4th Conference on Recent Research in Science and Technology
چهارمین همایش پژوهش های نوین در علوم و فناوری
۲۵ اسفندماه ۱۳۹۴
March 15, 2016

استخراج گیاهی طلا توسط گیاه گل گاوزبان عادی و کامپوزیت

محمود ملکی[۱]، خسرو پیری[۲]

Phytoextraction of gold by normal and Composite *Borago officinalis*

Mahmood maleki,Kosro piri*
Email: khpiri@gmail.com

چکیده

برداشت زیستی فلزات از گیاهان با بیوماس بالا که در بسترهای خاک رشد می کنند بویژه در خاک های معدنی زیر آستان اقتصادی اصطلاحاً فایتوماینینگ گفته می شود.این فناوری اخیراً برای استخراج گیاهی با معادن زیستی کم حجم و عاری از سولفید توسعه یافته است. این فناوری دارای قابلیت کاربردی در صنعت معدن برای کسب سود اقتصادی ناشی از تولید تجاری فلزات از طریق کشت گیاهان است.در این بررسی گیاه گل گاوزبان خوزستانی در قالب آزمایشات فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی برای جذب طلا مورد آزمون قرار گرفتند. نتایج بررسی نشان می دهد که گیاه گل گاوزبان دارای بیوماس گیاهی و قابلیت جذب طلای بالایی دارد و امکان تجاری سازی در این فناوری را دارد. این گیاه علاوه بر این که در این فناوری قابلیت تجاری سازی دارد می تواند در پاکسازی و آماده سازی خاک هایی که معدن کاری در آنها صورت گرفته برای مقاصد کشاورزی نیز مناسب باشد.

کلمات کلیدی

پالایش گیاهی ،استخراج گیاهی،فایتوماینینگ،گل گاوزبان،طلا

۱. مقدمه

ابرجاذب طلا در سال ۱۹۸۸ با میزان تجمع ۱ میلی گرم بر کیلوگرم با این فرض که میزان عادی تجمع طلا در گیاهان ۰،۰۲میلی گرم است تعریف شد[۱]. اندرسون و همکاران (۱۹۹۸) خردل هندی را با تیوسیانید آمونیوم با نسبت۰، ۸۰،۱۶۰ ، ۳۲۰ و ۶۴۰ میلی گرم/کیلوگرم وزن خشک بستر کشت تیمارکردند و گیاهان درگلدان های که خاک آنها بطور مصنوعی با ۵ میلی گرم طلا بصورت مشابه با فرم طبیعی، اکسید شده ، غیر سولفیدی موجود در معدن آلوده شده بودند، کشت شدند. جذب بالای طلا با تیمار تیوسیانید به میزان ۱۶۰ میلی گرم برابر ۵۷ میلی گرم بر کیلوگرم بیوماس خشک گیاه بود. در آزمایش مشابه دیگر بر روی خردل هندی که در بستر ۵ میلی گرم و با۲۵۰ میلی گرم تیوسیانید آمونیوم تیمار شده بود نتایج کار اندرسون را تایید می کرد[۲]. اندرسون و همکاران (۲۰۰۳) پیش بینی کردند که برداشت محصول ۱۰ تن در هکتار با غلظت ۱۰۰ میلی گرم در

---

[۱] دانشجوی دکتری بیوتکنولوژی، گروه بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بو علی سینای همدان

[۲] گروه بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بو علی سینای همدان

Archive of SID
www.SID.ir

بافت گیاهی می تواند ۱ کیلو طلا در هکتار محصول بدهد که می تواند ارزش اقتصادی داشته باشد. در آزمایش اندرسون و همکاران که با گیاه خردل هندی و ذرت انجام شد و فرایند القا بوسیله سیانید سدیم و تیوسیانید در خاک معدن اکسیده نشده با عیار ۰,۶ میلی گرم انجام شد، مشخص شد که خردل هندی بهترین توانایی را درتیمار سیانید سدیم داشت و میزان متوسط غلظت طلا ۳۹ میلی گرم بود و بالاترین میزان غلظت نیز ۶۳ میلی گرم بود[۲].

در آزمایش انجام شده توسط مزویا و همکاران (۲۰۰۰) که بر روی ۵ محصول ریشه ای(هویج، لبو، پیاز و دو رقم از تربچه) انجام شد و مواد گیاهی در بستر حاوی ۳,۸ میلی طلا کشت شدند، میزان استحصال طلا برای هویج ۷۷۹ گرم در هکتار با تیمار تیوسیانید آمونیوم و ۱,۴۵ کیلوگرم با تیمار تیوسولفید گزارش شده است[۷]. لمب و همکاران(۲۰۰۱) سه گونه گیاهی *B. juncea*، *B. coddii* و شیکوری را برای تعیین غلظت طلا در قسمت های مختلف گیاه،با محلول های تیوسیانید و سیانید القاء کردند. مواد شیمیایی حلال مثل KI ، KBr، Na_2SO_3 و NaSCN در خردل هندی و شیکوری مورد استفاده قرار گرفت و نتایج بسیار متفاوتی در میزان جذب گیاهی طلا در اثر اعمال این تیمارها ایجاد شد و سیانید بهترین نتیجه را درشیکوری و با میزان تجمع ۱۶۴ میلی گرم/کیلوگرم در بیوماس خشک نشان داد. حداکثر میزان جذب در اثر تیمارهای NaS_2O_3، KI و NaSCN به ترتیب برابر ۵۱، ۴۱ و ۳۱ میلی گرم بر کیلوگرم در بیوماس خشک بود[۵]. گرادا- تورسیدا و همکاران(۲۰۰۵) گزارش کردند که گیاه بید صحرا *C. linearis* (از صحرای چی هواهان مکزیک) قابلیت استفاده در فایتوماینینگ را دارد. نهال های بید صحرایی در حضور غلظت های پایین تر از ۱×۱۰^{-۴} میلی مول در لیتر از سیانید آمونیم بخوبی رشد می کند و رشد ساقه تحت تاثیر این غلظت و طلا قرار نمی گیرد. در هنگام استفاده از این غلظت سیانید آمونیم و طلای ۵ پی پی ام افزایش تجمع طلا در حدود ۵۹۵ ، ۳۹۶ و ۴۷۶ درصد به ترتیب در ریشه ها، ساقه ها و برگ ها مشاهده شد(غلظت ثابت ۵ پی پی ام طلا).در این بررسی مشخص گردید که این گیاه تولید نانو ذرات طلا با شعاع ۰,۵۵نانومتر می کند[۴].

موهان(۲۰۰۵) پیشنهاد نمود که این فناوری کارایی بالایی برای استخراج طلا از بقایای باطله ها و معادن با عیار پایین در منطقه کارناتاکا می تواند داشته باشد. استخراج متداول معدن باعث کاهش سطح طلا به ۳ پی پی ام رسیده و باعث تعطیلی معدن شده است و کمیته ای که بر روی این معدن کار می کند طرحی را برای بازیافت طلا از باطله های بسیار زیادی که طی سال ها جمع شده پیشنهاد کرده اند. مطالعات نشان داده که ۳۳ میلیون تن باطله طی سال ها جمع شده که غلظتی بین ۰,۸-۰,۷پی پی ام طلا دارند که منبعی برای ۲۴ تن طلاست[۶].

در بررسی انجام شده در سال ۲۰۰۶ در مکزیک، توانایی گیاهان برای استخراج طلا در بستر ماسه سلیکاتی مورد آزمون قرار گرفت که گونه های موردبررسی شامل:*Amaranthus spp.*، *Sorghum halepense (L.) Pers*، *Helianthus annuus L*، *Sesamum indicum L.*، *Gossypium hirsutum L.*، *Brassica campestris L.* و *Amoreuxia palmatifida* بود. نتایج این بررسی نشان داد که غلظت طلا در بافت خشک گیاهی با ا لقاء تیوسیانید آمونیوم(g/kg ۱در بستر کشت) می تواند تا mg/kg ۳۰۴ برسد[۱۰]در آزمایش دیگری که در سال ۲۰۰۷ و در استرالیا انجام شد از خاک معدن طبیعی با میزان طلای ۱,۷۵ پی پی ام بود استفاده شد و pH خاک برابر ۵ بود. گونه های مورد بررسی شامل این گیاهان بود: *Acacia decurrens*، *Eucalyptus polybractea*، *Sorghum bicolor*، *Trifolium repens L.*، *Bothriochloa macra*، *Austrodanthonia caespitosa*. همه

Archive of SID

گیاهان در گلدان هایی کشت شدند که حاوی ۵۰۰ گرم خاک معدن بود و ۵-۳ ماه قبل با سیانید سدیم به نسبت ۱-۰,۱گرم در کیلوگرم خاک تیمار شده بودند. بیشترین میزان جذب در ساقه ها و برگ های پیر دید شده و حداقل مقدار نیز در بافت های جوان تر دیده شده است. میزان جذب طلا با افزایش میزان سیانید خاک افزایش یافته و نتایج نشان می دهد که گیاهان در حالت واقعی و با خاک معادن با عیار پایین پتانسیل جذب طلا را دارند[۸]

در ارزیابی انجام شده دیگردر کشور مکزیک ودر سال ۲۰۰۹ ، توانایی استخراج طلا در خاک باطله معدن با غلظت طلای ppm ۲,۳۵و PH برابر ۷,۳ در گلخانه مورد بررسی قرار گرفت که گونه گیاهی *S.halepense* در این خاک کشت شد و ترکیبات سیانیدی و تیوسولفات برای حلالیت طلا استفاده شده بود. این آزمایش نشان داد که با القاء سیانید سدیم به میزان mg/kg ۱ میزان تجمع طلا به mg/kg ۳۱ وزن خشک گیاه رسید. مشابه با این بررسی درگونه گیاهی *Kalanchoe serrata* که گونه ای مقاوم به گرما و شرایط سخت بیابان است، میزان تجمع طلا با القاء سیانید به mg/kg ۲۱ رسید[۱۲].

۲. مواد و روش ها

بررسی گلخانه ای با استفاده از خاک معدن زرشوران (با مختصات جغرافیایی عرض ۳۶-۳۷ درجه و طول ۴۶-۴۸ درجه) توسط گیاه گل گاوزبان در گلخانه دانشگاه آزاد اسلامی واحد ابهر انجام شد. برای استخراج گیاهی طلا، خاک معدن زرشوران پس از عبور از الک ۲ میلی متری به میزانkg ۳ در هر گلدان ریخته شد. تیمار بذور برای جوانه زنی انجام شد. آزمایشات فاکتوریل بر اساس طرح کاملاً تصادفی پس از تصادفی سازی بکار رفت. در این آزمایشات میزان تیمار شیمیایی در دو سطح a_1=1 mg/kg و a_2= 2 mg/kg به عنوان فاکتور A و نوع تیمار شیمیایی در ۴ سطح به عنوان فاکتورB به قرار زیر انجام شد :

b_1تیوسولفات آمونیوم، b_2 تیوسیانید آمونیوم، b_3 سیانید سدیم و b_4 سیانید پتاسیم

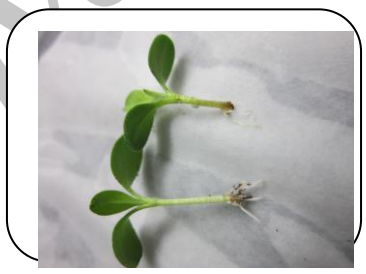
گیاهان کشت شده ۴۰ روز پس از جوانه زنی در گلدان باقی ماندند و آبیاری گیاهان بصورت روزانه و بصورت آب پاشی انجام شد تا مواد غذایی گلدان ها تحلیه نشود. دو هفته پس از کشت نیز یکبار کود میکرو، الیت سبز بصورت g/l ۰,۲۵به تمام گلدان ها افزوده شد تا به بهبود رشد گیاهان کمک نماید. گیاهان کشت شده در گلدان ۴۰ روز پس از جوانه زنی تحت تیمار سیانید سدیم، تیوسیانید آمونیوم، تیوسولفات آمونیوم و سیانید سدیم هر کدام در دو سطح ۱ و ۲ میلی گرم بر کیلوگرم خاک قرار گرفتند. ۱۰ روز پس از اعمال تیمار های شیمیایی مواد گیاهی برداشت گردیدندکه بیشتر گیاهان تحت تاثیر تیمارهای شیمیایی خشک شده بودند.گیاهان تیمار شده با مواد شیمیایی برداشت شدند و پس از انتقال نمونه ها از گلخانه به آزمایشگاه ابتدا بخش هوایی ازریشه جدا سازی شد و هر دو بخش با آب معمولی چند بار شستشو داده شدند تا خاک،گرد و غبار و فلز احتمالی از روی آنها حذف شود و سپس نمونه ها با آب مقطر آبکشی شدند. وقتی نمونه ها آب شستشو را از دست دادند بافت ریشه و اندام هوایی خرد شد و با ترازوی دقیق توزین شدند و سپس در آون و در دمای ۸۵ درجه سانتیگراد به مدت یک هفته خشک شدند. نمونه های خشک شده دوباره توزین شدند تا وزن خشک آنها مشخص شود، سپس نمونه ها برای هضم کردن آماده شدند. یک گرم پودر گیاه را که از الک نیم میلی متر عبور داده شده است توزین و ۰,۲ گرم از پودر توزین شده در داخل کروزه(با حجمml ۱۰) ریخته شد و در کوره قرار گرفت و در

Archive of SID

www.SID.ir

عرض ۲ ساعت دمای کوره کم کم افزایش داده و به ۵۵۰ درجه سانتی گراد رسید. بعضی مواقع درب کروزه باز گذاشته شد تا عمل ترکیب با اکسیژن هوا به خوبی انجام گیرد. ۱۲ ساعت و در طول شب در آن دما می ماند تا به خاکستر سفید تبدیل شود. سپس کوره را خاموش و روز بعد روی نمونه ها پس از سرد شدن در درون بن ماری و در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد ml ۵ از محلول تیزاب سلطانی(۳ نسبت اسید کلریدریک به ۱ نسبت اسید نتیریک) اضافه شد و در نهایت به حجم ml ۱۰ رسید وبا کاغذ صافی، صاف شد. پس از تهیه این عصاره می توان عناصر غذایی میکرو را با دستگاه جذب اتمی و با قرار دادن لامپ مخصوص طلا و ساختن استاندارد های مربوط به آن اندازه گیری شد. داده های حاصل از میزان جذب طلا توسط دستگاه جذب اتمی با نرم، با افزار آماری MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. علاوه بر تجزیه آماری، ضریب انتقال از ریشه به ساقه(TF) و ضریب انتقال از خاک به ساقه (EC) نیز که از فاکتورهای مهم در موفقیت استخراج گیاهی است نیز مورد ارزیابی قرار گرفت.

برای ایجاد گیاهان کامپوزیت از روشی استفاده شد که اساس آن غیر کشت بافتی است. این روش برای گیاهان مختلف مورد آزمون قرار گرفت و شکل ساده شده ای از روش تایلور و همکاران(۲۰۰۶) است. در این دستورالعمل روش کار آسان است، نیاز به مواد گران قیمت ندارد و سرعت بالاتری برای ایجاد ریشه های تراریخت بر روی ساقه های طبیعی دارد[۱۱]. باکتری *A. rhizogenes* نژاد AR 15834 برای تلقیح ساقه هایی گیاهان مورد استفاده قرار گرفت و ریشه های موئینه پس از ۸ روز شروع به ظاهر شدن کردند(شکل شماره۱).



شکل شماره ۱: ریشه های موئینه ظاهر شده ۱۰ روز پس از تلقیح

۳.نتایج

در این بررسی میزان جذب طلا در اندام های هوایی گیاه گل گاو زبان تحت تاثیر تیمارهای شیمیایی حلال طلا و در ۲ غلظت مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن بصورت زیر است. جدول تجزیه واریانس داده ها نشان می دهد که در میزان جذب طلا در ریشه و ساقه میزان ماده حلال در تمام تیمارها تفاوت معنی داری نشان می دهد و تیمار ۲ بهتر از تیمار mg/kg ۱ بوده و در بین مواد شیمیایی حلال طلا نیز سیانید پتاسیم بهترین عملکرد را در تجمع طلا در ساقه و ریشه داشته و از نظر عادی بودن گیاه و یا کامپوزیت بودن گیاه اثرات یکسانی داشتند با این تفاوت که میزان جذب در ریشه گیاهان کامپوزیت ۲۳ درصد بیشتر از گیاه معمولی بود و در ساقه نیز این میزان بطور متوسط ۱۳ درصد بیشتر بود. خلاصه داده های حاصل از این بررسی در جدول شماره ۱ آورده

Archive of SID

www.SID.ir

شده است.تجزیه واریانس داده ها در ارتباط با غلظت مواد شیمیایی و نوع ماده شیمیایی بکار رفته نشان می دهد که در تمامی موارد تفاوت معنی داری بین تیمارهای شیمیایی وجود دارد.

جدول ۱: نتایج حاصل از پارامترهای مختلف در جذب طلا توسط گیاهان مورد بررسی(میزان جذب بر حسب PPM است)

پارامتر	EC	TF	حداکثر جذب	متوسط جذب	حداقل جذب	بهترین تیمار شیمیایی
گل گاو زبان عادی/ ساقه	۱۱,۶۸	۰,۸۹	۸۱	۳۵,۰۴	۶	سیانید پتاسیم
گل گاو زبان عادی/ ریشه	--	--	۸۹	۳۹,۲۱	۷	سیانید پتاسیم
گل گاو زبان کامپوزیت/ ساقه	۱۳,۲۳	۰,۸۲	۸۹	۳۹,۷	۷	سیانید پتاسیم
گل گاو زبان کامپوزیت/ ریشه	--	--	۱۰۲	۴۸,۲۵	۱۲	سیانید پتاسیم

نتایج داده ها نشان داد که گیاه گل گاوزبان در تمام پارامترهای مورد ارزیابی بجز(TF)که فاکتور بسیار با اهمیتی در استخراج گیاهی محسوب می شود،مناسب عمل کردند و هم از نظر جذب و هم از نظر بیوماس (۱۲ تن در هکتار) وضعیت بسیار خوبی داشت. نتاج جدول ۱ نشان می دهد که گیاهان کامپوزیت گل گاو زبان در مقایسه با گیاهان غیر کامپوزیت از نظر فاکتور TF کاهش اندکی نشان می دهد ولی از نظر فاکتور EC بسیار بهتر عمل کرده است و توانایی جذب بالاتری را نشان می دهد. مقایسه میانگین بر اساس آزمون دانکن نشان می دهد بهترین تیمار سیانید پتاسیم به میزان mg/kg ۲ است و پس از آن تیوسولفات آمونیوم قرار دارد.

در این بررسی ارزیابی تجاری این فناوری نیز انجام شد که اساس آن تلفیق دو روش اندرسون و همکاران(۲۰۰۳) و ویلسون و همکاران(۲۰۱۱) بود و هزینه های کشت، داشت و برداشت همراه با هزینه مواد شیمیایی برای تیمار حلالیت طلا در خاک و در نهایت هزینه های بازیافت طلا محاسبه شده و از سود حاصل از بازیافت طلا در واحد هکتار از هزینه ها کسر شد. در این بررسی ارزیابی اقتصادی برای گیاه گل گاو زبان و در بهترین تیمار خود یعنی سیانید پتاسیم انجام شد.

نتایج این ارزیابی نشان داد که سود حاصل از استخراج طلا توسط گیاه گل گاو زبان بسیار بالاست و قابلیت تجاری سازی دارد(جدول شماره ۲). علاوه بر سود حاصل از استخراج طلا توسط گیاهان از خاک های معدنی با عیار پایین یا باطله های حاصل از معدنکاوی که روش های استخراج مرسوم در آنها غیر اقتصادی است ، به این فرایند می توان، استحصال انرژی ناشی از سوختن مواد گیاهی، کم حجم بودن معادن زیستی حاصل از خاکستر مواد خشک گیاهی، عاری از سولفید بودن معادن زیستی اشاره نمود. از طرفی کشت گیاهان در خاک های معدنی یا خاک باطله زمین ها را از عناصر سنگین پاکسازی می کند و خاک ها را برای فعالیت کشاورزی آماده می کند.

جدول ۲: محاسبه هزینه به در آمد حاصل از فایتوماینینگ در ایران و برای گیاه گل گاو زبان در سال۲۰۱۶(مطالعه موردی: شهرستان ابهر)

Archive of SID
www.SID.ir

هزینه به ۱۰۰۰۰ریال		نوع عملیات
۵۴۴۰		عملیات کشاورزی بذر + کاشت ،داشت و برداشت
۴۵۰۰۰		هزینه مواد شیمیایی هزینه کاربرد مواد شیمیایی
۱۰۰۰۰		هزینه بازیافت طلا از خاکستر
۲۰۰۰۰۰		مجموع هزینه ها
۱۴۴۸۰۰	با قیمت ۱۲۳۸,۹۰ دلار برای هر اونس طلا	ارزش طلای استخراجی
۱۲۴۸۰۰		سود خالص

توضیح جدول : محاسبه هزینه های مربوط به کاشت، داشت و برداشت بر اساس محاسبات انجام شده توسط سازمان جهاد کشاورزی استان زنجان انجام شده و قیمت هر اونس طلا و دلار برای ۲۵بهمن ۱۳۹۴ است.

هزینه های کل برابر ۲۰ میلیون تومان و سود خالص در حدود ۱۴۰ میلیون تومان در هکتار است که رقم بسیار بالایی است.

۴. بحث

اقتصاد این فرایند به عواملی نظیر، غلظت فلز در خاک و گیاه، بیوماس تولید شده در سال و اینکه آیا انرژی حاصل از سوختن بیوماس می تواند بازیافت وقابل فروش باشد، بستگی دارد. با وجود این از مهمترین عوامل تاثیر گذار، در میزان درآمد حاصل در واحد سطح(هکتار) قیمت جهانی فلز استخراجی از گیاهان را می توان در نظر گرفت[۳]. هم راستا بودن با محیط زیست، که در این روش گیاهان بصورت ثابت کشت می شوند و نیاز به خاک برداری های گسترده و عملیات های پرهزینه و نیازمند انرژی نیست و خاکستر حاصل از گیاهان نیز عاری از سولفید هستند و با حداقل انرژی قابل استحصال اند[۱۰].

از پیامد های مثبت این فناوری این است که خاک های سرپانتین از نظر حاصلخیزی وضعیت نامناسبی دارند و بیوماس طبیعی حاصل از آنها بسیار کم است و اصلاح این خاک ها با استفاده از کودها و کشت طولانی مدت گیاه (افزایش مواد آلی خاک) امکان پذیر است[۱۲]. رویش مجدد گیاهی بطور طبیعی ممکن است ده ها و صدها سال زمان نیاز داشته باشد که بستگی به بذر های کشت شده ای است که توسط حیوانات یا باد صورت می گیرد.فایتوماینینگ با کشت گونه های گیاهی ابرجاذب باعث احیاء زمین های واقع در معدن می شود. یک پوشش گیاهی مناسب مانع از پراکنش ذرات فلزی توسط باد، رواناب یا نفوذ به آبهای زیر زمینی می شود. مناطق

Archive of SID

www.SID.ir

معدنکاری شده ممکن است برای رویش گیاهی آماده شوند و برای کشاورزی، باغبانی و جنگل مورد استفاده قرار گیرند[۱۰].

۵. منابع و مراجع

[1] Anderson, CWN. et al. Harvesting a crop of gold in plants. Nature 395, 1998,pp 553–554.

[2] Anderson, CWN. et al. Novel developments in a plant-based mining system. In: Proceedings of the Gold 2003 Conference:New Industrial Applications of Gold,2003.

[3] Brooks, RR. et al, An evaluation of Berkheya coddii Roessler and Alyssum bertolonii Desv. for phytoremediation and phytomining of nickel. South African Journal of Science 97 (2),2001.pp 558–560.

[4] Gardea-Torresdey, JL.et al. Use of ICP and XAS to determine the enhancement of gold phytoextraction by Chilopsis linearis using thiocyanate as a complexing agent. Anal Bioanal Chem 382, 2005,pp 347–352.

[5] Lamb, AE.et al, The induced accumulation of gold in the plants Brassica juncea, Berkheya coddii and chicory. Chem N Z 65, 2001,34–36.

[6] Mohan, BS. Phytomining of gold. Current science 88 (7),2005,pp 1021–1022.

[7] Msuya, FA et al, CWN. Chemically-induced uptake of gold by root crops: its significance for phytomining. Gold Bulletin 33 (4),2000,pp 134–137.

[8] Piccinin, RCR. et al,. A screen of some native Australian flora and exotic agricultural species for their potential application in cyanide-induced phytoextraction of gold. Miner. Eng. 20,2007, 1327-1330.

[9] Robinson, B.et al, Phytoextraction: an assessment of biogeochemical and economic viability. Plant and Soil 249,2003,pp 117–125.

[10] Sheoran, V. et al, Phytomining: A review. Minerals Engineering, 22,2009,pp.1007-1019, ISSN 0892-6875.

[11] Taylor, C.G.et al,, K. Generation of composite plants using Agrobacterium rhizogenes. In Agrobacterium Protocols ed. Wang, K. Methods in Molecular Biology 343, Humana Press,2006, pp 155-167

[12] Wilson-Corral, V. et al,. Phytoextraction of gold and copper from mine tailings with Helianthus annuus L. and Kalanchoe serrata L. Miner. Eng. ,24 2011,pp1488-1494.

Archive of SID

www.SID.ir