

方淑梅,梁喜龙,纪伟波,等. 外源 NO 对盐碱胁迫下水稻幼苗生长抑制的缓解作用[J]. 江苏农业科学,2013,41(8):67-69.

外源 NO 对盐碱胁迫下水稻幼苗生长抑制的缓解作用

方淑梅¹, 梁喜龙¹, 纪伟波², 林 岩¹

(1. 黑龙江八一农垦大学, 黑龙江大庆 163319; 2. 黑龙江省农垦牡丹江管理局, 黑龙江牡丹江 157000)

摘要:以硝普钠(SNP)为外源一氧化氮(NO)供体,研究了外源 NO 缓解盐碱胁迫(50 mmol/L NaCl 和 25 mmol/L Na₂CO₃)对水稻幼苗生长的抑制作用。结果表明,适宜浓度的 NO 对盐碱胁迫下水稻幼苗生长抑制有明显的缓解作用,主要表现为株高增加和根系的生长发育受到促进,其中根数、总根长、根干重均显著高于盐碱对照,以 1 mmol/L 的硝普钠效果最明显。而且施用外源 NO 供体还明显降低了丙二醛含量,增加了可溶性糖含量。因此外源 NO 对盐碱胁迫下水稻幼苗具有保护和促进生长的作用。

关键词:水稻幼苗;一氧化氮;盐碱胁迫

中图分类号: S511.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)08-0067-03

土壤盐碱化是世界范围内的环境问题,近年来化肥的大量施用及其他自然因素的影响使土地盐碱化现象更加严重。我国的盐碱土壤面积约占全世界盐碱土壤的 1/16,占全国耕地面积的 21%。水稻是对盐碱伤害较为敏感的作物,所以土壤盐碱化严重影响了我国水稻的生产^[1-3]。研究如何增强水稻耐盐碱能力,对提高水稻产量具有重要的现实意义。一氧化氮(NO)在植物体中广泛存在,研究表明它可参与植物体内多种生理进程的调节,如种子萌发,幼苗生长发育,植物抗旱、抗寒、耐盐,延缓衰老等^[4-6]。硝普钠(SNP)是常用的外源 NO 供体,0.5 mmol/L SNP 大约释放 NO 2.0 μmol/L^[7]。本试验以不同浓度 SNP 浸种处理水稻种子,通过测定水稻幼苗的形态及部分生理指标,研究外源 NO 缓解盐碱胁迫对水稻

幼苗生长的抑制作用,旨在为增强水稻秧苗抵抗盐碱胁迫能力、提高逆境条件下水稻产量提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 供试品种

东农 425,由黑龙江八一农垦大学农学院提供。

1.2 试验设计

本试验使用直径为 9 cm 的培养皿内垫滤纸进行。种子经 1% NaClO 消毒 15 min,灭菌水冲洗 3 遍,不同浓度 SNP 溶液浸种 24 h,灭菌水冲洗 3 遍后继续蒸馏水浸种 72 h,28 ℃催芽。SNP 的溶液处理设定为 0.1、1、10 mmol/L 3 个浓度,盐碱胁迫使用 50 mmol/L NaCl 和 25 mmol/L Na₂CO₃;NaNO₂ 浓度为 0.1 mmol/L。试验分为 6 个处理:蒸馏水对照(标记为 CK),盐碱对照(标记为盐碱),盐碱+0.1 mmol/L SNP(标记为 SNP1),盐碱+1 mmol/L SNP(标记为 SNP2),盐碱+10 mmol/L SNP(标记为 SNP3),盐碱+NaNO₂(标记为 N)。每个处理 4 次重复,摆种 30 粒/皿,置于 28 ℃恒温箱内培养,每天定时定量浇水,直至种子萌发数量不再发生改变,再进行

收稿日期:2013-05-07

基金项目:黑龙江省农垦总局项目(编号:HNK11A-02-14)。

作者简介:方淑梅(1977—),女,黑龙江密山人,硕士,讲师,主要从事生化与分子生物学及植物生理与生物逆境方面的教学和科研工作。E-mail:fangshumei520@126.com。

加后下降,最长根长在播种量>150 g/盘后显著下降,根干重在播种量≥210 g/盘后显著下降,根系活力在播种量≥180 g/盘后显著下降,根系盘结力在播种量>180 g/盘后开始下降,但差异不显著。总体而言,以播种量 120~150 g/盘所育秧苗地下部性状较优。

3 结论

机插秧是江苏省主要推广的稻作技术,其关键是要培育健壮的秧苗。而播种量是影响水稻秧苗素质的重要因素,沈建辉等认为,水稻播种量过大、超秧龄移栽,会在很大程度上降低秧苗素质,并提出机插秧苗适宜指标:秧龄 15~20 d、叶龄 3.5 叶左右、苗高 15~20 cm^[2]。机插稻生产中如果播种量过低,虽然有利于秧苗个体发展,但群体生产力不高,机插时缺穴率高,易导致穗数不足而低产;如果播种量过高,则通风透光条件差,秧苗串长且素质低,不利于高产。以往水稻育秧中往往采用营养土,破坏了耕层,本研究中采用有机基质育

秧,发现随着播种量的增加,水稻秧苗株高显著增加,茎基宽下降,叶片数减少,根数显著下降,叶绿素含量、最长根长、根系活力和盘结力先增加后下降,植株生物量也呈先增加后下降的趋势。综合而言,以播种量 120~150 g/盘所育秧苗株高符合机插秧要求,茎粗苗壮,叶绿素含量较高,这有利于茎维管束的发育,为保障水稻穗数和形成大穗提供了必要的秧苗基础;根数和白根数较多,根系活力较强,根系盘结力强,植株生物量大,有助于加快秧苗移栽后的返青速度,为高产奠定了基础。

参考文献:

- [1] 张国良,周 青,韩国路,等. 三种育秧方式对水稻机插秧苗素质的影响[J]. 江苏农业科学,2005(1):19-20.
- [2] 沈建辉,于林惠,邵文娟,等. 江苏三地机插稻育秧床土的基础肥力及其培肥与秧苗素质[J]. 扬州大学学报:农业与生命科学版,2005,26(4):56-60.

下一阶段试验。

1.3 测定方法

每皿随机取 8 株水稻幼苗进行各项形态指标测定。
株高和茎粗:用最小刻度为 1 mm 的直尺进行测量。
重量指标:将根和茎叶分开,分别用牛皮纸包好,标记,
105 ℃ 杀青 15min,80 ℃ 烘干,电子天平称重。
叶绿素含量测定:采用乙醇-丙酮混合提取法^[8]。
可溶性糖含量测定:参照文献[9]方法进行。
脯氨酸含量测定:参照文献[10]方法进行。

表 1 不同浓度 SNP 对盐碱胁迫下水稻幼苗形态指标的影响

处理	株高 (cm)	茎基宽 (cm)	根数 (条)	种子根长 (cm)	总根长 (cm)	茎叶干重 (mg)	根干重 (mg)
CK	5.11 ± 0.20a	0.14 ± 0.01a	5.00 ± 0.31a	10.58 ± 0.50a	23.97 ± 2.16a	3.59 ± 0.16a	3.44 ± 0.63a
盐碱	3.63 ± 0.24c	0.13 ± 0.01a	3.50 ± 0.10b	4.21 ± 0.68cd	11.67 ± 1.53c	2.13 ± 0.40b	1.63 ± 0.18c
SNP1	3.84 ± 0.27bc	0.14 ± 0.02a	3.91 ± 0.77b	3.89 ± 1.16d	10.50 ± 3.78c	2.16 ± 0.12b	1.56 ± 0.63c
SNP2	4.25 ± 0.20b	0.14 ± 0.03a	5.13 ± 0.37a	5.67 ± 0.64bc	17.33 ± 1.79b	2.56 ± 0.16b	2.48 ± 0.05b
SNP3	4.06 ± 0.26bc	0.14 ± 0.01a	4.13 ± 0.43b	4.29 ± 0.90cd	11.62 ± 2.71c	2.38 ± 0.10b	1.75 ± 0.27c
N	4.16 ± 0.22bc	0.12 ± 0.01a	4.34 ± 0.49ab	6.15 ± 1.18b	16.47 ± 3.05b	2.44 ± 0.16b	1.97 ± 0.26bc

注:各项指标均为单株测量数据,同列数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

2.2 不同浓度 SNP 对盐碱胁迫下水稻幼苗叶绿素含量的影响

叶绿素是参与光合作用光能吸收、传递和转化的重要色素,叶绿素含量下降是植物遭受盐胁迫的重要特征之一^[12]。本试验也表明盐碱胁迫明显抑制了水稻幼苗的光合作用,叶绿素的含量明显下降(图 1)。而较低浓度的硝普钠(SNP1、SNP2)可以增加水稻幼苗叶片中叶绿素含量,与盐碱对照相比分别增加 21.27%、16.93%,但是统计分析差异未达到显著水平。 NaNO_2 处理不能增加水稻幼苗的叶绿素合成。

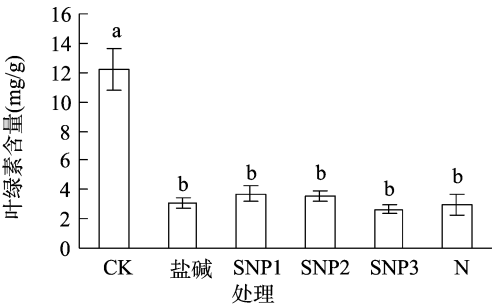


图 1 不同浓度 SNP 对盐碱胁迫下水稻幼苗叶绿素含量的影响

2.3 不同浓度 SNP 对盐碱胁迫下水稻幼苗可溶性糖含量的影响

糖类是植物体的重要组成物质,也是新陈代谢的主要原料和贮存物质,因此可溶性糖含量可作为植物体的抗性指标加以讨论测定。如图 2 所示,盐碱胁迫明显降低了水稻幼苗的可溶性糖含量,加入不同浓度 SNP 后有所升高,其中 SNP3 较盐碱组增加 33.9%,差异显著($P < 0.05$)。而 NaNO_2 处理组的可溶性糖含量并未较盐碱组增加,说明 SNP 处理增加水稻幼苗可溶性糖含量是由其分解产生的 NO 发挥作用的。

2.4 不同浓度 SNP 对盐碱胁迫下水稻幼苗脯氨酸含量的影响

在盐碱胁迫下植物积累脯氨酸具有一定普遍性,其含量多少在一定程度上反映了植物的抗逆性^[13]。如图 3 所示,各

丙二醛(MDA)含量测定:参照文献[11]方法进行。

2 结果与分析

2.1 不同浓度 SNP 对盐碱胁迫下水稻幼苗形态指标的影响

如表 1 所示,盐碱胁迫明显抑制了水稻幼苗的生长,外源施加不同浓度的 SNP 对其有不同程度的缓解作用,其中 SNP2 处理对水稻株高和根的生长的促进作用最明显,株高较盐碱对照增加 17.08%,根数、总根长和根干重分别比盐碱对照增加 46.57%、48.50%、52.15%,差异均达到显著水平($P > 0.05$)。

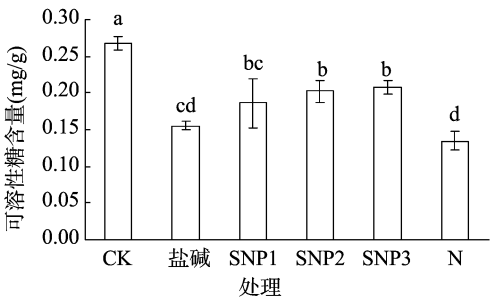


图 2 不同浓度 SNP 对盐碱胁迫下水稻幼苗可溶性糖含量的影响

处理组的脯氨酸含量均有一定程度增多,SNP1、SNP2、SNP3 分别较盐碱对照增加了 31.74%、30.44%、41.30%,但差异均未达到显著水平。而且这种促进作用可能是 NaNO_2 作用产生的。

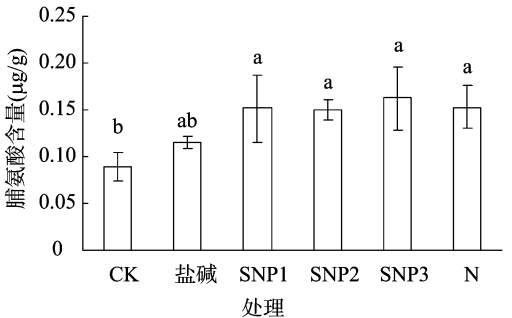


图 3 不同浓度 SNP 对盐碱胁迫下水稻幼苗脯氨酸含量的影响

2.5 不同浓度 SNP 对盐碱胁迫下水稻幼苗丙二醛含量的影响

丙二醛(MDA)是细胞膜脂过氧化作用的产物之一,它能加剧膜的损伤,丙二醛产生数量的多少能够代表膜脂过氧化程度,也可间接影响植物组织的抗氧化能力,所以在植物衰老生理和抗性生理研究中,丙二醛含量是一个常用指标。如图 4 所示,与水对照相比,盐碱胁迫使 MDA 生成增加,当加入不同浓度 SNP 后 MDA 含量均显著下降($P < 0.05$),而 NaNO_2

处理组 MDA 含量较盐碱对照降低 19.60%, 未达到显著水平, 说明 SNP 降低水稻幼苗体内 MDA 的生成和累积主要是 NO 的作用。

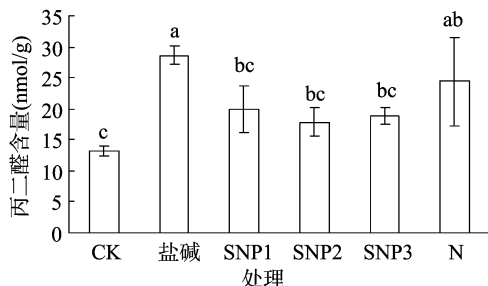


图4 不同浓度SNP对盐碱胁迫下水稻幼苗MDA含量的影响

3 讨论

盐是影响植物生长的主要环境因子之一, 其中钠盐的危害最为普遍, 主要通过渗透胁迫、离子毒害、氧化胁迫等抑制植物的生长、光合作用、蛋白质合成、能量和脂类代谢等。而与中性盐相比, 盐碱胁迫因其具有较高的 pH 值而对细胞膜的破坏作用更加强烈, 对植物生长造成的影响也更大^[14]。本试验结果也表明盐碱胁迫明显抑制了水稻幼苗的生长, 植株的抗性指标也明显下降。外施 SNP 明显缓解了盐碱胁迫对水稻幼苗生长的抑制作用, 这与 Gao 等对黄瓜的研究结果^[15]类似。分析原因可能是金属离子在碱性条件下容易沉淀, 导致幼苗生长受到抑制, 而 NO 在溶液中能够与金属离子形成复合物, 增加金属离子在植物体内的利用, 减少离子沉积对植物的伤害^[16]。由于 SNP 分解还会生成 NaNO_2 , 因此本试验也研究了 NaNO_2 对水稻幼苗生长的影响, 结果表明施用 NaNO_2 并未缓解盐碱胁迫对水稻幼苗生长的抑制作用, 因此可以认为 SNP 对盐碱胁迫的缓解作用是 NO 发挥的。

MDA 含量反映细胞氧化损伤的程度。有报道表明 NO 对干旱和盐胁迫引起的植物幼苗氧化损伤具有缓解效应, 能够降低 MDA 水平^[17-20]。本研究也表明外源 NO 明显降低了 MDA 含量, 表明一定程度上缓解了盐碱胁迫对水稻幼苗造成的伤害。另外, 在逆境胁迫下, 植物体会积累可溶性糖、脯氨酸等可溶性渗透调节物质以降低渗透势, 抵抗盐离子导致的渗透胁迫^[21]。本研究中, 外源 NO 显著增加了可溶性糖含量, 而脯氨酸含量增加不显著, 说明 NO 主要通过增加可溶性糖含量增强水稻的耐盐碱能力。而且可溶性糖还是植物体重要的能源和有机合成的原料物质, 因此可溶性糖含量增加不仅有保护作用, 而且对水稻幼苗的生长也具有重要的促进作用。

参考文献:

[1] Wang H, Wu Z, Chen Y, et al. Effects of salt and alkali stresses on growth and ion balance in rice (*Oryza sativa* L.) [J]. Plant Soil Environment, 2011, 57(6): 286–294.
[2] Nguyen N V, Ferrero A. Meeting the challenges of global rice production [J]. Paddy and Water Environment, 2006, 4(1): 1–9.

[3] 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.
[4] Shapiro A D. Nitric oxide signaling in plants [J]. Vitamins and Hormones, 2005, 72: 339–398.
[5] Zhang H, Shen W B, Xu L L. Effect of nitric oxide on the germination of wheat seed and its reactive oxygen species metabolisms under osmotic stress [J]. Acta Botanica Sinica, 2003, 45(8): 901–905.
[6] Beligni M V, Lamattina L. Nitric oxide stimulates seed germination and de-etiolation, and inhibits hypocotyl elongation, three light-inducible responses in plants [J]. Planta, 2000, 210(2): 215–221.
[7] Delledonne M, Xia Y, Dixon R A, et al. Nitric oxide functions as a signal in plant disease resistance [J]. Nature, 1998, 394(6693): 585–588.
[8] 张宪政. 作物生理研究法 [M]. 北京: 农业出版社, 1990: 148–150.
[9] 张志良. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1990: 160–162.
[10] 西北农业大学. 基础生物化学实验指导 [M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1986: 55–56.
[11] 梁颖, 王三根. Ca^{2+} 对低温下水稻幼苗膜的保护作用 [J]. 作物学报, 2001, 27(1): 59–64.
[12] Ruan H H, Shen W B, Xu L L. Nitric oxide modulates the activities of plasma membrane H^{+} -ATPase and PPase in wheat seedling roots and promotes the salt tolerance against salt stress [J]. Acta Botanica Sinica, 2004, 46(4): 415–422.
[13] Hasegawa P M, Bressan R A, Zhu J K. Plant cellular and molecular responses to high salinity [J]. Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 2000, 51: 463–499.
[14] Shi D C, Sheng Y M. Effect of various salt-alkaline stress conditions on sunflower seedlings and analysis of their stress factors [J]. Environmental and Experimental Botany, 2005, 54(1): 8–21.
[15] Gao Z X, Lin Y, Wang X F, et al. Sodium nitroprusside (SNP) alleviates the oxidative stress induced by NaHCO_3 and protects chloroplast from damage in cucumber [J]. African Journal of Biotechnology, 2012, 11(27): 6974–6982.
[16] Graziano M, Beligni M V, Lamattina L. Nitric oxide improves internal iron availability in plants [J]. Plant Physiology, 2002, 130(4): 1852–1859.
[17] García-Mata C, García-Mata C, Lamattina L. Nitric oxide induces stomatal closure and enhances the adaptive plant responses against drought stress [J]. Plant Physiology, 2001, 126(3): 1196–1204.
[18] 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.
[19] 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.
[20] 王风华, 卢利佩, 郭佳, 等. 外源 NO 对低浓度 NaCl 处理下甘蓝部分形态和生理指标的影响 [J]. 江苏农业科学, 2012, 40(5): 109–110.
[21] Munns R, Tester M. Mechanisms of salinity tolerance [J]. Annual Review of Plant Biology, 2008, 59: 651–681.