

两种野生景天与四种园艺景天的耐旱性评价

李 森¹, 田志强², 马素贤³, 亢秀萍¹, 邢国明¹

(1. 山西农业大学 园艺学院, 山西 太谷 030801; 2. 晋煤集团 寺河矿, 山西 晋城 048000;

3. 晋煤集团海斯制药有限公司, 山西 晋城 048006)

摘 要:以适合屋顶绿化的野生藓状景天、野生垂盆草和 4 种园艺景天为试材, 研究了干旱胁迫对植物形态、相对电导率、叶绿素含量、丙二醛(MDA)含量、脯氨酸(Pro)含量和超氧化物歧化酶(SOD)活性等生理指标与植物形态指标的影响。结果表明: 6 种景天抗旱性由强至弱依次为六棱景天>反曲景天>野生垂盆草>园艺垂盆草>藓状景天>金叶佛甲草。

关键词:景天; 生理指标; 植物形态; 耐旱性

中图分类号:S 681.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)09-0063-05

一些景天属(*Sedum*)中的多年生宿根植物具有生长迅速, 耐干旱瘠薄, 抗寒、抗旱性很强, 耐粗放管理等特点^[1], 如佛甲草(*Sedum lineare*)和垂盆草(*S. sarmentosum*)等^[2]。近年来, 这些植物在屋顶绿化上被广泛应用^[3]。现选取了适合屋顶绿化的 2 种野生景天和 4 种园艺景天进行干旱胁迫试验, 研究干旱胁迫对其植物形态和生理指标的影响, 并进行耐旱性评价, 以期对野生景天在我国的引种栽培和屋顶绿化材料选择提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试的野生材料藓状景天(*S. polytrichoides*)、垂盆草(*S. sarmentosum*), 均采自山西省历山自然保护区西峡(北纬 35° 25' 24.54", 东经 112° 00' 39.93", 海拔 1 503 m); 园艺品种采用当前屋顶绿化应用较为广泛的 4 个品种: 垂盆草(*S. sarmentosum*)、金叶佛甲草(*S. lineare* var. *golden*)、六棱景天(*Sedum sexangulare*)、反曲景天(*S. reflexum*), 由北京市园林科学研究所引种。

1.2 试验方法

试验于 2011 年 11 月至 2012 年 1 月在山西农业大学蔬菜花卉研究所日光节能温室内进行。干旱胁迫于 2011 年 11 月 22 日开始, 胁迫期间除对照外所有处理均不补充水分。试验采用单因素完全随机区组试验, 3 次重复。分别在胁迫时间为 0、7、14、21、28、35、42、49、56 d 时, 根据测定指标, 对不同处理的叶片进行测定。

观察记录几种景天科植物的旱害等级(表 1), 统计

各个等级的株数, 计算相对百分率, 结合抗旱性指标等级(表 2)进行分析^[4]。

表 1 旱害评价等级

Table 1	Drought evaluation grade
旱害等级	旱害症状
Drought grade	Drought symptom
1	顶梢挺拔或有轻度萎蔫, 能够恢复正常生长, 无旱害或级别无旱害
2	主干上部枯萎
3	主干枯约 1/3
4	主干枯约达 1/3
5	不能萌发, 全株干旱死亡

表 2 抗旱性指标等级

Table 2	Drought resistance index grade				
指标范围 Index range	1.00~1.50	1.51~2.50	2.51~3.50	3.51~4.50	4.51~5.00
指标等级 Index grade	1	2	3	4	5
指标含义 Meaning of index	强	较强	中等	较弱	极弱

在经上述步骤仔细观察后, 可按按下式先求得抗旱性指标: $R = 1 \times X_1 + 2 \times X_2 + 3 \times X_3 + 4 \times X_4 + 5 \times X_5 / (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5)$ 。式中, R 为抗旱性指标; 1、2、...、5 为不同受害等级; X_1 、 X_2 、...、 X_5 为相对于不同受害等级(1、2、...、5)株数。

1.3 项目测定

叶片含水量测定采用烘干法^[5]; 相对电导率测定采用电导率仪法^[6]; 叶绿素含量测定采用丙酮-乙醇法^[5]; 丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥酸法^[7]; 超氧化物歧化酶(SOD)活性测定采用氮蓝四唑法现配 NBT(氮蓝四唑)反应液^[8]; 脯氨酸(Pro)含量测定采用酸性茚三酮比色法^[8]。

1.4 数据分析

试验数据采用 DPS 统计软件进行方差分析和多重比较, 同时运用模糊数学中的隶属函数法对 6 种地被植物的抗旱能力强弱进行综合评定^[9]。

第一作者简介:李森(1982-), 男, 山西高平人, 博士研究生, 讲师, 研究方向为园艺植物分子遗传与育种。E-mail: saulisen@163.com.

基金项目:山西省重大科技攻关资助项目(20080311010-1); 山西农业大学青年科技创新资助项目(201002)。

收稿日期:2015-01-23

2 结果与分析

2.1 植物形态变化干旱评价分析

随着干旱胁迫的加剧,6种试验材料形态上发生了很明显的变化。由胁迫初期的生长变慢,发展到胁迫中期所表现出的叶片萎蔫、失绿,但是在进行复水试验后又重新恢复生长,后期干枯、死亡,在经过复水试验后不可恢复生长,判定为死亡。试验14d左右,藓状景天周边底部部位最早出现叶片变黄枯萎现象;21d左右,野生垂盆草、园艺垂盆草、六棱景天和反曲景天则逐渐停止生长。42~63d时,5种地被植物相继出现叶片下垂、萎蔫、枯黄的现象。到胁迫中后期,藓状景天胁迫现象最为严重,完全干枯。野生垂盆草、园艺垂盆草、金叶佛甲草大部分干枯;六棱景天与反曲景天部分下部叶片变黄,植株仍在生长。

由表3可知,干旱胁迫条件下,根据6种植物外观抗旱指标值,由强到弱依次为:六棱景天>反曲景天>野生垂盆草=园艺垂盆草=金叶佛甲草>藓状景天;正常管理条件下,6种植物外观抗旱性由强到弱依次为:六

棱景天>反曲景天>野生垂盆草>园艺垂盆草=金叶佛甲草>藓状景天。

表3 抗旱等级评价分析

Table 3 Analysis of drought resistance evaluation			
处理方式	植物名称	外观抗旱指标值	抗旱指标等级
Processing mode	Plant name	The appearance of drought index	Drought index grade
干旱胁迫 Drought stress	藓状景天	2.875	中等(+)
	野生垂盆草	2.500	较强(-)
	园艺垂盆草	2.500	较强(-)
	金叶佛甲草	2.500	较强(-)
	六棱景天	1.875	较强(+)
	反曲景天	2.375	较强(-)
正常管理 Normal management	藓状景天	3.500	中等(-)
	野生垂盆草	2.750	中等(+)
	园艺垂盆草	2.875	中等(+)
	金叶佛甲草	2.875	中等(+)
	六棱景天	2.375	较强(-)
	反曲景天	2.625	中等(+)

2.2 干旱胁迫对6种景天叶片生理指标的影响

2.2.1 干旱胁迫下对6种景天相对电导率的影响 从图1-a可以看出,随干旱时间增加,叶片电导率值趋向增

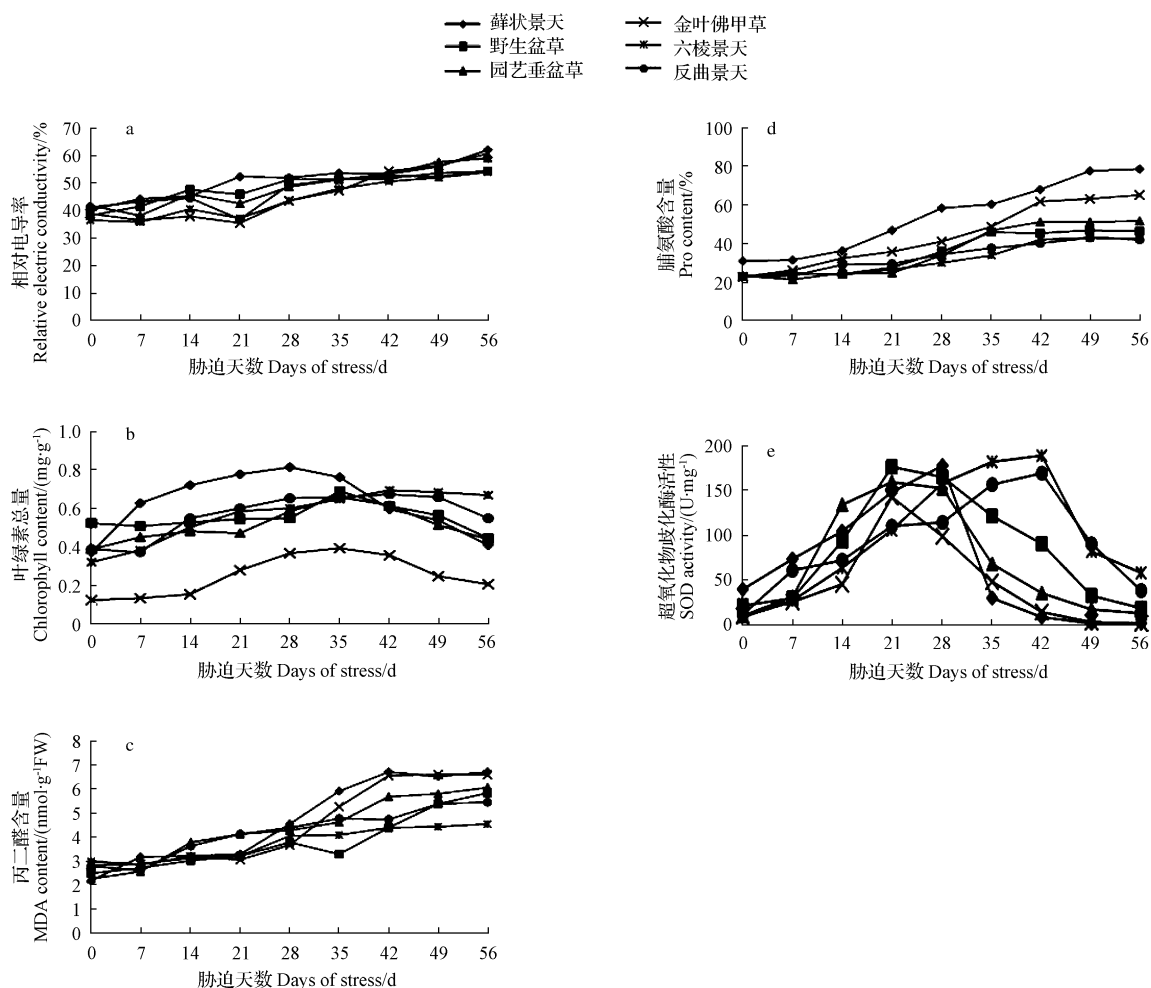


图1 干旱胁迫对不同景天属植物叶片生理指标的影响

Fig. 1 Effect of the leaf physiological index on different *Sedum* under drought stress

加。干旱 0~21 d,6 种植物叶片电导率值均有所增加,其中,藓状景天增幅最大,其余 5 种增幅较小;干旱 21~42 d,金叶佛甲草、六棱景天、园艺垂盆草、反曲景天增幅较大,野生垂盆草增幅较小,藓状景天维持不变;干旱 42~56 d,藓状景天、园艺垂盆草、金叶佛甲草增幅较大,其它 3 种景天增加不明显。

2.2.2 干旱胁迫下对 6 种景天叶绿素含量的影响 由图 1-b 可知,随干旱时间增加,叶绿素总量总体呈现先升高后降低的趋势。0~28 d,6 种植物叶片叶绿素总量均有所增加,其中,藓状景天增幅最大,其余 5 种增幅较小;28~35 d,金叶佛甲草、六棱景天、园艺垂盆草、野生垂盆草、反曲景天叶绿素总量持续增加,但增幅减弱;35~56 d,6 种植物叶绿素总量都趋于下降,其中,藓状景天、金叶佛甲草、园艺垂盆草下降幅度较大,六棱景天最小。

2.2.3 干旱胁迫下对 6 种景天丙二醛(MDA)含量的影响 从图 1-c 可以看出,干旱胁迫过程中,6 种植物叶片中丙二醛含量增加。0~28 d,6 种植物叶片中 MDA 含量均缓慢增加;28~42 d,全部增加迅速,其中,藓状景天与金叶佛甲草增幅较大,其次为园艺垂盆草、野生垂盆草、六棱景天、反曲景天则相对增幅较小;干旱 42~56 d,野生垂盆草仍小幅度增加,其它 5 种趋于平衡。

2.2.4 干旱胁迫下对 6 种景天脯氨酸含量的影响 由图 1-d 可知,0~42 d,野生垂盆草、园艺垂盆草、金叶佛甲草、反曲景天脯氨酸含量均缓慢增加,藓状景天与金叶

佛甲草均增加迅速;42~56 d,野生垂盆草、园艺垂盆草、金叶佛甲草、反曲景天、金叶佛甲草 5 种植物的脯氨酸含量维持平缓,变化微小,藓状景天仍有较高增长率。

2.2.5 干旱胁迫下对 6 种景天超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响 从图 1-e 可以看出,0~21 d,野生垂盆草,金叶佛甲草的 SOD 活性迅速增加到最大值,园艺垂盆草的 SOD 活性也达到最大,但其 14~21 d 增幅较缓;藓状景天在 28 d 时 SOD 活性达到最大且增幅较大;六棱景天和反曲景天在 0~42 d,SOD 活性达到最大且增幅较缓;6 种植物的 SOD 活性达到最大后,随干旱胁迫时间增加,SOD 活性随之降低,降幅从大到小依次为:藓状景天、金叶佛甲草、园艺垂盆草、野生垂盆草、反曲景天、六棱景天。

2.3 植物主效应生理指标多重比较

由表 4 可知,6 种景天中藓状景天、金叶佛甲草和六棱景天的丙二醛含量与野生垂盆草、园艺垂盆草和反曲景天的含量差异显著,藓状景天与金叶佛甲草的 MDA 含量差异不显著;藓状景天和金叶佛甲草与其它 4 种景天的脯氨酸含量差异显著;藓状景天的相对电导率最高,与金叶佛甲草、六棱景天和反曲景天的差异显著;藓状景天的叶绿素含量最高,与野生垂盆草、园艺垂盆草和金叶佛甲草的叶绿素含量差异显著;六棱景天的 SOD 活性最高,与金叶佛甲草的 SOD 活性差异显著。

表 4 植物主效应生理指标多重比较

Table 4 Multiple-factor comparison of plant main effect on physiological indexes

树种	丙二醛含量	脯氨酸含量	相对电导率	叶绿素含量	超氧化物歧化酶活性
Species	MDA content/(nmol · g ⁻¹ FW)	Pro content/%	Relative electric conductivity/%	Chlorophyll content/(mg · g ⁻¹)	SOD activity/(U · mg ⁻¹)
藓状景天	4.6965a	0.5435a	51.0415a	0.6325a	65.4941ab
野生垂盆草	3.7942bc	0.3547c	48.3497abc	0.5469b	83.7664a
园艺垂盆草	4.3585ab	0.3669c	48.7121ab	0.5185b	69.2813ab
金叶佛甲草	4.5155a	0.4425b	45.6677cd	0.2760c	43.4447b
六棱景天	3.7434c	0.3225c	44.2206d	0.5654ab	97.3337a
反曲景天	4.2076abc	0.3366c	47.3332bc	0.5669ab	91.5767a

2.4 时间主效应生理指标多重比较

由表 5 可知,干旱胁迫 56 d 时丙二醛和脯氨酸含量最高,分别与 0、7、14、21、28、35 d 的含量差异显著;干旱胁迫 56 d 时相对电导率最高,与 0、7、14、21、28、35、42 d 差

异显著;干旱胁迫 35 d 时叶绿素含量最高,与 0、7、14、56 d 差异显著;干旱胁迫 28 d 时 SOD 活性最高,与 0、7、14、42、49、56 d 差异显著。

表 5 时间主效应生理指标多重比较

Table 5 Multiple-factor comparison of time main effect on physiological indexes

时间	丙二醛含量	脯氨酸含量	相对电导率	叶绿素含量	超氧化物歧化酶活性
Time/d	MDA content/(nmol · g ⁻¹ FW)	Pro content/%	Relative electric conductivity/%	Chlorophyll content/(mg · g ⁻¹)	SOD activity/(U · mg ⁻¹)
0	2.5949f	0.2441e	39.5527f	0.3532d	17.2692d
7	2.7962ef	0.2538e	39.8384f	0.4132cd	41.7341cd
14	3.3294de	0.2859de	43.6444e	0.4899bc	85.8615bc
21	3.5055cd	0.3201d	41.7165ef	0.5438ab	140.9831a
28	4.1169bc	0.3898c	48.0225d	0.5954a	144.7878a
35	4.6607b	0.4554b	50.4637cd	0.6345a	101.1005ab
42	5.4069a	0.5153a	52.6776bc	0.5952a	84.8561bc
49	5.6914a	0.5413a	54.7271ab	0.5497ab	37.8795cd
56	5.8719a	0.5448a	57.3439a	0.4846bc	21.8738d

2.5 隶属函数分析

由表 6 可知,6 种景天抗旱性由强至弱依次为:六棱

景天>反曲景天>野生垂盆草>园艺垂盆草>藓状景天>金叶佛甲草。

表 6

6 种植物抗旱性隶属函数分析

Table 6

The comprehensive appraisal index of six kinds of plants

指标 Index	藓状景天 <i>S. polytrichoides</i>	野生垂盆草 <i>S. sarmentosum(wild)</i>	园艺垂盆草 <i>S. sarmentosum(cultivar)</i>	金叶佛甲草 <i>S. Lineare var. gdden</i>	反曲景天 <i>S. reflexum</i>	六棱景天 <i>Sedum sexangulare</i>
相对电导率 Relative electric conductivity	0.5044	0.6169	0.5812	0.3541	0.5914	0.8375
叶绿素含量 Chlorophyll content	0.5881	0.4769	0.5665	0.3171	0.6567	0.6472
丙二醛含量 MDA content	0.5522	0.5502	0.4435	0.3908	0.4857	0.5629
超氧化物歧化酶活性 SOD activity	0.2384	0.4927	0.0176	0.3163	0.3113	0.5045
脯氨酸含量 Pro content	0.4914	0.4649	0.5042	0.5887	0.4561	0.5542
总平均值 Total average	0.4188	0.5207	0.4434	0.4033	0.5306	0.6445
抗旱性强弱 Drought resistance strength	5	3	4	6	2	1

3 结论与讨论

干旱条件下,植物形态指标发生明显变化,能直接反映植物受伤害的状况,也是评价植物对逆境抗性强弱最为直接的指标^[10-11]。该试验发现 6 种试验材料形态上发生了很明显的变化。藓状景天首先表现生长速度下降,最早出现叶片枯黄,且死亡最早;金叶佛甲草随干旱时间增加叶片萎蔫严重,叶绿素含量变化剧烈;野生垂盆草、园艺垂盆草在干旱中后期,底部叶片出现失绿、枯黄现象;六棱景天与反曲景天直到干旱后期才表现出受旱伤害,六棱景天在后期底部叶片也发生枯死,干旱后期反曲景天叶片变红,且随干旱时间增加,红色加深。根据 6 种植物对于干旱处理时间所变现出的形态变化,可分析得到其抗旱性依次为:六棱景天>反曲景天>野生垂盆草>园艺垂盆草>藓状景天>金叶佛甲草。

细胞膜具有选择透性,各种逆境伤害都会造成细胞膜选择透性的改变或丧失,导致大量离子外渗,从而使组织浸出液的相对电导率升高。植物在遭受水分胁迫时,细胞膜发生过氧化作用而受到损伤,MDA 是膜脂过氧化作用的产物之一,是检测膜损伤程度的公认指标^[12]。该试验结果表明,MDA 含量与相对电导率均升高,说明在水分胁迫下,植物代谢紊乱发生膜脂过氧化,质膜遭到损害,MDA 积累;同时大量离子外渗,导致相对电导率升高。

植物在逆境胁迫过程中,细胞内产生过量的自由基会引发或加剧膜脂过氧化作用而造成细胞膜系统的损伤,严重时会导致细胞死亡。SOD 可淬灭 O_2^- (一种超氧自由基),防止其诱发一系列引起生物膜受损的反应^[13]。该试验发现,6 种植物叶片 SOD 活性均呈现先升高后下降的变化趋势,且在干旱末期,藓状景天和金叶佛甲草叶片的 SOD 活性几乎接近零,这说明这 2 种植物忍耐干旱胁迫能力有限,且在干旱末期,其抗旱能力近乎为零。

在干旱处理的过程中,所有试验材料叶片叶绿素总量均增加较为缓慢,是由于前期叶片失水,导致叶绿素

含量升高;当干旱加重时,叶绿体受到破坏,叶绿素合成减少且分解增加,引起叶绿素总量减少。

脯氨酸(Pro)是一种广泛存在于植物体内的偶极含氮化合物,具有极强的亲水性,可结合较多的水分,从而减少水分的散失,能稳定原生质胶体及组织内的代谢过程,植物受到环境胁迫时,植物体内游离脯氨酸积累增加,能提供足够的自由水,以维持正常的生命活动^[14]。该试验发现,6 种植物叶片随干旱时间增加,脯氨酸含量均增加显著,这可能由于干旱,细胞水分亏缺,产生大量脯氨酸以维持代谢。

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志. 34(1)卷[M]. 北京:科学出版社,1984:395.
- [2] 田娜,张蕾,江海东. 保水剂对垂盆草建植和生理代谢的影响[J]. 草业科学,2009,26(2):120-123.
- [3] 藤田茂. 改良土壤の開発史[M]. Urban Green Tech,2002:25-26.
- [4] 胡建忠. 植物引种栽培试验研究方法[M]. 郑州:黄河水利出版社,2002:78-89.
- [5] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2006:15-16,208.
- [6] 余叔文,汤章程. 植物生理与分子生物学[M]. 2 版. 北京:科学出版社,1999:376-377.
- [7] 刘祖祺,张石城. 植物抗性生理学[M]. 北京:中国农业出版社,1994:84-195.
- [8] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000:105-109.
- [9] 冯德益. 模糊数学方法与应用[M]. 北京:地震出版社,1983.
- [10] 邵崇斌. 概率论与数理统计[M]. 北京:中国林业出版社,2003.
- [11] 周广,孙宝腾,张乐华,等. 井冈山杜鹃叶片抗氧化系统对高温胁迫的响应[J]. 西北植物学报,2010,30(6):1149-1156.
- [12] Hodges D M, Delong J M, Fomey C F, et al. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing an-thocyanin and other interfering compounds[J]. Planta, 1999, 207:604-611.
- [13] 邵宏波,梁宗锁,邵明安. 小麦抗旱生理生化和分子生物学研究进展与趋势[J]. 草业科学,2006,15(3):5-17.
- [14] 卢少云,陈思萍,陈思曼,等. 三种暖季性草坪草在干旱条件下脯氨酸含量和抗氧化酶活性的变化[J]. 园艺学报,2003,30(3):303-306.

广西二十种金花茶观赏价值综合评价

廖美兰, 王华新, 周修任, 龙定建, 黄 欣

(广西林业科学研究院, 广西 南宁 530002)

摘 要:运用层次分析法(AHP)建立了金花茶观赏价值的综合评价体系,从叶、花、果、其它特性4个方面筛选出13个评价指标,并用yaahp层次分析法软件V0.6.0计算了评价体系中各指标的权重,采用综合评价法对20种金花茶进行了评价。结果表明:进行评价的20种金花茶可分为3个等级,I级(分值 ≥ 3.6227)观赏价值极高的6种金花茶;II级(2.8424~3.2222)观赏价值较高的6种金花茶;III级(2.4939~2.6639)有一定观赏价值的8种金花茶。

关键词:观赏价值;综合评价;层次分析法;金花茶

中图分类号:S 685.99 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)09-0067-04

金花茶(*Camellia chrysantha*)属山茶科山茶属金花茶组植物,1960年首次在广西发现,在国内外都享有盛名。国内将金花茶誉为“茶族皇后”、“植物界中的大熊猫”,国外则称之为“幻想中的黄色山茶”。目前已知世界上金花茶有42种5变种,除越南北部产10多种和我国云南、贵州、四川各产1种外,其余29种5变种均产于广西南部 and 西南部,广西成为金花茶的现代地理分布中

心,被誉为金花茶的故乡^[1]。金花茶具有很高的观赏价值,广西壮族自治区林业科学研究院20世纪80年代开始进行金花茶的研究,收集保存珍稀金花茶组植物20余种。

课题组自2010年底对收集保存的20种金花茶组植物进行了近3年的物候观测,在此基础上,采用层次分析法(AHP)对20种金花茶组植物进行评价,旨在量化评价其观赏性的综合价值,为进一步开发利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选择普通金花茶(*Camellia chrysantha*)、显脉金花茶(*C. euphlebia*)、凹脉金花茶(*C. impressinervis*)、毛瓣金花茶(*C. pubipetala*)、防城金花茶(*C. nitidissima*)、薄叶

第一作者简介:廖美兰(1966-),女,本科,工程师,现主要从事园林花卉培育技术等研究工作。E-mail:liaomeilan66@163.com.

责任作者:龙定建(1964-),男,高级工程师,现主要从事园林花卉栽培技术等研究工作。

基金项目:“十一五”广西林业科技资助项目(桂林科字[2010]第1号)。

收稿日期:2014-11-19

Assessment on Drought Resistance of Two Wild *Sedum* Species and Four *Sedum* Cultivars

LI Sen¹, TIAN Zhi-qiang², MA Su-xian³, KANG Xiu-ping¹, XING Guo-ming¹

(1. College of Horticulture, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801; 2. Sihe Colliery, Jincheng Anthracite Mining Group, Jincheng, Shanxi 048000; 3. Haisi Pharmaceutical Factory, Jincheng Anthracite Mining Group, Jincheng, Shanxi 048006)

Abstract: Taking 2 wild *Sedum* species and 4 *Sedum* cultivars as materials, the effect of drought on the plant morphology, relative electric conductivity, total chlorophyll content, MDA content, proline content and superoxide dismutase (SOD) activity of the physiological indexes and morphological indexes were studied. The results showed that the drought resistance of 6 kinds of *Sedum* from strong to weak was *Sedum sexangulare* > *S. reflexum* > *S. sarmentosum* (wild) > *S. sarmentosum* (cultivar) > *S. polytrichoides* > *S. lineare* var. *golden*.

Keywords: *Sedum*; physiological index; plant morphology; drought resistance