



فلزات سنگین در خاک

برایان جی الووی

ترجمه:

دکتر امیر فتوت

استاد دانشگاه فردوسی مشهد

www.ketab.ir

عنوان و نام پدیدآور: فلزات سنگین در خاک / [ویراستار] براین جی الووی؛ ترجمه امیر فتوت.
 مشخصات نشر: مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۹۷.
 مشخصات ظاهری: ۷۰۴ ص. مصور، جدول، نمودار.
 فروست: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ شماره ۶۸۹
 شابک:

ISBN: 978-964-386-364-7

وضعیت فهرست‌نویسی: فیپا.
 یادداشت: عنوان اصلی:
 Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids
 in Soils and their Bioavailability 3 rd ed, c2013
 یادداشت: واژه‌نامه. کتابنامه. نمایه.
 موضوع: خاک -- میزان فلزات سنگین.
 موضوع: فلزهای سنگین -- جنبه‌های زیست محیطی.
 موضوع: گیاه و خاک.
 موضوع: خاک -- آلودگی.
 شناسه افزوده: الووی، براین ج.، ویراستار.
 شناسه افزوده: فتوت، امیر، ۱۳۳۸ -، مترجم.
 شناسه افزوده: دانشگاه فردوسی مشهد.
 رده‌بندی آفره: ۵۵۹۲/۶/م۹ف۸ ۱۳۹۷
 رده‌بندی دبیر: ۶۳۱۳
 شماره کتابشناسی ما: ۵۳۰ ۵۹۰

فلزات سنگین در خاک

پدیدآورنده: براین جی الووی
 ترجمه: دکتر امیر فتوت
 مشخصات: وزیری، ۲۵۰ نسخه، چاپ اول، تابستان ۱۳۹۷
 چاپ و صحافی: چاپخانه دانشگاه فردوسی مشهد
 بها: ۵۵۰/۰۰۰ ریال

حق چاپ برای انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد محفوظ است.

مراکز پخش:

فروشگاه و نمایشگاه کتاب پردیس: مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی مشهد، سازمان مرکزی،
 جنب سلف یاس تلفن: ۳۸۸۳۳۷۷۷ (۰۵۱)
 مؤسسه کتابیان: تهران، خیابان کارگر جنوبی، خیابان لبافی‌نژاد، بین خیابان فروردین و اردیبهشت،
 شماره ۲۳۸ تلفن: ۶۶۴۸۴۷۱۵-۶۶۴۹۴۴۰۹ (۰۲۱)
 مؤسسه دانشوران: تهران، خیابان انقلاب، خیابان منیری جاوید (اردیبهشت) نبش خیابان نظری،
 شماره ۱۴۲ تلفکس: ۶۶۴۰۰۲۲۰-۶۶۴۰۰۱۴۴ (۰۲۱)

<http://press.um.ac.ir>

Email: press@um.ac.ir



فهرست

۲۳	مقدمه مترجم
۲۵	پیشگفتار

بخش اول : مبانی مقدماتی

۲۹	فصل ۱. مقدمه
۳۶	منابع مورد استفاده
۳۷	فصل ۲. منابع فلزات سنگین و شبه فلزات در خاک
۳۸	۱-۲ مقدمه
۳۹	۲-۲ غلظت کل فلزات سنگین و شبه فلزات در خاک های سراسر جهان
۴۱	۳-۲ منابع فلزات و شبه فلزات سنگین در خاک
۴۲	۱-۳-۲ منابع سنگزاد فلزات و شبه فلزات سنگین
۴۴	۲-۳-۲ انواع سنگ های مهم به عنوان منابع سنگ زاد (شبه فلزات سنگین در خاک ها)
۵۲	۲-۳-۲ منابع انسان زاد فلزات و شبه فلزات سنگین
۵۳	۱-۲-۳-۲ آلودگی گسترده
۵۸	۲-۲-۳-۲ آلودگی محلی
۷۸	۴-۲ نتیجه گیری
۷۸	منابع مورد استفاده

۸۳	فصل ۳. شیمی فلزات و شبه فلزات سنگین در خاک
۸۴	۱-۳ مقدمه
۸۴	۱-۱-۳ تاریخچه مطالعه برهم کنش های فلزات و خاک
۸۶	۲-۱-۳ مروری بر برهم کنش فلزات و شبه فلزات با خاک ها
۸۸	۲-۳ جذب سطحی فلزات روی اجزای تشکیل دهنده خاک

۸۸	۱-۲-۳ هوموس.....
۸۸	۱-۱-۲-۳ خصوصیات کلی هوموس.....
۸۹	۲-۱-۲-۳ شیمی سطح اسیدهای هوموسی.....
۸۹	۳-۱-۲-۳ پیوند فلزات با اسیدهای هومیک و فولویک.....
۹۰	۴-۱-۲-۳ «مواد آلی فعال».....
۹۱	۵-۱-۲-۳ برهم کنش های هوموس و کانی ها.....
۹۱	۶-۱-۲-۳ کرین آلی محلول (DOC).....
۹۱	۲-۲-۳ اکسیدهای آبدار و هیدروکسیدها.....
۹۱	۲-۲-۳ خصوصیات کلی.....
۹۱	اکسیدها- منگنز.....
۹۲	اکسیدهای آهن.....
۹۳	۲-۲-۳ شیمی سطح.....
۹۳	۳-۲-۳ پیوند فلزی.....
۹۶	۳-۲-۳ رس های آلومینوسیلیکات سفحه (فیلوسیلیکات ها).....
۹۶	۱-۳-۲-۳ خصوصیات کلی.....
۹۶	۲-۳-۲-۳ شیمی سطح.....
۹۷	۳-۳-۲-۳ پیوند فلزی.....
۹۸	۴-۲-۳ زئولایت ها.....
۹۸	۱-۴-۲-۳ خصوصیات کلی.....
۹۸	۲-۴-۲-۳ شیمی سطح.....
۹۸	۳-۴-۲-۳ پیوند فلزی.....
۹۹	۵-۲-۳ نمک های کم-محلول کلسیم و واکنش های رسوب فلزات.....
۹۹	۱-۵-۲-۳ جذب روی نمک های Ca.....
۱۰۰	۲-۵-۲-۳ ترکیبات مجزای فلز در خاک ها.....
۱۰۱	۶-۲-۳ نتیجه گیری درباره جذب سطحی فلزات روی اجزای تشکیل دهنده خاک.....
۱۰۲	۳-۳ اثر شرایط خاک بر جذب فلزات و شبه فلزات.....
۱۰۲	۱-۳-۳ مقدار pH خاک.....
۱۰۲	۱-۱-۳-۳ اثر مقدار pH خاک بر حلالیت فلزات.....
۱۰۴	۲-۱-۳-۳ آمک دهی خاک های اسیدی برای کاهش حلالیت فلزات سنگین.....
۱۰۶	۲-۳-۳ پتانسیل اکسایش-کاهش خاک (Eh).....
۱۰۷	۱-۲-۳-۳ تغییر در pH.....

۱۰۸	 Fe/Mn انحلال اکسیدهای آبدار
۱۰۹	 ۳-۲-۳-۳ تغییرات ظرفیت فلزات و شبه فلزات
۱۱۰	 ۴-۲-۳-۳ رهاسازی آبیون‌های تشکیل دهنده کمپلکس و کربن آلی محلول (DOC)
۱۱۰	 ۵-۲-۳-۳ رسوب سولفیدها و کربنات‌های فلزی
۱۱۱	 ۶-۲-۳-۳ متیلی شدن زیستی
۱۱۱	 ۳-۳-۳ لیگاند‌های محلول
۱۱۲	 ۴-۳-۳ زمان، دما و «واکنش آهسته»
۱۱۲	 ۱-۴-۳-۳ زمان
۱۱۳	 ۲-۴-۳-۳ محدودیت‌های پخشیدگی
۱۱۳	 ۳-۳-۳ رانج انرژی جذب برای واکنش‌های اختصاصی
۱۱۳	 ۴-۳-۳ رسوب سطحی و مجزا
۱۱۴	 ۵-۴-۳-۳ تأثیر ریز کم خاک بر واکنش آهسته
۱۱۵	 ۶-۴-۳-۳ در
۱۱۶	 ۴-۳-۳ مدل‌سازی جذب سطحی فلزات و شبه فلزات
۱۱۷	 ۱-۴-۳ معادلات ساده ایزو-تپ جذب
۱۱۹	 ۲-۴-۳ ارتباط معادله‌های جذب سطحی و ویژگی‌های خاک
۱۲۱	 ۳-۴-۳ مدل‌های مکانیستیک جذب فلزات
۱۲۲	 ۱-۳-۴-۳ WHAM-VI مدل
۱۲۳	 ۲-۳-۴-۳ NICA-Donnan مدل
۱۲۴	 ۳-۳-۴-۳ کاربردهای مدل‌های WHAM و NICA-Donnan
۱۲۵	 ۴-۴-۳ نتیجه‌گیری
۱۲۶	 ۱-۴-۴-۳ جاذب‌های منفرد
۱۲۶	 ۲-۴-۴-۳ جاذب‌های چند فاز
۱۲۶	 ۳-۴-۴-۳ فرایندهای کاهش و اکسایش
۱۲۶	 ۴-۴-۴-۳ «واکنش آهسته»
۱۲۶	 ۵-۴-۴-۳ گونه‌بندی محلول
۱۲۷	 منابع مورد استفاده

فصل ۴. روش‌های تعیین فلزات سنگین و شبه فلزات در خاک

۱۳۴	 ۱-۴-۱ مقدمه
۱۳۶	 ۲-۴-۱ نمونه‌برداری صحرائی

۱۳۹	۳-۴- حفاظت، نگهداری و آماده‌سازی نمونه‌ها
۱۴۱	۴-۴- روش‌های مستقیم تجزیه
۱۴۱	۴-۴-۱- تجزیه فعال‌سازی نوترون دستگاهی (INAA)
۱۴۱	۴-۴-۲- تکنیک‌های مبتنی بر اشعه X
۱۴۳	۴-۴-۳- طیف‌سنجی انکسار (تفکیک) لیزری (LIBS)
۱۴۳	۴-۴-۴- طیف‌سنجی جرمی پلاسمای زوج القایی بر سایش لیزری (LA-ICP-MS)
۱۴۴	۴-۴-۵- نمونه‌برداری از مواد دوغابی
۱۴۵	۴-۵- هضم نمونه و استخراج ماده مورد تجزیه
۱۴۵	۴-۵-۱- هضم کل
۱۴۶	۴-۵-۲- غلظت شبه کل
۱۴۸	۴-۵-۳- تصفیه‌گری، مرحله‌ای و چند مرحله‌ای (پی در پی)
۱۵۱	۴-۵-۴- قابلیت زیست‌فراش و قابلیت دسترسی زیستی
۱۵۵	۴-۶- پیش‌تخلیظی و جداسازی مواد مورد تجزیه
۱۵۶	۴-۷- تکنیک‌های دستگاهی برای اندازه‌گیری فلزات سنگین
۱۵۷	۴-۷-۱- طیف‌سنجی اتمی
۱۵۷	۴-۷-۲- طیف‌سنجی جذب اتمی شعله‌ای
۱۶۱	۴-۷-۳- طیف‌سنجی جذب اتمی الکتروگرمایی (ETAAS)
۱۶۲	۴-۷-۴- طیف‌سنجی نشر اتمی پلاسمای زوج القایی (ICP-AES)
۱۶۵	۴-۷-۵- طیف‌سنجی جرمی پلاسمای زوج القایی (ICP-MS)
۱۶۷	۴-۷-۶- انواع دیگر طیف‌سنجی اتمی
۱۶۸	۴-۷-۷- تکنیک‌های دیگر تجزیه‌ای
۱۶۸	۴-۸- گونه‌بندی و اندازه‌گیری گونه‌بندی
۱۷۰	۴-۹- تضمین کیفیت
۱۷۳	۴-۱۰- نتیجه‌گیری
۱۷۵	منابع مورد استفاده

فصل ۵ اثرات فلزات و شبه فلزات سنگین

۱۸۷	بر موجودات زنده خاک
۱۸۸	۵-۱ مقدمه و هدف فصل
۱۸۸	۵-۲ اثرات فلزات و شبه فلزات در مقیاس مولکولی
۱۸۹	۵-۳ اثرات در مقیاس سلولی تا موجود زنده

۴-۵	اثرات در مقیاس جمعیت، جامعه و اکوسیستم.....	۱۹۱
۵-۵	اثرات تکاملی؟ تطابق و سازگاری.....	۱۹۲
۶-۵	روش‌های تعیین اثرات کمی.....	۱۹۶
۱-۶-۵	کاربرد آزمایش‌های سمیت برای خاک‌ها در شرایط مزرعه.....	۱۹۷
۱-۶-۵	آزمایش‌های کرم خاکی.....	۱۹۷
۲-۱-۶-۵	تولید مثل دم‌فتری‌ها.....	۱۹۸
۳-۱-۶-۵	معدنی شدن نیتروژن.....	۱۹۸
۴-۱-۶-۵	میکروتوکس.....	۱۹۸
۲-۶-۵	بگونگی رفتار با مخلوط فلزات یا شبه فلزات.....	۱۹۹
۷-۵	نتیجه‌گیری.....	۲۰۰
۲۰۰	منابع مورد استفاده.....	۲۰۰

فصل ۶ روابط خاک-گیاهان و شبه فلزات سنگین..... ۲۰۹

۱-۶	مقدمه.....	۲۱۰
۲-۶	مرز مشترک گیاه-خاک: برهم‌کنش‌های میکروبی و مولکولی تعیین‌کننده جذب عناصر غذایی گیاهان.....	۲۱۰
۱-۲-۶	برهم‌کنش‌های مولکولی تعیین‌کننده جذب عناصر غذایی گیاهان.....	۲۱۰
۲-۲-۶	برهم‌کنش‌های میکروبی تعیین‌کننده جذب عناصر گیاه.....	۲۱۳
۱-۲-۲-۶	همزیستی مایکوریزا.....	۲۱۳
۲-۲-۲-۶	مشارکت گیاه-باکتری.....	۲۱۴
۳-۶	ریزجانداران همراه-گیاه: محافظت در برابر تنش فلزی.....	۲۱۷
۱-۳-۶	قارچ‌های مایکوریزا.....	۲۱۷
۲-۳-۶	باکتری‌های همراه گیاه.....	۲۱۹
۴-۶	واکنش‌های تنش فلزی گیاهان.....	۲۲۱
۱-۴-۶	هم‌ایستایی فلزی: کلیت شدن و ترسیب.....	۲۲۱
۲-۴-۶	پاسخ‌های فیزیولوژیکی.....	۲۲۲
۳-۴-۶	تنش فلزی: یک چالش اکسایشی.....	۲۲۵
۵-۶	نتیجه‌گیری.....	۲۳۲
۲۳۲	منابع مورد استفاده.....	۲۳۲

فصل ۷ فلزات و شبه فلزات سنگین به‌عنوان عناصر غذایی که مصرف‌وای گیاهان و حیوانات..... ۲۴۷

۱-۷	مقدمه.....	۲۴۸
-----	------------	-----

۲۴۸	۲-۷ عناصر کم مصرف فلز سنگین در تغذیه گیاه.....
۲۵۵	۳-۷ عناصر کم مصرف (شبه) فلز سنگین در تغذیه حیوان و انسان.....
۲۶۰	۴-۷ خاک‌هایی که در آن‌ها کمبود عناصر کم مصرف رایج است.....
۲۶۱	۵-۷ عوامل گیاهی مرتبط با کمبود عناصر کم مصرف.....
۲۶۲	۶-۷ نتیجه گیری.....
۲۶۲	منابع مورد استفاده.....

فصل ۸. مقدار بحرانی فلزات سنگین در خاک..... ۲۶۵

۲۶۶	۱-۸- مقدمه.....
۲۶۶	۱-۱-۸ اثرات مقادیر زیاد ورود فلزات بر سمیت بوم‌زیستی و سلامت انسان.....
۲۶۷	۲-۱-۸ شیوه‌های غرسنه و رای آلودگی فلزات و رویکرد مقدار بار بحرانی.....
۲۶۸	۳-۱-۸ هدف فصل حاضر.....
۲۶۸	۲-۸ ارزیابی بحرانی فلزات در خاک و محلول خاک.....
۲۶۸	۱-۲-۸ دریافت کنندگان مربوط و مدت زمان بار بحرانی آن‌ها.....
۲۶۸	۱-۱-۲-۸ دریافت کنندگان مربوطه.....
۲۶۹	۲-۱-۲-۸ انواع حدود بحرانی.....
۲۷۲	۲-۲-۸ حدود بحرانی غلظت فلزات خاک مرتبط با اثرات سمیت بوم‌زیستی.....
۲۷۲	۱-۲-۲-۸ غلظت بحرانی یون آزاد فلزات در محلول خاک.....
۲۷۳	۲-۲-۲-۸ غلظت کل بحرانی فلز در محلول خاک.....
۲۷۳	۳-۲-۲-۸ غلظت‌های فعال و کل بحرانی فلز در فاز جامد خاک.....
۲۷۵	۳-۲-۸ حدود بحرانی غلظت فلزات خاک در مورد سلامتی.....
۲۷۵	۱-۳-۲-۸ غلظت بحرانی فلزات خاک در مورد شاخص‌های کیفیت غذا برای محصولات کشاورزی.....
۲۷۵	۲-۳-۲-۸ غلظت بحرانی فلزات خاک در ارتباط با شاخص‌های کیفیت غذا برای محصولات دامی و اثرات آن بر سلامت حیوانات.....
۲۷۷	۳-۸ مفهوم و متدهای محاسبه مقدار بار بحرانی و مقدار بار هدف.....
۲۷۷	۱-۳-۸ مفاهیم.....
۲۷۸	۲-۳-۸ مدل‌های حالت پایدار برای محاسبه مقدار بار بحرانی.....
۲۷۹	۳-۳-۸ مدل‌های پویا ساده برای محاسبه مقدار بار هدف.....
۲۸۱	۴-۸ مثال‌های محاسبه مقدار بار بحرانی و مقدار بار هدف در اکوسیستم‌های خشکی.....
۲۸۱	۱-۴-۸ مقدار بار بحرانی و مقدار بار هدف کادمیم، سرب، مس و روی برای گروه‌های اصلی خاک.....
۲۸۲	۲-۴-۸ مقدار بار بحرانی و افزایش غلظت کادمیم، سرب، مس و روی در زیستگاه‌های طبیعی و نیمه طبیعی در بریتانیا.....

۲۸۳.....	۸-۴-۳ مقدار بار بحرانی کادمیم، سرب و جیوه در مقیاس اروپایی.....
۲۸۴.....	۸-۵-۵ نکات مورد توجه در تعیین مقدار بار بحرانی.....
۲۸۴.....	۸-۵-۱ انتخاب دریافت کنندگان و مسیرهای در معرض (آلودگی) قرار گرفتن و تعیین مقدار بار بحرانی.....
۲۸۶.....	۸-۵-۲ اعتبار مقدار بار بحرانی و مقدار بار هدف.....
۲۸۶.....	۸-۵-۲-۱ پارامترهای مؤثر بر اعتبار.....
۲۸۶.....	۸-۵-۲-۲ مدل سازی گونه بندی در محلول خاک.....
۲۸۷.....	۸-۵-۳ عدم قطعیت در تفکیک روابط بین خاک و محلول خاک.....
۲۸۸.....	۸-۵-۳ رابطه ارزیابی مدل پویا از نظر مقیاس زمانی.....
۲۹۰.....	۸-۵-۴ رابطه متد در سیاستگذاری.....
۲۹۱.....	منابع مورد استفاده.....

بخش دوم: فلزات و شبه فلزات سنگین مهم

۲۹۷.....	فصل ۹. آرسنیک.....
۲۹۸.....	۹-۱ مقدمه.....
۲۹۹.....	۹-۲ منشأ ژئوشیمیایی آرسنیک.....
۲۹۹.....	۹-۲-۱ منابع جهانی و چرخه آن.....
۳۰۰.....	۹-۲-۲ غلظت کل آرسنیک در خاکها.....
۳۰۲.....	۹-۳ منشأ آرسنیک در خاکها.....
۳۰۲.....	۹-۳-۱ مواد مادری خاک.....
۳۰۲.....	۹-۳-۲ ریزش های اتمسفری.....
۳۰۲.....	۹-۳-۳ آب های زیرزمینی.....
۳۰۶.....	۹-۳-۴ مواد مورد استفاده در کشاورزی.....
۳۰۶.....	۹-۳-۵ ضایعات، زیست جامدها و منابع دیگر آرسنیک.....
۳۰۷.....	۹-۴ رفتار شیمیایی آرسنیک در خاک.....
۳۰۷.....	۹-۴-۱ شکل های شیمیایی و گونه بندی آرسنیک در خاکها.....
۳۰۷.....	۹-۴-۱-۱ فاز جامد.....
۳۰۸.....	کانی های اولیه آرسنیک در خاکها.....
۳۰۸.....	تجمع آرسنیک با کربنات ها و کلسیم.....
۳۱۰.....	تجمع آرسنیک با مواد آلی.....
۳۱۲.....	آرسنیک جذب سطحی شده.....

۳۱۶	عوامل مؤثر در جذب آرسنیک
۳۲۰	۴-۲-۱ آب منفذی خاک
۳۲۴	۴-۲ تغییر شکل بیوزنوشیمیایی آرسنیک در خاک
۳۲۴	۴-۲-۱ مکانیزم‌های میکروبی مؤثر در تغییر شکل آرسنیک
۳۲۵	۴-۲-۲ تغییر شکل اکسایش-کاهش آرسنیک غیر آلی
۳۲۶	۴-۲-۳ فرایندهای مؤثر در تغییر شکل زیستی ترکیبات آلی آرسنیک‌دار
۳۲۹	۴-۲-۴ فرایندهای ریشه-رایزوسفر مؤثر در تغییر شکل آرسنیک
۳۳۰	۵-۹ روابط خاک-گیاه آرسنیک
۳۳۱	۶-۹ خاک‌های بوده
۳۳۲	۷-۹ نتیجه‌گیری
۳۳۳	منابع مورد استفاده

فصل ۱۰. کادمیم

۳۴۴	۱-۱۰ مقدمه: اهمیت زیست‌محیطی کادمیم در خاک
۳۴۷	۲-۱۰ منشأ ژئوشیمیایی کادمیم
۳۴۸	۳-۱۰ انتشار Cd در خاک و تعادل جرمی کادمیم در اراضی کشاورزی
۳۵۲	۴-۱۰ سرنوشت کادمیم در خاک
۳۵۲	۴-۱۰-۱ مکانیزم‌های واکنش شیمیایی خاک
۳۵۶	۴-۱۰-۲ واکنش‌های کند
۳۵۶	۴-۱۰-۳ مدل‌ها و داده‌های حلالیت کادمیم در خاک‌های مراری
۳۵۹	۴-۱۰-۴ سرنوشت کادمیم در خاک‌های احیایی
۳۶۰	۵-۱۰ کادمیم در محصولات کشاورزی
۳۶۰	۵-۱۰-۱ انتقال کادمیم از خاک به گیاه
۳۶۲	۵-۱۰-۱-۱ زیست‌فراهمی کادمیم خاک
۳۶۴	۵-۱۰-۲ تغییرات غلظت کادمیم گیاه در محصولات مختلف
۳۶۵	۵-۱۰-۲ جذب کادمیم از هوا
۳۶۶	۵-۱۰-۳ مدل‌ها و داده‌های مربوط به غلظت کادمیم در محصولات گیاهی
۳۶۶	۶-۱۰ سمیت بوم‌زیستی کادمیم در خاک
۳۶۹	۷-۱۰ خطر سنجی کادمیم و مدیریت اراضی آلوده به کادمیم
۳۷۲	۷-۱۰-۱ مدیریت خطر آلودگی کادمیم
۳۷۳	منابع مورد استفاده

۳۷۷	فصل ۱۱. کروم و نیکل
۳۷۸	۱-۱۱ مقدمه
۳۸۱	۲-۱۱ منشأ نیکل و کروم در خاک‌ها (منابع ژئوشیمیایی و آلودگی)
۳۸۵	۳-۱۱ رفتار شیمیایی نیکل و کروم در خاک
۳۸۸	۴-۱۱ روابط خاک-گیاه
۳۹۱	۱-۴-۱۱ خاک‌های سرپانتین
۳۹۳	۵-۱۱ خاک‌های آلوده به نیکل و کروم
۳۹۶	۶-۱۱ نتیجه‌گیری
۳۹۶	منابع مورد استفاده
۴۰۳	فصل ۱۲. کبالت و منگنز
۴۰۴	۱-۱۲ مقدمه
۴۰۴	۲-۱۲ منشأ ژئوشیمیایی
۴۰۶	۳-۱۲ شکل‌های کبالت و منگنز در خاک
۴۰۶	۱-۳-۱۲ شکل‌های محلول کبالت و منگنز
۴۰۶	۲-۳-۱۲ شکل‌های نامحلول کبالت و منگنز
۴۰۷	۱-۲-۳-۱۲ اکسیدها و هیدروکسیدها
۴۰۹	۴-۱۲ رفتار در خاک
۴۰۹	۱-۴-۱۲ اکسیداسیون
۴۰۹	۱-۱-۴-۱۲ اتواکسیداسیون
۴۱۰	۲-۱-۴-۱۲ اکسیداسیون کاتالیزوری Mn^{2+}
۴۱۰	۳-۱-۴-۱۲ اکسیداسیون میکروبی منگنز (II)
۴۱۳	۲-۴-۱۲ احیا اکسیدهای منگنز
۴۱۴	۱-۲-۴-۱۲ پتانسیل اکسایش-کاهش
۴۱۵	۳-۴-۱۲ «تعادل»
۴۱۷	۱۵-۱۲ اکسیداسیون $Co(II)$ به $Co(III)$
۴۱۷	۶-۱۲ شکل‌های گره‌ای منگنز
۴۱۹	۷-۱۲ میزان فراهمی منگنز برای گیاهان
۴۱۹	۱-۷-۱۲ عوامل مؤثر در قابلیت فراهمی منگنز
۴۲۲	۲-۷-۱۲ برآورد قابلیت فراهمی برای گیاه
۴۲۲	۱-۲-۷-۱۲ تجزیه گیاه

۴۲۲	۱۲-۷-۲ آزمون‌های رایج خاک
۴۲۳	۱۲-۷-۳ روش‌های عصاره‌گیری پی در پی
۴۲۴	۱۲-۸ موارد دیگر مربوط به قابلیت فراهمی
۴۲۴	۱۲-۸-۱ مایکوریزای وزیکولار آربوسکولار
۴۲۴	۱۲-۸-۲ کمبود Mn ناشی از Zn
۴۲۵	۱۲-۸-۳ بیماری زردی ماندالا
۴۲۵	۱۲-۹ قابلیت فراهمی کیالت، کمبود، آلودگی، سمیت و اصلاح آن
۴۲۶	۱۲-۹-۱ قابلیت فراهمی و کمبود کیالت
۴۲۷	۱۲-۹-۲ آلودگی و سمیت کیالت
۴۲۸	۱۲-۱۰-۱ آلودگی کیالت
۴۲۹	۱۲-۱۰ نقش اکسیدهای سنگین در سلامت خاک
۴۳۰	۱۲-۱۰-۱ InO _x به عنوان یک اکسید کننده
۴۳۱	۱۲-۱۰-۲ جذب و سمیت نر
۴۳۲	منابع مورد استفاده

۴۴۱	فصل ۱۳. مس
۴۴۲	۱-۱۳ مقدمه
۴۴۳	۲-۱۳ منشأ ژئوشیمیایی مس
۴۴۵	۳-۱۳ منشأ مس در خاک‌ها
۴۴۵	۱-۳-۱۳ مواد مادری خاک
۴۴۶	۲-۳-۱۳ ریزش‌های اتمسفری
۴۴۸	۳-۳-۱۳ مواد مورد استفاده کشاورزی و لجن فاضلاب
۴۴۹	۴-۳-۱۳ وسایل حمل و نقل و منابع دیگر
۴۴۹	۴-۱۳ رفتار شیمیایی مس در خاک
۴۴۹	۱-۴-۱۳ واکنش‌های شیمیایی کلی مس در خاک
۴۵۱	۲-۴-۱۳ تفکیک جامد-مایع
۴۵۲	۳-۴-۱۳ فرایندهای ناشی از اثر زمان: اثر زمان بر سرنوشت مس در خاک
۴۵۵	۵-۱۳ روابط خاک-گیاه در مس
۴۵۷	۶-۱۳ سمیت مس در خاک
۴۵۷	۱-۶-۱۳ سمیت مس برای گیاهان، بی‌مهرگان و ریزجانداران
۴۶۱	۲-۶-۱۳ تأثیر ویژگی‌های خاک بر سمیت مس در خاک

۴۶۳	۱۳-۶-۳ سمیت مس در خاک‌های تیمار شده با لجن فاضلاب و کود آلی
۴۶۴	۱۳-۶-۴ غلظت بحرانی مس در خاک
۴۶۶	۱۳-۷-۱ خاک‌های آلوده
۴۶۶	۱۳-۸-۱ نتیجه‌گیری
۴۶۷	منابع مورد استفاده

فصل ۱۴. سرب

۴۷۳	۱۴-۱ مقدمه
۴۷۴	۱۴-۲ منشأ ژئوشیمیایی
۴۷۴	۱۴-۳ منشأ سرب در خاک
۴۷۴	۱۴-۳-۱ منابع مادری خاک
۴۷۵	۱۴-۳-۲ ریزش‌های مسفر
۴۷۶	۱۴-۴ رفتار شیمیایی سرب در خاک
۴۷۷	۱۴-۴-۱ گونه‌بندی شیمیایی سرب در خاک
۴۷۷	۱۴-۴-۲ آبشویی سرب از خاک سطحی آلوده
۴۷۸	۱۴-۵ منابع و پیامدهای آلودگی سرب در خاک
۴۷۸	۱۴-۵-۱ سرب حاصل از دود اتومبیلها
۴۷۹	۱۴-۵-۲ فعالیت‌های معدنی و کوره‌های ذوب سرب
۴۷۹	۱۴-۵-۳ لجن‌های فاضلاب
۴۸۰	۱۴-۵-۴ خاک میدان‌های تیراندازی
۴۸۱	۱۴-۵-۵ خاک‌های مناطق شهری
۴۸۱	۱۴-۶ روابط خاک-گیاه
۴۸۳	۱۴-۷ اصلاح خاک‌های آلوده به سرب
۴۸۴	منابع مورد استفاده

فصل ۱۵. جیوه

۴۹۰	۱۵-۱ مقدمه
۴۹۰	۱۵-۱-۱ مصارف جیوه در گذشته و در حال حاضر
۴۹۱	۱۵-۱-۲ راهسازی جیوه به محیط زیست
۴۹۲	۱۵-۱-۳ اثرات مضر جیوه
۴۹۳	۱۵-۲ منشأ ژئوشیمیایی

۴۹۴	۳-۱۵ منشأ جیوه در خاک ها.....
۴۹۴	۱-۳-۱۵ مواد مادری خاک.....
۴۹۴	۲-۳-۱۵ ریزش های اتمسفری.....
۴۹۶	۳-۳-۱۵ مواد کشاورزی.....
۴۹۷	۴-۳-۱۵ لجن فاضلاب.....
۴۹۷	۴-۱۵ رفتار شیمیایی جیوه در خاک.....
۴۹۷	۱-۴-۱۵ تشکیل و پایداری گونه های معدنی جیوه در خاک.....
۴۹۸	۲-۴-۱۵ معیاد جیوه از خاک.....
۴۹۹	۳-۴-۱۵ ایشی جیوه از خاک.....
۴۹۹	۴-۴-۱۵ پایداری جیوه در خاک های معدنی.....
۵۰۰	۵-۴-۱۵ متری شای جیوه در خاک.....
۵۰۰	۶-۴-۱۵ غلظت توزیع جیوه در خاک.....
۵۰۳	۵-۱۵ جیوه در سیستم خاک گیاه.....
۵۰۴	۶-۱۵ خاک های به شدت آلوده جیوه.....
۵۰۴	۷-۱۵ توزیع جهانی جیوه.....
۵۰۵	منابع مورد استفاده.....

۵۱۱ فصل ۱۶. سلنیم

۵۱۲	۱-۱۶ مقدمه.....
۵۱۳	۲-۱۶ ژئوشیمی سلنیم.....
۵۱۴	۳-۱۶ غلظت، رفتار و زیست فراهمی سلنیم برای گیاه در خاک.....
۵۱۴	۱-۳-۱۶ منشأ سلنیم خاک و سطوح متغیر آن در پوسته ی زمین.....
۵۱۵	۲-۳-۱۶ نقش ریزش های اتمسفری به عنوان منبع سلنیم در خاک.....
۵۱۶	۳-۳-۱۶ گونه بندی سلنیم در خاک: ترکیبات معدنی.....
۵۱۹	۴-۳-۱۶ گونه بندی سلنیم در خاک: ترکیبات آلی.....
۵۲۱	۵-۳-۱۶ جذب سطحی سلنیم در خاک.....
۵۲۲	۶-۳-۱۶ روابط خاک-گیاه سلنیم.....
۵۲۶	۷-۳-۱۶ امکان گیاه پالایی خاک های کشاورزی دارای سلنیم زیاد.....
۵۲۷	۴-۱۶ سلنیم در سلامت حیوانات و انسان.....
۵۲۷	۱-۴-۱۶ نقش برهم کنش های بیوشیمیایی هم افزا میان Se و اسید آمینه های S در دفاع آنتی اکسیدانی.....
۵۲۷	۲-۴-۱۶ سمیت سلنیم.....

۵۳۱	۱۶-۴-۱۳ اثرات حفاظتی بهداشتی سلنیم
۵۳۱	۱۶-۴-۱۳ اثرات پادزهری در مقابل فلزات سمی
۵۳۲	۱۶-۴-۲ سنتز و ترمیم DNA
۵۳۲	۱۶-۴-۳ حفاظت آنتی اکسیدانی و ضد گرفتگی رگها
۵۳۳	۱۶-۴-۴ یونهای سلنید در پروتئینهای آهن-گوگرد
	۱۶-۴-۵ مشاهدات اپیدمولوژیکی بیانگر نیاز به جذب زیاد Se برای حفاظت بهینه در برابر سرطان و
۵۳۴	بیماریهای قلبی عروقی است
۵۳۵	۱۶-۴-۶ زندهمانی بیماران حامل HIV
۵۳۶	۱۶-۴-۷ بیماری کیشان، بیماری کاشین-بک و مایکرودم
۵۳۷	بیماری کیشان
۵۳۸	بیماری کاشین-بک
۵۳۹	ضعیف شدن ارار و استخوان
۵۴۰	مایکرودم
۵۴۱	۱۶-۵ تجربه‌ای از فلاند و کد سی سلنیم
۵۴۱	۱۶-۶ نتیجه‌گیری
۵۴۳	منابع مورد استفاده
۵۵۳	فصل ۱۷. روی
۵۵۴	۱۷-۱ مقدمه
۵۵۵	۱۷-۲ ژئوشیمی روی
۵۵۶	۱۷-۳ ورودی روی در خاک‌ها: ریزش‌های اتمسفری، کودهای حیوانی، اجزای ضلاب
۵۵۹	۱۷-۴ سرنوشت روی در خاک
۵۵۹	۱۷-۴-۱ مکانیزم‌های واکنش شیمیایی خاک: انحلال معدنی، جذب سطحی، پیک شدن محلول
۵۶۱	۱۷-۴-۲ واکنش‌های کند Zn در خاک: مفید برای سمیت، اما نامطلوب برای کاربردها
۵۶۴	۱۷-۴-۳ تعیین شکل‌های مختلف و گونه‌بندی Zn در خاک‌ها
۵۶۶	۱۷-۴-۴ مدل‌ها و داده‌های حلالیت روی در خاک‌های دارای تهویه مناسب
۵۶۷	۱۷-۴-۵ سرنوشت روی در خاک‌های در شرایط احیایی
۵۶۹	۱۷-۵-۱ کمبود روی در گیاهان
۵۶۹	۱۷-۵-۲ کمبود روی در خاک‌ها و زنجیره غذایی انسان
۵۷۲	۱۷-۵-۲ مدیریت کمبود روی: زیست‌غنی‌سازی
۵۷۴	۱۷-۶ سمیت روی در خاک

۵۷۴	۱۷-۶-۱ تأثیر مرور زمان و خصوصیات خاک بر سمیت
۵۷۸	۱۷-۶-۲ سمیت روی در خاک‌های تیمار شده با لجن فاضلاب
۵۷۸	۱۷-۷ ارزیابی خطر روی در خاک
۵۸۲	۱۷-۸ اصلاح خاک‌های آلوده به روی
۵۸۴	منابع مورد استفاده

بخش سوم: دیگر فلزات و شبه‌فلزات سنگین دارای اهمیت زیست‌محیطی

۵۹۱	فصل ۱۸. آنتیمون
۵۹۱	۱۸-۱ مقدمه
۵۹۲	۱۸-۲ منشأ سنگ‌شناسی و ژئوشیمی
۵۹۳	۱۸-۳ رفتار شیمیایی در خاک و قابلیت فراهمی برای گیاهان
۵۹۶	۱۸-۴ آلودگی خاک
۵۹۷	۱۸-۵ خطر سنجی
۵۹۹	منابع مورد استفاده

۶۰۳	فصل ۱۹. باریم
۶۰۳	۱۹-۱ مقدمه
۶۰۴	۱۹-۲ منشأ سنگ‌شناسی و ژئوشیمی
۶۰۵	۱۹-۳ رفتار شیمیایی در خاک و قابلیت فراهمی برای گیاهان
۶۰۷	۱۹-۴ آلودگی خاک
۶۰۸	۱۹-۵ ارزیابی خطر یا خطر سنجی
۶۰۹	منابع مورد استفاده

۶۱۳	فصل ۲۰. طلا
۶۱۳	۲۰-۱ مقدمه
۶۱۵	۲۰-۲ منشأ سنگ‌شناسی و ژئوشیمی
۶۱۷	۲۰-۳ رفتار شیمیایی طلا در خاک و قابلیت فراهمی برای گیاهان
۶۲۰	۲۰-۴ آلودگی خاک
۶۲۱	۲۰-۵ خطر سنجی
۶۲۳	منابع مورد استفاده

فصل ۲۱. مولیندن ۶۲۷

- ۶۲۷ ۱-۲۱ مقدمه
- ۶۲۹ ۲-۲۱ منشأ سنگ شناسی و ژئوشیمی
- ۶۳۰ ۳-۲۱ رفتار شیمیایی در خاک و قابلیت فراهمی برای گیاهان
- ۶۳۲ ۴-۲۱ آلودگی خاک
- ۶۳۳ ۵-۲۱ خطر سنجی
- ۶۳۴ ۶-۲۱ نتیجه گیری
- ۶۳۵ منابع مورد استفاده

فصل ۲۲. قره ۶۳۷

- ۶۳۷ ۱-۲۲ مقدمه
- ۶۳۹ ۲-۲۲ منشأ سنگ شناسی و ژئوشیمی
- ۶۴۰ ۳-۲۲ رفتار شیمیایی در خاک و قابلیت فراهمی برای گیاهان
- ۶۴۱ ۴-۲۲ آلودگی خاک
- ۶۴۲ ۵-۲۲ خطر سنجی
- ۶۴۴ منابع مورد استفاده

فصل ۲۳. قاپم ۶۴۷

- ۶۴۷ ۱-۲۳ مقدمه
- ۶۴۹ ۲-۲۳ منشأ سنگ شناسی و ژئوشیمی
- ۶۴۹ ۳-۲۳ رفتار شیمیایی در خاک و قابلیت فراهمی برای گیاهان
- ۶۵۱ ۴-۲۳ آلودگی خاک
- ۶۵۲ ۵-۲۳ خطر سنجی
- ۶۵۳ منابع مورد استفاده

فصل ۲۴. قلع ۶۵۷

- ۶۵۸ ۱-۲۴ مقدمه
- ۶۵۹ ۲-۲۴ منشأ سنگ شناسی و ژئوشیمی
- ۶۶۰ ۳-۲۴ رفتار شیمیایی در خاک و قابلیت فراهمی برای گیاهان
- ۶۶۲ ۴-۲۴ آلودگی خاک
- ۶۶۴ ۵-۲۴ خطر سنجی
- ۶۶۵ منابع مورد استفاده

۶۶۷	فصل ۲۵. تنگستن
۶۶۷	۱-۲۵ مقدمه
۶۶۸	۲-۲۵ منشأ سنگ شناسی و ژئوشیمی
۶۶۹	۳-۲۵ رفتار شیمیایی در خاک و قابلیت فراهمی برای گیاهان
۶۷۰	۴-۲۵ آلودگی خاک
۶۷۱	۵-۲۵ خطر سنجی
۶۷۲	منابع مورد استفاده

۶۷۵	فصل ۲۶. اورانیم
۶۷۶	۱-۲۶ مقدمه
۶۷۷	۲-۲۶ منشأ سنگ شناسی و ژئوشیمی
۶۷۹	۳-۲۶ رفتار شیمیایی در خاک و قابلیت فراهمی برای گیاهان
۶۸۲	۴-۲۶ آلودگی خاک
۶۸۵	۵-۲۶ خطر سنجی
۶۸۶	۱-۵-۲۶ اورانیم تهی شده (DU)
۶۸۶	۲-۵-۲۶ اورانیم در آبهای زیرزمینی و شامیر
۶۸۸	۳-۵-۲۶ توریم
۶۸۹	منابع مورد استفاده

۶۹۱	فصل ۲۷. ولادیم
۶۹۱	۱-۲۷ مقدمه
۶۹۳	۲-۲۷ منشأ سنگ شناسی و ژئوشیمی
۶۹۳	۳-۲۷ رفتار شیمیایی در خاک و قابلیت فراهمی برای گیاهان
۶۹۶	۴-۲۷ آلودگی خاک
۶۹۶	۵-۲۷ خطر سنجی
۶۹۸	منابع مورد استفاده
۷۰۱	حروف اختصاری

مقدمه مترجم

دانش بشر همواره با سرعتی شگفت‌آور در حال گسترش است. در همین راستا، تمامی مؤلفه‌های محیط زیست، از جمله خاک مورد استفاده شدید روزمره انسان قرار گرفته که در نتیجه وضعیت آن‌ها همواره در حال تغییرات کمی و کیفی است. در این راستا استفاده از روش‌ها و فناوری‌های جدید نیز باعث تشدید سرعت ورود انواع عناصر مختلف شیمیایی از جمله فلزات سنگین به محیط زیست در زندگی روزمره انسان گردیده است. متأسفانه یکی از پیامدهای ناگه‌ار این امر، آلودگی سیستم‌های زیست محیطی مانند خاک و آب است. بدیهی است آگاهی از رفتار فیزیکی شیمیایی و بیولوژیکی عناصر سنگین در خاک و تأثیر آن‌ها بر موجودات زنده و انسان ضروری است. بر این اساس، ما بریت خاک‌های آلوده در ابتدا لازم است نسبت به ویژگی‌های آلاینده‌ها شناخت کافی پیدا کرد. متأسفانه تاکنون انتشار این کتاب، منبع جامعی در مورد مبانی آلودگی فلزات سنگین در خاک به زبان فارسی منتشر نشده است. در این کتاب به‌طور جامع به خصوصیات خاک شناختی و فیزیکوشیمیایی طیف گسترده‌ای از (۲۰) فلزات سنگین پرداخته شده است که از مهم‌ترین آلاینده‌های زیست محیطی به شمار می‌روند. این نکته قابل تأمل است که کتاب حاضر که ترجمه ویرایش سوم آن است پژوهش‌ها و یافته‌های جدید در زمینه آلودگی فلزات سنگین در خاک را که در فاصله چاپ‌های قبلی به انجام رسیده و منتشر شده است به‌خوبی دربرگرفته است. ویرایش اخیر حاوی اطلاعات جامعی در مورد (شبه) فلزات سنگین آنتیموان، آرسنیک، باریم، کادمیم، کروم، کبالت، مس، طلا، سرب، منگنز، جیوه، مولیبدن، نیکل، سلنیم، نقره، تالیم، قلع، تنگستن، اورانیم، واندیم و روی است. این کتاب شامل اطلاعات ارزشمندی درباره منبع و مقدار فلزات سنگین، اهمیت زیست محیطی و عوامل مؤثر بر رفتار فیزیکوشیمیایی آن‌ها در خاک، شکل‌های مختلف شیمیایی این عناصر در خاک، قابلیت‌های فراهمی و همچنین آلودگی و خطر سنجی آن‌ها در سیستم‌های خاک-گیاه-انسان است.

برخود وظیفه می‌دانم که از همکاران محترم آقایان دکتر سعید ملک‌زاده، دکتر امیر لکزیان، و دکتر

پرویز رضوانی مقدم که در انتخاب برخی واژه‌های تخصصی پیشنهادهای مفیدی کردند، قدردانی شود. همچنین از دانشجویان سابق دکتری علوم خاک خانم‌ها دکتر الهام امیری خوشان و دکتر محبوبه اسلامی که در ترجمه پیش‌نویس اولیه برخی فصل‌ها (به ترتیب فصل‌های ۱ تا ۷، و فصل ۲۱) همکاری داشتند تشکر می‌شود.

امیر فتوت

استاد گروه علوم خاک دانشگاه فردوسی مشهد

تابستان ۱۳۹۷

www.ketab.ir

پیشگفتار

شناخت از و ورد، فراهمی فلزات و شبه فلزات سنگین در خاک از اهمیت ویژه‌ای در حفظ سلامت محیط‌زیست محصولات کشاورزی و دامی، کیفیت غذا و آب و سمیت برخوردار است. غلظت (شبه) فلزات سنگین در خاک، یکی در خاک‌های غیر آلوده، می‌تواند تا حد زیادی متفاوت باشد. وجود ترکیبات گوناگون در شیمیایی سنگ‌های تشکیل دهنده مواد مادری خاک‌ها و نیز تفاوت در شدت فرایندهای خاک‌سازی می‌تواند باعث ایجاد دامنه گسترده‌ای از غلظت کل و قابل‌دسترس اکثر عناصر در خاک، حتی در خاک‌های غیر آلوده گردند. با این وجود، آلودگی ناشی از بسیاری از منابع اغلب سبب افزایش شدید غلظت (شبه) فلزات سنگین گردید که منجر به سمیت در موجودات زنده خاک و گیاهان حساس می‌شود که البته این حساسیت به عوامل مؤثر در زیست‌فراهمی این عناصر بستگی دارد.

این کتاب حاضر دربرگیرنده وجود، رفتار شیمیایی در خاک و جنبه‌های خاک-گیاه-حیوان (شبه) فلزات سنگین بوده و به‌طور مجزا دارای اطلاعات دقیقی در مورد ۲۱ عنصر آنتیموان، آرسنیک، باریم، کادمیم، کروم، کبالت، مس، طلا، سرب، منگنز، جیوه، نیکل، سلنیم، نقره، تالیم، قلع، تنگستن، اورانیم، واندیم و روی است.

این کتاب سومین ویرایش این اثر بوده که پیش‌از این در سال‌های ۱۹۰ و ۱۹۶۰ انتشار یافته و شامل بازنویسی کامل آن توسط نویسندگان و فصل‌های جدید است. ساختار ویرایش دوم عمدتاً مانند دو ویرایش قبلی بوده که بخش اول آن دربرگیرنده «مبانی اصلی» و بخش دوم آن شامل «فلزات و شبه فلزات سنگین مهم» است. البته بخش اول با اضافه شدن چهار فصل جدید از گستره موضوعی بیشتری در مورد سمیت در موجودات زنده خاک (فصل ۵)، روابط خاک-گیاه (فصل ۶)، (شبه) فلزات سنگین به‌عنوان عناصر کم‌مصرف در گیاهان و یا حیوانات (فصل ۷) و مدل‌سازی بار بحرانی فلزات سنگین در خطرسنجی و قوانین زیست‌محیطی (فصل ۸) برخوردار شده است. بخش دوم مانند ویرایش‌های قبل شامل آرسنیک، کادمیم، کروم، کبالت، مس، سرب، جیوه، نیکل، سلنیم و روی است. بخش جدیدی با عنوان بخش سوم

به این ویرایش از کتاب افزوده شده که دربرگیرنده «دیگر (شبه) فلزات سنگین دارای اهمیت و پتانسیل از نظر زیست محیطی» هستند که عبارت‌اند از: آنتیموان، باریم، طلا، مولیبدن، نقره، تالیم، قلع، تنگستن، اورانیم و وانادیم (دو فصل باریم و تنگستن به تازگی افزوده شده‌اند).

این کتاب مانند ویرایش‌های گذشته آن برای دانشجویان سال آخر کارشناسی و دانشجویان تحصیلات تکمیلی، پژوهشگران و متخصصان رشته‌های زیست محیطی، علوم خاک، ژئوشیمی، زراعت، بهداشت محیط و کارشناسان مرتبط در زمینه مدیریت محیط زیست و آلودگی‌زدایی اراضی آلوده قابل استفاده و مفید است.

برایان جی. آلوی (ویراستار)

ژانویه ۲۰۱۲، دانشگاه ردینگ، بریتانیا

www.ketab.ir