

Technical and economic effects of different amounts of irrigation water on vegetative, physiological, quantitative, and qualitative characteristics of Sabz fig fruit in Estahban region

M. A. Shahrokhnia^{1*}, H. Zare² and Sh. Shajari³

Extended Abstract

Introduction:

Estahban, a county in Fars Province, Iran, known for its extensive orchards primarily devoted to rain-fed fig cultivation. In recent years, decrease in rainfall has resulted in inadequate water availability for these orchards, prompting many farmers to resort to intensive irrigation practices. Previous research has indicated that the impact of water stress on fig trees is a significant topic that requires further research. Given the importance of determining the water needs of fig trees and the economic viability of fig production in the Estahban region, this study aimed to investigate the effects of varying irrigation water volumes on these trees. The analysis focused on the quantity, quality, and economic aspects of the produced yield. Ultimately, suitable strategies were proposed to protect the trees from the risk of drying out and to ensure economically viable production.

Methods:

This study was executed using a randomized complete block design in four replications and five treatments, applied to Sabz variety of fig trees. The experiments were conducted at the Estahban Fig Research Station, over a two-year period. The irrigation treatments were set at 0%, 25%, 50%, 75%, and 100% of the estimated water requirements, calculated using the Penman-Monteith method. Measurements were taken for both quantitative and qualitative characteristics of the figs, and water productivity was assessed, alongside an economic evaluation of the different irrigation levels. This economic analysis was conducted under two scenarios: one that considered the actual value of water and one that did not. Statistical data analysis was carried out using SAS 9.13 software, with mean comparisons among the various treatments performed via Duncan's test. Considering that the amount of rainfall in the first and second years differed significantly (448 and 73 millimeters), the volume of water applied in these two years also showed a notable disparity. In fact, the first year was characterized as a wet year, while the second year was classified as a dry year. Consequently, it is evident that the irrigation water levels in the two experimental years had a significant difference.

Results:

The findings indicated that increasing the irrigation rate, while remaining within the plant's water requirement range, led to enhancements in the vegetative, physiological, and both quantitative and qualitative characteristics of the figs. The optimal condition was observed in the non-stress treatment (100% water requirement), which necessitated 5.8 cubic meters of water per tree. A comparison of the average quantitative and qualitative traits of fig fruit revealed that an increase in irrigation levels led to a significant rise in the diameter of fresh fruit, the percentage of early fruits, the number of pollinated inflorescences, yield, and the

1- Associate Professor, Agricultural Engineering Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran.

2- Associate professor (Ph.D.), Fig Research Station, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Estahban, Iran.

3 - Assistant Professor (ph.D.), Economic, Social, and Extension Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran.

*Corresponding Author: m.shahrokhnia@areeo.ac.ir

Received: 2025/05/28

Accepted: 2025/06/30

weight of individual fig fruits. Consequently, treatment 5 (100% water requirement) was identified as the most effective treatment. Furthermore, the various irrigation levels did not have a significant impact on the traits of mid-season fruit percentage, the number of unripe and unpollinated fruits. The crop yields for the no-irrigation and full irrigation treatments were recorded at 3119 and 7671 grams per tree, respectively. In the first year, the water productivity for the second treatment was 1.32 kilograms per cubic meter, significantly higher than that of the other treatments. However, in the second year and over the two-year average, the control treatment without irrigation exhibited the highest water productivity values at 4.01 and 2.52 kilograms per cubic meter, respectively. This indicates that with increased irrigation water, the water productivity decreased. Furthermore, the economic evaluation results under standard conditions, which did not account for the actual value of water, revealed that the more irrigated treatments yielded greater net benefits compared to the other treatments, with no significant difference in the benefit-cost ratio (ranging from 2.49 to 2.31). Nevertheless, economic analyses that accounted for the actual value of water revealed that the more irrigated treatments lacked economic priority, with a significant difference in the benefit-cost ratio among the treatments ranging from 2.46 to 1.20. The most economically advantageous treatment was identified as the rain-fed treatment.

Conclusion:

This research indicated that the actual value of water is a crucial factor in the economic evaluation of irrigation practices in rain-fed fig orchards, significantly influencing the outcomes achieved. Given that farmers typically do not incur the true cost of water, irrigation appears to be economically advantageous for them; however, it is not deemed cost-effective when considering the limited water resources at the national macro level.

Keywords: Economic analysis, Rain-fed figs, Water productivity, Water requirements,

Citation: Shahrokhnia, M. A., Zare, H., and Shajari, Sh., 2025. Technical and economic effects of different amounts of irrigation water on vegetative, physiological, quantitative, and qualitative characteristics of Sabz fig fruit in Estahban region. *Iranian Water Research Journal*. 58(3). pp.79-92. <https://dx.doi.org/10.22034/iwrj.2025.15234.2689>



اثر فنی و اقتصادی مقادیر مختلف آب آبیاری بر خصوصیات رویشی، فیزیولوژیکی و کمی و کیفی میوه انجیر رقم سبز در منطقه استهبان

محمدعلی شاهرخ‌نیا^{۱*}، حمید زارع^۲ و شاهرخ شجری^۳

چکیده

استهبان یکی از شهرستان‌های استان فارس است که سطح وسیعی از باغ‌های آن به کشت انجیر دیم اختصاص دارد. به دلیل کاهش بارندگی در سال‌های اخیر، نیاز آبی باغ‌های منطقه تامین نشده و بسیاری از باغداران به آبیاری بی‌رویه باغ‌ها پرداخته‌اند. بنابراین نیاز است تأثیر مقادیر مختلف آب آبیاری بر خصوصیات کمی، کیفی و اقتصادی محصول مورد بررسی قرار گیرد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و پنج تیمار روی درختان انجیر (رقم سبز) در ایستگاه تحقیقات انجیر استهبان طی دو سال اجرا شد. تیمارهای آبیاری شامل آبیاری به اندازه صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی برآورد شده توسط روش پنمن مانیتیت بود. ویژگی صفات کمی و کیفی محصول اندازه‌گیری و بهره‌وری آب نیز محاسبه و سطوح مختلف آبیاری از نظر اقتصادی ارزیابی شدند. روابط تجربی برای تخمین میزان آب آبیاری مورد نیاز بر اساس میزان بارش سالانه به‌دست آمد. ارزیابی اقتصادی در دو حالت با و بدون در نظر گرفتن ارزش واقعی آب انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.13 و مقایسه میانگین بین روش‌های مختلف با به‌کارگیری آزمون دانکن انجام شد. نتایج نشان داد که با افزایش میزان آبیاری در محدوده نیاز آبی گیاه، خصوصیات رویشی، فیزیولوژیکی و صفات کمی و کیفی انجیر بهبود یافت. بهترین وضعیت مربوط به تیمار بدون تنش (۱۰۰ درصد نیاز آبی) بود که این تیمار به ۵/۸ متر مکعب آب برای هر درخت نیاز داشت. میزان عملکرد محصول در تیمار بدون آبیاری و آبیاری کامل به ترتیب ۳۱۱۹ و ۷۶۷۱ گرم در هر درخت بود. همچنین نتایج ارزیابی اقتصادی در شرایط معمول که بدون در نظر گرفتن ارزش واقعی آب است نشان داد که تیمارهای بیشتر آبیاری شده نسبت به سایر تیمارها دارای سود خالص بیشتری بودند و تفاوت زیادی در نسبت منفعت به هزینه وجود نداشت (۲/۴۹ تا ۲/۳۱). اما بررسی‌های اقتصادی با در نظر گرفتن ارزش واقعی آب نشان داد که تیمارهای بیشتر آبیاری شده دارای اولویت اقتصادی نبوده، تفاوت نسبت منفعت به هزینه تیمارها زیاد بوده (۲/۴۶ تا ۱/۲۰) و بهترین تیمار از نظر اقتصادی تیمار دیم بوده است. این بررسی نشان داد که عامل ارزش واقعی آب پارامتر بسیار مهمی در اقتصادی شدن آبیاری انجیرستان دیم می‌باشد و می‌تواند نتایج به دست آمده را به شدت تحت تأثیر قرار دهد. چون معمولاً کشاورزان هزینه ارزش واقعی آب را نمی‌پردازند، انجام آبیاری برای آنها دارای منفعت اقتصادی بوده ولی با توجه به محدودیت منابع آبی در سطح کلان کشور به صرفه نیست.

واژه‌های کلیدی: انجیر دیم، بررسی اقتصادی، بهره‌وری آب، نیاز آبی

ارجاع: شاهرخ‌نیا، م.ع.، زارع، ح. و شجری، ش.، ۱۴۰۴. اثر فنی و اقتصادی مقادیر مختلف آب آبیاری بر خصوصیات رویشی، فیزیولوژیکی و کمی و کیفی میوه انجیر رقم سبز در منطقه استهبان. مجله پژوهش آب ایران، ۵۸(۳)، صص. ۷۹-۹۲. <https://dx.doi.org/10.22034/iwrj.2025.15234.2689>

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

۳- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویجی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

* نویسنده مسئول: m.shahrokhnia@areeo.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۰۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۰۷

مقدمه

استان فارس که از قطب‌های مهم کشاورزی کشور می‌باشد، یکی از استان‌های درگیر با بحران آب در کشور است. استهبان یکی از شهرستان‌های استان فارس بوده که سطح وسیعی از باغات آن (۲۳۰۰۰ هکتار) به کشت انجیر دیم اختصاص دارد. میانگین بارندگی بلندمدت استهبان ۲۷۲ میلی‌متر است، ولی در دهه اخیر میانگین بارندگی سالانه منطقه به حدود ۲۵۰ میلی‌متر و در بعضی سال‌ها به کمتر از ۱۵۰ میلی‌متر رسیده است. کمترین میزان بارش در این منطقه نیز حدود ۸۰ میلی‌متر در سال است. هرچند به دلیل مقاومت زیاد درختان انجیر در برابر تنش آبی، این محصول به عنوان محصول مناسب برای محیط‌های خشک و نیمه‌خشک معرفی می‌شود اما در شرایط خشکسالی شدید، رشد و نمو آن می‌تواند بسیار تحت تأثیر قرار گرفته و دچار کاهش محصول شدید و حتی خشکی درخت شود. به دلیل کاهش ریزش‌های جوی استهبان در سال‌های اخیر، نیاز آبی باغات منطقه تامین نگشته و انجام آبیاری تکمیلی این باغات، امری ضروری شده‌است؛ به همین دلیل باغداران منطقه به هر وسیله سعی کرده‌اند آب بیش‌تری را به درختان انجیر خود برسانند.

در شرایط خشکسالی، میزان آب خاک به شدت کاهش می‌یابد که باعث کاهش جذب آب و مواد مغذی معدنی توسط درختان انجیر می‌شود. در صورتی که آب دریافتی گیاه کمتر از نیاز آبی آن باشد، گیاه دچار تنش آبی خواهد شد. اگر این تنش آبی مدیریت شده باشد، کاهش کمی در تولید محصول و بهره‌وری آب خواهد داشت (Costa Rostami and Rahemi, 2013; et al., 2007). در یک بررسی با استفاده از دماسنج مادون قرمز و اندازه‌گیری دمای پوشش سبز گیاه، تنش آبی درختان انجیر در استان فارس مورد بررسی قرار گرفت و این روش برای تعیین زمان آبیاری تکمیلی انجیر دیم مناسب تشخیص داده شد (Shahrokhnia and Zare, 2020). در آزمایشی دیگر اثر چهار سطح آبیاری شامل آبیاری کامل، تنش ملایم، تنش متوسط و تنش شدید روی خصوصیات سلول‌های روزنه و سلول‌های نگهبان برگ انجیر در شرایط گلدانی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که طول، عرض و اندازه روزنه و سلول‌های محافظ روزنه در تنش شدید کاهش یافتند (Shirbani et al., 2012). در بررسی دیگری، تأثیر زمان و مقادیر مختلف آبیاری تکمیلی در فواصل مختلف از تنه درخت انجیر بر رطوبت خاک، محصول و درآمد باغداران انجیر در شرایط خشکسالی بررسی شد. کمترین مقدار محصول در بین تیمارهای مقدار آبیاری، مربوط به تیمار بدون آبیاری بود.

آبیاری نزدیک تنه درخت و بیرون سطح سایه‌انداز در مقایسه با آبیاری در سطح سایه‌انداز، محصول بیش‌تری تولید کرد. آبیاری خارج از سطح سایه‌انداز، میزان درآمد سالانه را نسبت به سایر تیمارها، تا ۳۱ درصد افزایش داد. آبیاری در فروردین با ۲۰۰۰ لیتر آب، توانست رطوبت بیش‌تری را در اختیار درخت قرار دهد و آبیاری تکمیلی در مرداد مقدار ارزش میوه و درآمد باغداران را افزایش داد (Abdolahipour et al., 2019 a). آزمایشی تأثیر چهار سطح آبیاری شامل آبیاری کامل، تنش آبی ملایم، تنش آبی متوسط و تنش آبی شدید روی نهال‌های انجیر در گلدان بررسی شد. در همه صفات اندازه‌گیری شده اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف آبیاری مشاهده شد. بیش‌ترین رشد شاخه، تعداد برگ و سطح برگ در تیمار آبیاری کامل و کمترین مقدار آن‌ها در تیمار تنش آبی شدید مشاهده شد. نتایج نشان داد که وزن تر و خشک شاخه و ریشه با افزایش سطح تنش کاهش می‌یابد؛ به‌طوری‌که کمترین مقدار آن‌ها در تیمار تنش آبی شدید به دست آمد. محتوای نسبی آب، کلروفیل طول ریشه، سطح ریشه و نسبت ریشه به شاخه نیز تغییرات مشابهی داشتند (Davarynejad et al., 2016). طبق نظر عبداللہی پور و همکاران، بررسی عملکرد، خصوصیات مورفولوژیکی و پاسخ‌های فیزیولوژیکی درختان انجیر دیم با آبیاری تکمیلی می‌تواند 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 تأثیرات منفی تنش آبی بر رشد گیاهان شود. آبیاری تکمیلی دور از تنه درختان انجیر دیم باعث افزایش تبخیر سطح خاک به‌ویژه در تابستان شد. استفاده از 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). آبیاری تکمیلی باعث افزایش رشد رویشی، عملکرد و کیفیت میوه انجیر رقم سلطانی در مصر شد. خصوصیات رویشی توسط همه تیمارهای آبیاری تکمیلی به‌ویژه در اواسط تیر و مرداد بهبود یافت. بهبود خصوصیات رویشی درختان انجیر می‌تواند به دلیل تأثیر تیمار آبیاری تکمیلی در افزایش جذب برخی عناصر مغذی باشد که باعث افزایش ظرفیت فتوسنتزی برگ و عملکرد می‌شود (Al-Desouki et al., 2009). استفاده از ۲۰۰۰ لیتر آب برای هر درخت انجیر دیم باعث بهبود برخی از صفات مورفولوژیکی و پاسخ‌های فیزیولوژیکی درخت در شرایط خشکسالی شد. طول شاخه و تعداد گل‌آذین در شرایط آبیاری تکمیلی در مقایسه با شرایط بدون آبیاری به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، اما قطر

تحقیقات گذشته نشان می‌دهد که موضوع تأثیر تنش آبی بر درختان انجیر موضوع مهمی است که باید بیشتر به آن پرداخته شود. از آنجا که تعیین آب مورد نیاز درختان انجیر و اقتصادی بودن محصول انجیر تولیدی در منطقه استهبان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، در این تحقیق سعی شده با اعمال مقادیر مختلف آب آبیاری بر این درختان، میزان محصول تولیدی از نظر کمی، کیفی و اقتصادی بررسی و راهکارهای مناسب برای حفظ درختان از خطر خشکیدگی و تولید محصول اقتصادی ارائه شود.

این پروژه به مدت دو سال در ایستگاه تحقیقات انجیر استهبان روی درختان با سن ۲۰ سال و حجم تاج یکسان حدود ۳ متر مکعب که با اندازگیری شعاع نیمکره تاج محاسبه شده اجرا

حداقل	حداکثر	متوسط	حداقل	حداکثر	حداقل رطوبت	حداکثر رطوبت	متوسط	بارندگی	تأخیر	ساعات	حداکثر
دما	دما	دما	مطلق	مطلق	هوا	رطوبت هوا	رطوبت هوا			آفتابی	سرعت باد
(درجه سانتی گراد)			(درصد)			(میلی متر)			(ساعت)	(متر بر ثانیه)	
۹/۴	۲۵/۴	۱۷/۴	-۸/۲	۴۱	۲۰	۵۶	۳۸	۲۷۲	۲۲۴۶	۹/۴	۱۳

جدول ۲- خصوصیات خاکشناسی منطقه مورد مطالعه

رس	سیلت	شن	سنگریزه	جرم مخصوص ظاهری	رطوبت ظرفیت زراعی	رطوبت نقطه پژمردگی	هدایت الکتریکی	PH	رطوبت اشباع
(درصد)	(درصد)	(درصد)	(درصد)	(گرم بر سانتی مترمکعب)	(درصد وزنی)	(درصد وزنی)	(دسی زیمنس بر متر)		(درصد)
۳۰	۳۳	۳۷	۲۵	۱/۵۴	۲۱	۱۲	۰/۶	۷/۸	۴۵

۱۲۰ درجه سلسیوس و به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده تا بافت برگ کشته و سلول‌ها تخریب و پس از خنک کردن محلول و رساندن دمای آن به ۲۵ درجه سلسیوس، هدایت الکتریکی دوباره قرائت (C2) و با استفاده از معادله ۲ نشت یونی محاسبه شد (Agarie et al., 1995). اندازه‌گیری این شاخص اوایل مرداد از برگ سالم انجام گرفت.

$$\frac{C1}{C2} \times 100 \quad (2)$$

برای سنجش محتوای کلروفیل و کاروتنوئید از روش هایکوکس و ایسرستام استفاده شد (Hiscox and Israelstam, 1979). در این روش 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 به وسیله دستگاه طیف‌سنج مرئی فرابنفش مدل UV-1601-Ray LEIGH ساخت کشور چین در طول موج‌های ۶۳۰، ۶۶۳ و ۴۷۰ نانومتر قرائت گردید. برای تنظیم دستگاه از دی متیل سولفوکساید به عنوان شاهد استفاده شد. غلظت رنگدانه‌های گیاهی نیز با استفاده از روابط زیر محاسبه شد.

$$Chl. a = (19.3 \times A663 - 0.86A645) V/100 \quad (3)$$

$$Chl. b = (19.3 \times A645 - 3.6A663) V/100W \quad (4)$$

$$Chl. T = Chl. a + Chl. B \quad (5)$$

$$Car = (1000A470 - 1.8Chl.a - 85.2Chl.b)/198 \quad (6)$$

در این فرمول‌ها Chl.a، Chl.b، Chl.T، Car، V و W به ترتیب غلظت کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل کاروتنوئید بر حسب میلی‌گرم بر گرم، حجم محلول بر حسب میلی‌لیتر و وزن ماده گیاهی بر حسب گرم است. غلظت بر حسب عصاره گیاهی تعیین گردید. نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقدار

خصوصیات کمی و کیفی میوه انجیر، محتوای نسبی آب برگ، دمای پوشش سبز، رشد طولی شاخه، میانگین قطر شاخه، هدایت روزنه‌ای برگ و میزان کلروفیل و کاروتنوئید در تیمارهای مختلف آبیاری اندازه‌گیری شد. دمای پوشش سبز با دماسنج مادون قرمز اندازه‌گیری شد. رشد طولی شاخه‌ی سال جاری با خط‌کش اندازه‌گیری گردید. اندازه‌گیری شاخص‌های زیر در اواسط فصل رشد (اوایل شهریورماه) برای هر درخت انجام شد. محتوای نسبی آب برگ طبق روش استاندارد با تهیه دیسک‌های برگ‌ی اندازه‌گیری شد (Ritchie et al., 1990). برای این منظور دیسک‌های برگ‌ی یکسانی از برگ‌های به-طورکامل گسترش‌یافته تهیه و محتوای نسبی آب برگ (RWC) از رابطه زیر محاسبه شد:

$$\%RWC = \left[\frac{(FW - DW)}{(TW - DW)} \right] \times 100 \quad (1)$$

در این رابطه FW، وزن تازه نمونه‌های برگ؛ DW، وزن خشک آن‌ها پس از قرارگرفتن درون آون در دمای ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت و TW، وزن آن‌ها پس از غوطه‌ور شدن در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت بود. میانگین قطر شاخه سال جاری با اندازه‌گیری قطر بین دو گره وسط شاخه سال جاری توسط کولیس مشخص شد. اندازه عرض برگ با انتخاب یک برگ در گره سوم توسط خط‌کش تعیین گردید. اندازه‌گیری نشت یونی به وسیله اندازه‌گیری یون‌های نشت‌شده از بافت برگ به درون آب مقطر انجام گرفت. ابتدا پنج عدد دیسک برگ‌ی فاقد رگبرگ اصلی و یکسان (وزن تقریبی ۰/۱ گرم) تهیه شد. نمونه‌ها سه مرتبه با آب مقطر شسته تا الکترولیت‌های چسبیده به سطح آن‌ها حذف شوند. سپس در ظرف‌های حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۴۰ درجه سلسیوس قرار داده و پس از سردشدن در دمای اتاق هدایت الکتریکی آن‌ها با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی اندازه‌گیری شدند (C1). سپس نمونه‌ها در اتوکلاو در دمای

بهترین میزان آبیاری برای حفظ درخت و یا هر یک از صفات فیزیولوژیک، رویشی، کمی و یا کیفی میوه تعیین و در نهایت با برآورد اقتصادی یک تیمار برتر معرفی گردید.

نتایج و بحث

جدول ۳ میزان آب مورد نیاز آبیاری هر درخت در سال‌های آزمایش را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه میزان بارندگی در سال اول و دوم تفاوت چشمگیری داشته (۴۴۸ و ۷۳ میلی‌متر)، میزان آب آبیاری داده شده در سال اول و دوم نیز تفاوت قابل ملاحظه‌ای داشته است. در واقع سال اول یک سال پر آب و سال دوم یک سال خشک بوده است. به همین دلیل مشاهده می‌گردد که میزان آب آبیاری در دو سال آزمایش تفاوت قابل توجهی با هم دارند. قبلاً میانگین آبیاری تکمیلی در شرایط بدون تنش برای انجیرستان دیم استهبان ۱۵ مترمکعب به ازای هر درخت تعیین شده است (Shahrokhnia and Zare, 2020). با توجه به بیشتر بودن سطح سایه‌انداز در آن پژوهش نسبت به پژوهش حاضر، مقدار آب مورد نیاز درختان انجیر منطقه متفاوت گزارش شده است. مقدار آب مورد نیاز درختان انجیر در پژوهش حاضر در دو سال مختلف ۴/۴ و ۷/۱ و بطور میانگین ۵/۸ مترمکعب در سال برای هر درخت بود که با تطبیق شرایط این دو پژوهش، نتایج به دست آمده هم‌خوانی دارد. جدول ۳ نشان می‌دهد که در سال اول که بارش بیشتر بوده، آبیاری کمتر از سال دوم انجام شده است. بنابراین با استفاده از رگرسیون خطی روابطی که میزان آبیاری مورد نیاز را به میزان بارش مربوط می‌سازد استخراج و در شکل ۱ نمایش داده شده است. این روابط برای چهار سطح آبیاری ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد تعیین گردیده است. برای استفاده از این روابط باید در ابتدا سطح آبیاری مورد نظر و نمودار آن را در نظر گرفت. سپس با مشخص نمودن میزان بارش روی محور افقی، می‌توان میزان آب آبیاری مورد نیاز را از روی محور عمودی به دست آورد. لازم به توضیح است که این روابط تقریبی است و برای شرایط آب و هوایی معمول منطقه معتبر است. اگر در یک سال شرایط آب و هوایی خاصی حاکم باشد، مثلاً دما، رطوبت هوا یا سرعت باد خیلی کم یا خیلی زیادتر از حد معمول باشد، ممکن است این روابط از دقت کافی برخوردار نباشند، چون در نیاز آبی تغییر زیادی به وجود می‌آید.

رنگدانه‌های فتوسنتزی بر حسب گرم وزن تر محاسبه و ارائه شد. اندازه‌گیری میزان هدایت روزنه‌ای برگ با استفاده از دستگاه لیف پرومتر مدل اس‌سی-۱ ساخت شرکت دکاگن آمریکا انجام و از صفات زیر در زمان ذکرشده یادداشت‌برداری شد.

۱. تعداد گل‌آذین‌های تلقیح نشده: با انتخاب چهار شاخه سال جاری از چهار جهت اصلی تاج و شمارش گل‌آذین زرد شده و یا محل زخم گل‌آذین در آخر تیرماه شمارش شد.
 ۲. زمان رسیدن میوه‌ها: با شمارش تعداد میوه‌های رسیده در شاخه سال جاری اوایل شهریورماه مشخص شد.
 ۳. قطر میوه‌های خشک‌شده: در هر تیمار با دستگاه سورتنینگ به سه گروه تجاری بالاتر از ۲۳، بین ۱۷ تا ۲۳ و کم‌تر از ۱۷ میلی‌متر پس از پایان برداشت (آبان‌ماه) درجه‌بندی شد. سپس وزن میوه‌های هر سه درجه برای هر تیمار تعیین و این سه صفت برای همه تیمار مقایسه شد.
 ۴. درجه شکستگی میوه‌های خشک‌شده: در هر تیمار از نظر درجه شکستگی روزنه میوه انجیر به سه گروه تجاری صدیک (روزنه باز)، غنچه (روزنه نیمه‌باز) و خرمنی (روزنه بسته) پس از پایان برداشت (آبان‌ماه) توسط چشم تفکیک شد. سپس وزن میوه‌های هر سه گروه برای هر تیمار تعیین و این سه صفت برای همه تیمار مقایسه شد.
 ۵. رنگ پوست میوه‌های خشک‌شده: هر تیمار از نظر رنگ پوست میوه انجیر به سه گروه تجاری زرد، قهوه‌ای و قهوه‌ای تیره پس از پایان برداشت (آبان‌ماه) توسط چشم تفکیک شد. سپس وزن میوه‌های هر سه گروه برای هر تیمار تعیین و این سه صفت برای همه تیمار مقایسه شد.
 ۶. عملکرد وزنی: عملکرد هر تیمار پس از پایان برداشت (آبان‌ماه) با وزن میوه‌های خشک‌شده در هر تیمار محاسبه شد.
 ۷. وزن تک‌دانه: وزن تک‌دانه میوه‌های خشک‌شده برای هر تیمار، پس از پایان برداشت (آبان‌ماه) با وزن همه میوه‌ها و تقسیم‌نمودن بر تعداد آن‌ها مشخص شد.
 ۸. درصد خزان زود هنگام برگ‌ها با شمارش تعداد برگ‌های ریزش کرده و تخمین برگ‌های باقیمانده در مهرماه محاسبه شد.
- در ضمن میزان آلودگی به ترشیدگی میوه، شته و کنه به صورت مشاهده‌ای یادداشت برداری شد. همچنین پس از مشاهده این آلودگی‌ها، عامل آلودگی کنترل شد تا اثرات منفی آن‌ها بر داده‌های صفات دیگر کاهش یابد. پس از تجزیه و تحلیل سالانه و مرکب (دو سالانه) با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.13 و مقایسه میانگین تیمارها با به‌کارگیری آزمون دانکن انجام شد.

کمترین میزان عرض برگ به ترتیب ۱۱/۹ و ۹/۵ سانتی متر در تیمارهای ۵ و ۱ مشاهده شد. از لحاظ تعداد برگ، بیشترین و کمترین مقدار آن ۹/۳ و ۵/۹ برگ در شاخه بود که به ترتیب مربوط به تیمارهای ۵ و ۱ بود. بیشترین مقدار طول شاخه ۱۱/۳ سانتی متر و کمترین آن ۶/۲ سانتی متر بود که به ترتیب در تیمارهای ۵ و ۱ مشاهده گردید. بیشترین و کمترین مقدار قطر شاخه به ترتیب ۸/۳ و ۶/۷ میلی متر و مربوط به تیمارهای ۵ و ۱ به دست آمد. بنابراین بطور کلی می توان گفت که با افزایش آب آبیاری، صفات رویشی درخت انجیر بهبود یافت و به عبارتی دیگر درخت از رشد بهتری برخوردار شد.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات رویشی تیمارهای آزمایش

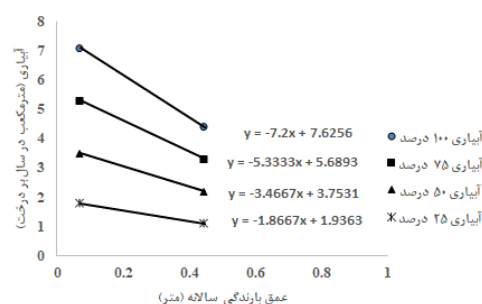
تیمار	طول برگ (سانتی متر)	عرض برگ (سانتی متر)	تعداد برگ	طول شاخه (سانتی متر)	قطر شاخه (میلی متر)
۱	۹/۹ e	۹/۵ d	۵/۹ d	۶/۲ d	۶/۷ d
۲	۱۰/۴ d	۹/۸ cd	۷ c	۷ cd	۷ cd
۳	۱۱ c	۱۰/۴ bc	۷/۱ bc	۷/۹ c	۷/۲ c
۴	۱۱/۸ b	۱۱/۱ b	۷/۹ b	۹/۳ b	۷/۷ b
۵	۱۲/۵ a	۱۱/۹ a	۹/۳ a	۱۱/۳ a	۸/۳ a

صفات بیوشیمیایی برگ و میوه انجیر

اثرات اصلی تیمارهای آبیاری بر تمامی صفات بیوشیمیایی برگ و میوه انجیر در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد. اثر سال و اثرات متقابل سال و سطوح آبیاری فقط بر مواد جامد محلول به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی دار بود ولی بر سایر صفات بیوشیمیایی برگ و میوه انجیر اثر معنی داری نداشتند. با مقایسه میانگین های صفات بیوشیمیایی با آزمون دانکن ($\alpha = 0.05$) در تیمارهای آبیاری (جدول ۵) مشاهده می گردد که با افزایش میزان آبیاری، ماده خشک برگ روند کاهشی دارد که بیشترین مقدار آن ۴۲/۶ درصد و مربوط به تیمار ۱ است. کمترین میزان ماده خشک برگ ۳۶/۲ درصد و مربوط به تیمار ۵ بود. بیشترین و کمترین درصد آب برگ با ۶۳/۸ و ۵۷/۴ درصد به ترتیب در تیمار ۵ و ۱ مشاهده شد. با افزایش آب آبیاری درصد ماده خشک میوه کاهش یافت؛ به گونه ای که بیشترین و کمترین میزان آن با به ترتیب ۳۵/۸ و ۲۶ درصد متعلق به تیمارهای ۱ و ۵ بود. کمترین و بیشترین میزان آب میوه مربوط به تیمارهای ۱ و ۵ و به ترتیب برابر با ۶۴/۲ و ۷۴ درصد بود. با افزایش آب آبیاری، درصد مواد جامد محلول کاهش یافت که بیشترین و کمترین مقدار آن به ترتیب

جدول ۳- میزان آب آبیاری تیمارهای مختلف در دو سال آزمایش (مترمکعب در سال برای هر درخت)

تیمار	تیمار	سال اول	سال دوم	میانگین دو سال
۱	بدون آبیاری (تیمار شاهد)	۰/۰	۰/۰	۰/۰
۲	نیاز آبیاری ۲۵ درصد	۱/۱	۱/۸	۱/۵
۳	نیاز آبیاری ۵۰ درصد	۲/۲	۳/۵	۲/۹
۴	نیاز آبیاری ۷۵ درصد	۳/۳	۵/۳	۴/۳
۵	نیاز آبیاری ۱۰۰ درصد	۴/۴	۷/۱	۵/۸



شکل ۱- روابط رگرسیون خطی بین میزان آبیاری مورد نیاز و عمق بارندگی سالانه

صفات رویشی

نتایج تجزیه واریانس صفات رویشی انجیر نشان داد اثر میزان آبیاری و اثر متقابل میزان آبیاری و سال بر طول برگ تأثیر معنی داری در سطح احتمال یک درصد داشتند، اما اثر سال بر طول برگ معنی داری نبود. اثر میزان آبیاری بر عرض برگ در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود، اما اثر سال و اثر متقابل سال و میزان آبیاری بر عرض برگ معنی دار نشد. اثر سال و اثر متقابل سال و میزان آبیاری بر تعداد برگ به ترتیب در سطح پنج و یک درصد معنی دار بودند، اما اثر متقابل آن ها بر تعداد برگ معنی دار نشد. سال و میزان آبیاری بر طول شاخه در سطح یک درصد تأثیر معنی داری داشتند، اما اثر متقابل آن ها بر طول شاخه معنی دار نبود. همچنین اثر میزان آبیاری بر قطر شاخه در سطح یک درصد معنی دار بود، اما اثر سال و اثر متقابل سال و میزان آبیاری بر قطر شاخه معنی دار نبود (جدول ۴). مقایسه میانگین صفات رویشی نشان می دهد که با افزایش میزان آبیاری و تامین آب مورد نیاز گیاه تا ۱۰۰ درصد، روند افزایشی در صفات رویشی طول، عرض و تعداد برگ و طول و قطر شاخه ایجاد شد؛ به طوری که بیشترین و کمترین مقدار طول برگ به ترتیب در تیمارهای ۵ و ۱ با ۱۲/۵ و ۹/۹ سانتی متر بود. بیشترین و

بنابراین بیشترین و کمترین میزان این دو رنگدانه به ترتیب مربوط به تیمار ۵ (۱۰۰ درصد نیاز آبی) و ۱ (شاهد بدون آبیاری) بود. همچنین، بیشترین و کمترین میزان کاروتن به ترتیب در تیمار ۴ (۷۵ درصد نیاز آبی) و ۲ (۲۵ درصد نیاز آبی) مشاهده شد.

صفات فیزیولوژیکی برگ انجیر

اثر تیمارهای آبیاری برای همه ویژگی‌های فیزیولوژیکی مورد بررسی در این آزمایش اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد نشان دادند. اثر سال و اثر متقابل تیمار و سال بر محتوای نسبی آب برگ و هدایت روزنه‌ای در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شدند، اما بر دمای برگ و نشت یونی بدون اختلاف معنی‌دار بودند. نتایج مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیکی برگ انجیر نشان داد که با افزایش آبیاری روند افزایشی در محتوای نسبی آب برگ مشاهده شد؛ به طوری که تیمار ۵ (۱۰۰ درصد نیاز آبی) و ۱ (شاهد بدون آبیاری) به ترتیب بیشترین (۷۹/۷ درصد) و کمترین میزان این ویژگی (۶۴/۱ درصد) را داشتند. روند معنی‌دار کاهشی برای ویژگی‌های دمای برگ و نشت یونی با افزایش میزان آبیاری اتفاق افتاد؛ به گونه‌ای که بالاترین دمای برگ (۳۱/۳ درجه سلسیوس) و بیشترین نشت یونی (۱۸/۲ درصد) مربوط به تیمار شاهد بدون آبیاری بود (جدول ۷). کمترین میزان دمای برگ (۲۸/۱ درجه) و کمترین میزان نشت یونی (۱۱/۵ درصد) متعلق به تیمار ۵ بود. بیشترین و کمترین میزان هدایت روزنه‌ای نیز به ترتیب مربوط به تیمار ۵ و تیمار ۱ بود.

جدول ۷- مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیکی برگ انجیر در تیمارهای آزمایش

تیمار	محتوای نسبی آب برگ (%)	دمای برگ (°C)	هدایت روزنه‌ای (mmol m ⁻² s ⁻¹)	نشت یونی (%)
۱	۶۴/۱ d	۳۱/۳ a	۳۴۷ e	۱۸/۲ a
۲	۷۱/۴ c	۳۰/۱ b	۳۹۹ d	۱۵/۷ b
۳	۷۵/۲ b	۲۹/۲ bc	۴۲۵ c	۱۳/۵ bc
۴	۷۶/۸ b	۲۸/۵ cd	۴۶۸ b	۱۳ c
۵	۷۹/۷ a	۲۸/۱ d	۵۵۴ a	۱۱/۵ c

صفات کمی و کیفی میوه انجیر

بر اساس نتایج، اثر سال فقط بر دیررسی میوه و تعداد گل‌آذین تلقیح شده در سطح احتمال ۱ درصد و بر درصد میوه‌های میان‌رس و عملکرد در سطح احتمال ۵ درصد تأثیر معنی‌داری

در تیمارهای ۱ و ۵ با ۲۲/۲ و ۱۳/۷ درصد مشاهده گردید. تیمارهای ۳ تا ۵ از نظر مواد جامد محلول در یک سطح معنی‌دار قرار گرفتند که علاوه بر اختلاف معنی‌دار با شاهد با تیمار ۲ نیز با تأمین ۲۵ درصد نیاز آبی تفاوت معنی‌دار دارند. بنابراین بطور کلی می‌توان به این نتیجه رسید که با افزایش آب آبیاری، آب برگ و آب میوه افزایش و مواد جامد محلول و ماده خشک برگ و میوه کاهش می‌یابد.

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات بیوشیمیایی برگ و میوه انجیر در تیمارهای آزمایش

تیمار	ماده خشک برگ (%)	آب برگ (%)	ماده خشک میوه (%)	آب میوه (%)	ماده جامد محلول (%)
۱	۴۲/۶ a	۵۷/۴ d	۳۵/۸ a	۶۴/۲ e	۲۲/۲ a
۲	۴۱/۱ b	۵۸/۹ c	۳۳/۸ b	۶۶/۲ d	۱۸/۵ b
۳	۴۰/۱ bc	۵۹/۹ bc	۳۰/۸ c	۶۹/۲ c	۱۵/۴ c
۴	۳۸/۸ c	۶۱/۲ b	۲۸/۳ d	۷۱/۷ b	۱۴/۳ c
۵	۳۶/۲ d	۶۳/۸ a	۲۶ e	۷۴ a	۱۳/۷ c

رنگدانه‌های فتوسنتزی برگ انجیر

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های مربوط به میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی برگ نشان داد که اثر سال بر همه رنگدانه‌ها در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. اثر تیمارها و اثر متقابل تیمار و سال بر میزان کلروفیل a، کلروفیل کل و کاروتن در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد اما بر کلروفیل b اثر معنی‌دار نداشتند. مقایسه میانگین داده‌های رنگدانه‌های فتوسنتزی برگ انجیر با آزمون دانکن بیانگر آن بود که تأثیر تیمارهای مورد آزمایش به جز کلروفیل b بر سایر رنگدانه‌ها در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود روند افزایشی در میزان رنگدانه کلروفیل a و کلروفیل کل با افزایش میزان آبیاری ایجاد شد؛

جدول ۶- مقایسه میانگین رنگدانه‌های فتوسنتزی برگ انجیر در تیمارهای آزمایش

تیمار	کلروفیل a (mg.g ⁻¹)	کلروفیل b (mg.g ⁻¹)	کلروفیل کل (mg.g ⁻¹)	کاروتن (mg.g ⁻¹)
۱	۸/۶ d	۱/۴ a	۱۰/۱ d	۱۰/۴ b
۲	۱۰/۸ c	۱/۳ a	۱۲/۲ c	۶/۳ c
۳	۱۱/۸ c	۱/۴ a	۱۳/۲ c	۱۰/۸ b
۴	۱۴ b	۱/۳ c	۱۵/۳ b	۱۴/۶ a
۵	۱۷/۱ a	۲/۶ a	۱۹/۴ a	۱۰/۱ b

شده، عملکرد و وزن تک دانه میوه انجیر شد، به همین علت تیمار ۵ (۱۰۰ درصد نیاز آبی) بیشترین مقادیر این شاخص‌ها را دارا بود. تیمارهای سطوح مختلف آبیاری تأثیر معنی‌داری بر صفات درصد میوه‌های میان‌رس، تعداد میوه‌های نارس و تلقیح نشده، نداشتند. بیشترین و کمترین میزان عملکرد هر درخت به ترتیب ۷۶۷۱ و ۳۱۱۹ گرم و مربوط به تیمارهای ۵ و ۱ بود. بیشترین و کمترین میزان وزن هر عدد میوه نیز به ترتیب ۶ و ۴/۹ گرم و مربوط به تیمارهای ۵ و ۱ بود. نتایج به دست آمده درخصوص کمیت و کیفیت میوه با تحقیقات قبلی همخوانی دارد (Shahrokhnia and Zare, 2020).

داشت. اثر تیمار (سطوح مختلف آبیاری) بر قطر میوه تازه رسیده، درصد میوه‌های زودرس، درصد میوه‌های دیررس، تعداد میوه‌های تلقیح شده، عملکرد و وزن تک دانه میوه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و بر صفات درصد میوه‌های میان‌رس و تعداد میوه‌های نارس و تلقیح نشده بدون اختلاف معنی‌دار بود. اثر متقابل تیمار و سال فقط برای عملکرد در سطح ۵ درصد تأثیر معنی‌دار نشان داد و بر سایر صفات کمی و کیفی میوه انجیر تأثیر معنی‌داری نداشت. مقایسه میانگین صفات کمی و کیفی میوه انجیر (جدول ۸) نشان داد که افزایش میزان آبیاری باعث روند معنی‌دار افزایشی در قطر میوه تازه، درصد میوه‌های زودرس، تعداد گل‌آذین‌های تلقیح

جدول ۸- مقایسه میانگین صفات کمی و کیفی میوه انجیر در تیمارهای آزمایش

تیمار	قطر میوه رسیده	زودرس (/)	میان‌رس (/)	دیررس (/)	نارس	تلقیح شده	تلقیح نشده	عملکرد (گرم)	وزن تک دانه (گرم)
۱	c	۲۹/۶	d	۲/۲	a	۵۹/۵	a	۳۸/۲	a
۲	bc	۳۰/۹	cd	۳/۲	a	۶۴/۱	a	۳۲/۷	a
۳	b	۳۱/۸	bc	۴/۴	a	۶۸/۸	b	۲۶/۷	a
۴	b	۳۲	b	۵/۶	a	۶۸/۳	b	۲۶/۱	b
۵	a	۳۴/۴	a	۸/۱	a	۶۹/۲	a	۲۲/۷	b

صفات کیفی تجاری میوه خشک انجیر

نتایج نشان داد که اثر سال بر درصد میوه‌های خشک انجیر با اندازه کوچک معنی‌دار نشد اما تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر سایر صفات کیفی تجاری میوه خشک انجیر داشت. اثر تیمارهای آبیاری بر درصد میوه‌های غنچه (استیول نیمه شکفته)، اندازه بزرگ و کوچک و دارای رنگ پوست زرد و قهوه‌ای تیره در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود، اما بر سایر صفات اثر معنی‌داری نداشت. اثر متقابل سال و تیمار بر درصد میوه‌های با اندازه کوچک، پوست زرد و قهوه‌ای تیره در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار ولی بر

سایر صفات اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. جدول مقایسه میانگین صفات کیفی تجاری میوه خشک انجیر (جدول ۹) نشان داد که با افزایش میزان آبیاری روند معنی‌دار افزایشی در درصد میوه‌های صدیک (استیول به-طور کامل باز)، اندازه بزرگ و زرد اتفاق افتاد. بنابراین تیمار ۵ با آبیاری در سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی با بیشترین درصد میوه‌های صدیک (۴ درصد)، اندازه بزرگ (۲۸/۴ درصد) و زرد (۱۹/۲ درصد) به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها از وضعیت مناسب‌تری برخوردار بود.

جدول ۹- مقایسه میانگین صفات کیفی تجاری میوه خشک انجیر در تیمارهای آزمایش

تیمار	صدیک (/)	غنچه (/)	خرمنی (/)	اندازه بزرگ (/)	اندازه متوسط (/)	اندازه کوچک (/)	زرد (/)	قهوه‌ای (/)	قهوه‌ای تیره (/)
۱	b	۲/۴	c	۹۴/۲	a	۱۶/۴	a	۷۸/۴	a
۲	ab	۲/۹	b	۹۲	ab	۲۰/۷	bc	۷۶/۱	ab
۳	ab	۳/۱	ab	۹۰/۴	b	۲۲/۲	c	۷۳/۸	ab
۴	ab	۳/۵	b	۸۸/۶	b	۲۳/۹	cd	۷۳/۱	ab
۵	a	۴	b	۸۸/۵	a	۲۸/۴	d	۶۹/۹	b

بهره‌وری آب

مقادیر بهره‌وری آب در تیمارهای مختلف در جدول ۱۰ آورده شده‌است. بیشترین میزان بهره‌وری آب در سال اول، متعلق به تیمار ۲ با ۱/۳۲ کیلوگرم بر متر مکعب و به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر تیمارها بود. اما در سال دوم و میانگین دو ساله، بیشترین میزان بهره‌وری آب در تیمار ۱، به‌ترتیب با ۴/۰۱ و ۲/۵۲ کیلوگرم بر متر مکعب و به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر تیمارها بود. یعنی با افزایش آب آبیاری، بهره‌وری آب کاهش یافت. کمترین میزان بهره‌وری آب در دو سال به‌طور میانگین مربوط به تیمار ۴ با ۰/۹۷ کیلوگرم بر مترمکعب بود که البته تفاوت معنی‌داری با بهره‌وری آب در تیمار ۵ (۰/۹۹ کیلوگرم بر مترمکعب) و تیمار ۳ (۱/۰۷ کیلوگرم بر مترمکعب) نداشت. نتایج به دست آمده در زمینه بهره‌وری آب انجیر با نتایج به دست آمده قبلی (Shahrokhnia and Zare, 2020) هم-خوانی دارد.

جدول ۱۰- مقادیر بهره‌وری آب در تیمارهای مختلف

تیمار	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر متر مکعب)		
	سال اول	سال دوم	میانگین دو ساله
۱	c1/03	a4/01	a2/52
۲	a1/32	b1/42	b1/37
۳	b1/12	b1/03	c1/07
۴	b1/09	b0/84	c0/97
۵	b1/20	b0/78	c0/99

بررسی اقتصادی

جداول شماره ۱۱ و ۱۲ نتایج مربوط به بررسی اقتصادی را با و بدون درنظر گرفتن ارزش واقعی آب نشان می‌دهند. همچنین نتایج اولویت‌بندی تیمارهای مختلف بر اساس بیشترین منافع خالص و بر اساس نسبت سود به هزینه نشان داده شده است. جدول ۱۱ نشان می‌دهد که بدون در نظر گرفتن ارزش آب، در سال اول تیمارهای شماره ۳، ۵ و ۴ با به‌ترتیب ۴۲۴۲۵۳۴، ۴۱۰۰۸۶۴ و ۳۹۹۲۵۵۹ ریال در هکتار دارای بیشترین درآمد خالص بودند. همچنین، نتایج سال دوم نشان می‌دهد که تیمارهای شماره ۴، ۵ و ۲ به‌ترتیب با ۱۲۳۵۴۹۰۷، ۱۱۴۲۰۰۸۹ و ۱۱۱۵۱۷۲۷ ریال در هکتار بیشترین درآمد خالص را داشتند. علاوه بر آن میانگین نتایج دو سال نشان می‌دهد که تیمارهای شماره ۴، ۵ و ۳ به‌ترتیب با ۸۱۷۳۷۳۳،

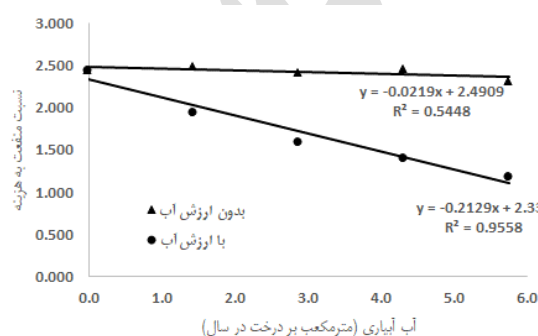
۷۷۶۰۴۷۶ و ۷۵۸۰۷۵۱ ریال در هکتار دارای بیشترین درآمد خالص بودند. به‌طور کلی می‌توان گفت تیمارهایی که آب بیشتری دریافت نموده‌اند، درآمد خالص بیشتری داشته‌اند. با بررسی مقادیر نسبت سود به هزینه، نتایج برعکس شد و تیمارهایی که آب کمتری دریافت نمودند دارای اولویت اقتصادی بیشتری بودند. به‌طوری که به‌طور میانگین، نسبت سود به هزینه در تیمار بدون آبیاری و آبیاری ۱۰۰ درصد به‌ترتیب ۲/۴۶ و ۲/۳۱ بوده است. جدول ۱۲ نتایج بررسی‌های اقتصادی با در نظر گرفتن ارزش واقعی آب را در منطقه نشان می‌دهد. ارزش واقعی آب در منطقه در سال اول و دوم تحقیق به‌ترتیب ۸۰۶۰ و ۱۰۵۶۰ ریال به ازای هر مترمکعب بود. نتایج بررسی‌های اقتصادی در این شرایط نشان می‌دهد که به‌طور کلی تیمارهایی که مصرف آب کمتری داشته‌اند هم از لحاظ درآمد خالص و هم از لحاظ نسبت سود به هزینه اقتصادی‌تر شده‌اند. بنابراین تیمار بدون آبیاری یا آبیاری دیم دارای بیشترین منفعت اقتصادی بوده است. شکل‌های ۲ و ۳ تغییرات نسبت منفعت به هزینه و درآمد خالص را با افزایش میزان آب آبیاری در شرایط با و بدون درنظر گرفتن ارزش آب نشان می‌دهد. ملاحظه می‌گردد که در شرایط در نظر گرفتن ارزش واقعی آب، نسبت منفعت به هزینه و درآمد خالص با افزایش آب آبیاری کاهش یافته که می‌توان این تغییرات را به صورت یک تابع خط راست بیان نمود. در حالیکه بدون در نظر گرفتن ارزش واقعی آب، این تغییرات یا افزایشی بوده و یا کاهش محسوسی نداشته است. این نتایج بیانگر این واقعیت است که لحاظ نمودن ارزش آب در تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی می‌تواند نتایج به دست آمده را کاملاً دگرگون کند. یعنی سناریوهایی که بدون درنظر گرفتن ارزش واقعی آب دارای اولویت بوده‌اند، پس از درنظر گرفتن ارزش واقعی آب در اولویت نخواهند بود. البته با توجه به اینکه بسیاری از کشاورزان به‌طور مستقیم هزینه‌ای را بابت ارزش یا قیمت واقعی آب نمی‌پردازند، انجام آبیاری برای این دسته از کشاورزان باعث افزایش کمی و کیفی محصول شده و می‌تواند از نظر سود اقتصادی در اولویت باشد، اگر چه در سطح کلان کشور این نوع فعالیت‌های کشاورزی اقتصادی نخواهد بود.

جدول ۱۱- نتایج درآمدهای ناخالص، هزینه‌های متغیر تولید و درآمد خالص تولید بدون در نظر گرفتن ارزش آب

تیمار	سال	درآمد ناخالص (ریال در هکتار)	هزینه متغیر تولید (ریال در هکتار)	نسبت سود به هزینه	رتبه‌بندی تیمارها	درآمد خالص (ریال در هکتار)	رتبه‌بندی
۱	اول	۸۷۸۱۶۷۵	۵۰۲۰۶۰۰	۱/۷۵	۲	۳۷۶۱۰۷۵	۵
۲		۹۱۰۸۰۲۲	۵۲۴۰۶۰۰	۱/۷۴	۳	۳۸۶۷۴۲۲	۴
۳		۹۷۰۳۱۳۴	۵۴۶۰۶۰۰	۱/۷۸	۱	۴۲۴۲۵۳۴	۱
۴		۹۶۷۳۱۵۹	۵۶۸۰۶۰۰	۱/۷۰	۴	۳۹۹۲۵۵۹	۳
۵		۱۰۰۰۱۴۶۴	۵۹۰۰۶۰۰	۱/۶۹	۵	۴۱۰۰۸۶۴	۲
۱	دوم	۱۴۵۵۱۱۱۵	۴۴۸۲۷۰۰	۳/۲۵	۲	۱۰۰۶۸۴۱۵	۵
۲		۱۵۹۸۹۴۲۷	۴۸۳۷۷۰۰	۳/۳۱	۱	۱۱۱۵۱۷۲۷	۳
۳		۱۶۱۱۱۶۶۸	۵۱۹۲۷۰۰	۳/۱۰	۴	۱۰۹۱۸۹۶۸	۴
۴		۱۷۹۰۲۶۰۷	۵۵۴۷۷۰۰	۳/۲۳	۳	۱۲۳۵۴۹۰۷	۱
۵		۱۷۳۲۲۷۸۹	۵۹۰۲۷۰۰	۲/۹۳	۵	۱۱۴۲۰۰۸۹	۲
۱	میانگین دو سال	۱۱۶۶۶۳۹۵	۴۷۵۱۶۵۰	۲/۴۶	۳	۶۹۱۴۷۴۵	۵
۲		۱۲۵۴۸۷۲۵	۵۰۳۹۱۵۰	۲/۴۹	۱	۷۵۰۹۵۷۵	۴
۳		۱۲۹۰۷۴۰۱	۵۳۲۶۶۵۰	۲/۴۲	۴	۷۵۸۰۷۵۱	۳
۴		۱۳۷۸۷۸۸۳	۵۶۱۴۱۵۰	۲/۴۶	۲	۸۱۷۳۷۳۳	۱
۵		۱۳۶۶۲۱۲۶	۵۹۰۱۶۵۰	۲/۳۱	۵	۷۷۶۰۴۷۶	۲

جدول ۱۲- نتایج درآمدهای ناخالص، هزینه‌های متغیر تولید و درآمد خالص تولید با در نظر گرفتن ارزش آب

تیمار	سال	درآمد ناخالص (ریال در هکتار)	هزینه متغیر تولید (ریال در هکتار)	درآمد خالص (ریال در هکتار)	رتبه‌بندی تیمارها	نسبت سود به هزینه	رتبه‌بندی
۱	اول	۸۷۸۱۶۷۵	۵۰۲۰۶۰۰	۳۷۶۱۰۷۵	۱	۱/۷۵	۱
۲		۹۱۰۸۰۲۲	۶۱۲۷۲۰۰	۲۹۸۰۸۲۲	۲	۱/۴۹	۲
۳		۹۷۰۳۱۳۴	۷۲۳۳۸۰۰	۲۴۶۹۳۳۴	۳	۱/۳۴	۳
۴		۹۶۷۳۱۵۹	۸۳۴۰۴۰۰	۱۳۳۲۷۵۹	۴	۱/۱۶	۴
۵		۱۰۰۰۱۴۶۴	۹۴۴۷۰۰۰	۵۵۴۴۶۴	۵	۱/۰۶	۵
۱	دوم	۱۴۵۵۱۱۱۵	۴۴۸۲۷۰۰	۱۰۰۶۸۴۱۵	۱	۳/۲۵	۱
۲		۱۵۹۸۹۴۲۷	۶۷۱۲۱۰۰	۹۲۷۷۲۲۷	۲	۲/۳۸	۲
۳		۱۶۱۱۱۶۶۸	۸۹۴۱۵۰۰	۷۱۷۰۱۶۸	۳	۱/۸۰	۳
۴		۱۷۹۰۲۶۰۷	۱۱۱۷۰۹۰۰	۶۷۳۱۷۰۷	۴	۱/۶۰	۴
۵		۱۷۳۲۲۷۸۹	۱۳۴۰۰۳۰۰	۳۹۳۲۴۸۹	۵	۱/۲۹	۵
۱	میانگین دو سال	۱۱۶۶۶۳۹۵	۴۷۵۱۶۵۰	۶۹۱۴۷۴۵	۱	۲/۴۶	۱
۲		۱۲۵۴۸۷۲۵	۶۴۱۹۶۵۰	۶۱۲۹۰۷۵	۲	۱/۹۵	۲
۳		۱۲۹۰۷۴۰۱	۸۰۸۷۶۵۰	۴۸۱۹۷۵۱	۳	۱/۶۰	۳
۴		۱۳۷۸۷۸۸۳	۹۷۵۵۶۵۰	۴۰۳۲۲۳۳	۴	۱/۴۱	۴
۵		۱۳۶۶۲۱۲۶	۱۱۴۲۳۶۵۰	۲۲۳۸۴۷۶	۵	۱/۲۰	۵



شکل ۲- تغییرات نسبت منفعت به هزینه به میزان آب آبیاری با و بدون در نظر گرفتن ارزش آب

چون از آب به عنوان یک کالای با ارزش، استفاده بهینه نشده است. اما برای کشاورزانی که آب را خریداری کرده یا به عبارتی هزینه ارزش واقعی آب را پرداخت می‌کنند، انجام آبیاری از نظر اقتصادی به صرفه نخواهد بود و تیمار بدون آبیاری یا دیم، اقتصادی‌ترین تیمار خواهد بود. بنابراین به طور کلی می‌توان گفت انجام هرگونه آبیاری باغات انجیر دیم، اگرچه ممکن است برای کشاورزان باعث منفعت اقتصادی بیشتر شود، اما در سطح کلان کشور دارای اولویت نخواهد بود و بهتر است انجام نشود.

مختلف متفاوت بوده که بایستی در تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی به آن توجه شود. در این پژوهش روابطی تجربی برای تخمین میزان آب آبیاری مورد نیاز بر اساس میزان بارش سالانه ارائه شد که می‌تواند توسط کشاورزان و کارشناسان برای برآورد میزان آب آبیاری در سطوح آبیاری مختلف استفاده شود.

تقدیر و تشکر

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.

تضاد منافع نویسندگان

در این مقاله هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد و این مسئله مورد تایید همه نویسندگان است.

دسترسی به داده‌ها

داده‌های استفاده شده در این پژوهش از طریق مکاتبه با نویسنده مسئول در اختیار قرار خواهد گرفت.

مشارکت نویسندگان

نحوه و میزان مشارکت نویسندگان در انجام این پژوهش به صورت زیر است:

نویسنده اول: جمع‌آوری و تحلیل داده‌های آبیاری و نگارش مقاله

نویسنده دوم: جمع‌آوری و تحلیل داده‌های باغبانی

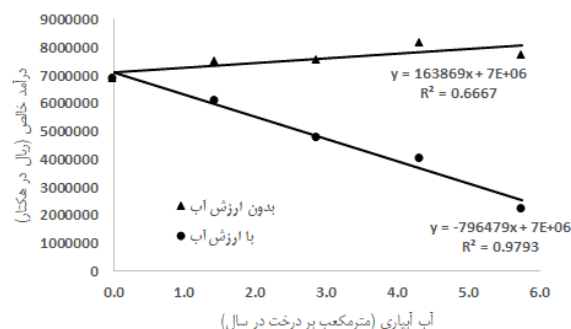
نویسنده سوم: انجام تحلیل اقتصادی

اصول اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر عملی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تایید همه آنها می‌باشد.

منابع

- 1-Abdolahipour, M., Kamgar-Haghighi, A.A. and 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, pp. 322-332.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.03.030>
- 2-Abdolahipour, M., Kamgar-Haghighi, A.A., Sepaskhah, A.R., Zand-Parsa, S., Honar, T. and



شکل ۳- تغییرات درآمد خالص به میزان آب آبیاری با و بدون در نظر گرفتن ارزش آب

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیقات گذشته در خصوص آبیاری مزارع و باغات نشان می‌دهد که در اغلب موارد با افزایش آب آبیاری، عملکرد کمی و کیفی محصول تا یک حد به‌خصوص افزایش و پس از آن ممکن است کاهش یابد. در اراضی یا باغات دیم موضوع متفاوت بوده و ممکن است در شرایط کمبود بارندگی انجام آبیاری تکمیلی نیز ضروری شود. در انجیرستان دیم استهبان، در سال‌های کم باران، درختان انجیر را آبیاری می‌کنند که در اغلب موارد این آبیاری‌ها بی‌رویه بوده و مشخص نشده که از نظر کمی، کیفی و اقتصادی چه تأثیری بر محصول می‌گذارد. در تحقیق حاضر این موضوع بررسی شد. نتایج نشان داد که انجام آبیاری از ۲۵ تا ۱۰۰ درصد نیاز آبی درختان انجیر، باعث افزایش کمی و کیفی محصول انجیر شده که باعث افزایش سود اقتصادی کشاورزان نیز می‌گردد. اما نکته مهم این است که چون کشاورزان فقط هزینه انتقال آب توسط تانکر را پرداخت نموده و هزینه‌ای را به‌عنوان ارزش یا قیمت واقعی آب پرداخت نمی‌کنند، آبیاری این درختان از نظر اقتصادی برای آنها به‌صرفه است. نتایج بررسی‌ها نشان داد که با لحاظ نمودن ارزش یا قیمت واقعی آب، تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی می‌تواند کاملاً دگرگون شود و انجام آبیاری دیگر به‌صرفه نخواهد بود. البته در بعضی شرایط که عدم انجام آبیاری تکمیلی باعث خشک شدن درختان می‌شود، انجام آبیاری تکمیلی ضروری خواهد بود که در تحقیقات قبلی، به نحوه تعیین زمان و مقدار آن اشاره شده است. در شرایط فعلی که هزینه‌ای بابت ارزش واقعی آب توسط کشاورزان پرداخت نمی‌شود، زیانی متوجه کشاورزان نشده و این زیان به منابع آبی و کل کشور وارد می‌شود. با توجه به افزایش تورم در سال‌های اخیر، میزان ارزش واقعی آب در سال‌های

- productivity of Estahban rainfed fig trees. Iranian Water Research Journal, 18(4), pp. 33-42. [In Persian]
- 14-Shirbani, S., Davari Nejad, G. and Shoor, M., 2012. A study of stomatal characteristics in fig cultivars under drought stress conditions. Iranian Journal of Horticultural Science, 43(2), pp. 125-133. [In Persian]
- Razzaghi, F., 2019 a. 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, pp. 241-254.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.023>
- 3-Abdolahipour, M., Kamgar-Haghighi, A.A., Sepaskhah, A.R. and Zand-Parsa, S., 2019 b. The Influence of Supplemental Irrigation on Soil Water, Fig Yield and Fig Growers' Income under Drought Conditions in Rainfed Fig Orchards. Journal of Irrigation Science and Engineering, 42(4), pp. 61-74. [In Persian]
<https://doi.org/10.22055/jise.2018.23455.1672>
- 4-Agarie, S., Hanaoka, N., Kubota, F., Agata, W. and Kaufman, P., 1995. Measurement of cell membrane stability evaluated by electrolyte leakage as a drought and heat tolerance test in rice (*Oryza sativa* L.). Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University, 40, pp. 233-240.
- 5-Al-Desouki, M., Abd El-Rahman, I. and 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(6), pp. 899-908.
- 6-Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56, 300p.
- 7-Costa, J.M., Ortuno, M.F. and Chaves, M.M., 2007. Deficit irrigation as a strategy to save water: Physiology and potential application to horticulture. Journal of integrative plant biology, 49(10), pp. 1421-1434.
- 8-Davarynejad, G., Shirbani, S. and Zarei, M., 2016. Effects of deficient irrigation on some of the morpho-physiological characteristics of four fig cultivars. Journal of Horticultural Science, 29(4), pp. 501-517. [In Persian]
- 9-Hiscox, J.T. and Israelstam, G.F., 1979. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. Canadian Journal of Botany, 57(12), pp. 1332-1334.
- 10-Ritchie, S.W., Nguyen, H.T. and Holaday, A.S., 1990. Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop science, 30, pp. 105-111.
- 11-Rostami, A.A. and Rahemi, M., 2013. Screening drought tolerance in Capri fig varieties in accordance to responses of antioxidant enzymes. World Applied Sciences Journal, 21(8), pp. 1213-1219.
- 12-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), pp. 317-334. [In Persian]
- 13-Shahrokhnia, M.A. and Zare, H., 2024. Investigating the interaction of pruning and water stress on the number of supplementary irrigation times and water