

外源 NO 供体硝普钠浸种对 3 种草花种子萌发的影响

章玉平, 黄碧仔 (广州城市职业学院生物与环境工程系, 广东广州 510405)

摘要 [目的] 探明外源一氧化氮(NO)对草花种子萌发的影响。[方法] 以硝普钠(SNP)为 NO 供体, 研究 0(CK), 10, 100, 500, 1 000, 1 500, 2 000 $\mu\text{mol/L}$ SNP 浸种对凤仙花、孔雀草和千日红种子萌发的影响。[结果] 低浓度 SNP 浸种可以促进凤仙花、孔雀草和千日红种子的萌发。其中, 以 1 000 $\mu\text{mol/L}$ 浓度对凤仙花种子、500 $\mu\text{mol/L}$ 浓度对孔雀草和千日红种子处理的综合效果最好。[结论] 外源 NO 供体 SNP 对草花种子的萌发具有调控作用。

关键词 一氧化氮; 硝普钠; 凤仙花; 孔雀草; 千日红; 发芽率

中图分类号 S330.2⁺1 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2008)20-08460-02

Effect of Soaking Seeds in Exogenous Nitric Oxide Donor on Germination of Three Herbaceous Flower Seeds

ZHANG Yu-ping et al (Department of Biology and Environment Technology, Guangzhou City Polytechnic, Guangzhou, Guangdong 510405)

Abstract [Objective] The research aimed to study the effect of exogenous nitric oxide on the germination of herbaceous flower seeds. [Method] Sodium nitroprusside(SNP) was used as exogenous nitric oxide donor to study the effect of soaking seeds in exogenous nitric oxide donor with 0, 10, 100, 500, 1 000, 1 500, 2 000 $\mu\text{mol/L}$ on germination of *Impatiens balsamina*, *Tagetes patula* and *Gomphrena globosa*. [Result] The germination rate of three herbaceous flower seeds was increased at lower density. The effect of 1 000 $\mu\text{mol/L}$ SNP to *Impatiens balsamina*, 500 $\mu\text{mol/L}$ SNP to *Tagetes patula* and *Gomphrena globosa* was best. [Conclusion] Exogenous nitric oxide donor (sodium nitroprusside, SNP) had effect to the germination of three herbaceous flower seeds.

Key words Exogenous nitric oxide; Sodium nitroprusside (SNP); *Impatiens balsamina*; *Tagetes patula*; *Gomphrena globosa*; Germination rate

20 世纪 80 年代以前, 一氧化氮(NO)被认为是一种对环境和人体有害的气体。自 1987 年生物体内源 NO 合成机制被发现及其生理特性被证实以来^[1], 人们已认识到 NO 作为活性氮(Reactive Nitrogen Species, RNS)具有毒害和保护生物细胞的双重作用; 作为气体信号分子, 参与植物许多生长发育过程的调控, 包括促进种子萌发和侧根形成, 抑制植物组织的成熟衰老, 参与植物抗病防御和胁迫反应等^[2-6]。硝普钠(SNP)作为外源 NO 供体, 其分子中亚硝基基团在植物体内半胱氨酸、谷胱甘肽或其他 2SH 类化合物的存在下, 或通过细胞色素 P2450/NADPH 系统的催化, 会逐步分解、释放出 NO^[6]。目前, SNP 在种子萌发上的研究仅限于玉米、银叶菊、鸡冠花和金鱼草等少数植物^[2,7]。笔者研究了 SNP 浸种处理对凤仙花、孔雀草和千日红种子萌发的影响, 目的在于探索不同浓度的 SNP 浸种对草花种子萌发的调控作用, 为种子萌发生理和花卉生产提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 材料 凤仙花(*Impatiens balsamina*)、孔雀草(*Tagetes patula*)和千日红(*Gomphrena globosa*)的种子购于广州市三力园艺有限公司。一氧化氮供体硝普钠(亚硝基铁氰化钠, 简称 SNP, 分析纯), 由上海实验试剂公司生产。

1.2 方法 精选饱满度一致、无病虫害的 3 种草花种子置于小烧杯中, 分别加 50 ml 蒸馏水(CK)以及 10、100、500、1 000、1 500、2 000 $\mu\text{mol/L}$ SNP 溶液在室温条件下浸种 4 h, 每个处理 50 粒种子, 3 次重复。按照国家标准《农作物种子检验规程》的方法进行发芽试验。将浸种处理后的草花种子捞出, 用蒸馏水冲洗 3 次, 除去种子表面处理液。滤干后将其放在垫有 2 层湿滤纸的培养皿中, 将种子均匀铺开, 上面加盖双层医用纱布保湿。在光照培养箱(温度 24 $^{\circ}\text{C}$, 光强 2 000 lx, 光照时间 8 h/d)中催芽, 以胚根突破种皮露出白点

为萌发标准。从处理后的第 1 天起, 每天 10:00、16:00 在滤纸和纱布上补水保湿, 以滤纸和纱布湿润不干、培养皿中不积水为标准。每天 10:00 记录发芽的种子数; 第 3 天记录凤仙花种子发芽势, 第 4 天记录凤仙花种子发芽率; 第 2 天记录孔雀草和千日红种子发芽势, 第 3 天记录种子发芽率。发芽结束后, 计算种子平均发芽时间和发芽速率系数。发芽率、发芽势、平均发芽时间和发芽速率系数的测定参照孙永玉等方法^[8]。试验于 2007 年 9 月至 2008 年 4 月在广州完成。

2 结果与分析

2.1 不同浓度 SNP 处理对凤仙花种子萌发的影响 由表 1 可知, SNP 浸种处理对凤仙花种子萌发具有促进作用。各浓度处理的发芽速率系数、发芽势和发芽率比对照高, 发芽天数比对照低。其中, 以 1 000 $\mu\text{mol/L}$ 浓度处理效果最好, 其发芽率和发芽势分别比对照高 8.00% 和 10.00%, 发芽天数比对照减少 0.48 d; 其次是 1 500 $\mu\text{mol/L}$ 浓度处理的效果, 其发芽率和发芽势分别比对照高 7.33% 和 8.67%, 发芽天数比对照减少 0.45 d; 10、100、500、2 000 $\mu\text{mol/L}$ 浓度处理的发芽率和发芽势差异不显著, 但均比对照的效果好。

表 1 不同浓度 SNP 处理对凤仙花种子萌发的影响

Table 1 Effects of different concentrations of SNP treatments on seed germination of *Impatiens balsamina*

| 浓度 $\mu\text{mol/L}$ Concentration | 发芽势 // % Germination energy | 发芽率 // % Germination rate | 平均发芽天数 d Average germination days | 发芽速率系数 Germination speed coefficient |
|--|--------------------------------|------------------------------|---|---|
| 0(CK) | 90.00 c | 92.00 b | 1.66 a | 66.36 d |
| 10 | 95.33 ab | 96.67 a | 1.39 b | 71.81 c |
| 100 | 96.00 ab | 97.33 a | 1.30 b | 77.08 b |
| 500 | 96.67 ab | 98.00 a | 1.23 bc | 81.62 a |
| 1 000 | 100.00 a | 100.00 a | 1.18 c | 84.38 a |
| 1 500 | 98.67 ab | 99.33 a | 1.21 c | 82.83 a |
| 2 000 | 94.67 ab | 96.67 a | 1.24 c | 80.83 ab |

注: 同列不同小写字母表示 SSR 检验达 0.05 显著水平。下同。

Note: Lowercases in a row mean significant at 0.05 level by SSR test. The

作者简介 章玉平(1968-), 男, 江西新建人, 硕士, 副教授, 从事植物生理学和花卉学教学与研究工作。

收稿日期 2008-05-12

same as follows.

2.2 不同浓度 SNP 处理对孔雀草种子萌发的影响 由表 2 可知,低浓度 SNP 浸种处理对孔雀草种子的萌发具有促进作用。在一定范围内,随着 SNP 处理浓度的提高,种子的发芽势、发芽率和发芽速度系数相应提高,发芽时间缩短。其中,以 500 $\mu\text{mol/L}$ 浓度处理效果最好,发芽率和发芽势分别比对照高 9.33% 和 8.00%,平均发芽天数比对照少 0.23 d,发芽速度系数比对照高 8.16;其次为 1 000 $\mu\text{mol/L}$ 浓度处理的效果,其发芽率和发芽势分别比对照高 9.33% 和 6.66%,平均发芽天数比对照少 0.13 d,发芽速度系数比对照高 3.21。随着 SNP 处理浓度的增加 ($\geq 1\ 000\ \mu\text{mol/L}$),种子发芽速度减慢,发芽势、发芽速度系数下降,平均发芽天数增加。SNP 浓度为 2 000 $\mu\text{mol/L}$ 时,种子发芽率和发芽势均比对照低 2.00%,发芽速度系数比对照低 4.56,其平均发芽天数比对照多 0.11 d。因此,SNP 处理对孔雀草种子萌发的效应是低浓度促进种子萌发,高浓度抑制种子萌发。

表 2 不同浓度 SNP 处理对孔雀草种子萌发的影响

Table 2 Effects of different concentrations of SNP treatments on seed germination of *Tagetes patula*

| 浓度 $\mu\text{mol/L}$ Concentration | 发芽势//% Germination energy | 发芽率//% Germination rate | 平均发芽天数 d Average germi- nation days | 发芽速度系数 Germination speed coefficient |
|--|---------------------------------|-------------------------------|--|---|
| 0 (CK) | 88.67 b | 96.67 c | 1.61 a | 64.29 c |
| 10 | 94.00 a | 97.33 b | 1.46 b | 68.71 b |
| 100 | 94.00 a | 98.67 b | 1.45 b | 68.75 b |
| 500 | 96.67 a | 100.00 a | 1.38 b | 72.45 a |
| 1 000 | 95.33 a | 100.00 a | 1.48 b | 67.50 b |
| 1 500 | 90.67 b | 100.00 a | 1.67 a | 61.19 c |
| 2 000 | 86.67 b | 88.67 c | 1.72 a | 59.73 cd |

2.3 不同浓度 SNP 处理对千日红种子萌发的影响 由表 3 可知,低浓度 SNP 浸种处理对千日红种子萌发具有促进作用。其中,以 500 $\mu\text{mol/L}$ 浓度处理的效果最好,发芽率和发芽势分别比对照高 7.34% 和 9.67%,平均发芽天数比对照少 0.33 d,发芽速度系数比对照高 12.01;其次是 1 000 $\mu\text{mol/L}$ 浓度处理的效果,其发芽率和发芽势分别比对照高 6.33% 和 6.00%,平均发芽天数比对照少 0.32 d,发芽速度系数比

表 3 不同浓度 SNP 处理对千日红种子萌发的影响

Table 3 Effects of different concentrations of SNP treatments on seed germination of *Gomphrena globosa*

| 浓度 $\mu\text{mol/L}$ Concentration | 发芽势//% Germination energy | 发芽率//% Germination rate | 平均发芽天数 d Average germi- nation days | 发芽速度系数 Germination speed coefficient |
|--|---------------------------------|-------------------------------|--|---|
| 0 (CK) | 79.00 c | 91.33 b | 1.81 a | 55.56 bc |
| 10 | 82.67 b | 95.33 a | 1.57 b | 63.69 b |
| 100 | 87.00 a | 96.00 a | 1.51 bc | 66.23 a |
| 500 | 88.67 a | 98.67 a | 1.48 c | 67.57 a |
| 1 000 | 85.00 b | 97.00 a | 1.49 c | 67.11 a |
| 1 500 | 84.00 b | 93.67 b | 1.64 b | 60.98 b |
| 2 000 | 76.67 c | 91.00 bc | 1.69 b | 59.17 b |

对照高 11.55。在 0 ~ 1 000 $\mu\text{mol/L}$ 的浓度范围下,随着 SNP 处理浓度的提高,种子的发芽率、发芽势和发芽速度系数相应提高,发芽进程缩短。但随着 SNP 处理浓度的增加 ($\geq 1\ 000\ \mu\text{mol/L}$),种子的发芽势、发芽率下降,发芽速度减慢,发芽进程延长,在 SNP 浓度为 2 000 $\mu\text{mol/L}$ 时种子发芽势、发芽率低于对照。因此,SNP 处理对千日红种子萌发的效应是低浓度促进种子萌发,高浓度抑制种子萌发。

3 讨论

一氧化氮(NO)是植物体内广泛存在的内源调节分子,主要通过一氧化氮合酶(Nitric Oxide Synthase, NOS)、硝酸还原酶(Nitrate Reductase, NR)、黄嘌呤氧化酶(Xanthine Oxidase)和亚硝酸盐:NO 还原酶(Nitrite:NO Reductase, Ni-NOR)等酶促途径来催化合成^[9-11],参与植物多种生理过程,促进种子萌发,影响根的伸长、光形态的建成、细胞凋亡和乙烯释放等^[2-6]。研究表明,低浓度 SNP 浸种处理可以提高草花种子的发芽率和发芽势,缩短发芽进程。SNP 处理对孔雀草和千日红种子萌发的效应均表现为低浓度促进,高浓度抑制。其中,以 1 000 $\mu\text{mol/L}$ 浓度对凤仙花种子、500 $\mu\text{mol/L}$ 浓度对孔雀草种子、100 $\mu\text{mol/L}$ 浓度对千日红种子的处理效果最好。大于 500 $\mu\text{mol/L}$ 浓度对孔雀草和千日红种子萌发有一定的抑制作用,SNP 浓度为 2 000 $\mu\text{mol/L}$ 时孔雀草、千日红种子的发芽率、发芽势低于对照。这是因为当 NO 浓度更高时,NO 与超氧阴离子、过氧亚硝酸盐作用导致膜渗漏,甚至 NO 还可能扩散进入胞质溶胶,作用于相关的酶类,产生破坏性影响^[12]。有报道认为,NO 不但参与植物的生长发育,而且对植物的抗病信号传导、胁迫响应以及成熟衰老调节等生理过程均有作用^[2-6]。NO 可能作为一种信号物质调节植物种子萌发和生长^[2]。有关 SNP 处理促进种子萌发的机理还有待于进一步的研究。

参考文献

- [1] PLAMER R M J, FERRIGE A G, MONEADA S. Nitric oxide release accounts for the biological activity of endothelium-derived relaxing factor [J]. *Nature*, 1987, 327: 524-526.
- [2] 张少颖,任小林,程顺昌,等. 外源一氧化氮供体浸种对玉米种子萌发和幼苗的影响[J]. *植物生理学通讯*, 2004, 40(3): 309-310.
- [3] 张少颖,饶景萍,任小林. 一氧化氮对瓶插月季呼吸作用及相关酶活性的影响[J]. *园艺学报*, 2007, 34(1): 183-188.
- [4] 阮海华,沈文飏,徐朗莱. 一氧化氮调节胁迫下小麦幼苗根部质膜 H⁺-ATPase 和蔗糖酶活性提高耐盐性[J]. *植物学报*, 2004, 46(4): 415-422.
- [5] 刘开力,凌腾芳,刘志兵,等. 外源 NO 供体 SNP 浸种对盐胁迫下水稻幼苗生长的影响[J]. *植物生理学通讯*, 2004, 40(4): 419-422.
- [6] 刘开力,韩航如,徐颖洁,等. 外源一氧化氮对盐胁迫下水稻根部脂质过氧化物的缓解作用[J]. *中国水稻科学*, 2005, 19(4): 333-337.
- [7] 杨运英,沈惠明,郑敏玲,等. 外源一氧化氮供体 SNP 对几种草花种子发芽的影响[J]. *浙江农业科学*, 2007(1): 43-47.
- [8] 孙永玉,李昆,闫红. 不同处理对久树种子发芽的影响[J]. *林业科学研究*, 2002, 15(2): 225-228.
- [9] BELIGNI M V, LAMATTINA I. Nitric oxide: A non-traditional regulator of plant growth [J]. *Trends Plant Sci*, 2001, 6: 508-509.
- [10] BELIGNI M V, LAMATTINA I. Is nitric oxide toxic or protective? [J]. *Trends Plant Sci*, 1994, 4: 299-300.
- [11] 沈文飏. 硝酸还原酶也是植物体内的 NO 合成酶[J]. *植物生理学通讯*, 2003, 39(2): 168-170.
- [12] 裴真明,刘彦卓,张飞雄,等. 一氧化氮:植物体内一种新的生长调控因子[J]. *植物生理与分子生物学报*, 2002, 28(5): 325-332.