



Food and Agriculture  
Organization of the  
United Nations



وزارت جهاد کشاورزی  
معاونت آب و خاک



# آلودگی خاک واقعیتی پنهان



GLOBAL SOIL  
PARTNERSHIP



## Authors

*Natalia Rodríguez Eugenio, FAO*

*Michael McLaughlin, University of Adelaide*

*Daniel Pennock, University of Saskatchewan (ITPS Member)*

## مترجمين

حامد رضايي، سعيد سعادت، رسول ميرخاني، ليلا اسمعيل نژاد و پريسا ملكي





# آلودگی خاک: واقعیتی پنهان

Published by arrangement with the  
Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)  
by the  
Soil and Water Research Institute – Islamic Republic of Iran

منتشر شده با تنظیمات سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (FAO)  
توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب – جمهوری اسلامی ایران

این اثر توسط سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد- فائو (FAO) به زبان انگلیسی با عنوان "Soil pollution : a hidden reality" منتشر شده است. این ترجمه فارسی توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب تنظیم گردیده است. در صورت مغایرت، نسخه زبان اصلی این اثر ارجحیت خواهد داشت."

"عناوین بکار رفته و مطالب مندرج در این اثر به هیچ وجه به معنای بیان عقاید خاص از طرف سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد (FAO) در مورد وضعیت حقوقی یا توسعه‌ای هر کشور، قلمرو، شهر یا منطقه یا مقامات آن، یا در مورد تعیین مرزها یا سرحدات آن کشور نمی‌باشد. اشاره به نام شرکت‌ها یا محصولات تولیدکنندگان خاص در این اثر، چه ثبت اختراع داشته باشند یا خیر، به معنای تأیید و توصیه آن‌ها توسط فائو نسبت به سایر شرکت‌ها و محصولات مشابهی که در این اثر ذکر نشده‌اند نمی‌باشد. نظرات بیان شده درخصوص این اطلاعات مربوط به نویسنده(ها) بوده و لزوماً منعکس کننده نظرات یا سیاست‌های سازمان فائو نیست."

©"SWRI, 2020

©"FAO, 2018

ISBN: 978-622-6705-04-2

سرشناسه	: رادریگز، انوجنیو ناتال Rodríguez Eugenio, Natalie
عنوان و نام پدیدآور	: آلودگی خاک واقعی پنهان / [نویسندگان] انوجنیو ناتال رادریگز، ام.جی. مک لاکین، دنیل پنوک؛ [به سفارش] مشارکت جهانی خاک؛ ترجمه اعضای بخش تحقیقات اصلاح خاک و مدیریت پایدار اراضی حامد رضائی ... [و دیگران]؛ [برای] وزارت جهاد کشاورزی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. کرج: موسسه تحقیقات خاک و آب، ۱۳۹۸.
مشخصات نشر	: ۸۱ ص.
مشخصات ظاهری	: کتاب‌های پژوهشی و علمی؛ ۲.
فروست	: 978-622-6705-04-2
شابک	
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: ترجمه اعضای بخش تحقیقات اصلاح خاک و مدیریت پایدار اراضی حامد رضائی، سعید سعادت، رسول میرخانی، لیلا اسمعیل نژاد، پریسا ملکی.
یادداشت	: عنوان اصلی: © 2018. Soil pollution : a hidden reality.
موضوع	: خاک -- آلودگی
موضوع	: Soil pollution
شناسه افزوده	: مک لافلین، ام. ج.
شناسه افزوده	: McLaughlin, M. J.
شناسه افزوده	: پناک، دانیل جان
شناسه افزوده	: Pennock, Daniel John
شناسه افزوده	: رضایی، حامد، ۱۳۵۰ - مترجم
شناسه افزوده	: موسسه تحقیقات خاک و آب
شناسه افزوده	: Soil & water research institute
شناسه افزوده	: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
شناسه افزوده	: مشارکت جهانی خاک
شناسه افزوده	: Global Soil Partnership
رده بندی کنگره	: TD ۸۷۸
رده بندی دیویی	: ۶۲۸/۵۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۸۳۴۸۵۵

### عنوان: آلودگی خاک: واقعی پنهان

مترجمین: حامد رضائی، سعید سعادت، رسول میرخانی، لیلا اسمعیل نژاد و پریسا ملکی

ناشر: موسسه تحقیقات خاک و آب (به سفارش معاونت آب و خاک)

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: انتشارات سنا

کارشناس انتشارات: زهرا محمدی

ویراستار: زهرا محمدی

صفحه آرا: سمانه پورمنصور

طراح جلد: سید هرمز سجادی

شمارگان: ۴۵۰ نسخه

قیمت: ۵۰۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۶۷۰۵-۰۴-۲

سال انتشار: ۱۳۹۹

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

این اثر با شماره ۹۸-۱۱ K در تاریخ ۹۸/۷/۱ در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است.

نشانی: کرج، میدان استاندارد، جاده مشکین دشت، بعد از زرکان نو، بلوار امام خمینی (ره)، موسسه

تحقیقات خاک و آب، کد پستی: ۳۱۷۷۹۹۳۵۴۵ - صندوق پستی: ۳۱۱-۳۱۷۸۵

تلفن: ۰۲۶-۳۶۲۰۱۹۰۰ دورنگار: ۰۲۶-۳۶۲۱۰۱۲۱

Website: [www.swri.ir](http://www.swri.ir)

Email: [info@swri.ir](mailto:info@swri.ir)

نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

اسامی و مواد مورد استفاده در این دستنامه، بیانگر دیدگاه هیچ بخشی از سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد (فائو) در ارتباط با وضعیت حقوقی یا توسعه هر کشور، قلمرو، شهر یا منطقه یا مقامات آن و یا در مورد تعریف مرز یا مرزهای آن نیست. اشاره به شرکت‌ها و یا محصولات خاص، صرف‌نظر از اینکه ثبت شده یا نشده باشند، به این معنی نیست که این موارد توسط سازمان فائو مورد تأیید یا توصیه قرار گرفته است و به دیگر محصولات مشابه که نامی از آن‌ها برده نشده است ترجیح داده می‌شوند. دیدگاه‌هایی که در این دستنامه مطرح می‌شود، مربوط به نویسنده (ها) هستند و لزوماً دیدگاه‌ها یا سیاست‌های سازمان فائو را منعکس نمی‌کنند.

ISBN 978-92-5-130505-8

© FAO, 2018

فائو استفاده، تکثیر و انتشار موضوعات در این دست‌نامه را تشویق می‌کند. به‌غیر از موارد ذکر شده، کپی، دانلود تکثیر محتوای نشریه برای اهداف خصوصی، پژوهشی و تدریس، یا برای استفاده در محصولات یا خدمات غیرتجاری، با توجه به تاییدیه فائو به‌عنوان صاحب اثر بلامانع است و اینکه فائو دیدگاه‌ها، محصولات یا خدمات استفاده‌کنندگان این نشریه را به‌هیچ‌وجه تایید نمی‌کند.

تمام درخواست‌های مربوط به ترجمه و اقتباس و همچنین برای فروش دوباره و دیگر استفاده‌های تجاری از این دستنامه باید از طریق سایت [www.fao.org/contact-us/licence-request](http://www.fao.org/contact-us/licence-request) انجام شود یا به آدرس [copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org) ارسال شود.

دستنامه‌ها و نشریات فائو در سایت این سازمان به آدرس [www.fao.org/publications-sales@fao.org](http://www.fao.org/publications-sales@fao.org) موجود است و می‌توانید آن‌ها را از طریق سایت [publications-sales@fao.org](http://www.fao.org/publications-sales@fao.org) خریداری کنید.



## آلودگی خاک: واقعیتی پنهان

### اسامی مؤلفین:

ناتالیا رودریگز اوگنیو، فائو

میشل مک لاگلین، دانشگاه آدلاید

دانیل پیناک، دانشگاه ساسکاچوان (عضو ITPS)

### اسامی داوران:

گری م. پی یرزینسکی، دانشگاه ایالتی کانزاس (عضو ITPS)

لوکا مونتانارلا، عضو کمیسیون اروپا (عضو ITPS)

جوآن کامرما استفنسن، بازنشسته (عضو ITPS)

زی نب بازا، فائو

رونالد وارگاس، فائو

### اسامی همکاران:

قهرمان اونلو، دانشگاه صنعتی خاور میانه

اوا کوهل اشמיד، فائو

اوگزان پرمینووا، فائو

الیزابتا تاگلیاتی، فائو

اولگاریو مونیز اوگارتہ، آکادمی علوم کوبا

امان اللہ خان، دانشگاه کشاورزی پیشاور (عضو ITPS)

### ویرایش، طراحی و چاپ:

لیدل پینوک، دانشگاه ساسکاچوان

ماتئو سالا، فائو

ایزابل وربک، فائو

گیولیا استانکو، فائو



## خلاصه اجرایی

"آلودگی خاک" به حضور یک عنصر یا ماده شیمیایی در خارج از مکان و یا وجود آن در غلظتی بالاتر از حد معمولی که اثرات مخربی بر موجودات زنده غیرهدف دارد اطلاق می‌شود. آلودگی خاک را اغلب نمی‌توان به‌طور مستقیم ارزیابی نمود و یا به‌صورت مستقیم با چشمان مشاهده کرد، از این‌رو به‌صورت خطری پنهان تلقی می‌شود. وضعیت گزارش منابع خاک دنیا (SWSR) آلودگی خاک را به‌عنوان یکی از مهم‌ترین تهدیدات خاک مؤثر بر خاکه‌ای جهان و خدمات اکوسیستمی ارائه شده توسط آن‌ها شناسایی کرده است.

نگرانی در مورد آلودگی خاک در هر منطقه رو به رشد است. به تازگی مجمع محیط‌زیست سازمان ملل متحد (UNEA-3) طی قطعنامه‌ای خواستار اقدامات سریع و همکاری برای حل و مدیریت آلودگی خاک شده است. این توافق که با حضور بیش از ۱۷۰ کشور به‌دست آمده است، نشانه مشخصی از ارتباط جهانی آلودگی خاک و تمایل این کشورها برای ایجاد راه‌حل‌های مناسب برای رسیدگی به علل و تأثیرات این تهدید اصلی است.

منابع اصلی آلودگی خاک ایجاد شده به دست بشر، مواد شیمیایی هستند که در محصولات تولیدی از فعالیت‌های صنعتی، زباله‌های خانگی، دامداری‌ها و پسماندهای شهری (از جمله فاضلاب)، نهاده‌های شیمیایی کشاورزی و محصولات و مشتقات نفتی و پتروشیمی وجود دارند. این مواد شیمیایی یا به‌طور تصادفی همانند نشت نفت و شیرابه‌های محل‌های دفن زباله به محیط‌زیست منتقل می‌شوند، و یا به‌صورت عمدی در اثر استفاده از کودها، آفت‌کش‌ها، آبیاری با فاضلاب تصفیه نشده و لجن فاضلاب به اراضی زراعی افزوده می‌شوند. همچنین آلودگی خاک می‌تواند ناشی از نهشت‌های اتمسفری حاصل از ذوب، حمل‌ونقل، اسپری کردن آفت‌کش‌ها و احتراق ناقص بسیاری از مواد و نیز رسوب رادیونوکلئید از آزمایش‌ها سلاح‌های اتمی و حوادث هسته‌ای باشد. نگرانی‌های جدیدی در مورد آلودگی‌های نوظهور مانند داروها، اختلالات غدد درون‌ریز، هورمون‌ها، سموم و همچنین آلاینده‌های زیستی مانند میکرو آلاینده‌ها که شامل باکتری‌ها و ویروس‌ها هستند مطرح شده است.

براساس شواهد علمی، آلودگی خاک می‌تواند خدمات اکوسیستمی ارائه شده توسط خاک را به شدت تخریب کند. آلودگی خاک از طریق کاهش تولید محصول به علت

سمیت آلاینده‌ها و نیز تولید محصولات ناسالم از خاک‌های آلوده برای مصرف حیوانات و انسان‌ها، امنیت غذایی را کاهش می‌دهد. بسیاری از آلاینده‌ها (محتوی عناصر مغذی مهم مانند نیتروژن و فسفر) از خاک به آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی منتقل می‌شوند که باعث ایجاد آسیب‌های زیست‌محیطی از طریق هوپرورش (اوتریفیکاسیون) و مسائل مستقیم مربوط به سلامتی انسان به دلیل آلودگی آب آشامیدنی می‌شود. آلاینده‌ها به‌طور مستقیم، برای میکروارگانیسم‌ها و ارگانیسم‌های بزرگ‌تر ساکن خاک (خاکزی) مضر بوده و از این طریق بر تنوع زیستی خاک و خدماتی که توسط ارگانیسم‌های خاک ارائه می‌شود، تأثیر می‌گذارند.

نتایج تحقیقات علمی نشان می‌دهد که آلودگی خاک به‌طور مستقیم بر سلامت انسان تأثیر می‌گذارد. خطرات سلامتی انسان از آلودگی با عناصری همانند آرسنیک، سرب و کادمیم، مواد شیمیایی آلی از قبیل بیفنیل‌های چندکلره و هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای و داروهای دیگر مانند آنتی‌بیوتیک‌ها افزایش می‌یابد. خطرات بهداشتی در ارتباط با آلودگی گسترده خاک توسط رادیونوکلئیدها از فاجعه چرنوبیل در سال ۱۹۸۶، در حافظه تاریخی همه جهانیان ماندگار است.

اصلاح خاک‌های آلوده ضروری است و تحقیقات همچنان برای توسعه نوین و بهبود روش‌های اصلاح مبتنی بر علم، ادامه دارد. رویکردهای ارزیابی خطر در سراسر جهان شبیه بوده و شامل یک سری از مراحل برای شناسایی و بررسی این‌که آیا مواد طبیعی یا انسان‌زاد عامل آلودگی خاک هستند و اینکه میزان آلودگی آن به سلامت انسان و محیط‌زیست منجر شده است یا نه می‌باشند. روش‌های اصلاح (احیا) پرهزینه فیزیکی مانند غیر فعال‌سازی شیمیایی یا جداسازی عناصر شیمیایی در زباله‌های دفن شده با روش‌های زیست‌شناختی مبتنی بر دانش از قبیل تجزیه میکروبی پیشرفته یا گیاه‌پالایی جایگزین شده‌اند.

منشور جهانی بازنگری شده فائو توصیه می‌کند که دولت‌ها مقررات مربوط به آلودگی خاک را اجرا کنند و مانع انباشت آلاینده‌ها بیش‌ازحد مجاز شده و از این طریق سلامتی انسان، محیط‌زیست و امنیت غذایی را تضمین کنند. دولت‌ها همچنین ملزم هستند فرآیند احیای خاک‌های آلوده با آلودگی بیش‌ازحد تعیین شده به‌منظور حفاظت از سلامت انسان و محیط‌زیست را تسهیل کنند. همچنین لازم است آلودگی ناشی از عملیات کشاورزی از طریق اجماع جهانی در اجرای اقدامات مدیریت پایدار خاک، محدود شود.

هدف این کتاب ارائه خلاصه‌ای از وضعیت آلودگی خاک و شناسایی آلودگی‌های اصلی و منابع تأثیرگذار آنها بر سلامت انسان و محیط‌زیست است که توجه ویژه‌ای به آلودگی‌های موجود در سیستم‌های کشاورزی که از طریق زنجیره غذایی وارد بدن انسان می‌شود، دارد. این جمع‌بندی با تکیه بر برخی از مطالعات موردی از بهترین فن‌های موجود برای ارزیابی و احیاء خاک‌های آلوده ارائه شده است. این کتاب در چارچوب سمپوزیوم جهانی آلودگی خاک (GSOP18)، توسعه یافته و هدف آن شناسایی شکاف‌های اصلی در دانش آلودگی خاک در سراسر جهان بوده که می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای مباحثات و تبادلات علمی آینده باشد.

## واژه‌نامه

**آلاینده:** ماده یا عامل موجود در خاک ناشی از فعالیت انسان (ISO, 2013).

**آبشویی:** انحلال و انتقال مواد محلول توسط آب (ISO, 2013).

**مواد مادری:** مواد اصلی (معدنی و/ یا آلی) که از آن خاک توسط فرآیندهای پدوژنتیکی حاصل می‌شود.

**آلاینده‌های آلی پایدار:** ترکیبات کربنه ساخته شده حاصل از کودهای شیمیایی و محصولات صنعتی که عموماً بسیار کم تجزیه‌پذیرند و می‌توانند در بافت‌های ارگانیکسم‌ها انباشته شوند. برخی آفت‌کش‌ها، آلاینده‌های آلی پایدار هستند که دی‌بنزو دی‌اکسین‌های پلی‌کلرینه، دی‌بنزوفوران‌های چند کلره پلی‌کلرینه، بی‌فنیل‌های چند کلره پلی‌کلرینه و هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای را شامل می‌شوند.

**خاک:** لایه سطحی پوسته زمین که حاصل هوا دیدگی فیزیکی، شیمیایی و زیستی است و شامل ذرات معدنی، مواد آلی، آب، هوا و ارگانیکسم‌های زنده است که در افق‌های ژنتیکی خاک وجود دارند (ISO, 2013).

**عملکردهای اکوسیستمی خاک:** توصیف اهمیت خاک برای انسان و محیط‌زیست است. نمونه‌هایی از این قبیل عبارتند از: (۱) کنترل چرخه مواد و انرژی در اکوسیستم‌ها؛ (۲) مبنایی برای زندگی گیاهان، حیوانات و انسان؛ (۳) اساس ثبات ساختمان‌ها و جاده‌ها؛ (۴) مبنای کشاورزی و جنگلداری؛ (۵) منبع بانک ژنتیکی؛ (۶) سند تاریخ طبیعی؛ و (۷) سند باستان‌شناسی و دیرین‌بوم‌شناسی<sup>۱</sup> (ISO, 2013).

**سلامت خاک:** ظرفیت پیوسته خاک به‌عنوان تابعی از نظام حیاتی مهم، در محیط‌زیست و مرزهای کاربری اراضی، برای حفظ بهره‌وری زیستی، ارتقاء کیفیت محیط‌های هوا و آب، حفظ گیاه، حیوانات و سلامت انسان (Doran, Stamatiadis and Haberern, 2002).

**خدمات اکوسیستمی خاک:** ظرفیت فرآیندهای طبیعی و اجزای سازنده برای ارائه محصولات و خدماتی که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم نیازهای انسان را تأمین می‌کند (Groot, 1992).

**امنیت غذایی:** بر اساس در دسترس بودن، فراهمی یا دستیابی، بهره‌برداری و ثبات عرضه عناصر غذایی تعریف می‌شود.

---

1- paleoecology

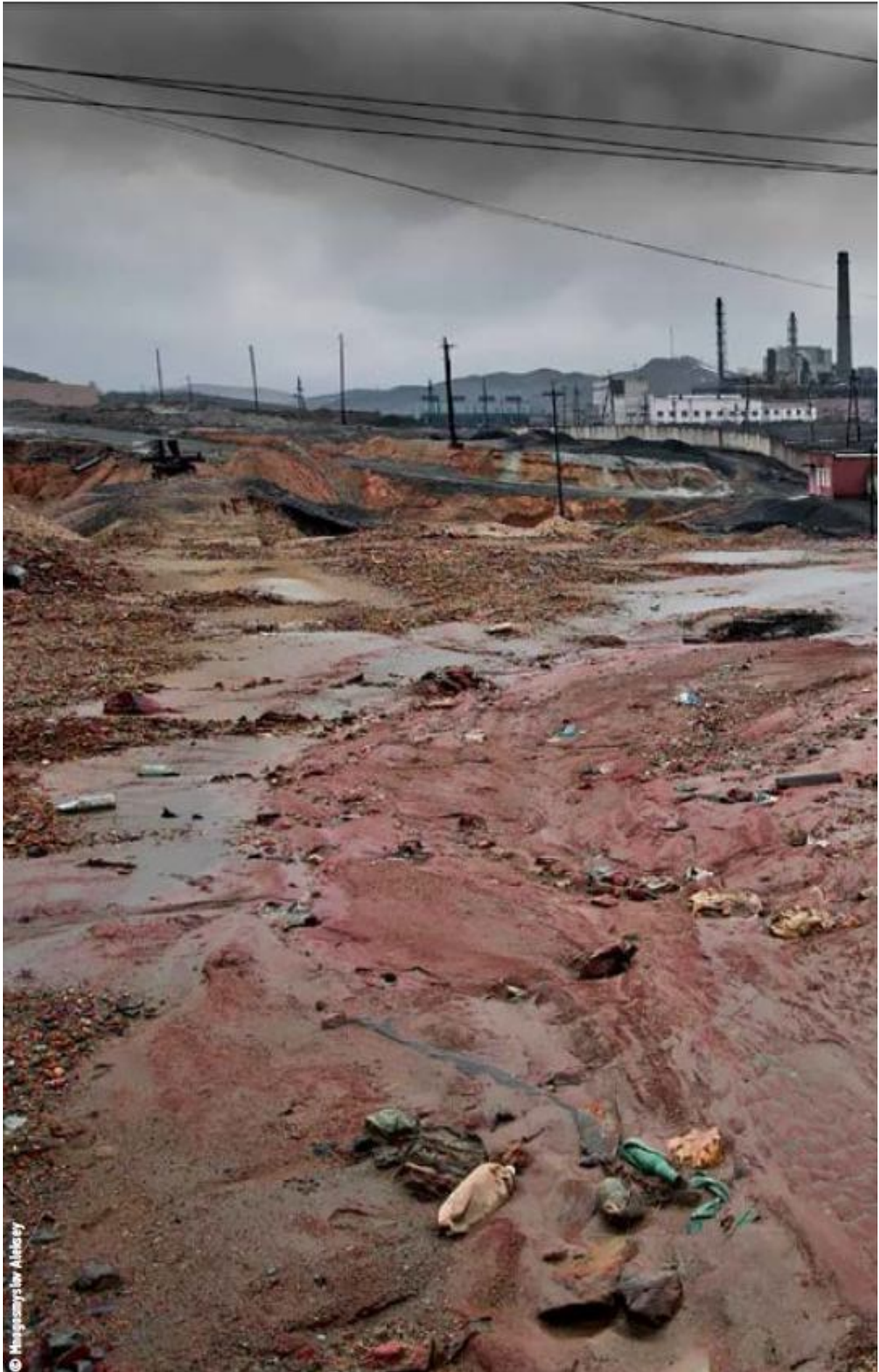
**آلایش خاک<sup>۱</sup>:** زمانی رخ می‌دهد که غلظت یک ماده شیمیایی بالاتر از حد طبیعی باشد اما لزوماً باعث آسیب نمی‌شود.

**آلودگی خاک<sup>۲</sup>:** آلودگی خاک به حضور یک عنصر یا ماده شیمیایی در خارج از مکان و یا وجود آن در غلظتی بالاتر از حد معمول که اثرات مخربی بر موجودات زنده غیرهدف دارد اطلاق می‌شود.

---

1- Soil contamination

2- Soil pollution





## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	۱- آلودگی خاک چیست؟
۱	۱-۱- مقدمه
۵	۲-۱- منبع آلودگی نقطه‌ای و پخشیده خاک
۶	۱-۲-۱- آلودگی با منبع نقطه‌ای
۷	۲-۲-۱- آلودگی پخشیده
۹	۳-۱- منابع آلاینده خاک
۹	۱-۳-۱- منابع طبیعی ژئوژنیک
۱۲	۲-۳-۱- منابع انسان‌زاد
۱۳	۱-۲-۳-۱- فعالیت‌های صنعتی
۱۴	۲-۲-۳-۱- معادن
۱۵	۳-۲-۳-۱- فضاهای شهری و حمل و نقل
۱۸	۴-۲-۳-۱- تولید و دفع پسماندها و فاضلاب
۲۱	۵-۲-۳-۱- فعالیت‌های نظامی و جنگ‌ها
۲۲	۶-۲-۳-۱- فعالیت‌های زراعی و دامی
۲۷	۴-۱- آلاینده‌های اصلی در خاک
۲۸	۱-۴-۱- فلزات سنگین و شبه فلزات
۲۹	۲-۴-۱- نیتروژن و فسفر
۳۲	۳-۴-۱- آفت‌کش‌ها
۳۶	۴-۴-۱- هیدروکربن‌های چندحلقه‌ای آروماتیک
۳۹	۵-۴-۱- آلاینده‌های آلی دیرپا
۴۵	۶-۴-۱- آلاینده‌های نوظهور
۵۱	۷-۴-۱- ریزجاندارهای بیماری‌زا

- ۵۴-۸-۴-۱- باکتری‌ها و ژن‌های دارای مقاومت ضد میکروبی.....
- ۵۵-۵-۱- برهمکنش آلاینده‌ها با اجزاء خاک.....
- ۵۶-۱-۵-۱- جذب آلاینده‌ها.....
- ۵۸-۲-۵-۱- قابلیت فراهمی زیستی، تحرک و تخریب آلاینده‌ها.....
- ۲- اثر آلودگی خاک بر زنجیره غذایی و خدمات اکوسیستم ..... ۶۵**
- ۶۵-۱-۲- آلودگی خاک، جذب گیاه و آلودگی زنجیره غذایی.....
- ۷۰-۲-۲- تأثیر آلودگی خاک بر خدمات اکوسیستم کشاورزی.....
- ۷۱-۲-۲- کودهای سنتزی.....
- ۷۲-۲-۲- اسیدی شدن و تلفات گیاهی.....
- ۷۳-۳-۲-۲- آفت کش‌ها.....
- ۷۴-۴-۲-۲- کودهای حیوانی.....
- ۷۵-۵-۲-۲- پسماندهای شهری در کشاورزی.....
- ۷۶-۳-۲- ریسک‌های سلامت انسان در ارتباط با آلودگی خاک.....
- ۷۷-۱-۳-۲- راه‌های مواجهه انسان با آلودگی‌های خاک و تأثیرات آن‌ها بر سلامت انسان.....
- ۸۴-۲-۳-۲- خاک‌ها به عنوان مخزن باکتری‌ها و ژن‌های دارای مقاومت ضد میکروبی.....
- ۳- مدیریت و پالایش خاک‌های آلوده ..... ۹۱**
- ۹۱-۱-۳- رویکردهای ارزیابی ریسک.....
- ۱۰۳-۲-۳- تکنیک‌های اصلی برای پالایش سایت‌های آلوده.....
- ۳-۳- تغییر در عملیات زراعی برای کاهش آلودگی زنجیره غذایی و پیامدهای آن  
بر خدمات زیست‌بوم..... ۱۰۹
- ۱۱۰-۱-۳-۳- کودها.....
- ۱۱۱-۲-۳-۳- آفت کش‌ها.....
- ۱۱۴-۳-۳-۳- فلزات.....
- ۱۱۷-۴-۳-۳- شبه فلزات.....
- ۱۱۷-۵-۳-۳- رادیونوکلئیدها.....

۴- مطالعات موردی درباره آلودگی خاک و پالایش آن‌ها ..... ۱۱۹

۴-۱- پالایش طبیعی ارتقاء یافته برای کاهش آلاینده‌های نفتی و روانسازها در مناطق تجمع آلاینده‌ها در مأموریت‌های سازمان ملل: مطالعه موردی اقدامات

سازمان ملل متحد در ساحل عاج (ONUCI) ..... ۱۱۹

۴-۲- رویکردهای همزمان برای اصلاح اراضی آلوده به نفت در منطقه تایگا در

سیبری غربی ..... ۱۲۰

۴-۳- تثبیت زیستی کمکی: روش پالایش موثر برای پسماندهای معدنی در اسپانیا..... ۱۲۲

منابع ..... ۱۲۶



## ۱- آلودگی خاک چیست؟

### ۱-۱- مقدمه

"آلودگی خاک" به حضور یک عنصر یا ماده شیمیایی در خارج از مکان و یا وجود آن در غلظتی بالاتر از حد معمول که اثرات مخربی بر موجودات زنده غیرهدف دارد اطلاق می‌شود (FAO and ITPS, 2015). اگرچه، آلاینده‌ها بیشتر انسان‌زاد<sup>۱</sup> (دارای منشأ انسانی) هستند، اما برخی از آن‌ها به‌طور طبیعی در ترکیب کانی‌های خاک وجود دارند که در غلظت‌های بالا می‌توانند سمی باشند. آلودگی خاک را اغلب نمی‌توان به‌طور مستقیم ارزیابی نمود و یا به‌صورت بصری مشاهده کرد، از این‌رو به‌صورت خطری پنهان تلقی می‌شود.

هر روزه به‌دلیل توسعه فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی، تنوع آلاینده‌ها مدام در حال افزایش است. این تنوع و تغییر و تبدیل ترکیبات آلی به متابولیت‌های گوناگون به‌وسیله فعالیت‌های زیستی در خاک، ارزیابی خاک برای شناسایی و تعیین آلاینده‌ها را مشکل و پرهزینه کرده است. اثرات آلودگی خاک به ویژگی‌های خاک نیز بستگی دارد، زیرا این ویژگی‌ها، تحرک، فراهمی زیستی و زمان باقی ماندن آلاینده‌ها در خاک را تعیین می‌کنند (FAO and ITPS, 2015).

صنعتی شدن، جنگ‌ها، افزایش فعالیت‌های معدنی و کشاورزی، اراضی آلوده را در سراسر جهان به میراث گذارده‌اند (Bundschuh *et al.*, 2012; DEA, 2010; EEA, 2014; Luo *et al.*, 2009; SSR, 2010). با گسترش شهرنشینی، از خاک به‌عنوان مخزنی برای تخلیه و دفن پسماندهای جامد و مایع استفاده می‌شود. تصور بر این است وقتی پسماندها در خاک دفن و از دید پنهان شدند، دیگر هیچ خطری از جانب آلاینده‌ها متوجه سلامتی انسان و محیط‌زیست نخواهد بود (Swartjes, 2011). منبع اصلی آلودگی خاک فعالیت‌های بشری است، که سبب انباشتگی آلاینده‌ها در خاک شده و ممکن است به سطوح نگران‌کننده‌ای هم برسد (Cachada, Rocha - Santos and Duarte, 2018). آلودگی خاک مسئله‌ای هشداردهنده بوده و به‌عنوان سومین تهدید مهم برای عملکرد

خاک در اروپا و اوراسیا، چهارمین در شمال آفریقا، پنجم در آسیا، هفتمین در شمال غربی اقیانوس آرام، هشتمین در آمریکای شمالی و نهمین تهدید در کشورهای جنوب صحرای آفریقا و آمریکای لاتین شناخته شده است (FAO and ITPS, 2015). حضور برخی از آلاینده‌ها می‌تواند باعث عدم تعادل عناصر غذایی و اسیدی شدن خاک شود که دو موضوع مهم در بسیاری از نقاط دنیا است و در گزارش "وضعیت منابع خاک جهان" نیز مطرح شده است (FAO and ITPS, 2015).

در سال ۱۹۹۰ توسط مرکز بین‌المللی مرجع و اطلاعات خاک (ISRIC) و برنامه محیط‌زیست سازمان ملل متحد (UNEP) برآوردی منحصربه‌فرد جهانی از آلودگی خاک صورت پذیرفت که تخمین زده شد ۲۲ میلیون هکتار از اراضی جهان تحت تأثیر آلودگی خاک قرار گرفته است (Oldeman, 1991). با این وجود آخرین داده‌ها نشان می‌دهد این ارقام، ممکن است میزان گسترش مشکل آلودگی کمتر از سطح واقعی برآورد شده باشد. تلاش‌های برآورد میزان گسترش آلودگی خاک در سطح ملی، بیشتر در کشورهای توسعه‌یافته صورت گرفته است. طبق اعلام وزارت حفاظت محیط‌زیست چین، ۱۶ درصد از کل خاک‌های این کشور و ۱۹ درصد از خاک‌های کشاورزی آن به‌عنوان خاک‌های آلوده طبقه‌بندی شده است (CCICED, 2015). همچنین حدود ۳ میلیون سایت آلوده در منطقه اقتصادی اروپا و کشورهای بالکان غربی وجود دارد (EEA-39)<sup>۱</sup>، (EEA, 2014) و بیش از ۱۳۰۰ سایت آلوده در ایالات متحده آمریکا در فهرست اولویت‌های ملی فوق‌العاده<sup>۲</sup> قرار دارد (US EPA, 2013). تعداد کل سایت‌های آلوده در سراسر استرالیا حدود ۸۰۰۰۰ سایت است (DECA, 2010). هرچند این اعداد حاوی اطلاعات مفیدی برای کمک به ما در درک اثرات برخی فعالیت‌ها بر روی خاک هستند، ولی وسعت کامل آلودگی خاک را در سراسر جهان منعکس نمی‌کنند و کافی نبودن اطلاعات موجود و تفاوت در ثبت سایت‌های آلوده را در برخی مناطق جغرافیایی برجسته می‌کنند (Panagiotakis and Dermatas, 2015). در کشورهای با درآمد کم و متوسط، فقدان داده‌ها و اطلاعات، یکی از بزرگ‌ترین مشکلات سراسر

1- International Soil Reference and Information Centre (ISRIC)

2- European Economic Area

3- Superfund National Priorities List


جهان است که از دید جوامع بین‌المللی پنهان می‌ماند. با این دیدگاه، پر واضح است که نیاز فوری برای اجرای ارزیابی جهانی آلودگی خاک احساس می‌شود.

خوشبختانه آگاهی در مورد اهمیت آلودگی خاک در سراسر جهان در حال افزایش است و سبب افزایش تحقیقات در زمینه ارزیابی و اصلاح آلودگی خاک شده است (شکل ۱). منشور بازنگری شده جهانی خاک<sup>۱</sup> (FAO, 2015b) توصیه می‌کند که دولت‌های ملی، مقررات مربوط به آلودگی خاک را اجرا کنند و انباشت آلاینده‌های بیشتر از حد مجاز تعیین شده را به‌منظور تضمین سلامت و تندرستی مردم محدود نمایند. همچنین، دولت‌ها ملزم به تسهیل اصلاح خاک‌های آلوده‌ای شده‌اند که میزان آلودگی‌شان بیش‌ازحد تعیین شده برای حفاظت از سلامت انسان و محیط‌زیست هستند. آلودگی خاک در پنجمین مجمع عمومی مشارکت جهانی خاک (GSP<sup>۲</sup>) در کانون توجهات قرار گرفت (GSP, 2017). به تازگی مجمع محیط‌زیست سازمان ملل متحد (UNEA-3) طی قطعنامه‌ای خواستار اقدامات سریع و همکاری برای حل و مدیریت آلودگی خاک در چارچوب توسعه پایدار شده است. این توافق که بین بیش از ۱۷۰ کشور منعقد شده است، نشانه روشنی از لزوم ارتباط جهانی پیرامون آلودگی و تمایل این کشورها به توسعه راه‌حل‌های مناسب برای حل مشکلات آلودگی است (UNEP, 2018). در سطح ملی، بسیاری از کشورها در سراسر جهان قوانین ملی را برای حفاظت از خاک، جلوگیری از آلودگی و حل مسائل مربوط به آلودگی‌های قدیمی مصوب نموده یا در حال تصویب آن‌ها هستند. در دوران ریاست استونی بر اتحادیه اروپا (نیمه دوم سال ۲۰۱۷)، با تمرکز بر نقش کلیدی خاک‌ها در تولید مواد غذایی، خاک به یکی از موضوعات اصلی در مباحث اروپایی تبدیل شد. در چین نگرانی‌های مربوط به آلودگی خاک طی چند سال گذشته که تا حدی به دلیل تأثیر مستقیم آلودگی خاک بر سلامت انسان است، افزایش یافته است. به تازگی دیگر کشورهای در حال توسعه نیز مقررات مربوط به پیشگیری و کنترل آلودگی خاک و تعیین کیفیت خاک را به تصویب رسانده‌اند ( Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2009; MINAM, 2017; MMA, 2013).

1- Revised World Soil Charter  
2- Global Soil Partnership







ISBN:978-622-6705-04-2



9

786226

705042