

单长卷,代海芳,孙海丽,等. 一氧化氮参与水杨酸对玉米幼苗根系抗旱性的调控[J]. 江苏农业科学,2016,44(8):133-135.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.08.035

# 一氧化氮参与水杨酸对玉米幼苗根系抗旱性的调控

单长卷,代海芳,孙海丽,武英霞

(河南科技学院/现代生物育种河南省协同创新中心,河南新乡 453003)

**摘要:**采用 10% 聚乙二醇 6000 (PEG6000) 模拟干旱胁迫,研究内源一氧化氮(NO)在水杨酸调控新单 29 幼苗根系抗旱性中的作用。结果表明:与对照相比,干旱胁迫显著提高了玉米幼苗根系 NO、脯氨酸、可溶性糖、可溶性蛋白、丙二醛(MDA)、过氧化氢( $H_2O_2$ )含量及根冠比,显著降低了地上生物量;与单独干旱胁迫处理相比,水杨酸显著提高了玉米幼苗根系 NO、脯氨酸、可溶性糖、可溶性蛋白含量及根系生物量、根冠比,显著降低了 MDA、 $H_2O_2$  含量;NO 清除剂则可以显著降低干旱和水杨酸诱导的 NO 的产生与脯氨酸、可溶性糖、可溶性蛋白含量,同时显著降低地上生物量、根系生物量及根冠比,并使 MDA、 $H_2O_2$  含量显著升高,从而逆转干旱和水杨酸的上述效应。由上述结果可知,NO 参与水杨酸对玉米幼苗根系抗旱性的调控。

**关键词:**新单 29;干旱胁迫;一氧化氮;根系;水杨酸

**中图分类号:** S513.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)08-0133-02

水杨酸(SA)是植物体内普遍存在的一种植物生长调节物质,在植物的抗病、抗低温、抗旱、抗盐和抗紫外线等抗逆性方面具有重要作用<sup>[1-4]</sup>。已有研究表明,外源水杨酸能提高玉米、小麦等作物的抗旱性<sup>[5-7]</sup>。笔者之前的研究也证明,水杨酸可以提高玉米幼苗根系的抗氧化能力,进而提高根系的抗旱性。作为信号分子,水杨酸诱导植物的抗逆性与其信号转导密切相关。一氧化氮(NO)是植物体内重要的信号分子,许多研究表明 NO 在植物响应生物、非生物胁迫中具有重要的作用<sup>[8-9]</sup>。研究还表明,NO 可以参与 SA 诱导植物抗盐性及气孔关闭的信号途径<sup>[10-11]</sup>。但到目前为止,NO 是否参与 SA 调控的玉米根系抗旱性的信号途径尚不清楚,值得进行深入探讨。本研究用 10% PEG6000 模拟干旱胁迫,利用 NO 清除剂研究 NO 在 SA 调控玉米新单 29 幼苗根系丙二醛(MDA)、过氧化氢( $H_2O_2$ )、脯氨酸、可溶性糖和可溶性蛋白的含量及单株地上生物量、根系生物量和根冠比中的作用,以期揭示内源 NO 是否参与 SA 对玉米根系抗旱性的调控。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料及幼苗培养

供试品种为新单 29,由河南省新乡市农业科学院提供。挑选大小均匀、籽粒饱满的玉米种子 100 粒,用蒸馏水将种子洗净后晾干,用 0.1%  $HgCl_2$  浸泡 20 min 进行常规消毒并用蒸馏水冲洗,后用蒸馏水浸泡 24 h,再转移至培养皿中,加入适量蒸馏水在培养箱中进行发芽与幼苗培养,培养箱温度设为 25 ℃。待幼苗长至 2 叶 1 心时,转入 1/4 Hoagland 营养液中进行培养,每天换 1 次营养液。待幼苗长至 3 叶 1 心时,挑选质量和生长情况基本一致的幼苗进行试验。

### 1.2 试验方法

**1.2.1 处理方法与取材** 试验共设 5 种处理,分别将根系置于不同溶液中进行处理。处理 1 为对照(CK),采用 100 mL 1/4 Hoagland 营养液进行处理;处理 2 为干旱胁迫(D),采用 100 mL 1/4 Hoagland 营养液配制成的 10% PEG 进行处理;处理 3 为 10  $\mu\text{mol/L}$  SA 处理(SA),先用 10  $\mu\text{mol/L}$  SA 预处理 1 d,然后转入 1/4 Hoagland 营养液中进行处理;处理 4 为 10  $\mu\text{mol/L}$  SA + 干旱胁迫(SA + D),先用 10  $\mu\text{mol/L}$  SA 预处理 1 d,然后转入 10% PEG 中进行处理;处理 5 为 100  $\mu\text{mol/L}$  cPTIO + 10  $\mu\text{mol/L}$  SA + 干旱胁迫(cPTIO + SA + D),先用 cPTIO + SA 共处理 1 d,然后转入 10% PEG 中进行处理。每个处理的容器中均有 6 株幼苗,重复 3 次。在处理 2 d 后,取样并测定玉米幼苗根系的各项生理指标,各项指标均测定 3 次。在处理 7 d 后测定各处理的生物量。

**1.2.2 测定项目与方法** MDA 含量测定参照李合生的方法<sup>[12]</sup>;过氧化氢含量采用硫酸钛法<sup>[13]</sup>测定;脯氨酸含量采用茚三酮法<sup>[13]</sup>测定;可溶性糖含量采用硫酸蒽酮法<sup>[14]</sup>测定;可溶性蛋白含量采用考马斯亮蓝法<sup>[14]</sup>测定。NO 含量采用 Zhou 等的方法<sup>[15]</sup>测定。生物量测定采用烘干法。

### 1.3 数据处理

用 SAS 软件处理,在  $\alpha=0.05$  水平进行差异显著分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 NO 清除剂和水杨酸对干旱胁迫下玉米幼苗根系 NO 含量的影响

由表 1 可知,与对照相比,干旱胁迫使新单 29 幼苗根系 NO 含量显著增加,比对照增加了 150.0%;与单独干旱胁迫相比,NO 清除剂使干旱胁迫下根系 NO 含量显著降低了 70.0%,SA 预处理使干旱下根系 NO 含量显著增加了 66.7%;与 SA + PEG 处理相比,NO 清除剂 cPTIO 则使根系 NO 含量显著降低了 80.0%。这说明,干旱胁迫和 SA 均可以诱导 NO 的产生。

收稿日期:2015-07-08

基金项目:河南省高等学校重点项目(编号:13A180302)。

通信作者:单长卷(1978—),男,山东巨野人,博士,副教授,从事植物逆境生理及调控研究。E-mail:shchjuan1978@aliyun.com。

2.2 NO 清除剂和水杨酸对干旱胁迫下玉米幼苗根系 MDA、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 含量的影响

由表 1 可知,与对照相比,干旱胁迫使新单 29 幼苗根系 MDA、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 含量均显著增加,分别比对照增加 200.0%、105.3%;NO 清除剂则使干旱下根系 MDA、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 含量分别显著增加了 36.2%、41%;与单独干旱胁迫相比,SA 则使干旱下根系 MDA、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 含量分别显著降低了 37.7%、30.8%;与 SA + D 处理相比,cPTIO + SA + D 处理则使根系 MDA、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 含量分别显著增加了 67.4%、88.9%。这说明,内源 NO 参与了 SA 对玉米幼苗根系抗氧化的调控。

表 1 NO 清除剂和水杨酸对干旱胁迫下玉米幼苗根系 MDA (nmol/g) 和 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 含量的影响

处理	NO 含量 (μmol/g)	MDA 含量 (nmol/g)	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 含量 (μmol/g)
CK	1.2c	2.3d	1.9d
D	3.0b	6.9b	3.9b
cPTIO + D	0.9d	9.4a	5.5a
SA + D	5.0a	4.3c	2.7c
cPTIO + SA + D	1.0d	7.2b	5.1a

注:同列数据后标有不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。下表同。

2.3 NO 清除剂和水杨酸对干旱胁迫下玉米幼苗根系渗透调节物质的影响

由表 2 可知,与对照相比,干旱胁迫使玉米幼苗根系渗透调节物质脯氨酸、可溶性糖、可溶性蛋白含量均显著增加,分别比对照增加了 84.3%、38.3%、78.3%;NO 清除剂则使干旱下根系脯氨酸、可溶性糖、可溶性蛋白含量均显著降低,分别降低了 30.6%、14.1%、22.0%;与单独干旱胁迫相比,SA 则使干旱下根系上述渗透调节物质含量均显著增加,分别增加了 35.4%、15.3%、31.7%;与 SA + PEG 处理相比,cPTIO + SA + PEG 处理则使脯氨酸、可溶性糖、可溶性蛋白含量分别显著降低了 32.2%、17.2%、25.9%。这说明,内源 NO 均参与了干旱和 SA 对渗透调节物质脯氨酸、可溶性糖、可溶性蛋白的诱导。

表 2 NO 清除剂和水杨酸对干旱胁迫下玉米幼苗根系渗透调节物质含量的影响

处理	脯氨酸含量 (μg/g)	可溶性糖含量 (μg/g)	可溶性蛋白含量 (mg/g)
CK	39.5d	182.3d	2.3d
D	72.8b	252.2b	4.1b
cPTIO + D	50.5c	216.6c	3.2c
SA + D	98.6a	290.8a	5.4a
cPTIO + SA + D	66.9b	240.9b	4.0b

2.4 NO 清除剂和水杨酸对干旱胁迫下玉米幼苗单株生物量的影响

由表 3 可知,与对照相比,干旱胁迫使玉米幼苗地上生物量显著降低了 32.9%,对根系生物量无显著影响,却使根冠比显著增加了 45.9%;NO 清除剂则使干旱下地上生物量、根系生物量、根冠比分别显著降低了 20.4%、32.6%、16.7%;与单独干旱胁迫相比,SA 则使干旱下地上生物量、根系生物

量、根冠比分别显著增加了 5.1%、26.9%、18.5%;与 SA + D 处理相比,cPTIO + SA + D 处理则使地上生物量、根系生物量、根冠比分别显著降低了 20.4%、43.9%、29.7%。

表 3 NO 清除剂和水杨酸对干旱胁迫下玉米幼苗单株生物量的影响

处理	地上生物量 (g)	根系生物量 (g)	根冠比
CK	1.46a	0.54b	0.37d
D	0.98b	0.52b	0.54b
cPTIO + D	0.78c	0.35c	0.45c
SA + D	1.03b	0.66a	0.64a
cPTIO + SA + D	0.82c	0.37c	0.45c

3 结论与讨论

膜脂过氧化产物 MDA、活性氧 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 含量是衡量植物抗氧化能力强弱的重要指标。研究表明,干旱胁迫可以显著增加玉米根系的 MDA、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 含量<sup>[16]</sup>。本试验结果表明,干旱胁迫可以显著增加新单 29 幼苗根系的 MDA、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 含量,而使其遭受氧化胁迫,这与前人的研究结果<sup>[16]</sup>一致。水杨酸作为一种重要的植物生长调节剂,在增强植物抗旱性上具有重要作用。本研究也表明,水杨酸可以显著降低干旱下新单 29 幼苗根系的 MDA、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 含量,从而缓解干旱对根系造成的伤害,这与前人的研究结果<sup>[16]</sup>一致。利用 NO 清除剂 cPTIO 降低根系 NO 含量则加剧了干旱造成的氧化胁迫,逆转了水杨酸的效应,这说明内源 NO 参与水杨酸缓解干旱造成的氧化胁迫的信号转导过程。

渗透调节物质含量的高低是衡量植物抗旱能力大小的重要指标。本试验表明,干旱可以显著提高玉米根系渗透调节物质脯氨酸、可溶性糖和可溶性蛋白的含量,水杨酸处理则可以进一步增加干旱下根系中上述 3 种渗透调节物质的含量,从而进一步增强植株保水能力和抗旱性。而降低内源 NO 含量后,干旱和水杨酸诱导的脯氨酸、可溶性糖和可溶性蛋白含量则显著下降,从而使根系的渗透调节能力下降,这说明内源 NO 参与水杨酸对根系渗透调节物质的诱导。

生物量大小是反映植物对干旱逆境响应的最直观指标。本研究表明,干旱胁迫显著降低了幼苗地上生物量,显著提高了根冠比。水杨酸处理则进一步提高了干旱下玉米幼苗根系生物量和根冠比,这说明水杨酸可以促进根系的生长,这与前人的研究结果<sup>[17]</sup>一致。而降低内源 NO 含量后,进一步抑制了干旱下地上部和根系的生长,并逆转了水杨酸对植株生长的促进作用,尤其是根系的生长,这说明内源 NO 参与水杨酸对植株生长的促进作用。

参考文献:

[1] 孟雪娇,邸 昆,丁国华. 水杨酸在植物体内的生理作用研究进展[J]. 中国农学通报,2010,26(15):207-214.  
[2] Wang D H, Li X X, Su Z K, et al. The role of salicylic acid in response of two rice cultivars to chilling stress[J]. Biologia Plantarum,2009,53(3):545-552.  
[3] Mahdavian K, Kalantai K M, Ghorbanli M, et al. The effects of salicylic acid on pigment contents in ultraviolet radiation stressed pepper plants[J]. Biologia Plantarum,2008,52(1):170-172.

叶玉娟, 叶龙华. 硝普钠浸种对干旱胁迫下玉米种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(8): 135–138.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.09.036

# 硝普钠浸种对干旱胁迫下玉米种子萌发及幼苗生长的影响

叶玉娟<sup>1</sup>, 叶龙华<sup>2</sup>

(1. 黄山学院生命与环境科学学院, 安徽黄山 245041; 2. 广东省林业科技推广总站, 广东广州 510173)

**摘要:**以玉米种子为试验材料, 用 10% 聚乙二醇 6000 (PEG-6000) 模拟干旱胁迫, 研究不同浓度的硝普钠 (50、100、300、500、1000  $\mu\text{mol/L}$ ) 浸种对玉米种子萌发和幼苗生长的影响。结果表明: 干旱胁迫下, 玉米种子的发芽势、发芽指数及幼苗的根、茎长和鲜质量显著下降, 过氧化物酶 (POD)、过氧化氢酶 (CAT) 和超氧化物歧化酶 (SOD) 活性均降低, 适宜浓度的硝普钠浸种, 缓解了干旱胁迫对玉米种子萌发及幼苗生长的迫害, SOD、POD、CAT 活性均升高, MDA 含量下降。通过对比几种不同 SNP 浓度, 结果说明, 500  $\mu\text{mol/L}$  SNP 对 PEG 模拟干旱胁迫下玉米种子萌发及幼苗的保护效应较为显著。

**关键词:**硝普钠; 干旱胁迫; 玉米种子; 幼苗生长; 生理特性

**中图分类号:** S513.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)08-0135-04

干旱是世界上限制农作物产量的重要因素之一, 世界各国每年由于干旱造成严重损失。我国是一个传统的农业大国, 气象灾害对我国的农业影响较大, 尤其是干旱的影响<sup>[1]</sup>。研究发现, 聚乙二醇 6000 (PEG-6000, 以下简称 PEG) 是一种亲水性非常强的大分子聚合物, 能够夺取水分对植物造成渗透胁迫, 并在一定程度上阻塞植物系统的输导组织, 利用 PEG 模拟渗透胁迫已成为植物抗旱性研究的重要手段<sup>[2-3]</sup>。

硝普钠 (sodium nitroprusside, SNP) 是一种常用的外源

NO 供体, 能有效促进植物种子萌发, 提高种子萌发率。前人研究表明, NO 在植物中的某些功能与它对活性氧代谢水平的调节具有相关性, NO 可作用于烟草中的过氧化氢酶 (CAT) 和抗坏血酸过氧化物酶 (APX) 从而参与对活性氧的调节<sup>[4]</sup>。Cheng 等研究发现, NO 能通过提高 SOD 的活性和降低膜脂过氧化水平来减缓缺水造成的离体水稻幼苗叶片的衰老<sup>[5]</sup>。本试验以玉米种子为材料, 采用 PEG 模拟干旱胁迫, 探究在一定程度干旱胁迫下, SNP 对玉米种子萌发和幼苗生长的影响, 为 SNP 提高玉米种子及幼苗抗旱性提供理论依据。

收稿日期: 2015-07-30

基金项目: 安徽省黄山市自然科学重点项目 (编号: 2007ZN-12); 黄山学院 2010 年科研项目 (编号: 2010xkj002)。

作者简介: 叶玉娟 (1985—), 女, 安徽宁国人, 硕士, 助理实验师, 研究方向为植物生理生化。E-mail: yjy@hsu.edu.cn。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

玉米种子, 品种为福玉 588。

[4] Gautam S, Singh P K. Salicylic acid - induced salinity tolerance in corn grown under NaCl stress [J]. Acta Physiologiae Plantarum, 2009, 31: 1185–1190.

[5] Loutfy N, El - Tayeb M A, Hassanen A M, et al. Changes in the water status and osmotic solute contents in response to drought and salicylic acid treatments in four different cultivars of wheat (*Triticum aestivum*) [J]. J of Plant Research, 2012, 125(1): 173–184.

[6] Korkmaz A, Uzunlu M, Demirkiran A R. Treatment with acetyl salicylic acid protects muskmelon seedlings against drought stress [J]. Acta Physiologiae Plantarum, 2007, 29: 503–508.

[7] Farooq M, Basra S M A, Wahid A, et al. Improving the drought tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) by exogenous application of salicylic acid [J]. Journal of Agronomy and Crop Science, 2009, 195: 237–246.

[8] Qiao W H, Fan L M. Nitric oxide signaling in plant responses to abiotic stresses [J]. J Integr Plant Biol, 2008, 50: 1238–1246.

[9] Song L L, Ding W, Shen J, et al. Nitric oxide mediates abscisic acid induced thermotolerance in the calluses from two ecotypes of reed under heat stress [J]. Plant Science, 2008, 175: 826–832.

[10] Gémes K, Poór P, Horváth E, et al. Cross - talk between salicylic acid and NaCl - generated reactive oxygen species and nitric oxide in tomato during acclimation to high salinity [J]. Physiologia Plantarum, 2011, 142: 179–192.

[11] 刘新, 张蜀秋, 姜成后. 一氧化氮参与水杨酸对蚕豆气孔运动的调控 [J]. 科学通报, 2003, 48(1): 60–63.

[12] 张志良, 瞿伟菁, 李小方. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2009: 100–101.

[13] 邹琦. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.

[14] 魏群. 基础生物化学实验 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2009.

[15] Zhou B, Guo Z, Xing J, et al. Nitric oxide is involved in abscisic acid - induced antioxidant activities in *Stylosanthes guianensis* [J]. J Exp Bot, 2005, 56: 3223–3228.

[16] 杨剑平, 潘金豹, 王文平, 等. 水杨酸对水分胁迫下玉米根系膜脂过氧化的影响 [J]. 北京农学院学报, 2002, 17(1): 8–12.

[17] 李才生, 秦燕, 宗盼. 水杨酸对玉米幼苗根系生长及细胞膜透性的影响 [J]. 广东农业科学, 2009(10): 32–34, 53.