

# 高温和干旱胁迫对鳞叶藓游离脯氨酸和可溶性糖含量的影响

张显强, 罗在柒, 唐金刚, 卢文芸, 乙引

(贵州师范大学生物技术与工程学院, 贵州贵阳 550001)

**摘要:** 研究了高温和干旱胁迫对鳞叶藓(*Taxiphyllum taxirameum*)游离脯氨酸和可溶性糖含量的影响。结果显示, 高温和干旱均能诱导植物体内可溶性糖的积累。在 60 °C 高温胁迫下处理, 可溶性糖含量随处理时间的延长而增加, 最高值比对照增加了 2 倍。PEG-6000 胁迫下处理可使可溶性糖含量分别增加 2.4 倍。经统计学检验, 逆境条件与游离脯氨酸含量变化无关。

**关键词:** 鳞叶藓; 高温胁迫; 干旱胁迫; 游离脯氨酸; 可溶性糖

**中图分类号:** Q946 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2004)06-0570-04

## Effect of high temperature and drought stress on free proline content and soluble sugar content of *Taxiphyllum taxirameum*

ZHANG Xian-qiang, LUO Zai-qi, TANG Jin-gang,  
LU Wen-yun, YI Yin

(School of Biological Technology and Engineering, GuiZhou Normal University, GuiZhou 550001, China)

**Abstract:** Both high temperature and drought stress increased free proline and soluble sugar content in the bryophyte *Taxiphyllum taxirameum* in Karst areas. *T. taxirameum* accumulated 2 times of soluble sugar more than control under 60 °C, and 2.4 times of that when grown under PEG-6 000 stress. By statistical testing, free proline content is independent of the adverse condition.

**Key words:** *Taxiphyllum taxirameum*; high temperature stress; drought stress; free proline; soluble sugar

苔藓植物是植物界中的一个重要门类, 种数仅次于种子植物, 在水土保持和防止水土流失中起着十分重要的作用。目前对于苔藓植物的研究多集中于形态、分类和生态分布上, 少有生理方面的报道。曹日强等(1989)选用地钱(*Marchantia polymorpha*)为材料, 证实了苔藓植物也存在 NADP/Td 系统。陈蓉蓉等(1998)测试了钙离子浓度对几种喜钙藓类的孢子萌发和原丝体生长的影响。近期刘应迪等(2001a, b)探讨了藓类植物水分含量与光合作用

速率的关系, 同时对高温胁迫条件下两种藓体内游离脯氨酸积累及其与处理时间和处理温度的关系进行了初步的研究。

在喀斯特地区裸露岩石上生长的苔藓对干旱环境具有很强的忍耐能力。虽然如此, 一些生长在特殊生境(极度干旱地区)和特殊基质(如维管植物叶面)中的苔藓植物是否具有特殊的生理生态适应机制, 至今仍不清楚。特别是对于在干旱状态下的生理生化的研究了解甚少。

收稿日期: 2003-11-10 修订日期: 2004-02-16

基金项目: 贵州省自然科学基金(973098)

作者简介: 张显强(1976-), 男, 贵州台江人, 硕士生, 植物生理生态学专业。

游离脯氨酸和可溶性糖是目前研究植物在逆境条件下积累的最多的渗透调节物质, 能从本质上探讨植物本身内在的生理机制。本文就鳞叶藓在高温胁迫和模拟干旱处理条件下, 进行了游离脯氨酸和可溶性糖等指标的测定, 目的在于揭示苔藓的抗逆机制, 为喀斯特石山改造、水土保持和环境保护提供理论基础。

## 1 材料与方 法

### 1.1 实验材料

鳞叶藓 (*Taxiphyllum taxirameum* (Mitt.) Fleisch.) 采于贵州省贵阳市南明区森林公园裸露的岩石上, 采集前四天天气晴朗, 平均气温 20 °C 以上。

### 1.2 材料处理

将新鲜采集的鳞叶藓在温室中保湿培养。随机选取生长较为整齐的苔藓, 除去泥土和残渣, 放在培养皿中两层湿滤纸上, 光照培养箱中培养, 温度 25 (±2) °C, 光照强度 1 600 lx, 12h/12h, 每天在材料上喷少量水以后, 盖上盖, 避免水分丧失。3 d 后进行如下处理。处理一: 将材料置于已调整好温度的人工恒温箱中, 分别于 0、2、5、10、20、40、80 h 取出。对照温度为 25 (±2) °C, 处理温度为 60 (±1) °C。处理二: 将材料放入浓度为 0、-5、-10、-15、-25、-50 Bar 的 PEG-6000 溶液中培养 2 d。每个样品均测定游离脯氨酸和可溶性糖含量, 重复 3 次。

### 1.3 游离脯氨酸含量的测定

参照张殿忠等(1990)的磺基水杨酸方法进行。

### 1.4 可溶性糖测定

参照上海植物生理研究所编(1985)《植物生理学实验手册》方法进行。

### 1.5 统计方法

所有结果均采用 SPSS 统计软件进行处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 温度胁迫对鳞叶藓水分变化的影响

在恒温 60 °C 的处理下, 植物含水量和失水率在前 10 h 发生较大的变化(图 1)。含水量从未经处理的 22.4% 下降到 9.1%, 在 20 h 后为恒定的含水量 8.8%。失水量在前 10 h 从 0 上升到 13.3%, 20 h 以后为稳定的失水率 13.6%。经统计学分析, 鳞叶藓含水量和失水量之间存在显著的负相关关系, R

为 -0.984 ( $P < 0.01$ )。

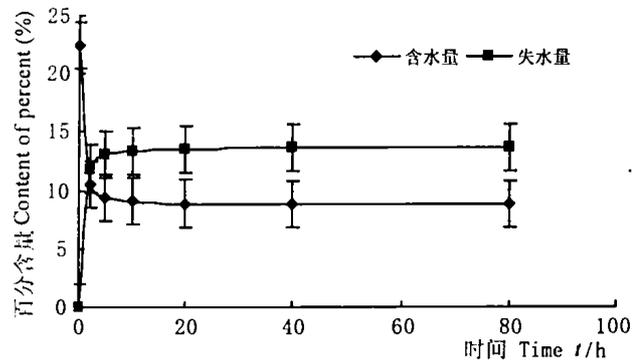


图 1 高温胁迫对鳞叶藓水分变化的影响  
Fig. 1 Effect of high temperature on water content of *Taxiphyllum taxirameum*

### 2.2 高温和干旱胁迫对鳞叶藓可溶性糖含量的影响

以 PEG-6000 作为胁迫因素对鳞叶藓进行模拟干旱处理, 可以看出随胁迫强度的增加, 可溶性糖含量增加趋势明显, 从 142.6 mg/g DW (对照) 上升到 344.3 mg/g DW (-50 Bar), 增长近 2.4 倍(图 2)。经 SPSS 统计软件分析结果表明, 糖含量的变化与胁迫强度呈显著的正相关, 相关系数 R 为 0.951 ( $P < 0.01$ )。在 60 °C 的恒温处理下, 随着时间的进程糖含量呈上升变化。从起始的 142.6 mg/g DW 上升到胁迫 40 h 时的 293.8 mg/g DW, 增加 2 倍多; 40 h 以后基本趋于稳定状态(图 3)。从具体数据看, 高温胁迫处理较 PEG-6000 模拟干旱胁迫处理糖积累的程度弱一些, 但都表现为共同的增加趋势。两组数据经单因素方差分析并经 F 检验, 结果显示, 在逆境情况下对鳞叶藓可溶性糖含量有显著影响; 在 PEG-6000 胁迫处理下, F 值为 25.83 ( $F_{1,4,0.01} = 21.21$ ), 大于  $F_{\alpha}$  ( $P < 0.01$ ) 的水平, 差异极显著; 在高温胁迫下, F 值为 7.44 ( $F_{1,4,0.05} = 6.61$ ), 大于  $F_{\alpha}$  ( $P < 0.05$ ) 的水平, 差异显著; 高温和干旱胁迫对鳞叶藓可溶性糖含量有影响。

### 2.3 高温和干旱胁迫对鳞叶藓游离脯氨酸含量的影响

从图 5 的数据可以看出, 游离脯氨酸含量在 -10 Bar 时达到或接近其最大值, 为 0.088 mg/g DW, 以后基本趋于平衡状态, 游离脯氨酸含量随胁迫变化不太明显。由图 4 看出, 在 0~20 h 之间, 游离脯氨酸积累变化上升趋势不明显, 从 0.068 mg/g DW 上升到 0.096 mg/g DW, 相差仅为 0.028 mg; 20 h 时的游离脯氨酸含量和对照相差不大, 20 h 后变化平缓并保持不变的趋势。两组数据经单因素方差分析并经 F 检验, 结果显示, 在逆境情况下对鳞叶藓游离脯氨

酸含量无显著影响;在 PEG-6000 胁迫处理下, F 值为 6.54( $F_{1,4,0.05} = 7.71$ ), 小于  $F_0$  ( $P < 0.05$ ) 的水平, 无明

显差异;在高温胁迫下, F 值为 6.44( $F_{1,5,0.05} = 6.61$ ), 小于  $F_0$  ( $P < 0.05$ ) 的水平, 无明显差异。

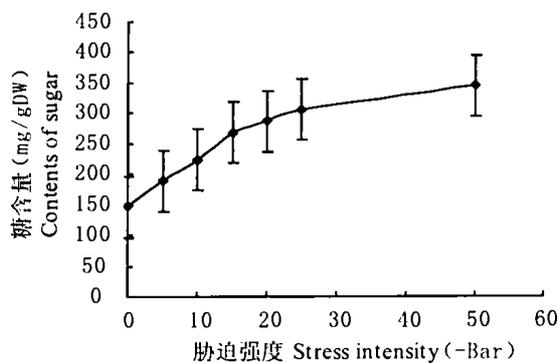


图 2 PEG-6000 胁迫对糖含量的影响

Fig. 2 Effect of PEG-6000 on sugar content of *Taxiphyllum taxirameum*

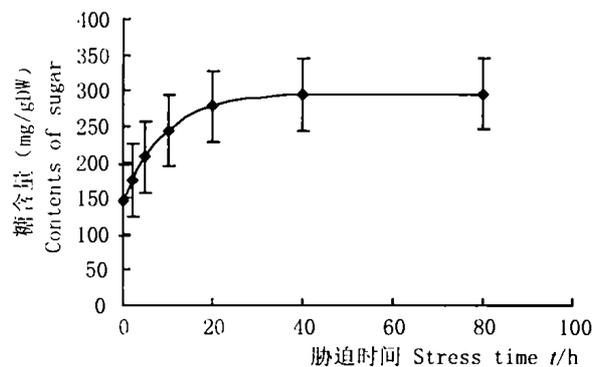


图 3 高温胁迫对鳞叶藓糖含量的影响

Fig. 3 Effect of high temperature on sugar content of *Taxiphyllum taxirameum*

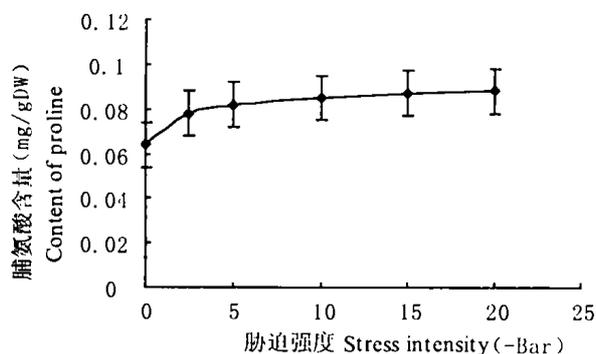


图 4 高温胁迫对脯氨酸含量的影响

Fig. 4 Effect of high temperature on proline content of *Taxiphyllum taxirameum*

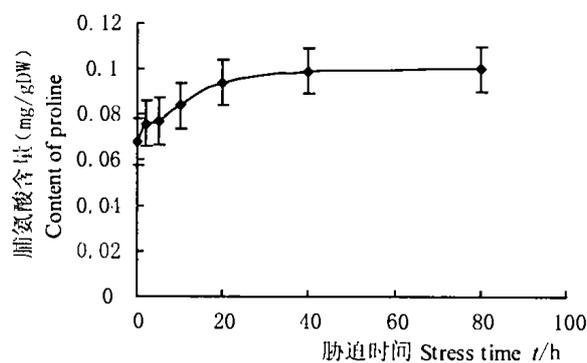


图 5 PEG-6000 对鳞叶藓脯氨酸含量的影响

Fig. 5 Effect of PEG-6000 on proline content of *Taxiphyllum taxirameum*

### 3 讨论

鳞叶藓在高温胁迫处理下水分的变化在较短的时间得到了调节,形成一套抵御高温和水分散失的系统,使植物体在不良的环境中得以生存下来。其次,通过对植物体外形变化的观察,在处理前 10 h 植物体叶片强烈卷缩,成内卷和背卷形态,在卷缩时还能将其叶片紧紧地裹在茎上。这样不仅防止了叶片水分的蒸发,同时还保护茎不受损伤和水分的过量散发。在整个处理过程中,材料未出现萎蔫现象。有资料显示,对藓类来说,致死高温一般为 85~110 °C(胡人亮,1987),同时也可忍受极低的温度。对于温度的适应,应该与苔藓在温度胁迫下具有适合温度变化的光合作用机制和呼吸作用机制。因此,通过形态上的变化来降低水分的散失,通过生理上的调整来应付环境的恶劣变化。

除从外部形态进行调节以外,鳞叶藓还通过增加渗透调节物质来进行调节。渗透调节作用的强弱,取决于渗透调节物质:一类为无机离子,一类为细胞内合成或分解转化的有机物。当胁迫增加时,有机小分子如脯氨酸开始积累,胁迫强度进一步增加则可溶性糖积累,可溶性糖具备了渗透调节物质所需的所有条件,即溶解性高、分子量小、在生理环境下不带电荷、生成必须是迅速的、对代谢活动和酶活性影响小。在一定的干旱范围内,许多植物能通过渗透物质的渗透调节作用来维持细胞一定的含水量和膨压势,从而维持细胞的正常功能,水势下降情况下要达到膨压势不变,渗透势必定要下降,细胞内渗透物质浓度的增加就是引起渗透势下降的一个关键因素。藓类植物体内糖含量较高,也是能耐干旱的原因之一。苔藓忍耐干旱的能力与其原先生境类型有关,来源于较干旱微生境的种类在长期失水中能较好地维持和恢复光合作用和糖类含量。这与本

实验研究糖的变化所得的结果是完全相同的,证明糖的积累对植物抵抗不良环境具有一定的作用。表 1 中的数据表明,在正常生长的高等维管植物中可溶性糖的含量都普遍高于鳞叶藓,在经干旱胁迫以后含量均有不同水平的增加,增长幅度均没有鳞叶藓大,由此可见,可溶性糖含量的增加对于苔藓度过不良环境是非常重要的。

表 1 几种维管植物与鳞叶藓可溶性糖含量比较

Table 1 Comparison of soluble sugar content in two vascular plants and *Taxiphyllum taxirameum*

植物名称 Name	棉(陆海-3) Cotton (Luhai-3)	鳞叶藓 <i>Taxiphyllum</i> <i>taxirameum</i> (苏佩,1996)	玉米 Maize
对照 Control(%)	2.42	1.43	9.20
PEG-6000 胁迫 Stress(-1.2 Mpa,%)	2.84	3.44	9.85
胁迫/对照 Stress/Control	1.17	2.41	1.07

脯氨酸是植物蛋白质的组分之一,并以游离状态广泛地存在于植物体中。正常条件下,高等维管植物体中游离脯氨酸的含量并不多,约为 0.2~0.7 g/g DW 干重,占总游离氨基酸的百分之几,但在逆境条件下(干旱、盐渍、冷冻等)植物体内游离脯氨酸可增加 10~100 倍,达到占游离氨基酸的 40% 以上,尤其干旱胁迫脯氨酸积累最多。脯氨酸与抗逆性的关系在高等植物中可能并不十分简单,这主要在于植物抗逆性的途径是多种多样的,不同植物不同条件下不一定通过同一途径来抵抗外界的不良环境。虽然一般认为在渗透胁迫下游离脯氨酸和可溶性糖作为有机渗透物质而积累。但是,关于脯氨酸的表现一直有争议,Singh(1972)提出在大麦中,脯氨酸的积累与抗性成正相关;曹仪植等(1985)在以小麦为实验研究对象,提出相反的观点;任文伟等(2000)对不同地理种群羊草在 PEG 胁迫下脯氨酸含量进行比较研究,认为羊草的抗旱性与脯氨酸的积累特性及其生境有密切的关系。本文的实验结果也证实,在干旱和高温胁迫下,对鳞叶藓起调节作用的物质是糖而不是脯氨酸。产生这种变化的原因,可能是由于环境不同,也可能是本身所固有的内在机制所决定的,这一问题有待于进一步的深入研究。

因此,对喀斯特典型藓种鳞叶藓抗旱和耐热的研究,有助于阐明岩溶地区某些藓类植物对不良环境的适应机制,为岩溶石山的恢复治理和开发提供科学依据。

## 参考文献:

- 胡人亮. 1987. 苔藓生物学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1-14, 433-439.
- 植物生理学会编. 1985. 植物生理学实验手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 117-118.
- Cao YZ(曹仪植), Lu ZS(吕忠恕). 1985. The accumulation of free proline and the role of ABA in water-stressed plants (水分胁迫下植物体内游离脯氨酸的累积及 ABA 在其中的作用)[J]. *Acta Phytophysiol Sin*(植物生理学报), 11(1): 9-16.
- Cao RQ(曹日强), Zhou ZM(周志民). 1989. NADP/Thioredoxin system in *Marchantia polymorpha*, *Nephrolepis cordifolia* and *Cupressus lusitanica* (地钱、肾蕨和中山柏中的 NADP 硫氧还蛋白系统)[J]. *Acta Phytophysiol Sin*(植物生理学报), 15(2): 205-209.
- Chen RR(陈蓉蓉), Liu N(刘宁), Yang S(杨松), et al. 1998. The effect of  $Ca^{2+}$  concentration on growth of four Bryophytes from Karst area on Qianling mountain( $Ca^{2+}$  浓度对黔灵山喀斯特生境中苔藓植物生长的影响)[J]. *J GuiZhou Normal Univ(Natural science Edition)*(贵州师范大学学报(自然科学版)), 16(1): 4-7.
- Liu YD(刘应迪), Li HP(李和平), Xiao DL(肖冬林), et al. 2001. The accumulation of free proline in mosses under high temperature stress(高温胁迫下藓类植物游离脯氨酸含量的变化)[J]. *J Jishou Univ(Natural science Edition)*(吉首大学学报(自然科学版)), 22(1): 1-3.
- Liu YD(刘应迪), Zhu JY(朱杰英), Chen J(陈军), et al. 2001. Relationships of water content to photosynthesis, respiration and water potential in three species of mosses(3种藓类植物水分含量与光合作用、呼吸作用和水势的关系)[J]. *J Wuhan Bot Res*(武汉植物学研究), 19(2): 135-142.
- Ren WW(任文伟), Qian J(钱吉), Zheng SZ(郑师章). 2000. Comparative study of *leymus chinensis*'s water content and free proline of different geographic populations under the force of different consistency PEG(不同地理种群羊草在聚乙二醇胁迫下含水量和游离脯氨酸含量的比较)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), 20(2): 349-352.
- Singh TN, Aspinall D, Paleg LG. 1972. Proline accumulation and varical adaptability to drought in barley: a potential metabolic measure of drought resistance[J]. *Nature New Biol*, 236: 188-190.
- Su P(苏佩), Shan L(山仑). 1996. Water uptake mechanism and soluble sugar metabolism of Sorghum seeds under water stress(水分胁迫条件下高粱种子的吸机制及其可溶性糖代谢的变化)[J]. *Acta Bot Boreali-occidentalia Sin*(西北植物学报), 16(3): 203-207.
- Zhang DZ(张殿忠), Wang PH(汪沛洪), Zhao HX(赵会贤). 1990. Determination of the content of free proline in wheat leaves(测定小麦叶片游离脯氨酸含量的方法)[J]. *Plant Physiol Commun*(植物生理学通讯), 16(4): 62-65.