外源 NO 供体对甘蓝根系和叶片光合特性的影响

王凤华, 陈双臣, 李春花, 曹耀鹏, 刘保国

(河南科技大学 林学院, 河南 洛阳 471003)

摘　要: 在 100 mmol/L NaCl 胁迫下, 研究 NO 供体硝普钠(SNP)及其副产物 $NaNO_2$ 对甘蓝幼苗根系和叶片光合特性的影响。结果表明: 10 μmol/L SNP 和 0.10 mmol/L $NaNO_2$ 处理能缓解盐胁迫对甘蓝幼苗生长的抑制作用, 提高根系活力、根相对生长量、叶绿素含量、类胡萝卜素含量和净光合速率, 并且 10 μmol/L SNP 对提高盐胁迫下甘蓝的根系活力和根相对生长量方面效果好于 0.10 mmol/L $NaNO_2$, 而对净光合速率和色素的影响则 $NaNO_2$ 的效果要好于 SNP。

关键词: 甘蓝; 盐胁迫; 一氧化氮; 硝普钠(SNP); $NaNO_2$

中图分类号: S 635　文献标识码: A　文章编号: 1001－0009(2010)24－0001－03

土壤次生盐渍化已成为设施栽培的限制性因素和设施生产可持续发展的严重障碍。NO 是一种广泛分布于生物体的气体活性分子, 它具有多种生理功能。近年来的研究表明, NO 参与植物生长发育的许多过程, 如种子萌发、叶片伸展、根系生长、器官衰老、细胞程序性死亡以及植物胁迫响应等[1-4]。已有研究表明, 外源 NO 能在一定程度上提高黄瓜植株[5]、番茄植株[6]、辣椒幼苗[7], 芦苇愈伤组织[8]等的耐盐性以及水稻叶片中叶绿素和脯氨酸含量[9]。缓解 NaCl 处理下秋茄叶片[10]、黑麦草根[11]、小麦根尖[12]的氧化损伤, 降低膜脂过氧化水平。甘蓝是一种广泛栽培的蔬菜作物, 前期的研究表明, 0.10 mmol/L $NaNO_2$ 和 10 μmol/L SNP 能在很大程度上促进盐胁迫下甘蓝种子的萌发, 提高发芽率[13], 在此基础上, 该试验拟继续研究 10 mmol/L $NaNO_2$ 和 10 μmol/L SNP 对盐胁迫甘蓝幼苗根系和叶片光合特性的影响, 探讨 NO 缓解 NaCl 胁迫的效果, 为盐碱地甘蓝栽培提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

该试验所用甘蓝种子为夏光甘蓝 F_1, 甘蓝种子用 0.1% $HgCl_2$ 消毒 10 min, 漂洗干净, 播入装有珍珠岩的穴盘中, 置于温度为(25±1)℃的光照培养箱中培养。当幼苗长至两叶一心期选取长势一致的植株进行如下处理: 对照(CK): Hoagland 溶液; T1: 含 100 mmol/L NaCl 的 Hoagland 溶液; T2: 含 100 mmol/L NaCl 和 0.10 mmol/L $NaNO_2$ 的 Hoagland 溶液; T3: 含 100 mmol/L NaCl 和 10 μmol/L SNP 的 Hoagland 溶液; 3 次重复, 每天更换 1 次溶液, 处理 7 d 后取样测定。

1.2　试验方法

根相对生长量的测定: 每处理取 30 株幼苗, 洗净、吸干水分, 将根和地上部分开, 在 110℃杀青 10 min 后 80℃烘干至恒重, 称干重。以对照组的平均干重为 100%, SNP、$NaNO_2$ 处理的根干重与之相比作为根相对生长量。根系活力的测定: 采用 TTC 法[14]; 净光合速率的测定: 采用改良半叶片法[14]; 叶绿素含量的测定: 采取乙醇提取叶片叶绿色素法测定[14]。采用 Microsoft Excel 绘图, 用 Spss 软件对数据进行分析。

2　结果与分析

2.1　SNP、$NaNO_2$ 对 NaCl 胁迫下甘蓝幼苗根相对生长量的影响

与对照相比, NaCl 胁迫(T1)明显抑制根生长(图 1), SNP(T3)和 $NaNO_2$(T2)处理下根相对生长量均显著高于 NaCl 胁迫处理, 其中 10 μmol/L SNP 处理不仅显著提高了根相对生长量, 而且根的相对生长量达到对照水平(非盐胁迫), 说明 10 μmol/L SNP 完全消除了 NaCl 胁迫对根生长的抑制作用。

2.2　SNP、$NaNO_2$ 对 NaCl 胁迫下甘蓝幼苗根系活力的影响

经 100 mmol/L NaCl(T1)处理后甘蓝根系活力显著下降, 为对照的 30.22%。10 μmol/L SNP、0.10 mmol/L $NaNO_2$ 处理显著提高了根系活力(图 2), 其中 10 μmol/L SNP 处理与 CK 处理差异不显著, 说明 10 μmol/L SNP

第一作者简介: 王凤华(1972-), 女, 博士, 副教授, 现主要从事园艺植物生物学研究工作。E-mail: fenghua123668@126.com。

基金项目: 河南省自然科学基金资助项目(2007210004); 河南科技大学人才科学研究基金资助项目(05-126)。

收稿日期: 2010－10－08

© 1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

能完全消除 NaCl 胁迫对甘蓝幼苗根系活力的影响,达到正常水平。

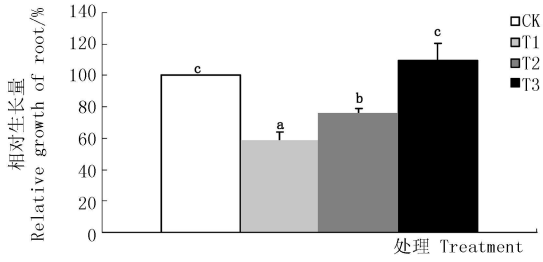

图 1　NaCl 胁迫下 SNP、$NaNO_2$ 对甘蓝幼苗根相对生长量影响

Fig. 1　Influences of SNP and $NaNO_2$ on root relative growth of cabbage seeds under NaCl stress

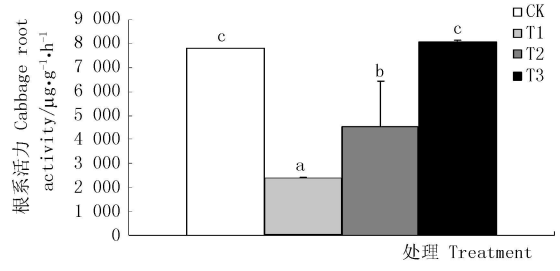

图 2　NaCl 胁迫下 SNP、$NaNO_2$ 对甘蓝幼苗根系活力的影响

Fig. 2　Influences of SNP and $NaNO_2$ on root activity of cabbage seeds under NaCl stress

2.3　SNP、$NaNO_2$ 对 NaCl 胁迫下甘蓝幼苗叶片净光合速率的影响

与对照相比,100 mmol/L NaCl(T1)处理,甘蓝幼苗叶片的净光合速率下降并不明显(图 3),说明 100 mmol/L NaCl 胁迫对甘蓝幼苗的净光和速率没有明显的抑制作用。图 3 还显示,在 0.10 mmol/L $NaNO_2$(T2)和 10 μmol/L SNP(T3)处理下,幼苗的净光合速率明显高于对照和 NaCl 处理,但 T2 和 T3 之间差异并不显著。说明 10 μmol/L SNP 和 0.10 mmol/L $NaNO_2$ 处理均有增强叶片净光合速率的效果,在这方面二者效果相当。

2.4　SNP、$NaNO_2$ 对 NaCl 胁迫下甘蓝幼苗叶绿体色素含量的影响

100 mmol/L NaCl 处理(T1)下,甘蓝叶片的叶绿素 a、类胡萝卜素含量均显著低于对照(表 1),但对叶绿素 b 没有显著影响,说明 NaCl 胁迫有抑制甘蓝叶片部分色素合成的作用。与 NaCl 处理相比,SNP(T3)、$NaNO_2$(T2)处理均显著提高了叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素含量,且差异达到显著水平。其中二者处理下叶绿素 b 含量甚至超过了对照,其它各处理各色素的含量

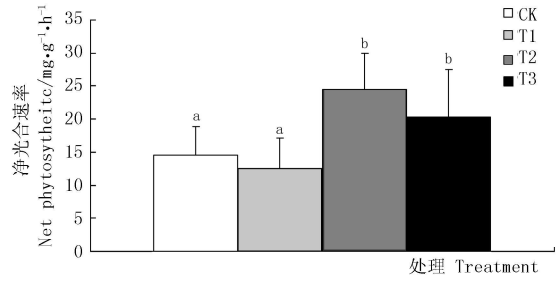

图 3　NaCl 胁迫下 SNP、$NaNO_2$ 对甘蓝幼苗叶片净光合速率的影响

Fig. 3　Influences of SNP and $NaNO_2$ on leaf net photosynthetic rate of cabbage seeds under NaCl stress

仍然低于对照。

以上结果说明,外源 SNP、$NaNO_2$ 能够提高 NaCl 胁迫下甘蓝幼苗叶片叶绿素的含量,其中叶绿素 b 受 SNP 和 $NaNO_2$ 的影响最大,而叶绿素 a 和类胡萝卜素受的影响相对较小。

表 1　NaCl 胁迫下 SNP、$NaNO_2$ 对甘蓝幼苗叶片中叶绿体色素的影响

Table 1　Influences of SNP and $NaNO_2$ on of cabbage seeds under NaCl stress　　mg·g⁻¹

处理 Treatment	叶绿素 a Chlorophyll a	叶绿素 b Chlorophyll b	类胡萝卜素 Carotionoid
CK	1.003±0.004d	0.396±0.005a	1.358±0.000c
T1	0.759±0.001a	0.387±0.004a	1.045±0.004a
T2	0.992±0.003c	0.432±0.007b	1.224±0.004b
T3	0.920±0.002b	0.457±0.002b	1.267±0.001b

3　讨论

叶绿素含量是反映光合强度的重要指标。植物受到 NaCl 胁迫时,各种生理过程都会受到影响,直接或间接地影响到叶绿素含量。光合作用是植物体内重要的代谢过程,它的强弱对于植物生长、产量及其抗逆性都具有十分重要的影响,因而光合作用可作为判断植物生长和抗逆性大小的指标[6]。该研究表明,SNP 和 $NaNO_2$ 都能在一定程度上提高盐胁迫下甘蓝幼苗叶片的叶绿素含量和净光合速率,从而增强植株的耐盐性,这与吴雪霞等[6]的结果一致。该研究表明,虽然 100 mmol/L NaCl 胁迫对甘蓝叶片净光合速率和叶绿素 b 含量没有显著影响,但对叶绿素 a 有显著影响,而 SNP 和 $NaNO_2$ 处理能显著提高叶绿素 a、叶绿素 b 含量以及净光合速率,其中叶绿素 b 受的影响最大,这个结果证明叶绿素 b 是甘蓝光合作用的关键色素,SNP 和 $NaNO_2$ 提高光合作用主要通过影响叶绿素 b 进行。

根系活力反应了植物根系的生长发育状况,是根系

© 1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

生命力的综合评定指标。已有研究表明,SNP 可使水分胁迫下小麦的根系活力大大提高[15],该研究结果与之类似,即 SNP 可使盐胁迫下甘蓝根系活力大大提高,达到正常水平。这说明SNP 确实可以在一定程度上缓解逆境对根系造成的抑制作用。同时该研究结果还证明,SNP 对根系(根相对生长量和根系活力)的影响较大,而 $NaNO_2$ 对叶片(净光合速率和色素)的影响较大,造成这种差别的原因,可能与叶片和根的敏感程度有关,也可能与处理浓度有关,具体原因有待进一步研究。

参考文献

[1] Dat J, Vandenbeele S, Vranova E, et al. Dual action of the active oxygen species during plant stress responses[J]. Cellular Mol Life Sci, 2000, 57: 779-795.

[2] Delledonne M, Xia Y J, Dixon R A, et al. Nitric oxide functions as a signal in plant disease resistance[J]. Nature, 1998, 394: 585-588.

[3] Garcia-Mata C, Lamattina L. Abscisic acid, nitric oxide and stomatal closure: Is nitrate reductase one of the missing links[J]. Trends Plant Sci, 2003, 8: 20-26.

[4] Neill S J, Desikan R, Hancock J T. Nitric oxide signaling in plants[J]. New Phytologist, 2004, 159: 11-35.

[5] 樊怀福,郭世荣,张润花,等. 外源NO 对 NaCl 胁迫下黄瓜幼苗生长和根系膜脂过氧化作用的影响[J]. 生态与农村环境学报, 2007, 23(1): 63-67.

[6] 吴雪霞,朱为民,朱月林,等. 外源一氧化氮对 NaCl 胁迫下番茄幼苗光合特性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(6): 1105-1109.

[7] 郁继华,雍山玉,张洁宝,等. 外源 NO 对 NaCl 胁迫下辣椒幼苗氧化损伤的保护效应[J]. 西北植物学报, 2007, 27(9): 1801-1806.

[8] Zhao L Q, Zhang F, Guo J K, et al. Nitric oxide functions as a signal in salt resistance in the calluses from two ecotypes of reed[J]. Plant Physiol, 2004, 134: 849-857.

[9] 肖强,陈娟,吴飞华,等. 外源 NO 供体硝普钠(SNP)对盐胁迫下水稻幼苗中叶绿素和游离脯氨酸含量以及抗氧化酶的影响[J]. 作物学报, 2008, 34(10): 1849-1853.

[10] 张玲玲,肖强,叶文景,等. 外源一氧化氮对氯化钠处理下秋茄幼苗抗氧化系统的调节效应[J]. 生态学杂志, 2007, 26(11): 1732-1737.

[11] 刘建新,胡浩斌,王鑫. 外源 NO 对盐胁迫下黑麦草幼苗根生长抑制和氧化损伤的缓解效应[J]. 植物研究, 2008, 28(1): 7-13.

[12] Chert M, Shen W B, Ruan H H, et al. Effects of nitric oxideon root growth and its oxidative damage in wheat seedlingunder salt stress[J]. Plant Physiol Mol Biol, 2004, 30: 569-576.

[13] 王凤华,陈双臣,李春花,等. 外源一氧化氮供体对 NaCl 胁迫下甘蓝种子萌发的影响[J]. 种子, 2010, 29(2): 9-12.

[14] 赵世杰,史国安,董新纯. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2002.

[15] 闻玉,赵翔,张骁. 水分胁迫下一氧化氮对小麦幼苗根系生长和吸收的影响[J]. 作物学报, 2008, 34(2): 344-348.

Effects of Exogenous Nitric Oxide Donor on Root and Photosynthetic Characteristics of Cabbage under NaCl Stress

WANG Feng-hua, CHEN Shuang-chen, LI Chun-hua, CAO Yao-peng, LIU Bao-guo

(College of Forestry, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471003)

Abstract: The effects of sodium nitroprusside (SNP, an exogenous nitric oxide donor) and outgrowth sodium nitrite ($NaNO_2$) on roots and leaf photosynthesis characteristics of cabbage under 100 mmol/L NaCl stress were studied. The results showed that 10 μmol/L SNP and 0.10 mmol/L $NaNO_2$ could release the inhibition of NaCl stress in promoting root activity, root relative growth, net photosynthetic rate, and contents of chlorophyll, carotionoid. Furthermore, the effect of 10 μmol/L SNP was better on root activity and root relative growth than that of 0.10 mmol/L $NaNO_2$, while $NaNO_2$ had a better effect on net photosynthetic rate and pigments contents than SNP.

Key words: cabbage; salt stress; nitric oxide; sodium nitroprusside(SNP); sodium nitrite($NaNO_2$)

© 1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net