

文章编号: 1000-5692(2007)01-0007-05

干旱胁迫对 4 种刺篱植物抗性 生理生化指标的影响

向佐湘¹, 许桂芳², 蒋文君¹

(1. 湖南农业大学 农学院, 湖南 长沙 410128; 2. 长沙环境保护职业技术学院, 湖南 长沙 410004)

摘要:以马甲子 *Palurus ramosissimus*, 枳壳 *Poncirus trifoliata*, 金樱子 *Rosa laevigata*, 火棘 *Pyracantha fortuneana* 等 4 种刺篱植物为材料, 通过盆栽干旱胁迫, 以正常浇水处理为对照, 研究了不同程度干旱胁迫对 4 种刺篱植物的生理生化特性的影响。结果表明: 在干旱胁迫下, 4 种刺篱植物叶片的质膜透性上升, 其中马甲子增长幅度最小, 其次是枳壳、金樱子和火棘; 超氧化物歧化酶、过氧化物酶活性先上升后下降, 马甲子和枳壳较金樱子和火棘能维持较高的活性; 可溶性糖、脯氨酸质量分数增加, 只是变化的幅度和进程不同; 马甲子的可溶性糖增幅最大且脯氨酸质量分数峰值出现最晚。经几项生理指标的综合分析, 得知马甲子抗旱性最强, 火棘较弱, 枳壳、金樱子居中。图 5 表 2 参 12

关键词:植物学; 刺篱植物; 干旱胁迫; 质膜透性; 保护酶; 渗透调节物质; 高速公路
中图分类号: S718.43 **文献标识码:** A

用有刺植物栽培成的刺篱带, 取代高速公路的刺铁丝禁入护栏, 具有寿命长, 成本低, 效果好, 维护管理容易等优点, 使高速公路与周围环境浑然一体^[1]。高速公路两侧特别是边坡特殊的干旱生境条件^[2], 使选择适生的刺篱植物显得最为重要。我国有刺植物种类丰富, 很多有刺植物具有防护能力强, 观赏价值高, 耐粗放管理等优良特性。马甲子 *Palurus ramosissimus*, 火棘 *Pyracantha fortuneana*, 枳壳 *Poncirus trifoliata*, 金樱子 *Rosa laevigata* 这 4 种刺篱植物的生物学特性已有一些研究^[3-5], 但有关其抗逆性研究甚少。笔者结合“湖南高速公路生物隔离栅的研究及应用”课题, 对引种驯化过程中表现较好的 4 种刺篱植物进行干旱胁迫处理, 研究了在不同的干旱条件下植物叶片内的超氧化物歧化酶、过氧化物酶、游离脯氨酸、可溶性糖、丙二醛和电导率等生理生化指标的变化, 探讨这些因子在干旱胁迫时发生变化的规律, 以期对刺篱植物的引种, 高速公路生物隔离栅优良植物种类的选择及其养护管理技术提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

马甲子为鼠李科 *Rhamnaceae* 落叶灌木, 主干直立且高达 2~3 m, 刺大呈内钩状, 不空堂亮脚, 鸡犬难入, 广泛应用于苗圃、果园和菜园防护。火棘是蔷薇科 *Rosaceae* 常绿灌木, 侧枝短刺密集。枳

收稿日期: 2006-02-16; 修回日期: 2006-06-05

基金项目: 湖南省交通厅资助项目(2006)

作者简介: 向佐湘, 副教授, 从事草坪地被植物及园林植物资源研究。E-mail: xgf7692@yahoo.com.cn

©1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

壳为芸香科 Rutaceae 落叶灌木, 刺大坚硬, 广泛用于果园、牧场和庭院等围栏。金樱子为蔷薇科常绿藤本状灌木, 刺中等, 密集。

以上材料采自湖南怀化, 为1年生实生苗, 均在湖南农业大学经过为期1a的驯化。

1.2 试验设计

2005年3月10日将整齐一致的优良植株带土球移入盆中, 放入温室大棚内, 进行统一的水分和养分管理。每个树种20株, 将各树种分成2组, 每组10株, 分别同时进行自然干旱和正常浇水处理。干旱胁迫处理采用根际水分胁迫, 空气相对湿度保持85%。干旱胁迫从7月10日开始, 每隔7d取样, 正常浇水为对照。

1.3 生理生化指标的测定

1.3.1 游离脯氨酸的测定 采用碘基水杨酸法^[6]。取鲜叶0.5g, 用 $30\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 碘基水杨酸浸提, $25\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 酸性茚三酮显色, 5 mL 甲苯萃取, 用722型分光光度计在520 nm处比色测定。

1.3.2 超氧化物歧化酶活性的测定 采用氮蓝四唑还原法^[6]。在冰浴条件下研磨时, 用 $0.05\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ pH 7.8磷酸缓冲液提取, $1.3\text{万}\sim 1.4\text{万 r}\cdot\text{min}^{-1}$ 冷冻离心20 min, 然后进行还原反应, 用722型分光光度计在560 nm处比色测定。

1.3.3 其他指标的测定 丙二醛的测定采用硫代巴比妥酸法; 过氧化物酶活性的测定采用愈创木酚法; 可溶性糖的测定采用蒽酮比色法; 电导率的测定采用雷磁 DDSJ-308A型的电导仪进行测定^[6]。土壤含水量采用烘干法测定。

以上测定均3次重复。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫下土壤含水量的变化

从图1中可以看出, 随着水分胁迫的日益加重, 土壤含水量呈明显的下降趋势。随干旱处理时间的延长, 植物可吸收的水分越来越少。

2.2 干旱胁迫下各树种生长状况的变化

干旱初期(第7天)苗木外观无明显变化, 各树种生长保持旺盛状态, 叶片色泽正常。这说明它们均能忍耐一定时期的水分亏缺。随水分胁迫的延续, 不同种类之间变化的差异很大。火棘较为敏感, 在第21天时表现出叶片失水卷曲, 在胁迫处理后期(第28天)时, 火棘表现出半致死状态, 对干旱胁迫的抗性较差, 而马甲子表现较强的抗旱性, 在第35天时仍无明显萎焉现象。从外观表现来看: 马甲子抗旱性最强, 火棘较弱, 枳壳和金樱子居中。

2.3 干旱胁迫对4种刺篱植物叶膜透性的影响

2.3.1 质膜透性的变化 从表1可以看出, 在正常浇水情况下, 各树种的相对电导率都处于比较低的水平。随着水分胁迫的加剧, 相对电导率逐渐增加, 各树种均与正常浇水的对照差异显著。在水分胁迫前期各树种相对电导率上升幅度较小, 在干旱胁迫第21天时, 枳壳、金樱子、马甲子和火棘分别与对照相比仅增加了58.22%, 35.03%, 56.02%和88.30%, 胁迫后期相对电导率则大幅度上升。说明在干旱胁迫条件下, 原生质膜透性的变化是缓慢渐进的, 只有当干旱胁迫到一定程度后, 原生质膜才会受到严重的伤害, 造成细胞内离子的大量外渗, 相对电导率剧增。在胁迫处理结束时, 与对照相比, 马甲子增长幅度最小, 为95.28%, 表明马甲子受伤害程度最小, 其次是枳壳(148.41%)、金樱子(166.47%)和火棘(332.57%), 说明马甲子膜系统抗干旱损伤的能力更强些。

2.3.2 对丙二醛质量摩尔浓度的影响 丙二醛是植物细胞膜脂过氧化物之一。有研究认为, 丙二醛质量摩尔浓度与植物抗旱性密切相关, 但丙二醛大量增加时, 表明体内细胞受到较严重的破坏^[7]。试

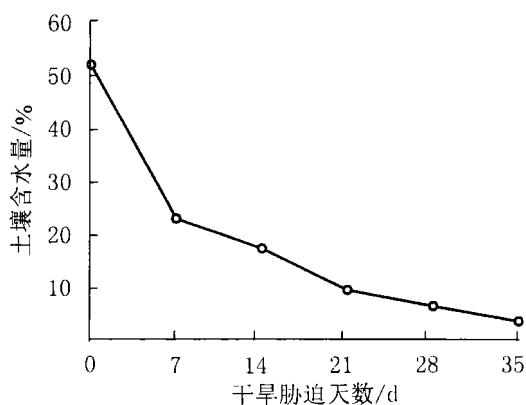


图1 不同干旱胁迫时间对土壤含水量影响

Figure 1 The variation of soil water content under drought stress

表 1 干旱胁迫对 4 种刺篱植物叶细胞膜透性的影响

Table 1 Effect of drought stress on relative permeability of plasma in leaves of four tested plant species

干旱胁迫后 天数/ d	细胞膜透性/ %			
	枳壳	金樱子	马甲子	火棘
ck	6.32±0.05 d D	8.62±0.91 e D	5.73±0.89 d C	3.93±0.30 e D
7	7.78±0.32 cd CD	9.42±0.52 de CD	6.72±0.85 cd BC	4.92±0.09 de D
14	8.13±0.30 cd BCD	10.92±0.32 cd CD	8.46±0.89 bc ABC	5.25±0.07 d D
21	10.00±0.83 bc BC	11.64±0.26 c C	8.94±1.09 abc AB	7.40±0.39 c C
28	11.26±1.69 b B	16.12±0.88 b B	9.52±0.93 ab AB	10.28±0.56 b B
35	15.70±1.10 a A	22.97±1.65 a A	11.19±0.35 a A	17.00±0.83 a A

验研究发现，随着水分胁迫水平的加剧，4 种刺篱植物叶内的丙二醛质量摩尔浓度都有所增加，说明植物叶内的细胞膜系统不同程度地受到了损坏。火棘、金樱子增长速度较快，在干旱胁迫处理第 35 天时，分别比对照增加了 77.27%，69.38%；马甲子、枳壳增速缓慢，仅比对照增加了 23.52%，38.88%。方差分析得知，火棘、金樱子、枳壳和马甲子在各处理下与对照差异显著(表 2)。

表 2 干旱胁迫对 4 种刺篱植物叶内丙二醛质量摩尔浓度的影响

Table 2 Effect of drought stress on content of MDA in leaves of four tested plant species

干旱胁迫后 天数/ d	丙二醛质量摩尔浓度/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$)			
	枳壳	金樱子	马甲子	火棘
ck	0.0178±0.0004 d D	0.0982±0.0011 f F	0.0171±0.0007 c B	0.1097±0.0073 f D
7	0.0191±0.0005 c CD	0.1141±0.0004 e E	0.0180±0.0006 bc AB	0.1412±0.0010 e C
14	0.0201±0.0006 b BC	0.1280±0.0007 d D	0.0193±0.0016 abc AB	0.1511±0.0009 d C
21	0.0202±0.0007 b BC	0.1312±0.0006 c C	0.0189±0.0009 abc AB	0.1652±0.0005 c B
28	0.0209±0.0006 b B	0.1461±0.0005 b B	0.0199±0.0009 ab AB	0.1761±0.0009 b B
35	0.0252±0.0004 a A	0.1661±0.0004 a A	0.0209±0.0009 a A	0.1951±0.0009 a A

2.4 干旱胁迫对 4 种刺篱植物叶内保护酶系统的影响

图 2 的试验结果表明，在干旱胁迫条件下，各树种的超氧化物歧化酶(SOD)活性都先升高，在控水 28 d 时达到最高值，而后火棘、金樱子的超氧化物歧化酶活性有少许下降，马甲子、枳壳升高的速度减缓，趋势基本一致。从图 3 可以看出，在干旱胁迫下，各树种叶片的过氧化物酶(POD)活性都有所增加，其中火棘、金樱子的过氧化物酶活性增加的速度较快同时下降的速度也快，而马甲子、枳壳的过氧化物酶活性相对比较平稳，它是缓慢地升高而且降低的速度也慢。这说明在干旱胁迫下马甲子、枳壳还能维持较高的过氧化物酶活力，抗旱性较强。

2.5 干旱胁迫对 4 种刺篱植物叶内其他生理生化指标的影响

2.5.1 对游离脯氨酸质量分数的影响 从图 4 可知，在水分胁迫下，各树种叶片游离脯氨酸质量分数均不同程度地高于对照，呈增长的趋势，但是随着时间的推移和干旱胁迫的加剧，游离脯氨酸达到某一高峰值后开始下降。在水分胁迫第 28 天，火棘、金樱子和枳壳的游离脯氨酸达到高峰值，分别增加了 8.45，19.98 和 24.62 倍。马甲子在第 35 天才达到高峰值，增加了 42.25 倍。说明在水分胁迫初期生成的游离脯氨酸可以维持各器官较强的渗透能力，以提高植株对干旱的适应能力，但随着干旱胁迫的进一步加剧，植物组织因严重萎蔫、糖类供给减少以及酶的活性丧失而导致游离脯氨酸积累的减少。

2.5.2 对可溶性糖质量分数的影响 从图 5 可以看出，在干旱胁迫下，4 种刺篱植物叶内的可溶性糖都明显的增加。在第 35 天时，马甲子叶内的可溶性糖比对照的增加了 2.41 倍，说明马甲子通过增加可溶性糖，增强其渗透能力的能力强。具有较强的干旱适应能力，其次是枳壳(2.03 倍)、火棘(2.00 倍)和金樱子(1.45 倍)。

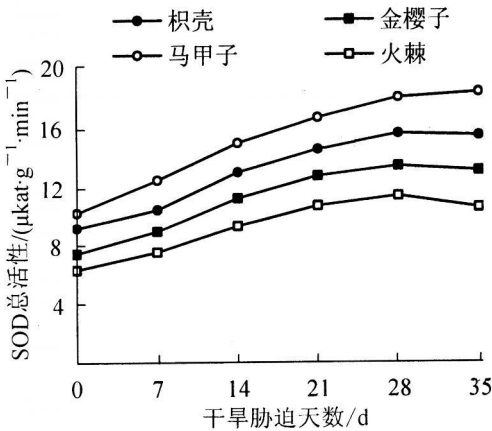


图 2 干旱胁迫对 4 种刺篱植物叶内超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响

Figure 2 Effect of drought stress on SOD activity in leaves of four tested plant species

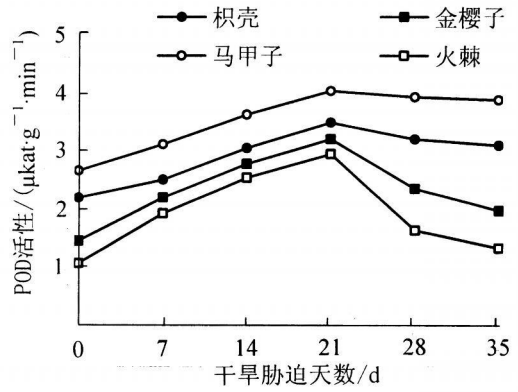


图 3 干旱胁迫对 4 种刺篱植物叶内过氧化物酶(POD)活性的影响

Figure 3 Effect of drought stress on POD activity in leaves of four tested plant species

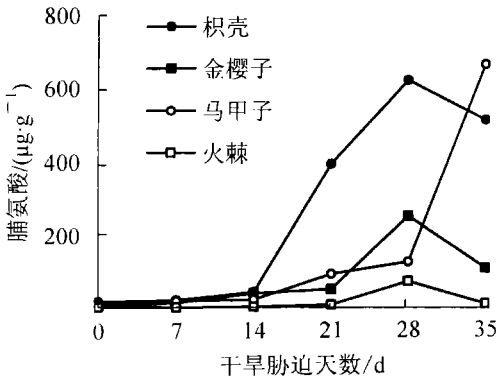


图 4 干旱胁迫对 4 种刺篱植物叶内脯氨酸质量分数的影响

Figure 4 Effect of drought stress on content of proline in leaves of four tested plant species

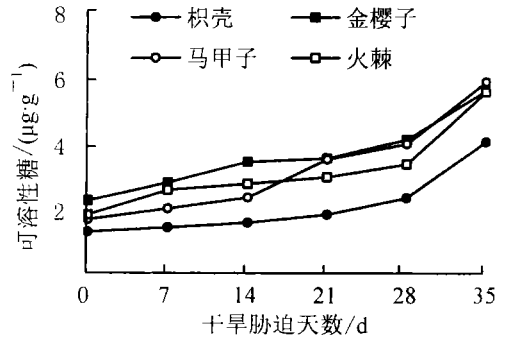


图 5 干旱胁迫对 4 种刺篱植物叶内可溶性糖质量分数的影响

Figure 5 Effect of drought stress on content of soluble sugar in leaves of four tested plant species

3 结论

在干旱胁迫下, 4 种刺篱植物抗旱生理生化指标的变化趋势都比较一致。表现为质膜透性增大, 膜伤害程度增加, 游离脯氨酸、可溶性糖、电解质外渗率、超氧化物歧化酶活性和过氧化物酶活性增加, 丙二醛质量摩尔浓度上升, 但不同试验树种在胁迫的不同时期对水分胁迫的适应性反应存在一定差异。

在水分胁迫下, 植物由于脱水伤害引起膜透性增大, 导致细胞内电解质外渗, 通过测定水分胁迫下植物叶片的电导率值可了解质膜伤害程度^[8]。笔者的试验中, 随着干旱胁迫程度的加重, 参试植物叶片中游离脯氨酸和电解质外渗率均随之增加, 增加幅度越大的植物, 其耐干旱胁迫的能力相对较小。脯氨酸在逆境下产生积累的生理效应有许多不同的观点^[9, 10]。笔者对试验结果分析认为, 将参试植物组织内游离脯氨酸质量分数的变化作为干旱胁迫下的一种响应特征比较合理, 与曹帮华^[11]的结论基本一致。

细胞内的保护酶系统主要有超氧化物歧化酶和过氧化物酶等。酶活性越高, 消除自由基的能力也越强, 植物的抗逆性也越强^[7, 12]。马甲子、枳壳较金樱子和火棘能维持较高的酶活性。从 4 种刺篱植物受干旱胁迫后的生长状况、质膜透性、超氧化物歧化酶和过氧化物酶活性、游离脯氨酸、可溶性

糖、丙二醛等生理指标结果综合分析可以看出，马甲子抗旱性最强，火棘较弱，枳壳和金樱子居中。同时也说明干旱胁迫后植物体内发生的生理生化反应与植物的生长情况相一致。这 4 种刺篱植物在其他抗逆性方面还缺乏研究，今后应加强其耐寒与耐热性等抗逆性研究，为其园林应用提供理论依据。

参考文献：

[1] 熊忠臣, 黄仁征, 金代钧, 等. 高速公路禁入刺篱防护带设计的研究[J] . 中国园林, 1999, 15 (4): 55— 57.
[2] 王云, 龙春林, 刘怡涛, 等. 植物在高速公路边坡防护中的应用[J] . 水土保持研究, 2005, 12 (6): 199— 202.
[3] 欧斌, 黄家寿. 马甲子种子育苗技术[J] . 林业实用技术, 2005, 12 (6): 199— 202.
[4] 李玉奇, 邓光华. 观赏植物火棘研究进展[J] . 江西林业科技, 2005 (1): 39— 41.
[5] 吴强盛, 夏仁学. 水分胁迫下丛枝菌根真菌对枳实生苗生长和渗透调节物质含量的影响[J] . 植物生理与分子生物学报, 2004, 30 (5): 583— 588.
[6] 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.
[7] 张怡, 罗晓芳, 沈应柏. 土壤逐渐干旱过程中刺槐新品种苗木抗氧化系统的动态变化[J] . 浙江林学院学报, 2005, 22 (2): 166— 169.
[8] 蒲光兰, 袁大刚, 胡学华, 等. 土壤干旱胁迫对 3 个杏树品种生理生化特性的影响[J] . 浙江林学院学报, 2005, 22 (4): 375— 379.
[9] 兆慧茹, 王丽娟, 郑蕊. 宁夏 5 种抗旱性牧草与脯氨酸含量相关性研究[J] . 宁夏农学院学报, 2001, 22 (4): 12— 14.
[10] 卢少石, 陈斯萍, 陈斯曼, 等. 3 种暖季型草坪草在干旱条件下脯氨酸含量和抗氧化酶活性的变化[J] . 园艺学报, 2003, 30 (3): 303— 306.
[11] 曹帮华, 张明如, 翟明普, 等. 土壤干旱胁迫下刺槐无性系生长和渗透调节能力[J] . 浙江林学院学报, 2005, 22 (2): 161— 165.
[12] 谢寅峰, 沈惠娟. 水分胁迫下 3 种针叶树幼苗抗旱性与硝酸还原酶和超氧化物歧化酶活性的关系[J] . 浙江林学院学报, 2000, 17 (1): 24— 17.

Drought stress on physiological and biochemical processes in four spiny plant species

XIANG Zuo-xiang¹, XU Gui-fang², JIANG Wen-jun¹

(1. College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, Hunan, China; 2. Changsha Environmental Protection College, Changsha 410004, Hunan, China)

Abstract: The effects of drought stress on the relative permeability of plasma, protective enzyme activity, and osmoregulatory molecules in leaves of four tested spiny species (*Paliurus ramosissimus*, *Poncirus trifoliata*, *Rosa laevigata*, and *Pyracantha fortuneana*) were studied. Results showed that the drought stress caused cell membrane damaged and membrane permeability of leaf cell increasing. Superoxide dismutase and peroxidase activities increased with light drought stress and declined with severe drought stress. Praline and soluble sugar in the leaves increased with drought stress, but the range and process of changes among the four spiny species were different. Through a comprehensive analysis of physiological and biochemical characteristics, drought resistance in the four tested species were shown to decrease in the order of *Paliurus ramosissimus* > *Poncirus trifoliata* > *Rosa laevigata* > *Pyracantha fortuneana*. [Ch, 5 fig. 2 tab. 12 ref.]

Key words: botany; spiny plant; drought stress; relative permeability of plasma; protective enzyme; osmoregulatory molecules; high ways