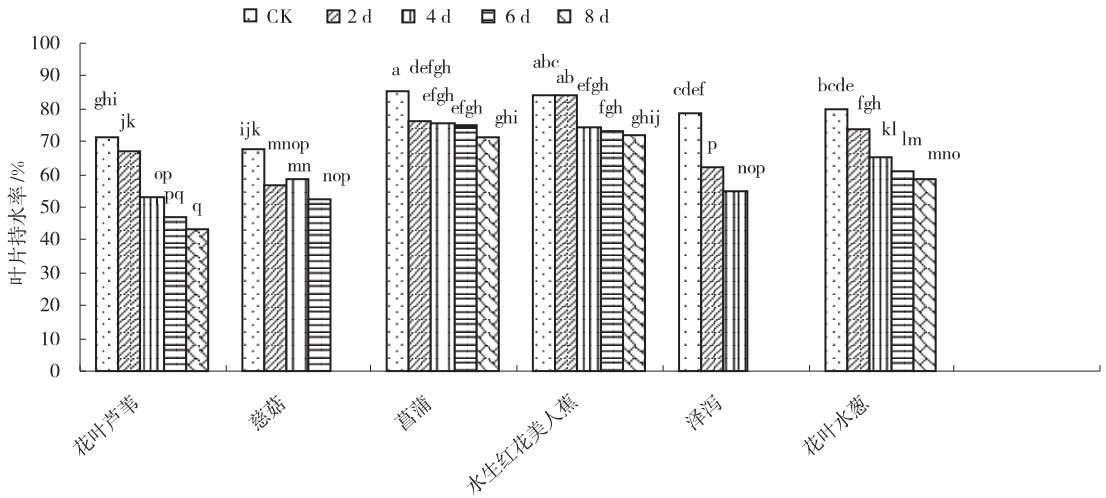


图1 干旱胁迫下叶片的相对持水率

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

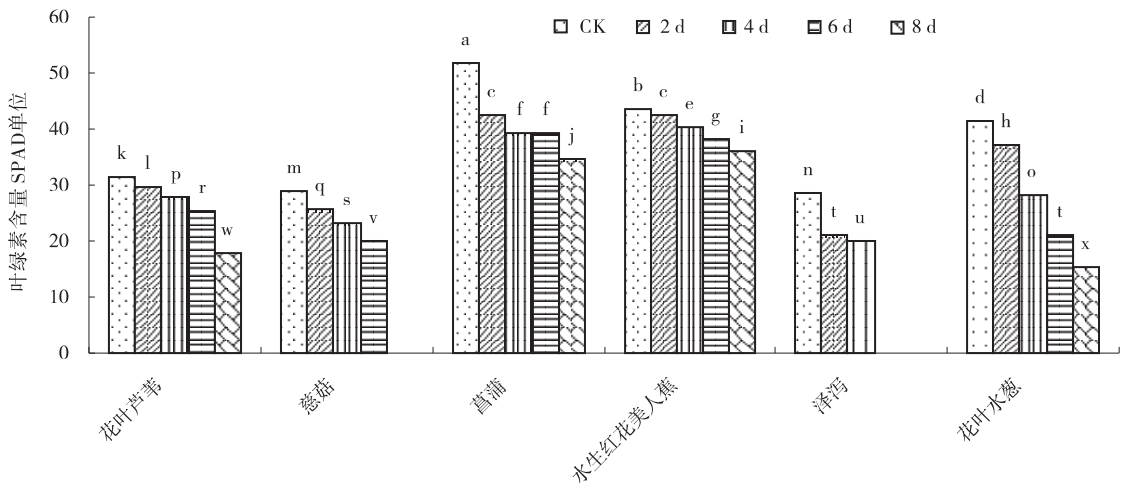


图2 干旱胁迫下叶片的叶绿素含量

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

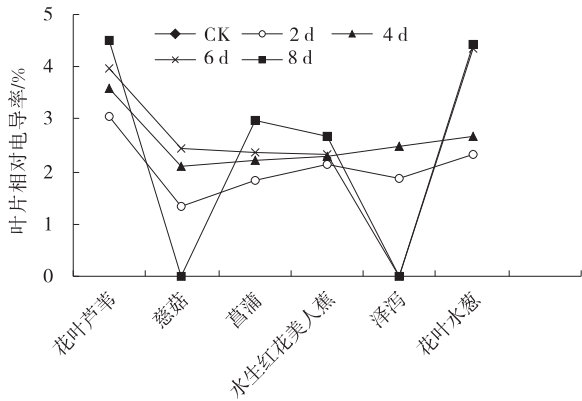


图 3 干旱胁迫下叶片的相对电导率

Fig. 3 Effect of drought stress on leaf relative conductivity

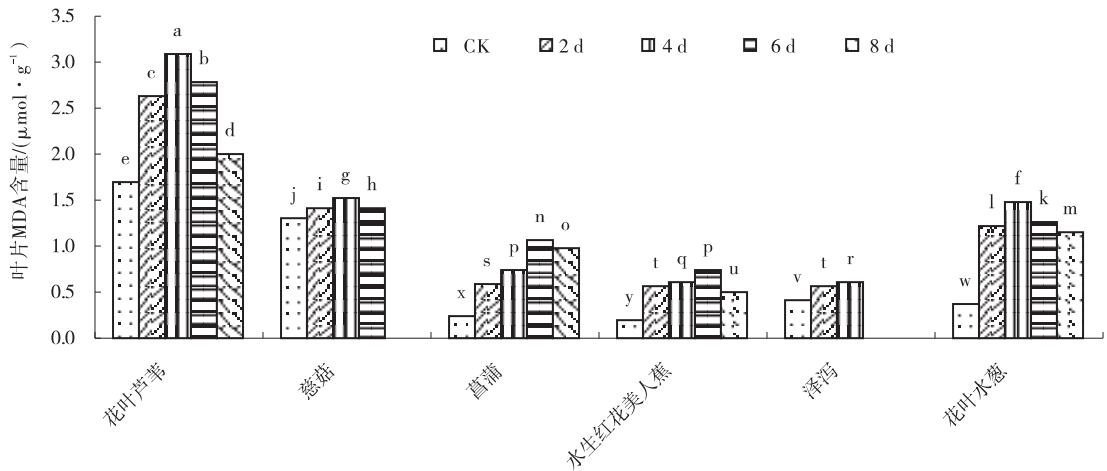


图 4 干旱胁迫下叶片的 MDA 含量

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