محاسبه تبخیر و تعرق واقعی نباتات با استفاده‌از تعیین پتانسیل آب در خاك همراه با نتایج مطالعه تغییرات دو پارامتر گیاهی

مؤسسه خاکشناسی و حاصلخیزی خاک

حمید سیادت

خلاصـــــــــه

آگاهی از میزان‌آب مصرفی واقعی نباتات و زمان آبیاری محصولات عمده اطلاعاتی است که در راندمان‌مصرف آب در مزرعه تأثیرمیگذارد . تعیین آب مصرفی واقعی به روش آزمایشات مزرعه‌ئی سابقا "فقط برمبنای‌کاهش رطوبت عمق معینی از خاک در یک فاصله زمانی معیین استوار بود . نقص این روش در آنستکه تبادلات رطوبتی ناحیه ریشه دار گیاه با لایه‌های زیرین خاک بحساب نمی‌آمد و بنابراین میزان حاصله از این آزمایشات احتمالا" کمتر یا بیشتر از واقعیت میباشد در روش تشریح شده در این گزارش از طریق تعیین پتانسیل هیدرولیکی آب در نقاط مختلف خاک و در دست داشتن اطلاعات مربوط به هدایت هیدرولیکی خاک در رطوبت های مختلف و بکار گرفتن فرمول دارسی میزان این تبادلات رطوبتی تعیین گشته و تقریب نزدیکتری به آب مصرفی واقعی نباتات بدست میدهد .

نتایج آزمایشی که در گزارش ذکر شده است نشان میدهد که تفاوت این دو روش آزمایشی در یکدورهٔ ده روزه برای اسفناج ۳۲ در صد و در مورد کاهو در یکدوره ۲۶ روزه ۱۴ در صد بوده است .

در مورد تعیین زمان آبیاری میتوان از شاخص های (پارامتری) گیاهی نیز استفاده نمود . دوپارامتر مورد مطالعه در این بررسی پتانسیل آب در برگ و بشاشیت نسبی برگ میباشد . در آزمایش تشریح شده در این مقاله مشاهده‌شد که تغییرات‌این دو پارامتر درموقعیکه مکش رطوبت‌خاک از یک آتمسفر کمتر باشد نمی‌تواند راهنمای خوبی باشدزیرابقدری تغییرات‌این دو پارامتر در این‌محدوده رطوبتی‌خاک اندک است‌که در آزمایش تحت‌الشعاع‌اشتباهات اندازه‌گیری قرار میگیرند .

پیش گفتـــــــار

از عمده مسائلی که در طراحی شبکه‌های آبیاری و نیز برنامه ریزی آب در هر منطقه کشاورزی مورد نیاز بوده و نقش عمده‌ئی در راندمان آبیاری دارد آگاهی از میزان آب مصرفی نباتات و زمان آبیاری آنها میباشد .

روشهای مختلفی برای تعیین آب مصرفی نباتات وجود دارد که شاید نتایج هیچکدام با واقعیت مطابقت‌کمال و تمامی نداشته باشد . با اینهمه بعضی روشها تقریب نزدیکتری را به میزان آب مصرفی نبات بدست میدهند . روش مزرعه‌ئی تعیین آب مصرفی نباتات که تا چند سال پیش (و در بعضی سازمانهای تحقیقاتی تا حال حاضر) معمول

بوده است بر مبنای نمونه گیری از خاک تا عمقی معین استوار است . در این روش تفاوت میزان رطوبت خاک دربین دو تاریخ نمونه برداری (در فاصله دو آبیاری) معادل آب مصرفی واقعی نبات فرض میشود . نقص روش در این است که تبادلات رطوبتی بین ناحیه ریشه دوانی گیاه (در مراحل مختلف رشد) ولایه‌های پائین این ناحیه به حساب نمیآید. این اشکال از این ناشی میشود که آگاهی از حرکت آب در خاک در جهات مختلف با در دست داشتن میزان رطوبت خاک به تنهائی امکان پذیر نیست . استفاده از پدیده پتانسیل آب در خاک به منظور تعیین میزان و جهت حرکت آب در خاک و مالا" تعیین دقیق میزان آب مصرفی واقعی نبات ضروری میباشد .

مسئله دیگر تعیین زمان آبیاری محصولات است . در اینمورد باز هم یکی از روشهای معمول عبارتست از تعیین در صد رطوبت خاک از قطعه زمین مورد نظر و بعد آبیاری کردن مزرعه در زمانی که این در صد به حد معینی برسد . نمونه برداری از خاک نه تنها مشکلاتی از قبیل بهم زدن یکنواختی خاک قطعه آزمایشی و اشکال توزین نمونه‌ها را داردبلکه در بعضی شرایط (مثلا" در زمینهائی که سنگلاخی بوده یا عمق خاک آنها کم است) نمونه برداری خاک مشکل بوده و نتیجه درست هم عاید نمیشود . در چنین شرایطی و نیز برای درک وضع فیزیولوژیکی نبات در طول فصل رشد از چند پارامتر گیاهی میتوان استفاده نمود وبااندازه‌گیری آنهاوتعیین رابطه اعداد این اندازه‌گیری‌ها با مسائل دیگر زمان آبیاری را تعیین نمود .

آنچه در گزارش حاضر میآید تشریحی است از روش کار و نتایجی که نگارنده از آزمایشی در مورد استفاده از پتانسیل آب در خاک جهت تعیین آب مصرفی واقعی در نبات (کاهو و اسفناج) و اندازه گیری چند پارامتر گیاهی در طول مدت آزمایش بدست آورده است .

روش و وسائل تحقیق

درمورد اندازه گیری پتانسیل آب فقط دو جزء پتانسیل کل آب یعنی پتانسیل متریک Matric Potential وپتانسیل ثقلی Gravimetric Potential اندازه‌گیری میشود که برای شرایط معمولی کافیست مجموع این دو پتانسیل بعنوان پتانسیل هیدرولیکی شناخته میشود . پتانسیل متریک تا حدود ۰/۸ آتمسفر با تانسیومتر و برای مقادیر بیش از آن ازروی منحنی pF خاک (که قبلا" بایستی تهیه شود) تعیین میگردد . سپس میزان حرکت آب از روی قانون دارسی به شکل زیر تعین میگردد .

$$V = -K(\theta)\ \frac{d\psi H}{dz}$$

V = میزان حرکت آب (میلیمتر در روز)

$K(\theta)$ = هدایت هیدرولیکی غیر اشباع (میلیمتر در روز)

$d\psi H$ = تفاوت پتانسیل هیدرولیکی آب در فاصله دو نقطه

dz = فاصله دونقطه درجهت محور Z که موازی جهت حرکت آب اختیار میشود .

اندازه‌گیری K که درفرمول فوق استفاده‌میگردد در شرایط اشباع روشهای نسبتا"ساده و متنوعی دارد . برای اندازه گیری K در شرایط غیر اشباع ابتدا به‌قطعه‌ئی از مزرعه (مثلا"یک‌کرت چند متر مربعی)مقدارزیادی آب داده‌میشود و سپس این قطعه با یک ورقه پلاستیک پوشیده میشود تا از تبخیر از سطح آن جلوگیری شود . نمونه برداری از خاک از لایه‌های مختلف در فواصل زمانی یک روزه یا کوتاهتر همراه با اندازه گیری میزان پتانسیل هیدرولیکی از همان نقاط انجام میگیرد .

سپس برای هر لایه منحنی تغییرات رطوبت در زمانهای مختلف ترسیم میگردد . از روی منحنی اخیر میتوان در هر مرحله شیب منحنی را برابر با میزان V (در فرمول دارسی) میباشد تعیین نمود . در همین مرحله میزان پتانسیل هیدرولیکی را هم که اندازه گیری شده است مشخص مینمائیم با در دست داشتن میزان V و میزان

$\frac{d\Psi H}{dz}$ میتوان میزان K را در رطوبت‌خاص مشخص نمود . بدین ترتیب در مقادیر مختلف رطوبت خاک‌میزان K محاسبه‌وتعیین میگرددو یک منحنی‌که ارتباط این دو را بیکدیگرمشخص میکند ترسیم میشود . با در دست‌داشتن اندازه گیری مربوط به پتانسیل متریک‌خاک در رطوبت های مختلف و منحنی اخیر میتوان تبادلات رطوبتی لایه‌های مختلف را با یکدیگر با تقریب نزدیکی محاسبه نمود . چنانچه در فاصله زمانی بین دو اندازه گیری ،مقداری آب‌از لایه‌های‌پائین به ناحیه ریشه دوانی گیاه وارد شده باشد لازمست این میزان به آب مصرفی نبات که از طریق تعیین کاهش رطوبت‌ناحیه ریشه دوانی (در فاصله زمانی مزبور) بدست آمده است اضافه گردد و بر عکس چنانچه‌درفاصله زمانی مورد نظر مقداری آب از ناحیه ریشه دوانی گیاه به لایه‌های پائین انتقال یافته است می‌بایست این میزان از آب مصرفی نبات که از طریق تعیین کاهش رطوبت ناحیه ریشه دوانی گیاه حاصل شده کسر شود تا میزان آب مصرفی واقعی نبات‌بدست آید .

پارامترهای گیاهی که در این مقاله به آنها اشاره میشود . میزان پتانسیل آب در برگ نبات و نیز بشاشیت نسبی برگ میباشد .

برای اندازه گیری پتانسیل آب‌در برگ از دستگاه Pressure Bomb استفاده میشود . در ساعتی‌معین از روز، چند برگ از چند بوته را جدا کرده و برگ را در داخل محفظه فشاری دستگاه قرار میدهیم بطوریکه‌دمبرگ از محفظه خارج بماند . سپس با وارد کردن گاز تحت فشار به داخل محفظه سعی میشود آب موجود در برگ ازطریق دمبرگ خارج شود . فشار موجود در داخل محفظه‌ئی که برگ در آن قرار دارد در زمانی که اولین قطره آب ازدمبرگ خارج میشود برابر با پتانسیل آب در برگ ثبت میشود . این دستگاه برای نباتاتی مانند کاهو قابل استفاده‌نیست .

برای اندازه گیری بشاشیت نسبی برگ قطعات دایره شکلی (باندازهٔ تقریبا" ۱ سانتیمتر مربع) از برگ‌بوته نمونه برداری میشود . این نمونه‌ها دقیقا" توزین شده و سپس در سطح آب در یک ظرف مقطر (در نور کم) بمدت چهار ساعت نگهداری میشود . بعد از این مدت نمونه‌ها مجددا" توزین میگردد و آنگاه در اجاق خشک شده و وزن ماده خشک آنها نیز تعیین میشود سپس با استفاده از فرمول زیر میزان بشاشیت نسبی محاسبه میگردد .

$$R.W.C. = \frac{W_f - W_d}{W_t - W_d} \times 100$$

که در این فرمول

موجودی نسبی آب یا بشاشیت نسبی برگ	$R.W.C =$
وزن برگهای تازه بعد از نمونه برداری	$W_f =$
وزن ماده خشک برگها	$W_d =$
وزن برگها در بشاشیت کامل	$W_t =$

آزمایشی که‌نتایجش در قسمت بعدی گزارش میآید در یک مزرعه سرپوشیده (گلخانه) در روی یک خاک سطحی سبک (که در زیر آن لایه خاک سنگینی وجود داشت) در مورد کاهو و اسفناج در یکماهه آخر دورهٔ رشد این نباتات‌اجرا گردید .هدف‌از اجرای آن تعیین میزان تبادلات رطوبتی‌ناحیه ریشه گیاه بالایه‌های زیرین آن و نیز مطالعه تغییرات چند پارامتر گیاهی بود . در طول دورهٔ مطالعه عمق آب زیر زمینی که بطور روزانه اندازه‌گیری میشد بین ۸۰تا ۹۵ سانتیمتری سطح خاک در نوسان بود . اندازه گیری پتانسیل متریک با استفاده از تانسیومتر در اعماق ۱۰ – ۱۵ – ۲۵ – ۳۵ و ۴۵ سانتیمتری در مورد اسفناج و با همین ترتیب منتهی تا عمق ۵۰ سانتیمتری برای کاهو بعمل آمد . همچنین میزان‌بشاشیت‌نسبی در سه‌نوبت برای‌کاهو و اسفناج و میزان پتانسیل متریک برگ در سه نوبت برای‌اسفناج اندازه گیری شد .

میزان تبخیر باتبخیر سنج Piche بطور روزانه و میزان در صد رطوبت هوا با رطوبت نگار اندازه گیری میشد .

نتایج و بحث

منحنی های شماره (۱) و (۲) نتایج حاصله در مورد میزان کاهش رطوبت خاک همراه با میزان آب وارد شده به ناحیه ریشه دوانی گیاهان را در مدت زمان مطالعه نشان میدهد هر چند که بعلت پائین بودن درجه حرارت (بین ۹ تا ۱۲ درجه سانتی گراد) و بالا بودن رطوبت نسبی هوا (بین ۷۰ تا ۹۰ در صد) میزان آب مصرفی کم بوده است ولی بررسی ارقام حاصله نشان میدهد که میزان آب ورودی به ناحیه ریشه دار گیاه از طبقات پائین در مورد کاهو ۱۴ در صد و در مورد اسفناج ۳۲ در صد کل آب مصرفی واقعی بوده است بعبارت دیگر چنانچه دراین آزمایش انتقال آب از لایه پائین به ناحیه ریشه دوانی گیاه منظور نمیشد ، رقم حاصله در مورد آب مصرفی اسفناج ۳۲ در صد و در مورد کاهو ۱۴ در صد اشتباه (یا کمبود محاسبه) میداشت .

این نتیجه بخوبی آشکار میسازد که روش قدیمی آزمایشات مزرعه‌ئی جهت تعیین آب مصرفی نباتات که درآن تبادلات رطوبتی لایه‌های مختلف خاک به حساب آورده نمیشود می‌تواند نتایج گمراه کننده‌ئی داشته باشد و تعیین میزان این تبادلات رطوبتی در شرایط مختلف کشت و کار و برای هر نوع محصول لازمست .

دراینجا می‌بایست تذکر داد که در شرایط دیگر (مثلا" درشرایطی‌که‌آب مصرفی نبات زیاد است) ممکن‌است تأثیر تبادلات رطوبتی در روی کل میزان آب مصرفی نبات کم باشد . درآن صورت اجرای آزمایشات به همان‌روش قدیمی کفایت مینماید ولی اطمینان از این مسئله بدون انجام آزمایش برای حداقل یک بار امکان پذیر نیست .

توجه‌به چند نکته در موقع اجرای چنین آزمایشی ضروری میباشد . اولا" هرچقدرفاصله عمق هائی که درآنها تانسیومتر کار گذاشته میشود و یا عمق هائی که از آنها نمونه برداری خاک (برای تعیین رطوبت) صورت میگیرد کمترباشدنتایج حاصله صحیح تر و مطمئن تر میباشد . ثانیا" برای اندازه‌گیری رطوبت در این نوع آزمایش بهترین روش استفاده‌از دستگاه نوترون پروب‌میباشد که هم‌صدمه‌ئی به خاک‌قطعه آزمایشی نمی‌زند و هم سریع جواب‌میدهد . بالاخره این مسئله نیاز به تأکید دارد که اندازه گیری هدایت هیدرولیکی در حالت غیر اشباع می‌بایست با دقت بسیار انجام پذیرد زیرا که نتایج حاصله شدیدا" تحت تأثیر میزان K میباشد .

ارقام مربوط به میزان پتانسیل متریک‌آب در برگ اسفناج و بشاشیت‌نسبی برگ کاهو و اسفناج در طی این مدت آزمایش در جداول شماره (۱) و (۲) نشان داده شده است .

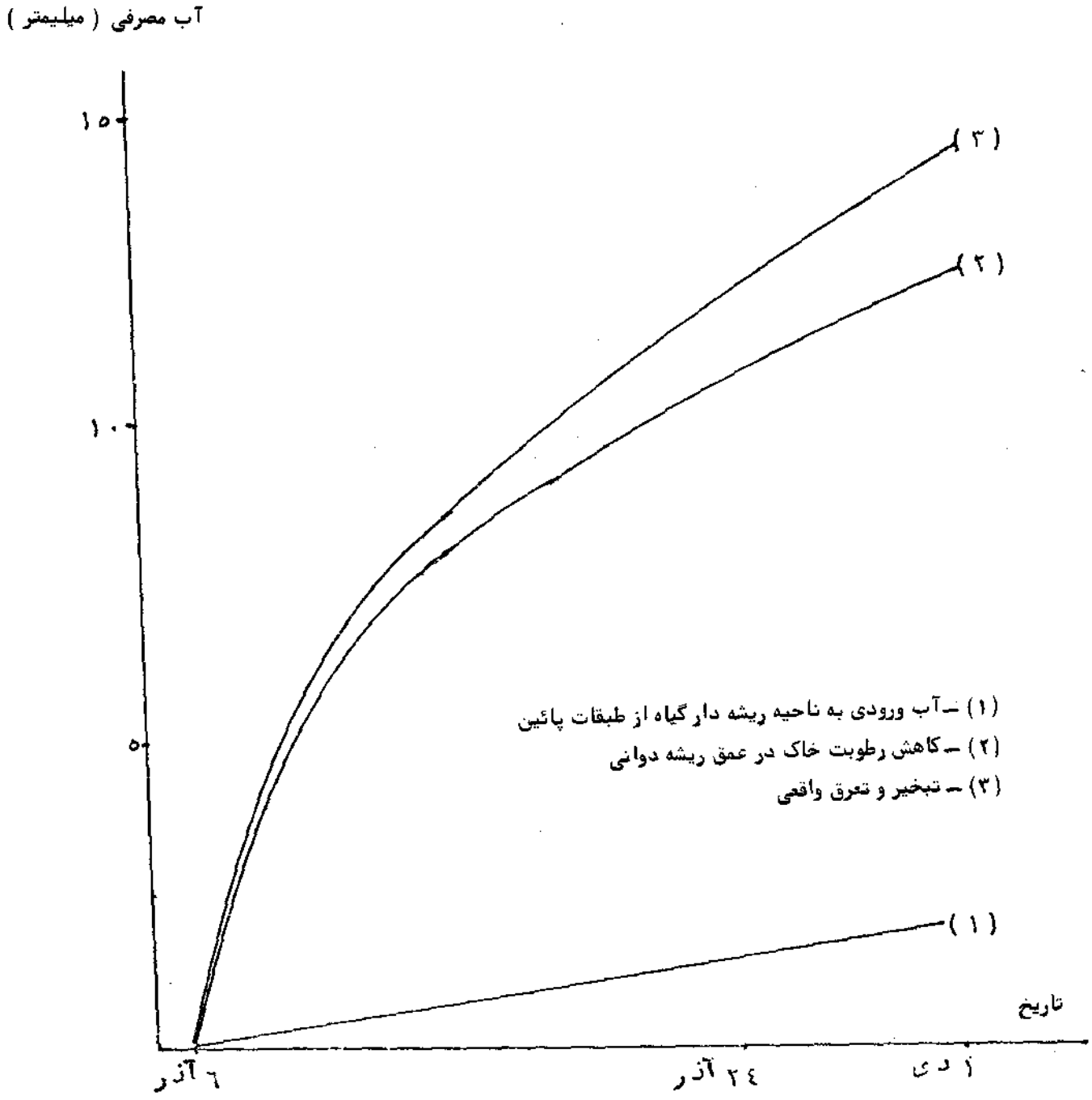
جدول شماره یک پتانسیل آب در برگ اسفناج برحسب‌بار

پتانسیل آب در برگ (بار)	تاریخ
-۶/۱	۱۵ آذر
-۴/۱	۱۷ آذر
-۶/۷	۲۴ آذر

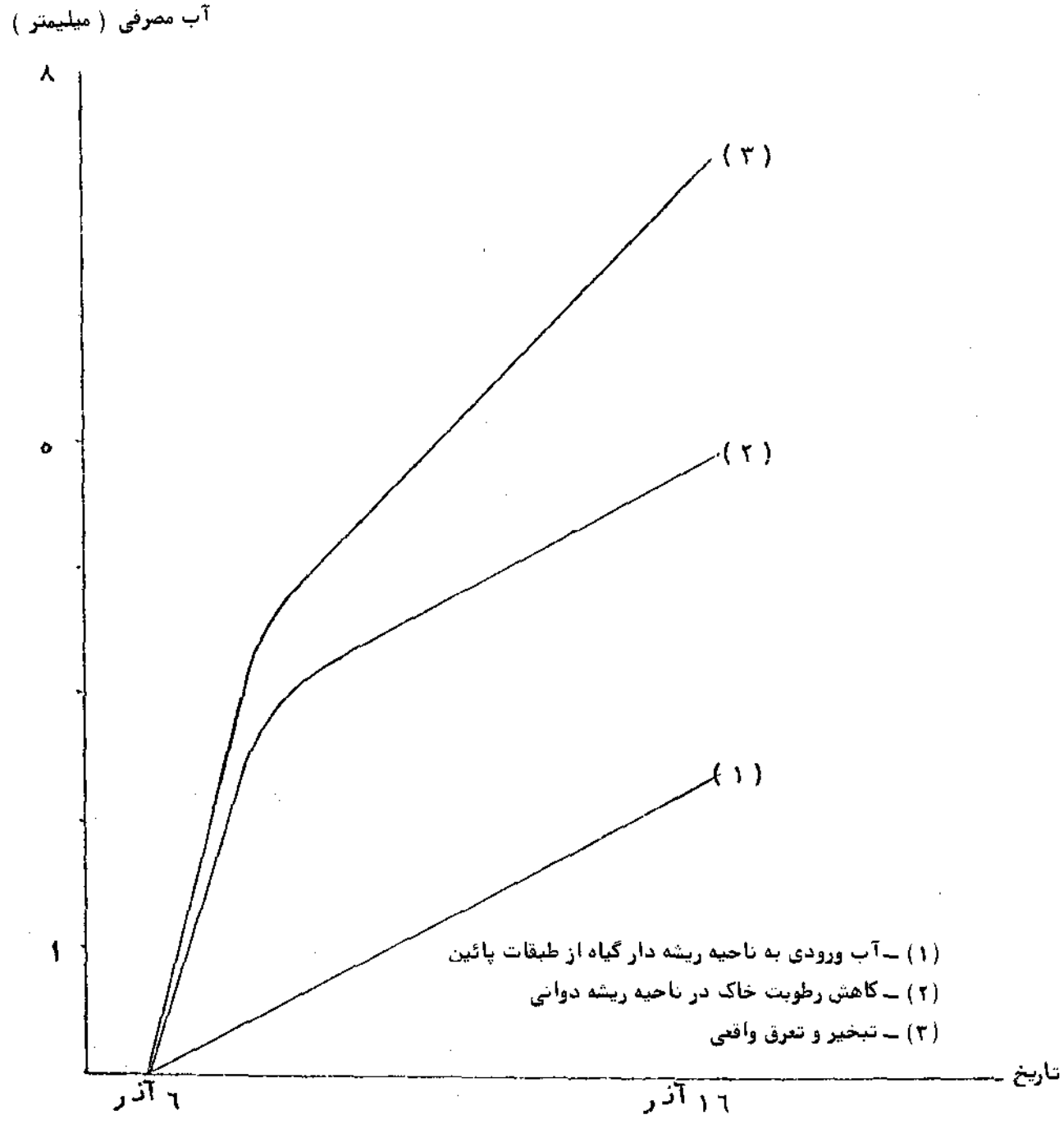
جدول شماره دو ــ رطوبت نسبی برک (در صد)

اسفنـــاج	کاهـــو	تـــاریخ
۹۷/۱	۹۴/۳	۷ آذر
۹۲/۵	۹۰/۸	۱۶ آذر
۹۸/۱	۹۱/۸	۲۲ آذر

همانطورکه در جداول مزبور ملاحظه میشود هیچیک از دوپارامتر مورد مطالعه تغییرات هم آهنگ و ثابتی را نشان نمیدهد ، در حالیکه در طی مدت آزمایش میزان رطوبت خاک در حال کاهش بوده است پارامترهای مزبور گاهی کاهش و زمانی افزایش داشته است .لازم به توضیح است که با وجود کاهش تدریجی رطوبت خاک ، در این آزمایش میزان مکش رطوبت همیشه‌ازیک اتمسفر هم کمتر بود و بنابراین در طی زمان مطالعه خاک نسبتا" مرطوب بوده‌است . از نتایج بدست آمده می‌توان اینگونه برداشت کرد که دو پارامتر فوق در شرایطی که مکش رطوبت خاک از حدود یک اتمسفر تجاوز ننماید نمی‌توانند شاخص های مناسبی باشند زیرا تغییرات آنها بقدری اندک‌است که می‌تواند تحت تأثیراشتباهات اندازه گیری قرار بگیرد .با اینهمه آزمایشاتی که با این روشها در مکشهای بیشتر رطوبت خاک‌انجام گرفته مفید بودن آنها را تأئید مینماید (مرجع شماره ۲)



شکل شماره یک ــ مجموع تبخیر و تعرق واقعی در یک دوره ۲۶ روزه در مورد کاهو



شکل شماره دو ــ مجموع تبخیر و تعرق واقعی در یک دوره ۱۰ روزه در مورد اسفناج

منابع

1. Baars, H.D. and Weatherley (1962): A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves.
   Aust. J. Biol. Si. Vol. 15 Pages 413 - 428.

2. Hopmans, P.A.M. (1974): Measurement of plant and water status of greenhouse crops with pressure bomb and beta gauge.
   Acta horticulturae 35 - water supply under glass and plastic. Pages 113-122.

3. Siadat, H.: Study of actual evapotranspiration and observations on some plant parameters for lettuce and spinach. (1975).
   M.Sc. Major thesis, Agricultural University of Wageningen, The Netherlands.

4. Stone, L.R., Horton, M.L., and Olson, T.S. (1973): Water loss from an irrigated sorghum field. Agronomy Journal Vol. 65, Pages 492-497.

5. Van Bavel, C.H.M., Stirk, G.B. and Brust, K.J. (1968): Hydraulic properties of a clay loam soil and the field measurement of water uptake by roots.
   S.S.S. Amer. Pro. Vol. 32. Pages 310-321.

STUDY OF ACTUAL EVAPOTRANSPIRATION AND OBSERVATIONS ON SOME PLANT PARAMETERS FOR LETTUCE AND SPINACH

Irrigation efficiency in any irrigation project depends on, among other factors, the accuracy of the value considered for the actual evapotranspiration (Ea) of the crops involved. Therefore, accurate determination and knowledge of this value would increase efficiency of water use.

The so-called "depletion method" of determining Ea has the short-coming of not considering the flux of water below the root zone. This flux may add to, or deplete, the amount of water available for plant use, depending on the direction of water flow. Consequently, amount of water flux below the root-zone has direct effect on the accuracy of the value obtained for Ea.

In this study, Ea of lettuce (variety De Cisso) and Spinach (variety virtuosa) is determined in a glass house. Daily measurements of 10 tensio-meters (5 for each glass house) installed at depths of 10, 15, 25, 35 and 45 cm. (for spinach) or 50 cm. (for lettuce) were used to calculate hydraulic potential profiles. Values of moisture content and hydraulic conductivity (K) were obtained from previously determined moisture characteristic curve of the soil and the relationship between K and pF. Flux values were then determined by using Darcy's equation. Actual evapotranspiration was then calculated by adding the amount of moisture depletion to flux from below the root-zone. Lettuce grown in a heated glass house had an average Ea value of .57 mm/day. Water flux into the root zone contributed to Ea value 14%. Average Ea for spinach in a heated glass house was .8 mm/day, with 32% contribution by the water flux coming from below the root-zone.

Some plant parameters were also studied. It was realized that relative water content of leaves for both crops and leaf water potential (measured only for spinach) did not show distinct and regular changes in the range of tensiometer reading of soil water stress occurring in this study.