



## زمان مناسب آبیاری تکمیلی درختان انجیر دیم با اندازه‌گیری دمای برگ، رطوبت خاک و داده‌های هواشناسی

محمدعلی شاهرخ نیا<sup>۱\*</sup>، حمید زارع<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۱۳

### چکیده

این تحقیق با هدف تعیین زمان مناسب آبیاری درختان انجیر دیم استهبان فارس به کمک داده‌های هواشناسی انجام گرفت. به دلیل کاهش ریزش‌های جوی در سال‌های اخیر، باغ‌های این منطقه با کمبود آب مواجه بوده و انجام آبیاری تکمیلی به منظور حفظ درختان ضروری به نظر می‌رسد. در تحقیق حاضر طی طول دو سال، سطوح مختلف شاخص تنش آبی گیاه (CWSI)<sup>۳</sup> به درختان انجیر دیم اعمال و رطوبت خاک در زمان‌های معین اندازه‌گیری گردید. بدین منظور دمای تاج پوشش گیاه، دمای هوا و کمبود فشار بخار در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری و زمان بروز تنش آبی تعیین شد. تیمارهای این مطالعه شامل یک تیمار شاهد (بدون آبیاری) و انجام آبیاری در شاخص‌های تنش آبی ۰، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶ و ۰/۸ بودند به نحوی در زمان آبیاری که تنش آبی از حد تعیین شده بیشتر نشود. آبیاری به روش معمول منطقه یعنی با تانکر انجام گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که حداکثر تنش وارد شده به درختان انجیر در شاخص تنش آبی ۰/۶ بوده که در اوایل مردادماه اتفاق افتاد و رطوبت خاک در این شرایط ۱۲ درصد بود. در زمان شروع دوره تنش آبی در فصل بهار، رطوبت خاک ۱۴ درصد تعیین شد معادلاتی برای تخمین زمان شروع تنش آبی با توجه به بارندگی و تخییر ارائه گردید که با استفاده از آن‌ها می‌توان زمان ایجاد تنش و آبیاری تکمیلی را تعیین نمود. معادلاتی نیز برای ارتباط میزان محصول تولیدی با میزان آب دریافتی درختان انجیر ارائه گردید.

واژه‌های کلیدی: بارندگی، رطوبت خاک، تنش آبی، آبیاری، انجیر

### مقدمه

شهرستان‌های استان فارس بوده که در آن ۲۳۰۰۰ هکتار باغ انجیر دیم وجود دارد. میانگین بارندگی سالانه استهبان ۲۷۲ میلی‌متر می‌باشد. در بعضی از سال‌های گذشته بارندگی سالانه منطقه کمتر از میانگین کل بوده است. در سال‌هایی که بارندگی کم بوده، نیاز آبی باغ‌های منطقه تامین نگشته و انجام آبیاری کمکی به منظور حفظ این باغ‌ها از خطر خشکیدگی، امری ضروری می‌شد. به عنوان نمونه در سال ۲۰۱۰، بعلت خشکی شدید، بیش از ۱۰٪ درختان منطقه از بین رفته و تولید محصول حدود ۸۰ درصد کاهش یافت (Jafari et al., 2012). بنابراین باغداران منطقه سعی می‌کنند به هر وسیله ممکن آب بیشتری را به درختان انجیر خود برسانند. نداشتن دانش زمان و مقدار آبیاری کمکی

کشور ایران جزو تولیدکننده‌ها و صادرکننده‌های مهم انجیر در دنیا می‌باشد. بیشتر درختان انجیر ایران در شهرستان استهبان کشت گردیده‌اند. استهبان یکی از

<sup>۱</sup> دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران  
(\*نویسنده مسئول: mashahrokhi@yahoo.com)

<sup>۲</sup> استادیار پژوهشی، ایستگاه تحقیقات انجیر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، استهبان، ایران

<sup>۳</sup> Crop Water Stress Index

نحوه ارجاع مقاله:

شاهرخ نیا، م.ع.، زارع، ح. ۱۴۰۰. زمان مناسب آبیاری تکمیلی درختان انجیر دیم با اندازه‌گیری دمای برگ، رطوبت خاک و داده‌های هواشناسی. نشریه

هواشناسی کشاورزی، ۹(۲): ۲۹-۳۸. DOI: 10.22125/agmj.2021.273293.1111

Shahrokhnia, M.A., Zare, H. 2021. The appropriate time for supplemental irrigation of rainfed fig trees by measuring leaf temperature, soil moisture and meteorological data. Journal of Agricultural Meteorology, 9(2): 29-38. DOI: 10.22125/agmj.2021.273293.1111

درختان لیموشیرین در جهرم انجام و برنامه‌ریزی آبیاری با استفاده از دمای پوشش سبز گیاه، مناسب بود ( Sepaskhah and Kashefipour, 1994; 1995). چهار روش برنامه‌ریزی آبیاری شامل تانسیمتر، بیلان آب، دمای پوشش گیاه و مدلی گیاهی مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج ایشان نشان داد که از هر چهار روش می‌توان برای برنامه‌ریزی آبیاری ذرت استفاده نمود؛ به شرطی که نهایت دقت در برنامه‌ریزی و مدیریت آبیاری صورت پذیرد. با استفاده از این روش‌ها حدود ۳۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی گردید ( Steele et al., 2000). با استفاده از دماسنج مادون قرمز، بهترین زمان آبیاری لوبیا تعیین شد. نتایج آنها نشان داد که بهترین زمان آبیاری وقتی است که تفاوت دمای پوشش سبز گیاه نسبت به دمایی که در آن گیاه در بهترین وضعیت قرار دارد، ۳ درجه سانتیگراد باشد. با این کار ۳۸ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی گردید (Lobo et al., 2004). دو روش برنامه‌ریزی آبیاری در مزرعه، یکی بر اساس شاخص استرس گیاه (با استفاده از دمای پوشش سبز گیاه) و دیگری بر اساس رطوبت خاک ارزیابی و نتیجه گرفته شد که استفاده از دمای پوشش سبز گیاه به میزان ۲۵٪ کارایی استفاده از آب را افزایش می‌دهد. با توجه به این‌که روش اول زمان آبیاری را نشان می‌دهد، برای تعیین مقدار آبیاری می‌توان آن را به صورت ترکیبی با روش‌های دیگر به کار برد (Cremona et al., 2004). برنامه‌ریزی آبیاری بر اساس مقادیر مختلف شاخص استرس آبی برای هندوانه با استفاده از دماسنج مادون قرمز انجام شد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان بهره‌وری مصرف آب در شاخص استرس آبی ۰/۶ به دست آمد. در حالی که از مقدار ۰/۲ به بالای این شاخص، کاهش محصول مشاهده شد (Erdem et al., 2005). در بررسی دیگر، به کمک دماسنج مادون قرمز، شاخص استرس آبی گیاه را در مقادیر مختلف آب آبیاری برای لوبیا تعیین گردید و به میزان محصول تولیدی ربط داده شد. این روش راهکاری مناسب برای مدیریت آبیاری در مزرعه دانسته شد (Erdem et al., 2006). روش‌های غیر مستقیم تعیین شاخص تنش آبی (دمای پوشش گیاه، قطر میوه یا ساقه) از روش‌های مستقیم (پتانسیل آب برگ و

انجیر دیم باعث مصرف بی‌رویه آب‌های زیرزمینی در منطقه گردیده است. وسیله رسانیدن آب به درختان انجیر در منطقه تانکر می‌باشد. برآوردها نشان می‌دهد که بعضی از باغات، آب داده شده به درختان از نیاز آبی کامل گیاه بیشتر بوده و بعضی باغات تا حدود ۱۷۰۰۰ لیتر به ازای هر درخت، آب دریافت کرده‌اند. بنابراین تعیین دقیق و علمی زمان و میزان آبیاری کمکی، علاوه بر حفظ وضعیت اقتصادی و معیشتی کشاورزان، باعث کاهش آبیاری بی‌رویه و افزایش بهره‌وری مصرف آب در منطقه می‌شود. آبیاری کمکی عبارتست از به کار بردن میزان محدودی از آب برای گیاهان دیم، زمانی که بارندگی نتواند نیاز آبی گیاه برای رشد، توسعه معمول گیاه و پایداری محصول را تامین نماید (Oweis, 1997). تحقیقات گذشته نشان داده است که آبیاری کمکی درختان انجیر تاثیری مثبت بر رشد و محصول درختان انجیر داشته‌است (Al-Desouki et al., 2009, Kamgar-Haghighi and Sepaskhah, 2015, Honar Abdolahipour et al. (2018; and Sepaskhah, 2015 (2019 کاربرد دو مقدار آبیاری کمکی ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ لیتر بازای هر درخت در زمان‌های مختلف را مورد بررسی قرار دادند و مقدار ۲۰۰۰ لیتر به ازای هر درخت و در ابتدای بهار را توصیه نمودند. (Shahrokhnia and Zare (2020 بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در انجیرستان دیم استهبان را مورد بررسی قرار دادند. یکی از راه‌های تعیین زمان آبیاری گیاهان یا به طور کلی برنامه‌ریزی آبیاری، استفاده از شاخص تنش آبی گیاه و اندازه‌گیری دمای پوشش سبز گیاه می‌باشد. تحقیقات جامعی در زمینه استفاده از پوشش سبز گیاه در برنامه‌ریزی آبیاری انجام شده که مرجع تحقیقات بعدی قرار گرفته است (Idso et al., 1981; Idso, 1982). ایشان شاخص تنش آبی گیاه را بر اساس خط مبنای پایینی (خط بی تنش) و بالایی (خط بیشترین تنش) معرفی نمودند. این خطوط رابطه تفاوت مقادیر دمای پوشش سبز گیاه و دمای هوا را به کمبود فشار بخار هوا نشان می‌دهند. در یک بررسی اندازه‌گیری دمای پوشش سبز گیاه را مناسب‌تر از اندازه‌گیری رطوبت خاک برای شروع عملیات آبیاری و نیز جهت کاهش مصرف آب دانستند (Clawson and Blad, 1982). با استفاده از دماسنج مادون قرمز، برنامه‌ریزی آبیاری

بنابراین در تحقیق حاضر به بررسی تغییرات رطوبت خاک در تنش‌های آبی متفاوت و ارتباط مقادیر بارندگی و تبخیر با زمان ایجاد تنش در درختان انجیر دیم استهبان پرداخته شده است.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در ایستگاه تحقیقات انجیر استهبان بر روی درختان ۵۰ ساله انجیر دیم (رقم سبز) اجرا شد. شهرستان استهبان در عرض ۲۹ درجه و ۸ دقیقه شمالی و طول ۵۴ درجه و ۳ دقیقه شرقی، از دشت‌های شرقی استان فارس و ارتفاع متوسط ۱۷۶۰ متری از سطح دریا واقع است. بر اساس دوره ۱۵ ساله منتهی به زمان آغاز پروژه، میانگین بارندگی آن ۲۷۲ میلی‌متر در سال، میانگین دمای ۱۷/۴، حداقل مطلق دمای ۸/۲- و حداکثر مطلق دمای ۴۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. جدول ۱ میانگین پارامترهای اقلیمی شهرستان استهبان که از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک آن اخذ گردیده است را نشان می‌دهد.

ساقه، مقاومت روزنه‌ای) مناسب‌تر شناخته شد ( Misra et al., 2006). همچنین ( Gonita and Tiwari, 2008; Lebourgeois et al., 2010; Wang and Gartung, 2010; Baker et al., 2013; Shahrokhnia et al., 2017; Shahrokhnia and Karami, 2017; Cosic et al., 2018) به ترتیب برنامه‌ریزی آبیاری گندم، نیشکر، هلو، پنبه، گوجه فرنگی، انگور و فلفل شیرین را با استفاده از دمای پوشش سبز گیاه انجام و روابطی برای برآورد شاخص تنش آبی گیاه ارائه نموده و استفاده از دمای پوشش سبز گیاه برای برنامه‌ریزی آبیاری را مفید دانستند. با توجه به اهمیت آبیاری کمکی باغات انجیر دیم و کم بودن تحقیقات در این زمینه، تعیین زمان آبیاری کمکی این درختان می‌تواند باعث حفظ این درختان ارزشمند از خطر خشکیدگی و کاهش اتلاف آب در منطقه شود. تحقیقات قبلی نشان داد که استفاده از دمای پوشش سبز گیاه می‌تواند روشی مناسب برای بررسی تنش آبی و برنامه‌ریزی آبیاری گیاهان مختلف باشد. میزان بارندگی و تبخیر بر میزان رطوبت ذخیره شده در خاک جهت استفاده درختان انجیر دیم تاثیر مستقیم دارد.

جدول ۱- متوسط مقدار متغیرهای هواشناسی در ایستگاه استهبان

Table 1- Average values of meteorological variables in the Estahban station

Month	air temperature (°C)			air humidity (%)			Precipitation (mm)	Pan Evaporation (mm month <sup>-1</sup> )	Sunshine (hour month <sup>-1</sup> )	Max wind speed (m s <sup>-1</sup> )
	Min	Max	Avg.	Min	Max	Avg.				
Jan.	-0.4	13.3	6.4	33	77	55	54.35	23.8	229.2	13
Feb.	1.3	14.2	7.8	30	77	53	64.81	30	231.1	14
Mar.	4	18.7	11.4	24	68	46	30.05	92.6	251.7	15
Apr.	7.2	22.1	14.6	23	68	46	40.94	150.1	254	15
May.	11.4	28.6	20	15	55	35	6.9	228.6	306.2	15
Jun.	16	34.2	25.1	10	37	23	0.02	325.7	350.2	13
Jul.	20.1	36.8	28.4	11	35	23	2.17	373.7	341.5	14
Aug.	20.1	35.9	28	12	37	25	10.39	366.3	329.8	15
Sep.	16.2	33.5	24.9	12	41	27	1.48	290.1	317.2	15
Oct.	10.6	29.1	19.8	15	46	31	0.12	194.5	308.1	11
Nov.	5.6	22	13.8	24	60	42	15.2	114.4	259.9	11
Dec.	1.2	16	8.6	32	74	53	45.54	55.9	234.9	11
Sum	-	-	-	-	-	-	272	2245.6	3413.8	-
Mean	9.4	25.4	17.4	20	56	38	-	6.2	9.4	13

تنش آبی و خط افقی که بالاتر قرار گرفته نشان دهنده حداکثر تنش آبی وارده به گیاه است. بدین ترتیب شاخص تنش آبی را به صورت معادله ۱ می‌توان بیان نمود. معادلات ۲ و ۳ به ترتیب خطوط مبنای پایینی و بالایی تنش برای درختان انجیر می‌باشد.

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

شاخص تنش آبی گیاه بر اساس خط مبنای پایینی (خط بی‌تنش) و بالایی (خط بیش‌ترین تنش) معرفی شده است (Idso, 1982; Idso et al., 1981). این خطوط رابطه تفاوت مقادیر دمای پوشش سبز گیاه و دمای هوا را به کمبود فشار بخار هوا نشان می‌دهند (شکل ۱). خط مورب که پایین‌تر قرار گرفته، نشان دهنده شرایط آغاز یا حداقل

T4- تیمار شاخص تنش آبی ۰/۶۰ (CWSI=0.6)

T5- تیمار شاخص تنش آبی ۰/۸۰ (CWSI=0.8)

T6- تیمار دیم (بدون آبیاری)

با اندازه‌گیری دمای پوشش سبز گیاه و دمای هوا در هر روز، مقدار شاخص تنش آبی گیاه در آن روز اندازه‌گیری گردید. در هر گروه پس از رسیدن شاخص تنش آبی به میزان مورد نظر، آبیاری انجام شد. پارامترهای هواشناسی روزانه مورد نیاز از ایستگاه هواشناسی منطقه اخذ شد. برای تعیین میزان حجم آب آبیاری در هر نوبت، از خاک محل آزمایش نمونه‌برداری و خصوصیات شامل رطوبت ظرفیت زراعی، رطوبت نقطه پژمردگی خاک، جرم مخصوص ظاهری خاک اندازه‌گیری شد. از معادله ۴ برای محاسبه میزان آب آبیاری با توجه به مقادیر رطوبت ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائم استفاده گردید.

$$I=M. (FC-PWP).As.D \quad (۴)$$

در این معادله به ترتیب I مقدار خالص آب آبیاری بر حسب سانتی‌متر، M میزان تخلیه مجاز مدیریتی بر حسب اعشار، FC مقدار وزنی رطوبت ظرفیت مزرعه بر حسب گرم آب بر گرم خاک، PWP مقدار وزنی رطوبت نقطه پژمردگی دائم بر حسب گرم آب بر گرم خاک، As چگالی ظاهری خاک (از تقسیم جرم مخصوص ظاهری خاک بر جرم مخصوص آب به دست می‌آید)، و D عمق خاک یا ریشه حسب سانتی‌متر می‌باشد. پس از با تعیین زمان و مقدار حجم آبیاری کمکی، از لحاظ نحوه رسانیدن آب به پای درخت، از شیوه معمول منطقه یعنی با استفاده از یک دستگاه تانکر و به صورت دستی انجام شد. البته در شیوه معمول آبیاری منطقه، مقدار، عمق و نحوه پخش آب بر اساس قاعده خاصی نبوده و به صورت تجربی بود. این تحقیق به مدت دو سال انجام و مقادیر رطوبت خاک به صورت هفتگی با استفاده از دستگاه نوترون متر واسنجی شده (مدل CPR 503)، یکبار در هفته، در عمق ۰-۱/۲ متری در کلیه تیمارها اندازه‌گیری گردید. معمولاً گیاهان در صورت وجود آب کافی در محیط ریشه (در محدوده رطوبت سهل الوصول خاک برای آن گیاه) دچار تنش آبی نمی‌شوند. با کاهش رطوبت خاک و رسیدن به یک حد بحرانی، تنش

$$(T_c-T_a)_{ll}=4.22-1.77(vpd) \quad (۲)$$

$$(T_c-T_a)_{ul}=5 \quad (۳)$$

در شکل ۱ و معادلات ۱ تا ۳،  $T_c$  دمای پوشش سبز گیاه،  $T_a$  دمای هوا و  $vpd$  کمبود فشار بخار هوا است. اندیس‌های  $ul$  و  $ll$  به ترتیب نشان‌دهنده خطوط مبنای پایینی و بالایی می‌باشد.

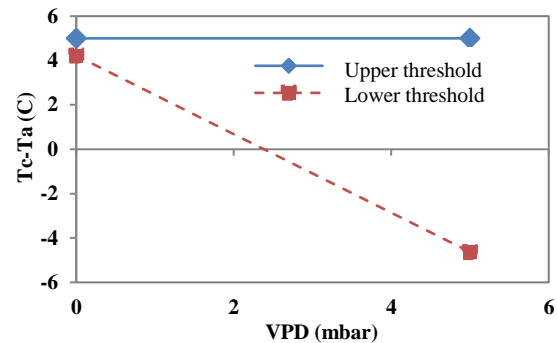


Figure 1- Lower and upper threshold of water stress

شکل ۱- خطوط مبنای پایینی و بالایی تنش آبی

با توجه به شکل ۱ مشاهده می‌گردد که در یک روز با یک کمبود فشار بخار خاص، هر چه میزان تنش آبی بیشتر شود، تفاوت دمای گیاه و دمای هوا افزایش یافته، نقطه M به سمت بالا حرکت کرده و مقدار شاخص تنش آبی گیاه با توجه به معادله افزایش می‌یابد. در این تحقیق به صورت برعکس روش معمول ایدسو عمل گردید. روش معمول ایدسو و تحقیقات پیشین این بوده که مقادیر مختلف آب را به گیاه داده و با اندازه‌گیری دمای پوشش سبز گیاه و دمای هوا، شاخص تنش آبی را محاسبه می‌کردند. در این پژوهش ابتدا بر اساس معادله ۱ و با توجه به اینکه دامنه مقدار شاخص تنش آبی (CWSI) از عدد صفر تا ۱ می‌باشد، مقادیر مختلفی برای شاخص تنش آبی ۰/۰، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶ و ۰/۸ فرض شد و مقرر شد پس از رسیدن تنش آبی گیاه به هر کدام از مقادیر فرض شده، آبیاری کمکی انجام شود. بنابراین ۲۴ درخت همسن و یک اندازه انتخاب و به صورت تصادفی به ۶ گروه ۴ تایی تقسیم شدند. هر گروه تحت یک مقدار تنش آبی به صورت زیر قرار گرفت:

T1- تیمار بدون تنش آبی (CWSI=0)

T2- تیمار شاخص تنش آبی ۰/۲۰ (CWSI=0.2)

T3- تیمار شاخص تنش آبی ۰/۴۰ (CWSI=0.4)

سال دوم در اوایل خردادماه واقع شد. در تیمار ۱ که تیمار بدون تنش آبی بوده به طور متوسط در طی هر سال ۱۰ مرتبه آبیاری انجام شد که با توجه به شرایط معمول منطقه زیاد است. تیمار ۴ با شاخص تنش آبی ۰/۶۰ در هر سال فقط یک مرتبه و آن هم در اوایل مردادماه نیاز به آب داشت. تیمار ۵ با شاخص تنش آبی ۰/۸۰ در طول دو سال آزمایش نیاز به آب نداشت و مانند تیمار ۶ اصلاً آبیاری نشد. شروع زودتر اولین آبیاری در سال دوم نسبت به سال اول به دلیل تفاوت وضعیت آب و هوایی منطقه در این دو سال (خشک تر بودن سال دوم نسبت به سال اول) بود. اطلاعات هواشناسی نشان داد که در سال دوم میزان بارندگی و تبخیر به ترتیب ۲۰۴ و ۲۳۹۱ میلی‌متر و در سال اول بترتیب ۲۳۴ و ۱۸۳۰ میلی‌متر بود. مقدار پارامترهایی مانند میانگین دما (درجه سانتیگراد)، حداکثر دما، حداکثر سرعت باد (متر بر ثانیه)، ساعات آفتابی سالیانه در سال دوم (۱۷/۵، ۲۵/۴، ۱۴/۶، ۳۴۹۳)، بیشتر از سال اول (۱۷/۲، ۲۴/۹، ۱۳/۶، ۳۳۶۷) بود. میزان رطوبت نسبی هوا در سال اول و دوم به ترتیب ۴۰ و ۳۸ درصد بود.

### تغییرات رطوبت خاک

شکل‌های ۲ تا ۷ تغییرات متوسط رطوبت خاک در درختان هر تیمار را در طول دو سال آزمایش نشان می‌دهد. جدول ۲ نیز مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین رطوبت خاک در تیمارهای آزمایشی، به تفکیک سال و مجموع دو سال را نشان می‌دهد. در ابتدای هر سال، رطوبت حجمی خاک در اثر بارندگی‌های زمستان و اوایل بهار حدود ۲۲ تا ۲۳ درصد حجمی و نزدیک به رطوبت ظرفیت مزرعه (۲۴ درصد حجمی) می‌رسید. در سال اول، از اواسط فروردین به بعد با گرم شدن هوا و کاهش بارندگی، رطوبت خاک بتدریج کاهش یافت تا در اواخر خردادماه از ۱۴ درصد کمتر شد و بر اساس دمای برگ، آبیاری در تیمار اول انجام شد. پس از هر آبیاری، رطوبت خاک به حدود ۲۳ تا ۲۴ درصد حجمی می‌رسید و از آن پس مجدداً شروع به کاهش می‌کرد. رطوبت شروع آبیاری در تیمار ۱ بین ۱۴ تا ۱۶ درصد، در تیمار ۲ بین ۱۴ تا ۱۵ درصد و در تیمار ۳ و ۴ حدود ۱۲ درصد بود. در سال دوم رطوبت خاک از اواخر بهمن ماه شروع به کاهش نمود. علت تفاوت زمان شروع کاهش

آبی شروع شده و افزایش می‌یابد. پس هر عاملی که بر میزان ذخیره رطوبت در خاک اثر بگذارد، بر زمان شروع تنش آبی نیز اثر می‌گذارد. بنابراین افزایش میزان رطوبت ذخیره شده در خاک در اثر بارندگی می‌تواند تنش آبی را به تعویق انداخته و برعکس، افزایش میزان تبخیر در اثر عوامل مختلف نظیر دما و رطوبت نسبی هوا و غیره، وقوع تنش آبی را تسریع نماید. با توجه به اینکه در دو سال انجام این مطالعه، زمان وقوع تنش آبی متفاوت بود، معادله بین زمان وقوع تنش با دو عامل بارندگی و تبخیر به دست آمد. بارندگی و تبخیر در سه بازه مختلف سالیانه، ماه آبان (نوامبر) تا اردیبهشت (مه) و اسفندماه (مارس) تا اردیبهشت (مه) در نظر گرفته شد. همچنین رابطه میزان عملکرد محصول با میزان بارندگی استخراج و مورد بررسی قرار گرفت.

### نتایج و بحث

همانگونه که قبل‌تر اشاره شد، با اندازه‌گیری اختلاف دمای پوشش سبز درختان انجیر و دمای هوا بر اساس روش ایدسو، شاخص تنش آبی برای هر گروه از درختان انجیر تعیین و بر اساس آن آبیاری انجام شد. با توجه به اینکه در منطقه آبیاری بوسیله تانکر و بصورت دستی انجام می‌شود، با افزایش تعداد دفعات آبیاری یا دفعاتی که آب توسط تانکر به پای درخت آورده می‌شود، هزینه‌ها به شدت افزایش می‌یابد. بنابراین از دیدگاه کشاورزان، اقتصادی‌تر این است که حجم آب آبیاری داده شده را بیشتر کرده و تعداد دفعات آبیاری را به حداقل رسانید. در این تحقیق نیز میزان آب آبیاری بر اساس حداکثر میزان رطوبت قابل نگهداری در خاک تعیین گردید. میزان آب آبیاری با استفاده از معادله ۴ و در نظر گرفتن عمق ریشه ۲ متر، جرم مخصوص ظاهری خاک ۱/۵۴ گرم بر سانتی مترمکعب، رطوبت ظرفیت مزرعه ۲۱/۳ درصد وزنی، رطوبت نقطه پژمردگی دائم ۱۱/۹ درصد وزنی، تخلیه مجاز رطوبت ۷۵٪ و قطر سایه‌انداز ۳/۳۶ متر، معادل ۱۵۰۰ لیتر در هر نوبت به ازای هر درخت تعیین گردید. (Abdolahipour et al., 2018) میزان آب آبیاری برای هر درخت در منطقه استهبان را ۲۰۰۰ لیتر در نظر گرفته بودند. زمان شروع تنش آبی در درختان انجیر (اولین آبیاری تیمار ۱) در سال اول تحقیق در اواخر خردادماه و در

خاک ۱۵ و ۱۱ درصد حجمی بود. در حالی که متوسط و حداقل رطوبت خاک در تیمار ۱ که بیشترین میزان آبیاری کمکی را دریافت نمود به ترتیب ۱۹ و ۱۴ درصد بود. بنابراین هرچه میزان تنش آبی افزایش یافته، رطوبت خاک کمتر شده است. در شکل‌های ۲ تا ۷، افزایش ناگهانی رطوبت خاک به دلیل آبیاری بوده است.

رطوبت در سال اول و دوم را می‌توان به تفاوت میزان بارندگی ماه اسفند و فروردین در این دو مربوط دانست. در سال اول و دوم مجموع بارندگی ماه اسفند و فروردین به ترتیب حدود ۱۰۴ و ۴۴ میلی‌متر بود. به همین دلیل شروع تنش در سال دوم حدود ۲۰ روز زودتر از سال اول آغاز شد و میزان آب آبیاری کمکی مورد نیاز نیز بیشتر بود. در تیمارهای ۵ و ۶ که آبیاری نشدند رطوبت میانگین و حداقل

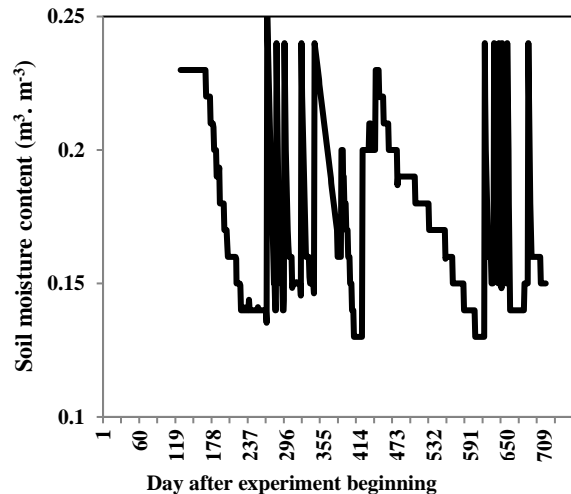


Figure 3- Changes in soil volumetric moisture in T2 treatment

شکل ۳- تغییرات رطوبت حجمی خاک در تیمار T2

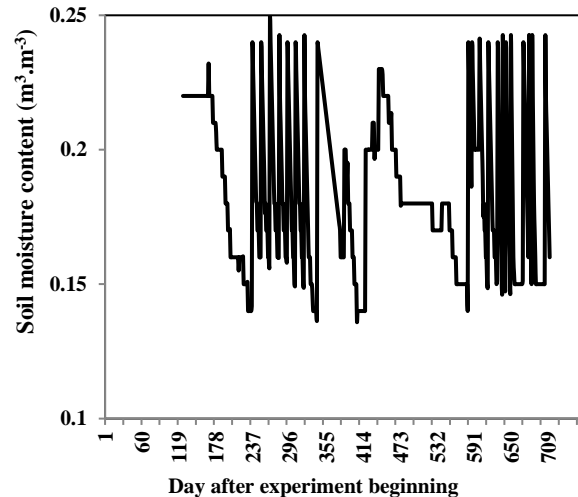


Figure 2- Changes in soil volumetric moisture in T1 treatment

شکل ۲- تغییرات رطوبت حجمی خاک در تیمار T1

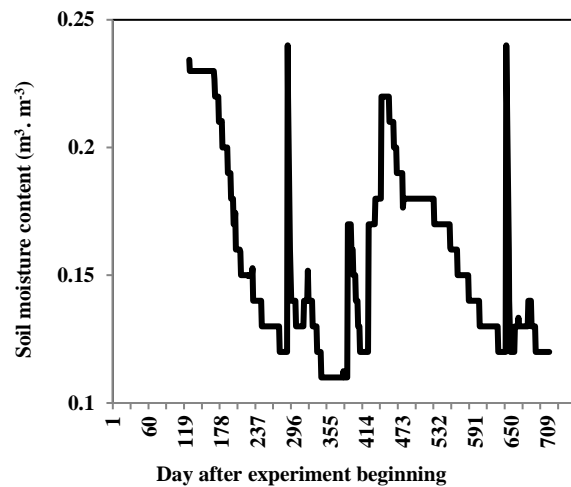


Figure 5- Changes in soil volumetric moisture in T4 treatment

شکل ۵- تغییرات رطوبت حجمی خاک در تیمار T4

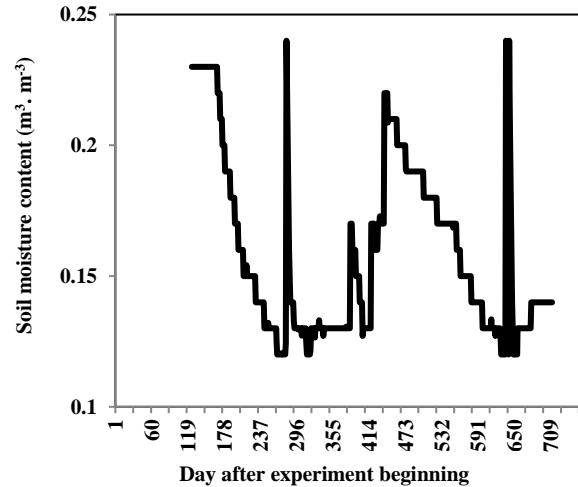


Figure 4- Changes in soil volumetric moisture in T3 treatment

شکل ۴- تغییرات رطوبت حجمی خاک در تیمار T3

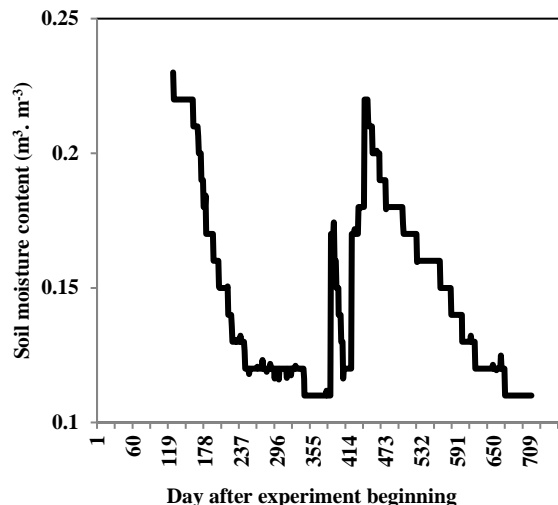


Figure 7- Changes in soil volumetric moisture in T6 treatment

شکل ۷- تغییرات رطوبت حجمی خاک در تیمار T6

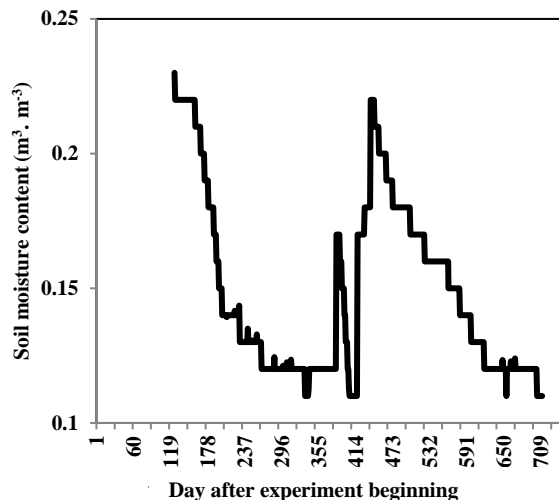


Figure 6- Changes in soil volumetric moisture in T5 treatment

شکل ۶- تغییرات رطوبت حجمی خاک در تیمار T5

Table 2- Minimum, maximum and average values of soil moisture in different treatments during the study period ( $m^3 \cdot m^{-3}$ )  
جدول ۲- مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین رطوبت خاک در تیمارهای مختلف در طی زمان انجام تحقیق (مترمکعب بر مترمکعب)

Year		T1	T2	T3	T4	T5	T6
First year	Mean	0.19	0.18	0.16	0.16	0.15	0.15
	Maximum	0.25	0.25	0.24	0.24	0.23	0.23
	Minimum	0.14	0.14	0.12	0.11	0.11	0.11
Second Year	Mean	0.18	0.17	0.16	0.15	0.15	0.15
	Maximum	0.24	0.24	0.24	0.24	0.22	0.22
	Minimum	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.11
First and Second Year	Mean	0.19	0.18	0.16	0.16	0.15	0.15
	Maximum	0.25	0.25	0.24	0.24	0.23	0.23
	Minimum	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.11

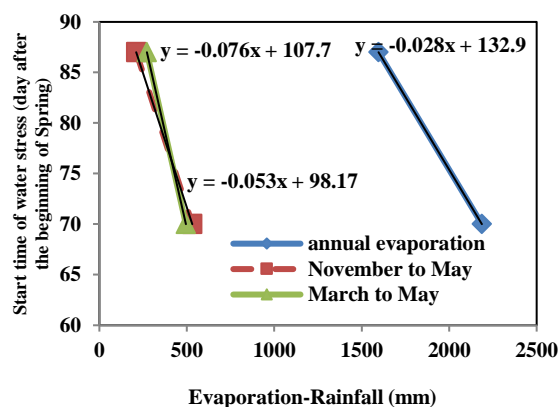


Figure 8- The relation between plant stress onset and E-P values at different time intervals

شکل ۸- رابطه بین زمان شروع تنش گیاه و تفاضل تبخیر و بارندگی در بازه‌های زمانی مختلف

پس با استفاده از این روابط و میزان بارندگی و تبخیر در بازه‌های مختلف هر سال می‌توان زمان تقریبی شروع تنش خشکی را تخمین زد و آبیاری کمکی را برنامه‌ریزی

رابطه زمان شروع تنش خشکی با عوامل هواشناسی همانگونه که قبلاً اشاره شد، هرچه میزان رطوبت ذخیره شده در خاک بیشتر باشد، زمان شروع تنش آبی دیرتر خواهد بود (ظرفیت رطوبت مزرعه ۲۱/۳ و مواد آلی حدود ۱ درصد). بارندگی باعث افزایش رطوبت خاک و تبخیر باعث کاهش رطوبت خاک می‌گردد. از طرف دیگر تبخیر تابع دمای هوا، رطوبت هوا، میزان تشعشع، سرعت باد و عوامل دیگر است. بنابراین می‌توان گفت تفاضل تبخیر و بارندگی عاملی است که بسیاری از عوامل هواشناسی تاثیرگذار در کشاورزی را در خود جای داده است. شکل ۸ رابطه زمان شروع تنش خشکی با میزان تفاضل تبخیر و بارندگی در بازه‌های زمانی مختلف را نشان می‌دهد. مشاهده می‌گردد که با افزایش میزان این تفاضل، زمان شروع تنش آبیاز ابتدای سال کمتر شده، یعنی تنش آبی زودتر اتفاق افتاد.

بارندگی کمتر و اثر سایر عوامل بیشتر است. با توجه به اینکه این مطالعه برای دو سال انجام گرفته، معادلات نشان داده شده در جدول ۳ نیز با استفاده از داده های دو سال به دست آمده اند. واضح است که با افزایش تعداد سال های آزمایش ممکن است معادلات دقیق تری به دست آید.

**رابطه بین عملکرد محصول انجیر و بارندگی سالیانه**

Bagheri and Sepaskhah, (2009) Khozaee and Sepaskhah, (2014), رابطه بین محصول تولیدی درختان انجیر دیم و مجموع آبیاری کمکی و بارندگی سالانه را به صورت معادله ۵ تعریف کرده اند.

$$Y = -0.0011X^2 + 1.9X + 268.2 \quad (5)$$

که در این معادله Y عملکرد محصول انجیر بر حسب کیلوگرم در هکتار و X مجموع مقدار بارندگی و آبیاری کمکی بر حسب مترمکعب در هکتار می باشد. این معادله نشان می دهد که در مقادیر آب دریافتی بیشتر از ۸۵۰ مترمکعب در هکتار، میزان محصول شروع به کاهش می کند تا در نقطه آب دریافتی ۱۸۵۰ مترمکعب در هکتار، میزان محصول به صفر می رسد. شکل ۹ نشان می دهد که اطلاعات به دست آمده در تحقیق حاضر با معادله ۵ همخوانی ندارد. در عوض از دو معادله جدید ۶ و ۷ می توان بجای آن استفاده کرد.

$$Y = -0.0003X^2 + 0.92X + 259, \quad (6)$$

$$R^2 = 0.78$$

$$Y = -(10^{-9})X^4 + 5(10^{-6})X^3 - 0.008X^2 + 5.49X - 419, \quad (7)$$

$$R^2 = 0.96$$

معادله ۶ نشان می دهد که در مقادیر آب دریافتی بیشتر از ۱۷۰۰ مترمکعب در هکتار، میزان محصول تولیدی کاهش پیدا می کند. معادله ۷ بهتر از معادله ۶ با اعداد مربوطه همخوانی دارد. این رابطه نشان می دهد که در میزان آب دریافتی ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ مترمکعب در هکتار، میزان محصول کاهش یافته ولی مجدداً تا نقطه ۱۷۵۰ مترمکعب در هکتار افزایش می یابد. Bagheri and Sepaskhah, (2014) بیان داشته اند که بارندگی های آذر و فروردین ماه باعث کاهش محصول انجیر می شود. این کاهش به دلیل تداخل در چرخه زندگی پشه انجیر است که در تولید میوه انجیر نقش اساسی

نمود. با توجه به اینکه بارندگی باعث به تعویق افتادن تنش خشکی و تبخیر باعث تسریع در تنش خشکی می گردد، بهتر است برای تخمین زمان شروع تنش خشکی هر دو عامل را در نظر گرفت. بنابراین در این تحقیق از رگرسیون دومتغیره برای ارتباط زمان وقوع تنش خشکی در هر تیمار با میزان بارندگی و تبخیر استفاده شد. جدول ۳ روابط تعیین زمان وقوع تنش خشکی، بازای مقادیر مختلف شاخص تنش آبی و در بازه های زمانی متفاوت را نشان می دهد.

جدول ۳- رابطه بین تبخیر، باران و زمان شروع آبیاری

**Table 3- Relationship between evaporation, rainfall and irrigation time**

period	Treatment	CWSI	Formula
March to May	T1	0.0	D=0.4396 R+0.0845 E+3.8937
	T2	0.2	D=0.4999 R+0.1112 E+14.6487
	T3	0.4	D=0.4590 R+0.1383 E+22.8466
	T4	0.6	D=0.4741 R+0.1450 E+25.5352
November to May	T1	0.0	D=0.3271 R-0.0244 E+21.7111
	T2	0.2	D=0.3875 R-0.0181 E+32.8686
	T3	0.4	D=0.3875 R+0.0060 E+36.1807
	T4	0.6	D=0.4026 R+0.0076 E+38.9701
Annual	T1	0.0	D=0.4885 R-0.0043 E-19.4410
	T2	0.2	D=0.5428 R-0.0014 E-9.4396
	T3	0.4	D=0.5080 R+0.0093 E-6.7488
	T4	0.6	D=0.5216 R+0.0100 E-4.2485

در این روابط D زمان شروع تنش آبی از ابتدای بهار (روز)، R بارندگی (میلی متر) و E تبخیر (میلی متر) می باشد. مشاهده می گردد که هرچه بازه زمانی داده های مورد استفاده بارندگی و تبخیر طولانی تر گردد، ضریب تبخیر کاهش یافته و به عبارت دیگر اثر تبخیر کمتر می شود. در بازه زمانی سالیانه، بارندگی بیشترین و تبخیر کمترین اثر را بر زمان شروع هر مرحله از تنش را داشته و با توجه به کم بودن میزان ثابت معادله، اثر سایر عوامل نیز کمتر است. در بازه زمانی آبان تا اردیبهشت، ضریب بارندگی کمتر از دو بازه دیگر بوده ولی ضریب ثابت معادله بیشتر از دو بازه دیگر است. بنابراین می توان نتیجه گرفت که در این بازه اثر



شرایط رطوبتی کمتر از نقطه پژمردگی تقویت کننده این احتمال است که این درختان آب را از اعماق پایین تر نیز جذب نموده باشند که این موضوع نیاز به بررسی بیشتر دارد. کاهش میزان تبخیر از سطح خاک به هر روش ممکن و افزایش ذخیره آب در اعماق ریشه با انجام بیشتر و بهتر فعالیت‌های آبخیزداری و مدیریت بهتر سطوح آبیگر باران می‌تواند در حفظ این درختان از اثرات خشکی و خشکسالی بسیار موثر باشد. در این بررسی روابطی ارائه شد که بوسیله آنها می‌توان با توجه به مقادیر بارندگی و تبخیر، حدود تاریخ شروع تنش را در درختان انجیر دیم تخمین زد و به موقع آبیاری کمکی را انجام داد. روابطی ارائه شد که با کمک آنها می‌توان میزان محصول تولیدی باغات انجیر منطقه را به میزان آب دریافتی که شامل بارندگی و آبیاری کمکی است ربط داد.

### منابع

Abdolahipour M., Kamgar-Haghighi, A.A., Sepaskhah, A., Zand-Parsa, S., Honar, T., Razzaghi, F. 2019. Time and amount of supplemental irrigation at different distances from tree trunks influence on morphological characteristics and physiological responses of rainfed fig trees under drought conditions. *Scientia Horticulturae*, 253, 241-254.

Abdolahipour, M., Kamgar-Haghighi, A.A., Sepaskhah, A.R. 2018. Time and amount of supplemental irrigation at different distances from tree trunks influence on soil water distribution, evaporation and evapotranspiration in rainfed fig orchards. *Agricultural Water Management*, 203, 322-332.

Al-Desouki, M., Abd El-Rahman, I., Sahar, A. 2009. Effect of some antitranspirants and supplementary irrigation on growth yield and fruit quality of Sultani fig (*Ficus carica*) grown in the Egyptian western coastal zone under rainfed conditions. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 5, 899-908.

Bagheri, E., Sepaskhah, A.R. 2014. Rain-fed fig yield as affected by rainfall distribution. *Theoretical and Applied Climatology*, 117, 433-439.

Baker, J.T., Mahan, J.R., Gitz, D.C., Lascano, R.J., Ephrath, J.E. 2013. Comparison of deficit irrigation scheduling methods that use canopy temperature measurements. *Plant Biosystems*, 147, 40-49.

دارد. بنابراین می‌توان گفت معادله ۷ از دو معادله ۵ و ۶ دقیق تر و منطقی تر است.

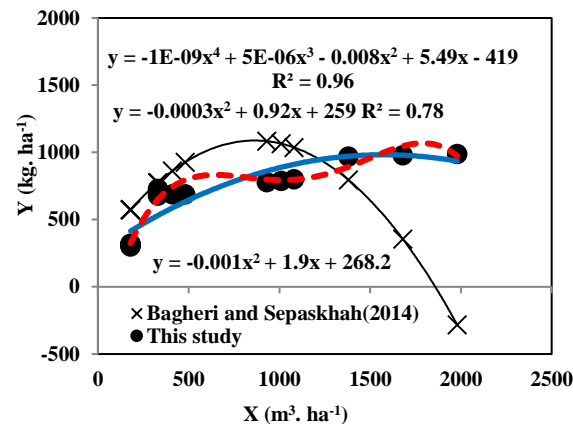


Figure 9- Relationship between the Fig trees yield (Y) and irrigation water (X)

شکل ۹- رابطه بین عملکرد درخت انجیر و آب آبیاری

### نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که با اندازه‌گیری دمای پوشش سبز گیاه می‌توان بخوبی برنامه‌ریزی آبیاری کمکی درختان انجیر دیم را انجام داد. زمان شروع تنش آبی در منطقه مورد بررسی در دو سال آزمایش با میزان بارندگی سالیانه ۲۳۴ و ۲۰۴ میلی‌متر و تبخیر ۱۸۳۰ و ۲۳۹۰ میلی‌متر به ترتیب اواخر و اوایل ماه خرداد بود. در این دو سال درختان انجیر دیم حداکثر با تنش آبی ۶۰٪ روبرو شدند با اندازه‌گیری رطوبت خاک در تیمارهای مختلف مشخص شد که در تنش‌های آبی متفاوت انجیر، رطوبت خاک در چه حدی می‌باشد. می‌توان گفت که حداقل رطوبت‌های خاک ۱۴، ۱۳، ۱۲ و ۱۱ درصد متناظر با شاخص‌های تنش آبی صفر، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶ و بالاتر می‌باشند. رطوبت خاک در محیط ریشه درختان انجیر دیم استهبان در زمستان و اوایل بهار به حدود رطوبت ظرفیت مزرعه (۲۴ درصد) که بالاترین حد ذخیره آب در خاک است رسید. با اتمام بارندگی و کاهش تدریجی رطوبت خاک، در اواخر خرداد ماه رطوبت خاک به رطوبت نقطه پژمردگی دائم (۱۴ درصد) و پس از آن به کمتر از ۱۲ درصد رسید. کمتر شدن رطوبت خاک از نقطه پژمردگی دائم ممکن است به دلیل تبخیر زیاد از سطح خاک باشد. محفوظ ماندن درخت در

- Lebourgeois, V., Chopart, J.L., Begue, A., and Le Mezo, L. 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.
- Lobo, F.A., Oliva, M.A., Resende, M., Lopes, N.F., Maestri, M. 2004. Infrared thermometry to schedule irrigation of common bean. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 39, 113-121.
- Misra, R.K., Fuentes, S., Raine, S.R. 2006. Recent developments and strategies in the use of plant indicators for irrigation scheduling. Cooperative Research Centre for Irrigation Futures, University of Southern Queensland, Toowoomba, QLD 4350.
- Oweis, T. 1997. Supplemental Irrigation: A highly efficient water-use practice. ICARDA.
- Sepaskhah, A.R., Kashefipour, S.M. 1995. Evapotranspiration and crop coefficient of sweet lime under drip irrigation. *Agricultural Water Management*, 27, 331-340.
- Sepaskhah, A.R., Kashefipour, S.M. 1994. Relationship between leaf water potential, CWSI, yield and fruit quality of sweet lime under drip irrigation. *Agricultural Water Management*, 25, 13-22.
- Shahrokhnia, M.A., Zare, H. 2020. Determination of water productivity and economic productivity of irrigation in rain-fed fig orchards in Estahban. *Journal of Water Research in Agriculture*, 34(3), 317-334. (in Farsi)
- Shahrokhnia, M.A., Jokar, L., Rakhshandehru, M. 2017. Influence of water stress on tomato production using leaf temperature and soil moisture indicators under seedling cultivation. *Iranian Journal of Irrigation and Water Engineering*, 26, 97-111. (in Farsi)
- Shahrokhnia, M.A., Karami, M.J. 2017. Effect of different amounts of irrigation water on the yield of Yaghutiprape. *Iranian Journal of Irrigation and Water Engineering*, 28, 108-122. (in Farsi)
- Steele, D.D., Stegman, E.C, Knighton, R.E. 2000. Irrigation management for corn in the northern Great Plains, USA. *Irrigation Science*, 19, 107-114.
- Wang, D., Gartung, J. 2010. Infrared canopy temperature of early-ripening peach trees under postharvest deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 97, 1787-1794.
- Clawson, K.L., Blad, B.L. 1982. Infrared thermometry for scheduling irrigation of corn. *Agronomy Journal*, 74, 311-316.
- Cosic, M., Stricevic, R., Djurovic, N., Lipovac, A., Bogdan, I., Pavlovic, M. 2018. Effect of irrigation regime and application of kaolin on canopy temperatures of sweet pepper and tomato. *Scientia Horticulturae*, 238, 23-31.
- Cremona, M.V., Stutzler, H., Kage, H. 2004. Irrigation scheduling of Kohlrabi using crop water stress index. *Horticultural Science*, 39, 276-279.
- Erdem, Y., Sehirali, S., Erdem, T., Kenar, D. 2006. Determination of crop water stress index for irrigation scheduling of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30, 195-202.
- Erdem, Y., Erdem, T., Orta, H., Okursoy, H. 2005. Irrigation scheduling for watermelon with crop water stress index (CWSI). *Journal of Central European Agriculture*, 6, 449-460.
- Gonita, N.K., 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.
- Honar, T., Sepaskhah, A.R. 2015. Effect of using potassium on increasing resistance of fig trees to drought. National Drought Research Institute, Shiraz, Iran, pp.113. (in Farsi)
- Idso, S.B. 1982. Non-water stressed base line, A key to measuring and interpreting plant water stress. *Agricultural Meteorology*, 27, 59-70.
- Idso, S.B, Jackson, R.D, Pinter, P.J., Reginato, R.J., Hatfield, J.L. 1981. Normalizing the stress-degree day parameter for environmental variability. *Agricultural Meteorology*, 24, 45-55.
- Jafari, M., Abdolahi-pour-Haghighi, J., Zare, H. 2012. Mulching impact on plant growth and production of rainfed fig orchards under drought conditions. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 10, 428-433.
- Kamgar-Haghighi, A.A., Sepaskhah, A.R. 2015. Effects of different levels of supplementary irrigation and pruning times on rainfed fig trees in wet and dry years. National Drought Research Institute, Shiraz, Iran, pp.102. (in Farsi)
- Khozaee, M., Sepaskhah, A.R. 2009. Economic analysis for rain-fed figs production in Istahban area. Irrigation department, Shiraz University, Research Report, 55p. (in Farsi)



## The appropriate time for supplemental irrigation of rainfed fig trees by measuring leaf temperature, soil moisture and meteorological data

M.A. Shahrokhnia<sup>1\*</sup>, H. Zare<sup>2</sup>

Received: 14/02/2021

Accepted: 04/07/2021

### Abstract

The aim of this study was to determine the appropriate time for supplementary irrigation rainfed fig trees in Estahban region, Fars province south of Iran using canopy and meteorological data. In a 2-year experiment, different water stress levels were applied to rainfed Fig trees and soil moisture was measured at different time intervals. For determination of supplementary irrigation timing based on crop water stress index, soil moisture, the air and plant canopy temperature, were measured. The experiment treatments consisted of a control (without irrigation) and supplementary irrigation at water stress index of 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8. In each treatment, irrigation was applied at a time when the water stress was just above the selected threshold. Trees were irrigated by tanker as the conventional method in this region. The results of the study showed that the maximum stress occurred in stress index of 0.6 in late July when the soil moisture was about 12%. In spring, the beginning of water stress period, was observed at soil moisture of 14%. Simple equations for predicting the onset of water stress with respect to rainfall and evaporation are presented, which can be used to determine the time of supplementary irrigation. A set of the water-yield relationships were also proposed.

**Keywords:** Rainfall, soil moisture, drought, irrigation, evaporation



<sup>1</sup> Associate professor (ph.D.), Agricultural Engineering Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran

(\*Corresponding Author Email Address: [mashahrokh@yahoo.com](mailto:mashahrokh@yahoo.com))

<sup>2</sup> Assistant professor (ph. D.), Fig Research Station, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Estahban, Iran

نحوه ارجاع مقاله:

شاهرخنیا، م.ع.، زارع، ح. ۱۴۰۰. زمان مناسب آبیاری تکمیلی درختان انجیر دیم با اندازه‌گیری دمای برگ، رطوبت خاک و داده‌های هواشناسی. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۹(۲): ۲۹-۳۸. DOI: 10.22125/agmj.2021.273293.1111

Shahrokhnia, M.A., Zare, H. 2021. The appropriate time for supplemental irrigation of rainfed fig trees by measuring leaf temperature, soil moisture and meteorological data. Journal of Agricultural Meteorology, 9(2): 29-38. DOI: 10.22125/agmj.2021.273293.1111