



گیاه پالایی خاک های آلوده به ضایعات نفتی توسط ارقام چمن برموداگراس

ظہراب اداوی

هیئت علمی دانشگاه پیام نور مرکز خرمشهر

تاریخ ارسال: ۸۷/۶/۲۰ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱/۳۱

چکیده

لجن های به وجود آمده از واحد پساب پالایشگاهها از جمله، مهمترین آلاینده های محیط زیست می باشند. دفن کردن و سوزاندن آنها اثرات خطرناکی بر محیط زیست و سلامت انسان می گذارد. بنابراین، باید از روش هایی استفاده کرد که اثرات سمی لجن های حاوی مواد هیدروکربنی را کاهش می دهند. به همین منظور، استفاده از فن آوری های جدید مانند گیاه پالایی ترکیبات آلی لجن در خاک می تواند در کاهش یا حذف هیدروکربن های نفتی در خاک موثر پنداشته شود. در این پژوهش لجن آبیگری شده واحد بازیافت آب پالایشگاه اصفهان ابتدا در هوا خشک شد. سپس، به نسبت های ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد وزنی با خاک مخلوط شد. مخلوط خاک و لجن هر سه روز یک بار به مدت ۲۱ روز به وسیله بیلچه دستی برهم زده شد و آبیاری در حد رطوبت ظرفیت مزرعه انجام شد. ده رقم چمن برموداگراس در آزمایش گیاه پالایی خاک های تهیه شده فوق در شرایط گلخانه استفاده شد. آبیاری به طور مرتب هر سه روز یک بار، در حد ظرفیت مزرعه انجام شد. در پایان، عملکرد گیاهان و درصد کاهش کل هیدروکربن های نفتی ریزوسفر ارقام چمن تعیین شد. نتایج نشان داد با افزایش درصد لجن مخلوط با خاک عملکرد وزن خشک اندام هوایی کاهش یافت. با افزایش درصد لجن از ۱۰ درصد تا ۲۰ درصد، عملکرد وزن خشک ریشه افزایش و پس از آن کاهش یافت. نتیجه گیاه پالایی هیدروکربن های نفتی لجن با ارقام چمن نشان داد که مقدار تجزیه هیدروکربن های نفتی در ریزوسفر رقم 3200W18-4 بیشتر از سایر ارقام بود.

واژه های کلیدی: گیاه پالایی، چمن برموداگراس، هیدروکربن های نفتی، آلاینده محیط زیست

مقدمه

صنعت نفت و پتروشیمی در طول فرآیندهای پالایش مقادیر زیادی فاضلاب تولید می کنند. این فاضلاب ها ابتدا تصفیه فیزیکی و بیولوژیکی شده، سپس پساب تصفیه شده برای مصارف کشاورزی و یا در خود سیستم به منظور خنک کننده سیستم ها استفاده می شود (۲). در طول فرآیند تصفیه پساب های آلوده لجن هایی به دست می آید که حاوی مقادیر زیادی هیدروکربن های اشتقاقی شامل آلکان ها، آلکن ها و سایر هیدروکربن ها می باشند (۲). لجن های فاضلاب تولید شده پتانسیل ایجاد ضایعات خطرناک را در محیط زیست دارند. دفن کردن و سوزاندن این ضایعات بدون تیمار شدن با مواد دیگر، می تواند اثرات جبران ناپذیری بر محیط زیست و سلامت انسان بگذارد (۴).

گیاه پالایی استفاده در جا از گیاهان و میکرو ارگانیسم های وابسته به آن است که آلاینده ها را تجزیه می کنند و به صورت کم ضررتر تحویل طبیعت می دهند (۹ و ۱۴). در این رابطه گیاه پالایی ابتکار انسان است که به همزیستی گیاه و میکروارگانیسم ها در محیط زیست بستگی دارد و آلودگی مکان های آلوده شده را تضعیف می کند و همانند فن آوری های مهندسی یا خاک برداری نیست، بلکه فرآیندی بین علوم طبیعی و مهندسی است. دخالت فن آوری های مهندسی در استقرار گیاه - میکروارگانیسم در فن آوری های کشاورزی بسیار لازم است. پس گیاه پالایی برای حذف آلاینده های آلی و معدنی در خاک و آب های زیر زمینی به طور موثر به کار می رود (۳).

گزارش های متعددی گیاه پالایی را به عنوان ابزاری سودمند برای بهسازی آب و خاک های آلوده به هیدروکربن های نفتی مطرح کرده اند. این وضع با بازنگری در مورد گیاه پالایی همراه شده است. گراس ها، علف ها و درختان برگ ریز و درختان

خانواده کاج انواع عمومی از گیاهان مطرح شده در گیاه پالایی است (۱۰). آپریل و سیمز (۴) مخلوطی از چهار ترکیب آروماتیک را در یک آزمایش گیاه پالایی به وسیله هشت گراس در خاک لومی شنی مطالعه کردند. هشت گراس شامل یولاف، رای گراس وحشی، سوئیچ گراس، گراس هندی، بلو استم کوچک، بلواستم بزرگ، علف گندم غرب، گراما و بلوگراما بودند. میزان تجزیه ترکیبات آروماتیک به طور معنی داری در خاک های تحت کشت گراس بیشتر از خاک شاهد بود، که نشان می دهد میزان تجزیه ترکیبات در اثر گیاه پالایی افزایش یافته است.

گیاهان متنوعی که پتانسیل تسهیل گیاه پالایی مکان های آلوده به هیدروکربن های نفتی را دارند شناخته شده اند. اکثر مطالعات گراس ها و لگوم ها را با پتانسیل خوب تشخیص داده اند. به نظر می رسد گراس های چمنی گیاهان مناسبی برای این منظور باشند زیرا سیستم ریشه های فیبری و گسترده ای دارند. سیستم ریشه های گراس ها بالاترین سطح ویژه (سطح ریشه در یک متر مکعب از خاک) را نسبت به انواع دیگر گیاهان داشته و در خاک تا عمق سه متری نفوذ می کنند (۳ و ۱۱). همچنین این گیاهان تنوع ژنتیکی بالایی دارند که این ویژگی در استقرار گیاه بسیار حائز اهمیت است (۳).

به همین منظور، استفاده از فن آوری های جدید مانند گیاه پالایی ترکیبات آلی لجن تولید شده در پالایشگاه ها می تواند در کاهش یا حذف ترکیبات آلی در خاک موثر باشد. بر همین اساس، پژوهش حاضر با اهداف زیر اجرا شد:

- ۱- مقایسه رشد و عملکرد وزن خشک ریشه و اندام هوایی ده رقم چمن برموداگراس در سطوح مختلف خاک های آلوده به ترکیبات نفتی
- ۲- تاثیر سطوح مختلف آلودگی ترکیبات آلی لجن بر کارایی گیاه پالایی

مواد و روش‌ها

در این پژوهش امکان گیاه پالایی هیدروکربن‌های لجن پساب پالایشگاه اصفهان بررسی شد. به این منظور، ابتدا خاک لوم رسی منطقه به نسبت‌های مختلف با لجن مورد نظر مخلوط شد. پس از آماده سازی خاک، ده رقم چمن برموداگراس برای گیاه پالایی در خاک‌های آلوده کشت شدند.

۱- خاک مورد استفاده

نمونه خاک از قطعه زمینی بایر در پارک پیروزی خمینی شهر نمونه برداری شد. نمونه برداری خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متری انجام شد. نمونه‌ها پس از هوا خشک شدن و عبور از الک ۲ میلی متری برای تیمار شدن با لجن استفاده شد.

۲- آماده سازی خاک

لجن آبیگری شده واحد بازیافت آب پالایشگاه اصفهان، پس از هوا خشک و خرد شدن بادستگاه به نسبت های ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد وزنی با نمونه خاک منطقه مخلوط شد. مخلوط خاک و لجن هر سه روز یک بار به مدت ۲۱ روز به وسیله بیلچه دستی برهم زده شد. رطوبت ظرفیت مزرعه خاک با دستگاه صفحه فشاری تعیین شد. سپس مخلوط خاک و لجن به صورت وزنی، تارسیدن به رطوبت ظرفیت مزرعه آبیاری شد.

۳- آزمایش گیاه پالایی

ده رقم چمن برموداگراس (Tifdwarf, Tifgreen, Tifway, ISFI, ISF2, Jp1, Jp2, Midlawn, 3200w18-4, 3200w19-9) برای آزمایش گیاه پالایی در خاک‌های تیمار شده با لجن و خاک بدون تیمار در شرایط گلخانه انتخاب شدند. ارقام چمن در گلدان پلاستیکی با قطر دهانه ۲۵ و ارتفاع ۳۰

سانتی متر حاوی سه کیلوگرم خاک‌های تیمار شده با لجن بازیافت آب پالایشگاه اصفهان، کشت شدند. ضمناً، برای سهولت در خروج زه آب، ته هر گلدان به ضخامت ۱ تا ۲ سانتی متر ریگ و ماسه ریخته شد. آبیاری به طور مرتب با اندازه گیری رطوبت به صورت وزنی، درحد ظرفیت مزرعه انجام شد. آب زهکش شده با زیر گلدانی جمع آوری شده و مجدداً برای همان گلدان استفاده شد. نمونه برداری از ارقام چمن در ۲، ۴ و ۶ ماه پس از کاشت (نشا کاری) انجام گرفت. در پایان دوره آزمایش و پس از برداشت گیاهان، ریشه و خاک اطراف آن (ریزوسفر) با دقت نمونه برداری شد. نمونه های خاک ریزوسفر ابتدا در هوا خشک شده و سپس برای انجام آزمایش های بعدی استفاده شد. برای تعیین عملکرد وزن خشک ریشه و اندام هوایی به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت در آون خشک شدند.

۱- تجزیه هیدروکربن‌های نفتی در خاک و لجن

برای اندازه گیری هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای در خاک، عصاره گیری این ترکیبات را حلال‌های آلی و با استفاده از دستگاه سوکسله (روش شماره ۸۱۰۰ سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا) انجام دادند (11). در این پژوهش از حلال‌های دی کلرومتان و π - هگزان (مرک آلمان با درجه خلوص بالا) استفاده شد. از هر نمونه خاک ۲۰ گرم توزین و داخل کاغذ مخصوصی به نام تیمبل قرار داده شد. پرزهای این نوع کاغذ به شکلی است که حلال از آن عبور می کند، ولی ذرات خاک از آن عبور نمی نمایند. تیمبل پس از آماده شدن در سوکسله قرار داده شده و به ازای ۲۰ گرم خاک توزین شده، ۱۲۵ میلی لیتر از هر حلال به فلاسک دستگاه اضافه شد. با تنظیم دستگاه در دمای ۷۰ تا ۸۰ درجه سانتی گراد، ترکیبات نفتی خاک عصاره گیری شد.

سپس دستگاه خاموش و مایع داخل فلاسک صاف شد. در این مرحله برای دستیابی به محلول کاملاً صاف، نمونه جمع آوری شده از کاغذ صافی واتمن ۴۲ عبور داده شد (۱۳). کل هیدروکربن‌های نفتی پس از خارج شدن حلال‌ها باتوزین عصاره به دست آمده نسبت به وزن خاک تعیین شد. هیدروکربن‌ها و برخی از ترکیبات آروماتیک عصاره لجن به دست آمده با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگراف مجهز به شناساگر FID (مدل ۵۸۹۰) تعیین شد.

۲- طرح مورد استفاده و تجزیه آماری

تجزیه واریانس داده‌ها براساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و مقایسه میانگین داده‌ها به روش آزمون چند دامنه دانکن با استفاده از نرم افزار SAS انجام گرفت.

نتایج و بحث

۱- عملکرد وزن خشک اندام هوایی ارقام چمن

در مجموع ارقام، تیمار حاوی ۴۰ درصد لجن مخلوط با خاک باعث شد که وزن خشک بخش هوایی به یک هشتم تیمار حاوی صفر درصد کاهش یابد (جدول ۱). لیکن، به دلیل وجود اثر متقابل معنی‌دار بین ارقام و تیمارهای لجن، واکنش ارقام متفاوت بود. برای مثال، با افزایش درصد لجن مخلوط با خاک از ۱۰ درصد به ۴۰ درصد وزن خشک بخش هوایی Tifway کمتر از سایر ارقام کاهش یافت. بنابراین، Tifway دارای بیشترین عملکرد اندام هوایی بود (جدول ۱). در میان ارقام مورد استفاده رقم 3200w18-4 و Jp2 بیشترین رقم Tifdwarf کمترین عملکرد وزن خشک اندام هوایی را داشتند. بیشترین عملکرد در تیمار حاوی ۱۰ درصد مشاهده شد. به نظر می‌رسد این میزان از لجن با بهبود شرایط فیزیکی خام نظیر

کاهش چگالی ظاهری و افزایش آب قابل دسترس و برخی ویژگی‌های شیمیایی و حاصلخیزی باعث افزایش عملکرد شده است. در واقع عوامل سمی لجن به اندازه‌ای نبوده که بتواند کاهش معنی‌داری در عملکرد ایجاد نماید، ولی در سطوح بالاتر لجن سمیت ناشی از غلظت زیاد برخی عناصر و وجود ترکیبات سمی نظیر هیدروکربن‌های نفتی و آروماتیک چند حلقه‌ای کاهش معنی‌داری در عملکرد داده است. تحقیقات پالمروث و پیسچنل (۱۶) نشان داد که کل وزن خشک تولیدی مجموعه لگوم‌ها و گراس‌های به کار رفته تحت تاثیر گازوئیل، مقادیر کمتری را نسبت به تیمار شاهد (غیر آلوده) نشان داد و گیاهان تحت این شرایط آلودگی نسبت به تیمار شاهد، بلندی کمتری داشتند.

۲- عملکرد وزن خشک ریشه ارقام چمن

مقایسه میانگین عملکرد وزن خشک ریشه در ارقام مختلف نشان می‌دهد که ارقام 3200w18-4 و Jp2 به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد وزن خشک ریشه را داشتند (جدول ۲). به طور میانگین، با افزایش درصد لجن مخلوط با خاک از ۱۰ درصد به ۲۰ درصد عملکرد وزن خشک ریشه افزایش یافت، لیکن پس از آن کاهش یافت (جدول ۲). در مجموع ارقام، تیمار حاوی ۴۰ درصد لجن مخلوط با خاک باعث شد که وزن خشک ریشه به حدود نصف تیمار حاوی ۱۰ درصد کاهش یابد (جدول ۲). به دلیل وجود اثر متقابل معنی‌دار بین ارقام و تیمارهای لجن، واکنش ارقام متفاوت بود. برای مثال، با افزایش درصد لجن مخلوط با خاک از ۱۰ درصد به ۴۰ درصد عملکرد وزن خشک ریشه Tifway و 3200w19-9 بیشتر از سایر ارقام و ISF2 کمتر از سایر ارقام کاهش یافت، پس 3200w19-9 بیشترین عملکرد وزن خشک ریشه را داشت (جدول ۲). بینت و پورتال (۷) با بررسی وزن خشک ریشه و اندام هوایی گیاه علف چاودار در خاک آغشته به ترکیبات نفتی دریافتند که وجود این

جدول ۱ - اثر میزان سطوح مختلف آلودگی ، ارقام و اثر متقابل آنها بر وزن خشک (گرم در هر مترمربع)
قسمت هوایی چمن در پایان آزمایش **

میانگین	3200W19-9	3200W18-4	Midlawn	JP2	JP1	ISF2	ISF1	Tifway	Tifgreen	Tifdwarf	رقم
											تیمار آلودگی*
A41/33	42/00e-h	58/0a	48/3cd	53/7b	45/0de	43/7ef	35/3kl	37/7ijk	19/0pqr	30/7m	0
B33/42	38/7hijk	51/7bc	27/7ijk	50/0bc	39/7g-j	37/0jk	25/3n	35/0kl	14/7stuv	4/5yz	10
C26/61	30/33m	42/7efg	33/0lm	41/0f-i	31/0m	26/0n	23/3no	24/7n	14/0tu	0/1z	20
D14/26	16/33rst	20/3opq	18/0qrs	22/7nop	15/3rstu	12/0uv	11/5uv	19/0pqr	7/3wxy	0/1z	30
E4/95	6/7vxy	4/0yz	3/7yzc	1/5ouwx	3/3yzc	5/8xyz	4/8xyz	10/0uw	2/5z	0/1z	40
-----	bC26/8	A35/35	B28/13	A35/17	BC26/87	D24/90	E20/07	CD25/27	F11/5	GV/09	میانگین

* درصد ، ** میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۲- اثر میزان سطوح مختلف آلودگی ، ارقام و اثر متقابل آنها بر وزن خشک (گرم در مترمربع)
ریشه در پایان آزمایش **

میانگین	3200W19-9	3200W18-4	Midlawn	JP2	JP1	ISF2	ISF1	Tifway	Tifgreen	Tifdwarf	رقم
											تیمار آلودگی*
C27/53	33/0e-k	39/0def	28/0j-p	18/0s-v	26m-r	31/3j-n	22/7o-t	21/7p-u	30/3h-n	24/7n-s	0
B33/77	40/7cde	48/7ab	34/0e-k	24/0n-t	33f-m	37/7d-g	28/0j-p	25/3n-r	37/7d-g	28/7i-p	10
A37/80	46/7abc	51/3a	37/0d-h	26/3l-r	35/7e-i	40/0c-f	30/7g-n	27/3k-q	43/0bcd	30/0h-n	20
C28/77	26/3l-r	43/7bcd	27/0k-r	20/3q-v	29/3i-o	35/0e-j	25/3n-r	22/0p-u	33/3f-l	25/3n-r	30
D15/13	15/2uvw	22/0p-u	14/3vw	9/5w	14/3vw	20/3q-v	14/0vw	10/0w	17/0tuv	14/7vw	40
-----	B32/5	A40/9	C28/1	E19/6	C27/7	B32/9	D24/1	E21/3	B32/3	D24/7	میانگین

* درصد، ** میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۳- اثر میزان سطوح مختلف آلودگی ، ارقام و اثر متقابل آنها بر وزن خشک (گرم در مترمربع)
ریشه در پایان آزمایش **

میانگین	3200W19-9	3200W18-4	Midlawn	JP2	JP1	ISF2	ISF1	Tifway	Tifgreen	Tifdwarf	رقم
											تیمار آلودگی*
A13/87	15/0e-k	18/0def	14/0j-p	12/0s-v	13m-r	15/3j-n	11/7o-t	11/7p-u	14/3h-n	13/7n-s	0
B19/58	21/7cde	25/7ab	19/0e-k	16/0n-t	18f-m	21/7d-g	18/0j-p	15/3n-r	20/7d-g	19/7i-p	10
C24/80	26/7abc	38/3a	23/0d-h	19/3l-r	24/7e-i	27/0c-f	21/7g-n	20/3k-q	25/0bcd	22/0h-n	20
D30/25	31/3l-r	45/7bcd	29/0k-r	21/3q-v	28/3i-o	41/0e-j	25/3n-r	22/0p-u	33/3f-l	25/3n-r	30
E4/29	43/2uvw	55/0p-u	41/3vw	34/5w	41/3vw	45/3q-v	39/0vw	35/0w	41/0tuv	37/7vw	40
-----	B27/6	A37/54	C25/3	E20/6	C25/1	B30/1	D23/1	E20/9	B27/9	D23/7	میانگین

* درصد، ** میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

ترکیبات در خاک باعث کاهش وزن خشک ریشه و اندام هوایی می‌شود.

۳- گیاه پالایی هیدروکربن های نفتی لجن با

ارقام مورد مطالعه

عصاره‌گیری ترکیبات نفتی خاک ریزوسفر ارقام و خاک شاهد در پایان دوره آزمایش نشان داد که کاهش یا تجزیه هیدروکربن‌های نفتی در خاک متفاوت است. بیشترین مقدار تجزیه هیدروکربن‌های نفتی در ریزوسفر رقم 3200W18-4 مشاهده شد (جدول ۳). مطالعات نشان داده که ریشه گیاه تال فسکیو می‌تواند سمیت لجن را کاهش و تجزیه هیدروکربن‌های نفتی را افزایش دهد (۱۱، ۱۳ و ۵). احتمالاً، افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی می‌تواند افزایش تجزیه هیدروکربن‌های نفتی در ریزوسفر گیاه را شدت بخشد (۸، ۶، ۹ و ۱۱). درصد کاهش هیدروکربن‌های نفتی لجن در هر یک از سطوح لجن مخلوط با خاک‌ها، به طور معنی‌داری در خاک بدون تیمار (شاهد) کمتر از خاک ریزوسفر سایر ارقام بود. بیشترین مقدار کاهش مربوط به ریزوسفر رقم 3200W18-4 در سطح ۴۰ درصد لجن مخلوط با خاک بود، به طوری که حدود ۵۵ درصد کاهش در کل هیدروکربن‌های نفتی مشاهده شد (جدول ۳). با افزایش درصد لجن تا سطح ۴۰ درصد مقدار تجزیه هیدروکربن‌های نفتی در ریزوسفر رقم 3200W18-4 افزایش یافت (جدول ۳). در مجموع سطح ۴۰ درصد لجن، عملکرد ریشه و اندام هوایی کمتری نسبت به سایر سطوح لجن در ارقام داشت، اما تجزیه هیدروکربن‌ها در ریزوسفر رقم 3200W18-4 بیشتر بود (جدول ۳). این امر احتمالاً به دلیل وجود سوبسترای بیشتر (لجن) برای ریز جانداران در ریزوسفر و افزایش فعالیت جمعیت میکروبی نسبت به سطوح کمتر لجن می‌باشد (۱۲ و ۱۵). بر اساس نتایج تحقیقات سلیمانی

(۱) گیاه فسکیو در مقایسه با گیاه برموداگراس (Tifway)، تاثیر بیشتری در تجزیه نفتالین نشان داد. هاتچینسون و همکاران (۱۳) گیاه پالایی را به‌عنوان یک روش مفید برای حذف هیدروکربن‌های نفتی در خاک معرفی کردند و نتایج مطالعات آنها نشان داده که مقدار تجزیه هیدروکربن‌های نفتی در ریزوسفر گیاه برموداگراس ۶۸ درصد و در ریزوسفر گیاه فسکیو ۶۲ درصد بود.

نتیجه گیری

براساس نتایج این پژوهش می‌توان گفت، در مجموع ارقام، رقم 3200W18-4 دارای بیشترین عملکرد وزن خشک اندام هوایی و ریشه بود همچنین، بیشترین درصد کاهش هیدروکربن‌های نفتی لجن مربوط به ریزوسفر این رقم بود. کاشت این رقم در نمونه خاک مورد آزمایش می‌تواند سمیت لجن را کاهش و تجزیه هیدروکربن‌های نفتی را افزایش دهد. به طور کلی، استفاده از این ارقام چمن می‌تواند در گیاه‌پالایی ترکیبات نفتی لجن موفق عمل نمایند و در عین حال، فضای سبز نیز ایجاد نمایند.

منابع

- ۱- سلیمانی امین‌آبادی، م. ۱۳۸۲. پالایش خاک‌های آلوده به هیدروکربن‌های نفتی و فلزات سنگین سرب و نیکل به‌وسیله گیاهان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان. ص ۶۷.
- ۲- کوچک‌زاده، م، ت.، ۱۳۸۴. صنعت نفت و محیط‌زیست، انتشارات شرکت پالایش و پخش شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی ایران.

3- Abedi-koupai, j. and A.m. charkhabi. 2005. Phytoremediation of petroleum contaminated

- 11- Gunther, T., U. Dornberger and W. Fritsche. 1996. Effects of ryegrass on biodegradation of hydrocarbons in soil. *Chemosphere*. 33(2):203-215.
- 12- Heitkamp, M.A. and C.E. Cerniglia. 1987. Polycyclic aromatic hydrocarbon degradation by a *Mycobacterium* sp. In microcosms containing sediment and water from a pristine ecosystem. *Applied and Environmental Microbiology*. 55(8): 1968-1973.
- 13- Hutchinson, S. L., M.K. Banks and A. P. Schwab. 2001. Phytoremediation of Aged Petroleum Sludge: Effect of Inorganic Fertilizer. *Environmental Quality*. 30:395-403.
- 14- McIntire, T. and G. M. Lewis. 1997. The advancement of phytoremediation as innovative environmental technology for stabilization, remediation and restoration of contaminated sites. *Soil Contam.* 6: 227-235.
- 15- Nichols, T. D., D. C. Wolf, H. B. Rogers, C. A. Beyrouthy and C. M. Reynolds. 1997. Rhizosphere Microbial Populations in Contaminated Soils. *Water, Air, and Soil Pollution*. 95: 165-178.
- 16- Palmorth, R. T., Pichtel, J., 2002. Phytoremediation of subarctic soil contaminated with diesel fuel. *Journal of Bioresource Technology*, 84:221-228.
- soils. *Proceeding of Aquifer Vulnerability and Risk 2nd International Workshop and 4th Congress on the Protection and management of Groundwater*. September 21-23. Parma, Italy.
- 4- April, W. and R.C. Sims. 1990. Evaluation of the use of prairie grass for stimulating polycyclic aromatic hydrocarbon treatment in soil. *Chemosphere*. 20:253-265.
- 5- Baheri, H. and A. Meysami. 2001. Feasibility of fungi bioaugmentation in composting a flare pit soil. *Hazard. Mater. B*. 89:279-286.
6. Banks, M.K.R.S. Gorindaraju, A.P. Schwab, P. Kulakow and J. Finn. 2000. *Phytoremediation of Hydrocarbon Contaminated Soil*. CRC press, Boca Raton, FL.
- 7- Binet, P., Portal, J.M. 2000. Dissipation of 3-6 ring polycyclic aromatic hydrocarbons in the rhizosphere of ryegrass. *Soil Biology and Biochemistry*, 32:2077-2077.
- 8- Bollag, J. M., T. Mertz and L. Otjen. 1994. chapter 1 Role of Microorganisms in soil bioremediation. *Bioremediation through Rhizosphere Technology*. American Chemical Society; Washington, D.C. ACS symposium series: 563-573.
- 9- Cunningham, S.D and D. W. Row. 1996. Promises and prospects of Phytoremediation. *Plant Physiology*. 110(3): 715-719.
- 10- Gudin, C. and W. J. Syrett. 1975. Biological aspects of land rehabilitation following hydrocarbon contamination. *Environmental Pollution* 8: 107-112.