دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده کشاورزی

تاثیر رژیم آبیاری و کاربرد هیدروژل بر گیاه پالایی خاک های آلوده به مواد نفتی

پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی

الهام قاهری

اساتید راهنما

دکتر جهانگیر عابدی کوپایی

دکتر سید سعید اسلامیان

۱۳۸۷

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی خانم الهام قاهری

تحت عنوان

تاثیر رژیم آبیاری و کاربرد هیدروژل بر گیاه پالایی خاک های آلوده به مواد نفتی

در تاریخ ۱۳۸۷/۱۲/۱۹ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان نامه	دکتر جهانگیر عابدی کوپایی
۲- استاد راهنمای پایان نامه	دکتر سید سعید اسلامیان
۳- استاد مشاور پایان نامه	دکتر عبد المجید رضائی
۴- استاد داور	مهندس اسماعیل لندی
۵- استاد داور	دکتر مجید افیونی
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر فرشید نوربخش

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،

ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع این

پایان نامه متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

تقدیم به

پدر و مادر

عزیزتر از جانم

و خواهر و برادرانم

تشکر و قدردانی

خداوندگارا زبان از درک و بیان ستایشی که سزاوار توست ناتوانست. عقل از ادراک کنه جمالت عاجز است و دیده از نزدیکی به انوار جمال و جلالیت خسته و نابینا.

الهی!

تا آموختنی را آموختم، و آموخته را جمله بسوختم!

اندوخته را برانداختم، و انداخته را بیندوختم!

نیست را بفروختم، تا هست را بیفروختم!

(کشف الاسرار خواجه عبدالله انصاری)

اکنون که در سایه لطف و عنایت پروردگار مهربان توانستم مرحله دیگری از تحصیلات خود را با موفقیت به اتمام رسانم به رسم ادب و سنت حسنه سپاس، لازم می دانم از تمامی افرادی که مرا در این مسیر یاری نمودند تشکر کنم.

بر خود واجب می دانم از پدر و مادر عزیزم که در طول زندگی یار و راهنما و مشوق واقعی من بوده اند سپاسگزاری نموده و سلامت و طول عمرشان را از خداوند متعال خواستار باشم.

خداوند را شاکرم که فرصتی پیش آمد تا در محضر اساتید بزرگوار به کسب دانش بپردازم. از اساتید راهنمای گرامیم جناب آقای دکتر عابدی و دکتر اسلامیان که در کمال متانت و شکیبایی در کلیه مراحل انجام این پایان نامه مرا مشمول راهنمایی های بی شائبه خویش نمودند و در همه حال با گشاده رویی و حوصله، پذیرای بنده بودند تشکر و قدردانی می نمایم. از استاد خرزانه و گرانقدر جناب آقای دکتر رضائی که همواره خراتر از یک مشاور یاریگرم بودند سپاسگزارم. از اساتید محترم داور جناب آقای مهندس لندی و دکتر افیونی که زحمت بازخوانی و داوری این پایان نامه را متقبل شدند، سپاسگزاری می کنم.

از دیگر اساتید بزرگوار گروه دکتر موسوی، دکتر مصطفی زاده، دکتر حیدرپور و دکتر افضلی مهر در این دوره تحصیلی از حضورشان کسب فیض نمودم سپاسگزارم.

از تمامی دوستان عزیزم که آشنایی و همراهیشان فرصتی تکرار ناشدنی بود، صمیمانه سپاسگزارم و برای هر یک آرزوی کامیابی و پیروزی دارم.

در پایان از خانم ها مهری و منتظری و آقایان روشنایی و بسالت پور به خاطر کمک های ارجمندشان در مراحل مختلف این پژوهش کمال تشکر را دارم.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب.....هشت

فهرست اشکال.....ده

فهرست جداول.....یازده

چکیده.....۱

فصل اول: مقدمه و بررسی منابع

۱-۱- بیان مسئله.....۳

۱-۲- آلودگی محیط زیست.....۴

۱-۳- پالایشگاه و نقش آنها در تخریب محیط زیست.....۵

۱-۳-۱- آب.....۵

۱-۳-۲- حوادث شیمیایی.....۵

۱-۳-۳- خاک.....۵

۱-۴- هیدروکربن های نفتی از مهمترین آلاینده های خاک و آب.....۷

۱-۵- انواع آلاینده های هیدروکربنی.....۸

۱-۶- اثرات مواد نفتی بر روی موجودات زنده.....۱۰

۱-۶-۱- اثرات مواد نفتی بر روی انسان.....۱۱

۱-۷- تغییرات محصولات نفتی در محیط.....۱۱

۱-۸- روش های پالایش آلاینده ها از محیط زیست.....۱۲

۱-۸-۱- روش های فیزیکی.....۱۲

۱-۸-۲- روش های شیمیایی.....۱۳

۱-۸-۳- روش های بیولوژیکی.....۱۵

۱-۹- گیاه پالایی روشی سازگار با محیط زیست.....۱۹

۱-۹-۱- مزایا و معایب این روش.....۱۹

۱-۹-۲- انواع مکانیسم ها ی گیاه پالایی.....۲۰

۱-۹-۳- گیاهان پالاینده.....۲۵

۱-۱۰- نقش میکروارگانیسم ها در کاهش مسمومیت گیاهی.....۲۹

۱-۱۱- مکانیسم های افزایش تجزیه آلاینده ها در منطقه ریشه.....۳۰

۱-۱۲- تاثیر فاکتور های محیطی بر افزایش راندمان گیاه پالایی.....۳۱

۱-۱۲-۱- انتخاب گیاه و تراکم کاشت.....۳۱

۱-۱۲-۲- مدیریت محل.....۳۱

۱-۱۲-۳- تناوب زراعی، حفاظت از گیاه، کنترل آفات و بیماری ها.....۳۲

۱-۱۲-۴- ساختمان، بافت خاک و محتوی مواد آلی ۳۲
۱-۱۲-۵- دیگر فاکتورهای موثر در گیاه پالایی ۳۳
۱-۱۲-۶- ویژگی های مکانی مهم در گیاه پالایی ۳٤
۱-۱۳- به کار گیری گیاهان و میکروارگانیسم های بومی ۳٤
۱-۱۴- غلظت هیدروکربن های نفتی در گیاه پالایی ۳۵
۱-۱۵- مقایسه گیاه پالایی با دیگر روش های پاکسازی آلودگی ۳٦
۱-۱۶- بررسی کاربرد مواد جاذب رطوبت ۳۷
۱-۱۶-۱- هیدروژل ۳۷
۱-۱۶-۲- کاربرد های هیدروژل در صنایع و کشاورزی ۳۸
۱-۱۶- ۳- زئولیت ٤۱
۱-۱۷- مدل های ریاضی در پدیده گیاه پالایی ٤۳
۱-۱۷-۱- مدل سینتیک درجه اول ٤۳
۱-۱۷-۲- مدل سینتیک درجه صفر ٤۵
۱-۱۷-۳- مدل هیگوچی ٤۵
۱-۱۸- ضرورت و اهداف طرح ٤۵
فصل دوم: مواد و روشها
۲-۱- تهیه و آماده سازی خاک ۴۷
۲-۲- تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک ۴۸
۲-۳- تعیین هیدروکربن های نفتی ۴۸
۲-۴- کشت و نگهداری گیاهان ۵۰
۲-۴-۱- بررسی روند سینتیکی گیاه پالایی ۵۰
۲-۴-۲- بررسی تاثیر رژیم آبیاری و مواد جاذب رطوبت ۵۰
۲-۵- تنفس میکروبی ۵٦
۲-۶- طرح آماری مورد استفاده و تجزیه آماری ۵٦
فصل سوم: نتایج و بحث
۳-۱- بررسی روند تجزیه آلاینده های نفتی خاک با استفاده از مدل های سینتیک ۶۰
۳-۲- بررسی تاثیر رژیم های آبیاری و مواد جاذب رطوبت بر عملکرد گیاهی ۶۵
۳-۲-۱- عملکرد ماده خشک گیاهی ۶۵
۳-۲-۲- پارامترهای ریشه و نسبت اندام هوایی به ریشه ۷۲
۳-۳- بررسی تاثیر رژیم های آبیاری و مواد جاذب رطوبت بر تنفس میکروبی و گیاه پالایی ۷۹
فصل چهارم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها
۴-۱- نتیجه گیری ۸۹

۴-۲- پیشنهادات ۹۱
منابع ۹۳

فهرست اشکال

شکل **صفحه**

شکل۱-۱- نمای کلی گیاه پالایی.....۱۸

شکل ۱-۲- تخریب آلاینده های آلی توسط مکانیسم تخریب گیاهی ۲۳

شکل ۱-۳- انواع مکانیسم های گیاه پالایی.....۲۶

شکل ۱-۴- هیدروژل قبل و بعد از جذب رطوبت ۳۹

شکل ۱-۵ ساختمان سه بعدی زئولیت ۴۲

شکل ۲-۱- عصاره گیری نفت از خاک توسط دستگاه سوکسله ۵۱

شکل ۲-۲ گیاهان مورد استفاده در این طرح الف) فستوکا و ب) لولیم ۵۳

شکل ۲-۳- مواد جاذب رطوبت استفاده شده الف) نمونه‌ای از زئولیت فیروزکوه قبل از آسیاب، ب) نمونه زئولیت استفاده شده در طرح و ج) هیدروژل A۲۰۰ محصول پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران.....۵۳

شکل ۲-۴- نمای کلی از گیاهان در مراحل مختلف کاشت ۵۷

شکل ۳-۱- داده های آزمایش همراه با منحنی های برازش داده شده. الف) منحنی سینتیک درجه اول، ب) منحنی سینتیک درجه صفر و ج) منحنی هیگوچی ۶۳

شکل ۳-۲- مقایسه میانگین عملکرد ماده خشک اندام هوایی گیاهان مورد استفاده و مواد جاذب رطوبت در مقایسه با شاهد ۷۰

شکل ۳-۳- مقایسه میانگین عملکرد ماده خشک اندام هوایی در رژیم های آبیاری اعمال شده و موادجاذب رطوبت ۷۱

شکل ۳-۴- مقایسه میانگین عملکرد ماده خشک ریشه در رژیم های آبیاری اعمال شده و موادجاذب رطوبت ۷۲

شکل ۳-۵- مقایسه میانگین الف) طول ریشه (سانتی متر) و ب) سطح ریشه (سانتی متر مربع) گیاهان مورد استفاده ۷۹

شکل ۳-۶- مقایسه میانگین نسبت اندام هوایی به ریشه گیاهان مورد استفاده در طرح ۷۹

شکل ۳-۷- مقایسه میانگین میزان کربن تولید شده به صورت CO_2 طی فرایند تنفس میکروبی در حضور گیاهان مورد مطالعه و شاهد بدون گیاه در تیمارهای حاوی هیدروژل، زئولیت و شاهد بدون مواد جاذب رطوبت.....۸۸

شکل ۳-۸- مقایسه میانگین میزان غلظت TPH باقیمانده در خاک در حضور گیاهان مورد مطالعه و شاهد بدون گیاه در تیمارهای حاوی هیدروژل، زئولیت و شاهد بدون مواد جاذب رطوبت.....۸۸

فهرست جداول

جدول **صفحه**

جدول ۱-۱- طبقه بندی هیدروکربن ها ۱۰

جدول۱-۲- گیاهانی که پتانسیل گیاه پالایی هیدروکربن های نفتی را دارند ۲۷

جدول ۱-۳- تجزیه سینتیکی هیدروکربن های نفتی محاسبه شده در مطالعات مختلف..... ۴۴

جدول۲-۱- برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک های مورد مطالعه..... ۴۹

جدول ۲-۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی هیدروژل A۲۰۰..... ۵۲

جدول ۲-۳- مشخصات زئولیت و درصد مواد تشکیل دهنده آن ۵۲

جدول۳-۱ داده های جمع آوری شده از ریزوسفر گیاه لولیم ۶۰

جدول ۳ -۲ توابع و مقادیر k در مدل های مختلف..... ۶۲

جدول ۳-۳- تجزیه واریانس عملکرد ماده خشک اندام هوایی و ریشه گیاهان (گرم بر گلدان) ۶۵

جدول ۳-۴- اثر نوع گیاه بر عملکرد ماده خشک اندام هوایی و ریشه (گرم بر گلدان)..... ۶۶

جدول ۳-۵- اثر رژیم های آبیاری بر عملکرد ماده خشک اندام هوایی و ریشه (گرم بر گلدان) گیاهان ۶۷

جدول ۳-۶- اثر مواد جاذب رطوبت بر عملکرد ماده خشک اندام هوایی و ریشه (گرم بر گلدان) گیاهان..... ۶۹

جدول ۳-۷- تجزیه واریانس پارامتر های ریشه گیاهان (طول ریشه بر حسب سانتی متر و سطح ریشه بر حسب سانتی متر مربع) در سطوح مختلف ۷۳

جدول ۳-۸- تجزیه واریانس نسبت اندام هوایی به ریشه در سطوح مختلف..... ۷۴

جدول ۳-۹- اثر نوع گیاه بر پارامتر های ریشه گیاهان (طول ریشه بر حسب سانتی متر و سطح ریشه بر حسب سانتی متر مربع) ۷۴

جدول ۳-۱۰- اثر رژیم های آبیاری بر پارامتر های ریشه گیاهان (طول ریشه بر حسب سانتی متر و سطح ریشه بر حسب سانتی متر مربع)..... ۷۶

جدول ۳-۱۱- اثر مواد جاذب رطوبت بر پارامتر های ریشه گیاهان (طول ریشه بر حسب سانتی متر و سطح ریشه بر حسب سانتی متر مربع)..... ۷۷

جدول ۳-۱۲- تجزیه واریانس میزان کربن تولید شده به صورت CO_2 و درصد نفت باقیمانده در خاک در تیمارهای مختلف ۸۰

جدول ۳-۱۳- اثر نوع گیاه بر تنفس میکروبی و درصد نفت باقیمانده در خاک ۸۳

جدول ۳-۱۴- اثر رژیم های آبیاری بر تنفس میکروبی و درصد نفت باقیمانده در خاک..... ۸۵

جدول ۳-۱۵- اثر مواد جاذب رطوبت بر تنفس میکروبی و درصد نفت باقیمانده در خاک ۸۶

چکیده

توسعه صنعتی قرن بیستم منجر به نابودی منابع موجود در محیط زیست از جمله آب و خاک شده است. در این راستا آلودگی خاک به مواد نفتی در کشورهایی که تولید کننده نفت هستند، توجه ویژه ای را می طلبد. درکشور ما به علت استفاده روز افزون ازسوخت های فسیلی و بهره برداری از پالایشگاه ها، از یک سو با افزایش آلودگی های زیست محیطی مخصوصاً آلودگی منابع آب و خاک اطراف این مناطق مواجه هستیم و از سوی دیگر پتانسیل بالفعل این خاک ها را برای استفاده های بهینه در زمینه کشاورزی و تولید محصول بسیار کاهش می دهد. لذا کاربرد تکنولوژی هایی برای بهبود کیفیت منابع محیطی از اهمیت بسزایی برخوردار است. پاک سازی محیط از آلاینده های نفتی بسیار پرهزینه و وقت گیر است و روش های به کار گرفته شده برای اصلاح این خاک ها عمدتاً با مشکلاتی روبرواست. گیاه پالایی یا به عبارتی حذف بیولوژیک آلاینده ها یکی از روش های موثر و ارزان قیمت نسبت به سایر فناوری های پاک سازی است. در این پژوهش در مرحله نخست روند منحنی سینتیک زوال هیدروکربن های نفتی خاکهای آلوده خوزستان مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور گیاه لولیم انتخاب و به منظور بررسی روند زوال درصد ترکیبات نفتی با نمونه گیری از خاک محیط ریزوسفر هر ۱۰ روز یکبار، آنالیز درصد ترکیبات نفتی نمونه های خاک صورت گرفت. نتایج حاصل با سه مدل سینتیک درجه صفر، سینتیک درجه اول و مدل هیگوچی مورد برازش قرار گرفت. نتایج حاصل از برازش داده های آزمایش با مدل های یاد شده و مقادیر ضریب تعیین نشان داد که بهترین برازش با مدل سینتیک درجه اول با ثابت سرعت واکنش و نیمه عمر ماده آلاینده ترتیب ۰/۰۰۹۸ بر روز و ۷۱ روز صورت گرفته است. همچنین نتایج آزمایشات گیاه پالایی با استفاده از گیاه لولیم ۶۵ درصد کاهش ترکیبات نفتی خاک را طی مدت ۱۷ هفته نشان داد. در مرحله دوم تحقیق گیاهان فستوکا و لولیم به مدت ۱۵ هفته در خاک های آلوده به مواد نفتی پالایشگاه تهران کشت شدند و تیمارهای آبیاری که شامل ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بودند اعمال شد و تاثیر آن بر عملکرد گیاه پالایی بررسی شد. همچنین تلفیق تکنیک گیاه پالایی با مواد ابرجاذب تولید داخل کشور و تاثیر آن بر افزایش راندمان گیاه پالایی نیز بررسی شد. به همین منظور از هیدروژل ابرجاذب (A۲۰۰) و زئولیت فیروزکوه در سطوح ٦ گرم بر کیلوگرم استفاده شد. نتایج نشان داد گیاه فستوکا در این طرح هم از لحاظ استقرار و تولید عملکرد ماده خشک گیاهی و هم از نظر طول، سطح ریشه و نسبت اندام هوایی به ریشه نسبت به گیاه لولیم توانایی بالاتری داشت. نتایج نشان دهنده تاثیر مثبت استفاده از هیدروژل و زئولیت بر مقدار ماده خشک تولیدی اندام هوایی و ریشه بود. اختلاف آماری معنی دار چه در میزان تنفس میکروبی و چه در مقدار درصد نفت باقیمانده در خاک مابین تیمارهای با پوشش گیاهی و شاهد بدون گیاه وجود داشت. به طوریکه تنفس میکروبی در خاک ریزوسفری گیاهان فستوکا و لولیم بیشتر از خاک بدون پوشش گیاهی مشاهده شد. همچنین درصد نفت باقیمانده در خاک ریزوسفری گیاهان در انتهای دوره کاشت کمتر از خاک بدون پوشش گیاهی بود. استفاده از فستوکا و لولیم باعث به ترتیب کاهش ۵۲/۷ و ۵۲ درصدی غلظت ترکیبات نفتی نسبت به غلظت اولیه این ترکیبات در شروع دوره آزمایش شد. ولی این کاهش در شاهد بدون گیاه ۲۰/۸ درصد مشاهده شد. آبیاری در حد FC دارای بیشترین تاثیر بر فعالیت میکروبی بود. ولی میان دو رژیم آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد FC تفاوت معنی داری مشاهده نشد. نتایج نشان می داد تیمار دارای هیدروژل دارای کمترین درصد نفت باقیمانده در خاک می باشد. به طوریکه کاهشی در حدود ۲۶/۲ درصدی در تیمار دارای هیدروژل نسبت به شاهد بدون مواد جاذب مشاهده شد. استفاده از هیدروژل و زئولیت به ترتیب باعث کاهش ۵۱/۱ و ۴۰/۸ درصدی غلظت ترکیبات نفتی نسبت به غلظت اولیه این ترکیبات در شروع دوره آزمایش شد. ولی این کاهش در شاهد بدون مواد جاذب ۳۳/۹ درصد مشاهده شد.

کلمات کلیدی: گیاه پالایی، آلودگی نفتی خاک، مواد جاذب رطوبت، هیدروژل، زئولیت

فصل اول

مقدمه و بررسی منابع

پیشرفت، توسعه تکنولوژی و افزایش جمعیت به خصوص در مناطق شهری و صنعتی از عوامل افزاینده آلاینده ها به حساب می آیند. آلاینده ها از جمله عوامل مختل کننده محیط زیست به شمار می روند و خاک به عنوان یکی از اجزاء مهم محیط زیست در معرض مستقیم آلودگی های ناشی از فعالیت های صنعتی و مواد زائد جامد شهری، فاضلاب شهری و مواد مورد مصرف در کشاورزی است [۲۴]. امروزه آلودگی محیط زیست از مسائل مهمی است که جوامع مختلف با آن روبه رو هستند [۷]. آلودگی نفت تقریبا" یک پیامد اجتناب ناپذیر از افزایش سریع جمعیت است که بر پایه تکنولوژی نفت قرار دارد. استفاده از منابع نفتی بدون وقفه در مقیاس بزرگ، به طور عمد یا تصادفی در حال افزایش است و یکی از بزرگترین دلایل آلودگی می باشد [۱۵]. در طول قرن گذشته صنعتی شدن باعث بوجود آمدن وابستگی روز افزون به صنعت پتروشیمی شد که باعث ایجاد آلودگی مکان های زیادی با محصولات پتروشیمی و فراورده های جانبی آن نیز شده است [۶۲].

یکی از کاربرد های جدید و رو به رشد بیوتکنولوژی زیست محیطی، پالایش زیستی[۱] می باشد. فرم جدید و با سرعت رشد زیاد پالایش زیستی، گیاه پالایی[۲] است که درآن از گیاهان سبز و پوشش گیاهی مرتبط با آن ها برای

---

۱ - Bioremediation
۲ - Phytoremediation

حذف، محدود کردن و یا سمیت زدایی آلاینده های زیست محیطی استفاده می شود [۱۱]. در اصل گیاه ـ پالایی به ابتکار انسان برای کمتر کردن آلودگی مکان های آلوده باز می گردد. در این روش به تکنیک های پیشرفته مهندسی یا حفاری[۳] نیازی نیست. هر چند که ممکن است نیازمند به استقرار یک جمعیت میکروب ـ گیاه مناسب در مکان مورد نظر یا تکنیک های کشاورزی مانند کشت یا حاصلخیز کردن برای بهبود تجزیه طبیعی آلودگی باشد [۸۶]. گزارشاتی که در سال های اخیر منتشر شده، مشخص نموده است که کاشت گیاه می تواند نقش مهمی در پالایش زیستی ترکیبات شیمیایی آلی ایفا نماید [۱۴۴، ۵۸ و ۸۱]. گیاه پالایی یک تکنولوژی نوظهور و سبز می باشد که از گیاهان برای پالایش خاک، رسوبات و آبهای سطحی و زیرزمینی آلوده به فلزات سنگین، مواد آلی و ذرات رادیواکتیو استفاده می نماید [۱۴۱] و یک ابزار موثر، بدون اثرات جانبی و ارزان قیمت برای پالایش خاک هاست [۱۷۹]. این تکنولوژی نسبت به روش های شیمیایی و مکانیکی مرسوم برای جداسازی آلاینده های خطرناک از خاک مقرون به صرفه تر است [۸۳].

این فن برای محل هایی که در عمق سطحی آلوده شده اند و زمین هایی که در وسعت زیاد آلوده شده اند به طوری که استفاده از روش های دیگر رفع آلودگی اقتصادی نیست، قابل کاربرد است و هم چنین در مکان هایی که دارای سطح آلودگی کم با مواد نفتی هستند مناسب می باشد [۲۸]. روش گیاه پالایی علمی کاربردی و کاملاً نو است. گیاه پالایی برای بیان روندی که طی آن گیاهان می توانند مقادیر متنابهی از مواد خاص را از خاک خارج کنند به کار می رود. این اصطلاح همچنین می تواند برای پالایش برخی از عناصر از آب یا حتی هوا به کار رود [۲٤].

۱-۱- بیان مسئله

انسان در اثر فعالیت های روزمره خود، مقادیر قابل توجهی از آلاینده های مختلف را به منابع آب، خاک و هوا وارد می نماید. گسترش روزافزون صنایع، توسعه شهرها، افزایش جمعیت و دخالت بی رویه بشر در طبیعت منجر به تخریب محیط زیست گردیده، به طوری که طی سال های گذشته تغییرات قابل ملاحظه ای و اثرات مشهودی در آن به وجود آمده است [۷]. در دهه اخیر از طرف محیط شناسان مسئله آلودگی محیط زیست به عنوان اصلی ترین مسئله ای که حیات و آینده بشری را تهدید می کند مطرح شده و این مشکل را عمده ترین معضل لاینحل عصر جدید

---

[۳] - Excavation

قلمداد می نمایند [۱۶]. رشد روز افزون جمعیت و به دنبال آن توسعه پالایشگاه ها، صنایع پتروشیمی و فعالیت های رو به افزایش چاه های نفت و گاز از یک سو و عدم رعایت الزامات زیست محیطی از سوی دیگر سبب شده است تا در چند دهه اخیر مقادیر زیادی از آلاینده های هیدروکربنی وارد محیط زیست شوند [۴۰]. آلودگی خاک توسط مواد هیدروکربن نفتی به شکل وسیع در اطراف تأسیسات اکتشاف و پالایش و به شکل موضعی در مسیرهای انتقال این مواد قابل مشاهده است. علاوه بر انتشار مستقیم این آلاینده ها، غبارات حاصل از سوخت گازهای همراه نفت طی سالیان متمادی توانسته مواد سمی و مضری را به خاک های منطقه اضافه کند. وجود این آلاینده ها در محیط زیست علاوه بر تأثیر گسترده بر اکوسیستم منطقه، با گذشت زمان و ورود به چرخه غذایی، به جوامع انسانی نیز راه می یابند و به این ترتیب سلامت انسانها را تهدید می کنند [۱۸۳]. پاک سازی محیط از آلاینده های نفتی بسیار پرهزینه و وقت گیر است و روش های به کار گرفته شده برای اصلاح این خاک ها نوعاً ناکارآمد است. گیاه پالایی یا به عبارتی حذف بیولوژیک آلاینده ها یکی از روش های موثر و اطمینان بخش نسبت به سایر فناوری های پاک سازی است [۴۰].

۱-۲- آلودگی محیط زیست

انقلاب صنعتی قرن گذشته، نتایج زیان باری را برای منابع طبیعی مانند هوا، آب و خاک به همراه داشته است. حفظ سلامتی نوع بشر به کیفیت محیط فیزیکی وابسته است [۱۴۵]. محیط زیست در حالت طبیعی به قسمی تغییر می کند که خود را متعادل نگه می دارد و این تعادل را فقط تلاش های غیر اصولی بشر در بهره برداری از منابع طبیعی بر هم می زند و بر هم زدن این تعادل باعث تغییرات نامطلوب در خواص فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی هوا، آب و یا خاک می شود و در نتیجه سلامت و فعالیت انسان ها و دیگر موجودات زنده را به خطر می اندازد که تغییرات نامطلوب در خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی هر کدام از سه عنصر اصلی یعنی آب، هوا و خاک را آلودگی می نامند. به عبارتی دیگر آلودگی عبارتست از وجود اجزای زیان بار، خطرناک یا نامطلوب در یک محیط. محیط آلوده، محیطی است که ظرفیت جذب آلودگی آن پشت سر گذاشته شده و در نتیجه دستخوش تغییرات اکولوژیکی نامطلوب شده است [۳۳].

اقتصاد وابسته به صنعت و رو به رشد در قرن اخیر باعث رها سازی محصولات شیمیایی مختلف در محیط زیست شده است. آلاینده های متداول شامل هیدروکربن های نفتی[٤] (TPH)، هیدروکربن های آروماتیک چندحلقه ای[٥] (PAHs)، آفت کش ها، حلال ها، فلزات و ... می باشند که تهدید ناشی از آنها بر روی سلامت انسان و اکوسیستم به خوبی به ثبت رسیده است [۱۲۵، ۷۲ و ۵۱]. آلودگی های نفتی یک پی آمد اجتناب ناپذیر از افزایش سریع جمعیت و فرایند صنعتی شدن می باشد [۱۸۳]. هیدروکربن های نفتی یکی از رایج ترین آلاینده های آلی موجود در محیط و همچنین مضر برای اکثر موجودات می باشد. منابع مختلفی برای آلودگی TPH در خاک ها وجود دارد که شامل استخراج پالایشگاه ها، نقل و انتقال، عملیات خالص سازی و مصرف مواد نفتی می باشد. به طور کلی پالایش TPH موجود از خاک فرایند گرانقیمت و کندی را طی می کند. این موضوع به ویژه در مورد اجزائی از ترکیبات نفتی که در مقابل تجزیه مقاومت می کنند کاملا" صحیح می باشد. برای مثال، اجزاء با وزن مولکولی بالا که از لجن پالایشگاه نفت باقی می مانند به سختی تجزیه می شوند [۱۲۴ و ۱۶۴].

۱-۳- پالایشگاه ها و نقش آنها در تخریب محیط زیست

صنعت نفت بسیاری از پدیده های اطراف ما را تحت تاثیر خود قرار می دهد که از آن جمله می توان موارد زیر را برشمرد:

۱-۳-۱- آب

در صنایع نفتی هر روز حجم زیادی آب در سیستم پالایش و سیستم خنک کننده ها مصرف می شود که در نهایت این آب ها به نحوی آلوده می شوند و به محیط اطراف از قبیل دریاها و رودخانه ها، خلیج های کوچک و اقیانوس ها وارد می شوند. این آب های آلوده می توانند موجودات زنده را آلوده کرده و از این طریق باعث مسمومیت های انسانی شوند.

---

[١] - Total Petroleum Hydrocarbons
[٢] - Polycyclic Aromatic Hydrocarbons

۱-۳-۲- حوادث شیمیایی

این حوادث به خودی خود در اطراف ما وجود ندارند بلکه ناشی از سیستم های پیشرفته شیمیایی درون واحد های مختلف عملیاتی می شوند. بدین ترتیب که همیشه احتمال نشت مواد و یا خطر انفجار ظروف بزرگ تحت فشار در این واحد ها وجود دارد که در صورت بروز می تواند حوادث جبران ناپذیری را در پی داشته باشد.

۱-۳-۳- خاک

بعضی مواقع آب های آلوده ای که صنایع نفتی تولید می کنند و وارد حوضچه های مخصوص می شوند به دلیل عدم وجود شرایط مناسب از کف حوضچه ها وارد خاک شده و به تدریج خاک را آلوده می کند که این آلودگی به نوبه خود تقریبا" غیر قابل برگشت است.

پالایشگاه ها بر محیط های اطراف خود اثرات منفی زیادی می گذارند که البته در درجه اول مردم و ساکنان اطراف را تحت تاثیر قرار می دهد و آنان هستند که بهای زیادی را در قبال آلودگی های منتشر شده پرداخت می کنند. یک پالایشگاه با ظرفیت متوسط، تقریباً معادل ۱۱۰ متر مکعب در روز (معادل ۱۰ هزار گالن در روز)، آبهای آلوده تولید می کند که در نهایت با نشر مواد سمی مربوط به آنها در محیط اطراف، بیماری هایی از قبیل سرطان خون، تولد نوزادان ناقص، مشکلات تنفسی، آلودگی و ... میان مردم شیوع می یابد. آلودگی مواد نفتی در اطراف مخزن ها برروی خاک و یا سررفتن یک مخزن نفت خام یا فراورده ها که بارها اتفاق افتاده خاک را آلوده نموده و وقتی حجم سرریز زیاد باشد به تدریج در خاک فرو رفته و وارد آب می شود [۳۳].

نشت نفت از لوله های انتقال، سرریز شدن مخازن نفت خام پالایشگاه ها، تصادف خودروهای حمل کننده نفت خام ومشتقات آن، رها سازی پسمانده ها و ضایعات پالایشگاه ها در محیط زیست و جنگ هایی که متعاقب آن منابع نفت سوزانده می شود، نظیر جنگ خلیج فارس در سال ۱۹۹۱، از جمله مهم ترین منابع آلودگی خاک به هیدروکربن های نفتی است [۵۴].

پالایشگاه نفت تهران در ۱۵ کیلومتری جنوب تهران واقع گردیده و مشتمل بر دو پالایشگاه جنوبی و شمالی و همچنین کارخانجات روغن سازی جهت تولید انواع روغن موتور و روغن های صنعتی است. این پالایشگاه در سال ۱۳۴۴ افتتاح گردید و ظرفیت اولیه تولید آن ۸۵ هزار بشکه در روز بود که با انجام تغییراتی در طراحی آن در سال ۱۳۵۵ به ۱۲۵ هزار بشکه در روز افزایش یافت (برگرفته از سایت پالایشگاه تهران) [۹۵].

نشت نفت از مخازن نفت خام پالایشگاه، رهاسازی پسماند ها و ضایعات نفتی پالایشگاه در دو سد نفتی بزرگ در اطراف پالایشگاه، آلودگی صوتی و هوا ناشی از بوی نفت و گاز و گوگرد، آلودگی خاک ها به ویژه زمین های کشاورزی به آلاینده های نفتی و سرانجام آلودگی آبهای سطحی و زیرزمینی، قنات ها و آب شرب مردم منطقه از مهمترین مسائل زیست محیطی ایجاد شده در اثر احداث پالایشگاه نفت تهران در این منطقه است [۸].

آلودگی خاک توسط مواد نفتی در اطراف پالایشگاه تهران نیز بارها توسط پژوهشگاه صنعت نفت تایید شده است. موضوع آلودگی های نفتی در اطراف پالایشگاه تهران (روستاهای جنوب تهران شامل اسماعیل آباد و درسون آباد و ...) که در مرداد ماه ۱۳۸۳ به اوج خود رسیده بود و حتی آب شرب اهالی این روستا را تبدیل به نفت کرده بود ، محیط زیست را بر آن داشت که به منظور یافتن منشاء آلودگی نفتی در منطقه، گروه ژاپنی را مامور بررسی در منطقه کند و نتایج تحقیقات کارشناسان ژاپنی نشان داد که آلودگی نفتی جنوب تهران در عمق ۶ متری زمین نیز وجود دارد [۳۳].

۱-۴- هیدروکربن های نفتی از مهمترین آلایند های خاک و آب

خاک به همراه آب و هوا اجزاء عمده محیط زیست تلقی می شوند. در حالت طبیعی، سیستم خاک توانایی قابل توجهی در مقابله با عوامل خارجی داشته و همواره در جستجوی یک حالت تعادل است. در نتیجه خاک هنگامی آلوده می گردد که این توانایی مقابله و درگیری دچار اختلال شده و یا از هنجار طبیعی فراتر رود [۷].

آلودگی خاک را به طور مختصر می توان سوء رفتار خاک به عنوان جزئی از محیط زیست، متعاقب آلودگی آن با ترکیباتی خاص، به خصوص در نتیجه فعالیت های انسان دانست [۳۲]. در حقیقت باید گفت هر گاه تراکم مواد افزوده شده از حدی بگذرد که محیط خاک دیگر قادر به هضم آن نباشد آلودگی بر خاک عارض شده است [۱۶].

آلاینده های خاک را می توان در سه بخش شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی طبقه بندی نمود که از این میان آلاینده های شیمیایی با منشاء های گوناگون طیف گسترده ای از آلودگی های خاک را شامل می شود [۱۶]. آلاینده های شیمیایی را نیز می توان به دو دسته آلی و غیر آلی طبقه بندی کرد. آلوده کننده های معدنی مانند عناصر جیوه، سرب و کادمیم که معمولا" با فاضلاب همراه بوده و با ورود به مزارع باعث مسمومیت فراورده های غذایی حاصله از آن برای مصرف کننده می شود [۳۰].

ترکیبات آلی یکی از عمده ترین آلاینده های آب و خاک محسوب می شوند. بخشی از مواد مذکور حلالیت متوسط تا بالایی در آب داشته و این خاصیت باعث عبورآن ها از میان ذرات خاک و رسیدن آن ها به آب های زیر زمینی می شود. این دسته، حلال های کلریدی، هیدروکربن های آلیفاتیک اکسیدی و کلرید های بنزن را شامل می شوند. از طرفی گروهی از مواد آلاینده آلی که حلالیت بسیار کمی در آب دارند، تمایل به باقیماندن بر روی سطوح جامد را داشته و از آلاینده های خاک و رسوبات به شمار می آیند. اکثر آفت کش ها و هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای در این گروه قرار دارند و در شبکه خاک پایداری زیادی از خود نشان می دهند [۶۶].

انواع ترکیبات نفتی از جمله آلاینده هایی هستند که دارای پیامد های شدید بر کیفیت منابع آب می باشند. در عین حال این ترکیبات در پساب خروجی بسیاری از صنایع وجود دارند. میزان حلالیت این ترکیبات بستگی به دمای جوش آن ها داشته و ترکیباتی نظیر نفت کوره که دارای نقطه جوش بالایی هستند به مقدار بسیار کم در آب حل می شوند و در صورت تخلیه به محیط آبی بدون حل شدن باعث ایجاد لایه نازکی در سطح آب و جلوگیری از ورود اکسیژن به آن خواهد گردید [۹].

استفاده بی رویه از منابع طبیعی و تولید انبوه پسماندها و ضایعات در جوامع پیشرفته، غالباً کیفیت آب زیرزمینی را مورد تهدید قرار داده است. در این میان یکی از مهمترین منابع آلاینده که در تغییر کیفیت آب زیرزمینی دخیل می باشد، مواد آلاینده نفتی می باشد که به دلیل سمی بودن، حتی در غلظت های بسیار محدود، خطرناک خواهد بود. نشت آلاینده های نفتی به آبخوان بر روی پوشش گیاهی، چرخه غذایی و محیط زیست منطقه تأثیر منفی قابل توجهی خواهد داشت [۱۷۲]. طبق تحقیقات انجام گرفته، فرایندهای گوناگونی در محیط خاک، منطقه اشباع و غیراشباع آب زیرزمینی برای حذف آلاینده ها و یا حداقل کاهش غلظت آنها وجود دارد [۱۷۸]. در صورت عبور مواد نفتی از بافت خاک و نفوذ به سفره های آب زیرزمینی، آلودگی در مقیاس بسیار بزرگ پخش گردیده که به علت حرکت نسبتاً کند جریان آب زیرزمینی، بعد از آغاز آلودگی باید سالها بگذرد تا آب آلوده با توجه به خصوصیات متفاوت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در محیط آبخوان، مورد پالایش قرار گیرد [۷۳].

۱-۵- انواع آلاینده های هیدروکربنی

ترکیبات آلی که فقط کربن و هیدروژن می باشند، هیدروکربن نامیده می شود. این ترکیبات حلالیت کمی درآب داشته و دانسیته کمتری نسبت به آب دارند [۱۲۸]. این مواد فراورده های طبیعی هستندکه به وفور در فرم های خطی و آروماتیک یافت می شوند (جدول ۱-۱) [۱۱]. هیدروکربن های خطی مانند آلکان ها، آلکن ها و آلکین ها که ساختار خطی دارند [۱۲۸]. ترکیبات آلی مانند هیدروکربن های خطی با داشتن فشار بخار بالا به سهولت تبخیر شده و به اتمسفر منتقل می شوند [۶۶]. هیدروکربن های آروماتیک، ترکیبات معطری هستند که از حلقه های بنزن تشکیل شده اند. این ترکیبات در همه قسمت های محیط زیست وجود دارند. در مکان های صنعتی به ویژه در صنایع تولید نفت و گاز و صنعت نگهداری چوب با غلظت بالا یافت می شوند. به این ترکیبات به عنوان آلاینده های محیط زیست توجه جدی می شود، زیرا بعضی از آن ها سرطان زا و عامل ایجاد جهش هستند.

ترکیبات PAHs درخاک به طور نسبی پایدار بوده و به سهولت ترکیبات آلی دیگر تجزیه نمی شوند. بنابراین حذف آن ها از خاک های آلوده با تکنیک هایی که باعث تجزیه و تبخیر سایر ترکیبات آلی می شود، مشکل است [۱۲۸]. بنزوپایرن ماده سرطان زای این گروه ترکیبات می باشد. قابلیت انحلال ترکیبات چند حلقه ای بسیار کم می باشد. این ترکیبات در خاک های سطحی باقی مانده و به مقدار قابل ملاحظه ای به آب های زیر زمینی حرکت نمی کنند. در عین حال، کوچکترین عضو این گروه یعنی نفتالین تا حدودی در آب حل شده و غالبا" در آب های زیر زمینی یافت می شود.

ترکیبات PAH بیش از آنکه آلاینده آب باشند آلوده کننده خاک تلقی می شوند ولی می توانند در رسوبات رودخانه، دریاچه و نهرها متمرکز شوند. ترکیبات PAH تحت شرایط هوازی قابل تجزیه بیولوژیکی می باشند. ترکیبات دو تا چهار حلقه ای به سادگی در شرایط هوازی توسط بسیاری از میکروارگانیسم ها تجزیه می شوند [۱۱]. پایداری PAH ها با توجه به آرایش حلقه های بنزنی آنها مشخص می شود، به طوریکه فرم های خطی ناپایدارتر و فرم های زاویه دار پایدارترند [۶۹]. سرعت تبخیر این ترکیبات با افزایش تعداد حلقه های بنزن کاهش می یابد. حلالیت این ترکیبات در آب بسیار کم است (۴/۵ ـ ۰/۱ میلی گرم در لیتر)، اما به شدت چربی دوست هستند. ضریب نسبت اکتانول به آب ($Log\ K_{ow}$) برای آنها از ۳ تا ۷ است. ترکیبات PAH با $Log\ K_{ow}$ چهار یا کمتر به سمت اجزاء چربی دوست غشاء حرکت کرده و می توانند به وسیله ریشه های گیاهی جذب شوند. [۹۱].