

马沛勤. 不同浓度铅胁迫对 3 种蔬菜抗氧化生理指标的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(8):154-156.

不同浓度铅胁迫对 3 种蔬菜抗氧化生理指标的影响

马沛勤

(运城学院生命科学系,山西运城 044000)

摘要:以莴苣、白菜、茼蒿 3 种蔬菜幼苗为试验材料,采用室内水培的方法,研究不同浓度铅(0、40、80、120、160 mg/L)胁迫对蔬菜幼苗抗氧化系统生理指标(SOD 活性、POD 活性、丙二醛含量、维生素 C 的含量)的影响。结果表明:随着铅胁迫浓度的升高,3 种蔬菜幼苗中 SOD、POD 活性整体上呈现上升或先上升再下降的趋势;2 种蔬菜中丙二醛含量先上升后下降;维生素 C 含量在白菜和莴苣中先下降后上升,在茼蒿中则呈现持续下降的趋势。从 4 种抗氧化系统生理指标的变化推测:对铅胁迫的抵抗力大小为:白菜>茼蒿>莴苣。

关键词:莴苣;白菜;茼蒿;铅胁迫

中图分类号: X503.231 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)08-0154-03

随着人类社会的不断发展,环境污染问题日益严重,无论是在污染生态学还是环境保护生态学的研究领域,都优先把重金属作为污染物进行研究,其中铅(Pb)是污染较为严重的重金属之一,主要可以造成土壤污染和水体污染^[1-2]。前人在铅对植物形态、生理生化效应及植物对铅污染的耐性机制和修复等方面做了不少研究工作,但主要以大田农作物为研究对象,对蔬菜的相关研究报道较少。本试验研究不同浓度铅对白菜、莴苣、茼蒿抗氧化生理指标的影响,以期对蔬菜生产、抗性品种的合理开发利用和人们健康生活水平的提高提供帮助。

1 材料与与方法

1.1 试验材料

试验用蔬菜材料为白菜、莴苣、茼蒿,种子均为市购。

1.2 试验设计

采用室内水培的方法,待 3 种蔬菜幼苗长出 1 片真叶后,分别用 0(对照)、40、80、120、160 mg/L 5 种浓度的 PbSO₄ 胁迫液对其进行胁迫培养,对照用蒸馏水进行培养。每隔 24 h 换 1 次胁迫液,5 d 后测定蔬菜中 4 种抗氧化系统的生理指标。试验设 3 次重复,取试验数据的平均值进行分析。

1.3 测定方法

超氧化物歧化酶(SOD)活性:用氮蓝四唑(NBT)光还原法^[3]测定;过氧化物酶(POD)活性:用愈创木酚法^[3]测定;丙二醛(MDA)含量:用硫代巴比妥酸反应物(TBARS)法^[3]测定;维生素 C 含量:用碘滴定法测定。

1.4 数据处理

试验数据使用 Excel 2003 和 DPS V3.01 专业版统计软件进行方差分析,用 Duncan 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 铅胁迫对 3 种蔬菜幼苗 4 种生理指标的影响

由表 1、表 2、表 3 可见:在试验范围内,随着 Pb²⁺胁迫浓度的升高,莴苣的 SOD 活性一直在升高,白菜、茼蒿的 SOD 活性则呈现先上升后下降的趋势,白菜的 SOD 活性在 Pb²⁺胁迫浓度为 80 mg/L 时达到最大值,茼蒿的 SOD 活性在 Pb²⁺胁迫浓度为 120 mg/L 时达到最大值;随着 Pb²⁺胁迫浓度的升高,3 种蔬菜对 Pb²⁺胁迫的反应均较强,白菜的 POD 活性一直在上升,莴苣、茼蒿的 POD 活性则呈现先上升后下降的趋势,且莴苣、茼蒿的 POD 活性均在 Pb²⁺胁迫浓度为 40 mg/L 时达最大值。

表 1 Pb²⁺胁迫下 3 种蔬菜幼苗中 SOD、POD 活性与 MDA、维生素 C 含量

Pb ²⁺ 处理浓度 (mg/L)	SOD(<i>D</i> _{560 nm})			POD(<i>D</i> _{470 nm})			MDA(μmol/g)			维生素 C(μmol/g)		
	白菜	莴苣	茼蒿	白菜	莴苣	茼蒿	白菜	莴苣	茼蒿	白菜	莴苣	茼蒿
0	0.110	0.180	0.277	0.408 0	0.184	0.2500	0.007 2	0.006 3	0.013 9	3.0	2.8	4.0
40	0.112	0.225	0.335	0.448 3	0.334	0.832 5	0.007 8	0.007 0	0.015 0	2.6	2.0	3.8
80	0.162	0.254	0.359	0.551 3	0.196	0.400 0	0.008 2	0.007 4	0.014 3	3.6	2.4	3.6
120	0.150	0.275	0.379	0.577 5	0.180	0.215 0	0.010 0	0.008 9	0.014 1	3.8	2.4	3.5
160	0.140	0.331	0.365	0.862 5	0.160	0.030 0	0.008 1	0.022 6	0.012 9	4.0	3.2	3.0

由表 1、表 4 可见:随着 Pb²⁺胁迫浓度的升高,3 种蔬菜对 Pb²⁺胁迫的反应均较强,莴苣中的 MDA 含量在一直上升,

白菜、茼蒿中的 MDA 含量则呈现先上升后下降的趋势,可能与抗氧化系统的活性有关,也可能由误差引起,具体有待进一步研究,其中白菜的 MDA 含量在 Pb²⁺胁迫浓度为 120 mg/L 时达最大值,茼蒿的 MDA 含量则在 Pb²⁺胁迫浓度为 40 mg/L 时达最大值;由于 3 种蔬菜本身的维生素 C 含量差异较大,随着 Pb²⁺胁迫浓度的升高,本底维生素 C 含量较低的白菜、莴苣中的维生素 C 含量呈现先降低后上升的趋势,可能与其自

收稿日期:2013-01-21
基金项目:运城学院产学研项目(编号:CY-2012002)。
作者简介:马沛勤(1960—),女,山西运城人,副教授,研究方向为遗传进化。E-mail:peiqinma@163.com。

表 2 3 种蔬菜幼苗 SOD、POD 活性变化的比较

酶类别	蔬菜名称	活性变化	本底值 (<i>D</i>)	最高值 (<i>D</i>)	最高值 Pb ²⁺ 浓度 (mg/L)	最高值/本底值	160 mg/L Pb ²⁺ <i>D</i> 值/ 本底 <i>D</i> 值
SOD 活性	白菜	↗↘	0.110	0.162	80	1.473	1.273
	茼蒿	↗	0.180	0.331	120	1.839	1.839
	茼蒿	↗↘	0.277	0.379	120	1.368	1.318
POD 活性	白菜	↗	0.408	0.863	160	2.115	2.115
	茼蒿	↗↘	0.184	0.334	40	1.815	0.870
	茼蒿	↗↘	0.250	0.833	40	3.332	0.120

注:表中“↗”“↘”分别表示活性的上升、下降;“↗↘”表示活性先升高后降低;本底值指表 1 中的对照组的 *D* 值;最高值指表 1 中的最大 *D* 值。

表 3 3 种蔬菜幼苗中的 *D*_{SOD}/*D*_{POD}

Pb ²⁺ 浓度 (mg/L)	<i>D</i> _{SOD} / <i>D</i> _{POD}		
	白菜	茼蒿	茼蒿
0	0.269 6	0.978 3	1.108 0
40	0.249 8	0.673 7	0.402 4
80	0.293 9	1.295 9	0.879 5
120	0.259 7	1.527 8	1.762 8
160	0.162 3	2.068 8	12.166 6

身调节有关,但茼蒿中的维生素 C 含量则表现为持续降低的趋势。

2.2 方差分析

表 5 的方差分析结果显示:在浓度间和种间的 SOD 活性变化均存在极显著性差异水平($P < 0.01$);在种间的 POD 活性变化存在显著性差异水平($P < 0.05$),在浓度间的差异则不显著;在浓度间和种间的 MDA 含量变化差异均不显著;种间的维生素 C 含量变化存在显著性差异水平($P < 0.05$),在浓度间的差异则不显著。

表 4 3 种蔬菜幼苗 MDA、维生素 C 含量变化的比较

名称	蔬菜名称	含量变化	本底值	最高值	最高值 Pb ²⁺ 浓度 (mg/L)	最高值/本底值
MDA	白菜	↗↘	0.007 2	0.010 0	120	1.389
	茼蒿	↗	0.006 3	0.022 6	160	3.587
	茼蒿	↗↘	0.013 9	0.014 3	40	1.029
维生素 C	白菜	↘↗	3.000 0	4.000 0	160	1.333
	茼蒿	↘↗	2.800 0	3.200 0	160	1.143
	茼蒿	↘	4.000 0	4.000 0	0	1.000

注:表中“↗”“↘”分别表示含量的上升、下降;“↗↘”表示含量先升高后降低;“↘↗”表示含量先降低后升高;本底值、最高值的定义同表 2。

表 5 SOD、POD 活性与 MDA、维生素 C 含量变化的方差分析

变异来源	SOD 活性				POD 活性			
	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>S</i> ²	<i>F</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>S</i> ²	<i>F</i>
种间	0.109 0	2	0.054 5	86.386 0**	0.169 0	2	0.084 5	3.698 0*
浓度间	0.016 2	4	0.004 1	6.427 0**	0.059 7	4	0.014 9	0.654 0
误差	0.005 0	8	0.000 6		0.182 8	8	0.022 9	
总变异	0.130 3	14			0.411 6	14		

变异来源	MDA 含量				维生素 C 含量			
	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>S</i> ²	<i>F</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>S</i> ²	<i>F</i>
种间	0.000 1	2	0.000 1	2.441 0	2.964 0	2	1.482 0	5.516 0*
浓度间	0.000 1	4	0.000 1	0.774 0	0.610 7	4	0.152 7	0.568 0
误差	0.000 1	8	0.000 1		2.149 3	8	0.268 7	
总变异	0.000 3	14			5.724 0	14		

注:数据后标“*”的为显著性差异,标“**”的为极显著性差异。

2.3 多重比较

对表现为显著或极显著差异的浓度间和种间用 Duncan 法进行多重比较,详见表 6、表 7。由表 6 可见:在 Pb²⁺ 浓度 0、80 mg/L 之间以及 40、160 mg/L 之间,蔬菜幼苗的 SOD 活

性存在显著性差异($P < 0.05$);在 Pb²⁺ 浓度 0 mg/L 与 120、160 mg/L 之间存在极显著性差异($P < 0.01$);且随着 Pb²⁺ 浓度的增加,SOD 活性不断增大,Pb²⁺ 浓度为 160 mg/L 时的 SOD 活性最大。

表 6 Pb²⁺ 不同浓度间 SOD 活性的显著性比较

Pb ²⁺ 浓度 (mg/L)	SOD 活性平均值($\bar{D}_{450\text{ nm}}$)
160	0.278 67aA
120	0.268 00abA
80	0.258 33abAB
40	0.224 00bcAB
0	0.189 00cB

注:同列数据后不同大、小写字母者分别表示差异极显著($P<0.01$)、显著($P<0.05$)。表 7 同。

由表 7 可见:3 种蔬菜之间的 SOD 活性在均存在极显著性差异($P<0.01$),茼蒿的 SOD 活性最大,白菜的最低;白菜、茼蒿间的 POD 活性存在显著性差异($P<0.05$),白菜的 POD 活性最大,茼蒿的最小;茼蒿与茼蒿、白菜间的维生素 C 含量存在显著性差异($P<0.05$),茼蒿与白菜间差异不显著。

表 7 不同蔬菜 SOD、POD 活性与维生素 C 含量的显著性比较

指标	蔬菜品种	D 平均值
SOD 活性	茼蒿	0.343 0aA
	茼蒿	0.253 0bB
	白菜	0.134 8cC
POD 活性	白菜	0.445 83aA
	茼蒿	0.277 92abA
	茼蒿	0.190 00bA
维生素 C 含量	茼蒿	3.58aA
	白菜	3.40aA
	茼蒿	2.56bA

3 讨论与结论

由于 Pb 能置换出蛋白质和酶分子中的 Fe 和 Zn 等生命体的必需元素,一方面造成蛋白质和酶分子失活,使 SOD、POD 等酶的活性下降;另一方面可以促进生成攻击性极强的羟基自由基,而自由基参与的自由基链反应会直接干扰和破坏生物膜的生理功能^[4]。生物体内的 SOD 能清除超氧阴离子自由基,POD 能清除 H₂O₂,维生素 C 可以捕捉和消除链反应中产生的自由基,中断并延缓链反应的进行^[5]。当蔬菜受到低浓度铅胁迫时,增加了体内 SOD、POD、维生素 C 的底物浓度,使得 SOD、POD 活性和维生素 C 浓度上升,但这种作用是有限的;在高浓度铅胁迫下,SOD、POD、维生素 C 活性被抑制,膜脂过氧化作用就会加剧^[6],作为膜脂过氧化作用的主要产物之一的 MDA 含量也会上升。

在本试验中,在铅胁迫下蔬菜幼苗 SOD、POD 活性与 MDA、维生素 C 含量均发生了变化,可能说明铅胁迫使得 3 种蔬菜幼苗的细胞活性氧水平升高,从而对 3 种蔬菜产生了氧化胁迫^[7]。

由 3 种蔬菜对铅胁迫的适应性可以看出:受铅胁迫时,茼蒿中 SOD 活性增加得最快,POD 活性先增加后降低,在铅胁迫浓度 40 mg/L 时达峰值,以致于 SOD/POD 比值在铅胁迫浓度≥40 mg/L 时呈增大趋势。当 SOD 活性增加的幅度比 POD 活性大很多时,即 SOD/POD 比值增加时,SOD 分解产生的 H₂O₂ 就不能被及时地清除,在细胞内游离铁和铜等催化下,积累的 H₂O₂ 将与未被 SOD 分解的超氧阴离子自由基通过 Fenton 反应形成羟基自由基,从而加剧氧化胁迫作用^[6]。茼蒿中 MDA 含量上升得最快,与铅胁迫浓度≥40 mg/L 时 SOD/POD 比值增加有关,即茼蒿膜系统受损最重,说明茼蒿抗铅胁迫能力最弱。

白菜在受胁迫时,其 SOD 活性增加较快,在铅浓度为 80 mg/L 时达到峰值,之后下降也快,而白菜的 POD 活性一直在上升,导致在一定铅胁迫浓度内,SOD/POD 比值在变小,因此超氧阴离子自由基含量在上升。白菜中 MDA 含量上升较快,可能与一定铅胁迫浓度内 SOD/POD 比值变小有关。此外,白菜中维生素 C 含量上升最快。可以推测,白菜耐铅胁迫能力最强。

茼蒿在受铅胁迫时,其 SOD 活性上升较快,下降较慢,POD 活性增加最快,在胁迫浓度 40 mg/L 就达峰值,但下降也最快,以致于在一定铅胁迫浓度内,其 SOD/POD 比值较大。但茼蒿中 MDA 含量上升较慢、下降最快。推测茼蒿体内可能有其他抗氧化酶活性在快速增大(如过氧化氢酶等),与 SOD 活性的升高相配合,从而保护膜脂免受损伤,但这样高的 SOD/POD 比值很不均衡。此外,茼蒿中维生素 C 含量一直在下降。

由以上分析可以看出,3 种蔬菜对铅胁迫的耐性为:白菜>茼蒿>茼蒿。

参考文献:

[1]王宏镔,束文圣,蓝崇钰. 重金属污染生态学研究现状与展望[J]. 生态学报,2005,25(3):596-605.

[2]宋玉芳,许华夏,任丽萍,等. 土壤重金属污染对蔬菜生长的抑制作用及其生态毒性[J]. 农业环境科学学报,2003,22(1):13-15.

[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,2003:123-124,127-128.

[4]王镜岩,朱圣庚,徐长法. 生物化学:上[M]. 3 版. 北京:高等教育出版社,2002:96-103.

[5]汪洪,金继运. 铁、镁、锌营养胁迫对植物体内活性氧代谢影响机制[J]. 植物营养与肥料学报,2006,12(5):738-744.

[6]秦天才,吴玉树,王焕校. 镉、铅及其相互作用对小白菜生理生化特性的影响[J]. 生态学报,1994,14(1):46-50.

[7]李荣春. Cd、Pb 及其复合物污染对烤烟叶片生理生化及细胞亚显微结构的影响[J]. 植物生态学报,2000,24(2):238-242.