

تعیین شاخص CWSI جهت مدیریت آبیاری سویا در اقلیم خرم آباد

حامد احمدی^۱، علی حیدر نصرالهی^۲، مجید شریفی پور^۳، حمیدرضا عیسوند^۴

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه لرستان

۲ و ۳. استادیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان

۴. دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان

(ahmadi.hamed@ymail.com)

چکیده:

محدودیت‌های به وجود آمده در اثر استفاده نادرست و غیراصولی از منابع آبی، توجه به صرفه جویی و مدیریت آب مورد استفاده در کشاورزی اهمیت روزافزونی پیدا کرده است. برنامه‌ریزی دقیق آبیاری از جمله راهکارهای مدیریت آب در مزرعه جهت استفاده بهتر از منابع آب محدود است. شاخص تنش آبی گیاه که تابعی از اختلاف دمای پوشش سبز گیاهی و دمای هوا است، روش مطمئنی جهت زمان‌بندی آبیاری و وضعیت آب در گیاهان است. این تحقیق به منظور تعیین شاخص تنش آبی گیاه سویا با استفاده از دمای پوشش سبز گیاهی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان اجرا شد. ابتدا خطوط مبنای بالا و پایین برای ماه‌های خرداد، تیر، مرداد و شهریور استخراج گردید. معادله خط مبنای پایین برای کل دوره رشد سویا به صورت $(T_c - T_a)_{l,l} = 0.85 - 0.16VPD$ تعیین شد و خط مبنای بالا ۱/۸۹ درجه سانتی‌گراد محاسبه گردید. شاخص تنش آبی گیاه نیز برای کل دوره رشد محاسبه و متوسط این شاخص در طول فصل برای سویا ۰/۱۸ به دست آمد.

کلیدواژه‌ها: برنامه‌ریزی آبیاری، سویا، شاخص تنش آبی گیاه.

مقدمه:

در بیشتر مناطق ایران تمام نیاز آبی گیاهان در طول دوره رشد که عموماً در شرایط گرم و خشک تابستان اتفاق می‌افتد باید از طریق آبیاری تأمین شود. به دلیل بالا بودن نیاز آبی اغلب محصولات زراعی در این دوره و محدودیت دسترسی به آب، توجه به صرفه جویی در مصرف آب و مدیریت آبیاری ضروری است؛ بنابراین داشتن یک ابزار مناسب برای تشخیص دقیق زمان و مقدار آب آبیاری برای جلوگیری از تنش وارده به گیاه و به حداقل رساندن تلفات آب در مزرعه ضروری است. امروزه پژوهشگران با استفاده از فناوری‌های جدید و روش‌های مدیریتی دقیق در کشاورزی، استفاده بهینه از منابع آب و افزایش تولید به ازای واحد آب مصرفی را در پیش گرفته‌اند. با مدیریت خوب در آبیاری می‌توان اطمینان حاصل کرد که رطوبت خاک در طول فصل رشد، در حد کافی نگه‌داشته می‌شود و از این‌رو گیاه با تنش آبی مواجه نخواهد شد. تعیین مناسب زمان آبیاری می‌تواند از کاهش عملکرد محصول جلوگیری کند [رنجبر، ۱۳۸۴]. تعیین زمان مناسب آبیاری یکی از تصمیم‌گیری‌های مهمی است که مدیران مزرعه با آن روبرو هستند [طاهری قناد، ۱۳۸۷]. روش‌های استفاده‌شده برای برنامه‌ریزی آبیاری، می‌توانند بر اساس اندازه‌گیری مقدار آب موجود در خاک، شرایط اقلیمی و شاخص‌های گیاهی باشند. استفاده از مقدار رطوبت خاک و پارامترهای اقلیمی، به دلیل این‌که علاوه بر زمان بر و هزینه‌بر بودن آن‌ها، اثرات تنش‌های محیطی، مانند تنش‌های ناشی از شوری را در نظر نمی‌گیرند روش‌های صحیح و مناسبی نیستند، لذا برنامه‌ریزی صحیح آبیاری مستلزم شناخت وضعیت رطوبت درون گیاه می‌باشد. بنابراین به منظور بهبود برنامه آبیاری، از روش‌های تعیین وضعیت آب توسط شاخص‌های گیاهی استفاده می‌شود [طاهری قناد، ۱۳۸۷]. طی دو دهه گذشته دمای پوشش سبز گیاه^۱ به عنوان شاخصی گیاهی برای تعیین تنش آبی و شدت تعرق در گیاه مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به فرآیند تبخیر، گیاه آب را از محیط خاک جذب و از روزنه‌ها به صورت بخار خارج می‌کند. به هنگام انجام عمل تعرق، آب سلول‌های زیر روزنه‌ها از محیط اطراف انرژی کسب نموده و تبخیر می‌گردد و در نتیجه این فرآیند، دمای پوشش سبز گیاه کاهش می‌یابد. در صورتی که رطوبت خاک کاهش یابد و گیاه آب کافی برای انجام عمل تعرق، در اختیار نداشته باشد، در این صورت در اثر

^۱-Canopy Temperature

عدم تناسب بین عمل تعرق و جذب آب توسط ریشه، میزان مکش آب در آوندهای چوبی بالا رفته و در نتیجه باعث بسته شدن روزنه‌ها و کاهش عمل تعرق می‌گردد که نتیجه آن به صورت افزایش دمای پوشش سبز ظاهر می‌شود [سیفی و همکاران، ۱۳۹۳]. از این رو استفاده از دمای پوشش سبز گیاه جهت محاسبه شاخص تنش آبی گیاه (CWSI) که تابعی از اختلاف دمای پوشش گیاهی با دمای هوا است به عنوان روشی مناسب جهت زمان‌بندی آبیاری مورد توجه قرار گرفته است. پژوهشگران معتقدند که استفاده از این شاخص می‌تواند شدت تنش گیاه را بهتر ارزیابی نموده و زمان آبیاری را به طور دقیق‌تری تعیین نماید. نتایج تحقیقی در منطقه بورسا در ترکیه نشان داد که استفاده از شاخص CWSI باعث بهبود برنامه‌ریزی آبیاری سویا در مناطق مرطوب خواهد شد و حد آستانه و مجاز CWSI در این منطقه ۰/۲۲ تعیین گردید [Candogan et al, 2013]. بررسی شاخص تنش آب برای بادمجان تحت رژیم‌های مختلف آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و سطحی نشان داد که برای رسیدن به عملکرد و کیفیت بالای بادمجان مقدار CWSI به ترتیب برای سیستم قطره‌ای سطحی و زیرسطحی باید حدود ۰/۲ و ۰/۱۸ باشد [Colak et al, 2015]. با توجه به اهمیت این روش به عنوان روشی که به طور مستقیم به بررسی وضعیت آب در داخل گیاه می‌پردازد لذا در ایران نیز استفاده از این روش به منظور برنامه‌ریزی آبیاری تابه‌حال توسط محققین زیادی گزارش شده است [الماسی شوشتری و همکاران، ۱۳۸۷؛ قربانی و همکاران، ۱۳۹۴؛ سعیدی نیا و همکاران، ۱۳۹۵ و ...]. نتایج تحقیقات مختلف نشان‌دهنده مؤثر بودن این روش جهت کنترل تنش آبی در گیاهان است. از آنجایی که شاخص تنش آبی گیاه (CWSI) تابع شرایط اقلیمی، نوع گیاه و عوامل مدیریتی در مزرعه می‌باشد لذا استفاده از آن به منظور برنامه‌ریزی آبیاری مستلزم بررسی آن برای گیاهان مختلف در شرایط اقلیمی و مدیریتی متفاوت می‌باشد از این رو هدف از این تحقیق تعیین شاخص تنش آبی گیاه سویا در اقلیم خرم‌آباد می‌باشد.

مواد و روش‌ها

موقعیت و روش اجرای طرح

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان با مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی و ۳۳ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی و در ارتفاع ۱۱۴۷ متری از سطح دریا از اردیبهشت‌ماه لغایت شهریور سال ۱۳۹۵ به مدت ۵ ماه انجام شد. اقلیم منطقه دارای آب‌وهوای سرد و نیمه‌خشک می‌باشد. متوسط ماهانه برخی از پارامترهای هواشناسی منطقه در طول دوره رشد سویا در جدول ۲ آورده شده است. به منظور دستیابی به اهداف تحقیق کشت سویا در اوایل اردیبهشت‌ماه پس از حذف بقایای گیاهی از مزرعه، عملیات شخم و ایجاد جویچه صورت گرفت. در این تحقیق سه کرت آزمایشی هر کدام به مساحت ۱۵ مترمربع با ۵ جویچه انتها بسته به طول ۵ متر و عرض ۶۰ سانتی‌متر ایجاد شد. برای بررسی برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، نمونه‌برداری از نقاط مختلف تا عمق ۳۰ سانتی‌متری انجام شد که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است. علاوه بر این با بررسی و آنالیز عناصر موجود در خاک مقادیر مورد نیاز کودهای سولفات، فسفات و اوره محاسبه و در مراحل مختلف رشد در اختیار گیاه قرار گرفت. کاشت بذر سویا رقم M7 در تاریخ ۱۷ اردیبهشت‌ماه و به صورت دستی صورت گرفت. آبیاری طرح به روش آبیاری جویچه‌ای انجام شد. منبع آب آبیاری چاه موجود در دانشکده بود و از طریق سیستم لوله‌کشی به داخل مزرعه منتقل شد. در این تحقیق دور آبیاری ثابت و به طور متوسط ۷ روز در نظر گرفته شد ولی برای اطمینان از اینکه گیاه تحت تنش آبی قرار نگیرد در روزهای بعد از آبیاری پایش رطوبت خاک به روش وزنی از هر سه کرت صورت می‌گرفت و با حد مجاز تخلیه رطوبتی خاک مقایسه می‌گردید. عمق خالص آبیاری باهدف جایگزین نمودن رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه تا حد ظرفیت زراعی محاسبه و عمق ناخالص آبیاری نیز با توجه به راندمان آبیاری ۹۵ درصد تعیین می‌شد. در نهایت حجم آب مورد نیاز برای هر کرت با احتساب سطح کرت تعیین و به وسیله یک کنتور حجمی که در مسیر لوله بود اختصاص داده شد. اولین آبیاری در تاریخ ۱۷ اردیبهشت‌ماه و آخرین آبیاری در تاریخ ۱۴ شهریورماه انجام شد.

جدول شماره ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

Mn(ppm)	Fe(ppm)	PH(ppm)	EC(ds/m)	$\rho_b(\text{gr/cm}^3)$	بافت خاک
۱۰/۱	۴/۱	۷/۸	۰/۵۵	۱/۲	رسی

جدول ۲- میانگین ماهانه پارامترهای هواشناسی منطقه در طول دوره رشد

شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	پارامتر اقلیمی
۳۶/۹۸	۴۰/۲۴	۳۹/۹۸	۳۳/۷۲	۲۸/۳۹	بیشینه درجه حرارت (درجه سانتی گراد)
۱۵/۶۷	۲۰/۲۱	۱۸/۹۶	۱۳/۰۶	۱۱/۰۳	کمینه درجه حرارت (درجه سانتی گراد)
۲۲/۶۰	۱۹/۳۰	۲۰/۸۸	۲۷/۷۰	۵۲/۰۸	رطوبت نسبی (درصد)
۵/۷۴	۵/۳۵	۵/۵۸	۶/۱۹	۶/۵۴	سرعت باد (متر بر ثانیه)
.	بارندگی (میلی متر)

اندازه‌گیری دمای برگ و شاخص تنش آبی گیاه (CWSI)

اندازه‌گیری دمای پوشش گیاهی که تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله محیط، مرحله‌ی رشد گیاه، رطوبت خاک و ... است به وسیله دماسنج مادون قرمز انجام شد. دماسنج مادون قرمز در حقیقت یک روش غیر مخرب است که وسیله اندازه‌گیری با گیاه تماس پیدا نمی‌کند و به سرعت می‌تواند درجه حرارت پوشش گیاهی را اندازه‌گیری کند. اندازه‌گیری‌های دمای پوشش گیاهی معمولاً در روزهایی انجام می‌شود که هوا ابری نبوده تا از خطاهای احتمالی جلوگیری شود [طاهری قناد، ۱۳۸۷]. جهت تعیین شاخص تنش آبی (CWSI) دمای پوشش سبز در روزهای قبل از آبیاری به همراه دماسنج‌های تر و خشک در فاصله زمانی ۱۱ الی ۱۴ بعد از ظهر برای هر کرت اندازه‌گیری شده و شاخص تنش آبی به روش ایدسو طبق رابطه زیر محاسبه شد [Idso et al, 1981].

$$CWSI = \frac{(T_c - T_a)_m - (T_c - T_a)_l}{(T_c - T_a)_{ul} - (T_c - T_a)_l} \quad (1)$$

در رابطه فوق؛ $(T_c - T_a)_m$: اختلاف درجه حرارت پوشش سبز گیاه و هوا برای روزی است که می‌خواهیم شاخص تنش آب را حساب کنیم. $(T_c - T_a)_l$: اختلاف دمای هوا با پوشش سبز گیاه در شرایط بدون تنش است که در آن میزان تبخیر و تعرق بیشینه بوده و گیاه دچار هیچ تنش آبی نمی‌شود. $(T_c - T_a)_{ul}$: خط مبنای بالایی و یا خط تنش کامل است که معرف اختلاف درجه حرارت پوشش سبز گیاه و هوای مجاور در شرایط تنش کامل (تعرق صفر) است. به منظور تعیین خط مبنای پایین دمای پوشش سبز در روزهای بعد از آبیاری از ساعت ۸ صبح الی ۱۴ بعد از ظهر و به فاصله زمانی ۱ ساعت از هر سه تکرار آزمایش اندازه‌گیری شد. 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 عکس‌العمل نشان داده و لذا مقادیر تعرق انجام‌شده در گیاهان مختلف متفاوت است. با داشتن اختلاف دمای هوا (T_a) و پوشش سبز (T_c) یا ($T_c - T_a$) و کمبود فشار بخار اشباع هوا (VPD) خط مبنای پایین از رابطه زیر محاسبه می‌گردد [Idso et al, 1981].

$$(T_c - T_a)_l = a + b(VPD) \quad (2)$$

a و b ، عرض از مبدأ و شیب خط می‌باشند و کمبود فشار بخار هوا (VPD) نیز بر حسب میلی بار به صورت زیر حساب می‌شود.

$$VPD = e_s(T_a) - e_a \quad (3)$$

$$e_s(T_a) = (0.6108 * EXP(\frac{17.27 * T_a}{T_a + 237.3})) * \frac{1000}{101} \quad (4)$$

$$e_a = e_s(T_a) * \left(\frac{RH}{100}\right) \quad (5)$$

در روابط فوق، $e_s(T_a)$ فشار بخار اشباع در دمای هوا برحسب میلی بار، e_a فشار بخار واقعی هوا برحسب میلی بار و RH درصد رطوبت نسبی است. درجه حرارت هوا از سایکرومتر موجود در ایستگاه هواشناسی مزرعه که شامل دو دماسنج جیوه‌ای تر و خشک بود قرائت شد. از اختلاف دمای دماسنج تر و خشک جهت تعیین رطوبت هوا و کمبود فشار بخار هوا استفاده شد. شکل ریاضی معادله خط مبنای بالایی نیز به صورت زیر می‌باشد که در آن مقدار ثابتی است و به موازات محور کمبود فشار بخار اشباع رسم می‌شود.

$$(T_c - T_a)_{ul} = h \quad (6)$$

بر اساس معادله خط مبنای پایین و با در اختیار داشتن ضرایب a و b موقعیت خط مبنای بالایی بر اساس رابطه زیر تعیین می‌گردد [Idso et al, 1981].

$$(T_c - T_a)_u = a + b \cdot |VPG| \quad (7)$$

که در این رابطه؛ VPG شیب فشار بخار هوا برحسب میلی بار بوده که از رابطه ۸ به دست می‌آید. به عبارت دیگر در این شرایط عمل تعرق بدون وابستگی به مقدار VPD قطع می‌گردد.

$$VPG = e_s(a + T_a) - e_s(T_a) \quad (8)$$

لازم به ذکر است که در اوایل فصل به علت کوچک بودن اندازه گیاه و احتمال ایجاد خطا، اندازه‌گیری دمای برگ انجام نشد. در طول دوره رشد تعداد ۲۱ آبیاری انجام و برای ۱۳ آبیاری اندازه‌گیری دمای برگ در روزهای قبل و بعد از آبیاری به منظور تعیین شاخص تنش آبی گیاه سویا صورت گرفت.

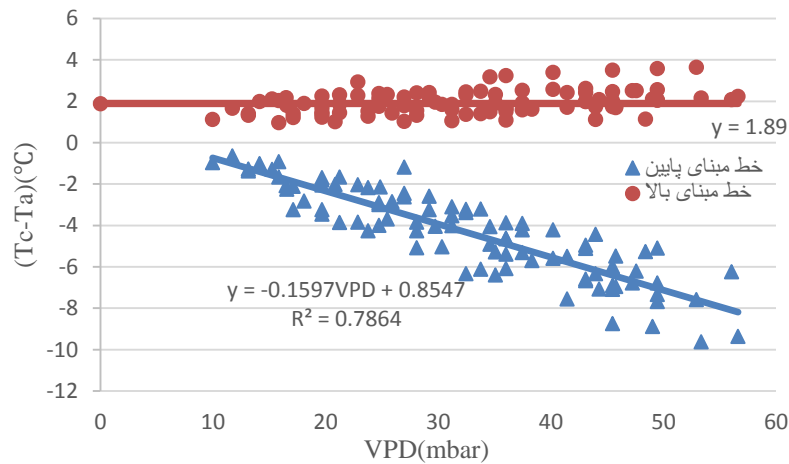
نتایج و بحث

روابط خط مبنای بالا و پایین در طول فصل

روابط به دست آمده برای موقعیت خط مبنای پایین و بالا در ماه‌های مختلف نمونه برداری در جدول ۳ آمده است. همچنان که ملاحظه می‌شود ضرایب a و b در رابطه خط مبنای پایین برای ماه‌های مختلف مقادیر متفاوتی برآورد شده که نشان‌دهنده تفاوت شرایط تعرق در طول فصل رشد گیاه می‌باشد؛ به عبارت دیگر با وجود آب کافی در خاک و عدم تنش، بسته به مرحله رشد گیاه، پتانسیل جذب آب و در نتیجه میزان تعرق گیاه متفاوت است. ضرایب تبیین بالا برای هر رابطه بیانگر دقت قابل قبول روابط استخراجی بوده که از ۰/۷۸ تا ۰/۹۴ متغیر است. شیب خطوط مبنای پایین و عرض از مبدأ آن‌ها برای ماه‌های مختلف متفاوت می‌باشد. مقادیر خط مبنای بالا نیز برای ماه‌های مختلف متفاوت است. همان‌طور که پیش‌ازین نیز بیان شد این تفاوت‌ها ناشی از اختلاف تعرق در مراحل رشد گیاه است. در تحقیقات دیگری نیز نتایج مشابهی را برای گیاه ذرت در دوره رشد گزارش داده شد و پیشنهاد کردند که برای ماه‌های مختلف روابط جداگانه‌ای ارائه شود [طاهری قناد، ۱۳۸۷ و قربانی و همکاران، ۱۳۹۴]. روابط خط مبنای بالا نیز از مقدار ۱/۵۸ تا ۲/۲۳ درجه برای ماه‌های مختلف به دست آمده که بیانگر تفاوت وضعیت تنش کامل در هر ماه می‌باشد. با استفاده از داده‌های به دست آمده در کل فصل روابط خطوط مبنای پایین و بالا برای کل دوره نیز محاسبه و در شکل ۱ نشان داده شده است. این شکل رابطه رگرسیونی بین کمبود فشار بخار اشباع هوا (VPD) و اختلاف دمای پوشش گیاهی و هوا (Tc-Ta) را نشان می‌دهد. همان‌طور که از شکل مشخص است با افزایش کمبود فشار بخار اشباع هوا، اختلاف دمای پوشش گیاهی و هوا نیز افزایش می‌یابد که این عمل موجب خنک نگه‌داشتن گیاه می‌شود. بر این اساس شیب و عرض از مبدأ خط مبنای پایین به ترتیب ۰/۱۶، ۰/۸۵ به دست آمد این در حالی است که در تحقیق دیگری این ضرایب را برای سویا در ترکیه ۰/۱۸ و ۰/۶۴ گزارش کردند که نشان می‌دهد برای یک گیاه خاص نیز این روابط بسته به شرایط اقلیمی متفاوت است [Candogan et al, 2013].

جدول ۳- روابط خط مبنای پایین و بالا برای ماه‌های مختلف

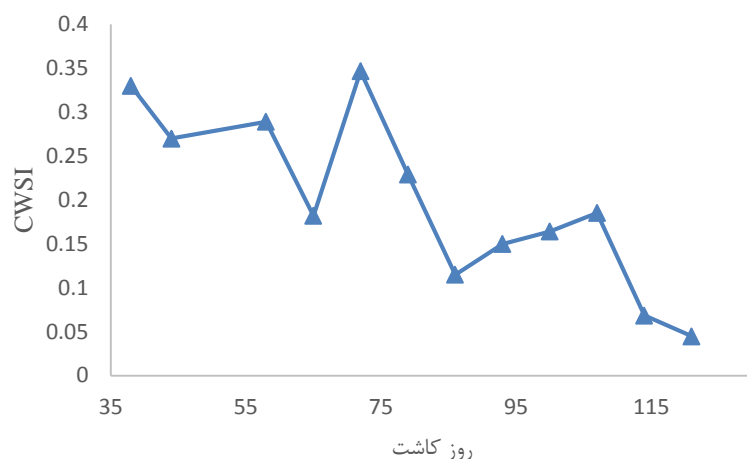
ماه	رابطه خط مبنای پایینی	R ²	رابطه خط مبنای بالا
خرداد	$(T_c - T_a)_{l,l} = 1.15 - 0.22VPD$	0.90	$(T_c - T_a)_{ul} = 1.59$
تیر	$(T_c - T_a)_{l,l} = 1.49 - 0.20VPD$	0.90	$(T_c - T_a)_{ul} = 2.17$
مرداد	$(T_c - T_a)_{l,l} = 1.54 - 0.18VPD$	0.92	$(T_c - T_a)_{ul} = 2.23$
شهریور	$(T_c - T_a)_{l,l} = 1.23 - 0.14VPD$	0.94	$(T_c - T_a)_{ul} = 1.58$
کل دوره	$(T_c - T_a)_{l,l} = 0.85 - 0.16VPD$	0.78	$(T_c - T_a)_{ul} = 1.89$



شکل ۱- نمودار خط مبنای پایین و بالا برای کل دوره

تعیین شاخص CWSI به منظور برنامه‌ریزی آبیاری

با مشخص بودن موقعیت خطوط مبنای بالا و پایین و نیز متوسط اختلاف دمای گیاه و هوا در روزهای قبل از آبیاری شاخص تنش آبی سویا با استفاده از رابطه مربوطه محاسبه شد. شکل ۲ روند تغییرات شاخص تنش آبی را برای روزهای مختلف در طول دوره رشد نشان می‌دهد. همچنان که از شکل مشخص است مقدار این شاخص در طول دوره رشد کاهش یافته و در انتهای فصل مقدار آن به حداقل رسیده به طوری که از مقدار ۰/۳۳ در خرداد به حدود ۰/۰۴ در شهریور رسیده است. بر این اساس متوسط شاخص تنش آبی برای کل دوره رشد سویا ۰/۱۸ به دست آمده که می‌تواند مبنای برنامه‌ریزی آبیاری قرار گیرد. این در حالی است که مقدار این شاخص برای سویا در تحقیقات دیگری ۰/۲۲ و ۰/۲ گزارش شده است [Candogan et al, 2013; Nielsen, 1990]. با توجه به مقدار شاخص به دست آمده جهت زمان‌بندی آبیاری رابطه $(T_c - T_a)_a = 1.0411 - 0.1310VPD$ برای کل دوره رشد سویا به دست آمد. تعیین زمان آبیاری یکی از عوامل مهم در کنترل میزان آب در دسترس گیاه و نیز از فاکتورهای مؤثر در مصرف صحیح آب در مزرعه می‌باشد. استفاده از شاخص‌های گیاهی از جمله دمای پوشش گیاهی در سال‌های اخیر مورد استفاده فراوان قرار گرفته است و به عنوان روشی کارآمد جهت تعیین زمان آبیاری مورد توجه محققین بوده است. از این رو در این تحقیق با استفاده از این روش متوسط شاخص تنش آبی گیاه سویا به منظور زمان‌بندی آبیاری سویا در اقلیم خرم‌آباد تعیین شد.



شکل ۲- روند تغییرات CWSI در طول دوره رشد

منابع

الماسی شوشتری، م.، کشکولی، ح.، برومند نسب، س.، و موسوی، س. (۱۳۸۷). تعیین زمان آبیاری با استفاده از تفاوت دمای پوشش سبز گیاه - هوا و شاخص تنش آبی در نیشکر. دومین همایش ملی شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز.

رنجبر، ع.، (۱۳۸۴). برنامه‌ریزی آبیاری گیاه چغندر قند با استفاده از درجه حرارت پوشش سبز گیاه در شمال خوزستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. رشته آبیاری و زهکشی، دانشکده علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

سعیدی نیا، م.، برومند نسب، س.، هوشمند، ع.، سلطانی محمدی، ا.، و اندرزبان، ب. (۱۳۹۵). قابلیت کاربرد شاخص CWSI برای برنامه‌ریزی آبیاری ذرت با آب شور در اهواز. نشریه دانش آب‌وخاک، جلد ۲۶، شماره ۱: ۱۷۳-۱۸۵.

سیفی، ا.، میر لطیفی، س. م.، دهقانی سانجج، ح.، و ترابی، م. (۱۳۹۳). تعیین شاخص تنش آب برای درختان پسته تحت روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با استفاده از اختلاف دمای تاج گیاه و هوا. مجله مدیریت آب و آبیاری، دوره ۴، شماره ۱: ۱۳۶-۱۲۳.

طاهری قناد، س. (۱۳۸۷). برنامه‌ریزی آبیاری مزارع با استفاده از یک روش مستقیم. دومین سمینار راهکارهای بهبود اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی.

قربانی، م.؛ برومند نسب، س.؛ سلطانی محمدی، ا.؛ مینایی، س. برنامه‌ریزی آبیاری ذرت تابستانه تحت دو نوع آبیاری سطحی و بارانی با استفاده از شاخص CWSI در شرایط اقلیمی اهواز. مجله علمی - پژوهشی علوم و مهندسی آبیاری. جلد ۳۸، شماره ۴. ۶۴-۷۳.

Candogan, B. K., Shncik, M., Buyukcangaz, H. and C. Demirtas, 2013. Yield, quality and crop water stress index relationships for deficit-irrigated soybean [Glycine max (L.) Merr.] in sub-humid climatic conditions. *Agricultural Water Management*. 118 (2013) 113-121.

Colak, Y.B; Yazar, A; Colak, I; Akca,H. and Duraktenkin, G. 2015. Evaluation of Crop Water Stress Index (CWSI) for Eggplant under Varying Irrigation Regimes Using Surface and Subsurface Drip Systems. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 4 (2015) 372 - 382

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. Meteorol.* 24: 45-55.

Nielsen, D.C., 1990. Scheduling irrigations for soybeans with the crop water stress index (CWSI). *Field Crops Research* 23, 103–116.

Evaluation of CWSI for soybean irrigation management in khorramabad

Abstract

The limitations caused by incorrect and unprincipled use of water resources, attention to saving and management of water used in agriculture is becoming increasingly important. The careful irrigation scheduling is from water management strategies in the field to make better use of limited water resources. The crop water stress index that depends on the temperature difference of the air and canopy cover, is a reliable method to scheduling irrigation and plants water status. This study carried out to soybean irrigation scheduling using of the crop water stress index in Research Farm of agricultural faculty at Lorestan University. At first, the upper and lower baselines were extracted for June, July, August and September. Equation of the lower baseline for soybean in the total of growth period was estimated: $(T_c - T_a)_{l,l} = 0.85 - 0.16VPD$ and upper baseline was calculated on 1.89°C . Crop water stress index calculated for the the total of growth period and average index during the season for soybean was obtained 0.18 .