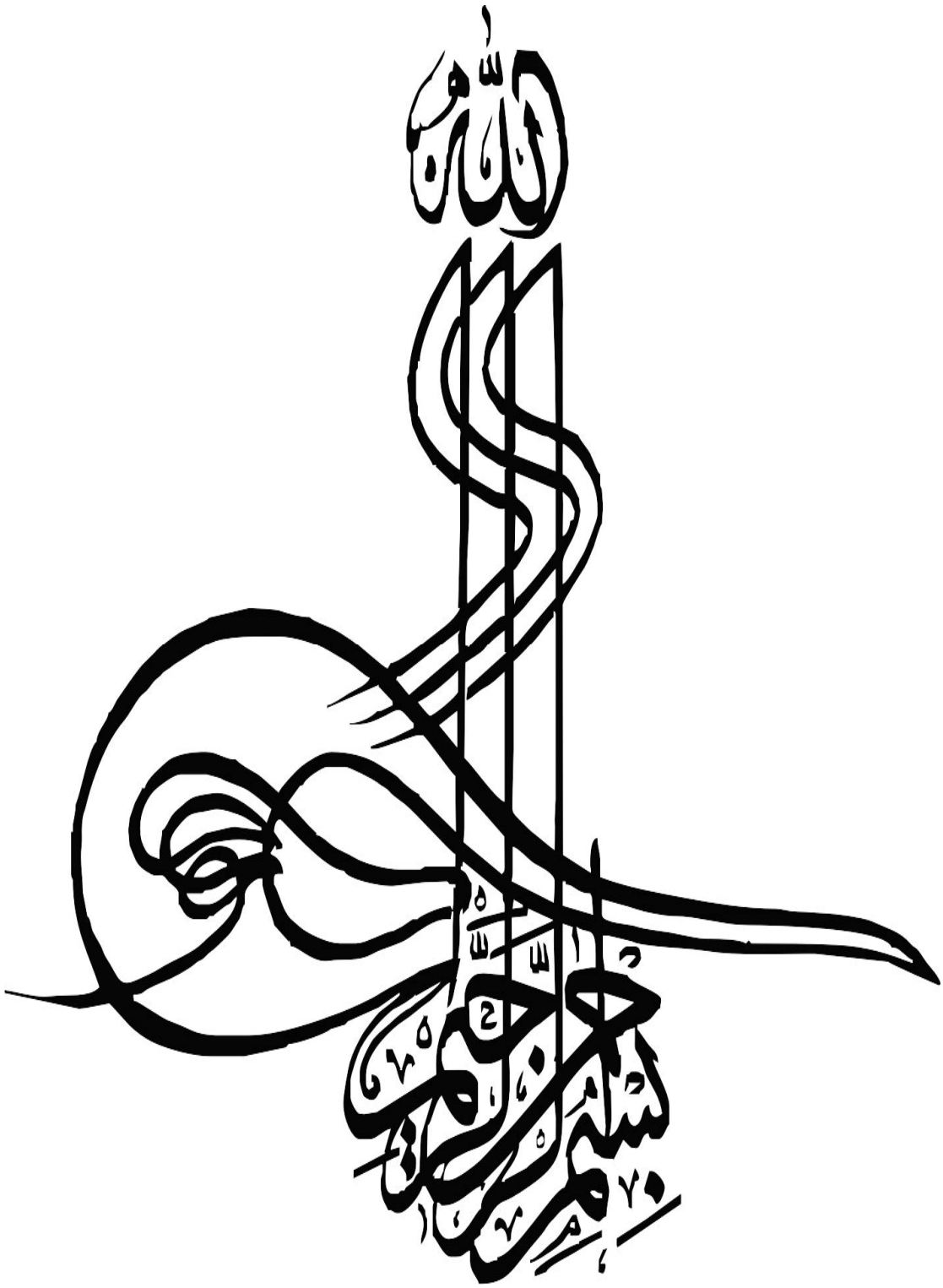

الله
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

گروه زراعت

بررسی توان چند گیاه زراعی از نظر برداشت و انتقال کروم خاک در حضور ماده آلی

فاطمه باطنی

اساتید راهنما:

دکتر حمیدرضا اصغری

دکتر محمدرضا عامریان

اساتید مشاور:

مهندس مهدی رحیمی

مهندس احمد اخیانی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

سال ۱۳۹۴

تقدیم به:

بانوی دوعالم حضرت فاطمه زهرا (س)

تقدیم به گوهر گرانبهای زندگانی

وفرشته مهر و محبت

مادر عزیزم

وروح پدر بزرگوارم

که توان شان رفت تا به توانایی برسم،

مویشان سفید گشت تا رویم سپید بماند

وبرادران و خواهران عزیزم

که هر لحظه پشتوانه ام در تمامی

مراحل زندگیم بوده اند

هزاران درود و سپاس تقدیمتان باد.

تشکر و قدردانی

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمتهای او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند و سلام و درود بر محمّد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، همانان که وجودمان وام دار وجودشان است؛ و نفرین پیوسته بر دشمنان ایشان تا روز رستاخیز. . .

بادرود فراوان به روح پرفتوح پدر بزرگوارم و سپاس بیکران بر همدلی و همراهی و همگامی مادر دلسوز و مهربانم که سجده ی ایثارش گل محبت را در وجودم پروراند و دامان گهربارش لحظه های مهربانی را به من آموخت و همواره بر کوتاهی و درشتی من، قلم عفو کشیده و کریمانه از کنار غفلت هایم گذشته اند و در تمام عرصه های زندگی یار و یاوری بی چشم داشت برای من بوده اند.

سپاس خالصانه دارم از استاد گرانقدرم **جناب آقای دکتر حمیدرضا اصغری** که با کرامتی چون خورشید، سرزمین دل را روشنی بخشیدند و گلشن سرای علم و دانش را با راهنمایی های کارساز و سازنده بارور ساختند، و استاد شایسته **جناب آقای دکتر محمدرضا عامریان** که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند، و جز با معرفت و راهنمایی حکیمانه این دو بزرگوار رسیدن به این مقصود میسر نمی شد و از مشاوران محترم، **جناب آقای مهندس مهدی رحیمی و جناب آقای مهندس احمد اخیانی** که بدون مساعدت ایشان این پروژه به اتمام نمی رسید، کمال تشکر را دارم.

از محضر اساتید محترم داور **جناب آقای دکتر حمید عباس دخت و جناب آقای دکتر منوچهر قلی پور** که زحمت داوری این پروژه را بر عهده داشتند و نماینده محترم تحصیلات تکمیلی **جناب آقای دکتر احمد غلامی** و کارشناس محترم آزمایشگاه زراعت جناب آقای مهندس مطهری نژاد و همچنین کارشناس محترم آزمایشگاه خاک شناسی جناب آقای مهندس شاکری تشکر می کنم. قدردان دوستان و همکلاسی های بسیار خوبم خانم ها مهندس فائزه کریم پوری، پروانه استخدامی، مهسا بهرامی، زینب بساق زاده و آقای مهندس نصیری دهسرخی و سایر کسانی که در تدوین این تحقیق مرا یاری نمودند، می باشم که جای جای این پایان نامه نشانی از حضور صمیمی آنهاست. از زحمات مادر دلسوز و فداکارم، دو برادر مهربانم، محمدرضا و علیرضا و

خواهران عزیزم که در پیشبرد مطلوب‌تر این پایان نامه زحمات فراوانی را متحمل شدند، بی‌نهایت سپاسگزارم. در پایان آرزوی موفقیت و کامیابی برای این عزیزان و تمامی کسانی که یاری گر محققان و پژوهشگران جوان این مرز و بوم هستند دارم که از پرتو چنین همکاری‌های علمی، شاهد ایرانی آباد و سربلند باشیم.

فاطمه باطنی- بهمن ۱۳۹۴

تعهد نامه

اینجانب **فاطمه باطنی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **زراعت** دانشکده **کشاورزی** دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **بررسی توان چند گیاه زراعی از نظر برداشت و انتقال کروم خاک در حضور ماده‌آلی** تحت راهنمائی **جناب آقای دکترحمیدرضا اصغری و جناب آقای دکتر محمدرضا عامریان** متعهد می شوم .

تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .

- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .
-

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامهبدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه‌های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد

چکیده

وجود فلزات سنگین در محیط زیست همواره سلامت انسان، گیاهان و حیوانات را تحت تأثیر قرار داده است. این فلزات عناصری هستند که به راحتی طی فرایندهای شیمیایی و میکروبی قابل تجزیه نیستند. با این حال میل زیادی به تجمع در خاک، محیط‌های آبزی و اندام‌های گیاهی دارند.

مصرف گیاهانی که در آنها مقدارزیادی آلاینده از جمله عنصر سنگین کروم (VI) تجمع یافته است، سلامت قشر مصرف کننده را به خطر می‌اندازد، زیرا کروم (VI)یک عامل سرطان زای قوی شناخته شده است. هدف از اجرای این آزمایش بررسی تأثیر مواد آلی در تغییر و تبدیلات کروم (VI)در خاک و همچنین بررسی میزان تجمع کروم (VI)در اندام‌های چند گیاه زراعی می‌باشد. در همین راستا آزمایشی گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار بر روی ۴ گیاه زراعی (اسفناج، آفتابگردان، سورگوم و گندم)در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در سال ۱۳۹۳ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل کروم در سه سطح صفر(شاهد)، ۱۲۵ و ۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک از منبع دی کرومات پتاسیم، و موادآلی در سه سطح عدم مصرف (شاهد)، کوددامی (به میزان ۵۰ تن در هکتار)و ورمی‌کمپوست (به میزان ۱۰ تن در هکتار) بود.نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که کاربرد سطوح مختلف غلظت کروم تأثیر منفی بر رشد همه‌ی گیاهان مورد آزمایش داشته است، به طوریکه با افزایش غلظت کروم از میزان وزن خشک اندام هوایی و ریشه، طول اندام هوایی و ریشه گیاهان و همچنین میزان کلروفیل a، b و کارتنوئید برگ کاست. افزودن کود دامی و ورمی‌کمپوست به خاک آلوده به کروم، از طریق افزایش مواد آلی خاک موجب بهبود حاصلخیزی خاک شد و این اثر باعث کاهش معنی دار تنش ناشی از کروم (VI)در گیاهان مورد بررسی گردید. این احتمال وجود دارد که افزودن مواد آلی به خاک آلوده به کروم طی فرایند اکسایش – کاهش سبب کاهش کروم(VI) می‌گردد.

نتایج حاصل از این تحقیق بیانگر این مطلب است که افزودن کود دامی و ورمی‌کمپوست به خاک‌های آلوده به عنصر سنگین کروم، از طریق تثبیت کروم (VI) در خاک، موجب کاهش انتقال این آلاینده از خاک به اندام‌های گیاهی گردید. تجمع کروم (VI)،در ریشه گیاهان نسبت به اندام هوایی بیشتر بود که می‌توان علت تجمع بیشتر فلز سنگین کروم در ریشه نسبت به اندام هوایی را، به پویایی پایین این فلز نسبت داد. کاربرد کود دامی و ورمی‌کمپوست در خاکهای آلوده به کروم، علاوه بر افزایش حاصلخیزی خاک و فراهم نمودن مواد غذایی مورد نیاز برای رشد گیاهان، میزان کروم (VI) را در خاک کاهش داده و در نتیجه به سلامت انسان در کشاورزی پایدار و ارگانیک کمک می‌کند.

کلمات کلیدی: کروم(VI)، موادآلی، کوددامی، ورمی‌کمپوست

مقالات مستخرج از پایان نامه

تأثیر تنش کروم بر صفات زراعی و عملکرد آفتابگردان.همایش ملی کشت ارگانیک و ازدیاد گیاهان دارویی. ۲۲ و ۲۳ مهرماه ۱۳۹۴. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

مطالعه اثر کاربرد موادآلی بر برخی خصوصیات رشدی سورگوم علوفه ای آبیاری شده با آب آلوده به کروم. همایش ملی کشت ارگانیک و ازدیاد گیاهان دارویی. ۲۲ و ۲۳ مهرماه ۱۳۹۴. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

بررسی تأثیر کودهای آلی بر برخی خصوصیات رشدی گیاه آفتابگردان آبیاری شده با آب آلوده به کروم.همایش ملی کشت ارگانیک و ازدیاد گیاهان دارویی. ۲۲ و ۲۳ مهرماه ۱۳۹۴. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- عناصر سنگین ۴

۱-۳- فلز سنگین کروم ۷

۱-۴- کاربردهای کروم ۸

۱-۵- منابع کروم ۹

۱-۶- واکنش های کروم ۹

۱-۷- مقدار مجاز کروم در آب، خاک، گیاه ۱۰

۱-۸- اهمیت کشاورزی پایدار ۱۰

۱-۹- اهمیت کودهای آلی و زیستی ۱۲

۱-۱۰- ورمی‌کمپوست ۱۲

۱-۱۱- کود دامی ۱۵

۱-۱۲-گیاه‌پالایی ۱۶

۱-۱۲-۱- انواع روش‌های گیاه پالایی ۱۶

۱-۱۳- آفتابگردان ۱۷

۱-۱۴- اسفناج ۱۸

۱-۱۵- سورگوم ۱۹

۱-۱۶- گندم ۱۹

فصل دوم: بررسی منابع

۲-۱- تأثیر عناصر سنگین به ویژه کروم در گیاهان ۲۲

۲-۲- تأثیر عناصر سنگین به ویژه کروم در خاک ۲۳

۲-۳- علائم سمیت کروم در گیاهان ۲۵

۲-۴- ویژگیهای کروم (VI) و کروم (III) ۲۵

۲-۵- دلایل کاهش رشد گیاهان تغذیه شده با کروم ۲۷

۲-۶- روش‌های حذف کروم (VI) از محیطهای آلوده ۲۸

۲-۷- تأثیر کوددامی بر خصوصیات گیاهان زراعی ۲۸

۲-۸- تأثیر موادآلی بر عناصر سنگین خاک ۳۰

فصل سوم: مواد و روشها

۳-۱- زمان وموقعیت محل اجرای آزمایش ۳۶

۳-۲- نوع و قالب طرح آزمایشی ۳۶

۳-۳-خصوصیات خاک گلدان‌ها ۳۷

۳-۴-آماده سازی خاک گلدان‌ها و کاشت بذور ۳۸

۳-۵-تعیین ظرفیت زراعی خاک گلدان ها و نحوه آبیاری ۳۸

۳-۶-عملیات آبیاری، تنک کردن و مبارزه باعلف‌های هرز ۳۹

۳-۷-برداشت نهایی ۳۹

۳-۸-نمونه برداری خاک ۳۹

۳-۹-اندازه‌گیری صفات مربوط به رشد و مورفولوژی گیاه ۴۰

۳-۹-۱-وزن خشک ریشه و اندام هوایی ۴۰
۳-۹-۲-ارتفاع ریشه و اندام هوایی ۴۰
۳-۱۰-صفات فیزیولوژیکی گیاه ۴۰
۳-۱۰-۱- اندازه‌گیری میزان کلروفیلa، کلروفیلbو کارتنوئید ۴۰
۳-۱۱- اندازه‌گیری صفات مربوط به خاک ۴۱
۳-۱۱-۱-اندازه‌گیری محتوای کربن آلی خاک ۴۱
۳-۱۱-۲-اندازه‌گیری هدایت الکتریکی(EC) و اسیدیته(pH) خاک ۴۱
۳-۱۱-۳-اندازه‌گیری غلظت کروم(VI) در خاک ۴۲
۳-۱۲-اندازه‌گیری محتوای کروم(VI) در اندام هوایی گیاهان ۴۲
۳-۱۳-اندازه‌گیری پارامترهای خاک اولیه ۴۳
۳-۱۴-محاسبات و تجزیه و تحلیل آماری ۴۳

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱-صفات مربوط به رشد و مورفولوژی گیاهان ۴۶
۴-۱-۱- وزن خشک اندام هوایی ۴۶
۴-۱-۱-۱- وزن خشک اندام هوایی اسفناج ۴۶
۴-۱-۱-۲- وزن خشک اندام هوایی آفتابگردان ۴۷
۴-۱-۱-۳- وزن خشک اندام هوایی سورگوم ۴۸
۴-۱-۱-۴- وزن خشک اندام هوایی گندم ۵۰
۴-۱-۲- وزن خشک ریشه ۵۱
۴-۱-۲-۱- وزن خشک ریشه اسفناج ۵۱

۴-۱-۲-۲- وزن خشک ریشه آفتابگردان ۵۲
۴-۱-۲-۳- وزن خشک ریشه سورگوم ۵۳
۴-۱-۲-۴- وزن خشک ریشه گندم ۵۴
۴-۱-۳- ارتفاع ساقه ۵۵
۴-۱-۳-۱- ارتفاع ساقه آفتابگردان ۵۵
۴-۱-۳-۲- ارتفاع ساقه سورگوم ۵۷
۴-۱-۳-۳- ارتفاع ساقه گندم ۵۸
۴-۱-۴- ارتفاع ریشه ۵۹
۴-۱-۴-۱- ارتفاع ریشه اسفناج ۵۹
۴-۱-۴-۲- ارتفاع ریشه آفتابگردان ۶۰
۴-۱-۴-۳- ارتفاع ریشه سورگوم ۶۲
۴-۱-۴-۴- ارتفاع ریشه گندم ۶۲
۴-۲-صفات فیزیولوژیکی گیاهان مورد مطالعه ۶۳
۴-۲-۱- میزان کلروفیل a در برگ‌ها ۶۳
۴-۲-۱-۱- میزان کلروفیل a در برگ‌های گیاه اسفناج ۶۳
۴-۲-۱-۲- میزان کلروفیل a در برگ‌های گیاه آفتابگردان ۶۵
۴-۲-۱-۳- میزان کلروفیل a در برگ‌های گیاه سورگوم ۶۷
۴-۲-۱-۴-میزان کلروفیل a در برگ‌های گیاه گندم ۶۷
۴-۲-۲-میزان کلروفیل b در برگ‌ها ۶۹
۴-۲-۲-۱- میزان کلروفیل b در برگ‌های گیاه اسفناج ۶۹
۴-۲-۲-۲- میزان کلروفیل b در برگ‌های گیاه آفتابگردان ۷۱

۴-۲-۲-۳- میزان کلروفیل b در برگ‌های گیاه سورگوم ۷۱
۴-۲-۲-۴- میزان کلروفیل b در برگ‌های گیاه گندم ۷۱
۴-۲-۳-میزان کارتنوئید در برگ‌ها ۷۱
۴-۲-۳-۱- میزان کارتنوئید در برگ‌های گیاه اسفناج ۷۱
۴-۲-۳-۲- میزان کارتنوئید در برگ‌های گیاه آفتابگردان ۷۳
۴-۲-۳-۳- میزان کارتنوئید در برگ‌های گیاه سورگوم ۷۳
۴-۲-۳-۴- میزان کارتنوئید در برگ‌های گیاه گندم ۷۴
۴-۳- صفات مربوط به خاک ۷۵
۴-۳-۱-میزان کربن آلی خاک ۷۵
۴-۳-۱-۱- میزان کربن آلی خاک درگلدان‌های حاوی گیاه اسفناج ۷۵
۴-۳-۱-۲- میزان کربن آلی خاک در گلدان‌های حاوی گیاه آفتابگردان ۷۶
۴-۳-۱-۳- میزان کربن آلی خاک در گلدان‌های حاوی گیاه سورگوم ۷۷
۴-۳-۱-۴- میزان کربن آلی خاک در گلدان‌های حاوی گیاه گندم ۷۸
۴-۳-۲- هدایت الکتریکی (EC) ۷۹
۴-۳-۲-۱- هدایت الکتریکی خاک در گلدان‌های حاوی گیاه اسفناج ۷۹
۴-۳-۲-۲- هدایت الکتریکی خاک در گلدان‌های حاوی گیاه آفتابگردان ۸۰
۴-۳-۲-۳- هدایت الکتریکی خاک در گلدان‌های حاوی گیاه سورگوم ۸۱
۴-۳-۲-۴- هدایت الکتریکی خاک در گلدان‌های حاوی گیاه گندم ۸۲
۴-۳-۳- اسیدیته (pH) ۸۲
۴-۳-۳-۱- اسیدیته خاک در گلدان‌های حاوی گیاه اسفناج ۸۲

۴-۳-۳-۲- اسیدیته خاک در گلدان‌های حاوی گیاه آفتابگردان ۸۳
۴-۳-۳-۳- اسیدیته خاک در گلدان‌های حاوی گیاه سورگوم ۸۳
۴-۳-۳-۴- اسیدیته خاک در گلدان‌های حاوی گیاه گندم ۸۴
۴-۳-۴- غلظت کروم (VI) خاک ۸۴
۴-۳-۴-۱- غلظت کروم (VI) خاک در گلدان‌های حاوی گیاه اسفناج ۸۴
۴-۳-۴-۲- غلظت کروم (VI) خاک در گلدان‌های حاوی گیاه آفتابگردان ۸۵
۴-۳-۴-۳- غلظت کروم (VI) خاک در گلدان‌های حاوی گیاه سورگوم ۸۶
۴-۳-۴-۴- غلظت کروم (VI) خاک در گلدان‌های حاوی گیاه گندم ۸۷
۴-۴- جذب کروم(VI) در گیاهان مورد بررسی ۸۹
۴-۴-۱- غلظت کروم(VI) دانه ۸۹
۴-۴-۱-۱- میزان کروم (VI) مغز دانه آفتابگردان ۸۹
۴-۴-۱-۲- میزان کروم (VI) بذر گندم ۹۰
۴-۴-۲- غلظت کروم (VI) ساقه و برگ ۹۰
۴-۴-۲-۱- غلظت کروم (VI) ساقه و برگ اسفناج ۹۰
۴-۴-۲-۲- غلظت کروم (VI) ساقه و برگ آفتابگردان ۹۲
۴-۴-۲-۳- غلظت کروم (VI) ساقه و برگ سورگوم ۹۳
۴-۴-۲-۴- غلظت کروم (VI) ساقه و برگ گندم ۹۴
۴-۴-۳- میزان کروم (VI) ریشه ۹۵
۴-۴-۳-۱- میزان کروم (VI) ریشه اسفناج ۹۵
۴-۴-۳-۲- میزان کروم (VI) ریشه آفتابگردان ۹۶

۴-۴-۳-۳- میزان کروم (VI) ریشه سورگوم..... ۹۸

۴-۴-۳-۴- میزان کروم (VI) ریشه گندم..... ۹۹

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۵-۱- نتیجه‌گیری..... ۱۰۲

۵-۲- پیشنهادات..... ۱۰۴

منابع

منابع..... ۱۰۵

پیوست ها

پیوست ها..... ۱۲۱

فهرست اشکال

عنوان صفحه

شکل ۱-۱- تصویری از فلز سنگین کروم..... ۷

شکل ۳-۱- نقشه کشت..... ۳۷

شکل ۴-۱- مقایسه میانگین وزن خشک اندام هوایی اسفناج تحت تأثیر کروم و موادآلی..... ۴۶

شکل ۴-۲- مقایسه میانگین وزن خشک اندام هوایی آفتابگردان تحت تأثیر کروم و موادآلی.... ۴۸

شکل ۴-۳- مقایسه میانگین وزن خشک اندام هوایی سورگوم تحت تأثیر کروم..... ۴۹

شکل ۴-۴- مقایسه میانگین وزن خشک اندام هوایی سورگرم تحت تأثیر مواد آلی..... ۵۰

شکل ۴-۵- مقایسه میانگین وزن خشک اندام هوایی گندم تحت تأثیر مواد آلی..... ۵۱

شکل ۴- ۶ –مقایسه میانگین وزن خشک ریشه اسفناج تحت تأثیر مواد آلی..... ۵۱

شکل ۴- ۷ –مقایسه میانگین وزن خشک ریشه آفتابگردان تحت تأثیر کروم و مواد آلی..... ۵۳

شکل ۴- ۸ –مقایسه میانگین وزن خشک ریشه سورگوم تحت تأثیر کروم و مواد آلی..... ۵۴

شکل ۴- ۹–مقایسه میانگین وزن خشک ریشه گندم تحت تأثیر کروم و مواد آلی.....**۵۵**

شکل ۴- ۱۰ –مقایسه میانگین طول اندام هوایی آفتابگردان تحت تأثیر کروم و مواد آلی.....**۵۶**

شکل ۴- ۱۱ –مقایسه میانگین طول اندام هوایی سورگوم تحت تأثیر مواد آلی.....**۵۷**

شکل ۴- ۱۲ –مقایسه میانگین طول اندام هوایی گندم تحت تأثیر کروم و موادآلی.....**۵۹**

شکل ۴- ۱۳- مقایسه میانگین طول ریشه اسفناج تحت تأثیر کروم و مواد آلی.....**۶۰**

شکل ۴- ۱۴- مقایسه میانگین طول ریشه آفتابگردان تحت تأثیر کروم.....**۶۱**

شکل۴-۱۵-مقایسه میانگین طول ریشه آفتابگردان تحت تأثیر مواد آلی.....**۶۱**

شکل ۴- ۱۶- مقایسه میانگین طول ریشه سورگوم تحت تأثیر کروم.....**۶۲**

شکل ۴- ۱۷- مقایسه میانگین طول ریشه گندم تحت تأثیر کروم.....**۶۳**

شکل ۴- ۱۸- مقایسه میانگین کلروفیل a اسفناج تحت تأثیر کروم.....**۶۴**

شکل ۴- ۱۹- مقایسه میانگین کلروفیل a اسفناج تحت تأثیر مواد آلی.....**۶۵**

شکل ۴- ۲۰- مقایسه میانگین کلروفیل a آفتابگردان تحت تأثیر کروم و مواد آلی.....**۶۷**

شکل ۴- ۲۱- مقایسه میانگین کلروفیل a گندم تحت تأثیر کروم.....**۶۸**

شکل ۴- ۲۲- مقایسه میانگین کلروفیل a گندم تحت تأثیر مواد آلی.....**۶۹**

شکل ۴- ۲۳- مقایسه میانگین کلروفیل b اسفناج تحت تأثیر کروم.....**۷۰**

شکل ۴- ۲۴- مقایسه میانگین کلروفیل b اسفناج تحت تأثیر مواد آلی.....**۷۰**

شکل ۴- ۲۵- مقایسه میانگین کلروفیل b سورگوم تحت تأثیر مواد آلی.....**۷۱**

شکل ۴- ۲۶- مقایسه میانگین کارتنوئید اسفناج تحت تأثیر کروم.....**۷۲**

شکل ۴- ۲۷- مقایسه میانگین کارتنوئید اسفناج تحت تأثیر مواد آلی.....**۷۳**

شکل ۴- ۲۸- مقایسه میانگین کارتنوئید سورگوم تحت تأثیر کروم.....**۷۴**

شکل ۴- ۲۹- مقایسه میانگین کارتنوئید سورگوم تحت تأثیر مواد آلی.....**۷۵**

شکل ۴- ۳۰- مقایسه میانگین کربن آلی خاک اسفناج تحت تأثیر کروم و مواد آلی.....**۷۶**

شکل ۴- ۳۱- مقایسه میانگین کربن آلی خاک آفتابگردان تحت تأثیر کروم و مواد آلی.....**۷۷**

شکل۴-۳۲-مقایسه میانگین کربن آلی خاک سورگوم تحت تأثیر کروم و مواد آلی.....**۷۸**
شکل ۴- ۳۳- مقایسه میانگین کربن آلی خاک گندم تحت تأثیر کروم و مواد آلی.....**۷۹**
شکل ۴- ۳۴- مقایسه میانگین میزان شوری خاک اسفناج تحت تأثیر مواد آلی.....**۸۰**
شکل ۴- ۳۵- مقایسه میانگین میزان شوری خاک آفتابگردان تحت تأثیر مواد آلی.....**۸۱**
شکل ۴- ۳۶- مقایسه میانگین میزان شوری خاک سورگوم تحت تأثیر مواد آلی.....**۸۱**
شکل ۴- ۳۷- مقایسه میانگین میزان شوری خاک گندم تحت تأثیر کروم و مواد آلی.....**۸۲**
شکل ۴- ۳۸- مقایسه میانگین میزان اسیدیته خاک اسفناج تحت تأثیر مواد آلی.....**۸۳**
شکل۴- ۳۹-مقایسه میانگین میزان اسیدیته خاک سورگوم تحت تأثیر کروم و مواد آلی.....**۸۴**
شکل ۴-۴۰- مقایسه میانگین میزان کروم خاک اسفناج تحت تأثیر کروم و موادآلی.....**۸۵**
شکل ۴- ۴۱- مقایسه میانگین کروم خاک آفتابگردان تحت تأثیر کروم و مواد آلی.....**۸۶**
شکل ۴-۴۲- مقایسه میانگین میزان کروم خاک سورگوم تحت تأثیر کروم و موادآلی.....**۸۷**
شکل ۴-۴۳- مقایسه میانگین میزان کروم خاک گندم تحت تأثیر کروم و موادآلی.....**۸۸**
شکل۴-۴۴- مقایسه میانگین میزان کروم مغز دانه آفتابگردان تحت تأثیر کروم و موادآلی.....**۸۹**
شکل ۴-۴۵- مقایسه میانگین میزان کروم بذر گندم تحت تأثیر کروم.....**۹۰**
شکل ۴-۴۶- مقایسه میانگین میزان کروم برگ اسفناج تحت تأثیر کروم و موادآلی.....**۹۲**
شکل ۴-۴۷- مقایسه میانگین میزان کروم ساقه و برگ آفتابگردان تحت تأثیر کروم و موادآلی**۹۳**
شکل ۴- ۴۸- مقایسه میانگین میزان کروم ساقه و برگ سورگوم تحت تأثیر کروم و موادآلی..**۹۴**
شکل ۴- ۴۹- مقایسه میانگین میزان کروم ساقه و برگ گندم تحت تأثیر کروم و موادآلی.....**۹۵**
شکل ۴- ۵۰- مقایسه میانگین میزان کروم ریشه اسفناج تحت تأثیر کروم و موادآلی.....**۹۶**
شکل ۴- ۵۱- مقایسه میانگین میزان کروم ریشه آفتابگردان تحت تأثیر کروم و موادآلی.....**۹۷**
شکل ۴- ۵۲- مقایسه میانگین میزان کروم ریشه سورگوم تحت تأثیر کروم و موادآلی.....**۹۹**
شکل ۴- ۵۳- مقایسه میانگین میزان کروم ریشه گندم تحت تأثیر کروم و موادآلی.....**۱۰۰**

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۱- مقدار مجاز کروم در خاک، آب آبیاری، گیاه..... **۱۰**

جدول ۳-۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایي خاک مورد آزمایش..... **۳۷**

فهرست جدول‌های پیوست

جدول پیوست ۱- میانگین مربعات وزن خشک اندام هوایی و ریشه اسفناج، آفتابگردان، سورگوم و گندم تحت تأثیر کروم و مواد آلی..... **۱۲۱**

جدول پیوست ۲- میانگین مربعات طول اندام هوایی و ریشه اسفناج، آفتابگردان، سورگوم و گندم تحت تأثیر کروم و مواد آلی..... **۱۲۱**

جدول پیوست ۳- میانگین مربعات کلروفیل a و b اسفناج، آفتابگردان، سورگوم و گندم تحت تأثیر کروم و مواد آلی..... **۱۲۲**

جدول پیوست ۴- میانگین مربعات کارتنوئید و کربن آلی خاک اسفناج، آفتابگردان، سورگوم و گندم تحت تأثیر کروم و مواد آلی..... **۱۲۲**

جدول پیوست ۵- میانگین مربعات pH و ECخاک اسفناج، آفتابگردان، سورگوم و گندم تحت تأثیر کروم و مواد آلی..... **۱۲۳**

جدول پیوست ۶- میانگین مربعات کروم خاک اسفناج، آفتابگردان، سورگوم و گندم ؛ کروم دانه افتابگردان و بذر گندم تحت تأثیر کروم و مواد آلی..... **۱۲۳**

جدول پیوست ۷- میانگین مربعات کروم ساقه وبرگ و ریشه اسفناج، آفتابگردان، سورگوم و گندم تحت تأثیر کروم و مواد آلی..... **۱۲۴**

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

بشر با انجام فعالیتهای متنوع، چرخه طبیعی عناصر را دچار اشکال نموده و باعث تجمع یا ورود عناصرغیر ضروری در چرخه غذایی می‌گردد که اثرات نامطلوب بر روی فعالیت‌های متابولیکی و فیزیولوژیکی گیاه و موجودات زنده خاک خواهد داشت. نظر به صنعتی شدن جوامع در دهه‌های اخیر و تولید مقادیر قابل توجهی پساب‌های صنعتی توسط کارخانجات و رهاسازی آنها در اکوسیستم‌های طبیعی و روان آبها و از سوی دیگر افزایش استفاده از سوختهای فسیلی و احتمال بازگشت ترکیبات احتراق یافته به محیط، استفاده از آفت کش‌ها در مزارع و افزایش رها سازی مواد شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی به محیط زیست (وونگ و همکاران، ۲۰۰۲) منجر به افزایش نگرانی‌ها در مورد پتانسیل تجمع فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی شده است (پیز و جونیز، ۱۹۹۷).

مهم‌ترین آلاینده‌های خاک شامل فلزات سنگین، بارش اسیدی و مواد آلی می‌باشند، در این میان، فلزات سنگین در سالیان اخیر به دلیل خصوصیات آلایندگی‌شان در خاک شدیداً مورد توجه قرار گرفته‌اند. تغییرات مکانی محتویات فلزات سنگین در خاک سطحی کشاورزی ممکن است تحت تأثیر مواد خاک مادری و منابع انسانی باشد به عبارت دیگر این فلزات به طور طبیعی در خاک وجود دارند اما دراثر فعالیت‌های انسانی هم، به خاک افزوده می‌شوند. در حقیقت فعالیت‌های انسانی ممکن است منجر به تجمع بیشتر فلزات سنگین در خاک شود (یالکین و همکاران، ۲۰۰۷).

کروم یکی از این ترکیبات فلزی است که جزء عناصر واسطه جدول تناوبی و از جمله فلزاتی است که به دلیل ویژگی‌های خاص خود، کاربردهای متعددی در صنایع گوناگون داشته و استفاده از آن در صنعت همواره رشد صعودی داشته است. دامنه گسترده‌ی استفاده از این فلز در صنعت، باعث شده است که ورود آن به محیط زیست افزایش یابد (پارسا و همکاران، ۱۳۸۶). غلظت‌های بالای کروم به عنوان عاملی تنش زا برای گیاهان محسوب می‌شود که می‌تواند به عنوان یک عامل محدودکننده رشد، خصوصیات فیزیولوژیک و بیوشیمی گیاهان را تحت تاثیر قرار دهد (پیروز و همکاران،۱۳۹۰).

کروم در طبیعت به اشکال متفاوت اکسید شده وجود دارد، اما پایدارترین شکل‌های کروم، کروم با ظرفیت سه (III) و کروم با ظرفیت شش (VI) هستند که از لحاظ خواص شیمیایی و اثرات ایجاد کننده کاملاً متفاوت عمل می‌کنند و زمان جابجایی، دستیابی زیستی و سمی بودن متفاوتی دارند (بارن هارت، ۱۹۹۷؛ ورنای و همکاران، ۲۰۰۸؛ پاندا و چودهاری، ۲۰۰۵).

یکی از روش‌های کنترل عناصر سنگین در خاک استفاده از روش غیر پویاسازی شیمیایی آنها می-باشد. این روش با کاهش حلالیت فلزات سنگین در خاک باعث کاهش غلظت آنها در گیاه می‌گردد. تثبیت شیمیایی فلزات سنگین به دلیل هزینه‌ی کم و سرعت نسبتاً بالا نسبت به سایر روشها از اهمیت بیشتری برخوردار است. استفاده از اصلاح کننده‌ها از طریق سازوکار جذب سطحی، واکنش-های اکسایش و کاهش، رسوب، اسید _ باز، تبادل یونی و هوموسی شدن باعث غیر پویا شدن و تثبیت فلزات سنگین در خاک می‌گردند. انتخاب افزودنی مناسب، تحرک و فراهمی آلاینده را به سرعت کاهش داده و از آبشویی و جذب به وسیله گیاهان و موجودات زنده خاک جلوگیری می‌کند (شکل و رایان، ۲۰۰۳).

هدف اصلی کشاورزی پایدار که به وجود آمدن آن برای حیات انسان یک ضرورت است، کاهش نهاده-های مصرفی، افزایش چرخه داخلی عناصر غذایی خاک از طریق کاهش خاک ورزی و استفاده از کودهای زیستی به جای کودهای شیمیایی در جهت افزایش عملکرد محصولات کشاورزی و تولید غذای بیشتر است (لاگرید و همکاران، ۱۹۹۹؛ کچاکی و همکاران، ۲۰۰۸). امروزه برتری استفاده از پس مانده‌های آلی در کشاورزی به عنوان منبع با ارزشی از اصلاح کننده‌های آلی و عناصر تغذیه‌ای برای گیاه، بر هیچ کس پوشیده نیست به طوری که با کاربرد مواد آلی هم وضعیت مواد آلی خاک (هوموس خاک) و هم مقدار عناصر غذایی آن بهبود می‌یابد (کورتنی و مولن، ۲۰۰۷). در بسیاری از نظام‌های کشاورزی پایدار از کمپوست و کودهای آلی جهت بهبود حاصلخیزی خاک و نیز پیشگیری و کنترل آفات و امراض گیاهی استفاده می‌شود (عباسی و همکاران،۲۰۰۲؛ بارکر و برایسون، ۲۰۰۶).

کودهای آلی و کمپوست می‌توانند علاوه بر نقش تغذیه‌ای، دارای اثرات مستقیم ضد بیماری، تحریک میکروارگانیسم‌های رقیب و همچنین ایجاد مقاومت در گیاهان در مقابل بیماری‌های گیاهی باشند (قربانی و همکاران، ۲۰۰۶).

در سال‌های اخیر توجه به فلزات سنگین از جمله در خاکها به دلیل آثار نامطلوب آنها بر فعالیتهای متابولیکی و فیزیولوژیکی گیاهان و اثرات سوئی که بر کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی می-گذارند، افزایش یافته است (مکلین و بلدسو،۱۹۹۲). به علاوه آلودگی خاک توسط فلزات سنگین، یک مشکل عمده‌ی زیست محیطی محسوب می‌شود و خطرات جدی را برای سلامت انسان، موجودات زنده و تولیدات کشاورزی به همراه دارد (هال،۲۰۰۲؛ احمدی زاده،۱۳۷۶).

لذا این تحقیق بر روی چند گیاه زراعی (آفتابگردان، اسفناج، سورگوم و گندم) به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دانشکده‌ی کشاورزی بسطام با اهداف زیر اجرا شد :

۱- بررسی تجمع کروم (VI) در اندام‌های مختلف گیاهان و انتخاب گیاه زراعی مناسب در مناطق آلوده به کروم

۲-ارزیابی میزان تأثیر مواد آلی درتغییر و تبدیلات کروم (VI) در خاک

در نهایت انتخاب نوع گیاه زراعی مناسب که کمترین میزان انتقال کروم را داشته و یا انتخاب گیاه زراعی که حداقل تجمع کروم را در بخش قابل برداشت (عملکرد زراعی) به نسبت سایر اندام گیاهی داشته باشد کمک فراوانی در سلامت قشر مصرف کننده خواهد داشت.

۱-۲- عناصر سنگین

درسال‌های اخیر نگرانی آثار دراز مدت فلزات سنگین به عنوان آلاینده‌های زیست محیطی، افزایش وارزیابی تجمع عناصر سمی در خاک و گیاهان در محیط زیست نیز از نظر سلامت وحیات انسان و سایر موجودات بسیار مهم وضروری است (رحیمی‌آلاشتی و همکاران، ۱۳۸۹). فلزات سنگین گروه اصلی آلاینده‌های غیر آلی هستند. منابع اولیه آلودگی خاک به فلزات سنگین شامل استفاده از

سوخت‌های فسیلی، معدن کاوی و فعالیت‌های کارخانجات ذوب و پالایش، پس مانده‌های شهری، کودها، آفت کش‌ها و لجن فاضلاب می‌باشد که سطح گسترده‌ای از اراضی را آلوده کرده‌اند (پنگ و همکاران، ۲۰۰۶؛ زیونگ، ۱۹۹۸). طی پژوهشی شهبازی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی و حشره‌کش‌ها سبب افزایش غلظت فلزات سنگین در خاک گردید. عناصر سنگین عناصری هستند که وزن اتمی آنها بین ۶۳/۵۴۶ تا ۲۰۰/۵۹۰ باشد و جرم مخصوص آنها بیش از ۵ یا ۶ گرم بر سانتی‌مترمکعب می‌باشند و عمدتاً به عناصر واسطه جدول تناوبی تعلق دارند (پیز و جونیز، ۱۹۹۷؛ کریمیان، ۱۳۷۳؛ مجللی، ۱۳۷۳؛ پراساد و استرزاکا، ۲۰۰۲). فلزاتی مانند کادمیوم، آرسنیک، کروم، سرب، نیکل وسلنیوم به طور معمول در خاکهای کشاورزی یافت نمی‌شود و در غلظت زیاد برای گیاهان سمی هستند (تاکر و همکاران، ۲۰۰۳).

هر چند غلظت عناصر سنگین در پساب ممکن است کم و ناچیز باشد، تجمع آنها در خاک می‌تواند سبب افزایش غلظت عناصر سنگین در گیاهان کشت شده در این خاک‌ها شود. استفاده از پساب در کوتاه مدت ممکن است سمیتی در گیاه ایجاد نکند اما مصرف طولانی مدت فاضلاب‌ها یا به عبارتی ورود کنترل نشده عناصر سنگین به خاک‌ها سبب افزایش غلظت این عناصر در خاک شده و بعد از جذب توسط گیاهان به آسانی وارد زنجیره غذایی می‌شوند (آگاروال، ۲۰۰۲). باید به این نکته توجه داشت که همه عناصر به طورطبیعی در خاک وجود دارند و در تعریف غلظت طبیعی آن‌ها در خاک بایستی تغییرات زمین شناسی و جغرافیایی در نظر گرفته شود، فرایندهای خاک‌سازی وهوادیدگی سنگ بستر باعث می‌شود که غلظت این عنصر بطور تدریجی در خاک افزایش یابد (وست، ۱۹۸۴). فلزات سنگین آلاینده‌های خطرناکی برای محیط زیست و سلامت انسان محسوب می‌شوند(لیمچ، ۱۹۹۰). عناصرسنگین اغلب به فرم اکسید، هیدرواکسید، سیلیکات و سولفات و یا بصورت جذب شده بر روی رس، سیلیکات و ماده آلی یافت می‌شوند. ۵۳ عنصر از ۹۰ عنصر طبیعی جزو فلزات سنگین محسوب می‌شوند، اما تمامی آنها اهمیت بیولوژیکی ندارند. بر اساس حلالیت این فلزات در محیط

فیزیکی، ۱۷ عنصر سنگین ممکن است در دسترس سلول‌های زنده بوده و برای موجودات زنده و اکوسیستم‌ها اهمیت داشته باشد (وست، ۱۹۸۴).

برخی از گونه‌های گیاهی در برابر میزان مشخصی از فلزات سنگین در خاک مقاوم بوده، توانایی جذب وتثبیت آنها را در بافتهای درونی خود دارند. از طرفی در برخی از گیاهان آثار مسمومیت چندان بارز نیست ، ولی میزان محتوی فلزی موجود در گیاه، سلامت انسان و یا دام‌هایی که از آن تغذیه می‌کنند را به خطر می‌اندارد (زیاد و همکاران، ۱۹۹۸؛ چاترجی و چاترجی، ۲۰۰۰). ثبات، پایداری و همچنین تجمع زیستی عناصر سنگین در بدن موجودات زنده و انتقال آن به حلقه‌های بعد زنجیره غذایی سبب شده است تا مطالعه الگوهای مختلف تجمع و پراکنش این فلزات در بافتهای خوراکی و غیر خوراکی گیاهان مرتعی از دیدگاه‌های مختلف، به ویژه سلامت غذایی مصرف کننده حائز اهمیت باشد (پورنگ و دنیس، ۲۰۰۵).

خاک‌های آلوده به فلزات سنگین می‌توانند به روش‌های شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی پالایش شوند (مک الدونی و همکارن، ۱۹۹۳). در ارتباط با گیاه‌پالایی آزمایشهای زیادی در مقیاس گلخانه‌ای و مزرعه‌ای در کشور آمریکا و کشورهای اروپایی صورت گرفته است (بارکر و همکاران، ۱۹۹۴). محل-های آلوده شده به فلزات سنگین اغلب توسط گونه‌های گیاهی خاصی حمایت می‌شوند که برخی از این گیاهان مقادیر بالایی از این فلزات را در بافت‌های خود تجمع می‌دهند (هید و فلیتچر،۱۹۹۶؛ بارکر و بروکس، ۱۹۸۹). گیاه پالایی یک داروی کلی برای درمان خاک‌های آلوده شده به فلزات سنگین نیست (خان و همکاران، ۲۰۰۰). فلزات سنگین و افزایش آنها در خاک از عوامل مهم آلودگی خاک است که باید بطور جدی مورد توجه قرار گیرد، زیرا با ورود به زنجیره‌های غذایی و تجمع زیستی در موجودات، سبب بروز مشکلات و بیماری‌هایی در انسان و دام می‌شود (دبیری، ۱۹۹۶).

۱-۳- فلز سنگین کروم

کروم یکی از عناصر جدول تناوبی است که دارای نماد علمی Cr و عدد اتمی ۲۴ می‌باشد. کروم یا کرومیوم فلزی سخت، براق و به رنگ خاکستری فلزی با جلاپذیری بالا و نقطه جوش بالا و مقاومت قابل توجه در برابر زنگ زدگی و تیرگی است (شکل ۱-۱) (اریک، ۱۹۸۸). یوهان گوتلوب لمن در سال ۱۷۶۱ در کوه‌های اورال ماده معدنی نارنجی-قرمز رنگی پیدا کرد که نام آن را سرب قرمز سیبریایی نهاد. گرچه او به اشتباه آن را ترکیب سرب با آهن و سلنیوم انگاشت، آن ماده معدنی در حقیقت کرومات سرب ($PbCrO_4$) بود (اریک، ۱۹۸۸).

شکل ۱-۱- تصویری از فلز سنگین کروم

کروم (Cr) هفتمین عنصر فراوان روی کره زمین (پاندا و چودهاری، ۲۰۰۵) و یک فلز سنگین سمی برای میکروارگانیسم‌ها، حیوانات، گیاهان و انسان‌ها محسوب می‌شود که طی یک دهه اخیر به دلیل فرایندهای وسیع صنعتی به خاک رها می‌شود (پیروز و همکاران، ۱۳۹۰).

مطابق تعریف فلزات سنگین (پراساد و استرزاکا، ۲۰۰۲) کروم با داشتن چگالی ۷/۲، در گروه فلزات سنگین جای می‌گیرد و به دلیل سمیتی که ایجاد می‌کند در مقادیر بالا می‌تواند باعث صدمه زدن به نظام‌های زیستی شود. اثرات سمی کروم روی رشد و نمو گیاه، شامل جلوگیری از فرایند جوانه‌زنی، کاهش رشد و بیوماس گیاهی می‌باشد (نعمت شاهی و همکارن، ۱۳۹۰). ایکلی و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که غلظت کروم در گیاهان، خاک و خون افراد اطراف کارخانه سیمان نسبت به سایر

نقاط بیشتر است، ولی اثرات سمی کروم (آماس پوست) در افراد مشاهده نشد، اما محققین احتمال می‌دهند این اثرات با افزایش سن در افراد مشاهده گردد. کروم یکی از فلزات سنگین است که در گروه عناصر ضروری برای گیاهان قرار ندارد (غنی، ۲۰۱۱). غلظت‌های پایین کروم می‌تواند رشد گیاهان را افزایش دهد (سامانتارای و همکاران، ۱۹۹۸؛ بونت و همکاران، ۱۹۹۱). در حالی که غلظت-های بالاتر کروم برای انسان، حیوانات و گیاهان به شدت سمی است سبب افزایش خطرات ابتلای به انواع سرطان‌ها، ناهنجاری‌های ژنتیکی و غیره می‌گردد (شارما و مهروترا، ۱۹۹۳؛ ژنگ و همکاران، ۲۰۰۷).

در تحقیقی محققین مقدار کروم، نیکل و کبالت در نمونه‌های محیط زیست و نرم مجاز آن را مقایسه نموده و نتیجه گرفته‌اند که: این عناصر از طریق تکنولوژیکی بطور دائم در حال افزایش هستند و می-توانند به حد سمی در محیط زیست برسند. از یک سو این عناصر برای متابولیسم حیاتی مهم هستند و از طرف دیگر وقتی غلظت آنها به حد بحرانی برسد این عناصر تخریب کننده محیط زیست و عامل بیماری زایی در ارگانیسم‌ها خواهند بود. آنچه از همه مهمتر است، کارسیوژنیک و موتاژنیک بودن آنها در حیوانات و انسان است (باراتکیویز و سیپک، ۱۹۹۹).

۱-۴- کاربردهای کروم

کاربردهای بسیار گسترده‌ی صنعتی کروم باعث شده حجم آلاینده‌های زیست محیطی حاوی کروم افزایش یافته که برای محیط زیست بسیار خطرناک می‌باشند (اودی، ۱۹۵۶). در طول دهه اول قرن نوزدهم از کروم بیشتر به عنوان سازه‌ای در رنگ‌ها استفاده می‌شد، اما امروزه عمده‌ترین کاربرد آن (۸۵ درصد) در آلیاژهای فلزی است و مابقی موارد استفاده آن در صنایع شیمیایی، مواد نسوز و صنایع پایه است (اریک، ۱۹۸۸). تولید جهانی کروم ۱۰ میلیون تن در سال است که از این میزان ۷۰-۶۰ درصد در آلیاژهایی از قبیل استیل ضد زنگ و بقیه در پروسه‌های صنایع شیمیایی خصوصاً دباغی چرم، رنگدانه‌ها، الکتروپلیتینگ و نگهداری پشم به طور طبیعی استفاده می‌شود (ورنای و همکاران،

۲۰۰۸). براساس تحقیقی، گزارش کردند که کارگران ۸۰ گروه شغلی مختلف با کروم مواجه هستند که صنایع مهمی مانند صنایع معدن، فلزکاری، نساجی، دباغی چرم، تولید آلیاژهای کروم، کارگاه‌های آبکاری، ساخت رنگ و رنگدانه‌ها، جوشکاری، تولید استیل، ساخت مواد محافظ چوب و صنایع سیمان را شامل می‌شود (چری و همکاران، ۲۰۰۰). در این میان، صنعت چرم سازی و دباغی در ردیف پرمصرف ترین صنایع قرار می‌گیرند به طوریکه ۴۰ درصد کروم مصرفی صنایع در کشورهای غربی در این صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرد (بارسلوکس، ۱۹۹۹).

۱-۵- منابع کروم

کروم در همه‌ی فازهای محیطی شامل خاک، آب و هوا یافت می‌شود، اما منبع عمده آن خاک است که به صورت پیوند با ذرات خاک تجمع می‌یابد (شانکر و همکاران، ۲۰۰۵). منابع ورود کروم، صنایع چرم سازی و دباغی، صنایع استیل‌سازی، کاشی‌سازی، حفاری چاه‌ها و غیره است و با رها سازی پسابهای صنعتی به آب‌های جاری، بیشترین سهم را در آلودگی با کروم به عهده دارند (ساندرامورتی و همکاران، ۲۰۱۰). معادن کرومیت نیز منبع مهم کروم در طبیعت محسوب می‌شوند که با وجود با ارزش بودن می‌تواند برای پوشش گیاهی منطقه منبع آلودگی محسوب شود.

۱-۶- واکنش‌های کروم

سیلر و همکاران (۱۹۸۸) گزارش کردند که واکنش‌های عمده‌ی کروم در خاک شامل اکسایش، کاهش، جذب، رسوب و هیدرولیز می‌باشند که از بین این واکنش‌ها، واکنشهای اکسایش–کاهش برای بررسی سمیت، تحرک و سرنوشت کروم از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشند. در روش اکسایش و احیا، آلاینده‌ها به ترکیبات بی‌خطر یا با تحرک کمتر تبدیل می‌شوند.

۱-۷- مقدار مجاز کروم در آب، خاک، گیاه

جدول ۱-۱- مقدار مجاز کروم در آب آبیاری، گیاه، خاک (اقتباس از زیاد و تری (۲۰۰۳))

آب (mg/L^{-1})	گیاه (mg/kg^{-1})	خاک (mg/kg^{-1})
۰/۰۵	۰/۰۰۶-۱۸	۵۰-۱۰۰

۱-۸- اهمیت کشاورزی پایدار

در سال‌های اخیر دانشمندان متوجه تأثیرات نامطلوب کشاورزی رایج گردیدند و دریافتند که افزایش عملکرد و تولید بدون توجه به تأثیرات منفی آن، زیان‌های جبران ناپذیری را متوجه جامعه بشری نموده است (کامکار و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۷). در چند دهه اخیر مصرف نهاده‌های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب معضلات زیست محیطی عدیده‌ای از جمله آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش میزان حاصلخیزی خاک‌ها گردیده است (شارما، ۲۰۰۲). استفاده بی-رویه از آفت کش‌ها بسیاری از موجودات مفید را از بین برده و باعث ایجاد سویه‌های مقاوم آفات و علف‌های هرز گردیده است. استفاده از کودهای شیمیایی سبب آلوده شدن آب‌های زیرزمینی و آب-های جاری شده است. این کودها سبب تغییر دراملاح خاک نقاط مختلف گردیده و موجب شوری و تخریب خاک شده است، به علاوه تداوم استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی باعث تجمع برخی عناصر و ترکیبات (نیترات، کادمیوم، کروم و غیره) در محصولات شده و افت شدید کیفیت محصول را به دنبال داشته است (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۷).

تاکنون تعاریف بسیار متعددی توسط دانشمندان مختلف برای کشاورزی پایدار ارائه شده است ولی به طور خلاصه می‌توان کشاورزی پایدار را چنین تعریف نمود: نوعی سیستم کشاورزی که در آن با به کار بردن حداقل نهاده‌ها و عوامل مصنوعی و شیمیایی خارجی، بتوان عملکرد مطلوبی به دست آورد

به نحوی که حداقل تأثیر سوئی بر روی محیط زیست گذاشته شود. به عبارت دیگر، توسعه تکنولوژی و عملیات زراعی که بتواند بقای آب و خاک را تضمین کند و باعث کاهش مصرف سموم شیمیایی گردد (همیلتن، ۱۹۹۰). استانهیل (۱۹۹۰) کشاورزی پایدار را در قالب کشاورزی بیولوژیک مطرح کرد به طوری که علاوه بر کاهش مصرف سموم و کودهای شیمیایی حتی از هورمون‌ها و مواد شیمیایی در تغذیه نیز باید به حداقل برسد. انجمن علوم زراعی آمریکا نیز در سال ۱۹۸۸ تعریفی را برای کشاورزی پایدار ارائه کرده است که کاربرد زیادی دارد. بر طبق این تعریف، کشاورزی پایدار در دراز مدت کیفیت محیط و منابع طبیعی را ارتقا می‌دهد، غذا و پوشاک انسان را تأمین می‌کند، از نظر اقتصادی پویاست و نیز کیفیت زندگی کشاورز و کل جامعه را افزایش می‌دهد، در واقع یک سیستم پایدار کشاورزی می‌بایست از نظر اکولوژی مطلوب، از نظر اقتصادی سودمند و از نظر اجتماعی مورد قبول باشد. در این نوع کشاورزی تأکید بر روی حداکثر رساندن تولید نبوده بلکه بهینه بودن استفاده از پایدار نمودن تولید در یک دوره طولانی مد نظر است (اردکانی، ۱۳۸۱).

بر اساس دانش موجود، می‌توان گفت که کشاورزی پایدار دست کم موارد زیر را در بر می‌گیرد:

۱- داشتن حداقل اثرات منفی بر محیط و عدم ورود مواد خسارت‌زا به اتمسفر و آب‌های سطحی و زیر زمینی.

۲- تلاش برای بها دادن و حفاظت تنوع زیستی در زیستگاه‌های گیاهی.

۳- کاهش مقاومت آفات به آفت کش‌ها.

۴- استفاده از آب به طریقی که امکان انباشت مجدد آب میسر بوده و نیاز آبی محیط زیست و انسان نیز برآورده شود (فشم و تاجبخش، ۱۳۷۸ و مظاهری و مجنون حسینی، ۱۳۸۰).

کشاورزی پایدار بر پایه مصرف کودهای زیستی با هدف حذف یا تقلیل چشمگیر در مصرف نهاده‌های شیمیایی یک راه‌حل مطلوب جهت غلبه بر این مشکلات به شمار می‌آید. کودهای زیستی حاوی مواد نگهدارنده‌ای با جمعیت متراکم یک یا چند نوع ارگانیسم مفید خاکزی و یا بصورت فراورده متابولیک

این موجودات می‌باشد که به منظور بهبود حاصلخیزی خاک و عرضه مناسب عناصرغذایی مورد نیاز گیاه در یک سیستم کشاورزی پایدار به کار می‌رود (راستین، ۲۰۰۱).

۱-۹- اهمیت کودهای آلی و زیستی

آلوده شدن محیط‌زیست یکی از خطرات جدی می‌باشد که جهان با آن روبرو شده است (کولاتا و همکاران، ۱۹۹۲). استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی نیز به بیشتر شدن آلودگی محیط می-افزاید. به سبب استفاده نامتعادل از کودهای شیمیایی در تولیدات کشاورزی، حاصلخیزی خاک دستخوش تغییر شده است (آویرد، ۱۹۸۸). از این رو می‌توان با استفاده از کودهای زیستی از این خطرات جلوگیری کرد. کاربرد مواد آلی کمپوست شده در خاک می‌تواند اثرات مفیدی بر کیفیت شیمیایی، بیوشیمیایی و فیزیکی خاک و ظرفیت مواد غذایی مورد نیاز گیاه در خاک داشته باشد (کووالجو و مزارینو، ۲۰۰۷).

استفاده از منابع کودی طبیعی و غیرشیمیایی دارای اثرات مثبت قابل توجهی بر عملکرد و همچنین کیفیت محصولات دارد (تور و همکاران، ۲۰۰۶). مواد آلی ترکیبات کربنی‌ای هستند که به وسیله گیاهان، ریز جانداران و جانوران در خاک تولید می‌شوند. مواد آلی دارای اثرات مستقیم و غیرمستقیم در قابلیت جذب عناصر غذایی برای گیاهان می‌باشند (سماوات و لکزیان، ۱۳۸۶).

۱-۱۰- ورمی‌کمپوست

آگاهی درباره برخی اثرات فزاینده مخرب استفاده از کودهای شیمیایی در سیستم های کشاورزی موجب گسترش میل به استفاده از مواد آلی نظیر کمپوست و ورمی‌کمپوست شده است (فولت و همکاران، ۱۹۸۱). ورمی‌کمپوست همان ماده آلی است که چارلز داروین طبیعی دان مشهور از آن به

عنوان کود گیاهی نام برده است (صالح راستین، ۱۳۵۷). در دیدگاه مهندسی محیط زیست، کرم‌های خاکی اپی‌جی می‌تواند برای تبدیل مواد آلی طی فرایند کمپوست شدن مورد استفاده قرار گیرند، این تکنیک را کمپوست شدن می‌نامند. مزیت حضور کرم‌های خاکی اپی‌جی در طی فرآیند کمپوست شدن، سبب شده خصوصیات فیزیکی، بیوشیمیایی و درصد مواد مغذی، کمپوست حاصله نسبت به کمپوست تولید شده به صورت سنتی بهبود یابد (پرامانیک و همکاران،۲۰۰۷؛ نگو و همکاران، ۲۰۱۲). ورمی‌کمپوست‌ها به مقدار زیادی شبیه پیت تکامل یافته با تخلخل، تهویه، زهکشی و ظرفیت نگه داشت آب و فعالیت میکروبی بالا هستند که به وسیله فعل و انفعالات میان کرم‌های خاکی و میکروارگانیسم‌ها در یک فرایند غیرگرمازا تشکیل می‌شوند (ادواردز و باروز، ۱۹۸۸). ورمی‌کمپوست در واقع کمپوست به دست آمده از عملیات تجزیه کرم‌های خاکی بر روی پس مانده‌ها وبقایا می‌باشد که نه تنها شامل لاشه و اجساد کرم هاست بلکه مواد بستری و نیز پس مانده‌های آلی در مراحل مختلف تجزیه را نیز دربر می‌گیرد .ورمی‌کمپوست شامل بیشتر عناصر تغذیه‌ای قابل استفاده برای گیاه مانند نیترات، فسفات، کلسیم قابل تبادل و پتاسیم محلول است (اروزکو و همکاران، ۱۹۹۸).

ورمی‌کمپوست دارای ذرات با سطح ویژه بالایی می‌باشد که این باعث بهبود وضعیت فضاهای ریز خاک از نظر فعالیت میکروبی و قابلیت نگه داشت بالای عناصر تغذیه‌ای می‌شود (شی-وی و فو-ژن، ۱۹۹۱). ورمی‌کمپوست عبارتست از کرم‌هایی که از زباله، کود دامی تازه یا هر ماده آلی دیگر تغذیه کرده و مواد آلی را به ذرات خیلی ریز خرد می‌کنند. ورمی‌کمپوست نتیجه‌ی هضم طبیعی غذا در سیستم هاضمه‌ی کرم‌های خاکی است و دوره‌ی رشد گیاه را بوسیله داشتن میکروارگانیسم و همچنین مواد آلی فعال و تسریع می‌نماید (کرم‌زاده، ۱۳۸۹). ورمی‌کمپوست دارای قابلیت جذب و نگهداری آب و عناصر غذایی است. در نتیجه تخلخل، تهویه و زهکشی خاک را افزایش می‌دهد. استفاده از این کود آلی علاوه بر افزایش فعالیت و جمعیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک، عناصری نظیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم را برای گیاه فراهم می‌کند و از این طریق رشد و نمو گیاه را افزایش می‌دهد. همچنین ورمی‌کمپوست موجب جلوگیری از رشد قارچ‌های بیماری‌زا مانند پیتیوم،

رایزوکتونیا و ورتیسیلیوم می‌شوند. نتایج حاکی از آن است که استفاده از ورمی‌کمپوست در مزرعه می‌تواند بیماری را در گیاهان کاهش داده و زمینه بهبودی آنها را فراهم نماید. بعضی از ورمی-کمپوست‌ها جمعیت گیاهان انگلی را کنترل می‌کنند (آرامسون و همکاران، ۲۰۰۴؛ آتیه و همکاران، ۲۰۰۲). ورمی‌کمپوست یک سطح بسیار ریز را برای فعالیتهای میکروبی و نگهداری موادغذایی ایجاد می‌کند (شی-وی و فو-ژن، ۱۹۹۱). کال و همکاران (۱۹۹۲) اظهار داشت که بقایای آلی توانایی تبدیل شدن به ورمی‌کمپوست را دارند. در اثر تغذیه کرم‌های خاکی از بقایای آلی، این مواد دچار تغییرات فیزیکی و شیمیایی می‌شوند. حدود ۵ الی ۱۰ درصد از مواد بلعیده شده توسط کرم‌ها در فعالیت‌های متابولیکی جذب می‌شود، بنابراین ۹۰ تا ۹۵ درصد مواد به شکل فضولات دفع می‌گردد. فضولات با ترشحات موکوئیدی دیواره روده و میکروب‌ها مخلوط می‌گردد.

ورمی‌کمپوست یک کود بیوارگانیک است که بسیار نرم، سبک وزن، ترد، تمیز و بی‌بو بوده وظاهری کم و بیش شبیه به پودر گرانوله قهوه دارد. کیفیت ورمی‌کمپوست به نوع غذا (محیط کشت) یا مواد زائد آلی که کرم‌ها از آن تغذیه کرده‌اند، بستگی دارد. برای مثال کرم‌ها می‌توانند مواد آلی با سلولز زیاد مانند خاک اره را هضم کرده و یک ماده اصلاح کننده خاک با کیفیت پایین تولید نماید. برعکس کرم‌ها قادرند با مواد غنی از ازت و فقیر از سلولز، ورمی‌کمپوست با کیفیت عالی تولید نمایند (کرم‌زاده، ۱۳۸۹؛ عبدلی و روشنی، ۱۳۸۶). ورمی‌کمپوست دارای تنوع، جمعیت و فعالیت بالای میکروبی می‌باشد (سابلر و همکاران، ۱۹۹۸). مواد خارج شده از کرم‌های خاکی حاوی آنزیم‌های متنوع از جمله پروتئازها، لیپازها، آمیلاز، سلولاز و کتیناز می‌باشد که حتی بعد از خروج مواد نیز به تجزیه هر چه بیشتر مواد کمک می‌کند (بریدجنس، ۱۹۸۱).

از مزایای ورمی‌کمپوست می‌توان افزایش مقاومت گیاهان در تنش‌های محیطی و عوامل بیماری‌زای خاک، افزایش رنگ گل‌ها، طعم و مزه در محصولات کشاورزی، تأمین کننده عناصر ریز مغذی مورد

نیاز انواع گیاهان، بهبود جوانه‌زنی بذرها و تشدید ریشه‌زائی قلمه‌ها افزایش دوام گلهای شاخه بریده و تداوم گلدهی گونه‌های مختلفی را نام برد (عبدلی و روشنی، ۱۳۸۶؛ کال و همکاران، ۱۹۹۲).

۱-۱۱- کود دامی

کود دامی یکی از منابع ارزشمند در مزارع زیستی به شمار می‌آید. دام‌ها قادر به جذب تمام مواد-غذایی علوفه نیستند و معمولاً ۷۵ تا ۹۰ درصد عناصر غذایی که در علوفه و غذای دام وجود دارد از طریق فضولات دفع می‌شود (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۴). کود دامی علاوه بر افزایش عناصر غذایی خاک، مواد آلی آن را نیز افزایش داده و سلامت خاک را بهبود می‌بخشد.

در کشورهای حوضه مدیترانه، کودهای گوسفند به طور سنتی به‌عنوان منبع کود آلی استفاده می‌شوند. باز چرخش این نوع کودهای آلی به خاک‌های با ماده آلی کم، که در این منطقه سطح وسیعی را اشغال کرده‌اند، می‌تواند ضمن بهبود ساختار خاک موجب باروری دراز مدت خاک و نیز جایگزینی برای کودهای غیر آلی در تولید روز افزون سبزیجات ارگانیک باشد (پاولو و همکاران، ۲۰۰۷). مصرف کود دامی در کشاورزی سنتی جایگاه خاصی داشته و در حال حاضر نیز می‌تواند نقش مهمی را در کشاورزی پایدار ایفا کند. کودهای دامی حاوی اکثر عناصر مورد نیاز گیاهان هستند و علاوه بر داشتن عناصر پرمصرف به مقدار کمتری دارای ریز مغذی‌ها بوده و خاک را در دراز مدت در جهت تعادل پیش خواهند برد (فلاح و همکاران، ۱۳۸۶). مصرف ۵ تا ۱۰ تن در هکتار کود دامی می‌تواند اثرات منفی ناشی از رفت و آمد ماشین آلات بر روی خاک را تعدیل کند (مصدقی و همکاران، ۲۰۰۰). بهبود مواد آلی و فعالیت‌های بیولوژیکی خاک در اثر مصرف کود دامی، طی گزارشات متعددی مورد تأکید قرار گرفته است به‌عنوان مثال، به اثرات مثبت کودهای حیوانی بر باروری خاک (کاپکیای و همکاران، ۱۹۹۹)، افزایش ماده آلی خاک (کائور و همکاران، ۲۰۰۸)، رشد و نمو گیاه (ملونتلو و همکاران، ۲۰۰۷) و غنی‌سازی خاک (مائریر و همکاران، ۲۰۰۱) به دفعات در

منابع اشاره شده است. کاربرد کود دامی در خاک باعث متخلخل شدن خاک، افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک و دانه‌بندی خاک شده و ویژگی‌های فیزیکی آن را بهبود می‌بخشد، ضمن این‌که با افزایش قدرت حاصلخیزی خاک، رشد محصول را زیاد کرده و در نتیجه کارایی مصرف آب را ارتقا می‌دهد (پرویزی و نباتی، ۱۳۸۳). کود دامی می‌تواند تمام و یا بخش اعظم نیتروژن مورد نیاز گیاه و همچنین فسفر، پتاسیم، و عناصر ریزمغذی را نیز تأمین نماید و علاوه بر تأمین نیاز تغذیه‌ای گیاه منجر به بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شود (پرات، ۱۹۸۲). برخی آزمایشات نشان داده است که، خاک‌هایی که کود حیوانی دریافت کرده‌اند میکروارگانیسم‌های خاکزی، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و نیترات بیشتری نسبت به خاک‌هایی که با کودهای غیر آلی تغذیه شده‌اند دارند. گزارشاتی نیز وجود دارد مبنی بر اینکه کاربرد بیش از اندازه این کودها می‌تواند منجر به تجمع املاح اضافی در خاک شود (عزیز و همکاران، ۲۰۱۰).

۱-۱۲- گیاه پالایی

گیاه پالایی یک فناوری به نسبت نوظهور محسوب می‌شود که از گیاهان برای پالایش خاک‌ها، رسوبات و آب‌های سطحی و زیر زمینی آلوده به فلزات سنگین، مواد آلی و ذرات رادیواکتیو استفاده می‌کند (پاردان و همکاران، ۱۹۹۸).

۱-۱۲-۱- انواع روش‌های گیاه پالایی

گیاه پالایی شامل ۵ روش عمده به شرح زیر می‌باشد:

۱- گیاه استخراجی: جذب عناصر و انتقال آن‌ها به اندام‌های قابل برداشت در گیاهان

۲- تجزیه گیاهی: تجزیه آلودگی خاک‌ها توسط گیاه و میکروارگانیسم‌ها

۳- تصفیه ریشه‌ای: جذب عناصر از آب‌های آلوده و تصفیه آنها در ریشه

۴- گیاه تثبیتی: نگهداری خاکها و رسوبات آلوده در یک مکان با استفاده از پوشش گیاهی و غیرمتحرک شدن آلاینده‌های سمی در خاک گفته می‌شود و به توانایی ریشه‌ها در برابر محدود کردن تحرک آلاینده‌ها و قابلیت دسترسی زیستی آنها در خاک بستگی دارد. معایب این روش باقی ماندن آلاینده‌ها در خاک است و از این رو به پایش منظم نیاز دارد (آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا، ۲۰۰۰).

۵- گیاه تبخیری: تجزیه آلودگی در اتمسفر با استفاده از بخش هوایی گیاهان (خان، ۲۰۰۶).

در بین روش‌های گیاه پالایی دو روش گیاه استخراجی و گیاه تثبیتی بیش از سایرین مورد توجه قرار گرفته است (حسن وآرتس، ۲۰۱۱).

۱-۱۳- آفتابگردان

آفتابگردان با نام علمی *Helianthus annuus* L. گیاهی است یکساله از تیره آستراسه که بصورت بوته‌ای استوار و بلند قامت رشد می‌کند. طول دوره رشد آفتابگردان بسته به رقم و دوره رشد محیطی از ۸۰ تا ۱۵۰ روز می‌باشد. از تفاوتهای اصلی بین انواع زراعی و اصلاح شده آفتابگردان با انواع وحشی آن وجود طبق‌های بزرگتر و عدم وجود یا وجود تعداد کمتری شاخه جانبی در انواع زراعی و اصلاح شده است. آفتابگردان ریشه راست و توسعه یافته‌ای دارد. رشد ریشه تا مرحله رؤیت طبق سریع است. پس از آن، سرعت رشد ریشه کاسته می‌شود و در پایان گرده افشانی متوقف می‌گردد. پتانسیل نفوذ ریشه آفتابگردان در خاکهای نفوذپذیر، گرم و مرطوب به حدود ۳ متر می‌رسد. ریشه آفتابگردان تا عمق ۶۰ سانتی متری خاک گسترده است. آفتابگردان دارای ساقه‌ای بلند، ضخیم، خشن و کرکدار است. ساقه در ناحیه پایینی بوته گرد است که به تدریج و به سمت بالا زاویه دار می‌شود، بطوریکه در روی نیمه فوقانی ساقه شیارهای طولی کم عمقی مشاهده می‌گردد. قطر ساقه در ناحیه قاعده از ۳ تا ۶ سانتی متر متفاوت است. ساقه آفتابگردان در برش قطری از یک بخش بیرونی چوبی شده با الیاف

فیبری فراوان و یک مغز داخلی سلولزی کم آب و سفید رنگ تشکیل شده است. برگ‌های بزرگ، کرکدار و قلبی شکل آفتابگردان دارای حاشیه مضرس و دمبرگ بلند می‌باشد. برگ‌های پایینی بوته به صورت متقابل و برگ‌های فوقانی بصورت متناوب بر روی ساقه توزیع شده‌اند. رنگ آنها معمولاً سبز تیره است. هر بوته بسته به رقم و شرایط محیطی، حدود ۲۰ تا ۴۰ برگ دارد. میوه آفتابگردان از نوع فندقه است و شامل یک دانه حقیقی با پوسته نازک و فرابر ناشکوفا می‌باشد که در اینجا با دانه مترادف گرفته می‌شود. اندازه دانه از محیط به سمت مرکز به تدریج نقصان می‌یابد. رنگ دانه از سیاه تا سفید و خاکستری نواری متغیر است و از خصوصیات رقم محسوب می‌شود (خواجه پور، ۱۳۸۶).

۱-۱۴- اسفناج

اسفناج با نام علمی *Spinasia oleracea* L. یکی از گیاهان دو لپه‌ای است و جزء سبزی‌های مهم خانواده چغندریان می‌باشد. اسفناج بومی مناطق مرکزی آسیا و به احتمال قوی ایران است که بیش از ۲۰۰۰ سال سابقه کشت دارد (عرفانی و همکاران، ۱۳۸۵). اسفناج از مهمترین سبزی‌های برگی است که دارای ارزش غذایی مهمی بوده است و برگها و ساقه‌های ظریف آن به صورت تازه و یا فراوری شده استفاده می‌گردد (سالانخه و همکاران، ۱۹۹۱). اسفناج گیاهی است یکساله و روزبلند که پس از سبز شدن تولید برگهای طوقه‌ای می‌کند به این ترتیب در یک سطح در اطراف ساقه کوتاهی به طول چند میلی‌متر نزدیک به سطح خاک قرارمی گیرند. ریشه‌های فرعی این گیاه دوکی‌شکل و حداکثر تا ۶۰ سانتی‌متری خاک پراکنده‌اند، برگها در ارقام مختلف دارای فرم و رنگ متفاوتی هستند و به شکل‌های تخم مرغی، بیضوی و یا نیزه‌ای وجود دارند و کناره برگ‌ها می‌تواند صاف و یا دندانه‌دار باشد. پهنک برگ نیز صاف و یا دارای چین و چروک است. گل‌های نر و ماده می‌توانند روی یک یا دو پایه قرار گیرند (اسدی قارنه، ۱۳۸۷).

۱-۱۵- سورگوم

سورگوم با نام علمی *Sorghum vulgare* از تیره گندمیان (*Poaceae*) و از جنس (*Sorghum*) که شامل تیپ‌های متعددی می‌باشد. سورگوم یک گیاه زراعی یکساله تابستانه است که دماهای بالا در روز و شب برای رشد و نمو آن مساعد می‌باشد. ارتفاع گیاه سورگوم از ۶۱ سانتی‌متر تا ۶ متر متغیر است. سورگوم‌های دانه‌ای زراعی در آمریکای شمالی به ندرت بیش از دو متر ارتفاع دارند. پهنک برگ‌ها از هر غلاف خارج شده و در دو طرف ساقه واقع می‌شوند و ترتیب قرار گرفتن برگ‌ها به صورت متناوب می‌باشد. برگ‌ها شبیه برگ‌های ذرت می‌باشند ولی تنوع طول و عرض آنها بیشتر است. سورگوم دارای ریشه گسترده و افشان تری نسبت به ذرت می‌باشد. سیستم ریشه‌ای گسترده که باعث می‌شود رطوبت قابل استفاده از خاک را جذب کند. ارقام علوفه‌ای سورگوم دارای قدرت پنجه‌زنی زیادی بوده و همین امر سبب تولید علوفه نسبتاً زیادی توسط این گیاه می‌شود و بر خلاف پنجه زنی در غلات ریز دانه که همزمان رخ می‌دهد، پنجه زنی سورگوم معمولاً همزمان نیست. سورگوم در اغلب ایالات متحده از جمله مناطق شمالی و همچنین در مناطق جنوبی کانادا توسعه یافته است. سورگوم به عنوان یک گیاه زراعی علوفه‌ای نیز به اندازه‌ی سورگوم دانه ای پراکنش دارد و از مهمترین گیاهان زراعی غذایی در مناطق حاره‌ای نیمه خشک می‌باشد، زیرا تحت شرایط خشکی یا گرمای شدید به خوبی محصول تولید می‌کند (راشد محصل و همکاران، ۱۳۷۶).

۱-۱۶- گندم

گندم گیاهی تک لپه، یکساله و معمولا روز بلند، از خانواده گندمیان که دارای گونه‌های بسیار زیاد اهلی و وحشی است. نمونه‌های وحشی آن غالباً بصورت علفهای هرز خودنمایی کرده و مزاحم کشت و کار می‌گردند. گندم معمولی یا گندم نان با نام علمی *Triticum asetivum* در سال ۱۸۵۳ توسط واویلف نام‌گذاری گردیده است، جز گروه گندم‌های هگزاپلوئید بوده و دارای گسترش و پراکندگی زیادی در جهان می‌باشد و غالب‌ترین گونه به حساب می‌آید. این گونه دارای چندین هزار رقم زراعی

است که در مناطق مختلف دنیا و تحت شرایط اقلیمی متفاوتی کشت می‌شوند. دانه گندم در واقع میوه گندم است که در اصطلاح گیاه شناسی آنرا گندمه می‌نامند. دانه گندم سخت و بدون پوشش است و طول آن در ارقام مختلف بین ۵ تا ۸/۵ میلی‌متر و ضخامت آن بین ۱/۵ تا ۳/۵ میلی‌متر و وزن هزار دانه آن بین ۱۵ تا ۵۲ گرم و رنگ دانه در انواع مختلف از سفید مایل به زرد تا قرمز متغیر است (خواجه‌پور، ۱۳۸۶).

فصل دوم

مروری بر منابع

۲-۱- تأثیر عناصر سنگین به ویژه کروم در گیاهان

عناصر سنگین در غلظت‌های کم مشکلاتی از جمله کاهش عملکرد، تغییر در ساختار پروتئین‌ها و آنزیم‌ها، تاثیر بر روی نفوذپذیری و عملکرد اندامک‌های سلولی و در نهایت سبب ایجاد تنش اکسیداتیو از خود بر جا می‌گذارد (شوت زندبل و همکاران، ۲۰۰۲). تجمع فلزات سنگین در ریشه گیاهان سبب ایجاد اختلالات شدید در فعالیتهای آنزیمی و کاهش میزان متابولیسم سلولی و همچنین سبب کاهش فتوسنتز، افت تعرق و تنفس گیاه، فقدان نیتروژن و فسفر و در نتیجه محدود شدن رشد، تسریع پیری و حتی مرگ گیاه می‌گردد (کانتی،۲۰۰۶؛ پاندی و شارما،۲۰۰۲؛ هان و همکاران، ۲۰۰۸). انباشت فلزات سمی مثل جیوه، سرب، آرسنیک، کادمیوم، کروم، سدیم، پتاسیم و مس در خاک، باکتری‌ها و میکروارگانیسم‌های مفید خاک را از بین می‌برد (رواتی و همکاران، ۲۰۱۱). اثرات سمی کروم در رشد و توسعه گیاهان شامل مراحل جوانه زنی، رشد ریشه‌ها، ساقه‌ها و برگ‌ها و تولید ماده خشک و محصول می‌شود. رشد وتکامل گیاه از آثار سمی کروم بر فرایندهای فیزیولوژیکی مثل فتوسنتز، حرکت آب، تعرق، تغذیه معدنی و همچنین بر آنزیم‌ها و متابولیتهای دیگر متأثر می-شود (شانکر و همکاران، ۲۰۰۵).

اندلیب و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه صورت گرفته بر گیاه آفتابگردان و در محیط‌های آلوده به فلز سنگین کروم مشاهده کردند که افزایش سطح کروم خاک سبب کاهش بیوماس اندام هوایی و ریشه‌ی گیاه، ارتفاع بوته، طول ریشه و جوانه زنی گیاه گردید. ساندرامورتی و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهش صورت گرفته بر گیاه برنج در خاک‌های آلوده به عنصر کروم دریافتند که آبیاری گیاهان از طریق آب آلوده به کروم با افزایش غلظت کروم خاک سبب کاهش طول ریشه و اندام هوایی، کل سطح برگ، وزن تر و خشک گیاه و کاهش عملکرد برنج گردید.

در صورتی که غلظت آلاینده‌ها از حد معینی بیشتر باشد می‌توانند برای محیط خطرناک بوده و برای گیاهان سمی باشند. سمیت در گیاهان در ابتدا منجر به کاهش رشد می‌شود. بدیهی است هر گاه غلظت آلاینده‌ها در محیط بیشتر از حد آستانه تحمل گیاه شود، نابودی کامل گیاه را در پی خواهند

داشت (ورما و هاچ، ۱۹۹۸). طی پژوهشی میزان تجمع زیستی کادمیوم، کروم و مس با پیچک صحرایی مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که پیچک صحرایی برای گیاه پالایی فلزات مذکور مناسب است (گاردی- تورسدی و همکاران، ۲۰۰۴). در گیاهان بیش تجمع دهنده غلظت فلز کادمیوم در اندام هوایی بیشتر از ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک و برای کروم بیشتر از ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک می‌باشد (بارکر و بروکس، ۱۹۸۹).

تبریزی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند افزایش غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در خاک، سبب کاهش میزان رشد و عملکرد گیاه همیشه بهار گردید. طی پژوهشی پتانسیل گیاه جذبی سرب در سه رقم ذرت علوفه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تجمع سرب در ریشه و اندام هوایی هر سه رقم ذرت، نسبت به شاهد با افزایش غلظت سرب در خاک، افزایش معنا داری یافت، اما مقدار سرب در اندام هوایی هر سه رقم کمتر از ریشه بود. مقایسه میانگین اثر غلظت سرب بر مقدار جذب سرب در بخش هوایی نشان داد که با افزایش سطح آلودگی مقدار سرب هم افزایش یافت (تفویضی و همکاران، ۱۳۹۰).

جهانبخشی و همکاران (۱۳۹۲) در بررسی خاک‌های آلوده به کادمیوم و کروم و تجمع زیستی آنها در گیاه اسفناج گزارش کردند که غلظت کادمیوم و کروم در اندام هوایی اسفناج به طور معنی‌داری تحت تأثیر غلظت تیمارهای به کار رفته در خاک است. در تمامی مشاهدات با افزایش غلظت کادمیوم و کروم در خاک، غلظت آن دو فلز در اندام‌های هوایی افزایش نشان داد. دامنه سمیت کروم برای گیاهان زراعی از ۰/۵ تا ۵ میلی‌گرم بر لیتر در محلول غذایی است (پاندا و چودهاری، ۲۰۰۵).

۲-۲- تأثیر عناصر سنگین به ویژه کروم در خاک

کروم عنصری است که اگر میزان آن در خاک به بیشتر از حد مجاز برسد، اثراتی زیان بار بر محیط زیست وارد خواهد کرد. در بسیاری از کشورها، برای حفاظت زیست محیطی، معیارها یا مقادیر بحرانی کروم در خاکها توسعه داده شدند. میانگین متداول کروم در خاکهای سطحی سراسر جهان، ۵۴ میلی

گرم بر کیلوگرم خاک برآورد شده است (کاباتا-پندیاس و پندیاس، ۲۰۰۱). گرندجین و همکاران (۲۰۰۹) میانگین غلظت کروم کل پوسته زمین را به طور متوسط در حدود ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کرده‌اند. آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی ممکن است منجر به بی‌نظمی در ساختار خاک، دخالت در رشد گیاه و حتی آسیب به سلامت انسان از طریق ورود به زنجیره غذایی گردد (لی و همکارن، ۲۰۰۶).

تحرک فلزات سنگین در خاک در مقایسه با دیگر فلزات به واسطه ظرفیت بالای ذرات خاک در جذب، کم می‌باشد. ریشه گیاهان با تعداد زیادی از موجودات زنده مختلف در ارتباط است. واکنش این دو با یکدیگر و با شرایط خاک تعیین کننده رشد و تکثیر گیاهان است (واروارا و همکاران، ۲۰۰۰). وجود عناصری چون سرب و کادمیوم همراه با عناصر کم مصرف در محیط ریزوسفر، سبب انتقال این عناصر به زنجیره غذایی انسان و حیوان می‌شوند که پیامدهای خطرناکی را می‌توانند به دنبال داشته باشد (برون، ۱۹۷۵؛ کاباتا-پندیاس، ۲۰۰۱).

کاربرد کودهای شیمیایی فسفره درزمین‌های کشاورزی می‌تواند باعث افزایش سطوح کادمیوم، آرسنیک، کروم وسرب درخاک وکاهش pH خاک شود، همچنین باعث جداسازی فلزات سنگین ازماتریس خاک می‌شود (آلووی، ۱۹۹۵). علاوه بر ورود کروم به زنجیره غذای از طریق گیاهان، کروم زیاد خاک‌ها می‌تواند به واسطه بلع یا استنشاق خاک، یک خطر بهداشتی مستقیم نیز باشد (وین سنت، ۲۰۰۴). به طور کلی خاک‌هایی که از سرپانتینیت‌ها منشأ می‌گیرند نسبت به دیگر سنگها بالاترین مقدار عناصر سنگین را دارا می‌باشند (کریداد و همکاران، ۲۰۰۲). ورود این عناصر به منابع آب و گیاهانی که بر روی خاک این مناطق رشد و نمو می‌کنند باعث اثرات زیان بار بهداشتی در دراز مدت برای ساکنین این گونه مناطق می‌شود. دامنه سمیت کروم برای گیاهان زراعی از ۵ تا ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک است (پاندا و چودهاری، ۲۰۰۵).

۲-۳- علائم سمیت کروم در گیاهان

نشانه‌های سمیت کروم در گیاه به صورت متوقف شدن رشد گیاه، آسیب دیدن ریشه و کلروسیز در برگ‌های جوان، نوارهای رنگی بر روی حبوبات و وجود برگ‌های قرمز مایل به قهوه‌ای در بعضی از گیاهان ظاهر می‌شود (زیاد و تری، ۲۰۰۳).

تجمع کروم در گیاه می‌تواند به مهار جوانه زنی دانه، کاهش محتوای رنگیزه، افزایش آنزیم‌های آنتی-اکسیدان و القای تنش اکسیداتیو در گیاهان منجر شود. همچنین می‌تواند سبب تغییر کلروپلاست و فراساختار غشا، پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و کاهش فعالیت آسکوربیک پراکسیداز در گیاهان شود (مک گرید، ۱۹۸۵؛ پاندا و پاترا، ۱۹۹۷؛ پاندا و پاترا، ۱۹۹۸؛ پاندا و پاترا، ۲۰۰۰ ؛ پاندا و همکاران، ۲۰۰۲ ؛ پاندا، ۲۰۰۳ ؛ پاندا و چودهاری، ۲۰۰۴ ؛ هوو و همکاران، ۲۰۰۵؛، شانکر و همکاران، ۲۰۰۵). کروم بر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز، سیتوکروم اکسیداز و نیترات ردوکتاز تاثیر می‌گذارد (غنی، ۲۰۱۱). ورنای و همکاران (۲۰۰۸) گزارش شده است که مصرف بیش از حد کروم (VI) به گیاهان تنش وارد می‌کند و با اختلال در فعالیتهای فتوشیمیایی، تنظیم فعالیتهای فتوسیستم (II) کاهش می‌یابد و همچنین بیان کرد تجمع کروم می‌تواند ترکیب متابولیتهای ثانویه برگ‌ها را تغییر دهد.

۲-۴- ویژگی‌های کروم (VI) و کروم (III)

کاهش در بیوماس گیاهی و فتوسنتز خالص گیاهان تحت تیمار فلز سنگین کروم نشان می‌دهد که کروم (VI) نسبت به کروم (III) سمی‌تر می‌باشد. کیان و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که ترکیبات کروم (VI) به میزان ۱۰ تا ۱۰۰ برابر سمیت بیشتری نسبت به ترکیبات کروم (III) دارند و به عنوان یک عامل سرطان زای قوی برای انسان و حیوان تلقی می‌گردند (کوهن و همکاران، ۱۹۹۳؛ زیاد و همکاران، ۱۹۹۸ ؛ شانکر و همکاران، ۲۰۰۵ ؛بنکس و همکاران، ۲۰۰۶؛ ورنای و همکاران، ۲۰۰۸؛ سروانتس و همکاران، ۲۰۰۱) و بسیاری از سازمان‌های معتبر، ایجاد سرطان ریه در نتیجه‌ی

مواجهه با آن را تأیید کرده‌اند (تایگر و همکاران، ۲۰۰۸). در مقابل کروم (III) کمتر متحرک و سمی بوده، اساساً به ماده آلی خاک و محیط‌های آبی باند می‌شود (بیش نوی و همکاران، ۱۹۹۳؛ بارتون و همکاران، ۲۰۰۰) و همین ویژگی انباشت کروم با ظرفیت سه را در زنجیره غذایی کاهش می‌دهد (شریفیان عطار و همکاران، ۱۳۹۲؛ کیم بروق و همکاران، ۱۹۹۹؛ ورنای و همکاران، ۲۰۰۸).

بارتلت و کیمبل (۱۹۷۶) بیان کردند که کروم محلول موجود در آب و خاک عموماً کروم (VI) می-باشد. کروم (VI) می‌تواند از پروفیل خاک شسته شده و وارد آبهای زیرزمینی کم عمق (به ویژه سفره‌های شنی و سنگریزه‌ای) گردد. به همین دلیل ممکن است آبهای زیرزمینی دارای غلظت بالایی از کروم (VI) باشد ولی در سفره‌های رسی به دلیل کند بودن تحرک کروم، وجود مقادیر کمتری از کروم (VI) مورد انتظار است. کروم سه ظرفیتی یک عنصر غذایی لازم برای همه‌ی موجودات زنده بوده و برای تغذیه ضروری است، ولی کروم شش ظرفیتی باعث التهاب‌های پوستی، بیماری‌های کلیوی و سرطان زایی می‌شود (آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا، ۲۰۰۱). کروم شش ظرفیتی عمدتاً به صورت یون‌های هیدروکرومات ($HCrO_4^-$)، کرومات (CrO_4^{2-}) و دی کرومات ($Cr_2O_7^{2-}$) در خاک‌های زیر سطحی یافت می‌شوند (استپنیوسکا و بوسیر، ۲۰۰۱). سمیت کروم بستگی به ظرفیت آن دارد و فاکتور مهم و تعیین کننده در آن قدرت نفوذ آن می‌باشد و فاکتور مهم دیگری نیز که بر قدرت نفوذ آن تأثیر دارد میزان حلالیت در آب این ترکیبات می‌باشد. کروم شش ظرفیتی براحتی از پوست سالم انسان جذب می‌شود در حالیکه کروم سه ظرفیتی تنها از پوست آسیب دیده جذب می شود. بنابراین گرچه کروم سه ظرفیتی کارسینوژن می‌باشد ولی از آنجایی که قدرت نفوذ کمی به پوست دارد، در محیط کار به عنوان کارسینوژن مطرح نمی‌باشد و تنها فرم شش ظرفیتی کروم در محیط کار قدرت نفوذ به پوست دارد و وارد سلول می‌شود و سپس در داخل سلول به کروم سه ظرفیتی (فرم کارسینوژن) تبدیل می‌گردد. بنابراین احیای داخل سلولی کروم شش ظرفیتی عوارض کارسینوژیسته‌ی آن را افزایش می‌دهد در حالیکه احیای خارج سلولی کروم شش ظرفیتی به عنوان یک عامل حفاظتی مطرح می‌باشد (فدائی و همکاران، ۱۳۹۲). به طورکلی Cr (VI) در خاک‌هایی

وجود دارد که در آنها، pH بالاتر، شرایط هوازی، مقدار کمی مواد آلی و اکسیدهای آهن و منگنز - که Cr (III) را اکسید می‌کنند- حضور داشته باشند (مظهری و همکاران، ۱۳۹۱، ۱۳۹۲) و کروم (VI) در pH خنثی تا قلیایی، بسیار متحرک می‌باشد (شریفیان عطار و همکاران، ۱۳۹۲). سازوکار جذب و جابجایی کروم در گیاه شباهت بارز و آشکاری با آهن دارد بطوریکه توانایی ریشه‌ها در تبدیل نمودن Cr^{3+} به CrO_4^{2-} یک فرایند کلیدی در جذب کروم می‌باشد و این تبدیل کروم علیرغم عرضه‌ی شکلهای مختلف کروم به گیاه مشاهده شده است. طی انجام آزمایشات دریافتند که کروم (VI) در سلولهای گیاهان به راحتی به اشکال کروم (III) تبدیل می‌گردند (زیاد و تری، ۲۰۰۳). کادمیوم و کروم در مواد غذایی و محیط زیست، نه تنها به دلیل سمی بودن زیاد، بلکه به دلیل پایداری زیاد، از خطرناک‌ترین عناصر کمیاب تلقی می‌شوند (پرز-لوپز و همکاران، ۲۰۰۸). کروم به سبب استفاده در صنایع بزرگ، نوعی آلاینده زیست محیطی انتشار یافته به اتمسفر محسوب می‌شود.

۲-۵- دلایل کاهش رشد گیاهان تغذیه شده با کروم

محققان برای کاهش جذب در گیاهان تغذیه شده با کروم دلایلی ذکر کرده‌اند که یکی از این دلایل می‌تواند ناشی از اختلال در عمل آنزیم انتقال دهنده‌ی پروتون باشد. کاهش نیتروژن، فسفر و پتاسیم و عناصر دیگر می‌تواند به کاهش رشد ریشه و توسعه‌ی آسیب دیدگی به ریشه ها در خاک، به علت سمی بودن کروم منجر شود. فسفر و کروم برای محل‌های جذب سطحی با گوگرد، آهن و منگنز در انتقال یافتن رقابت می‌کنند. بنابراین ممکن است کروم بطور مؤثر برای ورود سریع به داخل سیستم گیاه با این عناصر رقابت کند. انتقال ضعیف کروم به ریشه می‌تواند به علت جدا ماندن بیشتر کروم در واکوئل سلولهای ریشه باشد که موجب غیر سمی بودن آن می‌شود. در حالت کلی کروم عنصری غیر ضروری و سمی برای گیاهان است و بنابراین گیاهان ممکن است هیچ سازوکار خاصی برای انتقال کروم نداشته باشند (شانکر و همکاران، ۲۰۰۵).

۲-۶- روش‌های حذف کروم از محیط‌های آلوده

دفع کروم شش ظرفیتی از فاضلاب‌های صنعتی یکی از فرایندهای زیست محیطی بسیار ضروری است که معمول‌ترین آنها شامل کاهش (سیمان و برتچ، ۱۹۹۹)، جذب (دهبی و ازی، ۱۹۹۹)، جداسازی غشایی (چکراواتی و چودهاری، ۱۹۹۵)، تبخیر اسمز معکوس، جذب زیستی (آکسو و اکیز، ۱۹۹۶) و استفاده از جذب کننده‌های آلی ارزان و فراهم (داکیکی و خمیس، ۲۰۰۲) می‌باشد. که از بین تکنیک‌های ذکر شده، یکی از کاربردی ترین آنها روش استفاده از جذب کننده‌های آلی ارزان می‌باشد که می‌تواند کروم شش ظرفیتی را بطور قابل توجهی از آبهای آلوده پاکسازی کند.

در تحقیقی که توسط تاکر و مادامور (۲۰۰۴) در مورد کاهش کروم سمی خاک به کمک باکتری‌ها انجام گرفته به این نتیجه رسیده اند که: باکتری‌ها قادرند، مقدار زیادی کروم شش ظرفیتی سمی خاک را به کروم سه ظرفیتی غیر سمی تبدیل کنند. عظیمی (۱۳۸۶) در تحقیقی به بررسی حذف کروم از پساب کارخانه چرم به کمک عصاره‌ی تانن‌دار میوه بلوط پرداخته و نتیجه گیری نموده است که: در محدوده‌ی قلیایی که pH نقش تعیین کننده‌ای در حذف و جداسازی کروم دارد، افزودن عصاره تانن دار میوه بلوط موجب کاهش pH محیط و جدا شدن کروم رسوب یافته از فاز رسوب به فاز محلول می‌شود.

۲-۷- تأثیر کوددامی بر خصوصیات گیاهان زراعی

هوشیارفرد و قرنچیکی (۱۳۸۸)، اثر سه نوع کود دامی شامل گاوی، گوسفندی و مرغی و چهار مقدار آنها شامل صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار را بر روی گیاه پنبه ارزیابی و مشاهده کردند که، کود مرغی به مقدار ۲۰ تن وکود گاوی به مقدار ۱۰ تن در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر را بر عملکرد و اجزای عملکرد پنبه داشتند، همچنین دربین تیمارهای کودی، بیشترین درصد سبز شدن و

کمترین مرگ گیاهچه در تیمار کود مرغی به مقدار ۲۰ تن در هکتار بود. کاربرد مداوم کود گاوی به مدت ۵ سال در یک زمین کشاورزی با حاصلخیزی پایین در مقایسه با یکی دیگر از زمین‌هایی تیمار شده با همان مقدار از کود معدنی نیتروژنه باعث بهبود نیتروژن خاک و افزایش عرضه فسفر و عملکرد ذرت شد (مائو و همکاران، ۲۰۰۸). درآزمایشی روی کدو تنبل کاربرد کودهای حاصل از گاو، بز و مرغ سبب افزایش زیست توده محصول نسبت به تیمارهای شاهد و کاربرد سطح کم کود شیمیایی شد، ضمن اینکه با افزایش سطوح کودهای دامی، عملکرد ماده خشک نیز به صورت خطی افزایش پیداکرد. همچنین کاربرد کودهای مذکور در نوعی تاجریزی که یک نوع سبزی مهم در آفریقای جنوبی محسوب می‌شود، موجب افزایش زیست توده محصول نسبت به کاربرد کودهای شیمیایی شد.

عزیز و همکاران (۲۰۱۰) بررسی تأثیر سطوح مختلف کود دامی بر گیاهان دارویی زنیان و شنبلیله، نشان داد که بیشترین میزان تجمع ماده خشک در گیاه زنیان در تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی بدست آمد، همچنین بیشترین شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول درتیمار ۲۰ تن درهکتار کود دامی حاصل شد (میرهاشمی و همکاران، ۱۳۸۸). مجیدیان و همکاران (۱۳۸۷)، افزایش عملکرد دانه ذرت را در اثر کاربرد ۱۵ تن کود دامی در هکتار در یک سیستم ارگانیک گزارش کردند.

پور موسوی و همکاران (۱۳۸۸)، گزارش کردند که با افزایش مقدار کود دامی در سویا عملکرد دانه نیز افزایش می‌یابد به طوریکه حداکثر عملکرد دانه با مصرف ۴۵ تن کود دامی در هکتار به میزان ۲۲۴۳ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. به نظر می‌رسد، کود دامی با افزایش میزان عناصر غذایی قابل دسترس و بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک (گلیسمن، ۲۰۰۶)، ظرفیت منبع را برای تولید آسمیلات‌ها افزایش داده و موجب افزایش وزن دانه‌ها شده است. وزن هزار دانه نیز با افزایش میزان کود دامی افزایش یافت و از ۱۳۵/۴۲ گرم درتیمار شاهد کود دامی به ۱۵۵/۷۲ گرم در تیمار ۴۵ تن کود دامی در هکتار رسید (پور موسوی و همکاران، ۱۳۸۸).

در بین منابع مختلف کود آلی (کود حیوانی، کود سبز و کاه و کلش گندم) مورداستفاده کاربرد کود دامی، بیشترین عملکرد سویا را در مقایسه با سایر منابع کود آلی داشت (علیزاده و همکاران، ۲۰۰۵). حسن‌زاده قورت تپه و قلاوند (۱۳۸۴)، اعلام کردند که در سیستم تغذیه تلفیقی کودهای ارگانیک و شیمیایی، افزایش کود دامی از ۶ به ۳۰ تن در هکتار سبب افزایش عملکرد دانه آفتابگردان شد. نتایج آزمایش فلاحی (۱۳۸۸) نشان داد که در بین انواع کودهای آلی و بیولوژیک، کود گاوی باعث تولید بیشترین عملکرد گل و بذر گیاه دارویی بابونه شد. محمدیان روشن و همکاران (۱۳۸۹) با کاربرد همزمان کودهای دامی و نیتروژنه تأثیر مثبت کودهای دامی را در افزایش قابل توجه عملکرد و رشد باقلا گزارش کردند. طبق نتایج آنها کودهای دامی نیز می‌توانند به عنوان جایگزین بخشی از نیاز نیتروژنی گیاه مورد استفاده قرار بگیرند.

۲-۸- تأثیر موادآلی بر عناصر سنگین خاک

استپنیوسکا و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند کاربرد مواد آلی در خاکهای آلوده به کروم سبب کاهش کروم شش ظرفیتی در خاک می‌گردد. در تحقیق کریمی و همکاران (۱۳۹۱) تأثیر منابع مختلف ماده‌ی آلی بر گیاه پالایی فلزات سنگین بررسی شد. این پژوهش به منظور بررسی تأثیر اصلاح کننده‌های آلی و معدنی بر اصلاح خاک‌های آلوده اطراف معدن سرب و روی استان زنجان انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل دو اصلاح کننده‌ی آلی: باگاس نیشکر و سبوس برنج در سه سطح ۱/۲۵، ۲/۵ و ۵ درصد و سه اصلاح کننده‌ی معدنی: زئولیت در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی، خاک فسفات در سه سطح ۱، ۳ و ۵ درصد وزنی، سوپر فسفات تریپل در سه سطح ۰/۰۰۷۵، ۰/۰۱۵، ۰/۳ درصد و به همراه تیمار شاهد بودند.

بعد از طی سه ماه دوره انکوباسیون، غلظت فلزات سنگین (سرب، روی، آهن و منگنز) در خاک اندازه-گیری شد. سپس در گلدان‌ها، گیاه شاهی کشت و پس از طی دوره‌ی رویشی و برداشت آن، غلظت

فلزات سنگین در شاخساره‌ی گیاه اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارها بر کاهش غلظت آهن، منگنز، سرب و روی در خاک و اندام هوایی شاهی معنی دار بود. کمترین غلظت سرب (۲۸/۱۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تیمار سطح اول سبوس برنج و بیشترین درصد کاهش غلظت روی در اندام هوایی شاهی (۳۴ درصد) در سطح دوم تیمار سبوس برنج مشاهده شد.

در نهایت نتایج این تحقیق نشان داد که با توجه به تأثیر تیمارهای آلی بر تثبیت فلزات سنگین در خاک و کاهش جذب آنها توسط گیاه، کاربرد مواد آلی در خاک‌های آلوده راه کار مفیدی در کنترل انتقال آلاینده‌هاست. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد کاربرد زئولیت سبب کاهش زیست فراهمی سرب از ۲۵۷/۲ به ۲۰۵/۹۵ میلی گرم در کیلو گرم شد و تیمار خاک فسفات هم این مقدار را به ۲۰۸/۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم تقلیل داد. با این پژوهش در نهایت توصیه شد که به منظور کاهش خطر انتقال سرب در زنجیره‌ی غذایی، تیمارهای زئولیت و خاک فسفات نسبت به سایر تیمارهای آلی و معدنی مورد استفاده در تحقیق، مؤثرترین تیمارها هستند.

تعدادی از محققان گزارش کردند که استفاده از کودهای آلی مانند کمپوست و ورمی‌کمپوست به عنوان کود در اراضی زراعی همواره با یک نگرانی عمده همراه بوده و آن هم ا فزایش تجمع فلزات سنگین در خاک است (راس، ۱۹۹۶؛ مورتوت، ۱۹۹۶؛ مورنا و همکاران، ۲۰۰۲؛ مک براید، ۲۰۰۳؛ مادرید و همکاران، ۲۰۰۷). این وضعیت عموماً زمانی اتفاق می افتد که مقدار زیادی از این کودها به خاک اضافه شود. خوش گفتارمنش و کلباسی (۲۰۰۲)، زلجازکوو و وارمن (۲۰۰۴)، افیونی و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که تجمع فلزات سنگین با افزایش تعداد دفعات کاربرد کودهای آلی مانند کمپوست ، در خاک افزایش می‌یابد.

کلایری و همکاران (۱۹۹۱)، زیمنس-ایمبان و همکاران (۲۰۰۱)، جوردائو و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که کمپوست زباله شهری می‌تواند تجمع بیش‌تر فلزات سنگین را در خاک افزایش دهد که این

به منشأ مواد اولیه به کار رفته در تولید کمپوست بر می‌گردد. مورتوت (۱۹۹۶) و افیونی و همکاران (۲۰۰۷) نیز در پژوهش‌های خود بر روی تأثیر استفاده چند ساله از کودهای آلی مختلف بر میزان تجمع فلزات سنگین در خاک نشان دادند که با افزایش تعداد سال‌های کود دهی، میزان تجمع فلزات سنگین در خاک نیز افزایش می‌یابد.

اگر چه برخی محققان نیز نشان داده‌اند که کاربرد کمپوست لجن فاضلاب مانع از افزایش معنی‌دار غلظت کل و قابل جذب بیش‌تر فلزات سنگین در خاک می‌شود (کاربولوسکی و همکاران، ۲۰۰۲). البته به اعتقاد برخی محققان خصوصیات کود مورد استفاده و هم چنین خصوصیات فیزیکی – شیمیایی خاک مورد آزمایش در انباشت فلزات سنگین در خاک، قابلیت استفاده آن‌ها و در نهایت جذب این فلزات به وسیله گیاه خیلی مهم است (کاوالارو و مبریدی، ۱۹۷۸). نتایج مطالعه کاربالوسکی و همکاران (۲۰۰۲) نشان داد که غلظت کل و قابل جذب بیش تر فلزات سنگین پاسخ معنی‌داری به کاربرد کمپوست لجن فاضلاب نشان نمی‌دهد.

چن و همکاران (۱۹۹۶) در مطالعه خود بیان کردند که غلظت کل فلزات در خاک معیار مناسب و درستی از قابلیت استفاده زیستی یا ارزیابی میزان خطرات بالقوه آن‌ها نیست. برخی دیگر نیز معتقدند که بر اساس نظریه اثر کهنه شدن قابلیت دسترسی فلزات سنگین وارد شده به خاک همراه کودهای آلی مانند کمپوست، ورمی‌کمپوست و لجن فاضلاب با گذشت زمان کاهش می‌یابد که علت را جذب شدید آن‌ها توسط خاک و مواد آلی این کودها دانسته‌اند (راندل و همکاران، ۱۹۸۲؛ چنگ و همکاران، ۱۹۸۷). بطور کلی اضافه کردن مواد آلی بیشترین تاثیر را روی تحرک کروم دارد (بنکس و همکاران، ۲۰۰۶).

متشرع زاده و پوربابایی (۱۳۸۹) طی پژوهشی با کاربرد سطوح مختلف سرب و کادمیوم در حضور کاربرد دو زادمایه باکتری محرک رشد گیاه در آفتابگردان گزارش کردند که زاد مایه‌ی باکتری بومی، مقاوم به فلزات سنگین و محرک رشد گیاه بوده و تأثیر معنی‌داری در مقاومت گیاه و تجمع فلز در

ریشه و اندام هوایی گیاه نشان داد. تبریزی و همکاران (۱۳۹۲) طی پژوهشی، در گیاه دارویی رزماری در برابر تنش فلزات سنگین به همراه کاربرد قارچ میکوریز آرباسکولار گزارش کردند، همزیستی قارچ با کمک گیاه، از اثرات سمی و تنش فلزات سمی می‌کاهد. همچنین نشان دادند که تلقیح گیاهان با قارچ میکوریزا تا حدی تحمل گیاه همیشه بهار را در مواجهه با تنش فلزات سنگین بالا برد به طوریکه گیاهان تلقیح شده با میکوریزا در صورت کاربرد فلزات سنگین وارد مرحله زایشی شدند. محمدی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند زادمایه‌ی باکتری اثرات مثبتی بر رشد گیاه همیشه بهار در شرایط تنش فلزات سنگین نشان داد.

فصل سوم

مواد و روشها

۳-۱- زمان و موقعیت محل اجرای آزمایش:

این آزمایش در سال ۱۳۹۳ در دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود واقع در شهر بسطام (کیلومتر ۸ جاده شاهرود- آزادشهر) تحت شرایط گلخانه‌ای به اجرا درآمد. شهرستان شاهرود با طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی و عرض ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی دارای اقلیم سرد و خشک می‌باشد و همچنین ارتفاع مرکز شهرستان از سطح دریا ۱۳۶۷ متر است. براساس اطلاعات ثبت شده در ایستگاه هواشناسی، میانگین بارندگی سالیانه ۱۶۰ میلی‌متر گزارش شده است و عمدتاً در بهار و پاییز رخ می‌دهد. ایستگاه هواشناسی شاهرود، میانگین درجه حرارت سالیانه را ۳۵ درجه سانتی‌گراد اعلام کرده است.

۳-۲- نوع و قالب طرح آزمایشی

این آزمایش جهت بررسی توان چند گیاه زراعی (آفتابگردان، اسفناج، سورگوم و گندم) بصورت جداگانه از نظر برداشت و انتقال کروم خاک در حضور ماده آلی، به صورت آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار انجام شد (نقشه اجرای طرح در شکل ۳-۱ آورده شده است). فاکتورهای آزمایش برای هر گیاه زراعی شامل: کروم در سه سطح: a_1، a_2 و a_3 به ترتیب ۰، ۱۲۵ و ۲۵۰ میکروگرم بر کیلوگرم خاک از منبع دی کرومات پتاسیم به صورت آب آلوده به کروم و فاکتور دوم نیز شامل مواد آلی در سه سطح که عبارتند از: b_1، b_2و b_3 به ترتیب عدم مصرف مواد آلی، کود دامی و ورمی‌کمپوست بودند. که در این پژوهش کود دامی ۵۰ تن در هکتار و ورمی-کمپوست ۱۰ تن در هکتار در نظر گرفته شده است. با توجه به تعداد تیمار و تکرارهای مورد نظر، این آزمایش در گلدان‌هایی به قطر ۲۲ و ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر و با وزن تقریبی ۵ کیلوگرم صورت گرفت، و در مجموع ۱۴۴ گلدان پلاستیکی لحاظ گردید.

تکرار اول	a_1 b_1	a_1 b_2	a_1 b_3	a_2 b_1	a_2 b_2	a_2 b_3	a_3 b_1	a_3 b_2	a_3 b_3

تکرار دوم	a_2 b_1	a_3 b_3	a_1 b_3	a_1 b_2	a_3 b_2	a_1 b_1	a_2 b_2	a_3 b_1	a_2 b_3

تکرار سوم	a_3 b_2	a_1 b_2	a_2 b_1	a_2 b_3	a_3 b_1	a_3 b_3	a_1 b_3	a_1 b_1	a_2 b_2

تکرار چهارم	a_2 b_2	a_3 b_1	a_3 b_3	a_1 b_1	a_2 b_3	a_2 b_1	a_1 b_2	a_1 b_3	a_3 b_2

شکل ۳-۱- نقشه کشت

۳-۳- خصوصیات خاک گلدان

نتایج حاصل از تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش قبل از کاشت در جدول ۳-۱ نشان داده شده است.

جدول ۳-۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

هدایت الکتریکی	اسیدیته	درصد اشباع	شن	رس	لای	کربن آلی	ازت کل	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	وزن مخصوص ظاهری خاک
دسی‌زیمنس بر متر		درصد						میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک		گرم بر سانتی‌مترمکعب
۱/۲۳	۷/۶۵	۳۰/۲	۲۰/۳	۳۸/۴	۴۱/۳	۰/۸۱	۰/۰۵۴	۱۳	۱۴۸	۱/۴۲

۳-۴- آماده سازی خاک گلدان‌ها و کاشت بذور

ابتدا خاک مورد نیاز برای اجرای آزمایش را از مزرعه دانشکده کشاورزی بسطام (متناسب با شرایط طبیعی منطقه) از عمق ۳۰ سانتی‌متری سطح زمین برداشت کرده و پس از عبور دادن از الک ۲ سانتی‌متری، ۲۰ درصد ماسه به خاک مورد آزمایش اضافه گردید و سپس تیمار مواد آلی (عدم مصرف، کود دامی و ورمی‌کمپوست) به خاک القا گردید. گیاه آفتابگردان از رقم هایسان ۳۶، اسفناج رقم ناریتا، سورگوم رقم اسپیدفیت و گندم رقم کوهدشت انتخاب شد. پس از پر کردن گلدان‌ها از خاک (به میزان ۵ کیلوگرم و تا ارتفاع پایین‌تر از ۳ سانتی‌متری لبه گلدان)، بذرها (تعداد ۶ بذر در هر گلدان)، با فاصله مناسب از یکدیگر در گلدان‌ها کاشته شدند و سپس خاک سطحی بر روی آن‌ها ریخته شد. دو هفته پس از کاشت و تقریباً بعد از جوانه زنی بذور، تیمار کروم از منبع دی کرومات پتاسیم بصورت آب آلوده به گلدان‌ها اضافه گردید و تا پایان مرحله برداشت آبیاری، با آب حاوی کروم صورت گرفت.

۳-۵- تعیین ظرفیت زراعی خاک گلدان‌ها و نحوه آبیاری

برای تعیین مقدار آب مورد نیاز برای آبیاری و جلوگیری از آبشویی ناخواسته، از روش تعیین ظرفیت زراعی سیلویا (۱۹۹۳) استفاده شد. تعیین زمان آبیاری از طریق توزین گلدان‌ها و حفظ رطوبت در ۸۰ درصد ظرفیت زراعی صورت گرفت، و گلدان‌ها به صورت مرتب هر دو روز یکبار آبیاری شدند و به منظور تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاهان در طول دوره رشد، مقدار ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک ازت به خاک افزوده شد.

۳-۶- عملیات آبیاری، تنک کردن و مبارزه باعلف‌های هرز

الف- آبیاری: در طی مراحل داشت، مقدار رطوبت گلدان‌ها در حد رطوبت ۸۰ درصد ظرفیت زراعی ثابت نگه داشته شد و به منظور تأمین رطوبت مورد نیاز برای گیاهان در بازه‌ی زمانی ۴۸ ساعت اقدام به آبیاری گلدان‌ها صورت گرفت.

ب- تنک کردن: پس از سبز شدن بذور تعداد گیاهچه‌های آفتابگردان به یک عدد، اسفناج پنج عدد، سورگوم سه عدد و گندم به دو گیاهچه کاهش یافت و بذور مازاد سبز شده در گلدان‌ها برای عدم ایجاد خطا در اندازگیری‌های بعدی مانند وزن ریشه‌ها در همان مراحل ابتدایی رشد گیاهان از خاک خارج شدند.

ج- مبارزه با علف‌های هرز: علف‌های هرز سبز شده در گلدان‌ها به منظور عدم ایجاد خطا در طرح، از همان ابتدا توسط دست وجین گردید.

۳-۷- برداشت نهایی

گیاهان آفتابگردان، سورگوم و گندم بعد از رسیدن به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک و گیاه اسفناج در پایان هفته دوازدهم از یک سانتی‌متری سطح خاک با دقت قطع شدند. همچنین جهت خروج ریشه‌ها از خاک از فشار آب استفاده گردید. ریشه‌ها و اندام هوایی پس از برداشت به صورت جداگانه در پاکت‌های نمونه برداری قرار داده شدند و به آزمایشگاه انتقال یافتند .

۳-۸- نمونه برداری خاک

جهت نمونه‌گیری خاک، هر گلدان در دو عمق ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متری نمونه گیری شد و خاک نمونه-گیری شده، جهت انجام آزمایش‌های مربوطه به آزمایشگاه منتقل گشت.

۳-۹- اندازه‌گیری صفات مربوط به رشد و مورفولوژی گیاه

۳-۹-۱- وزن خشک ریشه و اندام هوایی

نمونه‌های گیاهی منتقل شده به آزمایشگاه را به دو بخش ریشه و اندام هوایی تفکیک کرده و نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. سپس نمونه‌ها با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین گردید. مقادیر به دست آمده برحسب گرم در هر گلدان محاسبه شد.

۳-۹-۲- ارتفاع ریشه و اندام هوایی

در هر بوته ارتفاع ریشه و اندام هوایی از سطح خاک بر حسب سانتی‌متر اندازه گیری شده و میانگین ارتفاع بوته‌ها در هر گلدان محاسبه شد.

۳-۱۰- صفات فیزیولوژیکی گیاه

۳-۱۰-۱- اندازه‌گیری میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید

میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید گیاهان با استفاده از روش آرنون (۱۹۶۷) تعیین گردید. به منظور اندازه‌گیری صفت مربوطه ابتدا مقدار یک گرم از برگ تر را در داخل یخ خشک گذاشته و به آزمایشگاه انتقال داده، سپس نمونه گیاهی را در استون ۸۰ درصد توسط هاون رقیق نموده و عصاره حاصل را به فالکوم‌های ۱۵ میلی‌لیتری انتقال داده و و به مدت ۱۰ دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ با تنظیم سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه قرار داده شدند در نهایت پس از سپری شدن زمان مربوطه نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتوفتومتر (مدل Jenway 6305) در سه دامنه طول موج ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت با استفاده از فرمول‌های ذکر شده اقدامات لازم جهت اندازه-گیری میزان کلروفیل a، b و کارتنوئید در نمونه‌های حاصل صورت گرفت.

Chlorophyll a = (19.3 * A663 - 0.86 * A645) V/100W

Chlorophyll b = (19.3 * A645 - 3.6 * A663) V/100W

Carotenoides = 100(A470) - 3.27(mg chl. a) - 104(mg chl. b)/227

Ca مقدار کلروفیل a، Cb مقدار کلروفیل b، Cx+c مقدار کل کارتنوئید، V حجم محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ، W وزن تر نمونه بر حسب گرم در تک بوته و A جذب نور در طول موج‌های مربوطه می‌باشند.

۳-۱۱- اندازه‌گیری صفات مربوط به خاک

۳-۱۱-۱- اندازه‌گیری محتوای کربن آلی خاک

در این روش یک گرم خاک هوا خشک را به ارلن مایر ۲۵۰ میلی لیتری منتقل می‌کنیم و سپس ۱۰ میلی لیتر بی‌کرومات یک نرمال و ۲۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ به آن اضافه کرده و بلافاصله به آرامی تکان داده تا خاک با مواد مخلوط و بمدت یک دقیقه تکان داده و صبر می‌کنیم به مدت نیم ساعت به حال خود بماند سپس دویست و پنجاه میلی‌لیتر آب مقطر اضافه می‌کنیم. سپس با استفاده از معرف ارتوفنانترولین (فروئین) محتویات ارلن را با محلول نیم نرمال فروآمونیوم سولفات تیتر می-کنیم. بر روی نمونه شاهد (بدون خاک) نیز مراحل فوق صورت گرفت و سپس درصد کربن آلی نمونه-ها محاسبه گردید (احیایی و بهبهانی‌زاده،۱۳۷۰؛ والکی و بلاک، ۱۹۳۴).

۳-۱۱-۲- اندازه‌گیری هدایت الکتریکی (EC) و اسیدیته (pH) خاک

جهت اندازه‌گیری هدایت الکتریکی و اسیدیته (pH) خاک، ۴۰ گرم خاک نمونه برداری شده را پس از عبور از الک ۲ میلی‌متری، در ارلن ریخته و به حجم ۱۰۰ سی‌سی رساندیم. پس از پوشاندن دهانه ارلن، آن را در دستگاه شیکر، تنظیم شده با سرعت ۲۰۰ دور به مدت ۱۲۰ دقیقه، قرار دادیم تاعمل بهم خوردن سوسپانسیون ۱ به ۲/۵ خاک به آب مقطر، به خوبی صورت گیرد. سپس محلول حاصل را از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ عبور داده و هدایت الکتریکی عصاره به دست آمده توسط دستگاه EC متر کالیبره شده (هدایت سنجش) (روآدز، ۱۹۹۶) و pH آن، بوسیله دستگاه pH متر کالیبره شده (توماس، ۱۹۹۶)، اندازه‌گیری شد.

۳-۱۱-۳- اندازه‌گیری غلظت کروم (VI) در خاک:

۵ گرم از خاک خشک شده را با ۵۰ میلی لیتر از KH_2PO_4 ۰/۰۰۵ مولار و$kH2PO4$ ۰/۰۵ مولار مخلوط نموده و نمونه‌ها به مدت ۲ ساعت در شیکر با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه تکان داده شد. به مدت ۱۰ دقیقه و با سرعت ۲۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند و سپس به منظور عصاره‌گیری بهتر از کاغذ صافی واتمن ۴۲ عبور داده شدند. pH محلول توسط اسید سولفوریک (۱۰ درصد) به حدود ۱/۵-۲/۵ تنظیم شد. مقدار کروم (VI) توسط دی فنیل کاربازاید استخراج و به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۴۰ نانومتر قرائت گردید (جیمز و بارتلت، ۱۹۹۶، سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا، ۱۹۹۲؛ APHA[1]، AWWA[2]، WEF[3]، ۲۰۰۵؛ ال وی و همکاران، ۲۰۱۳؛ اسدی و همکاران، ۱۳۹۱؛ باتتی و همکاران، ۲۰۱۳؛ کلسری و همکارن، ۱۹۸۹).

۳-۱۲- اندازه‌گیری محتوای کروم (VI) در اندام هوایی گیاهان:

در آغاز قطعات گیاهی خشک شده (شامل اندام هوایی و ریشه گیاه) را توسط دست با استفاده از هاون خرد و یکنواخت شد و پس از توزین ۰/۴ گرم از نمونه‌های گیاهی، همراه با ۶ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۶۵ درصد (تهیه شده از شرکت مرک آلمان) در داخل لوله‌های ۱۰۰ میلی‌لیتری دستگاه هضم قرار داده شدند (واسوا،۲۰۰۹؛ استاسینوز و زابتاکیس، ۲۰۱۳؛ ورنای و همکاران، ۲۰۰۸). نمونه‌ها در طول یک شب به مدت تقریبی ۱۶ ساعت در آزمایشگاه قرار داده شدند. سپس به مدت چهار ساعت در دمای ۱۵۰درجه سانتی‌گراد، یک ساعت در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و دو ساعت دمای ۲۲۰ درجه حرارت داده شدند تا عمل هضم نمونه‌ها بطور کامل انجام گیرد. در مراحل پایانی هضم، پس از خروج گاز سفید رنگ ۳ تا ۴ میلی‌لیتر محلول شفاف رنگ و هضم شده در انتهای لوله‌ها باقی ماند. محلول حاصله پس از سرد شدن توسط آب مقطر به حجم ۵۰ سی‌سی رسید (میلر، ۱۹۹۸).

1- American Public Health Association
2- American Water Works Association
3- Water Environment Federation

۹۵ سی‌سی عصاره + ۲ سی‌سی دی فنیل کاربازاید (۰/۲۵g از دی فنیل کاربازاید به ۵۰ سی‌سی استون اضافه گردید) مخلوط و به حجم ۱۰۰ سی‌سی رسانده شد. بعد از ده دقیقه غلظت کروم VI بوسیله دستگاه اسپکتروفتومتری (uv- visible) در طول موج ۵۴۰ نانومتر قرائت گردید (جیمز و بارتلت، ۱۹۹۶؛ سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا، ۱۹۹۲؛ APHA، AWWA، WEF،۲۰۰۵؛ ال وی و همکاران، ۲۰۱۳؛ اسدی و همکاران، ۱۳۹۱؛ باتتی و همکاران، ۲۰۱۳؛ کلسری و همکارن، ۱۹۸۹). برای تهیه منحنی استاندارد کروم VI از محلول های استاندارد دی کرومات پتاسیم ($K_2Cr_2O_7$)استفاده گردید.

۳-۱۳- اندازه‌گیری پارامترهای خاک اولیه

در نمونه مربوط به خاک اولیه (قبل از اعمال تیمارهای آزمایشی)، اندازه‌گیری بافت خاک به روش جی و بودر (۱۹۸۶)، درصد کربن آلی به روش والکلی و بلک (۱۹۳۴)، نیتروژن کل به روش کجلدال، فسفر قابل دسترس به روش اولسن (اولسن و همکاران، ۱۹۵۴) و دستگاه اسپکتوفتومتر، پتاسیم قابل جذب توسط دستگاه فلیم فتومتری (چاپمن و پرات، ۱۹۸۲) و وزن مخصوص ظاهری خاک به روش‌های مرسوم انجام شد.

۳-۱۴- محاسبات و تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده‌های آماری آزمایش با استفاده از نرم افزارهای SAS و MSTATC و مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) انجام شد. رسم نمودارها نیز با کمک برنامه EXCEL صورت گرفت.

فصل چهارم:

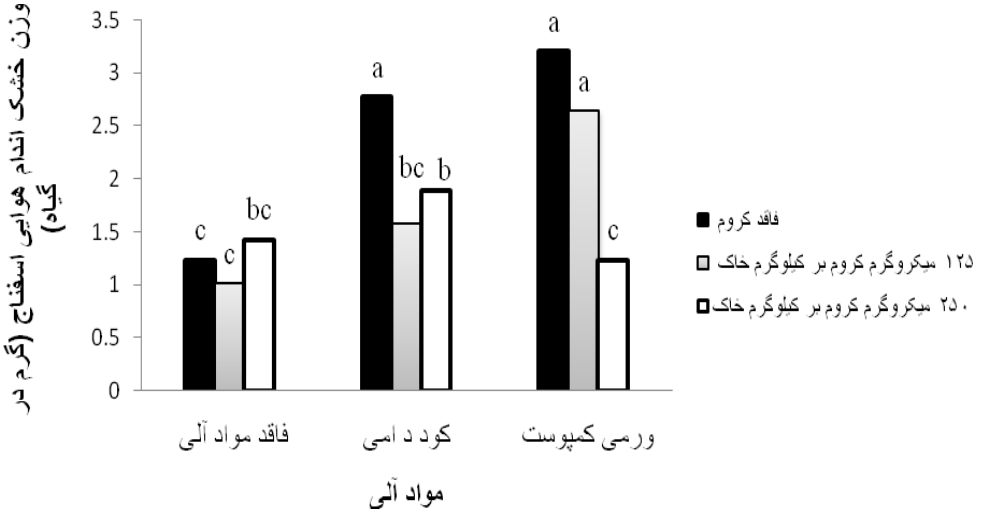
نتایج و بحث

۴-۱- صفات مربوط به رشد و مورفولوژی گیاهان

۴-۱-۱- وزن خشک اندام هوایی

۴-۱-۱-۱- وزن خشک اندام هوایی اسفناج

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی کروم و مواد آلی همچنین اثر متقابل کروم و مواد آلی، هر کدام بطور جداگانه، در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان وزن خشک اندام هوایی اسفناج معنی‌دار بودند (جدول پیوست ۱). نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل کروم و مواد آلی حاکی از آن است که تیمار ورمی‌کمپوست و عدم مصرف کروم توانست افزایش ۶۱/۴۱ درصدی وزن خشک اندام هوایی را نسبت به تیمار شاهد ایجاد نماید و کاربرد توام تیمار ۱۲۵ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک و ورمی‌کمپوست وزن خشک اندام هوایی گیاه را به میزان ۵۳/۱۹ درصد و کود دامی و عدم مصرف کروم به میزان ۵۵/۳۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داد و بین سطوح تیماری ذکر شده از نظر آماری تفاوتی مشاهده نشده است (شکل ۴-۱). همچنین از شکل(۴-۱) چنین استنباط می‌گردد که با کاربرد مواد آلی میزان وزن خشک اندام هوایی افزایش یافته است که با نتایج هکمن و آنجل (۱۹۸۷) مطابقت دارد. رواتی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که افزودن ورمی‌کمپوست به خاک آلوده، بیوماس گیاهی را بهبود می‌بخشد.

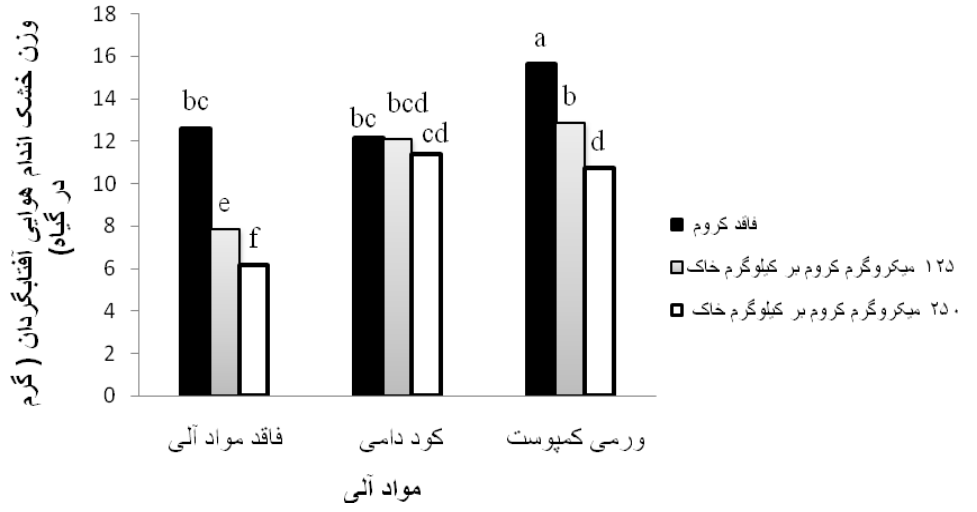


شکل ۴-۱- مقایسه میانگین وزن خشک اندام هوایی اسفناج تحت تأثیر کروم و مواد آلی

۴-۱-۱-۲- وزن خشک اندام هوایی آفتابگردان

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها مطابق جدول پیوست ۱ نشان داد که اثر عامل‌های کروم و مواد آلی بر وزن خشک اندام هوایی آفتابگردان در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد. همچنین نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر متقابل کروم و مواد آلی بر میزان وزن خشک اندام هوایی گیاه آفتابگردان در سطح ۱ درصد معنی‌دار گشت . نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل کروم × مواد آلی نشان داد که مصرف ورمی‌کمپوست و عدم مصرف کروم تجمع ماده خشک اندام هوایی را به میزان ۱۹/۲۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. محققان نشان دادند که کاربرد مقادیر بهینه کمپوست، رشد گیاه و همچنین مقدار عناصر غذایی قابل دسترس در خاک را بهبود می‌بخشد (اوئدراگو و همکاران، ۲۰۰۱؛ استاماتیادیس و همکاران، ۱۹۹۹). ورمی‌کمپوست با قدرت بالای جذب و نگهداری آب و نیز دارا بودن عناصر غذایی کم مصرف و پر مصرف و در نتیجه افزایش میزان فراهمی آب و این عناصر برای گیاه، باعث افزایش بیوماس تولیدی شده است. در مجموع اضافه کردن کودهای آلی ضمن تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه با بهبود شرایط فیزیکی و فرایندهای حیاتی در خاک و ایجاد یک محیط مناسب برای رشد ریشه باعث افزایش رشد اندام هوایی و میزان علوفه تولیدی شده است (سعید نژاد و همکاران، ۱۳۹۱). همانطور که در شکل ۴-۲ مشاهده می‌شود با افزایش غلظت کروم از میزان وزن خشک اندام هوایی کاسته شده است بطوریکه کاربرد تیمار ۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک در صورت عدم مصرف مواد آلی وزن خشک اندام هوایی را به میزان ۱۰۴/۹۳ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. نتیجه حاصل با نتایج ساندرامورتی و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت دارد. کاهش در بیوماس گیاهی و فتوسنتز خالص گیاهان تحت تیمار فلز سنگین کروم نشان می‌دهد که کروم (VI) نسبت به کروم (III) سمی‌تر است (شانکر و همکاران، ۲۰۰۵؛ بنکس و همکاران، ۲۰۰۶؛ ورنای و همکاران، ۲۰۰۸؛ سروانتس و همکاران، ۲۰۰۱). کاربرد ۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک به همراه کود دامی و ورمی‌کمپوست به ترتیب موجب کاهش ۱۰/۵۲ و ۱۷/۵۷ درصدی نسبت به شاهد گردید که این دو از نظر آماری تفاوت معنی داری نداشتند و نتایج این تحقیق گویای آن

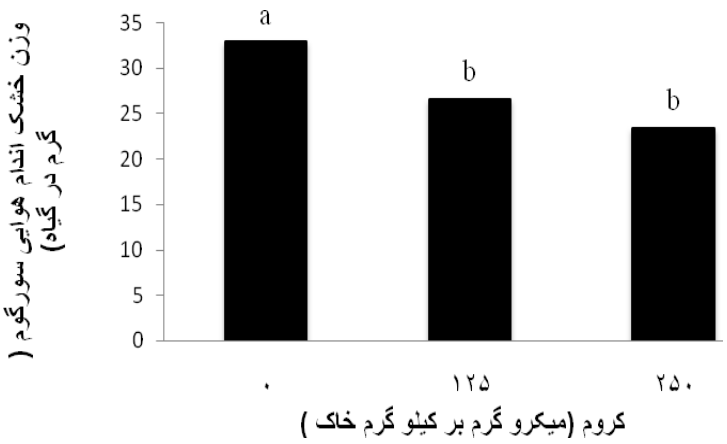
است که کاربرد مواد آلی از تأثیر منفی کروم در رشد گیاه و نیز کاهش وزن خشک اندام هوایی، کاسته است.



شکل ۴-۲- مقایسه میانگین وزن خشک اندام هوایی آفتابگردان تحت تأثیر کروم و مواد آلی

۴-۱-۱-۳- وزن خشک اندام هوایی سورگوم

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول پیوست ۱) اثر اصلی کروم بر وزن خشک اندام هوایی گیاه سورگوم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد . مقایسه میانگین اثر اصلی کروم نشان داد که کاربرد ۱۲۵ و ۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک سبب کاهش ۲۴/۲۹ و ۴۱/۲۰ درصدی صفت مورد نظر نسبت به شاهد شده است (شکل ۴-۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که میزان تجمع ماده خشک با افزایش دوز کروم، در زیست توده‌ی گیاه کاهش قابل توجهی به همراه داشت، که نتایج حاصل با نتایج رواتی و همکاران (۲۰۱۱) و احتشام راد (۱۳۷۷) مطابقت دارد.



شکل ۴-۳- مقایسه میانگین وزن خشک اندام هوایی سورگوم تحت تأثیر کروم

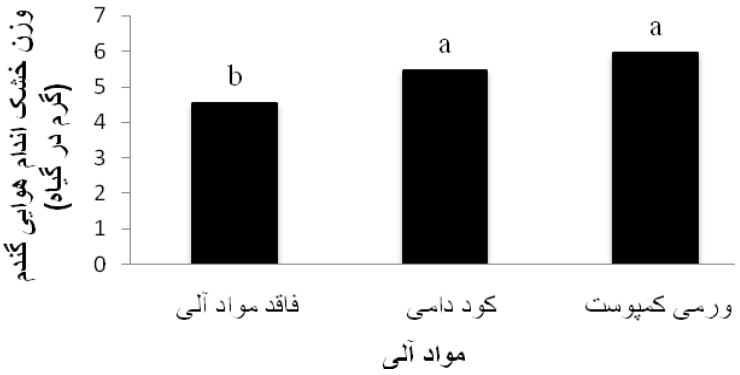
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول پیوست ۱) نشان‌گر معنی‌دار بودن اثر اصلی مواد آلی بر وزن خشک اندام هوایی سورگوم در سطح ۵ درصد می‌باشد. مقایسه میانگین اثر اصلی مواد آلی نشان داد که میزان وزن خشک اندام هوایی با کاربرد مواد آلی افزایش معنی‌داری داشته است. کاربرد کود دامی و ورمی‌کمپوست به ترتیب ۱۶/۶۰ و ۲۵/۶۶ درصد صفت مورد نظر را نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ۴-۴). طی پژوهشی اسکندری و آستارایی (۱۳۸۶) گزارش کردند که استفاده از کودهای آلی موجب افزایش میزان کل زیست توده گیاه نخود گردید. نتایج تحقیق کومار و همکاران (۲۰۰۵) نیز نشان می‌دهدکه در گیاه سورگوم استفاده از منابع کودهای آلی برای تأمین عناصرمورد نیاز گیاه باعث افزایش میزان عملکرد علوفه تولیدی می‌شود. پاتیل و شلاونتر (۲۰۰۶) نیز در بررسی اثرات کودهای آلی، دامی و شیمیایی بر عملکرد سورگوم دریافتند که کودهای آلی به خصوص کمپوست عملکرد سورگوم را به طور معنی‌داری افزایش داد. گوتیرز میشل و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که کاربرد ورمی‌کمپوست سبب افزایش تعداد برگ، وزن خشک ساقه و ارتفاع گیاه در مقایسه با شاهد گردید. آرامسون و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که ورمی‌کمپوست دارای قابلیت جذب و نگهداری آب و عناصر غذایی است. در نتیجه تخلخل، تهویه و زهکشی خاک را افزایش می‌دهد. استفاده از این کودهای آلی علاوه بر افزایش فعالی ت و جمعیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک، عناصری نظیر

نیتروژن، فسفر و پتاسیم را برای گیاه فراهم می‌کند و از این طریق رشد و تولید گیاه را افزایش می-دهد.

شکل ۴-۴- مقایسه میانگین وزن خشک اندام هوایی سورگرم تحت تأثیر مواد آلی

۴-۱-۱-۴- وزن خشک اندام هوایی گندم

نتایج تجزیه واریانس نشان داد فقط اثر اصلی مواد آلی بر وزن خشک اندام هوایی گندم در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد (جدول پیوست ۱). نتایج مقایسه میانگین بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمار فاقد مواد آلی (شاهد) با سایر سطوح مختلف مواد آلی می‌باشد که نشان دهنده‌ی افزایش ۱۷/۲۵ درصدی میزان تجمع ماده خشک اندام هوایی در سطح کود دامی نسبت به شاهد و افزایش ۲۳/۷۷ درصدی این صفت در سطح ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد می‌باشد (شکل ۴-۵). مبارک و همکاران (۲۰۰۷) اعلام داشتند استفاده از کودهای آلی و دامی باعث افزایش میزان ماده خشک سورگوم علوفه‌ای شد. نتایج پژوهش جهان (۱۳۸۳) نیز بیانگر افزایش وزن خشک بابونه در اثر استفاده از کود دامی بود. آتیه و لی (۲۰۰۲) آزمایشی را به منظور بررسی اثر کودهای آلی بر گیاهان گوجه فرنگی و خیار انجام دادند و مشاهده کردند که کاربرد این کودها باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در این گیاهان شد. کاربرد مواد آلی تأثیر زیادی در افزایش وزن خشک اندام هوایی داشت که می‌توان علت آن را به اثر مثبت مواد آلی بر خواص فیزیکی و وضعیت عناصر غذایی خاک نسبت داد.



شکل ۴-۵- مقایسه میانگین وزن خشک اندام هوایی گندم تحت تأثیر مواد آلی

۴-۱-۲- وزن خشک ریشه

۴-۱-۲-۱- وزن خشک ریشه اسفناج

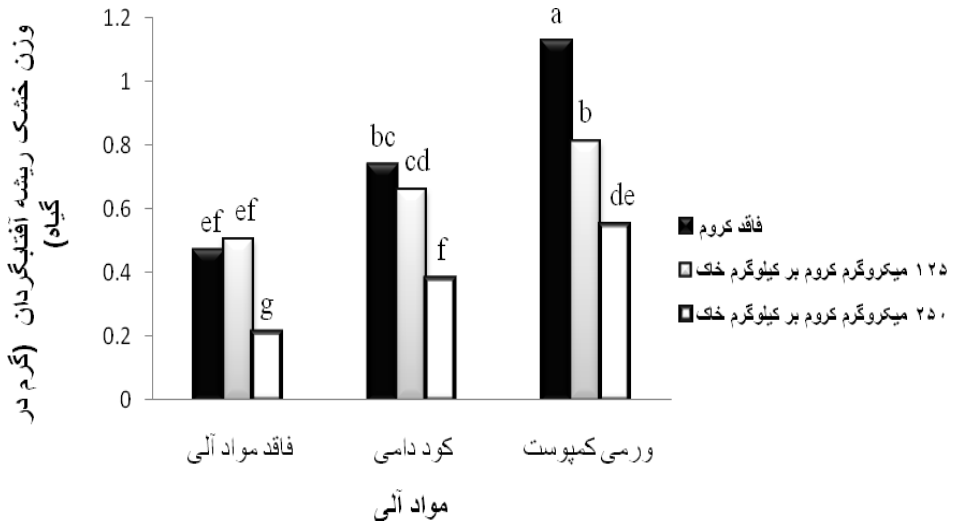
از نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول پیوست ۱) چنین استنباط می‌گردد که تنها اثر اصلی مواد آلی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار گشت. مقایسه میانگین مربوط به اثر عامل مواد آلی بر میزان وزن خشک ریشه اسفناج نشان داد که میزان این صفت در سطح کود دامی ۵/۳۱ درصد نسبت به شاهد و در سطح ورمی‌کمپوست ۱۶/۷۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داشته است (شکل ۴-۶). نتایج حاصل بیانگر آن است که تیمارهای کود دامی و ورمی‌کمپوست تأثیر مطلوبی در افزایش وزن خشک ریشه داشته‌اند.

شکل ۴- ۶ – مقایسه میانگین وزن خشک ریشه اسفناج تحت تأثیر مواد آلی

۴-۱-۲-۲- وزن خشک ریشه آفتابگردان

تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری میزان وزن خشک ریشه آفتابگردان، گویای آن است که اثر اصلی کروم و اثر اصلی مواد آلی، همچنین اثر متقابل کروم و مواد آلی، هر کدام بطور جداگانه، در سطح احتمال ۱ درصـد معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱). نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل کروم و مواد آلی بر میزان وزن خشک ریشه آفتابگردان گویای آن است که تیمارهای سطح اول کروم (فاقد کروم) به همراه ورمی‌کمپوست و کود دامی به ترتیب ۵۸/۴۱ درصد، ۳۶/۶۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داشته است (شکل ۴-۷). این افزایش در شرایط عدم کاربرد کروم، نشان‌دهنده عملکرد مثبت مواد آلی بر میزان وزن خشک ریشه می‌باشد. بر اساس مقایسه میانگین انجام شده با افزایش سطوح کروم میزان وزن خشک ریشه کاهش پیدا کرده است بطوریکه میزان وزن خشک ریشه در تیمار سطح سوم کروم (۲۵۰میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک)و سطح اول مواد آلی (فاقد مواد آلی) نسبت به تیمار شاهد ۱۲۱/۳۲ درصد کاهش داشته است. این کاهش بیانگر تأثیر منفی کروم بر رشد ریشه می‌باشد (شکل ۴-۷). به هر حال این نتیجه با نتایج حاصل از تحقیقات اندلیب و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت داشته است. بنظر می‌رسد که سیستم ریشه‌ای اولین جایی است که تحت تأثیر فلز سنگین کروم قرار می‌گیرد. کاهش رشد ریشه‌ها که با کاهش طول و وزن خشک آن مشخص می‌شود، منجر به عدم توسعه و گسترش مناسب سیستم ریشه‌ای شده، با کاهش سطوح جذب کننده و تغییر در ساختار غشای سلولی، جذب آب کاهش یافته، محتوای آب گیاه افت می‌کند که این امر بر فرایندهای فیزیولوژیکی نظیر تعرق، تنفس و فتوسنتز اثر کرده نهایتاً موجب کاهش رشد در سایر بخشهای گیاه خواهد شد (سانیتا و همکاران، ۲۰۰۲؛ شارما و همکاران، ۱۹۹۵). کاربرد توأم تیمارهای سطح دوم کروم (۱۲۵میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک) و سطح سوم کروم (۲۵۰میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک) هر کدام به همراه ورمی کمپوست به ترتیب موجب افزایش ۴۲/۵۵ درصد و ۱۵/۰۹ درصدی وزن خشک ریشه نسبت به تیمار شاهد گردید (شکل ۴-۷). همانطور که در شکل (۴-۷) مشاهده می‌گردد با افزایش سطوح مختلف غلظت کروم از میزان وزن خشک ریشه کاسته شده است. ولی در

صورت که کاربرد سطوح مختلف کروم با مصرف کود دامی و ورمی‌کمپوست همراه باشد، میزان صفت مذکور روند افزایشی داشته است. که علت این امر را می‌توان به تأثیر مثبت مواد آلی در کاهش تأثیر منفی کروم نسبت داد، بطوریکه مواد آلی از طریق تثبیت کروم در خاک، از انتقال کروم از خاک به ریشه گیاهان خودداری نموده‌اند.

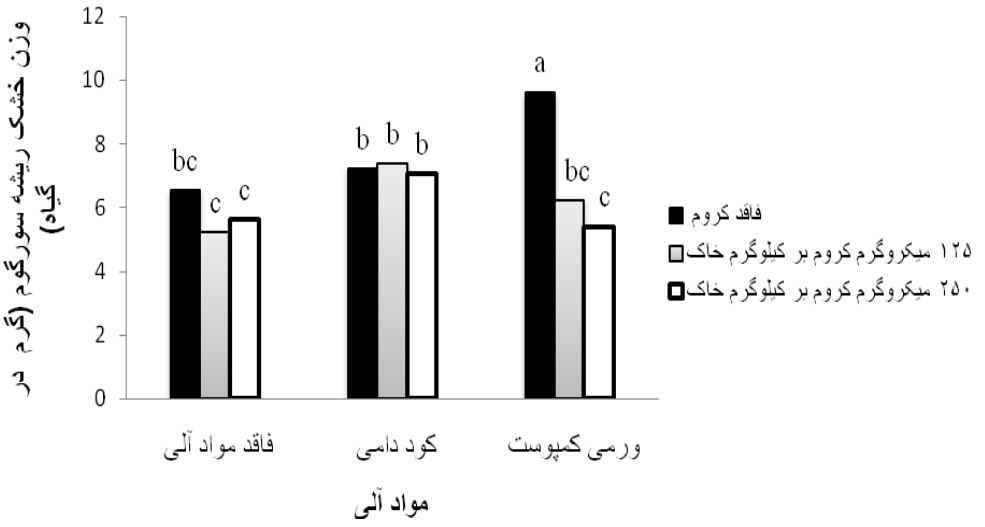


شکل ۴- ۷ – مقایسه میانگین وزن خشک ریشه آفتابگردان تحت تأثیر کروم و مواد آلی

۴-۱-۲-۳- وزن خشک ریشه سورگوم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول پیوست ۱) نشان می‌دهد که اثر عامل کروم و عامل مواد آلی و همچنین اثر متقابل کروم × مواد آلی، هر کدام بطور جداگانه، در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل کروم و مواد آلی بر میزان وزن خشک ریشه گویای آن است که بالاترین میزان این صفت در تیمار سطح اول کروم (فاقد کروم) به همراه ورمی‌کمپوست مشاهده شد که افزایش ۳۲/۰۷ درصدی را نسبت به تیمار شاهد به همراه داشت. تیمارهای سطح اول کروم (فاقد کروم)، سطح دوم کروم (۱۲۵ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک) و سطح سوم کروم (۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک) هر کدام به همراه کود دامی به ترتیب وزن خشک ریشه را به میزان ۹/۵۳ درصد، ۱۱/۳۳ درصد و ۷/۲۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. تیمار سطح دوم کروم

(۱۲۵ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک) به همراه ورمی‌کمپوست این صفت را به میزان ۵/۳۸ درصد نسبت به شاهد کاهش داد اما بین این تیمارها با شاهد اختلاف معنی داری وجود نداشت (شکل ۴-۸).

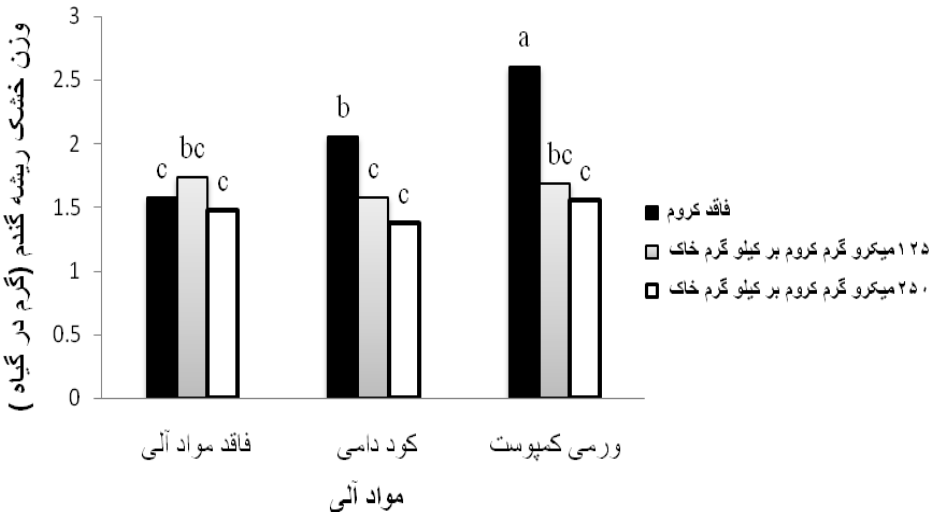


شکل ۴- ۸ – مقایسه میانگین وزن خشک ریشه سورگوم تحت تأثیر کروم و مواد آلی

۴-۱-۲-۴- وزن خشک ریشه گندم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول پیوست ۱) گویای آن است که اثر عامل اصلی کروم تأثیر معنی‌داری در سطح ۱ درصد و اثر اصلی مواد آلی و اثر متقابل کروم و مواد آلی به ترتیب تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک ریشه گندم در سطح احتمال ۵ درصد داشته است. با توجه به شکل (۴-۹) بیشترین میزان وزن خشک ریشه توسط تیمار سطح اول کروم (فاقد کروم) و سطح سوم مواد آلی (ورمی‌کمپوست) حاصل شد که افزایش ۳۹/۴۰ درصدی را نسبت به شاهد دارا بود. کاربرد تیمار سطح اول کروم (فاقد کروم) و سطح دوم مواد آلی (کود دامی) این صفت را به میزان ۲۲/۹۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. همانطور که مشاهده می‌شود بین سطوح دوم کروم (۱۲۵ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک) و سطوح سوم کروم (۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک) در حضور مواد آلی، از نظر آماری با شاهد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۴-۹). ذاکر و همکاران (۱۳۸۴) در بررسی

تأثیر انباشتگی کروم (VI) و کروم (III) بر رشد گیاه جعفری دریافتند که جذب هر دو فرم یونی کروم، رشد گیاهان را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد بطوریکه با افزایش غلظت کروم در محیط طول، وزن خشک ریشه و اندام هوایی بتدریج کاهش یافت.



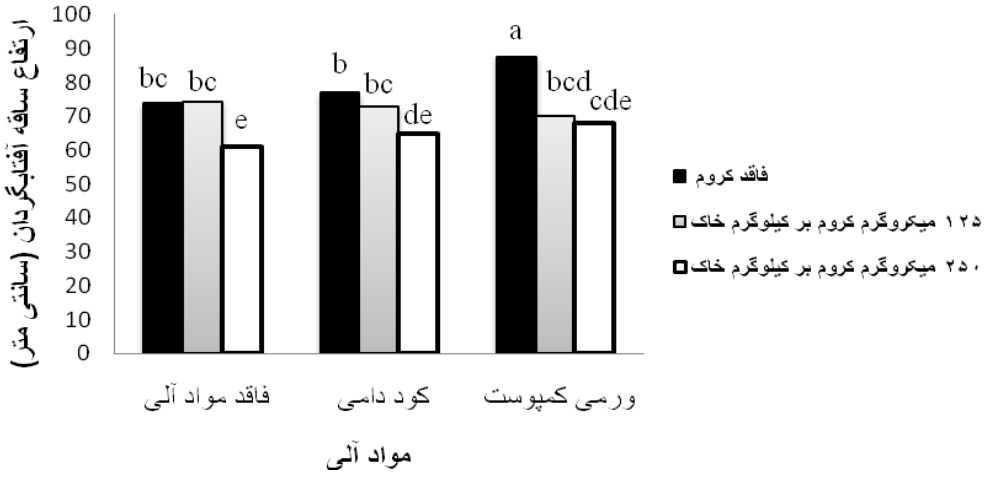
شکل ۴- ۹– مقایسه میانگین وزن خشک ریشه گندم تحت تأثیر کروم و مواد آلی

۴-۱-۳- ارتفاع ساقه

۴-۱-۳-۱- ارتفاع ساقه آفتابگردان

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد ارتفاع ساقه گیاه آفتابگردان تحت تأثیر عوامل اصلی کروم و مواد آلی به ترتیب در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد معنی دار شد. همچنین بین اثر متقابل کروم و مواد آلی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد وجود دارد (جدول پیوست ۲). مقایسه میانگین‌های طول ساقه تحت تأثیر سطوح کروم و مواد آلی (شکل ۴-۱۰) نشان می‌دهد که بیشترین میزان طول اندام هوایی تحت تیمار سطح اول کروم (فاقد کروم) و سطح سوم مواد آلی (ورمی-کمپوست) مشاهده شد که افزایش ۱۵/۳۶ درصدی را نسبت به شاهد دارا بود. طبق نتایج آستارایی (۱۳۸۵) ورمی‌کمپوست در گیاه اسفرزه باعث افزایش ارتفاع گیاه نسبت به شاهد گردید. هامیدا و همکاران (۲۰۰۶) اعلام داشتند با افزایش میزان کودهای آلی (ورمی‌کمپوست و کمپوست) ارتفاع بوته

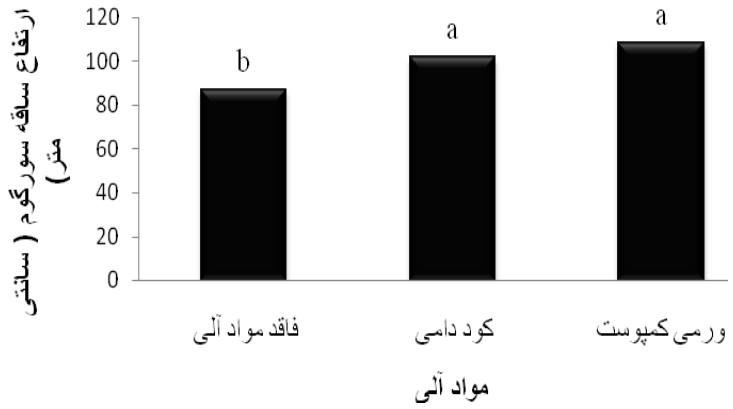
سورگوم علوفه‌ای افزایش پیدا کرد. بطور کلی استفاده از مواد آلی باعث افزایش فراهمی عناصر غذایی برای ریشه گیاه شده و این امر باعث تحریک رشد گیاه و افزایش طول میانگره‌ها باعث افزایش ارتفاع گیاه گردید (ملانتولو و همکاران، ۲۰۰۷). کمترین میزان صفت مورد نظر تحت تیمار سطح سوم کروم (۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک) و سطح اول مواد آلی (فاقد مواد آلی) مشاهده گردید که این صفت را به میزان ۲۱/۲۲ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. کاهش ارتفاع گیاه با افزایش غلظت کروم در گیاه آفتابگردان توسط اندلیب و همکاران (۲۰۰۸) گزارش شد. توسط آکینسی و آکینسی (۲۰۱۰) گزارش شده است غلظت‌های زیاد کروم بر جوانه زنی و زیست پذیری دانه‌ها تأثیر منفی دارد و رشد گیاهچه‌ها را محدود می‌کند.همانطور که در شکل (۴-۱۰) مشاهده می‌شود ارتفاع گیاه آفتابگردان با افزایش غلظت کروم روند کاهشی داشته است، که این عامل نشان دهنده‌ی تأثیر منفی کروم بر صفت مورد نظر می‌باشد تنش فلزات سنگین از جمله عوامل محدودکننده رشد ریشه است و از آنجا که تعیین مقدار آب و مواد غذایی معدنی قابل دسترس برای گیاه از روی حجم خاک یا محلول در تماس با ریشه‌ها صورت می‌گیرد، کاهش رشد ریشه، سایر فعالیت‌های رشدی گیاه را نیز تحت تأثیر قرار خواهد داد. ممانعت از رشد اندام‌های هوایی توسط کروم در حقیقت ناشی از آسیب سیستم ریشه‌ای می‌باشد.



شکل ۴- ۱۰ – مقایسه میانگین ارتفاع ساقه آفتابگردان تحت تأثیر کروم و مواد آلی

۴-۱-۳-۲- ارتفاع ساقه سورگوم

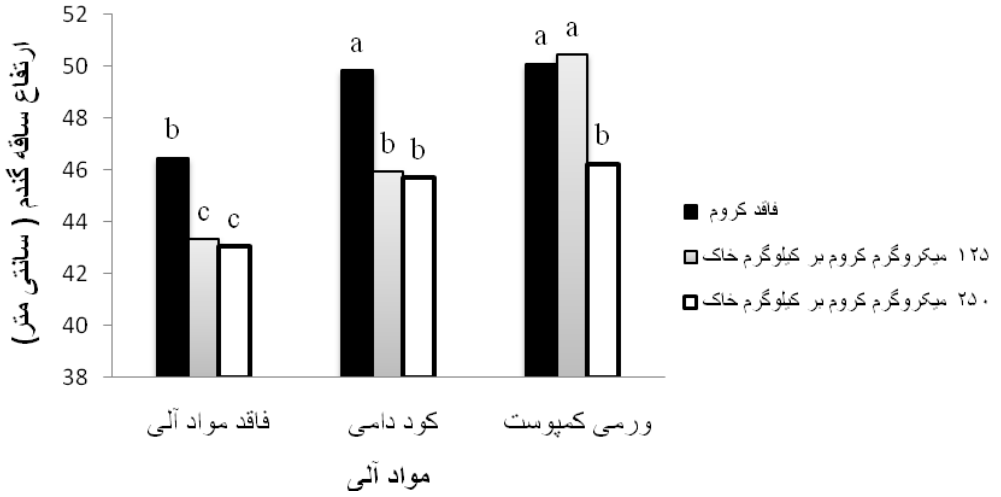
تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از معنی‌دار بودن تأثیر مواد آلی بر ارتفاع ساقه گیاه سورگوم در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد (جدول پیوست ۲). مقایسه میانگین داده‌ها بیانگر افزایش قابل توجه میزان ارتفاع گیاه بر اثر کاربرد مواد آلی و در نتیجه ایجاد گروه‌های آماری مختلف می‌باشد. کاربرد سطح سوم مواد آلی (ورمی‌کمپوست) ارتفاع گیاه را به میزان ۱۹/۸۴ درصد و کاربرد سطح دوم مواد آلی (کود دامی) صفت مورد نظر را به میزان ۱۴/۷۸ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. نتایج مطالعات داوری نژاد و همکاران (۲۰۰۲) نشان داد که کاربرد کمپوست شهری غنی شده به همراه دو بار کود سرک موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع در گندم شد. ورمی‌کمپوست با قدرت بالای جذب و نگهداری آب و نیز دارا بودن عناصر غذایی کم مصرف و پر مصرف و در نتیجه افزایش میزان فراهمی آب و این عناصر برای گیاه، باعث افزایش بیوماس تولیدی شده است (سعیدنژاد و همکاران، ۱۳۹۱). در مجموع اضافه کردن کودهای آلی ضمن تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه با بهبود شرایط فیزیکی و فرایندهای حیاتی در خاک و ایجاد یک محیط مناسب برای رشد ریشه باعث افزایش رشد اندام هوایی و میزان علوفه تولیدی شده است.



شکل ۴- ۱۱ – مقایسه میانگین ارتفاع ساقه سورگوم تحت تأثیر مواد آلی

۴-۱-۳-۳- ارتفاع ساقه گندم

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول پیوست ۲) نشان می‌دهد که اثر اصلی کروم و مواد آلی، هر کدام بطور جداگانه، در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل کروم – مواد آلی بر ارتفاع گیاه در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. همانطور که در شکل (۴-۱۲) نشان داده شده، با بررسی اثر متقابل کروم و مواد آلی بر ارتفاع گیاه گندم، تفاوت معنی‌داری بین داده‌های حاصل مشاهده شده است. با کاهش غلظت کروم، طول ساقه به میزان ۷/۸۷ درصد در تیمار ۱۲۵ میکروگرم بر کیلوگرم خاک – ورمی‌کمپوست، ۷/۲۳ درصد در سطح فاقد کروم – ورمی‌کمپوست و ۶/۷۷ درصد در سطح فاقد کروم – کود دامی نسبت به شاهد افزایش نشان داد، به طوری که سطوح ذکر شده از لحاظ آماری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند. رضوانی مقدم و همکاران (۱۳۸۹) طی بررسی خود در گیاه کنجد اعلام داشتند که کود گاوی در افزایش ارتفاع گیاه نسبت به کود شیمیایی و شاهد تأثیر بیشتری دارد. نعمتی ثانی و همکاران (۱۳۹۰) روی گیاه ذرت، درزی و همکاران (۱۳۸۷) روی گیاه رازیانه و آرگولو و همکاران (۲۰۰۴) روی گیاه دارویی سیر نشان دادند که استفاده از ورمی‌کمپوست موجب افزایش چشمگیری در ارتفاع بوته می‌شود. این تأثیر مثبت به تحریک فعالیت‌های میکروبی توسط ورمی-کمپوست و توانایی آن در افزایش جذب عناصر غذایی ماکرو و میکرو توسط گیاه و به دنبال آن تسریع در فعالیت فتوسنتز نسبت داده می‌شود. در صورت عدم کاربرد مواد آلی با افزایش غلظت کروم ، طول ساقه به میزان ۷/۲۷ درصد در سطح ۱۲۵ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک و ۷/۸۹ درصد در سطح ۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک نسبت به شاهد کاهش نشان داد (شکل ۴-۱۲). از نتایج حاصل چنین استنباط می‌گردد که افزایش غلظت کروم از میزان ارتفاع گیاه کاسته و تأثیر نامطلوبی بر رشد بخش هوایی دارد. علت عمده آن را می‌توان به کاهش رشد ریشه و متعاقب آن انتقال کمتر آب و مواد غذایی به بخش‌های هوایی گیاه نسبت داد.



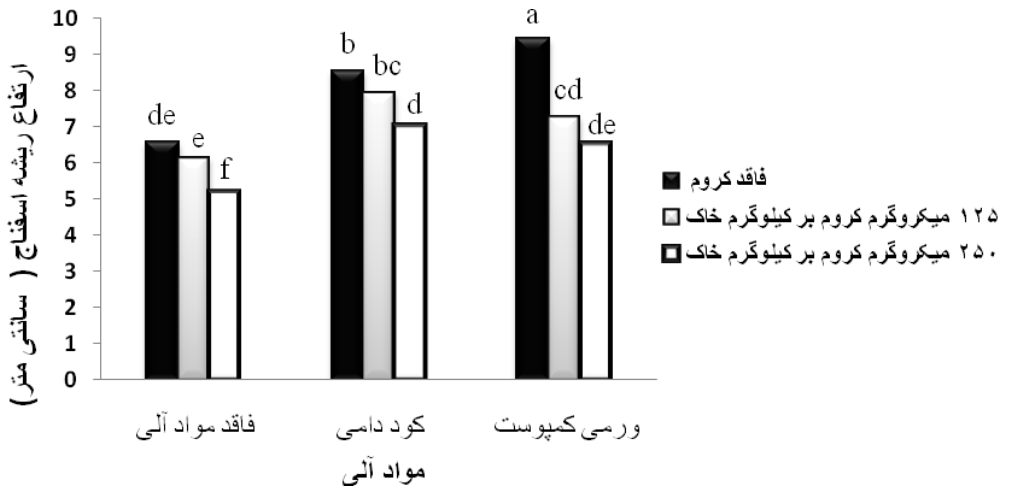
شکل ۴- ۱۲ – مقایسه میانگین ارتفاع ساقه گندم تحت تأثیر کروم و موادآلی

۴-۱-۴- ارتفاع ریشه

۴-۱-۴-۱- ارتفاع ریشه اسفناج

نتایج حاصل از این تحقیق (جدول پیوست ۲) نشان داد که اثر فاکتور کروم و فاکتور مواد آلی، هر کدام بطور جداگانه، بر میزان ارتفاع ریشه در گیاه اسفناج در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شده است. همچنین در بررسی های صورت گرفته مشاهده شد که اثر متقابل کروم و مواد آلی در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار گردید (جدول پیوست ۲). با بررسی اثر توأم فاکتورهای کروم و مواد آلی مشاهده شد که بیشترین میزان طول ریشه گیاه اسفناج در تیمار سطح اول کروم (فاقد کروم) و سطح سوم مواد آلی (ورمی‌کمپوست) حاصل شد و در نهایت روند افزایشی معادل ۳۰/۵۰ درصد نشان داد (شکل ۴-۱۳). همانطور که در شکل (۴-۱۳) مشاهده می‌شود افزایش غلظت کروم طول ریشه را به شدت کاهش داده است، بطوریکه تیمار سطح اول مواد آلی (فاقد مواد آلی)- بیشترین غلظت کروم (۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک) ارتفاع ریشه را به میزان ۲۵/۹۶ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. نتایج نشان می‌دهد که غلظت بالای کروم موجب کاهش رشد ریشه می‌گردد و نتیجه حاصل با نتایج تحقیقات شانکر و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت دارد. همچنین تیمار سطح دوم مواد آلی (کود دامی) و سطح سوم مواد آلی (ورمی‌کمپوست) هر کدام به همراه بیشترین غلظت کروم (۲۵۰

میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک) ارتفاع ریشه را به ترتیب به میزان ۷/۰۹ وصفر درصد نسبت به شاهد افزایش داد. اینگونه بنظر می‌رسد که کاربرد توأم کروم و کود دامی موجب کاهش انتقال کروم از خاک به ریشه گیاهان شده و در نتیجه ارتفاع گیاه از طریق جذب عناصر غذایی کود دامی افزایش یافت.



شکل ۴- ۱۳- مقایسه میانگین ارتفاع ریشه اسفناج تحت تأثیر کروم و مواد آلی

۴-۱-۴-۲- ارتفاع ریشه آفتابگردان

مطابق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول پیوست ۲)، کاربرد کروم در سطح ۱ درصد بر ارتفاع ریشه گیاه آفتابگردان معنی‌دار گشت. مقایسه میانگین داده‌های مربوطه نشان داد، افزایش غلظت کروم باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع ریشه گیاه شده است. تیمار ۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک، این صفت را به میزان ۴۳/۷۳ درصد نسبت به شاهد کاهش داده است (شکل۴-۱۴). ذاکر و همکاران (۱۳۸۴) گزارش کردند در گیاهان تیمار شده با سطوح مختلف غلظت کروم (VI)، ارتفاع ریشه و اندام هوایی با افزایش غلظت کروم کاهش یافته است.

شکل ۴- ۱۴- مقایسه میانگین ارتفاع ریشه آفتابگردان تحت تأثیر کروم

از جدول پیوست ۲ چنین استنباط می‌شود که اثر مواد آلی بر ارتفاع ریشه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است. شکل (۴-۱۵) نشان می‌دهد بیشترین میزان ارتفاع ریشه توسط سطح سوم مواد آلی (ورمی‌کمپوست) حاصل شد که افزایش ۲۲/۸۷ درصدی را نسبت به شاهد دارا بود. مواد آلی مثل کمپوست و ورمی‌کمپوست از طریق بهبود ساختمان خاک و افزایش درصد ماده آلی آن باعث بهبود رشد ریشه، بالا بردن توان جذب و نگهداری آب و نیز افزایش مقدار عناصر قابل جذب برای گیاه می-شوند و از این طریق باعث افزایش توان فتوسنتزی گیاه و بالا رفتن تجمع ماده خشک در گیاه می-گردند(سعید نژاد و همکاران، ۱۳۹۱). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها گویای آن است که با کاربرد مواد آلی ارتفاع ریشه در گیاه آفتابگردان افزایش یافته است.

شکل ۴- ۱۵- مقایسه میانگین طول ریشه آفتابگردان تحت تأثیر مواد آلی

۴-۱-۴-۳- ارتفاع ریشه سورگوم

نتایج حاصل از این تحقیق (جدول پیوست ۲) نشان داد که فقط اثر فاکتور کروم بر میزان ارتفاع ریشه در گیاه سورگوم در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است در صورتی که بین سطوح مختلف مواد آلی و اثر متقابل تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، با افزایش محتوای کروم خاک از میزان ارتفاع ریشه گیاه به طور معنی‌داری کاسته شده است. بطوریکه کمترین میزان این صفت در خاک تحت تأثیر بالاترین سطح کروم حاصل شد. همانطور که شکل (۴-۱۶) نشان می‌دهد بالاترین سطح کروم (۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک) موجب کاهش ۲۸/۹۴ درصدی ارتفاع ریشه نسبت به شاهد گردید. کاهش رشد ریشه تحت تأثیر فلزات سنگین در گیاهان می‌تواند به علت جلوگیری از فرایندهای تقسیم سلولی در ریشه باشد.

شکل ۴- ۱۶- مقایسه میانگین ارتفاع ریشه سورگوم تحت تأثیر کروم

۴-۱-۴-۴- ارتفاع ریشه گندم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول پیوست ۲)، نشان می‌دهد که اثر اصلی کروم بر ارتفاع ریشه گیاه گندم در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. همچنین داده‌های حاصل از مقایسه میانگین این صفت، حاکی از معنی‌دار بودن این صفت، تحت تنش کروم می‌باشد. سطح تیمار ۱۲۵ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک،موجب کاهش ۱۰ درصدی صفت مذکور نسبت به شاهد گردید و سطح تیمار ۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک این صفت را به میزان ۱۳/۶۱ درصد نسبت به شاهد کاهش داد

(شکل ۴-۱۷). مطالعات متعددی کاهش وزن خشک، ارتفاع ریشه و اندام هوایی گیاهان را در اثر تیمار کروم نشان داده است که از این بین می‌توان به لوبیا، آفتابگردان، کودزو، گندم، ذرت، کلم و هندوانه اشاره کرد (کانل و ال – همدانی، ۲۰۰۱؛ بولان و تیاگاراجان، ۲۰۰۱؛ آپنرود و همکاران، ۲۰۰۱؛ می و همکاران، ۲۰۰۲؛ نیکلاس و همکاران، ۲۰۰۰؛ پرالتا و همکاران،۲۰۰۱؛ روت و همکاران،۱۹۹۷؛ شارما و شارما، ۱۹۹۶).

شکل ۴- ۱۷- مقایسه میانگین ارتفاع ریشه گندم تحت تأثیر کروم

۴-۲- صفات فیزیولوژیکی گیاهان مورد مطالعه

۴-۲-۱- میزان کلروفیل a در برگ‌ها

۴-۲-۱-۱- میزان کلروفیل a در برگ‌های گیاه اسفناج

از نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول پیوست ۳) چنین استنباط می‌گردد که اثر اصلی کروم بر روی میزان کلروفیل a در سطح ۱ درصد معنی‌دار گشت. بر اساس مقایسه میانگین انجام شده، با افزایش سطوح کروم میزان کلروفیل a کاهش پیدا کرده است که این کاهش، در بالاترین سطح کروم (۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک) با اختلاف ۶۷/۱۵ درصد نسبت به تیمار شاهد بوده است که با تیمار سطح دوم کروم (۱۲۵ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک، با اختلاف ۴۲/۲۳ درصد نسبت به تیمار شاهد) در یک سطح آماری قرار دارند (شکل ۴-۱۸). با افزایش غلظت کروم در گیاهان،

فرایندهای فیزیولوژیک مختلفی تحت تأثیر قرار می‌گیرند. از جمله آثار منفی غلظتهای زیاد کروم در گیاهان و سمیت ناشی از آن کاهش میزان کلروفیل و فتوسنتز است که کاهش رشد گیاه را در پی خواهد داشت (کانل و ال - همدانی، ۲۰۰۱). طی پژوهشی بر گیاه دارویی رزماری در برابر تنش فلزات سنگین، گزارش شد با افزایش غلظت فلزات سنگین، میزان سنتز کلروفیل a و b کاهش یافت (تبریزی و همکارن، ۱۳۹۲). اغلب محققین اشاره دارند به اینکه کاهش میزان کلروفیل گیاهان در معرض تنش فلزات سنگین، بخاطر عدم سنتز کلروفیل است. این موضوع در ارتباط با گیاه گندم به اثبات رسیده است (مالیک و همکاران، ۱۹۹۲). علت این امر این است که کادمیوم با فلز آهن در رقابت بوده، باعث می‌شود ریشه بجای آهن فلز کادمیوم را جذب کند و نهایتاً کادمیوم جای فلز منیزیم را در مولکول کلروفیل اشغال کند و باعث عدم سنتز کلروفیل شود (کوپر و همکاران، ۱۹۹۸).

شکل ۴- ۱۸- مقایسه میانگین کلروفیل a اسفناج تحت تأثیر کروم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول پیوست ۱۱)، نشان می‌دهد که اثر اصلی مواد آلی بر کلروفیل a اسفناج در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. داده‌های حاصل از مقایسه میانگین بیانگر تفاوت چشمگیری بین اثر سطوح مختلف مواد آلی بر محتوای کلروفیل a برگ را نشان می‌دهد. با کاربرد مواد آلی، محتوای کلروفیل a نیز افزایش یافته است که این افزایش برای تیمار ورمی‌کمپوست با

اختلاف ۴۹/۰۷ درصداز تیمار شاهد و برای تیمار کود دامی با اختلاف ۴۵/۵۴ درصد از تیمار شاهد بوده است (شکل ۴-۱۹).

شکل ۴- ۱۹- مقایسه میانگین کلروفیل a اسفناج تحت تأثیر مواد آلی

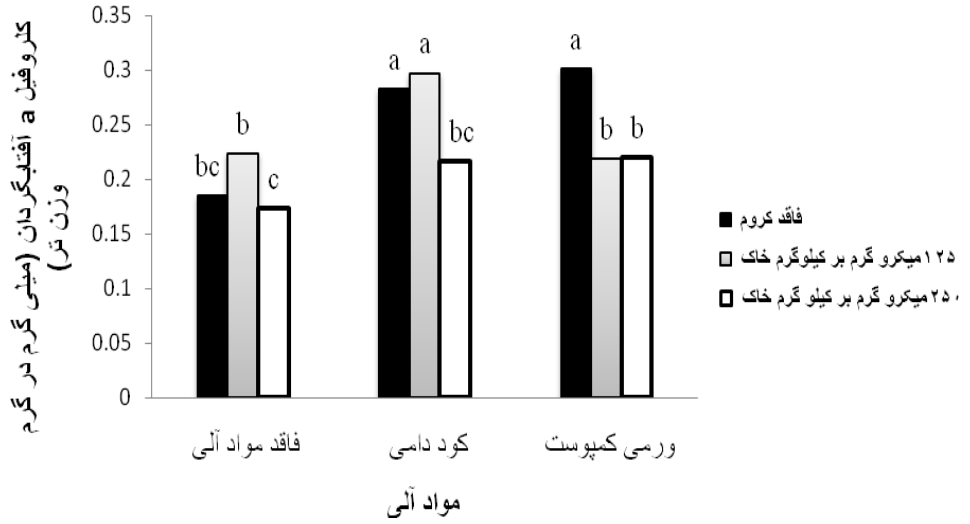
۴-۲-۱-۲- میزان کلروفیل a در برگ‌های گیاه آفتابگردان

از جدول پیوست ۳ چنین استنباط می‌شود که اثر فاکتورهای اصلی آزمایش و همچنین اثر متقابل کروم و مواد آلی، بر کلروفیل a در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل کروم و مواد آلی بر میزان کلروفیل a گویای آن است که میزان کلروفیل a در تیمار سطح اول کروم (فاقد کروم) به همراه ورمی‌کمپوست و کود دامی نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۳۸/۵۳ و ۳۴/۶۲ درصد افزایش داشته است، این افزایش در شرایط عدم کاربرد کروم، نشان دهنده عملکرد مثبت مواد آلی بر میزان کلروفیل a می‌باشد. همچنین تیمار سطح دوم کروم (۱۲۵ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک) به همراه کود دامی نسبت به شاهد ۳۷/۷۱ درصد افزایش داشته است. این افزایش بیانگر تاثیر مثبت کاربرد کود دامی بر میزان کلروفیل a می‌باشد، بطوریکه کاربرد همزمان کود دامی و کروم، اثر چشمگیری در کاهش اثر منفی کروم داشته است (شکل ۴-۲۰). میزان کلروفیل a در اثر کاربرد تیمار سطح سوم کروم (۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک) و عدم مصرف مواد آلی موجب کاهش ۶/۹۳ درصدی نسبت به شاهد گردید، که این کاهش در شرایط کاربرد بالاترین سطح کروم،

نشان دهنده تأثیر منفی کروم بر میزان کلروفیل a می‌باشد (شکل ۴-۲۰). ممانعت از بیوسنتز کلروفیل و فتوسنتز در اثر کروم به طرق متعددی صورت می‌گیرد. یکی از این عوامل، بازداری از فعالیت آنزیم‌های مربوط به بیوسنتز کلروفیل مانند ALAD (دلتا آمینو لولینیک اسید دهیدراتاز) و پروتوکلروفیلید ردوکتاز می‌باشد. برخی از محققین ممانعت از بیوسنتز کلروفیل را به کاهش فعالیت ALAD نسبت می‌دهند. کاهش فعالیت آنزیم مزبور درگیاهان در اثر تیمار فلزات سنگین روی می-دهد(شیرونگ و ایکس لی، ۲۰۰۲). کاهش فعالیت این آنزیم موجب کاهش مقدار پورفوبیلینوژن (PBG) می‌شود که برای بیوسنتز کلروفیل ضروری است. تحقیقات نشان داده است که تشکیل پورفوبیلینوژن به شدت به کروم حساس است. بنابراین به نظر می‌رسد که سمیت کروم با اثر بر روی ALAD و با کاهش تولید فرآورده یعنی PBG، در نهایت موجب کاهش مقدار کروفیل می‌گردد (وچپای و همکاران، ۱۹۹۹). ALAD یک متالو آنزیم است که فعالیت آن در گیاهان به موجودیت منیزیم بستگی دارد بنابراین ممکن است کروم از طریق تغییر فلز در جایگاه فعال و جانشینی با آن، فعالیت آنزیم را کاهش دهد (شیرونگ و ایکس لی، ۲۰۰۲؛ وچپای و همکاران، ۲۰۰۰). همچنین احتمال دارد که کروم از طریق ایجاد عدم تعادل و توازن عناصر غذایی، از بیوسنتز کلروفیل ممانعت کند. به عبارت دیگر کروم با کاهش جذب Mg و N، که ترکیبات ضروری در ساختار کلروفیل هستند موجب کاهش غلظت کلروفیل می‌شود (بولان و تیاگاراجان، ۲۰۰۱).از سوی دیگر، غلظت‌های بالای کروم در محیط ریشه، از جذب آهن جلوگیری کرده، پاسخ کمبود آهن را القا می‌کند که منجر به گسیختگی در بیوسنتز کلروفیل خواهد شد (کانل و ال- همدانی، ۲۰۰۱).

نتایج تحقیقات ذاکر وهمکاران (۱۳۸۴) نشان داد که کروم (VI) تأثیر منفی خود را بر میزان کلروفیل در غلظتهای کمتر و زمان کوتاه‌تری نسبت به کروم (III) آشکار می‌سازد. این امر به تفاوت ماهیت شیمیایی دو فرم یونی و سمی‌تر بودن کروم (VI) در مقایسه با کروم (III) برمی‌گردد. پیوند Cr^{+3} به گروه‌های کربوکسیل در دیواره سلول‌های ریشه، از جابجایی این فرم یونی به اندام‌های هوایی ممانعت می‌کند (وچپای و همکاران، ۱۹۹۹). در حالیکه Cr^{+6} به راحتی از دیواره‌های سلولی عبور کرده، به

بخش هوایی منتقل می‌شود و اثر سمی خود را اعمال می‌کند. درصورتیکه کاربرد بیشترین غلظت کروم با مواد آلی توأم باشد تا حدودی از تأثیر منفی کروم کاسته است به طوریکه تیمار سطح سوم کروم (۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک) به همراه ورمی‌کمپوست و کود دامی به ترتیب موجب افزایش ۱۵/۹۰ و ۱۴/۳۵ درصدی کلروفیل a نسبت به شاهد بوده است. همانطور که در شکل (۴-۲۰) ملاحظه می‌گردد در صورتی که افزایش غلظت کروم با کاربرد مواد آلی توأم باشد، میزان کلروفیل a روند افزایشی داشته است.



شکل ۴- ۲۰- مقایسه میانگین کلروفیل a آفتابگردان تحت تأثیر کروم و مواد آلی

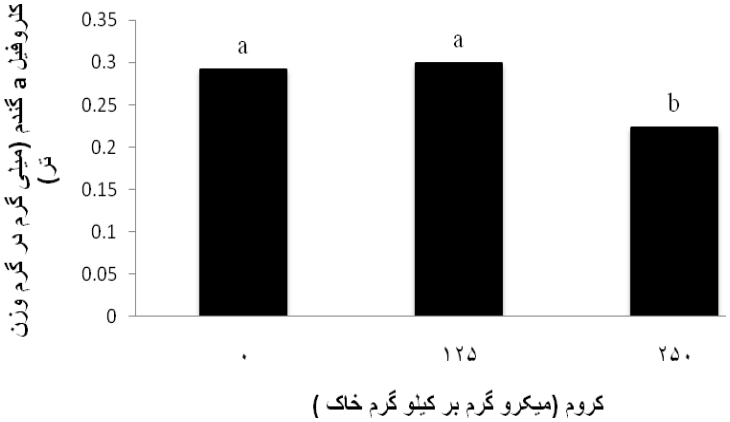
۴-۲-۱-۳- میزان کلروفیل a در برگ‌های گیاه سورگوم

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مطابق جدول پیوست ۳ نشان داد که اثرات اصلی تیمارها و اثر متقابل آنها بر میزان کلروفیل a برگ در گیاه سورگوم غیر معنی‌دار است.

۴-۲-۱-۴- میزان کلروفیل a در برگ‌های گیاه گندم

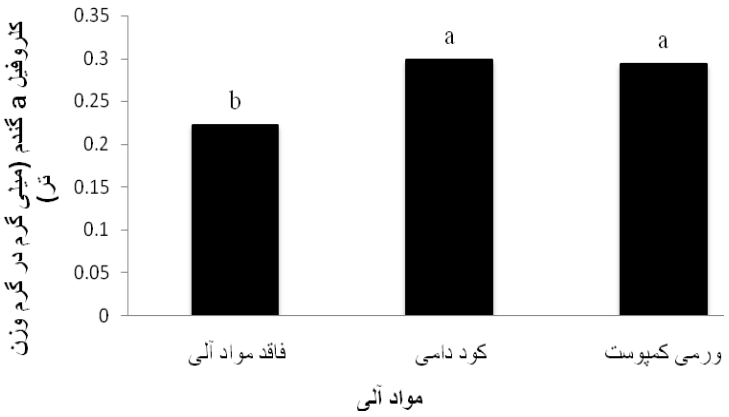
مطابق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول پیوست ۳) اثر اصلی کروم بر کلروفیل a در گیاه گندم در سطح ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کمترین میزان کلروفیل a در تیمار ۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک با کاهش ۳۰/۹۴ درصدی نسبت به شاهد

حاصل شد (شکل ۴-۲۱). طی پژوهشی کاباتا-پندیاس و پندیاس (۲۰۰۱) بیشترین اثر فلزات سنگین در گیاهان را در مورد آسیب به سیستم فتوسنتزی گزارش کرده‌اند. کاهش میزان کلروفیل و جلوگیری از فتوسنتز توسط فلزات سنگین در گیاهان عالی بویژه گیاهان C_3 بخوبی مشخص شده است (کانل و ال-همدانی، ۲۰۰۱). کاهش محتوای کلروفیل بر اثر تیمار کروم در گیاهان مختلفی مانند گندم، والیسنریا، سالوینیا، کودزو، نیلوفر آبی، ذرت، لوبیا، نلومبو و کلم گزارش شده است (بولان و تیاگاراجان، ۲۰۰۱؛ مور، ۱۹۷۴؛ نیکلاس و همکاران، ۲۰۰۰؛ شارما و همکاران، ۱۹۹۵؛ شارما و شارما، ۱۹۹۶؛ شیرونگ و ایکس لی، ۲۰۰۲؛ وجپای و همکاران، ۱۹۹۹؛ وجپای و همکاران، ۲۰۰۰). افزایش مصرف کروم سبب کاهش این رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاه شده است. در این آزمایش بنظر می‌رسد افزایش غلظت کروم خاک، موجب تجمع یون‌های فلزات در سلول‌های برگ شده که باعث تنش در برگ می‌شوند.



شکل ۴- ۲۱- مقایسه میانگین کلروفیل a گندم تحت تأثیر کروم

همچنین نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از این تحقیق (جدول پیوست ۳) نشان داد که مقادیر مواد آلی مختلف بر کلروفیل a تأثیر معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مصرف کود دامی، کلروفیل a گیاه مورد نظر را به میزان ۲۵/۵۰ درصد و ورمی‌کمپوست ۲۴/۲۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ۴-۲۲).



شکل ۴- ۲۲- مقایسه میانگین کلروفیل a گندم تحت تأثیر مواد آلی

۴-۲-۲- میزان کلروفیل b

۴-۲-۲-۱- میزان کلروفیل b در برگ‌های گیاه اسفناج

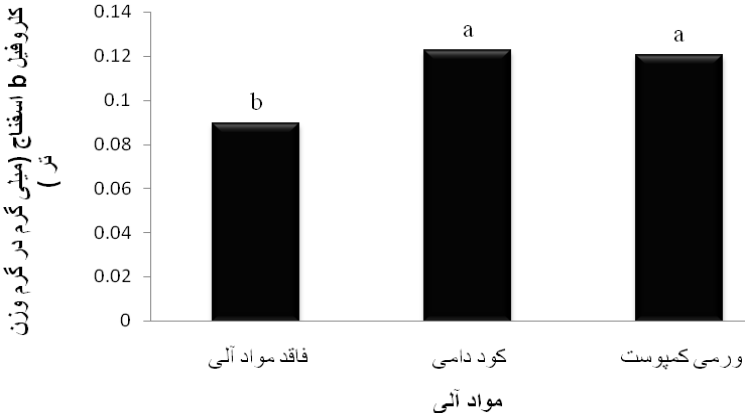
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول پیوست ۳) معنی‌دار بودن اثر سطوح مختلف غلظت کروم بر کلروفیل b اسفناج در سطح ۱ درصد را نشان می‌دهد. بطوریکه حداقل میانگین کلروفیل b در غلظت ۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک به میزان ۴۲/۳۹ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد (شکل ۴-۲۳). این کاهش نشان دهنده‌ی تأثیر منفی غلظتهای بالای کروم بر صفت مورد مطالعه می‌باشد. بنابراین گیاهانی که در مجاورت تنش فلزات سنگین قرار دارند، اغلب با تنش اکسیداتیو روبرو هستند (شارما و همکاران، ۲۰۰۳). در بررسی تأثیر انباشتگی کروم (VI) و کروم (III) بر رشد و میزان کلروفیل در گیاه جعفری گزارش کردند که جذب هر دو فرم یونی کروم، رشد و میزان کلروفیل را در گیاهان به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد بطوریکه با افزایش غلظت کروم در محیط، میزان کلروفیل کل، a و b بتدریج کاهش یافت (ذاکر وهمکاران، ۱۳۸۴). کاهش بارز در کلروفیل b بالقوه به کارایی به دام اندازی انرژی توسط PSII[1] آسیب می‌رساند و انتقال الکترون را کاهش می‌دهد (داب و همکاران، ۲۰۰۳). نشان داده شده است که حساسترین هدف کروم در فتوسنتز، PSII است که شاخص

۱- Photosystem II (photosynthesis)

عملکرد آن در اثر تیمار کروم کاهش می‌یابد (آندرسون، ۱۹۹۵).

شکل ۴- ۲۳- مقایسه میانگین کلروفیل b اسفناج تحت تأثیر کروم

مطابق نتایج مندرج در جدول پیوست ۳ اثر سطوح مختلف مواد آلی بر کلروفیل b اسفناج در سطح ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین برای صفت مذکور نشان داد که تیمار کود دامی موجب افزایش ۲۷/۰۴ درصدی کلروفیل b در مقایسه با شاهد گردید. همچنین مصرف ورمی-کمپوست صفت مذکور را به میزان ۲۵/۸۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ۴-۲۴).



شکل ۴- ۲۴- مقایسه میانگین کلروفیل b اسفناج تحت تأثیر مواد آلی

۴-۲-۲-۲- میزان کلروفیل b در برگ‌های گیاه آفتابگردان

کلروفیل b در گیاه آفتابگردان تحت تأثیر هیچ کدام از منابع تغییر قرار نگرفت (جدول پیوست ۳).

۴-۲-۲-۳- میزان کلروفیل b در برگ‌های گیاه سورگوم

نتایج تجزیه واریانس (جدول پیوست ۳) نشان می‌دهد که اثر مقادیر مختلف مواد آلی بر کلروفیل **b** سورگوم در سطح ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها حاکی از این است که حداکثر میانگین کلروفیل **b** در سطح کاربرد ورمی‌کمپوست حاصل گردید، که افزایش ۴۳/۲ درصدی را نسبت به شاهد همراه داشت (شکل ۴-۲۵).

شکل ۴- ۲۵- مقایسه میانگین کلروفیل b سورگوم تحت تأثیر مواد آلی

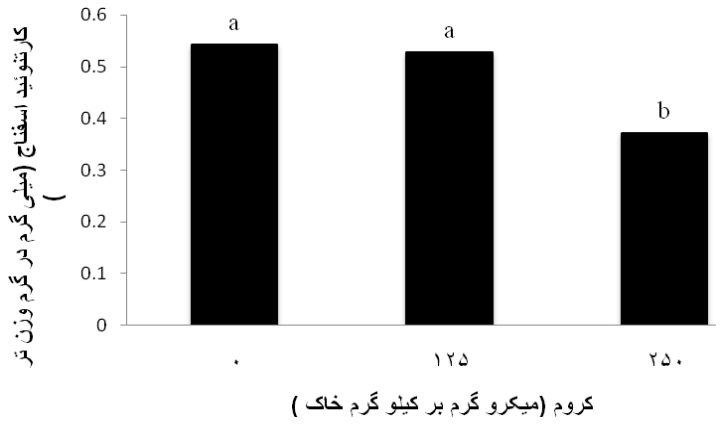
۴-۲-۲-۴- میزان کلروفیل b در برگ‌های گیاه گندم

مطابق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول پیوست ۳) اثر اصلی کروم و مواد آلی و همچنین اثرمتقابل آنها تأثیر معنی‌داری بر محتوای کلروفیل **b** در گیاه گندم نشان نداد.

۴-۲-۳- میزان کارتنوئید

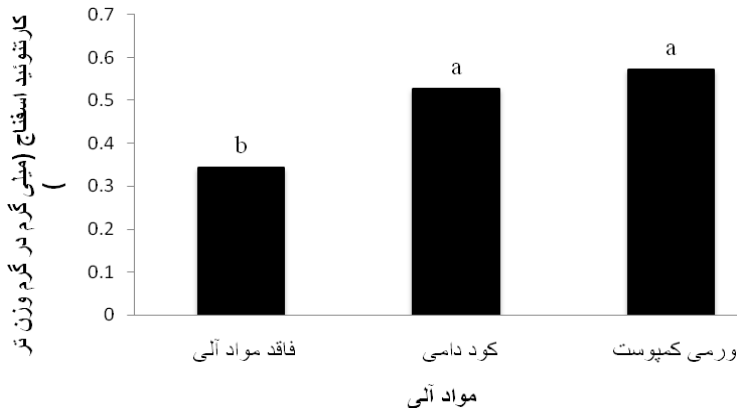
۴-۲-۳-۱- میزان کارتنوئید در برگ‌های گیاه اسفناج

مطابق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول پیوست ۴) اثر اصلی کروم بر میزان کارتنوئید در سطح ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد. نتایج مقایسه میانگین مربوطه بیانگر کاهش ۴۵/۹۶ درصدی میزان کارتنوئید در سطح کروم ۲۵۰ میکروگرم بر کیلوگرم خاک نسبت به شاهـد می‌باشد. این کاهش بیانگر تأثیر منفی کروم بر صفت ذکر شده می‌باشد بطوریکه با افزایش غلظت کروم از میزان کارتنوئید کاسته شده است (شکل ۴-۲۶). تغییر تراوایی غشا و فراساختار کلروپلاست به علت پراکسیداسیون لیپیدها، که در واکنش به فلزات سنگین نظیر کروم القا می‌شود نیز می‌تواند در کاهش میزان رنگیزه دخیل باشد. تولید رادیکال‌های آزاد واکنش‌گر که بطور مستقیم یا غیر مستقیم در اثر تنش فلزات سنگین ایجاد می‌شود، آسیب جدی به اجزای مختلف سلولی بویژه غشاهای بیولوژیکی وارد می‌کند (هورسیک و بالوق، ۲۰۰۲).



شکل ۴- ۲۶- مقایسه میانگین کارتنوئید اسفناج تحت تأثیر کروم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول پیوست ۴) نشان داد که بین سطوح مختلف مواد آلی از نظر کارتنوئید اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد، بطوریکه بیشترین میزان کارتنوئید در سطح سوم مواد آلی (ورمی‌کمپوست) و بعد از آن در سطح دوم مواد آلی (کود دامی) حاصل گردید که به ترتیب موجب افزایش ۳۹/۸۶ و ۳۴/۶۰ درصدی صفت مورد نظر نسبت به شاهد گردید (شکل ۴-۲۷).



شکل ۴- ۲۷- مقایسه میانگین کارتنوئید اسفناج تحت تأثیر مواد آلی

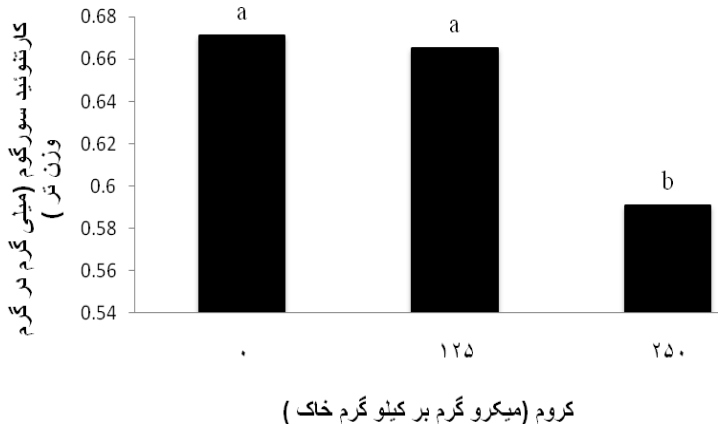
۴-۲-۳-۲- میزان کارتنوئید در برگ‌های گیاه آفتابگردان

مطابق نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول پیوست ۴) اثرات اصلی تیمارها و اثر متقابل آنها بر میزان کارتنوئید برگ آفتابگردان غیرمعنی‌دار است.

۴-۲-۳-۳- میزان کارتنوئید در برگ‌های گیاه سورگوم

در این مطالعه نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول پیوست ۴) نشان داد که اثر فاکتور کروم بر کارتنوئید برگ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر اصلی تیمار کروم نشان داد که میزان صفت مورد مطالعه با افزایش مصرف کروم در گیاه، کاهش معنی‌داری داشته است. بیشترین غلظت کروم (۲۵۰ میکروگرم بر کیلوگرم خاک) کارتنوئید برگ را به میزان ۱۳/۵۳ درصد نسبت به شاهد کاهش داد (شکل ۴-۲۸). گزارشات مختلفی حاکی از کاهش میزان کارتنوئید بر اثر افزایش غلظت برخی عناصر سنگین از جمله کروم در خاک، هستند. سوکساوات و همکاران (۲۰۱۳) طی پژوهشی که روی گیاهان، در خاک‌های آلوده به عناصر سنگین انجام دادند، دریافتند که محتوای کلروفیل a، b و کارتنوئید و کلروفیل کل در گیاهان با محتوای این عناصر رابطه عکس داشته و همزمان با افزایش عناصر سنگین در خاک از میزان این صفات در گیاه کاسته شده است. مصرف بیش از حد کروم (VI) به گیاهان تنش وارد می‌کند (ورنای و همکاران، ۲۰۰۸). تجمع کروم در گیاه سبب

کاهش رشد، مهار جوانه زنی دانه، کاهش محتوای رنگیزه‌ای و القای تنش اکسیداتیو در گیاهان می-گردد (شانکر و همکاران، ۲۰۰۵؛ هو و همکاران، ۲۰۰۵؛ پاندا و چودهاری، ۲۰۰۴).

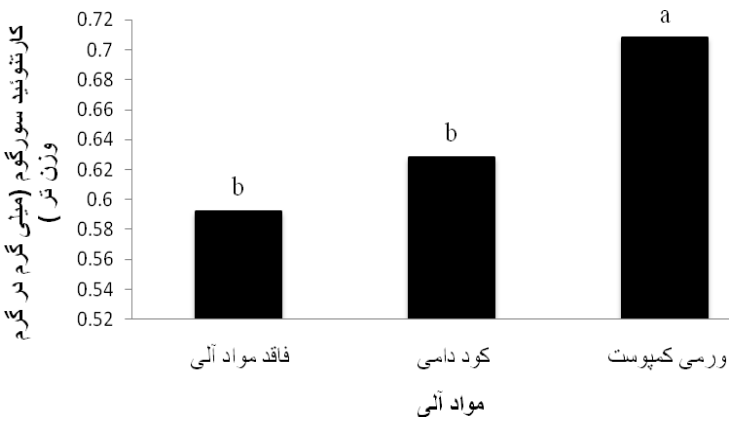


شکل ۴- ۲۸- مقایسه میانگین کارتنوئید سورگوم تحت تأثیر کروم

تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از معنی‌دار بودن تأثیر مواد آلی بر کارتنوئید برگ سورگوم در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد (جدول پیوست ۴). مقایسه میانگین داده‌ها بیانگر افزایش قابل توجه میزان کارتنوئید بر اثر کاربرد مواد آلی می‌باشد. بیشترین میزان کارتنوئید سورگوم در اثر کاربرد سطح سوم مواد آلی (ورمی‌کمپوست) حاصل شد که صفت مورد نظر را به میزان ۱۶/۳۸ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ۴-۲۹).

۴-۲-۳-۴- میزان کارتنوئید در برگ‌های گیاه گندم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول پیوست ۴) نشانگر عدم معنی‌دار بودن اثر اصلی تیمار کروم و مواد آلی و همچنین اثر متقابل تیمارها بر محتوای کارتنوئید برگ در گندم می‌باشد.



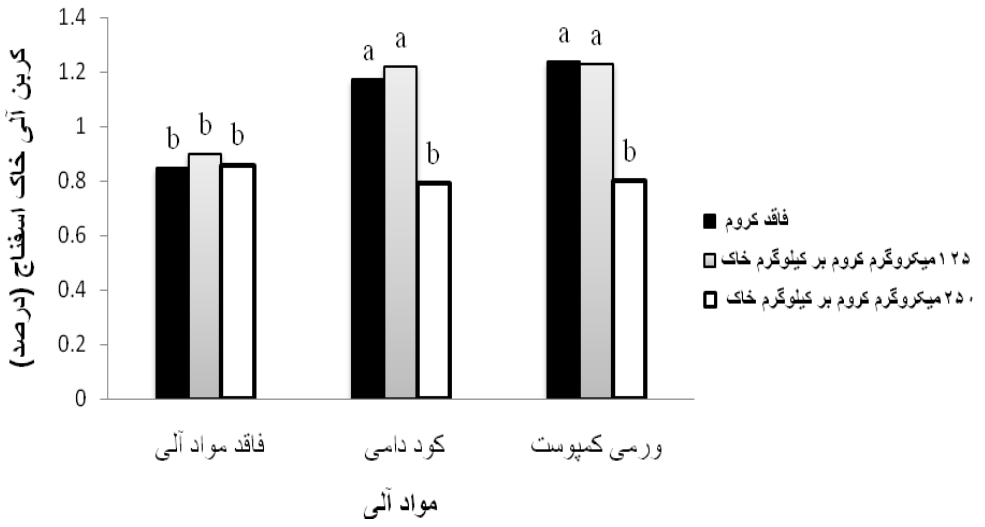
شکل ۴- ۲۹- مقایسه میانگین کارتنوئید سورگوم تحت تأثیر مواد آلی

۴-۳- صفات مربوط به خاک

۴-۳-۱- میزان کربن آلی خاک

۴-۳-۱-۱- میزان کربن آلی خاک در گلدان‌های حاوی گیاه اسفناج

در این مطالعه نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها مطابق جدول پیوست ۴ نشان داد که بین اثر اصلی فاکتورهای کروم و مواد آلی و اثر متقابل آنها بر میزان کربن آلی خاک اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود داشت. نتایج حاصل از مقایسه میانگین، تیمارهای فاقد کروم به همراه کوددامی و ورمی‌کمپوست، تیمار سطح دوم کروم (۱۲۵ میکروگرم بر کیلوگرم خاک) توأم با کود دامی و ورمی-کمپوست نشان دهنده افزایش ۲۷/۵۲، ۳۱/۵۰، ۳۰/۴۳ و ۳۱ درصدی میزان کربن آلی خاک نسبت به شاهد می‌باشد و بقیه تیمارها نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۴-۳۰). همانطور که ملاحظه می‌شود در صورت عدم مصرف مواد آلی، بیشترین کاهش بر اثر غلظت‌های مختلف کروم رخ داده است (شکل ۴-۳۰). آذرمی و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک در مزرعه گوجه فرنگی نشان دادند که کاربرد ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست سبب افزایش کربن آلی خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی و عناصری نظیر نیتروژن، فسفر، کلسیم، آهن و منگنز می‌گردد.

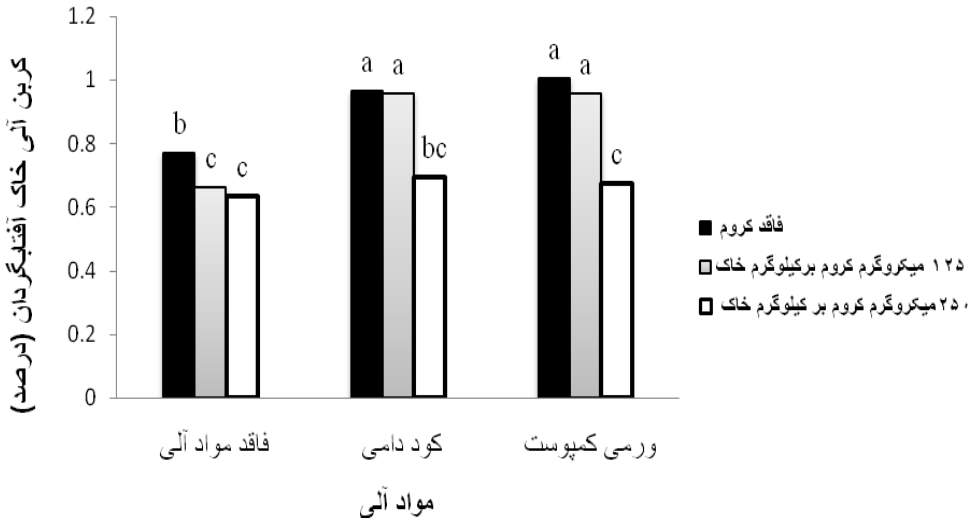


شکل ۴- ۳۰- مقایسه میانگین کربن آلی خاک اسفناج تحت تأثیر کروم و مواد آلی

۴-۳-۱-۲- میزان کربن آلی خاک در گلدان‌های حاوی گیاه آفتابگردان

از جدول پیوست ۴ چنین استنباط می‌شود که اثر عوامل اصلی این تحقیق و اثر متقابل کروم و مواد-آلی، هر کدام بصورت جداگانه، بر کربن آلی خاک در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است. با بررسی اثر متقابل کروم و مواد آلی بر کربن آلی تفاوت معنی‌داری بین داده‌های حاصل مشاهده شد، بطوریکه بیشترین میزان کربن آلی خاک با کاربرد توأم تیمار سطح اول کروم (فاقد کروم) به همراه کود دامی و ورمی‌کمپوست ، تیمار سطح دوم کروم (۱۲۵ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک) توأم با کود دامی و ورمی‌کمپوست به ترتیب به میزان ۲۰/۲۰ ، ۲۳/۳۰ ، ۱۹/۴۵ و ۱۹/۴۵ درصد نسبت به تیمار شاهد حاصل شد. نتایج نشان می‌دهد افزایش غلظت کروم، سبب کاهش کربن آلی خاک شده است، بطوریکه با افزایش غلظت کروم، کربن آلی به میزان ۲۱/۴۵ درصد در تیمار بیشترین غلظت کروم (۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک) – عدم مصرف مواد آلی ، ۱۱/۲۷ درصد در سطح بیشترین غلظت کروم – کود دامی ، ۱۴/۴ درصد در سطح بیشترین غلظت کروم – ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد کاهش نشان داد (شکل ۴-۳۱). این کاهش بیانگر تأثیر منفی کاربرد کروم بر میزان کربن آلی خاک می‌باشد،همانطور که مشاهده می‌گردد با افزایش غلظت کروم، میزان کربن آلی خاک روند

کاهشی داشته است و این کاهش در صورت عدم کاربرد مواد آلی بیشتر است و در صورتیکه کاربرد کروم با مصرف مواد آلی توأم باشد، مواد آلی تأثیر چشمگیری در کاهش این اثر منفی داشته است بطوریکه این کاهش در سطح اول و دوم تیمار کروم (صفر و ۱۲۵ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک) بیشتر مشهود است.

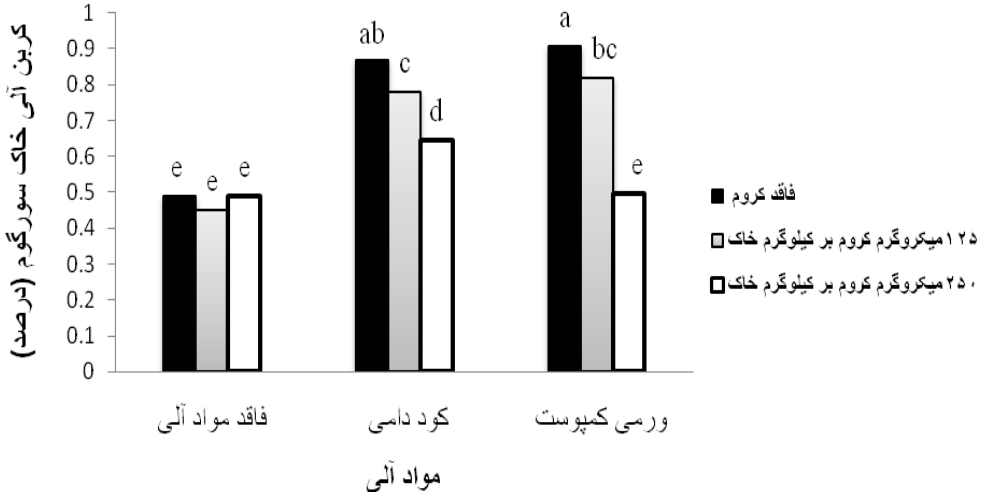


شکل ۴- ۳۱- مقایسه میانگین کربن آلی خاک آفتابگردان تحت تأثیر کروم و مواد آلی

۴-۳-۱-۳- میزان کربن آلی خاک در گلدان‌های حاوی گیاه سورگوم

در جدول تجزیه واریانس (جدول پیوست ۴) دیده می‌شود که اثر عوامل اصلی آزمایش و همچنین اثر متقابل کروم و مواد آلی در سطح ۱ درصد بر محتوای کربن آلی خاک در گیاه سورگوم معنی‌دار گردید. بررسی اثر متقابل کروم و مواد آلی نشان داد که بیشترین میزان کربن آلی خاک توسط تیمار سطح اول کروم (فاقد کروم) – ورمی‌کمپوست حاصل شد که افزایش ۴۶/۱۹ درصدی را نسبت به شاهد دارا می‌باشد، اما از لحاظ آماری با زمانی که تیمار کود دامی با عدم مصرف کروم همراه بود، تفاوتی مشاهده نشد، و افزایش ۴۳/۷۷ درصدی را نسبت به شاهد ایجاد نمود. این افزایش نشان دهنده‌ی تأثیر مثبت مواد آلی بر میزان کربن آلی خاک می‌باشد. نتایج نشان داد در صورت عدم

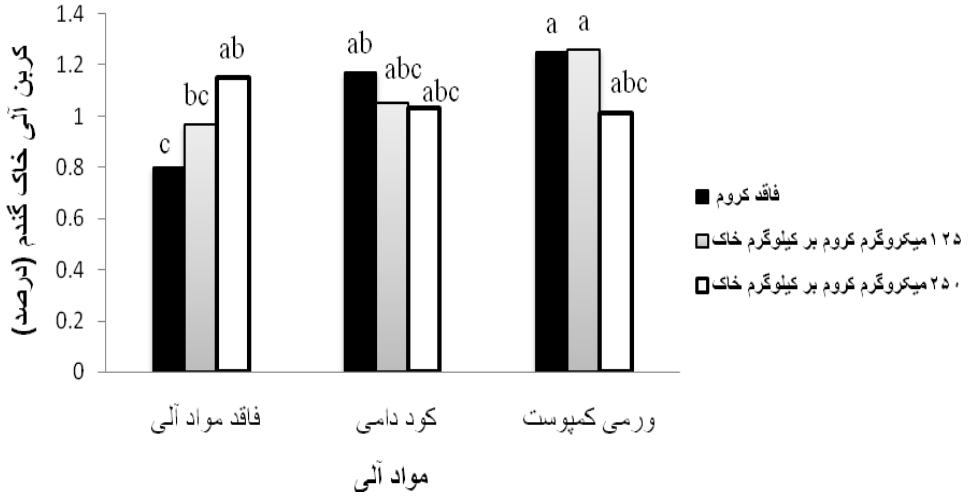
مصرف مواد آلی، بیشترین کاهش بر اثر غلظت‌های مختلف کروم رخ داده است و افزایش مصرف کروم سبب کاهش کربن آلی خاک گردید.



شکل ۴- ۳۲- مقایسه میانگین کربن آلی خاک سورگوم تحت تأثیر کروم و مواد آلی

۴-۳-۱-۴- میزان کربن آلی خاک در گلدان‌های حاوی گیاه گندم

در این مطالعه نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مطابق جدول پیوست ۴ نشان داد که اثر اصلی مواد آلی و اثر متقابل کروم و مواد آلی، هر کدام به تنهایی، در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. نتایج جدول مقایسه میانگین اثر متقابل کروم و مواد آلی بر میزان کربن آلی خاک گویای آن است که در تیمار سطح دوم کروم (۱۲۵ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک) و بعد از آن در تیمار سطح اول کروم (فاقد کروم) به همراه ورمی‌کمپوست به ترتیب موجب افزایش ۳۶/۴۰ و ۳۵/۸۹ درصدی نسبت به تیمار شاهد گردید، این افزایش بیانگر تأثیر مثبت کاربرد مواد آلی بر محتوای کربن آلی خاک می‌باشد، بطوریکه ورمی-کمپوست، اثر چشمگیری در کاهش اثر منفی کروم داشته است (شکل ۴-۳۳).



شکل ۴- ۳۳- مقایسه میانگین کربن آلی خاک گندم تحت تأثیر کروم و مواد آلی

۴-۳-۲- هدایت الکتریکی (EC)

۴-۳-۲-۱- هدایت الکتریکی خاک در گلدان‌های حاوی گیاه اسفناج

از جدول پیوست ۵ چنین استنباط می‌شود که اثر عامل اصلی مواد آلی بر هدایت الکتریکی خاک در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است. مقایسه میانگین اثر اصلی مواد آلی نشان داد افزودن کود دامی به خاک، محتوای شوری خاک را ۳۱/۲۲ درصد و ورمی‌کمپوست به میزان ۱۸/۰۲ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ۴-۳۴). نتایج نشان داد میزان هدایت الکتریکی با افزودن مواد آلی در گیاه، افزایش معنی‌داری داشته است. نتایج حاصل با نتایج تحقیقات محققان زیادی مطابقت داشت. رسولی (۱۳۸۱) نشان داد که کاربرد کمپوست، کود گاوی و گوسفندی با افزایش قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک همراه بود. در بعضی آزمایش‌ها، کاربرد کود دامی به دلیل افزایش قابلیت هدایت الکتریکی (EC) خاک سبب کاهش عملکرد گیاه شده است (نورقلی‌پور و همکاران، ۱۳۸۲؛ اسماعیلی و همکاران، ۲۰۰۸؛ محمودآبادی و همکاران، ۲۰۰۸؛ خیاط و همکاران ، ۲۰۰۹).

شکل ۴- ۳۴- مقایسه میانگین میزان شوری خاک اسفناج تحت تأثیر مواد آلی

۴-۳-۲-۲- هدایت الکتریکی خاک در گلدان‌های حاوی گیاه آفتابگردان

از نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول پیوست ۵) چنین استنباط می‌گردد که اثر اصلی مواد آلی در سطح ۱ درصد روی میزان هدایت الکتریکی خاک گلدان‌های حاوی گیاه آفتابگردان معنی‌دار بود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، با افزودن مواد آلی به خاک، میزان شوری افزایش یافته و این میزان در سطح کود دامی، ۲۶/۱۵ درصد و درسطح سوم مواد آلی (ورمی‌کمپوست) ۲۰/۷۰ درصد نسبت به شاهد بیشتر می‌باشد. پرات (۱۹۸۲) بین مقدار کود دامی مصرفی و قابلیت هدایت الکتریکی خاک یک رابطه مستقیم بدست آورد. کاربرد کمپوست به دلیل املاح موجود در آن موجب افزایش قابلیت هدایت الکتریکی (EC) خاک می‌شود (سانچز- موندرو و همکاران، ۲۰۰۱). با اضافه کردن مواد آلی به خاک، تجزیه مواد آلی خاک توسط ریزموجودات موجب آزاد شدن عناصر غذایی آنها می‌شود. در نتیجه با افزایش املاح موجود در خاک، بر میزان هدایت الکتریکی خاک افزوده شده است. هر چه میزان املاح موجود در مواد آلی بیشتر باشد، به همان نسبت محتوای هدایت الکتریکی خاک افزایش می‌یابد.

شکل ۴- ۳۵- مقایسه میانگین میزان شوری خاک آفتابگردان تحت تأثیر مواد آلی

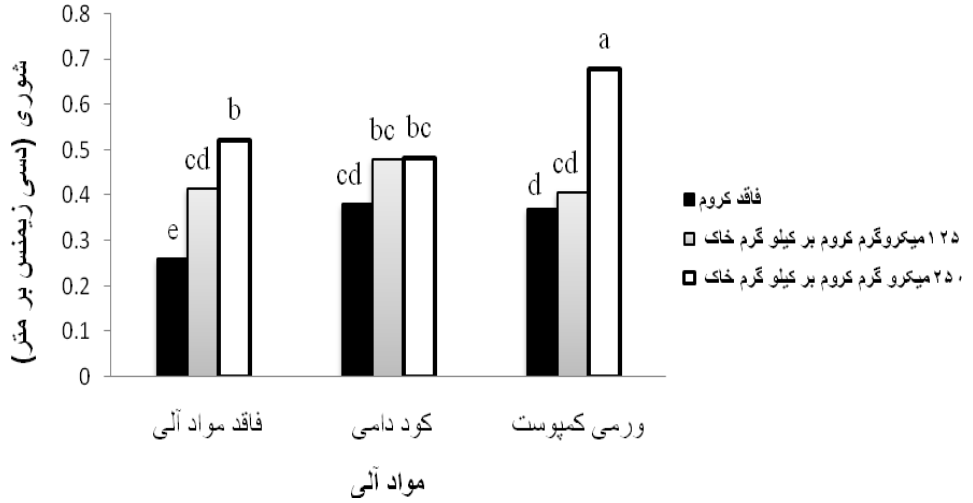
۴-۳-۲-۳- هدایت الکتریکی خاک در گلدان‌های حاوی گیاه سورگوم

نتایج مندرج در جدول پیوست ۵ نشان می‌دهد که اثر اصلی مواد آلی بر میزان شوری خاک در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین مربوطه بیانگر افزایش ۱۵/۹۳ درصدی میزان هدایت الکتریکی در سطح سوم مواد آلی (ورمی‌کمپوست) نسبت به تیمار شاهـد می‌باشد. اپستین و همکاران (۱۹۷۸) افزایش قابلیت هدایت الکتریکی خاک را، بر اثر مصرف ۲۴۰ تن کمپوست در هکتار ناشی از غلظت بالای کلسیم، منیزیم و کلر در این کود دانستند.

شکل ۴- ۳۶- مقایسه میانگین میزان شوری خاک سورگوم تحت تأثیر مواد آلی

۴-۳-۲-۴- هدایت الکتریکی خاک در گلدان‌های حاوی گیاه گندم

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول پیوست ۵) اثر اصلی مواد آلی بر محتوای شوری خاک در سطح ۵ درصد و اثر اصلی کروم و اثر متقابل کروم – مواد آلی بر میزان شوری خاک تأثیر معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشت. شکل (۴-۳۷) نشان دهنده‌ی روند افزایشی در میزان شوری خاک می‌باشد، زمانیکه کروم با مواد آلی مصرف شد، بیشترین میزان شوری در تیمار ۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک با سطح سوم مواد آلی (ورمی‌کمپوست) مشاهده شد، که میزان هدایت الکتریکی را ۶۱/۷۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داد، همچنین افزایش مصرف کروم سبب افزایش میزان شوری خاک گردید. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد با کاربرد متقابل کروم و مواد آلی و همچنین با افزایش غلظت کروم، میزان شوری خاک روند افزایشی داشته است.



شکل ۴- ۳۷- مقایسه میانگین میزان شوری خاک گندم تحت تأثیر کروم و مواد آلی

۴-۳-۳- اسیدیته (pH)

۴-۳-۳-۱- اسیدیته خاک در گلدان‌های حاوی اسفناج

از جدول پیوست ۵ چنین استنباط می‌شود که مواد آلی تأثیر معنی‌داری بر روی این صفت در سطح ۱ درصد داشته است. مقایسه میانگین نشان داد که کاربرد مواد آلی، سبب کاهش pH خاک شده

است. با ایجاد گروه‌های آماری متفاوت نسبت به شاهد، کاربرد کود دامی به میزان ۱۵/۵۷ درصد و مصرف ورمی‌کمپوست به میزان ۱۹/۴۹ درصد، pH خاک را نسبت به شاهد کاهش داد (شکل ۴-۳۸). نتایج حاصل نشان داده که کاربرد مواد آلی، pH خاک را بطور چشمگیری کاهش می‌دهد. نتایج تحقیقات متعددی با نتیجه حاصل از این پژوهش مطابقت دارد. آذرمی و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که کاربرد ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، کاهش pH خاک را در پی دارد.

شکل ۴- ۳۸- مقایسه میانگین میزان اسیدیته خاک اسفناج تحت تأثیر مواد آلی

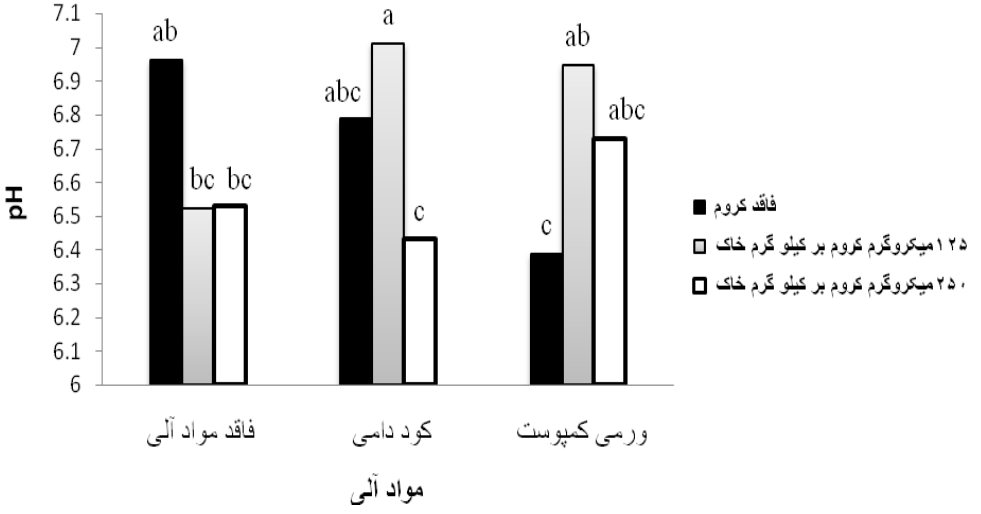
۴-۳-۳-۲- اسیدیته خاک در گلدان‌های حاوی آفتابگردان

نتایج منعکس شده در جدول پیوست ۵ گویای آن است که اثرعوامل اصلی و اثرات متقابل آنها بر میزان اسیدیته خاک در گیاه آفتابگردان غیر معنی‌دار است.

۴-۳-۳-۳- اسیدیته خاک در گلدان‌های حاوی سورگوم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول پیوست ۵) نشان داد که اثر متقابل کروم و مواد آلی در سطح ۵ درصد بر اسیدیته خاک سورگوم معنی‌دار شد. مقایسه میانگین حاصل از داده‌ها بیانگر تفاوت معنی‌داری بین تیمار شاهد با تیمارهای ۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک – کوددامی و تیمار-های سطح اول کروم (فاقد کروم) – ورمی‌کمپوست می‌باشد (بقیه تیمارها با شاهد در یک سطح آماری قرار دارند) و باعث ایجاد گروه‌های آماری متفاوت شده است (شکل ۴-۳۹). با توجه به نمودار

مربوطه (شکل ۴-۳۹) بیشترین میزان اسیدیته خاک که تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت، در تیمار ۱۲۵ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک توأم با کود دامی (با ۰/۶۸ درصد افزایش نسبت به شاهد) مشاهده شد.



شکل ۴- ۳۹- مقایسه میانگین میزان اسیدیته خاک سورگوم تحت تأثیر کروم و مواد آلی

۴-۳-۳-۴- اسیدیته خاک در گلدان‌های حاوی گندم

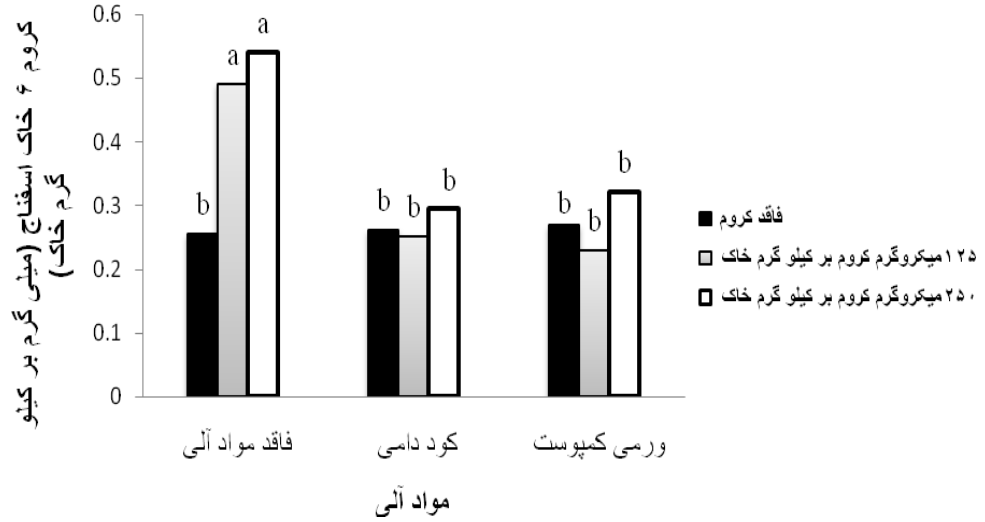
اسیدیته خاک گندم تحت تأثیر هیچ کدام از منابع تغییر قرار نگرفت (جدول پیوست ۵).

۴-۳-۴- غلظت کروم (VI) خاک

۴-۳-۴-۱- غلظت کروم (VI) خاک در گلدان‌های حاوی گیاه اسفناج

از جدول پیوست ۶ چنین استنباط می‌شود که کاربرد عوامل اصلی آزمایش و اثر متقابل کروم و مواد آلی، تأثیر معنی‌داری بر این صفت در سطح ۱ درصد داشتند. مقایسه میانگین حاصل از داده‌ها بیانگر تفاوت معنی‌داری بین تیمار شاهد با تیمارهای ۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک (عدم حضور مواد آلی) و تیمار ۱۲۵ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک (فاقد مواد آلی) می‌باشد که به ترتیب موجب افزایش ۵۲/۵۹ و ۴۷/۸۶ درصدی میزان کروم (VI) خاک نسبت به شاهد گردید (شکل ۴-۴۰). انباشت فلز سنگین کروم در خاک، زندگی ریز موجودات خاک را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد.

رواتی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که انباشت فلزات سمی مثل جیوه، سرب، آرسنیک، کادمیوم، کروم، سدیم، پتاسیم و مس در خاک، باکتری‌ها و میکروارگانیسم‌های مفید خاک را از بین می‌برد. همانطور که در شکل (۴-۴۰) مشاهده می‌گردد در صورت کاربرد سطوح مختلف کروم به همراه مصرف مواد آلی، بیشترین کاهش بر اثر مصرف کود دامی و ورمی‌کمپوست رخ داده است و کاربرد عنصر کروم بدون حضور مواد آلی بیشترین تأثیر را در افزایش کروم (VI) خاک داشته است. نتایج حاصل نشان دهنده‌ی تأثیر مثبت موادآلی در کاهش میزان کروم (VI) خاک می‌باشد.

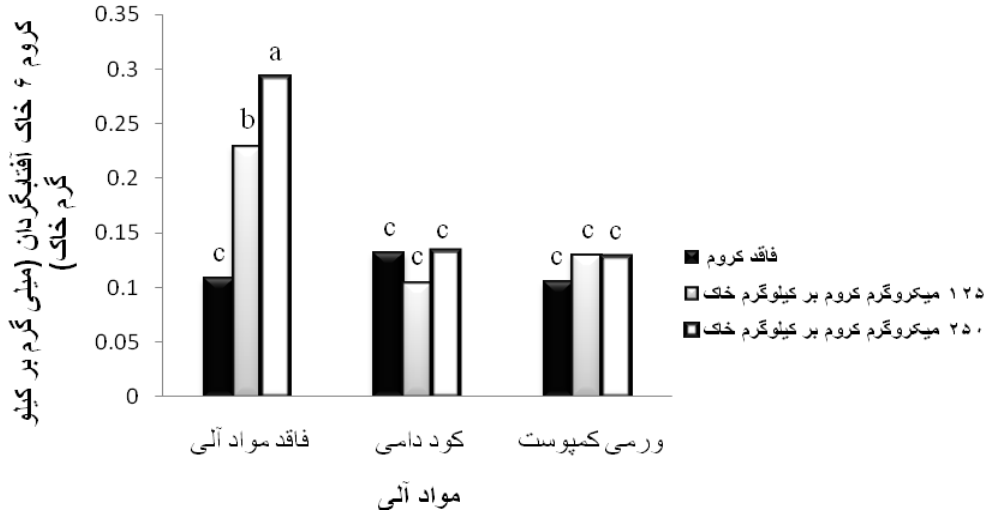


شکل ۴-۴۰- مقایسه میانگین میزان کروم خاک اسفناج تحت تأثیر کروم و موادآلی

۴-۳-۴-۲- غلظت کروم (VI) خاک در گلدان‌های حاوی گیاه آفتابگردان

نتایج حاصل از تجزیه واریانس گویای آن بود که اثر فاکتورهای اصلی آزمایش و اثر متقابل کروم و مواد آلی، بر محتوای کروم خاک در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول پیوست ۶). نمودار مقایسه میانگین اثر متقابل کروم و مواد آلی (شکل ۴-۴۱) نشان می‌دهد که بیشترین میزان غلظت کروم خاک در سطح کروم ۲۵۰ میکروگرم بر کیلوگرم خاک – سطح اول مواد آلی (فاقد مواد آلی) به میزان ۶۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داشته است. این نتایج بیانگر تأثیر مثبت افزایش غلظت کروم بر محتوای کروم (VI) خاک می‌باشد. نتایج حاصل از این پژوهش گویای آن است که بین افزایش غلظت

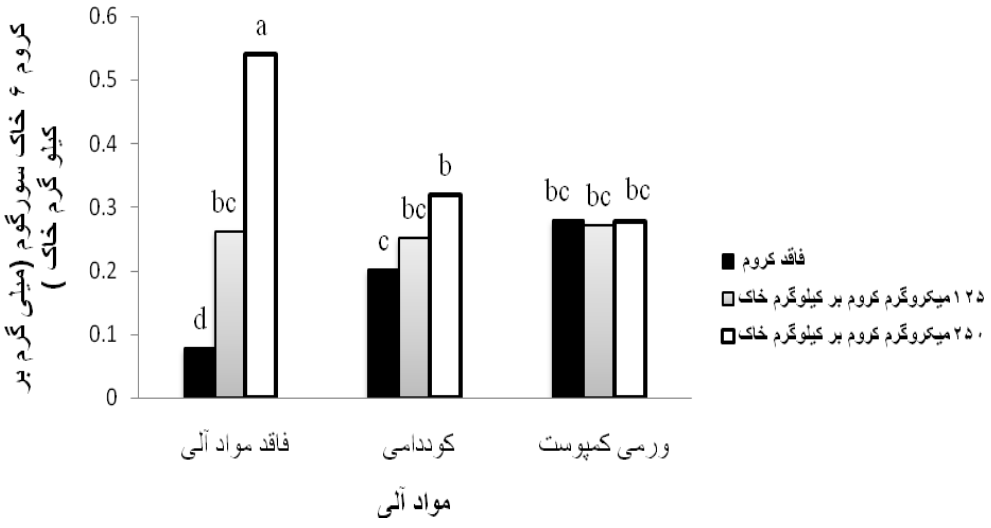
کروم کاربردی و افزایش کروم خاک رابطه‌ی مستقیم وجود دارد. بطوریکه با افزایش غلظت کروم (در صورت عدم مصرف مواد آلی) میزان کروم (VI) خاک روند افزایشی داشته است. کاربرد تیمارهای فاقد کروم، ۱۲۵ و ۲۵۰ میکروگرم کروم هر کدام به همراه مصرف کود دامی و ورمی‌کمپوست با تیمار شاهد در یک سطح آماری قرار دارند و نتایج نشان می‌دهد کاربرد سطوح مختلف عنصر کروم در حضور مواد آلی بیشترین تأثیر را در کاهش میزان کروم (VI) خاک داشته است و این می‌تواند به علت تأثیر مثبت مواد آلی در کاهش اثر منفی کروم باشد. مطالعات مختلف نشان داده است افزودن ترکیبات آلی نظیر کود سبز، ضایعات آلی، زغال و بیوچار سبب کاهش قابلیت دسترسی کروم VI در خاک می-گردد (بولان و تیاگاراجان، ۲۰۰۱). همانطور که در شکل (۴-۴۱) نشان داده شده، میزان کروم (VI) خاک در صورت کاربرد مواد آلی روند کاهشی داشته است. این احتمال وجود دارد که اضافه کردن مواد آلی از طریق تبدیل کروم (VI) موجود در خاک به شکل دیگری از کروم (کروم سه ظرفیتی) سبب کاهش میزان کروم (VI) در خاک شده است.



شکل ۴- ۴۱- مقایسه میانگین میزان کروم خاک آفتابگردان تحت تأثیر کروم و موادآلی

۴-۳-۴-۳- غلظت کروم (VI) خاک در گلدان‌های حاوی گیاه سورگوم

تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری میزان کروم (VI) خاک، گویای آن است که اثر اصلی کروم و اثر متقابل فاکتورها، در سطح ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول پیوست ۶). مقایسه میانگین مربوط به اثر متقابل تیمارهای آزمایش بر میزان کروم خاک نشان داد که این صفت با کاربرد تیمار ۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک (عدم حضور مواد آلی) به میزان ۸۵/۵۵ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد (شکل ۴-۴۲). با توجه به نمودار مربوطه (شکل ۴-۴۲) در صورت افزودن ورمی‌کمپوست و کود دامی به خاک آلوده به کروم، بیشترین کاهش بر اثر غلظت‌های مختلف کروم رخ داده است.

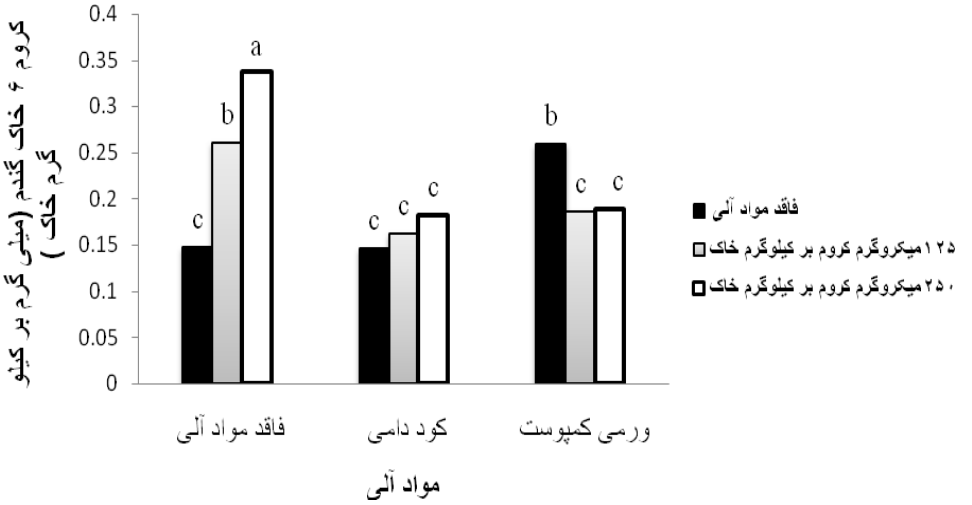


شکل ۴-۴۲- مقایسه میانگین میزان کروم خاک سورگوم تحت تأثیر کروم و موادآلی

۴-۳-۴-۴- غلظت کروم (VI) خاک در گلدان‌های حاوی گیاه گندم

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مطابق جدول پیوست ۷ نشان داد تأثیر سطوح مختلف کروم بر میزان کروم خاک در سطح ۵ درصد معنی‌دار شده است. همچنین در جدول تجزیه واریانس (جدول پیوست ۶) دیده می‌شود که اثر عامل اصلی مواد آلی و اثر متقابل کروم و مواد آلی در سطح ۱ درصد بر محتوای کروم خاک معنی‌دار شده است. مقایسه میانگین اثر متقابل کروم و مواد آلی بر محتوای کروم خاک (شکل ۴-۴۳) نشان می‌دهد که تیمار ۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک – فاقد مواد آلی

مقدار صفت مذکور را به میزان ۵۶/۲۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. همانطور که در شکل (۴-۴۳) مشاهده می‌گردد با افزودن کود دامی به خاک محتوای کروم خاک در سطوح مختلف غلظت کروم(VI) خاک کاهش یافته است، نتایج حاصل نشان دهنده تأثیر مثبت کود دامی در کاهش اثر منفی کروم می‌باشد. مظهری و همکاران (۱۳۹۱، ۱۳۹۲) گزارش کردند به طور کلی کروم (VI) در خاک‌هایی وجود دارد که در آنها، pH بالاتر، شرایط هوازی، مقدار کمی مواد آلی حضور داشته باشند و کروم (VI) در pH خنثی تا قلیایی، بسیار متحرک می‌باشد (شریفیان عطار و همکاران، ۱۳۹۲). افزودن مواد آلی به خاک سبب کاهش pH خاک می‌گردد. با توجه به نتایج استپنیوسکا و همکاران (۲۰۰۴) اکسایش کروم (III) در خاکهایی که به آنها مقداری اکسید منگنز اضافه شده است رخ می-دهد و میزان اکسایش با مقدار اضافه شده همبستگی بالایی دارد ولی در خاکهای با مقدار زیاد ماده آلی، حتی با افزایش مقدار بیشتری از اکسید منگنز اکسایش کروم (III) کم است. آنان این پدیده را این گونه توجیه کردند که مقدار زیاد ماده آلی تعادل اکسایش – کاهش را به سمت کاهش کروم (VI) و نه اکسایش کروم (III) پیش می‌برد. چاین (۱۹۹۴) بیان کرد که در خاکهای غنی از مواد آلی اکسایش کروم (III) محدود می‌گردد، زیرا کروم متصل به مواد آلی به راحتی قابل اکسایش نیست. در نتیجه با افزایش اکسایش کروم (VI) در خاک، میزان کروم (VI) در خاک کاهش می‌یابد.



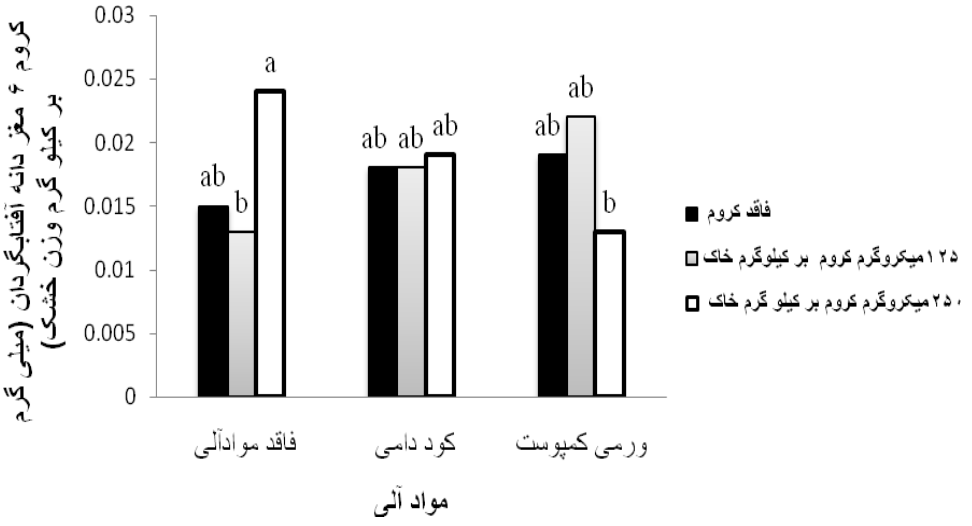
شکل ۴-۴۳- مقایسه میانگین میزان کروم خاک گندم تحت تأثیر کروم و موادآلی

۴-۴- جذب کروم (VI) در گیاهان مورد بررسی

۴-۴-۱- غلظت کروم (VI) دانه

۴-۴-۱-۱- میزان کروم (VI) مغز دانه آفتابگردان

تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری میزان غلظت کروم (VI) دانه آفتابگردان، گویای آن است که اثر عامل اصلی مواد آلی در سطح ۵ درصد و اثر متقابل کروم و مواد آلی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بودند (جدول پیوست ۶). بیشترین میزان کروم (VI) مغز دانه که تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت، در تیمار ۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک (عدم مصرف مواد آلی)مشاهده گردید که افزایش ۳۷/۵ درصدی را نسبت به شاهد همراه داشت (شکل ۴-۴۴). مطالعه بر روی جذب کروم بوسیله گیاهان نشان داده است که جذب و جابجایی کروم توسط گیاهان پایین است (مک فارلن و بورچیت، ۲۰۰۱). نتایج نشان می‌دهد میزان کروم جذب شده توسط مغز دانه نسبت به میزان کروم جذب شده توسط ساقه و برگ آفتابگردان کمتر می‌باشد.



شکل ۴-۴۴- مقایسه میانگین میزان کروم مغز دانه آفتابگردان تحت تأثیر کروم و موادآلی

۴-۴-۱-۲- میزان کروم (VI) بذر گندم

مطابق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول پیوست ۶)، کاربرد سطوح مختلف غلظت کروم در سطح ۱ درصد بر کروم (VI) بذر گندم معنی‌دار می‌باشد. مطابق مقایسه میانگین‌های مربوطه، افزایش غلظت کروم سبب افزایش معنی‌دار کروم (VI) بذر گندم شده است. کاربرد تیمار سطح سوم کروم (۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک) صفت مورد مطالعه را به میزان ۳۱/۵۷ درصد نسبت به شاهد افزایش داد و تیمار ۱۲۵ میکروگرم کروم سبب افزایش ۷/۱۴ درصدی صفت ذکر شده نسبت به شاهد گردید (شکل ۴-۴۵). نتایج نشان می‌دهد میزان انباشت کروم در بذر گندم نسبت به ساقه و برگ این گیاه کمتر می‌باشد. علت این امر را می‌توان به جابجایی بسیار کم فلزات سنگین در اندام هوایی گیاهان نسبت داد. هر چه فاصله‌ی اندام هوایی از سطح خاک و ریشه گیاهان بیشتر باشد، به همان نسبت انباشت کروم در اندام هوایی کاهش می‌یابد.

شکل ۴-۴۵- مقایسه میانگین میزان کروم بذر گندم تحت تأثیر کروم

۴-۴-۲- غلظت کروم (VI) ساقه و برگ

۴-۴-۲-۱- غلظت کروم (VI) ساقه و برگ اسفناج

از جدول پیوست ۷ چنین استنباط می‌شود که اثرات عوامل اصلی و متقابل فاکتورهای آزمایش، بر محتوی کروم (VI) اندام هوایی اسفناج در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است. نتایج حاصل از مقایسه

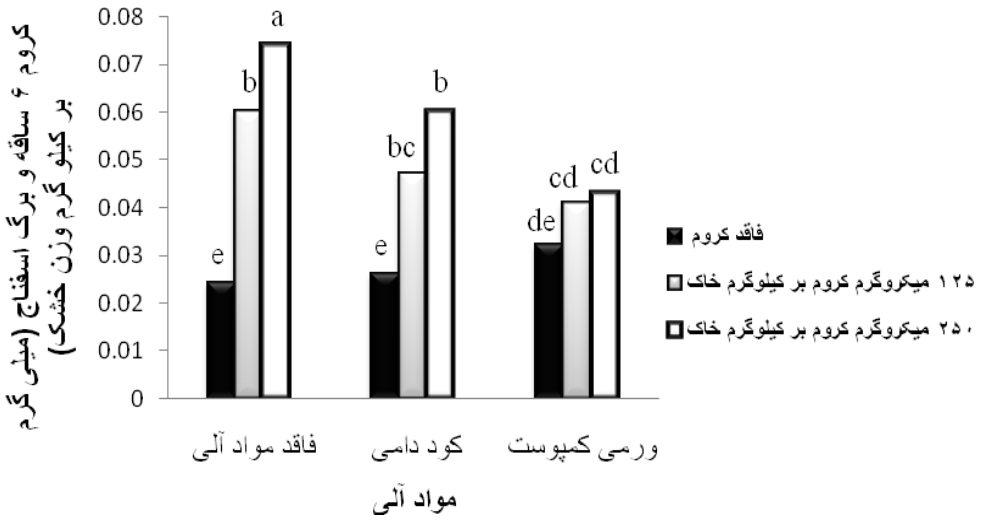
میانگین مربوطه نشان می‌دهد که بیشترین میزان کروم (VI) اندام هوایی اسفناج توسط تیمار بیشترین غلظت کروم (۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک) – فاقد مواد آلی حاصل شد که افزایش ۶۷/۵۶ درصدی را نسبت به شاهد ایجاد نمود (شکل ۴-۴۶). شن و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که با افزایش غلظت کادمیوم در خاک میزان جذب این عنصر توسط گیاه ذرت افزایش می یابد.

همانطور که شکل (۴-۴۶) نشان می‌دهد تیمار ۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک – کود دامی به میزان ۶۰ درصد نسبت به شاهد و تیمار بیشترین غلظت کروم – ورمی‌کمپوست به میزان ۴۴/۱۸ درصد در مقایسه با شاهد سبب افزایش میزان کروم (VI) اندام هوایی شدند. همچنین کاربرد سطح دوم کروم (۱۲۵ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک) در صورت عدم مصرف مواد آلی، کود دامی و ورمی‌کمپوست به ترتیب میزان کروم (VI) ساقه و برگ اسفناج را ۶۰، ۴۸/۹۳ و ۴۱/۴۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. نتایج حاصل نشان می‌دهد میزان کروم (VI) ساقه و برگ با کاربرد ۱۲۵ و ۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک، در صورت عدم مصرف مواد آلی افزایش و پس از آن با کاربرد مواد آلی در حضور سطوح کروم ذکر شده روند کاهشی داشته است که نشان دهنده‌ی تأثیر مثبت مواد آلی در کاهش تأثیر منفی کروم می‌باشد و از بین سطوح مختلف مواد آلی، ورمی‌کمپوست بیشترین تأثیر را در کاهش اثر منفی کروم به همراه داشت.

نتایج حاصل نشان می‌دهد از بین سطوح مواد آلی ذکر شده، ورمی‌کمپوست بیشترین تأثیر را در کاهش انتقال کروم (VI) از خاک و ریشه‌ی گیاه به اندام‌هوایی داشته است. این احتمال وجود دارد که ورمی‌کمپوست از طریق کاهش pH و افزایش مواد آلی خاک شرایط را برای تبدیل فرم محلول کروم (کروم (VI)) به فرم نامحلول کروم (کروم (III)) در خاک مساعد می‌کند و از این طریق با کاهش میزان کروم (VI) در خاک موجب کاهش انتقال این فلز سنگین به اندام هوایی گردید.

تحقیقات متعددی نشان می‌دهد که افزودن ترکیبات آلی به خاک آلوده به کروم، میزان جذب کروم را توسط گیاهان کاهش می‌دهد. چوپالا و همکاران (۲۰۱۳) از ترکیبات آلی مثل زغال و کود مرغی

جهت غیر متحرک سازی کروم در خاک و در نهایت کاهش جذب آن توسط گیاه خردل هندی استفاده نمودند. آنها گزارش کردند که زغال نسبت به کود مرغی تأثیر بیشتری در کاهش جذب کروم توسط گیاه به همراه داشت.

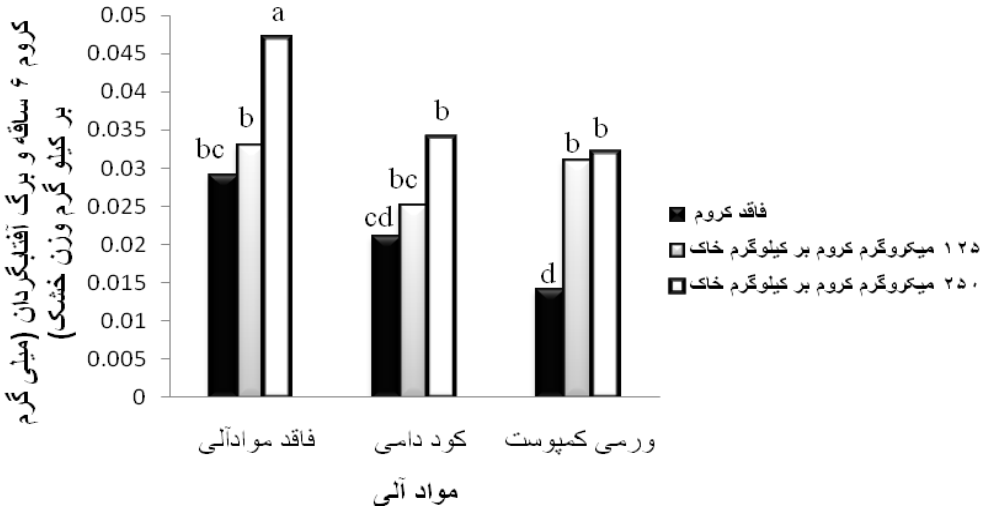


شکل ۴-۴۶- مقایسه میانگین میزان کروم برگ اسفناج تحت تأثیر کروم و موادآلی

۴-۴-۲-۲- غلظت کروم (VI) ساقه و برگ آفتابگردان

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مطابق جدول پیوست ۷ نشان داد که تأثیر سطوح مختلف غلظت کروم و سطوح مختلف مواد آلی، بر میزان کروم (VI) ساقه و برگ آفتابگردان در سطح ۱ درصد و اثر متقابل کروم و مواد آلی تأثیر معنی‌داری بر این صفت در سطح ۵ درصد داشته است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین مربوطه نشان می‌دهد که بیشترین میزان کروم (VI) ساقه و برگ آفتابگردان توسط تیمار ۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک - فاقد مواد آلی حاصل شد که موجب افزایش ۳۸/۲۹ درصدی صفت مذکور نسبت به شاهد گردید (شکل ۴-۴۷). همانطور که در شکل (۴-۴۷) مشاهده می‌گردد کاربرد سطوح مختلف غلظت کروم، میزان کروم (VI) اندام هوایی را افزایش داده است. نتایج حاصل گویای آن است که بین افزایش غلظت کروم خاک و میزان کروم (VI) اندام‌های گیاهی رابطه مستقیم

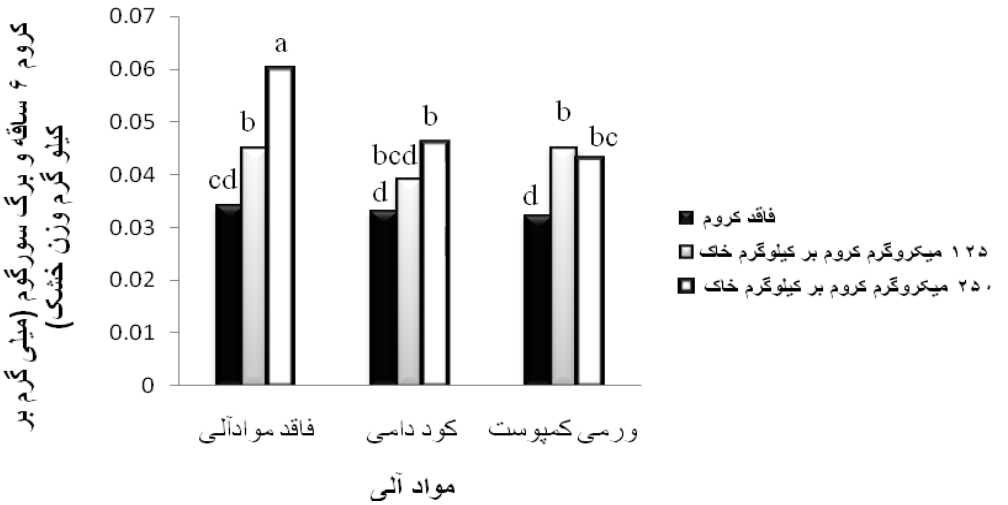
وجود دارد و هرچه غلظت کروم خاک افزایش یابد به همان نسبت بر تجمع کروم در اندام‌های گیاهی افزوده می‌گردد. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج غلامحسینی و همکارانش (۱۳۹۰) همخوانی دارد.



شکل ۴- ۴۷ - مقایسه میانگین میزان کروم ساقه و برگ آفتابگردان تحت تأثیر کروم و موادآلی

۴-۴-۲-۳- غلظت کروم (VI) ساقه و برگ سورگوم

از جدول پیوست ۷ چنین استنباط می‌شود که اثر عوامل اصلی کروم و مواد آلی و اثر متقابل آنها بر میزان کروم (VI) اندام هوایی سورگوم در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین مربوطه نشان می‌دهد که تیمار ۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک توأم با (سطوح مختلف مواد آلی) عدم مصرف مواد آلی، کود دامی و ورمی‌کمپوست به ترتیب به میزان ۴۳/۳۳، ۲۶/۰۸ و ۲۰/۹۳ درصد نسبت به شاهد موجب افزایش محتوی کروم (VI) اندام هوایی شدند (شکل ۴-۴۸). بنابراین همانطور که در شکل (۴-۴۸) ملاحظه می‌گردد مصرف مواد آلی در برابر سطوح مختلف کروم نسبت به زمانیکه کروم به تنهایی مصرف شده، انباشت کروم در اندام های گیاهی را بطور معنی‌داری کاهش داده است. نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج تحقیقات لی و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت داشت. آنها گزارش کردند افزودن ۱۵ درصد مواد آلی به صورت کود خوکی و کود گاوی به خاک آلوده به کروم، موجب کاهش کروم (VI) ظرفیتی در اندام‌های هوایی گیاه گندم گردید.

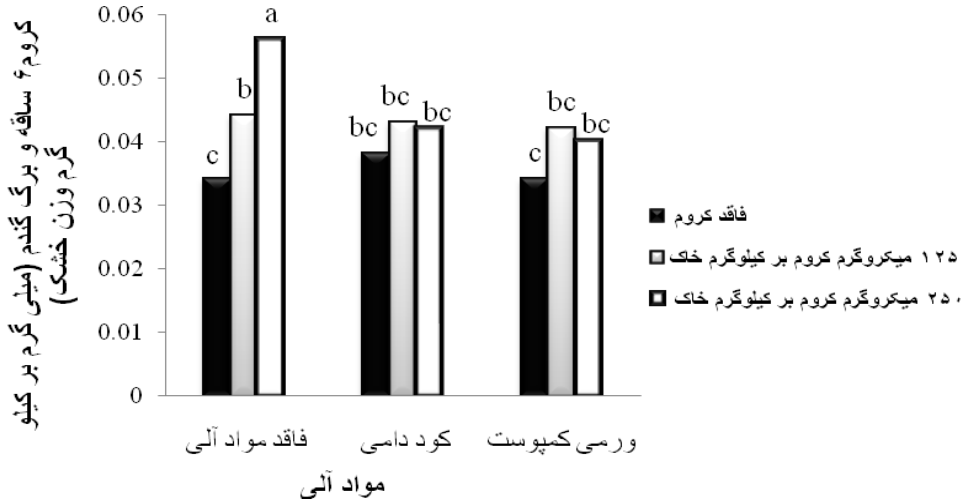


شکل ۴- ۴۸- مقایسه میانگین میزان کروم ساقه و برگ سورگوم تحت تأثیر کروم و موادآلی

۴-۴-۲-۴- غلظت کروم (VI) ساقه و برگ گندم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس گویای آن بود که تأثیر اثر اصلی کروم و اثر متقابل کروم و مواد آلی در سطح ۱ درصد و اثر اصلی مواد آلی در سطح ۵ درصد معنی‌دار شدند (جدول پیوست ۷). بر اساس مقایسه میانگین انجام شده بیشترین میزان کروم (VI) اندام هوایی در تیمار ۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک – فاقد مواد آلی مشاهده گردید که موجب افزایش ۳۹/۲۸ درصدی صفت مورد مطالعه نسبت به شاهد گردید (شکل ۴-۴۹). نتایج نشان می‌دهد با افزایش غلظت کروم، محتوی کروم اندام-های گیاهی هم افزایش می‌یابد. با توجه به نمودار مربوطه (شکل ۴-۴۹) در صورت کاربرد توأم مواد آلی و کروم بیشترین کاهش بر اثر سطوح مختلف مواد آلی رخ داده است، که بیانگر کاهش تأثیر منفی کروم بر اثر کاربرد مواد آلی می‌باشد. نتایج حاصل از این تحقیق مؤکد این مطلب می‌باشد که کاربرد کود دامی و ورمی‌کمپوست، بطور معنی‌داری از تجمع کروم (VI) در اندام هوایی گندم کاسته است. این احتمال وجود دارد که مواد آلی از طریق تثبیت کروم (VI) در خاک، انتقال و تجمع این آلاینده را در اندام هوایی گیاه مورد آزمایش کاهش داده است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که تجمع کروم در ساقه و برگ گندم نسبت به بذر گندم بیشتر می‌باشد. وجپای و همکاران (۲۰۰۰)

گزارش کردند که میزان انباشت کروم در بخش‌های مختلف گیاه، متفاوت است زیرا در انتقال کروم از ریشه به رأس گیاه محدودیت وجود دارد که به دلیل اتصال این فرم یونی در جایگاه‌های مبادله کاتیونی ریشه و غیر متحرک شدن آن می‌باشد.



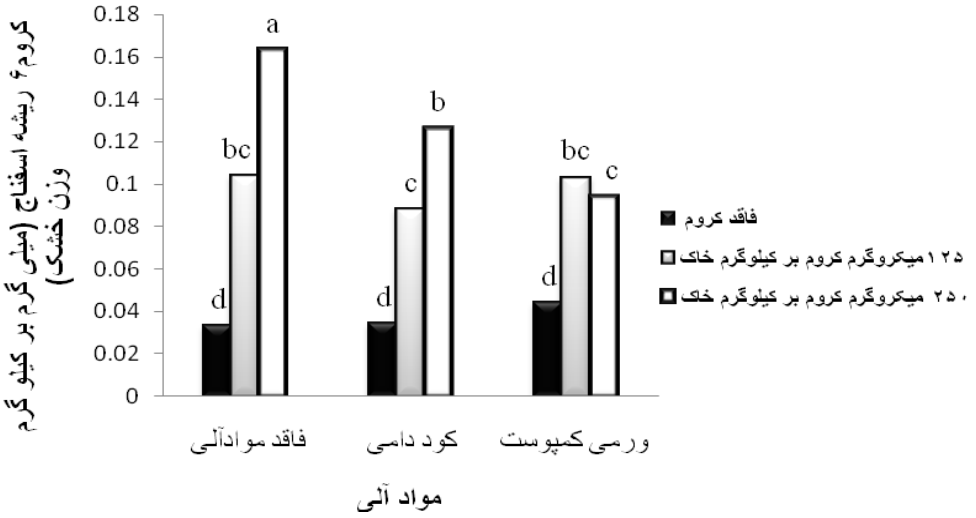
شکل ۴- ۴۹- مقایسه میانگین میزان کروم ساقه و برگ گندم تحت تأثیر کروم و موادآلی

۴-۴-۳- میزان کروم (VI) ریشه

۴-۴-۳-۱- میزان کروم (VI) ریشه اسفناج

نتایج حاصل از تجزیه واریانس گویای آن بود که اثر عامل اصلی کروم و اثر متقابل کروم و مواد آلی برمیزان کروم (VI) ریشه در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول پیوست ۷). بر اساس مقایسه میانگین انجام شده کاربرد توأم بیشترین غلظت کروم (۲۵۰میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک) – عدم مصرف مواد آلی و ۲۵۰ میکروگرم کروم به همراه کود دامی و ورمی‌کمپوست به ترتیب با اختلاف ۷۹/۷۵، ۷۳/۸۰ و ۶۴/۸۹ درصدی نسبت به تیمار شاهد سبب افزایش میزان کروم (VI) ریشه اسفناج گردید (شکل ۴-۵۰). نتایج حاصل بیانگر تأثیر بیشتر ورمی‌کمپوست در مقایسه با کود دامی در کاهش میزان کروم ریشه می‌باشد. خصوصیات شیمیایی خاک از جمله کربن آلی خاک باعث افزایش ظرفیت نگه داشت و تثبیت فلزات سنگین به وسیله خاک و در نتیجه کاهش میزان قابل جذب این

فلزات سنگین می‌شود (کاوالارو و مبریدی، ۱۹۷۸). نتایج این پژوهش گویای این مطلب است که میزان تجمع آلاینده‌ها در ریشه‌ی گیاهانی که در معرض فلزات سنگین قرار دارند نسبت به اندام هوایی بیشتر می‌باشد و در این مطالعه تجمع کروم (VI) درریشه گیاه اسفناج ۴۸/۴۰ درصد بیشتر از اندام هوایی بود. نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج تحقیقات متعددی (کلایری و همکاران،۱۹۹۱؛ زیمنس – ایمبان و همکاران،۲۰۰۱؛ افیونی و همکاران، ۲۰۰۷؛ موسوی و همکاران،۱۳۹۰) مطابقت داشت. احتمالاً غلظت زیاد کروم (VI) در ریشه به دلیل تحرک پذیری کم و در نتیجه تجمع آن در واکوئل ریشه است. بنابراین غلظت‌های بالای آن در خاک ممکن است به سمی بودن گیاه منجر نشود (شانکر و همکارن، ۲۰۰۵). میرل (۲۰۰۴) دلیل تجمع بیشتر فلزات سنگین در ریشه نسبت به اندام هوایی و دانه را به پویایی پایین این فلزات نسبت می‌دهند.

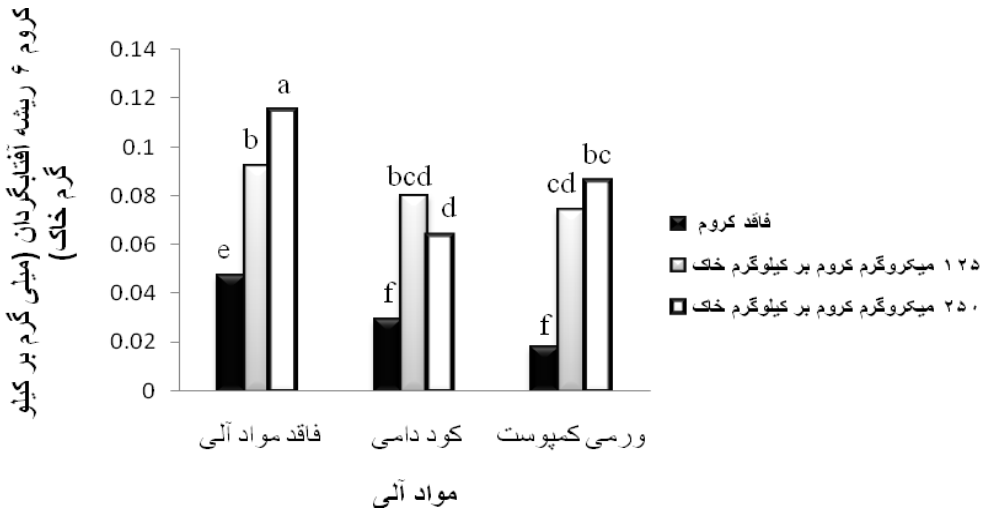


شکل ۴- ۵۰- مقایسه میانگین میزان کروم ریشه اسفناج تحت تأثیر کروم و موادآلی

۴-۴-۳-۲- میزان کروم (VI) ریشه آفتابگردان

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول پیوست ۷)، نشان می‌دهد که اثر عامل اصلی کروم و مواد آلی بر میزان کروم (VI) ریشه آفتابگردان در سطح ۱ درصد و اثر متقابل کروم و مواد آلی در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. همچنین داده‌های حاصل از مقایسه میانگین این صفت حاکی از افزایش

معنی‌دار این صفت، تحت تنش کروم می‌باشد بطوری که باعث بوجود آمدن گروه‌های آماری متفاوت شده است. بیشترین میزان کروم (VI) ریشه آفتابگردان در تیمار بیشترین غلظت کروم (۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک) در صورت عدم مصرف مواد آلی حاصل شد و افزایش ۵۹/۱۳ درصدی را نسبت به شاهد ایجاد نمود. ولی در صورت کاربرد بیشترین غلظت کروم توأم با کود دامی و ورمی‌کمپوست به ترتیب افزایش ۲۶/۵۶ و ۴۵/۳۴ درصدی را نسبت به شاهد به همراه داشت (شکل ۴-۵۱). نتایج نشان داد میزان انباشت کروم (VI) در ریشه گیاه آفتابگردان ۵۶/۱۰ درصد نسبت به اندام هوایی بیشتر بود. توسط اندلیب و همکاران (۲۰۰۸)، داویز و همکاران (۲۰۰۰)، پیروز و کلانتری (۱۳۹۰) گزارش شد که در گیاه آفتابگردان بیشترین جذب کروم در ریشه نسبت به اندام هوایی صورت گرفته است. همانطور که در شکل (۴-۵۱) مشاهده می‌گردد بیشترین کاهش در میزان کروم (VI) ریشه بر اثر کاربرد کود دامی حاصل گردید و نشان دهنده‌ی تأثیر مثبت کود دامی در کاهش محتوی کروم (VI) خاک می‌باشد. در راستای تحقیقات انجام شده می‌توان چنین احتمال داد که در خاک‌های غنی از مواد آلی اکسایش کروم شش افزایش می‌یابد.



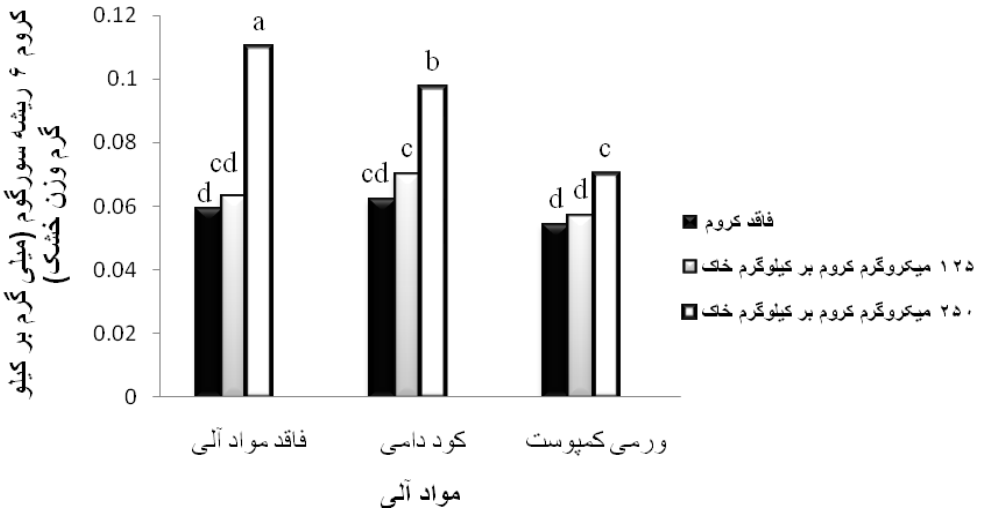
شکل ۴- ۵۱- مقایسه میانگین میزان کروم ریشه آفتابگردان تحت تأثیر کروم و موادآلی

۴-۴-۳-۳- میزان کروم (VI) ریشه سورگوم

مطابق نتایج مندرج در جدول پیوست ۷، کاربرد عوامل اصلی آزمایش و اثر متقابل کروم – مواد آلی، تأثیر معنی‌داری بر میزان کروم ریشه سورگوم در سطح ۱ درصد داشتند. مطابق نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌های مربوطه، با افزایش غلظت کروم میزان کروم (VI) ریشه هم روند افزایشی داشته است اما زمانیکه کاربرد کروم توأم با مصرف مواد آلی باشد بطور معنی داری از تأثیر منفی کروم کاسته شده است، به طوریکه کاربرد بیشترین غلظت کروم (۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک) در صورت عدم مصرف مواد آلی موجب افزایش ۴۶/۳۶ درصدی صفت مذکور نسبت به شاهد گردید و زمانیکه بیشترین غلظت کروم توأم با مواد آلی مصرف شود، ۲۵۰ میکروگرم کروم توأم با کاربرد کود دامی و ورمی‌کمپوست، به ترتیب کروم ریشه گندم را به میزان ۳۹/۱۷ و ۱۵/۷۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داد، و نتایج حاصل بیانگر این است که کاربرد توأم کروم و مواد آلی، میزان کروم ریشه سورگوم را کاهش داده است (شکل ۴-۵۲).

همانطور که ملاحظه می‌شود با کاربرد سطوح مختلف غلظت‌های کروم، بیشترین کاهش بر اثر مصرف ورمی‌کمپوست رخ داده است (شکل ۴-۵۲). در این آزمایش ریشه گیاهان سورگوم و گندم که تحت تیمار با سطوح بالای غلظت کروم قرار داشتند، قهوه‌ای رنگ بودند. این مشاهده موافق با نظر بارسلو و همکاران (۱۹۸۶) می‌باشد. طبق گزارش او، تماس ریشه با کروم موجود در خاک می‌تواند به فروپاشی و ناتوانی بعدی ریشه برای جذب آب از محیط کشت و در نتیجه کاهش رشد ریشه منجر شود. بنابراین می‌توان اعلام نمود کاهش رشد ریشه گیاهان مورد آزمایش و متعاقب آن، انتقال کمتر آب و مواد غذایی به بخش‌های هوایی گیاهان تحت تیمار کروم، ناشی از جذب این عنصر بوسیله گیاه و اثر مستقیم آن بر متابولیسم سلولی گیاه است. بر این اساس، می‌توان گفت که گیاهان ذکر شده حساس به تنش فلز سنگین کروم می‌باشد. با افزایش غلظت کروم در محیط رشد، موجب افزایش قابل توجه کروم (VI) ریشه و اندام هوایی گردید که این انباشت در ریشه سورگوم ۴۱/۳۷ درصد بیشتر از اندام هوایی بود. این نتایج با نتایج گزارش شده در مورد گیاهان جعفری ، اسفناج، گندم، ذرت، گل کلم،

کاملینا، نیلوفر آبی و نلومبو مطابقت دارد (ذاکر و همکاران، ۱۳۸۴؛ جهانبخشی و همکاران،۱۳۹۲؛ می و همکاران، ۲۰۰۲؛ نیکلاس و همکاران، ۲۰۰۰؛ شارما و همکاران، ۱۹۹۵؛ شارما و شارما، ۱۹۹۶؛ شارما و همکاران، ۲۰۰۳؛ شیرونگ و ایکس لی، ۲۰۰۲؛ وجپای و همکاران، ۱۹۹۹).

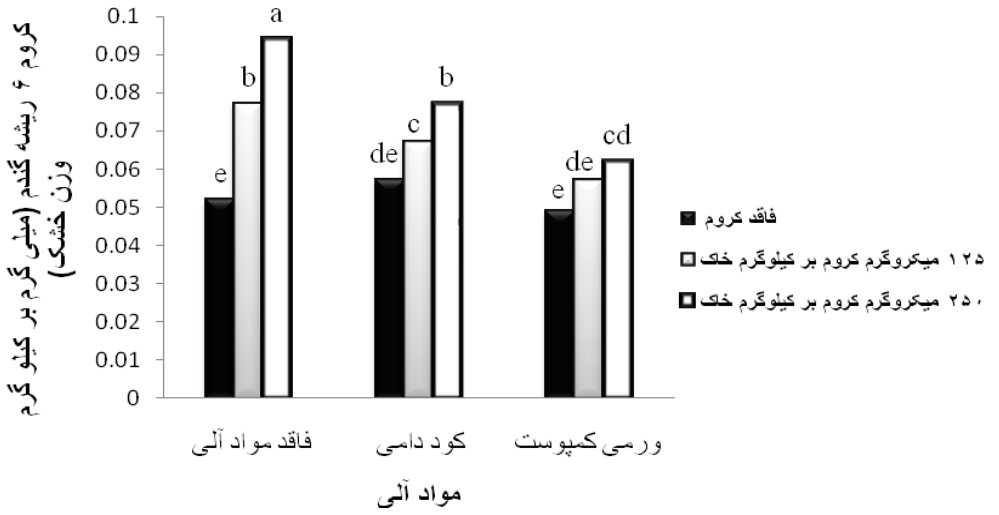


شکل ۴- ۵۲- مقایسه میانگین میزان کروم ریشه سورگوم تحت تأثیر کروم و موادآلی

۴-۴-۳-۴- میزان کروم (VI) ریشه گندم

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول پیوست ۷)، کاربرد فاکتورهای اصلی این تحقیق و اثر متقابل کروم و مواد آلی، تأثیر معنی‌داری بر میزان کروم (VI) ریشه گندم در سطح ۱ درصد داشت. مطابق نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌های مربوطه، بیشترین میزان کروم ریشه گندم توسط تیمار سطح سوم کروم (۲۵۰ میکروگرم کروم بر کیلوگرم خاک) – عدم کاربرد مواد آلی حاصل شد که افزایش ۴۴/۶۸ درصدی را نسبت به شاهد ایجاد نمود (شکل ۴-۵۳). نتایج نشان داد میزان تجمع کروم (VI) در ریشه گیاه گندم ۳۶/۹۸ درصد بیشتر از اندام هوایی می‌باشد. محققان گزارش کردند که میزان تجمع فلزاتی مانند کادمیوم، کروم و سرب در ریشه گیاهان نسبت به اندام هوایی بیشتر است (بننت و همکاران، ۱۹۹۹؛ جهانبخشی و همکاران، ۱۳۹۲) که با نتیجه این تحقیق مطابقت دارد. پیوند فلزات سنگین با دیواره سلولی نه تنها سازوکار گیاه برای غیر متحرک کردن فلز در ریشه است، بلکه سازوکار

گیاه برای جلوگیری از انتقال آن به اندام هوایی هم محسوب می‌شود. فلزات سنگین با ایجاد کمپلکس و محبوس شدن در ساختمان سلولی (نظیر واکوئل) برای انتقال به اندام هوایی دسترس ناپذیر می-شوند (لست و همکاران، ۱۹۹۸). همانطور که در شکل (۴-۵۳) ملاحظه می‌شود در سطح سوم مواد آلی (ورمی‌کمپوست)، بیشترین کاهش بر اثر غلظت‌های مختلف کروم رخ داده است. ورمی‌کمپوست تجمع کروم را در اندام‌های گیاهی کاهش می‌دهد.



شکل ۴- ۵۳- مقایسه میانگین میزان کروم ریشه گندم تحت تأثیر کروم و موادآلی

فصل پنجم:

نتیجه گیری و پیشنهادات

۵-۱- نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه خاک بستر رشد گیاه و فعالیت‌های کشاورزی است، حفظ حاصلخیزی خاک از مهمترین مباحث مربوط به کشاورزی پایدار می‌باشد. یکی از مهم‌ترین مسائل و مشکلاتی که در خاک‌های کشاورزی مطرح می‌گردد، کاهش آلودگی خاک به عناصر سنگین و بررسی تأثیر این آلودگی در سلامت زنجیره غذایی می‌باشد. کاربرد بیش از حد کودهای شیمیایی در زمین‌های کشاورزی، موجب افزایش آلاینده‌ها به خصوص عناصر سنگین در خاک شده است. بنابراین با درنظر گرفتن بالا بودن غلظت کروم به عنوان یک آلاینده محیطی در زمین‌های کشاورزی، باید اقدامات لازم جهت کاهش انتقال این آلاینده از خاک و در نتیجه جلوگیری از انتقال آنها به زنجیره غذایی صورت گیرد.

نتایج این بررسی نشان داد استفاده از منابع آلوده به کروم بر رشد اندام هوایی و ریشه گیاهان تأثیر منفی داشته است، بطوریکه هر چه غلظت کروم کاربردی افزایش یابد، کاهش بیشتری در رشد گیاهان مشاهده می‌گردد. لذا ممانعت از رشد اندام هوایی توسط کروم، می‌تواند ناشی از آسیب سیستم ریشه-ای باشد. نتایج این تحقیق گویای آن است که بیشترین مقدار کروم (VI) جذب شده توسط گیاه در ریشه‌ها باقی می‌ماند و تنها بخش کوچکی از آن به اندام‌های هوایی منتقل می‌شود لذا ریشه‌ها حاوی کروم بسیار بیشتری نسبت به بخش هوایی هستند. نتایج نشان داد میزان تجمع کروم (VI) در ریشه گیاه آفتابگردان، اسفناج، سورگوم و گندم به ترتیب ۵۶/۱۰، ۴۸/۴۰، ۴۱/۳۷ و ۳۶/۹۸ درصد بیشتر از اندام هوایی بود. احتمالاً دلیل تجمع بیشتر فلز سنگین کروم (VI) در ریشه گیاهان مورد آزمایش نسبت به اندام هوایی، را می‌توان به پویایی پایین این فلز نسبت داد.

نتایج حاصل از این پژوهش بیانگر آن است که انتقال کروم (VI)، از خاک و ریشه گیاهان به اندام هوایی در گیاهان مختلف، متفاوت می‌باشد و گیاهان مختلف در انتقال عنصر سنگین کروم (کروم شش ظرفیتی) از خاک و ریشه گیاهان به اندام هوایی، مکانیزم‌های مختلفی دارند و بسیار متفاوت

عمل می‌کنند. در این پژوهش میزان انباشت کروم (VI) در بخش خوراکی گیاه آفتابگردان (مغز دانه) ۱۴/۰۴ درصد نسبت به بخش خوراکی گندم (بذر) بیشتر می‌باشد.

مواد آلی مورد استفاده در این آزمایش شامل کود دامی (به میزان ۵۰ تن در هکتار) و ورمی‌کمپوست (به میزان ۱۰ تن در هکتار) اثر چشمگیری در کاهش تأثیر منفی کروم (VI) بر عهده داشتند. ولی همانطور که در نتایج مشاهده می‌گردد، ورمی‌کمپوست نسبت به کود دامی موفقیت بیشتری در کاهش جذب کروم (VI) توسط گیاهان داشته است، لذا دلیل این کاهش را می‌توان به بالا بودن ظرفیت تبادل کاتیونی در ورمی‌کمپوست نسبت داد.

در صورتی که استفاده از منابع آلوده به کروم با مصرف مواد آلی (کود دامی و ورمی‌کمپوست) توأم باشد، مواد آلی از طریق تثبیت فلزات سنگین در خاک از انتقال آنها به اندام‌های گیاهی خودداری می‌کنند و بطور معنی‌داری میزان کروم (VI) اندام هوایی و ریشه توسط مواد آلی کاهش می‌یابد. مقدار زیاد ماده آلی تعادل اکسایش – کاهش را به سمت کاهش کروم (VI) و نه اکسایش کروم (III) پیش می‌برد و سبب کاهش اثر سمی کروم (VI) می‌گردد. مواد آلی مورد استفاده در این آزمایش از طریق کاهش pH خاک، سبب تبدیل کروم (VI) خاک به فرم نامحلول (کروم با ظرفیت سه) می‌گردد و در این حالت کروم متصل به مواد آلی به راحتی قابل اکسایش نیست. همچنین مواد آلی بر افزایش میزان تهویه و بهبود فضای رشد ریشه (افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها)، خصوصاً جذب انتخابی ریشه مؤثر بوده و باعث کاهش جذب عناصر می‌شوند. به نظر می‌رسد استفاده از مواد آلی در کشاورزی مناطق آلوده به عناصر سنگین می‌تواند راه حل مناسبی جهت کاهش اثرات مخرب زیست محیطی عناصر سنگین از جمله عنصر سنگین کروم باشد.

۵-۲- پیشنهادات

- ✓ طبق نتایج بدست آمده، از مواد آلی مثل کود دامی و ورمی‌کمپوست جهت غیر متحرک سازی عناصر سنگین در خاک آلوده به کروم می‌توان استفاده کرد.
- ✓ تأثیر کود دامی و ورمی‌کمپوست در سطوح مختلف مورد بررسی قرار گیرد.
- ✓ از جاذب‌هایی که سبب تثبیت کروم در خاک و مانع تجمع کروم در اندام‌های گیاهی می‌شود، نیز استفاده گردد.
- ✓ آبیاری با آب آلوده به کروم از همان ابتدای کاشت، صورت گرفته و تأثیر کروم بر جوانه‌زنی مورد بررسی قرار گیرد.
- ✓ این آزمایش با آلودگی خاک قبل از کشت از طریق اسپری کردن کروم بر خاک و آبیاری با آب معمولی صورت گیرد.
- ✓ به دلیل باقی ماندن آلاینده‌ها در خاک، درصورت مصرف مواد آلی در خاک آلوده به کروم، پایش منظم انجام شود.

منابع:

آستارایی، ع. ۱۳۸۵. تأثیر کمپوست زباله شهری و ورمی‌کمپوست بر اجزای عملکرد و عملکرد اسفرزه. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۲(۳): ۱۸۰-۱۸۷.

احتشام‌راد، س. ۱۳۷۷. بررسی مقاومت گیاه کاج تهران در برابر آلودگی ذرات معلق در مجتمع فولاد مبارکه اصفهان. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته علوم محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ۱۰۴ صفحه.

احمدی‌زاده، م. ۱۳۷۶. سم شناسی صنعتی فلزات سنگین. چاپ اول. نشر هزاران. ۱۴۴ص.

احیایی، م. و بهبهانی‌زاده، ع.الف. ۱۳۷۰. شرح روشهای تجزیه شیمیایی خاک.مؤسسه تحقیقات خاک و آب. سازمان تحقیقات. اموزش و ترویج کشاورزی. وزارت کشاورزی.

اردکانی، م.ر. ۱۳۸۱ . بررسی کارآیی کودهای بیولوژیک در زراعت پایدار گندم .رساله دکتری دانشگاه آزاد اسلامی .واحد علوم و تحقیقات تهران .

اسدی قارنه، ح. ۱۳۸۷. مبانی پرورش اسفناج. چاپ اول. انتشارات دانشگاه ایلام. ص ۲۲۳.

اسدی، الف.، دهقانی، م.ه.، راستکاری، ن.، ناصری، س. و محوی، ا.ح. ۱۳۹۱. مقایسه پتانسیل نانوذرات اکسید روی و پراکسید هیدروژن جهت حذف کروم۶ ظرفیتی از آب های آلوده. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی بیرجند.۱۳۹۱. ۱۹ (۳). ۲۷۷-۲۸۵.

اسکندری، م.، آستارایی، ع. ۱۳۸۶.تأثیر موادآلی مختلف بر خصوصیات رشدی وزن کل زیست توده و دانه گیاه نخود. پژوهشهای زراعی ایران.۵(۱):۳۲-۳۸.

پارسا دوست، ف.، بحرینی‌نژاد، ب.، صفری سنجانی، ع. و کابلی، م. ۱۳۸۶. گیاه پالایی عنصر سرب توسط گیاهان مرتعی و بومی در خاک‌های آلوده منطقه ایران کوه (اصفهان)،پژوهش وسازندگی در منابع طبیعی ،شماره ۷۵،صحفه ۵۴-۶۳.

پرویزی، ی. و نباتی، ع.۱۳۸۳. تأثیر دور آبیاری و کوددامی بر کارآیی مصرف آب و عملکرد کمی و کیفی ذرت دانه‌ای. پژوهش و سازندگی، ۶۳: ۲۹-۲۱.

پور موسوی، س.م. ۱۳۸۸. اثر استفاده از کوددامی در شرایط تنش خشکی، بر عملکرد کمی و کیفی سویا. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. دوره۴۰. شماره ۱.

پیروز، پ.س.، منوچهری کلانتری، خ. و نصیبی، ف. ۱۳۹۰. بررسی فیزیولوژیک گیاه آفتابگردان تحت تنش کروم: تاثیر بر رشد، تجمع و القای تنش اکسیداتیو در ریشه آفتابگردان. گروه زیست شناسی گیاهی. سال چهارم. شماره یازدهم. بهار ۱۳۹۱. صفحه۸۶-۷۳.

پیروز، پ.س. و منوچهری کلانتری، خ. ۱۳۹۰. مطالعه قابلیت گیاه پالایی کروم توسط گیاه آفتابگردان. اولین همایش ملی گیاه پالایی. کرمان. دانشگاه شهید باهنر. دانشکده علوم. گروه زیست شناسی.

تبریزی، ل.، محمدی، س.، دلشاد، م. و متشرع زاده، ب. ۱۳۹۲. تبیین بررسی رشد و عملکرد گیاه دارویی رزماری در همزیستی با قارچ میکوریزا آربوسکولار تحت تنش فلزات سنگین. دومین همایش ملی گیاهان دارویی. تهران. ایران.

تفویضی، م.، ثواقبی، غ. ر. و متشرع زاده، ب. ۱۳۹۰. بررسی پتانسیل گیاه جذبی سرب در اقام مختلف ذرت علوفه ای. اولین همایش ملی گیاه پالایی. ۲۷ بهمن. کرمان. ایران.

جهان، م. ۱۳۸۳. بررسی جنبه های اکولوژیک کشت مخلوط بابونه و همیشه بهار همراه با کوددامی. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه فردوسی مشهد.

جهانبخشی، ش.، رضایی، م.ر. و سیاری زهان، م.ح. ۱۳۹۲. بررسی گیاه‌پالایی خاکهای آلوده به کادمیوم و کروم و تجمع ریستی آنها در گیاه اسفناج. نشریه محیط‌زیست طبیعی. مجله منابع طبیعی ایران. دوره ۶۶. شماره ۳.

حسن‌زاده قورت تپه، ع. و قلاوند، الف. ۱۳۸۴. بررسی سیستم‌های مختلف تغذیه بر عملکرد دانه و کارایی نیتروژن در برخی از ارقام آفتابگردان در آذربایجان غربی. علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ویژه‌نامه زراعت و اصلاح نباتات، ۱۲(۵): ۲۷-۲۰.

خواجه پور، م.ر. ۱۳۸۶. گیاهان صنعتی . مرکز انتشارات جهاد دانشگاهی (واحد صنعتی اصفهان).

درزی، م.ت.، قلاوند، ا. و رجالی، ف. ۱۳۸۷. تأثیر مصرف کودهای بیولوژیک بر روی جذب عناصر N.P.K و عملکرد دانه در گیاه دارویی رازیانه . فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران . جلد ۲۵. شماره ۱. ص۱۹-۱ .

ذاکر، آ.، لاهوتی، م.، ابریشم چی،پ. و اجتهادی،ح. ۱۳۸۴ . بررسی تأثیر انباشتگی Cr^{+3} و Cr^{+6} بر رشد و میزان کلروفیل در گیاه جعفری *(Petroselinum crispum)*. دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم، گروه زیست شناسی. مجله زیست شناسی ایران. جلد ۱۸، شماره.

راشد محصل، م.ح.، حسینی، م.، عبدی، م. و ملافیلابی، ع. ۱۳۷۶. زراعت غلات. ترجمه. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

رحیمی آلاشتی، ر.، بهمنیار، م.ع. و قاجارسپانلو، م. ۱۳۸۹. بررسی اثرات باقی مانده و تجمعی لجن فاضلاب بر غلظت سرب و کروم در اندام های گیاهی چمن گندمی رونده و شبدر برسیم. مجلهٔ علمی پژوهشی مرتع. سال پنجم. شمارهٔ اول. بهار۱۳۹۰. ۸۰-۶۹.

رسولی، ف.، ۱۳۸۱. . تأثیر سه کود آلی غنی شده با نیتروژن بر رشد و ترکیب شیمیایی برنج و اثرات باقیمانده آن بر گندم. پایان نامه کارشناسی ارشد بخش خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

رضوانی مقدم، پ.، محمد آبادی، ع. و مرادی، ر. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر کودهای شیمیایی و آلی بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد در تراکم های مختلف کاشت. بوم شناسی کشاورزی. ۲(۲): ۲۵۶-۲۶۵.

سعیدنژاد، ا.ح.، خزاعی، ح.ر. و رضوانی مقدم، پ. ۱۳۹۱. مطالعه اثر کاربرد مواد آلی، کودهای بیولوژیک و کود شیمیایی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد واجزای عملکرد سورگوم علوفه‌ای*(Sorghum bicolor)*. دانشگاه فردوسی مشهد . نشریه پژوهشهای زراعی ایران . جلد ۱۰ ، شماره ۳، ص ۵۱۰- ۵۰۳.

سماوات، س. و لکزیان، الف. ۱۳۸۶. امکان بهبود کیفی کمپوست زباله شهری و مقایسه آن با شاخص‌های استاندارد (در مورد مطالعه زباله شهری). علوم و صنایع کشاورزی. ۲۱ (۱): ۳۵-۴۱.

شریفیان عطار، ر. ، مظهری، س.ع. و مظلومی بجستانی، ع. شهریور ۱۳۹۲. ارزیابی زیست محیطی کروم در خاکهای کشاورزی با هدف توسعه پایدار. دومین همایش ملی توسعه پایدار کشاورزی و محیط زیست سالم.

شهبازی، ع.، سفیانیان، ع.، میرغفاری، ن. و عین قلایی، م. ۱۳۹۱. بررسی آلودگی فلزات سنگین خاک با استفاده از شاخص های فاکتور آلودگی، زمین انباشتگی و شاخص جامع فاکتور آلودگی. محیط زیست و توسعه، سال ۳، شماره۵، بهار و تابستان ۱۳۹۱ ، از صفحه ۳۱ تا۳۸.

صالح راستین، ن. ۱۳۵۷. بیولوژی خاک. انتشارات دانشگاه تهران. ص ۴۸۲.

عبدلی، م.ع. و روشنی، م.ر. ۱۳۸۶. ورمی‌کمپوست. جلداول. چاپ اول. انتشارات دانشگاه تهران. تهران. ۲۵۲ صفحه.

عرفانی، م.، حسندخت، م.، برزگر، م. و جباری، ع. ۱۳۸۵. تعیین و مقایسه برخی از مواد مغذی هفت رقم اسفناج ایران. فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران. دوره ۳. شماره ۲.

عظیمی، ع.ا. ۱۳۸۶. بررسی حذف کروم از پساب صنایع چرمسازی با استفاده از جوهر میوه بلوط، مجله محیط شناسی ، سال سی وسوم، شماره ۴۱ ، ص ۱۰-۵.

غلامحسینی، ا.ر.، یوسفی‌راد، م.، ارادتمند اصلی، د. و مقیمی، س.م. ۱۳۹۰. بررسی گیاه پالایی عنصر کروم توسط شبدر برسیم در حضور زئولیت ششمین همایش ملی ایده های نو در کشاورزی . ۱۱ و ۱۲ اسفند ماه ۱۳۹۰ دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان دانشکده کشاورزی .

فدائی، الف.، پورخباز، ع.، نبی بیدهندی، غ.، امیری، م.ج.، جمشیدی، الف.، و الهی، ه. ۱۳۹۲. کروم ۶ ظرفیتی از محلول‌های آبی به وسیلهٔ کربن هستهٔ سنجد و عناب و مقایسهٔ آن با کربن فعال گرانولی. محیط شناسی. مقاله ۲، دوره ۳۹، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۲، صفحه ۱۳-۲۲.

فشم، الف. و تاجبخش، م. ۱۳۷۸. تأثیر تراکم کاشت ذرت و سویا و سرزنی ذرت بر عملکرد، اجزای عملکرد، رقابت و اکولوژی تولید در کشت مخلوط. مجله علوم و صنایع کشاورزی. ج ۱۵. ش ۲: ۶۵-۷۲.

فلاح، س.، قلاوند، ا. و خواجه‌پور، م. ۱۳۸۶. تأثیر نحوه اختلاط کود دامی با خاک و تلفیق آن با کود شیمیایی بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت دانه‌ای در خرم‌آباد لرستان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی،۴۰(الف): ۲۴۲-۲۳۳.

فلاحی، ج. ۱۳۸۸. تأثیر کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی بابونه آلمانی. پایان نامه کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

کامکار،ب. و مهدوی میقان، ع.ا. ۱۳۸۷. مبانی کشاورزی پایدار.چاپ اول. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.۳۱۵ صفحه.

کرم‌زاده، ع. ۱۳۸۹. پایان نامه ارشد. تأثیر متقابل کود زیستی ورمی‌کمپوست و خشکی بر نخود. دانشکده کشاورزی. دانشگاه صنعتی شاهرود.

کریمی، م.، ثواقبی، غ. ر. و متشرع زاده، ب. ۱۳۹۱. بررسی تغییرات غلظت فلزات سنگین (سرب، روی، منگنز و آهن) در خاک و شاخساره شاهی تحت تیمارهای آلی و معدنی. فصلنامه علوم محیطی. ۹(۴): ۲۸-۱۳.

کریمیان، ن.ع.۱۳۷۳. پیامدهای استفاده از کوداهای روی بر عملکرد ذرت. مجله علمی پژوهشی آب و خاک. جلد۸. شماره۴. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. تهران. ایران.

کوچکی، ع.، ا. غلامی، ع. مهدوی دامغانی و ل. تبریزی. ۱۳۸۴. اصول کشاورزی زیستی (ارگانیک). (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

کوچکی، ع.ر.، حسینی، م. و هاشمی دزفولی، ا.۱۳۸۷. کشاورزی پایدار. چاپ ششم.جهاد دانشگاهی مشهد.۱۶۲ صفحه.

متشرع زاده، ب. و پوربابایی، ا.ع. ۱۳۸۹. شناسایی و تعیین خصوصیات باکتری های محرک رشد گیاه برای اهداف گیاه پالایی سرب و کادمیوم. شانزدهمین کنفرانس سراسری و چهارمین کنفرانس بین المللی زیست شناسی ایران. ۲۳-۲۵ شهریور. دانشگاه فردوسی مشهد. ایران.

مجللی، ح.۱۳۷۳. خاکهای شور و سدیمی(اصول- دینامیک- مدل‌سازی)(ترجمه). مرکز نشر دانشگاهی. تهران. ایران.

مجیدیان، م.، قلاوند، الف.، کامکارحقیقی، ع.ا. و کریمیان، ن. ۱۳۸۷. استفاده ازکوددامی و تأثیر آن در کاهش تنش خشکی، کمیت و کیفیت گیاه ذرت. سومین کنگره ملّی بازیافت و استفاده از منابع آلی تجدیدشونده در کشاورزی. اصفهان. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان. دانشکده کشاورزی. ۲۴الی۲۶ اردیبهشت ماه.

محمدی، س.، تبریزی، ل.، دلشاد، م. و متشرع زاده، ب. ۱۳۹۲. تبیین بررسی رشد و عملکرد گیاه دارویی همیشه بهار در همزیستی با قارچ میکوریزا آربوسکولار تحت تنش فلزات سنگین. دو فصلنامه کشاورزی بوم شناختی. ۵(۱): ۱۲۵-۱۳۷.

محمدیان روشن، ن.، مرادی، م.، آذرپور، الف. و بزرگی، ح.م. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر مقادیر مختلف کودهای آلی و شیمیایی و تلفیقی بر عملکرد و اجزای عملکرد باقلا. چکیده مقالات اولین همایش ملی کشاورزی پایدار و تولید محصول سالم. ۲۰-۱۹ آبان ، اصفهان.

مظاهری، د. و مجنون حسینی، ن. ۱۳۸۰. مبانی زراعت عمومی. انتشارات دانشگاه تهران.

مظهری، س .ع.، مظلومی بجستانی، ع. و شریفیان عطار، ر. ۱۳۹۱. زمین شیمی زیست محیطی عناصر کمیاب در خاک، انتشارات سخن گستر،مشهد، چاپ اول.

مظهری، س .ع.، مظلومی بجستانی، ع. و شریفیان عطار، ر. ۱۳۹۲. نقش عناصر کمیاب در زمین شیمی زیست محیطی، انتشارات سخن گستر،مشهد، چاپ اول.

موسوی، س.م.، بهمنیار، م.ع. و پیردشتی، ه.ا. ۱۳۹۰. وضعیت نیکل و کروم در خاک و گیاه برنج تحت تیمار با ورمی کمپوست . مجله مدیریت خاک و تولید پایدار. جلد اول. شماره اول.

میرهاشمی، م.، کوچکی، ع.، پارسا، م. و نصیری محلاتی، م. ۱۳۸۸. بررسی شاخص‌های فیزیولوژیک رشد زنیان و شنبلیله در کشت‌های خالص و مخلوط مبتنی بر اصول کشاورزی زیستی (ارگانیک). پژوهش‌های زراعی ایران، ۷(۲): ۶۸۵-۶۹۳.

نعمت شاهی، ن.، لاهوتی، م.، گنجعلی، ع. و احسانی، ت. ۱۳۹۰. بررسی میزان انباشتگی و توزیع کروم۳ در گیاه پیاز خوراکی *(Allium cepa cv. Hybrid)*. اولین همایش ملی گیاه‌پالایی.۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۰.

نعمتی ثانی، ا. ۱۳۹۰. تأثیر متقابل اسید هیومیک و ورمی‌کمپوست بر عملکرد ذرت. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی شاهرود. دانشکده کشاورزی . گروه زراعت و اصلاح نباتات.

نورقلی‌پور، ف.، خاوازی، ک. و ملکوتی، م.ج. ۱۳۸۲ . تأثیر کاربرد خاکی فسفات به همراه گوگرد، باکتری تیوباسیلوس ومادهٔی آلی بر عملکرد کمی و کیفی سویا .مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران .رشت . صفحه ۴۱-۲۸

هوشیارفرد، م. و قرنجیکی، ع. ۱۳۸۸. اثر نوع و مقدار کود دامی بر میزان وقوع و شدت بیماری‌های مهم، عملکرد و اجزای عملکرد پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) علوم زراعی ایران، ۱۱(۳): ۲۴۷-۲۳۸.

Abbasi, P.A., Al-Dahmani, J., sahin, F., Hoitink, H.A.J., and Miller, S.A. 2002. Effect of compost amendments on diseases severity and yield of tomato in conventional and organic production systems. Plant Disease 86:156-161.

Afyuni, M., Karami, M., and Schulin, R. 2007. Effects of sewage sludge application on heavy metals status in soil and wheat, In: Biogeochemistry of trace elements: Environmental, Protection, Remediation and Human Health, China, 576p.

Agarval, S.K. 2002. pollution managiment : water pollution . A.P.H. publ New Delhi.384 pp.

Akinci, I.E., and Akinci, S. 2010. Effect of chromium toxicity on germination and early seedling growth in melon (*Cucumis melo* L.). African Journal of Biotechnology 9(29): 4589-4594.

Aksu, Z., and Ekiz, H. 1996. Investigation of biosorption of chromium (VI) on crispata in tow staged bath reactor. Environ. Technol. 17: 215-220.

Alizadeh, G.G., Asadi-Kangharshahi, S., and Tavakoli, A. 2005. Study of effects of different amounts oforganic fertilizer on yield and quality of soybean. In: Proceeding of the 9th Iran Soil Science Congress.PP. 7-9.

Alloway, B.J. 1995. Soil processes and the behavior of metals, New York: Wiley.

Andaleeb, F., Anjum Zia, M., Ashraf, M., and Mahmood Khalid,Z. 2008. Effect of chromium on growth attributes in sunflower (*Helianthus annuus* L.) 20: 1475–1480.

Anderson, R.A. 1995. Chromium, glucose tolerance, diabetes and lipid metabolism *J.adv.Med.* 8:37-49.

APHA, AWWA, WEF. 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater, 21th Edition, United Book Press, Inc., Baltimore, MdD.

Appenroth, K.J., Stockel, J., Srivastava, A., and Strasser, R.J. 2001. Multiple effects of chromate on the photosynthetic apparatus of *Spirodela polyrhiza* as probed by OJIP chlorophyll a flurescence measurements. *Environmental Pollution* 115:49-64.

Aramcon, N.W., Edward, C.A., Atiyeh, R., and Metzger, J.D. 2004. Effect of vermicomposts produsedfrom food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. Journal of Bioresource Technology. 93:139-144.

Arguello, J.A., Ledesma , A., Nuhez, S.B. , Rdriyuez, C.H., and Metzger, J.D. 2004. Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. Journal of Bioresource Technology. 93:139-144.

Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants." Agronomy Journal, 23:112-121.

Atiyeh, R.M., and Lee, S. 2002. The influence of humic acids derived from arthworm-processed organic waste on plant growth. Bioresource Technology 84: 7-14.

Atiyeh, R.M., Arancon, N.C., Edwards, A., and Metzger, J.D. 2002. The influence of earthwormprocessed pig manure on the growth and productivity of marigolds. Bioresource Technology 81: 103-108.

Aveyard, J. 1988. Land degradation: Changing attitudes – Why? Journal of Soil Conservation, New South Wales.44:46-51.

Azarmi, R., Mousa, T.G. and Rahim, D., and Taleshi, M. 2008 . Influence of vermicompost on soil chemical and physical properties in tomato (Lycopersicum esculentum) field. African Journal of Biotechnology . 19: 2397-2401.

Azeez, J.O., Van Averbeke, W., and Okorogbona, A.O.M. 2010. Differential responses in yield of pumpkin (Cucurbita maxima L.) and nightshade (Solanum retroflexum Dun.) to the application of three animal manures. Bioresource Technol, 101: 2499–2505.

Baker, A.J.M., and Brooks, R.R. 1989. Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metalic elements. A review of their distribution, ecology and phytochemistry.Biorecovery. 1: 81-126.

Baker, A.J.M., McGrath, S.P., Sidoli, C.D.M., and Reeves, R.D. 1994. The possibility of in situ heavy metal decontamination of polluted soils using crops of metal accumulating plants. Resour. Conserv. Recyc. 11: 41-49.

Banks, M.K., Schwab, A.P., and Henderson, C. 2006. Leaching and reduction of chromium in soil as affected by soil organic content and plants 62 : 255–264.

Barałkiewicz, D., and Siepak, J. 1999. Chromium, Nickel and Cobalt in Environmental Samples and Existing Legal Norms. Polish Journal of Environmental Studies, 8(4):201-208.

Barcelo, J., Poschenrieder, C., and Gunse, B. 1986. Water relations of chromium VI treated bush bean plants (Phaseolus vulgaris L. cv. Contender) under both normal and water stress condition. Journal of Experimental botany. 37: 178-187.

Barceloux, D.G. 1999. Chromium. J. Toxical.Clin. Toxical. 37 (2): 173-194.

Barker, A.V., and Bryson, G.M. 2006. Comparisons of compost with low or high nutrient status for growth of plants in containers. Communic. Soil. Sci. plant Anal. 37:1303-1319.

Barnhart, N. 1997. Chromium and its soils in the proximity of the old tannery waste lagoon. International Agrophysics (15):121- 124.

Bartlett, R.J., and Kimble, J.M. 1976. Behavior of chromium in soils. II. Hexavalent forms. J Environmental Qualit y 5(4): 383-386.

Barton, L.L., Johnson, A.G., and Wagener, B.M. 2000. Inhibition of ferric chelatereductase in alfalfa roots by cobalt, nickel,chromium and copper. Journal of PlantNutrition 23: 1833-1845

Bennett, J.P., Chiriboga, E., Coleman, J., and Waller, D.M. 1999. Heavy metals in wild rice from northern Wisconsin, The Science of the Total Environment, 246: 261-269.

Bhatti, A.A., Memon, S.H., Memon, N., Bhatti, A.A. and Solangi, I.B. 2013. Evaluation of chromium (VI) sorption efficiency of modified Amberlite XAD-4 resin. National Center of Excellence in Analytical Chemistry, University of Sindh, Jamshoro 76080, Pakistan. Biotcchnology (eds) Springer pvblishing. P : 142-159.

Bishnoi, N.R., Chugh, L.K., and Sawhney, S.K. 1993. Effect of chromium onphotosynthesis, respiration and nitrogenfixation in Pea (Pisum sativum L.)Seedlings Journal of Plant Physiology 142:25-30.

Bolan, N.S., and Thiagarajan, S. 2001. Retention and plant availability of chromium in soils as affected by lime and organic matter amendments. *Australian Journal of Soil Research* 39(5):1091-1103.

Bonet, A., Poschenrieder, C., and Barcelo, J. 1991. Chromium III ion interaction in Fedeficient and Fe-sufficient bean plants. I.Growth and Nutrient content. Journal of Plant Nutrition 14: 403-414.

Bridgens, S. 1981. The importance of the earthworms. SPAN. 22:20.

Brown, R.E. 1975. Signification of trace efals and nitrates in sludge soil, J. WPCE, 47(12): 2863- 2875.

Caridad Cancelar, R., Paz-Gonzalez, A., Abreu, C.A. 2002. heavy metal reference values for natural soils from galicia, spain

Cavallaro, N., and Mebride, M.B. 1978. Copper and cadmium adsorption characteristics of selected acid and calcareous soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 550-555.

Cervantes, C., Campos-Garcia, J., Devars, S., and Gutie¨rrez-Corona, F. 2001. Interactions of chromium with microorganisms and plants. FEMS Microbiology Reviews 25 (2001) 335-347.

Chakravati, A.K., Chowdhury, S.B. 1995. Liquid membrance multiple emulsion of chromium (VI) separation from wastewaters. Physico chem.Eng.Aspects. 103: 59-71

Chang, A.C., Page, A.L., and Warneke, J.E. 1987. Long-term sludge application on cadmium and zinc accumulation in Swiss chard and radish. J. Environ.Qualit. 16: 217-221.

Chapman, H.D , and Pratt, P.F. 1982. Methods of plant analysis. In: I. Methods of Analysis for Soils, Plants and Water." Chapman Publishers, Riverside, CA.

Chatterjee, J., and Chatterjee, C. 2000. Phtotoxicity of cobalt, chromium and copper in cauliflower. Environmental Pollution 109: 69-74.

Chen, B., Shan, X.Q., and Qian, J. 1996. Bioavailability index for quantitative evaluation of plant availability of extractable soil trace elements, Plant Soil, 186: 275-283

Chery, pellerin, Svsan,M. Boker.2000. Reflection on Hexavalent Chromium : Health Hazard of Industrial. Environment Health Perspective 108: 568-577.

Chin, P.K.F. 1994. Fate and transport of chromium through soil in migration and fate of pollutants in soils and subsoils. Ist Rec Sulle Acque 96: 61– 626.

Choppala, G., Bolan, N., Kunhikrishnan, A., Skinner, W., and Seshadri, B. 2013. Concomitant reduction and immobilization of chromium in relation to its bioavailability in soils."Environ Sci Pollut Res, DOI 10.1007/s11356-013-1653-6.

Claire, L.C., Adriano, D.C., Sajwan, K.S., Abel, S.L., Thoma, D.P., and Driver, J.T. 1991. Effects of selected trace metals on germinating seeds of six plant species. J. Water, Air, and Soil Pollut. 59: 231-240.

Clesceri, L.S., Greenberg, A.E., and Trusell, R.R. 1989. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 17th ed., American Public Health Association, Washington, DC.

Cohen, M.D., Kargacin, B., Klein, C.B. and Costa, M. 1993. Mechanism of chromiumcarcinogenicity and toxicity. CriticalReviews in Toxicology 23: 255-281.

Connell, S.L., and. Al-Hamdani, S.H. 2001. Selected physiological responses of kudzu to defferent chromium concentrations. Canadian Journal of Plant Science 81:33-58.conventional cropping systems." 2nd conference of the international society of organic agriculture research (ISOFAR). Modona. Italia.

County, N. 2006. Influence of cadmium on growth of root vegetable and accumulation of cadmum in the edible root. International Journal of Applied Science and Engineering. 3: 243-252.

Courtney, R.G., and Mullen, G.J. 2007. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. J. Bioresour. Technol. 99: 2913-2918.

Dabiri, M. 1996. Environmental pollution (air, water, soil, sound), Universityof Tehran Press. 399. (in Persian).

Dahbi, S., and Azzi, M. 1999. Removal of hexavalent chromium from wastewaters by bone charcol, fresenius. J. Anal. Chem. 363: 404-407.

Dakiky, M., Khamis, M. 2002. Selective adsorption of chromium (VI) in industrial wastewater using low cost abundantly available adsorbents. Advanced in Environmental Research. 6: 533-540.

Davarynezhad, G.h., Haghnia, G.h., Shahbazi, H., and Mohammadian, R. 2002. The effect of compost and animal manure in production of Sugarbeet. Agricultural Science and Industry Journal 16 (2): 84- 85.

Davies, T.F., Puryear, D.J., Newton, J.R., Egilla1, N.J., and Saraiva Grossi,A.J. 2000. Mycorrhizal fungi enhance accumulation and tolerance of chromium in sunflower (Helianthus annuus)158: 777–786.

Dube, B.K., Tawari, K., Chatterjee, J., and Chatterjee, C. 2003. Excess chromium alters uptake and translocation of certain nutrients in citrullus. *Chemosphere* 53:1147-1153.

E.P.A. 2000. Phytoremediation. EPA/600/R-99/107. Office of Research and Development, Washington, DC. February 2000.

Edwards, C.A., and Burrows, I. 1988. The potential of earthworm composts as plant growth media, P 21-32. In: Edwards, C.A., E. Neuhauser (eds.), Earthworms in Waste and Environmental Management SPB. Academic Press, The Hague, The Netherlands.

EPA (US Environmental Protection Agency). 1992

EPA (US Environmental Protection Agency). 2001. National scale air toxics assessments, draft report for scientific peer review. Office of air quality planning and standards, EPA. available at air toxics website.

Epstein, E., Keane, D.B., Meisinger, J.J., and Legg, J.O. 1978. Mineralization of nitrogen from sewage sludge and sludge compost. J. Environ. Qual. 7, 217-221.

Esmaeili, A., Mahmoodabadi, M.R., Karimian, N., and Fotovat. A.. 2008. Effect of manure and compost on growth and chemical composition com plant in two calcareous soils. 12th congress of Soil Science, Pakistan, October 20-23, 2008, Peshawar.

Eric, F. 1988. Spin-density-wave antiferromagnetism in chromium .Reviews of Modern Physics.209:60.

Follet, R., Donahue, R. and Murphy, L. 1981. Soil and soil amendments. Prentic – hall Inc. 23: 227-282.

Gardea-Torresdey, J.L., Peralta-Videa, J.R., Montes, M., De La Rosa, G., and Corral-Diaz, B. 2004. Bioaccumulation of cadmium, chromium and copper by Convolvulus arvensis L.: impact on plant growth and uptake of nutritional elements," Bioresource Technology, 92: 229-235.

Gee, G.W., and Bauder J.W. 1986. Particle size analysis." P 383-409, In: Klute, A (eds.), Methods of soil analysis. American society of Agronomy, Madison, WI.

Ghani, A. 2011. Effect of chromium toxicity on growth, chlorophyll and some mineral nutrients of brassica juncea L. EgyptianAcademic Journal of Biological Sciences 2(1): 9-15.

Ghorbani, R., Wilcockson, S., and Leifert, C. 2006. Alternative treatments for late blight control in organic potato: Antagonistic micro-organism and compost extract for activity against Phytophtora infestans. Potato Research 48:171-179.

Gliessman, R.S. 2006. Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems, Second Edition. CRCPress: Boca Raton, FL. USA.

Grandjean, F.Ni C., Long, G.J., and Power, P.P. 2009. Synthesis, characterization, and magnetism of divalent aryl transition-metal complexes of the simplest dialkylamide." NMe2: rare T-shaped coordination at chromium, Inorg. Chem., 48, 11594-11600.

Gutieirrez- Miceli, F.A., Moguel-Zamudio, B., Abud-Archila, M., and Gutieirrez-Oliva, V.F. 2008. Sheep manure vermicompost supplemented with a native diazotrophic bacteria and mycorrhizas for maize cultivation. Journal of Bioresource Technology. 99:7020-7026.

Hall, J.L. 2002. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance. J. of EXP. Bot., 53, pp 1-11.

Hameeda, B., Rupela, O.P., Reddy, G., and Satyavani, K. 2006. Application of plant growth-promoting rhizobacteria associated with composts and macrofauna for growth promotion of Pearl Millet (*Pennisetum glaucum* L.). Biology and Fertility of Soils 43(2): 221-227.

Hamilton, N.D. 1990. The role of law in promoting sustainable agriculture. Journal of Sustanable. Agriculture vol (2) pp: 111–129.

Han, Y. L., Haung, S Z., Gu, J G., Qiu, S., and Chan, J M. 2008. Tolerance and accumulation of lead by species of Iran L. Journal of Ecotoxicology. 17(8): 853-859.

Hassan, Z. and Aarts, M.G. 2011. Opportunities and feasibilities for biotechnological improvement of Zn, Cd or Ni tolerance and accumulation in plants. Environmental and Experimental Botany. 72(1): 53-63.

Heckman, S.R., and Angle, J.S. 1987. Residual effect of sewage sludge on Soybean. Journal of Environment Quality 16: 113-117.

Hegde, R.S., and Fletcher, J.S. 1996. Influence of plant growth stage and season on the release of root phenolics by mulberry as related to development of phytoremediation technology. Chemosphere. 32: 2471-2479.

Horcsik, Z.T., and Balogh, A. 2002. Intracellular distribution of chromium and toxicity on growth in *Chlorella pyrenoidosa*. *Acta Biologica Szegediensis* 46(3-4):57-58.

Hu, J., Chen, G., and Irene, M. 2005. Removaland recovery of Cr (VI) from wastewater bymaghemite nanoparticles. Waters Research39: 4528-4536.

Ikli, B.I., Demir, T.A., Akar, S.T., Berber, A., Urer, S.M., DemirIkli, T.A., Urer, B.I M., Berber, A., Akar, T., and Kalyoncu, C. 2003 Effects of chromium exposure from a cement factory. Concrete Journal.

Jordao, C.P., Nascentes, C.C., Cecon, P.R., Fontes, R.L.F., and Pereira, J.L. 2005. Heavy metal availability in soil amended with composted urban solid wastes. Environ. Monitoring and Assess. 112: 1-3. 309-326.

James, B.R., and Bartlet, R.J. 1996. Hndbook of soil analysis. Soil science society of america. 25:685-701.

kabata-pendias, A. 2001. Trace elements in soils and plants. Third Edition, 413p.

Kabata-Pendias, A., and Pendias, H. 2001. Trace Elements in Soils and Plants; CRC Press; Boca Raton,.

Kale, R.D., Mallesh, B.C., bano, K., and Bagyaraj, D.J. 1992. Influence of vermicompost application on the available macronutrients and selected microbial populations in a paddy Field.soil Biol.Bio-Chem.24(12):1317-1320.

Kapkiyai, J.J., Karanja, N.K., Qureshi, J.N., Smithson, P.C., and Woomer, P.L., 1999. Soil organic matter and nutrient dynamics in a Kenyan nitisol under long-term fertilizer and organic input management.Soil Biol .Biochem,31: 1773–1782.

Kaur, T., Brar, B.S., and Dhillon, N.S., 2008. Soil organic matter dynamics as affected by long term use of organic and inorganic fertilizers under maize – wheat cropping system. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 81: 59-69.

Khan, A.G., 2006. Mycorrhizoremediation-an enhanced from of phytoemedation. Journal of Zhejiang University Science B. 7(7): 503-514.

Khan, A.G., Kuek, C., Chaudhry, T.M., Khoo, C.S., and Hay, W.J. 2000. Role of plants, mycorrhizae and phytochelators in heavy contaminated land remediation. Chemosphere. 21:197-207.

Khayyat, M., Tafazoli, E., Rajaee, S., Vazifeshenas, M., Mahmoodabadi, M.R.,and Sajjadinia, A. 2009. Effects of NaCl and supplementary potassium on gas exchange, ionic content, and growth of salt-stressed strawberry plants. J. Plant Nutr. 32, 1–12.

Khoshgoftarmanesh, A.H., and Kalbasi, M. 2002. Effect of municipal waste leachate on soil properties and growth and yield of rice. Commun. Soil Sci. Plant Analls. 33: 13-14. 2011-2020.

Kimbrough, D.E., Cohen, Y., Winer, A.M., Creelman, L., and Mabuni, C. 1999. A critical assessment of chromium in theenvironment. Environ. Sci. Technol. 29, 1–46.

Kochaki, A., Jahan, M., and Nassiri Mahallti, M. 2008. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and free-living nitrogen-fixing bacteria on growth characteristic of corn (Zea mays L.) Under organic and

Kolata, E., Beresniiewicz, A., Krezel, J., Nowosielshi, L., and slow, O. 1992. Sloww release fertilizers on organic carriers as the source of N for vegetable crops production in the open field. Acta-Horticaulhtre,339:241-249.

Korboulowsky, N., Dupouyet, S., and Bonin, G. 2002. Environmental risks of applying sewage sludge compost to vineyards. J. Environ. Quality, 31: 1522-1527.

Kowaljow, E., and Mazzarino, M.J. 2007. Soil restoration in semiarid Patagonia: Chemical and biological response to different compost quality. Soil Biology & Biochemistry. 39, 1580-1588.

Kumar, S., Rawat, C.R., Dhar, S., and Rai, S.K. 2005. Dry matter accumulation, nutrient uptake and changes in soil fertility status as influenced by different organic sources of nutrients to forage Sorghum (*Sorghum bicolor*). Indian Journal of Agricultural Sciences 75 (6): 340-342.

Küpper, H., Küpper, F., and Spiller, M. 1998. In situ detection of heavy metal substituted chlorophylls in water plants. Photosynthsis Res. 58: 123-133.

Laegreid, M., Bockman, O.C., and Kaarstad, E.O. 1999. Agriculture, Fertilizer and Environment." CABI publishing, pp 294.

Lasat, M.M., Baker, A.J.M. and Kochian, L.V. 1998. Alterd Zn compartmentation in the root symplasm and stimulated Zn absorption into the leaf as mechanisms involved in Zn hyperaccumulation in *Thlaspi caerulescens*. Plant physiol., 118:875-883.

Lee, D.Y., Shih,Y-Zheng, H.C., Chen, C.P., Juang, W.K., and Lee, J.F. 2006. Using the Selective Ion Exchange Resin Extraction and XANES Methods to Evaluate the Effect of Compost Amendments on Soil ChromiumVI Phytotoxicity." Plant and Soil, 281(1-2), 87-96.

Lee, C.S., Li, X., and Shi, W. 2006. Metal contamination in urban, suburban, and country park soils of Hong Kong: A study based on GIS and multivariate statistics, Science of the Total Environment, 356(1–3):45–61.

Lv, X., Hu, Y., Tang, J., Sheng,T., Jiang,G. and Xu, X. 2013. Effects of co-existing ions and natural organic matter on removal of chromium (VI) from aqueous solution by nanoscale zero valent iron (nZVI)-Fe3O4 nanocomposites. Chemical Engineering Journal 218 (2013) 55–64.

Lymch, J.M. 1990. Beneficial interactions between micro –organisms and roots. Biotechnology Advances. 8 (2): 335 - 346.

Macfarlane, G.R. and Burchett, M.D. 2001. Photosynthetic pigments and peroxidase activity as indicators of heavy metal stress inthe grey mangrove, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. *Marine Pollution Bulletin* 42(3):233-240.

Madrid, F., Lopez, R., and Cabrera, F. 2007. Metal accumulation in soil after application of municipal solid waste compost under intensive farming conditions. J. Agric. Ecosys. Environ. 119: 3-4. 249-256.

Maerere, A.P., Kimbi, G.G. and Nonga, D.L.M. 2001. Comparative effectiveness of animal manures on soil chemical properties, yield and root growth of amaranthus (Amaranthus cruentus L) . Afr .J .Sci . Technol1(4): 14–21.

Mahmoodabadi, M.R., and Ronaghi, A. 2008. Effect of sheep manure on growth and chemical composition of soybean plant and post harvest soil properties. 12th Congress of Soil Science, 20-23 Oct., 2008. Pishavar, Pakistan.

Malik, D., Sheoran, I.S., and Singh, R. 1992. Carbon metabolism in leaves of cadmium treated wheat seedlings. Plant Physiol. Biochem. 30: 223-229.

Mao, J., Olk, D.C., Fang, X., He, Z., and Schmidt-Rohr, K. 2008. Influence of animal manure application on the chemical structures of soil organic matter as investigated by advanced solid-state NMR and FT-IR spectroscopy. Geoderma, 146: 353–362.

McBride, M.B. 2003. Toxic metals in sewage sludge-amended soils: has promotion of beneficial use discounted the risk? Adv. Environ. Res. 8: 5-19.

McEldowney, S., Hardman, D.J., and Waite, S. 1993. Treatment Technologies. In Pollution Ecology and Biotreatment Technologies (Edited by S. McEldowney J. Hardman, and S. Waite). Longman Singapore Publishers,Singapore.

McGrath, S.P., 1985. The uptake and translocation of tri- and hexa-valent chromium and effects of the growth of oat in flowing nutrient solution and in soil. New Physiologist 92: 381-390.

Mclean, J.E., and Beldsoe, B.E. 1992. Behaviour of metals in soils. EPA Ground Watter Issue . EPA 540-S-92-018:25PP.

Mei, B., Puryear, J.D., and Newton, R.J. 2002. Assessment of Cr tolerance and accumulation in selected plant species. *Plant and Soil* 247:223-231.

Mhlontlo, S., Muchaonyerwa, P., and Mnkeni, P.N.S. 2007. Effects of sheep kraal manure on growth, dry matter yield and leaf nutrient composition of a local Amaranthus accession in the central region of the Eastern Cape Province, South Africa.Water SA, 33(3): 363–368.

Miller, R.O., 1998. Nitric- perchloric acid wet digestion in an open vessel. In: Kalra Y.P. ed., Hand book of Reserence Methods for plant Analysis. CRC press, Taylor & Francis, London. Pp 57-61.

Mireles, A. 2004. Heavy metal accumulation in plants and soil irrigated with waste water from Mexico city. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B., 219-220: 187-190.

Mobarak, A., Omarsaleh, N., Hassabo, A.A., and Mahla, A.G. 2007. Effect of application of organic amendments on quality of forage sorghum (*Sorghum biocolor L.*) in the semi – arid tropics. Archives of Agronomy and Soil Science. 53 (5): 529-538.

Morena, M.T., Echeveria, J., and Garrido, J. 2002. Bioavailability of heavy metals in soils amended with sewage sludge. Can. J. Soil Sci. 82: 4. 433-438.

Mortvedt, J.J. 1996. Heavy metal contaminants in inorganic and organic fertilizer. J. Fertiliz. Research, 43: 55-61.

Mosaddghi, M.R., Hajabbasi, M.A., Hemmat, A. and Afyni, M. 2000. Soil compactibility as affect by soil moisture content and farmyard manure in central Iran. Soil Till Res, 55: 87-97.

Nago,P.T., Rumpel,C., Doan, T.T., Jouquet, P. 2012. The effect of earthworms on carbon storage and soil organic matter composition in tropical soil amended whit compost and vermicompost. Soil Biology and Biochemistry. 50: 214- 220.

Nichols, P.B., Couch, J.D., and Al-Hamdani, S .2000. Selected physiological responses of *Salvinia minima* to different chromium concentrations. *Aquatic Botany* 68:313-319.

Olsen, S.R., Cole, C.V., Watenabe, F.S., and Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate." U.S. Department of Agriculture Circular, 939 p.

Orozco, F.H., Cegarra, J., Trujillo, L.M., and Roig, A. 1996. Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm Eisenia ftida: Effect on C and N contents and the availability of nutrients. J. Bio. Fertil. of Soils, 22: 162-166.

Ouédraogo, E., Mando, A., Zombré, N.P. 2001. Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agricultural system in west Africa. Agric. Ecosyst. Environ. 84, 259–266.

Pais, I.J., and Benton Jones, J.R. 1997. The hand book of trace elements. Publishing by: St. Luice Press Boca Raton Florida.

Panda,S. K. and Choudhury, S. 2004. Changes in nitrate reductase (NR) activityand oxidative stress in moss Polytrichumcommune subjected to chromium, copperand zinc toxicity. Brazilian Journal of Plant Physiology 23:53-70.

Panda, S.K. 2003. Heavy metal phytotoxicity induces oxidative stress in Taxithelium sp. Current Science 84: 631-633.

Panda, S.K. and Patra, H.K. 1997. Physiology of chromium toxicity in plants. a review. Plant Physiology Biochemistry 24(1): 10-17.

Panda, S. K. and Patra, H. K. 1998. Alteration of nitrate reductase activity by chromium ions in excised wheat leaves. Indian Journal of Agricultural Biochemistry 2(2) 56-57.

Panda, S.K., and Patra, H.K. 2000. Nitrate and ammonium ions effect on the chromium toxicity in developing wheat seedlings. Proceedings of the National Academy of Sciences India 70: 75-80.

Panda, S.K., Choudhury, S. 2005. Chromium stress in plants. Braz. Journal of Plant Physiology.17:95-192.

Panda, S.K., Mahapatra, S. and Patra, H.K. 2002. Chromium toxicity and water stress simulation effects in intact senescing leaves of greengram (Vigna radiata L. var Wilckzeck K851). Advances in Stress Physiology of Plants 129-136.

Pandey, N., and Sharma, C.P. 2002. Effect of heavy metals Co^{2+}, Ni^{2+} and Cd^{2+} on growth and metabolism of cabbage. Journal of Plant Science. 163(4): 753-758.

Pardhan, S.P., et al., 1998. Potential of phytoremedeation for Treament of PAH in soil at MGP Site,j. of Soil Contamination., 7: 469-480.

Patil, S.L., and Sheelavantar, M.N. 2006. Soil water conservation and yield of winter Sorghum as influenced by tillage, organic materials and nitrogen fertilizer in semi-arid tropical India. Soil and Tillage Research 89: 246-257.

Pavlou, G.C., Ehaliotis, C.D., and Kavvadias, V.A. 2007. Effect of organic and inorganic fertilizers applied during successive crop seasons on growth and nitrate accumulation in lettuce. Scientia Hort, 111: 319–325.

Peng, K., Li, X., Luo, C., and Shen, Z. 2006. Vegetation composition and heavy metal uptake by wild plants at three contaminated sites in Xiangxi area, China, J. Environ. Sci. and Health Part A, 40: 65-76.

Peralta, J.R., Gardea-Torresdey, J.L. , Tiemann, K.J., Gomez, E ,. Arteaga, S., Rascon, E , and Parsons, J.G. 2001. Study of the effects of heavy metals on seed germination and plant growth on alfalfa plants (*Medicago sativa*) grown in solid media. In Proceedings of the 2000 conference on hazardous waste research .

Perez-Lopez, M., Hermoso de Mendoza, M., Lopez Beceiro, A., Soler Rodr guez, F. 2008. Heavy metal (Cd, Pb, Zn) and metalloid (As) content in raptor species from Galicia (NW Spain)" Ecotoxicology and Environmental Safety, 70: 154-162.

Pourang, N , and Dennis, H. 2005. Distribution of trace element in tissues of two shrimp species from the Persian Gulf and roles of metallothionein in their redistribution. Environment International, 31 (3): 325-341.

Pramanik, P., GHosh, G.K., Ghosal, P.K., and Banik, P. 2007. Changes in organic –C,N,P and K and enzyme activities in vermicompost of biodegradable organic wastes under liming and microbial inoculants . Bioresource Tecnology . 98:2485-2494.

Prasad, M.N.V., and Strzaka, K. 2002. Physiology and biochemistry of metal toxicity and tolerance in plants. Plant Sciences 161: 881-889.

Pratt, P.F. 1982. Fertilizer value of manure. Paper presented at the Agricultural Waste Confrence. March, Mexico City, Mexico.

Qian H, Wu, Y., Liu, Y., Xu, X. 2008. Kinetics of hexavalent chromium reduction by iron metal. Frontiers of Environmental Science and Engineering 2: 51–56

Rastin, S.N. 2001. Biofertilizers and their role in order to reach to sustainable agriculture. A compilation ofpapers of necessity for the production of biofertilizers in Iran. 1-54 pp.

Revathi, K., Haribabu, T.E., Sudha, P.N. 2011. Phytoremediation of Chromium contaminated soil using Sorghum plant. INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCES Volume 2, No 2, 2011.

Rhoades, J.D. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids." PP. 417–435. In: A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeney, (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2., Madison, WI: ASA, SSSA.

Ross, S.M. 1996. Retention, transformation and mobility of toxic metals in soils, P 63-152. In: Ross, S.M. (Ed), Toxic Metals In: Soil-Plant Systems. Wiley, UK

Rout, G.R., Samantaray, S., and Das, P. 1997. Differential chromium tolerance among eight mungbean cultivars grown in nutrient culture. *Journal of plant Nutrition* 20(4-5):473-483.

Rundle, H., Calcroff, M., and Hoh, C. 1982. Agricultural disposal of sludges on a historic sludge disposal site. J. Water Pollut. Control, 81: 619-632.

Salunkhe, D.K., Bilon, H.R., and Recdy, N.R. 1991. Strage processing and Nutitional Quality of and Vegetabls . Vol 1 CRC press, Boea Rator., pp 283.

Samantaray, S., Rout, G.R. and Das, P. 1998. Role of chromium on plant growth and metabolism. Acta Physiologiae Plantarum 20: 201-212.

Sanchez-Monedero, M.A., Roig, A., Paredes, C., Bernal, M.P. 2001. Nitrogen transformation during organic waste composting by the rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. Bio. Tech. 78, 301-308.

Sanita, L., Fossati, F., Musetti, R., Mikerezi, I., and Favali, M.A. 2002. Effects of hexavalent chromium on maize and cauliflower plants. *Journal of plant Nutrition* 25(4):701-717.

Sheckel, K., and Ryan, J. 2003. In vitro formation of pyromorphite via reaction of Pb source with soft-drink phosphoric acid. Science of The Total Environment. 302, 253-265

Schutzendubel, A., and Polle, A. 2002. Plant responses to abiotic stress: heavy metal-induced oxidative stress and protection by mycorrhization. J. Exp. Botany. 53: 1351-1365.

Seaman, J.C., and Bertsch, P. M. 1999. In situe Cr (VI) reduction within corse-textured, oxide-coated soil and aquifer systems using Fe (II) solutions. Environ.Sci.Technol. 33: 938-944.

Seiler, H.G., Sigel, H., and Sigel, A. 1988. Handbook on Toxicit y of Inorganic Compounds. Marcel Dekker, New York.

Shanker, K.A., Cervantes, C., Loza-Taversa, H., and Avudainayagam, S. 2005. Chromium toxicity inplants. Environment International 31:739– 753

Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India. 407 pp.

Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India. 407 pp.

Sharma, D.C. and Mehrotra, S.C. 1993. Chromium toxicity effects on wheat (Triticum aestivum L. cv HD 2204). Indian Journal of Environmental Health 35: 330- 332.

Sharma, D.C., and Sharma, C.P. 1996. Chromium uptake and toxicity effects on growth and metabolic activities in wheat, *Triricum aestivum* L. cv. UP (2003), Indian Journal of Experimental Biology 34(7):689- 691.

Sharma, D.C., Chatterjee, C., and Sharma, C.P. 1995. Chromium accumulation and its effects on wheat (*Triticum aestivum* L. cv. HD 2204) metabolism. Plant Science 111:145-151.

Sharma, D.C., Sharma, C.P., and Tripathi, R.D. 2003. Phytotoxic lesions of chromium in maize. Chemosphere 51(1):63-68.

Shen, Z.G., zhao, F,J., and McGrath, S.P. 1997 . Uptake and transport of zinc in the hyperaccumulator thlaspi caerulescens and the nonhyperaccumulator thlaspi ochroleucum . plant cell Environ.20:898-906.

Shi-rong, T., and Lei, X. 2002. Accumulation of chromium by *Commelina communis* L. grown in solution with different concentrations of Cr and L-histidine. *Journal of Zhejiang University Science* 3(2):232-236.

Shi-Wei, Z., and Fu-zhen, H. 1991. The nitrogen uptake efficiency from N labeled chemical fertilizer in the presence of earthworm manure, P 539-542. In: Veersh, G.K., D., Rajgopal, C.A. Viraktamath, (eds.), Advances in Management and Conservation of Soil Fauna. Oxford and IBH publishing Co. New Delhi, Bombay.

Sooksawat, N., Meetam, M., Kruatrachue, M., Pokethityook, P., and Nathalany, k. 2013. phytoremediation potential of charophytes:bioa ccumulation and toxicity studies of cadmium ,lead and zinc. Journal of environmental sciences 25(3):596-604

Stamatiadis, S., Werner, M., Buchanan, M. 1999. Field assessment of soil quality as affected by compost and fertilizer application in a broccoli field (San Benito County, California). App. Soil Ecol. 12, 217–225.

Stanhill, H.T., and. Moss, D.N. 1990. Some effect of shade upon corn hybrids tolerant and intolerant of dense planting. Agron.J. 52:482-484.

Stasinose, S., and Zabetakis, I. 2013. The uptake of nickel and chromium from irrigation water by potatoes, carrots and onions. Ecotoxicology and Environmental Safety 91 122–128. Food Chemistry Laboratory, Department of Chemistry, University of Athens, 15771 Athens, Greece.

Stepniewska, Z., Bucior, K. 2001. Chromium contamination of soils, water, and plants in the vicinity of a tannery water lagoon. Environ. Geochem. Health, Vol. 23(3), pp.241-245.

Stêpniewska, Z., Bucior, K., and Bennicelli, R.P. 2004. The effects of MnO_2 on sorption and oxidation of Cr(III) by soils. Geoderma 122: 291–296.

Subler, S., Edwards, C.A., and Metzger, J. 1998. Comparing vermicompostd and composts. *Biocycle*, 39: 63-66.

Sundaramoorthy, P., Chidambaram, A., Sankar Ganesh, K., Unnikannan, P., and Baskaran, L. 2010. Chromium stress in paddy: (i) Nutrient status of paddy under chromium stress; (ii) Phytoremediation of chromium by aquatic and terrestrial weeds333 : 597–607.

Sylvia, D.M., Harmmond, L.C., Bennett, J.M., Hass, J.H., and Linda, S.B. 1993. Field response of maize to a VAM fungus and water management Agronomy Journal. 85: 193-198.

Thacker , u., and Datta, M. 2004. Reduction of Toxic Chromium and Partial Localization of Chromium Reductase Activity in Bacterial Isolate DM1 . :891-899.21, World Journal of Microbiology and Biotechnology

Thomas, G.W., 1996 . Soil pH and soil acidity. Methods of Soil Analysis." PP. 475-490. In: A. L. Page et al. (Ed.), Part 2. Madison, WI: Agron. ASA, SSSA.

Tirger, A., Golbabaei, F., Shah taheri, S.J.A., Nori, K.A., Hamedi, J., and Ganjali, M.R. 2008. A comparative study of affecting factors on concentration of hexavalent chromium as an occupational carcinogens, Scientific," Journal of Hamadan University of Medical Sciences and Health Services, 2: 52-59.

Toor, R.K., Savage, G.P., and Heeb, A. 2006. Influence of different types of fertilizers on the major antioxidant components of tomatoes. *Journal Food Composition and Analysis*, 19: 20-27.

Tucker , R., Hardy,D.H., and Stokes, C. E. 2003 .Heavy metals in North Carolina soils, ccurrence and significance , N. C. Department of agriculture and Consumer Servies, Agronomic division , Raleigmih.

Udy, M. 1956. Chromium. Reinhold publishing corporation. New York.

Vajpayee, P., Tripathi, R.D., Rai, U.N., Ali, M.B., and Singh, S.N. 2000. Chromium (VI) accumulation reduces chlorophyll biosynthesis, nitrate reductase activity and protein content in *Nymphaea alba* L. *Chemosphere* 41:1075-1082.

Vajpayee, P., Sharma, S.C., Tripathi, R.D., Rai, U.N., and Yunus, M. 1999. Bioaccumulation of chromium and toxicity to photosynthetic pigments, nitrate reductase activity and protein content of *Nelumbo nucifera* Gaertn.*Chemosphere* 39(12):2159-2169.

Varvara, P., Grichko, B., Filby, B., Glick, R. 2000. Increased ability of Transgenic plants expressing the bacterial enzyme ACC deaminase to accumulate Cd, Co, Cu, Ni, Pb, and Zn. Journal of Biotechnology. 81 (1): 45-53.

Vcrma, P., and. Hoch, B. 1998. My corrhiza. Stroctor fvneltion , mclecular Biology and

Vernay, P., Gauthier-Moussard, C , Jean, L., Bordas, F., Faure, O., Ledoigt, G., and Hitmi, A. 2008. Effect of chromium species on phytochemical and physiological parameters in Datura innoxia 72 :763–771.

Vincent, J.B. 2004. .Recent advances in the nutritional biochemistry of trivalent chromium"; Proc. Nutr. Soc. 63, 41–47.

Walkley, A.J., and Black, C.A. 1934. Estimation of organic carbon by chromic acid titration method." Soil Science, 37(22): 29–38.

WASUA (Waite Analytical Services University of Adelaide). 2009. WWW. Adelide. edu.au/was/methods/2009_03-was_overall_methods

Weast, R.C. 1984. CRC Handbook of chemistry and physics, 64th edn. Boca Raton, CRC Press.

Wong, S.C., Li, X.D., Zhang, G., Qi, S.H. and Min, Y.S. 2002. Heavy metals in agricultural soils of the Pearl River Delta, South China, Environmental Pollution, 119:33-44.

Ximenez-Embun, P., Madrid-Albarran, Y., Camara, C., Cuadrado, C., Burbano, C., and Muzquiz, M. 2001. Evaluation of Lupinus species to accumulate heavy metals from waste waters. International J. Phytorem. 3: 369-379.

Xiong, Z.T. 1998. Lead uptake and effects on seed germination and plant growth in a Pb hyperaccumulator *Brassica pekinensis* Rupr, Bull. J. Environ. Contam. Toxicol. 6: 258-291.

Yalcin, M.G., Battaloglu, R., and Ilhan, S. 2007. Heavy metal sources in Sultan Marsh and its neighborhood,Kayseri, Turkey. Environ Geol, 53:399-415.

Zayed, A.M, Terry, N. 2003 .Chromium in the environment: factors affecting biological remediation. Plant Soil 249:139–156.

Zayed, A., Lytle, C.M., Jin-Hong, Q., Terry, N. and Qian, J.H. 1998. Chromium accumulation, translocation and chemical speciation in vegetable crops. Planta 206: 293-299.

Zayed, A.M., Terry, N. 2003. Chromium in the environment: factors affecting biological remedia-tion", Plant Soil. 249, 139–156

Zhang, X.H., Liu, J., Huang, H.T., Chen, J., Zhu, Y.N., and Wnag, D.Q. 2007. Chromium accumulation by the hyperaccumulator plant Leersia hexandra Swartz. Chemosphere 67: 1138-1143.

Zheljazkov, V.D., and Warman, P.R. 2004. Phytoavailability and fractionation of copper, manganese, and zinc in soil following application of two composts to four crops. J. Environ. Poll.131: 187-95.

جدول پیوست ۱- میانگین مربعات وزن خشک اندام هوایی و ریشه اسفناج ، آفتابگردان ، سورگوم و گندم تحت تأثیر کروم و مواد آلی

میانگین مربعات									
		وزن خشک اندام هوایی				وزن خشک ریشه			
منابع تغییر	درجه آزادی	اسفناج	آفتابگردان	سورگوم	گندم	اسفناج	آفتابگردان	سورگوم	گندم
تکرار	۳	۰/۳۵۶	۰/۹۰۲	۱۲/۶۴۳	۲/۶۶۳	۰/۰۰۸	۰/۰۰۵	۱/۶۹۸	۰/۱۳۱
کروم (A)	۲	۲/۵۶۸**	۴۹/۸۵۰**	۲۸۸/۶۰۹**	۲/۱۹۴	۰/۰۰۷	۰/۴۹۵**	۱۱/۱۶۶**	۱/۱۶۸**
مواد آلی (B)	۲	۴/۲۱۰**	۵۶/۴۵۰**	۱۹۷/۱۲۵*	۶/۱۹۶**	۰/۰۱۸*	۰/۵۶۹**	۷/۴۸۹**	۰/۴۱۳*
A×B	۴	۱/۶۴۹**	۹/۹۶۰**	۲۹/۰۰۰	۰/۳۱۱	۰/۰۰۴	۰/۰۳۸**	۵/۴۷۶**	۰/۳۵۱*
خطا	۲۴	۰/۱۸۷	۰/۹۱۷	۴۳/۵۴۶	۰/۸۹۶	۰/۰۰۴	۰/۰۰۸	۰/۹۴۱	۰/۰۸۶
ضریب تغییرات	-	۲۲/۸۹	۸/۴۹	۲۳/۸۸	۱۷/۸۳	۱۶/۲۱	۱۴/۵۷	۱۴/۴۹	۱۶/۸۶

* و ** به ترتیب بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول پیوست ۲- میانگین مربعات طول اندام هوایی(آفتابگردان ، سورگوم ، گندم) و طول ریشه اسفناج، آفتابگردان، سورگوم و گندم تحت تأثیر کروم و مواد آلی

میانگین مربعات									
		طول اندام هوایی				طول ریشه			
منابع تغییر	درجه آزادی	آفتابگردان	سورگوم	گندم	اسفناج	آفتابگردان	سورگوم	گندم
تکرار	۳	۲۰/۷۹۹	۶۹/۷۳۲	۰/۸۹۴	۰/۴۳۲	۸/۹۷۴	۱/۱۶۸	۴/۷۶۲
کروم (A)	۲	۶۷۶/۲۲۹**	۲۹/۴۸۳	۴۳/۷۸۷**	۱۰/۸۷۷**	۶۶/۴۶۰**	۲۶۸/۴۷۵**	۷/۹۳۹*
مواد آلی (B)	۲	۹۱/۳۸۲*	۱۴۴۲/۰۶۶**	۶۵/۸۲۷**	۱۳/۴۶۵**	۳۱/۱۲۱**	۱/۳۶۴	۰/۳۱۷
A×B	۴	۸۴/۰۲۷*	۱۱۳/۰۲۸	۷/۰۴۳*	۱/۰۸۶*	۱/۰۱۰	۲۵/۰۷۶	۳/۸۴۲
خطا	۲۴	۲۵/۳۹۱	۲۳۱/۰۳۳	۲/۴۶۸	۰/۳۵۵	۲/۱۷۹	۳۰/۶۱۴	۲/۴۵۰
ضریب تغییرات	-	۶/۹۹	۱۵/۴۵	۳/۳۶	۸/۳۰	۱۱/۸۱	۱۵/۵۳	۱۲/۹۷

* و ** به ترتیب بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول پیوست ۳- میانگین مربعات کلروفیل a و b اسفناج، آفتابگردان ، سورگوم و گندم تحت تأثیر کروم و مواد آلی

		میانگین مربعات							
		کلروفیل a				کلروفیل b			
منابع تغییر	درجه آزادی	اسفناج	آفتابگردان	سورگوم	گندم	اسفناج	آفتابگردان	سورگوم	گندم
تکرار	۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱
کروم (A)	۲	۰/۰۲۷**	۰/۰۱۰**	۰/۰۰۴	۰/۰۲۱**	۰/۰۰۴**	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
مواد آلی (B)	۲	۰/۰۴۰**	۰/۰۱۷**	۰/۰۰۷	۰/۰۲۲**	۰/۰۰۴**	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۸**	۰/۰۰۱
A×B	۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵**	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
خطا	۲۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات	-	۲۶/۸۴	۱۱/۸۶	۱۹/۶۰	۱۵/۲۶	۲۴/۴۷	۲۷/۸۲	۲۵/۸۴	۲۷/۱۵

* و ** به ترتیب بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول پیوست ۴- میانگین مربعات کارتنوئید وکربن آلی خاک اسفناج ، آفتابگردان ، سورگوم و گندم تحت تأثیر کروم و مواد آلی

		میانگین مربعات							
		کارتنوئید				کربن آلی خاک			
منابع تغییر	درجه آزادی	اسفناج	آفتابگردان	سورگوم	گندم	اسفناج	آفتابگردان	سورگوم	گندم
تکرار	۳	۰/۰۲۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	۰/۰۳۲	۰/۰۳۱	۰/۰۱۳	۰/۰۰۶
کروم (A)	۲	۰/۱۰۷**	۰/۰۰۵	۰/۰۲۴*	۰/۰۰۲	۰/۳۲۶**	۰/۲۰۲**	۰/۱۳۹**	۰/۰۰۲
مواد آلی (B)	۲	۰/۱۷۴**	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۴۲**	۰/۰۲۰	۰/۱۷۳**	۰/۱۳۷**	۰/۳۱۰**	۰/۱۲۲*
A×B	۴	۰/۰۱۲	۰/۰۰۸	۰/۰۱۲	۰/۰۱۵	۰/۰۷۴*	۰/۰۲۲**	۰/۰۵۰**	۰/۱۱۰*
خطا	۲۴	۰/۰۰۶	۰/۰۱۰	۰/۰۰۶	۰/۰۱۲	۰/۰۲۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۳۶
ضریب تغییرات	-	۱۵/۷۲	۱۷/۱۲	۱۲/۳۸	۱۶/۵۴	۱۵/۶۰	۶/۸۹	۶/۴۳	۱۷/۶۳

* و ** به ترتیب بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول پیوست ۵- میانگین مربعات EC و pH خاک اسفناج، آفتابگردان ، سورگوم و گندم تحت تأثیر کروم و مواد آلی

میانگین مربعات									
		EC				pH			
منابع تغییر	درجه آزادی	اسفناج	آفتابگردان	سورگوم	گندم	اسفناج	آفتابگردان	سورگوم	گندم
تکرار	۳	۰/۰۱۰	۰/۰۴۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۷	۰/۳۶۲	۰/۱۰۲	۰/۰۲۲	۰/۰۹۲
کروم (A)	۲	۰/۰۱۰	۰/۰۱۴	۰/۰۱۷	۰/۱۵۲**	۰/۰۷۱	۰/۰۸۰	۰/۲۱۱	۰/۰۱۱
مواد آلی (B)	۲	۰/۱۹۱**	۰/۱۲۷**	۰/۰۳۳*	۰/۰۲۳*	۴/۲۵۸**	۰/۳۴۶	۰/۰۱۷	۰/۰۶۲
A×B	۴	۰/۰۰۳	۰/۰۳۳	۰/۰۱۹	۰/۰۲۳**	۰/۰۵۸	۰/۱۱۳	۰/۳۵۳*	۰/۱۲۳
خطا	۲۴	۰/۰۰۷	۰/۰۱۶	۰/۰۰۸	۰/۰۰۵	۰/۱۸۵	۰/۱۱۴	۰/۰۹۸	۰/۰۶۳
ضریب تغییرات	-	۱۲/۰۰	۱۸/۹۰	۱۶/۴۲	۱۵/۳۶	۶/۹۹	۵/۱۲	۴/۶۶	۳/۹۷

* و ** به ترتیب بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول پیوست۶- میانگین مربعات کروم خاک اسفناج ، آفتابگردان ، سورگوم و گندم ، کروم دانه آفتابگردان و بذر گندم تحت تأثیر کروم و مواد آلی

میانگین مربعات									
		کروم خاک				کروم دانه			
منابع تغییر	درجه آزادی	اسفناج	آفتابگردان	سورگوم	گندم	اسفناج	آفتابگردان	سورگوم	گندم
تکرار	۳	۰/۰۰۸	۰/۰۱۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۹	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱
کروم (A)	۲	۰/۰۴۶**	۰/۰۱۴**	۰/۱۱۳**	۰/۰۰۸*	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۱۲**	۰/۰۰۰۱۲**
مواد آلی (B)	۲	۰/۰۹۹**	۰/۰۳۱**	۰/۰۰۴	۰/۰۲۲**	۰/۰۰۰۰۳*	۰/۰۰۰۰۳*	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۳
A×B	۴	۰/۰۲۸**	۰/۰۱۱**	۰/۰۵۹**	۰/۰۱۸**	۰/۰۰۰۱۰**	۰/۰۰۰۱۰**	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲
خطا	۲۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲
ضریب تغییرات	-	۲۲/۳۹	۱۶/۷۴	۲۱/۵۵	۱۹/۴۶	۲۳/۲۹	۲۳/۲۹	۲۹/۳۴	۲۹/۳۴

* و ** به ترتیب بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول پیوست ۷- میانگین مربعات کروم ساقه و برگ و ریشه اسفناج ، آفتابگردان ، سورگوم و گندم تحت تأثیر کروم و مواد آلی

میانگین مربعات								
		کروم ساقه و برگ				کروم ریشه		
منابع تغییر	درجه آزادی	اسفناج	آفتابگردان	سورگوم	گندم	اسفناج	آفتابگردان	سورگوم	گندم
تکرار	۳	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۱۳	۰/۰۰۰۱۸	۰/۰۰۰۳۹	۰/۰۰۰۱۰	۰/۰۰۰۰۴
کروم (A)	۲	۰/۰۰۳۰۹**	۰/۰۰۰۷۷**	۰/۰۰۰۸۱**	۰/۰۰۰۳۸**	۰/۰۲۵۷۷**	۰/۰۱۱۷۷**	۰/۰۰۴۰۸**	۰/۰۰۱۸۷**
مواد آلی (B)	۲	۰/۰۰۰۵۹**	۰/۰۰۰۴۰**	۰/۰۰۰۱۷**	۰/۰۰۰۱۰*	۰/۰۰۱۴۰	۰/۰۰۲۷۹**	۰/۰۰۱۱۰**	۰/۰۰۱۰۲**
A×B	۴	۰/۰۰۰۳۹**	۰/۰۰۰۰۸*	۰/۰۰۰۰۹**	۰/۰۰۰۱۰**	۰/۰۰۱۹۰**	۰/۰۰۰۵۲*	۰/۰۰۰۴۴**	۰/۰۰۰۲۴**
خطا	۲۴	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۴۵	۰/۰۰۰۱۳	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۳
ضریب تغییرات	-	۱۷/۹۶	۱۷/۱۹	۱۰/۸۷	۱۱/۴۱	۲۴/۳۹	۱۷/۳۷	۷/۲۲	۹/۴۶

* و ** به ترتیب بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

Abstract

Contamination of environment with heavy metals always a affect the health of human being, plants and animals. These metals are elements that are not easily decomposed in chemical and biological processes. However, They have a great desire accumulation in the soil, aquatic environments and plant organs. Plants which use large amounts of pollutants such as heavy metal chromium (VI) is accumulated, consumer health is at risk, because Cr (VI) is one of the most potent known carcinogens. The purpose of this experiment was to evaluate the effect of organic matter on transformations of chromium (VI) in soil and determine the concentration of chromium (VI) in the organs of several crops. The greenhouse experiment was conducted as factorial based on randomized complete block design with four replications on 4 crops (spinach, sunflower, sorghum, and wheat) in the greenhouse of Research Station of agriculture college in Shahrood university of Technology in 1393. Treatments include chromium in three levels 0 (control), 125 and 250 micrograms of chromium per kilogram of soil from the source of potassium dichromate and organic materials in three levels, no use (control), manure (at the rate of 50 tons per ha) and vermicompost (at the rate of 10 tons per ha). The results of this research show that the negative impact of different levels of chromium concentration on growth of plant shave been examined, so that by increasing the chromium concentration of the dry weight of shoot and root, shoot and root length of plants and also chlorophyll a, b Content and carotenoeid reduced. Adding manure and vermincompost to soil contaminated with chromium, by increasing soil organic matter improves soil fertility and significantly reduced the effects of stress caused by chromium(VI) in plants was in vestigated. It is likely that the addition of organic matter to soil contaminated with chromium during oxidation- reduces process account is Cr (VI) reduction. The results of this study indicate that adding manure and vermicompost to soil contaminated with heavy metal chromium, through stabilization of Cr (VI) in the soil, reduce the transfer of contaminants from soil to plant organs. Accumulation of Cr (VI) in plants root was higher than shoot which can be due to the accumulation of heavy metal chromium in roots than shoots which attributed to low dynamic of this metal. Application of manure and vermicompost in soil contaminated with chromium, in addition to increasing soil fertility and providing essential nutrients for plant growth, the Cr (VI) reduction in the soil and thus helps to human health in sustainable and organic agriculture.

Key words: Chromium (VI), Organic matter, Manure, Vermicompost

Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture
Department of Agronomy

M.Sc. Thesis

Potential of some crops for removing and transportation Chromium from the soil amended with organic matter

Fatemeh Bateni

Supervisors:

Dr. Hamid Reza Asghari
Dr.Mohammad Reza Ameriyan

Advisor:

Mr. Mehdi Rahimi

Mr. Ahmad Akhyani

2015