

梁 剑. 重金属镉胁迫对油橄榄幼苗生长的影响[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(11): 110–112.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.11.032

重金属镉胁迫对油橄榄幼苗生长的影响

梁 剑

(西昌学院, 四川西昌 615013)

摘要:通过重金属镉(Cd)胁迫油橄榄幼苗的盆栽试验,初步分析 Cd^{2+} 与油橄榄体内的各种酶和植株生长状况的关系。结果表明:在 50 mg/kg Cd^{2+} 处理下,油橄榄幼苗叶片过氧化氢酶(CAT)活性、超氧化物歧化酶(SOD)活性、丙二醛(MDA)含量和可溶性蛋白含量均有不同程度的提高,过氧化物酶(POD)活性有所减弱;而当 Cd^{2+} 浓度达到 100 mg/kg 时,各指标均受到抑制。说明低浓度 Cd^{2+} 促进生长,高浓度 Cd^{2+} 抑制生长。

关键词:油橄榄;重金属;抗氧化酶;丙二醛;可溶性蛋白

中图分类号: S565.901 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)11-0110-02

Cd 是植物生长的非必需元素,会对植物的叶绿素合成和抗氧化酶产生不利影响,当超过一定剂量则严重影响植物的生理代谢活动,阻碍植物生长发育甚至导致植物死亡^[1-2]。随着工业的发展,汽车尾气排放,人工合成农药和肥料的大量使用,水源、大气和土壤受到重金属污染的程度日益严重^[3],镉作为一种有害重金属,易被植物吸收,具有很强的生物毒性^[4],可以通过多种途径对植物产生毒害,镉毒害植物的主要途径是诱导产生大量的活性氧^[5-6]。植物中的活性氧过度积累不仅会使膜脂氧化,还能使蛋白质、核酸等生物大分子失去功能和活性,使植物的代谢发生紊乱。

近年来,国内外有关镉对大田作物种子的萌发(如水稻、小麦等)、生理生化的影响已有不少报道,在蔬菜方面,重金属 Cd^{2+} 毒害的报道也多集中在叶菜类。在我国,随着人们健康意识的提高,橄榄油(*Olea europaea* L.)作为一种营养健康食用油进入到大众的日常食谱中。橄榄油不仅营养丰富,而且具有良好的药用价值,另外橄榄鲜果还可制作果用罐头、蜜饯果酱。镉在植物体内主要分布在根,其次是茎等器官,种子对 Cd^{2+} 有很强的吸收与富集作用^[6-7]。因此,本试验开展了不同浓度的镉处理对油橄榄幼苗抗氧化酶活性的影响研究,以探明重金属镉对油橄榄幼苗生长的影响。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以油橄榄一年生扦插苗为材料,枝条于 2012 年采自四川省西昌北河水库。试验土壤均采用营养土,试验前测定镉的含量。容器选用 30 cm 的塑料盆。

1.2 试验设计

本试验于 2012 年 5 月 1 日至 6 月 1 日在西昌学院试验大棚内进行,选用生长状况一致的一年生油橄榄幼苗 60 株,

收稿日期:2014-11-18

基金项目:四川省科技支撑项目(编号:12ZC2220);四川省教育厅重点项目(编号:12ZA153);四川省教育厅项目(编号:13ZB0298);西昌学院研究生项目(编号:13BQZ02)。

作者简介:梁 剑(1979—),女,四川广元人,博士,副教授,主要从事环境生态学研究。E-mail:583132434@qq.com。

平均分为 4 个处理,分别用 0(CK)、50、75、100 mg/kg CdCl_2 溶液进行处理。每天施入 20 mL,处理时间为 10 d。30 d 后测量生物量(株高、叶片数)、干物质量、叶绿素含量以及抗氧化酶活性等生理指标。

1.3 测定方法

1.3.1 Cd 胁迫对油橄榄叶片伤害症状的观察和生物量的测定 在整个处理期间,观察经 Cd 处理后的油橄榄叶片外部特征发生的变化,试验结束时取各处理的油橄榄根系进行比较和观察。收获时用水浸泡去除根部土壤,冲洗干净,测量其茎高、根长、叶片数,然后把植物样品的根、茎、叶分开,分别装袋,称其鲜质量,在 70 °C 的烘箱中烘至恒质量再分别测干质量。按生长分析方法计算下列参数:叶质量比(LBR) = 叶片干质量/植株总干质量;茎质量比(SBR) = 茎干质量/植株总干质量;根质量比(RBR) = 根系干质量/植株总干质量;耐性指数 = 处理组生物量/对照组生物量。

1.3.2 油橄榄生理生化指标的测定 参照朱祝军等的方法^[8]提取酶液;采用 Prochazkva 的方法^[9]测定超氧化物歧化酶(SOD)活性;采用 Cakmak 和 Marshner 的方法^[10]测定过氧化氢酶(CAT)和愈创木酚过氧化物酶(POD)活性;采用磺基水杨酸法^[11]测定脯氨酸含量。可溶性蛋白含量的测定方法:吸取样品上清液 0.1 mL,加 3 mL 考马斯亮蓝 G-250 溶液混合(空白管加 pH 值为 7.8 的磷酸缓冲液),放置 2 min 后于 595 nm 下测吸光度 $D_{595\text{ nm}}$,由标准蛋白曲线查蛋白质浓度 C。

1.4 统计学分析

上述试验均重复 3 次,计算平均值。数据采用 SAS 8.2 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 油橄榄形态指标、生物量的测定

50 mg/kg CdCl_2 处理促进了油橄榄幼苗植株地上部的生长,随着处理浓度的升高,生长逐渐受到抑制,且随着处理浓度的增加,抑制幅度明显加大(表 1),在 50 mg/kg 处理下,株高比对照高 0.17%,而当处理浓度达 100 mg/kg 时,株高比对照矮 9.82%,说明镉对油橄榄幼苗株高的抑制作用很大。

油橄榄幼苗经 50、100 mg/kg CdCl_2 处理培养 30 d 后,净

表 1 Cd^{2+} 胁迫对油橄榄幼苗生长的影响

CdCl ₂ 浓度 (mg/kg)	株高 (cm)	质量百分比 (%)		
		茎	叶	根
0 (CK)	96.67 ± 2.73a	45.76	23.45	30.77
50	96.83 ± 2.96b	46.02	24.51	30.46
75	88.29 ± 2.84c	46.15	24.25	29.69
100	87.18 ± 2.66c	47.30	25.21	27.48

注:同列不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$),表 3、表 4 同。

株高和根质量均有增加。在 50 mg/kg CdCl₂ 处理下,油橄榄对 Cd^{2+} 的耐性指数为 1.01,说明 50 mg/kg CdCl₂ 对油橄榄幼苗生长有促进作用;但在 100 mg/kg CdCl₂ 处理下,油橄榄对 Cd^{2+} 的耐性指数为 0.84,说明 100 mg/kg CdCl₂ 对油橄榄幼苗生长有抑制作用。从低浓度到高浓度的镉处理下,油橄榄幼苗茎质量比分别为 45.76%、46.02%、46.15%、47.30%,说明重金属镉会促进油橄榄植株茎的老化,并且随浓度升高促进作用加强;叶质量比分别为 23.45%、24.51%、24.25%、25.21%,说明重金属镉同样对油橄榄叶片生长有促进衰老作用,随 Cd^{2+} 处理浓度增加仍然出现增加趋势;但是根质量比分别为 30.77%、30.46%、29.69%、27.48%,由于植株的根在土内和重金属镉直接接触,重金属对于根的生长则属于抑制作用,并且随浓度升高抑制作用更明显。经上述比较,重金属对于植株的伤害主要在于根。

2.2 Cd^{2+} 对油橄榄叶片叶绿素含量的影响

由表 2 可知,经重金属 Cd^{2+} 胁迫处理后,油橄榄叶绿素受到不同程度的抑制,随着处理浓度的升高, Cd^{2+} 胁迫下的叶绿素含量先略有上升后下降 ($P < 0.05$),含量在 50 mg/kg CdCl₂ 处理时达到最大值,随后开始下降,这说明高浓度重金属 Cd^{2+} 对油橄榄幼苗叶片叶绿素含量具有较强抑制作用。

表 2 Cd^{2+} 胁迫对油橄榄幼苗叶绿素含量的影响

CdCl ₂ 浓度 (mg/kg)	叶绿素含量 (SPAD 值)
0 (CK)	86.20
50	88.64
75	83.43
100	82.63

2.3 Cd^{2+} 胁迫对油橄榄生理生化的影响

由表 3 可知,随着 Cd^{2+} 浓度增加,抗氧化酶 SOD、CAT 活性均呈先增强后减弱的趋势,且差异显著,其中 50 mg/kg CdCl₂ 处理显著高于对照组和 100 mg/kg 处理组,而 75、100 mg/kg CdCl₂ 处理组显著低于对照组,说明 50 mg/kg 处理能显著诱导抗氧化酶活性,而 75、100 mg/kg 处理显著抑制了其活性。SOD 的活性减弱或增强从侧面说明植株的老化程度,在 50 mg/kg 处理组中,植株能通过自我调节来适应外界环境的改变,但当外界环境刺激过度,如在 100 mg/kg 处理时,植株就不能通过自我调节来适应环境,SOD、CAT 活性就呈直线下降趋势,油橄榄老化程度加剧。过氧化物酶则出现先减弱后增强的趋势,且差异显著,50 mg/kg 处理显著低于对照组,说明植株新生组织较多,促进植株生长;在 100 mg/kg 处理时,则显著高于对照组,说明油橄榄的组织在衰老。由表 4 可知,随着 Cd^{2+} 处理浓度的增加,MDA 含量、可溶性蛋白含量、脯氨酸含量均呈现上升的趋势,在高浓度镉处理下上升幅度变大,说明油橄榄能通过自身的调节来抵抗重金属镉胁迫。

表 3 Cd^{2+} 胁迫对油橄榄叶片抗氧化酶活性的影响

CdCl ₂ 浓度 (mg/kg)	SOD 活性 (U/g)	POD 活性 (U/g)	CAT 活性 (U/g)
CK	271.73 ± 10.185 9a	18.18 ± 0.681 5c	72.934 ± 2.733a
50	283.62 ± 5.758 5b	16.67 ± 3.1423b	88.644 ± 1.448b
75	107.55 ± 3.327c	72.12 ± 2.227a	22.432 ± 0.996c
100	85.67 ± 3.211 4c	83.83 ± 1.41 21a	16.997 ± 0.637c

表 4 Cd^{2+} 胁迫对油橄榄叶片内 MDA、可溶性蛋白、脯氨酸含量的影响

CdCl ₂ 浓度 (mg/kg)	MDA 含量 (mmol/g)	可溶性蛋白含量 (mg/g)	脯氨酸含量 (mg/g)
CK	0.11 ± 0.004c	2.53 ± 0.095 2b	0.1437 ± 0.005 3a
50	0.39 ± 0.014 7b	2.88 ± 0.108 2ab	0.1443 ± 0.005 4a
75	0.47 ± 0.016 2ab	3.06 ± 0.108 8a	0.1448 ± 0.005 4a
100	0.52 ± 0.019 5a	3.10 ± 0.116 3a	0.1445 ± 0.005 4a

3 结论与讨论

镉毒害可以通过多种途径诱发活性氧的积累,而活性氧的有效清除是植物适应逆境胁迫的重要机制之一,活性氧的清除系统主要包括抗氧化酶和抗氧化剂两大类,由于作物的种类、处理方式、胁迫程度的不同可使作物的抗氧化酶出现不同的变化^[12]。本试验中,50 mg/kg CdCl₂ 处理显著诱导了油橄榄幼苗叶片中 SOD、CAT 等抗氧化酶的活性,表明这些酶在清除镉诱导积累的活性氧方面发挥了重要作用;而 100 mg/kg CdCl₂ 显著抑制了抗氧化酶活性,一方面是镉诱导积累的大量活性氧不能被清除而对编码酶的基因或蛋白造成损伤^[12-14],另一方面,镉可抑制营养元素的吸收,取代蛋白质上多种重金属离子,而使酶的合成或酶的活性受到抑制^[15]。

植物对重金属表现出耐性或超累积特性,是其在进化过程中对逆境胁迫的一种适应性反应,这种适应性与植物自身的生物学特征密切相关,如植物的生长繁殖能力强、具有特殊的组织与细胞结构、发达的解毒物质代谢途径、大量的清除细胞损伤的活性物质以及特殊的重金属转运途径^[16]。

油橄榄幼苗经不同浓度 Cd^{2+} 作用影响,高浓度 Cd^{2+} 处理明显降低了油橄榄幼苗的株高、根长和生物量,这说明高浓度 Cd^{2+} 处理对油橄榄幼苗生长产生了抑制作用。

本试验中,经 Cd^{2+} 胁迫后,各处理的油橄榄幼苗与对照存在显著差异 ($P < 0.05$),除 POD 以外,各项生理指标都出现先增加后减少的趋势,表明油橄榄和其他植物一样,高浓度 Cd^{2+} 对生长具有较强抑制作用。重金属镉对油橄榄的伤害和其他重金属一样,当浓度偏高时,都造成油橄榄植株细胞吸水困难,油橄榄自身调节就会增加 MDA、可溶性蛋白和脯氨酸含量来增加细胞渗透压,使植株不会通过失水而死亡。

参考文献:

- [1] Rodriguez - Serrano M, Romero - Puertas M C, Pazmino D M, et al. Cellular response of pea plants to Cadmium toxicity: cross talk between reactive oxygen species, nitric oxide, and calcium[J]. Plant Physiology, 2009, 150(1): 229 - 243.
- [2] Bah A M, Dai H, Zhao J, et al. Effects of cadmium, chromium and lead on growth, metal uptake and antioxidative capacity in typha

李晓云,赵 勇,陈桂顺,等. 北方麦区小麦品种高分子量谷蛋白亚基组成分析[J]. 江苏农业科学,2015,43(11):112-115.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.11.033

北方麦区小麦品种高分子量谷蛋白亚基组成分析

李晓云^{1,3}, 赵 勇¹, 陈桂顺¹, 安欣慧¹, 杨学举^{2,3}

(1. 河北农业大学农学院,河北保定 071000;2. 河北农业大学生命科学学院,河北保定 071000;

3. 河北省作物种质资源实验室,河北保定 071000)

摘要:利用 SDS-PAGE 的方法分析了我国北方麦区近年来育成的 194 份小麦品种(品系)高分子量谷蛋白亚基的组成。结果表明,供试材料高分子量谷蛋白亚基变异较为丰富,共检测出 15 种亚基类型,30 种亚基组合。各位点出现频率最高的亚基为 Glu-A1 位点的 1 亚基(61.86%),Glu-B1 位点的 7+9 亚基(46.39%),Glu-D1 位点的 2+12 亚基(57.22%)。出现频次最高的亚基组合为(Null/7+9,2+12)(17.01%)。亚基组合数以及各优质亚基出现的频率地区之间的变化均不同,其中河北地区出现的亚基组合类型数最多(20 种)。Glu-A1 位点上,只有河北的品种出现了优质亚基 2*,亚基 1 出现频率最高的为河南品种(70.83%);Glu-B1 位点上,河北和河南品种出现频率最高的亚基均为 7+9,而山东品种出现频率最高的亚基为 7+8;Glu-D1 位点上,优质亚基 5+10 在山东地区出现的频率最高。近年来,1 亚基、7+9 亚基和 5+10 亚基所占的比例明显升高,表明国外种质资源的利用频率在增加,各育种单位更加注重优质育种。

关键词:小麦;高分子量谷蛋白亚基;分布;组成

中图分类号: S512.101 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)11-0112-04

高分子量谷蛋白亚基(high molecular weight glutenin sub-unit, HMW-GS)与小麦加工品质密切相关。小麦 HMW-GS 的合成受第一同源群染色体 1A、1B 和 1D 长臂上的基因控

收稿日期:2014-11-04

基金项目:河北省现代农业产业技术体系(编号:1004002)。

作者简介:李晓云(1989—),女,河北石家庄人,硕士研究生,主要从事小麦遗传资源研究与利用。E-mail:yun890324@163.com。

通信作者:杨学举,博士,教授,博士生导师,主要从事小麦遗传育种和种质资源研究。E-mail:shmyxj@hebau.edu.cn。

angustifolia [J]. Biological Trace Element Research, 2010, 6: 8746-8762.

[3] 吴 琦,李 辉,张卫建,等. 土壤铅和镉胁迫对空心菜生长及抗氧化酶系统的影响[J]. 中国农业科技导报,2010,12(2):122-127.

[4] 王慧忠,李 鹏. 重金属镉、铅对多年生黑麦草细胞内几种抗氧化酶基因表达的影响[J]. 农业环境科学学报,2008,27(6): 2371-2376.

[5] 王 林,史衍玺. 镉、铅及其复合污染对辣椒生理生化特性的影响[J]. 山东农业大学学报:自然科学版,2005,36(1):107-112,118.

[6] Abhilash P C, Pandey V C, Srivastava P, et al. Phytofiltration of cadmium from water by *Limncharis flava* (L.) Buchenau grown in free-floating culture system[J]. Journal of Hazardous Materials, 2009, 170(2/3):791-797.

[7] 赵非佚,翟禄新,陈 荃,等. Cd、Pb 复合处理下 2 种离子在植物体内的分布及其对植物生理指标的影响[J]. 西北植物学报, 2002,22(3):595-601.

[8] Liu D, Kottke I. Subcellular localization of cadmium in the root cells of *Allium cepa* by electron energy loss spectroscopy and cytochemistry [J]. Journal of Biosciences, 2004, 29(3):329-335.

制,分别称作 Glu-A1、Glu-B1 和 Glu-D1,这 3 个基因位点存在着广泛的变异形式,不同的等位基因变异以及不同的亚基组合类型对小麦加工品质的影响差异较大^[1]。研究表明, Glu-A1 编码的 1、2* 亚基, Glu-B1 编码的 7+8、17+18、13+16 亚基及 Glu-D1 编码的 5+10 亚基对烘烤品质效应的贡献较大^[2-5]。14+15 是我国小麦品种特有的亚基,刘艳华等研究发现,14+15 亚基对小麦的加工品质有很大的贡献,甚至好于 7+8 亚基^[6]。控制 HMW-GS 的位点间存在互作效应,优质亚基组合比单个优质亚基位点在育种中更具有

[9] 张 忠,汪殿洪. 测定小麦叶片超氧化物歧化酶的方法[J]. 植物生理学通讯,1990(4):62-65.

[10] Aloui A, Recorbet G, Gollotte A, et al. On the mechanisms of cadmium stress alleviation in *Medicago truncatula* by arbuscular mycorrhizal symbiosis: a root proteomic study[J]. Proteomics, 2009, 9(2): 420-433.

[11] Anderson R H, Basta N T. Application of ridge regression to quantify marginal effects of collinear soil properties on phytotoxicity of arsenic, cadmium, lead, and zinc [J]. Environmental Toxicology and Chemistry, 2009, 28(5):1018-1027.

[12] 郎明林,张玉秀,柴团耀,等. 植物耐重金属机理研究进展[J]. 西北植物学报,2003,23(11):2021-2030.

[13] 明 华,曹 莹,胡春胜,等. 铅胁迫对玉米光合特性及产量的影响[J]. 玉米科学,2008,16(1):74-78.

[14] 马新明,李春明,袁祖丽,等. 铅污染对烤烟光合特性、产量及其品质的影响[J]. 植物生态学报,2006,30(3):472-478.

[15] 汤惠华,杨 涛,胡宏友,等. 镉对花椰菜光合作用的影响及其在亚细胞中的分布[J]. 园艺学报,2008,35(9):1291-1296.

[16] 朱建玲,徐志防,曹洪麟,等. 镉对南美蟛蜞菊光合特性的影响[J]. 生态环境,2008,17(2):657-660.