مجله کشاورزی، جلد ۵، شماره ۲، پاییز ۱۳۸۲، صص ۲۷-۱۹

کاهش آلودگی سرب در پساب‌های صنعتی از طریق کشت گیاه (پالایش سبز)

آرش ذامیادی*، عبدالمجید لیاقت** و علی‌رضا حسن اقلی***

چکیده

در این تحقیق امکان تصفیه پساب‌های صنعتی و آب‌های آلوده به فلز سرب توسط خاک و گیاه بررسی شد. در داخل نه عدد لیسیمتر زهکش‌دار استوانه‌ای شکل به قطر ٦٠ و ارتفاع ١٠٠ سانتی‌متر از جنس پلاستیک، خاک سبک و دارای بافت لوم شنی ریخته شد. پس از اجرای عملیات کاشت و تا هنگام استقرار گیاه، لیسیمترها با آب چاه و سپس با آب آلوده به سرب (دو میلی‌گرم در لیتر) آبیاری شدند. برای بررسی تأثیر کاشت گیاهان آفتابگردان، یولاف و نی در جذب سرب، هر یک از آنها در سه لیسیمتر کشت شدند. همچنین برای تعیین توانایی مجموعه خاک - گیاه در جذب فلز سرب نمونه‌هایی از آب ورودی به لیسیمترها و زه‌آب خروجی از آنها در تناوب‌های مناسب تهیه و تجزیه گردید. نتایج نشان داد که غلظت سرب در نمونه‌های زه‌آب در تمامی تیمارها کمتر از حد مجاز بود. این امر نشان می‌دهد که عملکرد مجموعه خاک - گیاه در جذب این فلز از آب آلوده مطلوب است. در انتهای دوره آزمایش نمونه‌های گیاهی نیز برای تعیین میزان جذب سرب از خاک تهیه و تجزیه شد. دامنه تغییرات جذب فلز توسط اندام‌های مختلف گیاهی از ٠/١٥٤ تا ٠/٠٥٦ درصد بود که بر پالایش گیاهی در سیستم دلالت دارد. با تعیین بیلان جرمی مشخص شد که غلظت فلز سرب در خاک لیسیمترها بیشتر از حد مجاز خاک‌های کشاورزی بوده و این خاک‌ها بسیار آلوده می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: آب آلوده؛ پالایش سبز؛ پساب صنعتی؛ تحقیقات لیسیمتری؛ فلز سرب

---

* - کارشناس ارشد آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، تهران - ایران

** - استادیار گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، تهران - ایران (مسوؤل مکاتبات)

*** - عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندس کشاورزی کرج، تهران - ایران

مقدمه

باتوجه به رشد روزافزون صنایع و آلایندگی شدید پساب‌های صنعتی و همجواری مراکز صنعتی، شهری و کشاورزی در بیشتر نقاط کشور و همچنین نفوذ این آلودگی‌ها به منابع آب سطحی و زیرزمینی، مطالعه برای معرفی روشهای مناسب جهت رفع این مشکل در بسیاری از مناطق کشور ضروری می‌باشد. روشهای متنوعی برای کاهش آلودگی‌های آب و خاک پیشنهاد شده است. از آن جمله می‌توان به شستشوی خاک‌های آلوده به فلزات سنگین توسط اسید یا تصفیه پساب‌های صنعتی در تصفیه خانه‌ها اشاره نمود. این روشها، نیاز به زمان و هزینه زیاد داشته و درنهایت موجب آلودگی بخش دیگری از محیط زیست می‌شوند. لذا، ارایه یک روش مطمئن که ضمن رفع آلودگی، کم‌هزینه و نسبتاً سریع باشد و آثار جنبی نامطلوب برای سلامت محیط نداشته باشد، بسیار ضروری است. علاوه بر این باتوجه به بحران کم‌آبی، استفاده بهینه از آب و فاضلاب برای برخی مصارف زراعی، شهری و صنعتی تاحدودی به رفع مشکلات ناشی از کمبود آب نیز کمک می‌کند. یکی از روشهای مناسب برای استفاده از فرآیندهای طبیعی تصفیه، ظرفیت‌های فیزیولوژیکی گیاهان سبز [1] می‌باشد (۸ و ۱۵). تصفیه گیاهی روان آب سطحی آلوده به ترکیبات آلی و کنترل فرسایش خاک نمونه‌ای از استفاده موفقیت‌آمیز ظرفیت‌های بیولوژیکی گیاهان سبز می‌باشد (۱۳). جلوگیری از انتقال آلاینده‌ها و حفاظت از آبراهه‌ها و خاکریزها با استفاده از گیاهان سبز (۹ و ۱۰) و استفاده از گیاهان مقاوم به فلزات سنگین (مانند نی سرخ) برای کاشت و کنترل فرسایش خاک در معادن فلز و بندآب‌های بزرگ آلوده به فلزات سنگین مانند سرب (۵) و نیز اصلاح مواد لایروب شده اسیدی و آلوده به فلزات سنگین با استفاده از گیاهان سبز (٦)، نمونه‌های دیگر استفاده از گیاهان سبز در پالایش محیط‌های آلوده به فلزات سنگین می‌باشند. همچنین استفاده موفقیت‌آمیز از گیاهان با ظرفیت ذخیره زیاد [2] برای اصلاح خاک‌های آلوده به فلز توجه محققین را به تولید ژنتیکی این نوع گیاهان جلب نموده است (۷ و ۱۵). استفاده از قدرت جذب نی (نوعی علف مرداب) از طریق کشت آن در منطقه دارای آب آلوده به فلزات سنگین به‌منظور حذف آلودگی توسط مرکز تحقیقات توسعه پایدار شرکت شل در صحرای عمان در سال ۲۰۰۲ نیز به‌عنوان یک تحقیق مشابه و در حال اجرا قابل بررسی می‌باشد (۱).

نکته اصلی در این قبیل فعالیت‌ها انتخاب گیاهانی می‌باشد که ضمن پالایش پساب‌ها و خاک‌های آلوده، امکان تکمیل دوره رشد آنها در شرایط آلودگی نیز وجود داشته باشد. البته سعی بر آن است تا درحد امکان از گیاهان بومی منطقه برای این منظور استفاده شود. چون پرورش و تطابق گیاهان سایر سرزمین‌ها با شرایط سرزمین مقصد باتوجه به محیط رشد نامطلوب این گیاهان در پساب‌های آلوده بسیار دشوار می‌باشد. درضمن پراکندگی گونه‌های مختلف گیاهی در نقاط مختلف کره زمین ضرورت این عمل را کاهش می‌دهد. بنابراین تمرکز فعالیت‌های تحقیقاتی بر گونه‌های گیاهی سرزمین ایران و انتخاب گونه‌های مناسب و با کارآیی زیاد در

---

۱ - Phytoremediation

۲ - Hyperaccumolator

حذف آلاینده‌ها، اهمیت دارد. نحوه استفاده از این گیاهان و حذف آنها پس از برداشت، باتوجه به آلودگی این گیاهان به فلز مورد مطالعه، حایز اهمیت می‌باشد. روشهای متعدد نظیر مصرف این گیاهان به‌عنوان علوفه دام و غذای انسان درصورت تطابق با استانداردهای تغذیه، سوزاندن بقایای گیاه و بازیافت فلزات از اندام‌های گیاهی پیشنهاد شده و درحال مطالعه می‌باشند، که در بسیاری موارد هنوز نتایج قطعی تحقیقات مشخص نشده است. در پژوهش حاضر هدف تعیین میزان جذب فلز سرب به‌عنوان آلاینده‌ای شاخص توسط خاک از آب و بررسی عملکرد گیاهان آفتابگردان، یولاف و نی در جذب فلز سرب از خاک می‌باشد.

مواد و روشها

برای بررسی میزان جذب فلز توسط خاک و گیاه، به محیط کاشت کنترل شده نیاز می‌باشد تا نمونه‌های آب و زه‌آب موردنیاز جمع‌آوری و پارامترهای موردنظر اندازه‌گیری شود. بدین‌منظور نه عدد لیسیمتر استوانه‌ای از جنس پلاستیک و دارای قطر ٦٠ و ارتفاع ١٠٠ سانتی‌متر تهیه و برروی سکوهایی مستقر شدند. به‌منظور خروج آب از بخش تحتانی هر لیسیمتر، لوله‌ای از جنس PVC به قطر پنج سانتی‌متر در نزدیکی کف لیسیمتر نصب شد. حدود یک سوم طول لوله که فاقد روزنه بود از دیواره آن خارج بود. روزنه‌هایی به قطر دو میلی‌متر با استفاده از مته برروی لوله زهکش و در چهار جهت با فاصله سه سانتی‌متر ایجاد شد. سپس به‌منظور ممانعت از ورود ذرات خاک به درون لوله زهکش، تمامی طول لوله که در داخل لیسیمتر قرار می‌گرفت با استفاده از فیلتر ژئوتکستایل مناسب پوشانده شد. محل خروج لوله از لیسیمتر به‌وسیله چسب آکواریوم از داخل و خارج آب‌بندی شد. از خاک سبک دارای بافت لوم شنی با ٥٤/٧ درصد ماسه، ٢٨/٥ درصد سیلت و ١٦/٨ درصد رس برای کاشت گیاهان استفاده شد. به‌منظور تأمین تراکم مناسب خاک پس از پر شدن یک سوم حجم لیسیمتر خاک اشباع و سپس آب ثقلی آن تخلیه شد. پس از زه‌کشی شدن آب ثقلی، تا دو سوم ارتفاع کل لیسیمتر خاک اضافه شد و به‌همان روش متراکم گردید. این عمل تا پر شدن لیسیمترها با خاک ادامه یافت.

بذر گیاه آفتابگردان در سه لیسیمتر به‌صورت بلوک‌های تصادفی کشت شد. در تاریخ ٨١/٢/٣١ بوته‌های دو گیاه یولاف و نی نیز همراه با ریشه از اطراف زه‌کش‌های مزرعه دانشکده کشاورزی کرج تهیه و هر یک از آنها به سه لیسیمتر منتقل شدند. به‌منظور استقرار گیاهان یولاف و نی و تا مرحله چهاربرگی شدن آفتابگردان، کلیه لیسیمترها با آب معمولی آبیاری شد. قبل از شروع آزمایش، نمونه‌ای از آب چاه توسط آزمایشگاه آب، خاک و فاضلاب مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی تجزیه شد (جدول ١). از تاریخ ٨١/٣/٢٠ تا ٨١/٥/١٨ آبیاری با آب حاوی فلز سرب انجام و سپس تا تاریخ ٨١/٦/٢٥ به‌دلیل ظهور آثار پژمردگی در گیاهان سه نوبت آبیاری با آب چاه انجام شد.

جدول ۱ - نتایج تجزیه آب چاه

پارامتر	مقدار	واحد
هدایت الکتریکی	۰/٦٦۰	دسی زیمنس در لیتر
اسیدیته	۷/۵۱۰	-
CEC	۱۵	میلی‌اکی‌والان در لیتر
سدیم	۱/٦۹۰	میلی‌اکی‌والان در لیتر
کلسیم	۳/۰۰۰	میلی‌اکی‌والان در لیتر
منیزیم	٤/۰۰۰	میلی‌اکی‌والان در لیتر
پتاسیم	۰/۰۰۰	میلی‌اکی‌والان در لیتر
یون کلر	۱/۹۸۰	میلی‌اکی‌والان در لیتر
یوت بی‌کربنات	۳/۲۵۰	میلی‌اکی‌والان در لیتر
یون سولفات	۲/۸٦۰	میلی‌اکی‌والان در لیتر
روی	۰/۰۱۲	میلی‌گرم در لیتر
مس	۰/۰۰۰	میلی‌گرم در لیتر
سرب	۰/۰۰۰	میلی‌گرم در لیتر

برای تهیه آب آلوده یا فاضلاب صنعتی، سولفات سرب به مقدار موردنیاز در آب معمولی حل شد. میزان آلودگی آب براساس دو برابر بیشینه میزان فلز سرب در نهر فیروزآباد در جنوب شهر تهران انتخاب شد (جدول ۲). لذا غلظت فلز سرب در آب آلوده تهیه شده برای آبیاری لیسیمترها برابر با دو میلی‌گرم بر لیتر درنظر گرفته شد. مقدار فلز سرب موجود در خاک لیسیمترها قبل از شروع آبیاری تعیین شد.

جدول ۲ - تجزیه شیمیایی آب نهر فیروزآباد (میلی‌گرم در لیتر)

فلز سنگین	کمینه	متوسط	بیشینه	تعداد نمونه‌ها
سرب	۰/۰۱٤	۰/۱۳	۰/۹٦	۵۰

چـون فاضلاب به‌طور پیوسته تولید می‌شود، اسـتفاده از آب آلـوده نـیز بـاید به‌صورت پیوسته باشد. ولی به‌دلیل سطح کم لیسیمترها و مشکلات اجرایـی، آبـیاری لیسـیمترها با آب آلوده با تناوب یـک روز در مـیان انجـام و در هـر آبیاری، به هر لیسـیمتر ۱٦ لیـتر آب داده شـد. بـرای تأمین زمان ماندابـی لازم در گـیاهان نـی و یـولاف، زهکـش لیسـیمترهای آنهـا تـا ظهـر روز بعد از هر آبیاری بسـته و سپس برای تهویه خاک مجدداً باز می‌شد. در فاصـله سه، ۱۰، ۲۰، ۲۸، ۳۳، ٤۳، ٤۹، ٥٦، ٦٥، ۷۱ و ۸۹ روز از آغاز نخستین آبیاری با آب آلوده بـه فلـز سـرب، از زه‌آب خروجـی لیسـیمترها بـا گذاشـتن ظـروف ۰/۲ لیـتری در زیر زهکش آنها نمونه‌برداری شد. همچنین متوسط زه‌آب خروجی از هـر لیسـیمتر در فاصـله بیـن دو آبیاری حدود هشـت لیـتر اندازه‌گیری شد. غلظت فلز سرب در هـر یـک از گـیاهان کشـت شـده در لیسیمترها با دستگاه جذب اتمی تعیین شد.

پس از خاتمه عملیات آبیاری و فصل کشت، از خـاک لیسـیمترها تـا عمـق ۳۰ سـانتی‌مـتر نمونـه‌بـرداری و مـیزان تجمـع فلـز سرب در آنها انـدازه‌گـیری شـد. بـرای تهـیه عصاره خاک برای انـدازه‌گیری فلز سرب، ابتدا محلولی شامل ۱۹۲/٥ گـرم آمونـیوم اسـتات، ۱۲٥ میلی‌لیتر اسید استیک بسـیار سـرد و ۲۹/۲۲٥ گـرم اتیلـن دی آمیـن تـترا اسید استیک (EDTA) تهیه و در سه لیتر آب مقطر حل شد. از هر نمونه ۲۰ گرم خاک برداشت و همـراه با ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول مذکور به‌مدت ۳۰ دقـیقه توسـط شـیکر تکـان داده شد. سپس با عـبور دادن نمونـه‌هـا از کـاغذ صـافی واتمن ٤۰، عصـاره خـاک تهیه گردیده و با استفاده از دستگاه جـذب اتمـی، میزان غلظت فلز موجود در عصاره تعیین شد (۳).

در پایـان فصـل رشد از ریشه، ساقه، برگ و دانـه گـیاه آفـتابگردان و از ریشـه و انـدام هوایی بوتـه‌هـای یولاف و نی نمونه‌های موردنیاز تهیه و بـه‌مـدت ۲٤ ساعت در آون و در دمای ۷۰ درجه سـانتی‌گـراد خشـک شد. پس از توزین و آسیاب نمونـه‌های گیاهی خشک شده، غلظت فلز در کلیه نمونـه‌هـا بـا اسـتفاده از دسـتگاه جـذب اتمی در آزمایشـگاه تغذیـه گـروه علـوم دامـی دانشـکده کشاورزی دانشگاه تهران تعیین گردید.

بیلان جرمی فلز سرب در سیستم آب، خاک و گیاه در شرایط آزمایش تعیین شد. با تعیین حجم آب آبیاری مورداستفاده و حجم زه‌آب خروجی از زهکش لیسیمترها، میزان جرم ورودی و خروجی با استفاده از رابطه زیر تعیین گردید :

$$M = V \times C \qquad (۱)$$

در این رابطه، M میزان جرم فلز وارد شده یا خارج شده به هر لیسیمتر (میلی‌گرم)، V حجم آب ورودی به هر لیسیمتر در هنگام آبیاری و یا خروجی از زهکش آن (لیتر) و C متوسط غلظت فلز سرب در آب ورودی یا زه‌آب خروجی لیسیمتر (میلی‌گرم بر لیتر) می‌باشد.

نتایج و بحث

غلظـت سـرب در آب خروجـی از زه‌کـش بـرای سـه نـوع گـیاه آفتابگردان، یولاف و نی در

جدول ۳ ارایه شده است. در کلیه موارد، غلظت سرب کمتر از مقدار مجاز ارایه شده در استاندارد FAO و همچنین استاندارد EPA یعنی پنج میلی‌گرم در لیتر می‌باشد (۱۱ و ۱۲). علی‌رغم وجود تفاوت در روند افزایش غلظت سرب در ابتدای دوره پالایش برای گیاهان آفتابگردان، یولاف و نی، غلظت سرب در زه‌آب تصفیه شده کاهش یافته و به صفر رسیده است. دلیل افزایش تدریجی غلظت سرب در پنج مرحله اول نمونه‌گیری می‌تواند یکی از موارد زیر باشد :

۱ - حرکت سریع آب در خاک در ابتدای آزمایش به‌دلیل استفاده از خاک دستی و عدم نشست کامل خاک

۲ - حرکت ترجیحی سرب به‌همراه آب از فاصله بین خاک و دیواره لیسیمتر در بخش‌های بالایی

۳ - عدم تثبیت خاک و ریشه به‌دلیل عدم استقرار کامل گیاهان کشت شده که این امر علاوه بر افزایش توان جذب گیاه در تثبیت خاک نیز بسیار مؤثر می‌باشد.

غلظت سرب در آب آلوده مصرفی در این آزمایش حدود دو برابر غلظت آن در فاضلاب جاری در نهر فیروزآباد بود. بنابراین درصورت استفاده از آب جاری نهر مزبور نتایج حاصل بهتر خواهد بود.

در این مجموعه خاک - گیاه بیش از ۹۹ درصد سرب موجود در آب آلوده جذب شده است. همچنین غلظت فلز در زه‌اب خروجی از لیسیمترها کمتر از حد استاندارد بود. پس عملکرد سیستم درمحدوده شرایط آزمایش در حذف فلز سرب مطلوب بوده و زه‌آب تصفیه شده نیز می‌تواند برای آبیاری سایر اراضی مناسب باشد. اگر در مزارع دارای خاک لومی، سطحی برابر یک هکتار برای این سیستم اختصاص یابد با احتساب یک متر در روز برای هدایت هیدرولیکی خاک، در هر روز امکان استحصال ۱۰۰۰۰ متر مکعب پساب تصفیه شده وجود دارد. اگر تبخیر متوسط روزانه حدود هفت میلی‌متر درنظر گرفته شود، می‌توان حدود ۱۵۰ هکتار زمین زراعی را با آب تصفیه شده آبیاری نمود. پس حدود ۰/۷ درصد سطح مزرعه برای استفاده از این سیستم کافی می‌باشد.

جدول ۳ - بیلان جرمی عناصر و عملکرد سیستم (میلی‌گرم)

گیاه	آفتابگردان			یولاف			نی		
عنصر	ورودی	خروجی	عملکرد	ورودی	خروجی	عملکرد	ورودی	خروجی	عملکرد
	جرم	جرم	درصد	جرم	جرم	درصد	جرم	جرم	درصد
سرب	۹۶۰/۰۰	۲/۲۶	۹۹/۷۶	۹۶۰/۰۰	۵/۱۵	۹۹/۴۶	۹۶۰/۰۰	۵/۲۵	۹۹/۴۵

جدول ٤ - میزان جذب سرب توسط گیاهان (میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک)

اندام گیاه	سرب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	وزن ماده خشک (کیلوگرم)	جرم فلز جذب شده توسط اندام گیاه (میلی‌گرم)
آفتابگردان			
دانه	۱۷/۳	۰/۰۹۲	۱/۵۹۲
برگ	۳/۲	۰/۰۷٦	۰/۲٤۳
ساقه	۰/۰۰۱	۰/۵۷٦	۰/۰۰۰
ریشه	۸/۵	۰/۱۱۲	۰/۹۵۲
یولاف			
اندام هوایی	۰/۰۰۱	۰/۲٤۹	۰/۰۰۰
ریشه	۱۸/٤	۰/۰٦۵	۱/۱۹۵
نی			
اندام هوایی	۰/۵	۰/۲۳٦	۰/۱۱۸
ریشه	۳/٦	۰/۲٤۸	۰/۸۹۳

استاندارد تراکم فلز سرب معادل ۱۰۰۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم ماده خشک علوفه است (۱٤). با درنظر گرفتن مقادیر اندازه‌گیری شده می‌توان از گیاهان نی و یولاف به‌عنوان علوفه دام استفاده نمود (جدول ٤).

درصد جذب فلز سرب توسط گیاه آفتابگردان نسبت به دو گیاه دیگر بیشتر است (جدول ۵). این امر می‌تواند ناشی از جذب آب بیشتر توسط این گیاه پهن‌برگ نسبت به دو گیاه دیگر باشد. علت بیشتر بودن جذب فلز توسط گیاه نی نسبت به گیاه یولاف را می‌توان ناشی از زیاد بودن حجم ریزوم‌های نی و نفوذ آنها به اعماق لیسیمترها ذکر نمود. بنابراین می‌توان گیاهان را از نظر توانایی در جذب فلز سرب به‌صورت آفتابگردان، نی و یولاف رتبه‌بندی نمود.

جدول ۵ - بیلان جرمی عناصر در سیستم خاک، آب و گیاه (میلی‌گرم) - درصد جذب گیاه

فلز	گیاه	فلز موجود در خاک اولیه	فلز داده شده در طول دوره	کل جرم فلز آلاینده	فلز خارج شده توسط زه‌آب	فلز جذب شده توسط گیاه	جرم نهایی فلز موجود در خاک	درصد جذب گیاه
سرب	آفتابگردان	۸۵٤/۱۰۰	۹٦۰/۰۰۰	۱۸۱٤/۱۰۰	۲/۲٦٤	۲/۷۸۷	۱۸۰۹/۰٤۹	۰/۱۵٤
	یولاف	۸۵٤/۱۰۰	۹٦۰/۰۰۰	۱۸۱٤/۱۰۰	۵/۱٤۵	۱/۱۹٦	۱۸۰۷/۷۵۹	۰/۰٦٦
	نی	۸۵٤/۱۰۰	۹٦۰/۰۰۰	۱۸۱٤/۱۰۰	۵/۲۵۰	۱/۰۱۱	۱۸۰۷/۸۳۹	۰/۰۵٦

حدود ۹۹ درصد سرب توسط خاک تحت کشت گیاهان مختلف جذب شده است (جدول‌های ۳ و ۵). قابلیت محلول بودن فلزات سنگین به‌ویژه در خاک‌های آهکی و معدنی کم است، لذا این عناصر بیشتر در لایه‌های فوقانی خاک ذخیره می‌شوند. فلزات سنگین فاضلاب بیشتر در لایه ۱۰ سانتی‌متری بالای خاک تجمع می‌یابند (۲). با استفاده از فاضلاب در خاک‌های لوم شنی نتیجه‌گیری شد که حدود ۹۰ درصد عنصر سرب در لایه صفر تا ۱۵ سانتی‌متری باقی‌مانده است (۲). همچنین عوامل متعددی بر ظرفیت خاک در نگهداری فلز سرب مؤثر می‌باشند که از آن جمله می‌توان CEC و pH خاک را نام برد. در حالت عادی میزان جذب فلز توسط خاک با افزایش CEC خاک زیادتر می‌شود (۲).

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که امکان استفاده از سیستم‌های خاک و گیاه در پالایش پساب‌های صنعتی آلوده به فلز سرب وجود دارد و پالایش تا زمانی‌که غلظت سرب در خاک از حد مجاز (۱۵ میلی‌گرم در هر کیلوگرم خاک) کمتر است می‌تواند ادامه یابد (٤). بعد از آن، آبیاری با آب معمولی و کشت گیاهان مزبور تا حذف فلز سرب از خاک توصیه می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱ - بخش امور خارجی شرکت شل دولوپمنت ایران ب. و. ۱۳۸۱. گزارش شرکت‌های اکتشاف و تولید شل پیش به سوی توسعه پایدار، www.siep.shell.com/hes/sd/sd.htm ، ۱۲ صفحه.

۲ - حسن‌اقلی، ع. ر. ۱۳۸۱. استفاده از فاضلاب‌های خانگی و پساب تصفیه‌خانه‌ها در آبیاری محصولات کشاورزی و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی، رساله برای دریافت درجه دکتری در رشته علوم و مهندسی آبیاری. دانشگاه تهران.

۳ - غازان‌شاهی، ج. ۱۳۷٦. آنالیز خاک و گیاه، چاپ اول، (ترجمه). ۳۱۱ صفحه.

٤ - ملکوتی، م. ج. و همایی، م. ۱۳۷۳. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک مشکلات و راه‌حل‌ها، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.

environments. Miscellaneous paper D-91-5 US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg MS. P: 12.

5 . Bradshaw AD and Chadwick MJ (1980) The restoration of land: The geology and reclamation of degraded land. Univ. California Press, Berkeley. P: 15.

6 . Brandon DL, Lee CR, Simmers JW and Skogerboe JG (1991) Long-term evaluation of plants and animals colonizing contaminated estuarine dredged material placed in both upland and wetland

7 . Ernst WHO (1988) Decontamination of mine sites by plants: An analysis of the efficiency. In Proceedings of international conference on enviromental contamination. CEP Consultants, Ltd., Edindurgh, UK. PP: 305-310.

8 . Lee CR, Hoeppel RE, Hunt PG and Carlson CA (1976) Feasibility of functional use of vegetation to filter, dewater, and remove contaminats from dredged material. Technical Report D-76-4 (June). U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS. P: 11.

9 . Licht LA (1993) Ecolotree Cap: Densely Rooted Trees for Water Management on Landfill Covers. In Proceeeding of the Air and Waste Management Association`s 86th Annual meeting and conference. July 14 - 18, 1993 Denver CO-WA-89. AWMA, Pittsburgh, PA. Paper A549.

10 . McAneny CC, Tucker PG, Mrgan J, Lee CR, Kelly MF and Horz RC (1985) Covers for uncontrolled hazardous waste sites. U.S. Gov. Print. Office. EPA/540/2-85/002.

11 . National Academy of Sciences and National Acadamy of Engineering (1972) Water quality criteria. US Environmental protection Agency Washington DC, EPA-R373-033. P: 592.

12 . Pescod MB (1992) Wastewater treatment and use in, FAO Irrigation and drainag P: 47.

13 . Shimp JF, Tracey JC, Davis LC, Lee E, Huang W, Erickson LE and Schnoor JL (1993) Beneficial effects of plants in the remediation of soil and groundwater contaminated with organic compounds. CRC Critical Reviews in Environ. Scien. and Tech. 23: 41-77.

14 . Underwood EJ and Suttle NF (1999) The mineral nutrition of livestock (3rd edition), CAB international.

15 . Yamada K, Miyahara K and Kotoyori T (1975) Studies on soil pollution caused by heavy metals. Part IV: Soil Purification by plants that absorb heavy metals. Gamm Ken Nogyo Shienjo Hokoku. 15: 39-54.