

## بررسی تاثیر شوری آب آبیاری بر کارآیی شاخص CWSI در شرایط اقلیمی اهواز

مهری سعیدی نیا<sup>۱\*</sup>، عبدالرحیم هوشمند<sup>۲</sup>، سعید برومند نسب<sup>۳</sup>، امیر سلطانی محمدی<sup>۴</sup> و بهرام اندرزیان<sup>۵</sup>

\*- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- دانشیار دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- استاد دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۴- استادیار دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۵- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

تاریخ پذیرش: ۹۴/۳/۲

تاریخ دریافت: ۹۳/۹/۸

### چکیده

برنامه ریزی آبیاری در شرایط وجود تنش آبی و شوری، بسیار مشکل تر از برنامه ریزی آبیاری کامل است. برای بررسی پدیده تنش آبی گیاهان شاخص های متعددی ارائه شده است که یکی از آنها شاخص تنش آبی گیاه (CWSI) ایدسو می باشد. به منظور بررسی توانایی این شاخص در برنامه ریزی آبیاری ذرت تابستانه (SC704) و زمستانه (مبین)، در شرایط استفاده از آب شور، در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲، تحقیقی شامل پنج تیمار کیفی آب آبیاری (S<sub>0</sub>: آب کارون، S<sub>1</sub>: آب با شوری ۳/۵ دسی زیمنس بر متر، S<sub>2</sub>: آب با شوری ۴/۵ دسی زیمنس بر متر، S<sub>3</sub>: آب با شوری ۵/۵ دسی زیمنس بر متر و S<sub>4</sub>: آب با شوری ۶/۵ دسی زیمنس بر متر) در دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا گردید. نتایج نشان داد در هر دو فصل زراعی، خطوط مبنای بالا و پائین تحت تاثیر شوری آب آبیاری، می باشد. خطوط مبنای بالا و پائین در کشت تابستانه، نسبت به کشت زمستانه بالاتر بود. برای کشت تابستانه، معادله های خط مبنای بالا و پائین، برای تیمار شاهد (S<sub>0</sub>)،  $(T_c - T_a)_{u.l} = 2.161 - 0.221(VPD)$ ،  $h = (T_c - T_a)_{u.l} = 3.69$  و برای کشت زمستانه  $h = (T_c - T_a)_{u.l} = 2.52$ ،  $(T_c - T_a)_{l.l} = 1.641 - 0.178(VPD)$  محاسبه گردید. مقدار شاخص CWSI که مبنای برنامه ریزی آبیاری می باشد، برای کشت تابستانه ۰/۲۳+ و برای کشت زمستانه ۰/۱۷+ محاسبه شد. به ازای افزایش شوری آب آبیاری از ۲/۳ دسی زیمنس بر متر به ۶/۵ دسی زیمنس بر متر، اختلاف دمای پوشش سبز نسبت به دمای هوا، در کشت تابستانه حدود سه درجه و در کشت زمستانه حدود دو درجه، افزایش پیدا نمود. در این تحقیق میزان CWSI در روز قبل از آبیاری، برای کلیه تیمار ها محاسبه گردید و نتایج نشان داد که در هر دو فصل با تغییر شوری از S<sub>0</sub> تا S<sub>4</sub> میزان شاخص CWSI حدودا سه برابر می شود. اثر تنش شوری به تنهایی هم با توجه به داده های مربوط به روزهای بعد از آبیاری (در این روزها فقط اثر شوری محسوس است) محاسبه گردید. مشخص شد که در کشت تابستانه با تغییر شوری از ۲/۲ dS/m تا ۶/۵ dS/m میزان شاخص CWSI حدودا سه و نیم برابر و در کشت زمستانه حدود سه برابر تغییر پیدا می کند. بررسی نتایج در دو فصل زراعی نشان داد شاخص CWSI تحت تاثیر شوری آب آبیاری است و روند تغییرات آن نسبت به شوری در هر دو فصل مشابه است.

**کلید واژه ها:** شاخص تنش آبی گیاه، دمای پوشش سبز، شوری، فصول زراعی تابستانه و زمستانه.

### Investigation of the Effect of Water Irrigation Salinity on The Performance of CWSI Index Under The Climatic Conditions of Ahvaz

M. Saeedinia<sup>1\*</sup>, A. Hooshmand<sup>2</sup>, S. Boroomand Nasab<sup>3</sup>, A. Soltani Mohamadi<sup>4</sup> and B. Andarzian<sup>5</sup>

1\* - Ph. D. Student, Water Sciences Engineering Faculty, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

2- Associate Professor, Water Sciences Engineering Faculty, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

3- Professor, Water Sciences Engineering Faculty, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

4- Assistant Professor, Water Sciences Engineering Faculty, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

5- Assistant Professor, Agricultural and Natural Resources Research Center of Khuzestan

### Abstract

Irrigation scheduling under water and salinity stress, is much more difficult than full irrigation scheduling. To investigate the effect of plant water stress, there are many indicators. One of them is crop water stress index (Idso method). To evaluate the ability of this index for irrigation scheduling of summer Maize (SC704 variety) and winter Maize (Mobin variety)- in conditions of using saline water, a research was designed at the research station of Shahid Chamran University in 2013-2014. This research consisted of five quality treatments of irrigation water, including  $S_0$ : Water Caron,  $S_1$ : EC= 3.5dS / m,  $S_2$ : EC=4.5dS / m,  $S_3$ : EC=5.5dS / m and  $S_4$ : EC=6.5 dS / m. In the both of the growing seasons, result showed, The upper and lower base lines were affected by salinity stress. The amount of upper and lower base lines for summer Maize were higher than the winter Maize. The lower and upper baseline's equation for summer Maize were  $(T_c - T_a).l = 1.641 - 0.178VPD$  and  $h = 2.52$  °C and for winter Maize were  $(T_c - T_a).l = 2.161 - 0.221VPD$  and  $h = 3.69$  °C. CWSI, which is the base of irrigation scheduling, was calculated 0.23 for summer Maize and 0.17 for winter Maize. By increasing water salinity from 2.2 to 6.5 ds/m, the temperature difference between canopy cover and air was 3°C for summer maize and 2°C for winter Maize. At this research CWSI was calculated on the days, before irrigation for all treatments and result showed that in the both of seasons, CWSI was increased about three times when water salinity increased from 2.2 to 6.5 dS/m. The effect of salinity stress was calculated separately according to the days, after irrigation (at These days, the effect of salinity is sensible). results showed that CWSI increased about 3.5 times for summer Maize and around 3 times for winter Maize when water salinity increased from 2.2 to 6.5 dS/m. Comparing the results of the two seasons showed that CWSI is affected by irrigation water salinity and it's trend was nearly the same in both of the growing seasons.

**Keywords:** CWSI index, Temperature of canopy cover, Salinity, Winter and summer growing seasons.

### مقدمه

و پارامترهای جوی و نوع گیاه در نظر گرفته نمی‌شود. بنابراین سعی محققین بر آن بوده که بتوان از روش‌هایی استفاده کرد که از کلیه پارامترهای موثر بر تبخیر و تعرق و جذب گیاه برای انتخاب شیوه مدیریتی مناسب‌تر استفاده نمود. به همین منظور بررسی پدیده تنش آبی گیاهان با شاخص‌های متعددی ارائه شده است که برای محاسبه این شاخص‌ها نیاز به اندازه‌گیری درجه حرارت پوشش سبز گیاه و هوا است (برومند نسب و همکاران، ۱۳۸۳). یکی از معتبرترین شاخص‌ها، شاخص تنش آبی گیاه (CWSI) می‌باشد. این شاخص هم از نظر تئوری و هم از دیدگاه مشاهدات مزرعه‌ای از قابلیت بالایی برخوردار بوده و در نظر عموم پژوهشگران از مقبولیت زیادی برخوردار است (جکسون و همکاران، ۱۹۸۱). شاخص تنش آبی گیاه (CWSI) جهت استفاده در برنامه ریزی آبیاری و ارزیابی عواملی نظیر تنش آبی گیاه، تنش آبی خاک (ناشی از کاهش پتانسیل ماتریک خاک)، میزان تعرق، مقاومت روزه‌ای برگ‌ها یا پوشش سبز گیاه و عمل فتوسنتز توسط بسیاری از محققان از جمله جکسون و همکاران (۱۹۸۱)، سپاسخواه و کاشفی پور<sup>۳</sup> (۱۹۹۴) ریبی رو و

آبیاری در مناطق خشک و نیمه خشک می‌تواند منجر به تجمع املاح در خاک شود. این املاح باعث شور شدن خاک و در نتیجه کاهش پتانسیل اسمزی آب در خاک می‌شود. ترکیب پتانسیل اسمزی و ماتریک با هم، کل پتانسیل آب در خاک را تشکیل می‌دهد و گیاه برای اخذ آب از خاک باید بر این نیروهای بازدارنده مقابله کند، لذا برنامه ریزی در شرایط آبیاری با آب شور بسیار مشکل‌تر از برنامه ریزی آبیاری معمولی است. مدیر مزرعه نه تنها باید میزان آب باقیمانده در پروفیل خاک را ارزیابی نماید، بلکه بایستی درجه تحمل تنش توسط گیاه و چگونگی تاثیر تنش و میزان آن روی عملکرد و کیفیت محصول را بررسی نماید. متخصصین برای نیل به این هدف از روش‌های متفاوتی استفاده می‌کنند. شاخص‌های (نمایه‌ها) مزرعه‌ای، یکی از مقوله‌های مهم می‌باشد که برای ارزیابی شرایط مزرعه و محصول و در نهایت استفاده بهینه از شرایط موجود، می‌توان از آن بهره جست. روش‌های زمان‌بندی آبیاری به سه دسته استفاده از روش بیلان آبی، استفاده از نمایه‌های خاک و استفاده از نمایه‌های گیاهی تقسیم می‌شوند (علیزاده، ۱۳۸۳). در روش‌های معمولی تعیین زمان آبیاری، مقدار آب موجود در خاک به عنوان معیار سنجش وضعیت آب در اندام‌های گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد

1-Crop Water Stress Index

2-Jakson *et al.*

3- Sepaskhah and Kashefipour

همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۵)، کار و کومار<sup>۲</sup> (۲۰۰۷)، گونتیا و تیواری<sup>۳</sup> (۲۰۰۸)، لی و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۱۰)، لورگوس و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۱۰)، وانگ و گارتونگ<sup>۶</sup> (۲۰۱۰)، اوشاوتسی و همکاران<sup>۷</sup> (۲۰۱۲)، برومند نسب و همکاران (۱۳۸۳)، وردی نژاد و همکاران (۱۳۸۶) مورد استفاده قرار گرفته است. اما لازم است توانایی شاخص تنش آبی گیاه، تحت شرایط تنش ناشی از شوری نیز بررسی شود (در این شرایط، گیاه قبل از آبیاری تحت تنش ناشی از کم آبی و شوری قرار می گیرد). لذا هدف از این تحقیق بررسی توانایی برنامه ریزی آبیاری با استفاده از شاخص تنش گیاه در شرایط آبیاری با آب شور در دو فصل زراعی می باشد. علت انتخاب دو فصل زراعی به این شرح است که بتوان شرایط متفاوت دمایی و اثر آن بر تغییرات دمای پوشش سبز بررسی گردد. دشت خوزستان با زمین های بسیار گسترده و تقریباً هموار، یکی از قطب های مهم کشاورزی ایران است و با توجه به پتانسیل امکان کشت ذرت در دو فصل زراعی تابستانه و زمستانه جایگاه ویژه ای برای کشت این محصول محسوب می شود. لذا داشتن یک برنامه آبیاری خوب، برای این گیاه ضروری است.

## مواد و روش ها

### منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی شماره یک دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز با عرض شمالی ۳۱ درجه و ۱۸ دقیقه و ۱۰ ثانیه و طول شرقی ۴۸ درجه و ۳۹ دقیقه و ۴۱ ثانیه با ارتفاع حدود ۲۰ متر از سطح دریا و در دو فصل زراعی ۹۳-۱۳۹۲ روی کشت تابستانه و زمستانه ذرت انجام شد. میانگین پارامترهای هواشناسی در طول دو فصل زراعی ذرت در جدول (۱) ارائه شده است.

### آزمایش های مزرعه ای

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قطعه مورد آزمایش نیز در جدول (۲) ارائه شده است. روش آبیاری بر اساس سیستم سطحی جوی و پشته بود. مراحل آماده سازی زمین شامل گاواهن و دوبار دیسک بود که برای کشت تابستانه در تیرماه و برای کشت زمستانه در اواخر بهمن ماه انجام شد. در کشت تابستانه، کاشت گیاه در یک مرداد ۱۳۹۲ و در کشت زمستانه، کاشت گیاه در چهارم اسفند ماه ۱۳۹۲ انجام گرفت. با توجه به آزمایش حاصلخیزی خاک، مقدار کود داده شده به میزان (۴۰۰) کیلوگرم در هکتار، کود اوره (۱/۳) پایه و

$$dn = (W_{fc} - W_i) \cdot \rho_b \cdot D \quad (1)$$

که در آن:  $dn$ : عمق خالص آب آبیاری (mm)،  $W_{fc}$  و  $W_i$ : به ترتیب درصد وزنی رطوبت در رطوبت ظرفیت مزرعه ای و موجود در خاک،  $\rho_b$ : جرم مخصوص ظاهری خاک ( $g/cm^3$ ) و  $D$ : عمق توسعه ریشه (mm) می باشد. رطوبت ظرفیت مزرعه ای با استفاده از دستگاه صفحات فشاری حاصل گردید.

تعیین عمق ناخالص آبیاری با توجه به نیاز آبتیابی به صورت زیر تعیین گردید (علیزاده، ۱۳۸۳).

$$LF = \frac{EC_{iw}}{2(\max EC_e)} \quad (2)$$

که در این رابطه،  $LF$ : کسر آبتیابی،  $EC_{iw}$ : هدایت الکتریکی آب آبیاری (dS/m) و  $\max EC_e$ : هدایت الکتریکی عصاره اشباع

سعیدی نیا و همکاران: بررسی تاثیر شوری آب آبیاری بر کارایی شاخص ...

$$d_g = \frac{d_n}{(1-LF) \times E_a} \quad (3)$$
 خاک (dS/m) که عملکرد را به صفر می‌رساند و برای ذرت ۱۰ گزارش شده است (ماس و همکاران، ۱۹۸۳). لذا عمق ناخالص آبیاری و حجم آب مورد نیاز در هر آبیاری به شکل زیر محاسبه گردید.

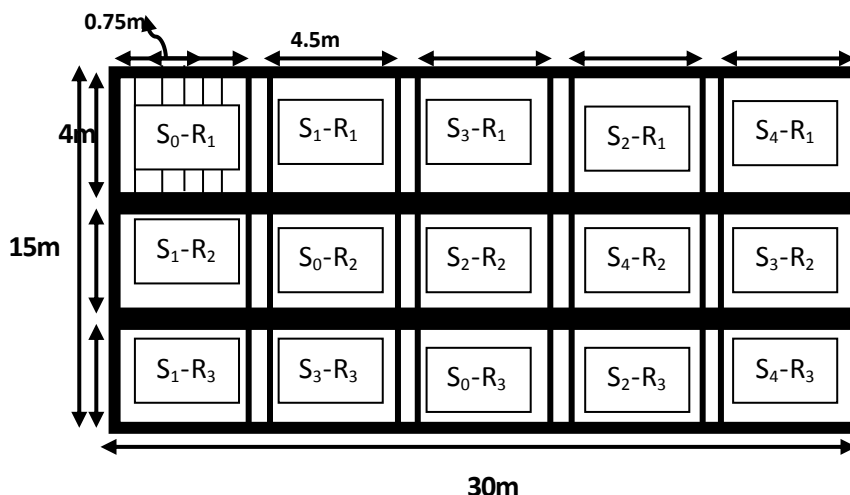
$$V = d_g \times A \quad (4)$$

**جدول ۱- میانگین پارامترهای هواشناسی در طول دوفصل زراعی ذرت در منطقه مورد مطالعه**

کشت زمستانه (۹۳-۱۳۹۲)		کشت تابستانه (۱۳۹۲)					فصل زراعی	
خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	آبان	مهر	شهریور	مرداد	پارامتر
۴۴	۳۹/۳	۳۰/۵	۲۶	۲۷/۷	۳۶/۳	۴۳/۷	۴۵/۱	میانگین دمای حداکثر (درجه سانتی گراد)
۲۶	۲۲/۳	۱۵/۳	۱۳/۸	۱۵/۲	۱۸/۶	۲۶/۴	۲۸/۸	میانگین دمای حداقل (درجه سانتی گراد)
۲۴/۵	۳۲/۵	۴۹/۵	۵۱	۶۱	۳۵	۳۸	۳۰	میانگین رطوبت نسبی (درصد)
۵/۳	۵/۷	۵/۳	۵/۸	۴	۵/۲	۵/۴	۷/۱	سرعت باد (متر بر ثانیه)
۱۸/۷	۱۲/۵	۶/۹	۴/۸	۴	۹/۹	۱۲/۸	۱۶/۶	میانگین تبخیر از طشتک (میلی متر در روز)
.	.	۱/۲	۱/۳	۱/۹	.	.	.	میانگین بارندگی (میلی متر در روز)
۲۲	۱۶	۷/۵	۵/۵	۶/۸	۱۴/۰	۱۹/۸	۲۳/۹	میانگین دمای حداقل (بلند مدت) (درجه سانتی گراد)
۴۹/۲	۴۴/۲	۳۸/۲	۳۴	۳۵	۴۴	۴۸/۳	۵۰/۶	میانگین دمای حداکثر سالانه (بلند مدت) (درجه سانتی گراد)
۰/۶	۱۱/۲	۲۲/۶	۲۶	۳۰/۶	۳/۲	۰/۲	۰/۱	میزان بارندگی (بلند مدت) (میلی متر)

**جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قطعه مورد آزمایش**

کربن آلی (درصد)	رطوبت نقطه پژمردگی دائم (درصد حجمی)	رطوبت ظرفیت زراعی (درصد حجمی)	هدایت الکتریکی (dS/m)	جرم مخصوص ظاهری (g/cm <sup>3</sup> )	عمق (سانتی متر)	فراوانی نسبی و اندازه ذرات خاک (درصد)	
						سیلت شن	رس
۰/۴۵۳	۱۵	۳۲	۷/۸۹	۲/۶۱	۳۰-۰	۲۵/۳	۵۲/۱
۰/۲۵۸	۱۵	۳۲	۸/۲۵	۲/۵۵	۳۰-۶۰	۲۵	۵۱/۵
۰/۲۴۵	۱۵	۳۲	۸/۱۵	۲/۵	۶۰-۹۰	۲۳/۲	۵۱/۷



**شکل ۱ - نقشه شماتیک طرح آزمایشی**

**جدول ۳- زمان های برداشت دمای پوشش سبز**

فصل دوم زراعی (کشت زمستانه)				فصل اول زراعی (کشت تابستانه)			
بعد از آبیاری	قبل از آبیاری	بعد از آبیاری	قبل از آبیاری	بعد از آبیاری	قبل از آبیاری	بعد از آبیاری	قبل از آبیاری
۱۳۹۲/۲/۳۱	۱۳۹۲/۲/۲۹	۱۳۹۳/۱/۲۱	۱۳۹۳/۱/۱۹	۱۳۹۲/۷/۲	۱۳۹۲/۶/۳۱	۱۳۹۲/۵/۲۹	۱۳۹۲/۵/۲۷
۱۳۹۳/۳/۸	۱۳۹۲/۲/۶	۱۳۹۳/۱/۲۸	۱۳۹۳/۱/۲۶	۱۳۹۲/۷/۱۱	۱۳۹۲/۷/۹	۱۳۹۲/۶/۵	۱۳۹۲/۶/۳
۱۳۹۳/۳/۱۶	۱۳۹۳/۳/۱۴	۱۳۹۳/۲/۴	۱۳۹۳/۲/۲	۱۳۹۲/۷/۱۸	۱۳۹۲/۷/۱۶	۱۳۹۲/۶/۱۲	۱۳۹۲/۶/۱۰
		۱۳۹۳/۲/۱۱	۱۳۹۳/۲/۹	۱۳۹۲/۷/۲۴	۱۳۹۲/۷/۲۲	۱۳۹۲/۶/۱۹	۱۳۹۲/۶/۱۷
		۱۳۹۳/۲/۱۸	۱۳۹۳/۲/۱۶	۱۳۹۲/۸/۲	۱۳۹۲/۷/۳۰	۱۳۹۲/۶/۲۶	۱۳۹۲/۶/۲۴

در روابط فوق،  $e_s(T_a)$ : فشار بخار اشباع در دمای هوا ( $T_a$ ) بر حسب میلی بار،  $e_a$ : فشار بخار واقعی هوا بر حسب میلی بار و RH: درصد رطوبت نسبی می باشد. معادله خط مبنای بالا نیز بر اساس روش ایدسو و همکاران (۱۹۸۱) با توجه به روابط زیر محاسبه می گردد:

$$(T_c - T_a)_{ul} = a + b \cdot |VPG| \quad (10)$$

$$VPG = e_s(a + T_a) - e_s(T_a) \quad (11)$$

در این روابط  $VPG$ : شیب فشار بخار هوا بر حسب میلی بار و  $a$  و  $b$ : ضرایب رابطه خطی می باشند و یا به عبارت دیگر در این شرایط، عمل تعرق، بدون وابستگی به مقدار کمبود فشار بخار هوا قطع می گردد.

در هر دو فصل زراعی، در هر یک از تیمارها، درجه حرارت پوشش سبز در روزهای بعد از آبیاری، هر یک ساعت یکبار از ساعت ۸ صبح الی ۱۴ بعد از ظهر توسط دستگاه دماسنج مادون قرمز، مدل D.S=8:1 با K.M.823، از چهار جهت اندازه گیری و ترمومترهای تر و خشک نیز از جعبه اسکرین واقع در مزرعه قرائت شد. همچنین در روزهای قبل از آبیاری، دمای پوشش سبز گیاه، از ساعت ۱۱ الی ۱۵ ثبت گردید. لازم به ذکر است که اندازه گیری دمای برگ در مرداد ماه و اسفند ماه به علت کوچک بودن گیاه و وسعت اندازه گیری دماسنج (اندازه گیری دمای سطح خاک) انجام نگرفت. در جدول (۳) زمان برداشت دمای پوشش سبز، در روزهای قبل از آبیاری و بعد از آبیاری ارائه شده است.

**نتایج و بحث**

در ابتدا برای نشان دادن اثر شوری بر خطوط مبنای پایین و بالا، برای هریک از تیمارها معادله های خط مبنای بالا و پایین، برای ذرت تابستانه و زمستانه، محاسبه گردید. برای تعیین خط مبنای

**محاسبه شاخص تنش آبی گیاه به روش ایدسو**  
ایدسو و همکاران (۱۹۸۱) شاخص تنش آبی را به صورت زیر ارائه داده اند:

$$CWSI = \frac{(T_c - T_a)_M - (T_c - T_a)_{l,l}}{(T_c - T_a)_{u,l} - (T_c - T_a)_{l,l}} \quad (5)$$

که در آن  $(T_c - T_a)_{l,l}$ : بر حسب درجه سانتی گراد، بیانگر خط مبنای پایین شاخص می باشد و برابر است با اختلاف درجه حرارت پوشش سبز گیاه ( $T_c$ ) با هوای مجاور ( $T_a$ ) در شرایط بدون تنش، این خط مشخص کننده مکان هندسی نقاطی است که در آن میزان تبخیر و تعرق حداکثر می باشد،  $(T_c - T_a)_{u,l}$ : خط مبنای بالایی و یا خط تنش کامل می باشد و معرف حداکثر مقداری است که می توان برای اختلاف درجه حرارت پوشش سبز گیاه و هوای مجاور انتظار داشت،  $(T_c - T_a)_m$ : اختلاف درجه حرارت پوشش سبز گیاه و هوا برای هر روزی است که قصد داریم میزان شاخص تنش برای آن روز محاسبه شود. ایدسو و همکاران (۱۹۸۱) خط مبنای پایینی تنش و روابط مربوطه را به صورت زیر معرفی کرد:

$$(T_c - T_a)_{l,l} = a + b \cdot (VPD) \quad (6)$$

در این رابطه  $VPD$ : کمبود فشار بخار هوا بر حسب میلی بار می باشد و با توجه به روابط زیر محاسبه می گردد.

$$VPD = e_s(T_a) - e_a \quad (7)$$

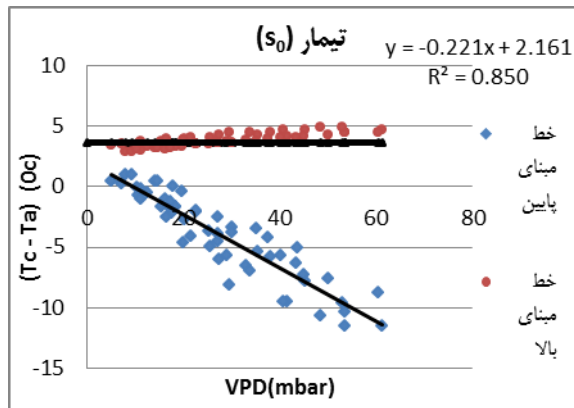
$$e_s(T_a) = \left( 0.6108 * \exp\left(\frac{17.27 * T_a}{T_a + 237.3}\right) \right) * \frac{1000}{101} \quad (8)$$

$$e_a = e_s(T_a) * \left(\frac{RH}{100}\right) \quad (9)$$

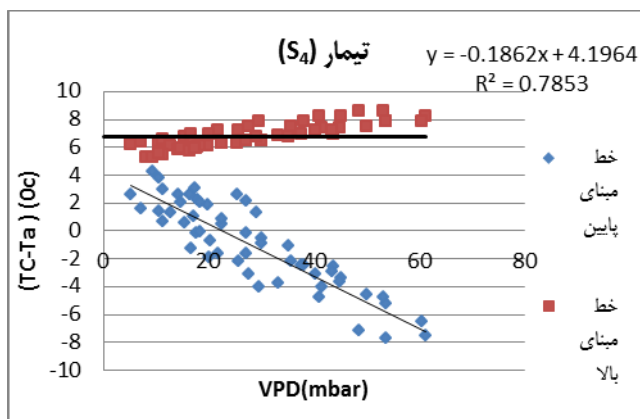
سعیدی نیا و همکاران: بررسی تاثیر شوری آب آبیاری بر کارآیی شاخص ...

دو تیمار شاهد (S<sub>0</sub>) و شوری (S<sub>4</sub>) در نظر گرفته شده است که در شکل های (۲)، (۳)، (۴) و (۵) ارائه شده است.

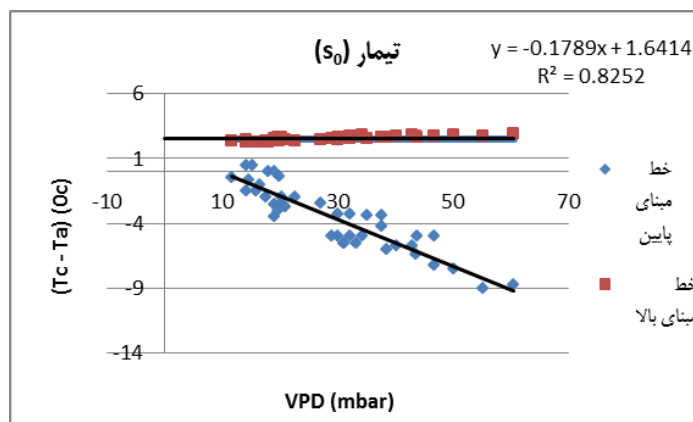
پائین، از سری داده های دمایی برداشت شده در کل طول فصل رشد (کل روزهای مذکور در جدول ۳) و معادله های ارائه شده در بخش های قبل، استفاده گردید. به عنوان نمونه برای هردو فصل زراعی،



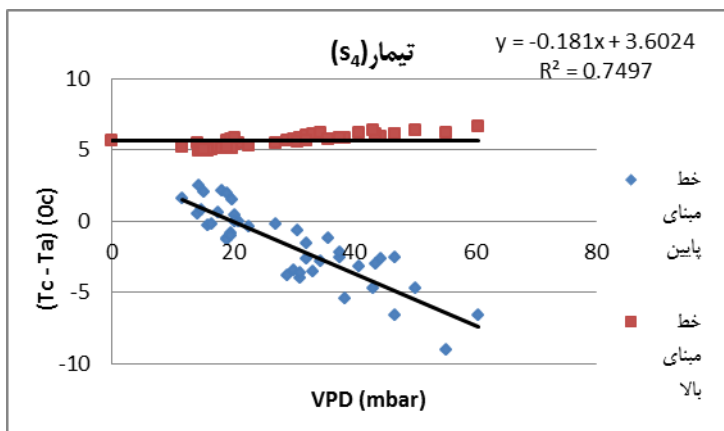
شکل ۲- نمودار خط مبنای پایینی و بالایی برای ذرت تابستانه تحت تیمار شاهد (S<sub>0</sub>)



شکل ۳- نمودار خط مبنای پایینی و بالایی برای ذرت تابستانه تحت تیمار (S<sub>4</sub>)



شکل ۴- نمودار خط مبنای پایینی و بالایی برای ذرت زمستانه تحت تیمار شاهد (S<sub>0</sub>)



شکل ۵- نمودار خط مبنای پایینی و بالایی برای ذرت زمستانه تحت تیمار (S4)

## جدول ۴- معادله های خط مبنای بالا و پایین برای هر یک از تیمارها در کشت تابستانه

تیمار	معادله خط مبنای بالا	معادله خط مبنای پایین	تعداد برداشت	ضریب تعیین
S <sub>0</sub>	$h=(T_c - T_a)_{u.l}=۳/۶۹$	$(T_c - T_a)_{l.l}=۲/۱۶۱ - ۰/۲۲۱(\text{VPD})$	۵۶	۰/۸۵
S <sub>1</sub>	$h=(T_c - T_a)_{u.l}=۳/۹۴$	$(T_c - T_a)_{l.l}=۲/۳۹۷ - ۰/۲(\text{VPD})$	۵۶	۰/۸۲۹
S <sub>2</sub>	$h=(T_c - T_a)_{u.l}=۴/۴۵$	$(T_c - T_a)_{l.l}=۲/۷۸۸ - ۰/۱۸۷(\text{VPD})$	۵۶	۰/۸۲۴
S <sub>3</sub>	$h=(T_c - T_a)_{u.l}=۵/۶۳$	$(T_c - T_a)_{l.l}=۳/۵۰۱ - ۰/۱۸۶(\text{VPD})$	۵۶	۰/۸۰۷
S <sub>4</sub>	$h=(T_c - T_a)_{u.l}=۶/۸$	$(T_c - T_a)_{l.l}=۴/۱۹۶ - ۰/۱۸۶(\text{VPD})$	۵۶	۰/۷۸۵

## جدول ۵- معادله های خط مبنای بالا و پایین برای هر یک از تیمارها در کشت زمستانه

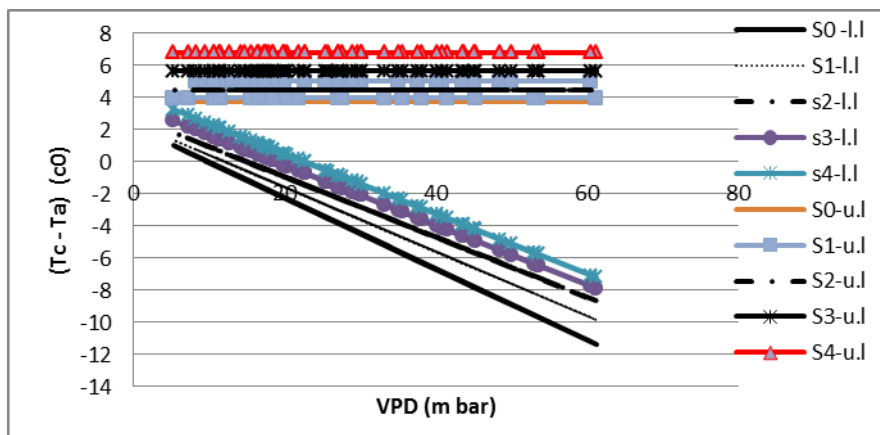
تیمار	معادله خط مبنای بالا	معادله خط مبنای پایین	تعداد برداشت	ضریب تعیین
S <sub>0</sub>	$h=(T_c - T_a)_{u.l}=۲/۵۲$	$(T_c - T_a)_{l.l}=۱/۶۴۱ - ۰/۱۷۸(\text{VPD})$	۴۸	۰/۸۲۵
S <sub>1</sub>	$h=(T_c - T_a)_{u.l}=۳/۳$	$(T_c - T_a)_{l.l}=۲/۱۲۸ - ۰/۱۷۶(\text{VPD})$	۴۸	۰/۷۹۸
S <sub>2</sub>	$h=(T_c - T_a)_{u.l}=۴/۰۲$	$(T_c - T_a)_{l.l}=۲/۶ - ۰/۱۷۶(\text{VPD})$	۴۸	۰/۷۷۸
S <sub>3</sub>	$h=(T_c - T_a)_{u.l}=۵/۱$	$(T_c - T_a)_{l.l}=۳/۲۴۳ - ۰/۱۸۲(\text{VPD})$	۴۸	۰/۷۸۳
S <sub>4</sub>	$h=(T_c - T_a)_{u.l}=۵/۶۷$	$(T_c - T_a)_{l.l}=۳/۶۰۲ - ۰/۱۸۱(\text{VPD})$	۴۸	۰/۷۴۹

باتوجه به شکل های فوق مقدار کمبود فشار بخار هوا در کل طول فصل رشد از ۵ تا ۶۰ میلی بار متغیر می باشد و رابطه خطی معادله های خط مبنای پایین نشان می دهد که با افزایش کمبود فشار بخار هوا، اختلاف درجه حرارت پوشش سبز گیاه و هوا افزایش پیدا می کند. افزایش کمبود فشار بخار همراه با افزایش تبخیر و تعرق بوده و در صورتی که نیاز آبی گیاه فراهم باشد، جریان آب از ریشه به برگ، همواره برقرار بوده و گیاه خنک نگهداری می شود. معادله های خط مبنای بالا و پایین برای هر یک از تیمارها و در دو فصل کشت در جدول های (۴) و (۵) ارائه شده است.

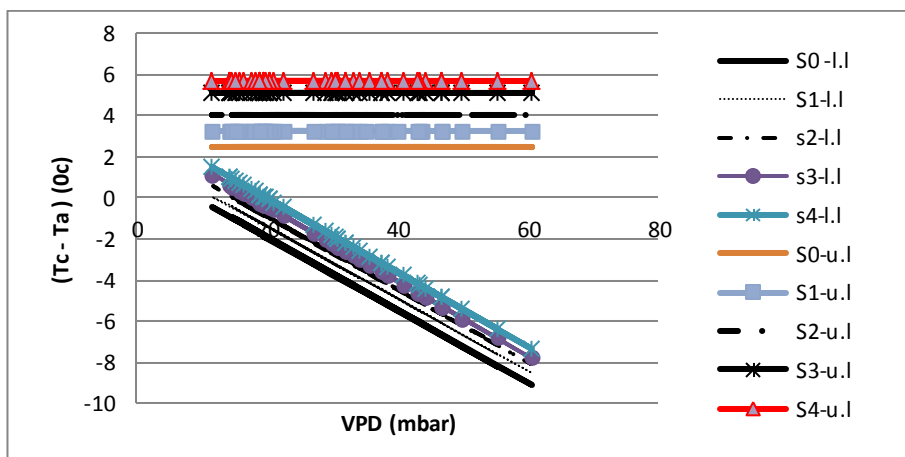
بر اساس جدول های (۴) و (۵) با افزایش شوری آب آبیاری، خطوط مبنای بالا و پائین نیز جابجا می شوند و این نتایج نشان می دهد که دمای پوشش سبز و در نهایت شاخص تنش آبی گیاه تحت نشان داده شده است.

تاثیر شوری آب آبیاری، می باشد. در کشت تابستانه، با افزایش شوری آبیاری از S<sub>0</sub> به S<sub>4</sub> خط مبنای بالایی تنش نیز از ۳/۶۹ به ۶/۸ و در کشت زمستانه از ۲/۵۲ به ۵/۶۷ صعود کرده است. علاوه بر این، مقایسه جدول های (۴) و (۵) نشان می دهد، در تمامی تیمارها، خطوط مبنای بالا و پایین در کشت تابستانه، نسبت به کشت زمستانه بالاتر می باشد، این تغییرات احتمالاً به تفاوت دمایی و شرایط آب و هوایی و رقم کاشت در دو فصل بر می گردد. بنابراین می توان نتیجه گرفت، تغییرات شرایط آب و هوایی و رقم کشت می تواند عامل موثر بر تعیین خطوط مبنای و در نهایت شاخص تنش آبی گیاه باشد. موقعیت خط مبنای پایین و بالا، تحت هر یک از تیمارها برای کشت تابستانه و زمستانه در شکل های (۶) و (۷) نشان داده شده است.

سعیدی نیا و همکاران: بررسی تاثیر شوری آب آبیاری بر کارایی شاخص ...



شکل ۶- موقعیت خط مبنای پایین، تحت هر یک از تیمارها در کشت تابستانه



شکل ۷- موقعیت خط مبنای پایین، تحت هر یک از تیمارها در کشت زمستانه

جدول ۶- روند تغییرات تفاوت دمای پوشش سبز و دمای هوا برای کمبود فشار بخار ۴۰ میلی بار در کشت تابستانه

تفاوت دمای پوشش سبز و دمای هوا برای کمبود فشار بخار ۴۰ میلی بار

S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>
-۶/۶	-۵/۶	-۴/۷	-۳/۹	-۳/۲

برای کشت زمستانه در جدول (۷) ارائه شده است. نتایج جدول های (۶) و (۷) نشان می دهد، به ازای افزایش شوری آب آبیاری از (S<sub>0</sub>) ۲/۲ دسی زیمنس بر متر به (S<sub>4</sub>) ۶/۵ دسی زیمنس بر متر، اختلاف دمای پوشش سبز و دمای هوا، در کشت تابستانه حدود سه درجه و در کشت زمستانه حدود دو درجه، افزایش پیدا کرده است.

با توجه به شکل های (۶) و (۷) و بر اساس تغییرات شیب خطوط مبنای پایین و وضعیت آنها نسبت به هم، می توان میزان کاهش (Tc-Ta)، به ازای افزایش یک واحد کمبود فشار بخار اشباع را تحت هر یک از تیمارهای آبیاری و روند تغییرات تفاوت دمای پوشش سبز و دمای هوا، در یک میزان کمبود فشار بخار را مشخص کرد. به عنوان نمونه برای کمبود فشار بخار ۴۰ میلی بار، روند تغییرات تفاوت دمای پوشش سبز و دمای هوا برای کشت تابستانه در جدول (۶) و



## جدول ۷- روند تغییرات تفاوت دمای پوشش سبز و دمای هوا برای کمبود فشار بخار ۴۰ میلی بار در کشت زمستانه

تفاوت دمای پوشش سبز و دمای هوا برای کمبود فشار بخار ۴۰ میلی بار

S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>
-۵/۵	-۴/۹	-۴/۴	-۴/۰۳	-۳/۶

## جدول ۸- شاخص تنش آبی گیاه در روز بعد از آبیاری تحت هر یک از تیمارهای تنش شوری در کشت تابستانه

S <sub>4</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	تیمار
-۰/۹۳	-۱/۴۲	-۲/۳۹	-۳/۱۶	میانگین دما (T <sub>c</sub> - T <sub>a</sub> ) <sub>M</sub>
۰/۴	۰/۳۴	۰/۲۱	۰/۱۱	CWSI

## جدول ۹- شاخص تنش آبی گیاه در روز بعد از آبیاری تحت هر یک از تیمارهای تنش شوری در کشت زمستانه

S <sub>4</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	تیمار
-۱/۶۶	-۲/۰۶	۲/۶۲	-۲/۹۷	میانگین دما (T <sub>c</sub> - T <sub>a</sub> ) <sub>M</sub>
۰/۲۷	۰/۲۳	۰/۱۴	۰/۰۹	CWSI

مربوط به کشت تابستانه، برای هر یک از تیمارها در جدول (۸) و برای کشت زمستانه در جدول (۹) ارائه شده است. داده های جدول (۸) و (۹) بیانگر این است که با افزایش شوری آب آبیاری، دمای پوشش سبز و در نتیجه اختلاف دمای پوشش سبز و هوا رو به افزایش است و با توجه به اینکه محاسبات برای روز های بعد از آبیاری انجام گرفته است، تنش، ناشی از شوری آب آبیاری می باشد. بنابراین میزان افزایش شاخص تنش آبی گیاه در روزهای بعد از آبیاری، نشان دهنده اثر تنش شوری بر روی پوشش سبز می باشد. مقایسه جدول های (۸) و (۹) نشان می دهد، در روزهای بعد از آبیاری، روند تغییرات تنش آبی گیاه نسبت به شوری، در هر دو فصل بسیار به هم نزدیک است.

همان طور که بیان گردید، ترکیب پتانسیل اسمزی و ماتریک با هم، کل پتانسیل آب در خاک را تشکیل می دهد و گیاه برای اخذ آب از خاک باید بر این نیروهای بازدارنده مقابله کند. لذا برای برنامه ریزی آبیاری باید به این نکته توجه کرد. برای این منظور برای تعیین میزان تنش واقعی (تنش در روزهای قبل از آبیاری) از تغییرات دمای پوشش سبز در روزهای قبل از آبیاری (در هر یک از تیمارهای تحت تنش) استفاده گردید. میانگین اختلاف دمای پوشش سبز و هوا و همچنین شاخص تنش آبی گیاه برای روزهای قبل از آبیاری هر یک از تیمارها در جدول (۱۰) و (۱۱) ارائه شده است.

میزان تعرق از گیاه تحت تاثیر شوری آب آبیاری می باشد (شانی و دادلی<sup>۱</sup>؛ (۲۰۰۱)؛ دادلی و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۸)؛ لورگنوس و همکاران (۲۰۱۰)؛ رزاقی و سپاسخواه<sup>۳</sup> (۲۰۱۰). از سوی دیگر تغییرات دمای پوشش سبز و شاخص تنش آبی گیاه نیز با تغییرات تبخیر و تعرق همبستگی بالایی دارد (سپاسخواه و همکاران<sup>۴</sup> (۱۹۸۷)؛ بن گال و همکاران<sup>۵</sup>؛ (۲۰۰۸)؛ برومند نسب و همکاران (۱۳۸۳). در این تحقیق، برای بررسی مستقیم اثر تنش شوری بر میزان دمای پوشش سبز و شاخص تنش آبی گیاه ذرت، از تفاوت دمای پوشش سبز در روزهای بعد از هر یک از آبیاری های تحت تیمارهای تنش استفاده گردید، با این توضیح که ابتدا خطوط مبنای بالا و پائین بر اساس تیمار شاهد (جدول های ۴ و ۵) مشخص گردید، سپس با استفاده از میانگین دمای پوشش سبز در روزهای بعد از آبیاری و با داشتن خطوط مبنای بالا و پائین میزان شاخص تنش آبی گیاه برای روزهای بعد از آبیاری محاسبه گردید. علت انتخاب روزهای بعد از آبیاری، به این دلیل است که در این روز، رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی بوده و گیاه از نظر رطوبتی، به طور کامل تأمین می شود. میانگین اختلاف دمای پوشش سبز و هوا و همچنین شاخص تنش آبی گیاه

- 1- Shani and Dudley
- 2-Dudley
- 3- Razzaghi and Sepaskhah
- 4 - Sepaskhah *et al.*
- 5 - Ben-Gal *et al.*



حدوداً سه و نیم برابر و در کشت زمستانه حدود ۳ برابر تغییر پیدا می کند. مقایسه نتایج در دو فصل زراعی نشان می دهد شاخص تنش آبی گیاه تحت تاثیر شوری آب آبیاری تغییر می کند و روند تغییرات شاخص تنش آبی گیاه نسبت به شوری در هر دو فصل زراعی مشابه است.

### سپاسگزاری

بدینوسیله نویسندگان از قطب علمی مدیریت بهره برداری از شبکه های آبیاری و زهکشی که بخشی از هزینه ها را تقبل نموده تشکر و قدردانی می نمایند.

سبز نسبت به دمای هوا، در کشت تابستانه حدود ۳ درجه و در کشت تابستانه حدود ۲ درجه، افزایش پیدا نمود. در این تحقیق میزان شاخص تنش آبی گیاه در روز قبل از آبیاری، برای کلیه تیمارها محاسبه گردید و نتایج نشان داد که در هر دو فصل با تغییر شوری از ۲/۲ دسی زیمنس بر متر تا ۶/۵ دسی زیمنس بر متر میزان شاخص تنش آبی گیاه حدوداً سه برابر می شود. اثر تنش شوری به تنهایی هم با توجه به داده های مربوط به روزهای بعد از آبیاری (در این روزها فقط اثر شوری محسوس است) محاسبه گردید. نتایج نشان داد که در کشت تابستانه با تغییر شوری از ۲/۲ دسی زیمنس بر متر تا ۶/۵ دسی زیمنس بر متر، میزان شاخص تنش آبی گیاه

### منابع

- ۱- برومند نسب، س.، طاهری قناده، س. و م. معیری. ۱۳۸۳. استفاده از درجه حرارت پوشش سبز گیاه برای برنامه ریزی آبیاری ذرت بهاره در شرایط خوزستان. مجله علمی کشاورزی، دانشکده کشاورزی اهواز. ۲۷: ۴۷-۵۶.
- ۲- سلطانی محمدی، ا. ۱۳۹۰. مدیریت آبیاری ذرت در مراحل مختلف رشد تحت تنش کم آبیاری و شوری در شرایط اقلیمی اهواز. پایان نامه دکتری، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- ۳- عزیزاده، ا. ۱۳۸۳. رابطه آب و خاک و گیاه، دانشگاه امام رضا، چاپ چهارم.
- ۴- وردی نژاد، و.، سهرابی، ت. و ع. لیاقت. ۱۳۸۶. برنامه ریزی آبیاری ذرت در مراحل مختلف رشد با استفاده از شاخص اختلاف دمای پوشش سبز گیاه و هوا. نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر کرمان، بهمن ماه.
- 5- Ben-Gal, A., Ityel, E., Dudley, L., Cohen, S., Yermiyahu, U., Presnov, E., Zigmund, L. and U. Shani. 2008. Effect of irrigation water salinity on transpiration and on leaching requirements: A case study for bell peppers. *Agricultural Water Management*, 95:587-597.
- 6- Dudley, L.M., Ben-Gal, A. and N. Lazarovitch. 2008. Drainage water reuse: Biological. Physical and technological considerations for system management, *Environmental Quality*, 7:25-35.
- 7- Gontia, N. K. and K. N. Tiwari. 2008. Development of crop water stress index of wheat crop for scheduling irrigation using infrared thermometry. *Agricultural water Management*, 95: 1144 – 1152.
- 8- Henggeler, J.C. 2004. The Conjunctive use of sline irrigation water on deficit-irrigated cotton. Ph.D. Thesis, Submitted to the Office of Graduate Studies of Texas A and M University.
- 9- Howell, T. A., Hatfield, J. L., Rhoades, J. D. and M. Meron. 1984. Response of cotton water stress indicators to soil salinity. *Irrigation Science*, 5: 25-36.
- 10- Idso, S. B., Jackson, R. D., Pinter. P. J., Reginato, R. J. and J. L. Hatfield. 1981. Normalizing the stressdegree-day parameter for environmental variability. *Agricultural Meteorology*, 24:45-55.
- 11- Jackson, R. D. , Idso, S. B., Reginato, R. J. and P. J. Pinter. 1981. Canopy temperature as a crop water stress indicator. *Water Resour Research*, 17(4):1133-1138.
- 12- Kar. G. and A. Kumar. 2007. Surface energy fluxes and crop water stress index in groundnut under irrigated ecosystem, *Agricultural and Forest Meteorology*, 146: 94-106.

- 13-Lebourgeois, V., Chopart, J. L., Begue, A. and L. L. Mezo. 2010. Towards using a thermal infrared index combined with water balance modeling to monitor sugarcane irrigation in a tropical environment. *Agricultural Water Management*, 97: 75–82.
- 14-Li, L., Nielsen, D. C., Yu, Q., Ma, L. and L. R. Ahuja. 2010. Evaluating the crop water stress index and its correlation with latent heat and CO<sub>2</sub> fluxes over winter wheat and maize in the North China plain. *Agricultural Water Management*, 97: 1146–1155.
- 15-O’Shaughnessy, S. A., Evett, S. R., Colaizzi, P.D. and T. A. Howell. 2012. A crop water stress index and time threshold for automatic irrigation scheduling of grain sorghum. *Agricultural Water Management*, 107: 122– 132.
- 16-Razzaghi, F. and A. R. Sepaskhah. 2010. Assessment of nine different equations for ET<sub>0</sub> estimation using lysimeter data in a semi-arid environment. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 56(1):1-12.
- 17-Riberio, R. V., Machado, E. C. and G. D. Santos. 2005. Leaf temperature in sweet orange plants under field condition: Influence of meteorological elements. *Revista Brasileira Agrometeorologia*, 13(2): 353-368.
- 18-Sepaskhah, A. R. and S. M. Kashefipour. 1994. Relationship between leaf water potential, CWSI Yield and fruit quality of Sweet Lime under drip irrigation, *Agricultural Water Management*, 25: 13-22.
- 19-Sepaskhah, A. R., Nazemossadat, S. M. J. and A. A. Kamgare- Haghighi. 1987. Water Stress of Sugarbeet as related to leaf and Canopy temperature to leaf Water Content. *Iran Agricultural Research*, 6: 29-43.
- 20-Shani, U. and L. M. Dudley. 2001. Field studies of crop response to water and salt stress. *Soil Science Society of America*, 65.1522–1528.
- 21-Wang, D. and J. Gartung. 2010. Infrared canopy temperature of early-ripening peach trees under postharvest deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 97: 1787–1794.