University of Tehran Press

Journal of Water and Irrigation Management **Online ISSN: 2382-9931**

Homepage: https://jwim.ut.ac.ir/

Evaluation of the Effect of Supplemental Irrigation with Saline Water on Quality and Quantity of Rainfed Fig Fruit

Mohammad Abdolahipour[1]✉ | Ali Akbar Kamgar-Haghighi[2] | Gholamreza Golkar[3] | Hamid Reza Kamali[4]

1. Corresponding Author, Department of Water Engineering, College of Aburaihan, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: abdolahipour@ut.ac.ir
2. Water Engineering Department, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran. E-mail: akbarkamgar@yahoo.com
3. Seed and Plant Certification and Registration Institute, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Zarghan, Iran. E-mail: rezag5223@gmail.com
4. Water Engineering Department, Minab higher education center, and member of Research Group of Agro-ecology in Dry land Areas, University of Hormozgan, Minab, I.R. of Iran. E-mail: hr.kamali@hormozgan.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 09 June 2022
Received in revised form:
20 June 2022
Accepted: 10 August 2022
Published online:
25 December 2022

Keywords:
Drought,
Estahban,
Rainfed fig orchard,
Soil electrical conductivity,
Supplemental irrigation.

ABSTRACT

The largest area of rainfed fig orchards in the world, with more than 22000 hectares, is located in Estahban, Fars province. During the last two decades due to frequent droughts and lack of fresh water resources in this area, the saline groundwater has been applied for irrigating fig trees. In the past, no comprehensive research has been done on the effects of supplemental irrigation with saline water on rainfed fig orchards. This study investigated the effects of saline irrigation water (7.38-7.8 dS/m) and high soil electrical conductivity on the quality and quantity of rainfed fig during 2010-2011. Experiments were carried out in a private rainfed fig orchard located in the village of Khane-Ket by sampling soil and roots in different parts of the garden. The results showed high tolerance of fig trees to high EC values of water and soil. However, increasing soil salinity under uniform irrigation conditions reduced the yield. Based on the results, there is a negative linear correlation between salinity and yield, with the coefficient of determination (R^2) equal to 0.5. A 36 percent reduction in EC values could increase the yield by 68 percent. Also, the regression equation between EC at different depths and the amount of production was obtained. Also, by determining the EC profile in the soil, its maximum value was found at a depth of 60-90 cm. In terms of fruit quality, soil salinity did not significantly affect fruit color and size; however, it increased the total soluble solids (TSS) of fruits.

Cite this article: Abdolahipour, M., Kamgar-Haghighi, A. A., Golkar, Gh. R., & Kamali, H. R. (2022). Evaluation of the Effect of Supplemental Irrigation with Saline Water on Quality and Quantity of Rainfed Fig Fruit. *Journal of Water and Irrigation Management*, 12 (4), 695-711. DOI: http://doi.org/10.22059/jwim.2022.344226.1000

© The Author(s).
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: http://doi.org/10.22059/jwim.2022.344226.1000

انتشارات دانشگاه تهران

مدیریت آب و آبیاری

شاپا الکترونیکی: ۲۳۸۲-۹۹۳۱

Homepage: https://jwim.ut.ac.ir/

ارزیابی تأثیر آبیاری تکمیلی با آب شور بر کیفیت و کمیت انجیر دیم

محمد عبداللهی پور[۱]✉ | علی‌اکبر کامگار حقیقی[۲] | غلامرضا گلکار[۳] | حمیدرضا کمالی[۴]

۱. نویسنده مسئول، گروه مهندسی آب، دانشکدگان ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: abdolahipour@ut.ac.ir

۲. بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. رایانامه: akbarkamgar@yahoo.com

۳. مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زرقان، ایران. رایانامه: rezag5223@gmail.com

۴. گروه مهندسی آب، مرکز آموزش عالی میناب، دانشگاه هرمزگان و عضو هسته پژوهشی اگرواکولوژی در مناطق خشک، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران. رایانامه: hr.kamali@hormozgan.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۱۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۳/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۱۹

تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۱۰/۰۴

کلیدواژه‌ها:
آبیاری تکمیلی،
انجیرستان دیم،
استهبان،
خشکسالی،
هدایت الکتریکی خاک.

چکیده

بزرگ‌ترین انجیرستان دیم دنیا، با مساحت بیش از ۲۲ هزارهکتار، در شهرستان استهبان (استان فارس) قرار دارد. در دو دهه گذشته، به‌علت خشکسالی‌های مستمر و کمبود آب شیرین، در مناطقی از این شهرستان از آب شور سفره‌های زیرزمینی برای آبیاری تکمیلی درختان استفاده شده است. تاکنون پژوهش جامعی در رابطه با اثرات آبیاری تکمیلی با آب شور بر باغ‌های دیم انجیر انجام نشده است. این پژوهش، تأثیر آبیاری با آب شور (۷/۳۸–۷/۸ دسی‌زیمنس بر متر) و هدایت الکتریکی بالای خاک بر کیفیت و کمیت میوه درختان دیم، رقم سبز را طی سال ۹۰–۱۳۸۹ بررسی می‌کند. آزمایش‌ها در یک انجیرستان دیم در روستای خانه‌کت استهبان، با نمونه‌برداری خاک و ریشه از اعماق مختلف خاک اطراف درختان، در نقاط مختلف باغ انجام شد. نتایج نشان‌دهنده مقاومت بالای درختان انجیر نسبت به مقادیر بالای هدایت الکتریکی آب و خاک بود. با این‌حال، در شرایط برابر از لحاظ آبیاری، افزایش شوری خاک باعث کاهش میزان محصول شد. براساس نتایج، یک رابطه خطی منفی با ضریب تبیین (R2)، برابر با ۰/۵، بین مقادیر شوری و محصول وجود دارد. کاهش ۳۶ درصدی مقادیر EC خاک توانست مقدار محصول را تا ۶۸ درصد افزایش دهد. هم‌چنین، معادله رگرسیونی بین هدایت الکتریکی در اعماق مختلف و میزان محصول تعیین شد و با تعیین نیمرخ هدایت الکتریکی خاک، بیش‌ترین مقدار این پارامتر، در عمق ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر تعیین شد. از نظر کیفیت محصول، مقادیر مختلف شوری خاک، تأثیر معنی‌داری بر رنگ و اندازه میوه نداشت، اما باعث افزایش مواد جامد محلول میوه (TSS) شد.

استناد: عبداللهی پور، م.، کامگار حقیقی، ع. ا.، گلکار، غ. ر. و کمالی، ح. ر (۱۴۰۱). ارزیابی تأثیر آبیاری تکمیلی با آب شور بر کیفیت و کمیت انجیر دیم. *نشریه مدیریت آب و آبیاری*، ۱۲ (۴)، ۶۹۵-۷۱۱. DOI: http://doi.org/10.22059/jwim.2022.344226.1000

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

۱. مقدمه

درخت انجیر، یکی از درختان باستانی است و کاشت آن از حدود ۴۰۰۰ سال پیش از میلاد در مصر مرسوم بوده است. با وجود این‌که در ایران گونه‌های مختلف این درخت موجود است، اما هنوز مدارکی دال بر کاشت انجیر تا پیش از قرن چهاردهم میلادی به‌دست نیامده است. استان فارس یکی از مناطق مهم کشت و پرورش انجیر دیم در کشور بوده و بالغ بر ۸۵ درصد سطوح زیر کشت انجیر دیم کشور در این استان کاشته شده و مورد بهره برداری قرار می‌گیرد. منطقه استهبان بیش‌ترین مساحت باغ‌های انجیر را در استان فارس دارا است (Abdolahipour *et al*., 2019a). قدمت کاشت این محصول در منطقه حدود ۲۵۰ سال است.

در این شهرستان با توجه به دیم‌بودن باغات، میزان تولید انجیر به‌شدت تحت تأثیر میزان بارندگی است و در سال‌هایی که دارای بارندگی کم بوده میزان تولید محصول نسبت به سال‌های پر باران به‌شدت کاهش یافته‌است (Abdolahipour *et al*., 2018). به‌طور مثال در سال ۱۳۸۹، به‌علت خشکسالی مقدار محصول انجیر دیم در دشت مرکزی استهبان، تا ۸۰ درصد کاهش یافت و ۱۰ درصد از درختان منطقه نیز از بین رفت (Abdolahipour *et al*., 2019b).

کاشت انجیر در مناطق مختلف این شهرستان از جمله منطقه خانه‌کت انجام می شود. این منطقه در مجاورت دریاچه بختگان بوده و اکثر باغ‌های انجیر آن در دامنه ارتفاعات قرار دارند، به‌طوری‌که که امکان ذخیره‌سازی رطوبت نسبتاً بالایی برای این باغ‌ها فراهم است. پژوهش‌های میدانی نشان می‌دهد که در گذشته، حتی در سال‌های نسبتاً خشک، در این ناحیه باغ‌های انجیر دیم محصول مناسبی داشته و عملکرد آن‌ها تا بیش از یک تن در هکتار بوده است. با این‌حال، پس از آغاز دوره‌های خشکسالی طولانی از سال ۱۳۸۰، استفاده از آبیاری تکمیلی در باغات دیم این منطقه، با حفر چاه‌های سطحی و نیمه‌عمیق در مجاورت و داخل باغات و در نزدیکی دریاچه بختگان آغاز شد. این امر باعث شد که باغداران به‌جای حمل آب با تانکر جهت آبیاری تکمیلی باغات، به‌آسانی به‌وسیله لوله‌های پلی‌اتیلن آب چاه‌های حفرشده را در باغات منتقل و نسبت به آبیاری آن‌ها اقدام نمایند (Shrifzadeh *et al*., 2012). آبیاری تکمیلی در سال‌های خشک، علاوه بر حفظ و نگهداری درختان، توانست نقش مهمی در افزایش عملکرد و کیفیت محصول داشته باشد.

روند برداشت آب‌زیرزمینی با استفاده از چاه‌های سطحی توسط باغداران منطقه به‌تدریج از سال ۱۳۸۰ گسترده‌تر شد و موجب بالارفتن درجه شوری آب استحصالی شد. هم‌چنین آبیاری‌های مستمر درختان دیم انجیر منطقه موجب شد که درختان بعضی از باغ‌ها تا حد زیادی به حالت آبی تغییر کنند و براساس مشاهدات میدانی، عدم آبیاری بعضی از این باغ‌ها، به‌مدت یک الی دو سال، باعث خشکیدگی کامل درختان شد. وجود گیاهچه‌های نمک‌دوست در باغ‌ها، نشان‌دهنده وضعیت شوری بالای آب و خاک در این منطقه است. اگر چه عوامل محیطی از جمله دما، فتوپریود و رطوبت هوا بر روی رشد و توسعه درخت انجیر و محصول آن مؤثر است (Flaishman *et al*., 2007) اما شوری که به‌صورت نمک محلول مازاد در خاک تعریف می‌شود، یکی از فاکتورهای منفی تأثیرگذار بر محصول درختان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است (Ashraf *et al*., 2004; Hussain *et al*., 2009). شوری می‌تواند در آب آبیاری و یا خاک مزرعه وجود داشته باشد و به‌عنوان یکی از عوامل اصلی غیرزیستی محدودکننده رشد درخت و ریزش برگ ها مطرح است (Soni *et al*., 2017).

در بیش‌تر پژوهش‌های انجام‌شده، آستانه تحمل درخت انجیر به شوری عصاره اشباع خاک در گروه متوسط تا زیاد (۵/۵ الی شش دسی‌زیمنس بر متر)، گزارش شده است (Golombek and Lüdders,1990; Grieve *et al*., 2012; Dominguez, 1990). با این حال، گیاهان به شوری نه‌تنها در بین گونه‌های مختلف کاملاً متغیر است بلکه در هر گیاه و تحت شرایط محیطی نیز تغییر می‌کند. بسیاری از عوامل مربوط به گیاه، خاک، آب و اتمسفر با یکدیگر تلفیق شده و بر

مقاومت یک گیاه نسبت به شوری تأثیر می‌گذارند. بنابراین واکنش یک گیاه را نسبت به غلظت معینی از نمک نمی‌توان به‌طور مطلق پیش‌بینی نمود. عملکرد نسبی گیاه در خاک شور نسبت به عملکرد همان گیاه در خاک غیرشور، می‌تواند به‌عنوان راهنمای عملی در انتخاب نوع گیاه جهت کشت و پیش‌بینی تنش شوری مورداستفاده قرار گیرد. مطالعات گسترده‌ای درباره واکنش گیاهان به شوری صورت گرفته است تا بتوانند رابطه شوری- عملکرد را کمی نمایند (Kamali *et al*., 2022). براساس اطلاعات هر یک از این توابع می‌توان مدل شوری- عملکرد را که مقدار تولید گیاه را نسبت به شوری آب کاربردی نشان می‌دهد، به‌دست آورد. چنین توابعی در مطالعات عملیات مدیریتی آب، درجایی که شوری یک مشکل طبیعی باشد، مفید است. گیاهان مختلف براساس آستانه تحمل به شوری آن‌ها، هم‌چنین مقدار کاهش عملکرد به‌ازای افزایش یک واحد شوری طبقه‌بندی شده‌اند. تعیین توابع تولید محصول نسبت به شوری معمولاً نیاز به تعداد زیادی داده میدانی دارد.

تاکنون پژوهش‌های زیادی در استفاده از آب شور برای درختان انجیر انجام نشده است. Golombek and Lüdders (1993)، در محیط گلخانه‌ای تأثیر شوری کوتاه‌مدت را بر تبادل گازی و فتوسنتز نهال انجیر رقم بارداجیک۱ در ترکیه، بررسی کردند. نتایج نشان داد که در نخستین روزهای پس از استفاده از تیمار شوری، مقدار کارایی مصرف آب در گیاهان به‌علت کاهش هدایت روزنه‌ای افزایش یافته است. آن‌ها مقاومت گیاه انجیر به شوری را در درجه متوسط گزارش کردند. اما به‌طور کلی درجه مقاومت به شوری باید براساس مطالعات انجام‌شده از رشد رویشی درختان و نیز مقدار محصول آن‌ها در طولانی‌مدت تحت شرایط شوری تعیین شود، چرا که در درختان، ممکن است پس از تجمع نمک در بافت‌ها، به‌طور ناگهانی اثرات منفی یون‌های سمی ظاهر شود (Boland *et al*., 1996). تعیین اثر شوری بر گیاه می‌تواند، در برنامه‌ریزی و نیز شیوه انجام آبیاری مؤثر باشد. Salimpour *et al*. (2019) با بررسی اثر شوری بر هفت رقم مختلف درخت انجیر، رقم های سیاه و سبز را مقاوم‌ترین رقم‌ها معرفی کردند که مناسب‌ترین ویژگی‌های گیاهی را در مقابل شوری نشان دادند. سایر پژوهش‌های انجام‌شده، نشان‌دهنده تنوع زیاد در نتایج ویژگی‌های رویشی و زایشی درختان انجیر در برابر شوری است (Madahinasab *et al*., 2019; Caruso *et al*., 2019; Francini *et al*., 2021; Qrunfleh *et al*., 2013; Metwali *et al*., 2014; Alswalme *et al*., 2015; Zarei *et al*., 2017; Soliman and AbdAlhady, 2017).

به‌جز پژوهش‌های صورت‌گرفته برای نهال‌های انجیر آبی و در محیط گلخانه، پژوهش جامعی در ارتباط با کاربرد آب شور برای آبیاری درختان مسن و به‌ویژه آبیاری تکمیلی درختان انجیر دیم، در دنیا انجام نشده است. بنابراین، در این پژوهش، اثرات بهره‌گیری از آب شور در باغ‌های دیم انجیر در منطقه روستای خانه‌کت استهبان بر روی کیفیت و کمیت محصول این درختان بررسی می‌شود. هم‌چنین تغییرات مقادیر EC و pH در اعماق مختلف خاک مقایسه خواهد شد و در پایان راه‌کارهای کاهش اثرات منفی آن بر درختان و وضعیت زیست‌محیطی منطقه ارائه می‌شود.

۲. مواد و روش‌ها

این پژوهش در یک انجیرستان دیم در روستای خانه‌کت در شهرستان استهبان با مساحت حدود سه هکتار، با طول و عرض جغرافیایی به‌ترتیب ۲۹ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی و ۵۳ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی، با ارتفاع ۱۶۴۸ متر از سطح دریا انجام گرفت، تعداد درختان انجیر دیم موجود در باغ ۲۸۰ درخت ۳۰ ساله می‌باشد. درختان از رقم سبز (رقم غالب منطقه)، با قطر متوسط سایه‌انداز ۳/۶ متر، به فاصله ۱۰×۱۰ متر که کاملاً مستقر شده بودند، انتخاب شد. موقعیت جغرافیایی محل اجرای طرح و محل قرارگیری درختان مورد آزمایش در شکل (۱) نشان داده شده است. بافت خاک باغ آزمایشی، لوم

گراولی بوده و مقادیر شن، سیلت و رس در آن به‌ترتیب ۳۵، ۴۶ و ۱۹ درصد اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌های پژوهش در سال ۹۰-۸۹ در منطقه انجام شد. حداقل و حداکثر دمای هوا در منطقه استهبان بین ۷- تا ۴۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. مقدار بارندگی سالانه حدود ۳۵۴ میلی‌متر با کم‌ترین مقدار ۹۲ و بیش‌ترین مقدار ۷۳۹ میلی‌متر بوده است (Bagheri and Sepaskhah, 2014). متوسط رطوبت‌نسبی هوا، ۴۵ درصد بوده و در زمان رسیدن محصول در فصل تابستان کاهش می‌یابد. هم‌چنین همانند سایر مناطق دارای آب‌وهوای مدیترانه‌ای، بیش‌تر مقادیر بارش، مربوط به اواخر فصل پاییز و نیز زمستان است. اطلاعات هواشناسی مربوط به دوره زمانی این مطالعه از داده‌های ثبت‌شده در ایستگاه سینوپتیک هواشناسی استهبان، به‌صورت متوسط روزانه و ماهانه برای مقادیر مختلف در شکل (۲) ارائه شده است. انجیر دیم رقم سبز گیاهی با رشد عمودی، شاخ و برگ متراکم و معمولاً سه الی چهار تنه می‌باشد و غالب درختان انجیر منطقه استهبان از این رقم می‌باشد.

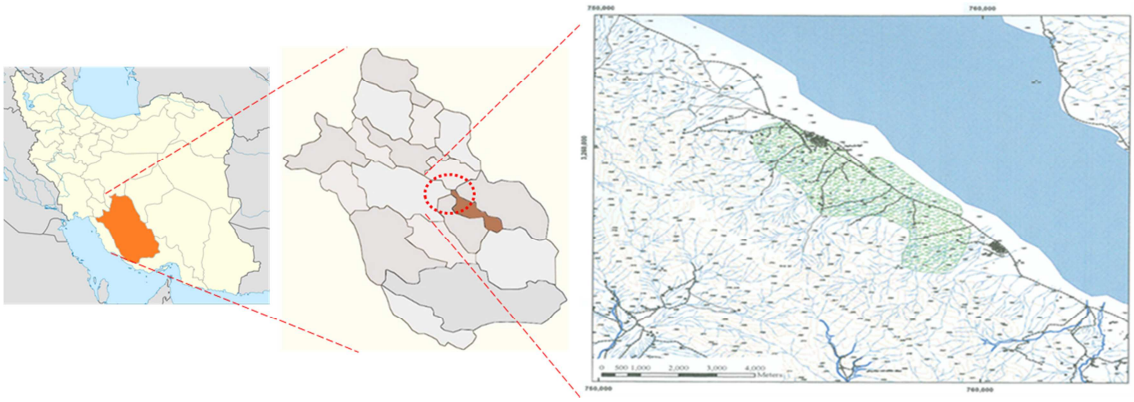

Figure 1. Location of experiments in Khane-Ket, Estahban, Fars province (fig orchards are shown in green near the Lake Bakhtegan)

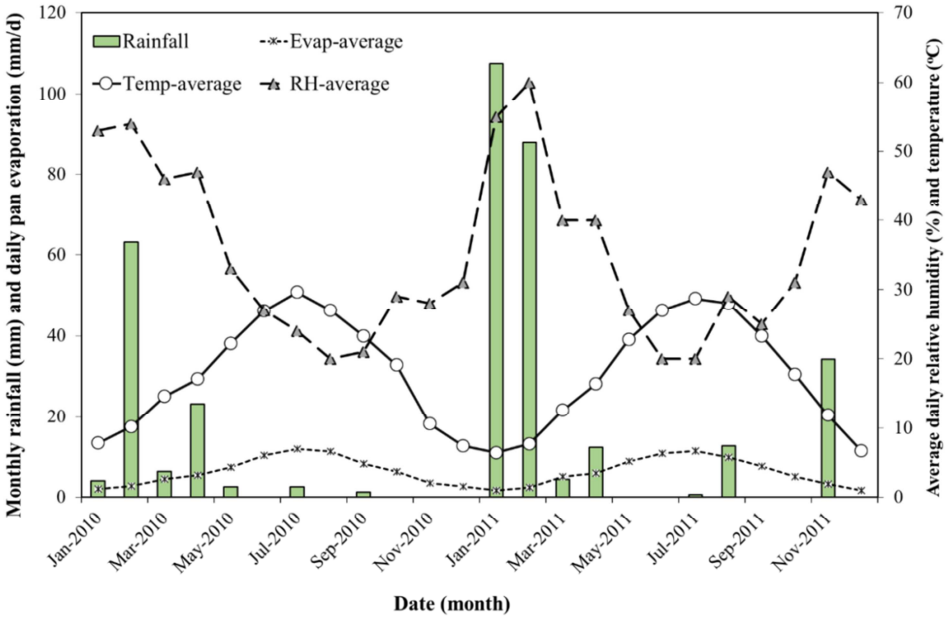

Figure 2. Different agrometeorological data of Estahban synoptic station during the experiments (2010-2011)

کلیه عملیات داشت، مطابق روش متداول منطقه انجام شد و هرس درختان در دی‌ماه انجام گرفت. برای مدیریت مناسب آبیاری تکمیلی باغ‌های دیم، توجه به مراحل مختلف رویشی و زایشی درخت انجیر ضروری است. مراحل رشد درختان انجیر در منطقه استهبان در شکل (۳) ارائه شده است. آب آبیاری از طریق آب چاه سطحی موجود در باغ موردمطالعه ذخیره تأمین شد. آبیاری‌ها در شش نوبت در تاریخ‌های شش آبان‌ماه (خزان و پس از برداشت محصول سال قبل)، پنج دی‌ماه (دوره خواب زمستانی درخت)، ۱۰ فروردین‌ماه (اول حرکت شیره گیاهی در درخت و بیداری درخت)، هفت اردیبهشت‌ماه، پنج خردادماه (قبل از گرده‌افشانی) و ۲۵ خردادماه (انتهای رشد زایشی و قبل از برداشت محصول) انجام شد و مقدار آبیاری هر درخت بین ۲۵۰۰ تا ۵۰۰۰ لیتر در هر نوبت بود. علت انجام آبیاری‌های کم‌تر منطقه در فصل پاییز و زمستان، به‌خاطر وجود بارش‌های این فصول است. با این‌حال، آبیاری در آبان‌ماه به‌علت عدم بارش، در ماه‌های پیش از آن توسط باغدار انجام گرفت. آبیاری به‌صورت روش تشتکی بوده و مدت زمان آبیاری هر درخت، ۱۵ دقیقه با دبی ثابت بود.

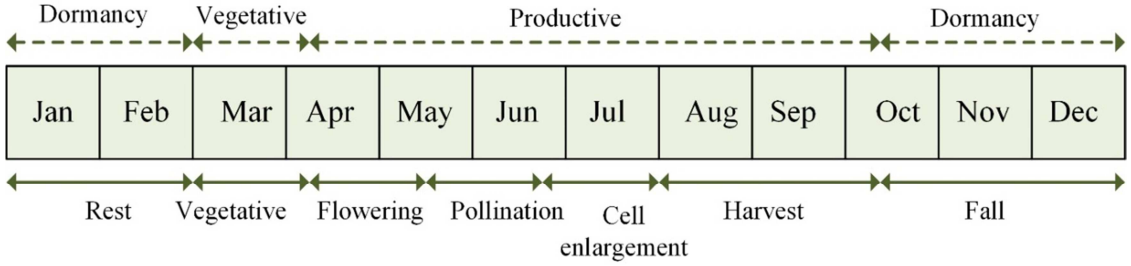

Figure 3. The growth stages of fig trees in Estahban region (Abdolahipour *et al.*, 2019c)

مقدار EC و pH آب در هر نوبت آبیاری برای تمامی درختان یکسان بود. کیفیت آب در دو نوبت در ابتدا و انتهای دوره آبیاری نمونه‌برداری شد، در ابتدای دوره آبیاری در آبان‌ماه، میزان EC آب برابر با ۷/۳۸ دسی‌زیمنس بر متر اندازه‌گیری شد که با گذشت زمان به میزان EC افزوده و در آخرین آبیاری در خردادماه به ۷/۸ دسی‌زیمنس بر متر رسید. تفاوت بین دو مقدار EC می‌تواند به‌دلیل عدم تغذیه سفره آب زیرزمینی ناشی از کمبود بارش در تابستان باشد که به کاهش نمک اضافه‌شده به سفره آب زیرزمینی می‌انجامد. مقدار pH نیز در اولین آبیاری برابر ۷/۵۲ و در آخرین آبیاری به ۶/۸۲ رسید که می‌تواند به‌خاطر رسوب کربنات در چاه بلافاصله پس از در معرض هوا قرارگرفتن آب باشد.

به‌منظور نمونه‌برداری از میزان شوری خاک ناحیه ریشه در باغ مورد نظر تعداد پنج عدد پروفیل در نقاط مختلف آن به عمق ۲۰۰ سانتی‌متر ایجاد شد. محل تقریبی پروفیل‌ها و چاه موجود در باغ در شکل‌های (۴) و (۵) دیده می‌شود. پروفیل‌ها در فاصله‌ای برابر از تنه هر سه درخت اطراف در نظر گرفته شد (حدود دو الی سه متر). باید توجه داشت که در درخت انجیر، ریشه‌ها به‌علت توسعه افقی زیاد تا درختان مجاور گسترش می‌یابند و قابلیت جذب آب در کل سطح باغ وجود دارد (Abdolahipour *et al.*, 2020). اندازه‌گیری میزان شوری خاک، در فواصل عمقی ۳۰ سانتی‌متری خاک با نمونه‌گیری از پروفیل قبل از برداشت محصول (۲۰ خردادماه ۱۳۹۰)، انجام شد. از هر عمق خاک، سه نمونه برداشت شد و نمونه‌ها در پاکت‌های پلاستیکی ریخته شد و در دمای ۶- درجه سانتی‌گراد برای تعیین ویژگی‌های کیفی نمونه خاک در آزمایشگاه نگهداری شد. در پایان فصل رشد، محصول جمع‌آوری‌شده از سه درخت نزدیک این پروفیل‌ها (A، B، C، D و E) و هم‌چنین محصول کلی باغ اندازه‌گیری شد. در این پژوهش شوری هر یک از این پروفیل‌ها، یک تیمار و هر درخت و یا هر نمونه از پروفیل نیز یک تکرار در نظر گرفته شد. با توجه به یکنواخت‌بودن درختان، با مقایسه میزان

شوری نمونه‌ها و محصول حاصل، عملکرد درختان در شرایط شوری بررسی شد. پس از جمع‌آوری میوه‌ها با استفاده از دستگاه جداسازی[۲] مرکز تحقیقات انجیر استهبان، جداسازی آن‌ها برای هر درخت به سه دسته شامل قطر کوچک‌تر از ۱۷ میلی‌متر (درجه B)، بین ۱۷ تا ۲۲ میلی‌متر (درجه A)، و بزرگ‌تر از ۲۲ میلی‌متر (درجه AA)، انجام شد و وزن میوه‌های هر دسته اندازه‌گیری شد. هم‌چنین با استفاده از اطلس رنگ (Hickethierd, 1974)، میوه‌های درختان به سه گروه زرد، قهوه‌ای روشن و قهوه‌ای تیره، تقسیم‌بندی شد که رنگ‌های روشن‌تر، نشان‌دهنده کیفیت بالاتر است. وزن میوه‌های گروه‌های مختلف برای هر درخت تعیین شد. هم‌چنین برای هر درخت، سه میوه به‌طور تصادفی انتخاب شد و میزان مواد جامد محلول در آن‌ها با استفاده از دستگاه رفرکتومتر، در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. متوسط مقدار موارد جامد محلول میوه‌های هر درخت در تحلیل آماری آن مورداستفاده قرار گرفت. تحلیل داده‌های برداشت‌شده، با استفاده از نرم‌افزار SPSS v.16.0 انجام شد. اختلاف میانگین‌ها با روش آزمایش چندگانه دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شد.

Figure 4. Soil and root sampling of profiles near the trees

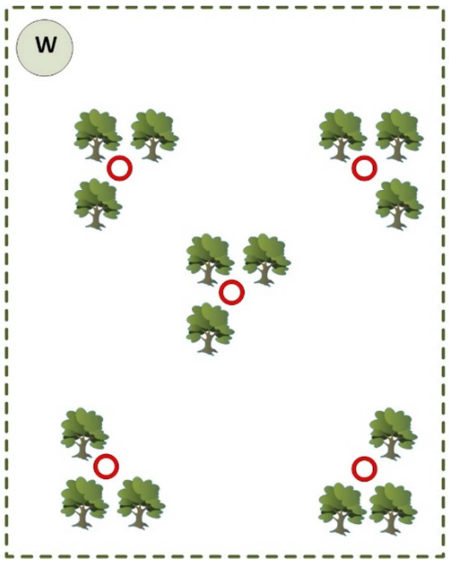

Figure 5. Location of soil profiles (red circles) and the well (green circle) in the experimental orchard depicted in a schematic diagram

۳. نتایج و بحث

میزان محصول اندازه‌گیری‌شده سالانه برای درختان در اطراف هر یک از پروفیل‌های A تا E در جدول (۱) نشان داده شده است.

نتایج نشان‌دهنده عملکرد مناسب درختان انجیر در شرایط EC بالای آب و خاک است. Golombek and Lüdders (1990)، انجیر را درختی تقریباً مقاوم به شوری آب و خاک معرفی کرده‌اند. هم‌چنین باوجود این‌که Maas (1986)، بیش‌ترین مقدار EC آب آبیاری را برای اکثر گیاهان، دو دسی زیمنس بر متر ذکر می‌کند، در پژوهش دیگری Grieve *et al.* (2012)، درخت انجیر را در گروه گیاهان با مقاومت متوسط به شوری قرار داده است. Dominguez (1990)، مقدار آستانه تحمل درخت انجیر به شوری عصاره اشباع را برابر ۵/۵ تا شش دسی‌زیمنس بر متر گزارش کرده است.

Table 1. Mean fruit weight (kg/tree) based on annual total yield of trees for each treatment (A, B, C, D and E are the label of profiles and the index numbers are the label of replications)

Trees	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
yield (kg/tree)	12.2	19.3	13.7	12.4	16.3	12.4	17.2	24.1	19.6	26.0	21.5	22.5	15.5	13.5	15.0

با استفاده از رگرسیون خطی و با درنظرگرفتن مقدار EC نیمرخ خاک مربوط به هر پروفیل و متوسط وزنی میزان محصول اندازه‌گیری‌شده درختان اطراف آن، مقدار ضریب تبیین (R^2)، بین این دو پارامتر برابر ۰/۵۰ محاسبه شد. در معادله حاصل که در شکل (۶) ارائه شده است، Y مقدار محصول برحسب کیلوگرم و X مقدار متوسط هدایت الکتریکی عصاره اشباع EC اعماق مختلف خاک پروفیل‌های A تا E برحسب دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد.

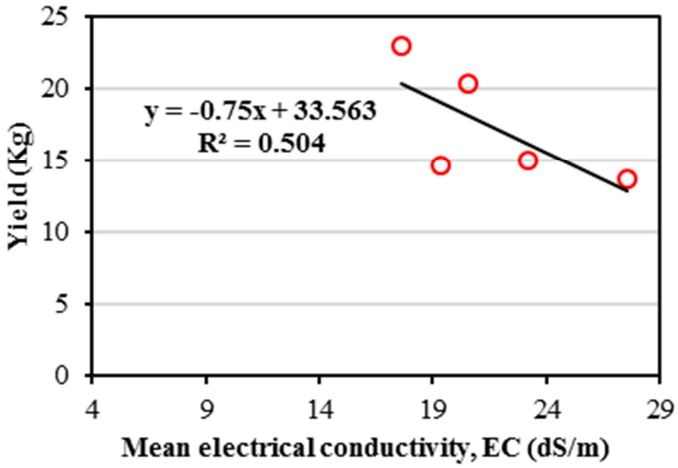

Figure 6. Correlation between the production of trees and EC values of soil for different treatments

با توجه به این‌که در اعماق مختلف، مقادیر EC اندازه‌گیری شده است، با درنظرگرفتن فرض خطی‌بودن مقدار محصول گیاه نسبت به شوری (Maas and Hoffman, 1977)، به‌منظور تعیین اثر شوری در اعماق مختلف بر میانگین محصول سالانه درختان مربوطه، معادله رگرسیون‌گیری چندگانه خطی با استفاده از نرم‌افزار SPSS، به‌صورت زیر به‌دست آمد:

$$Y = 1.24EC_{0-30} - 0.04EC_{30-60} - 1.95EC_{120-150} + 0.26EC_{180-200} + 41.35 \quad \text{رابطه ۱)}$$

در این معادله، Y میزان محصول است که برحسب کیلوگرم بیان می‌شود. هم‌چنین، EC_{0-30}، EC_{30-60}، $EC_{120-150}$ و $EC_{180-200}$ به‌ترتیب میزان EC_e برحسب دسی‌زیمنس بر متر در اعماق ۳۰–۰، ۶۰–۳۰، ۱۵۰–۱۲۰ و ۲۰۰–۱۸۰ سانتی‌متر از سطح خاک است. دلیل عدم لحاظ‌کردن مقادیر EC_e مربوط به اعماق ۹۰–۶۰ و ۱۸۰–۱۵۰ سانتی‌متری در معادله فوق، معنی‌دارنبودن، ضرایب مربوط به آن‌ها در معادله رگرسیونی بوده است.

هم‌چنین بررسی هم‌خطی بودن چندگانه[۳] در معادله رگرسیونی فوق نشان داد که ضریب تحمل[۴] مربوط به EC_e در عمق ۱۵۰–۱۲۰ و ۲۰۰–۱۸۰، کم‌تر از ۰/۴ بوده است. ضریب تحمل پارامتری است که در هنگام بررسی بیش‌تر از دو متغیر در یک رگرسیون چندگانه، مورداستفاده قرار می‌گیرد و با کمک آن متغیرهای پیش بینی که با سایر متغیرهای مستقل همبستگی بسیار بالایی دارند، مشخص می‌شود (Meyers *et al*., 2016). دامنه این پارامتر از صفر تا یک بوده و اندازه‌های کم‌تر از ۰/۴ نگران‌کننده است و نشان می‌دهد که بین متغیر مربوطه با سایر متغیرهای پیش‌بین روابط قوی وجود دارد و چنان‌چه این مقدار کم‌تر از ۰/۱ باشد، نیاز به حذف پارامتر یا ترکیب آن با سایر پارامترها می‌باشد (Meyers

et al., 2016). بنابراین با توجه به موارد ذکرشده می‌توان نتیجه گرفت که از بین مقدار EC_e در اعماق مختلف، مقدار آن در عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متر نسبت به سایر اعماق، تأثیرگذارتر است. نمونه‌برداری از ریشه و بررسی چشمی چگالی مختلف بر روی کاغذ میلی‌متری، بیش‌تربودن چگالی طولی ریشه در اعماق صفر تا ۶۰ سانتی‌متری را برای بیش‌تر پروفیل‌ها تأیید کرد (شکل ۷). هم‌چنین مطابق پژوهش‌های Abdolahipour *et al*. (2020)، بر روی باغات دیم استهبان، بیش‌ترین تراکم و حجم ریشه‌های درختان انجیر در عمق سطحی تا ۶۰ سانتی‌متر وجود دارد، به‌طوری‌که در آخر زمستان و آخر بهار، بیش‌ترین تراکم طولی ریشه، در عمق ۱۵-۴۵ سانتی‌متر و در تابستان در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری خاک گزارش شد. بنابراین رابطه خطی چندمتغیره به‌دست‌آمده (رابطه ۳) منطقی به‌نظر می‌رسد، چرا که شوری و جذب آب در این دو عمق سطحی اثر تعیین‌کننده‌ای بر میزان محصول داشته است. نتایج آماری نشان داد ضرایب معادله فوق، در سطح یک درصد معنی‌دار است. با این‌حال، با درنظرگرفتن اهمیت موضوع یکپارچه‌سازی براساس کل عمق ریشه[5] می‌توان گفت معادله رگرسیون ارائه‌شده در شکل (۶) نسبت به معادله رگرسیون چندگانه (رابطه ۱) که تنها بعضی اعماق را در نظر می‌گیرد، مناسب‌تر است.

Maas (1986) گزارش کرد که کاربرد آب شور در مراحل مختلف رشد شامل مراحل سبزینه ای، میوه‌دهی و رسیدن گیاه متفاوت است و معمولاً گیاهان طی مرحله اولیه رشد بسیار حساس هستند و در مرحله رسیدن مقاومت بیش‌تری از خود نشان می‌دهند. بنابراین می‌توان برای کاهش اثرات شوری آب و خاک بر درختان انجیر، فواصل آبیاری را در ماه‌های اسفند و فروردین که شیره گیاهی شروع به جریان می‌کند، کاهش داد تا تأثیر منفی کاهش جذب ناشی از پدیده اسمزی کم شود. هم‌چنین نتایج پژوهش‌های قبل در این منطقه، نشان داده است که آبیاری در این ماه‌ها بیش‌ترین تأثیر را بر ویژگی‌های مورفولوژیکی درختان انجیر دارد (Abdolahipour *et al*., 2018; Abdolahipour *et al*., 2019a; Abdolahipour *et al*., 2019b). در عین حال باید مقدار مصرف آب در این دوره زمانی نیز با مدیریت مناسب باشد، تا از فشار بر منابع آب زیرزمینی کاسته شود.

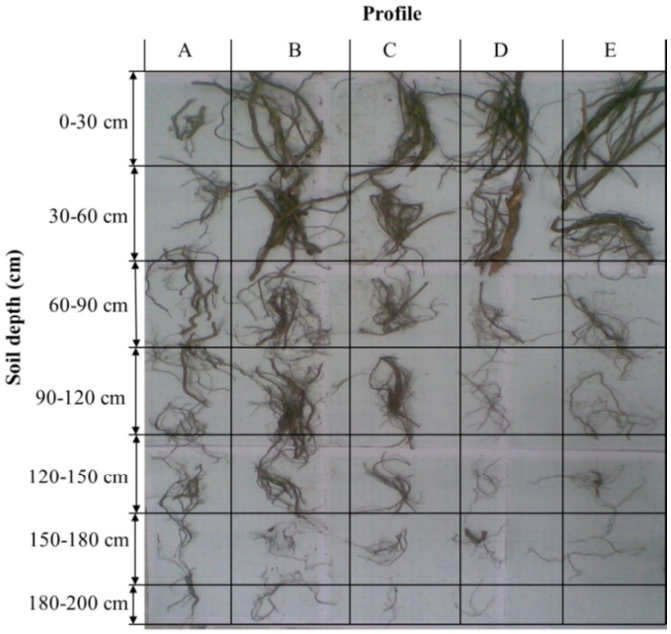

Figure 7. Samples of fig roots in different soil depths for various experimental profiles

۳. ۱. مقایسه EC و pH پروفیل‌ها و مقدار محصول درختان اطراف هر پروفیل

با درنظرگرفتن هر یک از نمونه‌ها به‌عنوان یک تکرار و تحلیل آماری، مقدار EC مربوط به پروفیل B به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمارهای C، D و E است و کم‌ترین مقدار EC مربوط به تیمار D می‌باشد. نتایج در جدول (۲) دیده می‌شود. هم‌چنین با توجه به نتایج میانگین محصول درختان اطراف پروفیل‌های مختلف، میانگین محصول درختان پروفیل D و C به‌طور معنی‌داری بیش از سایر پروفیل‌هاست. درختان پروفیل B، کم‌ترین میزان محصول را دارا هستند. به‌طورکلی نتایج این جدول، نشان‌دهنده مقاومت بالای درختان انجیر به شوری است. بر این اساس تا هدایت الکتریکی خاک (میانگین تا عمق ۲۰۰ سانتی‌متر) برابر با ۲۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر، یک درخت انجیر می‌تواند تا ۱۳/۷ کیلوگرم محصول تولید کند که بیش‌تر از متوسط محصول درختان منطقه استهبان در حالت دیم و بدون آبیاری (۱۰ کیلوگرم) است. کاهش مقدار EC خاک به حدود ۱۷/۶ دسی‌زیمنس بر متر، مقدار محصول را تا ۶۸ درصد افزایش داد. هم‌چنین با توجه به‌نتایج می‌توان گفت در صورت استفاده از آبیاری در چند نوبت، میزان مقاومت درخت انجیر به EC خاک و آب بسیار بالا است.

ازآنجاکه آب استحصالی در این منطقه، در یک دوره زمانی چندساله به‌تدریج شور شده است، لذا به‌نظر می‌رسد یکی از عوامل تأثیر کم‌تر شوری به‌خاطر امکان سازگاری درختان انجیر با شوری در طولانی‌مدت باشد. از طرف دیگر با توجه به این‌که فاصله درختان در حدود ۱۰ متر می باشد و پراکنش ریشه‌ها نیز تا درختان مجاور ادامه پیدا کرده است، جذب آب از سایر نقاط خارج از محل آبیاری (آبگیر درخت)، نیز در کاهش اثر شوری تأثیرگذار بوده است. با این‌حال، برای یک نتیجه‌گیری دقیق، بررسی واکنش‌های گیاه و آثار زیست‌محیطی در یک دوره طولانی ضروری است.

مقایسه میزان محصول برای کل باغ (۲۸۰ درخت) و هر درخت در سال انجام پژوهش (۱۳۹۰) با سال‌های قبل نشان‌دهنده روند نزولی تولید است. به‌طوری‌که مقدار محصول باغ در سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ به‌ترتیب ۱۰/۲، ۶/۳، ۶/۵ و ۴/۳ تن و میانگین محصول هر درخت به‌ترتیب ۴۲/۵، ۲۲/۵، ۲۳/۲ و ۱۵/۴ کیلوگرم بوده است. بر این اساس در طی چهار سال مقدار محصول درحدود ۵۸ درصد کاهش داشته است. دلایل متعددی می‌توان برای این موضوع مطرح کرد، از جمله این‌که با توجه به اظهارات باغداران و کارشناسان محلی، کیفیت آب آبیاری در منطقه در ۱۰ سال قبل از انجام آزمایش (سال ۱۳۸۰)، مناسب و شیرین بوده است، اما به‌تدریج از کیفیت آن کاسته شده و از حدود سه سال پیش از آن (سال ۱۳۸۷)، شوری آب به‌شدت افزایش یافته است. هم‌چنین زیاده‌روی در استفاده از آب زیرزمینی برای آبیاری درختان انجیر، منجر به کاهش شدید سطح ایستابی ذخایر آب زیرزمینی به‌ویژه در چنین مناطقی که دارای محدودیت آب کشاورزی است، شده است (Abdolahipour and Kamgar-Haghighi, 2015).

درخت انجیر گیاهی است که با خاک‌های قلیایی سازگاری بیش‌تری دارد. pH مناسب برای درختان انجیر بین شش تا هشت می‌باشد (Flaishman *et al*., 2007). در آزمایش‌های انجام‌شده، pH اعماق مختلف بین ۷ تا ۷/۵ می‌باشد که مقداری مناسب می‌باشد (جدول ۲). مقدار pH بین ۷ تا ۷/۴۴ در بین پروفیل‌های مختلف تغییر کرده است. پروفیل C و D بیش‌ترین مقدار pH را دارا هستند. با این‌حال تفاوت معنی‌داری بین این پروفیل‌ها وجود ندارد، اما نتایج نشان می‌دهد که در خاک‌های قلیایی‌تر میزان محصول بیش‌تری حاصل شده است. هم‌چنین با مقایسه مقادیر pH به‌دست‌آمده در خاک و pH آب آبیاری، می‌توان گفت که با ورود آب آبیاری به خاک، مقدار pH آن توسط خاک تعدیل شده است.

Table 2. Mean comparison of soil EC (dS/m), yield (kg/tree) and soil pH for trees around different treatments

Treatment	No.	EC (dS/m)	Yield (kg/tree)	pH
A	3	23.15 ab*	15.07 b	7.30 a
B	3	27.55 a	13.70 b	7.29 a
C	3	20.57 b	20.30 a	7.40 a
D	3	17.60 b	23.33 a	7.44 a
E	3	19.31 b	14.67 b	7.39 a

*** Means followed by the same letter are not statistically different according to Duncan multiple range test (P<0.05).**

نتایج نشان داد که در اعماق بیش‌تر خاک، میزان EC خاک بیش‌تر است و عمق ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر به‌طور معنی‌داری، بیش‌ترین مقدار EC را در بین پروفیل‌های موجود داراست (جدول ۳). هم‌چنین میزان شوری به‌جز از لایه اول تا سوم خاک افزایشی و پس از آن به‌تدریج اندکی از مقدار EC کاسته و یا مقدار آن تثبیت می‌شود. علت تجمع نمک در عمق ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر را می‌توان آبشویی آن از لایه‌های سطحی و هم‌چنین تغییر بافت خاک به لایه خاک سنگین در عمق ۹۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر دانست. تغییرات مقدار EC در نیمرخ خاک در شکل (۸) نشان داده شده است. هم‌چنین نتایج آماری نشان داد که لایه سطحی خاک، دارای بیش‌ترین میزان pH است (جدول ۳). تغییرات مقدار pH در نیمرخ خاک در شکل (۹) ارائه شده است.

Table 3. Mean comparison of soil EC (dS/m) and pH values for different soil depths

Soil depth (cm)	No.	EC (dS/M)	pH
0-30	5	13.84 c*	7.63 a
30-60	5	18.37 bc	7.46 b
60-90	5	26.18 a	7.30 c
90-120	5	25.46 a	7.25 c
120-150	5	23.65 ab	7.31 c
150-180	5	22.15 ab	7.30 c
180-200	5	21.81 ab	7.31 c

*** Means followed by the same letter are not statistically different according to Duncan multiple range test (P<0.05).**

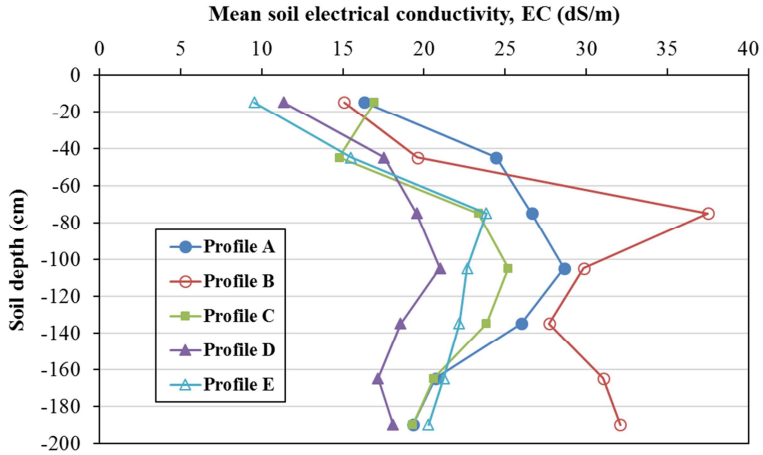

Figure 8. Variation in mean EC values for different depths of soil profiles

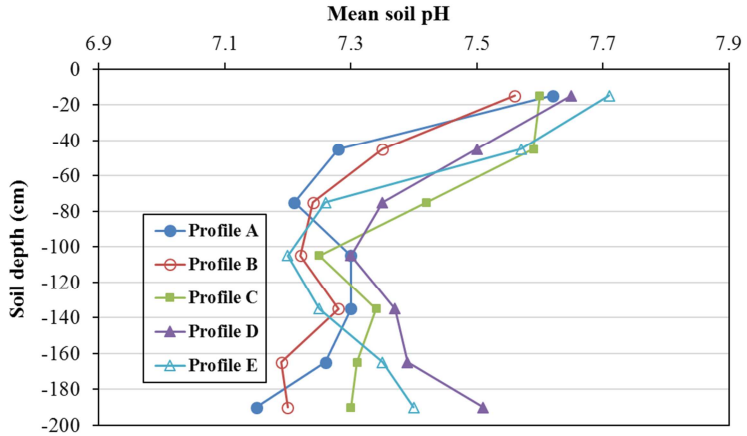

Figure 9. Variation in mean pH values for different depths of soil profiles

۳. ۲. کیفیت میوه

به‌طورکلی میزان کیفیت میوه انجیر خشک، براساس پارامترهای اندازه قطر، رنگ پوست و مقدار مواد جامد محلول آن تعیین می‌شود. بر این اساس هرچه میوه دارای اندازه بزرگ‌تر، رنگ روشن‌تر و مقدار مواد جامد محلول بیش‌تری باشد، از نظر تجاری، با ارزش‌تر می‌باشد İrget *et al*. (2008)، اندازه میوه انجیر را مهم‌ترین فاکتور در بازاریابی آن به‌ویژه در رابطه با مصرف مستقیم و تازه‌خوری بیان می‌کند.

براساس نتایج ارائه‌شده در جدول (۴)، محصول مربوط به پروفیل D به‌طورکلی برای هر سه گروه اندازه میوه، در مقایسه با درختان سایر پروفیل‌ها، وزن بیش‌تری داشتند. برای قطر بین ۱۷ و ۲۲ میلی‌متر، تفاوتی بین درختان مربوط به پروفیل‌های مختلف دیده نمی‌شود. هم‌چنین درختان تیمارهای A و B که مقدار EC بالاتر و pH کم‌تری دارند، مقدار محصول کم‌تری هم برای میوه‌های با قطر بزرگ‌تر از ۲۲ میلی‌متر و هم کم‌تر از ۱۷ میلی‌متر داشتند. بر این اساس نمی‌توان گفت که EC بیش‌تر خاک، تأثیری بر اندازه قطر میوه‌ها داشته است، چرا که به‌طور مشابهی بر روی قطرهای مختلف اثرگذار بوده است. با این‌حال، می‌توان با درنظرگرفتن نسبت وزن محصول در هر یک از گروه‌ها به کل مقدار محصول درختان آن پروفیل، نتایج دقیق‌تری به‌دست آورد. برای این منظور شکل (۱۰)، با توجه به نسبت‌های محاسبه‌شده، ترسیم شد که در آن رنگ آبی تیره، مقادیر کم‌تر و رنگ زرد مقادیر بزرگ‌تر را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، به‌طورکلی برای تیمارهای مختلف، بیش‌ترین درصد میوه‌ها مربوط به قطر کوچکتر از ۱۷ میلی‌متر است و قطرهای ۱۷–۲۲ میلی‌متر و بیش‌تر از ۲۲ میلی‌متر پس از آن قرار دارد. بیش‌ترین درصد میوه‌های با کیفیت مناسب (قطر بیش از ۲۲ میلی‌متر) از کل میوه‌های یک درخت، مربوط به درختان تیمار E و سپس A است. این نتایج، دوباره عدم تأثیرگذاری شوری خاک بر قطر میوه‌ها را نشان می‌دهد.

یکی دیگر از پارامترهای مهم در تعیین کیفیت میوه، رنگ آن است. براساس مشاهده‌های پژوهش حاضر، برای کلیه تیمارها، میوه‌های برداشت اول کیفیت مناسب‌تری داشتند که در برداشت‌های بعد به‌طور عمده دارای رنگ میوه قهوه‌ای و دارای درجه کیفی پایین‌تر شد. به‌طور کلی تفاوت معنی‌داری بین پروفیل‌های مختلف از نظر رنگ میوه دیده نشد (جدول ۵). با توجه به نتایج شکل (۱۰)، برای تمامی درختان، کم‌ترین مقدار محصول مربوط به گروه رنگ میوه زرد است که در بازه ۱۷ تا ۲۳ درصد از کل وزن میوه درخت است. بیش‌ترین درصد میوه‌های زرد یک درخت، برای درختان تیمار E می‌باشد. درحالی‌که برای درختان تیمار C، درصد میوه‌های رنگ قهوه‌ای تیره بیش از قهوه‌ای روشن است در سایر تیمارها (A، B، D و E)، رنگ قهوه‌ای روشن مقادیر بیش‌تری دارد. براساس نتایج به‌دست‌آمده، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که مقادیر مختلف شوری خاک، اثر معنی‌داری بر رنگ میوه نداشته است.

هم‌چنین پارامتر مواد جامد محلول نیز به‌عنوان یکی از شاخص‌های کیفی میوه اندازه‌گیری شد (Crisosto *et al*., 2010) که مقدار آن در درختان پروفیل B به‌طور معنی‌داری بیش از تیمارهای C، D و E بود (جدول ۵). هم‌چنین پس از تیمار B، بیش‌تری مقدار این پارامتر مربوط به تیمار A بود. بر این اساس می‌توان گفت که افزایش مقدار EC باعث زیادشدن مقدار مواد جامد محلول میوه شده است که یکی از پارامترهای مفید از نظر کیفی برای میوه انجیر است. Francini *et al*. (2021) نشان داد که کاربرد شوری متوسط برای درختان انجیر می‌تواند باعث تجمع یون‌های روی و منیزیم در میوه شود و به بهبود کیفی آن از نظر مواد مغذی کمک کند.

با وجود تأثیر اندک شوری بر کیفیت رنگ و اندازه میوه درختان در این آزمایش، نیاز به پژوهش‌های طولانی‌تری است. Boland *et al*. (1996) گزارش کرد که در درختان میوه، تجمع نمک در بافت‌های چوبی برای چندین سال می‌تواند رخ دهد و سپس اثرات منفی یون‌های سمی ظاهر شود. نتایج آزمایش‌های وی نشان داد برای درختانی مانند

زردآلو و هلو با گذشت زمان طولانی از مکش[۶] نمک توسط این بافت‌های چوبی، ظرفیت ذخیره آن در بافت پایان یافته، و یون سدیم اضافی به سرعت وارد برگ‌ها شده و در نهایت درخت از بین می‌رود.

از دیگر عوامل مؤثر بر کیفیت میوه می‌توان به نوع خاک، شرایط محیطی، آب و هوا و عملیات کشاورزی مانند هرس و گرده‌افشانی اشاره کرد (Crisosto *et al*., 2010; Aksoy *et al*., 2001; Inglese *et al*., 2002; Ochoa & Uhart, 2006; Pourghayoumi *et al*., 2012). ریزش برگ‌ها نیز یکی از موارد رخ داده در باغ مورد آزمایش بود که خود می‌تواند نتیجه استفاده از آب شور باشد، چرا که علاوه بر درختان آزمایش، در بسیاری از باغات منطقه پژوهش نیز در سال انجام آزمایش رخ داده است. این امر می‌تواند یکی از عوامل کاهش کیفیت میوه‌های درختان باشد.

Table 4. Mean comparison of annual yield (kg/tree) based on classification of fruits' diameter for different treatments

Treatment	No.	Diameter of fruit (mm)		
		<17	17-22	22<
A	3	6.09 b*	5.34 a	3.63 c
B	3	6.30 b	4.04 a	3.36 c
C	3	7.45 b	7.98 a	4.87 ab
D	3	10.01 a	7.96 a	5.37 a
E	3	6.21 b	4.65 a	3.81 bc

*** Means followed by the same letter are not statistically different according to Duncan multiple range test (P<0.05).**

Table 5. Mean comparison of annual yield (kg/tree) based on classification of fruits' skin color and TSS (Brix) for different treatments

Treatment	No.	Color of fruit skin			TSS (Brix)
		Yellow	Light brown	Dark brown	
A	3	2.89 ab*	7.20 b	4.97 a	32.60 ab
B	3	2.74 b	7.81 ab	3.15 a	34.73 a
C	3	3.85 ab	7.80 ab	8.65 a	31.63 b
D	3	3.97 a	11.85 a	7.52 a	30.20 b
E	3	3.37 ab	7.28 b	4.02 a	30.80 b

*** Means followed by the same letter are not statistically different according to Duncan multiple range test (P<0.05).**

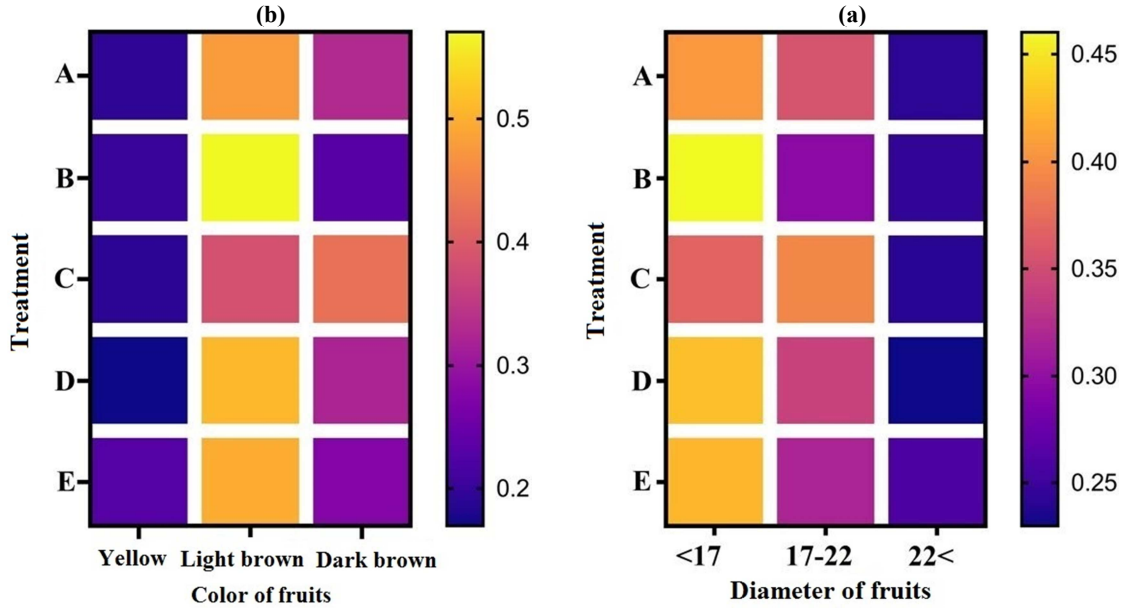

Figure 10. The ratio of a group's weight to total yield of trees for different treatments based on classification of diameter (a) and color (b) of fruits

۳. ۳. راه‌کارهای حل مشکل شوری در باغ‌های انجیر منطقه

یکی از عوامل مهم که باید در به‌کارگرفتن روش‌های کاهش اثرات تنش شوری در نظر گرفته شود، توجه به مراحل مختلف رشد درخت انجیر است. برای شرایطی مانند منطقه پژوهش، رشد شاخه‌ها از اواخر فروردین‌ماه تا اواسط خردادماه اتفاق می‌افتد. بسته به شرایط محیطی، برگ‌ها به‌تدریج در اواسط خردادماه کامل می‌شود. گلدهی و میوه‌دهی از فروردین‌ماه تا تیرماه رخ داده و رسیدن میوه‌ها از مردادماه شروع و تا مهرماه که دمای هوا کاهش یابد، ادامه می‌یابد. در آخر دوره رشد، ریزش برگ‌ها آغاز شده و درخت وارد دوره استراحت می‌شود. تنش در مراحل حساس رشد، می‌تواند اثرات بیش‌تری بر رشد گیاه و کمیت و کیفیت میوه داشته باشد.

از اثرات کلی شوری بر رشد و عملکرد درختان می‌توان به کاهش پتانسیل اسمزی ناشی از اثر کل املاح محلول موجود در خاک اشاره کرد (اثر اسمزی). هم‌چنین وجود یون‌های خاص در خاک مانند کلرید سدیم و یا بر، می‌تواند به‌تنهایی باعث ایجاد سمیت در گیاه شود و در مکانیسم جذب گیاه اختلال ایجاد نماید (اثر ویژه یونی) و یا باعث عدم تعادل تغذیه‌ای درخت شود. لذا برای حل مشکلات ناشی از شوری در باغ‌های انجیر منطقه، راه‌کارهای احتمالی زیر می‌تواند در آینده موردبررسی قرار گیرد.

راه‌حل اصلی و طولانی‌مدت برای خاک‌های شور، بهسازی آن‌ها از طریق آبشویی است. به‌طورکلی دست‌یابی به این هدف در بسیاری از موارد، مستلزم احداث شبکه‌های زه‌کشی است، اما با توجه به خاک سبک منطقه نیاز به شبکه زهکشی، چندان ضروری نیست و به‌نظر می‌رسد بتوان از آبشویی برای کاهش شوری خاک، استفاده نمود. در حال حاضر از روش آبیاری تشتکی برای آبیاری درختان در منطقه خانه کت، استفاده می‌شود. می‌توان گفت در این روش آبیاری، به‌علت مصرف بیش‌تر آب، جزء آبشویی درنظر گرفته شده است چراکه در این روش آبیاری، تمام سطح زیر درخت از آب پوشانده می‌شود، قادر است نمک‌های جمع‌شده حاصل از آبیاری قبل را شست‌وشو داده و به اعماق خاک منتقل نماید. توصیه می‌شود سایر نمک‌های باقیمانده حاصل از آبیاری در چندین نوبت توسط کارگران جمع‌آوری و شوره‌زدایی شود. هم‌چنین در هنگام بارش باران می‌توان از سیلاب‌های حاصله جهت شست‌وشوی نمک خاک، استفاده نمود. برای این منظور باید با مدیریت صحیح و با درنظرگرفتن شیب زمین و فرسایش خاک، امکان نفوذ آب باران و سیلاب در خاک را فراهم کرد.

استفاده از تعویض خاک قسمت آبگیر درختان می‌تواند باعث کاهش تجمع نمک در ناحیه ریشه گیاه و کاهش اثرات منفی در طولانی‌مدت شود. در حال حاضر، در بسیاری از باغ‌ها، هر سال خاک نزدیک تنه درخت تعویض می‌شود. یکی از عوامل مؤثر در تجمع نمک در اطراف ناحیه ریشه، فاصله درختان و مساحت آبگیرها است. فاصله کنونی کاشت درختان منطقه، حدود ۱۰×۱۰ متر است، به‌نظر می‌رسد به‌علت زیادبودن فاصله درختان، آبگیرها نیز در اندازه مناسبی هستند و این امر به کاهش تجمع نمک در اطراف تنه درختان کمک کرده است. آبگیرهای بزرگ‌تر هم‌چنین به ریشه درختان این اجازه را می‌دهد که تا فاصله بیش‌تری نفوذ کرده و آب باران را جذب نمایند.

هم‌چنین می‌توان با انجام شخم به تخریب لوله‌های کاپیلاری کمک نمود تا بر اثر تابش آفتاب و تبخیر آب از خاک به‌ویژه در فصل تابستان نمک سطحی خاک زیاد نشود. در هنگام شخم یا سله‌شکنی اطراف درختان، باید ابتدا شوره‌های حاصله روی سطح خاک را جمع‌آوری نموده و سپس اقدام به شخم‌زدن کرد.

در رابطه با استفاده از آب شور، راه‌کارهایی مانند اختلاط آن‌ها با آب‌های با کیفیت مناسب‌تر (شوری کم)، همواره مطرح بوده است، لیکن معمولاً در جاهایی که شوری آب مشکل‌ساز است، منابع آبی با کیفیت مناسب اندک است و یا امکان مخلوط‌کردن وجود ندارد. لذا در چنین شرایطی، برای دسترسی به عملکرد مناسب، علاوه بر شناخت خصوصیات آب و خاک، دانش مناسب از رفتار درخت و واکنش آن به شوری، ضروری است.

۴. نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثر شوری خاک منطقه خانه‌کت بر میزان محصول تولیدی انجیر دیم و کیفیت آن، ارزیابی شد. شوری خاک باغ‌های دیم در این منطقه، ناشی از استفاده از آب شور چاه‌های سطحی برای آبیاری تکمیلی درختان انجیر است. نتایج نشان داد که درختان حتی با EC آب برابر با ۷/۸ دسی‌زیمنس بر متر قادر به تولید محصول تقریباً مناسبی هستند. هم‌چنین تا EC خاک (میانگین تا عمق ۲۰۰ سانتی‌متر) برابر با ۲۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر، یک درخت می‌تواند تا ۱۳/۷ کیلوگرم محصول تولید کند که بیش‌تر از متوسط محصول درختان منطقه استهبان در حالت دیم و بدون آبیاری است. این مسئله نشان‌دهنده تأثیر بالای آبیاری متعدد و با حجم زیاد است که می‌تواند اثرات منفی شوری را کاهش دهد. با این‌حال، در شرایط یکسان از لحاظ مقدار آبیاری، افزایش شوری خاک باعث کاهش میزان محصول می‌شود. نتایج نشان داد که یک رابطه خطی منفی با ضریب تعیین برابر با ۰/۵، بین شوری و محصول وجود دارد. هم‌چنین معادله رگرسیونی تأثیر شوری در اعماق مختلف بر میزان محصول تعیین شد. نتایج نشان داد که در عمق ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر میزان EC خاک بیش از سایر اعماق است. نتایج نشان داد که مقادیر مختلف شوری خاک تأثیر معنی‌داری بر کاهش کیفیت میوه از نظر رنگ پوست و اندازه آن نداشته است. هم‌چنین شوری باعث افزایش مقدار مواد جامد محلول میوه شده است که به بازارپسندی آن کمک می‌کند. انجام آزمایش‌ها در دوره‌های چندساله می‌تواند به نتایج دقیق‌تر از اثرات شوری بر این درخت و در نتیجه برنامه‌ریزی مناسب‌تر آبیاری کمک کند. ازآنجاکه به‌طورکلی استفاده از آبیاری تکمیلی در نوبت ها و حجم آب زیاد، توصیه نمی‌شود و کاربرد آن تنها در سال‌های خشک قابل‌توصیه است، لذا با روند کنونی استفاده از حجم زیاد آب شور، انتظار می‌رود در طولانی‌مدت مشکلات زیست‌محیطی در منطقه رخ دهد. به‌منظور کاهش مشکلات شوری در این منطقه راه‌کارهایی مانند استفاده از کود مناسب، شخم، تعویض خاک نزدیک تنه درخت و جمع‌آوری نمک در ناحیه آبگیر توصیه می‌شود.

۵. پی‌نوشت‌ها

1. Bardajik
2. Sorting machine
3. Multicollinearity
4. Tolerance
5. Integration over depth
6. Sink

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع مورداستفاده

Abdolahipour, M., & Kamgar-Haghighi, A. A. (2015). *Sustainable use of groundwater for supplemental irrigation of rainfed fig trees of Estahban:* Research report, Shiraz University, Shiraz, Iran. (In Persian).

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

Abdolahipour, M., Kamgar-Haghighi, A. A., Sepaskhah, A. R., Dalir, N., Shabani, A., Honar, T., & Jafari, M. (2019a). Supplemental irrigation and pruning influence on growth characteristics and yield of rainfed fig trees under drought conditions. *Fruits, 74*(6), 282-293.

Abdolahipour, M., Kamgar-Haghighi, A. A., Sepaskhah, A. R., Zand-Parsa, S., & Honar, T. (2019b). Effect of time and amount of supplemental irrigation at different distances from tree trunks on quantity and quality of rain-fed fig production *Iran Agricultural Research,38*(1), 35-46.

Abdolahipour, M., Kamgar-Haghighi, A. A., Sepaskhah, A. R., Zand-Parsa, S., & Honar, T. (2020). Time and amount of supplemental irrigation at different distances from tree trunks influence on root length density of rainfed fig trees. *Journal of Agriculture Science and Technology, 22*(4), 1137-1150.

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

Aksoy, U., Can, H., Hepaksoy, S., & Sahin, N. (2001). *Fig cultivaion:* Research report, TARP Turkey Agricultural Research Project Press, Izmir, Turkey.

Alswalmeh, H., Al-Obeed, R., & Omar, A. E.-D. K. (2015). Effect of water salinity on seedlings growth of Brown Turkey and Royal fig cultivars. *The Journal of Agriculture and Natural Resources Sciences, 2*, 510-516.

Ashraf, M., & Harris, P. (2004). Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science, 166*(1), 3-16.

Bagheri, E., & Sepaskhah, A. R. (2014). Rain-fed fig yield as affected by rainfall distribution. *Theoretical and applied climatology, 117*(3-4), 433-439.

Boland, A., Jerie, P., & Maas, E. (1996). *Long-term effects of salinity on fruit trees.* In: II International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops, 599-606.

Caruso, G., Palai, G., Macheda, D., Marchini, F., Tozzini, L., Solorzano Zambrano, L., Giordani, T., Minnocci, A., Sebastiani, L., & Quartacci, M. (2019). *Physiological mechanisms of adaptation of vegetative fig plants to salinity.* In: VI International Symposium on Fig 1310, 55-60.

Crisosto, C. H., Bremer, V., Ferguson, L., & Crisosto, G. M. (2010). Evaluating quality attributes of four fresh fig (*Ficus carica* L.) cultivars harvested at two maturity stages. *HortScience, 45*(4), 707-710.

Dominguez, A. F. (1990). *La higuera: frutal mediterraneo para climas calidos*. Madrid, ESP: Mundi-Prensa.

Flaishman, M. A., Rodov, V., & Stover, E. (2007). The fig: botany, horticulture, and breeding. In Janick, J. (Ed.), *Horticultural reviews*. Inc., Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons.

Francini, A., Sodini, M., Vicario, G., Raffaelli, A., Gucci, R., Caruso, G., & Sebastiani, L. (2021). Cations and phenolic compounds concentrations in fruits of fig plants exposed to moderate levels of salinity. *Antioxidants, 10*(12), 1865.

Golombek, S., & Lüdders, P. (1990). Gas exchange of Ficus carica in response to salinity. *Plant Nutrition—Physiology and Applications*: Springer.

Golombek, S., & Lüdders, P. (1993). Effects of short-term salinity on leaf gas exchange of the fig (*Ficus carica* L.). *Plant and Soil, 148*(1), 21-27.

Grieve, C. M., Grattan, S. R., & Maas, E. V. (2012). Plant salt tolerance. *ASCE Manual and Reports on Engineering Practice, 71*, 405-459.

Hickethierd, A. (1974). Hickethierd color atlas. In Company, V. N. R. (Ed.), (pp. 85).

Hussain, K., Majeed, A., Nawaz, K., & Nisar, M. F. (2009). Effect of different levels of salinity on growth and ion contents of black seeds (*Nigella sativa* L.). *Current Research Journal of Biological Sciences, 1*(3), 135-138.

Inglese, P., Basile, F., & Schirra, M. (2002). Cactus pear fruit production. In Nobel, P. S. (Ed.), *Cacti: Biology and Uses*. USA: University of California Press.

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

Kamali, H. R., Abdolahipour, M., & Nahvinia, M. J. (2022). Evaluation of SALTMED model in estimation of wheat yield under deficit irrigation and salinity stress in arid areas (Case study: Birjand). *Water and Irrigation Management, 11*(4), 815-827. (In Persian).

Maas, E. (1986). Salt tolerance of plants. *Application Agricultural Research, 1*, 12-26.

Maas, E. V., & Hoffman, G. J. (1977). Crop salt tolerance-current assessment. *Journal of the irrigation and drainage division, 103*(2), 115-134.

Madahinasab, N., Amirmohammadi, F. Z., Mohammadi, G., & Shabbani, M. (2019). Comparison of salt stress tolerance of two fig (*Ficus carcia* L.) cultivars under in vitro conditions. *Pomology Research, 4*(1), 47-59. (In Persian).

Metwali, E. M., Hemaid, I., Al-Zahrani, H., Howlader, S., & Fuller, M. (2014). Influence of different concentrations of salt stress on in vitro multiplication of some fig (*Ficus carcia* L.) cultivars. *Life Science Journal*, *10*, 11.

Meyers, L. S., Gamst, G., & Guarino, A. J. (2016). *Applied multivariate research: Design and interpretation*. Sage publications.

Ochoa, M. J., & Uhart, S. (2006). *Nitrogen availability and fruit yield generation in cactus pear (Opuntia ficus-indica): IV. Effects on fruit quality*, 137-144.

Pourghayoumi, M., Bakhshi, D., Rahemi, M., & Jafari, M. (2012). Effect of pollen source on quantitative and qualitative characteristics of dried figs (*Ficus carica* L.) cvs 'Payves' and 'Sabz' in Kazerun – Iran. *Scientia Horticulturae, 147*, 98-104.

Qrunfleh, I. M., Shatnawi, M. M., & Al-Ajlouni, Z. I. (2013). Effect of different concentrations of carbon source, salinity and gelling agent on in vitro growth of fig (*Ficus carica* L.). *African Journal of Biotechnology, 12*(9).

Salimpour, A., Shamili, M., Dadkhodaie, A., Zare, H., & Hadadinejad, M. (2019). Evaluating the salt tolerance of seven fig cultivars (*Ficus carica* L.). *Advances in Horticultural Science, 33*(4), 553-565.

Sharifzadeh, M., Kamgar-Haghighi, A. A., Sepaskhah, A. R., Honar, T., Abdolahipour, M., Kamyab, S., & Khosrozadeh, M. (2012). *Factors contributing to application of supplemental irrigation technique in fig production: evidence from a survey in Iran:* Research report, National Drought Research Institute, Shiraz, Iran. (In Persian).

Soliman, H. I. A., & Abd Alhady, M. R. (2017). Evaluation of salt tolerance ability in some fig (*Ficus carica* L.) cultivars using tissue culture technique. *Journal of Applied Biology & Biotechnology, 5*(6), 29-39.

Soni, A., Dhakar, S., & Kumar, N. (2017). Mechanisms and strategies for improving salinity tolerance in fruit crops. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6*(8), 1917-1924.

Zarei, M., Azizi, M., Rahemi, M., Tehranifar, A., & Davarpanah, S. (2017). Effect of salinity stress on some physiological and biochemical responses of four fig (*Ficus carica* L.) hybrids. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology, 18*(2), 143-158 (In Persian).