

## 外源蔗糖对盐胁迫荞麦幼苗根系生长的缓解效应

刘丽萍 臧小云 袁巧云 蔡庆生\*

南京农业大学生命科学学院, 南京 210095

**提要** 实验结果表明, 盐胁迫下, 添加外源蔗糖后, 荞麦根系伸长生长和根系活力增加, 超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)活性下降, 过氧化氢酶(CAT)活性升高, 丙二醛(MDA)含量下降, 总黄酮含量和苯丙氨酸解氨酶(PAL)活性极显著升高。

**关键词** 外源蔗糖; 盐胁迫; 根系; 荞麦; 黄酮

## Mitigating Effect of Exogenous Sucrose on Root Growth of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) Seedlings under Salt Stress

LIU Li-Ping, ZANG Xiao-Yun, YUAN Qiao-Yun, CAI Qing-Sheng\*

College of Life Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

**Abstract** The buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) seedlings were treated with 1, 3 and 5 mmol·L<sup>-1</sup> exogenous sucrose plus 100 mmol·L<sup>-1</sup> NaCl solution respectively. The result showed that exogenous sucrose obviously mitigated the inhibition of the roots elongation under salt stress. Superoxide dismutase (SOD) and peroxidase (POD) activities and malondialdehyde (MDA) content decreased obviously. Catalase (CAT) and phenylalanine ammonia-lyase (PAL) activities and the total flavonoids content increased significantly.

**Key words** exogenous sucrose; salt stress; root; buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench); flavonoids

已有的研究表明, 腐胺、氨基乙酸甜菜碱、脂肪酸和硅离子等外源物质能不同程度地提高植物耐盐性(Zhao和Pei 2005; Lutts等1996; Demiral和Turkan 2006; Liang等2005)。蔗糖是调控植物生长发育进程的信号分子(Gibson 2005)。外源蔗糖和其它碳水化合物缓解盐对植物诸多生命活动的胁迫已有报道, 如外源蔗糖能缓解NaCl对蓝藻固氮活性及去铵阻抑的胁迫(陈因和方大惟1991, 1994, 1995a, 1995b); 在高等植物中, 外源葡萄糖和果糖可增强硝普钠(NO供体)对盐胁迫下水稻幼苗生长的促进效应(凌腾芳等2005), 外源海藻糖也可以增加小麦幼苗耐盐性(丁顺华等2005)。

通常, 植物通过抗氧化系统的作用抵御各种逆境胁迫(Parida和Das 2005), 也可以通过积累黄酮类物质提高植物抗氧化能力(黄少白等1998a, b, c; 冯虎元等2002; 孟朝妮等2005), 从而抑制脂质过氧化和清除多种自由基(Cook和Samman 1996)。Suzuki等(2005)研究黄酮的生理作用时观察到, 经UV-B辐射、低温和干旱处理后, 荞麦(*Fagopyrum esculentum* Moench)叶片中

黄酮类物质芦丁含量升高, 因而有可能增强其抗逆境胁迫的能力。

根据上述报道可以推测, 蔗糖和黄酮类物质很有可能会影响植物的耐盐性。鉴于荞麦有广泛适应性(罗虹等2005), 可在含盐量达0.1%的土壤中正常生长(朱凤华等1987), 且荞麦营养体中富含黄酮类物质(唐宇和赵钢1989), 培养7~10 d的幼苗中黄酮含量显著增加, 其中的芦丁和槲皮素含量可达到种子中含量的35~65倍(Kim等2004)。据此, 本文以荞麦为材料, 探讨外源蔗糖对盐胁迫下荞麦幼苗根系生长、黄酮类物质含量以及几种抗氧化生理指标的影响。

### 材料与amp;方法

以普通荞麦品种‘晋荞1号’(*Fagopyrum esculentum* Moench cv. Jinqiao 1#)为材料, 挑选上年收获的饱满种子, 用1%升汞消毒灭菌10 min,

收稿 2006-03-30 修定 2006-08-07

资助 国家自然科学基金(30270800)。

\*通讯作者(E-mail: qscai@njau.edu.cn, Tel: 025-84395187)。

浸种 32 h, 播于铺有滤纸的周转箱中并置于 28℃ 的培养箱中培养。芽长至 5 mm 左右时, 将其播于装有石英砂底部带孔的杯中, 以每 8 杯为 1 组置于周转箱中。子叶全展时, 分别浇灌 (1) 1/5 Hoagland 营养液 (对照); (2) 100 mmol·L<sup>-1</sup> NaCl 溶液 (T<sub>0</sub>); (3) 含 1 mmol·L<sup>-1</sup> 蔗糖 + 100 mmol·L<sup>-1</sup> NaCl 溶液的 Hoagland 营养液 (T<sub>1</sub>); (4) 含 3 mmol·L<sup>-1</sup> 蔗糖 + 100 mmol·L<sup>-1</sup> NaCl 溶液的 Hoagland 营养液 (T<sub>2</sub>); (5) 含 5 mmol·L<sup>-1</sup> 蔗糖 + 100 mmol·L<sup>-1</sup> NaCl 溶液的 Hoagland 营养液 (T<sub>3</sub>), 每天更换培养液 1 次。处理 6 d 时取样, 每次重复 15 株, 一部分样品用于测定幼苗根重、根长、根系活力和丙二醛 (malondialdehyde, MDA) 含量, 另一部分样品置于液氮中保存以测定过氧化氢酶 (catalase, CAT)、超氧化物歧化酶 (superoxide dismutase, SOD)、过氧化物酶 (peroxidase, POD) 和苯丙氨酸解氨酶 (phenylalanine ammonia-lyase, PAL) 活性, 其他样品于 80℃ 下烘至恒重时测定根中总黄酮含量。

采用氯化三苯基四氮唑 (TTC) 法测定根系活力和硫代巴比妥酸 (TBA) 法测定 MDA 含量 (李合生 2000)。用 75% 的乙醇提取总黄酮, 参照赵玉平和肖春玲 (2004) 采用的方法测定总黄酮含量。参照 Jiang 和 Zhang (2001) 采用的方法提取和测定抗氧化酶类酶液以及 CAT 和 SOD 活性。按照阮海华等 (2001) 采用的方法测定 POD 活性。参照薛应龙等 (1983) 采用的方法提取与测定 PAL。

## 结果与讨论

### 1 外源蔗糖对盐胁迫下荞麦幼苗根系生长的影响

盐胁迫 6 d 后, 根系伸长受抑制, 外源蔗糖可以缓解盐胁迫对根系伸长的抑制作用 (图 1-a)。而根重下降不显著, 蔗糖对盐胁迫下根重受抑的缓解效应也不明显 (图 1-b)。盐胁迫下, 荞麦幼苗根系活力显著下降, 在同样浓度的盐胁迫下施加 1 mmol·L<sup>-1</sup> 蔗糖的根系活力恢复仅达到施加 Hoagland 营养液的水平, 而施加 3 和 5 mmol·L<sup>-1</sup> 蔗糖的根系活力不仅显著高于单一盐胁迫下的, 而且显著高于未受盐胁迫的 (图 1-c)。1~5 mmol·L<sup>-1</sup> 外源蔗糖缓解盐对荞麦幼苗生长的胁迫似乎主要是根系伸长受到促进和根系活力得到增强之果, 而

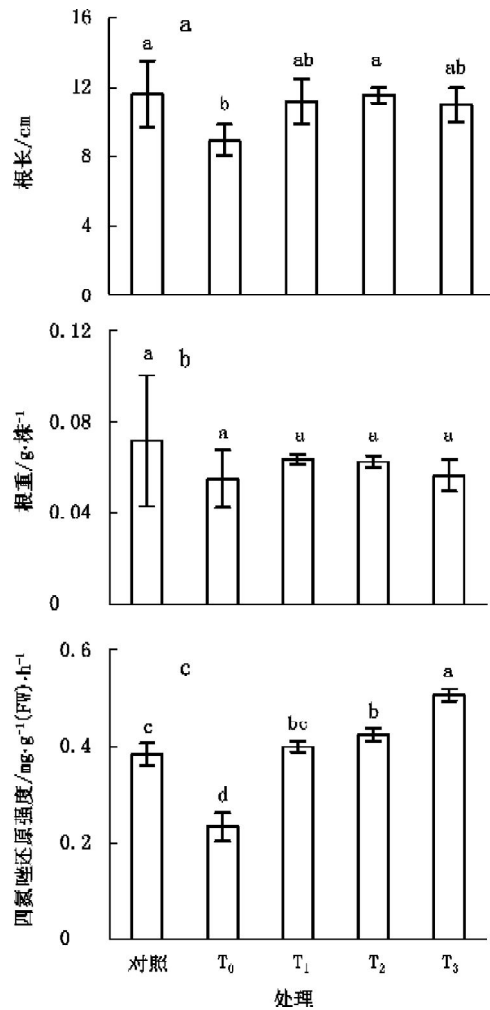


图1 外源蔗糖对盐胁迫下荞麦幼苗根长、根重和根系活力的影响

Fig. 1 Effects of exogenous sucrose on the root length, root weight and vigor of root of buckwheat seedlings under salt stress

不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著, 下图同此。

根重受到的影响不明显。

### 2 外源蔗糖对盐胁迫下荞麦幼苗根系中总黄酮含量和 PAL 活性的影响

经 100 mmol·L<sup>-1</sup> NaCl 处理的荞麦根中总黄酮含量和 PAL 活性极显著下降, 施用 1 和 3 mmol·L<sup>-1</sup> 蔗糖的总黄酮含量和 PAL 活性皆比单一盐胁迫下极显著升高, 但未恢复到未受盐胁迫的水平 (图 2)。外施 5 mmol·L<sup>-1</sup> 蔗糖对盐胁迫下根中总黄酮含量和 PAL 活性受抑的缓解效应明显弱于 1 和 3 mmol·L<sup>-1</sup> 蔗糖的, 表明蔗糖的此种缓解作用有浓度效应。

相关分析结果表明, 荞麦幼苗根中总黄酮含量与PAL活性呈正相关( $r=0.9612$ )。PAL是植物合成黄酮过程中的关键酶, 植物体内黄酮水平会随着PAL活性的增强或削弱而相应增加或减少(唐宇和赵钢1992), 逆境下也不例外(孟朝妮等2005)。从本文结果看, 低浓度的外源蔗糖对盐胁迫下根中总黄酮含量受抑的缓解作用可能与其对PAL活性受抑的缓解效应密切相关。

### 3 外源蔗糖对盐胁迫下荞麦幼苗根系抗氧化酶(SOD、CAT和POD)活性和MDA含量的影响

盐胁迫下, SOD和POD活性均极显著升高, 而施用3和5 mmol·L<sup>-1</sup>蔗糖后, SOD活性比单一盐胁迫下的极显著下降, 施用不同浓度蔗糖的POD活性均极显著下降, 甚至下降到仅施Hoagland营养液的水平以下(图3-a、b)。盐胁迫对CAT活性影响不显著, 施用1和3 mmol·L<sup>-1</sup>蔗糖的CAT

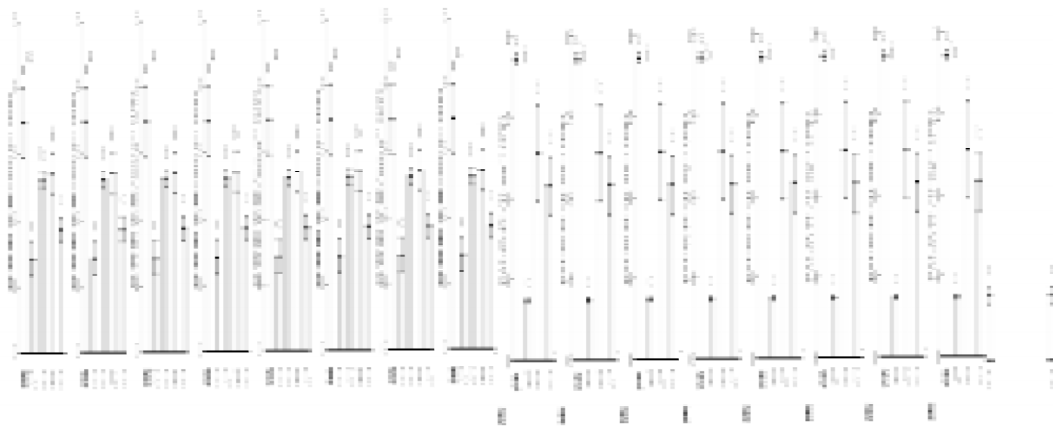


图2 外源蔗糖对盐胁迫下荞麦幼苗根中总黄酮含量和PAL活性的影响

Fig. 2 Effects of exogenous sucrose on total flavonoids content and PAL activity in the roots of buckwheat seedlings under salt stress

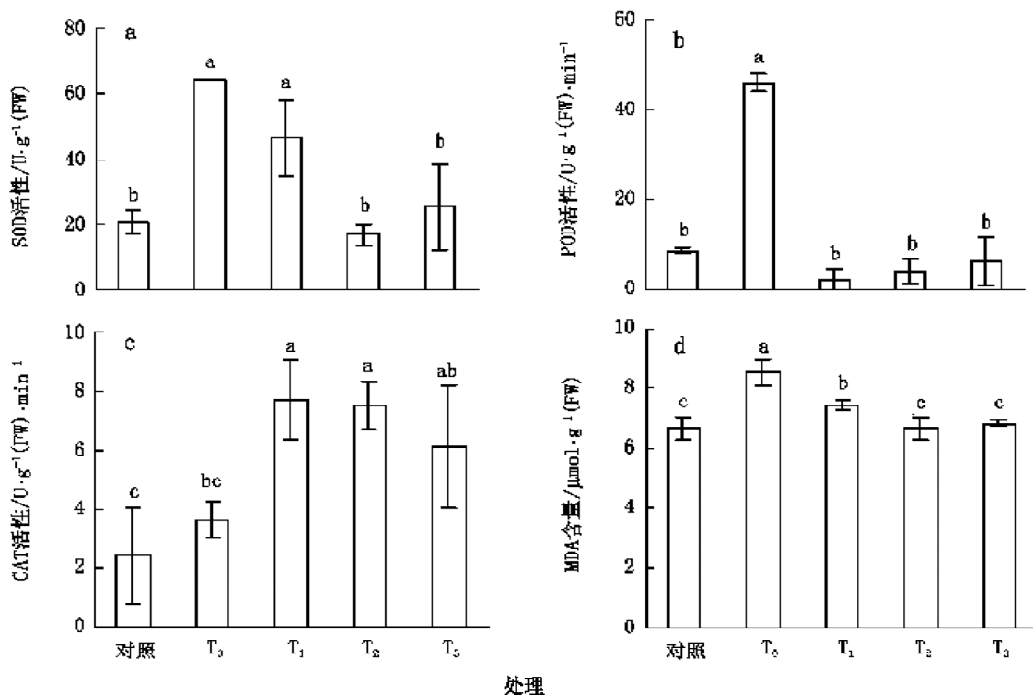


图3 外源蔗糖对盐胁迫下荞麦幼苗根中SOD、POD和CAT活性及MDA含量的影响

Fig. 3 Effects of exogenous sucrose on the activities of SOD, POD and CAT and MDA content in roots of buckwheat seedlings under salt stress

活性显著升高(图3-c)。盐胁迫下根的MDA含量显著升高,施用蔗糖后根中MDA含量显著下降,恢复到仅施Hoagland营养液的水平(图3-d)。有报道指出,外源海藻糖能提高盐胁迫下的SOD活性,降低MDA含量(丁顺华等2005)。尽管外源海藻糖和蔗糖对盐胁迫下植物抗氧化酶活性的影响有差异,但它们的共同点是均能有效地降低盐胁迫下的MDA含量。

综合本文结果可以认为,外源蔗糖对盐胁迫下荞麦幼苗根系生长的缓解作用在很大程度上与PAL活性的增强及其导致的黄酮含量的增加有关。

### 参考文献

- 陈因, 方大惟(1991). 氯化钠影响下蓝藻*Anabaena* 7120的固氮活性和去铵阻抑. 核农学报, 5 (4): 239~245
- 陈因, 方大惟(1994). 受固氮活性制约的蓝藻固氮去铵阻抑及其与生理条件的关系. 土壤学报, 31 (4): 422~429
- 陈因, 方大惟(1995a). 不同pH下氯化钠对蓝藻固氮的胁迫. 植物生理学通讯, 31 (4): 253~256
- 陈因, 方大惟(1995b). CO<sub>2</sub>对NaCl胁迫下蓝藻固氮的影响. 植物生理学通讯, 31 (6): 415~419
- 丁顺华, 李艳艳, 王宝山(2005). 外源海藻糖对小麦幼苗耐盐性的影响. 西北植物学报, 25 (3): 513~518
- 冯虎元, 安黎哲, 陈书燕(2002). 增强UV-B辐射与干旱复合处理对小麦幼苗生理特性的影响. 生态学报, 22 (9): 1564~1568
- 黄少白, 戴秋杰, 刘晓忠, 彭少兵, Vergara BS (1998a). 水稻对紫外光B辐射增强的生化适应机制. 作物学报, 24 (4): 464~470
- 黄少白, 刘晓忠, 戴秋杰, 王志霞(1998b). 紫外光B辐射对菠菜叶片脂质过氧化作用的影响. 植物学报, 40 (6): 542~547
- 黄少白, 章静娟, 刘晓忠, 戴秋杰, 王志霞(1998c). 紫外光B辐射增强对小白菜膜脂质过氧化作用的影响. 华北农学报, 13 (3): 97~101
- 李合生(2000). 植物生理生化实验原理和技术. 北京: 高等教育出版社, 119, 260
- 凌腾芳, 宣伟, 樊颖瑞, 孙永刚, 徐晟, 黄本开, 黄思睿, 沈文颺(2005). 外源葡萄糖果糖和NO供体SNP对盐胁迫下水稻种子萌发的影响. 植物生理与分子生物学报, 31 (2): 205~212
- 罗虹, 刘鹏, 李淑(2005). 硅、钙对水土保持植物荞麦铝毒的缓解效应. 水土保持学报, 19 (3): 101~104
- 孟朝妮, 刘成, 贺军民, 余小平(2005). 增强UV-B辐射、NaCl胁迫及其复合处理对小麦幼苗光合作用及黄酮代谢的影响. 光子学报, 34 (12): 1868~1872
- 阮海华, 沈文颺, 叶茂炳, 徐朗莱(2001). 一氧化氮对盐胁迫下小麦叶片氧化损伤的保护效应. 科学通报, 46 (23): 1993~1997
- 唐宇, 赵钢(1989). 荞麦中总黄酮和芦丁含量的变化. 植物生理学通讯, 1: 83~85
- 唐宇, 赵钢(1992). 荞麦中苯丙氨酸解氨酶活力与黄酮含量关系. 植物生理学通讯, 28: 419~420
- 薛应龙, 欧阳光察, 澳绍根(1983). 植物苯丙氨酸解氨酶的研究IV、水稻幼苗中PAL活性的动态变化. 植物生理学报, 9 (3): 301~306
- 赵玉平, 肖春玲(2004). 苦荞麦不同器官总黄酮含量测定及分析. 食品科学, 25: 264~266
- 朱凤华, 樊锦春, 张登辉, 孙扣忠(1987). 荞麦在滨海盐土的生长特性及栽培技术. 江苏农业科学, 11: 11~12
- Cook NC, Samman S (1996). Flavonoids—chemistry, metabolism, cardioprotective effects, and dietary sources. J Nutr Biochem, 7: 65~76
- Demiral T, Türkan I (2006). Exogenous glycinebetaine affects growth and proline accumulation and retards senescence in two rice cultivars under NaCl stress. Environ Exp Bot, 56: 72~79
- Gibson SI (2005). Control of plant development and gene expression by sugar signaling. Curr Opin Plant Biol, 8: 93~102
- Jiang M, Zhang J (2001). Effect of abscisic acid on active oxygen species, antioxidative defence and oxidative damage in leaves of maize seedling. Plant Cell Physiol, 42 (11): 1265~1273
- Kim SL, Kim SK, Park CH (2004). Introduction and nutritional evaluation of buckwheat sprouts as a new vegetable. Food Res Int, 37: 319~327
- Liang YCH, Zhang WH, Chen Q, Liu YL, Rui XD (2005). Effect of exogenous silicon (Si) on H<sup>+</sup>-ATPase activity, phospholipids and fluidity of plasma membrane in leaves of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.). Environ Exp Bot, 53: 29~37
- Lutts S, Kinet JM, Bouhamont J (1996). Ethylene production in relation to salinity by leaves of rice (*Oryza sativa* L.) tolerance and exogenous putrescine application. Plant Sci, 116: 15~25
- Parida AK, Das AB (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicol Environ Saf, 60: 324~349
- Suzuki T, Honda Y, Mukasa Y (2005). Effects of UV-B radiation, cold and desiccation stress on rutin concentration and rutin glucosidase activity in tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*) leaves. Plant Sci, 168: 1303~1307
- Zhao FG, Pei Q (2005). Protective effects of exogenous fatty acids on root tonoplast function against salt stress in barley seedlings. Environ Exp Bot, 53: 215~223