ارزیابی گونه‌های گیاهی مقاوم به فلزات سنگین در مناطق نفت خیز (مطالعه موردی: پازنان گچساران)

اسفندیار جهانتاب[۱]، محمد جعفری*[۲]، بابک متشرع‌زاده [۳]، علی طویلی[۴] و نصرت الله ضرغام[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۷/۱۸ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۱۲/۲۰

چکیده

هدف از تحقیق حاضر شناسایی و ارزیابی گونه‌های گیاهی مقاوم به فلزات سنگین در منطقه نفت‌خیز پازنان گچساران بود. از مرکز آلودگی، سه محدوده ۰ تا ۵۰۰ متر، ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر و ۱۰۰۰ متر تا ۱۵۰۰ انتخاب گردید. در هر محدوده، ۳۰ پلات ۲× ۲ مستقر و ویژگی‌های پوشش گیاهی برداشت شد و ۱۵ نمونه خاک، از منطقه جمع‌آوری شد. برای اندازه‌گیری فلزات سنگین سرب و نیکل از دستگاه ICP-OES استفاده شد. شاخص‌های TF، BCF و BAC جهت ارزیابی توانمندی گیاهان استفاده گردید. در منطقه ۲۴ گونه گیاهی از ۱۲ خانواده جمع آوری و شناسایی شد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد بین غلظت کل سرب و تبادلی خاک، غلظت نیکل کل و تبادلی خاک، در محدوده‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری وجود داشت. گونه‌های *Xanthium spinosum* L.، *Alhagi camelorum*، *Sinapis arvensis* L.، *Calotropis procera* L.، *Stipagrostis plomusa* و *Avena fatua* L. دارای خاصیت بیش‌اندوزی از طریق گیاه‌استخراجی برای سرب، همچنین گونه‌های *Stipagrostis plomusa*، *Calotropis procera* L.، *Xanthium spinosum* L.، *Centaurea iberica*، *Sinapis arvensis* L.، *Stipa capensis* و *Cynodon dactylon* دارای خاصیت بیش‌اندوزی از طریق گیاه‌استخراجی برای نیکل می‌باشند. براساس نتایج فوق، برخی از گونه‌های فوق مانند *Stipagrostis plomusa*، *Calotropis procera* L. و *Sinapis arvensis L.* را می‌توان به عنوان انباشتگر فلزات سرب و نیکل استفاده نمود و در تحقیقات بعدی آنها را برای گیاه‌پالایی خاک‌های آلوده به سرب و نیکل انتخاب نمود.

واژه‌های کلیدی: مناطق نفت‌خیز، فلزات سنگین، گونه‌های گیاهی، پازنان گچساران.

۱- دانش آموخته دکتری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۲- استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
*: نویسنده مسئول: jafary@ut.ac.ir
۳- دانشیار دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۴- دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.4.4.0]

مقدمه

آلوده شدن منابع خاک و آب به ترکیبات مختلف آلی و معدنی به دلیل ارتباط نزدیک این دو با تغذیه موجودات زنده و به‌دلیل دخالت مستقیم آن‌ها در تأمین غذای موجودات زنده ازنظر جنبه‌های زیست‌محیطی و سلامت انسان حائز اهمیت است. مواد نفتی از منابع مختلف وارد محیط می‌گردند. بیشترین منابع ورود آلودگی نفتی به خاک شامل: چاه‌های نفت، دکل‌ها و سکوهای بهره‌برداری نفت می‌باشند. از آن جایی که وجود مواد شیمیایی آلی در محیط‌زیست و چرخه‌های غذائی و آب منجر به بروز انواع سرطان می‌گردد، نتایج تحقیقات در دو دهه‌ی اخیر نشان داده که این ترکیبات از مهم‌ترین مواد در ایجاد مشکلات زیست‌محیطی آب و خاک می‌باشند. افزایش آلودگی آب و خاک باعث ایجاد مسائل و مشکلات زیست‌محیطی زیادی می‌شود. از بین تمام آلاینده‌های محیط‌زیست، نفت و هیدروکربن‌های نفتی از اهمیت بین‌المللی خاصی برخوردار هستند (۳۳).

آلودگی خاک به ترکیبات نفتی یکی از شایع‌ترین معضلات زیست‌محیطی می‌باشد. حجم تولید نفت خام در جهان تقریباً ۷۲ میلیون بشکه در روز می‌باشد (۳۹) که سالانه حدود ۴۰ هزار بشکه از آن در نتیجه مشکلات ناشی از استخراج و خطوط انتقال به زمین می‌ریزد (۳۷). ایران یکی از اعضای کشورهای صادرکننده‌ی نفت و ازجمله تولیدکنندگان اصلی نفت در دنیا به شمار می‌رود، ازاین‌رو خاک‌های آلوده به نفت در مناطق نفت‌خیز یک تهدید اساسی به‌ویژه برای مناطق جنوبی کشور محسوب می‌شود. نفت خام ترکیبی پیچیده از هزاران ترکیب هیدروکربنی و غیر هیدروکربنی ازجمله فلزات سنگین است (۲ و ۳۴) که بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک تأثیر گذاشته (۱۲)، سبب چسبندگی و اتصال ذرات خاک شده و به‌دنبال سخت و غیرقابل نفوذ شدن خاک، زهکشی خاک و انتقال اکسیژن را مختل می‌کند (۷، ۸ و ۲۴).

در میان آلاینده‌های موجود در نفت خام، فلزات سنگین، هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای معطر و همچنین مواد شیمیایی ازجمله آمین‌ها، فنول‌ها، بنزن‌ها، کلسیم، مس، روی، سرب، باریم، منگنز، فسفر و گوگرد وجود دارد که برای موجودات زنده خطرناک بوده و بسته به‌شدت آلودگی و نوع گونه می‌تواند رشد، محتوای پروتئین، نرخ فتوسنتز و محتوای رنگ‌دانه‌ها را کاهش دهد (۱ و ۲۲).

از مطالعاتی که در مناطق نفت‌خیز صورت گرفته، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. استفاده از گونه‌های خانواده بقولات[1] برای پالایش خاک‌های آلوده به هیدروکربن‌ها انجام شد. بر اساس نتایج این تحقیق گونه‌های بقولات جهت حذف چنین آلاینده‌هایی می‌تواند به فن‌آوری زیست محیطی و اقتصادی پایدار برای اصلاح مناطق آلوده منجر شود (۱۶). کوک و هستربرگ[2] (۲۰۱۳) پتانسیل گونه‌های گندمی و درختان را برای تصفیه ریشه‌ای هیدروکربن‌های نفتی با یکدیگر مقایسه کردند (۱۲). آنها بیان کردند اگرچه زیست توده بیشتر و عمق نفوذ ریشه ممکن است سبب بهبود شرایط محیطی و افزایش تصفیه ریشه‌ای شود ولی به‌طور کلی تفاوت کمی بین گراس‌ها و درختان در پالایش خاک‌های آلوده به هیدروکربن‌های نفتی در مقایسه با شاهد، وجود دارد. چهرگانی و همکاران (۲۰۱۴)، ۵۵ گونه گیاهی مختلف متعلق به ۲۰ خانواده گیاهی را در منطقه آلوده پالایشگاه تهران جمع‌آوری و شناسایی کردند. ۲۵ درصد این گونه‌ها تک لپه‌ای و ۷۵ درصد دولپه‌ای بودند. دو خانواده Asteraceae و Poaceae بیشترین تعداد گونه را داشتند (۱۰). کایمی و همکاران (۲۰۰۷) موفق به شناسایی و معرفی گونه های گیاهی شدند که در حذف ترکیبات هیدروکربن‌های نفتی کارایی بالایی داشتند. برخی از گیاهان معرفی شده در پژوهش ایشان عبارت بودند از *Zea mays*، *Lolium multiflorum*، *Sorghum Vulgar*، *Meicago sativa*، *Cynodon dactylon* (۲۱). الصاق و برمکی (۱۳۹۲) به بررسی سنجش و اندازه گیری آلودگی‌های فلزات سنگین در رسوبات ساحلی خلیج فارس پرداختند. نتایج آنها نشان داد که متوسط غلظت فلزات سنگین مس، سرب و آهن موجود در رسوب گذرگاه‌ها اختلاف معنی‌داری دارند (۵). محسن‌زاده و همکاران (۱۳۸۸) در مطالعه‌ای که در منطقه آلوده به نفت کرمانشاه داشتند اظهار داشتند برخی از گیاهان از جمله *Amaranthus retroflexus* L. قادر به بقا در خاک‌های آلوده به نفت است (۳۲). یزدان‌پناه و جوادی نسب

[1] - Fabaceae
[2] - Cook and Hesterberg

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.4.4.0]

(۱۳۸۸)، به بررسی میزان فلزات سنگین و هیدروکربن‌های نفتی در رسوبات ساحلی منطقه عسلویه پرداختند. آنها گزارش دادند میزان آلودگی نفتی و فلز سنگین کبالت در ایستگاه فاز۱و ۲ و ۳ گازی به دلیل نزدیکی آن به خروجی پساب فازهای گازی و منطقه ویژه بیشتر بود و میزان فلزات سنگین نیکل و وانادیوم در ایستگاه مبین به دلیل نزدیکی آن به خروجی پساب پتروشیمی مبین و سایر پتروشیمی‌های مستقر در منطقه بیشتر می باشد (۴۰). ملایری و همکاران (۱۳۸۷) به بررسی و شناسایی گونه های گیاهی مقاوم به آلودگی‌های نفتی پرداختند. نتایج حاصل از شناسایی گیاهان نشان داد که در این مناطق ۲۰ گونه گیاهی مقاوم متعلق به ۱۴ تیره وجود دارد که خانواده‌های Fabaceae و Asteraceae بیشترین درصد پوشش گیاهی در بین گونه‌های مقاوم را به خود اختصاص دادند،آن‌ها استفاده از گونه‌های گیاهی متعلق به خانواده‌های ذکرشده، جهت پالایش خاک‌های آلوده به ترکیبات نفتی را پیشنهاد دادند (۲۶).

از مطالعات صورت گرفته در زمینه فلزات سنگین در سایر مناطق (غیر از مناطق نفت‌خیز) می‌توان به مطالعات معمری و همکاران (۱۳۹۴)، ارزیابی پتانسیل گیاهان مرتعی برای گیاه‌پالایی خاک‌های آلوده به سرب و روی (اراضی مرتعی اطراف شرکت سرب و روی زنجان) (۳۱)؛ ابراهیمی و همکاران (۲۰۱۴)، ارزیابی تجمع فلزات سنگین در گیاهان رشد یافته در خاک های آلوده (مطالعه موردی: قزوین، ایران) (۱۴) و صبا و همکاران (۲۰۱۵)، توانایی گیاهان بومی اطراف مراکز صنعتی استان زنجان برای انباشت فلزات سنگنین(۳۶) اشاره داشت.

ایران کشوری نفت‌خیز است و این نفت‌خیز بودن نه تنها در ایران بلکه در سایر نقاط دنیا با مشکل بزرگ آلودگی خاک، آب و هوا همراه بوده است و حداکثر تخریب را برای این منابع به‌همراه آورده است. به‌طوری‌که آلودگی خاک و آب در جوامع توسعه یافته و در حال توسعه، یکی از مهم‌ترین مشکلات بشر در مقیاس جهانی است و از مهم‌ترین نگرانی‌های قرن حاضر است. همچنین غلظت زیاد آلاینده های نفتی در خاک افزون بر تأثیر گسترده بر اکوسیستم منطقه، باعث جذب بیشتر این آلاینده‌ها توسط گیاه شده و می‌تواند با ورود به زنجیره غذایی سبب بروز بیماری‌های مختلف برای انسان و سایر موجودات زنده گردد. در همین راستا تحقیق حاضر با هدف بررسی و شناسایی گیاهان مقاوم به آلاینده های نفتی (فلزات سنگین) است که می‌توانند جهت پالایش خاک‌های آلوده به این ترکیبات مورد استفاده قرار بگیرند.

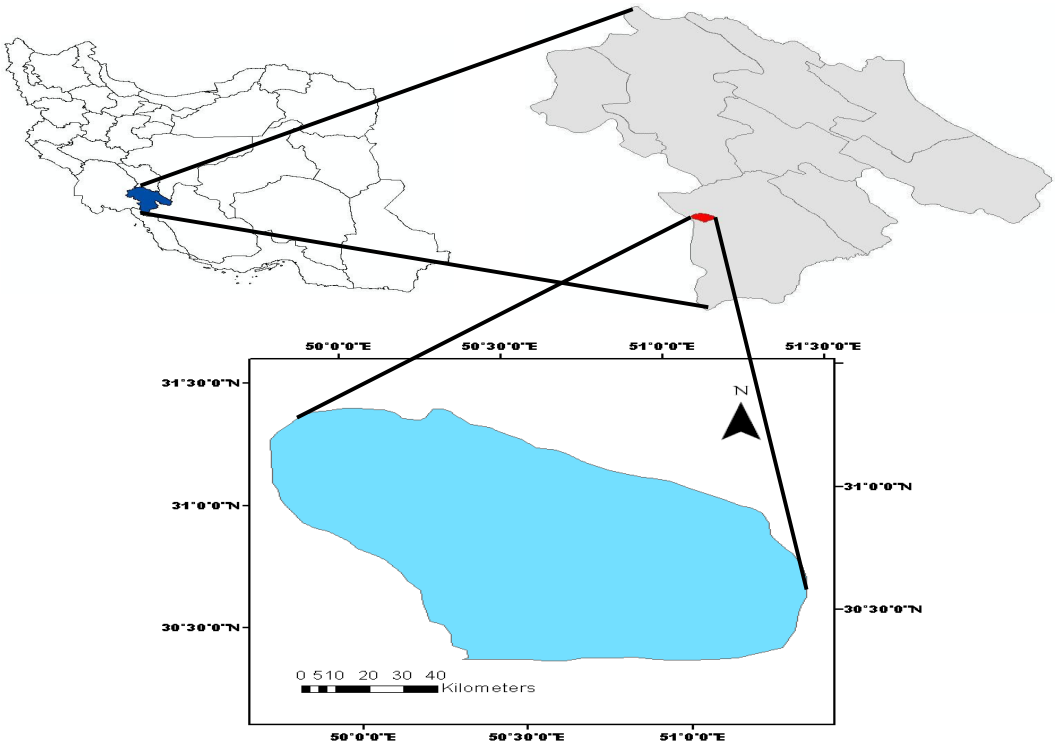
مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در شهرستان گچساران در استان کهگیلویه و بویراحمد است. شهرستان گچساران به دلیل دارا بودن معادن غنی نفت فراوان، مهم‌ترین مرکز استخراج و بهره‌برداری نفت کشور به شمار می‌رود. منطقه نفتی گچساران از نواحی قدیمی و مشهور صنعت نفت ایران به شمار می‌آید. منطقه پازنان گچساران دارای آب و هوای گرمسیری خشک می‌باشد. متوسط ارتفاع منطقه مورد مطالعه ۲۵۰ متر می‌باشد. به لحاظ زمین‌شناسی منطقه پازنان شامل سازندهای شکافدار آسماری و بنگستان است. پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه جزو منطقه ایران تورانی می باشد. پوشش گیاهی منطقه شامل بوته‌ای ها، گونه‌های علفی چندساله و یک‌ساله است. متوسط دمای سالانه ۲۲/۶ درجه سانتیگراد و میانگین بارندگی سالانه حدود ۴۴۵ میلی‌متر است (۹) (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه جزو مراتع قشلاقی شهرستان گچساران محسوب می‌شود. بهره‌برداران منطقه مورد مطالعه، شامل عشایر منطقه پازنان و دریلا هستند که هم‌نشین با چاه‌ها و لوله‌ها شرکت نفت و گاز گچساران هستند و هر روز شاهد بلند شدن دود در حوالی سیاه چادرهای خود هستند.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.4.4.0]



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

روش تحقیق

عملیات صحرایی

در منطقه مورد مطالعه، سه محدوده ۰ تا ۵۰۰ متر، ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر و ۱۰۰۰ متر تا ۱۵۰۰ انتخاب گردید. از مرکز آلودگی به سمت خارج از مرکز آلودگی نمونه‌برداری انجام شد. در هر محدوده نمونه‌برداری، ۳۰ پلات ۲ ×۲ استقرار شد (در مجموع ۹۰ پلات). در هر پلات لیست فلورستیک و تعداد پایه گونه‌های موجود تعیین گردید.

ده گونه گیاهی *Avena fatua L.*، *Alhagi camelorum*، *Carthamus oxyacantha*، *Calotropis procera* L.، *Sinapis*، *Cynodon dactylon*، *Centaurea iberica* L.، *arvensis*، *Stipa capensis*، *Stipagrostis plomusa* و *Xanthium spinosum* L. که در هر سه محدوده مشاهده شدند، انتخاب و جهت بررسی و آنالیز میزان فلزات سنگین نیکل و سرب انتخاب گردیدند. کلیه بررسی‌های بعدی بر اساس ده گونه ذکر شده انجام گرفت.

به‌منظور تعیین غلظت آلاینده‌ها در خاک در امتداد ترانسکت‌های نمونه‌برداری، در تعدادی از پلات‌ها، ۱۵ نمونه خاک، از عمق ریشه‌دوانی گیاهان برداشت شد. به‌عبارتی در هر محدوده ۵ نمونه خاک (در مجموع ۱۵) برداشت شد. نمونه‌ها در کیسه‌های پلی‌اتیلن قرار گرفتند و جهت اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و تعیین غلظت آلاینده به آزمایشگاه خاکشناسی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران منتقل شدند. موقعیت هر نقطه توسط دستگاه GPS ثبت گردید.

عملیات آزمایشگاهی

نمونه‌های خاک به آزمایشگاه خاکشناسی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران منتقل و پس از هوا خشک شدن و عبور از الک ۲ میلیمتری، به طور یکنواخت مخلوط و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شامل قابلیت هدایت الکتریکی (EC)، اسیدیته (pH)، درصد ماده آلی (روش والکلی و بلک)، بافت خاک (روش هیدرومتری)، فسفر قابل جذب گیاه (P) (روش اولسن)، نیتروژن کل (N) (کجلدال) و پتاسیم قابل جذب (K) (استات آمونیوم نرمال) اندازه‌گیری شدند (۱۹).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.4.4.0]

برای اندازه‌گیری میزان هیدروکربن‌های نفتی در خاک از روش آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA-3550) استفاده گردید (۱۸). سپس به‌وسیله دستگاه کروماتوگرافی گازی از نوع یونیزاسیون شعله‌ای مدل Agilent 7890A، مقدار کل هیدروکربن‌ها اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری مقدار کل فلزات سنگین مورد نظر در نمونه‌های خاک

نمونه‌های خاک پس از هوا خشک شدن و عبور از الک ۲ میلیمتری، آماده عصاره‌گیری شدند. به‌منظور تعیین غلظت کل فلزات سرب و نیکل در خاک از اسید نیتریک ۴ نرمال برای عصاره‌گیری استفاده شد و عصاره‌گیری خاک برای تعیین میزان تبادلی فلزات سنگین سرب و نیکل به وسیله محلول DTPA[1] (تتریپلکس ۵) انجام گرفت (۳۵). غلظت کل و تبادلی فلزات سنگین سرب و نیکل با استفاده از دستگاه ICP-OES مدل GBC ساخت کشور استرالیا آنالیز شد (۱۳).

تعیین مقدار فلزات سنگین مورد نظر در نمونه‌های گیاهان مورد مطالعه

برای تعیین مقدار فلزات سنگین سرب و نیکل موجود در نمونه‌های گیاهی (بعد از جداکردن اندام‌های هوایی و یا زیرزمینی) گیاهان با آب مقطر شسته شده و به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند. پس از خشک شدن نمونه‌های گیاهی، نمونه‌ها آسیاب شده و از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. سپس به کمک اسید نیتریک و آب اکسیژنه عصاره‌گیری و فلزات سنگین سرب و نیکل استخراج شد. جهت اندازه‌گیری فلزات سنگین سرب و نیکل از دستگاه ICP-OES مدل GBC ساخت کشور استرالیا استفاده شد.

تعیین شاخص‌های TF، BCF و BAC برای ارزیابی توانمندی گیاهان مورد مطالعه برای گیاه‌پالایی

برای ارزیابی توانمندی گیاهان و معرفی آنها برای پالایش آلودگی، باید بعد از مشخص کردن مقدار فلزات سنگین قابل استخراج در نمونه‌های گیاهی و خاک، شاخص‌های TF[2] (فاکتور انتقال؛ نسبت غلظت فلز در اندام‌های هوایی گیاه به غلظت فلز در ریشه)، BCF[3] (فاکتور تجمع بیولوژیکی؛ نسبت غلظت فلز در ریشه گیاه به غلظت فلز در خاک)، BAC[4] (ضریب تجمع بیولوژیکی؛ نسبت غلظت فلز در اندام‌های هوایی گیاه به غلظت فلز در خاک)، را اندازه‌گیری کرد و بر اساس این شاخص‌ها، گونه مناسب برای پالایش خاک‌های آلوده معرفی شود. اگر TF بزرگتر از یک باشند، گیاه مورد نظر برای استخراج گیاهی آلاینده‌ها مناسب است. همچنین گیاهانی که مقدار شاخص‌های TF و BAC در آنها بزرگتر از یک باشد، برای فرآیند گیاه استخراجی مناسب هستند. گیاهانی که در آنها مقدار TF کمتر از یک و مقدار BCF بیشتر از یک باشد، برای فرآیند گیاه تثبیتی مناسب هستند (۴۱).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

ابتدا با استفاده از روش کولموگروف – اسمیرنوف فرض نرمال‌بودن داده‌ها بررسی شد.

جهت تجزیه آماری داده‌ها از نرم‌افزار SPSS 20 و از طریق تجزیه واریانس یک طرفه انجام شد. جهت مقایسه میانگین‌ها از روش دانکن استفاده شد. لازم به ذکر است که بر اساس آزمون همگنی واریانس، واریانس داده‌ها در سطح (P- value<0/05) معنی‌دار بود.

آزمون t-test به‌منظور مقایسه میانگین داده‌های خاک با حد بحرانی و همچنین اختلاف بین میزان سرب و نیکل در اندام‌های هوایی و زیرزمینی گونه‌های گیاهی استفاده شد.

نتایج

لیست فلورستیک منطقه

در منطقه مورد مطالعه ۲۴ گونه گیاهی از ۱۲ خانواده جمع‌آوری و شناسایی شد (جدول ۱). نتایج نشان داد که مهم‌ترین خانواده‌های گیاهی از نظر تعداد گونه عبارت بودند از: گندم (Poaceae) با ۶ گونه (۲۵٪)، کاسنی

[1] - diethylenetriaminepentaacetic acid

[2]- Translocation Factor
[3]- Bio Concentration Factor
[4] - Biological Accumulation Coefficient

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.4.4.0]

(Asteraceae) با ۵ گونه (۲۰/۸۳٪) و اسفناجیان (Chenopodiaceae) با ۳ گونه (۱۲/۵۰٪). ۵۸/۳۳ درصد گونه‌ها چندساله بوده و یکساله‌ها ۴۱/۶۷ درصد گونه‌ها را تشکیل دادند. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل اشکال زیستی منطقه نشان داد که ۳۷/۵ درصد از کل گونه‌های گیاهی موجود در منطقه، همی‌کریپتوفیت‌ها می‌باشند. تروفیت‌ها، کاموفیت‌ها، ژئوفیت‌ها و فانروفیت‌ها به‌ترتیب در رده‌های بعدی از اشکال زیستی منطقه قرار داشتند. بررسی‌ها نشان داد که ۲۵ ٪ گونه‌های منطقه متعلق به ناحیه رویشی ایران و تورانی می‌باشند.

جدول۱- لیست فلورستیک منطقه مورد مطالعه

نام گونه	خانواده	فرم رویشی	طول عمر	نام فارسی
Aegilops sp	Poaceae	Th	A	گندم نیا
Aeluropus lagopoides	Poaceae	Th	A	بونی
Alhagi camelorum	Papilionaceae	He	P	خارشتر
Alyssum sp	Brassicaseae	Th	A	قدومه
Atriplex leucoclada	Chenopodiaceae	Ch	P	آتریپلکس
Avena fatua L	Poaceae	Th	A	یولاف
Calotropis procera	Asclepiadaceae	Ch	P	استبرق
Carthamus oxyacantha	Asteraceae	He	P	گلرنگ زرد
Centaurea iberica	Asteraceae	He	P	گل گندم
Centaurea virgata	Asteraceae	He	P	گل گندم بوته‌ای
Citrullus colocyanthis L.	Cucurbitaceae	He	P	هندوانه ابوجهل
Convolvulus leiocalycinus	Convolvulaceae	Ch	P	پیچک
Cynodon dactylon	Poaceae	Ge	A	مرغ
Cyperus rotundus L.	Cyperaceae	Ge	P	اویارسلام
Erodium cicutarium	Geraniaceae	He	P	نوک‌لک‌لکی دراز
Eurotia ceratoides	Chenopodiaceae	He	P	اروشیا
Lactuca sp	Asteraceae	He	P	کاهوی وحشی
Salsola kali	Chenopodiaceae	He	A	شور خاردار
Sinapis arvensis L.	Brassicaseae	Th	A	خردل بیابانی
Stipa capensis	Poaceae	Th	A	بهمن سفید
Stipagrostis plomusa	Poaceae	Th	P	سبد
Tamarix aphylla	Tamaricaceae	Ph	P	گز
Xanthium spinosum L.	Asteraceae	He	A	توق
Zygophyllum eurypterum	Zygophyllaceae	Ch	P	قیچ

CH= کاموفیت، GE= ژئوفیت، HE= همی‌کریپتوفیت، PH= فانروفیت، TH= تروفیت، A= یکساله، P= چند ساله، F= پهن‌برگ، Gr= گندمیان، Sh= بوته، BT= درختچه‌ای

مشخصات خاک

برخی از ویژگی‌های نمونه‌های خاک در مکان‌های نمونه‌برداری در جدول ۲ ارایه شده است.

نتایج حاصل از بررسی غلظت سرب و نیکل تبادلی و کل خاک در محدوده‌های مورد بررسی

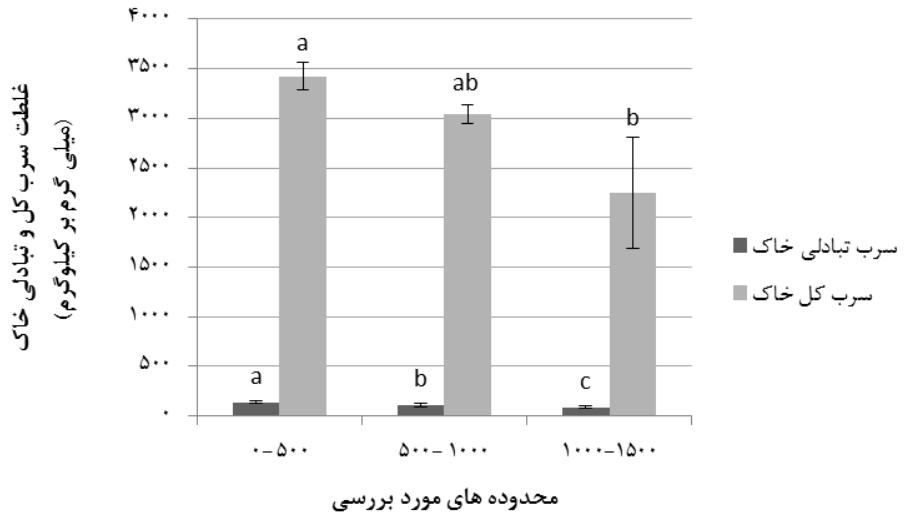
نتایج حاصل از بررسی غلظت سرب و نیکل تبادلی و کل خاک در محدوده‌های مورد بررسی در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است. با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین بین غلظت سرب کل و سرب تبادلی خاک در محدوده های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p< ۰/۰۱$). همان‌طور که شکل نشان می‌دهد از محدوده اول به سمت محدوده سوم از غلظت سرب کاسته شد. با فاصله گرفتن از مرکز آلودگی، غلظت سرب کل خاک نیز کاهش داشت (شکل ۲).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.4.4.0]

جدول ۲- برخی از مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک در نقاط نمونه‌برداری

پارامتر	میزان اندازه‌گیری
هیدروکربن‌های کل نفتی (TPH)(mg/kg)	۳۴۴۳۳/۹۳
اسیدیته(pH)	۷/۲۵
قابلیت هدایت الکتریکی EC(ds/m)	۲/۶۴
کربن آلی (درصد)	۳/۳۹
نیتروژن (N)	/۲۰
پتاسیم (K)	۱۳۷/۴۰
فسفر (P)	۲۶/۷۹
رس (درصد)	۱۱/۲۲
سیلت (درصد)	۳۰/۷۰
شن (درصد)	۵۸/۰۸



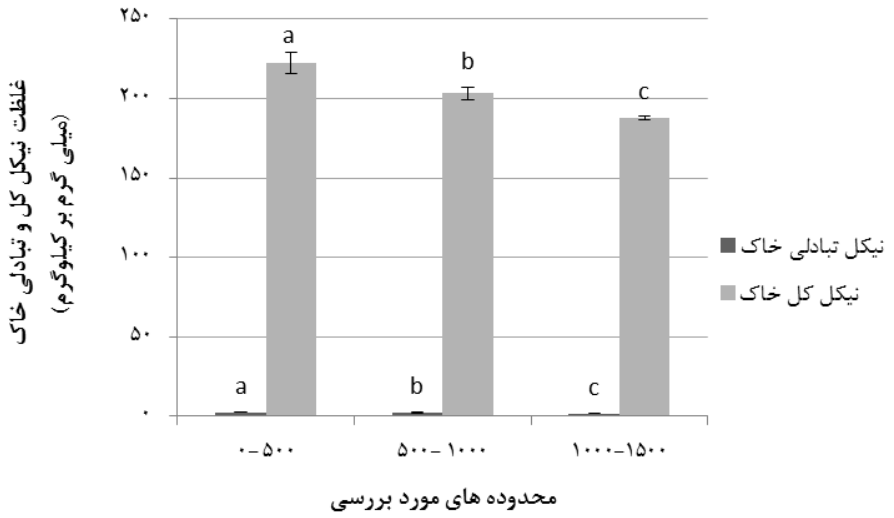
شکل ۲- غلظت سرب تبادلی و کل خاک در محدوده‌های مورد بررسی

**** حروف لاتین نشان‌دهنده نتایج مقایسه میانگین‌ها (Mean ± SE) با آزمون دانکن است.**

بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین بین غلظت نیکل کل و نیکل تبادلی خاک در محدوده‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری وجود داشت (۰/۰۱ >p). از محدوده اول به سمت محدوده سوم از غلظت نیکل کاسته شد. با فاصله گرفتن از مرکز آلودگی، غلظت نیکل کل خاک کاهش داشت، به طوری‌که بیشترین مقدار میانگین غلظت نیکل کل و نیکل تبادلی خاک مربوط به محدوده اول و کمترین مقدار غلظت نیکل کل و نیکل تبادلی خاک مربوط به محدوده سوم بود (شکل ۳).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.4.4.0]



شکل ۳- غلظت نیکل تبادلی و کل خاک در محدوده‌های مورد بررسی

**** حروف لاتین نشان‌دهنده نشان‌دهنده نتایج مقایسه میانگین‌ها (Mean ± SE) با آزمون دانکن است.**

مقایسه میانگین غلظت کل سرب و نیکل خاک با حداکثر مجاز آن

نتایج نشان داد که میانگین غلظت سرب و نیکل کل با حداکثر مقدار مجاز آن در خاک اختلاف معنی‌داری دارد و بیشتر از آن می‌باشد (P<0/01) (جدول ۳). به عبارتی خاک منطقه مورد مطالعه آلوده به این دو فلز است.

جدول ۳- مقایسه غلظت کل سرب و نیکل خاک با حداکثر مقدار مجاز

منبع تغییرات	درجه آزادی	غلظت فلز	نتیجه آزمون t
میانگین غلظت کل سرب	۱۴	۲۹۰۵/۳۳ ±۳۷۹/۱۷	۲۶/۷۱**
میانگین غلظت کل نیکل	۱۴	۲۰۴/۵۲ ±۱۷/۲۰	۲۳/۵۲**

**** حداکثر مقدار مجاز برای فلز سرب و نیکل به ترتیب ۲۹۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد.**

نتایج غلظت سرب کل خاک و مقایسه میانیگن غلظت سرب در گیاهان و مقادیر شاخص‌های ارزیابی توانایی گیاه‌پالایی گونه‌های مورد مطالعه

نتایج حاصل از بررسی غلظت سرب در اندام‌های زیرزمینی (ریشه) نشان داد که بیشترین غلظت سرب به‌ترتیب مربوط به گونه‌های *Calotropis procera* L.، *Stipa capensis* و *Stipagrostis plomusa* بود. کمترین غلظت سرب در اندام‌های زیرزمینی مربوط به گونه *Sinapis arvensis* L. بود. همچنین بیشترین غلظت سرب در اندام‌های هوایی گونه‌های مورد بررسی مربوط به *C. procera* L. است، و کمترین مقدار غلظت سرب مربوط به گونه *Centaurea iberica* بود (جدول ۴).

برخی از محققان از نسبت غلظت فلز در بخش هوایی به غلظت آن در ریشه (TF) برای توصیف مقاومت و عکس العمل گیاه به حضور مقادیر بالای فلزات در خاک استفاده کرده‌اند. این نسبت در گیاهان انباشت‌گر بزرگ‌تر از ۱ و گیاهان دافع کم‌تر از ۱ است (۳). با توجه به نسبت‌های به‌دست آمده در مورد گونه‌های مورد مطالعه بالاترین و پایین‌ترین نسبت سرب دراندام هوایی به ریشه به ترتیب مربوط به *Alhagi camelorum* و *C. iberica* بود. به‌طور کلی مقدار TF برای گونه‌های *Xanthium spinosum* L.، *A. camelorum*، *S. arvensis* L.، *C. procera* L.، *S.*

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.4.4.0]

A. fatua L.، *plomusa* و *Cynodon dactylon* بزرگتر از یک است. مقادیر BAC و BCF برای همه گونه‌های مورد مطالعه کمتر از یک بود (جدول ۴).

جدول ۴ - میانگین غلظت سرب کل خاک، مقایسه میانیگن غلظت سرب در گیاهان و مقادیر شاخص‌های ارزیابی توانایی گیاه‌پالایی گونه‌های مورد مطالعه

گونه گیاهی	میانگین غلظت کل سرب در خاک	غلظت نیکل در گیاه (میلی‌گرم بر کیلوگرم)		TF	BAC	BCF
		اندام هوایی	اندام زیرزمینی			
Alhagi camelorum	۲۹۰۵/۳۳ ±۲۲۱/۸۵	bc۹۴/۵۲ ±۱۸/ ۴۳	c ۴۱/۲۶ ±۷/۴۱	**۲/۲۹**	۰/۰۳	۰/۰۱
Avena fatua L.		bc۹۴/۰۲ ±۱۷/۴۹	bc ۸۶/۷۲ ±۱۶/۳۳	**۱/۰۹**	۰/۰۱	۰/۰۲
Calotropis procera L.		a۱۹۷/۱۴ ±۲۴/۶۷	a ۱۶۵/۰۱ ±۱۸/۵۵	**۱/۱۹**	۰/۰۶	۰/۰۵
Carthamus oxyacantha		bc۶۵/۶۷ ±۱۲/۲۱	c ۸۰/۲۵ ±۱۵/۲۲	/۸۱	۰/۰۲	۰/۰۲۷
Centaurea iberica		c۳۹/۸۷ ±۷/۸۶	c ۵۲/۹۰ ±۸/۶	۰/۷۵	۰/۰۱	۰/۰۱۷
Cynodon dactylon		c۵۰/۵۴ ±۱۳/۰۳	c ۴۱/۰۴ ±۷/۵۴	**۱/۲۱**	۰/۰۱	۰/۰۱
Sinapis arvensis L.		bc۷۹/۱۸ ±۱۷/۱۰	c ۳۷/۷۰ ±۶/۶۶	**۲/۱۳**	۰/۰۲۷	۰/۰۱
Stipa capensis		bc۱۱۹/۴۲ ±۲۲/۴۴	a ۱۴۱/۸۳ ±۳۱/۴۲	/۸۴	۰/۰۴	۰/۰۴۸
Stipagrostis plomusa		ab۱۵۷/۵۲ ±۳۲/۲۷	ab ۱۳۵/۳۹ ±۳۱/۵۷	**۱/۱۶**	۰/۰۵	۰/۰۴
Xanthium spinosum L.		bc۸۷/۸۹ ±۲۳/۱۶	c ۴۴ /۵۴ ±۶/۹۲	**۱/۹۷**	۰/۰۲	۰/۰۱

**** حروف لاتین نشان‌دهنده نتایج مقایسه میانگین‌ها (Mean ± SE) با آزمون دانکن است. حروف مشابه در هر ستون نشان-دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.**

نتایج غلظت نیکل کل خاک و مقایسه میانیگن غلظت نیکل در گیاهان و مقادیر شاخص‌های ارزیابی توانایی گیاه‌پالایی گونه‌های مورد مطالعه

بر اساس نتایج به‌دست آمده، بیشترین غلظت نیکل در اندام‌های زیرزمینی به ترتیب مربوط به گونه *S. plomusa* و کمترین غلظت نیکل در اندام‌های زیرزمینی مربوط به گونه *C. dactylon* بود. همچنین بیشترین غلظت نیکل در اندام‌های هوایی گونه‌های مورد بررسی مربوط به *S. plomusa* بود، کمترین مقدار غلظت نیکل مربوط به گونه *C. iberica* بود (جدول ۵).

نتایج حاصل از بررسی مقدار TF در گونه‌های مورد مطالعه، نشان داد بالاترین نسبت نیکل دراندام هوایی به ریشه مربوط به *X. spinosum* L. و پایین‌ترین مقدار نیکل دراندام هوایی به ریشه مربوط به گونه *A. camelorum* بود. به طور کلی مقدار TF در گونه‌های *S. plomusa*، *X. spinosum* L.، *C. iberica*، *S. arvensis* L.، *S. capensis* و *C. dactylon* بزرگتر از یک بود. مقادیر BAC و BCF برای همه گونه‌های مورد مطالعه کمتر از یک بود (جدول ۵).

مقایسه غلظت سرب و نیکل اندام‌های زیرزمینی و هوایی گونه‌های گیاهی

نتایج نشان داد میزان غلظت سرب در اندام‌های هوایی و زیرزمینی گونه‌های گیاهی دارای اختلاف معنی‌داری بود (جدول ۶). میانگین غلظت سرب در اندام‌های هوایی بیشتر از میانگین غلظت سرب در اندام‌های زیرزمینی بود. نتایج نشان داد میزان غلظت نیکل در اندام‌های هوایی و زیرزمینی گونه‌های گیاهی دارای اختلاف معنی‌داری نبود (جدول ۶).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.4.4.0]

جدول ۵- میانگین غلظت نیکل کل خاک، مقایسه میانیگن غلظت نیکل در گیاهان و مقادیر شاخص‌های ارزیابی توانایی گیاه‌پالایی گونه‌های مورد مطالعه

گونه گیاهی	میانگین غلظت کل نیکل در خاک	غلظت نیکل در گیاه (میلی‌گرم بر کیلوگرم)		TF	BAC	BCF
		اندام هوایی	اندام زیرزمینی			
Alhagi camelorum	۲۰۴/۵۲ ±۴/۴۴	c۵۱/۸۵ ±۱/۲۹	bc۵۸/۳۸ ±۲/۵۳	/۸۷	۰/۲۵	۰/۲۸
Avena fatua L.		b۵۴/۹۳±۱/۱۲	bc۵۸/۷۳ ±۲/۵۵	/۹۳	۰/۲۶	۰/۲۸
Calotropis procera L.		b۶۱/۹۷ ±۰/۹۴	a۶۷/۹۷ ±۱/۶۱	۰/۹۱	۰/۳۲	۰/۲۹
Carthamus oxyacantha		bc۵۱/۳۰ ±۱/۵۶	de۵۲/۸۴ ±۱/۳۸	/۹۸	۰/۲۵	۰/۲۵
Centaurea iberica		c ۴۸/۰۴ ±۱/۷۷	c۴۸/۲۶ ±۲/۸۸	**۱**	۰/۲۳	۰/۲۳
Cynodon dactylon		c۴۸/۳۲ ±۳/۰۳	e۴۶/۳۱ ±۱/۵۱	**۱/۰۴**	۰/۲۳	۰/۲۲
Sinapis arvensis L.		bc۵۱/۵۹ ±۱/۳۶	de۵۰/۴۶ ±۱/۳۴	**۱/۰۲**	۰/۲۵	۰/۲۴
Stipa capensis		bc۵۳/۷۲ ±۱/۹۲	de۵۲/۰۹ ±۱/۸۸	**۱/۰۲**	۰/۲۵	۰/۲۵
Stipagrostis plomusa		a۶۸/۶۶ ±۱/۲۴	a۶۸/۷۸ ±۱/۱۳	**۱**	۰/۳۳	۰/۳۳
Xanthium spinosum L.		bc۵۲/۲۹ ±۲/۰۶	de۴۷/۳۷ ±۲/۶۵	**۱/۱**	۰/۲۵	۰/۲۳

**** حروف لاتین نشان‌دهنده نتایج مقایسه میانگین‌ها (Mean ± SE) با آزمون دانکن است. حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.**

جدول ۶- مقایسه غلظت سرب و نیکل اندام‌های زیرزمینی و هوایی گونه‌های گیاهی

منبع تغییرات	درجه آزادی	غلظت فلز	نتیجه آزمون t
میانگین غلظت سرب اندام‌های زیرزمینی	۱۷۸	۸۲/۶۶ ±۷/۴۱	**-۱/۵۰
میانگین غلظت سرب اندام‌های هوایی	۱۷۸	۹۸/۵۸ ±۱۱/۲۴	**-۱/۵۰
میانگین غلظت نیکل اندام‌های زیرزمینی	۱۷۸	۵۴/۵۲ ±۰/۹۴	^{ns}-۰/۲۲
میانگین غلظت نیکل اندام‌های هوایی	۱۷۸	۵۴/۸۲ ±۰/۹۱	^{ns}-۰/۲۲

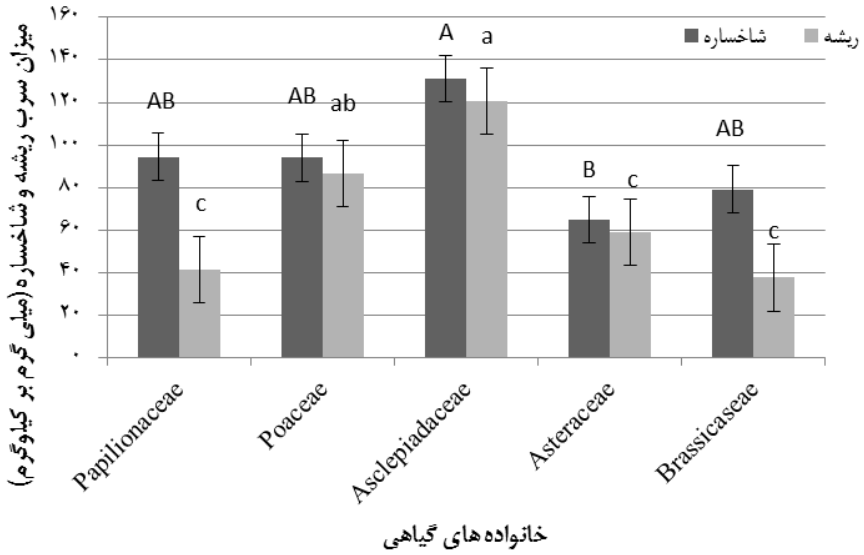
**** حروف لاتین نشان‌دهنده نتایج مقایسه میانگین‌ها (Mean ± SE) با آزمون دانکن است.**

مقایسه میزان غلظت سرب و نیکل در خانواده‌های گیاهی

بررسی مقایسه میانگین میزان غلظت سرب در اندام-های زیرزمینی و هوایی خانواده‌های مختلف نشان داد که به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار سرب در اندام‌های زیرزمینی مربوط به خانواده Asclepiadaceae و Brassicaseae است. بیشترین و کمترین مقدار سرب در اندام‌های هوایی مربوط به خانواده‌های Asclepiadaceae و Asteraceae می‌باشد (شکل ۴).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-09]

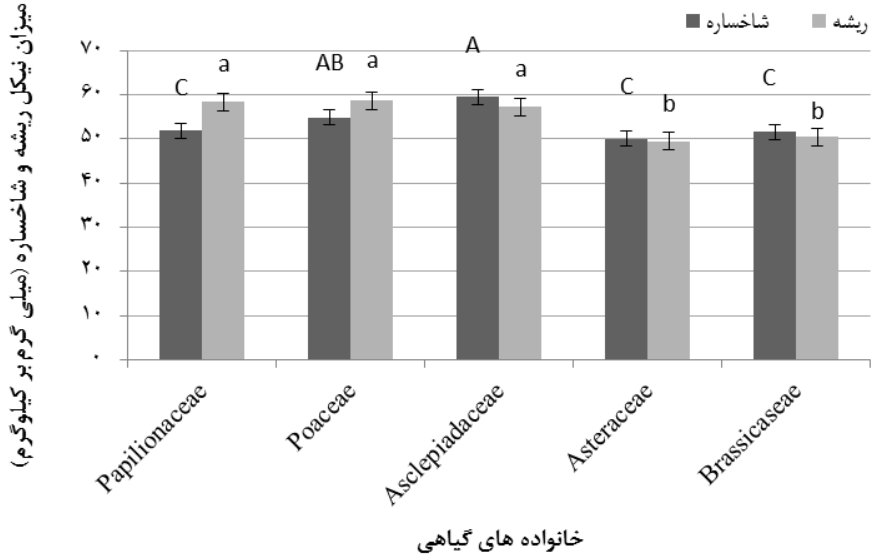
[DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.4.4.0]



شکل ۴- میزان سرب اندام‌های زیرزمینی و هوایی خانواده‌های گیاهی

**** حروف لاتین نشان‌دهنده نشان‌دهنده نتایج مقایسه میانگین‌ها (Mean ± SE) با آزمون دانکن است.**

بررسی مقایسه میانگین میزان غلظت نیکل در اندام‌های زیرزمینی و هوایی خانواده‌های گیاهی مختلف نشان داد که بین غلظت میزان نیکل در خانواده‌های مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت (p< ۰/۰۱). به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار نیکل در اندام‌های زیرزمینی مربوط به خانواده Papilionaceae و Asteraceae است. بیشترین و کمترین مقدار نیکل در اندام‌های هوایی مربوط به خانواده‌های Asclepiadaceae و Asteraceae بود (شکل ۵).



شکل ۵- میزان نیکل اندام‌های زیرزمینی و هوایی خانواده‌های گیاهی

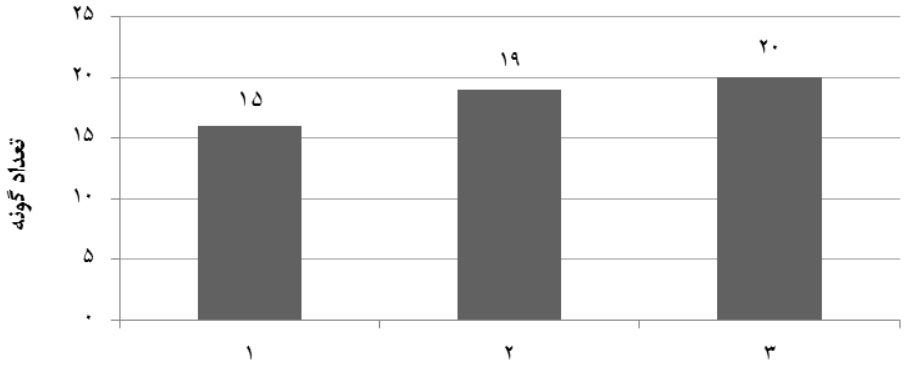
**** حروف لاتین نشان‌دهنده نشان‌دهنده نتایج مقایسه میانگین‌ها (Mean ± SE) با آزمون دانکن است.**

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.4.4.0]

مقایسه ترکیب گونه‌های گیاهی در محدوده‌های مورد بررسی

نتایج نشان داد با افزایش فاصله از مرکز آلودگی بر تعداد و ترکیب گونه‌های گیاهی افزوده می‌شود (شکل ۶). نتایج حاکی از ظهور گونه‌های گیاهی متعلق به خانواده‌های مختلف با افزایش فاصله از مرکز آلودگی است. با افزایش فاصله از مرکز آلودگی (محدوده‌های دوم و سوم) گونه‌هایی مثل *Zygophyllum eurypterum*، *Erotia ceratoides* و *Salsola kali* در منطقه ظاهر می‌شوند.



شکل ۶- تعداد گونه‌های گیاهی در محدوده‌های مورد مطالعه

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این بررسی نشان داد از محدوده اول به سمت محدوده سوم از غلظت سرب و نیکل کاسته می‌شود. با فاصله گرفتن از مرکز آلودگی، غلظت سرب و نیکل خاک کاهش می‌یابد.

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. به طور کلی نتایج تحقیقات انجام گرفته حاکی است که گونه‌های خاصی از گیاهان توانایی رشد و سازگاری و جذب فلزات سنگین را در این شرایط دارا بوده و معمولاً تراکم و تنوع پوشش گیاهی در خاک های آلوده به فلزات سنگین کم تر از مناطق غیر آلوده اطراف است (۳۰). در تحقیق حاضر نیز مشخص گردید با افزایش فاصله از مرکز آلودگی بر تعداد گونه‌های گیاهی افزوده می‌شود. نتایج مطالعه حاضر حاکی از ظهور گونه‌های گیاهی متعلق به خانواده‌های مختلف با افزایش فاصله از مرکز آلودگی است. با افزایش فاصله از مرکز آلودگی (محدوده‌های دوم و سوم) گونه‌هایی مثل *Z. eurypterum*، *E. ceratoides* و *S. kali* در منطقه ظاهر می‌شوند.

نتایج این تحقق نشان داد در منطقه مورد مطالعه ۲۴ گونه گیاهی از ۱۲ خانواده جمع آوری و شناسایی شد. نتایج حاصل از آنالیز مهم‌ترین تیره‌های گیاهی منطقه از نظر تعداد گونه‌های گیاهی نشان داد که مهم‌ترین تیره‌های گیاهی عبارتند از: گندم (Poaceae)، کاسنی (Asteraceae) و اسفناجیان (Chenopodiaceae). بررسی مقایسه میانگین میزان غلظت سرب در اندام‌های زیرزمینی و هوایی خانواده‌های مختلف نشان داد که به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار سرب در اندام‌های زیرزمینی مربوط به خانواده Asclepiadaceae و Brassicaceae است. بیشترین و کمترین مقدار سرب در اندام‌های هوایی مربوط به خانواده‌های Asclepiadaceae و Asteraceae می‌باشد. به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار نیکل در اندام‌های زیرزمینی مربوط به خانواده Papilionaceae و Asteraceae است. بیشترین و کمترین مقدار نیکل در اندام‌های هوایی مربوط به خانواده‌های Asclepiadaceae و Asteraceae می‌باشد.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.4.4.0]

نتایج این تحقیق با گزارش ملایری (۲۰۱۰) در مورد تحمل غلظت‌های بالای ترکیبات نفتی موجود در خاک توسط گیاهان خانواده Poaceae و Brassicaceae (۲۵)؛ ملایری و همکاران (۱۳۸۷)؛ بررسی و شناسایی گونه های گیاهی مقاوم به آلودگی‌های نفتی و معرفی تیره‌های Fabaceae و Asteraceae به‌عنوان خانواده‌های مقاوم (۲۶) مطابقت دارد.

برخی محققان اظهار داشتند گیاهانی که مقدار TF در آنها بیشتر از یک است، برای گیاه‌استخراجی مناسب هستند و به‌طورکلی این گیاهان نیازمند انتقال فلزات سنگین به بخش‌های قابل برداشت گیاهان مانند ساقه‌ها هستند (۴۱)، بر این اساس در تحقیق حاضر، مقدار TF برای گونه‌های *S. arvensis* ،*A. camelorum* ،*Xanthium spinosum* L. *Cynodon* و *A. fatua* L. ،*S. plomusa* ،*C. procera* L. ،L. *dactylon* برای فلز سرب، و در گونه‌های *S. plomusa* ، *X. spinosum* L. ،*C. iberica* ،*S. arvensis* L. ،*S. capensis* و *C. dactylon* برای فلز نیکل بزرگتر از یک است. گیاهان ذکر شده در بالا (مقدار TF بزرگتر از یک دارند) جهت گیاه‌پالایی نیازمند انتقال فلزات نیکل و سرب به بخش‌های هوایی هستند. فتاحی کیاسری و همکاران (۱۳۸۹) اذعان داشتند که در انتخاب گیاهان به‌منظور گیاه‌پالایی گیاهی مناسب‌تر است که بتواند علاوه بر جذب زیاد عنصر، نسبت انتقال آن از اندام زیرزمینی به ساقه بیشتر باشد. بنابراین گیاهان ذکرشده در تحقیق حاضر (گیاهانی مقدار TF بزرگتر از یک داشتند) می‌توانند به‌عنوان گیاهان مناسب برای تثبیت فلزات سرب و نیکل مطرح شوند (۱۵).

گیاهان بیش‌اندوز، نیکل را از خاک جذب و به اندام‌های هوایی منتقل می‌کنند و از طریق فرایند گیاه استخراجی، نیکل خاک را جذب و به اندام‌های هوایی انتقال می‌دهند. در منطقه پازنان گچساران گونه *S. arvensis* L. از خانواده Brassicaceae به‌عنوان انباشت‌گر فلز نیکل مشخص گردید. این گیاه توانایی جذب و انباشت مقدار زیادی فلز نیکل را دارد. از طرفی گونه ذکر شده توانست در حضور غلظت‌های بالای فلز نیکل در خاک رشد قابل توجهی داشته باشد ، لذا گونه‌ای مقاوم در برابر فلز نیکل است.

از دیگر گونه‌های خانواده Brassicaceae که به‌عنوان گونه انباشتگر فلز نیکل شناخته شده است می‌توان به گونه *Thlaspi caerulescens* (میلنر و کوچیان، ۲۰۰۸) (۲۹) و گونه *Alyssum murale* اشاره کرد (۲۷).

گیاهانی مانند *S. plomusa*، L *C. procera*. و *S. arvensis* L. به‌دلیل حضور فراوان و توانایی بقا در شرایط نامساعد زیستی، یعنی آلودگی خاک به فلزات سنگین می‌توانند به عنوان گیاهان مقاوم به آلودگی معرفی شوند.

مطالعات انجام یافته میزان نیکل در گیاهان مرتعی را در محدوده ۰/۳ تا ۳/۵ میلی‌گرم بر کیلو گرم و حد بحرانی آن را در گیاهان ۱۰ تا ۱۰۰ ppm گزارش نموده است (۱۷ و ۲۸). نتایج به‌دست آمده از این تحقیق نشان داد حداقل و حداکثر میزان نیکل در گیاهان مورد بررسی، به ترتیب ۳۴/۴ و ۳۳/ ۷۷ ppm می‌باشد. این‌میزان بالای نیکل در گیاهان، نشان‌دهنده توان گیاه‌پالایی آنها می‌باشد .

محدوده نرمال غلظت سرب برای گونه‌های گیاهی ۲۰-۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (۴). در تحقیق حاضر مشخص گردید برخی گونه‌های گیاهی قادر به تحمل میزان سرب تا ۳۱۳ ppm می‌باشند. چنان‌چه کاباتا و پندایس (۲۰۱۱) اظهار داشت با اینکه سرب 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 نکنند، مقاوم به این فلز هستند (۲۰). همچنین ایشان بیان کرد که سرب ممکن است در غلظت‌های بالا یا پایین توسط گیاهان جذب شود که این فرایند با خصوصیات خاک و گیاهان ارتباط محکمی دارد.

نتایج تجزیه واریانس میانگین غلظت نیکل و سرب در ریشه و اندام هوایی گونه‌های گیاهی در محدوده‌های مختلف نمونه‌برداری نشان داد که اختلاف غلظت نیکل و سرب معنی دار است. این اختلاف معنی‌دار به تفاوت های فیزیولوژیکی و زیستی گونه‌های مختلف و همچنین تغییر خواص فیزیکی و شیمیایی از جمله اسیدیته خاک، شوری، غلظت کل و قابل جذب نیکل در خاک، غلظت کل و قابل جذب سرب در خاک و سایر عوامل در نقاط مختلف نمونه‌برداری ارتباط دارد (۶).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.4.4.0]

به‌طورکلی گیاهان قادرند انواع مختلفی از آلاینده‌ها، از جمله آلاینده‌های نفتی را از محیط زیست انسان پاک کنند و همچنین می‌توانند از انتقال آلاینده‌ها از مکان‌های آلوده به سایر نقاط به‌وسیله‌ی باد و آب جلوگیری به‌عمل بیاورند.

براساس نتایج تحقیق حاضر، برخی از گونه‌های فوق مانند *S. plomusa*، *C. procera L.* و *S. arvensis L.* را می‌توان به‌عنوان انباشتگر در مناطق آلوده نفت‌خیز استفاده نمود و در تحقیقات بعدی آنها را جهت اصلاح و پالایش اراضی آلوده به فلزت سنگین سرب و نیکل استفاده کرد. همچنین با توجه به میزان آلودگی خاک‌های مناطق مختلف کشورمان و نتایج مناسب بدست آمده از این تحقیق برای پالایش خاک‌های آلوده به فلزات سرب و نیکل، کاربرد گیاهان گونه‌های گیاهی *S. plomusa*، *C. procera L.* و *S. arvensis L.* به ویژه جهت پاکسازی خاک‌های مناطق نفت‌خیز جنوب کشور بسیار مفید خواهد بود.

References

1. Agrawal, S.B., 1992. Effects of supplemental UV-B radiation on photosynthetic pigment, protein and glutathione contents in green algae. Environmental and Experimental Botany, 32(2): 137-143.
2. Akaninwor, J.O., A.O. Ayeleso & C.C. Monago, 2007. Effect of different concentrations of crude oil (Bonny light) on major food reserves in guinea corn during germination and growth. Scientific Research and Essay (Academic), 2(4):127-131.
3. Alan J. M., M. Baker, S.P. McGrath, R.D. Reeves & J.A.C. Smith, 2000. "Metal Hyperaccumulator Plants: a Review of the Metal-Polluted Soils, in Phytoremediation of Contaminated Soil and Water", Terry N. & Banuelos G. Ed., CRC Press LLC,85-107.
4. Alloway, B. J. 1990. Heavy metals in soils. Blackia Publisher, 339p.
5. Alsagh, A & M, Barmaki, 2013. Analysis and measure of heavy metal contaminations in sediment of Persian Gulf. Science and technology environment, 15(3). (In persian)
6. Amini, F., N. Mirghafari & B. Eshgi Malayri, 2011. Investigayion of Nickel concentrations in soil and some natural plant species Pb and Zu in the around of Ahangaran mine in Hamadan province. Environmental Science and Technology Environmental Science and Technology, 13(1): 10-20. (In Persian)
7. Anigboro, A.A. & J.T. Nyerhovwo, 2008. Effect of crude oil on invertase and amylase activities in cassava leaf extract and germinating cowpea seedlings. Asian journal of Biological Sciences, 1(1):56-60.
8. Baek, K.H., H.S Kim, H.M. Oh, B.D. Yoon, J. Kim & I.S. Lee, 2004. Effects of crude oil, oil components, and bioremediation on plant growth. Journal of Environmental Science and Health, Part A, 39(9):2465-2472.
9. Chaker Alhosseni, M., 2013. Final report of research plan: Investigation of soil studies in Gachsaran, 91p.
10. Chehregani Rad, A., B. Eshghi Malayeri, F. Mohsenzadeh & Z. Shirkhani, 2014. Screening for plants and rhizospheral fungi with bioremediation potency of petroleum-polluted soils in a Tehran oil refinery area, Toxicological & Environmental Chemistry ,DOI: 10.1080.
11. Chupakhina G.N & P.V. Maslennikov, 2004. Plant adaptation tooil stress. Russian Journal of Ecology, 35: 290-295.
12. Cook R.L. & D. Hesterberg, 2013. Comparison of trees and grasses for rhizoremediation of petroleum hydrocarbons. International Journal of Phytoremediation, 15: 844–860.
13. Du Laing, G., F.M.G. Tack & M.G. Verloo, 2003. Performance of selected destruction methods for the determination of heavy metals in reed plants Phragmites australis. Jour. Analyt. Chim. Acta. 49: 191–198.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.4.4.0]

14. Ebrahimi, M., M. Jafari, Gh.R. Savaghebi, H. Azarnivand, A. Tavili & F. Madrid, 2014. Investigation of Heavy Metals Accumulation in Plants Growingin Contaminated Soils (Case Study: Qazvin Province, Iran). Journal of Rangeland Science, 4(2): 91-99. (In Persian)
15. Fattahi Kiasari A., A. Fotoat Astarayi., A.R., Haq, 2010. Sulfuric acid and EDTA on phytoremediation of lead in of soil by three plants sunflower, maize and cotton. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Soil and Water Sciences, Year fourteenth, 51: 57-68. (In Persian)
16. Hall, J., K. Soole & R. Bentham, 2011. Hydrocarbon phytoremediation in the family fabaceae- a review. International Journal of Phytoremediation, 13:4, 317-332
17. Hosseni, M, 1994. Investigation of some rare elemet and rate of accumulation thems in soils Isfahan. M.S.c Thesis, university of Isfahan. (In Persian)
18. Hutchinson S.L., A.P. Schwab & M.K. Banks, 2001. Phytoremediation of Aged Petroleum Sludge: Effect of Irrigation Techniques and Scheduling. Journal of Environmental Quality, 30: 1516-1522.
19. 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.
20. Kabata, A., & H. Pendias, 2011. Trace Metals in Soils and Plants, CRC Press, Boca Raton, Fla, USA, 2nd edition.
21. Kaimi, E., T. Mukaidani & M. Tamaki, 2007. Effect of rhizodegradation in diesel-contaminated soil under different soil conditions. Plant Production Science 10: 105-111.
22. Knabe, W., 1982. Monitoring of air pollutants by wild life plants and plant exposure: suitable bioindicators for different immissions types. Monitoring of Air Pollutants by Plants–Methods and Problems. S: 59-72.
23. Kramer, U., 2005. Phytoremediation: novel approaches to cleaning up polluted soils. Curr Opin Biotechnol 16:133–141.
24. Luepromchai, E., W. Lertthamrongsak, P. Pinphanichakarn & S. Thaniyavarn, 2007. Biodegradation of PAHs in petroleum-contaminated soil using tamarind leaves as microbial inoculums. Journal of Scienc Technology, 29: 515-527.
25. Malayeri, B. E., B. Bashiri & F, Mohseni, 2010. "The Effect of Crude Oil On Germination Of Some Plant Species " 4th National Seminar on Chemistry and Enviroment Persian Gulf and oman Sea Ecological Research in stiue in Bandar Abbas, I. R. (In Persian)
26. Malayeri, B., H. Ghodratzadeh & N. yosefi., 2008. Identification of oil pollution tolerant palnt species. 1 confrance biology. 2008. University of agricultura and natural resources of Gorgan. Gorgan, Iran.
27. McGrath, S.P., S.J. Dunham & R.L. Correll, 2000."Potential for Phytoextraction of Zinc and Cadmium from Soils Using Hyperaccumulator Plants in Phytoremediation of Contaminated Siol and Water", Terry N. & Banuelos G, Ed., CRC Press LLC, 109-128.
28. Merian E., M. Anke, M. Ihnat & M. Stoeppler, 2004. "Elements and their Compounds in the Environment", vol. 2, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co.KGaa, weinheim.
29. Milner MJ., L.V. Kochian, 2008. Investigating heavy-metal hyperaccumulation using *Thlaspi caerulescens* as a model system. Ann Bot 102:3–13.
30. Mirghafari, N., 2005. Investigation of Pb concerntration in some plans around of mine pb and Zn Irankon in Isfahan, natural resources journal, 3(58), 635-642. (In Persian)
31. Moameri, M., M. Jafari, A. Tavili, B. Motasharezadeh & M. Zare Chahuki, 2015. Assesment of potential of rangeland plant for phytoremediation contaminated soils with Zn and Pb (case study: rangeland ground of Zn and Pb Zanjan). Journal of Rangeland Science, 9(1): 29-41. (In Persian)
32. Mohsenzadeh, F., S. Naseri, A. Mesdaghinia, R. Nabizadeh & D. Zafari, 2009. Inverstigation of possibility of application of *Amarantus retroflexus* L. and rhizospher for a bioremediation of soil contamited with oil. 12 national confrance of enviroment hygiene, Shahid Beheshti University. Tehran, Iran. (In Persian)

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.4.4.0]

33. Naseri, S., A. Mesdaghinia, Gh. Omrani, S. Rezaei, K. Nadafi, M. Yonesian & M. Arbabi, 2005. Removal of Polycyclic aromatic hydrocarbons PAHS from soils contaminated with petroleum compounds by microbial consortium. Final report of the research project. Tehran University of Medical Sciences.
34. Peng S., Z. Zhou Cai & Z. Zhang, 2009. Phytoremediation of petroleum contaminated soils by Mirabilis jalapa L. in greenhouse plotexperiment. J. of Hazardous Materials, 168: 1496-1490.
35. Rodojvic M., & V.N. Bashkin, 1999. "Practical Environmental Analysis", the Royal Society of Chemistry, 466p.
36. Saba, G., A.H. Parizanganeh, A. Zamani & J. Saba, 2015. PhytoremeDiation of Heavy Metals Contaminated Environments: Screening for Native Accumulator Plants in Zanjan-Iran. International Journal of Environmental Researched, 9(1):309-316.
37. Salanitro, J.P., 2001. Bioremediation of petroleum hydrocarbons in soil. Adv Agron, 72: 53-105.
38. Schrodr, P., P.J. Harve & J,P. Schwitzguebel, 2003, Prospcts for the phytoremedhation of organic pollutants in Europ. Environ. Sci. Pollution Research, 9: 1-3.
39. Singh, A. & O.P. Word, 2004. Applied Bioremediation and Phytoremediation. Published by Springer-verlag Berlin Heidelberg. Germany.
40. Yazdanpanah, A., & A. javadinasab, 2009. Investigation of heavy metals and hydrocarbons in sediment in Asaloyeh region. 12 national confrance of enviroment hygiene, Shahid Beheshti University. Tehran, Iran. (In Persian)
41. Yoon, J., X. Cao, Q. Zhou & L.Q. Ma, 2006. Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. Science of the Total Environment 368: 456

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1395.10.4.4.0]