بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی
بخش زراعت و اصلاح نبات

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی
گرایش اصلاح نباتات

بررسی بیوسنتز نانو ذرات نقره و تعیین مشخصات آن درعصاره بذر چند گیاه مهم خانواده فاباسه

مؤلف :
سهیلا محمدی

استاد راهنما :
دکتر شهرام پورسیدی

استاد مشاور :
دکتر حسن هاشمی پور رفسنجانی

بهمن ماه ۱۳۹۰

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط درجه کارشناسی ارشد به

بخش زراعت و اصلاح نبات
دانشکده کشاورزی
دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی‌شود.

دانشجو : سهیلا محمدی

استاد راهنما : دکتر شهرام پورسیدی

استاد مشاور : دکتر حسن هاشمی پور رفسنجانی

داور۱ : دکتر احمد عطایی

داور۲ : دکتر جعفر ذوالعلی

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده: دکترمجید رحیم پور

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است.

پروردگارا !

سپاس و ستایش به درگاه بی‌همتایت که سخن گفتن را ارزش انسان قرار دادی و فراگیری دانش را وسیله اعتبار او.

یاریم کن تا آنچه را از دیده‌ها و شنیده‌ها آموخته‌ام، عاشقانه به کار بندم.

خداوندا !

تو را شاکرم که امروز را برایم هموار کردی

تا آرزوی کودکانه‌ام را جامه عمل بپوشانم و

خنده شیرین بر لبان پدرو مادرم بنشانم.

تو را به حق محبت بی‌کرانت یاریم ده تا دانش اندکم،

نه نردبانی باشد برای غرور و نه دست مایه‌ای برای تجارت،

بلکه وسیله‌ای باشد برای تجلیل از ذات مقدست.

مرا به آنچه مورد حسب و رضای توست موفق بدار.

به شکرانه لصف و مرحمت بی پایانت، حاصل بهترین سال‌های زندگیم، هر چند اندک را تقدیم می-کنم به یگانه عزیزان زندگیم.

تقدیم به استاد محترم و محبوبم

که با تمام هدایت و راهنمائیهای دلسوزانه‌شان همواره نمونه بارزی از صبر، تلاش بی امان و فکر کردن به ایده‌های بزرگ در شرایط سخت را به من آموختند.

ورقی از اوراق زندگی‌اش را برایم ارزانی داشته است.

بوسه‌ای بر دستانش که هرچه دارم و هر آنچه هستم

حاصل زحمات و دسترنج پدرانه‌اش می‌باشد.

تقدیم به زلال‌ترین وجود هستی، مادر مهربانم

یگانه‌ای که بزرگوارانه و بی‌دریغ جان نهاد تا جان بگیرم،

او که آغوشش پناه همه خستگی‌هایم است.

او که مهربانیش مثل باران سخاوت،

دستانش همچون خورشید گرم،

و لبخندش آرامشی در طوفان حوادث زندگیم است.

او که هستی خویش را سرمایه وجودم قرار داد و

افتخار امروز من حاصل رنج‌های دیروز اوست.

تقدیم به دایی عزیزم

او که دستان گرمش امید زندگی را در وجودم نوازش می‌دهد و دعای خیرش حامی تمامی لحظات زندگیم است و همواره با حضور سبزشان مایه شور و دلگرمی در زندگیم بوده و هستند. امیدوارم شادی امروز من، دل مهربان و دریایش را شاد و راضی کند.

تقدیم به دوستان پرمهرم

کسانی که برگ‌هایی از دفتر خاطراتم با آنها ورق زده شده و شیرین‌ترین خاطرات زندگیم را در کنار آنها بودم.

تشکرو قدردانی:

اکنون که با لطف و عنایت پروردگار این پایان‌نامه به پایان رسید، بر خود لازم می‌دانم تا از زحمات پدر و مادرم و خواهر و برادرانم تشکر نمایم. همچنین از استاد راهنمای گرامی‌ام در دانشگاه شهید باهنر کرمان جناب آقای دکتر شهرام پورسیدی که صبورانه مرا راهنمایی نموده و از هرگونه همکاری در طول انجام پایان‌نامه دریغ نورزیدند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

همچنین از استاد مشاور محترم پایان‌نامه، آقای دکتر حسن هاشمی پور رفسنجانی که در مراحل انجام این پژوهش زحمات فراوانی تقبل نمودند، تشکر می‌نمایم. از جناب آقایان دکتر جعفر ذولعلی و احمد عطایی که داوری و بازخوانی پایان‌نامه را قبول فرموده و پیشنهادات ارزشمندی را در تکوین این مجموعه ارائه نمودند کمال سپاسگزاری را دارم. از اساتید بزرگوار بخش اصلاح نباتات جناب آقای دکتر حسین شاهسوند حسنی، دکتر قاسم محمدی نژاد، دکتر روح‌الله عبدالشاهی، خانم دکتر پوران گلکار که همواره با رفتار بزرگوارانه خود پشتیبان و مایه دلگرمی دانشجویان بودند قدردانی می‌نمایم. از همکاری صمیمانه کارشناس ارشد بخش میکروب‌شناسی پژوهشکده تعلیم و تربیت کرمان جناب آقای مهندس جاوید امینی و همچنین از زحمات جناب آقای دکتر کانونی عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان در مراحل ابتدایی پژوهش برای تهیه بذور صمیمانه قدردانی می‌نمایم.

تشکر و سپاس بی‌دریغ خود را از عمق وجودم به دوستان پرمهر و عزیزم خانم‌ها مریم نظری، نجمه بابااحمدی، شهناز رحمانی، لیلا اصغری، مهدیه یزدان‌پناه و آقایان محمود فولادوند، اشکان امیرخسروی، خانم مهندس پورتبریزی، خانم عرب مسئول دفتر بخش زراعت و اصلاح نباتات و تمام کسانی که در روند پیشرفت تحصیلی بسیار به من کمک کردند، عرضه می‌دارم. بی‌شک محبت‌های آنان هرگز از خاطرم پاک نخواهد شد.

چکیده

نانوتکنولوژی به عنوان انقلاب صنعتی آینده جهان، در حال تغییر وضعیت کنونی جهان است. به نظر می‌رسد که تاثیرات بیونانوتکنولوژی به عنوان رشته‌ای که حیات موجودات زنده را دگرگون می‌کند، از اهمیت ویژه‌ای در بررسی پیامدهای صنعتی و اجتماعی این انقلاب برخوردار است. یکی از این شاخه‌های مهم نانوتکنولوژی شامل طراحی و تولید نانوذرات می‌باشد و استفاده از آن‌ها روز به روز در حال گسترش است. امروزه تولید نانو ذرات نقره به روش‌های شیمیایی مختلفی انجام می‌گیرد که دارای معایبی از جمله عدم پایداری محلول، یکسان نبودن اندازه ذرات، ناخالص بودن نانو ذرات، راندمان پایین و نیازمند به تجهیزات پیشرفته برای تولید می‌باشد. به همین دلیل محققان به سیستم‌های زیستی تولید نانو ذرات، که دارای حداقل خطرات زیست محیطی بوده و روش‌های تولید ساده و زیست سازگار (Biocompatible) دارند، روی آوردند.

با توجه به اینکه، موضوع نانو ذرات به خصوص نانو ذرات نقره، خواص و کاربردهای آنها، یکی از مباحث مورد توجه در علم بیونانوتکنولوژی می‌باشد، این مطالعه استفاده از روش‌های زیستی را برای محقق شدن در این زمینه پیشنهاد می‌کند. در این تحقیق با استفاده از دستگاه‌هایی چون UV-visible، اسپکتروسکوپ طیف سنج مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR)، اسپکتروسکوپی پلاسمای القایی نشر اتمی (ICP)، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) وجود نانو ذره نقره سنتز شده به کمک عصاره گیاهان مورد بررسی به طریق بیولوژیک ثابت شد.

کلمات کلیدی: بیونانوتکنولوژی، بیوسنتز، نانو ذرات نقره، عصاره گیاهان

فهرست مطالب

عنوان **شماره صفحه**

فصل اول: مقدمه و کلیات

۱-۱-اهمیت مسئله..... ۴

۱-۲-بیان مسئله ۴

۱-۳-گیاه پالایی ۵

۱-۳-۱- انتخاب گیاه مناسب..... ۵

۱-۳-۲- فرآیندهای گیاه پالایی ۵

۱-۳-۳-تجمع کننده‌ها و گیاهان انتخاب شده برای اصلاح خاک‌ها..... ۷

۱-۳-٤-تغییر و اصلاح ژنتیکی برای عصاره‌گیری از گیاهان..... ۹

۱-٤-اهداف این تحقیق..... ۱۳

فصل دوم: بررسی منابع

۲-۱-تاریخچه فناوری نانو..... ۱۵

۲-۲-تعریف واژه نانو..... ۱۷

۲-۳-تعریف نانوتکنولوژی..... ۱۸

۲-۴-جایگاه ایران در فناوری‌نانو از نظر محققان دانشگاه کالیفرنیا ۱۹

۲-۵-بررسی دیدگاه‌های موجود در نانو تکنولوژی ۲۰

۲-۶-نانو ذرات ۲۱

۲-۷-خواص نانو ذرات..... ۲۱

۲-۸-روش‌های تولید نانو ذرات ۲۲
۲-۹-تولید نانو ذرات به روش زیستی ۲۲
۲-۹-۱-استفاده از ارگانیسم‌ها در سنتز نانو ذرات ۲۳
۲-۹-۲-تولید نانو ذرات به وسیله گیاهان ۲۷
۲-۱۰-تقسیم بندی گیاهان براساس احتیاج به آب ۳۳
۲-۱۰-۱-هیدروفیت‌ها ۳۳
۲-۱۰-۲-مزوفیت‌ها ۳۴
۲-۱۰-۳-گزروفیت‌ها ۳۵
۲-۱۱-گیاهشناسی ۳۷
۲-۱۱-۱-ماشک گل خوشه‌ای ۳۷
۲-۱۱-۲-نخود ۳۹
۲-۱۱-۳-لوبیا ۴۰
۲-۱۱-۴-عدس ۴۲
۲-۱۱-۵-گاودانه ۴۳
۲-۱۲-کاربردهای نانو ذرات نقره ۴۴
۲-۱۲-۱-پزشکی ۴۵
۲-۱۲-۱-۱- مقابله با بیماری‌های واگیر میکروبی ۴۶
۲-۱۲-۱-۲- مقابله با انتقال ویروس‌ها (ویروس HIV) ۴۶
۲-۱۲-۲-دارو رسانی ۴۷
۲-۱۲-۳-اعضای مصنوعی ٤٧

۲-۱۲-۴-تشخیص، تحلیل و اکتشاف..... ۴۸
۲-۱۲-۵-کاربرد نانوتکنولوژی در علوم دامی..... ۴۹
۲-۱۲-۵-۱-سیستم‌های سنتتیک آزادکننده مواد دارویی ۴۹
۲-۱۲-۵-۲-تشخیص بیماری و درمان دام‌ها ۴۹
۲-۱۲-۵-۳-اصلاح نژاد دام..... ۵۰
۲-۱۳-بررسی سمیت نانو ذرات ۵۰
۲-۱۴-خصوصیات فلز نقره ۵۱
۲-۱۵- نانو ذرات نقره..... ۵۱
۲-۱۶- اشکال مختلف مورد استفاده نانو نقره ۵۲
۲-۱۷- مکانیسم‌های عملکرد نانو ذرات نقره در برابر باکتری‌ها ۵۲
۲-۱۸-۲- بررسی الگوی بیوسنتز پروتئین باکتری ها در شرایط تنش نقره ۵۳
۲-۱۹- بررسی الگوی الکتروفورزی پروتئین‌ها درگیاهان ۵۵

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱-گونه‌های گیاهی مورد استفاده ۵۸
۳-۲- محیط کشت..... ۵۸
۳-۲-۱- طرز تهیه محلول مادر(ذخیره) عناصر محلول هوگلند..... ۵۸
۳-۳- ضدعفونی کردن بذور..... ۵۹
۳-۴-احیاء نقره توسط عصاره ۶۰
۳-۵-دستگاه‌های مورد استفاده در این پژوهش..... ۶۲

۳-۵-۱-اسپکتروسکوپی نشر اتمی..... ۶۲
۳-۵-۱- FTIR..... ۶۲
۳-۵-۳- TEM..... ۶۳
۳-۶-تهیه نمونه برای آنالیز ۶۳
۳-۶-۱- اسپکتروفتومتر UV-visible ۶۳
۳-۶-۲-اسپکتروسکوپی نشر اتمی ICP..... ۶۴
۳-۶-۳- FTIR..... ۶۵
۳-۶-۴- میکروسکوپ االکترونی روبشی ۶۵
۳- ۶-۵- میکروسکوپ الکترونی عبوری ۶۶
۳-۷- بررسی تنش نیترات نقره در مرحله جوانه‌زنی ۶۶
۳-۸- بررسی الگوی الکتروفورزی پروتئین‌ها در گیاهان ۶۷
۳-۸-۱- استخراج پروتئین..... ۶۷
۳-۸-۲- اندازه‌گیری میزان پروتئین کل..... ۶۸

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱- اسپکتروفتومتر (UV-visible)..... ۷۰
۴-۲-ICP..... ۷۷
۴-۳-FTIR ۷۸
۴-۴-SEM ۸۳

۴-۴-۱-EDX ۸۳

۴-۵-TEM ۸۸

۴-۶- بررسی پروتئین‌ها ۹۱

۴-۶-۱-جوانه زنی و انتخاب بهترین غلظت نیترات نقره ۹۱

۴-۶-۱-۱-بذر گیاه لوبیا ۹۳

۴-۶-۱-۲- بذر گیاه نخود کاکا ۹۶

۴-۶-۱-۳- بذر گیاه نخود هیبرید(SEL93TH24460) ۹۹

نتیجه‌گیری کلی ۱۰۴

پیشنهادات ۱۰۵

منابع ۱۰۶

فصل اول

مقدمه و کلیات

در بحث‌های مربوط به استخراج معدن، کشاورزی، متالورژی، سوختن سوخت‌های فلزی و عملیات نظامی همه با مقادیر بالای سمیت فلزات و محیط آلوده به این فلزات که فاکتوری مهم روی سلامت محیط زیست و در پی آن انسان هستند، درارتباطند. پاک‌سازی محیط زیست با از بین بردن این ترکیبات پایا و پرخطرکه به نیازهای ما سرایت کرده، خط‌مشی کارایی است که به ما اجازه می‌دهد از استقرار مجدد این سایت‌های آلوده جلوگیری کنیم. همچنین معلوم شده که روش‌هایی منجر به عدم تحرک این فلزات در محیط خاک به منظورکاهش خطرآنها برای انتشار بیشتر در محیط، می‌شود. چنین روش‌هایی چندین اشکال دارند که شامل: استفاده بالا، عملیات پرهزینه و به طور کلی کارایی پایین در مورد تعداد کم غلظت فلز و اغلب تغییر معنی‌داری در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک است.

استفاده از گیاهان برای اصلاح خاک‌های آلوده به ترکیبات غیرزیستی و ترکیبات زیستی بیگانه در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرارگرفته و به استفاد از گیاهان تجمع‌کننده مفهوم بخشیده است (Doty, 2008; Macek et al., 2008; Eapen et al., 2007; Eapen & DSouza, 2005; Cherian & Oliveira, 2005; Macek et al., 2004). استفاده از گیاهان تجمع‌کننده به علت دارابودن بعضی از ویژگی‌های مفید نسبت به ارگانیسم‌های تجمع‌کننده بهترند: قابلیت اتوتروفیک گیاهان برای تولید بیوماس بالا با نیازهای غذایی کم، قابلیت کاهش انتشار آلودگی در حین فرسایش بادی و آبی و پذیرش عمومی بالای آنها.

گیاهان همچنین ریشه‌های پرمنفعت مختلفی را تولید می‌کنند که از تکثیر بالای تمام گونه‌های گیاهی حمایت می‌کند به این ترتیب با شرکت در عملیات اصلاح خاک، به ویژه در ارتباط با ریزوسفر، به عنوان شلاته‌کننده‌های خوبی که مسئول عدم تحرک عناصر در ساختارهایی هستند که به فرم قابل دسترس‌اند، نقش خود را ایفا می‌نمایند. برای تجمع فلزات ازگیاهانی استفاده می‌شوند که قادر باشند آلودگی را در بخش‌های قابل برداشت بالای زمین متمرکز کنند. ریزوسفر موجود در ناحیه ریشه گیاهان قادر به جذب، تمرکز و یا ته‌نشینی آلودگی از نهرهای فرعی آلوده هستند. فرض پایداری گیاهی با استفاده از گیاهانی که از مهاجرت آلودگی جلوگیری می‌کنند به دلیل عمل بی‌ضرر آنهاست.

جلوگیری‌کنندگی از تبخیر به وسیله گیاهان فرآیندی است که اجازه می‌دهد آلودگی به صورت بخار در میان سطح برگ جمع شود و به این ترتیب از بخار شدن آنها جلوگیری به عمل می‌آورد. (Doty, 2008; Macek et al., 2008; Eapen et al., 2007; Eapen & DSouza, 2005; Cherian & Oliveira, 2005).

مکانیسم‌های فیزیولوژیکی تجمع فلزات و عدم سمیت آنها به خوبی تعیین‌کننده اصول اساسی مولکولی و ژنتیکی چنین ویژگی‌هایی است که در اکثر ارگانیسم‌ها بنا نهاده شده است و اصول محکمی را برای انتخاب ژن مناسب در گیاهان به منظور بهبود پتانسیل اصلاح‌کنندگی آنها ارائه می‌دهد(Kotrba et al., 2009).

در راستای تحولات اخیر زندگی انسان، علم نانوتکنولوژی توسعه یافته و تقریبا در همه رشته‌های علمی، نشانه‌هایی از آن یافت می‌شود. محققان نانوتکنولوژی با فناوری جدید در رابطه با نانو ذرات آشنا شده‌اند که ممکن است نقش بسیار زیادی در آینده ایفا کند. محققان در زمینه سنتز نانو ذرات به سیستم‌های زیستی توجه خاص دارند. مسلما این نکته قابل توجه است که ارگانیسم‌های زیادی، هم تک سلولی و هم چندسلولی، توانایی تولید مواد غیر آلی را هم به صورت درون سلولی و برون سلولی دارا می‌باشند.

نانوذرات یک دستاورد شگرف علمی از نانوتکنولوژی است که در عرصه‌های مختلف پزشکی، صنایع مختلف کشاورزی و دامپروری و بسته بندی، لوازم خانگی، آرایشی، بهداشتی و نظامی کاربرد دارد. از این رو، به لحاظ بازدهی بالا، عملی بودن و افزایش طرفیت‌ها مقرون به صرفه بودن از نظر اقتصادی و سازگاری با محیط زیست و ماندگاری بسیار زیاد، در مقایسه با دیگر روش‌های فرآوری و تولید ارجحیت دارد.

۱-۱- اهمیت مسئله

یون نقره برای اکثر میکروارگانیسم‌ها سمی بوده و از آن به عنوان یک عامل ضد میکروبی استفاده می‌شود. گزارشاتی از مقاومت برخی از سویه‌ها به آن دیده شده است که می‌توانند تا حدود ۲۰٪ وزن خشک سلولی، ذرات نقره را درون سلول جمع نمایند و یا یون‌های نقره را در محیط احیاء کرده و به صورت نانو ذرات نقره در آورند(Reetz et al.,1999). نانو ذراتی که از طریق زیستی تولید می‌شوند نسبت به ذرات تولید شده از طریق شیمیایی به دلیل عدم وجود ریشه‌های سمی آلی در سطح، ارجحیت دارند از این رو می‌توانند کاربردهای مختلفی به عنوان حامل‌های احتمالی در صنایع پزشکی و داروسازی داشته باشند.

۱-۲- بیان مسئله

فناوری نانو دارای پتانسیلی قوی برای یک انقلاب گسترده و به عبارتی صنعتی می‌باشد. در سال‌های اخیر تلاش‌های بسیار زیادی برای تولید نانو ذرات به دلیل خواص ویژه نوری، شیمیایی، الکتریکی و فتوالکتریک آنها صورت گرفته است، که موید استفاده‌های گوناگون این مواد در زمینه‌هایی چون کاتالیست‌ها، اپتیک‌ها، مغناطیس و انرژی است. یکی از شاخه‌های مهم نانوتکنولوژی شامل طراحی و تولید نانوذرات با ترکیبات شیمیایی، اندازه و ابعاد متفاوت می‌باشد و استفاده از آنها روز به روز در حال گسترش است. امروزه تولید نانو ذرات نقره به روش‌های مختلف شیمیایی انجام می‌شود که دارای معایبی می‌باشند. مطالعات انجام شده نشان داده است که سنتز نانو ذرات با استفاده از روش‌های شیمیایی، به لحاظ تجهیزات مورد نیاز در مقایسه با روش‌های دیگر بسیار پرهزینه است، همچنین واکنش الکتروشیمی نیز از جمله واکنش‌های بسیار پیچیده‌ای می‌باشند که در بعضی از موارد ایجاد توزیع یکنواخت از ذرات، کار بسیار دشواری است و نیاز به تجهیزات زیادی نیز دارد (Cassell et al., 1999). همچنین واکنش‌های احیای شیمیایی با وجود سهولت دارای معایبی هستند که عمده‌ترین مسئله‌ای که در این واکنش‌ها مطرح است زمان انجام واکنش است که عموما بسیار طولانی است و در بعضی از موارد مانند واکنش‌های کاهش الکلی، در حجم بالا و تحت عمل واکنش انجام پذیر نیست. روش‌های مختلف تولید نانو ذرات از نظر دست‌یابی به ذراتی با ترکیب و اندازه دانه معین و توزیع مناسب، مصرف انرژی و راحتی کار هنوز در حال توسعه و بررسی است. اخیرا نیاز روزافزون به توسعه تولید نانو ذرات نقره با استفاده از روش‌هایی که در آنها از مواد شیمیایی استفاده نگردد و از لحاظ زیست محیطی ایمن باشند روبه گسترش می‌باشد.

از فاکتورهای بسیار مهم در تولید کاربردی نانو ذرات فلزی: سادگی و تکرار پذیر بودن واکنش، کوتاه بودن مدت زمان واکنش، حجم تولید بالا و همچنین هزینه مناسب تولید می‌باشد. به همین

دلیل امروزه محققان به سیستم‌های زیستی تولید نانو ذرات که دارای حداقل خطرات زیست محیطی بوده و ساده و مقرون به صرفه می‌باشند، روی آورده‌اند. نانو ذراتی که به روش‌های مختلف شیمیایی تولید می‌گردند. دارای معایبی از جمله عدم پایداری محلول، یکسان نبودن اندازه ذرات، ناخالص بودن نانو ذرات تولید شده و راندمان پایین تولید می‌باشند در حالی که بکارگیری روش‌های زیستی برای تولید نانو ذرات نقره معایب فوق را تا حدودی برطرف نموده است(Aiken et al., 1999).

۱-۳-گیاه پالایی

یکی از کارآمدترین روش‌ها به منظور کاهش و حذف آلودگی‌ها از آب و خاک پدیده Bioremidation برمبنای استفاده از موجودات زنده در مقابل با این مشکل است. Phytoremidation یکی از روش‌های این پدیده است که در آن با شناخت کافی از نحوه عملکرد گیاه، با کشت گیاه در مناطق آلوده نسبت به حذف این آلودگی‌ها از خاک و آب اقدام می‌کنند، در واقع فن‌آوری پالایش آلودگی آب و خاک به فلزات سنگین حاصل از فعالیت‌های مختلف بشریت، احتراق سوخت‌های فسیلی، تصفیه سنگ‌های حاوی فلز، فاضلاب‌های شهری، آفت‌کش-ها و..... است.

۱-۳-۱- انتخاب گیاه مناسب

گیاه مناسب به منظور استفاده در فرآیند گیاه پالایی باید ویژگی های زیر را داشته باشد:

۱- قابلیت تجمع: بدین معنی که قابلیت تجمع سطوح بالایی از فلزات را در قسمت‌های قابل برداشت خود داشته باشد.
۲- نوع فلز سنگین: گسترش وسیعی جهت تجمع فلزات مختلف را دارا باشد.
۳- سیستم ریشه: دارای سیستم ریشه گسترده و فراوانی باشد.
۴- بیومس: پتانسیل تولید بیومس بالایی را در مزرعه دارا باشد.
۵- توانایی مقاومت: به سطوح بالایی از فلزات مقاوم باشد.
۶- رشد سریع: دارای سرعت رشد بالایی باشد.

۱-۳-۲- فرآیندهای گیاه پالایی به شش دسته تقسیم می‌شوند(Schnoor, 1997):

۱- دگرشکلی گیاهی (Phytotransformation)

به جذب آلاینده‌های آلی و عناصر آلوده کننده خاک، آب‌های سطحی و زیرزمینی و تغییر شکل آن‌ها به وسیله گیاه دگرشکلی گیاهی گفته می‌شود. این روش به جذب مستقیم آلاینده‌ها ار فاز آبی خاک و تجمع متابولیت‌های حاصل از آن‌ها وابسته است. به منظور استفاده کاربردی از این

روش لازم است متابولیت‌های تجمع یافته غیر سمی باشند و یا حداقل به نسبت مواد مادری سمیت کمتری داشته باشند. آنزیم‌هایی مثل نیتروردوکتازها و یا لیگازها می‌توانند ضایعات آمونیاکی مانند T.N.T را شکسته و به مواد متابولیسمی گیاه تبدیل کنند.

۲- تجزیه بیولوژیک در محیط ریشه (Rhisophere Bioremedition)

این روش باعث افزایش کربن آلی خاک، باکتری‌ها، قارچ‌های مایکوریزا و دیگر فاکتورهایی می‌شود که در تجزیه مواد شیمیایی خاک موثرند. بدین ترتیب که میکروارگانیسم‌ها مواد آلی را هضم و به عنوان غذا مصرف می‌کنند و یا آنها را به مواد دیگری که برای بشر خطر کمتری داشته باشند تبدیل می‌کنند. همچنین ممکن است گیاهان ترشحاتی را در محیط خاک آزاد کنند که باعث بهبود تجزیه مواد شیمیایی شود.

۳- تثبیت سازی گیاهی (Phytostabilization)

در این روش با استفاده یک پوشش گیاهی، رسوبات و یا بافت‌های آلوده خاک تثبیت می‌شود. استقرار پوشش‌های گیاهی با تراکم بالا باعث جلوگیری از حرکت ذرات گرد و غبار به وسیله جریان باد می‌گردد.

مکانیسم این عمل به شرح مراحل زیر است: ۱- فلزات سنگین به حالت آزاد در خاک وجود دارند ۲- تشکیل کمپلکس فلز با اسیدهای آلی یا مواد مترشحه از ریشه ۳- جذب سطحی و درونی و تجمع در ریشه به وسیله قرار گرفتن در واکوئل سلولی ۴- رسوب یا ته‌نشینی در محیط ریشه توسط تشکیل کمپلکس ۵- درآوندهای چوبی حمل و انتقال نمی‌یابد.

اگرچه هدف از این عمل حذف فلزات سنگین و آلوده‌کننده‌ها از مکان نیست بلکه به واسطه تنوع و پراکنش این عوامل تثبیت آنها و کاهش خطرات ناشی از وجود آنها در سلامت انسان و محیط مدنظر قرار دارد. گیاه انتخاب شده باید در انتقال فلزات سنگین به قسمت‌های بالایی خود ضعیف باشد.

۴- عصاره‌کشی گیاهی (Phytoextraction)

در این روش از گیاهانی که قادر به جذب فلزات از خاک و انتقال آنها به اندام‌های هوایی خود می‌باشند استفاده می‌شود. گیاهان ویژه‌ای قادرند به طور معمول مقادیر زیادی از فلزات را در مقایسه با سایر گیاهان جذب کنند. این گیاهان که سوپر جاذب نامیده می‌شوند توانایی زیادی برای جذب و ذخیره مواد درون بافت‌های خود دارند.

مکانیسم آنها به این ترتیب است: ۱- تحرک فلزات به وسیله کاهش کلاته شدن ۲- جذب و توقف در ریشه ۳- انتقال به اندام‌های هوایی توسط آوند چوب ۴- انتشار به بافت‌های مختلف اندام‌های هوایی توسط آوند چوب.

۵- تبخیرسازی گیاهی (Phytovolatilization)

استفاده از گیاهان جهت استخراج فلزات از خاک و محیط آلوده و آزاد کردن این عناصر به اتمسفر بوسیله عمل تبخیر.

مراحل انجام آن به شرح زیر است: ۱- جذب فلزات به وسیله مسیر سیمپلاست و آپوپلاست ۲- انتقال در آوند چوب توسط مسیر سیمپلاست و رسیدن به شاخه‌ها و اندام‌های هوایی ۳- تبدیل شدن فلزات به حالت گازی در برگ‌ها ۴- انتشار یا آزادسازی فلزات به اتمسفر در حالت گازی.

۶- فیلتراسیون ریشه‌ای (Rhizofiltration)

به استفاده از ریشه‌های گیاه به منظور جذب، تجمع و رسوب آلاینده‌های فلزی از آب‌های سطحی و زیرزمینی گفته می‌شود. ریشه‌های گیاهان قادرند مقادیر زیادی از روی و کروم را به همراه آب جذب کنند. زمانی که ریشه گیاه از مواد آلاینده اشباع شد، گیاه برداشت می‌شود.

گیاهان برای رشد وکامل شدن سیکل حیات علاوه بر مصرف عناصر پرمصرف مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گوگرد، کلسیم و منیزیم به عناصر ضروری کم مصرف مثل آهن، روی، منگنز، نیکل، مس و مولیبدن نیز نیاز دارند. معمولا مکانیسم جذب انتخابی است. گیاهان ترجیحا بعضی فلزات و یون‌ها را بیشتر از سایر یون‌ها جذب می‌کنند. در حقیقت این امر یک فرآیندی است که درگیاهان سوپر جاذب اتفاق می‌افتد. مطالعات اخیر نشان داداه است که تجمع فلزات در برگ‌ها ممکن است به گونه‌های سوپر جاذب این امکان را بدهد که در برابر بعضی از آفات و بیماری‌ها مقابله کنند. گیاهان از لحاظ نحوه کنترل مواد به درون خود در سه گروه ممانعت‌کننده[1]، سوپرجاذب[2] و شاخص[3] قرار می‌گیرند(Nyert et al., 1996).

۱-۳-۳- تجمع‌کننده‌ها و گیاهان انتخاب شده مناسب برای اصلاح خاک‌ها

پدیده‌های طبیعی مربوط به فلزات سنگین و درک آنها و مقاومت‌شان جرقه‌هایی از اشتیاق را در بین متخصصان فیزیولوژیست گیاهی، اکولوژیست‌ها و بیولوژیست‌های تکامل در حدود پنجاه سال گذشته ایجاد کرده است. گیاهانی به عنوان تجمع‌کننده مورد توجه قرار گرفتند که قادر باشند در داخل اندام‌های خود پنجاه تا پانصد برابر غلظت آنچه در سطح خاک دیده می‌شود را ذخیره

---

[1]- Excluder
[2]- Hyperaccmulator
[3]- Indicator

کنند (Clemens, 2006; Clemens et al., 2002). استفاده از تعریف دیگری برای اصطلاح تجمع‌کننده برای گونه‌هایی است که قادر باشند صد برابر بیشتر از غلظت این عناصر در سطح خاک با همان خصوصیات آنها را نگهداری کنند(Brooks, 1998).

بیش از ٤٥٠ گونه گیاهی که بالغ بر ٤٥ خانواده هستند این تعاریف ذکر شده در موردشان صدق می‌کند. بیشترین تجمع کننده شناخته شده خردل پارسی[1] است که قادر به تجمع Zn^{+2} و به‌ویژه Cd^{+2} و Ni^{+2} است(Milner & Kochian, 2008; Backer et al., 2000). اکوتیپ‌های مشخصی قادر به تجمع 30000ppm از Zn و 10000ppm از Cd در درون ساقه های خود بدون هیچ گونه حالت سمیتی هستند. گیاهان دیگر متعلق به خانواه براسیکا(Brassicaceae) مثل چون قدومه[2]، خردل هندی[3] و لگومی مثل کتیرا[4]، همچنین به عنوان تجمع‌کنندگان فلزات سنگین با غلظت بالا شناخته شده‌اند(Reeves & Backer, 2000). اخیرا بیشترین تجمع Zn^{+2}، Cd^{+2} و $Pb+^{2}$ در گل ناز آسیایی[5] از خانواده Crassulaceae با محتوای Zn بالغ بر ۲٪ وزن ساقه مورد توجه قرار گرفته است(yang et al., 2006; Lu et al., 2008; Deng et al.,2008). هنوز علت اینکه چرا بعضی از گیاهان فنوتیپ تجمع‌کنندگی عناصر سنگین به خود می‌گیرند هنوز روشن نیست، شاید یک احتمال برای آن این باشد که فلز برای انجام بعضی عملیات دفاعی برعلیه بعضی شکارگران و پاتوژن‌ها اعمالی را اجرا می‌کند(Boyd, 2007). پتانسیل به نژادی برای بیشتر گونه‌ها محدود است و این به دلیل رشد کند آنها، بیومس پایین و اغلب سفت و خشبی بودن و فیزیولوژی ظاهری آنهاست (Chaey et al., 2005). نتایج نشان داده است که گیاهان اصلاح‌کننده گذشته از داشتن یک توانایی ذاتی برای بیش تجمعی یا مقاومت در بافت‌هایشان، باید یک بیومس با رشد سریع و بالا را داشته باشند تا به طور ایده‌آل برای حشرات تنفرآور باشند و از تجمع فلزات در داخل زنجیره غذایی جلوگیری کنند، همچنین یک حوضه وسیع با سیستم ریشه انشعابی زیاد، حوضه جغرافیایی گسترده و عملیات کشت و برداشت آن‌ها آسان باشد.

برای توانایی بالای تجمع فلزات ترجیحا خصوصیات رشد و آناتومی گیاه مورد توجه قرار می‌گیرد و تلاش‌هایی برای دست وررزی ژنتیکی گیاهان کاندید به منظور افزایش جذب، جابجایی و مقاومت آنها انجام شده است. یک کاندیدای مناسب باید علاوه بر این ها برای ایجاد تغییر و تبدیل ژنتیکی مستعد باشد. بعضی از متالوفیت‌هایی که رویه دست ورزی ژنتیکی در آنها نهادینه

1- *Thalaspi caerulescens*
2- *Alyssum sp*
3- *Brassica Junceae*
4- *Astragalus racemosus*
5- *Sedum alfredii*