

به نام خالق زیبایی‌ها

عنوان کتاب:

احیای اراضی آلوده به فلزات سنگین با بکارگیری فناوری‌های نوین

تالیف و گردآوری:

دکتر یحانه عظیمی

(دکتری علوم مرتع، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان)

دکتر غلامعلی حشمتی

(عضو هیات علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان)

دکتر محمدکیا کیانیان نوافلانی

(عضو هیات علمی دانشکده کویرشناسی دانشگاه سیستان)

تیرماه ۱۳۹۷

سرشناسه	: عظیمی، ریحانه، ۱۳۶۶ -
عنوان و نام پدیدآور	: احیای اراضی آلوده به فلزات سنگین با بکارگیری فناوری‌های نوین/نویسندگان ریحانه عظیمی، غلامعلی حشمتی، محمدکیا کیانیان گل‌افشانی.
مشخصات نشر	: تهران: انتشارات سرخابی، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	: ۲۰۸ص.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۸۶۵۱-۲۶-۰
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
موضوع	: خاک - آلودگی
موضوع	: Soil pollution
موضوع	: خاک - میزان فلزات سنگین
موضوع	: Soils -- Heavy metal content
شناسه افزوده	: حشمتی، غلامعلی، ۱۳۳۲ -
شناسه افزوده	: کیانیان، محمدکیا، ۱۳۵۹ -
رده بندی کنگره	: ۶۲۸/۵۰۷ الف ۳/ع/۸۷۸/۸ TD
رده بندی دیویی	: ۶۲۸/۵۰۷
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۳۴۰۰۲

عنوان کتاب: احیای اراضی آلوده به فلزات سنگین با بکارگیری فناوری‌های نوین
 نویسندگان: دکتر ریحانه عظیمی، دکتر غلامعلی حشمتی، دکتر محمدکیا کیانیان گل‌افشانی
 صفحه‌آرا: کیمیا قادری
 چاپ و صحافی: انتشارات راه
 ناشر: سرخابی
 شمارگان: ۲۰۰۰ جلد
 سال نشر: ۱۳۹۷
 نوبت چاپ: اول
 قیمت: ۳۰۰۰۰ تومان
 شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۸۶۵۱-۲۶-۰

کلیه حقوق برای مولفان محفوظ است.

تکثیر تمامی یا قسمتی از این اثر به صورت حروفچینی یا چاپ مجدد، چاپ
 افست، فتوکپی و انواع دیگر چاپ ممنوع است و پیگرد قانونی دارد.

۱. فصل اول

۱-۱. کلیات

۱۴	۱-۱-۱. مقدمه
۱۸	۱-۱-۲. تأثیرات محیطی زمین‌های معدن رها شده
۱۸	۱-۲-۱. اثرات بالقوه زمین‌های معدن رها شده بر سلامت انسان
۲۰	۱-۲-۱-۱. تأثیر زمین‌های معدن رها شده بر سلامت خاک
۲۰	۱-۲-۱-۲. اثر زمین‌های معدن رها شده بر اکوسیستم آبی
۲۱	۱-۲-۱-۳. اثرات زمین‌های معدن رها شده بر تنوع زیستی
۲۱	۱-۳-۱. احیاء اکولوژی چیست؟
۲۲	۱-۴-۱. روش‌های سطح استخراج در معدنکاری
۲۳	۱-۴-۱-۱. روش استخراج در معدنکاری
۲۵	۱-۴-۱-۲. روش استخراج مستقیم
۲۶	۱-۴-۱-۳. روش استخراج کنتوری
۲۷	۱-۴-۱-۴. روش استخراج کنتوری اصلاح شده
۲۷	۱-۴-۱-۵. روش استخراج هیدرولیکی
۲۷	۱-۵-۱. اثرات زیست محیطی استخراج کانسارهای فلزی
۳۱	۱-۶-۱. کاهش آلودگی گیاهان و محصولات کشاورزی به اثرات سنگین
۳۵	۱-۷-۱. واکنش گیاهان به فلزات سنگین
۳۶	۱-۷-۱-۱. گیاه‌پالایی

۲. فصل دوم

۱-۲. عوامل موثر در احیای اراضی آلوده

۴۰	۱-۲-۱. عوامل طبیعی
۴۰	۱-۲-۱-۱. عامل توپوگرافی
۴۰	۱-۲-۱-۲. عامل جوی

۴۰	 ارتفاع ۳-۱-۱-۲
۴۱	 قرار گرفتن در معرض خورشید ۴-۱-۱-۲
۴۱	 هیدرولوژی ۵-۱-۱-۲
۴۱	 زمین شناسی ۶-۱-۱-۲
۴۱	 خاک ۷-۱-۱-۲
۴۲	 عوامل دیگر ۲-۱-۲
۴۲	 موقعیت ۱-۲-۱-۲
۴۲	 شرایط اطراف معدن ۲-۱-۱-۲
۴۲	 خصوصیات مردم منطقه ۳-۱-۱-۲

۳. فصل سوم

۱-۳. روش‌های اصلی ارزیابی تخریب یافته و آلوده

۴۴	 مقدمه ۱-۱-۳
۵۰	 میکوریزا ۲-۱-۳
۵۰	 تعریف، تاریخچه و خصوصیات، نیازشناسی میکوریزا ۱-۲-۱-۳
۵۱	 انواع میکوریزا ۲-۲-۱-۳
۵۴	 مراحل رشد قارچ VAM ۳-۲-۱-۳
۵۶	 اهمیت همزیستی میکوریزا ۴-۲-۱-۳
۵۶	 اهمیت همزیستی میکوریزا برای گیاهان ۱-۴-۲-۱-۳
۵۹	 اهمیت همزیستی میکوریزا برای انسان ۲-۴-۲-۱-۳
۵۹	 اهمیت همزیستی میکوریزا برای قارچ میکوریزا ۳-۴-۲-۱-۳
۶۰	 رابطه همزیستی میکوریزی و تنش‌های محیطی ۵-۲-۱-۳
۶۰	 اهمیت قارچ میکوریزا بر استقرار و احیای مراتع ۶-۲-۱-۳
۶۳	 اجتماع میکوریزی در خاک آلوده به فلزات سنگین ۷-۲-۱-۳
۶۴	 استفاده از میکوریزا در احیای مناطق آلوده به پسماندهای معدنی ۱-۷-۲-۱-۳
۶۵	 قابلیت‌ها ۸-۲-۱-۳
۶۸	 محدودیت‌ها ۹-۲-۱-۳
۶۹	 نتیجه‌گیری ۱۰-۲-۱-۳

- ۱-۲-۳. استفاده از میکوریزا در احیای مناطق شور و قلیا ۷۰
- ۱-۲-۱۱-۳. قابلیت‌ها ۷۰
- ۲-۱۱-۳. محدودیت‌ها ۷۱
- ۱-۲-۱۲. استفاده از میکوریزا در احیای مناطق خشک ۷۱
- ۱-۲-۱۲-۳. قابلیت‌ها ۷۲
- ۲-۱۲-۳. محدودیت‌ها ۷۲
- ۱-۲-۱۳. استفاده از میکوریزا در احیای مناطق تخریب یافته بواسطه فعالیت‌های انسانی ۷۳
- ۱-۲-۱۳-۳. قابلیت‌ها ۷۳
- ۲-۱۳-۳. محدودیت‌ها ۷۴
- ۱-۳. زئولیت (Zeolite) ۷۵
- ۱-۳-۱. غرالی و لکولی ۷۷
- ۲-۳-۱. مادل و سیون ۷۹
- ۳-۳-۱. کاربرد زئولیت در بالاش محصولات نفتی ۸۱
- ۴-۳-۱. کشاورزی و بالاش ۸۱
- ۱-۴-۳-۱. حاصلخیز کنندگی خاک ۸۳
- ۲-۴-۳-۱. تهویه و اصلاح خاک ۸۴
- ۳-۴-۳-۱. تهیه کودهای گیاهی و تهیه زیوپونس (Zeoponics) ۸۴
- ۴-۴-۳-۱. استفاده از زئولیت در خاک بستر گیاهان ششی ۸۴
- ۵-۳-۱. تغذیه حیوانات ۸۵
- ۶-۳-۱. معدنکاری و متالورژی ۸۵
- ۷-۳-۱. تثبیت کننده ۸۶
- ۴-۱-۳. سوپر جاذب‌ها ۸۶
- ۱-۴-۱. عملکرد، ساختار و خصوصیات هیدروژل ۸۶
- ۲-۴-۱. مزایای استفاده از هیدروژل‌ها ۹۱
- ۵-۱-۳. گیاه پالایی ۹۷
- ۱-۵-۱. گیاه تثبیتی (Phytostabilisation) ۹۹
- ۲-۵-۱. ریشه صافی (Rhizofiltration) ۱۰۱

- ۳-۵-۱-۳. گیاه استخراجی یا تجمعی (Phytoextraction or phytoaccumulation) ۱۰۳
- ۳-۵-۱-۴. گیاه تبخیری (Phytovolatilization) ۱۱۵
- ۳-۵-۱-۵. گیاه تجزیه‌ای (Phytodegradation) ۱۱۵
- ۳-۵-۱-۶. ریشه تجزیه‌ای یا تجزیه ریزوسفری (Rhizodegradation) ۱۱۷
- ۳-۵-۱-۷. مزایا و معایب گیاه‌پالایی (Ghosh and Singh, 2005) ۱۱۸
- ۳-۵-۱-۸. استفاده از گیاه‌پالایی و بیوجار برای حذف فلزات سنگین از خاک‌های آلوده ۱۲۱
- ۳-۱-۶. بیوجار (Biochar) ۱۲۲
- ۳-۱-۶-۱. مکانیسم تعامل بین بیوجار و فلزات سنگین ۱۲۲
- ۳-۱-۶-۲. ترکیب بیوجار و گیاه‌پالایی ۱۲۳
- ۳-۱-۶-۳. سنجش‌گری و نیازهای تحقیقاتی ۱۲۹
- ۳-۱-۷. گیاهان تراریخته ۱۲۹
- ۳-۱-۸. انرژی‌های نو ۱۳۱
- ۳-۱-۹. زیست‌پالایی توسط میکروارگانیسم‌ها ۱۳۱
- ۳-۱-۱۰. استفاده از نانوفناوری برای پاک‌سازی ۱۳۲
- ۳-۱-۱۱. نرم‌افزار ژئومتریک ۱۳۳
- ۳-۱-۱۲. سفت‌سازی اضافات معدنی ۱۳۳
- ۳-۱-۱۳. واجذبی حرارتی ۱۳۳
- ۳-۱-۱۴. دیگر مواد یا روش جهت اصلاح ۱۳۳

۴. فصل چهارم

۴-۱. گیاهان و مواد مناسب جهت احیای زمین‌های آلوده

- ۴-۱-۱. گونه‌های گیاهی مناسب برای انواع روش‌های گیاه‌پالایی ۱۴۲
- ۴-۱-۱-۱. لگوم‌ها ۱۷۰
- ۴-۱-۱-۲. گراس‌ها ۱۷۲
- ۴-۱-۱-۲-۱. گراس وتیور (*V. zizanioides*) ۱۷۳
- ۴-۱-۱-۲-۲. جنس *Miscanthus* ۱۷۴
- ۴-۱-۱-۲-۳. نی (*Phragmites australis*) ۱۷۷
- ۴-۱-۱-۳. ختمی (*Alcea rosea*) ۱۷۸

- ۱۷۹ (Calendula officinalis) گل همیشه بهار ۴-۲-۱-۱-۴
- ۱۸۰ (Marattiales, Ophioglossales and leptosporangiate ferns) سرخس ۵-۲-۱-۱-۴
- ۱۸۲ ۲-۱-۴. مطالعات تاثیر بیوجار بر فلزات سنگین خاک ترکیب با اصلاح کننده های گیاهی

۵. فصل پنجم

۱-۵. کاربرد و مدیریت اراضی اصلاح شده

- ۱۸۴ ۱-۱-۵. کاربرد
- ۱۸۴ ۱-۱-۱-۵. جنگل کاری و ایجاد کمر بند سبز
- ۱۸۴ ۲-۱-۱-۵. ایجاد پارک تفریحی، زیباسازی، ایجاد دریاچه مصنوعی با هدف
- ۱۸۴ ۳-۱-۱-۵. فعالیت های کشاورزی
- ۱۸۵ ۴-۱-۵. مدیریت اراضی اصلاح شده
- ۱۸۶ ۱-۲-۱-۵. اجزای مدیریت
- ۱۸۶ ۱-۱-۲-۱-۵. استراتژی مدیریت
- ۱۸۶ ۲-۱-۲-۱-۵. مراقبت
- ۱۸۶ ۳-۱-۲-۱-۵. مراقبت بعد
- ۱۸۷ ۴-۱-۲-۱-۵. تعمیرات
- ۱۸۸ منابع

پیشگفتار

فعالیت‌های صنعتی، معدنکاو، شهری و کشاورزی به علت آلاینده‌های معدنی مانند فلزات و شبه-فلزات، موجب آلودگی خاک و آب در سراسر جهان می‌شوند. خاک‌های آلوده به فلزات سنگین، که فاقد پوشش گیاهی و بی‌ثبات هستند، توسط فرسایش آبی و بادی به رسوبات رودخانه‌ها و شهرهای اطراف آن‌ها منتقل می‌شوند. در صورت عدم بازسازی پوشش گیاهی و تثبیت خاک‌های آلوده به فلزات سنگین، این امر می‌تواند موجب آلوده کردن هوا، آب (سطحی و زیرزمینی) و خاک شده و بر محیط-زیست اثرات مخربی بگذارد. آلودگی خاک نه تنها یک مسئله اجتماعی و بهداشتی است، بلکه دارای نگرانی‌های اقتصادی مربوط به هزینه‌های بالای اصلاح خاک‌های آلوده (خصوصاً فلزات سنگین) می-باشد. بنابراین، تنها چند کشور توسعه یافته (آمریکا، هلند، آلمان، استرالیا)، اقدامات اصلاح خاک را شروع کرده‌اند. در حالی که بسیاری از کشورها در حال توسعه هنوز پروژه بازسازی را شروع نکرده‌اند، هرچند که تحت تاثیر اثرات زیست محیطی بالا قرار دارند. از این رو، با توجه به بین رشت‌های بودن مسئله، مدیریت موفقیت آمیز زمین‌های آلوده به فلزات سنگین به تخصص و تعامل بین تعدادی از رشته‌های علمی و مهندسی بستگی دارد. از این رو، بر آن شدیم، با توجه به تجربه علمی و عملی چندین ساله در این حوزه، کتابی را به جهت مدیریت این اراضی با کمک روش‌های نوین و استانداردهای دنیا تألیف کنیم. در کتاب حاضر، سعی بر دغای مجموعه‌ای از کارهای انجام شده نویسندگان با تجربیات سایر محققان در کشور و منابع معتبر علمی با همدیگر است، که ضمن ارائه مفاهیم پایه و نظری، جنبه‌های کاربردی روش‌های احیای پوشش گیاهی مناطق آلوده به فلزات سنگین برای خوانندگان محترم ارائه می‌شود. به طور کلی، عناوین تحول حلال نگاشته شده در این کتاب شامل، فصل اول، به کلیاتی در مورد موضوع مورد بحث، فصل دوم، به بررسی عوامل موثر در احیای اراضی آلوده، فصل سوم، به روش‌های اصلاح اراضی تخریب‌یافته و آلوده، فصل چهارم، به گیاهان و مواد مناسب جهت احیای اراضی آلوده و فصل پنجم به کاربرد و مدیریت اراضی اصلاح شده می‌باشد. امید است، که این مجموعه، رهنمونی در جهت احیای پوشش گیاهی مراتع تخریب یافته و محیط زیست کشورمان باشد و برای اساتید دانشگاه، دانشجویان، محققان و علاقمندان به منابع طبیعی و محیط زیست مفید واقع گردد.

ختم کلام اینکه، این کتاب میسر نبود مگر به جهت لطف و همکاری بسیاری از عزیزان که ذکر نام آن-ها در این مختصر مقدور نیست. در مراحل تدوین این کتاب از نظرات ارزشمند اساتید بزرگوار آقای دکتر علیرضا کوچکی، استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد و آقای دکتر غلامعلی

حشمتی، استاد دانشکده مرتع و آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان بهره‌مند شدیم، لذا از لطف و عنایت ایشان بسیار سپاسگزاریم. با وجود رعایت دقت در حفظ امانت و اصول علمی، این اثر قطعاً خالی از اشکال نیست، بنابراین از خوانندگان محترم استدعا داریم، که نظرات، انتقادات و پیشنهادهای اصلاحی خود را ارسال دارند، تا در چاپ‌های بعدی کتاب مورد استفاده قرار گیرد.

با احترام

نویسندگان

تابستان ۱۳۹۷

www.ketab.ir