

نکته



در هنگام کار با آب اکسیژنه باید دقت نمود تا از تماس مستقیم اجتناب شود؛ زیرا باعث سوختن پوست می شود و ضمناً بخارات آن به چشم آسیب می رساند. برای همین بهتر است در زیر هود آب اکسیژنه را به خاک اضافه کنید. در هنگام اضافه کردن آب اکسیژنه با توجه به مقدار مواد آلی، گاز کربنیک آزاد شده و اثرات آن را می توان مشاهده نمود. برای از بین بردن آهک موجود در خاک از سولفوریک اسید رقیق استفاده می شود. با توجه به اینکه میزان آهک در خاک های کشور ما (خاک های آهکی) زیاد است، باید آن را حذف نمود تا نتایج آزمایش از دقت بیشتری برخوردار باشد. برای اینکه کاملاً خاک دانه های خاک را از بین ببریم از یک نمک آلی به نام شیمیایی (سدیم هگزا متا فسفات) استفاده می کنند. نام تجاری این نمک کالکن است سدیم موجود در این نمک به آن خاصیت پخش کنندگی می دهد و باعث پراکنده شدن خاک دانه ها می گردد. چنانچه هیدرومتر را در آب خالص قرار دهیم عدد  $1/000 \text{ g.cm}^{-3}$  را نشان می دهد.

اگر هیدرومتر را در مخلوط آب و خاک قرار دهیم هیدرومتر کمتر در مخلوط فرو می رود و می توان اعدادی را قرائت کرد که چگالی مخلوط را نشان می دهد. به طور مثال اگر عدد  $1/025$  را از روی هیدرومتر بخوانیم. عدد صحیح چگالی آب و عدد اعشاری چگالی خاک را برحسب گرم بر سانتی متر مکعب بیان می کند.

با توجه به اینکه آزمایش در یک استوانه مدرج  $1000$  سانتی متر مکعبی انجام می شود بخش اعشاری را در عدد  $1000$  ضرب می کنیم تا واحد آن را به گرم در لیتر تبدیل کنیم.



همان گونه که در شکل های بالا مشاهده می کنید، میزان فرو رفتن هیدرومتر به چگالی مخلوط بستگی دارد. در سمت چپ تصویر چون آب خالص است هیدرومتر بیشتر در آب فرو رفته است ولی در تصویر سمت راست چون مخلوط چگالتراست هیدرومتر کمتر در آب فرو رفته و هیدرومتر عدد بزرگ تری را نشان می دهد.

هنگامی که خاک را در آب مخلوط می‌کنیم، ذرات با توجه به اندازه قطر به تدریج رسوب می‌کنند اگر در زمان ۴۰ ثانیه هیدرومتر را در مخلوط قرار دهیم عددی که از روی هیدرومتر می‌خوانیم به قرائت اول معروف است و میزان رس و سیلت معلق در آب را نشان می‌دهد. زیرا فرض بر این است که تا ۴۰ ثانیه همه ذرات شن موجود در مخلوط در ته استوانه مدرج رسوب می‌کنند. بعد از گذشت ۲ ساعت همه ذرات سیلت هم رسوب می‌کنند. اگر در این زمان هیدرومتر را در مخلوط قرار دهیم، عددی که هیدرومتر نشان می‌دهد و قرائت دوم نام دارد، مقدار رس را نشان می‌دهد. اعدادی که توسط هیدرومترها قرائت می‌شود باید دو تصحیح روی آنها انجام گیرد:

**۱ تصحیح حرارتی:** دما روی گرانروی مؤثر است برای همین هیدرومترها را در دمای استاندارد و مشخص می‌سازند. بیشتر هیدرومترها در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم می‌شوند. با افزایش دما گرانروی کاهش یافته و هیدرومتر بیشتر در سیال فرو می‌رود در نتیجه غلظت را کمتر از مقدار واقعی نشان می‌دهد. بنابراین اگر در زمان قرائت دمای مخلوط بیشتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد باشد، به ازای هر درجه ۰/۲۵ به عدد قرائت شده اضافه می‌کنیم و اگر دمای مخلوط کمتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد باشد، به ازای هر درجه ۰/۲۵ از عدد قرائت شده توسط هیدرومتر کم می‌کنیم.

**۲ تصحیح کالکن:** برای حذف چسبندگی رس‌ها و پخش شدن خاک‌دانه‌ها از نمک کالکن استفاده می‌کنیم. این نمک باعث افزایش غلظت مخلوط و در نتیجه کمتر فرو رفتن هیدرومتر در مخلوط آب و خاک می‌شود و هیدرومتر عدد بزرگ‌تری را نشان می‌دهد. در این حالت غلظت کالکن را حساب نموده و از عدد هیدرومتر کم می‌کنیم. در محاسبات به ازای هر ۵۰ سانتی‌متر مکعب کالکن ۲/۵ واحد از قرائت کم می‌کنیم. بعد از تصحیح قرائت‌ها با انجام محاسبات درصدهای رس و سیلت و شن را مشخص می‌کنیم و در نهایت با استفاده از مثلث بافت خاک نوع بافت خاک را تعیین می‌کنیم.

برای درک بهتر مطالب و راهنمایی جهت انجام محاسبات آزمایش، قبل از انجام آزمایش با اعداد فرضی به هنرجویان مثالی را مانند نمونه زیر طراحی کنید:  
در یک آزمایش بافت خاک با روش هیدرومتری در مراحل بالا قرائت اول ۱/۰۳۸ و دما ۲۲ درجه سانتی‌گراد و قرائت دوم ۱/۰۱۲ و دما ۱۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد درصد شن و سیلت و رس به صورت بیان شده در صفحه بعد مشخص می‌شود:

در قرائت اول قسمت اعشاری (۰/۰۳۸) مربوط به غلظت خاک است و قسمت صحیح مربوط به آب می‌باشد بخش اعشاری را در ۱۰۰۰ ضرب می‌کنیم تا به گرم در لیتر تبدیل کنیم.

$$۰/۰۳۸ \times ۱۰۰۰ = ۳۸ \quad \text{گرم در لیتر}$$

دما چون ۲۲ درجه است تفاوت آن را با ۲۰ درجه به دست می‌آوریم:

$$۲۲ - ۲۰ = ۲$$

چون ۲ درجه بیشتر از ۲۰ است آن را در عدد ثابت ۰/۲۵ ضرب می‌کنیم:

$$۰/۲۵ \times ۲ = ۰/۵$$

عدد حاصل را به عدد قرائت اضافه می‌کنیم:

$$۳۸ + ۰/۵ = ۳۸/۵$$

چون ۵۰ سی سی کالکون استفاده کرده‌ایم ۲/۵ واحد از قرائت کم می‌کنیم:

$$۳۸/۵ - ۲/۵ = ۳۶$$

ما در ابتدا ۵۰ گرم خاک وزن نموده‌ایم عدد قرائت تصحیح شده را در ۲ ضرب می‌کنیم تا درصد سیلت و رس مشخص شود:

$$۳۶ \times ۲ = ۷۲$$

قرائت دوم مقدار یا درصد رس را مشخص می‌کند و مانند قرائت اول عمل می‌کنیم. ابتدا قسمت اعشاری را در ۱۰۰۰ ضرب می‌کنیم تا تغییر واحد انجام گیرد:

$$۰/۰۱۲ \times ۱۰۰۰ = ۱۲$$

در قرائت دوم دما ۱۹ درجه می‌باشد تفاوت آن را با دمای استاندارد مشخص می‌کنیم:

$$۱۹ - ۲۰ = -۱$$

عدد حاصل را در عدد ثابت ۰/۲۵ ضرب می‌کنیم:

$$۰/۲۵ \times -۱ = -۰/۲۵$$

عدد حاصل را با قرائت دوم جمع می‌کنیم. در واقع اینجا هم به دلیل کاهش دما و افزایش لزوجت هیدرومتر کمتر در آب فرو می‌رود و عدد قرائت بیشتر از مقدار واقعی است به همین جهت عدد تصحیح را کم می‌کنیم:  $۱۲ + (-۰/۲۵) = ۱۱/۷۵$  تصحیح کالکون را مانند مرحله قبل انجام می‌دهیم:

$$۱۱/۷۵ - ۲/۵ = ۹/۲۵$$

در آخر عدد نهایی قرائت دوم را در ۲ ضرب می‌کنیم تا درصد رس مشخص شود.

$$۹/۲۵ \times ۲ = ۱۸/۵$$

اگر قرائت اول را از ۱۰۰ کم کنیم درصد شن مشخص خواهد شد.

$$۱۰۰ - ۷۲ = ۲۸$$

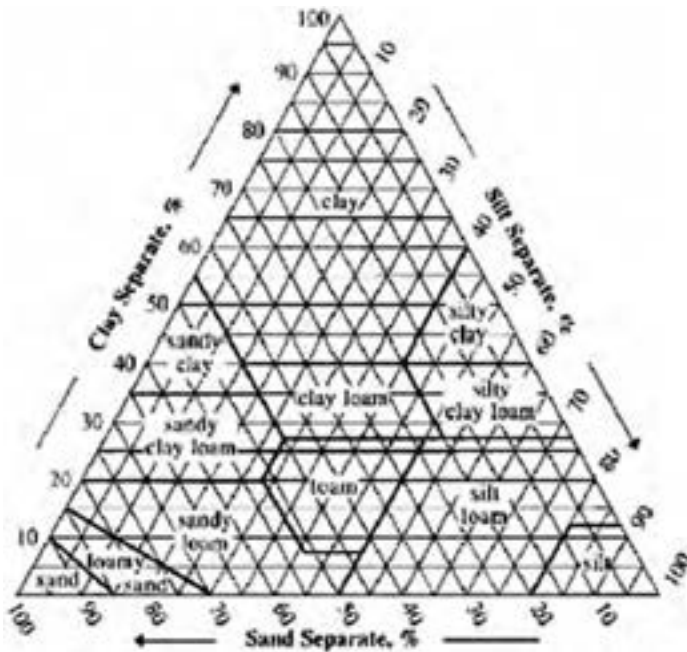
و اگر قرائت دوم را از قرائت اول کسر کنیم درصد سیلت به دست خواهد آمد:

$$۷۲ - ۱۸/۵ = ۵۳/۵$$

حال با داشتن درصد شن، سیلت و رس از روی مثلث، بافت خاک را مشخص می کنیم.

## مثلث بافت خاک

مثلث بافت خاک یک مثلث متساوی الاضلاعی است که بر روی سه ضلع آن درصد شن، سیلت و رس قرار دارد و داخل مثلث نیز به دوازده منطقه تقسیم شده است. درون هر منطقه نام آن نوشته شده است هر نقطه واقع در این مناطق را در نظر بگیریم دارای خصوصیات کلی آن منطقه می باشد. با توجه به درصدهای به دست آمده از محاسبات برای سه جزء شن، سیلت و رس به صورت زیر عمل می کنیم. با دقت روی اضلاع مثلث متوجه می شویم که چرخش اعداد روی آن به صورت موافق عقربه های ساعت می باشد. روی هر ضلع مقادیر مربوطه را مشخص می کنیم.



سپس از روی هر نقطه خطی به موازات ضلع بعدی رسم می‌کنیم جهت گردش انتخاب اضلاع برعکس گردش عقربه‌های ساعت می‌باشد. به‌طور مثال با داشتن درصد شن خطی به موازات ضلع سیلت و از مقدار سیلت خطی به موازات ضلع رس و از مقدار رس خطی به موازات ضلع شن رسم می‌کنیم. در مثال بالا با عنایت به اعداد به‌دست آمده، نقطه تقاطع سه خط فرضی در منطقه Silt Loam قرار می‌گیرد پس بافت خاک Silt Loam می‌باشد.

یکی از اشکالات عمده مثلث بافت خاک این است که ترکیب خاک متفاوتی ممکن است وجود داشته باشد که همگی تحت عنوان نام یک بافت برده می‌شوند. مثلاً خاکی با ترکیب ۳۵ تا ۵۵ درصد رس و ۰ تا ۲۰ درصد سیلت و ۴۵ تا ۶۵ درصد شن همگی به نام یک بافت خاک رس شنی نامیده می‌شوند. یکی دیگر از چالش‌های مثلث بافت خاک تبدیل مقادیر کمی به مقدارهای کیفی است به نحوی که ما مقادیر درصدهای شن، سیلت و رس را به مثلث خاک می‌دهیم و یک تعریف کیفی از خاک مثل بافت می‌گیریم در صورتی که هدف از علوم تبدیل مقادیر کیفی به کمی است و نه برعکس. گروه‌های دوازده گانه بافت خاک را در سه گروه بزرگ سبک، سنگین و متوسط تقسیم می‌کنند:

### گروه بافت‌های سبک

**۱ شن‌نی (sand):** خاک‌هایی که حداقل ۸۵ درصد شن داشته و مجموع ذرات سیلت و ۱/۵ برابر ذرات رس از ۱۵ درصد کمتر است.

**۲ شن لومی (loamy - sand):** خاک‌هایی که مقدار شن آن ۷۰ تا ۹۰ درصد بوده و مجموع سیلت و ۱/۵ برابر ذرات رس بیش از ۱۵ درصد و مقدار رس از ۳۰ درصد کمتر می‌باشد.

**۳ لوم شن‌نی (sandy - loam):** خاک‌هایی که مقدار رس آن کمتر از ۲۰ درصد بوده و یا مجموع درصد سیلت و دو برابر درصد رس از ۳۰ درصد بیشتر است و یا خاک‌هایی که مقدار شن آنها ۴۳ تا ۵۲ درصد، مقدار رس آن کمتر از ۷ درصد و سیلت کمتر از ۵۰ درصد است.

### گروه بافت‌های متوسط

**۴ لوم (loam):** خاکی که مقدار رس آن بین ۷ تا ۲۷ درصد و سیلت آن ۲۸ تا ۵۰ درصد و شن آن کمتر از ۵۲ درصد است.

**۵ لوم سیلنتی (silt - loam):** خاکی که مقدار سیلت آن بیش از ۵۰ درصد و

رس آن بین ۱۲ تا ۲۷ درصد بوده و یا مقدار ذرات سیلت بین ۵۰ تا ۸۰ درصد نوسان داشته و مقدار رس آن کمتر از ۱۲ درصد باشد.

**۶ سیلت (silt):** خاکی که مقدار سیلت آن بیشتر از ۸۰ درصد و مقدار رس آن کمتر از ۱۲ درصد است.

**۷ لوم رس شنی (sandy, clay, loam):** خاک‌هایی که محتوی ۲۰ تا ۳۵ درصد رس بوده و مقدار سیلت آن از ۲۸ درصد کمتر و مقدار شن آن از ۴۵ درصد بیشتر باشد.

**۸ لوم رس سیلتي (silty-clay-loam):** خاک‌هایی که در آن مقدار رس بین ۲۷ تا ۴۰ درصد بوده و مقدار شن از ۲۰ درصد کمتر است.

### گروه بافت‌های سنگین

**۹ لوم رس (clay-loam):** خاک‌هایی که در آن مقدار رس بین ۲۷ تا ۴۰ درصد و مقدار رس از ۲۰ تا ۴۵ درصد نوسان می‌کند.

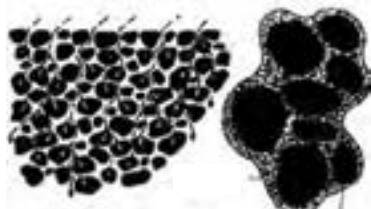
**۱۰ رس شنی (sandy-clay):** خاک‌هایی که در آن مقادیر رس و شن به ترتیب از ۳۵ و ۴۵ درصد بیشتر است.

**۱۱ رس سیلتي (silty-clay):** خاک‌هایی که در آن مقادیر هر یک از ذرات رس و سیلت از ۴۰ درصد بیشتر است.

**۱۲ رسی (clay):** خاک‌هایی که در آن مقدار رس از ۴۰ درصد بیشتر بوده و مقادیر شن و سیلت به ترتیب از ۴۵ درصد و ۴۰ درصد کمتر است.

## سطح ویژه<sup>۱</sup>

یکی از ویژگی‌های فیزیکی خاک که در خواص فیزیکی و شیمیایی آن نقش مهمی دارد سطح ویژه آن است. سطح ویژه عبارت است از نسبت سطح به واحد وزن آن. هر چه قدر قطر ذرات کوچک‌تر



ذره سیلت نرم‌شن ذره رس

باشد سطح ویژه آن بیشتر است هر چه قدر سطح ویژه بیشتر باشد تبدلات شیمیایی بیشتر صورت می‌گیرد. در بخش خصوصیات شیمیایی خاک به

۱- Surface specific

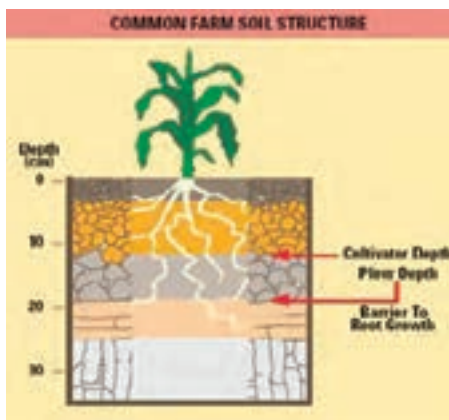
$$S = \frac{\text{سطح cm}^2}{\text{وزن gr}} \cdot \text{آن بیشتر می پردازیم.}$$

در خاک ورزی اولیه و ثانویه با استفاده از انواع ماشین های خاک ورزی، خاک دانه های خاک به قطعات ریزتر تبدیل می شود که در نهایت باعث افزایش سطح ذرات خاک می گردد.

افزایش سطح ذرات خاک منجر به افزایش جذب آب و مواد معدنی توسط ذرات خاک می شود. آب و عناصر غذایی ذخیره شده در هنگام نیاز، مورد استفاده گیاه قرار می گیرد.

هنرآموز ظرفیت فراگیری هنجرویان را می شناسد، نه آن را با فشار در هم می شکند و نه آن را خالی می گذارد.

## ساختمان خاک<sup>۱</sup>



ساختمان مشترک خاک مزارع

شکل و نوع قرارگیری ذرات و اجزای خاک، منجر به تشکیل خاک دانه می گردد. دریک پروفیل ممکن است یک ساختمان بیشتر از سایر ساختمان های دیگر دیده شود. ولی ممکن است در هر افق ساختمان متفاوتی باشد. خواصی از قبیل نفوذ آب، کاهش وزن مخصوص ظاهری و نفوذ هر چه بهتر ریشه ها،

تعداد و اندازه منافذ موجود در بین و درون ذرات خاک، وزن مخصوص ظاهری و تهویه به ساختمان خاک بستگی دارد.

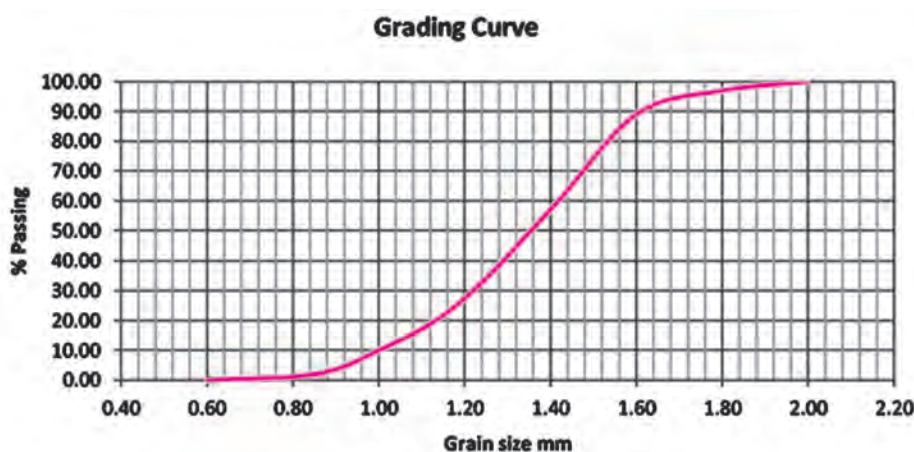
اتصال ذرات ریز خاک و تشکیل ذراتی بزرگ تر توسط کلسیم، منیزیم و هوموس

صورت می‌یابد. سدیم از هم پاشیدگی و تخریب ساختمان خاک را تشدید می‌کند. عملیات زراعی مانند شخم اثرات مفید و گاهی اثرات منفی بر روی ساختمان خاک می‌گذارد. از بین بردن علف‌های هرز و کنترل آنها و برگرداندن بقایای گیاهی به توده خاک و مخلوط شدن خاک با مواد آلی و تشکیل خاک‌دانه از اثرات مثبت شخم است. از طرفی دیگر ممکن است خاک‌دانه‌های موجود در خاک توسط فشار چرخ‌های تراکتور و ماشین‌های سنگین مثل غلتک از بین برود و اثرات منفی بر روی ساختمان خاک بر جای بگذارد هر اندازه رطوبت خاک بیشتر باشد متراکم شدن و از بین رفتن خاک‌دانه‌ها به وسیله ماشین‌های کشاورزی زیادتر است و حتی ممکن است تا عمق ۶۰ سانتی‌متری نیز برسد.

## مراحل تشکیل ساختمان خاک

به‌طور کلی هر خاکی براساس ترکیب فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خود قادر است، ذرات جامد معدنی را در کنار هوا و آب به شکل واحدهایی در کنار هم مجتمع نموده و درون واحدهای خاکی مجتمع نیز، اتصال و ارتباط مجددی برقرار نماید. نتیجه این فرایند، تشکیل واحدهای ریز ساختمانی یعنی خاک‌دانه‌ها و در نهایت واحدهای ساختمانی است.

## منحنی دانه‌بندی خاک





همان‌طور که در منحنی صفحه قبل مشاهده می‌کنید بر روی محور عمودی درصد عبوری ذرات و بر روی محور افقی اندازه قطر الک‌ها بر حسب میلی‌متر قرار دارد. ضمناً محور افقی به صورت لگاریتمی می‌باشد. هر قدر شیب منحنی دانه‌بندی کمتر باشد تغییر در اندازه دانه‌های خاک زیاد است و هر قدر شیب منحنی بیشتر باشد خاک یکنواخت‌تر است. خاکی از نظر دانه‌بندی مناسب است که اندازه دانه‌ها از درشت‌ترین گسترده باشد. این منحنی در مباحث مهندسی کاربرد زیادی دارد. با استفاده از منحنی دانه‌بندی می‌توان اندازه قطر دانه‌های مربوط به هر نقطه دلخواه را به دست آورد مانند نقاط ۱۰ درصد و ۳۰ درصد و ۶۰ درصد  $D_{10}$  -  $D_{30}$  -  $D_{60}$  که مترادف با قطر دانه‌هایی هستند که به ترتیب ۱۰، ۳۰، ۶۰ درصد دانه‌های خاک که از آن کوچک‌تر می‌باشند. منحنی دانه‌بندی را می‌توان با استفاده از ضریب یکنواختی ( $C_u$ ) و ضریب خمیدگی ( $C_c$ ) بهتر توصیف نمود. ضریب خمیدگی خاک‌های خوب دانه‌بندی شده بین ۱ تا ۳ متغیر است.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

## وزن مخصوص ظاهری

وزن مخصوص عبارت است از وزن واحد حجم یک جسم که گاهی به صورت چگالی نیز بیان می‌شود. در این صورت همان نسبت وزن مخصوص جسم به وزن مخصوص آب می‌باشد. چون در سیستم متریک، وزن مخصوص آب مساوی واحد (یک) می‌باشد، بنابراین وزن مخصوص از نظر عددی معادل چگالی می‌باشد. برای تعیین وزن مخصوص هر ماده با تعیین جرم و حجم آن وزن مخصوص آن را با استفاده از رابطه روبه‌رو مشخص می‌کنند.

$$d = \frac{m}{V}$$

چون خاک وضعیت‌های متفاوتی از نظر رطوبت و هوا دارد، برای خاک وزن مخصوص‌های مختلفی مشخص می‌کنند. وزن مخصوص ظاهری خاک، وزن



مخصوص حقیقی خاک، وزن مخصوص تر و وزن مخصوص خشک از آن جمله‌اند. طبق تعریف وزن مخصوص ظاهری خاک عبارتست از وزن مخصوص خاک در شرایط مزرعه که رطوبت و هوا حدوداً به نسبت مساوی در منافذ

خاک قرار دارند. وزن مخصوص ظاهری برای خاک‌های مختلف حدوداً بین ۱/۱ تا ۱/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب قرار دارد. خاک‌های رسی یا سنگین به علت داشتن تخلخل کل بیشتر دارای وزن مخصوص ظاهری کمتری نسبت به خاک‌های شنی هستند.

همان‌طور که می‌دانیم خاک‌های شنی دارای تخلخل هوایی بیشتری هستند ولی تخلخل کل آنها از خاک‌های رسی کمتر است. برای همین نیز خاک‌های شنی دارای وزن مخصوص ظاهری بیشتری می‌باشند. وزن مخصوص ظاهری خاک را با استفاده از سیلندر نمونه‌برداری تعیین می‌کنند. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌کنید با گذاشتن درپوش از هرگونه تبخیر رطوبت نمونه خاک جلوگیری می‌نمایند تا بتوان از این طریق میزان دقیق رطوبت خاک را هم تعیین نمود.

## وزن مخصوص حقیقی<sup>۱</sup>

منظور از وزن مخصوص حقیقی خاک، وزن مخصوص ذرات خاک می‌باشد. برای تعیین وزن مخصوص حقیقی خاک وزن ذرات خاک را مشخص می‌کنند و برای تعیین حجم ذرات خاک هوای موجود بین ذرات خاک را از بین برده سپس حجم ذرات خاک را تعیین می‌کنیم. وزن مخصوص حقیقی خاک را به دو روش اندازه‌گیری می‌کنند. روش استوانه مدرج و روش پیکنومتر که هر کدام جداگانه در کتاب توضیح داده شده‌اند.

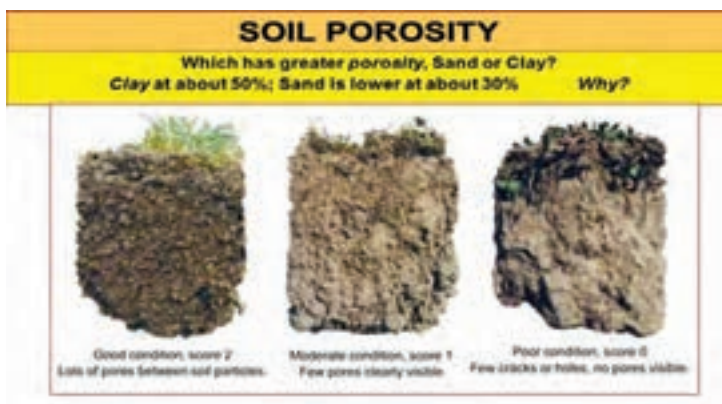
۱ - Particle density

## تخلخل خاک ۱

تخلخل عبارت است از نسبت فضاهای موجود در خاک به حجم کل خاک که به

$$P = \frac{V_w + V_a}{V_t} \times 100$$

صورت درصد بیان می‌شود:



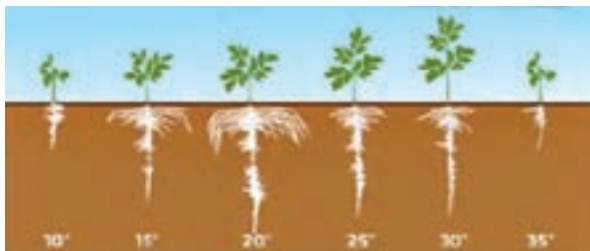
در رابطه بالا صورت کسر، حجم آب و هوای خاک و مخرج کسر، حجم کل خاک می‌باشد. میزان تخلخل عمدتاً نتیجه ساختمان خاک است. ساختار خاک نیز تحت تأثیر عواملی چون بافت، ثبات یا پایداری ساختمان، عملیات زراعی و شرایط محیطی است. میزان کل تخلخل و نسبت ریزی و درشتی فضای بین ذرات خاک، در آبیاری مزرعه و رشد گیاه بسیار مؤثر است. آب در هنگام آبیاری بیشتر خلل فرج خاک را اشغال می‌کند. درخلل فرج ریزتر بر اثر نیروی مویینه‌ای آب در لوله‌های مویین نگه داشته می‌شود و در موقع لزوم به مصرف گیاهان می‌رسد، در حالی که در خلل و فرج درشت‌تر، آب تحت تأثیر نیروی گرانش یا جاذبه قرار دارد. وقتی آب به طرف اعماق زمین حرکت می‌کند هوا جای آن را می‌گیرد. ریشه گیاهان برای رشد مناسب همزمان به آب و هوا نیاز دارند. به طوری که آب یا هوا به تنهایی نمی‌توانند نیاز گیاه را برطرف کنند.

پرسش زیر را در کلاس به گفت‌وگو بگذارید و با توجه دادن هنرجویان به رابطه تعیین درصد تخلخل گفت‌وگو را هدایت کنید تا خود به جواب برسند. چرا با وجود تخلخل زیادتر خاک‌های رسی نسبت به خاک‌های شنی حرکت آب در آن به کندی صورت می‌گیرد؟

تخلخل کل خاک و نحوه تقسیم خلل و فرج بین آب و هوا (ذرات ریز و درشت) در تغذیه و تنفس گیاه بسیار اهمیت دارد. تخلخل خاک‌های زراعی بین ۳۵ تا ۵۵ درصد متغیر است. در خاک‌های زراعی تخلخل خارج از این دو حد کمتر مشاهده می‌شود (تخلخل پایین‌تر از ۳۵ درصد مشکلات زیادی به ویژه از لحاظ تهویه، نفوذپذیری، ظرفیت نگهداری خاک و ریشه دوانی ایجاد می‌کند). تخلخل مطلوب تخلخلی است که حدود ۵۰ درصد و به نسبت مساوی بین خلل و فرج ریز و درشت باشد. در کشاورزی تخلخل کل را در نظر می‌گیرند و هر چه مقدار آن به ۵۰ درصد نزدیک باشد شرایط مناسب‌تری برای رشد گیاه فراهم می‌شود. زیرا در این شرایط میزان آب و هوا به مقدار کافی در منافذ وجود دارد (حدوداً نیمی از منافذ آب و نیمی دیگر هوا می‌باشند) و شرایط بهینه برای رشد بیشتر گیاهان در این حالت فراهم می‌باشد.

## دمای خاک

درجه حرارت خاک تحت تأثیر مقدار جریان گرما در خاک است. دمای خاک و هوا هریک به دیگری بستگی دارد و هر دو بر روی رشد گیاه تأثیر زیادی می‌گذارند. از آنجا که دمای خاک در بیشتر مواقع مشابه دمای هوا است، اهمیت آن در رشد گیاه را نادیده می‌گیرند در صورتی که در برخی از موارد تفاوت‌های زیادی بین آن دو وجود دارد به عنوان مثال ممکن است یک خاک مرطوب در فصل بهار مدت‌ها پس از گرم شدن هوا همچنان سرد باقی بماند به این ترتیب جذب آب توسط ریشه نیز کندتر صورت می‌گیرد. نوسان دمای خاک خواه به صورت بالارفتن یا پایین آمدن در تجزیه مواد آلی و معدنی نقش بسزایی دارد. با افزایش ۱۰ درجه دما واکنش‌های شیمیایی خاک دو برابر می‌شود. تصویر زیر تأثیر دمای خاک را در رشد ریشه گیاهان را به خوبی نشان می‌دهد.



درجه حرارت یک نقطه از خاک ممکن است به دلایل زیر تغییر کند.

- مبادله گرما با محیط (تشعشع)
- جریان گرما در درون خاک (هدایت گرما)
- فرایندهای فیزیکی و شیمیایی (واکنش‌های گرمازا یا گرماگیر مثل تبخیر و میعان)

■ مبادله گرما با هوا (ترکیبی از هدایت گرما و جابه‌جایی آن)

**جذب حرارت در خاک:** مقدار حرارت جذب شده توسط خاک به میزان اشعه خورشید که به زمین می‌رسد بستگی دارد و عوامل آب و هوای منطقه، رنگ خاک، شیب زمین و پوشش گیاهی در آن مؤثر است.

**دفع حرارت از خاک:** از گرمای موجود در خاک فقط قسمتی از آن در خاک باقی مانده و بقیه آن از طریق هدایت و تشعشع به جو پس داده می‌شود. در حالی که حرارت دفع شده از راه هدایت بخصوص در مواقعی که هوای مجاور سطح خاک حرکت سریعی دارد قابل ملاحظه است ولی در بیشتر مواقع سهم تشعشع به مراتب بیشتر است. خاک به طور دائم از خود اشعه‌های حرارتی به صورت اشعه مادون قرمز ساطع می‌کند و چون این اشعه‌ها ظرفیت حرارتی بالایی دارند، خروج دائم این اشعه‌ها از خاک منجر به هدر رفتن قسمت زیادی از حرارت خاک می‌شود.

### گرمای ویژه خاک:

طبق تعریف مقدار گرمایی که یک گرم خاک می‌گیرد تا دمای آن یک درجه سانتی‌گراد بالا رود را گرمای ویژه آن می‌گویند. بدیهی است هر قدر گرمای ویژه خاک بیشتر باشد تغییرات دمای آن کندتر صورت می‌گیرد. چون خاک یک ماده مرکب است گرمای ویژه آن متغیر است. رطوبت خاک در مقدار گرمای ویژه خاک نقش زیادی دارد. به‌طور مثال گرمای ویژه یک خاک خشک  $0/2$  است ولی اگر این خاک  $20$  درصد رطوبت داشته باشد گرمای ویژه آن  $0/33$  و در رطوبت  $30$  درصد گرمای ویژه آن به  $0/38$  افزایش خواهد یافت. بنابراین میزان رطوبت خاک، نقش عمده‌ای در سرعت گرم یا سرد شدن آن دارد. استفاده از آبیاری در زمان خاص برای کاهش اثرات سرمای ناگهانی به همین موضوع برمی‌گردد. زیرا رطوبت باعث افزایش ظرفیت گرمای ویژه خاک شده و تغییر درجه حرارت آن کندتر می‌شود.

**حرارت تبخیر:** عمل تبخیر آب یک واکنش گرماگیر است و موجب خنک شدن خاک می‌گردد. باید در نظر داشت همه حرارت مورد نیاز برای عمل تبخیر از دمای خاک تأمین نمی‌شود و قسمتی از آن نیز از جو گرفته می‌شود. خاک‌های مرطوب

درجه حرارت پایین‌تری نسبت به خاک‌های خشک دارند. زیرا عمل تبخیر بیشتر در آنها رخ می‌دهد و از طرفی گرمای ویژه خاک مرطوب بالاتر است در نتیجه گرمای بیشتری برای افزایش دما نیاز دارند.

## اثرات دمای خاک

**اثر دما در میزان فعالیت موجودات خاک:** فعالیت میکرو ارگانیسم‌های خاک به شدت تحت تأثیر دمای خاک قرار دارد. به طوری که این فعالیت در دمای کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد ناچیز و در دماهای ۳۰-۱۸ درجه سانتی‌گراد فعالیت موجودات زنده و مفید خاک به بیشترین مقدار می‌رسد و در دمای خیلی زیاد (بیش از ۴۰ سانتی‌گراد) میکروب‌ها از فعالیت باز می‌ایستند.

**اثر دما در تکامل خاک:** دما یکی از عوامل مهم در تحول خاک به شمار می‌رود و مستقیماً در کلیه واکنش‌های خاک تأثیر می‌گذارد. دمای خاک در شدت تبخیر آب از خاک مؤثر می‌باشد از طرف دیگر پیدایش گروه‌های بزرگ خاک در رژیم‌های حرارتی معین تشکیل می‌شود. (رژیم‌های حرارتی خاک)

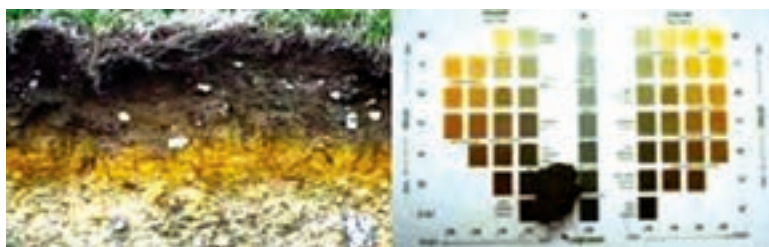
**روش اندازه‌گیری دمای خاک:** چون دمای خاک از عوامل مهم رشد گیاه می‌باشد و در قابلیت جذب آب و عناصر غذایی مؤثر است اندازه‌گیری آن ضروری است. برای اندازه‌گیری حرارت خاک از دماسنج جیوه‌ای با پوشش محافظ استفاده می‌شود. براساس استاندارد سازمان جهانی هواشناسی باید دما را در عمق‌های ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ سانتی‌متری اندازه‌گیری نمود.



## رنگ خاک<sup>۱</sup>

رنگ یک متغیر کیفی است زیرا اول اینکه افراد مختلف احساس‌های متفاوتی از یک رنگ معین دارند. دوم اینکه رنگ هر جسم به خواص خود آن جسم و به نوری که از آن بازتاب می‌شود نیز بستگی دارد. سوم اینکه رنگی که ما از یک جسم درک می‌کنیم به بافت جسم نیز بستگی دارد یعنی هر چه ذرات یک جسم ریزتر باشد روشن‌تر به نظر می‌رسد. چهارم اینکه لغات یا کلماتی که برای بیان رنگ‌ها به کار می‌رود غالباً گمراه‌کننده می‌باشد مثلاً آنچه را یکی قهوه‌ای قرمز می‌نامد دیگری ممکن است قرمز قهوه‌ای بنامد.

رنگ سرخ خاک عموماً مربوط به اکسید آهن بدون آب یا هماتیت است ( $Fe_2O_3$ ) و نمایانگر زهکشی و تهویه خوب است. در اقلیم گرم و مرطوب آهن به مقدار زیاد انباشته می‌شود و در نتیجه خاک آن سرخ رنگ است. در بعضی از خاک‌ها عموماً رنگ قرمز نشان‌دهنده پیر بودن خاک نیز هست. رنگ زرد خاک‌ها به خصوص در لایه‌های زیرین نشان‌دهنده رطوبت زیاد خاک و اکسید آهن آبدار یا لیمونیت است ( $Fe_2O_3 \cdot n H_2O$ ). در شرایط احیا موقعی که خاک تهویه خوبی ندارند مثل خاک‌های مردابی رنگ خاک به علت تشکیل اکسید آهن دو ظرفیتی رنگ خاکستری پیدا می‌کند. وجود لکه‌های رنگین در خاک به علت اکسیداسیون ناقص و متناوب حاصل می‌شود که این حالت در خاک‌های با زهکشی و تهویه نامناسب مشاهده می‌شود. رنگ سفید خاک در اثر وجود مواد مختلف از قبیل کربنات‌های کلسیم و منیزیم و گچ می‌باشد.



تقریباً انواع رنگ‌ها در خاک یافت می‌شود از قبیل سفید، سرخ، قهوه‌ای، خاکستری، زرد، سیاه و حتی رنگ‌های متمایل به آبی و سبز نیز در خاک‌ها مشاهده می‌شود. علت وجود رنگ‌های گوناگون در خاک به رنگ ذرات تشکیل‌دهنده آن مربوط

۱- Soil color

است. تأثیر هر یک از رنگ‌های ذرات خاک با سطوح ذرات متناسب است یعنی ذراتی که سطح زیادی دارند رنگ آنها در خاک غالب است به این ترتیب کلوئیدهای خاک مهم‌ترین نقش را در پیدایش رنگ ایفا می‌کنند. بهترین مثال هوموس و هیدروکسیدهای آهن می‌باشد. هوموس سیاه یا قهوه‌ای است، اکسیدهای آهن نیز ممکن است قرمز یا زرد یا قهوه‌ای کم رنگ باشد.

**نگاه هنرآموز چون نور خورشید است، که در کلاس بر همه یکسان می‌تابد.**

به‌طور کلی بارخیزی خاک‌ها به ترتیب رنگ‌های زیر کاهش می‌یابد. ولی بدون شک استثناهای زیادی نیز وجود دارد که از این قاعده پیروی نمی‌کنند.  
سیاه ← قهوه‌ای ← قهوه‌ای کم‌رنگ ← قرمز ← خاکستری ← زرد ← سفید



با توجه به دلایل بالا روش‌هایی برای بیان رنگ به‌صورت کمی اختراع شده است که بهترین و متداول‌ترین آنها استفاده از دفترچه رنگ مانسل<sup>۱</sup> می‌باشد. سه عامل اصلی سازنده رنگ در روش مانسل زمینه<sup>۲</sup>، روشنی<sup>۳</sup> و خلوص<sup>۴</sup> می‌باشند.

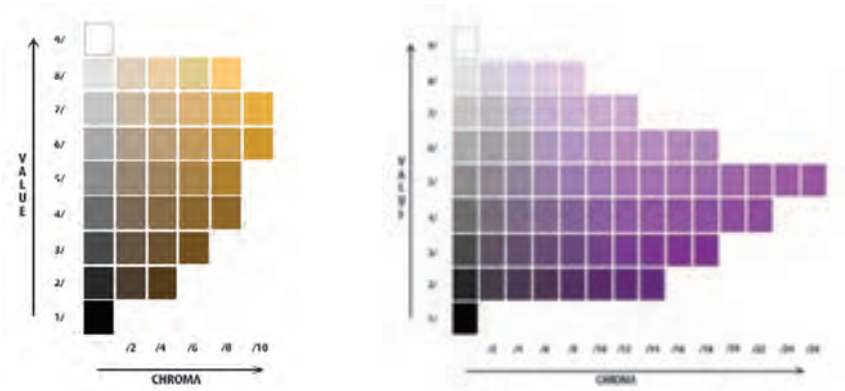
زمینه مربوط به رنگ طیف غالب می‌باشد که ترکیبی از حرف و عدد

می‌باشد حروف Y- GY- G- BG- B- PB- P- RP- R- YR که رنگ صفحه را با توجه به رنگ غالب مشخص می‌کند.

و عدد همراه آن نیز می‌تواند در بیان دقیق‌تر صفحه به ما کمک کند. روشنی از مقایسه رنگ جسم با سفید مطلق بیان می‌شود و درجات مختلف از سفید تا سیاه را نشان می‌دهد مقدار روشنی نیز از ۰ تا ۱۰ به ترتیب از سیاه تا سفید است. خلوص مراتب رنگینی را نشان می‌دهد و درجه انحراف از سفید یا خاکستری را مشخص می‌کند که اعدادی از ۱ تا ۱۰ و یا بیشتر را به خود اختصاص می‌دهد.

۱- Munsell  
۲- Hue  
۳- Value  
۴- Chroma





در نهایت رنگ یک جسم به صورت یک عدد مخلوط و همراه با حروف مشخص می شود به طور نمونه:

$$7/5 \text{ G } \frac{2}{6} \text{ و } 5 \text{ YR } \frac{4}{5}$$

در عدد مخلوط بیان شده عدد و حرف مقابل کسر زمینه رنگ را نشان می دهد و صورت کسر میزان روشنی و مخرج آن مقدار خلوص رنگ را نشان می دهد. یکی از عواملی که در تعیین رنگ خاک باید در نظر گرفت میزان رطوبت است. هرچه میزان رطوبت خاک افزایش یابد رنگ آن تیره تر می شود.

### آزمایش:

سه ظرف مناسب انتخاب کنید و در هر سه آنها کمی خاک خشک بریزید. به اولین ظرف آبی اضافه نکنید. در ظرف میانی یک قاشق آب بریزید. در لیوان آخری سه قاشق آب بریزید. با افزایش مقدار آب داخل لیوان ها رنگ خاک چه تغییری می کند؟



## نفوذپذیری خاک<sup>۱</sup>

نفوذ آب به وارد شدن آب از سطح زمین به داخل خاک می‌گویند. سرعت وارد شدن آب به داخل خاک یا به عبارت دیگر سرعت نفوذ از پارامترهای بسیار مهم در طراحی آبیاری است. در واقع نوع سیستم آبیاری که برای یک منطقه برگزیده می‌شود براساس خصوصیات نفوذ آب به داخل خاک است.

بنابراین سرعت نفوذ آب به داخل خاک را باید مهم‌ترین پارامتر فیزیک خاک دانست که در طراحی سیستم‌های آبیاری و زهکشی باید در نظر گرفته شود. به منظور طراحی و ارزیابی شبکه‌های آبیاری و زهکشی، تعیین نفوذ آب در خاک امری اجتناب‌ناپذیر است.

### Compare



در شکل بالا مدت نفوذ یک مقدار آب ثابت را در چهار نوع خاک متفاوت مشاهده می‌کنید. هر چه اندازه ذرات تشکیل‌دهنده خاک کاهش می‌یابد مقدار نفوذ به شدت کاهش یافته ولی برعکس مدت زمان نفوذ به شدت افزایش می‌یابد.

### مکانیسم نفوذ

ورود آب به داخل خاک در نتیجه تأثیر توأم نیروی گرانش زمین و موینگی صورت می‌گیرد. نیروی گرانش زمین فقط در جهت قائم عمل می‌کند. اما نیروی موینگی در ابتدا که خاک خشک بود و منافذ از آب موین خالی از آب است، هم در جهت عمودی و هم در جهت‌های افقی عمل می‌کند. ولی به تدریج که منافذ از آب اشباع شد، تنها نیروی گرانش زمین دخالت کرده و جریان نفوذ عمده قائم می‌باشد. به همین دلیل سرعت نفوذ در ابتدای وارد شدن آب به سطح خاک زیاد و سپس به تدریج کم شده و به مقدار ثابتی که فقط نتیجه عمل نیروی گرانش زمین است می‌رسد. بنابراین مقدار آبی که در زمین نفوذ می‌کند، صرف نظر از وضعیت

۱- Soil permeability

۲- Infiltration

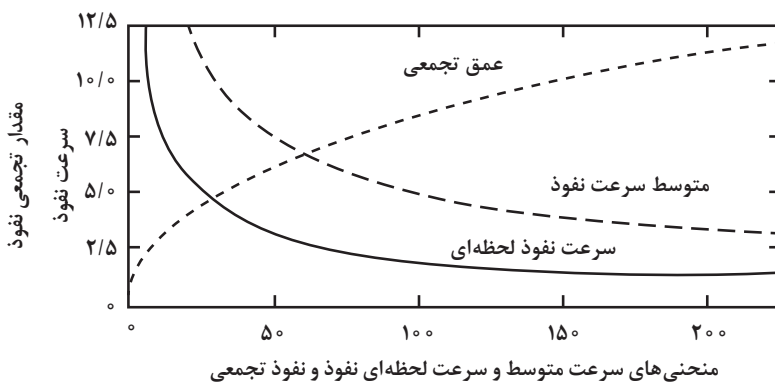
سطح خاک به صورت تجمعی نسبت به زمان افزایش می‌یابد. نفوذ آب در خاک به عواملی مانند بافت و ساختمان خاک، پوشش گیاهی، شیب زمین و از همه مهم‌تر قابلیت پراکندگی ذرات سطحی خاک بستگی دارد. اگر لایه سطحی خاک حاوی مقدار زیادی یون قابل تبادل سدیم باشد، پس از مرطوب شدن باعث پراکندگی ذرات خاک شده و جلو نفوذ آب را سد می‌کند. بنابراین نفوذ آب به داخل خاک در لایه‌های رسی و سیلتی بسیار اندک است.

اگر منحنی تغییرات نفوذ تجمعی نسبت به زمان را ترسیم کنیم منحنی نفوذ تجمعی به دست می‌آید. چنانچه عمق آب نفوذ یافته را با حرف  $i$  و زمان را با حرف  $t$  نمایش دهیم سرعت نفوذ  $\left(\frac{di}{dt}\right)$  که همان شیب منحنی نفوذ تجمعی باشد نسبت به زمان به طور مرتب کاهش پیدا می‌کند. یعنی به تدریج که آب در خاک نفوذ می‌کند از سرعت نفوذ کاسته می‌شود. سرعت نفوذ لحظه‌ای، را نباید با متوسط سرعت نفوذ اشتباه گرفت. اگر مقدار عمق آب نفوذ یافته در لحظه  $t$  برابر  $i_t$  و در لحظه  $t_0$  برابر  $i_0$  باشد متوسط سرعت نفوذ برابر است با:  $\frac{i_t - i_0}{t - t_0}$  متوسط سرعت

نفوذ  $I_t =$  نفوذ تجمعی از لحظه صفر تا زمان  $t$

اما سرعت نفوذ لحظه‌ای برابر است با متوسط سرعت نفوذ در صورتی که  $t = t_0$  به سمت صفر میل کند.

$$\text{سرعت نفوذ لحظه‌ای} = \frac{d_i}{d_t}$$



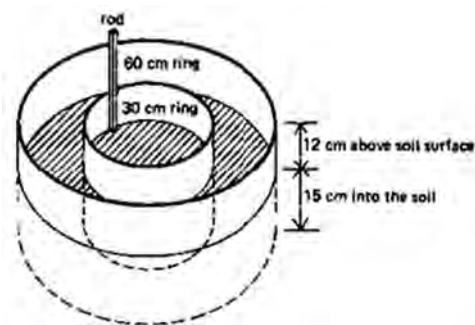
واحد اندازه‌گیری نفوذپذیری برحسب طول در واحد زمان می‌باشد. واحدهای متر در ثانیه یا سانتی‌متر در ثانیه، متر در ساعت یا سانتی‌متر در ساعت و متر در روز یا سانتی‌متر در روز، از واحدهای مورد استفاده می‌باشند. واحد سیستم متریک آن متر در ثانیه می‌باشد. چنانچه خاک در هنگام شروع بارندگی خشک باشد سرعت نفوذ آب در آن در ابتدا به مراتب بیشتر از هنگامی خواهد بود که باران روی همین خاک ولی با رطوبت اولیه زیاد بیارد.

### هنرآموزانی که فراگیران را به مرحله خودآموزی می‌رسانند، موفق‌ترین‌اند.

در مناطق خشک و نیمه‌خشک با اینکه رطوبت اولیه خاک کم است ولی باز هم سیلاب‌های شدید اتفاق می‌افتد. در حالی که با توجه به پایین بودن مقدار بارندگی باید انتظار داشت که تمام باران در خاک نفوذ کند. زیرا اول اینکه باران در مناطق خشک عموماً دارای پراکنش مناسبی نمی‌باشد. دوم اینکه باران‌ها با شدت زیاد و در مدت کم می‌بارند که فرصت نفوذ آب در خاک وجود ندارد. سوم اینکه به علت خصوصیات خاک و ایجاد گل و لای منافذ خاک بسته شده و از ورود آب به داخل خاک جلوگیری می‌نماید. اغلب، بارندگی‌ها به صورت رواناب جاری می‌شود که می‌تواند سیلاب‌های ویرانگر را به وجود آورد.

روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری نفوذ آب به خاک وجود دارد که رایج‌ترین آنها تعیین نفوذپذیری خاک با روش استوانه مضاعف<sup>۱</sup> می‌باشد. در این روش، برای اطمینان از نفوذ قائم آب به خاک، از دو استوانه تو در تو استفاده می‌گردد.

به این ترتیب که به سبب وجود آب در حد فاصل دو استوانه، فرض بر این است که نفوذ آب از استوانه میانی به صورت قائم باشد و نشأت جانبی فقط از حد فاصل بین دو استوانه صورت می‌گیرد. بنابراین، نفوذ آب از استوانه میانی، می‌تواند خصوصیات نفوذپذیری خاک را به خوبی نشان دهد.





## ارزشیابی خصوصیات فیزیکی خاک

### شرح کار:

- ۱ نمونه برداری از خاک ۲ تعیین درصد سنگ ریزه ۳ تعیین بافت خاک ۴ تعیین پایداری خاک دانه ها
- ۵ تعیین وزن مخصوص ظاهری خاک ۶ تعیین وزن مخصوص حقیقی خاک ۷ تعیین درصد تخلخل خاک
- ۸ تعیین درصد رطوبت خاک ۹ تعیین نفوذپذیری خاک

### استاندارد عملکرد:

نمونه های فرعی را از عمق مشخص شده تهیه نماید. از نمونه های فرعی نمونه مرکب یا نهایی تهیه کند. درصد سنگ ریزه خاک را تعیین کند. بافت خاک را به روش لمسی و هیدرومتر تعیین کند. پایداری خاک دانه ها را با استفاده از دو الک و سطل تعیین کند. وزن مخصوص ظاهری و حقیقی خاک را به دست آورد. درصد تخلخل خاک را تعیین کند. درصد رطوبت خاک را به روش وزنی و حجمی تعیین کند. میزان نفوذپذیری خاک را در مزرعه محاسبه کند.

### شاخص ها:

- ۱ نمونه برداری با استفاده از ابزار مختلف با در نظر گرفتن شرایط و هدف از نمونه برداری ۲ توزین و آماده کردن نمونه، الک کردن و محاسبه ۳ به روش لمسی (آماده کردن خاک، اضافه نمودن آب، ایجاد مفتول، اندازه گیری، مقایسه با جداول) - به روش هیدرومتری (آماده سازی خاک، توزین، اضافه نمودن آب و آب اکسیژنه و اسید سولفوریک، مخلوط کردن، حجم رساندن، اندازه گیری. دما، هم زدن، قرار دادن هیدرومتر، زمان سنجی، اضافه کردن محلول کالکن، زمان سنجی و اندازه گیری دما، محاسبه، مقایسه با مثلث بافت خاک. ۴ قرار دادن مقدار مساوی از نمونه خاک بر روی دو الک و مقایسه خاک دانه ها پس از آزمایش ۵ به روش سیلندر (توزین سیلندر خالی، برداشت خاک و توزین سیلندر، خشک کردن، توزین، محاسبه، مقایسه) به روش پارافین (انتخاب کلوخه، توزین، نخ بستن، فرو بردن در پارافین مذاب، توزین کلوخه، ریختن حجم مشخص آب در مزور، قرار دادن کلوخه در مزور، محاسبه حجم کلوخه، فرمول گذاری، محاسبه، مقایسه با جداول استاندارد ۶ به روش مزور (توزین مزور خالی، ریختن خاک در مزور و توزین، افزودن آب، هواگیری، به حجم رسانی، توزین، محاسبه و مقایسه) به روش پیکنومتر (توزین پیکنومتر خالی، توزین خاک، ریختن خاک در پیکنومتر، اضافه کردن آب، هواگیری، به حجم رسانی، توزین پیکنومتر، تخلیه پیکنومتر، پر کردن پیکنومتر از آب و توزین آن، محاسبه، مقایسه) ۷ انتخاب وسیله، میزان آب و خاک، تهیه مخلوط، هواگیری، محاسبه، مقایسه ۸ به روش وزنی (انتخاب کلوخه، توزین، خشک کردن، توزین، محاسبه و مقایسه) به روش حجمی (سیلندر گذاری، توزین، خشک کردن، توزین، محاسبه و مقایسه) ۹ کار گذاری استوانه، آبریزی، زمان سنجی، محاسبه و مقایسه

### شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

- ۱ محل اجرا: آزمایشگاه خاک شناسی - اراضی مزرعه ۲ تجهیزات: سیلندر خاک، سطل، اگر، بیلچه، آون، سینی خاک، چکش لاستیکی یا چوبی، الک، خط کش، همزن الکتریکی، ترازوی دقیق، استوانه مدرج یک لیتری (مزور)، زمان سنج، همزن دستی، هیدرومتر، دماسنج، بشر، آفشان، شیکر خشک، ترازوی دیجیتال، کوبه، سیلندر، کاردک، چراغ بونزن، سه پایه، توری نسوز، استوانه مدرج ۲۵۰ میلی لیتری، آفشان، پمپ خلا، دیسیکاتور شیردار، پیکنومتر، استوانه مضاعف، زمان سنج ۳ منابع: کتاب همراه هنرجو، هنرآموز، کتاب درسی

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	نمونه برداری و آماده سازی خاک	۱	
۲	تعیین بافت خاک	۲	
۳	تعیین پایداری خاک دانه ها	۱	
۴	تعیین درصد تخلخل	۱	
۵	تعیین رطوبت و نفوذ پذیری خاک	۲	
	شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:	۲	
	شایستگی های غیر فنی: محاسبه و ریاضی جمع آوری و گردآوری اطلاعات / ایمنی: خود فرد / توجهات زیست محیطی: اثرات زیست محیطی - سازماندهی نقاط نمونه برداری / نگرش: دقت در سنجش - درستکاری - تفکر انتقادی		
	میانگین نمرات		*

\* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.





پودمان دوم

خواص شیمیایی و بهسازی خاک

## واحد یادگیری ۳: خواص شیمیایی خاک

جمع: ۱۲ ساعت

زمان آموزش

### اهداف توانمندسازی

- ✓ مفهوم اسیدیته را بیان کند.
- ✓ اثرات pH در خاک را شرح دهد.
- ✓ از یک نمونه خاک انواع مختلف عصاره را تهیه نماید.
- ✓ اسیدیته خاک را اندازه‌گیری کند.
- ✓ مفهوم شوری و واحدهای اندازه‌گیری آن را بیان کند.
- ✓ شوری عصاره خاک و آب را اندازه‌گیری کند.
- ✓ مفهوم تبادل کاتیونی را بیان کند.

### واژه‌های کلیدی

عصاره‌گیری خاک، اسیدیته، حدود pH خاک، روش‌های اندازه‌گیری pH، هدایت الکتریکی، مقاومت الکتریکی، تبادل کاتیونی

### خلاصه محتوا

در این واحد یادگیری هنرجویان، مفهوم اسیدیته خاک و اثرات آن در خاک و موجودات زنده را بررسی می‌کنند. انواع عصاره خاک را تهیه کرده و اندازه‌گیری اسیدیته و شوری خاک و تقسیم‌بندی خاک‌ها را از نظر شوری انجام می‌دهند. ابزار و تجهیزات: ظرف پلاستیکی، کاردک، آب‌فشان، قیف بوخنر، پمپ تخلیه، ارلن، ترازوی دیجیتال، شیکر، قیف شیشه‌ای، pH متر رومیزی، pH متر قلمی،

دماسنج، EC متر، لوله آزمایش  
**مواد مصرفی:** آب مقطر، خاک، کاغذ صافی، محلول های استاندارد تنظیم اسیدیته  
 و شوری.  
**بودجه بندی شایستگی:**

پودمان	جلسه	موضوع و عنوان درس	اهداف عملکردی	فعالیت های تکمیلی
خواص شیمیایی و بهسازی خاک	اول	عصاره گیری خاک	- تهیه انواع عصاره خاک - عصاره گل اشباع	
	دوم	تعیین اسیدیته خاک	- اندازه گیری اسیدیته خاک با دستگاه - اندازه گیری اسیدیته با محلول های شیمیایی یا کاغذ تورنسل	
	سوم	تعیین شوری خاک	- تعیین شوری خاک و آب - مقایسه خاک ها از نظر شوری	

مطالب آموزشی را از ساده به دشوار ارائه دهید.

ارائه مطالب درسی به صورت متوالی، از ساده به دشوار موجب می شود که یادگیرندگان ابتدا در یادگیری مطالب ساده به اندازه کافی موفقیت به دست آورند. این کسب موفقیت اولیه، انگیزه یادگیرنده را برای یادگیری های بیشتر افزایش می دهد و بر آمادگی او می افزاید. علاوه بر این کسب پیشرفت غالباً به دریافت پاداش و تأیید از سوی هنرآموز و والدین منجر می شود که این خود یکی از عوامل انگیزشی به شمار می آید. بنابراین هنرآموز باید سعی کند تا در تمام مراحل آموزشی برای همه یادگیرندگان فرصت کسب موفقیت فراهم آورد.

### عصاره‌گیری

در بیشتر آزمایش‌های شیمیایی خاک مانند تعیین pH و EC و عناصر خاک به یک محلول صافی نیاز است که حاوی کلیه شرایط خاک باشد. برای تهیه محلول آب و خاک می‌توان نسبت‌های مختلف آب و خاک را با هم مخلوط نمود مانند گل اشباع، نسبت یک به یک، نسبت دو به یک، نسبت دو و نیم به یک، نسبت پنج به یک و نسبت ده به یک که هر نسبت برای موارد خاص کاربرد دارد. یادآوری نمایید که در این نسبت‌ها صورت کسر مربوط به آب و مخرج آن مربوط به خاک است مثلاً نسبت دو به یک، دو مربوط به آب و یک مربوط به خاک است.

### طرز تهیه عصاره اشباع

برای تهیه این عصاره ابتدا باید گلی بسازیم که به آن گل اشباع می‌گویند. بهتر است گل اشباع را یک روز قبل ساخته و در روز بعد عصاره‌گیری نماییم. برای تهیه گل اشباع به صورت زیر عمل می‌کنیم:

- مقداری خاک در حدود ۴۰۰ گرم خاک نرم (الک ۲ میلی‌متری) را در یک بشر یا ظرف پلاستیکی می‌ریزیم.
- سپس با آب‌فشان بر روی آن مقداری کمی آب مقطر اضافه می‌کنیم و با کاردک به هم می‌زنیم.
- اضافه کردن آب مقطر و به هم زدن را آن‌قدر ادامه می‌دهیم تا گل به حالتی برسد که دارای سه شرط زیر باشد:
- الف) سطح گل براق باشد (ب) در صورت برگرداندن، گل نریزد (ج) اگر با کاردک شیاری در گل ایجاد کردیم با چند ضربه شیار ناپدید شود.
- بعد از آماده شدن خمیر گل اشباع آن را با کمک پمپ و قیف بوختر عصاره‌گیری می‌نمایند، عصاره به دست آمده را عصاره گل اشباع می‌گویند. از این عصاره برای تعیین شوری خاک استفاده می‌کنند.

## شیکر ارلن

دستگاهی آزمایشگاهی است که یک صفحه نگهدارنده ارلن روی آن تعبیه شده است و با حرکات منظم یا نامنظم ارلن‌ها را حرکت می‌دهد و کار مخلوط کردن محلول‌ها را انجام می‌دهد. متداول‌ترین نوع آن، شیکر رومیزی است.

اجزای دستگاه:



- صفحه لرزاننده
- میله یا فنرهای نگهدارنده ارلن
- کلید روشن و خاموش
- کلید زمان سنج
- کلید سرعت

شیکر آزمایشگاهی برای هم زدن مایعات در ظروف آزمایشگاهی برای اعمالی نظیر ارزیابی‌ها، محیط‌های کشت، رنگ‌آمیزی، تحلیل‌های داروشناسی، آنالیز آلودگی آب و خاک و غیره استفاده می‌شود. انواع مختلفی از شیکر وجود دارد، که هر کدام الگوهای هم زدن متفاوتی دارند. بعضی سکوی خود را به شکل دایره‌ای حرکت می‌دهند در حالی که دسته‌ای دیگر به صورت رفت و برگشتی سکوی خود را از یک سمت به سمت دیگر جابه‌جا می‌کنند. یک شیکر گردابی سکوی خود را می‌چرخاند. شیکرهای لرزشی دارای یک سکوی لرزشی هستند.

**در هنگام کار با شیکر بهتر است موارد زیر را رعایت کنیم:**

- از پرکردن ارلن‌ها بپرهیزید.
- ابتدا ارلن‌ها را روی صفحه دستگاه محکم کنید.
- ارلن‌ها را به صورت قرینه روی صفحه دستگاه قرار دهید. از چیدن ارلن‌ها در یک سمت دستگاه خودداری کنید.
- دستگاه را به جریان برق متصل کنید.
- کلید سرعت و زمان دستگاه را تنظیم کنید.
- از سرعت مناسب دستگاه استفاده کنید (عدم استفاده از سرعت‌های خیلی زیاد و خیلی کم، سرعت زیاد باعث پخش محلول یا مخلوط درون ارلن می‌گردد و سرعت خیلی کم محلول درون ارلن را کاملاً مخلوط نمی‌کند).
- کلید روشن / خاموش را بزنید.

- بعد از اتمام به هم زدن، دستگاه را خاموش کنید.
- ارن‌ها را از روی صفحه دستگاه آزاد نمایید.

## اسیدیته یا PH

PH<sup>۱</sup> اختصار کلمات به معنای پتانسیل هیدروژن است. طبق تعریف اسیدیته یا PH میزان غلظت یون هیدروژن در یک محیط شیمیایی است و یکی از مهم‌ترین خصوصیات شیمیایی مواد از جمله آب و خاک است. در یک محلول بین کاتیون‌های هیدروژن ( $H^+$ ) و آنیون هیدروکسید ( $OH^-$ ) حاصل از تجزیه آب تعادل برقرار است. هنگامی که این یون‌ها برابر باشند محیط خنثی است. وقتی در محلول مقدار یون هیدروژن بیشتر از یون هیدروکسید باشد محیط اسیدی و در حالت برعکس محیط قلیایی خواهد شد. چون مقادیر یون‌های هیدروژن و هیدروکسید در محیط خیلی کوچک هستند از آنها لگاریتم منفی می‌گیریم تا به اعداد صحیح تبدیل شوند. در این صورت مقادیر یون‌های هیدروژن در محیط، در محدوده اعداد ۱ تا ۱۴ قرار می‌گیرند. PH هفت محیط خنثی، کمتر از هفت اسیدی و بیشتر از هفت قلیایی است.

مثال: مقدار یون هیدروژن در یک محیط ۰/۰۰۰۱ است اسیدیته آن را مشخص کنید.

$$PH = -\log 10^{-4} = -(-4) \log 10 = +4$$

زمانی تصور می‌شد که در خاک‌های اسیدی به علت اشباع از H خاصیت اسیدی به وجود می‌آید؛ در صورتی که به ندرت اسیدیته خیلی بالا یا خیلی پایین در خاک به علت تجمع H و OH به وجود می‌آید، بلکه اسیدیته بالای ۸/۵ مربوط به تجمع سدیم خاک و PH کمتر از ۳ حضور سولفیدهای آهن و آلومینیوم در خاک است. در خاک‌های کشور ما به علت شرایط اقلیمی مانند مقدار زیاد آهک، بیشتر خاک‌ها PH بالا دارند. خاکی که با اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال بجوشد خاکی آهکی است. بعضی از خاک‌ها حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد آهک دارند. آهک زیادی باعث PH خیلی بالا و کلسیم زیاد در خاک می‌گردد. PH خاک‌های مزرعه معمولاً کمتر از ۸/۳ است زیرا دی‌اکسید کربن حاصل از تنفس موجودات زنده و تجزیه مواد آلی باعث کاهش PH می‌شود زیرا دی‌اکسید کربن با آب ترکیب شده و تولید اسید می‌کند که باعث کاهش PH خاک می‌شود.

## انواع اسیددیده

اسیددیده‌های متفاوتی برای خاک اندازه‌گیری می‌کنند مانند اسیددیده کل، اسیددیده فعال یا لحظه‌ای و اسیددیده ذخیره. منظور از اسیددیده کل PH حاصل از تیتراسیون فاز محلول و جامد خاک است. به عبارت دیگر کلیه هیدروژن‌ها و سایر عناصری که در فاز جامد و محلول خاک وجود دارند. در حالی که اسیددیده فعال اسیددیده در ارتباط با فاز محلول خاک است. اسیددیده ذخیره تفاوت اسیددیده فعال با اسیددیده کل است.

در هنگام اصلاح خاک‌های اسیدی PH فعال از اهمیت کمتری برخوردار است و باید اسیددیده کل را منظور نماییم. برای خنثی کردن اسیددیده فعال یک هکتار خاک با



PH=۴ حدود ۲ کیلوگرم آهک کافی است. در حالی که این مقدار آهک تأثیری در افزایش اسیددیده خاک ندارد زیرا به محض اضافه کردن آهک و خنثی شدن اسیددیده فعال، یون‌های H و Al مربوط به اسیددیده ذخیره، اسیددیده را

به مقدار اولیه برمی‌گردانند. برای افزایش PH چنین خاک‌هایی به مقدار زیادی آهک نیاز است. مقدار اسیددیده کل خاک‌های شنی ممکن است حدود ۱۰۰۰ برابر اسیددیده فعال آنها باشد. در حالی که اسیددیده کل خاک‌های رسی ممکن است به ۵۰۰۰۰ برابر اسیددیده فعال آنها برسد. در بیشتر مطالعات و اندازه‌گیری‌ها، منظور اسیددیده لحظه‌ای است که همان اسیددیده فعال می‌باشد و منظور تعداد هیدروژنی است که در محلول آب خاک وجود دارد و نه کل هیدروژن‌ها و عناصری که در فاز محلول و جامد خاک وجود دارد.

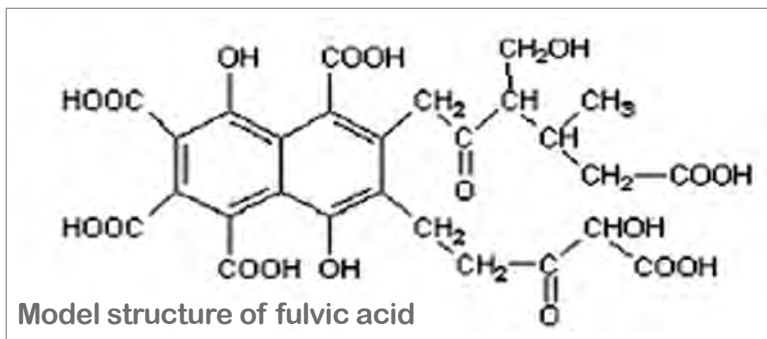
عوامل متعددی بر اسیددیده خاک تأثیر می‌گذارند که از آن جمله می‌توان به موارد زیر به‌طور خلاصه اشاره نمود:

**دما:** یکی از مهم‌ترین عواملی است که اسیددیده را تحت تأثیر قرار می‌دهد. برای همین الکترودهای دستگاه PH متر را در یک بازه دمایی معین، تنظیم می‌کنند.

گاز کربنیک: گاز کربنیک یا  $\text{CO}_2$  به علت ترکیب با آب و تشکیل کربنیک اسید، اسیدیته خاک را کاهش می‌دهد ولی اثر گاز دی‌اکسید کربن در فشار نسبی دی‌اکسید کربن هوای خاک بسیار جزئی است.



مواد آلی: این مواد با آزاد کردن هیدروژن باعث افزایش اسیدیته خاک می‌شوند. شکل زیر مدل معرفی شده برای فلویک اسید می‌باشد. عامل اسیدی فراوان  $(\text{COOH})$  در مولکول ارائه شده به خوبی نمایان است.



## نسبت آب خاک

افزافه کردن آب زیاد به خاک سبب تغییر PH محلول خاک می‌گردد. لازم به ذکر است بسته به اسیدی یا بازی بودن PH خاک، این عمل سبب تغییرات مختلفی خواهد شد. در خاک‌های اسیدی در اثر رقیق شدن محلول آب و خاک کاتیون‌های تک‌ظرفیتی نسبت به کاتیون‌های دو ظرفیتی در فاز محلول افزایش می‌یابد. به طور مثال اگر در یک سیستم کلونیدی دو نوع کاتیون کلسیم و هیدروژن موجود باشد و به سیستم آب اضافه کنیم کلسیم نسبت به هیدروژن در روی سطوح تبادلی افزایش یافته و در مقابل هیدروژن از فاز تبادلی دفع شده و میزان و فعالیت آن در فاز محلول بالا می‌رود در این صورت PH کاهش یافته یا اسیدی می‌شود. بنابراین در خاک‌های اسیدی به سبب وجود یون غالب هیدروژن، با عمل رقیق نمودن، فعالیت یون هیدروژن بالا رفته و PH کاهش می‌یابد. در خاک‌های آهکی PH تحت تأثیر میزان کربنات کلسیم بوده و پس از حل شدن مقادیر کربنات کلسیم در آب ابتدا PH افزایش می‌یابد ولی پس از مدتی به دلیل فعالیت بیولوژیکی و



حل شدن مقداری گاز کربنیک PH کاهش خواهد یافت. در خاک‌های سدیمی نیز اضافه نمودن آب به مخلوط آب و خاک سبب افزایش فعالیت یون سدیم در فاز محلول شده و به تبع آن PH افزایش می‌یابد. در آزمایش‌های آب و خاک به‌طور معمول نسبت ۲/۵ به ۱ آب و خاک پیشنهاد شده است.

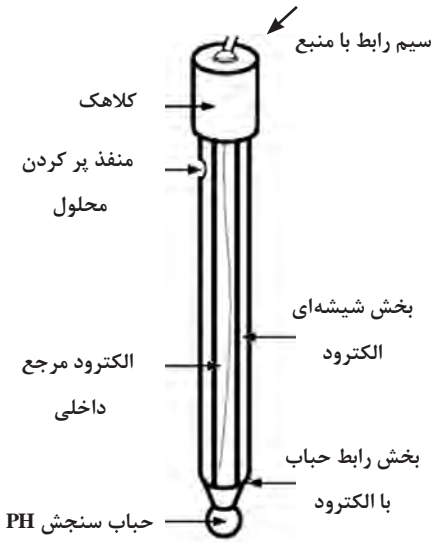
## غلظت نمک

با افزایش غلظت املاح در خاک‌های اسیدی، اسیدیته محلول خاک کاهش می‌یابد. برای همین است که عده‌ای ترجیح می‌دهند PH را در محلول ۱ مولار پتاسیم کلرید یا محلول ۰/۰۱ مولار کلسیم کلرید اندازه‌گیری کنند زیرا نتایج کمتر تحت تأثیر غلظت املاح خاک قرار می‌گیرد.

## روش رنگ سنجی اندازه‌گیری PH

در این روش بعد از تهیه عصاره از خاک با استفاده از یک معرف یا شناساگر مناسب اسیدیته خاک را تعیین می‌کنند این روش ساده ولی تخمینی است. استفاده از این روش محدود می‌باشد زیرا علاوه بر کند بودن آن در تعیین اسیدیته محلول، به دلیل کدوری محلول، نتایج آن از اطمینان کمتری برخوردار است. در این روش از معرف‌هایی استفاده می‌شود که در یک محدوده PH، دارای رنگ مخصوصی می‌باشند. به‌طور مثال سبز برموکرزول در PH ۳/۵ رنگ محلول را زرد رنگ و در PH حدود ۴/۵ رنگ سبز و در PH حدود ۵/۵ رنگ آبی به محلول می‌دهد. در هنگام استفاده از این محلول‌ها به حدود تغییرات رنگ باید توجه داشت مثلاً از سبز برموکرزول نباید برای تعیین PH خاک‌های قلیایی یا آهکی استفاده نمود زیرا این معرف بیشتر برای خاک‌هایی که دارای PH اسیدی هستند استفاده می‌شود و نکته مهم دیگر آن است که از چند معرف برای تعیین PH استفاده می‌کنند به‌طوری که معرف‌ها را از اسیدی به بازی در نظر گرفته و استفاده می‌کنند؛ مثلاً ترتیب سبز برموکرزول - متیل اورانژ - آبی برموتیمول - قرمز کرزول یکی از ترتیب‌های مناسب می‌باشد.

## روش الکتریکی



این روش از دقت بیشتری برخوردار است. در بیشتر آزمایشگاه‌ها از این روش برای اندازه‌گیری اسیدیته استفاده می‌کنند. به دستگاه مربوطه PH متر می‌گویند که دارای انواع قلمی و رومیزی می‌باشد. گذشته از تفاوت‌های ظاهری انواع PH مترها، همه آنها دارای دو بخش الکترود و نمایشگر هستند. PH متر رومیزی یا پرتابل در بیشتر آزمایشگاه‌ها استفاده می‌شود. الکترود PH متر خود یک الکترود مرکب می‌باشد که خود ترکیبی از دو الکترود شیشه‌ای و الکترود مرجع می‌باشد.



الکترود بخشی از دستگاه است که در معرض محلول قرار می‌گیرد. این بخش با توجه به ساختار ویژه‌ای که دارد بسیار حساس و آسیب‌پذیر می‌باشد. الکترود طوری طراحی شده

است که یون‌های هیدروژن آزاد محلول، حتی اگر بسیار کم باشند، می‌توانند در آن یک جریان الکتریکی ایجاد کنند. این جریان الکتریکی به وسیله سیم رابط به نمایشگر منتقل می‌شود. نمایشگر این ولتاژ الکتریکی را دریافت کرده و آن را تقویت می‌کند و در نهایت آن را به صورت میزان PH نمایش می‌دهد؛ برای مثال در صورتی که الکترود ولتاژی معادل  $+0.059$  ولت دریافت کند  $PH = 7$  را نشان

می دهد.

در هنگام استفاده از این دستگاه مواردی را باید رعایت نمود که به اختصار

اشاره می گردد:

■ علاوه بر الکتروود اصلی بیشتر این دستگاه‌ها دارای الکتروود دما هم می باشند که باید در هنگام اندازه گیری از آنها استفاده نمود زیرا در صورت عدم استفاده، دستگاه عدد دقیقی را نشان نخواهد داد.

■ دستگاه‌های جدید نسبت به دما تنظیم شده و به همین جهت در محدوده دمای پیشنهادی توسط شرکت سازنده، اسیدیته را دقیق تر اندازه گیری می کنند.

■ الکتروود اصلی در یک محفظه نگهداری می شود تا از خشک شدن آن و کاهش حساسیت جلوگیری گردد. به همین منظور در هنگام کار کردن با دستگاه الکتروود نباید به مدت طولانی در فضای آزاد قرار گیرد.

■ در ابتدای کار بهتر است دستگاه را با محلول‌هایی که دارای اسیدیته مشخص می باشند تنظیم نماییم (بافر ۴ یا ۷ یا ۹).

■ بعد از هر اندازه گیری الکتروود را با آب مقطر شسته و با دستمال کاغذی خشک می نماییم.

نوع ساده تر و قابل حمل PH سنج‌های قلمی می باشند که برای اندازه گیری‌های گلخانه‌ای و صحرایی کاربرد بیشتری دارند.

بر روی انواع دستگاه PH متر کلیدها و چراغ یا نمایشگرهای متعددی قرار دارد که هر یک نقش معینی برعهده دارند. بر روی صفحه دیجیتال کلیه علائم خروجی مشاهده می شود.



**MODE یا FUNCTION**: کلید جهت تعویض حالات دستگاه

**UP**: کلید زیاد کردن مقادیر

**DOWN**: کلید کم کردن مقادیر

**CAL**: کلید جهت ورود به منوی کالیبره کردن دستگاه

**ON/OFF**: کلید خاموش و روشن کردن دستگاه

### نمایشگرها

**چراغ یا علامت CAL**: با قرار دادن دستگاه در حالت تنظیم، این چراغ روشن می‌شود و یا نشانگر روبه‌روی آن قرار می‌گیرد.

**چراغ PH متر**: وقتی دستگاه در حالت اندازه‌گیری PH قرار داشته باشد این چراغ روشن می‌گردد و یا نشانگر دستگاه روبه‌روی آن قرار می‌گیرد.

**چراغ mv**: هنگامی که دستگاه در حالت اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل محلول قرار داشته باشد این چراغ آن را نشان می‌دهد و یا نشانگر دیجیتالی آن را نشان می‌دهد.

**چراغ TEMP**: وقتی دستگاه در این حالت باشد دمای محلول را نشان می‌دهد.

### نحوه تنظیم کردن دستگاه

قبل از شروع به کار ابتدا دستگاه را تنظیم می‌کنیم.

- الکتروود را از محل خود خارج می‌کنیم.
- یک بشر در زیر الکتروود قرار داده و آن را با آب مقطر شسته و سپس با دستمال کاغذی آن را خشک می‌کنیم.
- محلول استاندارد یا بافر ۴ را در یک ظرف مناسب ریخته و آنگاه الکتروود را در آن قرار می‌دهیم.
- با کلید مد دستگاه را در وضعیت کالیبراسیون قرار می‌دهیم. چراغ نمایشگر کالیبراسیون ۱ CAL را نشان می‌دهد، اگر غیر از عدد ۴ را نشان داد با کلید بالا یا پایین آن را به ۴ تبدیل می‌کنیم.
- بعد از چند ثانیه نمایشگر تنظیم ۲ CAL را نشان می‌دهد که باید دستگاه را با بافر بیشتر تنظیم کنیم. الکتروود را دوباره شسته و سپس با دستمال کاغذی خشک می‌کنیم.

- محلول استاندارد ۹ یا ۱۱ را در ظرف مناسبی می‌ریزیم و الکتروود دستگاه را در آن قرار می‌دهیم.
- عدد نشان داده شده اگر مغایرتی با عدد بافر داشت آن را با کلید بالا و پایین تنظیم می‌کنیم.
- با کلید مد دستگاه را از حالت CAL خارج نموده و در حالت دلخواه قرار می‌دهیم.
- الکتروود را دوباره شسته و خشک می‌کنیم.
- دستگاه آماده اندازه‌گیری PH یا دما یا mv مربوط به محلول شیمیایی است. توجه در بعضی از دستگاه‌ها CAL دو عدد چراغ و در بعضی یک عدد چراغ دارد و فقط با شماره ۱ یا ۲ مشخص می‌شود. اگر دستگاه دارای الکتروود دما باشد نیازی به تنظیم دمای دستگاه نیست زیرا دستگاه به طور خودکار این تنظیم را انجام می‌دهد. در غیر این صورت ابتدا دمای دستگاه را با دمای محلول مورد نظر تنظیم می‌کنیم.

مواردی که در استفاده و نگهداری از دستگاه‌های PH متر بهتر است رعایت کنید:

- پس از استفاده از الکتروود، آن را با آب مقطر بشویید.
- برای نگهداری الکتروود، آن را در محلول نگهدارنده یا محلولی با اسیدیته ۴ قرار دهید.
- الکتروودها را دور از نور خورشید نگهداری کنید.
- الکتروود را به صورت عمودی در محلول نگهدارنده قرار دهید.
- دستگاه و الکتروود را در بازه دمایی مشخص شده توسط کارخانه سازنده نگهداری کنید.
- به سطح الکتروود در طول استفاده از آن دست نزنید. قطرات باقی مانده از محلول یا آب مقطر را به آرامی و با دستمال کاغذی از روی الکتروود بردارید.
- در هنگام پاک کردن، الکتروود را نسابید و روی آن دستمال نکشید. کشیدن دستمال بر روی الکتروود می‌تواند باعث تولید الکتریسیته ساکن بر روی الکتروود شود.
- دقت کنید تا حباب‌های هوا در داخل الکتروود نباشند. برای از بین بردن این حباب‌ها می‌توانید الکتروود را به حالت عمودی گرفته و به آرامی به بدنه الکتروود چند ضربه کوچک وارد کنید. برای حباب‌های بزرگ‌تر می‌توانید الکتروود را در جهت پایین تکان دهید.
- در طی استفاده از الکتروود، حتماً بین هر اندازه‌گیری، الکتروود را با آب مقطر بشویید تا قطرات احتمالی موجود بر روی الکتروود که از محلول قبل به جا مانده‌اند، محلول جدید را آلوده نکنند.

■ برای تنظیم PH مترهای قلمی، از پیچ‌گوشتی یا آچار مخصوص استفاده کنید. در محل تنظیم این نوع دستگاه‌ها، پیچ‌هایی قرار دارد که با چرخاندن آنها دستگاه تنظیم می‌شود.

■ در هنگام تنظیم یا کالیبره کردن دستگاه، از وارد کردن الکتروود به داخل محلول بافر خودداری نمایید. محلول استاندارد یا بافر مورد آزمایش را دور بریزید و از برگرداندن آن به ظرف اصلی خودداری کنید.

## شوری خاک<sup>۱</sup>

یکی از مشکلات امروزه بشر به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک فرایند نمکی شدن زمین است. شوری عبارت است از حضور بیش از اندازه نمک‌های قابل حل در محلول آب و خاک که منجر به تجمع نمک در ناحیه ریشه شده و گیاه در جذب آب کافی از محلول خاک با اشکال روبه‌رو می‌شود. اصولاً خاک شور به خاکی گفته می‌شود که غلظت املاح محلول در آن به قدری باشد که عملکرد را کاهش دهد، مشروط بر آنکه سایر عوامل مانعی برای رشد محصول ایجاد نکنند. از این تعریف به خوبی استنباط می‌شود که شوری مفهومی وابسته به گیاه است و با توجه به نوع گیاه و آستانه تحمل آن، حد ثابت و مشخصی ندارد. خاک‌های متأثر از نمک دارای مقادیر زیادی املاح محلول می‌باشند که کاتیون‌ها و آنیون‌های غالب آن را سدیم، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، کلر و سولفات تشکیل می‌دهند.

### منشأ نمک در طبیعت

■ آزدسازی نمک‌ها از طریق هوازدگی کانی‌های اولیه کانی‌های اولیه موجود در سنگ‌ها منابع اصلی کلیه نمک‌های موجود در طبیعت می‌باشند. در اثر هوازدگی، کانی‌های اولیه، کاتیون‌ها و آنیون‌هایی را آزاد کرده که در اثر ترکیب این کاتیون‌ها و آنیون‌ها نمک‌های متعددی تشکیل می‌شود. نمک‌های تشکیل شده به ندرت در مناطقی که منشأ گرفته‌اند باقی می‌مانند و در بیشتر مواقع نمک‌های محلول در اثر حرکت آب بر روی سطح زمین یا درون خاک به سمت مناطق پست‌تر حرکت نموده و بدین ترتیب باعث آلودگی خاک‌های غیرشور می‌شوند. پس از ورود این نمک‌ها بسته به میزان حلالیت انتشار می‌یابند.

## علل تجمع املاح در مناطق تحت آبیاری و مناطق خشک

■ **بالا آمدن سفره آب زیرزمینی تحت آبیاری:** در مناطقی که به میزان زیاد تحت آبیاری قرار می‌گیرند و فاقد سیستم زهکشی طبیعی یا مصنوعی می‌باشند، سفره آب زیرزمینی در اثر آبیاری بالا می‌آید. همچنین سیستم‌های کشت که در آنها محصولات با ریشه سطحی کشت می‌شوند، به دلیل عدم خروج رطوبت خاک زیرین ممکن است منجر به بالا آمدن سفره آب گردد. در این شرایط نمک‌ها در سطح زمین یا در افق‌های بالایی خاک تجمع می‌یابند.

■ **استفاده از آب زیرزمینی شور به منظور آبیاری:** استفاده از آب زیرزمینی شور به منظور آبیاری می‌تواند منجر به تجمع نمک‌ها در منطقه ریشه گردد، به ویژه هنگامی که زهکشی داخلی در منطقه محدود و آب‌شویی نیز به اندازه کافی صورت نگیرد.

■ **افزایش تبخیر و تعرق:** در مناطق خشک با پوشش گیاهی طبیعی، کمبود بیش از حد رطوبت خاک و تبخیر و تعرق بالا منجر به تجمع نمک در خاک‌های توسعه یافته بر روی مواد مادری نمکی یا دارای آب زیرزمینی شور می‌گردد.

■ **کاهش تبخیر و تعرق:** هنگامی که میزان تبخیر و تعرق در نتیجه تغییر کاربری اراضی (جنگل طبیعی به مزرعه غلات) کاهش می‌یابد منجر به افزایش رطوبت می‌شود. در صورتی که این آب اضافی نتواند از سطح زمین خارج شود باعث بالا آمدن سفره آب می‌گردد و در نتیجه نمک موجود در خاک حل گردیده و در نهایت باعث صعود آب مملو از املاح به سمت افق‌های بالایی و سطح خاک می‌گردد.

### ■ طبقه‌بندی خاک‌های شور بر اساس کل میزان املاح خاک:

بر اساس گزارش شوری ریچارد (۱۹۵۴) سه نوع خاک متأثر از نمک وجود دارند، طبقه‌بندی این خاک‌ها بر اساس اسیدیته (PH)، شوری (EC) و درصد سدیم محلول (ESP) می‌باشد.

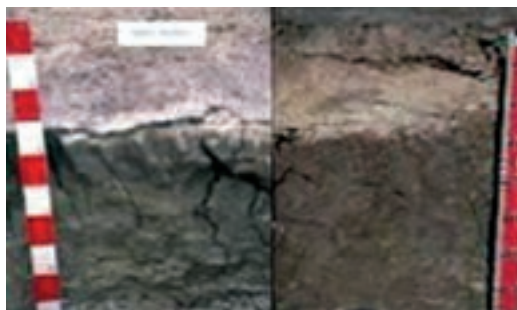
**الف) خاک‌های شور:** خاکی که به حدی دارای نمک است که از رشد گیاه جلوگیری کند یا میزان محصول را کاهش دهد، به آن خاک شور می‌گویند. معمولاً املاح در سطح خاک تجمع یافته و پوسته سفیدی را به وجود می‌آورد. نفوذپذیری خاک تحت تأثیر شوری کاهش نمی‌یابد.



**ب) خاک‌های قلیا:** خاک‌هایی هستند که زیادی یون سدیم در آنها باعث کاهش میزان محصول می‌گردد ولی میزان کل نمک محلول خاک کم می‌باشد. به این خاک‌ها، خاک قلیا می‌گویند. یون‌های سدیم در کمپلکس تبادل‌ی خاک جذب سطحی شده و منجر به ایجاد خاک‌های سدیک می‌کند. خاک‌های سدیمی هرچند دارای مقادیر نسبتاً کمی از نمک‌های محلول هستند، اما ترکیب نمک‌های موجود در این خاک‌ها نسبت به خاک‌های شور تفاوت زیادی دارد. از راه‌های شناخت این نوع خاک‌ها استفاده از اسید ضعیف مثل سرکه است که باعث جوشیدن خاک می‌شود.



این خاک‌ها دارای مقادیر زیادی کربنات و بیکربنات سدیم هستند و مقدار یون کلسیم در این خاک‌ها بسیار کم است. در خاک‌های قلیا لکه‌های سیاه در سطح



خاک آشکار می‌گردد و به علت اینکه سدیم خاکدانه‌های خاک را از هم می‌پاشد باعث کاهش نفوذپذیری خاک می‌شود.



**ج) خاک‌های شور و قلیا:** دسته‌ای از خاک‌ها هستند که میزان نمک محلول و مقدار یون سدیم آنها زیاد است به این دسته از خاک‌ها شور و قلیا می‌گویند. در جدول زیر میزان سه شاخص  $EC^1$ ، PH،  $ESP^2$  را در این سه نوع خاک مشاهده می‌کنید. این شاخص‌ها شناخت بهتر و دقیق‌تری از خاک‌ها را ممکن می‌سازد. مقادیر آستانه‌ای که معمولاً برای تشخیص این خاک‌ها به کار می‌روند عبارت‌اند از: EC بیش از ۴ دسی زیمنس بر متر به منظور تشخیص خاک‌های شور و ESP بیشتر از ۱۵ درصد برای تعیین خاک‌های قلیا. منظور از ESP درصد سدیم تبدلی خاک است. میزان این شاخص باید در خاک‌های زراعی حدود ۱۰ درصد یا کمتر باشد. هرچه این نسبت در خاک افزایش یابد به همان میزان از کیفیت شیمیایی خاک کاسته می‌شود و مشکلات زیادی را در خاک به وجود می‌آورد که از آن جمله می‌توان به تخریب خاکدانه‌ها و پودری شدن خاک اشاره کرد که کاهش نفوذپذیری خاک را به دنبال دارد.

نوع خاک	EC	PH	ESP
شور	$> 4$	$< 8.5$	$< 15$
قلیایی	$< 4$	$> 8.5$	$> 15$
شور و قلیا	$> 4$	$< 8.5$	$> 15$



از دستگاه‌های متفاوتی برای اندازه‌گیری شوری محلول استفاده می‌شود که از آن جمله می‌توان به دستگاه EC متر و دستگاه TDS متر اشاره نمود. البته دستگاه‌هایی با توانایی سنجش کلیه پارامترهای محلول خاک طراحی شده‌اند.

همان‌طور که قبلاً اشاره شد اساس دستگاه‌های شوری سنج با توجه به مقاومت الکتریکی بنیان نهاده شده است و چون واحد مقاومت الکتریکی Ohm در واحد طول است از وارون آن mhos در واحد طول به عنوان واحد شوری استفاده می‌کنند. مقادیر این واحد خیلی بزرگ است به همین جهت از واحدهای کوچک‌تر آن یعنی  $\mu\text{mhos/cm}$  و  $\mu\text{mhos/cm}$  استفاده می‌کنند. رابطه زیر بین این اجزا برقرار است.

$$1 \text{ mhos/cm} = 10^3 \text{ mmhos/cm} = 10^6 \mu\text{mhos/cm}$$

در مورد خاک چون میزان شوری زیاد است از واحد mmhos/cm استفاده می کنند ولی در مورد آب به علت شوری کم، واحد  $\mu\text{mhos/cm}$  کاربرد بیشتری دارد. در سیستم SI واحد شوری ds/m می باشد. هر  $\text{mmhos/cm}$  برابر یک  $\text{ds/m}$  است.  
 $\text{mmhos cm}^{-1} = \text{mS cm}^{-1} = \text{dSm}^{-1}$

کلیدهای زیر عموماً در دستگاه های شوری سنج دیده می شود :

- کلید ON /OFF برای روشن و خاموش کردن دستگاه
  - کلید CAL برای تنظیم نمودن دستگاه
  - کلید FUNCTION/ MODE در دستگاه هایی که چندکاره هستند برای انتخاب یکی از حالت های مورد نظر
- دستگاه شوری سنج دارای یک الکتروود می باشد که به وسیله یک پوشش پلاستیکی محافظت می گردد.



- در هنگام کار با دستگاه موارد زیر را باید رعایت نمود تا نتایج بهتری حاصل شود.
- الکتروود در هنگامی که دستگاه روشن است اگر در هوا قرار گیرد باید عدد صفر را نشان دهد.
  - وقتی که الکتروود را در محلول قرار می دهیم باید منافذ موجود در روی الکتروود در محلول قرار گیرد تا تمام هوای اطراف الکتروود حذف گردد و در غیر این صورت هوا باعث ایجاد خطا در قرائت میزان شوری می گردد.
  - قبل از شروع هر آزمایش بهتر است دستگاه را تنظیم نماییم. بدین منظور از محلول استاندارد استفاده می کنیم که دارای شوری مشخصی است.
  - چون دما یکی از پارامترهای مؤثر در حلالیت نمک ها و نیز هدایت الکتریکی آنها می باشد، به همین دلیل میزان شوری را در یک دمای معین اندازه گیری می کنند. درجه حرارت استاندارد برای تعیین هدایت الکتریکی یا شوری ۲۵ درجه سانتی گراد می باشد.
  - چون با افزایش مقدار آب در محلول عصاره گیری شده میزان نمک محلول افزایش می یابد بهترین شرایط رطوبتی برای اندازه گیری شوری خاک FC یا ظرفیت زراعی می باشد چون تهیه عصاره هایی با رطوبت FC مشکل است برای همین از عصاره گل اشباع استفاده می کنند. دستگاه شوری سنج دارای انواع پرتابل (رومیزی) و قلمی یا جیبی است.

نمونه چک لیست ارزشیابی خواص شیمیایی خاک

نتایج گروه ۳ از ۳ نمره	نتایج فردی از ۳ نمره	اهداف توانمند سازی		نام هنرجو به تفکیک گروه
		شایستگی فنی	شایستگی غیر فنی	
	غیر فنی			احمدی (گروه ۱)
	فنی			امیری (گروه ۱)
	.....			..... (گروه ۱)
		شوری خاک منطقه را تعیین می‌کند.		..... (گروه ۱)
		دستگاه EC سنج را با محلول استاندارد تنظیم می‌کند.		..... (گروه ۲)
		اسیدپنه خاک یا محلول را تعیین می‌کند.		..... (گروه ۲)
		دستگاه PH متر را با محلول های استاندارد تنظیم می‌کند.		..... (گروه ۲)
		دمای عصاره را اندازه گیری می‌کند.		..... (گروه ۲)
		عصاره اشباع را با استفاده از پمپ خلأ تهیه می‌کند.		..... (گروه ۲)
		گل اشباع را آماده می‌کند.		..... (گروه ۲)
		خاک را برای تهیه گل اشباع آماده می‌کند.		..... (گروه ۲)
		از آنه پژوهش در تعیین ۴ میه قابل کاشت در منطقه خود		..... (گروه ۲)
		.....		..... (گروه ۲)
			هنر جو از مشاهدات خود یادداشت برداری می‌کند.	
			مشارکت در گروه	
			در هنگام کار ایمنی را رعایت می‌کند	
			بهداشت فردی را رعایت می‌کند	
			لباس کار می‌پوشد	
		نیاز به تکرار دارد		با توجه به نتیجه ارزشیابی، عملکرد هنرجو مورد قبول است
		تاریخ - امضا		نام و نام خانوادگی هنرآموز:

## ارزشیابی شایستگی خواص شیمیایی خاک

<p><b>شرح کار:</b></p> <p>۱ تعیین دامنه PH مناسب گیاهان قابل کشت در منطقه      ۲ تهیه عصاره خاک      ۳ تعیین PH خاک</p> <p>۴ اندازه گیری شوری خاک</p>			
<p><b>استاندارد عملکرد:</b></p> <p>هنرجو پس از اتمام این واحد یادگیری، با مفهوم PH و EC آشنا شده و با انجام آزمایش‌هایی گل اشباع تهیه و به نسبت‌های مختلف عصاره‌سازی نموده و PH و EC محلول‌های خاکی را اندازه‌گیری می‌نماید.</p> <p><b>شاخص‌ها:</b></p> <p>۱ انجام تحقیق و ارائه PH مناسب گیاهان قابل کشت در منطقه</p> <p>۲ تهیه عصاره گل اشباع (آماده‌سازی خاک و توزین، افزودن آب مقطر، تهیه مخلوط، آماده‌سازی کیف و ارلن، ریختن گل، روشن کردن پمپ و عصارگیری) - عصاره ۱ به ۵ (توزین خاک، محاسبه آب، تهیه مخلوط، قراردادن در شیکو، رسوب‌گذاری، عصاره‌گیری)</p> <p>۳ اندازه‌گیری دمای عصاره، تنظیم دستگاه PH متر، قراردادن الکتروود در محلول، قرائت، مقایسه، شست‌وشوی الکتروود</p> <p>۴ تنظیم EC سنج، آماده‌سازی الکتروود، قراردادن الکتروود در محلول، قرائت، مقایسه، شست‌وشوی الکتروود</p>			
<p><b>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:</b></p> <p>۱ محل اجرا: آزمایشگاه خاک‌شناسی</p> <p>۲ تجهیزات: ترازوی دیجیتال، همزن الکتریکی، همزن دستی، مزور و بشر در اندازه‌های مختلف، دماسنج آزمایشگاهی، کاردک، پمپ خلأ، کیف بوخنر، ارلن تخلیه، PH سنج، EC سنج، آب‌فشان</p> <p>۳ مواد: خاک، آب مقطر، کاغذ صافی، محلول‌های استاندارد PH متر و EC سنج</p> <p>۴ منابع: جداول استاندارد</p>			
<p><b>معیار شایستگی:</b></p>			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	تعیین PH مناسب گیاهان قابل کشت در منطقه	۱	
۲	عصاره‌گیری از نمونه خاک	۱	
۳	تعیین اسیدیته خاک	۲	
۴	اندازه‌گیری شوری خاک	۲	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:	۲	
	شایستگی‌های غیرفنی: محاسبه و ریاضی، گردآوری اطلاعات/ ایمنی: خود فرد/ توجهات زیست‌محیطی: اثرات زیست‌محیطی رعایت مصرف مواد شیمیایی مرتبط با آن/ نگرش: دقت در سنجش، ریزبینی، ظرافت، تفکر انتقادی		
	میانگین نمرات		*

\* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.

## واحد یادگیری ۴: بهسازی خاکها

زمان آموزش

جمع: ۱۶ ساعت

### اهداف توانمندسازی

- ✓ ویژگی‌های خاک‌های سنگین را بیان کند.
- ✓ اصلاح یک نوع خاک رسی را به درستی انجام دهد.
- ✓ خصوصیات خاک‌های سبک را بداند.
- ✓ بهسازی خاک‌های شنی را انجام دهد.
- ✓ فرسایش و انواع آن را بشناسد.
- ✓ مهم‌ترین عوامل فرسایش در اقلیم ایران را بیان کند.
- ✓ بهترین روش کنترل فرسایش در مناطق گرم و خشک را تشخیص دهد.

### واژه‌های کلیدی

بهسازی یا اصلاح خاک، خاک رسی یا سنگین، خاک‌های سبک و بهسازی آنها، ویژگی خاک‌های اسیدی و نحوه اصلاح آنها، خاک‌های شور و علل شور شدن تدریجی خاک‌ها، انواع خاک‌های شور و قلیا و اصلاح آنها، فرسایش و انواع آن، روش‌های کنترل فرسایش آبی، فرسایش بادی و کنترل آن

### خلاصه محتوا

در شایستگی بهسازی خاک‌ها، فراگیر ابتدا با ویژگی‌های هر یک از انواع خاک‌ها آشنا شده و در ادامه روش یا روش‌هایی را برای اصلاح خاک انجام می‌دهد تا شرایط را برای رشد گیاه بهبود بخشد. عوامل فرسایش خاک را می‌شناسد و روش‌های کنترل فرسایش را می‌آموزد. (با طراحی آزمایش یا بازدید علمی)

**ابزار و تجهیزات:** گلدان، زمان‌سنج، آبپاش، ظروف شیشه‌ای، جعبه بزرگ، چهارپایه، تخته چوبی، تراز بنایی، نخ و ریسمان، بیل، کلنگ، میخ چوبی، چکش

مواد مصرفی: خاک شنی، خاک رسی، خاک باغچه، بذر  
 بودجه بندی شایستگی:

پودمان	جلسه	موضوع و عنوان درس	اهداف عملکردی	فعالیت‌های تکمیلی
خواص شیمیایی و بهسازی خاک	اول	اصلاح خاک‌های سبک و سنگین	- طراحی آزمایش برای اصلاح خاک رسی - طراحی آزمایش برای اصلاح خاک شنی	
	دوم	اصلاح خاک‌های اسیدی و شور	- تشخیص انواع آهک و نحوه استفاده از آن - طراحی عملیات بهسازی خاک شور	بازدید صحرایی
	سوم	فرسایش آبی	- بازدید از مناطق فرسایشی و طرح‌های مبارزه با فرسایش - تشخیص انواع فرسایش آبی	بازدید صحرایی
	چهارم	فرسایش بادی	- تأثیر گیاهان در فرسایش با طراحی آزمایش - ارزشیابی مرحله ای	

## راهنمای فرایند آموزش

### اصلاح فیزیکی خاک‌های سبک و سنگین

در اثر بعضی از فعالیت‌های ژئولوژیکی زمین و یا تداخل عمل انسان در طبیعت ساختار فیزیکی یا شیمیایی خاک دچار تغییر می‌شود؛ به‌طور مثال در اثر بروز سیلاب‌های طبیعی و شسته شدن رس‌های یک منطقه و انتقال رسوبات به نقطه پست دیگر و رسوب در آن منطقه با گذشت زمان خاک‌هایی را با بافت نسبتاً سنگینی به‌وجود می‌آورد و یا بروز شوری در بخش‌هایی از مناطق جنوبی ایران، که در اثر آبیاری با آب نامناسب باعث شوری تدریجی خاک شده است. انجام امور زراعی در خاک‌های دارای محدودیت مستلزم اقداماتی است که باعث کاهش اثرات عامل محدودکننده می‌گردد. از بین بردن یک عامل محدودکننده هزینه زیادی را

دربردارد که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست و از سوی دیگر تحمیل تغییر به محیط زیست مشکلات بعدی را نیز به همراه خواهد داشت. به همین جهت بهتر است تا حد امکان از روش‌های به زراعی استفاده گردد و یا اقدام به کاشت محصولات سازگار با شرایط موجود نمود. در غیر این صورت اصلاح موضعی خاک‌ها پیشنهاد می‌شود. با توجه به اهمیت این محدودیت‌ها از نظر وسعت و ارزش اقتصادی آنها در کشور، به ترتیب اولویت در ادامه به چند مورد اشاره می‌شود.

### اصلاح خاک‌های اسیدی و شور:

مؤثرترین راه اصلاح خاک‌های شور شستشوی املاح و خارج کردن آنها از ناحیه ریشه با مقدار زیادی آب است. اما عمل شستشو بدون ایجاد زهکش، مناسب نبوده و باعث بالا آمدن سفره آب زیرزمینی شده و در نتیجه نمک مجدداً در خاک تجمع می‌یابد. یکی از محدودیت‌های این روش آب مورد نیاز می‌باشد که با توجه به کمبود آب مشکلات عمده‌ای را به وجود می‌آورد. عدم استفاده از آب کافی در هنگام شستشوی خاک نه تنها نمک را از خاک خارج نمی‌کند بلکه می‌تواند با محلول کردن نمک تأثیر بدتری در رشد گیاه داشته باشد. از سوی دیگر برآورد آب بیش از توان زهکشی خاک نیز علاوه بر هدر رفت آب، باعث باتلاقی شدن خاک و بروز مشکلات بعدی می‌گردد.

### پراکنش و وسعت اراضی متأثر از نمک:

به طور کلی خاک‌های متأثر از نمک در تمامی کشورها و تقریباً تمامی شرایط آب و هوایی وجود دارند، وسعت این خاک‌ها در مناطق خشک بسیار بیشتر از مناطق مرطوب می‌باشد. به عبارت دیگر مناطق خشک به علت وجود بارندگی کم و تبخیر و تعرق بالا و در نتیجه شستشوی محدود نمک‌ها، ذاتاً مستعد تجمع املاح می‌باشند. برآوردها نشان می‌دهد حدود هفت درصد از سطح خشکی‌های زمین را خاک‌های متأثر از نمک دربرمی‌گیرد. مساحت خاک‌های با شوری کم و متوسط در کشور ما ۲۶ میلیون هکتار و خاک‌های با شوری زیاد حدود ۸ میلیون هکتار تخمین زده می‌شود. علاوه بر روند طبیعی شور شدن خاک‌ها، حدود ۷۷ میلیون هکتار از اراضی دنیا در اثر فعالیت‌های انسان شور شده‌اند.

یکی از مهمترین عوامل در موفقیت اصلاح خاک‌های شور برآورد دقیق آب مورد نیاز برای شستشوی خاک می‌باشد. آب مورد نیاز برای شستشوی خاک را با استفاده از روابطی می‌توان تعیین نمود. یکی از این معادلات نیاز آب شویی می‌باشد:

$$LR = \frac{FC \times EC_{iw}}{SP \times EC_e} = \frac{D_{dw}}{D_{dw} + D_{iw}}$$

در این رابطه

$LR =$  نیاز آبخویی

$D_{dw} =$  عمق آب زهکشی

$D_{iw} =$  عمق آب آبیاری

$FC =$  رطوبت خاک در ظرفیت زراعی

$EC_{iw} =$  هدایت الکتریکی یا شوری آب آبیاری

$SP =$  رطوبت خاک در عصاره اشباع

$EC_e =$  هدایت الکتریکی یا شوری عصاره اشباع

**مثال:** خاکی با رطوبت اشباع ۷۵٪ و رطوبت ظرفیت نگهداشت رطوبت ۲۵ درصد و سالیانه با ۱۰۰ سانتی متر آبیاری می شود اگر آب آبیاری و عصاره اشباع دارای شوری به ترتیب ۰/۴ و ۱ میلی موس بر سانتی متر باشد، چه مقدار آب اضافه باید به زمین داده شود تا از شور شدن خاک جلوگیری گردد؟

$$LR = \frac{FC \times EC_{iw}}{SP \times EC_e} = \frac{25 \times 0/4}{75 \times 1} = 0/13$$

$$LR = \frac{D_{dw}}{D_{dw} + D_{iw}} = \frac{D_{dw}}{D_{dw} + 100} = 0/13 \rightarrow D_{dw} = 15 \text{ cm}$$

سالانه باید ۱۵cm به عمق آب آبیاری اضافه کنیم تا از روند شور شدن خاک جلوگیری شود. مقدار آبی که برای آب شویی لازم است به میزان شوری اولیه خاک، نوع خاک و روش آبیاری بستگی دارد. در صورتی که ارتفاع آب معادل آب شویی به صورت پیوسته به خاک اضافه شود به طوری که زمین غرقاب شود حدود ۷۵ درصد املاح از خاک خارج می شوند. در خاک های سنگین آب آبخویی را می توان با انتخاب شیوه های متفاوت و



غیرغرقابی تاحدی کاهش داد. در این نوع خاک‌ها منافذ ریز می‌تواند مقداری از محلول خاک دارای نمک را درخود نگه دارد که این مقدار درخاک اشباع ناشی از آبیاری غرقابی قابل توجه می‌باشد. بنابراین با آبیاری ناپیوسته و متناوب مانند آبیاری بارانی و قطره‌ای، درصد بیشتری از آب از منافذ عبور می‌کند و کارایی جایگزینی آب شور افزایش می‌یابد.

**بهسازی خاک‌های شور را می‌توان با کاشت گونه‌های مقاوم بهبود بخشید.**

### اصلاح خاک‌های قلیا

در این نوع خاک‌ها علاوه بر شستشوی نمک با ایجاد زهکش مناسب، باید سدیم زیادی را از سطح کلئیدهای خاک جدا نمود. گاهی اوقات مصرف زیاد آب توأم با عملیات کشاورزی موجب خروج سدیم قابل تبادل و املاح محلول در خاک می‌شود ولی مصرف مواد اصلاح‌کننده باعث تسریع در امر اصلاح خاک‌های قلیایی و شور و قلیا می‌شود. از مواد اصلاح‌کننده می‌توان گچ، گوگرد، کلسیم کلرید و اسیدسولفوریک را نام برد. گچ با فرمول شیمیایی  $(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$  و گوگرد متداول‌ترین مواد شیمیایی اصلاح‌کننده این نوع خاک‌ها می‌باشند. این مواد را می‌توان همراه با آب آبیاری و یا به‌صورت پاشیدن و مخلوط نمودن آن به خاک استفاده نمود. در صورتی که جایگزینی سریع کلسیم با سدیم مدنظر باشد از کلرید کلسیم استفاده می‌کنند. در خاک‌های ایران به‌علت وجود آهک کافی بهتر است از موادی نظیر اسیدسولفوریک، گوگرد و سولفات‌های آهن استفاده نمود تا کلسیم به‌صورت سولفات درآمده و حلالیت آن افزایش یابد. چون گچ ارزان‌تر بوده و در زمان کمتری فرایند اصلاح صورت می‌گیرد و به مقدار زیاد مصرف می‌شود به‌همین جهت نحوه محاسبه گچ مورد نیاز را یادآوری می‌کنیم.

میزان گچ موردنیاز را به‌صورت تقریبی می‌توان از معادله زیر برآورد نمود.

$$GR = \frac{ESP_i - ESP_f}{100} \times CEC$$

در این رابطه

GR = مقدار گچ مورد نیاز

$ESP_i$  = درصد سدیم تبادل اولیه

$ESP_f$  = درصد سدیم تبادل نهایی خاک که ۱۰٪ منظور می‌شود

CEC = ظرفیت کاتیون تبدالی برحسب میلی‌اکی والان در ۱۰۰ گرم خاک

مثال: در صورتی که درصد سدیم تبدالی خاکی ۳۵ درصد و ظرفیت کاتیون تبدالی

آن ۲۴ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خاک خشک باشد مقدار گچ مورد نیاز برای اصلاح آن را مشخص کنید.

$$GR = (0/35 - 0/10) \times 26 = 6 \quad \text{meq/100 soil}$$

۶ میلی اکی والان گچ برای اصلاح ۱۰۰ گرم خاک نیاز است. برای تبدیل به واحد جرم به صورت زیر عمل می‌کنیم.

$$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 174 \quad \text{گرم جرم مولکولی گچ}$$

$$E = M/N = 174/2 = 86 \quad \text{گرم اکی والان گچ}$$

$$\text{mg} = \text{meq} \times (\text{ظرفیت/جرم مولکولی}) = 6 \times 86 = 516 \quad \text{میلی گرم}$$

مقدار ۵۱۶ میلی گرم یا حدوداً ۰/۵ گرم گچ برای اصلاح ۱۰۰ گرم خاک نیاز است. برای یک مزرعه ۱ هکتاری به عمق شخم ۳۰ سانتی‌متر و وزن مخصوص ۱/۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب، مقدار گچ مورد نیاز عبارت است از:

$$\text{گرم وزن خاک مزرعه} = 4/8 \times 10^9 = 10^4 \times 10^4 \times 30 \times 1/6$$

مقدار گچ مورد نیاز برای اصلاح خاک این مزرعه ۲۴ تن می‌باشد:

$$= 4/8 \times 10^9 \times 0/5 \div 100 = 24000000 \text{ g} = 24000 \text{ Kg} = 24 \text{ ton}$$

در بهسازی خاک‌های قلیا یا سدیمی لازم است تا نفوذ آب در خاک و تبادل یون کلسیم با سدیم را بهبود بخشید. بهتر است ابتدا آب‌شویی را با آب شور آغاز نموده و به تدریج از شوری آن بکاهیم. در صورتی که در خاک لایه کلسیم‌دار وجود دارد می‌توان با انواع ماشین‌ها و ادوات شخم خاک را برهم زد تا اختلاط بین لایه سرشار از سدیم با نهشته‌های کلسیم خاک فراهم نمود. در این صورت نیاز به مواد اصلاح‌کننده خاک کاهش می‌یابد.

گچ را می‌توان در سطح خاک پخش نمود و یا همراه با آب آبیاری به خاک اضافه کرد. گوگرد را معمولاً در سطح خاک پخش کرده و با شخم به زیر خاک می‌کنند و آن را با آب آبیاری به زمین اضافه نمی‌کنند زیرا آب‌شویی آن را از بین می‌برد. هرچه گوگرد ریزتر و نرم‌تر باشد اکسیداسیون آن سریع‌تر خواهد بود.

اصلاح خاک‌های شور و قلیا علاوه بر استفاده از آب‌شویی و مواد اصلاح‌کننده محدودیت‌های دیگری نیز دارد که بهسازی این‌گونه خاک‌ها را با مشکلاتی مواجه می‌سازد که باید در مدیریت آنها مدنظر قرار گیرد تا طرح‌های اجرایی با موفقیت همراه باشد.

### اصلاح خاک‌های اسیدی

اسیدیته افراطی در خاک‌ها یکی از عوامل محدودکننده رشد گیاهان است. در

ایران غالباً PH خاک آن قدر کاهش نمی‌یابد که اثرات سوء اسیدی شدن در آن ظاهر شود. خاک‌های اسیدی احتمالاً فقط در قسمتی از مناطق شمالی ایران ممکن است عوارضی را به وجود آورد. ولی در بعضی از نقاط به صورت موضعی ممکن است کاهش PH اتفاق افتد و مشکلاتی را برای زارعین به وجود آورد. اصولاً اصلاح PH خاک، کار مشکلی است معمولاً PH خاک را به‌عنوان یک خصوصیت ثابت در نظر می‌گیرند و خیلی تغییر نمی‌دهند زیرا خاک دارای خاصیت تامپونگی است و در مقابل تغییرات PH از خودش مقاومت نشان می‌دهد. لذا توصیه می‌شود با توجه به PH خاک، گیاه انتخاب و کشت شود. خاک‌های اسیدی بیشتر در اقلیم‌های مرطوب دیده می‌شوند. هر عاملی که بتواند عناصر بازی (Na، Ca، Mg، K) را از خاک خارج کند و یا عناصر H، Al را افزایش دهد باعث کاهش PH و در نتیجه اسیدی شدن خاک می‌گردد.

یکی از راه‌های شناخت ساده خاک‌های اسیدی، استفاده از محلول‌های بازی مثل جوش شیرین است که باعث جوشیدن و تشکیل حباب در آنها می‌شود.



از عوامل مهم اسیدی شدن خاک‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- شستشوی زیاد خاک
  - جذب عناصر غذایی توسط گیاهان
  - اسیدهای آلی ترشح توسط ریشه گیاهان
  - استفاده زیاد از کودهای شیمیایی اسیدزا
- وقتی PH خاک زیاد اسیدی شود یون‌های آلومینیوم و منگنز به مقدار زیاد در آب حل می‌شوند و می‌تواند برای گیاه ایجاد سمیت کند. در خاک‌های خیلی اسیدی همچنین جذب کلسیم دچار اختلال می‌شود. برای اصلاح خاک‌های اسیدی باید از ترکیباتی استفاده نمود که عناصر بازی خاک را اضافه نماید. بهترین ماده که این

ویژگی را دارد آهک است.

آهک به اشکال زیر در طبیعت وجود دارد:

- آهک زنده یا اکسید کلسیم  $\text{CaO}$
- آهک مرده یا هیدروکسید کلسیم  $\text{Ca(OH)}_2$
- سنگ آهک یا کربنات کلسیم  $\text{CaCO}_3$

کلسیم موجود در ترکیبات فوق در اثر انحلال تدریجی جانشین عناصر هیدروژن و آلومینیوم در سطح کلونیدها شده و یون‌های این دو عنصر را وارد محلول خاک می‌کند. با گذشت زمان نیز این یون‌های خارج شده از سطح کلونیدها با عمل آب‌شویی از خاک خارج می‌شود. متداول‌ترین ترکیبی که برای اصلاح خاک‌های اسیدی استفاده می‌شود سنگ آهک است.

**در مصرف آهک موارد زیر را باید مدنظر داشت تا اثرات اصلاحی آن زودتر و بهتر نمایان شود:**

الف) هرچه اندازه ذرات آهک ریز باشد به‌علت افزایش سطح تماس، آهک زودتر حل شده و باعث بالا رفتن PH خاک خواهد شد ولیکن در اثر آبیاری و بارندگی سریع‌تر از خاک خارج خواهد شد. بنابراین بهتر است آهک مصرفی مخلوطی از ذرات ریز و درشت باشد تا از این طریق مدت زمان اثر آهک افزایش یابد.

ب) بهتر است ذرات آهک و خاک با یکدیگر تماس کامل داشته باشند بنابراین توصیه می‌شود که پخش آهک قبل از شخم زدن انجام گیرد و در صورت امکان بعد از عملیات شخم عملیات دیسک زنی انجام گیرد.

ج) بهترین زمان مصرف آهک چند ماه قبل از کشت است و برای افزایش راندمان مصرف آهک بهتر است هر دو سال یکبار و به تدریج آهک را به خاک اضافه نمود. به‌علت تأثیر عوامل گوناگون در تعیین مقدار آهک نمی‌توان میزان دقیق آهک را مشخص نمود. برای تخمین مقدار آهک مورد نیاز، دو عامل آب و هوا و بافت خاک را در نظر می‌گیرند. برای این منظور جداولی تنظیم شده است که جدول صفحه بعد یکی از انواع آن است.