این فایل حاوی ۵۰ صفحه از ابتدای جزوه‌ی اصلی بوده ،

تکثیر آن رایگان و بلامانع است.

برای دریافت فایل کامل این جزوه، به سایت اگریسافت مراجعه فرمایید.

جزوهٔ درسی

خاکشناسی عمومی

استاد درس: دکتر لکزیان
(دانشگاه فردوسی مشهد)

تهیه کنندگان :
خانم مهندس یزدانی
خانم مهندس احمدی
خانم مهندس ژیانی

Agrisoft.ir

https://t.me/agrisoft

agrisoft.ir

به نام خدا

دکتر امیر لکزیان

- رتبه علمی: استاد
- دانشگاه: فردوسی مشهد
- دانشکده: کشاورزی
- گروه دانشگاهی: گروه علوم و مهندسی خاک
- تخصص: بیولوژی خاک

پیشگفتار

طی چند سالی که از فعالیت گروه اگریسافت می‌گذرد، مایهٔ افتخار است که مخاطبانی از دانشگاه‌ها و مراکز علمی ـ تحقیقاتی کشور داریم. بسیار خرسندیم که این اثر را مورد مطالعه و استفاده قرار می‌دهید.

حدالامکان سعی کردیم اصطلاحات و اسامی علمی بکار رفته در جزوهٔ دستنویس را با مراجعه به منابع مختلف (کتاب‌ها، جزوه، اینترنت و...) تصحیح نماییم. سپس بصورت نمایه درآورده و در انتهای جزوه قرار داده‌ایم.

هرگونه انتقادات و پیشنهادات خود و همچنین اشکالات موجود در این محصول را به شماره تماس موجود در سایت، تلگرام/پیامک نمایید و یا از طریق بخش نظرات ارسال فرمایید و ما را در رفع نقایص موجود یاری فرمایید.

در پایان ضمن آرزوی سلامتی و طول عمر برای استاد عزیزم جناب آقای دکتر لکزیان، و همچنین موفقیت شما مخاطب عزیز در مراحل مختلف تحصیلی، امیدواریم در حین استفاده از این اثر، رضایت کافی از کیفیت و کمیت آن داشته باشید.

از بهاران کی شود سرسبز سنگ — **خاک** شو تا گل برویی رنگ رنگ
سال‌ها تو سنگ بودی دلخراش — آزمون را یک زمانی **خاک** باش

جلال الدین محمد بلخی (مولانا)

گروه نرم افزاری ـ کشاورزی اگریسافت

فهرست عناوین

مقدمه **۱۲**

پیدایش خاک **۱۲**

عوامل تشکیل دهنده خاک **۱۲**

۱. مواد مادری ۱۳

نمونه‌هایی از ماده‌های مادری انتقالی ۱٤

سنگها *Rocks (Residual material)* ۱۵

۲. آب و هوا ۱۷

۳. پستی و بلندی (توپوگرافی) ۲۰

٤. موجودات زنده (عاملهای زیستی) ۲۱

۵. زمان ۲۲

انسان بعنوان تشکیل دهنده خاک ۲۳

عوامل خاکساز **۲۳**

هوازدگی (تخریب) **۲٤**

الف. هوازدگی فیزیکی ۲٤

هوادیدگی فیزیکی *physical weathering* ۲۵

هوادیدگی شیمیایی *Chemical weathering* ۲٦

ب. تخریب شیمیایی ۲۹

ـ انحلال ۲۹

ـ هیدراتاسیون ۳۰

ـ اکسیداسیون ۳۰

ج. تخریب بیولوژیکی ۳۱

اجزاء خاک **۳۱**

بافت خاک **۳۲**

ـ سنگریزه ۳۲

ـ شن ۳۳

ـ سیلت ۳۳

ـ رس ۳۳

تعیین بافت خاک از روی نسبت درصد ذرات مختلف ۳۳

تعریف بافت خاک ۳٤
تجزیه و تعیین مقدار ذرات خاک ۳٤
کلاسهای بافت خاک ۳٤
تعیین کلاس‌های بافت خاک با روش صحرایی ۳۷
تأثیر ذرات درشت در اسامی کلاس بافت خاک ۳۷
کلاس های بافت و رابطهٔ آن با مصارف مختلف خاک ۳۷
اهمیت بافت خاک ۳۸
رفتار انواع کلاسهای بافتی خاک ۳۸
رفتار خاک‌های سبک ۳۸
رفتار خاک‌های میان بافت ۳۹
رفتار خاک‌های رسی ۳۹
ساختمان خاک ٤۰
اندازه و شکل خاکدانه ها ٤۰
تقسیم بندی واحدهای ساختمانی خاک از نظر اندازه ٤۰
تقسیم بندی خاکدانه بر اساس شکل ظاهری ٤۱
درجه دانه‌بندی یا درجه تکامل ساختمان خاک و تقسیمات آن ٤۱
تشکیل خاکدانه‌ها ٤۲
اثرات فیزیکی ٤۲
اثرات شیمیایی در تشکیل خاکدانه ٤۲
اثرات بیولوژیکی در تشکیل خاکدانه ٤۳
ساختمان خاک در گروههای بزرگ خاک ٤٤
دوام و استقامت خاکدانه ٤٤
عملیات زراعی و مقاومت خاکدانه‌ای ٤٥
ساختمان خاک بعنوان یک عامل حاصلخیزی مهم ٤۷
رابطه بین وزن، خلل و فرج و تهویه خاک ٤۷
وزن مخصوص ظاهری خاک ٤۷
وزن یک هکتار از خاک ٤۸
وزن مخصوص خاک و رابطهٔ آن با حجم منافذ ٤۸
وزن مخصوص حقیقی ٤۸
اندازه‌گیری وزن مخصوص حقیقی خاک ٤۹
تعیین فضای کلی خاک از طریق آزمایش ۵۰
اندازه خلل و فرج و اهمیت آن ۵۲

پراکنش خلل و فرج در طول پروفیل خاک ۵۲
قابلیت نفوذ پذیری آب و حرکت آن در خاک ۵۲
تهویه خاک و رابطهٔ آن با رشدگیاه ۵۳
رنگ خاک ٥٤
عوامل مؤثر بر رنگ خاک ٥٤
۱. رنگهای تیره ٥٤
۲. رنگهای روشن ٥٥
۳. رنگ سرخ ٥٥
٤. رنگ زرد ٥٥
تعیین رنگ خاک ٥٦
اهمیت رنگ خاک ٥٧
گرمای خاک و رشد گیاهان ٥٩
درجه حرارت خاک ٦٠
تعادل حرارتی خاک ٦٠
گنجایش حرارتی خاک ٦٠
کنترل درجه حرارت خاک ٦١
اثر موقعیت زمین در درجه حرارت خاک ٦١
مواد آلی خاک ٦٢
مقدار پراکنش مواد آلی در خاک‌های مختلف ٦٢
۱. اثرات اقلیم و پوشش نباتی در مقدار مواد آلی خاک‌ها ٦٢
۲. مقایسه مقدار مواد آلی خاک‌های جنگلی با خاک‌های چمنی ٦٢
۳. کشت و زرع و اثر آن در مقدار مواد آلی ٦٢
٤. حفظ و نگهداری مواد آلی در خاک ٦٣
۵. امکان نگهداری مقدار زیادی از مواد آلی در خاک ٦٣
٦. مقدار مواد آلی در رابطه با بافت خاک ٦٣
گرمای ویژه خاک ٦٤
هوا و تهویهٔ خاک ٦٤
عوامل مؤثر در نفوذپذیری هوا به خاک ٦٥
الف. بافت و ساختمان خاک ٦٥
ب. عمق خاک و تهویه ٦٦
ج. مواد آلی و فعالیتهای بیولوژیکی ٦٦
د. فصول مختلف سال و تهویه ٦٦

ه . مقدار آب ٦٧
نقش هر یک از اجزای تشکیل دهندهٔ هوای خاک ٦٧
خلل و فرج بین ذرات یا پوروزیتهٔ *(porosity)* خاک ٦٨
الف. منافذ درشت ٦٨
ب. منافذ متوسط ٦٨
ج. منافذ ریز ٦٨
تهویه خاک ٦٩
هوای خاک (تهویه خاک) ٧٠
ترکیب هوای خاک ٧٠
اثرات نامطلوب تهویه ناقص خاک ٧١
مدیریت هوای خاک و هدف مدیریت هوای خاک ٧١
تهویه خاک و رشد گیاه ٧٢
تهویه و تأثیر آن در سایر ویژگیهای خاک ٧٣
ظرفیت تبادل کاتیونی ٧٤
درصد اشباع بازها ٧٦
درصد اشباع بازی (BSP) ٧٦
پدیده تبادل آنیونها ٧٧
منشأ بار الکتریکی در رسهای سیلیکاتی، رسهای اکسیدی و مواد آلی ٧٧
هدایت الکتریکی عصاره خاک *(Electrical Conductivity)* ٧٨
روش اندازه‌گیری *EC* ٧٩
واکنش pH ٧٩
واکنش خاک‌ها به *pH* ٨٠
الف. سنگ مادر ٨١
ب. آب و هوا ٨١
پ. هوموس ٨٢
ت. CO_2 ..... ٨٢
ج. یونهای قابل تبادل ٨٣
د. عملیات زراعی ٨٣
pH خاک‌های آهکی ٨٣
اثر سدیم بر *pH* خاک ٨٤
pH خاک‌های شور ٨٤

سایر عوامل موثر در pH خاک ۸٤
رابطه بین pH خاک و درصد اشباع بازی هیدروژن ۸۵
تعیین واکنش خاک ۸۷
تقسیم بندی خاک‌ها از روی واکنش آنها ۸۷
آهک و ارتباط آن با pH ۸۸
قدرت تامپونی خاک ۸۹
اهمیت pH در حاصلخیزی خاک ۹۰
الف. pH و ساختمان خاک ۹۰
ب. pH و مواد آلی در خاک ۹۱
پ. pH و ازت خاک ۹۱
ت. pH و فسفات خاک ۹۱
ج. pH و پتاس خاک ۹۱
د. pH و عناصر کم مصرف ۹۲
پیدایش و تشکیل رسها ۹۲
الف. تجزیه و تغییر شکل فیزیکی کانیهای سیلیکاتی لایه‌ای مانند میکاها و سایر انواع مهم سیلیکات‌ها مانند فلدسپاتها، آمفیبول و پیروکسن ۹۳
ب. تجزیه شیمیایی کانیهای اولیه مخصوصاً فلدسپاتها، همراه با ترکیب و تبلور مجدد عناصر نهایی تجزیه (کریستالیزاسیون مجدد) ۹٤
ساختمان عمومی رس‌ها ۹۵
انواع رسها ۹٦
الف. گروه کائولینیت ۹٦
ب. گروه مونتموریلونیت ۹۷
ج. گروه ورمیکولیت ۹۸
د. گروه ایلیت ۹۹
و. گروه کلریت‌ها ۱۰۱
ه . گروه آلوفانها ۱۰۱
هیدروکسیدها و اکسیدهای Fe, Mn, Al, Si ۱۰۲
رسهای اکسید ۱۰۳
پدیده تبادل کاتیونها و آنیونها در خاک ۱۰٤
مکانیزم تبادل کاتیونها در خاک ۱۰٤
آب در خاک ۱۰۵
مواد تشکیل دهندهٔ خاک ۱۰۵

الف. بخش جامد ۱۰۵
ب. بخش گاز ۱۰۵
ج. بخش مایع ۱۰۵
طبقه‌بندی بیولوژیکی آب در خاک ۱۰۶
طبقه‌بندی رطوبت در خاک ۱۰۶
طبقه‌بندی فیزیکی آب خاک ۱۰۸
۱. آب آزاد (ثقلی): ۱۰۸
۲. آب کاپیلاری: ۱۰۸
۳. آب هیگروسکوپی: ۱۰۸
روشهای محاسبه و اندازه‌گیری رطوبت موجود در خاک ۱۰۸
۱. روش نوترون متری ۱۰۸
۲. روش تانسیومتر ۱۰۹
۳. بلوک‌های گچی ۱۰۹
٤. روش وزنی ۱۰۹
روش کار بلوک‌های گچی ۱۱۱
روش کار تانسیومتر ۱۱۱
چگونگی تأمین آب برای گیاهان ۱۱۲
حرکت آب در خاک ۱۱۲
مواد آلی خاک ۱۱٤
ساختمان شیمیایی مواد آلی گیاهی (به معنای اعم) ۱۱٤
ترکیبات آلی گیاهی (به معنای اخص) ۱۱۵
کربوهیدرات‌ها ۱۱۵
پدیده‌های تجزیه مواد آلی در خاک ۱۱۵
تشکیل هوموس ۱۱۷
مشخصات و خواص هوموس ۱۱۸
تأثیر هوموس در صفات فیزیکی خاک ۱۱۹
فرمهای هوموس ۱۲۰
الف. مول *(Mull)* ۱۲۰
ب. هوموس خام ۱۲۱
ج. مودر *(Moder)* ۱۲۱
تجزیه هوموس در خاک‌ها ۱۲۲
طبیعت دو گانه هوموس ۱۲۳
میزان و نحوهٔ توزیع مواد آلی در خاک‌ها ۱۲۳

مقدار مواد آلی در رابطه با بافت خاک ۱۲۳
تجزیه و معدنی شدن مواد آلی ۱۲۳
ترکیبات ساده حاصله از تجزیه مواد آلی ۱۲٤
الف) ترکیبات کربن دار : کربن، $CO_2, CO_3^{=}, HCO_3^{-}, CH_4$ ۱۲٤
ب) ترکیبات ساده ازت دار: NH_4^{+}، NO_2-، NO_3^{-}، N_2 ..... ۱۲۵
ج) ترکیبات ساده گوگرددار : H_2S، $SO_3^{=}$، $SO_4^{=}$، CS_2 و عنصر گوگرد ۱۲۵
د) ترکیبات فسفردار: $H_2PO_4^{-}$، $H_2PO_4^{=}$ ۱۲۵
ه) سایر ترکیبات ساده: H_2O، O_2، H^{+}، OH^{-}، K^{+}، Ca^{++}، Mg^{++}، Na^{+} و... ..... ۱۲٦
اعمال مهم موجودات میکروسکوپی در خاک (میکروفلورا) ۱۲۷
۱. تجزیه مواد آلی و به جریان انداختن عناصر غذایی موجود در آنها ۱۲۷
۲. تثبیت ازت اتمسفری ۱۲۸
الف) تثبیت غیر همزیستی ازت ۱۲۹
پ) تثبیت همزیستی ازت ۱۲۹
نسبت کربن به ازت ۱۲۹
تجزیه مواد آلی، هوموسی شدن و کی‌لیت شدن ۱۳۱
تغییرات مواد آلی در اثر کشت و زرع ۱۳۲
اثرات کود سبز ۱۳۳
استفاده از پیت ۱۳۳
طبقه‌بندی و پیدایش خاک ۱۳٤
هیستوسول‌ها: خاک‌های آلی ۱۳۵
توزیع هیستوسول‌ها ۱۳٦
فرایندهای تشکیل خاک‌های هیستوسول ۱۳۷
آلتی‌سول‌ها: خاک‌های جنگلی با وضعیت بازی کم ۱۳۷
اریدی سلولها: خاک‌های مناطق خشک ۱۳۸
اکسی سولها: خاک‌هایی سرشار از سزکویی اکسید با هوادیدگی زیاد مناطق میان گرمسیری. ۱۳۹
اسپودوسولها: خاک‌هایی با انباشتگی سزکویی اکسید و هوموس در بخش زیرین خاک ۱۳۹
ورتی‌سول‌ها: خاک‌های رسی تیره با ویژگی چروکیدگی و تورم ۱٤۰
مالی‌سول‌ها: خاک‌های علفزارهای استپی و چمنزارها ۱٤۱
آلفی‌سول‌ها: خاک‌هایی با عناصر بازی زیاد و افق آرجیلیک ۱٤۲
اندی‌سول‌ها ۱٤۲
اینسپتی‌سول‌ها: خاک‌های نارس با ویژگیهای شناسایی اندک ۱٤۳
انتی‌سول‌ها: خاک‌هایی که به تازگی تشکیل شده‌اند ۱٤٤

افقهای خاک **۱٤٥**
۱. افق مواد آلی *organic Horizon* ۱٤٦
۲. افق‌های معدنی ۱٤۸
ارگانیسم‌های خاک **۱٥٤**
پر سلولی‌های جانوری (ماکروارگانیسم‌ها) ۱٥٤
۱. نماتودها *(Nematodes)* ۱٥٥
۲. حلزونها ۱٥٥
۳. کرم‌های حلقوی ۱٥٦
٤. کرمهای خاکی *(Lumbricidae)* ۱٥٦
٥. تاردیگرادها *(Tardigrada)* ۱٥۷
٦. بندپایان *(Arthropoda)* ۱٥۷
۷. عنکبوتیان ۱٥۷
۸. کنه ها ۱٥۷
۹. خرچنگ‌های خاکزی ۱٥۸
۱۰. هزارپایان *(Myriapoda)* ۱٥۸
۱۱. حشرات *(Hexopoda)* ۱٥۸
۱۲. مهره داران ۱٥۹
میکروارگانیسم ها ۱٦۱
عوامل موثر در فعالیتهای میکروارگانیسم ها ۱٦۲
الف) عمق خاک و تهویه ۱٦۲
ب) رطوبت و حرارت ۱٦۲
ج) بافت خاک ۱٦۳
د) *pH* و مقدار کربنات‌ها ۱٦۳
ه) مواد آلی و هوموس ۱٦٤
برخی از خصوصیات میکروارگانیسم ها ۱٦٤
میکروارگانیسم‌های تجزیه کننده ۱٦٥
انواع میکروارگانیسم‌های خاک ۱٦٥
فعالیتهای بیولوژیکی خاک **۱٦٥**
باکتریها ۱٦۷
قارچها ۱٦۸
جلبکها (الگ‌ها) ۱٦۸
پروتوزوئرها (آغازیان) ۱٦۹

نماتودها..... ۱۷۳
ویروسها..... ۱۷۳

ضمائم..... ۱۷٤

فهرست منابع استفاده شده..... ۱۷۸

فهرست جداول

جدول ۱. تعدادی از کانیهای عمومی خاک..... ۱۵
جدول ۲. مقایسه تقریبی خصوصیات خاک‌های دو منطقه آب و هوایی مختلف..... ۱۸
جدول ۳. اثرات مواد آلی مختلف در خاکدانه سازی..... ۴۳
جدول ۴. اثر $VAMA$ روی رسهای مختلف خاک..... ۴۶
جدول ۵. گروه بندی خاک از نقطه نظر قابلیت نفوذ جریان آب در خاک..... ۵۳
جدول ۶. قابلیت هدایت حرارتی برخی مواد $(cal/c^0.cm.sec)$..... ۵۸
جدول ۷. دمای خاک برای رشد مطلوب در گیاهان مختلف..... ۵۹
جدول ۸. تأثیر تهویه و وضع قرارگیری ذرات خاک در عملکرد نسبی یک سری آزمایش گلدانی..... ۶۵
جدول ۹. مقایسهٔ میانگین نسبت و مقدار گازهای موجود در خاک و جو زمین، بدون در نظر گرفتن بخار آب..... ۶۶
جدول ۱۰. گنجایش نفوذ هوا در بافت‌های متفاوت خاک‌ها..... ۶۶
جدول ۱۱. نسبت منافذ گوناگون و پوروزیته در انواع خاک‌ها (بر حسب درصد)..... ۷۰
جدول ۱۲. مقایسه ترکیب جو خاک در چند منطقه با ترکیب اتمسفر..... ۷۱
جدول ۱۳. میانگین منافذ مناسب و نیاز به تهویه در گیاهان مختلف..... ۷۴
جدول ۱۴. ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) کلوئیدهای معدنی و آلی خاک..... ۷۶
جدول ۱۵. بستگی pH آب با مقدار CO_2 محلول..... ۸۳
جدول ۱۶. مقدار آهک لازم برای تعدیل اسیدیته در خاک‌های اسیدی و برای رسیدن به pH مورد نظر..... ۹۰
جدول ۱۷. تأثیر کودهای شیمیایی مختلف در واکنشها خاک‌ها..... ۹۳
جدول ۱۸. میزان استقامت ترکیبات مختلف در برابر تجزیه در خاک..... ۱۱۹
جدول ۱۹. جمع بندی مقایسه‌ای خصوصیات مهم فرمهای مختلف هوموس..... ۱۲۴
جدول ۲۰. اسامی راسته‌های خاک و اجزای سازنده آن..... ۱۳۶
جدول ۲۱. کلید فشرده برای راسته‌های خاک..... ۱۳۷
جدول ۲۲. مقایسه موقعیت افق‌های مختلف خاک در روش جدید آمریکائی و روشهای قدیمی متداول..... ۱۵۱
جدول ۲۳. برخی از انواع جانوران مهم خاک..... ۱۶۳

مقدمه

بنی آدم سرشت از خاک دارند اگر خاکی نباشد آدمی نیست (سعدی)

آفریدگار هستی آدم را از خاک آفرید. شاید بر پایه همین اندیشه است که مردمان ایران زمین از سپیده دم تاریخ تا به امروز همواره خاک را گرامی می‌داشتند. برخی از پیشینیان پا را از این حد فراتر نهاده و از بیم آلوده شدن خاک، حتی از دست رفتگان خود را هم در خاک نمی‌نهادند. در ادب پارسی نیز خاک جایگاه ویژه خود را دارد. که هم نمودگاه آغاز راه و هم پایان دهنده آن است. در زندگی برخاسته از خاک، اندیشیدن به جهان بدون خاک ناشدنی است. زیرا گیاهان و جانوران سرانجام انسانها را به نیستی می‌کشاند. این خاک آماده و بارورگشته، خوراک و پوشاک و مسکن آنان را نیز فراهم آورده، اینک به امانت به ما سپرده شده، تا همچون ماندگاری گرانبها آن را نگاه داشته و پس از بهره گیری از روی دانایی آنرا به آیندگان بسپاریم.

پیدایش خاک

ماده‌های زمین شناختی مانند سنگ سخت، ته نشست‌های دریاچه‌ای، رودخانه‌ای و یخچالی، شن، یا سیلت باد آورده و ماده‌های مادری خاک بشمار می‌روند. و این جایی است که پیدایش خاک از آن آغاز می‌شود. پنج عامل تشکیل دهنده خاک: ماده‌های مادری – اقلیم – موجودات زنده – پستی و بلندی– زمان. از راه فرایندهای فیزیکی و شیمیایی بر یکدیگر اثر کرده و ماده مادری را به خاک تبدیل می‌کنند. وضعیت زمین بر مقدار آبی که به ماده مادری می‌رسد تأثیر می‌گذارد. طول و درجه شیب از جمله عاملهایی‌اند که بر توازن بین تشکیل خاک و پدیده فرسایش که خاک را روبه نابودی می‌برند تاثیر دارند. فرایندهایی که خاک را از سنگ مادر بوجود می‌آورند به کندی اما به گونه‌ای پیوسته عمل کرده و پایداری سطح زمین مشخص کننده سن خاک‌ها است.

آب برای همه فرایندهای تشکیل خاک ضروری است. زیرا سنگها را حل کرده و فراورده‌های هوادیدگی را خارج می‌کند.

عوامل تشکیل دهنده خاک

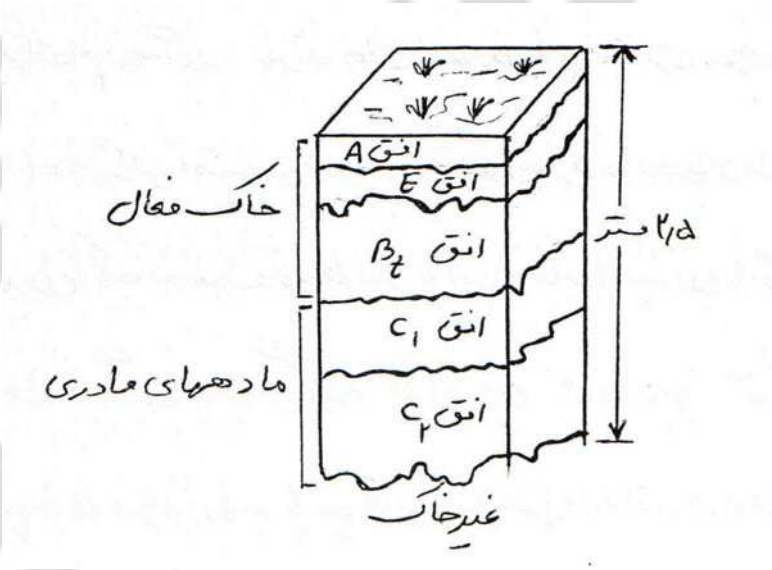
«خاک‌ها سنگ نیستند.» این جملهٔ گفتگو برانگیزی بود که در یکصد سال پیش هنگامی که خاک‌ها را گونه‌ای دیگر از سنگ می‌دانستند، بیان شد. لایکوچیف که یک خاک شناس روسی بود. به احتمال زیاد نخستین فردی است که خاک‌ها را به صورت پیکرهای طبیعی می‌شناسد که توسط فرایندهایی در سطح زمین بوجود آمده که با فرایندهای تشکیل دهنده سنگها تفاوت دارند.

خاکها سنگ نیستند بدلیل آنکه برخلاف سنگها در موقعیت فشار اتمسفری و دمای معمولی سطح زمین تشکیل

می‌شوند. خاک‌ها جزیی کلیدی از چرخه زمین شناختی بشمار می‌روند. چرخه زمین شناختی شامل تشکیل سنگ، تکامل زمین نما و هوا دیده شدن آن برای تولید خاک است. بدنبال این پدیده فرسایش و ته نشست ایجاده شده و بسته به محیط رسوب گذاری یا سنگ جدید و یا خاک بیشتر بوجود می‌آیند. پدیده پیدایش خاک فرایندی است که خاک را از ماده های غیر خاک آفریده و واژه عملی برای «غیرخاک» همان ماده‌های مادری است. پیدایش خاک شامل کوچک شدن اندازه ذره‌های ماده مادری، تنظیم دوباره ذره‌های کانی، افزایش ماده آلی، تغییر در گونه‌های کانیها، ایجاد افقها و تولید رسها می‌باشد. این فرایند پیوسته ولی کند است.

۱. مواد مادری

ماده‌های مادری سنگ و یا ماده‌های انتقالی‌اند که خاک از آنها تشکیل شده است. منیرالوژی ماده‌های مادری سهم بسزایی در حاصلخیزی خاک و گونه‌ها و مقدار کانیهای موجود در آن دارد. سختی ماده‌های مادری به تعیین سرعت تشکیل خاک کمک می‌کند. در شکل ۱ افق C_2 شامل ماده های مادری که هوادیدگی در آن انجام نشده و بدون تغییر باقی مانده است. افق C_1 دگرگونی‌ها را پشت سر گذاشته ولی هنوز ویژگی آن به ماده‌های مادری نزدیکتر است تا خاک فعال. خاک فعال (Sloum) آن بخش از پروفیل است که بگونه‌ای مشخص بصورت خاک دیده می‌شود و شامل افقهای A و B می‌باشد.



شکل ۱. افق های تشکیل دهندهٔ خاک

عنصرهای اکسیژن، سلیسیم، آلومینیوم، آهن، ۹۶٪ حجمی ساختار عنصری پوسته زمین را تشکیل می‌دهد و دیگر عنصرهای ۴٪ باقی مانده را در بر می‌گیرند. ساختار عنصری و کانی شناختی ماده‌های مادری تعیین کننده ساخت عنصری و کانی شناختی خاک است. مثلاً خاکی که از یک سنگ آذرین بازی مانند بازالت بوجود آمده می‌تواند کانیهای رسی زیاد حاصلخیزی خوبی داشته باشد. زیرا واحدهای ساختمانی و کاتیونهای لازم در سنگ موجودند.

آب عامل اصلی هوادیدگی است که کانی‌ها را از حالت اصلی خود به شکلهای جدید مبدل می‌سازد. برای آنکه آب بتواند در ماده‌های مادر هوادیدگی ایجاد کند، بایستی در آن نفوذ کند. سنگهای آذرین یکپارچه سخت مانند بازالت و گرانیت

نفوذپذیری کمی دارند در حالیکه نفوذ پذیری سنگهای ته نشستی مانند ماسه سنگ یا سنگ رس بیشتر از اکثر سنگهای آذرین بوده و بنابراین هوادیدگی آنها نیز سریع‌تر صورت می‌گیرد.

ماده‌های مادری انتقالی مانند آبرفت رودخانه‌ای و یا ته نشست‌های یخچالی هنگامی که بر جای گذارده می‌شوند غیر یکپارچه بوده و در مقایسه با سنگهای یکپارچه هوادیدگی آنها سریعتر انجام می‌شود.

نمونه‌هایی از ماده‌های مادری موضعی: ماده‌های مادری به دو گروه موضعی (درجا)و انتقالی تقسیم می‌شوند. سنگها جزء ماده‌های مادری موضعی بشمار می‌رود زیرا بدون آنکه نخست توسط باد یا آب جابجا شوند بر اثر هوادیدگی به خاک تبدیل می‌شوند. سنگها به سه گروه ۱. آذرین ۲. رسوبی ۳. دگرگونی تقسیم می‌شوند. و تقسیم‌بندی فرعی آنها بر پایه کانی شناختی، اندازه ذره‌ها، حالت بلور و ویژگی پیدایش آنها انجام می‌شود. سنگهای آذرین بر اثر سرد شدن مخلوط داغ عنصرها (ماگما) بوجود می‌آیند. ماگمایی که در سطح کره زمین سرد می‌شود سنگهای آذرین بیرونی را تشکیل می‌دهد و ماگمایی که در ژرفای زمین سرد می‌شود سنگهای آذرین درونی را تشکیل می‌دهد. سرد شدن سریع سبب تشکیل بلورهای ریز و سردن شدن کند سبب درشت‌تر شدن بلورهای سنگهای آذرین درونی می‌شود. اندازه بلور به تنهایی تخلخل سنگ و سرعت هوادیدگی آن را مشخص می‌سازد. ساخت سنگ به مقدار زیاد تعیین کننده ساخت شیمیایی خاک است. سنگهای آذرین که بیشتر شامل کوارتز، فلدسپات پتاسیم هستند سنگهای آذرین سیالیک Sialic نامیده می‌شود و آنهایی را که دارای کوارتز کمتر و فلدسپات سدیم یا کلسیم زیادتری هستند سنگهای آذرین مافیک Mafic می‌نامند. صرفنظر از اینکه در ژرفایی و یا سطح سرد شده باشد. سنگهای رسوبی از ماده‌هایی تشکیل یافته که در دریاچه‌ها و اقیانوسها ته نشین شده و با گذشت زمان و زیر فشار لایه‌های بالایی به سنگهای یکپارچه تبدیل شده‌اند. سنگهای رسوبی از نظر سختی (بسته به فشار) و از نظر ساختار (بسته به ساخت ته نشستهای نخستین) متغیرند. مثلاً ماسه سنگ بیشتر از ته نشستهای به اندازه شن بوجود می‌آید. سنگهای دگرگونی هنگامی تشکیل می‌شوند که سنگهای آذرین یا رسوبی تحت تأثیر گرما یا فشار زیاد و یا هر دو قرار بگیرند. اگر فشار و گرما به اندازه کافی باشد کانی‌های نخستین ذوب شده و سپس با سرد شدن ماده‌های مذاب کانیهای جدید بوجود می‌آیند؛ مانند سنگهای مرمر که از سنگ آهک تشکیل می‌شود.

نمونه‌هایی از ماده‌های مادری انتقالی

بسیاری از خاک‌های حاصلخیز جهان بر اثر هوادیدگی ماده‌های مادری انتقال یافته بوجود آمده‌اند. عاملهای انتقال دهنده شامل باد، آب، یخ و نیروهای جاذبه می‌باشند. تخلخل ماده‌های انتقالی بطور کلی بیشتر از ماده‌های موضعی است. باد عاملی است که ذره‌های رس، سیلت و شن ریز را بلند کرده و بسته به سرعت باد و اندازه ذره‌ها، آنها را با خود به فاصله‌های دور و نزدیک می‌برد. ته نشستهایی که به اندازه شن بوده و توسط باد بر جای گذاشته شده ائولین Aeolian نام دارد. تپه‌های شنی بهترین گونه شناخته شده از این نوع هستند و ته نشستهای بادآورده که به اندازه سیلت و رس هستند لُس Loess نامیده می‌شوند. لس بیشتر ناحیه‌های مرکزی ایالتهای متحده را پوشانده و ته نشستهای کلفتی از آن در بسیاری از ناحیه‌های غله خیز جهان یافت می‌شوند. برخی از ته نشستهای بادرفتی لایه‌ای بوده و کلفتی آنها با دور شدن از منبع کاهش می‌یابد. باد ماده‌ها را به اندازه‌های گوناگون تقسیم کرده بگونه‌ای که درشت‌ترین ذره‌ها را نزدیک به منبع و کوچکترین ذره‌ها را با خود

به فاصله‌های زیادی می‌برند. توزیع دانه‌بندی ذره‌ها در یک ته نشست لس بیشتر در راستای عمودی تا چند متر یکنواخت بوده و تخلخل زیاد اینگونه ته نشستهای بادرفتی موجب هوادیدگی زیاد آنها تا ژرفای خاک می‌شود. آب و یخ از عاملهای مهم جابجا کننده و ماده‌ها به شمار می‌روند. همه رودخانه‌های بزرگ و کوچک جهان حاصل ذره‌های هوا دیده خاک‌اند و هنگامی که در محل ته نشین کرده و زهکشی شوند به ماده‌های مادری برای خاک تبدیل می‌شود که به این ته نشستهای آبرفتی Alluvium گفته می‌شود. یخچالهایی که در منطقه‌هایی مانند کانادا، شمال آمریکا و اروپا پیشروی و پسروی داشته‌اند و گونه‌های زیادی از ماده‌های مادری توسط این حرکت یخچالی ایجاد شده است. ته نشست‌های یخچالی Glacialtill مخلوط نامنظم و درهم از ذره‌هایی است که اندازه آنها از رس تا تخته سنگهای بزرگ تغییر کرده و این ماده‌ها یا روی سطح حرکت کرده و یا در داخل یخ رو به جلو حرکت داده شده‌اند. آبی که از ذوب یخ بدست می‌آید ماده‌هایی را ته نشین می‌کند که از ماده‌های ته نشین شده بوسیله دیگر آنها قابل تشخیص نیست. اینگونه ته نشستها را آبرفتهای یخچالی Glacialoutwash می‌نامند. نیروی جاذبه نیز ماده‌ها را در راستای شیب به فاصله‌های کوتاه جابجا می‌کند اینگونه ماده‌ها را که به صورت ته نشست‌های فرسایشی روی تپه‌ها یافت می‌شوند واریزه‌ای Colluvium می‌نامند. موردهای بالا گروههای گسترده ماده‌های مادری کانی را تشکیل می‌دهند. خاک‌های آلی از گیاهان تشکیل می‌شوند. گونه گیاهان تا حدودی تعیین کننده سرعت تجزیه خاک‌های آلی است.

سنگها Rocks (Residual material)

سنگها از کانیها تشکیل شده‌اند. کانیها عبارت از عنصر یا ترکیب شیمیایی همگنی هستند که بطور طبیعی در زمین یافت می‌شوند. ترکیب شیمیایی کانیها معین بوده و معمولاً بحالت متبلور دیده می‌شوند. خواص فیزیکی کانیها در حدود مشخصی ممکن است تغییر کند تا به حال ۲۲۰۰ کانی مختلف شناخته شده است.

جدول ۱. تعدادی از کانیهای عمومی خاک

Quartz	(SiO_2)	Calcite	(Ca Co3)
Feldspar	($KAlSi_3O_8$)	فلدسپات پتاسیم	
Feldspar	($NaAlSi_3O_8$)	فلدسپات سدیم	
Feldspar	($CaAl_2Si_2O_8$)	فلدسپات کلسیم	(آئورتایت)
Mica	($K(Mg,Fe)_3AlSi_3O_{10}(OH)_2$	(بیوتیت)	

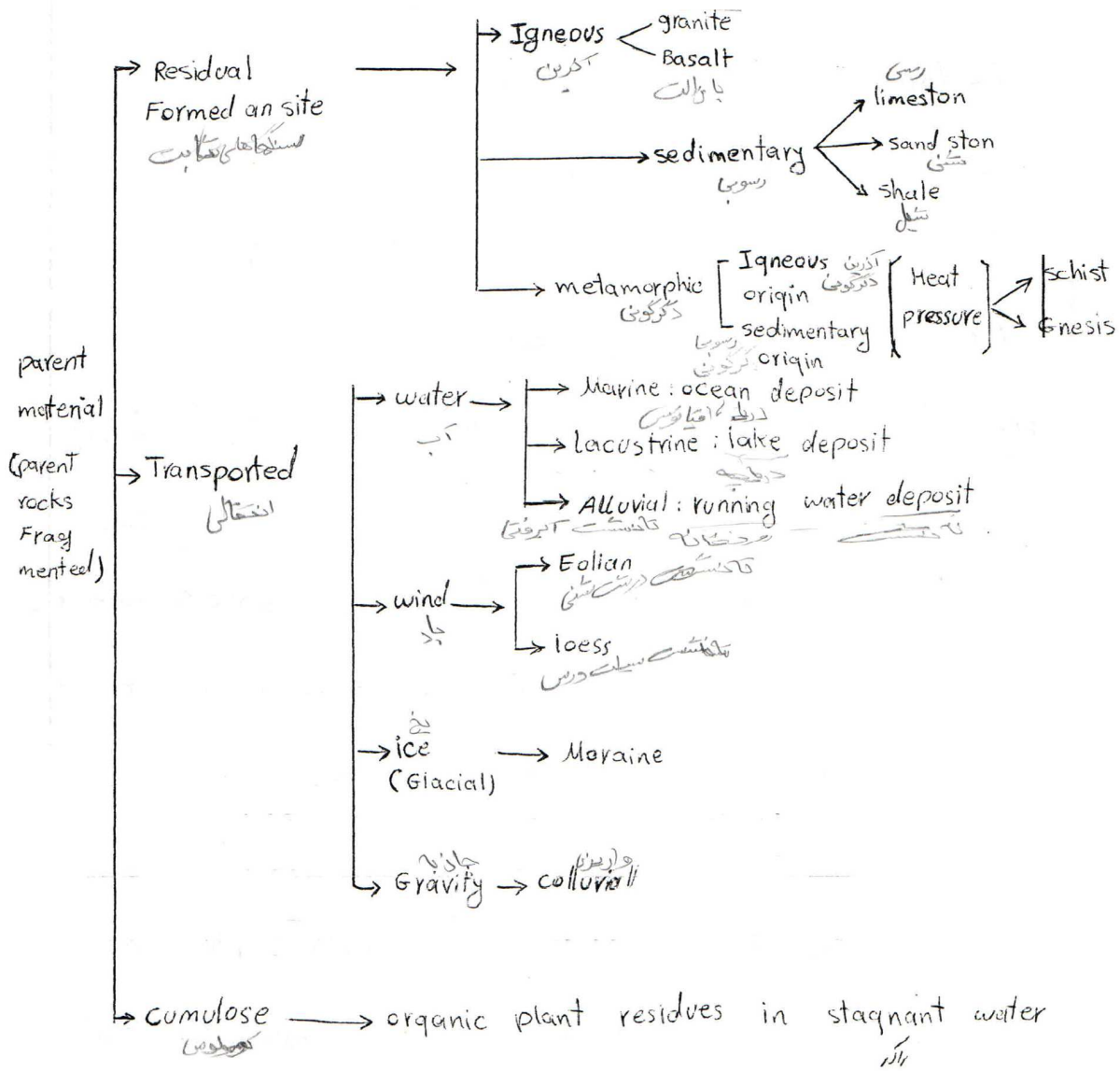
پس سنگها متشکل از تعدادی کانیها می‌باشند و خاک محصول خرد شدن تدریجی این سنگها می‌باشد. سنگها را می‌توان در سه دسته تقسیم بندی کرد:

۱. Igneous rocks : از کانیهای مذاب که به شکل جامد در آمده‌اند تشکیل شده است.

۲. Sedimentary rocks : از اجزاء معدنی و آلی که توسط یخ‌ها و یا آب رسوب داده شده است تشکیل شده است و در نهایت در سطح زمین بوسیله فرسایش جمع شده اند. این رسوبات از سنگها یا منیرالهای خالص و یا از آب دریا مشتق شده‌اند.

۳. Metamor phie rocks : سنگهای دگرگونی که منشاء آنها یا از سنگهای آذرین و یا سنگهای رسوبی است و این سنگها تحت فشار و درجه حرارت دگرگون می‌شوند. برآورد می‌شود که فقط ۳ درصد از خاک‌های ایالات متحده از مواد مادری باقی مانده (Residual parent material) تشکیل شده است. و این خاک در محل از بستر سنگهای آذرین متافوریک و رسوبی بوجود آمده است و تقریباً بقیه خاک‌های دیگر از مواد مادری حمل شده (Transported parent material) حاصل شده‌اند.

cumulose موادی هستند که از تجزیه ناقص گیاهان حاصل شده و این بقایای گیاهی در آبهای شور و یا شیرین تجمع کم عمق پیدا می‌کنند و بعلت عدم وجود اکسیژن تجزیه آنها محدود می‌شود.



همچنین نوع عناصری که در فعل و انفعالات خاکسازی از سنگ مادر ایجاد می‌شود در تعیین سرنوشت خاک اهمیت دارد.

سیلسیم و Al ← زیربنای کانی‌های رسی است.

Mn,Fe ← در فعل و انفعالات و اکسیداسیون و احیاء شرکت کرده و در رنگ خاک مؤثر است.

Na,k ← سبب انتشار ذرات رس و هوموس و کلوئیدها می‌شوند.

Ca, Mg ← سبب فولکوله شدن ذرات رس می‌شود.

وجود کربناتهای قلیایی خاکی در مناطق مرطوب مانعی برای پیشرفت عوامل خاکسازی است.

سنگهایی که بین ۵۸- ۵۱ درصد فلدسپات (اورتوکلاز، آلبیت و انورتایت) دارند میزان رس خاک ۵۴٪ است.

۲. آب و هوا

بارندگی و دما دو عامل مهم اقلیمی هستند. که در تشکیل خاک اثر داشته و با عاملهایی مانند بلندی و عرض جغرافیایی تغییر می‌یابند. مقدار آبی که به خاک وارد می‌شود به این موضوع بستگی دارد که چه مقدار از آن روی سطح خاک می‌ریزد و چه مقدار بصورت رواناب جاری می‌شود. مقدار بارندگی بصورت باران، برف، یا هر دو و نیز توزیع آن در خلال سال از جمله عاملهای اصلی هستند که بر گونه و سرعت شکیل گیری خاک تاثیر دارند. افزایش بارندگی به سرعت تشکیل خاک و خاک‌های ژرف می‌افزاید و همچنین شدت بارندگی نیز در مقدار رواناب، فرسایش و از بین رفتن خاک تأثیر دارد. توزیع فصل بارندگی نیز از اهمیت برخوردار است؛ زیرا بارانی که بر خاک سرد می‌بارد از دیدگاه هوادیدگی نسبت به بارانی که بر خاک گرم فرو می‌ریزد تاثیر کمتری خواهد داشت. رطوبت و دما تعیین کننده گونه و مقدار پوشش گیاهی است که عامل موثر دیگری در تشکیل خاک می‌باشند. دما نشان دهنده این است که چه مقدار از ریزش بصورت باران و برف است. بطور کلی آب بدست آمده از برف در مقایسه با باران اثر کمتری بر هوادیدگی دارد. زیرا احتمالاً هنگامی که برف آب می‌شود خاک سرد است و فرایند هوادیدگی شیمیایی در دمای کم به کندی انجام می‌شود. دمای پایین تبخیر را کاهش داده و کارایی آبشویی را افزایش می‌دهد. با افزایش میانگین دمای سالانه تشکیل رس نیز افزایش می‌یابد. گونه رس نیز تحت تاثیر اقلیم قرار دارد معمولاً رس سلیت در اقلیمهای خشکتر و کائولینیت در اقلیمهای مرطوبتر یافت می‌شود. در عمل برای سنجش معیارهای آب و هوایی فاکتورهای مختلفی مورد بهره برداری قرار می‌گیرند که از آنها می‌توان فاکتور باران و اندیس رطوبت را نام برد.

فاکتور باران (R)؛ عبارت است از نسبت میانگین بارندگی سالیانه (N) بر معدل حرارت سالیانه (T = برحسب درجه سانتی‌گراد) و با فرمول زیر نشان داده می‌شود:

$$R = \frac{N}{T}$$

از آنجایی که ازدیاد تبخیر با ازدیاد درجه حرارت رابطه مستقیم دارد، فاکتور باران معلوم می‌کند که در برابر افزایش یک درجه حرارت باید چند میلیمتر باران یا برف ببارد تا رطوبت دائمی متعادل برقرار باشد. برای مناطق مختلف تشکیل خاک، فاکتورهای باران متفاوتی محاسبه می‌گردند. مثلاً فاکتور باران برای منطقه تکاملی خاک‌های سیاه (بدون در نظر گرفتن سنگ مادر) ۵۰-۳۵ است.

$$R = \frac{\text{۷۰۰ الی ۵۰۰}}{\text{۱۹ الی ۱۴}}$$

اندیس رطوبت؛ نسبت $\frac{N}{S}$ عبارتست از نسبت موجود بین بارندگی متوسط سالیانه یک منطقه و تبخیر پتانسیل سالیانه همان منطقه (تبخیر پتانسیل که معمولاً به واحد میلیمتر آب تبدیل و یا باران محلی به مقایسه نسبی گذاشته می‌شود. عبارتست از حداکثر تبخیر ممکن از سطح آبهای آزاد است). این اندیس می‌تواند برای اطلاع از وضع چین خوردگی طبیعی خاک‌ها و نیز ارزیابی گنجایش نگهداری آب در خاک مورد استفاده قرار گیرد. برای مناطق آب و هوایی تشکیل خاک‌های

سیاه اندیس رطوبت ۰/۶ الی ۰/۸ می‌باشد. بدین ترتیب:

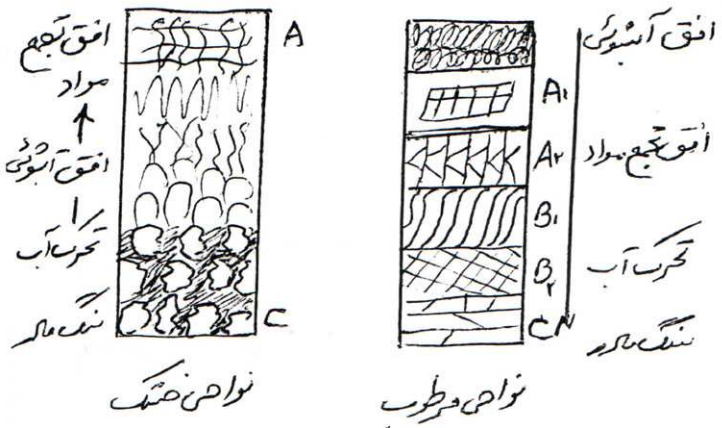
$$\text{اندیس رطوبت} = \frac{\text{معدل بارندگی سالیانه}}{\text{تبخیر پتانسیل متوسط سالیانه}} = \frac{450}{650} = 0.7$$

در آب و هوای خشک مقدار تبخیر پتانسیل سالیانه از بارندگی سالیانه به مراتب بیشتر است. در اثر کمی آب و کمبود رویش گیاهی ناشی از آن و استقرار از فصلی کوتاه مدت گیاهان در مناطق آب و هوایی خشک و نیمه خشک بیابانی رسوبات و خاک‌ها مستقیماً در معرض تابش شدید آفتاب قرار می‌گیرند. نتیجتاً تبخیر از نوع فیزیکی است. از طرفی دیگر در فصلهای گرم و خشک این نواحی آبهای ذخیره شده در افقهای زیرین خاک در اثر تبخیر سطحی شدید و صعود موئینه به بالا حرکت کرده و املاحِ مسیر خود را نیز به لایه‌های فوقانی منتقل می‌کنند. برعکس در آب و هوای مرطوب مقدار نزولات آسمانی بیشتر از تبخیر سطحی از خاک‌ها بوده و باران کافی و پراکنده در تمام فصول سال سبب رویش شدید و دائمی گیاهان مخصوصاً جنگلها و مراتع طبیعی سرسبز و دائمی می‌باشد. و تخریب غالباً از نوع شیمیایی است که تجزیه فیزیکی توسط آب نیز به موازات آن بوقوع می‌پیوندد.

بطور کلی تکامل مواد مادری خاک در آب و هوای گرم و خشک موجب تشکیل خاک‌های کم عمق با افقهای ناقص و نامشخص (A-C) می‌گردد. وجود املاح نسبتاً زیاد در سطح هوموس و ازت کم، ذرات نسبتاً درشت و تخریب نیافته از ویژگیهای خاک‌های این مناطق است؛ در صورتیکه در مناطق آب و هوای معتدل مرطوب و نیمه مرطوب معمولاً خاک‌های تکامل یافته عمیق و دارای افقهای متمایز و کامل (A-B-C)تشکیل می‌شود. که اکثراً حاوی هوموس کافی و ذرات تخریب یافتهٔ بیشتری می‌باشند. لیکن خاک‌های مزبور از نظر بازها فقیر بوده و اکثراً واکنش اسیدی ناشی از کمبود یا فقدان آهک در آن حکم فرماست.

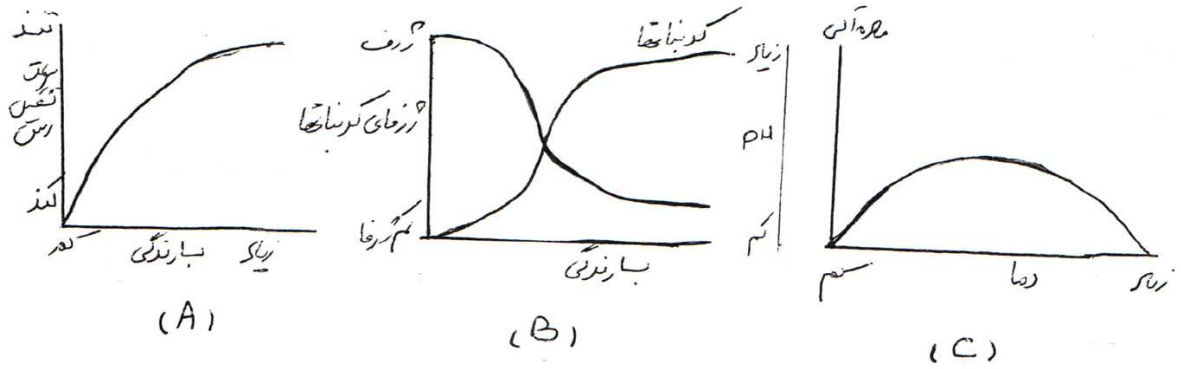
جدول ۲. مقایسه تقریبی خصوصیات خاک‌های دو منطقه آب و هوایی مختلف

	خاکهای نواحی خشک و نیمه خشک	خاکهای نواحی مرطوب
pH	اغلب ۷<	اغلب ۷>
کربناتها	اغلب ۱۰٪<	اغلب ۱۰٪>
هوموس و مواد آلی	اغلب کم	اغلب کافی و زیاد
ازت طبیعی	کم	تا حدودی کافی
کاتیونهای بازی	اغلب اشباع	اغلب کمبود



شکل۲. مقایسه خاک نواحی مرطوب و نواحی خشک

خاکهایی که در آب و هوای مختلف از مواد مادری یکسان تکامل می‌یابند دارای خصوصیات کاملاً متفاوت‌اند. حتی ممکن است در یک ناحیه جغرافیایی ثابت از سنگ مادر یکسان بعلت وقوع حوادث زمین‌شناسی و آب و هوایی متفاوت در گذشته روند تخریب غیر مشابه بوده و خاک‌های متفاوتی تشکیل شده باشند. بعنوان مثال از مواد مادری لس در نواحی نیمه خشک معتدل، خاک‌های راندزین آهکی، در نقاط استپی نیمه مرطوب و سرد خاک سیروزم Sierosem و خاک سیاه (چرنوزیم) و در شرایط مرطوب خاک‌های گلی Gley-pseudoqle و شبه گلی آبشویی یافته تشکیل می‌شود.



شکل ۳. تأثیر حوادث زمین‌شناسی و آب و هوایی بر تشکیل خاک

A . سرعت تشکیل رس با افزایش مقدار آب زیادتر می شود و با محدود شدن دیگر عوامل منحنی بصورت افقی در می‌آید.

B . هنگامی که رطوبت زیاد می‌شود عمقی که کربناتها در آن دیده می‌شوند زیادتر شده و pH کاهش می‌یابد.

C . انباشتگی ماده آلی توازنی بین تولید بیولوژیکی و تجزیه آن می‌باشد حداکثر انباشتگی در دمای متوسط صورت می‌گیرد.

مثالی برای نشان دادن تاثیر اقلیم در سرعت فعل و انفعالات خاکسازی

تخته سنگی را در نظر بگیرید که سطح آن یک متر مربع و ضخامت آن ۱cm است. این سنگ اگر دارای ۴۷٪ سیلیس SiO_2 باشد و وزن آن ۲۵ کیلو باشد مقدار سیلیس:

مقدار سیلیس ۲۵ kg ×۰/۴۷= ۱۱/۷۵ kg

اگر در ضمن تشکیل خاک، مقدار سیلیس به ۲۷٪ وزن تخته سنگ تقلیل یابد، مقدار سیلیسی که بایستی منتقل شود عبارتست از:

مقدار سیلیس پس از تشکیل خاک ۲۵kg × ۰/۲۷ = ۶/۷۵kg

مقدار سیلیسی که بایستی منتقل شود. ۱۱/۷۵ - ۶/۷۵ = ۵kg = ۵ × $۱۰^{۶}$ mg

اگر مقدار باران ۳۷۵۰mm در سال باشد و نصف آن وارد خاک شود مقدار ده میلی‌گرم در لیتر را حل کند و منتقل کند، زمان لازم برای انتقال عبارتست از :

$$3750 \div 2 = 1875^{mm}$$

$$1.875^{m} \times 1^{m^2} = 1.875^{m^3} = 1875^{lit} \qquad 1875 \times 10 = 18750mgr$$

$$5 \times 10^{6} \div 18750mgr = 267 \text{سال}$$

ـ اگر میزان بارندگی در مناطق خشک ^{mm} ۳۰۰ باشد:

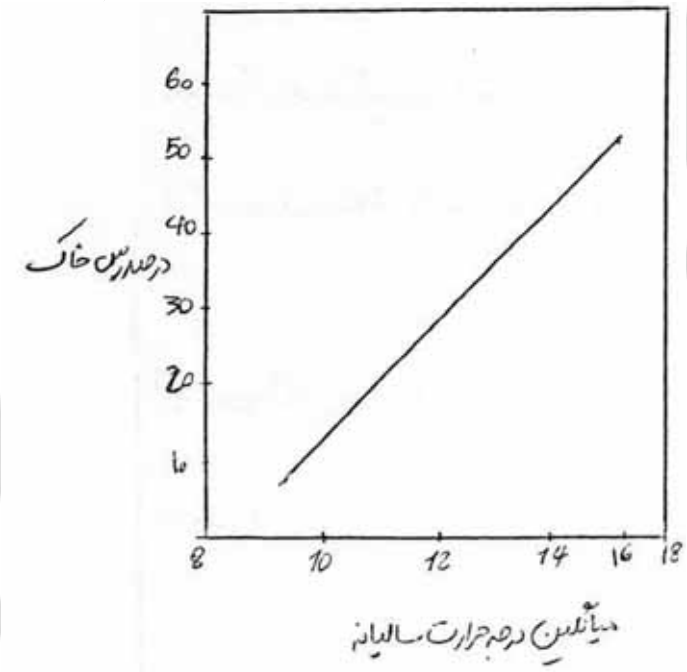
$$300 \div 20 = 150^{mm} = 0.15^{m} \times 1^{m^2} = 0.15^{m^3}$$

$$150 lit \times 10 = 1500 mgr \qquad 5 \times 10^{6} mg \div 1500 mgr = 3333 \text{سال}$$

$$3333 \div 267 \approx 13 \text{برابر}$$

زمان لازم تا ۱۳ برابر بیشتر از مناطق استوایی است.

درجه حرارت هم نقش دوگانه‌ای دارد، از یک طرف با افزایش درجه حرارت سرعت واکنش‌های شیمیایی افزایش می‌یابد و از طرفی به علت تبخیر بیشتر و کاهش آب، آبشویی املاح حاصله به تعویق می‌افتد. نمودار ذیل، تأثیر درجه حرارت بر میزان رس خاک را نشان می‌دهد. سنگ بستر آذرین قلیایی است.



گروثر (Grother) ضابطه‌ای برای تأثیر درجه حرارت و مقدار باران در تشکیل خاک پیشنهاد کرده که به نام عامل آبشویی Leaching Factor مرسوم است.

LF = R-3.3T (عامل آبشویی)

R : میانگین بارندگی سالیانه

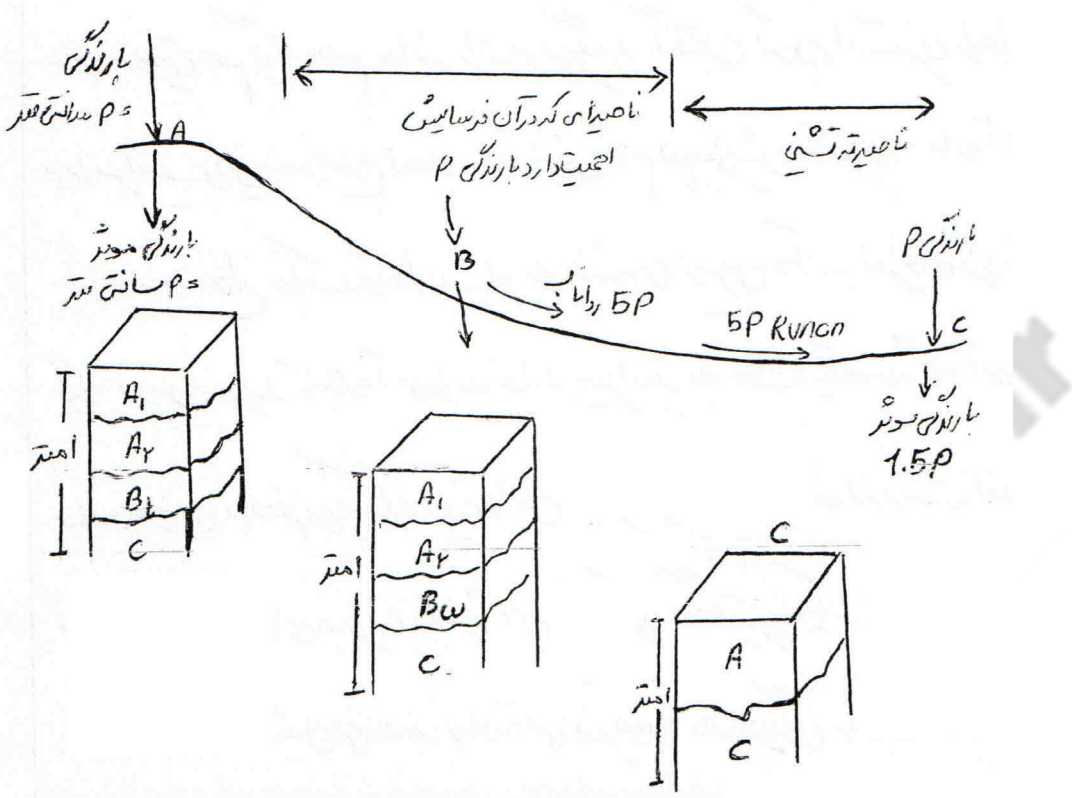
T : میانگین درجه حرارت سالیانه (سانتی‌گراد)

هرچه مقدار LF بیشتر باشد آبشویی بیشتر است.

۳. پستی و بلندی (توپوگرافی)

پستی و بلندی خصوصیتی از سطح زمین یا زمین نماست. زاویه شیب و طول آن اجزای مهم پستی و بلندی هستند. که مقدار آبی را که بصورت رواناب جریان می‌یابد و یا بخشی را که وارد خاک می‌شود (بارندگی موثر) تعیین می‌کند. در شکل ذیل سه مقدار باران موثر نشان داده شده است. همهٔ آبی که به نقطهٔ A می‌ریزد وارد خاک شده و بنابراین جریان سطحی یا

رواناب وجود ندارد. در نقطه B فقط ۰/۵۰ از بارندگی وارد خاک می‌شود و در نقطه C همهٔ بارندگی به اضافه ۰/۵۰ رواناب مربوط به B به داخل خاک می‌رود. با تند شدن شیب، فرسایش نیز زیادتر شده و تکامل خاک (کلفتی پدون و جدا شدن افقها) کاهش می‌یابد.



شکل ۴. سه پدون بالا نشان دهنده آن است که رطوبت موثر از بالای تپه به سوی پایین تپه افزایش می‌یابد.

سمتی که شیب در برابر آن قرار دارد راستای شیب (Aspect) نامیده می‌شود. در نیمکره شمالی، شیبهای شمالی سردتر از شیبهای جنوبی‌اند؛ زیرا پرتو مستقیم کمتری از خورشید را دریافت می‌دارند. روی شیبهایی که رو به شمال قرار دارند به دلیل آنکه سردتر بوده و دما برای گسترش و تکامل خاک عامل محدود کننده است، دمای کمتر خاک و همچنین تبخیر کمتر به تشکیل خاک‌های ژرفتر بر روی شیبهای شمالی می‌انجامد. در نیم کره جنوبی عکس این قضیه درست است.

وضع منطقه نسبت به آبهای زیرزمینی

از آنجایی که آب یکی از عوامل تسریع کننده تکامل است. خاک‌هایی که با آبهای زیرزمینی ارتباط موقت یا دائمی پیدا می‌کنند بیشتر در معرض اثرات تخریبی آب قرار می‌گیرند. در خاک‌های تحت تأثیر آب زیرزمینی، تناوب سطح ایستابی سفره آب زیرزمینی در فصول مختلف سال، لایه‌های مشخص پروفیلی با رنگهای متفاوت را بوجود می‌آورد.

٤. موجودات زنده (عاملهای زیستی)

عامل زیستی هم گیاه و هم جانور را در بر می‌گیرد. گیاهان کربن اتمسفری را جذب کرده و آن را به خاک می‌افزایند. این موضوع اغلب نخستین گام در پیدایش خاک بوده و ماده آلی از راه بخشهای هوایی گیاه به سطح خاک و توسط ریشه به بخشهای زیرین خاک افزوده می‌شود. (نیازی نیست که گیاه از بین برود تا ماده آلی را به خاک بیفزاید؛ به علت اینکه

ریشه آن در خلال رشد گیاه نیز ماده‌هایی را دفع می‌کند). این عامل بهمراه یافته‌هایی که از پوست اندازی ریشه بـه خـاک وارد می‌شود، منبع‌های غذایی و انرژی برای میکروارگانیسمها خاک‌اند که خود آنها نیز بخشی از جزء زیستی خاک را تشکیل می‌دهند، ماده آلی در پدیده هوادیدگی دارای اهمیت است. با تجزیه شدن آن ترکیبهایی تولید می‌شـود کـه توانـایی کـلات کردن کاتیونها را داشته و تولید هوموس نیز بر اسیدیته خـاک تـأثیر دارد. ایـن گونـه عاملهـا بـر سـرعت تشـکیل خـاک و فراورده‌های بوجود آمده موثر می‌باشند.

گیاهان از ناحیه انتهایی تارهای کشنده ریشهٔ خود نیز اسیدهای آلی و اسید کربنیک ترشح می‌کنند که هم به نفوذ ریشه در قسمتهای سخت معدنی کمک کرده و هم زمینه متلاشی شدن مواد را فراهم می‌سازند. در ضمن تخریب سـنگ مـادر و گذشتن از مراحل تکامل بعدی است که خاک‌ها از حالت معدنی کامل درآمده بـه تـدریج محتـوی مـواد آلـی و هومـوس و بالاخره موجودات زنده ریز و درشت می‌گرداند. ریشه‌ها و جانوران خاکزی با پیشروی خود در خاک روزنه‌ها و سـازه‌هـایی را ایجاد می‌کنند. جانوران در اندازه‌های گوناگون از تک یاخته‌ای میکروسکوپی گرفته تا جانوران بزرگ... دیده می‌شـوند هـر کدام از آنها در تجزیه ماده‌های آلی، ایجاد روزنه‌ها و آمیزش بیولوژیکی نقش معینی را ایفا مـی‌کننـد. آمیـزش بیولـوژیکی، مخلوط شدن ماده‌های آلی سطحی با لایه‌های زیرین خاک و مخلوط شدن افقهای زیرین با سطح را در بر می‌گیرد. ولی در برخی خاک‌های قدیمی این پدیده تنها عامل نوزایی خاک است.

همچنین فعالیتهای حیاتی کشاورزی و دامپروری و عملیات زراعی مانند شخم و تسطیح، برگردانـدن لایـه‌هـای زیـرین خاک، کوددهی، تغییر انواع گیاهان اولیه ناحیه ـ که خود نوعی بر هم زدن تعادل رویشـی محسـوب مـی‌شـود ـ و بـالاخره آبیاری و زهکشی همگی از عوامل مصنوعی برای تغییر شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی محیط‌اند که ممکن است کم و بیش در تکامل خاک‌ها بطور مثبت و منفی موثر باشند. چنانچه شخم، آبیاری و کوددهی به افزایش عمق خاک‌های زراعی و تکامل تدریجی هرچه بیشتر لایه‌های زیرین کمک می‌کند. در زمینهایی که قرنهای متمادی انسان بـه عملیـات کشـت و زرع مشغول بوده، در اثر دستکاری افقهای زیرین و اختلاط آنها با لایه‌های سطحی، افق A ضخیم تشکیل شده و یک خاک با مشخصات مخصوص توسط انسان بوجود آمده است؛ از طرف دیگر پایین آمدن سطح ایسـتابی آبهـای زیرزمینـی توسـط زهکشی است. و اینکار تأثیرات متفاوتی بر روی خاک‌هایی که در شرایط آب و هوایی مختلف قرار دارند می‌گـذارد. بعنـوان مثال موارد ذیل از نتایج زهکشی است:

ـ کاهش تدریجی یا از بین رفتن شوری و قلیایی در خاک‌های تحت تأثیر املاح محلول در آب زیرزمینی در نواحی نیمه خشک؛

ـ کاهش فعل و انفعالات احیایی در لایه‌های زیرین تحت تاثیر آب زیرزمینی؛

ـ کم شدن هوموس در همین خاک‌ها در اثر پایین رفتن سطح ایستابی آب زیرین؛

ـ تجزیه و اکسیداسیون هوموس در نواحی نیمه مرطوب و سرد.

۵. زمان

برای تعیین سن خاک کوششهایی شده است. در برخی از محلها می‌توان خاک‌ها را به صورت لایه‌ای مشـاهده کـرد. در این حالت مسن‌ترین خاک توسط خاک‌های جوانتر پوشیده شده‌اند. بنابراین حداکثر سن خاک را با استفاده از کربن ۱۴ مـاده

آلی خاک دفن شده می‌توان برآورد کرد. جاهایی را می‌توان یافت که دارای خاکستر آتشفشان یا جسمهای دیگری می‌باشند که تعیین سن آنها امکانپذیر است. برای اینکه خاکی از مرحله سنگ مادری در آمده و تکامل یابد باید دست بدست زمان پیش برود. از مرحله سختی (سنگ) تا مرحله خاک کامل مدت زمان مدیدی لازم است که گاهی ممکن است قرنها طول بکشد. در این رابطه هر قدر آب و هوا گرم و مرطوب‌تر بوده و سنگ مادر قابل نفوذتر باشد، دوره تکاملی نیز کوتاهتر خواهد بود و برعکس، همینطور بسته به شرایط جغرافیایی محل تشکیل خاک‌های دارای منشأ مارنی، لسی، یخچالی می‌توانند در مدت تقریبی یکی دو قرن و خاک‌های پدزول تا حدود ۱۰ قرن تکامل یابند. گذشت زمان، سنگ مادر را تجزیه و پس از تشکیل خاک خام اولیه، آن را از مرحله افقی پروفیل A-(C) به مرحله A-C و سپس به خاک کامل دارای نیم‌رخ (A-B-C) مبدل می‌سازد.

خاک‌هایی که در شرایط جغرافیایی و آب و هوایی دورانهای پیشین زمین‌شناسی تشکیل یافته‌اند به خاک‌های قدیمی موسوم‌اند. پس از مطالعات معلوم شده است که خاک‌های قدیمی که به تدریج با رسوبات و مواد جدید پوشیده شده‌اند، دور از تاثیر عوامل جوی بدون تغییر باقی مانده و در اثر فشار و نفوذ ترکیبات منعقد کننده، سخت شده و خاک‌های سخت شده ثانوی را به وجود آورده‌اند که بطول مثال از این لایه‌های زیرین پوستهٔ سطحی، سنگهای مارنی لس‌ها[1] و غیره به وفور مشاهده می‌شود. اگر خاک‌های قدیمی در سطح زمین و تحت تاثیر عوامل جوی و رویشی منطقه به تکامل خود ادامه داده باشند، خاک‌های باقیمانده را تشکیل می‌دهند. با گذشت زمان تأثیر بسزایی بر روی مقدار هوموس و pH خاک داشته است.

انسان بعنوان تشکیل دهنده خاک

همهٔ خاک‌های طبیعی از تاثیر متقابل پنج عامل تشکیل دهنده خاک (خاکساز) بوجود می‌آیند. با رشد جمعیتهای انسانی، انسانها نیز به طور مستقیم و غیر مستقیم خاک‌هایی را بوجود آورده اند؛ برای مثال در اروپا که کشاورزان برای هزاران سال از کشتزارها استفاده کرده‌اند، افزایش منظم ماده‌های آلی، خاک‌هایی را بوجود آورده که دارای افقهای بسیار کلفت A و مقداری زیادی فسفر می‌باشد. در حقیقت باستان‌شناسان با تکیه بر خاک‌هایی که ماده آلی و فسفر زیاد دارند کوشش می‌کنند تا نقطه‌های مسکونی بشر دیرین را تشخیص دهند. هنگامی که خاک‌ها مناسب نباشند مردم بر پایه نیاز خود خاک را درست کرده و یا دگرگونیهای زیادی در آن ایجاد می‌کنند. در این مورد فرایندها و فراورده‌ها با خاک‌های طبیعی تفاوت زیادی دارند؛ برای مثال طراحان فضای سبز و زمینهای گلف، خاک‌هایی را درست می‌کنند که مناسب با نیاز آنها باشد. در کشورهای ساحلی پست که از دیدگاه زمین‌شناسی (کشاورزی) دچار کمبود هستند مانعها و سدهایی ساخته شده تا آب اقیانوس را در پشت آن نگه دارد. (ما در مقیاس کوچک توانایی ایجاد خاک را داریم.)

عوامل خاکساز

یک خاک شناس آمریکایی نخستین فردی بود که هر پنج عامل مستقل خاکساز را در یک معادله (۱) با هم ترکیب کرده است. مفهوم این معادله آن است که خاک که یک متغیر وابسته می‌باشد، آمیزه‌ای از پنج عامل مستقل خاک‌ساز است.

---

1 . Loess

به سخن دیگر :

$S= f (P_M , C, R, B, T)$

در این معادله، S خاصیتی از خاک است که تابع ماده مادری p_M ، اقلیم C ، پستی و بلندی R ، عاملهای زیستی B و زمان T می‌باشد.

نشان داده شده است که عاملهای یاد شده کاملاً مستقل نیستند؛ زیرا اقلیم بر جانداران تأثیر می‌گذارد و یا اقلیم و عاملهای زیستی متاثر از پستی و بلندی هستند. گاهی این امکان وجود دارد که عاملهای یاد شده را به گونه‌ای از یکدیگر جدا کرد؛ به گونه‌ای که یکی تغییر کرده در حالی که دیگران تقریباً ثابت بمانند. گروهی از خاک‌ها که تاثیر یک عامل خاکساز را بیش از چهار عامل دیگر بازتاب می‌دهند، برای تعیین اثرهای فاکتور غالب مورد بررسی قرار می‌گیرند. این گروهها عبارتند از:

- ردیف ماده‌های مادری Lithosequence
- ردیف اقلیم Climosequence
- ردیف عاملهای زیستی Biosequence
- ردیف پستی و بلندی Toposequence
- ردیف زمانی Chronosequence

ردیف ماده‌های مادری گروهی از خاک‌ها را در بر می‌گیرد که روی ماده‌های مادری گوناگون ولی در وضعیتهای یکسان (یا بسیار مشابه) اقلیمی، پستی، بلندی، گیاهی و زمان تشکیل شده‌اند. با گزینش دقیق محلهای نمونه‌برداری، تأثیر ماده‌های مادری بر ویژگیهای خاک را می‌توان از ۴ عامل دیگر جدا کرد. ردیف اقلیمی، گروهی از خاک‌ها را در بر می‌گیرد که همسن بوده، روی ماده‌های مادری مشابه و در وضعیت برابر از دیدگاه پوشش گیاهی و پستی و بلندی بوجود آمده‌اند. اما به دلیل نوع آب و هوایی که در آن تشکیل شده‌اند با هم تفاوت دارند. نمونه‌ای از ردیف اقلیمی، گروهی از خاک‌هاست که بروی لُس همسن در زیر پوشش گیاهی علفی و یک شیب یکسان در ایالتهای آیوا و مینه‌سوتا بوجود آمده‌اند. با سفر از جنوب بسوی شمال، آب و هوا سردتر شده و تأثیر آن برخاکها، گسترش کمتر خصوصیتهای خاک مانند کلفتی پدون و افق Bt می‌باشد. ردیف‌های مشابه را می‌توان برای پستی و بلندی پوشش گیاهی و زمان پیدا کرد. در هر یک از این موردها عاملها یکسان نیستند؛ اما یکی از آنها بر چهار عامل دیگر غالب است.

هوازدگی (تخریب)

الف. هوازدگی فیزیکی

در تخریب فیزیکی، آب، نیروهای حاصله از تغییر وضعیت مولکولهای درونی کانیها، تغییر درجهٔ حرارت و یخبندان، عوامل تجزیه را تشکیل می‌دهند.

تغییرات درجه حرارت شب و روز فصول سال در مناطق جغرافیایی مختلف، متفاوت بوده و به عرض جغرافیایی، طول

مدت زمان تابش خورشید در سال، ارتفاع از سطح دریای آزاد و غیره بستگی دارد. نوسان متناوب حرارت در فصول سال و ساعات مختلف روز، موجب گرم شدن و سرد شدن مداوم قسمتهای درونی و بیرونی سنگها می‌گردد. بطوریکه کاملاً افزایش گرما، سنگها را منبسط و کاهش حرارت آنها را منقبض می‌نماید نتیجه این انبساط و انقباض مکرر و دائمی، در قسمتهای سطحی و عمقی سنگها شکافهای ریز و درشتی پدیدار می‌شود. سنگهای درشت بافت دارای کانیهای رنگارنگ و قابلیت هدایت حرارتی کم، در مجموع زودتر از سنگهای یکنواخت ریز بافت دارای رنگ روشن تجزیه می‌شوند. لازم به تذکر است که هدایت حرارتی سنگها کمتر از آب بوده و کانیهای آبدار زودتر از کانیهای بدون آب مثلاً انیدریت تخریب می‌یابند. انجماد آب در نواحی سرد در بین منافذ و شیارهای سنگها موجب ازدیاد حجمی معادل ۹ درصد گشته و فشارهای شدیدی به دیواره‌های سنگها وارد می‌نماید. که این فشار بسته به درجه حرارت انجماد متفاوت بوده و در نتیجه، قدرت تخریبی متغیری دارد.

نوع تخریب نیز از یخچالهای دائمی و خزیدن آنها نتیجه می‌شود بسته به عرض جغرافیایی منطقه حد مرز ارتفاع یخهای دائمی متفاوت است. از این نظر اصطلاح حد برف یعنی حداقل مرز مشخص برف مستقر در کوهستانها در فصول سال بکار می‌رود.

تناوب گرما و سرما موجب حرکت و خزیدن بطئی یخها و یخچالها بویژه در نقاط شیب دار می‌شود که حاصل این نوع خزیدن و تخریب، تشکیل سنگهای رسوبی – یخچالی است که به اشکال صاف و مخطط و زاویه‌دار پس از عقب نشینی یخها به همراه سایز ذرات از قبیل شن، سیلت... در محل باقی می‌مانند. تبلور نمکها از آب حاوی املاح محلول نیز هنگامی که آب در بین شیار سنگها قرار گیرد فشارهایی به اطراف وارد می‌سازد. آب باران و آب جاری، از مهمترین عوامل مخرب فیزیکی هستند. قدرت تخریبی قطرات باران با انرژی پتانسیل زیادی توأم است که به مرور زمان بر روی سنگها و رسوبات اثر می‌کنند.

هوادیدگی فیزیکی physical weathering

پروسه‌هایی که سبب هوادیدگی فیزیکی می‌شوند عبارتند از:

۱. Freezing & thawing یخ زدن و ذوب شدن : وقتی آب یخ می‌زند منبسط می‌شود و نیروی انبساط حاصل از یخزدن آب بقدری بزرگ هست که می‌تواند هر کانی و سنگی را خرد کند. وقتی آب یخ می‌زند نیرویی معادل ۱۵۰ تن در فوت مربع یا ۱۴۶ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع نیرو وارد می‌کند.

	ضریب انبساط حجمی
کوارتز	۰/۰۰۰۳۱۰
ارتوز	۰/۰۰۰۱۷۰
هورنبلند	۰/۰۰۰۲۸۴
کلسیت	۰/۰۰۰۲۰۰

۲. گرم شدن و سرد شدن Heating and cooling : بعلت اختلاف ضریب انبساط کانی‌های تشکیل دهندهٔ سنگها،

انبساط و انقباض کانیها متفاوت می‌باشد. لذا با گرم شدن و سرد شدن کانیها بمقدار متفاوت منبسط یا منقبض می‌شوند. لذا این امر سبب خرد شدن سنگها می‌شود.

سنگ	درصد خلل و فرج پر شده
ماسه سنگ	۲۵
سنگ آهک	۳۰
سنگ مرمر	۰/۲

۳. مرطوب شدن و خشک شدن wetting and drying : مرطوب شدن و خشک شدن سبب خرد شدن می‌شود. و این ناشی از انقباض و انبساط آب می‌باشد و این سبب می‌شود که خاک با خشک شدن و مرطوب شدن ذراتش کوچک‌تر شود زیرا ملکول آب دو قطبی است طرف مثبت مولکول آب به ذرات خاک که دارای بار منفی هستند می‌چسبند. و این مسئله مولکولهای دیگر آب را وادار می‌کند تا مثل حلقه زنجیر از طریق دو قطب غیر همنام به یکدیگر متصل شوند و ساختمان آب در چنین موقعیتی مشابه یخ می‌باشد. بنظر می‌رسد تناوب خشکی و مرطوب شدن موجب نظم می‌شود که چنین موقعیتی مشابه یخ با افزایش حجم و فشار همراه است.

۴. عوامل سایشی Grinding action : ساییدن ذرات در برابر ذرات دیگر، که این عمل توسط آب، باد یا نیروی ثقل صورت می‌گیرد و این عمل سبب خرد شدن موثر ذرات می‌گردد. یک سنگ گرانیتی به قطر ۲۰ سانتی‌متر پس از طی یازده کیلومتر در بستر رودخانه به قلوه سنگ با قطر ۲ سانتی‌متری تبدیل خواهد شد. ماسه سنگ به همان قطر کافی است ۱/۵ کیلومتر در بستر رودخانه حرکت کند تا به قطر ۲ سانتی‌متری برسد.

۵. فعالیت موجودات زنده Action of organisms : ریشه گیاهان قادرند که سخت‌ترین سنگها را خرد کنند. موجودات یا جانوران خاک که در داخل زمین زندگی می‌کنند با حفر خاک سبب خرد شدن آن می‌شوند.

هوادیدگی شیمیایی Chemical weathering

هوادیدگی شیمیایی معمولاً رخ می‌دهد و سبب می‌شود که کانیها خرد شوند.

بعضی از عواملی که سبب تغییر قابلیت حل شدن کانی‌ها می‌گردد عبارتست از حل شدن یا محلول[۱] هیدرولیز[۲] و کربناته شدن[۳]. عواملی که سبب تغییر شکل ساختمان کانی‌ها می‌گردد عبارتست از: آبگیری[۴] کانی، اکسید شدن[۵] و احیاء شدن[۶].

۱. محلول[۷]: عبارتست از حل شدن یک جسم جامد در مایع. این امر سبب می‌شود که یک جسم جامد به یونهای مجزا تفکیک شود. این جدا شدن یونها یا مولکولها سبب می‌شود که از تغییرات شیمیایی بزرگتر و بیشتری از حالت

---

1 . Solution
2 . Hydrolysis
3 . Carbonation
4 . Hydrotion
5 . Oxidation
6 . Reduction
7 . Solution

جامد بوجود آید. مثال:

$$NaCl + H_2O \rightleftharpoons Na^+, Cl^-, H_2O$$

از پروسه‌های مهمی که در هوادیدگی شیمیایی رخ می‌دهد هیدرولیز و کربناته شدن می‌باشد.

۲. کربناته شدن[1] : کربناته شدن، واکنش یک ترکیب با اسید کربنیک است. (H_2CO_3) وقتی دی اکسید کربن در آب حل شود یک اسید ضعیف تولید می‌شود. بخشی از CO_2 از اتمسفر حاصل می‌شود ولی قسمت اعظم از تنفس بیولوژیکی و تجزیه گیاهان حاصل می‌شود لذا اسید کربنیک حاصل سبب حل شدن بهتر و راحتتر کانی‌ها می‌شود.

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H^+ + HCO_3^-$$

$$CaCO_3 + H^+ + HCO_3^- \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$$

بی کربنات کلسیم (محلول) کلسیت کم محلول

۳. احیاء شدن[2]: احیاء گرفتن الکترون می‌باشد. پروسه‌ای است که در آن الکترون به دست می‌آید. بار منفی افزایش می‌یابد و بار مثبت کاهش می‌یابد. احیاء کانی‌ها ممکن است سبب ناپایداری کانی شود و حلالیت آن افزایش یابد و یا استرس نیروهای داخلی زیادتر شود و کانی سریع‌تر خرد شود.

در پوسته کرهٔ زمین، برخی از عناصر دارای بیش از یک ظرفیت هستند که مهمترین این عناصر عبارتند از:

Fe	با ظرفیت ۲ و ۳
منگنز Mn	۲ و ۳ و ۴
گوگرد S	۲- و ۰ و ۶
وانادیوم	۳ و ۴ و ۵
مس	صفر، ۱ و ۲

پایداری هر عنصر در حالت اکسید بستگی به تغییرات انرژی دارد که با افزایش یا کاهش الکترون ایجاد می‌شود برای تعیین این تغییرات انرژی از معیاری که به نام پتانسیل اکسیداسیون و احیاست، استفاده می‌شود و پتانسیل هر واکنش شیمیایی یک کمیت نسبی است که نسبت به پتانسیل واکنش زیر مقایسه می‌شود.

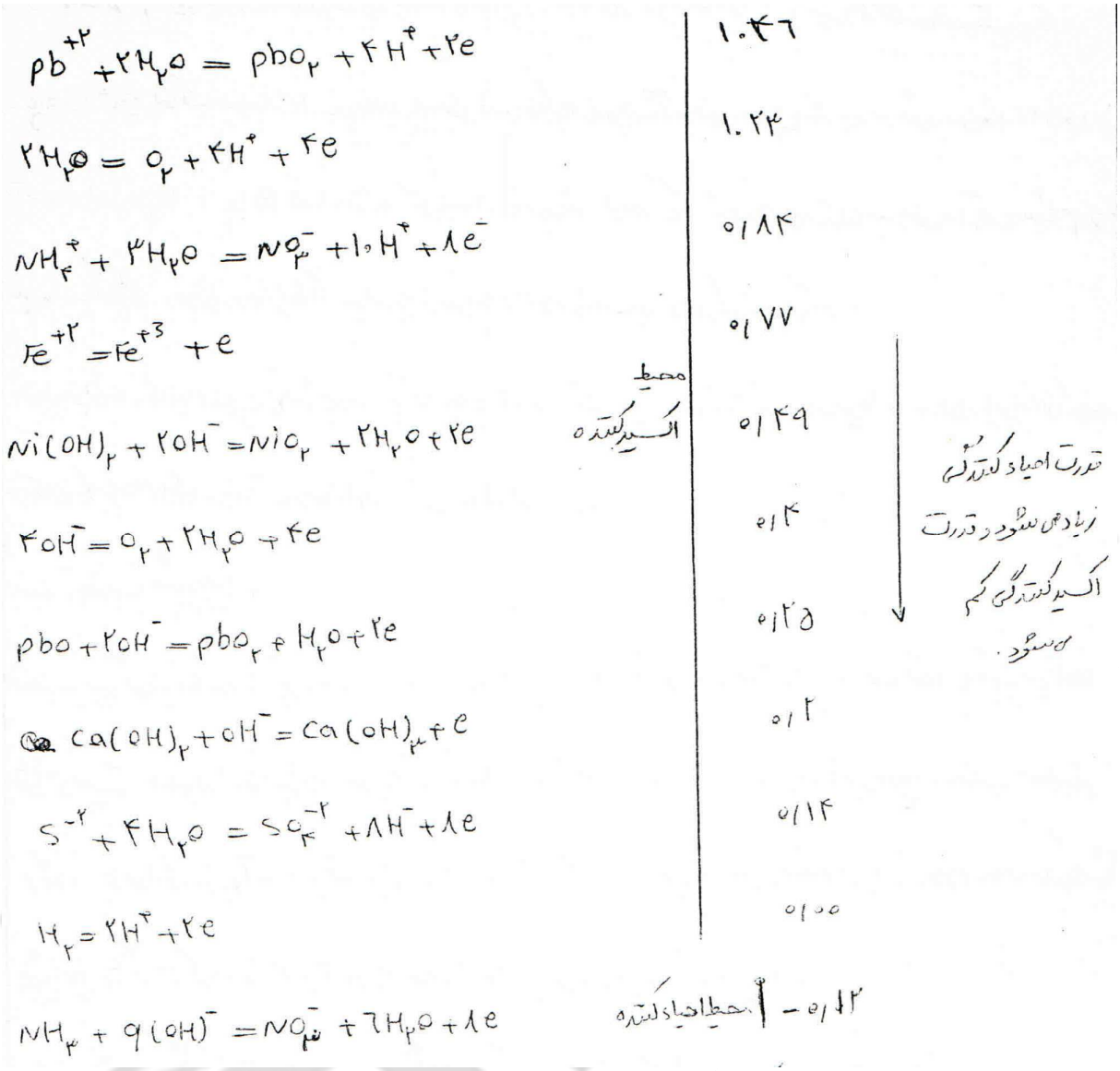
$$H_2 = 2H + 2e$$

پتانسیل اکسیداسیون و احیاء این واکنش را برابر صفر می‌گیرند.

اعداد مثبت مربوط به محیط اکسید کننده و ارقام منفی از آن محیط احیاء کننده است، بعبارتی از بالا به پایین قدرت احیاء کنندگی افزایش می‌یابد.

---

1 . carbonation
2 . Reduction



واکنش‌های شیمیایی در طبیعت و از نظر تشکیل خاک فقط در مقادیر پتانسیل بین صفر و ۱/۲۳ ولت امکانپذیر است. هر حالت اکسید کننده که پتانسیل آن از ۱/۲۳ ولت بیشتر است، موجب تجزیه آب و خروج گاز اکسیژن از محیط می‌شود از طرفی اگر پتانسیل از صفر کمتر باشد موجب تجزیه آب و خروج گاز H_2 می‌شود. (اعداد بزرگتر تمایل بیشتر به اخذ الکترون است). اکسیداسیون و احیا از اولین فعل و انفعالاتی است که در خاک صورت می‌گیرد. اکسیداسیون در سنگهایی که دارای سولفورها، کربناتها، سیلیکات‌های آهن دارا هستند اهمیت بسزایی دارد.

$$\underset{olivine}{MgFeSiO_4} + 2H_2O \rightarrow Mg(OH)_2 + H_2SiO_3 + FeO$$

اکسیداسیون سبب ایجاد رنگ قهوه‌ای در خاک می‌شود. احیاء گوگرد در خاک موجب پیدایش نوعی خاک می‌گردد که خاک سولفات اسید[1] نامیده می‌شود. این خاک‌ها در رسوبات آبرفتی، میسل‌ها دیده می‌شود. سولفات موجود در آب دریا به H_2S، FeS_2 احیاء شده. گل سیاه یا آبی رنگ ایجاد می‌کند که بوی هیدروژن سولفوره از آن به مشام می‌رسد پس از زهکشی و برقراری شرایط اکسیداسیون سولفات و حتی اسید سولفوریک تولید می‌کند.

---

1 . cat-clay soil

تبادل یونی: شاید مهمترین واکنش در هوادیدگی شیمیایی باشد. تبادل یونی عبارتست از تبادل یونهای محلول با یونهایی که جذب سطحی کانی‌ها می‌شود و یا در آن وجود دارد. چهار نوع تبادل وجود دارد.

ب. تخریب شیمیایی

تجزیه سنگها به قطعات ریزتر بوسیله هر عامل مکانیکی که انجام گرفته باشد با تغییر ساختمان شیمیایی آنها توام نیست. اما بعلت افزایش سطوح نسبی اجسام هنگام خرد شدن زمینه برای تأثیر عوامل مختلف مساعدتر می‌گردد. از عوامل مزبور آب، اکسیژن و اسیدهای مختلف با قابلیت فعل و انفعال زیادی که دارند فعالانه در واکنشهای شیمیایی شرکت کرده و ماهیت مواد پوسته جامد زمین را کم و بیش تغییر می‌دهند. بطوریکه بتدریج و با گذشت زمان، زمینه تشکیل خاک خام اولیهٔ قابل رویش گیاهی فراهم می‌شود. در حالت کلی، شدت و ضعف تخریب شیمیایی قبل از همه به میزان رطوبت خاک و درجه حرارت محیط بستگی دارد. لذا در مناطق گرم و مرطوب تخریب شدیدتر از نقاط سردسیر و یا نواحی خشک بیابانی صورت می‌گیرد.

در تخریب شیمیایی فعل و انفعالات زیر حائز اهمیت‌اند:

ـ انحلال

توانایی فعل و انفعال مولکولهای آب، بسته به pH، کمیت و کیفیت مواد حل شده در آن و درجه حرارت محیط متغیر است. اصولاً در طبیعت پوستهٔ زمین آب خالص شیمیایی نادر است. زیرا نمکهای زود حل، براحتی در آن حل شده و در لایه‌های سنگها و رسوبات و خاک‌ها نفوذ می‌کنند. از نمکهای موجود در ساختمان کانیها، املاح سدیم، پتاسیم، منیزیم و کلسیم پیش از سایر ترکیبات نمکی، در آب حل می‌شوند. آب مقطر خالص در حرارت ۲۰ درجه سانتی‌گراد قادر است ۳۶ درصد وزنی خود کلر و سدیم ۰/۲۶ ژیپس و فقط ۰/۰۰۱۴ آهک حل نماید. با افزایش مقدار اسیدهای محلول در محیط و در نتیجه ازدیاد غلظت هیدروژنهای آزاد و همچنین زیاد شدن گرما، به قدرت انحلال آب افزوده می‌شود. مثلاً تشدید فعالیت یونهای H هنگام حل شدن گاز کربنیک در آب با روند زیر صورت می‌گیرد.

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons HCO_3^- + H^+$$

با یونیزه شدن آب به H^+ و OH^- نیروی تخریبی آن افزایش می‌یابد. تجزیه کانیهای مختلف مخصوصاً کانیهای سیلیکاتی مانند فلدسپاتها و میکاها که از نظر کیفیت و کمیت در خاکسازی اهمیت دارند توام با هیدرولیز می‌باشد. بدین نحو که اول در سطوح کریستالی و روی ترکیبات دارای پیوند سست مانند Na-O, Mg-O, Ca-O, K-O کاتیون مربوط به جای خود را با H حاصل از یونیزاسیون آب تعویض نموده و سپس کانی مذکور در اثر تغییرات ساختمان شیمیایی بتدریج متلاشی می‌گردد. تجزیه کانی اورتوکلاس و آنورنیت بدین نحو عملی است.

$$KAlSi_3O_8 + HOH \longrightarrow HAlSi_3O_8 + KOH$$ (اورتوکلاس)

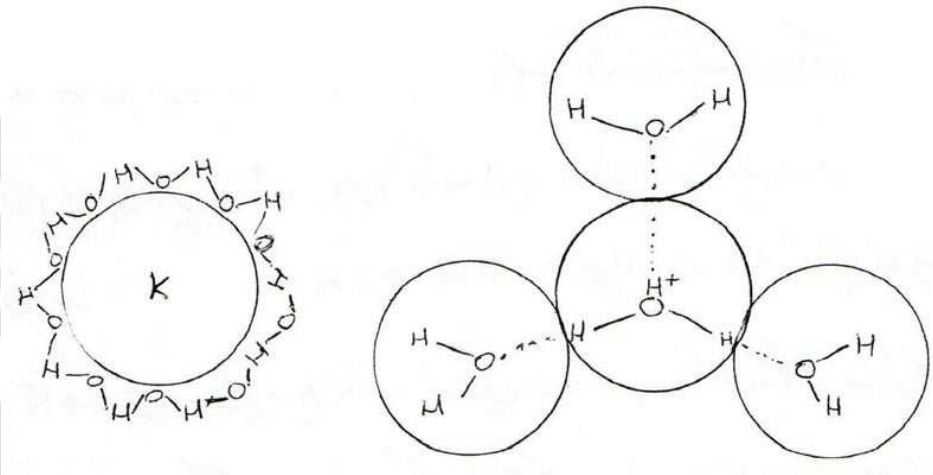
$$2HAlSi_3O_8 + 5HOH \longrightarrow Al_2Si_2O_5(OH)_4 + 4SiO_3 + H_2$$

$$CaAl_2Si_2O_8 + H_2O + CO_2 \longrightarrow H_2Al_2Si_2O_8 + CaCO_3$$

$$H_2Al_2Si_2O_8 + H_2O \longrightarrow Al_2Si_2O_5(OH)_4$$ کائولینیت

ـ هیدراتاسیون

مولکولهای قطبی آب به علت داشتن نیروهای کششی و جذبی مخصوص می‌توانند کاتیونها قسمت خارجی داربست کریستالی کانیها را پوشانده، قدرت ترکیب با آنها را با آنیونها کاهش دهند. این کاهش نیروی ترکیبی سبب می‌شود که کاتیونهای مزبور پس از هیدراته شدن، از بلور شل شده و بالاخره آزاد گردند. روند هیدراتاسیون که در اثر جذب متقابل الکتریکی یک یون یا مولکول بطرف قطب منفی یا قطب مثبت مولکولهای آب بوقوع می‌پیوندد بطوریکه بر حسب قدرت جذبی موجود پوششی از مولکولهای آب روی مادهٔ مربوطه را احاطه می‌کند. اساساً ضخامت پوششی آبی، بستگی به نیروی کشش الکترواستاتیکی عناصر دارد. در مورد پتاسیم بعنوان مثال، پوشش آبی بدین طریق قابل تجسم است.



شکل ۵. نمایش اتصال ترکیبی مولکولهای قطبی آب و هیدراتاسیون پتانسیم

ـ اکسیداسیون

اکسیژن که حدود ۲۱٪ حجم جو زمین را اشغال می‌کند عنصری است فعال و با میل ترکیبی زیادی که دارد بر روی عناصر موجود در کانیها و سنگها اثر کرده، آنها را اکسیده می‌کند. اکسیداسیون بعضی از کانیها مخصوصاً ترکیب آهن و منگنز با تغییر رنگی که بوجود می‌آید، بطور وضوح قابل تشخیص است. در مورد کربنات آهن، اکسیداسیون بدین ترتیب است:

$$2FeCO_3 + O \longrightarrow Fe_2O_3 + 2CO_2$$

بالاخره اکسید آهن تشکیل شده در محیط اسیدی و در مجاورت آب ترکیب زیر را بوجود می‌آورد.

$$Fe_2O_3 + 3H_2O \longrightarrow 2Fe(OH)_3$$

اکسیداسیون ترکیبات آهن با تغییر آهن دو ظرفیتی به سه ظرفیتی و پیدایش رنگ قهوه‌ای مشخص می‌شود از این نظر مطالعهٔ تغییر رنگ افق‌های خاک، برای بررسی وضع تخریبی و تکاملی سنگ مادر، معیار با ارزشی به شمار می‌رود.

– منگنز دو ظرفیتی نیز پس از اکسیداسیون به منگنز سه ظرفیتی و یا چهار ظرفیتی تبدیل شده و سپس ترکیبات حاصله از تخریب برنگ قهوه‌ای تیره یا سیاه در می‌آیند.

از ترکیبات گوگرددار آهن، اکسیداسیون پیریت جالب توجه است:

$$2FeS_2 + 150 + 5H_2O \longrightarrow 2FeOOH + 4H_2SO_4$$

در عمل، انواع تخریبهای شیمیایی در تشکیل کانیهای رس خاک و آزاد شدن کاتیونهای غذایی گیاه بطور مستقیم و غیرمستقیم دخالت دارند.

ج. تخریب بیولوژیکی

تجزیه و تخریب بوسیله موجودات زنده مخصوصاً گیاهان پست و عالی به تخریب بیولوژیکی مرسوم است. گیاهان سبز در جو از فتوسنتز و گیاهان بدون سبزینه همزمان با فعالیتهای حیاتی خود، از ریشه و سایر اعضای خود، گاز کربنیک و سایر مواد اسیدی ترشح می‌کنند.

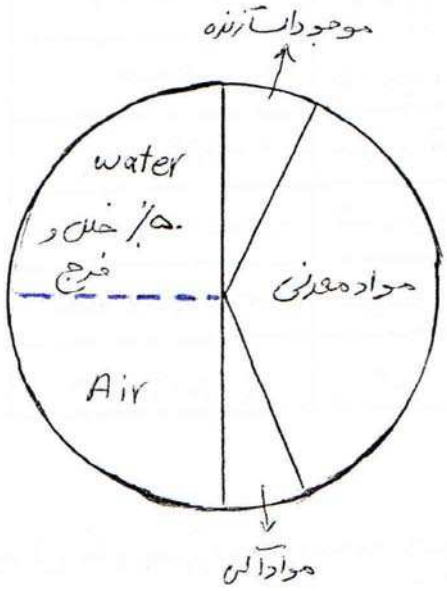
تماس این اسیدها با کانیها، همزمان با افزایش غلظت یونهای هیدروژن در محیط، تجزیه شیمیایی ترکیبات کانیها و سنگها را سبب می‌شود. از گیاهان پست، گلسنگ‌ها در نقاطی که مقدار بارندگی سالیانه کافی است، برروی سنگها سکنی گزیده و با ترشح اسیدهای مخصوص، قشر نازکی از سنگها را تجزیه و اولین مواد خاک خاکساز را بوجود می‌آورند.

جذب مواد غذایی از طریق ریشه گیاهان عالی نیز با تبادل H^+ و کاتیونها مخصوصاً Ca, Fe, Mg, K و غیره توأم است. افزایش غلظت هیدروژن آزاد از این طریق نیز، تجزیه بعدی کانیها را تشدید می‌کند. از طرف دیگر، بقایای گیاهان پست و عالی نیز که محتوی ترکیبات کربن فراوانی هستند. پس از فعل و انفعالات بیشمار و پیچیده‌ای در محیط، ماده کلوئیدی و اسیدی مهمی به نام هورمون تولید می‌کنند که در تجزیه بعدی سنگها و رسوبات مجدداً شرکت می‌جوید.

باکتریها، آلگها و موجودات دیگر ریز و درشت ساکن خاک و رسوبات نیز با فعالیتهای زندگی خود بطرق فیزیکی و شیمیایی موجبات تجزیه و تخریب کانیها را فراهم می‌سازند.

اجزاء خاک

برای شناسایی خاک ابتدا باید اجزاء آن را شناسایی کنیم و سپس خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی این اجزاء را شناسایی کنیم. در یک خاک خوب کشاورزی ۵۰٪ خاک از خلل و فرج که از آب و هوا تشکیل شده است که نسبت بین این دو متغیر و بسته به شرایط محیط و آب و هوایی دارد و ۵۰٪ دیگر آن مواد معدنی است که بخشی از آن را مواد آلی و موجودات زنده است فراگرفته است که می‌توان بصورت نموداری به صورت زیر نشان داد.



شکل ۶ اجزای تشکیل دهندهٔ خاک

بافت خاک

مواد معدنی بر حسب قطر ذرات در گروههای قراردادی رده بندی می‌شوند و منظور از دانه‌بندی تعیین نسبت درصد ذراتی است که با داشتن قطرهای متفاوت در محدوده‌های معینی قرار می‌گیرند. ذراتی که در بین یکی از محدوده‌های قطری قرار می‌گیرند به نام فراکسیون (گروه هم قطر) مشهورند طبق قراردادهای موجود قابل قبول در اکثر نقاط جهان، ذرات خاک به فراکسیونهای مختلف زیر تقسیم بندی می‌شوند:

قطر ذرات (mm)	نام گذاری
> ۲۰	سنگ
۲۰ -۲	سنگریزه
۲ - ۰/۲	شن درشت
۰/۲ -۰/۰۲	شن ریز
۰/۰۲ -۰/۰۰۲	سیلت
<۰/۰۰۲	رس

تقسیمات قراردادی دیگری نیز در عمل، کاربرد دارد که در اینجا به خلاصه جمع بندی شده آنها اشاره می‌شود.

ـ سنگریزه

ذرات به قطر بزرگتر از ۲ میلیمتر معمولاً سنگریزه از جنس بقایای تخریبی سنگ مادر بوده و در اکثر خواص با آن مشترکند. این ذرات از نظر فیزیکی بعنوان اسکلت خاص انجام وظیفه می‌نمایند. وجود سنگریزه در مجاورت سایر فراکسیونها موجب تهویه بهتر خاک گشته و گاهی سایر ذرات ریزتر خاک را از گزند عوامل فرسایشی تشدید مصون می‌دارد اغلب

کانیهای اولیه آنها تخریبی بوده و به مرور زمان بعضی از مواد غذایی معدنی را به خاک و گیاه تحویل می‌دهند.

ـ شن

ذرات شن، محتوی کانیهای اولیه دیر تخریب و مقاوم‌اند. گاهی کانی کوارتز ۹۰ الی ۹۵ درصد این فراکسیون را تشکیل می‌دهد. بسته به جنس سنگ مادر ممکن است سیلیکات‌های مختلفی مانند میکا و فلدسپات و همچنین کربناتهای کلسیم و منیزیم نیز در ساختمان شنها یافت شوند. معمولاً مقدار ذرات شن در خاک‌های خام (تکامل نیافته) بیشتر است. با افزایش درجه تکامل خاک‌ها از میزان شن کاسته و به فراکسیونهای دیگر افزوده می‌شود. ذرات شنی از نظر شیمیایی فعال نبوده ولی خواص فیزیکی خاک‌ها را بطور محسوس تحت تأثیر قرار می‌دهند.

ـ سیلت

ذرات متشکله ذرات سیلت از نوع کانیهای اولیه مانند کوارتز، فلدسپاتهای مختلف پیروکسن‌ها، آمفیبولها، اولیوین‌ها، میکاها و دیگر کانیهای مخلوط هستند.

در شرایط آب و هوایی خشک که خاک‌ها معمولاً به مقادیر قابل توجهی حاوی آثار سنگ مادر آهکی هستند. در این فراکسیون ذرات کربناتی مانند کلسیت و دولومیت یعنی مهمترین اجزاء سازنده سنگهای آهکی مشاهده می‌شوند. خواص سیلت درشت، شباهت زیادی به شنها داشته و سیلت ریز می‌تواند در بعضی شرایط قسمتی از وظایف کانیهای رسی را به عهده بگیرد.

ـ رس

کانیهای اولیه حاصل تخریب سنگها و رسوبات به مرور زمان تحت تأثیر مجدد عوامل تخریبی مانند آب، اکسیژن، اسیدها و بازهای محلول در آب و غیره قرار گرفته و به ذرات ریزتری تجزیه می‌شوند. این ذرات ریز کوچتر از ۰/۰۰۲ میلیمتر اکثراً منشأ ثانوی داشته و دارای خواص فیزیکی و فیزیکوشیمیایی ویژه‌ای هستند که آنها را از سایر ذرات خاک متمایز می‌کند این ذرات ثانوی و معدنی میکروسکوپی در غالب فعل و انفعالات فیزیکی و شیمیایی بطور فعال شرکت می‌کنند و در حاصلخیزی خاک اهمیت وافری دارند.

تعیین بافت خاک از روی نسبت درصد ذرات مختلف

پس از اندازه‌گیری مقدار درصد وزنی فراکسیونهای اصلی سه گانه شن، سیلت و رس می‌توان از مثلث مخصوص بافت خاک که در اثر تجربیات و قراردادهای عملی و بین المللی توافق یافته ترسیم شده استفاده و بافت خاک مورد آزمایش را معلوم نموده و با معلومات بدست آمده نوع خاک مشخص می‌گردد. بدیهی است که انواع متفاوت خاک‌ها اکثراً ترکیبی از فراکسیون قطرهای مختلف بوده و به ندرت ممکن است اجزاء معدنی خاک، فاقد یک یا دو فراکسیون اصلی باشد.

تعریف بافت خاک

اندازه نسبی ذرات خاک را اصطلاحاً بافت خاک گویند. بعبارت دیگر مقدار نسبی شن، سیلت و رس که از ذرات کوچکتر از سنگریزه می‌باشند بافت خاک را تشکیل می‌دهند.

تجزیه و تعیین مقدار ذرات خاک

در روش هیدرومتر که توسط بویوکس طرح گردیده است، مقادیر شن، سیلت و رس بدون جدا کردن از هم اندازه‌گیری می‌شود. برای این عمل ابتدا خاک به مدت یک شب در محلول پیروفسفات سدیم خیسانده می‌شود تا ذرات خاک بصورت پراکنده درآیند. روز بعد خاک مذکور را به داخل لیوانهای فلزی منتقل نموده و با بهم زدن الکتریکی با سرعت ۱۶۰۰۰ دور در دقیقه بهم می‌زنند. سپس محلول را به داخل سیلندر ریخته و با آب مقطر آن را به حجم می‌رسانند. با بهم زن‌های مخصوص محلول را مخلوط کرده و به فاصله، زمان را یادداشت می‌نمایند. زمان سقوط ذرات متناسب با قطر آنهاست. با استفاده از هیدرومتر خاک دوقرائت در سوسپانسیون خاک صورت می‌گیرد. یکی بعد از ۴۰ ثانیه که معادل گرم رس و سیلتی است. که بصورت معلق در سوسپانسیون باقی مانده‌اند. از تفاضل این عدد از وزن اولیه خاک مقدار شن بر حسب گرم به دست می‌آید. قرائت دوم بعد از ۲ ساعت صورت می‌گیرد و مقدار رس را بر حسب گرم نمایش می‌دهد. به این ترتیب هرگاه درصد شن و رس را با هم جمع و از عدد ۱۰۰ کم کنیم مقدار درصد سیلت بدست می‌آید.

کلاسهای بافت خاک

- خاکهای شنی: خاکهایی با بافت درشت :
  - ـ بافت شنی
  - ـ بافت شنی لومی
- خاکهای لومی:
  - ○ خاکهایی با بافت متوسط درشت:
    - ـ بافت لومی شنی
    - ـ بافت لومی شنی ریز
  - ○ خاکهایی با بافت متوسط:
    - ـ بافت لومی شنی خیلی ریز
    - ـ بافت سیلت لوم
    - ـ سیلت
  - ○ خاکهایی با بافت متوسط ریز:
    - ـ بافت لومی رسی
    - ـ بافت لوم رس شنی
    - ـ بافت لوم رس سیلتی
- خاکهای رسی : خاکهایی با بافت ریز:
  - ـ بافت رسی شنی
  - ـ بافت رسی سیلتی
  - ـ بافت رسی

دانشمندان پس انتخاب مرزهای لازم برای ذرات معدنی خاک و گروه بندی آنها به شن، سیلت و رس روشی را برای تجزیه و تعیین مقدار هر یک از این ذرات پیشنهاد کردند.

این روش اولین بار توسط بویوکوس پیشنهاد شد که به روش هیدرومتری نیز معروف می‌باشد.

روش کار:

۵۰ گرم خاک ← در ظرف مخصوص همزن ← ml ۵۰ هگزار متافسفات سدیم اضافه ← به مدت ۴-۳ دقیقه همزن ← در استوانه مدرج یک لیتری به حجم می‌رسانند ← همزدن در استوانه ← قرائت به هیدرومتر پس از ۴۰ ثانیه ← بعد از ۲ ساعت

$$\%\ \text{Sand شن} = \frac{\text{عدد تصحیح شده هیدرومتر بعد از 40 ثانیه–وزن خاک خشک}}{\text{وزن خاک خشک}} \times 100$$

$$\%\ \text{Clay رس} = \frac{\text{قرائت تصحیح شده هیدرومتر بعداز 2 ساعت}}{\text{وزن نمونه خاک خشک}} \times 100$$

$$\%\ \text{Silt سیلت} = 100\text{-(درصد شن + درصد رس)}$$

با کمک این روش می‌توان ذرات شن، سیلت و رس را از هم تفکیک و درصد هر یک از این اجزاء را در نمونه خاک تعیین کرد. اساس این روش بر قانون استوکس استوار است.

اگر یک ذره کروی جامد به شعاع r و وزن مخصوص o_1 و جرم m در مایعی در حال سقوط در نظر بگیریم نیروی ثقل که بر آن وارد می‌شود برابر :

$$F_1 = mg = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_p . g \downarrow$$

این نیرو رو به پایین است اما نیروی دیگری که مساوی وزن آب جابجا شده است در مصاف است که مانع سقوط ذره می‌شود این نیرو عبارتست از:

$$F_2 = -(\frac{4}{3}\pi r^3 f_w) g \uparrow$$

از طرفی لزجت مایع مانع سقوط ذره می‌شود و این نیرو برابر است با :

$$F_3 = -6\pi r n V \uparrow$$

n : لزجت

V : سرعت یکنواخت ذره

چون شتاب وجود ندارد سرعت یکنواخت است لذا جمع نیروهای بالابرنده و پایین برنده مساوی خواهد بود.

$$F_1 = F_2 + F_3$$

$$\frac{4}{3}\pi r^3 \rho_p .g = \frac{4}{3}\pi r^3 f_w .g + 6\pi rnv$$

$$\frac{4}{3}\pi r^3 .q(\rho_p - f_w) = 6\pi rnv$$

$$\frac{4}{3} r^2 g(\rho_p - f_w) = 6nv$$

$$v = \frac{2r^2 g}{9n}(\rho_p - f_w)$$

$$v = \frac{2\times 980}{9\times 0.01035}\times 1.65\times r^2$$

$$v = 34718 r^2 (cm/sec)$$

$$x = v.t \Rightarrow \quad t = \frac{x}{v}$$

n : لزجت (n=0.01035 poise)

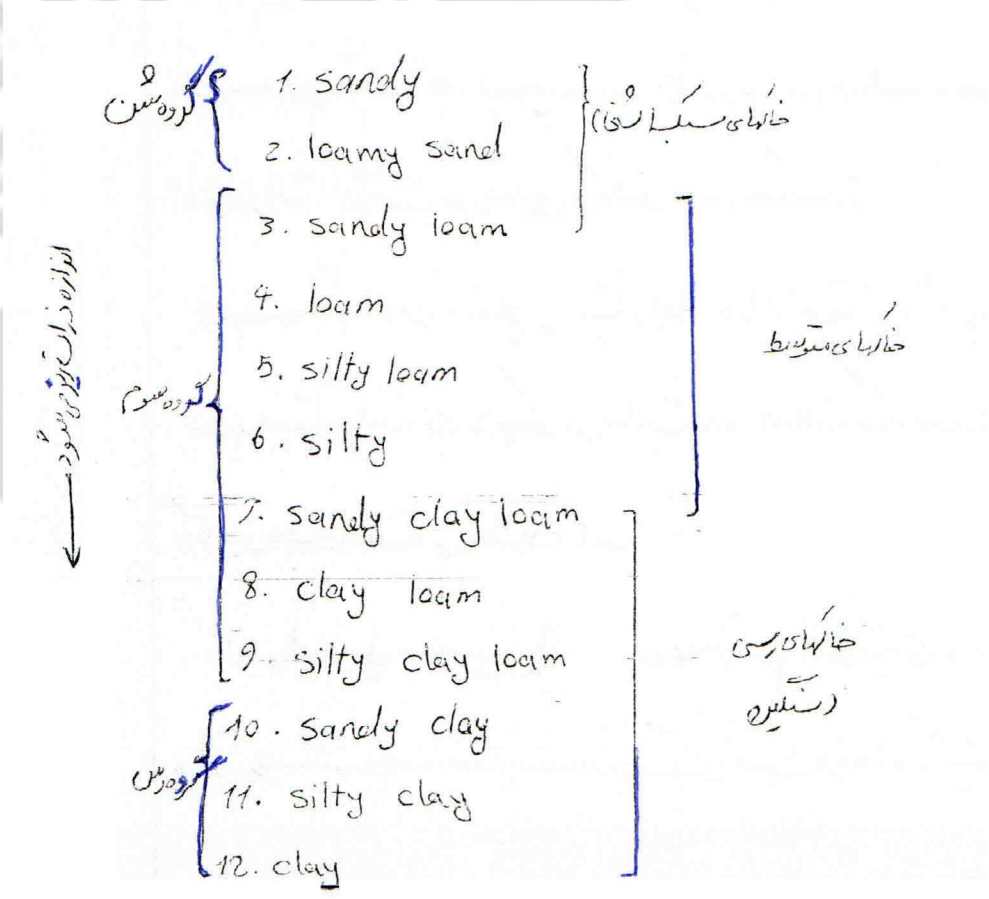
g شتاب ثقل $g=980\ cm/sec^2$

ρ_p : وزن مخصوص ذره ($2.56\ gr/cm^3$)

fw : وزن مخصوص آب ($1\ gr/cm^3$)

v : سرعت سقوط ذره

البته با تغییر درصد این ذرات شن و سیلت و رس بافتهای گوناگونی حاصل می‌شود که بطور کلی بدین ترتیب می‌باشد.



تعیین کلاس‌های بافت خاک با روش صحرایی

هنگامی که خاک در صحرا مورد مطالعه قرار می‌گیرد تعیین یا تخمین کلاس بافت آن غالباً ضروری است. خاکشناسان زمانی که نقشه خاک را تهیه می‌کنند می‌توانند با استفاده از روش صحرایی تعیین بافت، افقهای مختلف یک پدون و خاک‌های متفاوت را در واحدهای مختلف اراضی از یکدیگر تفکیک نمایند. در روش صحرایی تعیین بافت، مقدار کمی از خاک را با آب مخلوط کرده و گل نسبتاً سختی را به وجود می‌آورند. آنگاه بر حسب درجه سهولت تشکیل نوار از گل حاصل نوع بافت خاک مشخص می‌گردد. نوع نوار و درجه سهولت تشکیل آن بستگی به میزان رس خاک دارد بنابراین از روی آن می‌توان بافتهای لومی، لومی رسی یا رسی را تشخیص داد.

هرگاه خاک لومی با احساس لمسی زبر و سنگریزه دار احساس گردد نوع بافت آن لومی شنی است و اگر همین خاک نرم احساس گردد مبین سیلت فراوان در خاک بوده و بافت لوم سیلتی است. در مورد خاک‌های شنی آنها غیرچسبنده و مجزا بوده و در حالت مرطوب نواری بوجود نمی‌آورند.

تأثیر ذرات درشت در اسامی کلاس بافت خاک

بعضی خاک‌ها دارای مقادیر نسبتا زیادی ذرات درشت سنگریزه و قلوه سنگ هستند. در این گونه موارد عمدتاً در انتهای نام کلاس بافت، خصوصیات مذکور بصورت صفتی آورده می شود.

کلاس های بافت و رابطهٔ آن با مصارف مختلف خاک

خواصی از قبیل خاصیت پلاستیکی، استحکام، نفوذپذیری، سهولت عملیات زراعی، خشکی، حاصلخیزی و بارآوری خاک در یک منطقه مشخص ممکن است ارتباط مستقیم با بافت خاک داشته باشد لکن به علت تغییرات فاحشی که در ساختمان منیرالوژیکی ذرات وجود دارد نتیجه گیری کلی امکانپذیر نیست؛ به طول مثال درخت کاج در بافت لومی شنی دارای حداکثر رشد بوده و در واقع در چنین خاکی اثرات آب، مواد غذایی و هوا بر روی رشد گیاه حداکثر می‌باشد. در مورد گیاه ذرت در خاک لومی در صورت فقدان آبیاری حداکثر محصول را تولید می‌کند و درصورتی که آبیاری و افزایش کود هم انجام گیرد خاک شنی حداکثر محصول را تولید می‌کند. رکورد جهانی محصول ذرت که متعلق به سال ۱۹۷۷ است از یک خاک شنی آبیاری شده در ایالت میشیگان بدست آمده است. استقامت خاک در مقابل ماشین آلات و همچنین قدرت تحمل آن در مقابل وزن گله‌ها به هنگام چرا بستگی به بافت و میزان رطوبت خاک دارد خاک‌هایی که مقدار رس و مواد آلی آنها زیاد است در حالت مرطوب قدرت تحمل بارشان کم است.

در قسمت مرکزی شمال آمریکا درختان بلوط معمولاً در روی خاک‌های شنی می‌رویند در حالی که مخلوط بلوط و گردو در روی خاک لومی شنی، افرا و ... در روی خاک‌های لومی و رسی و سرانجام زبان گنجشک و نارون در نقاط پست که دارای زهکش نامناسب و خاک مرطوب است می‌رویند.

خاک عامل مهمی در رویش درختان مختلف و در نتیجه ایجاد جنگل است. جنگل و درختان نیز به نوبهٔ خود با تعدیل سرعت باد و کاهش شدت نور خورشید در رشد و نمو گیاهان اثر گذارد و نتیجتاً منجر به کاهش اثر خاک می‌گردند البته در

مناطقی که جنگل مثلاً در اثر آتش سوزی از بین رفته است. احیای جنگل و کشت و کار مجدد بسیار مشکل بوده و کـاملاً تابع میزان رطوبت خاک و نوع بافت آنست. خاک‌هایی که بافت زیرین نرم‌تر است معمولاً گونه‌هـایی کشـت مـی‌شـود کـه احتیاجات غذایی آنها بیشتر می‌شود البته گاهی وجود لایه‌های متراکم در درون خاک مانع نفوذ ریشه و رطوبـت بـه اعمـاق می‌گردد.

اهمیت بافت خاک

بافت خاک یکی از مشخصات پایای آن بوده و معمولاً تغییرپذیر نیست. هرچه مقدار ذرات شن و سیلت در خاکی زیـادتر باشد ذخیره عناصر غذایی و رطوبتی قابل استفاده گیاه کمتر بوده و نفوذپذیری آن نسبت بـه آب و هـوا قابـل توجـه اسـت. برعکس وجود رس فراوان در خاک، متضمن توانایی خاک برای رشد گیاهان مختلف می‌باشد بنابراین در خاک‌های شـنی و در شرایط طبیعی نمی‌توان محصولاتی به عمل آورد که به عناصر غذایی فراوان نیازمندند. اگر شـکل هندسـی محصـولات کشاورزی از قبیل سیب‌زمینی که در زیر خاک غده می‌بندد مورد نظر باشد، خاک‌های شنی به رسی تـرجیح داده مـی‌شـوند. زیرا سبکی خاک اجازه می‌دهد اشکال منظم و کروی تشکیل دهند. هر قدر رس خاک بیشتر باشد، شخم پذیری آن کمتر و به نیروی بیشتری نیازمند است. خاک‌های رسی چون آب بیشتری در خود نگه می‌دارد لذا پس از بارندگی یا آبیـاری، زمـان لازم برای به اصطلاح گاورو شدن آنها طولانی‌تر از گروههای بافتی دیگر است. از طرفی دیگر به علت همین ویژگی تعـداد دفعات آبیاری و یا تناوب آنها در خاک‌های رسی، کمترین و در خاک‌های شنی، بیشترین است. از نقطه نظر زهکشی هر قدر رس خاک بیشتر باشد کارایی زهکشی‌های زیرزمینی کمتر می‌شود. خاک‌های رسی در اثر جذب و دفع آب انبساط و انقباض حاصل کرده و موجب درز و ترکهای عمیق در آن می‌گردد.

رفتار انواع کلاسهای بافتی خاک

رفتار خاک‌های سبک

خاکهایی که بافت آنها شنی، شنی لومی و لومی شنی هستند در این گروه قرار دارند. بیش از ۸۰٪ خاک را شن تشـکیل می‌دهد و مقدار رس کمتر از ۱۲ درصد و یا مجموع رس و سیلت کمتر از ۲۰درصد می‌باشد. این خـاک‌هـا از نظـر رفتـاری خصوصیات زیر را بروز می‌دهند:

- زهکشی در آنها بسیار خوب انجام می‌گیرد.
- با پیدایش یک دوره خشکی زودتر رطوبت خود را از دست می‌دهند.
- به راحتی در معرض فرسایش باید قرار می‌گیرند.
- حاصلخیزی آنها ناچیز است.
- رطوبت قابل استفاده گیاه در هر متر از عمق خاک کمتر از ۱۲۵ میلیمتر است.
- ساختمان خاک در این اراضی بسیار سست و شکننده بوده و با فشاری به ذرات اولیه متلاشی می‌شود.
- عملیات شخم در آنها به راحتی انجام می‌گیرد.

– دفعات آبیاری در آنها زیاد است.

– آبشویی املاح و کودهای شیمیایی نیز قابل توجه است و تلفات و ضایعات کودی در آنها بیشتر از سایر خاک‌هاست.

رفتار خاک‌های میان بافت

واژهٔ میان بافت به خاک‌هایی اطلاق می‌شود که مقدار رس آن بین ۱۰ تا ۳۵ درصد باشد. بافتهای لومی شنی، لومی سیلتی، لوم و لوم رس سیلتی در این گروه قرار می‌گیرند. حاصلخیزی این خاک‌ها در آب هوای مختلف متفاوت بوده و رطوبت قابل استفاده گیاه در خاک‌های شنی بیشتر و خطر فرسایش کمتر است.

رفتار خاک‌های رسی

خاکهای سنگین یا رسی، محتوی بیش از ۲۸ درصد رس بوده و بافتهای رسی و لوم رس ماسه‌ای و لوم رسی و رسی سیلتی و رسی شنی را شامل می‌شود. خصوصیات رفتاری این خاک‌ها بصورت زیر است:

– ساختمان خاک در صورت وجود مواد آلی دارای حالت مطلوبی است.

– سطح خاک در اثر تناوب خشکی و رطوبت ایجاد درز و ترک می‌کند.

– رطوبت قابل استفاده گیاه در این خاک‌ها از خاک‌های دیگر بیشتر است.

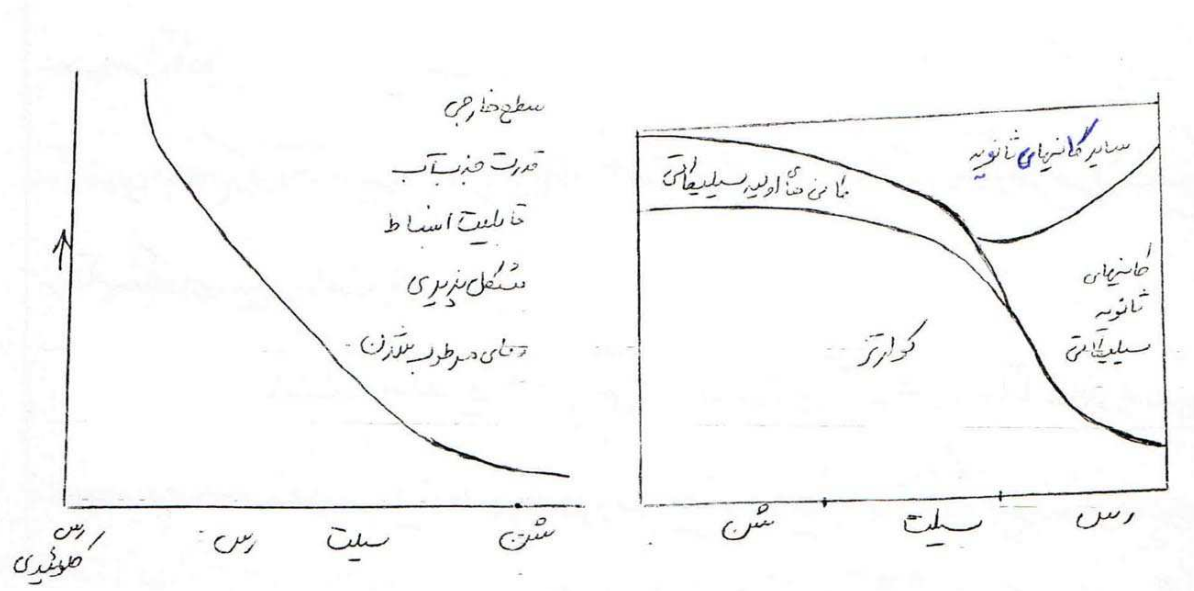
– زهکشی در این خاک‌ها به دشواری انجام می‌گیرد.

– نفوذ پذیری در آنها اندک است.

– انجام عملیات شخم در هنگام رطوبت خصوصاً مشکل است.

– تلفات آبیاری در آنها نسبت به سایر خاک‌ها کمتر است.

– حاصلخیزی این خاک‌ها به علت ظرفیت تبادل کاتیونی قابل توجه آن در حد مطلوبی است.



شکل ۷. رابطه بین اندازه ذره با بعضی از خواص فیزیکی و شیمیایی آنها

ساختمان خاک

ذرات خاک بندرت بصورت متعدد و جداگانه در خاک‌های مزروعی موجود بوده و کانیهای رسی و سایر ترکیبات، این ذرات را به یکدیگر پیوند داده، اشکال مختلف ایجاد کرده که خلل و فرج بین واحدهای ساختمانی، مبین ساختمان خاک و دگرگونیهای آن در طول زمان می‌باشد. نتیجهٔ ساختمان خاک، وجود درز، خلل و فرج در تودهٔ خاک است، لذا وزن مخصوص ظاهری خاکی که دارای ساختمان است از وزن مخصوص ظاهری خاک در شرایط فقدان ساختمان کمتر می‌باشد، خلل و فرج در گروههای مختلفی قرار داده می‌شوند، مثلاً جریان آب آزاد فقط از خلل و فرجی صورت می‌گیرد که قطر آن از ۰/۳ میلیمتر تجاوز کرده باشد، از طرفی نیروی ثقل در مواردی قادر است آب را از خاک خارج سازد که قطر خلل و فرج از ۳۰ میکرون بیشتر باشد. و در ضمن ریشهٔ گیاهان به خلل و فرجی که بزرگتر از ۱۰ میکرون هستند نیازمندند تا رشد نموده و حرکت نمایند. فقدان یک نظام ساختمانی در خاک به دو شکل جلوه گر می‌شود:

حالت اول: خاک از ذرات جداگانه مانند شن مرکب است و چون پیوندی ذرات را به یکدیگر مرتبط نمی‌سازد لذا فردیت هر ذره در توده خاک حفظ شده و ساختمان خاک تکدانه‌ای[1] است. وزن مخصوص ظاهری چنین خاکی با وزن مخصوص واقعی آن چندان متفاوت نیست. زیرا خلل و فرج حاصله را نیز ذرات خاک اشغال می‌کند.

حالت دوم: یک خاک رسی اشباع از آب را در نظر بگیرید که در آن عملیات آماده نمودن بستر بذر صورت می‌گیرد، در تحت چنین شرایطی توده خاک، شکل هندسی نامنظمی بخود گرفته، تداوم و پیوستگی خلل و فرج از بین رفته و کلوخه‌ای عاید می‌شود که ساختمان متراکمی دارد (Massive) که برای کشاورزی مناسب نیست.

اندازه و شکل خاکدانه ها

تشریح ساختمان خاک در روی زمین با توجه به موارد زیر صورت می‌گیرد:

۱. نوع خاکدانه که معرف شکل ظاهری خاکدانه است.

۲. کلاس که معرف اندازه خاکدانه می‌باشد.

۳. درجه که معرف درجه وضوح خاکدانه است.

تقسیم بندی واحدهای ساختمانی خاک از نظر اندازه

۱. Domains: مجموعه‌ای از ذرات رس به ابعاد ۱ تا ۵ میکرون که موجد خلل و فرج در حدود هزار آنگستروم می‌باشد.

۲. دانه‌ها: مجموعه‌ای از رومن، ذرات سیلت و شن که بصورت خاکدانه‌های نیم میلیمتری در آمده‌اند و در اثر جذب و دفع آب متلاشی نمی‌شوند.

۳. دانه متخلخل (Crumb): مجموعه‌ای از دانه‌ها با ابعاد چند میلیمتر.

به طور کلی اگر اندازه این دانه‌ها از ۵ تا ۱۰ میلیمتر بیشتر باشد، بستر مناسبی برای جوانه زدن بذور محسوب نمی‌شوند.

۴. کلوخک (Clod): خاکدانه‌هایی که اندازه آنها از یک سانتی‌متر بزرگتر است.

---

1 . Single Grain

تقسیم بندی خاکدانه بر اساس شکل ظاهری

خاکدانه‌ها بر اساس شکل ظاهری به چهار گروه که با تقسیمات فرعی این چهار گروه، اشکال هفت گانه خاک بوجود می‌آید.

۱. کروی (Spheroidal Structure): نسبتاً فاقد خلل و فرج کوچک و غیر انطباق با سایر خاکدانه‌ها و در افق A تشکیل می‌شود.

۲. مدور: نسبتاً دارای منافذ و اندازه‌های کوچک و غیر قابل انطباق با سایر خاکدانه‌ها و در افق A تشکیل می‌شود.

۳. ورقه‌ای (platy structure) : در این حالت تجمع خاکدانه‌ها و یا مجموعه‌ای از آن بصورت ورقه یا صحنه بوده و از نفوذپذیری خاک می‌کاهد و در افق A_2 خاک‌های آبشویی یافته و یا سرشار از رس کائولنیت، خاک‌های جنگلی و خاک‌های افق متراکم رسی دیده می‌شود.

۴. مکعبی (Block Like structure) : خاکدانه‌های مکعبی شکل از طریق سطوح زوایای حادهٔ خود با یکدیگر اتصال دارند این خاکدانه‌ها معمولاً به ذرات کوچکتر شکسته می‌شوند و در افق B تشکیل می‌شوند.

۵. مکعبی با زوایای نامنظم (Subangular Bloky) : خاکدانه‌های مکعبی که از طریق زوایای منفرجه با یکدیگر اتصال پیدا نموده‌اند و در افق B تشکیل نمی‌شوند و زوایای آن تیز نبوده و مدور و گرد است.

۶. منشوری (prismatice structure) : خاکدانه‌های ستونی که قاعده ستونها مسطح بوده از طریق سطوح جانبی به یکدیگر متصل می‌شوند و به خاکدانه‌های مکعبی کوچکتر شکسته می‌شوند. این نوع ساختمان بیشتر در تحت الارض خاک‌های مناطق خشک یافت شده و از ویژگیهای خاک‌های قلیایی محسوب می‌شود.

۷. ستونی (columnar structure) : خاکدانه‌های ستونی مانند که قاعده آنها برجسته و از طریق سطوح جانبی به یکدیگر متصل شده‌اند و در افق B خاک‌های سولونتز تشکیل می‌شوند.

درجه دانه‌بندی یا درجه تکامل ساختمان خاک و تقسیمات آن

درجه دانه‌بندی یا درجه تکامل ساختمان خاک معرف اختلاف نیروی کوهیسیون در درون خاکدانه یا نیروی ادهیسیون در بیرون خاکدانه است و معمولاً در روی زمین بر اساس نسبت بین مواد بدون خاکدانه به مواد خاکدانه دارد، همچنین استقامت یا دوام خاکدانه‌ها به هنگام جابجایی از دیواره پروفیل تعیین می‌گردد. درجه دانه‌بندی خاک با میزان رطوبت موجود در خاک تغییر می‌نماید و هرچه خاک خشک‌تر شود استقامت خاکدانه‌ها بیشتر می‌شود.

در زیر درجات مختلف استقامت خاکدانه‌ها تشریح گردیده است:

۱. **ساختمان ضعیف (Weak.s)**: در این حالت به طور خیلی ضعیفی تشکیل گردیده و به سختی در محل یا دیوارهٔ پروفیل قابل مشاهده می‌باشند.

۲. **بدون ساختمان (Structure less)** : در این حالت نه خاکدانه‌ای مشخص است و نه خطوط منظم و مشخص با نیروی حداقل و تفکیک کنندهٔ خاکدانه‌ها، اگر ذرات به یکدیگر چسبیده باشند به آن بدون ساختمان توده‌ای (Massive) و اگر به یکدیگر نچسبیده باشند بدون ساختمان متعدد (single Grain) می‌گویند.

۳. **ساختمان متوسط (Moderat. structure)** : خاکدانه‌ها بخوبی تشکیل گردیده و کاملاً آشکارند البته از نظر استقامت درجه متوسطی داشته و در اثر جابجایی متلاشی می‌گردند.

۴. ساختمان قوی (strong structure) : در این حالت خاکدانه‌ها کاملاً مقاوم بوده و در اثر جابجایی نیز متلاشی نمی‌شوند.

تشکیل خاکدانه‌ها

ایجاد خاکدانه مستلزم دو مکانیسم است:

۱. نزدیک شدن ذرات منفرد و ایجاد دسته‌ها و گروههای نزدیک به هم

۲. نیرویی که بتواند ذرات دسته بندی شده و نزدیک به هم را حفظ و نگهداری نماید.

در تشکیل خاکدانه سه اثر فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی دخالت دارند:

اثرات فیزیکی

اولین آثار تجمعی در ذرات خاک، با کشش و جذب بین مولکولی توسط نیروهای کوهزیون (جذب متقابل – مولکولهای هم جنس) و آدهزیون (جذب بین مولکولهای نا هم جنس) آغاز می‌شود. در این حالت ذرات ریز خاک بویژه ذرات کوچکتر از ۱۰ میکرون، بطریق آدهزیون به یکدیگر کشیده شده و خاکدانه‌های ریز (بدرشتی تا ۲۵۰ میکرون) را بوجود می‌آورند.

یکی دیگر از پدیده‌های فیزیکی موثر در خاکدانه سازی، انبساط و انقباض ذرات ریز معدنی و آلی است که هنگام تناوب بین خیسی و خشکی محیط بوجود می‌آید. با زیاد شدن غلظت محیط در اثر تبخیر سطحی، همزمان با نفوذ آب به لایه‌های زیرین، ذرات رسی و هوموسی انبساط یافته و خمیری شکل، با چسباندن دانه‌های ریز و درشت خاک، بتدریج بصورت اجتماع کلوخچه‌ای و خاکدانه‌ای نسبتاً درشت، سخت می‌شوند.

بجز اثرات فیزیکی آب باران در تشکیل یا تخریب خاکدانه‌ها (قطرات باران با انرژی زیادی که در مجموع دارند، برای ساختمان خاک‌های عاری از پوشش گیاهی عامل تخریبی با قدرتی بشمار می‌آیند.)، انجماد متناوب آب جذب شده در درون کلوخها و کلوخچه‌های خاک نیز خود عامل موثر در خاکدانه سازی خاک‌های سنگین است. با افزایش حجم ۹٪ آب هنگام یخبندان، کلوخهای درشت خاک‌های شخم زده در پاییز و زمستان به خاکدانه‌های ریز دارای ساختمان مطلوب زراعی در بهار مبدل می‌شوند. این پدیده مخصوصاً در خاک‌های لومی حاوی سیلت فراوان و شنهای ریز مناطق خشک و نیمه خشک، موجب سهولت عملیات زراعی مکانیزه در بهار می‌شوند.

خاکدانه‌های تولید شده از این طریق، در مناطق پرباران، مجدداً ساختمان خود را از دست می‌دهند به طوریکه در مواقع استثنایی بعلت درشتی رقم نسبتی $\frac{\text{سیلت}}{\text{شن+رس}}$ در خاک‌ها، بارندگیهای بهاره، موجب فرسایش شدید ذرات قابل تحرک می‌گردد.

اثرات شیمیایی در تشکیل خاکدانه

برخی از مواد چه بصورت محلول حقیقی (بی کربناتها و ژیپس و غیره) و چه بحالت کلوئیدی سولی، پس از تحرک لازم در جوار آب، بین فضاهای ریز و درشت ذرات رخنه کرده و با خشک شدن و تغییر درجه حرارت و همچنین تاثیر الکترولیتهای خاک، در همانجا منعقد یا رسوب می‌کنند. ضمن رسوب سایر اجزاء غیرکلوئیدی خاک مانند شن و سنگریزه نیز

به همدیگر چسبیده و به ابعاد و اشکال مرکبی گرد هم مجتمع می‌گردند و منافذ متفاوتی که عهده دار نگهداری هوا و آب هستند در بین آنها تشکیل می‌شود.

اثرات بیولوژیکی در تشکیل خاکدانه

موجودات زنده گیاهی و جانوری ماکرومیکروارگانیسمی، هر یک به روش مخصوص به خود در خاکدانه سازی موثرند. گیاهان سبز با گستردن ریشه‌های ریز و تارهای کشندهٔ بی‌شمار و قارچها با تولید میسل‌های طویل، اجزاءخاک را به یکدیگر پیوند می‌دهند. ترشحات آلی ریشه از گیاهان سبز و همچنین ترشحات حاوی آنزیمهای مختلف از باکتریها و کرمهای خاک، موجب بهم پیوستن اجزاء خاک می‌گردند.

ورود و گذشتن اجزاء خاکی از درون دستگاه گوارش کرمهای خاکی و دفع آنها بصورت توده‌های چسبنده، نوعی ساختمان مناسب و قابل نفوذی بوجود می‌آورند که در حاصلخیزی خاک بسیار مؤثرند.

تجمع مواد بصورت خاکدانه توسط ترکیبات زیر عملی است:

۱. کانیهای رسی

از رسها مخصوصاً رسهای قابل اشباع ۲:۱ با داشتن سطوح نسبی بزرگ و خاصیت کلوئیدی شدید، هنگام انعقاد، با اتصال ذرات سنگریزه و شن و سیلت، کلوخچه‌های ریز و درشتی می‌سازند. از این نظر خاک‌های حاوی رس فراوان در جوار سایر ذرات، هنگام خشک شدن، سخت‌ترین وضع خود را داشته و در تشکیل ساختمان تجمعی، مسئولیت مهمی به عهده می‌گیرند.

۲. مواد آلی

طی مراحل تجزیه مواد آلی، ترکیبات شیمیایی کلوئیدی و چسبنده مانند اسید هیومیک‌ها[1]، اسید فولویک‌ها[2] و ترکیبات پلی ساکاریدی متنوع در خاک تولید می‌شوند که همزمان با فعالیت بیولوژیکی اثر تجمعی مواد در آنها تشدید می‌شود. در یک آزمایش انجام شده، اثرات مواد آلی مختلف در خاکدانه سازی در جدول ذیل خلاصه می‌شود.

جدول ۳. اثرات مواد آلی مختلف در خاکدانه سازی

مواد آلی	حداکثر توانایی تولید خاکدانه (٪از گل خاک)
کمپوست	۱۰۰
ساکارز	۷۲
ساقه ذرت	۶۲
کاه	۴۷
کاه + بقایای یونجه	۵۳
تودگاوری	۴۶
تورب + کاه	۳۵

1 . Humic acids
2 . Fulvic acid

۳. اکسیدها و هیدروکسیدهای کلوئیدی

در خاک‌های معدنی با واکنش اسیدی شدید، کلوئیدهای آهن و آلومینیوم، در جوار رسها و مواد آلی، از سازندگان اصلی خاکدانه‌ها به شمار می‌روند. این ترکیبات با خاصیت دو طرفه‌ای که دارند در محیطهای واکنشی مختلف بحالت سول یا ژل ظهور می‌کنند، پس از رسیدن به نقطه ایزوالکتریکی که برای هر یک از آنها در نقطهٔ اختصاصی و معینی از pH امکانپذیر است، منعقد شده و ذرات دیگر را بصورت خاکدانه در برمی گیرند.

٤. ترکیبات کلسیم

از مواد خاکدانه ساز معدنی، ترکیبات کربناته ($CaCO_3$) و سولفاته ($CaCO_4.2H_2O$ = ژیپس) کلسیم حائز اهمیت‌اند. این نمکها در شرایط مختلف فیزیکی و شیمیایی خاک، بصورت محلول در آمده و سپس با تغییر وضع انحلالی محیط، بصورت مواد جامد سیمانی بین ذرات دیگر رسوب و آنها را به یکدیگر می‌چسبانند.

ساختمان خاک در گروههای بزرگ خاک

هر قدر بر میزان بارندگی افزوده شود، مقدار رس نیز بیشتر شده و خاکدانه‌ها نیز افزایش می‌یابد، و در مناطق خشک بعلت کمبود بارندگی فرایندهای شیمیایی خاکسازی بطئی و اندک است. در نتیجه مقدار رس تولید شده نیز قابل توجه نبوده و تعداد خاکدانه زیاد نیست. همبستگی مثبت بین بارندگی و خاکدانه‌ها تا زمانی ادامه می‌یابد که رس تشکیل شده در افق A بعلت وفور بارندگی به افق B زیرین مهاجرت ننموده است. در مناطق مرطوب علاوه بر رس، مواد آلی نیز فراوان بوده و از اتفاق این دو عامل، خاکدانه‌های فراوان با پیوندهای رسی و هوموسی بین ذرات شن و رس و سیلت بوجود می‌آیند.

بعنوان مثال درصد خاکدانه‌های بزرگتر از ۰/۵ میلیمتر در خاک روئین، خاک‌های پدزول ۱۰٪، در خاک چرنوزم ۴۰٪ ، در خاک چست نات[1] ۲۵٪ و در خاک بیابانی ۱۰٪ می‌باشد. علت اندک بودن تعداد خاکدانه‌ها در خاک پدزول احتمالاً مدلول کمی مواد آلی و آبشویی سزکوئی اکسیدها از افق A می‌باشد. در خاک‌های چرنوزوم وجود مواد آلی فراوان و کاتیونهای دو ظرفیتی سبب می‌شود که ذرات از صورت جداگانه و منفرد به صورت خاکدانه در آمده و محیط مناسبی برای کشت فراهم سازند، در خاک‌های بیابانی وجود کاتیونهای یک ظرفیتی، چون سدیم و قلت مواد آلی، شرایط مطلوب را برای تشکیل خاکدانه بوجود نمی‌آورد. افزایش درجه حرارت در خاک‌هایی که مقدار کلسیم آنها یکسان است، باعث کاهش تعداد خاکدانه می‌شود؛ چون از مقدار ماده آلی کاسته می‌شود. در مناطق مرطوب که خاک‌های لاتریت یافت می‌شوند، فراوانی خاکدانه‌های بزرگتر از ۰/۵ میلیمتر تا حدود نود درصد می‌رسد، اکسیدهای آهن و آلومینیوم در این خاک‌ها مانند پلی ذرات را به یکدیگر متصل می‌کنند.

دوام و استقامت خاکدانه

استقامت خاکدانه مستلزم دو شرط است:

---

1 . chestnut

۱. عدم انتشار ذرات سطح خاکدانه به هنگام خیس شدن و هیدراته شدن؛

۲. نگهداری ذرات درون خاکدانه بوسیله کلوئیدها در هنگام خیس شدن خاک.

استقامت خاکدانه را غالباً با روش الک کردن مرطوب اندازه‌گیری می‌کنند. در این روش مقداری خاک خشک را روی الک ریخته و الک را چندین مرتبه درون آب نموده و خارج می‌نماییم، ضمن این عمل آب از کلیه جهات وارد خاکدانه می‌شود و باعث فشرده شدن هوای محبوس درون خلل و فرج می‌گردد، در نتیجه خاکدانه‌هایی که نتوانند فشار حاصل از تراکم هوای درونی را تحمل کنند متلاشی می‌گردند و همراه ذرات بدون دانه‌بندی از الک عبور می‌کنند. خاکدانه‌هایی که پس از مدت زمان ثابت و مشخص بر روی الک می‌مانند معرف خاکدانه‌های مقاوم به آب می‌باشند.

محققین دانشگاه ویسکانسین میزان تشکیل خاکدانه‌ها را در رابطه با مقدار صمغ میکروبی، اکسیدآهن، کربن آلی (مواد آلی) و رس در چهار نوع خاک مطالعه کرده‌اند.

اجزاء متشکله خاک به ترتیب اهمیتشان در تشکیل خاکدانه	نوع خاک
مواد آلی < اکسیدآهن< رس< صمغ میکروبی	خاک لوم سیلتی سری پار
اکسید آهن< صمغ میکروبی	خاک لوم سیلتی سری ال منا
مواد آلی< اکسیدآهن< صمغ میکروبی	خاک لوم سیلتی سری میامی
صمغ میکروبی< رس< اکسیدآهن	خاک لوم سیلتی سری کی وانی
رس< مواد آلی< اکسیدآهن< صمغ میکروبی	کلیه خاک‌ها

عملیات زراعی و مقاومت خاکدانه‌ای

هر نوع فعالیت زراعی بر روی خاک با تغییر ساختمان و مقاومت خاکدانه‌ای همراه است. انتخاب وسایل و ابزار ماشینی پس از شخم زدن و همچنین رعایت زمان شخم و شرایط فیزیکی (مقدار رطوبت موجود در خاک) در جوار عملیات کوددهی آلی و معدنی و تسطیع نهایی، در کیفیت و کمیت خاکدانه‌ها اثر مستقیم دارند.

عقیده اکثر محققین بر این است که در خاک‌های شنی سبک، بمنظور میل به مناسبترین سیستم خاکدانه‌ای بهتر است خاک را در محدودهٔ آبی معادل ظرفیت زراعی (Pf =۲/۵ −۲/۸) و در خاک‌های سنگین در حدود ۶۰٪ مقدار ظرفیت زراعی ($Pf \approx$ ۳/۵) شخم نمود. عملیات پوششی توسط مالچ‌های گیاهی چه بطور سطحی و چه با اختلاط در افق سطحی نیز همزمان با کاهش تبخیر سطحی و افزایش نگهداری آب در زمین، به خاکدانه‌ها مقاومت نسبی می‌بخشد. از آنجاییکه اولین آثار تخریبی کیفیت و کمیت خاکدانه‌ای با ریزش بارانهای شدید یا آبیاریهای بی‌رویه بظهور می‌رسد، در انتخاب زمان، مقدار و تکرار آبیاری باید دقت کافی بعمل آید. در این زمینه، آبیاری بارانی و قطره‌ای از مناسبترین و آبیاری غرقابی کنترل نشده در اراضی دارای تسطیح ناقص و کرت‌بندی تراز نشده از مضرترین روشها محسوب می‌شود. تنظیم نوع کشت و انتخاب سیستم تناوبی نیز از عملیات زراعی مهم و مؤثر در ایجاد ساختمان خاک هستند.

مطالعات انجام شده در این زمینه ارزش متفاوت گیاهان را در حفاظت مقاومت ساختمان خاک‌ها اثبات می‌کند. از گیاهان زراعی مناسب، مخصوصاً شبدر، یونجه و گیاهان مرتعی، بدلیل ایجاد سایه دائمی و حفظ رطوبت خاک و همچنین افزودن مواد آلی و ازت، اثر مطلوب در حفاظت خاکدانه دارند.

عملاً رابطه شدیدی نیز بین کودهای شیمیایی و ساختمان خاک برقرار است.

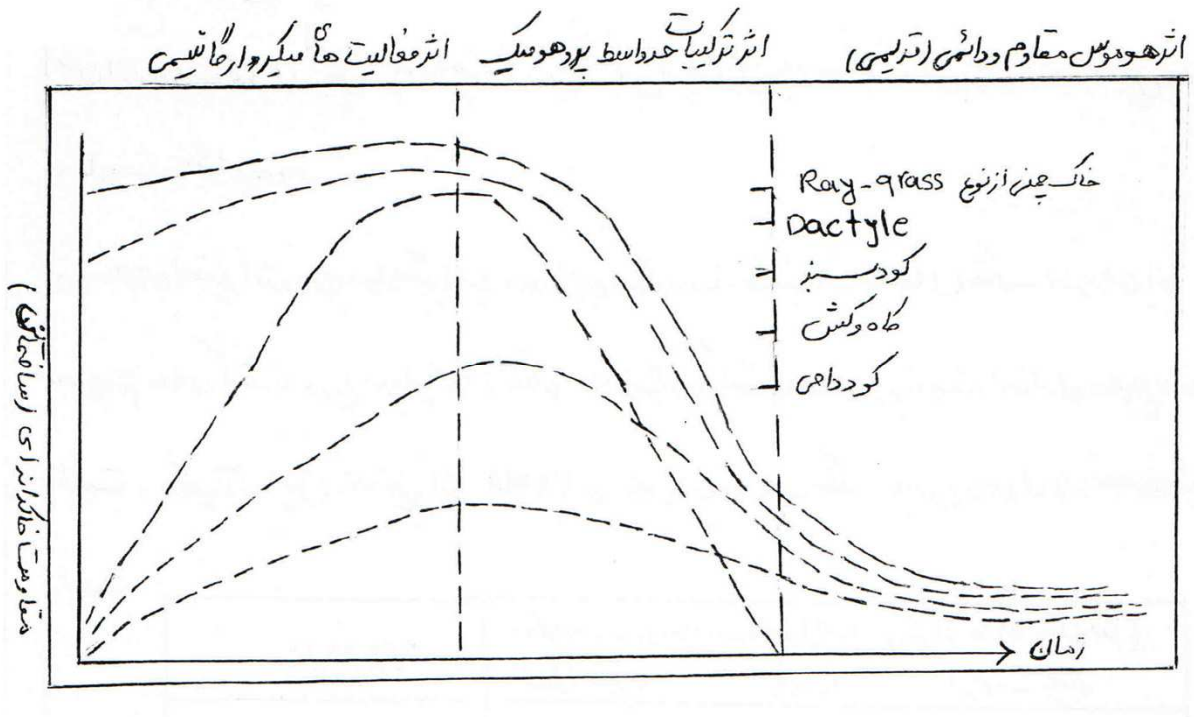
با توجه به تأثیر فیزیولوژیکی کودهای معدنی و در ارتباط با pH و کاتیون موجود و یا کاتیون تشکیل شدهٔ ثانوی پس از مصرف کود (تشکیل NH_4 پس از مصرف اوره) برخی از کودها، خاکدانه ساز بوده و برخی از آنها تقلیل دهندهٔ مقاومت خاکدانه‌ای هستند.

در سالهای اخیر افزودن مواد شیمیایی مصنوعی مقاومت بخشنده به ساختمان خاک، در برخی از سیستم‌های کشت و زرع سرمایه‌ای (گلکاری، سبزیکاری و کشت‌های زیر شیشه) متداول و رایج شده است. در یک آزمایش تحقیقی اثر VAMA روی رسهای مختلف خاک تعیین و جدول وار خلاصه شده است.

جدول ۴. اثر VAMA روی رسهای مختلف خاک

مقدار **VAMA** (درصد)	خاکدانه سازی بر حسب درصد (اجزاء بزرگتر از ۰/۲۵ میلی متر)		
	کائولینیت	ایلیت	لوم سیلتی
بدون VAMA	۱۴	۳۰	۳۱
۰/۰۱	۱۸	۳۹	۴۰
۰/۰۵	۲۳	۴۲	۴۹
۰/۱	۴۴	۵۴	۵۷
۰/۲	۷۱	۷۳	–
۰/۵	۸۱	۹۰	۷۸

بالاخره به منظور جمع بندی تأثیر عوامل مؤثر در مقاومت خاکدانه سازی، به درجه و دیاگرام زیر می‌پردازیم.



شکل ۸. تأثیر عوامل مؤثر در مقاومت خاکدانه سازی

ساختمان خاک بعنوان یک عامل حاصلخیزی مهم

بنابه تعریف و تجزیهٔ عملی، ساختمان خاک، سایر خصوصیات بهره‌دهی خاک‌ها از قبیل تهویه، نفوذپذیری آب، ظرفیت نگهداری آب و هوا، بیلان حرارتی، بازده جذب و دسترسی مواد غذایی گیاه، قابلیت نفوذ و غیره را تحت الشعاع خود قرار می‌دهد، از طرف دیگر برای اثرات مستقیم و متقابل عوامل فوق بر روی فعالیتهای بیولوژیکی که خود یک عامل مهم مؤثر در فرایند خاکسازی است، ارزش اقتصادی قابل ملاحظه‌ای منظور می‌شود. زیرا امروزه با توجه به مصرف روز افزون کودهای شیمیایی و آلی، خاک دیگر تنها وسیلهٔ حمل مواد غذایی گیاه نبوده بلکه بیشتر به عنوان یک هادی و ناقل آن مواد تلقی می‌گردد.

رابطه بین وزن، خلل و فرج و تهویه خاک

خلل و فرج خاک از آب و هوا پر شده است، بنابراین جریان آب و هوا در آن صورت می‌گیرد. آب و اکسیژن مورد نیاز گیاه نیز در حفره‌ها ذخیره شده و علاوه بر آن میزان جریان آب در خاک بستگی به مقدار و اندازهٔ خلل و فرج دارد. وزن خاک با مقدار خلل و فرج نیز رابطه مستقیم دارد و همچنین وزن و خلل و فرج خاک از افقی به افق دیگر متغیر است. بافت و ساختمان خاک نیز در این تغییرات بی‌تأثیر نیست.

وزن مخصوص ظاهری خاک

وزن مخصوص ظاهری عبارت از وزن واحد حجم خاک خشک شده در کوره الکتریکی است و واحد آن معمولاً بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب بیان می‌شود. برای تهیه نمونه خاک جهت اندازه‌گیری وزن مخصوص ظاهری از استوانه‌های مخصوص استفاده می‌شود. در نمونه‌برداری باید سعی شود که ساختمان خاک از بین نرود زیرا هرگونه تغییر ساختمان در میزان خلل و فرج و در نتیجه در چگالی خاک تأثیر می‌گذارد. برای بدست آوردن نتیجه‌ای صحیح و قابل اعتماد تهیه چهار یا تعداد بیشتری نمونه، از هر افق خاک ضروری می‌باشد. وزن مخصوص خاک‌های زیربافت در حدود ۱ تا ۱/۳ گرم در سانتی‌متر مکعب و وزن مخصوص خاک‌های درشت بافت بین ۱/۳ تا ۱/۸ گرم در سانتی‌متر مکعب در تغییر است. دلیل کمتر بودن وزن مخصوص خاک‌های سطحی استنباط می‌گردد افق سنگ مادر این خاک دارای وزن مخصوص ۱/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب بوده در حالی که افقهای خاک سطحی به علت تشکیل خاکدانه سبکتر می‌باشند. افق B_t خاک سری میانی دارای مقدار زیادی رس بوده و بنابراین وزن مخصوص ظاهری آن بیشتر از افق (A_L) همین خاک است و در نتیجه مقدار خلل و فرج آن کمتر است. از طرفی انتشار ذرات کلوئیدی رسی در افق B خلل و فرج موجود را اشغال نموده و منتج به تشکیل یک لایه متراکم شده است.

تذکر این نکته که خاک‌های ریزبافت به علت وجود خلل و فرج زیاد دارای وزن مخصوص ظاهری کمتر می‌باشند، در صورتی صحیح و قابل تعمیم است که شرایط تشکیل خاکدانه‌ها به طور یکنواخت فراهم باشد. به عنوان مثال وزن مخصوص نمونه‌های خاک لایه شخم را می‌توان فقط با یکدیگر مقایسه کرد و مقایسه آنها با نمونه‌های سایر افقها جایز نیست. از طرفی خاک‌هایی که محتوای رس آنها بسیار زیاد است، اکثر آب قابل استفاده گیاه را در بر ندارند. زیرا که قسمت

اعظم این آب در خلل و فرج خاک ذخیره می‌گردند. وزن مخصوص خاک‌های آلی نیز از خاک‌های معدنی کمتر و معمولاً از ۰/۲ تا ۰/۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب در تغییرند. تغییرات وزن مخصوص این خاک‌ها به نوع و ماهیت مواد آلی و همچنین مقدار آب موجود در آنها در هنگام نمونه‌برداری بستگی دارد.

وزن یک هکتار از خاک

وزن یک هکتار خاک عبارت از وزن خاک خشک شده در اتو مربوط به سطح یک هکتار و به عمق ۱۵ تا ۱۷/۵ سانتی‌متر می‌باشد. بنابراین خاکی که وزن مخصوص ظاهری آن ۱/۵ گرم در سانتی‌متر مکعب باشد وزن یک هکتار از آن از طریق زیر محاسبه می‌گردد:

پوسته ۲۴۷۸۳۷۶= $(\frac{7}{12})$ (۴۳۵۶۰) × (۶۲/۴)(۱/۵)

(فوت مکعب در یک ایکر) (پوند در فوت مکعب)

چنانکه واحدهای فوق را به سیستم متریک تبدیل نماییم وزن یک هکتار برابر ۲۸۱۶۳۳۶ کیلوگرم خواهد شد. معمولاً وزن مخصوص متوسط ظاهری یک هکتار از خاک تا عمق شخم ۱/۳گرم بر سانتی‌متر مکعب در نظر گرفته می‌شود. بنابراین وزن یک هکتار برابر تقریباً ۲,۰۰۰,۰۰۰ کیلوگرم برآورده می‌شود چنانکه خاک سطحی دارای یک درصد مواد آلی باشد مقدار ۲۰,۰۰۰ کیلوگرم مواد آلی در خاک موجود خواهد بود. معمولاً مقدار خاکی که به طور متوسط در سال از بین می‌رود برابر ۲۵ تن در هکتار می‌باشد. بنابراین می‌توان انتظار داشت که پس از ۱۰۰ سال خاک از بین رفته معادل وزن یک هکتار باشد. محاسبه وزن یک هکتار از خاک برای تعیین مقدار کود و یا مواد آهکی ضروری است.

وزن مخصوص خاک و رابطهٔ آن با حجم منافذ

وزن مخصوص خاک یعنی وزن یک واحد حجم معین (معمولاً یک سانتی‌متر مکعب خاک) از مادهٔ جامد و سخت خاک که معمولاً توسط دستگاه پیکنومتر تعیین می‌شود.

ذرات متشکله خاک وزن مخصوص متفاوتی دارند چنانکه :

وزن مخصوص مواد معدنی (۲/۶۵)،۲/۶ الی ۲/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب

وزن مخصوص مواد آلی (۱/۳۷)، ۱/۳ الی ۱/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب

وزن مخصوص کانیهای رسی (۲/۵)، ۲/۲ الی ۲/۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب

وزن مخصوص حقیقی

وزن یک سانتی‌متر مکعب خاک کاملاً فشرده شده و بدون منفذ وزن مخصوص حقیقی آن است.

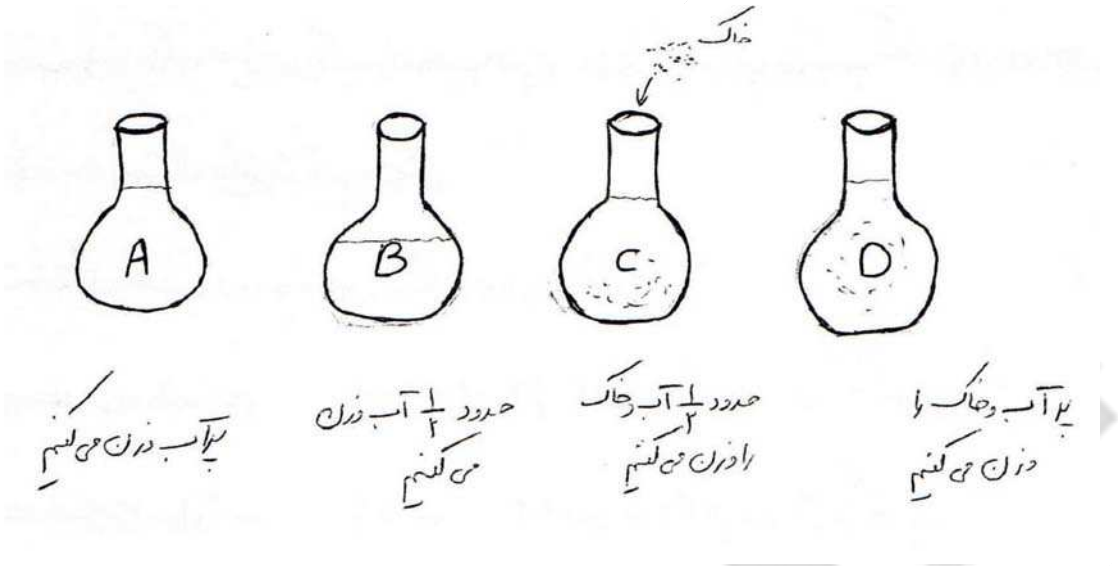
(بعبارت دیگر وزن مخصوص مواد جامد خاک بدون احتساب پوروزیتهٔ آن درحجم). وزن مخصوص حقیقی، توسط استوانه‌های نمونه بردار فلزی پس از اندازه‌گیری حجم کل منافذ (خشک کردن خاک در حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد و تعیین حجم منافذ توسط مواد پخشندهٔ شدید مثلاً کیسلول) و کسر آن از حجم کل خاک بدست می‌آید:

حجم کل خاک دست نخوردهٔ درون استوانه – حجم کل منافذ= وزن مخصوص حقیقی

$$\text{وزن مخصوص حقیقی} = \frac{\text{وزن خاک خشک}}{\text{حجم کل بدون منافذ}}$$

برای خاک‌های زراعی عادی عملاً وزن مخصوص حقیقی ۲/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب به کار می‌رود.

اندازه‌گیری وزن مخصوص حقیقی خاک



شکل ۹.

وزن خاک خشک= C - B

K = وزن خاک خشک ـ D

حجم خاک (ذرات جامد) = حجم آب جابجا شده – وزن آب جابجا شده = A - K

$$\text{وزن مخصوص حقیقی} = \frac{\text{وزن خاک خشک}}{\text{حجم ذرات جامد}}$$

وزن مخصوص ظاهری خاک‌های شنی بین ۱/۲ تا ۱/۸ و خاک‌های رسی سنگین بین ۱/۱ تا ۱/۶ و خاک‌های آلی مردابی بین ۰/۰۵ تا ۰/۵ تغییر می‌کند.

یکی از روشهای تعیین درصد حجم کلی منافذ، استفاده از ارقام تعیین شده برای وزن مخصوص حقیقی و وزن ظاهری در رابطهٔ زیر است:

$$\text{\% حجم منافذ کل} = (1 - \frac{\text{وزن مخصوص ظاهری}}{\text{وزن مخصوص حقیقی}}) \times 100$$

بنابه موارد مطرح شده، بر مبنای وزن مخصوص ظاهری می‌توان به حجم مواد جامد خشک شده نیز پی برد:

$$\text{\% حجم مواد جامد} = (\frac{\text{وزن مخصوص ظاهری}}{\text{وزن مخصوص حقیقی}}) \times 100$$

در محاسبات مقدار مواد غذایی موجود در خاک و همچنین مواد غذایی کودی لازم برای رفع کمبود آنها، معمولاً تعیین وزن خاک یک مساحت معین (مثلاً یک هکتار) در عمق مشخصی (مثلاً ۳۰cm) از خاک، ضرورت پیدا می‌کند. در این صورت بدینسان محاسبه می‌شود: مثلاً: وزن یک خاک معدنی به وزن مخصوص ظاهری ۱/۵ تا عمق ۳۰ سانتی‌متر در مساحت یک هکتار عبارت می‌شود از ۴۵۰ کیلوگرم در متر مربع و یا ۴۵۰۰ تن در هکتار (به عبارت دیگر وزن یک متر مکعب خاک با وزن مخصوص ظاهری ۱/۵ معادل است با ۱/۵ تن)

دستیابی به وضع پوروزیته بطور غیرمستقیم، از طریق اندازه‌گیری کاپیلاریته خاک نیز امکانپذیر است. از آنجایی که منافذ خاک در مجموع و در ارتباط با یکدیگر لوله‌های موئینه یا کاپیلارها را بوجود می‌آورند، لذا برای تعیین قطر مویرگی می‌توان از قانون صعود کاپیلاریته بنابر رابطه زیر استفاده نمود:

$$h = \frac{30}{d} \ , \qquad d = \frac{30}{h}$$

h = ارتفاع آب در مویرگها بر حسب میلیمتر (قابل تبدیل به سانتی‌متر ستون آب)
d = قطر منافذ بواحد میلیمتر

بطوریکه از معلومات فرمول فوق برمی آید، ارتفاع آب مویرگی (قابل تبدیل به نیروی مکش به واحد سانتی‌متر ستون آب یا PF) بستگی مستقیم با قطر آنها داشته و با شناخت میزان مکش می‌توان به قطر مویرگها (منافذ) پی برد.

مثال: هرگاه بر یک خاک اشباع از آب، نیروی مکشی معادل ۳۰۰ سانتی‌متر ستون آب وارد شود، آب درون کاپیلارهایی که نیروی مکشی آنها (یعنی h) برابر ۳۰۰ سانتی‌متر ستون آب باشد خارج می‌شود. در این صورت با استفاده از رابطه بالا خواهیم داشت. (۱۰ میکرون = قطر منافذ)

$$d = \frac{30}{h} = \frac{30}{300 \times 10} = 0.01mm$$

تعیین فضای کلی خاک از طریق آزمایش

فضای کلی خاک را علاوه بر روش محاسبه می‌توان از طریق آزمایش نیز به دست آورد. برای این کار ابتدا استوانه‌های مخصوص تهیه نمونه را از خاک پر کرده و سپس نمونه‌های طبیعی و دست نخورده را در ظرف آب قرار می‌دهند تا اشباع گردد و پس از این عمل آنها را وزن می‌کنند. مجدداً پس از خشک نمودن نمونه‌ها آنها را وزن می‌نمایند. چنانکه اختلاف وزن نمونه اشباع و خشک را بر حجم کل استوانه تقسیم نمایید فضای کل خاک به دست می‌آید. بنابراین استوانه‌ای که حجم آن ۱۷۴ سانتی‌متر مکعب است و مقدار ۸۷ گرم (۸۷ سانتی‌متر مکعب) آب در حالت اشباع نگه می‌دارد. دارای فضای کل معادل ۵۰ درصد خواهد بود.

فضای خاک شامل بخشی از حجم خاک است که از آب یا هوا پر شده است. و چنانچه بخواهیم درصد منافذ خاک را محاسبه کنیم عبارتند از:

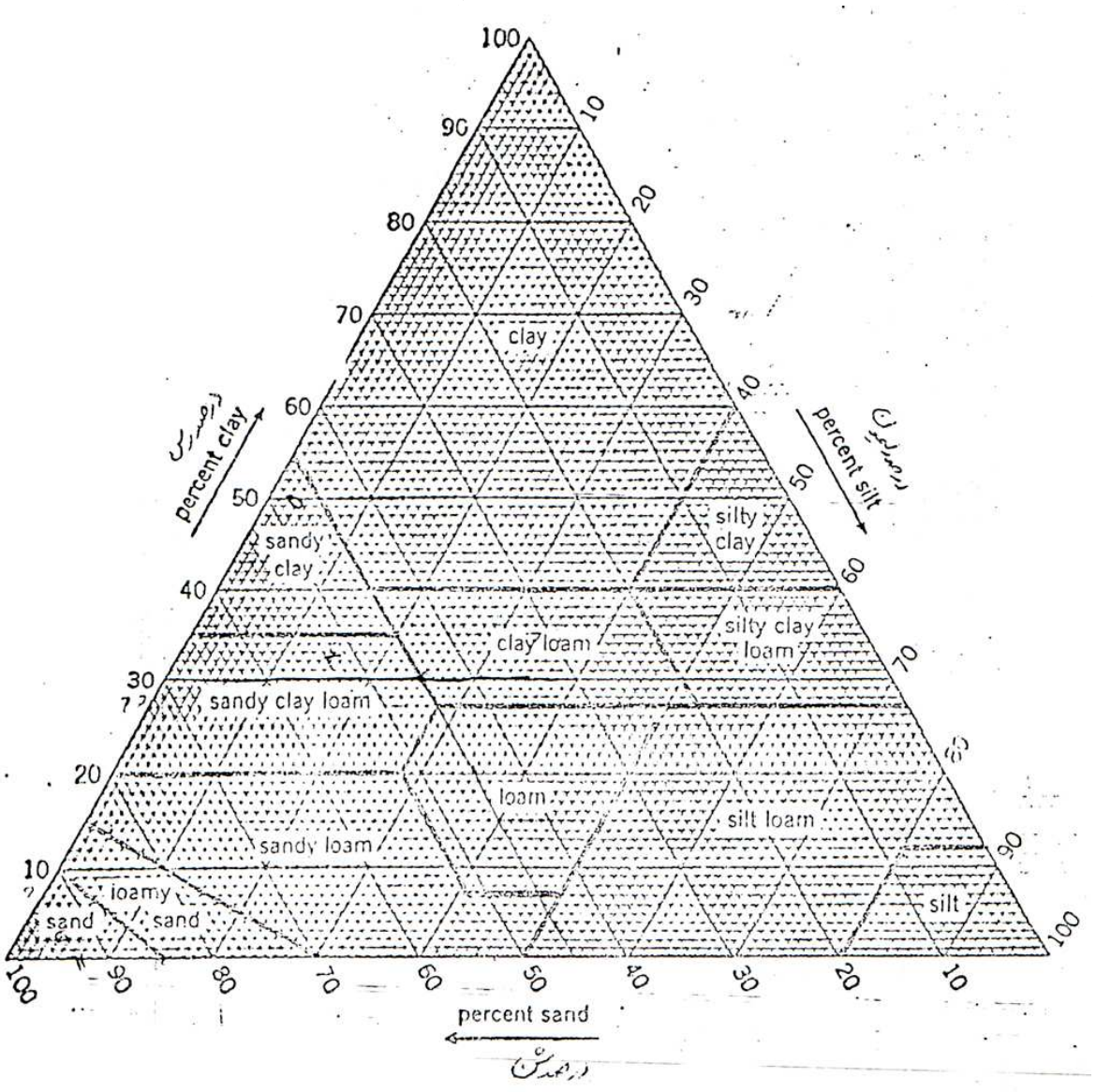
$$\%\ \text{حجم منافذ خاک} = \frac{\text{حجم خلل و فرج}}{\text{حجم خاک}} \times 100$$

$$\%\ \text{حجم ذرات جامد خاک} = \frac{\text{حجم ذرات جامد}}{\text{حجم خاک}} \times 100$$

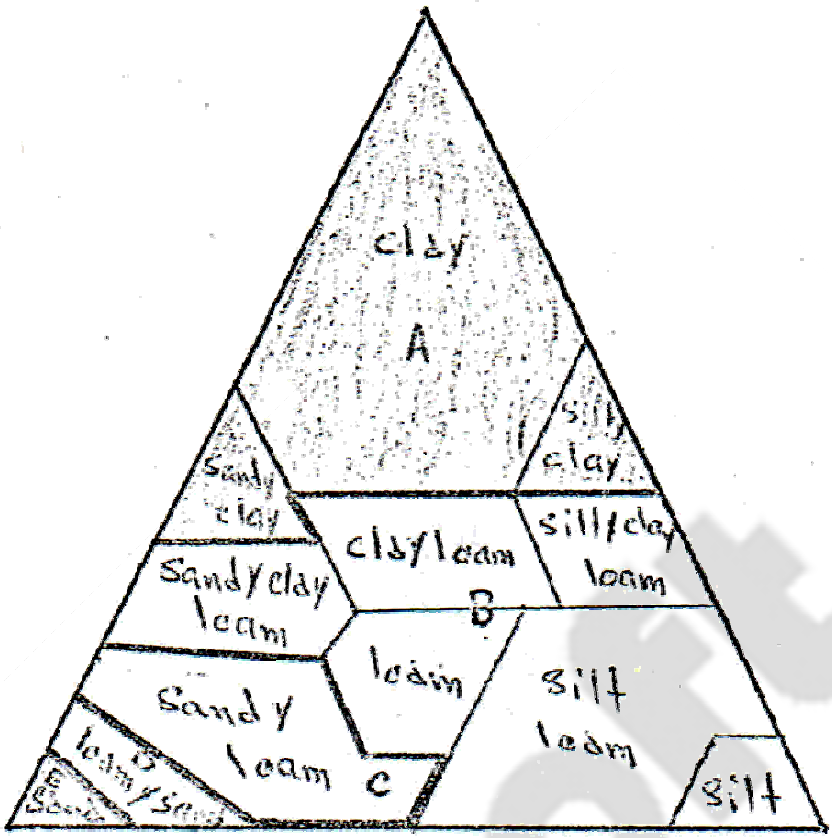
$$100 = \%\ \text{حجم ذرات جامد خاک} + \%\ \text{حجم منافذ خاک}$$

$$\%\ \text{منافذ خاک} = 100 - (\%\ \text{ذرات جامد خاک})$$

ضمائم



شکل ۴۱. مثلث بافت خاک



A- Very Slow = weak structure.

Slow = Moderate structure.

Moderately slow = strong structure.

B- Moderate

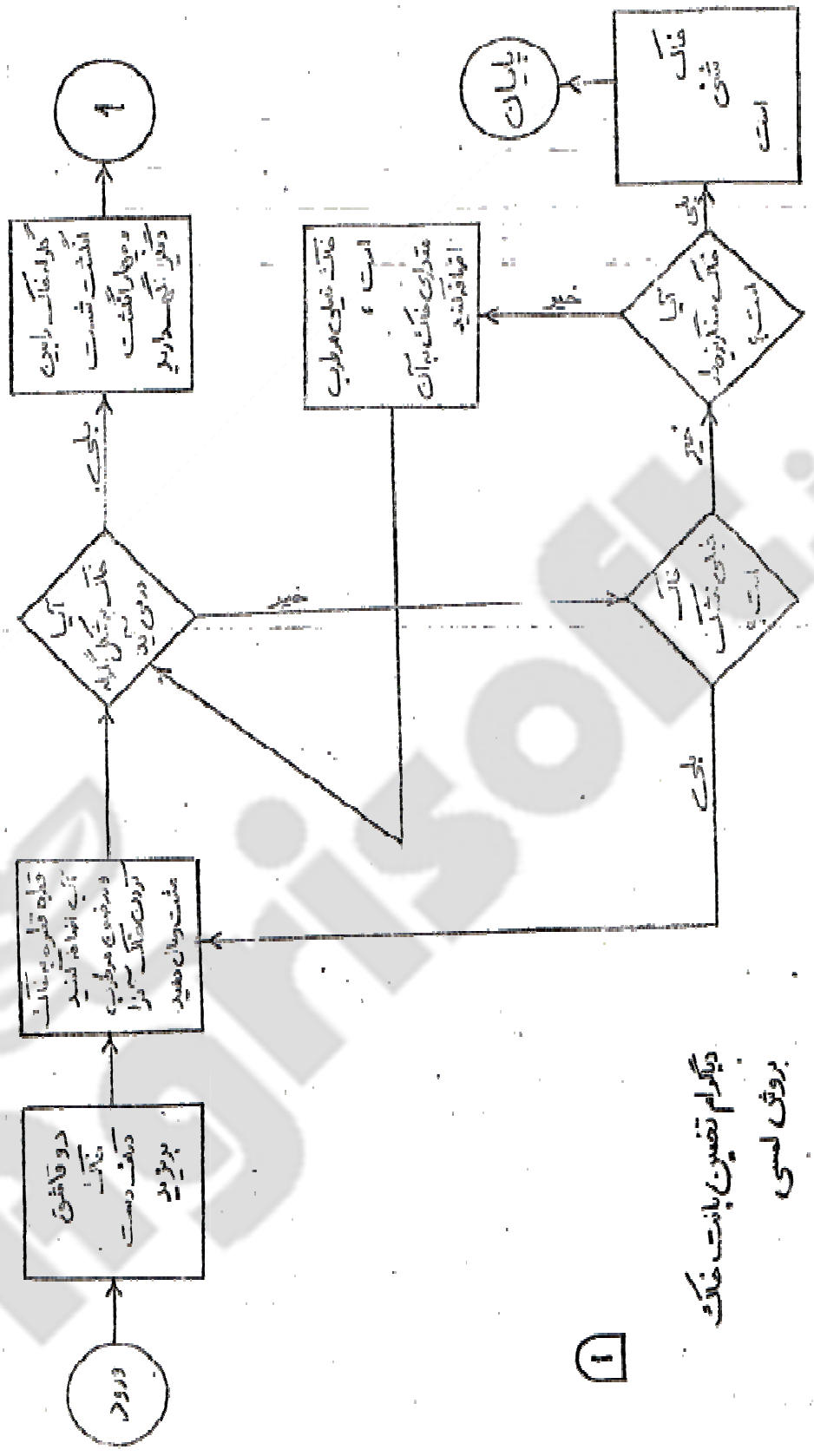
استثناء یک: بافت clay loam با فعال فیزیکی ضعیف قابلیت نفوذ آب در خاک Moderately slow خواهد بود.

استثناء دو: Silty clay loam با فعال فیزیکی ضعیف، قابلیت نفوذ آب در خاک Slow خواهد بود.

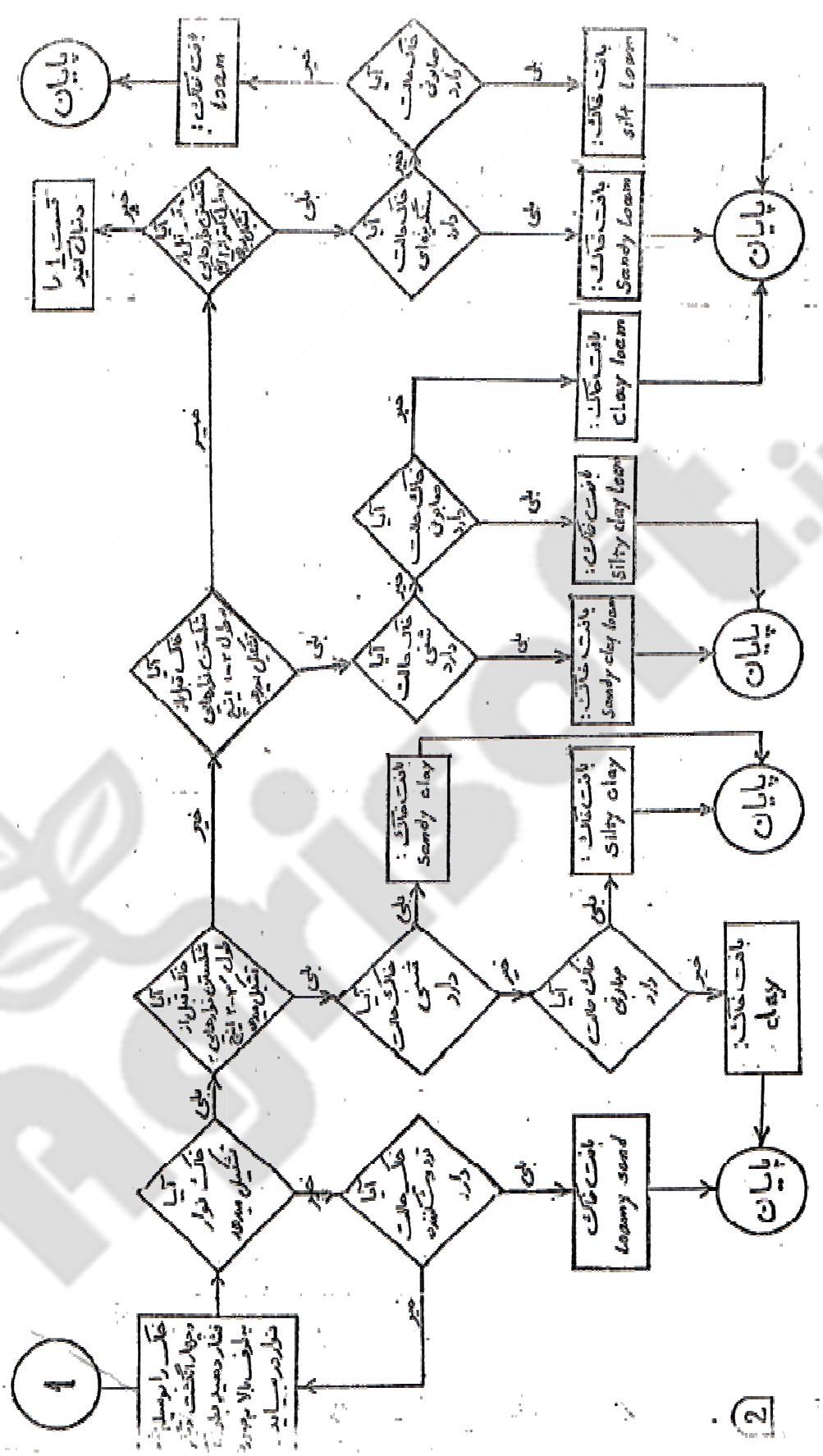
C- Moderately Rapid

D- Rapid

E- Very Rapid



شکل ۴۲. دیاگرام تخمین بافت خاک به روش لمسی


1
2
پایان
بافت خاک: لوم
بافت خاک: لوم شنی
بافت خاک: لوم رسی
بافت خاک: لوم سیلتی
بافت خاک: لوم سیلتی رسی
بافت خاک: لوم شنی رسی
بافت خاک: رسی
بافت خاک: رسی سیلتی
بافت خاک: رسی شنی
بافت خاک: شنی رسی لومی
بافت خاک: شنی
بلی
خیر

فهرست اصطلاحات

A

Aeolian ۱۴
agrisoft.ir ۱۵۹, ۱۷۴, ۱۸۰
Alluvium ۱۵

C

Colluvium ۱۵
cumulose ۱۶

E

Edaphon ۱۵۴
Epipedon ۱۴۹, ۱۵۰

F

Feldspar ۱۵

G

Glacialoutwash ۱۵
Glacialtill ۱۵

H

Holloysite ۹۷
Hydrothermal ۹۶

I

Igneous rocks ۱۵
Illuviation ۱۴۱, ۱۴۵, ۱۴۸
Immobilization ۱۲۷

L

Leaching ۲۰, ۱۴۵
Loess ۱۴, ۲۳

M

Mafic ۱۴
Metamor phie rocks ۱۶
Mica ۱۵
Mineralization ۱۱۶, ۱۲۷

Q

Quartz ۱۵

R

Residual material ۳, ۱۵
Residual parent material ۱۶
Rocks ۳, ۱۵

S

Sedimentary rocks ۱۵
Sequum ۱۴۹
Sialic ۱۴
Sierosem ۱۹
Sloum ۱۳
Solum ۱۴۹

T

Transported parent material ۱۶

V

VAMA ۱۱, ۴۶

ا

اپال ۱۰۲
اپی‌پدون ۱۳۵, ۱۴۱, ۱۴۵, ۱۴۹, ۱۵۰, ۱۵۱
اتیوپی ۱۴۰
استپ ۱۴۱
استرالیا ۱۴۰
استوکس ۳۵
اسفاگنوم ۱۳۳
افرا ۳۷
اقلیم ۵, ۱۲, ۱۷, ۱۹, ۲۴, ۶۲, ۶۳, ۱۰۳, ۱۲۳, ۱۳۶, ۱۴۰, ۱۵۰, ۱۵۱, ۱۵۲
انگلستان ۱۲۰
انورتایت ۱۷
انیدریت ۲۵
اورتوکلاز ۱۷
ایزومورف ۹۸
ایلیت ۷, ۷۵, ۸۱, ۹۰, ۹۳, ۹۸, ۹۹, ۱۰۰, ۱۰۶, ۱۴۲

آ

آبرفت ۱۴
آبرفتهای یخچالی ۱۵
آبشویی ۱۷, ۱۹, ۲۰, ۳۹, ۴۱, ۴۴, ۵۵, ۷۷, ۸۱, ۹۲, ۹۹, ۱۴۰, ۱۴۶
آبیاری ۲۲, ۳۷, ۳۸, ۳۹, ۴۵, ۶۳, ۶۵, ۶۷, ۷۱, ۷۸, ۷۹, ۸۴, ۹۰, ۱۰۵, ۱۰۹, ۱۳۲, ۱۳۳, ۱۳۵, ۱۳۷, ۱۳۸, ۱۴۴, ۱۶۳
آزالیا ۱۳۳
آلبیت ۱۷

آلومینیوم ۱۳، ۴۴، ۷۷، ۸۱، ۸۷، ۹۲، ۹۳، ۹۴، ۹۶، ۹۸، ۱۰۲، ۱۰۳، ۱۳۲، ۱۳۹، ۱۴۸، ۱۵۰
آمریکا ..... ۱۵، ۳۷، ۶۲، ۱۲۹، ۱۳۴، ۱۳۶، ۱۴۰
آمیزش بیولوژیکی ۲۲
آناناس ۱۳۹
آهک زنده ۸۸

ب

بارندگی موثر ۲۰
بازالت ..... ۱۳، ۸۱، ۹۳
باستان‌شناسان ۲۳
برون‌زدگی‌های سنگی ۱۴۴
بلوط ۳۷
بوهمایت ۱۰۳

پ

پدزول ..... ۲۳، ۴۴، ۱۲۱، ۱۵۲
پل اکسیژنی ۹۵
پوشش ساوانا ۱۴۱

ت

تجزیه حرارتی ۹۶
تخلخل ..... ۱۴، ۶۵، ۷۱
تورب ..... ۴۳، ۵۴، ۵۸، ۷۳، ۱۲۲

ج

جنگلی ..... ۵، ۹، ۴۱، ۵۵، ۶۲، ۱۱۴، ۱۲۱، ۱۳۰، ۱۳۷، ۱۳۹، ۱۴۱، ۱۴۴، ۱۵۲، ۱۵۵، ۱۶۹

چ

چراگاه ۱۴۲
چرنوزیم ..... ۱۹، ۵۸، ۶۵

ح

حاصلخیزی ..... ۴، ۷، ۱۳، ۳۳، ۳۷، ۳۸، ۳۹، ۴۳، ۴۷، ۵۷، ۶۵، ۶۶، ۶۷، ۸۳، ۹۰، ۱۱۹، ۱۳۲، ۱۳۸، ۱۳۹، ۱۴۱، ۱۴۲، ۱۴۳، ۱۵۴

خ

خاصیت تامپونی ۸۷
خاکسترهای آتشفشانی ۱۴۲
خاک‌های سیاه ..... ۱۷، ۱۸، ۵۵، ۱۵۴
خربزه ..... ۵۹، ۶۱

د

دنیتروفیکاسیون ۱۲۸
دو اکتائدری ..... ۹۸، ۹۹، ۱۰۱
دیاستازی ۱۲۰

ذ

ذرت ..... ۳۷، ۴۳، ۵۹، ۷۳، ۱۳۲، ۱۳۹، ۱۴۴

ر

راندزین ..... ۱۹، ۱۲۱، ۱۲۲
رسوب گذاری ۱۳
رواناب ..... ۱۷، ۲۰، ۱۴۴

ز

زبان گنجشک ۳۷
زهکشی ..... ۱۵، ۲۲، ۲۸، ۳۸، ۳۹، ۵۲، ۵۴، ۵۵، ۵۶، ۵۷، ۶۰، ۶۲، ۶۵، ۷۳، ۹۷، ۱۲۳، ۱۲۵، ۱۳۵، ۱۳۶، ۱۳۹، ۱۴۱، ۱۴۴، ۱۵۰

س

سطح ایستابی ..... ۲۱، ۲۲، ۱۳۷، ۱۴۰، ۱۴۴، ۱۵۰
سکوم ۱۴۹
سلیسیم ۱۳
سنگ آتش‌زنه ۱۰۲
سنگ آهک ..... ۱۴، ۲۶، ۸۱، ۸۸، ۱۴۹
سنگ مادر ..... ۶، ۱۲، ۱۶، ۱۷، ۱۹، ۲۲، ۲۳، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۴۷، ۸۱، ۸۲، ۹۳، ۱۲۱، ۱۲۲، ۱۴۹
سودان ۱۴۰
سولفات فریک ۸۷
سولوم ۱۴۹
سویا ..... ۱۳۹، ۱۴۴
سه اکتائدری ..... ۹۸، ۹۹، ۱۰۱
سیالیک ۱۴
سیکل کربن ..... ۱۲۴، ۱۲۵

ش

شخم ..... ۲۲، ۳۸، ۳۹، ۴۲، ۴۵، ۴۷، ۴۸، ۵۸، ۶۴، ۶۶، ۱۳۳، ۱۴۲، ۱۶۳

ع

عدد آووگادرو ۷۴

ف

فرانسه ۱۲۰, ۱۳۴
فرسایش .. ۱۲, ۱۳, ۱۵, ۱۷, ۲۱, ۳۸, ۳۹, ۴۲, ۵۲, ۶۲, ۹۰, ۱۳۲, ۱۳۳, ۱۳۸, ۱۳۹, ۱۴۲, ۱۴۴, ۱۶۸
فلدسپات پتاسیم ۱۴, ۱۵
فلدسپات سدیم ۱۴, ۱۵
فلدسپات کلسیم ۱۵

ق

قهوه ۱۳۹

ک

کاج ۳۷, ۱۲۱
کائولینیت ۷, ۳۰, ۷۷, ۸۱, ۹۰, ۹۳, ۹۴, ۹۶, ۹۷, ۱۰۳, ۱۰۶
کائولینیت ۱۷
کتابچه رنگ مانسل ۱۴۶
کلیماکس ۱۴۴
کوارتز ۱۴, ۲۵, ۳۳, ۵۸, ۶۰, ۱۰۲, ۱۳۹, ۱۴۸
کود سبز ۹, ۱۳۳
کوددهی ۲۲, ۴۵, ۹۲, ۱۳۵
کهنه شدن زمین ۸۳

گ

گرانیت ۱۳, ۸۱, ۹۳, ۱۴۹
گردو ۳۷
گرمای ویژه ۵, ۶۴
گندم ۵۹, ۷۳, ۱۳۹
گوتیت ۱۰۳
گوجه فرنگی ۵۴, ۷۳
گیبسایت ۱۰۳
گئوتیت ۱۰۳

ل

لس ۱۴, ۱۹

م

مارن ۵۵, ۸۸
ماسه سنگ ۱۴, ۲۶, ۱۴۹
ماگما ۱۴
مالچپاشی ۵۸
مالچهای پلاستیکی ۶۱
مانسل ۵۶
مرتع ۱۴۰, ۱۴۱, ۱۴۲, ۱۴۴
مرمر ۱۴, ۲۶, ۸۸
مصر ۱۴۰
معدنی شدن ۹, ۱۲۳, ۱۲۷, ۱۳۰, ۱۳۱, ۱۵۸
منیرالوژی ۱۳
موز ۱۳۹
موسکوویت ۹۳, ۹۸, ۹۹, ۱۰۰
مونتموریلونیت ۷, ۷۵, ۷۷, ۸۱, ۹۰, ۹۳, ۹۷, ۹۸, ۹۹, ۱۰۶, ۱۴۰
مهاجرت ترجیحی ۱۳۲
میکروسکوپ الکترونی ۹۵, ۹۶

ن

نارون ۳۷
نخود ۵۴, ۵۹, ۷۳
نقطه پژمردگی دائم ۱۰۶, ۱۰۷
نیشکر ۱۳۵, ۱۳۹
نیمرخ خاک ۱۴۶

و

واریزه‌ای ۱۵, ۸۱

ه

هالویزیت ۹۷
هندوانه ۵۹, ۶۱
هندوستان ۱۴۰
هوادیدگی ۳, ۹, ۱۲, ۱۳, ۱۴, ۱۷, ۲۲, ۲۵, ۲۶, ۲۷, ۲۹, ۵۵, ۱۰۴, ۱۲۴, ۱۳۲, ۱۳۹, ۱۴۱, ۱۴۲, ۱۴۳, ۱۴۸, ۱۵۱
هیدرومورف ۶۶, ۱۲۱

ی

یخبندان ۲۴, ۴۲, ۵۸, ۱۳۷, ۱۵۶

لیست محصولات گروه نرم افزاری کشاورزی اگریسافت

ردیف	نام محصول	کد	قیمت
۱.	نرم افزار فرهنگ گلها و گیاهان زینتی (نسخه ویندوز)	۰۰۰۱	۵۰۰۰
	نرم افزار فرهنگ گلها و گیاهان زینتی (نسخه اندروید)	–	۱۰۰۰
	نرم افزار تخصصی فرهنگ واژگان بیوتکنولوژی کشاورزی (بیودیک)	–	۵۰۰۰
	نرم افزار تخصصی فرهنگ واژگان کشاورزی ـ زراعت و اصلاح نباتات (بریدیک)	–	۵۰۰۰
۲.	آفات گیاهان زراعی ـ دکتر عالیچی (دانشگاه شیراز)	۰۰۰۲	۸۸۰۰
۳.	اصول مبارزه با آفات ـ دکتر رسولیان (دانشگاه تهران)	۰۰۰۳	۱۲۰۰۰
۴.	استانداردسازی و ایمنی کار در آزمایشگاه GLP (مرکز ملی تحقیقات مهندسی ژنتیک و تکنولوژی زیستی)	۰۰۰۴	۸۸۰۰
۵.	آفات انباری ـ دکتر فریدی (دانشگاه زنجان)	۰۰۰۵	۸۰۰۰
۶.	آفات صیفی و جالیز ـ دکتر رسولیان (دانشگاه تهران)	۰۰۰۶	۸۸۰۰
۷.	گیاهشناسی عمومی ـ دکتر ناهید حریری (دانشگاه تهران)	۰۰۰۷	۱۲۰۰۰
۸.	مروری بر فیزیولوژی گیاهی (همراه با تست‌های تفکیک شده)	۰۰۰۸	۱۱۸۰۰
۹.	مارکرهای مولکولی ـ مجموعه مقالات پایان ترم دانشجویان کلاس (دانشگاه تربیت مدرس)	۰۰۰۹	۸۸۰۰
۱۰.	طرح آزمایشات کشاورزی با استفاده از نرم افزار MINITAB (دانشگاه آزاد واحد بروجرد)	۰۰۱۰	۸۸۰۰
۱۱.	آزمایشگاه مورفولوژی	۰۰۱۱	۵۰۰۰
۱۲.	آزمایشگاه فیزیولوژی	۰۰۱۲	۵۰۰۰
۱۳.	ژنتیک ملکولی ـ مجموعه مقالات پایان ترم دانشجویان کلاس (دانشگاه تربیت	۰۰۱۳	۸۸۰۰
۱۴.	چکیده‌ای بر بیماری‌های گیاهی ـ کرمی (دانشگاه تهران)	۰۰۱۴	۸۰۰۰
۱۵.	آفات انباری ـ دکتر کچیلی (شهید چمران اهواز)	۰۰۱۵	۸۰۰۰
۱۶.	تغذیه معدنی ـ دکتر طباطبایی (دانشگاه تبریز)	۰۰۱۶	۱۲۸۰۰
۱۷.	گرامر زبان انگلیسی برای کنکور (دانشگاه تهران)	۰۰۱۷	۵۸۰۰
۱۸.	ماشین آلات کشاورزی ـ دکتر وحیدحسینی (دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد)	۰۰۱۸	۵۸۰۰
۱۹.	مدیریت علف‌های هرز (دانشگاه گیلان)	۰۰۱۹	۵۰۰۰
۲۰.	اصلاح گیاهان دارویی ـ دکتر شکرپور (دانشگاه تهران)	۰۰۲۰	۱۵۰۰۰
۲۱.	فیزیولوژی پس از برداشت گیاهان دارویی ـ دکتر عزیزی (دانشگاه تهران)	۰۰۲۱	۱۵۰۰۰
۲۲.	اصلاح گیاهان باغی ـ دکتر شکرپور (دانشگاه تهران)	۰۰۲۲	۱۵۰۰۰
۲۳.	اصول اصلاح نباتات ـ دکتر موسوی (دانشگاه بوعلی سینا ـ همدان)	۰۰۲۳	۱۲۰۰۰
۲۴.	فیزیولوژی پس از برداشت ـ دکتر کلانتری (دانشگاه تهران)	۰۰۲۴	۱۲۰۰۰
۲۵.	خاکشناسی عمومی ـ دکتر لکزیان (دانشگاه فردوسی مشهد)	۰۰۲۵	۸۰۰۰
۲۶.	خاکشناسی ـ دکتر میرحسینی (دانشگاه تهران)	۰۰۲۶	۱۲۰۰۰
۲۷.	گیاهشناسی ـ دکتر ناظری (دانشگاه تهران)	۰۰۲۷	۱۲۰۰۰
۲۸.	ازدیاد نباتات ـ دکتر وحدتی (دانشگاه تهران)	۰۰۲۸	۱۲۰۰۰
۲۹.	سبزیکاری خصوصی ـ دکتر دلشاد (دانشگاه تهران)	۰۰۲۹	۱۲۰۰۰
۳۰.	فیزیولوژی گیاهان دارویی (۲) ـ دکتر عزیزی (دانشگاه: تهران و فردوسی مشهد)	۰۰۳۰	۱۵۰۰۰
۳۱.	ازدیاد نباتات ـ دکتر زمانی (دانشگاه تهران)	۰۰۳۱	۱۲۰۰۰
۳۲.	زراعت تکمیلی ـ دکتر چائی‌چی (دانشگاه تهران)	۰۰۳۲	۹۸۰۰
۳۳.	کشت و پرورش گیاهان دارویی ـ دکتر عزیزی (دانشگاه: تهران و فردوسی مشهد)	۰۰۳۳	۱۵۰۰۰
۳۴.	اصلاح دارویی مولکولی ـ دکتر شکرپور (۲) (دانشگاه تهران)	۰۰۳۴	۱۵۰۰۰
۳۵.	جذب و متابولیسم ـ دکتر احمدی (دانشگاه تهران)	۰۰۳۵	۹۸۰۰
۳۶.	خاکورزی حفاظتی (دانشگاه تهران)	۰۰۳۶	۸۰۰۰
۳۷.	اکولوژی گیاهان زراعی ـ دکتر چائی‌چی (دانشگاه تهران)	۰۰۳۷	۱۲۰۰۰
۳۸.	سبزیکاری عمومی و خصوصی ـ دکتر دشتی (دانشگاه بوعلی سینا)	۰۰۳۸	۱۲۰۰۰
۳۹.	آزمایشگاه هوا و اقلیم شناسی	۰۰۳۹	۶۸۰۰
۴۰.	زراعت تکمیلی (۲) ـ مجنون حسینی (دانشگاه تهران)	۰۰۴۰	۱۰۵۰۰
۴۱.	پروژه مکانیزاسیون	۰۰۴۱	۵۰۰۰
۴۲.	فیزیولوژی گیاهان زراعی ـ دکتر پوستینی (دانشگاه تهران)	۰۰۴۲	۱۰۵۰۰
۴۳.	اصلاح سبزی ـ دکتر حسندخت (دانشگاه تهران)	۰۰۴۳	۱۵۰۰۰
۴۴.	اصلاح گیاهان جالیزی ـ دکتر حسندخت (دانشگاه تهران)	۰۰۴۴	۱۲۰۰۰
۴۵.	طرح آزمایشات ـ دکتر حسین‌زاده (دانشگاه تهران)	۰۰۴۵	۱۲۰۰۰
۴۶.	آفات زراعی ـ دکتر سراج (دانشگاه شهید چمران اهواز)	۰۰۴۶	۱۰۵۰۰

ردیف	نام محصول	کد	قیمت
۴۷.	گلکاری ـ دکتر نادری (دانشگاه تهران)	۰۰۴۷	۷۰۰۰
۴۸.	بیوتکنولوژی و مهندسی ژنتیک دکتر اطمینان (دانشگاه آزاد کرمانشاه)	۰۰۴۸	۱۲۰۰۰
۴۹.	گلکاری ـ دکتر صالحی (دانشگاه تهران)	۰۰۴۹	۷۰۰۰
۵۰.	میوه‌های گرمسیری و نیمه گرمسیری ـ دکتر زمانی (دانشگاه تهران)	۰۰۵۰	۱۰۵۰۰
۵۱.	سبزی‌کاری خصوصی ـ دکتر نظری (دانشگاه کردستان)	۰۰۵۱	۹۰۰۰
۵۲.	میوه‌های ریز ـ دکتر عبادی (دانشگاه تهران)	۰۰۵۲	۱۰۵۰۰
۵۳.	میوه‌های گرمسیری و نیمه گرمسیری ـ دکتر عبادی (دانشگاه تهران)	۰۰۵۳	۱۰۵۰۰
۵۴.	اصلاح درختان میوه ـ دکتر راحمی (دانشگاه شیراز)	۰۰۵۴	۱۰۵۰۰
۵۵.	سیستماتیک گیاهان زراعی و زینـــتی ـ دکتر صانعی شریعت‌پناهی (دانشگاه تهران)	۰۰۵۵	۱۰۵۰۰
۵۶.	میوه‌های خشک ـ دکتر فتاحی (دانشگاه تهران)	۰۰۵۶	۱۰۵۰۰
۵۷.	تست‌های موضوعی فیزیولوژی گیاهی (۴۹۲ تست طبقه‌بندی شده)	۰۰۵۷	۱۰۵۰۰
۵۸.	فیزیولوژی درختان میوه ـ دکتر راحمی (دانشگاه شیراز)	۰۰۵۸	۱۰۵۰۰
۵۹.	فیزیولوژی پس از برداشت ـ دکتر مستوفی (دانشگاه تهران)	۰۰۵۹	۱۲۰۰۰
۶۰.	اصلاح نباتات ـ دکتر بهپوری (دانشگاه شیراز)	۰۰۶۰	۱۰۵۰۰
۶۱.	اصلاح درختان میوه (عمومی) ـ دکتر فتاحی (دانشگاه تهران)	۰۰۶۱	۱۰۵۰۰
۶۲.	اصلاح درختان میوه (تکمیلی ۱ـ هورمون‌ها) ـ دکتر فتاحی (دانشگاه تهران)	۰۰۶۲	۷۰۰۰
۶۳.	اصلاح درختان میوه (تکمیلی ۲) ـ دکتر فتاحی (دانشگاه تهران)	۰۰۶۳	۱۰۵۰۰
۶۴.	ژنتیک ـ دکتر میرلوحی (دانشگاه صنعتی اصفهان)	۰۰۶۴	۱۲۸۰۰
۶۵.	فیزیولوژی تنش ـ دکتر میردهقان (دانشگاه ولیعصر رفسنجان)	۰۰۶۵	۱۰۵۰۰
۶۶.	میوه‌های معتدله ـ دکتر طلایی (دانشگاه تهران)	۰۰۶۶	۶۰۰۰
۶۷.	میوه‌های گرمسیری و نیمه گرمسیری ـ دکتر شهسوار (دانشگاه شیراز)	۰۰۶۷	۷۰۰۰
۶۸.	جزوه میوه کاری (نکات کنکوری) ـ منتخب پنج استاد	۰۰۶۸	۱۲۰۰۰
۶۹.	مبانی فیزیولوژی گیاهی ـ دکتر راحمی (دانشگاه شیراز)	۰۰۶۹	۱۰۵۰۰
۷۰.	مدیریت علف‌های هرز ـ دکتر علیزاده (دانشگاه تهران)	۰۰۷۰	۱۰۵۰۰
۷۱.	علف‌های هرز ـ دکتر علیزاده (دانشگاه تهران) ـ مقطع کارشناسی	۰۰۷۱	۱۰۵۰۰
۷۲.	فیزیولوژی رقابت علف‌های هرز ـ دکتر رحیمیان (دانشگاه تهران)	۰۰۷۲	۱۰۵۰۰
۷۳.	فیزیولوژی گیاهی ـ دکتر مستوفی (دانشگاه تهران)	۰۰۷۳	۱۲۰۰۰
۷۴.	مدیریت علف‌های هرز ـ دکتر قربانی (دانشگاه فردوسی مشهد)	۰۰۷۴	۱۰۵۰۰
۷۵.	بیولوژی علف‌های هرز ـ دکتر راشد محصل (دانشگاه فردوسی مشهد)	۰۰۷۵	۱۰۵۰۰
۷۶.	فیزیولوژی علفکش‌ها ـ دکتر راشد محصل (دانشگاه فردوسی مشهد)	۰۰۷۶	۱۰۵۰۰
۷۷.	حشره شناسی ـ دکتر حسینی نوه (دانشگاه تهران)	۰۰۷۷	۱۰۵۰۰
۷۸.	آفات گیاهان زراعی ـ دکتر رسولیان (دانشگاه تهران)	۰۰۷۸	۹۰۰۰
۷۹.	آفات مهم درختان میوه ـ دکتر سراج (دانشگاه شهید چمران اهواز)	۰۰۷۹	۱۰۵۰۰
۸۰.	سم شناسی ـ دکتر طالبی جهرمی (دانشگاه تهران)	۰۰۸۰	۱۰۵۰۰
۸۱.	سیستماتیک حشرات ـ دکتر عباسی‌پور (دانشگاه تهران)	۰۰۸۱	۱۰۵۰۰
۸۲.	اصول کنترل آفات گیاهی ـ دکتر سراج (دانشگاه شهید چمران اهواز)	۰۰۸۲	۱۲۰۰۰
۸۳.	جانورشناسی (zoology) ـ دکتر خرازی (دانشگاه تهران)	۰۰۸۳	۱۰۵۰۰
۸۴.	فیزیولوژی علفکش‌ها ـ دکتر علیزاده (دانشگاه تهران)	۰۰۸۴	۱۰۵۰۰
۸۵.	جزوهٔ خلاصه حشره شناسی، آفات مهم گیاهی و اصول کنترل (دانشگاه تهران)	۰۰۸۵	۸۰۰۰
۸۶.	آفات جالیز، سبزی، صیفی و گیاهان زینتی ـ دکتر سلیمان نژادیان (دانشگاه شهید چمران اهواز)	۰۰۸۶	۸۰۰۰
۸۷.	تغذیه و متابولیسم در گیاهان باغبانی ـ دکتر بابالار (دانشگاه تهران)	۰۰۸۷	۱۲۸۰۰
۸۸.	فیزیولوژی تنش در گیاهان باغبانی ـ دکتر مستوفی (دانشگاه تهران)	۰۰۸۸	۱۲۸۰۰
۸۹.	تکنولوژی بذر ـ دکتر شریف زاده (دانشگاه تهران)	۰۰۸۹	۱۰۵۰۰
۹۰.	کنترل و گواهی بذر ـ دکتر شریف زاده (دانشگاه تهران)	۰۰۹۰	۱۰۵۰۰
۹۱.	خاکشناسی ـ دکتر محمودی (دانشگاه تهران)	۰۰۹۱	۱۲۰۰۰
۹۲.	زراعت عمومی ـ دکتر میراب‌زاده (دانشگاه تهران)	۰۰۹۲	۱۰۵۰۰
۹۳.	فیزیولوژی تنش‌ها در گیاهان زراعی ـ دکتر احمدی (دانشگاه تهران)	۰۰۹۳	۸۸۰۰
۹۴.	فیزیولوژی سبزی ـ دکتر دلشاد (دانشگاه تهران)	۰۰۹۴	۸۸۰۰
۹۵.	سبزیکاری عمومی و خصوصی ـ دکتر صالحی و دکتر حسندخت (دانشگاه تهران)	۰۰۹۵	۱۲۰۰۰
۹۶.	تست‌های موضوعی سبزیکاری عمومی و خصوصی (۴۰۰ تست طبقه‌بندی شده)	۰۰۹۶	۱۰۵۰۰

ردیف	نام محصول	کد	قیمت
.۹۷	اصلاح گیاهان زراعی ـ دکتر مقدم (دانشگاه تبریز)	۰۰۹۷	۱۰۵۰۰
.۹۸	فیزیولوژی گل و گیاهان زینتی دکتر کافی (دانشگاه تهران)	۰۰۹۸	۱۰۵۰۰
.۹۹	فیزیولوژی درختان میوه ـ دکتر فتوحی (دانشگاه گیلان)	۰۰۹۹	۱۰۵۰۰
.۱۰۰	جانورشناسی (zoology) ـ دکتر فرشباف (دانشگاه تبریز)	۰۱۰۰	۱۰۵۰۰
.۱۰۱	اصلاح گل و گیاهان زینتی ـ دکتر نادری (دانشگاه تهران)	۰۱۰۱	۱۲۰۰۰
.۱۰۲	گلکاری (۲) ـ دکتر نادری (دانشگاه تهران)	۰۱۰۲	۸۰۰۰
.۱۰۳	اکولوژی ـ دکتر جوانشیر (دانشگاه تبریز)	۰۱۰۳	۱۰۵۰۰
.۱۰۴	زراعت عمومی ـ دکتر مظاهری (دانشگاه تهران)	۰۱۰۴	۸۸۰۰
.۱۰۵	میوه‌های مناطق معتدله ـ دکتر راحمی (دانشگاه شیراز)	۰۱۰۵	۱۱۸۰۰
.۱۰۶	جزوه اکوفیزیولوژی علف‌های هرز ـ دکتر قنبری (دانشگاه فردوسی مشهد)	۰۱۰۶	۱۰۵۰۰
.۱۰۷	جزوه هورمون‌های گیاهی ـ دکتر غلامی (دانشگاه بوعلی سینا)	۰۱۰۷	۱۲۰۰۰
.۱۰۸	جزوه بیماریهای درختان میوه ـ دکتر رضایی دانش و دکتر بنی هاشمی (دانشگاه شیراز)	۰۱۰۸	۱۰۵۰۰
.۱۰۹	جزوه دیمکاری اگریسافت	۰۱۰۹	۷۸۰۰
.۱۱۰	تست‌های موضوعی فیزیولوژی گیاهان زراعی (با پاسخ‌های تشریحی)	۰۱۱۰	۱۴۰۰۰
.۱۱۱	زراعت عمومی (۴ استاد)	۰۱۱۱	۹۰۰۰
.۱۱۲	تست‌های موضوعی زراعت (با پاسخ تشریحی)	۰۱۱۲	۱۲۰۰۰
.۱۱۳	خاکشناسی عمومی (۶ استاد) ـ دکتر اعتمادی خواه	۰۱۱۳	۱۰۰۰۰
.۱۱۴	اکولوژی گیاهان زراعی ـ دکتر مظاهری	۰۱۱۴	۱۰۰۰۰
.۱۱۵	ریز ازدیادی و کشت بافت گیاهی	۰۱۱۵	۱۰۰۰۰
.۱۱۶	منتخب میوه‌های معتدله (میوه کاری) ـ دکتر وحدتی و دکتر ارزانی	۰۱۱۶	۱۰۵۰۰
.۱۱۷	جزوه نکات کنکوری بیوشیمی (۱) ـ اگریسافت	۰۱۱۷	۱۲۰۰۰
.۱۱۸	جزوه نکات کنکوری بیوشیمی (۲) ـ اگریسافت	۰۱۱۸	۱۲۰۰۰
.۱۱۹	فیزیولوژی پس از برداشت ـ دکتر رضایی نژاد (دانشگاه لرستان)	۰۱۱۹	۱۲۰۰۰
.۱۲۰	سم‌شناسی (بخش آفات) ـ دکتر ایزدی (دانشگاه ولی عصر(عج) رفسنجان)	۰۱۲۰	۱۲۰۰۰

BREEDIC Dictionary

لوح فشرده چند رسانه‌ای

فرهنگ واژگان زراعت و اصلاح نباتات

قابلیت‌های نرم افزار

بیش از ۸۰۰۰ لغت تخصصی در زمینه‌های: اصلاح نباتات ـ زراعت و کشت بافت

بیش از ۱۰۰۰ تصویر، نمودار و فرمول‌های مربوطه برای درک بهتر لغات و اصطلاحات

نمایش لیست عناوین تمامی لغات

جستجوی لغت مورد نظر در لیست واژگان تخصصی

جستجوی لغت مورد نظر در متن حاضر

نمایش کلمات پیشنهادی در هنگام تایپ کلمه برای جستجوی لغت

امکان جستجوی محتوای انتخاب شده در جستجوگر گوگل و دانشنامه آزاد

تلفظ لغت

قابلیت رونوشت‌برداری (copy & paste)

قابلیت چاپ متن مورد نظر بر روی کاغذ

امکان جستجوی واژه در بین تمام لغات موجود در بانک، اعم از لغت تخصصی و توضیحات مربوط به آن

قابلیت تغییر اندازه و نوع قلم

تغییر رنگ زمینه لیست محتوا و کادر توضیحات و رنگ متمایز کننده لیست

تغییر چیدمان پنجره و اشیاء موجود در آن و امکان نمایش بصورت تمام‌صفحه

سرعت اجرای بسیار بالا و ...

قابل اجرا بر روی ویندوز XP و بالاتر

جزوات اساتید مجرب کشتور
(با فرمت PDF)

DOWNLOAD

BIODIC Dictionary

لوح فشرده چند رسانه‌ای

فرهنگ واژگان بیوتکنولوژی کشاورزی

قابلیت‌های نرم افزار

بیش از ۳۰۰۰ لغت تخصصی در زمینه‌های: کشت بافت گیاهی ـ
اصلاح نباتات ـ مهندسی ژنتیک ـ نشانگرهای مولکولی ـ ژنتیک مولکولی ـ بیوانفورماتیک ـ ژنتیک کمّی و...

بیش از ۵۰۰ تصویر، فیلم و انیمیشن برای درک بهتر لغات و اصطلاحات.

نمایش لیست عناوین تمامی لغات

جستجوی لغت مورد نظر در لیست واژگان تخصصی

جستجوی لغت مورد نظر در متن حاضر

نمایش کلمات پیشنهادی در هنگام تایپ کلمه برای جستجوی لغت

امکان جستجوی محتوای انتخاب شده در جستجوگر گوگل و دانشنامه آزاد

تلفظ لغت

قابلیت رونوشت‌برداری (copy & paste)

چاپ متن حاضر

امکان جستجوی واژه در بین تمام لغات موجود در بانک اعم از لغت تخصصی و توضیحات مربوط به آن

قابلیت تغییر اندازه و نوع قلم (فونت)

تغییر رنگ زمینه لیست محتوا و کادر توضیحات و رنگ متمایز کننده لیست

تغییر چیدمان پنجره و اشیاء موجود در آن

نمایش و پخش فایل‌های پیوست شده به هر واژه

سرعت اجرای بسیار بالا و ...

قابل اجرا بر روی ویندوز XP و بالاتر

طرز تهیه:

ـ دانلود از وبسایت www.agrisoft.ir

ـ ارسال پستی در قالب لوح فشرده (CD) ـ با شماره ۰۹۱۰۷۵۷۵۱۴۳ تماس بگیرید.

برای دریافت اطلاعات بیشتر به سایت اگریسافت مراجعه نمائید.

Agrisoft.ir
گروه نرم‌افزاری ـ کشاورزی اگریسافت

کانال تلگرام:

https://t.me/agrisoft
https://t.me/agrifile