

استفاده از میکروارگانیسم‌ها در پاکسازی زیستی فلزات سنگین موجود در خاک

جینا تن زاده^{*۱}

jina_tanzadeh@yahoo.com

مائده شارق‌فر^۲

محمد پناهنده^۳

The Use of Microorganisms In Bioremediation Of Heavy Methals In Soils

Jina Tanzadeh¹, Maedeh Shareghifar², Mohammad Panahandeh³

1- Environmental Research Institute 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

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 میکروپها 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 پseudomonas (Pseudomonas spp) کورینه باکتریوم (*Corynebacterium spp*), باسیلوس (*Bacillus spp*) ارتروباکتر، (*Arthrobacter spp*) آلکالیجنس (*Alcaligenes spp*), ردوکوکوس (*Rhodococcus spp*), فلاوو باکتریوم (*Flavobacterium*), متانوجنس، نوکاردیا (*Nocardia spp*), ازتوباکتر (*Azetobacter spp*), اسپرژیلوس نیجر (*Aspergillus niger*), متوسینوس (*Methosinus*), فورمیووالدریوم (*Phormidium valderium*) و ... هستند.

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

1- کارشناس پژوهشی، پژوهشکده محیط زیست جهاد دانشگاهی، رشت

2- کارشناسی ارشد، دانشکده علوم پایه دانشگاه گیلان، رشت

3- عضو هیات علمی، پژوهشکده محیط زیست جهاد دانشگاهی، رشت

1- مقدمه

امروزه گسترش صنعتی سازی 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. (7 و 35) بعضی از این فلزات برای بدن درمیزان غلظت پایین مفیدند. مثل آرسنیک، مس، آهن، نیکل و اما آنها در میزان غلظت بالا سمی هستند و تنها سیتوتوکسیک بلکه سرطان‌زا و جهش‌زا در طبیعت هستند؛ (33، 34) 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 نوکلئوئیدس (مانند U, Ra, Am و غیره)، که معمولاً وزن مخصوص شان بالاتر از 5 گرم بر سانتی‌متر مکعب است، طبقه‌بندی می‌شوند (33، 14). 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 علائم مسمومیت با سرب مربوط به توانایی آن برای چسبیدن به گروه سولفیدری پروتئین آنزیم‌های متعدد لازم برای تولید هم (Heme) به‌وسیله این ماده مهار می‌شوند. هم چنین سرب پیریمیدین 5- نوکلئوتیداز (موثر در شکستن RNA) را غیرفعال کرده، و در نتیجه باعث تجمع RNA ریبوزومی می‌گردد. سرب از تولید 1 و 25-دی هیدروکسی ویتامین D جلوگیری می‌کند. اولین اعضای 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 فعالیت‌های انسانی مثل گداختن و استخراج معدن، کشاورزی، مصرف بیپهوده 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 آبیزی کرده است. روش‌های مرسوم به پالایش فلزات سنگین مکان‌های آلوده، حفاری و سفت‌سازی هستند که این تکنولوژی‌ها برای کنترل آلودگی مناسبند. اما نه این‌که به طور دائم فلزات سنگین حذف شوند. (5) از طرف دیگر روش‌های 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 غلظت‌های کم هم سمی هستند. انباشت فلزات سنگین در گیاهان حاصل از خاک‌های آلوده، هشدار دهنده‌ترین علت اثرات مضر فلزات بر سلامت انسان است (2، 9). 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 میکروارگانسیم‌ها ضروری هستند و در مقادیر بالاتر از آن ایجاد سمیت برای سلول می‌کنند. از طرف دیگر کبالت، مس، نیکل و روی نقش مهمی در تنظیم بیان ژن و فعالیت زیست مولکول‌ها؛ آنزیم‌ها یا کوفاکتورهای آنزیم نقش حیاتی دارند (3).

در چند دهه اخیر حذف فلزات سمی از فاضلاب‌های 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 محلول‌های قوی و حذف یون‌های فلزی غیرقابل پیش‌بینی، برخی از معایب این روش‌ها هستند. علاوه بر این، استفاده از محلول‌های قوی برای پاکسازی فلزات سنگین، باعث آلودگی ثانویه محیط زیست می‌گردد (14). زیست پالایی با کمک میکروارگانسیم‌ها می‌تواند به‌طور موثری باعث کاهش فلزات سنگین در محیط زیست گردد (5، 15). اصطلاح تجمع زیستی، به‌طور متابولیکی به انجام جذب توسط سلول‌های 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 ساکاروماپیس سرویزیه و قارچ به بار الکتریکی نسبت داده می‌شود که از تفکیک به‌طور ضعیف گروه‌های اسیدیک کربوکسیل و دیگر گروه‌های عملکردی مانند گروه‌های آمینو سازنده دیواره سلولی به‌وجود آورند. دومین مرحله جذب آهسته‌تر و وابسته به متابولیسم، اندوختن مقادیر زیادتری از کاتیون‌های فلزی،

توجهی از جامعه میکروبی می باشد. به علاوه طبق گزارش توسط (30) تغییر در ترکیب (ساخت) میکروبی اساسا با اعمال یک کنش مهارکننده از میان 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 پیچیده ای است که توسط فاکتورهای متعدد از قبیل انواعی از فلزات، گونه متوسط (محیط کشت) و گونه میکروبی کنترل می شود. (24)

3- مفهوم زیست پالایی

برخی از میکروارگانسیم ها در محل آلوده موجود هستند، اما برای اصلاح موثرتر، رشد میکروارگانسیم باید تحریک شود. تحریک زیستی فرایند اضافه کردن مواد مغذی، الکترون پذیرنده ها و اکسیژن برای تحریک باکتری موجود در اصلاح زیستی است. این روند بهینه سازی شرایط محیط زیست از محل اصلاح است. مواد افزودنی معمولا از طریق چاه تزریق به لایه های زیرسطحی اضافه شده است. ویژگی های زیر سطحی مانند سرعت آب های زیرزمینی، هدایت هیدرولیکی زیرسطحی، و سنگ شناسی زیرسطحی برای توسعه یک سیستم تحریک زیستی مهم است. میکروارگانسیم طبیعی موجود در خاک مسئول تجزیه آلاینده ها هستند. اما تحریک زیستی را می توان 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 به عنوان نتیجه فعالیت های انسانی به محیط زیست منتشر شده است. زمین های آلوده به طور کلی حاصل فعالیت های صنعتی، استفاده و دفع مواد خطرناک و از این قبیل است. در حال حاضر به طور گسترده ای این موضوع شناسایی شده که زمین آلوده یک تهدید بالقوه برای سلامتی انسان است و کشف مستمر آن طی 10 سال گذشته در تلاش های بین المللی منجر به درمان بسیاری از مکان ها، یا به عنوان 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 می افتد تا دگرگونی یک محیط زیست انجام شود را شامل می شود، که در حال حاضر توسط آلاینده ها به وضعیت اولیه ی آن تغییر کرده است. (25،1) همچنین زیست پالایی به معنای روند تمیزکردن پسماندهای خطرناک با میکروارگانسیم ها و یا گیاهان است و ایمن ترین روش پاکسازی آلاینده خاک است. زیست پالایی اصولا از میکروارگانسیم ها و فرآیندهای میکروبی برای کاهش و تبدیل آلاینده های زیست محیطی به شکل کم و یا بدون سمی استفاده می کند. میکروارگانسیم ها جذب فلزات سنگین را

نسبت به جذب زیستی توسط بیومس غیرزنده است. به هر حال فلزات سنگین برای میکروارگانسیم ها سمی هستند. به علت میل ترکیبی زیادشان به ایجاد کمپلکس با اجزاء تشکیل دهنده غشاء باعث آسیب به یکپارچگی و کاهش عملکردش می شود. مخمرها به دلیل بقاء و رشد در مکان های آلوده به فلزات سنگین و ظرفیت بالای اتصال فلز به دیواره سلول و میزان بالای جذب درون سلولی، نسبت به سایر میکروارگانسیم ها برای حذف فلزات سنگین از ارجحیت برخوردار هستند. هدف از این تحقیق بررسی حذف فلزات سنگین توسط میکروارگانسیم می باشد.

2- زیست پالایی میکروبی برخی فلزات سنگین خاک

از میکروارگانسیم ها و گیاهان معمولا برای پاکسازی فلزات سنگین استفاده می شوند. فرایند درگیر شدن میکروارگانسیم ها 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) به طور افزایش یافته برای پاکسازی فلزات اکوسیستم آلوده است. همه فلزات سمی هستند، اما مقداری از آن ها در میزان انباشتگی کم مفید هستند. این سمی بودن فلزات علت جدی مرگ و میر است (35) علاوه بر این (31) گزارش کرده که پاکسازی زیستی می تواند توسط اضافه کردن مواد غذایی ارگانیک به خاک از قبیل کود دادن، کمپوست، لجن ها که شرایط خاک مثل حاصلخیزی خاک را افزایش می دهد، پیشرفت کند. به منظور به وجود آوردن محیط زیست سالم تر برای انسان، نیاز است که آب آلوده بدن ها و زمین اصلاح شود تا آن ها را از فلزات سنگین و رد پای عناصر خالی کنیم. چندین تکنیک برای حذف این فلزات سنگین وجود دارد که شامل ته نشین 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 ها را نمیتوان بوسیله روش های جدا سازی فیزیکی از هم جدا کرد. (28) به علاوه روش های فیزیکی شیمیایی بی اثر و یا هزینه بر هستند وقتی که انباشتگی فلزات سنگین بسیار کم است. همچنین روش های زیستی مثل جذب زیستی و یا تجمع در بافت های زنده برای رفع فلزات سنگین ممکن است یک جایگزین جذاب برای روش های فیزیکی شیمیایی باشد. (36،14) پس از استفاده از میکروارگانسیم ها و گیاهان برای پالایش اهداف یک راه حل ممکن برای آلودگی فلزات سنگین شامل تکنولوژی پالایش قابل تحمل برای اصلاح کردن (برطرف کردن) و ایجاد دوباره شرایط طبیعی خاک، می شود. با این حال، معرفی فلزات سنگین داخل خاک با وجود اهمیت حیاتی برای رشد میکروارگانسیم ها در میزان انباشتگی نسبتا کم علت قابل

شوند که به آن گیاه پالایی گفته می‌شود. بنابراین زیست پالایی با عنوان مقرون به صرفه بودن، سازگار با محیط زیست تغییردهنده تکنولوژی در حال ظهور مدرن است که می‌تواند به تعدادی از آلاینده‌ها و شرایط محیطی 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 راه‌هایی برای مقابله با رشد صنعتی و مشکلات مربوط به آن تلاش می‌کند. (16-18,26)

4- انواع زیست پالایی

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

4-1- 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 (8، 10)

4-2- زیست پالایی در محل

درگیر تامین اکسیژن و مواد مغذی توسط گردش محلول‌های آبی از طریق خاک آلوده تا به‌طور طبیعی به تحریک باکتری بپردازد تا آلاینده‌های آلی را کاهش دهند (17)

5- مزیت‌ها و ضررهای زیست پالایی (در محل)

این روش دارای مزایای بالقوه بسیاری می‌باشد به این دلیل که نیازی به حفاری خاک‌های آلوده نداشته و ازین رو ثابت می‌کند مقرون به صرفه است. (10,20)

به‌طور فعال (تجمع) و یا شکل غیرفعال (جذب) انجام می‌دهند (29) دیواره‌های سلول‌های میکروبی که عمدتا از پلی ساکاریدها، لیپیدها و پروتئین تشکیل شده است ارائه‌ی بسیاری از گروه‌های عاملی است که می‌توانند به بسیاری از یون‌های فلزات سنگین متصل شوند و این‌ها شامل کربوکسیلات، هیدروکسیل، آمینو و گروه‌های فسفات می‌شوند (11,21). در میان روش‌های پالایش میکروبی به‌نظر می‌رسد فرآیند جذب عملی‌تر از روند تجمع برای استفاده در مقیاس بزرگتر است. به این دلیل که میکروب‌ها 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 علاوه بر این یک جمعیت سالم میکروارگانیسم‌ها به‌دلیل سمی بودن فلزات سنگین و دیگر عوامل محیطی بسیار دشوار است. (12,2) 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 باکتری‌های بی‌هوازی و قارچ‌ها اتفاق می‌افتد. (13,6) 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 (حشره‌کش‌ها) 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

جدول 1: میکروارگانیسم‌هایی که دارای توانایی تجزیه پذیری زیستی گزنوبیوتیک‌ها هستند (37)

منابع	ترکیبات سمی	میکروارگانیسم
Cybulskiet al, 2003	بنزن-آنتراسن-هیدروکربن‌ها- PCBs	<i>Pseudomonas spp.</i>
Kapleyet al., 1999	هیدروکربن هالوژنه-سولفونات آلکیل بنزن خطی - آروماتیک چند PCBs - حلقه ای	<i>Alcaligenes spp.</i>
Jogdand, 1995	بنزن-هیدروکربن‌ها- پنتاکلروفنول-آروماتیک چند حلقه ای- آلکان‌های زنجیره طویل-فنول-کروزول	<i>Arthrobacter spp.</i>
Cybulskiet al.,2003	هیدروکربن هالوژنه-فنوکسی استات	<i>Bacillus spp.</i>
Jogdand, 1995	آروماتیک	<i>Corynebacterium spp.</i>
Jogdand, 1995	آروماتیک-نفثالن - بی فنیل	<i>Corynebacterium spp.</i>
Jogdand, 1995 DeanRosset al.,2002	آروماتیک، هیدروکربن منشعب بنزن، سیکلوفارافین	<i>Azotobacter spp.</i>

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

جدول 2: میکروارگانیسم هایی که از فلزات سنگین استفاده می کنند (37)

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

- 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.
- 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.
- 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, New York, 307-330.
- Costa C. A. and Duta F. P., 2001. Bioaccumulation of copper, zinc, cadmium and lead by *Bacillus* SP., *Bacillus cereus*, *Bacillus speaerecus* and *Bacillus subtilis*. Braz. J. Microbiol., 32:365-375.
- 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.
- Cybulski Z., Dzuirla E., Kaczorek E. and Olszanowski A., 2003. The influence of emulsifier on hydrocarbon biodegradation by *Pseudomonadacea* and *Bacillaceastrains*. Spill Science and Technology Bulletin, 8:503-507.
- Damodaran D. and Suresh G., 2011. Bioremediation of soil by removing heavy

6- نتایج

زیست پالایی یک روشی برای زدودن آلودگی با افزایش فرآیندهای زیستی و تجزیه بیولوژیکی طبیعی را فراهم می کند. بنابراین با توسعه درک درستی از جوامع میکروبی و پاسخ به محیط زیست طبیعی و آلاینده ها، گسترش دانش ژنتیک میکروب برای افزایش توانایی های برای کاهش آلاینده ها، انجام آزمایش های درست از تکنیک های زیست پالایی جدید که مقرون به صرفه هستند، و اختصاص سایت های که نیز برای هدف پژوهش بلندمدت تعیین می کنند، این فرصت های بالقوه برای پیشرفت های قابل توجهی را ارائه دهد. این تکنولوژی ارائه می دهد یک راه موثر کارآمد و هزینه برای تصفیه آب، زمین آلوده و خاک است.

7- منابع

- Adhikari T., Manna M. C., Singh M. V. and Wanjari, 2004, Bioremediation measure to minimize heavy metals accumulation in soils and crops irrigated with city effluent. Food, agriculture and environment, :266-270.2
- Ajmal M., Rafaqat A. K. and Bilquees A. S., 1996. Studies on removal and recovery of Cr (VI) from electroplating wastes. Water Res., 30:1478-1482.
- Ames B. N., 1971. Chemical mutagens, principles and methods for their detection. Plenum, New York, 267-282.

- 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, 1519 October; pp.1519.
 29. Ijah U. J. J. and Antai S. P., 1988. Degradation and mineralization of crude oil by bacteria. Nigerian Journal of Biotechnology, 5:79-87.
 30. Jin H. P., Dane L., Periyasamy P., Girish C., Nanthi B. and J Woo C., 2011. Role of organic amendment on 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 of heavy metal ions using a poly(4-vinylpyridine) coated microbial sensor. 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, ISSN 0974-1143.
 36. Wood J. M. and Wang H. K., 1983. Microbial resistance to heavy metals. Environ. Sci. Technol., 17:582-590
 37. Vidali M., 2001. Bioremediation: An overview. Pure Applied Chemistry, 73:1163-1172.
 - metals using Saccharomyces cerevisiae. Contaminated Land., 45:198-207.
 11. Dean Ross 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. Water Res., 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 sensitivity resistance 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 Waste Contaminated Soils.
 17. EPA., 2006. Engineering Issue: *In Situ* and *Ex Situ* Biodegradation Technologies for Remediation of Contaminated Sites, 62:6-15.
 18. Favero N., Costa P., Massimino M. L., 1991. *In vitro* uptake of cadmium by basidiomycete Pleurotus ostreatus. 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, Daedalea quercina. 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 rotting fungi. Folia Microbiologica, 39:1151-118.
 21. Gadd, G.M. (2000). Sci Total Environ., 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 Nikaido H., 2007. Microbial biotechnology: Fundamentals of applied Microbiology, 2nd Edition, Cambridge University Press, Cambridge, New York, 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 *Schizosaccharomyces pombe*. FEMS Microbiol. Rev., 14:303-308.
 25. Gunasekaran P., Muthukrishnan J. and Rajendran P., 2003. Microbes in Heavy Metal