Shahid Chamran University of Ahvaz

Irrigation Sciences and Engineering (JISE)
Vol. 46, No. 2, Summer 2023, p. 103-118

Journal homepage: https://jise.scu.ac.ir

Research Paper

EXTENDED ABSTRACT

Investigation of applied water, physical and economic productivity of water in fig orchards

A. Ghadami Firouzabadi[1*], F. Abbasi[2], M. Jovzi[3], B. Aboulpor[4], N. Kohi[5], A. Eslami[6], P. Varjavand[7] and A. Nasseri[8]

1*- *Corresponding author, Associate Professor of Irrigation and Drainage Engineering, Agricultural Engineering Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran. (a.ghadami@areeo.ac.ir).*
2- *Professor of Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.*
3- *Assistant Professor, soil and water Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran.*
4- *Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Fars, Iran.*
5- *Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kerman, Iran.*
6- *Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Fars, Iran.*
7- *Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Ahvaz Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahvaz, Iran.*
8- *Associate Professor, Agricultural Engineering Research Department, East Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran.*

ARTICLE INFO

Artlcle history:
Received: 6 April 2022
Revised: 19 October 2022
Accepted: 22 October 2022

Keywords:
Productivity, Penman-Monteith, Economic Analysis, Water Requierement.

TO CITE THIS ARTICLE:

Ghadami Firouzabadi, A., Abbasi, F., Jovzi, M., Aboulpour, B., koohi, N., Eslami, A., Varjavand, P., Naseri, A. (2023). 'Investigation of applied water, physical and economic productivity of water in fig orchards', Irrigation Sciences and Engineering, 46(2), pp. 103-118. doi: 10.22055/jise.2022.40502.2023.

Introduction

Figs are one of the main horticultural products in Iran due to their high nutritional value, high yield and economic value, and resistance to adverse climatic conditions. About one million tons of figs are produced annually in the world, Iran is the fifth largest producer of this product in the world (FAO, 2018). In addition to the above, the agricultural sector in Iran, like many countries, is the main consumer of water from renewable water sources. But there are not exact information on the volume of irrigation applied water and water productivity of this product in Iran. Therefore, this study was conducted with the aim of measurement of applied water at field scale and evaluation of water productivity of figs orchards at selected provinces in Iran.

Methodology

To measure the amount of applied irrigation water in fig orchards, 100 orchards in Fars, Lorestan, Khuzestan, Kerman and Kermanshah provinces were selected as hubs of this product. The volume of irrigation water provided by gardeners were measured. These provinces covered about 70 percent of the irrigated figs cultivated areas. In each province, 1-3 cities with the highest area of fig cultivation were selected for evaluation. The number of fig orchards studied in each province has been selected according to the area of fig orchards in that province. The measurements were conducted in different irrigation methods, different salinity of irrigation water and soil, various soils and different fig varieties during the growing season of 2019-2020 without interfering with the gardener's irrigation program. The measured values were compared with the net irrigation water requirement estimated by the Penman-Monteith method and also with the national water document values. Crop yield was determined at the end of the growing season and water productivity was calculated as the ratio of yield to total water (irrigation applied water and effective rainfall). Also, gross economic productivity of water (benefit per cost) and net economic productivity of water (net benefit per cost) were determined. Analysis of variance was used to investigate the possible difference between applied water and water productivity among the selected province.

Findings

The results showed that the average of applied water and water productivity among major fig producing provinces were significant at 1% probability level. The applied irrigation water varied from 7706 to 13471 m^3/ha and its average weight was 10428 m^3/ha. The amount of applied water in orchards with drip irrigation method was about 23.6% less than orchards with surface irrigation method. The yield of figs varied from 4170 to 14911 kg/ha and its average was 11594 kg/ha. The range of water productivity in the studied province was from 0.3 to 1.58 and its average was 1.16 kg/m^3. The difference in water productivity between drip and surface irrigation systems was significant at the level of 1% probability. The average of water productivity in drip and surface irrigation methods was 1.58 and 0.99 kg/m^3, respectively. Drip irrigation compared to surface irrigation system increased crop yield by 11.9% and water productivity by 60%. The net and gross economical water productivity was 50.9 and 111.20 thousand Rials/m^3, respectively. The average net irrigation water requirement in the study areas estimated by the Penman-Monteith method using meteorological data for the last 10 years as well as the national water document were 749 and 696 mm, respectively. The average of application irrigation efficiency in major fig production areas was 65.6 percent. The total volume of irrigation water for fig production in Iran was estimated at 95 million cubic meters.

Conclusions

Due to the fact that a large percentage of Iran orchards have surface irrigation methods, holding training classes on the use of flow reduction methods, the use of hydroflume pipes and the use of mulch for reducing water loss and increasing productivity are recommended. Also in some fig orchards, Lorestan, Fars and Kerman provinces are facing deficit irrigation and water stress, training and using scientific and accurate deficit irrigation methods can improve water productivity without significant reduction in yield. Changing Basin irrigation method to furrow irrigation caused reducing evaporation, reducing weed growth and it also prevents touch of water with the tree trunk and reduces fungal diseases. The use of drip irrigation compared to surface irrigation system, which increases crop yield by 11.9% and water productivity by 60%, is also recommended in fig orchards.

Acknowledgement

The authors would like to thank Deputy Minister of Water and Soil, Minisity of Agriculture-Jahad and Agricultural Engineering Research Institute for supporting this research.

References

1- FAO. 2018. Available at http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC

© 2023 Shahid Chamran Universiry of Ahvaz, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

علوم و مهندسی آبیاری جلد ٤٦، شماره‌ی۲، تابستان ۱٤۰۲، مقاله پژوهشی، ص. ۱۱۸-۱۰۳

بررسی حجم آب کاربردی، بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در باغات انجیر کشور

علی قدمی فیروزآبادی[۱*]، فریبرز عباسی[۲]، مهدی جوزی[۳]، بهروز ابوالپور[۴]، نادر کوهی چله کران[۵]، امیر اسلامی[۶]، پیمان ورجاوند[۷] و ابوالفضل ناصری[۸]

۱*- نویسنده مسئول، دانشیار پژوهش مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران. a.ghadami@areeo.ac.ir

۲- استاد پژوهش، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،کرج، ایران.

۳- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران.

۴- استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، فارس، ایران.

۵- استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران.

۶- استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، فارس، ایران.

۷- استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

۸- دانشیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران.

دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۰۶ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۷/۲۷ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۳۰

چکیده

انجیر به‌دلیل ارزش غذایی، عملکرد و ارزش اقتصادی بالا و مقاومت به شرایط نامناسب اقلیمی از محصولات عمده باغی کشور است. در رابطه با حجم آب کاربردی و بهره‌وری آب این محصول در کشور، مطالعه جامعی صورت نگرفته است. لذا این پژوهش، باهدف تعیین حجم آب آبیاری و بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب انجیر، تحت مدیریت بهره‌برداران در قطب‌های تولید این محصول اجرا شد. بدین‌منظور تعداد ۱۰۰ باغ در استان‌های لرستان، کرمانشاه، فارس، کرمان و خوزستان در طول فصل زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ مورد ارزیابی قرار گرفتند. حجم آب آبیاری در مناطق مورد مطالعه از ۷۷۰٦ تا ۱۳٤۷۱ مترمکعب بر هکتار متغیر و میانگین آن ۱۰٤۲۸ مترمکعب بر هکتار شد. روش آبیاری قطره‌ای نسبت به روش آبیاری سطحی به میزان ۲۳/٦ درصد حجم آب کاربردی را کاهش داده است. بهره‌وری آب در مناطق تولید انجیر از ۰/۳ تا ۱/۵۸ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر و متوسط آن ۱/۱٦ کیلوگرم بر مترمکعب بود. میزان بهره‌وری آب در روش آبیاری قطره‌ای و سطحی به‌ترتیب ۱/۵۸ و ۰/۹۹ کیلوگرم بر مترمکعب تعیین شد. میانگین بهره‌وری خالص و ناخالص اقتصادی آب در مناطق مورد مطالعه به‌ترتیب ۵۰/۹ و ۱۱۱/۲ هزار ریال به ازای هر مترمکعب آب بود. میانگین نیاز خالص آبیاری در مناطق مورد مطالعه به‌روش پنمن مانتیث و سند ملی به‌ترتیب ۷٤۹ و ٦۹٦ میلی‌متر تعیین شد. استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای بجای سامانه آبیاری سطحی که باعث کاهش ۲۳/٦ درصدی در آب مصرفی و افزایش ٦۰ درصدی در بهره‌وری آب می‌شود، توصیه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: بهره‌وری، پنمن- مانتیث، تحلیل اقتصادی، نیاز آبی.

مقدمه

اهمیت بهره‌وری آب و انجیر

گرچه کمبود آب در سالیان گذشته در کل کشور یک مسئله مهم بوده است، اما در سال‌های اخیر به واسطه خشک‌سالی‌های اتفاق افتاده، این مسئله به مهم‌ترین مشکل کشور تبدیل شده است که در استان‌های مختلف کشور به وضوح قابل مشاهده می‌باشد. کمبود آب باعث می‌گردد که نیاز به مدیریت بهتر آب و بهینه‌سازی مصرف آب در سطح مزرعه و باغات بیش از پیش احساس گردد. یکی از موثرترین راه‌کارهای مقابله با بحران آب و افزایش کمی و کیفی تولیدات در بخش کشاورزی توجه جدی به بهره‌وری آب و ارتقای آن با اعمال روش‌ها و سیاست‌های مناسب می‌باشد. از این‌رو بهره‌وری آب کشاورزی یکی از مهم‌ترین موضوعاتی است که در سال‌های اخیر مورد توجه جدی مجامع علمی مرتبط با آبیاری و کشاورزی قرارگرفته است. بهره‌وری آب کشاورزی شاخص مناسبی برای ارزیابی مدیریت کشاورزی به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک بوده Karimi و

Jolaini (2017) و تعیین آن در مزارع و باغات یکی از ملزومات بهینه‌سازی مصرف آب و بالا بردن راندمان کاربرد آب در سطح مزارع و باغ‌ها است (Zilberma., 1996., Parker and ., Johnson et al 2016).

سالانه در جهان حدود یک‌میلیون تن انجیر تولید می‌شود که ترکیه با ۳۰۶۴۹۹ تن تولید سالانه، رتبه اول و بعد از آن کشورهای مصر، مراکش و الجزایر رتبه‌های دوم و چهارم را به خود اختصاص داده‌اند. ایران با تولید ۵۹۳۳۹ در سال ۲۰۱۸ رتبه پنجم تولید انجیر جهان را به خود اختصاص داده است (FAO, 2018). هرچند بر اساس آمار وزارت جهاد کشاورزی ایران در سال ۱۳۹۸ میزان تولید کل انجیر ایران (دیم و آبی) ۹۶۲۷۴ تن است که به‌مراتب بیشتر از میزان ارائه‌شده در سایت فائو است. مناطق عمده تولید انجیر در ایران استان‌های فارس، لرستان، خوزستان، کرمانشاه و کرمان می‌باشد، که حدود ۷۰ درصد سطح زیرکشت و بیش از ۷۰ درصد تولید انجیر آبی کشور را به خود اختصاص داده‌اند (Ahmadi et al., 2020). از این‌بین سه استان لرستان، کرمانشاه و فارس به‌ترتیب ۱۸۳۹۲، ۸۷۱۳ و ۷۱۵۰ تن حدود ۶۳ درصد کل تولید انجیر آبی کشور را به خود اختصاص داده‌اند. لازم به ذکر است که سطح باغات بارور آبی و دیم انجیر در کشور به‌ترتیب ۷۳۲۸ و ۴۱۳۲۳ هکتار می‌باشد (Ahmadi et al., 2020). به‌عبارتی باغات بارور آبی تنها ۱۵ درصد سطح کل باغات بارور را به خود اختصاص داده‌اند و با این سطح محدود، میزان تولید در این باغات ۵۶/۵ درصد کل تولید انجیر کشور است.

مروری بر مطالعه‌های گذشته

علی‌رغم اهمیت آبیاری مناسب، برای دستیابی به عملکرد کمی و کیفی بهتر، مطالعه‌های محدودی در رابطه با مدیریت آبیاری و میزان آب‌داده شده توسط کشاورزان در باغات انجیر در ایران انجام شده است. علاوه بر این، مطالعه‌های انجام شده در مورد میزان نیاز آبی انجیر در سایر کشورهای خارجی نیز نادر است. نیاز آبی انجیر در ایران، از ۴۸۰۰ مترمکعب در هکتار در کردستان تا ۱۱۰۸۰ مترمکعب در هکتار در کهنوج (استان کرمان) متغیّر است (Farshi et al., 1997). Amini et al. (2015)، طی پژوهشی بر روی نیاز خالص آبیاری محصولات باغی استان کردستان نیاز آبیاری خالص انجیر را در شهرستان مریوان ۵۴۹ میلی‌متر گزارش نمودند. Mousavi و Tatar (2017) با بررسی مدیریت آبیاری درختان میوه، نیاز آبی سالانه درختان انجیر را در سیستم آبیاری قطره‌ای ۴۵۰۰ تا ۵۰۰۰ مترمکعب در هکتار بیان داشتند. Hernandez et al (1994) تأثیر سطوح مختلف آبیاری در درختان انجیر در منطقه ایله سلتیرا، ایالت سائوپائولو برزیل را مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که اثر سطوح کاربردی آب آبیاری بر عملکرد میوه‌های رسیده، عملکرد کل، طول شاخه و طول و قطر میوه معنی‌دار است. آن‌ها به‌کارگیری ۷۵ درصد تبخیر از تشت کلاس A را برای تأمین نیاز آبی انجیر توصیه نمودند. Tapia et al. (2003) نیاز آبی شش رقم انجیر سه ساله را با استفاده از داده‌های طشت تبخیر کلاس A در ایستگاه تحقیقات کشاورزی لاس کارداس در شیلی برآورد نمودند. تیمارهای آبیاری طرح عبارت بودند از تیمار دیم، T25 (۲۵ درصد نیاز آبی گیاه)، T50 (۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) و T100 (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و بارندگی در منطقه مورد مطالعه ۳۷ میلی‌متر بود. نتایج نشان داد که هیچ تفاوتی بین تیمار T50 و T100 از نظر عملکرد مشاهده نشد. آن‌ها نیاز آبی را برای آبیاری درختان ۳ ساله، ۲۲۰ میلی‌متر در سال (۲۲۰۰ مترمکعب در هکتار) گزارش نمودند. El-shazly et al. (2014) در طی دو فصل رشد ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ به بررسی اثر تیمارهای مختلف آبیاری (۱۰۰، ۷۵، و ۵۰ درصد نیاز آبی) روی برخی پارامترهای رشد سبزینه‌ای چهار رقم انجیر سلطانی (Sultani)، ادیسی سفید (White Adissi)، کنادریا (Conadria) و کادوتا (Kadota) تحقیقاتی را انجام دادند. ارقام انجیر در خاک شنی لومی و تحت سیستم آبیاری قطره‌ای رشد یافتند. نتایج نشان داد که پارامترهای رشد سبزینه‌ای مانند نرخ رشد، ارتفاع گیاه ، قطر ساقه و جوانه، سبزی برگ و وزن خشک و مقدار سطح برگ در رقم سلطانی بیشترین اختلاف معنی‌دار را در مقایسه با سایر ارقام با سه تیمار آبیاری در هر دو فصل داشت. درصد آب آزاد برگ رقم سلطانی به‌طور معنی‌داری بالاتر از سه رقم دیگر بود، در حالی که رقم کادوتا کمترین میزان درصد آب نسبی برگ را در مقایسه با سایر ارقام در هر دو فصل داشت. علاوه بر این، بالاترین درصد کلروفیل کل برگ در ارقام ادیسی سفید و کنادریا بود.

Leonel و Tecchio (2010) طی پژوهش دو ساله در سائو پائولوی برزیل بر روی درختان انجیر (رقم روکسو د والینوس) Roxo de Valinhos میزان آب آبیاری و عملکرد را به‌ترتیب در سال اول ۶۹۵۰ مترمکعب در هکتار و ۵۱۳۰ کیلوگرم در هکتار و در سال دوم ۷۷۳۰ مترمکعب در هکتار و ۵۸۲۰ کیلوگرم در هکتار گزارش نمودند. Andrade et al (2014) در ریو دو ژانیروی برزیل نیاز آبی و عملکرد درختان سه‌ساله انجیر تحت مدیریت‌های مختلف آبیاری قطره‌ای را بررسی کردند. تیمارهای آبیاری شامل دور آبیاری دو روز (T1)، چهار روزه (T2) و عدم آبیاری (T3) در دو بافت خاک شنی لومی و لوم رس شنی بود، نتایج نشان داد که میزان رشد انجیر تحت تأثیر بافت خاک و رژیم آبیاری نبوده است. میانگین آب آبیاری در تیمارهای فوق به‌ترتیب ۸۱۶۴، ۵۷۴۹ و ۲۶۹۸ مترمکعب در هکتار حاصل شد. میانگین عملکرد در تیمارهای ذکرشده به‌ترتیب ۸۵۵۴، ۷۴۳۰ و ۶۶۱۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. این در حالی بود که بین تیمارهای T1 و T2 تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. میانگین ضریب گیاهی (Kc) برای تیمار T1 و T2 به‌ترتیب ۰/۷۱ و ۰/۵۱ به‌دست آمد و میانگین این ضریب برای دو تیمار ۰/۶۰ گزارش گردید. Jafari و (2017) Rahemi در مطالعه‌ای باعنوان اثر پایه‌های رویشی و بذری انجیر

DOI: 10.22055/JISE.2022.40502.2023

بر جذب عنصرهای غذایی پیوندک رقم سبز در شرایط تنش خشکی به این نتیجه رسیدند که پایه‌های بذری نسبت به رویشی پتانسیل بهتری در جذب و انتقال ماده‌های غذایی به پیوندک در شرایط تنش خشکی دارند. Gholami et al (2012) در یک بررسی مقدماتی با تعیین اثر تنش آبی بر چهار رقم انجیر دهدز، سبز، سیاه و شاه انجیر رقم‌های موردنظر را به دو دسته مقاوم و حساس طبقه‌بندی نمودند. رقم‌های دهدز و سبز از رقم‌های سیاه و شاه انجیر تحمل بیشتری نسبت به تنش خشکی داشتند و رقم شاه انجیر حساس بود. در پژوهشی .Sajedi et al (2017) اثر تنش خشکی روی برخی از ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی شش رقم انجیر (سبز، سیاه، سیاه درشت، شاه‌انجیر، برانجیر ویل و برانجیر پوزدمبالی) طی دو سال بررسی نمودند. در این آزمایش، سه سطح تنش خشکی شامل ظرفیت زراعی به‌عنوان شاهد و ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی به‌ترتیب به‌عنوان تنش متوسط و تنش شدید اجرا شد. محتوی رطوبت نسبی آب برگ، نشت الکترولیت‌ها، میزان کلروفیل، پرولین، پروتئین و کربوهیدرات‌ها، ارتفاع بوته، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی و غلظت پتاسیم و سدیم نیز اندازه‌گیری گردیدند. با افزایش تنش خشکی ارتفاع بوته، وزن تر و خشک ریشه و ساقه کاهش یافت و بیشترین آن در تنش شدید مشاهده شد که با شاهد و تنش متوسط اختلاف معنی‌دار داشت. بر اساس نتایج به‌دست آمده ارقام سیاه و برانجیر ویل با داشتن برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مشابه، از نظر تحمل به خشکی تقریباً معادل یکدیگر ارزیابی شدند. Rostami و Rahemi (2013) در بررسی واکنش‌های فیزیولوژیکی و زیست شیمیایی انجیر به تنش خشکی، دورگه‌های حاصل از تلاقی والد پدری خرمایی با انجیرهای خوراکی رقم‌های سبز و شاه‌انجیر و برانجیر رقم‌های پوزدنبالی و شاه‌انجیری با انجیر خوراکی رقم سیاه را متحمل معرفی نمودند. Joe Afshan و Vishaki (2018) در مطالعه‌ای به بررسی مقاومت ارقام مختلف انجیر به شوری به این نتیجه رسید که ارقام برگ پنجه‌ای نسبت به ارقام برگ ساده تحمل بیشتری نسبت به شوری دارند. .در مطالعه‌ای Al .Desouki et al (2009) در مصر بیان داشتند که انجام آبیاری تکمیلی باعث افزایش رشد و عمکرد انجیر می‌گردد. Bagheri و Sepaskhah (2014) در آنالیز تأثیر بارندگی ماهانه، فصلی و سالانه روی عمکرد انجیر دیم در استهبان بیان داشتند که بارندگی زمستانه خصوصاً بارندگی اسفندماه بیشترین تأثیر بر عملکرد انجیر دارد. بنابراین آبیاری تکمیلی در اسفندماه در سال‌های با بارندگی کم را توصیه نمودند. Abdollahipour et al (2015) اثر آبیاری تکمیلی و هرس بر عملکرد و کیفیت میوه درختان باغات انجیر دیم استهبان در شرایط خشک‌سالی را موردتحقیق قرار دادند. تیمارهای آبیاری تکمیلی شامل آبیاری در سه‌زمان اسفند، اردیبهشت، مرداد و مجموع ماه‌های اسفند و اردیبهشت و تیمار شاهد (دیم) بودند. تیمارهای هرس شامل هرس متوسط شاخه جانبی (شاهد)، شدید شاخه جانبی، متوسط سر برداری زمستانه و متوسط سبز بود. این پژوهش طی سه سال انجام شد که در سال اول، ۵۵۰ لیتر و در سال دوم و سوم، ۷۵۰ لیتر برای هر درخت برای آبیاری تکمیلی استفاده شد. میزان بارش در سال‌های آبی تحقیق (۸۹–۸۸ تا ۹۱–۹۰) به‌ترتیب برابر با ۱۷۴، ۲۲۷ و ۲۴۱ میلی‌متر بود. نتایج نشان داد میانگین محصول درختان در سال اول، دوم و سوم به ترتیب ۴/۰۸، ۶/۸۶ و ۷/۹۶ کیلوگرم به ازای هر درخت بود. کاربرد آبیاری تکمیلی به‌خصوص در ماه‌های اسفند و اردیبهشت باهم موجب افزایش عملکرد میوه گردید. انواع مختلف هرس باعث افزایش عملکرد شد، که این افزایش عملکرد به‌جز در تیمار هرس متوسط سبز در بقیه تیمارها نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار بود. هرس شدید شاخه جانبی و سپس متوسط شاخه جانبی (شاهد)، دارای میوه‌های با کیفیت بهتر از سایرین (از نظر رنگ میوه) بودند. اثر تیمار آبیاری مرداد، از نظر رنگ میوه، رضایت‌بخش‌تر از سایر تیمارهای آبیاری بود ولی تأثیر مثبتی بر عملکرد نداشت. بنابراین درمجموع بر اساس نتایج این تحقیق برای حفظ عملکرد مناسب درختان در دوره‌های خشک‌سالی، دو نوبت آبیاری تکمیلی با مقادیر ۷۵۰ لیتر، در ماه‌های اسفند و اردیبهشت به همراه هرس شدید شاخه جانبی به باغداران منطقه توصیه شد .Abdollahipour et al (2019) پژوهشی تأثیر زمان و مقادیر مختلف آبیاری تکمیلی در فواصل مختلف از تنه درخت بر رطوبت خاک، محصول و درآمد باغداران انجیر در منطقه استهبان روی انجیر خوراکی دیم رقم سبز بررسی نمودند. آن‌ها بیان داشتند که آبیاری نزدیک تنه درخت و بیرون سایه‌انداز درخت در مقایسه با آبیاری در سایه‌انداز، محصول بیشتری تولید می‌کند. در نهایت نتیجه‌گیری نمودند که آبیاری تکمیلی، با میزان ۱۰۰۰ لیتر برای هر درخت در مرداد در خارج از سایه‌انداز، می‌تواند در شرایط خشک‌سالی به‌طور هم‌زمان افزایش درآمد باغداران و نیز استفاده پایدار از منابع آب زیرزمینی منطقه را تأمین کند. در پژوهش Khozaie و Sepaskhah (2018) تحلیل اقتصادی آبیاری تکمیلی انجیر دیم استهبان در شرایط محدودیت زمین و با دو فرض احداث آبگیر برای استفاده از رواناب حاصل از بارندگی و یا عدم احداث آن صورت گرفت. نتایج نشان داد که در شرایط احداث آبگیر نسبت به شرایط بدون احداث آن، مقدار بهینه آب کاربردی کمتر و میزان عملکرد انجیر و همچنین سود خالص حاصله بیشتر است. با احتساب قیمت آب ۲۰۰۰۰ ریال به ازای هر مترمکعب در شرایط محدودیت زمین در بارش‌های ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌متر مقدار آبیاری تکمیلی مورد نیاز به‌ترتیب ۳۵۹، ۲۵۹ و ۱۵۹ میلی‌متر و در بارش‌های بیشتر از ۳۰۰ میلی‌متر در سال، نیاز به آبیاری تکمیلی درختان انجیر نیست. با توجه به نیاز کمتر به آبیاری تکمیلی درختان انجیر و کسب سود خالص بیشتر در شرایط احداث آبگیر نسبت به شرایط عدم احداث آن، احداث آبگیر برای استفاده از رواناب حاصل از بارندگی علیرغم هزینه‌های احداث آن توصیه می‌گردد. Parhizkari و Badie

Barzin (2017) ارزش اقتصادی آب در منطقه تاکستان را ۱۶۳۸ ریال بر مترمکعب برآورد نمودند که خیلی بیشتر از نرخ آب بهای پرداختی توسط کشاورزان بود و پیشنهاد گردید که نرخ آب‌بها با توجه به ارزش آب تعیین شود. Shahrokhnia و Zare (2020) در پژوهشی در باغات انجیر استهبان نشان دادند که با افزایش تعداد دفعات آبیاری تا آبیاری کامل، میزان محصول از ۱/۳ به ۸/۹ کیلوگرم بر هر درخت افزایش نشان داد ولی بهره‌وری مصرف آب آبیاری کاهش و از مقدار نامعلوم زیاد در تیمار دیم، به ۰/۶۶ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار بدون تنش رسید. میزان سود به‌دست آمده با انجام یک‌مرتبه آبیاری در دو سال موردبررسی به‌ترتیب حدود ۵۳۰۰۰۰ و ۹۹۰۰۰۰ ریال به ازای هر مترمکعب آب بود که با افزایش تعداد دفعات آبیاری این سود کاهش یافت. نسبت درآمد به هزینه نیز در سال‌های مورد بررسی از ۱/۱ و ۱/۴۶ در شرایط دیم به ۲/۲۱ و ۲/۸۹ در شرایط اعمال یک‌مرتبه آبیاری رسید. بنابراین با انجام یک نوبت آبیاری در اوایل مردادماه می‌توان علاوه بر حفظ درختان انجیر دیم استهبان از خطر خشکیدگی، به سود اقتصادی قابل‌توجهی دست یافت و از آبیاری بی‌رویه نیز جلوگیری نمود. Botti et al. (2003) اثر شرایط آب و هوایی مختلف روی عملکرد میوه تازه انجیر، کیفیت و نوع گیاه در سه رقم انجیر سه ساله‌ی کادوتا، کندی (Kennedy) و لارگا دی بوردوس (Larga de Burdeos) در سه مزرعه در مرکز شمال شیلی در طی سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰ را مورد ارزیابی قراردادند. نتایج نشان داد که اختلاف وزن میوه ارقام کادوتا و کندی، ۱۰ برابر بیشتر از رقم دیگر است. بنابراین تأثیر پارامترهای آب و هوایی روی رقم لارگا نسبت به سایر رقم‌ها کمتر بود. همچنین مشخص شد با تغییر محل کاشت از سریلوی به لاس کارداس وزن میوه رقم کادوتا از ۷۱/۳ درصد به ۸۵/۴ درصد افزایش داشت. Pereira (1981) بیان داشت که انجیر در خاک‌های با بافت مختلف به‌خوبی رشد می‌کند و مناسب‌ترین خاک برای رشد آن، خاک رس‌ماسه‌ای و غنی از مواد آلی و اسیدیته شش تا ۶/۸ است.

با توجه به شرایط حاکم بر منابع آبی کشور و برای غلبه بر کمبود آب، مدیریت کارا و افزایش بهره‌وری آب در بخش کشاورزی امری اجتناب‌ناپذیر است. باتوجه به‌بررسی منابع صورت‌گرفته تاکنون پژوهش جامعی که نشان‌دهنده‌ی مقدار نیازآبی، حجم‌آب‌آبیاری و بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب باغات انجیر در مناطق انجیرخیز کشور باشد، انجام نشده است. بنابراین، انجام پژوهش‌هایی برای روشن‌تر شدن میزان نیازآبی، حجم‌آب‌آبیاری و بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب باغات انجیر در مناطق مختلف تولید این محصول در کشور ضروری به‌نظر می‌رسد که در این پژوهش موردمطالعه قرار گرفت. همچنین از تفاوت‌ها و نوآوری‌های این مطالعه تعیین نیازآبی این محصول بر اساس داده‌های اقلیمی به روز (به روز کردن سند ملی آب) و ارزیابی اقتصادی تولید این محصول، در مناطق عمده تولید آن‌درکشور است.

مواد و روش‌ها

سطح کل باغ‌های بارور و غیربارور انجیر در سال زراعی ۱۳۹۸ به‌ترتیب ۴۸۶۵۱ و ۱۱۵۹۸ هکتار است که میزان تولید انجیر آبی ۴۱۸۸۴ تن است (Ahmadi et al., 2020). در پروژه حاضر ابتدا استان‌هایی که دارای بیشترین سطح زیر کشت انجیر در کشور هستند (استان‌های فارس، لرستان، خوزستان، کرمان و کرمانشاه) به‌عنوان مناطق اجرای پروژه انتخاب شدند. استان‌های فوق بیش از ۶۷ درصد سطح باغات آبی انجیر و بیش از ۷۲ درصد تولید انجیر آبی کشور را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۱). استان فارس با داشتن ۲۷/۳ درصد کل سطح باغات انجیر آبی کشور ۱۳/۱ درصد میزان تولید انجیر آبی کشور را دارا است و بعد از آن، استان لرستان با سطح ۱۷/۵ درصدی باغات بارور آبی کشور، میزان ۳۳/۸ درصد تولید این محصول در کشور را به خود اختصاص داده است. بعد از استان لرستان، استان‌های کرمان، کرمانشاه و خوزستان به‌ترتیب با سطح ۸/۴، ۸/۲ و ۵/۸ درصدی باغات آبی کشور، میزان تولید ۴/۷، ۱۶، و ۴/۵ درصد کل تولید آبی کشور را دارا می باشند.

در جدول (۲) شهرستان‌های مورد مطالعه در هر استان و تعداد باغ‌های انتخاب‌شده در هر استان ارائه شده‌اند. در هر استان یک تا سه شهرستان با بیشترین سطح زیرکشت انجیر برای ارزیابی انتخاب شد. تعداد باغات انجیر مورد مطالعه در هر استان متناسب با سطح باغات انجیر آبی آن استان انتخاب شده است. درمجموع، حجم آب آبیاری در ۱۰۰ باغ انجیر در استان‌های لرستان (پلدختر و معمولان)، فارس (فیروزآباد، جهرم و استهبان)، خوزستان (ایذه)، کرمان (ارزوئیه، گلباف)، کرمانشاه (دالاهو) در یک فصل زراعی (۹۹-۱۳۹۸) اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- سطح زیرکشت، تولید و میانگین عملکرد در قطب‌های تولیدکننده انجیر آبی در کشور*

Table 1- Cultivation area, production and average fig yield in irrigated production hubs in Iran

No	Province	Area (ha)	Percentage of Area	Production(Ton)	Percentage of production	Yield (kg/ha)
1	Fars	2510	27.3	7150	13.1	4498
2	Lorestan	1610	17.5	18392	33.8	12845
3	Khozestan	536	5.8	2455	4.5	5257
4	Kerman	769	8.4	2536	4.7	3848
5	Kermanshah	752	8.2	8713	16	12548
Sum of selected provinces		6177	67.3	39246	72.2	-
Total		9184	100	54390	-	7422

* Ahmadi et al. (2020)

جدول ۲- شهرستان‌ها و تعداد باغ‌های انتخابی هر استان

Table 2- Cities and number of selected gardens in each province

Province	Town	No. of selected Garden(Main)	Percentage from total data
Fars	Firouzabad, Jahrom and Estahban	21	21
Lorestan	Mamulan, Poldokhtar	35	35
Khozestan	Izeh	6	6
Kerman	Arzuiyeh, Golbaf	17	17
Kermanshah	Dalahu	21	21
Sum		100	100

میزان آب داده‌شده توسط باغداران برای تولید محصول انجیر در طول یک سال، بدون ارائه توصیه‌های فنی و یا کارشناسی به باغداران و بدون دخالت در برنامه‌ریزی آبیاری، اندازه‌گیری شد. برای تعیین میزان آب آبیاری، ابتدا مقدار دبی خروجی از منبع آبی انتخاب‌شده (کانال، چاه، قنات و یا چشمه) با وسیله مناسب (نظیر فلوم، کنتور، دبی سنج التراسونیک) مشخص شد. پس از تعیین میزان دبی آب ورودی به باغ، با کمک برنامه آبیاری ارائه شده توسط باغدار (زمان آبیاری، دور آبیاری، تعداد دفعات آبیاری در طول دوره رشد)، میزان حجم آب آبیاری برای هر کدام از باغات منتخب محاسبه شد. نیاز آبی گیاه مرجع به روش پنمن مانتیث با استفاده از پارامترهای هواشناسی ۱۰ سال اخیر برای مناطق مورد مطالعه با استفاده از اطلاعات نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی هر منطقه و با استفاده از نرم‌افزار EToCalculator تعیین شد. نیاز آبی گیاه مرجع با اعمال ضریب گیاهی (Allen et al., 1998) به نیاز آبی خالص گیاه تبدیل شد. پس از محاسبه نیاز آبی گیاه، میزان بارش مؤثر به‌روش SCS, SCS (1972) محاسبه و سپس نیاز خالص آبیاری محاسبه شد. مقادیر نیاز خالص آبیاری با مقادیر سند ملی آب برای مناطق مورد مطالعه مقایسه شدند. در این پژوهش برای محاسبه راندمان کاربرد آب، از نسبت نیاز خالص آبیاری به حجم آب داده شده توسط بهره‌برداران برای هر یک از باغ‌های مورد مطالعه استفاده شد.

برای بررسی کفایت نمونه‌های اندازه‌گیری شده، از رابطه زیر استفاده شد (Sarmad et al, 2001).

$$n = \frac{z^2 \sigma^2}{(\bar{x} - \mu)^2} \qquad (۱)$$

که در آن، n= تعداد اندازه‌گیری‌های لازم برای تحلیل واریانس عملکرد و حجم آب آبیاری انجیر در سطح کشور، z= سطح اعتماد (برای سطح اعتماد ۹۵ درصد، مقدار آن ۱/۹۶ در نظر گرفته خواهد شد)، σ^2= واریانس جمعیت، μ میانگین جمعیت و $\bar{X}$ میانگین داده‌های اندازه‌گیری‌شده است. پس از برداشت محصول و تعیین عملکرد انجیر، مقادیر بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب کل (آبیاری + بارندگی مؤثر) با داشتن میزان حجم آب آبیاری و میزان بارندگی مؤثر، در باغات منتخب هر منطقه تعیین شد. با توجه به نوسانات تولید در سال‌های مختلف به‌دلیل آفات و یا وجود عواملی نظیر سرمازدگی، سیل (لرستان) در برخی سال‌ها، میانگین عملکرد دوساله محصول برای محاسبه بهره‌وری آب لحاظ شد. میزان بهره‌وری آب آبیاری و بارش مؤثر ده‌ساله $WP_{(ir+Pe)}$ در هر یک از مناطق مورد مطالعه با استفاده از رابطه‌ی (۲) محاسبه و مقایسه شد.

$$WP_{(ir+Pe)} = \frac{Y}{Vw+Pe} \quad (۲)$$

$WP_{(ir+pe)}$: بهره‌وری مجموع آب آبیاری و بارندگی مؤثر انجیر (کیلوگرم بر مترمکعب)

Y: میانگین عملکرد دو ساله انجیر (کیلوگرم بر هکتار)

Vw: میزان حجم آب کاربردی (مترمکعب بر هکتار)

Pe: میزان حجم بارندگی مؤثر (مترمکعب بر هکتار)

مقادیر عملکرد تولیدی، قیمت محصول و هزینه‌ها بوسیله اطلاعات حاصل از کشاورزان اخذ و برای محاسبه ارزش خالص و ناخالص محصول استفاده شد و در نهایت با مشخص شدن موارد فوق میزان شاخص‌های سود ناخالص و خالص به ازای هر واحد حجم آب با استفاده از روابط (۳) و (۴) تعیین شد.

میزان شاخص سود ناخالص یا درآمد به ازای هر واحد حجم آب (Benefit Per Drop) از رابطه‌ی (۳) محاسبه شد.

$$BPD = \frac{TR}{\mathrm{TW}} \quad (۳)$$

که در آن، TR: کل درآمد حاصل از محصول (حاصل‌ضرب قیمت محصول در عملکرد آن) و TW حجم آب مصرف‌شده در هکتار است. بنابراین BPD، بهره‌وری آب برحسب ریال بر مترمکعب است. میزان سود خالص به ازای هر واحد حجم آب (Net Benefit Per Drop) نیز با استفاده از رابطه (۴) محاسبه شد.

$$NBPD = \frac{NB}{\mathrm{TW}} \quad (۴)$$

که در آن، NB: سود خالص محصول (حاصل از کل درآمد محصول منهای کل هزینه‌ها) و TW_C حجم آب مصرف‌شده در هکتار است. بنابراین NBPD، بهره‌وری آب برحسب ریال بر مترمکعب است.

نتایج و بحث

کفایت تعداد اندازه‌گیری‌ها برای حجم آب آبیاری و عملکرد انجیر از رابطه ذکرشده درروش تحقیق رابطه (۱) به‌دست آمد. در جدول (۳) خلاصه شاخص‌های آماری اندازه‌گیری‌ها شامل میانگین حسابی عملکرد و آب آبیاری، انحراف معیار و تعداد داده‌های لازم و اندازه‌گیری‌شده برای حجم آب آبیاری و عملکرد انجیر ارائه‌شده است. در این پژوهش، تعداد اندازه‌گیری‌های آب آبیاری و عملکرد در باغات انجیر ۱۰۰ بود.

برای بررسی تغییرات حجم آب آبیاری انجیر در استان‌های لرستان، کرمانشاه، خوزستان، فارس و کرمان از تحلیل واریانس استفاده گردید. تحلیل حجم آب آبیاری در باغات موردمطالعه نشان داد که تفاوت آب آبیاری در استان‌های یادشده در سطح احتمال کم‌تر از یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). میانگین حجم آب آبیاری انجیر در استان‌های کشور در سطح احتمال پنج درصد مقایسه گردید. بر مبنای میانگین آب آبیاری، می‌توان استان‌های کشور را به سه خوشه تقسیم نمود. به‌طور میانگین، حداقل و حداکثر آب آبیاری انجیر از استان‌های کرمانشاه و کرمان به عمل آمد (جدول ۵). در خوشه اول آب آبیاری در استان کرمانشاه (۷۷۰۶ مترمکعب در هکتار) و فارس (۸۸۲۸ مترمکعب در هکتار)، در خوشه دوم آب آبیاری در استان خوزستان (۱۱۸۲۲ مترمکعب در هکتار)، و در خوشه سوم آب آبیاری در استان‌های لرستان (۱۲۰۰۶ مترمکعب در هکتار)، و کرمان (۱۳۴۷۱ مترمکعب در هکتار) قرار داشت (جدول ۵). در رابطه با حجم آب آبیاری در باغات انجیر کشور که تحت مدیریت باغدار باشد، هیچ‌گونه گزارشی ارائه نشده است. Leonel و Tecchio (2010) طی پژوهش دوساله در سائو پائولوی برزیل بر روی درختان انجیر رقم (Roxo de Valinhos) میزان آب آبیاری کامل را به‌ترتیب در سال اول و دوم پژوهش به‌ترتیب ۶۹۵۰ و ۵۸۲۰ مترمکعب در هکتار گزارش نمودند. Irineup et al. (2014) در ریو دو ژانیروی برزیل میانگین آب آبیاری، تیمارهای آبیاری شامل دور آبیاری دو و چهار روزه را به‌ترتیب ۸۱۶۴، ۵۷۴۹ مترمکعب در هکتار گزارش نمود. که با نتایج این پژوهش متفاوت است که با توجه به تفاوت اقلیمی، نوع رقم، نوع خاک، نوع مدیریت و .... امری منطقی است.

نیاز آبیاری انجیر در مناطق مورد مطالعه

در شکل (۱) نیاز خالص آبیاری که از داده‌های هواشناسی ۱۰ سال اخیر به روش فائو پنمن–مانتیث برآورد شده است با نیاز آبی ذکر شده در سند ملی آب (NETWAT)، در مناطق مورد مطالعه مقایسه شده است. نتایج دو روش در اغلب استان‌ها مشابه و یا دارای اختلاف اندکی بود. ولی در استان‌های فارس و کرمان این تفاوت بیشتر مشاهده شد. متوسط نیاز آبی خالص سند ملی و محاسباتی به روش فائو پنمن–مانتیث با استفاده از داده‌های هواشناسی ۱۰ سال اخیر برای استهبان فارس به‌ترتیب ۷۴۹ و ۱۳۵۴ میلی‌متر بود. بنابراین نیاز آبیاری محاسباتی در این استان حدود ۸۱ درصد نسبت به نیاز ذکر شده در سند ملی آب افزایش داشته است. در استان کرمان متوسط نیاز آبی خالص سند ملی و محاسباتی به روش فائو پنمن–مانتیث با استفاده از داده‌های هواشناسی ۱۰ سال اخیر به‌ترتیب ۸۹۱ و ۱۱۵۹ میلی‌متر است که تفاوت آن حدود ۲۶۸ میلی‌متر است. نیاز خالص آب آبیاری انجیر در ارزوئیه بافت، ۵۳۵ میلیمتر تعیین نمودند که با میزان تعیین شده با استفاده از روش پنمن–مانتیث با استفاده از داده‌های هواشناسی ۱۰ سال اخیر ۶۲۴ میلی‌متر تفاوت دارد. نیاز آبی انجیر در کل کشور از ۴۸۰۰ مترمکعب در هکتار در

DOI: 10.22055/JISE.2022.40502.2023

کردستان تا ۱۱۰۸۰ مترمکعب در هکتار در کهنوج (استان کرمان) متغیّر گزارش شده است (Farshi et al., 1997). Dolatshahi et al. (2019) نیاز آبی سالانه درختان انجیر را در سیستم آبیاری قطره‌ای ۴۵۰۰ تا ۵۰۰۰ مترمکعب در هکتار بیان داشتند. که با توجه به اینکه، نیاز آبی تابعی از پارامترهای اقلیمی است و سال انجام پژوهش حاضر با سال انجام تحقیق ذکر شده تفاوت زیادی دارد لذا نتایج با هم هم‌خوانی ندارند.

جدول ۳- میانگین، انحراف معیار و کفایت اندازه‌گیری‌ها در باغات انجیر

Table 3- Mean, standard deviation and adequacy of measurements in Fig orchards

Statistical index	Applied water(m^3/ha)	Fig yield(kg/ha)
Average	10662	11294
Standard deviation	3742	5269
Number of measurements needed	96	96
Number of performed measurment	100	100

جدول ٤- تحلیل واریانس حجم آب آبیاری در تولید انجیر آبی در استان‌های منتخب کشور

Table 4- Analysis of variance of irrigated water in fig production in selected provinces

Source of variations	Sum of squares	Degrees of freedom	Average of squares	F value	P value
Between provinces	$4.58*10^9$	4	$1.15*10^8$	11.8	Less than 1%
In each province	$9.14*10^9$	94	$9.72*10^7$		
Selected provinces	$1.37*10^9$	98			

.

جدول ٥- میانگین حجم آب آبیاری باغ‌های انجیر آبی در استان‌های منتخب

Table 5- Average volume of applied water of figes in selected provinces

Row	Cluster	Province	Applied water(m^3/ha)	* Comparative rank
1	1	Kermanshah	7706	a
2		Fars	8828	ab
3	2	Khozestan	11822	bc
4	3	Lorestan	12006	c
5		Kerman	13471	c

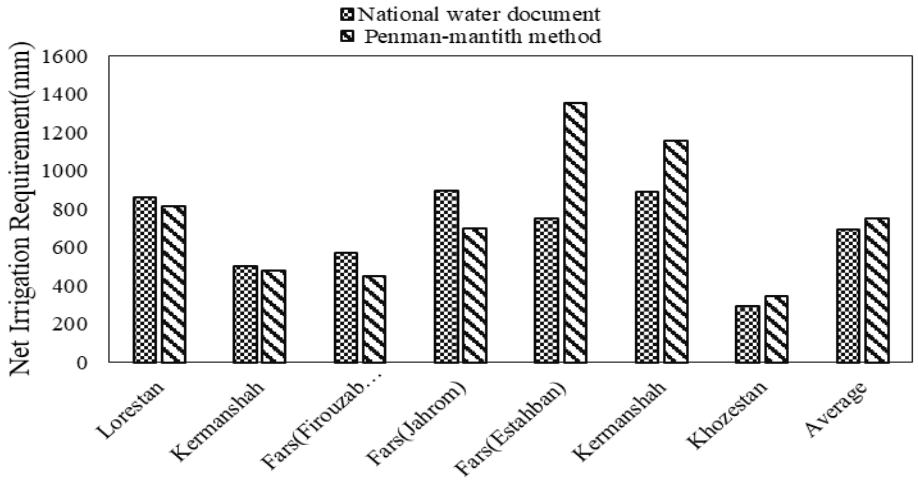


Fig. 1- Comparison of net irrigation water requirement estimated by the Penman-Montith method and national water document

شکل ۱- مقایسه نیاز خالص آبیاری برآورد شده به روش پنمن-مانتیث و سند ملی آب

یکی از دلایل اصلی تفاوت نیاز آبی سند ملی و داده‌های محاسباتی با روش فائو پنمن–مانتیث، تغییرات اقلیمی، بارندگی مؤثر و افزایش درجهٔ حرارت هوا در چند ده اخیر است (Abbasi et al., 2021). افزایش درجه حرارت در سنوات گذشته علاوه بر تأثیر بر نیاز آبی گیاه موجب تغییر مراحل فنولوژیکی گیاهان (به‌ویژه طول دوره‌ی رشد) نیز شده است. به‌عنوان‌مثال در استان لرستان (پلدختر) و کرمانشاه افزایش دما باعث زودرسی محصول و درنتیجه کوتاه شدن طول دوره رشد شده است و موجب تغییر در مقادیر تبخیر و تعرق و همچنین نیاز آبی شده است که یکی از دلایل اصلی اختلاف در مقادیر سند ملی و داده‌های محاسباتی با روش فائو پنمن–مانتیث است. در پژوهشی Ghadami Firouzabadi et al. (2021) نیاز آبی محاسباتی به روش پنمن مانتیث دو محصول انگور و گردو، در شهرستان ملایر همدان را بیشتر از میزان ذکرشده در سند ملی آب بیان داشتند. در استان خوزستان با توجه به این‌که آبیاری به‌صورت قطره‌ای یا در برخی مناطق آبیاری به‌صورت تشتکی و با استفاده از تانکر صورت می‌گرفت. لذا اعمال ضریب تعدیل مربوط به سطح سایه‌انداز درخت باعث کاهش نیاز آبی محاسباتی و نیاز آبی ذکرشده در سند ملی آب شده است.

در مجموع، میانگین وزنی مقادیر نیاز خالص آبی همه استان‌های مورد مطالعه در سند ملی و روش محاسباتی (پنمن مانتیث) به‌ترتیب ۶۹۶ و ۷۴۹ میلی‌متر تعیین شد. بنابراین متوسط میزان نیاز آبی برآورد شده حدود ۵۳ میلی‌متر بیشتر از میزان نیاز آبی ذکر شده در سند ملی آب است. Amini et al. (2015)، نیاز خالص آبیاری انجیر در شهرستان مریوان استان کردستان را ۵۴۹ میلی‌متر گزارش نمودند که از مقادیر ارائه شده توسط Farshi et al. (1997)، ۳۷۸ میلی‌متر بیشتر است. در این پژوهش، همچنین نیاز ناخالص آبیاری، با استفاده از میانگین مقادیر نیاز خالص آبیاری سند ملی و محاسباتی به روش پنمن مانتیث با اعمال راندمان پتانسیل ۶۰ و ۹۰ درصد به‌ترتیب در آبیاری سطحی و قطره‌ای (Abbasi et al., 2017) محاسبه شد. مقایسه نیاز ناخالص آبیاری با مقادیر آب داده شده به باغات انجیر در مناطق مورد مطالعه نشان داد که در استان‌های لرستان، کرمانشاه، فارس (جهرم) و کرمان کم آبیاری صورت گرفته است (شکل ۲). میزان کم آبیاری صورت گرفته در استان‌های لرستان، کرمانشاه، جهرم فارس و کرمان به‌ترتیب به میزان ۱۴، ۶، ۱۲ و ۲۰ درصد تعیین شد. میانگین وزنی عمق آب کاربردی در باغات مورد مطالعه نشان می‌دهد که در مجموع، حدود ۱۰ درصد کم‌آبیاری انجام شده است (شکل ۲).

تحلیل تغییرات بهره‌وری آب

تحلیل واریانس بهره‌وری آب آبیاری و بارش مؤثر در تولید انجیر در استان‌های لرستان، کرمانشاه، خوزستان، فارس و کرمان در جدول (۶) ارائه‌شده است. نتایج نشان داد که تفاوت بهره‌وری آب آبیاری و بارش مؤثر در استان‌های یادشده بسیار معنی‌دار بود (جدول ۶). در سطح احتمال پنج درصد، میانگین بهره‌وری آب آبیاری و بارش مؤثر درازمدت در تولید انجیر در استان‌های کشور مقایسه گردید. میانگین این شاخص در سطح کشور ۱/۱۶ کیلوگرم بر مترمکعب تعیین شد. حداقل و حداکثر بهره‌وری آب آبیاری و بارش مؤثر درازمدت در تولید انجیر در استان‌های کرمان و فارس به‌دست آمد (جدول ۷). بر مبنای میانگین بهره‌وری مجموع آب آبیاری و بارش مؤثر، می‌توان استان‌های کشور را به سه خوشه تقسیم نمود. در خوشه اول بهره‌وری آب در استان کرمان (۰/۳۰ کیلوگرم بر مترمکعب) و خوزستان (۰/۳۳کیلوگرم بر مترمکعب)، در خوشه دوم بهره‌وری آب استان لرستان (۱/۱۷ کیلوگرم بر مترمکعب) و در خوشه سوم بهره‌وری آب استان‌های کرمانشاه و فارس به‌ترتیب ۱/۲۱ و ۱/۵۸ کیلوگرم بر مترمکعب قرار داشت (جدول ۷). همان‌طور که در جدول (۷) مشاهده می‌شود یکی از دلایل اصلی این امر تفاوت زیاد میزان بارش مؤثر (در طول فصل رشد) این مناطق است. به‌طوری‌که استان‌های خوزستان و لرستان بیشترین بارندگی مؤثر در فصل رشد محصول انجیر را داشته‌اند و استان‌های کرمانشاه، کرمان و فارس در رتبه‌های بعدی هستند (جدول ۷).

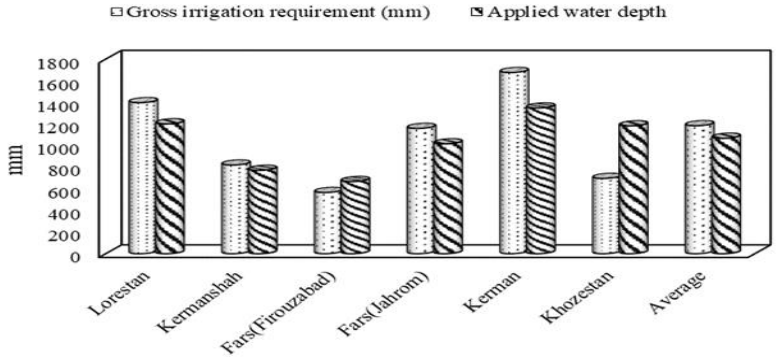


Fig. 2- Comparison of Gross irrigation requirement and applied water depth
شکل ۲– مقایسه نیاز ناخالص آبیاری و عمق آب‌داده شده در مناطق موردمطالعه

جدول ٦- تحلیل واریانس بهره‌وری آب در تولید انجیر در استان‌های منتخب کشور

Table 6- Analysis of variance of water productivity in selected provinces

Source of variations	Sum of squares	Degrees of freedom	Average of squares	*F value*	*P value*
Between provinces	17.3	4	4.3	24.4	Less than 1%
In each province	16	90	0.2		
Selected provinces	33.3	94			

جدول ۷- مقایسه بهره‌وری آب در تولید انجیر در استان‌های منتخب کشور

Table 7- Comparison of fig water productivity in the studied provinces

Row	Cluster	Province	Effective rainfall (mm)	Water productivity (kg/m^3)	Comparative rank
1	1	Kerman	72.2	0.3	a
2		Khozestan	140	0.33	a
3	2	Lorestan	134	1.17	b
4	3	Kermanshah	102	1.21	bc
5		Fars	30.8	1.58	c

جدول ۸- بهره‌وری ناخالص اقتصادی آب (BPD) (هزار ریال بر مترمکعب)

Table 8- Gross economic productivity of water (BPD) (thousand Rials per cubic meter)

Province	Min (BPD)	Max (BPD)	Average
Fars	92.07	420.42	246.31
Kermanshah	60.27	264.40	131.17
Lorestan	32.62	195.36	89.96
Khozestan	31.34	76.20	50.39
Kerman	26.05	59.06	38.12
Average	48.47	203.09	111.2

بهره‌وری ناخالص اقتصادی آب (BPD)

این شاخص نشان‌دهنده این موضوع است که هر مترمکعب آب چند هزار ریال درآمد ناخالص ایجاد نموده است. مقادیر بهره‌وری ناخالص اقتصادی آب در مناطق مورد مطالعه در جدول (۸) ارائه شده است. کمترین بهره‌وری ناخالص ایجادشده به ازای هر مترمکعب آب آبیاری در برخی باغات منتخب استان کرمان (۲۶/۰۵ هزار ریال بر مترمکعب) رخ داده است. بیشترین بهره‌وری ناخالص اقتصادی آب در استان فارس (۴۲۰/۴۲ هزار ریال بر مترمکعب) ثبت گردیده است. به‌طور میانگین در بین کل باغات منتخب، هر مترمکعب آب آبیاری۱۱۱/۲۰ هزار ریال درآمد ناخالص ایجاد نموده است که در این بین استان‌های لرستان، خوزستان و کرمان بهره‌وری ناخالص اقتصادی کمتری از میانگین بهره‌وری ناخالص کشوری (۱۱۱/۲ هزار ریال بر متر مکعب) داشتند و دو استان کرمانشاه و فارس بهره‌وری ناخالص اقتصادی بیشتری از میانگین کل بهره‌وری ناخالص داشتند.

بهره‌وری خالص اقتصادی آب (NBPD)

میزان بهره‌وری خالص اقتصادی آب در مناطق مورد مطالعه در جدول (۹) نشان داده‌شده است. حداقل و حداکثر بهره‌وری خالص به‌ترتیب مربوط به دو استان لرستان با ۱۸/۲۶- و استان فارس با ۲۳۹/۶ هزار ریال بر مترمکعب ثبت شد. به‌طور میانگین، بهره‌وری خالص اقتصادی آب کل مناطق مورد مطالعه ۵۰/۹ هزار ریال بر مترمکعب تعیین شد که در این بین استان‌های لرستان، خوزستان، کرمانشاه و کرمان از میانگین کل، بهره‌وری خالص اقتصادی کمتری داشته و استان فارس بهره‌وری خالص اقتصادی بیشتری نسبت به میانگین کل داشته‌اند.

مقایسه آب آبیاری و بهره‌وری آب در روش‌های مختلف آبیاری

تأثیر روش آبیاری بر حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب در استان‌های مختلف در جدول (۱۰) ارائه و مقایسه شده است. حجم آب آبیاری در روش آبیاری قطره‌ای از ۸۶۷۴ در استان فارس (منبع آبی چاه) تا ۱۰۹۸۰ مترمکعب در استان کرمان (قنات) متغیر و در روش آبیاری سطحی از ۷۳۹۱ مترمکعب در استان کرمانشاه (رودخانه) تا ۱۷۲۴۸ مترمکعب در استان خوزستان متغیر بود. علت اصلی این تفاوت‌ها در مدیریت آبیاری و دسترسی بهره‌برداران به آب آبیاری است. میانگین وزنی حجم آب آبیاری در مناطق منتخب در دو روش آبیاری قطره‌ای و سطحی به‌ترتیب ۸۵۵۳ و ۱۱۱۹۹ مترمکعب بر هکتار و میانگین کل آب آبیاری انجیر در همه استان‌ها ۱۰۴۲۸ مترمکعب در هکتار برآورد شد شکل (۳) که از نظر آماری نیز تفاوت آن‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. روش آبیاری

قطره‌ای نسبت به روش آبیاری سطحی به میزان ۲۳/۶ درصد حجم آب آبیاری را کاهش داده است. با توجه به سطح زیر کشت انجیر در کشور و میانگین حجم آب مصرفی در هکتار، حجم کل آب آبیاری برای تولید انجیر در کشور حدود ۹۵ میلیون مترمکعب برآورد شد. شاخص بهره‌وری آب آبیاری در روش قطره‌ای در دو استان فارس و کرمان به‌ترتیب ۱/۶۱ و ۰/۴کیلوگرم بر مترمکعب تعیین شد که دلیل اصلی آن میانگین عملکرد بالای محصول انجیر در سامانه آبیاری قطره‌ای در استان فارس (۱۳۴۲۲ کیلوگرم در هکتار) نسبت به استان کرمان با عملکرد (۴۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود.

جدول ۹- بهره‌وری خالص اقتصادی آب (NBPD) (هزار ریال بر مترمکعب)

Table 9- Net economic productivity of water (NBPD) (thousand Rials per cubic meter)

Province	Min	Max	Average
Fars	33.48	239.62	127.5
Lorestan	-18.26	150.4	43.8
Khozestan	24.1	87.2	45
Kermanshah	-6	85.8	22.4
Kerman	7.2	33.3	16.01
Average	8.1	119.3	50.9

جدول ۱۰- مقایسهٔ شاخص‌های مورد مطالعه در روش‌های آبیاری سطحی و قطره‌ای

Table 10- Comparison of Applied water and Water productivity in surface and drip irrigation methods

Province	Applied water (m^3/ha)			Water productivity (kg/m^3)		
	Drip	Surface	Total	Drip	Surface	Total
Lorestan	-	11566	11566	-	1.17	1.17
Kermanshah	-	7391	7391	-	1.22	1.22
Fars	8674	10940	8982	1.61	1.39	1.58
Kerman	10980	12946	12924	0.40	0.32	0.32
Khozestan	8899	17248	13846	-	0.3	0.3
Average	8553	11199	10428	1.6	0.99	1.16

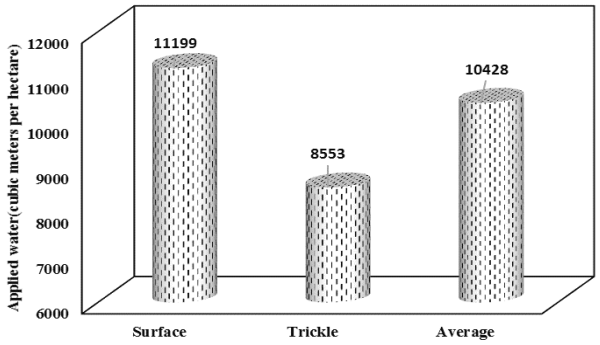


Fig. 3- Comparison Applied water volume of studied fig orchards in different irrigation methods

شکل ۳- مقایسهٔ حجم آب کاربردی باغات انجیر مورد مطالعه در روش‌های مختلف آبیاری

مقادیر شاخص بهره‌وری آب در باغات انجیر دارای آبیاری سطحی از ۰/۳ تا ۱/۳۹ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر بود. از نظر آماری تفاوت بهره‌وری آب آبیاری در روش‌های آبیاری سطحی و قطره‌ای در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. میانگین وزنی شاخص بهره‌وری آب و بارش مؤثر در استان‌های مورد مطالعه در دو روش آبیاری قطره‌ای و سطحی به‌ترتیب ۱/۶ و ۰/۹۹ کیلوگرم بر مترمکعب تعیین شد، میانگین وزنی کل بهره‌وری آب و بارش در کل مناطق منتخب ۱/۱۶ کیلوگرم بر مترمکعب تعیین شد (جدول ۱۰).

نتیجه‌گیری

میانگین حجم آب کاربردی از ۷۳۹۱ تا ۱۷۲۴۸ متر مکعب در هکتار در استان‌های منتخب متغیر بود، که این امر ناشی از نوع

DOI: 10.22055/JISE.2022.40502.2023

سیستم آبیاری، مدیریت آبیاری و دسترسی به میزان آب بود. استفاده از روش آبیاری قطره‌ای نسبت به روش آبیاری سطحی باعث کاهش حدود ۲۳/۶ درصدی در مصرف آب کاربردی شده بود. میانگین وزنی کل بهره‌وری آب از ۰/۳ تا ۱/۵۸ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر و میانگین وزنی آن، ۱/۱۶ کیلوگرم بر مترمکعب تعیین شد. شاخص بهره‌وری آب در روش آبیاری قطره‌ای و سطحی به‌ترتیب ۱/۶ و ۰/۹۹ کیلوگرم بر مترمکعب تعیین شد. بنابراین بهره‌وری آب در روش آبیاری قطره‌ای حدود ۶۰ درصد بیشتر از آبیاری سطحی تعیین شد. میانگین بهره‌وری ناخالص و خالص اقتصادی آب در استان‌های منتخب به‌ترتیب معادل۱۱۱/۲ و ۵۰/۹ هزار ریال به ازای هر مترمکعب آب تعیین شد. میانگین وزنی نیاز خالص آبیاری برآورد شده از روش فائو پنمن–مانتیث برابر با ۷۴۹ میلی‌متر تعیین شد که از میانگین سند ملی آب (۶۹۶ میلی‌متر) بیشتر است که لزوم بازنگری در سند ملی آب را می‌طلبد. به‌طور خلاصه نتایج این پروژه اعداد و ارقام مفیدی در خصوص حجم آب کاربردی، بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری اقتصادی آب محصول انجیر در اختیار مدیران و تصمیم گیران آب کشور قرار می‌دهد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله، نگارندگان این مقاله، از معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی و مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی به پاس فراهم آوردن امکان انجام این تحقیق قدردانی می‌نمایند.

Refrences

1- Abbasi, F., Joleini M., Khorramian, M., Dehghanian, S. E., Moghbli Dameneh, E., Nowroozi, M., Uossef Gomrokchi, A., Taheri, M., Zare-Mehrani, E., Kiani, A., Salamati, N., Mousavi Fazl, H., Ghadami-FirouzAbadi, A., Bayat, P. and Nasseri, A., 2021. The role of modern irrigation systems on tomato applied irrigation water management in Iran. *Irrigation and Drainage Structures Engineering Research, 22(82)*, pp. 43-64. (In Persian).

2- Abbasi, F., Sohrab, F. and Abbasi, N., 2017. Evaluation of irrigation efficiencies in iran. *Irrigation and Drainage Structures Engineering Research 17(67)*, pp.113-128. (In Persian).

3- Abdollahipour, M., Kamgar Haghighi, A. A., Sepaskhah, A., Honar, T., Dalir, N., Jafari, M., Shabani. A. and Gholkar, Gh., 2015. The effect of supplementary irrigation and pruning on fruit yield and fruit quality of Estahban rainfed fig orchards in dry and annual conditions. *Supplementary Irrigation Management Workshop for Rainfed Gardens (Figs and Hair) Shiraz University. Department of Water Engineering*. (In Persian).

4- Abdollahipour, M., Kamgar Haghighi, A. A., Sepaskhah, A., Zand Parsa, Sh. and Honar, T. 2019. The effect of supplementary irrigation on soil moisture, yield and income of gardeners in drought conditions in rainfed fig orchards. *Irrigation Sciences and Engineering 42(4)*, pp. 61-74. (In Persian).

5- Ahmadi, K., Ebadzadeh, H.R., Hatami, F., HoseinPour, R. and AbdShah, H., 2020. *Agricultural Statistics of 2017-2018*. Ministry of Jihad for Agriculture, Deputy for Planning and Economy, Information and Communication Technology Office. Volume 3, Garden Products. 166p (in Persian).

6- Allen, R. G.; Pereia, L. S.; Raes, D.; Smith, M., 1998. *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*. Rome: FAO, 300p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

7- Al Desouki, M. A., Abd El Rhman, I. E. and Sahar, A. F., 2009. Effect of some anti transparent and supplemental irrigation on growth, yield and fruit quality of Sultai fig (Ficus carca) grown in the Egyptian western coastal zone under rain fed conditions. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 5(6)*, pp.899-908.

8- Amini, A., Heydari, R. and Faghih, H., 2015. The climate zoning role on net irrigation requirement determination of orchards in Kurdistan province, Iran. *Agroecology Journal, 10(1)*, pp.1-13 (in Persian).

9- Andrade, I.P.D.S., Carvalho, D.F.D., Almeida, W.S.D., Silva, J.B.G. and da Silva, L.D., 2014. Water requirement and yield of fig trees under different drip irrigation management. *Engenharia Agrícola*, *34*, pp.17-27.

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

11- Botti, C., Franck, N., Prat, L., Ionnidis, D. and Morales, B., 2003. The Effect of climatic conditions on fresh fig fruit yield, quality and type of crop. *Acta Horticulturae, 605*, pp.37-43.

12- Dolatshahi, A., Esfandiari, Kh., Jalali, R., Saeidnia, A., Arab, J. And Tayeb Hashemi, S. M., 2019. *Guidelines for Orchard Establishment on Slopes*. Office of Deputy for Strategic Supervision. Bureau of Technical Execution Systems. Agriculture Planning & Economic Research Institute (APERI). Jihad-e-Agriculture Ministry. 208p. (In Persian).

13- El-Shazly, S.M., Mustafa N.S., and El-Berry I.M., 2014. Evaluation of some fig cultivars grown under water stress conditions in newly reclaimed soils. *Middle-East Journal of Scientific Research, 21(8)*, pp.1167-1179.

14- FAO. 2018. Available at http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC.

15- Farshi, A., Shariati, M.R., Jarollahi, R.M., Ghaemi, R., Shahabifar, M. and Tavallaei, M.M., 1997. *An estimate of the water requirements of main field crops and orchards in Iran*, Orchards Vol. 2. Agricultural Education Publication: Karaj, Iran, 629p. (in Persian).

16- Ghadami Firouzabadi, A., Seyedan, S.M. and Zareabyaneh, H., 2021. Determination and evaluation of applied water and physical and economical productivity of water in vineyards and walnut orchards of Malayer region of Hamadan. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, *14*(6), pp.1908-1919.

17- Gholami, M., Rahemi, M. and Rastegar, S., 2012. Use of rapid screening methods for detecting drought tolerant cultivars of fig (Ficus carica L.). *Scientia Horticulturae, 143*, pp.7-14.

18- Hernandez., F.B.T., Suzuki, M.A., Buzetti, S. and Correa., L.S., 1994. Response of the fig tree (Ficus carica L.) under irrigation and nitrogen levels at the Ilha Solteira (SP) region. *Scientia Agricola, Piracicaba, 51(1)*, pp. 99-104.

19- Andrade, I.P.D.S., Carvalho, D.F.D., Almeida, W.S.D., Silva, J.B.G. and da Silva, L.D., 2014. Water requirement and yield of fig trees under different drip irrigation management. *Engenharia Agrícola*, *34*, pp.17-27.

20- Jafari, M. and Rahemi, M., 2017. Effect of Vegetative and Seedling Fig Rootstocks on Nutrient Uptake of Scion cv. Sabz under Drought Stress Conditions. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 17(4)*, pp.400-414. (In Persian).

21- Joe Afshan Vishaki, S., 2018. World Agricultural Heritage Systems (GIAHS). *Report of the Research Institute for Planning, Agricultural Economics and Rural Development*. (In Persian).

22- Johnson, L.F., Cahn, M., Martin, F., Melton, F., Benzen, S., Farrara, B. and Post, K., 2016. Evapotranspiration-based irrigation scheduling of head lettuce and broccoli. *Journal of the American Society for Horticultural Science, 51(7)*, pp. 935-940.

23- Karimi, M. and Jolaini, M., 2017. Evaluation of Agricultural Water Productivity Indices in Major Field Crops in Mashhad Plain. *Journal of Water and Sustainable Development, 4(1)*, pp. 133-138. (In Persian).

24- Khozaie, M. and Sepaskhah, A. R., 2018. Economic analysis of the optimal level of supplemental irrigation for rain-fed figs. *Iran Agricultural Research, 37(2),* pp.17-26. (In Persian).

25- Leonel, S. and Tecchio, M.A., 2010. Pruning times and use of irrigation on fig tree 'Roxo de Valinhos' in the Botucatu region, SP. *Bragantia, Campinas, 69(3),* pp.571-580.

26- Mousavi, S., A. and Tatar, M., 2017. *Irrigation management of fruit trees*. Technical Journal. Deputy of Agriculture Education and Extension. No: 52712. 62p. (In Persian).

27- Parhizkari, A. and Badie Barzin, H., 2017. Determination of the Economic Value of Water and Simulating Farmers' Behvior in Takestan Region in Response to Reducing the Agricultural. *Water Resources 31(1),* pp.105-118. (In Persian).

28- Parker, D.D. and Zilberman, D., 1996. The use of information services: The case of CIMIS. *Agribusiness, 12(3),* pp. 209-218.

29- Pereira, F.M., 1981. *Cultura da figueira*. Piracicaba: Livroceres. 73p.

30- Rostami, A.A. and Rahemi, M., 2013. Responses of Capri fig genotypes to water stress and recovery. *Journal of Biological & Environmental Sciences*, pp.131-139.

31- Sajedi. M., Esna-Ashari, M., Jafari, M. and Aslmoshtaghi, E., 2017. Physiological, Morphological and Biochemical Characteristics of Four Edible Fig and two Capri Fig Cultivars in Response to Drought Stress. *Journal of Plant Production, 40(3),* pp. 101-112. (In Persian).

32- Sarmad, Z., Bazargan, A. and Hejazi, E., 2001. *Research Methods in Behavioral Sciences*. Agah Publishing, Tehran, 405p (in Persian).

33- 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. 317-335. (In Persian).

34- Tapia, R., Botti, C., Carrasco, O., Prat, L. and Franck, N., 2003. Effect of four irrigation rates on growth of six fig tree varieties. *Acta Horticulture, 605*, pp.113-118.