

文章编号: 1000-4025(2003)01-0023-05

# 干旱胁迫下沙棘叶片细胞膜透性与渗透调节物质研究<sup>a</sup>

韩蕊莲, 李丽霞, 梁宗锁\*

(中国科学院、水利部水土保持研究所, 陕西杨陵 712100)

**摘要:** 研究了干旱胁迫下沙棘幼林苗木渗透调节能力与沙棘耐旱性的关系。结果表明: 长期轻度及中度干旱胁迫下渗透调节物质中可溶性糖、游离氨基酸、Pro 在干旱中、后期累积显著增加而降低渗透势, 使沙棘具备较强的渗透调节能力而表现为低水势耐旱特性;  $K^+$  在干旱下无显著累积。渗透调节物质(可溶性糖、游离氨基酸、Pro)的共同作用, 使长期轻度、中度干旱下沙棘叶片可溶性蛋白降解少, 细胞膜透性和 MDA 含量增加缓慢, 重度干旱下也能在一定时间内保持稳定, 这些物质是构成沙棘强耐旱性的内在基础。

**关键词:** 渗透调节; 耐旱性; 沙棘

中图分类号: Q945.18 文献标识码: A

## Seabuckthorn relative membrane conductivity and osmotic adjustment under drought stress

HAN Rui-lian, LI Li-xia, LIANG Zong-suo\*

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Science and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** The relation between the soluble sugars and drought tolerance was researched. Increase of Proline can alleviate osmotic potential, which proved that seabuckthorn had characteristics of drought tolerance at low water potential. Owing to osmotic adjustment solutes (soluble sugars, free amino acids and proline) worked in coordination, which made soluble protein decomposed in small quantities, at the same time, permeability of plasma membrane and MAD increased slowly under long light and middle drought stress and grew by a small margin in certain time even under serious water stress. So, these materials and physiological mechanism were inherent basis of superior drought tolerance of seabuckthorn.

**Key words:** drought tolerance; osmotic adjustment; seabuckthorn

植物的生长发育经常会受到干旱胁迫的影响<sup>[1]</sup>。大量证据表明, 干旱诱导的植物生长受抑是干旱胁迫所产生的最明显的生理效应, 膨压对细胞生长具有关键性作用, 而渗透调节最重要的生理功能

就是全部或部分维持膨压<sup>[2~4]</sup>, 从而有利于其它生理过程的进行。因此, 植物体内所具有的保护体系、渗透调节功能及其它一些机制是某些抗旱植物在长期进化过程中所演化出的适应干旱的机制和策略,

收稿日期: 2002-09-20; 修改稿收到日期: 2002-11-12

基金项目: 中国科学院“西部之光”人才培养基金、知识创新基金(KZCX1-06)和水利部黄河上中游局科研基金资助项目(1997001)

作者简介: 韩蕊莲(1962-), 女(汉族), 副研究员。

\* 通讯联系人。Correspondence to: LIANG Zong-suo. E-mail: liangzs@163.net.

是其能够忍耐长期干旱胁迫的重要物质基础。

沙棘是胡颓子科沙棘属落叶灌木,近年来在黄土高原生态建设中的大面积栽植实践表明,沙棘具有很强的抗旱性,是具有作为绿化黄土高原的突破口的战略地位的树种。梁宗锁等人的研究表明,沙棘具有耐旱方式兼御旱特征<sup>[5]</sup>,对其御旱特性已经积累了相当丰富的资料,而对其生理耐旱特征研究才刚刚起步。而植物适应逆境机理十分复杂,很难靠一种酶活性做出准确的判断,必须综合分析才能得出正确结论<sup>[5,7]</sup>。本文对干旱胁迫下沙棘体内几类渗透调节物质在干旱胁迫下变化动态做了系统研究,以探讨其可能的耐旱机理。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料及处理方法

选用中国沙棘(*Hippophae rhamnoides* L. subsp. *sinensis* Rousi) 2年生实生苗,1999年4月初选大小基本一致,生长良好的苗木栽入高32 cm,内径30 cm盆内,每盆3株,盆中装土12 500 cm<sup>3</sup>,土壤最大持水量30.1%,放置于西北农林科技大学农业水土工程研究所玻璃遮雨棚下,使其正常生长。2000年6

月选择生长较一致的19盆植株,分为4组,设置4种土壤含水量水平:含水量分别为田间持水量的70%~75%,60%~65%,45%~50%及30%~35%。待土壤水分自然干燥至设定标准后开始测定,用TDR(时域反射仪)监测土壤含水量,每次用量杯补水,记录加水量,使各处理稳定在设计土壤含水量范围内。

### 1.2 测定项目及方法

1.2.1 可溶性蛋白质 考马斯亮蓝G-205比色法测定,参照高俊凤<sup>[6]</sup>的方法。

1.2.2 MDA含量 参照高俊凤<sup>[6]</sup>的方法略作改动,上述酶液2 mL加入0.5%硫代巴比妥酸(20%三氯乙酸定容),沸水浴煮沸30 min,于532 nm、600 nm、450 nm测定吸光度,计算每克叶鲜重含MDA的微摩尔数。

1.2.3 细胞膜相对透性 DDS-11A电导仪测定。

1.2.4 可溶性糖含量 蒽酮比色法测定;游离氨基酸总量:茚三酮显色法测定;脯氨酸(Pro)含量:茚三酮显色法测定。均参照高俊凤<sup>[6]</sup>的方法。

1.2.5 K<sup>+</sup>含量 日立180-80型原子吸收分光光度计测定。

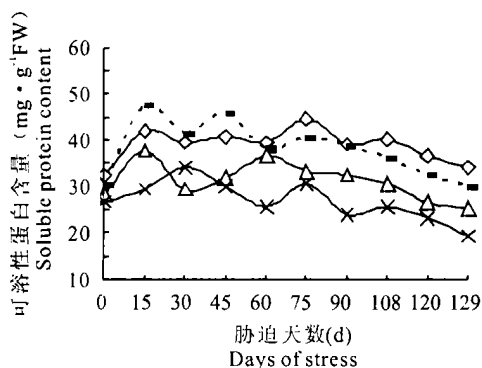


图1 土壤干旱对沙棘叶片可溶性蛋白的影响

○—○ 适宜水分    ····· 轻度胁迫  
△—△ 中度胁迫    ×—× 重度胁迫

Fig. 1 Effect of drought stress on soluble protein in the leaves of seabuckthorn seedlings

○—○ . Suitable water; ····· . Light drought stress;  
△—△ . Middle drought stress; ×—× . Grave drought stress

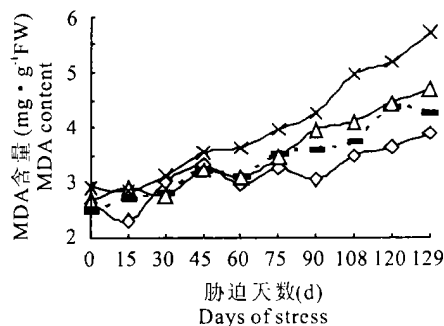


图2 不同水分条件下沙棘叶片MDA含量的变化

○—○ 适宜水分    ····· 轻度胁迫  
△—△ 中度胁迫    ×—× 重度胁迫

Fig. 2 Change of MDA content in seabuckthorn under different soil water content

○—○ . Suitable water; ····· . Light drought stress;  
△—△ . Middle drought stress; ×—× . Grave drought stress

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤干旱对沙棘叶片可溶性蛋白含量的影响

图1显示,与对照相比,轻度干旱下可溶性蛋白

含量在胁迫初期高于对照,而后呈降低趋势,但降低幅度不大;中度和重度干旱下沙棘叶片内可溶性蛋白含量均有所下降,并且随着胁迫时间的延长呈逐步降低的趋势,重度干旱下降低幅度较大,至胁迫期

末, 重度干旱下可溶性蛋白含量比对照降低 43. 9%, 明显大于中度干旱下降低值 26. 6% 及轻度干旱下的降低值 12. 0%。表明长时间严重干旱使沙棘体内分解代谢大于合成代谢, 可溶性蛋白大量降解。

### 2. 2 干旱胁迫条件下沙棘叶片内 MDA 含量变化

图 2 显示, 轻度、中度干旱下含量虽有增加并且也随干旱时间延长呈现增加趋势, 但增加幅度不大; 重度干旱使 MDA 含量增加较为显著, 且在胁迫后期 MDA 增幅明显, 具有持续、快速累加的效应。说明重度干旱持续较长时间后使沙棘受到不可逆伤害, 但应该指出, 适宜水分下沙棘叶片 MDA 含量在

生长后期也表现为逐步增加。

### 2. 3 土壤干旱对沙棘叶片细胞膜透性的影响

从图 3 可以看出, 随着干旱程度的加剧及干旱时间的延长, 沙棘细胞膜透性呈缓慢递增的趋势, 其中, 重度干旱下质膜透性在中后期增加幅度比前期增加, 至胁迫期末, 重度干旱下叶片透性比对照增加 67. 4%, 而轻度及中度干旱下质膜透性仅比对照增加 14. 1% 及 29. 5%; 轻度、中度干旱以及重度干旱下在一定时间内细胞膜增幅较小, 表明干旱并未使细胞膜受到严重伤害。然而后期对照膜透性增加与沙棘叶片进入衰老期有关。

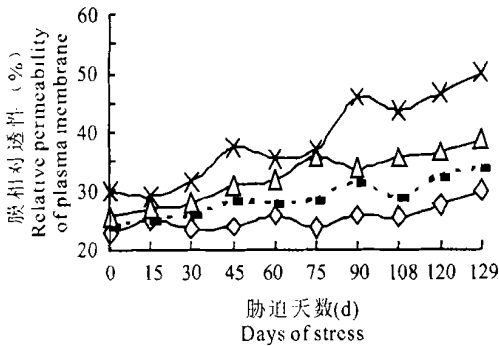


图 3 土壤干旱对沙棘叶片细胞膜相对透性的影响

—○— 适宜水分    ····· 轻度胁迫  
—△— 中度胁迫    —×— 重度胁迫

Fig. 3 Effect of drought stress on relative permeability of plasma membrane in the leaves of seabuckthorn seedlings

—○— . Suitable water; ····· . Light drought stress;  
—△— . Middle drought stress; —×— . Grave drought stress

### 2. 4 土壤干旱对沙棘叶片可溶性糖含量的影响

可溶性糖是植物体内一类较为有效的渗透调节物质。从图 4 中可以看出, 干旱胁迫使沙棘叶片内可溶性糖含量均有不同程度的增加, 但这种增加在胁迫中、后期趋于明显, 说明可溶性糖在沙棘体内的积累需一定的时间, 在中、后期其对降低渗透势、维持膨压贡献较大; 从总体水平看, 可溶性糖在沙棘体内积累随时间延长呈增加趋势。

### 2. 5 土壤干旱对沙棘叶片 Pro 含量的影响

Pro 是植物体内重要的渗透调节物质。图 5 显示, 干旱导致 Pro 在沙棘体内的大量积累, 随胁迫程度增加, Pro 积累的绝对量也表现增加, 但随着胁迫时间延长, Pro 含量并未持续增加, 却表现为波动较

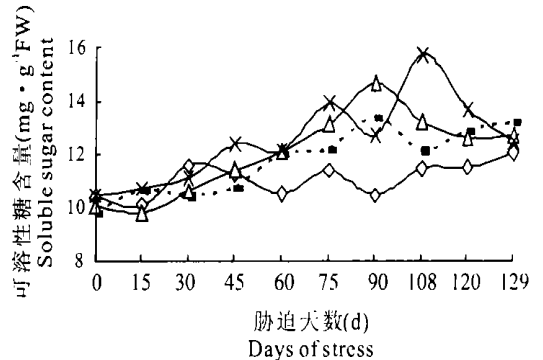


图 4 干旱胁迫对沙棘叶片可溶性糖含量的影响

—○— 适宜水分    ····· 轻度胁迫  
—△— 中度胁迫    —×— 重度胁迫

Fig. 4 Effect of drought stress on soluble sugars in the leaves of seabuckthorn seedlings

—○— . Suitable water; ····· . Light drought stress;  
—△— . Middle drought stress; —×— . Grave drought stress

大, 中度、重度胁迫下均于 45 d 时有一较小峰, 轻度、中度、重度胁迫下均于 75 d 出现一较大峰, 后期 Pro 含量表现下降的趋势。适宜水分下 Pro 含量总维持在较低的范围之内。

### 2. 6 土壤干旱对沙棘叶片游离氨基酸含量的影响

游离氨基酸在干旱时累积, 包括脯氨酸和其它氨基酸和酰氨, 其中脯氨酸最重要<sup>[5]</sup>。图 6 表明, 随着干旱程度的加剧, 沙棘叶片内游离氨基酸含量大体上表现出逐步增加的趋势, 3 种胁迫程度下叶片内游离氨基酸含量均于 75 d 时出现较高峰值, 与图 5 中脯氨酸的变化一致。游离氨基酸(包括脯氨酸)在沙棘叶片内累积可以有效降低细胞渗透势, 维持膨压, 是沙棘具有较强抗旱性的内在基础之一。

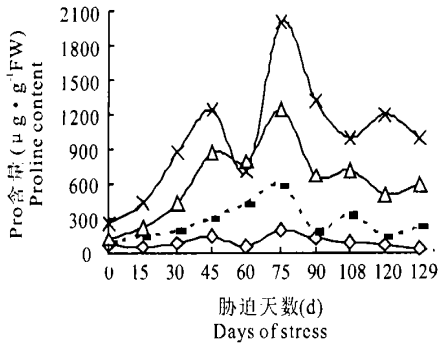


图5 土壤干旱胁迫对沙棘叶片 Pro 含量的影响

—○— 适宜水分    - - - 轻度胁迫  
 —△— 中度胁迫    —×— 重度胁迫

Fig. 5 Effect of drought stress on Proline in the leaves of seabuckthorn seedlings

—○— . Suitable water; - - - . Light drought stress;  
 —△— . Middle drought stress; —×— . Grave drought stress

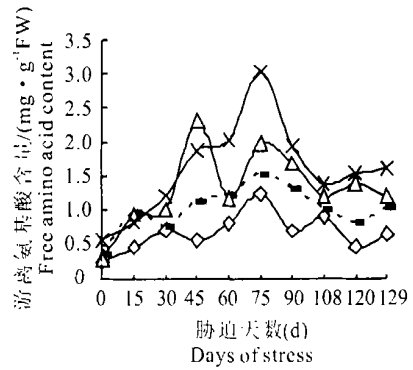


图6 土壤干旱胁迫对沙棘叶片游离氨基酸含量的影响

—○— 适宜水分    - - - 轻度胁迫  
 —△— 中度胁迫    —×— 重度胁迫

Fig. 6 Effect of drought stress on free amino acid in the leaves of seabuckthorn seedlings

—○— . Suitable water; - - - . Light drought stress;  
 —△— . Middle drought stress; —×— . Grave drought stress

K<sup>+</sup> 表现增加;从整体趋势看,各处理中 K<sup>+</sup> 含量随胁迫时间延长逐渐增加,但与对照相比,受旱植株中 K<sup>+</sup> 并无显著累积,且各处理 K<sup>+</sup> 含量与胁迫程度相关不大。

### 3 讨论

在本研究中,胁迫较短的时间内,轻度胁迫下沙棘叶片内可溶性蛋白略高于适宜水分下对照,而后期降低;中度及重度胁迫下蛋白含量持续下降,与游离氨基酸(图6)、Pro(图5)变化趋势较一致。游离氨基酸(包括Pro)作为氮代谢的产物,正是蛋白降解的结果。一些研究认为,水分胁迫下可溶性蛋白含量下降<sup>[10,11]</sup>,但同时也有一定的证据表明,在轻度水分亏缺下可溶性蛋白含量增加<sup>[13]</sup>。本研究结论与后者较为相似。至于实验结果的差异是由于实验条件(时间)不同导致,还是实验材料本身特性所引起还有待于进一步实验验证。

在水分胁迫下,植物既要从小水势变低的介质中继续吸水以维持体内水分平衡,又要维持膨压基本不变来保证体内生理生化过程的正常运转,通过渗透调节主动降低渗透势是一种重要的调节方式<sup>[5]</sup>。游离氨基酸,尤其Pro的连续累积也表明该物质对

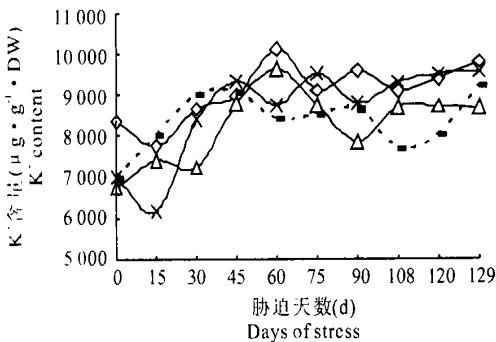


图7 不同土壤水分条件下沙棘叶片 K<sup>+</sup> 含量变化

—○— 适宜水分    - - - 轻度胁迫  
 —△— 中度胁迫    —×— 重度胁迫

Fig. 7 Change of K<sup>+</sup> content in seabuckthorn under different soil water content

—○— . Suitable water; - - - . Light drought stress;  
 —△— . Middle drought stress; —×— . Grave drought stress

### 2.7 土壤干旱对沙棘叶片 K<sup>+</sup> 含量的影响

一些研究证明, K<sup>+</sup> 是渗透调节物质中一种重要的无机离子,在水分胁迫时含量增加<sup>[7,8]</sup>。但在本研究中,图7表明,只有轻度干旱下叶片在胁迫初期

沙棘抗旱性的提高贡献较大;  $K^+$  在干旱下并无明显累积, 这与高爱丽<sup>[8]</sup>、李德全<sup>[9]</sup>等的结论不完全一致, 而与刘丹结果相似<sup>[12]</sup>, 初步认为  $K^+$  在沙棘抗旱性方面作用不大; 可溶性糖主要在胁迫中、后期才开始累积, 与其它渗透调节物质相比表现出一定的滞后性, 但糖的物理化学性质决定了它的渗透调节能力高于其它任何物质<sup>[13]</sup>, 所以可以认为可溶性糖是沙棘能够忍耐长期干旱胁迫的重要物质基础之一。

本研究证明: 渗透调节物质可溶性糖在胁迫中、后期的大量累积, 游离氨基酸、Pro 自始至终的持续

累积能降低渗透势, 维持生长, 使沙棘具备了低水势抗旱的特征。

由于沙棘渗透调节物质(可溶性糖、游离氨基酸、Pro)的作用, 使沙棘在长期轻度、中度干旱下细胞膜透性、MDA 含量增加较少, 重度干旱下也能在一定时间内保持较小增幅, 可溶性蛋白在胁迫时维持稳定, 降解较少。所以渗透调节是构成沙棘强耐旱性的内在生理机制之一。这些结果对揭示沙棘适应我国北方干旱半干旱生境的机制的最终揭示具有重要意义。

## 参考文献:

- [1] BOYER I S. Plant productivity and environment[J]. Science, 1982, 218.
- [2] LI D Q(李德全), ZOU Q(邹琦), CHEN B S(程炳嵩). The osmotic adjustment of plants in response to stress[J]. Journal of Shandong Agriculture University (山东农业大学学报), 1989, (2): 75- 80(in Chinese).
- [3] CUTLER J M, et al. Influence of water deficits and osmotic adjustment on leaf elongation in rice[J]. Crop. Sci., 1980, 20: 314- 318.
- [4] TUNER N C. Concurrent comparisons of stomatal behavior, water status, and evaporation of maize in soil at high or low water potential[J]. Plant Physiol., 1975, 55: 932- 936.
- [5] LIANG Z S(梁宗锁), LI M(李敏), WANG J F(王俊峰). Seabuckthorn anti-drought physiological mechanism[J]. Hippophae(沙棘), 1998, 11(3): 8- 13(in Chinese).
- [6] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 北京: 世界出版社, 1999.
- [7] LENTHERICI, PINTO E, et al. Harvest date affects the antioxidative systems in pear fruits[J]. Journal of Horticultural and Biotechnology, 1999, 74(6): 791- 795.
- [8] GAO A L(高爱丽), ZHAO X M(赵秀梅), CHEN Y Q(陈毓全). The relation between wheat leaves osmotic adjustment and drought resistance under water stress[J]. Acta. Bot. Boreal. -Occident. Sin (西北植物学报), 1991, 11(1): 58- 63(in Chinese).
- [9] LI D Q(李德全), ZOU Q(邹琦), CHEN B S(程炳嵩). Osmotic adjustment and osmotica of wheat cultivars with different drought resistance under soil drought[J]. Acta Phytophysiologica Sinica. (植物生理学报), 1992, 18(1): 37- 44(in Chinese).
- [10] SEEL W E, HENDY G A F, LEE J A. Effects of desiccation on some activated oxygen processing enzymes and anti-oxidants in mosses[J]. J. Exp. Bot., 1992, 43: 1031- 1035.
- [11] REN D T(任东涛), ZHAO S L(赵松岭). Effect of water stress on protein metabolism of flag leaves of spring wheat growing in semi-arid region[J]. Acta Agronomica Sinica(作物学报), 1997, 23(4): 468- 473(in Chinese).
- [12] LIU D(刘丹). Changes in respiration and some osmoticas accumulation of wheat seedling under water stress[J]. Journal of Yunnan Agriculture University (云南农业大学学报), 1990, 51(1): 30- 37(in Chinese).
- [13] YU T Q(于同泉), QING L(秦岭), WANG Y N(王有年). The studies of accumulation of solubility sugars and component changes in Chinese chestnut under osmotic stress[J]. Journal of Beijing Agriculture College(北京农学院学报), 1996, 11(6): 43- 47(in Chinese).