روش‌های اندازه‌گیری رطوبت خاک

بهترین و مؤثرترین روش تعیین زمان آبیاری، اندازه‌گیری یا برآورد مقدار رطوبت خاک می‌باشد. با آگاهی از مقدار رطوبت موجود، یک آبیار که دانش و تجربهٔ مرتبط با یک گیاه در یک خاک خاص را دارد می‌تواند زمان آبیاری را به درستی تعیین کند. بیشتر روش های اندازه‌گیری و برآورد رطوبت خاک، برای کاربرد مزرعه‌ای مناسب نیستند. برخی از روش‌های قابل استفاده برای تعیین زمان آبیاری شامل :

۱- روش اندازه‌گیری مستقیم که شامل رطوبت جرمی و حجمی است.

۲- روش‌های اندازه‌گیری غیرمستقیم که در این روش‌ها با استفاده از دستگاه‌های مختلف، میزان رطوبت خاک تعیین می‌شود که مهمترین این روش‌ها عبارتند از :

نوترون‌متر، بلوک گچی، تانسیومتر، TDR و پرتوی گاما

روش جرمی

در یک مزرعه برای هر نوع خاک، از عمق مورد نظر در چندین محل، نمونه‌های خاک تهیه و وزن شده و به مدت ۲٤ ساعت در گرمخانه در دمای ۱۰۵ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد خشک و مجدداً وزن می‌شوند. اختلاف دو وزن، مقدار آب موجود در خاک براساس وزن خشک می‌باشد که می‌توان آن را بر حسب عمق آب موجود در خاک بیان کرد.

$$\theta_m = \frac{\mathbf{M}_w}{\mathbf{M}_s}$$

θ_m مقدار جرمی رطوبت خاک

$\mathbf{M}_w$ جرم آب موجود در خاک

$\mathbf{M}_s$ جرم جزء جامد خاک

روش جرمی

اگرچه این روش، نتایج خوبی ارائه می‌نماید ولی معمولاً توسط زارعین مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

دقت اندازه‌گیری در این روش، به تعداد نمونه‌های گرفته شده و مهارت در نمونه‌برداری بستگی دارد. در این روش نیاز به تجهیزاتی می‌باشد که معمولاً زارعین در اختیار ندارند و همچنین زمان و نیروی انسانی زیادی صرف می‌شود.

از این روش اصولاً در کارهای آزمایشگاهی و به عنوان استانداردی برای مقایسهٔ نتایج روش‌های دیگر استفاده می‌شود.

رطوبت حجمی

رطوبت حجمی خاک عبارت است از نسبت حجم آب به حجم کل خاک.

$$\theta_v = \frac{V_w}{V_t}$$

θ_v مقدار رطوبت حجمی خاک

V_w حجم آب موجود در خاک

V_t حجم کل خاک

رطوبت حجمی

بین رطوبت حجمی و رطوبت جرمی، رابطه‌ای وجود دارد و می‌توان با استفاده از رطوبت جرمی که آسان‌تر در آزمایشگاه به دست می‌آید به رطوبت حجمی که در مسائل آبیاری کاربرد بیشتری دارد، دست یافت. این رابطه به صورت زیر است :

$$\theta_v = \theta_m \times \rho_b$$

θ_m مقدار جرمی رطوبت خاک

θ_v مقدار رطوبت حجمی خاک

$\mathbf{P_b}$ وزن مخصوص ظاهری خاک

روش لمس و ظاهر خاک

در این روش برای نمونه‌برداری می‌توان از بیل استفاده کرد ولی برای نمونه‌برداری از خاک زیرین، بهتر است از آگر استفاده گردد. واکنش خاک و مقدار رطوبت خاک طی سه آزمایش مزرعه‌ای بررسی می‌شود که به صورت زیر می‌باشد :

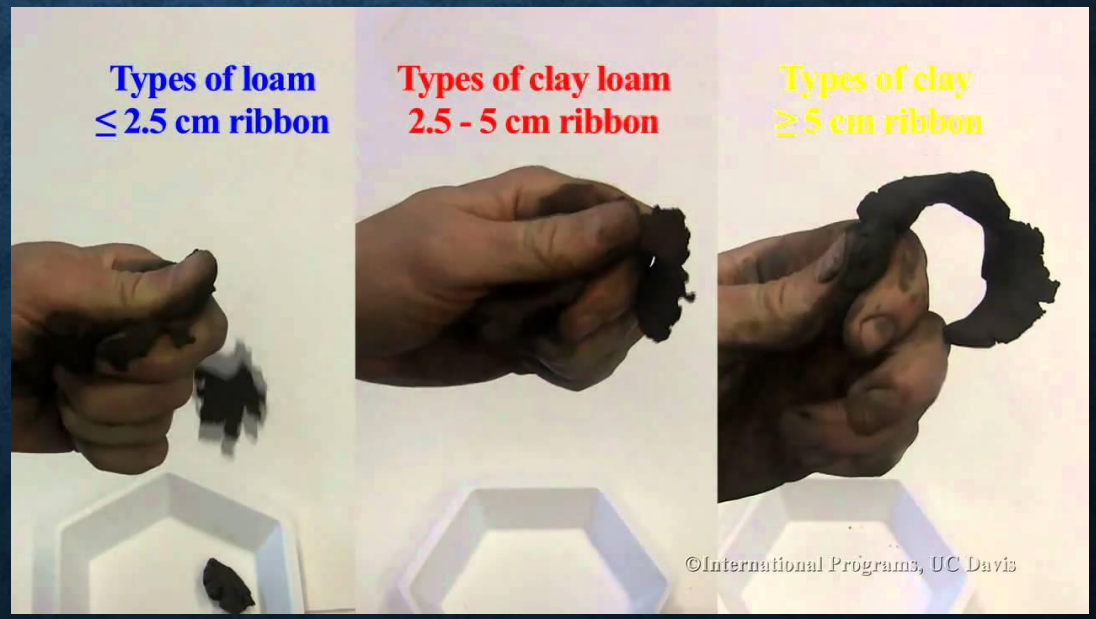
۱- آزمایش توپ خاک (ball test) : در آن، نمونهٔ خاک به صورت یک توپ سفت فشرده می‌شود و از ارتفاع‌های مختلف انداخته شده و اثرات ثبت می گردد.

روش لمس و ظاهر خاک

۲- آزمایش میله خاک (rod test) : نمونهٔ خاک به شکل میله‌ای با قطر ۳ میلیمتر در می‌آید و سپس به صورت عمودی نگهداشته می‌شود و تأثیر بر طول آن اندازه‌گیری و ثبت می‌گردد.

۳- آزمایش تسمه خاک (ribbon test) : مواد خاک بین انگشت شصت و انگشت اول فشرده شده و طول تسمهٔ حاصله ثبت می‌شود.

محمد مؤمنی . دانشکده کشاورزی سمنگان



روش لمس و ظاهر خاک

اگرچه تعیین رطوبت خاک با روش لمس و ظاهر دقیق‌ترین روش نیست، اما آبیار با تجربه می‌تواند برآورد رطوبت خاک را با خطای ۱۰ تا ۱۵ درصد داشته باشد.

این روش ارزان است ولی جمع‌آوری نمونه‌های خاک نیاز به کار زیادی خواهد داشت.

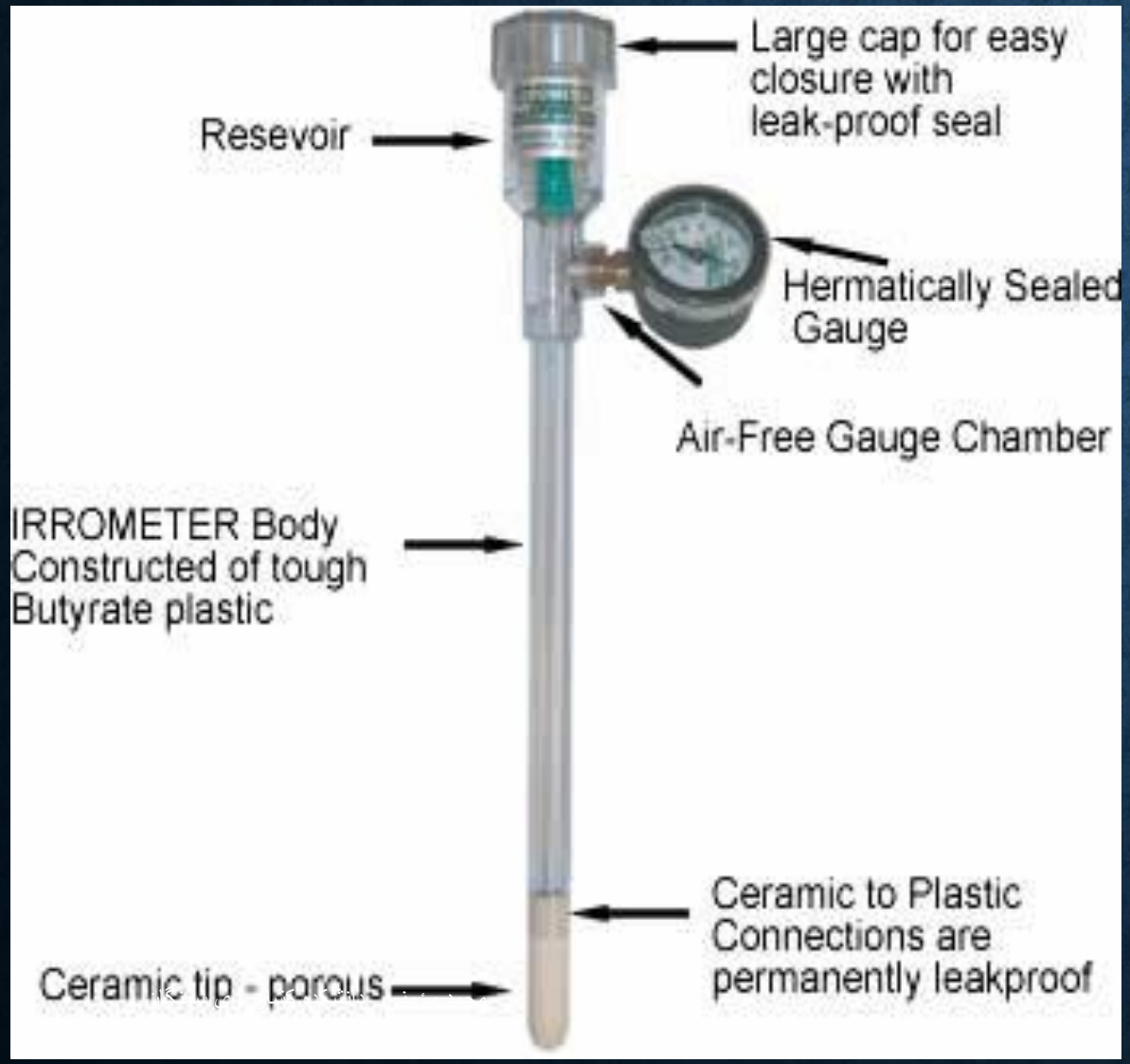
تانسیومتر

تانسیومتر یا مکش‌سنج، وسیله‌ای برای اندازه‌گیری **پتانسیل ماتریک** یا تنش رطوبتی خاک (در شرایطی که خاک خیلی خشک نیست) می‌باشد. به دلیل اینکه این وسیله، مکش را اندازه‌گیری می‌کند به آن مکش‌سنج می‌گویند.

تانسیومترها یا از نوع **جیوه‌ای** هستند و یا از نوع **فلزی**. تانسیومترهای جیوه‌ای بیشتر در کارهای آزمایشگاهی و تحقیقی مورد استفاده می‌باشند.

تانسیومتر فلزی از یک لوله پر آب تشکیل شده است که قسمت پایین آن از یک کلاهک سرامیکی درست شده و قسمت بالای آن مسدود است، به طوری که اگر آب از کلاهک سرامیکی خارج شود در داخل لوله خلاء ایجاد می‌شود. به همین منظور در کنار لوله تانسیومتر، خلاءسنجی به آن متصل است که قادر می‌باشد مقدار خلاء یا فشار منفی را اندازه‌گیری کند.

تانسیومتر



۱- مخزن و درپوش (reservoir and cap)

۲- لوله تانسیومتر (body tube)

۳- کلاهک سرامیکی (ceramic cup or tip)

٤- خلاء سنج (vacuum gauge)

تانسیومتر

جریان آب به داخل و خارج تانسیومتر تنها در صورتی برقرار می‌شود که کلاهک سرامیکی کاملا اشباع از آب باشد. اگر کلاهک غیر اشباع باشد دو مشکل بوجود می‌آید که کارکرد صحیح تانسیومتر را غیرممکن می‌سازد :

1. هوا از طریق منافذ غیراشباع به داخل لوله تانسیومتر وارد و موجب می‌شود خلاءسنج میزان خلاء را به درستی نشان ندهد و در صورت تشدید مسئله خلاءسنج عدد صفر را نشان دهد.
2. تبادل آب بین بیرون و داخل تانسیومتر به خوبی صورت نمی‌گیرد چرا که منافذ عبور دهنده آب به وسیله هوا اشغال شده‌اند.

تانسیومتر

آماده کردن تانسیومتر :

1. پر کردن لوله و مخزن تانسیومتر با آب مقطر جوشانده و سرد شده
2. هواگیری و اشباع کامل کلاهک سرامیکی و بررسی خلاءسنج :

مخزن و لوله تانسیومتر را با آب مقطر جوشیده و سرد شده پر نموده و تانسیومتر را به حالت عمودی در هوا نگه داشته، پس از مدتی قطرات آب مانند عرق بر روی کلاهک سرامیکی ظاهر خواهد شد سپس مجددا تانسیومتر را با آب پر نموده و آن را به مدت ٢٤ ساعت در سطل آب قرار می‌دهیم تا کلاهک سرامیکی تانسیومتر اشباع گردد. پس از اطمینان ا ز این که تانسیومتر کاملا از آب پر است درپوش تانسیومتر را محکم بسته و آن را در هوای آزاد به حالت عمودی نگه می‌داریم و خلاءسنج باید عدد حدود ٧٠ (فشار اتسفر) را نشان دهد در غیر این صورت باید مرا حل فوق را مجددا تکرار نمود.

تانسیومتر

نصب تانسیومتر :

تانسیومتر را باید به گونه‌ای نصب کرد که کلاهک سرامیکی در تماس مستقیم با خاک باشد. با استفاده از ابزارهای متداول نمونه‌برداری خاک مثل مته خاک یا یک لوله، چاهکی به قطر کمی کمتر از قطر تانسیومتر حفر کرده و تانسیومتر را به آرامی و با فشار به داخل چاهک هدایت کرد و اطمینان حاصل نمود که ابتدای کلاهک سرامیکی نیز با کف چاهک برخورد نموده است. اگر قطر چاهکی که حفر گردیده از قطر لوله تانسیومتر بیشتر است، هنگام نصب تانسیومتر و پر کردن اطراف آن باید دقت شود که خاک اطراف تانسیومتر به تراکمی حدود تراکم اولیه خاک برسد. پس از نصب نیز با مقداری خاک اطراف تانسیومتر را برآمده می‌نمایند تا آب اطراف آن جمع نگردد.

عمق نصب تانسیومتر باید به گونه‌ای باشد که کلاهک سرامیکی در منطقه فعال ریشه گیاه قرار داشته باشد.

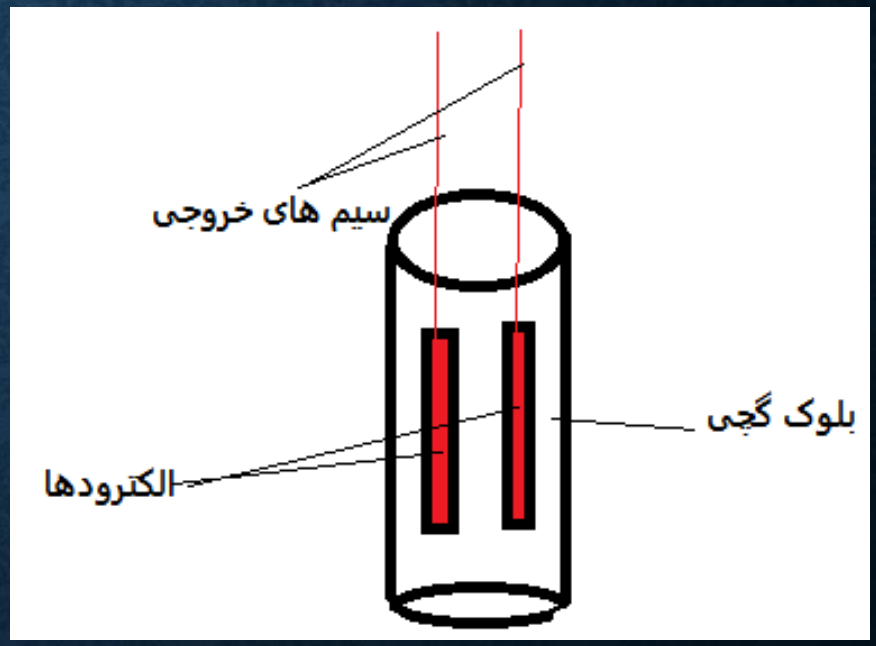
تانسیومتر

بلوک‌های مقاومت

در این روش درون یک توده گچی متخلخل(بلوک گچی) مثل گچ شکسته‌بندی؛ دو الکترود (دو تیغه مسی رسانا) با فاصله مشخص از هم (حدود یک سانتیمتر) قرار می‌دهند و این دو الکترود را با دو سیم به بیرون از این توده گچی هدایت می کنند.

در مرحله بعد این بلوک گچی را درون عمق مشخصی از خاک به طور آزمایشی قرار می‌دهند و میزان هدایت الکتریکی یا مقاومت این دو تیغه الکترود درون بلوک گچی را در سطوح مختلف رطوبت (از حالت خاک خشک تا خاک اشباع و پر از آب که رطوبت آن را به روش مستقیم محاسبه کرده‌اند)؛ توسط یک اهم‌متر اندازه‌گیری یا آزمایش می کنند و نتایج را در جدول و نموداری رسم می کنند. سپس براساس این نمودار (نمودار ارتباط بین مقاومت الکتریکی و میزان رطوبت خاک) و میزان هدایت الکتریکی که بعدا در محیط خاص دیگری که قرار است رطوبتش سنجیده شود، میزان رطوبت خاک را محاسبه می کنند.

بلوک‌های مقاومت



بلوک‌های مقاومت

در هنگام آزمایش بلوک‌های گچی، پس از آن که آنها را در داخل آب قرار دادید، تفاوت قرائت بلوک‌ها نباید از ۵۰ اهم بیشتر باشد. در این صورت بلوک‌ها یکنواخت نخواهند بود. اگر قرائت بلوک‌ها در داخل آب، همگی صفر باشند ایده‌آل است اما اگر قرائت‌ها اعدادی تا حدود ٤۰۰ اهم را نشان دهند، باز هم می‌توان با اعمال ضریب اصلاحی از آنها استفاده کرد؛ ولی اگر قرائت بلوک در آب بسیار زیاد بود حتماً توصیه می‌شود که از آن استفاده نگردد.

در حد ظرفیت زراعی، قرائت بلوک حدود ۵۰۰ تا ٦۰۰ و در حد پژمردگی ۵۰۰۰۰ تا ۷۵۰۰۰ اهم است.

در این روش، بلوک گچی بعد از چند بار استفاده مخصوصا در خاک‌های شور به خاطر ورود نمک‌های معدنی به بلوک گچی از حساسیت و دقت آن کاسته می‌شود و دیگر قابل استفاده نیست.

نسبت به روش‌های دیگر، ارزان‌تر و راحت‌تر است.

بلوک‌های مقاومت

با توجه به **نیاز تعادل پتانسیلی** بین بلوک و خاک، لازم است که پس از نصب بلوک به مدت چندین ساعت صبر کرد تا این تعادل برقرار شود. برای این منظور، بلوک‌ها قبل از آبیاری در خاک قرار داده می‌شوند و معمولاً در تمام طول فصل رشد، در خاک باقی می‌مانند و فقط سیم‌های متصل به الکترودها از خاک خارج می‌باشند تا در مواقع اندازه‌گیری، به دو سر مقاومت‌سنج وصل شوند.

گرچه در خاک‌های معمولی، بلوک می‌تواند تا ۵ سال مورد استفاده قرار گیرد ولی در خاک‌های شور یا آلی و خاک‌های مرطوب، بیش از یک سال عمر نخواهند کرد.

در استفاده از بلوک‌های گچی، توصیه می‌شود فاصلهٔ آنها از یکدیگر در خاک کمتر از ۳۰ سانتیمتر نباشد.

بلوک‌ها نسبت به درجه حرارت حساس بوده و در هنگام واسنجی آنها باید این مسأله در نظر گرفته شود.

بلوک‌های مقاومت

محمد مؤمنی . دانشکده کشاورزی سمنگان

بلوک‌های مقاومت

روش نوترون‌متر

دستگاه نوترون‌متر دارای دو قسمت است :

I. قسمت لوله یا Probe با قطر حدود ۵ سانتیمتر و ارتفاعی متناسب با عمق مورد اندازه‌گیری رطوبت که محفظهٔ انتشار نوترون‌های سریع

II. دستگاه شمارگر برای ثبت شار نوترون‌های کند شده (بخش گیرندهٔ نوترون‌های کند شده)

روش نوترون‌متر

وقتی نوترون‌های سریع به ذرات هم جرم خود برخورد می‌کنند، مقدار زیادی انرژی از دست داده و به نوترون کند تبدیل می‌شوند.

هستهٔ اتم هیدروژن، تقریباً هم جرم با ذرات نوترون است. در خاک نیز تقریبا تنها منبع هیدروژن، همان آب موجود در خاک است. بنابراین تعداد نوترون‌های کند شدهٔ برگشتی، متناسب با مقدار رطوبت خاک می‌باشد. به کمک دستگاه شمارش‌گر، نوترون‌های کند شدهٔ برگشتی ثبت می‌شوند و سپس به کمک منحنی واسنجی (که در آن، رابطهٔ هیدروژن یا رطوبت خاک با تعداد نوترون‌های کند شده مشخص است) می‌توان به درصد رطوبت حجمی خاک پی برد.

هرچه رطوبت خاک بیشتر باشد، تعداد بیشتری نوترون کند شده به گیرنده می‌رسد.

روش نوترون‌متر

مزایای روش نوترون‌متر :

I. احتیاج به نمونه‌برداری از خاک ندارد و خاک دست نخورده باقی می‌ماند.

II. مقدار رطوبت در هر فازی تعیین می‌شود

III. سرعت اندازه‌گیری زیاد است

IV. در حجم وسیع خاک و در شرایط واقعی مزرعه امکان کاربرد دارد

V. می‌توان اندازه‌گیری را با هر تعداد تکرار نمود.

روش نوترون‌متر

معایب روش نوترون‌متر :

I. هزینهٔ زیاد دستگاه

II. نیاز به تهیهٔ منحنی واسنجی برای هر نوع خاک

III. عدم امکان اندازه‌گیری رطوبت در لایهٔ سطحی خاک

IV. خطرات ناشی از تابش نوترون برای سلامت فرد

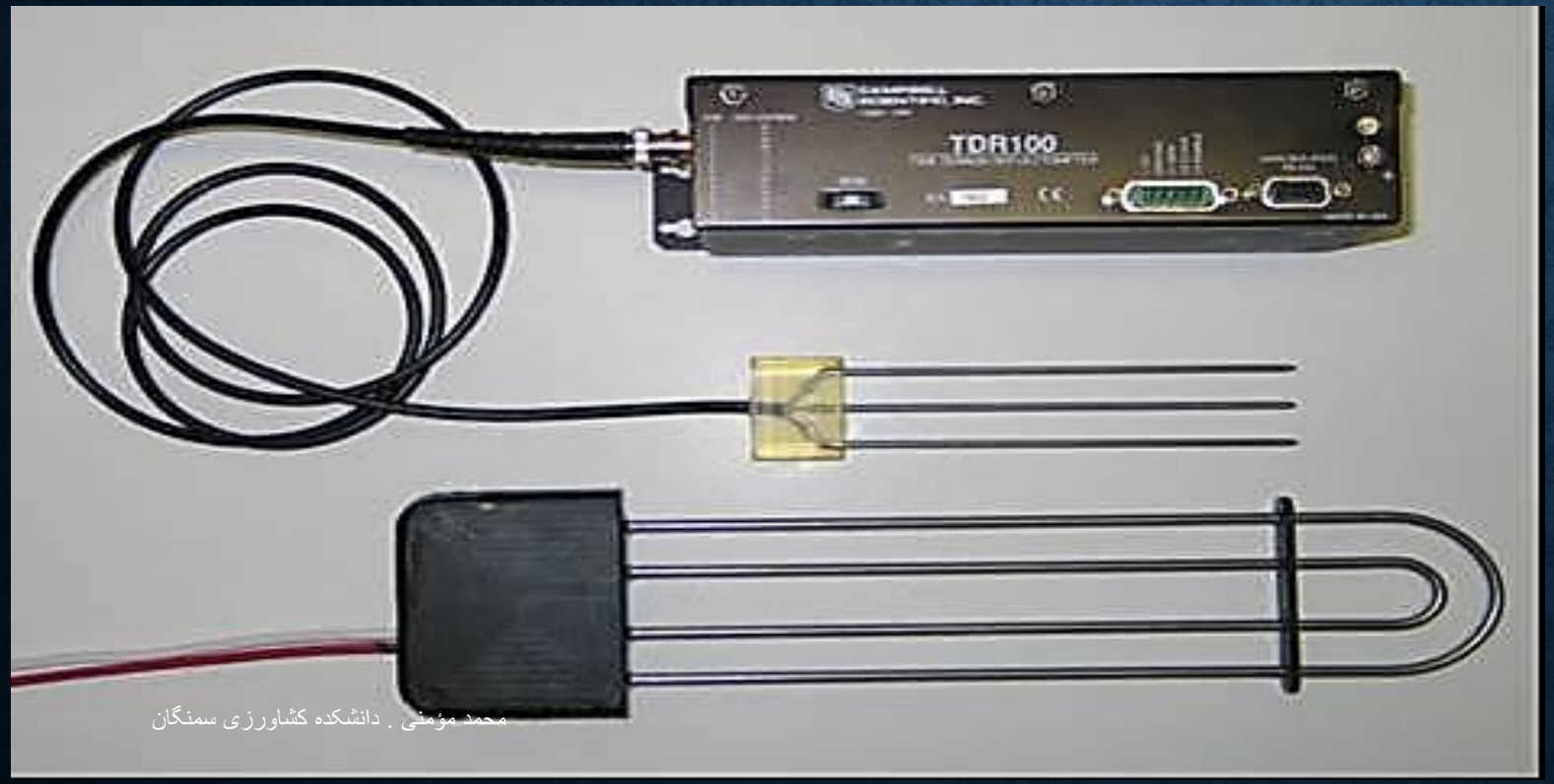
V. تأثیر خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک (نظیر شوری و میزان مواد آلی) بر روی اندازه‌گیری‌ها

روش جذب اشعه گاما

بطور کلی، دستگاه جذب اشعهٔ گاما از دو قسمت مجزا تشکیل شده است :

I. میلی ولت ساطع که منبع تولید اشعهٔ گاما است (سزیم ۱۳۷ که اشعهٔ گاما را با انرژی ۰/٦٦ میلی‌ولت ساطع می کند)

II. گیرندهٔ اشعهٔ گاما



محمد مؤمنی . دانشکده کشاورزی سمنگان

روش جذب اشعه گاما

با توجه به این نکته که عبور اشعه گاما در خاک‌هایی با رطوبت مختلف متفاوت است؛ ابتدا در آزمایشی با مشخص بودن میزان رطوبت خاک (از طریق رطوبت جرمی) در حالت‌های مختلف (از حالت اشباع تا خشک) میزان یا سرعت و چگونگی عبور امواج اشعه گاما را اندازه‌گیری کرده و در جدول و یا نموداری (منحنی کالیبراسیون) ثبت می‌کنند و سپس با داشتن اطلاعات این نمودار و سرعت حرکت امواج اشعه گاما در خاکی که قرار است رطوبتش مورد اندازه‌گیری قرار گیرد، می‌توانند رطوبت خاک را اندازه‌گیری کنند.

روش جذب اشعه گاما

مزایا :

I. توانایی اندازه‌گیری تغییرات زمانی رطوبت خاک

II. روش غیرتخریبی

III. تعیین رطوبت در اعماق مختلف حتی اعماق سطحی

IV. قابلیت اتوماتیک کردن

روش جذب اشعه گاما

معایب :

I. کاربرد این دستگاه در صحرا محدود است

II. خطرات ناشی از تابش اشعهٔ گاما

III. محدودیت ضخامت خاک (۲/۵ سانتی متر یا کمتر)

IV. تأثیر تغییر چگالی بر اندازه‌گیری رطوبت

V. هزینهٔ بالا

VI. خطای زیاد در خاک‌های مطبق

دستگاه TDR

یک دستگاه **TDR** از دو قسمت تشکیل شده است :

I. قسمت مرکزی گیرنده

II. سنسورهای میله‌ای

برای اندازه‌گیری رطوبت خاک میله‌های سنسور در داخل پروفیل و ترجیحا به تفکیک افق‌ها قرار می‌گیرد. سنسور معمولا از ٤ یا ٥ میله مسی یا فلزی مشابه و هم اندازه تشکیل شده است که بصورت دایره یا کنار یکدیگر قرار گرفته است.

دستگاه TDR

اساس کار دستگاه TDR :

کار این دستگاه بر این اصل استوار است که دستگاه گیرنده، علایمی را به داخل سنسور میله‌ای ارسال کرده که از میله اصلی(که معمولا میله وسطی است) این علایم خارج شده و توسط میله‌های کناری دریافت می‌شوند.

هنگامی که سنسور در داخل خاک قرار دارد و بین میله‌ها را خاک فرا می‌گیرد، بسته به میزان رطوبت خاک، زمان عبور موج الکترومغناطیس تغییر می‌کند و دستگاه برحسب واحدهای مختلف (بسته به تنظیم دستگاه که معمولا میلی ولت است)، میزان رطوبت را مستقیما قرائت می‌کند.

دستگاه TDR

محمد مؤمنی . دانشکده کشاورزی سمنگان

دستگاه TDR

در هنگام استفاده از دستگاه مذکور باید موارد زیر را رعایت کرد :

1. در خاک‌های سخت قبل از فرو کردن سنسور در خاک با استفاده از میله‌های هم اندازه سنسور اقدام به ایجاد سوراخ در نیمرخ خاک کرده تا سنسور به راحتی داخل خاک شود.
2. تمام سطح میله‌ها را خاک فرا بگیرد زیرا اگر قسمتی از میله‌ها با هوا در تماس باشد دستگاه به اشتباه رطوبت هوا را برای آن قسمت قرائت میکند.
3. میله‌های سنسور با زاویه ۲۰ درجه به داخل خاک فرو برده شوند.
4. برای یک افق حداقل ۳ بار اندازه‌گیری و معدل‌گیری شود.

دستگاه TDR

محمد مؤمنی . دانشکده کشاورزی سمنگان

مزایای این روش :

I. تکرارپذیری

II. سرعت و دقت نسبتاً زیاد

III. اندازه‌گیری رطوبت در اعماق مختلف خاک

IV. بی ضرر بودن کاربرد آن در مقایسه با روش نوترون‌متر

V. امکان اندازه‌گیری شوری خاک

خطای نمونه‌برداری

خطای نمونه‌برداری، مشکلی است که غالباً در تعیین رطوبت خاک وجود دارد که از جمله به موارد ذیل می‌توان اشاره نمود :

I. رشد غیریکنواخت گیاهان و نفوذ غیریکنواخت ریشه

II. تغییرات بافت و ساختمان خاک که نفوذ، انتقال و نگهداشت آب در خاک را تغییر می‌دهند

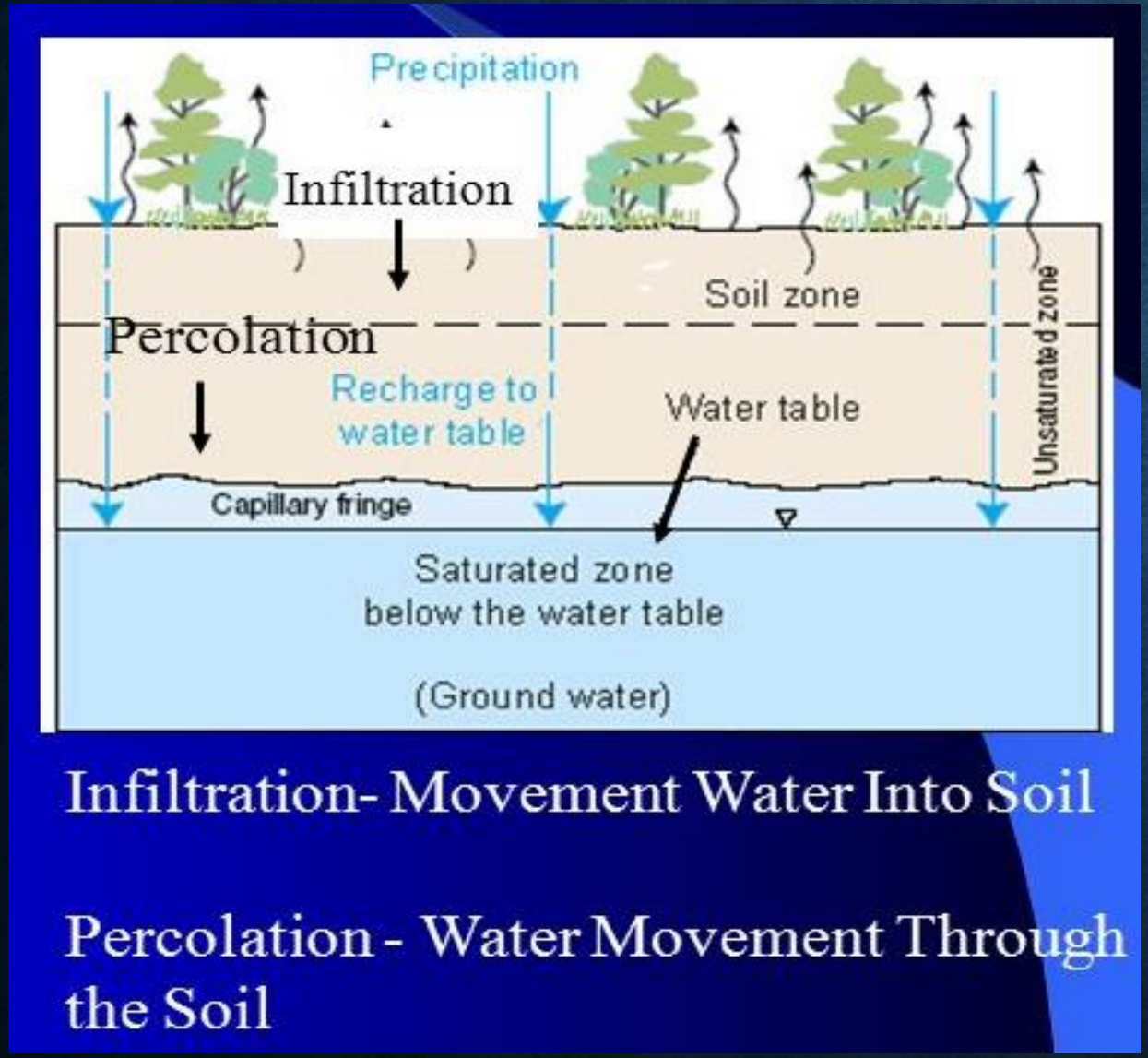
III. تغییرات شکل ظاهری سطح زمین که بر فرصت نفوذ آب باران و آبیاری تأثیر دارد

IV. شکل و اندازهٔ فاروهای آبیاری، سرعت نفوذ آب آبیاری را تغییر می‌دهد

کلیهٔ این عوامل سبب می‌شوند که مقدار رطوبت خاک از یک نقطه به نقطهٔ دیگر در مزرعه تغییر کند و در نتیجه برای به دست آوردن نمونهٔ خاک معرف شرایط مزرعه، لازم است که چندین نمونه تهیه شود.

جذب و حرکت آب در خاک

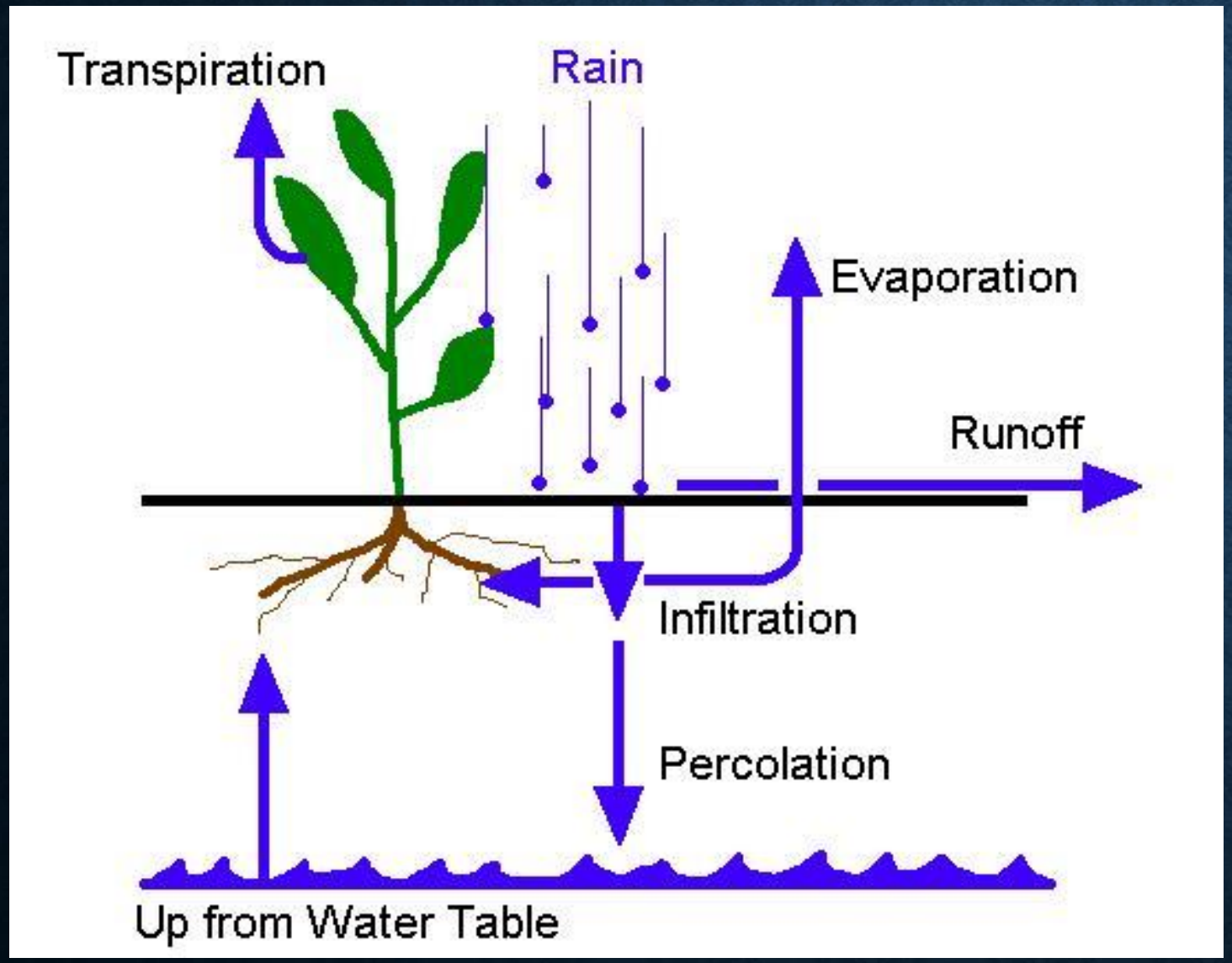
جذب آب



حرکت آب از سطح خاک به داخل و از طریق خاک، **جذب آب** نامیده می‌شود که با عوامل مختلف بیان می‌شود از جمله :

1. **نفوذ** (**Infiltration**) : حرکت آب به درون خاک
2. **فرونشت** یا پرکولاسیون (**Percolation**) : حرکت آب در میان خاک

نفوذ



نفوذ واژه‌ای است که به فرآیند ورود آب به داخل خاک به طورکلی (اما نه لزوما) از طریق سطح خاک و عمودی رو به پایین اعمال می‌شود.

به عبارت دیگر، نفوذ به ورود و حرکت رو به پایین آب از سطح خاک اشاره دارد و یک ویژگی سطح خاک است.

نفوذ

سرعت نفوذ :

سرعت نفوذ، دلالت بر میزان ورود آب از سطح به خاک دارد. در ابتدا سرعت نفوذ بیشتر است اما پس از آن کاهش می‌یابد؛ چرا که خاک مرطوب می‌شود. با توجه به نرخ ورود آب از سطح به خاک، سرعت نفوذ به چهار بخش تقسیم می‌شود :

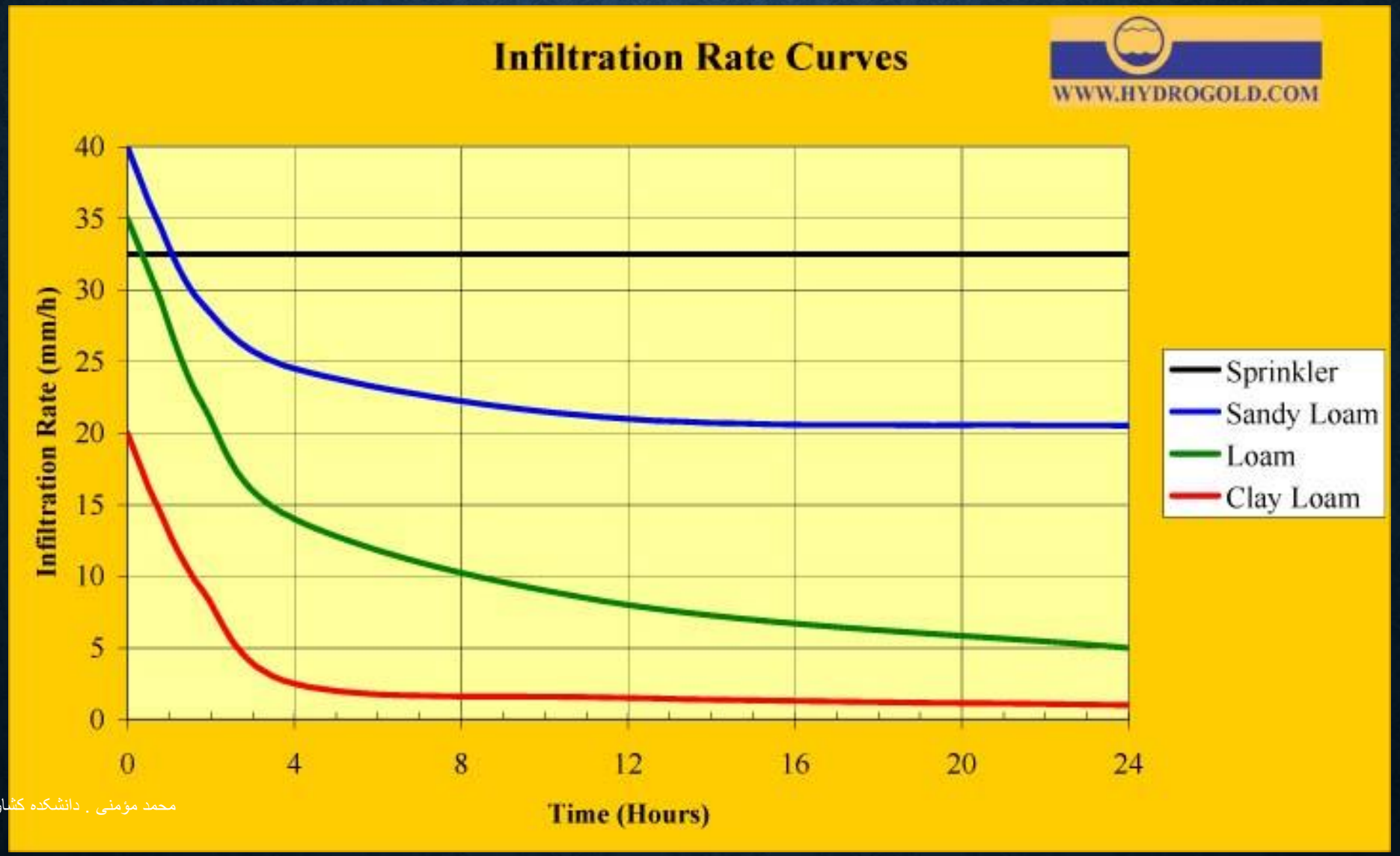
I. بسیار کند : خاک‌های با کمتر از ۰.۲۵ سانتیمتر در هر ساعت مانند خاک‌های خیلی رسی

II. کند : سرعت نفوذ از ۰.۲۵ تا ۱.۲۵ سانتیمتر در ساعت مانند خاک‌های با رس بالا

III. متوسط : سرعت نفوذ از ۱.۲۵ تا ۲.۵ سانتیمتر در ساعت مانند خاک‌های شنی لومی و سیلتی لومی

IV. سریع : سرعت نفوذ بیش از ۲.۵ سانتیمتر در ساعت است مانند خاک‌های عمیق شنی، سیلتی، لومی

نفوذ


Infiltration Rate Curves
WWW.HYDROGOLD.COM
Infiltration Rate (mm/h)
40
35
30
25
20
15
10
5
0
0
4
8
12
16
20
24
Time (Hours)
Sprinkler
Sandy Loam
Loam
Clay Loam

نفوذ

عوامل موثر بر نرخ نفوذ :

I. **فشردگی یا تراکم سطح خاک :** یک سطح خاک فشرده اجازه نفوذ کمتری به نفوذ آب می‌دهد ولی در خاک با سطح سست، نفوذ بیشتری از سطح خاک رخ می‌دهد.

II. **شدت بارندگی :** دلالت بر نیرو یا سرعت ریزش قطرات باران بر روی زمین دارد. اندازه معمولی قطرات از ۰.۵ تا ٤ میلیمتر متفاوت است. سرعت قطرات باران ۳۰ فوت در ثانیه است و نیرویی ١٤ برابر وزن خود را خواهد داشت. هنگامی که شدت بارندگی بیشتر است، باعث آب‌بندی و بسته شدن منافذ (لوله‌های موئین خاک) ده و در نتیجه نفوذ کاهش می‌یابد.

نفوذ

III. پوشش خاک : سطح خاک دارای پوشش گیاهی، سرعت نفوذ آن بیشتر از خاک لخت است؛ به این دلیل که مسدودیت لوله‌های موئین خاک مشاهده نمی‌شود.

IV. رطوبت خاک : خاک مرطوب، نفوذ کمتری نسبت به خاک خشک دارد.

V. دمای خاک : خاک گرم، آب بیشتری از خاک سرد جذب می کند.

VI. بافت خاک : در خاک‌های با بافت درشت، سرعت نفوذ نسبت به خاک‌های سنگین بیشتر است زیرا تعداد منافذ بزرگتر می‌باشد. در خاک‌های رسی، ترک خوردگی ناشی از خشک شدن باعث نفوذ بیشتر در مراحل اولیه می‌شود؛ تا زمانی که خاک دوباره متورم گردیده و نفوذ کاهش می‌یابد.

VII. عمق خاک : نفوذ آب در خاک کم عمق کمتر از خاک عمیق است.

نفوذپذیری

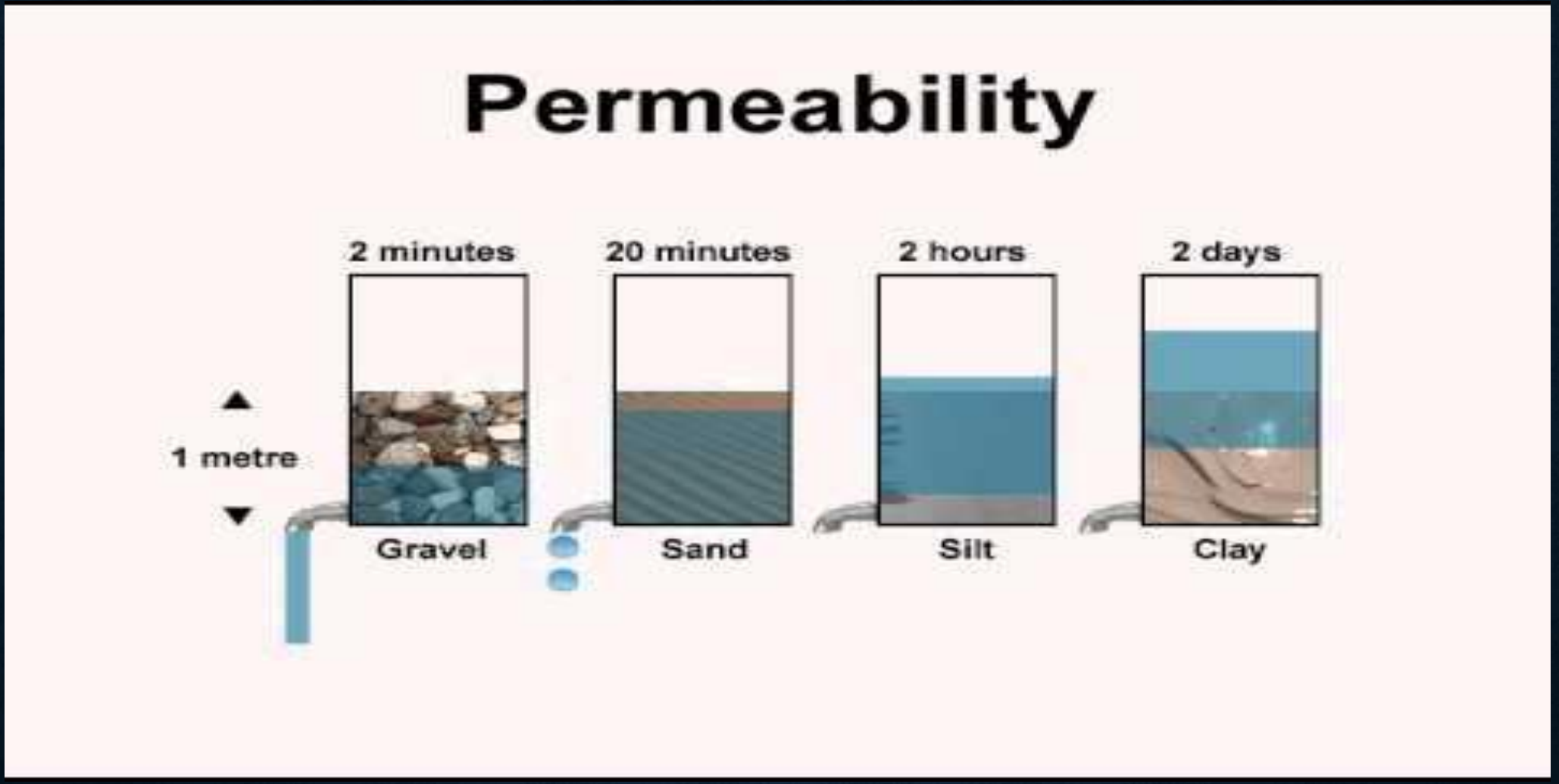
نفوذپذیری ویژگی است که تعیین می کند هوا و آب با چه سرعتی از طریق خاک حرکت می کند.

هنگامی که آب به لایه بالای خاک وارد می‌شود، متعاقباً حرکت آهسته یا سریع آب در خاک، نفوذپذیری سریع یا آهسته آن را نشان می‌دهد.

نفوذپذیری اساسا بر توزیع اندازه منافذ در خاک بستگی دارد. هرچه تعداد منافذ ماکرو (منافذ غیر مویینه)، بیشتر باشد نفوذپذیری بیشتر است.

حرکت کند آب در لایه‌های زیرین خاک به دلیل فشردگی و کمبود مقدار ماده آلی است. نفوذپذیری با افزایش بافت مناسب خاک، بیشتر خواهد شد.

نفوذپذیری


Permeability
2 minutes
20 minutes
2 hours
2 days
1 metre
Gravel
Sand
Silt
Clay

نفوذپذیری

عوامل مؤثر بر نفوذپذیری :

I. **تعداد منافذ :** هر چه تعداد منافذ ماکرو بیشتر باشد، نفوذپذیری بالاتر است.

II. **خاکدانه‌ها :** بزرگتر بودن اندازه منافذ مویین باعث بیشتر شدن نفوذپذیری می‌شود.

III. **عمق خاک:** نفوذپذیری در عمق‌های بیشتر خاک به دلیل فشرده‌تر شدن لایه‌های زیرین و کاهش مواد آلی، کاهش می‌یابد.

IV. **نوع بافت خاک :** خاک‌های با بافت درشت، نفوذپذیری بیشتری دارند.

V. **غلظت نمک :** غلظت نمک اثر منفی بر نفوذپذیری دارد.

VI. **وضعیت رطوبت خاک :** نفوذپذیری در خاک خشک کاهش و در خاک مرطوب افزایش می‌یابد.

VII. **مقدار ماده آلی :** مواد آلی بیشتر خاک باعث افزایش نفوذپذیری می‌شود.

نفوذپذیری

اگر سرعت نفوذ کمتر از ۲.۵ سانتیمتر در ساعت باشد، نفوذپذیری آهسته است و حدود ۵ سانتیمتر در ساعت متوسط خواهد بود.

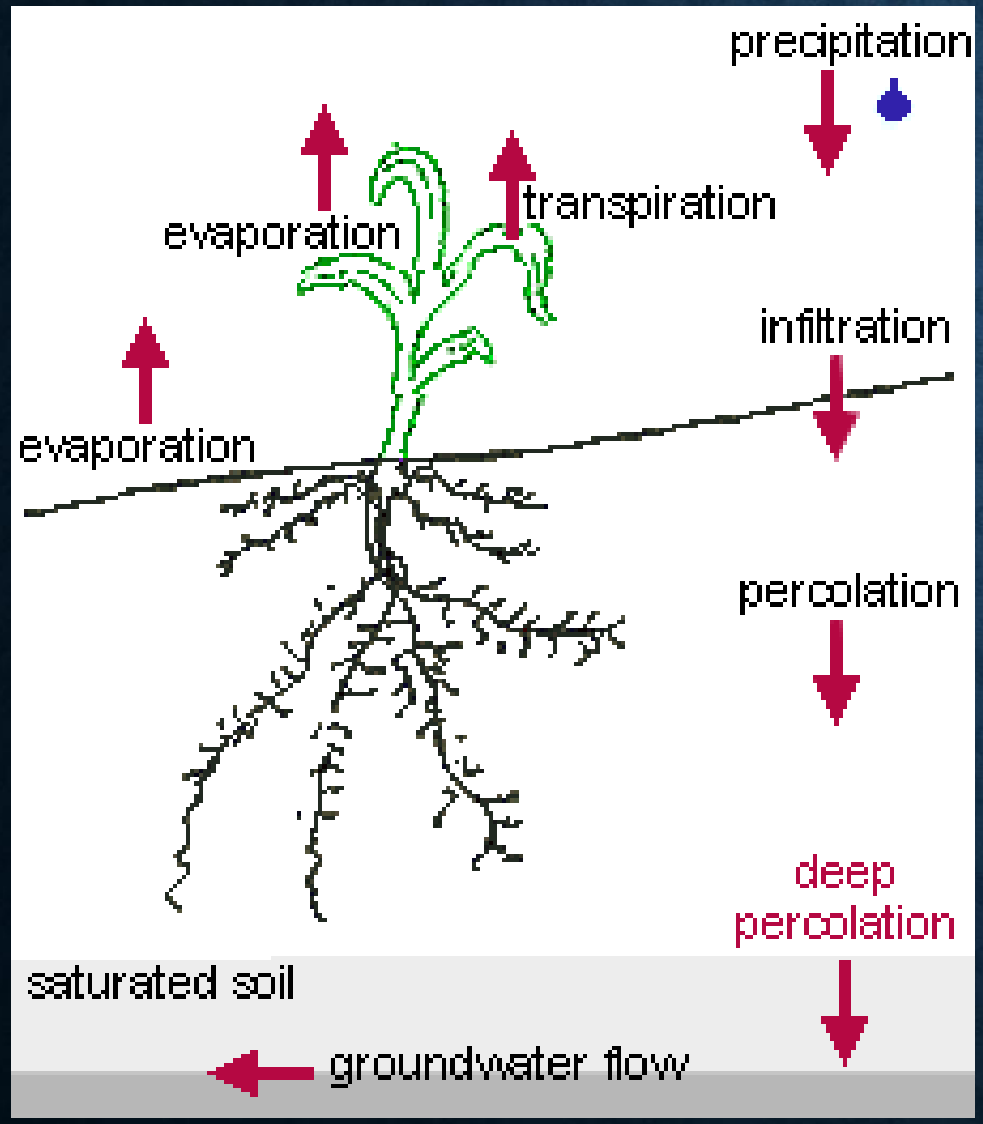
مانند نفوذ، نفوذپذیری را نیز می‌توان تا حدی توسط شیوه‌های مدیریت مناسب کنترل نمود :

I. کشت مداوم نفوذپذیری را کاهش می‌دهد

II. محصولات کشاورزی ریشه‌دار مانند حبوبات، علف‌ها و درختان باعث افزایش نفوذپذیری می‌گردند.

III. همانطور که ذکر شد نفوذپذیری خاک با وضعیت رطوبت آن متفاوت است و در خاک‌های خشک کند می‌شود، چون هوا وارد خاک شده و نفوذپذیری را کاهش می‌دهد، بنابراین مدیریت صحیح آبیاری باعث افزایش رطوبت خاک و در نتیجه افزایش نفوذپذیری می‌شود.

پرکولاسیون (فرونشت آب)



حرکت رو به پایین آب از طریق خاک اشباع یا نزدیک به اشباع با توجه به **نیروی جاذبه** به عنوان فرونشت یا **پرکولاسیون** شناخته شده است.

فرونشت زمانی که آب تحت فشار است و یا زمانی که مکش کمتر از حدود ۱/۳ اتمسفر است، رخ می‌دهد.

پرکولاسیون (فرونشت آب)

مطالعات فرونشت به دو دلیل مهم هستند :

1. فرونشت آب **تنها منبع شارژ آب‌های زیرزمینی** است، که می‌تواند دوباره از طریق چشمه‌ها و چاه‌ها برای آبیاری استفاده شود.
2. فرونشت آب، **مواد مغذی گیاهی** مثل کلسیم، منیزیم را می‌تواند به لایه‌های پایین‌تر خاک حمل نماید و در دسترس ریشه محصولات زراعی قرار دهد.

پرکولاسیون (فرونشت آب)

عوامل مؤثر بر فرونشت :

I. **آب و هوا :** در صورتی که بارش بیش از تبخیر باشد، پس از آن مقدار قابل ملاحظه‌ای فرونشت وجود خواهد داشت. در منطقه خشک، فرونشت تقریبا ناچیز است.

II. **شرایط خاک :** خاک شنی، اجازه فرونشت بیشتری می‌دهد زیرا دارای تعداد زیادی منافذ درشت می‌باشد و برعکس آن خاک‌های رسی به دلیل خلل و فرج ریز باعث کاهش فرونشت می گردند. منافذ درشت به عنوان کانال‌های اصلی جریان گرانشی یا ثقلی هستند.

حرکت کاپیلاری

هنگامی که جریان آب در خاک به دلیل نیروی گرانشی یا ثقل زمین متوقف شود، حرکت آب در قالب غشاء نازک و یا **کاپیلاری** (موییینگی) از یک منطقه مرطوب به منطقه خشک‌تر صورت می‌گیرد که به آن **حرکت کاپیلاری** یا موییینگی می‌گویند.

این نوع حرکت از طریق منافذ ریز و یا **میکروپورها** اتفاق می‌افتد و تا زمانی که ضخامت غشاء رطوبت اطراف ذرات خاک در هر دو منطقه (مناطق مرطوب و خشک) برابر شود، ادامه می‌یابد.

Capillary Rise in Soils

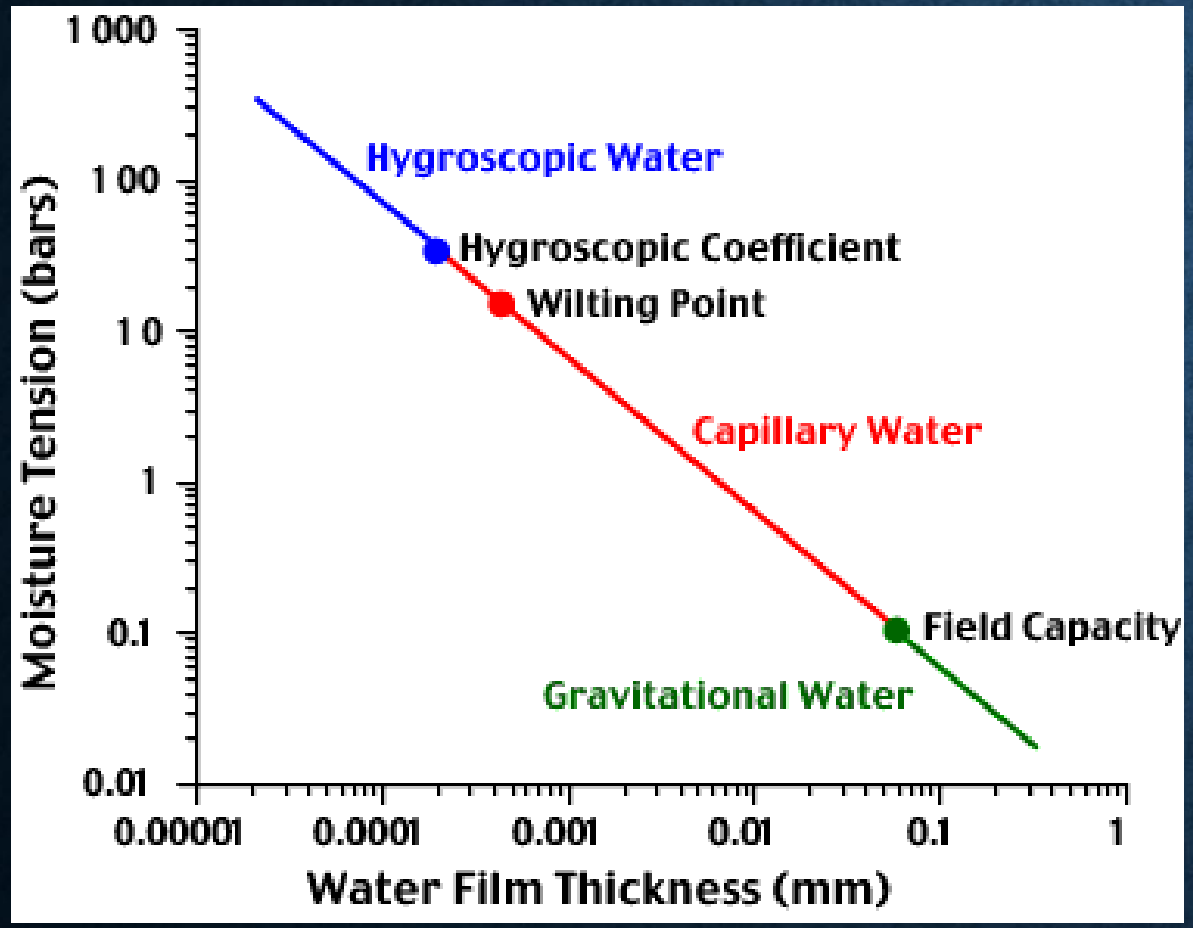
Table 2.4.1 Capillary Rise in Samples of Unconsolidated Materials (after Lohman[34])

Material	Grain size (mm)	Capillary rise (cm)
Fine gravel	5–2	2.5
Very coarse sand	2–1	6.5
Coarse sand	1–0.5	13.5
Medium sand	0.5–0.2	24.6
Fine sand	0.2–0.1	42.8
Silt	0.1–0.05	105.5
Silt	0.05–0.02	200[a]

Note: Capillary rise measured after 72 days; all samples have virtually the same porosity of 41 percent.

[a]Still rising after 72 days.

حرکت کاپیلاری

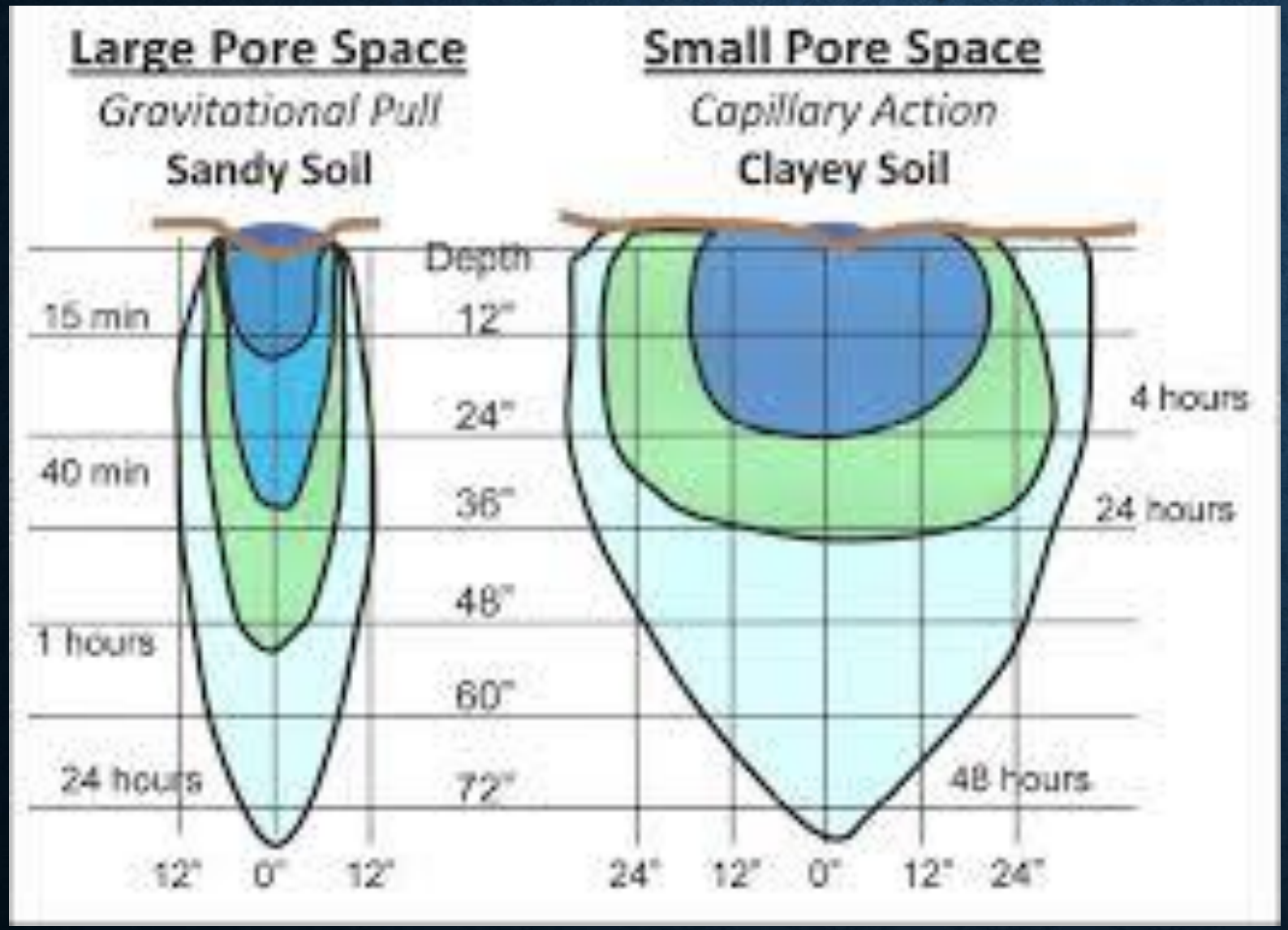


مویینگی در تمام جهات می‌تواند وجود داشته باشد :

رو به پایین، جانبی، به سمت بالا، از منطقه با مکش کم به منطقه پر مکش، از غشاء ضخیم‌تر با مکش پایین و ...

آب از غشاء ضخیم‌تر در اطراف ذرات خاک به غشاء نازک‌تر جریان می‌یابد و تفاوت بیشتر بین ضخامت‌های غشاء باعث حرکت مویینگی سریع‌تر تا نقطه خاص با ضخامت باریک‌تر می‌شود و برعکس آن باعث می‌شود حرکت آب آهسته و حتی متوقف شود.

حرکت کاپیلاری



با توجه به این که در خاک‌های شنی به دلیل خلل و فرج درشت آن حرکت کاپیلاری نسبت به خاک‌های رسی کمتر است و در عوض نفوذپذیری آن بیشتر است، بنابراین در آبیاری مزارع با بافت شنی عرض فاروها (جوی‌ها) را نسبت به مزارع با بافت رسی کمتر در نظر می‌گیرند.

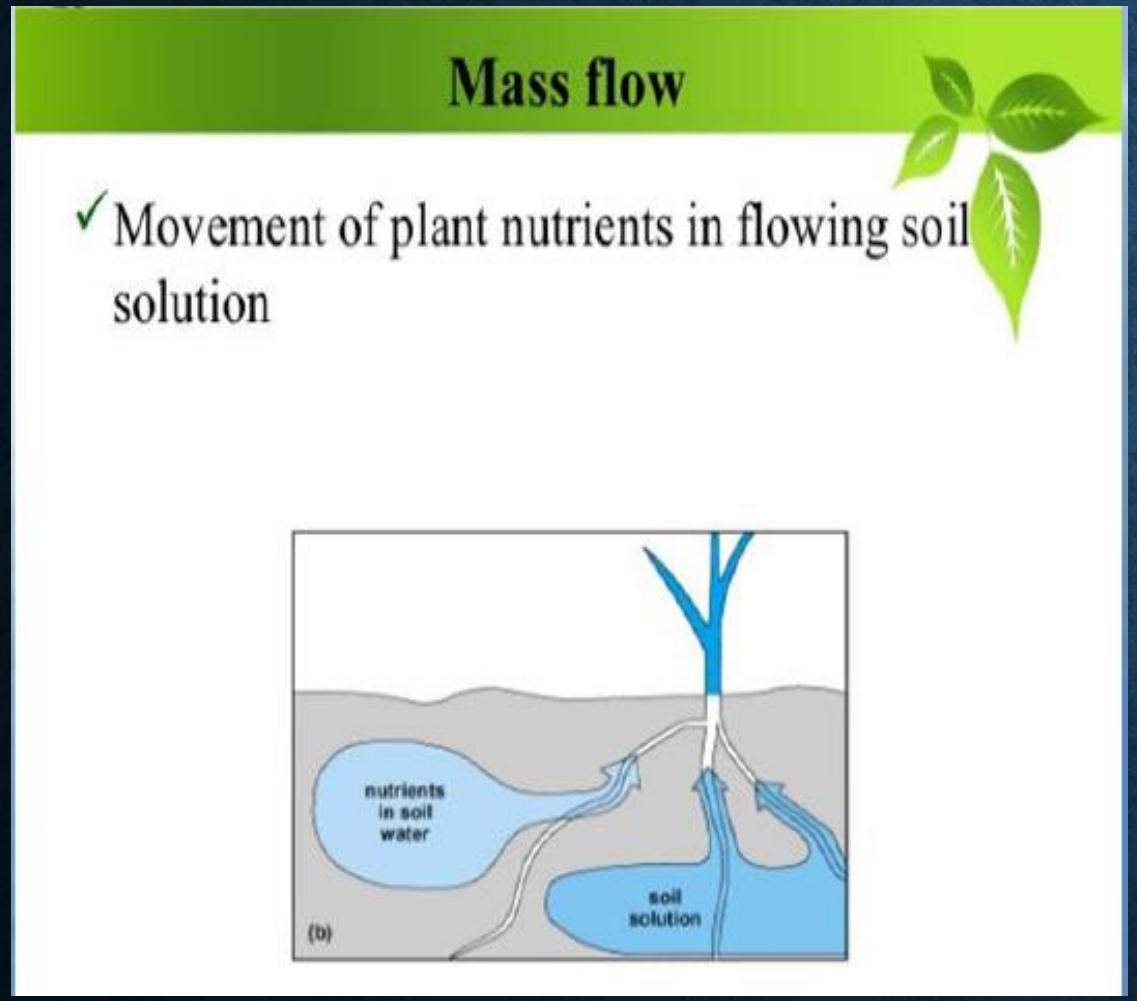
حرکت و انتقال یون‌ها در خاک

در بحث رابطه آب، خاک و گیاه هیچگاه با آب خالص مواجه نیستیم و همواره محلول خاک وجود دارد و از طرفی شاید هدف عمده در این ارتباط دسترسی گیاه به عناصر غذایی همراه آب به منظور تولید محصول و رشد در گیاهان باشد بنابراین حرکت و انتقال عناصر (یون‌ها) در درون خاک و جذب آنها توسط ریشه و انتقال در درون گیاه اهمیت دارد.

حرکت و انتقال عناصر در درون خاک و رسیدن به ریشه به سه طریق صورت می‌گیرد :

1. جریان توده‌ای
2. پخشیدگی عناصر
3. توسعه ریشه‌ای

حرکت و انتقال یون‌ها در خاک



۱– جریان توده‌ای :

عناصر غذایی در این حالت با جابجایی آب در دسترس ریشه قرار می‌گیرند که بستگی به عوامل ذیل دارد :

I. **مقدار آب :** هر چه خاک خشک‌تر باشد، سرعت انتقال عناصر کمتر است مثل کلسیم و سولفات.

II. **سرعت حرکت آب در خاک :** در خاک‌های شنی مقدار آب کم است ولی سرعت حرکت آب بالا می‌باشد و در خاک‌های رسی مقدار آب زیاد و سرعت حرکت آب کم است.

حرکت و انتقال یون‌ها در خاک

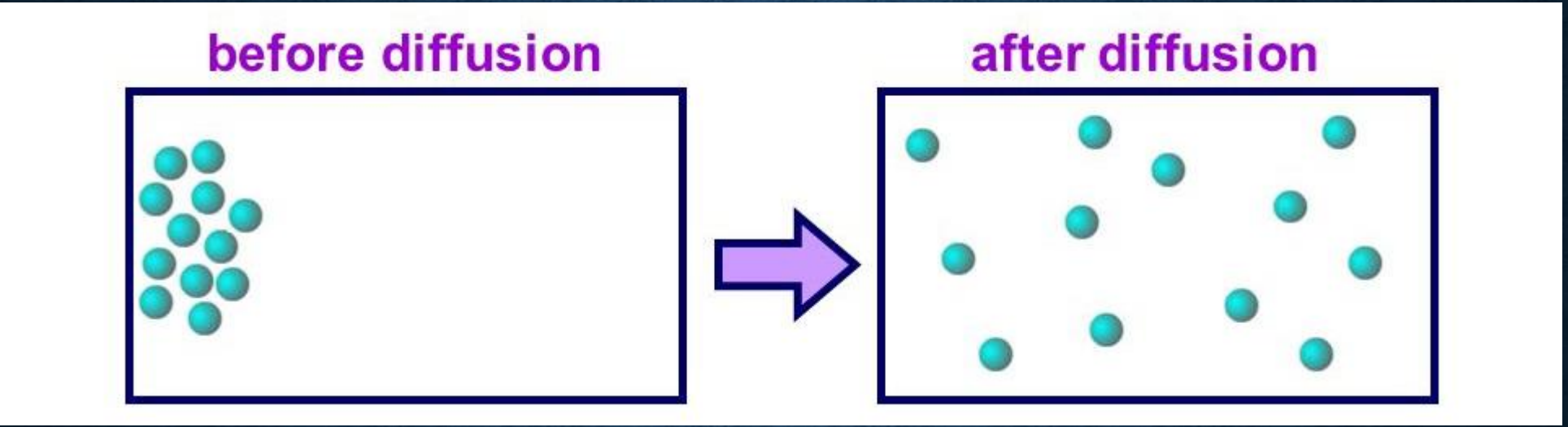
۲– پخشیدگی عناصر :

پخشیدگی عملی است که به وسیله آن ماده از یک قسمت یک محیط به قسمت دیگر تحت تأثیر حرکت حرارتی یون‌ها (T.M) جابجا می‌شود.

یون‌ها در اثر جنبش خود مقداری انرژی تولید می‌کنند که باعث حرکت یون می‌گردد و نیازی به آب در داخل خاک نمی باشد. عناصر در این حالت تحت تأثیر شیب غلظت از محیط غلیظ‌تر به محیط رقیق‌تر حرکت می‌کنند و پس از رسیدن به حالت تعادل دو محیط این حرکت متوقف می‌گردد.

معمولاً فسفر در خاک از این طریق منتقل می‌شود.

حرکت و انتقال یون‌ها در خاک



عناصری مثل پتاسیم، نیترات، منیزیم با هر دو روش پخشیدگی و جریان توده‌ای قابل جابجایی هستند.

۳– توسعه ریشه‌ای :

حرکت ریشه به سمت عناصر غذایی را توسعه ریشه‌ای گویند.

حرکت و انتقال یون‌ها در خاک