نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال نهم، شماره چهارم، تابستان ۱۳۹۹

ISSN 2251-7480

ارزیابی شاخص CWSI برای سه رقم ذرت تحت رژیم‌های آبیاری قطره‌ای (اراضی شمال خوزستان)

پیمان لالوند[۱]، علی حیدر نصرالهی[۲*]، محمد خرمیان[۳] و مهری سعیدی نیا[٤]

۱) دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.

نویسنده مسئول مکاتبات: nasrolahi.a@lu.ac.ir

۲*) استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.

۳) استادیارپژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران.

٤) استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۹/۰۲ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰٤/۱۱

چکیده

این تحقیق به‌منظور ارزیابی شاخص CWSI در ارقام مختلف ذرت تحت مدیریت‌های آبیاری قطره‌ای نواری در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد واقع در شمال استان خوزستان صورت گرفت. فاکتور مدیریت آبیاری شامل T_{100} (تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه)، T_{75} (تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی) و T50(تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی) در کرت‌های اصلی و سه هیبرید ذرت دانه‌ای شامل سینگل کراس ۷۰۴ (SC)، مبین (M) و کارون (K) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. روابط خطوط مبنای بالا و پایین برای هر سه رقم در طول فصل رشد با دقت بالایی (R^2>۰/۸) برآورد شد. شاخص CWSI برای تیمارهای مختلف و در مراحل مختلف رشد از ۰/۰۱ تا ۰/۴۶ متغیر بود. نتایج آنالیز آماری نشان داد که اختلاف مقدار شاخص تنش آبی گیاه ذرت بین ارقام مختلف معنی‌دار نبوده اما تأثیر مدیریت آبیاری روی آن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بر همین اساس مقادیر CWSI معادل ۰/۱۷، ۰/۱۵ و ۰/۱۲ به ترتیب برای مراحل رشد و توسعه، میانی و پایانی ذرت جهت تعیین زمان آبیاری قطره‌ای با استفاده از این شاخص برآورد شدند. علاوه بر این نتایج نشان داد که بین شاخص (CWSI) و عملکرد ذرت همبستگی بالایی وجود داشته و روابطی جهت تخمین عملکرد با استفاده از این شاخص استخراج شد. بر اساس این روابط رقم کارون بیشترین حساسیت به تنش آبی را داشت. برای رقم کارون ضریب یا شیب کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در برابر کم‌آبی با مقادیر ۲۱ و ۴۷ درصد نسبت به دو رقم دیگر بیشترین مقدار را داشتند.

کلید واژه‌ها: برنامه‌ریزی آبیاری؛ دمای برگ؛ عملکرد؛ کم‌آبیاری

مقدمه

بخش عمده‌ای از منابع آب کشور در کشاورزی مصرف می‌شود ولی متأسفانه بازده اقتصادی آب مصرف‌شده در کشاورزی ایران به‌طور متوسط حدود ۱/۰۷ کیلوگرم بر متر مکعب بوده که در مقایسه با متوسط جهانی مقدار پایینی است (عباسی و همکاران، ۱۳۹٤).

یکی از راهکارهای مهم و عملی جهت جلوگیری از کاهش عملکرد محصول در شرایط کم‌آبی و افزایش راندمان و بهره‌وری آب در بخش کشاورزی برنامه‌ریزی صحیح آبیاری است (Ahmadi *et al.*, 2017). برنامه‌ریزی آبیاری مجموعه اقداماتی است که به‌منظور تعیین زمان مناسب آبیاری و مقدار آب آبیاری، صورت می‌گیرد (علیزاده، ۱۳۸٤).

زمان آبیاری یک فاکتور مهم در مدیریت آبیاری است که تابع عوامل متعددی ازجمله؛ نوع گیاه، خاک، اقلیم،

وضعیت دسترسی به آب و ... است و تعیین دقیق آن از ایجاد تنش آبی برای گیاه و کاهش عملکرد محصول جلوگیری می‌نماید. امروزه در روش‌های نوین زمان‌بندی آبیاری، استفاده از شاخص‌های گیاهی که به‌طور مستقیم نشان‌دهنده وضعیت رطوبتی گیاه می‌باشند موردتوجه بسیاری از محققین قرارگرفته است (Ahmadi *et al.*, 2017, O'Shaughnessy *et al.*, 2010). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که با استفاده از شاخص‌های گیاهی می‌توان شدت تنش را بهتر ارزیابی نمود و زمان آبیاری را به‌طور دقیق‌تری تعیین کرد (Ahmadi *et al.*, 2018) و (سعیدی نیا و همکاران، ۱۳۹٤). یکی از مهم‌ترین شاخص‌های گیاهی که برای ارزیابی وضعیت تنش آبی گیاهان مورداستفاده قرار می‌گیرد دمای پوشش گیاهی است که با استفاده از آن شاخص تنش آبی گیاه (CWSI) محاسبه می‌شود (Idso *et al.*, 1981). شاخص CWSI که تابعی از اختلاف دمای پوشش گیاهی و هوای مجاور آن است تابه‌حال توسط بسیاری از محققان مورداستفاده قرارگرفته و نتایج مطلوبی نیز گزارش‌شده است. بر اساس نتایج تحقیقات صورت گرفته تعیین زمان آبیاری با استفاده از شاخص CWSI می‌تواند جایگزین مناسبی برای روش درصد رطوبت غلاف برگ برای نیشکر باشد (Veysi *et al.*, 2018).

Gontia and Tiwari (2008) بیان کردند که شاخص تنش آبی گیاه به‌خوبی وضعیت آبی گیاه گندم را نشان می‌دهد و می‌توان ازآن‌جهت برنامه‌ریزی آبیاری گندم استفاده کرد.

بر اساس نتایج (O'Shaughnessy *et al.*, *2010*) شاخص CWSI توانایی زمان‌بندی آبیاری در شرایط کم آبیاری سورگوم را دارد. Yesim *et al* (2015) در تحقیقی روی درختان انگور بیان کردند که از شاخص CWSI محاسبه‌شده می‌توان به‌منظور ارزیابی مقدار آب محصول انگور و همچنین زمان‌بندی آبیاری و پیش‌بینی عملکرد محصول استفاده کرد. احمدی و همکاران (۱۳۹۷) نشان دادند که شاخص CWSI به‌خوبی بیانگر وضعیت تنش آبی در گیاه بوده و با استفاده از آن روابطی را برای تعیین زمان آبیاری سویا در مراحل مختلف رشد ارائه دادند. ذرت یکی از گیاهان زراعی خانواده غلات است که سازگاری خوبی با اکثر نقاط ایران داشته و به علت عملکرد بالای دانه، مواد قندی و نشاسته‌ای یکی از بهترین گیاهان دانه‌ای جهت تولید دانه محسوب می‌شود. مصرف بالای آب ذرت یکی از مهم‌ترین موانع افزایش سطح زیر کشت آن بخصوص در شرایط خشک‌سالی بوده و به همین دلیل توجه به مدیریت آبیاری آن بسیار حائز اهمیت است. به‌منظور برنامه‌ریزی مناسب آبیاری ذرت در شرایط مختلف زراعی و مدیریتی، استفاده از شاخص تنش آبی گیاه و اندازه‌گیری دمای پوشش گیاهی ذرت در تحقیقات مختلف موردبررسی قرارگرفته است که نشان‌دهنده کارایی شاخص تنش آبی گیاه در مدیریت آبیاری ذرت است. Verdi *et al* (2011) به‌منظور برنامه‌ریزی آبیاری ذرت علوفه‌ای بر اساس دمای پوشش سبز گیاه حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی خاک را درچهارمرحله رشد به ترتیب ٤۲/۸، ۵۹/۲، ۵۸/۹، ٦۷/۵ درصد برآورد کردند. قربانی و همکاران (۱۳۹۳) با برآورد موقعیت خطوط مبنای بالا و پایین، متوسط مقدار شاخص تنش آبی گیاه ذرت را تحت شرایط آبیاری بارانی ۰/۱٦ و مقدار این شاخص را برای آبیاری سطحی حدود ۰/۱٤ به‌دقت آوردند. سعیدی نیا و همکاران (۱۳۹٤) با بررسی قابلیت شاخص CWSI برای برنامه‌ریزی آبیاری ذرت با آب‌شور، معادله خط مبنای بالا و پایین را به ترتیب ۳/٦۹ درجه سانتی‌گراد و $(T_c - T_a)_{ll} = 2.16 - 0.22VPD$ تعیین کردند. نتایج آن‌ها نشان داد شوری آب آبیاری باعث افزایش دمای برگ شده و لذا می‌توان از این شاخص جهت انجام برنامه‌ریزی آبیاری در شرایط آب آبیاری شور هم استفاده کرد؛ بنابراین آن‌ها مقدار CWSI=۰/۲۳ را مبنای برنامه‌ریزی آبیاری در این شرایط قراردادند. سعیدی نیا و همکاران (۱۳۹۸) نشان دادند که شاخص CWSI همبستگی بالایی با میزان عملکرد ذرت علوفه‌ای داشته و

قابلیت برآورد عملکرد محصول را تحت شرایط تنش آبی دارد. خورسند و همکاران (۱۳۹۸) حد آستانه شاخص تنش آبی ذرت را در ارومیه ۰/۲۸ برآورد کرده و بر اساس آن روابطی جهت برنامه‌ریزی آبیاری در ماه‌های مختلف ارائه دادند. ناصری (۱۳۹۵) جهت تعیین زمان مناسب آبیاری ذرت بر مبنای اختلاف دمای گیاهی و هوا معادله خط مبنای پایین را برای تیمار آبیاری کامل به‌صورت $(T_c - T_a)_{l.l} = 3.97 - 3.61VPD$ تعیین کرد و بر این اساس اختلاف دمای پوشش گیاهی و هوا را در این حالت برابر ۱/۷- درجه سانتی‌گراد به دست آمد. David *et al* (2017) به بررسی تأثیر سطوح مختلف آب و کود نیتروژن روی درجه حرارت برگ و شاخص تنش آبی گیاه ذرت پرداختند و نشان داند که علی‌رغم تغییرات CWSI از ۰/۳۷ تا ۰/٥٤ در شرایط مختلف آبیاری، ولی میزان کود نیتروژن تأثیری روی دمای برگ و شاخص تنش آبی نداشت. با وجود تحقیقات صورت گرفته درزمینه‌ی برنامه‌ریزی آبیاری ذرت با استفاده از اندازه‌گیری دمای برگ ولی لازمه مدیریت آبیاری با استفاده از شاخص تنش آبی گیاه، برآورد مقدار آستانه آن تحت شرایط مختلف مدیریت مزرعه‌ای برای هر منطقه است. استان خوزستان یکی از مهم‌ترین بخش‌های تولید ذرت دانه‌ای در کشور بوده به‌طوری‌که در سال‌های اخیر با تولید ۳٥۱۲٤۰ تن ذرت دانه‌ای در جایگاه نخست تولید این محصول در کشور است (آمارنامه جهاد کشاورزی، ۱۳۹٦). مطابق سند ملی نیاز آبی گیاهان و روش‌های مختلف برآورد تبخیر و تعرق، نیاز خالص آبیاری ذرت نسبتاً پایین است درحالی‌که این گیاه به‌شدت به کم‌آبی حساس بوده و لذا استفاده از ابزار و روش‌های مناسب برای مدیریت آبیاری آن بسیار حائز اهمیت است. با توجه به سطح زیر کشت بالای ذرت در استان خوزستان اجرای هرگونه تحقیق جهت اجرای یک برنامه‌ریزی آبیاری دقیق برای افزایش عملکرد و بهره‌وری آب ذرت در این استان ضروری است. همچنین تلفات بالای آب در روش‌های آبیاری سطحی، ضرورت جایگزینی روش‌های تحت‌فشار ازجمله آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) به‌جای روش‌های سطحی را در این منطقه بیشتر می‌سازد. ازاین‌رو در تحقیق حاضر برای اولین بار در کشور با استفاده از دمای پوشش گیاهی به مقایسه حساسیت سه رقم مهم ذرت دانه‌ای به کم‌آبی تحت شرایط وسیع مزرعه‌ای پرداخته‌شده و هدف از این تحقیق ارزیابی شاخ CWSI برای ارقام مختلف تحت رژیم‌های متفاوت آبیاری تیپ و ارائه برنامه آبیاری بر اساس این شاخص در منطقه موردمطالعه است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در تابستان و پاییز ۱۳۹٦ و در یکی از مزارع مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد واقع در اراضی شبکه آبیاری دز انجام شد. شبکه آبیاری دز با وسعت ناخالص ۱۲٥۰۰۰ هکتار و مساحت خالص ۹۳۷٥۰ هکتار یکی از شبکه‌های بزرگ کشور است که در جنوب غربی ایران و در شمال استان خوزستان واقع‌شده است. مرکز تحقیقات صفی‌آباد دارای یک ایستگاه هواشناسی با مختصات جغرافیایی ٤۸ درجه و ۲٦ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۱٦ دقیقه عرض شمالی با ۸۲/۹ متر ارتفاع از سطح دریا است. متوسط ماهانه برخی از پارامترهای هواشناسی منطقه بر اساس اطلاعات ایستگاه هواشناسی منطقه در طول دوره آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. علاوه بر این مجموع تبخیر از تشت تبخیر در ماه‌های مرداد، شهریور، مهر و آبان به ترتیب ٤۲۲/۱، ۲٦۷، ۲۰٦/٦ و ۱۱٤/۱ میلی‌متر و میزان بارندگی نیز در این دوره تنها در آبان ماه و به میزان ٥ میلی‌متر ثبت شد. خاک مزرعه از نوع رسوبی با محتوای حداقل ٥۰- ٤۸ درصد آهک بوده که میزان کربن آلی آن در حد پایین و از جرم مخصوص ظاهری نسبتاً بالایی برخوردار است. جهت بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، پنج نمونه خاک از مزرعه برداشت و به آزمایشگاه انتقال یافت. پس از انجام

آزمایش و بررسی، میانگین خصوصیات پنج نمونه به‌عنوان خصوصیات خاک مزرعه در نظر گرفته شد که نتایج آن در جدول ۲ ارائه‌شده است. بر اساس آزمایش‌ها، کیفیت آب آبیاری با توجه به روش ویلکاکس در کلاس C_2-S_1 قرار داشت.

مشخصات طرح آزمایش

تحقیق حاضر به‌منظور ارزیابی شاخص تنش آبی گیاه برای سه رقم ذرت تحت مدیریت‌های مختلف آبیاری در قالب یک طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و آزمایش کرت‌های خردشده اجرا شد. فاکتور مدیریت آبیاری شامل T_{100} (تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه)، T_{75} (تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی) و T50 (تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی) تحت شرایط آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) در کرت‌های اصلی و سه هیبرید ذرت دانه‌ای شامل سینگل کراس ۷۰٤ (SC)، مبین (M) و کارون (K) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. هر کرت آزمایشی با ۱۲جویچه به طول ۲۰ متر و عرض پشته ۷۵ سانتی‌متر در سه تکرار ایجاد شد. همچنین برای حذف اثر تیمارها فاصله کرت‌ها از یکدیگر ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. در شکل ۱ جانمایی تیمارهای آزمایش نشان داده‌شده است. منبع تأمین آب آبیاری، یک کانال بتنی با ظرفیت ۱۵۰ لیتر در ثانیه بود که در کنار مزرعه قرار داشت. آب کانال به یک حوضچه هدایت‌شده و از آن محل عملیات پمپاژ و هدایت آب به فیلترهای شنی و دیسکی صورت می‌گرفت. انرژی موردنیاز سیستم توسط یک الکتروپمپ ۲۵۰-٤۰ (با دور ۱٤۵۰ دور در دقیقه و قدرت ٤ اسب بخار) تأمین می‌شد. آب آبیاری توسط فیلتر دیسکی تصفیه و پس از تنظیم فشار و کنترل مقدار حجم آب ورودی با استفاده از کنتورهای حجمی به نوارهای تیپ هدایت می‌شد. مقدار آب موردنیاز گیاه از طریق تبخیر از تشت تبخیر کلاس A برآورد گردید. برای این کار با استفاده از داده‌های تشت تبخیر واقع در کنار طرح، تبخیر و تعرق گیاه مرجع بر اساس رابطه ۱ محاسبه شد:

جدول ۱. میانگین ماهانه پارامترهای هواشناسی منطقه در دوره آزمایش

ماه	بیشینه دما (سانتی‌گراد)	کمینه دما (سانتی‌گراد)	رطوبت نسبی (درصد)	سرعت باد (متر بر ثانیه)	بارندگی (میلی‌متر)
مرداد	٤۷/٦	۲۸/٤	۲۹	۸/۰٦	۰
شهریور	٤۳/٦	۲۵/۵	۳۹/۸	۵/٤۳	۰
مهر	۳۷/۵	۱۸/۷	۳۹	٦	۰
آبان	۲۱/۸	۸	٦۹/۷	۵/٦	۵

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

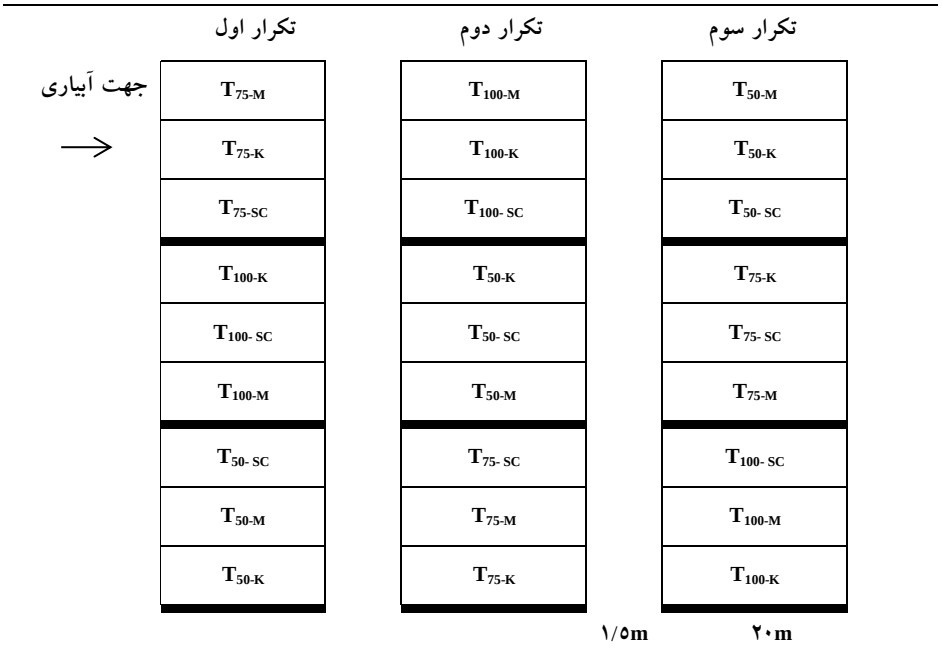
عمق خاک	بافت خاک	رطوبت FC (٪حجمی)	رطوبت PWP (٪حجمی)	ρ_b (gr/cm^3)	EC (ds/m)	P (ppm)	K (ppm)	کربن آلی (%) O.C
۰-۳۰	cl-l	۳۳	۱٤	۱/۵٤	۲/٤	۷/۳	۲۱۹	۰/۸۸
۳۰-٦۰	cl-l	۲۸	۱۲	۱/٦٦	۱/٤۸	٦/۸	۱۸٤	۰/۵٤
٦۰-۹۰	cl-l	۳٤	۱۸	۱/٦٤	۰/۸	٤/٦	۱۲۰	۰/۲۳

$$ET_0 = K_p \times E_p \quad (۲)$$

در رابطه بالا: ET_0: تبخیر و تعرق مرجع(میلی‌متر) K_p: ضریب تشت تبخیر که معادل ۰/۸ منظور شد و E_p: میزان تبخیر از تشت تبخیر (میلی‌متر) است. سپس با اعمال ضرایب گیاهی ذرت که از نشریه ٥٦ فائو به‌دست‌آمده بود (جدول ۳)، تبخیر و تعرق گیاه ذرت از طریق رابطه ۲ تعیین شد.

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad (۲)$$

در این رابطه: ET_c: تبخیر و تعرق گیاه ذرت (میلی‌متر) و K_c: ضریب گیاهی ذرت است که به عوامل مختلفی ازجمله میانگین رطوبت نسبی، سرعت باد در ارتفاع ۲ متری و درصد پوشش گیاهی اطراف تشت دارد (فائو ٥٦). پس‌ازآن مقدار آب لازم بر اساس دور آبیاری سه تا چهارروزه و با اعمال راندمان آبیاری ۹۰ تا ۹۵ درصد، برای هر تیمار محاسبه و در اختیار گیاه قرار گرفت. در طول دوره رشد تعداد ۲۹ نوبت آبیاری انجام شد و مجموع عمق ناخالص آبیاری برای تیمار آبیاری کامل معادل ٦٤٢ میلی‌متر به دست آمد. با توجه به توصیه‌های کودی ذکرشده در آزمون خاک مقدار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (اوره) در سه نوبت، ۱۰۰ کیلوگرم در هر هکتار سوپرفسفات تری پلو ۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاس (سولفات پتاسیم) به‌صورت دستی در اختیار خاک قرار گرفت. عملیات کاشت بذر ذرت در تاریخ ۱۱ مرداد ۱۳۹٦ به‌وسیله ماشین بذرکارپنوماتیک انجام شد به‌منظور دستیابی به تراکم موردنظر (۷۵ هزار بوته در هکتار)، فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۲ سانتی‌متر و عمق کاشت ٤ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. تیمارهای آبی حدود یک ماه پس از کشت و هم‌زمان با ابتدای مرحله رشد رویشی اعمال شدند.



شکل ۱. جانمایی تیمارهای آزمایش

جدول ۳. ضرایب گیاهی ذرت دانه‌ای در مراحل مختلف رشد(خرمیان، ۱۳۹۰)

مرحله اولیه (۲۵ روز اول)	مرحله‌ی توسعه (۳۵ روز بعد)	مرحله میانی (٤٠ روز بعد)	مرحله نهایی رشد (۲۵ روز بعد)
۰/۵	۰/۸۵	۱/۱۵	۰/۸

اندازه‌گیری شاخص تنش آبی گیاه(CWSI)

به‌منظور تعیین شاخص تنش آبی گیاه ذرت، ابتدا دمای برگ (T_c) در روزهای موردنظر اندازه‌گیری و پس از محاسبه خطوط مبنای بالا ($(T_c - T_a)_{u.l}$) و پایین ($(T_c - T_a)_{l.l}$)، شاخص تنش آبی گیاه طبق روش ایدسو (1982) محاسبه شد که در روابط ۳ تا ۷ آمده است. ازآنجایی‌که اندازه‌گیری دمای پوشش گیاهی در اوایل رشد که پوشش گیاهی کم بوده دقت قابل قبولی ندارد لذا اندازه‌گیری‌ها از ابتدای شهریور انجام شد. ازاین‌رو دمای پوشش گیاهی در طول دوره رشد ذرت در ۳۶ نوبت یا به‌عبارت‌دیگر در ۱۸ آبیاری (روزهای قبل و بعد از آبیاری) توسط دماسنج مادون‌قرمز مدل Marmonix (MIT-364) اندازه‌گیری شد. هم‌زمان با هر بار اندازه‌گیری دمای برگ، قرائت دمای تر و خشک هوا (T_a) نیز توسط سایکرومتر صورت می‌گرفت. با اندازه‌گیری دمای پوشش سبز در روزهای بعد از آبیاری، از ساعت ۸:۳۰ صبح الی ۱۴:۳۰ بعدازظهر و به فاصله زمانی یک ساعت، خط مبنای پایین یا شرایط بدون تنش به روش ایدسو برای تیمارهای شاهد (بدون تنش) محاسبه شد. این بازه زمانی بر اساس تحقیقات قبلی نظیر احمدی و همکاران (۱۳۹۷) انتخاب شده است. با استفاده از دمای تر و خشک برای هر قرائت، رطوبت نسبی هوا (RH) و سپس کمبود فشار بخار اشباع هوا (VPD) محاسبه و درنهایت خط مبنای پایین از ترسیم اختلاف دمای پوشش سبز گیاه و هوا در مقابل کمبود فشار بخار هوا برای روزهای بعد از آبیاری و برای تیمارهای بدون تنش به دست آمد. برای تعیین خطوط مبنای بالا نیز بر اساس روش ایدسو با در اختیار داشتن درجه حرارت هوا و گیاه، مقدار شیب فشار بخار بین برگ گیاهان و هوا (VPG) و سپس با استفاده از ضرایب a وb خط مبنای پایین (ضرایب تجربی خط رگرسیون)، موقعیت خط مبنای بالا یا همان h که مقداری ثابت و برحسب درجه سانتی-گراد است تعیین شد. بعد از تعیین خطوط مبنای بالا و پایین جهت محاسبه شاخص تنش آبی گیاه، در روزهای قبل از آبیاری اندازه‌گیری دمای پوشش سبز از تمام تیمارها و در فاصله زمانی ساعات ۱۱:۳۰ الی ۱۵:۳۰ بعدازظهر و هر یک ساعت یک‌بار انجام شد. در رابطه ۵ عبارت $(T_c - T_a)_m$ اختلاف دمای پوشش سبز گیاه و هوا را در هر زمان اندازه‌گیری شاخص تنش آبی گیاه نشان می‌دهد.

$$(T_c - T_a)_{l.l} = a - b(VPD) \quad (۳)$$

$$VPD = (0.6108 * EXP(\frac{17.27 * T_a}{T_a + 237.3})) \times \left(1 - \frac{RH}{100}\right) \quad (٤)$$

$$(T_c - T_a)_{u.l} = a + b.|VPG| = h \quad (۵)$$

$$VPG = e_s(T_c) - e_s(T_a) \quad (٦)$$

$$CWSI = \frac{(T_c - T_a)_m - (T_c - T_a)_{ll}}{(T_c - T_a)_{ul} - (T_c - T_a)_{ll}} \quad (۷)$$

نتایج و بحث

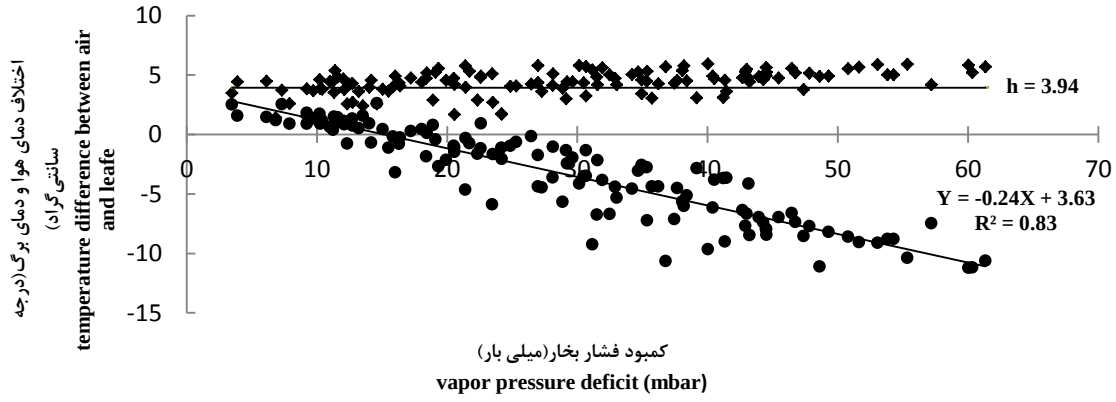
برآورد خطوط مبنای بالا و پایین برای ارقام مختلف ذرت

خطوط مبنای پایین و بالا با استفاده از مجموع داده‌های هرماه برای ارقام مختلف محاسبه شد (جدول ٤). با توجه به روابط ارائه‌شده در جدول برای هر رقم ذرت مشاهده می‌شود که ضرایب خط مبنای پایین و نیز موقعیت خط مبنای بالا متفاوت است به‌طوری‌که به‌عنوان نمونه برای رقم سینگل کراس ۷۰٤، مقادیر خط مبنای بالا در ماه‌های شهریور، مهر و آبان به ترتیب ۳/٤٤، ۵/۱۹ و ۳/۲۱ است. بررسی‌های بیشتر نشان می‌دهد که تفاوت این مقادیر در ماه‌های مختلف برای رقم کارون و مبین نیز وجود دارد که با نتایج سایر محققین نیز مطابقت دارد (قربانی و همکاران، ۱۳۹۳). علاوه بر این ضرایب معادلات خطوط مبنای پایین نیز در ارقام مختلف برای ماه‌های مختلف متفاوت هستند. بنا به نظر سایر محققین ازآنجایی‌که میزان تعرق در طول فصل رشد گیاه متفاوت است لذا جهت استفاده از شاخص CWSI توصیه می‌شود که خطوط مبنا برای مراحل مختلف رشد جداگانه ارائه گردند. به‌منظور مقایسه بهتر موقعیت خطوط مبنا در ارقام مختلف ذرت، با استفاده از مجموع داده‌های به‌دست‌آمده روابط مختص به هر رقم برای کل دوره در شکل‌های ۲ تا ٤ نشان داده‌شده است. با توجه به

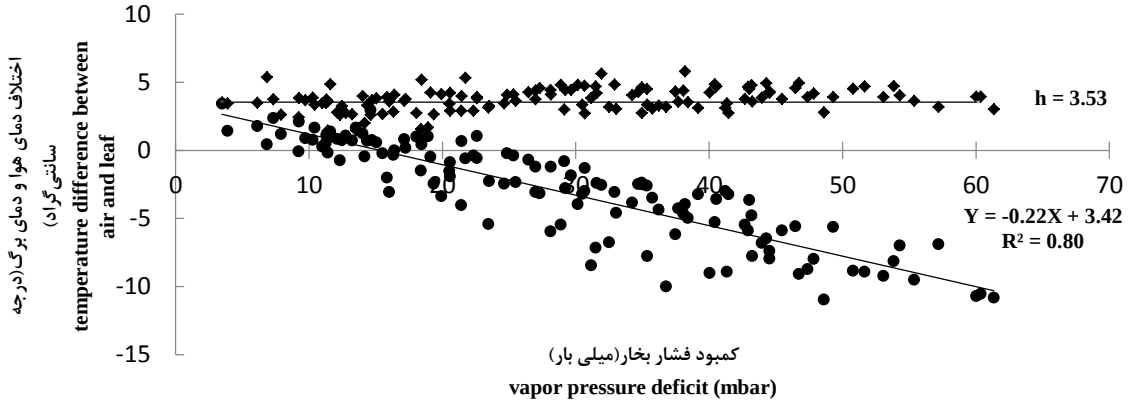
شکل‌ها ارتباط بین دو پارامتر اختلاف دمای پوشش سبز گیاه و هوا و کمبود فشار بخار که از اصول اساسی در محاسبه‌ی شاخص تنش آبی گیاه به روش ایدسو است، نشان داده‌شده است. بررسی شکل‌ها نشان می‌دهد که مقدار کمبود فشار بخار هوا در طول فصل از ۵ تا ٦۵ میلی بار متغیر است و با افزایش کمبود فشار بخار هوا (هم‌زمان با افزایش دمای هوا)، اختلاف دمای پوشش سبز گیاه و هوا افزایش می‌یابد. به‌عبارت‌دیگر هم‌زمان با افزایش کمبود فشار بخار و دمای هوا، تبخیر و تعرق افزایش‌یافته و تبادل حرارتی بیشتری انجام‌شده که موجب خنک شدن گیاه و افزایش اختلاف دمای هوا با پوشش گیاهی می‌شود. دقت روابط برازش داده‌شده در کلیه تیمارها بالا بوده به‌طوری‌که ضریب تبیین در تمامی معادلات بالای ۰/۸ است. مقایسه روابط کلی ارائه‌شده برای ارقام مختلف ذرت نشان می‌دهد که به دلیل تفاوت واریته‌های مختلف، روابط خطوط مبنای پایین و بالا برای هرکدام مقادیر متفاوتی به دست آمد. (Han *et al.*, 2018) نیز گزارش کردند شرایط اقلیمی، مدیریت آبیاری، نوع خاک و واریته گیاهی از عواملی هستند که بر روی ضرایب خط مبنای پایین و بالا تأثیرگذارند.

جدول ٤. روابط خط مبنای پایین در تیمارهای مختلف

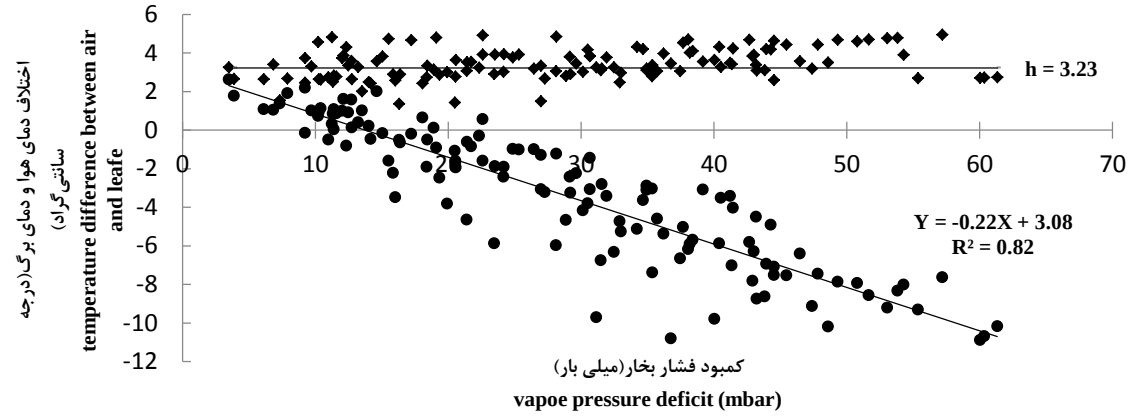
رقم ذرت	ماه	خط مبنای پایین	R^2	خط مبنای بالا
SC704	شهریور	$(T_c - T_a)_{l.l} = 1.98 - 0.23VPD$	$R^2 = 82$	۳/٤٤
	مهر	$(T_c - T_a)_{l.l} = 3.47 - 0.20VPD$	$R^2 = 91$	۵/۱۹
	آبان	$(T_c - T_a)_{l.l} = 2.74 - 0.15VPD$	$R^2 = 78$	۳/۲۱
K	شهریور	$(T_c - T_a)_{l.l} = 1.95 - 0.22VPD$	$R^2 = 81$	۳/۲۹
	مهر	$(T_c - T_a)_{l.l} = 3.26 - 0.18VPD$	$R^2 = 91$	٤/٦۳
	آبان	$(T_c - T_a)_{l.l} = 2.30 - 0.14VPD$	$R^2 = 63$	۲/٦۷
M	شهریور	$(T_c - T_a)_{l.l} = 1.50 - 0.21VPD$	$R^2 = 77$	۲/٤۷
	مهر	$(T_c - T_a)_{l.l} = 3.16 - 0.20VPD$	$R^2 = 91$	٤/٦٦
	آبان	$(T_c - T_a)_{l.l} = 2.20 - 0.15VPD$	$R^2 = 77$	۲/۵۷



شکل ۲. نمودار خط مبنای پایین و بالا در فصل رشد ذرت رقم سینگل کراس ۷۰٤.



شکل ۳. نمودار خط مبنای پایین و بالا در فصل رشد ذرت رقم کارون.

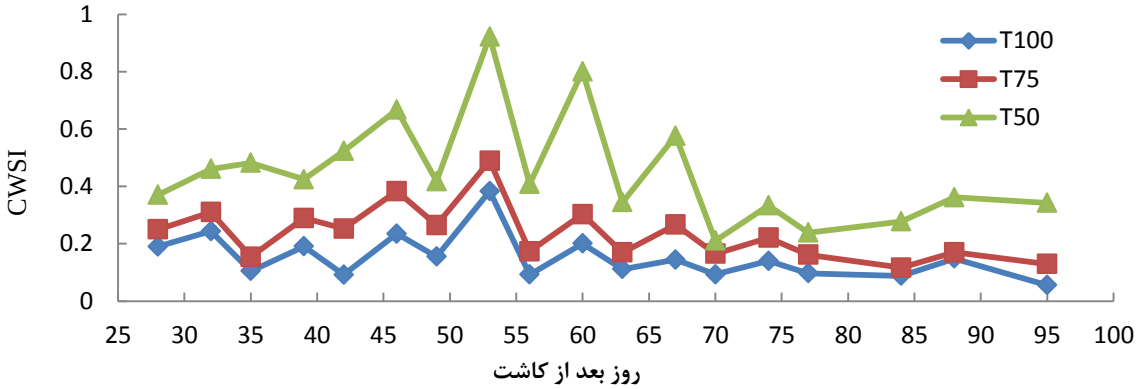


شکل ٤. نمودار خط مبنای پایین و بالا در فصل رشد ذرت رقم مبین.

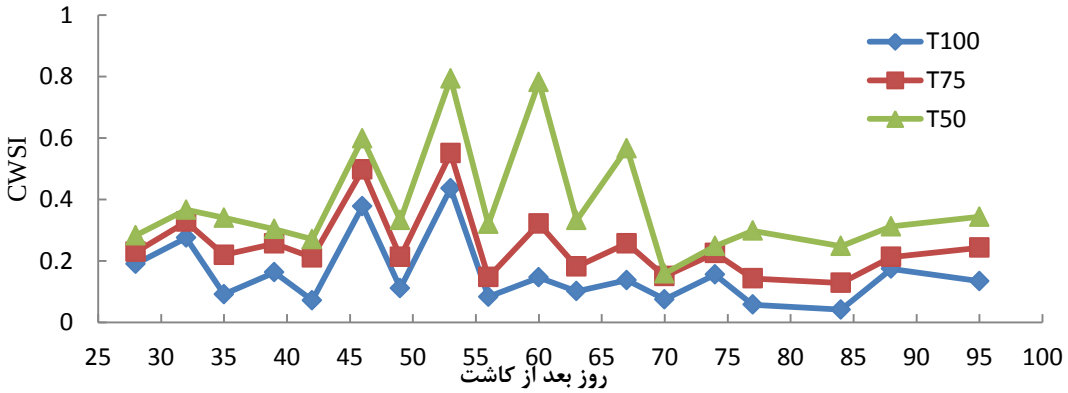
مقایسه شاخص تنش آبی در ارقام مختلف

با استفاده از روابط خطوط مبنای بالا و پایین در مراحل مختلف رشد، شاخص تنش آبی برای ارقام مختلف و در طول فصل رشد محاسبه و نتایج آن در شکل‌های ۵ تا ۷ ارائه شد. با توجه به شکل‌های مربوط مشاهده می‌شود که افزایش تنش آبی بر روی مقادیر CWSI تأثیر داشته و باعث افزایش آن شده است به‌طوری‌که در هر سه رقم ذرت مورد بررسی بیشترین مقادیر شاخص تنش آبی در رژیم‌های آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی (T_{50}) و کمترین مقادیر شاخص تنش آبی در رژیم‌های آبیاری کامل (T_{100}) رخ می‌دهند. درواقع در زمان ایجاد تنش، شرایط رطوبتی گیاه به حد مبنای بالا نزدیک‌تر می‌شود که در چنین شرایطی گیاه به‌منظور مبارزه با تنش گرمایی و حفظ آب اندام‌های خود با بستن روزنه‌ها و کاهش تعرق با کمبود آب مبارزه می‌نماید و به همین دلیل دمای پوشش گیاهی نیز افزایش می‌یابد. برعکس در شرایطی که گیاه با تنش کمتری مواجه است، شاخص تنش آبی به حد مبنای پائین (شرایط ایده‌آل رطوبتی) نزدیک‌تر می‌شود و درنتیجه آن جذب CO_2 و فتوسنتز نیز با شدت بیشتری در راستای تولید مطلوب انجام می‌گیرد. تفاوت‌های به وجود آمده بین مقادیر شاخص CWSI در رژیم‌های مختلف آبیاری بیانگر حساسیت بالای دمای پوشش سبز گیاه به کمبود آب است به‌طوری‌که در ارقام مختلف موردبررسی با کاهش ۲۵ درصدی آب آبیاری شاخص CWSI حدود ٦۰ تا ۷۰ درصد و با کاهش ۵۰ درصدی آب آبیاری این شاخص تا ۲۰۰ درصد افزایش‌یافته است. لذا این شرایط به‌خوبی

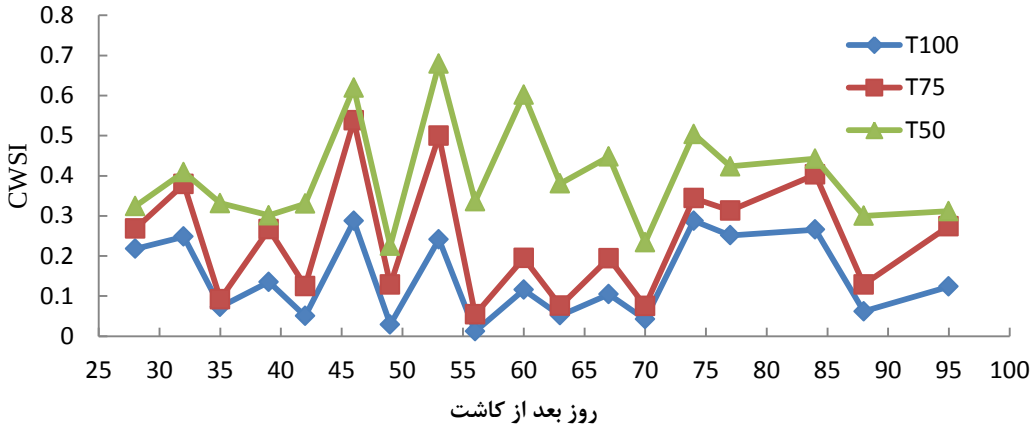
بیانگر این واقعیت است که از این شاخص می‌توان به‌خوبی جهت ارزیابی وضعیت آبی گیاهان استفاده کرد. جهت بررسی تأثیر تیمارهای مختلف روی شاخص تنش آبی، متوسط شاخص تنش آبی گیاه در کل دوره رشد برای هر سه رقم و در رژیم‌های مختلف آبیاری محاسبه و مورد آنالیز آماری قرار گرفت. بر اساس آزمون تجزیه واریانس تأثیر ارقام ذرت بر روی شاخص تنش آبی معنی‌دار نبود ولی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. ازاین‌رو مقایسه میانگین مقادیر CWSI با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد صورت گرفت (شکل ۸). بر این اساس تیمار $T_{100\text{-}M}$ با مقدار ۰/۱٤ دارای کمترین مقدار شاخص تنش آبی است که با تیمارهای $T_{100\text{-}SC}$ و $T100_{\text{-}K}$ به ترتیب با مقادیر ۰/۱۵، ۰/۱٦، اختلاف معنی‌داری ندارد. همچنین تیمار $T_{50\text{-}SC}$ با مقدار ۰/٤٦ داری بیشترین مقدار شاخص تنش آبی است که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری دارد. همان‌طور که ملاحظه شد کمترین مقدار متوسط شاخص تنش آبی گیاه در رقم مبین و تیمار آبیاری کامل، برابر با ۰/۱٤ و بیشترین مقدار متوسط شاخص تنش آبی گیاه در رقم ۷۰٤ و تیمار ۵۰ درصد برابر با ۰/٤٦ است. در تحقیقات دیگر مقادیر متفاوتی برای شاخص تنش آبی گیاه ذرت گزارش‌شده است به‌طوری‌که قربانی و همکاران (۱۳۹۳)، مقدار شاخص تنش آبی گیاه را برای آبیاری بارانی در شهریور و مهرماه به ترتیب ۰/۱٤ و ۰/۱۸ برآورد کردند و نیز سعیدی نیا و همکاران (۱۳۹٤) مقدار ۰/۲۳ را برای CWSI جهت انجام برنامه‌ریزی آبیاری در شرایط آب‌شور تعیین کردند. این تفاوت‌ها علاوه بر تفاوت در شرایط اقلیمی می‌تواند ناشی از روش آبیاری، نوع واریته، نوع خاک و نیز تفاوت در شرایط حاصلخیزی مزرعه باشد.



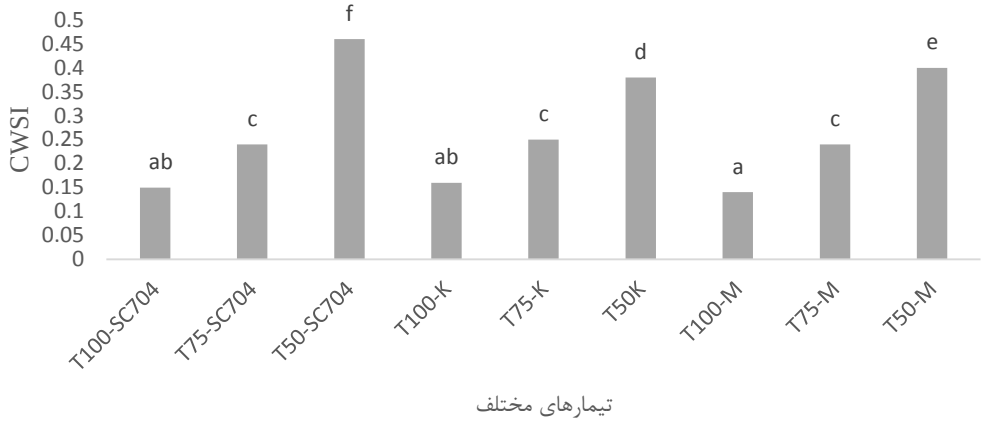
شکل ۵. تغییرات شاخص تنش آبی گیاه در طول فصل رشد برای ذرت رقم سینگل کراس ۷۰٤ تحت رژیم‌های مختلف آبیاری.



شکل ٦. تغییرات شاخص تنش آبی گیاه در طول فصل رشد برای ذرت رقم کارون تحت رژیم‌های مختلف آبیاری.



شکل ۷. تغییرات شاخص تنش آبی گیاه در طول فصل رشد برای ذرت رقم مبین تحت رژیم‌های مختلف آبیاری.



شکل ۸. مقایسه مقادیر متوسط شاخص تنش آبی گیاه در تیمارهای مختلف.

رابطه شاخص تنش آبی گیاه با عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک ذرت

از مهم‌ترین عوامل کاربردی بودن شاخص تنش آبی گیاه همبستگی بالای آن با عملکرد محصول در شرایط مختلف مدیریتی مزرعه است که بیانگر واکنش عملکرد محصول به کم‌آبی بوده و لذا میزان عملکرد محصول از طریق این ارتباط قابل پیش‌بینی است. جدول ۵ رابطه رگرسیونی با همبستگی بالا و معنی‌دار بین عملکرد ذرت و شاخص تنش آبی گیاه را در ارقام مختلف نشان می‌دهد به‌طوری‌که در هر سه رقم ذرت موردبررسی با افزایش میزان تنش آبی، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک محصول به‌صورت خطی کاهش‌یافته که وجود این رابطه خطی بین شاخص CWSI و عملکرد در بسیاری از تحقیقات قبلی نیز گزارش‌شده است (سعیدی نیا و همکاران، ۱۳۹۵ و قربانی و همکاران، ۱۳۹۳).

رقم کارون بیشترین حساسیت به تنش آبی را داشته به‌طوری‌که در این رقم ضریب یا شیب کاهش عملکرد دانه و بیولوژیک در برابر کم‌آبی با مقادیر ۲۱ و ٤٧ درصد نسبت به دو رقم دیگر بیشترین مقدار رادارند. از سوی دیگر این ضرایب در مورد رقم سینگل کراس ۷۰٤ (SC704) با مقادیر ۱۲ و ۳۲ درصد دارای کمترین مقدار بوده که بیانگر حساسیت کمتر این رقم به کم‌آبی است.

برنامه‌ریزی آبیاری ذرت در روش آبیاری تیپ با استفاده از دماسنج مادون‌قرمز

شاخص تنش آبی گیاه که خود تابع دمای پوشش گیاهی است به‌خوبی وضعیت تنش آبی را در گیاه ذرت نشان می‌دهد و می‌تواند به‌منظور برنامه‌ریزی آبیاری مورداستفاده قرار گیرد. از آنجایی‌که هدف اصلی آبیاری تولید محصول حداکثری است از این رو برای تعیین زمان آبیاری از مقادیر شاخص تنش آبی گیاه در شرایط آبیاری کامل یا شرایط بدون تنش استفاده شد. همان‌طور که نتایج آنالیز آماری نشان داد تأثیر ارقام مختلف ذرت روی شاخص تنش آبی معنی‌دار نبود و لذا میانگین شاخص تنش آبی برای هر سه رقم به‌عنوان مبنای برنامه زمان‌بندی آبیاری استفاده شد. در جدول ٦ روابط مختلفی برای زمان‌بندی آبیاری ارائه شد. این روابط بر اساس مقادیر شاخص تنش آبی معادل ۰/۱۷، ۰/۱۵، ۰/۱۲ و ۰/۱۵ به ترتیب برای مراحل رشد و توسعه، میانی، پایانی و کل دوره استخراج‌شده است. قابل‌ذکر است برای استفاده از این روابط جهت تعیین زمان آبیاری ابتدا باید مقدار کمبود فشار بخار اشباع در ساعات ۱۱:۳۰ الی ۱۵:۳۰ مصادف با حداکثر تنش آبی گیاه اندازه‌گیری شده و با استفاده از آن مقدار مجاز یا حداکثر اختلاف دمای هوا و گیاه قبل از آبیاری $(T_C - T_a)_a$ محاسبه می‌شود.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق ابتدا روابط خطوط مبنای بالا و پایین برای سه رقم ذرت شامل سینگل کراس ۷۰٤، مبین و کارون در مراحل مختلف رشد محاسبه شد. با استفاده ازاین‌روابط شاخص تنش آبی گیاه در تیمارهای مختلف و در طول فصل محاسبه گردید که نشان داد تأثیر رژیم‌های آبیاری روی شاخص تنش آبی معنی‌دار بوده ولی رقم‌های مختلف ذرت اثر معنی‌داری روی شاخص تنش آبی نداشتند. بر همین اساس کمترین مقدار شاخص تنش آبی معادل ۰/۱٤ و برای رقم مبین در شرایط آبیاری کامل به دست آمد درحالی‌که بیشترین مقدار شاخص معادل ۰/٤٦ و برای رقم سینگل کراس ۷۰٤ و در رژیم آبیاری ۵۰ درصد حاصل شد. درنهایت به‌منظور مدیریت بهینه آبیاری ذرت در منطقه و با استفاده از شاخص CWSI رابطه $(T_c - T_a)_a = 3.44 - 0.19VPD$ جهت تعیین زمان مناسب آبیاری در شرایط آبیاری قطره‌ای استخراج شد.

جدول ۵. روابط شاخص تنش آبی گیاه با عملکرد دانه

رقم	رابطه عملکرد دانه(SY) و CWSI	R^2	رابطه عملکرد بیولوژیک (BY) و CWSI	R^2
SC704	$SY = -11.84CWSI + 9.45$	۰/۹۷	$BY = -31.697CWSI + 27.309$	۰/۹۷
K	$SY = -20.90CWSI + 12.47$	۰/۹۹	$BY = -47.355CWSI + 32.826$	۰/۹۵
M	$SY = -13.88CWSI + 10.09$	۰/۹۹	$BY = -37.175CWSI + 29.076$	۰/۹۸

جدول ٦. روابط برنامه‌ریزی آبیاری ذرت در مراحل مختلف رشد تحت آبیاری قطره‌ای

مرحله	رابطه برنامه‌ریزی آبیاری
رشد و توسعه	$(T_c - T_a)_a = 2.18 - 0.18VPD$
میانی	$(T_c - T_a)_a = 3.47 - 0.15VPD$
نهایی	$(T_c - T_a)_a = 2.34 - 0.12VPD$
کل دوره	$(T_c - T_a)_a = 3.44 - 0.19VPD$

فهرست منابع

آمارنامه جهاد کشاورزی. ۱۳۹٦. جلد اول: محصولات زراعی. وزارت جهاد کشاورزی. ۹۰ صفحه.

احمدی، ح.، نصرالهی، ع.، شریفی پور، م.، عیسوند، ح. ۱۳۹۷. تعیین شاخص تنش آبی سویا برای مدیریت آبیاری برای عملکرد آب و بهره وری، مجله آبیاری و مهندسی آب 8 (32) :131-120 .

خرمیان، م. ۱۳۹۰. شبیه‌سازی اثر مقادیر آب و نیتروژن بر حرکت نیترات در خاک و عملکرد ذرت دانه‌ای در دو روش خاک-ورزی. رساله دکتری آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب.

خورسند، ا.، وردی نژاد و. ر.، عسگرزاده، ح.، مجنونی هریس، ا.، رحمتی، ا.، بشارت، س؛ و صدرالدینی، ع. ا. ۱۳۹۸. تعیین شاخص تنش آبی (CWSI) جهت تشخیص زمان تنش آبی محصول ذرت در منطقه ارومیه. مجله تحقیقات آب و خاک ایران. ۵۰ (٤): ۸۸٤-۸۷۳.

سعیدی نیا، م.، برومند نسب، س.، هوشمند، ع.، سلطانی محمدی، ع؛ و اندرزیان، ب. ۱۳۹٤. کاربرد شاخص CWSI برای برنامه ریزی آبیاری ذرت با استفاده از آب شور در اهواز. مجله آب و خاک.26 (1) :185-173.

سعیدی‌نیا، م.، نصرالهی، ع. ح؛ و شریفی‌پور، م. ۱۳۹۸. بررسی توانایی شاخص تنش آبی گیاه در برنامه‌ریزی آبیاری و برآورد میزان عملکرد ذرت علوفه‌ای. مجله تحقیقات آب و خاک ایران. ۵۰ (۳): ٥٦٥-٥٥٥.

عباسی، ف. ناصری، ع. سهراب، ف. باغانی، ج. عباسی، ن. اکبری، م. ۱۳۹٤. بهبود بهره وری در مصرف آب. سازمان تحقیقات، آموزش و گسترش کشاورزی. آمار کشاورزی ۹۵-۱۳۹٤. وزارت جهاد کشاورزی، معاون برنامه ریزی و اقتصاد، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.

علیزاده، ا. ۱۳۸٤. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات آستان قدس رضوی. ٤۷۰ ص.

قربانی، م.، برومند، س.، سلطانی محمدی، ع.، مینایی، س. ۱۳۹۳. برنامه ریزی آبیاری ذرت تابستانی در دو نوع آبیاری سطحی و باران با استفاده از شاخص CWSI در شرایط آب و هوایی اهواز .مجله علوم و مهندسی آبیاری. ۳۸ (٤): ۷۳-٦٤.

ناصری، ا. ۱۳۹۵. برنامه‌ریزی آبیاری ذرت براساس اختلاف دمای هوا و آسمانه گیاهی. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۰ (۳): ٤۱۲-٤۲۱.

Ahmadi. S.H. Agharezaee. M. Kamgar-Haghighi. A.A. and Sepaskhah. A.R. 2017. Comparing canopy temperature and leaf water potential as irrigation scheduling criteria of potato in water-saving irrigation strategies. International Journal of Plant Production 11(2): 333-348.

David A.Carroll, Neil C. Hansen, Bryan G. Hopkins and Kendall C. Dejonge. 2017. Leaf temperature of maize and Crop Water Stress Index with variable irrigation and nitrogen supply. Journal of Irrigation Science. 10.1007/s00271-017-0558-4.

Gontia, N.K. and Tiwari, K.N. 2008. Development of crop water stress index of wheat crop for scheduling irrigation using infrared thermometry. Agric. Water Manage. 95: 1144-1152.

Han. M. Zhang. H. Dejonge. K.C. Comas. L. H. and Gleason. S. 2018. Comparison of three crop water stress index models with sap flow measurements in maize. Agricultural Water Management (203): 366-375.

Idso S.B. 1982. Non-water-stressed baselines: a key to measuring and interpreting plant water stress.AgriculturalMeteorology. 27:59-70.

Idso. S.B. R.D. Jackson. P.J. Pinter. R.J. Reginato and J.L. Hatfield. 1981. Normalizing the stress-degree-day parameter for environmental variability. Agric. Meteoral. 24: 45-55.

O'Shaughnessy, S. A. Evett, S. R. Colaizzi P. D. and T. A. Howell. 2010. Automatic irrigation scheduling of grain sorghum using a CWSI and time threshold. ASABE. IRR10-9011.

Verdi race, and. Evangelist, Q. And h. Ahmadi. 2011. Estimation of Maximum Allowable Discharge of Forage Maize at Different Growth Stages Using Vegetation and Air Greenhouse Temperature Differences. Journal of Soil and Water Science and Technology, 25 (26): 1352-1384.

Veysi, S. Naseri, A. and Hamzeh, S. 2018. Relationship between leaf sheath moisture and Crop Water Stress Index (CWSI) using Infrared Thermometer. Journal of Irrigation Sciences and Engineering. 40(4): 77-90.

Yeşim, A. Halim, O. Arzu, G. Hüseyin, T.G. 2015. The Canopy Temperature Response to Vapor Pressure Deficit of Grapevine cv. Semillon and Razaki. Agriculture and Agricultural Science Procedia 4: 399 – 407.

ISSN 2251-7480

Evaluation of CWSI for Three of Corn Cultivars under Drip Irrigation Regimes (The Lands of Khuzestan Northern)

Peyman Lalvand [1], Aliheidr Nasrolahi [2]*, Mohammad Khorramian [3] and Mehri Saeidinia [4]

1*) Masters Student, Water Engineering Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khoramabad, Iran.
Corresponding author email: nasrolahi.a@lu.ac.ir
2, 4) Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khoramabad, Iran.
3) Assistant Professor, Department of Agricultural Engineering and Research, Safi Abad Agricultural Research and Training Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Dezful, Iran.

Received: 25-12-2019 Accepted: 01-07-2020

Abstract

This study was conducted to evaluate the CWSI index in different cultivars of maize under drip irrigation Strategies at Safi Abad Agricultural Research Center, north of Khuzestan province. Irrigation management factors included T100 (100% water requirement), T75 (75% water requirement) and T50 (50% water requirement) were in main plots and maize hybrids including Single Cross 704 (SC), Mobin (M) and Karun (K) were subplots. High and low baseline relationships were estimated for all three cultivars with high accuracy (R2 <0.8) during the growing season. CWSI index varied from 0.01 to 0.46 for different treatments and at different growth stages. The results of statistical analysis showed that the difference of water stress index of maize was not significant between different cultivars but the effect of irrigation management on it was significant at 1% probability level. Accordingly, CWSI values of 0.17, 0.15, and 0.12 were estimated for corn growth and development, middle and end stages, respectively, to determine drip irrigation time using this index. In addition, the results showed that there was a high correlation between CWSI and maize yield and were derived the relationships to estimate yield by using this index. Based on these relationships, Caron hybrid had the highest sensitivity to water stress, with the coefficient or slope of grain and biological yield reduction against water stress were 21% and 47% respectively than were higher from other two cultivars.

Keywords: Deficit Irrigation, Irrigation Planning, Leaf Temperature, Yield