مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره دهم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۶، صفحات ۴۱۱ تا ۴۲۰

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

مقاله پژوهشی

بررسی گیاه پالائی خاک های آلوده به سیانید با استفاده از گیاه وتیوریا زیزانیاوایدس (*Vetiveria zizanioides*)

علیرضا منصوریان[۱،*]، آتوسا وزیری[۱]، محمدرضا زمانی[۲]، فاطمه حیدریان نائینی[۳]

۱- گروه زیست شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲- گروه زیست فناوری مولکولی گیاهی، پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست فناوری، تهران، ایران

۳- گروه زیست شناسی، موسسه غیرانتفاعی نوردانش، میمه، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۵/۲۹
تاریخ ویرایش: ۹۶/۰۸/۰۳
تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۸/۰۸
تاریخ انتشار: ۹۶/۰۹/۲۱

واژگان کلیدی: سیانید، گیاه پالائی، وتیوریا زیزانیاوایدس، خاک آلوده

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
mansoorian271@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: در حوزه خطرات و آلاینده‌های زیست محیطی، سیانید یکی از مهمترین آلاینده‌های آب، خاک و هوا است که از لحاظ اکولوژیکی تاثیر بسیار مهمی بر اکوسیستم و محیط زیست منطقه آلوده ایجاد می‌نماید از این‌رو مطالعه حاضر با هدف بررسی گیاه پالائی سیانید با گیاه وتیور انجام گردیده است.

روش بررسی: این پژوهش از نوع مطالعه تجربی بر روی پساب‌های معدن طلا انجام گردید. پساب خشک شده را با خاک معمولی با غلظت‌های مختلف ترکیب شد و ۷ تیمار با غلظت‌های مختلف سیانید به‌دست آمد (میانگین میزان سیانید در خاک G، ۱٤/۳۷ mg/kg، خاک F، ۱۰/۱۳ mg/kg، خاک E، ۸/۰۹ mg/kg، خاک D، ۷/۵۳ mg/kg، خاک C، ۳/۳۲ mg/kg، خاک B، ۲/۵۲ mg/kg و خاک A بدون سیانید (به عنوان شاهد)) و پس از دو ماه میزان سیانید در خاک، ریشه و برگ‌های گیاه و همچنین میزان پروتئین کل و پرولین و تعداد و طول برگ‌های گیاه وتیور مورد اندازه‌گیری قرار گرفت و با نرم افزار SPSS15 و آزمون‌های توکی Tukey و تی (Paired Samples T Test) مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج این مطالعه نشان داد که افزایش میزان سیانید تاثیر معنی‌داری بر روی میزان پرولین (افزایش میزان پرولین در گیاه)، پروتئین کل (افزایش میزان پروتئین کل گیاه)، تعداد برگ‌ها (کاهش تعداد) و طول (کاهش طول) برگ‌های وتیور داشت و همچنین میزان سیانید در برگ‌ها و ریشه‌های گیاه وتیور افزایش یافته و میزان سیانید در خاک تیمارهای مختلف از لحاظ میزان سیانید کاهش معنی‌داری داشت. میزان سیانید در خاک G ۵۰/۹۳ درصد، خاک F ۳۸/۲۰ درصد، خاک E ۲۷/۱۹ درصد، خاک D ۳۸/۳۷ درصد، خاک C ۱۷/۷۷ درصد، خاک B ۱٦/٦٦ درصد کاهش پیدا کرد.

نتیجه‌گیری: نتایج بیانگر آن است که افزایش میزان سیانید در خاک منجر به تغییرات در خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیائی گیاه وتیور می‌گردد ولی گیاه وتیور مقاومت بسیار بالائی نسبت به سیانید خاک نشان داده و کاشت گیاه وتیور در خاک‌های بسیار آلوده منجر به کاهش سیانید تا ۵۰ درصد می‌گردد و نشانگر آن است که این گیاه نسبت به گیاهان دیگر مقاومت بیشتری نسبت به سیانید داشته و گیاه پالائی بهتری را نیز نشان داده است.

Please cite this article as: Mansoorian AR, Vaziri A, Zamani MR, Heidaryan Naeini F. Phytoremediation of the soils contaminated with cyanide by Vetiveria zizanioides. Iranian Journal of Health and Environment. 2017;10(3):411-20

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-20]

مقدمه

صنایع از سیانید آزاد و کمپلکس‌های پیچیده سیانید در فرایندهای متنوعی استفاده می‌کنند که می‌توان به برخی از آنها اشاره نمود: استخراج فلزات، آبکاری، ساخت و تولید تجهیزات الکترونیکی، صنایع شیمیائی و استخراج طلا و نقره (۱). یکی از مهمترین موارد استفاده از سیانید در استخراج طلا است که آلایندگی بالائی نیز برای محیط زیست (به‌صورت پساب صنعتی) در بر خواهد داشت. با آزادسازی پساب از معدن طلا و نقره سیانید فراوانی در خاک آزاد می‌گردد. با توجه به آبشوئی آسان سیانید از خاک امکان آلودگی آب‌های زیرزمینی در محیط‌های معادن طلا و نقره بسیار زیاد است (۱). انحلال سیانید در آب منجر به تولید هیدروسیانید می‌شود که سریعا به هیدروژن و یون سیانید تبدیل شده و pH محلول را کاهش می دهد (۲). سالیانه مقادیر زیادی فاضلاب از منابع خانگی، کشاورزی و صنعتی وارد محیط زیست می‌شود که حاوی غلظت بالایی از مواد شیمیایی آلی و غیر آلی نظیر حلال‌های هیدروکربن، سیانید، فلزات سنگین، حشره کش‌ها و رنگ‌ها است (۳). سیانید با پیوند با یون‌های ضروری کوفاکتورهای متالوآنزیم‌ها، به‌عنوان مثال پیوند با یون‌هائی مانند منیزیم، منگنز، روی و به‌ویژه آهن و تشکیل فروسیانید، از فعالیت آنزیم‌ها (کاتالاز، پراکسیداز و ...) جلوگیری می‌کند. سیانور مهارکننده سیتوکروم C اکسیداز زنجیره انتقال الکترون میتوکندریائی است و با از کار انداختن سیتوکروم C اکسیداز زنجیره انتقال الکترون قطع شده و منجر به تشکیل رادیکال‌های آزاد و در نهایت تخریب فسفولیپیدهای غشا و عدم تکمیل زنجیره انتقال الکترون می‌گردد (٤). سیانید به‌صورت کمپلکس با عناصر قلیائی (مانند $KAg(CN)_2$)، و عناصر دیگر مانند کادمیم، آهن، مس و پتاسیم که در آب و به‌ویژه در خاک مشاهده می‌شود و در هوا به صورت کربنیک سیانید (CNC) یا برماید سیانید (CNBr) قابل اندازه‌گیری است (۵). با توجه به این‌که منطقه معدن طلا غنی از معادن آهن است و آزمایشات خاک نیز نشان می‌دهد که سیانید در خاک معدن طلا به صورت کمپلکس با آهن ($Fe(CN)_6$) مشاهده می‌شود (٦).

گیاه پالایی، یک تکنیک با صرفه اقتصادی، زیست محیطی و علمی است که برای کشورهای درحال توسعه مناسب است و تجارت با ارزشی محسوب می‌شود (۷). گیاه پالایی با استفاده از گیاهان به حذف مواد آلاینده از آب و خاک یا کاهش خطرات آلاینده های محیط زیست نظیر فلزات سنگین، عناصر کمیاب، ترکیبات آلی و مواد رادیواکتیو می پردازد (۲، ۸).

علف وتیور (*Vetiveria zizanioides*) می‌تواند موادی مانند سرب، کادمیم و جیوه را از آب‌های فاضلاب جذب نماید و مقاومت بالائی به سلنیم، آلومینیم، نیکل، کادمیم، کروم، سرب، جیوه، آرسنیک و روی در خاک نشان میدهد (۹). علف وتیور (*Vetiveria zizanioides*) یکی از گونه های گیاهی است که در آسیای جنوبی و جنوب شرقی به‌طور گسترده مشاهده شده و کاربرد گیاه پالائی دارد و به شرایط نامساعد محیطی مقاوم است (۱۰). این گیاه برای گیاه پالائی خاک‌های حاوی ۲، ٤ و ٦ تری نیتروتولوئن، نفت خام، بنزوپیرن و ضایعات هسته‌ای استفاده شده است. در یک مطالعه گلخانه ای ظرفیت وتیور برای مقاومت و تجمع سیانید (سیانید پتاسیم) خاک مورد آزمایش قرار گرفت و سمیت سیانید پتاسیم برای گیاه وتیور علفی آزمایش شد. در این مطالعه غلظت های مختلف سیانید پتاسیم به خاک اضافه گردید و در نهایت مشخص گردید گیاه وتیور مقاومت بالایی نسبت به سیانید نشان می‌دهد (۱۱، ۱۲). گیاه وتیور یکی از گیاهانی است که برای گیاه پالائی بسیار مناسب بوده و تحمل آن نسبت به سیانید نیز بسیار بالا است این گیاه از خانواده Poaceae است. دارای ریزوم‌های کوچک و حجم ریشه بسیار بزرگ و نسبت به آفت‌ها، بیماری‌ها و آتش مقاوم است. در یک آزمایش ٤ اکوتیپ گیاه وتیور با تیمارهای مختلف سیانید برای دو ماه در یک محیط هیدروپونیک رشد داده شدند و گیاهان رشد یافته، تحمل در برابر سیانید و کارایی برطرف کردن آن را نشان دادند (۳، ۱۳).

پساب‌های صنعتی و معادن حاوی میزان بالایی سیانید هستند که در اکثر موارد در این صنایع سیانید با روش‌های شیمیائی بازیافت شده که هزینه بالایی به همراه داشته و بهره‌وری مناسبی نیز به همراه ندارند. و منجر به آلودگی‌ها و آسیب‌های زیست

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-20]

محیطی فراوانی می‌گردد (١٤) از این‌رو ارائه یک روش مطمئن که ضمن رفع آلودگی، کم هزینه و سازگار با محیط زیست باشد بسیار ضروری است. هدف اصلی این پژوهش با توجه به سمیت بالای سیانید و خطرات زیست محیطی آن، بررسی کاربرد و کاشت گیاه وتیور در پساب‌های صنایع و معادن و کاهش میزان سیانید و در نتیجه کاهش تاثیرات آلاینده‌های صنعتی بر محیط زیست و انسان‌ها است.

مواد و روش‌ها

مراحل اجرائی تحقیق به شرح زیر است:

- فراهم نمودن خاک و نمونه گیاهی وتیور (*Vetiveria zizanioides*)

با توجه به اینکه نتایج این تحقیق در نظر است به‌صورت عملیاتی مورد استفاده قرار گیرد لذا خاک آلوده به سیانید از معدن طلا فراهم گردید (خاک آلوده در پلاستیک‌های ضخیم مشکی به محل آزمایش منتقل شد). روش نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی از سد باطله پساب‌های معدن از چند منطقه انجام گرفت. گیاهچه‌های گیاه (*Vetiveria zizanioides*) از مرکز پرورش وتیور در رامهرمز تهیه شد با توجه به اینکه تولید مثل وتیور به‌صورت رویشی انجام می‌شود گیاهچه‌های ٣ ماهه با اندازه‌های یکسان فراهم شد.

- اندازه‌گیری میزان سیانید در خاک‌های معدن طلا و گیاه

با روش استاندارد ایزو ٢٠٠٢: ١٤٤٠٣ میزان سیانید در خاک‌های آلوده و گیاه با روش تقطیر اندازه‌گیری گردید با توجه به اینکه دستگاه تقطیر اختصاصی برای این فرایند وجود ندارد مطابق با استاندارد مربوطه سیستم تقطیر طراحی گردید. حجم مشخصی از خاک انتخاب و با افزایش هیدروکسید سدیم pH آن به ١٢ افزایش یابد پس از جداسازی سیانید از کمپلکس‌های مختلف و با استفاده از روش تقطیر حجم معینی (١٠ mL) از محلول جاذب برداشته و وارد بالن ژوژه ١٠٠mL گردید. ٠/٥ g کربنات سدیم و ٥ mL محلول اسید پیکریک ١ درصد اضافه شد. محلول‌های تهیه شده مدت ١٠ min در حمام بخار ٥٠ تا ٦٠ °C قرار گرفت و سپس با آب مقطر به حجم ١٠٠ mL رسانده شد. جذب محلول به‌دست آمده در طول موج ٥٢٠ nm با دستگاه اسپکتروفتومتر (Spectrophotometer ٧٢٢-٢٠٠٠) اندازه‌گیری گردید. با استفاده از منحنی واسنجی غلظت یون سیانید در نمونه مورد آزمایش اندازه‌گیری شد. پروتئین با روش برادفورد و منحنی استاندارد با سرم آلبومین گاوی در طول موج ٥٩٥ nm با اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری گردید (١٥). اندازه‌گیری پرولین با روش Bates و همکاران (١٩٧٣) و با معرف نین هیدرین و منحنی استاندارد با پرولین در طول موج ٥٢٠ nm با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (١٦).

- تهیه تیمارهای مختلف و کاشت گیاه وتیور در گلدان‌های حاوی مقادیر مختلف سیانید

با توجه به بررسی منابع مختلف و با توجه به آب و هوای معدن طلا که زمستان سرد و تابستان گرمی دارد گیاهی باید انتخاب شود که مقاومت بالائی به شرایط محیطی داشته و همچنین به سیانید نیز مقاوم باشد به همین خاطر گیاه وتیور (*Vetiveria zizanioides*) انتخاب شد که هم مقاومت بالائی به شرایط محیطی دارد و همچنین میزان مقاومت آن به سیانید نیز بسیار بالا است. پساب با نسبت‌های ٠، ٣/٤، ١/٢، ١/٣، ١/٤ و ١/٥ با خاک فاقد سیانید مخلوط گردید. هر گلدان حاوی ١ kg خاک است برای انجام آنالیزهای آماری از حروف انگلیسی برای عنوان تیمارها استفاده گردید. بنابراین تیمارهای آزمایش عبارتند از:

تیمارهای G، F، E، D، C، B به ترتیب حاوی ١٠٠٠، ٧٥٠، ٥٠٠، ٣٣٤، ٢٥٠، g ٢٠٠ و تیمار A به عنوان شاهد فاقد پساب. میانگین میزان سیانید در خاک G، F، E، D، C، B به ترتیب ١٤/٣٧، ١٠/١٣، ٨/٠٩، ٧/٥٣، ٣/٣٢، mg/kg ٢/٥٢ و خاک A بدون سیانید است.

از هر تیمار (A، B، C، D، E، F و G) سه گلدان تهیه گردید و در هر گلدان یک گیاهچه وتیور کاشته شد و در مجموع ٢١ گلدان تهیه گردید. مرحله آبدهی به گلدان‌ها در حجم بسیار کم انجام شده و تنها سطح خاک مرطوب گردید تا سیانید از گلدان‌ها خارج نگردد و همچنین با یک پیمانه مشخص

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-20]

میزان آبیاری برای تمام گلدان‌ها به‌طور یکسان انجام شد تا شرایط برای همه تیمارها یکسان باشد لازم به توضیح است به‌منظور بررسی تاثیر میزان آبیاری برروی میزان سیانید یک گلدان با خاک حاوی سیانید و بدون گیاه مورد سنجش قرار گرفت. کاشت گیاهان برای یک دوره ۶۰ روزه در نظر گرفته شد. در ابتدای دوره آزمایش میزان سیانید در هر هفت تیمار اندازه‌گیری شد و در انتهای دوره ۶۰ روز مجدد سیانید خاک تمام گلدان‌ها اندازه‌گیری گردید.

آنالیز آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل آماری نتایج حاصل از این آزمایش با استفاده از نرم افزار SPSS۱۵ و میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای توکی (Tukey) در سطح معنی‌داری ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند و نمودارها توسط نرم افزار Excel ترسیم شدند. در این تحقیق میزان سیانید خاک به عنوان متغیر مستقل و میزان پروتئین کل، پرولین، طول برگ و تعداد برگ به‌عنوان متغیر وابسته انتخاب شدند.

برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگراف – اسمیرنوف (Kolmogorov–Smirnov) استفاده گردید و مشخص گردید تمام داده‌ها نرمال هستند. آزمون تحلیل واریانس برای بررسی داده‌ها انجام شد با توجه به p که بزرگتر از ۰/۰۵ است نشانگر همگن بودن و برابری واریانس نمونه‌ها است (برای هر خصوصیت جداگانه مورد مطالعه با آزمون لون (Levene) انجام گردید).

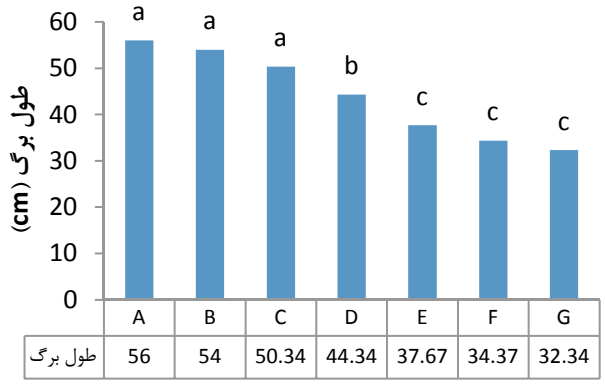
یافته‌ها

نتایج تحقیق در سه گروه بررسی خصوصیات مورفولوژیکی، بررسی میزان سیانید خاک و گیاه و بررسی برخی خصوصیات بیوشیمیایی گیاه ارائه می‌شود.

بررسی خصوصیات مورفولوژیکی

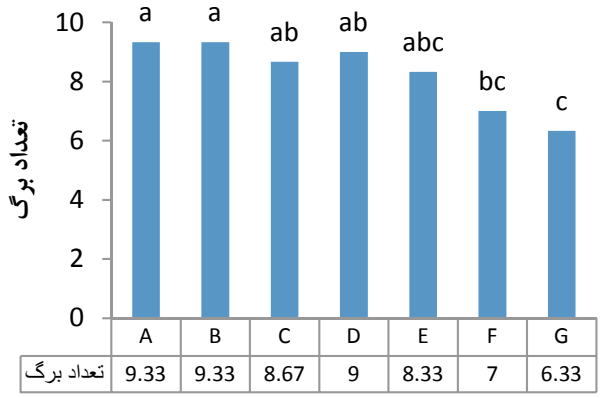
برای بررسی تاثیر میزان سیانید بر روی گیاه وتیور ابتدا طول برگ‌ها در انتهای دوره آزمایش مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به جدول خروجی آزمون ANOVA و $p\leq$۰/۰۰۱ که کوچکتر از ۰/۰۵ است بیانگر عدم برابری طول برگ‌ها است. مقایسه تیمارهای مختلف از لحاظ آزمون طول برگ‌ها با آزمون توکی بیانگر آن است که گروه‌های G، E و F در یک گروه قرار می‌گیرند و میانگین طول برگ‌های آنها در سطح ۰/۰۵ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند ولی با بقیه گروه‌ها تفاوت معنی‌داری دارند، گروه D در یک گروه مجزا و A، B و C در یک گروه قرار می‌گیرند و به‌طور کلی نتایج و مقایسه با گروه تیمار شاهد بیانگر آن است که با افزایش غلظت سیانید در خاک طول برگ‌های گیاه وتیور نیز به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا می‌نماید. این موضوع ناشی از تاثیرات میزان سیانید بر روی رشد گیاه و در نهایت کاهش طول برگ‌ها است (نمودار ۱).

بررسی آماری تعداد برگ‌ها نیز بیانگر آن است که سیانید بر تعداد برگ‌ها نیز تاثیرگذار است با توجه به جدول خروجی آزمون ANOVA و $p=$۰/۰۰۲ که کوچکتر از ۰/۰۵ است بیانگر عدم برابری تعداد برگ‌ها است. مقایسه تیمارهای مختلف از لحاظ آزمون تعداد برگ‌ها با آزمون توکی بیانگر آن است که ۳ گروه از لحاظ تعداد برگ تشکیل شده است. در غلظت‌های پایین سیانید یعنی تیمارهای A، B، C، D و E تفاوت معنی‌داری از لحاظ تعداد برگ مشاهده نمی‌گردد (نمودار ۲).

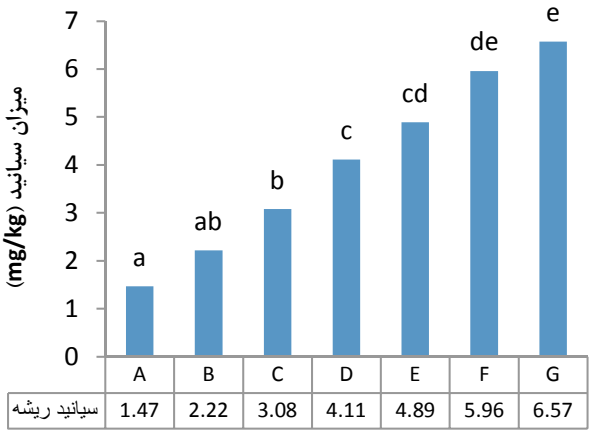


نمودار ۱- مقایسه میانگین طول برگ‌ها (cm)
(حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت میانگین‌ها است)

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-20]



نمودار۲- مقایسه میانگین تعداد برگ‌ها
(حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت میانگین‌ها است)



نمودار ۳- مقایسه میانگین سیانید در ریشه‌ها (mg/kg)
(حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت میانگین‌ها است)

بررسی میزان سیانید

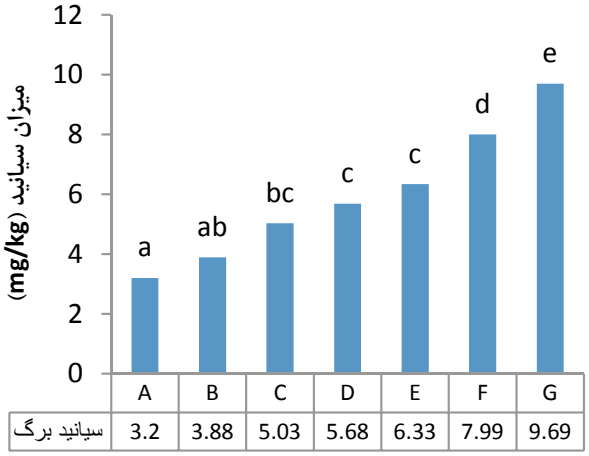
میزان سیانید در ریشه‌ها و برگ‌های گیاهان تحت تیمار مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت میزان سیانید در خاک گلدان‌ها در ابتدا و انتهای دوره آزمایش مورد آزمون آماری قرار گرفت.

بررسی میزان سیانید در ریشه در انتهای دوره آزمایش

با توجه به جدول خروجی آزمون ANOVA و $p\leq ۰/۰۰۱$ که کوچکتر از ۰/۰۵ است بیانگر عدم برابری میزان سیانید در ریشه‌ها است. مقایسه تیمارهای مختلف از لحاظ آزمون میزان سیانید ریشه‌ها با آزمون توکی بیانگر آن است که ۵ گروه از لحاظ میزان سیانید تشکیل شده است بیشترین میزان سیانید در گروه G و کمترین میزان در گروه A است (نمودار ۳).

بررسی میزان سیانید در برگ‌های گیاهان در انتهای دوره آزمایش

با توجه به جدول خروجی آزمون ANOVA و $p\leq ۰/۰۰۱$ که کوچکتر از ۰/۰۵ است بیانگر عدم برابری میزان سیانید در برگ‌ها است. مقایسه تیمارهای مختلف از لحاظ آزمون میزان سیانید برگ‌ها با آزمون توکی بیانگر آن است که ۵ گروه از لحاظ میزان سیانید تشکیل شده است کمترین میزان در گروه A برابر ۳/۲۰ mg/kg و بیشترین میزان در گروه G برابر با ۹/۶۹ mg/kg است (نمودار ٤).



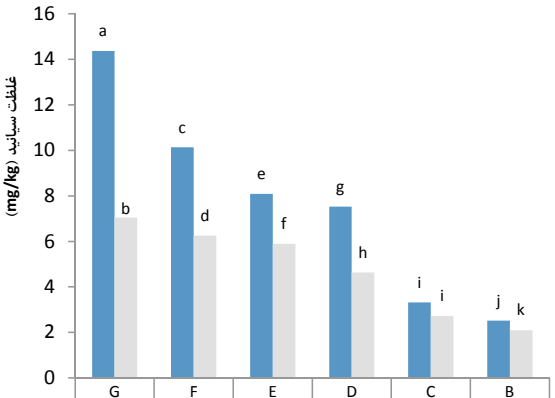
نمودار ٤- مقایسه میانگین سیانید در برگ‌ها
(حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت میانگین‌ها است)

مقایسه میزان سیانید در خاک‌ها با تیمارهای مختلف قبل از کاشت گیاهان و بعد از کاشت گیاهان

برای بررسی میزان سیانید در خاک‌ها با تیمارهای مختلف قبل از کاشت گیاهان و بعد از کاشت گیاهان از آزمون t زوجی یا وابسته (Paired- Samples T Test) استفاده می‌شود. در تیمارهای B، D، E، F و G چون p کوچکتر از ۰/۰۵ است

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-20]

(به ترتیب ۰/۰۴۱، ۰/۰۰۵، ۰/۰۳۳، ۰/۰۰۴، ۰/۰۰۵) اختلاف معنی‌داری در میزان سیانید در ابتدای آزمایش و انتهای آزمایش مشاهده می‌شود و بیانگر کاهش میزان سیانید در خاک است ولی در تیمار C با توجه به p=۰/۱۷۵ که بزرگتر از ۰/۰۵ است اختلاف معنی‌داری در قبل و بعد از آزمایش مشاهده نمی‌شود (نمودار ۵ و جدول ۱).



	G	F	E	D	C	B
ابتدای آزمایش	14.37	10.13	8.09	7.53	3.32	2.52
بعد از 2 ماه	7.05	6.26	5.89	4.64	2.73	2.1

نمودار ۵- میزان سیانید در خاک‌ها با تیمارهای مختلف قبل از کاشت گیاهان و بعد از کاشت گیاهان
(حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت میانگین‌ها در هر تیمار است)

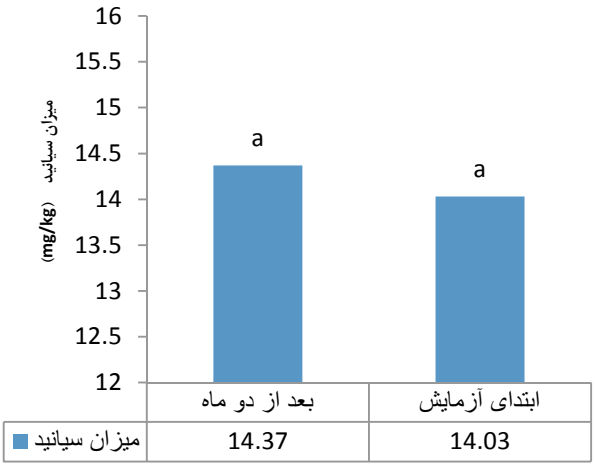
مقایسه میزان سیانید در گلدان‌های حاوی ۱۰۰ درصد خاک معدن فاقد گیاه

در ابتدای آزمایش سه گلدان حاوی ۱۰۰ درصد خاک معدن طلا انتخاب شد و در طی آزمایش تنها به این گلدان‌ها آب اضافه گردید تا تاثیر آبیاری در میزان سیانید بررسی گردد برای این کار از آزمون t زوجی یا وابسته استفاده شد و عدد p=۰/۰۸۱ بزرگتر از ۰/۰۵ است بنابراین اختلاف معنی‌داری بین گلدان‌ها در ابتدا و انتهای آزمایش مشاهده نمی‌شود (نمودار ٦).

بررسی خصوصیات بیوشیمیائی

مقایسه میزان پروتئین در برگ‌های گیاه

برای این کار میزان پروتئین در برگ‌های گیاهان تحت تیمار مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به جدول خروجی آزمون



	بعد از دو ماه	ابتدای آزمایش
میزان سیانید	14.37	14.03

نمودار ٦- مقایسه میزان سیانید در گلدان‌های حاوی ۱۰۰ درصد خاک معدن فاقد گیاه (برای بررسی تاثیر آبیاری در میزان سیانید خاک، ۳ گلدان حاوی خاک آلوده به سیانید و فاقد گیاه انتخاب گردید و همزمان با آبیاری گیاهان به این گلدان‌ها نیز همان مقدار آب اضافه گردید تا مشخص گردد در انتهای دوره آزمایش آیا آبیاری منجر به کاهش سیانید گردیده است که نتایج نشان‌دهنده آن است که آبیاری تاثیری بر میزان سیانید ندارد)
(حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت میانگین‌ها است)

ANOVA و p≤۰/۰۰۱ که کوچکتر از ۰/۰۵ است بیانگر عدم برابری میزان پروتئین در برگ‌ها است. مقایسه تیمارهای مختلف از لحاظ آزمون میزان پروتئین برگ‌ها با آزمون توکی بیانگر آن است که ۵ گروه از لحاظ میزان پروتئین تشکیل شده است بیشترین میزان پروتئین در گروه G برابر با ۱۵/۰٦ mg/kg و کمترین میزان در گروه A برابر با ۷/۹۹ mg/kg است. با افزایش میزان سیانید خاک میزان پروتئین‌های گیاهی نیز افزایش یافته است (نمودار ۷).

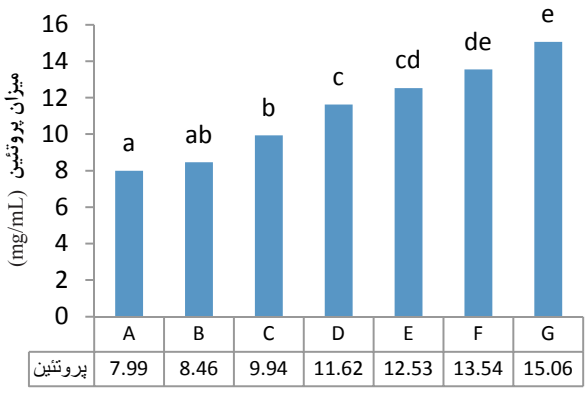
مقایسه میزان پرولین در برگ‌های گیاه

با توجه به جدول خروجی ANOVA و p≤۰/۰۰۱ که کوچکتر از ۰/۰۵ است بیانگر عدم برابری میزان پرولین در برگ‌ها است. مقایسه تیمارهای مختلف از لحاظ میزان پرولین برگ‌ها با آزمون توکی بیانگر آن است که ٦ گروه از لحاظ میزان پرولین تشکیل شده است و با افزایش میزان سیانید افزایش معنی‌داری در میزان پرولین مشاهده می‌شود (نمودار ۸ و جدول ۱).

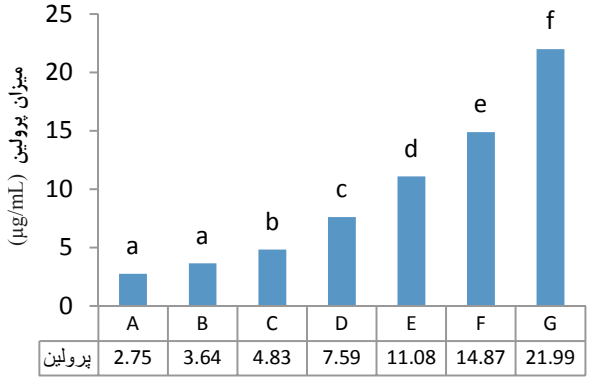
[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-20]

جدول ۱- اطلاعات مربوط به طول و تعداد برگ، میزان سیانید در ریشه گیاه و خاک، میزان پروتئین و پرولین (میانگین± انحراف معیار)

تیمار	طول برگ (cm)	تعداد برگ	پروتئین (mg/mL)	پرولین (µg/mL)	سیانید ریشه (mg/kg)	سیانید برگ (mg/kg)	مقایسه سیانید (mg/kg)		p
							ابتدا	انتها	
A(شاهد)	۵۶±۳/۶۰	۹/۳۳±۰/۵۷	۷/۹۹±۰/۱۶	۲/۷۵±۰/۱۲	۱/۴۷±۰/۱۸	۳/۲۱±۰/۲۷	۰	۰	
B	۵۴±۲	۹/۳۳±۰/۵۷	۸/۶۴±۰/۳۱	۳/۶۴±۰/۱۵	۲/۲۲±۰/۳۹	۳/۸۸±۰/۳۵	۲/۵۲	۲/۱۰	۰/۰۴۱
C	۵۰/۳۳±۱/۵۳	۸/۶۷±۰/۵۷	۹/۹۴±۰/۳۲	۴/۸۳±۰/۲	۳/۰۸±۰/۳۹	۵/۰۳±۰/۲۱	۳/۳۲	۲/۷۳	۰/۱۷۵
D	۴۴/۳۳±۲/۰۸	۹±۰/۱	۱۱/۶۲±۰/۲۱	۷/۵۹±۰۱/۲۱	۴/۱۱±۰/۱۹	۵/۶۸±۰/۱۴	۷/۵۳	۴/۶۴	۰/۰۰۵
E	۳۷/۶۷±۱/۵۳	۸/۳۳±۰/۵۷	۱۲/۵۳±۰/۲۸	۱۱/۰۸±۰/۱۶	۴/۸۹±۰/۵۷	۶/۳۳±۰/۳۰	۸/۰۹	۵/۸۹	۰/۰۳۳
F	۳۴/۳۷±۱/۵۳	۷±۱	۱۳/۵۴±۰/۰۴	۱۴/۸۷±۰/۱۸	۵/۹۶±۰/۳۴	۷/۹۹±۰/۸۹	۱۰/۱۳	۶/۲۶	۰/۰۰۴
G	۳۲/۳۴±۱/۵۳	۶/۳۳±۱/۱۵	۱۵/۰۶±۰/۶۵	۲۱/۹۹±۰/۲۳	۶/۵۷±۰/۲۳	۹/۶۹±۰/۹۷	۱۴/۳۷	۷/۰۵	۰/۰۰۵



نمودار ۷- مقایسه میزان پروتئین گیاهان تحت تیمار



نمودار ۸- مقایسه میزان پرولین در گیاهان تحت تیمار

بحث

نتایج به‌دست آمده از تحقیق بیانگر آن است که گیاه وتیور توانایی رشد در خاک‌های آلوده به سیانید را دارد و می‌تواند به‌طور اثربخشی میزان سیانید را کاهش دهد به‌طوری‌که میزان سیانید در خاک G ۵۰/۹۳ درصد، خاک F ۳۸/۲۰ درصد، خاک E ۲۷/۱۹ درصد، خاک D ۳۸/۳۷ درصد، خاک C ۱۷/۷۷ درصد، خاک B ۱۶/۶۶ درصد کاهش پیدا کرد. البته بررسی ویژگی‌های بیوشیمیائی و مورفولوژی گیاه وتیور نیز کاهش طول و تعداد برگ و افزایش میزان پروتئین و پرولین را نشان می‌دهد که بیانگر راهکارهای مقاومتی گیاه برای مقابله با این تنش است. البته طول برگ‌ها در اثر افزایش سیانید در خاک کاهش پیدا می‌کند ولی بین تیمارهای A، B و C تفاوت معنی‌داری نیست و بین تیمارهای G، F و E نیز تفاوت معنی‌داری نیست ولی در کل افزایش سیانید کاهش میزان طول برگ‌ها را به‌همراه داشته است. مقایسه تعداد برگ‌ها نیز بیانگر آن است که بین گروه‌های A، B، C، D و E تفاوت معنی‌داری از لحاظ تعداد برگ‌ها مشاهده نمی‌شود و افزایش میزان سیانید در تعداد برگ‌ها تاثیر آنچنانی ندارد.

مطالعات انجام گرفته در خصوص گیاه پالائی سیانید از خاک‌های آلوده علاوه بر وتیور بیشتر بر روی دو گیاه بید

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-20]

و سـورگوم تمرکز دارد. در مطالعه Taebi و همکاران تحمل گیاه سـورگوم (*Sorghum bicolor*) به سـیانید تا حداکثر ۸ mg/kg مورد بررسـی قرار گرفته است (۳، ۱۷). نتایج این تحقیق بیانگر اثربخشـی بیشتر گیاه وتیور در گیاه پالائی سیانید است و با توجه به ماندگاری گیاه وتیور در غلظت ۱۵ mg/kg خاک آلوده، نشـان‌دهنده توانائی قابل ملاحظه این گیاه نسبت به سورگوم است.

در آزمایش دیگری که توسـط Wachira و همکاران (۲۰۱۵) انجام گرفته بررسی میزان کاهش سیانید محیط‌های آبی با گیاه پالائی وتیور انجام گرفته اسـت که در این پژوهش سـیانید با غلظت‌هـای مختلف به محیط کشـت هیدروپونیک به‌صورت مصنوعـی اضافه گردیده و در نهایت کاهش میزان سـیانید در آب مورد آزمون قرار گرفته است. نتایج به‌دست آمده از تحقیق این پژوهش بیانگر آن است که استفاده از گیاه وتیور در محیط آبـی در دوره ٤٥ روز ۵۰ درصـد کاهش میزان سـیانید را در محیط هیدروپونیک به‌همراه داشـته است (۳). با توجه به دوره کوتاه‌تر این تحقیق نسبت به تحقیق حاضر توانمندی بیشتر گیاه وتیور در حذف سـیانید در محیط‌های هیدروپونیک را نشـان می‌دهـد ولی باید به این نکته نیز توجه نمود که میزان سـیانید در پسـاب‌های معادن طلا و نقره به‌صورت کمپلکس با عناصر دیگر نیز مشاهده می‌شـود (با توجه به محدودیت‌های تحقیق امکان بررسـی کمپلکس‌های سـیانید در خاک وجود نداشت) و می‌توانـد این کمپلکس‌ها اثرات مخرب بیشـتری را بر گیاه نشان دهد.

در پژوهشی که توسط Dimitrova و همکاران (۲۰۱۵) برای بررسی گیاه پالائی فنل و سیانید توسط سنبل آبی در محیط‌های هیدروپونیک انجام گردید بیانگر آن اسـت که سـنبل آبی نیز توانایی کاهش میزان سـیانید از محیط‌هـای آبی را دارد (۱۸). ولی از آنجایی‌که سـیانید به صورت سیانید هیدروژن به محیط اضافه گردید و میزان سـیانید نیز کمتر از میزان سیانید موجود در پسـاب‌های صنعتی اسـت، نتایج این پژوهش با کاهش ۵۰ درصدی میزان سـیانید، توانایی وتیور در محیط‌های خاک‌های آلوده را نشان می‌دهد.

در حداقـل ۸۰۰ گونه گیاهان عالی از ۷۰–۸۰ خانواده ترکیبات سـیانوژنی تولیـد می‌کنند که می‌توان به کاسـاوا (Casava)، کتـان (Flax)، سـورگوم (*Sorghum bicolor*)، یونجـه (Alfalfa)، هلـو (Peaches)، بـادام (Almonds) و لوبیا (Beans) اشـاره نمود. آزمایشـات با مـواد رادیواکتیو بیانگر آن اسـت که اتم کربن آلفا و گروه نیتروژن آمینی در تشـکیل گلیوزیدهای سـیانوژنی نقش دارند (۱۹). یکی از فعالیت‌هایی کـه در ادامه این تحقیق باید انجام گردد بررسـی تبدیل میزان سیانید جذب شده توسط وتیور به اسیدهای آمینه در گیاه است که این کار با استفاده از سیانید رادیواکتیو قابل انجام است ولی با توجه به محدودیت این تحقیق که خاک آلوده از معدن فراهم گردید امکان این کار وجود نداشت.

با توجه به تولید سـیانید در حین فرایند تولید اتیلن در گیاهان، وجود سیانید امری محتمل است که در گیاهان سیانوژنیک این موضوع بیشتر مشاهده می‌شود. حضور سیانید در خاک به‌عنوان یک تنش و اسـترس برای گیاه محسـوب شده و با ایجاد تنش در گیاهـان هورمون اتیلن تولید شـده و در فرایند تولید اتیلن، سـیانید نیز ایجـاد می گردد در نتیجه میزان سـیانید در گیاهان افزایش می‌یابد. این موضوع با آزمایشات انجام گرفته نیز تایید می‌شود. مقایسه میزان سیانید در ریشه‌های گیاهان تحت تیمار نشـان می‌دهد که با افزایش سیانید در خاک تفاوت معنی‌داری در میزان سـیانید در ریشـه‌های گیاهان مشاهده می‌شود (۱۱). این موضوع برای برگ‌ها نیز بیشتر قابل ملاحظه است و سیانید اندازه‌گیری شـده در برگ‌ها حتی نسـبت به ریشـه نیز بیشتر اسـت. با توجه به اندازه‌گیری‌های سیانید در ریشه و برگ‌های گیاه وتیور و مقایسـه با گیاهان شـاهد (تیمـار A) نتایج این پژوهش این موضوع را تایید می‌کند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان استنباط نمود که گیاه پالائی روشی بسیار مناسب برای سیانید در خاک است البته گیاه‌وتیور مقاومت بالایی را نشـان می‌دهد (مقاومت در برابر ۱۵ mg/kg سـیانید) و می‌توان برای پالایش سـیانید در پساب معادن طلا و

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-20]

نقره و فاضلاب‌های صنعتی از آن استفاده نمود. نتیجه پژوهش کاهش میزان سیانید در خاک‌های حاوی سیانید بعد از یک دوره دو ماه را نشان می‌دهد و با توجه به ادامه حیات تمام گیاهان تحت تیمارهای مختلف می‌توان این گونه نتیجه گرفت که این گیاه برای گیاه پالائی پساب‌های معادن طلا بسیار مناسب بوده و با ترکیب این پساب‌ها با خاک‌های فاقد سیانید میزان اثربخشی گیاه پالائی این گیاهان نیز افزایش می‌یابد.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با کمک‌های مادی و معنوی موسسه غیر انتفاعی نوردانش برخوردار بوده لذا شایسته است نهایت قدردانی و تشکر از ریاست محترم این مجموعه به عمل آید. لازم به ذکر است این مقاله بخشی از پایان نامه با عنوان "گیاه پالائی خاک آلوده به سیانید با استفاده از گیاه وتیور" در مقطع دکتری دانشگاه پیام نور است.

منابع

1. O'leary B, Preston GM, Sweetlove LJ. Increased β-cyanoalanine nitrilase activity improves cyanide tolerance and assimilation in Arabidopsis. Molecular Plant. 2014;7(1):231-43.
2. Hong L, Banks M, Schwab A. Removal of cyanide contaminants from rhizosphere soil. Bioremediation Journal. 2008;12(4):210-15.
3. Wachirawongsakorn P, Jamnongkan T, Latif MT. Removal of cyanide-contaminated water by vetiver grasses. Modern Applied Science. 2015;9(13):252-62.
4. Ebbs S. Biological degradation of cyanide compounds. Current Opinion in Biotechnology. 2004;15(3):231-36.
5. Naddafi K, Nabizadeh R, Nasseri S, Yaghmaeian K, Koolivand A. Efficiency of in-vessel composting process in removal of petroleum hydrocarbons from bottom sludge of crude oil storage tanks. Iranian Journal of Health and Environment. 2015;8(3):263-74 (in Persian).
6. Ebbs SD, Kosma DK, Nielson EH, Machingura M, Baker AJ, Woodrow IE. Nitrogen supply and cyanide concentration influence the enrichment of nitrogen from cyanide in wheat (Triticum aestivum L.) and sorghum (Sorghum bicolor L.). Plant, Cell & Environment. 2010;33(7):1152-60.
7. Torbati S. Feasibility Study on Phytoremediation of Malachite Green Dye from Contaminated Aqueous Solutions Using Watercress (Nasturtium Officinale). Iranian Journal of Health and Environment. 2017;9(4):503-16 (in Persian).
8. Rehman HM, Shah ZH, Nawaz MA, Ahmad MQ, Yang SH, Kho KH, et al. Retracted Article: Beta-cyanoalanine synthase pathway as a homeostatic mechanism for cyanide detoxification as well as growth and development in higher plants. Planta. 2017;245(1):235-35.
9. Yu X-Z, Gu J-D, Liu S. Biotransformation and metabolic response of cyanide in weeping willows. Journal of Hazardous Materials. 2007;147(3):838-44.
10. Yu X-Z, Zhou P-H, Yang Y-M. The potential for phytoremediation of iron cyanide complex by willows. Ecotoxicology. 2006;15(5):461-67.
11. Saeb K, Khadami R, Khoramnejadian S, Abdollahi E. Use of vetiver (Vetiveria zizanoides) in remediation of cyanide soil contamination. Journal of Biology and Today›s World. 2015;4(7):150-55.
12. Hashmi MZ, Kumar V, Varma A. Xenobiotics in the Soil Environment. Switzerland: Springer International Publishing; 2017.
13. Kumar R, Saha S, Dhaka S, Kurade MB, Kang CU, Baek SH, et al. Remediation of cyanide-contaminated environments through microbes and plants: a review of current knowledge and future perspectives. Geosystem Engineering. 2017;20(1):28-40.
14. Alavi Bakhtiarvand S, Ahmadimoghadam M, Parseh I, Jafarzadeh N, Chehrazi M, Chorom M. Assessment of Phytoremediation Efficiency on reducing oilhydrocarbons from clay-silt soil using Aeluropus littaralis. Iranian Journal of Health and Environment. 2014;7(1):73-84 (in Persian).
15. Ghasemi R, Mokhtari R. Resistance to cyanide by salicylate pretreatment in Salix babylonica L. Theoretical and Experimental Plant Physiology. 2013;25(4):275-82.
16. Bates L, Waldren R, Teare I. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil. 1973;39(1):205-207.
17. Taebi A, Jeirani K, Mirlohi A, Zadeh Bafghi A. Phytoremediation of cyanide-polluted soils by non-woody plants. Journal of Water and Soil Science. 2008;11(42):515-23 (in Persian).
18. Dimitrova T, Repmann F, Raab T, Freese D. Uptake of ferrocyanide in willow and poplar trees in a long term greenhouse experiment. Ecotoxicology. 2015;24(3):497-510.
19. Machingura M, Salomon E, Jez JM, Ebbs SD. The β-cyanoalanine synthase pathway: beyond cyanide detoxification. Plant, Cell & Environment. 2016;39(10):2329-41.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-20]

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

Original Article

Phytoremediation of the soils contaminated with cyanide by *Vetiveria zizanioides*

AR Mansoorian[1,*], A Vaziri[1], MR Zamani[2], F Heidaryan Naeini[3]

1- Department of Biology, Payame Noor University, Tehran, Iran

2- Department of Plant Molecular Biotechnology, National Institute for Genetic Engineering and Biotechnology, Tehran, Iran

3- Department of Biology, Nour Daneh Institute of Higher Education, Mimeh, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 20 August 2017
Revised: 25 October 2017
Accepted: 30 October 2017
Published: 12 December 2017

Key words: Cyanide, Phytoremediation, *Vetiveria zizanioides*, Polluted soil

***Corresponding Author:**
mansoorian271@yahoo.com

ABSTRACT

Background and Objective: In the field of environmental risk assessment, Cyanide is one of the most important pollutants of water, soil and air that has an important impact on the ecosystem and environment of the contaminated area. Therefore, the present study aimed to prove the biological effectiveness of Vetiveria zizanioides in phytoremediation of soils contaminated with cyanide.

Materials and Methods: This research study was conducted on a gold mine wastewater. The dried effluent samples amended with soil with various cyanide concentrations. Seven treatments with different concentrations of cyanide were obtained (mean cyanide content in G soil, 14.77 mg/kg, F soil, 10.13 mg/kg, E soil, mg/kg 8.09, D soil, mg/kg 7.53, C soil, 3.32 mg/kg, B soil, 2.52 mg/kg and A soil without cyanide (as control). After two months, the amount of cyanide in the soil, roots and leaves of the plant, as well as the total protein and proline content, and the number and length of the leaves of the plant were measured and then statistically evaluated by SPSS15 Tukey and t Paired Samples T Tests.

Results: The results of this study showed that the increase of cyanide had a significant effect on the amount of proline (proline in the plant increased), total protein (in the plant increased), number of leaves (decrease in number) and the length (length reduction) of the leaves of the vetiver. The amount of cyanide in the leaves and roots of the plant was increased. Cyanide content was decreased in the different treatments. Cyanide content was decreased in G 50.93%, F 38.20%, E 27.19%, D 38.37%, C 17.77% and B 16.66%.

Conclusion: The results indicated that increase of the amount of cyanide in soil resulted in observational changes in the morphological and biochemical characteristics of the plant. However, *Vetiveria zizanioides* exhibited very high resistance to soil cyanide and the planting of vetiver in highly contaminated soils can lead to a reduction of cyanide up to 50 percent. *Vetiveria zizanioides* had higher resistance to cyanide and showed better phytoremediation than the other plants.

Please cite this article as: Mansoorian AR, Vaziri A, Zamani MR, Heidaryan Naeini F. Phytoremediation of the soils contaminated with cyanide by Vetiveria zizanioides. Iranian Journal of Health and Environment. 2017;10(3):411-20

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-20]