دانشکده کشاورزی

گروه علوم و مهندسی خاک

رابطه آب خاک و گیاه

تهیه و تنظیم

حیدر غفاری

آزمایش اول: اندازه‌گیری رطوبت خاک به روش آون

مقدمه:

اندازه‌گیری میزان رطوبت (Soil moisture/water content یا Soil wetness) در خاک‌های کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. رطوبت خاک به خصوص در کشاورزی فاریاب یا آبی (Irrigation farming/agriculture) در تعیین زمان مناسب آبیاری و میزان آبی که در هر آبیاری برای مرطوب نمودن عمق معینی از خاک مورد نیاز است، استفاده می‌شود.

روش‌های متعددی برای اندازه‌گیری رطوبت خاک مورد استفاده قرار گرفته است که به دو گروه کلی روش‌های مستقیم (Direct methods) و روش‌های غیرمستقیم (Indirect methods) تقسیم می‌شوند. از روش‌های مستقیم می‌توان روش فلاسک یا سریع (Quick or flask method) و روش وزنی یا آون (Gravimetric or oven method) را نام برد. از جمله روش‌های غیر مستقیم روش نوترون‌متر (Neutron meter)، روش بلوک گچی (Gypsum block)، روش TDR، روش اشعه گاما و ... را می‌توان نام برد.

در روش آون، یک نمونه خاک مرطوب دست خورده (Disturbed sample) یا دست نخورده (Undisturbed sample) بسته به هدف از مزرعه برداشت شده و در آون الکتریکی خشک (آون-خشک یا Oven-dry) می‌شود و سپس بر اساس وزن مرطوب و وزن آون-خشک، رطوبت خاک محاسبه می‌شود. دمای معمول مورد استفاده در خشک نمودن نمونه‌های خاک ۱۰۵ تا ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد است که به عنوان استاندارد پذیرفته شده است ولی به هر حال انتخاب این دما تا حدودی اختیاری است زیرا که در این دما تمام آب موجود در خاک خارج نمی‌شود. باید توجه داشت که دماهای بیشتر از این دامنه سبب شکسته شدن مولکول‌های آلی و کربنات‌ها می‌شود که می‌تواند بر نتایج اثر بگذارد. در خاک‌های آلی یا پیتی (Organic or peaty soils) دماهای پایین‌تر (حدود ۶۰ تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد) بایستی استفاده شود تا مواد آلی نسوزد. برای اطمینان از درست کار کردن آون و یا اطمینان به دمای اعمال شده بر نمونه‌های خاک بهتر است که یک دماسنج در داخل آون قرار داده شود تا دمای واقعی مشخص شود و یا در صورت وجود اختلاف بین دمای اسمی و دمای واقعی، تنظیمات لازم صورت گیرد. در برخی از آون‌ها یک دماسنج در داخل آنها تعبیه شده است.

مولکول‌های آب تحت انرژی‌های متفاوت جذب ذرات خاک می‌شود. در هر دمایی انرژی جذب هر مولکول بر حسب واحد انرژی (ژول) برابر $0.5KT$ است که K ثابت بولتزمن و T دمای مطلق است. به عبارت دیگر می‌توان گفت این انرژی بیان دیگری از مکش ماتریک خاک است. لذا خاک‌های مختلف، نیاز به زمان‌های متفاوتی برای خشک شدن در آون دارند. در کارهای تحقیقاتی و دقیق بایستی با گذشت زمان پس از قرار گرفتن نمونه‌ها در آون، آنها را وزن نموده و وقتی تغییرات وزن با زمان به حداقل رسید، خاک به حالت آون-خشک رسیده است. بر اساس تجربه زمان ۲۴ تا ۴۸ ساعت برای اکثر خاک‌ها مناسب است. به نظر می‌رسد

زمان ۲۴ ساعت برای خاک‌های شنی و زمان ۴۸ ساعت برای خاک‌های رسی مناسب است. برای خاک‌های با بافت متوسط، مقادیر بینابینی مناسب خواهد بود.

این روش که به طور وسیعی در آزمایشگاه‌های خاک‌شناسی مورد استفاده قرار گرفته است بسیار دقیق بوده و با وسایلی که معمولاً در همه آزمایشگاه‌های خاک‌شناسی و آبیاری موجود است، انجام می‌پذیرد. این روش به عنوان روش مرجع یا استاندارد برای مقایسه بسیاری از روش‌های دیگر اندازه‌گیری رطوبت خاک استفاده می‌شود.

تعاریف:

۱- درصد یا نسبت رطوبت وزنی یا جرمی (Gravimetric water content):

از نظر تعریف، نسبت رطوبت جرمی عبارت است از نسبت جرم آب موجود در خاک به جرم خاک خشک که در اینجا منظور جرم خاک آون-خشک است:

$$GWC = \theta_m = w = \frac{M_w}{M_s} = \frac{M_{wet} - M_{dry}}{M_{dry}}$$

که در این فرمول، θ_m یا GWC یا w نسبت رطوبت جرمی، M_w و M_s به ترتیب جرم آب موجود در خاک و جرم بخش جامد خاک می‌باشد که در صورتی که جرم هوای خاک ناچیز فرض شود برابر جرم خاک آون-خشک (M_{dry}) است. M_{wet} بیانگر جرم خاک مرطوب است.

گاهی اوقات درصد رطوبت وزنی را به دو پارامتر تفکیک می‌کنند: الف) درصد رطوبت وزنی بر مبنای وزن خشک که همان تعریف بالا را دارد و ب) درصد رطوبت وزنی بر مبنای وزن مرطوب که در مخرج فرمول مذکور از جرم خاک مرطوب (M_{wet}) استفاده می‌شود. البته استفاده از مبنای وزن مرطوب برای درصد وزنی رطوبت چندان مرسوم نیست چراکه مخرج کسر آن نیز با تغییر مقدار آب خاک، تغییر می‌کند.

۲- درصد یا نسبت رطوبت حجمی (Volumetric water content):

از نظر تعریف، نسبت رطوبت حجمی عبارت است از نسبت حجم آب موجود در خاک به حجم کل خاک:

$$VWC = \theta_v = \frac{V_w}{V_t} = \theta_m \times \frac{\rho_b}{\rho_w}$$

که در این فرمول، θ_v یا VWC نسبت رطوبت حجمی، V_w و V_t به ترتیب حجم آب موجود در خاک و حجم کل خاک می‌باشد.

ρ_b جرم مخصوص ظاهری خاک (Bulk/apparent density) می‌باشد که برابر نسبت جرم بخش جامد یا خاک آون-خشک (M_{dry}) به حجم کل خاک (V_t) است. ρ_w بیانگر چگالی یا جرم مخصوص آب است که معمولاً برابر ۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب فرض می‌شود.

۳- نسبت حجم آب (Water volume ratio):

نسبت حجم آب بیانگر نسبت حجم آب موجود در خاک به حجم بخش جامد خاک است:

$$\upsilon = \frac{V_w}{V_s} = \theta_m \times \frac{\rho_s}{\rho_w}$$

که در این فرمول، υ نسبت حجم آب خاک، ρ_s جرم مخصوص حقیقی خاک (Real/particle density) می‌باشد که بیانگر نسبت جرم بخش جامد به حجم بخش جامد خاک است و بقیه پارامترها قبلاً تعریف شده‌اند. در خاک‌های منبسط و منقبض شونده (Swelling/shrinking soils) به دلیل اینکه حجم خاک با تغییر رطوبت خاک تغییر می‌کند، استفاده از نسبت رطوبت حجمی ممکن است گیج‌کننده باشد. لذا استفاده از نسبت حجم آب در این خاک‌ها توصیه می‌شود چرا که مخرج کسر آن مستقل از تغییرات حجم یا رطوبت خاک است.

در کارهای صحرایی گاهی اوقات اتفاق می‌افتد که نمونه خاک دست نخورده برداشت شده دارای حجم زیادی بوده و خشک نمودن تمامی این نمونه در آون ممکن نیست و یا سبب می‌شود که تعداد نمونه‌های قرار داده شده در آون کاهش یابد. در این شرایط بهتر است که جرم مرطوب خاک (M_{wet}) یادداشت شود و سپس یک نمونه کوچک (Subsample) از نمونه اصلی گرفته شود و رطوبت آن تعیین شود. حال با استفاده از نسبت رطوبت وزنی تعیین شده (θ_m) و جرم مرطوب کل خاک (M_{wet})، جرم خاک خشک (M_s) در نمونه اصلی قابل محاسبه است:

$$M_{wet} = M_s + M_w \rightarrow \frac{M_{wet}}{M_s} = \frac{M_s}{M_s} + \frac{M_w}{M_s} \rightarrow \frac{M_{wet}}{M_s} = 1 + \theta_m \rightarrow M_s = \frac{M_{wet}}{1+\theta_m}$$

و حال با داشتن جرم خاک خشک در نمونه اصلی می‌توان جرم مخصوص ظاهری و درصد رطوبت حجمی خاک را محاسبه کرد.

روش کار:

۱- با استفاده از دستگاه نمونه‌گیری خاک دست نخورده (Core sampler) از عمق خاک مورد نظر یک نمونه استوانه‌ای بگیرید. سپس به دقت دو انتهای استوانه خاک (Soil core) را صاف کرده و جرم خاک مرطوب به همراه سیلندر فلزی را یادداشت کنید. در صورتی که جرم سیلندر مشخص باشد، تفاوت جرم آن و جرم ذکر شده بیانگر جرم خاک مرطوب (M_{wet}) است. حجم سیلندر (که با اندازه‌گیری ابعاد آن با کولیس قابل محاسبه است) بیانگر حجم کل خاک است.

۲- نمونه خاک مرطوب را در آون الکتریکی قرار داده و درجه حرارت آون را روی ۱۰۵ تا ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد میزان کنید. برای اطمینان یک دماسنج نیز در داخل آون قرار دهید.

۳- پس از ۲۴ تا ۴۸ ساعت، نمونه خاک را از آون بیرون آورده و بلافاصله وزن کنید. می‌توانید پس از خاموش کردن آون مدت کوتاهی صبر کرده تا نمونه‌ها خنک شده و سپس اقدام به توزین آنها بنمایید. پس از کسر

جرم سیلندر نمونه‌گیری، جرم حاصله جرم خاک آون-خشک (M_{dry}) یا جرم بخش جامد (M_s) خواهد بود.

۴- درصد رطوبت وزنی خاک بر مبنای وزن خشک و مرطوب را محاسبه کنید. درصد رطوبت حجمی، جرم مخصوص ظاهری و نسبت حجم آب خاک را نیز محاسبه کنید (جرم مخصوص حقیقی خاک را ۲/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب فرض کنید).

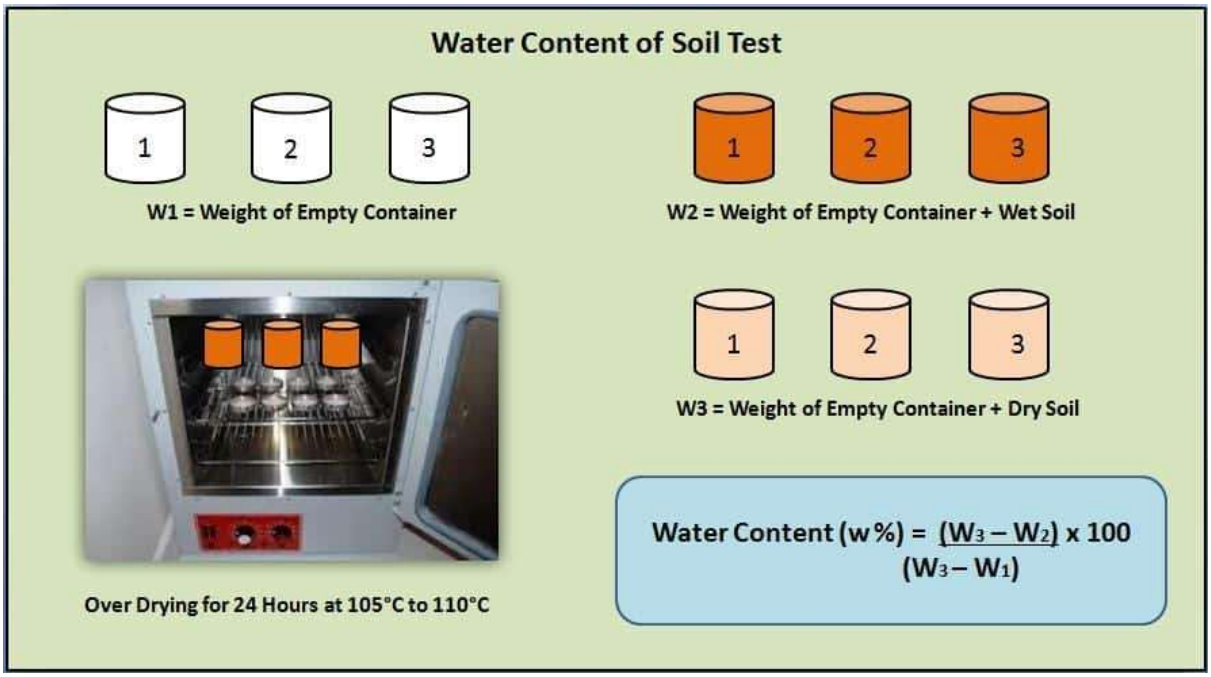
۵- نتایج را بطور مختصر و کامل گزارش کنید.

ترازوی دیجیتال

آون برقی

دسیکاتور

ظرف فلزی نمونه



آزمایش دوم: اندازه‌گیری رطوبت خاک با استفاده از روش فلاسک یا سریع

مقدمه:

اندازه‌گیری میزان رطوبت در نمونه‌های خاک از اهمیت بسزایی برخوردار است. رطوبت خاک به خصوص در کشاورزی فاریاب یا آبی (Irrigation farming/agriculture) در تعیین زمان مناسب آبیاری و میزان آبی که در هر آبیاری برای مرطوب نمودن عمق معینی از خاک مورد نیاز است، استفاده می‌شود. معمولی‌ترین روش تعیین رطوبت خاک روش نمونه‌گیری از خاک، خشک کردن آن در آون‌های الکتریکی و بالاخره محاسبه درصد رطوبت موجود در نمونه خاک از روی اختلاف وزن مرطوب و وزن خشک است. این روش که به طور وسیعی در آزمایشگاه‌ها مورد استفاده قرار گرفته است دارای مشکلاتی به شرح ذیل می‌باشد:

۱- نیاز به آون الکتریکی یا الکتریسیته دارد

۲- نیاز به زمان کافی جهت خشک نمودن نمونه در آون دارد که معمولاً ۲۴ تا ۴۸ ساعت می‌باشد. لذا روش آون یک روش در جا نیست و در همان روز یا زمان نمونه‌برداری نمی‌تواند میزان رطوبت خاک را تعیین کند. به عبارت دیگر اندازه‌گیری آن Real-time نیست چون یک تا دو روز طول می‌کشد تا اطلاع در رابطه با رطوبت خاک بدست آوریم.

داهیا و همکاران (Dahiya et al. 1979) روش فلاسک یا سریع (Flask or quick method) را پیشنهاد کردند که معایب گفته شده را ندارد و در عین حال ساده نیز می‌باشد. با استفاده از این روش می‌توان تعداد زیادی نمونه خاک را در مدت کوتاهی مورد آزمایش قرار داد. این روش توسط دکتر حاج‌رسولیها و همکاران در خاک‌های ایران در برابر روش آون مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج خوبی به دست داده است. در این روش نیاز به الکتریسیته و صرف وقت نیست و تنها با استفاده از یک پیکنومتر و ترازوی دقیق می‌توان رطوبت خاک را تعیین کرد.

Dahiya, I.S., Hajrasuliha, S. and Lamba, P.S. 1979. A quick method of soil moisture determination. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 10 (5): 195-205.

حاج‌رسولیها، شاپور، شکوه، بهران و علی‌اکبر مختارزاده محمدی. ۱۳۶۱. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۱۲، شماره‌های ۱-۴، صفحات: ۳۱-۳۹.

روش فلاسک در واقع مانند روش اندازه‌گیری جرم مخصوص حقیقی خاک است (روش پیکنومتر) با این تفاوت که در اینجا به جای خاک خشک از خاک مرطوب مورد نظر استفاده می‌شود که قصد تعیین رطوبت آن را داریم. در این روش از ظرفی با حجم مشخص و دقیق (پیکنومتر) استفاده می‌شود.

روش کار:

۱- ثلث حجم پیکنومتر به حجم ۱۰۰ میلی لیتر را با خاک مورد نظر (۲۰ تا ۳۰ گرم) پر کرده و جرم خاک مرطوب را با A نشان دهید.

۲- سپس روی خاک حدود ۴۰ میلی لیتر آب مقطر جوشیده ریخته و با تکان دادن و حرارت ملایم سعی کنید تمامی منافذ هوایی بین ذرات جامد خاک توسط آب جایگزین شود. پس از آن، پیکنومتر را به مدت یک دقیقه روی میز آزمایشگاه قرار داده تا ذرات خاک ته‌نشین شود و محتویات آن سرد شوند.

۳- سپس پیکنومتر را به آرامی با آب مقطر جوشیده به حجم رسانده و در صورتی که بخش خارجی فلاسک تر باشد، آن را خشک کرده و پیکنومتر را در این حالت توزین کرده و این وزن را با H بیان کنید.

۴- سپس پیکنومتر را خالی و خوب تمیز کرده و با همان آب مقطر جوشیده سرد شده پر کرده و پس از خشک کردن سطح خارجی آن وزن کنید. این اندازه‌گیری را با G نشان دهید.

۵- تمامی این اندازه‌گیری‌ها بایستی با دقت ۰/۰۱ گرم صورت گیرد.

۶- با همین سه اندازه‌گیری ساده طبق روابط زیر خواهید دید که چگونه رطوبت وزنی نمونه خاک محاسبه می‌شود. برای محاسبه رطوبت وزنی طبق فرمول زیر، جرم مرطوب مشخص است (M_{wet}=A). بنابراین اگر وزن خشک یا ذرات جامد خاک نیز تعیین شود، می‌توان رطوبت وزنی را محاسبه کرد:

$$\theta_m = \frac{M_{wet} - M_{dry}}{M_{dry}}$$

$$H - G = M_s - V_s \times \rho_w = M_s - \frac{M_s}{\rho_s} \times \rho_w = M_s(1 - \frac{\rho_w}{\rho_s}) \Rightarrow M_s = \frac{H-G}{(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_s})}$$

$$\theta_m = \frac{A - \frac{\rho_s(H-G)}{\rho_s - \rho_w}}{\frac{\rho_s(H-G)}{\rho_s - \rho_w}} \Rightarrow \%\theta_m = \left[\frac{A(\rho_s - \rho_w)}{\rho_s(H-G)} - 1\right] \times 100$$

که در این روابط، ρ_w و ρ_s به ترتیب چگالی آب و چگالی حقیقی خاک می‌باشد. هرگاه چگالی ذرات خاک در دسترس نباشد و برای منظورهای عملی چند درصد اختلاف در میزان رطوبت مهم نباشد، می‌توان از رقم ۲/۶۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب برای چگالی حقیقی خاک و رقم ۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب برای چگالی آب استفاده کرد و از فرمول ساده‌تر زیر استفاده نمود:

$$\%\theta_m = \frac{62.55A}{H-G} - 100$$

چون معمولاً تمامی منافذ هوایی توسط آب جایگزین نمی‌شود، H کمتر از میزان واقعی تعیین خواهد شد و طبق فرمول بالا، رطوبت خاک بالاتر از میزان واقعی خواهد شد. لذا انتظار می‌رود که روش فلاسک رطوبت بالاتری نسبت به روش آون بدست دهد.

۷- برای نمونه خاک مذکور، رطوبت وزنی را به روش آون نیز اندازه‌گیری کرده و نتایج را با یکدیگر مقایسه کنید.

چون در روش فلاسک مقدار کمی خاک مصرف می‌شود، در کارهای صحرایی گاهی اوقات اتفاق می‌افتد که نمونه خاک دست نخورده برداشت شده دارای حجم زیادی بوده و استفاده از تمامی این نمونه در فلاسک ممکن نیست. در این شرایط بهتر است که جرم مرطوب کل خاک (M_{wet}) یادداشت شود و سپس یک نمونه کوچک (Subsample) از نمونه اصلی گرفته شود و رطوبت آن تعیین شود، حال با استفاده از نسبت رطوبت وزنی تعیین شده (θ_m) و جرم مرطوب کل خاک (M_{wet})، جرم خاک خشک (M_s) در نمونه اصلی قابل محاسبه است:

$$M_{wet} = M_s + M_w \rightarrow \frac{M_{wet}}{M_s} = \frac{M_s}{M_s} + \frac{M_w}{M_s} \rightarrow \frac{M_{wet}}{M_s} = 1 + \theta_m \rightarrow M_s = \frac{M_{wet}}{1 + \theta_m}$$

و حال با داشتن جرم خاک خشک در نمونه اصلی می‌توان جرم مخصوص ظاهری و درصد رطوبت حجمی خاک را محاسبه کرد.