

صلى الله عليه وسلم



مدیریت تحصیلات تکمیلی  
دانشکده کشاورزی  
گروه آب و خاک

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته خاکشناسی

# تأثیر کاربرد کود گاوی بر توزیع فرم‌های شیمیایی سرب در خاک‌های آلوده

استاد راهنما:

دکتر احمد غلامعلی زاده آهنگر

استاد مشاور:

دکتر امیر لکزیان

تهیه و تدوین:

قدسیه حسینیان رستمی

مهر ۱۳۹۲

تقدیم به پدر و مادرم

ای پدر از تو هر چه می گویم باز هم کم می آورم

خورشیدی شدی و از روشنائی ات جان گرفتم و

در ناامیدی ها نامزم را کشیدی و لبریزم کردی از شوق

اکنون حاصل دستان خست ات رمز موفقیت ام شد

به خودم تبریک می گویم که تو را دارم و دنیا با همه بزرگی اش

مثل تو را ندارد...

و تو ای مادر، ای شوق زیبای نفس کشیدن

ای روح مهربان، سستی ام

تو رنگ سادی هایم شدی و لحظه ها را با تمام وجود از من دور کردی و

عمری خشکی را را به جان خریدی تا اکنون توانستی طعم خوش

پیروزی را به من بچشانی

## تقدیر و شکر

سپاس خدای را که سخوران، در ستودن او بماند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را  
گزاردن توانند. و سلام و دور بر محمد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، هم آنان که وجودمان و مدار وجودشان  
است؛ و نفرین پیوسته بر دشمنان ایشان تا روز رستاخیز...

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه بی او، بازبان قاصرو  
دست ناتوان، چیزی بجا نیاوریم اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را  
تأیید می کند و سلامت امانت بانی را که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب "من لم یسکر المنعم  
من المخلوقین لم یسکر الله عزوجل" :

از اساتید ارجمند و کرامتدارم، جناب آقای دکتر احمد غلامعلی زاده آهنگر و جناب آقای دکتر امیر لکزیان و سرکار  
خانم فیروز کوهی، که صبورانه و دلسوزانه مراد بخارش این پایان نامه راهنمایی و هدایت کردند، کمال شکر و قدردانی را  
دارم.

قدیه حسینیان رستمی

## چکیده

فلزات به فرم‌های شیمیایی مختلف در خاک حضور دارند که بر روی واکنش‌پذیری، پویایی و فراهمی زیستی آنها تاثیر می‌گذارد. در این مطالعه، برای بررسی تاثیر کود گاوی بر فراهمی زیستی و توزیع سرب در بخش‌های خاک، آزمایشی گلخانه‌ای انجام گرفت. همچنین خصوصیات شیمیایی خاک همچون  $\text{pH}$  و  $\text{Ec}$  و آهک خاک نیز اندازه‌گیری شده است. کود گاوی در سه سطح ۰، ۱ و ۵ درصد به خاک آلوده شده با نترات سرب در سه سطح سرب ۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در ۶۰٪ ظرفیت زراعی اضافه گردید میزان غلظت سرب خاک بعد از ۴ ماه انکوباسیون با استفاده از روش عصاره‌گیری پی در پی اندازه‌گیری شد. از روش تسیر برای تعیین مقدار فلز در بخش‌های تبادلی، کربناته، متصل به اکسید آهن\_منگنز، متصل به ماده آلی و از روش aquaregia برای بخش باقیمانده استفاده شد. مطالعات توزیع شیمیایی در خاک اصلاح شده با سطوح مختلف کود گاوی نشان داده است که بعد از ۴ ماه، سرب بیشتر در بخش کربناته، متصل به اکسید آهن\_منگنز و متصل به ماده آلی شده است ( $p < 0.05$ ). همچنین کاربرد کود گاوی باعث کاهش معنی‌داری در بخش باقیمانده و تبادلی شده است. جایی که در خاک شاهد، سرب اساساً در بخش باقیمانده و کربناته بود.

کلید واژه: جزء به جزء کردن، فراهمی زیستی، آلودگی، اصلاح کننده آلی، عصاره‌گیری پی در پی

## فصل اول: مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه و کلیات.....	۲
۱-۲- ضرورت انجام تحقیق.....	۴
۱-۳- فرضیه‌های تحقیق.....	۵
۱-۴- اهداف.....	۵
۱-۵- نحوه تدوین.....	۶

## فصل دوم: مروری بر مطالعات انجام شده

۲-۱- مقدمه.....	۸
۲-۲- کلیاتی در مورد سرب.....	۸
۲-۲-۱- سرب.....	۸
۲-۲-۲- اثرات سرب بر سلامتی.....	۹
۲-۲-۳- اثر سرب بر میکروارگانیسم‌ها و گیاهان.....	۱۱
۲-۲-۴- منابع آلاینده سرب.....	۱۳
۲-۲-۵- سرب در آب، خاک و اتمسفر.....	۱۴
۲-۲-۶- بیماری‌های ناشی از قرارگیری در معرض سرب.....	۱۵
۲-۳- رفتار عناصر سنگین در خاک.....	۱۵
۲-۳-۱- فلزات سنگین.....	۱۵
۲-۳-۲- مرز حد مجاز فلزات سنگین در خاک.....	۱۸
۲-۳-۳- منابع فلزات سنگین.....	۲۲
۲-۳-۴- اشکال مختلف عناصر سنگین در خاک.....	۲۳
۲-۳-۵- واکنش عناصر سنگین با خاک.....	۲۵
۲-۴- روش‌های اصلاح خاک.....	۲۷
۲-۴-۱- شخم عمیق.....	۲۸

۲-۴-۲- گیاه‌پالایی.....	۲۸
۲-۴-۳- غیرپویا سازی شیمیایی.....	۲۸
۲-۵- اصلاح خاک آلوده به چند عنصر.....	۲۹
۲-۶- عوامل موثر بر رفتار فلزات سنگین.....	۳۰
۲-۶-۱- pH خاک.....	۳۱
۲-۶-۲- ظرفیت تبدلی کاتیونی.....	۳۱
۲-۶-۳- اثر رد اکس.....	۳۲
۲-۶-۴- مواد آلی.....	۳۲
۲-۷- اصلاح کننده‌های آلی.....	۳۳
۲-۸- کاربرد کودهای آلی در خاک.....	۳۴
۲-۹- پیامدها و اثرات سوء، استفاده از کودهای آلی.....	۳۶
۲-۱۰- اثرات کود آلی بر خواص خاک.....	۳۹
۲-۱۰-۱- خصوصیات فیزیکی.....	۳۹
۲-۱۰-۲- خصوصیات بیولوژیکی.....	۴۰
۲-۱۰-۳- خصوصیات شیمیایی.....	۴۰
۲-۱۱- اثر کودهای آلی بر رفتار فلزات سنگین در خاک.....	۴۵
۲-۱۲- روش‌های ارزیابی قابلیت جذب عناصر سنگین در خاک.....	۵۲
۲-۱۲-۱- عصاره‌گیری یک مرحله‌ای.....	۵۲
۲-۱۲-۲- عصاره‌گیری پی در پی.....	۵۲
۲-۱۲-۱- محدودیت‌های عصاره‌گیری پی در پی.....	۵۶
<b>فصل سوم: مواد و روش‌ها</b>	
۳-۱- مقدمه.....	۵۸

۵۸	۳-۲- تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک.....
۵۸	۳-۳- تعیین خصوصیات کود گاوی.....
۶۰	۳-۴- عملیات افزودن سرب به خاک.....
۶۰	۳-۵- آزمایش گلخانه‌ای.....
۶۰	۳-۶- تجزیه آزمایشگاهی.....
۶۰	۳-۶-۱- تجزیه خاک.....
۶۱	۳-۶-۲- عصاره‌گیری پی در پی به روش تسیر.....
۶۲	۳-۷- تجزیه و تحلیل داده‌ها.....

#### فصل چهارم: نتایج و بحث

۶۴	۴-۱- نتایج و بحث.....
۶۴	۴-۲- تاثیر سطوح مختلف غلظت بر توزیع شیمیایی سرب.....
۷۲	۴-۳- اثر برهمکنش سرب و کود گاوی بر توزیع شیمیایی سرب در خاک.....
۸۴	۴-۴- نتیجه‌گیری کلی.....
۸۵	۴-۵- پیشنهادات.....
۸۶	منابع.....



عنوان	فهرست جداول	صفحه
جدول ۲-۱- حداکثر غلظت مجاز فلزات سنگین در خاک.....	۱۸.....	
جدول ۲-۲- سطح مجاز فلزات سنگین در خاک ( میلی گرم در کیلوگرم ) در آژانس حفاظت از محیط زیست (EPA, 2002).....	۱۹.....	
جدول ۲-۳- حد مجاز فلزات سنگین و کم مصرف در لجن فاضلاب جهت استفاده در زمین های کشاورزی ( میلی گرم در کیلوگرم ).....	۲۰.....	
جدول ۲-۴- حداکثر غلظت عناصر کمیاب در آب آبیاری مطابق با استانداردهای FAO.....	۲۱.....	
جدول ۲-۵- فرم های عناصر سنگین در خاک های با تهویه خوب و خاک های مردابی و مرطوب.....	۲۶.....	
جدول ۲-۶- کارایی مواد اصلاح کننده در تثبیت فلزات.....	۳۰.....	
جدول ۳-۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و کود .....	۵۹.....	
جدول ۳-۲- مراحل عصاره گیری پی در پی بر اساس روش تسیر.....	۶۱.....	

شکل ۴-۱- مقایسه میانگین غلظت سرب تبادلی در سطوح مختلف سرب.....	۶۵
شکل ۴-۲- مقایسه میانگین غلظت سرب کربناته در سطوح مختلف سرب.....	۶۶
شکل ۴-۳- مقایسه میانگین غلظت سرب متصل به اکسید آهن_منگنز در سطوح مختلف سرب.....	۶۸
شکل ۴-۴- مقایسه میانگین غلظت سرب متصل به ماده آلی در سطوح مختلف سرب.....	۷۰
شکل ۴-۵- مقایسه میانگین غلظت سرب باقیمانده در سطوح مختلف سرب.....	۷۱
شکل ۴-۶: مقایسه میانگین غلظت سرب تبادلی در سطوح مختلف کود گاوی.....	۷۳
شکل ۴-۷- مقایسه میانگین غلظت سرب کربناته در سطوح مختلف کود گاوی.....	۷۷
شکل ۴-۸- مقایسه میانگین غلظت سرب متصل به اکسید آهن_منگنز در سطوح مختلف کود گاوی.....	۷۹
شکل ۴-۹- مقایسه میانگین غلظت سرب متصل به ماده آلی در سطوح مختلف کود گاوی.....	۸۱
شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین غلظت سرب باقیمانده در سطوح مختلف کود گاوی.....	۸۳

فصل اول

مقدمه و کلیات

## ۱-۱- مقدمه و کلیات

خاک به عنوان یکی از اجزای مهم محیط زیست، مهم‌ترین دریافت‌کننده پسماندهای صنعتی و کشاورزی است. این مواد به محض ورود به خاک جزئی از چرخه‌ای می‌گردند که به صورت‌های گوناگون حیات را تحت تاثیر قرار می‌دهند. بنابراین اطلاع از ماهیت آلاینده‌ها و رفتار شیمیایی آنها در خاک، برای اعمال مدیریت در پاک‌سازی و خنثی‌سازی آنها امری الزامی است ( Nasrall, 1984). آلاینده‌ها از جمله عوامل ایجاد اختلال در اکوسیستم به شمار می‌روند و در این میان "فلزات سنگین" به دلیل اثرات فیزیولوژیکی آنها بر موجودات زنده در غلظت‌های کم حائز اهمیت شناخته شده‌اند.

تأمین امنیت غذایی جمعیت در حال رشد جهان با توجه به محدود بودن منابع زمین و به نحوی که کمترین تأثیر را بر محیط‌زیست آن بگذارد، یکی از مباحث بسیار مهم به شمار می‌رود. افزایش فعالیت‌های صنعتی توأم با تولید آلاینده‌ها از جمله فلزات سنگین یکی از مشکلات جدی و در حال گسترش پیش روی انسان عصر حاضر است (ترا بیان و مهجوری، ۱۳۸۱). دو منبع برای آلودگی فلزات سنگین خاک وجود دارند: منابع طبیعی و منابع انسانی. منابع طبیعی شامل ورود فلزات سنگین از طریق فرسایش مواد مادری خاک بوده و بنابراین با زمین‌شناسی منطقه مرتبط می‌باشد. صنایع آهن و فولاد، معدن‌کاری، حمل و نقل جاده‌ای، سوزاندن پسماند و به‌ویژه استفاده از کودها و مواد شیمیایی در کشاورزی از منابع انسانی بسیار مهم ورود فلزات سنگین به خاک و آب در اکوسیستم‌های سطحی هستند ( Hansen *et al.*, 2002; Hutton and deMeeus, 2001; Yalcin *et al.*, 2007). استفاده از کودها و مواد شیمیایی در اراضی کشاورزی منجر به افزایش

غلظت فلزات سنگینی مثل کروم، کبالت، کروم، کادمیوم، سرب، مس و روی شده و باعث افزایش غلظت فلزات سنگین در این مناطق می‌شود (Lado *et al.*, 2008). آلودگی فلزات سنگین نه تنها به طور مستقیم بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، کاهش فعالیت بیولوژیکی و کاهش دستیابی زیستی مواد مغذی خاک تأثیر می‌گذارند، بلکه همچنین خطر جدی برای سلامتی انسان از طریق ورود در زنجیره غذایی و امنیت زیست محیطی از طریق نفوذ در آب‌های زیرزمینی محسوب می‌شوند (Boisson *et al.*, 1999). علی‌رغم تفاوت‌هایی که در رفتار عناصر سنگین از لحاظ تحرک و قابلیت جذب آنها در خاک وجود دارد، در اغلب موارد میزان خروج آنها از طریق آبشویی و یا جذب به وسیله گیاهان نسبت به میزان ورود آنها به خاک بسیار کمتر است. این امر موجب انباشته شدن تدریجی عناصر در خاک می‌شود. روند انباشت عناصر سنگین در خاک بسیار کند بوده و اثرات آن پس از ده‌ها سال قابل تشخیص است. به دلیل فرآیند انباشت عناصر تقریباً یک فرآیند برگشت ناپذیر است که در درازمدت موجب کاهش کیفیت خاک و در نهایت تخریب اراضی کشاورزی می‌شود (امینی و همکاران، ۱۳۸۵). بنابراین برای نیل به توسعه پایدار خصوصاً در بخش کشاورزی جمع‌آوری اطلاعات پایه زیست محیطی برای منابع حیاتی از جمله خاک ضروری است.

از میان عناصر سنگین، سرب با مقدار معادل ۲ تا ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، کم‌تحرک‌ترین عنصر سنگین خاک محسوب می‌گردد. این عنصر از منابع مختلفی وارد چرخه حیات شده و باعث آلودگی محیط زیست و ایجاد اختلال در زندگی جانداران می‌شود (Kabata-Pendias and Pendias, 1992).

روش‌های مختلفی برای حذف فلزات سنگین وجود دارد. یکی از این روش‌ها محدود کردن راه‌هایی است که فلزات سنگین به شکل محلول درآیند که موجب کاهش خطرات شدید خواهد شد (Rebecca *et al.*, 2001). به دلیل هزینه زیاد روش‌های سنتی آلودگی‌زدایی مانند شخم عمیق،

تعویض خاک و دفن ضایعات و زمان‌بر بودن بعضی روش‌ها مانند گیاه‌پالایی، تکنیک‌های ارزان‌تر و با اختلال کمتر برای محیط‌زیست مانند غیر پویاسازی شیمیایی فلزات در خاک با استفاده از اصلاح‌کننده‌های مختلف آلی و معدنی ترویج یافته است (Kampiene *et al.*, 2007). افزودنی‌های شیمیایی، غلظت عنصر در خاک را تغییر نمی‌دهد بلکه مکانیسم‌هایی را که باعث افزایش حلالیت و فراهمی این فلزات می‌شود را کنترل کرده و باعث افزایش میل واکنش فلزات با فاز جامد می‌شوند (Garrido *et al.*, 2004). از روش‌های عصاره‌گیری پی در پی برای تعیین غلظت عناصر کمیاب قابل دسترس گیاه استفاده می‌شود (Rebecca *et al.*, 2001).

## ۲-۱- ضرورت انجام تحقیق

مقاومت و پایداری عناصر سنگین در خاک نسبت به سایر آلاینده‌ها بسیار طولانی بوده و آلودگی خاک توسط فلزات سنگین دائمی است. امروزه آلودگی خاک با فلزات سنگین به دلیل دارا بودن پتانسیل تاثیرات مضر اکولوژیکی، تبدیل به یک نگرانی بحرانی زیست محیطی تبدیل شده است.

وقتی تعادل میان اجزاء و عناصر تشکیل دهنده خاک به دلیل افراط و دخالت انسانی به هم بخورد، باید منتظر اختلالات بسیاری بود. افزودن بیش از حد کودهای شیمیایی به منظور افزایش محصول، ممکن است سبب بروز اشکال در وظیفه تصفیه‌کنندگی خاک شود. مواد شیمیایی مصرف شده در کشاورزی، تخلیه فاضلاب‌ها، اماکن متروکه صنعتی مانند کارخانه‌های گاز، صنایع الکترونیکی، صنایع چرم‌سازی و حتی فعالیت‌های ورزشی و تفریحی مثل تیراندازی از موارد بسیار موثر در آلودگی خاک هستند. این در حالی است که در میان این آلاینده‌ها، آلاینده‌های شیمیایی عناصر کمیاب و فلزات سنگین، می‌تواند اثرات اکولوژیکی، بیولوژیکی و یا بهداشتی خاصی روی محیط زیست موجودات زنده ساکن روی کره زمین داشته باشد. توسعه کشاورزی و صنعتی با ایجاد انواع مختلف آلودگی در اجزاء اصلی محیط زیست یعنی خاک، آب و هوا همراه بوده است.

همچنین بشر به منظور کسب منابع اقتصادی از یک سو به استفاده روز افزون سموم و کودهای شیمیایی روی آورده و از طرف دیگر، در راستای دستیابی به توسعه صنعتی با دفع زباله‌های شیمیایی و پساب‌های صنعتی کارخانجات به محیط‌های طبیعی به آلودگی آنها اقدام کرده است. این در حالی است که با توسعه طرح‌های انسان ساخت و آلوده شدن خاک به وسیله فلزات سنگین، ساختار خاک برای رشد و توسعه گیاه، مسموم و خطرناک می‌شود و تنوع زیستی خاک را به هم می‌ریزد لذا عوامل مختلفی بر فراهمی فلزات سنگین در محیط‌های کشت اثر می‌گذارد که یکی از این عوامل ماده آلی است که بسته به نوع ماده آلی و شرایط محیطی موجود، می‌تواند فراهمی فلزات سنگین در خاک را کم یا زیاد کند. کودهای دامی منبع خوبی از عناصر غذایی هستند و به عنوان یک ماده آلی برای خاک‌های کشاورزی کاربرد دارند و باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها می‌شوند و همراه با فراهم آوردن عناصر غذایی، کود آلی بر حلالیت فلزات نیز تاثیر می‌گذارد (Del Castillo *et al.*, 1993).

### ۳-۱- فرضیه‌های تحقیق:

- ۱- بخش‌های مختلف سرب در خاک، تحت تاثیر اضافه کردن کود آلی قرار می‌گیرد.
- ۲- کاربرد کود گاوی تا رنج خاصی، منجر به انباشتگی سرب در بخش متصل به ماده آلی و بخش باقیمانده می‌شود که در این صورت سرب به شکل نامحلول و کمپلکس‌های غیر متحرک در می‌آید.

### ۴-۱- اهداف

اهداف این تحقیق عبارتند از:

- ۱- بررسی تاثیر کود گاوی بر نحوه توزیع فرم‌های شیمیایی سرب
- ۲- بررسی اثرات متقابل کود گاوی و سرب

## ۵-۱- نحوه تدوین

در فصل دوم در مورد فلزات سنگین، منابع ورود سرب به خاک و عوارض ناشی از آلودگی سرب و عوامل موثر برفراهمی سرب بحث شده است. سپس مروری بر تحقیقات انجام شده بر روی تاثیر اصلاح کننده‌های آلی بر آلودگی فلزات سنگین صورت گرفته است. در فصل سوم مراحل مختلف انجام تحقیق و انجام آزمایشات ارائه شده است و در فصل چهارم نتایج آزمایش افزودن سطوح مختلف کود گاوی بر سطوح مختلف سرب در خاک و رسم نمودارها آورده شده است.



## فصل دوم

مروری بر مطالعات انجام شده

## ۲-۱- مقدمه

آلودگی به فلزات سنگین در بیوسفر نگرانی زیادی بر اثر سمیت، فراوانی، پایداری و طول عمر زیاد آنها در محی زیست ایجاد کرده است. حفاظت خاک از آلودگی به فلزات سنگین نیاز به ارزیابی علمی در خصوص ارتباط میان ورود آلاینده در آن محل خاص و اثرات زیست‌محیطی دارد. این نوع ارتباط، معمولاً به علت فقدان ابزارهای ارزیابی در روش‌ها و فرایندهای محیط زیستی در نظر گرفته نمی‌شود. بنابراین نیاز به درک بهتر روابط میان انتشار فلزات سنگین و جذب سطحی خاک احساس می‌شود.

## ۲-۲- کلیاتی در مورد سرب

## ۲-۲-۱- سرب

استفاده از سرب به ۵۰۰۰ سال قبل از میلاد می‌رسد. استفاده گسترده آن در عهد باستان به دلیل فراوانی نسبی معادن سرب، راحتی خالص سازی و قابلیت انعطاف‌پذیری آن بوده است. حلالیت سرب در خاک خیلی کم است و گیاهان قادر به جذب مقدار زیادی سرب از خاک نبوده و عمده سرب در خاک برای گیاهان غیر قابل استفاده است. تحرک سرب در خاک زیر تاثیر عواملی از قبیل توزیع سرب، مقدار کل سرب در خاک، نوع خاک، pH خاک، مقدار رطوبت خاک می‌باشد (Kabala and Singhb, 2001). فسفات سرب از جمله پایدارترین ترکیب سرب در شرایط طبیعی خاک، مخصوصاً در شرایط اسیدی است. در خاک‌های آهنکی، حلالیت سرب به وسیله کربنات سرب کنترل شده و در خاک‌های غیرآهنکی، حلالیت سرب به وسیله  $\text{pb}(\text{OH})_2$ ،  $\text{pb}_3(\text{PO}_4)_2$

Kabata-pendias ) و یا  $Pb_{10}(PO_4)_6(OH)_2$  مپار می‌شود که بستگی به خاک دارد ( Kabata-pendias and Pendias, 1992).

## ۲-۲-۲- اثرات سرب بر سلامتی

پیشرفت‌های صنعتی به‌ویژه آلودگی هوا در شهرهای بزرگ مشکلات متعددی در ارتباط با سلامتی بشر ایجاد نموده است. مطالعات دهه اخیر نشان می‌دهد تجمع سرب در بدن حتی به مقدار کم، باعث مسمومیت شده و اثرات سوء زیادی بر ساختارهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی بدن دارد (Ahamed and Siddiqui, 2007; Ait *et al.*, 2009). محققان گزارش کرده‌اند که اثرات سمی سرب، ممکن است در سیستم عصبی مرکزی و محیطی، خون، کلیه، قلب و عروق، سیستم‌های غدد درون ریز و ایمنی، مجرای معده‌ای روده‌ای، دستگاه تولید مثل و استخوان اختلال ایجاد کند (Wang *et al.*, 2006; Ahamed and Siddiqui, 2007). مکانیزم‌های اثرات زیان‌بار سرب بر دستگاه‌های مختلف بدن، توسط محققین بررسی شد و گزارش‌ها حاکی از آن است که این اثرات سمی سرب ممکن است از طریق تولید رادیکال‌های آزاد و در نتیجه افزایش پراکسیداسیون لیپیدی باعث اختلال در عملکرد دستگاه‌های مختلف بدن از جمله هورمون‌ها و دستگاه تولیدمثلی شود (Reglero *et al.*, 2009; Uzun *et al.*, 2009).

آثار متابولیسمی سرب بر روی بیوسنتز و بطور غیرمستقیم بر متابولیسم آهن و طول عمر گلبول‌های قرمز مشهود است. سرب بعضی از آنزیم‌های مسیر بیوسنتز را هم مپار می‌کند که توسط باند شدن با گروه‌های سولفیدریل پروتئین‌ها صورت می‌گیرد. آثار کلیوی سرب هم به سه شکل حاد، تحت حاد و مزمن بروز می‌کند. مهم‌ترین اثر گوارشی سرب، رسوب بر روی لثه‌ها است که به صورت خاکستری رنگ بوده و به نام حاشیه بورتون معروف است (شهرابی فراهانی، ۱۳۸۵ و شکرزاده، ۱۳۸۶).

سرب عاملی است که منجر به تغییرات نفوذپذیری مویرگ‌های مغزی می‌شود و شاید مکانیسم عمل آن از طریق تبادل و جایگزینی سرب و یون کلسیم باشد (Struzynska *et al.*, 1997; Bressler *et al.*, 1994). از طرف دیگر، ممکن است تغییرات نفوذپذیری عروق مغز به وسیله سرب، از طریق تغییر ترکیبات لیپید در غشاء باشد (Struzynska *et al.*, 1997). سرب از نظر مورفولوژی، ظاهر سلول را در ناحیه آسیب‌دیده تغییر می‌دهد و حتی جلوگیری از مراحل ترمیم آندوتلیال آسیب دیده، جزئی از اثرات سرب است (Fujiwara *et al.*, 1997). سرب همچنین در تغییر سطوح کلسترول و تری‌گلیسیرید نقش دارد. افزایش نفوذپذیری ناشی از این عوامل را، می‌توان ناشی از افزایش لیپیدها و لیپوپروتئین‌های پلاسما دانست (Nematbakhsh *et al.*, 1998).

و در نهایت علائم کلی ناشی از آلودگی به این عنصر:

- تغییر شکل ستون فقرات
- اختلال در سیستم عصبی
- اختلال در کار مغز و خون
- از دست رفتن حس جهت‌یابی بی‌خوابی
- ناراحتی‌های معده و مسمومیت
- افزایش فشار خون
- دردهای عصبی
- دردهای عضلانی
- کاهش وزن
- سرگیجه
- در مورد زنان باردار منجر به سقط جنین