مقاله پژوهشی

نشریه علمی تحقیقات مرتع و بیابان ایران
جلد ۲۸ شماره ۴، صفحه ۷۴۴-۷۳۳، (۱۴۰۰)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/IJRDR.2021.125280
شناسه دیجیتال (DOR): 20.1001.1.17350875.1400.28.4.10.0

پتانسیل جذب فلزات سنگین بوسیله گونه *Gundelia tournefortii* در اراضی مرتعی اطراف کارخانه سیمان یاسوج

اسفندیار جهانتاب[1*]

۱*-نویسنده مسئول، استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فسا، فسا، ایران، پست‌الکترونیک: e.jahantab@fasau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۲۸

چکیده

کارخانه‌های سیمان یکی از منابع عمده آلودگی اکوسیستم‌ها هستند. هدف از این تحقیق ارزیابی توانمندی گیاه‌پالایی گونه Gundelia *tournefortii* در جذب عناصر کادمیوم، سرب و نیکل در اکوسیستم‌های مرتعی اطراف کارخانه سیمان یاسوج و تغییرات غلظت فلزات سنگین با فاصله گرفتن از کارخانه است. برای نمونه‌برداری از گیاه و خاک، فواصل ۰ تا ۵۰۰، ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ و ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متری از کارخانه انتخاب شدند. در هر محدوده، ۵ نمونه گیاهی همراه با ریشه و ۵ نمونه خاک، از عمق ریشه‌دوانی گونه *G. tournefortii* برداشت شد. شاخص‌های فاکتور انتقال (Translocation Factor) (TF)، فاکتور تجمع بیولوژیکی (Bio Concentration Factor) (BCF) و ضریب تجمع بیولوژیکی (Biological Accumulation Coefficient) (BAC) برای ارزیابی توانمندی گونه *G. tournefortii* استفاده شد. نتایج نشان داد که مقدار TF گونه *G. tournefortii* برای فلزات سنگین سرب، نیکل و کادمیوم بزرگتر از یک است. بنابراین گونه *G. tournefortii* می‌تواند طی عمل گیاه استخراجی باعث جذب و استخراج فلزات سرب، نیکل و کادمیوم شود. نتایج حاصل از بررسی غلظت سرب، نیکل و کادمیوم خاک در محدوده‌های مورد بررسی نشان داد که بین غلظت فلزات سرب، نیکل و کادمیوم در محدوده‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($p<$ ۰/۰۱). با فاصله گرفتن از کارخانه، غلظت فلزات مورد مطالعه خاک روند کاهشی داشت. نتایج نشان داد که میانگین غلظت سرب، نیکل و کادمیوم کمتر از حداکثر مقدار مجاز آن در خاک است. به‌طورکلی با توجه به اینکه غلظت فلزات سنگین در اکوسیستم در حال افزایش است و به وسعت اراضی آلوده افزوده می‌شود استفاده از گونه‌های گیاهی بومی برای جذب فلزات سنگین از محیط و کاهش آلاینده‌ها می‌تواند مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی خاک، استخراج گیاهی، تجمع فلزات سنگین، *Gundelia tournefortii*.

مقدمه

کارخانه‌های سیمان یکی از آلاینده‌ترین صنایع در کل دنیا هستند (Isikli *et al.*, 2003). صنایع تولید سیمان اثرهای محیط‌زیستی مهمی بر اکوسیستم دارند (Mosavi *et al.*, 2015; Mehdipour *et al.*, 2020). ذرات گردوغبار کارخانه‌های سیمان حاوی عناصر سنگین است که در هوا انتشار پیدا کرده و به خاک منتقل می‌شود و بعد از طریق بخش زنده اکوسیستم (گیاهان، جانوران و انسان) انتقال می یابند (Addo *et al.*, 2012; Solgi *et al.*, 2020). آلودگی فلزات سنگین در سراسر جهان همواره به عنوان مشکل جدی مطرح بوده است. یکی از روش‌های نوین، گیاه‌پالایی (phytoremediation) است که در آن از گیاهان برای پاکسازی محیط‌های حاوی مقادیر بالای فلزات سنگین استفاده می‌شود. این گیاهان می‌توانند مقادیر مهمی از فلزات

را در خود ذخیره کنند. گیاهان بیش‌اندوز (ابر جذب) گیاهانی هستند که بتوانند فلزات سنگین را تا ۱۰۰ برابر بیشتر از سایر گیاهان در خود ذخیره کنند. به‌عبارتی دیگر بیش‌اندوزها گیاهانی هستند که بیش از ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم جیوه، ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیوم، ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کبالت، کروم، مس و سرب، ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیکل و روی را در اندام‌های خود ذخیره کنند (Saba *et al.*, 2015). اگر گیاهی بتواند بیش از ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم از فلزات مس، کبالت، کروم، نیکل و سرب یا بیشتر از ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم از فلزات منگنز و روی را در اندام‌های خود خیره کند، بیش‌اندوز (ابر جذب) نامیده می‌شود (Gupta *et al.*, 2013). در این ارتباط می‌توان از گیاهان بیش تجمع‌دهنده (hyperaccumulator) که گروهی از گیاهان تجمع‌دهنده هستند نام برد که قادرند در خاک‌های آلوده به فلزات، بدون بروز علائم سمیت، چرخه زندگی خود را تکمیل کنند (Baker & Brooks, 1989).

بررسی پوشش گیاهی طبیعی در مناطق آلوده به فلزات سنگین و تعیین غلظت فلزی در گونه‌های گیاهی از جنبه های علمی و کاربردی بسیار حائز اهمیت است (Ade-Ademilua & Obalola, 2008). در همین راستا، بررسی و ارزیابی قابلیت گیاه‌پالایی گونه‌های گیاهی موجود در مناطقی که به‌علت فعالیت‌های انسانی دارای غلظت بالایی از فلزات سنگین هستند لازم و ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین بررسی توانمندی گیاه‌پالایی گونه‌های گیاهی اطراف کارخانه‌های سیمان از اهمیت قابل توجهی برخوردار است.

از مطالعات انجام شده در زمینه جذب فلزات سنگین توسط گیاه می‌توان به مطالعات بررسی گیاه‌پالایی کادمیوم، روی، سرب و منگنز در برگ ۹ گونه درختی در اطراف کارخانه سیمان ایلام (گیاه‌پالایی فلزات سنگین گونه‌های درختی) (Panah *et al.*, 2016)؛ تعیین غلظت فلزات سنگین در پوشش گیاهی اطراف کارخانه سیمان بهبهان توسط بیواندیکاتورهای گیاهی (Pourkhabbaz & Javanmardi, 2018)؛ بررسی غلظت سرب، روی و مس در خاک و گونه مرتعی *Kochia prostrate* و بررسی پتانسیل جذب عناصر سنگین توسط گونه‌های مرتعی گون و کلاه میرحسن در اطراف کارخانه سیمان فیروزکوه (Montazeri *et al.*, 2018; Montazeri *et al.*, 2016) اشاره کرد. تحقیقات Masoudizadeh و همکاران (۲۰۲۰)، Adejoh (۲۰۱۶)، Plak و همکاران (۲۰۱۷) و Yadegarnia Naeini و همکاران (۲۰۱۹) نیز اشاره به جذب فلزات سنگین در اطراف کارخانه‌های سیمان دارند. در تحقیقی Solgi و همکاران (۲۰۲۰) گونه سنجد (*Elaeagnus angustifolia* L.) را انباشت کننده متوسط معرفی و این گونه را برای کنترل آلودگی پیشنهاد کردند.

در ایران کارخانه‌های سیمان متعدی وجود دارد که اراضی اطراف این کارخانه‌ها دارای مشکل بزرگ آلودگی خاک و آب و هوا می‌باشد، به‌طوری‌که آلودگی خاک و آب در اطراف این مناطق، یکی از مهمترین مشکلات منطقه است. در همین راستا، این تحقیق با هدف ارزیابی توانمندی گیاه‌پالایی گونه *G. tournefortii* در جذب عناصر کادمیوم، سرب و نیکل در اکوسیستم‌های مرتعی اطراف کارخانه سیمان یاسوج و تغییرات غلظت فلزات سنگین در آن را با فاصله گرفتن از کارخانه مورد بررسی قرار داد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

کارخانه سیمان یاسوج در زمینی به مساحت ۶۳/۵ هکتار در ۵۱ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی و ۳۰ درجه و ۳۱ دقیقه شمالی در ارتفاع ۲۱۰۰ متری از سطح دریا و در ۲۵ کیلومتری شهر یاسوج (مرکز استان کهگیلویه و بویراحمد)، در منطقه دشتروم احداث شده است. اراضی اطراف کارخانه سیمان یاسوج شامل اراضی زارعی، باغی و مرتعی است. این تحقیق در اراضی مرتعی اطراف کارخانه یاسوج انجام شد. منطقه مورد مطالعه بر اساس اقلیم‌نمای آمبـرژه، دارای اقلیم نیمه‌خشک است. سردترین ماه‌های سال دی و بهمن و گرم‌ترین ماه‌های سال تیر و مرداد است. به لحاظ پوشش گیاهی، گونه‌های گیاهی مهم منطقه شامل *Gundelia*

Daphne mucronata، *tournefortii* L. و *Hordeum bulbosum* هستند.

روش نمونه‌برداری

در مراتع اطراف کارخانه سیمان یاسوج، سه محدوده ۰ تا ۵۰۰ متر، ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر و ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر انتخاب شد. گونه *G. tournefortii* برای بررسی و آنالیز میزان فلزات سنگین کادمیوم، نیکل و سرب انتخاب گردید. در هر محدوده نمونه‌برداری، ۵ نمونه گیاهی کامل (همراه با ریشه) در اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۹برداشت شد (در مجموع ۱۵ نمونه گیاه). به‌طور همزمان نیز از خاک محل ریشه گیاهان نمونه‌برداری به‌عمل آمد و بعد نمونه‌ها برای تعیین عناصر مذکور به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌برداری از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک انجام شد. در رابطه با گونه *tournefortii G.* نمونه‌برداری از پایه‌های سالم، جوان، عاری از آفات و حشرات انجام شد.

تعیین برخی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک

پارامترهای فیزیکی و شیمیایی شامل بافت خاک، pH، هدایت الکتریکی (EC)، کربن آلی (OC) و بافت خاک با استفاده از روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد (Jafari Haghighi, 2003).

تعیین مقدار کل فلزات سنگین مورد نظر در نمونه‌های خاک و گیاه

بعد از آماده‌سازی نمونه‌های خاک و گیاه، غلظت فلزات سرب، نیکل و کادمیوم با استفاده از دستگاه ICP-OES (مدل GBC Avanta، ساخت کشور استرالیا) آنالیز شد (Du Laing *et al.*, 2003). بعد از آنکه نمونه‌های خاک در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک‌شده و از الک ۲ میلی متری عبور داده شدند، آماده عصاره‌گیری گردیدند. در ابتدا ۲ گرم خاک خشک و الک‌شده وزن شد و بعد ۱۵ سی‌سی اسید نیتریک ۴ نرمال اضافه شد و با دمای ۶۰ درجه به مدت ۲۰ ساعت داخل اجاق بن‌ماری قرار گرفت. سپس در بالن ۵۰ سی‌سی صاف و با آب دو بار تقطیر به حجم رسید. در گام بعد نمونه‌ها از کاغذ استات سلولزی ۰/۲۳ عبور داده شد تا برای قرائت با دستگاه ICP-OES (مدل GBC Avanta، ساخت کشور استرالیا) آماده شوند. برای تعیین مقدار فلز سنگین موجود در گیاهان، ۰/۵ گرم از نمونه‌های گیاهی پودرشده (اندام‌های هوایی و زیرزمینی) داخل بشر ۱۰۰ سی‌سی ریخته شد. سپس ۱۰ سی‌سی اسید سولفوریک غلیظ به آن افزوده شد. در گام بعد، محلول حاصل به مدت ۱۵ دقیقه بر روی اجاق با دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد (قبل از جوش) قرار گرفت. بعد از کمی سرد شدن، ۵ سی‌سی آب اکسیژنه ۳۰ درصد به آن افزوده و یک دقیقه حرارت داده شد تا نمونه‌ها بی‌رنگ شود. در نهایت بعد از سردشدن، نمونه‌ها با کاغذ واتمن صاف و به حجم ۱۰۰ سی‌سی رسیدند (Du Laing *et al.*, 2003). در مرحله بعد نمونه‌ها از کاغذ صافی استات سلولزی ۰/۲۳ نیز عبور داده شدند و غلظت فلز مورد نظر با استفاده از دستگاه مدل GBC Avanta ساخت کشور استرالیا اندازه‌گیری شد.

تعیین شاخص‌های TF، BCF و BAC برای ارزیابی توانمندی گیاه برای گیاه‌پالایی

برای ارزیابی توانمندی گیاهان و معرفی آنها برای پالایش آلودگی، باید بعد از مشخص کردن مقدار فلزات سنگین جذب شده در نمونه‌های گیاهی و خاک، شاخص‌های TF (Translocation Factor) (فاکتور انتقال؛ نسبت غلظت فلز در اندام‌های هوایی گیاه به غلظت فلز در ریشه)، BCF (Bio Concentration Factor) (فاکتور تجمع بیولوژیکی؛ نسبت غلظت فلز در ریشه گیاه به غلظت فلز در خاک) و BAC (Biological Accumulation Coefficient) (ضریب تجمع بیولوژیکی؛ نسبت غلظت فلز در اندام‌های هوایی گیاه به غلظت فلز در خاک) را اندازه گیری کرد تا بر آن اساس گونه مناسب برای پالایش خاک-های آلوده معرفی شود (Jahantab *et al.*, 2016; Tavili *et al.*, 2019). اگر TF بزرگتر از یک باشد، گیاه مورد نظر برای استخراج گیاهی آلاینده‌ها مناسب است. همچنین

گیاهانی که مقدار شاخص‌های TF و BAC در آنها بزرگتر از یک باشد، برای فرایند گیاه استخراجی مناسب هستند. گیاهانی که در آنها مقدار TF کمتر از یک و مقدار BCF بیشتر از یک باشد، برای فرایند گیاه تثبیتی مناسب هستند (Yoon *et al.*, 2006).

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

ابتدا با استفاده از روش کولموگروف – اسمیرنوف فرض نرمال‌بودن داده‌ها بررسی شد. برای تجزیه آماری داده‌ها از نرم‌افزار SPSS 20 استفاده و از طریق تجزیه واریانس یک طرفه انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از روش دانکن استفاده شد. برای مقایسه میانگین داده‌های خاک با حد بحرانی و همچنین اختلاف بین میزان سرب، کادمیوم و نیکل در اندام‌های هوایی و زیرزمینی از گونه گیاهی آزمون t-test استفاده شد.

نتایج

نتایج برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

نتایج برخی خصوصیات خاک شامل: اسیدیته (PH)، هدایت الکتریکی (EC)، کربن آلی و بافت خاک در محدوده‌های مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است. pH خاک از ۶/۸ تا ۷/۸ متغیر است. در منطقه مطالعاتی هدایت الکتریکی نمونه‌های خاک در محدوده ۰/۰۸ تا ۰/۴۵ دسی‌زیمنس بر متر است. به لحاظ کربن آلی، خاک منطقه مطالعاتی در محدوده ۰/۶۸ تا ۰/۹۹ درصد قرار دارد.

جدول ۱- میانگین برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه

محدوده‌های مورد بررسی	اسیدیته (PH)	هدایت الکتریکی (EC)	کربن آلی	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)
۵۰۰-۰	۷/۳۰	۰/۱۸	۰/۸۳	۲۴/۸	۳۴/۸	۴۰/۴
۱۰۰۰-۵۰۰	۷/۲۷	۰/۱۷	۰/۷۶	۲۴/۴	۴۲/۴	۳۳/۲
۱۵۰۰-۱۰۰۰	۷/۱۰	۰/۱۳	۰/۸۷	۲۶/۸	۳۸/۰	۳۵/۲

نتایج مقادیر شاخص‌های ارزیابی توانایی گیاه‌پالایی گونه *G. tournefortii*

در رابطه با فلزات سنگین سرب، نیکل و کادمیوم، مقدار TF برای گونه *G. tournefortii* بزرگتر از یک است. مقادیر BAC و BCF کمتر از یک بود (جدول‌های ۲، ۳ و ۴).

جدول ۲- مقادیر شاخص‌های ارزیابی توانایی گیاه‌پالایی گونه G. tournefortii برای فلز سرب

گونه گیاهی	میانگین غلظت سرب در خاک (عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری)	غلظت سرب در گیاه (میلی‌گرم بر کیلوگرم)		TF	BAC	BCF
		اندام هوایی	اندام زیرزمینی			
G. tournefortii	۲۴/۸۶ ۱±/۴۴	۳/۳۶ ۰±/۴۴	۲/۸۴ ۰±/۴۱	۱/۱۸	۰/۱۳	۰/۱۱

جدول ۳- مقادیر شاخص‌های ارزیابی توانایی گیاه‌پالایی گونه *G. tournefortii* برای فلز نیکل

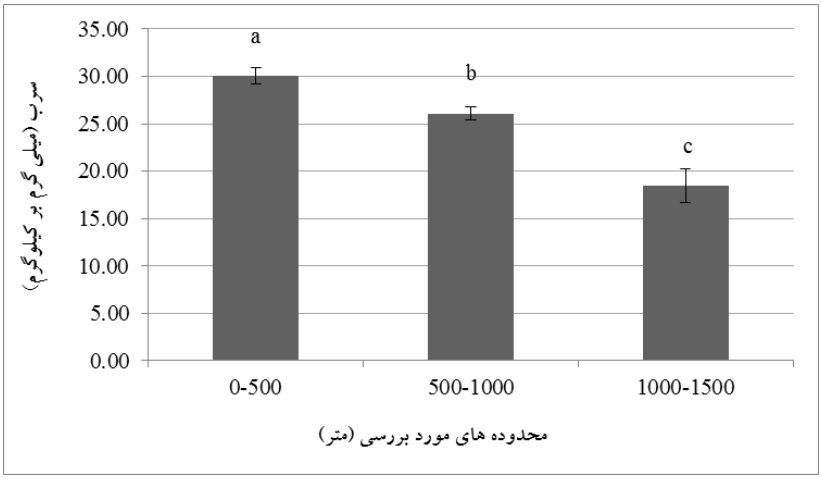
گونه گیاهی	میانگین غلظت نیکل در خاک (عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری)	غلظت نیکل در گیاه (میلی‌گرم بر کیلوگرم)		TF	BAC	BCF
		اندام هوایی	اندام زیرزمینی			
G. tournefortii	۲۵۴/۲۸ ۱۸±/۸۲	۵/۶۹ ۰±/۲۰	۵/۰۸ ۰±/۳۱	۱/۱۲	۰/۰۲	۰/۰۱

جدول ۴- مقادیر شاخص‌های ارزیابی توانایی گیاه‌پالایی گونه *G. tournefortii* برای فلز کادمیوم

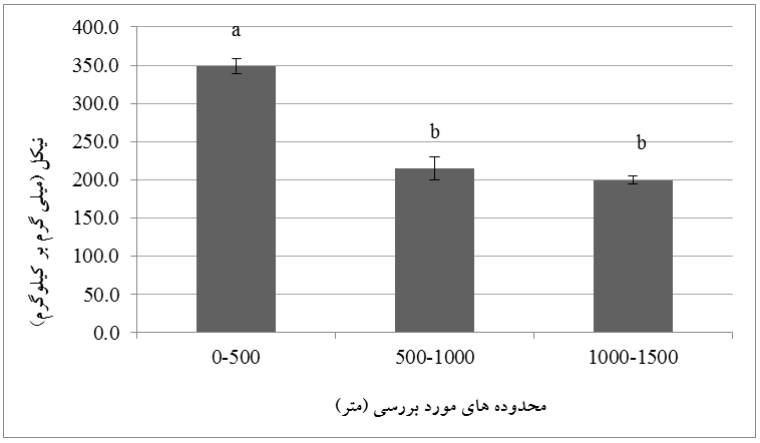
گونه گیاهی	میانگین غلظت کادمیوم در خاک (عمق ۰ تا ۳۰ سانتی-متری)	غلظت کادمیوم در گیاه (میلی‌گرم بر کیلوگرم)		TF	BAC	BCF
		اندام هوایی	اندام زیرزمینی			
G. tournefortii	۰/۷۹ ۰±/۰۷	۰/۲۸ ۰±/۰۰۵	۰/۲۴ ۰±/۰۱	۱/۱۶	۰/۳۵	۰/۳

نتایج حاصل از بررسی غلظت سرب، کادمیوم و نیکل خاک در محدوده‌های مورد بررسی

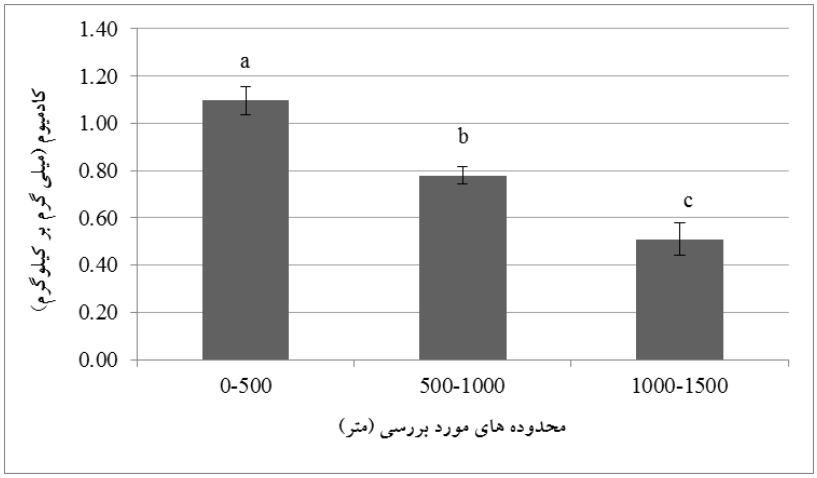
نتایج حاصل از بررسی غلظت سرب، نیکل و کادمیوم خاک در محدوده‌های مورد بررسی نشان داد که بین غلظت فلزات سرب، نیکل و کادمیوم در محدوده‌های مورد بررسی طبق شکل‌های ۱ تا ۳ اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($p<۰/۰۱$). همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش فاصله از کارخانه همزمان از غلظت عناصر در خاک نیز کاسته می شود.



شکل ۱- غلظت سرب خاک در محدوده‌های مورد بررسی



شکل ۲- غلظت نیکل خاک در محدوده‌های مورد بررسی



شکل ۳- غلظت کادمیوم خاک در محدوده‌های مورد بررسی

جدول ۵- مقایسه غلظت سرب، نیکل و کادمیوم اندام‌های زیرزمینی و هوایی گونه *G. tournefortii* با استفاده از آزمون T- student

منبع تغییرات	درجه آزادی	غلظت فلز در اندام هوایی	غلظت فلز در اندام زیرزمینی	نتیجه آزمون t
میانگین غلظت سرب	۱۴	۲/۸۴ ۰±/۴۱	۳/۳۶ ۰±/۴۴	۲/۳۷ *
میانگین غلظت نیکل	۱۴	۵/۰۸ ۰±/۳۱	۵/۶۹ ۰±/۲۰	۳/۱۷ **
میانگین غلظت کادمیوم	۱۴	۰/۲۴ ۰±/۰۱	۰/۲۸ ۰±/۰۰۵	۳/۱۹ **

مقایسه غلظت سرب، نیکل و کادمیوم اندام‌های زیرزمینی و هوایی گونه *G. tournefortii*

نتایج آزمون t نشان داد میزان غلظت سرب در اندام‌های هوایی و زیرزمینی گونه *G. tournefortii* در سطح خطای ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری بود (جدول۴). همچنین نتایج نشان داد که میزان غلظت نیکل و کادمیوم در اندام‌های

هوایی و زیرزمینی گونه *G. tournefortii* دارای اختلاف معنی‌داری بود (جدول ۵). میانگین غلظت سرب، نیکل و کادمیوم در اندام‌های هوایی بیشتر از میانگین غلظت سرب، نیکل و کادمیوم در اندام‌های زیرزمینی بود.

مقایسه میانگین غلظت سرب، نیکل و کادمیوم خاک با حداکثر مجاز آن

نتایج نشان داد که میانگین غلظت سرب، نیکل و کادمیوم با حداکثر مقدار مجاز آن در خاک اختلاف معنی‌داری دارد و کمتر از آن است ($P<0/01$) (جدول ۶)، به‌عبارتی خاک منطقه مورد مطالعه آلوده به فلزات سرب، نیکل و کادمیوم نیست. در جدول ۷ غلظت مجاز فلزات سنگین در خاک و گیاه بر اساس منابع مختلف ارائه شده است.

در خاک مراتع، حداکثر مقدار مجاز برای فلز سرب، نیکل و کادمیوم به‌ترتیب ۲۹۰، ۵۳۰ و ۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم است (Department of Environment, 2014).

جدول ۶- مقایسه غلظت سرب، نیکل و کادمیوم خاک با حداکثر مقدار مجاز

منبع تغییرات	درجه آزادی	غلظت فلز	نتیجه آزمون t
میانگین غلظت سرب	۱۴	۲۴/۸۶ ۱±/۴۴	-۱۸۳/۱۷ **
میانگین غلظت نیکل	۱۴	۲۵۴/۲۸ ۱۸±/۸۲	-۱۴/۶۴ **
میانگین غلظت کادمیوم	۱۴	۰/۷۹ ۰±/۰۷	-۱۰۱/۶۵ **

**: نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد است.

جدول ۷- غلظت مجاز فلزات سنگین در خاک و گیاه بر اساس منابع مختلف (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

منبع	سرب		کادمیوم		نیکل	
	خاک	گیاه	خاک	گیاه	خاک	گیاه
EU[a]	۳۰۰	۱۰	۳	۰/۵	۵۰-۷۵	-
NZWWA[b]	۳۰۰	-	۳	-	۶۰	-
SEPA[c]	۳۵۰	۹	-	۰/۱-۰/۲	۶۰	۱۰
PFA[d]	-	۲/۵	-	۱/۵	-	-
CODEX[e]	-	۰/۳-۱	-	۰/۰۱-۰/۱۵	۵۰	۰/۶
Kabata-Pendias and Pendias	۲-۳۰۰	۲۰-۱۰۰	۰/۱-۰/۲۰	۰/۱-۱	-	-

[a] European Commission (EU)
[b] New Zealand Water and Wastes Association (NZWWA)
[c] State Environmental Protection Administration of china (SEPA)
[d] Prevention of Food Adulteration Act Indian (PFA)
[e] CODEX Commission Alimentarius

بحث

بررسی پوشش گیاهی طبیعی در مناطق آلوده به فلزات سنگین و تعیین غلظت عناصر فلزی در گونه‌های گیاهی از جنبه‌های علمی و کاربردی از اهمیت زیادی برخوردار است. در همین راستا، این تحقیق با هدف بررسی توانمندی گیاه‌پالایی گونه *G. tournefortii* در جذب عناصر کادمیوم، سرب و نیکل در اکوسیستم‌های مرتعی اطراف کارخانه سیمان یاسوج و تغییرات غلظت فلزات سنگین با فاصله گرفتن از کارخانه انجام شد. نتایج نشان داد که مقدار TF گونه *G. tournefortii* برای فلزات سنگین سرب، نیکل و کادمیوم بزرگتر از یک است. برخی محققان بیان کردند گیاهانی که مقدار TF در آنها بیشتر از یک است، برای گیاه-استخراجی مناسب هستند و به‌طورکلی این گیاهان نیازمند انتقال فلزات سنگین به بخش‌های قابل برداشت گیاهان مانند ساقه‌ها هستند (Yoon *et al.*, 2006; Moameri *et al.*, 2015). برخی از محققان از نسبت غلظت فلز در بخش

هوایی به غلظت آن در ریشه (TF) برای توصیف مقاومت و واکنش گیاه به حضور مقادیر بالای فلزات در خاک استفاده کرده‌اند. این نسبت در گیاهان انباشت‌کننده بزرگتر از ۱ و گیاهان دافع کمتر از ۱ است. Fatahi Kiasari و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند که در انتخاب گیاهان برای گیاه‌پالایی، گیاهی مناسب‌تر است که بتواند علاوه بر جذب زیاد عنصر مربوطه، از نسبت جذب بیشتر در اندام هوایی در مقایسه با اندام زیرزمینی برخوردار باشد. بنابراین گونه *G. tournefortii* می‌تواند طی عمل گیاه‌استخراجی باعث جذب و استخراج فلزات سرب، نیکل و کادمیوم از خاک شود. در فرایند گیاه‌پالایی و پالایش خاک‌های آلوده، فاکتورهایی مانند سیستم ریشه‌ای قوی و فاکتور انتقال عناصر از اندام‌های زیرزمینی به هوایی بسیار مهم است (Lasat, 1999; Kord *et al.*, 2018; Askary *et al.*, 2012). با توجه به این فاکتورها، گونه *G. tournefortii* از گونه‌های با توان بالا در پالایش خاک‌های آلوده است. نتایج نشان داد در این تحقیق، غلظت نیکل در گیاه در محدوده ۳/۵ تا ۶/۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. مطالعات قبلی، میزان نیکل در گیاهان مرتعی در محدوده ۰/۳ تا ۳/۵ میلی گرم بر کیلوگرم و حد بحرانی آن را در گیاهان ۱۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کرده‌اند (Merian *et al.*, 2004). در مطالعات انجام شده، گونه گیاهی *Alyssum murale* (McGrath, 2000)، گونه *Thlaspi caerulescens* (Milner & Kochian, 2008) و *Sinapis arvensis* (Jahantab *et al.*, 2016) از خانواده Brassicaceae به عنوان انباشت‌کننده نیکل شناخته شده‌اند. در تحقیقی، Mansouri و همکاران (۲۰۱۵) میزان غلظت فلز نیکل در ریشه گیاه حرا (*Avicennia marina*) را ۳۱/۴ تا ۴۱/۲ و در برگ‌ها ۱۰/۲ تا۱۳/۲ میکروگرم بر گرم در مناطق ساحلی کشور ایران بیان کردند. Jahantab و همکاران (۲۰۱۶)، در بررسی غلظت فلز نیکل در گونه‌های گیاهی منطقه پازنان گچساران گزارش کردند که حداقل و حداکثر مقدار نیکل در گیاهان مورد بررسی مورد مطالعه، به‌ترتیب ۳۴/۴ و ۷۷/۳۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم است که نشان از مقدار غلظت بالای فلز نیکل در منطقه پازنان دارد. نتایج نشان داد در این تحقیق، غلظت سرب در محدوده ۰/۳۵ تا ۶/۴۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. مطالعات قبلی محدوده طبیعی غلظت سرب را برای گونه‌های گیاهی ۲- ۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کرده‌اند (Kabata-Pendias, 2011). در تحقیقی، Jahantab و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که برخی گونه‌های گیاهی در منطقه نفت‌خیز پازنان گچساران قادر به تحمل میزان سرب تا ۳۱۳ میلی‌گرم در کیلوگرم بودند. در رابطه با فلز سرب اینکه این عنصر ممکن است به طور طبیعی در همه گیاهان وجود داشته باشد، ولی هیچ نقش ضروری در متابولسیم گیاهان ندارد و گیاهانی که بتوانند در حضور غلظت بالای این عنصر در خاک رشد کنند و واکنش منفی از خود بروز ندهند، مقاوم به این فلز شناخته می‌شوند (Kabata-Pendias, 2011). در مطالعات قبلی، بیشترین مقدار بیش‌اندوزی فلز سرب در گیاه خردل هندی (*Brassica juncea*) گزارش شده است (Henry, 2000). Solgi و همکاران (۲۰۲۰) گونه *Alyssum maritimum* را در گروه گیاهان بیش‌اندوز سرب معرفی کردند. میزان معمول کادمیوم در گیاهان ۰/۸-۰/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک و سطح سمیت آن کمتر از ۲ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است (Pais & Benton Jones, 1997; Sillanppa & Jansson, 1992; Hoodaji & Jalalian, 2004). در این تحقیق غلظت کادمیوم در محدوده ۰/۱۶ تا ۰/۳۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. برخی از عناصر سنگین مانند سرب، کادمیوم، کروم و جیوه در غلظت‌های پایین می توانند برای گیاه سمی باشند (Sebastiani *et al.*, 2004; Rubio *et al.*, 2012; Panah *et al.*, 2016). در تحقیقی، گونه‌های گیاهی *Acantholimon sp*، *Ebenus stallata* و *Astragalus glacuanthus* برای پالایش خاک‌های آلوده به عنصر کادمیوم معرفی شدند (Parsadoust & Bahreininejad, 2014). به‌طورکلی گیاهان قادرند آلاینده های مختلفی مانند فلزات سنگین را از محیط جذب کنند و باعث کاهش آلاینده‌ها شوند، ازاین‌رو مانع انتقال آنها از مکان‌های آلوده به سایر نقاط به‌وسیله باد و آب گردند.

نتایج حاصل از بررسی غلظت سرب، نیکل و کادمیوم خاک در محدوده‌های مورد بررسی نشان داد که بین غلظت فلزات سرب، نیکل و کادمیوم در محدوده‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. به‌طوری‌که با فاصله گرفتن از کارخانه، غلظت فلزات مورد مطالعه خاک روند کاهشی داشت. نتایج این تحقیق با نتایج Pourkhabbaz و Javanmardi (۲۰۱۸)، Tamartash و همکاران (۲۰۱۸)، Montazeri و همکاران (۲۰۱۸) و Solgi و همکاران (۲۰۲۰) مطابقت دارد. در همین راستا، گزارش شده است که ذرات پراکنده‌شده عنصر سرب در مناطق بر اساس اندازه فواصل مختلف نشست می‌کنند، ذرات کوچکتر فاصله بیشتری را طی می‌کنند و بعکس ذرات بزرگتر فاصله کمتری را طی می‌نمایند (Perez *et al.*, 2008; Tamartash *et al.*, 2018). از سویی، با توجه به اینکه مهمترین اثر سوء این کارخانه‌ها بر محیط اطراف آن، انتشار گردوغبار و گازهای آلاینده است (Bilen, 2010)، بنابراین گردوغبار انتشاریافته از کارخانه در فواصل نزدیک کارخانه بیشتر از فواصل دور است. در رابطه با عنصر سرب، به نظر می‌رسد با توجه به سنگین‌بودن عنصر، پراکندگی آن بیشتر در اطراف کارخانه است و در فواصل دورتر از کارخانه میزان سرب کمتر است. نتایج نشان داد که میانگین غلظت سرب، نیکل و کادمیوم کمتر از مقدار مجاز آنها در خاک است. بنابراین خاک منطقه مورد مطالعه آلوده به لحاظ فلزات سرب، نیکل و کادمیوم در وضعیت بحرانی نیست. این نتایج با نتایج Nouroozi و همکاران (۲۰۱۶) و Montazeri و همکاران (۲۰۱۶) هم خوانی دارد. به‌طورکلی اگرچه خاک‌های منطقه مورد مطالعه در وضعیت بحرانی آلودگی نیست اما ممکن است در آینده غلظت این فلزات در منطقه افزایش پیدا کند و تهدید جدی برای اکوسیستم باشد. از سویی، با توجه به تنوع گونه‌های گیاهی در ایران و آلودگی مناطق مختلف، استفاده از گیاه پالایی می‌تواند به عنوان یک راهکار مؤثر و کاربردی در پالایش خاک‌های آلوده مطرح شود. بنابراین استفاده از گیاهان بومی برای استفاده در گیاه‌پالایی مناطق آلوده به فلزات سنگین دارای اهمیت قابل ملاحظه‌ای است. به طورکلی با توجه به اینکه غلظت فلزات سنگین در اکوسیستم در حال افزایش است و به وسعت اراضی آلوده افزوده می‌شود، ازاین‌رو استفاده از گونه‌های گیاهی بومی برای جذب فلزات سنگین از محیط و کاهش آلاینده‌ها مؤثر است.

منابع مورد استفاده

- Addo, M.A., Darko, E.O., Gordon, C., Nyarko, B.J.B., Gbadago, J.K., Nyarko, E., Affum, H.A. and Botwe, B.O., 2012. Evaluation of heavy metals contamination of soil and vegetation in the vicinity of a cement factory in the Volta Region, Ghana. International Journal of Science and Technology, 2 (1): 40-50.
- Ade-Ademilua, O.E. and Obalola, D.A., 2008. The effect of cement dust pollution on *Closia Argentea* (Lagos Spinach) plants. Journal of Environmental Science and Technology, 1 (2): 47–55.
- Adejoh, I.P., 2016. Assessment of heavy metal contamination of soil and cassava plants within the vicinity of a cement factory in north central, Nigeria. Journal of Advances in Applied Science Research, 7(3): 20-27.
- Askary, M., Noori, M., Biegi, F. and Amini, F., 2012. Evaluation of the phytoremediation of *Robinia pseudoacacia* L. In petroleum contaminated soils with emphasis on some heavy metals. Journal of Cell and Tissue, 2(4):347-342.
- Baker, A. J. M. and Brooks, R., 1989. Terrestrial higher plants which hyper accumulate metallic elements. A review of their distribution, ecology and photochemistry. Journal of Biorecovery, 1(2): 81-126.
- Bilen, S., 2010. Effect of cement dust pollution on microbial properties and enzyme activities in cultivated and no-till soils. African Journal of Microbiology Research, 4(22): 2418-2425.
- Department of Environment, Islamic Republic of Iran., 2014. Soil quality standards and its guidelines, 166 p.
- Du Laing, G., Tack, F.M.G. and Verloo, M.G., 2003. Performance of selected destruction methods for the determination of heavy metals in reed plants *Phragmites australis*. Analytica Chimica Acta, 497(1-2): 191–198.
- Fatahi Kiasari, E., Fotovvat, A., Astaraei, A. and Haghnia, G., 2010. Lead phytoextraction from soil by corn, Sunflower, and cotton applying EDTA and sulfuric acid. Journal of Water and Soil Science, 14 (51):57-69.

from soils using hyper accumulator plants in phytoremediation of contaminated soil and water, Terry N. & Banuelos G, Ed., CRC Press LLC, 25: 109-128.
– Mehdipour, S., Mohammad Esmaeili, M. and Sattarian, A., 2020. The study of dustiness of Peyvand Golestan cement factory on several plant species by magnometric method. Journal of Environmental Researches, 11(21): 211-218.
– Merian, E., Anke, M., Ihnat, M. and Stoeppler, M., 2004. "Elements and their Compounds in the Environment", vol. 2, Wiley-vch verlag Gmbh & Co.KGaa, weinheim.
– Milner, M.J. and Kochian, L.V., 2008. Investigating heavy-metal hyper accumulation using *Thlaspi caerulescens* as a model system. Annals of Botany, 102(1):3–13.
– Moameri, M., Jafari, M., Tavili, A., Motasharezadeh, B. and Zarechahuoki, M., 2015. Assessing rangeland plants potential for phytoremediation of contaminated soil with Lead and Zinc (Case study: Rangelands located around National Iranian Lead & Zinc Factory-Zanjan). Journal of rangeland, 9(1): 29-42.
– Montazeri, F., Tamartash, R., Tatian, M. and Hoiati, M., 2016. Investigation concentration of Pb, Zn and Cu in the soil and range species *Kochia prostrate* around of Firoozkooh cement factory. Journal of Plant Ecosystem Conservation, 4 (8): 145-159.
– Montazeri, F., Tamartash, R., Tatian, M. and Hojati, M., 2018. Potential of rangeland species *Astragalus globiflorus* and *Acantholimon hohenackeri* in heavy metals absorption (Case study: rangelands around the Firoozkouh cement factory). Iranian journal of Rangeland and Desert Research, 25(2): 278-288.
– Mosavi, Z., Motassadi, S., Jozi, A. and Khorasani, N. A., 2015. Investigating the effects of the dust from cement industry on vegetation diversity and density, case study: Shahroud cement industry. Journal of Health, 6(4): 429-38.
– Nouroozi, B., Rostami, N., Tavakoli, M. and Rostami Nia, M., 2016. Evaluation of polluting industries effects on soil heavy metals (Case Study: Ilam Cement Factory). Journal of Geography and Environmental Studies, 5(19): 89-100.
– Pais, I.J. and Benton Jones, J.,1997. The handbook of trace elements. St. Lucie press Boca Raton pub., Florida.
– Panah, A., Karamshahi, A., Mirzaei, J. and Darabi, M., 2016. Phytoremediation of Cd, Zn, Pb and Mn in leaf of nine trees species around the cement factory (phytoremediation of heavy metals in trees species). Journal of Research in Environmental
– Gupta, D. K., Vandenhove, H. and Inouhe, M., 2013. Role of phytochelatins in heavy metal stress and detoxification mechanisms in plants. Heavy metal stress in plants, (pp: 73-94), Springer, Berlin, Heidelberg.
– Henry, J. R., 2000. An overview of the phytoremediation of lead and mercury. U.S. environmental protection agency office of solid waste and emergency response technology innovation office. Washington, D.C.
– Hoodaji, M. and Jalalian, A., 2004. Distribution of nickel, manganese and cadmium in soil and crops in the Mobarakeh Steel Plant Region. Journal of Water and Soil Science, 8 (3): 55-67.
– Isikli, B., Demir, T.A., Urer, S.M., Berber, A., Akar, T. and Kalyoncu, C., 2003. Effects of chromium exposure from a cement factory. Journal of Environmental Research, 91: 113-118.
– Jafari Haghighi, M., 2003. Methods of sampling and analysis of soil physical and chemical analysis with emphasis on theory and practical importance. Press Neda Zoha, 236 p.
– Jahantab, E., Jafari, M., Motasharezadeh, B., Tavili, A. and Zargham, N., 2016. Evaluation of tolerant plants species to heavy metals in oil polluted region (case study: Pazanan Gachsaran). Journal of Rangeland, 10(4): 409-425.
– Kabata-Pendias, A., 2011. Trace elements in soils and plants, CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, an Informa business.
– Kord, B., Safikhani, F., Khademi, A. and Pourabbasi, S., 2018. Investigating the role of rangeland plants in remediation of contaminated soils to Lead and Zinc from around Ahangaran Lead and Zinc Mine in Malayer. Iranian journal of Rangeland and Desert Research, 25(1): 78-88.
– Lasat, M. M., 1999. Phytoextraction of metals from contaminated soil. Journal of Hazardous Substance Research, 2(1): 5-15.
– Mansouri, F., danehkar, A., Khorasani, N. and Ashrafi, S., 2015. An investigation on accumulation of lead and nickel in roots and leaves of planted mangrove forest (*Avicennia marina*) in Imam Khomeini Port. Journal of Natural Environment, 68(1): 119-128.
– Masoudizadeh, M., Zoufan, P. and Rastegarzadeh, S., 2020. The effects of Behbahan cement factory activity on the absorption of some nutrients and biochemical responses in herbaceous plants *Sinapis arvensis*, *Malva neglecta* and *Bromus tectorum*. Nova Biological Report, 6 (4): 464-477.
– McGrath, S.P., Dunham, S.J. and Correll, R.L., 2000. Potential for phytoextraction of zinc and cadmium

Environmental and Experimental Botany, 52 (1): 79-88.
– Sillanppa, M. and Jansson, H., 1992. Status of cadmium, lead, cobalt and selenium in soils and plant of thirty cuntries. FAO soils Bulletin 65. Rome. Italy.
– Solgi, E., Zamanian, A. and Beigmohammadi, F., 2020. Investigating the effect of distance from source and species type on the absorption ability of heavy metals by tree species around Nahavand cement factory. Journal of Plant Ecosystem Conservation, 8 (16): 321-343.
– Solgi, E., Yazdanyar, R. and Taghizadeh, M., 2020. Assessment of phytoremediation potential of *Alyssum Maritimum* in remediation of Lead-contaminated soils. Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research, 17 (4): 363-372.
– Tamartash, R., Montazeri, F., Tatian, M. and Vahab Zadeh, G.H., 2018. Heavy metal concentrations (Cu, Pb and Zn) in three rangeland species and adjacent soils around Kiasar Cement Factory in Northern Iran. Journal of Environmental Sciences, 14(4):1-14.
– Tavili, A., Jahantab, E., Jafari, M., Motesharezadeh, B. and Zargham, N., 2019.Remediation of contaminated soils with heavy metal of Pb using rangelands plants in the greenhouse condition. Plant Research's, 31 (3): 583-593.
– Yadegarnia Naeini, F., Azimzadeh, H., Mosleh Arani, A., Sotoudeh, A. and Kiani, B., 2019. Ecological risk assessment of heavy metals from cement factory dust. Environmental Health Engineering and Management Journal, 6(2): 129-137.
– Yoon, J., Cao, X., Zhou, Q. and Ma, Q., 2006. Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. Science of the Total Environment, 368 (2-3): 456–464.
Health, 2(3): 212-220.
– Parsadoust, F. and Bahreyninejad, B., 2014. Potential of rangeland species in cleaning cadmium contaminated soils in Irankooh region. Iranian Journal of Rangeland and Desert, 21(2): 317-328.
– Perez, N., Pey, J., Castillo, S., Viana, M., Alastuey, A. and Querol, X., 2008. Interpretation of the variability of levels of regional backgrounds aerosols in the western Mediterranean. Science of The Total Environment, 407(1): 527-540.
– Plak, A., Bis, M., Lata, L., Melke, J. and Mojak, J., 2017. The assessment of heavy metals content in total and bioavailable forms in the soils surrounding Cementownia Chelm SA in Chelm, Poland. Polish Journal of Soil Science, 49(1): 15-30.
– Pourkhabbaz, H. R. and Javanmardi, S., 2018. Determination of heavy metal concentration in vegetation around cement factory of Behbahan by using plant bioindicators. Journal of Geographic Space, 18(62): 19-29.
– Rubio, C., Lucas, J.R.D, Gutierrez, A.J., Glez-Weller, D., Perez, B., Caballero, J.M., Revert, C. and Hardisson, A., 2012. Evaluation of metal concentrations in Mentha herbal teas (*Mentha piperita* L. *Mentha pulegium* L and Mentha species) by inductively coupled plasma spectrometry. Journal of pharmaceutical and biomedical analysis, 71(4): 11-17.
– Saba, G., Parizanganeh, A.H., Zamani, A. and Saba, J., 2015, Phytoremediation of heavy metals contaminated environments: screening for native accumulator Plantsin Zanjan-Iran. International Journal Environmental Research, 9(1): 309-316.
– Sebastiani, L., Scebba, F. and Tognetti, R., 2004. Heavy metal accumulation and growth responses in poplar clones Eridano (*Populus deltoides* maximowiczii) and I-214 (*P. euramericana*) exposed to industrial waste. Journal of

Potential of heavy metals uptake by *Gundelia tournefortii* in rangelands around the Yasouj cement factory

E. Jahantab[1*]

1*- Corresponding author, Assistant professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Fasa University, Fasa, Iran, Email: e.jahantab@fasau.ac.ir

Received:04/24/2021 Accepted: 09/19/2021

Abstract

Cement factories are one of the sources of ecosystem contamination. The purpose of this study was to evaluate the capability of *Gundelia tournefortii* species in the absorption of cadmium, lead, and nickel elements in rangeland ecosystems around the Yasouj cement factory and changes in the concentration of heavy metals with from the factory. For sampling plant and soil, distances 0 to 500, 500 to 1000, and 1000 to 1500 meters were selected, and in each range, five plant samples with root and five soil samples were gathered from the root depth of *G. tournefortii*. Indicators of Translocation Factor (TF), Bio Concentration Factor (BCF), and Biological Accumulation Coefficient (BAC) were used to evaluate the ability of *G. tournefortii* species. Results showed that the TF value of *G. tournefortii* species for heavy metals, nickel, and cadmium is larger than one. Therefore, *G. tournefortii* species can absorb and extract lead metals, nickel, and cadmium from phytoextraction. Results of the study of lead, nickel, and soil cadmium in the studied range showed a significant difference between the concentration of lead, nickel, and cadmium metals in three rangelands ($P < 0.01$). With the distance from the factory, the concentration of soil studied was decreased. Results showed that the average concentration of lead, nickel, and cadmium is less than the maximum allowable amount in the soil. Generally, considering that the concentration of heavy metals in the ecosystem is increasing and adds to the contaminated land, the use of native plant species to absorb heavy metals from the environment and reduce pollutants can be effective.

Keywords: Soil contamination, phytoextraction, heavy metals accumulation, *Gundelia tournefortii*.