

## کاربرد شاخص تنش آبی گیاه برای زمان‌بندی تک آبیاری گندم دیم (مطالعه موردی در بالادست حوضه کرخه)

حسین دهقانی سانجی<sup>1\*</sup>، محمد مهدی نخجوانی مقدم<sup>2</sup>، بیژن قهرمان<sup>3</sup>

تاریخ دریافت: 1395/10/6 تاریخ پذیرش: 1395/11/13

### چکیده

این پژوهش به منظور بررسی امکان کاربرد شاخص تنش آبی گیاه برای زمان‌بندی تک آبیاری بهاره گندم دیم در بالادست حوضه آبریز کرخه (به‌طور خاص منطقه هنام در استان لرستان) طی سال زراعی 94-1393 انجام گردید. بدین منظور در منطقه هنام سه مزرعه گندم دیم در عرصه کشاورزان به‌عنوان مزارع پژوهش انتخاب گردید. هر مزرعه به دو بخش تقسیم گردید. بخش اول در شرایط مدیریت دیم و بخش دوم تحت مدیریت تک آبیاری بهاره با عمق ثابت 60 میلی‌متر بود. زمان اعمال تک آبیاری بهاره در مزارع شماره 1 تا 3 متفاوت و به ترتیب در سه مرحله آغاز سنبله‌دهی، میانه گل‌دهی (گرده افشانی) و اوایل دانه‌بندی گندم بود. میزان رطوبت خاک تا عمق توسعه ریشه (60 سانتی‌متر از سطح خاک) و دمای پوشش سبز گیاه طی روزهای مختلف در مراحل گل‌دهی و دانه‌بندی اندازه‌گیری گردید. پس از تعیین مقادیر حدود مبنای پایین و بالا، مقادیر شاخص تنش آبی (CWSI) در مدیریت‌های مختلف تعیین گردید. حد پایینی (خط مبنای پایین CWSI) برای گندم دیم در منطقه هنام به‌صورت رابطه  $Tc - Ta = 2.28 VPD + 2.089$  و حد مبنای بالا شاخص مذکور برابر  $6/2$  درجه سانتی‌گراد به دست آمد. آستانه تنش آبی برای گندم دیم به میزان  $0/36$  تعیین گردید. دمای پوشش سبز گیاه معادل آستانه مذکور برابر  $26/4$  درجه سانتی‌گراد حاصل گردید. تغییرات شاخص CWSI در مدیریت‌های مختلف اعمال‌شده در مزارع پژوهشی با تغییرات عملکرد دانه همبستگی 83 درصد را نشان داد. همچنین بین دمای پوشش سبز گیاه و میزان آب موجود در پروفیل خاک (در عمق توسعه ریشه گندم دیم) همبستگی بالایی مشاهده شد ( $R^2=0.78$ ).

واژه‌های کلیدی: آستانه تنش، دمای پوشش سبز، مدیریت آبیاری، هنام

### مقدمه

محققین بر آن بوده که به‌توان از روش‌هایی استفاده کرد که از کلیه پارامترهای موثر بر تبخیر - تعرق و جذب گیاه، جهت انتخاب شیوه مدیریت آبیاری مناسب استفاده نمود (Gontia and Tiwari., 2008; Sneha et al., 2013). تنش رطوبتی در شرایط دیم تنها به دلیل کمبود بارندگی و محدودیت آب رخ نمی‌دهد، بلکه عوامل دیگری مانند تنش گرمایی به‌ویژه پس از مرحله گل‌دهی گندم، باعث برهم زدن تعادل جذب و مصرف آب و تشدید پدیده تنش آبی می‌شود. بر همین اساس، ژنوتیپ‌هایی که بتوانند در دوره پرشدن دانه با جذب آب از اعماق پایین پروفیل خاک و انجام تعرق، دمای پوشش سبز خنک‌تری ایجاد نمایند، موفق عمل کرده و عملکردهای مناسب‌تری را تولید می‌نمایند (Elbashier et al., 2012).

تانر برای اولین بار امکان استفاده از دمای پوشش سبز را به‌عنوان معرف تنش آبی در گیاه پیشنهاد نمود (Tanner., 1966) و به دنبال آن هیلر و کلارک اختلاف دمای پوشش سبز و هوای مجاور گیاه را جهت مطالعه تنش آبی در گیاه توصیه کردند (Hiler and Clark., 1971). شاخص تنش آبی گیاه (CWSI)<sup>4</sup> که نشان‌دهنده نیاز به

تنش‌های آبی و دمایی در گیاهان از جمله مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی هستند که در مراحل مختلف رشد گیاه در مناطق خشک و نیمه‌خشک اتفاق می‌افتند. تنش آبی در قسمت اعظمی از دوره رشد و تنش دمایی در اواخر دوره رشد گندم دیم از عوامل مهم تهدیدکننده تولید این محصول بشمار می‌روند (Mohammadi et al., 2009). در روش‌های معمولی، مقدار آب موجود در خاک به‌عنوان معیار سنجش وضعیت آب در اندام‌های گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد و پارامترهای جوی و نوع گیاه در نظر گرفته نمی‌شود؛ بنابراین سعی

- 1 - دانشیار پژوهش، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
  - 2- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
  - 3 - استاد گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
- برگرفته‌شده از طرح تحقیقاتی با عنوان "ارزیابی اثرات عوامل مدیریتی بر بهره‌وری آب گندم آبی و دیم در بخش علیای حوضه کرخه و توسعه کاربرد عوامل مناسب"

(Email: h.dehghanisanij@areo.ir

\* - نویسنده مسئول:

درصد شد (Geiser et al., 1982). همچنین کلاوسن و بلاد گزارش کردند که برنامه ریزی آبیاری گیاه ذرت بر اساس شاخص CWSI در مقایسه با دستگاه نوترون متر منجر به کاهش میزان آب آبیاری به میزان 156 میلی متر شد (Clawson and Blad, 1982). در ایران نیز استفاده از شاخص CWSI برای برنامه ریزی آبیاری محصولات باغی و زراعی مورد توجه محققین بوده است. ناظم السادات و همکاران (1378) برای گیاه چغندر قند، سپاسخواه و کاشفی پور (Sepaskhah and Kashefipoure, 1994) در مورد لیموشیرین در چهارم، سپاسخواه و ایلام پور (Sepaskhah and Ilampour., 1996) در مورد لوبیا چشم بلبلی و شیر محمدی (1379) در مورد زعفران در منطقه باجگاه شیراز روی این موضوع تحقیق نموده و برای برنامه ریزی آبیاری این گیاهان مدل هایی را ارائه نموده اند (Sepaskhah and Kashefipoure., 1994; Sepaskhah and Ilampour., 1996). هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی توانایی شاخص تنش آبی گیاه برای برنامه ریزی آبیاری تکمیلی گندم دیم در منطقه هنام بود. بدین منظور ابتدا حدود بالا و پایین و همچنین آستانه CWSI برای گندم دیم در منطقه هنام تعیین و سپس روابط CWSI با رطوبت خاک و عملکرد گندم دیم مورد بررسی قرار گرفت.

### مواد و روش ها

این پژوهش به منظور بررسی امکان کاربرد شاخص تنش آبی گیاه برای زمان بندی تک آبیاری بهاره گندم دیم در بالادست حوضه آبریز کرخه (به طور خاص منطقه هنام در استان لرستان) طی سال زراعی 94-1393 انجام گردید. بدین منظور در بین مزارع گندم دیم منطقه، سه مزرعه به عنوان مزارع پژوهش در عرصه کشاورزان انتخاب گردید. مزارع منتخب در سه روستای نوراللهی، سیاهپوش و زیرطاق و بافاصله تقریبی 10 کیلومتر از یکدیگر قرار داشتند. هر مزرعه به دو بخش تقسیم گردید. بخش اول در شرایط بدون آبیاری (دیم) و بخش دوم تحت تک آبیاری بهاره با عمق ثابت 60 میلی متر (در مرحله گل دهی) بود. زمان اعمال تک آبیاری بهاره در مزارع شماره 1 تا 3 متفاوت و به ترتیب در سه مرحله آغاز سنبله دهی، میانه گل دهی (گرده افشانی) و اوایل دانه بندی گندم بود.

آبیاری است، مشخصه ای از گیاه است که از ترسیم اختلاف دمای پوشش گیاهی و دمای هوا در مقابل کمبود فشار بخار اشباع هوا به دست می آید. این شاخص روش موثری برای تعیین مقدار تنش رطوبتی گیاه است (Jackson., 1982; Jackson et al., 1981; Idso et al., 1981).

محاسبات CWSI بر مبنای سه پارامتر محیطی دمای هوا، دمای پوشش سبز گیاه و کمبود فشار بخار هوا است. هر سه پارامتر تاثیر زیادی بر آب مصرفی توسط گیاه می گذارند. اتول و همکاران با مقایسه هشت روش متمایز اندازه گیری، برای تعیین وضعیت رطوبت در گیاه، دریافتند که شاخص CWSI بر مبنای دمای پوشش سبز گیاه بهترین روش است (O'toole et al., 1986). همچنین آن ها بیان کردند که با این روش پیشرفت قابل ملاحظه ای در ارزیابی وضعیت رطوبتی گیاه داشتند. اگر CWSI برابر صفر باشد بیانگر این است که تنش آبی رخ نداده است، از طرف دیگر مقدار CWSI برابر یک مبین حداکثر تنش آبی می باشد. همچنین به علت این که واکنش گیاهان مختلف به تنش آبی متفاوت است، بنابراین مقادیر بحرانی CWSI برای هر گیاه باید برای اقلیم ها و خاک های متفاوت به منظور پیش بینی عملکرد و برنامه ریزی آبیاری تعیین شوند. در سال های اخیر استفاده از دمای پوشش سبز گیاه، به عنوان یک شاخص مناسب برای برنامه ریزی آبیاری گیاهان، مورد توجه محققین بوده است (Gontia and Tiwari, 2008; O'Shaughnessy et al., 2012; Sneha et al., 2013). توسط محققین مختلف روابط شاخص CWSI با عملکرد محصول (Irmak et al., 2000)، با پتانسیل آب برگ (Jackson., 1991) و با مقدار آب قابل دسترس خاک (Taghvaeian et al., 2012) گزارش شده است. همچنین از زمانی که شاخص CWSI توسعه پیدا کرد، محققین زیادی از آن برای برنامه ریزی آبیاری استفاده کرده اند (Gontia and Tiwari., 2008; Sneha et al., 2013). آلدرفاسی و نیلسن گزارش نمودند شاخص CWSI ابزاری با ارزش برای کنترل وضعیت سطح ایستایی، برنامه ریزی و زمان بندی آبیاری گندم است (Alderfasi and Nielsen, 2001). چیسر و همکاران با مقایسه روش شاخص CWSI با روش های بیلان آبی و بلوک گچی برای برنامه ریزی آبیاری گیاهان، به این نتیجه رسیدند که استفاده از روش های بیلان آبی و بلوک گچی نسبت به شاخص CWSI منجر به کاربرد آب بیش تری به ترتیب به مقدار 39 و 18

جدول 1- برخی از مشخصات فیزیکی خاک مزارع پژوهشی در سال زراعی 94-93\*

عمق خاک (cm)	بافت خاک	مزرعه 1		مزرعه 2		مزرعه 3	
		رطوبت حجمی خاک (%)	رطوبت حجمی خاک (%)	رطوبت حجمی خاک (%)	رطوبت حجمی خاک (%)	رطوبت حجمی خاک (%)	رطوبت حجمی خاک (%)
		FC	PWP	FC	PWP	FC	PWP
20-0	رسی سیلتی	36/8	21/3	33/4	19/29	35/7	20/4
40-20	رسی سیلتی	34/8	20/4	31/6	18/27	35	19/26
60-40	رسی سیلتی	35	20/17	34/2	19/7	33/5	19/27

\* تعیین شده توسط آزمایشگاه تحقیقات مهندسی آب و خاک و فاضلاب موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

نزدیک از مزارع پژوهشی (به‌طور میانگین 5 کیلومتر) ایستگاه هواشناسی الشتر قرار داشت، برای تعیین دمای هوا و میزان رطوبت نسبی از اطلاعات ایستگاه مزبور استفاده شد. برای محاسبه کمبود فشار بخار اشباع ابتدا با استفاده از معادله 1 (Bosen, 1960) فشار بخار اشباع هوا تعیین شد.

$$es = 33.8639 (0.00738T_a + 0.8073)^8 - 0.000019 (1.8T_a + 48) + 0.00316 \quad (1)$$

که در آن،  $T_a$  دمای هوا (درجه سانتی‌گراد) و  $es$  فشار بخار هوا در دمای  $T_a$  و برحسب میلی‌بار است. سپس با معلوم شدن فشار بخار اشباع، کمبود فشار بخار اشباع از معادله 2 محاسبه شد.

$$VPD = es (1 - RH) \quad (2)$$

که در آن،  $VPD$  کمبود فشار بخار هوا (میلی‌بار) و  $RH$  رطوبت نسبی هوا در دمای  $T_a$  (اعشار) می‌باشد.

پس از تعیین مقادیر  $(T_c - T_a)$  در شرایط بدون تنش رطوبتی (تعرق کامل گیاه) و محاسبه مقادیر  $VPD$ ، معادله خط مبنای پایینی با رگرسیون خطی بین این دو پارامتر حاصل گردید و عرض از مبدأ و شیب معادله مزبور مشخص شدند. برای تعیین حد مبنای بالایی یا  $(T_c - T_a)_u$ ، اختلاف دمای پوشش سبز و دمای هوا در طی روزهای مختلف در ساعات 13 الی 14 در تیمارهای دیم مزارع پژوهشی اندازه‌گیری گردید. میانگین اختلاف دمای مذکور در خشک‌ترین تیمارها به‌عنوان حد مبنای بالا در نظر گرفته شد.

پس از تعیین مقادیر حدود مبنای پایین و بالا، مقادیر شاخص تنش آبی (CWSI) در مدیریت‌های متفاوت مزارع پژوهشی با استفاده از رابطه 3 تعیین گردید (Idso et al., 1981).

$$CWSI = \frac{(T_c - T_a)_m - (T_c - T_a)_l}{(T_c - T_a)_u - (T_c - T_a)_l} \quad (3)$$

که در آن:  $(T_c - T_a)_m$ : تفاوت دمای پوشش گیاهی و دمای هوا برحسب درجه سانتی‌گراد،  $(T_c - T_a)_u$  حد مبنای بالا برحسب درجه سانتی‌گراد،  $(T_c - T_a)_l$  حد مبنای پایین برحسب درجه سانتی‌گراد است. پس از انجام محاسبات لازم، از طریق رابطه بین  $(T_c - T_a)$  با شاخص CWSI، آستانه تنش آبی برای گندم دیم در منطقه هنام تعیین گردید. همچنین روابط شاخص CWSI با عملکرد دانه گندم دیم و میزان رطوبت خاک تعیین شدند.

## نتایج و بحث

### تعیین معادله حد پایینی (خط مبنای پایین) شاخص تنش آبی

#### گیاه گندم دیم

با رگرسیون خطی بین پارامترهای کمبود فشار بخار هوا ( $VPD$ ) و اختلاف دمای پوشش سبز گیاه با دمای هوا ( $T_c - T_a$ ) در

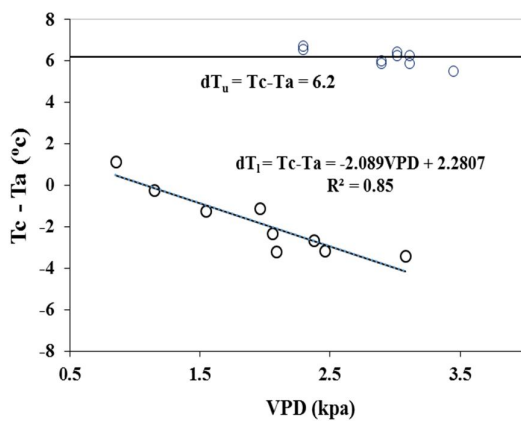
عمق آبیاری 60 میلی‌متر بر اساس مدل کالیبره شده AquaCrop تعیین گردید (دهقانی سانج و همکاران، 1395). قبل از آغاز عملیات کاشت، از نقاط مختلف مزارع نمونه‌برداری صورت گرفت و مشخصات فیزیکی خاک مزارع در آزمایشگاه تعیین گردید. بافت خاک هر سه مزرعه یکسان و از نوع رسی‌سیلتی بود. در جدول 1 برخی از مشخصات فیزیکی خاک مزارع پژوهشی ارائه شده است.

مدیریت مصرف کود در مزارع بر اساس نتایج آزمایشات آزمون خاک و توصیه کودی توسط کارشناسان تغذیه خاک مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان بود. به‌طور میانگین در سه مزرعه کود سوپرفسفات‌تریپل به میزان 100 کیلوگرم در هکتار در زمان کاشت و کود اوره به میزان 280 کیلوگرم در هکتار به‌صورت تقسیمی در سه زمان کاشت گیاه، پنجه‌زنی و ساقه‌دهی مصرف گردید. عملیات کاشت با استفاده از رقم گندم دیم آذر 2 با ماشین ردیف‌کار و با تراکم کاشت 140 کیلوگرم در هکتار انجام گردید. حجم آب مورد نیاز در تیمارهای تک آبیاری بهاره از حاصل‌ضرب سطح مزرعه در عمق آبیاری تعیین شد. با استفاده از فلوم WSC تیپ 3 میزان آب ورودی به مزرعه اندازه‌گیری گردید.

پس از آغاز فصل بهار، مراحل رشد فنولوژیک گندم دیم در هر سه مزرعه ثبت گردید. از مرحله سنبله‌دهی (آغاز مرحله گل‌دهی) به بعد (در طی روزهای مختلف) میزان رطوبت خاک تا عمق توسعه ریشه (60 سانتی‌متر از سطح خاک) با استفاده از روش وزنی (نمونه- برداری از خاک مزارع با دستگاه اوگر) تعیین گردید. علاوه بر آن دمای پوشش سبز گیاه نیز در مزارع پژوهشی طی روزهای مختلف در مراحل گل‌دهی و دانه‌بندی در شرایط متفاوت مدیریتی اندازه‌گیری شد. بدین منظور با استفاده از دماسنج مادون‌قرمز (فروسرخ) مدل Testo 830 T1 (ساخت کشور آلمان) دمای پوشش سبز گندم دیم در شرایط بدون باد در روزهای معین در نقاط مختلف (از ابتدای مزرعه تا انتهای مزرعه) قرائت گردید. زاویه میل دستگاه حدود 45 درجه و فاصله دستگاه از سطوح برگ‌ها بین 30 تا 50 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. از آن‌جا که ممکن بود در هنگام نشانه‌روی دستگاه، موقعیت و جهت تابش خورشید بر قرائت دما موثر باشد، در هر مرتبه اندازه‌گیری، دمای پوشش گیاهی در چهار جهت قرائت گردید. میانگین دمای پوشش سبز گیاه در نقاط مختلف و همچنین در جهات چهارگانه ملاک دمای پوشش سبز تیمار مربوطه گردید. به‌منظور تعیین خط مبنای پایینی یا  $(T_c - T_a)_l$  که رابطه بین اختلاف دمای پوشش سبز گیاه با هوای مجاور و کمبود فشار بخار هوا در شرایط تعرق کامل گیاه می‌باشد، دمای پوشش سبز گیاه در تیمار تک آبیاری و به مدت 4 روز پس از اعمال آبیاری در هر سه مزرعه پژوهشی در فاصله زمانی 8 صبح الی 13 بعدازظهر اندازه‌گیری گردید. با توجه به این که به فاصله

بین مقادیر 0/4 تا 3/6 کیلو پاسکال گزارش نموده اند که تقریباً در محدوده مقادیر به دست آمده در مطالعه حاضر است.

حد مبنای بالا برای گندم دیم در منطقه هنام 6/2 درجه سانتی گراد تعیین گردید (شکل 1). نتایج سایر محققین در خصوص این حد نیز برای گندم متفاوت بود. آلدرفاسی و نیلسن مقدار حد بالای گندم زمستانه را برابر 2 درجه سانتی گراد گزارش نموده اند (Alderfasi and Nielsen., 2001) که البته این مقدار قبلاً نیز توسط محققین دیگری از جمله هاول و همکاران تایید شده بود (Howell et al., 1984). در مقابل جکسون و همکاران این مقدار را برای گندم 5 درجه سانتی گراد گزارش نموده اند (Jackson et al., 1981). فیضی اصل و همکاران (1393) حد مبنای بالای گندم دیم را به میزان 6 درجه سانتی گراد گزارش نموده اند که خیلی نزدیک به عدد به دست آمده در پژوهش حاضر است. معمولاً در ارقام گندم دیم که برگ های باریک و بلندی دارند و میزان تعرق آن ها کم تر است، عدد محاسبه شده برای حد مبنای بالا بیش تر خواهد بود (Idso et al., 1981). همچنین در مناطق مرطوب و شرایطی که گیاه به مدت طولانی تحت تنش خشکی نباشد، این مقدار پایین خواهد بود. در شرایط مطالعه حاضر به علت عدم آبیاری گندم دیم در دو مرحله حساس گل دهی و دانه بندی، گیاه تحت تنش آبی شدید قرار گرفته و بنابراین انتظار بدست آمدن اعداد بالایی برای حد مبنای بالا وجود دارد.



شکل 1- حد مبنای بالا و پایین برای گندم دیم در منطقه هنام

### تعیین آستانه تنش CWSI

پس از تعیین حدود مبنای بالا و پایین گندم دیم در منطقه هنام، مقادیر شاخص تنش آبی گیاه (CWSI) برای مدیریت های مورد ارزیابی مزارع پژوهشی (دیم و تک آبیاری بهاره) و در زمان های مختلف با استفاده از معادله تجربی پیشنهادی ایدسو و همکاران (معادله 3) محاسبه گردید (Idso et al., 1981). به منظور تعیین

شرایط تعرق کامل گیاه، معادله حد پایینی (خط مبنای پایین) برای گندم دیم در منطقه هنام به صورت رابطه 4 به دست آمد.

$$T_c - T_a = -2.089VPD + 2.28 \quad (4)$$

$$R^2 = 0.85$$

که در آن، VPD برحسب کیلو پاسکال و  $T_c - T_a$  برحسب درجه سانتی گراد می باشد.

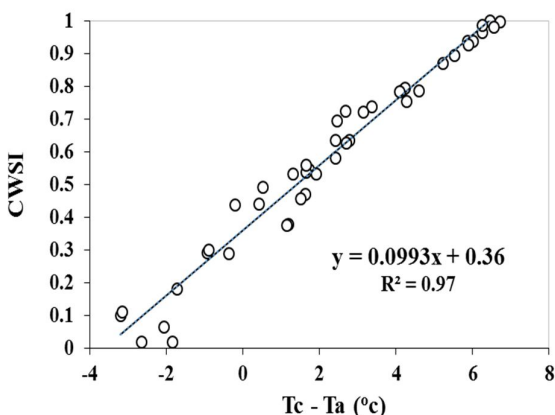
آلدرفاسی و نیلسون در سال 2001 برای خط مبنای پایینی گیاه گندم زمستانه رابطه  $T_c - T_a = -1.42 VPD + 0.53$  را ارائه نمودند (Alderfasi and Nielsen, 2001). همان طور که مشاهده می شود، معادله ارائه شده توسط آلدرفاسی و نیلسن دارای شیب و عرض از مبدا کمتری نسبت به معادله به دست آمده در این تحقیق می باشد (Alderfasi and Nielsen, 2001). شرایط اقلیمی، نوع خاک و همچنین نوع واریته گندم به کاررفته ممکن است سبب تفاوت بین شیب و عرض از مبدا خط مبنای پایین این تحقیق با سایر تحقیقات مشابه باشد.

ایدسو معادله خط مبنای پایین را در دو حالت قبل و بعد از خوشه دهی گیاه گندم زمستانه به ترتیب به صورت،  $T_c - T_a = -3.25 VPD + 3.38$  و  $T_c - T_a = -2.11 VPD + 2.88$  ارائه نموده است (Idso., 1981). همان طور که مشاهده می شود مقادیر عرض از مبدا و شیب معادله خط مبنای پایین به دست آمده در تحقیق حاضر تا حدود زیادی با نتایج ایدسو در حالت بعد از خوشه دهی (معادله دومی) گندم مطابقت دارد (Idso., 1981). ایدسو معتقد است این ضرایب در گندم با مراحل فنولوژیک گیاه تغییر می کند، به نحوی که در مراحل رویشی گیاه شیب منحنی منفی تر و عرض از مبدا آن مثبت تر از مراحل زایشی گیاه است (Idso., 1981). فیضی اصل و همکاران (1393) مقادیر شیب و عرض از مبدا معادله حد مبنای پایین را برای گندم دیم در منطقه مراغه به ترتیب  $-3/76$  و  $4/52$  گزارش نمودند. همان طور که مشاهده می شود معادله ارائه شده توسط فیضی اصل و همکاران (1393) دارای شیب بیش تر (منفی تر) و عرض از مبدا بزرگ تر نسبت به مطالعه حاضر می باشد. معمولاً در مناطق گرم و خشک شیب منحنی منفی تر و در مناطق سرد و مرطوب شیب منحنی به سمت صفر میل پیدا می کند (Kırnak et al., 2005).

نکته دیگری که بایستی در نظر گرفت، این است که انتقال خط مبنای پایین به دست آمده در یک مکان خاص به سایر نقاط، اغلب به وسیله دامنه تغییرات VPD محدود می شود (Gardner et al., 1994). گاردنر و شوک دامنه تغییرات VPD را (برای این که خط مبنای پایین بدست آمده بتواند در سایر مکان ها استفاده شود)، بین 1 تا 6 کیلو پاسکال پیشنهاد نموده اند (Gardner and Shock., 1989). در تحقیق حاضر دامنه تغییرات VPD بین مقادیر 0/85 تا 3/1 کیلو پاسکال تغییر می کرد (شکل 1). فیضی اصل و همکاران (1393) نیز دامنه تغییرات VPD را برای خط مبنای پایین گندم دیم

آستانه شاخص CWSI برای گندم دیم منطقه هنام از رابطه رگرسیونی بین شاخص مذکور با اختلاف دمای پوشش و دمای هوا ( $T_c - T_a$ ) در مدیریت‌های مختلف مزارع پژوهشی استفاده گردید (شکل 2).

چنانچه در رابطه  $[CWSI = 0.099 (T_c - T_a) + 0.36]$  به دست آمده در شکل 2 میزان  $(T_c - T_a) = 0$  باشد، شاخص CWSI برابر با  $0/36$  خواهد شد. این عدد به عنوان آستانه تنش آبی گندم دیم در منطقه هنام در شرایط پژوهش معرفی می‌گردد، زیرا در مقادیر  $(T_c - T_a) > 0$ ، دمای پوشش سبز گیاه بیش تر از دمای هوای مجاور خواهد بود و شرایط رطوبتی گیاه به حد بالا نزدیک تر می‌شود که در چنین شرایطی گیاه به منظور مبارزه با تنش گرمایی و حفظ آب اندام‌های خود با بستن روزنه‌ها و کاهش تعرق با کمبود آب مبارزه می‌کند. به همین دلیل دمای سطح برگ و به تبع آن دمای پوشش سبز گیاه افزایش پیدا می‌کند (Gonzalez et al., 2005). در چنین شرایطی تیمارهایی موفق عمل می‌کنند که با رفع شرایط تنش آبی از طریق افزایش جذب آب و مقاومت روزنه‌ای، پتانسیل نسبی آب برگ را افزایش داده و باعث ورود  $CO_2$  و حفظ فتوسنتز شوند و بدین طریق باعث کاهش دمای پوشش سبز گیاه و افزایش عملکرد دانه گیاه شوند (Anjum et al., 2011). چنین پدیده‌ای در مقادیر  $(T_c - T_a) < 0$  رخ داده و دمای پوشش سبز گیاه کم تر از دمای هوای مجاور گیاه شده است. به عبارت دیگر در این شرایط وضعیت رطوبتی گیاه به حد مبنای پایین (شرایط ایده‌آل رطوبتی) و تعرق پتانسیل نزدیک تر می‌گردد. در نتیجه این امر جذب  $CO_2$  و فتوسنتز با شدت بیش تری در جهت افزایش تولید انجام می‌گیرد؛ بنابراین مقادیر CWSI بالاتر از  $0/36$  را می‌توان شرایط نامطلوب و مقادیر کم تر از  $0/36$  را شرایط مطلوب رشد و فتوسنتز از لحاظ تنش آبی برای گندم دیم در منطقه هنام معرفی نمود. در نتیجه این امر می‌توان گفت زمانی که مقادیر CWSI گندم دیم در منطقه مذکور (از طریق اندازه‌گیری اختلاف دمای هوا و دمای پوشش گیاهی) به این آستانه ( $CWSI = 0.36$ ) نزدیک یا از آن عبور نماید، می‌توان با اعمال تک آبیاری بهاره از کاهش عملکرد محصول جلوگیری نمود.

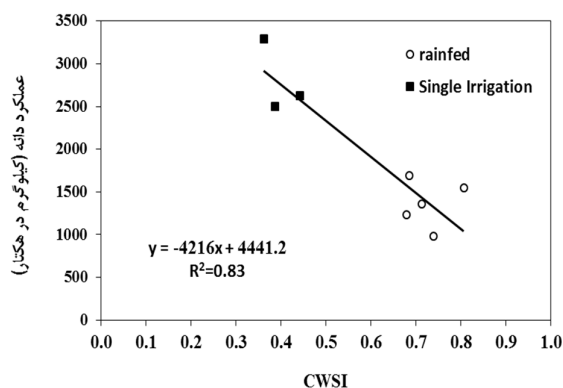


شکل 2- رابطه بین اختلاف دمای پوشش سبز گیاه و دمای هوا با شاخص تنش آبی (CWSI)

در شکل 3 رابطه رگرسیونی بین دمای پوشش سبز گیاه که مستقیماً با استفاده از دماسنج مادون قرمز اندازه‌گیری می‌گردد، با شاخص CWSI در مدیریت‌های مختلف مزارع پژوهشی ارزیابی شده است. نتایج شکل 3 بیانگر آن است که رابطه مذکور به صورت خطی مثبت است. چنانچه در رابطه به دست آمده در شکل 3  $[CWSI = 0.0447 (T_c - 0.83)]$ ، به جای CWSI میزان آستانه تنش بدست آمده ( $0/36$ ) جایگزین کنیم، دمای پوشش سبز گیاه معادل آستانه تنش رطوبتی برابر  $26/4$  درجه سانتی‌گراد حاصل می‌گردد. این دما می‌تواند به عنوان مبنای تفکیک و انتخاب ارقام و اعمال مدیریت‌های مناسب در منطقه برای گندم دیم مورد مطالعه قرار گیرد. در این رابطه با افزایش هر 1 درجه افزایش دمای پوشش گیاهی، میزان شاخص CWSI برای گندم دیم به میزان 10 درصد افزایش یافت.

بررسی اطلاعات مزرعه‌ای نشان داد که عبور دمای پوشش سبز گیاه از آستانه دمایی ( $26/4$  درجه سانتی‌گراد) در هر سه مزرعه پژوهشی از تاریخ 21 اردیبهشت‌ماه به بعد (192 روز پس از کاشت) یعنی در اوایل مرحله گل‌دهی رخ داده است. این امر نشان‌دهنده آن است که گندم دیم در مراحل زایشی با بحران تنش رطوبتی روبرو بوده است. به‌ویژه این که در این دوره در مزارع تحت مدیریت دیم هم‌زمان با افزایش شدید دما در وسط روز، هیچ اقدام مدیریتی (تک

دقت آستانه تنش آبی گیاه در عمل تا حدی است که اغلب پژوهشگران از این آستانه به عنوان مبنایی موفق و دقیق در تشخیص زمان آبیاری به منظور رفع تنش رطوبتی در گیاهان مختلف نام برده‌اند. به عنوان مثال محققین میزان آستانه شاخص CWSI را برای ذرت برابر  $0/6$  (Zia et al., 2011)، پنبه برابر  $0/3$  (Barbosa da Silva and Ramana Rao, 2005) and  $0/36$  (Ünlü et al., 2011)، گوجه‌فرنگی برابر  $0/7$  (Lopez et al., 2011) و بادمجان بین  $0/18$  تا  $0/2$  (Colaka et al., 2015) گزارش نموده‌اند. همچنین محققین دیگر میزان آستانه شاخص مذکور را برای گندم بین  $0/3$  تا  $0/4$  (Garrot et al., 1994; Gontia and Tiwari, 2008; Zia et



شکل 4- رابطه بین شاخص تنش آبی (CWSI) با عملکرد دانه

مطابق رابطه 5 با افزایش هر 0/1 واحد به شاخص CWSI در دامنه مورد مطالعه (0/36 الی 0/8)، میزان تنش رطوبتی وارد شده بر گیاه افزایش و عملکرد دانه به طور متوسط 420 کیلوگرم در هکتار کاهش یافت.

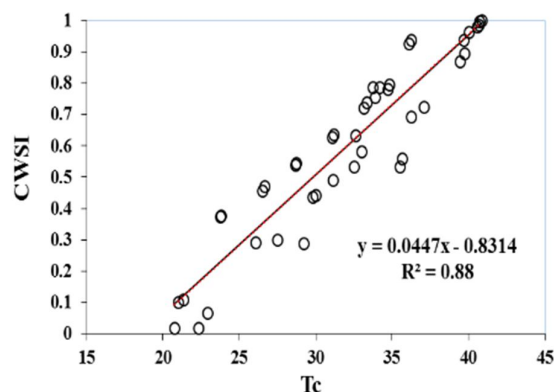
$$Y \text{ (kg/ha)} = -0.4216.5 \text{ CWSI} + 4441.2 \quad (5)$$

$$R^2 = 0.83$$

رابطه خطی کاهشی بین شاخص CWSI با عملکرد دانه گندم مورد تایید سایر محققین نیز بوده است (Gontia and Tiwari, 2008). رچیناتو و هاول و همکاران رابطه بین عملکرد گیاه پنبه با میانگین فصلی شاخص CWSI را به صورت خطی گزارش نموده اند (Reginato., 1983; Hundal et al., 2004). فیضی اصل و همکاران (1393) در تحقیقی مشابه برای گندم دیم در منطقه مراغه رابطه  $Y \text{ (kg/ha)} = -0.4548 \text{ CWSI} + 4518.8$  را با ضریب همبستگی 64 درصد ارایه نمودند. نامبردگان همچنین گزارش نمودند که با افزایش هر 0/1 واحد به شاخص CWSI در دامنه مورد مطالعه (0/17 الی 0/67) میزان عملکرد دانه به طور متوسط به میزان 455 کیلوگرم در هکتار کاهش یافت.

از امتیازات دیگر شاخص CWSI، ارتباط آن با میزان رطوبت موجود در خاک است. بررسی رابطه میانگین رطوبت خاک (از عمق صفر تا 60 سانتی متری از سطح خاک) در مدیریت های مختلف مزارع پژوهشی با شاخص CWSI وجود این همبستگی را تایید نمود (شکل 5). شکل 5 نشان دهنده آن است که رابطه شاخص CWSI با میزان رطوبت موجود در خاک تا عمق 60 سانتی متری از سطح خاک ( $\theta_v$ ) از نوع کاهشی است. کاپلند نیز همبستگی منفی بین میزان رطوبت خاک را تا عمق 75 سانتی متری از سطح خاک با شاخص CWSI در گیاه پنبه گزارش نموده است (Copeland, 1989). گزارش مشابهی از میجر در خصوص گیاه ذرت موجود می باشد (Meijer, 2004). مطابق رابطه ارایه شده در شکل 5  $[\text{CWSI} = -0.0227 \theta_v + 0.952]$  میزان رطوبت حجمی متناظر با آستانه تنش آبی ( $\text{CWSI} = 0.36$ ) برابر 26

آبیاری بهاره) برای تعدیل این شرایط نامناسب وجود نداشته است. آسودو و همکاران دمای بین 20 تا 25 درجه سانتی گراد را به عنوان دمای مطلوب برای گندم زمستانه در مراحل زایشی گزارش نموده اند (Acevedo et al., 2002). هاندال افزایش هر یک درجه سانتی گراد دمای پوشش سبز گیاه را از 26 درجه سانتی گراد را معادل با کاهش 7 الی 9 درصدی و ژانگ و همکاران موجب کاهش 19/7 الی 28/3 درصدی عملکرد دانه گندم مطرح نمودند که علت آن افزایش درصد عقیمی گلچه ها در دماهای بالا ذکر شده است (Hundal et al., 2004; Zhang et al., 2008). معمولاً دماهای بیش از 5 الی 10 درجه سانتی گراد بالای دمای نرمال منجر به کاهش شدید پایداری غشاها و میزان مواد محلول سلولی و پایداری پروتئین های گیاهی در گندم زمستانه می شود که این امر منجر به کاهش فتوسنتز و عملکرد دانه محصول می گردد (Acevedo et al., 2002). فیضی اصل و همکاران (1393) در تحقیقی مشابه میزان دمای مینا برای گندم دیم در منطقه مراغه را برابر 25/4 درجه سانتی گراد گزارش نموده اند.



شکل 3- رابطه بین دمای پوشش سبز گیاه با شاخص تنش آبی (CWSI)

مهم ترین عاملی که بیانگر کاربردی بودن شاخص CWSI است، همبستگی بالای (منفی) آن با عملکرد محصول در شرایط مختلف می باشد که در سطوح مختلف تنش آبی، میزان عملکرد محصول از این طریق قابل پیش بینی است. این موضوع مورد تأیید تمام پژوهشگرانی است که از آن به عنوان معیار تشخیص شدت تنش آبی و اعمال مدیریت های کنترلی استفاده کرده اند (Ünlü et al., 2011). در مطالعه حاضر رابطه رگرسیون خطی معنی داری ( $p < 0.01$ ) بین شاخص CWSI با عملکرد دانه گندم در سطوح مختلف مدیریتی وجود داشت. به طور میانگین تغییرات شاخص CWSI در مدیریت های مختلف اعمال شده در مزارع پژوهشی توانست 83 درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کند (شکل 4).

بالای CWSI برای گندم دیم در منطقه هنام به میزان 6/2 درجه سانتی‌گراد حاصل گردید که نسبت به مقادیر گزارش شده توسط سایر محققین برای گندم آبی بیش‌تر بود. آستانه تنش آبی گیاه برای گندم دیم به میزان 0/36 تعیین گردید که با نتایج سایر محققین که محدوده بین 0/3 تا 0/4 را برای آستانه شاخص تنش آبی گیاه گندم گزارش کرده بودند، مطابقت داشت. بر این اساس آستانه مذکور می‌تواند برای برنامه‌ریزی مدیریت تک آبیاری بهاره، برای گندم دیم در منطقه هنام مورد استفاده قرار بگیرد. نتایج همچنین نشان داد که بین دمای پوشش سبز و میزان آب موجود در پروفیل خاک در عمق توسعه ریشه گندم دیم همبستگی بسیار بالایی وجود دارد. با استفاده از روابط بدست آمده در مطالعه حاضر می‌توان بدون اندازه‌گیری رطوبت خاک و تنها بر اساس اندازه دمای پوشش سبز گیاه به وضعیت رطوبتی خاک پی برد و میزان و شدت تنش آبی وارد شده بر گیاه را محاسبه نمود.

### منابع

دهقانی سانجیح، ح. 1395. ارزیابی و توسعه کاربرد مناسب‌ترین عوامل مدیریتی بر بهره‌وری آب گندم آبی و دیم در بخش علیای حوضه کرخه. گزارش نهایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

شیر محمدی، ز. 1379. بررسی اثر مقدار آب آبیاری بر دمای پوشش سبز و عملکرد گیاه زعفران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

فیضی اصل، و.، فتوت، ا.، آستارایی، ع.ر.، لکزیان، ا. و موسوی شلمانی، م.ا. 1393. تعیین موازنه آبی و مراحل بحرانی آن در گندم دیم با استفاده از شاخص تنش آبی گیاه. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). 4: 804 تا 818.

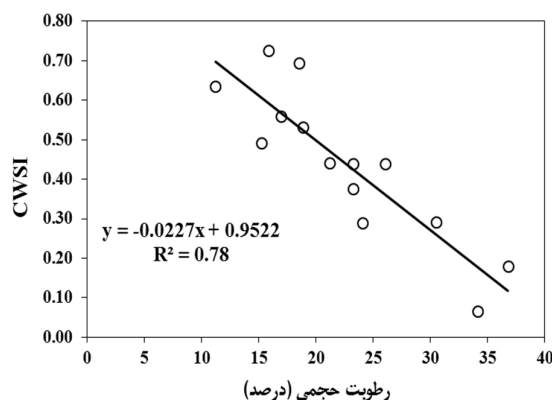
ناظم السادات، س.م.ج.، کامگار حقیقی، ع.ا و سپاس‌خواه، ع.ر. 1378. استفاده از درجه حرارت پوشش سبز گیاه جهت زمان‌بندی آبیاری چغندر قند. مجموعه مقالات هفتمین سمینار آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، صفحات 562 تا 577.

Acevedo, E., Silva, P. and Silva, H. 2002. Wheat growth and physiology. p 53-89. In: B.C. Curtis, S. Rajaram, H. Gómez Macpherson (eds). Bread wheat Improvement and Production. Cereals Officer, Crop and Grassland Service, FAO.

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.

Anjum, S.A., Xie, X., Wang, L., Saleem, M.F., Man, C and Lei, W. 2011. Morphological, physiological and

درصد به دست می‌آید. بر اساس اطلاعات ارائه شده در جدول 1 میانگین مقادیر FC و PWP تا عمق 60 سانتی‌متری از سطح خاک مزارع پژوهشی به ترتیب به میزان 35 و 20 درصد حجمی است. بر این اساس متوسط میزان آب قابل استفاده تا عمق مذکور در سه مزرعه برابر 90 میلی‌متر می‌شود.



شکل 5- رابطه بین شاخص تنش آبی (CWSI) با میزان رطوبت خاک

همچنین با توجه به عدد بدست آمده برای میزان رطوبت حجمی متناظر با آستانه تنش آبی (26 درصد)، میزان آب موجود در خاک (تا عمق 60 سانتی‌متری از سطح خاک) در آستانه مذکور برابر 33 میلی‌متر برآورد می‌گردد. این امر بیانگر آن است که در آستانه تنش آبی گیاه گندم دیم در منطقه هنام به‌طور متوسط به میزان 57 میلی‌متر از رطوبت قابل استفاده گیاه تخلیه شده است. به عبارت دیگر مرز بین شرایط بدون تنش آبی و تنش آبی از لحاظ میزان آب قابل استفاده در گندم دیم در منطقه مذکور، تخلیه حدود 60 درصدی آب تا عمق 60 سانتی‌متری در سطح خاک می‌باشد. استگمن و سودرلوند از آستانه تنش آبی گیاه به‌عنوان محدوده تخلیه 50 درصدی رطوبت خاک و زیا و همکاران از این حد به‌عنوان معیار وضعیت آب در عمق 40 سانتی‌متری از سطح خاک در زراعت گندم استفاده کرده‌اند (Stegman and Soderlund, 1992; Zia et al., 2012).

### نتیجه‌گیری

اگرچه در محاسبه شاخص CWSI از مقادیر رطوبت خاک و گیاه استفاده نمی‌شود و تنها بازتاب‌های حرارتی گیاه مدنظر قرار می‌گیرد، لیکن نتایج مطالعه حاضر نشان داد که شاخص تنش آبی گیاه (CWSI) می‌تواند به‌عنوان یک معیار مناسب برای بررسی وضعیت تنش آبی گیاه و همچنین میزان آب موجود در خاک (در محدوده توسعه ریشه گیاه) مورد استفاده قرار گیرد. در مطالعه حاضر، حد مبنای



- Gonzalez-Dugo, M.P., Moran, M.S., Mateos, L. and Bryant, R. 2005. Canopy temperature variability as an indicator of crop water stress severity. *Irrigation Science*. 24: 233-240.
- Hiler, E.A and Clark, R.N. 1971. Stress day index to characterize effects of water stress on crop yield. *Transactions of the ASAE (American Society of Agricultural Engineers)*. 14.4:757-761.
- Howell, T.A., Hatfield, J.L., Yamada, H and Davis, K.R. 1984. Evaluation of cotton canopy temperature to detect crop water stress. *Transactions of the ASAE (American Society of Agricultural Engineers)*. 27:84-88.
- Hundal, S.S. 2004. Climatic changes and their impact on crop productivity vis-a-vis mitigation and adaptation strategies. pp 148-153. In proceedings of workshop "Sustainable Agricultural Problems and Prospects" Punjab Agricultural University, Ludhiana, India.
- Idso, S.B. 1982. Non-water-stressed baselines: A key to measuring and interpreting plant water stress. *Agricultural Meteorology*. 27:59-70.
- Idso, S.B., Kackson, 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.
- Irmak, S., Haman, D.Z and Bastug, R. 2000. Determination of crop water stress index for irrigation timing and yield estimation of corn. *Agronomy Journal*. 92.6:1221-1234.
- Jackson, R.D. 1982. Canopy temperature and crop water stress. In *Advances in Irrigation*, Volume 1. D.I. Hillel, Editor, Academic Press. Pp. 43-85.
- Jackson, R.D., Idso, S.B., Reginato, R.J and Pinter, J. P.J. 1981. Canopy temperature as a crop water stress indicator. *Water Resources Research*. 17:1133.
- Jackson, S.H. 1991. Relationship between normalized leaf water potential and crop water stress index values for acala cotton *Agricultural Water Management*. 20:109-118.
- Kırnak, H., Çopur, O., Doan, E., Bahçeci, I., Demir, S. and Tonkaz, T. 2005. Evaluation of relationship between crop water stress index and generative-fiber characteristics of cotton (in Turkish). *GAP IV. Tarım Kong.*, Sanliurfa, 21-23 September, pp. 1164-1171
- Lopez, L.R., Arteaga, R.R., Sanchez, C.I., Ojeda, B.W and Gonzalez, L.V. 2011. Evapotranspiration and Crop Water Stress Index in Mexican Husk Tomatoes (*Physalis Ixocarpa Brot*). pp: 187-210. In: *Evapotranspiration-From Measurements to Agricultural and Environmental Applications*. Gerosa G (Editor). Intechwem. Organization.
- Meijer, A.D. 2004. Characterizing a Crop Water Stress biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research*. 6.9: 2026-2032.
- Barbosa da Silva, B and Ramana Rao, T.V. 2005. The CWSI variations of a cotton crop in a semi-arid region of Northeast Brazil. *Journal of Arid Environments*. 62.4: 649-659.
- Bijanzadeh, E and Emam, Y. 2012. Evaluation of crop water stress index, canopy temperature and grain yield of five Iranian wheat cultivars under late season drought stress. *Journal of Plant Physiology and Breeding*. 2.1: 23-33.
- Bosen, J. F. 1960. A formula for approximation of the saturation vapor pressure over water. *Month. Weather Review*. 88.8:275-276.
- Clawson, K.L and Blad, B.L. 1982. Infrared thermometry for scheduling irrigation of corn. *Agronomy Journal*. 74:311-316.
- Colaka, Y.B., Yazarb, A., Colakc, I., Akcaa, H and Duraktekina, 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*. 4:372 – 382.
- Copeland, S. 1989. Soil water potential as related to the crop water stress index of irrigated cotton. M. S. thesis, Dept. of Agricultural and Biosystems Engineering, University of Arizona, Tucson, AZ. Page 107.
- Elbasher, E.M.E., Tahir, I.S.A., Saad, A.I and Ibrahim, M.A.S. 2012. Wheat genotypic variability in utilizing nitrogen fertilizer for a cooler canopy under a heat-stressed irrigated environment. *African Journal of Agricultural Research*. 7.3: 385-392.
- Gardner, B.R and Shock, C.C. 1989. Interpreting the crop water stress index. St. Joseph, MI: ASAE, 1989. ASAE (American Society of Agricultural Engineers) Paper 89-2642.
- Gardner, B.R., Nielsen, D.C and Shock, C.C. 1992. Infrared thermometry and the crop water stress index. I. History, theory, and baselines. *Journal of Production Agriculture*. 5:462-466.
- Garrot, D.J., Ottman, D.D., Fangmeier, D.D and Hunman, S.H., 1994. Quantifying wheat water stress with the crop water stress index to schedule irrigations. *Agronomy Journal*. 86: 195-199.
- Geiser, K.M., Slack, D.C and Allred, E.R. 1982. Irrigation scheduling using crop canopy-air temperature difference. *Transactions of the ASAE* 25:689-694.
- Gontia, N.K and Tiwari, K.N. 2008. Development of crop water stress index of wheat crop for scheduling irrigation using infrared thermometry. *Agricultural Water Management*. 95:1144–1152.



- seedlings. *Current Science*. 104. 3.
- Stegman, E.C and Soderlund, M. 1992. Irrigation scheduling of spring wheat using infrared thermometry. *Transactions of the ASAE (American Society of Agricultural Engineers)*. 35:143-152.
- Taghvaeian, S., Chávez, L.J and Hansen, N.C. 2012. Infrared Thermometry to Estimate Crop Water Stress Index and Water Use of Irrigated Maize in Northeastern Colorado. *Remote Sensing*. 4: 3619-3637.
- Tanner, C.B. 1966. Plant temperature. *Agronomy Journal*. 58:210-211.
- Ünlü, M., Kanber, R., Kapur, B., Tekin, S and Levent Koç, D. 2011. The crop water stress index (CWSI) for drip irrigated cotton in a semi-arid region of Turkey. *African Journal of Biotechnology*. 10.12:2258-2273.
- Zhang, H.H, Rong, H.M., Young-Huan, L.I.U., Fei, L.I., Cui-Ping, W.U., Bin, Z and Ying, W.X. 2008. Effect of high temperature stress at late grain filling stage and nitrogen and sulfur fertilization on wheat grain yield and quality. *Chinese Journal of Ecology* 27.02: 162 -166.
- Zia, S., Spohrer, K., Du, W., Spreer, W., Romano, G., He, X and Müller, J. 2011. Monitoring physiological responses to water stress in two maize varieties by infrared thermography. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 4.3: 7-15.
- Zia, S., Du, W.Y., Spreer, W., Spohrer, K., He, X.K. and Müller, J. 2012. Assessing crop water stress of winter wheat by thermography under different irrigation regimes in North China Plain. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. . 5.3:1-11.
- Index for Predicting Yield in Corn. A thesis submitted to the Graduate Faculty of North Carolina State University in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Science. *Crop Science*. Pages 141.
- Mohammadi, M., Karimizadeh, R and Naghavi, M.R. 2009. Selection of bread wheat genotypes against heat and drought tolerance based on chlorophyll content and stem reserves. *Journal of Agriculture and Social Sciences*. 5 5:119-122.
- O'Shaughnessy, S.A., Evett, S.R., Colaizzi, P.D and Howell, T.A. 2012. A crop water stress and time threshold for automatic irrigation scheduling of grain sorghum. *Agricultural Water Management*. 107:122-132.
- O'toole, J.C., Turner, N.C., Namuco, O.P., Dingkuhn, M., Gomez, K.A. 1984. Comparison of some crop water stress measurement methods. *Crop Science*. 24: 1121-1128.
- Reginato, R.J. 1983. Field quantification of crop water stress. *Transactions of the ASAE (American Society of Agricultural Engineers)*. 26:772-775.
- Sepaskhah, A.R and Ilampour, S. 1996. Relationships between yield, crop water stress index (CWSI) and Transpiration of Cowpsa (*Vigna Sinesis L*), *Agronomy*. 16:269-279.
- Sepaskhah, A.R and Kashefipoure, S M. 1994. Relationships between leaf water potential, CWSI, yield and fruit quality of Sweet Lime under drip irrigation. *Agricultural Water Management*. 25:13-22.
- Sneha, C., Santhoshkumar, A.V and Sunil, K.M. 2013. Quantifying water stress using crop water stress index in mahogany (*Swietenia macrophylla King*)

## Scheduling Single Irrigation for Rainfed Wheat Using Crop Water Stress Index (Case study: the upper part of the Karkheh basin)

H. Dehghanisanij<sup>\*1</sup>, M.M. Nakhjavanimoghaddam<sup>2</sup>, B. Ghahraman<sup>3</sup>

Received: Dec.26, 2016

Accepted: Jan.22, 2017

### Abstract

This study was conducted to study scheduling of single irrigation for rain-fed wheat using crop water stress index (CWSI) for arid and semiarid regions of Honam plain located in upstream of Karkheh River Basin of Iran during 2004-2005. Three cultivated rain-fed wheat were selected to conduct the treatments. Each farm separated to 2 part: (1) rain-fed (2) single irrigation in spring by depth of 60 cm. Application of single irrigation was different in 3 farms which were in heading, flowering, and milk stages accordingly. Soil water content in 60 cm soil depth and canopy temperature in flowering and milk development stages was measured in different times. CWSI was evaluated when upper and lower base line for non-transpiring were determined. Lower and upper baseline for non-transpiring was  $T_c - T_a = -2.089 \text{ VPD} + 2.28$  and  $6.20^\circ\text{C}$  accordingly and CWSI and canopy temperature was 0.36 and 26.4. CWSI and yield variation were in 83% agreement. Moreover, wheat canopy temperature and soil water content showed a high agreement ( $R^2$ ) of 0.78.

**Keywords:** Canopy temperature, Honam, Irrigation management, Water stress threshold

---

1,- Associate Professor Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

2- Assistant professor, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

3- Professor, Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad

(\* - Corresponding Author Email: h.dehghanisanij@areo.ir)