

## بررسی و معرفی گونه‌های گیاهی در روند پالایش خاک اراضی آلوده به فلزات سنگین ناشی از آبیاری با آب‌های خاکستری

- ❖ رضا حامد مقدم سالاری؛ دانشجوی کارشناسی ارشد عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد
- ❖ عباسعلی قزل سوفلو\*؛ استادیار گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد
- ❖ میلاد ایرانشاهی؛ استادیار گروه فارماکوکونوزی دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد

### چکیده

هدف از این مطالعه بررسی پتانسیل برخی گیاهان برای گیاه‌پالایی خاک آلوده به فلزات سرب، روی، کادمیوم و مس می‌باشد. برای انجام این مطالعه چهار گونه گیاهی بومادران (*Achillea millefolium*)، آگروپایرون (*Agropyron elongatum*)، بوفالوگرس (*Bouteloua dactyloides*) و آرتمیزییا (*Artemisia sieberi*) کشت شدند و نمونه‌های گیاهی با پساب تصفیه‌خانه آبیاری شدند. نتایج نشان داد در مورد گیاهان، سه گیاه *A. millefolium*، *A. sieberi*، *B. dactyloides* انتقال دهنده خوب فلزات به اندام‌های هوایی خود می‌باشند که مناسب برای استخراج گیاهی (مهم‌ترین تکنیک گیاه‌پالایی) هستند. گونه *A. elongatum* فلزات مس و سرب را بیشتر در ریشه تجمع می‌دهد. این خصوصیت مناسب فن‌آوری تثبیت گیاهی می‌باشد. همچنین توانایی چهار گونه گیاهی جهت گیاه‌پالایی، به شرح زیر است: *A. elongatum* = *A. sieberi* < *A. millefolium* < *B. dactyloides*. جهت گیاه‌پالایی هر چهار فلز سنگین مناسب می‌باشد. برای گیاه *B. dactyloides* مقدار فاکتور انتقال گیاهی (TF) در فلزات روی، مس، سرب و کادمیوم به ترتیب: ۱/۱۷ و ۱/۰۹ و ۱/۰۲ و ۱/۴۱ و مقدار فاکتور غلظت فلز (BCF) برای آن در فلزات فوق به ترتیب: ۱/۷۷ و ۱/۲۲ و ۰/۹۵ و ۱/۳۷ می‌باشد. با توجه به اینکه گیاه *B. dactyloides* تحمل بالایی نسبت به خشکسالی و دمای بالا دارد و همچنین مناسب جهت چمن‌کاری می‌باشد، پیشنهاد می‌شود از این گونه جهت گیاه‌پالایی خاک‌های آلوده به فلزات سنگین مناطق آلوده و همچنین چمن‌کاری استفاده گردد که علاوه بر پاکسازی خاک از فلزات سنگین و مناسب بودن با آب‌وهوای بومی بسیاری از مناطق ایران و نیاز کم به آبیاری، به زیبایی بصری محیط هم کمک می‌کند.

کلید واژگان: گیاه‌پالایی، فلزات سنگین، بومادران، آگروپایرون، بوفالوگرس، آرتمیزییا

## ۱. مقدمه

با توجه به رشد جمعیت دنیا و افزایش تدریجی میزان آلودگی‌های محیط زیست و به دنبال آن نابودی بخش مهمی از خاک‌های کشاورزی، چالش اساسی دنیا در آینده بر سر موضوع مهم امنیت غذایی از جنبه‌های کمی و کیفی آن خواهد بود. در کشور ما نیز با توجه به افزایش روند توسعه صنعتی در برنامه‌های ساخت و احداث صنایع و کارخانه‌های مختلف از سویی، و نیز وجود قابلیت بالقوه مناسب در زمینه توسعه کشاورزی در اکثر مناطق، آلودگی خاک و آب‌های مناطق مزبور به انواع ترکیبات آلاینده از جمله فلزات سنگین<sup>۱</sup> و نیز پاکسازی این نوع فلزات سمی و خطرناک از محیط زیست و خاک دارای اهمیت زیاد خواهد بود [۵]. فلزات سنگین دارای چگالی ۵ گرم بر سانتی متر مکعب (۵ برابر چگالی آب) می‌باشند و زیر مجموعه‌ای از فلزات کمیاب به شمار می‌روند [۱۰]. در واقع فلزات سنگین بعد از ورود به بدن در بافت‌های عضله، استخوان، چربی و مفاصل تجمع پیدا کرده و خارج نمی‌شوند. این عناصر جایگزین املاح و مواد معدنی مورد نیاز بدن می‌گردند [۲۸]. روش‌های پالایش خاک‌های آلوده به وسیله مواد شیمیایی خطرناک، تکنیکی پرهزینه و پیچیده است. این مشکلات سبب توسعه تکنولوژی جدیدی به نام زیست پالایی شده است. زیست پالایی براساس پتانسیل موجودات زنده، میکرو ارگانیسم‌ها و گیاهان بنا شده است که محیط زیست را سم زدایی می‌کند [۱۷].

استفاده از گیاهانی که فلزات سنگین را از خاک جذب می‌کنند، به عنوان روشی متفاوت و کم هزینه برای حذف مستقیم فلزات سنگین از خاک پیشنهاد می‌شود. استفاده از این گیاهان برای پالایش خاک‌ها و آب‌های آلوده، گیاه پالایی نامیده می‌شود، که به عنوان ابزار جدیدی برای پالایش درجا<sup>۲</sup> در حال ظهور است [۳۵]. در روش گیاه پالایی، گیاهان زنده به عنوان پمپ‌های پایه خورشیدی عمل کرده و فلزات سنگین خاصی را از محیط استخراج و متمرکز می‌کنند [۲۷]. این روش پالایش باعث حفظ

خصوصیات بیولوژیکی و ساختار فیزیکی خاک می‌شود. این روش دوست‌دار محیط زیست، ذاتاً ارزان، بدون هیچ مزاحمتی در خاک بوده و ترجیحاً تاجای امکان فلزات سنگین را بازیابی زیستی می‌کند [۳۵]. معمولاً اگر یک گیاه بتواند بیش از ۱۰۰۰ mg/kg (یا ۱۰۰۰ ppm) از فلزات سنگینی مثل مس، کبالت، کروم، نیکل و سرب و یا بیشتر از ۱۰۰۰ mg/kg (یا ppm) از فلزات منگنز و روی در اندام‌های خود ذخیره کند، آن گیاه را بیش‌اندوز<sup>۳</sup> می‌نامند. این گیاهان مربوط به خانواده‌های گیاهی و مناطق اقلیمی مختلفی هستند [۳۴]. زمان مورد نیاز گیاهان برای کاهش مقدار فلزات سنگین در خاک‌های آلوده، به مقدار تولید بیومس و فاکتور تجمع بیولوژیکی<sup>۴</sup> (BCF)، (که عبارت است از غلظت فلز در ریشه گیاه به خاک) گیاهان بستگی دارد [۲۰]. به جز گیاهان بیش‌اندوزگر، در بیشتر گیاهان مقدار فاکتور تجمع بیولوژیکی کمتر از یک است. در گیاهان بیش‌اندوزگر، مقدار این فاکتور بیشتر از یک و گاهی بیشتر از ۵۰ - ۱۰۰ است [۱۲]. گیاهان با استفاده از تکنیک‌های زیر به پالایش فلزات سنگین می‌پردازند:

- ۱- استخراج گیاهی: تجمع آلاینده در اندام‌های گیاهی قابل برداشت مثل شاخه و برگ ۲- فیلتراسیون گیاهی: جذب آلاینده‌ها از آب آلوده توسط گیاه ۳- تثبیت گیاهی: محدود کردن تحرک و زیست فراهمی آلاینده‌ها در خاک توسط ریشه‌های گیاه است [۳۶]. ۴- تبخیر گیاهی: تبدیل آلاینده‌ها به اشکال فرار و آزاد شدن آن‌ها به اتمسفر می‌باشد. ۵- تخریب گیاهی: تخریب آلاینده‌های آلی توسط آنزیم‌های گیاه درون بافت گیاهی است. ۶- ریزوفیلتراسیون: تخریب آلاینده‌ها در ریزوسفر از طریق میکروارگانیسم‌های ریزوسفر می‌باشد [۲۹]. برای ارزیابی توانمندی یک گیاه و معرفی آن برای پالایش آلودگی، بایستی بعد از مشخص کردن مقدار فلزات

<sup>1</sup> Heavy metal

<sup>2</sup> In situ remediation

<sup>3</sup> Hyperaccumulator

<sup>4</sup> Bioconcentration Factor

کادمیوم و آرسنیک را در چین بررسی کردند. آن‌ها دریافتند که گونه‌های *Bidens bipinnata*، *Artemisia Chenopodium*، *Polygonum lapatuifolium*، *dubia ambrosioides* و *Solanum nigrum* غلظت قابل ملاحظه‌ای از فلزات سنگین فوق را در ساقه‌های خود ذخیره کردند. آن‌ها بیان کردند که این جوامع گیاهی توانایی بسیار بالایی در استخراج مس، روی، سرب، کادمیوم و آرسنیک از خاک‌های آلوده دارند.

اکبرپور و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای گیاه پالایی خاک‌های آلوده به برخی فلزات سنگین به وسیله گیاهان بومی *Arabis arenosa*، *Amaranthus retroflexus* و *Agropyron repens* را در منطقه حفاظت شده ارسباران بررسی کردند. آن‌ها نتیجه گرفتند که بالاترین غلظت روی در اندام‌های هوایی *Agropyron repens* به مقدار ۲۶۲/۶۵ mg/kg و بیشترین غلظت سرب در اندام‌های زیر زمینی گیاه *Amaranthus retroflexus* به مقدار ۷۱/۲۵ mg/kg می‌باشد. موداریسنا<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۳) پتانسیل شش گونه بومی *Lindernia*، *Digitaria*، *Paspalum radicata* Miq، *crustacea* (L.) F.، *purpurium* Roxb، *Zingiber conjugatum* L، *Cyperus Caladium bicolor* L، *kyllingia* Endl اطراف یک معدن طلا را برای گیاه پالایی جیوه در اندونزی بررسی کردند. آن‌ها نتیجه گرفتند که هیچ یک از این گیاهان بیش‌اندوزگر فلزات سنگین نمی‌باشند. براساس مقادیر BCF، TF و BAC گیاهان *P. conjugatum*.L، *C. kyllingia crustacea* (L.) F.، *D. radicata* Miq Endl. می‌توانند برای فرآیند گیاه استخراجی جیوه در اطراف این معدن استفاده شوند.

صبأ<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۱۵) توانایی گیاهان بومی اطراف مراکز صنعتی استان زنجان را برای انباشت فلزات سنگین

سنگین قابل استخراج در نمونه‌های گیاهی و خاک، شاخص‌های: TF<sup>۱</sup> (فاکتور انتقال؛ نسبت به غلظت فلز در اندام‌های هوایی گیاه به غلظت فلز در ریشه)، BCF<sup>۲</sup> (فاکتور تجمع بیولوژیکی؛ نسبت غلظت فلز در ریشه گیاه به غلظت فلز در خاک)، BAC<sup>۳</sup> (ضریب تجمع بیولوژیکی؛ نسبت غلظت فلز در اندام‌های هوایی گیاه به غلظت فلز در خاک)، را اندازه‌گیری کرد و بر اساس این شاخص‌ها، گونه مناسب برای پالایش خاک‌های آلوده معرفی شود. چرا که پتانسیل گیاه پالایی یک گونه با استفاده از فاکتور انتقال (TF)، فاکتور تجمع بیولوژیکی (BCF)، و ضریب تجمع بیولوژیکی (BAC) محاسبه می‌شود [۱۱]. گیاهانی که مقدار شاخص‌های TF و BAC در آن‌ها بزرگتر از یک باشد، برای فرآیند گیاه استخراجی مناسب هستند. گیاهانی که در آن‌ها مقدار TF کمتر از یک و مقدار BCF بیشتر از یک باشد، برای فرآیند گیاه تثبیتی مناسب هستند [۹]. در حال حاضر حداقل ۴۵ خانواده گیاهی به عنوان گونه‌های تجمع دهنده فلزات سنگین شناخته شده‌اند. بیش از ۴۰۰ گونه گیاهی به عنوان بیش‌اندوزگرهای فلزات سنگین در منابع مختلف معرفی شده‌اند [۳۱].

در سال‌های اخیر، استفاده از گیاهان جهت پاکسازی خاک‌های آلوده به فلزات سنگین به دلیل ارزانی، سادگی، استفاده از انرژی خورشید، مقبولیت همگانی، انجام پالایش در محل، فقدان باقیمانده مواد و ترکیبات سمی، حفظ و نگهداری کیفیت‌های فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی خاک، رویکردی طبیعی و زیست محیطی، افزایش ظرفیت‌های طبیعی و پوشش گیاهی، جلوگیری از فرسایش خاک، کنترل نشت آب و جلوگیری از نفوذ آن به آب‌های زیر زمینی، تلطیف هوا از طریق جذب ذرات و گازهای آلاینده و به ویژه گاز کربنیک و در نتیجه تعدیل اثر گلخانه‌ای در اتمسفر، از توجه زیادی برخوردار گردیده است [۲۶]. لی<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۱) پتانسیل گیاه استخراجی و تحمل ۳۹ گونه بومی از ۱۸ خانواده گیاهی را در چهار سایت آلوده به فلزات مس، روی، سرب،

<sup>1</sup> Translocation Factor

<sup>2</sup> Bio Concentration Factor

<sup>3</sup> Biological Accumulation Coefficient

<sup>4</sup> Lee

<sup>5</sup> Muddarisna

<sup>6</sup> Saba

منتقل می‌کند [۱۳].

پرکندآباد، روستایی از توابع بخش مرکزی شهرستان مشهد در استان خراسان رضوی است. این روستا در دهستان طوس قرار دارد. تصفیه خانه فاضلاب پرکند آباد، تصفیه فاضلاب مناطق شهری غرب مشهد را به عهده دارد که پس از برطرف کردن تا حدود ۹۵ درصد آلودگی فاضلاب‌ها، از پساب تصفیه شده برای مصارف کشاورزی استفاده می‌کنند. سیستم تصفیه فاضلاب در این تصفیه خانه، هوادهی پیشرفته می‌باشد.

## ۲،۲. فاکتور انتقال گیاهی (TF)

فاکتور انتقال گیاهی (TF) به این صورت توصیف می‌شود: میزان فلز سنگین در بخش هوایی تقسیم بر میزان فلز سنگین در ریشه. فاکتور مذکور برای گیاهان تجمع دهنده در اندام هوایی بیش از یک بوده در حالی که در گیاهان دیگر بسیار ناچیز و کمتر از یک است. [۲۲]. فاکتور انتقال بین ۱ تا ۱۰ نشان دهنده تجمع زیادی از فلزات سنگین است. فاکتور انتقال بالا همچنین نشان دهنده کارایی بالاتر گیاه برای جذب فلزات می‌باشد [۲۲].

$$TF = \frac{C_s}{C_r}$$

$C_s$ : غلظت فلز در اندام گیاهی بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم

$C_r$ : غلظت عنصر در اندام زیر زمینی گیاه بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم. جدول (۲) این فاکتور را برای گیاهان نشان می‌دهد.

## ۳،۲. فاکتور غلظت فلز (BCF)

این شاخص برای تشخیص و تمایز بین گیاهان انباشت دهنده و گیاهان بسیار انباشت دهنده می‌باشد. این فاکتور به همراه TF کاربرد دارد. این فاکتور برای گیاهان بیش انباشتگر به همراه فاکتور انتقال بیشتر از واحد باید باشد. تعیین فاکتور BCF به صورت زیر انجام می‌شود [۲۲].

مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها نتیجه گرفتند که گیاه *Populus nigra* بهترین بیش اندوز فلزات منگنز، روی و کادمیوم بود و *Thuja orientalis* به عنوان بهترین بیش اندوز (در فرآیند گیاه استخراجی) برای آهن و *Cupressus sempervirens* بهترین گونه برای تجمع انباشت سرب بود. در این پژوهش توانایی چهار گونه گیاهی: بوم‌آدران (*Achillea millefolium*)، آگروپرون (*Agropyron elongatum*)، بوفالوگرس (*Bouteloua dactyloides*) و آرتمیزیبا (*Artemisia sieberi*) جهت گیاه پالایی چهار فلز سنگین مس، روی، سرب و کادمیوم مورد بررسی قرار گرفته شد. که ۳ گونه آن بومی مراتع ایران و یکی بومی مراتع آمریکای شمالی می‌باشد. این گونه‌ها به دلیل توانایی رشد در مناطق خشک ایران و نیاز کم به آب و جذب بالای فلزات سنگین مورد استفاده قرار گرفته شدند [۱۳]. به این صورت که نمونه‌های گیاهی در زمین کشاورزی کاشته شدند و به مدت چهار ماه کل نمونه‌ها و سطح زیر کشت فقط توسط آب فاضلاب تصفیه‌خانه (آب‌های خاکستری) در عمق زراعی آبیاری شدند. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال داده شدند و توانایی گیاهان جهت جذب چهار فلز سنگین ذکر شده از خاک مورد بررسی قرار گرفته شد [۱۳].

## ۲. روش شناسی

### ۱،۲. معرفی منطقه مورد مطالعه

زمینی که نمونه‌های گیاهی در آن کشت شدند، اراضی دانشگاه آزاد اسلامی واقع در ایران، استان خراسان رضوی، شهرستان مشهد، به ادرسمشهد، جاده قوچان، خیابان سه راه دانش، روستای پرکند آباد بود که در طول جغرافیایی " ۲۰/۱۸ ' ۳۳ ° ۵۹ و عرض جغرافیایی " ۱۲/۵۸۹ ' ۲۴ ° ۳۶ واقع شده است. آب این منطقه از طریق تصفیه خانه پرکند آباد تأمین می‌شود که این تصفیه خانه پساب را جهت کشاورزی به این منطقه

برداشت شده و برای تغذیه دام به صورت خشک شده یا سیلو شده مورد استفاده قرار گیرند. این گیاهان به علت دارا بودن سیستم ریشه‌ای افشان و انبوه به بهبود ساختمان خاک کمک می‌نمایند [۳۲]. قابل ذکر است که گیاهان مورد استفاده در گیاه پالایی، قسمت‌هایی از گیاه که فلزات سنگین را جذب کرده‌اند (ریشه یا ساقه)، پس از جذب فلزات سنگین باید دفن یا سوزانده شوند و نباید توسط دام مورد استفاده قرار گیرند [۴].

### ۳،۴،۲. گونه آرتمیسیا (*Artemisia sieberi*)

این گونه مرتعی به دلیل سازگاری با شرایط خاص مناطق خشک و نیمه‌خشک، فرم خاص بوته‌ای نیمه خشبی، تولید علوفه، مقاومت به چرا، مصون از چرای زودرس، امکان تجدید حیات، و نقش آن در حفاظت آب و خاک اهمیت به سزایی دارد [۲۳] و با تحمل دمای ۱۲- تا ۴۹ درجه سانتی‌گراد رویش دارد [۸]. طول دوره رشد در گیاهان بوته‌ای نسبتاً طولانی می‌باشد که این می‌تواند در نتیجه ساختار مرفولوژیکی این گونه‌ها یا سیستم ریشه دوانی قوی آن‌ها باشد [۳۰].

### ۴،۴،۲. گونه بوفالو گرس (*Bouteloua dactyloides*)

این گونه یک چمن چند ساله بومی مکزیک و آمریکای شمالی است. این گونه تحمل بالایی نسبت به خشکسالی و دمای بالا دارد. این گونه مناسب چمن کاری در پارک‌ها، زمین‌های گلف، مناطق باز و... می‌باشد.

### ۵،۲. روش پژوهش

#### ۱،۵،۲. کاشت نمونه‌های گیاهی

ابتدا بذر گیاهان مورد مطالعه در لیوان‌های پلاستیکی حاوی خاک کاشته شد، سپس نمونه‌ها به گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی منتقل شد. پس از آبیاری نمونه‌ها جوانه زده و شروع به رشد کردند. پس از جوانه زدن و رشد نمونه‌های گیاهی، نمونه‌ها از گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی به زمین کشاورزی جهت کشت

$$BCF = \frac{C_{harvest}}{C_{soil}}$$

$C_{harvest}$  : غلظت فلز در ساقه گیاه بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم

$C_{soil}$  : غلظت فلز در خاک بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم

مقدار این فاکتور برای گیاهان مورد مطالعه در جدول (۳) آورده شده است [۱۳].

### ۴،۲. معرفی گونه‌های گیاهی استفاده شده در

#### این پژوهش

در این پژوهش ۴ گونه گیاهی مرتعی به شرح زیر مورد استفاده قرار گرفته شد که ۳ گونه آن بومی مراتع ایران و یکی بومی مراتع آمریکای شمالی می‌باشد. این گونه‌ها به دلیل توانایی رشد در مناطق خشک ایران و نیاز کم به آب و جذب بالای فلزات سنگین مورد استفاده قرار گرفته شدند [۱۳].

### ۱،۴،۲. گونه بومادران (*Achillea millefolium*)

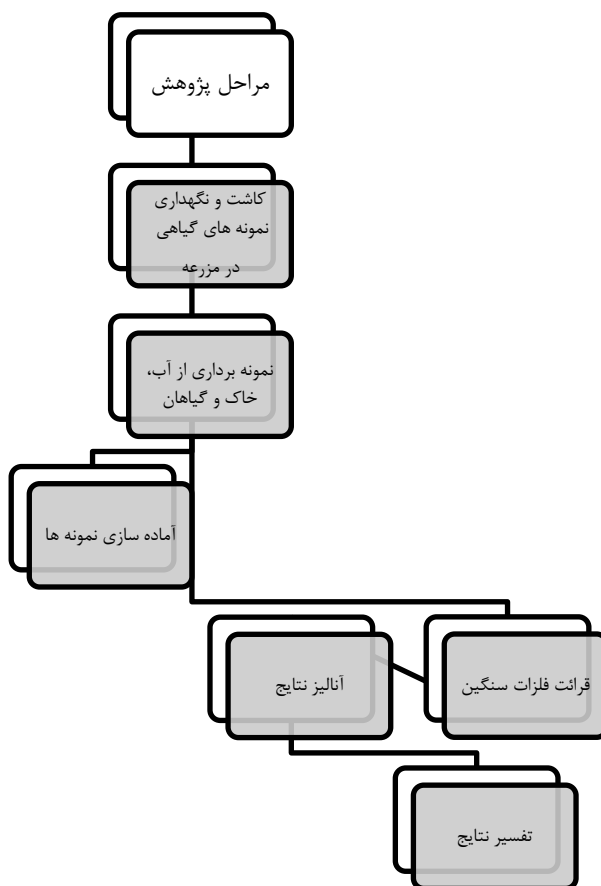
این گونه گیاهی است پایا، به ارتفاع ۳۰ تا ۹۰ سانتیمتر و گاهی بیشتر که به صورت خودرو در دشت‌ها، کنار جاده‌ها و نواحی کوهستانی می‌روید [۳۸]. این گیاه بومی اروپا و آسیا است. *A. millefolium* در طول رویش به شرایط اقلیمی خاصی نیاز ندارد و تقریباً در هر اقلیمی رویش می‌کند. گیاهی است روز بلند که مناسب ترین دما برای رشد و گل دهی آن ۱۸-۲۶ درجه سانتی‌گراد است. گل‌ها، پیکر رویشی و برگ‌های *A. millefolium* خاصیت دارویی دارند [۳۷ و ۲]. بنا بر گزارش‌ها ۱۹ گونه از جنس *A. millefolium* در ایران می‌روید [۷].

### ۲،۴،۲. گونه آگروپایرون (*Agropyron elongatum*)

این گونه از مهم‌ترین گندمیان مرتعی ایران محسوب می‌شود. این جنس در مناطق استپی سرد و معتدله می‌روید و ارزش مرتعی قابل توجهی دارد [۲۴]. گندمیان علاوه بر اینکه مورد چرا قرار می‌گیرند، ممکن است

علف‌های هرز، رصد و شمارش و اندازه‌گیری از نمونه‌ها انجام شد. طرح آزمایش به شرح زیر است:

منتقل شد. طرح آزمایشی بلوک کامل تصادفی با ۲ تکرار و ۴ گونه گیاهی بود. از زمان کاشت نمونه‌ها در مزرعه تا چند ماه، عملیات‌های آبیاری نمونه‌ها، از بین بردن



گونه آلودگی و ذرات خاک همراه با آن‌ها جدا سازی شود، سپس اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاهان از هم جدا شده و به داخل پاکت‌های کاغذی منتقل گردید و یک شبانه روز در دستگاه خشک کن در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا کاملاً خشک شوند. همچنین طول کلیه نمونه‌ها و وزن خشک و تر آن‌ها (ریشه و ساقه) به طور جداگانه اندازه‌گیری و ثبت شد. پس از خشک شدن، هر نمونه جداگانه توسط دستگاه به پودر تبدیل شد. بعد از آن پودر هر نمونه به ظروف چینی منتقل شد و سپس آن‌ها داخل کوره گذاشته شده و تبدیل به خاکستر شدند. کلیه مراحل زیر با استفاده از روش عصاره‌گیری با تیزاب

۲،۵،۲. نمونه برداری، آماده‌سازی و هضم اسیدی

### گیاهان

سپس نمونه‌های گیاه برداشت شده، برای آماده‌سازی و قرائت فلزات سنگین به آزمایشگاه دانشکده داروسازی دانشگاه فردوسی مشهد برده شد. از هر بلوک یک نمونه گیاه برداشت شد، (۲ بلوک و ۴ گونه گیاه) در مجموع ۸ نمونه از گیاهان به طور کامل (گیاه همراه با ریشه) برداشت شد. همچنین از هر نمونه گیاه برداشته شده، یک نمونه از خاک زیر گیاه هم برداشت شد (در مجموع ۸ نمونه خاک). نمونه‌های گیاهی جمع‌آوری شده جهت انجام آنالیزهای شیمیایی ابتدا با آب مقطر به طور کامل شسته شده تا هر

بر روی پلاستیک تمیز به صورت لایه‌ای نازک پهن شده و در مجاورت هوا در دمای اتاق خشک شدند. سپس خاک خشک شده جهت یکنواخت شدن نمونه‌ها به آرامی خرد شد. مواد بزرگتر با استفاده از الک ۲ میلی‌متر یکنواخت شده سپس نمونه‌های خاک هضم اسیدی می‌شوند. کلیه مراحل با استفاده از روش‌های استاندارد با تیزاب سلطانی [۳۹] انجام شد. کلیه مراحل مانند آنچه که در بند قبل (هضم اسیدی نمونه‌های گیاهی) گفته شد، انجام شد. با این تفاوت که به جای ۱ گرم خاکستر گیاه، ۱ گرم از خاک استفاده شد.

### ۴,۵,۲. تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار پایگاه اطلاعاتی Excel دسته‌بندی و نمودارهای مربوط تهیه شد. برای انجام آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌ها از نرم‌افزار آماری SPSS22 استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها به روش LSD انجام شد.

### ۳. نتایج

مقایسه میزان آلودگی خاک ریزوسفری گیاهان به فلزات سنگین با شاخص سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا (EPA) (بر حسب mg/kg یا ppm) در جدول (۱) آورده شده است [۱۳].

سلطانی [۳۹] انجام شد: روش کار به این صورت است که نمونه خشک پودر شده گیاه را (ریشه و ساقه به صورت جداگانه) درون ظروف چینی ریخته و داخل کوره قرار داده شد. دمای کوره را به تدریج در عرض ۲ ساعت به ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد رسانیده، ۴ تا ۱۲ ساعت در این حرارت نگهداری کرده تا خاکستر گیاه به رنگ سفید درآید. بعد از اتمام این مدت کوره را خاموش کرده ظروف را از داخل کوره خارج می‌کنیم. پس از سرد شدن نمونه‌ها ابتدا ۱ گرم از خاکستر هر نمونه (ریشه و ساقه به صورت جداگانه) را وزن کرده و داخل ارن ریخته شد. سپس ۰/۷ میلی لیتر آب مقطر دو بار تقطیر به آن اضافه شد و بعد از آن ۷ میلی لیتر اسید کلریک و ۲/۳ میلی لیتر اسید نیتریک به تدریج به آن اضافه شد. بعد از این مرحله نمونه‌ها به مدت ۱۶ ساعت در درجه حرارت اتاق قرار داده می‌شوند. سپس نمونه‌ها را به مدت ۲ ساعت بر روی Hot Plate به درجه حرارت زیاد قرار داده شد. پس از آن نمونه‌ها سرد شده و توسط کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف گردیده و به وسیله اسید نیتریک ۰/۵ مولار آنرا به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده شد. سپس نمونه‌های آماده شده، جهت قرائت فلزات سنگین به دستگاه جذب اتمی تزریق می‌شوند.

### ۳,۵,۲. نمونه برداری، آماده‌سازی و هضم اسیدی

#### خاک ریزوسفری

پس از نمونه برداری از خاک، نمونه‌ها برای ۷۲ ساعت

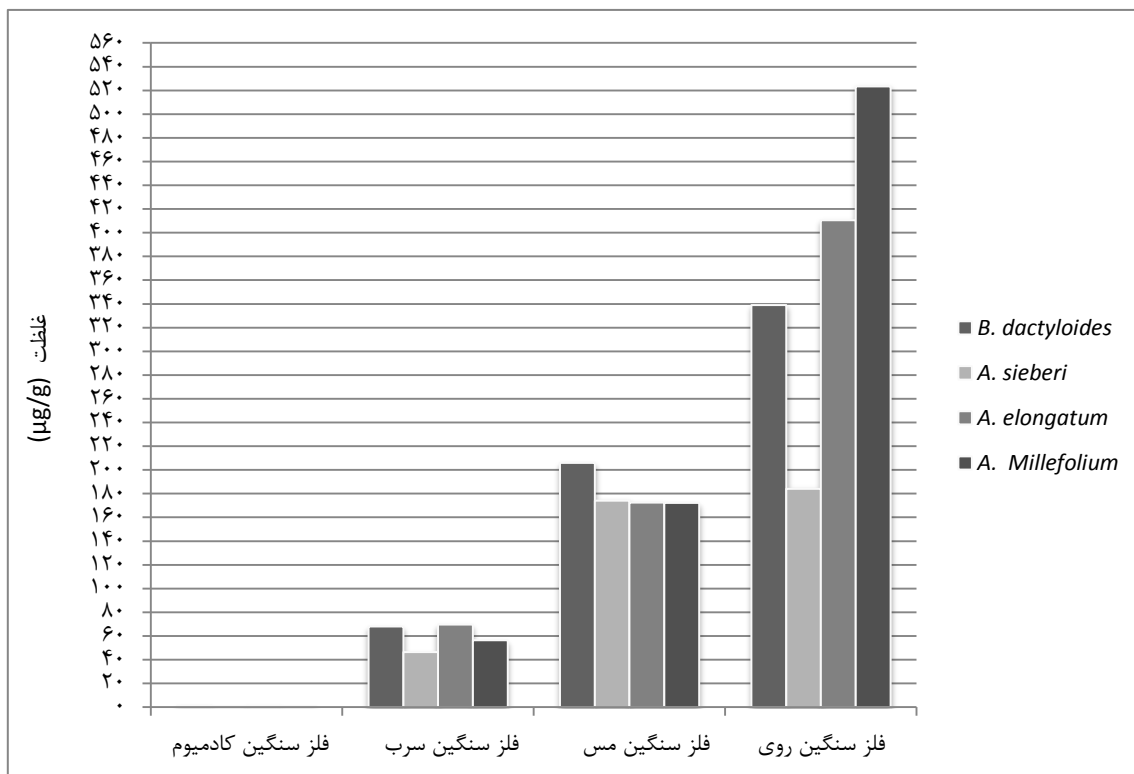
جدول ۱. مقایسه میانگین فلزات سنگین نمونه‌های خاک ریزوسفری با شاخص آلودگی EPA\*

نمونه خاک	مس	سرب	روی	کادمیوم
خاک محیط کشت <i>A. millefolium</i>	۱۷۵/۴۲	۶۸	۲۱۰/۲۵	۱/۰۷۵
خاک محیط کشت <i>B. dactyloides</i>	۱۶۸/۸	۷۱	۱۹۰/۸۷	۱
خاک محیط کشت <i>A. elongatum</i>	۱۷۳/۳۷	۶۶/۳۲	۱۹۹	۱/۰۵
خاک محیط کشت <i>A. sieberi</i>	۱۶۹/۲	۶۴/۶۷	۱۸۸/۱۲	۱/۰۲
EPA	۶۰	۴۰۰	۵۰	۷۰

\* شاخص سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا

آورده شده است [۱۳].

چهار عنصر سنگین مورد بررسی در اندام هوایی نمونه‌های گیاهی جهت مقایسه به صورت نمودار میله‌ای



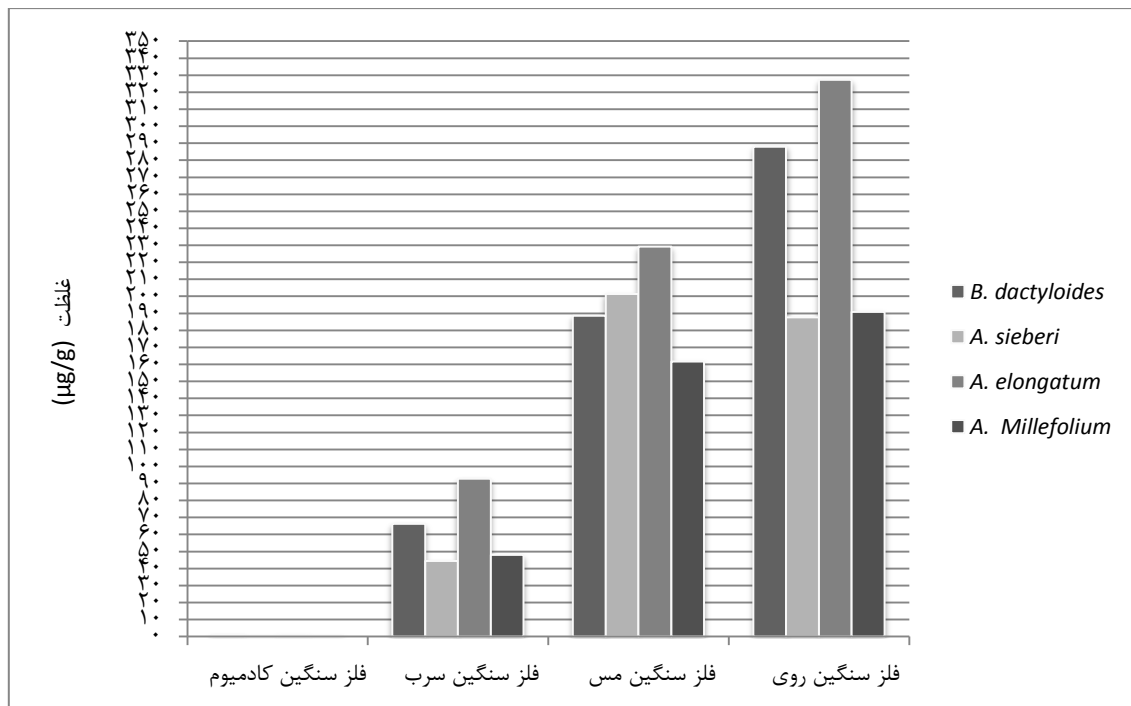
شکل ۱. مقایسه جذب چهار فلز سنگین در اندام هوایی نمونه‌های گیاهی

*A. sieberi* از بیشترین به کمترین جذب را داشته‌اند. همچنین در فلز سنگین مس گیاه *B. dactyloides* بیشترین جذب را نسبت به بقیه نمونه‌ها دارا بود و بقیه گیاهان جذب نسبتاً یکسانی داشتند. همچنین در فلز سنگین روی به ترتیب گیاهان *A. millefolium*، *A. elongatum*، *B. dactyloides* و *A. sieberi* از بیشترین به کمترین جذب را داشته‌اند.

چهار عنصر سنگین مورد بررسی در ریشه‌های نمونه‌های گیاهی جهت مقایسه به صورت نمودار میله‌ای آورده شده است [۱۳].

به طور کلی گیاهان در جذب و انتقال این چهار عنصر سنگین از محیط آبی و خاک اطراف ریشه به اندام هوایی (حالت استخراج گیاهی) خود به این صورت عمل کردند که مطابق شکل (۱) فلز سنگین کادمیوم، کمترین جذب را در میان چهار گونه گیاهی مورد آزمایش داشته است (همه نمونه‌های گیاهی حدود  $1 \mu\text{g/g}$ ). همچنین فلزات سرب، مس و روی به ترتیب از کمترین به بیشترین مقدار جذب را در بین نمونه‌های گیاهی مورد آزمایش داشتند. همچنین در فلز سنگین سرب به ترتیب گیاهان *A. elongatum*، *B. dactyloides*، *A. millefolium* و





شکل ۲. مقایسه جذب چهار فلز سنگین در ریشه‌های نمونه‌های گیاهی

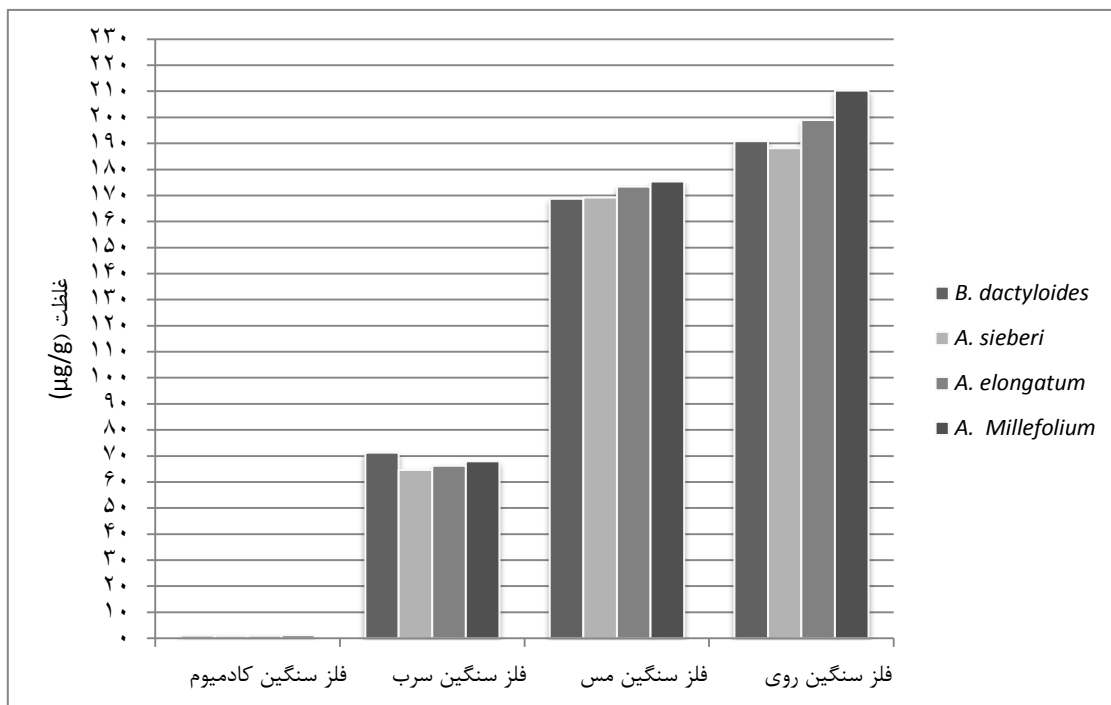
چهار عنصر سنگین مورد بررسی در خاک ریزوسفری اطراف ریشه‌های نمونه‌های گیاهی جهت مقایسه به صورت نمودار میله‌ای آورده شده است [۱۳].

به طور کلی میزان فلزات سنگین در خاک محل کشت نمونه‌های گیاهی به این صورت است که مطابق شکل (۳) فلز سنگین کادمیوم، کمترین مقدار را در خاک محل مورد آزمایش داشته است (برای همه نمونه‌های گیاهی حدود  $1 \mu\text{g/g}$ ). همچنین فلزات سرب، مس و روی به ترتیب از کمترین به بیشترین مقدار را در بین خاک همه نمونه‌های گیاهی مورد آزمایش داشته‌اند.

همچنین در فلز سنگین سرب به ترتیب گیاهان *B. dactyloides*، *A. millefolium*، *A. elongatum* و *A. sieberi* از بیشترین به کمترین مقدار را در خاک داشته‌اند. همچنین در فلز سنگین مس به ترتیب گیاهان *A. millefolium*، *A. elongatum*، *A. sieberi* و *B. dactyloides* از بیشترین به کمترین مقدار را در خاک داشته‌اند. همچنین در فلز سنگین روی به ترتیب

به طور کلی گیاهان در جذب و انتقال این چهار عنصر سنگین از محیط آبی و خاک به ریشه خود به این صورت عمل کردند که مطابق شکل (۲) فلز سنگین کادمیوم، کمترین جذب را در میان چهار گونه گیاهی مورد آزمایش داشته است (همه نمونه‌های گیاهی حدود  $1 \mu\text{g/g}$ ). همچنین فلزات سرب، مس و روی به ترتیب از کمترین به بیشترین مقدار جذب را در بین همه نمونه‌های گیاهی مورد آزمایش داشتند. همچنین در فلز سنگین سرب به ترتیب گیاهان *A. elongatum*، *B. dactyloides*، *A. millefolium* و *A. sieberi* بیشترین به کمترین جذب را داشته‌اند. همچنین در فلز سنگین مس به ترتیب گیاهان *A. elongatum*، *A. sieberi*، *B. dactyloides* و *A. millefolium* بیشترین به کمترین جذب را داشته‌اند. همچنین در فلز سنگین روی به ترتیب گیاهان *A. elongatum*، *B. dactyloides*، *A. millefolium* و *A. sieberi* بیشترین به کمترین جذب را داشته‌اند.

گیاهان *A. elongatum*، *A. millefolium*، *A. sieberi* و *B. dactyloides* از بیشترین به کمترین مقدار را در خاک داشته‌اند.



شکل ۳. مقایسه جذب چهار فلز سنگین در خاک ریزوسفری اطراف ریشه‌های نمونه‌های گیاهی

جدول ۲. مقدار فاکتور انتقال (TF) برای گونه‌های گیاهی مورد آزمایش [۱۳].

نمونه برحسب (mg/kg)	کادمیوم	سرب	مس	روی
<i>A. millefolium</i>	۱/۵۴	۱/۱۷	۱/۰۶	۲/۷۴
<i>A. elongatum</i>	۱/۱۴	۰/۷۵	۰/۷۵	۱/۲۵
<i>B. dactyloides</i>	۱/۴۱	۱/۰۲	۱/۰۹	۱/۱۷
<i>A. sieberi</i>	۱/۸۳	۱/۰۴	۰/۸۶	۰/۹۸

جدول ۳. مقدار فاکتور غلظت فلز (BCF) برای گونه‌های گیاهی مورد آزمایش [۱۳].

نمونه برحسب (mg/kg)	کادمیوم	سرب	مس	روی
<i>A. millefolium</i>	۰/۷۱	۰/۸۲	۰/۹۸	۲/۵
<i>A. elongatum</i>	۰/۹۵	۱/۰۴	۰/۹۹	۲/۰۶
<i>B. dactyloides</i>	۱/۳۷	۰/۹۵	۱/۲۲	۱/۷۷
<i>A. sieberi</i>	۰/۷۴	۰/۷۱	۱/۰۲	۰/۹۸

اندام‌های هوایی خود هستند ( $TF > 1$ ):

بر طبق پژوهش انجام گرفته از میان چهار گیاه انتخاب شده، گیاهان زیر تجمع دهنده فلزات زیر در

جدول ۴. گیاهان تجمع دهنده انواع فلزات سنگین در اندام هوایی خود [۱۳]

فلز سنگین				گیاه
مس	روی	سرب	کادمیوم	
	✓		✓	<i>A. elongatum</i>
✓	✓	✓	✓	<i>B. dactyloides</i>
	✓	✓	✓	<i>A. sieberi</i>
✓	✓	✓	✓	<i>A. millefolium</i>

همچنین گیاهان زیر تجمع دهنده فلزات زیر در ریشه‌های خود هستند ( $TF < 1$ ):

جدول ۵. گیاهان تجمع دهنده انواع فلزات سنگین در ریشه‌های خود [۱۳]

فلز سنگین				گیاه
مس	روی	سرب	کادمیوم	
✓		✓		<i>A. elongatum</i>
				<i>B. dactyloides</i>
✓				<i>A. sieberi</i>
				<i>A. millefolium</i>

بر طبق پژوهش انجام گرفته چهار گیاه انتخاب شده مناسب گیاه پالایی برای فلزات زیر هستند ( $TF > 1$ ) و ( $BCF > 1$ ):

جدول (۶) گیاهان مناسب جهت گیاه پالایی انواع فلزات سنگین [۱۳]

فلز سنگین				گیاه
مس	روی	سرب	کادمیوم	
	✓			<i>A. elongatum</i>
✓	✓	✓	✓	<i>B. dactyloides</i>
	✓			<i>A. sieberi</i>
✓	✓			<i>A. millefolium</i>

## ۵. نتیجه گیری و بحث

طبق نتایج بدست آمده (جدول ۱) فلز روی در خاک تمام گیاهان دارای آلودگی شدید می‌باشد و حدود ۴ برابر حد مجاز آلودگی در خاک است. همچنین فلز سنگین مس در خاک ریزوسفری ریشه تمام گیاهان دارای آلودگی شدید، در حدود ۳ برابر حد مجاز آلودگی مس در

طبق جدول (۶) توانایی چهار گونه گیاهی جهت گیاه پالایی چهار عنصر: مس، روی، سرب، کادمیوم به شرح زیر است:

$$A. elongatum = A. sieberi < A. millefolium < B. dactyloides$$

گیاه *B. dactyloides* جهت گیاه پالایی هر چهار فلز سنگین مناسب می‌باشد [۱۳].

گونه *A. sieberi* توانایی بالایی در جذب فلزات سنگین کادمیوم، سرب و روی و در ساقه‌های خود دارد که با تحقیقات پیشین بر روی گونه *Artemisia dubia* مطابقت دارد [۱۹]. گیاه *A. millefolium* انباشتگر فلزات سنگین مس، سرب، روی و کادمیوم در اندام هوایی خود بوده و مناسب جهت گیاه پالایی فلزات سنگین ذکر شده می‌باشد که با تحقیقات پیشین بر روی این گونه مطابقت دارد [۲۱]. همچنین طبق دیگر تحقیقات پیشین گیاه *A. millefolium* نسبت به بعضی دیگر از نمونه‌ها در جذب عنصر سرب به‌طور موفق‌تری عمل کرده است و مناسب جهت گیاه پالایی این فلز سنگین می‌باشد، که مطابق با نتایج بدست آمده در این پژوهش می‌باشد [۱۶]. حداکثر مقدار مجاز روی در اندام‌های گیاهان بین ۱۰۰ تا ۴۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد [۱۵]. مقدار جذب عنصر روی توسط گونه‌های *A. elongatum* و *B. dactyloides* در اندام هوایی طبق نمودار ۱، بیشتر از محدوده مجاز می‌باشد. این نشان دهنده مقاومت بالای این گیاهان به غلظت زیاد روی در اندام‌های خود است. همچنین در مطالعات قبلی محدوده نرمال غلظت سرب را برای گیاهان ۲-۶ میکروگرم بر کیلوگرم ذکر شد. مطابق نمودارهای ۲ و ۳، هر چهار گونه گیاهی مورد آزمایش آلوده به سرب تشخیص داده شدند. با اینکه سرب ممکن است به‌طور طبیعی در همه گیاهان وجود داشته باشد، ولی هیچ نقش ضروری در متابولیسم گیاهان ندارد و گیاهانی که بتوانند در حضور غلظت‌های بالای این عنصر در خاک رشد کنند و واکنش منفی از خود بروز نکنند، مقاوم به این فلز هستند. ایشان بیان می‌کنند که سرب ممکن است در غلظت‌های بالا یا پایین توسط گیاهان جذب شود که این فرآیند با خصوصیات خاک و گیاهان ارتباط محکمی دارد. بنابراین در بین چهار نمونه گیاهی کشت شده، گیاه *B. dactyloides* بهترین نمونه گیاهی جهت گیاه پالایی مناطق آلوده است. این نمونه‌های گیاهی مناسب جهت گیاه پالایی مناطق خشک و کم آب می‌باشند. همان‌طور که در تحقیقات پیشین خانواده

خاک‌ها بود. همچنین مقدار فلزات سرب و کادمیوم در خاک ریزوسفری ریشه تمام گیاهان کمتر از حد مجاز بود. احتمالاً علت آلوده نبودن خاک اطراف ریشه‌ها، عملکرد مناسب گیاه برای جذب فلزات سنگین سرب و کادمیوم، در ریشه و اندام هوایی می‌باشد. گیاهان با کاهش فلزات موجود در خاک مقدار این فلزات را در خاک پایین می‌آورند [۱۸]. وجود سرب و روی در خاک بیش از مقدار مجاز، از عمده‌ترین تهدیدات زیست محیطی است که می‌تواند اثرات سوء متعددی بر سلامتی انسان و اکوسیستم‌های طبیعی داشته باشد. بنابراین شناسایی گیاهان بیش‌اندوزگر سرب و روی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که بین غلظت کل سرب، مس، روی و کادمیوم خاک و گیاهان مورد مطالعه همبستگی معنی‌داری وجود داشت و در مکان‌هایی که غلظت سرب، مس، روی و کادمیوم در خاک بیشتر بود، به تبع آن غلظت این عناصر در اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاه نیز بیشتر بود. در این‌باره طبق تحقیقات پیشین جذب فلزات سنگین توسط گیاهان تحت تأثیر قابل دسترس بودن فلزات در خاک قرار دارد که این خود به خصوصیات خاک و گیاه بستگی دارد. همچنین اگر گیاه دارای توانایی گیاه‌پالایی باشد، با افزایش مقدار فلز در خاک، مقدار آن در اندام‌های گیاه نیز افزایش می‌یابد. طبق نتایج به دست آمده گیاه *B. dactyloides* مناسب جهت گیاه پالایی و بیش انباشتگر هر چهار فلز سنگین روی، مس، کادمیوم و سرب می‌باشد. همچنین گیاه *A. millefolium* مناسب جهت گیاه پالایی و بیش انباشتگر فلزات مس و روی می‌باشد و گیاهان *A. sieberi* و *A. elongatum* مناسب جهت گیاه پالایی و بیش انباشتگر فلز روی می‌باشند. گیاهان ذکر شده مناسب جهت گیاه پالایی در محیط‌های خشک و کم آب می‌باشند [۱۳]. گیاه *A. sieberi* انباشتگر فلزات سنگین سرب و روی و کادمیوم در اندام هوایی خود نسبت به ریشه می‌باشد که با تحقیقات پیشین بر روی گونه *Artemisia aucheri* مطابقت دارد [۱۴]. همچنین

گیاهی (مهم‌ترین تکنیک گیاه پالایی) در فلزات ذکر شده است. همچنین فاکتور BCF، این شاخص برای تشخیص و تمایز بین گیاهان انباشت‌دهنده و گیاهان بسیار انباشت‌دهنده می‌باشد. این فاکتور به همراه TF کاربرد دارد. این فاکتور برای گیاهان بیش انباشتگر به همراه فاکتور انتقال (TF) بیشتر از واحد باید باشد [۲۵]. طبق جدول ۶، فاکتورهای BCF و TF در گیاه *B. dactyloides* در هر چهار فلز سنگین مس، روی، سرب و کادمیوم بزرگتر از یک هستند، که نشان دهندهٔ بیش‌انباشتگر بودن گیاه *B. dactyloides* در هر چهار فلز ذکر شده است. همچنین با بیشتر از یک بودن فاکتورهای BCF و TF، گیاه *A. millefolium* بیش‌انباشتگر فلزات مس و روی و گیاهان *A. sieberi* و *A. elongatum* بیش‌انباشتگر فلز روی هستند. همچنین گونهٔ *A. elongatum* تجمع دهندهٔ فلزات مس و سرب در ریشه است و این گیاه مناسب جهت مراتع در معرض چرای دام می‌باشد. زیرا فلزات در ریشه انباشته شده و به چرخهٔ غذایی وارد نمی‌شوند. این خصوصیت مناسب جهت تکنیک تثبیت گیاهی می‌باشد زیرا مانع تحرک فلز و ورود آن به آب‌های زیر زمینی می‌گردد. در این رابطه مشخص شده است که بیشتر فلزات در ریشه‌های گیاهان تجمع می‌یابند. همچنین طبق مطالعات قبلی ذخیرهٔ فلزات در ریشه‌ها نشان می‌دهد که برخی گیاهان با دفع داخلی یا خارجی فلزات سازگار هستند و از این طریق مانع انتقال عناصر به اندام‌های هوایی می‌شوند.

*Poaceae* دارای بالاترین جذب فلزات سنگین به علت سیستم ریشه‌ای قوی و ضریب انتقال بالا می‌باشند [۳ و ۳۳]. همان‌طور که مشاهده می‌شود بین فرم‌های رویشی، گیاهان علفی بیشترین سهم در جذب عناصر سنگین را دارا می‌باشد و با یافته‌های پیشین [۳] مطابقت دارد. این انتقال را احتمالاً به دلیل حضور ناقل‌های ویژه برای عناصر در گیاه می‌دانند که نیاز به بررسی‌های مولکولی دارد [۲۶]. بعد از فرم علفی فرم‌های بوته‌ای و درختچه‌ای در مکان‌های بعدی قرار دارند [۳]. همچنین فلز کادمیوم کمترین جذب را در گیاهان نشان داده، که با بررسی‌های گذشته مطابقت دارد و دلیل آن ممکن است به ماهیت خود فلز برگردد زیرا کادمیوم یکی از فلزات غیر ضروری و سمی برای رشد گیاهان است بنابراین با درصد کمتری در گیاهان جذب می‌شود [۶]. مطابق با پژوهش‌های گذشته گیاهانی که مقدار TF در آن‌ها بیشتر از یک است، جهت تکنیک استخراج گیاهی (مهم‌ترین تکنیک گیاه پالایی) مناسب هستند و به طور کلی این گیاهان نیازمند انتقال فلزات سنگین به بخش‌های قابل برداشت گیاهان مانند ساقه‌ها هستند. نتایج این مطالعه نشان داد که این ضریب (TF) در نمونه‌های گیاهی *B. dactyloides* و *A. millefolium* در هر چهار فلز سنگین مس، روی، سرب و کادمیوم بزرگتر از یک است، همچنین این ضریب در گیاه *A. sieberi* در سه فلز سنگین روی، سرب و کادمیوم و در گیاه *A. elongatum* در فلز سنگین روی بیشتر از یک است (جدول ۴)، که نشان دهندهٔ مناسب بودن گیاهان جهت تکنیک استخراج

## References

- [1] Abdi Ghazi Jahani, A., Zarban Haghghi, A. and Mirzaee Nadushan, H. (2007). genetic study of Agropyron and investigating the possibility of cross-species overlap to achieve the potentials in different species. Final report of the project, research institution of forests and rangelands publications. Page 37.
- [2] Aminifar, J. and Ramrudi, M. (2013). Efficiency of *Eichhornia crassipes* in cleaning the water contaminated by heavy metals and nitrogen, national conference on environmental research of Iran, Hamadan, Shahid Mofattah University.

- [3] Amiri, M., Tamartash, R., Tatian, M. and Yousefian, M. (2010). evaluating the absorbing mechanisms of environmental polluting elements by rangeland species, fourth specialized conference of environmental engineering, Tehran, University of Tehran, Faculty of Environment.
- [4] Analele Universității din Craiova, seria Agricultură Phytoremediation using medicinal plants – A review pruteanu– Montanologie – Cadastru (Annals of the University of Craiova – Agriculture, Montanology, Cadastre Series) Vol. XLIV 2014
- [5] Atashgahi, M., Hamidian, A., Khorasani, N. Pashaki. F. and Mohammadnejad Motlagh, M. (2011). investigating the efficiency of heavy metals removal in wastewater of gas refinery by purification with *Phragmites australis*, natural environment journal of Iran.
- [6] Azadshahraki, S., Ahmadi Moghadam, A., Naseri, F. and Esmaealzade. A. (2008). the role of two plant species of *Rumex pulcher* and *Verbascum songaricum* in absorbing some heavy metals in the areas around Sarcheshme copper mine, fuel natural conference, energy and environment, Tehran, material and energy research center.
- [7] Azani, N., Sheidai, M. and Attar, F., (2009). Morphological and palynological studies in some *Achillea* L. species (Asteraceae) of Iran. Iranian Journal of Botany, 15(2), 213-226
- [8] Bashari., H. and Shah Moradi, A. Aouecology of three rangeland species of *Stipa Hohenackeriana*, *Artemisia sieberi* and *Ferula gumosa* in rangeland ecosystems of Qom province. Quarterly research of Iran rangeland and desert. 1383.
- [9] Cheraghi, M., Lorestani, B., Khorasani, N., Yousefi, N. and Karami, M. (2011). Findings on the phytoextraction and phytostabilization of soils contaminated with heavy metals, Biological Trace Element Research, 144(1-3), 1133-1141.
- [10] Dabiri, M. (2008). Environmental pollution (air, water, soil and sound), Etehad publication, Tehran.
- [11] Fontem Lum, A., Ngwa, E.S.A., Chikoye, D., and Suh, CE. (2014). Phytoremediation Potential of Weeds in Heavy Metal Contaminated Soils of the Bassa Industrial Zone of Douala, Cameroon. International Journal of Phytoremediation, 16, 302–319.
- [12] Ghosh, M. and Singh, S.P. (2005). A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of its byproducts. Applied Ecology and Environmental Research, 3(1), 1-18.
- [13] Hamed Moghadam Salari, R. (2017). Restoring the vegetation of areas contaminated with heavy metals by Phytoremediation. Master's thesis in Civil Engineering, Hydraulic branch, Islamic Azad University, Mashhad Branch. 103 pages.
- [14] Hosni Jour., M. and Fereshteh, B. (2010). Phytoremediation of heavy metals of zinc and lead in the Sarcheshme copper of Kerman, National conference on energy and environment of Kerman, Kerman, Shahid Bahonar University of Kerman.
- [15] Kabata, A. and Pendias, H. (2011). Trace Metals in Soils and Plants, CRC Press, Boca Raton, Fla, USA, 4nd edition. 534 pp.
- [16] Karim Khani Mianji, S., Haj Seyed Hadi, M., Riazi. Gh. and Haghghatnia, S. (2012). investigating the potential of plants Phytoremediation of *Salvia officinalis* and *Achillea* for purification of soils contaminated with heavy metals, 12<sup>th</sup> Iranian congress of cultivation and modification of plants science in Iran, Karaj, Islamic Azad University, Karaj Branch.
- [17] Khan, S., Ahmad, I., Shah, t., Haliq, sh. and Haliq, A. (2009). Use of constructed wetland for the removal of heavy metals from industrial wastewater. Journal of environmental management 90(2009), 3451-3457.
- [18] Koptsik, G.N. (2014). Modern Approaches to Remediation of Heavy Metal Polluted soils. Issn 1064 eurasian soil science (2014), 707-722.
- [19] Lei, W., Peishi, Q. and Xin, M. (2011). Phytoremediation prospects of heavy metals by indigenous plants growing in industrial polluted soils. International Conference on Computer Distributed Control and Intelligent Environmental Monitoring, 1628-1632.
- [20] McGrath, SP. and Zhao, FJ. (2003). Phytoextraction of metals and metalloids from contaminated soils. Current Opinion in Biotechnology, 14:277–282.

- [21] Mirhaji, S.T. (1999). Ecological comparison of *Artemisia* species in Semnan province. Master's thesis. Tarbiat Modarres University. 147 pages. Hossein Bashari and Amr Ali Shah Moradi.
- [22] Moameri, M., Jafari, M., Tavili, A., Motasharezadeh, B. and zare, M. (2017). Rangeland plants potential for phytoremediation of contaminated soils with lead, zinc, cadmium and nickel case study: rangelands around national lead and zinc factory zanzan iran. *Jornalof rangeland science* (2017), vol ,7 ,no, 2.
- [23] Moghadam, M. (1998). Rangeland. Tehran University Press and publication, page 470.
- [24] Moteshare Zade, B., Savabeghi Firuzabadi, Gh. and Hoseinali. A. (2008). Identification of native plants and bacteria resistant to heavy metals in the lands around the zinc and lead mines Shazand Arak mansion in order to be used in Phytoremediation. Agricultural and Natural Resources Campus, University of Tehran.
- [25] Nelson, DW. and Sommers, LE. (1996). Total carbon, organic carbon, and organic matter. Methods of soil analysis. In: Bartels JM (ed). Chemical methods—SSSA book series no. 5. Soil Science Society of America. Madison WI, 961–1010.
- [26] Omid Beigi, R.(2004). Producing and processing of medicinal plants, second volume. Astan Quds Razavi publications.
- [27] Raskin, I., Smith Robert, D. and Salt, DE. (1997). Phytoremediation of metals: using plants to remove pollutants from the environment. *Current Opinion in Biotechnology*, 8,221–226.
- [28] Rezaei, A. (2013). the role of heavy metals on human health, second international conference on recent advanced in chemistry and chemical engineering.
- [29] Sadrollah, M. and Rezaei, M. (2013), the application of Phytoremediation in removal of heavy metals pollution, national electronic conference on recent achievements in engineering and basic sciences, Tehran, Zaminkav research center.
- [30] Saeedfar, M. and Rasti. M. (2000). Phenological study of rangeland plants in the area of Hana Semirom, research institution of forests and rangelands, No. 231, Tehran, 79-120.
- [31] Salt, D.E., Smith, R.D. and Raskin, I. (1998). Phytoremediation. *Science of Total Environment*, 49, 643-668.
- [32] Sandgol, A. (1996). Forage plants modification. , research institution of forests and rangelands publications.
- [33] Shahidi Zandi, Sh., Bahadori, H. and Zeidali, A. (2014). An overview of the process of rangeland plants Phytoremediation and its role in the removal of heavy metals, the first national conference on geography, tourism, natural resources and sustainable development, Tehran, Iranian institutions, the center of excellence in planning and sustainable development of tourism in University of Tehran.
- [34] Wu, G., Kang, H., Zhang, X., Shao, H., Chu, L., and Ruan, C.(2012). A critical review on the bio-removal of hazardous heavy metals from contaminated soils: issues, progress, eco-environmental concerns and opportunities. *Journal of Hazard Mater*, 173,1–8
- [35] Yang, X.E., Feng,Y., He, Z and Stoffella, PJ. (2005). Molecular mechanisms of heavy metal hyperaccumulation and phytoremediation. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 18,339–353.
- [36] Yazdan Panah, M., Imanpour, A. and Moradian, M. (2013). Phytoremediation of soils contaminated with heavy metals, first specialized conference on environment, clean energy and industry, Tehran, University of Tehran.
- [37] Zaman, S. (2000). Medicinal plants. Ghoghnus publications. Page 367.
- [38] Zargari, A. (1992). Medicinal plants, third volume, University of Tehran publications.
- [39] Zemberyova, M., Bartekova, J., and Hagarova, I. (2006). The utilization of modified BCR three step sequential extraction procedure for the fractionation of Cd, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn in soil reference materials of different origins. *Talanta*, 70, 973–978.

