

# 外源 NO 对 Pb 胁迫下亚麻幼苗的保护效应

李宇洁, 安梅

(兰州职业技术学院, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 采用 0.1 mmol/L、0.5 mmol/L 和 1.0 mmol/L SNP 溶液处理 Pb(Ac)<sub>2</sub> 胁迫下亚麻幼苗, 测定不同时期叶片内游离脯氨酸含量、丙二醛含量、过氧化氢酶活性、过氧化物酶活性、超氧化物歧化酶活性的变化。结果表明, NO 缓解了 Pb 胁迫下亚麻幼苗叶片中丙二醛含量的升高, 促进脯氨酸含量升高, 提高了抗氧化酶的活性。且保护效应与 SNP 的浓度相关, 0.1 mmol/L SNP 处理效果显著优于 1.0 mmol/L SNP 处理。

**关键词:** 亚麻幼苗; 铅胁迫; NO; 抗氧化; 保护效应

**中图分类号:** S126 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1463(2013)11-0026-04

doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2013.11.009

## Protective Effect of Exogenous Nitric Oxide on Seeding of Linseed Under Pb stress

LI Yu-jie, AN Mei

(Lanzhou Vocational Technical Collage, Lanzhou Gansu 730070, China)

**Abstract:** The seeding of Linseed under Pb(Ac)<sub>2</sub> stress in the concentrations of 0.1 mmol/L, 0.5 mmol/L and 1.0 mmol/L was studied through 96 h to determin the change of proline content, malondialdehyde content, the activity of superoxide dismutase, peroxidase and catalase in different treatment periods leaves of Linseed. The results indicated that the Nitric Oxide has thrown a light on the increasing of malondialdehyde content in Linseed seedling leaves compared with Pb(Ac)<sub>2</sub> stress, the activities of antioxidant enzymes were increased, the content of praline were increase. The protective ability of concentrations of 0.1 mmol/L was significantly better than the concentrations of 1.0 mmol/L.

**Key words:** Linseed; Seedling; Pb stress; Nitric oxide; Antioxidant; Protect effect

植物生长过程中, 常常会遭受到重金属离子如铅、汞、镉、砷、锌等的污染<sup>[1-3]</sup>。铅是一种具有对植物强毒性的重金属, 铅土壤污染是当今世界面临的主要环境问题之一<sup>[4]</sup>, 土壤中的铅被植物吸收后, 可导致植物中毒, 特别是导致植物根部、植株等形态生理变化<sup>[5]</sup>。亚麻(Linseed)在逆境胁迫下的生理生化指标变化已有大量报道, 如水、盐、干旱、镉等胁迫<sup>[6-9]</sup>, 但关于Pb污染方面的研究未发现报道。一氧化氮(NO)在植物光态建成、生长发育、衰老等过程和对非生物胁迫的响应中有重要作用<sup>[10]</sup>。有研究表明, NO可以缓解非生物胁迫下植物氧化损伤, 其效应与NO处理浓度有关<sup>[11-12]</sup>, 低浓度的NO能够缓解盐胁迫对燕麦和番茄叶片的氧化性损伤, 能够有效提高镉离子胁迫下亚麻幼苗叶片自我保护效应<sup>[6,13-14]</sup>。我们研究Pb胁迫与不同浓度SNP(NO供体)处理下亚麻的

生理生化指标变化, 旨在探讨Pb胁迫下亚麻防御机理以及NO在植物逆境中的作用。

### 1 材料与方法

#### 1.1 供试材料

指示亚麻品种为陇亚10号。

#### 1.2 试验方法

试验共5个处理, 处理A, 对照(CK); 处理B, 0.2 mmol/L Pb(Ac)<sub>2</sub>; 处理C, 0.1 mmol/L SNP + 0.2 mmol/L Pb(Ac)<sub>2</sub>; 处理D, 0.5 mmol/L SNP + 0.2 mmol/L Pb(Ac)<sub>2</sub>; 处理E, 1.0 mmol/L SNP + 0.2 mmol/L Pb(Ac)<sub>2</sub>。3次重复。

挑选饱满的亚麻种子, 用蒸馏水冲洗浸泡12 h, 再用0.1%升汞溶液消毒30 s, 然后播种育苗。幼苗长至4片叶后移栽到装有已灭菌蛭石的花盆, 每盆30株。每隔2 d浇1/8浓度的Hogland营养液100 mL, 保持湿度在60%~70%。生长35 d后, 选取生

收稿日期: 2013-10-05

作者简介: 李宇洁(1978—), 女, 湖南湘乡人, 讲师, 主要从事园林教学与研究。联系电话: (0)13519684356。

长整齐一致、健康的亚麻植株按试验设计进行SNP预处理,即分别量取50 mL不同浓度SNP溶液喷施于叶面,每隔24 h处理1次,连续处理3次。第3次处理后24 h,在蛭石中施加有0.2 mol/L  $Pb(Ac)_2$ 的Hogland营养液100 mL,每隔24 h处理1次,连续处理4次。施 $Pb(Ac)_2$ 前及处理后24、48、72、96 h采集生长状况一致的幼苗叶片,取0.5 g幼苗叶片,用茚三酮显色法测定游离脯氨酸(Pro)含量<sup>[15]</sup>,用硫代巴比妥酸法测丙二醛(MDA)含量<sup>[16]</sup>。再取各处理幼苗叶片0.5 g,加入pH 7.8的0.05 mol/L磷酸缓冲液(含1% PVP)研磨成匀浆,定容至10 mL,在4 ℃、10 000 rpm下离心20 min,取清液备用<sup>[17]</sup>。分别用NBT显色法测定过氧化氢酶(CAT)活性<sup>[18]</sup>、用愈创木酚氧化法测定过氧化物酶(POD)活性<sup>[19]</sup>、紫外吸收法测定超氧化物歧化酶(SOD)的活性<sup>[20]</sup>。

数据采用Excel 2003整理,使用SPSS 18.0分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 Pb胁迫下SNP处理对亚麻幼苗中脯氨酸(Pro)含量的影响

逆境条件能够诱发植物脯氨酸含量积累。胁迫开始时各处理亚麻幼苗叶片内Pro含量无显著差异( $P>0.05$ )。随着胁迫时间的延长,处理B、D、E逐渐升高(图1),均在96 h后Pro含量达到最大值;而处理C却随着胁迫时间的延长呈先升后降再升高的趋势,在96 h时达到最大值。在胁迫的各个时间段,SNP处理的Pro含量均低于处理B,说明SNP处理可以缓解Pb胁迫下植物氧化损伤,其中处理C效果最明显,Pro含量较B处理在48、72与96 h时分别降低了44.42%、30.12%、29.86%( $P<0.01$ )。可知,SNP处理可以显著缓解叶片氧化损伤,降低Pro的积累速度。

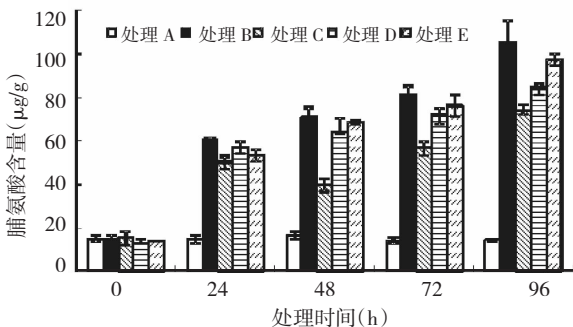


图1 外源NO对Pb胁迫下亚麻幼苗中脯氨酸的影响

### 2.2 Pb胁迫下SNP处理对亚麻幼苗中丙二醛(MDA)含量的影响

由图2可知,胁迫开始时各处理含量无显著差异( $P>0.05$ )。随胁迫时间的延长,处理B、E叶片

内MDA含量随之逐渐升高,在96 h时达到最大值,与对照差异极显著( $P<0.01$ ),较对照提高190.64%、159.15%;处理C、D中MDA含量逐渐升高,至72 h时达到最大值,与对照差异极显著( $P<0.01$ ),较对照提高136.88%、140.92%,而后随之降低。SNP处理在胁迫各时间段,其MDA含量均低于单纯Pb胁迫(处理B)。至96 h时处理C、D、E的MDA含量较处理B降低了44.21%( $P<0.01$ )、13.35%( $P<0.05$ )、12.15%( $P<0.05$ ),其中以处理C效果最佳。由此看出,SNP能够缓解Pb胁迫下亚麻幼苗叶片中MDA含量的升高。

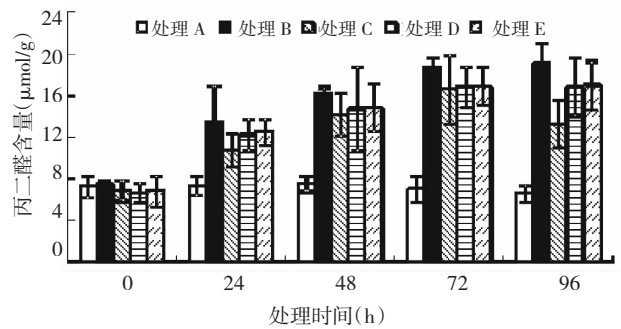


图2 外源NO对Pb胁迫下亚麻幼苗中丙二醛的影响

### 2.3 Pb胁迫下SNP处理对亚麻幼苗中抗氧化酶(SOD、CAT和POD)活性的影响

由图3可知,在Pb胁迫96 h内,SNP对亚麻幼苗SOD、CAT和POD活性具有显著的影响。Pb胁迫开始时,SNP各处理CAT活性均高于单纯胁迫(处理B)。随着Pb胁迫时间的延长,处理B、C、D、E中CAT活性呈先升高后逐渐降低的趋势,在24 h时CAT活性达到最大值,均高于对照处理,其中以处理C效果显著( $P<0.05$ ),较处理B提高了14.30%;24 h后,各处理CAT活性均快速下降,处理B下降程度较处理C、D、E快,至96 h达到最低值,均低于对照处理,其中以处理C的CAT活性下降速率最慢。可知,外源SNP能够降低Pb胁迫幼苗叶片CAT活性的下降速率,提高CAT活性,以处理C效果最为显著。

胁迫初期,SNP处理POD活性均高于对照。随着胁迫时间的延长,POD活性呈先升高后下降的趋势(图3b)。在48 h时,Pb、SNP处理组POD活性达到最大值,其中处理C的POD活性最大,较对照提高了122.04%( $P<0.01$ );随着胁迫时间延长,各处理组POD活性均下降,其中处理B的POD活性下降速率最大,在96 h降至最低,显著低于对照( $P<0.05$ )和处理C( $P<0.01$ )。说明外源NO可提高亚麻幼苗逆境下POD活性。

由图3c可知,在胁迫初期,SNP各处理SOD活

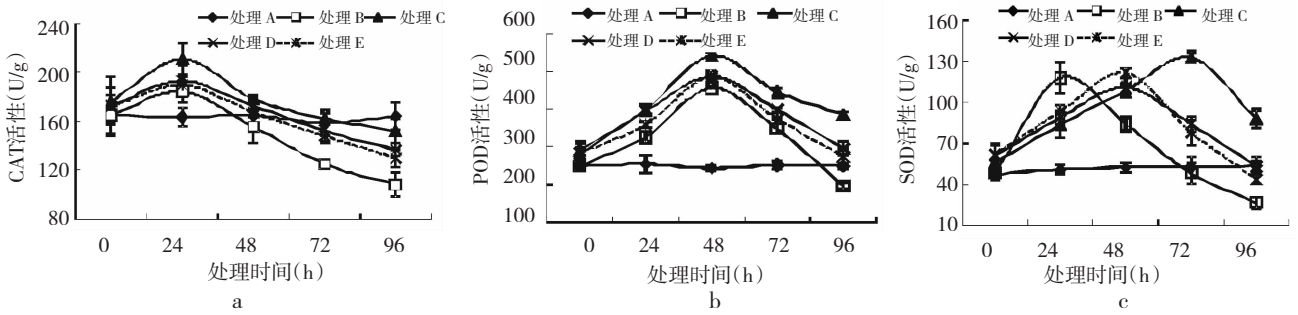


图3 外源NO对Pb胁迫下亚麻幼苗中SOD、CAT、POD酶活性的影响

性均高于对照；随着胁迫时间的延长，处理B、C、D、E的SOD活性呈先升高后下降的趋势。其中处理B在24 h时SOD活性达到最大值；处理D、E在48 h达到最大值；处理C在72 h时达到最大值，说明SNP处理可缓解亚麻幼苗超氧阴离子的生成。其后降低过程中处理B中SOD活性下降速率最快，处理C最慢，说明处理C效果最佳。

### 3 小结与讨论

1) 研究结果表明，NO缓解了Pb胁迫下亚麻幼苗叶片中丙二醛含量的升高，促进脯氨酸含量升高，提高了过氧化氢酶、过氧化物酶、超氧化物歧化酶等抗氧化酶的活性，减缓抗氧化酶的活性Pb胁迫下的下降速率，缓解叶片受到的氧化损伤。且保护效应与SNP的浓度相关，0.1 mmol/L SNP处理效果显著优于1.0 mmol/L SNP处理。即NO具有清除植物体内活性氧，促进抗逆性物质的积累，调节抗氧化酶活性的功能。

2) 植物在逆境胁迫时，植物体内会产生大量的活性氧，若逆境时间过长就会导致细胞受到氧化损伤，引发细胞膜脂质过氧化反应，导致细胞膜裂解和丙二醛含量增加。本研究对丙二醛含量测定的结果说明，外源NO对细胞膜具有良好的保护作用，可减轻Pb胁迫对其造成的伤害，这与王宪叶等人外源NO能够缓解渗透胁迫下的小麦幼苗叶片膜脂过氧化，提高其抗性的结论吻合<sup>[21]</sup>。

3) 植物体内脯氨酸的积累在一定程度上反映了植物的抗逆性。研究表明，外源NO能促进Pb胁迫下亚麻幼苗叶片中游离脯氨酸含量的积累，这与NO不仅可以提高黑麦草的抗冷性和番茄的抗盐性<sup>[14,22]</sup>，还能增强了亚麻的抗重金属Pb能力，以及李源等人在蚕豆上取得的结果相吻合<sup>[23]</sup>。

4) Pb胁迫对这3种抗氧化酶的诱导效果并不一致，这可能与Pb胁迫过程中SOD、POD和CAT在膜脂质过氧化过程所起的不同作用有关，如SOD可以清除超氧阴离子，其产物是过氧化氢，过氧化氢含量的增加，导致了CAT失活。同时，H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>和O<sub>2</sub><sup>-</sup>有可能与CAT形成复合物，抑制了CAT的活性<sup>[24]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 夏增禄, 穆从如, 孟维奇, 等. Cd、Zn、Pb及其相互作用对烟草小麦的影响[J]. 生态学报, 1984, 4(3): 231-236.
- [2] 安建平, 焦成瑾, 王廷璞, 等. Cd<sup>2+</sup>胁迫对黄瓜幼苗生物膜损伤和保护酶的影响[J]. 甘肃农业科技, 2006(4): 4-7.
- [3] 任继凯, 陈清朗, 陈灵芝, 等. 土壤中镉、铅、锌及其相互作用对作物的影响[J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1982, 6(4): 320-329.
- [4] SHEN Z G, LI X D, WANG C C, *et al.* Lead phytoextraction from contaminated soil with high-biomass plant species[J]. Environ. Qual., 2002, 31: 1893-1900.
- [5] 杨元根, PATERSON E, CAMPBELL C. 城市土壤中重金属元素的积累及其微生物效应[J]. 环境科学, 2001, 22(3): 44-48.
- [6] 徐 严, 魏小红, 李兵兵. 外源NO对重金属Cd胁迫下亚麻幼苗叶片抗氧化能力的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2012, 47(5): 45-49.
- [7] 张晓平, 薛召东, 郝冬梅, 等. 亚麻耐渍的生理机制研究初探[J]. 中国麻业科学, 2007, 29(3): 169-172.
- [8] 王红梅, 金忠民, 孙雪瑰, 等. 盐胁迫对亚麻幼苗生长的影响[J]. 齐齐哈尔大学学报, 2015, 21(4): 87-89.
- [9] 王晓琦, 沙 伟, 徐忠文. 亚麻幼苗对干旱胁迫的生理响应[J]. 作物杂志, 2005(2): 13-15.
- [10] 张绪成, 上官周平, 高世铭. NO对植物生长发育的调控机制[J]. 西北植物学报, 2005, 25(1): 812-818.
- [11] BELIGNI M V, LAMATTINA L. Is nitric oxide toxic or protective[J]. Trends in Plant Science, 1999, 4(8): 229-300.
- [12] BELIGNI M V, LAMATTINA L. Nitric oxide protects against cellular damage produced by methylviologen herbicides in potato plants[J]. Nitric Oxide, 1999, 3(3): 199-202.
- [13] 苏 桐, 龙瑞军, 魏小红, 等. 外源NO对NaCl胁迫下燕麦幼苗氧化损伤的保护作用[J]. 草业学报, 2008, 17(5): 48-53.
- [14] 苏 桐, 魏小红, 丁学智, 等. 外源NO与蔗糖对盐胁迫下番茄幼苗氧化损伤的保护效应[J]. 生态学



# 灵台县全膜覆土穴播冬小麦品比试验初报

何世新, 李贵喜

(甘肃省灵台县农业技术推广中心, 甘肃 灵台 744400)

**摘要:** 对引进的13个冬小麦品种进行了比较试验, 结果表明, 产量以长8744最高, 为7 150.0 kg/hm<sup>2</sup>, 但该品种在2013年干旱年份下仍重度感染白粉病。西农688、长6359、中麦175次之, 分别为7 133.3、6 733.3、6 633.3 kg/hm<sup>2</sup>, 3个品种丰产性好、抗病性较强、抗倒伏, 可作为全膜覆土穴播小麦主推品种。

**关键词:** 冬小麦; 全膜覆土穴播; 品比试验; 灵台县

**中图分类号:** S512.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1463(2013)11-0029-03

**doi:**10.3969/j.issn.1001-1463.2013.11.010

小麦全膜覆土穴播是甘肃农业科技人员继全膜双垄沟播之后探索创新的又一项旱作农业技术, 在降水低于500 mm的地区, 小麦全膜覆土穴播增产幅度达到了40%以上。近3年来, 该技术在甘肃旱作区迅速推广扩大, 目前面积已超过20万hm<sup>2</sup>。但在全膜覆土穴播条件下, 常规露地小麦品种已不能适应新的栽培模式, 常发生冬前拔节、小花退化、后期倒伏等现象。为了优选出适宜甘肃陇东区域全膜覆土穴播栽培的冬小麦品种, 灵台县农业技术推广中心进行了全膜覆土穴播冬小麦品比试验, 现将结果初报如下。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

参试冬小麦品种中麦175、晋麦79、西农189、

西农811、西农688、西农1043、运旱719、西农928、运旱22-33、长4738、长6878、长6359、长8744, 以当地主栽品种晋麦47为对照, 均由甘肃省农业技术推广总站提供。

### 1.2 方法

试验设在灵台县什字镇中永村, 海拔1 420 m, 年降水量650 mm, 年均气温8.6 ℃。试验地为旱塬地, 前茬小麦, 土壤为黑垆土, 肥力中等。耕层(0~30 cm)含有机质12.3 g/kg、全氮0.92 g/kg、碱解氮53.5 mg/kg、速效磷17.2 mg/kg、速效钾264.0 mg/kg。随机区组排列, 3次重复, 小区面积12 m<sup>2</sup>。播前基施尿素225 kg/hm<sup>2</sup>、普通过磷酸钙(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12%)750 kg/hm<sup>2</sup>。试验采用全膜覆土穴播栽培, 覆膜前采用旋耕机耕地, 耕深40 cm, 平整地表后人

收稿日期: 2013-07-17

作者简介: 何世新(1962—), 男, 甘肃灵台人, 农艺师, 主要从事冬小麦新品种选(引)育工作。联系电话: (0)18215307640。E-mail: 1034508929@qq.com

通讯作者: 李贵喜(1962—), 男, 甘肃灵台人, 高级农艺师, 主要从事冬小麦新品种选(引)育工作。联系电话: (0)13909333006。

报, 2008, 28(4): 1558-1564.

[15] 赵福庚, 刘友良. 大麦幼苗多胺合成比脯氨酸合成对盐胁迫更敏感[J]. 植物生理学报, 2000, 26(4): 243-349.

[16] 赵世杰, 许长成, 邹琦, 等. 植物组织中丙二醛测定方法的改进[J]. 植物生理学通讯, 1994, 30(3): 207-210.

[17] 李合生. 植物生理生化实验原理与技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 260-261.

[18] CHANDER M S. Enzymic associations with resistance to rust and powdery mildew in pea [J]. Indian Journal of Horticulture, 1990, 47(3): 341-345.

[19] 孙群, 胡景江. 植物生理学研究技术[M]. 杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2006: 113-115.

[20] DHINDSA R S, PLUMB D P, THORPE T A. Leaf senescence correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation and decreased levels

dismutase and catalase [J]. Journal of Experimental Botany, 1982, 32: 91-101.

[21] 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物的缓解作用[J]. 植物生理与分子生物学报, 2004, 3(4): 195-200.

[22] 马向丽, 魏小红, 龙瑞军, 等. 外源一氧化氮提高黑麦草抗冷性机制的研究[J]. 生态学报, 2005, 25(6): 1269-1274.

[23] 李源, 李金娟, 魏小红. 镉胁迫下蚕豆幼苗抗氧化能力对外源NO和H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>的响应[J]. 草业学报, 2009, 18(6): 186-191.

[24] ASADA K. The water-water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons [J]. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 1999, 50: 601-639.

(本文责编: 陈珩)