

一串红对水分胁迫的生理响应

杨建玉, 刘克锋, 王红利, 陈洪伟, 刘冉, 洪培培

(北京农学院 园林系, 北京 102206)

摘 要: 以 5 个一串红品种(系)为试材, 在水分胁迫, 即干旱胁迫和水涝胁迫 2 种处理下的生理反应, 测定一串红叶片相对含水量、电导率、丙二醛(MDA)含量、游离脯氨酸(Pro)和可溶性蛋白含量的变化。结果表明: 在干旱胁迫处理下, 胁迫 8 d 后, 一串红叶片伤害度、MDA 含量和游离脯氨酸(Pro)含量明显增加; 可溶性蛋白含量呈平稳下降; 叶片相对含水量在第 11 天后明显下降。在水涝胁迫处理下, 一串红叶片相对含水量没有明显变化; 水涝胁迫 4 d 后, 叶片伤害度呈明显增加趋势; MDA 含量和游离脯氨酸(Pro)含量总体呈上升趋势; 可溶性蛋白含量持续下降。一串红水分胁迫耐受临界点在干旱胁迫下 8 d 左右、水涝胁迫下 4 d 左右, 在栽培过程中应注意掌握水分供给时间及防止持续水涝影响一串红正常生长。

关键词: 水分胁迫; 一串红; 丙二醛; 游离脯氨酸; 可溶性蛋白; 电导率; 相对含水量

中图分类号: S 681.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)09-0086-04

一串红(*Salvia splendens*)为唇形科鼠尾草属多年生草本植物, 常作 1~2 a 生草花栽培。既可用于地栽也可用于盆栽, 是美化城市常用的花卉材料。一串红需水较多, 忌干旱, 缺水时叶片容易萎蔫, 严重时叶片易脱落, 但又怕涝, 水大时叶片也容易脱落^[1]。水分是决定植物生长发育的主要生态因子, 水分亏缺或过剩都直接关系到植物的生长发育^[2]。自 20 世纪以来, 人们对干旱机制的研究开展了大量的工作。国内外许多学者用不同的植物、采取不同胁迫程度对干旱引起的植物生理过程和生化变化进行了探讨^[3], 确定了相应的考察指标。目前对黄槿、海州常山及冬青属^[4-6]等植物进行了水涝和抗旱研究, 但未见一串红水分胁迫相关报道。该试验初探了水分胁迫(包括水分亏缺和过剩两方面)对一串红叶片相对含水量、质膜相对透性、丙二醛(MDA)含量、游离脯氨酸(Pro)含量及可溶性蛋白含量的影响, 探寻一串红在水分胁迫下的临界耐受时间及耐受能力, 以期在一串红栽培养护过程中为水分供给提供指导依据, 以及确定水涝胁迫下一串红的耐受临界时间, 既满足其生长需要又能合理有效利用水资源。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为 BI-1、BI-2、BI-3、‘猩红皇后’和‘红孩儿’5 个一串红品种(系)。其中前 3 个品系为北京农学院一串红项目组选育品系编号。

1.2 试验设计

2005 年 1 月下旬播种, 3 月上旬移栽于 8 cm×10 cm 的营养杯中, 栽培用土为园田土:沙土:草炭体积比为 1:1:1。每品种 300 盆左右, 经过 1 个月的恢复生长, 各品种(系)随机取 40 盆分别进行干旱及水涝胁迫处理。生理指标的测定统一取一串红上部功能叶片。

1.2.1 干旱胁迫处理 一次性浇水至饱和后不再给水。分别在断水 4、6、8、10、11、12 d 时观察生长情况, 测定叶片相对含水量、电导率、丙二醛(MDA)含量、游离脯氨酸(Pro)和可溶性蛋白含量, 并做 3 次重复。

1.2.2 水涝胁迫处理 将一串红浇水至饱和, 放入盛有水的盆中, 水面与土壤平齐。分别于 1、2、4、6、11 d 时观察生长情况, 测定叶片相对含水量、电导率、丙二醛(MDA)含量、游离脯氨酸(Pro)和可溶性蛋白含量, 并做 3 次重复。

1.3 生理指标测定

1.3.1 土壤相对含水量 称重法参照《土壤肥科学》^[7]。

1.3.2 叶片相对含水量 相对含水量=(叶片鲜重-叶片干重)/叶片鲜重×100%。

1.3.3 细胞膜透性^[8] DDSJ-308A 型电导率仪。

1.3.4 丙二醛(MDA)含量 参照孔祥生^[9]的方法并稍作修改。取 0.5 g 叶片加入 10%三氯乙酸(TCA)2 mL 和少量石英砂, 研磨成匀浆, 再加 7 mL TCA 进一步研

第一作者简介: 杨建玉(1984), 女, 在读硕士, 研究方向为一串红育种与生理。

通讯作者: 刘克锋(1955-), 男, 硕士, 研究员, 现主要从事一串红育种及土壤肥料研究工作。E-mail: liukefeng006@163.com。

基金项目: 北京市教育委员会资助项目(KM 20091002014)。

收稿日期: 2010-01-08

磨,匀浆以 4 000 r/min 离心 15 min,上清液为样品提取液。吸取上清液 2 mL(参比:加 2 mL TCA),加入 0.6% 硫代巴比妥酸(TBA)溶液 2 mL,将混匀物于沸水浴加热 15 min,迅速冷却后 2 000 r/min 离心 10 min。取上清液测定 450、532 和 600 nm 波长下的消光值。

1.3.5 游离脯氨酸(Pro)含量 茚三酮显色法,参照孔祥生^[9]的方法并稍作修改。取 0.5 g 叶片分别置于大试管中,然后向各试管分别加入 3%的茚基水杨酸 10 mL,在沸水浴中提取 10 min,冷却后过滤于干净的试管中,滤液即为脯氨酸提取液。取 2 mL 上清液于另一干净的具塞试管中,加入 2 mL 冰乙酸和 2.5%的酸性茚三酮显色液 2 mL,在沸水浴中加热显色 30 min,溶液即呈红色。冷却后,加入 4 mL 甲苯萃取红色物质,震荡 30 s,静置。吸取甲苯相测定 520 nm 波长处的吸收值。根据标准曲线计算脯氨酸含量。

1.3.6 可溶性蛋白含量 考马斯亮蓝 G-250 染色法,参照孔祥生^[9]的方法并稍作修改。取 0.2 g 叶片用 5 mL 蒸馏水研磨成匀浆,3 000 r/min 离心 10 min。取上清液

0.20 mL,加 0.80 mL 蒸馏水于大试管中,加入 5 mL 考马斯亮蓝 G-250 溶液,充分混合,放置 5 min 后于 595 nm 处测定吸光度,并通过标准曲线得出蛋白质的含量。

2 结果与分析

2.1 水分胁迫对一串红叶片相对含水量的影响

试验在对一串红进行干旱胁迫的同时对干旱胁迫下的土壤相对含水量也进行了测定(见图 2),以便找出叶片相对含水量明显下降时所对应的土壤相对含水量数值。由图 1 可以看出,在干旱胁迫前 10 d 一串红各品种(系)叶片相对含水量变化不明显,此时各品种(系)的土壤相对含水量为 15%~25%左右;从第 11 天开始,大部分品种(系)叶片相对含水量均开始呈明显下降趋势,此时土壤相对含水量在 10%左右。由此可以看出,在干旱胁迫下,当土壤相对含水量低到 15%~25%时,一串红尚能保持叶片水分;当土壤相对含水量达到 10%左右时,一串红已经无法再保持叶片水分,卷曲的叶片严重失水萎蔫。

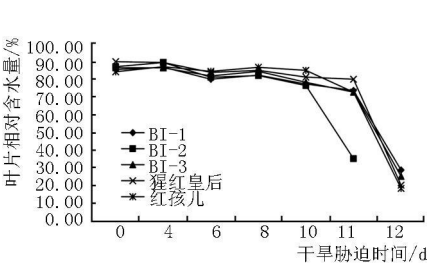


图 1 干旱胁迫对 5 个一串红品种(系)叶片相对含水量的影响

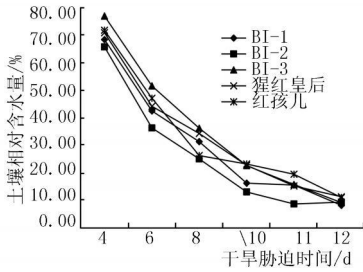


图 2 不同干旱胁迫时间下 5 个一串红品种(系)土壤相对含水量

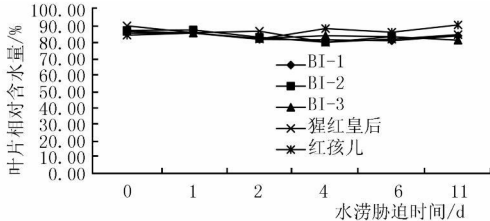


图 3 水涝胁迫对 5 个一串红品种(系)叶片相对含水量的影响

由图 3 可以看出,在水涝胁迫下,叶片相对含水量基本保持饱和状态,叶片相对含水量保持在 80%~90%之间,没有明显变化。

2.2 水分胁迫对一串红细胞膜透性的影响

逆境胁迫导致植物产生大量氧自由基,加剧了膜脂过氧化从而导致膜系统受损,细胞膜结构的稳定性必然会受到影 响,导致细胞质外渗,破坏细胞的正常功能,最终影响植物的代谢活动和生长发育^[9]。在干旱胁迫 8 d 后(见图 4),一串红各品种(系)的细胞膜透性明显增加,并且随着干旱胁迫时间的持续,细胞膜透性持续缓慢增加趋势。通过形态观察发现,干旱胁迫 8 d 后,一串红各品种(系)叶片明显萎蔫。同一品种伤害最大值与最小值可相差约 32%~38%,表明一串红在干旱胁迫下细胞膜系统遭到严重破坏,并受到致命伤害。

水涝胁迫下,一串红各品种(系)细胞膜透性一直处于增加状态。水涝胁迫 4 d 后(见图 5),通过形态观察发现一串红各品种(系)叶片明显萎蔫,同一品种细胞膜透

性最大值与最小值可相差约 13%~36%,表明一串红在水涝胁迫下细胞膜系统同样遭到严重破坏。

2.3 水分胁迫对一串红丙二醛(MDA)含量的影响

干旱胁迫 8 d 后,一串红各品种(系)MDA 含量开始明显增加,叶片内 MDA 含量逐渐累积。干旱胁迫前 MDA 含量均在 0.003 μmol/g,至胁迫 12 d 时,MDA 含量均在 0.01 μmol/g 以上,其含量增长率为 300%以上,表明在干旱胁迫下脂膜过氧化程度明显加剧,干旱胁迫对一串红 MDA 含量具有显著影响。

2.4 水分胁迫对一串红游离脯氨酸(Pro)含量的影响

干旱胁迫 8~10 d 时(见图 8),一串红各品种(系)游离脯氨酸含量均呈上升趋势。即在干旱胁迫 8~10 d 时,土壤含水量低到 10%和叶片含水量大量丧失之前,一串红体内的游离脯氨酸迅速积累。

水涝胁迫下,一串红的 MDA 含量变化呈“M”形,水涝胁迫 1 d 后 MDA 含量呈现第 1 个峰值,随后至第 4 天均呈下降趋势。胁迫 6 d 时,各品种均出现第 2 个峰

值,到 11 d 时 MDA 含量较第 6 天有所下降。

水涝胁迫下(见图 9),一串红不同品种(系)之间的

游离脯氨酸含量有一定差异,但大部分品种游离脯氨酸含量呈上升趋势。

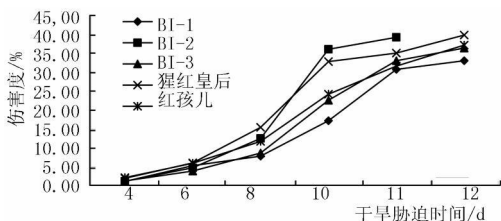


图 4 干旱胁迫对 5 个一串红品种(系)细胞膜透性的影响

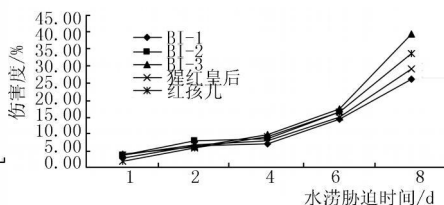


图 5 水涝胁迫对 5 个一串红品种(系)电导率的影响

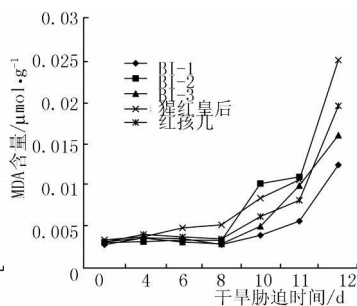


图 6 干旱胁迫对 5 个一串红品种(系)MDA 含量的影响

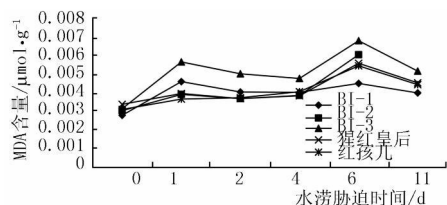


图 7 水涝胁迫对 5 个一串红品种(系)MDA 含量的影响

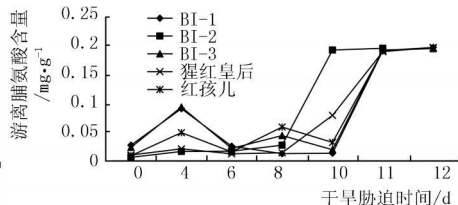


图 8 干旱胁迫对 5 个一串红品种(系)游离脯氨酸含量的影响

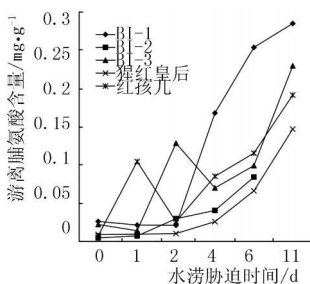


图 9 水涝胁迫对 5 个一串红品种(系)游离脯氨酸含量的影响

2.5 水分胁迫对一串红可溶性蛋白的影响

干旱胁迫下(见图 10),一串红各品种(系)的可溶性蛋白含量均随着胁迫时间的增加呈平稳下降趋势。

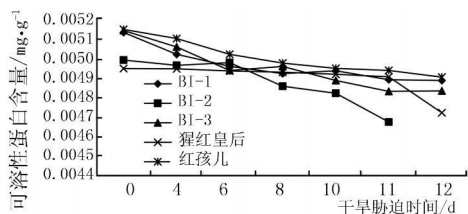


图 10 干旱胁迫对 5 个一串红品种(系)可溶性蛋白含量的影响

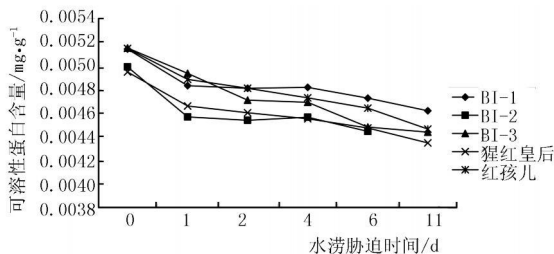


图 11 水涝胁迫对 5 个一串红品种(系)可溶性蛋白含量的影响

水涝胁迫下(见图 11),一串红各品种(系)的可溶性蛋白含量呈持续下降趋势,这与游离脯氨酸的积累有一定关系^[19]。其中水涝胁迫 1 d 后的可溶性蛋白含量下降幅度最明显,此后呈平稳状态,4 d 后可溶性蛋白含量再一次下降。

3 讨论与结论

当受到外界环境影响时,植物的生长状况是最直观且易见的。在水分胁迫下,一串红对逆境的反应主要表现在植物的萎蔫程度上。针对该试验来看,干旱胁迫 11 d 后,当土壤含水量达到 15% 以下时,对于一串红来说其叶片含水量也开始迅速下降,因此在养护管理中应

注意一串红土壤的干湿程度,防止植株因缺水导致萎蔫死亡。

水分胁迫导致植物组织的膜系统受到伤害,同时表现在膜脂过氧化物的增加和膜结构的破坏^[11]。随着水分胁迫的继续,一串红体内的细胞膜结构遭到破坏,透性增强,细胞内溶质外渗,电导率增高。孔照胜^[12]等人的研究证明,相对电导率可以准确反映其质膜受伤害的程度,并可以直接反映出植物的抗逆性,即伤害度高的抗逆性差,伤害度低的抗逆性强。试验结果表明,一般在干旱胁迫 8 d 左右,水涝胁迫 4 d 左右,一串红的伤害度就可达到 10% 左右,叶片明显萎蔫。

植物器官衰老或在逆境下遭受伤害,往往发生膜脂过氧化作用,丙二醛(MDA)是膜脂过氧化的最终分解产

物,从膜上产生的位置释放出后,与蛋白质、核酸起反应修饰其特征^[9]。丙二醛作为膜伤害指标之一,在干旱胁迫下其含量的上升幅度与植物的耐旱性相关,反应植物干旱胁迫伤害的一个方面。干旱胁迫 8 d 后各品种一串红丙二醛含量普遍升高;但水涝胁迫下,一串红各品种(系)丙二醛含量均呈现先升高后下降的循环趋势,这可能与植株能够通过动员自身的酶性和非酶性两类防御系统保护细胞免受进一步氧化损伤^[13],从而起到自身修复调节作用。

水分胁迫下游离脯氨酸大量积累的现象,已在许多植物上得到证实^[4-6,13],该试验结果也证实了这一点。游离脯氨酸对细胞的渗透调节起着重要作用,是细胞中的一种防脱水剂,对维持植株体内水分平衡有积极作用,但对于游离脯氨酸累积与抗旱性的关系目前仍有争议^[14-16]。试验结果表明,在干旱胁迫 8 d 后,一串红各品种(系)的游离脯氨酸含量呈大量累积状态,随后趋于平缓。在水涝胁迫 2 d 后,一串红各品种(系)的游离脯氨酸含量同样呈累积状态。

无论干旱胁迫还是水涝胁迫,一串红各品种(系)的可溶性蛋白质含量变化趋势一致,均呈下降趋势。说明水分胁迫下,一串红蛋白质的合成受阻,或蛋白质分解加速,导致可溶性蛋白质含量下降,植物自身进行抗性调节。

综合各项生理指标来看,一般在干旱胁迫 8 d、水涝胁迫 4 d 时,一串红部分生理指标呈现明显变化,植物进行抗逆性调节。因此在园林养护过程中,应对其生长状况及时了解,注意把握抗性临界点的时间,才能在最佳节水条件下得到优质的观赏效果。

参考文献

[1] 戴文平,田世峰,禹淑丽,等.一串红栽培管理技术[J].现代农业科技,2007(3):22-24.

[2] 张岁岐,山仑.节水灌溉的生理生态依据[J].山西农业科学,1991(2):34-37.

[3] 李广敏,关军锋.作物抗旱生理与节水技术研究[M].北京:气象出版社,2001:9-12.

[4] 李霞,阎秀峰,于涛.水分胁迫对黄檗幼苗保护酶活性及过氧化作用的影响[J].应用生态学报,2005,16(12):2353-2356.

[5] 李淑琴,张璐,张纪林,等.三种冬青属树种的耐涝性和耐旱性评价[J].生态学杂志,2007,26(2):204-207.

[6] 魏娟,谢福春,王华田,等.水分胁迫对海州常山抗逆生理特性的影响.山东农业大学学报(自然科学版),2009,40(3):371-376.

[7] 刘克锋,韩劲,刘建斌.土壤肥科学[M].北京:气象出版社,2001:55-58.

[8] 邹琦.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业出版社,2000:168-170.

[9] 孔祥生,易现峰.植物生理学实验技术[M].北京:中国农业出版社,2008(2):257.

[10] 周海燕.水分胁迫对冷蒿和差巴嘎蒿溶质累积的影响[J].中国草地,2001,23(1):32-36.

[11] 王忠安,袁照年,李文卿.水分胁迫对不同抗旱性甘薯膜脂过氧化和非酶促保护物质的影响[J].热带作物学报,2004,25(4):54-57.

[12] 孔照胜,岳爱琴,武云帅.不同大豆品种抗旱性生理指标综合分析[J].华北农学报,2001,16(3):40-45.

[13] 张景云,吴凤芝.盐胁迫对黄瓜不同耐盐品种膜脂过氧化及脯氨酸含量的影响[J].中国蔬菜,2007(7):12-15.

[14] 张和禹,赵正龙.桑树品种的抗旱性鉴定研究[J].蚕学通讯,1999,19(3):1-4.

[15] 胡新生,王世绩.树木水分胁迫生理与耐旱性研究进展及展望[J].林业科学,1998,34(2):77-85.

[16] 张明生,谈锋,张启堂.快速鉴定甘薯品种抗旱性的生理指标及PEG浓度的筛选[J].西南师范大学学报(自然科学版),1999,24(1):74-80.

The Physiological Responses of *Salvia splendens* to Water Stress

YANG Jian-yu, LIU Ke-feng, WANG Hong-li, CHEN Hong-wei, LIU Ran, HONG Pei-pei
(Landscape Department of Beijing University of Agriculture, Beijing 102206)

Abstract: There were 5 varieties of *Salvia splendens* to be studied under water stress such as drought stress and water logging stress. Physiological indexes such as the change of relative water contains of leaves, electrical conductivity, MDA content, praline content and soluble protein content were measured. The results showed that Under drought stress, after 8 days leave damage degree, MDA content, praline content increased; soluble protein content decreased smoothly. Relative water contains of leaves decreased obviously after 11 days. Under water logging stress, relative water contains of leaves has not changed. After 4 days of water logging stress, leave damage degree, MDA content, praline content increased; soluble protein content decreased. The critical time of *S. splendens* is 8 days under drought stress and 4 days under water logging stress. During this time, water supply should be paid more attention, at the same time, sustained water logging stress should be prevented.

Key words: water stress; *Salvia splendens*; MDA; praline; soluble protein; conductivity; relative water content