

# 硒对铅胁迫下油菜酶活性及叶绿素含量的影响

刘燕 蒋光霞 (贵阳学院, 贵州贵阳550003)

**摘要** [目的] 为油菜作为重金属污染土壤的修复植物提供参考。[方法] 以浓度为500 ng/L的铅溶液胁迫下的油菜苗为材料, 用浓度为0(CK)、5、10、15、20、25、30 ng/L的亚硒酸钠溶液进行处理, 研究硒对铅胁迫下油菜酶活性及叶绿素含量的影响。[结果] 当硒浓度低于15 ng/L时, 油菜的根冠比提高; 当浓度高于15 ng/L时, 随着硒浓度的增加, 根冠比下降。硒在一定浓度范围内(低于10 ng/L)可提高相对SOD、POD、CAT的活性, 相对SOD活性的变化最为明显; 硒浓度高于10 ng/L时会降低酶活性。硒浓度低于10 ng/L时可增加叶绿素含量; 浓度高于15 ng/L时, 加剧叶绿素含量的减少。[结论] 当浓度低于10 ng/L时, 硒与铅呈现拮抗作用; 当浓度高于10 ng/L时, 硒与铅呈现协同作用。

**关键词** 硒; 铅胁迫; 油菜; 酶活性; 拮抗作用; 协同作用

中图分类号 S311 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)18-07554-02

## Effects of Se on Enzyme Activity and Chlorophyll Content of *Brassica napus* under Pb Stress

LIU Yan et al. (Guiyang College, Guiyang, Guizhou 550003)

**Abstract** [Objective] The propose was to provided the reference for taking *Brassica napus* as the remediation plant in soil polluted by heavy metals. [Method] *B. napus* seedlings stressed in Pb solution at 500 ng/L were treated with sodium selenite solution at 0 (CK), 5, 10, 15, 20, 25 and 30 ng/L to study the effects of Se on enzyme activity and chlorophyll content of *B. napus* under Pb stress. [Result] When Se was below 15 ng/L, the root-shoot ratio of *B. napus* was increased. When Se was over 15 ng/L, the root-shoot ratio was decreased along with the increment of Se concn. Se in some concn. range (below 10 ng/L) could increase relative activity of SOD, POD and CAT and the change of SOD activity was most obvious. Se at over 10 ng/L could reduce the enzyme activity. Se at below 10 ng/L could increase the chlorophyll content and Se at over 15 ng/L could aggravate the decrease of chlorophyll content. [Conclusion] When Se was below 10 ng/L, Se and Pb showed the antagonism; when Se was over 10 ng/L, Se and Pb showed the cooperation action.

**Key words** Selenium; Pb stress; *Brassica napus*; Enzyme activity; Antagonism; Cooperation action

土壤是人类赖以生存的主要自然资源之一, 也是人类生态环境的重要组成部分。随着工业、城市污染的加剧和农用化学物质种类、数量的增加, 含金属污水的农田灌溉, 污泥的农业利用以及矿区飘尘的沉降, 全球金属污染的土壤不断增加, 污染程度日益严重, 成为深受全球关注的环境问题。全世界平均每年排放铅约500万t, 累积在土壤中的铅不易降解, 通过食物链继续危害人们的身体健康。中国科学院地理研究所的调查表明, 我国大中城市郊区蔬菜、粮食、水果、肉类与畜产品中铅的超标率分别为38.6%、28.0%、27.6%、41.9%和71.1%<sup>[1]</sup>。

硒是人和动物必需的微量元素, 是动物和人体谷胱甘肽氧化酶的组成成分, 是一种重要的免疫功能增强剂; 硒也是植物生长所需的一种有益元素, 硒具有刺激植物生长发育和提高作物产量与品质, 促进植物新陈代谢, 增强植物生物抗氧化作用和植物对环境胁迫的抗性<sup>[2]</sup>。同时, 硒对镉、铅等重金属具有拮抗作用, 在一定程度上能够缓解重金属对植物的毒害作用<sup>[3]</sup>。油菜(*Brassica napus*)是重要的经济作物, 也是具有良好发展前景的生物能源物质<sup>[4]</sup>, 油菜对铅和硒都具有一定的富集作用<sup>[5-6]</sup>。因此, 研究铅胁迫下硒对油菜生长的生物学效应, 探讨在油菜生长过程中硒对铅的拮抗作用及其机理, 以期利用油菜作为重金属污染土壤的修复植物及有效利用污染土壤提供参考。

## 1 材料与方法

**1.1 试验材料** 供试油菜品种为铅金属抗性较强的甘蓝型油菜品种黔油18号<sup>[7]</sup>, 由贵州省农科院油料研究所提供; 市售石英砂, 分光光度计, 精密天平; 亚硒酸钠、硝酸铅均为分

析纯, 去离子水。

**1.2 试验方法** 称取2.0 kg石英砂放入直径为32 cm的塑料花盆中, 加入预先配制好的营养液200 ml (pH 5~6) 至砂体完全湿润, 选取事先培育好的大小均匀的4叶1心油菜苗移栽入花盆, 每个花盆植入苗3株。每浓度设置5个重复, 分别配制浓度为500 ng/L (以Pb<sup>2+</sup>计) 的溶液和浓度为5、10、15、20、25、30 μg/ml的亚硒酸钠溶液。首先所有花盆中都加入500 ng/L的铅溶液150 ml, 然后再依次向培养皿中加入不同浓度硒溶液50 ml, 空白对照加入50 ml去离子水。置室温18℃下观察, 每隔72 h添加1次去离子水以保持石英砂湿润。

15 d后测定相关指标。将油菜苗从花盆中轻轻取出, 冲洗后吸干表面水分, 观察生长状况, 称取地下及地上部分鲜重, 计算根冠比<sup>[8]</sup>; 截取幼苗顶端部分, 分别用邻苯三酚自氧化法、愈创木酚法、高锰酸钾法测定幼苗的SOD(超氧化物歧化酶)、POD(过氧化物酶)、CAT(过氧化氢酶)含量<sup>[9]</sup>; 用丙酮和乙醇2:1混合法测定叶绿素总量及叶绿素a/b<sup>[10]</sup>。

数据采用SPSS 10.0软件进行分析<sup>[11]</sup>, 所有数据均取5次重复的平均值。

## 2 结果与分析

**2.1 不同硒浓度对铅胁迫下油菜根冠比的影响** 根冠比可作为衡量植物抗性的指标, 根冠生长动态是由植物本身遗传特性决定的<sup>[8]</sup>。由图1可知, 当硒浓度低于15 ng/L时, 可促进油菜根冠比的提高; 当硒浓度高于15 ng/L时, 随着硒浓度的增加, 油菜根冠比逐渐下降, 且下降趋势较低硒促进的上升趋势强。这可能是当油菜遭受重金属胁迫时, 根系吸水功能受阻, 根系吸水与冠部蒸腾间的平衡被打破, 在低硒与重金属拮抗作用下油菜具备一定的调节功能, 向根部提供更多的光合产物, 促进根系生长, 弥补其受阻的吸水功能, 使根冠比增大; 当硒浓度增加超过15 ng/L后, 硒与铅呈现协同作

基金项目 贵州省科学技术基金资助项目(黔科合J字[2008]2066); 贵州省教育厅资助项目(黔教科2007058)。

作者简介 刘燕(1968-), 女, 贵州黔西人, 在读硕士, 副教授, 从事植物生理学研究。

收稿日期 2008-04-14

用,加剧了油菜的重金属毒害作用,根系吸水严重受阻,且地上部分光合能力减弱,光合产物主要以在地上部分的短距离运输为主,因此根冠比急剧下降。

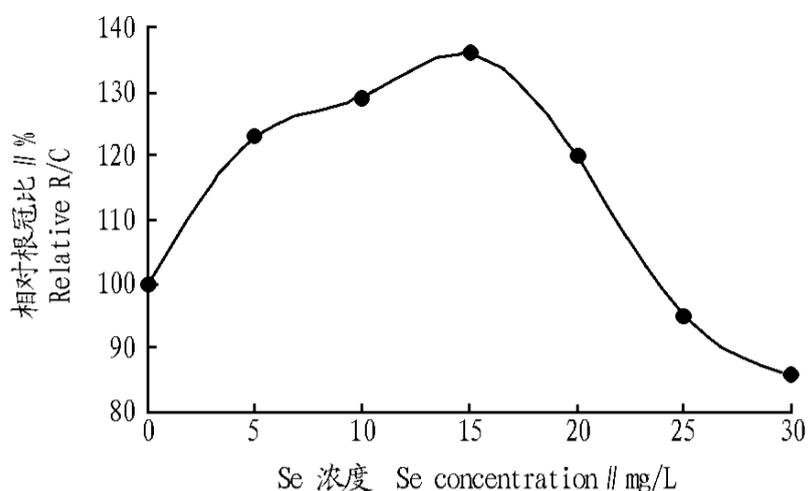


图1 不同硒浓度对铅胁迫下油菜根冠比的影响

Fig.1 Effects of Se concentration on R/C of *Brassica napus* under Pb stress

用显微镜观察也发现,在低硒浓度(低于15 ng/L)作用下,随着硒浓度的升高,铅胁迫下的油菜根毛萎缩现象与对照相比有所缓解;但当硒浓度超过一定范围(高于15 ng/L)时,随着硒浓度的加大,根部萎缩现象越来越明显。这也说明低硒对铅具有拮抗作用,促进铅胁迫下油菜的生长;高硒对油菜产生毒害作用,阻碍油菜的生长,观察发现,硒对油菜生长的影响,地下部分作用大于地上部分的,这与图1的结果相一致,这一现象与硒在植物根部的富集大于在茎、叶部富集有关<sup>[12]</sup>。

**2.2 不同硒浓度对铅胁迫下油菜酶活性的影响** 植物在遭受逆境胁迫时,细胞内活性氧产生与清除的平衡遭到破坏,从而引起自由基的积累,铅可诱导植物的自由基过氧化损伤,加剧植物体内膜脂过氧化作用<sup>[13]</sup>。生物体内超氧化物歧化酶活性、过氧化物酶活性、过氧化氢酶活性等组成的保护酶系统具有清除自由基的作用<sup>[14]</sup>。由图2可知,硒在一定浓度范围内(低于10 ng/L)对SOD、POD、CAT活性均有所提高,高于此浓度,会导致酶活性的降低,这也说明低硒浓度对铅胁迫下油菜的抗氧化性具有促进作用,有利于增强油菜在铅胁迫环境中的抗逆性。

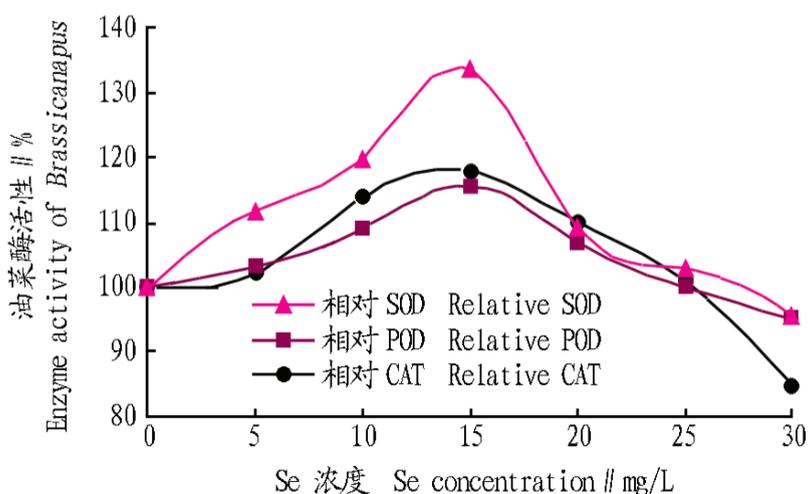


图2 不同硒浓度对铅胁迫下油菜酶活性的影响

Fig.2 Effects of Se concentration on enzyme activity of *Brassica napus* under Pb stress

图2还表明,随着硒浓度的变化,3种酶活性变化的幅度各不相同,其中低硒对铅胁迫下相对SOD活性提高最为明显,这可能是因为硒铅的拮抗作用,导致在低硒浓度下铅未

能与SOD酶蛋白中的-SH结合,反而刺激酶系统活力加强所致。当硒浓度高于15 ng/L时,硒铅的协同作用导致铅与SOD酶蛋白中的-SH结合,使其催化中心或酶结构受损,从而导致酶活力下降。

过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)是植物体内普遍存在的2种酶,它们的活性反应了某一时期植物体内代谢的变化。硒对铅胁迫下油菜的相对POD、CAT影响与对相对SOD的影响相类似,只是相对POD、CAT增加和减少的幅度均小于相对SOD增加和减少的幅度,这可能与在逆境胁迫下植物总体代谢水平下降有关<sup>[15]</sup>。

**2.3 不同硒浓度对铅胁迫下叶绿素含量的影响** 叶绿素是植物进行光合作用所必需的重要物质之一,决定着植物的光合效率。重金属胁迫不仅会引起油菜叶绿素的破坏与降解,而且会直接导致光合作用效率的降低<sup>[16]</sup>。由图3可见,低硒(低于10 ng/L)与铅的拮抗作用有助于减轻铅对油菜叶绿素的胁迫作用,使叶绿素含量增加,有利于光合效率的提高;高硒(高于10 ng/L)与铅的协同作用加重了铅对油菜的胁迫作用,加剧了叶绿素含量的减少,降低了油菜的光合效率,进而影响油菜的生物量。

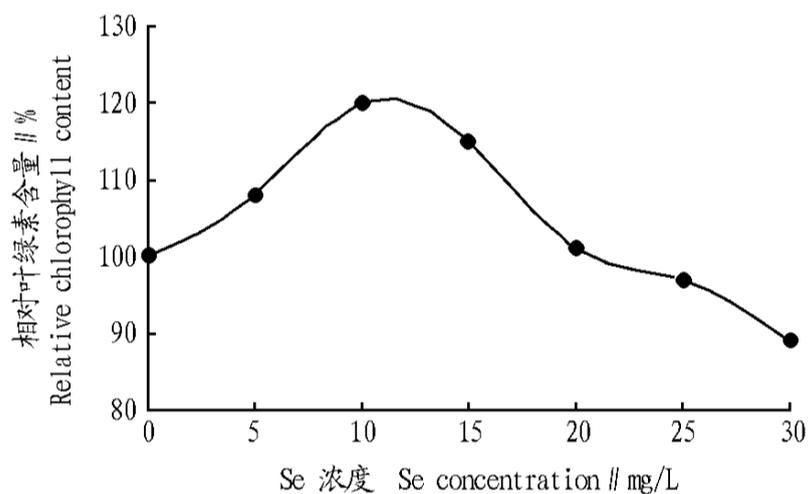


图3 不同硒浓度对铅胁迫下油菜叶绿素含量的影响

Fig.3 Effects of Se concentration on chlorophyll content of *Brassica napus* under Pb stress

### 3 结论与讨论

试验结果表明,硒对铅胁迫下油菜的根冠比、超氧化物歧化酶活性、过氧化物酶活性、过氧化氢酶活性、叶绿素含量均产生影响,这与周文美<sup>[17]</sup>和方兴汉<sup>[18]</sup>等的研究结果相类似。其生物效应与浓度的关系遵循Weinberg原理,具有三重生物学功能,即低硒浓度有利于缓解铅对油菜重金属毒害作用,促进油菜的根冠比、超氧化物歧化酶活性、过氧化物酶活性、过氧化氢酶活性、叶绿素含量的增加,促进油菜的生长;高硒浓度则降低各种生理活性,阻碍油菜的生长;当硒浓度处于一定范围内时,为硒最佳营养浓度,此时生物效应最好,其中,铅胁迫下硒对根冠比、超氧化物歧化酶活性、过氧化物酶活性、过氧化氢酶活性达到最佳促进作用的浓度为15 ng/L,对叶绿素含量达到最佳促进作用的浓度为10 ng/L。这与吴永尧<sup>[19]</sup>的研究结果基本一致。

由上述分析可知,当硒浓度处于一个较低水平(低于10 ng/L)时,硒溶液能够减缓重金属铅对油菜的胁迫作用,硒与铅呈现拮抗作用;当硒浓度超过一定浓度水平(高于10 ng/L)时,硒溶液加重了重金属的胁迫作用,硒与铅呈现协同

1 主成分的因子主要有非农业人口比例、GDP、人口总数和城市化率,这表明社会经济的快速发展对耕地数量变化有极明显的驱动作用。目前贵州大部分地区在全国大环境的影响下正处于快速的城市化和工业化进程中,在GDP快速增长的同时,耕地数量也随之快速减少,在土地利用规划过程中进行的相关分析表明,二者之间的线性相关系数为-0.895,说明两者之间呈现明显的负相关关系,这表明经济增长是德江县耕地数量变化主要的驱动因子之一。经济的快速增长往往与总人口及城市化率增加密不可分,分析表明,人口与耕地之间存在着明显的负相关性,相关系数高达-0.961,这表明人口增长导致耕地刚性减少的趋势不可逆转。同时,人口增长作为一种持续的外界压力,对耕地资源又存在着强烈的依赖性。因为食物是人类赖以生存的最基本要素,而耕地则是粮食生产的最终源泉。上述人口增长与耕地减少的这种逆向发展必将使德江县人地矛盾日益尖锐。

**3.2.2 农业科技进步造成耕地资源持续减少。**粮食单产及人均粮食占有量在第2主成分中居主导地位,是农业科学技术不断进步的标志。德江县近10年来人口不断增加,耕地逐渐减少,粮食消费需求紧张的问题突出,因此依靠科技进步,大幅度提高土地生产力,保证农业的稳定发展是解决该地区人地矛盾的主要途径。为此,德江县采取了一系列措施,如加强农田基本建设,优化农产品结构等,使农业技术装备水平显著提高,农业生产成本大幅降低,由传统农业向现代农业转变,将资源优势转变为经济优势。同时粮食产量的增加使得人们开始寻找提高收入的新的土地经营方式,调整农业产业结构,重视改善生态环境致使耕地面积进一步减少。此外,加快农业的工业化进程,必然要求农业科技水平有较大幅度的提高。通过提高农用工业技术水平,开发农业生产、加工、储运等机械设备、农用新材料和新型农化产品,推动乡镇企业二次创业。

**3.2.3 基础设施用地造成耕地资源持续减少。**城市化和工业化是基础设施建设的动因,主要是通过人口集中、产业集中、地域扩散占用土地使大量耕地非农化<sup>[6]</sup>。农用地的减少和建设用地的增加已成为一种必然趋势<sup>[7]</sup>。随着人口的增长,居住用地、生活基础设施用地以及交通用地等都要相应

地增加,这在一定程度上会占用大量耕地,造成了大量耕地的非农化。德江县年基础设施用地从1990年的8.9 hm<sup>2</sup>到2005年的95.5 hm<sup>2</sup>,总量超过700.0 hm<sup>2</sup>,基础设施投资高峰期与低峰期分别对应于耕地面积减少率的高峰年和低谷年,投资增长的周期性与耕地面积减少的周期性基本同步。可以预见,随着人口的增加和经济的发展,工矿企业、城镇建设用地扩张趋势不可避免,耕地的非农化状况将更加严重。因此,在发展地方经济的同时,要注意保护耕地,防止耕地的无序减少,确保其经济、生态、社会效益的协调统一<sup>[8]</sup>。

#### 4 结论与讨论

自1990年来,德江县耕地变化经历了先稳步增加后急剧降低的过程,人均耕地在1998年以前基本保持不变,1998年以后与耕地总量变化趋势相近,人地矛盾逐渐加剧。

通过模型计算分析,提取了德江县耕地资源变化的主要驱动力因子,分别是社会经济发展、人口增加、农业科技进步和基础建设4个因素。这4个因素中,最主要的是要控制人口增长,提高城市用地效率,并依靠农业科技投入,提高耕地生产潜力。

虽然笔者建立了指标体系,并通过SPSS进行主成分分析,得出了影响耕地变化的驱动力,结果也有一定可靠性,但驱动力影响因子本身较多,也比较复杂,因此,该方法可以作为一种探索性研究,尚有待于进一步深化与完善。

#### 参考文献

(上接第7555页)

作用。因此,在利用硒进行作物栽培或土壤改良中要因制宜,注意硒浓度的控制,使之更加有利于作物的生长。

#### 参考文献

- [1] 张磊,宋凤斌,王晓波.中国城市土壤重金属污染研究现状及对策[J].生态环境,2004,13(2):258-260.
- [2] 朱善良.硒的生物学作用及其研究进展[J].生物学通报,2004(39):6-8.
- [3] 陈平,余土元,陈惠阳,等.硒对镉胁迫下水稻幼苗生长及生理特性的影响[J].广西植物,2002,22(3):277-282.
- [4] 闵恩泽,唐忠,杜泽学,等.发展我国生物柴油产业的探讨[J].中国工程科学,2005(4):58-61.
- [5] 王艳,王金达,刘汝梅,等.土壤铅的浓度与油菜生长相互影响的研究[J].农业环境科学学报,2004,23(1):47-50.
- [6] 关鸿军.硒(Se)元素在植物体行为研究初探[J].黑河科技,1999(1):15-16.
- [7] 刘燕,蒋光霞,高喜明.重金属多因子对油菜种子萌发的影响[J].贵阳学院学报,2006(1):20-23.
- [8] 李合生.现代植物生理学[M].北京:高等教育出版社,2005.

- [1] 李秀彬.中国近20年来耕地面积的变化及其政策启示[J].自然资源学报,1999,14(4):329-333.
- [2] International Geosphere Biosphere Program Land use and land-cover change, (LUCC)-implementation strategy[R].Stockholm:IGBP report No.48 and HDP report No.10,1999.
- [3] 熊鹰,王克林,吕辉红,等.湖南省耕地动态变化及驱动机制研究[J].地理科学,2004,24(1):26-30.
- [4] 熊航,吕晓,刘新平.武汉市新洲区耕地数量变化驱动机制分析[J].资源开发与市场,2007,23(4):298-302.
- [5] 徐建华.现代地理学中的数学方法[M].北京:高等教育出版社,2002:436-447.
- [6] 游小敏,胡曰利,陈红宇,等.资兴市耕地动态变化的驱动力研究[J].安徽农业科学,2007,35(1):200-202.
- [7] 陈莹,饶继发.南昌市新建县土地利用结构变化、影响因素及优化分析[J].国土与自然资源研究,2007(1):34-35.
- [8] 秦明周.土地利用持续开展理论与实践[M].西安:西安地图出版社,1998.
- [9] 高峻凤.植物生理学实验指导[M].北京:科学技术出版社,2006.
- [10] 刘绚霞,董振生.油菜叶绿素提取方法的研究[J].中国农学通报,2004(4):45-48.
- [11] R.伯恩斯坦.全美经典学习指导:系列统计学原理[M].史道济,译.北京:科学技术出版社,2002.
- [12] 张驰,吴永尧.油菜苗期对硒的生物富集分布[J].河南农业科学,2007(9):29-31.
- [13] 黄玉山,罗广华,关文,等.镉诱导植物的自由基过氧化损伤[J].植物学报,1997,39(6):522-526.
- [14] 李柏林,梅慧生.燕麦叶片衰老与活性氧代谢的关系[J].植物生理学,1989,15(1):6-12.
- [15] 费伟,陈火英,曹忠.盐胁迫对番茄幼苗生理特性的影响[J].上海交通大学学报:农业科学版,2005,23(1):3-9.
- [16] 潘瑞炽,董愚得.植物生理学[M].北京:高等教育出版社,1998.
- [17] 周文美.硒对水稻生长、根系活性及籽粒性状的影响[J].贵州农业科学,1994(4):29-32.
- [18] 方兴汉,沈星荣.硒对茶树生长及物质代谢的影响[J].中国茶叶,1991(2):28-30.
- [19] 吴永尧.硒在水稻中的生理生化作用探讨[J].中国农业科学,2000,33(1):100-103.