



مبانی خاک‌شناسی

(رشته زمین‌شناسی)

دکتر ناصر ارزانی

بسم الله الرحمن الرحيم

پیشگفتار ناشر

کتاب‌های دانشگاه پیام نور حسب مورد و با توجه به شرایط مختلف یک درس در یک یا چند رشته دانشگاهی، به صورت کتاب درسی، متن آزمایشگاهی، فرادرسی، و کمک درسی چاپ می‌شوند.

کتاب درسی ثمره کوشش‌های علمی صاحب اثر است که براساس نیازهای درسی دانشجویان و سرفصل‌های مصوب تهیه و پس از داوری علمی، طراحی آموزشی، و ویرایش علمی در گروه‌های علمی و آموزشی، به چاپ می‌رسد. پس از چاپ ویرایش اول اثر، با نظرخواهی‌ها و داوری علمی مجدد و با دریافت نظرهای اصلاحی و متناسب با پیشرفت علوم و فناوری، صاحب اثر در کتاب تجدیدنظر می‌کند و ویرایش جدید کتاب با اعمال ویرایش زبانی و صوری جدید چاپ می‌شود.

متن آزمایشگاهی (م) راهنمایی است که دانشجویان با استفاده از آن و کمک استاد، کارهای عملی و آزمایشگاهی را انجام می‌دهند.

کتاب‌های فرادرسی (ف) و **کمک درسی** (ک) به منظور غنی‌تر کردن منابع درسی دانشگاهی تهیه و بر روی لوح فشرده تکثیر می‌شوند و یا در وبگاه دانشگاه قرار می‌گیرند.

مدیریت تولید محتوا و تجهیزات آموزشی

فهرست

پیشگفتار

هفت

فصل اول: کلیات

۱	۱-۱ مقدمه
۲	۲-۱ خاک چیست؟
۳	۳-۱ تاریخچه علم خاک شناسی
۵	۴-۱ خاک و گیاه
۸	خودآزمایی فصل اول

فصل دوم: تشکیل و طبقه‌بندی خاک

۹	۱-۲ تشکیل خاک
۱۰	۲-۲ نیمرخ (پروفیل) و افق‌های خاک
۱۱	۲-۲-۱ افق‌های مختلف، در نیمرخ خاک تکامل یافته
۱۲	۲-۲-۲ پدون و انواع آن در خاک
۱۶	۳-۲-۲ خاک برجا و نابرجا
۱۸	۳-۲ عوامل مؤثر در تشکیل خاک
۱۹	۱-۳-۲ هوازدگی
۲۵	۲-۳-۲ سنگ مادر
۲۹	۳-۳-۲ آب و هوا
۳۲	۴-۳-۲ موجودات زنده و مواد آلی
۳۳	۵-۳-۲ توپوگرافی
۳۵	۶-۳-۲ زمان
۳۶	۴-۲ طبقه‌بندی خاک
۳۷	۱-۴-۲ رده‌های خاک
۴۶	۲-۴-۲ خاک‌های قدیمی (پالئوسل)
۵۶	خودآزمایی فصل ۲

فصل سوم: اجزاء اصلی تشکیل دهنده خاک

۵۹	۱-۳ مواد معدنی خاک
۶۱	۱-۳-۱ کانی‌های رسی، مهم‌ترین ماده معدنی در خاک
۷۳	۲-۳-۱ اکسیدها و هیدروکسیدهای فلزی (سسکوی اکسید) و رس‌های این گروه
۷۴	۳-۳-۱ مواد معدنی دیگری که به جز رس‌ها در خاک اهمیت دارند
۷۵	۲-۳ مواد آلی خاک
۷۷	۳-۳ بافت خاک
۸۳	۴-۳ ساختمان خاک
۸۶	۵-۳ منافذ (تخلخل) در خاک
۸۷	۶-۳ هوای خاک
۸۹	۷-۳ آب در خاک
۸۹	۱-۷-۳ چرا خاک آب را در خود نگه می‌دارد؟
۹۱	۲-۷-۳ آب در خاک به چه حالت‌هایی دیده می‌شود؟

۳-۷-۳	جریان آب در خاک.....	۹۶
۳-۷-۴	مفهوم انرژی نگهداری آب در خاک.....	۱۰۱
۳-۷-۵	جریان آب در خاک (هدایت آبی) و قانون دارسی.....	۱۰۷
۳-۸	موجودات زنده (ارگانیزم‌ها) در خاک.....	۱۰۸
۳	خودآزمایی فصل.....	۱۱۲

فصل چهارم: شیمی خاک

۱۱۷		
۴-۱	کلوئیدهای خاک و خواص شیمیایی آنها.....	۱۱۸
۴-۲	تبادل یونی در خاک.....	۱۲۰
۴-۲-۱	تبادل کاتیونی.....	۱۲۱
۴-۳	اسیدیت و شوری در خاک.....	۱۳۰
۴-۳-۱	اسیدیت خاک.....	۱۳۰
۴-۳-۲	شوری خاک.....	۱۳۲
۴	خودآزمایی فصل.....	۱۴۰

فصل پنجم: حفاظت خاک

۱۴۳		
۵-۱	حفاظت خاک و اهمیت آن.....	۱۴۴
۵-۲	فرسایش خاک و راه‌های جلوگیری از آن.....	۱۴۵
۵-۲-۱	فرسایش آبی.....	۱۴۶
۵-۲-۲	فرسایش بادی.....	۱۴۹
۵-۳	آلودگی خاک و راه‌های جلوگیری از آن.....	۱۵۴
۵	خودآزمایی فصل.....	۱۶۱

پیوست: برخی از خواص فیزیکی خاک

۱۶۳		
۱۶۳	پیوست ۱. مقاومت و پایداری خاک.....	
۱۶۳	پیوست ۱-۱ پایداری خاک در برابر فشار.....	
۱۶۵	پیوست ۱-۲ مقاومت خاک در برابر نفوذ مواد.....	
۱۶۵	پیوست ۱-۳ روانی و خمیری شدن (پلاستیسیته) خاک.....	
۱۶۸	پیوست ۱-۴ رنگ و دمای خاک.....	
۱۶۹	پیوست ۱-۵ وزن مخصوص خاک.....	
۱۷۳	پیوست ۲. محیط تشکیل و چرخه طبیعی رس‌ها.....	
۱۷۸	پیوست ۳. باکتری‌های خاک که از نظر زمین‌شناسی اهمیت دارند.....	
۱۸۰	پیوست ۴. مدل‌ها و برنامه‌های کامپیوتری کاربردی در خاک‌شناسی.....	
۱۸۰	پیوست ۴-۱. شیمی خاک (تحرك مواد در خاک).....	
۱۸۰	پیوست ۴-۲. فیزیک خاک.....	
۱۸۱	پیوست ۴-۳. فرسایش خاک.....	
۱۸۱	پیوست ۴-۴. آلودگی خاک.....	

۱۸۳	پاسخ خودآزمایی‌ها.....	
۱۸۵	منابع.....	
۱۹۱	واژه‌نامه فارسی - انگلیسی.....	
۱۹۳	واژه‌نامه انگلیسی - فارسی.....	

پیشگفتار

کتابی که در دست دارید، مقدمه‌ای بر علم خاک‌شناسی است. خاک‌شناسی علمی است که ارتباط نزدیکی با زمین‌شناسی و به‌خصوص شاخه رسوب‌شناسی دارد. اگرچه منابع علمی متعددی در رابطه با خاک‌شناسی عمومی وجود دارد (منابع خارجی و یا تألیف و یا ترجمه شده به زبان فارسی) اما این منابع بیشتر به بیان موضوعات خاک‌شناسی و رابطه آن با کشاورزی پرداخته و برای دانشجویان رشته زمین‌شناسی مناسب نیستند. علاوه بر آن لزوم تدوین منبع علمی خودآموزی در زمینه خاک‌شناسی برای دانشجویان، از سال‌ها قبل احساس می‌شده است.

در این کتاب، مطالب خاک‌شناسی به‌صورت خودآموز و با در نظر گرفتن ارتباط علم خاک‌شناسی با رشته زمین‌شناسی طراحی و با توجه به برنامه‌های مصوب این درس برای دانشجویان دوره کارشناسی زمین‌شناسی تدوین شده است. مطالب هر فصل بر مبنای «هدف کلی» و «هدف‌های رفتاری» تنظیم شده است و به دانشجویان عزیز پیشنهاد می‌شود که قبل از هر چیز این هدف‌ها را به‌دقت مطالعه کنند. جدول‌ها و شکل‌های فصل‌های مختلف اهمیت بسیار زیادی دارند و توصیه می‌شود به آنها توجه شود. برای سنجش پیشرفت مطالعه این کتاب، دانشجویان می‌توانند خودآزمایی‌های آخر هر فصل را پاسخ دهند و نتیجه را با پاسخ‌های آخر کتاب مقایسه کنند.

در اینجا از جناب آقای دکتر محمد پناهی که ویرایش علمی مطالب این کتاب را انجام داده و سرکار دکتر خانم مهین محمدی که زحمت طراحی آموزشی را کشیده‌اند و همکاران دفتر تدوین کتاب دانشجویان محترمی که ایرادات این کتاب را مشخص کردند، تشکر نمایم.

در پایان از دانشجویان عزیز و اساتید محترم انتظار دارم، نظرات و پیشنهادات خود را در رفع کمبودهای این کتاب و بهبود آن در چاپ‌های بعدی به اطلاع اینجانب برسانند.

دکتر ناصر ارزانی

تابستان ۱۳۸۹ دانشگاه پیام‌نور

فصل اول

کلیات

هدف مرحله‌ای

هدف کلی از مطالعه این فصل آشنایی با تعریف خاک، تاریخچه مطالعات آن و اهمیت خاک از نظر رابطه آن با حیات گیاهی و جانوری در سطح کره زمین است.

هدف‌های رفتاری

پس از مطالعه این فصل باید بتوانید:

۱. مفاهیم و اصطلاحاتی را که در جدول مفاهیم تازه فهرست شده‌اند، تعریف کنید.
۲. خاک را از دیدگاه‌های مختلف تعریف کنید.
۳. مختصری راجع به تاریخچه خاک‌شناسی شرح داده و نقش تحولات دهه‌های اخیر را در علم خاک‌شناسی توضیح دهید.
۴. اهمیت خاک در تغذیه و رشد گیاهان را شرح دهید.
۵. عواملی که در عمق نفوذ ریشه گیاهان در خاک مؤثر هستند را نام ببرید.
۶. مهم‌ترین عناصر غذایی مورد لزوم در رشد گیاهان (از جدول ۱-۱) را نام ببرید.

مفاهیم تازه

سنگ مادر	نبود رسوبگذاری	کانی‌رسی
گیاخاک (هوموس)	هوازگی	قانون حداقل لایبیک
سیستم اطلاعاتی جغرافیایی	سیستم جهانی تعیین موقعیت	عناصر غذایی خاک

۱-۱ مقدمه

زندگی در روی کره زمین به آب، هوا، نور خورشید و خاک وابسته است. خاک که خارجی‌ترین لایه و قشر سطحی کره زمین است، از عملکرد فرایندهای مختلف، از جمله فرایندهای زمین‌شناسی، اقلیمی و یا دخالت انسان به وجود می‌آید. این فرایندها، به صورت فیزیکی-شیمیایی، کانی‌هایی را که از سنگ اولیه (سنگ مادر)^۱ منشأ گرفته‌اند تغییر می‌دهند. این تغییرات با همراه شدن با چرخه تحولات مواد آلی و تأثیر موجودات میکروسکوپی، مجموعاً خاک را تشکیل می‌دهند. علاوه بر آن، بخش عمده‌ای از حجم خاک را خلل و فرج دربرمی‌گیرند که از هوا، آب و یا مواد محلول پر می‌شوند.

اهمیت خاک از دیدگاه‌های مختلف، متفاوت است. توجه به خاک از نظر کشاورزی، در میزان تولید محصول و از نظر مهندسیین سازه و عمران در میزان مقاومت در برابر ایجاد تأسیسات است. اهمیت مطالعه خاک از دیدگاه باستان‌شناسان و زمین‌شناسان، در مشخص کردن شرایط محیطی گذشته زمین است. خاک‌هایی که در محدوده زندگی انسان‌های اولیه قرار داشته، از نظر تعیین ویژگی محل و همچنین آثار تکنولوژی و ابزاری که انسان‌ها به کار می‌گرفته‌اند، اهمیت دارد. خاک‌هایی که در بین لایه‌های سنگی و در ستون‌های چینه‌شناسی یافت می‌شوند (خاک‌های قدیمی) مشخص‌کننده دوره‌های نبود رسوبگذاری هستند و شرایطی را نشان می‌دهند که دریاها از بخش‌هایی از سطح کره زمین عقب‌نشینی کرده‌اند. در زمان تشکیل این خاک‌ها، آب و هوا شرایط خاصی داشته و یا منابع معدنی و آلی خاصی برای تولید این خاک ما در آن دوره‌های گذشته زمین‌شناسی وجود داشته است.

۲-۱ خاک چیست؟

تعریف واحدی برای خاک وجود ندارد و از دیدگاه‌های مختلف خاک را به صورت‌های گوناگون توصیف کرده‌اند. مؤسسات خاک‌شناسی آمریکا، خاک را به صورت زیر تعریف می‌کنند: «خاک توده‌ای طبیعی است که از مواد معدنی و آلی تشکیل شده و قسمت اعظم سطح زمین را می‌پوشاند و می‌تواند ریشه گیاهان را در خود نگه دارد».

1- Parent Rock (Parent material)

براساس تعریف فوق، مرز زیرین خاک در عمقی در نظر گرفته شده است که تا آن عمق ریشه گیاهان معمولاً نفوذ می‌کنند. از دیدگاه زمین‌شناسان، خاک به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

«خاک ذرات ناپیوسته جامد و نرم از بخش فوقانی پوسته زمین است که در اثر تخریب و تجزیه مواد معدنی و آلی و تشکیل ترکیبات جدید، عمدتاً شامل: کانی‌های رسی و گیاهخاک، به‌وجود آمده است. این قشر هوازده و ناپیوسته قادر است حیات جانوری و گیاهی را در خود داشته باشد».

این تعریف، ضخامت خاک را تا منطقه تأثیر هوازدگی و خرد شدن سنگ‌های بستر و ناپیوسته شدن آنها در نظر می‌گیرد.

پوشش خاک، تمام سطح خشکی موجود در کره زمین را نمی‌پوشاند. مناطق یخ‌زده قطبی، صخره‌ها و ارتفاعات پرشیب، بخشی از سطح زمین که به‌تازگی گدازه‌ها در آن گسترده شده‌اند، پهنه‌های نمکی و نواحی بیابانی با ماسه‌های روان از جمله قسمت‌هایی از سطح زمین هستند که فاقد پوشش خاک هستند. علاوه‌بر آن ضخامت خاک در نواحی مختلف کره زمین یکسان نیست و درجه تحولات و ارزش اقتصادی آن، از نظر حاصلخیزی و یا مرغوبیت و یا درجه استحکام برای ساختن سازه‌ها، خاک‌های مختلف متفاوت هستند.

۱-۳ تاریخچه علم خاک‌شناسی

سابقه تاریخی مطالعات و تحقیقات خاک‌شناسی به گذشته‌های دور برمی‌گردد. تاریخ‌شناس باستانی، زنفون (۳۵۵ تا ۴۳۰ قبل از میلاد مسیح) اولین فردی بوده است که از خود آثاری مکتوب درباره اهمیت خاک در رشد گیاهان برجای گذاشته است. کاتو (۱۴۹ تا ۲۳۴ قبل از میلاد مسیح)، براساس نوشته‌های زنفون، کتابی نوشت و در آن روش‌های مختلفی را برای حفظ کیفیت خاک و حاصلخیزی آن پیشنهاد کرد. او اولین فردی بود که خاک را براساس نوع محصولی که در آن می‌توان به‌عمل آورد، تقسیم بندی کرد.

توسعه علم خاک‌شناسی تا سال‌های ۱۶۰۰ بعد از میلاد مسیح به کندی صورت گرفت تا اینکه در اوایل قرن هفدهم میلادی دانشمند هلندی به نام هلمونت (۱۵۷۷ تا ۱۶۴۴ میلادی) با انجام آزمایشی دوران جدیدی را در تحقیقات کشاورزی شروع کرد.

او درخت بیدی به وزن $2/3$ کیلوگرم را در گلدانی با مقدار $90/8$ کیلوگرم خاک کاشت. او این گلدان را به مدت ۵ سال فقط با آب باران آبیاری کرد. در پایان این دوره مشاهده کرد که وزن گیاه به $76/8$ کیلوگرم رسیده است ولی وزن خاک از وزن اولیه آن به مقدار 57 گرم کاهش دارد. او این افت وزنی را به خطای اندازه‌گیری نسبت داد و چون گلدان را فقط با آب باران آبیاری کرده بود به این نتیجه رسید که «آب» اساس و اصل زراعت است. این آزمایش، پیشرفت مهمی در آن زمان در علم خاک بود و بعداً از نتایج حاصل از این آزمایش چنین نتیجه‌گیری شد:

۱. کاهش وزن خاک به مقدار 57 گرم (خطایی که به اندازه‌گیری نسبت داده شده بود)، وزن کانی‌های خاک از جمله کانی‌های دارای ترکیب کلسیم، فسفر و پتاسیم است که گیاه از خاک جذب کرده است.

۲. افزایش وزن درخت از $2/3$ کیلوگرم به $76/8$ کیلوگرم، به دلیل جذب کربن و اکسیژن هوا (به صورت گاز کربنیک) توسط گیاه بوده است.

علم خاک‌شناسی با کشف اکسیژن توسط پریستلی (۱۷۳۳ تا ۱۸۰۴ میلادی) و یافته او که هوا نقش مهمی را در رشد گیاهان دارد، توسعه‌ای قابل توجه یافت. مطالعات شیمیدانان، به خصوص دانشمند آلمانی، لایبیگ (۱۸۰۳ تا ۱۸۷۳ میلادی) و یافته او که «کربن لازم برای رشد گیاهان (بجای گاز کربنیک هوا) ممکن است از طریق محلول‌های موجود در خاک تأمین شود»، تحولی مهم در علم خاک‌شناسی ایجاد کرد. لایبیگ «قانون حداقل» را به صورت زیر عنوان کرد:

«برای رشد گیاهان وجود یک سری عناصر اصلی و مهم لازم است».

در سال ۱۸۴۳ میلادی دو دانشمند انگلیسی در نزدیکی لندن اولین ایستگاه تحقیقاتی جدید کشاورزی و خاک‌شناسی را دایر کردند که از آن پس تحقیقات زیادی در این محل انجام شد و با ایجاد ایستگاه‌های مشابه در سایر کشورها، تحولی عظیم در علم خاک‌شناسی صورت گرفت.

اولین طبقه‌بندی خاک توسط انجمن خاک‌شناسی آمریکا و در سال ۱۹۳۸ میلادی انجام شد که بعداً در سال ۱۹۷۵ با تغییراتی به صورت امروزی درآمد.

امروزه مطالعات گسترده خاک‌شناسی، به خصوص از نظر حفظ و نگهداری خاک از آلودگی محیطی و فرسایش آن، در اکثر دانشگاه‌ها و ایستگاه‌های تحقیقاتی در دست انجام

است. مدل‌های مختلف کامپیوتری برای صور مختلف خاک از نظر کشاورزی، صنعتی، ساخت و ساز بناها و زیست‌محیطی ارائه شده است. جریان آب در خاک، حرکت املاح و یا خواص فیزیکی خاک از جمله این مدل‌ها هستند (برای اطلاع بیشتر به بخش پیوست مراجعه شود).

در اواخر قرن بیستم، به‌کارگیری سیستم اطلاعاتی (GIS) تحولی عمده و اساسی در خاک‌شناسی بوده است که به‌وسیله آن نقشه‌های پراکندگی خاک‌ها در روی کره زمین تهیه شده است.

با استفاده از سیستم اطلاعاتی جغرافیایی درباره خاک‌ها (GIS)، امکان جمع‌آوری اطلاعات درباره خاک‌های موجود در سطح کره زمین و تنوع و ویژگی‌های هر گروه و رسته میسر شده است.

سیستم جهانی تعیین موقعیت GPS، که با استفاده از امکانات ماهواره‌ای به‌وجود آمده است، تحولی دیگر در زمینه مطالعات خاک‌شناسی است. کسانی که مطالعات صحرایی در مقیاس وسیع انجام می‌دهند و اطلاعات کلی را به هم ربط می‌دهند از این سیستم در مطالعات خاک‌شناسی استفاده می‌کنند. برای مثال، توسعه و یا محو جنگل‌ها بر روی پهنه‌های وسیعی از کره زمین، با استفاده از عکس‌های ماهواره‌ای سال‌های گذشته و حال صورت می‌گیرد. تلفیق این اطلاعات با تحولات محیطی یک منطقه، اطلاعات جالبی را به‌دست می‌دهد.

۱-۴ خاک و گیاه

خاک مواد غذایی مورد نیاز گیاهان، مانند عناصر مختلف شیمیایی، اکسیژن و آب را تأمین می‌کند در حقیقت نقش خاک فراهم کردن شرایط و فاکتورهای اصلی مؤثر در رشد و نمو گیاهان است. علاوه بر آن، خاک نگهدارنده گیاهان است. با نفوذ ریشه به اعماق خاک، مقاومت گیاهان در برابر بادهای شدید و طوفان بیشتر می‌شود ولی در نواحی کوهستانی که عمق خاک برای نفوذ ریشه گیاهان کافی نیست، بعد از بارندگی و لغزنده شدن خاک و یا وزش بادهای شدید، گیاهان واژگون می‌شوند.

عمق نفوذ ریشه گیاهان در خاک به فاکتورهای متعددی از جمله رطوبت و هوای خاک و نوع گیاه بستگی دارد. مثلاً در خاک‌های جنگلی به‌علت رطوبت و مواد غذایی سطحی زیاد، بعضی از درختان ریشه خود را در سطح خاک گسترش می‌دهند، از طرف دیگر در نواحی

کویری بعضی از گیاهان ریشه‌های عمیق در خاک دارند. در خاک‌های رسی با تهویه کم و فقدان اکسیژن در عمق، نفوذ ریشه معمولاً از حد ۵۰ تا ۶۰ سانتیمتر تجاوز نمی‌کند. عناصر شیمیایی که به‌عنوان مواد غذایی در رشد گیاهان در خاک مصرف می‌شوند، در خاک‌های گوناگون به‌مقدار متفاوت یافت می‌شوند. در جدول (۱-۱) این عناصر شیمیایی نشان داده شده‌اند.

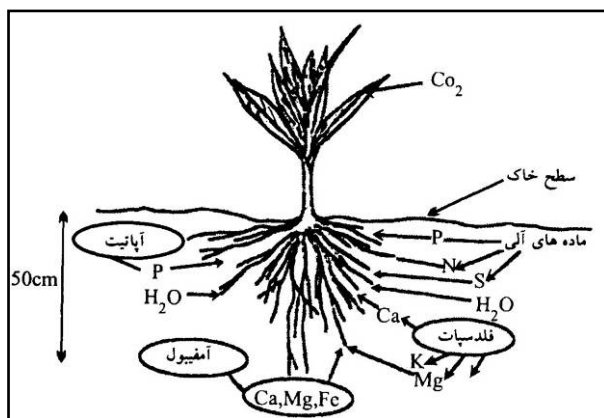
جدول ۱-۱. بعضی از عناصری که در خاک یافت می‌شوند و اهمیت دارند (نقل از میلر و گاردنر (۱۹۹۸)^۱ - با تغییر آن)

نام عنصر	علامت شیمیایی	ویژگی عنصر و اهمیت آن در خاک
آلومینیوم	(Al)	به‌صورت‌های مختلف هیدروکسیدی در خاک وجود دارد و مقدار زیاد آن خاک را اسیدی و گیاه را مسموم می‌کند.
کادمیوم	(Cd)	از عناصر سنگین موجود در خاک است که در بقایای جانوری وجود دارد و برای گیاه بسیار سمی است.
کوبالت	(Co)	مقدار جزئی آن در خاک در واکنش تثبیت نیتروژن لازم است و در صورت تمرکز عنصر باعث مسمومیت گیاه می‌شود.
جیوه	(Hg)	فلز سنگین سمی برای رشد گیاهان است که به‌صورت HgO در خاک یافت می‌شود.
مولیبدن	(Mo)	عنصر بسیار مهم در تغذیه گیاهان است که به‌مقدار جزئی در خاک مورد لزوم است.
نیکل	(Ni)	عنصر بسیار مهم در رشد گیاهان است که مقدار زیاد آن در خاک برای گیاه سمی است.
نیتروژن	(N)	عنصر بسیار مهم در ساختن بافت گیاهی است که در ترکیبات آلی موجود در خاک وجود دارد.
فسفر	(P)	عنصر مهم در رشد گیاهان است که با کلسیم، آلومینیوم و آهن ترکیب فسفات‌های خاک را می‌دهد.
سلنیوم	(Se)	عنصر سنگین و سمی است که ممکن است به‌ندرت در بعضی خاک‌ها یافت شود.
روی	(Zn)	در خاک‌های آهکی به‌مقدار بسیار کم وجود دارد.
سولفور (سولفید) آهن (فرو)	(S) (Fe)	در خاک‌های با تهویه ناقص وجود دارد.

کلسیم، سدیم، منیزیم، اکسیژن، هیدروژن، کربن، پتاسیم، از عناصر اصلی و مهم در خاک هستند که از بین آنها کلسیم، اکسیژن، هیدروژن و کربن اهمیت بیشتر دارند

چنانچه در این جدول مشاهده می‌شود، عناصر کربن، اکسیژن، هیدروژن، نیتروژن، فسفر، گوگرد، پتاسیم، کلسیم و منیزیم از عناصر اصلی و پرمصرف در خاک هستند. البته باید توجه داشت که عناصر کم مصرف نیز در رشد گیاهان اهمیت بسیار زیاد دارند و مقدار جزئی آنها در خاک برای رشد گیاهان لازم است. از طرف دیگر تمرکز بعضی از عناصر در خاک موجب مسمومیت گیاهان می‌شود.

عناصر غذایی که برای رشد گیاهان لازم است، از منابع متفاوت تأمین می‌شود و حتی ممکن است برای یک عنصر غذایی چند منبع متفاوت وجود داشته باشد (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱. عنصرهای غذایی مورد نیاز گیاه از هوازدگی کانی‌های خاک مانند آپاتیت، آمفیبول و فلدسپات تأمین می‌شود. منبع تولید ازت فسفر، و گوگرد عمدتاً از ماده آلی است و کمبود آنها در خاک بیشتر دیده می‌شود (حق‌نیا ۱۳۷۴).

برای مثال، اکسیژن و کربن مورد لزوم گیاه از گاز کربنیک هوا و هیدروژن از آب گرفته می‌شود. نیتروژن که یک عنصر اصلی و مهم در رشد گیاهان است از منشأ مواد آلی (گیاهخاک) و یا کانی‌های موجود در خاک فراهم می‌گردد. با تجزیه مواد آلی، نیتروژن به صورت یون‌های محلول به وجود می‌آید و این یون‌ها به صورت نترات و آمونیوم برای مدت کوتاهی در خاک باقی می‌مانند. به همین دلیل است که آبشویی عناصر محلول، معمولاً، موجب کمبود این عناصر در خاک می‌شود.

اجزاء تشکیل دهنده خاک مانند کانی‌های رسی یا مواد آلی تجزیه شده نیز در تغذیه گیاهان دخالت دارند. کانی‌های رسی یا مواد آلی تجزیه شده (گیاهخاک) که در

خاک وجود دارند، بعضی از عناصر را روی سطح خود چسبانده (جذب سطحی) و در حالات مختلف در اختیار گیاه قرار می‌دهند. این عمل موجب جلوگیری از آبشویی و جدا شدن عناصر محلول از خاک می‌گردد (اولیر^۱، ۱۹۸۴؛ گای سل و پوسن^۲، ۲۰۰۳).

خودآزمایی فصل اول

۱. در تعریف خاک از دیدگاه زمین‌شناسان، کدام گزینه صحیح است؟
 - الف) خاک را فقط تا عمق نفوذ ریشه گیاهان در نظر می‌گیرد.
 - ب) ضخامت خاک را تا منطقه تأثیر هوازگی در نظر می‌گیرد.
 - ج) حیات گیاهی و جانوری در خاک برای تعریف آن اهمیت ندارد.
 - د) عمق خاک شامل بخشی از سنگ‌های بستر است.
۲. قانون حداقل لایبیک چه اصلی را بیان می‌کند؟
 - الف) رشد گیاهان بیشتر تحت تأثیر شرایط جوی است.
 - ب) رشد گیاهان وابسته به روشی آبیاری است.
 - ج) رشد گیاهان وابسته به وجود یک سری عناصر اصل و مهم است.
 - د) رشد گیاهان را میزان گازکربنیک هوا را کنترل می‌کند.
۳. کدام یک از عناصر زیر در واکنش تثبیت نیتروژن در خاک به مقدار جزئی لازم است.

الف) کادمیوم	ب) سلنیوم
ج) روی	د) کبالت

1- Ollier (1984)

2- Gysels & Poesen (2003)

فصل دوم

تشکیل و طبقه‌بندی خاک

هدف مرحله‌ای

هدف کلی از مطالعه این فصل آشنایی با چگونگی تشکیل خاک، مطالعه نیمرخ و افق‌های خاک و بررسی عوامل کلی که در این شکل‌گیری مؤثرند و سپس طبقه‌بندی خاک است.

هدف‌های رفتاری

پس از مطالعه این فصل انتظار می‌رود که بتوانید:

۱. مفاهیم و اصطلاحاتی را که در جدول مفاهیم تازه آمده است، تعریف کنید.
۲. چگونگی تشکیل خاک را بحث کنید.
۳. نیمرخ خاک و افق‌های مختلف آن را شرح دهید.
۴. ویژگی خاک‌های برجا و نابرجا را توصیف کنید.
۵. عوامل مختلف مؤثر در تشکیل خاک را شرح داده برای هر کدام مثالی بزنید.
۶. در طبقه‌بندی خاک، به‌روش سیستم آمریکایی، خاک‌های مختلف و ویژگی هر کدام را شرح دهید.
۷. روش تشخیص خاک‌های قدیمی (پالئوسل) را از خاک‌های معاصر (معمولی) شرح دهید.

مفاهیم تازه

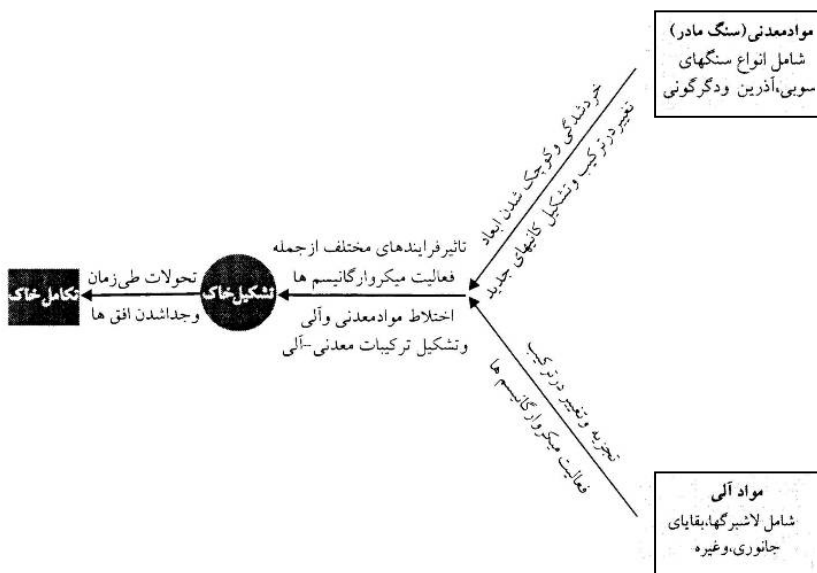
تشکیل خاک (خاک‌زایی) تکامل خاک

هوازدهگی

نیمرخ (پروفیل خاک) افق‌های خاک خاک‌های قدیمی (پالئوسل)
 هیدرولیز کانی‌های اولیه و ثانویه آبیگری و بی‌آب شدن
 رده‌های خاک در سیستم آمریکایی خاک‌های درجا (باقیمانده) و نابرجا

۱-۲ تشکیل خاک

هوازدگی مواد معدنی، مانند سنگ‌ها و رسوبات و اختلاط آنها با مواد آلی تجزیه شد، قشر نرم و ناپیوسته‌ای را به صورت خاک در سطح زمین تشکیل می‌دهند (شکل ۱-۲). آب و هوا در این مواد ناپیوسته نفوذ می‌کند و ریشه گیاهان می‌تواند در آن رشد و نمو نماید.



شکل ۱-۲. روند کلی در تشکیل خاک، با هوازدگی مواد معدنی (سنگ مادر) و خرد شدن آنها و با تجزیه مواد آلی و اثرات بیولوژیک، ترکیب این دو ماده معدنی-آلی^۱ و مخلوط شدن آنها، خاک تشکیل و با گذشت زمان و اثرات مداوم هوازدگی و فعل و انفعالات بیوشیمیایی، خاک تکامل می‌یابد و افق‌های مشخص خود را تشکیل می‌دهد.

بنابراین تشکیل خاک و خاک‌زایی پدیده‌ای بارز در سطح زمین است که طی فرآیندهای زیر صورت می‌گیرد:

۱. کوچک شدن ابعاد ذرات و قطعات سنگ‌ها طی مراحل هوازدگی سنگ بستر و یا مادر

۲. تشکیل کانی‌های جدید مانند کانی‌های رسی

۳. افزایش و تحولات مواد آلی شامل پوسیدگی و تجزیه این مواد

۴. در کنار هم قرار گرفتن مواد معدنی و آلی و تشکیل ترکیبات معدنی - آلی

با پیشرفت پدیده خاک‌زایی در طی زمان و افزایش درجه تحولات مواد معدنی و آلی سازنده خاک، بر ضخامت قشر خاکی افزوده می‌شود. با آرایشی که ذرات ناشی از این خاک‌زایی به خود می‌گیرند و تأثیری که فعالیت‌های حیاتی ارگانیسم‌ها (موجودات زنده) در آن به‌جای می‌گذارند، در قشر مواد نرم و ناپیوسته‌ای که حاصل می‌شود، تفاوت‌هایی از نظر کیفیت و همچنین ویژگی کلی از سطح تا عمقی که این مواد قرار دارند، پدید می‌آید.

۲-۲ نیمرخ (پروفیل)^۱ و افق‌های خاک

با تشکیل خاک و تکامل آن، مواد ناپیوسته‌ای با ضخامت قابل توجه به‌وجود می‌آید که می‌توان آن را در برشی عمودی نشان داد. چنین مقطع قائم و افقی از خاک که نشان‌دهنده عمق و بخش‌های مختلف خاک است، **نیمرخ** (پروفیل) خوانده می‌شود. نیمرخ خاک از سطح خاک شروع می‌شود و به قسمت غیرخاکی (سنگ مادر) در عمق خاتمه می‌یابد. نیمرخ، نمایانگر لایه‌های مختلف خاک است که هر لایه ویژگی معینی دارد و به آن **افق خاک**^۲ اطلاق می‌شود. در خاک تکامل یافته، افق‌ها قابل تفکیک و تشخیص هستند. تفاوت‌های عمده‌ای که در افق‌های خاک ممکن است دیده شوند، عبارت‌اند از:

۱. مقدار ماده آلی، که معمولاً در افق‌های سطحی خاک متمرکز است.

۲. شستشوی مواد و نمک‌های محلول که در خاک‌های نواحی مرطوب این حرکت از

1- Profile

2- Soil Horizon

بخش سطحی خاک به طرف اعماق صورت می‌گیرد.

۳. ذرات معدنی ریز (کانی‌های رسی) و مواد آلی که از افق‌های فوقانی خاک جدا گردیده (شسته شده) و در افق‌های تحتانی تجمع می‌نماید.

در اثر پیشرفت هوازدگی و تجزیه مواد معدنی و آلی، و در نتیجه تکامل خاک، افق‌ها از یکدیگر تفکیک می‌شوند. تعداد و انواع افق‌های خاک در نواحی مختلف با آب و هوا و شرایط اقلیمی گوناگون با یکدیگر متفاوت هستند. معمولاً در مناطق گرم و خشک یک لایه سطحی نازک و به رنگ قهوه‌ای روشن وجود دارد که بر روی سنگ مادر قرار دارد. ولی در یک خاک تکامل یافته (برای مثال خاک تشکیل شده در مناطق گرم و مرطوب) افق‌های گوناگون با ویژگی‌های متفاوت دیده می‌شوند (شکل ۲-۲).

۲-۲-۱ افق‌های مختلف، در نیمرخ خاک تکامل یافته

در شرایط ایده‌آل و در صورتی که فرآیندهای مؤثر در خاک‌زایی به‌خوبی عمل نمایند و در طی یک مرحله طولانی، خاک تکامل یافته و افق‌های زیر در آن تشکیل می‌شوند:

افق O. این افق سطحی‌ترین لایه خاک است که محل تجمع مواد آلی است. لاش‌برگ‌ها و مواد آلی دیگری که تجزیه نشده یا کمی تجزیه شده، در این افق متمرکز دارند. این افق در خاک‌های نواحی جنگلی با رطوبت فراوان دیده می‌شود (شکل ۲-۲).

افق A. افق A معمولاً دومین افق خاک است، ولی در خاک‌هایی که افق O وجود ندارد، این افق فوقانی‌ترین بخش خاک است. به‌علت تجزیه مواد آلی و اختلاط آن با مواد معدنی مخصوصاً کانی‌های رسی و تشکیل گیاخاک (هوموس) - به فصل ۳-۲ برای توضیح مراجعه شود)، این افق به رنگ تیره (قهوه‌ای) است. حداکثر فعالیت میکروارگانیسم‌ها در این افق متمرکز است.

ضخامت و گستردگی افق A تابعی از میزان تجمع مواد آلی و رطوبت محیط است و در نواحی گرم و خشک این افق ضخامت ناچیز دارد. به‌طور کلی در افق A، مخلوط شدن مواد معدنی و آلی صورت می‌گیرد و شستشوی مواد معدنی و آلی از این افق (توسط آب) باعث جدا شدن مقدار زیادی از مواد آلی و معدنی و انتقال آنها به افق زیرین می‌شود. در این شستشو (که معمولاً به کندی صورت می‌گیرد) مواد معدنی محلول، بعضی از کانی‌های رسی، آهن و حتی آلومینیوم، به افق زیرین منتقل می‌شوند. به همین لحاظ، افق A را «افق

شستشو^۱ نیز می‌نامند. در اثر انتقال ذرات کلوئیدی (مانند کانی‌های رسی و مواد آلی) از افق A، کوارتز و سایر کانی‌های مقاوم (ذرات معدنی در حد اندازه سیلت و شن) در قسمت فوقانی نیم‌رخ خاک تجمع نسبی پیدا می‌کنند. در بعضی از خاک‌ها افق A خیلی زیاد شستشو یافته و مواد آلی در روی آن وجود ندارد و افق شستشو را افق E می‌نامند.

افق B. موادی که از افق A شسته می‌شوند، در افق‌های تحتانی و معمولاً در افق B تجمع می‌نمایند. از این نظر افق B را **افق انباشتگی** نیز می‌نامند. در این افق، فعل و انفعالات شیمیایی بر فعالیت‌ها و واکنش‌های بیولوژیکی غلبه دارد. مهم‌ترین پدیده خاک‌زایی یعنی ایجاد کمپلکس‌های مواد معدنی و آلی و تشکیل گياخاک (هوموس) در افق B متمرکز است (شکل ۲-۲).

افق B معمولاً محل تجمع رس‌ها، مواد آلی تجزیه شده و آهن است. این مواد ممکن است به‌صورت مجزا و یا ترکیب‌های چندگانه وجود داشته باشند. اکسیدهای مضاعف آهن و آلومینیوم نیز ممکن است به‌صورت موضعی در این افق تجمع یابند. ذرات معدنی در حد اندازه سیلت و شن نیز ممکن است در این افق به حد فراوان دیده شوند. افق B ممکن است در خاک‌های مناطق خشک و خاک‌های تکامل نیافته وجود نداشته باشد. در ایران اکثر خاک‌های آهکی (غنی از کربنات کلسیم) فاقد افق B هستند (الیاس آذر ۱۳۶۹).

افق B را از نظر تشکیل لایه‌های شاخص و تمرکز ترکیبات مختلف به‌صورت زیر مشخص می‌کنند (رتالاک، ۱۹۹۸):^۲

۱. اگر افق B تجمعی از کانی‌های رسی را داشته باشد آن را با Bt نشان می‌دهند.
۲. تجمع مواد آلی در افق B را به‌صورت Bh نشان می‌دهند.
۳. در صورتی که در افق B انواع کربنات‌ها، مانند کربنات کلسیم، تجمع کند، این بخش را به‌صورت Bk نشان می‌دهند.
۴. تجمع سولفات‌ها مانند گچ در افق B را به‌صورت By نشان می‌دهند.
۵. تجمع نمک‌های محلول در افق B را به‌صورت Bz نشان می‌دهند.

1- Eluvial Horizon

2- Retallac, 1998



افق O (تجمع مواد آلی کمی تجزیه شده و یا مواد آلی تجزیه شده)

افق A (افق شسته شده)

افق E در خاک‌های شدیداً هوازده و شستشو یافته وجود دارد که فاقد تجمع مواد آلی است و در زیر افق A قرار دارد.

افق B (افق تجمع)

افق B ممکن است به صورت زیر باشد:

Bh: تجمع مواد آلی هوازده (هوموس) در بالای افق B, Bt:

تجمع رس‌ها، Bk: تجمع کربنات کلسیم، By: تجمع سولفات

کلسیم (ژپس، انیدریت)، Bz: تجمع نمک‌های محلول

افق C (مواد مادری هوازده ناقص و عمدتاً مواد معدنی، سنگی و رسوبی).

افق R (سنگ مادر)

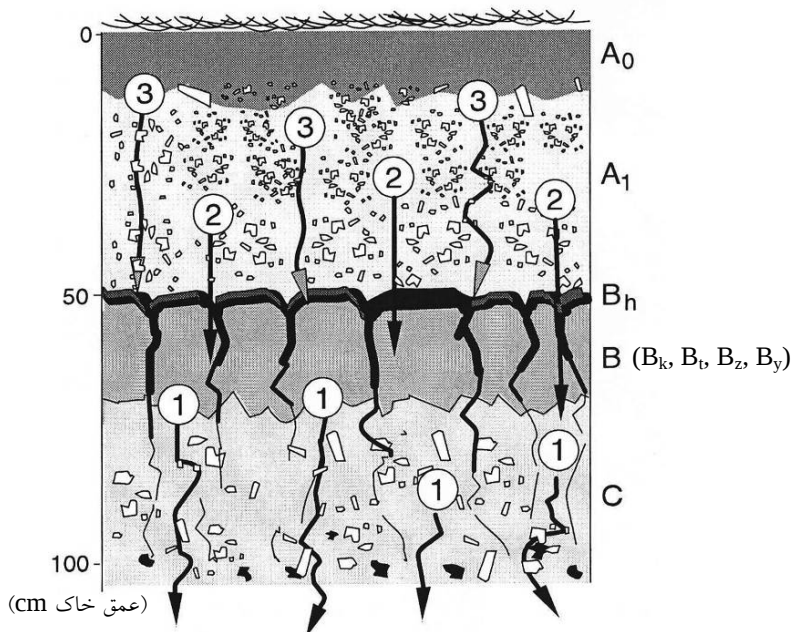
(سنگ بستر)

شکل ۲-۲. نمونه‌ای از نیمرخ (پروفیل) خاک در نواحی گرم و مرطوب (عمق خاک تا حدود ۲ متر). نیمرخ خاک تکامل یافته شامل افق‌های زیر است: افق O، فوقانی‌ترین افق و محل تجمع مواد آلی (مواد آلی تازه و تجزیه شده) است. افق A، افق اختلاط مواد آلی تجزیه شده با مواد معدنی (کانی‌های رسی) است. مواد از این افق توسط آبهای نافذ شسته شده (افق شستشو) و به افق‌های تحتانی می‌رود. افق B، محل تجمع رس‌ها و اکسیدهای آهن است. افق C، افق تحتانی که مواد خرد شده از سنگ بستر را نشان می‌دهد.

در شکل ۲-۳ شستشو و حرکت مواد در خاک و انواع افق B نشان داده شده است.

افق C. این افق، لایه تحتانی خاک است که شباهت زیادی به سنگ مادر دارد و مواد تجزیه نشده و خرده سنگ‌ها در آن فراوان هستند. در حقیقت این افق از موادی تشکیل شده است که ترکیب حدواسطی بین خاک و سنگ مادر است. این افق از تجزیه فیزیکی سنگ مادر حاصل شده و تجزیه شیمیایی در آن توسعه نیافته است.

افق R. افق R، عمیق‌ترین بخش نیم‌رخ خاک را تشکیل می‌دهد و لایه سنگی یا ذرات رسوبی و مواد سنگ‌های اولیه‌ای است که کمی هوازده شده یا هوازده نشده است. در این قسمت معمولاً ریشه گیاهان نمی‌توانند نفوذ کنند.



شکل ۲-۳ شستشو و حرکت مواد در افق‌های خاک. (۱) انحلال و شستشوی یون‌های محلول مانند Na^+ ، Ca^{2+} ، Mg^{2+} و NO_3^- و HCO_3^- (۲) جابه‌جایی و حمل کانی‌های رسی از افق‌های فوقانی به افق تجمع رس‌ها (Bt)، (۳) حمل و جابه‌جایی اسیدهای آلی. A0: افق سطحی A با مقداری ماده آلی تا حدودی تجزیه شده. Bh: افق تجمع مواد آلی تجزیه شده گیاه‌خاک (هوموس). Bk: افق B با تمرکز کربنات‌ها، مانند کربنات کلسیم، Bt: افق تجمع رس‌ها، Bz: افق تجمع نمک‌های محلول و By: افق تجمع سولفات‌ها مانند انیدریت یا ژپس.