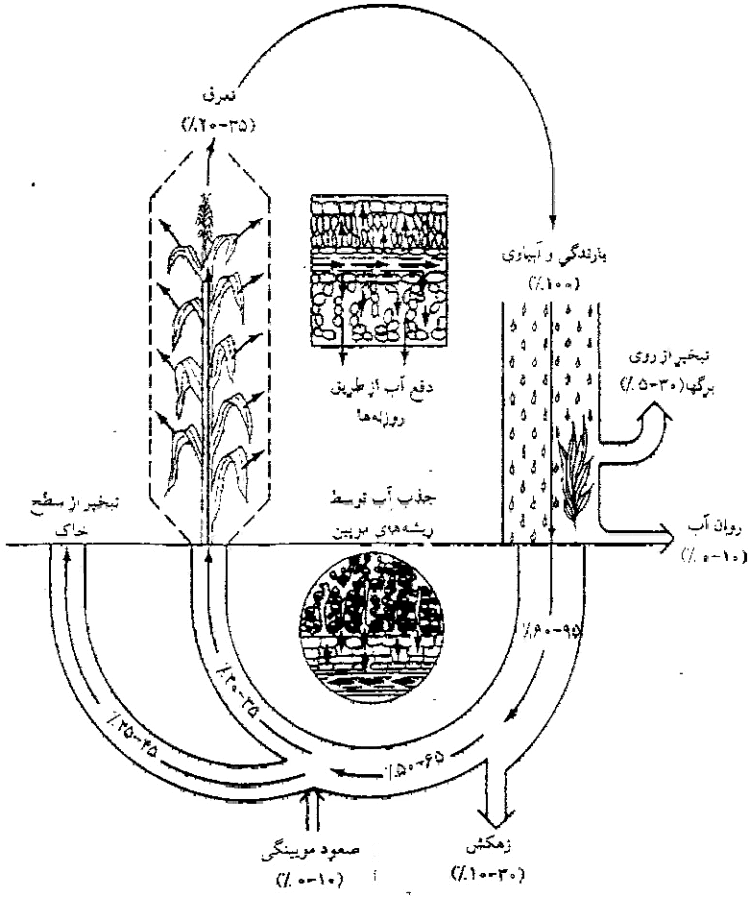
بسمه تعالی

دانشکده کشاورزی

گروه علوم خاک

دستورالعمل آزمایشگاه درس روابط آب، خاک، گیاه و اتمسفر



محمد علی حاج عباسی (استاد گروه خاک شناسی)

اصغر بسالت پور (دانشجوی دکتری گروه خاک شناسی)

پاییز ۱۳۸۹

بسم الله الرحمن الرحيم

فهرست مطالب

عنوان آزمایش
صفحه

1- تأثیر بافت خاک بر رشد و نمو گیاه ۴

2- اندازه‌گیری چگالی ظاهری، تخلخل و آب خاک ۶

3- اندازه‌گیری میزان تخلیه آب خاک ۸

4- تعیین میزان ضرایب رطوبتی FC، PWP و WHC ۱۰

5- تعیین منحنی رطوبتی خاک ۱۳

6- اندازه گیری نفوذ آب در خاک ۱۶

7- تأثیر پتانسیل آب خاک بر جذب آب توسط گیاه ۱۹

8- وضعیت آب در سلول‌های گیاهی و اثر شوری بر آن ۲۳

9- تعیین آب برگ و ترسیم منحنی فشار- حجم ۲۷

10- تبخیر و تعرق و انتخاب ضریب گیاهیKc ۳۱

11- تعیین میزان تبخیر و تعرق با استفاده از لایسیمتر ۳۳

۱۲- اثر خشکی و تنش آبی بر قابلیت جوانه زنی ۳۵

نمونه گزارش کار ۳۸

آزمایش شماره ۱

تأثیر بافت خاک بر رشد و نموگیاه

مقدمه

رشد مناسب ریشه ها و انجام وظیفه اصلی آنها به عنوان سطوح جذب کننده مواد به عوامل زیادی در محیط خاک وابسته می باشد. مقاومت مکانیکی خاک در مقابل انتشار ریشه ها، ذخیره رطوبتی خاک، تهویه و ترکیب شیمیایی محلول خاک از جمله عوامل اصلی اثر گذار بر رشد ریشه ها می باشند. از دیگر خصوصیات خاک که به صورت مستقیم و غیر مستقیم بر خصوصیات فوق و نهایتاً بر رشد و نمو گیاه و تولید محصولات زراعی تأثیر گذار است، بافت خاک می‌باشد. این موضوع معمولاً در دروس مختلف در دانشکده کشاورزی تأکید می شود و در برخی موارد این حقیقت که بافت خاک نقش بسزائی در رشد و نموگیاهان دارد نیز گوشزد می شود. در خاک های ریز بافت رشد ریشه با کاهش تهویه تقلیل یافته و نیز کمبود لایه های زیرین از نظر مواد معدنی رشد ریشه ها را کاهش می دهد. بافت خاک علاوه بر تهویه بر رطوبت، درجه حرارت، ایجاد لایه های نفوذ ناپذیر، ذخیره مواد معدنی خاک و غیره تأثیر گذار است. بنابراین مطالعه اثر بافت خاک بر رشد نمو گیاه به منظور دستیابی به حداکثر عملکرد محصول بسیار واجد اهمیت می باشد.

اهدف

این آزمایش به منظور نشان دادن تأثیر بافت خاک و خصوصیات وابسته به آن (مانند ظرفیت نگهداری آب، تهویه و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک) ارائه می شود.

روش کار

1-تعداد ۶ عدد گلدان برای هرگروه آماده گردد (برای سه بافت مختلف در دو تکرار).

2-هر یک ازگلدان ها باخاک های با بافت سبک، متوسط و سنگین پرشود.

3-تعدادی بذرگیاه ذرت یاگندم را در عمق سه سانتی متری سطح خاک کاشته و سپس گلدان ها آبیاری شوند.

۴- پس ازگذشت هشت هفته از شروع آزمایش، میانگین برخی خصوصیات گیاهان مانند تعداد برگ ها، وزن ساقه، طول گیاه و وزن ریشه‌ها در انتهای این دوره تعیین گردد.

۵- اطلاعات حاصله در جدول زیر نوشته و مقایسه شوند:

وضعیت ظاهری گیاه	تعداد برگ ها	طول گیاه (cm)	وزن اندام هوایی (گرم)	وزن ریشه(گرم)	مشاهده علایم کمبود عناصر غذائی
خاک شنی					
خاک لومی					
خاک رسی					

سؤالات نمونه را پاسخ دهید:

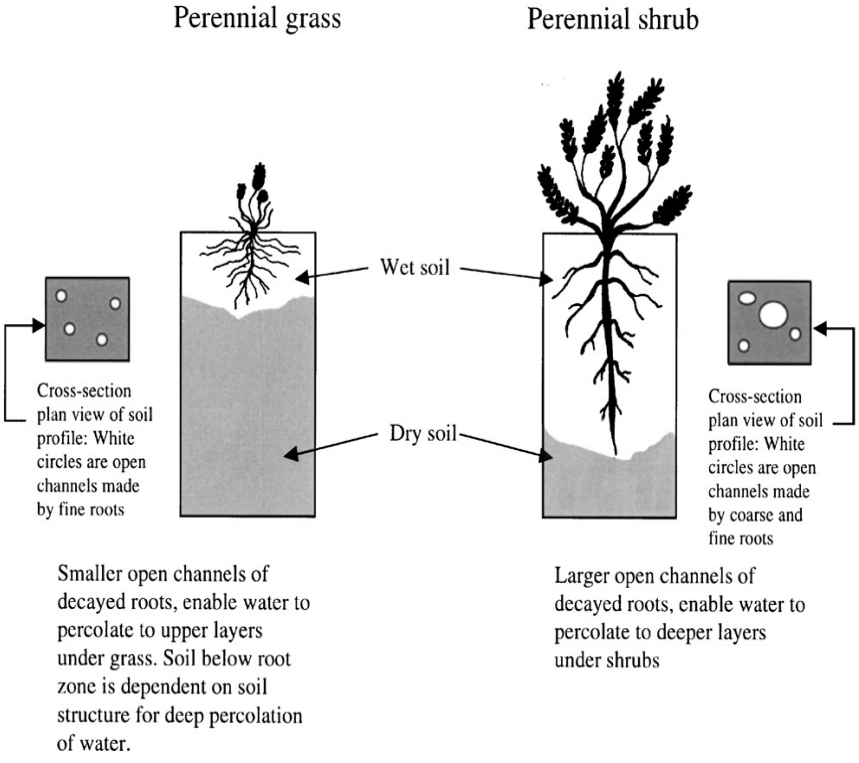
1-مشاهدات خود را از نتایج این آزمایش بیان نموده و چگونگی تجمع ریشه در بافت های مختلف را مقایسه نمایید.

2-میزان آب در خاک با بافت های مختلف چه رابطه ای دارد؟

3-رشد ریشه ها در کدامیک از بافت ها بیشتر بود؟ چرا؟

منابع مطالعاتی

1- Lilly , D.P. 1990. Department of Agronomy, 2183 McCarty Hall, Univ. of Florida, Gainesville, FL. 32611.



شکل ۱-۱: تأثیر سیستم ریشه بر منافذ و آب خاک

آزمایش شماره ۲

اندازه گیری چگالی ظاهری، تخلخل و مقدار آب خاک

مقدمه

چگالی ظاهری خاک عبارتست از وزن یک سانتی متر مکعب خاک خشک در حالت طبیعی. در اینجا حجم خاک، مجموع مواد جامد و منافذ بین آنهاست. بنابراین خاک های متخلخل و اسفنجی دارای چگالی ظاهری کمتری نسبت به خاک های فشرده هستند. خاک های شنی به سبب درشت بودن اندازه ذرات تشکیل دهنده آنها، حجم بیشتری را به مواد جامد اختصاص داده و در نتیجه دارای حجم خلل و فرج کمتری می باشند. بنابراین چگالی ظاهری خاک های شنی عموماً بیشتر از خاک های رسی است. بعلاوه میزان مواد آلی و کیفیت ساختمان خاک بر چگالی ظاهری خاک اثرگذار است. هرچه مواد آلی خاک بیشتر و ساختمان خاک متخلخل تر باشد، چگالی ظاهری خاک کمتر خواهد بود. چگالی ظاهری خاک در لایه‌های سطحی خاک بسته به بافت و مواد آلی و ساختمان خاک بین ۱ تا ۱/۶ گرم بر سانتی متر مکعب خاک است. همچنین میزان آب در خاک های با مواد آلی بیشتر و خاک های رسی، نسبت به خاک های با مواد آلی کمتر و خاک های شنی بیشتر می باشد.

اهدف

در این آزمایش نحوه اندازه گیری چگالی ظاهری خاک به روش استوانه و تعیین میزان آب خاک به روش وزنی بررسی می شود.

روش کار

1- ابتدا قطر، ارتفاع و وزن استوانه فلزی را اندازه گیری کنید.

۲- پس از انتخاب محلی مناسب برای نمونه برداری، سطح خاک را از بقایای گیاهی و خاشاک پاک کرده و استوانه فلزی را بر روی خاک قرار دهید.

۳- با چکش به سطح آن ضربه زده تا استوانه به آرامی وارد خاک شود. هرچه ضربات وارده ارتعاش کمتری به استوانه وارد نماید، نمونه سالم تر و جواب دقیق تر خواهد بود.

۴- پس از وارد شدن استوانه در خاک، خاک اطراف آن را با بیلچه کنار بریزید.

5- سطح دو طرف استوانه را با کاردک صاف نمایید بطوری که سطح آن کاملاً مسطح گردد.

6- نمونه را درکیسه پلاستیکی قرار داده و به آزمایشگاه منتقل نمایید.

7- در آزمایشگاه آن را بلافاصله وزن کرده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای 105 درجه سانتی گراد در آون خشک کنید.

8- پس از این مدت، نمونه را از آون خارج، وزن نموده و محاسبات زیر را انجام دهید:

الف) رطوبت وزنی خاک: $\theta m = \frac{Mw - Ms}{Ms}$

ب) رطوبت حجمی خاک: $\theta v = \frac{Vw}{Vt}$

ج) چگالی ظاهری خاک:

$$BD = \frac{Ms}{Vt}$$

د) تخلخل کل:

$$P = \frac{Vt - Vd}{Vt}$$

در این روابط Mw وزن خاک مرطوب (گرم)، Ms وزن خاک خشک (گرم)، Vw حجم آب خاک (سانتی متر مکعب)، Vt حجم استوانه (سانتی متر مکعب) و Vd حجم خاک خشک (سانتی متر مکعب) می باشد.

منابع مطالعاتی

1- Blake Hart. 1995. Methods of soil Analysis, Part II, Physical Properties. Agronomy Handbook No 9, Page, A.L. (Ed.), American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI, pp. 364.

در صورت دسترسی به اینترنت به این سایت مراجعه و با داشتن درصد شن و رس مقدار وزن مخصوص ظاهری و بافت را به صورت اتوماتیک بدست آورید.

http://www.pedosphere.com/resources/bulkdensity/worktable.cfm

سؤالات نمونه را پاسخ دهید:

1-وزن یک سانتیمتر مکعب خاک شنی (با ۲۰ ٪ آب) بیشتر است یا خاک رسی؟ چرا؟

2-رابطه بین رطوبت حجمی و رطوبت وزنی خاک چگونه است؟

۳- به نظر شما چرا نباید برای اندازه گیری رطوبت وزنی، نمونه خاک را در دمایی بیش از ۱۰۵ درجه سانتی گراد در آون قرار داد؟

آزمایش شماره ۳

اندازه گیری میزان تخلیه آب خاک

مقدمه

تخلیه آب از خاک از جمله پدیده‌هائی است که بر رشد و نمو گیاه تأثیر بسزائی دارد. هرچه خاک سبک‌تر باشد تخلیه آب از آن زودتر انجام گرفته و کمبود آب رخ می دهد. مقدار آب تخلیه شده می تواند از محاسبه مقدار آب اندازه‌گیری شده در پروفیل خاک در زمان شروع و پایان زمان مورد نظر محاسبه گردد:

معادله ۱-۳:
$$DEP = \theta vi\ D + \theta vf\ D$$

که DEP مقدار آب تخلیه شده، θvi و θvf به ترتیب مقدار حجمی آب خاک در پروفیل خاک در زمان شروع و پایان زمان مورد نظر و D ضخامت لایه خاکی است که θv در آن اندازه گیری شده است. با محاسبه مقدار تخلیه آب، می‌توان مقدار تبخیر و تعرق (ET) را از معادله توازن آب محاسبه نماییم:

معادله ۲-۳:
$$ET = P + I - R - Dr + DEP$$

که در آن P میزان بارندگی، I آبیاری، R رواناب خالص و Dr آب زهکش شده میباشد. بازده‌آبی گیاه (Water Use Efficiency, WUE) را نیز میتوان با اندازه گیری ET و زی‌توده (Biomass) تولیدی گیاه (CP) محاسبه نمود:

معادله ۳-۳:
$$WUE = \frac{CP}{ET}$$

معادله زیر نیز جهت تخمین میزان محصول تولیدی با در نظر گرفتن میزان تبخیر و تعرق پیشنهاد گردیده است:

معادله ۴-۳:
$$\frac{CP}{CP\max} = 1 - (BO \times ETD)$$

معادله ۵-۳:
$$\frac{CP}{CP\max} = 1 - BO + BO(ET/ET_{Max})$$

که در آن CP مقدار واقعی تولید گیاهی، $CP\max$ حداکثر تولید و یا تولید بالقوه و ETD حاصلضرب شیب تولید نسبی (BO) در حاصل کسر تبخیر و تعرق بر تبخیر و تعرق حداکثر می باشد. مقدار BO از طریق مطالعات مزرعه‌ای بدست می آید.

اهداف

1- اندازه گیری مقدار آب تخلیه شده از خاک در طول یک فصل زراعی

2- تخمین مقدار تبخیر و تعرق از تفاضل مقدار آب تخلیه شده از آبیاری و بارندگی

3- تعیین بازده آبی

روش کار

با استفاده از اطلاعات حاصله از دستگاه‌هائی نظیر نوترن متر و یا بلوک های گچی و نیز نتایج میزان بارندگی، آبیاری و ماده خشک تولیدی برای طول فصل رشد که در اختیار شما قرار می گیرد، مقدار آب تخلیه شده، تبخیر و تعرق و بازده آبی را با فرض صفر بودن مقادیر Dr و R محاسبه نموده و به سؤلات نمونه پاسخ دهید.

منابع مطالعاتی

1- ASA- CSSA-SSSA, Limitations to efficient water use in crop production. 1983.
2- Hanks and Ashcroft. Applied soil physics.

سؤالات نمونه را پاسخ دهید:

۱- منحنی تغییرات مقدار آب (UV) در پروفیل خاک (در عمق های مختلف) برای ابتدا و انتهای فصل رشد را رسم نمایید.

۲- منحنی تبخیر و تعرق نسبی و تولید نسبی را ترسیم نموده و سپس مقدار BO را بدست آورید.

۳- توضیح دهید که چرا منحنی مطروحه در بند ۲ از نقطه صفر نمی گذرد. به نظر شما در چه شرایطی این امکان وجود خواهد داشت که این منحنی از مبدأ مختصات بگذرد.

آزمایش شماره ۴

تعیین میزان ضرایب هیدرودینامیکی خاک FC، PWP و WHC

مقدمه

محدوده رطوبت مناسب خاک جهت رشد و نمو مطلوب گیاه باید به همان گونه ای که وضعیت آب گیاه بیان شود، گزارش شود. بهمین سبب بیان رطوبت خاک با مقدار آب خاک صحیح بنظر نمی رسد و بایستی بصورت پتانسیل‌آب خاک بیان شود. پتانسیل آب خاک در حالت اشباع صفر، در حالت مرطوب بین صفر تا bar ۱۵ بوده و کمتر از bar ۱۵ خشک تعریف میشود (در ارتباط با رشد گیاه). اما همه آب در حالت اشباع قابل استفاده برای گیاه نمی باشد. چراکه خاک اشباع بلافاصله آب موجود در خلل و فرج بزرگ (آب ثقلی) خود را از دست می دهد. با خروج آب ثقلی، رطوبت خاک به ظرفیت مزرعه (Field Capacity, FC) می رسد که برای خاک های شنی پتانسیل در این حالت حدود bar ۰/۱ و برای خاک های رسی حدود bar ۰/۳ میباشد. از این زمان به بعد تا زمانی‌که گیاه قادر به جذب آب نیست را ظرفیت نگهداشت آب (Water Holding Capacity, WHC) می‌نامند (پتانسیل بین ۰/۳ تا ۱۵ بار) و ضریب رطوبت خاک در حالتی که کمتر از آن گیاه قادر به جذب آب نیست و بحالت پژمردگی دائم میرسد را PWP (Permanent Wilting Point) می‌نامند. شکل ۱-۵ رابطه بین میزان آب خاک در بافت های مختلف و ضرایب هیدرو دینامیک را نشان می دهد.

اهداف

۱- آشنایی با مفاهیم ضرایب FC، PWP و WHC

۲- اندازه گیری ضرایب FC و PWP در شرایط آزمایشگاهی

روش کار

الف) اندازه گیری ظرفیت زراعی FC

1- چهار نمونه ۱۰۰ گرمی خاک را که از الک ۲ میلیمتری گذشته باشد تهیه و در داخل سیلندرهای مخصوص قرار داده و ارتفاع خاک و قطر سیلندر را بوسیله خط کش دقیقاً اندازه گیری کنید.

2- سیلندرها را بصورت عمودی قرار داده و به آرامی به آنها آب اضافه کنید تا جبهه رطوبتی به نصف طول سیلندر برسد. لازم است دقت شود که جبهه رطوبتی در هیچ شرایطی به انتهای سیلندر نرسد.

3- انتهای باز سیلندر را بوسیله پلاستیکی که چند سوراخ ریز در آن ایجاد شده بپوشانید و پس از ۴۴، ۴۸ و ۹۶ ساعت از قسمت مرطوب هر سیلندر دو نمونه خاک برداشت نمائید.

4- نمونه‌ها را پس از توزین در آون و دمای ۱۱۰ درجه سانتیگراد خشک نموده و متوسط رطوبت وزنی هر سیلندر را محاسبه کنید.

5- با استفاده از حجم محاسبه شده خاک در سیلندرها متوسط چگالی ظاهری خاک را حساب کنید.

6- با استفاده از رطوبت وزنی و چگالی ظاهری محاسبه شده، رطوبت حجمی ظرفیت مزرعه را محاسبه کنید.

7- با فرض اینکه چگالی حقیقی خاک ۲/۶۵ گرم برسانتیمترمکعب باشد، تخلخل تهویه ای خاک را در ظرفیت مزرعه محاسبه کنید.

8- رطوبت ظرفیت مزرعه را برحسب ارتفاع آب به سانتیمتر برای خاک مذکور در صورتیکه عمق خاک ۱۰۰ سانتیمتر باشد محاسبه کنید.

ب) اندازه گیری ضریب نقطه پژمردگی دائم PWP

1- گلدان هائی را از خاک مورد نظر پرکرده و از آب اشباع نمایید. پس از اینکه آب ثقلی خارج شدگلدان ها را واژگون نمایید.

2- چند بذر آفتابگردان، ذرت و سورگوم در گلدان ها کاشته و گلدان ها را به گلخانه منتقل نموده تا تحت‌تنش های درجه حرارت و نور قرار نگیرند.

3- گیاهان را در حد مورد نیاز و معمول آبیاری نمایید.

4- از بین بذرهای جوانه زده یکی را که رشد بهتری داشته انتخاب و بقیه را حذف نمایید (ساقه را از سطح خاک ببرید).

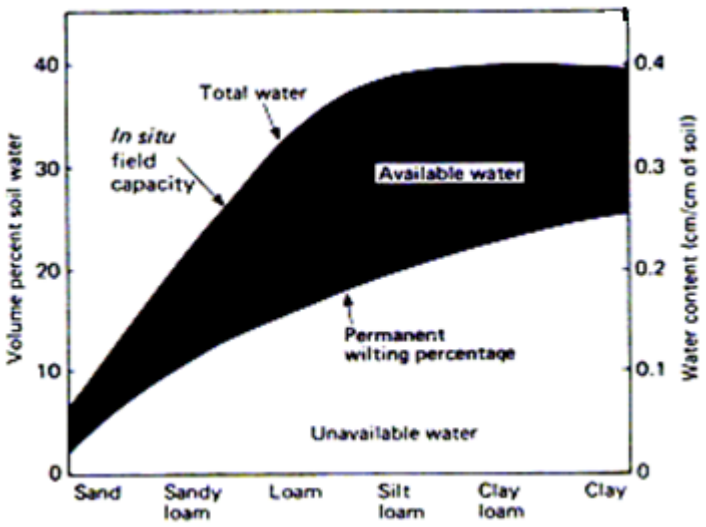
5- پس از اینکه گیاه به حد سه تا چهاربرگی رسید آن را آبیاری نمایید تا وزن‌آن به حد وزن اولیه (بند۱) برسد. سطح خاک گلدان را با کاغذ آلومینیم بپوشانید و منافذ را با پنبه ببندید تا از تبخیر آب از سطح گلدان جلوگیری شود.

6- سپس گیاهان را در جای مناسبی که نور روز و شب کنترل میشود قرار دهید تا زمانی که کلیه برگ های گیاه پژمرده شوند بطوری که دیگر به حالت اول باز نگردند.

7- میزان آب نمونه‌ای از خاک و یا کل خاک گلدان را بصورت وزنی تعیین نمایید. در صورت امکان ریشه ها را از خاک جدا نموده و سپس مقدار آب را اندازه بگیرید.

ج) اندازه گیری ظرفیت نگهداشت آب WHC

مقدار آب خاک بین FC و PWP را WHC گویند. اندازه‌گیری WHC با استفاده از محفظه فشار بوده و مشابه همان روشی است که برای رسم منحنی رطوبتی خاک استفاده می شود و در آزمایش ۵ شرح داده خواهد شد.



شکل ۱-۴: رابطه بین میزان آب خاک در بافت های مختلف و ضرایب هیدرو دینامیک

منابع مطالعاتی

1- Cassel D.K. and D.R. Nielsen. 1990. Field Capacity and Available Water Capacity.
2- Methods of soil Analysis. Pant II. Agronomy Handbook No 9, Page, A.L. (Ed.), American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI, pp:901-902.

سؤالات نمونه را پاسخ دهید:

1- کدامیک از خاک های رسی یا شنی زودتر به حد ظرفیت مزرعه و پژمردگی دائم می رسند و چرا؟

2- هرکدام از ضرایب FC و PWP به چه عواملی بستگی دارند؟

۳- به نظر شما آیا مقادیر اندازه گیری شده ضرایب FC و PWP در شرایط مزرعه با آزمایشگاه یکسان خواهد بود؟

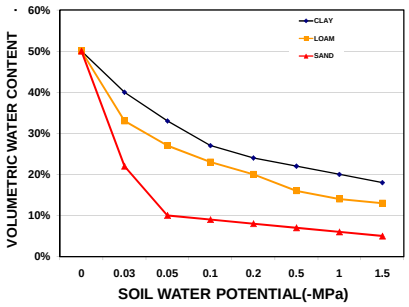
۴- بافت خاک چه تأثیری بر مقادیر ضرایب FC و PWP خواهد داشت؟

آزمایش شماره ۵

تعیین منحنی رطوبتی خاک

مقدمه

منحنی چگونگی حالت آب و یا منحنی نگهداشت آب خاک عبارت است از رابطه بین مکش آب خاک و میزان آب موجود در خاک. در واقع منحنی رطوبتی خاک بیان‌گر رابطه بین میزان آب خاک و پتانسیل آب خاک می باشد. مکش آب خاک را تنش و یا بطور دقیق تر انرژی پتانسیلی (پتانسیل) آب در خاک نیز می نامند. این اطلاعات جهت مدیریت بهترآب خاک مورد استفاده قرار می گیرد. دامنه میزان آب خاک از اشباع تا پژمردگی دائم (مکش ۱۵ بار) اغلب مورد توجه خاکشناسان می باشد که در این آزمایش نیز بررسی می شود. ارقامی را جهت خاک دست نخورده در حالت اشباع و در حالت ظرفیت مزرعه (مکش ۱/۳ بار) بدست آورده و سپس دیگر حالات آب خاک را نیز تعیین می نمائیم. برای این آزمایش دستگاه های زیادی نظیر میزتنش، دیگ فشار و غیره می تواند مورد استفاده قرارگیرد. اما روش معمول تعیین قدرت نگهداری آب در خاک اعمال یک سری تعادل بین آب در نمونه خاک و یک منبع آب با پتانسیل معلوم می باشد. سیستم آب خاک توسط یک غشاء و یا ظرف متخلخل مرطوب با منبع آب در تماس هیدرولیکی می باشد. مقدار حجمی آب در هریک از تعادل ها در خاک همراه با پتانسیلی که این مقدار آب در خاک نگهداری کرده است بر روی محور مختصات نقطه گذاری می شوند و از بهم پیوستن این نقاط منحنی رطوبتی حاصل میشود. در پتانسیل های بالا جهت اندازه گیری آب خاک از تانسیومتر نیز استفاده می شود. به بیان دیگر از تانیسومتر هنگامی استفاده می شود که مقدار آب خاک زیاد باشد. شکل ۱-۵ نمونه ای شماتیک از یک منحنی رطوبتی برای سه بافت مختلف را نشان می دهد.



شکل ۱-۵: منحنی رطوبتی برای سه بافت خاک مختلف

اهدف

این آزمایش جهت آشنا شدن شما با روش های مختلف تعیین میزان آب خاک در پتانسیل های مختلف و تعیین میزان آب و نهایتاً رسم منحنی رطوبتی خاک طراحی شده است.

روش کار

الف) روش صفحه فشار سرامیکی

1- صفحه های سرامیکی بایستی حداقل ۲ ساعت در آب خیسانده شود.

2- حلقه‌های پلاستیکی محتوی نمونه خاک را با افزایش آب از انتها مرطوب کرده و برای مدتی جهت رسیدن به تعادل رطوبتی رهاکنید.

3- صفحه سرامیکی برای اعمال پتانسیل فشاری مورد نظر را در داخل محفظه فشار قرار داده و بر روی صفحه آب بریزید تا آب سطح آن را بپوشاند.

4- پس از اشباع شدن نمونه خاک ها، آنها را در داخل دستگاه صفحه فشار و بر روی صفحه سرامیکی قرار دهید.

5- لوله اتصال و لوله خروجی صفحه را بسته و درب محفظه را ببندید.

6- به آهستگی شروع به افزایش فشار هوای داخل محفظه نمائید تا به فشار مورد نظر برسد.

7- دستگاه را بین ۲۴ تا ۴۸ ساعت به همین حال رها کنید تا سیستم به تعادل برسد. تعادل هنگامی بوجود می آید که دیگر آبی از لوله ها خارج نشود.

8- پس از به تعادل رسیدن، شیر لوله خروجی را ببندید تا آب به نمونه باز نگردد.

9- هوای محفظه را خالی نموده و درب محفظه را باز نمائید.

10- به سرعت نمونه خاک ها را از داخل محفظه بیرون آورده و وزن نمائید.

11- خاک را در آون و در درجه حرارت ۱۰۵ برای مدت ۲۴ ساعت خشک نموده و وزن کنید.

ب) روش غشاء فشار (Pressure Membrane) یا میز فشار (Tension Table)

1- غشاء (ممبران) را درآب غوطه ورکنید.

2- صفحه نایلونی را صاف کرده بطوری که هیچ گونه هوا یا ناخالصی بین صفحات وجود نداشته باشد، چون هرگونه فاصله ای سبب انقطاع و نا پیوستگی درکانال های مویینگی میشود.

3- یک کاغذ صافی زیر یک حلقه پلاستیکی قرار داده و هر دو را روی صفحه نایلونی قرار دهید.

4- نمونه خاک را به داخل حلقه پلاستیکی روی نایلون انتقال داده و سطح آب را در داخل حلقه افزایش داده بطوری که خاک اشباع شود.

5- لوله های زهکشی را خشک کنید که مانعی برای خروج هوا نباشد.

۶- دریچهB را بسته و دریچه های A و D را باز کنید.

7- فشار مانومتر را در دامنه فشار مورد نظر تنظیم کنید.

8- نمونه را رها کرده تا تعادل حاصل شود.

9- پس از ایجاد تعادل، نمونه را از روی صفحه برداشته و وزن کنید.

10- نمونه را در دمای 105 درجه بمدت ۲۴ ساعت خشک کنید و دوباره آن را وزن کنید.

۱۱- محاسبات زیر را انجام دهید:

درصد رطوبت وزنی خاک: $\theta m = \frac{Mw - Ms}{Ms} \times ۱۰۰$

رطوبت حجمی خاک: $\theta v = \theta m \frac{\rho b}{\rho w}$

در این روابط Mw وزن خاک مرطوب (گرم)، Ms وزن خاک خشک (گرم)، ρb چگالی ظاهری خاک (گرم بر سانتی متر مکعب) و ρw چگالی آب (گرم بر سانتی متر مکعب) می باشد.

منابع مطالعاتی

1-B. Luxmore. 1990. Methods of soil Analysis. Part II, 3th Edition, pp.493-59.

سؤالات نمونه را پاسخ دهید:

با استفاده از خصوصیات آب خاک و چگالی ظاهری خاک برای خاک دست نخورده موارد زیر را محاسبه کنید:

1-ظرفیت نگهداری آب قابل دسترس گیاه در خاک

2-مقدار آب نگهداری شده در حالت ظرفیت زراعی

3-ظرفیت نگهداری آب غیر قابل دسترس گیاه در خاک

4-مقدار آب ثقلی (هر کدام از موارد بالا باید بر حسب سانتیمترآب بر متر خاک بدست آید).

۵- منحنی رطوبتی خاک را برای هر دو روش اندازه گیری ترسیم نمایید.

۶- پس از رسم منحنی رطوبتی در این تمرین ارقام بدست آمده از آزمایش ۴ را نیز بر روی قسمت بالای منحنی رسم نمائید و دو منحنی را با یکدیگر مقایسه نمائید.

آزمایش شماره ۶

اندازه گیری نفوذ آب درخاک

مقدمه

نفوذ آب به خاک عبارت است از فرآیند ورود آب از مرز بین آب و خاک به درون خاک که بر حسب حجم آب در واحد سطح و در واحد زمان بیان می شود. سرعت نفوذ آب در خاک با زمان تغییر می کند و با گذشت زمان، سرعت نفوذآب کاهش یافته و پس از مدت زمان معینی بسته به نوع خاک مقدار آن ثابت می گردد. در کلیه روش های آبیاری به استثنای آبیاری زمینی، آبی که به مزرعه وارد می شود به روش های مختلف روی سطح مزرعه توزیع می گردد تا به مرور زمان بداخل خاک نفوذ کرده، ذخیره رطوبتی خاک را بالا ببرد. بنابراین دانستن سرعت نفوذ آب بداخل خاک در طراحی سیستم های‌آبیاری، برنامه ریزی آبیاری و بطور کلی بالابردن راندمان آبیاری حائز اهمیت است. سرعت نفوذ به عواملی مانند عمق آب گذاشته شده بر روی سطح خاک، نوع خاک ، پوشش گیاهی، موادآلی، رطوبت اولیه خاک، عمق آب زیرزمینی و درجه حرارت آب و خاک بستگی دارد. سرعت نفوذ آب به درون خاک در هر لحظه، سرعت نفوذ لحظه‌ای نامیده می شود و واحد آن معمولاً بر حسب سانتیمتر در ساعت یا سانتیمتر در دقیقه است. به عمق آب نفوذ کرده در یک مدت زمان معین، نفوذ تجمعی گفته می شود و واحد آن بر حسب سانتی متر می باشد. معادلات متعددی برای بیان مقدار نفوذ آب به خاک پیشنهاد شده است. یکی از فرمول های تجربی در این زمینه، معادله معروف‌کاستیاکوف (۱۹۳۲) می باشد که بصورت زیر است:

معادله ۱-۵: $i = at^b$

معادله دیگری که تا اندازه ای پیچیده تر است معادله فیلیپ (۱۹۵۷) می باشد:

معادله ۲-۵: $i = S(t)^{0.5} + kt$

در این معادلات، i عمق آب نفوذ یافته از شروع آزمایش (cm)، t زمان نفوذ (min)، a و b ضرایبی هستند که به نوع خاک بستگی داشته و از طریق آزمایش بدست می‌آیند، S ضریبی ثابت مربوط به قابلیت جذب آب که تابع مکش خاک است ($cm/(min)^{0.5}$) و k ضریبی ثابت مربوط به هدایت هیدرولیکی خاک (cm/min) می باشند. با مشتق گیری از رابطه فوق می توان معادله سرعت نفوذ را بدست آورد:

معادله ۳-۵: $i = 0.5\ S\ (t)^{-0.5} + k$

در این آزمایش، سرعت نفوذ لحظه‌ای آب در خاک را با استفاده از استوانه های مضاعف (Double Rings) اندازه گیری می شود. استفاده از استوانه های فلزی بسیار معمول است و نسبت به روش های دیگر به مقدارکمتری آب نیاز دارد. این روش برای اندازه گیری سرعت نفوذ در نقاط دور از منابع آب مناسب می باشد. در این روش استوانه داخلی برای اندازه گیری سرعت نفوذ به کار میرود، برای جلوگیری از حرکت افقی آب در فاصله بین دو استوانه داخلی و خارجی آب می ریزیم. برای بدست آوردن تابع نفوذ، این آزمایش باید حداقل در ۵ زمان مختلف انجام شود.

اهدف

اندازه‌گیری نفوذپذیری خاک و تعیین معادلات نفوذ تجمعی و نفوذ لحظه‌ای

روش کار

1- استوانه های فلزی را بطور متحدالمرکز در سطح خاک مزرعه و در جایی که رطوبت خاک معادل رطوبت در هنگام شروع آبیاری باشد و سطح خاک بدون ترک و شکاف بوده قرار داده و پس از قراردادن صفحه فلزی با ضربات چکش آنها را تقریباً به ا ندازه ۲۰ سانتیمتر در خاک وارد نمائید.

2- سرپوش فلزی را برداشته و وسیله اندازه گیری افت سطح ایستابی را برروی استوانه میانی نصب نموده و برای اینکه خاک درون استوانه بر اثر ریختن آب بهم نخورد، یک ورقه پلاستیکی در کف استوانه قراردهید.

3- مقداری آب در حد فاصل دو استوانه و همچنین در استوانه داخلی بریزید، عمق آب ریخته شده در درون استوانه بایستی تقریباً معادل عمق آب آبیاری باشد. همچنین ارتفاع آب موجود در حدفاصل دو استوانه در تمام مدت آزمایش بایستی با عمق آب دورن استوانه میانی برابر باشد.

4- پلاستیک قرار داده شده در کف استوانه میانی را از یک طرف به آرامی بیرون کشیده و سریعاً وسیله اندازه گیری افت آب را برروی سطح آب تنظیم نموده و زمان را یادداشت نمائید.

5- پایین رفتن سطح آب را بازمان قرائت نموده و یادداشت نمائید.

6- نمودار نفوذ تجمعی نسبت به زمان را بر روی کاغذ لگاریتمی رسم نموده و ضرایب معادله نفوذ تجمعی را بدست آورید.

7- با مشتق گیری از معادله فوق، معادله نفوذ لحظه‌ای را محاسبه نموده و با استفاده از آن نمودار معادله نفوذ لحظه‌ای را بر روی همان کاغذ رسم نمائید.

8- از داده ها رگرسیون گرفته و ضرایب معادله را بدست آورده و با ضرایب بدست آمده از روش کاغذ لگاریتمی مقایسه کنید.

9-به منظور یکنواختی نتایج آزمایشات، ارتفاع آب را در زمان های ۰،۲،۴،۶،۱۱،۱۶،۲۱،۳۱،۴۱،۵۱،۶۶،۸۱،۹۶،۱۲۶،۱۵۶و ۱۸۶ دقیقه پس از شروع آزمایش قرائت نمائید. همچنین چنانچه در مدت آزمایش ارتفاع آب دردرون استوانه از ۷ سانتیمتر کمتر شد در پایان یکی از زمان های تعیین شده، با اضافه نمودن آب عمق آب را حدوداً به اندازه عمق آب در شروع آزمایش برسانید. طبیعی است که برای مراحل بعدی آزمایش عمق جدید مبنای اندازه گیری افت سطح ایستابی خواهد بود. برای اجتناب از اشتباه بهتر است ابتدا جدولی به شکل زیر تنظیم نموده و نتایج را در آن یادداشت نمائید:

زمان (min)	زمان تجمعی (min)	عمق آب قرائت شده (cm)	عمق آب نفوذ یافته (cm)	عمق آب نفوذ یافته تجمعی (cm)	ملاحضات

سؤالات نمونه را پاسخ دهید:

1- به منظور بدست آوردن سرعت نفوذ لحظه‌ای یک خاک با استفاده از روش استوانه های مضاعف، نتایج مزرعه ای زیر بدست آمده است. با استفاده از اطلاعات بدست آمده معادلات نفوذ تجمعی و لحظه‌ای را بدست آورید.

زمان (min)	زمان تجمعی (min)	عمق آب قرائت شده (cm)	عمق آب نفوذ یافته (cm)	عمق آب نفوذ یافته تجمعی (cm)
۰	۰	۱۸	۰	۰
۲	۲	۱۶/۴	۱/۶	۱/۶
۲	۴	۱۵/۸	۰/۶	۲/۲
۲	۶	۱۵/۳	۰/۵	۲/۷
۵	۱۱	۱۴/۵	۰/۸	۳/۵
۵	۱۶	۱۳/۹	۰/۶	۴/۱
۵	۲۱	۱۳/۴	۰/۵	۴/۶
۱۰	۳۱	۱۲/۵	۰/۹	۵/۵
۱۰	۴۱	۱۱/۸	۰/۷	۶/۲
۱۰	۵۱	۱۱/۲	۰/۶	۶/۸
۱۵	۶۶	۱۰/۴	۰/۸	۷/۶
۱۵	۸۱	۹/۶	۰/۸	۸/۴
۱۵	۹۶	۹	۰/۶	۹/۰

2- چرا سرعت نفوذ آب بداخل خاک با گذشت زمان کاهش می یابد؟

3- فرق میان ضریب سرعت نفوذ و هدایت آبی در خاک چیست؟

منابع مطالعاتی

1- H. Bouwer. 1990. Intake Rate: Cylinder. Methods of soil Analysis. Pant II. Agronomy Handbook No 9, Page, A.L. (Ed.), American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI, pp. 825-980.

آزمایش شماره ۷

تأثیر پتانسیل آب خاک بر جذب آب توسط گیاه

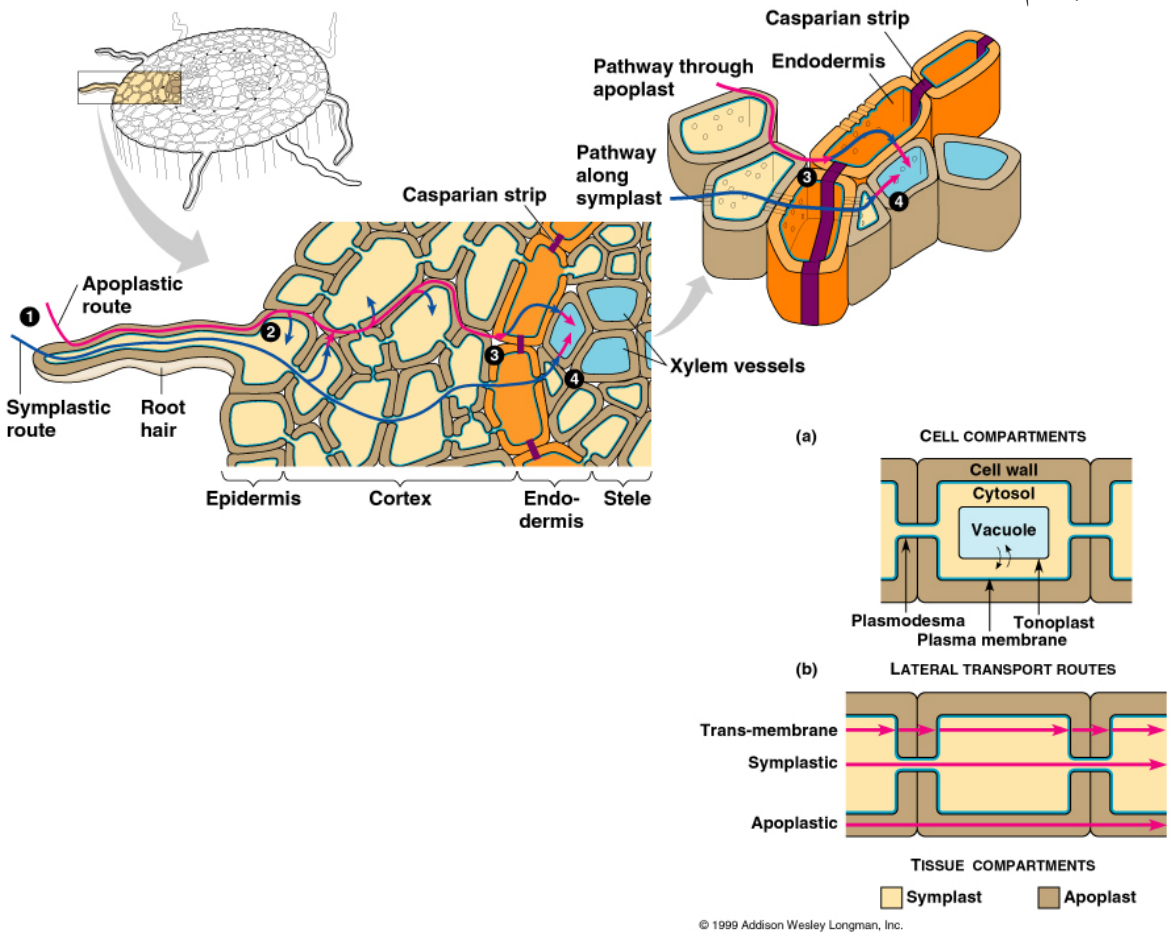
مقدمه

قبل از آنکه آب بتواند توسط ریشه ها جذب شود باید وضعیت خاصی در خاک پیدا کرده باشد. ریشه ها نمی توانند هر رطوبتی را از خاک جذب کنند و باید وضعیت فیزیکی خاک به نحوی باشد که اجازه حرکت آب به سمت ریشه ها را بدهد. لذا وضعیت فیزیکی آب خاک که با پتانسیل آب خاک بیان می شود بر قابلیت جذب آب توسط گیاه تأثیر فراوان دارد. آب بواسطه شیب پتانسیلی ایجاد شده از خاک تا سطح ریشه ها به صورت توده ای (Mass flow) به سمت ریشه ها حرکت کرده و سپس حرکت آب از خاک در سطح ریشه ها از سه مسیر اصلی انجام می پذیرد (شکل ۱-۷):

1- مسیر واکوئلی

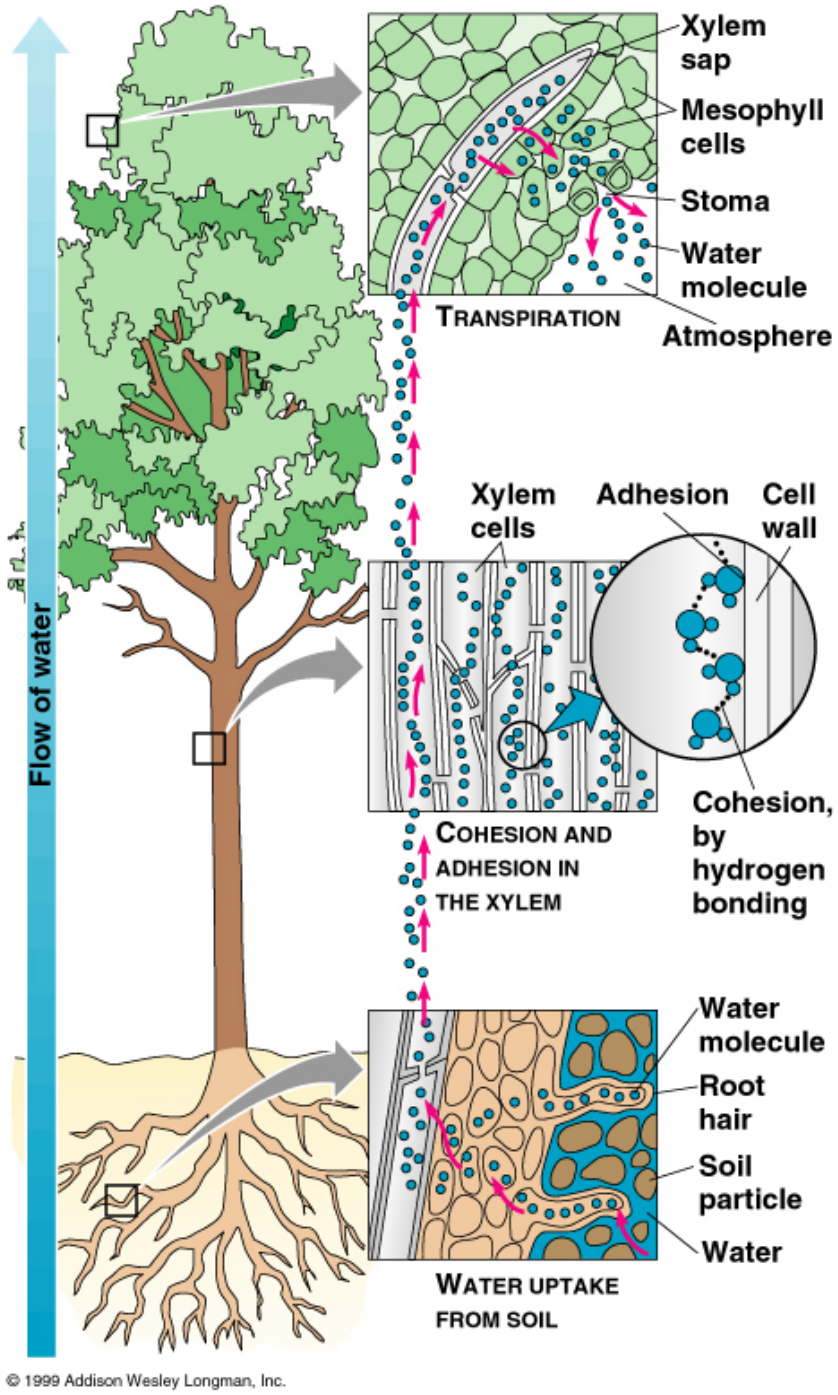
2- مسیر فضای آزاد

3- مسیر سیمپلاسم



شکل ۱-۷: شمایی از ساختمان های سلول که چگونگی حرکت آب در آنها نشان داده شده است.

بطور کلی حرکت آب از خاک در سطح ریشه ها بر اثر اختلاف پتانسیل آبی که بین خاک و گیاه ایجاد می‌شود انجام می پذیرد و پس از اینکه آب وارد گیاه شد نیز حرکت بر اثراختلاف پتانسیل آبی که در بین دو نقطه از نساج گیاهی موجود بوده و یا بوجود می‌آید انجام می پذیرد. شکل ۲-۷ نیز نحوه حرکت آب و مواد غذائی (املاح) بداخل سلول ها و نهایتاً رشد سلول ها را نشان میدهد.



شکل ۲-۷: نحوه حرکت آب و مواد غذائی (املاح) بداخل سلول های گیاهی

اهداف

این آزمایش جهت نشاندادن چگونگی حرکت آب بداخل سلول ها بر اثر اختلاف پتانسیل بین دو محیط ارائه میگردد. از روش های نشاندان این فرآیند و همچنین اندازه‌گیری میزان کمبود و تنش آب در بافت های گیاهی روش تعادل در مایع (Liquid Equilibration) می باشد. این روش که قدیمی ترین روش اندازه‌گیری تنش آب در بافت های گیاهی است، شامل فروبردن بافت ها در محلول هائی است که پتانسیل اسمتیک مختلف دارند و سپس تعیین پتانسیل اسمتیک محلولی که بافت گیاه در آن نه اضافه وزن داشته و نه کاهش وزن.

روش کار

۱- مقدار ۶۸۴ گرم ساکارز را در مقداری آب مقطر حل نموده و حجم نهائی را به یک لیتر برسانید (در این حالت محلول حاصله دارای غلظتی معادل ۲ مول و فشاراسمزی معادل ۶/۴۹ اتمسفرخواهد بود). با انجام محاسبات لازمه، محلول های دیگری با غلظت های ۲، ۱/۷۵، ۱/۵۰، ۱/۲۵، ۱/۰، ۰/۷۵، ۰/۵، ۰/۲۵ و صفر مولار تهیه‌کرده و فشار اسمزی آنها را از روی فرمول بر حسب اتمسفر و بار محاسبه کنید (یک بار مساوی است با ۰/۹۷۸ اتمسفر است).

2- محلول های فوق را در پتری دیش بریزید و شماره گذاری کنید.

3- تعدادی سیب زمینی را بصورت قطعات مکعبی شکل با ابعاد حدود ۵ د ر۵ د ر۵ میلیمتری قطع کرده و به صورت گروه های ۱۰ تایی وزن نموده و هر گروه ۱۰ تائی از قطعات سیب زمینی بریده شده را داخل هر پتری دیش که حداقل ۲ بار تکرار شده است قراردهید و اجازه دهید برای مدت ۲ ساعت تعادل برقرارگردد.

4- پس از این مدت، قطعات سیب زمینی را از پتری دیش خارج نموده و پس از خشک کردن آب سطحی آنها را وزن نمائید.

5- مشخصات محلول های ساکارز، وزن اولیه هر ۱۰ قطعه، وزن انتهائی (تعادل‌برقرارشده) هر ۱۰ قطعه سیب زمینی و تغییرات وزن را در جدول زیر وارد نمائید:

غلظت ساکارز (مولار)	فشار اسمزی (bar)	پتانسیل اسمزی (bar)	وزن اولیه ۱۰ قطعه (g)	وزن نهایی ۱۰ قطعه (g)	تغییرات وزن (g)	کاهش وزن (-) یا افزایش وزن (+)
۰/۰۰						
۰/۲۵						
۰/۵						
۰/۷۵						
۱/۰۰						
۱/۵۰						
۱/۷۵						
۲/۰۰						

۶- پتانسیل آب در قطعات سیب زمینی بریده شده را تعیین نمائید.

توجه: لازم به توضیح است که روش وزنی مورد بحث برای بافت های گوشتی مانند قطعات سیب زمینی، هویج، چغندر و غیره توصیه شده است.

منابع مطالعاتی

1. Soil and plant analysis handbook. South Dakota State University. pp. 44-48.
1-The Determination of water potential (YW) of cells and tissues, Introduction. Watering cells tissues. pp.14-29.

آزمایش شماره ۸

وضعیت آب در سلول های گیاهی و اثر شوری بر آن

مقدمه

پتانسیل آب خاک (نیرو لازمه جهت حرکت آب از یک قسمت به قسمت دیگر) با افزایش نمک کاهش می یابد (نسبت به آب خالص). در نتیجه پتانسیل آب خاک با رشد و نموگیاه (جذب یا عدم جذب آب توسط گیاه) ارتباط مستقیم داشته و هرچه پتانسیل آب خاک کاهش یابد میزان جذب آب توسط ریشه گیاهان نیز کاهش می یابد و در نتیجه فرآیندهای رشد و نمو با اشکال روبرو می شود.گاهی مشاهده شده که در خاک آب وجود دارد ولی بعلت شوری زیاد (پایین بودن پتانسیل) این آب جذب ریشه گیاه نمی‌شود. بنابراین نگهداری پتانسیل آب خاک در حدی مطلوب میتواند در بالابردن میزان محصول تاثیر خوبی داشته باشد. آزمایشات متعددی جهت اندازه گیری پتانسیل آب خاک در دامنه های متفاوت وجود دارد از جمله استفاده از تانسیومتر (از۰ تا حدود ۰/۸ بار) صفحه فشاری (از ۱ تا 5 بار) و غشاء فشاری از(۵ تا ۲۰ بار). یکی دیگر ازروش های کنترل پتانسیل آبی، ساختن محلول های غذائی (کشت هیدروپونیک) با حل نمودن مقادیر متفاوت نمک داخل آنها است. این روش دارای محاسنی همچون سهولت انجام آزمایش و دقت در کنترل میزان پتانسیل و معایبی نظیر احتمال ایجاد مسمومیت غذائی در یک محلول می باشد که اختلال در رشد به سبب ایجاد پتانسیل اسمزی با این مسمومیت ترکیب شده و لذا دقت عمل کاهش می یابد.

اهداف

1- آموزش چگونگی تهیه محلول های غذایی با پتانسیل های مختلف

2- بررسی جوانه زنی بذر گیاهان در این محلول ها

۳- مطالعه تأثیر پتانسیل اسمزی بر جوانه زدن و رشد گیاهان

روش کار

در این آزمایش مراحل زیر در دو بخش انجام می گیرد:

1- جوانه زنی بذور درمحلول هائی با پتانسیل ۰، ۱، ۲، ۴، ۷ و ۹ بار

2- رشد دادن گیاهان سالم از مرحله ۱ در محلول های غذائی با پتانسیل های ۰/۴، ۱/۴، ۲/۹، ۴/۹، ۷/۴ و ۹/۹ بار

قسمت اول:

الف) تهیه محلول های دارای پتانسیل های مختلف:

1- مقدار ۱۱۶/۹ گرم کلرورسدیم (NaCl) را در لاسک والیومتریک ۱ لیتری ریخته و در مقداری آب مقطر حل کرده و به حجم برسانید. این محلول نمک را محلول ذخیره (Stock) بنامید.

2- با استفاده ازآب مقطر و محلول نمک ذخیره محلول هائی با پتانسیل های ۰، ۱، 2 ، 4، 7 و ۹ بار تهیه نمائید. برای انجام این منظور از معادله ۱-۸ استفاده کنید.

معادله ۱-۸ $Ys= -CiRT$

در این معادله Ys پتانسیل اسمزی (بار)، C غلظت مولار ذرات جسم حل شده، i فاکتور وانت هوف که برای محلول کلرورسدیم تهیه شده در این آزمایش مساوی ۲ است، R ثابت گازها که مقدار آن ۰/۰۸۳ لیتر- اتمسفر بر درجه بر مول می باشد و T دمای محلول (کلوین) می باشد.

ب) آماده کردن بذر و ضدعفونی آن:

1- مقداری بذر جو و مقداری بذرگوجه فرنگی تهیه نمائید.

2- با استفاده از روش زیر بذور را ضد عفونی کنید:

۲-۱- سه عدد بشر۵۰۰ میلی لیتری را به مدت نیم ساعت یا بیشتر درآون در درجه حرارت 180 درجه سانتیگراد استریل کرده و در هر یک از آنها به ترتیب محلول هیپوکلریت سدیم (وایتکس) و آب مقطر ریخته و خوب بشویید.

۲-۲- میزکار، دست ها و کلیه وسایلی که با آنها سروکار دارید را بوسیله الکل ضد عفونی نمائید.

۲-۳- بذور را در پارچه صافی یا تور سیمی ریخته و به ترتیب به مدت 30 ثانیه در محلول هیپوکلریت سدیم، ۱۵ دقیقه در ظرف محتوی آب مقطر و۳۰ ثانیه در محلول بن لیت ۲ در هزار فرو برده و سپس با آب مقطر آنها را بشوئید.

3- چهار پتری دیش که درآون به مدت نیم ساعت در حرارت ۱۸۰ درجه سانتیگراد استریل شده است را انتخاب و پس از قراردادن یک کاغذ صافی در هر یک ۱۰میلی لیتر از محلول باپتانسیلی که در آزمایشگاه برای شما تعیین خواهد شد ریخته وآنها را به دو دسته دوتایی تقسیم کنید.

4- در هر جفت پتری دیش تعداد ۱۰ تا ۱۵ عدد بذر ضد عفونی شده جو و در جفت دیگر 10 تا ۱۵ عدد بذر ضد عفونی شده گوجه فرنگی قراردهید.

5- روی هر پتری دیش مشخصات محلول (پتانسیل محلول)،نوع بذری که داشته اید، نام ونام خانوادگی خود و تاریخ شروع آزمایش و غیره را بطور کامل یادداشت نمائید.

6- پتری دیش ها را در اطاقک مخصوص جوانه زدن بذر (Germinator) و یا در نقطه دیگری که باندازه‌کافی گرم بوده به مدت یک هفته قراردهید.

7- در طول مدت یک هفته هر دو روز یکبار تعداد بذور جوانه زده را بدقت شمارش کرده و یادداشت نمائید.

8- در پایان کار و پس از شمارش نهائی بذور جوانه زده نتیجه کار خود و همکاران را بصورت جدول و منحنی گزارش کنید.

قسمت دوم:

الف) تهیه محلول های غذائی:

1- تهیه محلول های غذایی ذخیره: محلول های غذائی ذخیره را مطابق جدول شماره ۱-۸ تهیه و برای آماده سازی محلول های غذائی شاهد و یا شور استفاده نمایید.

2- تهیه محلول غذائی: محلول های غذائی را در ظروف پلاستیکی ۳ لیتری مطابق با تطمارهای آزمایشی که به پیوست آمده است تهیه نمائید.

3- تهیه محلول های نمک ذخیره: به منظور شورکردن محیط های کشت و پائین بردن پتانسیل اسمزی محلول های غذائی از محلول ذخیره به غلظت ۲ مول استفاده نمایید.

4-تهیه محلول های غذایی شور: به منظور شورکردن و ایجاد پتانسیل های مختلف در محلول های غذائی بر طبق محاسبه‌ای که انجام خواهید داد به میزان مورد لزوم محلول کلرورسدیم ذخیره به محلول های غذائی مختلف اضافه کنید. این میزان نمک را در سه نوبت بشرح زیر مصرف نمائید:

- ✓ قبل از انتقال نهال ها به محلول های غذائی
- ✓ دو روز بعد از انتقال نهال ها
- ✓ چهار روز بعد از انتقال نهال ها

ب) سبزکردن بذر:

تعدادی از بذور گوجه فرنگی جوانه زده از آزمایش قبل را در تشتی حاوی شن شسته شده یا ورمیکولیت سبز کرده و برای مرطوب نمودن محیط ریشه از آب مقطر استفاده کنید.

ج) انتقال نهال ها به محلول های غذائی:

از بذورگوجه فرنگی که قبلاً سبزکرده‌اید تعدادی که از هر لحاظ مشابه هم بوده وکاملاً سالم به نظر میرسند را انتخاب و با ملایمت بطوریکه ریشه ها آسیب نبینند از داخل شن یا ورمیکولیت خارج نموده و پس از شستن ریشه آنها با آب مقطر به ظروف حاوی محلول های غذائی در منافذی که در تخته های بالائی آنها تعبیه می شوند بطوریکه نهال کاملاً در منافذ تعبیه شده در درب ظرف جای گیر و ثابت شود. از منافذ دیگر بداخل محلول هوا بدهید بطوریکه اولاً محلول تهویه گردیده از فساد ریشه‌ها جلوگیری شده و ثانیاً همواره غلظت محلول در اطراف ریشه تقریباً یکسان بماند. حداقل یک روز در میان از نهال ها بازدید بعمل آورده و به دقت وضع ظاهری‌آنها را بررسی و رشد آنها را اندازه گیری و یادداشت نمائید.

د) برداشت نهال ها:

پس از یک ماه از شروع کشت از تیمارهای مختلف عکس گرفته و سپس گیاهان مورد آزمایش را از محل طوقه قطع کرده و ریشه ها را بیرون آورده و پس از شستشو با آب مقطر در بین لایه‌هائی که از آب خشکن خشک کرده و سپس وزن قسمت های هوائی گیاه و ریشه‌ها را تعیین و جهت تعیین میزان ماده خشک آنها را به آون وانتژلاتوردار انتقال داده و در حرارت ۶۰ تا۷۰ درجه سانتیگراد بمدت ۴۸ ساعت خشک و سپس وزن‌خشک را تعیین نمائید. شکل ۱-۸ نمونه ای شماتیک از مراحل مختلف این آزمایش را نشان می دهد.

تیمارهای آزمایش - تیمارهائی راکه برای این آزمایش انتخاب خواهیدکرد عبارت خواهند بود از:

۱- محلول ذخیره جانسون - پتانسیل حدود ۴/۰ بار

۲- جانسون + کلرورسدیم - پتانسیل حدود ۴/۱ بار

۳- جانسون + کلرورسدیم - پتانسیل حدود ۹/۲ بار

۴- جانسون + کلرورسدیم - پتانسیل حدود ۹/۴ بار

۵- جانسون + کلرورسدیم - پتانسیل حدود ۴/۷ بار

۶- جانسون + کلرورسدیم - پتانسیل حدود ۹/۹ بار

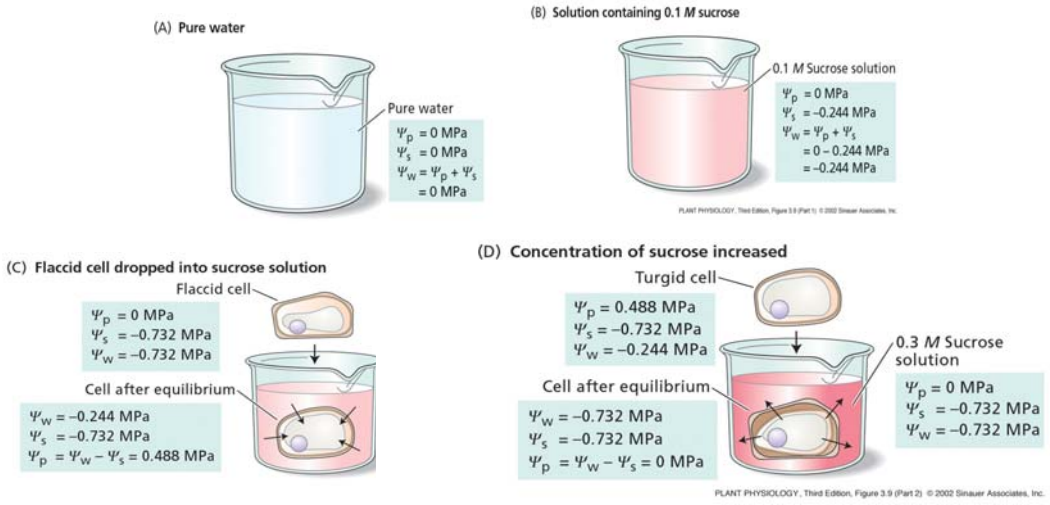
جدول ۱-۸: غلظت مورد نیاز ترکیبات مختلف برای تهیه محلول ذخیره (Stock)

ماده شیمیایی	وزن مولکولی	غلظت مولار	گرم در لیتر
Macronutrients			
KNO_3	۱۰۱/۰	۱/۰۰	۱۰۱/۱۰
$Ca(NO_3).4H_2O$	۲۳۶/۱۶	۱/۰۰	۲۳۶/۱۶
$NH_4H_2PO_4$	۱۱۵/۰۸	۱/۰۰	۱۱۵/۰۸
$MgSO_4.7H_2O$	۲۴۶/۴۹	۱/۰۰	۲۴۶/۴۹
Micronutrients			
KCl	۷۴/۵۵	۵۰	۳/۷۲۸
H_3BO_3	۶۱/۸۴	۲۵	۱/۵۴۶
$MnSO_4.H_2O$	۱۶۹/۰۱	۵	۰/۸۴۵
$ZnSO_4.7H_2O$	۲۸۷/۵۵	۲	۰/۵۷۵
$CuSO_4.5H_2O$	۲۴۱/۷۱	۰/۵	۰/۱۲۵
H2M0O4%(M0O385	۱۶۱/۹۷	۰/۲	۰/۰۳۴
Chealated Fe	۹۳۰	۲	۱/۸۶
Nacl	۵۸/۴۵	۲	۱۱۶/۹

سؤالات نمونه را پاسخ دهید:

۱- به نظر شما مهمترین تأثیرات پتانسیل اسمزی محلول های غذایی بر رشد و نمو گیاه کدامند؟

۲- مکانیسم جذب آب توسط ریشه گیاهان چگونه تحت تأثیر پتانسیل اسمزی محلول خاک قرار می گیرد؟



شکل ۱-۸: نمونه ای شماتیک از مراحل مختلف آزمایش

آزمایش شماره ۹

تعیین مقدار آب برگ و ترسیم منحنی فشار- حجم

مقدمه

اندازه‌گیری وضعیت آب برگ در تعیین زمان مناسب آبیاری، توزیع مقدار جمعیت گیاهی، مطالعه تأثیر تنش آبی بر رشدگیاه، تولید محصول و فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیائی گیاه از اهمیت خاصی برخوردار است. در سال ۱۹۸۵ سینکلر و لودلو گزارش کردند که ارتباط دادن برخی از فرآیندهای متابولیکی گیاه با پتانسیل آب خاک بسیار مشکل می باشد. برخی از این فرآیندها شامل فتوسنتز، سنتز پروتئین، احیای NO_3 و مرگ برگ ها می باشند که رابطه بهتری با مقدار نسبی آب برگ (Reletive Water Capacity, RWC) نسبت به مقدار پتانسیل آب برگ دارند. تعیین مقدار نسبی آب برگ RWC به عنوان درصدی از وزن آماس یافته برگ بوده و می تواند روش بسیار ارزان و سریعی جهت تعیین آب برگ باشد.

روش کار

الف) تعیین مقدار نسبی آب برگ

1- چند برگ سالم و شاداب از گیاهان مختلف (ترجیحاً گیاهانی با برگ های گوشتی و خشبی) انتخاب نموده و توسط پولک زن دایره ای به قطر ۱۵ میلی متر از آن‌ها جدا نموده، وزن کرده و وزن تازه برگ (FW) بنامید.

2- برگ ها را بلافاصله در آب قرار داده و بمدت دو ساعت با قراردادن سرپوش و در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد بحال خود واگذارید تا به حالت آماس کامل درآیند.

3- پس از خارج نمودن نمونه ها از آب و خشک کردن، آنها را وزن نموده و آن را وزن آماس (TW) بنامید.

4- برگ ها را در ظروف و یا پاکت های کاغذی قرار داده و داخل آون بمدت ۲۴ ساعت و در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد خشک نموده سپس وزن کنید و آن را وزن‌خشک (DW) بنامید.

5- با انجام محاسبات زیر RWC را بدست آورید:

معادله ۱-۹:
$$RWC=\frac{FW-DW}{TW-DW}\times 100$$

شاخص دیگری که می تواند مورد استفاده قرارگیرد کمبودآب WD یا کمبود اشباع SD است که از معادله زیر بدست می‌آید:

معادله ۲-۹:
$$WD=\frac{FW-DW}{TW-DW}\times 100$$

با داشتن WD میتوان RWC را نیز بدست آورد:

معادله ۳-۹:
$$RWC = 100 - WD$$

برای کاهش خطای آزمایش رعایت موارد زیر الزامی است:

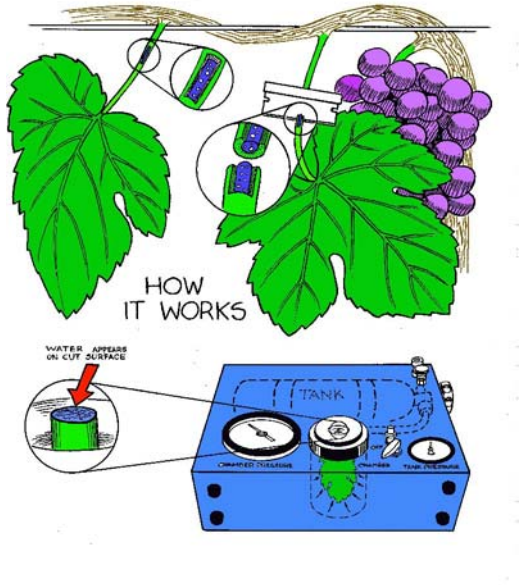
1- برگ های انتخابی از نظر سن متوسط بوده و بدون هر نوع شکستگی یا بریدگی باشند.

2- برگ ها بلافاصله پس از نمونه گیری داخل پاکت های پلاستیکی قرارداده شوند و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل گردند.

3- عملیات توزین به سرعت انجام گیرد بطوریکه سطح برگ ها خشک نشود.
4- پس از بیرون آوردن برگ ها از آب سعی گردد سطوح خارجی برگ کاملاً پاک و خشک شود.
5- برای جلوگیری از هر نوع اشتباه آزمایشات بالا حداقل دارای ۲ تکرار باشد.

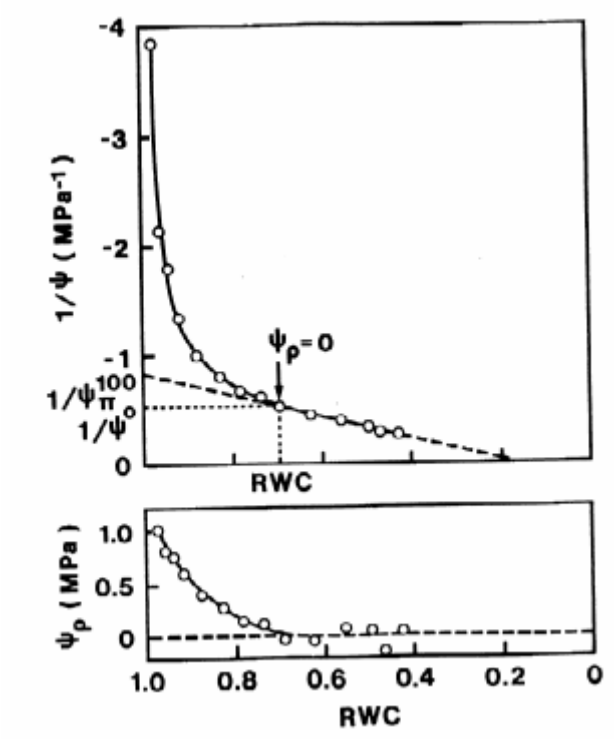
ب) تعیین منحنی فشار-حجم

در سال ۱۹۶۵ شولاندر و همکاران نشان دادند که تکنیک محفظه فشار می تواند بعنوان راهی جهت ترسیم روابط فشار- حجم و نهایتاً وضعیت کلی آب برگ و یا دیگر بافت های گیاهی باشد. ایشان نشان دادند که اگر فشاری اضافه بر پتانسیل‌آب برگ که در تعادل با فشار اطراف می باشد به برگ وارد شود (مانند آب که در اسفنج ذخیره می شود) آب حاوی املاح از آوندهای برگ خارج و بصورت حباب هایی‌همراه هوا خارج می گردد. محفظه فشار شامل محفظه‌ای آلومینیومی و یا فولادی می باشد که از یک طرف به یک تانک هوای فشرده و یا گازی دیگر وصل میباشد (شکل۱-۹).



شکل۱-۹: نمونه شماتیک دستگاه محفظه فشار

برای ترسیم منحنی فشار- حجم توسط محفظه فشار ابتدا بایستی برگ، دمبرگ و یا شاخه مورد نظر را زیر آب برده قطع نمایید و سپس اجازه دهید تا بحد آماس‌کامل برسد. سپس آنها را در تاریکی و بین ورقه های پلاستیکی قرار داده تا به حد تعادل رسیده و سپس وزن نمایید (وزن اولیه). آنگاه آن را داخل محفظه قرار داده فشار ثابتی را به‌آن وارد نمایید و اجازه دهید تا بحالت تعادل برسد. وزن ثانویه را بدست آورید (وزن دوم) و این عمل را چندین بار تکرار کنید. پس از کسب تجربه، برای نمونه نهایی مراحل فوق را انجام داده و در نهایت نمونه را داخل آون گذاشته تا در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد خشک شود و به وزن ثابتی برسد. سپس با داشتن اطلاعات مربوطه منحنی فشار-حجم را رسم نمایند. نمونه ای از یک منحنی فشار- حجم در شکل ۲-۹ آمده است.



شکل۲-۹: نمونه ای از یک منحنی فشار – حجم

با داشتن منحنی فشار- حجم میتوان پارامترهای زیادی را بدست آورد:

۱- مقدارکل آب: قبل از اعمال فشار به برگ با آماس کامل، آن را وزن نمایید و Tw بنامید و پس از خشک شدن نیز آن را وزن کرده و D_W بنامید. با این اطلاعات مقدار کل آب بافت گیاهی یا V_T از رابطه زیر قابل محاسبه است:

معادله ۴-۹: $V_T=T_W-D_W$

۲- نسبت وزن آماس به وزن خشک ($\frac{Tw}{Dw}$): با دانستن این نسبت می توان به میزان نسبی مواد خشک گیاهان پی برد.

۳- میزان نسبی آب (RWC): میزان نسبی آب در هر قسمت از منحنی فشار- حجم برابراست با:

معادله ۵-۹: $$RWC=\frac{Vt-Ve}{Vt}\times 100$$

که Ve حجم آب خارج شده از آوند و Vt حجم آب برگ در حالت آماس میباشد.

4- مقدار نسبی آب سیمپلاستی (RS): این پارامتر در هر نقط از منحنی فشار- حجم با فرمول زیر بدست می آید:

معادله ۶-۹: $$RS=\frac{Vs-V}{Vs}$$

که V حجم آب از دست رفته برگ و VS حجم آب سیمپلاستی برگ در حال آماس کامل بوده و Vs از ادامه محل انحنای منحنی فشار – حجم که بر اساس $\frac{1}{p}$ و V بدست آمده است تعیین می گردد (یعنی زمانی که فشار به حد نهائی خود می رسد) که با داشتن Vs مقدار Vp (حجم آب آپوپلاستیک) نیز بدست می آید (یعنی V_T-V_S).

نکته: با رعایت موارد زیر بر دقت عمل در تعیین منحنی فشار– حجم افزوده خواهد شد:

۱– بافت مورد نظر (برگ و غیره) قبل از اعمال فشار بایستی کاملاً آماس‌شده باشد (Rehydrate). بدین معنی که قبل از قطع بافت از گیاه فشار کمی اعمال شده و یک منبع آب بر جای قطع شده قرار گیرد و سپس فشار آزاد گردد.

۲– هیچگونه زخم خوردگی به بافت مورد نظر وارد نشود در غیر اینصورت خط منحنی $\frac{1}{p}$ بر حجم شکسته خواهد شد.

۳– برگ یا بافت نباید به مدت زیادی در معرض گاز ازت و یا هوای فشرده قرار گیرد در غیر اینصورت بافت از بین میرود و دیگر عمل هدایت آب تحت فشار اعمال نمی گردد.

منابع مطالعاتی

1: Kramer, P.J.1987. Plant relative water content and related methods: Historical perspctives and current concerns. International conference on measurement of soil and plant water status.Vol 2, 1-51

2: Sinclair, I.R. and M.M Ludlow. 1985. Who taught plants thermodnamics? Theunfulfilled potential of plant aater potential. Aus. J. Plantphysiol. 12:213-217

3: Slavic. 1974. Methods of stueying plant water relations. Springer-Verlag. Turner, N.C. 1981. Techiques and experimental approachesfor the measurement of plant water status. Plant and Soil. 58:339-366

سؤالات نمونه را پاسخ دهید:

۱– به نظر شما چرا بایستی از برگ ها یا بافت های سالم برای تعیین منحنی فشار – حجم استفاده کرد.

۲– مهمترین مزایای ترسیم منحنی فشار – حجم در مطالعات کشاورزی کدامند؟

آزمایش شماره ۱۰

تبخیر و تعرق و انتخاب ضریب گیاهی Kc

مقدمه

در زنجیره آب، خاک، گیاه و اتمسفر آب مستقیماً از سطح خاک و یا توسط گیاه وارد اتمسفر می شود. انتقال آب از سطح خاک به هوا را تبخیر و خارج شدن آن از گیاه را تعرق گو یند. این دو پدیده هر دو ماهیت تبخیری داشته و چون تفکیک آنها از یکدیگر امکان پذیر نمی باشد مجموعاً به عنوان تبخیر و تعرق (Eavporation and Transpiration) در نظر گرفته شده و با علامت ET نشان داده می شود. برای یک گیاه بخصوص مقدار ET از رابطه زیر به صورت غیر مستقیم می تواند تخمین زده شود:

معادله ۱۰-۱ $ET= Kc \times ETp$

که ETp مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع و Kc ضریب گیاهی گیاه مورد نظر می باشد. Kc به عوامل متعددی نظیر نوع گیاه، زمان کشت، مرحله رشد گیاه، طول فصل رشدگیاه و شرایط آب و هوایی محل بستگی دارد. بنابراین ضریب گیاهی یک مقدار ثابت نبوده و مقدار آن در طول دوره رشد گیاه تغییر می کند. برای تعیین ضریب گیاهی و استفاده آن جهت تبدیل Etp به تبخیر وتعرق گیاه مورد نظر بر اساس روش پیشنهادی FAO باید برای طول دوره رشد منحنی تغییرات ضریب گیاهی رسم شود تا در هر مرحله از رشد ضریبی متناسب با همان مرحله اعمال شود. لذا اولین قدم این است که دوره رشد گیاه را به قسمت های مختلفی تقسیم نمود که یک تقسیم بندی مسوم به شکل زیر است:

۱- مرحله اولیه (کاشت و جوانه زنی بذور گیاه)

۲- مراحل توسعه گیاه

۳- مرحله میان فصل رشد

۴- مرحله انتهائی رشد گیاه

اهداف

محاسبه ضریب گیاهی در طول دوره رشد وسپس محاسبه تبخیر و تعرق گیاه

روش کار

بطورکلی شش مرحله زیر برای تعیین Kc در این آزمایش در نظرگرفته شده است:

1- تعیین تاریخ های کاشت و برداشت گیاه

2- تعیین مدت زمان لازم برای طول دوره های رشد در مراحل مختلف رشد گیاه در طبقه بندی فوق الذکر

3- تعیین مقدار Kc در خلال مراحل اولیه رشد (مرحله اول رشد)

4- تعیین مقدار Kc در خلال مراحل توسعه (مرحله دوم رشد)

5- تعیین مقدار Kc در مراحل میانی رشد (مرحله سوم رشد)

6- تعیین مقدار Kc در انتهای فصل رشد (مرحله چهارم رشد)

با داشتن این اطلاعات و با ترسیم منحنی تغییرات ضریب گیاهی میتوان مقدار آب مصرفی گیاه را در هر زمان بدست‌آورد. یعنی باداشتن ETp که با استفاده از لایسیمتر و یک گیاه مرجع بدست می آید و با اندازه گیری ET در مراحل مختلف یاد شده مقدار Kc که بصورت منحنی در طول فصل رشد می باشد بدست می آید. حال باداشتن Kc در هر مرحله دیگر و هر زمان دیگر میتوان مقدار ET را برای آن گیاه بدست آورد.

منابع مطالعاتی

Retta, A. and R.J. Hanks .1980 Manual for using model RLANTGRO, UTAH AGR. EXP.Sta. Res. Rpt. 48

سؤالات نمونه را پاسخ دهید:

۱- آیا به نظر شما این امکان وجود دارد که مقدار تبخیر و تعرق برای یک گیاه از گیاه مرجع بیشتر شود؟ پاسخ خود را تشریح کنید.

۲- سرعت وزش باد در سطح مزرعه چگونه بر میزان Kc اثر گذار است؟

۳- چرا نوع گونه گیاهی بر مقدار عددی ضریب گیاهی اثرگذار است؟

آزمایش شماره ۱۱

تعیین میزان تبخیر و تعرق با استفاده از لایسیمتر

مقدمه

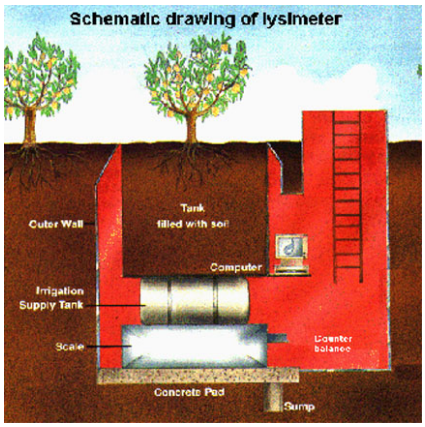
همانگونه که در آزمایش پیشین شرح داده شد، تبخیر و تعرق (ET) مجموع تبخیر آب از سطح خاک و تعرق آب از سطح گیاهان میباشد. تبخیر و تعرق بعنوان آب استفاده شده گیاه نیز شناخته می شود و نمایانگر آب مصرفی توسط گیاه می باشد. بر اساس تفاوتی که گیاهان، خاک ها و مراحل مختلف رشد گیاه و شرایط محیطی با یکدیگر دارند ET بطورقابل توجهی در نوسان می باشد. بنابراین شرایط مختلف ازجمله خاک های متفاوت، مالچ های‌سطحی، میزان آب خاک و عوامل خاکی دیگر و مراحل مختلف رشد گیاهان بر مقدار ET اثرگذارند. لایسیمتر وسیله ای است که در ساده ترین شکل خود (محفظه‌ای برای اندازه گیری حجمی میزان آب ورودی و خروجی) آب خاک جداشده از مزرعه را با سطح بدون پوشش و یا با پوشش‌گیاهی اندازه گیری نموده و می تواند برای اندازه گیری میزان تبخیر و تعرق در سطح مزرعه مورد استفاده قرار گیرد (شکل ۱-۱۱). جریان آب ورودی و خروجی بداخل این محفظه را میتوان توسط معادله توازن آب نشان داد:

$$P + I = ET + D + Ro + W$$ معادله ۱-۱۱

که P میزان بارندگی، I آبیاری، Ro رواناب خارج شده و یا واردشده به لایسیمتر، D عمق آب زهکش شده و W تغییرات مقدار آب خاک در شروع و پایان آزمایش میباشد. با استفاده از این معادله مقدار تبخیر از سطح خاک و تعرق از سطح گیاهان قابل محاسبه بوده و به صورت زیر تعیین می شود (در صورتی مقدار Ro برابر صفر باشد):

$$ET = P + I - D - DW$$ معادله ۲-۱۱

مقادیر P و I مستقیماً اندازه گیری می شوند و مقدار D نیز با قرار دادن ظرف مخصوص در زیر لایسیمتر قابل اندازه گیری است. تغییرات آب خاک در پروفیل در ابتدا و انتهای آزمایش نیز توسط وسایل مختلف مانند نوترون‌متر و بلوک های گچی و یا به روش وزنی اندازه گیری می شود.



شکل ۱-۱۱: نمونه ای از یک لایسیمتر

اهداف

مقایسه مقدار تبخیر و تعرق در شرایط مزرعه ای با شرایط آزمایشگاهی، بررسی اثر مالچ پاشی سطحی بر میزان تبخیر و تعرق

روش کار

برای تعیین مقدار تبخیر و تعرق در شرایط مزرعه ای از اطلاعات لایسیمتری که بازدیدی از آن خواهید داشت استفاده می شود. برای تعیین مقدار تبخیر و تعرق در شرایط آزمایشگاهی، مقدار مشخصی از خاک شناخته شده‌ای را در گلدان های بزرگی ریخته، بذر گیاه را در آن بکارید و سپس گلدان ها را وزن کنید. مقدار آب خاک در زمان های معین (هر دو تا سه روز) توسط وزن کردن گلدان ها باید صورت گرفته و هر بار میزان مشخصی آب به گلدان ها افزوده گردد. برای تیمار مالچ پاشی، هنگامیکه گیاهان در حال جوانه زدن می باشند مالچ پاشی باید انجام شود. آنگاه میزان ET با محاسبه آب از دست رفته) در فواصل بخصوصی توسط وزن کردن گلدان ها بمدت ۱۰ هفته اندازه گیری شود. در انتهای هفته دهم گیاهان برداشت و وزن شوند و در آون و دمای ۶۰ تا ۷۰ درجه قرار گیرند تا وزن خشک آنها نیز بدست آید. البته ممکن است در طول دوره رشد نیاز باشد که مقداری عناصر غذائی به خاک افزوده شود تا از بروز کمبود عناصر غذایی جلوگیری شود. همچنین اگر آبی از ته گلدان ها در هنگام آبیاری زهکش شد باید این آب وزن شده و مقدار آن یادداشت گردد. پس از انتهای دوره آزمایش، منحنی ET را نسبت به زمان رسم نموده و بر روی این منحنی، زمان های مشخصی مانند جوانه زدن، مالچ پاشی و زمان برداشت گیاه را معین کنید.

منابع مطالعاتی

Bhrdwaj, S.P.and G. Sastry. 1979. Development and instalation and a simple mechanical weighing. Type, Lysimeter. Transaction of ASAE Vol.4.

سؤالات نمونه را پاسخ دهید:

۱- شدت تبخیر و تعرق در مراحل مختلف رشد (مثلاً جوانه زنی، رشد میانی و زمان برداشت گیاه) چه تفاوتی با یکدیگر دارند؟

۲- مقدار تبخیر و تعرق اندازه گیری شده در شرایط آزمایشگاهی چه تفاوتی با شرایط مزرعه ای دارد؟

۳- افزودن مالچ بر روی سطح خاک در گلدان ها چه اثری بر میزان تبخیر و تعرق دارد؟

آزمایش شماره ۱۲

اثر خشکی و تنش آبی بر قابلیت جوانه زنی بذر

مقدمه

تنش آب یا کمبود آب یا خشکی به شرایطی اطلاق می گردد که در آن سلول ها و بافت ها در وضعیتی قرار گرفته اند که آماس آنها کامل نیست. تنش آبی بر هریک از مراحل رشد و نمو گیاه مؤثر بوده و موجب تغییرات آناتومیکی، مورفولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه می گردد. اما تأثیر تنش آبی بر فرایندهای فیزیولوژیکی در گونه های مختلف گیاهی همواره ثابت و یکسان نبوده و یک گیاه در مراحل مختلف رشد ممکن است نسبت به خشکی حساسیت های متفاوتی را نشان دهد و لذا صدمات وارده در برخی از مراحل رشد ممکن است بیش از دیگر مراحل باشد. از جمله این مراحل می توان به زمان جوانه زنی بذر، ساقه دهی، خوشه دهی، گلدهی، گرده افشانی، تلقیح و میوه دهی را نام برد. با این وجود مشخص شده است که مرحله جوانه زنی بذر یکی از حساس ترین مراحل تکامل رشد فیزیولوژیکی در بسیاری از گیاهان بوده و توجه به آن در پیش بینی ها و برنامه ریزی های آبیاری بسیار واجد اهمیت است. جدول ۱-۱۲ حساس ترین مراحل رشد برخی از گیاهان نسبت به کم آبی را نشان می دهد.

جدول ۱-۱۲: حساس ترین مراحل رشد برخی از گیاهان نسبت به کم آبی

گیاه	حساس ترین مرحله رشد
گندم	ساقه دهی، خوشه دهی
ذرت	گل دهی، دانه دهی
جو	ساقه دهی، خوشه دهی
سورگوم	شروع خوشه دهی
برنج	شروع خوشه دهی، گل دهی
نخود و لوبیا	گل دهی پر شدن غلاف ها
گوجه فرنگی	شروع میوه دهی
خیار	شروع میوه دهی
درختان میوه	اولین زمان تشکیل میوه ها
پنبه	گل دهی، غوزه دهی
چغندر قند (غده)	فاقد مرحله بحرانی
چغندر قند (بذری)	گل دهی
هویج	فاقد مرحله بحرانی
سیب زمینی	شروع غده دهی

اهداف

بررسی اثر خشکی و کمبود آب بر قابلیت جوانه زنی و مقاومت به خشکی برخی از گیاهان

روش کار

برای انجام این آزمایش ابتدا می بایستی کلیه بذرها، ظروف و محیط کار ضد عفونی شود. برای ضدعفونی کردن بذرها، ابتدا بذرها (۱۰ عدد بذر سالم ذرت) را به مدت ۱۰ ثانیه در الکل ۹۰ درصد و سپس ۳ دقیقه در محلول ۲ درصد کلرید جیوه قرار دهید و ۵ الی ۶ بار با آب مقطر خوب شستشو داده و در پتری های استریل شده که در کف آنها کاغذ صافی استریل قرار داده شده است، بریزید. در این آزمایش اثر ۳ سطح تنش خشکی شامل ۳-، ۶- و ۹- بار و نمونه شاهد (آب مقطر) بر جوانه زنی بذر بررسی خواهد شد. برای اعمال سطوح تنش از محلول پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ (PEG, 6000) استفاده می شود. برای تهیه تیمار پتانسیل ۳- بار ۱۳۸ گرم، برای تیمار پتانسیل ۶- بار ۱۸۹ و برای تیمار ۹- بار ۲۲۲ گرم پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ را در یک لیتر آب مقطر حل نمایید. در هر پتری دیش ۱۰ عدد بذر ضد عفونی شده ذرت قرار داده و به هر کدام با پیپت مقداری محلول PEG با پتانسیل مربوطه اضافه کنید به شکلی که بذور در تماس با محلول باشند. ظروف به داخل انکوباتور با دمای ۱ ±۲۰ درجه سانتیگراد منتقل شوند. بذرها به طور روزانه به مدت ۱۰ روز بازبینی و تعداد بذور جوانه زده ثبت شوند. خروج ریشه چه به اندازه ۲ میلی متر به عنوان معیار جوانه زنی در نظر گرفته شود. پس از اتمام جوانه زنی طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، درصد جوانه زنی و وزن حشک ریشه چه و ساقه چه نیز محاسبه گردد.

برای محاسبه درصد و سرعت جوانه‌زنی از روابط زیر استفاده نمایید:

درصد جوانه‌زنی =(S/T)×۱۰۰

سرعت جوانه‌زنی = N1/D1+N2/D2+…+Ni/Di

که در آن S تعداد بذور جوانه‌زده، T تعداد کل بذور و Ni تعداد بذور جوانه زده در روز Di می باشد.

سؤالات نمونه را پاسخ دهید:

۱- مهمترین تفاوت این آزمایش با آزمایش شماره ۸ (وضعیت آب در سلول های گیاهی و اثر شوری بر آن) در چیست؟

۲- با توجه به شرایط این آزمایش اثر حشکی و تنش آبی بر جوانه زنی بذر در شرایط مزرعه را توصیف کنید.

۳- منظور از خشکی فیزیولوژیک چیست.

بسمه تعالی

نام و نام خانوادگی:.....

شماره گروه:.....

عنوان آزمایش

.....

مقدمه

.....

.....

اهداف

.....

روش کار

.....

.....

.....

نتایج و بحث

.....

.....

.....

.....

.....

نتیجه گیری کلی

.....

.....