

مقاله علمی- پژوهشی

بررسی رابطه‌ی بین شاخص تنش آبی گیاه نیشکر و رطوبت خاک در دو سامانه آبیاری سطحی (جویچه‌ای انتها بسته) و قطره‌ای زیرسطحی

محسن اکبری چمنی^۱، امیر سلطانی محمدی^{۲*}، سعید برومندنسب^۳، علی شینی دشتگل^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۲۴

چکیده

یکی از عواملی که باعث کاهش رشد گیاه می‌شود تنش آبی کوتاه مدت وارده به گیاه در بین دو آبیاری است. این تحقیق با هدف بررسی رابطه بین شاخص تنش آبی گیاه (CWSI) نیشکر و رطوبت خاک تحت دو سامانه آبیاری جویچه‌ای انتها بسته (CI) و آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (SDI) در ایستگاه تحقیقاتی شماره یک مؤسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان، از تیرماه تا شهریورماه (دوره پیک نیاز آبی نیشکر) در سال ۱۴۰۱ انجام شد. برای این منظور، مزرعه‌ای شامل بازرویی سوم، از نوع واریته CP69-1062 و با چهار تکرار برای هر دو سامانه آبیاری انتخاب شد. ابتدا خطوط مبنای بالا و پایین برای سامانه آبیاری جویچه‌ای انتها بسته تعیین شد. سپس با استفاده از این خطوط، متوسط شاخص تنش آبی گیاه برای سامانه‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و آبیاری جویچه‌ای انتها بسته برای هر ماه جداگانه برآورده گردید. بیشترین مقدار شاخص تنش آبی برای آبیاری سطحی برای شهریورماه برابر ۰/۵۴ و برای آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، در مردادماه برابر ۰/۴۹ برآورد شد. نتایج نشان داد همبستگی بالایی بین شاخص تنش آبی با رطوبت خاک فقط در روش آبیاری سطحی برای عمق‌های ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی متری وجود دارد. میزان همبستگی بین شاخص تنش آبی با رطوبت خاک برای سامانه آبیاری سطحی در محدوده ۰/۶۰-۰/۷۰، و برای سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در محدوده ۰/۱۲-۰/۴۶ تعیین شد که به نظر می‌رسد علاوه بر تنش آبی، تنش‌های دیگر نظیر تنش شوری ناشی از آب‌آبیاری و خاک مزرعه نیز به گیاه وارده می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری جویچه‌ای انتها بسته، دمای برگ، دماسنج مادون قرمز، خط مبنای بالا و پایین

مقدمه

آب گیاه برای بهینه‌سازی تولید در واحد آب مصرفی مورد نیاز است (Han et al., 2018). تحقیقات نشان می‌دهد که اندازه‌گیری وضعیت آب در گیاه و استفاده از شاخص‌های گیاهی شامل رنگ و شادابی گیاه، مقدار آب نسبی، پتانسیل آب برگ، تجزیه گیاه، مقاومت روزنه-ای و دمای پوشش سبز گیاه می‌تواند تخمین بهتری از شدت تنش وارده به گیاه را ارائه نمود و لذا به منظور مدیریت بهتر آبیاری در مزارع مورد استفاده قرار گیرد (شاهرخ‌نیا، ۱۳۹۳: عنابی و همکاران، ۱۳۹۵: احمدی و همکاران، ۱۳۹۷). از مؤثرترین روش‌های غیرمخرب در تعیین وضعیت آبی گیاه، استفاده از دمای پوشش سبز گیاه می‌باشد که یک شاخص قابل اطمینان برای سنجیدن تنش آبی است (Fitzerald et al., 2006). زیرا دمای پوشش سبز گیاه با میزان تعرق رابطه خطی دارد که با بسته شدن روزنه‌ها، دمای برگ افزایش می‌یابد (Pipatsitee et al., 2018). با استفاده از این روش (تعیین دمای پوشش سبز گیاه)، پارامتری کاربردی تحت عنوان شاخص تنش آبی

کمیاب منابع آب و هزینه‌های بالای آبیاری، استفاده از راهکارهای صرفه‌جویی در مصرف آب را به عنوان راهی برای بهبود بهره‌وری مصرف آب و تولید محصول ترغیب کرده است (Luan et al., 2021 O'Shaughnessy et al., 2017). با این وجود، برای بهبود استفاده از آب کشاورزی، تشخیص به موقع وضعیت

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهیدچمران اهواز، اهواز، ایران
- ۲- دانشیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهیدچمران اهواز، اهواز، ایران
- ۳- استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهیدچمران اهواز، اهواز، ایران
- ۴- مدیر گروه تحقیقات آبیاری و زهکشی، مؤسسه توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان، خوزستان، اهواز، اهواز، ایران

(Email: a.soltani@scu.ac.ir)

*- نویسنده مسئول:

DOR: 20.1001.1.20087942.1402.17.4.15.5

$$(Tc-Ta)_{ul}=h \quad (۴)$$

h: مقداری ثابت برحسب درجه سلسیوس و مستقل از کمبود فشار بخار می‌باشد.

پس از تعیین خط مبنای پایین و بالایی، شاخص تنش آبی گیاه را طبق روش ایدسو می‌توان به صورت رابطه (۵) ارائه داد:

$$CWSI = \frac{(Tc-Ta)_m - (Tc-Ta)_{ll}}{(Tc-Ta)_{ul} - (Tc-Ta)_{ll}} = \frac{(Tc-Ta)_m - (a-bVPDm)}{h - (a-bVPDm)} \quad (۵)$$

$(Tc-Ta)_m$: اختلاف دمای برگ و هوا روز قبل از آبیاری بر حسب درجه سلسیوس می‌باشد، $(Tc-Ta)_{ll}$: اختلاف دمای برگ و هوا از معادله خط مبنای پایین برای کمبود فشار بخار (VPD) مشخص، $(Tc-Ta)_{ul}$: مقداری ثابت برای خط مبنای بالای تنش می‌باشد.

در منطقه شعبیه شوشتر، به منظور تعیین برنامه ریزی آبیاری گیاه نیشکر، از شاخص تنش آبی گیاه، تحت روش آبیاری سطحی استفاده شد. نتایج نشان داد، مقدار شاخص (CWSI) برای تعیین زمان آبیاری بین ۰/۱ تا ۰/۳ متغیر می‌باشد (پرومندنسب و همکاران، ۱۳۸۶). به منظور تعیین زمان آبیاری گیاه نیشکر، تحقیقی در مزارع نیشکر شرکت کشت و صنعت سلمان فارسی در جنوب اهواز، از خرداد ماه الی شهریورماه انجام و معادله خط مبنای پایین و بالای تنش برای کل دوره‌ی رشد گیاه نیشکر، $(Tc-Ta)_{ll}=1.55-0.129VPD$ و $(Tc-Ta)_{ul}=2.6$ °C تعیین شد (الماسی شوشتری و همکاران، ۱۳۸۷). همچنین براساس اندازه‌گیری دمای برگ و هوا و کمبود فشار بخار اشباع گیاه نیشکر در اراضی کشت و صنعت سلمان فارسی، برای مزارع بازرویی اول معادله خط مبنای بالا و پایین تنش برای ماه خرداد، تیر، مرداد، شهریور و مهرماه تعیین شد و برای کل دوره رشد به ترتیب $(Tc-Ta)_{ul}=2.03$ و $(Tc-Ta)_{ll}=0.78-0.109VPD$ ارائه شد (روحانی، ۱۳۹۲). تحقیقی دیگری در مزارع کشت و صنعت نیشکر سلمان فارسی روی رقم CP96-1062، به منظور تعیین زمان آبیاری انجام گرفت و مقدار CWSI برای شروع آبیاری ۰/۵ گزارش شد، همچنین بیان گردید همبستگی بین شاخص تنش آبی گیاه با رطوبت ناحیه ریشه غیرقابل قبول است و به نظر می‌رسد علاوه بر تنش آبی، تنش شوری ناشی از شوری آب آبیاری مصرفی نیز به گیاه نیشکر وارد می‌شود (ویسی و همکاران، ۱۳۹۵). قابلیت شاخص تنش آبی گیاه در برنامه ریزی آبیاری ذرت برای شرایط استفاده از آب شور در اهواز بررسی شد، نتایج تحقیق نشان داد که با افزایش شوری (از ۲ ds/m تا ۶/۵ ds/m) شاخص تنش آبی گیاه سه برابر افزایش پیدا می‌کند و مقدار ۰/۲۳ مبنای برنامه ریزی آبیاری در این شرایط قرار گرفت (سعیدی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۵). در تحقیق دیگری در لرستان، برای گیاه سویا، تحت روش آبیاری سطحی، رابطه بین شاخص (CWSI) و رطوبت خاک را با $R^2=0.91$ ، به صورت -

گیاه (CWSI) محاسبه می‌شود. این شاخص بیشتر برای استفاده در مناطق خشک و نیمه خشک توسعه یافته است و در مناطق مرطوب به دلیل بالا بودن دمای پوشش سبز از دمای هوا، کارایی کمتری دارد. مقدار عددی CWSI بین صفر و یک می‌باشد. صفر نشان دهنده این است که گیاه با تنش آبی مواجه نبوده و ایده‌آل‌ترین شرایط را از لحاظ انجام تعرق دارا می‌باشد، اما عدد یک نشان دهنده حداکثر تنش آبی وارده به گیاه و توقف کامل تعرق می‌باشد (Idso et al., 1981). با آنکه در محاسبه شاخص تنش آبی گیاه، از مقادیر رطوبت خاک و گیاه استفاده نمی‌شود و فقط انعکاس حرارتی گیاه لحاظ می‌شود، اما این شاخص می‌تواند معیار مناسبی برای تعیین وضعیت آب گیاه باشد (Feyizi Asl., 2014). برای درک بهتر شاخص تنش آبی گیاه به روش ایدسو ابتدا باید خط مبنای پایین و بالا را معرفی کرد. خط مبنای پایین تنش معرف شرایطی می‌باشد که در آن گیاه از نظر تأمین آب از ناحیه ریشه با هیچ محدودیتی روبرو نبوده و میزان تبخیرپذیری هوا نیز در محدوده حداکثر مقدار خود می‌باشد، بنابراین شدت تعرق گیاه در این حالت برابر با شدت تعرق پتانسیل است. رابطه (۱) خط مبنای پایین را نشان می‌دهد:

$$(Tc-Ta)_{ll}=a-b(VPD) \quad (۱)$$

$(Tc-Ta)_{ll}$: اختلاف دمای برگ و هوا در شرایط عدم تنش برحسب درجه سلسیوس می‌باشد، a و b: ضرایب خطی معادله و VPD^2 : کمبود فشار بخار هوا برحسب میلی‌بار، که از رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

$$VPD = 10 \exp\left(\frac{16.78T_a - 116.9}{T_a - 237.3}\right) \left(1 - \frac{RH}{100}\right) \quad (۲)$$

: دمای هوا بر حسب سلسیوس T_a ; رطوبت نسبی برحسب درصد RH

خط مبنای بالایی، معرف حداکثر مقداری می‌باشد که می‌توان برای اختلاف دمای برگ و هوای مجاور توقع داشت. زمانی که اختلاف دمای گیاه و هوا به این میزان افزایش پیدا کند عمل تعرق به طور کامل متوقف خواهد شد. طبق گفته ایدسو (۱۹۸۱)، برای توقف کامل تعرق بایستی فشار بخار محیط به اندازه شیب فشار بخار کامل تعرق افزایش یابد تا بتواند با گرادیان فشار بخار مقابله نماید. رابطه (۳) خط مبنای بالایی تنش را نشان می‌دهد:

$$(Tc-Ta)_{ul}=a+b|VPG| \quad (۳)$$

$(Tc-Ta)_{ul}$: اختلاف دمای برگ و دمای هوا در شرایط خط مبنای بالایی بر حسب درجه سلسیوس و VPG: شیب فشار بخار اشباع برحسب میلی‌بار. خط مبنای بالایی تنش را می‌توان به صورت رابطه (۴) نشان داد:

1- Crop Water Stress Index

2- Vapor Pressure Deficit

3- Vapor Pressure Gradient

داشت، همچنین عملکرد دانه کینوا با افزایش مقادیر CWSI کاهش یافت، همچنین در این تحقیق مقدار شاخص تنش آبی گیاه کینوا را جهت رسیدن به عملکرد بالا، ۰/۳۵ اعلام کردند (Colak et al., 2021). در پاکستان، تحت روش آبیاری سطحی، مقدار متوسط CWSI برای برنامه‌ریزی آبیاری و عملکرد بهتر گندم، ۰/۰۸ پیشنهاد دادند (Imran Khan et al., 2022).

بررسی منابع نشان‌دهنده استفاده از شاخص CWSI برای تعیین تنش آبی و برنامه‌ریزی آبیاری گیاهان مختلف در شرایط متفاوت می‌باشد، اما طبق بررسی این محققان، تاکنون مطالعه‌ای در خصوص تعیین شاخص تنش آبی برای نیشکر تحت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و بررسی ارتباط آن با رطوبت خاک انجام نگرفته است. لذا این تحقیق با هدف تعیین رابطه شاخص تنش آبی گیاه نیشکر و بررسی رابطه آن با رطوبت خاک در دو سامانه آبیاری سطحی (جویچه‌ای انتها بسته) و قطره‌ای زیرسطحی و نهایتاً استفاده از آن برای تعیین زمان آبیاری انجام گرفت.

مواد روش‌ها

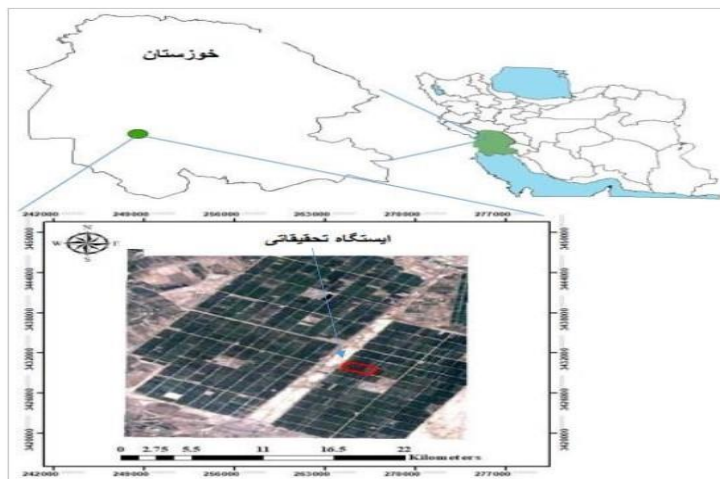
موقعیت منطقه مورد مطالعه

این تحقیق، در ایستگاه تحقیقاتی شماره یک مؤسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان، واقع در کیلومتر ۳۰ جاده اهواز-آبادان با عرض شمالی ۳۰ درجه و ۵۹ دقیقه و طول شرقی ۴۸ درجه و ۳۳ دقیقه و با ارتفاع حدود ۷/۶۳ متر از سطح دریا و در سال زراعی ۱۴۰۱ به مدت ۳ ماه از تیرماه تا شهریورماه که متناسب با حداکثر نیاز آبی نیشکر است، انجام شد. شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد.

سامانه آبیاری

در این تحقیق، از سامانه‌های آبیاری جویچه‌ای انتها بسته (CI)، روش مرسوم آبیاری در مزارع کشت و صنعت نیشکر) و آبیاری قطره-ای زیرسطحی (SDI) استفاده شد. آرایش سامانه آبیاری قطره‌ای زیر-سطحی به صورت یک طرفه و لوله اصلی در ابتدای مزرعه قرار گرفته است، طول هر لوله آبد ۲۴۰ متر، فاصله لوله‌های آبد از هم ۱/۸۳ متر، فاصله قطره چکان‌ها روی لوله‌های آبد از همدیگر ۵۰ سانتی-متر با دبی ۲/۳۰ لیتر بر ساعت و عمق کارگذاری آن‌ها ۲۰ سانتی-متر بود. در سامانه آبیاری سطحی (جویچه‌ای انتها بسته)، طول جویچه‌ها ۲۴۰ متر و فاصله جویچه‌ها از هم، ۱/۸۳ متر می‌باشد و جویچه‌ها به وسیله لوله‌های دریچه‌دار هیدروفوم با دبی ۲-۱/۵ لیتر در ثانیه آبیاری می‌شوند. نقشه طرح در شکل (۲) نشان داده شده است.

0.06 θ v+1.57 تعیین نمودند (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷). در منطقه هنام لرستان مقدار آستانه شاخص تنش آبی گیاه گندم ۰/۳۶ محاسبه شد، و رابطه‌ای خطی بین شاخص CWSI و رطوبت خاک را به صورت $R^2=0.78$ ، $CWSI=-0.0227\theta+0.9522$ با ارائه نمودند (دهقانی سانچ و همکاران، ۱۳۹۶). حد آستانه شاخص تنش آبی گیاه برای لوبیا چیتی، به روش آبیاری قطره‌ای نواری برابر ۰/۲۱ اعلام کردند (نوری و همکاران، ۱۳۹۹). به منظور برآورد میزان رطوبت خاک با استفاده از شاخص CWSI، تحقیقی بر روی گیاه ذرت صورت گرفت، در این تحقیق، مقدار رطوبت خاک در عمق ریشه‌ی گیاه، به صورت روزانه و در مراحل مختلف رشد گیاه ذرت اندازه‌گیری و ارتباط بین شاخص CWSI و رطوبت خاک بررسی شد. نتایج نشان داد که بین رطوبت وزنی خاک و شاخص تنش آبی گیاه، رابطه‌ای خطی و معکوس وجود دارد که در مراحل رشد ۶ برگی، ۱۲ برگی، گل‌دهی و خمیری شدن دانه به ترتیب روابط $CWSI=-0.033\theta+0.961$ ، $CWSI=-0.032\theta+0.986$ و $CWSI=-0.024\theta+0.98$ و $CWSI=0.021\theta+0.758$ با میزان همبستگی به ترتیب ۰/۹۹، ۰/۹۵، ۰/۹۴ و ۰/۹۹ حاصل شد (سعیدی و همکاران، ۱۴۰۱). در برزیل شاخص تنش آبی روزانه ($CWSI=Tc-Ta$) برای گیاه نیشکر تحت سطوح مختلف شامل دو سطح افقی و سطوح دیگری با ۲۰ و ۴۰ درصد شیب نوردهی شمالی و جنوبی، در سامانه آبیاری قطره‌ای بررسی شد. نتایج نشان داد که شاخص تنش آبی روزانه با توجه به شیب، مرحله رشد و قرار گرفتن در معرض افتاب متفاوت است و سطوحی که شاخص تنش آبی روزانه بالای ۵ درجه سلسیوس داشتند، عملکرد کمتری را نشان دادند (Brunini and Turco., 2016). به منظور بررسی برنامه-ریزی آبیاری گیاه کدو تنبل از شاخص تنش آبی گیاه تحت سیستم آبیاری قطره‌ای استفاده شد. این تحقیق در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ و با شش سطح آبیاری شامل ۱۰۰، ۸۰، ۶۰، ۴۰ و ۲۰ درصد نیاز آبی گیاه انجام شد. نتایج نشان داد مقادیر شاخص تنش آبی گیاه بین ۱-۰/۲۴ در سال ۲۰۱۵ و در سال ۲۰۱۶ بین ۰/۸-۰/۹۳ متغیر بود، همچنین متوسط معادله پایین تنش را به صورت $(Tc-Ta)II=4.425-2.372VPD$ تعیین نمودند و نتیجه گرفتند می‌توان شاخص تنش آبی گیاه را در برنامه‌ریزی آبیاری و برآورد عملکرد گیاه کدو تنبل استفاده نمود (Krinak et al., 2019). با ارزیابی شاخص تنش آبی گیاه و پتانسیل آب برگ گیاه کینوا تحت روش‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و قطره‌ای زیرسطحی برای سطوح مختلف آبیاری شامل آبیاری کامل، کم آبیاری شامل ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل، کم آبیاری تنظیم شده و ۵۰ درصد خشک کردن جزئی ناحیه ریشه (PRD) مشخص شد که CWSI همبستگی معنی‌دار و منفی با عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک، شاخص سطح برگ و رطوبت خاک



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه



شکل ۲- طرح شماتیک روش‌های آبیاری

جدول ۱- خصوصیات خاک مزرعه

سال مزرعه	بافت خاک	جرم مخصوص ظاهری (g/m^3)	ابتدای فصل کشت سال ۱۴۰۱		انتهای فصل کشت سال ۱۴۰۲	
			هدایت الکتریکی (dS/m)	pH	هدایت الکتریکی (dS/m)	pH
قطره‌ای	silty clay loam	۱/۵۶	۷/۵۴	۷/۵۶	۱۲/۵۸	۷/۴۰
سطحی	silty clay loam	۱/۵۲	۵/۶۵	۷/۷۸	۷/۲۷	۷/۴۳

جدول ۲- خصوصیات آب آبیاری

	۱۴۰۱/۰۱/۰۱	۱۴۰۲/۰۲/۰۱	۱۴۰۱/۰۳/۰۱	۱۴۰۱/۰۴/۰۱	۱۴۰۱/۰۵/۰۱	۱۴۰۱/۰۶/۰۱	۱۴۰۱/۰۷/۰۱
pH	۸/۲۰	۸/۳۰	۷/۹۵	۸/۵۸	۸/۲۱	۸/۵۴	۸/۲۰
EC(dS/m)	۳/۱۳	۲/۷۴	۳/۰۴	۲/۵۷	۳/۲۲	۳/۳۰	۳/۵۸
TDS(mg/l)	۱۹۶۴	۱۸۲۶	۱۷۵۰	۱۶۹۰	۲۱۳۶	۲۲۳۸	۲۵۷۴
Na ⁺ (mg/l)	۵۰۸	۴۱۴	۳۷۶	۲۷۲	۵۶۲	۴۳۴	۴۶۲
Ca ²⁺ (mg/l)	۱۷۰	۱۴۰	۱۶۰	۱۸۰	۱۶۰	۱۴۴	۲۶۰
Mg ²⁺ (mg/l)	۸۵/۱	۸۸/۷	۸۷/۵	۸۸/۷	۹۷/۲	۱۰۰/۸	۱۳۷/۳
SAR	۷/۹۱	۶/۷۱	۵/۹۱	۴/۱۳	۸/۶۱	۶/۷۶	۵/۷۵

نتایج و بحث

معادله‌های به‌دست آمده برای موقعیت خط مبنای پایین و بالا برای روش آبیاری سطحی براساس داده‌های میدانی در جدول (۳) ارائه شده‌است. شیب خط مبنای پایین در تیرماه، مردادماه و شهریورماه به‌ترتیب ۰/۰۹۸، ۰/۰۸۵ و ۰/۰۹۳ و عرض از مبدأ آن نیز ۰/۷۷، ۱/۰۵ و ۰/۷۳ است. همچنین مقادیر خط مبنای بالا برای آبیاری سطحی نیز در تیرماه، مردادماه و شهریورماه به‌ترتیب ۱/۱۰، ۱/۳۹ و ۰/۹۶ تعیین شد. این تفاوت‌ها ناشی از اختلاف تعرق در مراحل مختلف رشد گیاه است. خط مبنای بالا و پایین تنش برای کل دوره تحقیق در شکل (۳) نشان داده شده است، مطابق شکل (۳) شیب خط مبنای پایینی برای کل دوره‌ی تحقیق منفی می‌باشد یا به عبارت دیگر با افزایش دمای هوا، گیاه با عمل تعرق دمای خود را کاهش می‌دهد که افزایش قدر مطلق اختلاف دمای برگ و هوا (Ta-Tc) در ساعات ظهر را به‌همراه دارد که باعث افزایش کمبود فشار بخار اشباع می‌شود. همان‌طور که از شکل (۳) مشخص است، شیب (a) و عرض از مبدأ (b) خط مبنای پایین و نیز مقدار خط مبنای بالا به ترتیب ۰/۱۰، ۱/۱۶ و ۱/۶۰ تعیین شد. این در حالی است که در تحقیقی بر روی گیاه نیشکر، شیب و عرض از مبدأ به ترتیب ۰/۱۴، ۲/۲۸ و مقدار خط مبنای بالا ۳/۱۹ درجه، گزارش شد (ویسی و همکاران، ۱۳۹۵). در تحقیق دیگر محققان گیاه نیشکر، ۰/۱۲۹، ۱/۵۵ و ۲/۶ (الماسی شوشتری و همکاران، ۱۳۸۷) و ۰/۱۱۵، ۰/۵۵۲ و ۱°C (برومند نسب و همکاران، ۱۳۸۶)، محاسبه شد. طی تحقیق دیگر روی گیاه نیشکر، مقدار ضرایب a و b، به ترتیب ۲/۳۳ و ۰/۱۷ تعیین شد (Lebourgeois et al., 2010). دلیل تفاوت در خط مبنای بالا و ضرایب a و b، در این تحقیق با تحقیق (برومند نسب و همکاران، ۱۳۸۶)، (الماسی شوشتری و همکاران، ۱۳۸۷)، (ویسی و همکاران، ۱۳۹۵) و (Lebourgeois et al., 2010)، می‌تواند به این علت باشد که گیاه نیشکر بسته به فیزیولوژی خود مقدار مشخص و معینی تعرق دارد، بنابراین این خطوط مبنای نشان‌گر این واقعیت می‌باشد که گیاه نیشکر در مقابل تغییرات محیطی (دمای هوا، رطوبت نسبی و کمبود فشار بخار)، به‌اندازه مشخص و معینی از خود واکنش نشان می‌دهد. پس مقادیر تعرق بسته به مرحله رشد گیاه و سن گیاه (ویسی و همکاران، ۱۳۹۵) متفاوت خواهد بود.

محاسبه تنش آبی گیاه

با معلوم بودن معادله‌ی خطوط مبنای بالا و پایین و محاسبه میانگین اختلاف دمای برگ و هوا در روز قبل از آبیاری جویچه‌ای انتهابسته، شاخص تنش آبی گیاه طبق رابطه (۵)، محاسبه شد. با

دور آبیاری در سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در دوره پیک مصرف، به‌صورت روزانه بود و در سایر دوره‌ها، با توجه به عمق خالص آب ذخیره شده در منطقه ریشه گیاه و بر اساس تبخیر و تعرق گیاه محاسبه و بین ۱ تا ۳ روز متغیر می‌باشد. دور آبیاری در سامانه آبیاری سطحی (جویچه‌ای)، با توجه به اطلاعات کراپ لاگ (سطح آب زیرزمینی و رطوبت غلاف برگ) و با استناد به تبخیر روزانه انجام شد. دور آبیاری در این سامانه، در طول دوره پیک مصرف (تیرماه) ۶ روز و در سایر دوره‌ها بین ۶ تا ۱۵ روز متغیر بود.

هر دو مزرعه از نوع واریته CP69-1062 و با چهار تکرار بود. اقلیم منطقه بر اساس تقسیم‌بندی دومارتن^۱ گرم و خشک محسوب می‌شود. منبع تأمین آب آبیاری، از رودخانه کارون بود. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه و همچنین خصوصیات کیفی آب آبیاری در جداول (۱) و (۲) ارائه شده است.

اندازه‌گیری دمای برگ و شاخص تنش آبی گیاه

برای محاسبه شاخص تنش آبی گیاه به روش ایدسو، نیاز به اندازه‌گیری دمای برگ است. اندازه‌گیری دمای برگ توسط دماسنج مادون قرمز مدل MIB 393 صورت گرفت. بدین منظور دمای برگ از چهار جهت بالا، پایین، چپ و راست گیاه اندازه‌گیری شد. برای تعیین موقعیت خط مبنای پایین، در روش آبیاری سطحی، دمای برگ از ساعت ۸ صبح الی ۱۴ بعد از ظهر، توسط دماسنج مادون قرمز اندازه‌گیری شد. همزمان دمای هوای خشک و دمای هوای تر، از ایستگاه هواشناسی مؤسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر تهیه گردید که از اختلاف دمای خشک و دمای تر در تعیین رطوبت نسبی استفاده شد. با محاسبه VPG و داشتن ضرایب a و b، از معادله خط مبنای پایین تنش، خط مبنای بالای تنش تعیین شد. برای تعیین CWSI به روش آبیاری سطحی، دمای برگ در روزهای قبل از آبیاری از ساعت ۱۱ ظهر تا ۱۵ بعد از ظهر هر ساعت توسط دماسنج مادون قرمز، به همراه دمای هوا و رطوبت نسبی اندازه‌گیری شد. از طرفی با توجه به اینکه دور آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌صورت روزانه می‌باشد، لذا برای محاسبه CWSI مطابق رابطه (۵) با داشتن ضرایب a و b از معادله خط مبنای پایین و همچنین داشتن خط مبنای بالا از روش آبیاری سطحی و با برآورده (Ta-Tc)m و برآورده VPDm، شاخص تنش آبی گیاه، به روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی محاسبه گردید.

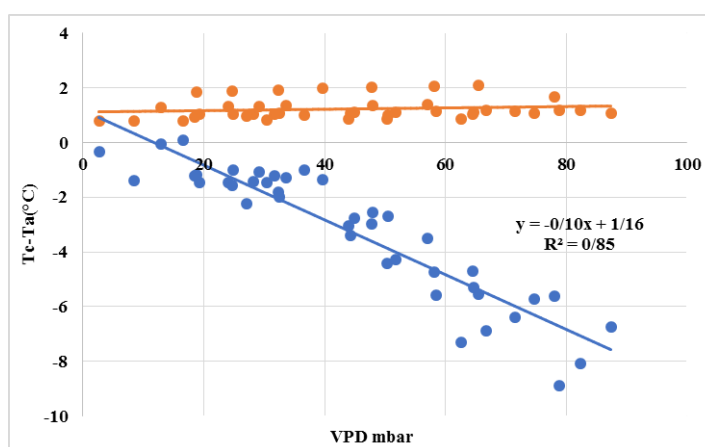
همزمان با اندازه‌گیری دمای برگ قبل از آبیاری، رطوبت خاک در نیمرخ‌های ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری از سطح زمین اندازه‌گیری شده و با استفاده از نرم‌افزار اکسل، رابطه بین شاخص تنش آبی گیاه و رطوبت خاک محاسبه و تحلیل شد.

آبیاری سطحی در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور به ترتیب ۰/۴۳، ۰/۴۷ و ۰/۵۴، برای سامانه آبیاری قطره‌ای زیر سطحی در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور به ترتیب ۰/۴۲، ۰/۴۹ و ۰/۳۴ برآورده شده‌است.

توجه به مطالب گفته شده در بخش قبل و با داشتن ضرایب a و b از معادله خط مبنای پایین و همچنین با داشتن خط مبنای بالا از روش آبیاری سطحی، مقدار شاخص CWSI روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی محاسبه شد. مقادیر شاخص تنش آبی گیاه برای سامانه

جدول ۳- معادلات خط مبنای بالا و پایین تنش روش آبیاری سطحی

ماه	R ²	خط مبنای بالا	خط مبنای پایین
تیر	۰/۸۷	(Tc-Ta) _{ul} =1.1	(Tc-Ta) _{ll} =0.78-0.098VPD
مرداد	۰/۹۲	(Tc-Ta) _{ul} =1.39	(Tc-Ta) _{ll} =1.05-0.085VPD
شهریور	۰/۸۲	(Tc-Ta) _{ul} =1.00	(Tc-Ta) _{ll} =0.77-0.095VPD
کل دوره تحقیق	۰/۸۵	(Tc-Ta) _{ul} =1.60	(Tc-Ta) _{ll} =1.16-0.10VPD



شکل ۳- موقعیت خط مبنای بالا و پایین تنش تحت سامانه آبیاری سطحی برای کل دوره‌ی تحقیق

این تفاوت‌ها، به دلیل مراحل مختلف رشد گیاه، سن گیاه، نوع روش آبیاری، نوع وارپته گیاه، شرایط اقلیمی منطقه، شرایط مدیریتی مزرعه و نیز کیفیت آب آبیاری باشد.

بررسی شاخص تنش آبی گیاه و رطوبت خاک

با مشخص شدن شاخص CWSI، ارتباط آن با رطوبت خاک بررسی گردید. شکل (۴)، روابط بین شاخص تنش آبی گیاه و رطوبت خاک، برای آبیاری جویچه‌ای انتهابسته و قطره‌ای زیر سطحی نشان می‌دهد. همان طوری که در شکل (۴) مشاهده می‌شود همبستگی بین رطوبت خاک و شاخص تنش آبی گیاه برای آبیاری جویچه‌ای انتهابسته در عمق ۳۰ سانتی‌متری ($R^2=0.70$) نسبت به عمق‌های ۶۰ و ۹۰ سانتی‌متری بیشتر است. در حالیکه برای روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی میزان همبستگی در عمق ۹۰ سانتی‌متری ($R^2=0.46$) نسبت به عمق‌های ۳۰ و ۶۰ سانتی بیشتر می‌باشد. هرچه دمای برگ به دمای هوا نزدیک‌تر باشد، نشان‌گر این است که در محیط ریشه، تنش بیشتر و جذب آب با محدودیت همراه است. البته زمانی اثر این محدودیت بیشتر دیده می‌شود که آب آبیاری یا

با استفاده از شاخص تنش آبی گیاه، به منظور تعیین زمان مناسب آبیاری تحت روش آبیاری قطره‌ای در مراحل توسعه نیشکر، اختلاف دمای برگ و دمای هوا در محدوده ۲ تا ۵ درجه سلسیوس گزارش شد (Brunini et al., 2018). طی تحقیقی بر روی گیاه نیشکر، تحت روش آبیاری سطحی در جزیره ریونیون در شرق ماداگاسکار مقدار آستانه شاخص تنش آبی برای برنامه‌ریزی آبیاری ۰/۵ اعلام شد (Lebourgeois et al., 2010). مقدار شاخص تنش آبی گیاه نیشکر با دور آبیاری ۷ روزه، برای خردادماه، تیرماه، مردادماه و شهریورماه به ترتیب ۰/۶۳، ۰/۴۹، ۰/۵۱ و ۰/۳۵ محاسبه شد (روحانی، ۱۳۹۲). در تحقیق دیگری تحت روش آبیاری سطحی مقدار شاخص تنش آبی گیاه نیشکر برای زمان آبیاری ۰/۱۸ تعیین شد (الماسی-شوشتری و همکاران، ۱۳۸۷). مقدار شاخص تنش آبی گیاه در آبیاری سطحی برای تمام سنین نیشکر ۰/۵ محاسبه نمودند. همچنین این محققین بیان کردند که با افزایش سن گیاه (مزارع کشت تا مزارع بازروئی سوم)، مقدار شاخص تنش آبی گیاه افزایش می‌یابد (ویسی و همکاران، ۱۳۹۵). همان طوری که مشاهده می‌شود مقادیر متفاوتی برای شاخص تنش آبی گیاه نیشکر، حاصل گردید. به نظر می‌رسد که

کمبود فشار بخار اشباع را برای این بازه زمانی محاسبه و با جایگذاری مقدار کمبود فشار بخار اشباع در معادلات به‌دست آمده، $(Tc-Ta)_m$ محاسبه گردد. از مقایسه $(Tc-Ta)_m$ (مقدار مجاز محاسبه شده) با $(Tc-Ta)_a$ (مقدار اندازه‌گیری شده از ساعت ۱۱ صبح الی ۱۴ بعد از ظهر در شرایط حداکثر تنش روزانه)، می‌توان زمان آبیاری را تشخیص داد، به طوری که اگر مقدار اندازه‌گیری شده از مقدار مجاز محاسبه شده کوچک‌تر بود، زمان آبیاری فرا نرسیده است، اما اگر مقدار اندازه‌گیری شده از مقدار مجاز محاسبه شده بیشتر یا مساوی باشد، زمان آبیاری فرا رسیده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷؛ Idso et al., 1981).

نتیجه‌گیری

در این تحقیق معادلات خط مبنای پایین و بالا تنش تحت سامانه آبیاری جویچه‌ای انتها بسته برای گیاه نیشکر $(Tc-Ta)_{ul}=1.60$ و $0.10VPD$ تعیین شد. ضریب همبستگی بین شاخص تنش آبی گیاه و رطوبت خاک برای سامانه آبیاری سطحی برای نیمرخ‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ سانتی‌متری به ترتیب ۰/۷۰، ۰/۶۳ و ۰/۶۰ برآورد شد. در حالیکه برای سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی این میزان همبستگی، برای این سه نیمرخ به ترتیب ۰/۱۲، ۰/۲۸ و ۰/۴۶ برآورده شد که قابل قبول نیست. در سامانه آبیاری سطحی به دلیل عملیات آبیاری سنگین همراه با آبشویی مناسب، نمک‌ها از زهکش‌ها خارج شده و تخلیه رطوبتی خاک در روزهای آخر دور آبیاری دقیقاً باعث تنش گیاهی خواهد شد. به همین دلیل در سامانه جویچه‌ای، رابطه شاخص تنش آبی و رطوبت خاک همبستگی بالایی دارد. اما در سامانه آبیاری قطره‌ای زیر سطحی، در لایه‌های سطحی که جبهه رطوبتی خاک حرکت نمی‌کند و تبخیر مضاعف بوده باعث پایین بودن میزان همبستگی بین شاخص تنش آبی و رطوبت خاک در این لایه شده در حالیکه برای نیمرخ‌های زیرین، میزان همبستگی بین شاخص تنش آبی و رطوبت خاک افزایش پیدا کرده است. از طرفی در سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی آبشویی توسط خود سیستم، نمک‌های که در لایه‌های زیرین خاک هستند خارج خواهد کرد. که در این لایه‌ها میزان همبستگی بین شاخص تنش آبی و رطوبت خاک بهتر از لایه‌های سطحی خاک است.

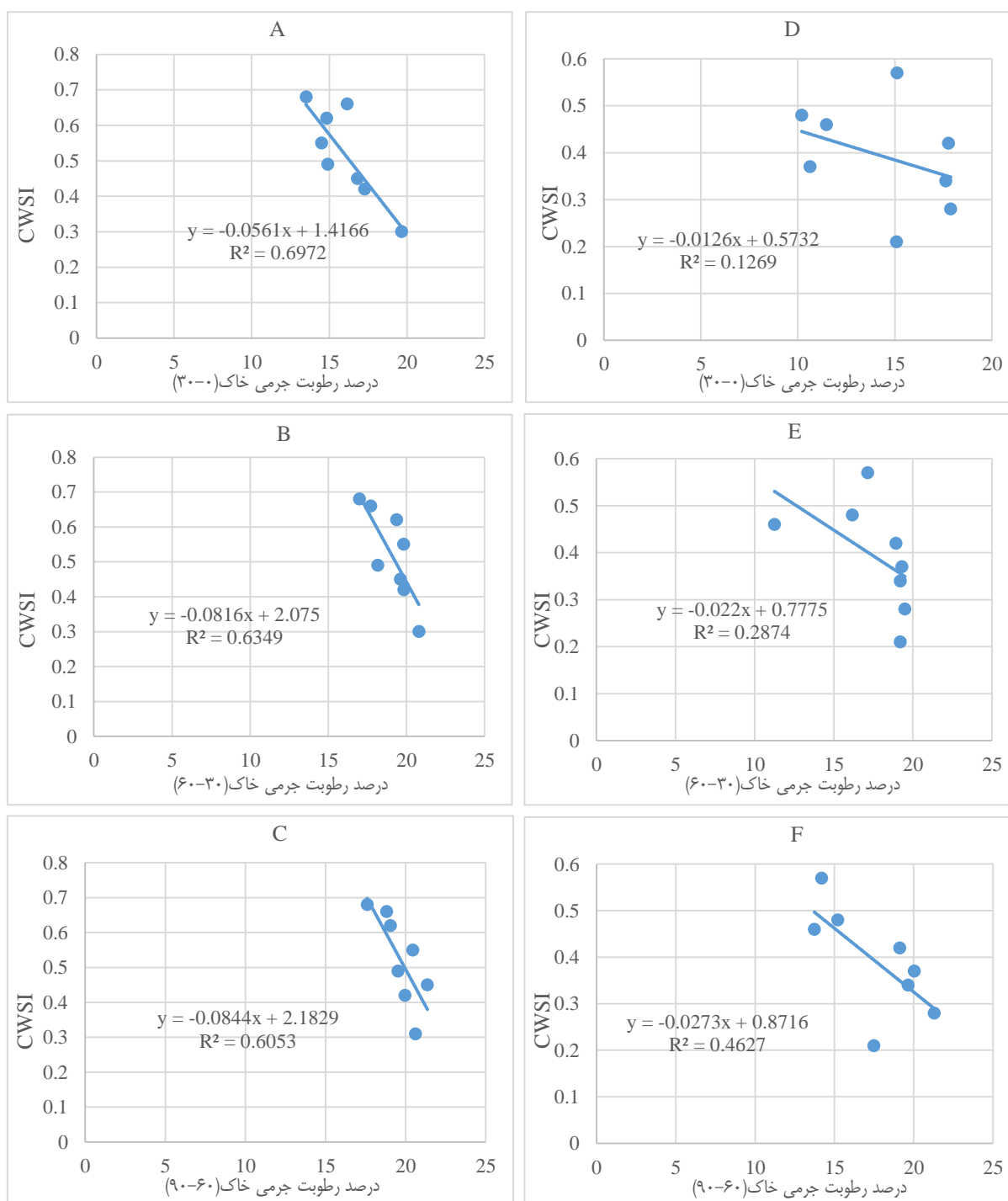
خاک مزرعه دچار مشکلات شوری نیز باشد، به این دلیل که عامل شوری باعث محدودیت جذب آب توسط ریشه، حتی با وجود آب کافی در منطقه ریشه می‌باشد. همان طوری که از جداول (۱) و (۲)، مشخص است عامل شوری را نمی‌توان نادیده گرفت، تأثیر شوری در ماه‌های گرم که میزان املاح آب آبیاری بیشتر می‌باشد، بیشتر نمایان می‌شود. از طرفی حد آستانه‌ی تحمل گیاه نیشکر در مقابل شوری طبق استاندارد فائو ۲۹، ۱/۱ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد که آب آبیاری استفاده شده در فصل تابستان همواره بیش‌تر از این مقدار می‌باشد. همین امر باعث پایین بودن میزان همبستگی بین این دو پارامتر در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی شده است. در حالیکه میزان همبستگی بین شاخص CWSI و رطوبت خاک برای گیاه سبب‌زمینی تحت دو روش آبیاری قطره‌ای سطحی و قطره‌ای زیرسطحی، $R^2=0/99$ گزارش شد (خیری و همکاران، ۱۳۹۸). برای گیاه لوبیاچیتی تحت روش آبیاری قطره‌ای نواری، میزان همبستگی بین شاخص تنش آبی و رطوبت خاک ناحیه ریشه را ۰/۹۱ به‌دست آمد (نوری و همکاران، ۱۳۹۹). در تحقیقی دیگر برای گندم دیم این میزان همبستگی ۰/۷۸ اعلام شد (دهقانی‌سانبج و همکاران، ۱۳۹۶). رابطه شاخص تنش آبی گیاه نیشکر و رطوبت خاک را، تحت روش آبیاری سطحی به صورت $CWSI=-3.76\theta v+1.6$ و با میزان همبستگی ۰/۷۸ حاصل شد (روحانی، ۱۳۹۲). البته در تحقیق دیگری برای گیاه نیشکر تحت روش آبیاری سطحی این میزان همبستگی بین شاخص تنش آبی و رطوبت ناحیه ریشه گیاه معنی‌دار نبوده ($R^2=0.40$) که به نظر می‌رسد شوری بالای آب‌آبیاری، گیاه را تحت-تأثیر تنش شوری قرار داده است (ویسی و همکاران، ۱۳۹۵).

برنامه‌ریزی آبیاری

از ویژگی‌های شاخص تنش آبی گیاه، تعیین زمان آبیاری می‌باشد به این صورت که با داشتن مقدار شاخص CWSI و ضرایب a و b از معادله خط مبنای پایین و معادله خط مبنای بالا و براساس رابطه (۵)، می‌توان زمان آبیاری را تشخیص داد. بنابراین به منظور تعیین زمان بندی آبیاری، برای سامانه آبیاری جویچه‌ای انتها بسته و قطره‌ای زیرسطحی معادلات مورد نیاز برای ماه‌های مختلف ارائه شده است (جدول ۴). بدین طریق که براساس معادلات به‌دست آمده، باید در روزهای بعد از آبیاری از ساعت ۱۱ صبح الی ۱۴ بعد از ظهر، دمای برگ و دمای هوا به همراه رطوبت نسبی اندازه‌گیری شود و مقدار

جدول ۴- معادلات برنامه‌ریزی آبیاری

آبیاری سطحی	ماه	آبیاری قطره‌ای زیرسطحی
$(Tc-Ta)_m=0.93-0.052VPDm$	تبر	$(Tc-Ta)_m=0.914-0.057VPDm$
$(Tc-Ta)_m=1.19-0.049VPDm$	مرداد	$(Tc-Ta)_m=1.21-0.044VPDm$
$(Tc-Ta)_m=0.90-0.044VPDm$	شهریور	$(Tc-Ta)_m=0.84-0.062VPDm$



شکل ۴- میزان همبستگی بین شاخص تنش آبی گیاه و رطوبت خاک، آبیاری سطحی (A, B, C)، آبیاری قطره‌ای زیر سطحی (D, E, F)

منابع

نیشکر. پژوهش کشاورزی: آب، خاک و گیاه در کشاورزی. ۷۰(۱):

۱-۶

الماسی شوشتری، م.، برومندنسب، س.، کشکولی، ح.ع. و سید موسوی، ع. ۱۳۸۷. تعیین زمان آبیاری با استفاده از تفاوت دمای

برومندنسب، س.، کشکولی، ح.ع.، ناصری، ع.ع. و رشیدزاده، ف. ۱۳۸۶. تعیین زمان آبیاری با استفاده از شاخص تنش آبی در گیاه

قطره‌ای سطحی و زیرسطحی. مدیریت آب و آبیاری. ۹ (۱): ۴۲-۲۹.

نوری، س.، نصرالهی، ع.ج.، ملکی، ع. و شریفی‌پور، م. ۱۳۹۹. برآورد میزان رطوبت خاک با استفاده از شاخص تنش آبی گیاه جهت مدیریت آبیاری لوبیاچیتی. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۴ (۱): ۱۴۵-۱۳۶.

سعیدی، ر.، ضرابی، م.م. و ستوده‌نیا، ع. ۱۴۰۱. مدل‌سازی مقدار رطوبت خاک با استفاده از شاخص تنش آبی (CWSI) در کشت ذرت. نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران. ۱۲ (۴۷): ۳۸۷-۴۰۵.

Brunini, R. G. and Turco, J. E. P. 2016. Water stress indices for the sugarcane crop on different irrigated surfaces. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 20 (10): 925-929

Brunini, R. G. and Turco, J. E. P. 2018. Water stress index on sugarcane in different developmental phases. *Ciencia Agrotecnologia*. 42(2): 204-215.

Colak, Y., Yazar, A., Alghory, A. and Tekin, S. 2021. Evaluation of crop water stress index and leaf water potential for differentially irrigated quinoa with surface and subsurface drip systems. *Irrigation Science*. 39:81-100.

Fitzgerald, G. J., Rodriguez, D., Christensen, L. K., Belford, R., Sadras, V. O. and Clarke, T. R. 2006. Spectral and thermal sensing for nitrogen and water status in rain-fed and irrigated wheat environments. *Journal of Precision Agriculture*. 7(4): 233-248.

Feyzi, Asl V., Fotovat, A., Asteraky, A., Lakzian, A. and Mousavi Shlamani, A. 2014. Determination of water balance and its critical stages in rainfed wheat using water stress index (CWSI). *Water and Soil Journal (Agricultural Sciences and Technology)*. 28(4): 817-804.

Han, M., Zhang, H., Ch´avez, J. L., Ma, L., Trout, T. J. and De Jonge, K.C. 2018. Improved soil water deficit estimation through the integration of canopy temperature measurements into a soil water balance model. *Irrigation Science*. 36 (3):187-201

Idso, S. B., Jackson, R. D., Pinter, P. J., Reginato, R. J. and Hatfield, J.L. 1981. Normalizing the Stress-Degree-Day Parameter for Environmental Variability. *Agricultural Meteorology*. 24: 45-55.

Imran Khan, M., Saddique, Q., Zhu, X., Ali, S., Ajaz, A., Zaman, M., Saddique, N., Ali Buttar, N., Husnain Arshad, R. and Sarwar, A. 2022. Establishment of crop water stress index for sustainable wheat production under climate change in a semi-arid region of Pakistan. *Atmosphere*. 13(12): 2008.

Kirnak, H., Irik, H. A. and Unlukara, A. 2019. Potential

پوشش سبزیگاه - هوا و شاخص تنش آبی در نیشکر. دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. بهمن‌ماه. دانشگاه شهیدچمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب.

روحانی، ه. ۱۳۹۲. تعیین زمان آبیاری با اندازه‌گیری دمای پوشش سبزیگاه، دمای هوا و رطوبت خاک برای محصول نیشکر (مطالعه موردی: اراضی کشت و صنعت سلمان فارسی). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهیدچمران اهواز.

شاهرخ‌نیا، م. ع. ۱۳۹۳. برنامه‌ریزی آبیاری مزارع و باغ‌ها با اندازه‌گیری دمای برگ گیاه. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس. نشریه فنی. شماره ۷

عنابی میلانی، ا.، نیشابوری، م.، مصدقی، م. و زارع‌حوق، د. ۱۳۹۵. روابط بین پتانسیل آب برگ، تنش درجه روز و تخلیه آب قابل استفاده در درخت بادام تحت تنش شوری، نشریه دانش آب و خاک. ۲۶ (۲): ۱۸۹-۲۰۶.

ویسی، ش.، ناصری، ع.ع. و حمزه، س. ۱۳۹۵. تعیین زمان آبیاری مزارع نیشکر با استفاده از دماسنج مادون قرمز حرارتی و رطوبت خاک ناحیه ریشه. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۲۶ (۶): ۲۵۱-۲۳۵.

سعیدی‌نیا، م.، برومندنسب، س.، هوشمند، ع.، سلطانی‌محمدی، ا. و اندازیان، ب. ۱۳۹۵. قابلیت کاربرد شاخص CWSI برای برنامه‌ریزی آبیاری ذرت با آب شور در اهواز. نشریه دانش آب و خاک. ۲۶ (۱): ۱۸۵-۱۷۳.

دهقانی‌سانج، ح.، نخجوانی‌مقدم، م.م. و قهرمان، ب. ۱۳۹۶. کاربرد شاخص تنش آبی گیاه برای زمان‌بندی تک آبیاری گندم دیم (مطالعه موردی در بالادست حوضه کرخه). نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۴ (۱۱): ۵۶۱-۵۵۲.

احمدی، ح.، نصرالهی، ع.ج.، شریفی‌پور، م. و عیسوند، ح. ۱۳۹۷. تعیین شاخص تنش آبی گیاه (CWSI) سوپا برای مدیریت آبیاری جهت حداکثر عملکرد و بهره‌وری آب. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب. ۸ (۳۲): ۱۳۱-۱۲۰.

عابدیان، س.، حسام، م.، قربانی، خ. و نوروزی، ن. ۱۳۹۷. تعیین زمان آبیاری با استفاده از نمایه گیاهی. سومین همایش ملی دانش و فناوری علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست ایران.

خیری‌شلمزاری، ک.، سلطانی‌محمدی، ا.، برومندنسب، س. و حقیقتی-بروجنی، ب. ۱۳۹۸. ارزیابی شاخص تنش آبی گیاه برای سیب-زمینی تحت رژیم‌های متفاوت آبیاری در سامانه‌های آبیاری

- monitor sugarcane irrigation in a tropical environment. *Agricultural. Water Management*. 97 (1): 75-82.
- O'Shaughnessy, S. A., Andrade, M. A. and Evett, S. R. 2017. Using an integrated crop water stress index for irrigation scheduling of two corn hybrids in a semi-arid region. *Irrigation Science*. 35 (5): 451-467.
- Pipatsitee, P., Eiumnoh, A., Praseartkul, P., Taota, K., Kongpugdee, S., Sakulleerungroj K. and Cha-um, S. 2018. Application of infrared thermography to assess cassava physiology under water deficit condition. *Plant Production Science*. 21(4): 398-406.
- use of crop water stress index (CWSI) in irrigation scheduling of drip-irrigated seed pumpkin plants with different irrigation levels. *Scientia Horticulture*, 256:108608.
- Luan, Y., Xu, J., Lv, Y., Liu, X., Wang, H. and Liu, S. 2021. Improving the performance in crop water deficit diagnosis with canopy temperature spatial distribution information measured by thermal imaging. *Agricultural. Water Management*. 246, 106699.
- Lebourgeois, V., Chopart, J. L., Begue, A. and Le Mezo, L. 2010. Towards using a thermal infrared index combined with water balance modelling to

Investigating the Relationship between CWSI of Sugarcane and Soil Moisture in Two Surface (Closed End Furrow) and Subsurface Drip irrigation Systems

M. Akbari chamani¹, A. Soltani Mohammadi^{2*}, S. Boroomand_Nasab³, A. Sheini-Dashteghol⁴

Received: Apr.14, 2023

Accepted: Jun.14, 2023

Abstract

One of the important factors that reduce plant growth is the short-term water stress applied to the plant in the period of two irrigations. This research aims to investigate the relationship between crop water stress index (CWSI) of sugarcane and soil moisture under two systems of closed-end furrow irrigation (CI) and subsurface drip irrigation (SDI) at research station number one of sugarcane development research and training institute was done from July to September 2022. For this purpose, a field including ratoon 3, of the variety CP69-1062, with four replications for both irrigation systems was selected. First, the upper and lower baselines were determined for CI. Then, using these baselines, the average CWSI for SDI and CI systems was estimated for each month, separately. The highest value of CWSI for CI in September was 0.54 and for SDI in August was 0.49. Results showed that there is a high correlation between CWSI and soil moisture only in CI method for the depths of 0-30, 30-60 and 60-90 cm. The correlation between CWSI and soil moisture for CI was determined in the range of 0.60-0.70, and for SDI, in the range of 0.46-0.12. It seems that in addition to water stress, other stresses such as salinity stress caused by irrigation water and farm soil are also applied to the plant.

Keywords: Closed end furrow irrigation, Infrared thermometer, Leaf temperature, Upper and lower baseline

1-M.Sc Student of Irrigation and Drainage, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

2-Associate Professor of Irrigation and Drainage, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

3-Professor of Irrigation and Drainage, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

4-Director of Irrigation and Drainage Research, Khuzestan Sugarcane Research and, Training Khuzestan Institute, Dependent on Sugarcane Development and Agro Industries Company, Khuzestan, Iran

(* - Corresponding author: Email: a.soltani@scu.ac.ir)