

镉、锌胁迫对番茄幼苗生长及其脯氨酸与谷胱甘肽含量的影响

丁海东 齐乃敏

朱为民* 万延慧

(扬州大学农学院 扬州 225009) (上海市农业科学院园艺研究所 上海 201106)

摘要 试验研究重金属 Cd、Zn 胁迫对水培番茄种子萌发、幼苗生长及相关生理指标的影响结果表明, Cd、Zn 明显抑制番茄种子的发芽势和根的伸长、幼苗株高和干物质积累, 而对种子发芽率的影响则较小; 番茄叶片叶绿素含量和 a/b 值减小, 高浓度处理时茎和叶片中含水量明显降低, 可溶性糖、脯氨酸和谷胱甘肽含量增加, 且叶片含量均高于根系。

关键词 Cd Zn 番茄 脯氨酸 谷胱甘肽

Effects of Cd, Zn stress on the growth, contents of proline and GSH of tomato seedlings. DING Hai-Dong, QI Nai-Min (Agricultural College of Yangzhou University, Yangzhou 225009, China), ZHU Wei-Min, WAN Yan-Hui (Horticultural Research Institute, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201106, China), *CJEA*, 2006, 14(2): 53~55

Abstract An experiment was carried out to evaluate the effects of various cadmium and zinc stress on the germination, growth and correlatively physiological indicators of tomato seedlings. The results show that the cadmium and zinc remarkably inhibit the sprouting potential and the root elongation, but sprouting ratio is affected little. The plant height, biomass accumulation, water content of leaves and stem, chlorophyll content and chlorophyll a/b ratio are decreased. The contents of soluble sugar, proline and GSH are increased and those contents in leaves are higher than those in roots.

Key words Cd, Zn, Tomato, Proline, GSH

(Received Nov 3, 2004; revised Dec 13, 2004)

蔬菜区重金属主要来源于工业“三废”排放、垃圾、污泥、农药和化肥的施用等, 重金属元素被蔬菜根系或叶片吸收并积累超过一定量时, 即造成机体危害甚至死亡, 并通过食物链给人类健康带来潜在的危害^[1,7]。逆境条件(旱、涝、盐害等)下一些物质如可溶性糖、脯氨酸等在植物体内积累, 以提高植物的抗性和对逆境的适应性^[2]。目前有关蔬菜体内可溶性糖、脯氨酸和谷胱甘肽含量变化对重金属污染抗性方面的研究尚少见报道。本试验研究 Cd、Zn 胁迫对番茄幼苗生长及其可溶性糖、谷胱甘肽和脯氨酸含量的影响, 为探讨蔬菜重金属污染的抗性育种和生物监测提供依据。

1 试验材料与方 法

供试番茄品种为“浦红 909”, 由上海市农业科学院园艺研究所提供, 种子萌发即取饱满种子经 55 ℃ 烫种 15min 后置于重金属离子 Cd 和 Zn(为 $\text{CdCl}_2 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 均为分析纯)各处理液[分别设 Cd、Zn 浓度为 0mmol/L(对照, CK, 为蒸馏水)、0.001mmol/L()、0.010mmol/L()、0.100mmol/L()、1.000mmol/L()和 2.000mmol/L()各 6 个处理]中浸种 6h 后, 置于铺有滤纸(预先用处理液浸湿)的 6cm 培养皿中, 每皿 50 粒于 25 ℃ 恒温培养箱中萌发, 第 3d 测定其发芽势, 第 7d 测定发芽率, 重复 4 次。番茄种子经烫种、浸种和催芽后播于盛河沙的黑色营养钵中, 待 2 片子叶充分展开时用 0.2 剂量番茄营养液(华南农业大学自制)进行浇灌, 2 片真叶展开时选择大小一致苗移栽 10L 黑色塑料桶中, 每桶 4 棵苗(用泡沫板和海绵固定)用 0.5 剂量营养液进行水培, 为防止沉淀将 P 降为 0.2 剂量, 重复 3 次。当苗龄 2 叶 1 心时更换营养液, 并分别按 Cd、Zn 对照和 ~ 处理浓度在营养液中加入重金属离子, 每天用增氧泵增氧、以 HCl 调营养液 pH 值为 5.0, 胁迫 7d 后进行各项指标测定。取根、茎、叶置 80 ℃ 烘箱烘干 48h 后称干物质质量, 用乙醇比色法^[3]测定叶片叶绿素含量, 以蒽酮比色法^[3]测定可溶性糖含量, 用 DTNB 显色法^[4]测定谷胱甘肽含量, 以酸性茚三酮显色法^[3]测定脯氨酸含量。

* 通讯作者

收稿日期: 2004-11-03 改回日期: 2004-12-13

表 1 Cd、Zn对番茄种子萌发的影响

Tab.1 Effects of Cd and Zn on the germination of tomato seeds

项 目 Items	对 照 Control		处 理 Treatments									
			Cd					Zn				
发芽势 / %	69.5	73.0	66.0	69.0	51.0	41.5	74.0	67.0	63.0	52.5	23.0	
发芽率 / %	97.5	97.5	97.0	96.0	95.0	93.0	96.0	96.0	96.5	96.0	94.0	
根 长 / cm	7.65	6.49	7.53	4.79	0.35	0.31	7.54	7.71	5.98	0.93	0.50	

理根的生长几乎完全被抑制,而对发芽率的影响则较小。这表明低浓度重金属促进番茄种子发芽势,而高浓度处理则抑制种子发芽势、发芽率和根的生长,且抑制作用为根 > 发芽势 > 发芽率。

2.2 Cd、Zn对番茄幼苗生长及叶片叶绿素含量的影响

随 Cd、Zn 处理浓度的增加,番茄幼苗株高和干物质积累量下降(见表 2),重金属对株高的影响小于对干物质积累的影响,高浓度处理根、茎、叶干物质质量均下降。生物量积累受抑可能与叶片中叶绿素含量下降、细胞膜遭到破坏、一些矿质元素的吸收和运输受抑制等有关。叶绿素 a 与 b、叶绿素总量和 a/b 值随均随处理浓度增高而降低(见表 3),但高浓度()处理叶片呈暗绿色,除叶绿素 a/b

表 3 Cd、Zn对番茄幼苗鲜叶片叶绿素含量影响

Tab.3 Effects of Cd and Zn on the chlorophyll parameters of leaves of tomato seedlings

项 目 Items	对 照 Control		处 理 Treatments					
			Cd			Zn		
叶绿素 a / $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$	0.658	0.645	0.522	0.581	0.651	0.358	0.543	
叶绿素 b / $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$	0.155	0.154	0.125	0.150	0.156	0.095	0.167	
叶绿素 a+b / $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$	0.813	0.799	0.647	0.731	0.807	0.453	0.710	
叶 绿 素 a / b 值	4.245	4.188	4.176	3.873	4.173	3.768	3.251	

* 为鲜物质量。

2.3 Cd、Zn对番茄幼苗含水量及可溶性糖、脯氨酸及谷胱甘肽含量的影响

随处理浓度的增加而幼苗体内含水量变化趋于明显,高浓度处理幼苗含水量最低(见表 4)。表 4 表明 Cd 浓度为 $0.10\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时茎、叶中含水量分别比对照下降 1.13% 和 2.1%,而 Zn 则分别下降 3.4% 和 5.6%,且对叶片的影响

表 4 Cd、Zn对番茄幼苗含水量、可溶性糖及脯氨酸、谷胱甘肽含量的影响

Tab.4 Effects of Cd and Zn on the contents of water, soluble sugar, proline and GSH of tomato seedlings

项 目 Items		对 照 Control		处 理 Treatments					
				Cd			Zn		
含 水 量 / %	茎	95.683	95.379	95.404	94.601	95.599	94.880	92.417	
	叶	92.204	92.165	92.107	90.286	92.223	91.892	87.019	
可溶性糖* / $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$	叶	3.143	2.872	2.930	3.941	3.139	7.608	9.351	
	根	1.342	1.232	1.413	1.965	1.402	1.654	1.668	
脯氨酸* / $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	叶	28.600	32.458	45.316	62.082	36.074	54.214	65.153	
	根	24.901	32.067	40.020	56.871	33.261	44.009	56.455	
谷胱甘肽* / $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	叶	71.630	78.700	82.940	108.280	75.800	82.950	143.750	
	根	21.800	26.390	29.210	40.390	23.370	27.530	54.480	

* 为鲜物质量。

2 结果与分析

2.1 Cd、Zn对番茄种子萌发的影响

低浓度 $0.001\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ Cd、Zn 处理可促进种子发芽势, Cd 比对照增加 5.04%, Zn 则增加 6.47%,且随浓度的增大而表现出明显抑制作用(见表 1);对根长抑制作用最明显,高浓度处

表 2 Cd、Zn对番茄幼苗生长的影响

Tab.2 Effects of Cd and Zn on the growth of tomato seedlings

项 目 Items	对 照 Control		处 理 Treatments					
			Cd			Zn		
叶干物质质量 / g	0.235	0.217	0.184	0.119	0.193	0.125	0.092	
茎干物质质量 / g	0.072	0.065	0.053	0.039	0.068	0.037	0.036	
根干物质质量 / g	0.093	0.086	0.076	0.048	0.074	0.061	0.011	
株 高 / cm	14.25	13.85	13.05	10.60	14.25	10.38	8.85	

值外其他参数值反而偏高,但低于对照。叶绿素含量降低是重金属对植物毒害的普遍现象,其原因可能是重金属与叶绿体中蛋白质的-SH 结合或取代其中的 Fe^{2+} 和 Mg^{2+} 等,破坏叶绿体结构和功能,使叶绿素分解所致^[5]。高浓度处理叶片呈暗绿色,可能是因重金属影响了番茄对一些元素的吸收如 P、Mg 和 Fe 等,表现出明显缺素症状,使叶片短期内呈暗绿色、色素偏高,但叶绿素 a/b 值呈持续降低。

0.10 mmol/L()时根、叶中谷胱甘肽含量分别为对照的1.9倍和1.5倍,Zn则分别为对照的2.5倍和2.0倍。相同浓度处理根、叶中可溶性糖和脯氨酸含量Cd低于Zn,而谷胱甘肽则除处理外,其他基本为Cd高于Zn。重金属处理植物可溶性糖含量增加的原因可能是其叶片内不溶性糖降解以及光合产物运输受阻的结果,也可能是葡萄糖酶、蔗糖酶活性异常所致^[5]。但也可能是幼苗对重金属胁迫环境的一种生理反应。高浓度处理番茄幼苗含水量降低,受水分胁迫,积累的可溶性糖可作为渗透调节物质保护细胞免受伤害,维持原有的生理过程。Schat H.等^[8]研究认为重金属胁迫下脯氨酸的积累取决于重金属诱导植物体内水分缺失状况。Cd、Zn处理番茄幼苗体内发生水分胁迫,脯氨酸积累意义之一是作为渗透调节物质,保持细胞和组织持水平衡,稳定生物大分子结构,保持膜结构的完整性使细胞免受伤害。近年来许多研究表明脯氨酸具有清除活性氧的功能^[9]。笔者研究认为Cd、Zn处理番茄幼苗体内活性氧代谢失衡,根系和叶片发生膜脂过氧化,丙二醛积累,抗氧化酶活性提高。因此Cd、Zn胁迫下脯氨酸可能参与体内活性氧自由基的清除,减少重金属对细胞膜和蛋白质造成的损伤,提高番茄抗重金属的能力。逆境条件下植物体内谷胱甘肽在代谢过程中起着重要作用,尤其是抵御活性氧伤害^[6,10]。重金属胁迫下谷胱甘肽合成及利用的平衡取决于其抗氧化作用和植物螯合肽(PC)合成前体^[10]。Cd、Zn污染使番茄幼苗体内谷胱甘肽含量升高,功能是作为抗氧化剂清除细胞内活性氧,抵御活性氧的伤害;作为植物螯合肽合成前体与重金属离子螯合是植物重要的解毒机制,同时谷胱甘肽也可直接与重金属离子进行螯合,从而避免重金属对植物的伤害。

3 小 结

Cd、Zn对番茄幼苗生长的影响表现为各器官干物质积累降低、植株高度下降和叶片叶绿素含量减少,叶绿素a/b值与胁迫浓度具有很好的相关性,可将a/b值作为衡量蔬菜受污染程度的生理指标之一。随Cd、Zn胁迫浓度的提高而番茄幼苗含水量降低,受水分胁迫。可溶性糖和脯氨酸积累可在水分胁迫下维持细胞正常生理功能,番茄幼苗可溶性糖和脯氨酸的积累可视为对Cd、Zn胁迫的生理性保护性适应。Cd、Zn诱导番茄幼苗体内活性氧增加,除抗氧化酶系统,谷胱甘肽和脯氨酸在清除活性氧,减少自由基的危害,保护细胞结构和功能等方面起很大作用。植物螯合肽与重金属离子螯合是植物重要的解毒机制,谷胱甘肽在番茄幼苗抵御Cd、Zn胁迫起重要作用。脯氨酸清除活性氧功能尚需深入研究,脯氨酸积累量和Cd、Zn胁迫浓度具有显著相关性,能否将蔬菜体内脯氨酸含量作为蔬菜受重金属污染及蔬菜抗性的指标,尚有待于与其他生理生化指标进一步比较分析。

致谢 上海市农业科学院园艺研究所朱龙英、杨杰志、杨晓峰、陈建林及上海市设施园艺技术重点实验室范林华先生对本项研究给予帮助,谨表谢意!

参 考 文 献

- 1 汪雅谷,张四荣.无污染蔬菜生产的理论与实践.北京:中国农业出版社,2001
- 2 汤章城.逆境条件下脯氨酸的累积及意义.植物生理学通讯,1984(1):15~21
- 3 邹琦.植物生理学实验指导.北京:中国农业出版社,2000
- 4 黄爱纓,吴珍龄.水稻谷胱甘肽过氧化物酶的测定法.西南农业大学学报,1999,21(4):324~327
- 5 孙塞初,王焕校,李启任.水生微管植物受镉污染后的生理变化及受害机制初探.植物生理学报,1985,11(2):113~121
- 6 陈少裕.植物谷胱甘肽的生理作用及意义.植物生理学通讯,1993,29(3):210~214
- 7 Wanger G J. Accumulation of cadmium in crop plants and its consequences to human health. Adv. Agron., 1993, 51:173~205
- 8 Schat H, Sharma S S, Vooijs R. Heavy metal-induced accumulation of free proline in a metal-tolerant and a nontolerant ecotype of *Silene vulgaris*. Physiol. Plant, 1997, 101:477~482
- 9 Alia Saradhi P. P, Mohanty P. Involvement of proline in protecting thylakoid membranes against free radical-induced photodamage. Photochem. Photobiol., 1997B, 38:253~257
- 10 Nagalakshmi N, Prasad M. N. Responses of glutathione cycle enzymes and glutathione metabolism to copper stress in *Scenedesmus bijugatus*. Plant Sci., 2001, 160(2):291~299