

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

نویسنده مسئول دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری وزهکشی دانشگاه شهید چمران
استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده علوم آب، دانشگاه شهید چمران
استادیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده علوم آب دانشگاه شهید چمران
دانشجوی دکتری آبیاری وزهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز

چکیده

استفاده از دمای پوشش سبز جهت برنامه‌ریزی 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 برنامه‌ریزی 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 (جویچه‌ای) 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 نشان دهنده شرایط بدون تنش در هر دو نوع آبیاری می‌باشد. با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده، برای برنامه‌ریزی آبیاری بارانی و سطحی گیاه ذرت در شهریور و مهرماه روابطی تعیین و با استفاده از آن‌ها و مقایسه $(T_c - T_a)_m$ (اندازه‌گیری شده) با $(T_c - T_a)_a$ (مقدار مجاز محاسبه شده) می‌توان زمان آبیاری را تشخیص داد.

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

ذرت یکی از مهمترین محصولات کشاورزی است که سهم عمده ای در تأمین نیازهای غذایی کشور به خود اختصاص داده است. استان خوزستان نیز یکی از مهم ترین مراکز کشت این محصول است که در چند 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 کم آبی و کاهش عملکرد آن در اثر تنش خشکی، معمولاً زارعین به ذرت آب بیشتری می دهند. بنابراین اگر ابزار مناسبی برای تشخیص دقیق زمان و مقدار آبیاری در اختیار باشد، می توان با مقدار آب کمتر، محصول مناسبی را برداشت نمود (۶). در کشاورزی همواره سعی بر آن است تا تحمل گیاهان زراعی نسبت به تنش های محیطی افزایش یابد چرا که با افزایش مقاومت در برابر این تنش ها، امکان افزایش محصول بیشتری فراهم می شود (۸). از مهم ترین تنش های محیطی می توان تنش آبی را نام برد که به دلیل تأثیر زیاد بر عملکرد، بخش زیادی از برنامه ریزی های کشاورزی در ارتباط با این موضوع است. با برنامه ریزی صحیح آبیاری و تعیین زمان و مقدار مناسب مصرف، آب مورد نیاز آبی گیاه تأمین شده و ضمن جلوگیری از مصرف بی رویه آب از بروز تنش خشکی و کاهش عملکرد محصول جلوگیری می شود. روش های زمان بندی آبیاری به سه دسته استفاده از روش بیلان آبی، استفاده از نمایه های خاک و استفاده از نمایه های گیاهی تقسیم می شوند (۹). در روش بیلان آبی، معمولاً موقعی آبیاری انجام می شود که مقدار قابل قبولی از آب قابل استفاده خاک (آب سهل الوصول) به وسیله گیاه مصرف شده باشد. تعیین مقدار آب سهل الوصول به عوامل مختلفی نظیر نوع گیاه، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بستگی دارد بنابراین سعی محققین بر آن بوده که بتوان از روش هایی استفاده کرد که از کلیه پارامترهای موثر بر تبخیر و تعرق و جذب گیاه جهت انتخاب شیوه مدیریتی مناسب تر استفاده می شود. به همین منظور بررسی پدیده تنش آبی گیاهان با شاخص های متعددی ارائه شده است که برای محاسبه این شاخص ها نیاز به اندازه گیری درجه حرارت برگ و هوا می باشد. یکی از معتبرترین شاخص ها، شاخص تنش آبی ایدسو می باشد (۳).

برای درک بهتر شاخص تنش آبی گیاه به روش ایدسو، ابتدا به معرفی خط مبنای پایینی و بالایی تنش اقدام می گردد 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 روبرو نبوده و میزان تبخیر پذیری 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 برای 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 عکس العمل 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 (۱۶):

(۱)

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

در این رابطه $(T_c - T_a)_{LL}$: اختلاف درجه حرارت پوشش سبز گیاه و هوا در شرایط خط مبنای پایینی ($^{\circ}C$)، و a و b : ضرایب رابطه خطی و VPD : کمبود فشار بخار هوا (mbr) می باشد که به منظور محاسبه آن از رابطه زیر استفاده می شود:

(۲)

$$VPD = 10 \times \exp \left[\frac{16.78T - 1169}{T + 237.3} \right] \left(1 - \frac{RH}{100} \right)$$

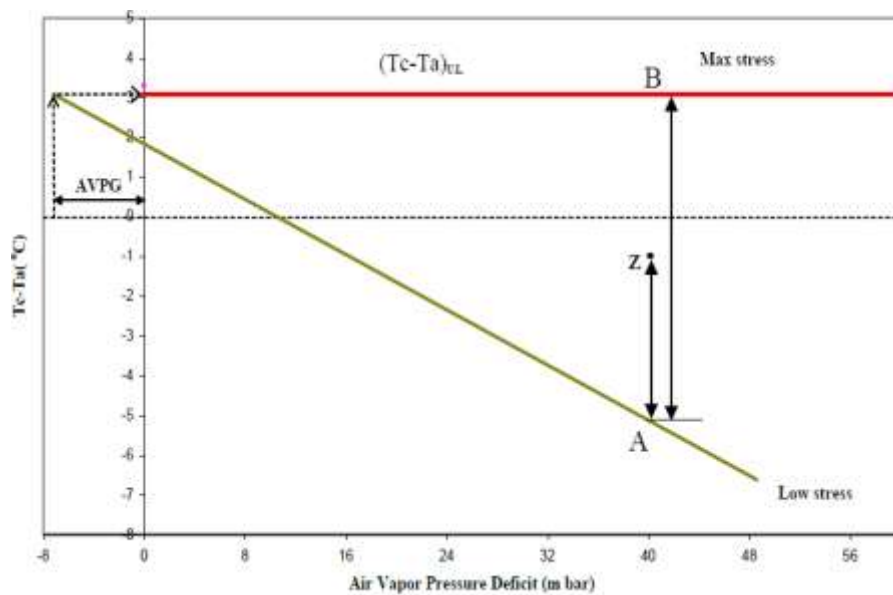
در این رابطه T : دمای هوا ($^{\circ}C$) است که از ترمومتر خشک قرائت می گردد و RH : رطوبت نسبی است که به ازای ترمومترهای تر و خشک می بایستی از جدول مربوطه محاسبه گردد. موقعیت خط مبنای پایینی تنش در شکل (۱) نشان داده شده است.

خط مبنای بالایی و یا خط تنش کامل معرف حداکثر مقداری است که می توان 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 می توان از رابطه زیر استفاده کرد:

(۳)

$$(T_c - T_a)_{ul} = a + b|VPG|$$

در این رابطه $(T_c - T_a)_{ul}$: اختلاف درجه حرارت پوشش سبز گیاه و هوا در شرایط خط مبنای بالایی (°C) و VPG: شیب فشار بخار اشباع (mbr) است.



شکل (۱): موقعیت خط مبنای بالایی و پایینی تنش به روش ایدسو

با توجه به اینکه 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 سانتی گراد و مستقل از کمبود فشار بخار است (۱۶). به همین دلیل در شکل (۱) این خط به طور موازی با محور کمبود فشار بخار رسم شده است.

(۴)

$$(T_c - T_a)_{u,l} = h$$

به ازای مقدار معینی از کمبود فشار بخار آب، شاخص تنش آبی گیاه^۱ عبارت است از نسبت بین تفاوت اختلاف دمای پوشش سبز گیاه و هوا اندازه‌گیری شده از خط مبنای پایینی، به کل تفاوت ممکن به ازای همان مقدار کمبود فشار بخار هوا. 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 (۱۶).

(۵)

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

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

در زمینه برنامه ریزی آبیاری با استفاده از اندازه گیری دمای پوشش گیاهی تحقیقات متعددی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است. محمدی برنامه‌ریزی آبیاری برای گیاه ذرت بهاره تحت سه نوع تیمار آبیاری قطره ای ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی را با استفاده از دماسنج مادون قرمز در اهواز انجام داد و خط مبنای بالایی را در سه ماه فروردین، اردیبهشت و خرداد محاسبه نموده و رابطه $CWSI$ را با عملکرد بلال، بیوماس و دانه را به صورت

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

$$Y_b = -35.24 CWSI + 26.45$$

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

ارائه داد (۱۰). جودی خط مبنای پایینی را برای گیاه آفتابگردان برای ماه‌های فروردین و اردیبهشت به ترتیب به صورت

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

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

محاسبه کرد و خط مبنای بالایی را برای ماه‌های فروردین و اردیبهشت به ترتیب ۴/۶ و ۴/۴۲ درجه سانتی گراد تعیین کرد (۴). وردی نژاد و همکاران به منظور برآورد حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی و برنامه‌ریزی آبیاری ذرت علوفه ای 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 علوفه ای در چهار مرحله رشد به ترتیب ۴۲/۸، ۵۹/۲، ۵۸/۹، ۶۷/۵ محاسبه کرد و خط مبنای بالایی و پایینی برای ذرت علوفه ای، به ترتیب ۳/۲ درجه سانتی گراد و $0.164 VPD$ - تعیین کردند (۱۱). الماسی شوشتری و همکاران جایگزینی روش برنامه ریزی 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 $1/55 - 0.129 VPD$ و $(T_c - T_a)_{l,l} = 2/6$ درجه سانتی گراد 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 (۲). رنجبر طی تحقیقی

در اراضی مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد دزفول بر روی گیاه چغندر قند، به ازای اعمال تنش های آبی مختلف ارتباط شاخص تنش آبی با میزان آب آبیاری بارانی و محصول شکر برداشتی را مورد بررسی قرار داد(۵).
 برومندنسب وهمکاران معادله خط مبنای پایینی تنش گیاه ذرت را برای دو ماه 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 است. طبق نظر آن‌ها این اختلاف به خاطر تعرق بیشتر در خرداد ماه می باشد(۳). طاهری قناد خط مبنای پایینی را برای ذرت بهاره در شرایط شمال خوزستان در ماه های اردیبهشت و خرداد به ترتیب $VPD = 0.216$ و $(Tc-Ta)_{LL} = 1/1$ و $VPD = 2/28 - 0.2074$ (۷) به دست آورد(۷). کندوگان و همکاران^۱ چهار تیمار ۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی سویا با دور آبیاری ۷ روز را در ترکیه را مورد مطالعه قرار دادند و بیان کردند که از شاخص تنش آبی گیاه می توان برای تعیین زمان آبیاری سویا در آب وهوای مرطوب استفاده کرد، آن ها حد آستانه و مجاز شاخص تنش آبی سویا را ۰/۲۲ تعیین کردند، همچنین روابط آماری معنی دار بین شاخص تنش آبی و عملکرد دانه، عملکرد پروتئین، عملکرد روغن، بهره وری آب و تبخیر و تعرق به دست آوردند(۱۴). اوشافنسی و همکاران^۲ زمان بندی آبیاری توسط CWSI رادرمقابل 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(۱۸). ارتا و همکاران^۳ برنامه ریزی 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 قطره ای اجرا کردند، طبق نتایج آن‌ها بیشترین عملکرد در $CWSI = 0.15$ حاصل شد آن‌ها همچنین رابطه عملکرد با شاخص تنش آبی را به صورت $Y = 91.143 - 66.077CWSI$ ارائه کردند. الدرفاسی و نیلسن^۴ استفاده از شاخص تنش آبی گیاه را بر 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 می باشد(۱۳).
 با توجه به مطالب گفته شده، هدف از انجام این تحقیق محاسبه تنش آبی گیاه به روش ایدسو و رسم خط مبنای پایینی و بالایی برای گیاه ذرت (سینگل کراس ۷۰۴ تابستانه) تحت دو نوع آبیاری بارانی (کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک) و آبیاری سطحی (جویچه ای) در شرایط اقلیمی اهواز و استفاده از آن جهت تعیین زمان آبیاری می باشد.

مواد و روش ها

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 .

عملیات زراعی و آماده سازی زمین

برای کشت پس از انتخاب زمین در دهه آخر تیر ماه، اقدام به آماده سازی زمین (شخم، دیسک و...) گردید به طوری که کلیه عملیات به صورت یکنواخت در زمین اجراء شد. پس از گاورو کردن زمین، شخم با عمق ۵۰ سانتی متر توسط گاو آهن انجام و سپس عملیات دیسک برای خرد کردن کلوخه و آماده سازی 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 نوع کود برای گیاه ذرت تعیین و به زمین اضافه شد. جدول(۱) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی را ارائه می

2-Candogan et al.

3- O'Shaughnessy et al.

1- Orta et al.

2- Alderfasi and Nielsen

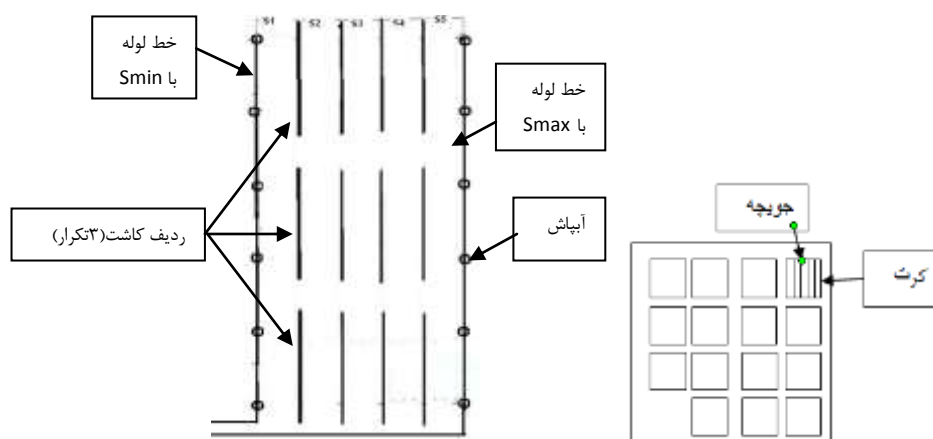
دهد (۱). با استفاده از فارو ساز سطح زمین به شکل جوی وپشته ایجاد شد. در تاریخ ۲۷/۴/۱۳۹۲ بذرها بر روی هر پشته با تراکم ۷۵۰۰۰ دانه در هکتار کشت شدند. عمق کشت بذور برابر ۴ تا ۷ سانتی متر و فاصله بذرها ۱۸ سانتی متر از هم بر روی پشته ها منظور شد.

آبیاری

در این تحقیق از روش آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک و آبیاری سطحی جویچه ای استفاده شد. در آبیاری بارانی از دو لوله آب با کیفیت های مختلف (S_{min} و S_{max}) که در آن گرادیان پیوسته شوری آب ایجاد می شود 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 ۴ متر مستقر شد. از بین تیمارهای مختلفی که بین این دو خط لوله ایجاد شد تیماری که آب با کمترین شوری (تیمار شاهد) را دریافت می کرد انتخاب و داده های مورد نیاز در آن تیمار برداشت شد (شکل ۲). آبیاری سطحی با ۱۵ کرت پنج جویچه ای با پنج نوع تیمار شوری (S_1 ، S_2 ، S_3 ، S_4 و S_5) در سه تکرار انجام شد. داده ها از تیمار شاهد (S_1) برداشت شد (شکل ۲). در این تحقیق S_{min} شوری آب رودخانه کارون بود که مقدار آن در طول دوره رشد محصول به طور میانگین برابر با ۲/۵ دسی زیمنس برمتر و (S_{max}) آب با شوری ۵ $EC=$ دسی زیمنس برمتر استفاده شد که با اضافه نمودن نمک های $NaCl$ ، $CaCl_2$ و $MgCl_2$ به آب رودخانه کارون تهیه شد. برای تهیه آب با شوری ۵ دسی زیمنس برمتر 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 نمک های فوق الذکر 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 (۱۵). اولین آبیاری در تاریخ ۱۳۹۲/۴/۲۸ و آخرین آبیاری ۱۳۹۲/۸/۱ انجام گرفت.

دماسنج مادون قرمز^۱ (IRT)

برای محاسبه شاخص تنش آبی گیاه به روش ایدسو نیاز به اندازه گیری 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 می باشد. برای تهیه حمام یخ قطعه های یخ آب مقطر را درون یک لیوان شیشه ای بلند ریخته و به آرامی روی آن آب مقطر ریخته تا جایی که سطح آب یک سانتی متر پایین تر از سطح یخ قرار بگیرد، سپس با دماسنج به آب و یخ شلیک کرده و دمای آن قرائت می گردد اگر دمای اندازه گیری توسط دماسنج صفر درجه سانتی گراد باشد دماسنج واسنجی شده است (۹).



شکل (۲): نمایی از سیستم آبیاری بارانی وسطی مورد استفاده

جدول (۱): خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی

عمق (cm)	نیترژن (%)	pH	ECe (ds/m)	جرم-مخصوص ظاهری (g/cm ³)	بافت خاک	ظرفیت زراعی (%)	نقطه پژمردگی (%)
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

به منظور 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 دماسنج مادون قرمز از چهار جهت بالا و پایین (برگ پیرو جوان)، چپ و راست گیاه اندازه گیری شد تعداد ۲۸ دمای برگ در هر تکرار اندازه گیری و ترمومترهای تر و خشک نیز از جعبه اسکرین واقع در مزرعه قرائت شد. با استفاده از این داده‌ها خط رگرسیونی بین پارامترهای $(T_c - T_a)$ و VPD بر اساس معادله (۱) رسم گردید. با محاسبه شیب فشار بخار اشباع برحسب میلی بار و ضرائب (a) و (b) تعیین شده از خط مبنای پایینی، خط مبنای بالایی تنش تعیین شد.

به منظور تعیین شاخص تنش آبی گیاه و محاسبه $(T_c - T_a)_m$ ، 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، نشان دهنده دمای قسمت‌هایی از مزرعه است که در زاویه دید دستگاه قرار دارد. این دستگاه تشعشع خارج شده از هدف را اندازه‌گیری می‌کند (۱۷). اندازه‌گیری دمای برگ در مرداد ماه به علت کوچک بودن گیاه و وسعت اندازه‌گیری دماسنج (اندازه‌گیری دمای سطح خاک) انجام نگرفت سایر اندازه‌گیری‌ها 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 در روز بعد از آبیاری انجام شد که نتایج آن‌ها در جدول (۲)، (۳)، (۴) و (۵) ارائه شده است. در این جداول 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.

جدول (۲): اندازه‌گیری و محاسبات مربوط به خط مبنای پایینی شهریور ماه 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 شهریور ماه آبیاری سطحی

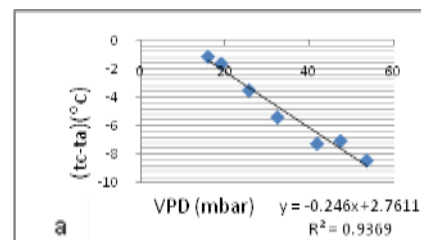
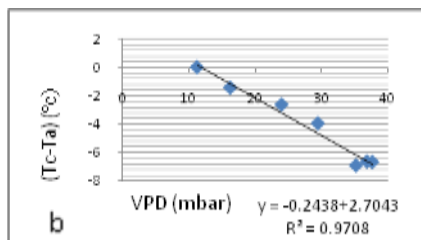
ساعت	۸:۰۰	۹:۰۰	۱۰:۰۰	۱۱:۰۰	۱۲:۰۰	۱۳:۰۰	۱۴:۰۰
T_c	۲۷/۴۶	۳۰/۵۱	۳۲/۷۴	۳۴/۰۱	۳۵/۶۹	۳۶/۴۱	۳۶/۷۵
T_a	۲۷/۱۶	۳۱/۵	۳۵/۲۵	۳۸/۶۶	۴۱/۴۱	۴۳/۱۶	۴۳/۹۱
T_w	۲۲/۸۳	۲۶/۷۵	۲۹/۳۳	۳۱/۳۳	۳۲/۵	۳۳/۰۸	۳۳/۵
$(T_c - T_a)$	۰/۳	-۰/۹۹	-۲/۵۱	-۴/۶۵	-۵/۷۲	-۶/۷۵	-۷/۱۹
e_a^*	۲۲/۳۳	۲۹/۰۸	۳۳/۳۱	۳۶/۵۲	۳۷/۷۲	۳۷/۹۲	۳۸/۷۲
VPD	۱۳/۲۹	۱۶/۶۷	۲۳/۱۲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

جدول(۵): اندازه گیری و محاسبات خط مبنای پایینی مهر ماه آبیاری سطحی

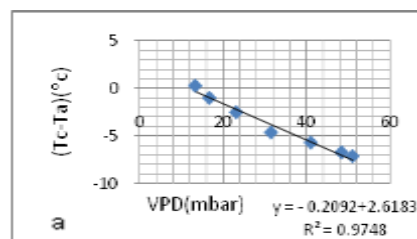
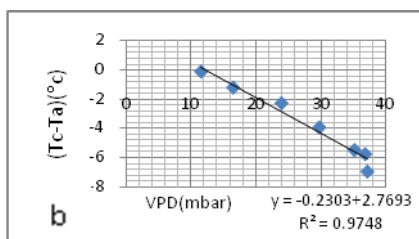
ساعت	۸:۰۰	۹:۰۰	۱۰:۰۰	۱۱:۰۰	۱۲:۰۰	۱۳:۰۰	۱۴:۰۰
T_c	۲۲/۳۱	۲۴/۳۴	۲۶/۹۷	۲۸/۴۱	۲۹/۶۶	۳۰/۴۸	۳۰/۰۹
T_a	۲۲/۳۷	۲۵/۵	۲۹/۲	۳۲/۳	۳۵/۱	۳۶/۲	۳۷
T_w	۱۸	۱۹/۷	۲۱/۵	۲۳/۵	۲۵/۵	۲۶/۵	۲۷/۵
(T_c-T_a)	-۰/۰۶۵	-۱/۱۶	-۲/۲۳	-۳/۸۹	-۵/۴۴	-۵/۷۲	-۶/۹۱
e_a^*	۱۵/۱۸	۱۵/۷۶	۱۶/۱۴	۱۸/۱۰	۲۰/۷۸	۲۲/۶۳	۲۴/۹۴
VPD	۱۱/۵۹	۱۶/۵۴	۲۳/۹۷	۲۹/۷۷	۳۵/۱۹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

جداول (۲)، (۳)، (۴) و (۵) نشان می دهد در روز بعد از آبیاری با افزایش دمای هوا از ساعت ۸ صبح تا ۱۴ عصر، گیاه با عمل تعرق دمای خود را کاهش می دهد، 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 می یابد اندازه گیری های به عمل آمده، مقدار کمبود فشار بخار هوا را در منطقه از ۱۰ تا ۶۰ میلی بار متغیر نشان می دهد.

با استفاده از جداول (۲)، (۳)، (۴) و (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 دوماه شهریور و مهر رسم شد که نمودار آن برای آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب در شکل (۳) و (۴) ارائه شده است.



شکل (۳): نمودار خط مبنای پایینی در شهریور ماه (a) و مهر ماه (b) آبیاری بارانی



شکل (۴): نمودار خط مبنای پایینی در شهریور ماه (a) و مهر ماه (b) آبیاری سطحی

ارتباط خطی بین این فاکتور (کمبود فشار بخار هوا و اختلاف دمای پوشش سبز و هوا) بیان گر آن است که با افزایش کمبود فشار بخار هوا (که همزمان با افزایش دمای هوا صورت می گیرد) اختلاف درجه حرارت پوشش سبز گیاه و هوا افزایش می یابد که در نهایت گیاه خنک نگه داشته می شود.

براساس نمودار خط مبنای پایینی آبیاری بارانی و سطحی رسم شده در شکل (۳) و (۴) و رابطه (۱) معادله خط مبنای پایینی تنش به روش ایدسودر ماه های شهریور و مهر آبیاری بارانی (رابطه شماره ۶ و ۷) و معادله خط مبنای پایینی

تنش به روش ایدسو در ماه های شهریور و مهر آبیاری سطحی (رابطه شماره ۸ و ۹) محاسبه شد:

$$(T_c - T_a)_{l,i} = 2.7611 - 0.246 \text{VPD} \quad (۶)$$

$$(T_c - T_a)_{l,i} = 2.7043 - 0.2438 \text{VPD} \quad (۷)$$

$$(T_c - T_a)_{l,i} = 2.6183 - 0.2092 \text{VPD} \quad (۸)$$

$$(T_c - T_a)_{l,i} = 2.7693 - 0.2303 \text{VPD} \quad (۹)$$

محمدی معادله خط مبنای پایینی برای گیاه ذرت در ماه های فروردین، اردیبهشت و خرداد با شرایط آب و هوای اهواز را به ترتیب در روابط (۱۰)، (۱۱) و (۱۲) ارائه داد (۱۰).

$$(T_c - T_a)_{l,i} = 3.0921 - 0.198 \text{VPD} \quad (۱۰)$$

$$(T_c - T_a)_{l,i} = 4.362 - 0.1674 \text{VPD} \quad (۱۱)$$

$$(T_c - T_a)_{l,i} = 3.397 - 0.1172 \text{VPD} \quad (۱۲)$$

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

همچنین وردی نژاد و همکاران معادله خط مبنای پایینی برای گیاه ذرت در فصل تابستان با شرایط آب و هوایی دانشکده کشاورزی کرج راه صورت $(T_c - T_a)_{l,i} = -0.1642 \text{ (VPD)} + 1.6098$ بیان کردند (۱۲). آلدرفارسی معادله خط مبنای پایینی گندم را در دانشگاه ایالتی کلرادو (کولینز) به صورت $(T_c - T_a)_{l,i} = 0.41 - 1.5 \text{ VPD}$ ارائه داد (۱۳). همان طوری که دیده می شود معادلات خط حداقل تنش محصولات مختلف، از نظر ظاهری شبیه هم هستند، اما ضریب زاویه و عرض از مبدا آن ها یکسان نیست. حتی در شرایط متفاوت اقلیمی برای یک گیاه خاص مثل ذرت نیز نمی توان معادله واحدی پیشنهاد نمود، مقایسه خط مبنای پایین ذرت در دو فصل کشت بهاره و تابستانه گویای این بحث می باشد.

بیان دو روش آبیاری به طور همزمان و متفاوت بودن ضرایب a و b نشان بر این دارد که در یک اقلیم روش های آبیاری متفاوت نیز خط مبنای پایینی متفاوت خواهند داشت.

با استفاده از داده های هواشناسی روز بعد از آبیاری و بسط خط مبنای پایینی به اندازه VPG از ناحیه منفی محور افقی کمبود فشار بخار هوا و رسم خطی موازی محور افقی، موقعیت خط مبنای بالایی به دست آمد.

بر اساس محاسبات، خط مبنای بالایی تنش برای ماه های شهریور و مهر آبیاری بارانی (رابطه شماره ۱۳ و ۱۴) و شهریور و مهر (رابطه شماره ۱۵ و ۱۶) محاسبه شد:

$$(۱۳)$$

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

$$(۱۴)$$

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

$$(۱۵)$$

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

(۱۶)

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

محمدی معادله خط مبنای بالایی برای ذرت در ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد را به ترتیب ۴/۳۴، ۶/۱۰، ۴/۶۴ و ۴/۶۴ درجه سانتی گراد به دست آورد (۱۰). همچنین وردی نژاد و همکاران معادله خط مبنای بالایی را در شرایط آب و هوایی دانشکده کشاورزی کرج برای ذرت علوفه‌ای ۳/۲ درجه سانتی گراد محاسبه کردند (۱۱). جودی نیز معادله خط مبنای بالایی برای آفتابگردان در آب و هوای خوزستان را در ماه فروردین و اردیبهشت به ترتیب ۴/۶ و ۴/۴۲ درجه سانتی گراد به دست آورد (۴).

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 شهریور ماه ۰/۱۴ و مهرماه ۰/۱۸ و برای آبیاری سطحی در شهریور و مهرماه به ترتیب ۰/۱۴ و ۰/۱۵ محاسبه شد. محمدی 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 (۱۰). وردی نژاد 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 کرد (۱۲). 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 نمی باشد که آبیاری بارانی تحت تنش بوده است بلکه مقادیر شاخص تنش آبی این دونوع آبیاری نشان دهنده شرایط بدون تنش در هر دونوع آبیاری می باشد.

برنامه ریزی آبیاری با استفاده از شاخص تنش آبی گیاه

بر اساس محاسبات انجام شده مقدار شاخص تنش آبی گیاه به روش ایدسو ارائه شد و با توجه به آن و رابطه (۱۷)، روابط (۱۸)، (۱۹)، (۲۰) و (۲۱) جهت برنامه ریزی آبیاری برای ماه‌های شهریور و مهر آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب ارائه گردید.

(۱۷)

$$CWSI_i = \frac{MB}{AB} = \frac{(T_c - T_a)_m - [a - b(VPD)_m]}{(T_c - T_a)_{ul} - [a - b(VPD)_m]}$$

اجزای این رابطه قبلاً معرفی شده‌اند.

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

(۱۸)

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

(۱۹)

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

(۲۰)

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

(۲۱)

کمبود فشار بخار آب در ماه شهریور ۱۰ الی ۶۰ میلی بار و در ماه مهر ۱۰ الی ۵۰ میلی بار می باشد.
 محمدی برنامه ریزی آبیاری ذرت در شرایط آب و هوایی اهواز در سه ماه فروردین، اردیبهشت و خرداد را به صورت
 $(T_c - T_a)_a = 3.77 - 0.08 \text{ VPD}$ و $(T_c - T_a)_a = 4.88 - 0.12 \text{ VPD}$ ، $(T_c - T_a)_a = 3.47 - 0.14 \text{ VPD}$
 کرد (۱۰). همچنین وردی نژاد و همکاران برنامه ریزی آبیاری برای سه دوره رشد (ظهور کاکل ها، کامل شدن تاج گل و
 مرحله خمیری) ذرت تابستانه در مزرعه تحقیقات دانشکده کشاورزی کرج را به صورت

$$(T_c - T_a)_a = 2.68 - 0.0619 \text{ VPD}$$

$$\text{و } (T_c - T_a)_a = 2.17 - 0.1093 \text{ VPD}$$

$$(T_c - T_a)_a = 2.31 - 0.0949 \text{ VPD}$$

تعیین کردند.

برای تشخیص زمان فرارسیدن آبیاری مقادیر کمبود فشار بخار آب هوا، در ساعت ۱۱ الی ۱۴ اندازه گیری شده و سپس
 $(T_c - T_a)_a$ تعیین

می شود. از مقایسه $(T_c - T_a)_m$ (اندازه گیری شده) با $(T_c - T_a)_a$ (مقدار مجاز محاسبه شده) می توان زمان آبیاری را
 تشخیص داد به گونه ای که اگر مقادیر اندازه گیری شده کوچک تر از مقادیر محاسبه شده باشد زمان آبیاری فرا نرسیده
 است برعکس در شرایطی که مقادیر اندازه گیری بزرگتر از مقادیر محاسبه شده باشد، بدین معنی است که زمان آبیاری
 گذشته است. لازم به ذکر است که $(T_c - T_a)_m$ (اندازه گیری شده) می بایست در شرایط حداکثر تنش روزانه بین ساعت ۱۱ الی ۱۴ انجام گردد.

نتیجه گیری و پیشنهادها

محاسبات و اندازه گیری های دمای پوشش سبز گیاه و هوا برای تعیین خط مبنای پایین و بالا، شاخص تنش آبی گیاه
 و برنامه ریزی آبیاری در دو روش آبیاری بارانی (کلاسیک ثابت با آبیاش متحرک) و آبیاری سطحی (جویچه ای) به
 صورت زیر بیان می شود:

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

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

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

و مقدار شاخص CWSI برای گیاه ذرت در این فصل کشت در شهریور ۱۴ و در مهر ۱۸ محاسبه شد.
 خط مبنای بالایی در شهریور و مهر ماه به ترتیب برابر با ۵/۷۵۶ و ۴/۷۰۰ درجه سانتی گراد تعیین گردید.
 برای برنامه ریزی آبیاری با استفاده از شاخص تنش آبی گیاه رابطه $(T_c - T_a)_a = 2.7611 - 0.246 \text{ VPD}$ برای
 شهریور ماه و رابطه

$$(T_c - T_a)_a = 3.0642 - 0.2 \text{ VPD}$$

معادله خط مبنای پایینی برای گیاه ذرت در شهریور ماه و مهر ماه تحت آبیاری سطحی به ترتیب:

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

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

و مقدار شاخص CWSI برای گیاه ذرت در این فصل کشت در شهریور ۱۴ و در مهر ۱۵ محاسبه شد. خط مبنای
 بالایی در شهریور و مهر ماه به ترتیب برابر با ۵/۰۵۹ و ۴/۷۰۳ درجه سانتی گراد تعیین گردید.
 برای برنامه ریزی آبیاری با استفاده از شاخص تنش آبی گیاه رابطه $(T_c - T_a)_a = 2.95 - 0.18 \text{ VPD}$ برای شهریور ماه و
 رابطه $(T_c - T_a)_a = 3.05 - 0.195 \text{ VP}$ برای مهر ماه به دست آمد.

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

تشکر و قدر دانی

بدین وسیله از قطب علمی مدیریت بهره برداری از شبکه های آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران و دفتر تحقیقات سازمان آب و برق به خاطر تأمین بخشی از هزینه های انجام طرح تشکر می شود.

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 بهره وری آب (WP) و کارایی مصرف آب (WUE) آفتابگردان. رساله دکتری، رشته آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- ۲- الماسی شوشتری، 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 شبکه های 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 برنامه-ریزی آبیاری ذرت بهاره در شرایط خوزستان. مجله علمی کشاورزی، دانشکده کشاورزی اهواز، جلد ۲۷، صفحات ۴۷-۵۶.
- ۴- جودی، ف. ۱۳۹۰. استفاده از دماسنج مادون قرمز در برنامه ریزی 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. برنامه ریزی 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- شاهرخ نیا، م. و ن.، گودرزی. ۱۳۹۰. نقش برنامه ریزی آبیاری قطره ای در افزایش بهره وری 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 برنامه ریزی 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، ۳۵۵ صفحه.
- ۹- علیزاده، ا. ۱۳۸۹. طراحی سیستم های آبیاری تحت فشار. انتشارات آستان قدس رضوی. چاپ چهارم، ۳۶۸ صفحه.
- ۱۰- محمدی، ه. ۱۳۹۲. برنامه ریزی آبیاری ذرت بهاره تحت آبیاری قطره ای با استفاده از دماسنج 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 علوفه ای در مراحل مختلف رشد با استفاده از اختلاف دمای پوشش سبز گیاه و هوا. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۵، شماره ۲۶، ۱۳۵۲-۱۳۴۴.
- ۱۲- وردی نژاد، و.، سهرابی، ت. و ع. لیاقت. ۱۳۸۶. برنامه ریزی 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 Nielsen, D. C .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 Demirtas, C. 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 conjuctive use of saline irrigation water on deficit irrigation. Ph. D, Dissertation. Texas University.
- 16-Idso, S . B ., Reginato, R . J. and Radin , J.W. 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 Erdem, T. 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 5, 2010.

Summer Maize irrigation scheduling under surface and sprinkler irrigation using CWSI in Ahvaz climatic condition

M. Ghorbani¹ , S. bromand nasab², A. Soltani mohammadi³, S. Minae⁴

(maryamghorbani688@yahoo.com) 09167458482

1-M.Sc. Student, Department of Irrigation & Drainage, shahid Chamran University Ahwaz

2-Professor, Water Science Engineering College, Ahwaz shahid Chamran University.

3-Assistant Professor, Department of Irrigation & Drainage, shahid Chamran University Ahwaz

4-PhD Student, Department of Irrigation & Drainage, shahid Chamran University Ahwaz

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 October and September with sprinkler and surface irrigation methods, some equations was determined. Then by using of the equations and comparing $(T_c - T_a)_m$ (measured) with $(T_c - T_a)_a$ (calculated) can detect time of irrigation .

Key Words: irrigation scheduling, surface and sprinkler irrigation, CWSI, Infrared temperature, Maize.