

بررسی برهمکنش هرس و تنش آبی بر تعداد دفعات آبیاری تکمیلی و بهره‌وری آب درختان انجیر دیم استهبان

محمدعلی شاهرخ‌نیا^{۱*} و حمید زارع^۲

چکیده

بزرگترین انجیرستان دیم دنیا در منطقه استهبان استان فارس واقع شده است. در دهه‌های اخیر، کاهش میزان بارندگی و خشک شدن دریاچه‌های اطراف باعث بروز تنش آبی در این باغ‌ها و خشک شدن بعضی از باغ‌ها شده است. آبیاری تکمیلی باعث کاهش تنش آبی و هرس درختان انجیر دیم می‌تواند باعث کاهش مصرف آب این درختان گردد. در این تحقیق برهمکنش سطوح مختلف هرس و تنش آبی بر درختان انجیر دیم منطقه استهبان بررسی شد. بدین منظور سه تیمار هرس (هرس سبک، هرس متوسط و هرس شدید) و چهار تیمار تنش آبی (شاخص‌های تنش آبی ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶ و بدون آبیاری) در نظر گرفته شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل با دو فاکتور هرس و میزان شاخص تنش آبی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات انجیر استهبان اجرا شد. سطوح مختلف شاخص تنش آبی با اندازه‌گیری دمای پوشش سبز گیاه و دمای هوا بر اساس تحقیقات گذشته به دست آمد. آبیاری تکمیلی طبق معمول منطقه با تانکر و به میزان معین انجام شد. نتایج نشان داد که با گذشت زمان میزان عملکرد (از ۲/۵۵ تا ۳/۳۲ کیلوگرم بر هر درخت) و در نتیجه میزان بهره‌وری آب (از ۰/۰۷ تا ۰/۲۴ کیلوگرم بر مترمکعب) افزایش یافته که این افزایش عملکرد در سال‌های اول و سوم آزمایش معنی‌دار است. همچنین تفاوت مقادیر بهره‌وری آب در هر سه سال آزمایش باهم معنی‌دار بود. تیمار شاخص تنش آبی ۰/۴ فقط در سال دوم برای سطح هرس سبک و متوسط، یک بار به آبیاری نیاز داشت. در هر سه سال آزمایش، درخت دیم انجیر در تیمار شاخص تنش آبی ۰/۶ در هر سه سطح هرس نیازی به آبیاری تکمیلی نداشت. بنابراین به‌طور کلی می‌توان گفت که با انجام هرس، تعداد دفعات آبیاری تکمیلی درختان انجیر دیم کاهش می‌یابد. همچنین روابطی تجربی برای تخمین تعداد دفعات آبیاری تکمیلی و زمان شروع آبیاری تکمیلی بر اساس میزان بارندگی، میزان تبخیر و تفاوت این دو عامل ارائه شد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری با تانکر، زمان شروع آبیاری، شاخص تنش آبی گیاه.

ارجاع: شاهرخ‌نیا م. ع. و زارع ح. ۱۴۰۳. بررسی برهمکنش هرس و تنش آبی بر تعداد دفعات آبیاری تکمیلی و بهره‌وری آب درختان انجیر دیم استهبان. مجله پژوهش آب ایران. ۵۵: ۳۳-۴۲. <https://dx.doi.org/10.22034/IWRJ.2024.14922.2634>

۱- دانشیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.
۲- دانشیار پژوهشی، ایستگاه تحقیقات انجیر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، استهبان، ایران.

* نویسنده مسئول: mashahrokh@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۰۱

مقدمه

بر اساس آمار سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو)، کشور ایران با تولید حدود ۱۰۷ هزار تن تولید انجیر، پنجمین کشور تولید کننده این محصول پس از کشورهای ترکیه، مصر، مراکش و الجزایر است (Faostat, 2022). بالاترین سطح زیر کشت انجیر در کشور مربوط به استان‌های فارس، لرستان و کرمان و در بین آنها استان فارس با حدود ۴۷ هزار هکتار و ۴۳ هزار تن بالاترین سطح زیرکشت و تولید انجیر کشور را دارا است (Ahmadi et al., 2021). بالاترین تولید انجیر خشک کشور مربوط به شهرستان استهبان فارس با سطح زیرکشت بیش از ۲۵ هزار هکتار است (Kiyani et al., 2021). متأسفانه در دهه اخیر کاهش میزان بارندگی و خشک شدن دریاچه‌های اطراف، باعث بروز تنش آبی در باغ‌های انجیر دیم و خشکی بعضی از این باغ‌ها شده است. به عبارت دیگر، تنش آبی تهدید کننده بقای درختان دیم انجیر کشور ایران و تولید آن‌ها است. تنش آبی از مهم‌ترین عوامل محیطی است که باعث تهدید سلامت و کاهش تولید گیاهان می‌شود (Jones, 2013). در شرایط تنش آبی شدید تولید محصول انجیر حدود ۸۰٪ کاهش می‌یابد (Jafari et al., 2012). یک نوبت آبیاری کمکی در اوایل مرداد باعث کاهش خسارت تنش آبی در درختان انجیر دیم می‌شود، اما با افزایش آبیاری، بهره‌وری آب کاهش می‌یابد (Shahrokhnia and Zare, 2021). متأسفانه در برخی از مناطق انجیرکاری، توانایی رفع تنش آبی با آبیاری کمکی به دلیل نبود جاده قابل دسترسی و یا کمبود آب، امکان‌پذیر نیست. در این شرایط، هرس شدید درختان انجیر دیم می‌تواند در کاهش تنش آبی، بدون نیاز به آبیاری تکمیلی راهکار موثری باشد. سرپررداری نصف تاج درختان انجیر در کاهش اثرات خشک‌سالی (زردی، سوختگی، ریزش برگ و خشکیدگی شاخه) در سال‌های اولیه هرس با تنش خشکی کم، مؤثر است. حذف نصف تنه درختان در انجیر رقم سبز بهترین تأثیر را بر صفات رویشی درخت و صفات کمی و کیفی میوه دارد (Jafari et al., 2015). حذف کامل نصف تنه‌های اصلی همراه با سرپررداری باقیمانده تنه‌های اصلی (حذف ۷۵٪ چوب) در بسیاری از صفات رویشی در تحمل تنش خشکی وضعیت مناسبی دارد اما به دلیل کاهش شدید عملکرد در سال‌های با بارندگی مناسب توصیه نمی‌شود

(Zare, 2021). هرس شدید انجیر نسبت ریشه به ساقه درختان را افزایش می‌دهد؛ بنابراین باعث انتقال آسان مواد مغذی و آب به بقیه قسمت‌های درخت می‌شود. علاوه بر این، سرپررداری تاج درخت انجیر می‌تواند زردی برگ و تعداد شاخه‌های خشکیده را کاهش داده و از خشک شدن درخت جلوگیری کند (Zare et al., 2019). Moura et al. (2023) نشان دادند که به منظور حصول حداکثر محصول در درختان انجیر، لازم است به میزان ۸۵ تا ۹۵ درصد میزان نیاز آبی گیاه، بسته به میزان پتاسیم به کار برده شده، آبیاری انجام شود. (Abdolahipour et al., 2023) از آب شور برای آبیاری تکمیلی انجیرستان دیم استفاده و نتیجه گرفتند که این درختان مقاومت خوبی در مقابل شوری آب و خاک داشته اما باعث کاهش محصول شده ولی تأثیری بر رنگ و اندازه میوه نداشته است. جعفری و اسلامی (Jafari and Eslami, 2022) و اسلامی و همکاران (Eslami et al., 2022) آبیاری تکمیلی درختان انجیر دیم را با روش‌های مختلف شامل آبیاری غرقابی، زیرسطحی و میکروجت انجام دادند. آنها بیان کردند که روش میکروجت از لحاظ تأثیر بر کیفیت و کمیت میوه بهترین روش بوده است. (Faizi et al., 2023) اثر دوره‌های مختلف آبیاری بر درختان انجیر در سنین مختلف در یک منطقه گرم را بررسی و مشاهده کردند که دور آبیاری تأثیر زیادی بر کمیت و کیفیت محصول تولیدی دارد.

تحقیقات گذشته نشان داده است که آبیاری درختان انجیر تأثیری مثبت بر رشد و محصول آنها دارد (Kamgar-Haghighi and Sepaskhah, 2015; Honar and Sepaskhah, 2015). (Abdolahipour et al., 2018) کاربرد دو مقدار آبیاری ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ لیتر به‌ازای هر درخت را در زمان‌های مختلف بررسی و مقدار ۲۰۰۰ لیتر به‌ازای هر درخت و در ابتدای بهار را توصیه کردند. (Shahrokhnia and Zare, 2020) نشان دادند که با انجام آبیاری تکمیلی درختان انجیر دیم استهبان، می‌توان علاوه بر حفظ درختان، با افزایش عملکرد محصول، سود اقتصادی بدست آمده را نیز افزایش داد. (Shahrokhnia and Zare, 2021) مقادیر شاخص تنش آبی گیاه را با استفاده از دماسنج مادون قرمز و اطلاعات هواشناسی بدست آورده و معادلاتی را برای تخمین زمان شروع تنش آبی در درختان انجیر دیم استهبان بر اساس میزان

این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور هرس و میزان شاخص تنش آبی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار روی ۳۶ درخت ۲۰ ساله با فاصله کاشت ۱۰×۱۰ متر و در سطح ۰/۳۶ هکتار اجرا شد. هر درخت به عنوان یک تکرار و هر بلوک دارای ۱۲ درخت بود. فاکتور میزان تنش آبی در چهار سطح شاخص تنش آبی گیاه (CWSI) شامل ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ و بدون آبیاری (شاهد) بر اساس نتایج بدست آمده توسط شاهرخ نیا و زارع (Shahrokhnia and Zare, 2020, 2021) اعمال شد. سطوح مختلف شاخص تنش آبی با اندازه‌گیری دمای پوشش سبز گیاه (به کمک دماسنج مادون قرمز دستی) و دمای هوا (با استفاده از دماسنج هوا) و طبق روش ارائه شده توسط ایدسو (Idso (1982) انجام شد. Idso (1982) شاخص تنش آبی گیاه^۱ را بر اساس خط مبنای پایینی (خط بی‌تنش) و بالایی (خط بیش‌ترین تنش) معرفی کرد. این خطوط رابطه تفاوت مقادیر دمای پوشش سبز گیاه و دمای هوا را نسبت به کمبود فشار بخار هوا نشان می‌دهند (شکل ۲). در این شکل T_a و T_c به ترتیب دمای پوشش سبز گیاه و دمای هوا و v_{pd} کمبود فشار بخار هوا است. اندیس‌های ll و ul نشان‌دهنده خطوط مبنای پایینی و بالایی هستند.

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

با توجه به شکل ۱ مشاهده می‌شود که در یک روز خاص با یک کمبود فشار بخار (v_{pd}) خاص، هرچه 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 (CWSI) با توجه به فرمول فوق افزایش می‌یابد. بنابراین در این تحقیق از روابط ارائه شده توسط ایدسو و محققین پیشین برای اعمال سطوح مختلف شاخص تنش آبی درختان انجیر استفاده شد. در این روش تفاوت دمای پوشش سبز گیاه و دمای هوا با تنش گیاه رابطه دارد. بر اساس سطوح مختلف تنش آبی در نظر گرفته شده، تفاوت بین دمای پوشش سبز گیاه و دمای هوا که آبیاری باید براساس آن انجام شود، تعیین شد. اندازه‌گیری دمای برگ با کامل شدن رشد برگ درختان آغاز و هر هفته یک مرتبه انجام شد. طبق توصیه‌های موجود زمان اندازه‌گیری دمای برگ ساعت ۱۲ الی ۱۴ بود. دما در چهار طرف درخت اندازه‌گیری و میانگین آن ملاک قرار گرفت. با

بارندگی و تبخیر ارائه کردند. ایشان حجم آب آبیاری در هر دفعه را ۱۵۰۰ لیتر به ازای هر درخت توصیه نمودند. بررسی تحقیقات گذشته نشان می‌دهد که تاکنون تحقیقات جداگانه‌ای درخصوص تأثیر هرس و تأثیر تنش آبی و آبیاری تکمیلی بر درختان انجیر دیم انجام شده است. لذا هدف این تحقیق بررسی برهمکنش سطوح مختلف هرس و تنش آبی در درختان انجیر دیم بر عملکرد، تعداد دفعات آبیاری تکمیلی و بهره‌وری آب این درختان است.

مواد و روش‌ها

استان فارس مهم‌ترین استان تولید کننده انجیر دیم در ایران است که بیش از ۹۰ درصد تولید انجیر کشور را در اختیار دارد. بیش از ۵۰ درصد سطح زیر کشت باغ‌های انجیر دیم استان فارس در شهرستان استهبان قرار دارد که این میزان حدود ۱۷ درصد کشت انجیر دیم در جهان را شامل می‌شود. قدمت برخی از درختان انجیر این شهرستان به بیش از ۴۰۰ سال نیز می‌رسد. شرایط هوایی استهبان باعث کشت حدود ۲۵ هزار هکتار باغ انجیر در این شهرستان شده و آن را به بزرگترین انجیرستان دیم دنیا تبدیل کرده است. میزان نیاز آبی درختان انجیر استهبان بر اساس روش پنمن مانیت ۵/۸ مترمکعب در هر درخت است (Zare and Shajari, 2020). این پژوهش در ایستگاه تحقیقات انجیر استهبان در سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۱ انجام شد. شهرستان استهبان با مشخصات عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۶ دقیقه و ۵۲ ثانیه و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۴ دقیقه و ۲۷ ثانیه در استان فارس واقع است. شکل ۱ موقعیت شهرستان استهبان در استان فارس و بخش‌های آن را نشان می‌دهد. شهرستان استهبان دارای آب و هوای خشک و نیمه گرم است. خصوصیات آب و هوایی این منطقه در جدول ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه (استهبان)

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی خاک محل آزمایش	
مقدار	خصوصیات فیزیکی خاک
۱/۵۴	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌مترمکعب)
۲۱/۳	رطوبت ظرفیت زراعی (درصد وزنی)
۱۱/۹	رطوبت نقطه پژمردگی دائم (درصد وزنی)
۷۵	تخلیه مجاز رطوبت خاک (درصد)
۳/۳۶	قطر سایه انداز (متر)
۲	عمق ریشه درخت (متر)
۱۵۰۰	حجم آب آبیاری هر مرتبه (لیتر در هر درخت)

بر اساس نتایج زارع (Zare, 2021)، فاکتور هرس در سه سطح هرس سبک (پنجه)، متوسط (پنجه و شاخه) و شدید (پنجه، شاخه و تنه) اجرا شد. هرس پنجه‌ها (شاخه‌های کوتاه یکساله) با هرس یک سوم شاخه‌های یکساله انجام گرفت که روی هر شاخه دو ساله دارای سه پنجه، یک پنجه انتهایی و یک پنجه جانبی انتخاب و یک پنجه جانبی حذف شد. در هرس شاخه، یک سوم شاخه‌های چند ساله و در هرس تنه، یک سوم تنه‌ها (سه تنه از نه تنه) در طول سه سال آزمایش حذف شد. هرس شاخه‌های خشک، آفت‌زده و پاجوش به‌طور یکسان برای همه درختان آزمایشی اعمال شد. در طول سه سال میزان عملکرد، وزن تک دانه، دمای پوشش سبز، تعداد و حجم آبیاری کمکی و بهره‌وری آب اندازه‌گیری و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد. میزان بهره‌وری آب از تقسیم عملکرد بر کل آب مصرفی (آب آبیاری + بارندگی موثر) به دست آمد. زمان و حجم آبیاری تکمیلی در هر تیمار در سه سال آزمایش در جدول ۳ نشان داده شده است.

با توجه به جدول ۳ مشاهده می‌شود که زمان اولین آبیاری در تیمار شاخص تنش آبی ۰/۲ در سال اول تحقیق، نیمه مردادماه، در سال دوم تحقیق، نیمه خردادماه و در سال سوم در آخر تیرماه بود. به عبارت دیگر زمان شروع تنش آبی در درختان مورد آزمایش خرداد ماه و بعد از آن بوده که با یافته‌های شاهرخ نیا و زارع (Shahrokhnia and Zare, 2020) مطابقت دارد. لازم به توضیح است که میزان بارندگی کل سال آبی در سه سال آزمایش به ترتیب ۴۶۹، ۱۸۳ و ۱۷۵ میلی‌متر بود. ملاحظه می‌شود در سال اول که میزان بارندگی به میزان چشمگیری بیشتر بوده، تنش آبی در درختان مورد نظر دیرتر اتفاق افتاده است. تیمار شاخص تنش آبی ۰/۴ فقط در سال دوم برای سطح هرس سبک و متوسط، یکبار به

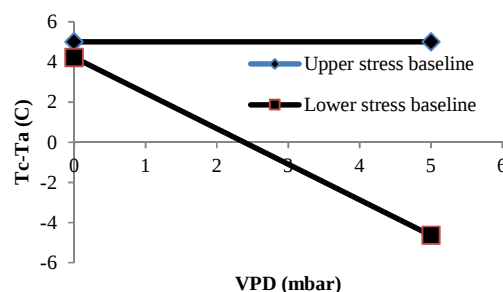
رسیدن مقدار تنش آبی به هر یک از مقادیر در نظر گرفته شده، آبیاری انجام شد. آب آبیاری با تانکر که روش معمول در منطقه است به پای درخت ریخته و میزان آب داده شده با کنتور اندازه‌گیری شد. برای تعیین میزان حجم آب آبیاری، از خاک محل آزمایش نمونه‌برداری و خصوصیات شامل رطوبت ظرفیت زراعی، رطوبت نقطه پژمردگی و جرم مخصوص ظاهری خاک اندازه‌گیری شد. از رابطه ۲ برای محاسبه میزان آب آبیاری با توجه به مقادیر رطوبت ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائم استفاده شد. در این رابطه 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 بر حسب سانتی‌متر است.

$$I = M \times (FC - PWP) \times AS \times D \quad (2)$$

طبق توصیه شاهرخ نیا و زارع (Shahrokhnia and Zare, 2021) با در نظر گرفتن خصوصیات فیزیکی خاک (جدول ۲)، حجم آب آبیاری تکمیلی در هر نوبت معادل ۱۵۰۰ لیتر به ازای هر درخت تعیین گردید.

جدول ۱- خصوصیات آب و هوایی منطقه استهبان

مقدار	مشخصات آب و هوایی منطقه
-۴	میانگین دمای زمستان (درجه سانتی‌گراد)
۲۶	میانگین دمای تابستان (درجه سانتی‌گراد)
۱۶/۸	میانگین دمای سالانه (درجه سانتی‌گراد)
۲۷۲	میانگین بارندگی سالانه (میلی‌متر)
۱۷۶۷	ارتفاع منطقه از سطح دریا (متر)
۵۶	حداکثر رطوبت نسبی (درصد)
۱۹	حداقل رطوبت نسبی (درصد)
۳۷/۵	میانگین رطوبت نسبی (درصد)



شکل ۲- خطوط مبنای بالایی و پایینی به روش ایدسو

هرس تعداد دفعات آبیاری تکمیلی درختان انجیر دیم کاهش می‌یابد، البته باید به این سوال پاسخ داد که هرس و کاهش آبیاری تکمیلی چه تأثیری بر میزان عملکرد محصول خواهد داشت؟

آبیاری نیاز داشت، به عبارت دیگر این تیمار در شرایط هرس شدید نیاز به آبیاری کمکی نداشت. در هر سه سال آزمایش، درختان دیم انجیر در تیمار شاخص تنش آبی ۰/۶ در هر سه سطح هرس نیازی به آبیاری تکمیلی نداشت. بنابراین به طور کلی می‌توان گفت که با انجام

جدول ۳- زمان آبیاری تکمیلی در تیمارهای شاخص تنش آبی و سطوح مختلف هرس در سه سال آزمایش

سال	شاخص تنش آبی گیاه	سطح هرس	تاریخ آبیاری تکمیلی	حجم آب آبیاری تکمیلی (لیتر در هر درخت)
اول	۰/۲	سبک	۲۰ مرداد-۳۰ شهریور	۳۰۰۰
		متوسط	۳۰ شهریور	۱۵۰۰
		شدید	۳۰ شهریور	۱۵۰۰
	۰/۴	سبک	-	۰
		متوسط	-	۰
		شدید	-	۰
	۰/۶	سبک	-	۰
		متوسط	-	۰
		شدید	-	۰
	بدون آبیاری	سبک	-	۰
		متوسط	-	۰
		شدید	-	۰
دوم	۰/۲	سبک	۲۰ خرداد-۲۰ تیر-۱۰ شهریور-۲۰ شهریور	۶۰۰۰
		متوسط	۲۰ خرداد-۱۰ شهریور	۳۰۰۰
		شدید	۲۰ خرداد-۱۰ شهریور	۳۰۰۰
	۰/۴	سبک	۱۰ شهریور	۱۵۰۰
		متوسط	۱۰ شهریور	۱۵۰۰
		شدید	-	۰
	۰/۶	سبک	-	۰
		متوسط	-	۰
		شدید	-	۰
	بدون آبیاری	سبک	-	۰
		متوسط	-	۰
		شدید	-	۰
سوم	۰/۲	سبک	۳۰ تیر-۳۰ شهریور	۳۰۰۰
		متوسط	۳۰ تیر-۳۰ شهریور	۳۰۰۰
		شدید	-	۰
	۰/۴	سبک	-	۰
		متوسط	-	۰
		شدید	-	۰
	۰/۶	سبک	-	۰
		متوسط	-	۰
		شدید	-	۰
	بدون آبیاری	سبک	-	۰
		متوسط	-	۰
		شدید	-	۰

نتایج و بحث

سال‌های مختلف آزمایش آورده شده است. همچنین در جدول ۵ نتایج تجزیه واریانس اثر مقادیر شاخص تنش آبی و سطوح مختلف هرس بر عملکرد و بهره‌وری آب ارائه

در جدول ۴ مقادیر عملکرد و بهره‌وری آب در سطوح مختلف شاخص تنش آبی و سطوح مختلف هرس در

باشد، به دو مرتبه آبیاری تکمیلی نیاز است (خط‌چین بالایی). البته روابط مذکور با توجه به داده‌های محدود به دست آمده از این تحقیق استخراج شده است. واضح است که در صورت داشتن داده‌های بیش‌تر می‌توان روابط دقیق‌تری را استخراج و ارائه کرد.

جدول ۴- مقادیر عملکرد و بهره‌وری آب در تیمارهای شاخص تنش آبی و سطوح مختلف هرس در سه سال آزمایش

سال	شاخص تنش آبی گیاه	سطح هرس	عملکرد (کیلوگرم در هر درخت)	بهره‌وری آب کل (کیلوگرم بر مترمکعب)
اول	۰/۲	سبک	۲/۳۷	۰/۰۶
		متوسط	۳/۰۸	۰/۰۸
		شدید	۲/۴۷	۰/۰۷
		سبک	۱/۶۲	۰/۰۵
		متوسط	۱/۷۰	۰/۰۵
		شدید	۳/۲۶	۰/۰۹
	۰/۴	سبک	۱/۲۲	۰/۰۴
		متوسط	۴/۲۹	۰/۱۲
		شدید	۳/۰۸	۰/۰۹
		سبک	۱/۶۰	۰/۰۵
		متوسط	۲/۷۱	۰/۰۸
		شدید	۳/۱۷	۰/۰۹
دوم	۰/۲	سبک	۲/۸۹	۰/۱۵
		متوسط	۳/۶۰	۰/۲۲
		شدید	۳/۰۵	۰/۱۸
		سبک	۳/۰۱	۰/۲۰
		متوسط	۲/۰۳	۰/۱۳
		شدید	۲/۸۸	۰/۲۱
	۰/۴	سبک	۳/۱۴	۰/۲۳
		متوسط	۳/۵۴	۰/۲۶
		شدید	۲/۷۶	۰/۲۰
		سبک	۳/۹۲	۰/۲۹
		متوسط	۲/۳۶	۰/۱۷
		شدید	۳/۷۴	۰/۲۷
سوم	۰/۲	سبک	۳/۷۷	۰/۲۳
		متوسط	۳/۶۵	۰/۲۳
		شدید	۲/۳۰	۰/۱۸
		سبک	۴/۱۹	۰/۳۲
		متوسط	۳/۴۸	۰/۲۷
		شدید	۳/۴۴	۰/۲۶
	۰/۴	سبک	۲/۴۸	۰/۱۹
		متوسط	۳/۶۵	۰/۲۸
		شدید	۳/۴۵	۰/۲۶
		سبک	۳/۲۴	۰/۲۵
		متوسط	۲/۸۳	۰/۲۲
		شدید	۳/۳۰	۰/۲۵

شده است. شکل ۳ و ۴ میانگین عملکرد و بهره‌وری آب را در سال‌های مختلف آزمایش نشان می‌دهد. ملاحظه می‌گردد که با گذشت زمان میزان عملکرد و در نتیجه میزان بهره‌وری آب افزایش یافته که این افزایش عملکرد در سال‌های اول و سوم آزمایش معنی‌دار است. همچنین تفاوت مقادیر بهره‌وری آب در هر سه سال آزمایش نسبت به هم معنی‌دار می‌باشد.

جدول ۶ میانگین عملکرد و بهره‌وری آب در تیمارهای مختلف آبیاری تکمیلی را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌گردد که در تیمارهای مختلف آبیاری تکمیلی مقادیر عملکرد و بهره‌وری آب از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشته، لیکن مقدار بهره‌وری آب به علت کاهش آبیاری، کمی افزایش یافته است. جدول ۷ میانگین عملکرد و بهره‌وری آب را در تیمارهای مختلف هرس نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که در سطوح مختلف هرس، مقادیر عملکرد و بهره‌وری آب تفاوت معنی‌داری نداشته‌اند. بنابراین می‌توان گفت که انجام هرس حتی هرس شدید، باعث کاهش محسوس عملکرد و بهره‌وری آب درختان انجیر دیم نشده است.

روشن است که تعداد دفعات آبیاری تکمیلی مورد نیاز درختان انجیر دیم وابسته به مقدار نیاز آبی یا تبخیر و تعرق است. یعنی هرچه تبخیر و تعرق بیش‌تر باشد، به تعداد بیش‌تری آبیاری نیاز است. از طرفی میزان تبخیر و تعرق با میزان تبخیر از تشت در ایستگاه‌های هواشناسی رابطه دارد. بنابراین می‌توان گفت تعداد دفعات آبیاری تکمیلی با میزان تبخیر از تشت تبخیر ایستگاه هواشناسی و تفاوت آن با میزان بارندگی رابطه دارد. در شکل‌های ۵ و ۶ رابطه بین تعداد دفعات آبیاری تکمیلی با تفاوت تبخیر از تشت و بارندگی به نشان داده شده است. تفاوت شکل ۵ و ۶ در این است که در شکل ۵، تفاوت تبخیر و بارندگی سالانه و در شکل ۶ تفاوت تبخیر و بارندگی اسفندماه به بعد ارائه شده است. در هر دو شکل ملاحظه می‌گردد که می‌توان یک رابطه خطی ساده بین تعداد دفعات آبیاری تکمیلی و اختلاف تبخیر و بارندگی برقرار کرد. با در اختیار داشتن این روابط می‌توان تعداد دفعات آبیاری تکمیلی را با توجه به تفاوت میزان تبخیر و بارندگی پیش‌بینی کرد. برای مثال در شکل ۵ اگر شاخص تنش آبی ۰/۲ و هرس سبک انجام شده باشد و تفاوت میزان تبخیر و بارندگی سالانه ۱۶۰۰ میلی‌متر

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس اثر مقادیر شاخص تنش آبی و سطوح مختلف هرس بر عملکرد و بهره‌وری آب

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات صفات	
		عملکرد	بهره‌وری آب
اثر سال	۲	^{ns} ۵/۵۷	^{**} ۰/۲۹۹
تنش آبی	۳	^{ns} ۰/۲۵	^{ns} ۰/۰۰۵
سال×تنش آبی	۶	^{ns} ۰/۹۵	^{ns} ۰/۰۰۶
هرس	۲	^{ns} ۱/۰۱	^{ns} ۰/۰۰۱
سال×هرس	۴	^{ns} ۳/۰۸	^{ns} ۰/۰۰۳
هرس×تنش آبی	۶	^{ns} ۲/۹۵	^{ns} ۰/۰۰۸
سال×هرس×تنش آبی	۱۲	^{ns} ۰/۶۶	^{ns} ۰/۰۰۳
خطای آزمایش	۶۶	۱/۷۹	۰/۰۰۵
ضرب تغییرات (%)	-	۴۴/۸۸	۴۲/۵۹

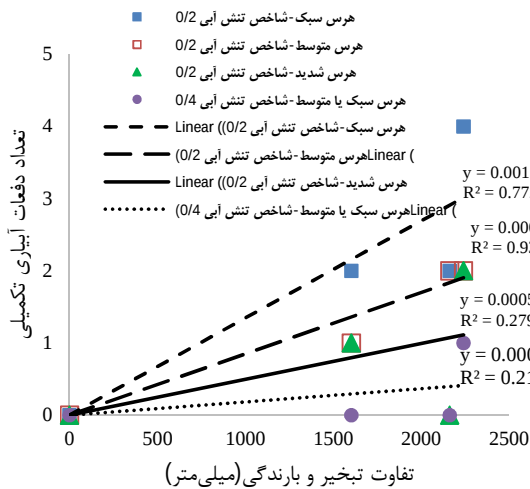
*، **، ns - به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و بدون اثر معنی‌دار

جدول ۶- میانگین عملکرد و بهره‌وری آب در تیمارهای آبیاری تکمیلی

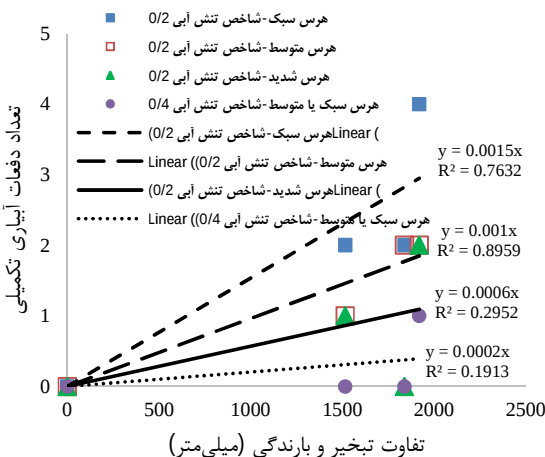
شاخص تنش آبی گیاه	عملکرد (کیلوگرم در هر درخت)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
۰/۲	۳/۰۲ ^a	۰/۱۶ ^a
۰/۴	۲/۸۵ ^a	۰/۱۸ ^a
۰/۶	۳/۰۷ ^a	۰/۱۹ ^a
بدون آبیاری	۲/۹۸ ^a	۰/۱۸ ^a

جدول ۷- میانگین عملکرد و بهره‌وری آب در تیمارهای هرس

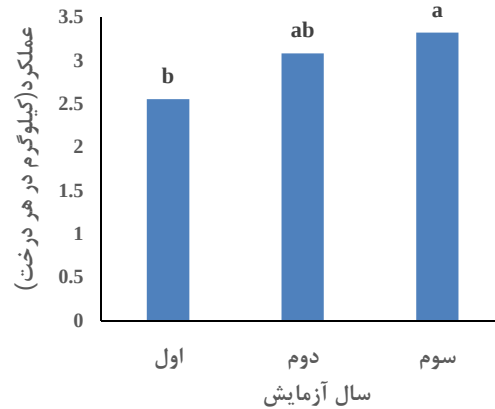
تیمار هرس	عملکرد (کیلوگرم در هر درخت)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
سبک	۲/۷۹ ^a	۰/۱۷ ^a
متوسط	۳/۰۸ ^a	۰/۱۸ ^a
شدید	۳/۰۷ ^a	۰/۱۸ ^a



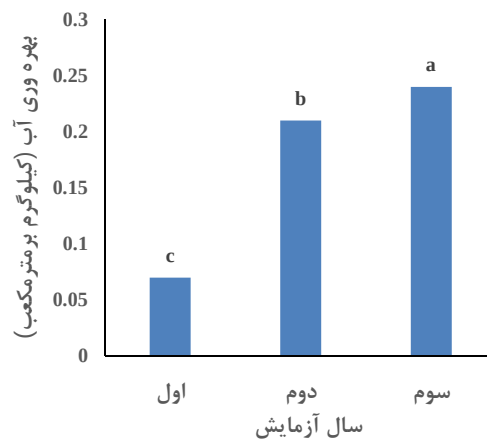
شکل ۵- رابطه بین تعداد دفعات آبیاری تکمیلی درختان انجیر دیم با تفاوت تبخیر و بارندگی سالانه



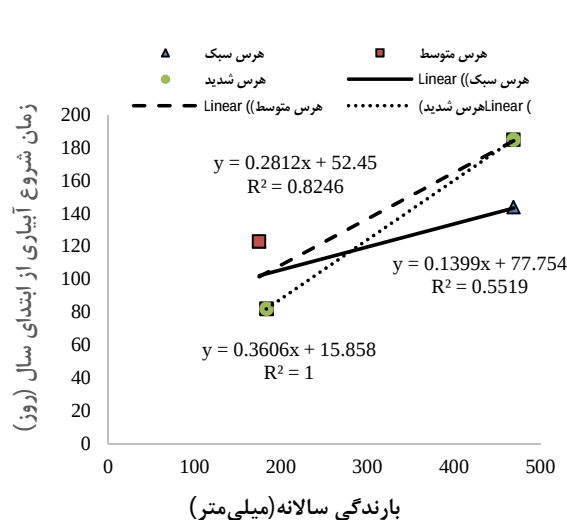
شکل ۶- رابطه بین تعداد دفعات آبیاری تکمیلی درختان انجیر دیم با تفاوت تبخیر و بارندگی اسفند ماه به بعد



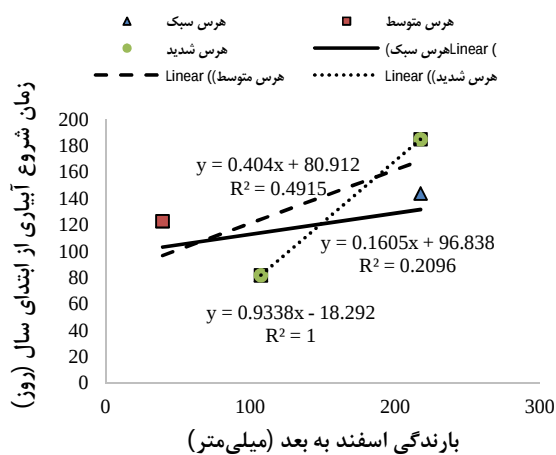
شکل ۳- میانگین عملکرد در سال‌های آزمایش



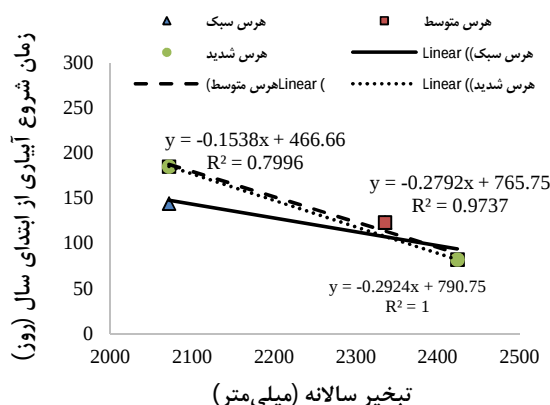
شکل ۴- میانگین بهره‌وری آب در سال‌های آزمایش



شکل ۷- رابطه بین زمان اولین آبیاری با بارندگی سالانه



شکل ۸- رابطه بین زمان اولین آبیاری با بارندگی اسفند به بعد



شکل ۹- رابطه بین زمان اولین آبیاری با تبخیر سالانه

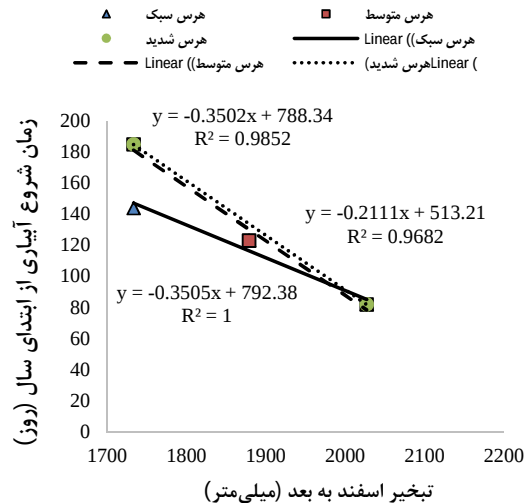
شکل‌های ۷ تا ۱۲ رابطه زمان شروع اولین آبیاری تکمیلی با میزان بارندگی، میزان تبخیر و میزان تفاوت تبخیر و بارندگی را نشان می‌دهند. این شکل‌ها همگی متعلق به شاخص تنش آبی ۰/۲ می‌باشند؛ بنابراین برای سایر شاخص‌های تنش آبی، روابط دیگری به دست می‌آید. ملاحظه می‌شود که روابط به دست آمده برای تیمارهای مختلف هرس با هم تفاوت دارند. با استفاده از این روابط می‌توان زمان شروع اولین آبیاری را با توجه به مقادیر بارندگی یا تبخیر یا تفاوت تبخیر و بارندگی پیش‌بینی کرد. بسته به این‌که بارندگی یا تبخیر به صورت سالانه یا از ماه اسفند به بعد در نظر گرفته شود، این روابط متفاوت خواهند بود. در خصوص بارندگی مشاهده می‌شود که روابطی که بر اساس بارندگی سالانه به دست آمده‌اند دارای ضریب تبیین بیشتر و در نتیجه دقت بیشتری نسبت به روابطی که بر اساس بارندگی اسفند به بعد به دست آمده‌اند هستند (شکل‌های ۷ و ۸). اما در روابطی که بر پایه تبخیر هستند (شکل‌های ۹ و ۱۰)، دقت روابطی که بر اساس تبخیر اسفند به بعد به دست آمده‌اند (شکل ۱۰) بیشتر از روابطی است که بر پایه تبخیر سالانه هستند (شکل ۹). مقایسه شکل‌های ۱۱ و ۱۲ نشان می‌دهد که روابطی که بر اساس تفاوت تبخیر و بارندگی اسفند به بعد به دست آمده‌اند (شکل ۱۲)، دارای همبستگی و دقت بیشتری نسبت به شرایط سالانه می‌باشند (شکل ۱۱). به‌طور کلی می‌توان گفت روابطی که بر پایه تبخیر به دست آمده‌اند دارای همبستگی و دقت بیشتری نسبت به بارندگی و تفاوت تبخیر و بارندگی می‌باشند، لیکن با توجه به اینکه بارندگی‌ها به طور معمول تا بهار به اتمام می‌رسد، برآورد آن از برآورد تبخیر که تا پایان دوره ادامه داشته و اندازه‌گیری می‌شود راحت‌تر است. نتایج به دست آمده در این خصوص با نتایج به دست آمده توسط شاهرخ نیا و زارع (Shahrokhnia and Zare, 2021) همخوانی دارد.

نتیجه گیری

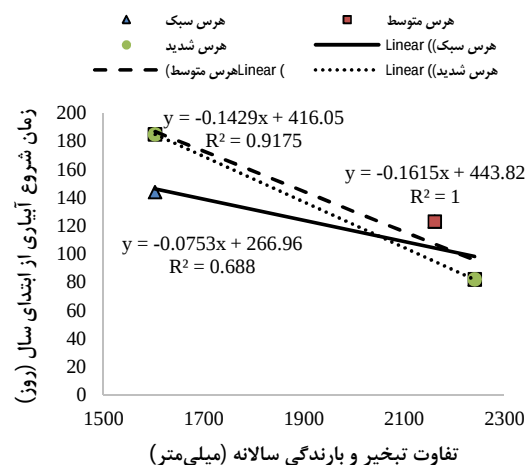
خشکسالی‌های سال‌های اخیر آسیب‌های شدیدی را به درختان بزرگترین انجیرستان دیم دنیا در استهبان استان فارس وارد نموده است بنابراین انجام آبیاری تکمیلی برای حفظ این درختان از خطر خشکیدگی ضروری است. با توجه به کمبود منابع آب، هدف اصلی از آبیاری تکمیلی این درختان باید در اولویت اول حفظ درخت از خطر خشکیدگی و در اولویت دوم کسب درآمد اقتصادی مناسب و معقول باشد. در تحقیقات گذشته به زمان و مقدار آبیاری تکمیلی این درختان پرداخته شده است. هرس این درختان می‌تواند با کاهش شاخ و برگ درختان باعث کاهش مصرف آب و در نتیجه نیاز کمتر به آبیاری تکمیلی شود. بررسی برهمکنش سطوح مختلف هرس و تنش آبی بر درختان انجیر دیم نتایج قابل توجهی را به بار آورد. میانگین عملکرد و بهره‌وری آب در تیمارهای هرس شدید به ترتیب ۳/۰۷ کیلوگرم در هر درخت و ۰/۱۸ کیلوگرم بر مترمکعب بود که با هرس سبک و متوسط تفاوت معنی‌داری نداشتند. بیشترین حجم آب داده شده مربوط به تیمار هرس سبک در شاخص تنش آبی ۰/۲ و به مقدار ۳۰۰۰ لیتر در هر درخت بود. اعمال تنش آبی نیز تأثیر معنی‌داری بر میزان محصول تولیدی نداشت. اعمال سطوح مختلف هرس باعث کاهش تعداد دفعات آبیاری تکمیلی در تنش‌های آبی مختلف گردید. بنابراین پیشنهاد می‌گردد که در شرایط محدودیت شدید منابع آبی، به منظور حفظ درختان از خطر خشکیدگی، با انجام هرس شدید آبیاری تکمیلی را حذف کرد. روابطی به منظور ارتباط تعداد دفعات آبیاری تکمیلی و مقادیر بارندگی، تبخیر و تفاوت این دو ارائه شد که می‌تواند برای پیش‌بینی تعداد دفعات آبیاری تکمیلی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین روابطی برای تخمین زمان شروع اولین آبیاری با توجه به مقادیر بارندگی، تبخیر و تفاوت این دو ارائه شد که می‌توان در عمل از آنها استفاده کرد.

سپاس‌گزاری

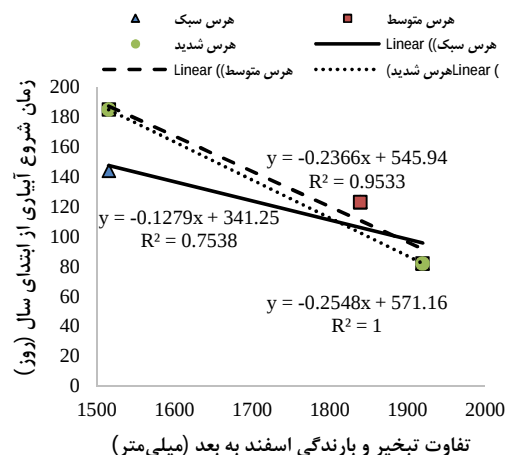
نویسندگان این مقاله از همکاری مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان استهبان، سازمان جهاد کشاورزی استان فارس، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی و موسسه تحقیقات باغبانی در اجرای این پژوهش قدردانی می‌نمایند.



شکل ۱۰- رابطه بین زمان اولین آبیاری با تبخیر اسفند به بعد



شکل ۱۱- رابطه بین زمان اولین آبیاری با تفاوت تبخیر و بارندگی سالانه



شکل ۱۲- رابطه بین زمان اولین آبیاری با تفاوت تبخیر و بارندگی اسفند به بعد

منابع

12. Jafari M. Haghighi J. A. P. and Zare H. 2012. Mulching impact on plant growth and production of rainfed fig orchards under drought conditions. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10(1): 428-433.
13. Kamgar-Haghighi A. A. and 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 Persian)
14. Kiyani H. Minaei K. and Zare H. 2021. Ant fauna of fig orchards of Estahban area with the report of *Tapinoma Karavaievi* (Hymenoptera: Formicidae) as a predator of fig pollinator wasps. *Journal of Taxonomy and Biosystematics*, 13(1): 16-26. (In Persian).
15. Moura E. A. Mendonça V. Figueirêdo V. B. Oliveira L. M. Melo M. F. Irineu T. H. S. Andrade A. D. M. Chagas E. A. Chagas P. C. Ferreira E. S. Mendonça L. F. M. and Figueiredo F. R. A. 2023. Irrigation Depth and Potassium Doses Affect Fruit Yield and Quality of Figs (*Ficus carica* L.). *Agriculture*, 13(3): 640.
16. Shahrokhnia M. A. and Zare H. 2021. The appropriate time for supplemental irrigation of rainfed fig trees by measuring leaf temperature, soil moisture and meteorological data. *Scientific Journal of Agricultural Meteorology*, 9(2): 29-38. (In Persian).
17. Shahrokhnia M. A. and Zare H. 2021. Irrigation scheduling for rainfed fig trees using canopy temperature. *Annals of Agri-Bio Research*, 26(2): 182-187.
18. Shahrokhnia M. A. and 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 Persian).
19. Zare H. 2021. Effects of different methods of pruning intensity on old fig (Sabz Cultivar) trees under rainfed conditions. *International Journal of Fruit Science*, 21(1): 379-391.
20. Zare H. Zare E. Sedaghat S. and Jafari M. 2019. Investigation of different horticultural practices to minimize drought impacts in rainfed fig (*Ficus carica* L.'Sabz'). In VI International Symposium on Fig, 1310: 211-216.
21. Zare H. and Shajari S. 2020. Technical and economic investigation of irrigation and its effects on vegetation, physiological, quantity and quality characteristics of fig (*Ficus carica* cv. Sabz) fruit in rainfed condition of Estahban region. Final report, Agricultural Research, Education and Extension Organization. No. 57987. (In Persian).
1. Abdollahipour M. Kamgar-Haghighi A. A. Golkar G. and Kamali H. R. 2023. Evaluation of the Effect of Supplemental Irrigation with Saline Water on Quality and Quantity of Rainfed Fig Fruit. *Journal of Water Management in Agriculture*, 12(4): 695-711. (In Persian).
2. Abdollahipour 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.
3. Ahmadi K. Ebadzadeh H. R. Hatami F. Mohammadnia Afrouzi S. Yari S. and Kalantari M. 2021. *Agricultural Statistics of 1399. Vol. 3: Horticultural Products*, Ministry of Jihad Agriculture, Deputy of Planning and Economy, Information and Communication Technology Center. (In Persian).
4. Eslami A. Jafari M. and Khozaei M. 2022. The effect of different supplemental irrigation method on reproductive characteristics and water productivity of rain fed fig. *Journal of Water Management in Agriculture*, 9(1): 149-160. (In Persian).
5. Faizi Z. A. Saies G. S. Ozturk A. and Ullah I. 2023. Evaluation of fig performance based on tree ages and irrigation intervals under dry temperate climate. *Applied fruit science*, 65: 1617-1625.
6. Faostat. 2022. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
7. Honar T. and 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 Persian).
8. Idso S. B. 1982. Non-water-stressed baselines: A key to measuring and interpreting plant water stress. *Agricultural Meteorology*, 27(1-2): 59-70.
9. Jones H. G. 2013. *Plants and microclimate: A quantitative approach to environmental plant physiology*. Cambridge University press.
10. Jafari M. and Eslami A. 2022. Response of young Fig Trees cv. Sabz to different supplemental irrigation methods. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 23(2): 225-236. (In Persian).
11. Jafari M. Rahemi M. and Zare H. 2015. Increasing the tolerance of fig tree to drought stress by trunk thinning. In V International Symposium on Fig, 1173: 189-194.