

## 外源一氧化氮供体对几种植物种子的萌发和幼苗生长的影响

周永斌<sup>1,\*</sup> 殷有<sup>1</sup> 苏宝玲<sup>2</sup> 陈志坚<sup>1</sup> 刘立伟<sup>1</sup>

<sup>1</sup>沈阳农业大学林学院, 沈阳 110161; <sup>2</sup>沈阳大学生物工程与环境学院, 沈阳 110044

**摘要** 以0、0.1、0.3、0.5、0.7、0.9 mmol·L<sup>-1</sup>共6种浓度的外源一氧化氮(NO)供体硝普钠(SNP)处理豌豆、黄瓜、玉米和刺槐种子及其砂培幼苗后的结果表明: 0.1~0.3 mmol·L<sup>-1</sup> SNP对种子发芽势、发芽率及幼苗的根长、叶绿素含量和生物量有明显的促进作用; 随着SNP浓度的增加, 种子萌发和幼苗生长明显受抑制, 不同植物受抑制程度的差异明显。

**关键词** 一氧化氮(NO); 硝普钠(SNP); 种子萌发; 幼苗生长

## Effects of Exogenous Nitric Oxide Donor on Seed Germination and Seedling Growth of Several Plant Species

ZHOU Yong-Bin<sup>1,\*</sup>, YIN You<sup>1</sup>, SU Bao-Ling<sup>2</sup>, CHEN Zhi-Jian<sup>1</sup>, LIU Li-Wei<sup>1</sup>

<sup>1</sup>College of Forest, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China; <sup>2</sup>College of Bioengineering and Environment, Shenyang University, Shenyang 110044, China

**Abstract** The seeds and seedlings planted in sand of pea, cucumber, maize and acacia were soaked by 0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 and 0.9 mmol·L<sup>-1</sup> sodium nitroprusside (SNP), a nitric oxide (NO) donor. The results showed that 0.1–0.3 mmol·L<sup>-1</sup> SNP could promote the germination viability and germination percentage of seeds, the root length, chlorophyll contents and dry weights of seedlings. With the concentration of SNP increased, the seed germination and seedling growth were inhibited obviously. The inhibitory degree was different observably among plant species.

**Key words** nitric oxide (NO); sodium nitroprusside (SNP); seed germination; seedling growth

一氧化氮(nitric oxide, NO)是一种易扩散的生物活性分子, 是普遍存在于原生动物、细菌、酵母、动植物中的信号分子。它不仅在血管松弛、神经传导及先天性免疫防御反应等动物生理代谢过程中是一种关键性的第二信使, 而且是植物生长和发育的调节分子。关于其在植物中的作用研究起步较晚, 已发现它对植物的呼吸作用、光形态建成、种子萌发、根和叶片的生长发育、气孔运动、各种胁迫的响应及抗病防御反应等生理过程都有一定的作用<sup>[1~5]</sup>。本文研究了NO对豌豆、黄瓜、玉米和刺槐种子萌发和幼苗生长发育的影响。

### 材料与方法

实验材料为豌豆(*Pisum sativum* L.)中豌4号、玉米(*Zea mays* L.)沈农35、黄瓜(*Cucumis sativus* L.)津研4号和刺槐(*Robinia pseudoacacia* L.), 由我校植物学实验室提供。选取籽粒饱满、大小均匀的种子, 用清水浸种30 min, 然后培养在垫有

一层滤纸的培养皿(50粒·皿<sup>-1</sup>)内进行常规发芽实验。用Hoagland营养液配制0.1、0.3、0.5、0.7、0.9 mmol·L<sup>-1</sup>硝普钠(sodium nitroprusside, SNP)溶液, 现配现用。每个浓度设3个重复, 以浇10 mL Hoagland营养液为对照, 均于24℃自然光照条件下培养。发芽势于未经SNP处理的种子发芽数达到一半时, 以露白为标准, 统计各组的发芽数, 以其百分比表示。发芽率于发芽结束时统计各组的发芽数, 以其百分比表示。取种子萌发5 d后的幼苗, 测定根长、干重生物量和叶片叶绿素含量<sup>[6]</sup>。每处理设3个重复, 每重复取5株幼苗进行测定。

### 结果与讨论

#### 1 SNP对种子萌发的影响

表1显示:

收稿 2004-07-21 修定 2005-01-18  
资助 辽宁省自然科学基金博士启动项目(2001102058)。  
✉-mail: yyzyb@163.com, Tel: 024-88487150

(1) 0.1 mmol·L<sup>-1</sup> SNP浓度的黄瓜和玉米发芽势提高17.1%和30%, 差异达极显著水平( $P < 0.01$ ); 豌豆的发芽势提高8.5%, 差异也达显著水平( $P < 0.05$ ); 刺槐的发芽势提高4.8%, 差异不明显( $P > 0.05$ )。随着SNP浓度的增加, 4种植物种子发芽势均呈下降趋势, 0.9 mmol·L<sup>-1</sup> SNP处理的种子发芽势均为最小值, 差异达极显著水平( $P < 0.01$ )。可见, 低浓度SNP对4种植物种子的发芽势均有促进作用, 其中, 对黄瓜和玉米的促进作用最明显, 对刺槐的影响最小; 高浓度SNP对4种植物种子的发芽势均有抑制作用, 其中对豌豆的抑制作用最大。

(2) 0.1 mmol·L<sup>-1</sup> SNP处理的黄瓜、玉米种子发芽率提高幅度最明显, 差异达极显著水平( $\alpha = 0.01$ ), 其次是刺槐种子, 差异达显著水平( $P < 0.05$ )。豌豆种子在0.3 mmol·L<sup>-1</sup> SNP处理时, 发芽率最大, 高出未经SNP处理的4.2%, 差异达显著水平( $P < 0.05$ )。

以上结果与Giba等<sup>[7]</sup>的NO消除剂及鸟苷酸环化酶抑制剂亚甲基蓝抑制皇后树种子萌发而SNP

则促进种子萌发以及Beligni和Lamattina<sup>[8]</sup>的SNP和N-亚硝基-乙酰青霉胺(SNAP)促进莴笋种子萌发且萌发率与SNP和SNAP呈剂量效应的结果基本上是一致的。

## 2 SNP对幼苗根系生长的影响

种子萌发后5 d, 从每组中随机选10株幼苗测其根长。表2显示, 0.1 mmol·L<sup>-1</sup> SNP处理的4种植物幼苗的根系生长均受到促进, 除刺槐达差异显著水平( $P < 0.05$ )外, 其他3种植物均达极显著水平( $P < 0.01$ )。SNP浓度超过0.1 mmol·L<sup>-1</sup>时, 根系生长明显受抑制, 豌豆受抑程度最大, 玉米受抑程度最小。这与Leshem和Haramaly<sup>[9]</sup>的豌豆叶片生长受NO调节以及Gouvca等<sup>[10]</sup>的多种NO释放剂促进离体培养玉米根尖生长和根尖生长与药品浓度成正相关的结果相符。

## 3 SNP对幼苗生长的影响

表3显示, 0.1~0.3 mmol·L<sup>-1</sup> SNP处理的玉米幼苗生物量增加, 0.3 mmol·L<sup>-1</sup> SNP的达到最大, 差异达显著水平( $P < 0.05$ ); SNP浓度高于0.3 mmol·L<sup>-1</sup>时, 玉米幼苗生物量增长受抑。0.1

表1 SNP对4种植物种子萌发的影响

Table 1 Effects of SNP on seed germination of four plant species

植物类别	SNP浓度/mmol·L <sup>-1</sup>											
	0		0.1		0.3		0.5		0.7		0.9	
	发芽势/%	发芽率/%	发芽势/%	发芽率/%	发芽势/%	发芽率/%	发芽势/%	发芽率/%	发芽势/%	发芽率/%	发芽势/%	发芽率/%
玉米	50.0	88.8	65.0**	96.3**	52.5	93.8*	48.2*	90.0	44.5*	86.3	37.5**	73.8**
豌豆	58.8	86.3	63.8*	88.8	26.3**	90.0*	16.3**	76.3**	12.5**	71.3*	3.8**	68.8**
黄瓜	43.8	80.3	51.3**	96.5**	30.0**	78.3	40.0	88.5**	36.3*	75.8*	21.5**	65.3**
刺槐	61.5	78.8	66.3	86.3*	53.8*	60.5	46.3**	50.0**	45.0**	47.5**	38.8**	48.8**

\*表示与未经SNP处理的差异显著( $P < 0.05$ ); \*\*表示与未经SNP处理的差异极显著( $P < 0.01$ ) (新复极差测验, SSR)。表2~4同此。

表2 SNP对4种植物幼苗根长的影响

Table 2 Effects of SNP on seedling root length of four plant species

植物类别	SNP浓度/mmol·L <sup>-1</sup>						cm·株 <sup>-1</sup>
	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9		
玉米	4.430	5.255**	4.365	4.245*	3.950**	3.550**	
豌豆	5.304	5.970**	2.474**	1.868**	1.600**	1.300**	
黄瓜	7.973	8.532**	6.826**	5.702**	5.367**	4.945**	
刺槐	1.854	2.200*	0.899**	0.845**	0.745**	0.585**	

表3 SNP对4种植物幼苗干重的影响

Table 3 Effects of SNP on seeding dry weights of four plant species

植物类别	SNP浓度/ $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$					
	0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9
玉米	0.0492	0.0545	0.0568*	0.0466	0.0425	0.0398**
豌豆	0.0388	0.0414*	0.0379	0.0367	0.0346*	0.0327**
黄瓜	0.0059	0.0069**	0.0057	0.0046**	0.0042**	0.0039**
刺槐	0.0034	0.0038*	0.0034	0.0032	0.0029**	0.0027**

g·株<sup>-1</sup>

$\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  SNP处理的黄瓜、豌豆、刺槐幼苗生物量增加, 黄瓜的差异达极显著水平( $P<0.01$ ), 后者达显著水平( $P<0.05$ )。SNP浓度高于 $0.1\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时, 3种植物幼苗生物量均受抑,  $0.5\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  SNP处理的黄瓜幼苗受抑程度最大, 抑制程度达极显著水平( $P<0.01$ ),  $0.7\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  SNP处理的豌豆幼苗抑制程度达显著水平( $P<0.05$ ),  $0.7\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  SNP处理的刺槐幼苗受抑程度达极显著水平( $P<0.01$ ), 玉米幼苗受抑程度最小, SNP浓度高

至 $0.9\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时, 受抑程度达极显著水平( $P<0.01$ )。

NO不仅对种子萌发和幼苗生长有作用, 还参与黄花苗的去黄化作用<sup>[8]</sup>。表4显示,  $0.1\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  SNP处理的4种植物幼苗叶片中叶绿素含量均明显提高。刺槐幼苗提高量最大, 玉米和黄瓜幼苗次之, 差异均呈极显著水平( $P<0.01$ )。豌豆幼苗提高幅度最小, 差异达显著水平( $P<0.05$ )。SNP浓度超过 $0.1\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时, 4种植物幼苗叶片中叶绿素含量均下降, 下降程度最大的是刺槐幼

表4 SNP对4种植物幼苗叶绿素含量的影响

Table 4 Effects of SNP on seeding chlorophyll contents of four plant species

植物类别	SNP浓度/ $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$					
	0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9
玉米	1.084	1.152**	1.021**	0.930**	0.863**	0.836**
豌豆	0.938	0.969*	0.371**	0.311**	0.246**	0.209**
黄瓜	1.143	1.271**	1.059*	0.991**	0.975**	0.958**
刺槐	0.801	1.015*	0.655*	0.648*	0.560**	0.517**

 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 

苗, 豌豆、玉米和黄瓜幼苗次之。

### 参考文献

- 1 赵志光, 谭玲玲, 王锁民等. 植物一氧化氮(NO)研究进展. 植物学通报, 2002, 19(6): 659~665
- 2 Dean JV, Harper JE. Nitric oxide and nitric oxide production by soybean and winged bean during the *in vivo* nitrate reductase assay. Plant Physiol, 1986, 82: 718~723
- 3 Durner J, Klessig DF. Nitric oxide as a signal in plant. Curr Opin Plant Biol, 1999, 2: 369~374
- 4 Harper JE. Evolution of nitrogen oxide during *in vivo* nitrate reductase assay of soybean leaves. Plant Physiol, 1981, 68: 1488~1493
- 5 Neill SJ, Desikan R, Hancock JT. Nitric oxide is a novel component of abscisic acid signaling in stomatal guard cells. Plant Physiol, 2002, 128: 13~16
- 6 郝建军, 刘延吉主编. 植物生理学实验指导. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1999. 66
- 7 Giba Z, Grubisic D, Todorovic S et al. Effect of nitric oxide-releasing compounds on phytochrome-controlled germination of empress tree seeds. Plant Growth Regul, 1998, 26: 175~181
- 8 Beligni MV, Lamattina L. Nitric oxide stimulates seed germination and de-etiolation, and inhibits hypocotyls elongation, three light-inducible responses in plants. Planta, 2000, 210: 215~221
- 9 Leshem YY, Haramaly E. Plant aging: the emission of NO and effect of NO-releasing compounds on growth of pea foliage. Plant Physiol, 1996, 148: 258~263
- 10 Gouvca CMCP, Souza JF, Magalhaes CAN et al. NO releasing substances that induce growth elongation in maize root segments. Plant Growth Regul, 1997, 21: 183~187