

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

زیست‌پالایی و گیاه‌پالایی کاربردی

تألیف:

ای. سینک و ا. پی. وارد

مترجمان:

دکتر اکبر قویدل

عضو هیأت علمی دانشگاه محقق اردبیلی

دکتر سمیه ناجی راد

عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل

۱۳۹۶

عنوان و نام پدیدآور	زیست‌پالایی و گیاه‌پالایی کاربردی / تالیف [صحیح: ویراستاران] ای. سینگ. او پی. وارد: مترجمان اکبر قویدل، سمیه ناجی‌زاد.
منشخصات نشر	اردبیل: دانشگاه محقق اردبیلی، ۱۳۹۶.
منشخصات ظاهری	۲۲۵ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۸۵۶۹-۱۵-۲
وضعیت فهرست نویسی	فیا
یادداشت	عنوان اصلی: Applied bioremediation and phytoremediation, 2004.
موضوع	خاک -- بهسازی
موضوع	Soil remediation
موضوع	زیست‌پالایی
موضوع	Bioremediation
موضوع	زیست‌پالایی گیاهی
موضوع	Phytoremediation
شناسه افزوده	سینگ، آجای، ۱۹۶۳ - م. ویراستار
شناسه افزوده	Singh, Ajay
شناسه افزوده	وارد، او پی، ۱۹۴۷ - م. ویراستار
شناسه افزوده	Warner, P.
شناسه افزوده	قویدل، اکبر، ۱۳۶۰ - مترجم
شناسه افزوده	ناجی‌زاد، سمیه، ۱۳۶۰ - مترجم
شناسه افزوده	دانشگاه محقق اردبیلی
رده بندی کنگره	۱۳۹۶/۹۷۸-۶۰۰-۸۵۶۹-۱۵-۲
رده بندی دیویی	۶۲۸/۵۵
شماره کتابشناسی ملی	۴۷۰۴۶۱۰



ای. سینگ و او پی. وارد / مترجم: دکتر اکبر قویدل و دکتر سمیه ناجی‌زاد

زیست‌پالایی و گیاه‌پالایی کاربردی

ویراستار ادبی: دکتر عسگر صلاحی / ویراستاران علمی: دکتر ناصر علی‌اصغرزاد و دکتر سیدما فلاح

صفحه‌آرا: فروشته خدایاری / طراح جلد: پیمان

+ چاپ اول ۱۳۹۶ + قیمت ۱۸۰۰۰ تومان

ISBN: 978-600-8569-15-2

«مسئولیت صحت مطالب کتاب با مولف است»

«حق چاپ محفوظ است»

اردبیل، انتهای خیابان دانشگاه، دانشگاه محقق اردبیلی، انتشارات دانشگاه محقق اردبیلی، صندوق پستی ۱۷۹

www.UMA.ac.ir/press

press@uma.ac.ir

فهرست مطالب

۸	پیش‌گفتار مؤلف
۱۰	پیش‌گفتار مترجم
۱۲	فصل اول
۱۲	مروری بر زیست‌پالایی و گیاه‌پالایی خاک
۱۲	۱- مقدمه
۱۵	۲- آلاینده‌های عمده محیط زیست
۱۵	۲-۱- آلاینده‌های شیمیایی
۱۸	۲-۲- پسماندهای زیست‌تجزیه‌ناپذیر
۱۹	۳- تغییر و تبدیل میکروبی آلاینده‌های شیمیایی
۲۰	۴- گیاه‌پالایی
۲۱	۵- معیارهای انتخاب زیست‌پالایی به عنوان روش گزینشی
۲۴	۶- قانون‌گذاری و دیدگاه عمومی
۲۴	۷- مزیت‌های راهکارهای زیست‌پالایی در پایداری محیط زیست
۲۵	۸- نتیجه‌گیری
۲۶	منابع
۲۹	فصل دوم
۲۹	تجزیه زیستی و زیست‌پالایی آلاینده‌های نفتی در خاک
۲۹	۱- مقدمه
۳۰	۲- انواع مواد زائد نفتی و ترکیبات آن‌ها
۳۳	۳- فناوری‌های پالایش زیستی خاک
۳۵	۴- سایر مکانیسم‌های هدررفت به‌غیراز تجزیه زیستی
۳۶	۵- بهینه‌سازی شرایط محیطی
۳۶	۵-۱- مقدار رطوبت

۳۷	۵-۲-اکسیرن
۳۸	۵-۳-کودها
۴۰	۵-۴-pH
۴۰	۵-۵-دما
۴۱	۶-بررسی سایر محدودیت‌های بالقوه
۴۱	۶-۱-غلظت بالای آلاینده‌ها
۴۲	۶-۲-حضر بازدارنده‌ها
۴۳	۶-۳-تعداد ناکافی ریزجانداران تجزیه‌کننده هیدروکربن
۴۴	۶-۴-فقدان متابولسم همراه
۴۵	۶-۵-پایداری ذاتی
۴۶	۶-۶-محدودیت‌ها، قابلیت دسترسی زیستی
۴۸	۷-ارزیابی خطرات و نقطه پائین قابل قبول از لحاظ زیست‌محیطی
۴۹	۸-نتیجه‌گیری
۵۰	منابع
۶۰	فصل سوم
۶۰	زیست‌پالایی خاک‌های آلوده به آفت‌کش
۶۰	۱-مقدمه
۶۱	۲-تجزیه‌ی زیستی آفت‌کش‌ها
۶۴	۳-ترکیبات آلی کلردار
۶۴	۳-۱-اسیدهای کلروفتوکسی
۶۷	۳-۲-DDT
۶۹	۳-۳-هگزاکلروسیکلو هگزان
۷۱	۳-۴-اندوسولفان
۷۲	۴-ارگانوفسفات‌ها
۷۴	۵-کاربامات‌ها
۷۵	۶-اس-تریازین

۷۷	۷- سایر آفت کش ها
۷۸	۸- نتیجه گیری و چشم انداز آینده
۷۹	منابع
۸۹	فصل چهارم
۸۹	تجزیه زیستی و زیست پالایی مواد منفجره
۸۹	۱- مقدمه
۹۲	۲- ویژگی های ساختاری مواد منفجره و تأثیر آن ها بر تجزیه ی زیستی
۹۵	۳- تجزیه ی زیستی راد منفجره ی نیترامین حلقوی
۹۵	۳-۱- تجزیه زیستی RDX و HMX توسط باکتری های بی هوازی
۹۸	۳-۲- تجزیه زیستی HMX تحت شرایط هوازی
۱۰۰	۳-۳- تجزیه زیستی HMX و RDX (چند حلقه ای نیترامین)
۱۰۱	۳-۴- تجزیه ی زیستی HMX و RDX در رسوبات
۱۰۱	۴- تجزیه ی زیستی TNT و سایر مواد منفجره پلی نیتروآروماتیک
۱۰۱	۴-۱- تجزیه ی زیستی TNT توسط باکتری های بی هوازی
۱۰۵	۴-۲- تجزیه ی زیستی TNT توسط باکتری های بی هوازی
۱۰۸	۴-۳- تجزیه ی زیستی TNT توسط قارچ
۱۰۹	۵- دستورالعمل ایمنی
۱۱۰	۶- نتیجه گیری
۱۱۱	منابع
۱۲۱	فصل پنجم
۱۲۱	تیمار زیستی آلاینده های فلزی
۱۲۱	۱- مقدمه
۱۲۲	۱-۱- تعریف هدف
۱۲۳	۱-۲- عناصر مرتبط با حیات
۱۲۶	۱-۳- تنفس با استفاده از آهن، به عنوان مدلی برای متابولیسم احیای دفعی

۱۲۸	۲- ریزجانداران به عنوان ابزار پالایش برای محیط‌های کم اکسیژن
۱۲۸	۲-۱- بیان مسئله
۱۲۸	۲-۲- فاکتورهای زیستی مرتبط
۱۳۲	۲-۳- ارتباط با عوامل غیرزیستی
۱۳۳	۳- جنبه‌های عملی زیست‌پالایی
۱۳۳	۳-۱- مدیریت و عملیات
۱۳۴	۳-۲- نیاز به داده‌های هیدرولوژیکی
۱۳۴	۳-۳- نیاز به داده‌های فیزیکوشیمیایی
۱۳۵	۳-۴- نیاز به داده‌های مکانی و زمانی
۱۳۶	۳-۵- نیاز به فناوری‌های اصلی
۱۳۷	۴- نتیجه‌گیری
۱۳۸	منابع
۱۳۹	فصل ششم
۱۳۹	گیاه‌پالایی آلاینده‌های آلی مقاوم در محیط زیست
۱۳۹	۱- مبانی گیاه‌پالایی
۱۴۱	۲- راهبردهای پالایش فیزیکی
۱۴۳	۳- راهبردهای گیاه‌پالایی
۱۴۷	۴- مزایا و معایب گیاه‌پالایی
۱۴۸	۵- گیاه‌پالایی ترکیبات آلی
۱۴۸	۵-۱- منشأ آلاینده‌های آلی در محیط زیست
۱۵۰	۵-۲- عوامل مؤثر بر جذب آلاینده‌های آلی
۱۵۱	۵-۳- انواع آلاینده
۱۵۴	۵-۴- نقش ریزجانداران در زیست‌پالایی خاک
۱۵۶	۵-۵- مکانیسم‌های بهبود یافته برای بهینه‌سازی گیاه‌پالایی
۱۵۸	۶- نتیجه‌گیری
۱۵۹	منابع

۱۶۴	فصل هفتم.....
۱۶۴	گیاه‌پالایی فلزات و آلاینده‌های معدنی.....
۱۶۴	۱- مقدمه.....
۱۷۰	۲- گیاه‌پالایی و ریشه‌پالایی.....
۱۷۰	۱-۲- نقش ریزوسفر.....
۱۷۱	۲-۲- ترشحات و آنزیم‌های آزادشده.....
۱۷۲	۳-۲- روش‌های گیاه‌پالایی.....
۱۷۲	۴-۲- ریشه‌های مصنوعی.....
۱۷۳	۵-۲- دیدگاه استفاده از گیاهان برای سمیت‌زدایی در طی خلع سلاح شیمیایی.....
۱۷۴	۳- کشت درون شیرهای گ..... برای گیاه‌پالایی فلزات.....
۱۷۵	۱-۳- کشت‌های کالری و سلولی.....
۱۷۵	۲-۳- کشت ریشه‌های موبیل.....
۱۷۶	۴- اصلاحات نباتات و مهندسی ژنتیک.....
۱۷۷	۱-۴- روش‌های تهیه گیاهان نو ترکیب.....
۱۷۸	۲-۴- گیاه‌پالایی محیط‌های آلوده به جیوه.....
۱۷۹	۳-۴- تصعید سلنیم.....
۱۷۹	۴-۴- تجمع فزاینده‌ی فلزات سنگین.....
۱۸۰	۵- سایر راهکارها برای بهبود فرایند گیاه‌پالایی.....
۱۸۰	۱-۵- باکتری‌های همزیست.....
۱۸۱	۲-۵- همزیستی میکوریزی.....
۱۸۱	۳-۵- نقش متابولیت‌های ثانویه گیاهی در گیاه‌پالایی.....
۱۸۲	۶- نتیجه‌گیری.....
۱۸۵	منابع.....
۱۹۳	فصل هشتم.....
۱۹۳	پالایش آلاینده‌های آلی از طریق زیست‌کاهی طبیعی.....

۱۹۳	۱- تعریف زیست‌کاهی طبیعی
۱۹۵	۱-۱- زیست‌کاهی طبیعی پایش شده (MNA)
۱۹۶	۲-۱- ارزیابی زیست‌کاهی طبیعی
۱۹۶	۳-۱- فرایندهای غیرزیستی در زیست‌کاهی طبیعی
۱۹۸	۲- مروری بر زیست‌پالایی ذاتی
۲۰۰	۲-۱- پذیرنده‌های الکترون
۲۰۲	۲-۲- زیست‌پالایی ذاتی هیدروکربن‌های نفتی
۲۰۲	۳-۱- زیست‌پالایی ذاتی حلال‌های کلردار
۲۰۲	منابع
۲۰۴	فصل نهم
۲۰۴	ارزیابی فناوری‌های کتنوی زیست‌پالایی خاک
۲۰۴	۱- مقدمه
۲۰۵	۲- عوامل مؤثر بر زیست‌پالایی و انتخاب فناوری مناسب
۲۰۵	۲-۱- مشخصات منطقه مورد مطالعه
۲۰۵	۲-۲- نوع خاک
۲۰۶	۲-۳- محتوای رطوبت
۲۰۶	۲-۴- ماهیت آلاینده
۲۰۷	۲-۵- محدودیت‌های زمانی
۲۰۷	۲-۶- تصعید
۲۰۸	۲-۷- تحریک زیستی
۲۱۲	۲-۸- زیست‌افزایی
۲۱۳	۲-۹- نمونه‌برداری و پایش
۲۱۴	۳- فناوری‌های زیست‌پالایی و ارزیابی آن‌ها
۲۱۵	۳-۱- زیست‌کاهی طبیعی
۲۱۵	۳-۲- زیست‌پالایی درجا در تحت‌الارض
۲۱۸	۳-۳- فن‌های کپه‌ی خاک و کمپوست‌سازی

- ۲۲۰ ۴-۳- پالایش خط ساحلی دریایی و تالاب‌ها
- ۲۲۲ ۵-۳- زمین کشت
- ۲۲۴ ۶-۳- رآکتور لیجن
- ۲۲۸ ۷-۳- گیاه پالایی
- ۲۳۰ ۴- نتیجه گیری
- ۲۳۱ منابع

www.ketab.ir

گسترش شگرف صنایع شیمیایی و نفتی در قرن بیستم منجر به تولید طیف وسیعی از ترکیبات شیمیایی و موادی شده است که زندگی ما را متحول نموده‌اند. انجام فعالیت مرتبط در مقیاس وسیع از قبیل فعالیت‌های کارخانه‌های مرتبط، فرآوری این ترکیبات موجب افت شدید کیفیت محیط‌زیست شده و تهدیداتی را برای سلامتی انسان به وجود آورده است. این تأثیرات منفی سبب واکنش و اعمال محدودی‌ها، قانونی شده و نیازمند فعالیت‌های اصلاحی می‌باشد تا پایداری محیط‌زیست حفظ گردد.

به‌کارگیری روش‌های زیست‌پالایی در طی زیست‌پالایی به‌عنوان گزینه‌ای برای روش‌های اصلاح خاک، برتری‌هایی کسب نموده است. زیست‌پالایی یک راهکار بین‌رشته‌ای است که در آن زیست‌شناسان، شیمی‌دانان، خاک‌شناسان، مهندسان به‌صورت یک گروه کار می‌کنند تا فرایندهای پالایشی را توسعه داده و مورد استفاده قرار دهند. در حال حاضر زیست‌پالایی به‌طور موفقیت‌آمیزی برای پالایش بسیاری از نقاط آلوده به نفت استفاده می‌شود. با وجود این، تا به حال هیچ فناوری تجاری مرسوم وجود ندارد تا برای پالایش آلاینده‌های مقاوم استفاده شود. علی‌رغم این موضوع، زیست‌پالایی شاخه‌ای علمی با پیشرفت سریع بوده و، فناوری جدید پالایشی مبتنی بر روش‌های زیستی به‌طور مداوم ظهور می‌کنند.

کتاب زیست‌پالایی و گیاه‌پالایی کاربردی، جلد اول از سری کتاب‌های «بیولوژی خاک است که به طیف وسیعی از موضوعات مرتبط با جنبه‌های کاربردی فناوری‌های میکروبی مبتنی بر گیاه برای تیمار آلاینده‌های محیط‌زیست می‌پردازد. موضوعات مورد بحث این کتاب، شامل زیست‌پالایی هیدروکربن‌های نفتی، مواد منفجره، آفت‌کش‌ها و آلاینده‌های فلزی، زیست‌پالایی در محیط‌های حاد، زیست‌کاهی طبیعی و گیاه‌پالایی آلاینده‌های آلی مقاوم و فلزات است. فصل‌هایی که با روش‌های نوآورانه سروکار دارند به فناوری‌های زیست‌پالایی روز، زیست صافی و راهکارهای مبتنی بر [ارزبابی] خطر می‌پردازند. جلد دوم از سری کتاب‌های بیولوژی خاک، تحت عنوان «تجزیه زیستی و زیست‌پالایی» روی فرایندهای میکروبیولوژیکی و بیوشیمیایی پایه‌ای در زیست‌پالایی تمرکز دارد.

این کتاب حاصل همکاری‌های مقامات مسئول در مناطقی است که در آن‌ها زیست‌پالایی و گیاه‌پالایی انجام می‌گیرد. نویسندگان نیز دارای پیش‌زمینه‌های مختلف بوده و از دانشگاه‌ها، آزمایشگاه‌های دولتی و صنایع مختلفی بوده‌اند که تحقیقات پایه‌ای، کاربردی و صنعتی انجام

می‌دهند. این کتاب بایستی اثبات کند که می‌تواند برای دانشجویان کارشناسی و مقاطع تحصیلات تکمیلی رشته‌های بیوتکنولوژی، میکروبیولوژی و علوم و مهندسی خاک و محیط‌زیست مفید واقع شود. ما امیدواریم که مطالب کتاب ازجمله جنبه‌های عملی این کتاب برای مدرسان، دانشمندان و مهندسان شاغل در جایگاه‌های آکادمیک، صنایع یا دولت، سودمند باشد.

ما از همه نویسندگان به دلیل همکاری عالی آن‌ها تشکر می‌کنیم. چند تن از همکاران ما دلگرمی و کمک‌هایی را در مراحل مختلف تهیه کتاب ارائه نموده‌اند. از حمایت مداوم و راهنمایی دکتر آجیت وارما نویسنده اصلی (سردبیر) سری کتاب بیولوژی خاک و دکتر جوتا لینه‌دورن از انتشارات اشپیرنگر، در طی تهیه این کتاب، تشکر و قدردانی می‌گردد.

گوئلف، واترلو، انتاریو

آجی سینگ و اون وارد

مارس ۲۰۰۴

پیش گفتار مترجم

خاک ارزشمندترین جزء زیست‌بوم خشکی کره زمین است و نقش بی‌بدیلی را در رشد و توسعه گیاهان در این زیست‌بوم ایفا می‌کند. تشکیل خاک فرایندی زمان‌بر و درعین حال نیازمند وجود شرایطی است که در حالت معمول حتی در برخی از موارد هزاران سال طول می‌کشد؛ لذا هدررفت یا خارج شدن خاک از دسترس بشر که برای تأمین غذا و سایر مایحتاج نیازمند آن می‌باشد اساساً معضلی است که حداقل در کوتاه‌مدت قابل جبران نیست. از طرف دیگر، خاک‌های باقابلیت کشت و زرع در سطح کره زمین محدود است و جوابگوی جمعیت رو به رشد و افزایش نیازهای غذایی این جمعیت نیست. از این‌رو هدف نهایی در بهبود بهره‌وری از منابع خاک، حداکثر استفاده از این منابع بدون برهم زدن تعادل اکولوژیکی و بیوژئوشیمیایی آن‌ها است. در سال‌های اخیر، این فعالیت‌ها تحت عنوان توسعه پایدار شناخته می‌شوند. در مبحث توسعه پایدار، ضمن استفاده از «منابع طبیعی»، «حفظ و عدم آسیب به محیط زیست» نیز باید مدنظر قرار گیرد. از اهداف توسعه پایدار در کشاورزی، عدم آلوده سازی خاک، آب‌سی و سطح و سفره‌های آب زیرزمینی و نیز اصلاح آلودگی‌های موجود در این منابع می‌باشد.

از اواسط قرن بیستم، بشر به فکر اصلاح آلودگی‌های محیط بوده است. به مرور زمان و با پیشرفت فناوری زیست‌پالایی، توجه عمومی به استفاده از روش‌های زیستی به اصطلاح سبز و دوستدار محیط‌زیست افزایش پیدا کرد و روش جدید نیز به این شاخه اضافه گردید. این روش‌ها که بر استفاده از گیاهان برای حذف آلاینده‌ها از خاک تأکید داشت، تحت عنوان «زیست‌پالایی به کمک گیاه» و بعدها با عنوان «گیاه‌پالایی» معرفی شد.

روش‌های زیستی اصلاح خاک‌های آلوده که شامل زیست‌پالایی گیاه‌پالایی می‌باشد، توجه عمومی را به خود جلب کرده است؛ زیرا این روش‌ها نه تنها در بیشتر موارد کارایی لازم برای حذف آلاینده‌ها از محیط‌زیست را دارند، بلکه این روش‌ها دوستدار محیط‌زیست بوده و عواقب زیست‌محیطی و اکولوژیکی مخربی ندارند.

از آنجا که استفاده از روش‌های زیستی در سال‌های اخیر در کشور ما توسعه یافته ولی متأسفانه منابع فارسی در این زمینه بسیار اندک می‌باشد، مترجمان بر آن شدند تا این کتاب را که از سری کتاب‌های بیولوژی خاک می‌باشد ترجمه و در دسترس دانشجویان و محققان این شاخه از علوم قرار دهند. کتاب حاضر تلاش نموده است که منابعی از کارهای انجام شده در زمینه‌ی زیست‌پالایی و گیاه‌پالایی را فراهم نماید تا پژوهشگران بتوانند به مجموعه‌ای از تحقیقات پیشین دسترسی داشته

باشند. از بین کتاب‌های موجود در این موضوع، این کتاب به لحاظ محتوای مناسب و جامع بودن نسبت به سایر کتاب‌های مشابه برای ترجمه انتخاب گردید.

علاوه بر مباحث زیست‌پالایی/گیاه‌پالایی مواد نفتی و فلزات سنگین که در مقالات فارسی به آن‌ها اشاره شده است، به مباحث نسبتاً جدیدتری در این کتاب اشاره شده است که از آن جمله می‌توان به زیست‌پالایی/گیاه‌پالایی سموم کشاورزی و نیز مواد منفجره اشاره نمود که در کشور ما کمتر مورد تحقیق و پژوهش قرار گرفته‌اند. امید است کتاب حاضر بتواند راهگشای پژوهشگران زیست‌پالایی و گیاه‌پالایی بوده و به دانه‌جویان گرامی کمک کند تا با تحقیقات انجام شده در این موضوع آشنا شوند.

در پایان لازم است از زحمات جناب آقای دکتر علی اصغرزاد و جناب آقای دکتر فلاح برای داوری علمی و جناب آقای دکتر صلاح برای ویراستاری ادبی کتاب حاضر تشکر و قدردانی نماییم.

دکتر اکبر قویدل و دکتر سمیه ناجی راد

آذر ۱۳۹۵