مجله علمی کشاورزی، جلد ۳۰ شماره ۳، سال ۱۳۸۶

نقش گیاهان در پالایش خاک های آلوده به هیدروکربن های نفتی (گازوئیل)

نفیسه رنگ زن[1] و احمد لندی[2]

چکیده

آلودگی های نفتی یکی از پی آمدهای افزایش سریع جمعیت و فرایند صنعتی شدن می باشد. در حال حاضر نیاز به جلوگیری از گسترش این آلودگی ها و همچنین پاکسازی مناطق آلوده به شدت احساس می شود. در این تحقیق جهت بررسی توانایی گیاه پالایی سه گیاه جو، یونجه و شبدر، گیاهان در گلدان های حاوی خاک آلوده به گازوئیل (در غلظت های ۰، ۲۵، ۱۰۰، ۵۰۰، ۳۰۰۰ و ٤۰۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم) کشت و بعد از طی دوره ۱۲۰ روزه، غلظت باقیمانده آلاینده از خاک استخراج و توسط دستگاه گازکروماتوگراف اندازه گیری شد. بر اساس نتایج بدست آمده میانگین درصد حذف در مورد گیاه جو ۸٦ درصد، برای یونجه و شبدر به ترتیب حدود ۸۱ و ۸۰ درصد، و در شرایط محیط شاهد (فاقد گیاه) حدود ۷۵ درصد بود. میزان غلظت اولیه آلاینده بر درصد جوانه زنی، وزن خشک گیاهان و نتیجتاً بر میزان کاهش غلظت آلاینده توسط گیاه تأثیرگذار است. با توجه به اثبات نقش گیاهان در پالایش خاک های آلوده به مواد نفتی و همچنین با نظر به اینکه این روش به راحتی در مکان های با آلودگی کم تا متوسط قابل اجراست، می تواند به عنوان روشی مناسب جهت رفع اینگونه آلاینده ها به شمار آید.

کلید واژه ها: آلودگی خاک، گیاه پالایی، گازوئیل، جو، یونجه، شبدر

مقدمه

از دیدگاه جهانی پس از آب و هوا، پوسته خاک، سومین جزء عمده محیط زیست انسان تلقی می شود. خاک علاوه بر اینکه پایگاه موجودات خشکی زی (بویژه جوامع انسانی) است، محیط منحصر به فردی برای زندگی انواع حیات، مخصوصاً گیاهان به شمار می رود. بر خلاف آب و هوا، آلودگی خاک از نظر ترکیب شیمیایی به آسانی قابل اندازه گیری نیست و یک خاک پاک یا خالص تعریف پذیر نمی باشد. بنابراین ناگزیریم مسائل بالقوه آلودگی خاک را در چارچوب پیش بینی خطرات و صدمات احتمالی در کارکرد خاک مطالعه کنیم (۱). آلودگی های نفتی یکی از پی آمدهای افزایش سریع جمعیت و فرایند صنعتی شدن می باشد. آلودگی خاک توسط هیدرو کربن های نفتی به شکل وسیع در اطراف تأسیسات اکتشاف و پالایش و به شکل موضعی در مسیر های انتقال این مواد در سطح استان خوزستان به خوبی 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 (از جمله هیدروکربن های آروماتیکی چند حلقه ای و بای فنیل های پلی کلرینه و ...) را به خاک های منطقه اضافه کند. وجود این آلاینده ها در محیط زیست علاوه بر تأثیر گسترده بر اکو-سیستم منطقه، با گذشت زمان و ورود به چرخه غذایی، به جوامع انسانی نیز راه می یابند و به این ترتیب سلامت انسان ها را تهدید می کنند.

در حال حاضر نیاز به جلوگیری از گسترش این آلودگی ها و همچنین پاکسازی مناطق آلوده شده به شدت احساس می شود. برای این منظور می توان از روش های مختلفی بهره گرفت، یکی از این روش

---

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران، اهواز (nafas023@yahoo.com)

[2] استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران، اهواز

تاریخ دریافت: ۸۵/۱۰/۱۷

تاریخ پذیرش: ۸۶/۹/۱۹

ها گیاه پالایی می باشد که از گیاهان و میکروارگانیسم های همراه آنها جهت پاکسازی محیط های آلوده (خاک، آب) بهره می گیرد. در حقیقت گیاه پالایی از تکنولوژی های کشاورزی (شخم زدن، کود دادن و ...) در جهت ایجاد شرایط مناسب برای رشد گیاهان و افزایش فعالیت های طبیعی کاهنده آلودگی استفاده می کند. گیاهان قادرند انواع مختلفی از آلاینده ها از جمله فلزات سنگین، مواد نفتی، علف کش ها و ...، را از محیط زیست انسان پاک کنند و همچنین می توانند از انتقال آلاینده ها از مکان های آلوده به سایر نقاط بوسیله باد و آب جلوگیری به عمل بیاورند (۲۵). گیاهان مختلفی یافت شده اند که قادر به پاکسازی خاک های آلوده به هیدروکربن های نفتی می باشند. اغلب تحقیقات نشان داده است که گراس ها و لگوم ها به علت فرم و شکل ریشه های شان می توانند در زمینه گیاه پالایی بسیار مفید واقع شوند (۷ و ۱۵ و ۲۱ و ۲۲).

آپریل و سیمز[1] (۷) هشت گراس چمنی را در خاک آلوده به چهار ترکیب از ترکیبات PAHs[2] (شامل بنزوآلفاپیرن[3]، بنزوآلفاآنتراسن[4]، دی بنزوآنتراسن[5] و کریزن[6]) کشت دادند. نتایج، مبین اثر گیاهان بر کاهش مقادیر آلاینده ها بود و در مقایسه با تیمارهای بدون گیاه، پاکسازی آلاینده ها در خاک تشدید شده بود. آنها همچنین عنوان کردند ریشه های گیاهان علفی چند ساله به علت دارا بودن طبیعت فیبری، باعث تحریک جمعیت میکروبی ریزوسفری می شوند. ریشه های فیبری نسبت به سایر ریشه ها سطح ویژه بیشتری را برای کلونی های میکروبی ایجاد می کنند و جمعیت میکروبی بزرگتری را در خاک آلوده بوجود می آورند.

استفاده از پوشش گیاهی به منظور پالایش ضایعات در مکان هایی با آلودگی متوسط یک روش مؤثر و با هزینه نگهداری کم می باشد. امکان استفاده از گیاهان برای عمل پالایش مواد شیمیایی آلی در عمق کمتر از سه متر خاک وجود دارد (۷). نتایج آزمایشات فینلایسون و مک کارتی[7] (۱۴) نشان داد که واکنش بین ریشه گیاهان و میکروارگانیسم های ریزوسفر[8] باعث افزایش معنی دار در تخریب و تجزیه ترکیبات آلی خطرناک خاک می گردد. محققین دریافتند مکانیزم های متفاوتی در جریان گیاه پالایی جهت حذف آلاینده ها اتخاذ می شود که بر حسب نوع گیاه، نوع و میزان آلاینده متفاوت خواهند بود. بر اساس تحقیقات انجام شده، گیاهان در مواجه با ترکیبات آلی دو استراتژی را در پیش می گیرند، یا آنها را تجزیه می نمایند و یا این مواد را درون خود تجمع می دهند (۱۴). جذب آلاینده بوسیله ریشه های در تماس با محلول خاک از طریق واکنش های شیمیایی در سطح ریشه انجام می گیرد. پیروِ آن مواد مذکور از کورتکس[9] عبور کرده و وارد سیستم آوندی گیاه می شوند (۱۲). ممکن است آلاینده در هر نقطه از مسیر انتقال متابولیز شده و یا پیوند برقرار کند. همچنین ممکن است به صورت بقایای آزاد قابل استخراج در گیاه و یا بقایای غیر قابل استخراج پیوند یافته با اجزای گیاهی و یا بقایای غیر قابل استخراج اختلاط یافته در بافتهای گیاهی در آید (۹). ممکن است آلاینده داخل گیاه در سطح سلول جذب شود و یا داخل سلول تجمع یابد. این مسئله توسط چاینی و همکاران[10] (۱۱) در مورد گیاه ذرت مورد بررسی قرار گرفت و آنها دریافتند عمل جذب و تجمع مواد

1- Aprill & Sims
2- Polynuclear Aromatic Hydrocarbons
3- Benzo[α]pyrene
4- Benzo[α]anthracene
5- Dibenzo anthracene
6- Chrysene

7- Finlayson & Mccarthy
8- Rhizospher
9- Cortex
10- Chaineau *et al.*

هیدروکربنه در محیط های با آلودگی شدید باعث مرگ گیاه می شود. ضمناً تجمع مواد آلاینده نفتی در قسمت های خوراکی گیاه می تواند سلامت دام و انسان های تغذیه شونده از گیاه را با تهدید مواجه نماید. اکثر آلاینده ها با ریشه گیاهان پیوند برقرار کرده و قابل انتقال نیستند (۷). گیاهان ممکن است به صورت غیر مستقیم باعث از بین رفتن آلاینده ها در خاک گردند. وجود ریشه های گیاهی در خاک باعث افزایش جمعیت میکروبی تجزیه کننده آلاینده ها می گردد (۲۰). افزایش جمعیت میکروبی در نتیجه حضور ترشحات ریشه و بقایای گیاهی خشک شده صورت می گیرد که به عنوان منبع انرژی، کربن، نیتروژن و یا عوامل رشد عمل می نمایند. محصولات خارج شده از ریشه عبارتند از آمینواسیدها، کربوکسیلیک اسیدها، کربوهیدراتها، اسیدها نوکلئیک، عوامل رشد، آنزیم ها و سایر ترکیبات که بعضی از آنها می توانند نقش عمده ای در تجزیه ترکیبات آلی در محیط ریشه ایفا نمایند (۸). فعالیت میکروارگانیسم ها، در منطقه ریشه موجب تحریک ترشحات ریشه می شود که خودِ این مواد فعالیت میکروبی را تشدید می کنند (۶). بر اساس مطالعات انجام شده توسط پالمروث و پیچتل[1] (۱۹) مکانیزم مؤثر در حذف گازوئیل عمل تجمع در بافت های گیاهی نیست بلکه اثر ریزوسفری عامل اصلی در پالایش خاک های آلوده به این ماده توسط گیاهان می باشد. گانتر و همکاران[2] (۱۵) دریافتند افزایش تجزیه هیدروکربن های نفتی در خاک آلوده تحت کشتِ با گیاه چاودار نسبت به خاک کشت نشده ارتباط مستقیمی با افزایش جمعیت و فعالیت میکروبی در خاک کشت شده نسبت به خاک کشت نشده دارد. به عبارت دیگر ریشه گیاهان باعث تحریک میکروب ها جهت تجزیه آلاینده ها در خاک می شود. با توجه به نفت خیز بودن منطقه (استان خوزستان) بخشی از خاک ها توسط مواد نفتی آلوده گردیده و از آنجائیکه اطلاعات مدونی در خصوص پاکسازی منطقه از مواد نفتی وجود ندارد، این تحقیق با هدف بررسی اثر گیاهان (شامل جو، یونجه و شبدر) در کاهش مقادیر آلاینده های نفتی (گازوئیل) صورت گرفت.

1- Palmorth & Pichtel
2- Gunter *et al.*

مواد و روش ها

جهت انجام این تحقیق، نمونه ای خاک غیر آلوده برداشت و بعد از انتقال به آزمایشگاه، خشک شدن در هوا، کوبیدن و عبور از الک دو میلیمتری، برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن با روش های استاندارد، مورد اندازه گیری قرار گرفت (جدول۱). با توجه به سنگینی بافت خاک (کلی لوم)، جهت ایجاد وضعیت ایده آل برای گیاه پالایی مقداری ماسه به خاک اضافه گردید و بافت آن در نهایت به صورت لومی درآمد. ضمناً جهت تعدیل وضعیت خاک و بهبود نسبی آن مقداری کود حیوانی پوسیده نیز به خاک اضافه گردید. سپس خاک به میزان یک کیلوگرم توزین و به گلدان های پی وی سی منتقل شد. از بین مواد هیدروکربنه نفتی، گازوئیل، انتخاب و در غلظت های ۰، ۲۵، ۱۰۰، ۵۰۰، ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم به خاک گلدان ها اضافه شد. جهت انجام این بررسی سه گیاه جو[3]، یونجه[4]، و شبدر[5] انتخاب شدند. جو گیاهی است مقاوم از خانواده گراس ها که توانایی بالایی جهت ایجاد سازگاری با شرایط محیطی دارد (۴). ریشه گیاه جو قادر است تا عمق دو متر در خاک نفوذ کند و تراکم بالای ریشه های آن در ایجاد شرایط ریزوسفری بسیار کارآمد عمل می کنند (۳). یونجه و شبدر هر دو از خانواده لگوم ها می باشند که خاصیت ویژه ای در تثبیت ازت اتمسفری

3- *Hordeum Vulgare* L.
4- *Medicago Sativa*
5-*Trifolium alexandrium*

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک غیر آلوده

pH	EC (dS/m)	بافت	رس (%)	شن (%)	لای (%)
۷/۴۲	۶	لومی	۱۴	۵۲	۳۴

CEC (Cmol-/kg)	SP (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	آهک (%)
۱۱/۷۴	۴۶/۶۸	۰/۲	۱۲	۲۴۹	۳۹

Ca (meq/l)	Mg (meq/l)	SO_4^{2-} (meq/l)	HCO_3^- (meq/l)	Cl^- (meq/l)
۴۸/۷۲	۳۱/۲۷	۲۸/۴۲	۴/۶۳	۱۴/۳۱

ماده آلی (%)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)
۰/۸	۸/۳۱	۳/۹۶	۲/۷۱	۱/۴۶

دارند و از این لحاظ نسبت به سایر گیاهان ارجحیت دارند.

در مرحله کشت، ۱۰ بذر در هر گلدان کشت گردید. بعد از ۴ هفته و استقرار کامل گیاهان و تعیین درصد جوانه زنی، پنج گیاه در هر گلدان نگه داشته و بقیه حذف شدند. طریقه آبیاری گلدان ها به شکلی بود که زه آبی خارج نشود. آبیاری گیاهان بر اساس مشاهده وضعیت روزانه آنها و به طور میانگین هر ۳ روز یکبار انجام گرفت تا نیاز آبی گیاه رفع شود. پرورش گیاهان در یک دوره ۱۲۰ روزه در محیط گلخانه انجام گرفت. پس از گذشت این زمان نمونه های خاک از محل اطراف ریشه گیاه (ریزوسفر) برداشت شدند. از تیمار شاهد (که گیاهی در آن کشت نشده بود) نیز نمونه برداری صورت گرفت. جهت اندازه گیری وزن خشک گیاهان، اندام هوایی گیاهان (شامل ساقه و برگ) ابتدا با آب مقطر شسته شدند تا عاری از ذرات خاک گردند، سپس در آون و در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت سه شبانه روز قرار داده شدند تا کاملاً خشک گردند و سپس توزین شدند. روش التراسونیک به علت سادگی و دقت قابل قبول آن مورد استفاده قرار گرفت و دی کلرومتان به عنوان حلال و استخراج گر مواد هیدروکربنه استفاده شد (۱۳). می توان به جای همزن صوتی از شیک کردن نمونه ها به مدت طولانی تر نیز استفاده کرد (۲۴). برای تعیین مقادیر کمی هیدروکربن های باقی مانده در خاک از دستگاه گازکروماتوگراف VARIAN مدل ۳۸۰۰-CP استفاده شد. در ابتدا تنظیمات دستگاه (از قبیل تنظیم دما، فشار و ...) برای گازوئیل صورت گرفت. در کنار عصاره های تهیه شده از نمونه خاک، محلول های استاندارد ۰، ۲۵، ۱۰۰، ۵۰۰، ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم نیز از گازوئیل تهیه شد. از هر نمونه عصاره، توسط سرنگ ویژه دو میکرولیتر مایع به دستگاه تزریق و زمان قرائت هر نمونه ۳۵ دقیقه در نظر گرفته شد. علاوه بر نمونه ها، یک نمونه خالص گازوئیل و محلول های استاندارد نیز به دستگاه تزریق شدند. در نهایت با مقایسه سطوح زیر پیک های ایجاد شده در محلول های استاندارد با سطوح ایجاد شده توسط نمونه های عصاره گیری شده از خاک، مقادیر کمی هیدروکربن ها تخمین زده شد (۱۳). به این ترتیب این تحقیق در قالب طرح آماری فاکتوریل و طرح

پایه کاملاً تصادفی با ۶ تیمار غلظت و ۴ تیمار گیاه (جو، یونجه، شبدر و شاهد) با ۳ تکرار اجرا گردید. جهت مقایسات آماری از نرم افزار SPSS استفاده شد. آزمون دانکن و سطح احتمال ۵ درصد جهت مقایسه میانگین ها انتخاب و نمودارها به کمک نرم افزار Excel ترسیم گردید.

نتایج و بحث

۱- اثر گازوئیل بر درصد جوانه زنی

به طور کلی درصد جوانه زنی تا غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم (۰/۰۱ درصد وزنی) در هر سه تیمار گیاهی نسبت به تیمار شاهد (صفر میلی گرم بر کیلوگرم) تغییر معنی داری نداشته است؛ به عبارت دیگر تا این سطح غلظت اثرات سوء گازوئیل بر درصد جوانه زنی محدود و ناچیز است. در مورد گیاه جو، با افزایش غلظت از ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم به ۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم درصد جوانه زنی ۱۰ درصد؛ از ۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم به ۳۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم ۳۰ درصد و از ۳۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم به ۴۰۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم ۶۰ درصد کاهش یافته است. در غلظت ۴۰۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم هیچ یک از بذور گیاه جو جوانه نزدند و به این ترتیب در این سطح غلظت گیاه جو نتوانست رشدی نشان دهد. در مورد گیاه یونجه، با افزایش غلظت از ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم به ۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم، ۱۰ درصد کاهش در درصد جوانه زنی مشاهده شد که این مقدار از ۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم به ۳۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم نیز تکرار می شود و در افزایش غلظت از ۳۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم به ۴۰۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم ۵۰ درصد کاهش در درصد جوانه زنی مشاهده می گردد. در مورد گیاه شبدر، با افزایش غلظت از ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم به ۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم درصد جوانه زنی ۱۰ درصد؛ از ۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم به ۳۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم ۲۰ درصد و از ۳۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم به ۴۰۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم ۴۰ درصد کاهش یافته است. البته لازم به ذکر است جوانه های شبدر و یونجه در غلظت ۴۰۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم بسیار ضعیف و به شکل غیر طبیعی به رنگ قهوه ای تیره بودند که نشان از سمیّت بالای گازوئیل در این سطح غلظت دارد؛ پس از جوانه زدن با توجه به وابستگی گیاهچه به محیط خاک جهت تأمین عناصر مورد نیاز و با توجه به آلودگی شدید (۴ درصد وزنی) جوانه ها پوسیده و از بین رفتند؛ به عبارت دیگر در غلظت ۴۰۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم هیچ گیاهی رشد نکرد. در سایر غلظت ها جوانه ها رشد کردند که بسته به میزان آلودگی، رشد آنها متفاوت بود. با توجه به معادلات بدست آمده، غلظت ۴۰۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم برای گیاه جو، غلظت ۴۴۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم برای گیاه یونجه و غلظت ۴۵۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم برای گیاه شبدر به عنوان غلظت بحرانی که جوانه زنی را به صفر کاهش می دهد، تعیین شد. گازوئیل حاوی مواد مختلف هیدرو کربنه از جمله ترکیبات هیدرو کربنه قابل تصاعد با وزن مولکولی کم می باشد. طی تحقیقات متعدد اثرات سمی این گونه ترکیبات بر بذوری که در مجاورت آنها هستند، اثبات شده است (۲۶). ون اوربیک و بلوندیو[1] (۲۶) دریافتند مواد با وزن مولکولی کم توانایی ویژه ای در ورود به سلول های گیاهی دارا هستند و همین مسئله سمیّت آنها را تشدید می کند. ترکیبات فرّار با زنجیره های کوتاه هیدروکربن قادرند به راحتی از دیواره و غشاء سلولی عبور و وارد سیتوپلاسم سلول ها شوند و روند طبیعی رشد سلول را مختل و اثراتی از جمله کاهش تقسیمات سلولی را ایجاد نمایند و به این ترتیب از جوانه زنی و رشد گیاهان در محیط های آلوده، جلوگیری می کنند (۲۶). زمانی که

1- Vanoverbeek & Blondeau

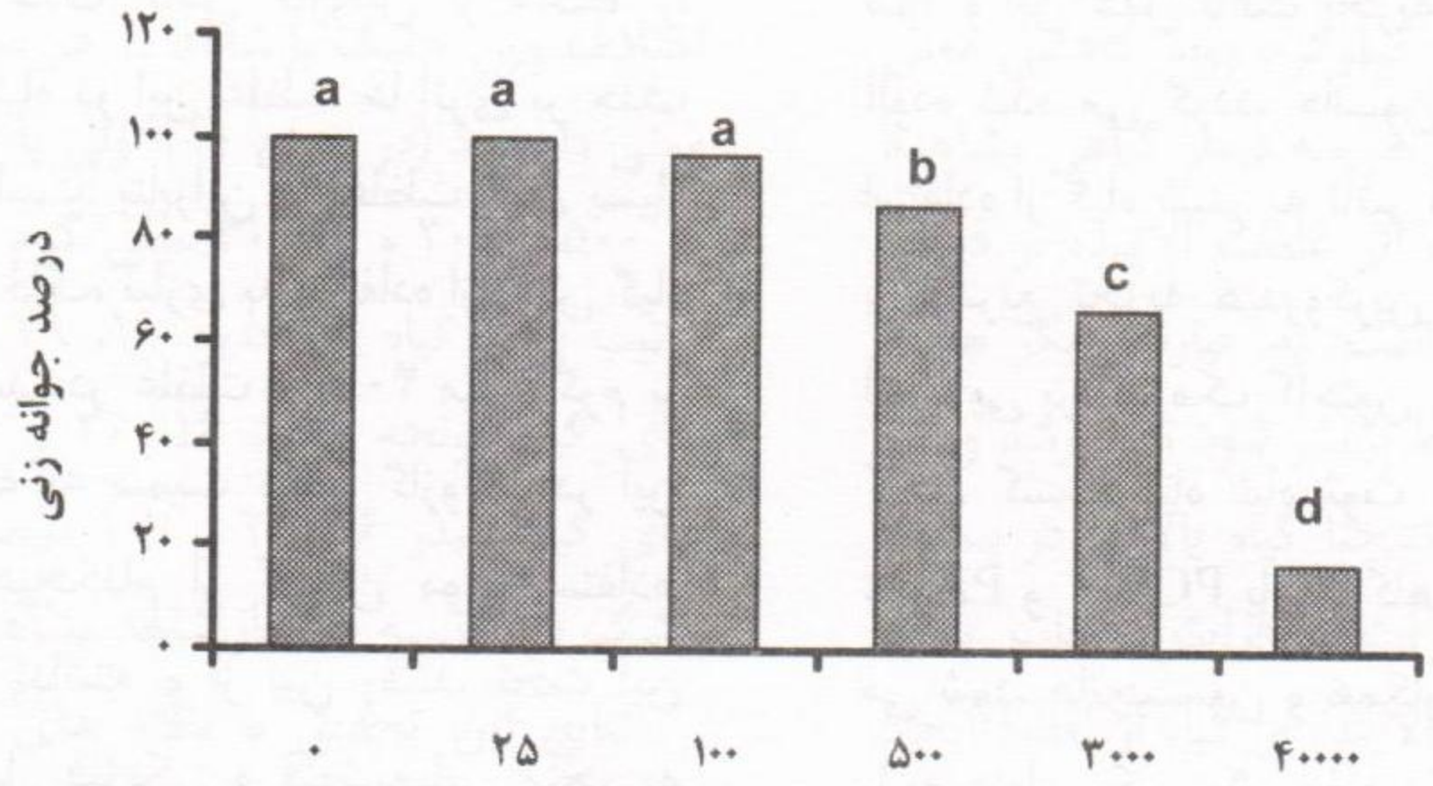
غلظت فاز قابل تصاعد گازوئیل در حداقل میزان خود باشد، درصد جوانه زنی به طور معنی داری افزایش می یابد. بخش عمده فاز قابل تصاعد را ترکیبات آروماتیکی تشکیل می دهند (۲۶). طی تحقیقات به عمل آمده توسط آدام و دانکن[1] (۵) حضور گازوئیل در محیط کشت بذور اثر معنی داری بر از بین رفتن قوه نامیه بذور ندارد. به عبارت دیگر جنین بذری که در خاک آلوده به گازوئیل کشت شده الزاماً به علت اثر مستقیم گازوئیل دچار تخریب و مرگ نمی شود بلکه تأخیری که در جوانه زنی (در اثر حضور گازوئیل در محیط و عدم تأمین نیازهای فیزیولوژیکی بذر) روی می دهد علت اصلی تخریب جنین و مرگ آن است. در حقیقت لایه گازوئیلی که بر روی بذور رونشین می شود یک مرز فیزیکی را ایجاد و از دسترسی بذر به آب و اکسیژن جلوگیری به عمل می آورد. با توجه به نتایج آنالیز واریانس اثر نوع گیاه و غلظت آلاینده بر درصد جوانه زنی بذور معنی دار است (در سطح ۱٪). به عبارت دیگر در محیط های آلوده، گیاهان مختلف تفاوت های معنی داری از لحاظ درصد جوانه زنی خواهند داشت. از طرف دیگر، غلظت آلاینده در محیط خاک نیز، اثر معنی داری بر درصد جوانه زنی بذور دارد. با توجه به نتایج آنالیز واریانس و معنی دار بودن اثر غلظت آلاینده و نوع گیاه بر درصد جوانه زنی، آزمون دانکن جهت مقایسه تیمارها، صورت گرفت (شکل ۱ و شکل ۲). تا غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم بذور همچنان توانایی کافی جهت بدست آوردن آب و اکسیژن را دارا هستند. اما با افزایش غلظت از ۱۰۰ تا ۴۰۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم، بذور دیگر قادر به تأمین نیازهای خود در محیط آلوده نخواهند بود نتایج آزمون دانکن نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار بین گیاه شبدر و یونجه و اختلاف این دو گیاه با گیاه جو از نظر درصد جوانه زنی در محیط آلوده می باشد (شکل ۲). بذور گیاهان مختلف جهت جوانه زنی و رویش به مقادیر متفاوتی آب نیاز دارند و بذر هر گیاه با توجه به خصوصیات ویژه مربوط به خود مقادیر مشخصی آب جهت جوانه زنی جذب می نماید. در محیط های آلوده یکی از مسائلی که باید مورد توجه قرار گیرد، میزان آب جذبی توسط بذور و غلظت آلاینده در بذر در هنگام جوانه زنی است. به عنوان مثال در مقایسه دو گیاه جو و یونجه، گیاه جو برای جوانه زدن ۴۸ درصدِ وزن دانه آب جذب می کند و این در حالی است که این مقدار برای یونجه ۱۲۰ درصد می باشد (۴). بنابراین غلظت مواد آلاینده در گیاه جو نسبت به گیاه یونجه در زمان جوانه زنی بیشتر است و همین عامل باعث تشدید سمیّت و کاهش درصد جوانه زنی در گیاه جو می شود. جوانه زنی بذرها در خاک آلوده به گازوئیل بستگی زیادی به نوع گیاه دارد. بعضی از گیاهان قادر به تحمل نیستند در حالی که برخی دیگر نسبت به ماده آلاینده گازوئیل از خود مقاومت نشان می دهد. میزان مقاومت گیاهان حتی در سطح ارقام یک نوع گیاه هم بسیار متفاوت است. در گیاهانی که قادر به مقاومت هستند، تأخیر در جوانه زنی بذور دیده می شود که این تأخیر می تواند نتیجه حضور فاز قابل تصاعد در گازوئیل باشد. زمانی که غلظت فاز قابل تصاعد کاهش می یابد درصد جوانه زنی افزایش نشان می دهد؛ البته افزایش نسبت به محیط غیر آلوده معنی دار نیست؛ یعنی همچنان در محیط غیر آلوده مقادیر بیشتری در درصد جوانه زنی گزارش می شود (۲۶). به طور کلی گازوئیل به علت ممانعت از دستیابی بذر به نیازهای زیستی، درصد جوانه زنی را نسبت به محیط غیر آلوده کاهش می دهد.

۲- بررسی اثر گیاهان در کاهش مقادیر آلاینده

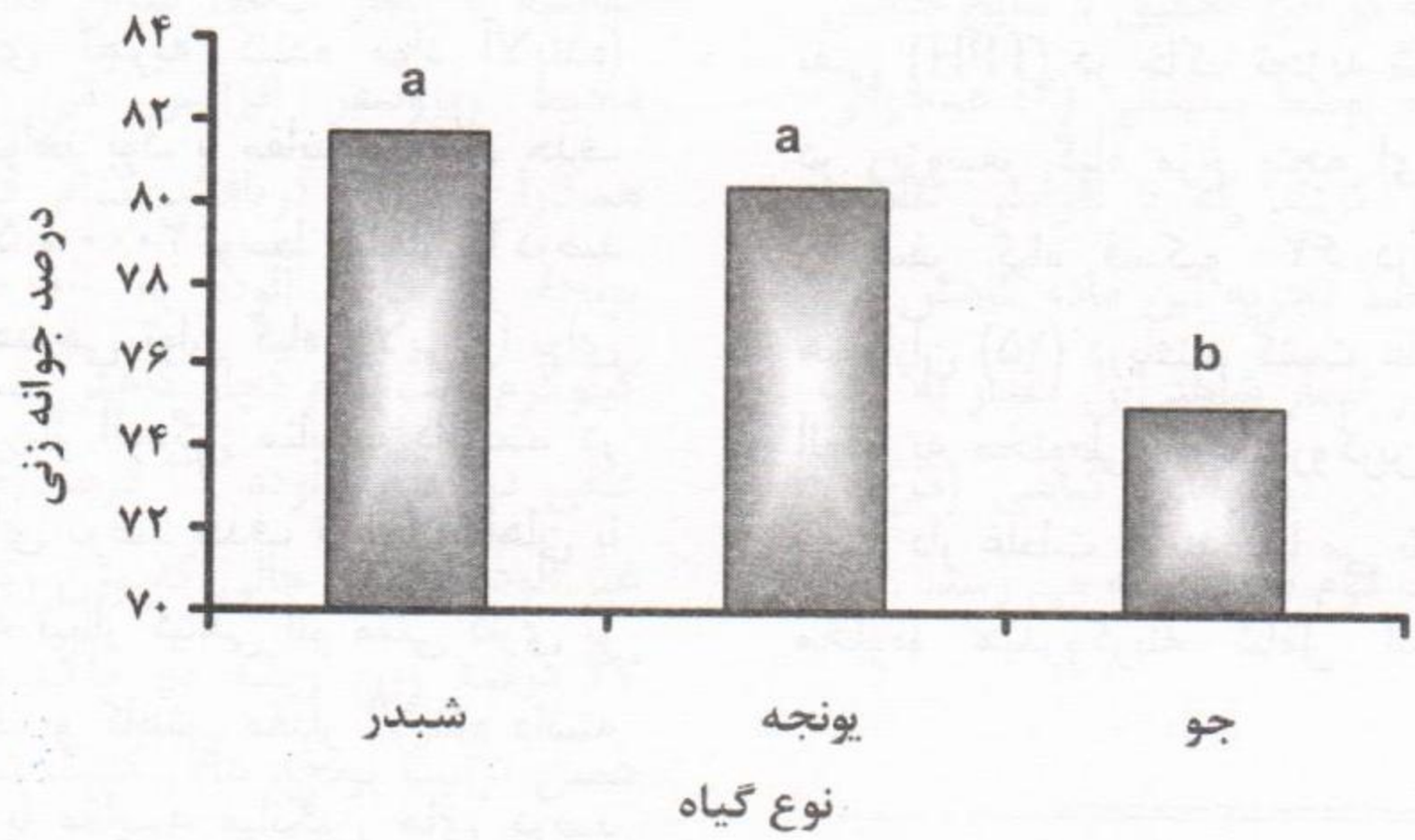
بطور کلی در هر سه تیمار گیاهی مقادیر گازوئیل باقی مانده در غلظت های ۲۵ و ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم به حدی پایین بود که قرائت آن با

1- Adam & Duncan

دستگاه گازکروماتوگراف امکان پذیر نشد. با توجه به عدم رشد گیاه در غلظت ۴۰۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم، در این سطح غلظت صرفاً عوامل فیزیکی و فتوشیمیایی باعث حذف آلاینده و کاهش غلظت آن می شود که این مقدار حدود ۵۴ درصد می باشد. نتایج حاصل از اندازه گیری کمی مقادیر باقی مانده آلاینده در خاک تحت کشت گیاه جو نشان داد در غلظت های ۵۰۰ و ۳۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم غلظت آلاینده به ترتیب حدود ۹۱ درصد و ۸۶ درصد کاهش یافت. در مورد گیاه یونجه درصد حذف کل (مجموع درصد حذف گیاهی و حذف تحت شرایط فیزیکی و فتوشیمیایی) در غلظت های۵۰۰ و ۳۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم به ترتیب حدود ۷۸ درصد و ۷۱ درصد گزارش شد. اثر گذاری گیاه شبدر در غلظت ۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم باعث کاهش حدود ۷۷ درصدی غلظت آلاینده شد



شکل۱- مقایسه تأثیر غلظت گازوئیل بر درصد جوانه زنی



شکل۲- مقایسه تأثیر نوع گیاه بر درصد جوانه زنی

که این میزان در سطح غلظت ۳۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم، ۶۹ درصد بود. با توجه به درصد حذف آلاینده در غلظت های مختلف توسط گیاهان و با مقایسه این مقادیر با درصد حذف فیزیکی و فتوشیمیایی در شرایط شاهد می توان دریافت انجام گیاه پالایی در دامنه خاصی از غلظت آلاینده ها مفید و توجیه پذیر است. در غلظت های ۲۵ و ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم، شرایط فیزیکی و فتوشیمیایی و همینطور حضور طبیعی میکروارگانیسم ها در خاک، توانایی حذف کامل گازوئیل از محیط را داشته است و گیاه در این غلظت ها اثری بر حذف آلاینده نداشته است. بنابراین در غلظت های بسیار کمِ گازوئیل در خاک، نیازی به استفاده از روش گیاه پالایی نمی باشد. در غلظت ۴۰۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم با توجه به سمیّت شدید گازوئیل در این سطح غلظت هیچکدام از گیاهان مورد استفاده، توانایی رشد را نداشته و از بین رفتند. تحت این شرایط نیز عوامل فیزیکی و فتوشیمیایی منجر به کاهش غلظت آلاینده به میزان حدود ۵۴ درصد می شود که کاملاً مجزا از بحث گیاه پالایی است؛ بنابراین در غلظت های بسیار زیادِ آلاینده نیز اجرای گیاه پالایی اصولی نیست و استفاده از سایر روش ها، مخصوصاً زیست پالایی (استفاده از میکروارگانیسم های تجزیه کننده مواد آلاینده) بسیار مناسب تر خواهد بود. با مقایسه درصد حذف در غلظت های ۵۰۰ و ۳۰۰۰ توسط گیاهان با درصد حذف در تیمار شاهد می توان گیاه پالایی را برای این چنین سطوحی از آلودگی مناسب دانست. در مقایسه میانگین های درصد حذف توسط گیاهان با تیمار شاهد، هر سه تیمار گیاهی اثر معنی داری بر افزایش درصد حذف و کاهش مقدار آلاینده داشته اند. به طور کلی با مقایسه میانگین های درصد حذف، گیاه جو نسبت به یونجه و شبدر باعث حذف مقادیر بیشتری آلاینده شد (شکل ۳). بر اساس نتایج بدست آمده بین میانگین درصد حذف توسط یونجه و شبدر اختلاف معنی دار وجود دارد؛ به عبارت دیگر گیاهان در یک خانواده نیز از لحاظ توانایی گیاه پالایی تفاوت معنی داری با هم دارند (شکل ۳).

نتایج این تحقیق با نتایج سایر محققین مبنی بر تأثیر گیاه پالایی بر کاهش میزان آلاینده های نفتی همخوانی دارد؛ برای مثال شواب و همکاران[1] (۲۳) دریافتند کشت گیاه سورگوم و برموداگراس باعث معدنی شدن کربن موجود در ترکیب فتانترن می شود و این عمل باعث تجزیه این آلاینده در خاک آلوده شده می گردد. جانسون و همکاران[2] (۱۷) با استفاده از گیاه شبدر به تأثیر فعالیت های ریشه ای بر تسریع تجزیه هیدروکربن های نفتی در خاک آلوده پی بردند. مک کاچئون و شنور[3] (۱۸) گزارش کردند کشت گیاه شاه توت در خاک های حاوی PAHs و PCBs[4] باعث کاهش مقادیر آلاینده ها می شود. هاتچینسون و همکاران[5] (۱۶) گیاه پالایی را به عنوان یک روش مفید برای حذف هیدروکربن های نفتی در خاک معرفی کردند، به شرط آنکه زمان لازم و کافی برای استقرار و رشد گیاه در خاک و تجزیه بیولوژیک فراهم آید. در آزمایشات آنها که در شرایط گلخانه ای انجام شد، پس از گذشت دو سال بطور متوسط ۴۹ درصد کل هیدروکربن های نفتی (TPH) در خاک تجزیه شد که مقدار تجزیه در ریزوسفر گیاه مرغ پنجه ای ۶۸ درصد و در ریزوسفر گیاه فسکیو[6] ۶۲ درصد بود. گانتر و همکاران (۱۵) دریافتند کشت علف چاودار در خاک آلوده به مخلوطی از هیدروکربن ها باعث کاهش معنی دار غلظت آلاینده ها می شود. در این بررسی مخلوط هیدروکربنه شامل آلکان های نرمال

1- Schwab *et al.*
2- Johnson *et al.*
3- McCutcheon & Schnoor
4- Polychlorinated Biphenyls
5- Hutchinson *et al.*
6- Fescue

هگزادکان[1]، فنانترن[2]، آنتراسن[3]، پیرن[4] و فلورانتن[5] در نظر گرفته شدکه غلظت آنها از ۴۳۳۰ به ۱۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم کاهش پیدا کرد (حدود ۹۷ درصد کاهش)، در حالی که در خاک کشت نشده این کاهش حدود ۸۲ درصد گزارش شد.

۳- بررسی اثر غلظت آلاینده (گازوئیل) بر درصد حذف آن توسط گیاهان

با مقایسه درصد حذف در غلظت ۲۵ و ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم در هر سه تیمار گیاهی اختلافی مشاهده نشد؛ اما با افزایش غلظت از ۱۰۰ به ۳۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم روند کاهشی معنی داری (در سطح ۱٪) در هر سه تیمار گیاهی مشاهده می شود که نشاندهنده اثر غلظت آلاینده بر درصد حذف آن توسط گیاه است؛ به عبارت دیگر هرچه غلظت آلاینده در محیط بیشتر شود توان رشد و نمو گیاه محدودتر شده و نتیجتاً گیاه پالایی در سطوح کمتر صورت خواهد گرفت. با افزایش غلظت علاوه بر اثرات شدیدتر ماده آلاینده بر گیاه از لحاظ ایجاد محدودیت های زیستی و کاهش راندمان گیاه پالایی، زمان تجزیه این ترکیبات در خاک طولانی تر می شود و همین مسئله در طول دوره محدود آزمایش، باعث ایجاد اختلاف و کاهش درصد حذف می شود.

نتایج بدست آمده در این تحقیق با نتایج حاصل از تحقیق انجام شده توسط سلیمانی (۲) همخوانی دارد؛ ایشان گزارش کردند که با افزایش غلظت نفتالین در خاک، درصد تجزیه این ماده کاهش می یابد، به طوری که در تیمار شاهد این مقدار به یک سوم مقدار اولیه و در تیمارهای گیاهی (مَرغ و فسکیو) تقریباً به یک دوم مقدار اولیه می رسد.

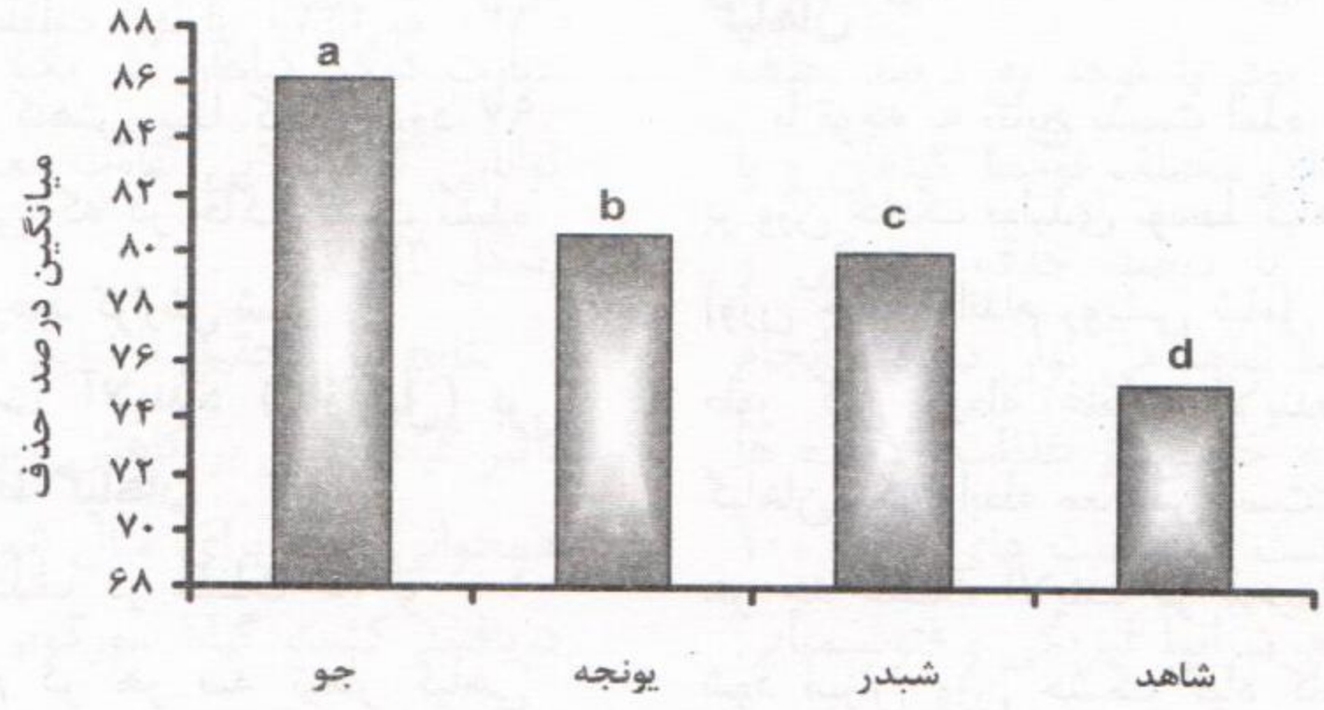
٤- اثر غلظت آلاینده (گازوئیل) بر وزن خشک گیاهان

با توجه به نتایج بدست آمده اثر غلظت گازوئیل بر وزن خشک تولیدی توسط گیاهان معنی دار است (وزن خشک اندام رویشی شامل بخش هوایی)، به طور کلی رابطه غلظت آلاینده با وزن خشک گیاهان یک رابطه معکوس است؛ به این ترتیب که هر چه غلظت آلاینده در محیط رشد گیاه بیشتر شود میزان وزن خشک گیاه کاهش می یابد. در غلظت های ۲۵ و ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم اختلاف وزن خشک با شاهد در هر سه تیمار گیاهی معنی دار نبود (در سطح ۱٪)؛ ولی با افزایش غلظت به ۵۰۰، ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم به ترتیب برای گیاه جو حدود ۱۱، ۳۹ و ۱۰۰ درصد؛ برای گیاه یونجه حدود ۱۶، ۲۰ و ۱۰۰ درصد؛ و برای گیاه شبدر ۱۶، ۲۶ و ۱۰۰ درصد کاهش ماده خشک در مقایسه با تیمار شاهد مشاهده شد.

نتایج این تحقیق با یافته های سایر محققین مطابقت دارد؛ نتایج حاصل از تحقیقات زو و جانسون[6] (۲۸) نشان داد غلظت های ۵، ۲۵ و ۵۵ گرم هیدروکربن در یک کیلوگرم خاک (به ترتیب ۰/۵، ۲/۵ و ۵/۵ درصد وزنی) در مورد گیاه جو و نخود باعث کاهش رشد گیاه می گردد ولی در مقایسه با تیمار شاهد، میزان فعالیت میکروبی در محیط ریزوسفر افزایش می یابد. ویلتس و همکاران[7] (۲۷) دریافتند تمام فاکتورهای گیاهی یونجه در خاک آلوده به ۲۰۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم نفت خام دچار کاهش شدند. کل محصول علفی در خاک آلوده ۳۲ درصدِ محصول در خاک غیر آلوده بود، در حالی که وزن ریشه در خاک آلوده ۴۷ درصدِ وزن ریشه در خاک غیر آلوده بود، به همین ترتیب یونجه های کشت شده در خاک آلوده کوتاه تر از یونجه های کشت شده در خاک غیر

1- Hexadecane
2- Phenanthrene
3- Anthracene
4-Pyrene
5-Floranthene

6- Xu & Johnson
7- Wilts *et al.*



شکل۳- تأثیر نوع گیاه بر درصد حذف گازوئیل در مقایسه با تیمار شاهد

آلوده بود. نکته قابل توجه اینکه در مراحل بعدی این تحقیق، محصول علوفه، ارتفاع گیاهان و بطور کلی سلامت گیاه بهبود پیدا کرد که احتمالاً به علت کاهش غلظت آلاینده در محیط بوده است. بینت و پورتال[1] (۱۰) با بررسی وزن خشک ریشه و اندام هوایی گیاه علف چاودار در خاکی حاوی یک گرم بر کیلوگرم ترکیبات PAHs پس از گذشت ۴۰ روز دریافتند که وجود این ترکیبات در خاک باعث کاهش وزن خشک ریشه و اندام هوایی می گردد. تحقیقاتی که توسط پالمروث و پیچتل (۱۹) در زمینه گیاه پالایی انجام گرفت نشان داد، کل وزن خشک تولیدیِ مجموعه لگوم ها و گراس های به کار رفته تحت تأثیر گازوئیل، مقادیر کمتری را نسبت به تیمار شاهد (غیر آلوده) نشان داد و گیاهان تحت این شرایط آلودگی نسبت به تیمار شاهد از بلندی کمتری برخوردار بودند. سمیّت گیاهی[2] می تواند عامل مشاهده این چنین کاهش هایی در وزن خشک گیاهان باشد.

پل و کلارک[3] (۲۰) از بررسی گیاه پالایی گیاهان درختی دریافتند حضور گازوئیل در محیط رشد درختان باعث خشکی و سوختگی و زردی در اندام های رویشی بویژه برگ ها می شود. سوختگی ناشی از سمیّت گازوئیل بیشتر در حاشیه برگ ها دیده می شود که در صورت بروز شرایط حاد آلودگی، این سوختگی به نقاط داخلی تر برگ ها نیز سرایت می کند.

۵- اثر وزن خشک گیاهان بر درصد حذف گازوئیل

هر چه گیاهان رشد یافته در محیط آلوده از سلامت و رشد بیشتری برخوردار باشند، اثرگذاری آنها نیز در کاهش مقادیر آلاینده بسیار شدیدتر خواهد بود. یشیتمی و همکاران[4] (۲۹) گزارش کردند سرعت تجزیه هیدروکربن های آروماتیک اشباع، زمانی که رشد گیاه ذرت زیاد باشد افزایش می یابد. دلیل این امر تأثیر رشد گیاه در ایجاد شرایط زیست محیطی مناسب عنوان شده که احتمالاً به یکی از صورت های زیر انجام می گیرد:

۱) افزایش قابلیت دسترسی زیستی هیدروکربن ها

۲) وجود محرک های رشد باکتریایی در ترشحات ریشه گیاه

۳) بهبود خواص فیزیکی خاک

1- Binet & Portal
2- Phytotoxicity
3- Paul & Clark

4- Yoshitomi *et al.*

بر اساس نتایج تحقیقات سلیمانی (۲) گیاه فسکیو در مقایسه با گیاه مرغ، تأثیر بیشتری در تجزیه نفتالین نشان داد که این مسئله از چند عامل نشأت می گیرد. وزن خشک بالاتر ریشه این گیاه، نوع و مقدار ترشحات ریشه و ساختار ریشه گیاه از جمله این عوامل هستند. وزن خشک ریشه و اندام هوایی گیاه فسکیو در مقایسه با گیاه مَرغ بالاتر بود، چون مقدار کمی ماده آلاینده (نفتالین) توسط گیاه جذب شد بنابراین به نظر نمی رسد وزن خشک گیاه تأثیر مستقیم در کاهش غلظت این ماده در خاک داشته باشد. ممکن است تأثیر غیر مستقیم وزن خشک گیاه از طریق ترشحات ریشه و یا بهبود خواص فیزیکی در محیط ریشه در تجزیه نفتالین مؤثر واقع شده باشد.

نتیجه گیری

۱) غلظت گازوئیل اثر معنی داری بر درصد جوانه زنی بذور گیاهان داشته است. به این ترتیب که با افزایش غلظت آلاینده درصد جوانه زنی کاهش یافت. در مرحله جوانه زنی گیاه جو نسبت به یونجه و شبدر، حساسیت بیشتری نسبت به گازوئیل نشان داد و اختلاف یونجه و شبدر در درصد جوانه زنی معنی دار نبود.

۲) میانگین درصد حذف آلاینده در غلظت های مختلف، توسط گیاه جو حدود ۸۶ درصد، برای گیاه یونجه حدود ۸۱ درصد، برای گیاه شبدر حدود ۸۰ درصد و برای محیط شاهد ۷۵ درصد می باشد. به طور کلی گیاه جو به علت سیستم ریشه ای افشان قادر است اثر ریزوسفری (مکانیزم اصلی حذف گازوئیل از محیط خاک) شدیدتری را نسبت به گیاه یونجه و شبدر فراهم آورد. ترشح مواد مختلف از جمله آنزیم ها از ریشه گیاه باعث تسریع در تجزیه آلاینده، چه به صورت مستقیم و چه از طریق تحریک فعالیت های میکروبی می گردد.

۳) با توجه به اثبات نقش گیاهان مورد مطالعه در پالایش خاک های با آلودگی کم تا متوسط (در این تحقیق غلظت های ۵۰۰ و ۳۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم) و همینطور با نظر به اینکه روش گیاه پالایی نیاز به تأسیسات ویژه نداشته و به راحتی قابل اجراست، می تواند به عنوان روشی مناسب جهت رفع این گونه آلودگی ها به شمار آید. علاوه بر پاکسازی، فضای سبز ایجاد شده توسط گیاهان نیز از محسنات استفاده از این روش است. جهت دستیابی به نتایج کاربردی تر، استفاده از گیاهان بومی و چند ساله و بررسی جامعتر مکانیزم های حذف آلاینده های هیدروکربنی در تحقیقات آتی پیشنهاد می شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مسئولین محترم آزمایشگاه گاز شرکت ملی نفت (مناطق نفت خیز جنوب) به واسطه همکاری صمیمانه شان در انجام این پروژه، تشکر و قدردانی می نمائیم.

منابع

۱. بای بوردی، م. ۱۳۸۲. فیزیک خاک. چاپ هفتم. انتشارات دانشگاه تهران، صص ۳۴۵-۳۸۱.

۲. سلیمانی امین آبادی، م. ۱۳۸۲. پالایش خاک های آلوده به هیدروکربن های نفتی و فلزات سنگین سرب و نیکل به وسیله گیاهان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان، صص ۶۷-۸۳.

۳. نور محمدی، ق.، سیادت، ع.، کاشانی، ع. ۱۳۸۰. زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، ص ۲۲.

۴. کوچکی، ع. ۱۳۷۶. زراعت در مناطق خشک. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ص ۴۶.

5. Adam, G., Duncan, H. 2002. Influence of petroleum hydrocarbon on seed germination. Environmental Pollution, pp: 363-370.

6. Alexander, M. 1997. Introduction of soil microbiology and biochemistry. Academic Press, New York, 503-505.

7. Aprill, W., Sims, R.C. 1990. Evaluation of the use of prairie grass for stimulating polycyclic aromatic hydrocarbon treatment in soil. Chemosphere, 20: 253 - 265.

8. Barber, S.A. 1984. Soil nutrient bioavailability. John Wiley and Sons, New York.

9. Bell, R.M. 1992. Higher plant accumulation of organic pollutants from soil. EPA/600/SR-92/738, U.S Environmental Protection Agency. Cincinnati, Ohio, pp:1-4.

10. 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.

11. Chaineau, C.M., Morel, J.L., Oudot, J. 1997. Phytotoxicity and plant uptake of fuel oil hydrocarbons. Journal of Environmental Quality, 26:1478-1483.

12. Crowdy, S.H., Jones, D.R. 1956. Partition of sulphonamides in plant roots a factor in their translocation. Nature, 178:1165-1167.

13. Dickson, L.C. 1997. Gas chromatographic analysis of diesel fuel contamination in soil. Lab traction, No.7, National Hydrology Research Ins titute. Canada.

14. Finlayson, D.G., Mccarthy, H.R. 1973. Pesticide residues in plants, In Environmental pollution by pesticides. New York, pp: 90-110.

15. Gunther, T., Dornberger, U., Fritsche, W. 1996. Effects of ryegrass on biodegradetion of hydrocarbons in soil. Chemosphere, 33:203-215.

16. Hutchinson, S.L., Banks, M.K., Schwab, A.P. 2001. Phytoremediation of aged petroleum sludge: Effect of inorganic fertilizer. Journal of Environmental Quality, 30:395-403.

17. Johnson, D.L., Maguire, K.L., Anderson, D.R., Mc Grath, S.P. 2004. Enhanced dissipation of chrysene in planted soil: the impact of rhizobial in inoculums. Soil Biology and Biochemistry, 36:33-38.

18. McCutcheon, D.B., Schnoor, J.L. 2003. Sampling of plant species studied for phytoremediation. Environmental Toxicology and Chemistry, 16:829-899.

19. Palmorth, R.T., Pichtel, J., 2002. Phytoremediation of subarctic soil contaminated with diesel fuel. Journal of Bioresource Technology, 84: 221-228.

20. Paul, E.A., Clark, F.E. 1989. Occurrences and distribution of soil organics, soil microbiology and biochemistry. Academic Press San Diego, pp: 81-84.

21. Qiu, X., Leland, T.W., Shah, S.I. 1997. Chapter 14 field study: Grass remediation for clay hydrocarbons. American Chemical Society, pp: 186-199.

22. Reilley, K.A., Banke, M.K., Schwab, A.P. 1996. Organic chemicals in the environment dissipation of polycyclic aromatic hydrocarbons in the rhizosphere. Journal of Environmental Quality, 25:12-219.

23. Schwab, A.P., Banks, M.K., Arunachalam, M. 1995. Biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons in rhizosphere, soil. Battalle Press: Columbus, pp: 23-29.

24. Schwab, A.P., Su, S., Wetzel, S., Pekarek, S., Banks, M.K. 1999. Extraction of petroleum hydrocarbons from soil by mechanical shaking. Environmental and hydraulic engineering. Purdue University, pp:170-180

25. United States Environmental Protection Agency (EPA). 2001. A citizen's guide to phytoremediation, pp:2-5.

26. Vanoverbeek, J., Blondeau, R. 1954. Mode of phytotoxic oils. Weeds, pp: 55-65.

27. Wiltse, C.C., Rooney, W.L., Chen, Z., Schwab, A.P., Banks, M. K.1998. Greenhouse evaluation of agronomic and oil-phytoremediation potential among genotypes. Journal of Environmental Quality, 27:169-173.

28. XU, J.G., Johnson, R.L. 1995. Root growth, microbial activity and phosphatase activity in oil contaminated, remediated and uncontaminated soils planted to barley and field pea. Plant and Soil, 173:3-10.

29. Yoshitomi, K.J., Shann, J.R. 2001. Corn (Zea Maya L.) root and their impact on 14-pyrene mineralization. Soil Biology and Biochemistry, 33:1769-1776.

Phytoreme Diation of Diesel Fuel in Contaminated Soil

N. Rangzan[1] and A. Landi[2]

Abstract

The oil pollution is an unavoidable result of rapid increase in world population and industrialization. The objective of research was to study barley, alfalfa and clover ability in reducing the amount of diesel fuel in contaminated soils. Barley, alfalfa and clover were planted in pots with contaminated soils by diesel fuel at 0, 25, 100, 500, 3000 and 40000 ppm (mg/kg) concentration and one treatment was to control without any plant. After 120 days the concentration of residual pollutant were measured by Gas Chromatograph. Based on the results obtained, the average percentage of decrease in the level of the pollutant was 86% for barley, 81% for alfalfa and 80% for clover and for control pot (without plant) was 75%. Basically, the primary amounts of pollutant affect plant ability to decrease diesel fuel contamination. It was distinguished for dry mass production. In general, barley was more effective in phytoremediation than alfalfa and clover, due to its scattering root system.

Keywords: *Soil Pollution, Phytoremediation, Diesel Fuel, Barley, Alfalfa, Clover*

1- M.Sc. Student Department of Soil Science, College of Agriculture Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran, (nafas023@yahoo.com).

2- Assistant Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran.