

# 干旱胁迫对甜高粱幼苗渗透调节物质的影响

荣少英<sup>1,2</sup>, 郭蜀光<sup>2</sup>, 张彤<sup>1,2\*</sup>

(1. 河南大学 生态科学与技术研究所, 河南 开封 475001; 2. 河南大学 生命科学学院, 河南 开封 475001)

**摘要:** 为探讨不同水分条件对甜高粱和普通高粱 幼苗渗透调节物质的影响, 以辽甜 1 号和辽杂 10 号为试验材料, 采用 桶栽人工控水试验方法, 研究了不同水分处理甜高粱和普通高粱 各渗透调节物质的动态变化, 并探讨了这些指标与其抗旱性的关系。结果表明: 随着水分胁迫的加剧, 甜高粱的叶片保水能力、脯氨酸含量、可溶性蛋白 含量较普通高粱均有不同程度提高, 而可溶性糖及丙二醛 (MDA) 含量与普通高粱相比则呈下降趋势。甜高粱和普通高粱均可通过积累 渗透调节物质来适应干旱逆境, 但二者的渗透调节途径存在一定差异, 在苗期, 甜高粱以脯氨酸和可溶性蛋白 为主要渗透调节物, 普通高粱则以可溶性糖为主要渗透调节物质。

**关键词:** 干旱胁迫; 甜高粱; 普通高粱; 渗透调节物质

**中图分类号:** S514      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1004-3268(2011)04-0056-04

## Effects of Drought Stress on Osmoregulation Substances in Sweet Sorghum Seedlings

RONG Shao-ying<sup>1,2</sup>, GUO Shu-guang<sup>2</sup>, ZHANG Tong<sup>1,2\*</sup>

(1. Institute of Ecological Science and Technology, Henan University, Kaifeng 475001, China;

2. College of Life Science, Hennan University, Kaifeng 475001, China)

**Abstract:** To investigate effects of water conditions on osmoregulation substances in seedlings of sweet sorghum and grain sorghum, potted Liaotian 1 (a sweet sorghum variety) and Liaozao10 (a grain sorghum variety) seedlings were subjected to different water treatments. The results showed that with water stress intensifying, the sweet sorghum variety exhibited higher leaf water-retention potential, proline content and soluble protein content, but lower content of soluble sugar and malondialdehyde, than the grain sorghum variety. It would appear that both sorghum varieties were able to adapt to drought stress through accumulation of osmoregulation substances: The sweet sorghum variety used primarily proline and soluble proteins as osmoregulation while the grain sorghum variety relied more heavily on soluble sugars.

**Key words:** Drought stress; Sweet sorghum; Grain sorghum; Osmoregulation substances

水是植物生长发育的重要因素, 水资源的短缺限制了世界范围内作物的产量。干旱对作物产量和作物生长的影响, 反映在一系列生理生化及形态变化上<sup>[1]</sup>。在水分亏缺造成各种损伤之前, 植物就对胁迫做出包括基因表达在内的适应性调节反应, 使其自身做出最优化的选择。当植物处在水分胁迫条件下时, 能够通过形态上或生理上的临时变化和调节来抵抗和适应干旱, 植物一般都具有抵抗和适应的机制和能力, 作物对不同水分胁迫程度及不同胁迫

时间下的反应及适应机制是不一样的<sup>[2-3]</sup>。

植物受到干旱胁迫后, 可通过启动体内的一系列反应来抵御干旱。渗透调节是植物抵抗逆境胁迫的重要调节机制之一, 在轻度及中度干旱的胁迫下, 农作物主要通过渗透调节来保护自身免受胁迫的伤害。渗透调节物质分为无机 (以  $K^+$  为主) 和有机渗透调节物质 2 种, 许多作物都具有这种调节能力<sup>[4]</sup>。

随着能源和环境问题的日益突出, 清洁、可再生的生物能源越来越受到人们的高度关注。甜高粱

收稿日期: 2010-12-10

基金项目: 河南省教育厅基础研究项目 (200510475016)

作者简介: 荣少英 (1986-), 女, 河南新乡人, 在读硕士研究生, 研究方向: 植物生理生态。E-mail: rongshaoying666@163.com

\* 通讯作者: 张彤 (1967-), 女, 河南开封人, 副教授, 硕士生导师, 主要从事植物生理生态研究。

E-mail: tongzhang426@henu.edu.cn

(*Sorghum bicolor* L. Moench) 作为一种 C<sub>4</sub> 高效作物, 是普通粒用高粱的一个变种, 具有生物产量高、抗逆性强、种植范围广、乙醇转化率高、转化成本低和综合利用价值高等优势<sup>[5]</sup>。近年来, 有关水分胁迫对植物的影响在小麦<sup>[6]</sup>、玉米<sup>[7]</sup>、水稻<sup>[8]</sup>、大豆<sup>[9-10]</sup>、高粱<sup>[11]</sup>等已有大量报道, 但有关甜高粱水分利用上的差异研究还不多见。鉴此, 选用河南省适播的甜高粱和普通高粱 (*Sorghum bicolor* L. Moench) 品种作为试验材料, 通过研究逐步干旱胁迫下二者生理生化指标随土壤水分的动态变化规律, 探讨和比较他们的渗透调节物质的动态变化, 以期对甜高粱的开发与利用提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

以甜高粱(辽甜1号)和普通高粱(辽杂10号)为试验材料, 均由辽宁省国家高粱改良中心提供。培养用土按农田土与营养土3◇1比例配制, 土壤有机质为14.24g/kg, 速效磷131.914mg/kg, 速效氮132.7mg/kg, 速效钾483.9mg/kg, 全氮0.85g/kg。充分混匀后装入内径为29cm, 高为30cm的塑料桶中, 每桶播种8粒, 同时调节土壤的含水量为15.5%。在其生长过程中保持充足的水分供应, 待苗长到四叶一心时进行定苗, 每桶保留4株长势基本一致的种苗, 在有防雨措施的试验棚中进行种植。

### 1.2 试验方法

出苗30d后进行水分处理, 设置对照(CK)、中度干旱胁迫(MS)、重度干旱胁迫(SS)3个水分处理。对照的土壤含水量占土壤最大持水量的70%~75%, 中度干旱胁迫为50%~55%, 重度干旱胁迫为30%~35%。每个处理3桶, 共18桶。水分处理期间, 每天通过称重法按控水标准补充灌水。水分胁迫持续7d后, 选取上部完全展开的叶片进行各项指标测定。

### 1.3 测定指标及方法

本试验主要测定了可溶性糖、可溶性蛋白、脯氨酸、丙二醛及叶片含水量。参照李合生的方法测定<sup>[12]</sup>, 可溶性糖含量用蒽酮比色法测定, 可溶性蛋白质含量用考马斯亮蓝G-250染色法测定, 脯氨酸含量用酸性水合茚三酮显色法测定, 丙二醛含量用硫代巴比妥酸(TBA)法测定, 叶片含水量采用烘干法测定。

### 1.4 数据处理

采用Excel 2003和Origin 7.0进行数据分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 干旱胁迫下高粱含水量的变化

叶片含水量是植物水分状况的重要指标, 水分胁迫下其含量的变化可反映水分亏缺的程度及组织的抗脱水能力。相对含水量高的植物其生理功能旺盛, 对干旱的适应能力强<sup>[13]</sup>。从图1可以看出, 在各水分处理条件下, 甜高粱叶片含水量的变化趋势均略高于普通高粱。正常供水条件下, 甜高粱叶片含水量比普通高粱高出2.79%, 中度和重度胁迫下, 分别比普通高粱高出1.76%和1.02%。在干旱胁迫下, 作物叶片含水量的减少程度, 在一定程度上能够反映抗旱性的强弱。叶片保水力越好的作物, 其叶片含水量减少程度越小。以上数据可以得出, 在正常水分条件和逆境条件下, 甜高粱与普通高粱相比均具有较高的叶片持水能力。

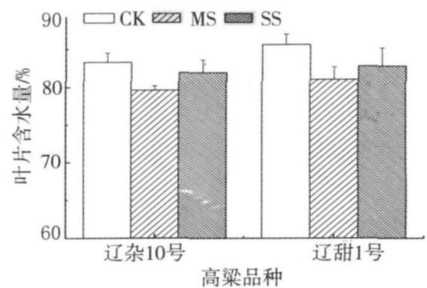


图1 干旱胁迫对高粱含水量的影响

### 2.2 干旱胁迫下高粱可溶性蛋白含量的变化

从图2可以看出, 干旱胁迫下, 普通高粱可溶性蛋白含量均低于对照水平, 呈持续下降趋势, 中度和重度胁迫可溶性蛋白含量分别比对照降低了12%和16%。而甜高粱可溶性蛋白含量呈上升趋势, 中度胁迫和重度胁迫可溶性蛋白含量分别比对照高出26%和28%, 比普通高粱分别高出15%和24%。Dhindsa研究指出, 逆境胁迫下, 膜脂过氧化产物MDA抑制蛋白质的生物合成过程<sup>[14]</sup>。长时间严重

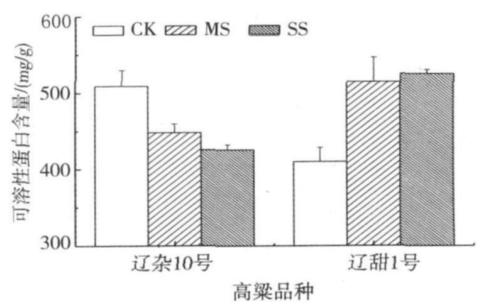


图2 干旱胁迫对高粱可溶性蛋白含量的影响

干旱胁迫使植物体内分解代谢大于合成代谢,可溶性蛋白大量分解<sup>[15]</sup>

### 2.3 干旱胁迫下高粱脯氨酸含量的变化

从图 3 可以看出,普通高粱在中度及重度水分胁迫下,脯氨酸含量分别比对照高出了 15% 和 17%,而甜高粱则相比对照高出了 22% 和 43%。甜高粱的变化幅度大于普通高粱。3 个水分处理下,甜高粱辽甜 1 号的脯氨酸含量分别比普通高粱辽杂 10 号高出了 23%、31%、50%。脯氨酸的增加对调节体内渗透势,提高幼苗的抗旱能力具有一定的作用。研究结果表明,在干旱胁迫下,无论是甜高粱还是普通高粱均通过积累脯氨酸来调节渗透势,确保水分的供应。而且甜高粱在积累脯氨酸的能力上,更优于普通高粱。

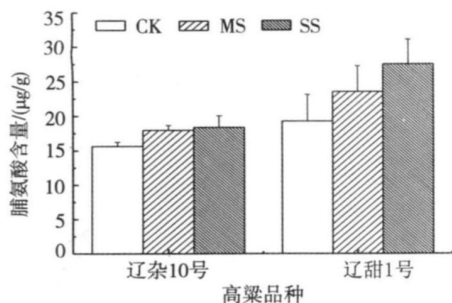


图 3 干旱胁迫对高粱脯氨酸含量的影响

### 2.4 干旱胁迫下高粱可溶性糖含量的变化

由图 4 可知,普通高粱在中度和重度水分胁迫下,可溶性糖含量分别比对照高出 49% 和 73%,而甜高粱高出 13% 和 56%。在正常供水条件下,甜高粱和普通高粱可溶性糖含量差异不明显,普通高粱比甜高粱高出 5.7%,水分胁迫处理下,二者的可溶性糖含量均有所增加,普通高粱可溶性糖含量均高于甜高粱,中度和重度胁迫分别比甜高粱高出 39% 和 17%。以上数据表明,在水分胁迫下,甜高粱和普通高粱均可通过积累可溶性糖来降低渗透势,维持细胞膨压以适应水分亏缺,但普通高粱累积可溶性糖的能力强于甜高粱。

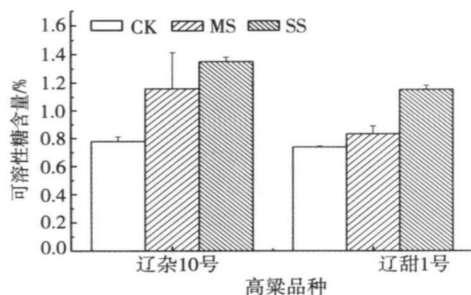


图 4 干旱胁迫对高粱可溶性糖含量的影响

### 2.5 干旱胁迫下高粱 MDA 含量的变化

由图 5 可以看出,在水分胁迫条件下,普通高粱和甜高粱的 MDA 含量均随胁迫程度的增加而呈上升趋势,但增加的幅度不同。与对照相比,甜高粱增幅不太明显,中度和重度胁迫下较对照分别高出 6.7% 和 1.9%,而普通高粱则分别高出 45% 和 47%。水分胁迫下,普通高粱的 MDA 含量上升幅度明显大于甜高粱,中度和重度胁迫下分别比甜高粱高出 16% 和 6.1%。表明在水分胁迫条件下,甜高粱相对于普通高粱,膜脂过氧化物含量较少,质膜因膜脂过氧化作用而受到的损伤较少,耐干旱胁迫的能力较强。

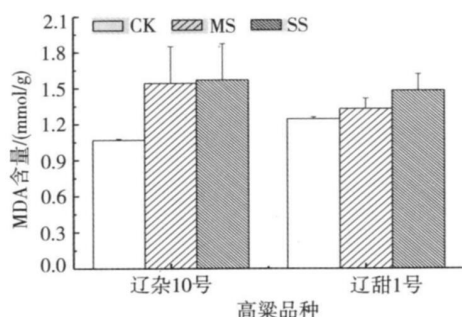


图 5 干旱胁迫对高粱 MDA 含量的影响

## 3 结论与讨论

植物的抗旱性与水分息息相关,这是由于植株的水分状况关系到细胞膨压、有机物的分解、合成、运输等过程。本试验中,正常供水和水分胁迫下,甜高粱叶片含水量均高于普通高粱,说明甜高粱较普通高粱具有较高的叶片持水能力,对水分的适应性略强于普通高粱。MDA 是反映质膜破坏程度以及细胞膜脂过氧化作用强弱的重要指标。试验表明,水分胁迫下普通高粱 MDA 含量增加且增加幅度大于甜高粱,表明干旱胁迫加重了普通高粱的膜脂过氧化,膜系统损伤程度较甜高粱大,其含量的大量增加也影响了可溶性蛋白的合成。

干旱胁迫下,植物能否维持正常的生长状况,关键在于能否维持体内的水分平衡,而渗透调节作为植物适应水分胁迫的主要生理机制,它是通过积累适量的渗透调节物质,提高溶质的浓度,降低植物体的渗透势来抵御逆境伤害,这有助于细胞或组织持水,从而维持膨压<sup>[16-19]</sup>。这是植物在水分亏缺时做出的一种保护性反应。植物在缺水条件下可通过积累如可溶性蛋白、脯氨酸等来提高细胞的渗透调节能力。本试验表明,在干旱胁迫条件下,甜高粱叶片脯氨酸及可溶性蛋白含量均有不同程度的提高,这说明甜高粱可以通过渗透调节作用来抵御干旱逆

境,从而提高其对水分的适应性。在水分胁迫条件下,甜高粱脯氨酸及可溶性蛋白含量均随胁迫程度的增加而增加,且增加幅度大于普通高粱,表明甜高粱可通过渗透调节作用来适应干旱逆境,二者是甜高粱的主要渗透调节物(有机),其含量的多少能反映作物的抗旱性。而普通高粱可溶性糖含量随土壤含水量的下降而呈增加趋势,增加幅度明显大于甜高粱,说明普通高粱通过积累可溶性糖作为主要渗透调节物进行渗透调节。

在整个水分胁迫处理中,脯氨酸与可溶性糖的累积进程不同,两者之间很可能具有相互补偿的作用,可溶性糖含量的积累顺序是普通高粱>甜高粱,脯氨酸含量的积累顺序是甜高粱>普通高粱,脯氨酸含量在干旱胁迫后期大量积累可能是可溶性糖含量下降的补偿策略,这一结论与陈敏在塔里木河中下游地区研究3种植物的抗旱机理<sup>[20]</sup>,韩瑞宏研究紫花苜蓿2种渗透调节物质的变化上结论是一致的<sup>[21]</sup>。本试验中,甜高粱以脯氨酸和可溶性蛋白作为主渗透调节物质,普通高粱以积累可溶性糖作为主渗透调节物质,这与邵艳军等<sup>[22]</sup>的研究不尽相同,可能与选用的品种及试验方法有关。

由于本试验只测定了可溶性糖、可溶性蛋白和脯氨酸3种主要渗透调节物质,关于其他有机和无机渗透调节物质在高粱抗干旱胁迫渗透调节中所起的作用还有待于进一步的研究。

致谢:感谢王晓辉老师对本文英文摘要及论文格式的指导!

#### 参考文献:

- [1] 山仑. 植物水分利用效率和半干旱地区农业用水[J]. 植物生理学通讯, 1994, 30(1): 61-66.
- [2] 程炳浩. 植物生理与农业研究[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 332-337.
- [3] Bray E A. Molecular response to water deficit[J]. Plant Physiology, 1993, 103: 1035-1040.
- [4] 陈亚娟, 李付广, 刘传亮, 等. 植物渗透调节研究进展及与棉花耐旱遗传改良[J]. 分子植物育种, 2009, 7(1): 149-154.
- [5] 卢庆善. 甜高粱研究进展[J]. 世界农业, 1998(5): 21-23.
- [6] 吕金印, 山仑, 高俊凤, 等. 干旱对小麦灌浆期旗叶光合

等生理特性的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(2): 77-80.

- [7] 苏佩, 山仑. 拔节期复水对玉米苗期受旱胁迫的补偿效应[J]. 植物生理学通讯, 1995, 31(5): 341-344.
- [8] 蔡昆争, 吴学祝, 骆世明. 不同生育期水分胁迫对水稻根叶渗透调节物质变化的影响[J]. 植物生态学报, 2008, 32(2): 491-500.
- [9] 王磊, 张彤, 丁圣彦. 干旱和复水对大豆光合生理生态特性的影响[J]. 生态学报, 2006, 26(7): 2073-2078.
- [10] 李玉梅, 李建英, 王根林, 等. 水分胁迫对大豆幼苗叶片内源激素的影响[J]. 大豆科学, 2007, 26(4): 627-629.
- [11] 苏佩, 山仑. 多变低水环境下高粱高产节水生理基础的研究[J]. 应用与环境生物学报, 1997, 3(4): 305-308.
- [12] 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: 184-261.
- [13] 姚祝武. 常绿阔叶林木在北方地区抗旱适应类型分析[J]. 北京农业科学, 2001(4): 24-28.
- [14] Dhindsa R S. Inhibition of protein synthesis by products of lipid peroxidation phytochemistry[J]. Phytochem, 1982, 31: 309-313.
- [15] 张智, 夏宜平, 徐伟伟. 两种观赏草的自然失水胁迫初步研究[J]. 园艺学报, 2007, 34(4): 1029-1032.
- [16] Smirnov N. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation[J]. New Phytologist, 1993, 125: 27-58.
- [17] 秦欣, 孙世玲, 王铭伦, 等. 干旱胁迫下冠菌素对花生幼苗叶片渗透调节物质及膜脂过氧化的影响[J]. 花生学报, 2009, 38(1): 18-21.
- [18] Morgan J M. Osmoregulation and water stress in higher plants[J]. Annual Review of Plant Physiology, 1984, 35: 299-319.
- [19] Cabuslay G S, Ito O, Alejar A A. Physiological evaluation of responds of rice (*Oryza sativa* L.) to water deficit[J]. Plant Science, 2002, 163: 815-827.
- [20] 徐建. 山西农业自然灾害情况分析对策[J]. 山西农业科学, 2008, 36(10): 17-18.
- [21] 韩瑞宏, 田华, 高桂娟, 等. 干旱胁迫下紫花苜蓿叶片水分代谢与两种渗透调节物质的变化[J]. 华北农学报, 2008, 23(4): 140-144.
- [22] 邵艳军, 山仑, 李广敏. 干旱胁迫与复水条件下高粱、玉米苗期渗透调节及抗氧化比较研究[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(1): 66-70.