

外源 NO 对 NaCl 胁迫下燕麦幼苗氧化损伤的保护作用

苏桐¹, 龙瑞军², 魏小红^{1*}, 王俊红³, 李源¹

(1. 甘肃农业大学生命科学技术学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 兰州大学草地农业科学技术学院 甘肃草原生态研究所, 甘肃 兰州 730020; 3. 甘肃林业职业技术学院信息工程系, 甘肃 天水 741020)

摘要:用不同浓度的外源一氧化氮(NO)供体 SNP 处理 100 mmol/L NaCl 胁迫下一年生燕麦草幼苗,研究了外源 NO 对 NaCl 胁迫下燕麦幼苗氧化损伤的影响。结果表明,外源 NO 可缓解 NaCl 胁迫造成的燕麦幼苗膜质过氧化产物丙二醛(MDA)含量的升高,促进脯氨酸(Pro)积累,提高超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)和过氧化物酶(POD)活性,并能缓解叶绿素含量的降解,提高可溶性糖的含量。而且 NO 的这种作用存在明显的剂量效应,其中以 0.2 mmol/L SNP 处理效果最为显著。

关键词:一氧化氮;NaCl 胁迫;燕麦幼苗;保护酶;氧化损伤

中图分类号:S512.6;Q945.78 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-5759(2008)05-0048-06

* 燕麦(*Avena sativa*)是禾本科燕麦属一年生草本作物,具有较高的营养价值,是谷类食品中最好的全价营养食品。燕麦虽具有一定的耐盐碱能力,盐碱胁迫同样会对燕麦叶绿体超微结构、护酶活性的改变以及膜质过氧化等造成不同程度的伤害。而 SOD、CAT 和 POD 是植物细胞内清除活性氧的重要保护酶,在盐碱胁迫强度和胁迫时间不超过植物活性氧调控限度时,保护酶可诱导植物避免活性氧自由基对植物的伤害^[1];脯氨酸为细胞渗透调节物质,植物体内脯氨酸的含量在一定程度上反映了植物的抗逆性,其含量的多少与植物抗性呈正相关^[2];MDA 是膜脂过氧化产物,随着胁迫程度的加剧 MDA 含量升高,其含量的高低常作为膜脂过氧化程度的指标。叶绿素是植物进行光合作用的部位,也是细胞中对盐敏感的细胞器^[3]。目前对燕麦的研究主要集中在燕麦的适应性栽培、育种以及营养特性和产品开发等方面,对于施加外源的信号分子来进一步缓解盐碱的伤害鲜有报道。

NO 是广泛分布于生物体的一类气体生物活性分子,属于活性氮(reactive nitrogen species, RNS)范畴。其作为重要的信号分子,在植物生长发育及其对逆境的响应等方面起着重要的调节作用,能够使非生物胁迫条件下的植物生长发育免受活性氧(reactive oxygen species, ROS)的伤害,且其效应与植物细胞的生理条件及 NO 处理浓度有关^[4,5]。而在植物中活性氧的主要类型有超氧自由基(O₂⁻)、羟自由基(OH)、过氧化氢(H₂O₂)、脂质过氧基(ROO)^[6~8]。有研究表明,外源 NO 预处理对小麦(*Triticum aestivum*)渗透胁迫造成的膜脂过氧化有明显的缓解作用^[9],提高小麦叶片中抗氧化酶的活性,清除自由基,从而缓解水分胁迫造成的细胞膜脂过氧化损伤^[10];并且低浓度 NO 可缓解盐胁迫下水稻(*Oryza sativa*)叶绿素的降解、维持光系统 II 的高活性^[11]。因此,研究盐胁迫下 NO 与植物耐盐性的关系具有重要意义。为此,本研究以 100 mmol/L NaCl 作为盐胁迫条件,喷施不同浓度的外源 NO 研究了燕麦幼苗主要几种保护酶活性、脯氨酸积累和膜质过氧化的变化,以及盐胁迫对燕麦叶片叶绿体含量的影响,探讨 NO 缓解 NaCl 胁迫的生理机理,以期改善土壤次生盐渍化及进一步提高燕麦的耐盐碱性提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

供试材料为“白燕 5 号”品种。挑选大小一致、饱满的燕麦籽粒用 0.1% 的氯化汞消毒 3 min,再用蒸馏水冲洗 2~3 次,将种子均匀播撒于预先灭菌处理的土壤花盆中,置于昼夜温度(25±5)/(12±5)℃下培育生长,自然

* 收稿日期:2007-10-18;改回日期:2008-02-01

基金项目:甘肃省教育厅基金(0702-14)和教育部高校优秀青年教师教学科研奖励基金(031074)资助。

作者简介:苏桐(1980-),女,甘肃靖远人,在读硕士。E-mail: sutony2008@yahoo.com.cn

* 通讯作者。E-mail:weixh@gsau.edu.cn

光照。以硝普纳(sodium nitroprusside, SNP)为 NO 供体,100 mmol/L NaCl 提供盐害胁迫。待生长至三叶一心时进行 SNP 处理。3 个 SNP 处理浓度分别为 0.2,0.5 和 1.0 mmol/L,各浓度处理量为 50 mL,采用喷雾器喷施于叶面,每隔 1 d 喷施 1 次,连续喷施 3 次。3 d 后用 100 mmol/L NaCl 进行胁迫处理,对照浇蒸馏水,每天处理 1 次,共处理 3 d。

试验设 5 种处理:A,对照组为蒸馏水;B,100 mmol/L NaCl;C,0.1 mmol/L SNP+100 mmol/L NaCl;D,0.5 mmol/L SNP+100 mmol/L NaCl;E,1.0 mmol/L SNP+100 mmol/L NaCl,每个处理 3 次重复。于盐胁迫前(0 d),盐胁迫期间(1,2 和 3 d)分别取生长一致的各处理组燕麦幼苗研究相关生理生化指标。

1.2 试验方法

1.2.1 酶液的提取 取 0.5 g 燕麦叶片,加入 5 mL 0.05 mol/L(pH 值为 7)的磷酸缓冲液和少许石英砂在冰浴下研磨至匀浆,4℃下 12 000 r/min 离心 20 min,上清液为酶液,4℃保存备用^[12]。

1.2.2 SOD 活性测定 参照 Chander^[12]的方法进行,取 4 支管,2 支为对照,2 支为测定,给其中抑制对照管罩上黑色纸套,与其他各管同时置于一定光照和温度条件下反应。以不照光的对照作为空白管,分别测定其他各管对氮蓝四唑的光抑制作用,于 560 nm 处测定光密度,单位为:U/g FW。

1.2.3 POD 活性的测定 采用愈创木酚法^[13],POD 活性以每分钟内 A₄₇₀ 值减少 0.01 为 1 个过氧化物酶活力单位(U),酶活性以 U/g FW 表示。

1.2.4 CAT 活性的测定 以每分钟内 A₂₄₀ 减少 0.1 的酶量为 1 个酶活性单位(U)计算酶活性。取上述酶液 0.2 mL,加入 1.5 mL 磷酸缓冲液和 1.0 mL 蒸馏水,采用 Dhindsa 等^[14]方法稍有改进。

1.2.5 MDA 含量的测定 采用硫代巴比妥酸法^[15],取材料 0.5 g 加入 5 mL 三氯乙酸(TCA)研磨至匀浆,4 000 r/min 离心 10 min,吸取上清液 2 mL 加入 2 mL 0.6%硫代巴比妥酸(TBA),将混合物于沸水浴上反应 15 min,迅速冷却后再离心,取上清液测定 OD₄₅₀、OD₅₃₂、OD₆₀₀,根据公式计算含量。

1.2.6 脯氨酸含量的测定 采用茚三酮显色法。称取不同处理的样品叶片各 0.5 g 进行测定,以甲苯为空白对照,在分光光度计上 520 nm 波长处测其吸光度值。

1.2.7 叶绿素含量的测定 参照邹琦的《植物生理学试验指导》^[16]。取新鲜燕麦叶片 0.2 g,加入 2~3 mL 96%乙醇研磨成匀浆,再加乙醇 10 mL,继续研磨至组织变白,最后过滤到 25 mL 棕色容量瓶中。以 96%乙醇为空白,分别在 665,649,470 nm 下测定消光度。

1.2.8 可溶性糖的测定 采用蒽酮比色法。取新鲜样品叶片 0.2 g 剪碎混匀后进行测定,计算可溶性糖的含量^[15]。

1.3 统计分析

数据采用 SPSS 13.0 软件中一般线性模型(GLM)进行单因素方差分析,进行 Duncan 多重比较分析差异显著。

2 结果与分析

2.1 不同浓度外源 NO 对 NaCl 胁迫下燕麦幼苗叶片抗氧化系统的影响

在持续 3 d 的 NaCl 胁迫过程中,SNP 对燕麦幼苗 SOD、CAT 和 POD 活性具有显著的影响(图 1)。盐胁迫前(0 d)SNP 处理组 SOD 活性高于对照(CK),盐胁迫第 1 天各处理组 SOD 活性均有所上升,并达到最大值,其中 100 mmol/L NaCl 单独处理其 SOD 活性极显著高于 SNP 处理组和对照($P < 0.01$)。随胁迫时间的延长,NaCl 单独处理 SOD 活性迅速下降。胁迫第 3 天 SNP 处理组燕麦幼苗 SOD 活性均显著高于 NaCl 单独处理($P < 0.05$),0.2,0.5 和 1.0 mmol/L SNP 与单独盐胁迫相比,SOD 活性分别提高了 54.93%,34.37%和 20.52%,其中 0.2 mmol/L SNP 处理效果最为显著(图 1A)。

POD 活性呈先升高后下降的趋势(图 1B),NaCl 胁迫第 2 天 SNP 各处理组 POD 活性达到最大值,与 CK 相比,0.2,0.5 和 1.0 mmol/L SNP 喷施燕麦叶片后,其 POD 活性分别提高了 86.42%,71.26%和 68.48%,极显著高于对照($P < 0.01$)。单盐胁迫 POD 活性在盐胁迫第 1 天达到最大值,随着胁迫时间延长,POD 活性下降,盐胁迫第 3 天降至最低,极显著低于对照与 SNP 处理组($P < 0.01$)。

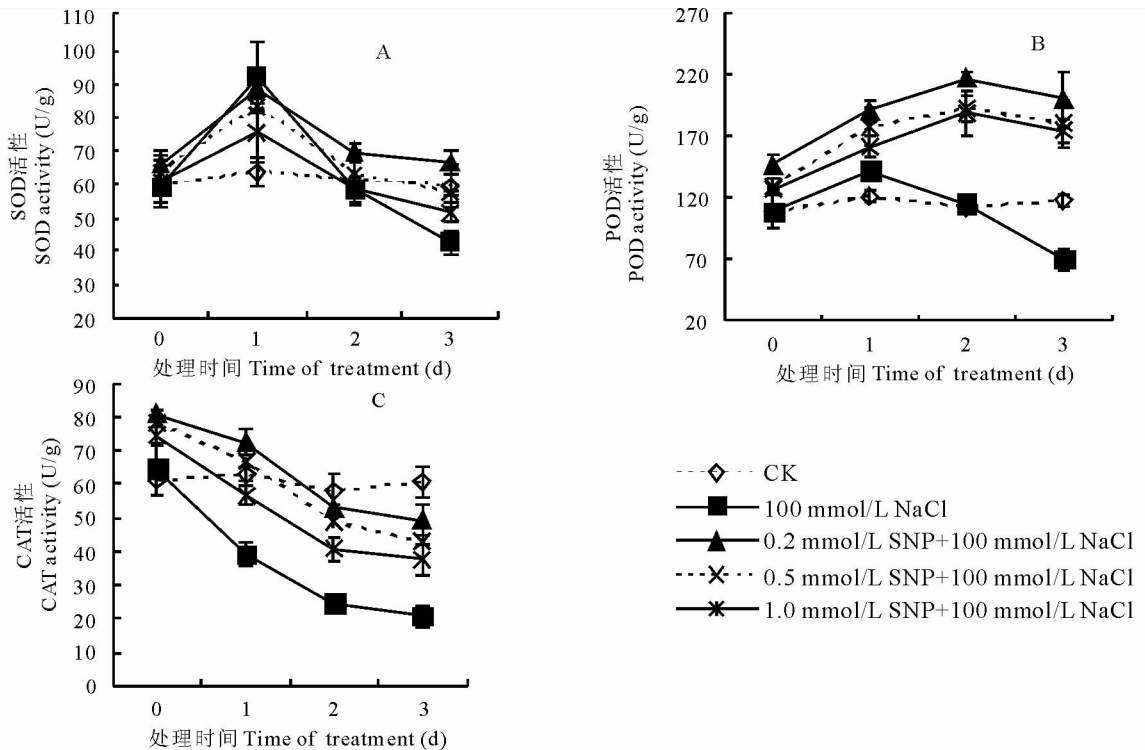


图 1 外源 NO 对盐胁迫下燕麦幼苗 SOD、CAT、POD 酶活性影响

Fig. 1 Effect of exogenous nitric oxide on SOD, CAT and POD activity in the oat seedling leaves under salt stress

外源 SNP 处理可延缓盐胁迫下 CAT 活性下降程度(图 1C)。NaCl 胁迫前(0 d)SNP 处理组 CAT 活性极显著高于 100 mmol/L NaCl 单独处理($P < 0.01$)。盐胁迫期间,各处理 CAT 活性下降,单盐处理(100 mmol/L NaCl)在 0~1 d 下降程度较 SNP 处理组快。盐胁迫第 3 天各处理 CAT 活性均降至最低点,0.2, 0.5 和 1.0 mmol/L SNP 与 CK 相比,分别下降了 22.89%, 29.44% 和 38.24%, 单盐胁迫则下降了 65.84%。

2.2 不同浓度外源 NO 对 NaCl 胁迫下燕麦幼苗叶片 MDA 含量的影响

丙二醛是直接反映膜脂过氧化的指标之一。NaCl 胁迫前(0 d)SNP 处理的燕麦幼苗 MDA 活性高于 CK,这可能是植物自身的一种适应性反应。随着胁迫时间的延长,MDA 含量开始上升,胁迫第 2 天各处理 MDA 含量达到最大值,但与单独盐胁迫相比,不同浓度的 SNP 处理后均能降低盐胁迫下 MDA 的含量(图 2A),其中 0.2 mmol/L SNP 处理的效果最好。盐胁迫第 3 天与第 2 天相比,各处理 MDA 的含量有所下降,但单盐处理的燕麦幼苗 MDA 含量在盐胁迫期间始终高于 SNP 处理。

2.3 不同浓度外源 NO 对 NaCl 胁迫下燕麦幼苗叶片脯氨酸含量的影响

脯氨酸是植物重要的渗透调节和抗氧化物质,盐胁迫使脯氨酸含量积累。NaCl 胁迫前(0 d)SNP 处理组脯氨酸含量高于 CK。随着胁迫时间的延长,土壤中盐分含量的增加,燕麦幼苗叶片内脯氨酸逐渐升高(图 2B)。盐胁迫第 3 天各处理脯氨酸含量达到最大值,0.2, 0.5 和 1.0 mmol/L SNP 与对照相比,分别提高了 116.69%, 99.4% 和 78.72%;单盐胁迫脯氨酸含量提高了 67.03%,其中以 0.2 mmol/L SNP 处理效果最显著($P < 0.05$)。可见 SNP 处理可以显著地促进 NaCl 胁迫下脯氨酸含量的积累。

2.4 不同浓度外源 NO 对 NaCl 胁迫下燕麦幼苗叶片叶绿素和可溶性糖含量的影响

随着盐胁迫时间的延长,各处理组叶绿素含量呈下降趋势,SNP 处理组叶绿素含量较单盐胁迫下降缓慢(图 3A)。盐胁迫前(0 d)SNP 处理的燕麦幼苗叶绿素含量较 CK 升高,其中以 0.2 mmol/L SNP 处理效果最显著($P < 0.05$)。盐胁迫期间,对照幼苗中叶绿素含量逐渐增加,而其他各处理叶绿素含量下降,以单盐胁迫苗下降最显著,且单盐处理第 2 天叶绿素含量迅速下降,与第 1 天相比下降了 21.00%。盐胁迫第 3 天 0.2, 0.5 和 1.0 mmol/L SNP 与对照相比,分别下降了 5.06%, 12.68% 和 16.95%,单盐胁迫苗则下降了 36.28%。说明不同浓度 SNP 处理均能缓解 NaCl 胁迫造成的燕麦幼苗叶绿素含量的下降。

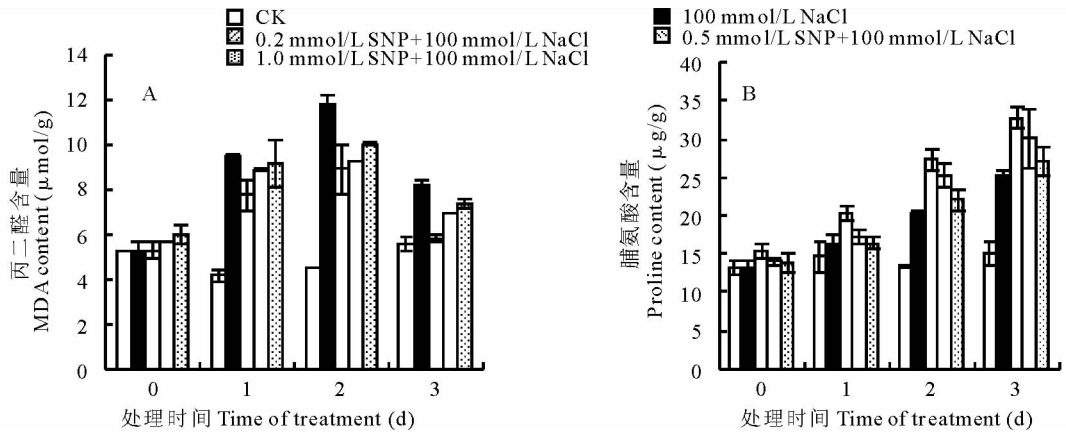


图 2 外源 NO 对盐胁迫下番茄幼苗 MDA 和含脯氨酸量的影响

Fig. 2 Effect of exogenous nitric oxide on MDA and proline content in the oat seedling leaves under salt stress

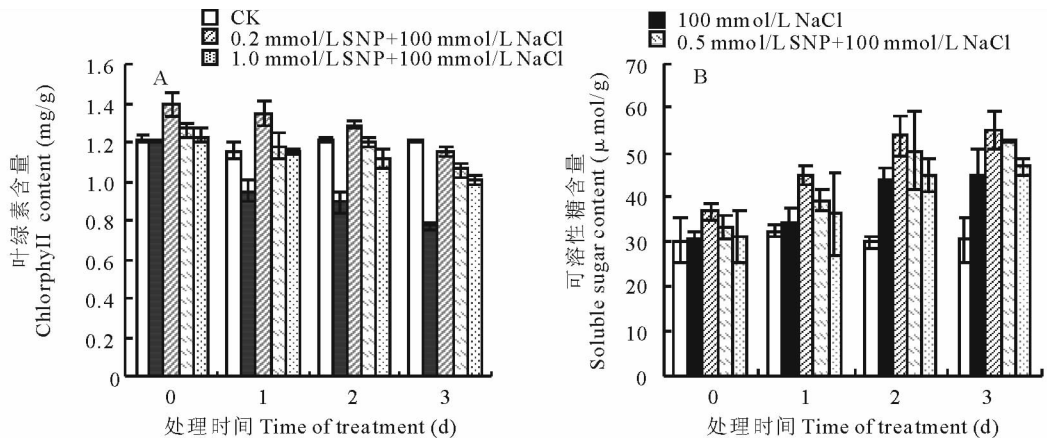


图 3 外源 NO 对盐胁迫下燕麦幼苗叶绿素和可溶性糖含量的影响

Fig. 3 Effect of exogenous nitric oxide on content of chlorophyll II and soluble sugar in the oat seedling leaves under salt stress

可溶性糖也是植物重要的渗透调节物质。盐胁迫前,不同浓度 SNP 处理组与 CK 相比,可溶性糖含量增加(图 3B)。盐胁迫第 3 天,0.2,0.5 和 1.0 mmol/L SNP,与对照相比分别提高了 80.2%,72.92% 和 53.63%,单盐胁迫与 CK 相比提高了 47.32%。说明外源 NO 可以提高 NaCl 胁迫下燕麦幼苗的渗透保护能力。

3 讨论

当植物受到盐胁迫时,体内会产生大量的活性氧,而超氧阴离子是活性氧中最丰富的一种^[17],活性氧若不能及时被清除,就会导致氧化损伤及其损伤的转移。体内能清除活性氧的酶系和抗氧化物质主要有 SOD、POD 和 CAT 等,它们协同抵抗盐分诱导的氧化损伤。本研究结果表明,外源 NO 可以提高 NaCl 胁迫下燕麦幼苗 SOD、CAT 和 POD 的活性,进一步降低因 NaCl 胁迫而产生的活性氧,从而对燕麦幼苗起到保护作用。然而盐胁迫对这 3 种保护酶的诱导效果并不一致,这可能与植物在盐胁迫过程中 SOD、POD 和 CAT 在植物膜脂过氧化过程所起的不同作用有关,也可能与 NO 在信号传导过程中不同的酶所在的位置有关。而且 0.2 mmol/L SNP 处理显著高于对照组(图 1),说明这种保护作用存在明显的剂量效应^[18]。NaCl 胁迫后,SOD、POD 和 CAT 等清除和分解 H₂O₂ 的酶活性增加缓慢,增加幅度小,下降迅速(CAT),或增加后又迅速下降。而 NO 对 SOD、POD 和 CAT 活性均有明显的促进作用,进而提高了清除自由基防御系统的防御能力,缓解了 NaCl 胁迫对燕麦幼苗的氧化损伤作用,使细胞膜受活性氧的伤害减轻,MDA 含量下降。NO 提高了各种保护酶活性主要在于 NO 对含铁的相关酶类有很高的亲和性(如 CAT、抗坏血酸过氧化物酶和细胞色素 C 氧化酶)^[19]。保护酶活性提高,降低了 H₂O₂ 等 ROS 的大量生成,使细胞的渗透能力和耐盐能力的提高成为可能^[20]。

本研究结果发现,外源 NO 处理组与单独盐胁迫相比,显著降低了盐胁迫下燕麦幼苗 MDA 含量,说明外源 NO 对细胞膜具有良好的保护作用,可减轻盐胁迫对其造成的伤害。

逆境条件下,植物体内脯氨酸的积累在一定程度上反应了植物的抗逆性。外源 NO 能促进低温胁迫下黑麦草脯氨酸含量的积累,提高抗冷性^[21];也可以提高小麦叶片中脯氨酸含量,增强耐盐性^[22]。NO 还能缓解盐胁迫对番茄(*Lycopersicon esculentum*)幼苗 POD 同工酶造成的损伤,减小盐胁迫对小分子量 POD 同工酶的伤害^[23]。本研究结果还表明,外源 NO 能促进盐胁迫下燕麦草脯氨酸含量的积累,维持细胞的结构和调节渗透压。盐胁迫过程中,与单盐胁迫相比,NO 处理使燕麦幼苗的脯氨酸含量处于较高的水平,这也是缓解盐胁迫下燕麦幼苗伤害的另一重要原因。

在本试验中,外源 NO 显著提高了盐胁迫下叶绿素含量,降低电解质渗漏,从而缓解了盐胁迫造成的氧化损伤,一定程度上保护了叶绿体结构的完整,这可能也与除叶绿素之外的其他酶类有关。叶绿素是植物进行光合作用的主要部位,也是细胞器中对盐敏感的细胞器。叶绿素酶是叶绿素降解代谢中唯一肯定起作用的酶,能增强叶绿素酶活性,加速叶绿素分解。盐胁迫下,植物细胞叶绿体和线粒体电子传递中泄露的电子增加,活性氧大量产生。蒋明义等^[24]研究表明渗透胁迫下叶绿素的降解主要由活性氧的氧化损伤引起,而质膜电解质外渗的增加与质脂过氧化速率呈显著正相关。

参考文献:

- [1] You M G, Mao K. Turfgrass and temperature[J]. Grassland and Turf, 2003, 5(1): 15-18.
- [2] You J H, Lu J M, Yang W J. Studies on cold resistance and effects on related physiological index by Ca in clove seedling[J]. Pratacultural Science, 2003, 12 (1): 31-33.
- [3] Schmidt H W, Walter U. NO at work[J]. Cell, 1994, 36: 289-295.
- [4] Beligni M V, Lamattina L. Is nitric oxide toxic or protective[J]. Trends Plant Science, 1999, 4(8):229-300.
- [5] Beligni M V, Lamattina L. Nitric oxide protects against cellular damage produced by methylviologen herbicides in potato plants [J]. Nitric Oxide, 1999, 3(3): 199-208.
- [6] 李朝周. CoCl₂ 对 Na₂CO₃ 胁迫下苜蓿幼苗叶片细胞膜的保护作用[J]. 草业学报, 2007, 16(3): 49-54.
- [7] 莫简. 活性氧及其生理学作用[J]. 生物化学与生物物理进展, 1981, (2): 23-29.
- [8] 汪月霞,孙国荣,王建波,等. Na₂CO₃ 与 NaCl 胁迫下星星草幼苗叶绿体保护酶活性的比较[J]. 草业学报, 2007, 16(1): 81-86.
- [9] 王宪叶,沈文彪,徐朗莱. 外源 NO 对渗透胁迫下小麦幼苗叶片膜脂过氧化的缓解作用[J]. 植物生理与分子生物学学报, 2004, 3(4): 195-200.
- [10] 王罗霞,赵志光,王锁民. 一氧化氮对水分胁迫下小麦叶片有氧代谢及膜脂过氧化的影响[J]. 草业学报, 2004, 15(4): 104-109.
- [11] Akio U, Andre T J, Takashi H, *et al.* Effects of hydrogen peroxide and nitric oxide on both salt and heat stress tolerance in rice[J]. Plant Science, 2002, 163: 515-523.
- [12] Chander M S. Enzymic associations with resistance to rust and powdery mildew in pea[J]. Indian Journal of Horticulture, 1990, 47(3): 341-345.
- [13] 王韶唐. 植物生理学实验指导[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1986.
- [14] Dhindsa R S, Plumb-Dhindsa P, Thorpe T A. Leaf senescence correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation and decreased levels of superoxide dismutase and catalase[J]. Experimental Botany, 1982, 32: 91-101.
- [15] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [16] 邹琦. 植物生理学试验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [17] 刘小静,柳小妮. 多效唑和烯效唑对草地早熟禾一些生化指标及其抗性的影响[J]. 草业学报, 2006, 15(2): 48-53.
- [18] Uchida A, Jagendorf A T, Hibino T, *et al.* Effects of hydrogen peroxide and nitric oxide on both salt and heat stress tolerance in rice[J]. Plant Science, 2002, 163: 515-523.
- [19] 王宪叶,沈文彪,徐朗莱. 外源 NO 对渗透胁迫下小麦幼苗叶片膜脂过氧化缓解作用[J]. 植物生理与分子生物学学报,

2004, 30(2): 195-200.

- [20] Zhu J K. Salt and drought stress signal transduction in plants[J]. Annual Review of Plant Biology, 2002, 53:247-273.
- [21] 马向丽, 魏小红, 龙瑞军, 等. 外源一氧化氮提高一年生黑麦草抗冷机制[J]. 生态学报, 2005, 25(6): 1269-1274.
- [22] 陈明, 沈文彪, 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报, 2004, 30(5): 569-576.
- [23] 苏桐, 魏小红, 丁学智, 等. 外源 NO 与蔗糖对盐胁迫下番茄 (*Lycopersicon esculentum* Mill) 幼苗氧化损伤的保护效应[J]. 生态学报, 2008, 28(4): 1558-1564.
- [24] 蒋明义, 杨文英, 徐江, 等. 渗透胁迫下水稻苗中叶绿素降解的活性氧损伤作用[J]. 植物学报, 1994, 36(4): 289-295.

Protective effects of exogenous nitric oxide on oxidative damage in oat seedling leaves under NaCl stress

SU Tong¹, LONG Rui-jun², WEI Xiao-hong¹, WANG Jun-hong³, LI Yuan¹

(1. School of Life Science & Technology of Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China;

2. College of Pastoral Agriculture Science and Technology, Lanzhou University; Gansu

Grassland Ecological Research Institute, Lanzhou 730020, China; 3. Gansu

Forestry Technological College, Tianshui 741025, China)

Abstract: The effects of an exogenous nitric oxide donor (sodium nitroprusside, SNP) at concentrations of 0.2, 0.5 and 1.0 mmol/L on oxidative damage in oat seedling leaves under 100 mmol/L NaCl stress were studied. Treatment of NaCl stress with different concentrations of SNP significantly increased the activities of antioxidant enzymes (including SOD, CAT and POD) and the contents of proline and chlorophyll II in leaves, but significantly decreased MDA contents of leaves compared with salt stress controlled seedling leaves. Moreover the effects of SNP for alleviation of NaCl stress were dose-dependant. The optimum SNP concentration for elevating the leaf antioxidation ability of oat seedlings was 0.2 mmol/L and was mainly achieved by enhancing antioxidative capability in leaves of oat seedlings

Key words: oat seedling; protective enzymes; nitric oxide; NaCl stress; oxidative damage

《中国种业》征订启事

《中国种业》是由农业部主管, 中国农业科学院作物科学研究所和中国种子协会共同主办的全国性、专业性、技术性种业科技期刊。该刊系全国中文核心期刊、全国优秀农业期刊。

刊物目标定位: 以行业导刊的面目出现, 在新的一年里力争在本行业扩大发行量, 并做到权威性、真实性和及时性。覆盖行业范围: 大田作物、蔬菜、花卉、林木、果树、草坪、牧草、特种种植、种子机械等, 信息量大, 技术实用。

读者对象: 各级种子管理、经营企业的领导和技术人员, 各级农业科研、推广部门人员, 大中专农业院校师生, 农村专业户和广大农业生产经营者。

月刊, 大 16 开本, 每期 5.80 元, 全年 69.60 元。国内统一刊号: CN 11-4413/S, 国际标准刊号: ISSN 1671-895X, 全国各地邮局均可订阅, 亦可直接汇款至编辑部订阅, 挂号需每期另加 3 元。邮发代号: 82-132

地址: (100081) 北京市中关村南大街 12 号中国农业科学院

电话: 010-62180279 (编辑部) 010-62186657 (广告发行部)

传真: 010-62180279 E-mail: chinaseedqks@sina.com chinaseedqks@163.com

欢迎投稿、刊登广告