

وضعیت آب در خاک

مقدمه

گیاه، آب مورد نیاز خود را از طریق ریشه‌ها از خاک جذب می‌کند. بنابراین **فراهم بودن آب در خاک**، از عوامل اصلی رشد گیاه است که تأثیراتی به شرح ذیل در خاک دارد:

I. تأثیر بر خصوصیات خاک: مانند پایداری، خمیرایی، مقاومت، قابلیت فشرده شدن، نفوذپذیری و قابلیت تردد روی خاک، بستگی به مقدار آب در خاک دارد.

II. تأثیر بر تبادل گازها: رطوبت خاک بر مقدار هوای موجود در خاک و تبادل گازها مؤثر است.

III. فعالیت موجودات ریز خاک و کنش‌های شیمیایی خاک نیز تابعی از مقدار رطوبت آن است.

بنابراین، بررسی رطوبت و قوانین حاکم بر این که آب چگونه و به چه مقدار در خاک موجود بوده و قابل استفاده گیاه می‌باشد، از مهمترین موضوعات در علم رابطه آب و خاک و گیاه است.

مقدمه

رطوبت خاک، مقدار آب موجود در خاک به صورت جرمی یا حجمی است و مقدار آبی می باشد که یک توده خاک در گرمخانه‌ای با دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد از دست می دهد.

مقدار آن برحسب جرم آب به واحد جرم خاک خشک (کیلوگرم بر کیلوگرم)، یا حجم آب در واحد حجم توده خاک (مترمکعب بر مترمکعب) بیان می شود.

این اصطلاحات برای کارهای آبیاری که هدف، تعیین مقدار آب مورد نیاز برای برگرداندن رطوبت خاک به مقدار معینی (حد ظرفیت مزرعه) است، کافی می باشد.

مقدمه

با وجود مشخص شدن میزان رطوبت در خاک گاهی سئوالاتی بوجود می آید :

✓ این که چرا خاک‌های دارای رفتار یکسان، رطوبت‌های مختلفی دارند؟

✓ چرا واکنش گیاهان در خاک‌های مختلف با رطوبت یکسان، متفاوت است؟

✓ چرا اگر دو خاک شنی و رسی دارای رطوبت یکسان در کنار هم قرار گیرند، آب از خاک شنی به

سمت خاک دارای بافت ریزتر حرکت می کند؟

برای پاسخ به این گونه سئالات و تشریح این پدیده‌ها، عامل دیگری غیر از میزان رطوبت خاک مطرح

می گردد و مورد نیاز می باشد؛ که به آن **پتانسیل آب خاک** گفته می شود.

پتانسیل آب و اجزای آن در خاک

پتانسیل آب، جایگزین طبقه‌بندی‌های قراردادی (آب ثقیلی، آب کاپیلاری، آب هایگروسکوپیک) مورد استفاده در مراحل ابتدایی توسعه علم فیزیک خاک، گردیده است.

آب ثقیلی (Gravitational water) :

در اثر آبیاری و اشباع خاک از آب، به بخشی از غشاء آبی که با مکش کمتری (تا $10/33$ اتمسفر) در خاک نگهداری و به سهولت از خاک خارج می‌گردد آب ثقیلی گویند.

آب کاپیلاری (Capillary water) :

و به بخشی از غشاء که با مکشی برابر $0/33$ الی 31 اتمسفر در خاک نگهداری می‌شود، آب کاپیلاری گفته می‌شود.

پتانسیل آب و اجزای آن در خاک

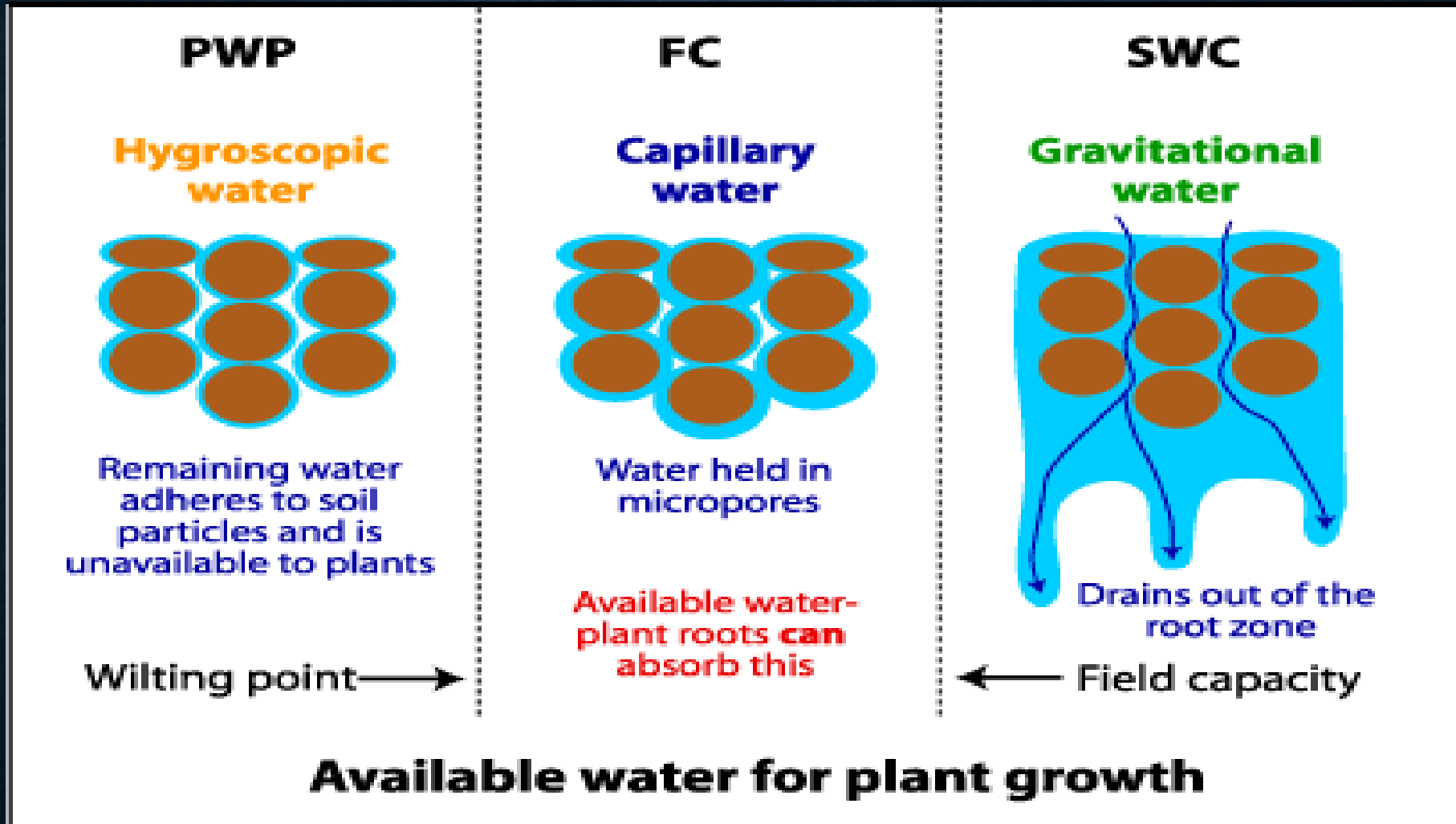
آب ثقیل و کاپیلاری، به طور کامل مورد استفاده گیاه قرار نمی‌گیرند؛ بلکه تنها قسمتی که بین ۰/۳۳ تا ۱۵ اتمسفر قرار دارد، مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد.

آب هیگروسکپی (Hygroscopic water) :

در داخلی‌ترین لایه‌های آب در مجاورت ذرات کلوئیدی خاک، آب با نیروی زیاد جذب شده بطوری که مکش آب برابر ۳۱ الی ۱۰۰۰۰ اتمسفر است که به آن، آب هیگروسکپی گفته می‌شود.

با توجه به اینکه این آب با مکش خیلی زیاد (بیش از قدرت مکش ریشه) به ذرات خاک چسبیده است هیچ گیاهی قادر به استفاده از آن نیست.

پتانسیل آب و اجزای آن در خاک



پتانسیل آب و اجزای آن در خاک

آب موجود در خاک (گیاه)، در معرض نیروهایی هستند که از ۴ عامل ناشی می‌شوند:

I. وجود فاز جامد (بافت) (پتانسیل ماتریک)

II. ثقل (پتانسیل ثقلی)

III. نمک‌های محلول (پتانسیل اسمزی)

IV. عمل فشار گاز یا آب خارجی (پتانسیل فشاری)

انرژی پتانسیل آب در داخل خاک از یک نقطه به نقطه دیگر و از زمانی به زمان دیگر تفاوت دارد. اختلاف انرژی پتانسیل آب از یک نقطه در سیستم خاک تا نقطه دیگر، سبب حرکت آب در داخل خاک می‌گردد. در داخل خاک، آب همواره در جهت کاهش انرژی پتانسیل حرکت می‌نماید.

پتانسیل آب و اجزای آن در خاک

انرژی پتانسیل را معمولاً با حرف یونانی **سای (Ψ)** نشان می‌دهند. Ψ_T و Ψ_w نشان دهنده کل پتانسیل آب می‌باشند.

واحدهای مختلفی برای بیان پتانسیل استفاده می‌شوند که واحد **بار** کاربرد زیادی دارد.

نقطه مرجع برای انرژی پتانسیل، انرژی آب آزاد خالص در ارتفاع یا تراز خاص در نظر گرفته می‌شود.

از آنجا که آب موجود در خاک، تحت تأثیر نیروهای نظیر **جذب سطحی (adsorption)**، **جذب داخلی (absorption)** و **همدوستی (cohesion)** و وجود **املاح محلول** قرار دارد؛ لذا به اندازه آب خالص، انرژی برای انجام کار ندارد. بنابراین، پتانسیل آب خاک به طور معمول **منفی** است.

پتانسیل ماتریک

پتانسیل ماتریک (Ψ_m)، یک خصوصیت دینامیک خاک بوده و بخشی از پتانسیل آب است که از نیروهای موئینگی و جذب سطحی بافت خاک ناشی می‌شود و برای یک خاک اشباع، مقدار آن از لحاظ تئوری **صفر** است.

هرچه سطح ویژه خاکی بیشتر باشد این پتانسیل بیشتر است مثل خاک‌های رسی در مقابل خاک‌های شنی.

به عبارتی ساده ذرات جامد خاک می‌توانند آب را به طرف خود بکشند و باعث جابجایی و حرکت آب در خاک شوند.

MATRIC

LARGE
PORES



SMALL
PORES

WET



DRY



COPYRIGHT

کشاورزی سمنگان

WWW.HYDROGOLD.COM

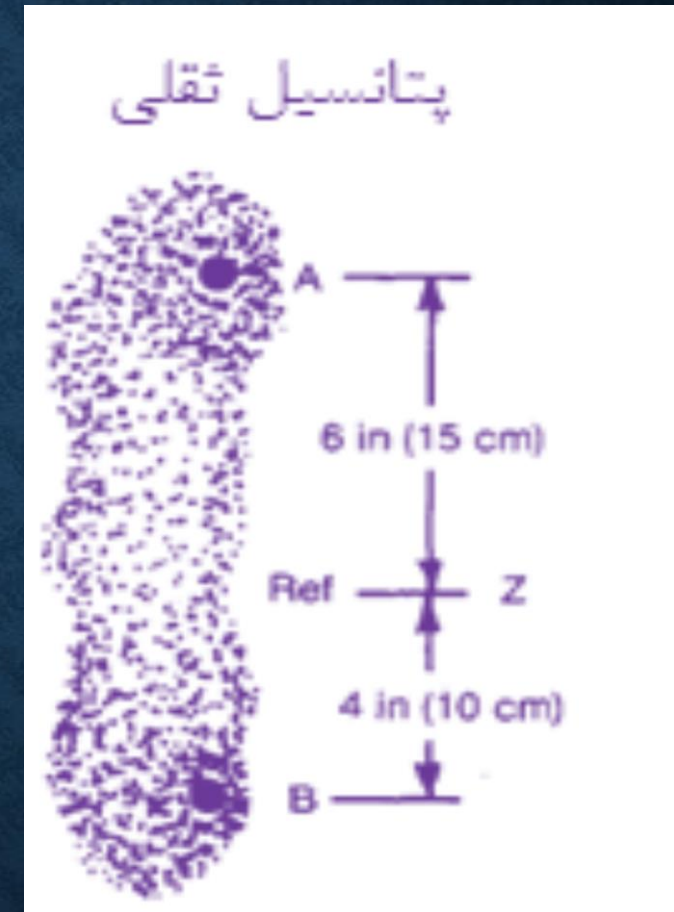
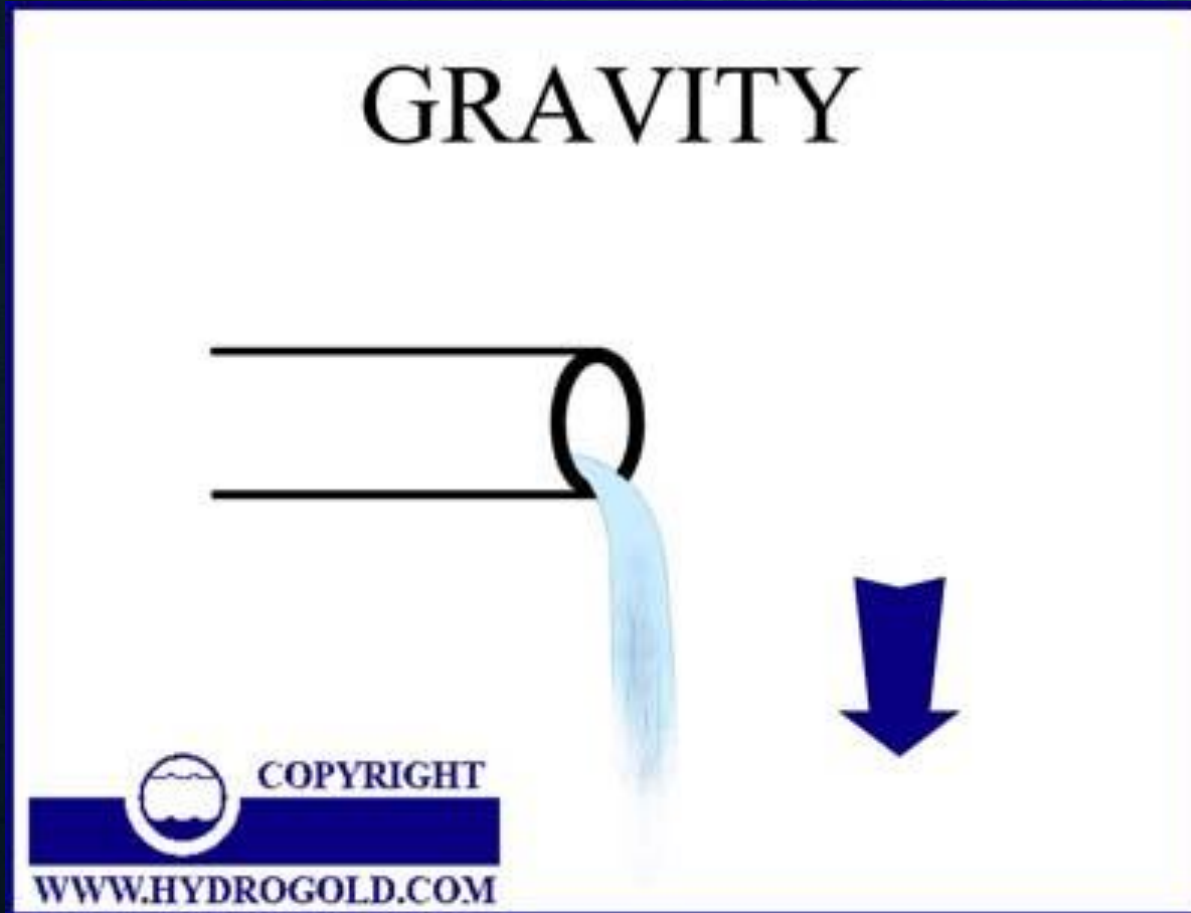
پتانسیل ثقلی

پتانسیل ثقلی (Ψ_g)، انرژی پتانسیل در ارتباط با موقعیت عمودی می‌باشد. **ارتفاع مبنا** یا **سطح مقایسه** می‌تواند بر حسب نیاز انتخاب گردد. معمولاً سطح خاک یا سطح آب زیرزمینی را به عنوان سطح مبنا در نظر می‌گیرند. سطح مبنا عموماً به جهت حرکت آب (صعود یا نفوذ) بستگی دارد. در صورتی که سطح مقایسه، زیر نقطه مورد نظر باشد باید کاری روی آب انجام شود و در نتیجه پتانسیل ثقلی مثبت است. اگر سطح مقایسه بالاتر از نقطه مورد نظر باشد، آب باید کار انجام دهد و در نتیجه پتانسیل ثقلی منفی است.

جاذبه زمین نیروی پتانسیلی در آب موجود در خاک ایجاد می‌کند که باعث می‌شود آب در خاک حرکت کند؛ این نیرو می‌تواند آب آزاد را از خلل و فرج درشت جدا کرده و باعث حرکت آن شود.

پتانسیل ثقلی، مستقل از خواص خاک بوده و تنها به فاصله عمودی بین نقطه مرجع و نقطه مورد نظر بستگی دارد.

پتانسیل ثقلی



دو نقطه در یک خاک به فاصله مشخصی از نقطه مرجع Z قرار دارند. پتانسیل ثقلی A ، 15 و نقطه B ، 10 - سانتیمتر می باشد، بنابراین اختلاف بین پتانسیل ثقلی دو نقطه 25 سانتیمتر است.

پتانسیل فشاری

پتانسیل فشاری (Ψ_p)، انرژی پتانسیل حاصله در اثر وزن آب در نقطه مورد نظر یا اختلاف فشار گاز در نقطه مورد نظر نسبت به نقطه مرجع است. گاهی انرژی پتانسیل فشاری به دو مؤلفه مجزا تقسیم می‌شود:

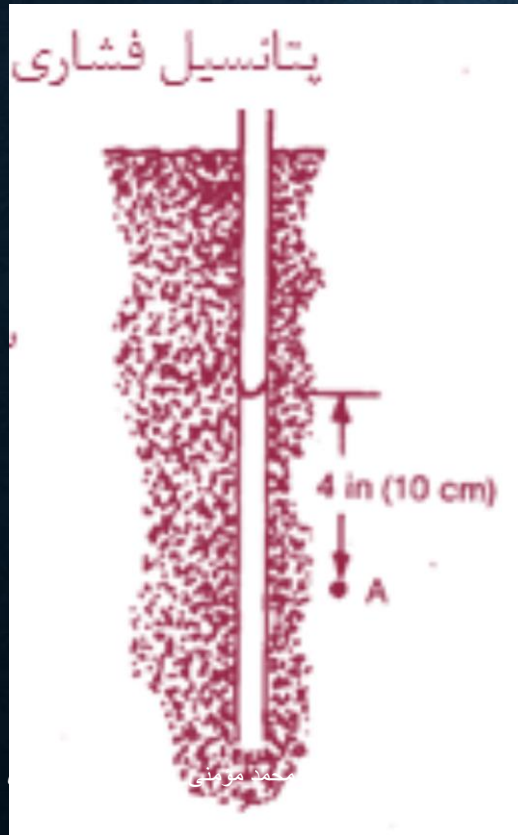
I. پتانسیل فشار هوا که در شرایط غیر اشباع خاک اتفاق می‌افتد.

II. پتانسیل فشار هیدرواستاتیک که در شرایطی رخ می‌دهد که خاک اشباع باشد و یک فشار از فاز آب، روی نقطه مورد نظر وجود داشته باشد.

در خاک‌های اشباع نقاطی که زیر سطح ایستایی قرار دارند دارای پتانسیل فشاری مثبت هستند و نقاطی که هم‌تراز سطح آب هستند پتانسیل فشاری آنها صفر است و نقاطی که بالای سطح ایستایی قرار دارند، پتانسیل فشاری در آنها منفی می‌باشند.

پتانسیل فشاری

در خاک‌های اشباع، گاهی به پتانسیل فشاری **پتانسیل پیزومتریک** نیز گفته می‌شود زیرا مقدار آن را می‌توان با استفاده از پیزومتر اندازه‌گیری کرد. با افزایش عمق زیر سطح ایستابی، میزان فشار افزایش می‌یابد.



پتانسیل اسمزی

پتانسیل اسمزی (Ψ_s) ناشی از املاح محلول در خاک است. هرچه مقدار املاح خاک بیشتر باشد فشار اسمزی محلول خاک بیشتر شده و در مقابل پتانسیل اسمزی بیشتر **منفی** می شود.

در صورتی که آب خالص و محلول، به وسیله یک غشاء نیمه تراوا که نسبت به آب نفوذپذیر و نسبت به جسم حل شدنی غیرقابل نفوذ باشد از هم جدا شوند، آب خالص وارد محلول می شود تا آن را از نظر غلظت شبیه خود سازد.

پتانسیل اسمزی در گیاهان اهمیت زیادی دارد. دو غشاء شناخته شده در سیستم های آب و خاک، دیواره سلولی ریشه های گیاه و حدفاصل هوا-آب می باشند.

پتانسیل اسمزی را می توان با استفاده از رابطه **$\Psi_s = RTC$** برآورد نمود.

پتانسیل اسمزی

Solute potential is the tendency of water to move by osmosis.

Solute potential inside cell and in surrounding solution is the same. No net movement of water.

Cell is placed in pure water. Its solute potential is low relative to its surroundings. Water moves into cell via osmosis.

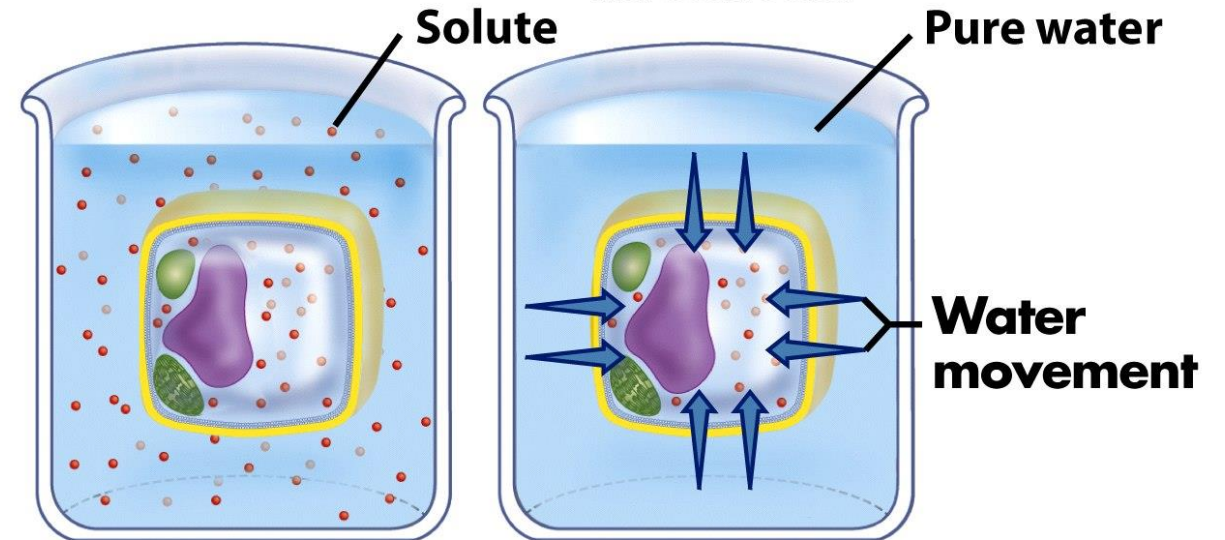


Figure 36-1a Biological Science, 2/e
© 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

SOLUTE (OSMOTIC)

F
R
E
S
H



S
A
L
T
Y

COPYRIGHT

WWW.HYDROGOLD.COM

پتانسیل آب و اجزای آن در خاک

در هر دو سیستم خاک و گیاه، پتانسیل آبی عبارت است از مجموع چهار پتانسیل ماتریک، ثقلی، اسمزی و فشاری :

$$\Psi = \Psi_m + \Psi_g + \Psi_s + \Psi_p$$

حرکت آب، در جهت شیب نزولی پتانسیل می‌باشد به عبارت دیگر آب از نقطه دارای انرژی پتانسیل بیشتر به نقطه دارای انرژی پتانسیل کمتر حرکت می‌کند.

در خاک‌های **غیر شور و غیر اشباع**، پتانسیل ماتریک و پتانسیل ثقلی و در خاک‌های **غیر شور و اشباع**، پتانسیل فشاری اهمیت بیشتری دارند.

مهمترین مؤلفه‌های پتانسیل آبی در **گیاهان**، پتانسیل اسمزی و پتانسیل فشاری می‌باشند.

نقاط پتانسیلی

۱- اشباع خاک :

اولین حالت میزان آب در خاک است که تمام خلل و فرج خاک پر از آب می‌باشد. این حالت پس از آبیاری بیش از حد و یا بعد از بارندگی‌های طولانی حاصل می‌شود و زمان لازم برای خروج آب تحت نیروی ثقل، بسته به فیزیک خاک متفاوت است.

۲- تخلخل تهویه‌ای :

حالتی است که آب در اثر نیروی ثقل زمین به سمت پایین حرکت نموده و ابتدا خلل و فرج درشت خاک از آب تخلیه می‌شوند. در این حالت میزان آب موجود در خاک حدود ۴۵ درصد می‌باشد.

نقاط پتانسیلی

۳- ظرفیت زراعی (Field Capacity, FC) :

این مرحله با ادامه حرکت آب در اثر نیروی ثقل بوجود می آید. در ظرفیت زراعی، آب بیشتر در اثر تعرق گیاه (۹۹٪) و تبخیر از سطح خاک (۱٪) از خاک خارج می شود.

عوامل مختلفی بر ظرفیت مزرعه تأثیر می گذارند که عبارتند از :

۳-۱- **رطوبت اولیه خاک** : خاکی که اشباع و سپس خشک شود، نسبت به خاکی که در حال مرطوب شدن است ظرفیت مزرعه بزرگتری دارد.

۳-۲- **بافت و ساختمان خاک** : هر چه بافت خاک ریزتر باشد ظرفیت مزرعه ظاهری آن بزرگتر و زمان رسیدن به آن، طولانیتر می شود.

نقاط پتانسیلی

۳-۳- مواد آلی : مواد آلی خاک به نگهداشت آب کمک می نمایند.

۳-۴- دما : میزان آب قابل نگهداری در ظرفیت مزرعه با افزایش دمای خاک کاهش می یابد.

۳-۵- سطح ایستابی : اصطلاح ظرفیت مزرعه، در خاک‌هایی که سطح ایستابی در نزدیکی سطح زمین قرار دارد، شک برانگیز است. این اصطلاح برای خاک‌های با زهکشی آزاد به کار می رود.

۳-۶- عمق مرطوب شدگی : معمولاً هر چه پروفیل خاک مرطوب تر باشد، عمق خیس شدگی در طول فرایند نفوذ بیشتر، سرعت توزیع مجدد کمتر و ظرفیت مزرعه ظاهری بزرگتر است.

۳-۷- وجود لایه‌های بازدارنده : این لایه‌ها از توزیع مجدد جلوگیری نموده و ظرفیت مزرعه ظاهری را افزایش می دهند.

نقاط پتانسیلی

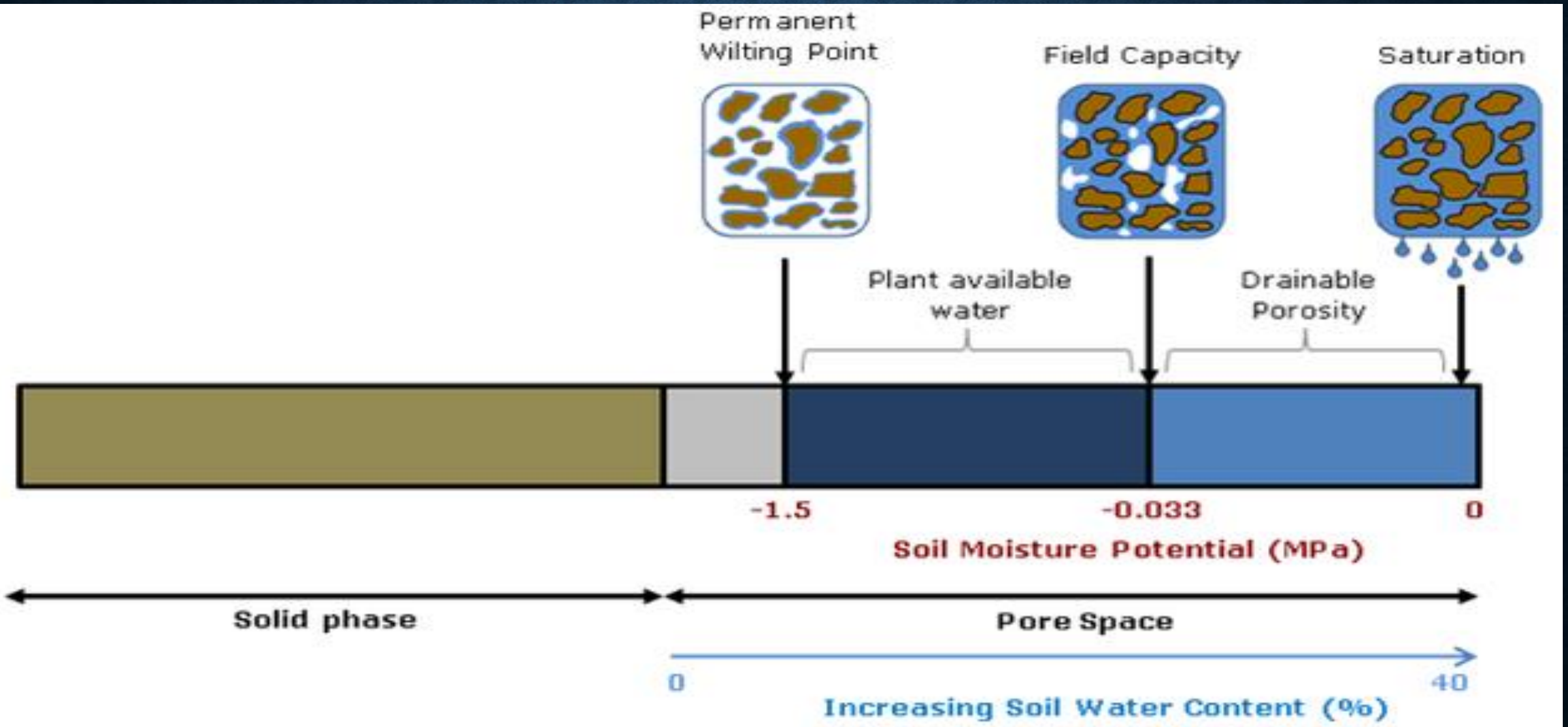
۴- نقطه پژمردگی موقت :

عمل تبخیر و تعرق باعث خشک‌شدگی تدریجی خاک می‌شود و در اثر عدم آبیاری گیاه در ساعات اولیه و انتهای روز در اثر بالا بودن رطوبت نسبی شاداب است ولی در ساعات میانی روز که میزان رطوبت نسبی هوا پایین می‌آید، علائم پژمردگی را نشان می‌دهد که این پژمردگی برگشت پذیر می‌باشد.

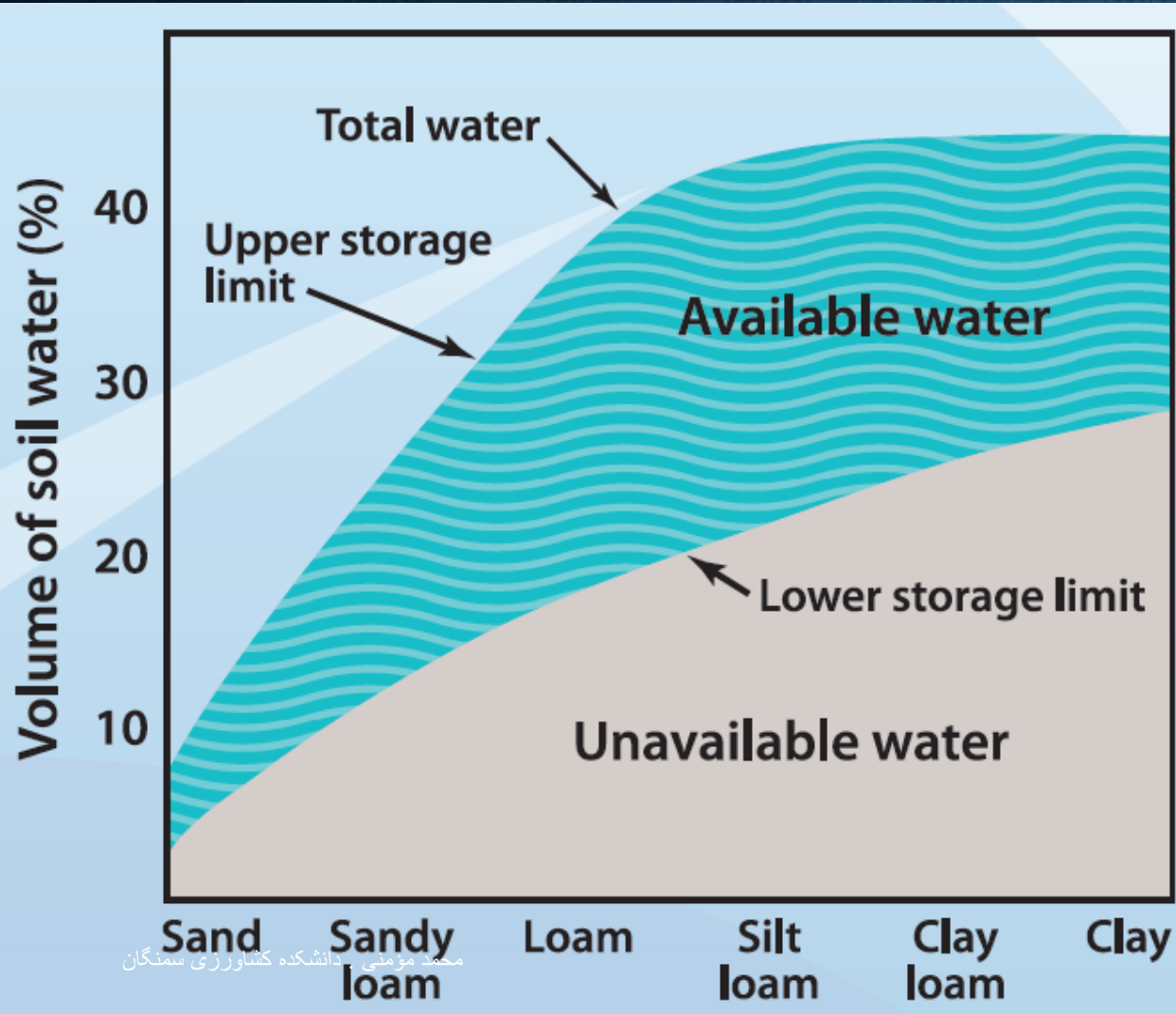
۵- پژمردگی دائم :

با ادامه روند پژمردگی موقت و عدم آبیاری، گیاه از بین رفته و حتی اگر نسبت به آبیاری نیز اقدام شود ولی به دلیل مرگ، گیاه قادر به جذب آب نخواهد بود.

نقاط پتانسیلی



آب قابل دسترس گیاه



آب قابل دسترس گیاه (Available water)،

مقدار آب بین ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم است و هر چه به سمت نقطه پژمردگی دائم پیش برویم سهولت دریافت آب کم می شود.

آب سهل الوصول بین ظرفیت زراعی تا نقطه پژمردگی موقت است. شروع فاز تنش از انتهای مرحله ظرفیت زراعی می باشد ولی علائم تنش در این زمان دیده نمی شود.

آب قابل دسترس گیاه

وجود نمک در خاک به صورت پتانسیل اسمزی که در کل پتانسیل آب خاک نقش دارد، می تواند بر آب قابل دسترس گیاه تأثیر بگذارد؛ در واقع پتانسیل کل است که تعیین کننده موجودیت آب خاک برای گیاهان است.

در خاک های دارای املاح محلول کم، هر چه بافت خاک ریزتر باشد، مقدار آب قابل دسترس بیشتر است. معمولاً خاک های شنی دارای قابلیت زهکشی خوب، آب قابل دسترس کمی دارند. خاک های لومی همانند خاک های لوم رسی و رسی، ظرفیت نگهداشت آب خوبی دارند.

با وجود اینکه ظرفیت مزرعه را به عنوان حد بالای آب قابل استفاده گیاه در نظر می گیرند، ولی این دقیقاً درست نمی باشد. آبی که پس از آبیاری یا بارندگی در خاک به سمت پایین حرکت می کند، می تواند توسط گیاهان در حال رشد به نحو مؤثری استفاده شود.