

唐山地区引种宿根花卉的抗旱性研究

马金贵, 郭淑英 (唐山职业技术学院, 河北唐山 063004)

摘要 [目的] 了解唐山地区引种的7种宿根花卉的抗旱性。[方法] 以唐山地区引种的7种宿根花卉为材料, 干旱胁迫0、3、6、9、12、15 d, 观察植株的形态变化, 测定电导率、SOD活性、可溶性蛋白质含量。[结果] 在干旱胁迫下, 7种宿根花卉发生萎蔫的时间不同, 萎蔫情况也不同。随着干旱胁迫时间的延长, 7种宿根花卉的电导率均呈上升趋势, 但上升速度不同。在干旱胁迫下, 7种植物体内的SOD活性都呈先升后降趋势, 可溶性蛋白质含量在干旱胁迫初期上升, 后期下降。[结论] 费菜、‘红花’景天、常夏石竹、‘金娃娃’萱草的抗旱能力强, ‘罗米莱紫’穗花婆婆纳、‘柯罗粉’美国薄荷的抗旱能力中等, ‘革质’亮金光菊的抗旱能力弱。

关键词 宿根花卉; 形态; 生理指标; 抗旱性

中图分类号 S682.1 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)21-08896-04

Study on the Drought Resistance of Perennial Root Flower Plants Introduced in Tangshan Area

MA Jingu et al (Tangshan Vocational Technology College, Tangshan, Hebei 063004)

Abstract [Objective] The study was to understand the drought resistance of 7 perennial root flower plants. [Method] With 7 perennial root flower plants introduced in Tangshan area as material, under drought stress 0, 3, 6, 9, 12, 15 d respectively, the morphologic change of plant was observed and the conductivity, SOD activity and content of soluble protein were determined. [Result] Wilting times of 7 perennial root flower plants were different under drought stress and their wilting state was also different. With the prolonging of drought stress time, the conductivity of 7 perennial root flower plants had a rising tendency with different speed. Under drought stress, the SOD activity of 7 perennial root flower plants had a trend of rising first and then decreasing and their content of soluble protein was also risen in early stage of drought stress and decreased in later stage. [Conclusion] The drought resistance of *Sedum kantschaticum* Fisch, *Sedum spectabile* 'Billiard', *Dianthus plumarius*, *Henrocallis* were strong, that of *Veronica spicata* 'Ronley Purple' were medium and that of *Solidago* 'Golden Dwarf' was weak.

Key words Perennial root flower; Morphology; Physiological index; Drought resistance

随着我国社会经济的快速发展, 水资源越来越成为国民经济发展和生态环境建设的瓶颈。唐山是一个水资源不足的城市, 在城市水源日益紧张的今天, 筛选兼具良好观赏性状和新型抗旱节水宿根植物种类, 应用于城镇绿地等生态环境建设具有重要的现实意义。

1 材料与方 法

1.1 材料 试验于2007年5~10月在唐山职业技术学院花卉温室内进行, 选择具有代表性的7种(品种)宿根花卉: 常夏石竹(*Dianthus plumarius*)、‘红花’景天(*Sedum spectabile* 'Billiard')、‘金娃娃’萱草(*Henrocallis fuava*)、‘革质’亮金光菊(*Rudbeckia nitida* 'Herbstsonne')、‘罗米莱紫’穗花婆婆纳(*Veronica spicata* 'Ronley Purple')、‘柯罗粉’美国薄荷(*Mnarda* 'Croftway')、费菜(*Sedum kantschaticum* Fisch)为试验材料。于2007年5月将上述7种材料移植于口径25 cm、高20 cm的瓦盆内, 盆土为普通园土。2007年6月下旬, 选取生长情况基本一致的植株, 搬到防雨的温室中生长15 d, 待植株适应了温室环境后, 于7月中旬进行干旱胁迫处理, 测定有关指标。每个品种13盆, 每盆5株, 在试验前连续浇2 d透水, 使盆土充分吸水达到饱和。停灌后每隔3 d进行抗旱生理指标的测定。采样时间为8:00~9:00, 采样部位为成熟叶片的中上部, 即距心叶附近的1~2叶, 随机取样; 采样后迅速带回实验室, 作相应处理并进行测定, 各指标测定均设3个重复。采鲜叶的同时采集土样, 以测定土壤的自然含水量。15 d后对试验材料复水, 复水30 d后观察记录其成活率。

1.2 生理指标的测定方法

1.2.1 土壤自然含水量(绝对含水量)的测定。采用烘干法: 取植物根际处深10 cm左右的土壤5~10 g, 放入称量瓶

中, 80℃烘箱中烘24 h, 在干燥器中冷却至室温后称重, 计算土壤的自然含水量。

1.2.2 形态变化。采用实物观察记录的方法。即整株植株90%及以上的叶片下垂, 发生永久性萎蔫时, 记为萎蔫, 每次采样前统计萎蔫的株数, 计算其所占总株数的百分率。试验15 d后复水, 叶片恢复正常或有新叶发出时, 记为成活, 30 d后统计成活数。

1.2.3 质膜相对透性的测定。采用电导率法。用0.5 cm²的打孔器避开中脉打取相同部位的叶圆片, 取0.1 g左右的叶圆片放入电导杯中, 加入超纯水25 ml, 摇匀置25℃恒温箱中浸提3 h, 用DDS-307型电导仪测定其电导率, 再将样品放入沸水浴中浸提20 min, 放入25℃恒温箱中冷却, 用电导仪测定其电导率。

1.2.4 超氧化物歧化酶(SOD)和可溶性蛋白的测定。采用NBT光照化学还原法测定SOD活性^[1], 采用紫外吸收法测定可溶性蛋白含量。

2 结果与分析

2.1 土壤自然含水量的变化 由图1可知, 土壤的自然含水量平均值随干旱时间的延长, 呈下降的趋势。0 d时土壤含水量为39.21%, 3 d下降到23.21%, 6 d下降到15.10%, 9 d下降到13.10%, 12 d下降到10.01%, 15 d时只有9.52%。由于得不到来自地下水的补充, 样品土的自由水含量在开始的6 d内几乎呈直线下降趋势, 水分蒸发迅速而严重。以后下降缓慢, 这可能与园土的土壤理化性质和天气情况有关, 同时温室中的空气湿度较大, 对土壤含水量的变化可能也有一定的影响。

2.2 试验材料的形态变化 土壤自然含水量的下降, 使试验材料发生了形态上的变化, 表现为失水, 叶片萎蔫失绿, 直至干枯。从表1可看出, 试验3 d时, ‘柯罗粉’美国薄荷、‘革质’亮金光菊出现部分萎蔫现象, 叶片失水下垂, ‘革质’亮金光菊有23.08%发生了叶片下垂的现象; 到试验6 d时, 费菜、

基金项目 唐山市科技局项目“几种优良宿根花卉的引种及快速繁殖技术研究”。

作者简介 马金贵(1964-), 男, 河北丰润人, 在读硕士, 高级讲师, 从事园林植物栽培方面的教学和研究。

收稿日期 2008-05-19

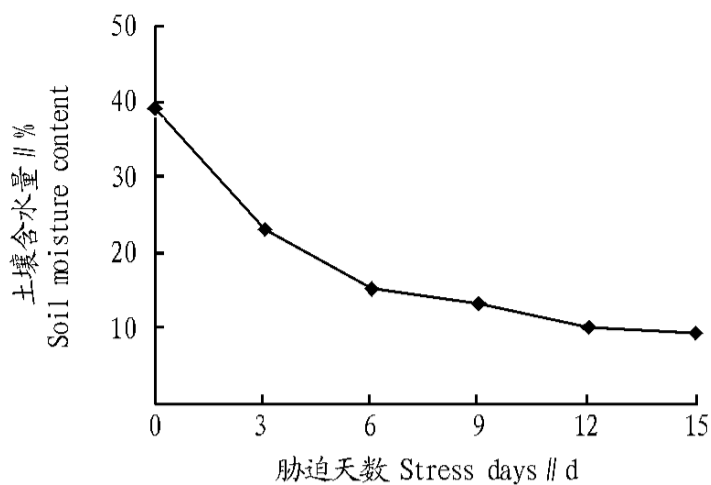


图1 不同胁迫天数下土壤含水量的变化

Fig.1 Changes of soil moisture content under different stress days

‘红花’景天、常夏石竹表现良好,没有出现萎蔫现象,其他4种都出现了比较严重的萎蔫情况,‘革质’亮金光菊最为严重,达到了38.46%,部分叶片干枯,这时土壤含水量是0 d时的38.51%;到9 d时,‘革质’亮金光菊、‘柯罗粉’美国薄荷、萱草、‘罗米莱紫’穗花婆婆纳的萎蔫数量均增加,常夏石竹、费菜、‘红花’景天叶片开始下垂,‘革质’亮金光菊、‘柯罗粉’美国薄荷、‘金娃娃’萱草叶片均有干枯现象出现;12 d时,各种试验材料的萎蔫盆数继续增加,‘革质’亮金光菊达到84.62%;15 d时,‘革质’亮金光菊全部萎蔫,地上部分叶片全部干枯,这时土壤含水量为最初的24.28%,‘柯罗粉’美国薄荷和‘罗米莱紫’穗花婆婆纳的萎蔫盆数分别达到了84.62%

表1 试验材料的萎蔫情况和复水后的成活率

Table 1 Situation of experimental material wilting and the survival rate after rehydration

材料 Material	萎蔫率 Wilt rate						复水后成活率 Survival rate after rehydration
	0 d	3 d	6 d	9 d	12 d	15 d	
费菜 <i>Sedum kamschaticum</i> Fisch	0	0	0	6.15	15.38	20.00	100
‘红花’景天 <i>Sedum spectabile</i> ‘Billiard’	0	0	0	7.69	20.00	23.08	92.31
常夏石竹 <i>Dianthus plumarius</i>	0	0	0	10.77	23.07	26.15	100
‘金娃娃’萱草 <i>Heimerocallis fuava</i>	0	0	12.31	20.00	38.46	43.08	90.77
‘罗米莱紫’穗花婆婆纳 <i>Veronica spicata</i> ‘Romiley Purple’	0	0	16.92	30.77	49.23	53.85	89.23
‘柯罗粉’美国薄荷 <i>Monarda</i> ‘Croftway’	0	15.38	33.85	50.77	76.92	84.62	87.69
‘革质’亮金光菊 <i>Rudbeckia nitida</i> ‘Herbstsonne’	0	23.08	38.46	58.46	84.62	100.00	83.08

注:萎蔫率=萎蔫株数/总株数×100%,复水后成活率=成活株数/总株数×100%。

Note: Wilt rate = number of wilting plant/ total plant number ×100%, survival rate after rehydration = number of survival rate/ total plant number ×100%.

境和正常的代谢起着重要的作用。在正常情况下,细胞膜对物质具有选择透过性,但是当植物受到干旱胁迫时,细胞脱水,破坏了细胞膜的有序结构,膜脂分子结构呈现无序的放射星状排列,膜上出现空隙和龟裂,透性增大,电解质、氨基酸、可溶性糖等向外渗漏,导致细胞的相对透性增大,使植物细胞浸提液的电导率增大。膜透性增大的程度与逆境胁迫强度有关,也与植物的抗逆性有关^[4]。

由图2可知,7种植物的电导率随干旱时间的延长,都呈上升的趋势,在15 d时达到峰值。费菜、‘红花’景天、常夏石竹电导率上升的速度比较缓慢,是一种持续上升的趋势,15 d达到最高值时,分别比0 d时的上升了5.10%、6.40%、5.57%。‘革质’亮金光菊的电导率上升最多,从6 d开始电导率变化迅速,升高的速度很快,从22.18%上升到50.12%,比0 d时上升了27.94个百分点,这说明‘革质’亮金光菊在受到干旱胁迫时,细胞膜受到的损伤比较严重。

和53.85%,‘金娃娃’萱草达到了43.08%,费菜也有20.00%发生萎蔫,部分叶片干枯。

由萎蔫速度看,费菜的抗旱能力最强,‘红花’景天和常夏石竹次之,然后是‘金娃娃’萱草、‘罗米莱紫’穗花婆婆纳、‘柯罗粉’美国薄荷,‘革质’亮金光菊的萎蔫速度最快。这可能和它们的叶片结构和贮水能力有关。费菜和‘红花’景天叶片和茎贮水能力较强,因此能维持较长的时间。‘金娃娃’萱草根茎贮水能力较强,常夏石竹虽然根茎细小,贮水能力不强,但叶片上有蜡质保护,蒸腾速度较慢,所以萎蔫速度相对较慢。‘罗米莱紫’穗花婆婆纳和‘柯罗粉’美国薄荷的叶片结构、根茎大小相似,所以叶片萎蔫的速度也相似。‘革质’亮金光菊的叶片柔软,易失水,根茎贮水能力也差,所以萎蔫速度最快。15 d后对试验材料复水,由表1可知,复水后,常夏石竹和费菜的成活率达到100%,即全部成活;‘红花’景天、‘金娃娃’萱草、‘罗米莱紫’穗花婆婆纳、‘柯罗粉’美国薄荷的成活率分别为92.31%、90.77%、89.23%和87.69%;‘革质’亮金光菊虽然地上部分完全干枯,但是复水后成活率却达到83.08%,可见‘革质’亮金光菊的地下部分并未失活,根系具有很强的再生能力。但是植物的抗旱性是一个综合的体现^[2-3],除了外观形态的变化外,植物体内的生理生化也会发生变化。

2.3 质膜相对透性的变化 植物细胞膜对维持细胞的微环

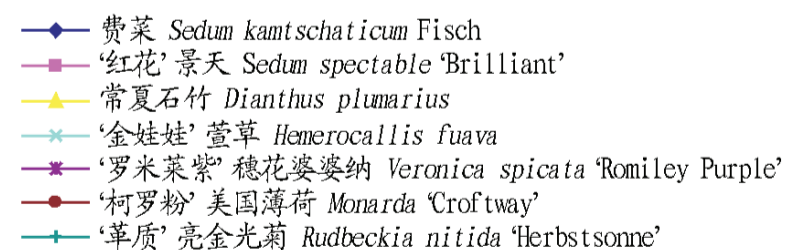


图2 不同胁迫天数下相对电导率的变化

Fig.2 Changes of relative conductivity under different stress days

2.4 SOD 的变化 从图3可知,在干旱胁迫下,7种植物的SOD活性变化比较复杂,变幅和达到最高峰时间也不相同,但总的趋势是先上升,后下降。‘金娃娃’萱草的SOD活性最高,增加的幅度也很大,在9 d时达到最大值,12 d时有明显的下降。费菜和‘红花’景天在6 d时达到最大值,常夏石竹在9 d时达到最大值,这几种花卉的总体变化幅度很小,说明其对水分胁迫并不敏感;‘罗米莱紫’穗花婆婆纳12 d时达到最大值,15 d时下降幅度较大;‘革质’亮金光菊在6~12 d下降不明显,15 d有剧烈的下降,说明‘革质’亮金光菊的活性氧清除系统受到损伤。

◆ 费菜 *Sedum kantschaticum* Fisch
 ■ ‘红花’景天 *Sedum spectabile* ‘Brilliant’
 ▲ 常夏石竹 *Dianthus plumarius*
 ◆ ‘金娃娃’萱草 *Heimerocallis fuava*
 ◆ ‘罗米莱紫’穗花婆婆纳 *Veronica spicata* ‘Romiley Purple’
 ● ‘柯罗粉’美国薄荷 *Monarda* ‘Croftway’
 ◆ ‘革质’亮金光菊 *Rudbeckia nitida* ‘Herbstsonne’

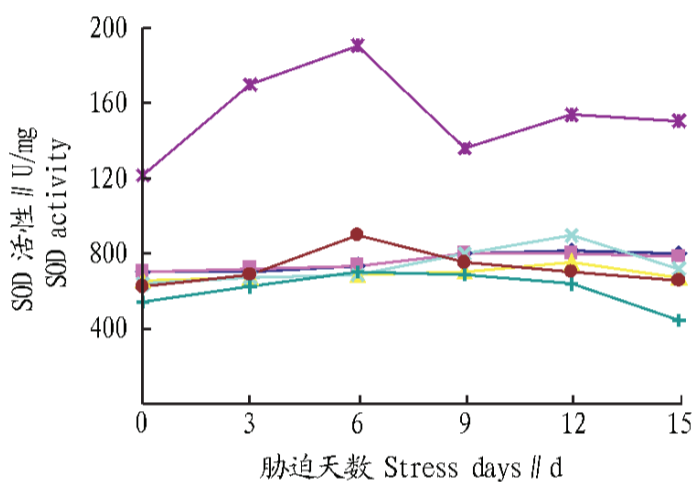


图3 不同胁迫天数下SOD活性的变化

Fig.3 Changes of SOD activity under different stress days

从7种植物的SOD活性变化情况看,在干旱胁迫初期,植物体内的SOD会剧烈上升,以抵御或减轻植物体所受的伤害;随着干旱时间的延长,水分亏缺的加重,SOD活性下降,只是下降的快慢程度不尽相同。

2.5 可溶性蛋白含量的变化 植物在干旱胁迫下,会产生诱导蛋白,这些诱导蛋白可以增强植物的耐脱水能力,参与渗透调节和水分运输,保护细胞结构^[5]。

由图4可知,费菜、‘红花’景天、常夏石竹、‘金娃娃’萱草、‘柯罗粉’美国薄荷叶片可溶性蛋白含量呈先升后降的趋势,‘罗米莱紫’穗花婆婆纳、‘革质’亮金光菊的可溶性蛋白含量变化幅度则较小。7种植物中‘金娃娃’萱草的可溶性蛋白含量最高,0~9 d呈上升趋势,9 d时达到最高值,是0 d时的1.64倍,以后蛋白质含量下降,15 d时的含量和0 d时相近,但是仍明显高于其他植物。费菜和‘红花’景天的可溶性蛋白含量也较高,6 d时上升到最高值,是0 d的1.51和1.49倍,以后可溶性蛋白含量下降,但下降速度较缓慢,而且高于‘柯罗粉’美国薄荷、‘革质’亮金光菊的含量。常夏石竹的变化也比较明显,6 d时达到最大值,是0 d时的2.32倍,但6 d后下降迅速。而‘柯罗粉’美国薄荷、‘革质’亮金光菊的可溶性蛋白含量则较低,在干旱胁迫下,也微呈上升趋势,但幅度不大。结果表明,在一定的水分胁迫范围内,可溶性蛋白含量都增加,而随着水分胁迫的加剧,可溶性蛋白含量则下降。

◆ 费菜 *Sedum kantschaticum* Fisch
 ■ ‘红花’景天 *Sedum spectabile* ‘Brilliant’
 ▲ 常夏石竹 *Dianthus plumarius*
 ◆ ‘金娃娃’萱草 *Heimerocallis fuava*
 ◆ ‘罗米莱紫’穗花婆婆纳 *Veronica spicata* ‘Romiley Purple’
 ● ‘柯罗粉’美国薄荷 *Monarda* ‘Croftway’
 ◆ ‘革质’亮金光菊 *Rudbeckia nitida* ‘Herbstsonne’

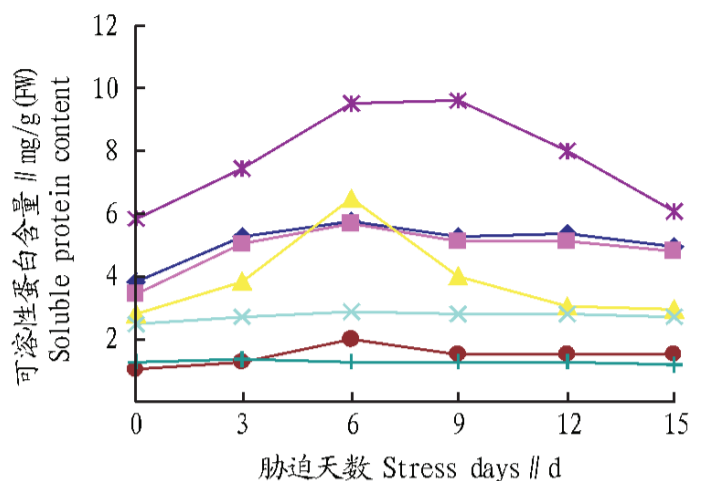


图4 干旱胁迫下可溶性蛋白含量的变化

Fig.4 Changes of soluble protein content under different stress days

3 讨论

3.1 植物的形态变化与抗旱性的关系 植物在遭到胁迫时,形态上会发生变化,尤其是干旱胁迫时,形态变化就更为明显^[6]。在受到干旱胁迫时,植物会表现出失水、干枯甚至死亡等。在轻度干旱胁迫下,植物会发生萎蔫,复水后可以恢复生长;而在较严重的干旱胁迫下植物生长停止,叶片发生萎蔫、干枯,即使复水也不能尽快恢复到正常的生长状况。而抗旱性不同的品种,在干旱胁迫下,发生萎蔫的时间不同,萎蔫情况也会不同。抗旱性强的品种萎蔫情况发生得晚,萎蔫的速度也较慢。

在该试验中,7种植物的干枯速度也不相同。从萎蔫速度来看,费菜是最抗旱的,它萎蔫发生的时间最晚,15 d时只有20.00%的试验材料发生萎蔫情况。其次是‘红花’景天,15 d时有23.08%的试验材料发生萎蔫,常夏石竹15 d时有26.15%的试验材料发生萎蔫;‘金娃娃’萱草和‘罗米莱紫’穗花婆婆纳分别有43.08%和53.85%的试验材料发生萎蔫;‘柯罗粉’美国薄荷和‘革质’亮金光菊的抗旱性最差,15 d时‘柯罗粉’美国薄荷有84.62%的试验材料发生萎蔫,‘革质’亮金光菊全部萎蔫。形态变化反映7种宿根花卉的抗旱性是:费菜>‘红花’景天>常夏石竹>‘金娃娃’萱草>‘罗米莱紫’穗花婆婆纳>‘柯罗粉’美国薄荷>‘革质’亮金光菊。

地上部分完全干枯,复水后,只要植物的根系没有死亡,对宿根植物来说,仍然可以存活,并会从根系中发生新芽而成活。

3.2 质膜相对透性与抗旱性的关系 干旱胁迫下植物细胞的膜系统是受害的原初部位和主要部位,导致植物原生质损伤,细胞膜透性增大,使电解质、有机质大量外渗。电解质外渗电导率反映了在干旱胁迫下细胞膜透性情况,当植物受到干旱胁迫时,质膜受到不同程度的破坏,进而膜的透性(电导率)会增大^[7]。不同的植物及品种膜透性变化的时间和速率有所不同,因而常常用测定电导率变化情况的方法来判别植物组织受伤害的程度。通常耐旱品种比不耐旱品种具有较低的电导率外渗率,抗旱性弱的品种,电导率上升较快。

该试验中,7种植物受到干旱胁迫后,电导率均呈上升的

趋势,但上升的快慢不同,这显示了它们对干旱胁迫的不同反应。费菜、‘红花’景天、常夏石竹的相对电导率上升较慢,到试验结束时,分别上升了5.10%、6.40%、5.57%;‘革质’亮金光菊的相对电导率上升比较迅速,上升了27.94个百分点;‘柯罗粉’美国薄荷和‘罗米莱紫’穗花婆婆纳的上升幅度在两者之间。从结果看,这几种试验材料在6 d以前上升都比较缓慢,这说明它们具有一定的抗旱能力,短期干旱不会产生大的影响,只有当胁迫达到一定程度时,才会发生剧烈变化。电导率上升速度:‘革质’亮金光菊>‘柯罗粉’美国薄荷>‘罗米莱紫’穗花婆婆纳>‘红花’景天>常夏石竹>费菜。

3.3 SOD 的变化与抗旱性之间的关系 氧气是植物生命活动必不可少的物质之一,氧被活化则会产生对细胞有害的活性氧。植物对氧化胁迫有相应的适应和抵抗能力。在正常情况下,植物体内产生的活性氧不足以使植物受到伤害,植物体内具有完善的清除活性氧的防卫系统,使活性氧的产生与清除处于动态平衡状态,自由基水平很低,不会伤害细胞。线粒体内膜呼吸链是植物体内产生氧自由基的重要来源,包围在线粒体内膜两侧的基质和膜间空间介质中存在大量的SOD,可使内膜产生的氧自由基及时被清除。抗逆性强的植物在逆境胁迫下可诱导产生更多的抗氧化酶及其他的非酶类抗氧化剂,提高抗逆性,以抵御活性氧的氧化损伤与致死效应^[8]。SOD是一种典型的诱导酶,外部环境的改变能影响它的活性水平,植物在逆境下受到伤害以及植物对逆境抵抗能力往往与体内SOD的活性水平有关。抗逆性强的植物在逆境条件下SOD活性降低幅度小或保持相对稳定,有的甚至有所升高,因而避免或减小了活性氧引起的伤害^[8]。

在该试验中,7种植物体内SOD的变化趋势相同,都呈先上升,后下降的趋势。也就是这7种宿根花卉在轻度干旱胁迫下,体内的抗氧化酶系统活性升高,来保护细胞,随着胁迫的加剧,抗氧化酶系统受到伤害,含量也随之下落。SOD的峰值出现的时间也不相同,‘金娃娃’萱草、‘柯罗粉’美国薄荷、‘革质’亮金光菊在6 d出现;常夏石竹、‘红花’景天、费菜、‘罗米莱紫’穗花婆婆纳则出现在12 d。最高值也有差别,‘金娃娃’萱草的含量最高,无论是初始值还是受胁迫时均高于其他几种,这与形态表现略有差异。

3.4 可溶性蛋白含量与抗旱性之间的关系 在逆境胁迫下,植物体内正常的蛋白质合成常会受到抑制。并且认为,可溶性蛋白与调节植物细胞的渗透势有关,高含量的可溶性蛋白可帮助维持植物细胞较低的渗透势,抵抗干旱胁迫带来的伤害。同时可溶性蛋白的变化反映了生育过程中叶片的氮素状况,其高低基本上可反映叶片对氮的同化能力。干旱下叶片中较高的可溶性蛋白能够维持其他代谢所需的能量和碳架。大量研究认为,重度水分胁迫下可溶性蛋白含量下降,轻度水分胁迫会导致可溶性蛋白含量增加,其重要意义是保护膜免受脱水造成的伤害^[9]。

在该试验中,7种植物的可溶性蛋白的变化不完全相同,其中费菜、‘红花’景天、常夏石竹、‘金娃娃’萱草的可溶性蛋白变化明显,在干旱胁迫初期上升,到后期下降,而且‘金娃娃’萱草的可溶性蛋白含量在7种植物中一直处于最高的水平,费菜、‘红花’景天的可溶性蛋白也维持在较高的水平。而‘柯罗粉’美国薄荷、‘革质’亮金光菊的可溶性蛋白虽也有一些起伏,但是变化很小。7种材料的变化幅度:‘金娃娃’萱草>常夏石竹>‘红花’景天>费菜>‘柯罗粉’美国薄荷>‘罗米莱紫’穗花婆婆纳>‘革质’亮金光菊。

4 结论

在干旱胁迫下,植物的形态、膜透性、酶活性和渗透调节物质等都会发生相应的变化,以抵御或减轻干旱的伤害。在该试验中,7种宿根花卉在干旱胁迫下,同样发生了一系列的变化。干旱胁迫下,植物最明显的表现就是叶片的萎蔫,通过叶片的萎蔫情况可以判断其抗旱性,这是最直观的一种表现。该试验中,随着干旱胁迫时间的延长,7种植物都出现不同的萎蔫情况。其中费菜萎蔫情况最轻,‘红花’景天、常夏石竹、‘金娃娃’萱草、‘罗米莱紫’穗花婆婆纳、‘柯罗粉’美国薄荷萎蔫情况依次加重,‘革质’亮金光菊萎蔫情况最严重。复水后,常夏石竹、费菜成活率最高,‘红花’景天和‘金娃娃’萱草的成活率也很高,‘罗米莱紫’穗花婆婆纳、‘柯罗粉’美国薄荷、‘革质’亮金光菊成活率依次降低。

7种宿根花卉的电解质透出率在干旱胁迫下与对照相比均有明显的变化。并随胁迫程度的加深和胁迫时间的延长,膜透性逐渐升高,但增高的幅度各品种有所差异,膜透性的变化规律可反映出植物受干旱胁迫伤害程度的大小,可以作为鉴定植物抗旱性的指标之一。

综合上述形态和生理生化测定结果可初步把这几种宿根花卉分为3类,抗旱能力强:费菜、‘红花’景天、常夏石竹、‘金娃娃’萱草;抗旱能力中等:‘罗米莱紫’穗花婆婆纳、‘柯罗粉’美国薄荷;抗旱能力弱:‘革质’亮金光菊。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 华东师范大学植物生理教研组. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 人民教育出版社, 1980: 2-3.
- [3] 孙彦, 杨青川, 张英华. 不同草坪草种及品种苗期抗旱性比较[J]. 草地学报, 2001, 9(1): 16-20.
- [4] 陈之欢. 水分胁迫对两种旱生花卉生理生化的影响[J]. 中国农学通报, 2002, 18(2): 20-23.
- [5] 郭卫东, 沈向, 李嘉瑞, 等. 植物抗旱分子机理[J]. 西北农业大学学报, 1999, 27(4): 102-108.
- [6] 陈善福, 舒庆尧. 植物耐干旱胁迫的生物学机理及其基因工程研究进展[J]. 植物学通报, 1999, 16(5): 55-56.
- [7] 张燕之. 水稻抗旱性鉴定方法与指标探讨[J]. 辽宁农业科学, 1994(5): 46-50.
- [8] 吕长平, 石雪晖, 杨国顺, 等. 水分胁迫对草莓叶片SOD活性以及MDA和Vc含量的影响[J]. 湖南农业大学学报, 1996, 22(5): 451-455.
- [9] 刘玲玲, 李军. 马铃薯可溶性蛋白、叶绿素及ATP含量变化与品种抗旱性关系的研究[J]. 中国马铃薯, 2004, 18(4): 201-208.