نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۴، ص. ۱۳۷۵-۱۳۶۰

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 5, Nov.-Dec. 2015, p. 1360-1375

مطالعه کشت مریم گلی در شرایط استفاده از آب های آلوده به کادمیم و سرب

شهرام امیرمرادی[۱] – پرویز رضوانی مقدم[۲*] – علیرضا کوچکی[۳] – شهناز دانش[۴] – امیر فتوت[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۸/۲۶

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی اثر غلظت های مختلف کادمیم و سرب بر خصوصیات کمی و کیفی مریم گلی (*Salvia officinalis* L.) در سال ۱۳۹۰ درگلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل غلظت های کادمیم (۰، ۱۰، ۲۰، ۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم در آب آبیاری) و فاکتور دوم شامل غلظت های سرب (۰، ۱۰۰، ۳۰۰ و ۶۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم در آب آبیاری) بود. نشاء های مریم گلی در مرحله دوبرگی کشت شدند. آبیاری توسط محلول های نیترات کادمیم و سرب انجام شد. نتایج نشان داد که اثرکادمیم و سرب بر وزن تر، وزن خشک، ارتفاع گیاه، میزان اسانس، میزان جذب کادمیم و سرب توسط اندام های هوایی و ریشه معنی دار بود. وزن تر اندام هوایی در غلظت کادمیم ۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم نسبت به شاهد ۴/۶۱ درصد کاهش داشت و این کاهش در غلظت ۶۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم برابر ۵/۱۶ درصد بود. وزن خشک اندام هوایی در حداکثر غلظت کادمیم نسبت به شاهد ۱۰/۸۳ درصد و درحداکثر غلظت سرب نسبت به شاهد ۱۱/۰۸درصد کاهش یافت. بیشترین مقدار جذب کادمیم توسط اندام های هوایی مربوط به تیمار غلظت ۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم کادمیم و ۶۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم سرب بود. در این آزمایش، فلزات سنگین در هیچ یک از تیمارهای آزمایش وجود نداشت، لذا به نظر می رسد که کشت این گیاه در شرایط استفاده از آب های آلوده به کادمیم و سرب قابل استفاده باشد.

واژه‌های کلیدی: گیاهان دارویی، جذب فلزات سنگین، وزن خشک، اسانس

مقدمه

فلزات سنگین تقریبا در همه جای دنیا وجود دارند زیرا در صنعت کاربرد زیادی دارند (۱۲ و ۱۳). تجمع پیاپی فلزات سنگین در خاکهای کشاورزی از طریق آبیاری با پساب های آلوده نه تنها منجر به آلودگی خاک می شود بلکه تاثیر بر کیفیت غذا و امنیت آن می گذارد (۳۶). در بین فلزات سنگین سمی، کادمیم و سرب بدلیل دوام و پایداری در محیط زیست بیشتر مورد توجه قرار گرفته اند (۴۰). این فلزات سنگین ممکن است در زنجیره های غذایی تجمع بافته و خطر سلامتی برای انسان و دام ایجاد کنند چرا که انسان و دام نسبت به گیاهان در برابر این عناصر حساس ترند اما گیاهان قادرند فلزات سنگین را در برخی از بافتهای خود ذخیره سازند (۳۰ و ۶۰). اثرات سمی فلزات سنگین باعث ایجاد تخریب ساختمان DNA در بدن انسان و دام می شود (۶). سمیت سرب در کودکان باعث خسارت بر روی سیستم عصبی شده که منجر به کاهش هوش و از دست رفتن حافظه کوتاه مدت، کاهش توان یادگیری و مشکلات قلبی می شود. سرب همچنین می تواند باعث ایجاد مشکلاتی نظیر کم خونی شدید، استفراغ، سردرد و دردهای شکمی گردد. کادمیم نیز می تواند در کلیه ها تجمع یابد که باعث ایجاد نارساییهایی در کلیه ها می شود (۵۰). تاثیر فلزات بر نمو و تولید مثل گیاهان و انتخاب گیاه مناسب برای گیاه پالایی در وهله اول ازطریق بررسی و تعیین جوانه زنی بذور و رشد گیاه امکان پذیر است. با افزایش غلظت برخی فلزات سنگین، اکثر گونه های گیاهی جوانه زنی ورشد گیاهچه را کاهش می دهند (۲۶). کاهش زیست توده از طریق سمیت کادمیم نتیجه ممانعت مستقیم این عنصر از سنتز کلروفیل و فتوسنتز بود (۳۹). اسکورا وچانگ (۴۶) گزارش کردند که زیست توده و ترکیبات اسانس نعنا فلفلی کاشته شده در خاک آلوده به کادمیم در غلظتهای ۰/۱۲ تا ۶/۱ میلی گرم بر کیلوگرم، تغییراتی نشان نداد اما بر اساس نظرزلجاسکو و نیلسون (۶۵) در شرایط افزایش غلظت کادمیم، سرب، مس، منگنز و روی، عملکرد تر و عملکرد اسانس نعنا فلفلی کاهش یافت. زلجازکو و

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش آموخته دکتری و استادان گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(* – نویسنده مسئول: Email: rezvani@um.ac.ir)
۴- دانشیارگروه مهندسی عمران و محیط زیست، دانشکده محیط زیست و منابع طبیعی، دانشگاه فردوسی مشهد
۵- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

همکاران (۶۶) نشان دادند که وزن ماده خشک نعنا فلفلی و ریحان ارتفاع گیاه شوید تحت تاثیر کادمیم، سرب و مس دربه ترتیب در غلظتهای ۱۰، ۱۰۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم قرار نگرفت.

خواص دارویی خانواده نعناییان (Lamiacea) از سال های کهن تا کنون به دلیل ویژگی های شفا بخش آن ها مورد توجه و استفاده قرار گرفته است. ازجمله گیاهان این خانواده مریم گلی (*Salvia officinalis* L.) می باشد. اسانس مریم گلی برای درمان دامنه وسیعی از بیماری ها از قبیل درمان بیماری های اعصاب، قلبی، عروق و گردش خون و تنفس مورد استفاده بوده است (۱۱) برخی از گیاهان دارویی اسانس دار قادر به تجمع فلزات سنگین از خاک های آلوده هستند. همه فلزات سنگین چه ضروری (مثل روی و مس) و چه غیر ضروری مانند کادمیم و سرب اگر در غلظت های زیاد وجود داشته باشند می توانند سمی باشند. کاهش عملکرد های اسانس چندین گیاه دارویی و تجمع فلزات سنگین در اندام های این گیاهان گزارش شد (۶۶). هدف ازاجرای این آزمایش بررسی خصوصیات کمی و کیفی و توان گیاه پالایی مریم گلی در شرایط استفاده از آب های آلوده به کادمیم و سرب و بررسی اسانس این گیاه از نظر کادمیم و سرب بود.

مواد و روش ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۰ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. قبل از انجام آزمایش خاک مزرعه تحقیقاتی مورد آنالیز قرار گرفت وبرای کشت در گلخانه مورد استفاده قرارگرفت. نتایج آنالیز خاک در جدول یک نشان داده شده است. بذر مریم گلی از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه و پس از انجام آزمون جوانه زنی و اطمینان از عدم وجود خواب بذر، دردرون سینی تهیه نشاء و در درون پیت ماس کشت شدند. سپس نشاء های یکنواخت در مرحله دو برگی دردرون خاک موجود در جعبه های پلاستیکی به ابعاد ۳۵×۵۰×۳۰ سانتی مترکشت شدند. در هرجعبه شش نشاء با فواصل ۱۵ سانتی متر روی ردیف و فاصله بین ردیف ۲۰ سانتی مترکشت شد. این آزمایش بصورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل غلظت های کادمیم و شامل ۴ سطح ۰، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم و فاکتوردوم شامل غلظت های سرب شامل چهار سطح ۰، ۱۰۰، ۳۰۰ و ۶۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم بود. آبیاری نشاء ها توسط محلول های نیترات کادمیم و سرب انجام شد. زمان آبیاری براساس ظرفیت زراعی خاک تعیین شد و در طول دوره آزمایش آب از جعبه ها بصورت زه کش خارج نشد. در داخل هر جعبه پلاستیک های ضخیم برای جلوگیری از نشت احتمالی عناصر مورد استفاده قرار گرفت. گیاهان به مدت ۱۵ هفته و هر هفته یکبارتوسط محلول های کادمیم و سرب آبیاری شدند و پس از آن، گیاهان تا زمان برداشت توسط آب مقطر آبیاری شدند. کودهای فسفات و پتاس به ترتیب به مقدار ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار داده شد. برای کوددهی، مقادیر مذکور براساس محاسبه سطح گلدانها منظور و بکاربرده شد. به دلیل اینکه با استفاده از تیمارهای مختلف استفاده شد، میزان نیتروژن افزوده شده در بیشترین غلظت بکاربرده شده توسط نیترات کادمیم وسرب محاسبه و تفاوت میزان آن به سایر تیمارها با غلظت کمتر با استفاده از کود نیترات آمونیوم تامین گردید. گیاهان پس از ۱۸۰ روز و در مرحله آغاز گلدهی(۱۰ درصد گلدهی) برداشت شدند. پس از برداشت، قسمت های هوایی و ریشه گیاه جداگانه توزین و وزن تر گیاه تعیین شد. برای تعیین وزن خشک گیاه نمونه ها در سایه، در هوای آزاد و در مدت چهار روز خشک شدند. برای تعیین درصد اسانس با استفاده از۳۰ گرم از برگهای خشک شده مریم گلی و با کمک دستگاه کلونجرو توسط روش تقطیرانجام شد. در این روش، ۳۰ گرم برگهای خشک نعنا فلفلی در ۴۰۰ میلی لیتر آب مقطر در بالن به مدت ۱۲۰ دقیقه جوشانده شد و سپس حرارت دادن متوقف و مقدار اسانس اندازه گیری شد (۹). بعد از برداشت گیاه، خاک درون هر گلدان به طورکامل مخلوط و در فضای آزاد خشک شد و پس ازعبور از الک دو میلی متری برای تعیین شکل قابل جذب کادمیم و سرب با روش لیندزی و نورول (۳۱) و عصاره های DTPA-TEA توسط دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد. نمونه های خشک گیاه شامل اندام های هوایی و ریشه پس از آسیاب نمودن به روش هضم تر(هضم با اسیدنیتریک و اسید پرکلریک) عصاره گیری شد (۴۳) و غلظت عناصر کادمیم و سرب در عصاره های گیاهی توسط دستگاه جذب اتمی خوانده شد. آنالیز داده ها با استفاده از نرم افزار MSTATC انجام شد. مقایسه میانگین ها توسط روش چند دامنه ای دانکن در سطح پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

وزن تر و خشک اندام هوایی

اثر غلظت های مختلف کادمیم و سرب بر وزن تر و خشک اندام هوایی مریم گلی در سطح یک درصد معنی دار شد ($p\leq۰/۰۱$) اما اثر متقابل کادمیم و سرب معنی دار نبود (جدول ۲). در غلظت کادمیم ۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر اندام هوایی نسبت به شاهد ۴/۶۱ درصد کاهش یافت و این کاهش در غلظت ۶۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم برابر ۵/۱۶ درصد بود (جدول ۳). وزن خشک اندام هوایی در حداکثر غلظت کادمیم نسبت به شاهد ۱۰/۸۳ درصد و درحداکثر غلظت سرب نسبت به شاهد ۱۱/۰۸ درصد کاهش یافت (جدول ۳). احمد کامل (۱) در بررسی اثر نیترات سرب (غلظتهای ۰، ۰/۰۴۸، ۰/۴۸، ۴/۸ و ۴۸ میلی مول بر لیتر) برگیاه ماشک گزارش نمود که وزن تر گیاه با افزایش غلظت سرب کاهش یافت.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of experimental soil

ماده آلی (درصد) Organic matter	نیتروژن (میلی گرم برکیلوگرم) Nitrogen (mg/kg)	فسفر (میلی گرم برکیلوگرم) Phosphorous (mg/kg) Olsen-p	پتاسیم (میلی گرم برکیلوگرم) Potassium (mg/kg) Available-K	pH	EC (dS/m)	بافت خاک Soil texture		
						شن (درصد) Sand(%)	رس (درصد) Clay(%)	سیلت (درصد) Silt(%)
0.3	1500	1200	1400	7.46	1.2	52	31	17

بررسی قادریان و جمالی حاجیانی (۱۷) بر روی *Matthiola chenopodiifolia* L. نشان داد که با افزایش غلظت کادمیم در محلول غذایی (۰، ۲،۵، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلی گرم در لیتر کلرید کادمیم)، وزن خشک بخش هوایی کاهش معنی داری یافت که از این نظر تمام تیمارهای اعمال شده دارای اختلاف معنی داری با شاهد داشتند. بررسی اثرغلظتهای مختلف کادمیم (۰،۳،۶،۹ و ۱۲ میلی گرم بر کیلوگرم) بر ارقام ماش (*Vigna radiata* L. Wilczek) نشان داد که با افزایش مقدار کادمیم، وزن تر و خشک گیاه در همه ارقام کاهش یافت اما واکنش ارقام در کاهش وزن متفاوت بود (۱۸). بررسی زلجازکو و همکاران (۶۷) نشان داد که اثر کلرید کادمیم (۰، ۲،۶ و ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم) و کلرید سرب (۰،۵۰،۱۰۰ و ۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم) تاثیرمعنی داری بر وزن خشک نعنا فلفلی (*Mentha piperita* L.) شوید (*Anethum graveolens* L.) و ریحان (*Ocimum basilicum* L.) نداشت. افزایش غلظتهای کادمیم (غلظتهای ۰، ۰/۰۱، ۰/۰۲، ۰/۰۵، ۰/۱ میلی گرم بر کیلوگرم) باعث کاهش وزن خشک ریشه و ساقه پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) شد (۳). کاهش رشد ناشی از سمیت کادمیوم، به علت کاهش فتوسنتز و تنفس، کاهش متابولیسم کربوهیدرات ها و ایجاد کلروز (۴۵) می شود. وایرزبیکا (۶۲) مشاهده کرد که یونهای سرب از طریق ایجاد اختلال در بالانس آب باعث کمبود آب شدند. غلظتهای بالای سرب (۰، ۱۰،۲۰،۳۰ و ۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم) بطور معنی داری اثر منفی بر وضعیت دسترسی آب داشت (۴۱). غلظتهای بالای کادمیم در گیاه ممکن است به طرق مختلف در رشد گیاه تداخل ایجاد نماید. از جمله این اختلالات، کاهش فعالیتهای آنزیمی (۵۸)، اختلال در فتوسنتز (۵۹)، بسته شدن روزنه ها و ممانعت از جذب عناصر غذایی (۴۵) بود. کاهش رشد ریشه در نتیجه افزایش غلظت کادمیم (۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ میکرومول بر لیتر) باعث کاهش جذب عناصر و آب و کاهش تعرق باعث کاهش رشد بخشهای هوایی گیاه می شود (۱۳). سنتز پروتئین نیز تحت تاثیر کادمیم قرار می گیرد. میزان پروتئین ریشه در گیاهان نخود (*Cicer arietinum* L.) که در معرض بالاترین غلظت کادمیم قرار گرفتند ۳۸ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (۵). کاهش مقدار پروتئین بدلیل کاهش سنتز و یا تخریب آن بدلیل غلظتهای بالای کادمیم می باشد (۴). نتایج محققین نشان می دهد کاهش رشد بخش هوایی در نتیجه تأثیر کادمیم می تواند به علت کاهش میزان کلروفیل و فعالیت فتوسنتز نوع اول که در اثر تنش عناصر سنگین القا می شود ایجاد گردد (۴۷).

وزن تر و خشک ریشه

اثر کادمیم و سرب بر وزن تر و خشک ریشه در سطح یک درصد معنی دار بود ($p\leq$۰/۰۱). اثر متقابل کادمیم و سرب بر وزن تر ریشه در سطح یک درصد معنی داربود اما بر وزن خشک ریشه معنی دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین ها نشان داد که در غلظت ۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم کادمیم، وزن تر ریشه ۱۱/۷۶ درصد و وزن خشک ریشه ۲۰/۲۹ درصد نسبت به شاهد کاهش داشت. در غلظت ۶۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم سرب، وزن تر ریشه ۱۱/۰۲ درصد و وزن خشک ریشه ۲۰/۴۴ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول ۳). کمترین وزن تر ریشه مربوط به بالاترین غلظت کادمیم و سرب بود و پس از آن تیمار کادمیم ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم بهمراه سرب ۳۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم و کادمیم ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم بهمراه سرب ۶۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم بیشترین کاهش وزن تر ریشه را نشان داد که اختلاف دو تیمار اخیر معنی دارنبود (جدول ۵). اثر متقابل کادمیم و سرب در حداکثر غلظت های آن نسبت به تیمار شاهد کاهشی معادل ۲۱/۷۷ درصد نشان داد. کاهش وزن تر وخشک ریشه نسبت به اندام هوایی بیشتر بود. در حداکثر غلظت کادمیم وزن تر ریشه ۷/۱۵ درصد بیشتر از وزن تر اندام هوایی و وزن خشک ریشه ۹/۴۶ درصد بیشتر از وزن خشک اندام هوایی کاهش یافت. در حداکثر غلظت سرب وزن تر ریشه ۵/۸۶ درصد نسبت به وزن تر اندام هوایی و وزن خشک ریشه ۹/۳۶ درصد بیشتر از وزن خشک اندام هوایی کاهش یافت.

جدول ۲ - آنالیز واریانس اثرکادمیم و سرب بر وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه فرعی در بوته، میزان اسانس، میزان کادمیم در اندام هوایی، میزان کادمیم درریشه، میزان سرب در اندام هوایی، میزان سرب درریشه

Table2-Analysis of variance of effect of cadmium and lead on shoot and root fresh and dry weight, plant height, number of branches, essential oil, cadmium and lead content in shoot and root

منابع تغییر (Source of variation)	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات (Mean square)										
		وزن تراندام هوایی fresh Shoot weight	وزن خشک اندام هوایی Dry Shoot weight	وزن تر ریشه Fresh root weight	وزن خشک ریشه Dry root weight	ارتفاع گیاه Plant height	تعداد شاخه فرعی در بوته Number of branches	میزان اسانس Essential oil content	میزان کادمیم در اندام هوایی Cadmium content in shoot	میزان کادمیم در ریشه هوایی Cadmium content in root	میزان سرب در اندام هوایی Lead content in shoot	میزان سرب در ریشه Lead content in root
تکرار Replication	2	307.476	61.217	146.199	12.06	162.362	39.396	0.039	12.613	559.056	901.35	444.352
کادمیم Cadmium	3	62.225**	36.5**	176.509**	36.952**	20.229**	1.222^{ns}	0.015**	2077.971**	317015**	175.003**	1208.285**
سرب Lead	3	74.239**	41.6**	155.329**	37.605**	55.888**	0.444ns	0.019**	3.766**	53.464*	118492.03**	526668.652*
اثرمتقابل کادمیم و سرب Cadmium vs Lead intraction	9	0.671ns	1.422ns	1.636**	0.621 ns	0.416ns	0.333ns	0.005ns	0.958**	52.623*	48.489*	553.84**
خطای آزمایشی Error	30	1.271	1.287	1.776	0.384	1.127	0.529	0.003	0.311	22.359	20.1	43.43
ضریب تغییرات(درصد) Coefficient variation		5.04	3.14	5.88	6.42	7.32	7.52	8.21	5.21	9.02	9.46	7.62

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

*, **: significant at 5 and 1 % of probability, respectively

جدول ۳ – مقایسه میانگین های اثر کادمیم و سرب بر وزن تر اندام هوایی (گرم)، وزن خشک اندام هوایی (گرم)، وزن تر ریشه (گرم)، وزن خشک ریشه (گرم)، ارتفاع گیاه (سانتی متر)، تعداد شاخه فرعی، میزان اسانس (درصد)

Table 3- Mean comparisons of effect of cadmium and lead on fresh and dry weight(gr) of shoot and root, plant height(cm), number of branches and essential oil content(%)

صفات Traits / غلظت concentrations	وزن تراندام هوایی (گرم دربوته) Shoot fresh weight (per plant)	وزن خشک اندام هوایی (گرم در بوته) Shoot dry weight(per plant)	وزن تر ریشه (گرم در بوته) Root fresh weight (gr per plant)	وزن خشک ریشه (گرم) Root dry weight(gr)	ارتفاع گیاه (سانتی متر) Plant heaight(cm)	تعداد شاخه فرعی (دربوته) Number of branches (per plant)	میزان اسانس (درصد) Essential oil(%)
کادمیم Cadmium							
شاهد(Control)	110.7 a	38.01 a	75.54 a	20.15 a	42.68 a	10.42 a	0.62 a
۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم (10mg/ kg)	109.2 b	36.85 b	72.36 b	18.81 b	41.66 b	10.42 a	0.59 ab
۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم (20 mg/ kg)	107 c	35.85 c	69.34 c	17.51 c	40.77 c	10.08 ab	0.57 bc
۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم (40 mg/kg)	105.6 d	33.89 d	66.65 d	16.06 d	36.63 d	9.75 a	0.54 c
سرب Lead							
شاهد(Control)	110.4 a	38.42 a	74.6 a	20.2 a	43.65 a	10.33 a	0.62 a
۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم (100mg/ kg)	109.3 b	36.8 b	72.88 b	18.79 b	42.27 b	10.33 a	0.60 a
۳۰۰میلی گرم بر کیلوگرم (300mg/ kg)	108.1 c	35.22 c	70.02 c	17.48 c	39.92 c	10 a	0.58 a
۶۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم (600mg/ kg)	104.7 d	34.16 d	66.38 d	16.07 d	38.92 d	10 a	0.53 b

میانگین های دارای حروف مشابه در سطح پنج درصد معنی دار نیستند(با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن)

Means with the same letters are not significant at 5%(using Duncan's Multiple Range Test)

جدول٤ - مقایسه میانگین های اثر کادمیم و سرب بر میزان کادمیم در اندام هوایی(میلی گرم بر کیلوگرم)، میزان کادمیم درریشه(میلی گرم بر کیلوگرم)، میزان سرب در اندام هوایی(میلی گرم بر کیلوگرم)، میزان سرب درریشه(میلی گرم بر کیلوگرم)

Table 4- Mean comparisons of effect of cadmium and lead on cadmium and lead contents in shoot and root(mg/kg)

صفات Traits / غلظت ها Concentrations	میزان کادمیم (میلی گرم در اندام هوایی بر کیلوگرم) Cadmium content in shoot(mg/kg)	میزان کادمیم (میلی گرم در ریشه بر کیلوگرم) Cadmium content in root(mg/kg)	میزان سرب در اندام هوایی (میلی گرم بر کیلوگرم) Lead content in shoot(mg/kg)	میزان سرب (میلی گرم در ریشه بر کیلوگرم) Lead content in root(mg/kg)
شاهدControl	0 d	0 d	92.11 b	222.8 d
۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم (10 mg/kg)	4.94 c	78.26 c	93.82 b	243.1 c
۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم (20 mg/kg)	8.11 b	172 b	95.88 b	253.4 b
۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم (40 mg/kg)	29.81 a	376.5 a	100.9 a	267.2 a
شاهد(Control)	10.10 b	158 a	0 d	0 d
۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم (100 mg/kg)	10.43 b	157.4 ab	41.98 c	153.4 c
۳۰۰میلی گرم بر کیلوگرم (300 mg/kg)	10.96 a	153.7 b	113.7 b	369.6 b
۶۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم (600 mg/kg)	11.37 a	157.1 ab	227.1 a	463.5 a

میانگین های دارای حروف مشابه در سطح پنج درصد معنی دار نیستند(با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن)

Means with the same letters are not significant at 5%(using Duncan's Multiple Range Test)

حیدری و سارانی (۲۳) نشان دادند که با افزایش غلظت های کادمیم و سرب وزن ریشه و اندام هوایی در خردل وحشی کاهش یافت که این کاهش در ریشه بیشتر از اندام هوایی بود. هنگامی که ریشه گیاه در معرض غلظت های بالای فلزات سنگین قرار می گیرد رشد آن بدلیل کاهش سنتز اجزاء دیواره سلولی، تغییرات در میزان تجمع پلی ساکارید هاو اختلال در ساختار جسم گلژی کاهش می یابد (۴۲). اثرات سمی فلزات سنگین بر کاهش رشد و نمو در غلظت های بالا بروز یافت (۲۸). به نظر می رسد که چون ریشه ها اولین اندام هایی هستند که در معرض یون های فلزات سنگین قرار می گیرند، ممانعت از رشد به دلیل تداخل در تقسیم سلولی، طویل شدن و نیز گسترش حجم سلول بیشتراز اندام هوایی تحت تاثیر قرار می گیرد (۱۶). گیاهان مریم گلی که در خاک های آلوده به کادمیم به غلظت ۱۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک و غلظت سرب ۳۰۱ میکروگرم بر گرم وزن خشک کشت شدند پس از ۱۰ هفته وزن خشک ریشه به میزان ۱/۳ گرم در گیاه کاهش یافت (۵۳). با افزایش غلظت کادمیم میزان آنزیم نیترات ردوکتاز کاهش یافت که این امر باعث اختلال درکارکرد طبیعی پمپ پروتونی در غشاء سلولی سلول های ریشه شده و لذا سبب کاهش جذب نیترات از طریق ریشه ها (۳۸) و کاهش سیالیت غشاءمی شود (۳۳). سمیت کادمیم باعث کاهش طول و وزن اندام هوایی ریشه گوجه فرنگی شد اما کاهش وزن ریشه بیشتر از وزن اندام هوایی کاهش یافت (۲۲). دلیل اولیه برای حساسیت ریشه به کادمیم این است که این عضو بیشتراز سایر اندام های گیاه درمعرض این عنصر قرار می گیرد و بیشتراز سایر اندام نیز عنصر را در خود انباشته می نماید (۵۶). دلیل دوم این است فلزات سنگین می توانند با تغییر نفوذپذیری غشاء پلاسمایی سلول های ریشه باعث برهم خوردن توازن جذب آب از خاک به ریشه شوند (۲۴). این پدیده می تواند باعث جلوگیری از بزرگ شدن سلول ها و در نتیجه کاهش رشد می شود.

ارتفاع گیاه و تعداد شاخه فرعی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کادمیم و سرب بر ارتفاع ساقه معنی دار بود ($p\leq$۰/۰۱)، اما اثر متقابل این دو صفت معنی دار نبود (جدول ۲). ارتفاع گیاه در غلظت ۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم کادمیم و غلظت ۶۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم به ترتیب ۱۴/۱۷ و ۱۰/۸۳ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول ۳). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کادمیم و سرب و اثر متقابل این دو بر تعداد شاخه فرعی معنی دار نبود (جدول ۲). اثر سولفات مس و سولفات کادمیم (به ترتیب 10^{-5} و 10^{-6} مول برلیتر) بر باقلا باعث کاهش ارتفاع گیاه (*Vicia faba* L.) شد (۲۹). اثر کادمیم در غلظتهای (۰، ۱۰، ۲۵ و ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک) بر روی تاجریزی سیاه (*Solanum nigrum* L.) نشان داد که ارتفاع گیاه تا غلظت ۲۵ کاهش نیافت اما در غلظت ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک، ارتفاع گیاه کاهش یافت (۵۴). زلجازکو(۶۷) اثر غلظتهای کادمیم (۲، ۶ و ۱۰ میلی گرم در لیتر) و غلظتهای سرب (۵۰، ۱۰۰، ۵۰۰ میلی گرم در لیتر) را بر خصوصیات رشد شوید و ریحان بررسی نمود. تاثیر این غلظتها بر ارتفاع گیاه ریحان معنی دار نبود ولی باعث کاهش ارتفاع شوید گردید. اثر غلظتهای مختلف کلرید کادمیم (۰، ۱، ۵، ۱۰، ۱۰۰ و ۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم) بر رشد گیاه گوجه فرنگی (*Lycopersicum sculentum* Mill.) نشان داد که در غلظتهای بالا(۱۰۰ و ۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم) ارتفاع گیاه بطور معنی داری کاهش یافت (۴۹). افزایش غلظت کادمیم باعث کاهش طول گیاه ذرت بخصوص در غلظتهای ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم شد (۳۵). در بررسی ذکر شده بر ذرت گزارش شد که با افزایش غلظت کادمیم، زردی در بخشهای هوایی گیاه بخصوص برگها پدیدار شده و برگها شروع به خشک شدن نمودند. محققان در دو مطالعه کشت هیدروپونیک و کشت گلدانی بر روی گیاه وتیوار (*Vetiveria zizanioides* L.) گزارش کردند که نیترات سرب (۰، ۱۰ ، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر) در کشت هیدروپونیک و در کشت گلدانی رشد بخشهای هوایی و ریشه را کاهش داد. کاهش طول بخشهای هوایی در کشت هیدروپونیک اختلاف معنی دار نشان داد اما در کشت گلدانی درخاک اختلاف بین تیمارها معنی دار نبود. این گیاه بدلیل عدم کاهش معنی دار در تولید زیست توده ، ارتفاع و نیز عدم کاهش اسانس در گیاه پالایی بعنوان یک گیاه بیش اندوز و پالایش گر سبز معرفی شده است (۴۴) . برای یک گیاه بیش اندوز، معمولا زیست توده گیاه در مرحله رسیدگی نقطه انتهایی ارزیابی می باشد و یکی از خصوصیات مهم این گیاهان مقاوم به سمیت فلزات سنگین، عدم کاهش معنی دار زیست توده و ارتفاع گیاه است (۶۴). زیست توده گیاهی در چنین گیاهانی تا غلظتهای بحرانی فلزات سنگین کاهش معنی داری نشان نمی دهد و فقط وقتی غلظت عناصر بیش از حد بحرانی افزایش می یابد رشد گیاه دچار اختلال شده و کاهش نشان می دهد. علائم این اختلال و کاهش رشد بصورت زردی، کاهش ارتفاع گیاه و کاهش زیست توده بخش هوایی قابل مشاهده است (۶۱). شانکر و همکاران اظهار داشتند عناصر سنگین که به بخش هوایی گیاه انتقال داده می شوند، به علت اختلال در سوخت و ساز سلولی بخش هوایی، ارتفاع گیاه را کاهش می دهند (۴۸). کاهش رشد ممکن است به طور کلی به علت از دست رفتن اتساع سلولی و نیز کاهش فعالیت میتوزی و یا مهار طویل شدن سلول ها باشد. همچنین کادمیم در سلول ها از طریق تأثیر بر دیواره های سلولی و تیغه میانی و افزایش پیوند عرضی بین ترکیبات دیواره سلولی باعث مهار گسترش

سلولی می شود(۲۱).

درصد اسانس و میزان کادمیم و سرب در اسانس مریم گلی

نتایج نشان داد که اثر کادمیم و سرب بر درصد اسانس مریم گلی معنی دار بود($p\leq ۰/۰۱$). اثر متقابل کادمیم و سرب بر درصد اسانس معنی دار نبود(جدول۲). در غلظت حداکثر کادمیم و سرب میزان اسانس نسبت به شاهد به ترتیب ۱۲ و ۱۵/ ۱۴ کاهش نشان داد(جدول۳). زلجازکو و همکاران(۶۷) گزارش نمودند که تیمارهای کادمیم(۱۰،۶،۲ میلی گرم در لیتر) و سرب(۱۰۰،۵۰ و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر) بر روی درصد اسانس نعنا فلفلی تاثیر معنی داری نداشت اما باعث کاهش معنی دار درصد اسانس ریحان و شوید شد. تریلینی و همکاران (۵۵) گزارش کردند که میزان هایپریسین دراسانس گل راعی (*hypericum perforatum* L.) تحت تاثیر مقادیر افزوده شده عنصر کرم به محیط کشت قرار نگرفت. در یک آزمایش، استفاده از کمپوست حاوی مس(۳۱۱ میلی گرم در کیلوگرم)، سرب(۲۲۳ میلی گرم در کیلوگرم)، مولیبدن(۱۷ میلی گرم در کیلوگرم) و روی(۷۶۷ میلی گرم در کیلوگرم) باعث کاهش درصد اسانس گیاه ریحان شد اما اسانس این گیاه فاقد فلزات سنگین بود (۶۹). زلجازکو و نیلسن (۶۸) گزارش کردند که مقدار اسانس در علوفه تر گیاه اسطوخودوس (*Lavandula vera* D. C.) تحت تاثیر مقادیر فلزات سنگین قرار نگرفت. اسانس نعنا فلفلی که از برگها و بخشهای هوایی گیاه استخراج می شود تاحدودی می تواند در ارتباط با تولید ماده خشک توسط برگها و ساقه ها داشته باشد (۱۴). براساس نظر سپاک (۱۴) عملکرد بیشتر اسانس تابع عملکرد بیشتر ماده خشک گیاه می باشد.اگرچه اسکورا و چانگ (۴۶) تفاوت معنی داری در عملکرد اسانس نعنا های کشت شده در ضایعات آلوده به فلزات سنگین مشاهده نکردند (۴۶). تاپالوف و زلجازکو (۵۷) گزارش نمودند که عملکرد اسانس نعنا فلفلی کشت شده در کمپوستهای آلوده به فلزات سنگین کاهش یافت. از طرفی ترپنوئیدهای سنتز شده در غده های اپیدرمی گیاه نعنا فلفلی مصرف کننده کربنی می باشند که از طریق فتوسنتز تامین می شود (۱۰). در نتیجه سنتز اسانس درغده های اپیدرمی تابع تامین مداوم کربن فتوسنتزی است و اختلال در تغذیه کربن توسط فلزات سنگین می تواند باعث کاهش مقدار اسانس شود (۵۱). در این آزمایش، مقدار فلزات سنگین در اسانس مریم گلی در هیچ یک از تیمارهای آزمایش در حد تعیین دستگاه نبود. به همین نتایج ارائه نشده اند. این امر به معنی عدم ورود کادمیم و سرب به اسانس در غلظت های مورد بررسی بود. استانچوا و همکاران گزارش نمودند که فلزات سنگین کادمیم، سرب، روی و مس در غلظت های بالا در ترکیب اسانس گیاه مریم گلی یافت نشد (۵۲). زلجازکوو همکاران (۶۷) دربررسی اثر کادمیم، سرب و مس برگیاهان نعنا فلفلی، شوید و ریحان گزارش نمودند که این فلزات سنگین در طی مراحل تقطیر اسانس از بافت گیاهی به اسانس منتقل نشدند. این یافته مهم این نتیجه را که استفاده از گیاهان اسانس دار می توانند جایگزین مناسبی برای گیاهان زراعی در زمین های آلوده به کادمیم، سرب و مس باشند تقویت نمودکه با یافته های سایر محققان نیز مطابقت داشت (۶۵ و ۷۰).

جذب کادمیم و سرب در اندام هوایی وریشه

اثرغلظت های مختلف کادمیم و سرب بر جذب این عناصر توسط اندام های هوایی گیاه مریم گلی معنی دار بود ($p\leq ۰/۰۱$). اثر متقابل کادمیم و سرب بر جذب کادمیم در اندام هوایی در سطح یک درصد و اثر آن بر جذب سرب در اندام هوایی در سطح پنج درصد معنی دارشد. نتایج تجزیه واریانس نشان دهنده معنی داری اثر کادمیم وسرب بر میزان جذب کادمیم ($p\leq ۰/۰۵$) و سرب ($p\leq ۰/۰۱$) در ریشه بود (جدول۲). اثر متقابل کادمیم و سرب نیز بر میزان جذب کادمیم ($p\leq ۰/۰۵$) ومیزان جذب سرب ($p\leq ۰/۰۱$) معنی دار بود (جدول۲). بیشترین مقدار جذب کادمیم توسط اندام های هوایی مربوط به تیمار غلظت ۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم کادمیم و ۶۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم سرب بود و پس از آن تیمارهای کادمیم ۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم بهمراه سرب ۳۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم و کادمیم ۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم بهمراه سرب ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم در رده های بعدی قرار گرفتند. پس از شاهد، در تیمارهای کادمیم ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم (سرب صفر) و کادمیم ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم و سرب ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم اندام های هوایی مریم گلی به ترتیب کمترین مقادیر جذب کادمیم را داشتند (جدول۶). با افزایش میزان کادمیم و سرب در آب آبیاری و در نتیجه افزایش این عناصر در خاک میزان جذب آن ها توسط گیاه افزایش یافت (جدول ۴).

در حداکثر غلظت سرب، با افزایش کادمیم از غلظت صفر به ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم، میزان کادمیم در اندام هوایی ۱۳/۶ درصد افزایش نشان داد و با افزایش غلظت کادمیم از ۱۰ به ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم، این میزان ۲۱/۳ افزایش نشان داد اما با افزایش کادمیم از ۲۰ به ۴۰ میلی گرم در کیلوگرم، میزان کادمیم در اندام هوایی افزایشی معادل ۱۴/۲۹ درصد نشان داد که نسبت به غلظت ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم ۳۳ درصد کاهش داشت (جدول ۶). لذا به نظر می رسد که در غلظت حداکثر سرب اثرات آنتاگونیستی بر جذب کادمیم در اندام هوایی مریم گلی وجود داشت. میزان جذب کادمیم در ریشه مریم گلی در غلظت ۶۰۰ پی.پی.ام سرب با با افزایش غلظت کادمیم از ۱۰ به ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم ۵۱ درصد کاهش نشان داد که به دلیل افزایش میزان کادمیم در اندام هوایی بود اما افزایش غلظت کادمیم از ۲۰ به ۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم کادمیم، باعث کاهش ۵۱/۸۹ درصدی در میزان کادمیم در ریشه شد اما میزان کادمیم در اندام هوایی نیز کاهش نشان داد(جدول۶).

جدول ۵- مقایسه میانگین های اثرمتقابل کادمیم و سرب بر وزن تر اندام هوایی(گرم)، وزن خشک اندام هوایی(گرم)، وزن تر ریشه(گرم)، وزن خشک ریشه(گرم)، ارتفاع گیاه(سانتی متر)، تعداد شاخه فرعی ، میزان اسانس(درصد)

Table5- Mean comparisons of interactions of cadmium and lead on fresh and dry weight of shoot and root(gr), plant height(cm), number of branches and essential oil content(%)

اثر متقابل کادمیم و سرب Cadmium vs. Lead	وزن تراندام هوایی(گرم دربوته) Shoot fresh weight (gr per plant)	وزن خشک اندام هوایی(گرم در بوته) Shoot dry weight (gr per plant)	وزن تر ریشه (گرم در بوته) Root fresh weight (gr per plant)	وزن خشک ریشه (گرم در بوته) Root dry weight (gr per plant)	ارتفاع گیاه (سانتی متر) Plant height(cm)	تعداد شاخه فرعی (در بوته) Number of branches	میزان اسانس(درصد) Essential oil(%)
شاهد(Control)	112.9 a	39.58 a	78.45 a	21.37 a	۴۴/۷۷ a	10.67 a	0.66 a
Cd(0) * Pb(100) کادمیم ۰ سرب ۱۰۰	111.9 ab	38.47 ab	76.79 ab	20.37 ab	۴۳/۷۶ ab	10.67 a	0.64 ab
Cd(0) * Pb(300) کادمیم ۰ سرب ۳۰۰	110.3 cd	37.15 bcd	74.84 bcd	19.89 bc	۴۱/۶۷ cd	10 ab	0.61 abc
Cd(0) * Pb(600) کادمیم ۰ سرب ۶۰۰	107.8 efgh	36.82 bcd	72.09 ef	18.62 de	۴۰/۵۳ de	10.33 ab	0.57 abcd
Cd(10) * Pb(0) کادمیم ۱۰ سرب ۰	111.1 abc	38.89 ab	75.76 bc	20.94 ab	۴۳/۹۷ ab	10.67 a	0.63 ab
Cd(10) * Pb(100) کادمیم ۱۰ سرب ۱۰۰	110.3 bcd	37.07 bcd	74.15 cde	19.39 cd	۴۲/۹۸ abc	10.33 ab	0.61 abc
Cd(10) * Pb(300) کادمیم ۱۰ سرب۳۰۰	109.3 cde	36.15 d	71.96 ef	18.11 e	۴۰/۷۶ de	10 ab	0.59 abc
Cd(10) * Pb(600) کادمیم ۱۰ سرب۶۰۰	106.3 gh	35.28 de	67.57 h	16.79 f	۳۸/۹۴ ef	10.66 a	0.54 bcd
Cd(20) * Pb(0) کادمیم ۲۰ سرب ۰	109.6 cde	38.35 abc	73.3 def	19.85 bc	۴۳/۳۲ abc	10.65 ab	0.61 abc
Cd(20) * Pb(100) کادمیم ۲۰ سرب ۱۰۰	108.5 def	36.3 cd	71.25 fg	18.24 e	۴۱/۶۳ cd	10 ab	0.59 abc
Cd(20) * Pb(300) کادمیم ۲۰ سرب ۳۰۰	106.9 fgh	35.12 de	68.31 h	16.88 f	۳۹/۲۳ ef	10 ab	0.57 abcd
Cd(20) * Pb(600) کادمیم ۲۰ سرب ۶۰۰	102.9 i	33.65 ef	64.49 i	15.06 g	۳۸/۹۲ ef	10 ab	0.52 cd
Cd(40) * Pb(0) کادمیم ۴۰ سرب ۰	108.1 efg	36.85 bcd	70.91 fg	18.64 de	۴۲/۵۲ bcd	10 ab	0.57 abcd
Cd(40) * Pb(100) کادمیم۴۰ سرب ۱۰۰	106.7 fgh	35.37 de	69.35 gh	16.78 f	۴۰/۷ de	10 ab	0.55 bcd
Cd(40) * Pb(300) کادمیم ۴۰ سرب۳۰۰	106 h	32.45 fg	64.98 i	15.03 g	38.01 f	10 ab	0.55 abcd
Cd(40) * Pb(600) کادمیم ۴۰ سرب۶۰۰	101.7 i	30.89 g	61.37 j	13.78 h	37.29 f	9 b	0.47 d

میانگین های دارای حروف مشابه در سطح پنج درصد معنی دار نیستند(با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن)

Means with the same letters are not significant at 5%(using Duncan's Multiple Range Test)

جدول ٦- مقایسه میانگین های اثرمتقابل کادمیم و سرب بر میزان کادمیم در اندام هوایی(میلی گرم بر کیلوگرم)، میزان کادمیم درریشه(میلی گرم بر کیلوگرم)، میزان سرب در اندام هوایی(میلی گرم بر کیلوگرم)، میزان سرب درریشه(میلی گرم بر کیلوگرم)

Table6- Mean comparisons of cadmium and lead interactions on cadmium and lead contents in shoot and root(mg/kg)

اثر متقابل کادمیم و سرب Cadmium vs. Lead	میزان اسانس(درصد) Essential oil content(%)	کادمیم در اندام هوایی (میلی گرم بر کیلوگرم) Cadmium content in shoot(mg/kg)	کادمیم در ریشه (میلی گرم بر کیلوگرم) Cadmium content in root(mg/kg)	سرب در اندام هوایی (میلی گرم بر کیلوگرم) Lead content in shoot(mg/kg)	سرب در ریشه (میلی گرم بر کیلوگرم) Lead content in root(mg/kg)
شاهد(Control)	0.66 a	0 g	0 g	0 g	0 l
کادمیم ۰ سرب ۱۰۰ Cd(0) * Pb(100)	0.64 ab	0 g	0 g	39.52 f	128.5 k
کادمیم ۰ سرب ۳۰۰ Cd(0) * Pb(300)	0.61 abc	0 g	0 g	105.3 e	335.3 g
کادمیم ۰ سرب ۶۰۰ Cd(0) * Pb(600)	0.57 abcd	0 g	0 g	223.6 b	427.3 d
کادمیم ۱۰ سرب ۰ Cd(10) * Pb(0)	0.63 ab	4.63 f	80.15 ef	0 g	0 l
کادمیم ۱۰ سرب ۱۰۰ Cd(10) * Pb(100)	0.61 abc	4.83 f	85.3 e	41.39 f	150.6 j
کادمیم ۱۰ سرب۳۰۰ Cd(10) * Pb(300)	0.59 abc	5.03f	15.73 f	108.4 de	368.4 f
کادمیم ۱۰ سرب۶۰۰ Cd(10) * Pb(600)	0.54 bcd	5.26 f	74.42 f	225.5 ab	453.5 c
کادمیم ۲۰ سرب ۰ Cd(20) * Pb(0)	0.61 abc	7.5 e	172.1 cd	0 g	0 l
کادمیم ۲۰ سرب ۱۰۰ Cd(20) * Pb(100)	0.59 abc	7.5 e	171.1 cd	42.48 f	161.7 i
کادمیم ۲۰ سرب ۳۰۰ Cd(20) * Pb(300)	0.57 abcd	8.33 df	166.3 d	114.6 d	378.3 f
کادمیم ۲۰ سرب ۶۰۰ Cd(20) * Pb(600)	0.52 cd	9.1 d	178 c	226.5 ab	473.4 b
کادمیم ۴۰ سرب ۰ Cd(40) * Pb(0)	0.57 abcd	28.27 c	382.2 a	0 g	0 l
کادمیم ۴۰ سرب ۱۰۰ Cd(40) * Pb(100)	0.55 bcd	29.40 b	372.7 b	44.55 f	172.9 h
کادمیم ۴۰ سرب۳۰۰ Cd(40) * Pb(300)	0.55 abcd	30.47 a	375.3 ab	126.4 c	396.4 e
کادمیم ۴۰ سرب۶۰۰ Cd(40) * Pb(600)	0.47 d	31.31 a	375.9 ab	232.7 a	499.7 a

میانگین های دارای حروف مشابه در سطح پنج درصد معنی دار نیستند(با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن)

Means with the same letters are not significant at 5%(using Duncan's Multiple Range Test)

به نظر می رسد که در غلظت های بالای کادمیم و سرب(۴۰ و ۶۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم) اثرات آنتاگونیستی این عناصر مانع از جذب آن ها در ریشه و نیز اندام هوایی شد. با افزایش کادمیم از صفر به ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم، میزان سرب در اندام هوایی ۰/۸۵درصد افزایش نشان داد. و با افزایش کادمیم از ۱۰ به ۲۰ و از ۲۰ به ۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم میزان سرب در اندام هوایی به ترتیب ۱/۲۹ و ۴/۰۷ درصد افزایش نشان داد. این در حالی است که میزان سرب در درریشه نیز به ترتیب ۱۰/۷۸ و ۱۶/۹۶ درصد افزایش یافت. لذا درصد انتقال سرب به اندام هوایی از کادمیم کمتر بود و به نظر می رسد که سرب در حضور کادمیم کمتر توانسته است به اندام هوایی مریم گلی انتقال یابد.

جونا و همکاران (۲۵) اثر غلظت های ۰، ۱۵۰، ۳۰۰، ۴۵۰،۶۰۰، ۷۰۰ و ۹۰۰ میکرومول کادمیم و غلظت های ۰،۱۵۰،۳۰۰، ۶۰۰،۹۰۰،۱۲۰۰ و ۱۵۰۰ میکرومول را بصورت محلول سولفات کادمیم و سرب به بستر کشت *Brassica juncea* L. افزودند. آن ها گزارش نمودند که ریشه های این گیاه بعنوان مانعی در انتقال کادمیم و سرب به اندام هوایی عمل می نماید. افزایش کادمیم و سرب در بستر کشت باعث افزایش میزان جذب این عناصر دراندام های هوایی *Salvia splendes* sello'Torreador' (۳۷). عواملی که باعث تاثیر بر جذب عناصرغذایی و فلزات سنگین می شوندشامل عوامل مربوط به خاک و گیاه می باشند. از عوامل گیاهی، جنس، گونه و ژنوتیپ تاثیر زیادی دارد (۲). گیاهان مختلف مقادیر متفاوتی از سرب را جذب و به اندام های هوایی منتقل می نمایند (۷). با افزایش غلظت کادمیم و سرب در خاک میزان این عناصر به مقدار زیادی در ریشه ها افزایش یافت اما مقادیر بسیارکمتری به بخش های هوایی انتقال یافت (۳۲). میزان تجمع سرب در ریشه مریم گلی بیشتر ازکادمیم بود که با نتایج سایر محققان مطابقت داشت. وایرزبیکا گزارش کرد که سرب ضخیم شدن دیواره سلولی ریشه ها را تحریک می کند و باعث سنتز پلی ساکاریدهای جدید در دیواره سلولی می شود. این دیواره های سلولی جدید قادرند محل های جدیدی برای ایجاد پیوند با کاتیون ها ایجاد می کنند و لذا تجمع کاتیون ها را افزایش می دهند (۶۳). برنان و شلی گزارش نمودند که تجمع مقادیر زیاد سرب در ریشه ها ممکن است در ارتباط با درگیری سرب بصورت فسفات سرب بی شکل دردیواره سلولی ریشه باشد (۸). مالکووسکی و همکاران (۳۲) گزارش نمودند که تجمع کلسیم در ریشه ها و انتقال آن به اندام هوایی کمتر تحت تاثیر سرب قرار می گیرد اما توسط کادمیم حرکت آن کند می شود. کادمیم که نمی تواند در مسیر آپوپلاست در ریشه پیوند برقرار کند و متصل شود قادراست با سیستم انتقال کلسیم رقابت نماید. بنابراین اثر کادمیم برپون های کلسیم بر خلاف سرب که مربوط به رقابت با محل های پیوند در غشاء پلاسمایی می باشد، بعلت رقابت با انتقال کلسیم در عرض غشاء پلاسمایی می باشد (۳۲). اگرچه اکثر تحقیقات بیانگر انتقال کادمیم براحتی از ریشه به ساقه می باشند (۲۷)، اما در غلظت های بالای کادمیم انتقال کادمیم از ریشه به ساقه مختل می شود (۱۵). سرب عمدتا توسط ریشه جذب شده و کمتر به ساقه منتقل می شود (۲۷ و ۶۷). در شرایط غلظت های بسیار زیاد سرب در خاک، میزان انتقال سرب از ریشه ها به اندام هوایی ریحان، شوید و نعنا فلفلی افزایش یافت (۶۷) که این امر ممکن است بعلت تخریب غشاهای پلاسمایی ناشی از غلظت های زیاد سرب و کاهش موانع حمل سرب از خاک به گیاه باشد (۱۹). براساس نظر میشل جذب فلزات سنگین با فرایند شیمیواسمزی در غشاء سلول های ریشه مرتبط است (۳۴). سرب بطور غیر یکنواخت در سلول های ریشه هاتوزیع می شود که این سلول های مانع حمل سرب از طریق مسیر سیمپلاست یا آپوپلاست می شود لذا انتقال سرب از ریشه به اندام هوایی محدود می شود. اگرچه تحمل به تنش فلزات سنگین و انتقال از ریشه به ساقه همبستگی منفی نشان می دهد و تحمل تنش عنصر سنگین با افزایش نگهدای عنصر سنگین در ریشه ها افزایش می یابد، اما نگهداری عنصر سنگین در ریشه ها الزاما و به خودی خود عامل مقاومت نیست (۲۰). علاوه بر این انتقال کادمیم از ریشه به اندام هوایی عامل مهمی است که در تجمع آن دربافت های بخش های هوایی تاثیر می گذارد.

نتیجه‌گیری کلی

گیاه دارویی مریم گلی در شرایطی که در معرض حداکثر غلظت کادمیم (۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم) و سرب (۶۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم) قرار گرفت نسبت به شاهد ۴/۶۱ و۵/۱۶ درصد کاهش وزن تر و به ترتیب ۱۰/۸۳ و۱۱/۰۸ درصد نسبت به شاهد کاهش وزن خشک نشان داد. اگرچه درصد اسانس، در حداکثر غلظت کادمیم و سرب به ترتیب نسبت به شاهد ۱۲ و ۱۴/۵۱ درصد کاهش نشان داد اما این فلزات سنگین در اسانس مریم گلی یافت نشدند. لذا به نظر می رسد این گیاه دارویی و اسانس دار می تواند در زمین های آلوده به کادمیم وسرب و نیز در شرایط استفاده از آب های آلوده به کادمیم و سرب مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

هزینه های اجرای این تحقیق توسط معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد و دانشکده کشاورزی و از محل بودجه گرانت با کد ۱۶۱۷۸ تامین شده لذا بدینوسیله تشکر و قدردانی می شود.

منابع

1-Ahmad Kamel H. 2008. Lead Accumulation and its effect on photosynthesis and free amino acids in *Vicia faba* grown hydroponically. Australian Journal of Basic and Application Science. 2(3): 438-446.

2-Angelova V. K., Ivanov and Ivanova R. 2004. Effects of chemical forms of lead, cadmium, and zinc in polluted soils on their uptake by tobacco. J. Plant Nutrition. 27(5): 757-773.

3-Aycicek M., Ince M., and Yaman. M. 2008. Effects of cadmium on the germination, early seedling growth and metal content of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). International Journal of Science and Technology. 3(1):1-11.

4-Balestrasse K.B., Benavides M.P., Gallego S.M., and Tomaro, M.L. 2003. Effect of cadmium stress on nitrogen metabolism in nodules and roots of soybean plants. Functional Plant Biology. 30: 57-64.

5-Bavi Kh., Kholdebarin B., and Moradshahi. A. 2011. Effect of cadmium on growth, protein content and peroxidase activity in pea plants. Pakistan. J. Bot. 43(3): 1467-1470.

6- Baudouin C., Charveron M., Tarrouse R., and Gall Y. 2002 Environmental pollutants and skin cancer. Cell Biology and Toxicology. 18:341-348.

7-Begonia G. B. 1997. Comparative lead uptake and response of some plants grown on lead contaminated soils. J. Missisipi Academy Science. 42(2): 101-106.

8-Brennan M.A., and Shelley M.L. 1999. A model of the uptake, translocation, and accumulation of lead (Pb) by maize for the purpose of phytoextraction. Ecology and Engineering. 12: 271.

9-Croteau R., Burbott A.J., and Lommis W.D. 2006. Biosynthesis of mono and sesquiterpenes in peppermint. Phytochemistry. 71: 2937-2948.

10-Croteau R. and Johnson M.A. 1984. Biosynthesis of terpenoids in glandular trichomes. Chemistry of Plant Trichomes. Pp:133-185.

11-Curtis M. 2000. *Healing Plants*. Prague: Aventium.

12-Chen Y., Wang C., and Wang Z. 2005. Residues and source identification of persistent organic pollutants in farmland soils irrigated by effluents from biological treatment plants. Environment International 31: 778–783.

13-Chen Y.X., He Y.F., Luo Y.M., Yu Y.L., Lin Q., and Wong M.H. 2003. Physiological mechanism of plant roots exposed to cadmium. Chemosphere. 50: 789-793.

14-Czepak M. P. 1998. Produção de óleo bruto e mentol cristalizável em oito freqüências de colheita da menta (*Menta arvensis* L.). Sciences, Botucatu: 53-80.

15-Cunningham L.M., Collins F.W., and Hutchinson T.C.1975. Physiological and biochemical aspects of cadmium toxicity in soybean. In: Proceed of the Int. Conf. Heavy Metals in the Environment, Toronto, October 27:97–103.

16-Clemens S. 2006. Toxic metal accumulation, responses to exposure and mechanisms of tolerance in plants. Biochimie. 88:1707-1719.

17-Ghadreian S.M., and Jamali Hajiani N. 2010. Tolerance, uptake and accumulation of cadmium in Matthiola chenopodiifolia Fisch & C. A. Mey (Brassicaceae). Journal of Plant Biology. 6:87-98.

18-Ghani A. 2010. Effect of Cadmium Toxicity on the Growth and Yield Components of Mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek]. World Applied Sciences. (Special Issue of Biotech. Genetic Engin) 8: 26-29.

19-Hall J.L. 2002. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance. Journal of Experimental Botany. 53: 1–11.

20-Harmens H., Hartog P.R.D., Bookum W.M.T., and Verkleij J.A.C.1993. Increased zinc tolerance in Silene vulgaris (Moench) Garkle is not due to increased production of phytochelatins. Plant Physiol. 103:1305-1309.

21-Hassan M. J., Zhu Z., Ahmad B. and Mahmood F. 2006. Influence of cadmium toxicity on rice genotypes as affected by zinc, sulfur and nitrogen fertilizers. Caspian Journal of Environmental Science. 4(1): 1-8.

22-Hayat Sh., Hasan S.A., and Ahmad A. 2011. Growth, nitrate reductase activity and antioxidant system in cadmium stressed tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars. Biotechnology and Agronomy Society and Environment. 15(3):401-414.

23-Heidari M., and Sarani S. 2011. Effect of lead and cadmium in seed germination, seedling growth and antioxidant enzymes activities of Mustard (*Sinapis arvensis* L.). Journal of Agriculture and Biological Science. 6(1) :44-47.

24-Hernandez L.E., Carpena-Ruiz R., and Garate A. 1996. Alteration mineral nutrition of pea seedlings exposed to cadmium. Journal of Plant Nutrition. 19: 1581-1598.

25-Johna R., Ahmadb P., Gadgil K., and Sharma S. 2009. Heavy metal toxicity: Effect on plant growth, biochemical parameters and metal accumulation by *Brassica juncea* L. International Journal of Plant Production. 3:3.

26-Jun R., Ling T., and Guanghua Z. 2009. Effects of chromium on seed gemination, root elongation and coleoptile growth in six pulses. International Journal of Environmental Science Technology. 6: 571-578.

27-Kabata-Pendias A., and Pendias H.1991. Trace Elements in Soils and Plants, second ed. CRC Press. 365.

28-Kabir M., Zafar Iqbal M., Shafiq Z.R., and Farooqi M.2008. Reduction in germination and seedling growth of *Thespesia populnea* L. caused by lead and cadmium treatments. Pakistan Journal of Botany. 40(6): 2419-2426.
29-Kasim W.A. 2005. The Correlation between Physiological and Structural Alterations Induced by Copper and Cadmium Stress in Broad Beans (*Vicia faba* L.) Egyptian Journal .of Biology.7: 20-32.
30-Liu W-X., Li H-H., Li S-R., and Wang Y-W.2006. Heavy metal accumulation of edible vegetables cultivated in agricultural soil in the suburb of Zhengzhou city, People's Republic of China. Bulltain of Environmantal Contamination and Toxicology. 76:163–170.
31-Lindsay W.L., and Norvell W.A.1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganez and copper. Soil Science Society of American Journal. 42: 421-428.
32-Małkowski E., Kurtykal R., Kita A.,and Karcz W. 2005. Accumulation of Pb and Cd and its effect on Ca distribution in maize seedlings (*Zea Mays* L.). Polish journal of Environmental Studies. 14(2): 203-207.
33-Meharg A.A.1993. Integrated tolerance mechanisms constitutive and adaptive plant response to elevated metal concentrations in the environment. Plant, Cell and Environment.17: 989-993.
34-Mitchell P. 1979. Keilin`s respiratory chain concept and its chemiosmotic consequences. Science. 206: 11-48.
35-Mihalescu LA., Mare-Rosca O.E., Marian M., and Bildar C.F. 2010.Research on the growth intensity of the *zea mays* L. plantlets aerial parts under cadmium treatment. Analele Universitatii din Oradea, Fascicula Biologie. 147-151.
36-Muchuweti M., Birkett J. W., Chinyanga E., Zvauya R., Scrimshaw M.D., and Lester J.N. 2006. Heavy metal content of vegetables irrigated with mixture of wastewater and sewage sludge in Zimbabwe: implications for human health. Agriculture, Ecology and Environment. 112: 41–48.
37-Nowak J. 2007. Effect of cadmium and lead concentrations and arbascular mycorrhiza on growth, flowering and heavy metal accumulation in Scarlet Sage(*Salvia splendens* Sello Torrreador). Acta Agrobotanica. 60(1):79-83.
38-Obata H., Inone N., and Umebayshi M. 1996. Effect of cadmium on plasma membrane ATPase from plant root differing in tolerance to cadmium. Soil Science. Plant. Nutrition. 42, 361-366.
39-Padmaja K., Parsad D.K., and Parsad A.R.1990. Inhibition of chlorophyll synthesis in *Phaseolus vulgaris* L. seedlings by cadmium acetate. Photosynthetica. 24: 399–404.
40-Pandey S., Gupta K., and Mukharjee A.K. 2007. Impact of cadmium and lead on Catharanthus roseus- A phytoremediation study. Jornal of Environmental Biology. 28:655-662.
41-Patra M., Bhowmik N., Bandopadhyay B., and Sharma A. 2004. Comparison of mercury, lead and arsenic with respect to genotoxic effects on plant systems and the development of genetic tolerance. Environmental and Experimental Botany. 52: 199-223.
42-Punz W. F., Sieghardt H.1993. The response of roots of herbaceous plant species to heavy metals. Environtal and Expermintal Botany. 33: 85-98.
43-Rayan J.R., Estefan G., and Rashid A. 2001. Soil and Plant Analysis Laboratory Manual. (2nd edition). ICARDA. Syria. P.172.
44-Rotkittikhun P., Kruatrachue M., Pokethitiyook P., and Baker A.J.M.2010.Tolerance and accumulation of lead in *Vetiveria zizanioides* and its effect on oil production. Journal of Environmental Biology. 31: 329-334.
45-Sanita di Toppi L. and Gabbrielli R. 1999. Response to cadmium in higher plants. Environmental and Experimental Botany. 41:105-130.
46-Scora R W., Chang A C (1997). Essential oil quality and heavy metal concentrations of peppermint grown on a municipal sludge-amended soil. Journal of Environmental Quality. 26(4): 975-979.
47-Shah, F. R., Ahmad N., Masood K.R., and Zahid D.M. 2008. The influence of cadmium and chromium on the biomass production of shisham (Dalbergia sissoo ROXB.) seedlings. Pakistan. Journal of Botany. 40(4): 1341-1348.
48-Shanker A. K., Cervantes C., Loza-Tavera H., and Avudainayagam S. 2005. Chromium toxicity in plants. Environment International. 31: 63-68.
49-Singh S., Singh A., and Bahadur R. 2011. Effect of cadmium on germination and seedling growth of tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill). Plant Arch. 11(2): 859-862.
50-Soghoian S, R. Sinert. 2009. Toxicity, heavy metals.http://emedicine.medscape.com/article/814960-overview.
51-Srivastava N. K. and Luthra R.1994. Relationship between photosynthetic carbon metabolism and essential oil biogenesis in peppermint under Mn stress. Journal of Experimental. Botany.45: 1127-1132.
52-Stancheva M.G., Hristozkova M., Markovska Y., and Salamon I. 2010.Antioxidant Capacity of sage grown on heavy metal polluted Soil. Russian Journal of Plant Physiology.57(6):799–805.
53-Stancheva M., Geneva M., Hristozkov M., Boychinova M., and Markovska Y. 2009. Essential oil varioations of Salvia officinalis L. grown on heavy metals polluted soil. Biotech. Biotech.EQ. XI Anniversary Science Conference. Special Edit. Online. 373-376.

54-Sun Y.,. Zhou Q, and Diao Ch.2008. Effects of cadmium and arsenic on growth and metal accumulation of Cd-hyperaccumulator *Solanum nigrum* L. Bioresearch and Tech.99: 1103–1110.

55-Tirillini B., Ricci A., Pintore G., Chessa M., and Sighinolfi S. 2006. Induction of Hypericins in Hypericum perforatum in Response to Chromium. Fitoterapia.77: 164-70.

56-Tiryakioglu M., Eker S., Ozkutlu F. 2006. Antioxidant defense system and cadmium uptake in barley genotypes differing in cadmium tolerance. Journal of Trace Element. Medicine and Biology. 20: 181-189.

57-Topalov V. and Zhelyazkov V. 1991. Effect of harvesting on the yield of fresh material, essential oil, and planting material from *Mentha piperita* L. and *Mentha arvensis* L. Herba. Hung 50: 60-67.

58-Van Assche F., Clijsters H.1990. Effects of heavy metals on enzyme activity in plants. Plant and Cell Environmen. 13: 195-206.

59-Vassilev A. and Yordanov I.1997. Reductive analysis of factors limiting growth of cadmium –treated plants: A Review:Bulgarian Journal Plant Physiology. 23(3-4): 114-133.
60-Vassilev A., Schwitzguébel J.P., Thewys T., Van der Lelie D., and Vangronsveld J. 2004. The Use of plants for remediation of metal-contaminated soils. Rev. The Science World Journal. 4:9–34.

61-Wei S.H., Zhou Q.X. 2004. Discussion on basic principles and strengthening measures for phytoremediation of soils contaminated by heavy metals. Chin. J. Ecol. 23: 65–72 (in Chinese).

62-Wierzbicka M. 1995. How lead loses its toxicity to plant. Acta Socienty Botany. 64: 81-90.

63-Wierzbicka1 M. 1998. Lead in the apoplast of Allium cepa L. root tips.ultrastructural studies. Plant Science.133:105.

64-Yang X.E., Long X.X., Ye H.B., He Z.L., Calvert D.V., Stoffella P.J. 2004. Cadmium tolerance and hyperaccumulation in a new Znhyperaccumulating plant species (*Sedum alfrdii* Hance.). Plant and Soil. 259: 181–189.

65-Zheljazkov V.D., and Nielson N.E. 1996. Effect of heavy metals on peppermint and cornmint. Plant and Soil. 178: 59–66.

66-Zheljazkov V.D. Jeliazkova E.A., Kovacheva N., and Dzhurmanski A. 2008. Metal uptake by medicinal plant species grown in soils contaminated by a smelter, Environmental Expermental Botany. 64: 207–216.

67-Zheljazkov V.D., Craker L.E., and Xing B. 2006. Effects of Cd, Pb, and Cu on growth and essential oil contents in dill, peppermint, and basil Environmental and Experiment Botany. 58: 9–16.

68-Zheljazkov V.D., and Nielsen N.E. 1993. Studies on the Effect of Heavy Metals (Cd, Pb, Cu, Mn, Zn and Fe) Upon The Growth, Productivity and Quality of Lavander (*Lavandula vera* D. C.) Production. A Paper Presented at the 24th International Symposium on Essential Oils. Berlin. Journal of Essential Oil Research. (In press).

69-Zheljazkov V D, and Warman P.R.2003. Source-Separated Municipal Solid Waste Compost 70-Application to Swiss Chard and Basil. Heavy Metals in the Environment. Technical Report.

70-Zheljazkov V.D., Warman P.R.2003. Application of High Cu Compost to Swiss Chard and Basil. Science Total Environment. 302:13–26.

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 5, Nov.-Dec. 2015, p. 1360-1375

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۴، ص. ۱۳۷۵-۱۳۶۰

Study of Sage (*Salvia officinalis* L.) Cultivation in Condition of Using Irrigated Water Polluted By Cadmium and Lead

Sh. Amirmoradi[1]- P. Rezvani Moghaddam[2]*- A. Koocheki – Sh. Danesh[4]- A. Fotovat[5]

Received: 20-08-2013
Accepted: 17-11-2015

Introduction: Accumulation of heavy metals in agronomic soils continuously by contaminated waste waters not only causes to contamination of soils but also it affects food quality and security. Cadmium and lead are one of the most important heavy metals due to long permanence and persistence in soil can cause problems to human and animal health. Some medicinal plants are able to accumulate of heavy metals from contaminated soils. Heavy metals are not able to enter in the essential oil of some aromatic plants. Study of these plants helps human to select them for cultivating the resistant medicinal plants in contaminated soils.

Materials and Methods: This experiment was carried out in the research greenhouse of agriculture faculty of Ferdowsi university of Mashhad in 2011. Seeds were cultivated in planting aprons into peat moss medium. Then the uniform plantlets were transferred into soil in the plastic boxes (30×50×35 cm) at two leaf stage. In each box 6 plantlets were sown with distance of 15 cm on the planting rows and 20 cm between rows. Experiment was set up as factorial on the basis of randomized complete block design with three replications. The first factor was cadmium concentrations consisted of 0,10,20,40 mg per kilogram and the second factor was lead concentrations consisted of 0,100,300 and 600 mg/kg. Plants were irrigated during of15 weeks with cadmium and lead nitrogen nitrate solutions and then irrigated with distilled water. The differences of nitrogen amounts in treatments were compensated with ammonium nitrate on the basis of differences between level of the highest treatment and the treatment which obtained lower amount of nitrogen. Plants were harvested after 180 days at the beginning of flowering. All shoots and roots were weighted separately as fresh weight and then were dried under shading and then were weighted. The essential oil sage was determined by using of 30 grams of dried sage leaves with distillation method with Clevenger. Cadmium and lead contents in shoot and root were measured by wet digestion method (digestion by Perchloric and Nitric acid). Cadmium and lead contents were detected by atomic absorption apparartus. Data were analyzed by MSTATC software and all means were compared by DMRT at 5% of probability.

Result and Discussion: Results argued that fresh weight of sage at 40 mg/kg of cadmium were decreased 4.61% as compare as control. Dry weight of sage decreased at 600 mg/kg of lead 11.08 % as compare of control. Mean comparisons indicated that at the highest concentrations of cadmium and lead fresh and dry weight of sage were dropped. Growth decrement due to toxicity of cadmium causes to photosynthesis and respiration decline, carbohydrate metabolism decreasing and leaf chlorosis. Researchers observed lead ions by interfering with water balance lead to water stress. High concentrations of lead may cause to decrease the availability of water for plant and high concentrations of cadmium causes to disturb the protein synthesis and lead to protein decline in plant cells. Plant height of sage was declined at 40 mg/kg and 600 mg/kg as compared as control 14.17 and 10.83, respectively. Essential oil in sage was dropped in high levels of cadmium and lead as compare of control 12 and 14.51, respectively. Researchers stated that cadmium concentrations of 2,6 and 10 mg/lit and 50,100 and 500 mg/kg of lead had no significant effect on peppermint, but caused to drop the essential oil percentage of dill and basil.

Disturbance of carbon nutrition in plant cells during the photosynthesis process by heavy metals lead to a decrease in the essential content. The most cadmium absorption by sage shoots belonged to 40 mg/kg and 600 mg/kg of cadmium and lead, respectively and then 40 mg/kg cadmium and 300 mg/kg lead were ranked as second treatment. Increase of cadmium and lead concentrations in irrigation water led to increase of these heavy metals into sage shoots. Increase of lead and cadmium concentrations caused to antagonistic effects of cadmium and lead absorption into shoots of sage. In this experiment cadmium and lead concentrations of all treatments

1,2,3- Ph.D Graduated and Professors, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Respectively
(*- Corresponding Author Email: rezvani@um.ac.ir)
4- Assisstant Proffessor of Civil Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad
5- Assisstant Proffessor of Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

were too below to detect by atomic absorption apparatus. In this study cadmium and lead could not enter to essential oil. Researchers stated that high doses of cadmium, lead, zinc and copper concentrations could not enter into essential oil in sage. Some researchers showed that cadmium, lead and copper were not transferred to essential oil of peppermint, dill and basil during the essential oil distillation process. This finding confirmed that selection of medicinal plants as alternative plants with crops in cadmium and lead contaminated soils.

Conclusion: Fresh and dry weight of Sage in the condition of contaminated soil by 100 mg/kg cadmium and 600 mg/kg lead were declined 4.61 and 5.16 % as compare as control, respectively. At the highest doses of cadmium and lead the essential oil of sage were dropped but, these heavy metals were not detected in essential oil. So, it is seems that this medicinal plant may be applied in the contaminated soil or in the condition of using of contaminated irrigated water by cadmium and lead.

Keywords: Medicinal plant, Heavy metals uptake, Morphological traits, Essential oil content