دانشکده کشاورزی

گروه علوم و مهندسی خاک

رابطه آب خاک و گیاه

تهیه و تنظیم

حیدر غفاری

اندازی گیری پتانسیل آب خاک

پتانسیل ثقلی به صورت ساده و از روی فاصله عمودی نقطه تا سطح مقایسه قابل اندازگیری است. پتانسیل فشاری نیز از روی فاصله نقطه مورد نظر تا سطح ایستابی اندازگیری می شود. برای اندازه گیری پتانسیل فشاری در خاک معمولا از لوله پیزومتر(piezometer) استفاده می شود. پیزومتر یک لوله ساده است که دو سر آن باز می باشد. اگر یک سر لوله را در خاک و نقطه مورد نظر قرار دهیم، در صورت وجود پتانسیل فشاری، آب در لوله بالا خواهد آمد. ارتفاعی که آب در لوله بالا می آید، برابر پتانسیل فشاری در آن نقطه است. در صورتی که در پیزومتر آب وجود نداشته باشد به این معنی است که نقطه مورد نظر فاقد پتانسیل فشاری بوده بلکه پتاسیل آن از نوع ماتریک است و باید به روش دیگر اندازگیری می شود

اندازه گیری پتانسیل ماتریک با وسایل ساده ای به نام تانسیومتر (tensiometer) انجام می گردد. تانسیومترها یا از نوع جیوه ای هستند و یا از نوع فلزی تانسیومتر جیوه ای، لوله ساده و خمیده ای است پر از آب که یک طرف آن منتهی به کلاهک سرامیکی می باشد. طرف دیگر لوله وارد وارد ی مخزن جیوه می شود. حال اگر کلاهک سرامیکی در داخل یک خاک قرار گیرد، پس از مدتی، توازن پتانسیل رطوبتی بین آب داخل لوله تانسیومتر و آبی که در بیرون از آن،در داخل خاک وجود دارد بر قرار می گردد. بر قراری تعادل با وارد شدن یا خارج شدن آب به داخل لوله تانسیومتر از طریق کلاهک آن که نسبت به آب نفوذپذیری است انجام می شود. اگر خاک خشک باشد، آب را از داخل تا نسیومتر به طرف خود خواهد کشید. در این وضیعت خلا ایجاد شده در داخل تانسیومتر، موجب می شود که در طرف دیگر لوله، جیوه صعود نماید

مقدار بالا آمدن جیوه متناسب با پتانسیل آب در خاک خواهد بود اگر به شکل زیر توجه شود، در حالت تعادل، پتانسیل آب در بیرون از تانسیومتر ()برابر فشار آبدر داخل کلاهک تانسیومتر (p)است.فشار آب داخل کلاهک نیز با در نظر گرفتن وزن مخصوص آب(γw) و جیوه γHg برابر است با:

$$P = \psi_m = Z(\gamma w) + h(\gamma w) - h(\gamma w) - Z_{Hg}(\gamma_{Hg})$$

چون $Z = Z_o + Z_{Hg}$ و $\gamma w = 1$ و $\gamma_{Hg} = 13.6$ است. لذا خواهیم داشت:

$$\psi_m = Z(\gamma w) - Z_{Hg}(\gamma_{Hg}) = Z - Z_{Hg}(13.6) = Z_o + Z_{Hg} - Z_{Hg}(13.6)$$

$$\psi_m = Z_o - Z_{Hg}(13.6-1) = Z_o - 12.6(Z_{Hg})$$

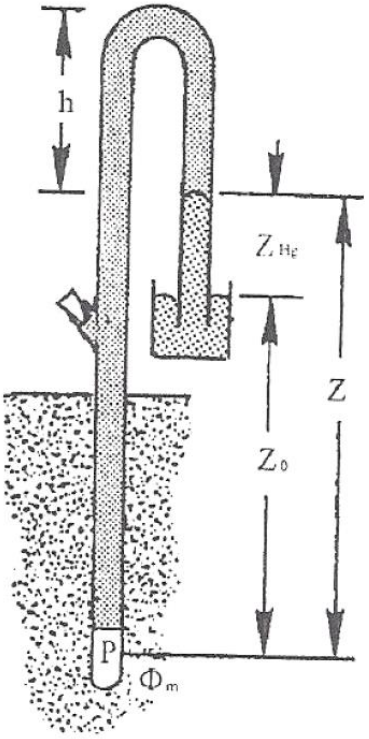
یک تانسیو متر جیوه ای در داخل خاک نصب شده است . اگر فاصله سطح مخزن جیوه تا مر کز کلاهک تانسیومتر 20سانتی متر و جیوه به ارتفاع 14.2سانتی متر در لوله بالا آمد باشد ،پتانسیل ماتریک خاک چقدراست؟

$$Z_o = 20 \text{ cm}$$

$$Z_{Hg} = 14.2 \text{ cm}$$

$$\psi_m = Z_o - 12.6\, Z_{Hg} = 20 - 12.6(14.2) = -159 \text{ cm}$$

تانسیومتر فلزی خلا سنج



تانسیومتر جیوه ای

تانسیومتر جیوه ای بیشتر در کارهای آزمایشگاهی و تحقیقی مورد استفاده می باشد و چون کاربرد در صحرا مشکل است، و در عمل از نوعی دیگر از تانسیومتر به نام تانسیو متر فلزی استفاده می شود. این تانسیومترها نیز اساسا مشابه تا نسیومترهای جیوه ای هستند. با این تفاوت که در آنها به جای مخزن جیوه از خلاسنج فلزی استفاده شده است تا حمل و نقل آن ساده باشد، تانسیومتر فلزی مطابق شکل زیر 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 خلا ایجاد می شود. به همین منظور در کنار لوله تانسیو متر، خلاسنجی (vacume gaugc) به آن متصل است که قادر می باشد مقدار خلا یا فشار منفی را اندازگیری کند. اگر کلاهک سرامیکی در داخل خاک قرار گیرد، با خروج یا ورود آب به تانسیو متر، تعادل پتانسیلی بین آب داخل و خارج تانسیومتر بر قرار می شود .بنابرین با تعادل پتانسیل رطوبتی بین آب داخل و خارج کلاهک، ممکن است مقداری آب از لوله تانسیومتر خارج شود که این عمل باعث ایجاد خلا و کاهش فشار در لوله می شود. مقدار خلا یا فشار منفی توسط خلا سنج قابل قرائت است. معمولا درجه بندی خلا سنج بین صفر تا ۱۰۰ بوده که هر کدام از درجات آن معادل ۱۰ سانتی متری فشار منفی است. بنابرین اگر عقربه خلا سنج روی عدد ۲۴ باشد، نشان می دهد که فشار در خلا سنج منفی۲۴۰ سانتی متر است. اگر فاصله عمودی خلا سنج تا محل کلاهک تانسیو متر Z_0 باشد، آن چه در فشار سنج قرائت می شود برابر خواهد بود با $\Psi m\text{-}Z_0$. بدین ترتیب مقدار پتانسیل ماتریک خاک نیز قابل محاسبه است

$$\psi_m = -\psi_{gauge} + Z_{gauge}$$

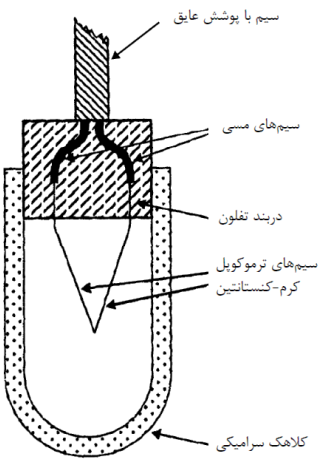
اندازه گیری پتانسیل ماتریک در آزمایشگاه

اندازه گیری پتانسیل ماتریک خاک در آزمایشگاه توسط دستگاههای مختلفی مانند صفحات فشاری، ترموکوپل سایکرومتر، سانتریفیوژ دور سریع و ستونهای آویزان آب انجام میشود.

دستگاه صفحات فشاری :دستگاه موسوم به صفحات فشاری از یک محفظه مانند دیگ زودپزکه بتوان فشار داخل آن را از طریق یک کمپرسور افزایش داد تشکیل شده است .یک صفحه سرامیکی که قطر آن برابر قطر داخلی دستگاه است در داخل آن قرار می گیرد. در قسمت پایین صفحه سرامیکی محفظه ای تعبیه شده است که پر از آب می باشد و با هوای اتمسفر در ارتباط است. ابتدا صفحه سرامیکی را با آب مقطر اشباع می کنیم و روی این صفحه تعدادی حلقه لاستیکی که داخل آن پر از خاک شده است قرار می دهیم. لازم است قبلا خاک نرم شده و از الک ۲ میلی متری عبور داده شود. قطر حلقه ها ۵ سانتی متری و ارتفاع آن ها ۱ سانتی متر است. خاک نیز باید همراه با صفحه سرامیکی از آب اشباع شود. سپس درب محفظه را بسته و به تدریج فشار داخل را افزایش می دهیم .با افزایش فشار آب اضافی از نمونه خاک خارج شده و وارد مخزن زیر صفحه سرامیکی و از آن جا به خارج هدایت می شود. هنگامی که فشار به نقطه پتانسیلی مورد نظر رسید، فشار داخل محفظه از طریق شیر تخلیه خارج و درب دستگاه را باز و یک نمونه را به سرعت خارج کرده و درصد جرمی رطوبت آن را اندازگیری می کنیم. دوباره درب دستگاه را بسته و فشار را تا نقطه پتانسیلی دوم افزایش می دهیم . در این نقطه نیز به روش مشابه رطوبت اندازگیری می شود.

ترموکوپل‌سایکرومتر

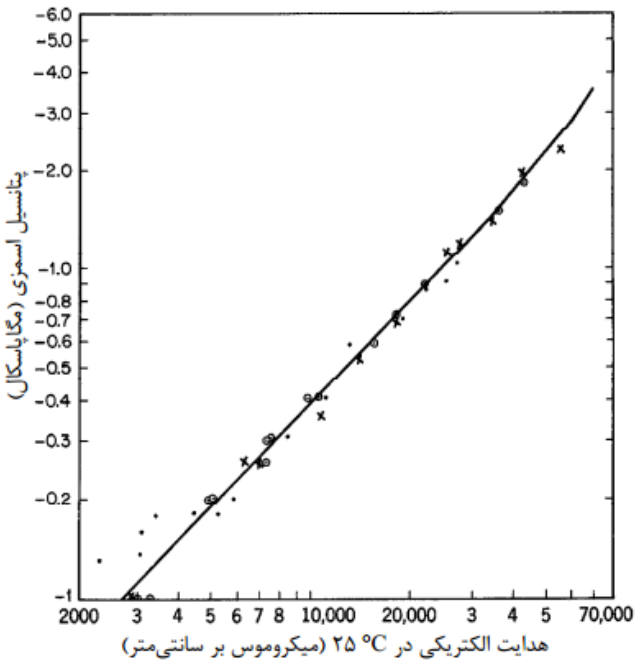
به‌نظر می‌رسد بهترین روش اندازه‌گیری پتانسیل آب خاک، استفاده از ترموکوپل‌سایکرومتر باشد (thermocouple psychrometry) (شکل ۱۰-۴). چنان‌که در فصل ۲ توضیح داده شد (رابطه۱۵-۲) پتانسیل آب در هر سیستمی، ازجمله خاک، از روی رطوبت نسبی فاز گازی در تعادل با آن قابل‌تعیین می‌باشد. در این روش رطوبت نسبی در داخل یک محفظه چینی یا سرامیکی کوچک و دارای منافذ، که با فاز گازی خاک ارتباط دارد، اندازه‌گیری می‌شود و سپس رطوبت نسبی به پتانسیل آب برگردانده می‌شود (براساس رابطه۱۵-۲). همان طور که از نام دستگاه پیداست (نم‌سنج دما جفت)، رطوبت نسبی برمبنای تغییردما در محل اتصال دو سیم فلزی از جنس مختلف و ایجاد جریان الکتریکی، اندازه‌گیری می‌شود.



شکل۱۰-۴ نمونه‌ای از یک ترموکوپل سایکرومتر برای اندازه‌گیری پتانسیل آب خاک. این دستگاه از محفظه‌ای کوچک از سرامیک متخلخل درست شده است و درون خاک قرار داده می‌شود. ازآنجاکه بخار آب به‌سادگی از سرامیک عبور می‌کند، فشار بخار هوای درون محفظه سرامیکی با فشار بخار هوای خاک در تعادل باقی می‌ماند (علیزاده، ۱۳۸۳).

اندازه‌گیری پتانسیل اسمزی

پتانسیل اسمزی نمونه را فقط بعد از استخراج محلول خاک می‌توان اندازه گرفت. بدین‌منظور ابتدا نمونه گل اشباع تولید شده، سپس از آن عصاره گرفته می‌شود و سرانجام پتانسیل اسمزی عصاره اشباع اندازه‌گیری می‌شود. پتانسیل اسمزی عصاره را می‌توان با روش کریوسکوپی، یا روش استفاده از ترموکوپل‌سایکرومتر، یا اندازه‌گیری هدایت الکتریکی آن به‌دست آورد. پتانسیل اسمزی که از عصاره اشباع خاک به‌دست می‌آید را می‌توان برای رطوبت حقیقی خاک اصلاح کرد. شکل۱۲-۴ رابطه هدایت الکتریکی عصاره با پتانسیل اسمزی را نشان می‌دهد.

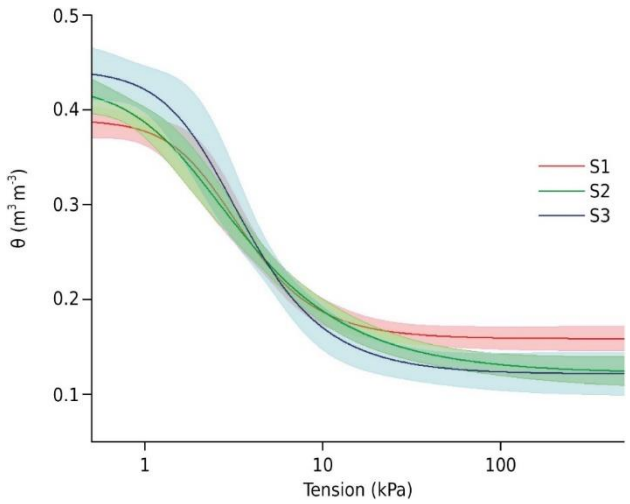


شکل۱۲-۴ رابطه پتانسیل اسمزی محلول با هدایت الکتریکی آن. مشاهده می شود که با افزایش هدایت الکتریکی پتانسیل اسمزی کاهش می‌یابد (کرامر، ۱۹۹۵).

رابطه بین مقدار رطوبت و پتانسیل ماتریک (مکش) خاک

منحنی مشخصه رطوبتی خاک (Soil water characteristic curve) رابطه بین مقدار رطوبت خاک و پتانسیل ماتریک را نشان میدهد و برای هر خاک منحصر بفرد است. در خاکهای غیراشباع با میزان املاح کم، پتانسیل آب عموما از پتانسیل ماتریک تشکیل شده است. این منحنی در آزمایشگاه توسط دستگاهی به نام صفحات فشاری یا غشای فشاری بدست می آید. منحنی رطوبتی خاک بستگی به بافت و ساختمان خاک دارد. در شکل زیر نمونه ای از منحنی رطوبتی خاک نشان داده شده است. چنانچه منحنی رطوبتی خاکی در دسترس باشد، با تعیین مقدار رطوبت خاک میتوان پتانسیل ماتریک آب خاک را بدست آورد.

نکته: اگر مقدار املاح خاک مانند خاک‌های شور و خاک‌هایی که کود زیادی به آن‌ها داده شده است زیاد باشد، درآن‌صورت پتانسیل آب با پتانسیل ماتریک برابر نبوده ($\Psi_w \neq \Psi_m$) و پتانسیل اسمزی در محاسبه پتانسیل آب قابل‌صرف‌نظرکردن نیست.



منحنی مشخصه رطوبتی خاک در طرحهای آبیاری از اهمیت زیادی برخوردار است زیرا با داشتن این منحنی می توان از روی قرائت تانسیو متر یا بلوکهای گچی پی به درصد رطوبت خاک برده ویا برعکس با داشتن رطوبت،مقدار پتانسیل اب خاک را بدست آورد یا اینکه مقدار آبی را که خاک می تواند در محدوده دو نقطه پتانسیلی مورد نظر(ظرفیت زراعی و نقطه ای که آبیاری صورت می گیرد)در خود ذخیره می کند،بدست آورد.زیرا این مقدار آب اساس تعیین دور آبیاری می باشد.

رابطه آبِ خاک و گیاه

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. ظرفیت زراعی تابعی از بافت و ساختمان خاک است.

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.

باید توجه داشت که نقطه پژمردگی دائم نه تنها تابعی از نوع خاک بلکه دمای هوا، کمبود رطوبت در هوا، توزیع ریشه ها در خاک و از همه مهمتر نوع گیاه می باشد.

- 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	

آب قابل استفاده گیاه

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.

$$AW = FC - CEW$$

چنانچه درصد حجمی رطوبت خاک در ظرفیت زراعی (FC) و در پژمردگی دائم (PWP) باشد ظرفیت رطوبت موجود در عمق توسعه ریشه های گیاه (D_{rz}) برابر خواهد بود با:

$$AW = \left(\frac{FC - PWP}{100}\right).Drz$$

آب سهل الوصول

معمولاً گیاه در مزرعه نمی تواند از نظر تنش رطوبتی تا حد پایین آب قابل دسترس را تحمل کند. بخصوص این که زارعین علاقه ندارند محصولشان به دلیل صرف انرژی توسط گیاه برای دریافت آب کاهش یابد. بنابراین تمام مقدار آبی که بین دو حد ظرفیت زراعی و نقطه PWP است به آسانی قابل استفاده گیاه نبوده بلکه بسته به نوع گیاه فقط ۴۰ تا ۷۵ درصد آن می تواند به سهولت جذب گیاه شود که به آن آب سهل الوصول (Readily Available Water) گفته می شود و با علامت (RAW) نشان داده می شود. مقدار آب سهل الوصول برای گیاهان مختلف متفاوت است بطوری که بعضی گیاهان قادر به جذب مقادیر زیادی آب از خاک هستند و پاره‌ای دیگر این توانایی را ندارند.

بنابراین، حد بالای آب سهل الوصول همان نقطه ظرفیت زراعی است اما حد پایین آن نقطه ای قبل از نقطه پژمردگی دائم است که به آن حد پایین آب سهل الوصول گفته میشود.

مقادیر ظرفیت زراعی، حد آب قابل جذب و ظرفیت نگهداری آب در خاکهای مختلف. اعداد داخل پرانتز دامنه تغییرات را نشان می‌دهد .

بافت خاک	مقدار رطوبت حجمی (%)		مقدار آب قابل دسترسی	
	حدّ ظرفیت زراعی	حدّ آب قابل جذب	درصدحجمی	میلی‌متر در هر متر خاک
شن	۱۵ (۱۰-۲۰)	۷ (۳-۱۰)	۸ (۶-۱۰)	۸۰ (۶۰-۱۰۰)
لوم شنی	۲۱ (۱۵-۲۷)	۹ (۶-۱۲)	۱۲ (۹-۱۵)	۱۲۰ (۹۰-۱۵۰)
لوم	۳۱ (۲۵-۳۶)	۱۴ (۱۱-۱۷)	۱۷ (۱۴-۲۰)	۱۷۰ (۱۴۰-۲۰۰)
لوم رسی	۳۱ (۳۱-۴۲)	۱۸ (۱۵-۲۰)	۱۹ (۱۶-۲۲)	۱۹۰ (۱۶۰-۲۲۰)
رس سیلتی	۴۰ (۳۵-۴۵)	۲۰ (۱۷-۲۲)	۲۰ (۱۸-۲۳)	۲۰۰ (۱۸۰-۲۳۰)
رس	۴۴ (۳۹-۴۹)	۲۱ (۱۹-۲۴)	۲۳ (۲۰-۲۵)	۲۳۰ (۲۰۰-۲۵۰)

برای آنکه بتوانیم مقدار آب سهل الوصول را تخمین بزنیم از مفهوم حداکثر کمبود مجاز (Maximum Allowable Deficiency) استفاده می شود که به آن MAD گفته می شود. در برخی نوشته ها برای MAD حداکثر تخلیه مجاز (Maximum Allowable Depletion) نیز بکار رفته است. مقدار MAD برابر است با:

$$MAD = \frac{\text{آب سهل الوصول}}{\text{کل آب قابل استفاده}} = \frac{RAW}{AW}$$

بنابراین MAD یک عدد بدون بعد می باشد که مقدار آن بستگی به خصوصیات گیاه دارد. اگر برای یک خاک TAM ثابت فرض شود آنچه MAD را تغییر می دهد نوع گیاه است. گرچه در طراحی های آبیاری مقدار MAD معمولاً ۰/۶۵ در نظر گرفته می شود اما مقدار دقیق تر آن برای گیاهان مختلف در جدول زیر ارائه شده است. در این جدول حداکثر عمق توسعه ریشه های گیاه نیز داده شده است. بطوریکه در این جدول مشاهده می شود مقدار MAD برای درختان میوه ۰/۶۵ و برای سبزیجات که نسبت به کم آبی حساس می باشند حدود ۰/۵ می باشد. حال با در نظر گرفتن مفهوم MAD می توان آب سهل الوصول را بصورت زیر محاسبه نمود.

$$RAW = MAD \,.\, AW$$

$$RAW = MAD \,.\, Drz \,.\, (\frac{FC \; - PWP}{100})$$

مقادیر حداکثر تخلیه مجاز (MAD) و حداکثر عمق توسعه ریشه‌ها
در مورد برخی از گیاهان زراعی و باغی

نوع گیاه	MAD	حداکثر عمق توسعه ریشه‌ها (cm)
اسفناج	0.50	60
یونجه	0.65	180
سیب	0.65	180
زردآلو	0.65	180
لوبیا	0.50	90
هویج	0.50	90
گیلاس	0.65	180
شبدر	0.65	60
ذرت‌دانه‌ای	0.65	120
ذرت‌شیرین	0.65	120
خیار	0.50	120
انگور	0.65	180
پیاز	0.50	60
هلو	0.65	180
نخود	0.65	60
آلو و گلابی	0.65	180
سیب‌زمینی	0.30	60
تربچه	0.50	60
گلرنگ	0.65	180
سورگوم	0.65	90
سوژا	0.65	90
گوجه‌فرنگی	0.50	180
گندم	0.65	96
چغندرقند	0.65	105
توت‌فرنگی	0.65	30
آفتاب‌گردان	0.65	180

مثال : می خواهیم یک باغ سیب را آبیاری کنیم. اگر رطوبت خاک در ظرفیت زراعی ۲۸ درصد حجمی و در حد پژمردگی ۱۲ درصد حجمی باشد مقدار آب سهل الوصول را که می تواند مورد استفاده درختان قرار بگیرد محاسبه کنید؟

حل

از جدول مقادیر حداکثر عمق توسعه ریشه ها و MAD را برای سیب استخراج می کنیم:

MAD = 0.65

D_{rz} = 180 cm

FC = 28(volume %)

PWP= 12 (volume %)

RAW = (MAD)(D_{rz})(FC – PWP)/100

RAW = (0.65)(180)(28 – 12)/100

RAW = 18.72 cm

لذا در عمق توسعه ریشه ۱۸/۷۲ سانتی متر آب بصورت سهل الوصول می تواند ذخیره شود.

اگر آبیاری را زمانی انجام دهیم که رطوبت خاک به Θ_c برسد در این صورت گیاه فقط از رطوبت سهل الوصول استفاده می کند در چنین شرایطی گفته می شود که آبیاری بصورت کامل (full irrigation) صورت گرفته است اما اگر اجازه دهیم رطوبت خاک از حدّ Θ_c کمتر شود و گیاه برای دریافت رطوبت از خاک انرژی بیشتری مصرف کند در این صورت گفته می شود کم آبیاری (deficit irrigation) اعمال شده است. انتخاب این که کدام روش آبیاری به صلاح خواهد بود نیاز به تجزیه و تحلیل اقتصادی و مقایسه مقدار محصول در مقابل آب مصرفی خواهد داشت.

تمرین:

اگرحد ظرفیت زراعی برابر ۲۲، نقطه پژمردگی برابر ۱۱ و حد پایین سهل الوصول برابر با ۱۶ درصد حجمی باشد. کل آب قابل استفاده گیاه، آب سهل الوصول و حد مجاز تخلیه را حساب کنید.
عمق توسعه ریشه را ۰.۵ متر در نظر بگیرید.