

شناخت خاک، شناخت زندگی

ترجمه:

حبیب خداوردیلو

دانشگاه ارومیه

لیندبو، دبلیو. ال.

شناخت خاک، شناخت زندگی / تالیف دیوید ال لیندبو و دب. آ کوزولوسکی و کلی رابینسون، ترجمه حبیب خداوردیلو. - ارومیه، دانشگاه ارومیه، ۱۳۹۸.

ع، ۳۲۰ص: مصور، جدول، نمودار، (انتشارات دانشگاه ارومیه، ۲۶۱).

شابک: ۹۷۸۶۰۰۸۶۸۱۵۴۰

کتابنامه.

۱- خاک شناسی. ۲- خاک. الف کوزولوسکی، دب آ. نویسنده همکار. ب. رابینسون، کلی، نویسنده همکار. ج. خداوردیلو، حبیب، مترجم. د. عنوان. ذ. فروست.

شماره ملی: ۵۵۹۸۸۴۲--- رده کنگره: S، ۵۹۱، ۷ش۹ل، ۱۳۹۸.

عنوان: شناخت خاک، شناخت زندگی

نویسنده: دیوید ال لیندبو، دب. آ کوزولوسکی و کلی رابینسون

مترجم: حبیب خداوردیلو

ناشر: دانشگاه ارومیه

سال نشر: ۱۳۹۸

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۸۶۸۱-۵۴-۰

آدرس: ارومیه، کیلومتر ۱۱ جاده سرو - دانشگاه ارومیه - کتابخانه مرکزی - انتشارات، پاشازاده،

تلفن: ۰۹۱۴۱۸۶۹۴۲۷ - ۳۲۷۷۹۹۳۰

فهرست مطالب

گفتار اول - شناخت خاک، شناخت زندگی

۲	اهمیت خاک برای انسان.....
۴	اهمیت خاک در محیط زیست.....
۵	چه مقدار خاک بر روی کره زمین داریم؟.....
۸	خاک چیست؟.....
۹	فرایندهای اصلی خاک.....
۱۳	خاک و زیست بومها.....
۱۴	رشد جمعیت و خاک.....
۱۹	خلاصه.....

گفتار دوم - ویژگی‌های فیزیکی خاک و تشکیل خاک

۲۱	رنگ خاک.....
۲۷	بافت خاک.....
۳۷	ساختمان خاک.....
۳۸	پایایی خاک.....
۴۰	نیمرخ و افق‌های خاک.....
۴۳	جرم حجمی ظاهری.....
۴۵	آب و حرکت آب.....
۴۸	عمق تا اشباع فصلی.....
۴۹	گذرپذیری.....
۵۱	نفوذ.....
۵۱	مواد آلی خاک.....
۵۲	تشکیل خاک.....
۵۳	اقلیم.....
۷۱	خلاصه.....

گفتار سوم - زیست‌شناسی خاک: بخش زنده خاک

۸۰	موجودات زنده خاک.....
۹۲	حیات در روی خاک به حیات در درون خاک وابسته است.....
۱۰۰	کیفیت خاک و مدیریت خاک.....
۱۰۵	خلاصه.....

گفتار چهارم - ویژگی‌های شیمیایی خاک: حاصل خیزی خاک و مدیریت عناصر غذایی

۱۱۱	تأمین عناصر غذایی برای گیاهان و چرخه عناصر غذایی در خاک.....
-----	--

۱۱۳	تحرک عناصر غذایی در خاک
۱۱۴	ویژگی‌های تأثیرگذار خاک بر تحویل عناصر غذایی به گیاهان
۱۲۰	ارزیابی کمبود عناصر غذایی
۱۲۴	مدیریت عناصر غذایی
۱۲۶	خلاصه

گفتار پنجم - طبقه‌بندی خاک، شناسایی خاک و تفسیرهای خاک

۱۲۹	طبقه‌بندی خاک
۱۳۷	شناسایی و نقشه‌برداری خاک
۱۴۸	تفسیرها
۱۵۹	خلاصه

گفتار ششم - علوم زیست‌محیطی، حفاظت خاک و مدیریت کاربری اراضی

۱۶۹	فرایندهای طبیعی تأثیرگذار بر تخریب خاک
۱۹۳	دامن زدن فعالیت‌های بشر به فرسایش خاک
۲۰۷	خلاصه

گفتار هفتم - خاک و زیست‌بوم

۲۱۲	جنگل
۲۲۴	علفزارها
۲۲۹	توندررا
۲۳۳	بیابان‌ها
۲۳۸	درختچه‌زارها
۲۳۹	زیست‌بوم‌های آبی / تالاب‌ها
۲۴۴	خلاصه

گفتار هشتم - خاک و جامعه

۲۴۷	خاک و فرهنگ بشر
۲۵۶	خاک و سلامت انسان
۲۵۸	چالش‌های فراروی خاک: گذشته، حال و نیم‌نگاهی به آینده
۲۷۲	آیا ما به اندازه کافی از اشتباهات گذشته عبرت گرفته‌ایم؟
۲۷۵	خلاصه

گفتار نهم - مشاغل خاک‌شناسی: کنکاش کن، طرحی نو درانداز

۲۷۸	خوب، حالا یک خاک‌شناس چه کار می‌کند؟
۲۷۹	چه کسی یک خاک‌شناس را استخدام می‌کند؟
۲۸۰	چه آموزش‌هایی باید ببینیم؟

- ۲۸۱ آیا گواهی یا مدرکی برای خاک‌شناس بودن لازم است؟
- ۲۸۳ مجموعه‌ای از ماجراجویی‌ها!
- ۲۸۷ دانشمند مادام العمر!
- ۲۹۰ زندگی پرهیجان من به عنوان یک خاک‌شناس
- ۲۹۳ ز گهواره تا گور دانش بجوی!
- ۲۹۶ چالش‌ها را در آغوش بگیر!
- ۲۹۹ حل مشکلات، به‌سازی اراضی
- گفتار دهم - خلاصه و چشم‌اندازها**

پیش‌گفتار انجمن علوم خاک ایران

فرازهایی از سخنان مقام معظم رهبری حضرت آیت‌ا... خامنه‌ای در مورد اهمیت و جایگاه خاک: فرسایش خاک چیزی نیست که بعد بشود به آسانی جبران‌ش کرد. قضیه خاک از قضیه آب مهم‌تر است؛ ما مشکل آب هم داریم، مشکل بزرگی هم هست، لکن برای تهیه آب راه‌های فراوانی وجود دارد؛ برای تهیه خاک حاصل‌خیز این راه‌ها دیگر وجود ندارد

در دیدار مسئولان منابع طبیعی، محیط زیست و ۱۳۹۳/۱۲/۱۷

منابع خاک هر کشور، به عنوان یکی از نعمت‌های بزرگ خداوند، سرمایه عظیم و میراث بزرگ ملت‌ها هستند که در طول تاریخ، نقش عمده‌ای در ظهور و بروز تمدن‌ها داشته و همچنین بهره‌برداری‌های بی‌رویه و تخریب آنها موجب از بین رفتن تمدن‌های بزرگ از جمله در بین‌النهرین، فلسطین و ... گردیده است. «آدام اسمیت» که به عنوان پدر علم اقتصاد مدرن شناخته می‌شود، در کتاب «ثروت و ملل» می‌گوید: «منابع خاک، و اینکه مدیران و افراد جامعه چگونه با این منبع خدادادی رفتار کنند و مدیریت نمایند، از عناصر و مؤلفه‌های مهم پیش‌برنده توسعه و بهبود سطح زندگی هر جامعه‌ای می‌باشد». در حقیقت خاک‌های هر کشور ذخایر راهبردی به حساب می‌آیند که در طول زمان‌های بسیار طولانی و با دخالت عوامل مختلف به وجود آمده‌اند و با کمترین اشتباه و غفلت ممکن است برای همیشه نابود شوند. خاک‌های دنیا در طول میلیون‌ها سال تشکیل شده و خدمات خود را به طبیعت، گیاهان، و جانوران مختلف و انسان‌ها ارائه نموده‌اند. اراضی کشاورزی که حاصل‌خیزترین خاک‌ها را در درون خود جای داده‌اند حداقل از ۱۲۰۰۰ سال قبل تاکنون غذا و سایر نیازهای بشر را تامین نموده‌اند. بنابراین انسان‌ها باید رفتار خود با خاک و نحوه بهره‌برداری و مدیریت آن را به گونه‌ای تنظیم نمایند که این کیمیای طبیعت بتواند در حال حاضر و در نسل‌های آینده و قرن‌ها و هزاره‌های پیش رو، خدمات ارزشمند خود را به انسان‌ها، جوامع، و زیست‌بوم‌ها ارائه نماید.

منابع خاک در موارد متعددی مورد استفاده قرار گرفته و خدمات گسترده‌ای را در اقتصاد، سلامت انسان و زیست بوم، و حفاظت محیط‌زیست ارائه می‌نماید که بعضی از آنها عبارتند از:

- ✓ تامین امنیت غذایی و رفع نیازهای جوامع، با تولید محصولات مختلف، چوب، مواد اولیه پوشاک و سایر نیازمندی‌ها،
- ✓ توزیع، تنظیم جریان، تصفیه، و ذخیره‌سازی آب در طبیعت، و حفاظت کمی و کیفی آن،
- ✓ چرخه مواد و عناصر غذایی و تغییر و تبدیل و ذخیره آنها و تامین غذای گیاهان و موجودات زنده،
- ✓ تنظیم هوا و تعادل بخشی به ترکیب گازهای جو زمین،
- ✓ ذخیره کربن اتمسفر، و کاهش گازهای گلخانه‌ای،
- ✓ حمایت و حفاظت از تنوع‌زیستی در زیست‌بوم‌ها،
- ✓ پالایش آلاینده‌ها و مواد سمی، استحاله پسماندها، و تصفیه فاضلاب‌ها،
- ✓ محل ذخیره و نگهداری بذر گیاهان، به عنوان بانک ذخایر ژنتیکی ارزشمند،
- ✓ تامین نیازهای روحی- روانی و زیبایی‌شناختی انسان،
- ✓ سایر کاربردها در امور عمرانی، شهرسازی، صنعتی، داروسازی، تولید انرژی، و ...

در اکثر کشورهای جهان، در بیش از یک قرن اخیر منابع خاک مورد غفلت قرار گرفته و عدم توجه به حفاظت و مدیریت پایدار آنها بروز مشکلات عدیده‌ای را در بهره‌وری کشاورزی و حفاظت محیط‌زیست به دنبال داشته است. بعضی از این مسائل همچون هدررفت آب و خاک، کاهش باروری اراضی، پایین بودن کارایی مصرف آب، بهره‌وری کم نهاده‌های مختلف کشاورزی، گسترش آفات و بیماری‌های گیاهی، کاهش تولید، افت کیفیت و ارزش تغذیه‌ای محصولات، و ... و همچنین بسیاری از مشکلات زیست‌محیطی کشور از قبیل ریزگردها، رسوبات رودخانه‌ها، سیل‌ها، ورود آلاینده‌ها به زنجیره غذایی جامعه، و کاهش تنوع‌زیستی، پایداری جوامع و شادابی زندگی انسان‌ها را مورد تهدید جدی قرار داده است.

جلب توجه مسئولین، سیاست‌گذاران، و اقشار مختلف مردم به اهمیت و جایگاه خاک در زندگی انسان‌ها و همه موجودات زنده، و خدمات متنوع این منبع خدادادی به طبیعت و زیست‌بوم‌ها مستلزم مجاهدت و تلاش مستمر همه دلسوزان و ایفای رسالت متخصصان علوم خاک می‌باشد.

کتاب «شناخت خاک، شناخت زندگی» که متن اصلی آن توسط نویسندگانی سرشناس و به همت انجمن علوم خاک آمریکا تهیه، و توسط دکتر حبیب خداوردیلو عضو محترم هیات علمی دانشگاه ارومیه ترجمه شده است، در راستای رسالت ذکرشده دارای اهمیت ویژه است. این اثر، افزون بر جنبه علمی و تخصصی، تلاش نموده است تا اهمیت سلامت و کیفیت خاک را برای عموم مردم و کسانی که شناخت علمی اندکی از خاک دارند نیز بیان نماید. همچنین این کتاب ضمن بیان نقش خاک از دیدگاه فرهنگی، به جنبه‌های کاربردی و مشاغل مرتبط با علوم خاک نیز پرداخته و مصادیقی از اهمیت توجه به خاک و ضرورت پیوست مطالعات خاک در عملیات اجرایی گوناگون از انتقال نفت و گاز گرفته تا فیلمبرداری و معدن و جاده‌سازی را بیان نموده است. این اثر به گونه‌ای نوشته شده است که خوانندگان، از یک باغبان گرفته تا یک دانش‌آموز و از یک سیاست‌مدار تا یک خاک‌شناس می‌توانند از آن بهره‌برداری نمایند. امید است در کشور ما که متأسفانه هنوز در نگاه کلان اجرایی توجهی درخور به اهمیت خاک و ضرورت حفظ کیفیت آن وجود ندارد، این کتاب بتواند منشاء اثرات شایسته‌ای باشد.

منوچهر گرجی

رئیس انجمن علوم خاک ایران

۱۳۹۷/۱۰/۱۲



پیش‌گفتار مترجم

هرچند هنوز جنبه‌های پرشماری از خاک، ناشناخته باقی مانده است، امروزه در مورد خاک دانش مناسبی داریم و مشکل اصلی ما ندانستن نیست، بلکه عمل نکردن است. کار ما شاید آن باشد که دانش موجود را به کار بندیم و به آن عمل کنیم. خاک، اکنون بیش از هر زمان دیگری، به مراقبت نیاز دارد و زمان آن رسیده است که ضرورت حفاظت از خاک را به فرهنگی عمومی تبدیل کنیم. در این کتاب، بیش از هر چیز دیگری، تلاش شده است تا اهمیت خاک و ضرورت حفاظت از آن به زبانی ساده بیان گردد.

چندی پیش به مناسبت سال جهانی خاک (سال ۲۰۱۵ میلادی) مطلبی نوشتم که در نشریهٔ صدا در دانشگاه ارومیه و بعدها در پایگاه خبری سلامت نیوز منتشر شد و در بخش فرهنگی - هنری پانزدهمین کنفرانس علوم خاک ایران (شهریور ماه ۱۳۹۶ - دانشگاه صنعتی اصفهان) به عنوان اثر برگزیده، لوح تقدیر دریافت نمود. گمان بردم این مطالب برای آغاز سخن از زبان مترجمی که ترجمه و نشر این اثر را بر خود وظیفه دانسته، مناسب است. در ادامه، این مطالب را آوردم که نشان دهم چرا من کتاب *Know Soil, Know Life* را ترجمه کرده‌ام: چون واقعاً بر این اعتقادم که خاک در زندگی ما اهمیتی فوق‌العاده دارد و در این باور که:

«بنی‌آدم سرشت از خاک دارند
اگر خاکی نباشد، آدمی نیست»

با شیخ اجل، سعدی نیکوگفتار، سخت هم‌رأی هستم.

من این پندار را به گونه‌ای دیگر نیز بیان می‌کنم که: «کیفیت زندگی ما به کیفیت خاک بستگی دارد». به طوری که اگر کیفیت خاک را بکاهیم از کیفیت زندگی ما کاسته می‌شود.

خاک، مهربان و بخشنده است و دوست خوبی است. اما اگر ما این دوستی را نادانسته یا نادانسته به دشمنی بدل کنیم، خاک دشمنی سرسخت است و ما از این دشمنی سودی نخواهیم برد و در این جنگ خودساخته، بی‌گمان ما شکستی سخت خواهیم خورد. آیا این دشمنی و جنگ آغاز شده است؟ متأسفانه باید بگویم بلی! این جنگ را ما آغاز کرده‌ایم و دانشمندان و دانایان آشنا با خاک، نشانه‌های شکست ما را می‌بینند و تصویری هولناک از صحنهٔ شکست نهایی ما و نابودی ما در این مبارزه ارائه کرده‌اند. آن نشانه‌ها و این تصویر، چنان وحشتی به پا کرده است که برای متوقف کردن این رویارویی و آشتی دادن انسان با خاک، سازمان خواروبار و کشاورزی سازمان ملل متحد (فائو)، سال ۲۰۱۵ میلادی را «سال جهانی خاک» و یک دهه با شروع از سال ۲۰۱۵ میلادی را به عنوان «دههٔ جهانی خاک» نامیده و همچنین روز پنجم دسامبر هر سال، «روز جهانی خاک» نام گرفته است. هدف از این نام‌گذاری‌ها، آشنا کردن عموم مردم با اهمیت خاک و جلب توجه عمومی به ضرورت حفظ خاک است.

به راستی، مفاهیم پیچیده و فنی دانش تا به شکلی ساده درنیایند و بر عموم مردم تأثیر نگذارند و به زندگی مردم راه نیابند چه ارزشی دارند؟ هدف از این نوشتار، معرفی ساده و عمومی جنبه‌هایی چند از اهمیت خاک است. باشد که دریابیم و از خاک حفاظت کنیم.

مؤلفه‌ها در گفتار بعدی مورد بحث قرار خواهد گرفت. خاک به طور کلی از چهار فرایند اصلی زیر تأثیر می‌پذیرد.

تشبیه کره زمین به یک سیب



شاید درک صحیح اراضی برحسب ایکر، هکتار، مایل مربع یا کیلومتر مربع دشوار باشد. راهی دیگر برای توجه به مقدار نسبی اراضی قابل کشت، تشبیه کره زمین به یک سیب است. سیب را به چهار قسمت مساوی ببرید و سه قسمت آن (۷۵٪) را کنار بگذارید، این سه قسمت نماینده اقیانوس‌های جهان هستند. قسمت چهارم (۲۵٪) که بیانگر سطح اراضی است. سطح اراضی را به دو قسمت ببرید، دو قسمت که هرکدام مساوی یک هشتم (۱۲/۵٪) کل سیب است را خواهید داشت. یک قسمت از این دو را که بیانگر بیابان‌ها، تالاب‌ها و نواحی قطبی خالی از سکنه هستند، کنار بگذارید. بخش باقی‌مانده (۱۲/۵٪) بیانگر نواحی است که مردم زندگی می‌کنند، اما همه آن برای تولید غذا قابل استفاده نیست. این بخش باقی‌مانده (۱۲/۵٪) را به چهار قسمت مساوی ببرید. هرکدام از ورقه‌های باقی‌مانده بیانگر یک سی و دوم یا (۳/۱۲۵٪) از سیب اصلی هستند. سه قسمت از این قطعات یک سی و دومی بیانگر نواحی از جهان هستند که خیلی سنگلاخی، خیلی خیس، خیلی گرم می‌باشند یا خاک آن‌ها بسیار فقیر و برای تولید مناسب نیست و همچنین نواحی شهری و روستایی هستند. بنابراین تنها یک ورقه بسیار نازک از سیب (۳/۱۲۵٪) برای تولید غذا مناسب است. به این نکته هم توجه داشته باشید: خاک تنها در قشر سطح زمین حضور دارد، لذا این ورقه را پوست بکنید. این پوست نازک سیب بیانگر خاکی است که کل غذا، پوشاک و پناهگاه ما از آن به دست می‌آید. هرساله بخش بیشتر و بیشتری از این ورقه نازک از چرخه تولید خارج می‌شود و از طرفی رشد جمعیت بشر نیز ادامه دارد (انتهای این گفتار و گفتار ۶ را ملاحظه نمایید) پس می‌بینیم که مراقبت مناسب از خاکی که داریم تا چه اندازه اهمیت دارد.



فرایندهای اصلی خاک

یک مشت خاک، طبیعتی پویا دارد و به محیط‌زیست خود واکنش نشان می‌دهد. فرایندهای بسیار متعددی در خاک رخ می‌دهند، اما می‌توان آن‌ها را در چهار گروه اصلی دسته‌بندی کرد: افزوده شدن (addition)، کاسته شدن (loss)، تغییرشکل (transformation) و جابه‌جایی (translocation) (شکل ۱-۹). شرحی مختصر از هرکدام از این فرایندها در زیر می‌آید.

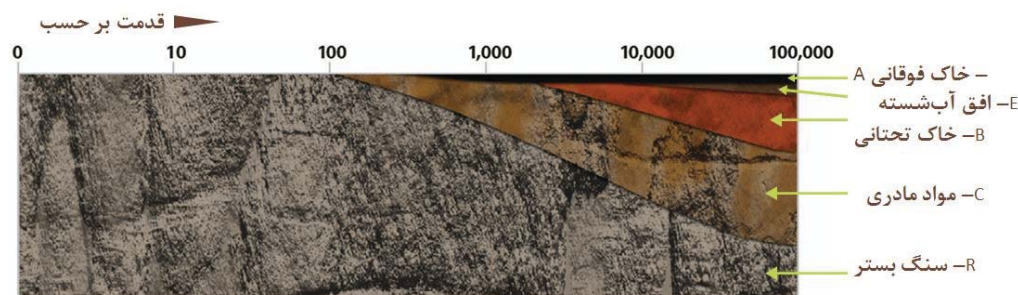
درک افزوده شدن‌ها ساده است. این افزوده شدن‌ها متشکل از نهشته‌هایی است که از بالا بر روی خاک می‌نشینند و همچنین موادی که از آب‌های زیرزمینی انتقال می‌یابند، مثلاً املاح، نمونه‌هایی آشکار، افزوده شدن لاشیرگ‌های ناشی از خزان درختان یا افزوده شدن مواد آلی حاصل از بقایای گیاهان و ریشه گیاهان است. همچنین پیداست که سیلاب‌ها، زمین‌لغزه‌ها و سایر رخداد‌های زمین‌شناسی نیز مواد معدنی به خاک می‌افزایند.

شاید خیلی مشخص نباشد که ریزگردهای اتمسفری نیز مدام موادی را به سطح خاک می‌افزایند. برخی از این ریزگردها قادرند مسافت‌های طولانی را بپیمایند و در حاصل‌خیزی کلی یک منطقه سهمیم باشند.



هزاره باشد. صدها تا هزاران سال طول می کشد تا این عوامل خاک سازی، یک اینچ خاک از مواد مادری بسازند (شکل ۲-۲۵ و جدول ۲-۱۶).


تشکیل خاک، زنجیره ای پیوسته از فرایندهاست. مواد تازه ته نشین شده از سیلاب یا زمین لغزه یا تپه های شنی روان در یک ساحل، هیچ نشانه ای (افق هایی) از فرایندهای تشکیل خاک ندارند. زمان تشکیل برای این خاک ها، هنوز آغاز نشده، دوباره قطع می شود و از نو کلید می خورد. برعکس، سکوهایی که بر روی یک دشت سیلابی فعال دیده می شوند، به واسطه افق های بیشتر خاک، توسعه یافتگی بیشتری دارند. با مسن تر شدن خاک ها، افق های A و B آنها ضخیم تر می شوند. خاک های جوان یا خاک های کم-توسعه یافته معمولاً شبیه به مواد مادری خود هستند و ممکن است تنها یک افق A نازک مستقیماً بر روی افق C داشته باشند. خاک های مسن تر و شدیداً هوازده شده یا خوب-توسعه یافته ممکن است حاصل خیزی کمتری نسبت به خاک های جوان داشته باشند، زیرا عناصر غذایی بیشتری در اثر آب شویی و فرسایش از دست داده اند. همه عوامل خاک سازی، حتی آنهایی که غیرمتغیر به نظر می رسند، بر همه خاک ها تأثیر دارند. فرایندهای عمومی تر خاک که در گفتار ۱ مورد بحث قرار گرفتند - یعنی افزودن شدن، کاسته شدن، تغییر شکل و انتقال - همواره در جریان هستند اما توسط عوامل خاک سازی مورد بحث در اینجا تعدیل می شوند.



شکل ۲-۲۵. زمان و ضخامت خاک. تشکیل افق های خاک صدها تا هزاران سال وقت می برد.

جدول ۲-۱۶. در مدت زمانی که طول می کشد تا یک اینچ خاک فوقانی تشکیل شود، اتفاقات زیر رخ داده اند ...

در مدت زمانی که طول کشیده تا یک اینچ خاک تشکیل شود...	
۲۰۱۱	جمعیت جهان از ۷ میلیارد فراتر رفت.
۲۰۰۸	باراک اوباما به ریاست جمهوری برگزیده شد.
۲۰۰۱	تروریست ها به مرکز تجارت جهانی و پنتاگون حمله کردند.
۱۹۹۶	سیارات جدیدی که قابل زندگی کردن هستند در حول یک ستاره نزدیک کشف شدند.
۱۹۸۹	دیوار برلین فرو ریخت تا نشانه ای از پایان جنگ سرد باشد.
۱۹۷۶	Viking I به عنوان اولین سفینه فضایی برای رسیدن به مریخ رونمایی شد.
۱۹۷۵	نیروهای مسلح ایالات متحده از ویتنام خارج شدند.
۱۹۷۳	کنگره، قانون گونه های در معرض خطر را تصویب نمود.
۱۹۷۲	ریچارد لیکی مجموعه هومونید ۲/۶ میلیون ساله را در شمال کنیا کشف کرد.
۱۹۷۰	اولین «روز زمین» مشاهده شد.

اکتینومیسیت‌های خاک، به‌ویژه اعضای جنس استرپتومایسس، آنتی‌بیوتیک تولید می‌کنند. بسیاری از این آنتی‌بیوتیک‌ها، مانند استرپتومایسین (Streptomycin)، نئومایسین (neomycin) و تتراسایکلین‌ها (tetracyclines) در مداوای بیماری‌های انسان اهمیت دارند. با این حال، تولید آنتی‌بیوتیک‌ها در آشیان‌های اکولوژیک (کنام‌های بوم‌شناختی) در خاک، به‌خوبی مطالعه و درک نشده است، که احتمالاً دلیل اصلی آن رخداد این پدیده در ریزمکان‌هایی کوچک می‌باشد که مطالعه آنها دشوار است. از قرار معلوم موجودی که آنتی‌بیوتیکی تولید می‌کند تا پیرامون آن را احاطه کند دارای یک مزیت رقابتی در استفاده از منابع اطراف خود است. 

قارچ‌ها (fungi) گروهی عظیم از موجودات یوکاریوت هستند که از مخمرهای تک‌سلولی میکروسکوپی تا قارچ‌های (دنبلان‌های) بزرگ چندسلولی پراکنده هستند. ممکن است وقتی به قارچ‌ها می‌اندیشید دنبلان‌ها (قارچ‌های سمی) به ذهنتان برسد، اما این قارچ‌ها تنها بخش کوچکی از این سلسله هستند (و دنبلان تنها ساختاری کوچک و ثمره‌روزمینی موجود خاکی بزرگ‌تری است که در زیر زمین زندگی می‌کند).

ژئوسمین، عطر خاک

وقتی یک بیل از خاک باغچه را برمی‌گردانید یا پس از بارش باران در یک جنگل قدم می‌زنید، بویی خاص از خاک به مشامتان می‌خورد. این رایحه ناشی از ژئوسمین (Geosmin) است، یک ترکیب آلی فرار که توسط برخی موجودات به‌ویژه اکتینومیسیت‌ها تولید می‌شود. یک ظرف حاوی کشت اکتینومیسیت‌ها می‌تواند رایحه‌ای درست مانند خاک تازه برگردان شده تولید کند. خوب، چرا هوای بیرون رایحه‌ای شبیه به عطر پس از بارندگی می‌دهد؟ آب به خاک راه می‌یابد و هوای خاک را که حاوی ژئوسمین است به سمت اتمسفر می‌راند. مشام انسان می‌تواند ژئوسمین را در غلظتی به اندازه ۵ قسمت در تریلیون حس کند. معلوم نیست چرا اکتینومیسیت‌های خاک این ترکیب را تولید می‌کنند.



استرپتومایسین

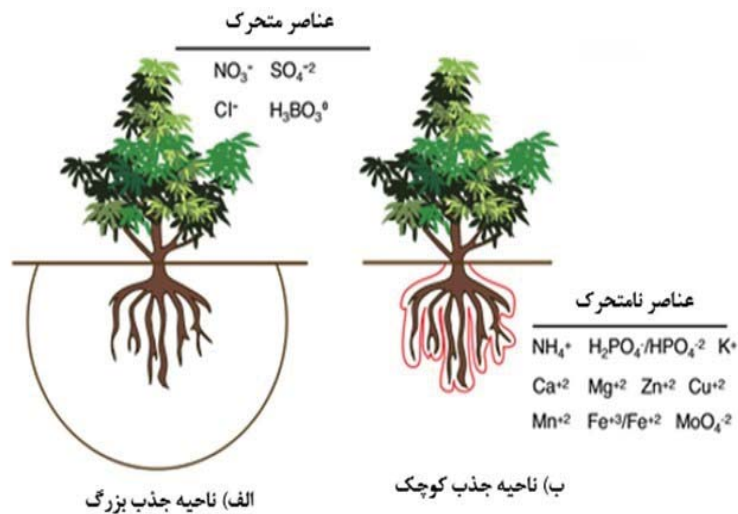
استرپتومایسین آنتی‌بیوتیکی است که توسط اکتینومیسیت‌های خاک از جنس استرپتومایسس تولید می‌شود. استرپتومایسین توسط سلمان آ. واکسمن و آلبرت شاتز در ۱۹۳۴، اندکی پس از کشف پنی‌سیلین، کشف شد. استرپتومایسین نخستین آنتی‌بیوتیک مؤثر در درمان بیماری سل بود. استرپتومایسین از طریق متوقف کردن سنتز پروتئین‌های سلولی حیاتی در باکتری‌های عامل سل عمل می‌کند.



قارچ‌ها به‌عنوان سلول‌های یوکاریوت، پیچیده‌تر از باکتری‌ها و آرکی‌باکتری‌های پروکاریوت هستند، بسیاری از قارچ‌های خاک ردیف‌های وسیعی از ساختار رشته‌ای گسترده ایجاد می‌کنند که هرکدام از آنها هیف (ریسه) و چند رشته قارچی، هیف‌ها (ریسه‌ها) (hyphae) نامیده می‌شوند. این ساختار شبیه به موی نازک، وظایفی همانند ریشه گیاهان را بر عهده دارند. این هیف‌ها، قارچ‌ها را قادر می‌سازند تا به سرعت گسترش یابند و در خاک، لاشبرگ‌ها، چوب یا سایر مواد رخنه کنند. بسیاری از قارچ‌ها نیز ابزار بسیار پیچیده‌تری برای تکثیر دارند و عموماً توسط اسپورها (هاگ‌ها) که بسیار شبیه به بذور گیاهان و عامل تکثیر و بقا هستند، تکثیر می‌یابند. اسپورها اغلب بهتر از سلول‌های رویشی قادر به تحمل گرما و خشکی هستند. این اسپورها می‌توانند جنسی یا غیرجنسی باشند (بعضی قارچ‌ها هردو را تولید می‌کنند). در تکثیر غیرجنسی، یک رشته هیفی

آنیون‌های متحرک (Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^-) به سرعت در منطقه ریشه با آب حرکت می‌کنند، زیرا با شدت به مکان‌های تبادل‌ی (ذرات خاک) جذب نشده‌اند و کاملاً در آب خاک محلول هستند. چون عناصر غذایی متحرک (mobile nutrients) به سرعت در آب خاک انتقال می‌یابند، در کل حجم خاک اشغال شده توسط سیستم ریشه گیاهان، قابل دسترس هستند (شکل ۳-۴ الف). برعکس، عناصر غذایی نامتحرک (immobile nutrients) که با سطوح مواد معدنی و آلی برهم‌کنش دارند، کمتر محلول هستند و در ناحیه ریشه به سرعت به سمت سطوح ریشه حرکت نمی‌کنند (شکل ۳-۴ ب).

شکل ۳-۴ الف) مواد غذایی متحرک به راحتی می‌توانند از سراسر حجم خاک اشغال شده توسط ریشه‌ها به سطوح ریشه حرکت کنند. ب) مواد غذایی نامتحرک به راحتی حرکت نمی‌کنند، بنابراین ریشه‌ها تنها در صورتی می‌توانند به این مواد غذایی دسترسی پیدا کنند که این مواد در نزدیکی سطح ریشه باشند.



از میان عناصر غذایی که به‌عنوان نامتحرک طبقه‌بندی شده‌اند، برخی متحرک‌تر از دیگران هستند. عموماً، آمونیوم (NH_4^+)، پتاسیم (K^+)، کلسیم (Ca^{2+})، و منیزیم (Mg^{2+}) محلول‌تر و متحرک‌تر از کاتیون‌های عناصر غذایی کم‌مصرف و بسیار متحرک‌تر از فسفات (H_2PO_4^-) و مولیبدات (MoO_4^{2-}) هستند؛ چون این عناصر در خاک نسبتاً نامتحرک هستند، ریشه‌های گیاه در حجمی اندک از خاک پیرامون هر ریشه به این عناصر غذایی دسترسی دارند. هنگامی که گیاهان این عناصر غذایی را جذب می‌کنند، ناحیه کوچکی در اطراف ریشه‌های آنها تشکیل می‌شود که غلظت بسیار اندکی از این عناصر غذایی نامتحرک در آن موجود است.

درک تحرک عناصر غذایی در خاک‌ها و مدیریت افزودن عناصر غذایی به منظور حداکثرسازی رشد گیاه و بازیافت عناصر غذایی افزوده‌شده، حائز اهمیت است. برای مثال، کود نیتروژنی را می‌توان کاملاً در سطح خاک پخش نمود یا به‌صورت نواری مصرف کرد و نتایج مشابه گرفت، زیرا نیتروژن در خاک متحرک است. با این حال، فسفر به‌صورت نواری متمرکز در ناحیه ریشه به کار می‌رود، زیرا در خاک نسبتاً نامتحرک است.

ویژگی‌های تأثیرگذار خاک بر تحویل عناصر غذایی به گیاهان

همان‌گونه که در گفتار ۲ بحث کردیم، خاک‌ها حاوی بخش جامد و تخلخل (هوا و آب) هستند. بخش جامد در خاک، شن، سیلت و رس و همچنین مواد آلی می‌باشند. جامدات خاک در واقع منبع یا مخزن طبیعی عناصر غذایی در خاک‌ها هستند و بر نحوه رفتار عناصر غذایی افزوده‌شده به خاک تأثیر می‌نهند.



شکل ۵-۱۲. خاک های موجود در کلاس I محدودیت‌های اندکی دارند که به محدودیت در کاربرد آنها منجر شود و به عنوان زمین زراعی مرغوب قلمداد می‌شوند. این خاک ها تقریباً در همه موارد، هم برای تولید محصولات کشاورزی و هم کاربری‌های غیرکشاورزی، بهترین هستند. آنها عمیق (۱۰۰ سانتی‌متر یا بیشتر) هستند، زهکشی خوبی دارند و بافت لومی با گنجایش آب قابل دسترس متوسط تا زیاد، نفوذپذیری متوسط و فرسایش ناچیز تا متوسط دارند. در این خاک‌ها به راحتی می‌توان کشاورزی نمود و در بین بارورترین خاک‌های جهان قرار دارند. شیب آنها از ۲٪ تجاوز نمی‌کند. مدیریت باید شامل اقدامات مدیریتی بهینه مناسب برای آن مکان باشد؛ دست کم برای کاربری زراعی شامل آزمون سالانه خاک و ترجیحاً کشت محصولات پوششی است.



شکل ۵-۱۳. (بالا و ادامه در صفحه بعد) نمونه‌هایی از چند خاک کلاس II با زیرکلاس‌های مختلف (e, s و w) ارائه شده است. خاک‌ها در این کلاس محدودیت‌هایی دارند که گزینه‌های انتخاب گیاهان یا محصولات را محدود می‌کنند و/یا نیاز به اقدامات حفاظتی متوسط را ضروری می‌سازند. هرچند که این خاک‌ها خوب و معمولاً بارور هستند، برخی از شرایط (کلاس زهکشی، عمق خاک، گذرپذیری کند یا سریع، گنجایش آب قابل دسترس اندک، یا عمق خاک متوسط) آنها را از اراضی کلاس I مستثنی می‌کند. تنها یک شرایط محدودکننده برای انتقال خاک از کلاس I به کلاس II کافی است. با وجود این، بسیاری از آنها به عنوان اراضی زراعی مرغوب قلمداد می‌شوند. دامنه شیب بین ۲ تا ۶ درصد است. عمق تا سطح ایستایی می‌تواند عامل محدودکننده همراه با چهره‌های مورفولوژیکی رداکس (ویژگی‌های ناشی از خیس بودن یا زیرکلاس w) در ۵۰ سانتی‌متری سطحی باشد.

باد وزیدن گرفت و خاک‌های خشک و عریان را بلند کرد (شکل ۶-۲۱). گردبادهایی با بلندای بیش از ۳۰۰ متر (۱۰/۰۰۰ فوت) هفته‌ای دو تا سه بار آسمان را تیره می‌ساخت. اراضی کشاورزی نابود شدند. مردم و حیوانات در اثر ریزگرد ذات‌الریه گرفتند و بسیاری هلاک شدند. این «دیو باد» تنها هنگامی آرام گرفت که پس از یک دهه خشکی، بارش باران آغاز شد.

خشک‌سالی کوتاه‌تر اما شدیدتری، در دو دهه بعد نیز رخ داد که به «پنجاهه کثیف» (Filthy fifties) منجر شد. پیشرفت‌های آبیاری و روش‌های بهتر مدیریت بقایا، گزندهای آن را کاست. اما فرسایش بادی کماکان یکی از نگرانی‌های گریت‌پلینز (شکل ۶-۲۲) و دیگر نقاط است. فرسایش بادی سالانه به میلیون‌ها هکتار از اراضی در ایالات متحده و به‌ویژه در گریت‌پلینز خسارت می‌زند. فرسایش بادی بنا به دلایلی در غرب گریت‌پلینز وخیم‌تر از بخش‌های شرقی است. بخش غربی بارش کمتری دارد، لذا پوشش گیاهی کمتری در سطح خاک است. زمین عموماً مسطح‌تر است و تپه‌ها و درختان کمتری برای آرام کردن باد در سطح خاک دارد. مواد آلی خاک‌ها نیز کمتر است و بنابراین «چسب» کمتری برای کنار هم نگه‌داشتن خاک‌دانه‌ها وجود دارد. این شرایط، حساسیت خاک به فرسایش بادی را می‌افزایند.

هرچند که تمام خاک‌ها می‌توانند توسط باد حمل شوند، ذرات شن زودتر به حرکت درمی‌آیند. ذرات سیلت ممکن است تا صدها و رس‌ها تا هزاران کیلومتر حمل شوند، اما ذرات شن هستند که این فرایند را آغاز می‌کنند. ذرات شن به دلیل شکل گردی که دارند، با مکانیسم فیزیکی مشابه آنچه امکان پرواز هواپیما را فراهم می‌آورد به هوا برمی‌خیزند. ذرات شن در حال حرکت، ذرات سیلت و رس را جدا می‌سازند، با ضربه خود آنها را به هوا بلند می‌کنند و آنها را وارد جریان بادی می‌کنند که آنها را تا مسافت‌هایی دور حمل می‌کند. ذرات شن سنگین‌تر هستند و از چند سانتی‌متر تا چند کیلومتر حرکت می‌کنند.

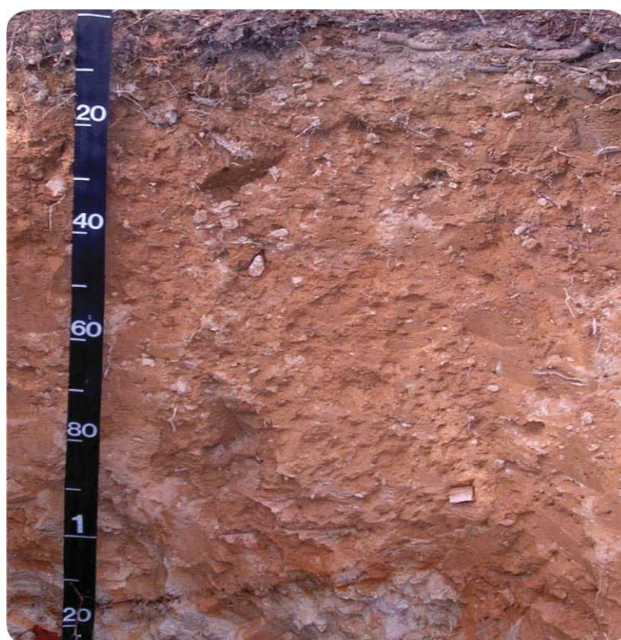
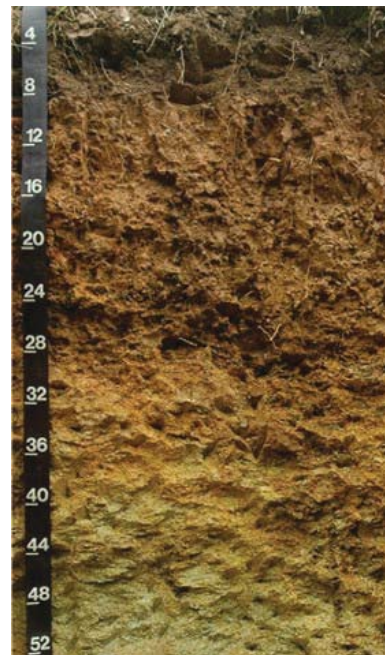
فرسایش بادی در بسیاری از بیابان‌ها که پوشش گیاهی برای حفاظت سطح خاک ندارند، دیده می‌شود. برخی بیابان‌ها سنگ‌فرش‌های سنگی بر روی سطح خود دارند زیرا همه ذرات ریزتر توسط فرسایش بادی جارو شده‌اند. ذرات خاک فرسایش یافته از صحرای بزرگ آفریقا (Sahara Desert) واقعاً اقیانوس اطلس را می‌پیمایند و در جزایر کارائیب در شمال آمریکای جنوبی به زمین می‌نشینند و موجب افزایش حاصل‌خیزی این خاک‌های گرمسیری بی‌رمق و هوازده می‌شوند.

شکل ۶-۲۲. فرسایش بادی این دیواره را تنها چند سال پس از ساخت آن پوشانده است.



سول‌ها دارند، که در دامنه‌های تندتر و چشم‌اندازهای جوانتر به چشم می‌خورند. آلفی‌سول‌ها شبیه به اولتی-سول‌ها، با انباشت زیر سطحی (آب‌انباشتگی) رس (Bt، گفتار ۲)، هستند. اما هوازگی کمتر و اشباع بازی بیشتری دارند. اولتی‌سول‌ها در جنگل‌های بارانی گرمسیری کمتر احتمال دارد که افق E داشته باشند. در اینستپی‌سول‌ها برخی از نشانه‌های تشکیل افق B دیده می‌شود (Bw، گفتار ۲).

شکل ۷-۹. یک آلفی‌سول در (Alfisols) جنگل‌های خزان‌کننده شمالی با یک افق نازک تیره A در بالای افق E (افق تقریباً سفید) بر روی یک افق Bt با تجمع رس آب‌شسته.



شکل ۷-۱۰. یک اینستپی‌سول (Inceptisols) در جنگل‌های خزان‌کننده با یک افق نازک A (۰-۱۰ سانتی‌متر، ۰-۴ اینچ) بر روی یک افق Bw با توسعه اندک.

آلفی‌سول‌ها در جنگل‌های شمالی بیشتر از جنگل‌های جنوبی دیده می‌شوند، زیرا دمای خنک به هوازگی کمتر منجر می‌شود. خاک جنگل‌های جنوبی عموماً اولتی‌سول (شکل ۷-۷) یا اسپودوسول (شکل ۷-۱۱) است به شرطی که بافت مواد مادری آنها شنی باشد.

شکل ۸-۶. از زمین: استیف-
 لند (*from earth: stiftland*)
 اثر هرمان
 دوپوریس (Herman de Vries)
 نشان‌دهنده رنگ‌های
 بسیار گوناگون خاک است که
 خاک را به خودی خود به اثری
 هنری تبدیل می‌کند.



خاک و ادبیات

همانند آنچه در هنر دیدیم، خاک می‌تواند به عنوان موضوع یک اثر مکتوب، به عنوان یک مایه ادبی قدرتمند عمل کند، یا برای خود نوشتن، تابلویی بی‌انتها فراهم کند. بسیاری از آثار بر جای مانده از جوامع اولیه، بیشتر بر روی لوح‌های خاک رسی (خاک) نگه داشته شده‌اند تا بر روی سنگ، بر روی این لوح‌ها در هنگامی که مرطوب بوده‌اند، با اشیاء نوک‌تیز نوشته شوند و سپس حرارت داده شوند تا آثاری دائمی از قوانین سیاسی، اسناد تجاری و ایده‌ها ثبت گردند. مجموعه قوانین هامورابی^۴ مربوط به سال ۱۷۵۰ قبل از میلاد (شکل ۸-۷)، یکی از قدیمی‌ترین نمونه‌های باقی‌مانده از قوانین ثبت‌شده بر روی لوح‌های رسی است. نویسندگان قرن‌ها خاک را به عنوان یک استعاره برای تولد، مرگ، چرخه زندگی، باروری و تجدید جوانی به کار برده‌اند. بسیاری از دانشمندان، از جمله اسحاق نیوتون (Isaac Newton) و بنجامین فرانکلین (Benjamin Franklin)، در اشعار و نوشته‌های شخصی خود از خاک نوشته‌اند. یکی از اشعار معروف مربوط به مجموعه ریچاردز بینوا^۵ سروده فرانکلین (۱۷۳۹) است:

هرکه را دانش بود، مانند خاکی مایه‌دار

خرمن ذرت اگر حاصل نداد، نان جو می‌بخشدت.^{۶، ۷}

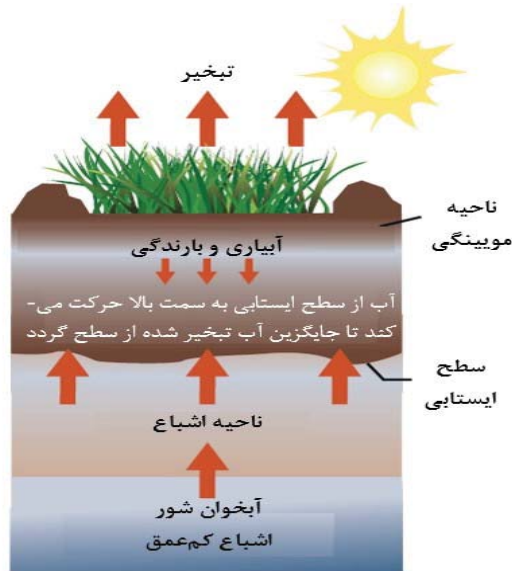
⁴ The Code of Hammurabi

⁵ Poor Richard's Almanack

⁶ در ترجمه قطعات ادبی تلاش گردیده است ضمن امانت‌داری در کلام، محتوای متن به شکلی موزون برگردان شود، لذا متن زبان اصلی این قطعات نیز در پاورقی آمده است.

⁷ A Man of Knowledge like, a rich Soil, feeds; If not a world of Corn, a world of Weeds.

شکل ۸-۲۱. در مناطق گرم و خشک، برای رشد بهتر گیاهان، مزارع باید آبیاری شوند و این کار به افزایش شوری منجر می‌گردد. افزودن آب بیشتر به خاک، سبب افزایش تبخیر آب از خاک اشباع یا آبخوان‌های شور، سپس حرکت به سمت بالا تا محل تبخیر آب می‌گردد و املاح حاصل از سنگ‌های طبیعی نیز با آب بالا می‌آیند. هنگامی که این آب از سطح تبخیر می‌گردد، این املاح بر جای می‌مانند.



نمونه تاریخی: بین‌النهرین

شرایط در بین‌النهرین (Mesopotamia) قدیم (امروزه در جنوب عراق (Iraq)) بسیار شبیه چیزی بود که امروزه هست: یعنی گرم و خشک. رودخانه‌های دجله (Tigris) و فرات (Euphrate) آب را از این کوهستان‌ها برای این تمدن قدیمی هدیه می‌آوردند. خاک این منطقه بسیار حاصل‌خیز است و بین‌النهرینی‌های باستانی، پروژه‌های آبیاری را برای رساندن آب به این منطقه خشک بیابانی بنا نهادند. بر خلاف مصری‌ها که می‌توانستند به سیلابی شدن فصلی رود نیل (Nile) دل ببندند و با آن آبیاری کنند، بین‌النهرینی‌ها با رودخانه‌هایی غیرقابل پیش‌بینی روبرو بودند. با این وجود، این مردم توانستند سازگاری بیابند و به این ترتیب تمدنی عظیم شکل گرفت.

این منطقه خانه امید یک امپراتوری بود که به لطف آبیاری، مقدار زیادی گندم تولید می‌کرد. این منطقه یک نیروی کاری قوی در هر دو حوزه کشاورزی و شهری داشت. کشاورزی در این منطقه به مدت ۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰ سال ادامه داشت، تا این که همه چیز رو به تغییر نهاد. این خاک‌ها در نهایت، به دلیل نفوذپذیری کم و بارش اندک، مقادیر هولناکی از املاح را در خود انباشتند. بیش‌آبیاری سبب بالا آمدن سفره آب شد، املاح بیشتری به سطح خاک رسید و رنگ زمین‌ها به سفیدی گرایید. عملکرد محصولات کاهش یافت و شهرها غذای کافی نداشتند. مورخان معتقدند که افزایش شوری خاک سبب شد تا کشاورزان از ۲۱۰۰ تا ۱۹۰۰ پیش از میلاد به جای کاشت گندم به جو که بردباری بیشتری به شوری دارد، روی بیاورند.

تا ۱۸۰۰ پیش از میلاد حتی جو نیز به دلیل انباشت هولناک املاح دوام نیاورد. کاهنان، مدیران، تجار و سربازان نمی‌توانستند غذای مورد نیاز را برای انجام امور خود به دست آورند. با ناتوان شدن مردم در تأمین غذای کافی، شهرها رو به ناآرامی نهادند و بسیاری فرار را بر قرار ترجیح دادند. بین ۲۱۰۰ و ۱۷۰۰ پیش از



مت در حوزه کاری خود "کار بلد" است.

اکنون روی کدام پروژه کار می‌کنید؟ در گذشته بر روی کدام پروژه‌های جالب کار کرده‌اید؟

یکی از پروژه‌های منحصر به فردی که من در گذشته بر روی آن کار می‌کردم، در نیوجرسی (New Jersey) بود. خاک‌هایی که این پروژه ساخت و ساز از آن می‌گذشت، خاک‌هایی اسید-زا بودند. اینها خاک‌هایی هستند که هنگام تماس با هوا و رطوبت، اسیدسولفوریک تولید می‌کنند. مشکل این بود که این خاک باید حفر می‌شد تا یک خط لوله گاز در آنجا کار گذاشته شود که از زمین‌های کشاورزی، نه‌رها و جنگل‌ها عبور می‌کرد. برای مدیریت خاک باید آزمون‌های آماده‌سازی و ذخیره‌سازی خاصی صورت گیرد. من در حال حاضر با یک خرده-فروش بزرگ کشاورزی مشغول به تربیت و آموزش فروشندگان و متخصصان کشاورزی هستم.

جالب‌ترین بخش کارتان را چه می‌دانید؟

من بیشتر از چالش تعیین علت یک موضوع و سپس ارائه گزینه‌های راه‌حل مناسب برای اصلاح آن مشکل لذت می‌برم. من همچنین از کار به عنوان شاهد کارشناسی نیز لذت می‌برم. خاک‌شناسی علم بسیار پیچیده‌ای است که عملاً جنبه‌هایی از تمام علوم را در بر می‌گیرد. اگر شما واقعاً بر روی حرفه خود تمرکز کنید، این علم را به‌خوبی یاد بگیرید و پیوسته در تلاش برای یادگیری باشید، شما در زمینه‌ای متخصص می‌شوید که بسیاری از مردم واقعاً نمی‌فهمند.

چه جنبه‌ای از شغلت را بیشتر دوست داری؟

من از کار کردن با افرادی با طیف گسترده‌ای از گرایش‌ها لذت می‌برم. کشاورزان، مهندسان، زمین‌شناسان، سازمان‌های دولتی، زیست‌شناسان، مشاوران محصول و غیره و این چالش که آنها را در درک اهمیت خاک و مدیریت خاک و تأثیر آن بر رشد گیاه، تولید غذا و محیط سالم کمک کنم.

چه چیزی هست که اگر در شغل / حرفه شما عوض شود، شغل شما بهتر خواهد شد؟

من واقعاً نمی‌دانم که چه چیزی را تغییری می‌دهم. خاک‌شناسی در واقع یک حرفه بسیار پویاست. من به خاطر پروژه‌ها واقعاً باید به کل کشور سفر کنم. من باید هم در مزرعه و هم در دفتر کار کنم، لذا هرگز پیر نمی‌شوم. من باید با افرادی با طیف گسترده‌ای از گرایش‌ها ملاقات و کار کنم و هر موضوع یا پروژه به اندازه