

干热胁迫下六种景天植物的形态特征及生理响应

张文娟¹, 李连国^{1,2}, 郭金丽¹, 孙潜¹, 单 峥¹

(1. 内蒙古农业大学 农学院, 内蒙古 呼和浩特 010018; 2. 内蒙古大地生态农林科技研究发展中心, 内蒙古 呼和浩特 010020)

摘 要:以 6 种景天为试材, 研究了 45℃ 高温及干旱双重胁迫对其形态及生理变化的影响。结果表明: 随着干热胁迫程度加重, 6 种景天植物叶片出现了萎蔫、发黄、卷曲、干枯脱落等症状, 不同景天出现的先后和程度不同, 反映了其耐干热性的差异。在整个胁迫过程中, 土壤含水量持续下降; 6 种景天植物的叶片相对含水量及可溶性糖含量呈下降趋势; 电导率和可溶性蛋白含量上升, 不同景天上升幅度不同。综合形态特征及生理变化, 耐干热性由强到弱的顺序是: 八宝景天、黄花德景天、早花德景天、卧茎景天、红花德景天、红叶景天。

关键词:景天; 干热胁迫; 形态特征; 生理变化

中图分类号:S 688.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)17-0071-05

城市绿化是改善城市生态环境的主要方面, 而目前城市绿化最大的难题在于缺少绿化土地, 屋顶绿化因可以很好地解决绿化与土地之间的矛盾而日渐受到关注, 成为城市发展中重要的绿化方式之一。我国北方屋顶绿化环境具有风力强、冬季寒冷、夏季炎热干旱等特点, 因此, 能在屋顶上生长的植物必须有耐瘠薄、耐高温干旱、耐寒冷、抗风等特点。景天属植物具有植株低矮、观赏性强、抗性强、管理粗放的特点, 且浅根系, 不会破坏屋顶结构, 而成为屋顶绿化的理想植物。现以目前在北方园林中应用的 6 种景天植物作为试材, 研究其耐干热的能力, 为屋顶绿化植物的选择和应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以内蒙古农业大学教学与科研基地的黄花德景天 (Yellow *S. hybridum* 'Immergrunchell'), 八宝景天 (*Sedum spectabile*), 早花德景天 (Early *S. hybridum* 'Immergrunchell'), 卧茎景天 (*Sedum sarmentosum* Bunge), 红花德景天 (Red *S. hybridum* 'Immergrunchell'), 红叶景天 (*Sedum spurium* 'Coccineum') 为试验材料。

1.2 试验方法

选择 6 种景天植物 2 a 生苗扦插于基质相同的花盆中, 花盆规格: 30 cm × 15 cm × 10 cm, 培养基质为菜园土、沙质土和蛭石按 5 : 4 : 1 的体积比混合, 每盆栽植

10 株。2 个月后待植株生长正常, 充分浇水后将 6 种景天植物置入人工气候箱进行高温干旱双重胁迫试验。胁迫条件: 白天 13 h, 温度为 45℃, 光照强度为 4 000 lx; 夜晚 11 h, 温度为 30℃, 相对湿度为 60% 左右, 并控制水分(不浇水)。干热胁迫前及胁迫后每 5 d (0、5、10、15、20 d) 观察记录植株外部形态变化, 取样测定各项生理指标。干热胁迫 20 d 后恢复室温及水分, 观察 6 种景天的恢复情况。

1.3 项目测定

相对电导率的测定根据邹琦^[1]的方法; 叶绿素的提取与测定参照张宪政^[2]的方法; 土壤含水量、叶片相对含水量、可溶性糖含量、可溶性蛋白含量、脯氨酸含量及 MDA 含量均采用李合生^[3]的方法测定。

2 结果与分析

2.1 干热胁迫下 6 种景天植物外部形态的变化

随着干热胁迫的加剧, 6 种景天形态上发生了明显的变化。黄花德景天、八宝景天、早花德景天前 5 d 生长变缓, 5 d 后黄花德景天下部叶片逐渐出现发黄、斑点并最终卷曲, 八宝景天和早花德景天下部叶片逐渐出现发黄、卷曲、并有部分叶片脱落; 卧茎景天和红花德景天前 5 d 下端叶片萎蔫、枯黄, 5 d 后叶片自下部开始逐渐出现发黄卷曲并脱落, 20 d 时中下部茎叶发黄枯死, 只有顶端叶片卷曲; 红叶景天胁迫 5 d 时部分植株下端叶片枯萎, 5 d 后中上部叶片开始发黑卷曲, 中下部叶片开始枯萎, 20 d 时大部分植株干枯死亡。

胁迫结束后对景天植物进行恢复室温及水分, 据观测发现, 黄花德景天和八宝景天表现最为突出, 叶片明显直立, 后期还长出新芽; 其次就是早花德景天、卧茎景天和红花德景天也逐渐恢复; 红叶景天没有任何恢复表

第一作者简介:张文娟(1987-), 女, 硕士, 现主要从事观赏植物抗逆生理研究工作。E-mail: superstarzwj@163.com.

责任作者:郭金丽(1972-), 女, 博士, 副教授, 现主要从事观赏植物抗逆生理研究工作。E-mail: guojinli1111@163.com.

收稿日期:2012-05-23

现,可判断其已死亡。

2.2 干热胁迫下 6 种景天植物的生理变化

2.2.1 土壤含水量和叶片相对含水量的变化 随干热胁迫时间的延长,各景天植物土壤含水量持续下降(图 1)。随干热胁迫程度的加深,6 种景天植物的叶片相对含水量均呈下降趋势。在胁迫 5 d 时,6 种景天植物的叶片相对含水量变化较小,下降幅度在 0.37%~1.3% 之间;胁迫 15 d 时,6 种景天的叶片相对含水量急剧下降;到胁迫 20 d 时,6 种景天的叶片相对含水量降到较低水平,其中卧茎景天、红叶景天和红花德景天的下降幅度较大,叶片相对含水量分别是胁迫前的 92.43%、92.65%、93.06%,八宝景天、黄花德景天和早花德景天下降幅度较小,分别是胁迫前的 94.33%、94.33%、95.33%(图 2)。

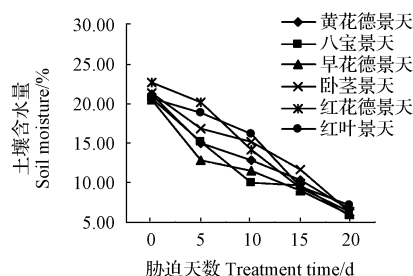


图 1 干热胁迫下土壤含水量的变化

Fig. 1 Dynamic variation of soil moisture under drought and heat stress

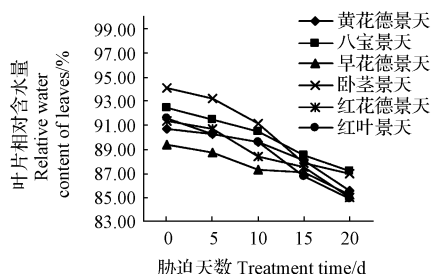


图 2 干热胁迫下景天叶片相对含水量的变化

Fig. 2 Dynamic variation of relative water content under drought and heat stress in leaves of *Sedum*

2.2.2 相对电导率的变化 6 种景天植物叶片的相对电导率随干热胁迫程度的增加均呈上升趋势。在胁迫 5 d 时,6 种景天叶片的相对电导率变化较缓慢;在 10 d 时,6 种景天叶片相对电导率均明显上升,其中变化最显著的是红叶景天,可见此时红叶景天的细胞膜已经明显受到伤害,其相对电导率是胁迫前的 169.54%,其它 5 种景天叶片的电导率的上升幅度也都在 23.00% 以上;到 20 d 时,红叶景天的相对电导率上升最快,是胁迫前的 209.44%,红花德景天、卧茎景天、早花德景天、黄花德景天、八宝景天的相对电导率分别为胁迫前的 193.83%、183.99%、171.52%、169.41%、163.93%(图 3)。

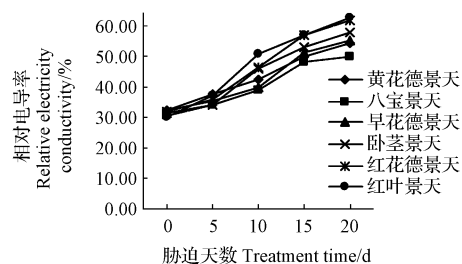


图 3 干热胁迫下景天叶片相对电导率的变化

Fig. 3 Dynamic variation of the electric conductivity under drought and heat stress in leaves of *Sedum*

2.2.3 丙二醛含量的变化 干热胁迫引起 6 种景天植物叶片中 MDA 积累。胁迫初期,6 种景天植物的 MDA 含量迅速增加;胁迫中期,6 种景天植物的 MDA 含量比较稳定;在胁迫末期,6 种景天植物 MDA 的含量均有不同程度的降低。胁迫 20 d 与胁迫前相比,MDA 积累最多的是红叶景天,并且其 MDA 积累量一直都高于其它景天,其次是红花德景天、卧茎景天和早花德景天,MDA 积累最少的是八宝景天和黄花德景天(图 4)。

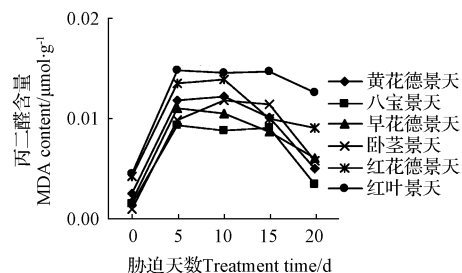


图 4 干热胁迫下景天叶片丙二醛含量的变化

Fig. 4 Dynamic variation of MDA content under drought and heat stress in leaves of *Sedum*

2.2.4 叶绿素含量的变化 干热胁迫下 6 种景天植物叶片的叶绿素 a、叶绿素 b 和叶绿素总含量基本呈先下降后上升再下降的变化规律,变化的时间和变化幅度不同。在胁迫初期,黄花德景天叶绿素 a、叶绿素 b 和叶绿素总含量比较稳定,红叶景天下降幅度较小,其余 4 种景天下降幅度较大;在胁迫中期,红花德景天和早花德景天叶绿素 a、叶绿素 b 和叶绿素总含量较胁迫初期有所减少,其余 4 种景天均有所增加;在胁迫末期,红花德景天和早花德景天叶绿素 a、叶绿素 b 和叶绿素总含量较胁迫中期有所增加,其余 4 种景天均有所减少(图 5~7)。

2.2.5 渗透调节物质含量的变化 干热胁迫下 6 种景天植物的可溶性糖含量总体呈下降趋势。在胁迫初期,八宝景天、黄花德景天和卧茎景天可溶性糖含量有所增加,在胁迫中期和后期呈下降趋势;早花德景天、红花德景天和红叶景天在胁迫初期有所降低,胁迫中期较胁迫初期有所上升,胁迫后期开始下降。胁迫 20 d 时,下降幅度最大的是红叶景天,其可溶性糖含量是胁迫前的

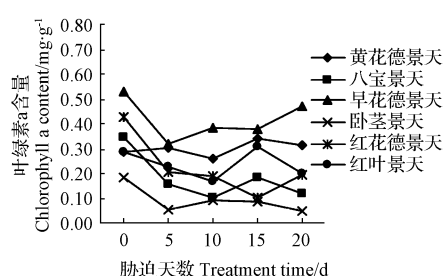


图5 干热胁迫下景天叶片叶绿素a含量的变化

Fig. 5 Dynamic variation of chlorophyll a content under drought and heat stress in leaves of *Sedum*

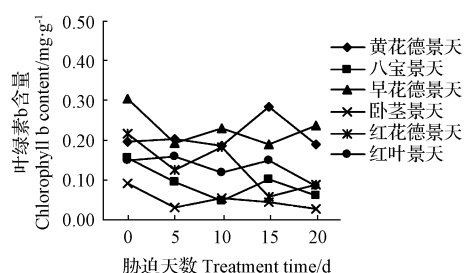


图6 干热胁迫对植物叶片叶绿素b含量的变化

Fig. 6 Dynamic variation of chlorophyll b content under drought and heat stress in leaves of *Sedum*

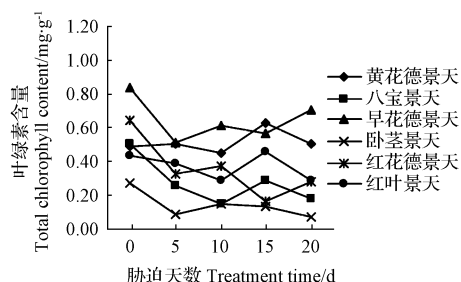


图7 干热胁迫下景天叶片叶绿素含量的变化

Fig. 7 Dynamic variation of total chlorophyll content under drought and heat stress in leaves of *Sedum*

53.05%;其次是卧茎景天、红花德景天、八宝景天和早花德景天,可溶性糖含量分别是胁迫前的55.42%、63.54%、73.60%、79.75%;最小的是黄花德景天,可溶性糖含量是胁迫前的85.12%(图8)。干热胁迫下6种景天植物叶片可溶性蛋白含量呈上升趋势。胁迫5d时,红花德景天可溶性蛋白含量没有太大变化,其余5种景天都有所增加,尤其是八宝景天增幅最大;胁迫10d时,八宝景天、早花德景天和黄花德景天可溶性蛋白含量较胁迫5d时有所降低,胁迫后期继续增加;卧茎景天和红叶景天可溶性蛋白含量在胁迫中后期一直呈上升趋势;红花德景天可溶性蛋白含量在胁迫中期上升,胁迫后期有所下降。在整个胁迫过程中,八宝景天的可溶性蛋白含量一直高于其它景天(图9)。6种景天脯氨酸含量呈先上升后降低的趋势。6种景天胁迫前脯氨酸含量较低;胁迫初期,6种景天脯氨酸含量都有不同程度的

上升,其中早花德景天脯氨酸的含量比其它景天增加迅速,升高幅度也最大;在胁迫中期,黄花德景天、红花德景天和卧茎景天脯氨酸含量有所下降;在胁迫后期,红叶景天脯氨酸含量有所下降,其它景天变化不大(图10)。

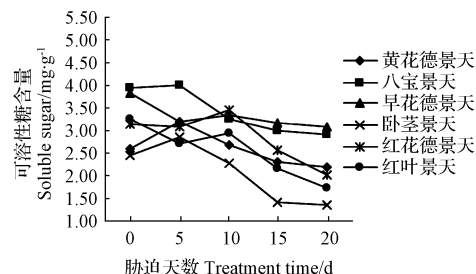


图8 干热胁迫下景天叶片可溶性糖含量的变化

Fig. 8 Dynamic variation of soluble sugar content under drought and heat stress in leaves of *Sedum*

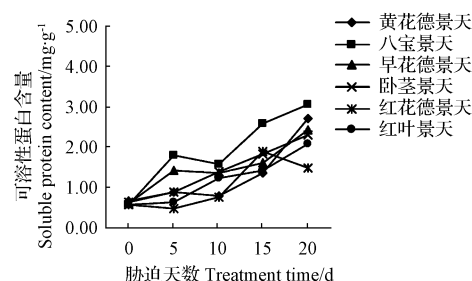


图9 干热胁迫下景天叶片可溶性蛋白含量的变化

Fig. 9 Dynamic variation of soluble protein content under drought and heat stress in leaves of *Sedum*

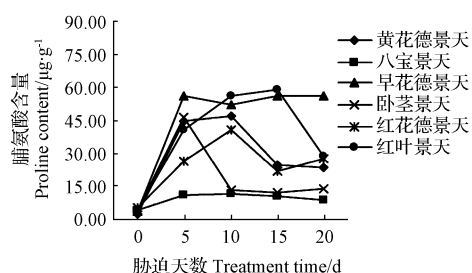


图10 干热胁迫对植物叶片脯氨酸含量的影响

Fig. 10 Dynamic variation of proline content under drought and heat stress in leaves of *Sedum*

3 讨论与结论

干热胁迫下,植株的形态变化是植物对干热胁迫最直接的反应^[4]。随着干热胁迫时间的延长,6种景天植物外部形态变化首先表现为生长缓慢;接着基部叶片开始萎蔫、卷曲、变黄;随干热胁迫加剧叶片出现枯死、脱落;最终整株死亡。不同景天植物的伤害症状及出现的时间存在差异,因此可以体现出不同种景天植物的耐干热性差异。在恢复室温及水分之后,黄花德景天和八宝景天恢复最快,其次是早花德景天、卧茎景天和红花德景天,红叶景天已经死亡无法恢复。综合干热胁迫下6

种景天植物外部形态变化及恢复生长的表现,除红叶景天外,其余景天在 45℃ 高温及持续干旱 20 d 后均能在正常条件下恢复生长,说明景天属植物具有强的抵抗高温和干旱的能力。黄花德景天和八宝景天的耐干热性最强;其次是早花德景天、卧茎景天和红花德景天;红叶景天伤害最严重,耐干热性相对最差。

干热胁迫下,植物体的生理生化过程发生不同程度的变化^[5]。在干热胁迫下,土壤含水量会下降,从而导致植物叶片缺水。耐干热性强的品种在逆境胁迫下水分吸收和丧失能在较大范围内保持平衡,细胞持水能力更强,因而表现较强的抗干热能力^[6]。该试验的 6 种景天植物在干热胁迫下叶片相对含水量和土壤含水量表现出正相关,其中早花德景天的叶片相对含水量下降幅度最小,其次是黄花德景天、八宝景天、红花德景天和红叶景天,卧茎景天下降幅度最大。在重度胁迫时,6 种景天的叶片相对含水量都能保持在 84% 以上,而绿化常用的地被植物早熟禾在正常条件下叶片相对含水量也只是 80%~90%,重度干热胁迫时叶片相对含水量下降到 20%~50%^[7]。说明景天植物叶片肉质化程度高,其较强的组织贮水能力可以抵御或缓解干热胁迫对植株正常生理功能的破坏,提高其耐干热能力。

植物组织受到逆境胁迫时伤害愈大,电导率的增加也愈大^[8]。MDA 是植物细胞膜脂过氧化物之一,耐干热强的植物种类 MDA 积累量与外渗率均较小^[9]。6 种景天植物在干热胁迫下,红叶景天的相对电导率增幅最大,其次是红花德景天、卧茎景天、早花德景天和黄花德景天,八宝景天的相对电导率增幅最小。该试验中随着处理时间的延长,MDA 的积累量在胁迫前期急速上升而后缓慢下降,可能是由于景天植物在逆境胁迫初期,造成细胞膜系统的损伤,导致 MDA 的迅速积累;在胁迫中后期,景天植物自由基清除系统活性提高,有效的减少了膜脂过氧化伤害,从而导致叶片 MDA 含量的缓慢下降。在整个干热胁迫过程中,MDA 积累量最多的是红叶景天,其次是红花德景天、卧茎景天及早花德景天,最小的是八宝景天和黄花德景天。

叶绿素是绿色植物进行光合作用的主要色素,因而对其含量及其组成与光合作用的关系问题研究较多,但结论不一致。有研究认为叶绿素含量及其组成与光合作用关系不密切^[10-11];也有研究认为叶绿素含量及其组成与光合作用呈正相关^[12-17];该试验中 6 种景天植物叶绿素含量随着干热胁迫的加剧没有明显的变化规律,因此从叶绿素的含量变化无法反映 6 种景天的耐干热能力。

许多研究结果表明,植物在逆境下体内可溶性糖、可溶性蛋白和脯氨酸的积累会提高植株对逆境的忍耐力和抵抗力^[18-20]。该试验中,干热胁迫下 6 种景天植物

的可溶性糖含量呈下降趋势,主要是因为植物在受到干热胁迫时分解体内可溶性糖,以维持自身各项代谢的正常进行。胁迫 20 d 时,可溶性糖含量较胁迫前降幅最大的是红叶景天,其次是卧茎景天、红花德景天、八宝景天和早花德景天,最小的是黄花德景天。干热胁迫下 6 种景天植物的可溶性蛋白呈上升趋势,且形态表现中耐干热性强的植物种类上升较快。单一高温胁迫试验表明,6 种景天可溶性蛋白含量是随高温胁迫时间的延长呈下降趋势,但该试验中呈上升趋势,推测可能是景天植物对干旱胁迫更为敏感,干旱胁迫能够诱导蛋白的合成以提高景天植物的渗透调节能力。脯氨酸含量在胁迫初期迅速上升,在胁迫中期不同景天植物叶片脯氨酸的含量出现一定的差异,在整个胁迫过程中表现较复杂。因此,脯氨酸与景天植物耐干热性的关系,有待进一步的研究。

综上所述,根据叶片相对含水量、质膜透性、MDA、可溶性糖和可溶性蛋白含量所体现的景天植物的耐干热能力与形态变化的结果基本一致,可以与形态特征结合作为反映景天植物耐干热性的生理指标。综合干热胁迫下 6 种景天的形态特征及生理响应,在整个干热胁迫过程中,八宝景天和黄花德景天表现出了很强的抗性,其次是早花德景天和卧茎景天,红花德景天和红叶景天抗性相对较弱。

参考文献

- [1] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [2] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京:农业出版社,1990.
- [3] 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,2004.
- [4] 张斌,胡永红,刘庆华. 几种屋顶绿化景天植物的耐旱研究[J]. 园艺园林科学,2008,24(5):272-176.
- [5] 贾开志,陈贵林. 高温胁迫下不同茄子品种幼苗耐热性研究[J]. 生态学杂志,2005,24(4):398-401.
- [6] 黄承前,胡果生,彭信海,等. 冷季型草坪草耐干热性能研究[J]. 湖南农业大学学报,1998(2):113-118.
- [7] 杜建雄,孙吉雄,刘金荣,等. 5 个草地早熟禾品种在干热胁迫下的生理响应[J]. 草原与草坪,2007(3):41-44.
- [8] 张杰,胡永红,李海英,等. 轻型屋顶绿化景天属植物的耐旱性研究[J]. 北方园艺,2007(1):122-124.
- [9] 房江育. 无机营养和水分胁迫对春小麦叶绿素丙二醛含量等的影响及其相关性[J]. 甘肃农业大学学报,2001,36(1):89-94.
- [10] 刘雅荣,刘奉觉,王爽,等. 四种杨树苗木的生长与光合作用特性的研究[J]. 林业科学,1983,19(3):269-275.
- [11] Gifford, Evans. Photosynthesis, carbon partitioning, and yield [J]. Plant-Physiol, 1981(32):485-509.
- [12] McCashin, Calvin. Photosynthetic and photo respiratory characteristics of Mutants of Hordeum Vulgare L [J]. Plant physiol, 1979(64):354-360.
- [13] 刘贞奇. 水稻某些光合生理特性的研究[J]. 中国农业科学,1982(5):33-39.
- [14] 周国章,陈青度. 叶绿素含量与母生类型关系初步探讨[J]. 林业科学,1980,16(增刊):134-136.

- [15] 方志伟,张荣铤,朱培仁. 水稻叶片叶绿素含量的变化与光合作用的关系[J]. 南京农业大学学报,1987(4):18-22.
- [16] 郑丕尧,蒋钟怀,王经武. 夏插“京早7号”玉米叶片叶绿素含量消长规律的研究[J]. 华北农学报,1988,3(1):21-27.
- [17] Butter,Buzzel. The relationship between chlorophyll content and rate of photosynthesis in Soybeans[J]. Plant Sci,1977,57(1):1-6.

- [18] 汤章诚. 逆境条件下植物脯氨酸的累积及其可能意义[J]. 植物生理学通讯,1984(1):15-21.
- [19] 姜卫兵,高光林,俞开锦,等. 水分胁迫对果树光合作用及同化代谢的影响研究进展[J]. 果树学报,2002,19(6):416-420.
- [20] 刘媛媛,滕中华,王三根,等. 高温胁迫对水稻可溶性糖及膜保护酶的影响研究[J]. 西南大学学报(自然科学版),2008,30(2):59-63.

Study on Morphological Characteristics and Physiological Response Under Drought and Heat Stress in Six *Sedum* Plants

ZHANG Wen-juan¹, LI Lian-guo^{1,2}, GUO Jin-li¹, SUN Qian¹, SHAN Zheng¹

(1. College of Agronomy, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010018; 2. Inner Mongolia Dadi Science and Technology Research Center of Ecological Agriculture and Forestry, Hohhot, Inner Mongolia 010020)

Abstract: External morphology and physiological changes were studied under drought and 45°C high temperature stress in six *Sedum* plants. The results showed that with serious level of drought and heat stress, leaves of six *Sedum* appeared dehydrate and curl, turned yellow, dried off and other symptoms. And different *Sedum* had different degrees at different stages. These expressions reflected their different tolerance to drought and heat stress. Throughout the stress process, soil moisture, relative water content and soluble sugar decreased. Conductivity and MDA contents increased, and different *Sedum* had distinct rate of increase. According to morphological characteristics and physiological changes, the resistance from highest to lowest to drought and heat in six plants was *Sedum spectabile*, Yellow *S. hybridum* ‘Immergrunchell’, Early *S. hybridum* ‘Immergrunchell’, *Sedum sarmentosum* Bunge, Red *S. hybridum* ‘Immergrunchell’, *Sedum spurium* ‘Coccineum’.

Key words: *Sedum*; drought and heat stress; morphological characteristics; physiological change

欢迎订阅 2013 年《中国稻米》杂志

《中国稻米》是由农业部主管,中国水稻研究所主办,全国农业技术推广服务中心等单位协办的全国性水稻科学技术期刊。设有“专论与研究”、“品种与技术”、“各地稻米”、“综合信息”等栏目,兼具学术性、技术性、知识性、信息性等特点。

据《中国科技期刊引证报告》(核心版)统计,《中国稻米》2008 年的影响因子为 0.611,2009 年为 0.422。2008 年度还有一篇文章被评为中国百篇最具影响的国内文章。适合水稻产区的各级技术人员及农业与粮食行政管理人员、科研教学人员和稻农阅读。

本刊为双月刊,标准大 16 开本,单月 20 日出版。

每期定价 10.00 元,全年 60.00 元,公开发行,邮发代码:32-31,国内刊号 CN33-1201/S,国际统一刊号 ISSN 1006-8082, E-mail: zgdm@163.com, 网址: www.zgdm.net, 欢迎新老读者到当地邮局订阅,也可直接到本刊编辑部订阅。

地址:浙江省杭州市体育场路 359 号

邮政编码:310006

电话(传真):(0571)63370271, 63370368