

# 外源一氧化氮对盐胁迫下白菜种子萌发和幼苗抗盐性的影响

马 光

(衡水学院 生命科学系 河北 衡水 053000)

**摘 要:** 研究了外源一氧化氮(NO)供体硝普钠(SNP)对 150 mmol/L NaCl 胁迫下,白菜种子的发芽率、发芽势、幼苗 MDA 含量和 SOD 活性。结果表明:适当浓度的 SNP 能明显提高盐胁迫下白菜种子的发芽率和发芽势;较低浓度的 SNP 处理可明显缓解盐胁迫下 4 叶期白菜幼苗中 MDA 的积累,提高 SOD 酶活性;过高浓度的 SNP 会产生胁迫作用,发芽率和发芽势下降,MDA 含量上升,SOD 酶活性下降。

**关键词:** SNP;白菜;发芽率;MDA;SOD

**中图分类号:** S 634.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)20-0059-03

一氧化氮(NO)作为一种信号分子,首先是在人体和动物的研究中受到关注。后来随着 NO 作为信号分子参与植物抗病反应被发现<sup>[1]</sup>,NO 对植物生长发育影响逐渐被揭示<sup>[2-3]</sup>。植物体内的 NO 主要通过一氧化氮合酶和硝酸还原酶催化形成。已有研究表明,NO 对植物的作用具有双重性,低浓度提高保护细胞,高浓度对细胞有毒害作用。参与盐胁迫以及渗透胁迫信号应答是 NO 的重要生理效应之一。适当浓度的 NO 可以对盐胁迫对植物的损伤得到一定程度的缓解。其分子机制主要在于 cGMP 介导的细胞信号转导通路进行<sup>[4]</sup>。研究 NO 对盐胁迫下植物的影响,对于解决园艺作物设施栽培中次生盐渍化,提高园艺植物的耐盐性,具有重要的现实意义。在研究中,多采用硝普钠(SNP)作为 NO 的供体,试验采用不同浓度 SNP 处理盐胁迫下的白菜种子和幼苗,研究外源一氧化氮对白菜盐胁迫的缓释作用。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验采用的白菜品种为“北京新三号”,购自北京市农林科学院蔬菜研究中心;外源一氧化氮(NO)供体为硝普钠(SNP),购自美国 Sigma 公司。

### 1.2 试验方法

**1.2.1 NaCl 对白菜种子和幼苗的胁迫处理** 在 0~400 mmol/L 之间每隔 50 mmol/L 设置 1 个浓度梯度,共 9

个浓度来研究 NaCl 胁迫对试验白菜品种的影响。将白菜种子浸种 2 h 后,放入铺有 2 层滤纸的培养皿中,滤纸采用相应浓度 NaCl 润湿,然后把培养皿放入温度为 25℃的人工气候箱中,早、晚各补 1 次相应 NaCl 溶液,保持湿润。7 d 后统计发芽率。

**1.2.2 SNP 处理盐胁迫下的白菜种子和幼苗** 采用如上滤纸萌发法,在 0~300  $\mu$ mol/L 之间每隔 50  $\mu$ mol/L 设置 1 个浓度梯度,共 7 个 SNP 浓度来处理 150 mmol/L NaCl 处理下的白菜种子。第 3 天统计白菜种子的发芽势,第 7 天统计发芽率。发芽率=发芽的种子总数/供试的种子总数 $\times 100\%$ ;发芽势=前 3 d 正常发芽的种子总数/供试种子总数 $\times 100\%$ 。将白菜种子播于 72 孔的苗盘中,每隔 3 d 采用含如上 0~300  $\mu$ mol/L SNP 的 1/2 Hoagland 营养液浇灌。当幼苗长至 4 片真叶时,取叶片测定丙二醛(MDA)含量和超氧化物歧化酶(SOD)活性。以上研究均设仅用蒸馏水处理的无胁迫和采用 150 mmol/L NaCl 但不采用 SNP 处理(SNP=0)2 个对照。

**1.2.3 丙二醛和过氧化物酶的测定** MDA 采用硫代巴比妥酸(TBA)法 SOD 活性采用氮蓝四唑(NBT)法<sup>[5]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同浓度 NaCl 对白菜种子发芽率的影响

采用不同浓度梯度的 NaCl 溶液来处理白菜种子,统计其发芽率,结果如图 1 所示。总体来看,与对照(NaCl 浓度为 0)相比,不同 NaCl 溶液均使白菜种子的发芽率不同程度的下降。但是 50、100 mmol/L NaCl 处理时,发芽率同对照相比下降不显著。从 150 mmol/L

作者简介:马光(1977-),男,博士,讲师,研究方向为植物生理学。

E-mail: guojiping888@163.com.

收稿日期: 2010-07-19

NaCl 处理开始, 其发芽率下降同对照相比达到了显著水平, 而且其发芽率下降到 80% 以下。当从 NaCl 浓度达到 150 mmol/L 以上时, 虽然其发芽率仍持续降低, 但是与其相邻上一浓度下降程度均不如 150 mmol/L 明显。因此, SNP 对 NaCl 胁迫下白菜种子发芽率选定的 NaCl 浓度为 150 mmol/L。

## 2.2 SNP 对盐胁迫下白菜种子发芽率和发芽势影响

如图 2 所示, 与无胁迫处理, 仅采用蒸馏水相比, 盐胁迫下无论有无 NO 供体 SNP 处理, 白菜发芽率均有不同程度降低。与不采用 SNP 处理, 仅采用 150 mmol/L NaCl 处理相比, 采用 SNP 处理后白菜发芽率和发芽势

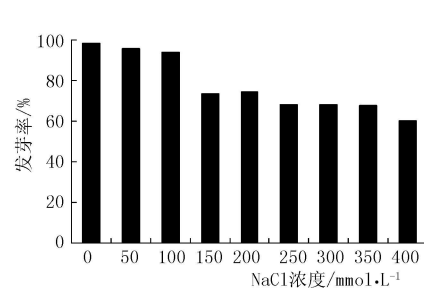


图 1 NaCl 胁迫对白菜种子发芽率的影响

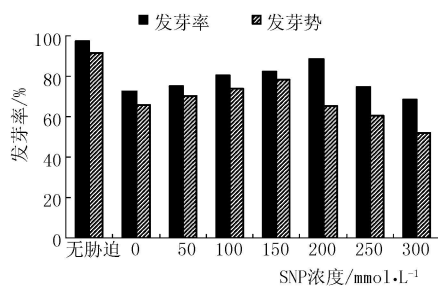


图 2 SNP 对盐胁迫下白菜种子发芽率和发芽势的影响

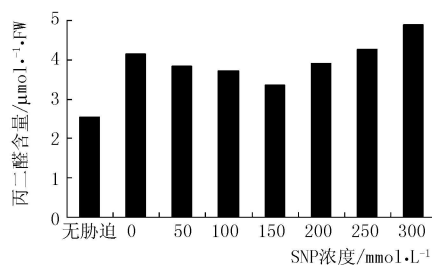


图 3 SNP 对盐胁迫下白菜幼苗丙二醛含量的影响

## 2.3 SNP 对盐胁迫下白菜幼苗丙二醛含量的影响

丙二醛是膜脂过氧化的产物, 其含量的多少反映了膜脂过氧化的程度。如图 3 所示, 与对照(无盐胁迫, 无外源 NO)相比, 在无 SNP 处理时, 150 mmol/L NaCl 胁迫使白菜幼苗的丙二醛含量明显增加; 采用浓度为 0~300 μmol/L 外源 NO 供体 SNP 处理后, 使 NaCl 胁迫下白菜幼苗中丙二醛含量先降后升。当 SNP 的浓度为 150 μmol/L 时, 丙二醛含量最低, 而后随着 SNP 浓度的增高, 丙二醛含量逐渐上升, 当 SNP 浓度为 250 和 300 μmol/L 时, 其丙二醛的含量甚至超过了仅采用 150 mmol NaCl 处理, SNP = 0 的白菜幼苗。这表明 150 μmol/L 对缓解盐胁迫下膜脂过氧化效果最好, 超过这个浓度, SNP 会产生胁迫, 达到 250 μmol/L 以上时甚至会加重膜脂过氧化。

## 2.4 SNP 对盐胁迫下白菜幼苗 SOD 活性的影响

SOD 是植物体内重要的活性氧清除酶系之一, 植物受到胁迫时活性氧产生加快会破坏植物体内的活性氧代谢平衡, 使各种活性氧清除酶的活力下降。如图 4 所示, 盐胁迫下, 白菜幼苗中 SOD 的活性显著高于无胁迫处理。当外源 NO 供体 SNP 与 150 mmol/L NaCl 同时处理白菜幼苗时, 随着 SNP 浓度升高, 幼苗中 SOD 的活性总体趋势是先升后降, 但与不施加 SNP 相比, 均有不

均随着 SNP 浓度的增高, 呈现先上升后下降的趋势。这表明适当浓度的 SNP 对盐胁迫影响白菜种子的萌发具有一定的缓解作用。200 μmol/L 对盐胁迫下种子萌发的缓释作用最好, 超过这个浓度 SNP 本身会对白菜种子产生一定的胁迫作用, 缓解效果开始下降。与发芽率的峰值出现在 SNP 浓度为 200 μmol/L 不同的是发芽势的峰值出现在 SNP 浓度为 150 μmol/L 时。可见在统计发芽势的第 3 天, 200 μmol/L SNP 缓慢释放的 NO 浓度仍维持在较高的对于白菜种子有一定胁迫, 随着时间推移, 达到第 7 天统计发芽率时, NO 浓度有所下降, 胁迫效应下降, 其对盐胁迫的缓释作用占据优势。

同程度的上升。在 SNP 浓度为 200 μmol/L 时, 叶片中的 SOD 活性最高, 再高的浓度(250 和 300 μmol/L) SOD 活性最高又有所下降。这表明较低浓度外源 NO 供体 SNP 处理可以提高盐胁迫下白菜幼苗的活性氧清除能力。与图 3 比较可知, 虽然 200 μmol/L SNP 处理会使丙二醛含量上升, 但是可以诱导更多的 SOD 产生。因此 SNP 对盐胁迫下白菜幼苗的缓释作用的合适浓度要综合不同生理指标来进行评价。

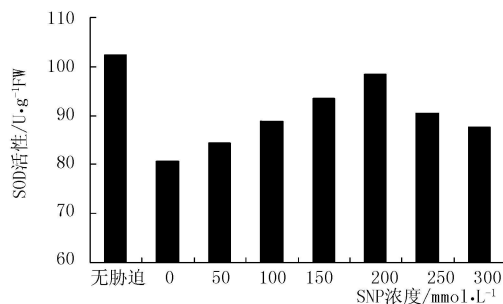


图 4 SNP 对盐胁迫下白菜幼苗 SOD 活性的影响

## 3 讨论

种子萌发阶段对所处环境中溶液的盐浓度特别敏感, 试验中 NaCl 浓度为 150 mmol/L 时白菜种子的发芽率显著下降也说明了这一点。前人的研究中发现 NO

作为一种信号对盐胁迫下植物种子的萌发和幼苗的生长均有一定的缓释作用<sup>[9]</sup>。试验中适当浓度的外源 NO 供体 SNP 可以不同程度的提高 150 mmol/L NaCl 胁迫下白菜种子的发芽率和发芽势。但是其适合浓度并不相同, 分别为 200、150  $\mu\text{mol/L}$ , 这是由于 SNP 在植物体内释放 NO 的浓度有一个随时间变化的过程<sup>[3]</sup>。适当浓度 SNP 处理可使盐胁迫下的白菜幼苗丙二醛含量降低, SOD 活性上升。这是由于 NO 通过抑制脂氧合酶 (LOX) 的活力, 降低超氧阴离子的产生速度和质膜相对透性从而降低丙二醛的积累。而 SOD 活性上升是由于 NO 作为信号分子提高 SOD 编码基因的表达, 但具体的信号通路还尚未有一致的结论<sup>[4]</sup>。

由于植物对胁迫的响应是一个很精细的过程, 包括众多生理过程和信号转导途径, 因此对不同生理指标, 缓释作用最明显的 SNP 浓度也未必相同<sup>[7]</sup>。试验中丙二醛和 SOD 峰值时 SNP 浓度不同也说明了这一点。

该试验和前人的研究均揭示 NO 的对细胞的保护作用有一定的浓度范围<sup>[8]</sup>, 超过这个范围反而会产生毒害作用。因此在使用一氧化氮这种新的植物生长调节

物质时一定要考虑其两重性, 探讨其适当浓度。

### 参考文献

- [1] Delledonne M, Xia Y, Dixon R A. Nitric oxide functions as a signal in plant disease resistance [J]. *Nature*, 1998, 394: 585-588.
- [2] Leshem Y Y, Haramaty E. The characterization and contrasting effects of the nitric oxide free radical in vegetative stress and senescence of *Pisum sativum* Linn. foliage [J]. *Journal of Plant Physiology*, 1996, 148: 258-263.
- [3] Durner J, Wendehenne D, Klessig D F. Defense gene induction in tobacco by nitric oxide, cyclic GMP and cyclic ADP-ribose [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 1998, 95: 10328-10333.
- [4] 刘维仲, 张润杰, 裴真明, 等. 一氧化氮在植物中的信号分子功能研究: 进展和展望 [J]. *自然科学进展*, 2008, 18(1): 10-24.
- [5] 乔富廉. 植物生理学实验分析测定技术 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2002: 68-198.
- [6] 陈明, 沈文飏, 阮海华, 等. 一氧化氮对盐胁迫下小麦幼苗根生长和氧化损伤的影响 [J]. *植物生理与分子生物学学报*, 2004, 30(5): 569-576.
- [7] 樊怀福, 郭世荣, 焦彦生, 等. 外源一氧化氮对 NaCl 胁迫下黄瓜幼苗生长、活性氧代谢和光合特性的影响 [J]. *生态学报*, 2007, 27(2): 546-553.
- [8] 阮海华, 沈文飏, 叶茂炳, 等. 一氧化氮对盐胁迫下小麦叶片氧化损伤的保护效应 [J]. *科学通报*, 2001, 46(23): 1993-1997.

## Effects of Exogenous Nitric Oxide on Seed Germination and Seedling Resistance of Chinese Cabbage under Salt Stress

MA Guang

(Department of Life Science, Hengshui University, Hengshui, Hebei 053000)

**Abstract:** The germination rate, germination vigor, MDA content and SOD activity of the Chinese cabbage treated by SNP, an exogenous nitric oxide donor, at the different concentration under 150 mmol/L NaCl stress were studied. The results showed that moderate concentration could enhance germination rate, germination vigor, reduced MDA content and increased SOD activity of the cabbage seedling at 4-leaf stage. However, excess concentration of SNP brought stress to cabbage, such as reduced germination rate and germination vigor, increased MDA content and reduced SOD activity in seedling.

**Key words:** SNP; Chinese cabbage; germination rate; MDA; SOD