

DOI:10.11937/bfyy.201513011

干旱胁迫对东方草莓形态及生理指标的影响

郭思佳, 朱玉菲, 刘冬云

(河北农业大学 园林与旅游学院, 河北 保定 071000)

摘 要:以东方草莓为试材,研究了干旱胁迫下东方草莓形态学指标变化、土壤含水量、叶片含水量、超氧化物歧化酶(SOD)活性、过氧化物酶(POD)活性、丙二醛(MDA)含量、膜相对透性、脯氨酸含量以及可溶性蛋白质含量的变化,以了解东方草莓对干旱胁迫的适应性。结果表明:东方草莓对干旱胁迫具有较强的忍耐力。干旱胁迫 25 d 后,SOD 活性、POD 活性、MDA 含量、相对电导率、脯氨酸含量和可溶性蛋白质含量均呈现了不断增加的趋势,且分别比对照高出了 46.60%、53.05%、60.00%、79.61%、55.07%、57.14%。

关键词:东方草莓;干旱胁迫;生理指标

中图分类号:S 668.4 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2015)13-0040-04

干旱胁迫是植物最常见的逆境因子之一,在干旱胁迫下,植物的生长发育和生理代谢都会发生重要的变化^[1],因此,对于干旱胁迫的研究将在植物的引种、生长及繁育等各个方面产生重要的现实指导意义。

东方草莓(*Fragaria orientalis*)属蔷薇科草莓属多年生草本植物,株高 5~30 cm,花期 5—7 月,生于山坡草地或林下。果艳株低,管理简单,容易繁殖,是良好的观果地被植物。目前,关于东方草莓的适应性研究报道还较少,仅有周玉迁等^[2]对东方草莓的耐阴性进行了研究。现以东方草莓为试材,通过人工控制对东方草莓进行了干旱胁迫,研究了干旱胁迫对其形态表现及生理生化影响,以期对东方草莓的园林应用提供一定的依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为东方草莓,采自蔚县小五台。

1.2 试验方法

试验于 2014 年 6—8 月在河北农业大学西校区苗圃内进行田间试验,2014 年 8 月底在河北农业大学园林与旅游学院实验室完成。将试验地分为 6 个 1 m×1 m 的区域,每个区域四周铺设塑料膜以防侧方渗水,以使各个试验小区互不影响;上方设置防雨棚。于 2014 年 6 月选择生长相对一致、生长健壮的 2 年生苗进行移栽,

每小区种植 20 株苗,在进行了充分的缓苗后开始进行干旱处理,以正常浇水为对照。干旱处理的区域采用连续干旱的方法,一直不浇水,并且要防止雨水渗入;对照的区域每隔 2 d 浇水 1 次。每 5 d 采样 1 次,共 5 次。每次采样时要选择生长部位相同的叶片进行各项生理指标测定,每个指标重复测定 3 次。

1.3 项目测定

1.3.1 形态指标测定 每 5 d 对植株叶片、新梢的受害情况及枝条的生长情况进行调查,根据干旱胁迫危害程度轻重分为以下 5 个级别,级数越小,抗性越强:1 级:植株生长受抑制不明显,无受害症状;2 级:植株生长受抑制较轻,叶片萎缩,并失去应有光泽;3 级:部分植株生长受抑制,30%叶片萎缩焦枯;4 级:植株生长受抑制,生长基本停止,大多数叶片失绿枯落;5 级:植株生长完全停止,茎叶明显萎缩,大多数叶片枯死。

1.3.2 生理指标测定 土壤含水量的测定:选取 10 cm 深的土层称鲜重,80℃烘干 24 h 后称烘干重,土壤含水量(%)=(烘干重-瓶重)/(鲜重-瓶重)×100%。叶片含水量的测定:称取新鲜叶片 0.1 g,80℃烘干 24 h 后测定干重,叶片含水量(%)=(饱和鲜重-干重)×100%。超氧化物歧化酶(SOD)活性的测定采用 NBT 光还原法;过氧化物酶(POD)活性的测定采用愈创木酚法;丙二醛(MDA)含量的测定采用 TBA 法;质膜相对透性采用电导仪法;脯氨酸含量的测定采用酸性茚三酮法;可溶性蛋白质含量的测定采用考马斯亮蓝法^[3-4]。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫对植株形态指标的影响

从图 1 可以看出,随着时间的延长,东方草莓的枝条在逐渐生长。干旱胁迫 15 d 后,对照组枝条生长速度

第一作者简介:郭思佳(1989-),女,河北张家口人,硕士研究生,研究方向为园林植物资源与应用。E-mail:1244172467@qq.com.

责任作者:刘冬云(1971-),女,河北赞皇人,硕士生导师,现主要从事百合遗传育种等研究工作。E-mail:dongyunliu@hebau.edu.cn.

基金项目:河北省教育厅资助项目(2010253)。

收稿日期:2015-01-20

要明显大于胁迫组;干旱胁迫 25 d 后,胁迫组枝条长度比对照组短 20.65%,且叶片逐渐出现萎缩现象,叶缘开始枯黄,枝条也越来越纤细,与对照组相比植株的差异显著,同时覆盖程度也远小于对照;在处理后的 15、20、25 d,胁迫组的形态指标分别达到旱害症状的 2、3、4 级,说明随干旱胁迫的时间越长,受害情况越严重。

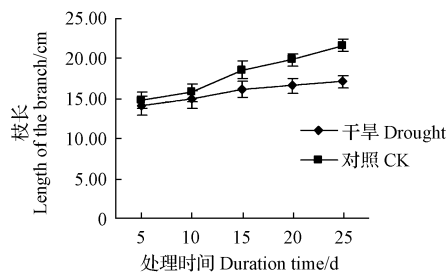


图 1 干旱胁迫对枝长的影响

Fig. 1 Effect of drought stress on length of the branch

2.2 干旱胁迫对生理生化指标的影响

2.2.1 干旱胁迫对土壤含水量的影响 由图 2 可知,干旱胁迫对土壤含水量也有影响,在干旱处理 10 d 后,胁迫组土壤含水量开始明显下降,25 d 后,胁迫组的含水量为 76.85%,小于对照组的 90.20%。

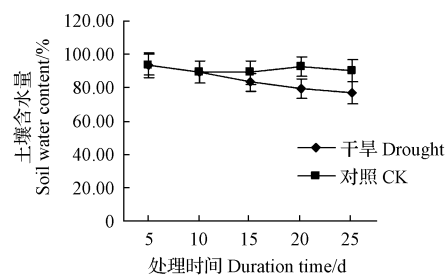


图 2 干旱胁迫对土壤含水量的影响

Fig. 2 Effect of drought stress on soil water content

2.2.2 干旱胁迫对叶片含水量的影响 干旱胁迫对叶片最直接的影响就是其含水量的下降,从图 3 可以看出,干旱处理 10 d 后,叶片含水量开始出现明显的下降,在处理 15、20、25 d 后,胁迫组和对对照组间均出现了显著差异。在处理 25 d 后,胁迫组的叶片含水量为 47.76%,

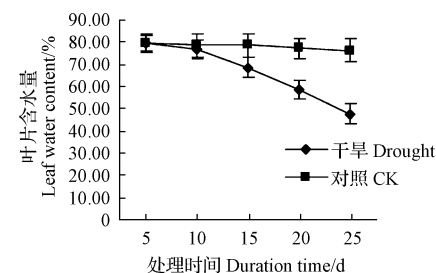


图 3 干旱胁迫对叶片含水量的影响

Fig. 3 Effect of drought stress on leaf water content

远低于对照组的 76.38%,说明随着干旱胁迫时间的延长,叶片保水能力也随之减弱。

2.2.3 干旱胁迫对超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响

干旱胁迫下,SOD 活性出现逐渐增强的趋势,图 4 表明,在处理的前 5 d,胁迫组与对照组无明显差异,但是在胁迫 10 d 后,胁迫组的 SOD 活性开始快速增强,25 d 时比对照组高出了 46.6%,差异显著。

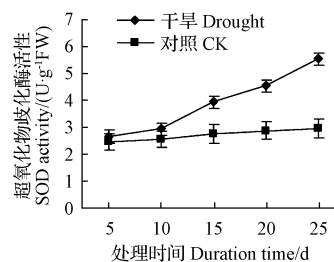


图 4 干旱胁迫对 SOD 活性的影响

Fig. 4 Effect of drought stress on SOD activity

2.2.4 干旱胁迫对过氧化物酶(POD)活性的影响 从图 5 可以看出,随着干旱胁迫时间的延长,POD 活性也出现了快速的增强,从处理 10 d 开始,胁迫组的 POD 活性明显高于对照组,且差异越来越显著,到 25 d 时达到了 $5.09 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ FW}$,远高于对照组的 $2.39 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ FW}$ 。

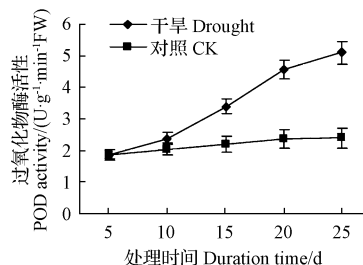


图 5 干旱胁迫对 POD 活性的影响

Fig. 5 Effect of drought stress on POD activity

2.2.5 干旱胁迫对丙二醛(MDA)含量的影响 植物器官在逆境条件下遭受伤害时,往往由于发生膜脂过氧化作用而产生丙二醛(MDA),其含量高低常用来说明过氧化作用的程度。由图 6 可知,干旱胁迫前 10 d,2 组没有

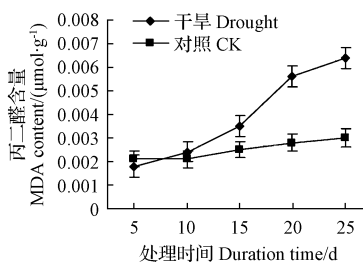


图 6 干旱胁迫对 MDA 含量的影响

Fig. 6 Effect of drought stress on MDA content

显著差异,但是从处理 15 d 开始,胁迫组 MDA 含量显著高于对照组,到 25 d 时,胁迫组比对照组高出了 60%。这表明干旱胁迫对东方草莓叶片膜系统的伤害随着时间的延长而逐渐加重。

2.2.6 干旱胁迫对叶片细胞质膜透性的影响 由图 7 可知,随着胁迫时间的延长,东方草莓的叶片质膜相对透性增大。与对照组相比,干旱胁迫下的质膜相对电导率随着胁迫的加深数值增大,且从第 10 天开始,出现了急剧的增长。处理 15 d 后,胁迫组与对照组相比,差异显著。处理 25 d 后,胁迫组比对照组高出了 79.61%。

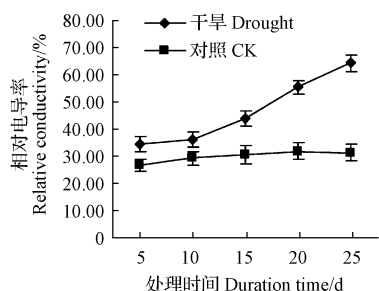


图 7 干旱胁迫对相对电导率的影响

Fig. 7 Effect of drought stress on relative conductivity

2.2.7 干旱胁迫对脯氨酸含量的影响 干旱胁迫下,脯氨酸含量会增加。图 8 表明,在处理的前 5 d,2 组间差异不显著,从第 10 天开始,胁迫组的脯氨酸含量快速增加,和对照组的差异也越来越明显,且 2 组均呈现出了显著差异水平。

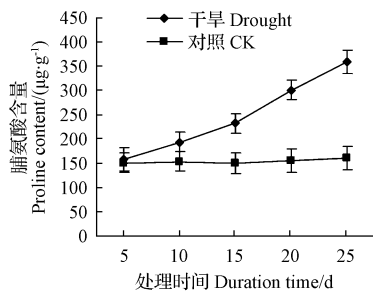


图 8 干旱胁迫对脯氨酸含量的影响

Fig. 8 Effect of drought stress on proline content

2.2.8 干旱胁迫对可溶性蛋白质含量的影响 高温逆境可影响植物体内可溶性蛋白质的含量。由图 9 可知,处理的前 5 d,2 组之间没有显著差异,但是随着胁迫时间的延长,胁迫组植株的可溶性蛋白质含量一直呈现大幅度上升的趋势,处理 25 d 后,胁迫组比对照组高出了 57.14%,且 2 组均达到了差异显著水平。

3 结论与讨论

植物的根部主要从土壤中吸取水分。在干旱条件下,土壤的含水量会下降,从而导致植物缺水。韩瑞宏^[5]研究发现,土壤含水量是在一定范围内变动的,干

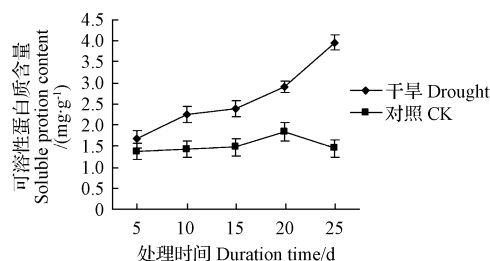


图 9 干旱胁迫对可溶性蛋白质含量的影响

Fig. 9 Effect of drought stress on soluble protein content

旱处理的土壤含水量随着胁迫时间的延长而逐渐降低,且胁迫前期土壤含水量下降的幅度较大,后期下降的幅度较小。该试验也证明了在干旱胁迫初期,土壤的含水量下降幅度较大,而到了后期,下降的趋势逐渐趋于平缓。

水分在植物的整个生长发育过程中都发挥着极为重要的作用,水分主要通过叶片散失。因此,植物叶片含水量的变化,可以作为植物的耐旱能力的一个基本指标。抗旱性强的植物,在受到干旱胁迫时叶片含水量下降的也缓慢,而抗旱性弱的植物,其叶片含水量下降的相对较快。蒋理^[6]研究了 5 种地被植物在干旱胁迫下植物叶片含水量的变化,结果表明,葱兰的叶片含水量变化最小,一直保持在 90% 左右,所以它的抗旱性在 5 种地被植物中是最强的。该试验中,胁迫处理的叶片的含水量在前 10 d 和对照相比没有明显差异,从胁迫的 15 d 开始胁迫组的叶片含水量才出现了明显的下降,说明东方草莓的耐旱性较强。

SOD 和 POD 都是植物保护酶系统的重要酶类,SOD 可以清除植物体内的氧自由基、控制膜脂过氧化水平,因而在可以对减轻膜的伤害起到一定的保护作用。而 SOD 分解产生了 H_2O_2 ,要想把 H_2O_2 彻底清除,就需要 POD 的参与。而植物在受到逆境胁迫时,膜受到伤害,会产生一部分的氧自由基,所以 SOD 和 POD 通常一起被认为是植物体内有毒物的清除剂,而作为植物抗逆性研究中的常用指标^[7-9]。该试验中随着胁迫时间的延长,东方草莓中的 SOD 活性和 POD 活性均呈现出了明显的增加,这与 Wang 等^[10]发现在干旱胁迫下 SOD、POD 活性都呈现大幅度上升的变化趋势相一致。

丙二醛是膜脂的过氧化最终分解产物,其含量可以反映植物遭受伤害的程度^[11-12]。MDA 含量的累积和植物自身的保护能力呈负相关关系,MDA 含量越高表明植物受到的伤害越大。该试验中,在处理初期,2 组的 MDA 含量相差不多,但是从处理 15 d 开始,胁迫组的 MDA 含量开始呈现快速增长的趋势,说明膜脂的过氧化程度已经影响到了植物的生长。韩玉林等^[13]、钱春等^[14]也发现在干旱胁迫下 MDA 含量均有一定程度的升高。

细胞膜透性对植物抗旱性而言是一种重要的生理指标,常被作为抗旱性研究的重要内容^[15]。植物在干旱胁迫下,细胞膜透性会因为膜结构受到损害而增加,而电解质外渗值可被用来检验膜脂的稳定性和完整性^[16],电导值越大,表明细胞膜透性变化越大,植物受到的伤害也就越大,其抗寒性就越弱。该试验中,胁迫组的电导值在前期与对照组差别不大,从处理 15 d 开始出现了明显的上升趋势,这说明随着胁迫时间的增加,细胞膜受到伤害的程度也在逐渐加深。这与大多数研究结论一致。

渗透调节是指植物体在受到逆境胁迫时,体内会积累各种有机和无机物质来提高细胞液浓度,降低渗透势,从而提高细胞保水能力,以此来适应逆境胁迫环境。参与渗透调节物质的种类很多,其中脯氨酸和可溶性蛋白质就是比较重要的 2 种渗透调节物质^[17]。研究表明,植物在正常条件下,体内游离脯氨酸含量很低,但在受到干旱胁迫时,游离脯氨酸就会大量积累^[18]。在干旱胁迫下,蛋白质和合成抑制和降解作用较大,也会导致可溶性蛋白质含量的持续增加^[19]。有研究认为,干旱下叶片中可溶性蛋白质含量升高,用以维持其它代谢所需的能量和碳架,而且增加幅度与品种抗旱性密切相关,即抗旱性强的品种比抗旱性弱的品种增加的多^[20-21]。该试验中,胁迫组的脯氨酸含量和可溶性蛋白质含量在胁迫期间相对于对照组都表现出了较高的水平,说明在干旱胁迫下,东方草莓的渗透调节不断增加,这也可以看出东方草莓对于干旱胁迫具有一定的适应性。

参考文献

- [1] 冯道俊. 植物水涝胁迫研究进展[J]. 中国水运, 2006, 6(10): 253-254.
- [2] 周玉迁, 李滨胜, 李永辉, 等. 地被植物委陵菜和东方草莓的耐荫性研究[J]. 中国西部科技, 2010, 9(15): 37, 86.
- [3] 史树德, 孙亚卿, 魏磊. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国林业出版社, 2011: 126-142.

- [4] 张以顺, 黄霞, 陈云凤. 植物生理学实验教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009: 77-78.
- [5] 韩瑞宏. 苗期紫花苜蓿对于旱胁迫的适应机制研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2006.
- [6] 蒋理. 几种地被植物抗旱性比较及园林应用研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2008.
- [7] 王宝山, 赵思齐. 干旱对小麦幼苗膜脂过氧化及保护酶活性的关系[J]. 山东师范大学学报, 1987(1): 29-32.
- [8] 聂华堂, 陈竹生. 水分胁迫下柑橘的生理变化和抗旱性关系[J]. 中国农业科学, 1991, 16(2): 126-130.
- [9] 武宝. 小麦幼苗中超氧化物歧化酶与幼苗脱水忍耐性相关性的研究[J]. 植物学报, 1985(27): 152-155.
- [10] Wang X, Hou P, Yin L K, et al. Effect of soil moisture stress on the membrane protective enzyme and the membrane lipid peroxidation of tamarix[J]. Arid Zone Res, 2002, 19(3): 17-20.
- [11] 赵世杰, 许长成, 邹琦, 等. 植物组织中丙二醛测定方法的改进[J]. 植物生理学通讯, 1994, 30(3): 207-210.
- [12] 王爱国, 邵从本, 罗广华. 丙二醛作为植物脂质过氧化指标的探讨[J]. 植物生理学通讯, 1986(2): 55-57.
- [13] 韩玉林, 孙桂弟, 黄苏珍. 干旱胁迫对鸢尾属 5 种观赏地被植物部分生理代谢的影响[J]. 园林花卉, 2006(6): 96-98.
- [14] 钱春, 刘素君, 尹克林. 水分胁迫对草莓膜保护系统的影响[J]. 西南农业大学学报, 2005, 27(4): 541-546.
- [15] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [16] Bajin M, Kinet J M, Luttes S. The use of electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durum wheat[J]. Plant Growth Regulation, 2002, 36: 61-70.
- [17] 陈珂. 蛇莓等四种地被植物抗旱性研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2008.
- [18] 苏日古嘎. 禾本科牧草抗旱、耐寒、耐贫瘠特性比较研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古师范大学, 2007.
- [19] 王海珍, 梁宗锁, 韩蕊莲, 等. 辽东栋幼苗对土壤干旱的生理适应性研究[J]. 植物研究, 2005, 23(1): 106-110.
- [20] 康俊梅, 杨青川, 樊奋成. 干旱对苜蓿叶片可溶性蛋白的影响[J]. 草地学报, 2005, 13(3): 199-202.
- [21] 刘玲玲, 李军, 李长辉, 等. 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): 201-204.

Effect of Drought Stress on Morphological and Physiological Characteristics of *Fragaria orientalis*

GUO Sijia, ZHU Yufei, LIU Dongyun

(College of Gardens and Tourism, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000)

Abstract: Taking *Fragaria orientalis* as test material, the morphological indexes variation, together with the water content of soil, the water content of leaf, the activity of the super oxide dismutase (SOD), the activity of the peroxidase (POD), the content of the malondialdehyde (MDA), the relative permeability of membrane, the content of proline and the content of soluble protein under drought stress were researched, in order to investigate the adaptation of *Fragaria orientalis* to drought stress. The results showed that *Fragaria orientalis* had strong tolerance to drought stress. After 25 days of drought stress, the activities of SOD and POD, the MDA content, the relative conductivity, the content of proline and the content of soluble protein showed a continuous increase trend and were 46.60%, 53.05%, 60.00%, 79.61%, 55.07%, 57.14% higher respectively than that of the control.

Keywords: *Fragaria orientalis*; drought stress; physiological index