Archive of SID

پتانسیل گیاه پالایی گیاه *Brassica oleraceae* L. در جهت پالایش کروم و روی صنعتی

اکرم مرادلی[1]، مژگان فرزامی سپهر[1]، عباس هانی [2]

استان مرکزی(اراک)، شهرستان ساوه، بلوار خاتم الانبیاء، دانشکده کشاورزی

akram.moradli@yahoo.com

چکیده

با افزایش جمعیت ، روند آلوده شدن منابع آب تشدید یافته و بشر نیازمند روش هایی نو و ارزان همچون فناوری گیاه پالایی برای پالایش و بهبود کیفیت آب شده است.کروم یک فلز سنگین سمی برای میکروارگانسیم ها، حیوانات و گیاهان محسوب می شود که به علت استفاده های وسیع صنعتی طی دهه‌ی اخیر، به یک آلاینده جدی محیطی تبدیل شده است. همچنین روی نیز بعنوان یک عنصر ضروری برای رشد و نمو گیاهان نقش ساختاری و عملکردی فراوانی در بسیاری از فرآیندهای متابولیکی گیاهان بر عهده دارد، ولی مقدار اضافی آن بخصوص در خاکهای اسیدی یک فاکتور محدود کننده رشد برای گیاه محسوب می‌شود. در این پژوهش، پتانسیل گیاه پالایی گیاه کلم زینتی (*Brassica oleraceae* L.) از خانواده براسیکاسه در محیط هیدرو پونیک تحت مقادیر گوناگون (۰،۱۰۰،۲۰۰،۳۰۰ ppm) کروم و روی بررسی شده است و میزان انباشتگی عناصر کروم و روی در دو بخش هوایی و زیر زمینی مطالعه گردید. نتایج نشان می دهد که ریشه گیاه کلم زینتی از توان بالاتری در جهت انباشتگی کروم نسبت به اندام هوایی برخورداراست از طرفی در میزان روی جذب شده اندام هوایی از توان بالاتری در جهت انباشتگی برخوردار است.به طوریکه ، باافزایش غلظت کروم در محیط میزان کروم وروی در اندام هوایی کاهش و میزان کروم در ریشه افزایش معنی داری نسبت به شاهد یافت و همچنین با افزایش غلظت روی در محیط کشت میزان کروم و روی در اندام هوایی و میزان روی در ریشه افزایش معنی دارو میزان کروم درریشه کاهش معنی داری نسبت به شاهد یافت. هدف ازاین پژوهش بیان توانایی تجمع غلظت‌های بالای روی و مخصوصاً کروم در ریشه این گیاه با بیومس بالا ومعرفی آن بعنوان کاندیدای مناسبی جهت فناوری گیاه پالایی (پالایش سبز)در مراکز صنعتی می باشد.

واژه‌های کلیدی: عناصر سنگین ، *Brassica ileraceae* L. ، گیاه پالایی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم گیاهی گرایش فیزیولوژی گیاهی

۱- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه ، دانشکده کشاورزی ،گروه زیست شناسی

۲- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه، دانشکده کشاورزی ،گروه زراعت

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

امروزه به دلیل توزیع مواد زاید خانگی،صنعتی وکشاورزی توسط انسان،محیط زیست در حال آلوده شدن می باشد این آلودگی ها شامل مواد آلی ومعدنی می باشدکه فلزات سنگین از جمله آلاینده های مهم معدنی محیط هستند و بسیاری از آنها حتی در غلظتهای خیلی کم نیز سمی هستند. آلوده شدن بیوسفر به فلزات سمی از ابتدای انقلاب صنعتی شدت زیادی پیدا کرده است. منابع اولیه این آلودگی، احتراق سوختهای فسیلی، حفاریهای معدن و ذوب سنگ معدن فلزات آهنی، زباله های شهری، کودهای کشاورزی، آفت کش ها و فاضلاب می باشد .[1].

۱-۱- پاسخ گیاه نسبت به فلزات سنگین

منابع اصلی فلزات سنگین در گیاهان خاک ،آب ، هوای محیط و بارش است . عناصر کمیاب می تواند از طریق برگ یا از طریق سیستم ریشه ای جذب شود . ویژگی مشترک حیوانات و گیاهان ،تحمل و بردباری آنها در سطوح خاصی از عناصر است . اگر سطح (مقدار) این عناصر بسیار کم یا بیش از حد بالا باشد پاسخ سمی مشاهده می شود .[2].

گیاهان سه استراتژی را برای رشد در خاکهای آلوده و دارای فلزات آهنی توسعه داده اند که عبارتند از:

۱) دفع کننده های فلز (Metal excluders) : این گیاهان بصورت مؤثر و کارآمد مانع از ورود فلزات موجود در خاک در غلظتهای گسترده به سمت اندامهای هوایی خویش می شوند با این حال می توانند مقادیر زیادی از فلز را در ریشه های خویش داشته باشند.

۲) نشانگرهای فلز (Metal indicators) : این گیاهان فلزات را در بافتهای هوایی خویش انباشته کرده و مقدار فلز در بافتهای این گیاهان بطور کلی انعکاس دهنده مقدار فلز مورد نظر در خاک می باشد.

این گیاهان غلظت های موجود از فلزات را بوسیله تولید ترکیبات درون سلولی متصل شونده به فلزات (کلاتورها)و یا تغییر کده بندی فلزات و ذخیره سازی آنها در بخشهای غیر حساس (واکوئول) تحمل می کنند .

۳) انباشتگرها (Accumulators) : این گیاهان گونه هایی هستند که می توانند فلزات را در بافتهای هوایی خویش و در مقادیری انباشته سازند که خیلی بیشتر از مقدار فلزات مذکور در خاک و یا گیاهان غیر انباشتگری می باشد که در کنارشان رشد می کنند[3].

۲-گیاه پالایی

در اواخر قرن ۱۹ میلادی ،گیاهان Viola calaminarin و Thlaspi caerulescen اولین گونه های گیاهی بودند که برای تجمع غلظت های بالای فلزات در برگهایشان مورد استفاده قرار گر فتند .

گیاه پالایی :

اصطلاح Phytoremediation یا گیاه پالایی (phyto به معنی گیاه و پسوند لاتین remediation به معنی پاک کردن یا ترمیم کردن) در واقع اشاره به مجموعه گوناگونی از تکنولوژیهایی با پایه گیاهی که یا با استفاده از رویدادهای طبیعی یا گیاهان مهندسی شده ژنتیکی برای پاک کردن محیط های آلوده شده دارد[4].

در گیاه پالایی، ریشه های گیاه عناصر فلزی را از خاک جذب کرده و آنها را به اندامهای هوایی خویش انتقال می دهند تا در آنجا انباشته شوند. بعد از اینکه گیاه به میزان کافی رشد کرد و مقدار کافی فلز را در خود انباشته ساخت، بخشهای هوایی گیاه را برداشت کرده و بدین ترتیب برای همیشه فلزات را از محل دور می کنند.[5]

۲-۱- فرآیند های گیاه پالایی

دو نوع فرآیند گیاه پالایی وجود دارد که :

www.SID.ir

Archive of SID

الف- گیاه پالایی فلزات

ب- گیاه پالایی مواد آلی

آلاینده های فلزی یا عنصری شامل ، فلزات سنگین سمی و مواد هسته ای می باشند که در این میان می توان به ارسنیک، کادمیم، کازیوم، کروم، سرب، جیوه، استرانسیوم، تکنتیوم، تریتیوم و اورانیم اشاره کرد.

آلاینده های آلی ، همانهایی هستند که هدف بسیار مهمی برای گیاه پالایی محسوب می شوند و شامل بایفنیل های پلی کرناته (PCB) از قبیل دی اکسین، هیدروکربنهای حلقوی پلی سیکلی (PAH) از قبیل بنزوآپیرین، نیتروآروماتیکهایی از قبیل تری نیتروتولوئن (TNT) و هیدروکربنهای هالوژنه شدهٔ خطی از قبیل تری کلرواتیلن (TCE) هستند. بسیاری از این ترکیبات نه تنها سمی و ناشی از ناهنجاریهای رشدی می باشند بلکه سرطان زا هم می باشند. [6]

۲-۲-آلودگی ها و تکنیکهای پالایش آب

آب یکی از از اجزا بسیار مهم بیوسفر است . آلودگی آب از هر دو منابع طبیعی و انسانی سرچشمه می گیرد ، بیش از ۹۰٪ مقدار cd, cu,pb,zn در رسوبات و آب در ارتباط با فعالیت های انسانی است . [7]

فرآیند تصفیه‌پسماند صنعتی حاوی فلزات سنگین به روشهای شیمیایی- فیزیکی دارای معایبی می‌باشد از جمله هزینه نسبتاً زیاد مواد شیمیایی و تجهیزات مورد استفاده و احتمال ایجاد آلودگی بیشتر در صورت اختلال در فرآیندهای تصفیه، به طوری که اگر واکنش بین مواد شیمیایی و فلز کامل نگردد، مواد شیمیایی افزوده شده خود یک آلاینده ثانویه محسوب می‌شوند.یکی از ابعاد تصفیه بیولوژیکی ، استفاده از گیاهان در تصفیه فاضلاب ها بخصوص فاضلاب های صنعتی حاوی فلزات سنگین از جمله جیوه ، کروم ، سیانید و... است که در چند دهه اخیر بشدت مورد توجه قرار رفته است.غلظت فلزات سنگین حاصل از پساب کارخانه ها و کارگاه ها گاهی به ۲۰۰ تا ۳۰۰ P.P.M (قسمت در میلیون) می رسد. در حالی است که استاندارد آن از نظر محیط زیستی از P.P.M است.این فلزات براحتی در محیط زیست تجزیه نشده و اثرات زیان باری را حتی در غلظت های کم برای انسان و سایر موجودات به همراه دارند. این فلزات با روش های بسیار پیشرفته تصفیه نیز بسختی تخریب می شوند اما با استفاده از گیاهان و کاشت آنها در استخرهای تصفیه و به کارگیری تکنیک های جدید این شیوه ، درصد قابل ملاحظه ای از فلزات سنگین جذب گیاهان شده و از محیط حذف می شوند[8]

۲-۳- رو شهای گیاه پالایی

پنج فرآیند کاربردی شامل تغییر و تبدیل گیاهی، پالایش زیستی ریزوسفری، تثبیت گیاهی، استخراج توسط گیاهان و فیلتراسیون ریزوسفری را دارند و استفاده از چندین روش می تواند کارآیی گیاه پالایی را افزایش دهد.

۱)پالایش زیستی مرتبط با گیاه (Bioremediation) : در این روش ریشه های گیاه همراه با میکرو ارگانیسمهای ریزوفری خویش بکار گرفته می شوند تا خاکهای آلوده به مواد آلی را تمیز کنند.

۲)تغییر شکل گیاهی یا تبخیر گیاهی(Phytovolatilization Phytotranformation and) : این روش شامل کاربرد گیاهان برای جذب آلودگی ها از خاک ، تغییر شکل و تبدیل آنها به فرم فرار و واردکردن آنها به اتمسفر می باشد.

۳)تثبیت گیاهی(Phytostabilization) : در این روش گیاهان مقاوم در برابر فلزات سنگین را بکار می برند تا از قابلیت جابجایی فلزات سنگین کاسته و بدین ترتیب خطر آلودگی بیشتر محیط توسط انتشار آن به آبهای زیر زمینی و یا انتقال آن توسط هوا و باد، کاهش پیدا می کند .

۴)استخراج گیاهی(Phytoextraction) : شامل استفاده گیاهان به منظور تسهیل حذف آلاینده های فلزی از ماتریس خاک است . عملاً بذر ویا نشای گیاهان انباشته کننده فلز را در خاک آلوده به فلز قرار می دهند و با استفاده از اجرای شیوه های کشاورزی کشت داده می شود .و ریشه های بوجود آمده گیاه ،عناصر فلزی را از خاک جذب کرده و وقتی که آنها روی هم انباشت شدند به اندامهای هوایی منتقل می شوند .

www.SID.ir

Archive of SID

۵) فیلتراسیون ریزومی(Rhyzifiltration) : این نوع فیلتراسیون در وهله نخست برای تصفیه آبهای زیر زمینی استخراج شده، آبهای سطحی و فاضلابهای دارای غلظت کمی آلاینده، بکار گرفته می شود. [9]که در این روش،از گیاهان ابی و خاکزی استفاده می شود و ریشه های گیاه کار جذب، رسوب دهی و تغلیظ فلزات سمی را از محیط اطراف (آلاینده های آبی آلوده با غلظت کمتر انجام می دهند. اخیراً ارزش گیاهان خشکی زی انباشتگر فلز برای پالایش محیط تشخیص داده شده است. گیاه پالایی فلزات سنگین یک تکنولوژی نوظهور است که چهار زیر مجموعه و زیر شاخه از آن در حال توسعه یافتن می باشد. اینها عبارتند از: ۱-استخراج گیاهی ،۲- فیلتراسیون ریزومی ،۳- تثبیت گیاهی،۴-پالایش زیستی مرتبط با گیاه.

۲-۴- مزایا ی گیاه پالایی

سادگی ، ارزان بودن ، امکان بهره گیری در سطح وسیع و سازگار با محیط (پارسا دوست و همکاران ۱۳۸۶)
تولید بقایای گیاهی غنی از فلز و قابل بازیافت ،قابلیت استفاده برای طیف گسترده ای از فلزات سمی و مواد رادیواکتیو
در به حداقل رساندن آشفتگی محیطی ، در حذف زباله های ثانویه ای که در هوا و یا آب پراکنده می شوند
و عدم وجود آلودگی های ثانویه ، وعدم نیاز به تکنیک های پیچیده مهندسی برای اجرا و قابلیت استفاده برای گستره وسیعی از آلودگیها دخالت دارد. [10]

و نیز مقبولیت عمومی این روش اشاره کرد.با اینکه گیاه پالایی از لحاظ هزینه ،اجرا و عوارض زیست محیطی بر سایر روشهای پالایش خاک ارجعیت دارد ،ولی دارای محدودیت هایی نیز می باشد که :

۲-۵-محدودیت ها ی گیاه پالایی

محدود به سایت های آلوده با عمق کم می باشد ، زمان بر بودن آن (چندین سال طول می کشد تا یک سایت آلوده اصلاح شود) ، محدود به سایت ها با آلودگی پایین می باشد ، بیومس گیاهان تجمع کننده فلزات جز مواد زائد خطرناک به حساب می آید و از این رو برای از بین بردن آنها توجه کرد ، شرایط آب و هوایی فاکتور محدود کننده می باشد .
مصرف و استفاده از بیومس گیاهی آلوده شده خطر ناک است .

۲-۶- مصرف تولیدات گیاه پالایی

یکی از موانع اجرای تجاری گیاه پالایی ، چگونگی مصرف گیاهان آلوده است . پس از برداشت ، آلودگی خاک توسط گیاه کاهش یافته ،اما مقدار زیادی بیومس خطرناک تولید شده است . که به راحتی و به شکلی ایمن می توان آن را توسط خشک کردن، سوزاندن و یا تبدیل به کمپوست، فرآوری نمود[11].

اما بهترین روش برای مصرف بیومس های تولید شده توسط گیاه پالایی ،تغییر و تبدیل بیوشیمیایی است که در این روش بیومس به عنوان یک منبع انرژی مصرف تجاری خواهد داشت .این بیومس شامل : کربن ، هیدروژن و اکسیژن است که با عنوان هیدروکربن های اکسیژنه شناخته می شود .

۲-۷- تولید انرژی

بیومس در واقع همان انرژی تثبیت شدهٔ خورشیدی در گیاه و بصورت کربن، هیدروژن و اکسیژن می باشد که فرمول کلی آن $CH_{1.44}O_{0.66}$ می باشد. احتراق کنترل شده و گاز زدایی بیومس می تواند مخلوطی از گاز تولید کننده و یا پیروگاز را بوجود آورد که منجر به تولید انرژی الکتریکی و حرارتی می شود. احتراق و فشرده سازی را می توان بعنوان روشهای کاهش حجمی برای استفاده مجدد از بیومس بکار برد [12] سوزاندن و تولید گاز از روشهای مهم برای تولید انرژی گرمایی و الکتریکی است که می توان از گیاهان آلوده استخراج شوند .باز یافت این انرژی از بیومس به وسیله سوزاندن یا تولید گاز می تواند ارزش اقتصادی زیادی داشته باشد ،زیرا آن را نمی توان به عنوان علوفه یا کود مصرف کرد . سوزاندن روش ساده ای

www.SID.ir

Archive of SID

است اما باید تحت موقعیتهای کنترل شده باشد . در این روش حجم بیومس ۲تا ۵ در صد کاهش یافته و خاکستر را می توان به طور مناسبی مصرف کرد.اگر بیومس تولید شده به عنوان منبع انرژی مورد استفاده قرار گیرد خاکستر باقیمانده نیز می توا ند بعنوان سنگ معدن بیواکولوژی(phytominig) استفاده شود . این روش مصرف اقتصادی گیاهان تجمع کننده فلزات را در صنعت معدن نشان می دهد .

Phytiminig یا سنگ معدن طبیعی موجب ایجاد در آمد بوسیله استخراج قابل فروش فلزات سنگین تولید شده بوسیله خاکستر بیومس گیاهی است بطوری که شرایط را برای ایجاد انرژی گرمایی و الکتریکی فراهم می سازد .

Pyrolysis روش دیگری است که می تواند برای مواد آلوده گیاهی بکار رود . در این روش مواد تحت شرایط بی هوازی متلاشی شده و فرآورده های روغن مایع و زغال سنگ است که فلزات سنگین در زغال سنگ باقی می مانند که می تواند در کوره ذوب فلزات مورد استفاده قرار گیرد[13]

گونه های مختلف خانواده (تیره) Brassicaceae گیاهانی یکساله ،دو ساله ، چند ساله و بندرت چوبی هستند (دیانت نژاد ۱۳۷۱) کلم زینتی با نام علمی .Brassica oleraceae L از جنس Brassica [14]در زبان انگلیسی به ornamental cabbage, یا ornamental kale شهرت دارد و اعضای این خانواده گیاهانی با توان تجمع عناصر سنگین در مباحث مربوط به phytoremediation در جوامع صنعتی و آلوده جهان مطرح اند.[15]

تجمع کروم در گیاه می تواند به مهار جوانه زنی دانه ، کاهش محتوای رنگیزه ، افزایش آنزیم های آنتی اکسیدان و القای تنش اکسیداتیو در گیاهان منجر شود.همچنین ،می توانند سبب تغییر کلروپلاست وفرا ساختار غشا ، پر اکسیداسیون لیپید های غشا و کاهش فعالیت آسکوربیک پراکسیدازدر گیاهان شود. [16]کروم بیشترین سهم را در آلودگی آب های جاری ، به عهده دارند [17]

یکی ازضرور ی ترین عناصر ر یز مغذ ی روی (Zn) می باشد که این عنصر در بسیاری ، ازاعمال بیولوژیکی نیز نقش دارد، به عنوان مثال Zn باعث ثبات غشای پلاسمایی سلولها شده و همچنین Zn کوفاکتور بسیاری ازآنزیمهای آنتی اکسیداتیو می باشد Zn [18] در متابولیسم کربوهیدرات ها در گیاهان دخالت دارد .فعالیت آنزیم کربنیک آنهیدراز به سرعت د ر اثر کمبود Znکاهش می یابد .کربنیک آنهیدراز در سیتوپلاسم و کلروپلاست ها تجمع می یابد و واکنش تبد یل CO2 به بی کربنات و بالعکس را کاتالیز می کندکه به فراهم شدنCO2 برای فتوسنتز کمک می نماید [19] و اما :

فرزامی سپهر و حداد کاوه در سال ۱۳۸۶ در تحقیقی بر روی گیاه Brassica oleracea از اعضای خانواده Brassicaceae در محیط کشت مایع (هیدروپونیک)نشان دادند ،با توجه به دوام و بقا این گیاه در محیط حاوی کادمیوم این گیاه را به عنوان یک جمع کننده عناصر سنگین معرفی کردند.

Baker و همکاران در سال ۱۹۸۹ با مطالعه بر روی گونه های Thlaspi در میان خانواده Brassicaceae ، گونه T. praecox را بعنوان فوق انباشتگرهای روی شناسایی کرد.[20]

Kumar و همکاران در سال ۱۹۹۵ گزارش کردند که گیاه خردل هندی توانایی انباشتگی کروم، کادمیوم، نیکل، روی و سرب را در ساقه هایشان می باشند که کلم نیز متعلق به این خانواده می باشد.[21]

Zaman و همکاران در سال ۲۰۰۳ ؛ Shumkar و همکاران در سال ۲۰۰۹ ، در مطالعات آزمایشگاهی در خردل هندی یکی از اعضای خانواده Brassicaceae نشان دادند که این گیاه انباشتگر سرب و روی می باشد.[22]

Kim و همکارانش (۲۰۱۰) پس از کاشت گیاه Brassica juncea و طی شدن مراحل رشد آن pH خاک ۰/۲ تا ۱/۴ واحد افزایش می یابد. روی و کادمیوم در خاک های مورد آزمایش کاهش پیدا می کند و همچنین کربن آلی محلول در خاک نیز زیاد می شود. [23]

طبق گزارش Barbosa و همکاران(۲۰۰۷) بیشترین تجمع کروم در ریشه درخت Genpia Americana در تیمار با کروم مشاهده شد؛ در حالی که تجمع کروم در برگ و ساقه های گیاه بسیار کمتر بودکه این مطلب با نتایج این پژوهش همراستا می باشد. [24]

www.SID.ir

Archive of SID

هدف از انجام این پژوهش بررسی قابلیت این گیاه در جذب عناصر سنگین کروم وروی و از طرفی به کارگیری این گیاه بعنوان یک پالاینده محیط زیست در مراکز صنعتی آلوده به این عناصر می باشد.

۳- مواد و روش ها

آزمایشهای این پژوهش در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه ،در ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۲ دقیقه عرض شمالی ،با ارتفاع ۹۶۰ متر از سطح دریا از تاریخ ۱۳۹۱/۱/۱۵ تا ۱۳۹۱/۳/۱۰ انجام شد.

بذر های گیاهان پس از تهیه از بازار گل و ضد عفونی وشستشو با آب مقطر، در محیط گلخانه به ظروف پلاستیکی با ارتفاع ۱۲ سانتیمتر و قطر ۱۱ سانتیمتر قرار داده شدند ، بعد از طی مدتی،دانه رستها با محلول پایه هوگلند [25]در بستر لیکا به صورت سیستم هیدروپونیک تحت تیمارهای مختلف کروم وروی (۱۶ تیمار با ۳ تکرار و به تعداد ۴۸ گلدان) با غلظت های ۰ ،۱۰۰،۲۰۰،۳۰۰ میلی گرم بر لیتر (ppm) به مدت ۳۰روز قرار گرفتند و بعد از گذشت دوره تیماردهی ، برای اندازه گیری عناصر غذایی به غیر از ازت، مواد گیاهی اعم از اندام هوایی یا ریشه بایستی هضم شوند.(شکل ۳-۱و۳-۲)

هضم گیاه به سه روش قابل انجام است:

۱- هضم با مخلوط دو اسیدی ۲- هضم با مخلوط سه اسیدی ۳- هضم به روش تولید خاکستر خشک

در این پژوهش برای سنجش غلظت کروم ،روی از روش هضم به روش تولید خاکستر خشک استفاده شد، که :

نمونه های خشک گیاهی تهیه شده دقیقاً وزن شده (حداقل۰۳ /۰ گرم و حداکثر۵ /۰ گرم) و در سه تکرار در کوره در دمای ۴۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۵ ساعت به منظور تهیه خاکستر قرار داده شد. خاکسترهای حاصله را در اسید کلریدریک ۲N (۵ میلی لیتر) حل کرده و حجم آن با آب مقطر به ۲۵ میلی لیتر می رسانیم. میزان عناصر کروم ، روی ، در دستگاه جذب اتمی مدل Biotech ، Phoienix 986 و Varian Spectr AA.800& 240 ساخت استرالیا تحت لیسانس آمریکا اندازه گرفته شد[26]

شکل۳-۲- ۵۵ روزگی

شکل ۳-۱- ۲۰ روزگی

۴- نتیجه گیری

۴-۱-نتایج حاصل از اندازه گیری یون کروم در دو بخش هوایی و زیر زمینی گیاه *Brassica oleracea L*

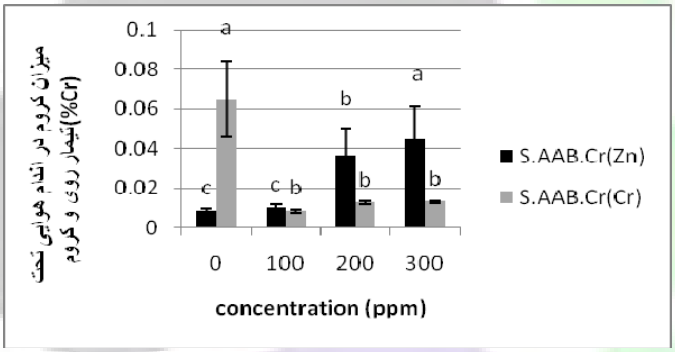
تغییرات میزان یون کروم در بخش هوایی در نمودار ۷-۱-۱و در بخش زیر زمینی در نمودار ۷-۱-۲نشان داده شده است همانطور که از نتایج بر می آید ، میزان کروم در محیط با افزایش غلظت کروم درریشه ، افزایش و در اندام هوایی کاهش یافت و همچنین میزان آن تحت تیمار روی با افزایش غلظت روی در اندام هوایی افزایش و در ریشه کاهش یافت و از طرفی میزان یون کروم دراندام هوایی و زیر زمینی در برهم کنش کروم و روی اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۱٪دارا می باشد. به طوریکه بیشترین میزان یون کروم در اندام هوایی نسبت به شاهد مربوط به غلظت Zn_4Cr_1 (Zn=300,Cr=0)

www.SID.ir

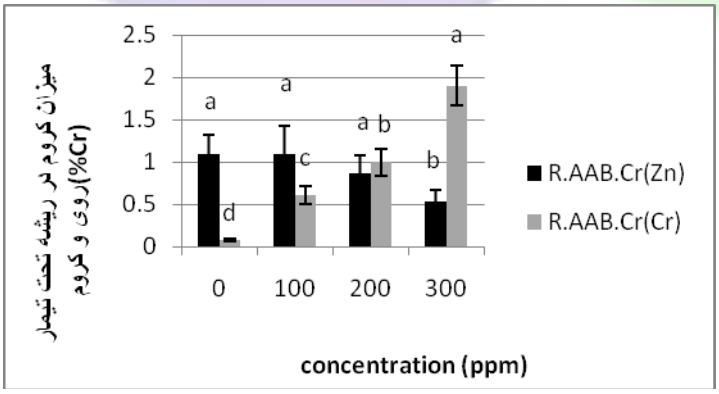
Archive of SID

ppm)ودر اندام زیر زمینی غلظت Zn2Cr4 (ppm Zn=100,Cr=300)و کمترین میزان کروم در اندام هوایی و زیر زمینی با غلظت Zn_2Cr_1 (ppm Zn=100,Cr=0) می باشد(جدول ۴-۱-۱و جدول ۴-۱-۲).

این نتایج با نتایج گزارش شده در مورد گیاهان گندم، ذرت و کلم توسط Sharma،۲۰۰۳وهمچنین در گیاه جعفری،که با افزایش غلظت کروم ۳ و ۶ در محیط، غلظت آنها در بافتها نیز افزایش یافت ومیزان تجمع این یونها در ریشه بیشتر از اندام هوایی بود[27] مطابقت دارد.بطور کلی میزان انباشت کروم دربخشهای مختلف گیاه، متفاوت است زیرا در انتقال کروم ازریشه به رأس گیاه محدودیت وجود دارد که بدلیل اتصال این فرم یونی در جایگاههای مبادله کاتیونی ریشه و غیرمتحرک شدن آن می باشد[28] .بنابراین بیشترین مقدار کروم جذب شده توسط گیاه در ریشه ها باقی می ماند وتنها بخش کوچکی از آن به اندامهای هوایی منتقل می شود لذا ریشه ها حاوی کروم بسیار بیشتری نسبت به بخش هوایی هستند [29]. از دست رفتن انسجام غشاء و تغییر ویژگیهای غشای سلولهای ریشه موجب تغییر در عوامل مرتبط با جذب مانند کانالهای یونی شده و لذا در جذب عناصراختلال ایجاد می کند .از طرف دیگر غلظتهای زیاد کروم با بیوانرژتیک میتوکندریایی تداخل می کند که از طریق القای اختلال در سیستم انتقال الکترون و سیستم فسفوریلاسیون صورت می گیرد.علاوه بر این همانطور که قبلاً توضیح داده شد، ترازهای بالایی از کروم بر فتوسنتز نیز تأثیر منفی می گذارد .بنابراین با اثر بر این دو فرآیند فیزیولوژیکی و فرآیندهای وابسته به آن نظیر جذب ATP مهم، سنتزمواد و رشد تحت تأثیر قرار می گیرد .از آنجا که جذب وابسته ATP عناصر غذایی بطور مستقیم یا غیر مستقیم به جذب آنها نیز تحت ، ATP است، لذا با اختلال در سنتز تحت تأثیر قرار می گیرد.



نمودار ۴-۱-۱- نمایش میزان کروم در اندام هوایی در غلظت های مختلف تیمار روی و کروم
(S.AAB.Cr(Zn) میزان کروم در اندام هوایی تحت تیمار روی و S.AAB.Cr(Cr) میزان کروم در اندام هوایی تحت تیمار کروم)



نمودار ۴-۱-۲- نمایش میزان کروم در ریشه در غلظت های مختلف تیمار روی و کروم
(R.AAB.Cr(Zn) میزان کروم در ریشه تحت تیمار روی وR.AAB.Cr(Cr) میزان کروم در ریشه تحت تیمار کروم)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴-۱-۱- مقایسه میزان کروم در اندام هوایی (%) گیاه کلم زینتی در
تیمارهای گوناگون روی و کروم (میانگین ± خطای استاندارد)

Concentration Cr / Concentration Zn	0	100	200	300
0	0.0032 ± 0.0001^{c}	0.0067 ± 0.0004^{c}	0.0134 ± 0.0005^{c}	0.0097 ± 0.0003^{c}
100	0.0035 ± 0.0001^{c}	0.0063 ± 0.0001^{c}	0.0156 ± 0.0003^{c}	0.0143 ± 0.0005^{c}
200	0.1124 ± 0.0189^{b}	0.0078 ± 0.0005^{c}	0.0104 ± 0.0006^{c}	0.0132 ± 0.0002^{c}
300	0.1398 ± 0.0074^{a}	0.0123 ± 0.0002^{c}	0.0108 ± 0.0008^{c}	0.0145 ± 0.0011^{c}

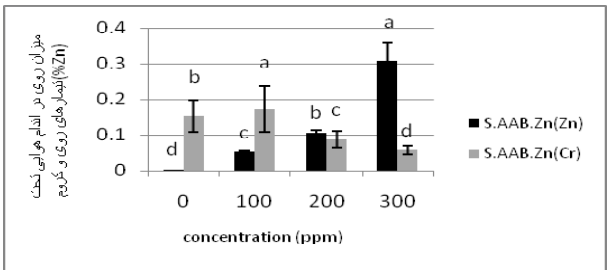
جدول ۴-۱-۲- مقایسه میزان کروم در ریشه (%)گیاه کلم زینتی در
تیمارهای گوناگون روی و کروم (میانگین ± خطای استاندارد)

Concentration **Cr** / Concentration **Zn**	0	100	200	300
0	0.0442 ± 0.0042^{g}	1.1422 ± 0.1543^{cd}	1.4685 ± 0.5306^{bc}	1.7076 ± 0.2658^{b}
100	0.0700 ± 0.0080^{g}	0.4383 ± 0.3139^{efg}	0.9345 ± 0.1067^{cde}	2.9331 ± 0.1564^{defg}
200	0.0794 ± 0.1209^{g}	0.5934 ± 0.1591^{defg}	0.7689 ± 0.1876^{def}	2.0103 ± 0.0357^{b}
300	0.1245 ± 0.2326^{g}	0.2764 ± 0.1083^{g}	0.8083 ± 0.1670^{def}	0.9406 ± 0.2835^{cde}

۴-۲- نتایج حاصل از اندازه گیری یون روی در دو بخش هوایی و زیر زمینی گیاه *Brassica oleracea*

تغییرات میزان یون روی در بخش هوایی در نمودار ۷-۲-۱ وبخش زیر زمینی در نمودار۷-۲-۲ نشان داده شده است همانطور که از نتایج بر می آید ، میزان روی در محیط با افزایش غلظت روی درریشه و اندام هوایی افزایش معنی داری یافت و همچنین با افزایش غلظت کروم در غلظت های پایین کروم نیز میزان روی افزایش یافت و از طرفی در اندام هوایی میزان یون روی در برهم کنش کروم و روی اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۱٪دارا و در اندام زیر زمینی فاقد اختلاف معنی دار می باشد.می باشد. به طوریکه بیشترین میزان یون روی نسبت به شاهد در اندام هوایی و زیر زمینی مربوط به غلظت Zn_4Cr_2 (ppm Zn=300,Cr=100) و کمترین در اندام زیر زمینی با غلظت Zn_1Cr_2 (ppm Zn=0,Cr=100) و در اندام هوایی با غلظت Zn_1Cr_4 (ppm Zn=0,Cr=300)می باشد(جدول۴-۲-۱).

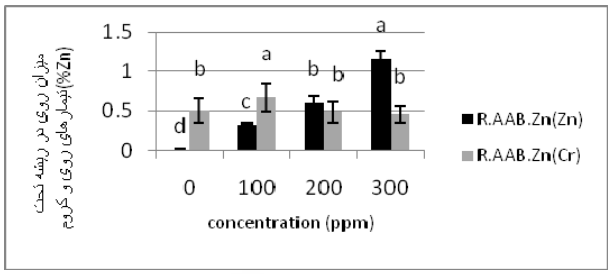
این نتایج با گزارشات [30]در ارتباط بااینکه ، کاربرد روی موجب افزایش روی، آهن و پروتئین در دانه گندم گردیده هم خوانی دارد. اثرات فلز روی و تغییراتpH بر تخریب و کاهش کلروفیل در گلسنگها را مورد مطالعه قرار داده و مشاهده کردند که این فلز در غلظت زیاد خود سبب کاهش کلروفیل در گلسنگها می شود [31] که این نتیجه با نتایج حاصل از این تحقیق همراستاست. بنابراین براساس این داده ها چنین پیشنهاد می شود که گیاه کلم زینتی مطابق با تئوری طبقه بندی Baker و همکاران(۱۹۹۴) می تواند در دسته گیاهان تحمل کننده با استراتژی اجتناب یا منع کنندگی(Excluder) قرار گیرد؛ بد ین صورت که این گیاه تا یک سطح بحرانی از غلظت فلز از تجمع آن دراندامهای هوایی جلوگیری نموده و آن را در ریشه نگه می داردولی در مافوق این غلظت بحرانی، میزان تجمع فلز دراندامهای هوایی نیز افزایش پیدا می کند.



نمودار ۴-۲-۱- نمایش میزان روی در اندام هوایی در غلظت های مختلف تیمار روی و کروم
(S.AAB.Zn(Zn) میزان کروم در اندام هوایی تحت تیمار روی وS.AAB.Zn(Cr) میزان کروم در اندام هوایی تحت تیمار کروم)

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۴-۲-۲- نمایش میزان روی در ریشه در غلظت های مختلف تیمار روی و کروم
(R.AAB.Zn(Zn)) میزان روی در ریشه تحت تیمار روی و R.AAB.Zn(Cr) میزان روی در ریشه تحت تیمار کروم)

جدول ۴-۲-۱- مقایسه میزان روی در اندام هوایی (%)گیاه کلم زینتی در
تیمارهای گوناگون روی و کروم (میانگین ± خطای استاندارد)

Concentration **Cr** / Concentration **Zn**	0	100	200	300
0	0.0022 ± 0.0000^{i}	0.0018 ± 0.0000^{i}	0.0032 ± 0.0001^{i}	0.0025 ± 0.0000^{i}
100	0.0723 ± 0.0018^{fgh}	0.0394 ± 0.0008^{h}	0.0436 ± 0.0008^{h}	0.0528 ± 0.0003^{gh}
200	0.1480 ± 0.0099^{d}	0.1141 ± 0.0142^{e}	0.0851 ± 0.0025^{dfg}	0.0723 ± 0.0011^{fgh}
300	0.3866 ± 0.0320^{b}	0.5318 ± 0.0236^{a}	0.2119 ± 0.0080^{c}	0.1004 ± 0.0127^{ef}

جدول ۴-۲-۲- مقایسه میزان روی در ریشه (%)گیاه کلم زینتی در
تیمارهای گوناگون روی و کروم (میانگین ± خطای استاندارد)

Concentration **Cr** / Concentration **Zn**	0	100	200	300
0	0.0102 ± 0.0005^{f}	0.0143 ± 0.0019^{f}	0.0155 ± 0.0054^{f}	0.0088 ± 0.0014^{f}
100	0.0341 ± 0.0411^{ef}	0.3306 ± 0.0234^{ef}	0.2973 ± 0.0352^{ef}	0.3361 ± 0.0174^{ef}
200	0.3390 ± 0.0387^{ef}	0.8214 ± 0.2216^{cd}	0.5407 ± 0.1284^{de}	0.7085 ± 0.0133^{ad}
300	1.3052 ± 0.1582^{ab}	1.4786 ± 0.0256^{ad}	1.0697 ± 0.2193^{bc}	0.7634 ± 0.2269^{cd}

سپاسگزاری

خالصانه ترین مراتب قدردانی و تشکر خود را محضر استادان گرانقدر سرکار خانم دکتر مژگان فرزامی سپهر و جناب آقای دکتر عباس هانی و خانواده بزرگوارم ، بویژه برادر عزیزم جناب آقای مهندس حسین مرادلی تقدیم می دارم که دلسوزانه و با صبر و حوصله کم نظیر،همواره راهنمایم بوده اند و همچنین از جناب آقای مهندس بیژن میر حسینی که امکانات لازم ، جهت استفاده از دستگاه جذب اتمی را برای اینجانب فراهم نمودند، کمال تشکر و قدردانی را دارم .

مراجع

[1] آزمون ، سید محمد جواد ، سید احمد رضا ، اردیبهشت (۱۳۹۰) شیراز . پوشش گیاهی روشی برای کاهش آلایندگی ضایعات صنعتی ، اولین کنگره ملی شیمی نوین ایران ، ۱۴-۱۵.

[2] BRUNO . G , M.G. VOLPE , G. DE LUISE , M. PAOLUCCI , DETECTION OF HEAVY METALS IN FARMED CHERAX DESTRUCTOR , Bull. Fr. Pêche Piscic, 2006 , 380-381 : 1341-1349.

[3] Baker AJM, Walker PL (1990). Ecophysiology of metal uptake by tolerant plants. Heavy metal tolerance in plants.In: Shaw AJ. Evolutionary Aspects CRC press. Boca Raton. 155-177.

[4] Karami , Ali, and Shamsuddin, Zulkifli Hj., Phytoremediation of heavy metals with several efficiency enhancer methods , African Journal of Biotechnology , 2010, Vol. 9(25), pp. 3689-3698.

[5] Jadia, Chhotu D , M. H. Fulekar , Phytoremediation of heavy metals: Recent techniques , African Journal of Biotechnology, 2009, Vol. 8 ,6. 921-928.

www.SID.ir

Archive of SID

[6] MEMON, Abdul R ., Digdem AKTOPRAKLIGIL, Aylin ÖZDEMIR AND Anastassiia VERTII , Heavy Metal Accumulation and Detoxification Mechanisms in Plants , Turk J Bot , 2001, 25, 111-121 .

[7] DRZEWIECKA, KINGA, KLAUDIA BOROWIAK, MIROSŁAW MLECZEK, IWONA ZAWADA, CADMIUM AND LEAD ACCUMULATION IN TWO LITTORAL PLANTS OF FIVE LAKES IN POZNAN, POLAND, ACTA BIOLOGICA CRACOVIENSIA,, 2010 , 52/2: 59-68.

[8] بدلیانس، گالیک، (۱۳۸۱) . میکروبیولوژی کاربردی آب و فاضلاب، انتشارات دانشگاه ، جلد سوم.

[9] Mukhopadhyay,Sangeeta,Subodh Kumar maiti,Phytoremediation of Metal Enriched Mine Waste, Global Journal of Environmental ,2010,4,3,135-150.

[10] خسرو بکی ، ندا ، میرزا آقایی ، مرضیه ، توکلی ،حسین ، خرداد (۱۳۸۹) . گیاه پالایی ، روشی برای تصفیه آلودگی های پساب فاضلاب به منظور حفاظت محیط زیست و صرفه جویی در مصرف آب ، همایش علمی چالش آب در استان قم .

[11] Raskin . IIya; Robert D Smith and david E Salt . phytoremediation of metals : using to remove pollutants from the environment . plant biotechnology , 1999 ,8: 221-226

[12] Wuana . R.A; and F.E. Okieimen . Phytoremediation Potential of Maize (Zea mays L.). A Review . African Journal of General Agriculture , 2010 , Vol. 6, No. 4 ,275-283.

[13] GHOSH,M.,S.P.SINGH,AREVIEW ON PHYTOREMEDIATION OF HEAVY METALS AND UTILIZATION OF ITS BYPRODUCTS,APPLIED ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL , 2005, RESEARCH3,1,1-18 .

[14] پیوست ، غلامعلی ، (۱۳۸۱) ، سبزیکاری ، نشر علوم کشاورزی.

[15] فرزامی سپهر،مژگان،شیرین،حداد کاوه،(۱۳۸۶).مطالعه میزان توان انباشته سازی کادمیوم در گیاه *Brassica oleraceae* ،فصلنامه پژوهش های علوم گیاهی،۱(۴):۲۱-۳۱.

[16] Hu, J., Chen, G. and Irene, M. (2005) Removal and recovery of Cr (VI) from wastewater by maghemite nanoparticles. Waters Research 39: 4528-4536.

[17] Sundaramoorthy, P., Alagappan, C.,Kaliyaperumal, S. G., Pachikkaran, U. and Logalashmanan, B. (2010) Chromium stress in paddy: (i) Nutrient status of paddy under chromium stress; (ii) Phytoremediation of chromium by aquatic and terrestrial weeds. Comptes Rendus Biologies 333: 597-607.

[18]Jhee, E.M. R.S. Boyd, M.D. Eubanks, M.A. Davis, Nickel hyperaccumulation by Streptanthus polygaloides protects against the folivore Plutella xylostella (Lepidoptera: Plutellidae), Plant Ecol. 183 (2006) 91–104.

[19] Marschner, H.1995.Mineral Nutrition of Higher Plants.2nd ed., Academic Press.Harcourt Brace Company, Pub. Co., New York.889 p.

[20] Baker, A.J.,MBrooks, R.R., (1989). Terrestrial higher plants which hyperaccumetallic elements–a review of their distribution, ecology and phytochem istry, Biorecovery 1, 81–126.

[21] Kumar, P.B.A., Dushenkov, V., Motto, H. and Raskin, I., (1995). "Phytoextraction: The Use of Plants to Remove Heavy Metals From Soils",Environmental Science & Technology, 29, 1232-1238.

[22] Zaman, M.S., Jennings, C. and Shumaker, K.L.,(2003). "Chelate Induced Phytoaccumulation of Cadmium in Bassica juncea Grown in Cadmium Contaminated Soil", Proceedings of the Mississippi Academy of Sciences, 48, 13-14.

[23] Kim, K. R; G. Owens and R. Naidu, (2010)" Effect of Root-Induced Chemical Changes on Dynamics and Plant Uptake of Heavy Metals in Rhizosphere Soils " ., Pedosphere 20(4): 494–504 .

[24] Barbosa, R. M., Almeida, A. F. and Mielke, M.S. (2007) A physiological analysis of Genipa Americana L.: a potential phytoremediator tree for chromium polluted watersheds.Environmental and Experimental Botany 61:246-271.

[25]Taiz L ., Zeiger E.(1998) Plant Physiology , Sinauer Associates , Inc ., Publishers , Sunderland , Massachusetts .

[26] Qadar, A., 1995. Potassium and sodium contents of shoots and laminae of rice cultivars and their sodicity tolerance. J Plant Nutrition 18: 2281-2286.

[27] Mei, B., J.D. Puryear and R.J. Newton,(2002), Assessment of Cr tolerance and accumulation in selected plant species. Plantand Soil 247:223-231.

[28]Zayed, A.M. and N. Terry, (2003), Chromium in the environment: factors affecting biological remediation. Plant and Soil, 249: 139-156.

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

[30] عزیز زاده فیروزی، ف .م، بهمنیار .ع، مومنی و الف، قاسم پور۱۳۸۳ . تأثیر کودهای پتاسیم و روی بر خصوصیات زراعی و مقادیر روی، آهن و فسفر در دو رقم گندم در خاک آهکی با روی پائین .مجموعه مقالات دهمین کنگره خاک ایران،کرج.

[31] Garty, J. Karary, Y. Harel, J. 1992. Effect of low PH, heavy metal and anions on chlorophyll degradation in the lichen Ramalina duriaei. Environ Exp Botany 32: 229-241.

www.SID.ir