دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده کشاورزی

گروه علوم و مهندسی خاک

خاکشناسی عمومی

آب خاک

تهیه و تنظیم

آب در خاک

در سوره انبیاء ۳۰ آمده « از آب هر چیز را زنده گردانیدیم» و در سوره حجر ۲۲ خداوند می‌فرماید: ما از آسمانها آب را فرستادیم و امروزه ثابت شده که آب موجود در کره زمین از بارانهایی جمع شده که از آسمان فرو ریخته می‌شود. در سوره فرقان آیات ۴۸ و ۴۹ آمده « آز آسمان آب پاکی می‌فرستیم تا با آن مکان مرده را زنده گردانیم». و در بقره۲۲ « و با آن آب میوه‌ها برای روزی شما پدید آورد.» و سوره ابراهیم ۳۲ « و قوه نموی که در روئیدنیهاست به ظهور در آورده، گیاهان و درختان و آدمیان و سایر حیوانات را نمو دهد».

آب فراوان‌ترین ماده روی سطح زمین شمرده می‌شود که ممکن است به صورت گاز (بخار آب در همه جای جو وجود دارد)، به صورت مایع (اقیانوس‌ها، دریاها و دریاچه‌ها بیش از $\frac{2}{3}$ سطح کره زمین را پوشانده‌اند) و یا به شکل منجمد (برف، یخچال‌های طبیعی و توده‌های عظیم یخ ذخایر قابل ملاحظه‌ای از آب را تشکیل می‌دهند) وجود داشته باشد. به علاوه، آب ماده اصلی تشکیل دهنده موجودات زنده است (٪۹۰-۵۰) و به عنوان محیطی که در آن واکنش‌های مربوط به سوخت و ساز انجام می‌گیرد، وجود آن ضرورت دارد.

آب ماده‌ای است با واکنش زیاد و با قدرت حلالیت فراوان، به طوری که به عنوان انتقال دهنده اصلی تعداد زیادی از مواد در طبیعت شناخته شده است. در مقام مقایسه با سایر مایعات متداول نقطه ذوب و جوش، گرمای ویژه، لزوجت، کشش سطحی، ثابت دی‌الکتریک و گرمای نهان ذوب و تبخیر آن به طور قابل ملاحظه‌ای بالا است.

نقش آب در گیاهان

نقش آب در گیاه را از نظر وظائف مهمی که این ماده برعهده دارد می‌توان در چهار موضوع خلاصه نمود که عبارتند از **نقش ساختمانی آب، نقش آب بعنوان یک حلال، نقش شیمیائی آب، و نقش آب در ایجاد آماس در سلول‌ها.**

نقش ساختمانی آب: اهمیت آب از نظر مقدار کمتر از اهمیت کیفی آن نیست. حدودا ۸۰ تا ۹۰ درصد وزن تازه بیشتر قسمتهای علوفه‌ای و بیش از ۵۰ درصد وزن تازه گیاهان خشبی (چوبی) از آب تشکیل شده است وزن بدن انسان در بدو تولد از آب تشکیل یافته است. آب که قسمتی از پروتوپلاسم را تشکیل می‌دهد از اهمیتی معادل ملکول‌های پروتئینی و لیپیدی که سازنده اصلی پروتوپلایم هستند، برخوردار است.

نقش حلال بودن آب: دومین وظیفه اصلی آب در گیاهان در ارتباط با قدرت حلالیت آن است. گازها، مواد معدنی و سایر مواد بخوبی در آب حل شده و به داخل سلول‌های ریشه راه می‌یابند و به این وسیله از سلولی به سلول دیگر و از اندامی به اندام دیگر گیاه انتقال پیدا می‌کنند. نفوذپذیری نسبتا زیاد دیواره‌های سلولی و غشاهای پلاسمایی به آب موجب می‌شود جریان پیوسته‌ای از مایع در سراسر گیاه برقرار شده و انتقال انواع مواد حل شده در داخل گیاه صورت پذیرد.

نقش شیمیائی آب: آب در بسیاری از فرایندهای مهم مانند فتوسنتز و واکنش‌های شیمیائی مانند هیدرولیز شدن نشاسته به قند (در هنگام جوانه زنی بذرها) شرکت داشته و وارد فعل و انفعالات شیمیائی می‌شود. آب در واکنشهای تثبیت دی‌اکسید کربن و تولید قند و متابولیسم نیتروژن و تولید انواع پروتئینها نقش اساسی دارد. بنابر این آب بعنوان یک ماده شیمیائی بسیار حائز اهمیت است.

نقش آب در آماس سلولهای گیاهی: یکی دیگر از وظائف آب ایجاد آماس سلولی است که برای بزرگ شدن و رشد سلول و حفظ شکل ظاهری گیاهان علفی ضروری می‌باشد. آماس سلولی در باز و بسته شدن روزنه‌ها، حرکت برگها، باز و بسته شدن گلها و ساختمان اندامهایی تخصص یافته گیاهان نقش اساسی را ایفا می‌کند. کمبود آب به نحوی که نتواند آماس سلولی را تامین نماید، موجب کاهش سریع رشد گیاه می‌شود مثل اتفاقی که در خاک‌های شور افتاده و موجب کوچک شدن گیاه می‌شود.

منابع آب زمین:

همانگونه که بخشی از منابع آب کره زمین ثابت و بخشی متحرک است، منابع آب زیرزمینی نیز از دو بخش ثابت و متحرک تشکیل شده است. بخش عمده منابع آب کره زمین ثابت و شور (۹۷/۵ درصد) است. بخش عمده آب شیرین نیز به صورت ثابت است که در قطب‌ها یا اعماق زمین (آب زیرزمینی) قرار دارد که به راحتی در دسترس نیست.

منابع آب زیرزمینی ثابت:

کل منابع آب زیرزمینی شیرین کره زمین حدود ۱۰ میلیون کیلومترمکعب برآورد می‌شود (یعنی دویست برابر کل آب تجدیدپذیر سالانه کره زمین که از بارش‌ها حاصل می‌شود). این حجم در طول قرن‌ها یا هزاره‌ها در زیرزمین انباشته شده است. در برخی از این مناطقی که این ذخایر تشکیل شده، در گذشته شرایط آب و هوایی مرطوب‌تری حاکم بوده است.

منابع آب زیرزمینی متحرک:

آب زیرزمینی متحرک یا تجدیدپذیر، بخش زیرزمینی چرخه آب و منابع آب تجدیدشونده را تشکیل می‌دهد. از رقم ۴۴۸۰۰ میلیارد مترمکعب در سال آب تجدیدشونده، ۹۵ درصد آن بصورت جریان‌های سطحی ظاهر و ۵ درصد آن بصورت نفوذ مستقیم در آبخوان‌ها ذخیره می‌شود. تغذیه مجدد آب زیرزمینی در هر سال حدود ۱۰۰۰۰ کیلومترمکعب است (یعنی ۰/۱درصد همه ذخایر آب زیرزمینی). بنابراین، فقط بخش بسیار کوچکی از حجم کل ذخایر آب زیرزمینی در هر سال تجدید می‌شود. یعنی آب زیرزمینی که بخشی از چرخه آب در زمان حاضر را تشکیل می‌دهد نسبت به حجم آب زیرزمینی که در یک دوره معمولاً طولانی در اعماق چند هزارمتری سطح زمین ذخیره شده‌اند، بسیار بسیار اندک است. این بخش از آب زیرزمینی با فرایندهای جوی و آب و هوایی، رژیم‌های آب سطحی رودخانه‌ها و دریاچه‌ها و با چشمه‌ها و تالاب‌ها یعنی مناطقی که جریان آب زیرزمینی بطور طبیعی در سطح زمین تخلیه می‌شود، ارتباط و بهم پیوستگی زیادی دارد.

بیلان آبی کشور:

آمار و مطالعات وزارت تیرو میانگین حجم بارندگی در ایران را سالانه ۴۰۰ میلیارد مترمکعب برآورد نموده است که از این میزان ۳۱۰ میلیارد مترمکعب در سطح ۸۷۰ هزار کیلومتر مربع از حوزه‌های آبخیز کوهستانی و ۹۰ میلیارد مترمکعب در سطح ۷۷۸ هزار کیلومتر مربع مناطق دشتی می‌باشد. در مناطق کوهستانی در اثر تبخیر و تعرق به طور متوسط هر سالع ۲۰۰ میلیارد مترمکعب و در مناطق دشتی ۸۴ میلیارد مترمکعب آب از دسترس خارج می‌شود که جمعا ۷۱ درصد از حجم بارش را شامل می‌شود. از حجم باقیمانده نیز ۵۹ میلیارد متر مکعب در مناطق کوهستانی و ۲ میلیارد متر مکعب در مناطق دشتی نفوذ می نماید. حجم آب باقی مانده به میزان ۵۱ میلیارد متر مکعب در مناطق کوهستانی و ۴ میلیارد متر مکعب در مناطق دشتی به شکل رواناب از دسترس خارج می‌شود. حجم آبهای زیرزمینی کشور در حدود ۳۵ میلیارد مترمکعب برآورد گردیده است. بخش کشاورزی با اختصاص ۸۸/۹ درصد، آب شرب با اختصاص ۷/۶ درصد و بخش صنعت با ۴/۴۵ درصد مهمترین مصارف آب در ایران می باشند (سایت ایران هیدرولوژی، ۱۳۸۶).

رژیم‌های آب زیرزمینی در مناطق مرطوب و خشک بطور اساسی با هم تفاوت دارند. در آب و هوای مرطوب که بارش زیاد است، مقدار زیادی آب به آبخوان نفوذ می‌کند و این فرایند بطور فعال بر جریان تغذیه‌کننده چرخه آب، چشمه‌ها و تالاب‌ها در مواقعی که بارش کمتر می‌شود، تاثیر دارد. در آب و هوای خشک و نیمه‌خشک، در مقام مقایسه با شرایط مرطوب بدلیل نفوذ کم بارش‌های نادر عملا هیچ نوع مبادله‌ای بین آب سطحی و زیرزمینی صورت نمی‌گیرد. چون آب حاصل از این بارش‌ها بندرت در لایه ضخیم و خشک (غیر اشباع) خاک نفوذ می‌کند. به این تفاوت‌ها باید در برنامه مدیریت بهم پیوسته منابع آب توجه شود. بارش سالانه بر حدود ۱۵ درصد سطح خشکی‌های کره زمین بطور میانگین کمتر از ۲۰۰ میلیمتر در سال است (یعنی ۲۰۰ لیتر بر هر مترمربع). در چنین نواحی کم بارانی، آب تجدیدشونده زیرزمینی بسیار کم است. بنابراین برداشت از ذخایر انباشته شده قبلی ممکن است طی سده‌ها و شاید هزاره‌ها از طریق چرخه آب تجدید نشود. بنابراین برداشت از آب زیرزمینی چنین مناطقی باید استخراج منابع محدود تلقی شود و نه استحصال مداوم و پیوسته.

آبخوان یا سفره آب زیرزمینی:

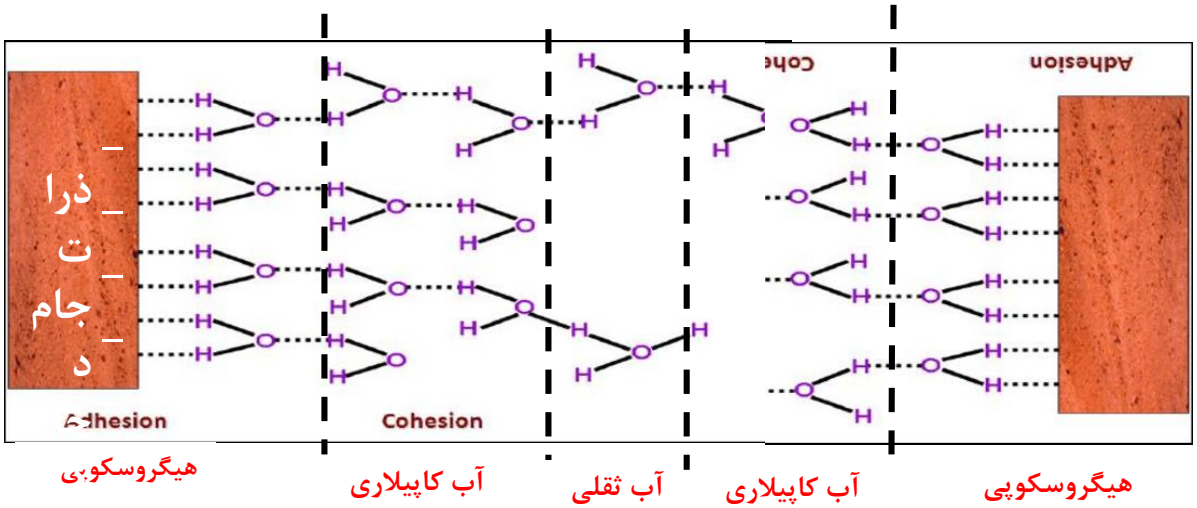
آب زیرزمینی اصطلاحی است که به آب موجود در زیرسطح زمین گفته می‌شود. آب نفوذیافته در زمین در خلل و فرج موجود در بافت لایه‌های مختلف خاک که همانند اسفنج عمل می‌کنند، ذخیره می‌شود. اغلب در مناطق مختلف بصورت طبیعی چنین اسفنج‌های با جداره‌هایی از جنس خاک یا سنگ‌های غیرقابل نفوذ، محصور شده‌اند که آنها را به شکل یک کاسه درآورده و باعث می‌شوند تا ظرفیتی را برای ذخیره‌سازی بوجود آورند که به این کاسه‌های بسیار بزرگ اسفنجی، سفره‌ی آب زیرزمینی یا آبخوان می‌گویند.

برداشت از منابع آب جهان از منابع آب زیرزمینی تامین می‌شود. این سهم در کشورهای مختلف بسیار متفاوت است. مثلاً در لبنان ۳۰ تا ۴۰ درصد، نیوزیلند ۴۲ درصد، ایران ۶۰ درصد، مغولستان ۹۰ درصد گزارش شده است. بخشی از این برداشت‌ها از ذخایر ثابت یا تجدیدناپذیر آب زیرزمینی است. برداشت از ذخایر ثابت آب زیرزمینی در طول دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ بطور متوسط به ۱۴۵ میلیارد مترمکعب در سال رسیده که ۴۰ درصد بیشتر از میانگین دوره ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۰ است. این اضافه برداشت منجر به افت درازمدت سطح آب زیرزمینی و افزایش هزینه‌های استحصال، نشست زمین، کاهش کیفیت آب، پایین آمدن سطح آب یا خشک شدن تالاب‌ها و کاهش منابع آب سطحی در مناطق مختلف دنیا از جمله ایران شده است. حجم استحصال آب زیرزمینی ایران ۶۰ میلیارد مترمکعب درسال (با بیش از ۱۰ میلیارد مترمکعب اضافه برداشت در دوره اخیر) بعد از چهار کشور هند، چین، ایالات متحد و پاکستان در ردیف بیشترین برداشت‌ها در سال در سطح جهان قرار دارد.

۶-۲ نگهداری آب در خاک

نیروهای جذب سطحی و کاپیلاری مکانیسم‌های اصلی نگهداری آب در خاک می‌باشند (شکل۶-۷). درواقع، پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های آب، نیروی چسبندگی بین مولکول‌های آب و مولکول‌های آب با دیواره‌های منافذ خاک و نیروی کشش سطحی آب توجیه‌کننده دلایل نگهداری و حرکت آب در خاک هستند. منافذ ریز کمتر از ۰/۰۱ میلی‌متر برای ذخیره آب بسیار مفید هستند. دیواره‌های این منافذ با قدرت بالایی مولکول‌های آب را نگه داشته و از خروج آن‌ها جلوگیری می‌کنند. فاصله بین مولکول آب با دیواره منفذ، نشان‌دهنده قدرت نگهداری آب توسط دیواره است. هرچه این فاصله بیشتر باشد آب با قدرت کمتری توسط دیواره نگه داشته شده و آسان‌تر از خاک خارج می‌شود (کوچکی و سلطانی، ۱۳۷۷).

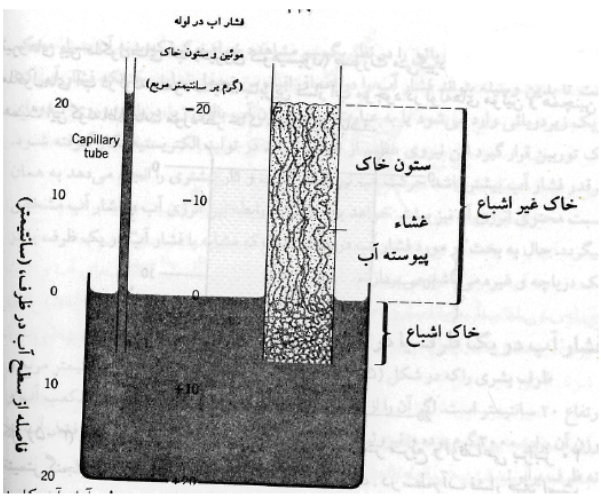
بنابراین، منافذ درشت بزرگ‌تر از ۰/۰۶ میلی‌متر امکان نفوذ سریع و زهکشی آب را فراهم آورده و تهویه خاک را افزایش می‌دهند، درحالی‌که منافذ متوسط با قطر بین ۰/۰۱ تا ۰/۰۶ میلی‌متر هدایت کاپیلاری را تسهیل کرده و بیشترین نقش را در صعود آب به سطح خاک ایفا می‌کنند (شکل۶-۸). در



نیروهای جذب کننده آب در خاک

مطالعه نحوه خروج آب از خاک نشان می‌دهد که:

- آب با یک نیروی کششی به ذرات خاک چسبیده و برای خروج آن نیرو لازم است.
- نیروی کشش به مقدار آب بستگی دارد و هرچه قدر مقدار آب کمتر باشد نیروی کشش بیشتر است.
- دو نیروی مختلف سبب نگهداری آب در خاک می‌شوند یکی از این‌ها نیروی جذب ذرات خاک بوده (آدهیژن) و دیگری نیروی جاذبه بین مولکولهای آب است (کوهیژن).



واحد اندازه‌گیری کشش آب بار یا اتمسفر است، بنابراین کشش ایجاد شده معادل فشار یک ستون به ارتفاع ۱۰۰۰ سانتیمتر آب با سطح مقطع یک سانتیمتر مربع، یک اتمسفر یا یک بار است. واحد دیگر مکش رطوبتی PF بوده که اندازه آن برابر با لگاریتم ستون آب با سطح مقطع $1\ cm^3$ می‌باشد، اگر نیروی مکش را بر حسب سانتی‌متر آب محاسبه کرده و از آن لگاریتم بگیریم کمیت PF بدست می‌آید. مثلا در نقطه FC نیروی مکش برابر ۳۳۰ سانتی‌متر آب است که لگاریتم آن برابر ۲/۵۲ می‌باشد یعنی در نقطه ظرفیت مزرعه PF= ۲/۵۲ است. و در نقطه PWP یعنی نقطه پژمردگی PF=۴/۲ می‌شود.

شکل‌های آب در خاک

آب در خاک به شکلهای مختلفی دیده میشود که انواع آن در زیر آمده است:

آب آزاد یا آب ثقلی: آبی است که منافذ درشت و متوسط خاک را پر میکند و تحت تأثیر نیروی وزن در خاک حرکت میکند. این نوع آب برای رشد گیاه مفید نیست زیرا به سرعت از دسترس گیاه خارج و ریشه گیاه نمیتواند آن را جذب کند. از طرفی عناصر غذایی پس از محلول شدن در آب همراه آن از خاک خارج میشود. در شرایط زهکشی نامناسب نیز باعث کاهش اکسیژن خاک میشود که برای ریشه گیاهان و موجودات زندهٔ هوازی خاک مضر است.

آب موئینه یا آب کاپیلاری: مقدار آبی است که در روزنه ها و منافذ ریز خاک نگهداری میشود. این نوع آب مورد استفاده گیاه میبا شد. خاک های سنگین که روزن ههای ریز زیادی دارند مقدار آب موئینه بیشتری در خود جای میدهند. روزنه های ریز خاک مانند لوله های مویین عمل میکنند. هر چه قطر این لوله ها کمتر با شد ارتفاع صعود آب بیشتر است.

آب هیگروسکوپی یا آب پوسته ای: مقدار آبی است که ب هصورت غشایی نازک در اطراف ذرات خاک با نیروی بسیار زیاد قرار دارد و فاقد تحرک است و فقط ب هصورت گاز حرکت میکند. این نوع آب نیز برای گیاه غیرقابل استفاده است.

آب ساختاری یا آب ترکیبی: آبی ا ست که در ساختمان کانی های سنگ ها قرار دارد؛ به طور مثال در کانی گچ یا ژیپس با فرمول شیمیایی $CaSO_4\ 2H_2O$ مقداری آب وجود دارد که غیرقابل استفاده گیاهان است؛ زیرا این نوع آب با نیروی زیادی به کانی پیوسته است و در دمای حدود ۵۰۰ درجه سانتیگراد از کانی یا سنگ میتواند خارج شود.

هر قدر خاک خشک‌تر شده، آب باقیمانده دارای ضخامت کمتری بوده و با نیروی کشش بیشتری نگهداری می‌شود، به‌طوریکه این نیرو در ظرفیت مزرعه برابر با ۰/۳ اتمسفر و در ضریب پژمردگی دائم ۱۵ اتمسفر و در ضریب هیگروسکوپیک به ۳۱ اتمسفر می‌رسد.

آب موجود در خاک طبق شمای زیر تحت تاثیر نیروهای مختلفی می‌باشد که واحد این نیروها بر حسب مگاپاسکال (MPa) یا بار و یا اتمسفر و یا سانتیمتر آب یا جیوه بیان می‌شود.

$$۱MPa= ۱۰bar= ۹/۸۷atm= ۱۰۱۹۷CmH_۲O= ۷۵۰CmHg$$

پتانسیل آب در خاک:

پتانسیل توانایی انجام کار تعریف می‌شود که موجب حرکت آب از خاک به ریشه می‌شود. همیشه پتانسیل اب در خاک باید از پتانسیل سلولهای ریشه بیشتر باشد تا آب از خاک برای رشد نمو گیاه به طرف ریشه حرکت کند، پتانسیل آب در خاک اندازه انرژی پتانسیل آب (در هر واحد وزن یا حجم) در یک نقطه سیستم نسبت به انرژی پتانسیل آب آزاد سنجیده می‌شود. چون پتانسیل آب آزاد و خالص معمولا پتانسیل آبی صفر دارا می‌باشد یعنی مولکول‌های آب توسط هیچ عاملی نگهداری نمی‌شوند، پتانسیل آب درخاک معمولا کمتر از انرژی پتانسیل آب خالص و آزاد است، از این رو پتانسیل آب در خاک معمولا منفی می-باشد. پتانسیل آب در خاک با حروف یونانی سای (ψ) نشان داده می‌شود که شامل مجموع نیروهای مختلف است، که این نیروهای متعدد پتانسیل آبی کل را تشکیل می‌دهند. چون آب در گیاه و در خاک معمولاً به علت دارا بودن مواد محلول، از نظر شیمیائی خالص نیست و از نظر فیزیکی به علت کششهای قطبی (توسط یونهای محلول)، نیروی ثقل، و فشار، انرژی پتانسیل آن کمتر از آب خالص می‌باشد.

چهار نیروی اصلی در خاک عبارتند از:

- پتانسیل اسمزی (ψ_s)
- پتانسیل ماتریک (ψ_m)
- پتانسیل ثقلی (ψ_g)
- پتانسیل فشاری (Ψ_p)

پتانسیل اسمزی (ψ_s) در اصل جاذبه یونهای موجود در محلول برای مولکول‌های آب است که همیشه یک عدد منفی است. از آنجا که این پتانسیل با حل شدن نمکها افزایش می‌یابد، این پتانسیل در خاک‌های شور یا خاک‌هایی که ضایعات آلی و یا کودهای شیمیائی به آن افزوده شده است، اهمیت دارد. چنانچه آب دارای املاح محلول در مجاورت یک سطح نیمه تراوا قرار بگیرد این سطح نیمه تراوا به صورت انتخابی عمل می کند و اجازه عبور ملکولهای آبرا از سمت دارای غلظت کمتر املاح به سمت دارای غلظت بیشتر املاح می‌دهد. به نیروی موثر در حرکت آب مجاور غشاء نیمه تراوا پتانسیل اسمزی گویند.

پتانسیل ماتریک (ψ_m) نمایانگر جذب آب به سطح ذرات خاک و نیروهای کاپیلاری ناشی از آب محبوس شده در خلل و فرج ریز می‌باشد. مانند پتانسیل اسمزی، پتانسیل ماتریک نیز همیشه یک عدد منفی است. پتانسیل ماتریک در خاکهای غیراشباع بیشترین اهمیت را دارد. آب از خاکهای مرطوب‌تر (انرژی آزاد بالاتر، پتانسیل بیشتر) به طرف خاک‌های خشک‌تر (انرژی آزاد پایین، پتانسیل کمتر) حرکت می‌کند.

پتانسیل ثقلی (ψ_g) نمایانگر نیروی ثقلی است که آب را به طرف مرکز زمین می‌کشد و بسته به سطح مبنای آب ممکن است منفی یا مثبت باشد. اگر سطح مبنا پایین‌تر از لبه پروفیل خاک باشد (پتانسیل معمول) پتانسیل ثقلی مثبت خواهد بود.

پتانسیل فشاری (Ψ_p) آب در خاک معمولا توسط یک منبع انرژی دهنده تامین می‌شود.

پتانسیل کل آب در خاک از مجموع چهار پتانسیل فوق بدست می‌آید:

$$\Psi_t = (\psi_s) + (\psi_m) + (\Psi_p) + (\Psi_g)$$

نقاط پتانسیلی مهم:

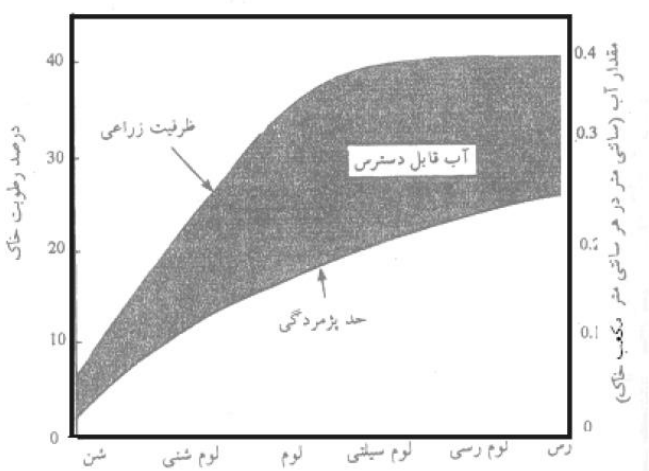
- نقطه اشباع (Saturation point) :

نقطه اشباع عبارت است از مقدار رطوبت خاک به صورت وزنی و حجمی، وقتی که حجم منافذ خاک با آب پر شده باشد. اگر چه گیاهان زراعی مانند برنج به دلیل توانایی انتقال اکسیژن از اندام های هوایی به ریشه ها قادر هستند در خاکهای اشباع از آب رشد کنند، ولی اکثر گیاهان زراعی در خاکهای اشباع از آب، قادر به تنفس و ادامه حیات نبوده و در اثر خفگی از بین می روند.

- **ظرفیت زراعی یا (Field capacity)**: یکی از نقاط پتانسیلی مهم خاک می‌باشد. زیرا در این وضعیت هیچ گونه آب آزاد در خاک وجود نداشته و تمام مولکولهای آب به ذرات خاک چسبیده‌اند. در ظرفیت زراعی یا FC مقدار پتانسیل ماتریک برای خاکهای شنی حدود ۲۰۰- و برای خاکهای رسی ۴۰۰- سانتی‌متر است (بطور متوسط ۳۰۰- سانتی‌متر یا یک سوم اتمسفر). در واقع ظرفیت زراعی بالاترین حد رطوبت قابل نگهداری در خاک برای استفاده گیاه می‌باشد. به همین دلیل ظرفیت زراعی را گنجایش نگهداری آب در خاک (Water Holding Capacity) نیز می‌گویند. درصد رطوبت در حد ظرفیت زراعی در خاکهای مختلف متفاوت است. مثلا در حالی که برای تمام خاکها پتانسیل آب در حد ظرفیت زراعی یکسان و برابر ۳۰۰- سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود، یک خاک شنی ممکن است ۱۰ درصد رطوبت داشته باشد ولی مقدار رطوبت یک خاک رسی در همان پتانسیل ۳۰ درصد باشد، اما سهولت جذب آب در هر دو خاک یکسان می‌باشد. بنابر این مشاهده می‌شود که سهولت جذب آب بستگی به مقدار پتانسیل دارد و نه درصد رطوبت.

نقطه پژمردگی دائم (Permenent Wilting Point): که با علامت PWP نشان داده می‌شود. در این نقطه پتانسیلی که مقدار آن حدود ۱۰ تا ۲۰ اتمسفر (بطور متوسط ۱۵ اتمسفر) مکش است گیاه در طول شب قادر نیست جبران رطوبتی را که در طول روز از دست داده است بنماید و لذا بطور کامل از بین می‌رود. بعبارت دیگر در حد پژمردگی دائی، تمام آب موجود در خاک بجز مقدار آبی که با نیروی بیش از ۱۵ اتمسفر به خاک چسبیده‌اند از آن خارج می‌شود. قبل از اینکه خاک به این وضعیت در آید یک نقطه پتانسیلی دیگر وجود دارد که به آن نقطه پژمردگی موقت گفته می‌شود در این وضعیت گیاه در طول روز به دلیل تعرق زیاد پژمرده شده اما در شب به دلیل جذب بیشتر رطوبت و کاهش تبخیر و تعرق شادابی خود را مجددا بدست می‌آورد. چون نقطه پژمردگی پایین‌ترین حد رطوبت برای گیاه است، لذا تفاوت بین دو نقطه FC و PWP باید مقدار رطوبتی باشد که به لحاظ نظری گیاه بتواند از آن استفاده کند. البته باید توجه داشت که مقدار ۱۵ اتمسفری که برای حد پژمردگی در نظر گرفته می‌شود در وضعیت آزمایشگاهی و شرایط کنترل شده بدست آمده است. عملا در وضعیت صحرائی و مزرعه گیاهان زراعی به مراتب قبل از نقطه پژمردگی قادر به جذب آب از خاک نمی‌باشند. در واقع نقطه‌ای را که گیاه عملا قادر به حذب آب نباشد حد آب قابل جذب (Crop Extractable Water) گویند که با علامت CEW نشان داده می‌شود. بعبارت دیگر نقطه پژمردگی دائم و حد آب قابل جذب واژه‌های مترادف هستند که اولی بر اساس آزمایشات گلدانی بدست آمده و بیشتر جنبه نظری دارد، حال آنکه دومی بر اساس تجارب صحرائی بدست آمده است. بنابر این مقدار آب موجود خاک برای استفاده گیاه (Available Water) که به آن آب قابل دسترس (AW) گفته می‌شود عملا باید تفاوت ظرفیت زراعی و حد آب قابل جذب توسط گیاه باشد.

$$AW = FC - CEW$$



آب سهل‌الوصول (Readily available water):

تمامی آب قابل دسترس خاک نمی‌تواند به آسانی توسط گیاه جذب شده و با افزایش تخلیه رطوبت خاک، جذب رطوبت توسط گیاه، با سختی بیشتری انجام می‌شود. میزان رطوبتی که به آسانی و بدون ایجاد شرایط تنش توسط گیاه جذب می‌شود آب سهل الوصل نامیده می‌شود. مقدار آب سهل‌الوصول با توجه به گونه گیاهی، نوع و خصوصیات خاک متفاوت بوده، ولی مقدار تقریبی آن بین ۵۰ تا ۸۰ درصد کل آب قابل دسترس خاک است.

پتانسیل آب و اجزای آن در گیاه: به طور کلی آب گیاه را می‌توان به دو بخش آب موجود در دیواره‌های سلولی و عناصر آوند چوب که به آب آپوپلاستی معروف است) آب موجود در در بخشهای غیرزنده گیاه (و آب موجود در پروتوپلاسم‌ها که به آب سیم‌پلاستی) آب موجود در در بخشهای زنده گیاه تقسیم کرد.

تنظیم فشار اسمزی توسط سلولهای ریشه گیاه:

با افزایش خشکی خاک، پتانسیل آب خاک کاهش یافته و در نتیجه سلول‌های گیاهی برای تنظیم وضعیت آب خود و حفظ پتانسیل فشاری مناسب برای ادامه رشد سلول و انجام فعالیت‌های حیاتی آن، میزان مواد محلول را که سبب کاهش پتانسیل اسمزی سلول می‌شوند، افزایش می‌دهند. بنابراین این سلول‌ها از طریق افزایش قدرت جذب آب، جذب آب را افزایش می‌دهند. این مسئله سبب افزایش پتانسیل فشاری، متورم ماندن سلول و حفظ اعمال متابولیک آن می‌گردد. این پدیده تنظیم اسمزی نامیده می‌شود. اکثر گیاهان این قابلیت را دارند تا از طریق تجمع مواد اسمزی سازگار با سیتوپلاسم و غیرخسارت‌زا برای سلول پتانسیل اسمزی درون سلول را کاهش دهند. به نظر می‌رسد اکثر گیاهانی که توانایی تحمل تنش خشکی بیشتری دارند، قادرند تا در شدت‌های تنش بالاتر تنظیم اسمزی را ادامه داده و فشار آماس خود را حفظ کنند. تنظیم اسمزی سبب می‌شود تا این گیاهان جذب آب خاک را حتی در پتانسیل پایین ادامه دهند. به هر حال، زمانی که سلول‌های گیاه تحت تاثیر آب کشیدگی یا شوری بالا قرار می‌گیرند، انجام توازن اسمزی مشکل است. از دست رفتن آب و عدم خروج مواد محلول سبب تجمع غلظت‌های بالای املاح در تعدادی از اجزای سلول می‌گردد. این مسئله می‌تواند سبب تخریب ساختمان سلول، شکستن غشای واکوئل و غشای پلاسمایی شود.

- ضریب هیگروسکوپیک (Factor Hygroscopic):

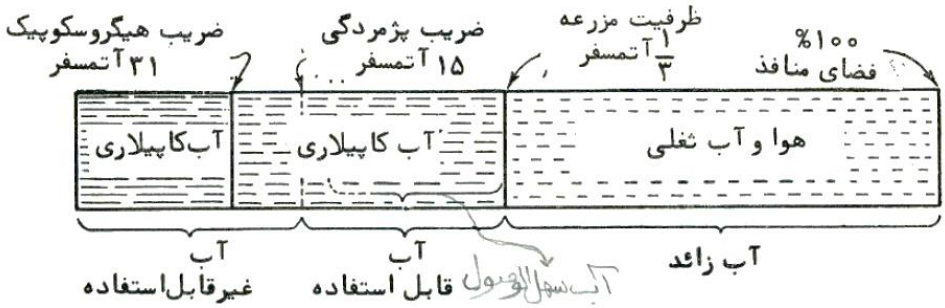
تبخیر بیشتر آب از خاک سبب می‌شود که تمام آب مایع حتی از ریزترین منافذ ریز خاک خارج می‌گردد (خاک هوا خشک). آبی که پس از این مرحله در خاک می‌ماند در سطح ذرات خاک به حدی با شدت جذب شده که تقریباً حالت غیرمایع داشته و فقط به صورت گاز حرکت می کند. مقدار رطوبت خاک در این حالت را ضریب هیگروسکوپیک گویند. واضح است که هر قدر مقدار مواد کلوئیدی خاک بیشتر باشد (خاک‌های رسی) ضریب هیگروسکوپیک آن بالاتر است. مکش رطوبتی خاک در این حالت حدود ۳۱ اتمسفر است.

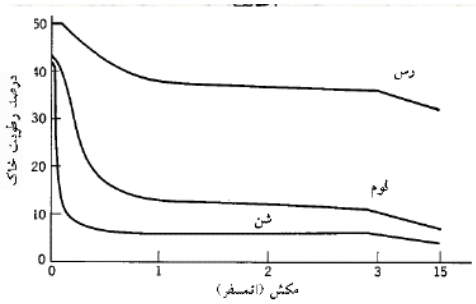
- نقطه خشک آون (Dry Oven Point):

مقدار رطوبت مانده در خاک پس از قرار دادن خاک بمدت یک شبانه روز در آونی با ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد را گویند، مکش رطوبتی در این خاک ۱۰۰۰۰ اتمسفر می‌باشد.

جدول: تقسیمات رطوبتی آب در خاک

تقسیمات رطوبتی	مکش رطوبتی اتمسفر	طبقه بندی فیزیکی	طبقه بندی بیولوژیک
آب آزاد اشباع	۰	آب ثقلی	آب زائد (مضر برای تنفس ریشه گیاه)
ظرفیت مزرعه	۰/۳	آب موئینگی	آب قابل‌استفاده گیاه
نقطه پژمردگی دائم	۱۵	آب موئینگی	
ضریب هیگروسکوپیک	۳۱	آب غشایی، هیگروسکوپیک	غیرقابل استفاده برای گیاه
نقطه خشک آون	۱۰۰۰۰	آب غشایی، هیگروسکوپیک	





با اندازه‌گیری نیروی کشش در مقادیر مختلف آب در خاک می‌توان نمودار ارتباط بین انرژی و مقدار آب را رسم نمود. این شکل چنین نموداری را برای چند نوع بافت و کشش به بافت خاک بستگی داشته و خاک‌های سنگین‌تر همیشه مقدار بیشتری آب در خود نگهداری می‌کنند، زیرا این خاکها دارای مقدار بیشتری مواد کلوئیدی بوده و فضای منافذ خالی و سطح جاذبه نیز در آنها بیشتر است. باید به خاطر داشت که نیروی کشش نشان داده شده مربوط به خارجی‌ترین لایه آب جذب آب شده است.

اندازه‌گیری میزان رطوبت خاک:

مقدار رطوبت در خاک را به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم اندازه‌گیری می‌شود. در روش مستقیم مقادیر جرمی و حجمی رطوبت با انتقال مقداری از خاک مزرعه به آزمایشگاه صورت می‌گیرد. مقدار رطوبت وزنی (θ_m)، مقدار وزن آب نگهداری شده توسط خاک از اختلاف وزن قبل و بعد از قرار دادن خاک در آون در درجه حرارت ۱۰۵°C به مدت ۲۴ ساعت بدست می‌آید.

مثال: اگر وزن خاک مرطوبی ۱۲۰ گرم و بعد ازدر آوردن از اتو وزن آن به ۱۰۰ گرم رسیده باشد. درصد رطوبت وزنی و حجمی آنرا حساب کنید، در صورتی که وزن مخصوص ظاهری آن ۱/۲۵ گرم بر سانتیمتر مکعب باشد.

وزن رطوبت خاک ۱۲۰-۱۰۰= ۲۰gr

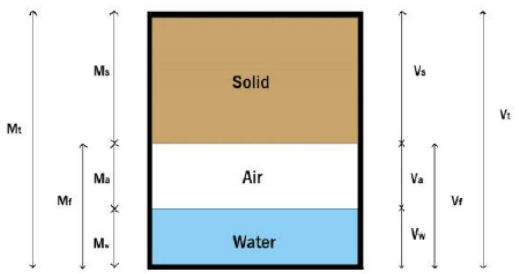
$\theta_m = (۲۰/۱۰۰) \times ۱۰۰ = ۵۰\%$

وزن بخش جامد خاک ۱۰۰ - ۵۰=۵۰

بر حسب تعریف، مقدار جرمی رطوبت (θ_m) خاک عبارت است از نسبت جرم آب موجود در خاک (M_w) به جرم، جامد خاک (M_s) و رطوبت حجمی (θ_v) نسبت حجم آب (V_w) به حجم کل خاک (V_t) می‌باشد.

$$\theta_m = \frac{M_w}{M_s}$$

$$\theta_v = \frac{V_w}{V_t} = \frac{V_w}{V_s + V_f}$$



که در آن V_f حجم خلل و فرج خاک یا تخلخل خاک می‌باشد.

به طوریکه مشاهده می‌شود این فرمول به جای اینکه مقادیر رطوبت را نشان می‌دهند به همین دلیل مقادیر فوق را به ترتیب نسبت‌های جرمی و حجمی رطوبت می‌گویند. اگر از طرفین این معادله بر هم تقسیم شوند، رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\frac{\theta_m}{\theta_v} = \frac{M_w.V_t}{M_s.V_w}$$

از طرف دیگر چنانچه چگالی ظاهری (جرم مخصوص ظاهری) خاک خشک (D_b) در نظر گرفته شود، مقدار آن برابر است با:

$$D_b = \frac{M_s}{V_t}$$

$M_s = D_b.V_t$

حال اگر مقدار M_s در معادله جایگزین شود:

$$\frac{\theta_m}{\theta_v} = \frac{M_w.V_t}{D_b.V_t.V_w} = \frac{M_w}{D_b.V_w}$$

و چون جرم آب (M_w) و حجم آب (V_w) از نظر عددی برابر است. لذا می‌توان گفت:

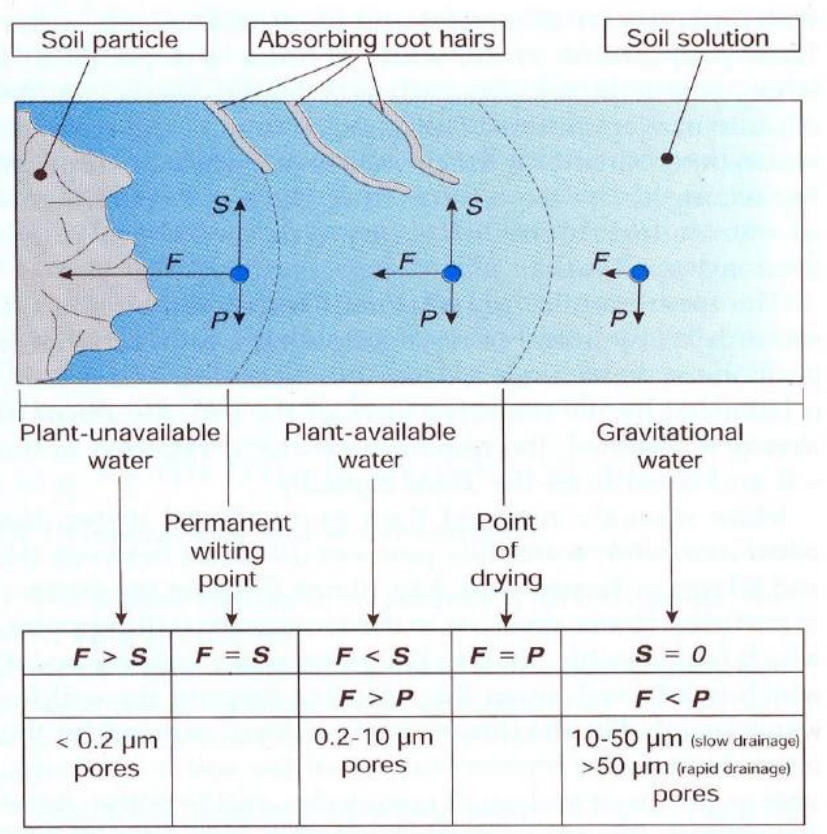
$$\frac{\theta_m}{\theta_v} = \frac{1}{D_b} \Rightarrow \theta_v = \theta_m.D_b$$

یعنی رطوبت حجمی از حاصلضرب رطوبت وزنی در وزن مخصوص ظاهری بدست می‌آید.

از حاصلضرب رطوبت حجمی در عمق خاک می‌توان عمق آب ذخیره شده را محاسبه نمود:

$$\mathbf{d_w = \theta_v . h}$$

که در آن قطر آب ذخیره شده بر حسب سانتی‌متر در لایه‌ای از خاک به عمق h سانتی متر، و دارای رطوبت حجمی θ_v می‌باشد.



شکل- نیروهایی که بر آب در خاک وارد می‌شود: نیروی ثقل (P)، جذب توسط ذرات خاک (F)، جذب توسط ریشه گیاه (S).

چگونگی حرکت آب در خاک:

یک خاک زراعی باید این قابلیت را داشته باشد که آب را در خود نگهداری و ذخیره نماید. اما این بدان معنی نیست که آب ذخیره شده در خاک نتواند از آن خارج شده و یا در داخل خاک جابجا شود. به عبارت دیگر یک خاک خوب زراعی، خاکی است که در عین حالی که مقدار قابل توجهی آب در آن ذخیره می‌شود آب نیز به آسانی آز یک نقطه به نقطه دیگر آن انتقال پیدا کند. این عمل باعث می‌شود که دریافت آب به وسیله ریشه‌ها از خاک به آسانی صورت گرفته و زهکشی و تهویه خاک نیز به سهولت انجام پذیرد. خاکهایی که این شرایط را نداشته باشند جزء خاک‌های مناسب برای زراعت محسوب نمی‌شوند. مثلا یک خاک رسی و سنگین که قادر است حجم زیادی آب را در خود ذخیره نماید اما حرکت و خارج شدن آب از آن به دشواری صورت می‌گیرد زیرا که بمدت طولانی آب را در تخلخل ریز خود نگاه داشته و تنفس ریشه‌ایی را مختل و گیاه را با خفگی بخاطر عدم جذب اکسیژن مواجه نموده یک خاک خوب بحساب نمی‌آید و یک خاک شنی که جابجایی آب در داخل آن به سهولت انجام می‌شود، اما قادر نیست حجم زیادی آب را در خود ذخیره کند جزء خاکهای ایده‌آل به شمار نمی‌رود در صورتی که یک خاک لومی هم مقدار نسبتا قابل توجهی آب را در خود ذخیره می‌کند و هم آب به راحتی در داخل آن حرکت می‌کند و جابجایی هوا در آن صورت می‌گیرد.

پتانسیل آب خاک غیراشباع مجموعه‌ای از پتانسیل ماتریک، پتانسیل اسمزی و پتانسیل ثقلی است ولی اختلاف پتانسیل اسمزی در یک خاک مزرعه بین دو نقطه آن بسیار کم بوده می‌توان از آن صرف نظر کرد پس **پتانسیل حرکت آب در خاک** غیراشباع عملا اختلاف پتانسیل مجموع دو جزء پتانسیل ماتریک و ثقلی در نظر گرفته می‌شود.

انتقال آب بین دو نقطه از خاک به آن پتانسیل هیدرولیکی (hydrolic potential) گفته می‌شود.

نظر به اینکه حرکت آب در خاک بر اساس اختلاف پتانسیل صورت می‌گیرد و پتانسیل اسمزی بین نقاط مختلف خاک یکسان است (اختلاف پتانسیل اسمزی صفر است زیرا این پتانسیل تنها در انتقال آب در طرفین غشاءها نقش داشته و در انتقال آب در خاک به دلیل عدم وجود غشاء نقش ندارد) بنابر این پتانسیل هیدرولیکی کل برای خاک‌های اشباع و غیراشباع عبارت است از:

الف- برای خاک‌های اشباع $\Psi_{hyd} = (\psi_g) + (\Psi_p)$

ب- برای خاک‌های غیراشباع $\Psi_{hyd} = (\psi_g) + (\Psi_m)$

که تفاوت آنها فقط در وجود پتانسیل ماتریک و فشاری است.

حرکت آب از خاک به درون ریشه:

آبی که هنگام ظرفیت زراعی در خاک باقی می‌ماند با دو نیروی عمده در خاک نگهداری شده و آزادانه قابل حرکت به سمت ریشه‌ها نمی‌باشد. اگر گرفتار شدن آب در خاک را با پتانسیل توصیف کنیم، یکی به دلیل حل شدن مواد معدنی مانند نمک در آن است که تولید فشار یا **پتانسیل اسمزی** می‌کند و دیگری چسبندگی آب به ذرات خاک است که به آن **پتانسیل ماتریک** گویند. اگر آب موجود در خاک شوری کمی داشته باشد فشار اسمزی حدود ۰/۰۱ مگا پاسکال خواهد بود و قابل صرف نظر کردن است اما در خاک‌های شور این مقدار تا ۲۰ برابر یعنی ۰/۲ مگاپاسکال هم می‌رسد. از طرف دیگر پتانسیل ماتریک بستگی به رطوبت خاک دارد، به طوریکه در خاک‌های خیلی مرطوب و نزدیک اشباع مقدار آن صفر است ولی در خاک‌های خشک این مقدار به ۳- مگاپاسکال (۳۰bar-) یا کمتر هم می‌رسدکه مسلما گیاه در این حالت نمی‌تواند آبی را از خاک جذب کند.

برای تعیین منحنی مشخصه آب خاک در آزمایشگاه اغلب از دستگاه صفحه فشاری یا غشای فشاری استفاده می‌شود. در این روش نمونه خاک که قبلا مرطوب شده است روی غشایی که نسبت به آب و اجسام حل شدنی نفوذ پذیری است، قرار می‌گیرد. سپس به این نمونه خاک از بالا فشار و یا از پایین مکش اعمال شده که در نتیجه آب از نمونه خارج می‌شود. وقتی جریان آب خروجی متوقف شد، بدین معنا است که بین پتانسیل ماتریک نمونه و فشار یا مکش وارده تعادل برقرار شده ($P= -\Psi m$) و بنابراین پتانسیل ماتریک برابر فشار وارده است. در این هنگام نمونه را بیرون می آورند و مقدار رطوبت آن را اندازه می‌گیرند.

(۱ bar = ۰/۱ MPa)

گیاه آب مورد نیاز خود را از طریق ریشه‌ها از خاک جذب می‌کند. بنابر این موجودیت و قابلیت دسترسی آب در خاک از عوامل اصلی رشد گیاه است. مقدار آب موجود در هر واحد جرم یا حجم خاک را با رطوبت خاک (Moistuer content) و حالت یا وضعیت فیزیکو – شیمیائی آب در خاک را پتانسیل (Potential) آن گویند. در واقع مقدار رطوبت تنها بیان کننده این است که چه مقدار آب در خاک وجود دارد، اما پتانسیل آب در خاک برای ما توصیف می‌کند که توان انجام کار توسط رطوبت چگونه است. پتانسیل آب در خاک توان انجام کار توسط آب را توصیف می‌کند. زیرا هنگامی که آب در خاک حرکت می‌کند برای انجام آن نیاز به نیرو است و این نیرو باید بصورت یک پتانسیل در آب نهفته باشد. لذا اگر بخواهیم جابجائی آب در خاک را توصیف کنیم باید این نیروها را بخوبی بشناسیم. مثلا یکی از مهمترین اجزاء پتانسیل آب در خاک پتانسیل ماتریک آن است که توسط آن مشخص می‌شود آب با چه نیروئی در خاک نگهداری شده و چگونه از نقطه‌ای به نقطه دیگر قابل جابجا شدن است. البته باید توجه داشت که رطوبت و پتانسیل خاک وابسته به یگدیگر بوده و شناسائی رابطه آنها یکی از ابزارهای مهم در مدیریت آبیاری و بهره‌برداری از خاک است. پس برای انتقال آب از خاک به ریشه مجموع پتانسیل‌های ماتریک و اسمزی (پتانسیل مکش) باید از پتانسیل آب موجود در سلولهای ریشه بیشتر باشد تا گیاه با تنش رطوبتی مواجه نشود. در بعضی موارد به مجموع پتانسیل ماتریک و اسمزی ($\psi_s + \psi_m$) پتانسیل تنش Ψ_{stress} هم گفته می‌شود.

$$\Psi_{stress} = (\psi_s + \psi_m)$$

تخمین مقدار پتانسیل مکش رطوبتی در خاک مشکل است. یکی از راههای عملی اندازه‌گیری پتانسیل اسمزی آن است که ابتدا خاک را با آب مقطر اشباع کرده و هدایت الکتریکی عصاره اشباع (EC_e) را بدست آوریم. با داشتن این مقدار و از روی معادله تجربی ($\psi_s = -0/36 \times EC_e$) پتانسیل اسمزی عصاره اشباع بدست می‌آید. در این معادله EC_e هدایت الکتریکی بر حسب میلی‌موس بر سانتیمتر و ψ_s پتانسیل اسمزی بر حسب بار می‌باشد. تجربه ثابت نموده است که شوری محلول خاک در محدوده ظرفیت زراعی و آب قابل استخراج توسط گیاه تقریبا ۳ برابر آب آبیاری است و لذا پتانسیل اسمزی محلول خاک در این وضعیت گیاه تقریبا ۳ برابر پتانسیل اسمزی آب آبیاری است. اگر این تقریب را بپذیریم که شوری عصاره اشباع خاک ۱/۵ برابر شوری آب آبیاری است. می‌توانیم از روی شوری آب آبیاری متوجه شویم که محلول خاک از نظر پتانسیل اسمزی چگونه خواهد بود. مثلا اگر EC آب آبیاری ۲ میلی‌موس بر سانتی‌متر باشد، شوری عصاره اشباع خاک ۳ و شوری محلول خاک در وضعیتی که گیاه آب مورد نیاز خود را در بین آبیاریها از آن دریافت می‌دارد ۶ میلی‌موس بر سانتی‌متر بوده و در نتیجه پتانسیل عصاره اشباع خاک و محلول خاک به ترتیب ۱/۰۸ و ۲/۱۶ بار می‌باشد.

عوامل موثر بر جذب آب:

الف- عوامل درونی موثر بر جذب:

۱- گستردگی، سطح و عمق سیستم ریشه: افزایش گستردگی، سطح و عمق ریشه سبب افزایش جذب آب می‌شود. معمولاً وجود ریشه‌های بزرگتر سبب اشغال حجم بزرگتری از خاک توسط سیستم ریشه‌ای گیاه شده و در نتیجه، حجم بیشتری از آب در دسترس آن است. همچنین وجود سیستم ریشه‌ای عمیق و گسترده این امکان را می‌دهد که حجم آب مورد استفاده در هر نوبت آبیاری، افزایش یافته و فاصله زمانی بین دو نوبت آبیاری بیشتر گردد. در درختان گرچه معمولاً میزان نفوذپذیری ریشه های چوبی کمتر از ریشه های جوان‌تر است، ولی به دلیل سطح زیاد ریشه‌های چوبی، که در تماس با خاک و آب می‌باشد، نقش آنها در جذب آب بسیار زیادتر است.

۲- نفوذپذیری ریشه: به طور کلی، میزان نفوذپذیری ریشه ها نسبت به آب متغیر بوده و به سن ریشه، شرایط محیطی و فعالیت ریشه بستگی دارد .معمولاً میزان نفوذپذیری ریشه‌های مویی و ریشه‌های جوان چوپ پنبه‌ای نشده بسیار بیشتر از ریشه‌های چوپ پنبه ای شده است. اما با توجه به اینکه در گیاهان چند ساله، ریشه های چوپ پنبه ای نشده تنها بخش کوچکی از سیستم ریشه این گیاهان را تشکیل می‌دهد، بنابراین جذب آب توسط ریشه‌های چوپ پنبه‌ای شده مهم است .

ب- عوامل بیرونی موثر بر جذب آب:

۱- دمای خاک دمای آب به طور مستقیم و غیرمستقیم بر جذب آب موثر است. کم بودن دمای خاک، باعث کاهش رشد ریشه، افزایش ویسکوزیته آب، افزایش مقاومت ریشه‌ها در مقابل حرکت آب به دلیل کاهش نفوذپذیری غشاهای سلولی و اثرات افزایش ویسکوزیته و کاهش فعالیت متابولیکی سلول‌های ریشه می‌گردد. دمای بالا نیز می‌تواند سبب کاهش جذب آب شود. البته افزایش دما به نحوی که مانع جذب آب گردد، فقط در مورد ریشه‌هایی که در خاکهای سطحی و گلدانهایی که در معرض تابش آفتاب قرار گرفته‌اند صورت پذیرفته است.

۲- خشکی، شوری و تهویه خاک: وجود شرایط تنش‌زا مانند خشکی و شوری خاک سبب کاهش نفوذپذیری ریشه‌ها نسبت به آب می‌شود. کاهش رطوبت خاک پتانسیل آب را کاهش داده و در نتیجه از طریق افزایش مقاومت خاک و ریشه سبب کاهش جذب آب می‌شود. افزایش مقاومت خاک با خشک شدن آن، به دلیل خالی شدن منافذ بزرگتر از آب است. شوری و تجمع املاح علاوه بر ایجاد خسارت بر سلول‌های گیاهی و بازدارندگی فعالیت‌های متابولیکی، می‌تواند سبب کاهش رشد ریشه و همچنین کاهش نفوذپذیری آن شود. غرقاب شدن و تهویه کم خاک نیز از طریق کاهش اکسیژن مورد نیاز برای تنفس ریشه ها می‌تواند سبب کاهش نفوذپذیری ریشه ها شود. فشردگی خاکهای زراعی که معمولاً بر اثر تردد زیاد ماشین‌آلات کشاورزی بخصوص در خاکهای با رطوبت زیاد و بافت سنگین حاصل می‌شود، می‌تواند سبب کاهش تهویه خاک، افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک، کاهش نفوذ ریشه و در نتیجه کاهش جذب آب توسط گیاه شود. نکته قابل توجه این است که این عوامل می توانند به صورت چندگانه وجود داشته و اثرات یکدیگر را تشدید کنند.

کنترل جریان:

از آنجایی که بیش از ۹۵ درصد آب جذب شده در اکثر گیاهان به وسیله جریان تعرق تلف شده و تنها مقدار اندکی از آب جذب شده در گسترش سلول و فرایند بیوشیمیایی آن به مصرف می‌رسد، به لحاظ کمی، جریان اندک آب در گیاه توسط تلفات آب در تعرق تنظیم می‌گردد. تبخیر آب از دیواره‌های سلولی باعث ایجاد نیروی ماتریک یا فشار منفی یا جذبی در آنها شده و در نتیجه آب از آوند چوب به سوی دیواره‌های سلولی جاری می‌شود. این امر باعث ایجاد کشش یا فشار منفی در شیره آوند چوب شده، که به ریشه منتقل و در نتیجه جریان آب به داخل ریشه را ایجاد می‌کند. بنابراین افزایش تعرق، باعث افزایش جذب آب و کاهش تعرق، باعث کاهش جذب آب می‌شود. به طور کلی جریان آب در گیاه بوسیله تعرق کنترل شده و در واقع روزنه‌ها تنظیم کنندگان اصلی جریان آب در گیاه هستند. افزایش مقاومت در برابر جریان آب، به ویژه در خاک و ریشه، تعرق را به طور مستقیم و از طریق کاهش آماس برگ و بسته شدن جزئی تا کامل روزنه ها کاهش می دهد. به عبارت دیگر، در شرایط مطلوب بودن رطوبت خاک، جذب تابع تعرق و در شرایط محدودیت رطوبت خاک، تعرق تابع جذب است.

نیاز آبی گیاه:

برآورد نیاز آبی گیاه برای جبران آبی است که از طریق تبخیر و تعرق از سطح خاک و بخش هوائی گیاه از خاک خارج می‌شود. و چون جذب عناصر غذائی از خاک و متابولیک گیاه همه در محیط آبی صورت می‌گیرد، لذا علاوه بر آبی که در محصول گیاهی همراه ماده خشک وجود دارد، گیاه در طول رشد خود چندین برابر آن را از خاک دریافت و به مصرف تعرق می‌رساند. جدول زیر میزان آب مصرفی در مناطق معتدل برای تشکیل یک کیلوگرم ماده خشک را نشان می‌دهد.

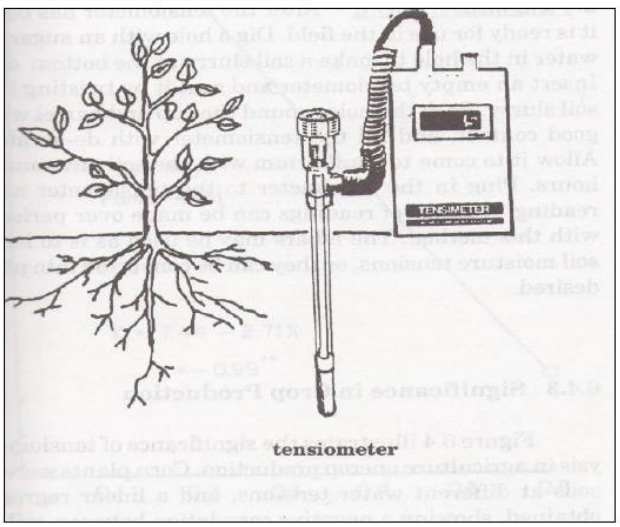
نوع گیاه	مصرف نسبی (کیلوگرم)
گندم	۳۹۹
چاودار	۳۵۳
جو	٤۰۲
باقلا	۲۸۳
مناب	۳۲۹
نخود فرنگی	۲۹۰
شبدر قرمز	۳۳۰
علوفه مراتع	۲۳۸

تلفات آب و راندمان آبیاری:

آبی که به منظور کشاورزی استفاده می‌شود، به ویژه در روشهای آبیاری سطحی، ناگزیر تلفاتی را از منبع تا محل مصرف متحمل می‌شود. حجم قابل ملاحظه‌ای از آب آبیاری در خطوط انتقال و کانال‌های آبیاری چه از طریق تبخیر و چه از راه نفوذ به دیواره و بستر کنال‌ها تلف می‌شود. بدین ترتیب گاهی راندمان آبیاری از نقطه‌ای که آب از منبع گرفته می‌شود تا رسیدن به سطح قطعات زیر کشت از ۳۰٪ نیز پایین می‌آید.

تعیین زمان آبیاری:

با ادامه تبخیر و تعرق، خاک حوزه فعالیت ریشه گیاهان به تدریج رطوبت خود را از دست می‌دهد. آب باقی مانده بیش از بیش به دانه‌های خاک می‌پیوندد، به طوری که رقابتی فشرده بین ریشه‌های گیاه و ذرات خاک در جذب و نگهداری آب ایجاد می‌شود. با کمتر شدن مقدار آب در خاک، شدت وابستگی آب باقی مانده به خاک به حدی می‌رسد که گیاه دیگر قادر به جذب آن نیست، در چنین وضعیتی، زمان آبیاری فرا رسیده است. تاخیر در اقدام به آبیاری ولو در حالت پژمردگی موقت، معمولا همراه با خسارت است.



tensiometer

میزان این خسارت در دوره‌های مختلف زندگی گیاه متفاوت است. مثلا حداکثر نیاز آبی گیاه گندم در موقع به خوشه نشستن می‌باشد.

با کاهش رطوبت خاک مکش رطوبتی در خاک افزایش یافته و گیاه برای ادامه تعرق از آب اندامهای خود استفاده می‌کند. بدین ترتیب سلولهای گیاهی به ویژه برگ‌ها، تورم خود را از دست داده و حالت پژمردگی و لوله شدن برگ ظاهر می‌شود. پژمردگی گیاه را می‌توان به یک حالت بی-هوشی تشبیه نمود که اگر طولانی باشد، خطر بیدار نشدن و مرگ گیاه وجود دارد.

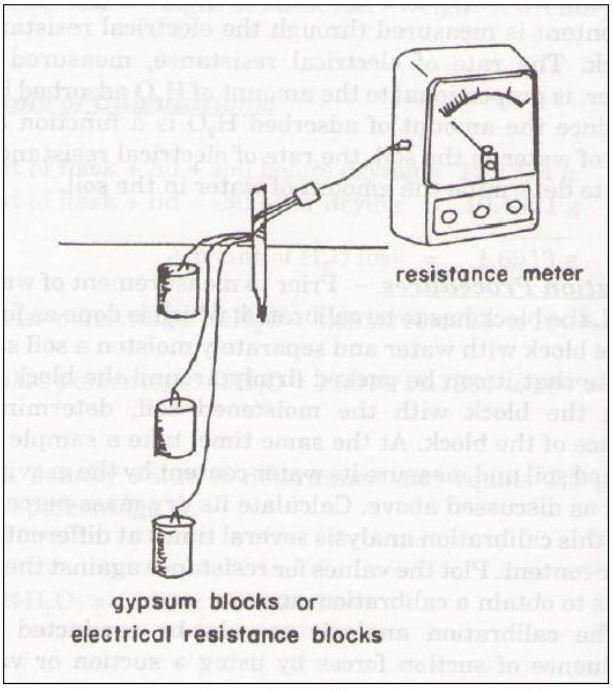
روش غیرمستقیم تعیین رطوبت در خاک:

در روش غیرمستقیم باید ابتدا یک عامل دیگر که بر درصد رطوبت موثر است، اندازه‌گیری شده و سپس از روی آن مقدار رطوبت خاک تخمین زده شود.

– با استفاده از تانسیومتر: تانسیومتر از یک کلاهک سرامیکی یا رسی تشکیل شده است. قسمت فوقانی آن به یک لوله خمیده که به شکل U در یک سطح معینی قرار می‌گیرد متصل است. حال اگر کلاهک سرامیکی را که در بیرون آن در داخل خاک وجود دارد، برقرار می‌گردد. برقراری تعادل با وارد شدن یا خارج شدن آب به داخل لوله تانسیومتر از طریق کلا هک آن که نسبت به آب نفوذ پذیر است انجام می‌شود. اگر خاک خشک باشد، آب را از داخل تانسیومتر به طرف خود خواهد کشید و ایجاد خلاء خواهد شد. به همین منظور در کنار لوله تانسیومتر، یک خلاء سنج (Vacume gauge) متصل، شده است که قادر است مقدار خلاء یا فشار منفی را اندازه‌گیری کند. معمولا درجه بندی خلاء سنج بین ۱۰۰-۰ بوده که هر کدام از درجات آن معدل ۱۰ سانتیمتر فشار منفی است.

از معایب این روش می توان به موارد زیر اشاره کرد: (۱) گر چه رشد سریع گیاه معمولا در محدوده رطوبتی انجام می‌شود که این وسیله به آن حساس است (پتانسیل آب حدود ۰/۳۰- تا ۰/۸۰- مگاپاسکال)، ولی محاسبه پتانسیل های آب پایین تر برای ما اهمیت دارند که با این دستگاه قابل سنجش نیستند (۲) هر بار پس از ورود هوا به لوله باید مجددا لوله از آب پر شود (۳) رشد زیاد ریشه در اطراف کلاهک می‌تواند در سنجش میزان پتانسیل ماتریک ایجاد خطا کند.

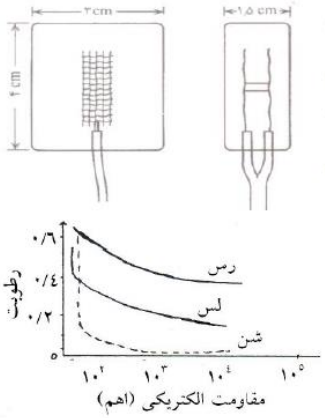
- روش مقاومت با استفاده از مکعب‌های گچی: در این مکعب دو الکترود از جنس استیل زنگ نزن وجود دارد. دو سر این الکترودها به یک رشته سیمی که می‌تواند متغیر باشد وصل است. این دو الکترود بجای اینکه در گچ قرار بگیرند. در پارچه‌ای از جنس کتان قرار گرفته و مجموعا در ورقهای از جنس استیل متخلخل قرار می‌گیرد. سلول رطوبتی علاوه بر دو الکترود برای اندازه‌گیری مقاومت، یک سنسور درجه که این امکان را فراهم می‌کند که درجه حرارت هم اندازه‌گیری شود. عمر بلوک گچی محدود است و املاح بعد از مدتی روی آن تاثیر گذاشته و مقاومت و دقت آن را کم می‌کند.



برای انجام آزمایش، ابتدا بلوک گچی را در یک ظرف آب یا گل اشباع قرار می‌دهند و هدایت الکتریکی و مقاومت آن را اندازه‌گیری می‌نمایند. همچنین بلوک گچی را اشباع می‌نمایند. سپس آنرا در خاک قرار می‌دهند. اگر خاک اشباع باشد، هیچ اتفاقی نمی‌افتد. اما اگر خاک اشباع نباشد، دو حالت دارد.

۱- خاک شنی است، هیچ اتفاقی نمی‌افتد.

۲- خاک رسی است، مکش ایجاد می‌شود.



اندازه منافذ بلوک گچی تقریبا به اندازه منافذ خاک سیلتی است. در خاکهای شنی بعلت اینکه منافذ درشت است و قادر به ایجاد مکش نیست، پس از خروج آب ثقلی، مکش ایجاد نمی شود، لذا تغییری در رطوبت بلوک ایجاد نمی‌شود. هر چه خاک رسی، آب بیشتری از دست بدهد، مکش زیادتر می‌شود. در زمانیکه خاک مرطوب است، ممکن است مکش ۳ بار هم اتفاق بیافتد، چنانچه در خاکهای رسی که حد بالای مکش است، کارائی بلوک گچی بیشتر است. این بلوکها مکش‌های ۰/۵ تا ۲۰ بار اندازه‌گیری می‌نمایند.

برای استفاده از این بلوک‌ها، منحنی کالیبراسیون نیاز است که ارتباط آب موجود را با مقاومت الکتریکی اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد. این روش برای کشش‌های بین یک و پانزده اتمسفر حساس بوده و نتیجه نسبتا دقیق می‌دهد. اما بزرگترین مشکل آنها حساسیت به شوری محلول خاک است. وجود نمک در آب باعث می‌شود که هدایت الکتریکی بلوک افزایش یافته و این امر باعث اشتباه در تخمین رطوبت می‌گردد.

جدیدترین روش اندازه گیری رطوبت خاک پخش نوترون است. این روش بر این اساس است که اتمهای هیدروژن مولکول‌های آب می‌توانند نوترون‌های با حرکت سریع را کند کرده و باعث پراکندگی آنها می‌گردند. بعضی از این نوترون‌ها به طرف منبع اصلی برگشت کرده و تعداد آنها نسبت مستقیم با تعداد اتمهای هیدروژن و یا مولکول آب دارد. برتری این روش در اینست که اندازه‌گیری رطوبت بدون بهم زدن خاک انجام شده و برای خاک‌های حاوی نمک نیز می‌توان آنرا به کار برد. برای اندازه‌گیری تعداد نوترون‌های برگشت داده شده از صفحات فلزی رادیوم یا نقره استفاده می‌شود.