

بررسی مقاومت به آهن گونه‌های گیاهی معدن خاک نسوز استقلال آباده

طهماسب آسمانه* و صدیقه یونسی

گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه یاسوج

(تاریخ دریافت: ۹۳/۰۷/۰۳، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۴/۱۱/۰۷)

چکیده:

حضور فلزات سنگین در لایه‌های سطحی خاک عمدتاً ناشی از فعالیت‌های صنعتی و معدن‌کاری، احتراق سوخت و غیره می‌باشد. اگرچه بسیاری از این فلزات جزء عناصر ضروری برای گیاهان محسوب می‌شوند، اما غلظت‌های بالای آن‌ها سبب بروز سمیت در گیاهان می‌گردد. برخی از گیاهان روییده در مناطق معدنی نسبت به تنفس مقادیر بالای فلزات سنگین دارای مقاومت می‌باشند. هدف از انجام این پژوهش، بررسی مقاومت به آهن گونه‌های گیاهی روییده در منطقه معدن خاک نسوز استقلال آباده (فارس، ایران) بوده است. بدین منظور، نمونه‌برداری از خاک شش ناحیه معدن و یک منطقه شاهد انجام گرفت. نمونه‌های گیاهی در هر منطقه نیز جمع‌آوری گردید. پس از نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها پارامترهایی از قبیل اسیدیته، هدایت الکتریکی، آهن قابل تبادل، آهن کل خاک و مقدار آهن گیاه تعیین گردید. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد مقدار آهن کل و قابل تبادل خاک‌های نمونه‌برداری شده از معدن در مقایسه با شاهد (خاک ناحیه غیر معدنی) افزایش معنی‌داری داشت. با بررسی مقادیر آهن در گونه‌های گیاهی، می‌توان نتیجه گرفت که برخی از گیاهان روییده در معدن نسبت به سمیت آهن مقاوم بوده و از هر دو راهبرد اجتناب و تحمل برای مقاومت در برایر مقادیر بالای آهن استفاده می‌کنند. از جمله گیاهان اجتناب‌کننده می‌توان گونه‌های *Nepeta*, *Erysimum*, *Peganum harmala*, *Iris spuria*, *Lappula drobovii*, *Lepidium persicum*, *macrosiphon*, *Ocheria brandoiedes*, *Cleome rupicola*, *Salvia sclarea*, *Mathiola ovatifolia*, *repandum* را نام برد.

کلمات کلیدی: پوشش گیاهی، سمیت آهن، راهبرد اجتناب، راهبرد تحمل، فلزات سنگین، معدن‌کاری.

مقدمه:

فراوان پوسته زمین است، سومین عنصر محدود کننده رشد گیاهان نیز محسوب می‌شود آهن یکی از عناصر کم‌صرف مورد نیاز گیاهان به شمار می‌آید که جایگاه خاصی در تغذیه گیاه دارد و هر گونه احتلال در قابلیت استفاده از آن موجب کاهش رشد گیاه می‌شود (Kirk and Bajita, 1995). میزان در دسترس بودن آهن در خاک و جذب آن توسط ریشه گیاه بستگی به مقدار کل آن، اسیدیته، شرایط اکسید و احیایی خاک و شکل آهن محلول دارد. افزایش غلظت آهن در خاک‌های اسیدی، احتمال ایجاد سمیت توسط آن را در گیاه زیاد می‌کند،

حضور فلزات سنگین (فلزاتی با چگالی بیش از 5 g.cm^{-3}) در لایه‌های سطحی خاک عمدتاً ناشی از فعالیت‌های صنعتی و معدن‌کاری، احتراق سوخت و غیره می‌باشد. اگرچه بسیاری از این فلزات جزء عناصر ضروری برای گیاهان محسوب می‌شوند، اما غلظت‌های بالای آن‌ها سبب بروز سمیت در گیاهان می‌گردد (Baker and Brooks, 1989; Parekh *et al.*, 1990). آهن به عنوان یکی از فلزات سنگین، از جمله فراوانترین عنصر فلزی موجود در کره زمین بوده و در حالی که چهارمین عنصر

*نویسنده مسئول، نشانی پست الکترونیکی: asemaneh@yu.ac.ir

نسوز استقلال آباده مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها:

گونه‌های گیاهی به همراه نمونه‌های خاکی مربوطه به محدودهی معدن از جمله اطراف معادن متروکه، قسمت‌های در حال استخراج، محل ریختن باطله‌ها (منطقه چاه محفوظ) و گیاهان کشت شده به روش پیمایشی جمع‌آوری شد. سپس نمونه‌های هرباریومی تهیه و کلیه گونه‌ها بر اساس منابع موجود و روش‌های مرسوم مورد شناسایی قرار گرفتند (Rechinger, 1963-2010). برای اندازه‌گیری مقادیر عناصر موجود در خاک و نمونه‌های گیاهی از روش Reeves و همکاران (1999) استفاده گردید. بر اساس این روش، برای اندازه‌گیری مقادیر عناصر موجود در نمونه‌های گیاهی، برگ‌های گیاهان جمع‌آوری شده سه بار با آب مقطر شستشو داده شد و در داخل پاکت‌های مخصوص قرار گرفت. سپس نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت در آون خشک گردید. پس از آن حدود یک گرم از برگ‌های خشک هر نمونه به مدت ۱۴ ساعت در کوره الکتریکی در دمای ۴۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از سرد شدن، خاکستر حاصل در ۱۰ میلی لیتر نیتریک اسید ۱۰٪ آزاد شدند، خاکستر حاصل در ۱۰ میلی لیتر نیتریک اسید ۱۰٪ حل گردید. پس از صاف کردن، محلول‌ها درون لوله‌های پلاستیکی مخصوص ریخته شد و مقدار آهن در آنها توسط دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی (مدل AA240 Varian) مورد آنالیز قرار گرفت.

جهت اندازه‌گیری آهن کل خاک، حدود ۵ گرم از هر نمونه در هاون چینی ساییده شد و در دمای ۷۰ درجه به مدت ۵ ساعت در آون خشک گردید. سپس به روش هضم اسیدی خاک به خوبی تجزیه شد. پس از صاف کردن با آب مقطر دوباره تقطیر به حجم رسید. در نهایت ۱۵ میلی لیتر از هر نمونه برداشته و مقادیر عناصر مورد نظر در این محلول‌ها توسط دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی آنالیز گردید.

جهت اندازه‌گیری مقادیر قابل تبادل آهن خاک، نمونه خاک در شرایط آزمایشگاه خشک گردید و از الک دو میلی

در حالی که رسوب آن با آئینه‌های هیدروکسید یا بی‌کربنات، غلظتاشکل‌های محلول آن را در خاک‌های قلایی پایین می‌آورد (Briat *et al.*, 1995; Marschner, 1995).

بسیاری از گونه‌های گیاهی، دامنه‌ی وسیعی از انواع خاک را تحمل می‌کنند. در نتیجه عوامل خاک، معمولاً محدودکننده‌ی اصلی برای توزیع گیاهان نیستند. اما اغلب خاک‌هایی که بر روی تشکیلات زمین‌شناسی غیرمعمول توسعه یافته‌اند، مانند معادن و سرپتین (Serpentine)، با توجه به ترکیبات خاصی که دارند، دارای پوشش گیاهی مخصوص به خود هستند. غلظت‌های بالای برخی عناصر موجود در این خاک‌ها و یا عدم تناسب غلظت این عناصر می‌تواند به عنوان تنفس غیرزیستی بر اکولوژی و فیزیولوژی گیاهان منطقه اثر گذار باشد که از جمله این معادن، معدن خاک نسوز است که غلظت‌های بالای آهن و آلومینیوم دارد.

معدن خاک نسوز استقلال آباده با مساحت تقریبی ۱۵/۵ هکتار در استان فارس و در ۲۱۸ کیلومتری جنوب شرق اصفهان و ۱۰ کیلومتری شمال شرقی شهرستان آباده در طول جغرافیایی ۴۲ درجه و ۵۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۵۵ درجه و ۳۳ دقیقه شمالی قرار دارد. ارتفاع معدن از سطح دریا ۲۲۰۰ تا ۲۳۰۰ متر می‌باشد. متوسط بارندگی سالیانه در منطقه معدن ۱۳۳ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۴/۴ درجه سانتی‌گراد و متوسط رطوبت نسبی ۳۵ درصد است. معدن دارای تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های معتدل می‌باشد. از آن جایی که منشأ سنگ اولیه خاک نسوز از سنگ‌های گرانیتی بوده اکسیدهای آهن و سیلیس در این خاک به وفور دیده می‌شود (اطمینان ۱۳۸۶). افزایش مقدار آهن می‌تواند به ایجاد اکسیژن فعال و در نتیجه تنفس اکسیداتیو در گیاه منجر شود. سمیت آهن می‌تواند به سرعت بسیاری از فرایندهای متابولیکی را متوقف کند و باعث کاهش رشد رویشی بهویژه کاهش رشد ریشه گیاهان شود (Sahrawat, 2004). برخی از گیاهان روییده در مناطق معدنی نسبت به تنفس مقادیر بالای فلزات سنگین دارای مقاومت می‌باشند. لذا در این پژوهش، مقاومت به آهن گونه‌های گیاهی روییده در منطقه معدن خاک

نیز محاسبه گردید. مطابق جدول شماره ۱ میزان آهن قابل تبادل خاک در مناطق معدنی مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارد به طوریکه در مناطق استخراجی استقلال ۱ و ۲ میزان عنصر مذکور نسبت به سایر مناطق و منطقه شاهد افزایش معنی داری در سطح ۰/۰۵ نشان داد. بالاترین میزان آهن قابل تبادل مشاهده شده مربوط به منطقه استخراجی استقلال ۱ (میانگین ۵/۳ میکروگرم بر گرم) و کمترین آن متعلق به منطقه متروکه (میانگین ۰/۷۲ میکروگرم بر گرم) بود که تقریباً معادل منطقه شاهد (میانگین ۰/۶۸ میکروگرم بر گرم) است. همچنین میزان آهن قابل تبادل در منطقه استخراجی استقلال ۲ افزایش چشمگیری نسبت به منطقه شاهد داشت به طوریکه میانگین غلظت آن ۳/۲ میکروگرم بر گرم می‌باشد.

تغییرات اسیدیته و EC خاک مناطق معدنی و شاهد:

اسیدیته خاک بر بسیاری پارامترهای زیست محیطی تأثیر می‌گذارد. با توجه به نتایج حاصل از سنجش اسیدیته خاک، pH مناطق مورد مطالعه بین ۷/۴۴ تا ۸/۷۹ متغیر می‌باشد (جدول ۱) و اسیدیته خاک منطقه معدن استخراجی، منطقه متروکه و منطقه دست کاشت نسبت به منطقه شاهد کاهش معنی‌دار داشته است. شوری یکی از عوامل محدود کننده رشد گیاهان است. از آنجاییکه یکی از روش‌های بررسی میزان شوری خاک، تعیین EC می‌باشد این شاخص در نمونه‌های خاکی نیز اندازه‌گیری و مقایسه گردید (جدول ۱). آنالیز نتایج حاکی از آن است که EC نمونه‌های خاک بین ۰/۲۳ الی ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر متغیر می‌باشد. بر این اساس خاک‌های مورد بررسی در ۳ گروه با مقادیر EC (۰/۰۳-۰/۰۶)، (۰/۰۶-۰/۰۷) و (۰/۰۷-۰/۰۸) دسی‌زیمنس بر متر قرار دارد که از نظر آماری در سطح ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند. با این وجود از آنجاییکه خاک‌های شور دارای EC بیش از ۴ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشند (Archibald, 1995)، خاک مناطق مختلف معدن جزء خاک‌های غیر شور طبقه‌بندی می‌شود.

مقادیر آهن در گیاهان مناطق معدن و شاهد: مقدار آهن انباسته شده در بخش‌های هوایی گونه‌های گیاهی که از منطقه جمع‌آوری شده بودند نیز، اندازه‌گیری شد. دامنه مقدار آهن از

متري عبور داده شد. سپس نیترات‌آمونيوم (NH_4NO_3) یک مولار به نمونه‌ها اضافه گردید و پس از صاف نمودن مخلوط حاصل، به محلول اسیدنیتریک ۰/۲ درصد اضافه شد و در نهایت، مقادیر قابل تبادل عناصر مورد نظر، با استفاده از دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی Varian مدل Spectra AA 240 تعیین گردید.

برای اندازه‌گیری pH خاک ابتدا ۱۰ گرم خاک غربال شده با ۳۰ میلی لیتر آب م قطره به خوبی مخلوط گردید پس از گذشت ۳۰ دقیقه pH محلول رویی با استفاده از pH متر اندازه گیری شد. شوری خاک نیز، با استفاده از دستگاه سنجش هدایت الکتریکی (EC سنج) بر اساس واحد دسی‌زیمنس بر متر اندازه‌گیری شد (Betsch and Bloom, 1996).

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 18.0 صورت پذیرفت. روش آماری مورد استفاده آنالیز واریانس یک طرفه در سطح ۰/۰۵ درصد بوده است.

نتایج:

در این مطالعه در مجموع ۱۱۰ نمونه گیاهی جمع‌آوری گردید. که از این تعداد گیاهانی که قابل شناسایی بودند به ۳۶ خانواده و ۸۱ جنس تعلق دارند.

تغییرات غلظت مقادیر کل و قابل تبادل آهن خاک: جدول ۱ برخی از ویژگی‌های خاک از قبیل مقادیر کل و قابل تبادل عنصر آهن (بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک)، pH و EC را در خاک‌های مناطق مختلف معدن و شاهد نشان می‌دهد.

براساس نتایج حاصل، در خاک معدن مقدار کل آهن بطور میانگین در منطقه دست کاشت ۱۷۰۰۰، منطقه استخراجی استقلال ۱ ۱۷۳۰۰، منطقه استخراجی استقلال ۲ ۱۶۷۰۰، منطقه متروکه ۳۰۰۰۰ و منطقه چاه محفوظ ۲۶۰۰۰ میکروگرم بر گرم بوده که با مقادیر این عنصر در منطقه ورودی معدن و منطقه شاهد (به ترتیب ۱۴۲۰۰ و ۱۲۰۰۰ دسی‌زیمنس بر گرم) دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشد ($P < 0/05$)

از آنجاییکه جذب فلزات توسط گیاه عموماً از منبع قابل تبادل خاک صورت می‌گیرد مقدار عنصر در حالت قابل تبادل

جدول ۱- مقادیر عنصر آهن (در حالت کل و قابل تبادل بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک)، pH و EC (بر حسب دسیزیمنس بر متر) خاک‌های مناطق مختلف معدن خاک نسوز استقلال آباده.

مناطق		Fe	pH	EC
منطقه دست کاشت	مقادیر کل	۱۷۰۹۳±۲۹۳/۲ ^b	۸/۲۱±۰/۱۱ ^b	۰/۵۶±۰/۰۷ ^{ab}
	مقادیر قابل تبادل	۱/۷±۰/۱۲ ^{ab}		
منطقه استخراجی استقلال ۱	مقادیر کل	۱۷۳۷۸±۲۰۷ ^b	۸/۲۳±۰/۱۲ ^b	۰/۲۵±۰/۰۴ ^a
	مقادیر قابل تبادل	۵/۳±۰/۴ ^d		
منطقه استخراجی استقلال ۲	مقادیر کل	۱۶۷۵۶±۳۰۱ ^b	۸/۷۹±۰/۱۲ ^c	۰/۲۳±۰/۰۱ ^a
	مقادیر قابل تبادل	۳/۳±۰/۴ ^c		
منطقه متروکه	مقادیر کل	۳۰۲۱۰±۱۸۰ ^d	۷/۴۴±۰/۱۲ ^a	۱/۴۲±۰/۱ ^c
	مقادیر قابل تبادل	۰/۷۲±۰/۱۴ ^a		
منطقه چاه محفوظ	مقادیر کل	۲۶۲۹۵±۱۳۷ ^c	۸/۶۳±۰/۱۶ ^c	۰/۶۱±۰/۰۴ ^b
	مقادیر قابل تبادل	۱/۵±۰/۱ ^{ab}		
منطقه ورودی معدن	مقادیر کل	۱۴۲۹۳±۵۷۵/۳ ^a	۸/۶۵±۰/۱۲ ^c	۰/۳ ^b ±۰/۰۱ ^{ab}
	مقادیر قابل تبادل	۲/۷±۰/۷۹ ^{b,c}		
منطقه شاهد	مقادیر کل	۱۲۳۲۸±۳۹۵/۳ ^a	۸/۶۶±۰/۱۱ ^c	۰/۴۳±۰/۰۰۵ ^{ab}
	مقادیر قابل تبادل	۰/۶۸±۰/۱ ^a		

هر عدد میانگین ۵ تکرار ± انحراف معیار می باشد. حروف متفاوت در هر ستون بیانگر معنی دار بودن تفاوت مقدار عنصر در خاک‌های مختلف با استفاده از آزمون Duncan می باشد ($P < 0.05$).

روی پوشش گیاهی مناطق اطراف تاثیرگذار هستند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می دهد که به طور میانگین غلظت آهن کل در مناطق مورد بررسی بجز منطقه شاهد از ۱۴۰۰۰-۳۰۰۰۰ متریغیر می باشد که این میزان در مناطق معدنی نسبت به خاک‌های معمولی بیشتر است. غلظت آهن به طور معمول در خاک‌ها ۱۴۰۰۰ میکروگرم بر گرم گزارش شده است (Kim and Guerinot, 2007; Jankiewicz *et al.*, 2002; Tagliavini *et al.*, 1995).

با توجه به جدول شماره ۱ می توان این گونه بیان کرد بیشترین میزان آهن متصل شده به ذرات خاک در مناطق معدنی مربوط به منطقه متروکه (۳۰۰۰۰ میکروگرم بر گرم) می باشد که نسبت به منطقه شاهد و سایر مناطق معدن افزایش چشمگیری نشان داده است.

وجود مقادیر بالای آهن در مناطق مختلف معدن می تواند باعث بروز سمیت برای پوشش گیاهی منطقه باشد. از آنجا که

حداقل ۳۵ تا حداقل ۱۱۳۹ میکروگرم در گرم ثبت گردید (جدول شماره ۲) که بیشترین مقدار مربوط به جنس *Salvia sclarea* L. از منطقه استخراجی استقلال ۱ بود.

بحث:

فلزات سنگین از مهم‌ترین ترکیبات غیرآلی آلوده کننده محیط زیست محسوب می شود. آلودگی خاک با فلزات سنگین در اثر استفاده از سوخت‌های فسیلی، آبکاری فلزات، استفاده از آفت کش‌ها، ضایعات فلزی و فعالیت‌های صنعتی ایجاد می شود. همچنین فعالیت‌های معدن‌کاری و استخراج فلزات از عوامل عمده در آلودگی خاک‌ها هستند و عموماً خاک‌های سطحی اطراف معدن حاوی مقادیر بالایی از این فلزات هستند. معادن فلزات سنگین دارای تأثیرات مهمی بر روی پوشش گیاهی مناطق اطراف خود هستند. سنگ‌های باطله، ضایعات و مواد شیمیایی بکار رفته در طی مراحل خالص‌سازی فلزات بر

جدول ۲- غلظت آهن در نمونه‌های گیاهی روییده در مناطق مختلف معدن خاک نسوز استقلال آباده و شاهد بر حسب میکروگرم در گرم وزن خشک.

مناطق	نام علمی گیاه	تیره	میانگین ± انحراف معیار
منطقه دست کاشت	<i>Populus alba</i>	Salicaceae	۲۵/۲ ± ۱۵۷/۲
	<i>Armeniaca vulgaris</i>	Rosaceae	۸ ± ۱۳۹/۲
	<i>Tamarix ramosissima</i>	Tamaricaceae	۱۳/۲ ± ۱۹۳
	<i>Berberis integrifolia</i>	Berberidaceae	۱۶ ± ۲۸۲/۱
	<i>Thuja orientalis</i>	Cupresaceae	۵/۸ ± ۱۳۱/۷
	<i>Cersis siliquastrum</i>	Fabaceae	۱۲/۶ ± ۲۵۳
	<i>Robinia pseudoacacia</i>	Fabaceae	۹ ± ۱۵۸/۲
	<i>Melilotus officinalis</i>	Fabaceae	۱۰/۵ ± ۲۴۷/۳
	<i>Morus alba</i>	Moraceae	۹/۹ ± ۲۳۵/۸
	<i>Cydonia oblonga</i>	Rosaceae	۱۲/۲ ± ۲۱۵/۶
	<i>vitis vinifera</i>	Vitaceae	۵/۳ ± ۱۰۰/۳
	<i>Peganum harmala</i>	Zygophylaceae	۵/۹ ± ۱۳۷/۷
منطقه استخراجی استقلال ۱	<i>Dianthus orientalis</i>	Caryophylaceae	۲۲/۴ ± ۲۴۳۱/۱
	<i>Calendula persica</i>	Asteraceae	۵/۶ ± ۱۴۵/۵
	<i>Onobrychis sp</i>	Fabaceae	۱۴/۶ ± ۴۲۷/۹
	<i>Erysimum repandum</i>	Brassicaceae	۴۲/۴ ± ۷۳۷/۸
	<i>Silene sp</i>	Caryophylaceae	۲۴/۹ ± ۲۶۲/۹
	<i>Mathiola ovatifolia</i>	Brassicaceae	۲۷/۳ ± ۴۸۱/۳
	<i>Allium sp</i>	Liliaceae	۷/۷ ± ۱۳۵/۹
	<i>Nepeta sp</i>	Lamiaceae	۲۹/۹ ± ۲۲۲/۵
	<i>Nepeta macrosiphon</i>	Lamiaceae	۱۵/۸ ± ۱۸۱/۲
	<i>Salvia sclarea</i>	Lamiaceae	۲۵/۱ ± ۱۱۳۹/۳
	<i>Brossardia sp</i>	Poaceae	۴/۲ ± ۲۴۷/۱
	<i>Eryngium sp</i>	Apiaceae	۷/۲ ± ۱۱۹/۴
منطقه استخراجی استقلال ۲	<i>Astragalus sp</i>	Fabaceae	۷/۹ ± ۱۲۴/۲
	<i>Lepidium persicum</i>	Brassicaceae	۱۳/۶ ± ۱۵۸/۸
	<i>Iris caucasica</i>	Iridaceae	۱۴/۸ ± ۴۱۱/۹
	<i>Parlatoria rostrata</i>	Brassicaceae	۱۷/۱ ± ۳۲۴/۲
	<i>Allium scabrișcapum</i>	Liliaceae	۳۲/۷ ± ۲۳۷/۶
	<i>Onobrychis sp</i>	Fabaceae	۱۰/۹ ± ۳۴۴
	<i>Astragalus sp</i>	Fabaceae	۹/۴ ± ۲۲۳/۶
	<i>Acantholimon sp</i>	Plumbaginaceae	۱۴/۲ ± ۱۵۶/۲
	<i>Cleome rupicola</i>	Caparidaceae	۱۱/۷ ± ۴۲۰
	<i>Tragopogon sp</i>	Asteraceae	۱۰/۴ ± ۲۵۲/۶
	<i>Tragopogon graminifolia</i>	Asteraceae	۷/۷ ± ۳۰۵
	<i>Valerianella sp</i>	Valerianaceae	۱۰/۷ ± ۱۷۷/۳
[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.19.2.0]	<i>Artemisia sp</i>	Asteraceae	۱۰/۹ ± ۵۱۶/۹
	<i>Erysimum repandum</i>	Brassicaceae	۱۲/۴ ± ۴۲۷/۳

ادامه جدول ۲

منطقه استخراجی استقلال ۱	<i>Artemisia sp</i>	Asteraceae	۹/۶ ± ۴۸۰/۸
	<i>Anthemis sp</i>	Asteraceae	۵/۴ ± ۱۹۸/۵
	<i>Cousinia sp</i>	Asteraceae	۱۹/۵ ± ۸۰۹/۷
	<i>Ocheria bradoiedes</i>	Asteraceae	۲۵/۱ ± ۹۴۹/۹
	<i>Haloxylon sp</i>	Polygonaceae	۸/۴ ± ۱۲۵/۷
	<i>Silene sp</i>	Caryophyllaceae	۳۴/۹ ± ۱۷۰/۹
	<i>Nepeta macrosiphone</i>	Lamiaceae	۵/۹ ± ۱۲۶/۶
	<i>Lappula drobovii</i>	Boraginaceae	۳/۶ ± ۱۱۱/۷
	<i>Eryngium billardieri</i>	Apiaceae	۱۴/۵ ± ۲۲۹/۳
	<i>Dianthus orientalis</i>	Asteraceae	۴۷/۸ ± ۳۰۱/۵
	<i>Ocheria sp</i>	Asteraceae	۹/۸ ± ۲۴۹/۸
	<i>Orobanche kotschyti</i>	Orobanchaceae	۹/۳ ± ۱۸۴/۸
	<i>Parlaturia rosterata</i>	Brassicacea	۴۱/۹ ± ۳۱۹/۵
	<i>Scabiosa flava</i>	Dipsaceae	۷/۴ ± ۲۵۷/۸
	<i>Iris spuria</i>	Iridaceae	۲۱/۱ ± ۱۷۷/۹
	<i>Nepeta sp</i>	Lamiaceae	۱۵/۷ ± ۲۱۰/۸
	<i>Nepeta sp</i>	Lamiaceae	۱۴/۱ ± ۲۷۰/۹۲
	<i>Onosma microcarpum</i>	Boraginaceae	۱۰/۷ ± ۲۳۰/۴
منطقه استخراجی استقلال ۲	<i>Scabiosa flava</i>	Dipcaceae	۷/۴ ± ۱۹۵/۷
	<i>Lactuca sp</i>	Asteraceae	۱۱/۵ ± ۱۳۲/۸
	<i>Iris sanguinea</i>	Iridaceae	۴۲/۲ ± ۲۷۱
	<i>Artemisia sp</i>	Asteraceae	۵۳/۸ ± ۲۹۷/۸
	<i>Tragopogon graminifolia</i>	Asteraceae	۱۱/۷ ± ۲۵۱/۲
	<i>Clypeola aspera</i>	Brassicaceae	۸/۸ ± ۱۵۸/۴
	<i>Reseda Arabica</i>	Resedaceae	۱۰/۲ ± ۲۰۸/۳
	<i>Ephedra sp</i>	Ephedraceae	۱۱/۴ ± ۱۱۸
	<i>Stipa barbata</i>	Poaceae	۲۲/۰ ± ۱۷۵/۶
	<i>Acantholimon sp</i>	Asteraceae	۸/۶ ± ۱۰۰/۰
	<i>Cousinia sp</i>	Asteraceae	۷/۷ ± ۱۳۹/۴
	<i>Nepeta sp</i>	Lamiaceae	۳۳/۴ ± ۲۱۵
	<i>Peganum harmala</i>	Zygophylaceae	۸/۰ ± ۱۰۲
	<i>Astragalus sp</i>	Asteraceae	۷/۳ ± ۱۲۵/۴
	<i>Onobrychis sp</i>	Fabaceae	۱۲/۲ ± ۱۸۲
	<i>Achillea sp</i>	Asteraceae	۵/۲ ± ۲۲۳/۴
	<i>Artemisia sp</i>	Asteraceae	۴/۷ ± ۱۴۲/۷
	<i>Astragalus sp</i>	Fabaceae	۱۰/۹ ± ۱۸۲/۹
	<i>Cleome rupicola</i>	Caparidaceae	۱۷/۷ ± ۳۴۷/۲
	<i>Bromus gracillimus</i>	Poaceae	۱۷/۲ ± ۱۰۹۱/۸
	<i>Cersium sp</i>	Asteraceae	۱۴ ± ۱۷۲/۸

ادامه جدول ۲

منطقه متروکه	<i>Cardaria draba</i>	Brassicaceae	۵/۷± ۱۳۴
	<i>Tamarix ramosissima</i>	Tamaricaceae	۷/۸ ± ۸۵/۵
	<i>Scutellaria sp</i>	Lamiaceae	۷۳ ± ۱۳۳/۷
منطقه چاه محفوظ	<i>Nepeta sp</i>	Lamiaceae	۲۷ ± ۲۶۸/۸
	<i>Haloxylon sp</i>	Polygonaceae	۷/۴ ± ۱۳۴/۶
	<i>Peganum harmala</i>	Zygophylaceae	۷/۱ ± ۱۲۸
	<i>Zosimia abisinifolia</i>	Apiaceae	۸/۹ ± ۱۰۳
	<i>Cousinia sp</i>	Asteraceae	۵/۱ ± ۸۸/۹
	<i>Tragopogon graminifolia</i>	Asteraceae	۱۱/۴ ± ۲۰۴/۴
	<i>Artemesia sp</i>	Asteraceae	۳/۸ ± ۱۶۵/۴
	<i>Onobrychis sp</i>	Papilionaceae	۱۹/۲± ۱۲۴
	<i>Allium scabriscapum</i>	Liliaceae	۹ ± ۲۱۷/۴
	<i>Boissieria Squarrosa</i>	Poaceae	۱۳/۳ ± ۱۴۵/۲
	<i>Tragopogon graminifolia</i>	Asteraceae	۲۴ ± ۲۲۳
	<i>Hordeum glaucum</i>	Poaceae	۳۸/۵ ± ۱۳۴
	<i>Acantholimon sp</i>	Plumbaginaceae	۷/۸ ± ۸۰/۹
	<i>Alhagi camelorum</i>	Fabaceae	۴/۴ ± ۱۲۴/۰
	<i>Anthemis sp</i>	Asteraceae	۱۷/۵ ± ۴۸۲/۸
	<i>Salvia sp</i>	Lamiaceae	۱۰/۲ ± ۱۹۵/۲
	<i>Lactuca sp</i>	Asteraceae	۷/۶ ± ۲۲۲/۱
ورودی معدن	<i>Erysimum repandum</i>	Brassicaceae	۱۹/۶ ± ۵۲۰/۴
	<i>Onobrychis sp</i>	Papilionaceae	۱۳/۸ ± ۲۶۳/۶
	<i>silene sp</i>	Brassicaceae	۱۳/۴ ± ۲۹۳/۹
	<i>Ebenus stellata</i>	Fabaceae	۷ ± ۱۴۴/۸
	<i>Morus alba</i>	Moraceae	۴/۸ ± ۱۹۸/۷
	<i>Bromus glacillimus</i>	Poaceae	۲۸/۵ ± ۵۸۲/۷
	<i>Achillea sp</i>	Asteraceae	۷/۴ ± ۷۴۷/۷
	<i>Stipa barbata</i>	Poaceae	۵/۲ ± ۱۴۹/۸
	<i>Ailanthus altissima</i>	Simaroubaceae	۸/۲ ± ۹۹/۵
	<i>Ziziphora tenuior</i>	Lamiaceae	۴/۹ ± ۱۲۶
ورودی معدن	<i>Hyosyamus sp</i>	Solanaceae	۲۵/۱± ۳۶۹/۳
	<i>Peganum harmala</i>	Zygophylaceae	۴/۰ ± ۱۶۲/۰
	<i>Melilotus officinalis</i>	Fabaceae	۵/۳± ۱۴۸/۵
	<i>Iris sangauinea</i>	Iridaceae	۷/۸ ± ۷۳/۵
	<i>Stipa barbata</i>	Poaceae	۴/۲ ± ۱۲۹/۳
	<i>Brosserdia sp</i>	Poaceae	۳/۴ ± ۱۵۲/۴
	<i>Anthemis sp</i>	Asteraceae	۱۰/۹ ± ۲۵۰/۳
	<i>Onobrychis sp</i>	Fabaceae	۸ ± ۱۳۵/۷
	<i>Eremostachys macrophylla</i>	Lamiaceae	۳۷/۴ ± ۴۰۸/۶

ادامه جدول -۲

	<i>Astragalus sp</i>	Fabaceae	۲۱/۶ ± ۲۲۴/۳
	<i>Cousinia sp</i>	Asteraceae	۳ ± ۸۲/۱
	<i>Cleome rupicola</i>	Capparidaceae	۸/۴ ± ۲۵۰/۶
	<i>Allium sp</i>	Liliaceae	۲/۷ ± ۱۴۱/۲
ورودی معدن	<i>Astragalus sp</i>	Fabaceae	۱۴/۸ ± ۱۷۷/۷
	<i>Iris caucasica</i>	Iridaceae	۳۷/۵ ± ۳۴۷
	<i>Cousinia sp</i>	Asteraceae	۷/۱ ± ۱۶۷/۶
	<i>Onobrychis sp</i>	Fabaceae	۳/۴ ± ۸۵۲/۳
	<i>Salvia sp</i>	Lamiaceae	۱/۸ ± ۸۴/۷
	<i>Iris caucasica</i>	Iridaceae	۱۵/۷ ± ۱۴۴/۶
	<i>Ocheria brandoiedes</i>	Asteraceae	۷/۸ ± ۹۵/۵
	<i>Zosimia abisinthifolia</i>	Apiaceae	۵/۵ ± ۹۱/۳
	<i>Althea sp</i>	Malvaceae	۹/۸ ± ۱۲۴/۸
	<i>Cephalaria microcephala</i>	Dipasaceae	۵/۹ ± ۳۴/۴
منطقه شاهد	<i>Nepeta sp</i>	Lamiaceae	۸/۲ ± ۱۲۳/۶
	<i>Cousinia sp</i>	Asteraceae	۲/۵ ± ۱۲۳/۱
	<i>Astragalus sp</i>	Fabaceae	۲۷/۸ ± ۱۲۲/۱
	<i>Hormuzakia aggregate</i>	Boraginaceae	۴/۸ ± ۱۰۱/۱
	<i>Scabiosa flava</i>	Dipasaceae	۴/۷ ± ۳۷/۴
	<i>Ebenus stellata</i>	Fabaceae	۹/۸ ± ۵۲/۲
	<i>Onosma microcarpum</i>	Boraginaceae	۷/۷ ± ۱۲۴/۴
	<i>Acantholimon sp</i>	Asteraceae	۷/۸ ± ۶۵/۳
	<i>Eryngium sp</i>	Apiaceae	۳/۷ ± ۳۵/۱

هر عدد میانگین ۳ تکرار ± انحراف معیار می باشد.

بیشتری به محیط ریشه گیاه نفوذ می کند بنابراین میزان بیشتری آهن به بافت های گیاه نفوذ خواهد کرد و احتمال سمیت گیاه افزایش پیدا خواهد کرد.

نتایج حاصل از آنالیز نمونه های خاک (جدول ۱)، بیانگر این است که غلظت آهن قابل تبادل در خاک مناطق معدنی نسبت به خاک های معمولی بیشتر است این میزان در خاک معادن در بعضی نقاط تا ۱۵ میکرو گرم بر گرم می رسد در حالی که غلظت قابل تبادل در خاک های معمولی حداقل ۴ میکرو گرم بر گرم است (Kim and Guerinot, 2007). میزان آهن قابل تبادل خاک در منطقه معدنی استخراجی استقلال ۱ و ۲ تفاوت معنی داری با یکدیگر داشته و میزان عنصر مذکور

ورود فلزات به داخل گیاه عمدهاً توسط ریشه و از خاک انجام می شود، بالا رفتن غلظت فلزات سنگین در خاک باعث ایجاد سمیت، بازداشت رشد و از بین رفتن بسیاری از گیاهان می شود (Jankiewicz *et al.*, 2002; Suresh, 2005).

آهن قابل تبادل یکی از بهترین شاخص های سنجش میزان آلودگی آهن خاک می باشد میزان آهن قابل تبادل خاک به معنی میزان آهنه از خاک می باشد که می تواند از ذرات خاک جدا شده و جذب ریشه گیاهان شود و یا اینکه در محیط آبی خاک نفوذ کند. هر چه میزان این شاخص مهم در خاک بیشتر باشد خطر سمیت آهن نیز بالاتر خواهد رفت به عبارت دیگر در این شرایط آزادسازی آهن از ذرات خاک بیشتر شده و آهن

مقادیر بالای فلزات سنگین در گیاهان حساس باعث ایجاد مسمومیت در گیاه می‌گردد. غلظت معمول آهن در بافت‌های گیاهی تا 350 میکروگرم در گرم گزارش شده است و غلظت بیشتر از 350 میکروگرم در گرم آهن سبب ایجاد سمیت در گیاه می‌شوند (Jankiewicz *et al.*, 2002; Suresh, 2005). از آنجاییکه گیاهان این گروه آثار ظاهری حاصل از سمیت آهن که نشانه مشخص آن معمولاً به صورت لکه‌های قهوه‌ای ریز روی برگ، و ریشه کوتاه، کلفت و خشن است را بروز نمی‌دهند از راهبردهای مقاومت به تنش فلزات سنگین استفاده می‌کنند. برای این مقاومت احتمالاً از مکانیسم‌هایی استفاده می‌کنند که این مکانیسم‌ها در سمیت‌زدایی و بنابراین تحمل نسبت به تنش فلز سنگین دخیل هستند. این مکانیسم‌ها شامل کاهش جذب و تجمع فلزات سنگین توسط دیواره سلولی و غشاء پلاسمایی، ترشحات برون سلولی، پیوند شدن فلزات در سلول توسط پروتئین‌هایی از قبیل متالوتیونین‌ها و فیتوکلاتین‌ها، پیوند فلزات در سلول توسط لیگاندهای آلی با وزن مولکولی کم از قبیل اسیدهای آمینو اسیدهای و پپتیدهای، القا پروتئین‌های شوک گرمایی و حجره‌بندی فلزات در واکوئل (Hall, 2002; Marschner, 1995; Stoyanova and Doncheva, 2002). می‌باشدند فلزات در سلول توسط لیگاندهای آلی با وزن مولکولی کم از قبیل اسیدهای، آمینو اسیدهای و پپتیدهای، القا پروتئین‌های شوک گرمایی و حجره‌بندی فلزات در واکوئل (Hall, 2002; Marschner, 1995; Stoyanova and Doncheva, 2002).

نوع مکانیسم آهن در این زمینه را مشخص کند.

همانطور که گفته شد از بین 100 گونه گیاهی شناسایی شده در این تحقیق تعدادی از گونه‌های گیاهی مقادیر بالایی از آهن را در برگ‌های خود تجمع داده بودند به طوری که حداقل غلظت آهن در برگ‌های *Salvia sclarea* از خانواده *Lamiaceae* (جمع آوری شده از منطقه استخراجی استقلال^۱)، آوری شده از منطقه استخراجی استقلال^۲ و به ترتیب حدود $1164/48$ و 1112 میکروگرم در گرم اندازه‌گیری شد. با توجه به اینکه غلظت‌های بیش از 1000 میکروگرم در گرم به عنوان انباشتگر در نظر گرفته می‌شوند احتمالاً این گیاهان انباشتگر آهن می‌باشند. که این خود نیاز به آزمایشات تکمیلی و کشت بذر و تیمار غلظت‌های متفاوت آهن دارد که مستلزم صرف

نسبت به سایر مناطق معدنی و شاهد افزایش معنی‌داری در سطح 5 درصد نشان داد. با توجه به مقایسه میانگین‌های مذکور می‌توان گفت از نظر آماری اختلاف زیادی در بین مناطق یاد شده از نظر غلظت آهن وجود دارد که می‌تواند با پارامترهای مختلف زیست محیطی مرتبط باشد. از جمله این عوامل می‌توان به خواص شیمیایی عنصر، تجزیه‌پذیری ترکیبات معدنی حاوی عنصر و اجزای شیمیایی حاصل از آن‌ها، اسیدیته خاک، پتانسیل اکسید و احیا و نوع بافت خاک اشاره کرد.

اسیدیته خاک مناطق معدن به جز منطقه‌ی متروکه، کاهش زیادی نسبت به شاهد نداشت. بنابراین با توجه به نتایج می‌توان دریافت که عامل تهییه و بافت خاک نسبت به سایر عوامل مانند pH مهم‌تر می‌باشد و موجب افزایش آهن آزاد خاک خواهد شد.

گیاهانی که از این مناطق برداشت شده‌اند از نظر رشد در مقایسه با گیاهانی که از مناطق شاهد برداشت شده‌اند تفاوت قابل ملاحظه‌ای نشان نمی‌دهند، ولی از نظر میزان آهن در بافت هایشان تفاوت دارند. یکی از دلایل میزان بالای آهن در گیاه را می‌توان ناشی از غلظت بالای آهن کل و قابل تبادل دانست.

بررسی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که گیاهان از نظر غلظت آهن در چهار گروه با مقادیر $(35-100)$ ، $(100-300)$ و $(<1000-300)$ میکروگرم در گرم قرار می‌گیرند بر این اساس طبق منابع موجود، کمبود آهن (غلظت‌های <30) در گیاهان مناطق معدنی مشاهده نمی‌شود. اما در بعضی از گیاهان علیرغم غلظت بالای آهن در خاک و همچنین میزان آهن در دسترنس، مقادیر آهن در گیاه در دامنه غلظت -300 میکروگرم در گرم قرار دارند این گروه از گیاهان احتمالاً از راهبرد اجتناب برای مقاومت در برابر مقادیر بالای آهن استفاده می‌کنند به این صورت که با وجود بالا بودن غلظت فلز در خاک، از جذب فلزات سنگین ممانعت می‌شود. مکانیسم اصلی کنترل در این گیاهان، محدودیت انتقال فلز از ریشه به شاخه‌هاست. این گونه‌ها را اجتناب گر می‌نامند (Baker, 1981). گروه دیگری از گیاهان منطقه غلظت $300-1000$ میکروگرم در گرم آهن را در بافت‌هایشان تجمع می‌دهند.

های طبیعی رشد می‌کنند ولی دارای ژن‌های محدودی برای مقاومت به فلزات سنگین هستند. وقتی این گیاهان روی خاک های فلزدار قرار می‌گیرند نوعی انتخاب طبیعی برای گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم به فلزات ایجاد می‌شود که در نهایت ممکن است باعث ایجاد جوامع آن مناطق گردد. همچنین در چنین شرایطی احتمال ایجاد اکتوتیپ‌های مقاوم به فلزات وجود دارد (Pollard, 2002).

زمان و هزینه است.

نتیجه‌گیری کلی:

از آنجایی که گیاهان منطقه معدنی در سایر مناطق از جمله منطقه شاهد رشد پیدا می‌کنند می‌توان چنین نتیجه گرفت که گیاهان این منطقه جزء گیاهان پسودومتالوفیت محسوب می‌گردند (یعنی گیاهانی که هم در خاک‌های فلزدار و هم در خاک‌های طبیعی رشد می‌کنند) چنین گیاهانی بیشتر در خاک

منابع:

- اسدی، م.، معصومی، ع. ا.، خاتم ساز، م. و مظفریان، م. (۱۳۸۴-۱۳۷۱)، فلور ایران. جلد های ۱-۷۰، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراعع، تهران.
- اطمینان، م. (۱۳۸۶)، فراوری خاک نسوز استقلال آباده. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
- قهرمان، ا. (۱۳۸۰-۱۳۵۷)، فلور رنگی ایران. جلد های ۱-۲۰، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراعع، تهران.
- Archibold, O. W. (1995) *Ecology of world vegetation*. Chapman and Hall Inc, London.
- Baker, A. J. M. and Brooks, R. R. (1989) Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements and review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery* 1:81-126.
- Briat, J.F. Fobis-Loisy, I. Grignon, N. Lobreaux, S. Pascal, N. Savino, G. Thoiron, S., Von Wieren, N. and Van Wuytswinkel, O. (1995) Cellular and molecular aspects of iron metabolism in plants *Biol. Cell* 84: 69-81.
- Jankiewicz, B., Ptaszynski, B. and Turek, A. (2002) Spectrometric determination of Iron (II) in the soil of selected Allotment Gardens in Lodz .*Polish Journal of Environmental Studies* 6: 745-749.
- Kirk, G. J. D. and Bajita, J. B. (1995) Root-induced iron oxidation, pH changes and zinc solubilization in
- Kim, S. A. and Guerinot, M. L. (2007) Mining iron: Iron uptake and transport in plants *FEBS Letters* 581: 2273–2280.
- Marschner, H. (1995) Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, Harcourt Brace and Company Publishers. pp.313-323 London.
- Parekh, D. Purani, K. R. M. and Vastava, H. S. (1990) Inhibition of chlorophyll biosynthesis by cadmium in greening maize leaf segments. *Biochemical Physiology der Pflanzeng* 186: 239–242.
- Pollard, A. J., Powell, K. D., Harper, F. A. and Smith, J. A. (2002) The genetic basis of metal hyperaccumulation in plants. *Critical Reviews In Plant Sciences* 24: 539-560.
- Reeves, R. D. Baker, A. J. M. Borhidi, A. and Berazain, R. (1999) Nickel hyperaccumulation in the serpentine flora of Cuba. *Annals of Botany* 83: 29-38.
- Rechinger, K. H. (1963-2010). *Flora Iranica*. Vol. 1-178. Akademische Druk-u verlagsanstalt, Graz, Austria.
- Stoyanova, Z. and Doncheva, S. (2002) The effect of Zinc supply and succinate treatment of plant growth and mineral uptake in pea plant. *Journal of Physiology* 14: 111-115.
- Suresh, S. (2005) Characteristics of soils prone to iron toxicity and management. Agricultural college and research institute, Killikulma 26: 50-58.
- Sahrawat, K. L. (2004) Iron toxicity in wetland rice and the role of other nutrients. *Journal of Plant Nutrition* 27: 1471-1504
- Tagliavini, M., Rombola, A. D. and Marangoni, B. (1995) Response to iron-deficiency stress of pear and quince genotypes. *Journal of Plant Nutrition* 18: 2465-2482.
- Yeritsyan, N. and Economakis, C. (2002) Effect of nutrient solution's iron concentration on growth and essential oil content of oregano plants grown in solution culture. *Acta Horticulture* 576: 277- 283.