

پاکسازی زیستی پلاستیک‌ها

دبیر راهنما: شهره سلیمی

salimi_sh@yahoo.com

دانش‌آموزان شرکت‌کننده در این پروژه: زهرا صمدی، نازنین السادات هاشمی

پژوهش‌سرای دانش‌آموزی محمدبن زکریای رازی

اداره آموزش و پرورش ناحیه یک ری

چکیده

در این پروژه پس از بررسی به این نتیجه رسیدیم که در منابع مختلف مثل بعضی آب‌ها و خاک‌ها و گیاهان سنتی مثل عدس و حنا و نمونه‌هایی از قارچ چتری جمع‌آوری شده از منطقه فیروزآباد میکروارگانیسم‌هایی وجود دارند که قادرند به‌طور خودبه‌خود یا مدیریت شده از طریق فرآیندهای زیستی و تولید آنزیم‌های قوی تجزیه‌کننده، پلاستیک‌ها را تجزیه کنند. آزمایش روی انواع نمونه‌های زیستی اعم از گیاهان سنتی، آب‌ها و خاک‌های مناطق انجام گرفته نشان دادند که نمونه‌های جمع‌آوری شده از خاک اطراف میدان معلم و خاک دولت‌آباد شهری و آب منطقه‌ی زمان‌آباد و نمونه قارچ چتری فیروزآباد به خوبی توانسته‌اند از وزن پلاستیک‌هایی که در ابتدای آزمایش در این نمونه‌ها توزین شده بودند، بکاهند.

کلیدواژه‌ها: Bioremediation، میکروارگانیسم، قارچ، باکتری، آنزیم.

مقدمه

فرآیند تجزیه‌ی زیستی یکی از مؤثرترین و ارزان‌ترین فرآیندها برای تجزیه‌ی آلاینده‌های پایدار در محیط‌زیست است. این فرآیند به کمک آنزیم‌های تولید شده به وسیله باکتری‌ها، قارچ‌ها و گیاهان صورت می‌پذیرد (۹). تحریک فعالیت بعضی باکتری‌ها و قارچ‌های خاص می‌تواند به تجزیه‌ی آلاینده‌های خطرناک به مواد کم‌خطرتر کمک کند. آنزیم‌های ترشح شده از بعضی باکتری‌ها، قارچ‌ها یا حتی آنزیم‌های حاصل از بعضی گیاهان مانند سویا، ذرت و توتون توانسته‌اند به این عمل تجزیه سرعت ببخشند (۹). تاکنون تلاش بسیاری شده است تا بتوانند باکتری‌ها، قارچ‌ها و گیاهانی که این عمل را می‌توانند انجام دهند شناسایی کنند (۴).

از مهم‌ترین قارچ‌ها و باکتری‌های شناخته شده قارچ‌های ریشه سفید، *Actinobacteria*، *Tricoderma*، *Penicillium funiculosus*، *Actinobacteria*، *sulphat reducing bacteria* هستند (۴). آنزیم‌های دهیدروژناز، اکسیدوژناز، هیدرولاز مثل پراکسیدازها، لاکاز (laccase)، استراز، فنل اکسیدازهای حاوی مس جزء آنزیم‌های شناخته شده و مؤثر برای این پاکسازی زیستی هستند (۹).

این روش پاکسازی در بسیاری از کشورها، خصوصاً کشورهای قاره اروپا، همراه با نتایجی موفقیت‌آمیز، مورد استفاده قرار گرفته است (۴). امروزه دانشمندان سعی می‌کنند با استفاده از روش‌های زیستی مواد زائد را تجزیه کنند و موجودات و مواد زیستی را با روش‌های مهندسی ژنتیک و نانوبیوتکنولوژی آن‌چنان تغییر دهند و ترکیب کنند که بتوانند در سطح صنعتی و مقرون به صرفه اقتصادی و حداقل مصرف جهت این تجزیه زیستی استفاده کنند (۱۳). بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته تا حدی به این صنعت دست یافته‌اند. در کشور ما به علت فرهنگ مصرف ظروف پلاستیکی و آزاد کردن آن‌ها در طبیعت باعث شده است سطح آلودگی از حد استاندارد بسیار فراتر رود. برای تجزیه‌ی مواد نفتی اکنون ما واردکننده صنعت تجزیه‌ی زیستی با قیمت گزاف هستیم. لذا در این تحقیق برآن شدیم گامی هر چند کوچک در جهت حل این مشکل برداریم.

جمع‌آوری اطلاعات

مواد آلاینده

سه منبع اصلی آلودگی عبارتند از: فعالیت‌های صنعتی، زباله‌های نظامی و فعالیت‌های کشاورزی (۱۲). پیشرفت قابل توجه صنایع شیمیایی، ترکیبات شیمیایی زیادی شامل آفت‌کش‌ها، سوخت‌ها، حلال‌ها،

مواد منفجره، رنگ‌ها و هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (PAH) را تولید کرده است (۱۲). گرچه این ترکیبات در مدرن کردن زندگی ما سهم دارند، اما بعضی از آن‌ها در خاک، آب و هوا جمع می‌شوند. این ترکیبات بسیار مقاومند و به علت داشتن خصوصیت سرطان‌زایی و جهش‌زایی اثرهای

زیانباری بر سلامت انسان و محیط می‌گذارند (۳).

انواع آلاینده‌ها

مواد آلاینده را براساس قابلیت تجزیه زیستی طبقه‌بندی می‌کنند: آلاینده‌هایی هیدروکربنی نظیر

هیدروکربن‌های C_1-C_{15} ساده، الکل‌ها، فنل‌ها، آمین‌ها، اسیدها، استرها و آمیدها خیلی آسان تجزیه زیستی می‌شوند. ساختار شیمیایی آلاینده، وجود شاخه‌های ارتباطی اتمی‌شان بر قابلیت تجزیه زیستی اثر می‌گذارند (۲).

مواد آلاینده پلاستیک مصنوعی
ساخته دست انسان‌اند که در جامعه مدرن امروزی به‌طور گسترده‌ای استفاده می‌شوند. پلی‌اورتان‌ها، پلی‌اکریلات‌ها، پلی‌استیدها، نایلون‌ها، پلی‌مرهای نشاسته در پزشکی و صنعت استفاده می‌شوند. این مواد بسیار پایداری و وقتی در محیط قرار می‌گیرند، باعث مشکلات و آلودگی محیط می‌شوند (۲).

مواد شیمیایی استروژنیک

این مواد شیمیایی نیز ساخته دست انسان‌اند با این تفاوت که اثر هورمون‌ها بخصوص استروژن‌ها را تقلید می‌کنند (۲). همانند تمام استروژن‌ها به گیرنده‌های استروژنی متصل می‌شوند. اتصال طولانی و تراکم آن‌ها در محیط بر تولید مثل انسان و جانوران اثر منفی می‌گذارند (۲). bis- فنول A (۲)، ۲-bis (۴) هیدروکسی فنیل پروپان؛ BPA) و نونیل فنول (NP) در صنایع و مناطق مسکونی استفاده می‌شوند و فعالیت استروژنیک دارند (۲).

انواع روش‌های پاکسازی

حفاری زمین در این روش آلاینده
روی یک منطقه غیرآلوده و وسیع پخش می‌شوند تا با کاهش تراکم آن‌ها به تجزیه یا عدم تغییر مواد آلاینده کمک کنند (۱۳). در شرایط طبیعی مواد شیمیایی تجزیه و یا کاملاً تغییر می‌کنند و به محیط برمی‌گردند، اما اگر پایدار شوند مقدار زیاد آن‌ها سمی است یا به فرایندهای طبیعی صدمه می‌زند در نتیجه از تجزیه و تغییر آلاینده‌ها جلوگیری می‌شود. کاهش تراکم این مواد باعث انجام تجزیه طبیعی، فرایندهای بازسازی و شروع مرحله بعدی می‌گردد

(۱۳).

تهیه کود این روش براساس یک تکنیک قدیمی است که زباله‌های خانگی را به مواد آلی قابل استفاده تغییر می‌دهد. تا چندی پیش، از روش تهیه کود برای تغییر زباله‌های صنعت نفت به مواد کم خطرتر استفاده می‌شد. روش تهیه کود اکنون برای کمک به شکست یا تغییر آلاینده‌ها و برای پایدار فلزات سنگین در خاک استفاده می‌شود (۱۳).

پاکسازی گیاهی در این روش از گیاهان

پاکسازی زیستی فرایندی طبیعی است که از جانداران برای تبدیل مواد مضر به کربن دی‌اکسید، آب و اسیدهای چرب غیرسمی استفاده می‌کند

مشخصه جالب دارد: یک فناوری درونی است و برای تیمار خاک‌ها و آب‌های آلوده قابل استفاده است. سیستم زمین مرطوب استفاده شده یا طبیعی امروزه برای پاکسازی بسیاری از آلاینده‌ها مثل هیدروکربن‌های نفتی، زباله‌های نظامی، مثل آلاینده‌های غیرآلی، استفاده می‌شود (۱۳). هم‌چنین فقط آلودگی‌های سطحی را پاکسازی نمی‌کند.

پاکسازی زیستی

پاکسازی زیستی فرایندی طبیعی است که از جانداران برای تبدیل مواد مضر به کربن دی‌اکسید، آب و اسیدهای چرب غیرسمی استفاده می‌کند (۳). در این روش به‌طور خودبه‌خودی یا مدیریت شده از فرایندهای

زیستی برای پاکسازی مواد شیمیایی خطرناک در محیط استفاده می‌شود. مواد اصلی پاکسازی‌کننده زیستی، گیاهان، میکروارگانیسم‌ها و میکروب‌های همزیست با گیاهان هستند. این نمونه‌ها به علت داشتن آنزیم‌های قوی تجزیه‌کننده، تغییردهنده ساختار و خاصیت سمی هستند (۳).

ساختار شیمیایی، غلظت و خواص مواد آلاینده و شرایط محیطی بر روش تجزیه زیستی اثر دارند. یک ترکیب شیمیایی مصنوعی که محصول سنتز زیستی نیست، در این روش تجزیه می‌شود به شرط آن که آنزیمی وجود داشته باشد که بتواند این ترکیب را به یک ماده حد واسطه به پیش ماده یکی از مسیرهای متابولیک تجزیه کند (۳).

پاکسازی زیستی شامل چندین فناوری است و از سیستم‌ها و فرایندهای طبیعی برای پاکسازی آلاینده‌ها استفاده می‌کند (۳). روش‌های پاکسازی زیستی براساس شناسایی مشکلات فیزیکی حذف، ناپدید شدن یا پایداری غیرقابل تحمل آلاینده‌ها در محیط و پیش‌بینی شرایط لازم حذف مشکلات فیزیکی است به‌طوری که دوباره فرایندهای طبیعی بتوانند عمل کنند (۳).

طبیعی یا مهندسی ژنتیک شده برای عملیات پاکسازی محیط استفاده می‌شود. این روش می‌تواند در محل‌های آلوده به فلزات سنگین و ترکیبات آلی استفاده شود (۱۳). دوسازگاری تکاملی در این انعطاف‌پذیری نقش داشته‌اند:

الف) گیاهان خاصی ظرفیت بازجذب و تجمع فلزات خاص را در ریشه‌های خود دارند که برای گیاهان دیگر سمی است. در یک طرح پاکسازی ابتدا از این گیاهان برای حذف آلاینده‌های فلزی استفاده می‌شود و سپس فلزات از ریشه‌های آن‌ها استخراج می‌شود (۱۳).

ب) در گیاهان ظرفیت برهم‌کنش یا ارتباط با موجودات ایجاد شده است که می‌توانند به شکست یا تغییر بعضی آلاینده‌های خاص در ریشه گیاهان کمک کند و محصولاتی ایجاد کند که خطر برای محیط ندارد (۱۳). پاکسازی گیاهی چندین

بررسی پروتئین‌های استخراج شده از محیط کشت‌های استریل و غیراستریل و خاک استریل حاوی گیاه یونجه تأیید کرد که بعضی پروتئین‌ها دارای خاصیت پراکسیداز هستند

روش‌های پاکسازی زیستی برای عموم مردم و صنایع آشنا و مورد قبول است، زیرا به‌طور قابل توجهی کم‌هزینه‌تر از روش‌های پاکسازی قدیمی هستند و باعث کاهش نگرانی در مورد سلامت آینده و نگرانی‌های مالی و محیطی می‌شود (۱).

انواع پاکسازی زیستی آنزیم‌های خارج سلولی ریشه گیاهان

آنزیم‌های تجزیه‌کننده به وسیله ریشه گیاهان به محیط اطراف آزاد می‌شوند. معمولاً این آنزیم‌ها به دیواره سلولی متصل‌اند و مواد را به محصولاتی تجزیه می‌کنند که راحت‌تر به وسیله گیاهان یا میکروارگانیسم‌ها جذب شوند (۱۲).

بررسی نشأت آنزیم‌ها از ریشه ۱۲ گونه گیاهی در خاک‌های غیراستریل طی ۵۶ روز نشان داد که تعدادی از اعضای سرده‌های *Solanaceae*, *Graminacea*, *fabaceae* آنزیم‌های اکسیداز و هیدرولاز را به خاک اطراف ریشه ترشح می‌کنند. بررسی پروتئین‌های استخراج شده از محیط کشت‌های استریل و غیراستریل و خاک استریل حاوی گیاه یونجه تأیید کرد که بعضی پروتئین‌ها دارای خاصیت پراکسیدازی هستند. عملکرد پراکسیدازهای خارج سلولی گیاهان با تغییر pH و دهنده الکترون ممکن است تغییر کند (۱۹).

تحریک زیستی

در این روش با تحریک آلاینده‌های طبیعی مثل باکتری‌ها و قارچ‌ها سعی می‌شوند زباله‌ها را به مواد کم‌خطرتر بشکنند. تحرک زیستی براساس این فرضیه است که محیط‌های آلوده (خاک، آب و غیره) از قبل دارای میکروب‌هایی هستند که می‌توانسته‌اند آلاینده‌هایی خاص را تخریب یا سم‌زدایی کنند. علت پایداری یک آلاینده ممکن است ناشی از یک یا چند مورد زیر باشد:

الف) عدم توان یا مقدار ناکافی مواد مغذی یا هوا.

ب) اتصال قوی آلاینده به محیط: این اتصال آلاینده را از دسترس میکروب‌ها دور می‌کند و اجازه نمی‌دهد تجزیه یا تغییر کنند. ج) به علت افزایش خیلی زیاد آلاینده‌ها میکروب‌های طبیعی غیرفعال می‌شوند.

بنابراین با فراهم کردن شرایط محیطی و غذایی مناسب اجازه پاکسازی آلاینده‌ها و شروع مراحل بعدی را می‌دهد (۱۶).

گروهی از هیدرولازهای خارج سلولی باکتری‌ها مثل کیتینازها پیوندهای گلیکوزیدی کیتین را در خاک هیدرولیز می‌کنند

افزایش زیستی

در این روش با افزودن میکروب‌های خاص یا آنزیم‌ها به محیط‌های آلوده به تغییر پایداری آلاینده‌ها کمک می‌کنند. تحت بعضی شرایط محیطی، میکروب‌های طبیعی مؤثر یا مناسب وجود ندارند تا آلاینده‌ها را بشکنند و آن‌ها را به مواد بی‌خطر تبدیل کنند (۷). در حقیقت بعضی میکروب‌ها با تغییرات نادرست می‌توانند باعث تولید محصولات جانبی سمی‌تری شوند (۷). یک راه برای حل این مشکل افزودن میکروب‌های خاص یا آنزیم‌های آن‌هاست که به فرایند پاکسازی کمک کنند (۷).

میکروارگانیسم‌ها

فرایند تجزیه به وسیله میکروارگانیسم‌ها اساساً ساده است. آلاینده‌هایی مثل کرومات، روغن سوخت، تولوئن و حتی PCB‌ها دارای

آنزیم‌ها ممکن است با تجزیه و تغییر آلاینده قدرت فعالیت‌شان را از دست بدهند. دانشمندان علت این پدیده را محاصره سریع و یا جذب مولکول‌های آنزیم فعال روی مجموعه‌های پلی‌مری می‌دانند

مولکول‌های کربن هستند. اغلب آلاینده‌های هیدروکربنی سمی نیز کلروین دارند. اگرچه این ترکیبات برای اکثر موجودات جهت متابولیسم کردن خیلی پیچیده یا سمی هستند، اما میکروارگانیسم‌ها به این ترکیبات حمله می‌کنند. استفاده از فناوری‌های حاوی ترکیبات شیمیایی میکروبی در حذف آلودگی مؤثر است. به‌طوری که در این فناوری مواد شیمیایی آلاینده به ذرات کوچک‌تر تبدیل می‌شوند که با شکستن آلاینده به مولکول‌های کوچک‌تر، سطح تماس میکروب‌ها با مواد آلاینده افزایش می‌یابد. امولسیون‌کننده‌ها و آنزیم‌ها، آلاینده را طوری می‌شکنند که میکروب‌ها بتوانند از کربن آن‌ها استفاده کنند. این فرایند شبیه واکنش‌های متابولیکی چربی‌ها، قندها و سایر مواد غذایی در بدن انسان است. همراه مواد شیمیایی مواد مغذی، آب و آنزیم‌ها نیز وجود دارند (۱۷).

اولین مرحله تغییر مواد گزنوبیوتیک^۴ مثل مواد تجزیه‌نشده و حتی تجزیه پلاستیک، با آنزیم‌های پیرامون و خارج سلولی ترشح شده به وسیله سلول‌ها کاتالیز می‌شود. آنزیم‌های خارج سلولی شامل انواع اکسید و ردوکتازها و هیدرولازها هستند. هر دو نوع آنزیم به عمل تجزیه و تغییر مواد پلی‌مری به محصولات اکسیدشده یا کمی تجزیه شده کمک می‌کنند. این محصولات برای سلول‌ها قابل جذب‌اند.

برای تجزیه زیستی آلاینده‌ها باید با سیستم‌های آنزیمی موجودات تجزیه‌کننده برهم‌کنش بدهند. آن‌ها باید به راحتی بتوانند وارد سلول شوند، اگر نامحلول باشند، باید به شکل محلول یا محصولات قابل دسترسی سلول تبدیل شوند. مهم‌ترین مرحله برای تغییر مواد نامحلول مثل پلاستیک‌ها برهم‌کنش، با آنزیم‌های پیرامون و خارج سلولی است. این فرایند برای بعضی مواد مثل سلولز سریع و برای بعضی ترکیبات گزنوبیوتیک آهسته است. اکسیداسیون جزئی آلاینده‌های پایدار مثل PAH‌ها به

وسيله آنزيم‌های اکسيدکننده خارج سلولي محصولات توليد می‌کند که قطبيت و حلاليت بيشتري در آب دارند و بهتر تجزيه می‌شوند. تجزيه بیوتکنولوژیکی هیدروکربن‌های نفتی در انواع خاک‌ها گزارش شده است. تروموفیل‌ها عمدتاً باسیل هستند دارای خاصیت بالقوه برای تخریب آلاینده و محیط‌زیست. برای پاکسازی خاک‌های آلوده به نفت از کمپوس استفاده می‌شود (۱۷).

انواع آنزيم‌های میکروبی مؤثر در تجزيه زیستی آلاینده‌ها

الف) اکسيد و ردوکتازها

در شرایط درون سلولي، اکسيد و ردوکتازهای میکروبی آنزيم‌های پری پلاسمی^۵ متصل به سطح سلول‌های زنده هستند. منابع اصلی آن‌ها قارچ‌هایی مثل بازیدیومیست‌های تجزيه‌کننده پوست، بازیدیومیست‌ها، قارچ‌های اکتومیکوریزال و اکتیومیسیت‌ها هستند (۱۸). امروزه تمایل زیادی وجود دارد که از قارچ‌ها برای تجزيه زیستی استفاده شود. اکثر قارچ‌ها قوی و سالم هستند و نسبت به باکتری‌ها تحمل بيشتري از مواد آلاینده دارند. به دلایل زیر قارچ‌های ریشه سفید برای تجزيه زیستی مکان‌های آلوده مورد توجه هستند: (۱) این قارچ‌ها در محیط‌های طبیعی فراوانند.

(۲) سیستم آنزيمي اکسيدکننده خارج سلولي خیلی قوی دارند که این سیستم‌های آنزيمي را به دو گروه می‌توان تقسیم کرد: الف) سیستم آنزيمي تجزيه‌کننده لیگنین که با پیش‌ماده‌های زیادی میان کنش می‌دهد و قادر به اکسيد کردن تعدادی زیادی از آلاینده‌های محیطی است.

آنزيم‌های تجزيه‌کننده لیگنین آنزيم‌های کلیدی فرایند، فقط در شرایط طبیعی ترشح می‌شوند. این خصوصیت باعث می‌شود موجودات توليدکننده آن‌ها با مواد شیمیایی تجزيه شده سازگاری پیدا نکنند (۱۸). با بررسی *Phanaerochaete chrysosporium* مشخص

شد که این آنزيم‌ها تحت شرایط فقر غذایی ساخته و در اکثر خاک‌های آلوده یافت می‌شوند (۱۸). دو پراکسیداز حاوی هم گلیکوزیله شده، لیگنین پراکسیداز (Lip) و پراکسیداز وابسته به Mn^{2+} (MnP)، همچنین یک فنول اکسیداز حاوی Mn^{2+} ، مس، لاسکاز از ترکیبات آنزيمي تجزيه‌کننده لیگنین قارچ‌های ریشه سفید هستند (۱۸). (ب) آنزيم‌های غیر لیگنینولیتیک، مثل سلوبیوز دهیدروژنازها ممکن است در تغییر آلاینده‌ها شرکت کنند. سلوبیوز دهیدروژنازها معمولاً تحت شرایط غیر لیگنینولیتیک ترشح

یکی از دانش‌آموزان اثر قارچ درختی را روی تجزيه پلاستیک بررسی کرد که نتایج آن در جدول ثبت شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود اثر تجزيه قارچ درختی قابل توجه بود

می‌شوند و زمانی که سلولز منبع کربن غذایی است آن‌ها مستقیم یا غیرمستقیم آلاینده‌ها را اکسيد می‌کنند. در نتیجه بسیاری از آلاینده‌های سمی محیط مثل ترکیبات نامحلول به وسیله قارچ‌های ریشه سفید تجزيه و به مواد معدنی تبدیل می‌شوند (۱۸). (۳) این قارچ‌ها از نوع قارچ‌های رشته‌ای هستند و می‌توانند به آلاینده‌های خاک خود را برسانند در حالی که باکتری‌ها نمی‌توانند.

ب) هیدرولازهای میکروبی

باکتری‌های و قارچ‌ها تعدادی از آنزيم‌های برون و درون سلولي مثل پروتئازها، کربوهیدراتازها (مثل سلولازها، آمیلازها، گزیلاتازها)، استرازها، فسفاتازها و فیتازها را توليد می‌کنند. این آنزيم‌ها برای موجودات زنده لازم‌اند. به‌خاطر غیر اختصاصی عمل کردن ذاتی آن‌ها، هیدرولازها نقش اصلی

برای ماسلم شد که در بعضی منابع طبیعی مثل آب‌های معدنی و خاک‌ها و گیاهان، میکروارگانیسم‌هایی وجود دارند که می‌توانند مواد پلاستیکی و نفتی را تجزيه کنند

را در تجزيه زیستی آلاینده‌های مختلف دارند. گروهی از هیدرولازهای خارج سلولي باکتری‌ها مثل کیتینازها پیوندهای گلیکوزیدی کیتین را در خاک هیدرولیز می‌کنند. اکتیو باکتری‌ها دارای مهم‌ترین و مؤثرترین مواد تجزيه‌کننده کیتین در خاک‌اند (۵). در قارچ‌ها فیتازهای خارج سلولي مؤثرتر از آنزيم‌های درون سلولي بودند اما اکثر فسفاتازهای قلیایی و اسیدی درون سلول فعالیت داشتند مواد اصلی تجزيه‌کننده زیستی پلاستیک‌ها آنزيم‌های خارج سلولي مثل استرازها و دپلی‌مرازها هستند. یک استراز خارج سلولي از باکتری گرم منفی *comamanas acidovorans* جدا شده است که قادر به تجزيه PUR پلی‌استر است. این آنزيم دارای یک بخش هیدروفوبیک است که به PUR متصل می‌شود و یک بخش ضروری و کاتالیتیک است. این بخش در سایر آنزيم‌های

تجزيه‌کننده پلی‌استرهای جامد و حتی در سلولازها هم وجود دارد و باعث تجزيه پیش ماده‌های جامد آب گریز می‌شود (۵).

ج) آنزيم‌های آزاد

تغییر و تبدیل بسیاری از آلاینده‌ها می‌تواند هم وابسته به حضور و عمل آنزيم‌های خارج سلولي و هم سلول‌های مترشحه آن‌ها باشد (۱۵).

در بعضی موارد تجزيه زیستی آلاینده با آنزيم‌های خارج سلولي شروع می‌شود، اما برای تکمیل نیاز به حضور کل سلول و مسیرهای متابولیک آن دارد (۱۵).

آنزيم‌های آزاد و بی‌نیاز از سلول نسبت به سلول‌های میکروبی مزایای بيشتري دارند، مهم‌ترین خصوصیات آنزيم‌های آزاد ویژگی سوبسترای اختصاصی، قدرت کاتالیتیک بالا و عملکرد بالاتر آن‌ها در حضور بسیاری از سموم پایدار و یا تحت شرایط محیطی نامطلوب برای سلول‌های میکروبی (مثل دمای نسبتاً بالا، pH، غلظت نمک، غلظت‌های بالای مواد آلاینده) و حساسیت کم آن‌ها به مهارکننده‌های

Tab-Zaeem ۸۷۴۱۹)

۲. پلیت
۳. بشر
۴. استوانه مدرج
۵. ترازو
۶. میکروتیوپ
۷. همزن
۸. پیپت
۹. چراغ گاز

هنگام طراحی روش آزمایش هدف ما تعیین و غربالگری گیاهان سنتی، آب‌های معدنی و طبیعی و خاک‌هایی در ناحیه شهرری بود که حاوی باکتری‌ها و قارچ‌ها و آنزیم‌هایی بودند که می‌توانستند مواد پلاستیکی را تجزیه کنند، به‌طوری که حذف شوند یا به مواد بی‌خطرتر تجزیه شوند. با توجه به شرایط آزمایشگاه و زمینه علاقه دانش‌آموزان ابتدا دانش‌آموزان را به ۴ گروه تقسیم کردیم:

۱. گروهی روی آب‌های معدنی کار کردند.
۲. گروهی روی خاک کار کردند.
۳. گروهی روی گیاهان وحشی و سنتی کار کردند.
۴. گروهی روی قارچ‌های جمع‌آوری شده کار کردند.

تهیه محلول‌ها

در ابتدا چهار نوع محیط کشت تهیه کردیم.

طرز تهیه محیط کشت

نوع ۱) ابتدا سیب‌زمینی را خوب شستیم، خشک کردیم، با پوست رنده کردیم و حدود ۱۵ دقیقه در هاون کوبیدیم و بعد آب و عصاره آن را صاف کردیم.

۸ گرم عصاره سیب‌زمینی و ۱۵ گرم آگار و ۲ گرم گلوکز را در آب حل کردیم و حجم آن را به یک لیتر رساندیم.

نوع ۲) عصاره مخمر ۰/۵ درصد، گلوکز ۲/۵ درصد و آگار ۱/۵ درصد را مخلوط کردیم.

در خاک آنزیم‌ها به شکل کمپلکس وجود دارند، مجموعه‌های سه‌بعدی ذرات معدنی و آلی قابلیت تحرک آنزیم‌ها را محدود و بر فعالیت‌شان اثر بگذارد. مولکول‌های آنزیم ممکن است جذب، متحرک یا محاصره شوند. در نتیجه سینتیک، پایداری و قابلیت تحرک آن‌ها تغییر می‌کند (۸).

روی فعالیت آنزیم تنها اجزای خاک به‌طور متفاوت اثر می‌گذارند. بای‌بی تحرک شدن آنزیم، اثر آن بر پیش‌ماده تغییر می‌کند. جداسازی و تخلیص آنزیم تکنیکی گران‌قیمت است و برای کارهای عملی به‌صرفه نیست. استفاده از تکنیک‌های ارزان مثل استفاده از زباله‌های کشاورزی به عنوان منبع کربن برای افزایش رشد میکروارگانیسم‌های تولیدکننده آنزیم و برای کاهش قیمت تولید آنزیم مناسب است. حتی اگر آنزیم خیلی ارزان و در دسترس باشد، استفاده از آن‌ها به‌عنوان آنزیم آزاد به علت طول عمر کوتاه‌شان در یک محیط غیراستریل مثل خاک مناسب نیست (۸).

آزمایش

مواد آزمایش

۱. کلرید سدیم
۲. پتاسیم فسفات دی‌هیدروژن
۳. گلیسرول
۴. سولفات منیزیم
۵. سولفات آهن
۶. آگار
۷. عصاره مخمر (ماء‌الشعیر)
۸. گلوکز
۹. عصاره سیب‌زمینی
۱۰. نمونه‌های خاک
۱۱. نمونه‌های آب
۱۲. گیاهان دارویی (دارچین، زنبوب، زیره سیاه، ...)
۱۳. جوانه عدس
۱۴. لیوان یک‌بار مصرف
۱۵. کیسه فریزر

وسایل

۱. اتو کلاو (Zaim medical-Iran)

متابولیسم میکروب‌ها و تغییرات شدید غلظت مواد آلاینده است. تابلو ۳ انواع آلاینده را نشان می‌دهد. PCBها، پلی‌کلروفلن‌ها، PAHها و سایر آلاینده‌های سمی با اکسیدوردوکتازها و هیدرولازهای جدا شده از قارچ‌ها، باکتری‌ها و سلول‌های گیاهی تجزیه شده‌اند (۱۵).

برای مثال آنزیم‌های تبدیل‌کننده نیتریل‌ها براساس نوع و خصوصیت پیش‌ماده‌شان به ۳ دسته تقسیم می‌شوند: نیتریلازها، نیتریل‌هیدراتازها و آمیدازها. خصوصیات مشترک آنزیم‌ها داشتن فعالیت مناسب در pH قلیایی و زیرقلیایی و داشتن ثبات خوب در دماهای مختلف است. این آنزیم‌ها در ساخت داروها و مواد شیمیایی کاربرد دارند. این آنزیم‌ها کاتالیزورهای چندکاربردی هستند و زباله‌های مایع صنایع سازنده آکریلو نیتریل را تجزیه زیستی می‌کنند (۱۵).

بعضی مواد غیرسوپسترا نیز بر فعالیت آنزیم اثر می‌گذارند. فاکتور کلیدی دیگر قابلیت دسترسی به مواد آلاینده با مواد سم‌زدا است. قابلیت دسترسی زیستی تحت تأثیر خواص ذاتی آلاینده (مثل غلظت، ساختار مولکولی، حلالیت در آب یا مواد آلی) و مشخصات محیط می‌باشد (۱۵).

در خاک خصوصیات مثل مقدار مواد آلی، ضخامت، دانه‌های خاک، حضور مواد آلی حل نشده، جمع شدن اجزای خاک و ناهمگونی می‌تواند بر قابلیت دسترسی آلاینده‌ها اثر بگذارد، جذب، یا محاصره آلاینده‌ها را یا درون کلونیدی‌های آلی و غیرآلی خاک سیستم را پیچیده‌تر می‌کند و باعث محدودیت دسترسی آلاینده و سلول‌های میکروبی یا آنزیم‌های خارج سلولی به یکدیگر می‌شود. فرآیند پیرشدن باکتری‌ها باعث کاهش قابل توجه قدرت دسترسی می‌شود (۱۵).

ضررهای آنزیم

آنزیم‌ها ممکن است با تجزیه و تغییر آلاینده قدرت فعالیت‌شان را از دست بدهند. دانشمندان علت این پدیده را محاصره سریع و یا جذب مولکول‌های آنزیم فعال روی مجموعه‌های پلی‌مری می‌دانند. آن‌ها مانع برهم‌کنش پیش‌ماده و آنزیم می‌شود.



نتایج

نتایج ثبت شده در زیر محصول سه بار تکرار آزمایش‌هاست.

علاوه بر تغییر وزن، ظاهر نمونه‌های پلاستیک‌لیوان‌های یک‌بار مصرف نیز تغییر کرده بود و مثل پلاستیک نایلون فریزر نازک شده بود. یکی از دانش‌آموزان اثر قارچ درختی را روی تجزیه پلاستیک بررسی کرد که نتایج آن در جدول ۳-۴ ثبت شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، اثر تجزیه قارچ درختی قابل توجه بود.

نمونه‌های جمع‌آوری شده از خاک اطراف میدان معلم و خاک دولت‌آباد شهری به خوبی توانسته‌اند از وزن پلاستیک‌هایی که

نمونه‌های خاک (۱۰ gr) یا آب (۱۰ cc) جمع‌آوری شده از مناطق مختلف، یا عصاره ریشه و ساقه گیاهان تیره نخود (۱۰ cc)، یا پودر دارچین، حنا، قارچ خرد شده (۱۰ gr) و لیوان یک‌بار مصرف خرد شده (۱ gr) وزن شده را اضافه کردیم.

۱. پس از یک هفته نمونه‌های پلاستیک را خارج کردیم، شستیم، خشک کردیم و وزن کردیم.

۲. بعضی نمونه‌ها را در همان محیط کشت قبلی و بعضی نمونه‌ها را در محیط کشت جدید قرار دادیم.

۳. به مدت چند هفته این کار را تکرار و

نوع ۳) ۲۰ گرم عصاره مخمر، ۲۰ گرم گلوکز و ۲۰ گرم آگار را مخلوط کردیم و حجم مواد را به یک لیتر رساندیم.

نوع ۴) کلرید سدیم ۲ درصد، پتاسیم فسفات دی‌هیدروژن ۰/۰۵ درصد، سولفات منیزیم ۰/۰۱ درصد، سولفات آهن ۰/۰۱ درصد، گلیسرول ۰/۵ درصد، آگار ۱/۵ درصد را با یکدیگر مخلوط کردیم (۱). لازم به تذکر است که پلیت‌ها، شیشه‌های مربا و محیط‌های کشت درون اتوکلاو استریل شدند.

روش انجام آزمایش

کشت قارچ‌ها و باکتری‌های خاک و آب

چراغ گازی را روشن کردیم و ۱۵ سانتی‌متر اطراف آن در شیشه حاوی محیط کشت را باز کردیم و محیط کشت را درون پلیت یا شیشه‌های مربا ریختیم و به آن

وزن پلاستیک نمونه زیستی	وزن پلاستیک روز اول	وزن پلاستیک هفته اول	وزن پلاستیک هفته دوم	وزن پلاستیک هفته سوم	وزن پلاستیک هفته ششم
خاک استریل	۱ گرم	۱ گرم	۱ گرم	۱ گرم	۱ گرم
خاک میدان معلم	۱ گرم	۰/۹۶ گرم	۰/۹۲ گرم	۰/۷۱ گرم	۰/۶۳ گرم
خاک باغچه پژوهش‌سرا	۱ گرم	۰/۹۲ گرم	۰/۸۴ گرم	۰/۷۱ گرم	۰/۶۵ گرم
خاک قنات زمان‌آباد	۱ گرم	۱ گرم	۱ گرم	۱ گرم	۱ گرم

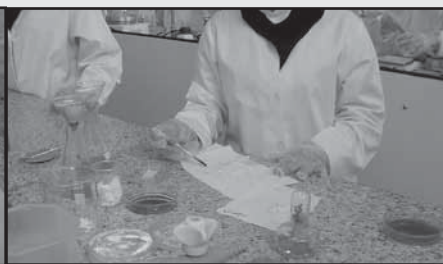
جدول ۱-۴ نتایج تیمار نایلون با خاک‌های مختلف را نشان می‌دهد.

در ابتدای آزمایش در این نمونه‌ها توزین شده بودند، بکاهند.

نمونه‌های جمع‌آوری شده از آب منطقه زمان‌آباد به خوبی توانسته‌اند از وزن پلاستیک‌هایی که در ابتدای آزمایش در این نمونه‌ها توزین شده بودند، بکاهند.

یکی از دانش‌آموزان اثر قارچ درختی را روی تجزیه پلاستیک بررسی کرد که نتایج آن در جدول ثبت شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود اثر تجزیه قارچ درختی قابل توجه بود.

هر هفته پلاستیک‌ها را وزن می‌کردیم. ۴. پس از چند هفته نمونه‌ها را خارج نکردیم و پس از یک ماه آن‌ها را خارج و وزن کردیم.



بحث

فرآیند تجزیه زیستی یکی از مؤثرترین و ارزان ترین فرایندها برای تجزیه آلاینده های پایدار در محیط زیست است. مطالعات انجام شده در این زمینه و مزیت های استفاده از این روش گواه این مطلب اند (۴).

بعضی منابع آب و خاک تأثیر قابل توجهی بر تجزیه عوامل مورد بررسی داشتند و وزن پلاستیک ها تغییر کرده بود. همچنین منابع قارچی مثل قارچ درختی جمع آوری شده از محل فیروزآباد و خاک اطراف آن به خوبی عمل تجزیه را انجام داده و وزن پلاستیک ها به طور قابل ملاحظه ای کاهش یافت.

برای ما مسلم شد که در بعضی منابع طبیعی مثل آب های معدنی و خاک ها و گیاهان، میکروارگانیسم هایی وجود دارند که می توانند مواد پلاستیکی و نفتی را تجزیه کنند. هنگامی که باکتری ها و قارچ های حاصل از کشت آب و خاک در شرایط سخت و دشوار مثل کمبود غذا قرار می گرفتند (چنانچه محیط کشت آن ها را پس از یک هفته عوض نمی کردیم) سرعت تجزیه آن ها بیشتر می شود. میکروارگانیسم ها در شرایط

وزن پلاستیک نمونه زیستی	روز اول	هفته اول	هفته دوم	هفته ششم
آب استریل	۱ gr	۱ gr	۱ gr	۱ gr
آب فردیس کرج	۱ gr	۱ gr	۰/۸ gr	۰/۴ gr
آب بیدگنه کرج	۱ gr	۱ gr	۱ gr	۰/۷ gr
آب مولوی	۱ gr	۰/۹ gr	۰/۸ gr	۰/۶ gr
آب زمان آباد	۱ gr	۰/۹ gr	۰/۴ gr	۰/۳ gr
آب موتور آب	۱ gr	۰/۶ gr	۰/۴ gr	۰/۴ gr

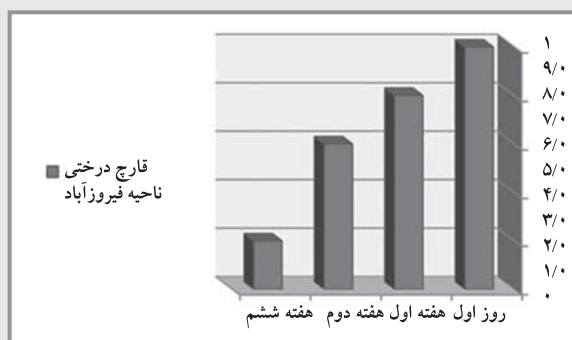
جدول ۲-۴ نتایج تیمار مواد پلاستیکی را با منابع مختلف آب نشان می دهد.

وزن پلاستیک نمونه زیستی	روز اول	هفته اول	هفته دوم	هفته ششم
قارچ درختی ناحیه فیروزآباد	۱ gr	۰/۸ gr	۰/۶ gr	۰/۲ gr

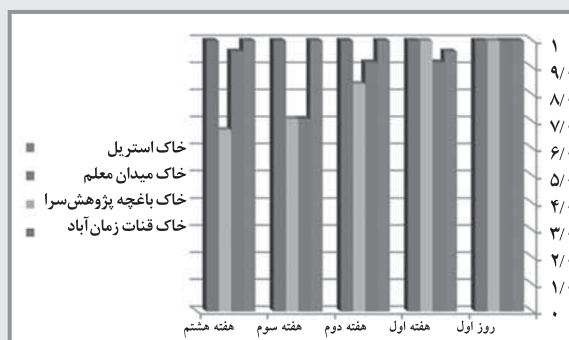
جدول ۳-۴ اثر قارچ و را بر تجزیه پلاستیک نشان می دهد.

وزن پلاستیک نمونه زیستی	روز اول	وزن پلاستیک هفته اول	وزن پلاستیک هفته دوم	وزن پلاستیک هفته سوم	وزن پلاستیک هفته پنجم	وزن پلاستیک هفته هشتم	وزن پلاستیک هفته یازدهم
عصاره ریشه عدس	۱ gr	۰/۹۷ gr	gr	gr	gr	۰/۶۹ gr	۰/۶۱ gr
عصاره ساقه عدس	۱ gr	gr	gr	gr	۰/۷۲ gr	۰/۶۸ gr	۰/۵۹ gr
عصاره ریشه عدس و حنا	۱ gr	gr	gr	gr	gr	۰/۶۹ gr	۰/۶۵ gr
عصاره ساقه عدس و حنا	۱ gr	gr	gr	gr	gr	۰/۷۳ gr	۰/۷۱ gr
عصاره ریشه عدس و دارچین	۱ gr	gr	gr	gr	gr	۰/۶۹ gr	۰/۶۴ gr
عصاره ساقه عدس و دارچین	۱ gr	gr	gr	gr	gr	۰/۷۳ gr	۰/۶۶ gr

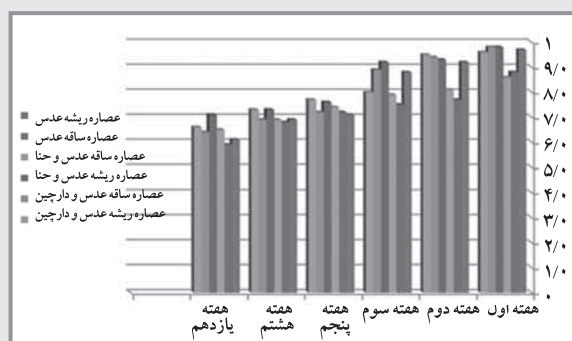
جدول ۲-۴ نتایج تیمار مواد پلاستیکی را با منابع مختلف آب نشان می دهد.



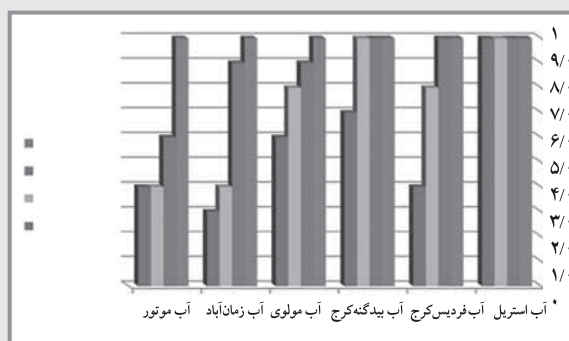
نمودار شماره ۴-۴ مربوط به تجزیه پلاستیک در قارچ درختی



نمودار شماره ۴-۱ مربوط به تجزیه پلاستیک در نمونه خاک



نمودار شماره ۴-۳ مربوط به تجزیه پلاستیک در عصاره های گیاهی



نمودار شماره ۴-۲ مربوط به تجزیه پلاستیک در نمونه آب

مترجم: سجاد شهیدی
کارشناس ارشد زیست شناسی گیاهی

تأثیر شوری بر رشد هالوفیت آتریپلکس هورتنسیس (کنوپود یاسه)

چکیده

تأثیر تنش نمک بر رشد آتریپلکس هورتنسیس با رشد دادن گیاهان در خاک هایی که هرچند وقت یکبار آبیاری می شوند و مواد غذایی محلول دارای مقادیر کم و متوسط و بالایی از NaCl هستند، تعیین شد. گیاهان آتریپلکس در محیط کشت ماسه ای تحت شرایط کنترل شده گلخانه ای رشد یافتند. در این آزمایش دو وارینه آتریپلکس هورتنسیس مورد مقایسه قرار گرفتند.

رشد محصول با افزایش غلظت نمک به طور تصاعدی کاهش یافت. آتریپلکس هورتنسیس هالوفیتی یک ساله است که ارتفاع و بیومس آن تحت شرایط تنش شوری به طور معنی داری کاهش می یابد.

هنگامی که گیاهان تحت شرایط شوری زیاد رشد می کنند، فعالیت فتوسنتزی آن ها کاهش می یابد و این به کاهش رشد و محصول منجر می شود. سطوح پایین شوری (NaCl 5/NaCl 1) مانع رشد نمی شوند، اما افزایش غلظت های نمک سبب کاهش تصاعدی طول و وزن گیاه می شود.

تنش نمک سبب کاهش عمده مساحت برگ می شود، ولی بر مقدار آب برگ تأثیر زیادی ندارد. نتایج مطالعه اخیر نشان می دهند که این دو گیاه آتریپلکس تفاوتی در بردباری به شوری ندارند. نتیجه دیگر که موجب بهبود بردباری به شوری شد، ممکن است باعث کاهش رشد و فعالیت های فتوسنتز شود. بر مبنای این یافته ها بردباری آتریپلکس می تواند در خاک های آلوده به نمک متوسط رشد کند.

کلیدواژه ها: آتریپلکس، تنش نمک، تولید بیومس، غلظت کلروفیل، حجم آب، هدایت روزانه ای.

- 14th of April in rainy conditions. At one point, 7. R.E. Hinchey, J. L. Means, D. R. Burris. ... (1995), San Diego, (CA), Volumen: 3(10), Battelle Press, Columbus, Ohio, pp. 125-131. Grabis C, Hall DO, Llama MJ, Serra JL (1994) Inorganic nitrogen and phosphate... 8. Sotsky and Atlas 1994; Whyte et al. 1997, 1999. So far, only alkB+psychro-... 9. T. Cairney. Contaminated Land, p. 4. Blakie, London (1993). 2. R. B. King, G. M. Long, J. K. Sheldon. Practical Environmental Bioremediation: The Field... 10. Tucker, B., C. Radtke, S. I. Kwon, and A. J. Andersson. 1995. Suppression of bioremediation by *Phanerochaete chrysosporium* by soil factors. J. Hazard. Mat. 41: 251-265. 11. U.S. EPA Seminars. Bioremediation of Hazardous Waste Sites: Practical Approach to Lmplementation. EPA/625/K-96/001 12. Vyas, B. R. M., S. Bakowsky, V. Šašek, and M. Matucha. 1994. Degradation of anthracene by selected white rot fungi. FEMS Microbiol. Ecol. 14: 65-70. 13. wangij, bioreme diation process, swghwj 898. copedu.cn, 2007 14. Zak D., Holmes W., MacDonald N. and Pregitzer K (1999) Soil temperature, matri potential, and the kinetics of microbial respiration and nitrogen mineralization. Soil science Society of America Journal; 63: 575-584. 15. Zhou J., Xia B., Huang H., Palumbo A. and Tiedge J. (2004) Microbial diversity and heterogeneity in sandy subsurface soils. Applied and Environmental Microbiology; 70 (3); 1723-1734. 16. Zh. White, T. J., T. Bruns, S. Lee, and J. Talor. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics, p. 315-322. In M. A. Innis, D. H. Gelfand, J. J. Sninsky, and T. J. White (ed.), PCR protocols: a guide to methods and applications. Academic Press, San Diego, Calif. 17. ZI. Wunch, K. G., T. Feibelman, and J. W. Bennett. 1997. Screening for fungi capable of removing benzo [a] pyrene in culture. Apple. Microbiol. Biotechnol. 47: 620-624.

فقر غذایی به تغذیه از طریق مواد آلاینده می پردازند (۹).

پیشنهادهای

با انتخاب، تغلیظ و استفاده درست از میکروارگانیسم ها می توانند به روش های طبیعی حذف آلاینده ها سرعت ببخشیم. میکروارگانیسم ها مثل تمام شکارچی های زنده، به مواد غذایی مثل نیترون، فسفات، کربن، آب و محیط برای رشد و بقا نیاز دارند. وقتی این شرایط وجود دارد بعضی میکروارگانیسم ها ترکیبات آلی را می شکنند تا منبع کربن برای انرژی و رشد به دست آورند.

پی نوشت

۱. white-rot: قارچ های ریشه سفید قارچ هایی هستند که تجزیه کننده لیگنین و تولیدکننده آنزیم هایی مانند لاکاز هستند.
2. PAH5: Polycyclic aromatic hydrocarbon
3. Poly Chlorinated Biphenyls
۴. Xenobiotic: ماده ای شیمیایی که در موجود زنده یافت می شود، مانند آنتی بیوتیک ها.
۵. Peripladmic: فضای بین سیتوپلاسمی غشای داخلی و خارجی باکتری های گرم منفی و یا فضای معادل در خارج از غشای درونی باکتری های گرم مثبت.

منابع

1. A. S. Allard and A. H. Neilson 1997. Int. Biodeterioration Biodegradation 39, 253-285
2. RAO M. A. 2004. Potential of extra cellular enzymes in remediation of polluted soils: a review. Enz. Microb. Technol., 35, 339-354.
3. Braddock, D. (1999). Aging and developmental disabilities: Demographic and policy issue affecting American families. Mental Retardation, 37(2), 155-161....
4. Hongguang; Hao, Jingcheng 2007 catanionic surfactant aqueous solutions of ... Science and Engineering, S Gong, School of Dong-Hua; Yu,...
5. Norris and Johnson, (1998), though strains of both of these bacteria... linkinghub. elsevier. com/retrieve/pii/S0304386X01002249
6. The 1985 Paris-Roubaix was ridden on the