

بررسی آلودگی خاک و گیاهان به فلزهای سنگین و فراوانی باکتری‌ها و کلیفرم‌های درونزی اندام‌های هوایی گیاهان معدن آهن‌گران ملایر، همدان

وحید ربانی^۱، اصغر میرزائی اصل^{۱*} و علی اکبر صفری سنجانی^۲

^۱ ایران، همدان، دانشگاه بوعلی سینا، دانشکده کشاورزی، گروه بیوتکنولوژی کشاورزی

^۲ ایران، همدان، دانشگاه بوعلی سینا، دانشکده کشاورزی، گروه علوم خاک

تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۲۵

تاریخ دریافت: ۹۷/۵/۱۷



چکیده

فلزهای سنگین برای جانداران، به‌ویژه انسان، جانوران، گیاهان و ریز جانداران زیان‌آور می‌باشند. هدف از این پژوهش ارزیابی پیامد آلودگی خاک و گیاه، بر فراوانی باکتری‌های درونزی یا اندوفیت گیاهان در دو جایگاه آلوده و نآلوده بود. در آغاز از خاک‌های معدن سرب و زمین‌های کشاورزی پیرامون آن و همچنین از اندام‌های هوایی ۸ گیاه رشد یافته در خاک‌های یادشده نمونه‌برداری شد. غلظت سرب، روی و کادمیوم در خاک و برگ گیاهان گردآوری شده اندازه‌گیری و شمارش باکتری‌های درونزی کشت پذیر انجام شد. نتایج نشان داد که غلظت فلزهای سنگین در نمونه‌های برداشت‌شده از خاک معدن به‌اندازه چشم‌گیری بیش از خاک زمین کشاورزی بود. توان گیاهان در جذب فلزها بسیار ناهم‌اند بود و غلظت سرب به ترتیب در گیاهان پونه بالاترین و پیچک پایین‌ترین و غلظت روی در گیاهان شکر تیغال بالاترین و فریون پایین‌ترین اندازه بود. شمارش باکتری‌ها نشان داد که فراوانی باکتری‌ها در خاک‌ها و گیاهان رشد یافته در خاک‌های نآلوده به فلزهای سنگین کم و در برابر آنها در خاک‌ها و گیاهان رشد یافته در خاک‌های آلوده به‌اندازه چشم‌گیری کمتر است. در میان گیاهان رشد یافته در خاک‌های آلوده میانگین لگاریتم فراوانی باکتری‌ها کشت‌پذیر بر NA در گیاه زلف پیر بیشترین و باکتری‌های کشت‌پذیر بر EMB در گیاه پیچک بیشترین بود. روی هم‌رفته این پژوهش نشان داد که فراوانی و گوناگونی باکتری‌های درونزی بسیار وابسته به خاک و نیز گونه گیاهی بود و این یافته‌ها در برنامه‌ریزی و شناخت رفتار باکتری‌ها در بوم‌سازها بسیار سودمند می‌تواند باشد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی خاک، باکتری‌های درونزی، کشتگاه، گیاه پونه

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۲۵۸۰۰۷۶۹، پست الکترونیکی: a.mirzaie@basu.ac.ir

مقدمه

آلودگی به فلزهای سنگین یک دشواری ویژه در ویرانی زیستگاه‌های خاک می‌باشد که مایه کاهش فراوانی و گوناگونی باکتری‌ها در خاک و آلودگی گیاهان می‌گردد و بنوبه خود برای بهداشت مردم و جانوران آسیب‌زا می‌باشد. بالا بودن اندازه فلزهای سنگین و فلز ماندن در خاک‌ها می‌تواند خودزاد (Autogenic) و وابسته به هوا دیدگی سنگ‌های مادری باشد، از سوی دیگر انباشتگی آنها در بسیاری از خاک‌های آلوده می‌تواند مردم‌زاد

فلزهای سنگین از گروه آلاینده‌های زیستگاه‌ها هستند که در همه شهرهای صنعتی یافت می‌شوند (۲۴). واژه‌ی فلزهای سنگین به فلزها و شبه‌فلزهایی که دارای چگالی بیش از ۵ گرم بر سانتیمتر مکعب هستند، گفته می‌شود. سرب (Pb)، نیکل (Ni)، کادمیوم (Cd)، مس (Cu)، روی (Zn)، مولیبدن (Mo)، منگنز (Mn)، آهن (Fe)، آرسنیک (As)، نقره (Ag)، کروم (Cr)، جیوه (Hg)، منیزیم (Mg) و کبالت (Co) از گروه این فلزها می‌باشند (۷).

شناخته نشده است. پیش‌ازین، گزارش شده است که زندگی و فراوانی ریز جانداران همزیست گیاهان، مانند باکتری‌های درونزی هم وابسته به ویژگی‌های زیستگاه و هم گونه‌های گیاهی بررسی شده است (۱۳ و ۴۷) بنابراین، در این پژوهش گمان شد که فلزهای سنگین و آلودگی سرب در خاک بر گیاهان و برهم‌کنش آن‌ها با ریز جانداران درونزی پیامد چشم‌گیری می‌تواند داشته باشد.

از آنجایی که گیاهان بردبار به فلزهای سنگین و ریز جانداران همزیست آن‌ها در گیاه‌بسازی خاک‌ها و آب‌های آلوده جایگاه ویژه‌ای دارند (۴۶) بررسی بوم‌شناسی (اکولوژی) ریز جانداران وابسته به گیاه برای شناخت برهم‌کنش‌های میان ریز جانداران، گیاهان و زیستگاه آن‌ها بسیار سودمند می‌تواند باشد. بر پایه آنچه در پژوهش‌های پیشین دیده و گزارش شده است و نبود آگاهی‌های بسنده درباره باکتری‌های درونزی گیاه (اندوفیت) این پژوهش با نمونه‌برداری از خاک و گیاهان بومی رشد یافته در کانسارها و همچنین با نمونه‌برداری از گیاهان همانند آن‌ها در زمین‌های کشاورزی پیرامون معدن سرب و روی آهنگران، برای ارزیابی پیامد آلودگی برهم‌کنش میان باکتری‌های درونزی، گیاه همزیست و آلودگی خاک و گیاه انجام شد. در این بررسی فراوانی باکتری‌های درونزی گیاه از ۸ گونه گیاهی رشد یافته در معدن سرب (جایگاه آلوده) و باکتری‌های درونزی همان ۸ گونه گیاهی رشد یافته در زمین‌های کشاورزی (جایگاه نالوده) بررسی شد. همچنین پیوند میان فراوانی باکتری درون گیاه، آلودگی خاک، گونه گیاه و آلودگی آن بررسی شد.

مواد و روشها

این پژوهش بر روی گیاهان علفی رشد کرده در معدن سرب و روی آهنگران و زمین‌های کشاورزی پیرامون آن انجام شد. این معدن در بازه جغرافیایی ۴۸ درجه، ۵۹ دقیقه و ۳۵ ثانیه خاوری و ۸ درجه، ۱۱ دقیقه و ۳۴ ثانیه شمالی است که پهنه آن نزدیک ۲۹/۲۵ کیلومتر مربع می‌باشد. معدن

(Anthropogenic or man-made) و وابسته به کارهایی مانند کانساربرداری (زباله‌های معدن) باشد (۳۱). پسماندهای کانسار برداری دارای اندازه بسیار بالایی از فلزهای سنگین (نیکل، کادمیوم، سرب، مس و روی) هستند که مایه آلودگی خاک، آب‌های روزمینی و زیرزمینی به فلزهای سنگین می‌شود (۲۹).

بررسی‌های گوناگون نشان داده است که آسیب‌زایی خاک‌های آلوده کانسارها می‌تواند با فرا سنج‌های گوناگونی سنجیده و ارزیابی شود (۱۲) و فلزهای سنگین از راه‌های گوناگون می‌تواند به مردم رسیده و بیماری پدید آورد (۱۷). روی هم‌رفته پسماندهای کانی دارای ویژگی‌های ژئوشیمیایی می‌باشد که از پاک‌گیری و رشد گیاهان جلوگیری می‌کند. ولی برخی از گونه‌های گیاهی بردبار به غلظت‌های بالایی از فلزهای سنگین و فلز ماندها در کانسارها یافت شده‌اند. ریز جانداران همزیست بیرونی و درونی با این گیاهان می‌تواند توان این گیاهان را برای زندگی در خاک‌ها و زیستگاه‌های آلوده افزایش دهند (۲۳ و ۲۷). در پژوهش‌ها نشان داده شده است که آلودگی فلزهای سنگین و فلز ماندها مایه کاهش گوناگونی زیستی گیاهان و جانوران در زیستگاه‌های گوناگون می‌شود. آلودگی خاک به اندازه‌های بالای فلزهای سنگین مایه پیدایش گزینش (فشار گزینش) در جامعه ریز جانداران می‌شود که در پی آن مایه پاک‌گیری جمعیت‌های ریز جانداران پایدار به فلزهای سنگین به همراه کاهش گوناگونی آن‌ها در برابر زیستگاه‌های نالوده می‌شود. کاهش گوناگونی همراه با کاهش در شمار باکتری، بیومس، دگرگونی در ساختار مورفولوژیکی و کاهش فعالیت‌های ریز جانداران و فرایندهای خاک مانند نیتریفیکاسیون، دنیتریفیکاسیون و تجزیه مواد آلی می‌باشد (۹، ۱۶ و ۴۴). پیامد بد خاک‌های آلوده به فلزهای سنگین بر باکتری‌های درونزی جدا شده از گیاهان در چندین گزارش آورده شده است (۸، ۱۹، ۳۶، ۳۷ و ۴۷). به هرگونه پیامد آلودگی خاک و گیاه به فلزهای سنگین بر فراوانی و زندگی ریز جانداران درونزی به‌خوبی

بهره‌گیری از روش دی اتیلن‌تری آمین پنتااستیک اسید (DTPA) عصاره‌گیری شد (۲۵). غلظت فلزها در عصاره‌های خاک به کمک دستگاه جذب اتمی مدل واریان ۲۲۰ اندازه‌گیری شد.

برای آنالیز نمونه‌های گیاه، نمونه‌ها در درون پاکت گذاشته و برای ثابت شدن وزن خشک در درون آن در دمای ۷۲ درجه برای ۴۸ ساعت گذاشته شدند. پس از خشک شدن، نمونه‌ها آسیاب شدند. از نمونه‌های آسیاب شده به‌اندازه ۰/۲ گرم وزن شده و به آن ۴ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ افزوده شد. نمونه‌ها برای ۶۰ دقیقه در گرمابه در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد گذاشته شد. پس‌ازاین زمان دما را افزایش داده تا به ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد برسد و در این دما نمونه‌ها برای ۹۰ دقیقه گرما داده شدند. پس از سرد شدن نمونه‌ها تا دمای آزمایشگاه، ۰/۲ میلی‌لیتر آب اکسیژنه ۳۷ درصد به نمونه‌ها افزوده شد و برای کامل شدن واکنش نمونه‌ها برای ۳۰ دقیقه رها شدند، پس از پالایش عصاره، حجم پایانی آن به ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد (۱۱). غلظت فلزها در عصاره گیاهان به کمک دستگاه جذب اتمی مدل واریان ۲۲۰ اندازه‌گیری شد.

برای شمارش باکتری‌های خاک، از هر نمونه خاک یک گرم برداشت شد و در ۹۹ میلی‌لیتر از پیرو فسفات سدیم (۰/۱۸ درصد) برای ۲۰ دقیقه تکان داده شد تا باکتری‌ها از خاک جدا شده و به سوسپانسیون درآید. از این رقت (۲⁻) ۱۰ سری رقت‌های گوناگون در آب مقطر سترون ساخته شده و برای کشت آماده شد. سپس حجم ۱۰۰ میکرولیتر از رقت دلخواه (۱۰^{-۴}) سوسپانسیون‌های آماده شده برداشته و روی کشتگاه‌های نوترینت آگار (Nutrient agar) و اتوزین‌متیلن‌بلو آگار (Eosin methylene blue agar) ریخته شد و به گونه چمنی با پیپت پاستور روی رویه کشتگاه پخش گردید (۵).

برای بررسی درونزی‌های برگ گیاه نیاز است که رویه هر برگ گندزدایی شود، برای این کار در آغاز برگ‌های

سرب و روی آهنگران در ۷۸ کیلومتری شمال باختری شهرستان اراک و ۲۶ کیلومتری جنوب خاوری شهرستان ملایر در استان همدان است.

برای انجام این پژوهش از اندام هوایی (برگ) ۸ گونه گیاه علفی رشد یافته در معدن سرب و روی آهنگران شامل پیچک صحرائی (*Convolvulus arvensis*)، فریون - صحرائی (*Euphorbia seguieriana* Neck)، شقایق (*Papaver rhoeas*)، پونه (*Mentha pulegium*)، گل قاصد (*Taraxacum officinale*)، شکر تیغال (*Echinops*)، ازمک (*Lepidium draba* L)، زلف پیر (*Senecio vulgaris*) و ۸ نمونه از اندام هوایی و برگ همان گیاهان در زمین‌های کشاورزی پیرامون معدن با قیچی باغبانی گندزدایی شده در ۳ تکرار از رویه خاک جدا شده و درون یک کیسه سترون گذاشته شدند و پس از یادداشت ویژگی‌ها در دفترچه بی‌درنگ به آزمایشگاه بیوتکنولوژی دانشگاه بوعلی سینا همدان رسانده شدند. شناسایی گونه‌ها با بهره‌گیری از کتاب فلور ایران انجام شد (۲).

برای نمونه‌برداری از خاک، ژرفای صفر تا ۲۰ سانتی‌متر خاک گزینش شد، از هر منطقه سه نمونه (که هر نمونه مرکب از سه نمونه بود) به روش تصادفی برداشت شد. نمونه‌های خاک پس از برداشت، هوا خشک شده و از الک ۲ میلی‌متری گذر داده و برای سنجش‌های شیمیایی در دمای آزمایشگاه نگهداری شدند.

اسیدیته خاک با نسبت ۱ به ۵ خاک به آب و بوسيله دستگاه pH (۴۳) رسانندگی الکتریکی خاک (Electrical Conductivity) با نسبت ۱ به ۵ خاک (۳۰) کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی با NaOH (۳۸) ماده آلی به روش والکی- بلک (۳۲) و بافت خاک به روش هیدرومتر (۱۰) اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری غلظت کل عناصر سنگین خاک از روش گوارش اسیدی (۴۰) و غلظت فراهم عناصر سنگین با

نتایج

ارزیابی ویژگی‌های خاک: بررسی خاک زمین‌های کشاورزی و معدن نشان داد که pH و EC در خاک زمین‌های معدن به گونه چشم‌گیری بالاتر از خاک‌های زمین‌های کشاورزی بود و در هر دو جایگاه pH در بازه قلیایی و EC آن‌ها در بازه خاک‌ها ناشور است (جدول ۱). بافت خاک در زمین‌های معدن، لومی و خاک زمین‌های کشاورزی بافت لومی رسی دارد. خاک‌های زمین کشاورزی به گونه چشم‌گیری دارای کربن آلی بالاتری در برابر خاک معدن سرب و روی بود. همچنین اندازه کربنات کلسیم معادل در خاک کشاورزی به گونه چشم‌گیری بیشتر از معدن بود (جدول ۱).

عناصر سنگین خاک: بررسی اندازه‌های غلظت کل و فراهم عناصر سنگین در خاک نشان داد که اندازه‌های فلزهای کادمیوم، سرب و روی در جایگاه نمونه‌برداری معدن به گونه چشم‌گیری بیشتر از جایگاه نمونه‌برداری زمین‌های کشاورزی می‌باشد و اندازه میانگین کل و فراهم فلزها برای سه عنصر به ترتیب کادمیوم > روی > سرب می‌باشد (جدول ۱). میانگین غلظت فلزهای سنگین (کادمیوم، روی و سرب) در خاک‌های گردآوری شده از دو جایگاه آلوده و نآلوده در جدول ۱ نشان داده شده است و میانگین کل غلظت فلزهای سنگین در دو جایگاه با استاندارد گزارش شده از سوی کیفیت منابع خاک ایران (جدول ۲) سنجیده شد (۱).

باکتری خاک: میانگین لگاریتم فراوانی باکتری‌ها در هر دو کشتگاه EMB و NA در جایگاه معدن کمتر از زمین کشاورزی می‌باشد (جدول ۱) که می‌توان آن را وابسته به اندازه‌های بالاتر غلظت فلزهای سنگین و کمی مواد آلی در خاک‌های معدن در برابر خاک‌های کشاورزی دانست.

جداشده از گیاه زیرآب شسته شد و سپس برگ‌ها دو بار در آب مقطر سترون شسته شدند و سپس رویه آن‌ها با اتانول ۹۶ درصد برای ۳۰ ثانیه گندزدایی گردید. پس‌از آن هر نمونه چند بار پی‌درپی در آب مقطر سترون شسته شده تا بدون ماده گندزدایی کننده (الکل) شود. سپس در هاون سترون یک گرم از نمونه ساییده شد و در ۹ میلی‌لیتر از پیرو فسفات سدیم (۰/۱۸ درصد) سوسپانسیون شد (۴۱). فراوانی همه باکتری‌ها در دو کشتگاه نوترینت آگار (NA) و در کشتگاه ائوزین‌متیلن‌بلو آگار (EMB) سه روز پس از مایه‌زنی و گذاشتن در گرمخانه (انکوباتور) در دمای ۲۸ درجه سلسیوس شمارش شدند. پرگنه‌های پدید آمده از کشت هر نمونه شمارش شد و لگاریتم فراوانی یگان‌های سازنده پرگنه (Colony forming units) در یگان وزن هر نمونه (Log CFU gr) برآورد شد و داده‌های آن آزمون آماری گردید. پراکنش داده‌های به‌دست‌آمده از شمارش نرمال نبود و برای دگرذیسی داده‌ها و نرمال‌سازی آن‌ها، لگاریتم فراوانی ریز جانداران شمارش شده، برآورد شد و گزارش گردید (۵).

هریک از داده‌های بدست‌آمده از اندازه‌گیری فلزهای سنگین کادمیوم، روی و سرب در گیاه و همچنین داده‌های بدست‌آمده از شمارش باکتری‌ها به گونه جداگانه در طرح آماری کرت‌های خردشده با سه تکرار انجام شدند و آزمون میانگین‌های جذب فلز با روش دانکن و نرم‌افزار ۹.4 SAS انجام گرفت. در این آزمایش‌ها کرت اصلی جایگاه نمونه‌برداری بود که اندازه فلزها و یا شمار باکتری‌ها در دو جایگاه آلوده و نآلوده آزمایش شد و کرت فرعی گونه گیاهی بود. پراکنش داده‌های به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری غلظت فلزها و شمار باکتری‌ها در گیاه نرمال نبود که برای دگرذیسی داده‌ها و نرمال کردن آن‌ها از نرم‌افزار SPSS20 و آزمون شاپیروویک استفاده گردید و لگاریتم داده‌های بدست‌آمده بکار رفت.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک‌های بررسی شده

معدن سرب و روی (جایگاه آلوده)		زمین کشاورزی (جایگاه ناآلوده)		ویژگی
اشتباه معیار	میانگین	اشتباه معیار	میانگین	
۱/۷۶۳	۲۸/۶۶	۲/۴۰۳	۲۳/۳۳	درصد رس
۴/۸۰۷	۴۵/۳۳	۶/۷۶۵	۴۴/۶۶	درصد سیلت
۵/۰۳۳	۲۶/۰۰	۹/۱۶۵	۳۲/۰۰	درصد شن
	لومی		لوم رسی	بافت
۰/۰۳۳	۷/۷۳۳	۰/۰۸۶	۷/۶۹۶	پ-اچ
۰/۳۳۳	۱۵/۶۶۶	۰/۶۶۶	۱۴/۳۳	رسانندگی الکتریکی ($dS.m^{-1}$)
۳/۲۵۱	۸/۹۰	۱/۳۲۷	۲۰/۴۷	درصد کربن آلی
۳/۰۸۳	۱۳/۹۱	۳/۲۳۲	۲۳/۶۶	درصد کربنات کلسیم معادل
۰/۲۹۹	۲/۰۱۲۵	۰/۲۶۸	۱/۹۴	کادمیوم کل
۰/۰۲۲	۰/۰۸۴	۰/۰۱۸	۰/۰۵	کادمیوم فراهم
۴۶/۶۵۱	۱۶۲/۷۵	۲۴/۴۴۶	۱۵۹/۳۵	روی کل
۹/۶۷۵	۱۲/۹۳	۰/۷۱۸	۲/۲۶	روی فراهم
۳۴/۷۸۱	۲۸۰/۶۲	۳۸/۲۱۷	۲۱۴/۳۷	سرب کل
۲۲/۵۱۰	۳۵/۴۸	۱/۱۲۰	۴/۵۰	سرب فراهم
۰/۰۶۶	۶/۱۱۴	۰/۰۱۲	۶/۷۱۸	میانگین لگاریتم فراوانی باکتری‌های کشت پذیر بر NA
۰/۱۷۳	۵/۳۰۱	۰/۰۴۱	۵/۸۱۹	میانگین لگاریتم فراوانی باکتری‌های کشت پذیر بر EMB

جدول ۲ - غلظت استاندارد فلزهای سرب، روی کادمیوم در خاک‌های با پی-اچ بالاتر از ۷ ایران (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

فلز	مسکونی	تجاری	پارک سبز	کشاورزی	جنگل و چراگاه
کادمیوم	۲	۸	۸	۵	۸
روی	۵۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰
سرب	۸۰	۷۰۰	۲۹۰	۷۵	۲۹۰

برگرفته از استاندارد کیفیت منابع خاک و راهنمای آن (۱)

میانگین غلظت فلزهای سنگین (کادمیوم، روی و سرب) در گیاهان گردآوری شده از دو جایگاه آلوده و ناآلوده که در جدول ۳ گزارش شده است، با غلظت‌های استاندارد گزارش شده از سوی کاباتا-پندایس (۲۱)، سنجیده و ارزیابی شد (جدول ۴) تا آلودگی گیاهان به فلزهای یادشده نمایان‌تر شود. میانگین کل غلظت فلز کادمیوم در گیاهان گردآوری شده در هر دو زمین کشاورزی و معدن از اندازه‌های نرمال این فلز برای گیاهان بیشتر بود و در بازه اندازه‌های زهری این فلز برای گیاهان است. میانگین کل غلظت فلز روی و سرب نیز در گیاهان گردآوری شده در هر دو زمین کشاورزی و معدن از اندازه‌های نرمال و

ارزیابی درجه آلودگی گیاهان گردآوری شده به فلزهای کادمیوم، روی و سرب: میانگین غلظت فلزها در اندام‌های هوایی گیاهان برداشت شده از هر جایگاه در جدول ۳ آورده شده است. روی هم‌رفته میانگین کل غلظت کادمیوم برای گیاهان گردآوری شده در جایگاه معدن کمتر از زمین کشاورزی می‌باشد هرچند این تفاوت از دیدگاه آماری چشم‌گیر نمی‌باشد (جدول ۳ و ۵). میانگین غلظت کل روی و سرب برای گیاهان گردآوری شده از جایگاه معدن بیشتر از زمین کشاورزی می‌باشد یادآوری می‌شود که این تفاوت از دیدگاه آماری چشم‌گیر نمی‌باشد (جدول ۳ و ۵).

زهری این فلز برای گیاهان بسیار بالاتر می‌باشد (جدول ۳ و ۴).

جدول ۳ - میانگین اندازه کادمیوم، روی و سرب انباشته‌شده در برگ گیاهان گردآوری‌شده از دو جایگاه آلوده و نآلوده (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

جایگاه زمین زراعی (نآلوده)			جایگاه معدن سرب (آلوده)			نام فارسی	گونه
Cd	Zn	Pb	Cd	Zn	Pb		
۱۲/۰۸	۴۶۶/۲۵	۶۹۷/۹۱	۱۱/۱۶	۷۱۳/۵۴	۸۰۲/۰۸	پیچک	<i>convolvulus arvensis</i>
۱۳/۸۳	۶۲۲/۰۸	۹۲۷/۰۸	۱۲/۸۷	۷۶۸/۷۵	۱۰۶۲/۵	شکر تیغال	<i>Echinops echinatus</i>
۱۲/۵۴	۶۸۲/۵	۱۱۰۴/۱۶	۱۳/۷۵	۵۵۸/۰۲	۱۱۹۷/۹۱	گل قاصد	<i>Taraxacum officinale</i>
۱۳/۵	۳۹۴/۰۶	۱۱۰۴/۱۶	۱۱/۶۲	۳۵۰/۱۰	۱۴۰۶/۲۵	ازمک	<i>Lepidium draba L</i>
۱۲/۸۷	۳۲۴/۷۹	۱۱۱۴/۵۸	۱۲/۷۹	۳۶۵/۴۱	۱۱۴۵/۸۳	زلف پیر	<i>Senecio vulgaris</i>
۱۲/۵	۲۶۹/۰۶	۱۳۷۵	۱۳/۲۹	۴۷۲/۶۰	۱۳۸۵/۴۱	شقایق	<i>Papaver rhoeas</i>
۱۲/۷۰	۳۲۶/۹۷	۱۱۵۶/۲۵	۱۲/۶۲	۳۲۴/۸۹	۱۴۲۷/۰۸	فرفیون	<i>Euphorbia seguieriana</i> Neck
۱۳/۴۱	۶۹۷/۱۸	۱۹۴۷/۹۱	۱۴/۱۶	۵۳۵/۷۲	۲۰۳۱/۲۵	پونه	<i>Mentha pulegium</i>

جدول ۴ - مرزهای غلظت عناصر کادمیوم، روی و سرب در بافت برگ بالغ گونه‌های گیاهی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

عنصر	غلظت نرمال	غلظت زهری	مرز برداری گیاهان کشاورزی
Cd	۰/۰۵ - ۰/۲	۵ - ۳۰	۰/۰۵ - ۰/۵
Zn	۲۷ - ۱۵۰	۱۰۰ - ۴۰۰	۵۰ - ۱۰۰
Pb	۵ - ۱۰	۳۰ - ۳۰۰	۰/۵ - ۱۰

برگرفته از کاباتا-پندایس (۲۱)

پیامد جایگاه نمونه‌برداری و برهمکنش تیمارها بر اندازه انباشتگی سرب و روی در گیاه چشم‌گیر نبود. همچنین پیامد هیچ‌کدام از تیمارها بر اندازه انباشتگی کادمیوم چشم‌گیر نبود (جدول ۵).

آزمون آماری داده‌های اندازه‌گیری فلزها: نتایج تجزیه واریانس پیامد تیمارهای جایگاه نمونه‌برداری و گونه گیاه بر اندازه سه فلز کادمیوم، روی و سرب در اندام‌های هوایی گیاهان نشان داد که تنها پیامد گونه گیاهی بر اندازه جذب دو فلز روی و سرب از دیدگاه آماری چشم‌گیر است، ولی

جدول ۵ - تجزیه واریانس (میانگین مربعات) پیامد تیمارها بر اندازه انباشتگی سه فلز کادمیوم، روی و سرب

منبع دگرگونی	درجه آزادی	کادمیوم	روی	سرب
بلوک	۲	۰/۰۰۶۳ ^{ns}	۰/۲۵۱ ^{ns}	۰/۰۲۵۰ ^{ns}
جایگاه نمونه‌برداری	۱	۰/۰۰۰۲۷ ^{ns}	۰/۰۱۵۴ ^{ns}	۰/۰۳۶۲ ^{ns}
خطای اول	۲	۰/۰۰۳۹ ^{ns}	۰/۰۰۰۸ ^{ns}	۰/۰۱۳ ^{ns}
گونه گیاه	۷	۰/۰۰۲۷ ^{ns}	۰/۱۰۷۷*	۰/۰۹۴۱*
جایگاه * گونه	۷	۰/۰۰۱۶ ^{ns}	۰/۰۲۱۷ ^{ns}	۰/۰۰۲۶ ^{ns}
خطا	۲۸	۰/۰۰۲	۰/۰۱۸۶	۰/۰۱۵۵
ضریب تغییرات		۴/۱۷۲	۵/۱۴۴	۴/۱۲۵

*پیامد چشم‌گیر در پایه ۰/۰۵، ns نبود پیامد چشم‌گیر

فرفیون ناهمانندی چشم‌گیری داشت و جذب روی در گونه ازمک از دیدگاه آماری میانه بود، به‌گونه‌ای که بیشترین اندازه روی در گونه گیاهی شکر تیغال (۶۹۵/۴۲) میلی‌گرم بر کیلوگرم و کمترین اندازه روی (۳۲۵/۹۴)

آزمون میانگین جذب روی در گیاهان نشان داد که غلظت روی در گونه‌های گیاهی پیچک، شکر تیغال، گل قاصد و پونه در برابر آن در گیاهان دیگر بسیار بالا است. اندازه آن در این چهار گونه گیاهی با گونه‌های زلف پیر، شقایق و

میلی‌گرم بر کیلوگرم) در گونه گیاهی فریون به دست آمد (جدول ۶).
میلی‌گرم بر کیلوگرم) را دارا می‌باشد و کمترین اندازه سرب (۷۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) را گیاه پیچک دارا می‌باشد و دیگر گیاهان گردآوری شده میانه آن دو گیاه هستند (جدول ۶).

آزمون میانگین جذب سرب در همه گونه‌های گیاهی (جدول ۶) نشان داد که پونه بالاترین اندازه سرب

جدول ۶- آزمون میانگین جذب روی و سرب در گونه‌های گیاهی گوناگون (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

گونه	نام فارسی	میانگین جذب سرب \pm اشتباه معیار	میانگین جذب روی \pm اشتباه معیار
<i>convolvulus arvensis</i>	پیچک	$750^c \pm 109/448$	$589/90^{abc} \pm 132/701$
<i>Echinops echinatus</i>	شکر تیغال	$994/8^{bc} \pm 126/252$	$695/42^a \pm 120/882$
<i>Taraxacum officinale</i>	گل قاصد	$1151^{bc} \pm 245/642$	$620/26^{ab} \pm 77/026$
<i>Lepidium draba L</i>	ازمک	$1255/2^{ab} \pm 201/367$	$372/08^{bc} \pm 49/587$
<i>Senecio vulgaris</i>	زلف پیر	$1130/2^{bc} \pm 208/046$	$325/10^c \pm 20/100$
<i>Papaver rhoeas</i>	شقایق	$1380/2^{ab} \pm 54/026$	$370/83^c \pm 122/928$
<i>Euphorbia seguieriana Neck</i>	فریون	$1291/7^{ab} \pm 158/798$	$325/94^c \pm 16/522$
<i>Mentha pulegium</i>	پونه	$1989/6^a \pm 178/486$	$616/46^{abc} \pm 150/383$

کشتگاه NA و EMB در پایه آماری ۰/۰۵ چشم‌گیر نمی‌باشد ولی پیامدهای اصلی جایگاه نمونه‌برداری و گونه گیاهی بر فراوانی باکتری‌ها در هر دو کشتگاه NA و EMB در پایه آماری ۰/۰۵ چشم‌گیر است (جدول ۷).

بررسی فراوانی باکتری‌های درونزی گیاهان گردآوری‌شده از جایگاه آلوده و نآلوده: نتایج تجزیه واریانس پیامد تیمارها بر لگاریتم فراوانی باکتری‌های درونزی در دو کشتگاه NA و EMB نشان داد که برهمکنش جایگاه نمونه‌برداری در گونه گیاهی در هر دو

جدول ۷ - تجزیه واریانس (میانگین مربعات) پیامد تیمارها بر میانگین لگاریتم فراوانی باکتری‌های اندوفیت در دو کشتگاه NA و EMB

منبع دگرگونی	درجه آزادی	میانگین مربعات فراوانی باکتری در کشتگاه EMB	میانگین مربعات فراوانی باکتری در کشتگاه NA
بلوک	۲	$0/495^{ns}$	$1/442^{ns}$
جایگاه نمونه‌برداری	۱	$35/166^*$	$60/448^*$
خطای اول	۲	$0/013^{ns}$	$0/212^{ns}$
گونه گیاه	۷	$10/744^*$	$8/166^*$
جایگاه * گونه	۷	$2/406^{ns}$	$1/835^{ns}$
خطا	۲۸	$1/215$	$1/616$
ضریب تغییرات (%)		$41/149$	$39/040$

*پیامد چشم‌گیر در پایه ۰/۰۵، ns نبود پیامد چشم‌گیر در پایه ۰/۰۵

باکتری‌های درونزی کشت پذیر در کشتگاه نوترینت آگار بسیار بیشتر از کلیفرم‌های جداشده در کشتگاه انوزین‌متیلن‌بلو آگار است. از سوی دیگر میانگین لگاریتم فراوانی باکتری‌ها در گونه‌های گیاهی در کشتگاه EMB و NA در جایگاه نآلوده به‌اندازه چشم‌گیری بیش از آن در گیاهان برداشت شده از جایگاه آلوده بود (جدول ۸).

آزمون میانگین فراوانی باکتری‌های کشت پذیر در جایگاه‌های نمونه‌برداری شده: میانگین لگاریتم فراوانی باکتری‌ها در هر گرم برگ خشک گیاه برای کشتگاه EMB برای جایگاه آلوده ۱/۸۷ و برای جایگاه نآلوده ۳/۵۸ بود و میانگین لگاریتم فراوانی باکتری‌ها در هر گرم گیاه برای کشتگاه NA برای جایگاه آلوده ۱/۸۷۶ و برای جایگاه نآلوده ۴/۱۲۱ بود (جدول ۸). آشکار است که شمار

جدول ۸-آزمون میانگین لگاریتم فراوانی باکتری‌ها درون‌زی در کشتگاه EMB و NA در جایگاه‌های آلوده و ناآلوده

جایگاه نمونه‌برداری	اشتباه معیار \pm میانگین در کشتگاه EMB	اشتباه معیار \pm میانگین در کشتگاه NA
جایگاه آلوده	$1/87^b \pm 0/958$	$1/876^b \pm 1/051$
جایگاه ناآلوده	$3/58^a \pm 0/952$	$4/121^a \pm 0/783$

همچنین آزمون میانگین لگاریتم فراوانی همه باکتری‌ها در کشتگاه NA نشان داد که گونه گیاهی زلف پیر بالاترین فراوانی باکتری‌ها را دارا می‌باشد و کمترین فراوانی را گونه گیاهی فریون دارا می‌باشد و دیگر گیاهان گردآوری‌شده از دیدگاه آماری میانه هستند (جدول ۹).

آزمون میانگین فراوانی باکتری‌های کشت پذیر در گیاهان نمونه‌برداری‌شده: آزمون میانگین لگاریتم فراوانی همه باکتری‌ها در کشتگاه EMB نشان داد که گیاه پیچک بالاترین فراوانی باکتری‌ها را دارا می‌باشد و کمترین فراوانی را گیاه فریون دارا می‌باشد و دیگر گیاهان گردآوری‌شده از دیدگاه آماری میانه هستند (جدول ۹).

جدول ۹-آزمون میانگین لگاریتم فراوانی باکتری‌های درون‌زی گیاهان گوناگون در کشتگاه EMB و NA

گونه	نام فارسی	اشتباه معیار \pm میانگین در کشتگاه EMB	اشتباه معیار \pm میانگین در کشتگاه NA
<i>convolvulus arvensis</i>	پیچک	$4/56^a \pm 0/554$	$3/303^{abc} \pm 1/523$
<i>Echinops echinatus</i>	شکر تیغال	$2/02^{bcd} \pm 0/964$	$2/069^{bc} \pm 0/936$
<i>Taraxacum officinale</i>	گل قاصد	$3/30^{abc} \pm 1/083$	$3/801^{ab} \pm 1/139$
<i>Lepidium draba L</i>	ازمک	$3/49^{abc} \pm 1/049$	$3/863^{ab} \pm 1/187$
<i>Senecio vulgaris</i>	زلف پیر	$3/80^{ab} \pm 0/590$	$4/562^a \pm 0/501$
<i>Papaver rhoeas</i>	شقایق	$2/61^{bc} \pm 0/762$	$1/645^{bc} \pm 1/064$
<i>Euphorbia seguieriana Neck</i>	فریون	$0/42^d \pm 0/606$	$1/337^c \pm 0/848$
<i>Mentha pulegium</i>	پونه	$1/59^{dc} \pm 1/010$	$3/403^{abc} \pm 0/345$

بحث

سنگ‌بستر ماسه‌سنگ و شیل به گونه طبیعی اندازه غلظت سرب بالاست. بنابراین افزایش غلظت سرب در زمین‌های بررسی‌شده، به ساختار زمین‌شناسی (شیل و ماسه‌سنگ و سنگ‌آهک) و کارهای کشاورزی (کاربرد بی‌رویه کودهای دامی و شیمیایی) و همچنین آلودگی شهری (آلودگی خودروها) وابسته است (۳). همچنین با نگاه به گستردگی مراکز صنعتی و جاده‌های پررفت‌وآمد در منطقه و گذر آن‌ها در میان کاربری‌های کشاورزی و چراگاه فرونشست‌های اتمسفری پدید آمده از فعالیت‌های آن‌ها می‌تواند مایه افزایش آلودگی فلزهای سنگین به‌ویژه سرب، روی و کادمیم در این زمین‌ها باشد.

یافته‌های این بررسی نشان داد که غلظت‌های کادمیم، روی و سرب در گیاهان بررسی‌شده باهم گوناگون هستند که نشان‌دهنده ناهمبندی در انباشتگی سرب و کادمیم در این گونه‌های گیاهی می‌باشد در میان سه فلز میانگین

این بررسی نشان داد که خاک‌های معدن و زمین‌های کشاورزی دارای اندازه بالایی از فلزهای سرب، روی و کادمیم می‌باشند و همچنین غلظت بالایی از سرب در زمین کشاورزی اندازه‌گیری شد که می‌تواند وابسته به ساختار زمین‌شناسی، کودهای شیمیایی، آلودگی پدید آمده از دود خودروها و کارخانه‌های شهری در پی آن فرونشست‌های اتمسفری باشد. استان همدان در بخش‌های جنوب خاوری (نزدیک شهرستان ملایر)، مرکز استان (شهرستان همدان) و یک بخش کوچک در نیمه باختری استان (شهرستان اسدآباد) بر روی سنگ‌بستر آذرین و دگرگونی، ماسه‌سنگ، شیل و سنگ‌آهک دیده می‌شود. کاربری زمین‌ها در این مناطق کشاورزی آبی، چراگاه و معدن می‌باشد که کود و زهرهای شیمیایی به گونه نادرست و بی‌رویه به‌کاررفته است. بر پایه بررسی‌های انجام‌شده، در

توانایی دسترسی زیستی عناصر برای گیاهان وابسته به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک (۳۴) شرایط اقلیمی، ژنوتیپ گیاهی، آب آبیاری و مدیریت آگرونومیک است (۱۸).

این پژوهش نشان داد که آلودگی بیشتر خاک‌های معدن به فلزهای سنگین نسبت به خاک‌های زمین‌های کشاورزی مایه کاهش فراوانی و گوناگونی باکتری‌ها گردید. کوچاو و همکاران (۲۲) با کشت و شمارش ریزجانداران نشان داد که شمار قارچ‌ها و اکتینومیسیت‌ها در خاک‌های آلوده به فلزهای سنگین در برابر خاک‌های شاهد، بسیار کمتر است. صفری سنجانی و یونسی (۳۵) در بررسی پایداری باکتری‌های خاک‌های معدن و کشاورزی به فلزها و پادزیست‌ها گزارش کردند که فراوانی باکتری‌ها در زمین‌های کشاورزی به اندازه چشم‌گیری بیشتر از خاک‌های معدن است و این نشان از پیامد بد خاک معدن و آلودگی آن بر باکتری‌های خاک دارد. همچنین اسمجکالووا و همکاران (۳۹) پیامدهای سه فلز سنگین (کادمیوم، روی و سرب) را روی یگان سازنده کلونی، فعالیت‌های آنزیمی و توده کربن ریز جانداران، اندازه کربن آلی شداده را در ریز جانداران خاک بررسی کردند و آن‌ها دیدند که همگی پارامترهای اندازه‌گیری‌شده به گونه چشم‌گیری با غلظت فلزهای سنگین دگرگون می‌شوند. به هرگونه شاید سنجش و ارزیابی زیان آلودگی خاک به فلزهای سنگین به اندازه‌گیری کل آن‌ها در خاک چندان درست نباشد.

همان‌گونه در این پژوهش آمده، پیامد بد خاک‌ها و در پی آن آلودگی گیاهان به فلزهای سنگین بر گوناگونی و فراوانی باکتری‌های درونزی نیز چشم‌گیر است. این پیامد بد بر باکتری‌های درونزی گیاهان در چندین گزارش دیگر نیز آمده است (۳۷)، بنابراین، غلظت بالای فلزهای سنگین در خاک تنش‌های ویژه‌ای برای گیاه و در پی آن برای باکتری‌های درونزی پدید می‌آورند. اگرچه کمبود فراوانی و کارکرد باکتری‌ها در خاک‌های آلوده‌تر به فلزها از شانس

غلظت فلز سرب در گیاهان بررسی‌شده در هردو جایگاه معدن و کشاورزی بیشتر از روی و کادمیوم بود و همچنین غلظت فلز روی در هردو جایگاه معدن و کشاورزی بیشتر از کادمیوم می‌باشد. آلودگی بالای کادمیم، روی و سرب در گیاهان منطقه در این پژوهش می‌تواند وابسته به خاک و مواد مادری آن باشد. در بررسی همانندی موسهولم و همکاران (۲۸) گزارش کردند که ناهمانندی غلظت عناصر در گیاهان گوناگون وابسته به توانایی‌های نابرابر گونه‌های گیاهی در جذب و انباشتگی فلزهای سنگین است. آن‌ها همچنین نشان دادند افزون بر این موارد، ناهمانندی گونه‌ها در دوره رشد، تندی رشد و همچنین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نیز بر جذب فلزهای سنگین به وسیله گیاهان پیامد دارد (۲۸). از دیگر عوامل آلودگی بالای گیاهان بررسی شده، به فلزهای سنگین می‌تواند فعالیت کارخانه‌های صنعتی، بویژه کارخانه و معدن سرب و روی و پساب آنها، فرونشست‌های اتمسفری، خودروهای بنزین سوز و وزش باد که مایه افزایش پراکندگی فلزهای سنگین می‌شوند. در بررسی‌های گوناگونی یافته‌های همانندی گزارش شده است. گلچین و همکاران (۶)، در بررسی اندازه آلودگی فلزهای سنگین در پیرامون مراکز صنعتی زنجان، بالاترین اندازه‌های روی، سرب و کادمیم فراهم را در پیرامون کارخانه سرب و روی گزارش کرد و فعالیت کارخانه و پساب ره‌اشده را در افزایش غلظت این فلزها کارا دانسته است. همچنین بهره‌گیری لجن فاضلاب و کودهای جانوری و شیمیایی در افزایش غلظت کادمیم در زمین‌های کشاورزی کارکرد ویژه‌ای دارد (۴۲). صفری سنجانی (۳۳) در بررسی غلظت سرب در پیرامون بزرگراه رزن هم‌مدان گزارش کردند که با دور شدن از بزرگراه آلودگی خاک و گیاه به گونه‌ای کاهش می‌یابد و تندی این کاهش بستگی به راستای وزش باد چیره در این سرزمین دارد. در بسیاری از بررسی‌ها، جذب سرب از راه اندام‌های هوایی گیاهان بسیار چشمگیر و بیشتر از جذب از طریق، ریشه‌ها گزارش شده است (۴). به سخن دیگر،

آلودگی گیاه به این باکتری‌ها و درونزی شدن باکتری‌ها در آن‌ها می‌کاهد. این‌که کدام پدیده (آلودگی گیاه به فلز یا بخت آلودگی آن با باکتری) بر یافته‌های این پژوهش پیامد بزرگ‌تری دارد، نیاز به بررسی ویژه‌ای دارد.

در این بررسی فراوانی کمتر باکتری‌های درونزی (در بافت برگ) در جایگاه آلوده در برابر جایگاه ن‌آلوده می‌تواند با غلظت پایین مواد مغذی و غلظت بالای فلزهای سنگین زهری در زیستگاه وابسته باشد. هرچند که آلودگی خاک‌های کشاورزی و گیاهان آن‌ها به فلزهای سنگین نیز بالا است ولی ویژگی‌های بهتر خاک و بویژه مواد آلی بیشتر در خاک‌های کشاورزی مایه رشد بهتر گیاه و باکتری‌های پایدار به فلزهای سنگین شده (۳۵) که به آلودگی بیشتر گیاه به باکتری‌های درونزی انجامیده است. بررسی‌های پیشین روی ویژگی‌های زیستگاه‌ها نشان داده است که آلودگی فلزهای سنگین روی گوناگونی گیاهان و جانوران پیامد دارد (۲۰ و ۲۶). این یافته‌ها نشان می‌دهد که درونزی‌ها در گیاه بسیار وابسته به ویژگی‌های خاک (آلودگی فلزهای سنگین و مواد مغذی پایین) هستند و این ناهمبندی و پاسخ برای باکتری‌های کشت‌پذیر در کشتگاه EMB در گل قاصد بسیار بیشتر از دیگر گونه‌های گیاهی دیده شد. باکتری‌های کشت‌پذیر در کشتگاه NA بیشترین ناهمبندی و پاسخ به ویژگی‌های خاک را در گیاه پیچک داشتند. زلقی و صفری سنجانی (۴۵) نشان دادند که زیست‌فراهمی و آسیب ریخت‌های گوناگون فلزهای سنگین در خاک بر زندگی و کارکرد ریز جانداران ناهمبند است و پیامد بد فلزهای سنگین بیشتر وابسته به ریخت‌های پرجنش و فراهم آن‌ها است. به هرگونه اندازه‌های بالاتر کادمیوم، روی و سرب در جایگاه آلوده (معدن) در برابر جایگاه ن‌آلوده (زمین کشاورزی) در این پژوهش که زیستگاه گوناگونی برای گیاهان و ریز جانداران فراهم نموده است نشان می‌دهد که پیامدهای فاکتورهای محیطی روی باکتری‌های درونزی گیاهی می‌تواند چشم‌گیر باشد.

یافته‌های این پژوهش نشان داد که گذشته از زیستگاه و آلودگی آن، گونه گیاهی و ویژگی‌های آن بر شمار فراوانی باکتری‌های درونزی در هر گیاه پیامد ویژه‌ای دارد. شمار جدایه‌ها و میانگین لگاریتم فراوانی باکتری‌ها در کشتگاه EMB برای گیاه پیچک در هر دو جایگاه در برابر گیاه فریون بیشتر بود. همچنین میانگین لگاریتم فراوانی باکتری‌ها در کشتگاه NA در گونه‌های گیاهی گل قاصد، از مک و زلف پیر بسیار بیشتر از گونه‌های شقایق و فریون بود که این پیامدهای گونه میزبان گیاهی روی فراوانی درونزی‌ها را نشان می‌دهد. در بررسی‌های مشابه گزارش شده است که گونه گیاهی میزبان بزرگ‌ترین پیامد را بر فراوانی جوامع باکتریایی درونزی دارد (۱۵). همچنین گزارش شده است که فراوانی نسبی باکتری‌های درونزی ویژه برای گونه‌های گیاهی ویژه‌ای بیشتر است (۱۴). در پژوهشی همانند با این بررسی رومن پونس و همکاران (۳۱) باکتری‌های درونزی ریشه دو گیاه *Prosopis laevigata* و *Sphaeralcea* را در دو جایگاه ن‌آلوده و آلوده بررسی کردند. آن‌ها روی هم رفته ۶۰ درونزی جدا کردند که ۴۰ درونزی از جایگاه ن‌آلوده و ۲۰ درونزی از جایگاه آلوده بود. و آن‌ها این کاهش شمار جدایه‌های درونزی‌ها را در جایگاه آلوده در برابر ن‌آلوده را به غلظت بالای فلزهای سنگین در خاک جایگاه آلوده، گونه گیاه و زمان برداشت وابسته دانستند. همچنین در بررسی‌های متعددی نشان داده شده که فراوانی و کارکرد ریز جانداران همزیست گیاهان، مانند باکتری‌های درونزی، هم به فاکتورهای محیطی و هم به گونه گیاهی وابسته است (۱۳ و ۴۷).

نتیجه‌گیری

بررسی فراوانی باکتری‌های شمارش شده در خاک و همچنین گیاهان در دو جایگاه معدن و کشاورزی نشان داد که روی هم‌رفته فراوانی باکتری‌ها در جایگاه معدن کمتر از جایگاه زمین‌های کشاورزی می‌باشد که می‌توان آن را

فراوانی و ترکیب جامعه باکتری‌های درونزی بسیار وابسته به خاک و نیز گونه گیاهی است و این یافته در برنامه‌ریزی و شناخت رفتار باکتری‌ها در بوم سازه‌ها بسیار سودمند می‌تواند باشد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از آقای دکتر مسعود رنجبر عضو هیات علمی محترم گروه زیست‌شناسی دانشگاه بوعلی سینا همدان برای شناسایی گونه‌های گیاهی تشکر و قدردانی می‌نمایم.

منابع

- ۴- خادم حقیقت، م.، و قدوسی، ج.، ۱۳۶۴. توزیع سرب در برگ‌های چنار در برابر مراکز تردد خودروها در مناطق مختلف، تهران، انتشارات جهاد دانشگاهی.
- ۵- صفری سنجانی، ع. ا.، شریفی، ز.، و صفری سنجانی، م.، ۱۳۸۹. روش‌های آزمایشگاهی در میکروبیولوژی، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا همدان، ۵۶۶ صفحه.
- ۶- گلچین، ا.، اسماعیلی، م.، و تکاسی، م.، ۱۳۸۴. گزارش طرح بررسی منابع آلاینده خاک‌ها و محصولات زراعی و باغی استان زنجان به فلزات سنگین، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان زنجان.
- ۷- Adriano, D. C., 2001. Arsenic. In Trace elements in terrestrial environments. *Springer*, New York, PP: 219-261.
- ۸- Barzanti, R., Ozino, F., Bazzicalupo, M., Gabbriellini, R., Galardi, F., Gonnelli, C., and Mengoni, A., 2007. Isolation and characterization of endophytic bacteria from the nickel hyperaccumulator plant *Alyssum bertolonii*. *Microbial Ecology*, 53(2), PP: 306-316.
- ۹- Behera, B. C., Mishra, R. R., Patra, J. K., Sarangi, K., Dutta, S. K., and Thatoi, H. N., 2013. Impact of heavy metals on bacterial communities from mangrove soils of the Mahanadi Delta (India). *Chemistry and Ecology*, 29(7), PP: 604-619.
- ۱۰- Bouyoucos, G. J., 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils, *Agronomy journal*, 54(5), PP: 464-465.
- ۱۱- Cao, H., Chen, J., Zhang, J., Zhang, H., Qiao, L., and Men, Y., 2010. Heavy metals in rice and garden vegetables and their potential health risks to inhabitants in the vicinity of an industrial zone in Jiangsu, China, *Journal of environmental sciences*. 22(11), PP: 1792-1799.
- ۱۲- Chiprés, J. A., Castro-Larragoitia, J., and Monroy, M. G., 2009. Exploratory and spatial data analysis (EDA-SDA) for determining regional background levels and anomalies of potentially toxic elements in soils from Catorce-Matehuala, Mexico, *Applied Geochemistry*, 24(8), PP: 1579-1589.
- ۱۳- Deng, Z. S., Zhao, L. F., Kong, Z. Y., Yang, W. Q., Lindström, K., Wang, E. T., and Wei, G. H., 2011. Diversity of endophytic bacteria within nodules of the *Sphaerophysa salsula* in different regions of Loess Plateau in China, *FEMS microbiology ecology*. 76(3), PP: 463-475.
- ۱۴- Ding, T., and Melcher, U., 2016. Influences of plant species, season and location on leaf
- ۱- استاندارد کیفیت منابع خاک و راهنماهای آن، ۱۳۹۱. سازمان محیط‌زیست ایران.
- ۲- اسدی، م.، (سر ویراستار)، ۱۳۹۵-۱۳۶۷. فلور ایران، شماره ۸۵-۱. مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران.
- ۳- برزین، م.، خیرآبادی، ح.، و افیونی، م.، ۱۳۹۴. بررسی آلودگی برخی فلزات سنگین خاک‌های سطحی استان همدان با استفاده از شاخص‌های آلودگی، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب‌و خاک، سال ۱۹، شماره ۷۲، صفحات ۱۱-۱.

- endophytic bacterial communities of non-cultivated plants. *PLoS one*, 11(3), PP: 1-13.
- 15- Ding, T., Palmer, M. W., and Melcher, U., 2013. Community terminal restriction fragment length polymorphisms reveal insights into the diversity and dynamics of leaf endophytic bacteria, *BMC microbiology*, 13(1), PP: 1-20.
 - 16- Fashola, M. O., Ngole-Jeme, V. M., and Babalola, O. O., 2016. Heavy metal pollution from gold mines: environmental effects and bacterial strategies for resistance. *International journal of environmental research and public health*, 13(11), PP: 1047.
 - 17- Gamiño-Gutiérrez, S. P., González-Pérez, C. I., Gonsebatt, M. E., and Monroy-Fernández, M. G., 2013. Arsenic and lead contamination in urban soils of Villa de La Paz (Mexico) affected by historical mine wastes and its effect on children's health studied by micronucleated exfoliated cells assay. *Environmental geochemistry and health*, 35(1), PP: 37-51.
 - 18- Golia, E. E., Dimirkou, A., and Mitsios, I. K., 2008. Influence of some soil parameters on heavy metals accumulation by vegetables grown in agricultural soils of different soil orders, *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 81(1), PP: 80-84.
 - 19- Guo, H., Luo, S., Chen, L., Xiao, X., Xi, Q., Wei, W., Zeng, G., Liu, C., Wan, Y., Chen, J., and He, Y., 2010. Bioremediation of heavy metals by growing hyperaccumulator endophytic bacterium *Bacillus* sp, L14, *Bioresource technology*, 101(22), PP: 8599-8605.
 - 20- Jasso-Pineda, Y., Espinosa-Reyes, G., González-Mille, D., Razo-Soto, I., Carrizales, L., Torres-Dosal, A., Mejía-Saavedra, J., Monroy, M., Ize, A. I., Yarto, M., and Díaz-Barriga, F., 2007. An integrated health risk assessment approach to the study of mining sites contaminated with arsenic and lead. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 3(3), PP: 344-350.
 - 21- Kabata-Pendias, A., 2010. Trace elements in soils and plants. *CRC press*, 548 p.
 - 22- Kouchou, A., Rais, N., Elsass, F., Duplay, J., Fahli, N., and Ghachtouli, N. E. L., 2017. Effects of long-term heavy metals contamination on soil microbial characteristics in calcareous agricultural lands (Saiss plain, North Morocco), *Journal of Materials and Environmental Science*, 8, PP: 691-695.
 - 23- Kuiper, I., Lagendijk, E. L., Bloembergen, G. V., and Lugtenberg, B. J., 2004. Rhizoremediation: a beneficial plant-microbe interaction, *Molecular plant-microbe interactions*, 17(1), PP: 6-15.
 - 24- Lasat, M. M., 2002. Phytoextraction of toxic metals, *Journal of environmental quality*, 31(1), PP: 109-120.
 - 25- Lindsay, W. L., and Norvell, W. A., 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil science society of America journal*, 42(3), PP: 421-428.
 - 26- Machado-Estrada, B., Calderón, J., Moreno-Sánchez, R., and Rodríguez-Zavala, J. S., 2013. Accumulation of arsenic, lead, copper, and zinc, and synthesis of phytochelatin by indigenous plants of a mining impacted area. *Environmental Science and Pollution Research*, 20(6), PP: 3946-3955.
 - 27- Mastretta, C., Barac, T., Vangronsveld, J., Newman, L., Taghavi, S., and Lelie, D. V. D., 2006. Endophytic bacteria and their potential application to improve the phytoremediation of contaminated environments, *Biotechnology and genetic engineering reviews*, 23(1), PP: 175-188.
 - 28- Moseholm, L., Larsen, E. H., Andersen, B., and Nielsen, M. M., 1992. Atmospheric deposition of trace elements around point sources and human health risk assessment. I: impact zones near a source of lead emissions, *Science of the total environment*, 126(3), PP: 243-262.
 - 29- Navarro-Noya, Y. E., Jan-Roblero, J., Del Carmen González-Chávez, M., Hernández-Gama, R., and Hernández-Rodríguez, C., 2010. Bacterial communities associated with the rhizosphere of pioneer plants (*Bahia xylopoda* and *Viguiera linearis*) growing on heavy metals-contaminated soils, *Antonie Van Leeuwenhoek*, 97(4), PP: 335-349.
 - 30- Rhoades, J. D., 1996. Salinity: electrical conductivity and total dissolved solids. *Methods of Soil Analysis Part 3—Chemical Methods*, (methodsofsoilan3), PP: 417-435.
 - 31- Román-Ponce, B., Ramos-Garza, J., Vásquez-Murrieta, M. S., Rivera-Orduña, F. N., Chen, W. F., Yan, J., Estrada-de los Santos, P., and Wang, E. T., 2016. Cultivable endophytic bacteria from heavy metal (loid)-tolerant plants, *Archives of microbiology*, 198(10), PP: 941-956.
 - 32- Rowell, D. I., 1994. Soil science method and application, longmangrop, *Limitation Score. Computers & Geosciences*, 33, PP: 1316-1326.
 - 33- Safari Sinigani, A. A., 2007. Temporal and spatial variability of lead levels in *Salsola kali*

- near Razan-Hamadan highway, Iran. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 11 (3), PP: 143-146.
- 34- Safari Sinegani, A. A., and Mirahamdi Araki, H., 2010. Changes in chemical forms of lead in temperate and semiarid soils in sterile and unsterile conditions. *Environmental Chemistry Letters*, 8(4), PP: 323- 330.
- 35- Safari Sinegani, A. A., and Younessi, N., 2017. Antibiotic resistance of bacteria isolated from heavy metal-polluted soils with different land uses. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*, 10, PP: 247-255.
- 36- Sheng, X. F., Xia, J. J., Jiang, C. Y., He, L. Y., and Qian, M., 2008. Characterization of heavy metal-resistant endophytic bacteria from rape (*Brassica napus*) roots and their potential in promoting the growth and lead accumulation of rape. *Environmental pollution*, 156(3), PP: 1164-1170.
- 37- Shin, M. N., Shim, J., You, Y., Myung, H., Bang, K. S., Cho, M., Kamala-Kannan, S., and Oh, B. T., 2012. Characterization of lead resistant endophytic *Bacillus* sp. MN3-4 and its potential for promoting lead accumulation in metal hyperaccumulator *Alnus firma*, *Journal of hazardous materials*, 199, PP: 314-320.
- 38- Sims, J. T., and Kline, J. S., 1991. Chemical fractionation and plant uptake of heavy metals in soils amended with co-composted sewage sludge. *Journal of Environmental Quality*, 20(2), PP: 387-395.
- 39- Smejkalova, M., Mikanova, O., and Boruvka, L., 2003. Effects of heavy metal concentrations on biological activity of soil micro-organisms. *Plant Soil and Environment*, 49(7), PP: 321-326.
- 40- Sposito, G., Lund, L. J., and Chang, A. C., 1982. Trace metal chemistry in arid-zone field soils amended with sewage sludge: I. Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd, and Pb in solid phases, *Soil Science Society of America Journal*, 46(2), PP: 260-264.
- 41- Sturz, A. V., Christie, B. R., and Matheson, B. G., 1998. Associations of bacterial endophyte populations from red clover and potato crops with potential for beneficial allelopathy, *Canadian Journal of Microbiology*, 44(2), PP: 162-167.
- 42- Sun, L. N., Zhang, Y. F., He, L. Y., Chen, Z. J., Wang, Q. Y., Qian, M., and Sheng, X. F., 2010. Genetic diversity and characterization of heavy metal-resistant-endophytic bacteria from two copper-tolerant plant species on copper mine wasteland, *Bioresource Technology*, 101(2), PP: 501-509.
- 43- Thomas, G. W., 1996. Soil pH and soil acidity, *Methods of Soil Analysis Part 3—Chemical Methods*, (methodsofsoilan3), PP: 475-490.
- 44- Wei, G., Fan, L., Zhu, W., Fu, Y., Yu, J., and Tang, M., 2009. Isolation and characterization of the heavy metal resistant bacteria CCNWR33-2 isolated from root nodule of *Lespedeza cuneata* in gold mine tailings in China, *Journal of hazardous materials*, 162(1), PP: 50-56.
- 45- Zalaghi, R., and Safari-Sinegani, A. A., 2014. The importance of different forms of Pb on diminishing biological activities in a calcareous soil, *Chemistry and Ecology*, 30 (5), PP: 446-462.
- 46- Zalaghi, R., and Safari-Sinegani, A. A., 2014. The effect of inoculation of *Glomus mosseae* on sunflower growth and Pb uptake in a Pb-contaminated soil. *Journal of Middle East Applied Science and Technology*, 11(2), PP: 300-304.
- 47- Zhang, Y. F., He, L. Y., Chen, Z. J., Wang, Q. Y., Qian, M., and Sheng, X. F., 2011. Characterization of ACC deaminase-producing endophytic bacteria isolated from copper-tolerant plants and their potential in promoting the growth and copper accumulation of *Brassica napus*. *Chemosphere*, 83 (1), PP: 57-62.

Evaluation of plants and soil contamination to heavy metals and bacteria and endogenous Coliforms abundance in plant aerial parts in Ahangaran mine of Mallayer, Hamedan

Rabbani V.,¹ Mirzaie-Asl A.¹ and Safari Sinigani A.A.²

¹ Dept., Agricultural Faculty, Bu-Ali Sina University, Hamedan, I.R. of Iran.

² Dept., Agricultural Faculty, Bu-Ali Sina University, Hamedan, I.R. of Iran.

Abstract

Heavy metals are harmful to living cells, especially humans, animals, plants and microorganisms. The purpose of this study was evaluate the effect of soil and plant contamination on the abundance of endogenous bacteria or plants endophyte in two contaminated and non- contaminated soils. At the beginning, it was sampled from lead mining soils, the agricultural land around it and also from the aerial parts of the 8 plants grown in the soils mentioned. The concentrations of lead, zinc and cadmium were measured in the soil and leaves of the collected plants and counting of cultivated endogenous bacteria were performed. Investigation of soil and plant contamination showed that the concentration of heavy metals in samples taken from the mine soil is remarkably larger than the soil of agricultural land. The ability of plants to absorb metals was very different and the highest concentration of lead was observed in *Mentha pulegium* and the lowest was in *convolvulus arvensis* and the highest zinc concentrations was in *Echinops echinatus* and the lowest was in *Euphorbia seguieriana Neck*. The bacterial count showed that the abundance of bacteria in soils and plants grown in uncontaminated soils to heavy metals was low and against them in soils and plants grown in contaminated soils is considerably lower. Among the plants grown in contaminated soils, the average logarithm abundance of the bacteria cultivated on NA were the highest in the *Senecio vulgaris* and the cultivated bacteria on EMB were the most in the *convolvulus arvensis*. The results of this study showed that frequency and diversity of endophytic bacteria were highly dependent on soil properties and plant species, and this finding can be very useful in planning and recognizing the behavior of bacteria in ecosystems.

Key words: Endophyte bacteria, Medium, Mentha pulegium, Soil pollution.