پژوهش در علوم باغبانی
Journal of Reserch in Horticultural Science
جلد۲، شماره۱، بهار و تابستان ۱۴۰۲ (ص۱۷۶-۱۶۱)
Vol. 2, No.1 spring and summer 2023 (161-176)
تارنمای مجله: https://rhsj.areeo.ac.ir
مقاله علمی پژوهشی
rhsj.2024.362971.1071/10.22092/

اثر شاخص تنش آبی روی برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی، کمی و کیفی انجیر دیم (رقم سبز)

حمید زارع[1*] و محمدعلی شاهرخ‌نیا[2]

۱- دانشیار ایستگاه تحقیقات انجیر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، استهبان، ایران

۲- دانشیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۹/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/٤/۲

چکیده

سطح پهناوری از باغ‌های دیم در استان فارس، درختان انجیر است. در خشکسالی‌ها به‌دلیل کاهش بارندگی، نیاز آبی این درختان تامین نشده و آبیاری تکمیلی ضروری است. بنابراین، در تحقیق حاضر، برای کاهش آسیب‌های ناشی از تنش خشکی روی انجیر (رقم سبز) در شرایط دیم، تاثیر سطوح مختلف تنش آبی بر ویژگی‌های کمی و کیفی بررسی شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار (هر تکرار یک درخت) در ایستگاه تحقیقات انجیر استهبان اجرا شد. تیمارهای شاخص تنش آبی صفر (بدون تنش آبی)، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶ ، ۰/۸ و بدون آبیاری تکمیلی بودند. شاخص تنش آبی با ثبت دمای برگ، رطوبت محیطی و دمای هوا تعیین و اثر آن بر ویژگی‌های انجیر سنجیده شد. نتایج نشان داد که تیمار شاخص تنش آبی ۰/۴ با یکبار آبیاری تکمیلی در سال (هر نوبت آبیاری تکمیلی ۱/۵ متر مکعب آب در هر درخت) ناهنجاری زردی برگ (۱/۴%) کمی داشته که تفاوت نسبت به تیمارهای شاخص تنش آبی صفر یا بدون تنش (۶ بار آبیاری تکمیلی معادل ۹ متر مکعب آب در هر درخت در سال) معنی‌دار نشد. در شاخص تنش آبی ۰/۴ محتوای نسبی آب برگ۵۳/۴ درصد بود. در شاخص تنش آبی ۰/۴ میزان کلروفیل، کاروتنوئید، تعداد گل‌آذین در شاخه و مقدار میوه‌های با کیفیت بالا (استیول باز) به‌ترتیب ۰/۰۵ ، ۳/۲۵ میلی‌گرم در گرم، ۳/۲ و ۳/۶ % بود که تفاوت با شاخص تنش آبی صفر معنی‌دار نشد. به طور کلی، شاخص تنش آبی ۰/۴ برای انجیر رقم سبز برای حفظ سلامت درخت، تولید میوه های با کیفیت قابل قبول، صرفه جویی در آب های زیرزمینی و کشاورزی پایدار قابل توصیه است.

واژگان کلیدی: آبیاری تکمیلی، تنش خشکی، دمای برگ.

The Effect of Different Levels of Water Stress on Some Physiological, Quantitative and Qualitative Characteristics of Rainfed Fig (*Ficus carica* L. cv. Sabz)

Hamid Zare[1]* and Mohamad-Ali Shahrokhnia[2]

1-Associate Professor Fig Research Station, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Estahban, Iran

2-Associate Professor Technical and Engineering Research Division, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran

Received: December 2023 Accepted: June 2024

Abstract

Fig trees are the most common type of rainfed orchards in Fars province. In droughts, due to rainfall decline, the trees water requirement is not met and supplementary irrigation is necessary. Thereby, to reduce the damage caused by drought stress on fig (Sabz cultivar) under rainfed conditions, the present study was carried out to evaluate the effect of different levels of water stress on quantitative and qualitative characteristics. Experiment was conducted in a randomized complete block design with four replications (one tree per each replication) in Estahban fig research station. The treatments comprised of different water stress index (WSI), 0.0 (no water stress), 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 and without supplementary irrigation. WSI was determined by recording leaf temperature, environmental humidity and air temperature and its effect on figs characteristics was measured. Results showed that the 0.4 WSI had the lowest leafy chlorosis disorder (1.4%) with one-time supplementary irrigation annually (1.5 m^3 water per tree for each supplementary irrigation), but the difference was not significant with the 0.0 WSI (6 times supplementary irrigation equal to 9 m^3 water per tree annually). The value of leaf relative water content in the 0.4 WSI was 53.4%. The 0.4 WSI showed the highest content of chlorophyll, carotenoid, syconium number per shoot and high quality (open ostiole) of dried fruit with the values of 0.05, 3.25 mg. g^{-1}, 3.2 and 3.6%, respectively however the differences were not significant with the 0.0 WSI. In general, the 0.4 WSI was recommended for Sabz cultivar fig to maintain tree health, production of acceptable quality fruits, save groundwater, and sustainable agriculture.

Keywords: Drought stress, Leaf temperature, Supplemental irrigation.

*نویسنده مسئول: hamidzare777@gmail.com

۱- مقدمه

استهبان یکی از شهرستان‌های استان فارس بوده که سطح وسیعی از باغات آن (۲۵۰۰۰ هکتار) اختصاص به انجیر دیم دارد (کیانی و همکاران، ۱۳۹۹). میانگین بارندگی سالانه استهبان برای سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۵ به میزان ۲۷۲ میلی‌متر بوده که از سال ۸۶ تا پایان دی‌ماه ۱۳۹۵ بارندگی سالانه منطقه کمتر از میانگین شده‌است (زارع و جعفری، ۱۳۹۷). به‌دلیل کاهش نزولات آسمانی در سال‌های اخیر، نیاز آبی باغات منطقه تامین نگشته و انجام آبیاری تکمیلی این باغات، امری ضروری به‌نظر می‌رسد. به‌همین دلیل باغداران منطقه به‌هر وسیله سعی کرده‌اند آب بیش‌تری را به درختان انجیر خود برسانند. ندانستن زمان مناسب آبیاری تکمیلی و مقدار آن باعث مصرف بی‌رویه آب‌های زیرزمینی گردیده است.

به‌علت اهمیت تعیین زمان صحیح آبیاری و مقدار آب لازم برای رشد بهینه درخت به‌طوری‌که گیاه دچار تنش رطوبتی نشده و از آبیاری بیش از حد نیاز اجتناب شود، اقدامات زیادی برای دست‌یابی به‌روش‌های مطلوب تعیین برنامه آبیاری گیاهان زراعی و باغی صورت گرفته و روش‌های مختلفی ابداع شده است. استفاده از مقدار رطوبت خاک و پارامترهای اقلیمی دقت لازم را ندارند، زیرا علاوه بر زمان‌بر و هزینه‌بر بودن آن‌ها، تاحدودی آثار تنش محیطی مانند تنش شوری را در نظر نمی‌گیرند. شاخص تنش آبی[1] که تابعی از اختلاف دمای پوشش گیاهی با دمای هوا است، به‌طور احتمالی روش مطمئنی برای بررسی وضعیت آب در گیاه است. جامع‌ترین تحقیقات در این زمینه توسط Idso (۱۹۸۲) انجام شده، که مرجع تحقیقات بعدی قرار گرفته است (Idso, 1982). شاهرخ‌نیا و زارع (۱۴۰۰) با استفاده از دماسنج مادون قرمز و اندازه گیری دمای پوشش سبز گیاه، تنش آبی را در انجیر مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها این روش را مناسب جهت مدیریت آبیاری تکمیلی باغات انجیر دانستند (شاهرخ نیا و زارع، ۱۴۰۰). تنش خشکی روی دو رقم انجیر کشورتونس باعث کاهش هدایت روزنه‌ای آن‌ها شده تا از دست دادن آب از طریق تعرق کاهش یابد، همچنین میزان محتوای نسبی آب و کلروفیل برگ کاهش یافت (Ammar *et al.,* 2020).

مهمترین تأثیر تنش آبی بر اندازه میوه می‌باشد و به‌طور کلی اندازه میوه درختان آبیاری شده، بزرگ‌تر هستند. آبیاری درختان سیب باعث افزایش رشد میوه و وزن نهایی میوه نسبت به تیمار دیم شد (Gonzalez Nieto *et al.,* 2023). پاسخ درختان به تنش آبی بسته به نوع درخت، زمان و میزان تنش و حتی نوع سیستم آبیاری متفاوت است. به‌طوری که در آزمایشی روی درختان سیب محققین به این نتیجه رسیدند که اعمال تنش آبی شدید پس از آخرین مرحله تقسیم سلولی میوه باعث کاهش رنگ و اندازه میوه خواهد شد (Tao *et al.*, 2023).

صفات رویشی مانند سطح مقطع تنه درخت سیب تحت تاثیر تیمار کم آبیاری قرار نگرفت اما طول شاخه فصل جاری در مقایسه با شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد. حجم و وزن میوه درختان تحت تیمارهای کم آبیاری به استثنای تیمار ۴۰ درصد ثانویه در مقایسه با درختان شاهد کاهش معنی‌داری نشان ندادند. عملکرد درختان تحت تیمار کم آبیاری ۶۰ درصد اولیه و ثانویه نسبت به درختان شاهد کاهش معنی‌داری نشان ندادند. علاوه بر شدت تنش، زمان اعمال کم آبیاری در کاهش رشد شاخه ، موثر بود. زمان اعمال

1- Water Stress Index (WSI)

تنش کم آبیاری و میزان آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و اثرهای مختلفی بر درختان میوه دارد، به‌طوری که اعمال تنش آبی در فاز اول رشد میوه با شدت زیاد منجر به کاهش معنی‌دار نسبت به شاهد می‌گردد، درحالی‌که تنش ملایم‌تر در فاز اول رشد میوه منجر به تفاوت معنی‌دار نسبت به شاهد نمی‌شود. چنین پدیده‌ای با شدت کمتری با اعمال کم آبیاری در طول فاز دوم رشد میوه یعنی بزرگ شدن سلول‌های میوه وجود دارد، به‌طوری‌که تنش شدید باعث کاهش معنی‌دار و تنش ملایم‌تر بی‌معنی بود (ارجی و همکاران، ۱۳۹۴).

به‌دلیل تحمل درخت انجیر در برابر کمبود آب، یک درخت میوه مناسب برای مناطق خشک است. با این حال، اطلاعات کمی در مورد نیاز آبی آن وجود دارد (Tapia *et al.,* 2003). اثر رژیم‌های کم آبیاری روی برخی از خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی چهار رقم انجیر درون گلدان بررسی شدند. نتایج نشان داد که، رشد شاخه، سطح برگ، تعداد برگ، وزن تر و خشک اندام های هوایی و ریشه، محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل برگ با افزایش شدت تنش کاهش یافته، در حالی که با افزایش شدت تنش طول ریشه، سطح ریشه، نسبت ریشه به اندام هوایی، نشت الکترولیت و پرولین برگ افزایش یافت (داوری‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۴). بررسی عملکرد، خصوصیات مورفولوژیک و پاسخ‌های فیزیولوژیک درختان انجیر دیم با آبیاری تکمیلی می‌توانند در تعیین مراحل حساس رشد کمک کند. آبیاری تکمیلی می‌تواند میزان رطوبت خاک را در مراحل حساس رشد انجیر دیم افزایش دهد و منجر به کاهش تأثیرمنفی تنش آبی بر رشد گیاهان شود. آبیاری تکمیلی دور از تنه درختان انجیر دیم باعث افزایش تبخیر سطح خاک به‌ویژه در تابستان شد. آبیاری تکمیلی با ۲۰۰۰ لیتر آب برای هر درخت در نزدیکی تنه برای افزایش رطوبت خاک و کاهش تبخیر سطحی در باغ انجیر دیم استهبان مناسب بود (Abdolahipour *et al.,* 2018). تحقیقات قبلی نقش مثبت آبیاری تکمیلی را در بهبود خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد درخت انجیر در شرایط خشکسالی تأیید کرده است (Abdolahipour *et al.,* 2019; Ml *et al.,* 2009). مل[1] و همکاران (۲۰۰۹) دریافتند که آبیاری تکمیلی باعث افزایش رشد رویشی، عملکرد و کیفیت میوه انجیر رقم «سلطانی» در مصر می‌شود. خصوصیات رویشی توسط همه تیمارهای آبیاری تکمیلی به‌ویژه در اواسط تیر و مرداد بهبود یافت. بهبود خصوصیات رویشی درختان انجیر می‌تواند به‌دلیل تأثیر تیمار آبیاری تکمیلی در افزایش جذب برخی عناصر مغذی باشد که باعث افزایش ظرفیت فتوسنتزی برگ و عملکرد می‌شود (Ml *et al*., 2009). استفاده از ۲۰۰ مترمکعب آب در هکتار باغ انجیر می‌تواند برخی از صفات مورفولوژیکی و پاسخ‌های فیزیولوژیکی درخت را در شرایط خشکسالی بهبود بخشد. آبیاری تکمیلی به‌طور معنی‌داری طول شاخه و تعداد گل‌آذین[2] انجیر را نسبت به درخت بدون آبیاری تکمیلی افزایش داد، اما قطر شاخه و عرض برگ بین آن‌ها بدون اختلاف معنی‌دار بود. آبیاری تکمیلی به‌طور معنی‌داری پتانسیل آب برگ را در اواسط اردیبهشت و اوایل خرداد نسبت به درخت بدون آبیاری تکمیلی افزایش داد. مصرف ۲۰۰۰ لیتر آب باعث افزایش میزان فتوسنتز خالص در مقایسه با تیمار بدون آبیاری تکمیلی در همه اندازه‌گیری‌ها شد. هدایت روزنه‌ای پس از آبیاری تکمیلی بهاره یا تابستانه افزایش یافت. در بین تیمارهای آبیاری،

1- Ml
2- syconium

تکمیلی حداقل سرعت تعرق (به‌طور متوسط ۳ میلی‌مول در مترمربع در ثانیه) متعلق به درخت بدون آبیاری تکمیلی (شاهد) بود (Abdolahipour *et al.*, 2019). تاکنون با پایش دمای پوشش سبز شاخص تنش آبی درختان بارور انجیر مشخص نشده و گزارشی از اثر سطوح مختلف تنش آبی روی ویژگی‌های فیزیولوژیکی، کمی و کیفی انجیر با این روش وجود ندارد.

بنابراین در تحقیق حاضر با توجه به کم بودن تحقیقات انجام شده در زمینه آبیاری تکمیلی انجیر دیم به اثر سطوح مختلف تنش آبی با استفاده از پایش دمای پوشش سبز گیاه انجیر پرداخته شد و تاثیر آن بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی، کمی و کیفی انجیر دیم تعیین گردید.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مشخصات محل آزمایش

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات انجیر استهبان وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس روی ۲۴ اصله درخت ۵۰ ساله انجیر رقم سبز با فاصله کاشت ۱۰×۱۰ در شرایط دیم، هر اصله درخت به‌عنوان یک تکرار، طی سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۵ اجرا شد. شهرستان استهبان (N29.126667 و E54.042222) از دشت‌های شرقی استان فارس با ارتفاع متوسط ۱۷۶۰ متر از سطح دریا، میانگین بارندگی ۲۷۲ میلی‌متر در سال، میانگین دمای ۱۷/۴، حداقل مطلق دمای ۸/۲- و حداکثر مطلق دمای ۴۱ درجه سیلیسیوس می‌باشد. میزان بارندگی ماه‌های مختلف دو سال زراعی انجام آزمایش مربوط‌به مکان تحقیق (شهرستان استهبان) در جدول ۱ آورده شده است.

۲-۲- مشخصات آزمایش

به‌منظور تعیین بهترین شاخص تنش آبی برای درختان انجیر، با اندازه گیری دمای پوشش سبز گیاه (در فاصله نیم متری از درخت و با زاویه عمود بر درخت به‌کمک دماسنج مادون قرمز دستی کالیبره شده مدل SUMMIT SIR100B) و دمای هوا (با استفاده از دماسنج هوا) و طبق روش ارائه شده توسط ایدسو (Idso, 1982) به شرح زیر استفاده گردید. شاخص تنش آبی گیاه (CWSI) بر اساس خط مبنای پایینی (خط بی‌تنش) و بالایی (خط بیش‌ترین تنش) می‌باشد. این خطوط رابطه تفاوت مقادیر دمای پوشش سبز گیاه و دمای هوا را به کمبود فشار بخار هوا نشان می‌دهند (شکل ۱). در این شکل Tc و Ta به‌ترتیب دمای پوشش سبز گیاه و دمای هوا و vpd[1] کمبود فشار بخار هوا می‌باشد. اندیس‌های ll , ul نشان دهنده خطوط مبنای پایینی و بالایی می‌باشد. بدین ترتیب شاخص تنش آبی را به‌صورت رابطه ۱ می‌توان بیان نمود.

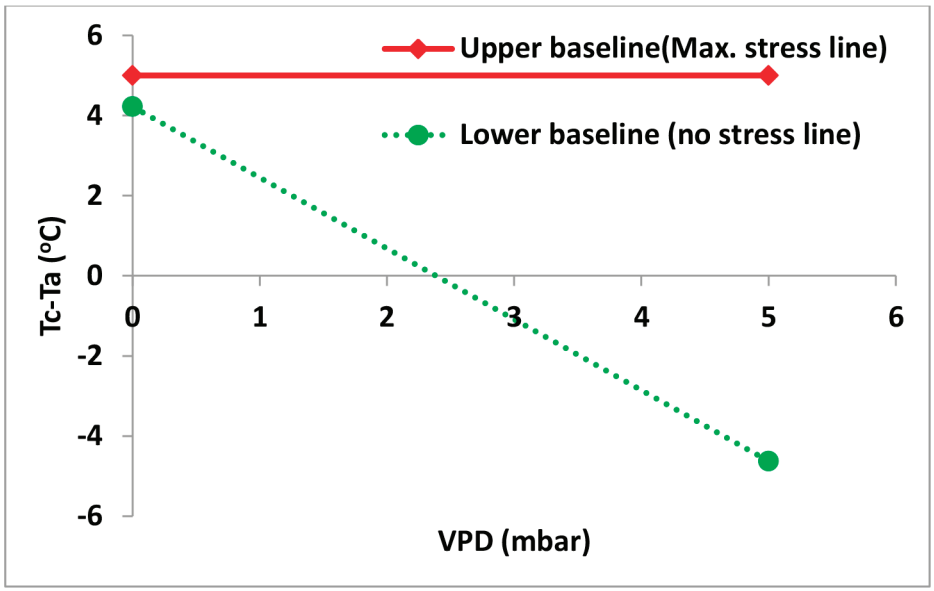
$$CWSI = \frac{MN}{LN} = \frac{(T_c - T_a)_m - (T_c - T_a)_{LL}}{(T_c - T_a)_{UL} - (T_c - T_a)_{LL}}$$

رابطه ۱

جدول ۱- میزان بارندگی(میلی متر) سال‌های زراعی مکان آزمایش (شهرستان استهبان).

سال زراعی	جمع	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر
۹۴-۹۳	۲۳۴	۰/۴	۰/۰	۰/۸	۰/۰	۱۰/۷	۱۷/۰	۸۷/۱	۲۳/۵	۵۰/۲	۴۰/۹	۳/۳	۰/۰
۹۵-۹۴	۲۰۴	۰/۰	۱/۶	۰/۰	۰/۰	۱/۴	۴۴/۰	۱/۰	۰/۵	۷۸/۰	۵/۹	۷۱/۶	۰/۰

1-Vapor Pressure Deficit



شکل ۱- موقعیت خط‌های تنش بالایی و پایینی به روش Idso (۱۹۸۲)

با توجه به شکل (۱) مشاهده می‌گردد که در یک روز خاص با یک کمبود فشار بخار (vpd) خاص، هر چه میزان تنش آبی بیش‌تر شود، تفاوت دمای گیاه و دمای هوا افزایش یافته، عدد تعیین شده توسط فرمول نزدیک به خط با حداکثر تنش (خط ممتد شکل ۱) شده و مقدار شاخص تنش آبی (CWSI) با توجه به رابطه ۱ افزایش می‌یابد. در این روش تفاوت دمای پوشش سبز گیاه و دمای هوا با تنش گیاه رابطه داشت. با توجه به این که در این آزمایش شاخص‌های تنش آبی(۰، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸ و ۱) در نظر گرفته شده بود. رابطه ۱ میزان شاخص تنش آبی که نقطه‌ای بین یا روی خط بدون تنش (خط نقطه چین) و یا خط با حداکثر تنش (خط ممتد) در شکل ۱ است را به ما نشان می‌دهد. در واقع ممکن است نقطه‌ای که رابطه به ما می‌دهد روی خط بدون تنش و یا خط با حداکثر تنش بیفتد که به‌ترتیب شاخص تنش آبی صفر و یا شاخص تنش آبی یک را نشان خواهد داد. اما ممکن است نقطه‌ای که رابطه به ما می‌دهد بین این دو خط قرار داشته باشد، در این حالت، برای تعیین شاخص تنش آبی باید فاصله این دو خط پنج قسمت شود که به‌ترتیب از پایین (خط نقطه چین بدون تنش) به بالا (خط ممتد با حداکثر تنش) شاخص‌های تنش آبی۰/۲، ۰/۴، ۰/۶و ۰/۸ نیز مشخص خواهند شد. پس با اندازه گیری هفتگی دمای پوشش سبز گیاه در فصل رشد و دمای هوا رسیدن اختلاف این دو به حد تعیین شده برای برخی از تیمارها (شاخص‌های تنش آبی ۰، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶و ۰/۸)، زمان آبیاری تکمیلی مشخص شده که به‌صورت غرقابی و دستی انجام شد. علت انجام آبیاری تکمیلی به صورت غرقابی و دستی (با تانکر پشت تراکتوری و رهاسازی آب درون آبگیر اطراف درخت)، مطابقت آن با شیوه آبیاری تکمیلی معمول منطقه در شرایط خشکسالی بود. با این روش بهترین مقدار شاخص تنش آبی که نشان دهنده زمان مناسب آبیاری تکمیلی بود انتخاب گردید. میزان بارندگی ماهیانه سال آبی، رطوبت نسبی و دمای هوای محل آزمایش از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک استهبان گرفته شد. رطوبت ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی خاک با استفاده از صفحه فشاری مشخص گردید، سپس مقدار آب آبیاری تکمیلی با توجه به خصوصیات

رطوبت ظرفیت زراعی (۲۴% حجمی)، رطوبت نقطه پژمردگی خاک (۱۴% حجمی) و عمق ریشه، ۱۵۰۰ لیتر آب در هر نوبت به ازای هر درخت تعیین شد.

تیمارهای آزمایش که در ۴ تکرار و در قالب بلوک کامل تصادفی روی ۲۴ درخت همسن و یک اندازه اجرا شد، عبارت بودند از:

۱-تیمار تعیین زمان آبیاری تکمیلی بر اساس شاخص تنش آبی صفر یا بدون تنش (T1)

۲-تیمار تعیین زمان آبیاری تکمیلی بر اساس شاخص تنش آبی ۰/۲(T2)

۳-تیمار تعیین زمان آبیاری تکمیلی بر اساس شاخص تنش آبی ۰/۴ (T3)

۴-تیمار تعیین زمان آبیاری تکمیلی بر اساس شاخص تنش آبی ۰/۶ (T4)

۵-تیمار تعیین زمان آبیاری تکمیلی بر اساس شاخص تنش آبی ۰/۸ (T5)

۶-تیمار بدون آبیاری تکمیلی (T6)

دمای پوشش گیاه، دما و رطوبت هوا به‌وسیله کارشناس و تکنسین به‌صورت هفتگی از اول اردیبهشت تا آخر شهریور و از ساعت ۱۳ تا ۱۴ روز بدون ابر و وزش باد انجام و یادداشت برداری‌های لازم صورت گرفت. اطلاعات هفتگی دمای برگ، دما و رطوبت هوا را در رابطه ۱ قرار داده و هر هفته شاخص تنش آبی با استفاده از رابطه و شکل ۱ محاسبه گردید. زمانی که شاخص تنش آبی به حد مورد نظر رسید، زمان آبیاری تعیین و بنابر این آبیاری تکمیلی انجام شد.

۲-۳- صفات مورد ارزیابی

۲-۳-۱- محتوای نسبی آب [1]

محتوای نسبی آب برگ، طبق روش استاندارد Ritchie و همکاران (۱۹۹۰) با تهیه دیسک‌های برگی اندازه گیری شد (Ritchie *et al.*, 1990). برای این منظور دیسک‌های برگی یکسانی از برگ‌های به‌طورکامل گسترش‌یافته تهیه شدند و محتوای نسبی آب برگ از رابطه ۲ محاسبه شد:

$$\% \ RWC = [\frac{(FW - DW)}{(TW - DW)}] \times 100$$

رابطه ۲

که در آن FW وزن تازه نمونه‌های برگ؛ DW، وزن خشک آن‌ها پس از قرارگیری در آون به مدت ۴۸ ساعت و TW، وزن آن ها پس از غوطه‌ورشدن در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت بود.

۲-۳-۲- زردی برگ

زردی برگ به‌طور هفتگی بررسی و با روش نوآورانه در این آزمایش نسبت به کل برگ‌های درخت درصد گیری و سپس میانگین این صفت بین تیمارها مقایسه شد.

۲-۳-۳- رنگیزه‌ها

سنجش محتوای کلروفیل و کاروتنوئید طبق روش Aji و Wulandari (۲۰۲۳) صورت گرفت (Wulandari and Aji, 2023). میزان ۰/۱ گرم از بافت تازه میوه در داخل ارلن قرار داده شد و مقدار ۵ میلی‌لیتر از دی متیل سولفوکساید روی آن‌ها ریخته و در دستگاه انکوباتور به مدت ۶۰ دقیقه در دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار گرفت و پس از ۲۴ ساعت نگهداری در دمای اتاق، جذب آن به‌وسیله دستگاه طیف سنج مرئی فرابنفش مدل UV-1601-Ray LEIGH ساخت کشور چین در طول موج‌های ۶۳۰، ۶۶۳ و ۴۷۰ نانومتر خوانده شد. جهت تنظیم دستگاه از دی‌متیل‌سولفوکساید به‌عنوان شاهد استفاده گردید. غلظت رنگیزه‌های گیاهی با استفاده از رابطه‌های ۳ محاسبه گردید.

1-Relative Water content (RWC)

Chl. a= (19.3 × A663 - 0.86A645) V/100W

Chl. b= (19.3 × A645 - 3.6A663) V/100W

Chl. T= Chl. a+ Chl. b

Car = (1000A470-1. 8Chl.a-85. 2Chl.b)/198

رابطه‌های۳

در این فرمول Chl.a ، Chl.b ، Chl.T، Car، V و W به‌ترتیب غلظت کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنوئید، حجم محلول و وزن ماده گیاهی می‌باشد. غلظت بر حسب عصاره گیاهی تعیین گردید. نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی بر حسب گرم وزن تر محاسبه و ارائه گردید.

۲-۳-٤- تعداد گل‌آذین

تعداد گل‌آذین در شاخه با شمارش تعداد گل‌آذین در ده شاخه در هر درخت با روش نوآورانه برای انجیر و میانگین هر تیمار مقایسه شد.

۲-۳-۵- عملکرد

عملکرد وزنی میوه هر تیمار پس از پایان برداشت‌ها با وزن کردن میوه‌های خشک‌شده در آفتاب هر تیمار محاسبه شد. وزن تک‌دانه میوه‌های خشک‌شده برای هر تیمار، پس از پایان برداشت‌ها به‌روش نوآورانه با وزن همه میوه‌های درخت و تقسیم‌نمودن بر تعداد آن‌ها مشخص شد.

۲-۳-٦- درصد صفات تجاری میوه

میوه‌های خشک انجیر از نظر اندازه، شکفتگی و رنگ پوست به سه گروه جداسازی شدند، سپس وزن میوه‌های هر گروه برای هر تیمار تعیین و این صفت‌ها در همه تیمارها مقایسه و درصد آن‌ها تعیین شد. برای تعیین درصد هر گروه، وزن هر گروه بر وزن کل میوه در درخت تقسیم و در ۱۰۰ ضرب شد.

۲-۳-٦-۱- اندازه میوه

اندازه یا قطر میوه‌های خشک‌شده هر تیمار با دستگاه سورتینگ به سه گروه تجاری بالاتر از ۲۳، بین ۱۷ تا ۲۳ و کم‌تر از ۱۷ میلی‌متر پس از پایان برداشت‌ها درجه‌بندی شد.

۲-۳-٦-۲- وضعیت شکفتگی میوه

میوه‌های خشک‌شده هر تیمار از نظر درجه شکفتگی استیول (روزنه) میوه انجیر به سه گروه تجاری صدیک (روزنه باز)، غنچه (روزنه نیمه‌باز) و خرمنی (روزنه بسته) پس از پایان برداشت‌ها توسط چشم تفکیک شد.

۲-۳-٦-۳- رنگ پوست میوه خشک

میوه‌های خشک‌شده هر تیمار از نظر رنگ پوست میوه انجیر به سه گروه تجاری زرد، قهوه‌ای و قهوه‌ای تیره پس از پایان برداشت‌ها توسط چشم تفکیک شد.

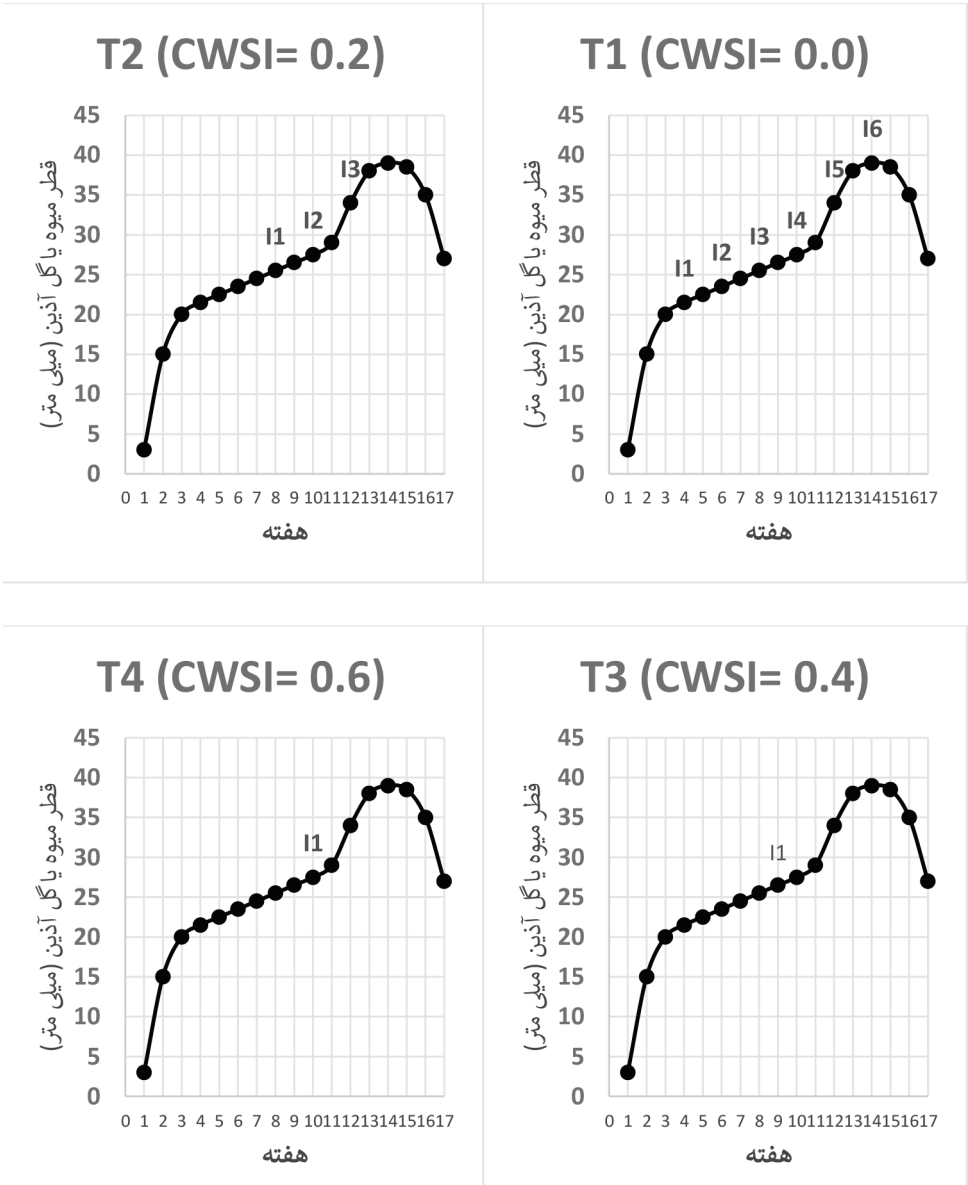
۲-۴- واکاوی آماری داده‌ها

واکاوی آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS- 9.13 انجام و سپس میانگین‌های صفات با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵% مقایسه شدند.

۳- نتایج و بحث

نتایج نشان داد که از زمان تشکیل گل تا رسیدن محصول تابستانی (اصلی) انجیر رقم سبز ۱۴ هفته طول می‌کشد. ۱۴ مرحله رشد در طی این ۱۴ هفته شناسایی شد و این مراحل رشد منحنی رشد سیگموئید دوگانه با سه دوره رشد را دنبال کردند. در دوره اول و سوم، میزان افزایش قطر گل‌آذین یا میوه زیاد بود، اما در دوره دوم، قطر گل‌آذین با میزان کم افزایش یافت. پس از رسیدن میوه، تلفات آب میوه شروع و میوه چروکیده و خشک شد، بنابر قطر آن کاهش می‌یابد (شکل ۲).

شکل ۲ زمان آبیاری تکمیلی را در تیمارهایی که نیاز به آبیاری تکمیلی در طول آزمایش داشتند، طبق روش ذکر شده نشان می‌دهد. تنش آبی در منطقه مورد آزمایش از خرداد ماه آغاز شد. رقم سبز انجیر دیم



شکل۲- منحنی و مرحله‌های رشد گل‌آذین یا میوه انجیر (F. carica cv. Sabz).

اولین تا ششمین بار آبیاری تکمیلی به‌ترتیب با I1 تا I6 برای تیمارهای T1 تا T4 نشان داده شده‌است. تیمار T5 و همچنین تیمار T6 (بدون آبیاری تکمیلی) نیازی به آبیاری تکمیلی نداشتند، به همین دلیل زمان آبیاری تکمیلی آنها روی منحنی نمایش داده نشد. محورهای افقی ۱۷ هفته رشد گل‌آذین تا تبدیل به میوه، خشک شدن و ریزش میوه را نشان می دهد.

همزمان با شروع پیدایش گل‌آذین محصول اصلی در معرض تنش آبی قرار گرفت. تیمار T1 (بدون تنش آبی) شش بار (۹ متر مکعب آب) و هر دو هفته یکبار در تاریخ‌های ۲۵ خرداد، ۸ تیر، ۲۲ تیر، ۵ مرداد، ۱۹ مرداد و ۲ شهریور به‌ترتیب زمان آمیزش تخمک با هسته زایشی گرده، رشد جنین، تغییر رنگ شفتچه، رشد قسمت گوشتی میوه، بلوغ فیزیولوژیکی میوه و رسیدن میوه آبیاری تکمیلی شد، به‌طور تقریب در این تیمار از زمان تشکیل گل‌آذین تا رسیدن میوه هر ۱۴ روز یکبار به آبیاری تکمیلی نیاز داشت، این تیمار انجیر دیم را تبدیل به آبی می‌کند که برای کشاورزی پایدار با وجود بحران آب در کشور در ایران و دنیا مناسب نیست.

شاخص تنش آبی T2 ۰/۲ درتاریخ‌های ۲۲ تیر، ۵ مرداد و ۱۹ مرداد به‌ترتیب زمان تغییر رنگ شفتچه، رشد قسمت گوشتی میوه و بلوغ فیزیولوژیکی میوه و

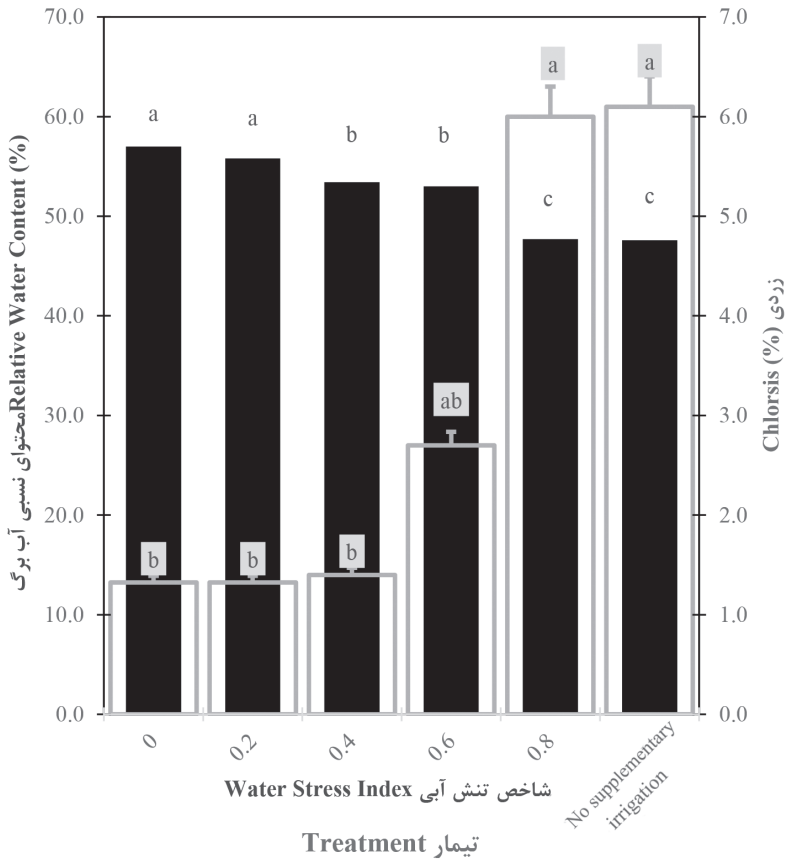
به‌طورکلی از زمان تشکیل گل‌آذین تا رسیدن میوه هر درخت به ۴/۵ متر مکعب آب نیاز داشت.

شاخص‌های تنش آبی ۰/۴ T3 و ۰/۶ T4 به یکبار آبیاری تکمیلی لازم داشت، اما شاخص تنش آبی ۰/۴ نسبت به ۰/۶ زودتر وارد تنش شده به‌همین علت زودتر (۵ مرداد) آبیاری تکمیلی شد، در حالی‌که شاخص تنش آبی ۰/۶ در تاریخ ۱۲ مرداد، آب لازم داشت که به‌ترتیب در مراحل شفتچه صورتی و رشد قسمت گوشتی میوه یک بار آبیاری تکمیلی شدند.

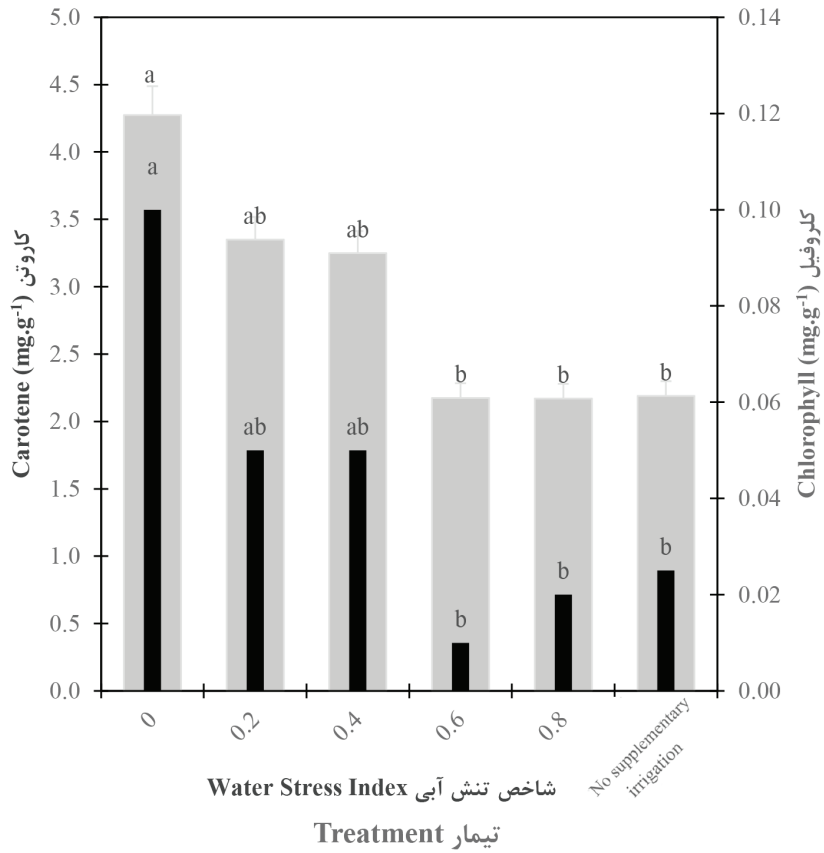
بر اساس داده‌های فرمول، شاخص تنش آبی ۰/۸ T5 نیاز به آبیاری تکمیلی نداشت و مشابه تیمار بدون آبیاری تکمیلی T6 بود.

با افزایش آبیاری تکمیلی، محتوای نسبی آب برگ افزایش معنی‌داری داشت. لیکن تفاوت محتوای نسبی آب برگ در شاخص تنش آبی صفر و ۰/۲ با هم، شاخص تنش آبی ۰/۴ و ۰/۶ با هم و شاخص تنش آبی ۰/۸ و تیمار بدون آبیاری تکمیلی با هم معنی‌دار نگردید. ناهنجاری زردی برگ تا شاخص تنش آبی ۰/۴ کمترین مقدار بود، در نتیجه تا ۰/۴ تنش آبی ناهنجاری زردی در حد شاخص تنش آبی صفر (بدون تنش) بود (شکل ۳). محتوای نسبی آب برگ بالای ۵۰% مناسب بوده و یکی از دلیل‌های آن کاهش ناهنجاری زردی برگ است. بنابراین چهار شاخص تنش آبی صفر تا ۰/۴ از نظر محتوای نسبی آب برگ مطلوب بودند.

نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش میزان آب برگ از تیمار شاخص تنش آبی ۰/۸ به بالا شد که با نتایج مطالعه تنش کم آبی روی افرا مطابقت



شکل ۳- محتوای نسبی آب (■) و زردی (□) برگ انجیر(*F. carica* cv. Sabz). در تیمارهای شاخص تنش آبی. حروف مشترک در هر نوع ستون بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بر پایه‌ی آزمون دانکن است ($P<0.05$). خطوط بالای ستون‌ها بیانگر میانگین‌ها ± خطای استاندارد است.



شکل٤- میزان کلروفیل a (■) و کاروتن (□) برگ انجیر (*F. carica* cv. Sabz) **. در تیمارهای شاخص تنش آبی. حروف مشترک در هر نوع ستون بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بر پایه‌ی آزمون دانکن است** ($P<0.05$)**. خطوط بالای ستون‌ها بیانگر میانگین‌ها ± خطای استاندارد است.**

داشت (اصغرپور و همکاران، ۱۳۹۶). در آزمایش سطح آبیاری روی انجیر درون گلدان تیمار شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) دارای بیش‌ترین میزان محتوای نسبی آب برگ بود (داوری‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۴) که با نتایج این آزمایش هم‌خوانی داشت.

میزان کلروفیل a و کاروتن با افزایش تنش روندی کاهشی داشت به‌طوری که میزان این دو رنگیزه برای تیمار شاخص تنش آبی صفر (بدون تنش) نسبت به شاخص‌های تنش آبی ۰/۶ و بیش‌تر افزایش معنی‌داری مشاهده شد. به‌عبارت دیگر تا شاخص تنش آبی۰/۴ وضعیت رنگیزه‌ها با شاخص تنش آبی صفر (بدون تنش) تفاوت معنی‌داری نداشتند (شکل ۴). میزان کلروفیل b و کلروفیل کل برای تیمارهای مختلف بدون تفاوت معنی‌دار بود.

کلروفیل‌ها از جمله ماکرومولکول‌هایی هستند که در شرایط تنش خشکی آسیب می‌بینند (Ali *et al.*, 2023). با توجه به نتایج این تحقیق در اثر تنش خشکی میزان کلروفیل a کاهش یافت و با نتیجه تحقیق انجام شده روی درخت کائوچو همسو بود (Wang, 2014). به‌طور کلی کلروفیل‌ها تحت تنش خشکی به‌علت سنتز کمتر و یا از بین رفتن آن‌ها کاهش می‌یابند (Majumdar *et al.*, 1991). اما در این آزمایش میزان کلروفیل b در انجیر تحت این نوع تنش تغییر معنی‌داری نداشت که با نتایج اثر تنش خشکی روی گلابی همسو بود (جوادی و بهرام‌نژاد، ۱۳۸۹). دلیل عدم تغییر کلروفیل b در اثر تنش آبی می‌تواند به دو علت باشد، یکی کلروفیل b در انجیر تا حدودی مقاوم به آبگیری باشد و دیگری ممانعت از

تخریب کلروفیل b در اثر تنش درون این گیاه است (اصغرپور و همکاران، ۱۳۹۶).

شاخص تنش آبی صفر (بدون تنش) به‌طور معنی‌داری میانگین تعداد گل‌آذین تبدیل به میوه شده در شاخه سال جاری را نسبت به شاهد و شاخص تنش آبی ۰/۶ و بیش‌تر افزایش داد، به‌عبارت دیگر شاخص تنش آبی ۰/۴ میانگین تعداد گل‌آذین در شاخه آن تفاوت معنی‌داری با تیمار شاخص تنش آبی صفر(بدون تنش) نداشت (جدول ۲). نتایج این پژوهش با یافته‌های عبداللهی‌پور و همکاران (۲۰۱۹)، که دریافتند که تیمار بدون آبیاری تکمیلی تعداد گل‌آذین را در انجیر کاهش می‌دهد، هم‌خوانی داشت (Abdolahipour *et al.*, 2019).

تیمار شاخص تنش آبی صفر (بدون تنش) به‌طور معنی‌داری وزن تک‌دانه میوه انجیر خشک شده در آفتاب را نسبت به سایر تیمارها افزایش داد. شاخص تنش آبی۰/۲ روی میانگین دوساله وزن تک‌دانه میوه‌ها تاثیر داشته به‌طوری‌که افزایش وزن تک دانه نسبت به شاخص‌های تنش آبی ۰/۴ و بیش‌تر معنی‌دار شد (جدول ۲).

بیش‌ترین وزن میوه انجیر مربوط به آبیاری کامل بود که با نتایج آبیاری کامل در زیتون هم‌خوانی داشت (غلامی و همکاران، ۱۳۹۶)، در این آزمایش کمترین وزن میوه در انجیر از شاخص تنش آبی ۰/۴ به بالا اتفاق افتاد اما در زیتون کمترین وزن میوه مربوط به کم آبیاری مداوم بود (غلامی و همکاران، ۱۳۹۶). هم‌چنین در آزمایش تأثیر آبیاری تکمیلی بر رطوبت خاک، محصول و درآمد باغداران در شرایط خشکسالی در باغ‌های انجیر دیم توسط عبداللهی‌پور و همکاران (۱۳۹۸) انجام گرفته کمترین مقدار محصول را برای تیمار بدون آبیاری تکمیلی گزارش کردند (عبداللهی‌پور و همکاران، ۱۳۹۸).

وزن کل میوه‌های انجیر (عملکرد وزنی) در تیمار شاخص تنش آبی صفر (بدون تنش) با وزن کل ۹/۸ کیلوگرم میوه خشک انجیر در درخت تفاوت معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها داشت، تیمار شاخص تنش آبی صفر (بدون تنش) نسبت به شاخص‌های تنش آبی ۰/۲تا ۰/۸ و شاهد بدون آبیاری تکمیلی به‌ترتیب با ۷/۹، ۷/۱، ۶/۹، ۳/۱ و ۳/۱ کیلوگرم میوه خشک انجیر در درخت از عملکرد بالاتری برخوردار بود (جدول ۲). به‌طور کلی می‌توان گفت که با افزایش آب آبیاری، وزن تکدانه و عملکرد محصول افزایش یافت.

کم آبیاری در مرکبات سبب کاهش عملکرد به میزان ۱۱ درصد شد (مقبلی دامنه و همکاران، ۱۳۹۷)، نتایج این آزمایش نشان داد که در شاخص تنش آبی ۰/۴ حدود ۲۸ درصد از عملکرد کاهش می‌یابد. بنابراین از این نظر که تنش آبی باعث کاهش عملکرد

جدول ۲- اثر تیمارهای شاخص تنش آبی بر میانگین دو ساله داده‌های ویژگی‌های کمی انجیر (*F. carica* cv. Sabz).

شاخص تنش آبی	عملکرد (kg)	وزن تک‌دانه (g)	تعدادگل‌آذین در شاخه
۰/۰	۹/۸^{a*}	۶/۰^{a}	۳/۸^{a}
۰/۲	۷/۹^{b}	۵/۱^{b}	۳/۲^{ab}
۰/٤	۷/۱^{c}	۴/۶^{c}	۳/۲^{ab}
۰/٦	۶/۹^{c}	۴/۷^{c}	۳/۰^{b}
۰/۸	۳/۱^{d}	۴/۷^{c}	۳/۱^{b}
بدون آبیاری تکمیلی	۳/۱^{d}	۴/۷^{c}	۳/۱^{b}

*میانگین‌هایی با حروف مشابه در هر ستون با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

می‌شود با تحقیق روی مرکبات همخوانی داشت اما درصد کاهش عملکرد در انجیر شدیدتر از مرکبات بود.

در زیتون بیش‌ترین میزان عملکرد میوه در رقم «میشن» (رقم پر رشد) و تیمار آبیاری کامل مشاهده شد (غلامی و همکاران، ۱۳۹۶)، بنابراین اثر آبیاری بر عملکرد رقم پر رشد زیتون با نتایج این تحقیق هم‌خوانی داشت.

همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شده، میوه‌های انجیر با روزنه باز یا صدیک و میوه‌های با روزنه نیمه‌باز یا غنچه دارای کیفیت و قیمت بالاتر هستند که تیمار شاخص تنش آبی صفر (بدون تنش) به‌طور معنی‌داری درصد وزنی میوه‌های با روزنه باز یا صدیک را نسبت به شاخص‌های تنش آبی ۰/۶ و بیش‌تر افزایش داد. همچنین این تیمار به‌طور معنی‌داری درصد وزنی میوه‌های با روزنه نیمه‌باز یا غنچه را نسبت به تیمارهای دارای تنش آبی افزایش داد. درصد میوه‌های صدیک در تیمار شاخص تنش آبی ۰/۴ در حد تیمار شاخص تنش آبی صفر (بدون تنش) بود، درصد میوه‌های غنچه تا تیمار شاخص تنش آبی ۰/۴ مطلوب بود. میوه‌های با روزنه‌ی بسته یا خرمنی ارزان قیمت و دارای کیفیت ضعیفی است. تیمار شاخص تنش آبی صفر به‌طور معنی‌داری درصد وزنی میوه‌های با روزنه‌ی بسته یا خرمنی را نسبت به تیمارهای دارای تنش آبی کاهش داد. میوه‌های خشک انجیر با پوست زرد، کیفیت بازار پسندی خوبی دارند. تیمار شاخص تنش آبی صفر به‌طور معنی‌داری درصد وزنی میوه‌های خشک انجیر با پوست زرد را نسبت به تیمارهای دارای تنش آبی افزایش داد. روند منظمی در درصد وزنی میوه‌های خشک انجیر با پوست قهوه‌ای در بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد. تیمار شاخص تنش آبی صفر به‌طور معنی‌داری درصد وزنی میوه‌های خشک انجیر با پوست قهوه‌ای تیره را نسبت به تیمار شاهد بدون آبیاری تکمیلی کاهش داد. اندازه میوه انجیرخشکباری عامل اصلی در بازاریابی تولید آن به‌ویژه برای مصرف مستقیم است (İrget *et al.*, 2008). هم‌چنین میوه‌های خشکباری انجیر رقم سبز با اندازه بیش از ۲۳ میلی‌متر (با اصطلاح تجاری AA) از نظر تجاری با کیفیت‌تر و گران‌تر از میوه‌های با اندازه متوسط و یا ریز است. تیمار شاخص تنش آبی صفر به‌طور معنی‌داری درصد وزنی میوه‌های خشک انجیر با اندازه بیش از ۲۳ میلی‌متر (AA) را نسبت به تیمارهای دارای تنش آبی افزایش داد، اما این تیمار به‌طور معنی‌داری درصد وزنی میوه‌های

جدول ٤- اثر تیمارهای شاخص تنش آبی بر میانگین دو ساله داده‌های ویژگی‌های کیفی (تجاری) میوه انجیر (*F. carica* cv. Sabz).

شاخص تنش آبی	اندازه کمتر از ۱۷ میلی‌متر(%)	اندازه بین ۱۷ تا ۲۳ میلی‌متر (%)	اندازه بیش از ۲۳ میلی‌متر(%)	قهوه‌ای تیره(%)	قهوه‌ای (%)	زرد (%)	روزنه بسته (%)	روزنه نیمه باز (%)	روزنه باز(%)
۰/۰	۱/۹^{c*}	۵۲/۹^{b}	۴۵/۳^{a}	۹/۲^{c}	۵۱/۵^{ab}	۳۹/۳^{a}	۸۱/۶^{c}	۱۴/۷^{a}	۳/۷^{a}
۰/۲	۴/۵^{bc}	۶۳/۹^{a}	۳۱/۶^{b}	۱۱/۹^{bc}	۵۴/۹^{a}	۳۳/۳^{b}	۸۹/۰^{b}	۷/۹^{b}	۳/۱^{a}
۰/۴	۵/۱^{bc}	۶۶/۷^{a}	۲۸/۳^{bc}	۱۲/۸^{bc}	۵۵/۰^{a}	۳۲/۲^{b}	۸۹/۴^{b}	۷/۰^{b}	۳/۶^{a}
۰/۶	۸/۳^{b}	۶۷/۶^{a}	۲۴/۱^{c}	۱۳/۱^{bc}	۵۳/۸^{ab}	۳۳/۲^{b}	۹۴/۸^{a}	۳/۸^{c}	۱/۴^{b}
۰/۸	۸/۸^{b}	۶۷/۳^{a}	۲۴/۰^{c}	۱۴/۵^{ab}	۴۸/۵^{b}	۳۷/۱^{b}	۹۴/۰^{a}	۵/۰^{c}	۱/۰^{b}
بدون آبیاری تکمیلی	۱۹/۲^{a}	۵۷/۸^{a}	۲۳/۰**c**	۱۷/۸^{a}	۵۲/۸^{ab}	۲۹/۴^{b}	۹۳/۲^{a}	۵/۷^{c}	۱/۲^{b}

* میانگین‌هایی با حروف مشابه در هر ستون با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

خشک انجیر با اندازه بین ۱۷ تا ۲۳ میلی‌متر (A) را نسبت به تیمارهای دارای تنش آبی کاهش داد. هم‌چنین تیمار شاخص تنش آبی صفر به‌طور معنی‌داری درصد وزنی میوه‌های خشک انجیر با اندازه کمتر از ۱۷ میلی‌متر (B) را نسبت به شاخص‌های تنش آبی بالای ۰/۴ تنش آبی کاهش داد. کیفیت صفت بزرگی اندازه میوه تا تیمار شاخص تنش آبی ۰/۴ مناسب بود (جدول ۳).

تیمارهای کم آبیاری تاثیر معنی‌دار در کاهش کیفیت رنگ میوه سیب نسبت به تیمار شاهد (آبیاری کامل) داشت (Tao *et al.*, 2023)، هم‌چنین در این آزمایش تیمار شاخص تنش آبی صفر (بدون تنش) کیفیت رنگ بالاتری داشت.

تضاد و تعارض منافع

نویسنده هرگونه تعارض و تضاد منافع اعم از تجاری و غیر تجاری و شخصی را که در ارتباط مستقیم یا غیر مستقیم با اثر منتشر شده است رد می‌کند.

منابع

ارجی، ع.، حسنی، ب. و قمرنیا، ه. (۱۳۹۴). اثر تیمارهای کم آبیاری بر خصوصیات رویشی و کمیت و کیفیت سیب رقم گلدن دلیشز. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۹(۴)، ۶۱۰- ۶۲۰.

اصغرپور، ا.، آزادفر، د. و سعیدی، ز. (۱۳۹۶). ارزیابی تحمل به خشکی نهال‌های افرا شیردار. مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست شناسی ایران). ۳۰(۱)، ۱- ۱۱.

جوادی، ت. و بهرام‌نژاد، ب. (۱۳۸۹). محتوای نسبی آب و تبادلات گازی سه ژنوتیپ وحشی گلابی در شرایط تنش آبی، نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۴(۲)، ۲۲۳-۲۳۳.

داوری‌نژاد، غ.ح.، شیربانی، س. و زارعی، م. (۱۳۹۴). اثر رژیم‌های کم آبیاری روی برخی از خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی چهار رقم انجیر. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۹ (۴)، ۵۰۱- ۵۱۷.

زارع، ح. و جعفری، م. (۱۳۹۷). ویژگی‌های ریخت‌شناسی برخی از نژادگان‌های انجیر ایرانی. انتشارات مرجع علم، شیراز ۱۱۷ ص.

شاهرخ‌نیا، م.ع. و 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.

عبدالهی‌پور حقیقی م.، کامگار حقیقی، ع. ا.، سپاسخواه، ع.، زندپارسا، ش. و هنر، ت. (۱۳۹۸). تأثیر آبیاری تکمیلی بر رطوبت خاک، محصول و درآمد باغداران در شرایط خشکسالی در باغ های انجیر دیم. علوم و مهندسی آبیاری. ۴۲ (۴)، ۶۱- ۷۴.

غلامی، ر.ا.، ساری‌خانی، ح. و ارجی، ع. (۱۳۹۶). تاثیر کم آبیاری بر ویژگی‌های رویشی، عملکرد و کیفیت میوه سه رقم زیتون روغنی. علوم باغبانی ایران. ۴۸ (۱)، ۱۹۱- ۲۰۱.

کیانی، ح.، مینایی، ک. و زارع، ح. (۱۳۹۹). فون مورچه‌های باغ‌های انجیر استهبان (فارس) همراه با گزارش گونهٔ مورچهٔ Tapinoma karavaievi (Hymenoptera: Formicidae) در جایگاه شکارگر زنبور گرده‌افشان انجیر. تاکسونومی و بیوسیستماتیک. ۱۳(۴۶)، ۱۶-۲۶.

مقبلی دامنه، ا.، فتاحی، ر.ا.، قربانی، ب.، ربیعی، غ.ر. و اسفندیاری، ص. (۱۳۹۷). بررسی اثر کم آبیاری در شرایط آبیاری سطحی و زیرسطحی روی رشد سبزینه ای و عملکرد مرکبات. نشریه پژوهش های تولید گیاهی. ۲۵ (۳)، ۶۹- ۸۲.

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.

Abdolahipour, M., Kamgar-Haghighi, A. A., Sepaskhah, A. R., 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.

Ali, J., Jan, I., Ullah, H., Fahad, S., Saud, S., Adnan, M., ... & S. Elshikh, M. (2023). Biochemical response of okra (Abelmoschus esculentus L.) to Selenium (Se) under drought stress. Sustainability, 15(7), 5694.

Ammar, A., Aissa, I. B., Mars, M., & Gouiaa, M. (2020). Comparative physiological behavior of fig (Ficus carica L.) cultivars in response to water stress and recovery. Scientia Horticulturae, 260, 108881.

Gonzalez Nieto, L., Huber, A., Gao, R., Biasuz, E. C., Cheng, L., Stroock, A. D., ... & Robinson, T. L. (2023). Trunk Water Potential Measured with Microtensiometers for Managing Water Stress in “Gala” Apple Trees. Plants, 12(9), 1912.

Idso, S. B. (1982). Non-water-stressed baselines: A key to measuring and interpreting plant water stress. Agricultural Meteorology, 27(1-2), 59-70.

İrget, M. E., Aksoy, U., Okur, B., Ongun, A. R., & Tepecik, M. (2008). Effect of calcium-based fertilization on dried fig (Ficus carica L. cv. Sarılop) yield and quality. Scientia Horticulturae, 118(4), 308-313.

Majumdar, S., Ghosh, S., Glick, B. R., & Dumbroff, E. B. (1991). Activities of chlorophyllase, phosphoenolpyruvate carboxylase and ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase in the primary leaves of soybean during senescence and drought. Physiologia Plantarum, 81(4), 473-480.

Ml, A. D., Abd El-Rhman, I. E., & Sahar, A. F. (2009). Effect of some antitranspirants and supplementery irrigation on growth, yield and fruit quality of Sultani fig (Ficus carica) grown in the Egyption western coastal zone under rainfed conditions. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 5(6), 899-908.

Ritchie, S. W., Nguyen, H. T., & Holaday, A. S. (1990). Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop science, 30(1), 105-111.

Tao, H., Sun, H., Wang, Y., Wang, X., & Guo, Y. (2023). Effects of water stress on quality and sugar metabolism in ‘Gala’apple fruit. Horticultural Plant Journal, 9(1), 60-72.

Tapia, R., Botti, C., Carrasco, O., Prat, L., & Franck, N. (2001, May). Effect of four irrigation rates on growth of six fig tree varieties. In II International Symposium on Fig 605 (pp. 113-118).

Wang, L. F. (2014). Physiological and molecular responses to drought stress in rubber tree (Hevea brasiliensis Muell. Arg.). Plant Physiology and Biochemistry, 83, 243-249.

Wulandari, Y. K., & Aji, M. P. (2023, June). The emission spectrum shifting by chlorophyll extract of papaya leaves. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2614, No. 1). AIP Publishing.