به نام ایزد توانا

دانشکده علوم- گروه زیست شناسی

عنوان

بررسی رشد، محتوای رنگیزه‌ای، فتوسنتز و برون‌ریزش آمونیوم در سیانوباکتری *Leptolyngbya* sp. ISC 25

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته علوم گیاهی- گرایش فیزیولوژی گیاهی

اساتید راهنما

دکتر فرزانه نجفی

دکتر ندا سلطانی

استاد مشاور

دکتر رمضانعلی خاوری‌نژاد

دانشجو

بهاره عباس‌پناه

تقدیم به دو بال پروازم

پدر و مادرم

با تشکر فراوان از اساتید راهنمای گرامی:

سرکار خانم **دکتر فرزانه نجفی** و سرکار خانم **دکتر ندا سلطانی** که با راهنمایی‌های ارزنده و یاری‌های بی دریغشان، بزرگترین حامیان من در پیمودن این راه بودند.

باسپاس فراوان از استاد مشاور محترم جناب آقای **دکتر رمضانعلی خاوری‌نژاد** که کمال همکاری را در جهت انجام این پروژه مبذول داشتند.

از جناب آقای **دکتر وحید نیکنام** و جناب آقای **دکتر فرخ قهرمانی‌نژاد** که زحمت داوری این پایان نامه را متقبل شدند، بسیار سپاسگزارم.

از همراهان و دوستان خوبم خانم **ثمره بابایی**، **آقای مهدی بلفیون**، **آقای علی ابوالحسنی**، **خانم لادن بافته‌چی**، **خانم نباء نجار و خانم فاطمه نظری** کمال تشکر را دارم و از دوست عزیزم، **شهرزاد پدرام** نیا، که همراه همیشگی من بود، سپاسگذارم.

و نهایتاً از همراهی‌های دایی عزیزم رضا سلیمان‌زاده و همسر گرامیشان زهرا نیک سیرت بسیار متشکرم.

فهرست مطالب صفحه

فصل اول: مقدمه ۱

۱- مقدمه ۲

۱-۱-نفت ۲

۱-۲- نقش ریزجلبک‌ها در صنعت نفت ۵

۱-۳- سیانوباکتری‌ها ٦

۱-٤- جوامع سیانوباکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن ۹

۱-۵- طبقه بندی ۱۰

۱-٦- تقسیمات شاخه سیانوباکتری‌ها ۱۱

۱-۷- ویژگی‌های جنس *Leptolyngbya* sp. ISC 25 ..... ۱٤

۱-۸- تجزیه زیستی ترکیبات نفتی ۱۵

۱-۹- تجزیه زیستی هیدروکربن‌ها ۱٦

۱-۱۰- اکسیداسیون هیدروکربن توسط سیانوباکتری‌ها..... ۱۷

۱-۱۱- تاثیر نفت بر روی میکروارگانیسم‌های فتوسنتزی ۲۲

۱-۱۲- هدف از انجام مطالعه ۲٤

فصل دوم: مواد و روش‌ها ۲۵

۲-۱- دستگاه‌ها و تجهیزات مورد استفاده ۲۶
۲-۲- مواد شیمیایی مورد استفاده و محیط کشت ۲۷
۲-۳- تهیه نمونه ۲۸
۲-٤- خالص‌سازی جلبک ۲۸
۲-۵- انتقال به محیط مایع ۲۹
۲-٦- مشخصات اتاق کشت ۳۰
۲-۷- تهیه محیط کشت برای اعمال تیمار..... ۳۰
۲-۸- تیمارها ۳۰
۲-۹- سنجش های فیزیولوژیک ۳۱

فهرست مطالب صفحه

۲-۹-۱- رشد ۳۱
۲-۹-۲- سنجش وزن خشک ۳۲
۲-۹-۳- سنجش کلروفیل ۳۲
۲-۹-٤- سنجش فیکوبیلی‌پروتئین‌ها ۳۳
۲-۹-۵- اندازه گیری فعالیت فتوسنتزی ۳٤

۲-۹-٦- سنجش نیتروژن (آمونیوم) ۳۵

۲-۱۰- سنجش میزان تجزیه‌ی نفتالن..... ۳٦

۲-۱۰-۱- آماده سازی برای آنالیزGC..... ۳۷

۲-۱۰-۱-۱- آنالیز GC ۳۷

۲-۱۰-۲- آماده سازی برای آنالیزGC/MS..... ۳۸

۲-۱۰-۲-۱- آنالیزGC/MS ۳۹

۲-۱۱- محاسبات آماری ۳۹

فصل سوم: نتایج ٤۰

۳-۱- خالص‌سازی و کشت سیانوباکتری *Leptolyngbya* sp. ISC 25 ..... ٤۱

۳-۲- نتایج حاصل از بررسی اثر نفتالن بر پاسخ های فیزیولوژیکی سیانوباکتری

Leptolyngbya sp. ISC 25 ..... ٤۲

۳-۲-۱- رشد ٤۲

۳-۲-۲- نرخ رشد ٤۷

۳-۲-۳- کلروفیل ٤۹

۳-۲-٤- فیکوبیلی‌پروتئین‌ها ۵۰

۳-۲-۵- برون ریزش آمونیوم ۵٦

۳-۲-٦- فعالیت فتوسنتزی ۵۷

فهرست مطالب صفحه

۳-۳- نتایج حاصل از بررسی اثر تجزیه‌کنندگی سیانوباکتری *Leptolyngbya* sp. ISC 25 در غلظت‌های مختلف نفتالن ۵۸
۳-۳-۱- نتایج مربوط به آنالیز GC ۵۸
۳-۳-۲- نتایج مربوط به آنالیز GC/MS ٦۱
.
فصل چهارم: بحث ٦۲
منابع ۷۱
پیوست ۷۸

فهرست تصاویر

صفحه

تصویر ۱-۱- ساختارهای تعدادی از هیدروکربن‌های آروماتیک ٤

تصویر ۱-۲- Naphthalene ($C_{10}H_8$) ٥

تصویر ۱-۳- فیکوبیلی‌زوم‌ها و نحوه اتصال آن‌ها به غشاء تیلاکوئیدی ٨

تصویر ۱-٤- سیانوباکتریوم *Leptolyngbya* sp. ISC 25 ..... ١٤

تصویر ۲-۱- نمونه‌ی سیانوباکتری مورد بررسی در محیط کشت جامد و مایع ٣٠

تصویر ۲-۲- کشت سیانوباکتری تحت غلظت‌های مختلف نفتالن ٣١

تصویر ۲-۳- نمونه‌های آماده شده جهت سنجش میزان کلروفیل ٣٣

تصویر ۲-٤- نمونه های آماده شده برای سنجش میزان بیلی پروتئین‌ها ٣٤

تصویر۲-۵- دستگاه اکسیژن الکترود برای اندازه گیری میزان تصاعد اکسیژن ٣٥

تصویر ۲-٦- قیف جدا کننده و دستگاه روتاری مورد استفاده در عصاره گیری ٣٧

تصویر۲-۷- دستگاه گاز کروماتوگرافی ٣٨

تصویر ۳-۱- پلیت های حاوی سیانوباکتری رشد یافته و لام مرطوب از سیانوباکتری..... ٤١

تصویر ۳-۲- کشت های مایع تحت هوادهی ٤١

تصویر ۳-۳- منحنی رشد سیانوباکتری *Leptolyngbya* sp. ISC 25 (بر اساس وزن خشک)
نمونه‌ی شاهد در روزهای مختلف ٤٤

فهرست تصاویر صفحه

تصویر ۳-٤- منحنی رشد سیانوباکتری *Leptolyngbya* sp. ISC 25 (بر اساس وزن خشک) تحت تیمار ۰/۰۵%نفتالن در روزهای مختلف..... ٤٤

تصویر ۳-٥- منحنی رشد سیانوباکتری *Leptolyngbya* sp. ISC 25 (بر اساس وزن خشک) تحت تیمار ۰/۲% نفتالن در روزهای مختلف ٤٥

تصویر ۳-٦- منحنی رشد سیانوباکتری *Leptolyngbya* sp. ISC 25 (بر اساس وزن خشک) تحت تیمار ۰/٤% نفتالن در روزهای مختلف ٤٥

تصویر ۳-۷- منحنی رشد سیانوباکتری *Leptolyngbya* sp. ISC 25 (بر اساس وزن خشک) تحت تیمار ۰/٦% نفتالن در روزهای مختلف ٤٦

تصویر ۳-۸- منحنی رشد سیانوباکتری *Leptolyngbya* sp. ISC 25 (بر اساس وزن خشک) تحت تیمار ۱% نفتالن در روزهای مختلف ٤٦

تصویر ۳-۹- مقایسه مقدار وزن خشک سیانوباکتری *Leptolyngbya* sp. ISC 25 در روزهای مختلف تحت تیمار غلظت‌های مختلف نفتالن ٤٧

تصویر ۳-۱۰- نرخ رشد سیانوباکتری *Leptolyngbya* sp. ISC 25 تحت تیمار غلظت های مختلف نفتالن ٤٨

تصویر ۳-۱۱- محتوای کلروفیلa در سیانوباکتری *Leptolyngbya* sp. ISC 25 تحت تیمار غلظت‌های مختلف نفتالن ٥٠

تصویر۳-۱۲- محتوای فیکوسیانین در سیانوباکتری *Leptolyngbya* sp. ISC 25 تحت تیمار ٥٢

غلظت‌های مختلف نفتالن .....

تصویر ۳-۱۳- محتوای آلوفیکوسیانین در سیانوباکتری *Leptolyngbya* sp. ISC 25 تحت تیمار غلظت های مختلف نفتالن ۵۲

تصویر ۳-۱٤- مقایسه فیکوبیلی‌پروتئین‌های سیانوباکتری *Leptolyngbya* sp. ISC 25 تحت تیمار غلظت‌های مختلف نفتالن ۵۳

تصویر ۳-۱۵- نسبت فیکوبیلی‌پروتئین به کلروفیل در سیانوباکتری *Leptolyngbya* sp. ISC 25 تحت تیمار غلظت‌های مختلف نفتالن ۵٤

تصویر ۳-۱٦- اندازه فیکوبیلی‌زوم‌ها در سیانوباکتری *Leptolyngbya* sp. ISC 25 تحت تیمار غلظت های مختلف نفتالن ۵۵

تصویر۳-۱۷- مقایسه‌ی برون‌ریزش آمونیوم در سیانوباکتری *Leptolyngbya* sp. ISC 25 تحت تیمار غلظت‌های مختلف نفتالن ۵۷

تصویر۳-۱۸- نمودار میزان فتوسنتز درسیانوباکتری *Leptolyngbya* sp. ISC 25 تحت تیمار غلظت های مختلف نفتالن ۵۸

تصویر۳-۱۹- کروماتوگرام حاصل از GC نمونه کنترل روز اول تیمار۰/۰۵ % نفتالن..... ۵۹

تصویر۳-۲۰- کروماتوگرام حاصل از GC نمونه کنترل روز دوازدهم پس از تیمار۰/۰۵ %نفتالن..... ۵۹

تصویر ۳-۲۱- کروماتوگرام حاصل از GC نمونه سیانوباکتری*Leptolyngbya* sp. ISC 25 روز اول پس از تیمار ۰/۰۵ %نفتالن ٦۰

فهرست تصاویر صفحه

تصویر۳-۲۲-کروماتوگرام حاصل از GC نمونه سیانوباکتری*Leptolyngbya* sp. ISC 25 روز دوازدهم پس از تیمار نفتالن ٦٠

تصویر۳-۲۳ 2(4H)-Benzofuranone, -tetrahydro-trimethyl..... ٦١

تصویر٤-۱- تجزیه نفتالن توسط سیانوباکتری *Phormidium tenue* ٦٩

تصویر ٤-۲- تجزیه آنتراسن توسط سیانوباکتری *Phormidium tenue* ٦٩

فهرست جدول‌ها صفحه

جدول ۲-۱- دستگاه های مورد استفاده ۲۶

جدول ۲-۲- مواد شیمیایی مورد استفاده ۲۷

جدول ۲-۳- ترکیب شیمیایی محیط کشت BG11 ($mg\ L^{-1}$) ۲۷

جدول ۳-۱- میزان رشد سیانوباکتری *Leptolyngbya* sp. ISC 25 (بر اساس وزن خشک) تحت تیمار غلظت های مختلف نفتالن در روزهای مختلف ۴۳

جدول ۳-۲- آنالیز واریانس میزان رشد سیانوباکتری *Leptolyngbya* sp. ISC 25 غلظت‌های مختلف نفت خام ۴۳

جدول ۳-۳- نرخ رشد غلظت‌های مختلف نفتالن سیانوباکتری *Leptolyngbya* sp. ISC 25 (d^{-1}) ۴۸

جدول ۳-۴- آنالیز واریانس نرخ رشد سیانوباکتری *Leptolyngbya* sp. ISC 25 ..... ۴۸

جدول۳-۵- اثر غلظت های مختلف نفتالن بر محتوای کلروفیل *Leptolyngbya* sp. ISC 25 ..... ۴۹

جدول ۳-۶- آنالیز واریانس مقادیر کلروفیل ۴۹

جدول ۳-۷- اثر غلظت‌های مختلف نفتالن بر محتوای رنگیزه‌ای *Leptolyngbya* sp. ISC 25 ..... ۵۱

جدول ۳-۸- آنالیز واریانس داده‌های حاصل از سنجش‌های میزان فیکوبیلی‌پروتئین، فیکوسیانین و آلوفیکوسیانین تحت تیمار نفتالن ۵۱

جدول ۳-۹- اثر غلظت‌های مختلف نفتالن برنسبت فیکوبیلی‌پروتئین به کلروفیل در سیانوباکتری ۵۳

Leptolyngbya sp. ISC 25 .....

جدول ۳-۱۰- آنالیز واریانس نسبت فیکوبیلی‌پروتئین به کلروفیل ٥٤

جدول ۳-۱۱- اثر غلظت های مختلف نفتالن بر اندازه فیکوبیلی‌زوم‌ها در سیانوباکتری *Leptolyngbya* sp. ISC 25 ..... ٥٥

جدول ۳-۱۲- آنالیز واریانس مقادیر اندازه فیکوبیلی‌زوم ٥٥

جدول ۳-۱۳- مقدار برون ریزش آمونیوم درسیانوباکتری *Leptolyngbya* sp. ISC 25 تحت تیمار غلظت‌های مختلف نفتالن ٥٦

جدول ۳-۱٤- آنالیز واریانس مقادیر برون ریزش آمونیوم ٥٦

جدول ۳-۱٥- میزان فتوسنتز درسیانوباکتری *Leptolyngbya* sp. ISC 25 تحت تیمار غلظت های مختلف نفتالن ٥٧

فهرست جدول‌ها صفحه

جدول ۳-۱٦- آنالیز واریانس میزان فتوسنتز ٥٨

جدول ۳-۱۷- مواد شناسایی شده در GC/MS ٦١

چکیده

نفتالن یکی از انواع ترکیبات نفتی و سمی است که خطرات زیادی را برای محیط زیست فراهم می‌کند. سیانوباکتری *Leptolyngbya* به‌عنوان یک سیانوباکتری تحمل کننده و تجزیه کننده مؤثر هیدروکربن‌های آروماتیک که می‌توانند در محیط ایجاد سمیت کنند، شناخته شده است. به منظور بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیک و قدرت تجزیه زیستی، سیانوباکتری *Leptolyngbya* sp. ISC 25 از مناطق آلوده نفتی برداشت و جداسازی گردید (نتایج حاصل از بررسی‌های مولکولی نشان داد که این سیانوباکتری همان *Leptolyngbya fragilis* می‌باشد). پس از کشت مایع در محیط کشت BG11، این جلبک تحت تیمارهای مختلف (۰، ۰/۰۵، ۰/۲، ۰/٤، ۰/٦ و ۱درصد) از نفتالن، جهت بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیک و ۰/۰۵% نفتالن، جهت بررسی تجزیه زیستی، در محیط کشت فاقد کربن قرار گرفت. پاسخ‌های فیزیولوژیک از جمله بقاء، رنگیزه های فتوسنتزی، فتوسنتز و برون ریزش آمونیوم در فاز لگاریتمی رشد بررسی شد. بقاء از طریق جذب نوری در طول موج ۷۵۰nm و فتوسنتز با کمک دستگاه اکسی ویو (Oxyview) اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی با افزایش غلظت نفتالن در تیمارها روند کاهشی داشت و این کاهش در تیمارهای ۰/٦ و ۱% دارای سرعت بیشتری بود و در غلظت ۱%، میزان کلروفیل به نزدیک صفر رسید. محتوای فیکوبیلی‌پروتئین با افزایش غلظت نفتالن تا ۰/۲ %افزایش یافت و پس از آن به طرز قابل توجهی روند کاهشی پیدا کرد. مقایسه بقاء سیانوباکتری در روزهای مختلف نشان داد که در تیمارهای ۰/۰۵ و۰/۲%، زی‌توده جلبک افزایش یافت ولی در تیمارهای ۰/٤، ۰/٦ و۱% این روند کاهشی بود. در تیمارهای ۰/۰۵ و۰/۲%، گرچه روند افزایشی باقی ماند، ولی نسبت به شاهد سرعت کمتری نشان داد. میزان فتوسنتز و برون ریزش آمونیوم تحت کلیه تیمارها روند کاهشی نشان داد. اثر تجزیه‌کنندگی این سیانوباکتری روی نفتالن توسط آنالیز GC و GC/MS بررسی شد. نتایج GC حاصل از مقایسه نمونه مورد نظر با نمونه شاهد نشان داد که نفتالن توسط سیانوباکتری تجزیه شده‌است و نتایج حاصل از GC/MS، مواد حاصل از این تجزیه را شناسایی کرده است. بنابراین بطور کلی این سیانوباکتری می‌تواند غلظت‌های نفتالن با (۰/۰۵ و۰/۲ درصد) را تحمل کرده و غلظت‌های ۰/٦ و ۱% برای رشد این سیانوباکتری سمی می‌باشد. هم‌چنین این سیانوباکتری می‌تواند برای تجزیه زیستی آلودگی‌های ناشی از هیدروکربن‌های آروماتیک به کار برده شود.

کلمات کلیدی: آنالیز GC و GC/MS، برون ریزش آمونیوم، سیانوباکتری، فتوسنتز، کلروفیل *a* ، نفتالن.

فصل اول: مقدمه

۱ - مقدمه

در سال‌های اخیر یکی از مهم‌ترین مشکلات جهانی، مسئله آلودگی‌های محیطی ناشی از فعالیت‌های صنعتی و اجتماعی می‌باشد. نفت به عنوان یک ترکیب آلی، اصلی‌ترین ماده‌ای است که امروزه به عنوان تأمین کننده انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ماده نه تنها به عنوان انرژی بلکه به عنوان ماده اولیه ساخت بسیاری از مواد مورد نیاز بشر، نیز استفاده می‌شود. متأسفانه در کشورهای تولید کننده نفت از جمله در ایران، این ماده به عنوان یکی از اصلی‌ترین آلاینده‌های محیط زیست به شمار می‌رود. بنابراین با وجود اینکه نفت از پایه‌ای‌ترین منابع فعالیت‌های اقتصادی صنعتی و توسعه کشورهاست، متأسفانه در مراحل مختلف استخراج، جابه‌جایی و پالایش هیدروکربن‌های نفتی، منجر به آلوده شدن فضای وسیعی از آب، هوا و خاک می‌شود.

۱-۱ - نفت

کلمه نفت در زبان انگلیسی پترولیوم[1] نامیده می‌شود. از دو کلمه پترا (لغت یونانی کلمه سنگ روغن) و کلمه اولئوم (یک نوع روغن) تشکیل شده‌است. این ماده ترکیب پیچیده‌ای از انواع هیدروکربن‌هاست. نفت تقریباً از دو عنصر اصلی کربن و هیدروژن تشکیل شده است. نسبت این دو اتم به یکدیگر یعنی H ، معادل ۱/۸۵ است. عناصر دیگر نظیر گوگرد، ازت و اکسیژن در مجموع، کمتر از ۳ درصد کل ترکیب نفت را تشکیل می‌دهند. اثراتی هم از فسفر و فلزات سنگین نظیر نیکل و وانادیوم در نفت‌ها دیده می‌شود. دو عنصر کربن و هیدروژن تواماً به صورت ترکیبات هیدروکربنی در نفت وجود دارند. این ترکیبات از نظر شکل، ساختمان و اندازه مولکولی بسیار متنوع بوده و بر اساس همین اصل مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی نفت‌ها از تنوع و گستردگی بسیاری برخوردار است.

[1] Petroleum

تمام هیدروکربن‌های نفتی TPH[1] به دو دسته اصلی تقسیم می شوند:

۱- گروه ترکیبات آلی گازولینی[2]

آلکان‌های کوتاه زنجیر C_6-C_{10} با نقطه جوش پایین (60-170 °C) مانند ایزوپنتان، ۲-۳ دی متیل بوتان، n-بوتان، n-پنتان و ترکیبات آروماتیک فرار مانند هیدروکربن‌های تک حلقه‌ای بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و گزیلن (BTEX).

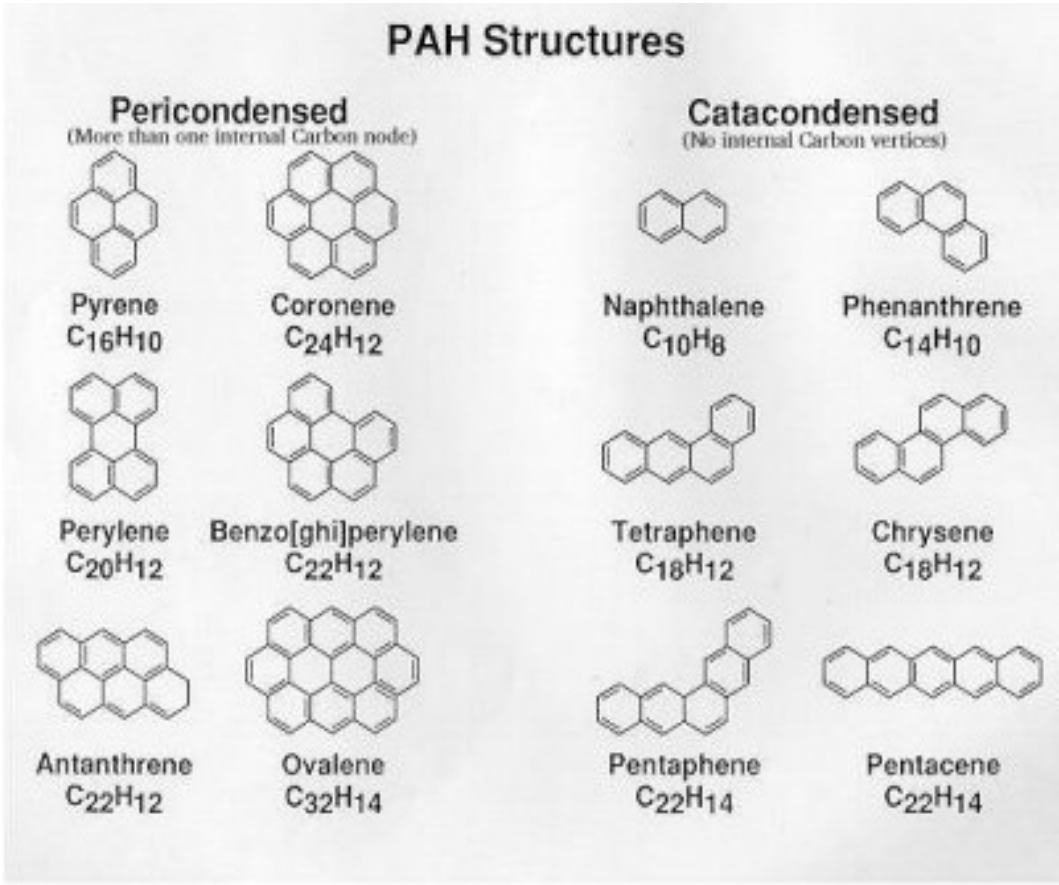
۲- گروه ترکیبات آلی دیزلی[3]

شامل آلکان‌های بلند زنجیر C_{10}-C_{40} و هیدروکربن‌های آروماتیکی مانند PAH ها[4] هستند.GRO هایی مانند BTEX به سرعت در طبیعت جابه جا می شوند. در حالیکه PAH ها به سختی به خاک متصلند (Kamath et al., 2004).

PAH ها گروهی از ترکیبات تشکیل شده از دو یا چند حلقه هستند که از ساختارهای اصلی نفت خام به شمار می‌آیند (Satheesh Kumar et al., 2009). PAHها در طول آلودگی‌های ایجاد شده به وسیله نفت خام و یا پالایش محصولات نفتی به محیط آزاد می‌شوند. این ترکیبات هیدروفوبیک هستند و بخش اعظم پایداریشان در اکوسیستم به علت حلالیت کم آن‌ها در آب می‌باشد. بنابراین در مواد رسوبی نفوذ می‌کنند. آژانس حفاظت از محیط زیست (EPA) ۱۶ ترکیب غیر جایگزین PAH را به عنوان آلوده کننده‌های اولیه محیط زیست شناسایی کرده است که سرطان زایی ۸ مورد از این‌ها به اثبات رسیده است. انواع مختلفی از PAHs در محیط‌های دریایی شناسایی شده است. تاثیر PAHs در محیط‌های دریایی شامل ایجاد سمیت و سرطان‌زایی در موجودات زنده دریایی و انتقال آن به انسان از طریق غذاهای دریایی می‌باشد (Al-Hasan et al., 1994). PAHها اثرات وسیعی بر روی سلامت جانوران دارند. این مواد با DNA واکنش داده و منجر به ایجاد جهش‌ها و سرطان‌های مختلفی می‌شوند. محققان با اشاره به تاثیرات

[1] Total Petroleum Hydrocarbon
[2] Gasoline range organics (GRO)
[3] Diesel range organics
[4] PolycyclicAromatic Hydrocarbons

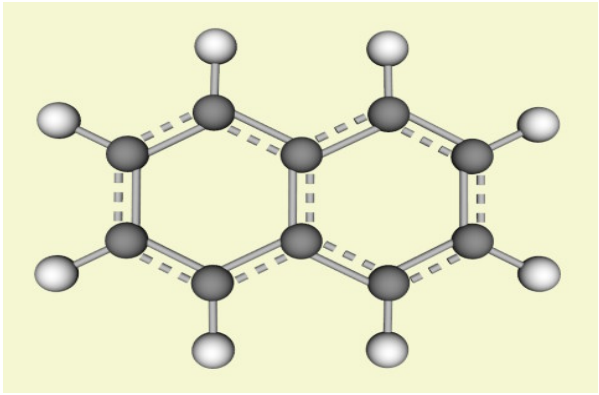
مخرب PAHها بر روی مولکول‌های DNA، نشان داده‌اند که این مواد از طریق ایجاد جهش در ژن‌های پروتوانکوژن و از کار انداختن ژن‌های بازدارنده ایجاد تومورها، به خصوص باعث ایجاد سرطان پوستی و تومورهای ریوی می‌شوند (Straif et al., 2005). بنابراین آلودگی‌های ناشی از این ترکیبات بسیار مورد توجه محققان در سال‌های اخیر قرار گرفته شده است. PAH های کوچکتر مثل نفتالن و آنتراسن از جمله آلوده کننده‌های محیط هستند که در رابطه با تجزیه شدنشان توسط باکتری‌ها و اکسیداسیونشان به واسطه‌های آلیفاتیک مورد بررسی قرار گرفته شده اند (Satheesh Kumar et al., 2009).



تصویر ۱-۱- ساختارهای تعدادی از هیدروکربن‌های آروماتیک (www.daviddarling.info)

نفتالن یک هیدروکربن آروماتیک پایه است که از نفت خام یا زغال سنگ مشتق می‌شود. این ترکیب کشنده حشرات است که از آن به عنوان ضد حشرات استفاده می‌شد. نفتالن و دیگر هیدروکربن‌های

حلقوی در اثر روندهای سوختن ناقص در صنعت، منابع خانگی مثل دود سیگار و سوخت وسایل نقلیه و هم‌چنین وقایع طبیعی مثل آتش‌سوزی جنگل‌ها به محیط آزاد می‌شوند. این ترکیب به عنوان اولین حشره‌کش در ایالات متحده آمریکا در سال ۱۹٤۸ معرفی شد. اما در سال ۱۹۸۱ سمیت آن توسط EPA[1] موضوع بررسی قرار گرفت و در سال ۲۰۰۸ توسط این آژانس به عنوان ماده سمی ثبت شد (Pacheo & Santo, 2002).



تصویر ۱-۲- Naphthalene ($C_{10}H_8$) (en.wikipedia.org)

۱-۲- نقش ریزجلبک‌ها در صنعت نفت

ریزجلبک‌ها دسته‌ای از میکروارگانیسم‌ها، با کاربردهای مختلف می‌باشند. این موجودات از شاخه‌های مختلف شامل اعضای یوکاریوت و نیز پروکاریوتیک (سیانوباکتری‌ها) تشکیل شده‌اند. از کاربردهای آنها می‌توان به صنعت نفت اشاره نمود. این موجودات هم در تشکیل و هم در تجزیه این ترکیبات نقش دارند. مطالعات اولیه نشان می‌دهد که این موجودات قادرند، اجزای آروماتیک و آلیفاتیک نفت را اکسید کنند. علاوه بر این در مکان‌هایی که سیانوباکتری‌ها در آن‌ها غالب هستند، قارچ‌ها و باکتری‌های تخمیرکننده نفت در لایه‌های پلی‌ساکاریدی این سیانوباکتری‌ها به طور طبیعی زندگی می‌کنند.

[1] Environmental Protection Energy