

余莉琳,裴宗平,常晓华,等. 干旱胁迫及复水对 4 种矿区生态修复草本植物生理特性的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(7):362-364.

干旱胁迫及复水对 4 种矿区生态修复草本植物生理特性的影响

余莉琳¹,裴宗平¹,常晓华²,刘 轶²,汪云甲¹,李永峰¹

(1. 中国矿业大学环境与测绘学院,江苏徐州 221116; 2. 大同煤矿集团有限责任公司技术中心,山西大同 037003)

摘要:用盆栽法研究干旱和复水后八宝景天、沙打旺、紫花苜蓿和早熟禾 4 种植物实生幼苗对水分胁迫的生理响应,测定叶片相对含水量(RWC)、相对电导率、丙二醛(MDA)、脯氨酸(Pro)和可溶性糖含量的变化。结果表明:干旱胁迫使 4 种植物的 RWC 显著下降,相对电导率、MDA、Pro 和可溶性糖含量明显升高;复水后,4 种植物受到的伤害显著缓解,RWC 有明显上升,相对电导率、MDA 和渗透调节物质含量有所下降,但各指标含量都没有完全恢复到胁迫前的水平;八宝景天的各生理指标在干旱胁迫下变化幅度相对较小,复水后各指标恢复程度较高,具有较强的耐旱能力。

关键词:矿区生态修复;干旱胁迫;复水;植物;生理特性

中图分类号: Q945.78 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)07-0362-03

我国矿产资源丰富,随着经济的发展,采矿量在不断增加,矿产资源的开发利用,给人类提供了各种物质和能源,但也带来了严峻的生态环境和地质环境污染等问题,严重破坏了原有的生态系统^[1-2]。使矿山恢复植被,是矿山生态环境建设中亟需解决的问题。水分亏缺是限制植物生长最主要的非生物因素之一^[3],因此,筛选耐旱植物物种是加快矿区生态系统修复的有效途径。植物的抗旱性是其在于干旱环境下生长和繁殖的必需,是多种因素综合作用的结果,干旱胁迫会引起植物从内到外发生一系列生理、生化及形态上的变化^[4-5]。本研究选择八宝景天、早熟禾、紫花苜蓿和沙打旺 4 种常见抗旱草本植物实生幼苗作为供试材料,旨在研究持续干旱胁迫及干旱解除复水过程中 4 种植物的相对含水量、相对电导率、脯氨酸含量、丙二醛含量、可溶性糖含量等生理生化指标的变化,并深入分析复水处理对 4 种植物生理特性的影响,为矿区生态修复耐旱植物实生幼苗的筛选和培育提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料及处理

试验采用盆栽控水法,于 2012 年 6—9 月在中国矿业大学环境与测绘学院一楼绿化区进行。选择购于江苏沭阳苗木市场的八宝景天(*Sedum spectabile* Boreau.)、沙打旺(*Astragalus adsurgens* Pall.)、紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)和早熟禾(*Poa annua* L.)4 种草本植物作为供试材料。试验装置采用盆口直径为 22 cm、底直径为 15 cm、盆高为 18 cm 的硬质塑料花盆,每盆装 5 kg 取自中国矿业大学南湖校区苗圃基地的土壤。每盆种植早熟禾、紫花苜蓿、沙打旺种子各 100 颗,每

盆移栽八宝景天 6 个枝条,各处理设置 3 个平行。

种植后正常浇水,植物生长 3 个月后进行水分处理,于 2012 年 8 月 29 日开始连续 3 d 浇透水,9 月 1 日取样测定植物生理生化指标数据作为对照(CK),次日开始断水处理,雨天进行人工防雨,干旱胁迫试验为期 25 d,每 5 d 测试 1 次,干旱 22 d 时进行复水,复水 3 d 后测试相关指标。试验期内日平均温度在 19.5~25.5℃,最高温度为 28℃,最低温度为 13℃,平均相对湿度为 69.9%。

1.2 测试方法

叶片相对含水量和相对水分亏缺采用烘干法, $RWC = [(原始鲜重 - 干重) / (饱和鲜重 - 干重)] \times 100\%$, $RWD = 1 - RWC^{[6]}$;相对电导率采用 TFW-VI 型土壤养分·温湿度综合测定仪测定;叶绿素含量采用 80% 丙酮浸提比色法测定^[7];脯氨酸含量采用磺基水杨酸法测定^[6];丙二醛含量、可溶性糖含量采用分光光度计法测定^[6]。以上测试均重复 3 次。

1.3 数据处理方法

用 Excel 进行数据处理和作图,用 DPS 软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫及复水对供试植物叶片相对含水量(RWC)的影响

植物叶片相对含水量(RWC)是直接反映植物叶片水分情况的重要参数。由图 1 可知,随着干旱胁迫天数的增加,4 种植物的叶片相对含水量(RWC)都呈下降趋势,其中沙打旺的下降幅度最大,八宝景天 RWC 变化幅度最小,干旱 20 d 时,八宝景天、沙打旺、紫花苜蓿和早熟禾的 RWC 比对照值分别下降了 16.69%、21.33%、18.84% 和 20.05%,八宝景天和早熟禾 RWC 相近,且与沙打旺和紫花苜蓿差异性显著($P < 0.05$),说明八宝景天叶片保水、抗脱水性较强,沙打旺保水能力较弱。复水后,4 种植物 RWC 都有明显上升,分别达到胁迫前的 94.4%、92.4%、83.1%、81.4%,并存在显著

收稿日期:2013-02-20

基金项目:山西省“十二五”重大专项(编号:20121101008)。

作者简介:余莉琳(1989—),女,浙江义乌人,硕士研究生,主要从事矿山生态修复研究。E-mail: cumtyulilin@126.com。

通信作者:裴宗平,博士,教授,硕士生导师,主要从事矿区生态修复、环境规划、地下水污染治理等研究。E-mail: peizp689@163.com。

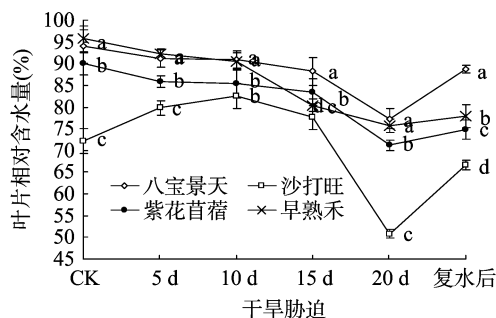


图1 4种植物在干旱胁迫及复水条件下相对含水量(RWC)的变化差异($P < 0.05$),说明4种植物对水分有不同的适应程度,八宝景天在水分胁迫解除后能迅速恢复体内水分。

2.2 干旱胁迫及复水对供试植物叶片相对电导率的影响

植物在干旱胁迫下,细胞质膜受到伤害,并引起细胞质膜透性的改变,叶片相对电导率可以反映植物叶片受到干旱胁迫的伤害程度。由图2可知,随着干旱程度的加深,4种植物相对电导率有不同程度的增加,说明4种植物叶片均受到不同大小的伤害,到干旱20 d时,八宝景天相对电导率增加幅度较小,说明其原生质膜受损程度较小,抗旱性较强,紫花苜蓿电导率变化最剧烈,达到CK的7.44倍,受害程度较深。复水后,4种植物相对电导率分别下降了1.7%、1.3%、6.9%、13.0%。

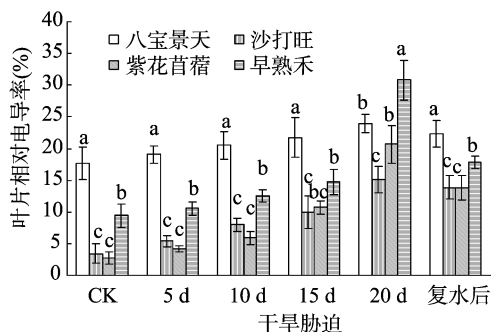


图2 4种植物在干旱胁迫及复水条件下相对电导率的变化

2.3 干旱胁迫及复水对供试植物丙二醛(MDA)含量的影响

MDA是脂质氧化的主要产物,其含量变化与细胞膜脂质过氧化程度的高低呈正相关^[8],植物体内积累MDA越高,表示植物受到伤害越大。由图3可知,由于植物体内自身的防御系统,干旱15 d时,八宝景天、紫花苜蓿和早熟禾的MDA增加趋势并不明显,沙打旺呈现持续上升趋势,在干旱20 d时,4种植物的MDA都明显增加,分别增加28.1%、40.8%、41.4%、26.8%,沙打旺的MDA含量增加幅度最明显,说明沙打旺植物体内膜脂过氧化程度较高,抗旱性较差。方差分析表明,复水对4种植物MDA含量的影响显著($P < 0.05$),复水后,八宝景天、沙打旺和早熟禾的MDA都有所下降,而紫花苜蓿MDA仍小幅上升,说明干旱对紫花苜蓿的伤害是不可修复的。

2.4 干旱胁迫及复水对供试植物脯氨酸(Pro)含量的影响

脯氨酸是植物体内重要的渗透调节物质,可以维持细胞的正常功能。由图4可知,早熟禾的Pro含量显著($P < 0.05$)大于其他3种植物,干旱20 d时,经方差分析表明,干旱胁迫对4种植物Pro含量有显著影响($P < 0.05$),说明各植物对外

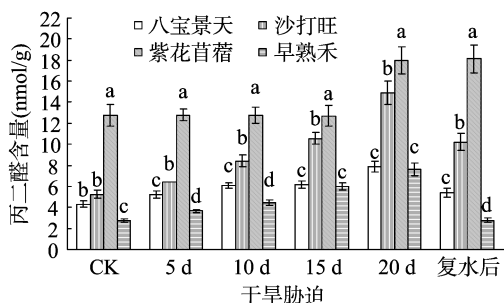


图3 4种植物在干旱胁迫及复水条件下丙二醛(MDA)含量的变化

界水分胁迫环境有不同的适应程度,抗旱性较强的品种的Pro积累量较大,其中,紫花苜蓿和八宝景天的Pro含量增加幅度较大,其抗旱能力较强。复水后,4种植物Pro含量较复水前分别下降了61.0%、25.9%、88.7%、52.0%,并且有显著差异($P < 0.05$),说明干旱胁迫会造成植物体内Pro的积累,并使植物表现出不同的抗逆性。

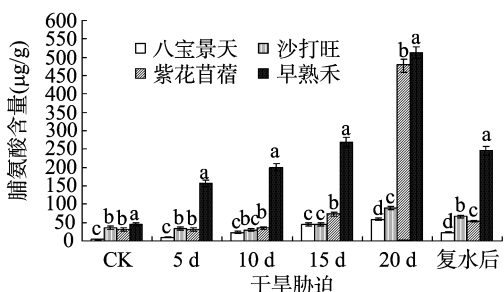


图4 4种植物在干旱胁迫及复水条件下脯氨酸(Pro)含量的变化

2.5 干旱胁迫及复水对供试植物可溶性糖含量的影响

可溶性糖是植物体内重要的渗透调节物质,其大量累积是植物自我保护和适应逆境的表现。由图5可知,随着干旱胁迫的增加,4种植物的可溶性糖含量均呈现不同的增加趋势,其中,八宝景天和紫花苜蓿的增加幅度较为明显,在干旱20 d时,可溶性糖含量分别达到CK的1.88倍和1.81倍,说明两者适应干旱能力较强。复水后,4种植物可溶性糖含量都有所下降,其中八宝景天的可溶性糖含量下降较明显,且与其他植物差异显著($P < 0.05$),说明短期复水后其渗透势能较快恢复,对水分环境反应敏感。

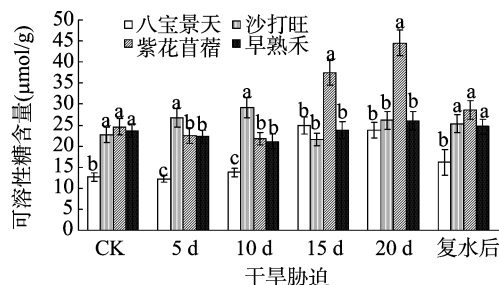


图5 4种植物在干旱胁迫及复水条件下可溶性糖含量的变化

3 讨论

干旱对各种植物生长都会产生一定的影响,测定其某些生理指标,就能很好地反映植物对逆境的抗性^[9]。RWC能间

接反映植物在干旱胁迫下水分亏缺的程度,干旱胁迫下抗旱性强的植物叶片含水量下降迟缓,保持相对较高的水分含量,以保障植物体生理生化的正常运转^[10-11]。本研究表明,随着干旱程度的加深,4 种植物的 RWC 明显降低,说明水分胁迫影响植物根部的水分吸收,八宝景天的 RWC 下降幅度较小,说明其受到伤害程度较轻,耐旱性能较好,并在复水后能基本恢复到胁迫前水平,而沙打旺 RWC 下降最为明显,抗旱性较弱。

在干旱胁迫下,植物细胞膜透性发生变化,组织浸泡液相对电导率值越大,表示植物受到伤害越大,并且植物器官发生膜脂过氧化产生 MDA,植物体内积累 MDA 含量越高,同样反映植物受到逆境伤害越大。4 种植物的叶片相对电导率和 MDA 含量随着干旱胁迫时间的增加而上升,表明干旱胁迫引发植物细胞质膜透性改变,打破自由基生成和酶保护反应之间的动态平衡,细胞膜遭到破坏^[12]。八宝景天的相对电导率变化最为平缓,并且复水后能基本恢复到胁迫前水平,表现出较强的耐旱适应性,复水后 4 种植物电导率都有所下降,说明复水能有效缓解细胞质膜的透性变化。随着干旱程度增加,4 种植物的 MDA 含量增加,说明干旱对其细胞膜都造成影响,紫花苜蓿的 MDA 含量明显高于其他植物,且在复水后还增加,说明紫花苜蓿受到的伤害较大,膜质过氧化严重。复水后,八宝景天、沙打旺和早熟禾 MDA 含量都有明显的下降,说明三者具有一定的耐旱能力,但因植物不同,MDA 下降幅度不同,早熟禾在复水后能迅速恢复到胁迫前水平,膜系统表现出较好的恢复能力。

干旱胁迫下,植物细胞内会大量积累脯氨酸、可溶性糖、可溶性蛋白质等渗透调节物质,以降低细胞的渗透势和水势,维持膨压,渗透调节物质的调节作用和弹性调节能力可以反映植物的抗旱性^[11,13-14]。本研究表明,在干旱胁迫过程中,八宝景天和紫花苜蓿的渗透调节物质增加幅度明显,植物自身调节能力较好,表现出较强的耐旱适应性,复水后土壤干旱胁迫得以缓解,4 种植物体内渗透调节物质逐渐趋于胁迫前水平,渗透调节物质的下降幅度存在较大差异,体现出 4 种植物在应激水分胁迫时存在差异性。

在矿区,复杂的地形地貌加之降雨的时空分布不均导致不同立地条件微环境多种多样,同时草灌植物为多年生植物,各年的气候环境条件也不同^[15]。本试验采用盆栽法模拟干旱胁迫试验,对 4 种植物的实生幼苗进行抗旱生理特性分析,为矿区生态修复植物实生幼苗的选择提供依据,而对于 4 种植物的长期适应性和持续性还难以判定,今后应加强野外实践研究。

4 结论

随着干旱天数的增加,4 种植物的 RWC 显著下降,相对

电导率、MDA、Pro 和可溶性糖含量明显升高,复水后,4 种植物受到的伤害有明显的缓解,RWC 明显上升,相对电导率和 MDA 含量有所下降,渗透调节物质含量下降,但各生理指标含量都没有完全恢复到胁迫前的水平,说明干旱对 4 种植物体造成了一定的伤害,并且伤害还没有完全消除。由于 4 种植物品种不同,植物体耐旱机制不同,4 种植物在干旱及复水过程各指标含量变化存在差异,综合分析 5 项测试指标,可知八宝景天的各生理指标在持续干旱胁迫下变化幅度相对较小,并在复水后各指标恢复程度较高,具有较强的耐抗旱能力和适应能力,为矿区生态修复耐旱植物实生幼苗选择提供理论支持。

参考文献:

- [1] 李 娟,龙 健. 矿区土地修复与生态农业可持续发展对策[J]. 农业现代化研究,2004,25(2):90-93.
- [2] 李敬勇. 矿区土壤重金属污染及生态修复[J]. 中国矿业,2006,15(12):66-69.
- [3] 杜建雄,师尚礼,刘金荣,等. 干旱胁迫和复水对草地早熟禾 3 个品种生理特性的影响[J]. 草地学报,2010,18(1):73-77.
- [4] 邹 琪. 植物生理实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,2000:159-164.
- [5] 石永红,万里强,刘建宁,等. 干旱胁迫对 6 个坪用多年生黑麦草品种抗旱性的影响[J]. 草地学报,2009,17(1):52-57.
- [6] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2006:15-16,210-211,228-231.
- [7] 李合生,孙 群,赵世杰,等. 植物生理生化实验原理与技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000:134-137.
- [8] 阎秀峰,李 晶,祖元刚. 干旱胁迫对红松幼苗保护酶活性及脂质过氧化作用的影响[J]. 生态学报,1999,19(6):850-854.
- [9] 薛彦斌,秦 华,张 科. 3 种藤本地被植物抗旱性比较[J]. 中国农学通报,2010(9):239-243.
- [10] 余 玲,王彦荣,Garnett T,等. 紫花苜蓿不同品种对干旱胁迫的生理响应[J]. 草业学报,2006,15(3):75-85.
- [11] 孙宗玖,李培英,阿不来提,等. 干旱复水后 4 份偃麦草渗透调节物质的响应[J]. 草业学报,2009,18(5):52-57.
- [12] 杜建雄,师尚礼,刘金荣,等. 干旱胁迫和复水对草地早熟禾 3 个品种生理特性的影响[J]. 草地学报,2010,18(1):73-77.
- [13] 董伊晨,刘悦秋. 土壤水分对异株荨麻保护酶和渗透调节物质的影响及其与叶片光合和生物量的相关性[J]. 生态学报,2009,29(6):2845-2851.
- [14] 赵丽英,邓西平,山 仑. 持续干旱及复水对玉米幼苗生理生化指标的影响研究[J]. 中国生态农业学报,2004,12(3):59-61.
- [15] Castillo V M, Martinez M M, Albaladejo J. Run off and soil loss response to vegetation removal in a semiarid environment[J]. Soil Science Society of America Journal,1997,61(4):1116-1121.