

干旱胁迫下两种岩石边坡修复植物的抗旱性

周江¹, 胡佳佳², 裴宗平³, 涂永成³, 孔静³

(1. 贵阳市生态环境科学研究院, 贵州 贵阳 550002; 2. 贵州省环境监测中心站, 贵州 贵阳 550001;

3. 中国矿业大学 环境与测绘学院, 江苏 徐州 221116)

摘要:以岩石边坡常用修复植物火棘和紫穗槐为试材, 采用盆栽控水法对其进行干旱胁迫试验, 分析干旱胁迫对植物形态和生理的影响。结果表明: 在形态特征上, 干旱胁迫会使植物发生叶片黄化, 植株萎蔫等现象; 在生理特征上, 随着胁迫时间的增加, 火棘、紫穗槐的叶片相对含水量(RWC)、叶绿素含量均呈现不同的下降趋势, 相对水分亏缺(RWD)、电导率、丙二醛(MDA)含量、脯氨酸含量和可溶性糖含量均呈现不同程度的上升趋势; 干旱胁迫结束时, 火棘各生理指标的变化幅度依次为-26.7%、-53.28%、+22.7%、+22.9%、+13.2%、+352.7%和+1.0%; 紫穗槐各生理指标的变化幅度依次为-44.3%、-54.8%、+25.3%、+123.6%、+2 327.5%和399.4%。即干旱胁迫对火棘的影响小于紫穗槐, 说明火棘的抗旱性高于紫穗槐, 在岩石边坡修复植物选择上应引起重视。

关键词:干旱胁迫; 岩石边坡; 火棘; 紫穗槐; 抗旱性

中图分类号:X 171.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)24-0070-04

近年来, 我国因开采、开挖和各类废石、废渣、尾矿堆置等不同方式, 破坏与侵占的土地面积超过了 400 亿 m², 而复垦率不足 12%。其中矿山的生态恢复率更低, 造成众多青山翠柏中处处可见“斑秃”的采石场, 使矿区成为国土范围内生态环境破坏最严重的区域^[1]。随着生态文明理念的深入人心, 边坡工程的生态修复越来越受到社会各界的重视, 相关学者在植被护坡方面进行了很多试验和应用研究, 证明植被护坡具有保持水土、调节气候、改善景观和恢复生态平衡等作用, 具有良好的环境效益和经济效益^[2-6]。现对 2 种岩石边坡常用修复植物火棘和紫穗槐的抗旱性进行研究, 通过观察植物的形

态特征和测定生理生化指标的变化情况, 对 2 种植物的抗旱性及其机理进行探讨, 旨在为岩石边坡修复工程的抗旱性植物选择提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

根据岩石边坡植物选择原则, 结合徐州市的气候状况, 植物资源状况等条件, 选择火棘(*Pyracantha fortuneana*)和紫穗槐(*Amorpha fruticosa* L.)作为供试植物, 以中国矿业大学南湖校区苗圃基地土壤作为供试土壤。供试土壤基本理化性质见表 1。

表 1

供试土壤基本理化性质

Table 1

Physical and chemical characteristic of soil

含水率	pH 值	全 N	全 P	全 K	速效 P	速效 N	速效 K	有机质
Water percentage	pH value	Total nitrogen	Total phosphorus	Total potassium	Rapidly available phosphorus	Available nitrogen	Available potassium	Organic matter
/%	pH value	/(g · kg ⁻¹)	/(g · kg ⁻¹)	/(g · kg ⁻¹)	/(mg · kg ⁻¹)	/(mg · kg ⁻¹)	/(mg · kg ⁻¹)	/(g · kg ⁻¹)
35	6.73	1.35	2.3	7.55	10.17	108.72	163.2	40.45

1.2 试验方法

于 2010 年 4 月上旬, 分别将前期培养的长势相似的火棘和紫穗槐移栽到直径为 20 cm 的塑料盆中。栽植后进行正常管理。植物正常生长 2 个月后进行干旱

胁迫试验。胁迫试验采用盆栽控水法, 于 6 月 1 日浇透水, 第 2 天取样测定作为对照, 此后进行断水处理, 同时采取人工防雨措施, 开始抗旱胁迫实验, 每隔 4 d 测试 1 次, 总共测试 8 次。

1.3 项目测定

该次试验中, 植物形态采用观察法, 相对水分含量和相对水分亏缺采用烘干法测定, 相对电导率采用电导率仪法测定, 脯氨酸含量采用磺基水杨酸法测定^[7], 丙二醛含量、可溶性糖含量采用分光光度计法测定^[8], 叶

第一作者简介:周江(1985-), 贵州织金人, 硕士, 助理工程师, 研究方向为矿山生态修复及环境规划与管理。E-mail: zhoujiang2913@163.com.

收稿日期:2014-09-09

绿素含量采用 80% 丙酮浸提比色法测定^[9], 各指标测定均设 3 次重复。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫对植物形态的影响

在干旱胁迫下, 植物受到的伤害会通过其表现形态症状表现出来。从表 2 可以看出, 在干旱胁迫处理的 28 d 内, 随着干旱胁迫天数的增加, 2 种植物的萎焉

症状逐渐加重。由于品种不同, 各植物又表现出不同的萎焉程度。火棘在干旱胁迫 12 d 时外部形态发生变化, 部分叶片下垂, 胁迫结束时大部分叶片出现黄化、植株严重萎焉现象。紫穗槐在干旱胁迫 16 d 时外部形态才发生变化, 出现轻度萎焉, 胁迫结束时大部分叶片干枯、植株严重萎焉。

表 2 干旱胁迫处理对植物形态的影响

Table 2 Morphological changes of a few of plants under drought stress treatment

植物 Variety	干旱胁迫天数 Day of drought stress/d							
	1	4	8	12	16	20	24	28
火棘	正常	正常	正常	部分叶片开始出现下垂	叶片下垂趋势加大, 出现黄叶	部分黄叶掉落	1/2 叶片黄化干枯	严重萎焉, 大部分叶片黄化
紫穗槐	正常	正常	正常	正常	轻度萎焉, 叶片轻度反卷	中度萎焉, 1/2 叶片反卷, 部分叶片脱落	植株失水现象加重, 干枯叶片脱落	严重萎焉, 大部分叶片干枯

2.2 干旱胁迫对叶片相对含水量(RWC)和相对水分亏缺(RWD)的影响

叶片相对含水量(RWC)反映了植物在干旱胁迫下的保水能力。从图 1 可以看出, 随着干旱天数的增加, 火棘和紫穗槐的 RWC 值呈现出不同程度的降低趋势, 胁迫 20 d 时出现降幅峰值, 与前 1 次测定结果相比其 RWC 值的下降幅度分别高达 14.5% 和 20.7%。胁迫结束时, 火棘的 RWC 值从 84.9% 下降到 62.2%, 与对照相比下降了 26.7%, 紫穗槐的 RWC 值从 97.9% 下降到 54.5%, 与对照相比下降了 44.3%, 即火棘的保水能力大于紫穗槐。

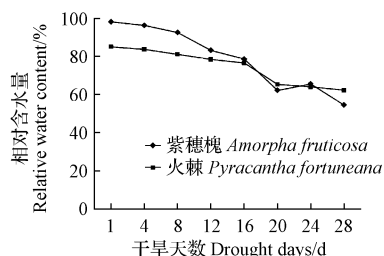


图 1 干旱胁迫处理对叶片相对含水量的影响

Fig. 1 Changes of relative leaf water content under drought stress treatment

与叶片相对含水量一样, 叶片相对水分亏缺在一定程度上反映了植物的抗旱性能。从图 2 可以看出, 随着干旱胁迫天数的增加, 2 种植物的叶片 RWD 值都有所上升, 说明它们在干旱胁迫下, 维持水分的能力在不断减弱。而火棘叶片 RWD 值从 15.1% 上升到 37.8%, 干旱胁迫结束时比对照上升了 22.7%, 其上升幅度最小且最缓慢, 说明其水分丢失的速度较慢、量较小, 平衡水分的能力最强, 抗旱性最强。紫穗槐的 RWD 值整体呈上升趋势, 其上升幅度从 2.1% 上升到 45.5%, 干旱胁迫结束时比对照上升了 43.4%、说明紫穗槐水分亏缺的程度较火棘大, 其抗旱性弱于火棘。

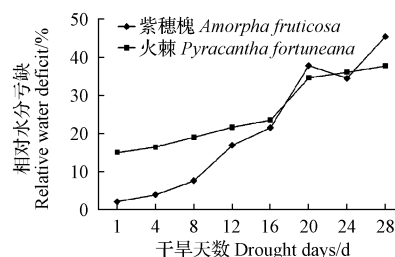


图 2 干旱胁迫处理对叶片相对水分亏缺的影响

Fig. 2 Changes of relative leaf water deficit under drought stress treatment

2.3 干旱胁迫对细胞质膜透性的影响

干旱胁迫会对植物细胞质膜造成一定伤害, 从而引起质膜透性的改变。一般可通过测定植物电导率在逆境条件下的变化情况来了解植物受伤害的程度。从图 3 可以看出, 随着干旱胁迫天数的增加, 2 种植物的叶片相对电导率都表现出递增趋势, 说明 2 种植物的细胞膜在胁迫期内受到了不同程度的伤害。随胁迫强度的增加, 细胞膜透性逐渐增加, 到试验结束时 2 种植物叶片的相对电导率分别比对照增加了 22.9% 和 25.3%。但是由于品种不同, 又表现出一定的差异性。即火棘的相对电导率在前期和后期变化较为平缓, 在 12~16 d 时变化较

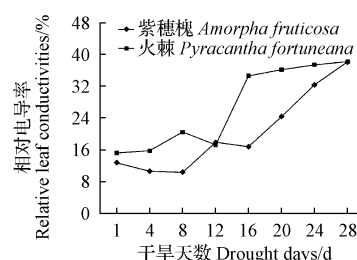


图 3 干旱胁迫处理对叶片相对电导率的影响

Fig. 3 Changes of relative leaf conductivities under drought stress treatment

大;而紫穗槐前期变化相对平缓,至 16 d 后呈快速上升趋势。总体上,火棘的质膜透性变化较小,即其维持细胞膜完整性的能力较强,具有较好的抗旱能力。

2.4 干旱胁迫对丙二醛(MDA)含量的影响

从图 4 可以看出,随着干旱胁迫天数的增加,2 种植物的 MDA 含量都呈上升趋势,说明其细胞膜系统在胁迫期内都受到了不同程度的伤害。其中火棘表现为先上升后下降,在干旱胁迫第 4 天时出现最大值,是对照的 1.9 倍,之后又恢复到正常水平,这可能是植物在干旱胁迫初期适应环境的一种表现。在整个干旱胁迫期内,火棘的 MDA 含量增长并不明显,其上升幅度最小且变化速度最缓慢,说明膜脂过氧化程度较轻,受到的伤害较小。紫穗槐表现为先下降后上升,在干旱胁迫第 8 天时出现最小值,比对照下降了 37.8%,随后有明显的上升,到 20 d 时出现最大值,是对照的 2.5 倍,之后 MDA 含量有一定的起伏变化,干旱胁迫结束时是对照的 1.2 倍。因此,如果以 MDA 含量的增长幅度作为衡量标准,则火棘的抗旱性强于紫穗槐。

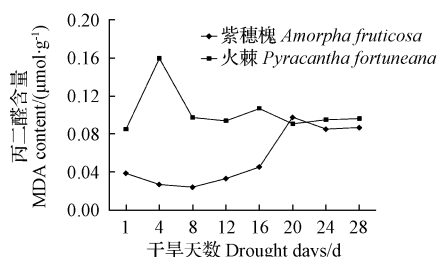


图 4 干旱胁迫处理对丙二醛含量的影响

Fig. 4 Changes of MDA content under drought stress treatment

2.5 干旱胁迫对脯氨酸含量的影响

从图 5 可以看出,随着干旱胁迫天数的增加,2 种植物的脯氨酸含量有不同程度的增加。火棘在整个干旱胁迫过程中脯氨酸含量很低,呈缓慢上升的趋势,变化极不明显,第 28 天时出现最大值,是对照的 4.53 倍,说明其在干旱胁迫期内对干旱胁迫的影响反应迟钝,受干旱影响较小。紫穗槐脯氨酸含量在干旱胁迫 1~12 d 时

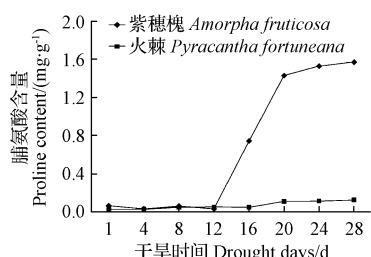


图 5 干旱胁迫处理对脯氨酸含量的影响

Fig. 5 Changes of the content proline under drought stress treatment

变化平缓,表现出缓慢的适应性,到第 16 天时含量升高较明显,是第 12 天时的 22.2 倍,第 28 天时都出现最大值,是对照的 24.3 倍。两者差异显著可能与紫穗槐叶片水分亏缺严重有关。

2.6 干旱胁迫对可溶性糖含量的影响

可溶性糖的积累一方面是植物自我保护的表现,另一方面是植物适应逆境的表现。从图 6 可以看出,随着干旱胁迫天数的增加,2 种植物的可溶性糖含量均有不同程度的增加。火棘表现为先上升后下降,在干旱胁迫第 4 天时出现最大值,是对照的 1.6 倍,之后又恢复到正常水平,这与其 MDA 含量的变化情况相类似,都可能是植物在干旱胁迫初期表现出来的一种适应现象。干旱胁迫结束时火棘的可溶性糖含量与对照相比基本持平,说明火棘体内可溶性糖含量增长并不明显,其上升幅度最小且最缓慢。紫穗槐的可溶性糖含量在干旱胁迫第 1~16 天有一定的起伏变化,但是变化不大,到第 20 天时出现最大值,是对照的 5.2 倍,随后逐渐下降,干旱胁迫结束时是对照的 5.0 倍,说明其抗旱性能不如火棘。

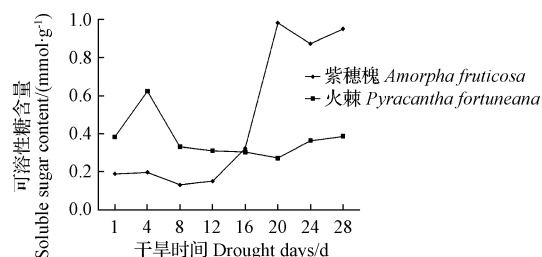


图 6 干旱胁迫处理对可溶性糖含量的影响

Fig. 6 Changes of soluble sugar content under drought stress treatment

2.7 干旱胁迫对叶绿素含量的影响

光合作用是植物进行同化作用的主要途径,对环境因子的反应相当敏感,而植物叶绿素的变化则反映出光合效率的高低。从图 7 可以看出,随着干旱胁迫天数的增加,2 种植物的叶绿素含量都呈下降的趋势。但由于品种不同,又表现出一定的差异性。火棘的叶绿素含量在干旱胁迫第 1~8 天下降比较明显,降幅峰值出现在

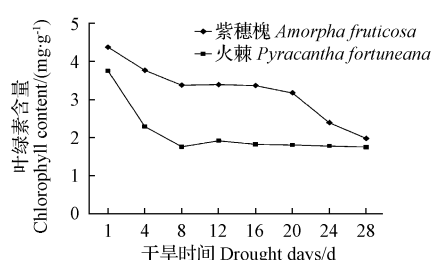


图 7 干旱胁迫处理下叶绿素含量的变化

Fig. 7 Changes of chlorophyll content under drought stress treatment

第4天,比第1天时下降了28.9%,随后下降较为平缓,干旱胁迫结束时比对照下降了53.3%。紫穗槐的叶绿素含量整体呈逐渐下降的趋势,降幅峰值出现在第24天,比第20天时下降了24.6%,干旱胁迫结束时比对照下降了54.8%。

3 结论与讨论

干旱胁迫是影响岩石边坡修复植物生长和发育的主要环境因子之一,对植物在细胞、器官、个体、群体等水平上的形态指标有显著影响,也会影响其光合作用、渗透调节、抗氧化系统等生理生化指标^[10-16]。该试验通过干旱胁迫条件下火棘和紫穗槐叶片形态的观察变化和生理生化指标的测定,表明随着干旱程度的增加,2种植物植物叶片出现萎焉、黄化、脱落和干枯等现象,其中紫穗槐叶片形态受影响较大;叶片相对含水量(RWC)和相对水分亏缺(RWD)、细胞质膜透性、丙二醛(MDA)、脯氨酸、可溶性糖含量及叶绿素含量均有不同程度变化。其中,植物叶片形态随着干旱程度的增加而出现萎焉、黄化和脱落或干枯现象,2种植物中紫穗槐受影响较大。叶片相对含水量(RWC)和叶绿素呈不同程度下降趋势,2种植物中火棘保水能力强于紫穗槐。叶绿素含量在干旱前期下降,而紫穗槐在后期。叶片相对水分亏缺(RWD)、细胞质膜透性、丙二醛(MDA)、脯氨酸、可溶性糖含量均呈不同程度上升,各指标程度上火棘明显低于紫穗槐,说明其抗旱能力强于紫穗槐,在岩石边坡修复植物选择上应引起重视。

参考文献

- [1] 刘仁芙.我国土地复垦形势与政策建议[J].中国土地,2002(3):31-34.
- [2] 程勇.江苏省露采矿山岩石边坡生态恢复技术研究[D].南京:南京林业大学,2006.
- [3] 周跃.植被与侵蚀控制:坡面生态工程基本原理探索[J].应用生态学报,2000,11(2):297-300.
- [4] 宋庆丰,黄小芸.植被护坡功能分析[J].路基工程,2010(1):104-105.
- [5] 刘世同,陈志一.公路植草护坡草种及草种组合研究[J].华东公路,1998,110(1):68-71.
- [6] 王振营,朱敏,王朋.徐州地区石质边坡生态植被恢复工程设计研究[J].山东林业科技,2010(3):92-94.
- [7] 高俊凤.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [8] 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.
- [9] 邹琦.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业出版社,2003:161-162.
- [10] Liu M H,Pei Z P,Hu J J. Comparative research on drought resistance of four species of herb applied to slope revegetation[C]//Proc. IEEE Symp. 2011 International Conference on Electric Technology and Civil Engineering (Volume 4), Lushan, China: IEEE Press, Apr, 2011: 2996-2999.
- [11] 陈龙雨,裴宗平.徐州地区岩石边坡生态修复的植物筛选[J].科技信息,2012(1):271,258.
- [12] 杨帆,苗灵凤,胥晓,等.植物对干旱胁迫的响应研究进展[J].应用与环境生物学报,2007,13(4):586-591.
- [13] 薛立,曹鹤.逆境下植物叶性状变化的研究进展[J].生态环境学报,2010,19(8):2004-2009.
- [14] 周江,裴宗平,胡佳佳,等.干旱胁迫下3种岩石边坡生态修复植物的抗旱性[J].干旱区研究,2012,29(3):440-444.
- [15] 裴宗平,余莉琳,汪云甲,等.4种干旱区生态修复植物的苗期抗旱性研究[J].干旱区资源与环境,2014,28(3):204-208.
- [16] 涂永成,裴宗平,周江,等.八种抗旱材料组合对干旱矿区油松抗旱性的影响[J].北方园艺,2014(9):63-66.

The Drought Resistance of Two Rocky Slope Ecological Restoration Plants Under Drought Stress Condition

ZHOU Jiang¹, HU Jia-jia², PEI Zong-ping³, TU Yong-cheng³, KONG Jing³

(1. Guiyang Research Academy of Eco-Environmental Sciences, Guiyang, Guizhou 550002; 2. Guizhou Province Environmental Monitoring Center, Guiyang, Guizhou 550001; 3. College of Environmental and Spatial Informatics, China Mining University, Xuzhou, Jiangsu 221116)

Abstract: Taking *Pyracantha fortuneana* and *Amorpha fruticosa* L. that are common in the ecological restoration of rocky slopes as the materials, the changes of morphology and physiology under drought stress with pot culture experiments were researched. The results showed that drought stress would make the plant leaf yellowing and wilting on the morphological characteristics under the drought stress, the relative water content and chlorophyll content in leaves of *Pyracantha fortuneana*, *Amorpha fruticosa* L. were declined in different degree, the relative water content, relative conductivities, malondialdehyde (MDA) content, proline content and soluble sugar content showed a rising trend in different degree; at the end of drought stress, the amplitude of variation of the above physiological indexes of *Pyracantha fortuneana* were -26.7%, -53.28%, +13.2%, 22.7%, +22.9%, +352.7% and +1.0%, and these indexes of *Amorpha fruticosa* L. were -44.3%, -54.8%, +25.3%, +123.6%, +2327.5% and 399.4%. It said that the effect of drought stress on *Pyracantha fortuneana* was less than *Amorpha fruticosa* L.'s, which illustrated *Pyracantha fortuneana* was more resistant to drought stress than *Amorpha fruticosa* L., and it should cause more attention in rock slope repair plant selection.

Keywords: drought stress; rock slope; *Pyracantha fortuneana*; *Amorpha fruticosa* L.; drought resistance