Archive of SID

پژوهش و فناوری محیط زیست، دوره اول، شماره یک، پاییز و زمستان ۹۵، صفحه‌ی ۱-۶

استفاده از میکروارگانیسم‌ها در پاکسازی زیستی فلزات سنگین موجود در خاک

جینا تن زاده [۱*]
jina_tanzadeh@yahoo.com
مائده شارقی فر [۲]
محمد پناهنده [۳]

چکیده

زیست پالایی یک فناوری نوآورانه و امیدبخش در دسترس جهت حذف فلزات سنگین و بازیابی فلزات سنگین در زمین‌ها و آب‌های آلوده شده است. از آن‌جا که میکروارگانیسم‌ها استراتژی‌های مختلفی برای خود زیستگاه‌های آلوده شده به فلزات سنگین را توسعه داده‌اند، این موجودات زنده به توسعه و اتخاذ سازوکارهای پالایش‌های مختلف از جمله جذب، تجمع، زیست دگرگونی و کانی‌سازی زیستی شناخته شده‌اند. جذب فلزات سنگین توسط سلول‌های میکروبی در نتیجه مکانیسم‌های جذب زیستی و تجمع زیستی است. آب و غذایی که مصرف می‌کنیم اغلب به فلزات شیمیایی و سنگین از قبیل مس، نیکل، روی، سرب، کادمیوم، آرسنیک، کرم و جیوه آلوده شده‌اند که عامل ایجاد بیماری‌های بسیاری هستند. بسیاری از مطالعات اثبات کرده است که میکروب‌ها توانایی حذف فلزات سنگین از خاک‌های آلوده شده را دارند. در بین باقی آن‌ها تعدادی از میکروارگانیسم‌هایی که نقش بزرگی در زیست پالایی فلزات سنگین بازی می‌کنند عبارتند از: گونه‌های پسودوموناس (Pseudomonas spp) کورینه باکتریوم (Corynebacterium spp)، باسیلوس (Bacillus spp) ارتروباکتر، (Arthrobacter spp) آلکالیجنس (Alcaligenes spp)، ردوکوکوس (Rhodococcusspp)، فلاووباکتریوم (Flavobacterium)، متانوجنس، نوکاردیا (Nocardia spp)، ازتوباکتر (Azetobacter spp)، آسپرژیلوس نیجر (Aspergilusniger)، متوسینوس (Methosinus)، فورمییوموالدریوم (Phormidiumvalderium) و ... , هستند.

واژگان کلیدی: آلوده، میکروارگانیسم، زیست‌پالایی، فلزات، خاک

The Use of Microorganisms In Bioremediation Of Heavy Methals In Soils

Jina Tanzadeh[1],Maedeh Shareghifar[2],Mohammad Panahandeh[1]

1- Environmental Research Institue Academic Center for Education culture and Research ,rasht.iran

2-MSc faculty of science,Guilan univercity

Abstract

Bioremediation is an promising and available new technique for removal and recovery of heavy metals in contaminated land and waters. These microorganisms developed Different detoxifying mechanisms such as bioaccumulation, biosorption, biomineralization and biotransformation.The food and water we consume are often pulluted very of chemicals and heavy metals, such as gold,copper ,nickel, zinc, cadmium, arsenic, lead, chromium, and mercury that are associated with very diseases.Some studies described microorganism able to bioremediation heavy methas. Among others some of the microorganisms that play great role in bioremediation of heavy metals are *Pseudomonas spp ,Corynebacterium spp ,Bacillus spp Arthrobacter spp, Alcaligenes spp, Rhodococcus spp, Flavobacterium spp, Nocardia spp, Azetobacter spp, Methosinus, Phormidium valderium.*

Keywords:contaminated,microorganism,bioremediation, methal,soil

۱- کارشناس پژوهشی، پژوهشکده محیط زیست جهاد دانشگاهی، رشت
۲- کارشناسی ارشد، دانشکده علوم پایه دانشگاه گیلان، رشت
۳- عضو هیات علمی، پژوهشکده محیط زیست جهاد دانشگاهی، رشت

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

امروزه گسترش صنعتی‌سازی و استخراج منابع طبیعی، انباشتگی فلزات سنگین در آب و خاک را موجب شده است. بنابراین، آلودگی خاک‌ها، آب‌های زیرزمینی، رسوبات، آب‌های سطحی و هوا همراه فلزات سنگین پرخطر و مواد شیمیایی سمی یکی از صورت‌های تهدیدات عمده جهان است. همان‌طور که آن‌ها نمی‌توانند به اشکال غیرسمی تجزیه شوند، بنابراین اثرات بلندمدت بر روی اکوسیستم دارند. طبق مطالعه اخیر توسط آشا، نیاز برای پالایش این منابع طبیعی موجب توسعه تکنولوژی‌های جدیدی که با تاکید بر تخریب آلاینده‌ها سریع‌تر از روش مرسوم مصرف به خاطر پتانسیل آن‌ها برای ورود به زنجیره غذایی شده است. طبق گزارشات علمی فلزات وقتی در بدن ما حضور دارند قادرند با دخالت در اعمال طبیعی دلیل جدی مشکلات سلامتی باشند. (۷و۳۵) بعضی ازاین فلزات برای بدن درمیزان غلظت پایین مفیدند. مثل آرسینیک، مس، آهن، نیکل و اما آن‌ها در میزان غلظت بالا سمی هستند و تنها سیتوتوکسیک بلکه سرطان‌زا و جهش‌زا در طبیعت هستند; (۳۴،۳۳) فلزات سنگین در عرصه جذب زیستی در سه دسته: فلزات سمی (مانند Hg,Pb,Zn, Cr, Cd, As, Co,Sn و غیره)، فلزات قیمتی (مانند Pd, Pt, Ag, Au، و غیره)، رادیو نوکلئویدس (مانند U,Ra,Am غیره)، که معمولاً وزن مخصوص شان بالاتر از ۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب است، طبقه‌بندی می‌شوند (۱۴،۳۳). سرب فلزی نرم و سنگین به رنگ آبی مایل به خاکستری است. فلز سرب توسط انواع صنایع مانند سرامیک سازی، شیشه‌سازی، صنایع نساجی، باتری‌سازی، ساخت گلوله‌های سربی برای ریختن حروف چاپ و غیره وارد محیط می‌شود. سرب از طریق هوا، آب و غذا وارد بدن انسان می‌شود. به نظر می‌رسد که آثار و علایم مسمومیت با سرب مربوط به توانایی آن برای چسبیدن به گروه سولفیدری پروتئین آنزیم های متعدد لازم برای تولید هم (Heme) به‌وسیله این ماده مهار می‌شوند. هم چنین سرب پیریمیدین ۵- نوکلئوتیداز (موثر در شکستن RNA) را غیرفعال کرده، و در نتیجه باعث تجمع RNA ریبوزومی می‌گردد. سرب از تولید ۱ و ۲۵-دی هیدروکسی ویتامین D جلوگیری می‌کند. اولین اعضایی که تحت تاثیر سرب قرار می‌گیرند، مغز، دستگاه عصبی محیطی، مغز استخوان، کلیه، و کبد هستند. به‌علت افزایش مصرف و ثابت ذاتی بالا، آلودگی فلزات سنگین امروزه به یکی از مهم‌ترین معضلات محیط زیست تبدیل شده است. به خاطر فعالیت های انسانی مثل گداختن و استخراج معدن، کشاورزی، مصرف بیهوده یا تخلیه صنعتی انواعی از فلزاتی چون نقره ، آرسینیک، طلا، کادمیم، کبالت، کروم، مس، جیوه، نیکل، سرب، سلنیوم و روی، هنگامی که در میزانی تخلیه شوند که نتوانند توسط موجود زنده فرایندی را طی کنند می‌توانند اثرات مضر بروی سلامتی انسان ایجاد کنند. مقدار کم بعضی از فلزات برای گیاهان، برای رشد و عملکرد بهینه‌شان موردنیاز هستند. هرچند، افزایش انباشتگی بعضی از فلزات در خاک و آب‌ها به علت انقلاب صنعتی ایجاد یک موقعیت هشدار دهنده برای حیات انسان و گیاهان و جانوران وابسته به آب و آبزی کرده است. روش‌های مرسوم به پالایش فلزات سنگین مکان‌های آلوده، حفاری و سفت‌سازی هستند که این تکنولوژی ها برای کنترل آلودگی مناسبند. اما نه این‌که به طور دائم فلزات سنگین حذف شوند. (۵) از طرف دیگر روش های زیستی بالقوه این مشکل را حل میکنند ، چون به فعالیت واداشتن آن‌ها راحت است و آلودگی دیگری ایجاد نمی‌کنند. فلزات سنگین دارای چگالی نسبتاً زیاد در غلظت های کم هم سمی هستند. انباشت فلزات سنگین در گیاهان حاصل ازخاک‌های آلوده، هشدار دهنده‌ترین علت اثرات مضر فلزات بر سلامت انسان است (۹،۲). فلزات سنگین به اعصاب، کبد و استخوان، و همچنین گروه‌های عملکردی از آنزیم‌های حیاتی آسیب می‌زنند. برخی از این فلزات تا سطوح معینی برای رشد میکروارگانیسم‌ها ضروری هستند و در مقادیر بالاتر از آن ایجاد سمیت برای سلول می‌کنند. از طرف دیگرکبالت، مس، نیکل و روی نقش مهمی در تنظیم بیان ژن و فعالیت زیست مولکول‌ها؛ آنزیم‌ها یا کوفاکتورهای آنزیم نقش حیاتی دارند (۳).

در چند دهه اخیر حذف فلزات سمی از فاضلاب های صنعتی به روش‌هایی فیزیکی و شیمیایی تصفیه آب؛ اکسیداسیون و احیاء، رسوب شیمیایی، فیلتراسیون، روش الکتروشیمیایی، تبخیر، تبادل یونی و اسمز معکوس صورت گرفته است. نیازمندی به محلول های قوی و حذف یون‌های فلزی غیرقابل پیش‌بینی، برخی از معایب این روش‌ها هستند. علاوه‌بر این، استفاده از محلول‌های قوی برای پاکسازی فلزات سنگین، باعث آلودگی ثانویه محیط زیست می‌گردد (۱۴). زیست پالایی با کمک میکروارگانیسم‌ها می‌تواند به‌طور موثری باعث کاهش فلزات سنگین در محیط زیست گردد (۱۵،۵).اصطلاح تجمع زیستی، به‌طور متابولیکی به انجام جذب توسط سلول های زنده فعال مربوط است. تجمع زیستی فلزات سنگین در سلول‌های مخمر از طریق دو مرحله صورت می‌گیرد. اولین مرحله سریع و غیروابسته به متابولیسم است و مستلزم اتصال به سطح دیواره سلولی است. در غالب موارد قابلیت اتصال فلز ساکارومایسس سرویزیه و قارچ به بار الکتریکی نسبت داده می‌شود که از تفکیک به‌طور ضعیف گروه‌های اسیدیک کربوکسیل و دیگر گروه هی عملکردی مانند گروه‌های آمینو سازنده سازنده دیواره سلولی به‌وجود آورند. دومین مرحله جذب آهسته‌تر و وابسته به متابولیسم، اندوختن مقادیر زیادتری از کاتیون های فلزی،

www.SID.ir

Archive of SID

نسبت به جذب زیستی توسط بیومس غیرزنده است. به هر حال فلزات سنگین برای میکروارگانیسم‌ها سمی هستند. به‌علت میل ترکیبی زیادشان به ایجاد کمپلکس با اجزاء تشکیل‌دهنده غشاء باعث آسیب به یکپارچگی و کاهش عملکردش می‌شود. مخمرها به‌دلیل بقاء و رشد در مکان‌های آلوده به فلزات سنگین و ظرفیت بالای اتصال فلز به دیواره سلول و میزان بالای جذب درون سلولی، نسبت به سایر میکروارگانیسم‌ها برای حذف فلزات سنگین از ارجحیت برخوردار هستند. هدف از این تحقیق بررسی حذف فلزات سنگین توسط میکروارگانیسم می باشد.

۲- زیست پالایی میکروبی برخی فلزات سنگین خاک

ازمیکروارگانیسم‌ها و گیاهان معمولا برای پاکسازی فلزات سنگین استفاده می‌شوند. فرایند درگیر شدن میکروارگانیسم‌ها برای کاهش انباشتگی آلودگی به نام زیست پالایی شناخته شده است که یک پروسه طبیعی است و اهمیت گوناگونی زیستی (تنوع زیستی) آن (زیر و یا روی زمین) به‌طور افزاینده برای پاکسازی فلزات اکوسیستم آلوده است.همه فلزات سمی هستند، اما مقداری از آن‌ها در میزان انباشتگی کم مفید هستند. این سمی بودن فزات علت جدی مرگ و میر است (۳۵) علاوه بر این (۳۱) گزارش کرده که پاکسازی زیستی می‌تواند توسط اضافه کردن مواد غذایی ارگانیک به خاک از قبیل کود دادن، کمپوست، لجن‌ها که شرایط خاک مثل حاصلخیزی خاک را افزایش می‌دهد، پیشرفت کند. به‌منظور به وجود آوردن محیط زیست سالم تر برای انسان، نیاز است که آب آلوده بدن ها و زمین اصلاح شود تا آن‌ها را از فلزات سنگین و ردپای عناصر خالی کنیم.چندین تکنیک برای حذف این فلزات سنگین وجود دارد که شامل ته‌نشین شیمیایی، اکسیداسیون یا احیا، فیلتراسیون، تبادلات یونی، اسمز معکوس ، تکنولوژی غشایی، تبخیر و درمان الکتروشیمیایی، می شوند. علاوه بر این نمک فلزات سنگین در آب محلول و در فاضلاب نامحلولند که این یعنی آن هارا نمیتوان بوسیله روش های جدا سازی فیزیکی از هم جدا کرد. (۲۸) به علاوه روش های فیزیکی شیمیایی بی اثر و یا هزینه بر هستند وقتی که انباشتگی فلزات سنگین بسیار کم است. همچنین روش‌های زیستی مثل جذب زیستی و یا تجمع در بافت‌های زنده برای رفع فلزات سنگین ممکن است یک جایگزین جذاب برای روش‌های فیزیکی شیمیایی باشد. (۳۶،۱۴) پس از استفاده از میکروارگانیسم‌ها و گیاهان برای پالایش اهداف یک راه‌حل ممکن برای آلودگی فلزات سنگین شامل تکنولوژی پالایش قابل تحمل برای اصلاح کردن (برطرف کردن) و ایجاد دوباره شرایط طبیعی خاک، می‌شود. با این حال، معرفی فلزات سنگین داخل خاک با وجود اهمیت حیاتی برای رشد میکروارگانیسم‌ها در میزان انباشتگی نسبتا کم علت قابل توجهی از جامعه میکروبی می باشد. به‌علاوه طبق گزارش توسط (۳۰) تغییر در ترکیب (ساخت) میکروبی اساسا با اعمال یک کنش مهارکننده ازمیان انسداد گروه های عاملی ضروری جا به جایی یون های فلزی ضروری یا اصلاح کنفورماسیون های فعال مولکول های زیستی را موجب شده است. همچنین واکنش جوامع میکروبی به فلزات سنگین، به میزان غلظت و قابل دسترس بودن فلزات سنگین وابسته و یک فرآیند پیچیده‌ای است که توسط فاکتورهای متعدد از قبیل انواعی از فلزات، گونه متوسط (محیط کشت) و گونه میکروبی کنترل می‌شود. (۲۴)

۳- مفهوم زیست پالایی

برخی از میکروارگانیسم‌ها در محل آلوده موجود هستند، اما برای اصلاح موثرتر، رشد میکروارگانیسم باید تحریک شود. تحریک زیستی فرایند اضافه کردن مواد مغذی، الکترون پذیرنده‌ها و اکسیژن برای تحریک باکتری موجود در اصلاح زیستی است. این روند بهینه‌سازی شرایط محیط زیست از محل اصلاح است. مواد افزودنی معمولا از طریق چاه تزریق به لایه های زیرسطحی اضافه شده است. ویژگی‌های زیر سطحی مانند سرعت آب‌های زیرزمینی، هدایت هیدرولیکی زیرسطحی، و سنگ‌شناسی زیرسطحی برای توسعه یک سیستم تحریک زیستی مهم است. میکروارگانیسم طبیعی موجود در خاک مسئول تجزیه آلاینده‌ها هستند. اما تحریک زیستی را می‌توان با مواد افزودنی زیستی بهبود داد. کیفیت زندگی روی زمین به کیفیت محیط زیست بستگی دارد. مقادیر زیادی از مواد آلی و معدنی هر سال به‌عنوان نتیجه فعالیت‌های انسانی به محیط زیست منتشر شده است.زمین‌های آلوده به‌طور کلی حاصل فعالیت‌های صنعتی، استفاده و دفع مواد خطرناک و از این قبیل است. در حال حاضر به‌طور گسترده‌ای این موضوع شناسایی شده که زمین آلوده یک تهدید باالقوه برای سلامتی انسان است و کشف مستمر آن طی ۱۰ سال گذشته در تلاش‌های بین‌المللی منجربه درمان بسیاری از مکان‌ها، یا به‌عنوان یک پاسخ به خطرات سوء بهداشتی و یا اثرات زیست محیطی ناشی از آلودگی یا برای فعال کردن این مکان برای استفاده، شده تا دوباره پیشرفته شود. زیست پالایی یک مفهوم کلی است که همه آن فرایندها و اعمالی که اتفاق می‌افتد تا دگرگونی یک محیط زیست انجام شود را شامل می‌شود، که در حال حاضر توسط آلاینده‌ها به وضعیت اولیه‌ی آن تغییر کرده است. (۲۵،۱) همچنین زیست پالایی به‌معنای روند تمیزکردن پسماندهای خطرناک با میکرو ارگانیسم‌ها و یا گیاهان است و ایمن‌ترین روش پاکسازی آلاینده خاک است. زیست پالایی اصولا از میکروارگانیسم‌ها و فرآینده های میکروبی برای کاهش و تبدیل آلاینده‌های زیست محیطی به شکل کم و یا بدون سمی استفاده می‌کند. میکروارگانیسم‌ها جذب فلزات سنگین را

www.SID.ir

Archive of SID

به‌طور فعال (تجمع) و یا شکل غیرفعال (جذب) انجام می‌دهند (۲۹) دیواره های سلول‌های میکروبی که عمدتا از پلی ساکارید ها، لیپیدها و پروتئین تشکیل شده است ارائه‌ی بسیاری از گروه های عاملی است که می‌توانند به بسیاری از یون های فلزات سنگین متصل شوند و این‌ها شامل کربوکسیلات، هیدروکسیل، آمینه و گروه‌های فسفات می‌شوند (۲۱،۱۱). در میان روش‌های پالایش میکروبی به‌نظر می‌رسد فرآیند جذب عملی‌تر از روند تجمع برای استفاده در مقیاس بزرگتر است. به این دلیل که میکروب ها علاوه بر نیاز به مواد غذایی برای جذب فعال خود از فلزات سنگین که نیاز به اکسیژن بیولوژی ویا شیمیایی در زباله را افزایش می‌دهند علاوه‌بر این یک جمعیت سالم میکروارگنیسم‌ها به‌دلیل سمی بودن فلزات سنگین و دیگر عوامل محیطی بسیار دشوار است. (۱۲،۲) برخی از میکروارگانیسم‌ها که در خاک و آب‌های زیر زندگی می‌کنند به‌طور طبیعی از مواد شیمیایی مشخصی که برای انسان و محیط زیست مضر هستند، استفاده می‌کنند. میکروارگانیسم‌ها قادرند که مواد شیمیایی را به آب و گازهای بی‌ضرر از قبیل دی‌اکسیدکربن تبدیل کنند. بسیاری از جلبک‌ها و باکتری‌ها ترشحاتی را تولید می‌کنند که فلزاتی که بسیار سمی هستند را جذب می‌کنند. فلزات در اثر احاطه توسط ترشحات از زنجیره غذایی حذف می‌شوند. تخریب (دگرگونی) رنگ‌ها نیز همچنین توسط برخی از باکتری های بی هوازی و قارچ ها اتفاق می‌افتد. (۶،۱۳) برای تولید افزایش نرخ تولید مواد غذایی جهان برای جبران افزایش جمعیت از آفت‌کش‌ها استفاده می‌شود. استفاده گسترده از این افزایش دهنده‌های سرعت مصنوعی از تجمع ترکیبات مصنوعی تولید پیچیده به نام گزنوبیوتیک‌ها (حشره کش‌ها) تولید شده است. با معرفی میکروب تغییر شکل یافته از لحاظ ژنتیکی، این امکان وجود دارد تا این ترکیبات کاهش پیدا کنند. گیاهان نیز همچنین می‌توانند برای تمیز کردن خاک، آب یا هوا استفاده شوند که به آن گیاه پالایی گفته می‌شود. بنابراین زیست پالایی با عنوان مقرون به‌صرفه بودن، سازگار با محیط زیست تغییردهنده تکنولوژی در حال ظهور مدرن است که می‌تواند به تعدادی از آلاینده‌ها و شرایط محیط پاسخ داده شود. انتشار آلاینده‌ها به محیط زیست توسط فعالیت‌های انسانی بسیار نسبت به دهه‌های گذشته افزایش یافته است.در واقع اگرچه چند دهه پیش بزرگترین چالش انسان در بالا رفتن صنعتی شدن شده بود. امروزه انسان برای پیدا کردن راه هایی برای مقابله با رشد صنعتی و مشکلات مربوط به آن تلاش می‌کند. (۱۶-۱۸،۲۶)

۴- انواع زیست پالایی

براساس حذف و حمل و نقل ضایعات برای رفع مشکلات اساسا دو روش وجود دارد

۴-۱- در محل زیست پالایی

که بدون نیاز به حفر یا حذف خاک یا آب پالایش به انجام می‌رسد. آلودگی مستقیما در محلی که اتفاق افتاده یا در محل آلودگی حذف می‌شود. بنابراین ارزانتر و با ایجاد گرد و غبار کمتر حذف می‌شود و این ممکن است برای دفع آلودگی حجم زیادی از خاک و باعث انتشار کمتر از آلاینده‌ها شود (۱۰، ۸)

۴-۲- زیست پالایی در محل

درگیر تامین اکسیژن و مواد مغذی توسط گردش محلول های آبی از طریق خاک آلوده تا به‌طور طبیعی به تحریک باکتری بپردازد تا آلاینده های آلی را کاهش دهند (۱۷)

۵- مزیت ها و ضرر های زیست پالایی (در محل)

این روش دارای مزایای بالقوه بسیاری می‌باشد به این دلیل که نیازی به حفاری خاک های آلوده نداشته و ازین‌رو ثابت می‌کند مقرون به صرفه است. (۲۰،۱۰)

جدول ۱: میکروارگانیسم هایی که دارای توانایی تجزیه پذیری زیستی گزنوبیوتیک ها هستند (۳۷)

میکروارگانیسم	ترکیبات سمی	منابع
Pseudomonas spp.	بنزن-آنتراسن-هیدروکربن ها- PCBs	Cybulski*et al*, 2003
Alcaligenes spp.	هیدروکربن هالوژنه-سولفونات آلکیل بنزن خطی – آروماتیک چند حلقه ای - PCBs	Kapley*et al.*, 1999
Arthrobacter spp.	بنزن-هیدروکربن ها- پنتاکلروفنول-آروماتیک چند حلقه ای-آلکان های زنجیره طویل-فنول-کروزول	Jogdand, 1995
Bacillus spp.	هیدروکربن هالوزنه-فنوکسی استات	Cybulski*et al.*,2003
Corynebacterium spp.	آروماتیک	Jogdand, 1995
Corynebacterium spp.	آروماتیک-نفتالن- بی فنیل	Jogdand, 1995
Azotobacter spp.	آروماتیک ، هیدروکربن منشعب بنزن، سیکلوپارافین	Jogdand, 1995 DeanRoss*et al.*,2002

www.SID.ir

Archive of SID

میکروارگانیسم	ترکیبات سمی	منابع
Rhodococcus spp.	هیدروکربن آروماتیک	DeanRosset *al.*,2002
Mycobacterium spp.	هیدروکربن آروماتیک، هیدروکربن پلی سیکلیک	Park *et al.*, 1998
Nocardia spp.	فنوکسی استات، هیدروکربن هالوژنه دیازینون	Jogdand, 1995
Methosinus sp.	PCBs، فرمالدهید،	Ijah, 1998 Jogdand, 1995

جدول ۲: میکروارگانیسم هایی که از فلزات سنگین استفاده می کنند (۳۷)

میکروارگانیسم ها	فلزات	منابع
Bacillus spp. *Pseudomonas aeruginosa*	Cu, Zn	Philip *et al.*, 2000ˇ Gunasekaran*et al.*, 2003
Zooglea spp. *Citrobacter spp*	U, Cu, Ni Co, Ni, Cd	*Sar and D'Souza, 2001*
Citrobacter spp. *Chlorella vulgaris*	Cd, U, Pb Au, Cu, Ni, U, Pb, Hg,Zn	Gunasekaran*et al.*, 2003
Aspergilusniger	Cd, Zn Zn, Ag, Th, U	Gunasekaran*et al.*,2003
Pleurotusostreatus	Cd, Cu, Zn	Gunasekaran*et al.*,2003
Rhizopusarrhizus	Ag, Hg, P, Cd, Pb, Ca	Faveroet *al.*, 1991, Gunasekaran*et al.*, 2003
Stereumhirsutum	Cd, Co, Cu, Ni	Gabriel *et al.*, 1994 and 1996
Phormidiumvalderium	Cd, Pb	Gabriel *et al.*, 1994 and 1996
Ganodermaapplantus	Cu, Hg, Pb	Gabriel *et al.*, 1994 and 1996

۶- نتایج

زیست پالایی یک روشی برای زدودن آلودگی با افزایش فرآیندهای زیستی و تجزیه بیولوژیکی طبیعی را فراهم می‌کند. بنابراین با توسعه درک درستی از جوامع میکروبی و پاسخ به محیط زیست طبیعی و آلاینده‌ها، گسترش دانش ژنتیک میکروب برای افزایش توانایی‌های برای کاهش آلاینده‌ها، انجام آزمایش‌های درست از تکنیک‌های زیست پالایی جدید که مقرون به صرفه هستند، و اختصاص سایت‌های که نیز برای هدف پژوهش بلندمدت تعیین می‌کنند، این فرصت‌های بالقوه برای پیشرفت‌های قابل توجهی را ارائه دهد. این تکنولوژی ارائه می‌دهد یک راه موثر کارآمد و هزینه برای تصفیه آب، زمین آلوده و خاک است.

۷- منابع

1.Adhikari T. , Manna M. C., Singh M. V. and Wanjari ,2004, Bioremediation measure tominimizeheavy metals accumulation in soils and crops irrigated with city effluent. Food, agriculture and environment, :266-270.2

2. Ajmal M., Rafaqat A. K. and Bilquees A. S., 1996. Studies on removal and recovery of Cr (VI) from electroplatingwastes. Water Res., 30:1478-1482.

3.Ames B. N., 1971. Chemical mutagens, principles and methods for their detection. Plenum, New York, 267-282.

4.Asha L. P. and Sandeep R. S., 2013. Review on Bioremediation- Potential Tool for Removing Environmental Pollution, International Journal of Basic and Applied Chemical Sciences ISSN : 2277-2073.

5.Bahi J. S., Radziah O., Samsuri A. W., Aminudin H. and Fardin S., 2012. Bioleaching of Heavy Metals from Mine Tailings by *Aspergillus fumigatus*. BioremediationJournal,16:57-65.

6.Colberg P. J. S. and Young L. Y., 1995. Anaerobic degradation of non-halogenated homocyclic aromatic compounds coupled with nitrate, Iron, or Sulfate reduction. In: Microbial transformation and degradation of toxic organic Chemicals. Wiley-Liss,NewYork,307-330.

7.CostaC.A.andDutaF.P.,2001.Bioaccumulatonofcopper, zinc, cadmium and lead by *Bacillus* SP., *Bacillus cereus Bacillus speaerecusand Bacillus subtillus*,. Braz.J.Microbiol.,32:365-375.

8.Cunningham C. J., Philip J. C., 2000. Comparison of Bioaugmentation and Biostimulation in *ex situ* Treatment of Diesel Contaminated Soil, Land Contamination and Reclamation, University of Edinburgh,Scotland.

9.Cybulski Z., Dzuirla E., Kaczorek E. and Olszanowski A., 2003. The influence of emulsifiersonhydrocarbon biodegradation by *Pseudomonadacea* and *Bacillaceastrains*. Spill Science and Technology Bulletin,8:503-507.

10. Damodaran D. and Suresh G., 2011. Bioremediation of soil by removing heavy

www.SID.ir

Archive of SID

Remediation. Indian Journal of Experimental Biology, 41:935-944.
26. Hatsu M., Ohta J. and Takamizawa K., 2002. Can J Microbiol.,48:848-852.
27. Hussein H., Farag S., Moawad H., 2004. Isolation and characterization of Pseudomonas resistant to heavy metals contaminants. Arab. J. Biotechnol, 7 : 1322.
28. Hussein H., Krull R.,Abou El-Ela S.I., Hempel D.C., 2001. Interaction of the different heavy metal ions with immobilized bacterial culture degrading xenobiotic wastewater compounds. In Proceedings of the Second International Water Association World Water Conference, Berlin, Germany,1519October;pp.1519.
29. Ijah U. J. J. and Antai S. P., 1988. Degradation and mineralization of crude oil by bacteria.Nigerian JournalofBiotechnology,5:79-87.
30. Jin H. P., Dane L., Periyasamy P., Girish C., Nanthi B. and J WooC., 2011. Roleoforganicamendmentson enhanced bioremediation of heavy metal (loid) contaminated soils, Journal of Hazardous Materials,185:549-574.
31. Jogdand S. N., 1995. Environmental biotechnology, 1st Edition, Himalaya Publishing House, Bombay, India,104-120.
32. Li F. and Tan T. C., 1994. Monitoring BOD in the presence ofheavymetalionsusingapoly(4-vinylpyr-idine) coated microbial sensor. Biosen. Bioelectron., 9 : 445-455.
33. Salem H. M., Eweida E. A. and Farag A., 2000. Heavy metals in drinking water and their environmental impact on human health. In ICEHM 2000; Cairo University: Giza, Egypt, pp.542-556.
34. Sharma and Rehman M. B., 2009. Laboratory scale approach, Indian Journal of Microbiology, 48: 142-146.
35. Suranjana R. and Manas K. R., 2009. Bioremediation of Heavy metals Toxicity with special Reference to Chromium,special:57-63,ISSN0974-1143.
36. Wood J. M. and Wang H. K., 1983. Microbiol resistance to heavy metals. Environ. Sci. Technol.,17,582-590
37. Vidali M., 2001. Bioremediation: An overview. Pure AppliedChemistry,73:1163-1172.

metals using Saccharomyces cerevisiae. Contaminatedland.,45:198-207.
11. DeanRoss D., Moody J., Cerniglia C. E., 2002. Utilization of mixtures of polycyclic aromatic hydrocarbons by bacteria isolated from contaminated sediment. Microbiology Ecology., 41:17.
12. Dilek F. B., Gokcay C. F. and Yetis U., 1998. Combined effects of Ni(II) and Cr (VI) on activated sludge. WaterRes.,32:303-312.
13. Doelman P., Jansen E., Michels M. and Van Til M., 1994. Effects of heavy metals in soil on microbial diversity and activity as shown by the sensitivityresistance index, an ecologically relevant parameter.Biol.Fertil.Soils,17:1771-784.
14. Dubey R. C., 2004. A text book of Biotechnology, 3rd Edition, Chand and Company Ltd. New Delhi, India,365-375
15. EPA, 2001. Remediation Case Studies.Federal Remediation Technology Roundtable. Report No.542-F-01-032.
16. EPA., 2002. Handbook on *In Situ* Treatment of Hazardous WasteContaminatedSoils.
17. EPA., 2006. Engineering Issue: *In Situ* and *Ex Situ* Biodegradation Technologies for Remediation of ContaminatedSites,62:6-15.
18. Favero N., Costa P., Massimino M. L., 1991. *In vitro* uptake ofcadmiumbybasidiomycete Pleurotusostreatus. Biotechnology Letters, 10:701-704.
19. Gabriel J., Kofronova O., Rychlovsky P. and Krenzelok M., 1996. Accumulation and effect of cadmium in the wood rotting basidiomycete, Daedaleaquercina. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology,57:383-390.
20. Gabriel J., Mokrejs M., Bily J. and Rychlovsky P., 1994. Accumulation of heavy metal by some Wood rooting fungi. Folia Microbiologica, 39:115118.
21. Gadd,G.M.(2000).SciTotalEnviron.,258:119-227. Garbisu C. and Alkorta I., 2003. Review basic concepts on heavy metal soil bioremediation. The European Journal of Mineral Processing and Environmental Protection., 3:58-66.
22. Glazer A. N. And NikaidoH., 2007. Microbial biotechnology: Fundamentals of applied Microbiology, 2nd Edition, Cambridge University Press,Cambridge,NewYork,510-528.
23. Glick B. R., 2003. Phytoremediation: synergistic use of plants and bacteria to clean up the Environment. Biotechnol.,21:383-93.
24. Goblenz A., Wolf K. and Bauda P., 1994. The role of glutathione biosynthesis in heavy metal resistance in the fission yeast *Schizosaccharo mycespombe*. FEMS Microbiol. Rev.,14:303-308.
25. Gunasekaran P., Muthukrishnan J. and Rajendran P., 2003. Microbes in Heavy Metal

www.SID.ir