مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره سیزدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۹، صفحات ۶۹۳ تا ۷۰۴

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir
مقاله پژوهشی

ارزیابی کارایی دو روش پالایش زیستی در حذف ترکیبات سیلیس از خاک منطقه ازندریان

آرش بابائی*، مریم بهرامی، معصومه ملکی، حدیث طوافی
گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۹/۱۵
تاریخ ویرایش: ۹۹/۱۲/۰۹
تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۲/۱۳
تاریخ انتشار: ۹۹/۱۲/۲۷

واژگان کلیدی: زیست پالایی، گیاه پالایی، سیلیس، خرفه پرپهن، قارچ فوزاریوم اکسیسپوروم

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
a.babaei@sheffield.ac.uk

چکیده

زمینه و هدف: زیست پالایی و به تبع آن یکی از شاخه‌های اصلی آن، یعنی گیاه پالایی، از فرایندهای مهم و اساسی برای پاک سازی و حذف آلودگی‌ها در محیط زیست محسوب می‌گردد. با توجه به کثرت کارخانجات سیلیس در منطقه ازندریان شهرستان ملایر و آلودگی زیاد سیلیس خاک در این منطقه، این مطالعه با هدف مقایسه اثر زیست پالایی قارچ *Fusarium oxysporum* و گیاه پالایی *Portulace olerace.L* در جذب سیلیس صورت گرفت.

روش بررسی: به این منظور کشت خرفه در شرایط گلخانه‌ای و در غلظت های مختلف سیلیس و تحت تیمار قارچ در قالب طرح کاملا تصادفی انجام گرفت.

یافته‌ها: نتایج حاصله نشان داد که قارچ با سرعت بالا و در آلودگی سیلیس با غلظت ۹۵ درصد به‌راحتی رشد کرده و توانست ۸۴/۵۰ درصد سیلیس موجود در خاک را جذب کند و گیاه هم توانست در آلودگی ۸۰ درصد سیلیس، بالاترین میزان جذب را به مقدار ۷۱/۶۱ درصد داشته باشد و بیشترین میزان جذب سیلیس در همزیستی گیاه و قارچ در غلظت ۸۰ درصد سیلیس و به میزان ۶۹/۹۰ درصد است.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که سیلیس تاثیر مثبت و معنی داری بر صفات فیزیولوژیکی گیاه خرفه داشته و باعث افزایش میزان فنل، فلاونوئید و آنتوسیانین شده است. همزیستی قارچ و گیاه هم باعث افزایش صفات فیزیولوژیکی نام برده در گیاه خرفه شد. همچنین همزیستی گیاه و قارچ در جذب سیلیس تاثیر مثبتی داشته است و می‌تواند به کاهش آلودگی‌های ناشی از تراکم سیلیس در منطقه موثر باشد.

Please cite this article as: Babaei A, Bahrami M, Maleki M, Tavafi H. Evaluation of two remediation techniques for the removal of silica from contaminated soil, Azandarian region, Iran. Iranian Journal of Health and Environment. 2021;13(4):693-704.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-18]

مقدمه

با افزایش جمعیت جهان و تقاضا برای زندگی شهری، ایجاد صنایع و سیستم‌های مدرن صنعتی نیاز به حفظ اکوسیستم به‌طور فزاینده‌ای افزایش یافته است. وقوع حوادث مکرری چون جنگ، زلزله، زمین لرزه و سونامی باعث ورود غلظت زیادی از فلزات به محیط زیست شده است (۱). خاک به عنوان یکی از اجزای مهم محیط زیست مهمترین دریافت کننده این آلودگی‌ها است این مواد به محض ورود به محیط، جزئی از چرخه خاک می‌شوند که به صورت گوناگون حیات را تحت تاثیر قرار داده و باعث اختلال در اکوسیستم می‌شوند. در میان آنها فلزات سنگین به دلیل غیر قابل تجزیه بودن و آثار زیانبار فیزیولوژیکی در اکوسیستم جانداران حائز اهمیت ویژه‌ای است (۲). یکی از رویدادهای اقتصادی و پایدار برای مقابله با این آلودگی‌ها استفاده از تکنیک‌هایی است که از طریق پیشرفت در علم، بین رشته‌های زیست شناسی توسعه یافته است. فرایند زیست پالایی و زیر مجموعه آن گیاه پالایی به عنوان شاخه‌ای از بیوتکنولوژی زیست محیطی از گونه‌های مختلف باکتریایی، قارچها، جلبک‌ها و گیاهان استفاده می‌کنند تا اکوسیستم آلوده را نجات دهند (۳). استفاده از گیاهان دارویی، ایجاد و پرورش گیاهان جدید از طریق مهندسی ژنتیک به منظور از بین بردن آلاینده‌های محیطی، سموم، کلریدها، اتیلن، سرب، روی، مس و فلزات دیگر از فرایندهای گیاه پالایی است. بسیاری از گیاهان با جذب فلزات موجود در خاک و تجمع آنها در قسمت‌های مختلف، باعث کاهش اثرات سمی فلزات می‌شوند (۴).

گیاه خرفه با نام علمی *Portulaca oleracea . L* یکی از مهمترین گیاهان در فرایند گیاه پالایی به شمار می‌رود. این گیاه توانایی بالایی در جذب فلزاتی چون کروم، کادمیوم، روی، آهن، آرسنیک و سیلیس دارد. که بیشترین مقدار این فلزات را در ریشه‌ها و حداقل آن را در گل‌ها ذخیره می‌کند (۵). گیاهانی که در گیاه‌پالایی مورد استفاده قرار می‌گیرند به دلیل دارا بودن ریشه‌های بلند (فیبری) برای رسیدن به مناطق عمیق زمین و افزایش تعاملات با خاک حائز اهمیت هستند (۶). این گیاهان می‌توانند بسیاری از فلزات محلول در خاک را به راحتی جذب کنند. از آنجایی‌که این گیاهان قادر به انباشت فلزات بصورت انبوه هستند. لذا افزایش بیش از حد فلزات توسط گیاهان باعث می‌شود تا این گیاهان به گیاهان سمی تبدیل شوند. توانایی گیاهان برای تجمع فلزات ضروری مورد نیاز خود، آنها را قادر می‌سازد تا سایر فلزات غیرواقعی را نیز جذب کنند (۵). استفاده از موجودات زنده به ویژه میکروارگانیسم‌ها برای حذف سموم و آلودگی‌های زیست محیطی به سمیت کمتر را زیست پالایی می‌گویند. زیست پالایی یک روش مؤثر برای پالایش خاک‌های آلوده به فلزات است (۷). با توجه به اینکه حذف آلاینده‌ها طی فرایندهای فیزیکی و شیمیایی بسیار هزینه بر است، می‌توان از راهکارهای بیولوژیکی (استفاده از باکتری‌ها، قارچها، مخمر و جلبک‌ها) که هزینه کمتر و به طور کلی سرعت بیشتری دارند استفاده نمود (۴). قارچ *Fusarium oxysporum* از سویه‌های مهم در زیست پالایی محسوب شده و مطالعات متعددی در این زمینه گزارش شده است که علاوه بر همزیستی با ریشه گیاهان و تامین برخی عناصر مغذی برای گیاه می‌تواند با تولید آمینوپپتیداز در روند زیست پالایی خاک نقش مهمی ایفا کند (۸). در مطالعه Appel و همکار بر روی گوجه فرنگی مشاهده شد که همزیستی قارچ *Fusarium* با ریشه گیاه موجب افزایش مقاومت گیاه علیه پاتوژن‌های بیماری‌زا شد (۹). در آزمایش Fourie و همکاران گزارش شد که تلقیح این قارچ بر گیاه شاهی باعث تولید مقدار زیادی گلوکوزینات می‌شود که به عنوان متابولیت‌های ضد میکروبی عمل می‌کند (۱۰).

منطقه ازندریان از توابع شهرستان ملایر به علت وجود کارخانجات متعدد سیلیس آلودگی بالایی دارد، میزان آلودگی این منطقه با توجه به ذرات گرد و غبار ناشی از سیلیس بالا است که منجر به آلودگی خاک منطقه شده است. گزارش‌های متعددی در ارتباط با تاثیر مثبت کاربرد سیلیس در افزایش خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-18]

گیاهان وجود دارد اما در تمامی این مطالعات اثبات شده است که سیلیس در غلظت‌های بالای خاک، اثرات منفی شدیدی بر پوشش گیاهی دارد (۲، ۱۱، ۱۲). سیلیس در غلظت‌های مناسب موجب کاهش اثرات منفی تنش خشکی و شوری، سمیت فلزات سنگین، آسیب‌های تابشی، دمای بالا، عدم تعادل مواد مغذی شده و از سوی دیگر با افزایش ضخامت دیواره سلول و پاسخ‌های دفاعی ثانویه مقاومت گیاهان را در برابر پاتوژن‌ها تقویت می‌کند (۱۱). با توجه به اینکه گیاه خرفه یک گیاه شاخص در زمینه گیاه پالایی و قارچ فوزاریوم نیز سویه‌ای مهم در زیست پالایی خاک به شمار می‌رود، این مطالعه با هدف ارزیابی روند زیست پالایی میکروبی و گیاه پالایی خرفه بررسی اثرات سیلیس بر خصوصیات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه خرفه انجام گرفت. در این پژوهش پاکسازی منطقه ازندریان و عوارض ناشی از تجمع سیلیس و اتخاذ سیاست‌های مناسب جهت حذف عوارض زیست محیطی از منطقه و تامین سلامت انسان و موجودات بومی منطقه مورد توجه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی روند گیاه پالایی خرفه و زیست پالایی میکروبی و بررسی اثرات سیلیس بر خصوصیات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه خرفه آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی با ۳ تکرار برای هر تیمار، در دانشگاه ملایر انجام شد. بذرهای گیاه خرفه از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. در این مطالعه خاک ازندریان با میزان ۵۸/۵۳ درصد سیلیس در g ۱۰۰خاک، خاک زنگنه با میزان ۵۷/۴۰ درصد سیلیس در خاک و خاک ملایر با میزان ۵۵/۹ درصد سیلیس در g ۱۰۰خاک به عنوان نمونه‌های شاهد در نظر گرفته شدند و بذر خرفه در آنها کشت شد. سیلیس با درصد خلوص حدود ۱۰۰ درصد تهیه شد. به منظور بررسی زیست پالایی میکروبی از قارچ *Fusarium oxysporum* که از بخش قارچ شناسی انسیتوپاستور ایران تهیه شده بود، استفاده شد. قارچ در محیط اسلنت PDA (Potato Dextrose Agar) و SDA (Sabouraud Dextrose Agar) به مدت ۷ روز در دمای ^{0}C ۲۸ کشت داده شد و پلیت‌ها بعد از ۷ روز در دمای ^{0}C ۴ برای مطالعه بیشتر نگهداری شدند. جهت بررسی زیست پالایی استرین قارچی، سوسپانسیون قارچی تهیه و شمارش کنیدی‌ها انجام شد و در میزان CFU (Colony Function Unites) مشخص (حدودا 10^{8} CFU) به خاک‌های شاهد (بدون گیاه و سیلیس)، خاک سیلیس‌دار منطقه و خاک بدون سیلیس دارای گیاه و خاک سیلیس‌دار منطقه دارای گیاه مورد مطالعه اضافه شد و در شرایط بهینه رشد قارچ و گیاه گرماگذاری انجام شد. درنهایت میزان برداشت سیلیس با استفاده از روش‌های پلاتین مورد آنالیز قرار گرفت. هر واحد آزمایشی از ۳ گلدان با حجم g ۶۰۰ خاک مناطق زنگنه، ازندریان و ملایر تهیه شد. سیلیس با غلظت‌های ۶۰، ۷۵، ۸۰ و ۹۵ درصد به خاک ازندریان با میزان اولیه g ۵۳/۵۸ سیلیس اضافه شد، و تعداد ۶۳ عدد گلدان با عناوین مختلف کشت شد شامل: گلدان‌های حاوی خاک ملایر به سه واحد مطالعه (شامل: کشت بذر خرفه به تنهایی، کشت بذر خرفه همراه با تیمار سوسپانسیون قارچی و تیمار سوسپانسیون قارچ در گلدان بدون بذر خرفه) تقسیم شدند. گلدان‌های حاوی خاک زنگنه نیز به سه واحد مطالعه (شامل: کشت بذر خرفه به تنهایی، کشت بذر خرفه همراه با تیمار سوسپانسیون قارچی و تیمار سوسپانسیون قارچ در گلدان بدون بذر خرفه) تقسیم شدند. گلدان‌های حاوی خاک ازندریان به ۱۵ واحد مطالعه (شامل: کشت بذر خرفه در گلدان‌هایی با تیمارهای سیلیس ۰، ۶۰، ۷۵، ۸۰ و ۹۵ درصد یکبار بدون تیمار سوسپانسیون قارچی و یکبار همراه با تیمار سوسپانسیون قارچی و تیمار سوسپانسیون قارچ در گلدان‌هایی با تیمارهای ۰، ۶۰، ۷۵، ۸۰ و ۹۵ درصد سیلیس و بدون بذر خرفه) تقسیم شدند. در هر گلدان حدود ۳۰ عدد بذر کاشته شد و گلدان‌ها در شرایط محیطی و در معرض نور خورشید قرار گرفتند.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-18]

آبیاری به صورت روزانه انجام شد. ده روز پس از جوانه‌زنی بذر خرفه به هر گلدان به منظور مقایسه گیاه و قارچ به میزان ۲ mL از سوسپانسیون قارچی اضافه شد. پس از ۴۲ روز گیاه برداشت شد و برای بررسی مراحل فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی و بررسی رفتار قارچ در تمام نمونه‌ها مورد آزمایش قرار گرفت. خاک‌های گلدان‌ها هم برای بررسی مقایسه‌ای قارچ و گیاه و گیاه-قارچ در جذب سیلیس طی فرایند پلاتین مورد آزمایش قرار گرفتند.

- سنجش‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی

برای سنجش فنل کل برگ‌های تهیه شده از گیاه به وزن ۰/۵ g در هاون چینی و با مقداری متانول اسیدی به نسبت حجمی ۹۹/۱ mL (به ترتیب اسید کلریدریک خالص و متانول خالص) کاملا ساییده و عصاره در لوله‌های سر پیچ‌دار ریخته شد و به مدت ۲۴ h در تاریکی و دمای ^0C ۲۵ قرار گرفت. سپس به مدت ۱۰ min با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ و جذب در طول موج ۵۵۰ nm اندازه‌گیری گردید (۱۳).

برای سنجش محتوای فلاونوئید برگ‌های تهیه شده از گیاه به وزن ۰/۵ g در هاون چینی و با مقداری اتانول اسیدی به نسبت حجمی ۹۹/۱ mL (به ترتیب اسید استیک گلایسیال و الکل اتیلیک) کاملا ساییده و پس از سانتریفوژ به مدت ۱۰ min با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه در حمام آب گرم با دمای ^0C ۸۰ قرار گرفت. شدت جذب در طول موج ۳۰۰nm خوانده شد و با استفاده از فرمول مربوطه تعیین شد (۱۴). سنجش میزان آنتوسیانین با استفاده از روش نویز و بیکر (۲۰۰۰) به این صورت انجام شد که 1g بافت تر برگ در ۱۰ mL متانول اسیدی (شامل الکل متیلیک ۹۹/۵ درصد و هیدروکلریک اسید خالص به نسبت ۹۹ به ۱) با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۲ صاف گردید و سپس به مدت ۱۵ min در ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. میزان جذب عصاره رویی در ۵۳۰ nm با استفاده از شاهد متانول اسیدی با دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین شد (۱۵).

- آنالیزهای آماری

آنالیز واریانس داده‌ها (ANOVA) توسط نرم افزار SPSS20 انجام شد و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (Duncan) در سطح اطمینان ۹۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند. نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel رسم شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه خرفه تحت تاثیر سیلیس و قارچ فوزاریوم

منابع تغییر	درجه آزادی	فنل (µmol/gFW)	فلاونوئید کل (µmol/gFW)	آنتوسیانین (µmol/gFW)
سیلیس	۲	۰/۰۰**	۹/۳۷۶^{ns}	۱۲۸**
قارچ	۱	۱/۳۹۰**	۱۲/۲۱۵^{ns}	۰^{ns}
سیلیس×قارچ	۲	۰/۰۰۲**	۲۴/۹۵۷**	۱۰۹**
خطای آزمایشی	۱۲	۲/۳۷۳	۲/۸۹۶	۰/۰۰۸
ضریب تغییرات	-	۲۱/۰۹	۱۶/۷۱	۲۰/۰۳

^{ns} ، * ، ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

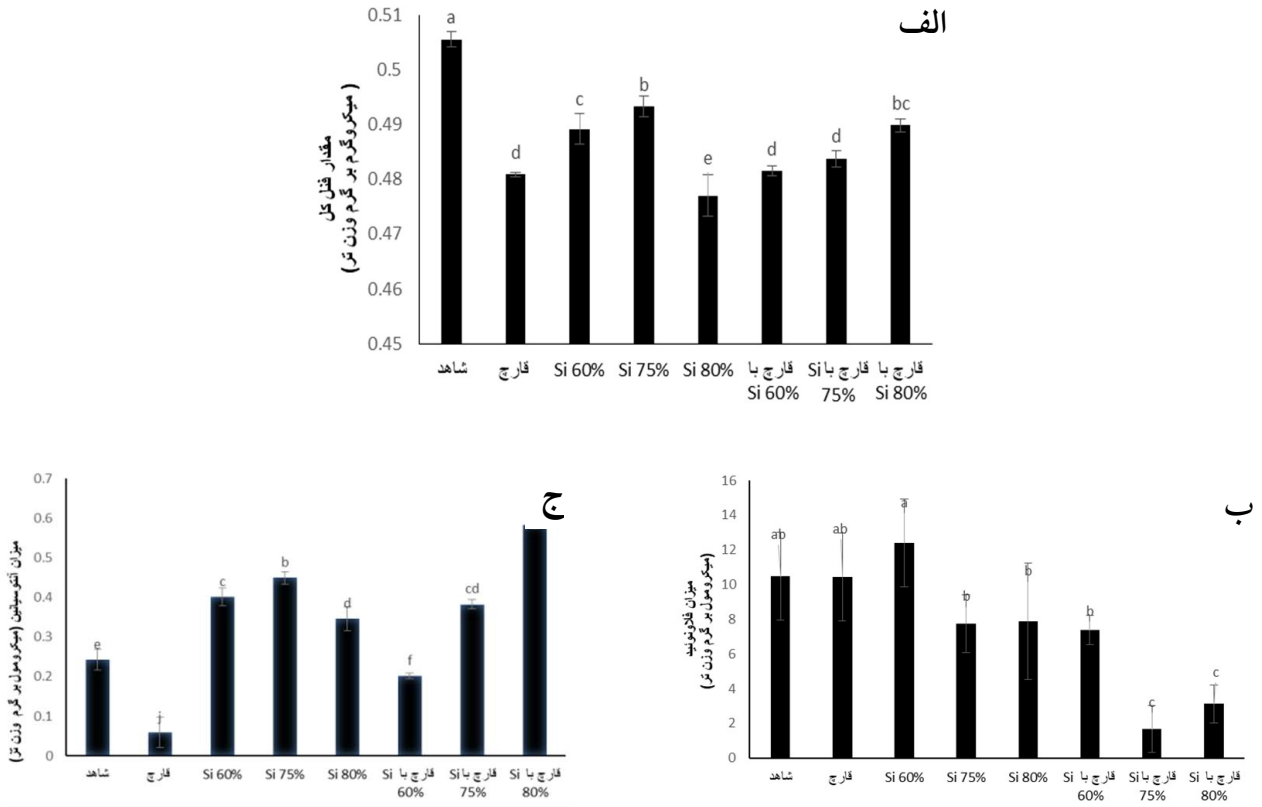
[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-18]

یافته‌ها

نتایج تجزیه واریانس خصوصیات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه خرفه تحت تاثیر سیلیس و قارچ فوزاریوم در جدول ۱ نشان داده شده است.

در بررسی نمودار ۱ مشاهده شد که بیشترین مقدار فنل کل مربوط به گیاه شاهد با مقدار ۰/۵ µg/g وزن خشک و کمترین آن مربوط به تیمار گیاه با سیلیس ۸۰ درصد با مقدار ۰/۴۷ µg/g وزن خشک است (نمودار ۱- الف). نتایج نشان داد که فلاونوئید تحت تاثیر سیلیس بطور معنی‌داری افزایش یافته است. به طوری که بیشترین مقدار فلاونوئید در تیمار سیلیس ۶۰ درصد دارای میزان ۱۲/۳۹ µmol/g وزن تر و کمترین آن در تیمار قارچ و سیلیس ۷۵ درصد و به میزان ۱/۶۶۷ µmol/g وزن تر بود (نمودار ۱- ب). مقایسه میانگین‌ها در اثرات متقابل بر میزان آنتوسیانین نشان داد که بیشترین میزان آنتوسیانین در تیمار قارچ و میزان سیلیس ۸۰ درصد به میزان ۰/۵۸۳ µmol/g وزن تر و کمترین در تیمار قارچ به میزان۰/۰۵ µmol/g وزن تر بود (نمودار ۱- ج).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر قارچ بر میزان فاکتورهای فیزیولوژی گیاه خرفه نظیر فنل، فلاونوئید و آنتوسیانین معنی‌دار بودند (جدول ۲).



نمودار ۱- اثر تیمارهای مختلف قارچ و سیلیس بر میزان فنل (الف)، فلاونوئید (ب)، آنتوسیانین (ج) گیاه خرفه

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-18]

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه خرفه تحت تاثیر قارچ فوزاریوم

منابع تغییر	درجه آزادی	فنل (µmol/gFW)	فلاونوئید کل (µmol/gFW)	آنتوسیانین (µmol/gFW)
قارچ	۷	۰/۰۰۰**	۴۰/۶۴۱**	۰/۰۷۹**
خطای آزمایشی	۱۶	۰/۰۰۰	۴/۵۸۴	۰/۹۰۱
ضریب تغییرات	-	۰/۰۰۰	۲۸/۰۲	۲۸/۹۶

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

در بررسی نمودار ۲ مشاهده می‌شود که بیشترین مقدار فنل کل مربوط به تیمار قارچ و گیاه در خاک زنگنه با مقدار ۰/۵۲۵ µg/g وزن خشک و کمترین آن مربوط به تیمار قارچ و گیاه در خاک ازندریان به میزان ۰/۴۸۰ µg/g وزن خشک بود (نمودار ۲- الف). همچنین مشاهده شد که گیاه تیمار شده با قارچ در خاک زنگنه دارای بالاترین مقدار فلاونوئید و به مقدار ۱۱/۹۵۵ µmol/g وزن تر است و کمترین میزان مربوط به شاهد زنگنه با مقدار ۵/۶۵ µmol/g وزن تر است (نمودار ۲- ب). بیشترین میزان آنتوسیانین در گیاه تیمار شده با قارچ در خاک زنگنه به میزان ۰/۵۴۴ µmol/g وزن تر و کمترین آن به مقدار ۰/۰۵۹ µmol/g وزن تر در گیاه کشت شده با تیمار قارچ در خاک ملایر و تیمار قارچ در خاک ازندریان است (نمودار ۲- ج).

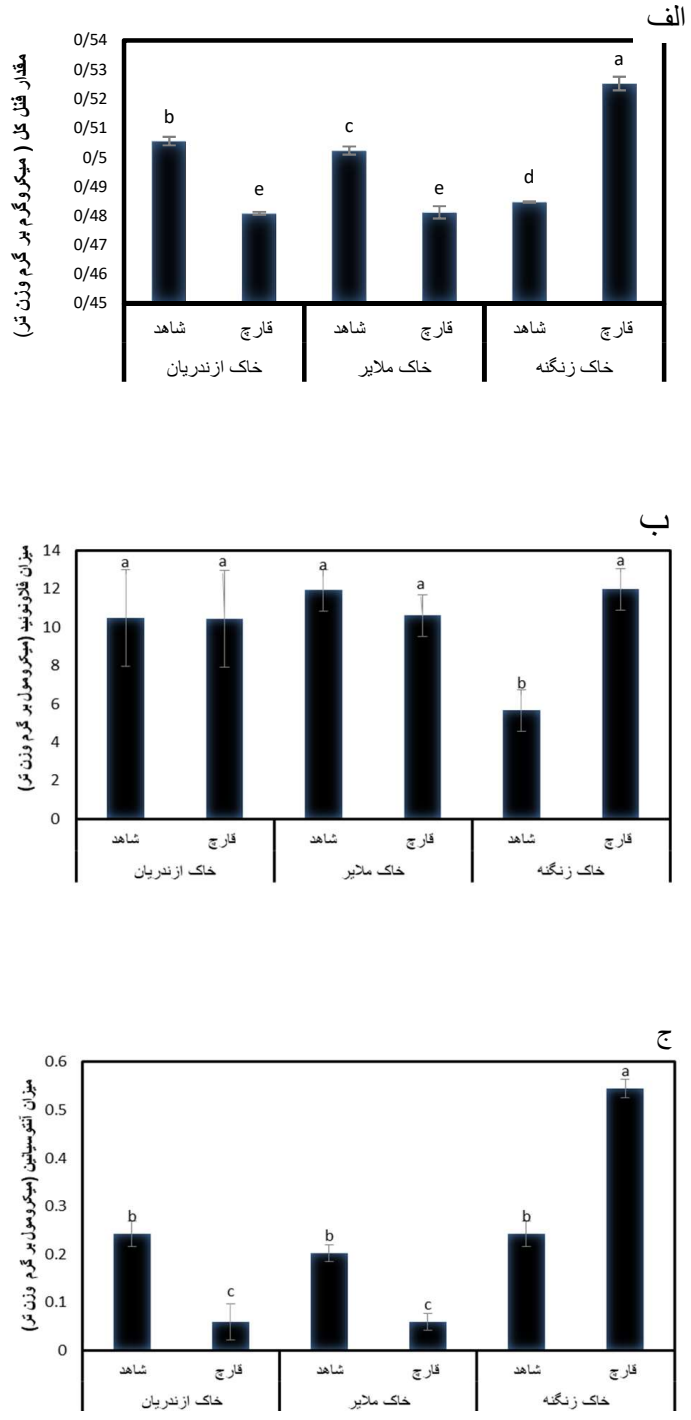
بحث

با توجه به اهمیت زیاد ترکیبات فنلی در مکانیسم‌های دفاعی گیاهان در برابر عوامل بیماری‌زا می‌توان از همزیستی قارچ با گیاه برای افزایش محتوای فنل، بخاطر خاصیت ضد میکروبی خود، از جوانه‌زنی اسپور قارچ و تولید سم توسط عوامل بیماریزا جلوگیری کرد (۱۵). در مطالعه Fourie و همکاران افزودن قارچ *Piriformospora indica* با گیاه دارویی نعنا فلفلی نشان داد که همزیستی این دو باعث افزایش فنل کل برگ به میزان ۳۷ درصد نسبت به گیاه با عدم تلقیح قارچ شد (۱۰). بنابراین می‌توان دریافت که همزیستی قارچ *F. oxysporum* و گیاه خرفه باعث افزایش میزان فنل کل شده است. در مطالعه Gaur و همکاران بر روی جو مشاهده شد که تیمار سیلیس میزان فنل کل در گیاه جو را افزایش می‌دهد (۱۵). ترکیبات فنلی در سیستم آنتی اکسیداتیو گیاهان دخیل هستند. این ترکیبات فیتوشیمیایی با تاخیر در بیان ژن‌ها و فعالیت پروتئین‌ها بر فعالیت آنزیم‌های سیستم آنتی اکسیداتیو اثرگذار هستند (۱۶).

افزایش بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه در گیاهان تلقیح شده با قارچ می‌تواند به علت بهبود تغذیه فسفر و نیتروژن حاصل از فعالیت قارچ باشد. در این ارتباط مشخص شده است که بین تغییر در مقدار متابولیت‌های ثانویه و مقدار فیتوهورمون‌های گیاهی همبستگی وجود دارد (۱۷). در مطالعه Tattini و همکاران برروی تاثیر همزیستی ریحان سبز و بنفش با قارچ *Glomus etunicatum* نشان داد که مقدار فلاونوئید در گیاه تیمار شده با قارچ نسبت به شاهد افزایش می‌یابد (۱۸). در گزارشی که توسط Cobbett و همکاران روی خرفه صورت گرفت نیز مشخص شد که سیلیس باعث افزایش میزان فلاونوئید در گیاه خرفه شده است (۶). فلاونوئیدها به دلیل داشتن نقش آنتی اکسیدانی بطور مستقیم با وارد شدن در واکنش‌های احیایی و یا بطور غیر مستقیم بوسیله کلات کردن آهن مانع تنش اکسیداتیو می‌شوند (۱۷).

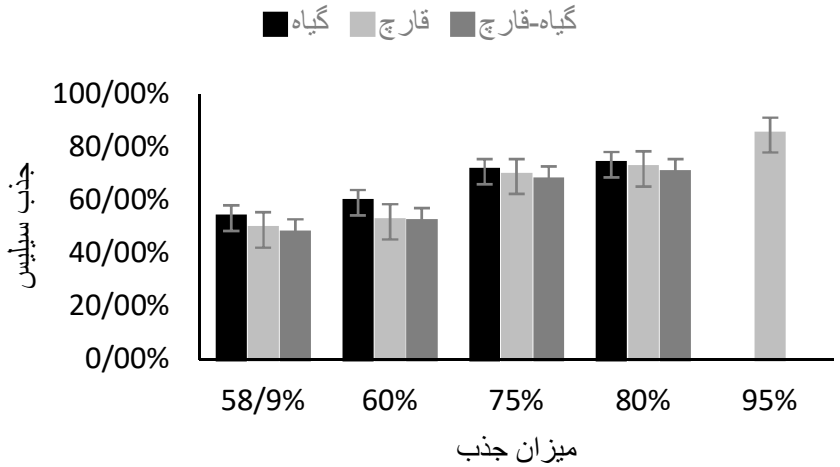
در مطالعه Zubek و همکاران در بررسی میزان آنتوسیانین در گیاه ذرت همزیست شده با گونه قارچ *Acaulospora longola* مشاهده شد که آنتوسیانین به میزان ۷/۹۷

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-18]



نمودار ۲- اثر تیمار قارچ بر میزان فنل (الف)، فلاونوئید (ب)، آنتوسیانین (ج) گیاه خرفه

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-18]



نمودار ۳- درصد جذب سیلیس از خاک ازندریان توسط گیاه، قارچ و گیاه-قارچ در غلظت‌های مختلف سیلیس خاک

درصد نسبت به گونه عدم تلقیح با قارچ افزایش یافته است (۱۷). افزایش مقدار آنتوسیانین‌ها در گیاهان همزیست با قارچ را می‌توان به دلیل افزایش فعالیت سیستم آنتی اکسیدانی به منظور کاهش رادیکال‌های آزاد و نیز القای بیان ژن‌های مسیر بیوسنتزی فلاونوئیدی نسبت داد به علاوه آنتوسیانین انتقال فلزات را به واکوئل تسهیل می‌کند (۱۹). از نقش‌های مهم آنتوسیانین می‌توان به نقش آنتی‌اکسیدانی و محافظت سیستم فتوسنتزی در برابر اکسیداسیون نوری اشاره کرد (۲۰). آنتوسیانین بعنوان مکانیسم سازگاری در گیاه گوجه فرنگی عمل کرده، رادیکال‌های آزاد را جذب می‌کند و گیاهان را از صدمات اکسیداتیو حفظ می‌نماید (۱۵). در تحقیقات Peng و همکاران استفاده از سیلیس باعث افزایش رشد و جذب عنصرها و محتوای آنتوسیانین‌ها در گیاه چای ترش شده است (۱۹). در این تحقیق تاثیر مثبت قارچ و سیلیس بر روی صفات نامبرده به خوبی مشاهده می‌شود. توانایی بالای قارچ در جذب سیلیس در منطقه به خوبی مشاهده می‌شود. از طرفی هزینه بالای تکثیر و توزیع قارچ در منطقه ازندریان و مجاب نمودن افراد زیربط جهت اجرایی نمودن پروژه در منطقه، تحقیقات تکمیلی بیشتر جهت بررسی فرایندهای پس از آلودگی‌زدایی منطقه، حفظ و کنترل شرایط جدید رشد قارچ و گیاه خرفه، و ضرورت ایجاد مرکز پایش کنترل آلودگی از معضلات و کاستی‌های مرتبط با این طرح محسوب می‌گردد.

- بررسی اثر قارچ *F. oxysporum* و گیاه *P. oleracea* در جذب سیلیس در خاک ازندریان

با توجه به نمودار ۳ می‌توان گفت که توانایی قارچ در جذب سیلیس موجود در خاک ازندریان نسبت به گیاه بالاتر بوده است. با توجه به نمودارهای گیاه، قارچ و گیاه-قارچ مشخص شد که بیشترین فعالیت قارچ در خاک با میزان ۹۵ درصد سیلیس است. در غلظت ۹۵ درصد سیلیس، گیاه قادر به رشد نبوده و حتی جوانه‌زنی هم صورت نگرفت، اما قارچ توانست این غلظت از سیلیس را تحمل کرده و به راحتی رشد کند در حالی‌که هیچ گونه رقابتی با گیاه در این غلظت وجود نداشته است قارچ توانسته به تنهایی بالاترین میزان سیلیس را به مقدار ۸۴/۵۰ درصد جذب کند. در تمام نمونه‌ها قارچ کارایی بهتری در جذب سیلیس داشت. با توجه به این که قارچ در کوتاه‌ترین زمان

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-18]

می‌توانـد زادآوری بالایـی داشـته باشـد، همواره سـلول‌های جـوان تولیـد می‌کنـد که دائمـا متابولیسـم انجـام می‌دهند و سـیلیس بیشـتری را جـذب می‌کنـد، پـس در نمونه‌هـای قارچـی پاکسـازی بهتـر صـورت می‌گیـرد.

گیـاه در تیمـار ۸۰ درصـد بالاتریـن میـزان جـذب را داشـته اسـت. قارچ‌هـا می‌تواننـد از ورود مـواد سـمی فلـزات بـه داخـل زنجیـره غذایـی جلوگیـری کننـد. در واقـع قارچ‌هـا از طریـق اتصـال فلـزات به دیواره سـلولی، ترشـح مـواد و تقطیر بیـن سـلولی باعث کاهـش و جذب فلـزات می‌شـوند (۱۰). از آنجایی‌کـه قارچ‌هـا از اجـزای مهـم و غالـب میکروبیولوژیـک خـاک بـه حسـاب می‌آینـد می‌تواننـد به‌عنـوان تخریـب کننـده آلاینده‌هـا و فلـزات نقـش مهمی را در چرخه زیسـتی بـر عهده داشـته باشـند، فرایندهـای قارچی باعث حل شـدن فلـزات و کاهـش آنها می‌شـود. در طی فعالیـت قارچی ممکن اسـت خـود قـارچ تغییـر نکنـد و حتـی افزایـش نیـز یابـد. قارچ‌هـا به‌طـور طبیعـی دارای انـواع مختلفـی از پروتئین‌های خـارج سـلولی، اسـیدهای ارگانیـک و متابولیت‌هـای دیگـر هسـتند و قـادر بـه رشـد در انـواع اکوسیسـتم و در pH بیـن ۵-۱۴ هسـتند (۲۱). قارچ‌هـا از طریـق غیـر متحـرک سـاختن فلـزات بـه وسـیله ترشـحات خـود و رسـوب آنهـا در گرانول‌هـای پلی‌فسـفات و جـذب سـطحی فلـزات روی دیواره سـلولی، سـمیت آنها را کاهـش می‌دهنـد (۲۲). در مطالعه‌ای Berthelin و همـکاران اثر قارچ *F. oxysporum* بر میزان جـذب فلزاتـی چون سـرب و روی بررسـی شـد و نتایج نشـان داد که در غلظت ppm ۲۰۰ قارچ توانسـته اسـت ۵۱ درصد روی و ۵۳درصد سـرب را جذب کند. در واقع میسـلیوم‌های قـارچ از یـک غـلاف مایـع هیدراتـه ضخیم پوشـیده شـده‌اند کـه منجـر به تشـکیل محیط ژلـه ماننـدی بـرای واکنش‌های شـیمیایی، کریسـتال رسـوبات و همچنیـن رشـد خـود قـارچ می‌شـود و بـه ایـن ترتیـب منجر به کاهـش فلـزات می‌گردد، بنابرایـن می‌تـوان گفـت کـه *F. oxysporum* به‌عنـوان عامـل موثـری در پاکسـازی خاک‌هـای آلـوده کاربـرد دارد (۲۳). از آنجایی‌کـه گونه‌هـای قـارچ نسـبت بـه گونه‌هـای باکتـری بیشـتر قابـل دسـترس هسـتند لـذا آنهـا می‌تواننـد شـرایط محیطـی را تحـت تاثیـر قـرار دهنـد، با سـهولت و در مقادیـر زیـاد تولیـد، و بـه راحتـی حمـل و نقل شـوند (۱۰). در مطالعـه حاضـر نیز مشـاهده می‌شـود که همزیسـتی قارچ *F. oxysporum* بـا گیـاه خرفـه باعـث جذب میـزان زیادی از سـیلیس در غلظت‌هـای مختلـف می‌شـود بـه طوری‌کـه بیشـترین میـزان جـذب سـیلیس در همزیسـتی گیـاه و قارچ در غلظـت ۸۰ درصـد سـیلیس و بـه میـزان ۶۹/۹۰ درصـد اسـت. در واقـع کلنیـزه شـدن گیـاه به وسـیله قـارچ می‌تواند جـذب فلـزات را در اندام‌هـای هوایـی گیـاه افزایـش دهـد. گیاهـان بـا ذخیـره کـردن آلاینده‌هـا در ریشـه‌ها یـا شـاخ و بـرگ خـود، آنهـا را حـذف می‌کنند. امـروزه روش سـم‌زدایی میکروبـی فلـزات و اسـتفاده از گیاهـان برای مناطـق آلوده به فلـزات، مـورد اسـتقبال زیـادی واقع شـده اسـت و این نشـان دهنـده سـودمندی رابطه همزیسـتی بیـن میکروارگانیسـم‌ها و گیاهـان اسـت (۱۷). جلبک‌هـا همـراه بـا قارچ‌هـا مانـع از انباشـت آلاینده‌هـای آلـی در اکوسیسـتم آبـزی می‌شـوند، فلـزات سـنگین می‌تواننـد بـه طـور مؤثـر توسـط جلبک‌هـا و گیاهـان انباشـته شـده و تخریـب شـوند (۲۱).

نتیجه‌گیری

بـا توجـه به اینکـه گیاه خرفـه توانایی بسـیار بالایـی در جذب سـیلیس موجود در محیط از خود نشـان داد و جذب سـیلیس هـم اثـرات مثبتی را بـر روی صفـات فیزیولوژیکی گیـاه خرفه داشـت و از طرفـی توانایـی بـالای قـارچ *F. oxysporum* در جـذب سـیلیس موجـود در خـاک منطقـه ازندریـان و اینکـه ایـن قارچ توانسـته در محیطـی با آلودگی ۹۵ درصد سـیلیس بـه آسـانی تکثیر یافته و رشـد کنـد، می‌توان احتمـال داد که از ایـن سـویه قارچـی غیر بیمـاری زا همراه با گیـاه بتوان برای کاهـش آلودگی‌هـای ناشـی از فعالیت کارخانجات سـیلیس در ایـن منطقـه اسـتفاده نمـود. عـلاوه بر این بـا توجه بـه توانایی ایـن قـارچ در جـذب سـیلیس و ذخیـره ذرات سـیلیس در واکوئل‌هـای خـود، می‌تـوان از ایـن روش برای تولیـد نانوذرات

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-18]

سـیلیس نیز بهـره برد.

ملاحظات اخلاقی

نویسـندگان ایـن مقاله کلیه نکات اخلاقی شـامل عدم سـرقت ادبـی، انتشـار دوگانـه، تحریف داده‌هـا و داده‌سـازی را در این مقالـه رعایـت کرده‌اند.

تشکر و قدردانی

ایـن مقالـه حاصـل (بخشـی از) پایـان نامه بـا عنـوان "ارزیابی مقایسـه‌ای رونـد گیـاه پالایـی گیـاه خرفـه و زیسـت پالایـی میکروبـی ترکیبـات سـیلیس در منطقـه ازندریـان" در مقطـع کارشناسـی ارشـد در سـال ۱۳۹۷و کد ۲۵۳۶۲۳۱ اسـت که بـا حمایـت دانشـگاه ملایر اجرا شـده اسـت.

References

1. Verma S, Dubey R. Effect of cadmium on soluble sugars and enzymes of their metabolism in rice. Biologia Plantarum. 2001;44(1):117-23.
2. Kamenidou S, Cavins TJ, Marek S. Silicon supplements affect floricultural quality traits and elemental nutrient concentrations of greenhouse produced gerbera. Scientia Horticulturae. 2010;123(3):390-94.
3. Pilon-Smits E. Phytoremediation. Annual Review of Plant Biology. 2005;56(1):15-39.
4. Viswanath B, Rajesh B, Janardhan A, Kumar AP, Narasimha G. Fungal laccases and their applications in bioremediation. Enzyme Research. 2014;2014:163242.
5. Yadegari M. Performance of purslane (Portulaca oleracea) in nickel and cadmium contaminated soil as a heavy metals-removing crop. Plant Physiology.8(3):2447-55.
6. Cobbett C, Goldsbrough P. Phytochelatins and metallothioneins: roles in heavy metal detoxification and homeostasis. Annual Review of Plant Biology. 2002;53(1):159-82.
7. Suthar S. Bioremediation of agricultural wastes through vermicomposting. Bioremediation Journal. 2009;13(1):21-28.
8. Teetor-Barsch GH, Roberts DW. Entomogenous Fusarium species. Mycopathologia. 1983;84(1):3-16.
9. Appel DJ, Gordon TR. Local and regional variation in populations of Fusarium oxysporum from agricultural field soils. Phytopathology. 1994;84(8):786-91.
10. Fourie G, Steenkamp ET, Gordon TR, Viljoen A. Evolutionary relationships among the Fusarium oxysporum f. sp. cubense vegetative compatibility groups. Applied and Environmental Microbiology. 2009;75(14):4770-81.
11. Gong H, Zhu X, Chen K, Wang S, Zhang C. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. Plant Science. 2005;169(2):313-21.
12. Wagner GJ. Content and vacuole/extravacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanin in protoplasts. Plant Physiology. 1979;64(1):88-93.
13. Krizek DT, Britz SJ, Mirecki RM. Inhibitory effects of ambient levels of solar UV-A and UV-B radiation on growth of cv. New Red Fire lettuce. Physiologia Plantarum. 1998;103(1):1-7.
14. Krishna H, Singh S, Sharma R, Khawale R, Grover M, Patel V. Biochemical changes in micropropagated grape (Vitis vinifera L.) plantlets due to arbuscular-mycorrhizal fungi (AMF) inoculation during ex vitro acclimatization. Scientia Horticulturae. 2005;106(4):554-67.
15. Gaur A, Adholeya A, Mukerji K. On-farm production of VAM inoculum and vegetable crops in marginal soil amended with organic matter. Tropical Agriculture. 2000;77(1):21-26.
16. Serrano M, Guillén F, Martínez-Romero D, Castillo S, Valero D. Chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry at different ripening stages. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2005;53(7):2741-45.
17. Zubek S, Mielcarek S, Turnau K. Hypericin and pseudohypericin concentrations of a valuable medicinal plant Hypericum perforatum L. are enhanced by arbuscular mycorrhizal fungi. Mycorrhiza. 2012;22(2):149-56.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-18]

18. Tattini M, Galardi C, Pinelli P, Massai R, Remorini D, Agati G. Differential accumulation of flavonoids and hydroxycinnamates in leaves of Ligustrum vulgare under excess light and drought stress. New Phytologist. 2004;163(3):547-61.
19. Peng Z, Han C, Yuan L, Zhang K, Huang H, Ren C. Brassinosteroid enhances jasmonate-induced anthocyanin accumulation in Arabidopsis seedlings. Journal of Integrative Plant Biology. 2011;53(8):632-40.
20. Amiri J, Entesari S, Delavar K, Saadatmand M, Rafie NA. The effect of silicon on cadmium stress in Echium amoenum. World Academy of Science, Engineering and Technology. 2012;62:242-45.
21. Fomina M, Ritz K, Gadd GM. Nutritional influence on the ability of fungal mycelia to penetrate toxic metal-containing domains. Mycological Research. 2003;107(7):861-71.
22. Arya A, Buch H. Response of arbuscular mycorrhizal fungi on growth and chlorophyll content of three varieties of Gossypium herbaceum L. Plant Pathology & Quarantine. 2013;3:54-57.
23. Berthelin J, Munier-Lamy C, Leyval C. Effect of microorganisms on mobility of heavy metals in soils. In: Huang PM, Berthelin J, Bollag JM, McGill WB, Page AL, editors. Environmental impact of soil component interactions: Volume 2: metals, other inorganics, and microbial activities. Boca Raton: CRC Press; 1995. pp. 3-17.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-18]

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir

Orginal Article

Evaluation of two remediation techniques for the removal of silica from contaminated soil, Azandarian region, Iran

Arash Babaei*, Maryam Bahrami, Masoomeh Maleki, Hadis Tavafi
Biology Department, Faculty of Science, Malayer University, Malayer, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 05 December 2020
Revised: 27 February 2021
Accepted: 03 March 2021
Published: 17 March 2021

Keywords: Bioremediation, Herbal remedies, Silica, *Portulace olerace, Fusarium oxysporum*

***Corresponding Author:**
a.babaei@sheffield.ac.uk

ABSTRACT

Background and Objective: Bioremediation and one of its main branches, namely phytoremediation, is one of the most important and basic processes for eliminating pollutants from the environment. Due to the large number of silica factories in Azandarian area of Malayer city and high soil silica pollution in this area, this study was conducted to compare the bioremediation effect of *Fusarium oxysporum* and *Portulace olerace.L* phytoremediation on silica uptake.

Materials and Methods: For this purpose, *portulaca oleracea* was cultivated in greenhouse conditions and different concentrations of silica and under the treatment of fungi in a completely random statistical design. For this purpose, *portulaca oleracea* cultivation was carried out under greenhouse conditions, fungal treatment and in different concentrations of silica in a completely randomized manner.

Results: The results showed that the fungus grew easily at high speed at 95% concentration of silica and was able to absorb 84.50% of the silica in the soil and the plant was able to absorb 80% of silica, the highest absorption rate of 69.71% and the highest rate of silica uptake in plant and fungus coexistence is 80% silica and 69.90%. The results showed that the fungus grew easily in the presence of silica with 95% concentration and could absorb 84.50% of silica in the soil. In the presence of 80% silica, the plant demonstrated the highest adsorption rate of 61.71%. The highest rate of silica uptake (69.90%) was reached at the 80% initial concentration of silica under the coexistence activities of plant and fungi.

Conclusion: In conclusion, silica exhibited a positive and significant effect on the physiological traits of *Portulaca oleracea* and also increased the amount of phenol, flavonoids, and anthocyanins. The coexistence of fungi and plants also increased the mentioned physiological traits in *Portulaca oleracea.* Also, the coexistence of plants and fungi showed a positive effect on silica adsorption, which can be effective in reducing silica contamination in the region.

Please cite this article as: Babaei A, Bahrami M, Maleki M, Tavafi H. Evaluation of two remediation techniques for the removal of silica from contaminated soil, Azandarian region, Iran. Iranian Journal of Health and Environment. 2021;13(4):693-704.

Copyright © 2021 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-18]