

# 四种地被菊抗旱性研究

杨晓瑞, 张志国, 倪迪安, 尹冬梅

(上海应用技术学院 生态技术与工程学院, 上海 201418)

**摘要:**以“雨花金星”、“雨花金华”、“雨花金桂”、“雨花落英”4种地被菊为试材,研究干旱处理对4种地被菊生长的影响,通过观测形态指标和叶片超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)和抗坏血酸过氧化物酶(APX)的活性以及膜质过氧化产物丙二醛(MDA)含量、叶绿素含量、可溶性蛋白质含量,初步评价、比较了其抗旱能力。结果表明:抗旱性依次为“雨花金桂”>“雨花金华”>“雨花金星”>“雨花落英”;抗旱性较强的“雨花金桂”表现最好,叶片的超氧化物歧化酶(SOD)活性、过氧化氢酶(CAT)活性和抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性较高;且叶绿素含量、可溶性蛋白质含量都比其余的含量高;“雨花金桂”膜质过氧化产物丙二醛(MDA)含量明显较低。

**关键词:**地被菊;抗旱性;过氧化物酶活性

**中图分类号:**S 681.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)19-0063-06

菊花(*Chrysanthemum morifolium*)属菊科菊属宿根花卉,原产中国,是我国栽培应用历史最为悠久的传统十大名花和世界四大切花之一,关于菊花的研究主要集中在花期调控<sup>[1-3]</sup>、品种分类<sup>[4-5]</sup>、苗期及花期生理生化变化<sup>[6]</sup>等方面。目前,关于干旱胁迫对菊花叶片生理指标影响的研究报道很少。因此,研究不同品种菊花的抗旱生理,选育抗旱性强的菊花品种具有重要的意义。现采用自然失水胁迫方法<sup>[7]</sup>,通过对4个观赏菊花品种在不同干旱胁迫强度下与抗旱性相关的生理指标的测定,并评价其抗旱性大小,旨在为用生理指标评价菊花的抗旱性提供科学依据,为菊花抗旱性育种提供有益参考。开展我国传统优势花卉种质资源的收集、保存和评价研究,并在此基础上通过传统和现代生物技术育种等手段开展种质创新与品种改良,获得抗性强、观赏价值高的优异种质与品种,是花卉产业发展的基础,同时可提高我国自主创新能力。

**第一作者简介:**杨晓瑞(1991-),女,硕士研究生,研究方向为植物胚胎发育及形态发育。E-mail:1606458233@qq.com.

**责任作者:**尹冬梅(1983-),女,博士,副教授,现主要从事观赏植物逆境生理与分子生物学等研究工作。E-mail:yindm@sit.edu.cn.

**基金项目:**国家自然科学基金面上资助项目(31270745);上海市教育委员会科研(创新)资助项目(14YZ141);上海高校青年教师培养计划资助项目(ZZyy12038);上海市星火富民工程资助项目(13dz1912600)。

**收稿日期:**2015-05-25

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试4个地被菊品种分别为“雨花金桂”、“雨花金华”、“雨花金星”、“雨花落英”,均由南京农业大学引种,目前种植在上海应用技术学院校内植物园。

### 1.2 试验方法

2013年3月,选取生长一致的10叶龄扦插生根苗作为试验材料,单株重复,样本数为5,干旱胁迫处理。植株定植于装有等量土壤(草木灰:泥炭藓:珍珠岩=3:3:1)的塑料杯中。将4种地被菊分组养护管理,设干旱处理(将塑料杯放入标志托盘中,持续干旱处理24 d)和对照(CK,正常浇水,使其土壤含水量维持在田间最大持水量的50%~60%,直至试验结束)。试验在校内温室的玻璃大棚中进行。观察记录植株地上部分的形态特征,包括叶色变化、黄叶程度及干旱处茎的颜色、形态变化等。表型变化通过数码相机拍照记录,基于直接观察和数码相机记录,综合评价确定干旱指数。

### 1.3 项目测定

形态变化采用观察法,并拍照片;叶绿素相对含量测定采用CIRAS-2型便携式叶绿素仪(英国PPS科学仪器公司)<sup>[8]</sup>;丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥酸法<sup>[9]</sup>;超氧化物歧化酶(SOD)活性测定采用氮蓝四唑(NBT)光还原法<sup>[10]</sup>;过氧化氢酶(CAT)活性测定参照李合生<sup>[10]</sup>的方法。抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性测定参照NAKANO等<sup>[11]</sup>的方法,在10 s内测定290 nm波长下吸光值变化;CAT和APX活性以1 min底物减少

0.1  $\mu\text{mol}$  为 1 个酶活性单位(U);SOD、APX、CAT 活性以 U/g 蛋白表示。可溶性蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝 G-250 染色法,以牛血清蛋白作标准曲线<sup>[10]</sup>,酶提取液 20  $\mu\text{L}$  加 3 mL 0.01% 的考马斯亮蓝试剂在 595 nm 下比色。各指标的测定均进行重复试验。

#### 1.4 数据分析

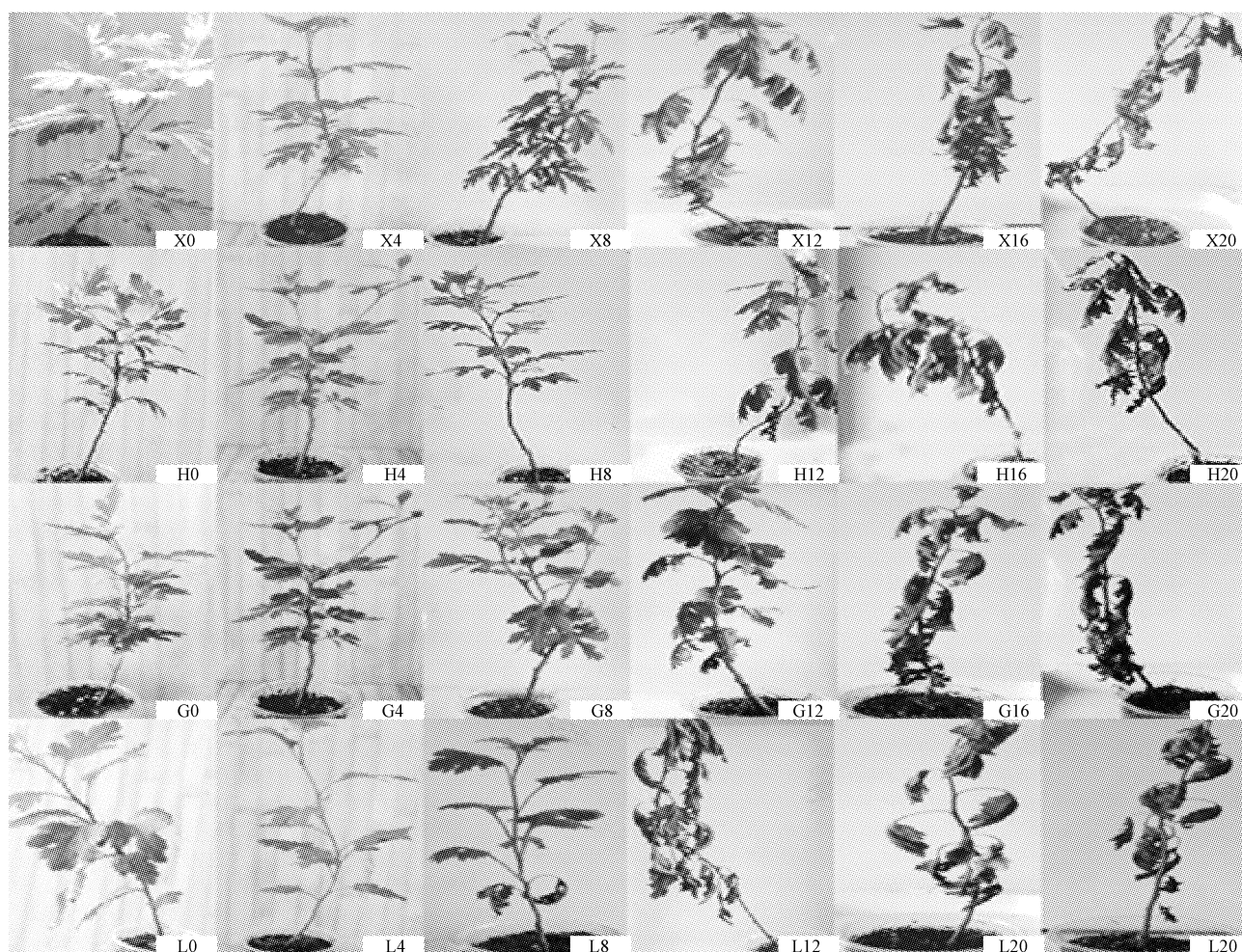
采用 Excel 软件统计数据,计算平均值和标准差,并绘制出图表,再进行单因素方差分析比较不同处理的各指标间是否具有显著性差异。

## 2 结果与分析

### 2.1 干旱胁迫对地被菊形态的影响

2.1.1 干旱胁迫对地被菊地上部表型和地下根系的影响 从图 1 可以看出,4 种幼苗前 4 d 株型挺拔、整

齐;第 8 天叶片颜色变浅发黄;第 16 天时“雨花金星”整株叶片皱缩,下层叶片下垂,下部出现 9 片枯死叶片;“雨花金华”下层叶片萎蔫下垂,下部有 6 片叶片枯死,“雨花金桂”下部有 5 片叶片枯死,“雨花落英”下部有 6 片叶片枯死;第 20 天时 4 种植株完全枯萎。可见,幼苗干旱胁迫过程中,地上部分最明显的变化是叶片下垂、枯萎。同时可以看出“雨花金桂”最耐干旱。从图 2 植株根系在干旱胁迫处理时的生长表现情形可以看出,干旱胁迫初期,4 种地被菊的根系长势较均匀,没有明显差异,在干旱胁迫中期,“雨花金桂”的根系长势明显优于其余 3 种,可以看出其余 3 种根系相比于干旱胁迫初期明显变得细弱,到干旱胁迫处理后期,4 种根系繁茂程度优于中期,“雨花金桂”的根系长势最优。



注:X代表“雨花金星”,H代表“雨花金华”,G代表“雨花金桂”,L代表“雨花落英”。字母后数字代表天数。下同。

Note:X means ‘Yuhujinxing’, H means ‘Yuhujinhua’, G means ‘Yuhujingui’, L means ‘Yuhualuoying’. Numbers after letter mean treatment days. The same below.

图 1 干旱胁迫对地被菊形态变化的影响

Fig. 1 Effect of drought stress on the changes of phenotype of Ground cover Chrysanthemum



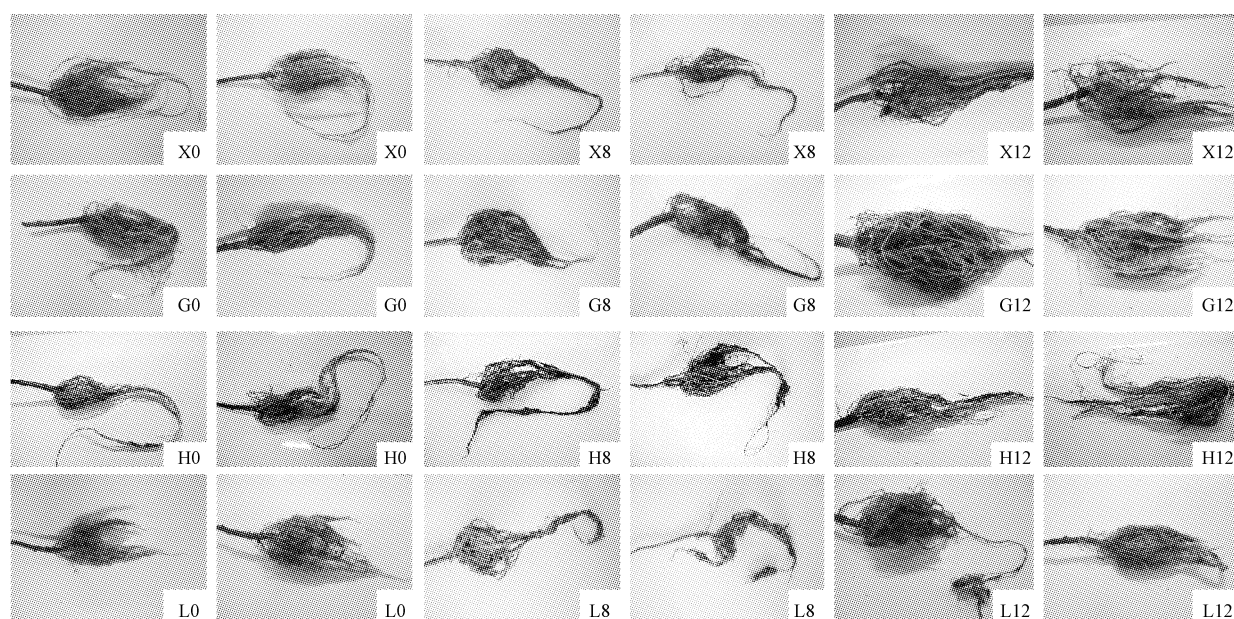


图2 干旱胁迫对地被菊根系形态变化的影响

Fig. 2 Effect of drought stress on the changes of root morphology of Ground cover Chrysanthemum

2.1.2 干旱处理下地被菊叶片枯死情况 由图3可知,随着干旱胁迫时间的延长,幼苗枯死叶片数目上升,在干旱胁迫处理前4 d 幼苗叶片都没有出现枯死叶片,之后干旱胁迫持续。“雨花金星”枯死叶片数呈直线上升;第12天时“雨花金华”出现2片枯死叶片,枯死叶片持续增至9片;“雨花金桂”枯死叶片也是直线上升;“雨花落英”的枯死叶片在干旱处理第8天时出现2片,随着干旱胁迫的持续,第16天时幼苗枯死数量达到最大。

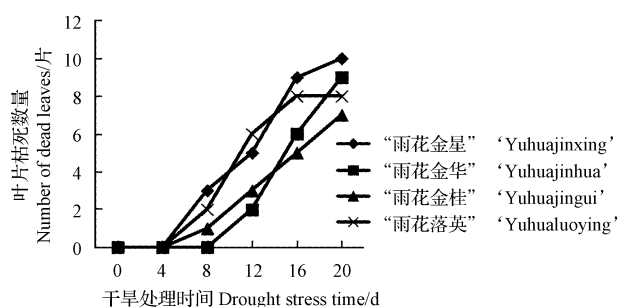


图3 干旱胁迫对地被菊叶片枯死数量的影响

Fig. 3 Effect of drought stress on the number of withered situation in leaves of Ground cover Chrysanthemum

## 2.2 干旱胁迫对地被菊叶片叶绿素含量变化的影响

由图4可知,干旱处理组的地被菊叶片叶绿素含量的变化均先下降后上升,在数值达到最大值后又都下降,地被菊的叶绿素总体变化趋势相近,可以看出干旱胁迫对叶片的叶绿素含量影响相似。“雨花金星”的叶绿素含量在第8天时最低,第12天时最高,之后下降。“雨花金华”的叶绿素含量在第12天时达到最高,之后下

降。“雨花金桂”的叶绿素含量在第8天时最低,第12天时最高,之后下降。“雨花落英”的叶绿素含量在第4天时含量最低,第8天时最高,之后下降。

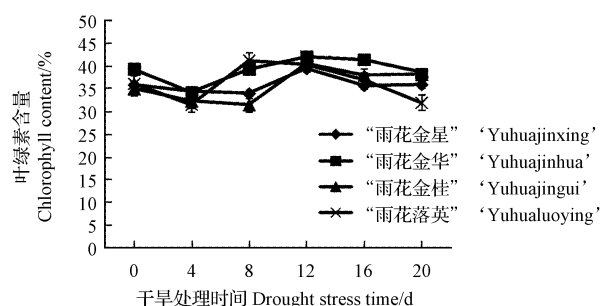


图4 干旱胁迫对地被菊叶片叶绿素含量的影响

Fig. 4 Effect of drought stress on chlorophyll content in leaves of Ground cover Chrysanthemum

## 2.3 干旱胁迫对地被菊叶片保护酶活性的影响

2.3.1 干旱胁迫对地被菊叶片 SOD 活性的影响 由图5可知,干旱胁迫对地被菊叶片 SOD 活性的影响都是先下降后上升最后下降的趋势,“雨花金星”在第12天时达到最大值,之后持续下降;“雨花金华”在前4 d 时 SOD 活性下降,第12天时达到最大值,之后逐渐下降;“雨花金桂”SOD 活性起伏最大,第8天时达到最大值,之后大幅下降;“雨花落英”SOD 活性的影响在干旱处理前4 d 时下降,在干旱处理第8天时达到最大值,随着干旱处理持续进行,SOD 活性逐渐下降。

2.3.2 干旱胁迫对地菊花叶片 APX 活性的影响 由图6可知,干旱胁迫对幼苗叶片 APX 活性的影响呈现一定

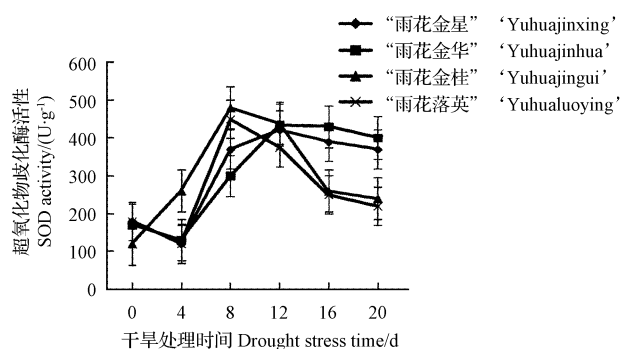


图5 干旱胁迫对地被菊叶片 SOD 活性的影响

Fig. 5 Effect of drought stress on SOD activity in leaves of Ground cover Chrysanthemum

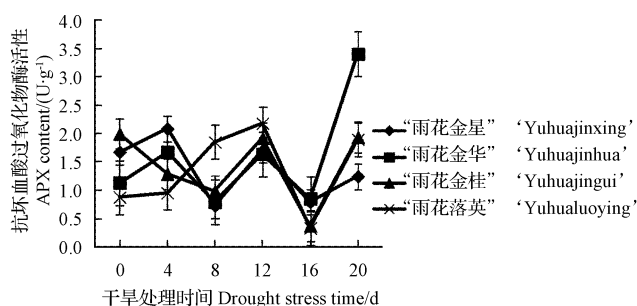


图6 干旱胁迫对地被菊叶片 APX 活性的影响

Fig. 6 Effect of drought stress on APX activity in leaves of Ground cover Chrysanthemum

起伏,“雨花金星”的 APX 活性呈现先升后降,之后上升又下降的趋势,从数据分析看出 APX 活性呈波动变化;“雨花金华”的 APX 活性呈现先升后降,之后重复变化,呈波动变化的趋势;“雨花金桂”APX 活性呈现先降低后升又重复升降的趋势,呈波动变化。“雨花落英”的 APX 活性呈现先上升后下降的趋势,前 12 d 内逐步上升,16 d 时下降,20 d 时上升。

2.3.3 干旱胁迫对地菊花叶片 CAT 活性的影响 由图 7 可知,地被菊叶片 CAT 活性在失水胁迫进程中有

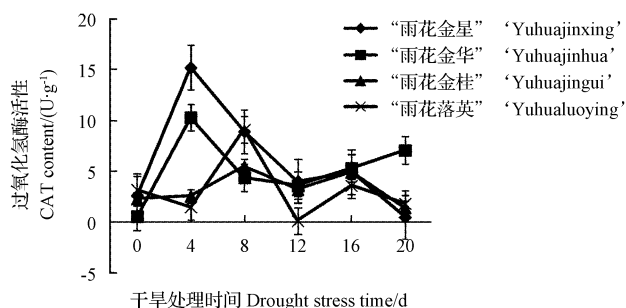


图7 干旱胁迫对地被菊叶片 CAT 活性的影响

Fig. 7 Effect of drought stress on CAT activity in leaves of Ground cover Chrysanthemum

一定的起伏,“雨花金星”和“雨花金桂”前期都是先升后降,第 4 天时“雨花金星”CAT 活性达到最大值,之后整体趋于下降。第 4 天时“雨花金华”CAT 活性达到最大值,之后虽有起伏,也是整体趋于下降。“雨花金桂”和“雨花落英”整体变化趋势保持一致。第 8 天时“雨花金桂”CAT 活性达到最大值,之后有起伏。“雨花落英”的 CAT 活性在第 8 天时达到最大值,第 12 天时下降至最低,之后数据有所增加,整体趋势趋于下降。

## 2.4 干旱胁迫对地菊花叶片 MDA 含量的影响

由图 8 可知,干旱胁迫对地被菊叶片 MDA 含量的影响都是先稍微下降后上升较快最后下降的趋势,“雨花金星”的 MDA 含量起伏较大,第 8 天时最高,之后逐渐降低;“雨花金华”的叶片 MDA 含量先下降,第 12 天时最高,之后随着干旱处理时间延长,叶片 MDA 含量有起伏;“雨花金桂”的 MDA 含量起伏较平稳,多次起伏;“雨花落英”的 MDA 含量起伏明显,第 4 天时明显下降,第 8 天时最高,随着干旱处理时间延长,MDA 含量趋于平稳,总体来说叶片 MDA 含量下降。

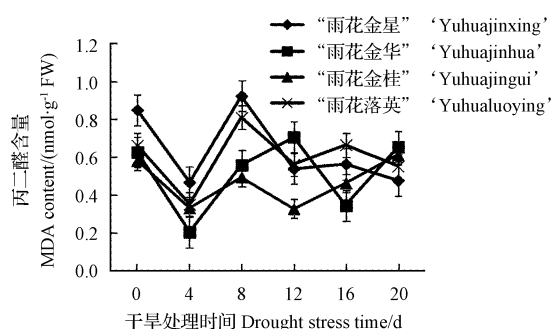


图8 干旱胁迫对地被菊叶片 MDA 含量的影响

Fig. 8 Effect of drought stress on MDA content in leaves of Ground cover Chrysanthemum

## 2.5 干旱胁迫对地菊花叶片蛋白质含量的影响

由图 9 可知,“雨花金桂”的蛋白质含量总体较高,干旱胁迫对“雨花金桂”造成的蛋白质流失总体影响不

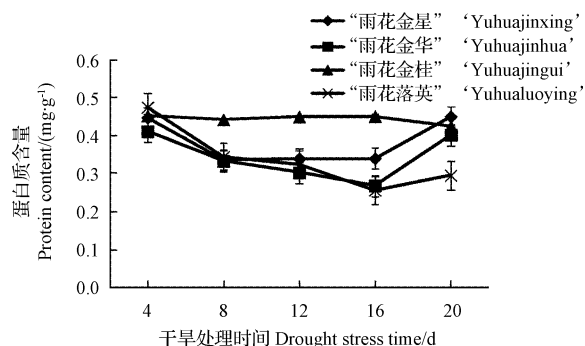


图9 干旱胁迫对菊花叶片蛋白质含量的影响

Fig. 9 Effect of drought stress on protein content in leaves of Ground cover Chrysanthemum

大,干旱胁迫导致“雨花金桂”叶片可溶性蛋白质含量前期一直减少,最后菊花生理活性受到严重破坏,蛋白质含量呈上升趋势,总体来看微微下降,“雨花金星”和“雨花落英”的叶片蛋白质含量变化趋势相同,都是在菊花遭受干旱胁迫时逐渐下降,在干旱处理第 16 天时最少,最后植物细胞遭到严重破坏,细胞内蛋白质流出,所以蛋白质含量上升;总体来看“雨花金桂”的蛋白质含量最高,“雨花落英”蛋白质含量最低。由于植物体内的参与各种代谢的酶类大多数是可溶性蛋白质,在研究每一种酶的作用时,常以酶活力表示酶活力大小及酶制剂纯度。因此,通过测定植物中可溶性蛋白质含量,可以测得植物的抗逆性。在外界环境胁迫的条件下,可溶性蛋白质会增加,植物适应性增强。由此可以看出,“雨花金桂”抗旱性强于“雨花落英”很多,其次是“雨花金星”,“雨花金桂”和“雨花落英”相比,二者的抗旱性总体相差不多,综合来看,“雨花金桂”稍强于“雨花落英”。

### 3 讨论与结论

该试验结果表明,干旱胁迫对地被菊形态表现和生理活性产生影响,干旱胁迫时间越长,对地被菊的影响越大,地被菊“雨花金桂”在干旱处理中形态表现最好,“雨花金桂”的根系生长也比较繁密、粗壮。该试验旨在从 4 种地被菊中选出抗旱性较强的品种,采用的自然失水胁迫法是将 4 种植株苗放于温室内,在一定的温度、湿度等环境条件下,检验植株蒸腾失水特性与失水胁迫耐性,这种方法简单易操作,可能与 4 种植株在自然条件下的抗旱性出现偏差。

在干旱胁迫处理造成植株叶片内各种酶活性变化,说明干旱胁迫可导致细胞代谢紊乱,使植物体内活性氧积累,植物将主动调动抗氧化酶类 SOD、CAT、APX 等来清除体内的活性氧,以保护细胞膜不受活性氧的攻击<sup>[12-14]</sup>。酶活性一般随胁迫增加而增加,或者是先增加后降低的基本势态<sup>[15]</sup>。试验结果表明,地被菊幼苗在进行的干旱处理试验中,干旱处理前 8 d,各类数据指标均有下降,说明地被菊在干旱初期生理活动受到抑制,之后生理指标数据都会有些微上升,说明经过短暂的前期干旱处理,地被菊抗逆性增强,各类生理指标恢复,并且比之前的活性更强;随着干旱处理时间的延长,地被菊长时间生长缺少水分供应,生长势衰微,生理活动下降,各项数据下降,直至之后不再变化。胁迫条件下植物体内产生的活性氧自由基会对细胞膜系统造成伤害,这些活性氧的清除依靠 SOD 和 POD 等酶的催化反应,从而免除或降低活性氧对细胞膜系统的伤害<sup>[16-18]</sup>。试验说明适宜的干旱胁迫有利于地被菊的生长,有利于菊花各项酶活性的提高;可能是在经历了前段时间的干旱胁迫

后,植物体已产生了一定的适应能力,表现出较强的抗旱性<sup>[19]</sup>。

植物遭受机械伤害和干旱胁迫,导致 MDA 等过氧化物的产生,引起膜脂过氧化和脱酯化作用,细胞膜的结构和功能受到破坏,干扰细胞正常的生理代谢。MDA 含量的多少能够反映出物种抗旱能力的强弱,MDA 增量越小,抗旱能力越强<sup>[20]</sup>。该试验结果表明,地被菊叶片 MDA 含量均呈现先上升趋势,这说明菊花插穗叶片已经遭受到不同程度的逆境胁迫,MDA 含量越高说明地被菊遭受干旱胁迫的程度越高,“雨花金桂”的 MDA 含量最低,其次是“雨花金桂”,“雨花落英”最高,所以“雨花金桂”所遭受得干旱胁迫程度最低。“雨花金桂”的抗旱性在 MDA 含量方面也较好。

植物体内的参与代谢的酶类大多数是可溶性蛋白质,因此,可以通过测定植物体中可溶性蛋白质含量,测得植物的抗逆性。在外界环境胁迫的条件下,可溶性蛋白质会增加,植物适应性增强。干旱胁迫对地被菊“雨花金桂”叶片蛋白质含量的影响较小,“雨花金桂”叶片蛋白质的含量总体变化较小,只有在最后干旱胁迫导致菊花生理活性受到严重破坏,蛋白质含量稍微下降,“雨花落英”的叶片蛋白质含量变化趋势较大,在菊花遭受干旱胁迫时蛋白质含量逐渐下降,在干旱处理第 16 天时蛋白质含量最少,最后植物细胞遭到严重破坏,细胞内蛋白质流出,所以蛋白质含量上升。总体来看“雨花金桂”的蛋白质含量最高,“雨花落英”的蛋白质含量最低。由此可以看出,“雨花金桂”抗旱性强于其余品种。

植物的抗旱性机制十分复杂,抗旱性是受多种因素影响和控制的复合遗传性状,因此,应对多个指标进行综合评价,进而弥补仅仅依靠单个指标进行评定的不确定性和片面性。以 MDA、POD、SOD、电导率和叶绿素 5 个生理指标为依据,应用打分方法(定义每项指标第一 4 分,第二 3 分,第三 2 分,第四 1 分)对不同品种菊花的多种指标参数进行综合评价,用每一种各项指标总和的值作为抗旱能力综合评价标准进行比较,总分值越大,抗旱能力就愈强。结果表明抗旱性依次为“雨花金桂”>“雨花金桂”>“雨花金星”>“雨花落英”,所以“雨花金桂”抗旱性最强,“雨花落英”相对较差。

该试验数据表明,持续干旱胁迫条件下,4 种菊花形态表现为叶片萎蔫、干枯,根系萎缩干枯;在生理方面,地被菊叶片叶绿素含量的变化都是先下降后上升,在数值达到最大值后又都下降,地被菊的叶绿素总体变化趋势相近,可以看出干旱胁迫对地被菊叶片的叶绿素含量影响相似,“雨花金桂”最终的叶绿素含量较其余 3 种高,“雨花金桂”叶片的超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶



(CAT)和抗坏血酸过氧化物酶(APX)的活性综合指标均高于其余品种;MDA对细胞有伤害作用,含量越高,伤害越大,“雨花金桂”的MDA含量最低,其次是“雨花金华”,所以“雨花金桂”、“雨花金华”遭受干旱胁迫时MDA含量积累较少,说明“雨花金桂”、“雨花金华”抗旱性较好;蛋白质含量均呈下降趋势,“雨花金桂”蛋白质含量下降最少,而“雨花落英”的叶片蛋白质含量在菊花遭受干旱胁迫时逐渐下降,在干旱胁迫第16天时含量最少,最后植物细胞遭到严重破坏,细胞内蛋白质流出,所以含量上升。总体来看“雨花金桂”的蛋白质含量最高,“雨花落英”含量最低。综上可知,4种雨花系列的地被菊中抗旱性最强的地被菊是“雨花金桂”品种。

### 参考文献

- [1] 杨再强,罗卫红,陈发棣,等.赤霉素对单头切花菊发育和外观品质的影响[J].植物生理学通讯,2008,44(6):1095-1098.
- [2] 刘萍,程志卓,刘海英,等.AMP与ASA对菊花花瓣生理和花期调控的影响[J].西北农业学报,2009,18(1):258-261,266.
- [3] 刘萍,常云霞,丁义峰.化学调控技术调整菊花生长、生理和开花研究现状[J].河南农业科学,2006(7):91-94.
- [4] 雒新艳,刘倩倩,白新祥,等.北京地区独本菊品种资源及花型和花色分布研究[J].北方园艺,2009(7):183-188.
- [5] 杨雨,尚富德.开封地区菊花资源调查研究[J].河南大学学报(自然科学版),2008,38(3):293-295.
- [6] 田彦彦,王领,王林忠,等.不同生育期菊花叶片生理指标的比较研究[J].河南科学,2009,27(2):172-174.
- [7] 张常青,洪波,李建科,等.地被菊花幼苗耐旱性评价方法研究[J].中国农业科学,2005,38(4):789-796.
- [8] 冯宝春,陈学森,何天明,等.枣树抗旱性研究初报[J].石河子大学学报(自然科学版),2004,22(5):397-400.
- [9] 张志良,翟伟菁.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2003.
- [10] 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.
- [11] NAKANO Y, ASADA K. Hydrogen peroxide scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts[J]. Plant Cell Physiology, 1981,22:867-880.
- [12] HANSON A D, NELSEN C F, EVERSON E H. Evaluation of free Proline accumulation as an index of drought using contrasting barley cultivars[J]. Crop Sci, 1977,17:720-726.
- [13] LEVITT J. Response of plants to environmental stress[M]. New York: Academic Press, 1972.
- [14] 马丽,侯振安,梁永超,等. NaCl胁迫对棉花幼苗生理特性的影响[J].石河子大学学报(自然科学版),2008,26(2):180-184.
- [15] 鲁守平,孙群,洪露,等.不同种源地乌拉尔甘草发芽期抗旱性鉴定[J].植物遗传资源学报,2007,8(2):189-194.
- [16] 高蕾,刘丽君,董守坤,等.干旱胁迫对大豆幼苗叶片生理生化特性的影响[J].东北农业大学学报,2009,40(8):1-4.
- [17] GARAY ARROYO A, COLMENERO FLORES J M, GARCIA RUBIO A, et al. Highly hydrophilic proteins in prokaryotes and eukaryotes are common during conditions of water deficit[J]. J Biol Chem, 2000,275:5668-5674.
- [18] PAUL E, VERSLUES, MANU AGARWAL, et al. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing abiotic stresses that affect plant water status[J]. The Plant Journal, 2006,45:523-539.
- [19] 栗燕,黎明,袁晓晶,等.干旱胁迫下菊花叶片的生理响应及抗旱性评价[J].石河子大学学报(自然科学版),2011,29(1):1-5.
- [20] 王琼,宋桂龙,韩烈保.5种野生护坡植物的抗旱综合性评价[J].福建农林大学学报(自然科学版),2008,37(2):153-157.

## Drought Resistance in Four Ground Cover Chrysanthemum

YANG Xiaorui, ZHANG Zhiguo, NI Di'an, YIN Dongmei

(Ecological Technique and Engineering College, Shanghai Institute of Technology, Shanghai 201418)

**Abstract:** The drought resistance of four Ground cover Chrysanthemum varieties ‘Yuhua jinxing’, ‘Yuhua jinhua’, ‘Yuhua jingui’, ‘Yuhua luoying’ were studied in the paper. The morphology of roots, the leaf superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), ascorbate peroxidase (APX), and the contents of membrane lipid malondialdehyde (MDA), chlorophyll, soluble protein were determined during the drought process, preliminary evaluation and comparison of the drought-resistant ability were conducted. The results showed that ‘Yuhua jingui’ had the best perform, then was ‘Yuhua jinhua’, the third was ‘Yuhua jinxing’, the last was ‘Yuhua luoying’. ‘Yuhua jingui’ was the best one which had higher activities of SOD, CAT and APX. And the content of chlorophyll and soluble protein was more than others. Moreover, ‘Yuhua jingui’ had low content in MDA than others.

**Keywords:** Ground cover Chrysanthemum; drought resistance; enzyme activities