دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده کشاورزی

گروه علوم و مهندسی خاک

رابطه آب خاک و گیاه

رطوبت برگ
آماس نسبی یا کمبود آماس

تهیه و تنظیم

حیدر غفاری

بخش اول: اندازه‌گیری مقدار آب گیاه (برگ)

آب در کلیه فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه نقش اساسی دارد به طوری که بدون وجود آب به مقدار کافی در بافت‌های گیاهی، این فرآیندها با اشکال روبرو شده و در مراحل بحرانی قطع می‌گردند. بیش از ۸۰ تا ۹۰ درصد وزن تازه گیاهان علفی و حدود ۵۰ درصد وزن گیاهان خشبی (چوبی) از آب تشکیل شده است. آب به عنوان ماده اصلی تشکیل‌دهنده پروتوپلاسم سلول گیاهی، به عنوان حلال و انتقال دهنده بسیاری از مواد در گیاه می‌باشد. همچنین آب به عنوان ماده‌ای است که در ترکیبات شیمیایی بسیاری از فرآیندهای مهم بیوشیمیایی (نظیر فتوسنتز و یا هیدرولیز نشاسته به قند و غیره) وارد می‌شود. آب به عنوان عامل ایجاد آماس (Turgidity) در سلول‌های گیاهی نقش اساسی و حیاتی دارد. بنابراین تعیین وضعیت آب در گیاه می‌تواند به عنوان یک راهنما، در تعیین زمان آبیاری و نیاز آبی گیاه مهم باشد.

برای تعیین وضعیت آب در گیاه می‌توانیم از مقدار یا پتانسیل آب در گیاه استفاده کنیم. بدیهی است که تعیین پتانسیل آب در گیاه قابل اعتمادتر و بهتر است ولی چون اندازه‌گیری پتانسیل آب نیاز به دستگاه‌های پیچیده، دقیق و گاهاً گران قیمت دارد، برخی از دانشمندان ترجیح می‌دهند که از روش‌های ساده اندازه‌گیری مقدار آب گیاه برای تعیین وضعیت یا تنش آب در گیاه استفاده کنند.

کاربرد میزان آب گیاه:

امروزه با استفاده از اندازه‌گیری میزان آب گیاه، نیاز گیاه به آبیاری تعیین می‌شود. در طرح‌های نیشکر هفت تپه و کارون واقع در خوزستان از این روش استفاده کرده و برنامه‌ریزی آبیاری مزارع نیشکر را بر اساس اطلاعات حاصل از تجزیه بافت‌های گیاهی (غلاف برگ) و میزان رطوبت موجود در آن تعیین می‌نمایند. این روش برای تعیین نیاز آبی یا نیاز غذایی گیاه را روش تجزیه گیاه یا Crop logging می‌نامند. در روش تجزیه گیاه، از یک منحنی استاندارد یا مرجع استفاده می‌شود که تغییرات درصد آب یا غلظت عنصر غذایی مورد نظر در گیاه را برای مزارع پرمحصول که کمبود رطوبتی و یا نیاز تغذیه‌ای ندارند با زمان در طول فصل رشد نشان می‌دهد. این منحنی یک منحنی تجربی است که برای منطقه مورد نظر و گیاه مورد نظر تعیین می‌شود (شکل ۱). سپس وضعیت آب یا عنصر غذایی در گیاه در مزرعه مورد نظر و در زمان مورد بررسی تعیین می‌شود و با منحنی مرجع مقایسه می‌شود. در صورتی که وضعیت گیاه از نظر آب یا عنصر غذایی بالاتر یا روی منحنی قرار گرفت، این مزرعه مشکل کمبود رطوبتی یا تغذیه‌ای ندارد. ولی اگر مقدار آن پایین‌تر از منحنی مرجع باشد، کمبود آب یا عنصر غذایی وجود دارد و بایستی آبیاری یا کوددهی صورت گیرد. این روش توسط دکتر کلیمنت (Dr. Clement) که یکی از پیش‌قراولان تغذیه گیاه می‌باشند، پیشنهاد شد.

برای نمونه‌گیری از گیاه جهت تعیین وضعیت آب گیاه چند نکته قابل ذکر است:

۱- از چه اندامی نمونه‌گیری صورت گیرد که بهتر بیانگر وضعیت آب در گیاه باشد؟

محققین بیشتر استفاده از برگ را توصیه می‌کنند چون اولاً برگ اندامی در دسترس (Accessible) است، به عنوان مثال مانند ریشه نیست که در دسترس نباشد. ثانیاً نمونه‌گیری از آن در مقایسه با بسیاری از اندام‌های دیگر آسان است. ثالثاً برگ از نظر فیزیولوژیکی مهم است چرا که بیشتر از اندام‌های دیگر در معرض عوامل محیطی (Exposed) است یعنی اینکه اگر تنش آبی به گیاه وارد شود، معمولاً برگ‌ها اولین اندام‌هایی هستند که علایم تنش آبی را بروز می‌دهند. لذا برگ شاخص حساس و خوبی از تنش آبی است. البته در برخی شرایط، ممکن است اندام‌های دیگر مهم باشند.

۲- از چه محلی نمونه‌گیری صورت گیرد؟

این مورد بخصوص در درختان مهم است که از چه موقعیتی روی درخت جهت نمونه‌گیری برگ استفاده کنیم. برگ‌های جوان معمولاً درصد آب بیشتری دارند و لذا به سمت نوک گیاه مقدار آب برگ زیاد می‌شود. برگ‌های سایه‌دار رطوبت بیشتری نسبت به برگ‌هایی دارند که در آفتاب قرار دارند. لذا از بیرون به سمت تنه درخت، برگ‌ها معمولاً آبدارتر می‌شوند. توصیه می‌شود از برگ‌های شاداب و سالم با سن متوسط نمونه‌گیری انجام شود. معمولاً از پهنک برگ نمونه‌گیری صورت می‌گیرد.

برای تعیین مقدار آب اندام گیاهی معمولاً از روش آون یا وزنی استفاده می‌شود. نمونه برداشت شده از برگ توزین شده و این وزن به عنوان وزن تر یا وزن تازه یا وزن مزرعه (Fresh weight, FW) بین می‌شود. برای خشک کردن نمونه گیاهی از یک آون هواکش‌دار (Ventilator oven) استفاده می‌شود. چون ماده خشک گیاهی بیشتر ماده آلی است، از دمای کمتری برای خشک کردن آن در مقایسه با نمونه خاک استفاده می‌شود. معمولاً از دمای ۶۵ تا ۷۰ درجه سیلیسیوس به مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت استفاده می‌شود. برخی از محققین دمای بالاتر (۸۰ درجه) را پیشنهاد کرده‌اند. وزن خشک یا آون-خشک اندام گیاهی را Dry weight یا DW می‌نامند.

برای بیان مقدار آب گیاه از دو واژه استفاده می‌شود:

۱- درصد یا نسبت رطوبت بر اساس وزن تر (تازه):

$$\%\theta_m\,(\text{wet basis}) = \frac{FW - DW}{FW} \times 100$$

۲- درصد یا نسبت رطوبت بر اساس وزن خشک:

$$\%\theta_m\,(\text{dry basis}) = \frac{FW - DW}{DW} \times 100$$

و بدیهی است که درصد ماده خشک در نمونه تازه (% Biomass) برابر است با:

$$\%\text{Biomass} = \frac{\text{DW}}{\text{FW}} \times 100$$

$$\%\theta_m\,(\text{wet basis}) + \%\text{Biomass} = 100$$

چون گیاه یک موجود زنده و در حال رشد است، FW حتی در کوتاه مدت نیز در حال تغییر است. لذا از شاخص درصد رطوبت بر اساس وزن تر در بررسی وضعیت آب در گیاه کمتر استفاده می‌شود. از این شاخص بیشتر برای مقایسه مقدار آب اندام‌های مختلف گیاه و یا برای مقایسه مقدار آب بین گونه‌های مختلف گیاهی استفاده می‌شود. به عنوان مثال مقدار آب بر اساس وزن تر در گیاهان گوشتی بیش از ۹۰ درصد نیز ممکن است باشد در صورتی که مقدار آن برای گیاهان کویری معمولاً کمتر از ۲۰ درصد می‌باشد.

چون وزن خشک (DW) نمونه‌های گیاهی در کوتاه مدت تقریباً ثابت است، از درصد رطوبت بر اساس وزن خشک می‌توان برای بیان وضعیت آب گیاه در کوتاه مدت استفاده نمود. ولی در مورد برگ‌ها و اندام‌های جوان و مریستمی، وزن خشک در کوتاه مدت نیز به دلیل فتوسنتز در حال افزایش است. به هر حال چون تغییرات وزن خشک برگ طی چند ساعت تا یک روز چندان قابل توجه نیست، درصد رطوبت بر اساس وزن خشک برای بیان وضعیت آب در گیاه در کوتاه مدت و سنجش کمبود آب گیاه در طول روز و شب مفید است.

روش کار:

۱- مقداری (بین ۲۰ تا ۵۰ گرم) از پهنک برگ یک گیاه علفی و یک گیاه خشبی (درخت) را با رعایت نکات گفته شده در مورد نمونه‌گیری برداشت کرده، جداگانه وزن نموده و به عنوان وزن تر (FW) نمونه گیاهی یادداشت کنید.

۲- نمونه‌های تازه را در پاکت‌های کاغذی ریخته و در آون هواکش‌دار قرار داده و در دمای بین ۶۵ تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار دهید تا کاملاً خشک شده و به وزن ثابت برسند.

۳- سپس نمونه‌های آون-خشک را بیرون آورده و بدقت وزن کنید و آن را وزن خشک (DW) بنامید.

۴- درصد رطوبت بر اساس وزن تر و خشک و درصد ماده خشک یا بیوماس نمونه‌های گیاهی مذکور را محاسبه کرده و با یکدیگر مقایسه کنید. نتایج را بطور مختصر و کامل گزارش کنید.

بخش دوم: اندازه‌گیری آماس نسبی (درصد اشباع نسبی) و کمبود آماس (کمبود اشباع) در گیاه (برگ)

مقدمه:

همچنانکه در آزمایش قبل ذکر شد، در برخی مواقع به کار گرفتن درصد آب موجود در بافت‌های گیاهی بدون رعایت مقدمات لازم با اشکال روبرو می‌شود. لذا برخی از محققین ترجیح می‌دهند که از واژه‌های دیگری برای بیان وضعیت آب در گیاه استفاده کنند. این واژه‌ها عبارتند از: مقدار نسبی آب (Relative water content, RWC) یا آماس نسبی (Relative turgidity, RT) و کمبود آب یا کمبود نسبی آب (Relative water deficit, RWD) یا کمبود اشباع یا آماس (Saturation deficit, SD). تعیین آماس نسبی روش خوبی جهت بیان مقدار آب گیاه است بدون اینکه خطاهای حاصل از تغییرات وزن خشک یا تر بر آن اثر معنی‌داری بگذارد. می‌توان گفت معنی‌دارترین روش اندازه‌گیری مقدار آب در بافت‌های گیاهی، استفاده از مقدار نسبی آب یا آماس نسبی است.

از نظر تعریف، RWC یا RT عبارت است از نسبت تفاوت وزن تازه نمونه گیاهی (FW) و وزن خشک آن (DW) به تفاوت وزن آماس (Turgid weight, TW) و DW یعنی:

$$\%RWC = \%RT = \frac{FW - DW}{TW - DW} \times 100$$

این رابطه اولین بار توسط Weatherley (1950) پیشنهاد شد. وزن آماس (TW) بیانگر وزن گیاه یا اندام گیاهی در حالتی است که کمبود آب در گیاه وجود نداشته باشد یا گیاه در آماس کامل (Full turgor) باشد. به عبارت دیگر در این حالت پتانسیل آب در اندام گیاهی برابر صفر است. برای تعیین وزن آماس بایستی برگ یا اندام گیاهی را در محیطی با پتانسیل آب صفر (آب مقطر در فشار اتمسفر) قرار داد. لذا چون اغلب پتانسیل گیاه در حالت تازه یا طبیعی کمتر از آب خالص است، آب از خارج نمونه گیاهی به داخل آن حرکت می‌کند. اگر فرصت کافی به این فرآیند داده شود، پتانسیل آب درون سلول با برون سلول (صفر) برابر خواهد شد. در این حالت وزن اندام گیاهی بیانگر وزن آماس خواهد بود.

چند نکته در مورد تعیین وزن آماس بایستی رعایت شود:

۱- دمای محیط (آب مقطر) تقریباً مساوی دمای محیط طبیعی اندام گیاهی (برگ) باشد. معمولاً دمای ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد مناسب است. برخی از محققین معتقدند که بایستی دمای محیط کاهش یابد (قرار دادن در یخچال) تا فرآیندهای سوخت و ساز در برگ به حداقل برسد و وزن خشک اندام در طول آزمایش تغییر نکند. ولی چون با کاهش دما تراوایی غشاء پلاسمایی نسبت به آب کاهش می‌یابد، کاهش دما سبب افزایش زمان تعادل می‌شود.

۲- بایستی فرصت کافی جهت تعادل نمونه گیاهی با محیط (آب مقطر) داده شود تا اینکه مولکول‌های آب بتوانند به داخلی‌ترین سلول‌های گیاهی برسند. اگر زمان تعادل کافی نباشد، TW کمتر از مقدار واقعی بدست آمده و در نتیجه آماس نسبی بیشتر از مقدار واقعی تعیین می‌شود. بر اساس تجربه زمان ۲ تا ۶ ساعت زمان مناسبی است. احتمالاً برای برگ‌های نازک و علفی زمان کمتر و برای برگ‌های خشبی و ضخیم زمان بیشتری لازم است. Weatherely (1950) پیشنهاد کرد که چون زمان تعادل بخصوص برای گیاهان خشبی طولانی است، از قطعات برگ آنها استفاده شود. قابل ذکر است که این عمل هر چند زمان تعادل را کاهش می‌دهد ولی سبب ایجاد خطا در وزن آماس می‌شود چرا که در محل‌های بریدگی فضاهای بین سلولی بیشتری در معرض محیط بیرون قرار گرفته و آب وارد این فضاها شده و در نتیجه وزن آماس بیش از میزان واقعی تعیین می‌شود. این خطا سبب می‌شود که آماس نسبی تعیین شده کمتر از مقدار واقعی باشد. لذا Kramer and Hewlett (1963) معتقدند که برای تعیین آماس نسبی بهتر است از برگ کامل استفاده نمود. به عنوان مثال در سوزنی‌برگان (Conifers) برگ‌های سوزنی کامل (Needles) بایستی استفاده شود.

مفهوم کمبود اشباع یا کمبود آماس (RWD یا SD) توسط Stocker (1929) پیشنهاد شده است. لذا مشاهده می‌شود که این مفهوم از نظر زمانی قبل از آماس نسبی تعریف شده است. از نظر تعریف، RWD یا SD عبارت است از نسبت تفاوت وزن آماس (TW) و وزن تازه (FW) به تفاوت TW و DW یعنی:

$$\%RWD = \%SD = \frac{TW - FW}{TW - DW} \times 100$$

با مشاهده دو فرمول آماس نسبی و کمبود آماس متوجه می‌شویم که این دو مکمل یکدیگر هستند یعنی:

$$\%RWD = 100 - \%RWC \qquad \text{یا} \qquad \%RWD + \%RWC = 100$$

به عبارت دیگر هر چقدر آماس نسبی یک اندام گیاهی بالاتر باشد، کمبود آماس آن کمتر است. در حالت آماس کامل (پس از بارندگی یا موقع شبنم که هوا اشباع از بخار آب است) یعنی حالتی که گیاه کمبود آب ندارد، آماس نسبی ۱۰۰ درصد و کمبود آماس صفر است. بنابراین آماس نسبی کمتر از ۱۰۰ درصد بیانگر کمبود آب در گیاه است. در حالت خشک، آماس نسبی صفر و کمبود آماس ۱۰۰ درصد است. چون گیاهان در حالت طبیعی معمولاً در آماس کامل نیستند، بسته به میزان کمبود آب در آنها آماس نسبی و کمبود نسبی مقادیری بین صفر تا ۱۰۰ درصد دارند که مکمل یکدیگرند. در واقع می‌توان گفت که RWC مفهومی شبیه مفهوم اشباع نسبی یا درجه اشباع خاک (Relative saturation/Degree of saturation, S_r) می‌باشد که مقدار رطوبت گیاه را در شرایط واقعی نسبت به شرایط آماس کامل می‌سنجد:

$$\frac{\frac{FW - DW}{DW}}{\frac{TW - DW}{DW}} \times 100 = \%RWC$$

روش کار:

۱- تعدادی برگ سالم دو گیاه علفی و خشبی را انتخاب کنید (سعی کنید از انتخاب برگ‌های خیلی پیر و خیلی جوان اجتناب نمایید).

۲- برگ‌ها را به آزمایشگاه انتقال داده و از هر کدام ۳ تا ۵ برگ سالم را انتخاب و بلافاصله وزن نمایید (این وزن را وزن در مزرعه یا تازه بنامید). بهتر است در حین انتقال نمونه‌های گیاهی به آزمایشگاه، آنها را در پاکت‌های نایلونی قرار دهیم تا وزن تازه گیاه تغییری نکند. بدیهی است از دست رفتن آب از نمونه در حین انتقال به آزمایشگاه سبب کاهش FW و در نتیجه کاهش آماس نسبی می‌شود.

۳- برگ‌ها را داخل آب مقطر قرار داده و سرپوشی روی آن بگذارید و بمدت لازم (۲ ساعت) به همین حالت رها کنید تا برگ‌ها به حالت آماس کامل درآیند. سپس برگ‌ها را از داخل آب بیرون آورده و پس از خشک کردن آب روی سطح آنها بلافاصله توزین نمایید. مجدداً برگ‌ها را برای مدتی در آب قرار داده و پس از خشک کردن سطح آنها، توزین کنید. اینقدر این کار را ادامه دهید تا به وزن ثابت برسید (این وزن را وزن آماس بنامید).

۴- برگ‌های فوق را در پاکت‌های کاغذی قرار داده و در آون هواکش‌دار به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد حرارت دهید تا خشک شود. سپس نمونه‌های فوق را وزن کرده و این وزن را وزن خشک بنامید.

۵- با استفاده از روابط ذکر شده، آماس نسبی و کمبود آماس هر کدام از نمونه‌های گیاهی را محاسبه و مقایسه کنید.

کاربرد آماس نسبی و کمبود آماس:

۱- از آماس نسبی یا مقدار نسبی آب گیاه در روابط مقدار آب-پتانسیل آب گیاه استفاده می‌شود چرا که بین آماس نسبی و پتانسیل آب در گیاه رابطه نزدیکی وجود دارد. یعنی هر چه پتانسیل آب گیاه کاهش یابد، آماس نسبی نیز کاهش می‌یابد. ولی این رابطه خطی نیست. هر چقدر شیب تغییرات آماس نسبی در برابر پتانسیل آب بیشتر باشد، بیانگر حساسیت بیشتر گیاه به خشکی است. آماس نسبی ۱۰۰ درصد بیانگر آماس یا تورژسانس کامل (Full turgor) و پتانسیل آب صفر است. می‌توان گفت تقریباً به عنوان یک عدد سر انگشتی در آماس نسبی ۸۰ درصد در یک گیاه معمولی شروع پژمردگی یا پلاسمولیز (Incipient plasmolysis) صورت می‌گیرد یعنی در این حالت پتانسیل فشاری یا فشار آماس (Turgor pressure) در گیاه صفر می‌شود. البته این رابطه (پتانسیل آب-مقدار نسبی آب) یک رابطه یکتا (Unique) نیست و برای گونه‌های مختلف گیاهی، اندام‌های با سن متفاوت و حتی اندام‌های یک گونه در محیط‌های مختلف ممکن است متفاوت باشد. به عبارت دیگر در یک مقدار مشخص آماس نسبی می‌توان بسته به گونه یا اندام گیاهی

۲- اگر حد بحرانی آماس نسبی برای گیاه مورد نظر تعیین شده باشد (مثلاً ۸۵ درصد)، می‌توان در برنامه‌ریزی زمان آبیاری از آن استفاده نمود.