

# 外源甜菜碱对高温胁迫下菜豆幼苗的生理效应

呼 彧<sup>1</sup>, 刘建辉<sup>1</sup>, 王 平<sup>1</sup>, 马慧刚<sup>2</sup>

(1. 西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 安徽省安庆市农委, 安徽 安庆 246002)

**摘 要:**以“地豆王”菜豆品种为材料, 对2~3叶期幼苗叶面分别喷施0.5、1.0、1.5、2.0 mmol/L的甜菜碱溶液, 在喷施后将幼苗置于41℃高温下胁迫24 h, 研究外源甜菜碱对菜豆幼苗高温胁迫的生理效应。结果表明: 喷施适宜浓度的甜菜碱溶液, 可以降低菜豆幼苗叶片中的丙二醛含量, 提高可溶性蛋白含量与SOD、POD、CAT酶活性, 从而缓解高温胁迫对菜豆幼苗的伤害, 其中0.5 mmol/L处理效果最明显。

**关键词:**甜菜碱; 高温胁迫; 菜豆; 丙二醛; 保护酶

**中图分类号:** Q 945.78 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2009)08-0005-04

菜豆 (*Phaseolus vulgaris* L.) 为喜温蔬菜, 不耐高温, 在菜豆生产中常有高温危害的发生。高温危害使菜豆茎叶生长不良, 落花落荚现象严重, 产量降低, 品质下降。高温胁迫还会打破活性氧原有的代谢平衡, 诱发氧化胁迫, 致使细胞生理代谢紊乱<sup>[1]</sup>。研究菜豆高温危害生理与防御技术是近年菜豆研究的重要课题。甘氨酸甜菜碱 (简称甜菜碱, Glycine betaine GB) 是一类季铵类水溶性生物碱, 存在于大多数植物中, 是非常重要的渗透调节物质<sup>[2]</sup>, 外源甜菜碱增强植物抗性作用的生理基础, 除了调节体内渗透物质的积累以外, 也与抗氧化作用酶类的变化有关<sup>[3-4]</sup>。目前, 对甜菜碱的抗逆性研究主要集中在植物耐盐性<sup>[5-6]</sup>、抗旱性<sup>[7-9]</sup>和抗冷性<sup>[10-13]</sup>方面。有关甜菜碱对植物高温危害的缓解作用只在仙客来<sup>[14]</sup>、葡萄<sup>[15]</sup>上有研究。而甜菜碱对菜豆高温胁迫的影响未见报道。因此, 该试验研究外源甜菜碱对高温胁迫下菜豆幼苗耐热性的生理生化影响, 以探讨外源甜菜碱缓解菜豆高温危害的效应和机制, 为防御菜豆高温危害提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试材料为菜豆品种“地豆王一号”, 由农城种业提供。GB 为 Sigma 公司产品 (分析纯)。试验在西北农林

科技大学园艺学院进行。种子经浸种、催芽后, 播种于 10 cm×10 cm 营养钵中, 育苗基质为复合营养基质 (安徽省无籽西瓜研究所提供), 在昼 (25±1)℃/夜 (15±1)℃的人工气候箱下培养, 培养幼苗至 2~3 片真叶时进行处理。

### 1.2 方法

1.2.1 试验处理 对培养至 2~3 片真叶的菜豆幼苗叶片进行不同浓度 GB 溶液预处理: 分别喷施 0.5 (GB 0.5)、1.0 (GB1.0)、1.5 (GB1.5)、2.0 (GB2.0) mmol/L 的 GB 溶液 (调 pH 6.8), 并以常温蒸馏水处理 (CK1) 和高温蒸馏水处理 (CK2) 为对照。每 5 d 喷 1 次, 共喷 2 次, 以叶片湿润为止, 喷施时间为 18:00。将供试的菜豆幼苗 (CK1 除外) 于最后 1 次喷施后第 2 天置于 (41±1)℃, 光照强度为 100 mol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>, 光照时间为 12 h, 相对湿度 70% 的人工气候箱中处理 24 h, 每个重复 10 株, 3 次重复。

1.2.2 测定指标与方法 丙二醛含量采用硫代巴比妥酸法 (TBA)<sup>[16]</sup>测定, 可溶性蛋白含量采用考马斯亮蓝法<sup>[16]</sup>测定。超氧化物歧化酶 (SOD) 活性根据 SOD 抑制氮蓝四唑 (NBT) 的光化还原原理<sup>[16]</sup>测定, 酶活性以抑制光化还原 NBT 50% 为 1 个活性单位。过氧化物酶 (POD) 活性采用愈创木酚法<sup>[16]</sup>测定。过氧化氢酶 (CAT) 活性采用分光光度计法<sup>[17]</sup>测定。

1.2.3 数据分析 试验数据采用 Excel 与 DPS3.01 统计软件进行分析。

## 2 结果与分析

2.1 GB 对高温胁迫下菜豆幼苗 MDA 含量的影响 MDA (丙二醛) 是膜脂过氧化作用的最终产物, 是反映植物体膜系统伤害的重要标志之一。由图 1 可知, 在高温胁迫下, 菜豆幼苗 MDA 含量显著上升。而喷施不同浓度的 GB 溶液, 均能降低高温胁迫下的 MDA 含量。

第一作者简介: 呼彧 (1982-), 女, 在读硕士, 现从事设施园艺研究工作。E-mail: huyuyanhy@163.com。

通讯作者: 刘建辉 (1953-), 男, 本科, 副教授, 硕士生导师, 现从事蔬菜栽培生理生态与设施园艺研究工作。E-mail: xnyyjlh@163.com。

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划资助项目 (2007BAD79B 04)。

收稿日期: 2009-03-07

且与 CK2 相比, 达到了显著差异水平。0.5、1.0、1.5、2.0 mmol/L 4 种处理的降低率依次为 35.38%、28.38%、22.50%、18.05%。其中 0.5 mmol/L GB 溶液处理下 MDA 的降低率最高。随着 GB 溶液浓度的增大, MDA 含量又呈上升趋势。0.5 mmol/L 与 1.0 mmol/L 处理间差异不显著。这表明喷施一定浓度的 GB 溶液可以显著降低 MDA 含量, 缓解高温对菜豆幼苗叶片质膜的伤害。

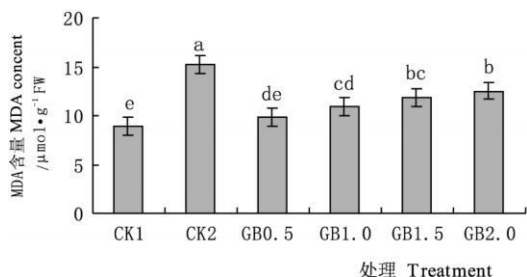


图1 外源GB对高温胁迫下菜豆幼苗MDA活性的影响

Fig.1 Effect of GB on MDA content of kidney bean seedling under high temperature stress

注: Duncan 新复极差测验, 不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ ), 下同。Note: Duncan Multiple Range test, different letters means the significant differences ( $P < 0.05$ ), the same as follow.

## 2.2 GB对高温胁迫下菜豆幼苗可溶性蛋白含量影响

由图2可知, 在高温胁迫条件下, 菜豆幼苗可溶性蛋白含量显著降低。高温胁迫下可溶性蛋白含量与植物的耐热性密切相关。在高温条件下, 蛋白质合成速率下降, 酶活性钝化, 易遭受热害; 另一方面, 高温还可使蛋白质水解加快。喷施不同浓度的GB溶液, 均能显著提高高温胁迫下菜豆幼苗的可溶性蛋白含量, 0.5、1.0、1.5、2.0 mmol/L 4种处理分别比CK2依次增加了26.86%、23.07%、22.32%、15.92%, 以0.5 mmol/L处理可溶性蛋白的增加率最大, 随着GB浓度的增大, 可溶性蛋白含量增加率降低。这表明喷施一定浓度的GB溶液可以维持可溶性蛋白含量, 有利于增强菜豆幼苗对高温胁迫的抵抗能力。

## 2.3 GB对高温胁迫下菜豆幼苗SOD活性的影响

SOD(超氧化物歧化酶)是消除自由基的重要酶之一, 可以减轻膜脂过氧化程度。由图3可知, 在高温胁迫下, 未喷施GB溶液的菜豆幼苗SOD活性显著降低, 说明高温胁迫对菜豆幼苗SOD活性有明显的抑制作用。喷施一定浓度的GB溶液, 可以有效提高高温胁迫下菜豆叶片中的SOD活性。0.5、1.0、1.5、2.0 mmol/L 4种处理分别比CK2依次提高了8.58%、6.88%、6.63%、4.60%。各处理间与CK2相比, 均达到了显著

差异水平, 其中0.5 mmol/L处理的SOD活性最高。1.0 mmol/L与1.5 mmol/L的处理间差异不显著。表明喷施一定浓度的GB溶液可以缓解高温胁迫对菜豆幼苗叶片中SOD活性的抑制作用。

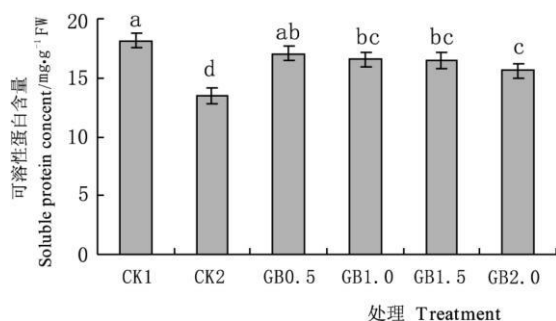


图2 外源GB对高温胁迫下菜豆幼苗可溶性蛋白含量的影响

Fig.2 Effect of GB on soluble protein content in kidney bean seedling under high temperature stress

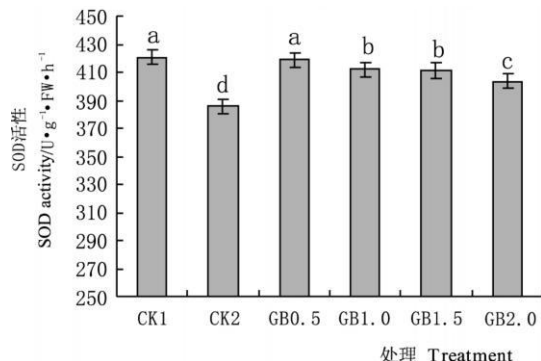


图3 外源GB对高温胁迫下菜豆幼苗SOD活性的影响

Fig.3 Effect of GB on SOD activity in kidney bean seedling under high temperature stress

## 2.4 GB对高温胁迫下菜豆幼苗POD活性的影响

由图4可知, 在高温胁迫条件下, 未喷施GB溶液的菜豆幼苗的POD(过氧化物酶)活性显著降低。喷施一定浓度的GB溶液可以显著增加菜豆幼苗叶片中的POD活性, 0.5、1.0、1.5、2.0 mmol/L 4种处理分别比CK2依次提高了41.55%、36.37%、24.26%、22.80%。各处理与对照相比, 均达到了显著差异水平, 其中0.5 mmol/L处理的POD活性最高, 与其他各处理间相比, 也达到了显著差异水平, 1.5、2.0 mmol/L的处理间差异不显著。表明喷施一定浓度的GB溶液可以维持高温胁迫下较高的POD活性。

## 2.5 GB对高温胁迫下菜豆幼苗CAT活性的影响

由图5可知, 在高温胁迫下, 未喷施GB溶液的菜豆幼苗CAT(过氧化氢酶)活性与CK1相比, 活性显著降低。喷施一定浓度的GB溶液可以提高菜豆幼苗叶片中

的CAT 活性, 0.5、1.0、1.5、2.0 mmol/L 4种处理分别比CK2 依次提高了16.51%、11.62%、2.78%、0.21%。0.5 mmol/L 的CAT 活性最高, 而随着处理浓度的增加, CAT 活性呈下降趋势, 1.5、2.0 mmol/L 处理的CAT 活性则与CK2 相比, 差异不显著。表明喷施一定浓度的GB 溶液, 可以缓解高温胁迫对菜豆幼苗叶片中CAT 活性的影响, 而高浓度的GB 溶液, 则对CAT 活性的升高有抑制作用。

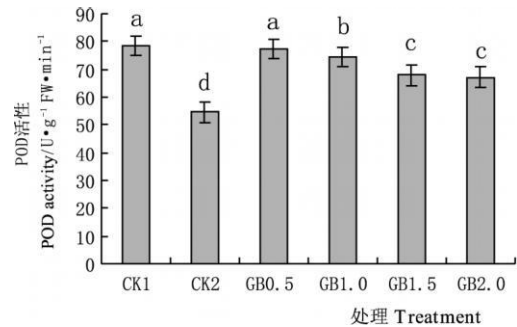


图4 外源GB对高温胁迫下菜豆幼苗POD活性的影响  
Fig. 4 Effect of GB on POD activity in kidney bean seedling under high temperature stress

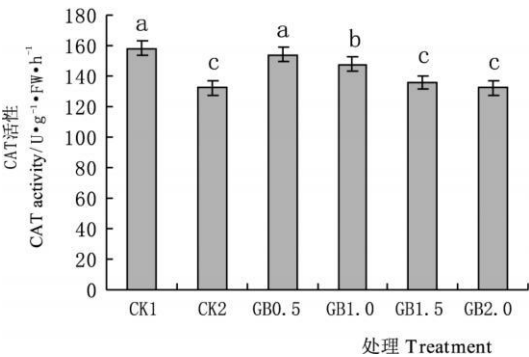


图5 外源GB对高温胁迫下菜豆幼苗CAT活性的影响  
Fig. 5 Effect of GB on CAT activity in kidney bean seedling under high temperature stress

3 讨论

植物器官在高温胁迫时, 往往发生膜脂过氧化作用。丙二醛是其中的产物之一, 通常将其作为脂质过氧化指标, 用于表示细胞膜脂过氧化程度和植物对逆境条件反应的强弱<sup>[9]</sup>。

植物酶促防御系统, 包括超氧化物歧化酶(SOD), 过氧化物酶(POD), 过氧化氢酶(CAT) 等是消除自由基的重要酶, 其可以减轻膜脂过氧化程度, 保持膜系统的稳定性<sup>[18]</sup>。前人在对黄瓜<sup>[19]</sup>、萝卜<sup>[20]</sup>、水稻<sup>[21]</sup> 的研究表明, 在高温胁迫下叶片中SOD、POD、CAT 活性下降, 造成膜脂过氧化作用加剧, 使膜系统进一步受到伤害。该

试验研究也表明, 在菜豆幼苗发生高温胁迫伤害时, 丙二醛含量上升, 可溶性蛋白含量下降, 高温胁迫使正常蛋白合成受阻、蛋白分解加剧, 造成膜完整性破坏<sup>[18 22]</sup>, SOD、POD、CAT 活性下降, 这些结论与前人的研究结论相同。这种生理生化的变化可能是因为在高温胁迫下, 正常的代谢活动紊乱, 从而易受膜脂过氧化产物MDA 的抑制及高温对酶的亚铁原卟啉基的破坏有关<sup>[23]</sup>。

在逆境胁迫条件下, 植物体内通过诱导甜菜碱的积累, 维持细胞膜稳定性和完整性, 提高细胞的渗透调节能力, 维持体内无机离子的平衡。外源甜菜碱在施用, 无论采用叶面喷施或根部浸渍处理, 都易于植物吸收利用, 并能提高植物的抗逆境能力<sup>[24]</sup>。在对抗旱、抗寒等其他逆境中表明, 喷施一定浓度的GB 溶液, 能够减轻逆境胁迫对番茄<sup>[25]</sup> 与水稻<sup>[11]</sup> 的影响, 可以减轻逆境胁迫对质膜造成的伤害, 抑制MDA 的积累。该试验表明, 喷施0.5~2.0 mmol/L 的GB, 可以显著缓解高温胁迫对菜豆幼苗的伤害。在试验范围内, 随着GB 处理浓度的增加, MDA 含量的降幅、可溶性蛋白含量的增幅均呈下降趋势, 保护酶系中SOD 活性、POD 活性也随GB 浓度的增加呈下降趋势, 表明喷施0.5 mmol/L 的GB 可以有效缓解高温胁迫对菜豆幼苗的破坏, 浓度高于0.5 mmol/L 缓解效应减小。曲复宁<sup>[14]</sup> 等在百合上研究表明, 100 mg/L 的GB 能够在一定程度上减轻高温对仙客来植株的伤害。孟凤<sup>[15]</sup> 等在葡萄上研究表明, 喷施5.0 mmol/L 的GB 能够提高葡萄幼苗的抗热性。不同的药效处理可能是不同的植物对甜菜碱有不同的适宜浓度, 因此可以做进一步的研究。

参考文献

[ 1 ] De Luca dOro G M, Trippi V S. Effect of stress conditions induced by temperature, water and rain on senescence development [ J ] . Plant and Cell Physiology, 1987, 6(28): 1389-1396.  
[ 2 ] Robinson S P, Jones G P. Accumulation of Glycine Betaine in Chloroplasts Provides osmotic Adjustment During Salt Stress[ J ] . Aust. J Plant Physiol, 1986 13: 659-668.  
[ 3 ] 李新梅, 孙丙耀, 谈建中. 甜菜碱与植物抗逆性关系的研究进展[ J ] . 农业科学研究, 2006, 27(3): 66-70.  
[ 4 ] 李永华, 邹琦. 植物体内甜菜碱合成相关酶的基因工程 [ J ] . 植物生理学报, 2002, 38(5): 500-504.  
[ 5 ] 李玉静, 宋宪亮, 杨兴洪, 等. 甜菜碱浸种对棉苗耐盐性的影响[ J ] . 作物学报, 2008, 34(2): 305-310.  
[ 6 ] 陈沁, 刘友良. 谷胱甘肽对盐胁迫大麦叶片活性氧清除系统的保护作用 [ J ] . 作物学报, 2000 26(3): 365-371.  
[ 7 ] 杨淑英, 张建新, 吕家珑, 等. 外源甜菜碱对冬小麦抗旱性生理指标的影响研究 [ J ] . 西北植物学报, 2000 20(6): 1041-1045.  
[ 8 ] Zhao X X, Ma Q Q, Liang C, et al. Effect of glycinebetaine on function of thylakoid membranes in wheat flag leaves under drought stress[ J ] . Biologia Plantarum, 2007, 51(3): 584-588.  
[ 9 ] 王子华, 金基石, 高俊平. 谷胱甘肽提高月季切花失水胁迫耐性与GR活性的关系 [ J ] . 园艺学报, 2006 33(1): 89-94.

- [10] 李芸瑛, 梁广坚, 李永华, 等. 外源甜菜碱对黄瓜幼苗抗冷性的影响[J]. 植物生理学通讯, 2004, 40(6): 673-676.
- [11] 徐锦海. 根施不同浓度的甜菜碱对水稻幼苗抗冷性的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2007, 34(4): 491-495.
- [12] 黄丽华. 甜菜碱对玉米幼苗抗寒性的影响[J]. 湖北农业科学, 2006, 45(2): 168-170.
- [13] Wang C, Ma X L, Hui Z et al. Glycine betaine improves thylakoid membrane function of tobacco leaves under low-temperature stress[J]. Photosynthetica, 2008, 46(3): 400-409.
- [14] 曲复宁, 尤翠荣, 康黎芳, 等. 高温胁迫下甜菜碱和甘露醇对仙客来的保护效应[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2002, 30(5): 60-62.
- [15] 孟凤, 郁松林, 郑强卿, 等. 外源甜菜碱对葡萄幼苗抗高温胁迫能力的影响[J]. 果树学报, 2008, 25(4): 581-584.
- [16] 孙群, 胡景江. 植物生理学研究技术[M]. 西安: 西北农林科技大学出版社, 2006.
- [17] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 西安: 世界地图出版社, 2000.
- [18] Aron G P. Superoxide dismutase in mitochondria from Helianthus tuberosus and Neurospora crassa[J]. Biochem Soc Trans, 1976(4): 618-620.
- [19] 马德华, 庞金安, 李淑菊, 等. 温度逆境锻炼对高温下黄瓜幼苗生理的影响[J]. 园艺学报, 1998, 25(4): 350-355.
- [20] 陈火英, 张建华, 汪隆植. 萝卜幼苗耐热性与过氧化物酶和超氧化物歧化酶关系的研究[J]. 上海农学院学报, 1990, 8(4): 265-268.
- [21] 张桂莲, 陈立云, 张顺堂, 等. 高温胁迫对水稻剑叶保护酶活性和膜透性的影响[J]. 作物学报, 2006, 32(9): 1306-1310.
- [22] 丁自立, 吴金平, 杨国正. 棉花抗热性与高温诱导可溶性蛋白质关系[J]. 中南民族大学学报(自然科学版), 2007, 26(1): 23-25.
- [23] 赵可夫, 王韶唐. 作物抗性生理[M]. 北京: 农业出版社, 1990.
- [24] 孟凤, 郁松林, 郑强卿, 等. 甜菜碱与植物抗逆性关系之研究进展[J]. 中国农学通报, 2008, 24(4): 225-228.
- [25] 殷云刚, 罗庆熙, 马承, 等. 干旱胁迫下叶面喷施甜菜碱对番茄幼苗生理指标的影响[J]. 北方园艺, 2008(10): 60-61.

## Physiological Effects of Glycine Betaine under High Temperature Stress of Kidney Bean Seedlings

HU Yu<sup>1</sup>, LIU Jian-hui<sup>1</sup>, WANG Ping<sup>1</sup>, MA Hui-gang<sup>2</sup>

(1. College of Horticulture, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Agriculture Committee of Anqing, Anqing, Anhui 246002, China)

**Abstract:** The study was done in order to learn the effect of GB under high temperature stress of kidney bean seedlings. Leaves with 2~3 were tested using by GB between 0.5~2.0 mmol/L were treated for 24 h under 41 °C. The results showed that GB could reduce the contents of MDA and enhance the contents of soluble protein, raise the activity of SOD, POD and CAT. The heat resistance of kidney bean seedling treated with 0.5 mmol/L of GB gave the best result.

**Key words:** GB; High temperature; Kidney bean; MDA; Soluble protein; Protective enzyme

## 《中华人民共和国农村土地承包经营纠纷调解仲裁法》

《中华人民共和国农村土地承包经营纠纷调解仲裁法》于2009年6月27日第十一届全国人大常委会第九次会议表决通过,自2010年1月1日起施行。这也是我国继2002年颁布了《农村土地承包法》后,又一部规范农村土地承包经营工作,维护农民土地承包合法权益的法律,这为解决农村土地承包经营纠纷提供了一个相对规范、统一的法律制度。