

برنامه ریزی آبیاری ذرت تابستانه تحت دونوع آبیاری سطحی و بارانی با استفاده از شاخص CWSI در شرایط اقلیمی اهواز

مریم قربانی^{۱*}، سعید برومند نسب^۲، امیر سلطانی محمدی^۳ و سهراب مینایی^۴

۱- نویسنده مسئول دانش آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- استادیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۴- دانش آموخته دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۳

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۲/۱۷

چکیده

استفاده از دمای پوشش سبز برای برنامه ریزی آبیاری گیاهان یکی از روش‌هایی است که مورد توجه محققین قرار گرفته است. در این روش شاخص‌های متعددی ارائه شده است که از بین آن‌ها می‌توان به شاخص تنش آبی گیاه به روش ایدسو اشاره کرد. به منظور برنامه ریزی آبیاری ذرت تابستانه در شرایط اقلیمی اهواز با استفاده از دمای پوشش سبز، در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ تحقیقی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز تحت دو نوع آبیاری بارانی (کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک) و آبیاری سطحی (جویچه ای) با پنج تیمار شوری (S1، S2، S3، S4 و S5) در سه تکرار انجام گرفت. براین اساس مقدار شاخص تنش آبی گیاه برای آبیاری بارانی در شهریور و مهرماه به ترتیب ۰/۱۴ و ۰/۱۸ و مقدار این شاخص برای آبیاری سطحی در شهریور ۰/۱۴ و در مهرماه ۰/۱۵ برآورد شد. معادله خط مبنای پایینی تنش محاسبه شده در آبیاری بارانی و سطحی گویای تنش آبی کمتر در آبیاری سطحی به علت پایین بودن خط مبنای پایینی آن نسبت به آبیاری بارانی بود. البته این گفته بدین معنی نمی‌باشد که در آبیاری بارانی گیاه تحت تنش بوده است بلکه مقادیر شاخص تنش آبی این دو نوع آبیاری نشان‌دهنده شرایط بدون تنش در هر دو نوع آبیاری می‌باشد. با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده، برای برنامه ریزی آبیاری بارانی و سطحی گیاه ذرت در شهریور و مهرماه روابطی تعیین و با استفاده از آن‌ها و مقایسه اختلاف دمای برگ و دمای هوای اندازه‌گیری شده با اختلاف دمای برگ و دمای هوای مجاز محاسبه شده می‌توان زمان آبیاری را تشخیص داد.

کلید واژه‌ها: برنامه ریزی آبیاری، آبیاری سطحی و بارانی، شاخص تنش آبی گیاه، دماسنج مادون قرمز، ذرت.

Summer Maize Irrigation Scheduling Under Surface and Sprinkler Irrigation Using CWSI in Ahvaz Climatic Condition

M. Ghorbani^{1*}, S. Bromand Nnasab², A. Soltani Mohammadi³ and S. Minae⁴

1* -M.Sc. Graduated, Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Water Science Engineering, Shahid Chamran University Ahvaz, Iran.

2-Professor, Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Water Science Engineering, Shahid Chamran University Ahvaz, Iran.

3-Assistant Professor, Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Water Science Engineering, Shahid Chamran University Ahvaz, Iran.

4-PhD, Graduated, Department of Irrigation & Drainage, Faculty of Water Science Engineering, Shahid Chamran University Ahvaz, Iran.

Received: 8 March 2014

Accepted: 24 June 2014

Abstract

Use of canopy temperature for plants irrigation scheduling is one of the methods that have been attention by researchers. Several indexes have been provided for this method and one of them is Idso index. This research intends to investigate irrigation scheduling of summer maize using canopy temperature in Ahvaz climate in farming years 2013-2014 (summer cultivation)

under sprinkler (fixed irrigation system) and surface irrigation with five levels of salinity irrigation water (S1, S2, S3, S4, S5). The experiment had three replications. Based on the obtained results, The CWSI for sprinkler irrigation in september and october estimated 0.14 and 0.18 respectively. Also for surface irrigation in september and october estimated 0.14 and 0.15. Calculated equation for lower base in sprinkler and surface irrigation present less water stress in surface irrigation than sprinkler irrigation. of course, this does not mean that sprinkler irrigation has been stressed, but in these two types of irrigation CWSI values indicate non-stress conditions for both irrigation. By using of measured data for scheduling irrigation maize in octobar and september with sprinkler and surface irrigation methods, some equations was determined. Then by using of the equations and comparing difference between leaf and air temperature measured by leaf and air temperature calculated can detect time of irrigation.

KeyWords: Irrigation scheduling, Surface and sprinkler irrigation, CWSI, Infrared temperature, Maize.

مقدمه

درجه حرارت برگ و هوا می باشد. یکی از معتبرترین شاخص‌ها، شاخص تنش آبی ایدسو می‌باشد (برومندنسب و همکاران، ۱۳۸۳). برای درک بهتر شاخص تنش آبی گیاه به روش ایدسو، ابتدا به معرفی خط مبنای پایینی و بالایی تنش اقدام می‌گردد تا براساس این دو خط مبنای شاخص تنش آبی گیاه قابل تعریف باشد. خط مبنای پایینی تنش یک خصوصیت ویژه هر گیاه بوده و معرف شرایطی است که در آن گیاه از نظر تأمین آب از ناحیه ریشه با هیچ محدودیتی روبه‌رو نبوده و میزان تبخیرپذیری هوا نیز در محدوده حداکثر مقدار خود می باشد. بنابراین شدت تعرق گیاه در این حالت برابر با شدت تعرق پتانسیل است. این خط مبنای هر گیاه بیان‌گر این واقعیت است که در هنگام تعرق پتانسیل، هریک از نباتات به اندازه مشخص و معینی در مقابل تغییرات محیطی از خود عکس‌العمل نشان داده و لذا مقادیر تعرق انجام شده در گیاهان مختلف متفاوت است. ایدسو خط مبنای پایینی تنش را به صورت رابطه زیر معرفی کرد (ایدسو و همکاران، ۱۹۸۲):

$$(T_c - T_a)_{LL} = a - b(VPD) \quad (1)$$

در این رابطه $(T_c - T_a)_{LL}$: اختلاف درجه حرارت پوشش سبز گیاه و هوا در شرایط خط مبنای پایینی (درجه سانتی‌گراد)، a و b : ضرایب رابطه خطی و VPD : کمبود فشار بخار هوا (میلی‌بار) می‌باشد که به منظور محاسبه آن از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$VPD = 10 \times \exp \left[\frac{16.78T - 116.9}{T + 237.3} \right] \left(1 - \frac{RH}{100} \right) \quad (2)$$

در این رابطه T : دمای هوا (درجه سانتی‌گراد) است که از ترمومتر خشک قرائت می‌گردد و RH : رطوبت نسبی است که به ازای ترمومترهای تر و خشک می‌بایستی از جدول مربوطه محاسبه

ذرت یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی است که سهم عمده‌ای در تأمین نیازهای غذایی کشور به خود اختصاص داده است. استان خوزستان نیز یکی از مهم‌ترین مراکز کشت این محصول است که درچند سال اخیر با یکصد و بیست هزار هکتار سطح زیر کشت، در حدود ۳۵ درصد از کل تولید ذرت کشور را به خود اختصاص داده است اما به دلیل حساسیت ذرت به کم‌آبی و کاهش عملکرد آن در اثر تنش خشکی، معمولاً زارعین به ذرت آب بیش‌تری می‌دهند. بنابراین اگر ابزار مناسبی برای تشخیص دقیق زمان و مقدار آبیاری در اختیار باشد، می‌توان با مقدار آب کمتر، محصول مناسبی را برداشت نمود (شاهرخ‌نیا و گودرزی، ۱۳۹۰). در کشاورزی همواره سعی بر آن است تا تحمل گیاهان زراعی نسبت به تنش‌های محیطی افزایش یابد چرا که با افزایش مقاومت در برابر این تنش‌ها، امکان افزایش محصول بیش‌تری فراهم می‌شود (علیزاده، ۱۳۸۰). از مهم‌ترین تنش‌های محیطی می‌توان تنش آبی را نام برد که به دلیل تأثیر زیاد بر عملکرد، بخش زیادی از برنامه‌ریزی‌های کشاورزی در ارتباط با این موضوع است. با برنامه‌ریزی صحیح آبیاری و تعیین زمان و مقدار مناسب مصرف، آب مورد نیاز گیاه تأمین شده و ضمن جلوگیری از مصرف بی‌رویه آب از بروز تنش خشکی و کاهش عملکرد محصول جلوگیری می‌شود. روش‌های زمان‌بندی آبیاری به سه دسته استفاده از روش بیان آبی، استفاده از نمایه‌های خاک و استفاده از نمایه‌های گیاهی تقسیم می‌شوند (علیزاده، ۱۳۸۹). در روش بیان آبی، معمولاً موقعی آبیاری انجام می‌شود که مقدار قابل قبولی از آب قابل استفاده خاک (آب سهل الوصول) به وسیله گیاه مصرف شده‌باشد. تعیین مقدار آب سهل‌الوصول به عوامل مختلفی نظیر نوع گیاه، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بستگی دارد. بنابراین سعی محققین بر آن بوده که بتوان از روش‌هایی استفاده کرد که از کلیه پارامترهای موثر بر تبخیر و تعرق و جذب گیاه برای انتخاب شیوه مدیریتی مناسب‌تر استفاده می‌شود. به همین منظور بررسی پدیده تنش آبی گیاهان با شاخص‌های متعددی ارائه شده‌است که برای محاسبه این شاخص‌ها نیاز به اندازه‌گیری

مبنای بالایی را در سه ماه فروردین، اردیبهشت و خرداد محاسبه نموده و رابطه شاخص تنش آبی گیاه را با عملکرد بلال (Ym)، بیوماس (Yb) و دانه (Yg) را به صورت

$$Y_m = -51.65 CWSI^2 + 16.52 CWSI + 8.91$$

$$Y_b = -35.24 CWSI + 26.45$$

$$Y_g = -50.02 CWSI^2 + 16.39 CWSI + 6.94$$

ارائه داد. جودی (۱۳۹۰) خط مبنای پایینی را برای گیاه آفتابگردان برای ماه‌های فروردین و اردیبهشت به ترتیب به صورت

$$(T_c - T_a)_{l,i} = 1.362 - 0.188 VPD$$

$$(T_c - T_a)_{l,i} = 1.525 - 0.204 VPD$$

محاسبه کرد و خط مبنای بالایی را برای ماه‌های فروردین و اردیبهشت به ترتیب ۴/۶ و ۴/۴۲ درجه سانتی‌گراد تعیین کرد. وردی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۰) به منظور برآورد حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی و برنامه‌ریزی آبیاری ذرت علوفه‌ای براساس اختلاف دمای پوشش سبز گیاه و هوا، تحقیقی در مزرعه دانشکده کشاورزی کرج انجام دادند. برای این منظور چهار تیمار تخلیه رطوبت تا نقطه پژمردگی دائم در چهار مرحله استقرار، رویشی، گلدهی و رسیدن با سه تکرار در نظر گرفتند. براساس اختلاف دمای پوشش سبز گیاه و هوا برای چهار تیمار تخلیه رطوبت تا حد پژمردگی دائم و مقایسه با تیمار مرطوب، حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی برای ذرت علوفه‌ای در چهار مرحله رشد به ترتیب ۴۲/۸، ۵۹/۲، ۵۸/۹، ۶۷/۵ محاسبه و خط مبنای بالایی و پایینی برای ذرت علوفه‌ای، به ترتیب ۳/۲ درجه سانتی‌گراد و ۰/۱۶۴ VPD - ۱/۶۰۹ (Tc-Ta)l,i تعیین کردند. الماسی شوشتری و همکاران (۱۳۸۷) جایگزینی روش برنامه‌ریزی آبیاری با استفاده از دمای پوشش سبز گیاه را با روش درصد رطوبت غلاف در مزارع نیشکر شرکت کشت و صنعت سلمان فارسی مورد بررسی قرار دادند و خط مبنای پایینی و بالایی را برای نیشکر، به ترتیب (Tc-Ta)u,l = ۲/۶ و (Tc-Ta)l,i = ۱/۵۵ - ۰/۱۲۹ VPD درجه سانتی‌گراد به دست آوردند و نتیجه گرفتند که تعیین زمان آبیاری با استفاده از روش اختلاف دمای پوشش سبز می‌تواند جایگزین مناسبی برای روش درصد رطوبت غلاف برگ باشد. رنجبر (۱۳۸۴) طی تحقیقی در اراضی مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد دزفول روی گیاه چغندر قند، به ازای اعمال تنش‌های آبی مختلف ارتباط شاخص تنش آبی با میزان آب آبیاری بارانی و محصول شکر برداشتی را مورد بررسی قرارداد.

برومندنسب و همکاران (۱۳۸۳) معادله خط مبنای پایینی تنش گیاه ذرت را برای دوماه اردیبهشت و خرداد محاسبه کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که شیب خطوط (b) در دو ماه اردیبهشت و خرداد به یکدیگر نزدیک است ولی عرض از مبدأ آن‌ها (a) متفاوت

گردد. موقعیت خط مبنای پایینی تنش در شکل (۱) نشان داده شده است.

خط مبنای بالایی و یا خط تنش کامل معرف حداکثر مقداری است که می‌توان برای اختلاف درجه حرارت پوشش سبز گیاه و هوای مجاور انتظار داشت به طوری که وقتی اختلاف دمای گیاه و هوا به این حد افزایش یابد عمل تعرق به طور کامل متوقف خواهد شد. همچنین طبق نظر ایدسو برای توقف کامل تعرق، لازم است فشار بخار محیط به اندازه شیب فشار بخار^۱ افزایش یافته تا بتواند با گرادیان فشار بخار مقابله نماید. لذا برای محاسبه خط مبنای بالایی تنش می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$(T_c - T_a)_{u,l} = a + b|VPG| \quad (۳)$$

در این رابطه $(T_c - T_a)_{u,l}$: اختلاف درجه حرارت پوشش سبز گیاه و هوا در شرایط خط مبنای بالایی (درجه سانتی‌گراد) و VPG: شیب فشار بخار اشباع (میلی‌بار) است. با توجه به این که هر سه پارامتر طرف راست این معادله قابل محاسبه هستند لذا خط مبنای بالایی تنش را به صورت رابطه (۴) نیز می‌توان در نظر گرفت که در آن h مقدار ثابتی بر حسب درجه سانتی‌گراد و مستقل از کمبود فشار بخار است (ایدسو و همکاران، ۱۹۸۲). به همین دلیل در شکل (۱) این خط به طور موازی با محور کمبود فشار بخار رسم شده است.

$$(T_c - T_a)_{u,l} = h \quad (۴)$$

به ازای مقدار معینی از کمبود فشار بخار آب، شاخص تنش آبی گیاه (CWSI) عبارت است از نسبت بین تفاوت $(T_c - T_a)$ اندازه‌گیری شده از خط مبنای پایینی، به کل تفاوت ممکن به ازای همان مقدار VPD. لذا بر طبق شکل (۱) این مقدار برابر است با نسبت AZ به AB و می‌توان گفت تغییرات شاخص تنش آبی گیاه بین صفر الی یک متغیر است (ایدسو و همکاران، ۱۹۸۲):

$$CWSI_i = \frac{AZ}{AB} = \frac{(T_c - T_a)_m - (T_c - T_a)_{l,i}}{(T_c - T_a)_{u,l} - (T_c - T_a)_{l,i}} \quad (۵)$$

در رابطه فوق $(T_c - T_a)_m$: اختلاف درجه حرارت پوشش سبز گیاه و هوا روز قبل از آبیاری بر حسب درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

در زمینه برنامه‌ریزی آبیاری با استفاده از اندازه‌گیری دمای پوشش گیاهی تحقیقات متعددی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است. محمدی (۱۳۹۲) برنامه‌ریزی آبیاری برای گیاه ذرت بهاره تحت سه نوع تیمار آبیاری قطره‌ای ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی را با استفاده از دماسنج مادون قرمز در اهواز انجام داد و خط

عملیات زراعی و آماده‌سازی زمین

برای کشت پس از انتخاب زمین در دهه آخر تیرماه، اقدام به آماده‌سازی زمین (شخم، دیسک و...) گردید به طوری که کلیه عملیات به صورت یکنواخت در زمین اجرا شد. پس از گاورو کردن زمین، شخم با عمق ۵۰ سانتی‌متر توسط گاوآهن انجام و سپس عملیات دیسک برای خرد کردن کلوخه و آماده‌سازی بستر بذر انجام گرفت. با استفاده از آزمون خاک مقدار عناصر غذایی قابل استفاده برای گیاه در خاک، پتاسیم، فسفر و درصد کربن آلی تعیین شد. مقدار و نوع کود برای گیاه ذرت تعیین و به زمین اضافه شد. جدول (۱) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی را ارائه می‌دهد (الباجی، ۱۳۸۹). با استفاده از فارو ساز سطح زمین به شکل جوی و پشته ایجاد شد. در تاریخ ۲۷/۴/۱۳۹۲ بذرها بر روی هر پشته با تراکم ۷۵۰۰۰ دانه در هکتار کشت شدند. عمق کشت بذور برابر ۴ تا ۷ سانتی‌متر و فاصله بذرها ۱۸ سانتی‌متر از هم بر روی پشته‌ها منظور شد.

آبیاری

در این تحقیق از روش آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک و آبیاری سطحی جویچه‌ای استفاده شد. در آبیاری بارانی از دو لوله آب با کیفیت‌های مختلف (S_{min} و S_{max}) که در آن گرادیان پیوسته شوری آب ایجاد می‌شود استفاده شد. فاصله بین دو ردیف موازی آبپاش (خط لوله تامین کننده آب شور (S_{max}) و آب رودخانه کارون (S_{min})) برابر ۱۵ متر و شش عدد آبپاش بر روی هر خط لوله به فاصله چهارمتر مستقر شد. از بین تیمارهای مختلفی که بین این دو خط لوله ایجاد شد تیماری که آب با کم‌ترین شوری (تیمار شاهد) را دریافت می‌کرد انتخاب و داده‌های مورد نیاز در آن تیمار برداشت شد (شکل ۲). آبیاری سطحی با ۱۵ کرت پنج جویچه‌ای با پنج نوع تیمار شوری (S_1 ، S_2 ، S_3 ، S_4 و S_5) در سه تکرار انجام شد. داده‌ها از تیمار شاهد (S_1) برداشت شد (شکل ۲). در این تحقیق S_{min} : شوری آب رودخانه کارون که مقدار آن در طول دوره رشد محصول به‌طور میانگین برابر با ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر و S_{max} : آب با شوری $EC=5$ دسی‌زیمنس بر متر بود که با اضافه نمودن نمک‌های $NaCl$ ، $CaCl_2$ و $MgCl_2$ به آب رودخانه کارون تهیه شد. برای تهیه آب با شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر ابتدا آب رودخانه تجزیه و مقادیر Na ، Mg ، Ca ، pH و EC تعیین و نسبت Ca به Mg و مقدار SAR محاسبه شد، سپس مقادیر نمک‌های فوق‌الذکر به نسبتی به آب رودخانه اضافه شد که EC به مقدار مورد نظر برسد در حالی که مقادیر نسبت Ca به Mg و SAR آب حاصله مشابه آب رودخانه باشد (هنگلر^۵، ۲۰۰۴). اولین آبیاری در تاریخ ۱۳۹۲/۴/۲۸ و آخرین آبیاری ۱۳۹۲/۸/۱ انجام گرفت.

است. طبق نظر آن‌ها این اختلاف به خاطر تعرق بیشتر در خرداد ماه می‌باشد. طاهری‌قناد (۱۳۸۱) خط مبنای پایینی را برای ذرت بهار در شرایط شمال خوزستان در ماه‌های اردیبهشت و خرداد به ترتیب $VPD = 0.216 - 1/1(Tc-Ta)_{LL}$ و $VPD = 0.2074 - 2/28(Tc-Ta)_{LL}$ به دست آورد. کندوگان و همکاران^۱ (۲۰۱۳) چهار تیمار ۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی سویا با دور آبیاری هفت روز را در ترکیه مورد مطالعه قرار دادند و بیان کردند که شاخص تنش آبی گیاه می‌توان برای تعیین زمان آبیاری سویا در آب وهوای مرطوب استفاده کرد، آن‌ها حد آستانه و مجاز شاخص تنش آبی را ۰/۲۲ تعیین کردند، همچنین روابط آماری معنی دار بین شاخص تنش آبی و عملکرد دانه، عملکرد پروتئین، عملکرد روغن، بهره‌وری آب و تبخیر و تعرق به دست آوردند. اوشاقنسی و همکاران^۲ (۲۰۱۰) زمان بندی آبیاری توسط شاخص تنش آبی را در مقابل بهترین سیستم زمان بندی دستی معمولی با چهار تیمار ۰، ۳۰، ۵۵ و ۸۰ درصد نیاز آبی سورگوم مورد بررسی قرار دادند و اعلام کردند که شاخص تنش آبی توانایی زمان بندی آبیاری در شرایط کم آبیاری سورگوم را دارد. ارتا و همکاران^۳ (۲۰۰۳) برنامه‌ریزی آبیاری هندوانه به کمک شاخص تنش آبی را در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با پنج تیمار ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی و شرایط دیم در سه تکرار با روش آبیاری قطره‌ای اجرا کردند، طبق نتایج آن‌ها بیش‌ترین عملکرد در ۰/۱۵ = $CWSI$ حاصل شد آن‌ها همچنین رابطه عملکرد با شاخص تنش آبی را به صورت $Y=91.143-66.077CWSI$ ارائه کردند. الدرفاسی و نیلسن^۴ (۲۰۰۱) استفاده از شاخص تنش آبی گیاه را روی گندم در ایالت کلرادو آمریکا مورد بررسی قرار داده و در نهایت نتیجه گرفتند که شاخص تنش آبی گیاه یک ابزار مفید برای ارزیابی وضعیت آب گندم زمستانه می‌باشد.

با توجه به مطالب گفته شده، هدف از انجام این تحقیق محاسبه شاخص تنش آبی گیاه به روش ایدسو و رسم خط مبنای پایینی و بالایی برای گیاه ذرت (سینگل کراس ۷۰۴ تابستانه) تحت دونوع آبیاری بارانی (کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک) و آبیاری سطحی (جویچه‌ای) در شرایط اقلیمی اهواز و استفاده از آن برای تعیین زمان آبیاری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

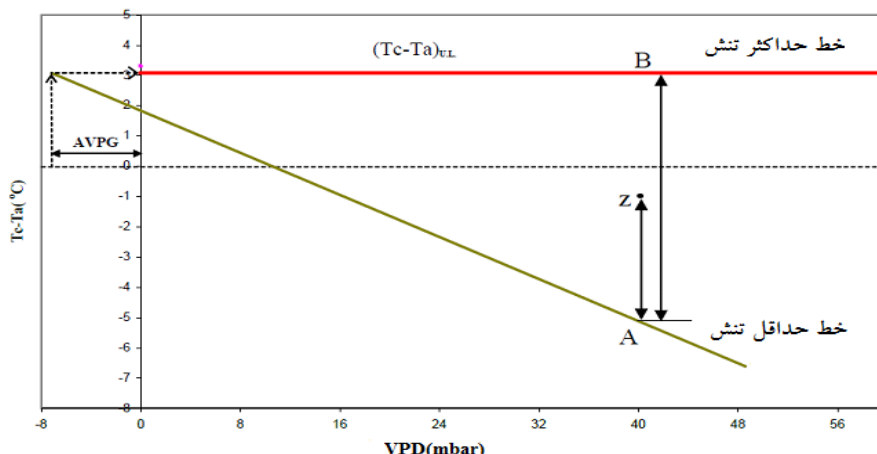
این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی شماره یک دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز با عرض شمالی ۳۱ درجه و ۱۸ دقیقه و ۱۰ ثانیه و طول شرقی ۴۸ درجه و ۳۹ دقیقه و ۴۱ ثانیه با ارتفاع حدود ۲۰ متر از سطح دریا و در فصل زراعی ۹۳-۱۳۹۲ (کشت تابستانه) انجام شد.

1-Candogan et al.

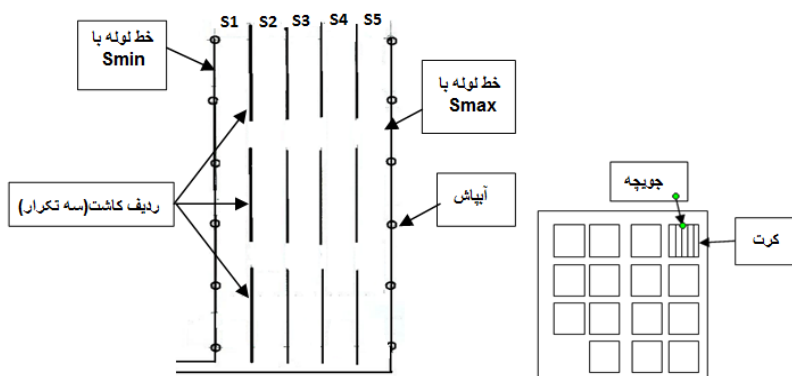
2- O'Shaughnessy et al.

3- Orta et al.

4- Alderfasi and Nielsen



شکل ۱- موقعیت خط مبنای بالایی و پایینی تنش به روش ایدسو



شکل ۲- نمایی از سیستم آبیاری بارانی وسطی مورد استفاده

دماسنج مادون قرمز از چهار جهت بالا و پایین (برگ پیر و جوان)، چپ و راست گیاه اندازه‌گیری شد. تعداد ۲۸ دمای برگ در هر تکرار اندازه‌گیری و ترمومترهای تر و خشک نیز از جعبه اسکرین واقع در مزرعه قرائت شد. با استفاده از این داده‌ها خط رگرسیونی بین اختلاف دمای برگ و هوا و کمبود فشار بخار هوا بر اساس معادله (۱) رسم گردید. با محاسبه شیب فشار بخار اشباع برحسب میلی‌بار و ضرائب (a) و (b) تعیین شده از خط مبنای پایینی، خط مبنای بالایی تنش تعیین شد. به‌منظور تعیین شاخص تنش آبی گیاه و محاسبه اختلاف درجه حرارت پوشش سبز گیاه و هوا روز قبل از آبیاری، درجه حرارت برگ گیاه در روزهای قبل از آبیاری در محدوده هر تیمار هر ساعت یک‌بار از ساعت ۱۱ صبح الی ۱۴ بعد از ظهر توسط دستگاه دماسنج مادون قرمز از چهار جهت بالا و پایین، چپ و راست گیاه، تعداد ۲۸ دمای برگ در هر تکرار اندازه‌گیری و ترمومترهای تر و خشک نیز از جعبه اسکرین واقع در مزرعه قرائت گردید. دمای اندازه‌گیری شده توسط دستگاه، نشان‌دهنده دمای قسمت‌هایی از مزرعه است که در زاویه دید دستگاه قرار دارد.

دماسنج مادون قرمز^۱ (IRT)

برای محاسبه شاخص تنش آبی گیاه به روش ایدسو نیاز به اندازه‌گیری دمای پوشش گیاهی است. بدین منظور از دماسنج مادون قرمز استفاده شد. در ابتدا دستگاه به روش حمام یخ واسنجی شد. حمام یخ عبارتست از مخلوط آب و یخ که دمای آن صفر درجه سانتی‌گراد می‌باشد. برای تهیه حمام یخ قطعه‌های یخ آب مقطر را درون یک لیوان شیشه‌ای بلند ریخته و به آرامی روی آن آب مقطر ریخته تا جایی که سطح آب یک سانتی‌متر پایین‌تر از سطح یخ قرار بگیرد، سپس با دماسنج به آب و یخ شلیک کرده و دمای آن قرائت می‌گردد. اگر دمای اندازه‌گیری توسط دماسنج صفر درجه سانتی‌گراد باشد دماسنج واسنجی شده است (علیزاده، ۱۳۸۹).

به‌منظور محاسبه خط مبنای پایینی تنش، درجه حرارت برگ گیاه در روزهای بعد از آبیاری در محدوده تیمار شاهد هر یک ساعت یک‌بار از ساعت ۸ صبح الی ۱۴ بعد از ظهر توسط دستگاه

1-Infra Red Thermometer

قربانی و همکاران: برنامه‌ریزی آبیاری ذرت تابستانه تحت دونه...

در روز بعد از آبیاری انجام شد که نتایج آن‌ها در جدول‌های (۲) تا (۵) ارائه شده است.

در این جدول‌ها، T_c : دمای برگ برحسب درجه سانتی‌گراد، T_a : دمای هوا خشک برحسب درجه سانتی‌گراد، T_w : دمای تر هوا برحسب درجه سانتی‌گراد، $(T_c - T_a)$: اختلاف دمای برگ و هوای خشک برحسب درجه سانتی‌گراد، e_a^* : فشار بخار اشباع هوا در دمای T_a برحسب میلی‌بار و VPD: کمبود فشار بخار هوا برحسب میلی‌بار می‌باشد.

این دستگاه تشعشع خارج شده از هدف را اندازه‌گیری می‌کند (ارتا و همکاران، ۲۰۰۳). اندازه‌گیری دمای برگ در مردادماه به علت کوچک بودن گیاه و وسعت اندازه‌گیری دماسنج (اندازه‌گیری دمای سطح خاک) انجام نگرفت. سایر اندازه‌گیری‌ها (دمای پوشش سبز و هوا) در روزهای قبل از آبیاری و بعد از آبیاری از تاریخ ۱۳۹۲/۶/۳ تا تاریخ ۱۳۹۲/۸/۲ انجام شد.

نتایج و بحث

با توجه به اندازه‌گیری‌های انجام شده در طول فصل کشت، محاسبات برای رسم خط مبنای پایینی برای دوماه شهریور و مهر

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی

عمق (cm)	نیتروژن (%)	pH	ECE (ds/m)	جرم مخصوص ظاهری (g/cm ³)	بافت خاک	ظرفیت زراعی بر حسب رطوبت جرمی (%)	نقطه پژمردگی بر حسب رطوبت جرمی (%)
۰-۲۸	۰/۰۸۴۱	۸/۰۱	۷/۸۵	۱/۵۹	لومی	۱۷/۸۰	۸/۲۵
۲۸-۴۹	۰/۰۷۲۵	۷/۹۲	۳	۱/۶۲	لومی	۱۷/۴۸	۸/۶۸
۴۹-۸۳	۰/۰۵۲۲	۷/۸۸	۳/۵۲	۱/۵۰	لومی	۱۹/۶۰	۹/۶۶
۸۳-۱۲۰	۰/۰۲۲۱	۷/۸۱	۵/۰۱	۱/۴۹	لومی سیلتی	۱۸/۷۰	۸/۹۰
۱۲۰-۱۳۸	۰/۰۳۱۴	۸/۱۸	۸/۲۸	۱/۲۹	لومی سیلتی	۱۸/۶۰	۷/۹۵
۱۳۸-۱۶۸	۰/۰۲۵۷	۸/۰۴	۷/۵۱	۱/۴۴	لومی سیلتی	۱۷/۸۰	۸/۰۱
۱۶۸-۱۸۲	۰/۰۴۱۷	۷/۸۷	۵/۷۵	۱/۴۶	لومی سیلتی	۱۹/۵۰	۸/۶۱
۱۸۲-۱۹۳	۰/۰۲۴۰	۷/۹۷	۶/۹۵	۱/۳۹	لومی سیلتی	۱۷/۴۳	۷/۶۰
۱۹۳-۲۰۰	۰/۰۲۳۰	۷/۹۰	۵/۳۵	۱/۳۷	لومی سیلتی	۱۶/۸۰	۷/۹۰

جدول ۲- اندازه‌گیری و محاسبات مربوط به خط مبنای پایینی شهریورماه آبیاری بارانی

ساعت	۸:۰۰	۹:۰۰	۱۰:۰۰	۱۱:۰۰	۱۲:۰۰	۱۳:۰۰	۱۴:۰۰
T_c	۲۶/۶	۲۹/۶۹	۳۱/۹	۳۳/۱۹	۳۴/۴۱	۳۵/۸۵	۳۵/۷۴
T_a	۲۷/۷۵	۳۱/۳۳	۳۵/۴۱	۳۸/۵۸	۴۱/۶۶	۴۲/۹۱	۴۴/۱۶
T_w	۲۲/۶۲	۲۵/۸۳	۲۸/۸۳	۳۱	۳۲/۶۶	۳۳	۳۳/۲۵
$(T_c - T_a)$	-۱/۱	-۱/۶	-۳/۵	-۵/۴	-۷/۲	-۷/۰۵	-۸/۴
e_a^*	۲۱/۰۳	۲۶/۳۴	۳۱/۳۷	۳۵/۳۸	۳۸/۰۵	۳۷/۹۰	۳۷/۴۱
VPD	۱۵/۸۴	۱۸/۹۷	۲۵/۵۷	۳۲/۲۹	۴۱/۶۸	۴۷/۲۳	۵۳/۴۴

جدول ۳- اندازه‌گیری و محاسبات مربوط به خط مبنای پایینی مهرماه آبیاری بارانی

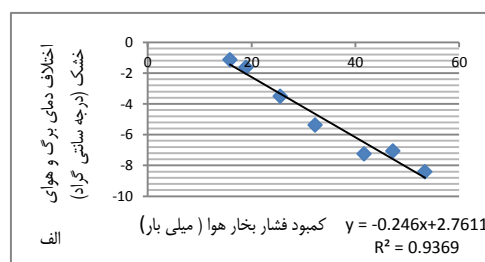
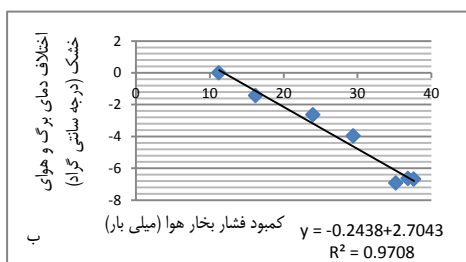
ساعت	۸:۰۰	۹:۰۰	۱۰:۰۰	۱۱:۰۰	۱۲:۰۰	۱۳:۰۰	۱۴:۰۰
T_c	۲۲/۲۴	۲۳/۹۵	۲۶/۵۵	۲۸/۱۷	۲۹/۵۴	۳۰/۴	۳۰/۶۹
T_a	۲۲/۲۵	۲۵/۴	۲۹/۲	۳۲/۱۴	۳۵/۱	۳۶/۲	۳۷/۱
T_w	۱۸	۱۹/۷	۲۱/۵	۲۳/۴	۲۵/۵	۲۶/۵	۲۷/۵
$(T_c - T_a)$	-۰/۰۰۷	-۱/۴۴	-۲/۶۴	-۳/۹۶	-۶/۹۲	-۶/۶۵	-۶/۶۹
e_a^*	۱۵/۳۳	۱۵/۸۸	۱۶/۱۴	۱۸	۲۰/۷۸	۲۲/۶۳	۲۴/۸۲
VPD	۱۱/۲۴	۱۶/۲۳	۲۳/۹۷	۲۹/۴۴	۳۵/۱۹	۳۶/۸۳	۳۷/۶۴

جدول ۴- اندازه‌گیری و محاسبات خط مبنای پایینی شهر یورماه آبیاری سطحی

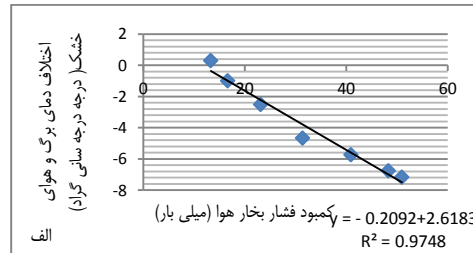
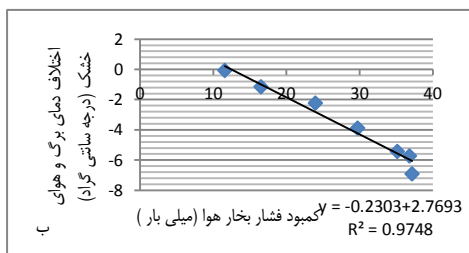
ساعت	۸:۰۰	۹:۰۰	۱۰:۰۰	۱۱:۰۰	۱۲:۰۰	۱۳:۰۰	۱۴:۰۰
T_c	۲۷/۴۶	۳۰/۵۱	۳۲/۷۴	۳۴/۰۱	۳۵/۶۹	۳۶/۴۱	۳۶/۷۵
T_a	۲۷/۱۶	۳۱/۵	۳۵/۲۵	۳۸/۶۶	۴۱/۴۱	۴۳/۱۶	۴۳/۹۱
T_w	۲۲/۸۳	۲۶/۷۵	۲۹/۳۳	۳۱/۳۳	۳۲/۵	۳۳/۰۸	۳۳/۵
(T_c-T_a)	۰/۳	-۰/۹۹	-۲/۵۱	-۴/۶۵	-۵/۷۲	-۶/۷۵	-۷/۱۹
e_a^*	۲۲/۳۳	۲۹/۰۸	۳۳/۳۱	۳۶/۵۲	۳۷/۷۲	۳۷/۹۲	۳۸/۷۲
VPD	۱۳/۲۹	۱۶/۶۷	۲۳/۱۲	۳۱/۴۴	۴۰/۹۶	۴۸/۳۲	۵۰/۹۶

جدول ۵- اندازه‌گیری و محاسبات خط مبنای پایینی مهرماه آبیاری سطحی

ساعت	۸:۰۰	۹:۰۰	۱۰:۰۰	۱۱:۰۰	۱۲:۰۰	۱۳:۰۰	۱۴:۰۰
T_c	۲۲/۳۱	۲۴/۳۴	۲۶/۹۷	۲۸/۴۱	۲۹/۶۶	۳۰/۴۸	۳۰/۰۹
T_a	۲۲/۳۷	۲۵/۵	۲۹/۲	۳۲/۳	۳۵/۱	۳۶/۲	۳۷
T_w	۱۸	۱۹/۷	۲۱/۵	۲۳/۵	۲۵/۵	۲۶/۵	۲۷/۵
(T_c-T_a)	-۰/۰۶۵	-۱/۱۶	-۲/۲۳	-۳/۸۹	-۵/۴۴	-۵/۷۲	-۶/۹۱
e_a^*	۱۵/۱۸	۱۵/۷۶	۱۶/۱۴	۱۸/۱۰	۲۰/۷۸	۲۲/۶۳	۲۴/۹۴
VPD	۱۱/۵۹	۱۶/۵۴	۲۳/۹۷	۲۹/۷۷	۳۵/۱۹	۳۶/۸۳	۳۷/۱۸



شکل ۳- نمودار خط مبنای پایینی در شهر یورماه (الف) و مهرماه (ب) آبیاری بارانی



شکل ۴- نمودار خط مبنای پایینی در شهر یورماه (الف) و مهرماه (ب) آبیاری سطحی

جدول‌های (۲) تا (۵) نشان می‌دهد در روز بعد از آبیاری با افزایش دمای هوا از ساعت ۸ صبح تا ۱۴ عصر، گیاه با عمل تعرق دمای خود را کاهش می‌دهد، در نتیجه اختلاف دمای پوشش سبز گیاه و هوا در ساعات ظهر افزایش یافته و به دنبال آن مقدار کمبود فشار بخار هوا نیز افزایش می‌یابد. اندازه‌گیری‌های به عمل آمده، مقدار کمبود فشار بخار هوا را در منطقه از ۱۰ تا ۶۰ میلی‌بار متغیر نشان می‌دهد.

با استفاده از جدول‌های (۲) تا (۵) رابطه رگرسیونی بین اختلاف دمای پوشش سبز گیاه و هوا در مقابل کمبود فشار بخار هوا برای تعیین خط مبنای پایینی آبیاری بارانی و سطحی در دو ماه شهریور و مهر رسم شد که نمودار آن برای آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب در شکل‌های (۳) و (۴) ارائه شده‌است. ارتباط خطی بین این فاکتور (کمبود فشار بخار هوا و اختلاف دمای پوشش سبز و هوا) بیان‌گر آن است که با افزایش کمبود فشار بخار هوا (که همزمان با افزایش دمای هوا صورت می‌گیرد)

با استفاده از جدول‌های (۲) تا (۵) نشان می‌دهد در روز بعد از آبیاری با افزایش دمای هوا از ساعت ۸ صبح تا ۱۴ عصر، گیاه با عمل تعرق دمای خود را کاهش می‌دهد، در نتیجه اختلاف دمای پوشش سبز گیاه و هوا در ساعات ظهر افزایش یافته و به دنبال آن مقدار کمبود فشار بخار هوا نیز افزایش می‌یابد. اندازه‌گیری‌های به عمل آمده، مقدار کمبود فشار بخار هوا را در منطقه از ۱۰ تا ۶۰ میلی‌بار متغیر نشان می‌دهد.

قربانی و همکاران: برنامه‌ریزی آبیاری ذرت تابستانه تحت دونه‌...

تنش برای ماه‌های شهریور و مهر آبیاری بارانی (معادله‌های ۱۳ و ۱۴) و شهریور و مهرماه آبیاری سطحی (معادله‌های ۱۵ و ۱۶) محاسبه شد:

$$(T_c - T_a)_{ul} = 5.756 \quad (13)$$

$$(T_c - T_a)_{ul} = 4.700 \quad (14)$$

$$(T_c - T_a)_{ul} = 5.059 \quad (15)$$

$$(T_c - T_a)_{ul} = 4.703 \quad (16)$$

محمدی (۱۳۹۲) معادله خط مبنای بالایی برای ذرت در ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد را به ترتیب ۴/۳۴، ۴/۱۰، ۶/۶۴ و ۴/۶۴ درجه سانتی‌گراد به‌دست آورد. همچنین وردی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۶) معادله خط مبنای بالایی را در شرایط آب و هوایی دانشکده کشاورزی کرج برای ذرت علوفه‌ای ۳/۲ درجه سانتی‌گراد محاسبه کردند. جودی (۱۳۹۰) نیز معادله خط مبنای بالایی برای آفتابگردان در آب و هوای خوزستان را در ماه فروردین و اردیبهشت به‌ترتیب ۴/۶ و ۴/۴۲ درجه سانتی‌گراد به‌دست آورد.

با معلوم بودن معادله‌های خط مبنای بالایی و پایینی و محاسبه میانگین اختلاف دمای پوشش سبز گیاه و هوا در روزهای قبل از آبیاری، شاخص تنش آبی گیاه با توجه به رابطه (۵) محاسبه شد و مقدار شاخص تنش آبی ذرت برای آبیاری بارانی شهریورماه ۰/۱۴ و مهرماه ۰/۱۸ و برای آبیاری سطحی در شهریور و مهرماه به‌ترتیب ۰/۱۴ و ۰/۱۵ محاسبه شد. محمدی (۱۳۹۲) مقدار شاخص تنش آبی برای تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری ذرت در ماه فروردین ۰/۲۹، ماه اردیبهشت ۰/۱۲ و ماه خرداد ۰/۳۳ گزارش کرد. وردی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۶) نیز مقدار شاخص تنش آبی را برای سه مرحله رشد ظهور کاکل، کامل شدن تاج و خمیری شدن ذرت تابستانه در دانشکده کشاورزی کرج به ترتیب ۰/۶۳، ۰/۳۳ و ۰/۴۲ بیان کردند. معادله خط مبنای پایینی تنش در آبیاری سطحی به علت پایین بودن خط مبنای پایینی آن نسبت به آبیاری بارانی بود البته این گفته بدین معنی نمی‌باشد که آبیاری بارانی تحت تنش بوده است بلکه مقادیر تنش آبی این دو نوع آبیاری نشان‌دهنده شرایط بدون تنش در هر دو نوع آبیاری می‌باشد.

برنامه‌ریزی آبیاری با استفاده از شاخص تنش آبی گیاه

براساس محاسبات انجام شده مقدار شاخص تنش آبی گیاه به روش ایدسو ارائه شد و با توجه به آن و معادله (۱۷)، معادله‌های (۱۸)، (۱۹)، (۲۰) و (۲۱) به‌منظور برنامه‌ریزی آبیاری برای ماه‌های شهریور و مهر آبیاری بارانی و سطحی به‌ترتیب ارائه گردید:

اختلاف درجه حرارت پوشش سبز گیاه و هوا افزایش می‌یابد که در نهایت گیاه خنک نگه‌داشته می‌شود.

براساس نمودار خط مبنای پایینی آبیاری بارانی و سطحی رسم‌شده در شکل‌های (۳) و (۴) و رابطه (۱) معادله خط مبنای پایینی تنش به‌روش ایدسو در ماه‌های شهریور و مهر آبیاری بارانی (معادله‌های ۶ و ۷) و معادله خط مبنای پایینی تنش به روش ایدسو در ماه‌های شهریور و مهر آبیاری سطحی (معادله‌های ۸ و ۹) محاسبه شد:

$$(T_c - T_a)_{l,l} = 2.7611 - 0.246VPD \quad (6)$$

$$(T_c - T_a)_{l,l} = 2.7043 - 0.2438VPD \quad (7)$$

$$(T_c - T_a)_{l,l} = 2.6183 - 0.2092VPD \quad (8)$$

$$(T_c - T_a)_{l,l} = 2.7693 - 0.2303VPD \quad (9)$$

محمدی (۱۳۹۲) معادله خط مبنای پایینی برای گیاه ذرت در ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد با شرایط آب و هوای اهواز را به‌ترتیب به‌صورت روابط (۱۰)، (۱۱) و (۱۲) ارائه داد:

$$(T_c - T_a)_{l,l} = 3.0921 - 0.198VPD \quad (10)$$

$$(T_c - T_a)_{l,l} = 4.362 - 0.1674VPD \quad (11)$$

$$(T_c - T_a)_{l,l} = 3.397 - 0.1172VPD \quad (12)$$

همچنین وردی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۶) معادله خط مبنای پایینی برای گیاه ذرت در فصل تابستان با شرایط آب و هوایی دانشکده کشاورزی کرج را به‌صورت $T_c - T_a)_{ll} = -0.1642 + 1.6098 (VPD)$ بیان کردند. آدر فارسی و نیلسن (۲۰۰۱) معادله خط مبنای پایینی گندم را در دانشگاه ایالتی کلرادو (کولینز) به صورت $(T_c - T_a)_{ll} = 0.41 - 1.5 VPD$ ارائه دادند.

همان طوری که دیده می‌شود معادله‌های خط حداقل تنش محصولات مختلف، از نظر ظاهری شبیه هم هستند اما ضریب زاویه و عرض از مبدا آن‌ها یکسان نیست. حتی در شرایط متفاوت اقلیمی برای یک گیاه خاص مثل ذرت نیز نمی‌توان معادله واحدی پیشنهاد نمود. مقایسه خط مبنای پایین ذرت در دو فصل کشت بهاره و تابستانه گویای این بحث می‌باشد.

بیان دو روش آبیاری به طور هم‌زمان و متفاوت بودن ضرایب a و b نشان براین دارد که در یک اقلیم روش‌های آبیاری متفاوت نیز خط مبنای پایین متفاوت خواهند داشت.

با استفاده از داده‌های هواشناسی روز بعد از آبیاری و بسط خط مبنای پایینی به اندازه شیب فشار بخار هوا از ناحیه منفی محوار افقی کمبود فشار بخار هوا و رسم خطی موازی محور افقی، موقعیت خط مبنای بالایی به‌دست‌آمد. براساس محاسبات، خط مبنای بالایی

نتیجه گیری و پیشنهادها

محاسبات و اندازه‌گیری‌های دمای پوشش سبز گیاه برای تعیین خط مبنای پایین و بالا، شاخص تنش آبی گیاه و برنامه‌ریزی آبیاری در دو روش آبیاری بارانی (کلاسیک ثابت یا آبپاش متحرک) و آبیاری سطحی (جویچه ای) به صورت زیر بیان می‌شود:

معادله خط مبنای پایینی برای گیاه ذرت در شه‌ریور و مهرماه آبیاری بارانی به ترتیب:

$$(T_c - T_a)_{l,1} = 2.7611 - 0.246 VPD$$

$$(T_c - T_a)_{l,1} = 2.7043 - 0.2438 VPD$$

و مقدار شاخص تنش آبی گیاه برای گیاه ذرت در این فصل کشت در شه‌ریور ۰/۱۴ و در مهر ۰/۱۸ محاسبه شد. خط مبنای بالایی در شه‌ریور و مهرماه به ترتیب برابر با ۵/۷۵۶ و ۴/۷ درجه سانتی‌گراد تعیین گردید.

برای برنامه‌ریزی آبیاری با استفاده از شاخص تنش آبی گیاه رابطه $(T_c - T_a)_a = 2.7611 - 0.246 VPD$ برای شه‌ریورماه و رابطه $(T_c - T_a)_a = 3.0642 - 0.200 VPD$ برای مهرماه به دست آمد. معادله خط مبنای پایینی برای گیاه ذرت در شه‌ریورماه و مهرماه تحت آبیاری سطحی به ترتیب:

$$(T_c - T_a)_{l,1} = 2.6183 - 0.2092 VPD$$

$$(T_c - T_a)_{l,1} = 2.7693 - 0.2303 VPD$$

و مقدار شاخص تنش آبی گیاه برای گیاه ذرت در این فصل کشت در شه‌ریور ۰/۱۴ و در مهر ۰/۱۵ محاسبه شد. خط مبنای بالایی در شه‌ریور و مهرماه به ترتیب برابر با ۵/۰۵۹ و ۴/۷۰۳ درجه سانتی‌گراد تعیین گردید. برای برنامه‌ریزی آبیاری با استفاده از شاخص تنش آبی گیاه رابطه $(T_c - T_a)_a = 2.95 - 0.18 VPD$ برای شه‌ریورماه و رابطه $(T_c - T_a)_a = 3.05 - 0.195 VPD$ برای مهرماه به دست آمد.

پیشنهاد می‌شود باتوجه به کارایی این شاخص در تعیین زمان آبیاری، خط مبنای بالایی و پایینی و شاخص تنش آبی گیاهان در فصل‌های مختلف کشت در مناطق مختلف محاسبه گردد.

تشکر و قدر دانی

بدین وسیله وسیله از قطب علمی مدیریت بهره برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز و دفتر تحقیقات سازمان آب و برق خوزستان به خاطر تأمین بخشی از هزینه‌های انجام طرح تشکر می‌شود.

$$CWSI_i = \frac{MB}{AB} = \frac{(T_c - T_a)_m - [a - b(VPD)]}{(T_c - T_a)_{u,l} - [a - b(VPD)]} \quad (17)$$

اجزای این رابطه قبلاً معرفی شده‌اند.

$$(T_c - T_a)_a = 2.7611 - 0.246 VPD \quad 10 \leq VPD \leq 60 \quad (18)$$

$$(T_c - T_a)_a = 3.0642 - 0.2 VPD \quad 10 \leq VPD \leq 50 \quad (19)$$

$$(T_c - T_a)_a = 2.95 - 0.18 VPD \quad 10 \leq VPD \leq 60 \quad (20)$$

$$(T_c - T_a)_a = 3.05 - 0.195 VPD \quad 10 \leq VPD \leq 50 \quad (21)$$

کمبود فشار بخار آب در ماه شه‌ریور ۱۰ الی ۶۰ میلی‌بار و در ماه مهر ۱۰ الی ۵۰ میلی‌بار می‌باشد.

محمدمدی (۱۳۹۴) برنامه‌ریزی آبیاری ذرت در شرایط آب و هوایی اهواز در سه ماه فروردین، اردیبهشت و خرداد را به صورت

$$(T_c - T_a)_a = 3.47 - 0.14 VPD$$

$$(T_c - T_a)_a = 4.88 - 0.12 VPD$$

$$(T_c - T_a)_a = 3.77 - 0.08 VPD$$

ارائه کرد. هم‌چنین وردی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۶) برنامه‌ریزی آبیاری برای سه دوره رشد (ظهور کاکل‌ها، کامل شدن تاج گل و مرحله خمیری) ذرت تابستانه در مزرعه تحقیقات دانشکده کشاورزی کرج را به صورت

$$(T_c - T_a)_a = 2.68 - 0.0619 VPD$$

$$(T_c - T_a)_a = 2.17 - 0.1093 VPD$$

$$(T_c - T_a)_a = 2.31 - 0.0949 VPD$$

محاسبه کردند.

برای تشخیص زمان فرا رسیدن آبیاری مقادیر کمبود فشار بخار آب هوا، در ساعت ۱۱ الی ۱۴ اندازه‌گیری شده و سپس $(T_c - T_a)_a$ تعیین می‌شود. از مقایسه $(T_c - T_a)_m$ (اندازه‌گیری شده) با $(T_c - T_a)_a$ مقدار مجاز محاسبه شده) می‌توان زمان آبیاری را تشخیص داد به گونه‌ای که اگر مقادیر اندازه‌گیری شده کوچک‌تر از مقادیر محاسبه شده باشد زمان آبیاری فرا نرسیده است برعکس در شرایطی که مقادیر اندازه‌گیری بزرگ‌تر از مقادیر محاسبه شده باشد، بدین معنی است که زمان آبیاری گذشته است. لازم به ذکر است که $(T_c - T_a)_m$ (اندازه‌گیری شده) می‌بایست در شرایط حداکثر تنش روزانه بین ساعت ۱۱ الی ۱۴ انجام گردد.

منابع

- ۱- الباجی، م. ۱۳۸۹. بررسی اثر روشهای آبیاری معمولی (CI)، کم آبیاری تنظیم شده (RDI) و کم آبیاری به صورت خشکی موضعی ریشه (PRD) بر بهره‌وری آب (WP) و کارایی مصرف آب (WUE) آفتابگردان. رساله دکتری، رشته آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- ۲- الماسی شوستری، م.، کشکولی، ح.، برومند نسب، س. و ع. موسوی. ۱۳۸۷. تعیین زمان آبیاری با استفاده از تفاوت دمای پوشش سبز گیاه - هوا و شاخص تنش آبی در نیشکر. دومین همایش ملی شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- ۳- برومند نسب، س.، طاهری قناد، س. و م. معیری. ۱۳۸۳. استفاده از درجه حرارت پوشش سبز گیاه برای برنامه‌ریزی آبیاری ذرت بهاره در شرایط خوزستان. مجله علمی کشاورزی، دانشکده کشاورزی اهواز، ۲۷: ۴۷-۵۶.
- ۴- جودی، ف. ۱۳۹۰. استفاده از دامسج مادون قرمز در برنامه‌ریزی آبیاری گیاه آفتابگردان در خوزستان. پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- ۵- رنجبر، ع. ۱۳۸۴. برنامه‌ریزی آبیاری گیاه چغندر قند با استفاده از درجه حرارت پوشش سبز گیاه در شمال خوزستان. پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- ۶- شاهرخ‌نیا، م. و ن. گودرزی. ۱۳۹۰. نقش برنامه ریزی آبیاری قطره ای در افزایش بهره‌وری مصرف آب ذرت. کنفرانس ملی هواشناسی و مدیریت آب کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- ۷- طاهری قناد، س. ۱۳۸۱. استفاده از درجه حرارت پوشش سبز گیاه جهت برنامه‌ریزی آبیاری ذرت بهاره در شرایط شمال خوزستان. پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- ۸- علیزاده، ا. ۱۳۸۰. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ دوم، صفحات ۱۰۵-۱۵۵.
- ۹- علیزاده، ا. ۱۳۸۹. طراحی سیستم‌های آبیاری سطحی. انتشارات آستان قدس رضوی. چاپ چهارم، صفحات ۲۴۵-۲۴۸.
- ۱۰- محمدی، ه. ۱۳۹۲. برنامه‌ریزی آبیاری ذرت بهاره تحت آبیاری قطره ای با استفاده از دامسج مادون قرمز در شرایط اقلیمی اهواز. پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- ۱۱- وردی نژاد، و.، بشارت، س.، و ح. احمدی. ۱۳۹۰. برآورد حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی ذرت علوفه‌ای در مراحل مختلف رشد با استفاده از اختلاف دمای پوشش سبز گیاه و هوا. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵(۲۶): ۱۳۵۲-۱۳۴۴.
- ۱۲- وردی نژاد، و.، سهرابی، ت. و ع. لیاقت. ۱۳۸۶. برنامه‌ریزی آبیاری ذرت در مراحل مختلف رشد با استفاده از شاخص اختلاف دمای پوشش سبز گیاه و هوا. نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر کرمان، بهمن ماه.
- 13-Alderfasi, A. A. and D. C Nielsen. 2001. Use of crop water stress index for monitoring water status and scheduling irrigation in wheat. *Agricultural Water Management*, 47:69-75.
- 14-Candogan, B. K., Shncik, M., Buyukcangaz, H. and C Demirtas. 2013. Yield, quality and crop water stress index relationships for deficit-irrigated soybean [*Glycine max (L.) Merr.*] in sub-humid climatic conditions. *Agricultural Water Management*, 118 : 113– 121.
- 15-Henggeler, J. C. 2004. The conjunctive use of saline irrigation water on deficit irrigation. Ph. D. Dissertation, Texas University.
- 16-Idso, S . B ., Reginato, R . J. and J.W Radin. 1982 . Leaf diffusion resistance and photosynthesis in cotton related to a foliage temperature based plant water stress index. *Agricultural Meteorology*, 27:27-34.
- 17-Orta, A. H., Erdem, Y. and T Erdem. 2003. Crop water stress index for Watermelon. *Scientia Horticulture*, 98: 121-130.

- 18-O'Shaughnessy, S. A., Evett, S. R., Colaizzi P. D. and Howell, T. A. 2010 . Automatic irrigation scheduling of grain sorghum using a CWSI and time threshold. Decennial Irrigation Association Conference, December, Michigan. www.asabe.org