

Pb 和 NaCl 胁迫对黄瓜幼苗生理生化特性的影响

孙涌栋, 赵一鹏, 林紫玉

(河南科技学院园林学院, 河南 新乡 453003)

摘 要: 为了揭示 Pb 和 NaCl 单一及复合胁迫对黄瓜幼苗的伤害机理, 采用砂培法, 以不添加 Pb 和 NaCl 为对照, 研究了不同浓度 Pb (0.5 和 1.5 mmol/L)、NaCl (50 和 100 mmol/L) 及其复合胁迫对黄瓜幼苗生理生化特性的影响。结果表明, 随着 Pb、NaCl 处理浓度升高, 黄瓜叶片的叶绿素 a、叶绿素 b 和叶绿素 a+b 含量均显著下降; 相对于对照, 各处理黄瓜叶片的相对电导率、丙二醛含量明显上升, 且 100 mmol/L NaCl 胁迫下黄瓜叶片的相对电导率和丙二醛含量均高于 1.5 mmol/L Pb 胁迫。不同处理下的可溶性糖含量、脯氨酸含量、SOD 和 POD 活性均高于对照, 且复合处理下的含量高于单一因子处理。NaCl 对黄瓜叶片细胞膜的破坏作用强于 Pb, Pb、NaCl 复合胁迫的毒性效应强于单一胁迫, 表现为协同作用。

关键词: 黄瓜; Pb; NaCl; 复合胁迫; 生理生化特性

中图分类号: Q945.78 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)04-0085-04

土壤重金属污染和盐渍化是目前人类所面临的越来越严重的两大环境问题。由于工业的迅猛发展和各种化学产品、农药及化肥的广泛使用, 致使重金属对土壤和水体的污染越来越严重。蔬菜作物多于城市近郊栽培, 生长期短, 水肥需求量大, 化肥、农药投入密集, 灌溉频繁, 导致菜园土壤受重金属污染的情况比大田更为严重^[1]。有关调查表明, Pb 是我国城郊菜田土壤中主要的重金属污染元素之一^[2]。Pb 积累性极强, 一旦被植物吸收并积累到一定程度, 不仅严重影响蔬菜的产量和品质, 而且还可通过食物链影响人体健康^[3-5]。土壤盐渍化是影响世界农业生产最主要的非生物胁迫因子之一, 并且每年盐渍化和次生盐渍化进程都在不断加重^[6]。近年来, 由于菜农栽培管理技术不当和过分追求近期经济效益, 设施土壤盐渍化日显突出, 不仅影响了设施蔬菜作物的产量和品质, 而且直接导致农民收入降低、土地资源废弃。土壤重金属和盐渍化单一污染对蔬菜作物生长的影响研究较多, 但在实际中, 复合污染则为菜田中常见的污染状态, 污染情况较为复杂, 对不同植物的影响情况也不尽相同, 其作用机理还不甚了解, 因此研究其复合作用的规律与机理具有重要的理论和实践意义。到目前为止, 有关土壤重金属和盐渍化复合污染对植物生长的影响及机理的研究鲜有报道^[7]。

黄瓜是一种世界性的重要蔬菜, 露地和设施均大量栽培, 在蔬菜生产和供应中具有重要的地位, 但

对环境条件的要求比较严格。目前有关单 Pb 胁迫和单盐胁迫对黄瓜生长影响的研究较多, 但关于 Pb 与盐共同胁迫对黄瓜幼苗的影响还未见报道。本试验以黄瓜幼苗为材料, 研究 Pb 和 NaCl 单一及复合胁迫对黄瓜生理生化特性的影响, 以探讨土壤 Pb 和 NaCl 复合污染对黄瓜生长的影响机理, 为消除 NaCl 和 Pb 复合污染和蔬菜无公害生产提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料及处理

以津研四号黄瓜品种为材料, 浸种催芽后, 播种于盛有灭菌细砂的营养钵 (10 cm × 12 cm) 中育苗, 育苗室内温度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ / $18 \pm 1^\circ\text{C}$, 每天光照 12 h, 光强为 $500 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。两片子叶充分展开后, 浇 1/2 Hoagland 营养液。待幼苗长到二叶一心时, 选取生长一致的黄瓜幼苗进行胁迫处理。以 PbNO_3 作为 Pb 源, 浓度分别为 0.5 mmol/L (Pb1) 和 1.5 mmol/L (Pb2); 盐以 NaCl 形式加入, 浓度分别为 50 mmol/L (Na1)、100 mmol/L (Na2)。以蒸馏水为对照 (CK), 设 Na1、Na2、Pb1、Pb1 + Na1、Pb1 + Na2、Pb2、Pb2 + Na1、Pb2 + Na2 处理, 共 9 个处理, 每处理 3 个重复, 每重复 15 株。于胁迫后第 5 天收集不同处理浓度的第二片真叶, 测定各项生理指标。

1.2 生理指标测定

叶绿素含量采用丙酮提取法测定^[8]; 相对电导率采用电导率仪测定; 丙二醛 (MDA) 含量和可溶性

收稿日期: 2009-08-11

基金项目: 河南省重大科技攻关项目 (092101310300); 河南省教育厅自然科学研究计划项目 (2008B210007)

作者简介: 孙涌栋 (1980—), 男, 河南安阳人, 博士, 讲师, 主要从事植物生理生态研究。E-mail: suny2001@163.com。

糖含量采用硫代巴比妥酸法测定^[8];脯氨酸含量采用磺基水杨酸法测定^[8];超氧化物歧化酶(SOD)活性采用氮蓝四唑 NBT 法测定^[9];过氧化物酶(POD)活性采用愈创木酚比色法测定^[9]。

1.3 数据处理

所得数据采用 Excel 2003 软件和 DPS 7.55 软件处理分析。

2 结果与分析

2.1 Pb 和 NaCl 胁迫对黄瓜幼苗叶绿素含量的影响

从表 1 可以看出,无论是 Pb、NaCl 单一胁迫还是 Pb、NaCl 共同胁迫,黄瓜叶片叶绿素 a、叶绿素 b 和叶绿素 a + b 含量均低于对照,各个处理的叶绿素 a + b 含量分别比对照下降了 7.01%,19.53%,23.22%,30.14%,22.56%,27.01%,31.37% 和 35.17%,且均与对照差异显著。这说明 Pb、NaCl 胁迫对黄瓜均产生了不同程度的伤害。Pb、NaCl 复合处理组的叶绿素 a 均比 Pb 或 NaCl 单一处理组要低,说明 Pb、NaCl 胁迫对黄瓜植株的生长抑制具有协同作用。

表 1 Pb 和 NaCl 胁迫对黄瓜幼苗叶绿素含量的影响

Fig.1 Effects of Pb and NaCl stress on the chlorophyll content of cucumber seedlings

处理 Treatments	叶绿素 a Chlorophyll a content (mg/g)	叶绿素 b Chlorophyll b content (mg/g)	叶绿素 a + b Chlorophyll a + b content (mg/g)
CK	1.50 ± 0.51a	0.61 ± 0.23a	2.11 ± 0.74a
Pb1	1.37 ± 0.49b	0.59 ± 0.23a	1.96 ± 0.72b
Pb2	1.19 ± 0.46c	0.51 ± 0.20b	1.70 ± 0.66c
Na1	1.18 ± 0.45c	0.44 ± 0.19c	1.62 ± 0.64d
Na2	1.08 ± 0.41d	0.40 ± 0.16de	1.48 ± 0.57f
Na1 + Pb1	1.17 ± 0.45c	0.46 ± 0.18c	1.63 ± 0.63d
Na1 + Pb2	1.10 ± 0.42d	0.44 ± 0.18c	1.54 ± 0.60e
Na2 + Pb1	1.05 ± 0.40de	0.40 ± 0.16d	1.45 ± 0.56g
Na2 + Pb2	1.00 ± 0.40e	0.37 ± 0.15e	1.37 ± 0.55h

2.2 Pb 和 NaCl 胁迫对黄瓜幼苗叶片膜脂过氧化的影响

在 Pb、NaCl 单因子或复合胁迫下,黄瓜叶片的相对电导率和丙二醛含量均有所提高,且相对于对照差异显著(图 1)。Pb、NaCl 单因子对黄瓜的胁迫作用随处理浓度的增加而增强,相对于对照,Pb1、Pb2 的相对电导率上升了 7.69%和 8.97%,丙二醛含量上升了 100%和 200%;Na1、Na2 的相对电导率上升了 5.13%和 11.54%,丙二醛含量上升了 403.45%和 486.21%。Na2 胁迫下黄瓜叶片内相对

电导率和丙二醛含量均高于 Pb2,说明 Pb、NaCl 胁迫严重破坏了黄瓜叶片的细胞膜结构,且 Na2 的破坏程度大于 Pb2。

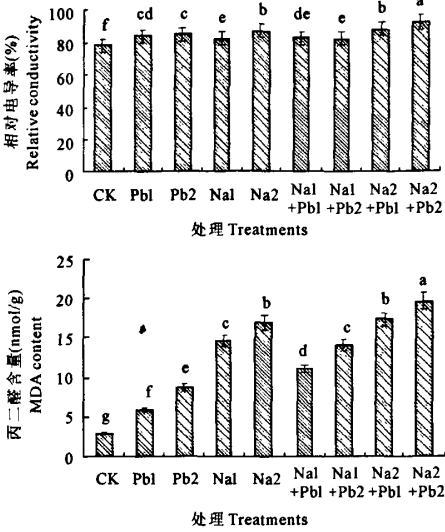


图 1 Pb 和 NaCl 胁迫对黄瓜幼苗相对电导率和丙二醛含量的影响

Fig.1 Effects of Pb and NaCl stress on the relative conductivity and MDA content of cucumber seedlings

2.3 Pb 和 NaCl 胁迫对黄瓜幼苗叶片渗透调节物质的影响

由图 2 可知,不同处理下的可溶性糖和脯氨酸含量均高于对照,且复合处理下的含量高于单一因子处理。相对于对照,在单 Pb 处理下,可溶性糖含量增加了 32.43% (Pb1)和 39.22% (Pb2),脯氨酸含量增加了 6.8% (Pb1)和 34.69% (Pb2);在单 NaCl 处理下,可溶性糖增加了 48.57% (Na1)和 63.95% (Na2),脯氨酸含量增加了 34.01% (Na1)和 38.1% (Na2)。这说明 Pb 和 NaCl 胁迫诱导了黄瓜体内可溶性糖和脯氨酸的积累以适应逆境,且诱导能力 Pb + NaCl > NaCl > Pb。

2.4 Pb 和 NaCl 胁迫对黄瓜幼苗叶片保护酶活性的影响

在 Pb、NaCl 单因子或复合胁迫下,黄瓜叶片内 SOD 和 POD 活性均有所提高(图 3)。在单因子 Pb2 和 Na2 胁迫下,黄瓜叶片内 SOD 和 POD 活性分别是对照的 1.42 和 1.33 倍,2.09 和 3.17 倍,说明高浓度 Pb 和 NaCl 胁迫对诱导提高黄瓜抗氧化能力均有明显的作用。而在 Pb、NaCl 复合胁迫下,黄瓜 SOD 和 POD 均显著高于对照,在 Pb2 + Na2 胁迫下,黄瓜叶片中 SOD 和 POD 活性比对照提高了 415.82%和

381.67%。从图 3 还可以看出, NaCl 对黄瓜 SOD 和 POD 活性的诱导高于 Pb 的诱导作用, 说明 NaCl 胁迫, 特别是高浓度 NaCl 胁迫对诱导提高黄瓜保护酶活性有明显作用, 而 SOD 和 POD 活性的提高将有助于提高黄瓜抗 Pb、NaCl 复合胁迫的能力。

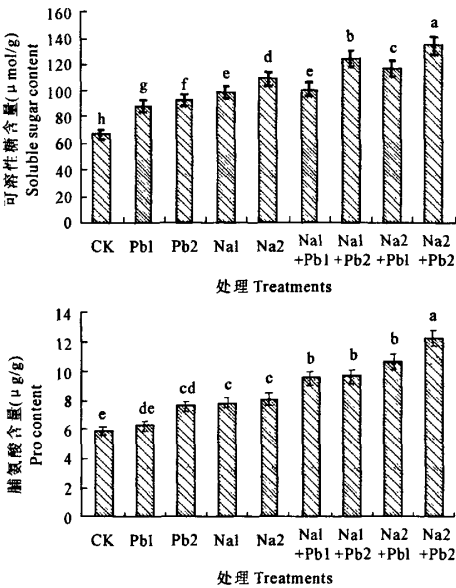


图 2 Pb 和 NaCl 胁迫对黄瓜幼苗可溶性糖和脯氨酸含量的影响

Fig.2 Effects of Pb and NaCl stress on the contents of soluble sugar and proline of cucumber seedlings

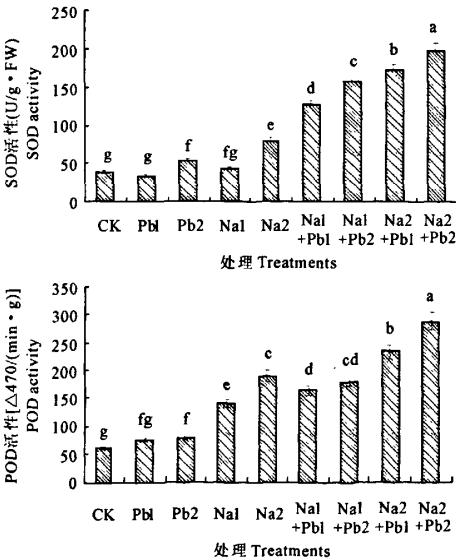


图 3 Pb 和 NaCl 胁迫对黄瓜幼苗 SOD 和 POD 活性的影响

Fig.3 Effects of Pb and NaCl stress on the activities of SOD and POD of cucumber seedlings

3 讨 论

土壤重金属和盐渍化胁迫能引起植物细胞活性氧的产生, 活性氧水平过高会造成膜脂过氧化伤害, 使细胞代谢和生理功能受到不同程度的破坏, 最终导致其生长受阻, 产量下降^[10,11]。本试验中, 在 Pb、NaCl 单一和复合胁迫下, 随着 Pb、NaCl 浓度的升高, 黄瓜叶片叶绿素含量下降, 光合作用水平下降, 碳水化合物积累减慢, 植株生长明显受到抑制; MDA 是细胞膜受高水平活性氧伤害的产物之一, 细胞膜的受损程度越严重, 相对电导率越大, MDA 含量越高^[12]。本试验中, 不同处理的黄瓜幼苗相对电导率和丙二醛含量比对照均有不同程度的上升, 表明重金属 Pb 和 NaCl 均对黄瓜植株膜系统造成了严重的氧化胁迫, 破坏了细胞膜的完整性, 并且 Pb、NaCl 复合污染的影响程度均大于单一污染, 高 NaCl 对黄瓜细胞膜的破坏程度大于高 Pb, 这说明 NaCl 对黄瓜叶片细胞膜的破坏作用强于 Pb, Pb、NaCl 复合污染的毒性效应强于单一污染, 表现为协同作用。渗透胁迫是植物逆境胁迫的重要因子之一。可溶性糖和脯氨酸作为植物最有效抗逆指标之一, 对调节渗透作用、保护膜和代谢功能具有重要作用。在正常生长条件下, 可溶性糖和脯氨酸一般维持在相对较低的水平, 但在逆境下(如盐碱、干旱、高低温、病害等)会在细胞质内大量积累以提高细胞液浓度、降低细胞水势、增强吸水功能而抵抗胁迫^[13]。在本试验中, 黄瓜叶片中的可溶性糖和脯氨酸含量均随 Pb、NaCl 单一和复合污染程度的加剧而明显升高, 这可能是黄瓜抵御重金属、盐渗透伤害的共同途径之一。活性氧清除系统是植物抵御盐胁迫的另一途径。重金属和盐胁迫会造成植物体内活性氧的生成, 活性氧自由基代谢平衡被破坏, 引发或加剧膜脂过氧化水平, 使植物膜系统受到伤害^[14]。SOD 和 POD 是植物体内重要的抗氧化酶类, 在一定范围内能有效地清除过多的活性氧, 以防止植物体内膜系统受到这些活性氧的过氧化伤害^[15,16]。本试验中, Pb、NaCl 单一和复合污染均导致黄瓜叶片 SOD 和 POD 活性的显著升高, 表明这两种酶是该黄瓜品种清除活性氧的重要酶类。

参 考 文 献:

[1] 徐理超, 李艳霞, 苏秋红, 等. 阜新市农田土壤重金属含量及其分布特征[J]. 应用生态学报, 2007, 18(7): 1510—1517.
[2] 李其林, 刘光德, 黄 均, 等. 重庆市蔬菜地土壤重金属特征研究[J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(4): 142—146.

- [3] Zhou DM, Chen HM, Hao XZ, et al. Fractionation of heavy metals in soils as affected by soil types and metal load quantity[J]. *Pedosphere*, 2002, 12(4): 309—312.
- [4] Zhang MK, Wang MQ, Liu XM, et al. Characterization of soil quality under vegetable production along an urban - rural gradient[J]. *Pedosphere*, 2003, 13(2): 173—180.
- [5] Nicholson FA, Smith SR, Alloway BJ, et al. An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales[J]. *Sci total Environ*, 2003, 311(3): 205—219.
- [6] Zhu JK. Plant salt tolerance[J]. *Trends Plant Sci*, 2001, 6: 66—71.
- [7] 韩玉林. 铅与盐胁迫对喜盐鸢尾生长及生理抗性的影响[J]. *西北植物学报*, 2008, 28(8): 1649—1653.
- [8] 张志良, 瞿伟菁. 植物生理学实验指导(第二版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004: 67—70, 274—276, 258—259.
- [9] 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, 2002: 167—169, 164—165.
- [10] Ekmekci Y, Tanyolac D, Ayhan B. Effect s of cadmium on antioxidant enzyme and photosynthetic activities in leaves of two maize cultivars[J]. *J Plant Physiol*, 2008, 165(6): 600—611.
- [11] Gadallah MAA. Effect of proline and glycine - betaine on *Vicia faba* responses to salt stress[J]. *Biol Plant*, 1999, 42: 247—249.
- [12] Stroihski A. Some physiological and biochemical aspects of plant resistance to cadmium effect antioxidative system[J]. *Physiol Plant*, 1999, 21(2): 175—188.
- [13] 吴雪霞, 朱月林, 朱为民, 等. 外源一氧化氮对 NaCl 胁迫下番茄幼苗生长和光合作用的影响[J]. *西北植物学报*, 2006, 26(6): 1206—1211.
- [14] 王紫平, 李 娟, 郭世荣, 等. NaCl 胁迫对黄瓜幼苗植株生长和光合特性的影响[J]. *西北植物学报*, 2006, 26(3): 455—461.
- [15] Gajewska E, Skłodowska M, Słaba M, et al. Effect of nickel on antioxidative enzyme activities, proline and chlorophyll contents in wheat shoots[J]. *Biol Plant*, 2006, 50(4): 653—659.
- [16] 张丽平, 王秀峰, 史庆华, 等. 黄瓜幼苗对氯化钠和碳酸氢钠胁迫的生理响应差异[J]. *应用生态学报*, 2008, 19(8): 1854—1859.

Effects of Pb and NaCl stress on the physiological and biochemical characteristics of cucumber seedlings

SUN Yong-dong, ZHAO Yi-peng, LIN Zi-yu

(College of Horticulture and Landscape, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang, Henan 453003, China)

Abstract: An experiment was conducted in order to study the injury mechanism of cucumber seedlings under Pb, NaCl and their compound stress. Soil culture experiments were also carried out to study the physiological and biochemical characteristics of cucumber seedlings by applying different levels of Pb (0.5 and 1.5 mmol/L) and NaCl (50 and 100 mmol/L) compound in the soil. The results showed that drastic decrease in the contents of chlorophyll a, chlorophyll b and chlorophyll a + b of cucumber leaves with increasing Pb and NaCl concentration; In comparison to the control, the relative conductivity and MDA content of cucumber seedlings increased significantly, and ones under 100 mmol/L NaCl treatment were higher than 1.5 mmol/L Pb treatment; The soluble sugar content, proline content, and the activities of SOD and POD increased greatly compared to the control, and ones under compined stress were higher than single stress. Toxic effect of NaCl on the physiological and biochemical characteristics of cucumber was stronger than Pb; and the toxic effect of Pb and NaCl compound stress was always higher than the individual stress.

Keywords: cucumber; Pb; NaCl; compound stress; physiological and biochemical characteristics