

زمین‌شیمی زیست‌محیطی عناصر کمیاب در خاک

ترجمه و تألیف

سید علی مظهری (عضو هیأت علمی دانشگاه پیام نور)

علیرضا مظلومی بجستانی (عضو هیأت علمی دانشگاه پیام نور)

رضا شریفیان عطار

سرشناسه: مظهری، علی، ۱۳۵۷ -
 عنوان و نام پدیدآور: زمین‌شیمی زیست‌محیطی عناصر کمیاب در خاک / ترجمه و تالیف علی مظهری، علیرضا مظلومی بجنستانی، رضا شریفیان عطار.
 مشخصات نشر: مشهد: سخن گستر، ۱۳۹۲.
 مشخصات ظاهری: ۵۵۲ ص.: مصور، جدول، نمودار.
 شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۲۴۷-۲۰۴-۵
 وضعیت فهرست نویسی: ثباً
 موضوع: ژئوشیمی زیست‌محیطی
 موضوع: خاک -- زیست‌شیمی
 موضوع: خاک -- شیمی
 شناسه افزوده: مظلومی بجنستانی، علیرضا، ۱۳۴۴ -
 شناسه افزوده: شریفیان عطار، رضا، ۱۳۴۸ -
 رده بندی کنگره: ۱۳۹۲ از ۵۱۶/۴۶۸ QE
 رده بندی دیویی ۵۵۱/۹
 شماره کتابشناسی ملی: ۳۱۰۲۷۳۱



انتشارات سخن گستر
 مشهد - خیابان ابن سینا - بین ابن سینا ۱۶ و پاستور - شماره ۱۷۴
 تلفن: ۸۴۳۹۹۵۵ (۰۵۱۱)

نام کتاب: زمین‌شیمی زیست‌محیطی عناصر کمیاب در خاک
 ترجمه و تالیف: سید علی مظهری، علیرضا مظلومی بجنستانی، رضا شریفیان عطار

نوبت چاپ: اول / ۱۳۹۱
 شمارگان: ۵۰۰ جلد
 چاپ: میثاق
 قیمت: ۲۳۰۰۰ تومان
 شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۲۴۷-۲۰۴-۵

فهرست مطالب

مقدمه

بخش ۱: اصول پایه، فرایندها، جنبه‌های تحلیلی و نمونه‌برداری

فصل ۱: کلیات

فصل ۲: عناصر کمیاب: شیمی خاک، اصول و فرایندها

۱-۲. مقدمه

۲-۲. توزیع عناصر کمیاب در خاک

۳-۲. گونه‌های شیمیایی

۴-۲. جذب و واجذبی

۱-۴-۲. مکانیسم‌های جذب

۲-۴-۲. ایزوترم‌های جذبی

۵-۲. رسوب‌گذاری و انحلال

۶-۲. تحرک عناصر کمیاب

۱-۶-۲. pH و پتانسیل اکسایش - کاهش

۲-۶-۲. تأثیر اجزاء تشکیل دهنده خاک

۷-۲. انتقال

۸-۲. جذب گیاهی

۹-۲. نتیجه‌گیری

فصل ۳: نمونه‌برداری از خاک و آماده‌سازی آن

۱-۳. مقدمه

۲-۳. نمونه‌برداری از خاک

۳-۳. خطاهای مربوط به نمونه‌برداری و آماده‌سازی خاک

۶۷	۴-۳. مرور وضعیت کنونی
۷۰	۵-۳. مقیاس و تغییرپذیری
۷۱	۶-۳. نتیجه‌گیری
۷۵	فصل ۴: تجزیه و تفکیک عناصر کمیاب در خاک‌ها
۷۶	۴-۱. مقدمه
۷۷	۴-۲. آنالیز کلی
۷۸	۴-۲-۱. انحلال زمینه
۸۰	۴-۲-۲. روش‌های تجزیه دستگاهی
۸۶	۴-۲-۳. روش‌های غیر تخریبی
۸۹	۴-۳-۱. استخراج‌های منفرد
۹۵	۴-۳-۲. فرایندهای استخراج ترتیبی
۱۰۴	۴-۳-۳. تفکیک بر اساس اندازه ذره
۱۰۶	۴-۴. تکنیک‌های شستشوی نگهداری گونه‌ها را شخاب گونه‌ها
۱۰۸	۴-۵. تجهیزات برای گونه‌زایی مستقیم عناصر کمیاب در خاک
۱۱۰	۴-۶. نتیجه‌گیری
۱۱۹	فصل ۵: تفکیک و گونه‌زایی عناصر کمیاب در محلول خاک
۱۲۰	۵-۱. مقدمه
۱۲۱	۵-۲. نمونه‌برداری از محلول خاک، ذخیره و فیلتراسیون
۱۲۴	۵-۳. تفکیک اندازه ذره
۱۲۸	۵-۴. استخراج مایع - مایع
۱۲۹	۵-۵. رزین‌های تبادل یونی و استخراج فاز جامد
۱۳۰	۵-۶. تکنیک‌های اشتقاق برای ایجاد گونه‌های فرار
۱۳۱	۵-۷. جدایش کروماتوگرافی گونه‌های عناصر کمیاب
۱۳۶	۵-۸. الکتروفورز موئین
۱۳۶	۵-۹. شیب‌های انتشار در غشاهای نازک
۱۴۰	۵-۱۰. الکترودهای یون‌گزین

- ۱۱-۵. تکنیک غشای دُنان
 ۱۴۲
 ۱۲-۵. تکنیک‌های ولتامتری
 ۱۴۴
 ۱۳-۵. میکروالکترودها و میکروسنسورها
 ۱۴۷
 ۱۴-۵. مدل‌هایی برای پیش‌بینی گونه‌زایی فلزی در محلول خاک
 ۱۵۱
 ۱۵-۵. نتیجه‌گیری
 ۱۵۵

بخش ۲: پیامدهای طولانی مدت، اثرات و مدل‌سازی پیش‌بینی

فصل ۶: عناصر کمیاب در خاک‌های اصلاح‌شده با بیوسالیدها

- ۱-۶. مقدمه
 ۱۶۶
 ۲-۶. عناصر کمیاب ناشی از بیوسالیدها در خاک‌ها
 ۱۶۷
 ۱-۲-۶. کاربری ارضی و بارگذاری عناصر کمیاب
 ۱۶۹
 ۲-۲-۶. دسترسی عناصر کمیاب در خاک‌های اصلاح‌شده با بیوسالیدها- یک بمب زمانی؟
 ۱۷۰
 ۳-۲-۶. پاسخ گیاه به عناصر کمیاب در خاک‌های اصلاح‌شده با بیوسالیدها
 ۱۷۱
 ۳-۶. ارزیابی دسترسی عناصر کمیاب در خاک‌های اصلاح‌شده با بیوسالیدها
 ۱۷۵
 ۱-۳-۶. ارزیابی منبع
 ۱۷۸
 ۲-۳-۶. اندازه‌گیری نهایی
 ۱۸۰
 ۴-۶. ارزیابی بلندمدت منبع دسترسی با مدلی بر پایه ترشحات ریشه
 ۱۸۱
 ۱-۴-۶. توضیح دسترسی گیاهی عنصر کمیاب بر اساس ماده مترشحه ریشه
 ۱۸۱
 ۵-۶. نتیجه‌گیری
 ۱۸۷

فصل ۷: آلاینده‌های عناصر کمیاب ناشی از کود در خاک‌ها

- ۱-۷. مقدمه
 ۱۹۵
 ۲-۷. کودهای فسفاته
 ۱۹۶
 ۳-۷. کودهای ریزمغذی
 ۱۹۶
 ۴-۷. انباشتگی عناصر کمیاب ناشی از کود آلاینده در دراز مدت
 ۲۰۰
 ۵-۷. انتقال عناصر کمیاب آلاینده به محصولات و حیوانات چرنده (علف‌خوار)
 ۲۰۱
 ۱-۵-۷. آرسنیک
 ۲۰۴
 ۲۰۵

۲۰۷	۷-۵-۲. کادمیم
۲۱۱	۷-۵-۳. فلوئور
۲۱۲	۷-۵-۴. سرب
۲۱۴	۷-۵-۵. اورانیوم
۲۱۵	۷-۶. نتیجه گیری
۲۲۵	فصل ۸: پرتودهی عناصر کمیاب و تأثیر آن بر گونه های مقیم خاک و اجتماع آنها
۲۲۶	۸-۱. مقدمه
۲۲۷	۸-۲. خطرات و نتایج پرتودهی فلزات کمیاب
۲۲۸	۸-۲-۱. تأثیر بر روی افراد: ارزیابی خطر و پیش بینی تأثیر بر جمعیت
۲۳۱	۸-۲-۲. جمعیت ها و اجتماع ها
۲۳۸	۸-۳. مسیرهای پرتودهی، جذب و سم زدایی
۲۳۸	۸-۳-۱. مسیرهای جذب و مدل های گونه زایی
۲۴۱	۸-۳-۲. مدل های بخشی و کینتیک سم زدایی
۲۴۴	۸-۳-۳. مکانیسم های مولکولی سم زدایی و اثر
۲۴۷	۸-۴. نتیجه گیری
۲۵۷	فصل ۹: خاک های دارای کمبود عناصر کمیاب
۲۵۸	۹-۱. خاک های دارای کمبود عناصر کمیاب
۲۵۹	۹-۲. مفهوم خاک های دارای کمبود عناصر کمیاب
۲۵۹	۹-۲-۱. نقش عناصر کمیاب به عنوان ریز مغذی های ضروری
۲۶۰	۹-۲-۲. غلظت عناصر کمیاب و کمبود عناصر ریز مغذی
۲۶۲	۹-۲-۳. کمبود عنصر کمیاب به عنوان مفهومی مرتبط با آشفته گی
۲۶۴	۹-۳. روش های تعیین و نقشه برداری کمبود عناصر کمیاب خاک
۲۶۴	۹-۳-۱. آشکارسازی و تشخیص کمبود عناصر کمیاب
۲۶۷	۹-۳-۲. نقشه برداری کمبود عناصر کمیاب
۲۶۹	۹-۴. عوامل خاکی همراه با کمبود عناصر کمیاب
۲۶۹	۹-۴-۱. روابط عمومی بین فاکتورهای خاک و کمبود ریز مغذی ها

۲۷۱	۲-۴-۹. بور
۲۷۴	۳-۴-۹. کبالت
۲۷۶	۴-۴-۹. مس
۲۷۸	۵-۴-۹. آهن
۲۷۹	۶-۴-۹. منگنز
۲۸۰	۷-۴-۹. مولیبدن
۲۸۲	۸-۴-۹. سلنیم
۲۸۳	۹-۴-۹. روی
۲۸۵	۱۰-۴-۹. سایر ریز مغذی ها
۲۸۶	۵-۹. تیمار کمبود عناصر کمیاب در خاک
۲۹۳	فصل ۱۰: کاربرد مدل بندی گونه زایی شیمیایی به منظور مطالعه رفتار عناصر سمی در خاکها
۲۹۴	۱-۱۰. مقدمه
۲۹۶	۲-۱۰. ساختار مدل های گونه زایی شیمیایی
۲۹۹	۳-۱۰. ماتریکس گونه/جزء
۳۰۱	۴-۱۰. مدل سازی گونه زایی آبی
۳۰۳	۱-۴-۱۰. محاسبه غلظت گونه های قابل حل عناصر سمی
۳۰۶	۵-۱۰. مدل سازی کمپلکس سازی سطحی با سطوح معدنی
۳۰۶	۱-۵-۱۰. پروتون و عناصر سمی متصل شونده به کانی های اکسید
۳۱۵	۲-۵-۱۰. پروتون ها و عناصر سمی متصل به کانی های رسی
۳۲۰	۶-۱۰. مدل سازی کمپلکس سازی سطحی با مواد آلی خاک
۳۲۳	۷-۱۰. بحث و نتیجه گیری
۳۳۳	فصل ۱۱. ارزیابی انتقادی روش های سنجش آلودگی خاک از نظر میزان فلزات کمیاب
۳۳۴	۱-۱۱. مقدمه
۳۳۶	۲-۱۱. روش های بکار رفته برای ارزیابی آلودگی: مروری منتقدانه
۳۳۶	۱-۲-۱۱. روش های آماری
۳۴۱	۲-۲-۱۱. روش های ژئوشیمیایی

۳۴۹	۱۱-۲-۳. مقادیر مرجع تنظیمی (RRV)
۳۵۱	۱۱-۳. ارزیابی قیاسی (مطالعه موردی)
۳۵۱	۱۱-۳-۱. روشهای ارزیابی انتخاب شده، جایگاههای بررسی و فلزات کمیاب
۳۵۱	۱۱-۳-۲. نتایج و بحث
۳۶۲	۱۱-۴. نتیجه گیری
۳۷۰	بخش ۳: روشهای پاکسازی خاکهای آلوده
۳۷۱	فصل ۱۲. مرور و تجزیه و تحلیل روشهای پاکسازی جایگاههای آلوده
۳۷۲	۱۲-۱. مقدمه
۳۷۲	۱۲-۲. روشهای پاکسازی خاک
۳۷۲	۱۲-۲-۱. شستشوی خاک
۳۷۴	۱۲-۲-۲. استخراج بخار خاک
۳۷۶	۱۲-۲-۳. کشت زمین
۳۷۸	۱۲-۲-۴. شستن خاک با جریان سریع
۳۸۱	۱۲-۲-۵. جامد سازی / پایدارسازی
۳۸۳	۱۲-۲-۶. جذب حرارتی
۳۸۵	۱۲-۲-۷. پیل های زیستی
۳۸۶	۱۲-۲-۸. گیاه بالایی
۳۸۹	۱۲-۲-۹. سیستمهای شُلاب زیستی
۳۹۰	۱۲-۲-۱۰. منفذزایی زیستی
۳۹۲	۱۲-۲-۱۱. کپسول سازی
۳۹۳	۱۲-۲-۱۲. هوادهی
۳۹۴	۱۲-۳. نتیجه گیری
۴۰۵	فصل ۱۳. تکنیکهای الکتروشیمیایی پاکسازی خاکهای آلوده
۴۰۶	۱۳-۱. مقدمه
۴۰۷	۱۳-۲. طبقه بندی تکنیک های بهبود
۴۰۸	۱۳-۳. تکنیک های حل کردن آلاینده ها
۴۰۹	۱۳-۳-۱. پایین آوردن pH خاک

۴۱۰	۱۳-۲. اعمال آلاینده‌های بهبود
۴۲۲	۱۳-۴. کنترل pH خاک
۴۲۳	۱۳-۴-۱. آماده‌سازی الکترودی
۴۲۹	۱۳-۵. جفت‌شدگی با سایر تکنولوژی‌های پاکسازی الکتروشیمیایی
۴۳۰	۱۳-۵-۱. اکسایش/کاهش
۴۳۷	۱۳-۵-۲. پاکسازی زیستی
۴۴۰	۱۳-۵-۳. سدهای واکنش‌پذیر تراوا
۴۵۲	۱۳-۵-۴. گیاه‌الایی
۴۵۴	۱۳-۵-۵. اولتراسونیکاسیون
۴۵۶	۱۳-۵-۶. تکنولوژی‌های پاکسازی دیگر
۴۵۷	۱۳-۶. نتیجه‌گیری
۴۶۹	فصل ۱۴. کاربرد عوامل کی‌لیت‌ساز در پاکسازی خاکهای آلوده
۴۷۰	۱۴-۱. مقدمه
۴۷۳	۱۴-۲. استخراج گیاهی با کی‌لیت‌ساز
۴۷۴	۱۴-۲-۱. ملاحظات نظری
۴۷۷	۱۴-۲-۲. کاربرد کی‌لیت‌سازها
۴۷۹	۱۴-۲-۳. بهینه‌سازی فرایندهای استخراج گیاهی
۴۸۱	۱۴-۳. شستشوی خاک با استفاده از عوامل کی‌لیت‌ساز
۴۸۳	۱۴-۳-۱. شستشوی خاک با جریان سریع به صورت درجا
۴۸۵	۱۴-۳-۲. استخراج دوغاب خاک
۴۸۵	۱۴-۳-۳. شستن انباشته/ستون خاک
۴۸۶	۱۴-۳-۴. استخراج الکتروستاتیک بهبودیافته با کی‌لیت‌ساز
۴۸۷	۱۴-۳-۵. تیمار محلول‌های شستشوی خاک
۴۹۰	۱۴-۴. سرنوشت فلزات باقی‌مانده پس از پاکسازی خاک
۴۹۲	۱۴-۵. نتیجه‌گیری
۴۹۹	فصل ۱۵. روشهای مکانوشیمیایی پاکسازی خاکهای آلوده
۵۰۰	۱۵-۱. مقدمه

۵۰۳	۱۵-۲. ۴-۲ D و DCP
۵۰۶	۱۵-۳. کاربرد آرایه
۵۰۷	۱۵-۴. آرایه‌های آرایه
۵۱۳	۱۵-۵. آرایه‌های آرایه
۵۱۵	۱۵-۶. PAH
۵۱۸	۱۵-۷. نتیجه‌گیری
۵۲۴	حروف اختصاری

www.ketab.ir

مقدمه :

جهان امروز با تمام وسعت و عظمتش همواره در کنار رفاه و آسایشی که برای بشر فراهم نموده، به دلیل ساختار طبیعی آن با مشکلات و معضلات زیادی نیز مواجه بوده است. انسان، از دیرباز همواره در جستجوی شرایطی بهتر و سالم‌تر برای زندگی خود بوده و به همین خاطر ناخواسته دست به تغییراتی کم و بیش نامطلوب در محیط زیست خود برای تأمین نیازهای ضروری و حتی غیر ضروری زندگی خود زده است. انسان همواره در فکر تغییر برای زندگی بهتر بوده در حالی که بسیاری از این تغییرات، در کنار تأمین برخی نیازها، مشکلات بعضاً غیر قابل جبرانی را نیز برای او به ارمغان آورده است. بدون شک نمی‌توان برای آدمی، سلامت و رفاه زندگی را انتظار داشت مگر وقتی که از محیط زیست سالم و متعادلی برخوردار باشد.

مشکلات ناشی از این تغییرات به مرور زمان به حدی رسید که بشر را واداشت تا هر چه زودتر در پی چاره‌جویی برای رفع این مشکلات برآمده و بنا به شرایط، مجموعه قوانینی را وضع نماید تا ضمن حفظ سلامت محیط زیست، هر گونه ایجاد تغییر در آن و یا بهره‌برداری نامناسب از آن در محدوده قوانین و مقررات وضع شده باشد تا به این طریق، زمین به عنوان تنها زیست‌گاه انسان، حفظ گردد. همراه با وضع قوانین جدید برای حفظ محیط زیست شاخه‌های مختلف علمی نیز که به نوعی مرتبط با این موضوع بوده به حدی گسترش یافت که به تدریج گرایش‌هایی کاملاً تخصصی در این رابطه بوجود آمد و از این بین آنچه که به عنوان یکی از مهمترین شاخه‌های علمی مرتبط مطرح شد، گرایش زمین‌شناسی زیست‌محیطی بود که در طی سالهای اخیر از رشد و گسترش چشمگیری برخوردار بوده و هر روزه نیز در کشورهای مختلف، تحقیقات و پژوهشهای ارزشمندی در این خصوص صورت گرفته است.

بدون شک آب، خاک و هوا سه محیط طبیعی برای حیات انسان و سایر موجودات محسوب می‌گردد که سلامت آن تأثیری کاملاً مستقیم و مهم در سلامت بشری دارد. افزایش روزافزون

آلودگیهای زیست محیطی در نقاط مختلف دنیا باعث شده که انسان همواره در فکر روشهایی مناسب برای رفع این آلودگیها از محیط زیست خود باشد و تحقیقات روز افزون در این خصوص ادامه دارد. از طرفی با توجه به وجود آلایندههای مختلف از جمله فلزات سنگین (عناصر کمیاب) در محیط زیست و خطرات ناشی از آن، اثرات زیست محیطی عناصر کمیاب به عنوان یکی از مباحث مهم و ضروری مطرح و مورد بررسی قرار گرفته است. از طرف دیگر، نیاز به دسترسی به منابع معتبر و به روز علمی و پژوهشی در این خصوص باعث گردیده تا کمبود منابع مناسب و کامل به ویژه فارسی پیش از پیش احساس گردد.

کتاب حاضر که به عنوان قدمی هر چند کوچک، ولی ضروری در این راه برداشته شده دربرگیرنده ژئوشیمی زیست محیطی عناصر کمیاب در خاک می باشد که از جدیدترین منابع علمی روز ترجمه و به رشته تحریر درآمده است. ۱۰ فصل اول از کتاب زیر ترجمه شده است:

Peter S. Hooda, Trace Elements in Soils, John Wiley and Sons, Ltd. Publication, 2010.

از طرفی برای کامل تر شدن هر چه بیشتر محتوای کتاب، فصلهای ۱۱ تا ۱۵ کتاب به موضوع بررسی روشهای کاربردی پاکسازی آلایندههای زیست محیطی پرداخته که به ترتیب از مقالات زیر ترجمه گردیده است:

Desaules, A. "Critical evaluation of soil contamination assessment methods for trace metals", Science of the Total Environment 426 (2012) 120–131.

Khan, F. I., Husain, T., Hejazi, R. "An overview and analysis of site remediation technologies", Journal of Environmental Management 71 (2004) 95–122.

Yeung, A.T., Gu, Y., "A review on techniques to enhance electrochemical remediation of contaminated soils", Journal of Hazardous Materials 195 (2011) 11–29.

Les, D., Luo, C., Li, X., "The use of chelating agents in the remediation of metal-contaminated soils: A review", Environmental Pollution 153 (2008) 3e13.

Nasser, A., Mingelgrin, U., "Mechanochemistry: A review of surface reactions and environmental applications", Applied Clay Science xxx (2011) xxx–xxx.

با توجه به اینکه رفتار اختصاصی عناصر نیز در جهت تکمیل بحث کتاب بسیار ضروری می باشد این بحث در جلدی جداگانه آورده خواهد شد. بدون شک تهیه هر مجموعه ای با وجود تمام تلاشی که برای کامل تر شدن آن صورت می گیرد باز هم خالی از اشکال نخواهد بود و کتاب حاضر نیز از این قاعده مستثنی نیست. هر چند سعی بر آن بوده که در ترجمه متن حاضر، تا حد امکان نگارش روان، ساده و قابل فهم مدنظر قرار گیرد، با این وجود به دلیل تخصصی بودن مباحث

ممکن است برخی از قسمتهای کتاب کمی مشکل و یا نامأنوس به نظر برسد. مباحث کتاب برای کلیه دانشجویان، اساتید و محققین محترم مراکز علمی و دانشگاهی در رشتههای مرتبط از جمله زمین‌شناسی زیست‌محیطی، خاکشناسی، کشاورزی، مهندسی و مدیریت محیط زیست، مفید و قابل استفاده خواهد بود و امید است که بتواند بخشی هر چند کوچک از نیاز جامعه علمی کشور در این زمینه را برطرف سازد.

در تهیه این مجموعه همچون هر کار علمی دیگر، افراد مختلفی ما را همراهی کرده‌اند که بر خود لازم می‌دانیم تشکری سمیمانه از آنها داشته باشیم. برای یکایک این عزیزان توفیق هر چه بیشتر در زندگی به ویژه کسب علم و دانش را آرزو می‌کنیم.

نویسندگان