

外源 NO 对干旱下刺槐幼苗抗氧化特性的影响

李建新¹, 任永信^{2*}

(1. 辉县市林业局, 河南 辉县 453600; 2. 河南科技学院, 河南 新乡 453003)

摘要: 采用盆栽试验, 研究了外源一氧化氮(NO)处理对干旱条件下刺槐幼苗抗氧化特性的影响。结果表明, 与正常水分(田间持水量的 75%~80%)处理相比, 干旱胁迫(田间持水量的 45%~55%)处理显著提高了刺槐幼苗叶片的超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)活性、还原型抗坏血酸(AsA)和还原型谷胱甘肽(GSH)含量、相对电导率和丙二醛(MDA)含量, 增幅分别为 33.3%、175%、31.4%、38%、150% 和 101.6%。与干旱胁迫处理相比, 100 $\mu\text{mol/L}$ 硝普钠(SNP)+干旱处理显著提高了刺槐幼苗叶片的 SOD 和 POD 活性、AsA 和 GSH 含量, 增幅分别为 20%、81.8%、19.6%、27.5%, 显著降低了相对电导率和 MDA 含量, 降幅分别为 32%、27.2%。这表明, 外源 NO 处理可以缓解干旱胁迫对刺槐幼苗所造成的伤害。

关键词: 干旱胁迫; 刺槐; 一氧化氮; 幼苗; 抗氧化特性

中图分类号: S792.270.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2012)11-0129-03

Effects of Exogenous Nitric Oxide on Antioxidant Properties of *Robinia pseudoacacia* L. Seedling Leaves under Drought StressLI Jian-xin¹, REN Yong-xin^{2*}

(1. Forestry Bureau of Huixian City, Huixian 453600, China;

2. Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, China)

Abstract: This paper dealt with effects of exogenous nitric oxide on the antioxidant properties of *Robinia pseudoacacia* L. leaves under drought stress. The results showed that drought stress (45%–55% field capacity) significantly increased the activities of SOD (33.3%) and POD (175%), the contents of AsA (31.4%) and GSH (38%), and the permeability of plasma membrane (150%) and MDA content (101.6%), compared with normal water treatment (75%–80% field capacity). The treatment of 100 $\mu\text{mol/L}$ SNP and drought significantly increased the activities of SOD (20%) and POD (81.8%), and the contents of AsA (19.6%) and GSH (27.5%), and significantly decreased the permeability of plasma membrane (32%) and MDA content (27.2%). In conclusion, exogenous nitric oxide could alleviate the injury caused by drought stress.

Key words: drought stress; *Robinia pseudoacacia* L.; nitric oxide; seedling; antioxidant properties

在豫北山区, 水分是制约刺槐生长的主要环境因素之一。因此, 刺槐水分关系的研究一直是林业科研的重要课题。一氧化氮(NO)是一种气体信号分子, 已有研究表明, 它能提高多种植物干旱胁迫下

的抗逆性^[1-2]。但 NO 能否促进干旱胁迫下刺槐幼苗的抗逆性, 目前还不清楚。由于植物的抗逆性与其自身的抗氧化特性密切相关, 因此, 采用盆栽试验研究了外源 NO 处理对干旱条件下刺槐幼苗抗氧化

收稿日期: 2012-05-23

基金项目: 河南省教育厅自然科学研究计划项目(2011A210008)

作者简介: 李建新(1968-), 男, 河南辉县人, 高级工程师, 主要从事林业技术工作。E-mail: lijianxin293@126.com

* 通讯作者: 任永信(1957-), 男, 河南新乡人, 副教授, 主要从事植物水分生理研究。E-mail: renyongxin293@163.com

特性的影响,以期为 NO 在刺槐水分管理中的应用提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

供试材料为 1 年生刺槐扦插幼苗。

1.2 方法

1.2.1 培养与处理方法 土壤为壤质土,中等肥力,土壤田间持水量为 24.8%。土壤取回后过筛备用。试验用塑料桶高 50 cm,口径 35 cm。试验共设 3 个处理,分别为田间持水量的 75%~80%(正常水分处理,用 CK 表示)、田间持水量的 45%~55%(干旱处理)、100 $\mu\text{mol/L}$ 硝普钠(SNP)+干旱处理,每处理 6 个重复,即 6 盆。其中,外源 NO 处理采用叶面喷施 SNP,每 7 d 喷施 1 次,共处理 4 次。每盆所装土壤换算成烘干土后质量为 9.3 kg。根据设计的土壤含水率计算出每盆加水后的质量,作为各处理水平的标准盆质量。挑选生长状况基本一致的刺槐幼苗于 2010 年 4 月 18 日植入盆中,浇 1 次透水,确定苗木成活后,5—6 月按设计进行控水处理,采用称质量法进行控水,每天称质量 1 次,并补足到设计水平。在 6 月初,选取生长部位一致的成熟叶片进行相关指标测定。

1.2.2 测定指标和方法 叶片细胞质膜透性采用 DDS-307 电导仪测定^[3],相对电导率 = $L_1/L_2 \times 100\%$,式中: L_1 表示叶片杀死前外渗液的电导值; L_2 表示叶片杀死后外渗液的电导值。叶片丙二醛(MDA)含量采用硫代巴比妥酸比色法测定^[4]。叶片保护酶活性:采用氮蓝四唑光还原法测定超氧化物歧化酶(SOD)活性,以抑制 50%NBT 反应为 1 个酶活性单位;过氧化物酶(POD)活性测定采用愈创木酚显色法,以每分钟内 A_{470} 变化 0.01 为 1 个酶活性单位^[5]。还原型抗坏血酸(AsA)含量参照 Hodges 等^[6]的方法测定,还原型谷胱甘肽(GSH)含量参照 Griffth^[7]的方法测定。

1.2.3 数据处理 所有数据均为平均值,数据分析采用 SPSS 软件处理。

2 结果与分析

2.1 外源 NO 对干旱胁迫下刺槐幼苗叶片抗氧化酶活性的影响

由表 1 可以看出,与正常水分处理相比,干旱胁迫处理使刺槐幼苗叶片的 SOD 和 POD 活性分别增加了 33.3%和 175%,差异达显著水平。而与干旱胁迫处理相比,100 $\mu\text{mol/L}$ SNP+干旱处理使 SOD

和 POD 活性分别增加了 20%和 81.8%,差异达显著水平。表明外源 NO 喷施处理可以提高干旱下刺槐幼苗叶片的抗氧化酶活性,从而缓解干旱胁迫对刺槐幼苗所造成的氧化胁迫。

表 1 外源 NO 对干旱胁迫下刺槐幼苗叶片抗氧化酶活性的影响

处理	SOD/(U/g)	POD/[U/(min·g)]
CK	150c	20c
干旱	200b	55b
100 $\mu\text{mol/L}$ SNP+干旱	240a	100a

注:同列不同小写字母表示在 $\alpha=0.05$ 水平差异显著,下同。

2.2 外源 NO 对干旱胁迫下刺槐幼苗叶片抗氧化物质含量的影响

由表 2 可以看出,与正常水分处理相比,干旱胁迫处理使刺槐幼苗叶片中 AsA 和 GSH 含量分别增加了 31.4%和 38%,差异达显著水平。而与干旱胁迫处理相比,100 $\mu\text{mol/L}$ SNP+干旱处理则使 AsA 和 GSH 含量分别提高了 19.6%和 27.5%,差异达显著水平。表明外源 NO 喷施处理可以提高干旱下刺槐幼苗叶片中 AsA 和 GSH 含量,从而缓解干旱胁迫对刺槐幼苗所造成的氧化胁迫。

表 2 外源 NO 对干旱胁迫下刺槐幼苗叶片 AsA 和 GSH 含量的影响

处理	AsA 含量/(mg/g)	GSH 含量/(mg/g)
CK	0.70c	0.50c
干旱	0.92b	0.69b
100 $\mu\text{mol/L}$ SNP+干旱	1.10a	0.88a

2.3 外源 NO 对干旱胁迫下刺槐幼苗叶片膜透性和 MDA 含量的影响

从表 3 可见,与正常水分处理相比,干旱胁迫使刺槐幼苗叶片的相对电导率和 MDA 含量分别提高了 150%和 101.6%,差异达显著水平。而与干旱胁迫处理相比,100 $\mu\text{mol/L}$ SNP+干旱处理则使相对电导率和 MDA 含量分别降低了 32%和 27.2%,差异达显著水平。表明外源喷施 NO 确实可以缓解干旱胁迫对刺槐幼苗所造成的伤害。

表 3 外源 NO 对干旱胁迫下刺槐幼苗叶片膜透性和 MDA 含量的影响

处理	相对电导率/%	MDA 含量/(nmol/g)
CK	10.0c	6.2c
干旱	25.0a	12.5a
100 $\mu\text{mol/L}$ SNP+干旱	17.0b	9.1b

3 讨论

抗氧化物质是植物抗氧化系统的重要组成部分,其含量高低与抗氧化性的强弱具有密切关系^[8]。本试验结果表明,与正常水分处理相比,干旱胁迫使刺槐幼苗 AsA 和 GSH 含量显著增加,而外源 NO 处理则进一步显著提高了干旱下幼苗的 AsA 和 GSH 含量。这表明,外源 NO 处理可以提高干旱下刺槐幼苗叶片中 AsA 和 GSH 的含量,从而缓解干旱胁迫对刺槐幼苗所造成的氧化胁迫。此外,类胡萝卜素、生育酚等抗氧化物质在干旱下也具有重要的抗氧化作用,但本试验并未涉及这些物质的研究。因此,进一步研究外源 NO 对干旱胁迫条件下其他抗氧化物质的影响对揭示其提高抗旱性的机制具有一定意义。

细胞膜透性和 MDA 含量是反映质膜破坏程度的重要指标^[9]。本试验结果表明,与正常水分处理相比,在干旱胁迫下,刺槐幼苗叶片细胞膜透性和 MDA 含量显著增大,而外源 NO 处理则可以显著降低细胞膜透性和 MDA 含量。这说明干旱逆境导致膜脂过氧化水平加重,引起膜结构的损伤,外源 NO 处理则可以降低干旱所造成的膜伤害。SOD 和 POD 是细胞内清除活性氧的重要保护酶,其活性的高低是衡量植物抗旱性强弱的重要指标^[9]。本试验结果表明,与正常水分处理相比,干旱胁迫下 SOD 和 POD 活性均显著增加,而外源 NO 则可以进一步提高二者的活性。这说明,外源 NO 处理可以增强 SOD 和 POD 活性,高效清除细胞内的活性氧,以维持细胞膜的完整性,从而增强抗旱性。但本试验只对保护酶系统中 SOD 和 POD 活性进行了研究,并

未对抗坏血酸过氧化物酶、过氧化氢酶活性等进行研究。因此,进一步研究外源 NO 对干旱胁迫条件下其他保护酶活性的影响对揭示其提高抗旱性的机制具有重要意义。

参考文献:

- [1] Lia Q, Niu H, Yin J, *et al.* Protective role of exogenous nitric oxide against oxidative-stress induced by salt stress in barley (*Hordeum vulgare*) [J]. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 2008, 65: 220-225.
- [2] Arasimowicz M, Floryszak-Wieczorek J. Nitric oxide as a bioactive signalling molecule in plant stress responses [J]. Plant Science, 2007, 172: 876-887.
- [3] 张志良, 瞿伟菁. 植物生理学实验指导 [M]. 3 版. 北京: 高等教育出版社, 2003: 267-269.
- [4] 张治安, 张美善, 蔚荣海. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2004: 132-138.
- [5] 单长卷, 王春虎, 王姗. 长期土壤干旱对豫麦 54 扬花期生理特性的影响 [J]. 种子, 2012, 31(2): 39-41.
- [6] Hodges D M, Andrews C J, Johnson D A, *et al.* Antioxidant compound responses to chilling stress in differentially sensitive inbred maize lines [J]. Plant Physiology, 1997, 98: 685-692.
- [7] Griffith O W. Determination of glutathione and glutathione disulfide using glutathione reductase and 2-vinylpyridine [J]. Analytical Biochemistry, 1980, 106: 207-212.
- [8] 高吉霞, 龚春梅, 刘西平. 水分胁迫对刺槐叶和根谷胱甘肽抗氧化系统的影响 [J]. 西北植物学报, 2010, 30(7): 1409-1414.
- [9] 薛设, 王进鑫, 吉增宝, 等. 旱后复水对刺槐苗木叶片保护酶活性和膜质过氧化的影响 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2009, 37(7): 81-85.