



پنجاهمین سال تاسیسی
سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی
۱۳۴۷ - ۱۴۰۳



سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات علوم باغبانی

بهره‌وری آب در انار و راهبردهای ارتقای آن



نویسندگان:

محمدرضا وظیفه شناس،

بینا مروج الاحکامی،

مجید علی‌حوری

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات علوم باغبانی

بهره‌وری آب در انار و راهبردهای ارتقای آن

نویسندگان:

محمدرضا وظیفه شناس^۱، بیتا مروج الاحکامی^۱، مجید علی‌حوری^۲

۱- اعضای هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد

۲- عضو هیئت علمی پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری

سرشناسه	: وظیفه‌شناس، محمدرضا، ۱۳۵۲-
عنوان و نام پدیدآور	: بهره‌وری آب در انار و راهبردهای ارتقای آن / نویسندگان محمدرضا وظیفه‌شناس، بیتا مروج‌الاحکامی، مجید علی‌حوری.
مشخصات نشر	: کرج: موسسه تحقیقات علوم باغبانی، ۱۴۰۲.
مشخصات ظاهری	: ۴۵ ص.: جدول، نمودار.
شابک	: 978-622-92555-8-2
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: کتابنامه: ص. [۳۷] - ۴۵.
موضوع	: انار -- ایران Pomegranate -- Iran بهره‌وری آب -- ایران Water productivity -- Iran* آب در کشاورزی -- ایران Water in agriculture -- Iran
شناسه افزوده	: مروج‌الاحکامی، بیتا، ۱۳۵۹ -
شناسه افزوده	: علی‌حوری، مجید، ۱۳۵۴ -
شناسه افزوده	: موسسه تحقیقات علوم باغبانی
رده بندی کنگره	: SB ۳۷۹
رده بندی دیویی	: ۶۳۴/۶۴۰۹۵۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۹۵۶۲۰۸۵
اطلاعات رکورد کتابشناسی	: فیپا

بهره‌وری آب در انار و راهبردهای ارتقای آن



نویسندگان: محمدرضا وظیفه‌شناس، بیتا مروج‌الاحکامی، مجید علی‌حوری

ناشر: موسسه تحقیقات علوم باغبانی

ناظر فنی: کیومرث کاشی

شمارگان: ۱۰۰۰

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۹۲۵۵۵-۸-۲

چاپ نخست: ۱۴۰۳

قیمت: ۲۵۰۰۰۰۰ ریال

مسئولیت درستی مطالب کتاب با نویسندگان است

این کتاب تحت شماره ۳۱۴۰۳۱۰ مورخ ۱۴۰۳/۲/۴ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی به ثبت رسیده است.

نشانی: کرج بلوار شهید فهمیده، مجموعه موسسه‌های تحقیقات کشاورزی کشور، موسسه تحقیقات علوم باغبانی
تلفن ۹۱۰۰۳۷۹۷، دورنگار ۰۲۶-۳۴۰۹۵۰۷۱، کد پستی ۳۱۳۵۹۳۱۵۱ www.hsri.ac.ir



پنجاهمین سالگرد تأسیس
سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی
کرامی باد

پیشگفتار

کشاورزی بخشی کلیدی در توسعه اقتصادی و اجتماعی بوده که نقش بسزایی در دستیابی به امنیت غذایی، تنوع اقتصادی، ریشه کن کردن فقر و رفاه انسان‌ها ایفا می‌کند. جمعیت رو به رشد جهان و افزایش تقاضا برای تولیدات کشاورزی و مواد غذایی منجر به توسعه کشاورزی و صنعت شده که این موضوع فشار دوچندانی را به منابع آب، اراضی حاصلخیز و سایر نهاده‌های کشاورزی وارد نموده است. در برخی از مناطق جهان به ویژه در کشورهای خاورمیانه افزایش جمعیت، توسعه کشاورزی و صنعت متناسب با منابع آب تجدیدپذیر نبوده و از این رو توسعه ناپایدار و برداشت بی‌رویه آب از منابع آب سطحی و زیرزمینی، بیشترین خسارت را به محیط زیست وارد کرده است. افت سالانه سفره‌های آب زیرزمینی، خشک شدن برخی از رودخانه‌ها قبل از رسیدن به دریا یا تالاب، برهم خوردن تعادل بین منابع و مصارف آب، کاهش دسترسی کشاورزان پایین دست رودخانه‌ها به آب کافی، افزایش منازعات بین کشاورزان بالادست و پایین دست حوضه‌های آبریز، مهاجرت روستاییان به حاشیه شهرها به لحاظ کاهش آبدهی یا خشک شدن چشمه‌ها و چاه‌ها از جمله معضلاتی هستند که کم و بیش بسیاری از کشورهای منطقه خاورمیانه از جمله ایران با آن مواجه هستند. در شرایطی که در عمده کشورهای خشک و نیمه-خشک جهان از جمله ایران، تقاضای روزافزون برای استفاده از منابع آب وجود دارد، صرفه‌جویی در مصرف آب و مهمتر از آن افزایش بهره‌وری آب کشاورزی، اصلی‌ترین رویکرد مشترک در این کشورهاست. بدیهی است که برای دستیابی به این مهم، شناسایی شاخص‌های اصلی مدیریت مصرف آب با روش‌های مناسب ضرورت دارد. بازده یا راندمان‌های آبیاری، مقدار آب مصرفی در بخش کشاورزی و بهره‌وری آب کشاورزی از مهمترین شاخص‌های کلیدی و رویکردهای اساسی در برنامه‌ریزی‌های کلان مربوط به تأمین، تخصیص و مصرف اصولی آب

در بخش کشاورزی است. بهره‌وری آب یکی از شاخص‌های ارزیابی مصرف بهینه آب کشاورزی است. عموماً دو مفهوم بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب، کاربرد بیشتری داشته و در تحلیل‌ها و تصمیم‌گیری‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. آنچه که مبنای تصمیم‌گیری برای اصلاح و تدوین الگوی تولید پایدار و اقتصادی است، بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی هر یک از محصولات کشاورزی خواهد بود، به نحوی که عدد بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی اختصاصی برای هر محصول باید تعیین و تحلیل شود.

بهره‌وری آب در تولید محصولات کشاورزی از عواملی همچون اقلیم و آب و هوا، گیاه، خاک (ویژگی‌های پایا و متغیر)، مدیریت آبیاری، عوامل زراعی و باغی و مدیریت مزرعه و باغ، عوامل اقتصادی-اجتماعی، دانش کشاورزی و غیره تاثیر می‌پذیرد. بحث اصلی امروز کشاورزی در دنیا، بالابردن بهره‌وری آب (نسبت عملکرد محصول به ازای واحد آب مصرفی) می‌باشد. بهبود مدیریت آبیاری مانند انتخاب صحیح روش آبیاری، دور آبیاری، میزان آب آبیاری مدت زمان آبیاری (مطابق با شرایط گیاه) به کشاورزی با ارزش بالاتر می‌انجامد، اما بهبود مدیریت آبیاری تنها یکی از عوامل موثر بر بهره‌وری آب است، به شرطی که محدودیت‌های دیگر نیز مورد توجه قرار گیرند. شاخص بهره‌وری آب علاوه بر آبیاری، بستگی به سایر نهاده‌ها و خدمات نظیر نوع بذر، رقم و پایه گیاه، روش هرس و تربیت، مدیریت تغذیه و کوددهی، کنترل و مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، شیوه پیش‌بینی و مقابله با تنش‌های هواشناختی مانند یخبندان، سرما و گرما، حمل و نقل، انبارداری و بازاریابی داخلی و خارجی محصولات کشاورزی دارد. برای مثال ممکن است فقط به خاطر یک یخبندان چند ساعته، کل محصول کشاورز از بین برود یا به دلیل ضعف حمل و نقل در فاصله مزرعه تا بازار، بخش زیادی از محصول تلف گردد. حتی گاهی محدودیت‌های حاکم بر ساختار کشاورزی کشور نظیر جنبه‌های زیست محیطی، ریسک تولید و بازار، فرآوری و مسائل اجتماعی و سیاسی سبب می‌شود که تصمیمات مدیریتی متناسب با شرایط گرفته شود. بدیهی است که تعیین شاخص بهره‌وری آب، به تنهایی قادر به تشخیص عوامل و موانع نقصان آن نبوده و بایستی موارد مصارف غیرمفید شناسایی و به شیوه‌های مستقیم و غیرمستقیم، راهکارهای بهبود، عملیاتی گردد. بهره‌وری آب یک نیاز گام اولیه هست و لذا نمی‌تواند پایان پایش محسوب شود که خود آغاز یک فعالیت گسترده می‌باشد.

شاخص بهره‌وری آب، اگرچه معیار بسیار مهمی در تصمیم‌گیری‌های کلان و خرد مانند تعیین الگوی کشت محسوب می‌شود، اما تحقیقات متعدد نشان داده تا هنگامی که کشاورزان علاوه بر مدیریت آبیاری، تغییرات اساسی دیگری در مراحل داشت و برداشت محصول ایجاد نکنند، افزایش بهره‌وری آب می‌تواند به مصرف آب بیشتری منجر گردد. بنابراین ارزش افزوده کشاورزی فاریاب با مصرف آب کمتر، تنها هنگامی به دست می‌آید که از تمامی عوامل لازم از جمله قیمت گذاری آب و تحویل حجمی آن برای بهبود بهره‌وری آب استفاده شود. چنانچه از نظر فنی و اجرایی امکان پذیر باشد، قیمت گذاری آب می‌تواند تا اندازه‌ای باعث کاهش تقاضا شود، اما برای اطمینان از محدود شدن تقاضا به سطوح پایدار، تحویل حجمی آب لازم خواهد بود. به همین دلیل است که هیچ کشوری برای تعادل عرضه و تقاضا، تنها به قیمت گذاری آب در بخش آبیاری متکی نیست.

بنابراین آنچه در زمینه ارتقای بهره‌وری آب و بهینه‌سازی مصرف آب باید مورد تاکید باشد، تنها نگاه اقتصادی به مزارع و باغ‌های تحت مدیریت کشاورزان به صورت مستقل نیست، بلکه منافع پایدار کشاورزی، منابع آب و محیط زیست به صورت توأمان باید ملاک برنامه‌ریزی باشد. در این راستا، بایستی پایداری سرزمین و کاهش میزان استحصال منابع آب در نظر گرفته شود تا افزایش شاخص بهره‌وری آب منجر به ناپایداری منابع آب نگردد، زیرا در صورتی که آب صرفه‌جویی شده برای توسعه سطح زیرکشت محصولات کشاورزی مصرف شود، ناپایداری منابع آب همچنان ادامه خواهد یافت.

نویسندگان

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱- مقدمه.....	۱
۱-۱- سطح زیرکشت و تولید انار	۱
۱-۲- اقلیم	۵
۱-۳- مقاومت به تنش شوری و خشکی	۶
۱-۴- تاثیر بافت خاک بر رشد و عملکرد انار	۶
۲- بهره‌وری آب در تولید انار.....	۷
۲-۱- چالش‌های ارتقای بهره‌وری آب در تولید انار	۹
۲-۲- نیاز آبی انار	۱۰
۲-۳- بهره‌وری آب در انار.....	۱۳
۳- راهکارهای ارتقای بهره‌وری آب در تولید انار	۱۶
۳-۱- اصلاح روش آبیاری	۱۷
۳-۲- تنظیم برنامه آبیاری	۱۸
۳-۳- انتخاب ارقام مناسب	۲۳
۳-۴- روش و تراکم کاشت صحیح	۲۵
۳-۵- تربیت و هرس اصولی	۲۵
۳-۶- مدیریت کف باغ.....	۲۵
۳-۶-۱- استفاده از مالچ	۲۶
۳-۶-۲- کشت گیاهان پوششی	۲۸
۳-۶-۳- احداث استخر پرورش آبزیان.....	۲۹
۳-۷- مدیریت آفتاب سوختگی میوه.....	۳۰
۳-۸- مدیریت تغذیه در انار	۳۱
۳-۹- مدیریت تنش‌های زیستی	۳۱
۴- نتیجه گیری کلی	۳۵
فهرست منابع	۳۷

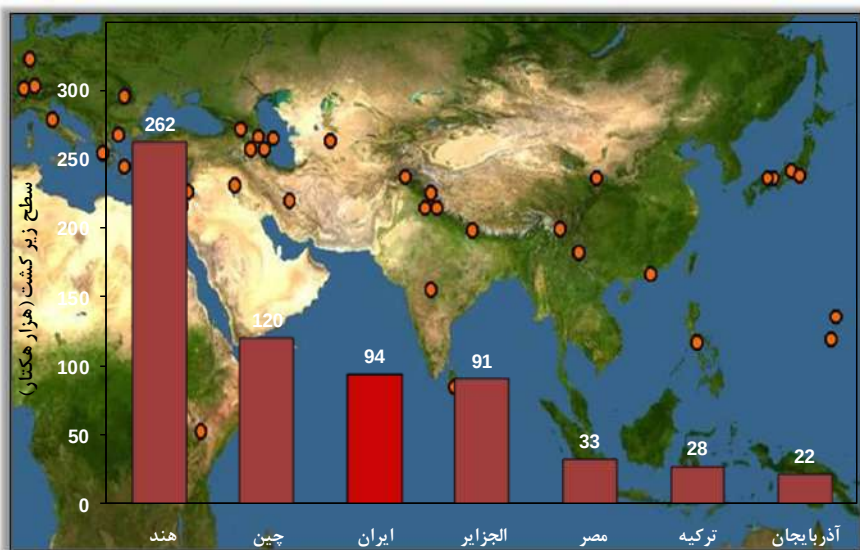
۱- مقدمه

انار (*Punica granatum*) از خانواده Punicaceae یکی از قدیمی‌ترین و پرطرفدارترین میوه‌های خوراکی در جهان محسوب می‌شود و کشت و کار آن مربوط به تمدن کهن خاورمیانه است. منشأ این میوه کشورهای ایران و افغانستان بوده که بعدها به کشورهای هند، چین و کشورهای مدیترانه (ترکیه، مصر، مراکش و اسپانیا) گسترش یافته است. انار از جمله میوه‌های نیمه گرمسیری است که از لحاظ کیفیت تغذیه‌ای و سلامت، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است (Pareek et al., 2015). انار به صورت درختچه‌ای پرشاخ و برگ با پاجوش‌های زیاد، در نواحی خشک و نیمه‌خشک با زمستان‌های معتدل رشد کرده و خشکی و خاک‌های آهکی و یا اسیدی را به خوبی تحمل می‌کند. این درخت برای میوه دادن، نیازمند تابستان گرم و پاییز طولانی و خشک است. تولید محصول آن بر خلاف اکثر محصولات باغبانی در بخش وسیعی از کشور در محدوده‌ی کویر مرکزی ایران امکان‌پذیر بوده و پرورش آن بسیار اقتصادی و مقرون به صرفه است. مطالعات متعدد علمی نشان می‌دهد که انار حاوی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، ضد سرطانی، ضد التهابی، ضد میکروبی و خواص استروژنی می‌باشد. تمام قسمت‌های درخت (میوه‌ها، برگ‌ها، گل‌ها و ریشه‌ها) برای اهداف پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرند و از این رو به عنوان یک غذای کاربردی محسوب می‌شود. آب انار یکی از قوی‌ترین آنتی‌اکسیدان‌های موجود در طبیعت است به‌طوری که بر اساس مطالعات انجام شده فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن ۳ برابر بیشتر از نوشیدنی‌های الکلی و چای سبز است (Gil et al., 2000). آب میوه، روغن دانه، پوست، برگ‌ها، گل‌ها، ریشه‌ها و تنه درخت انار منبع اجزای شیمیایی متفاوتی هستند که برای سلامت انسان مفیدند.

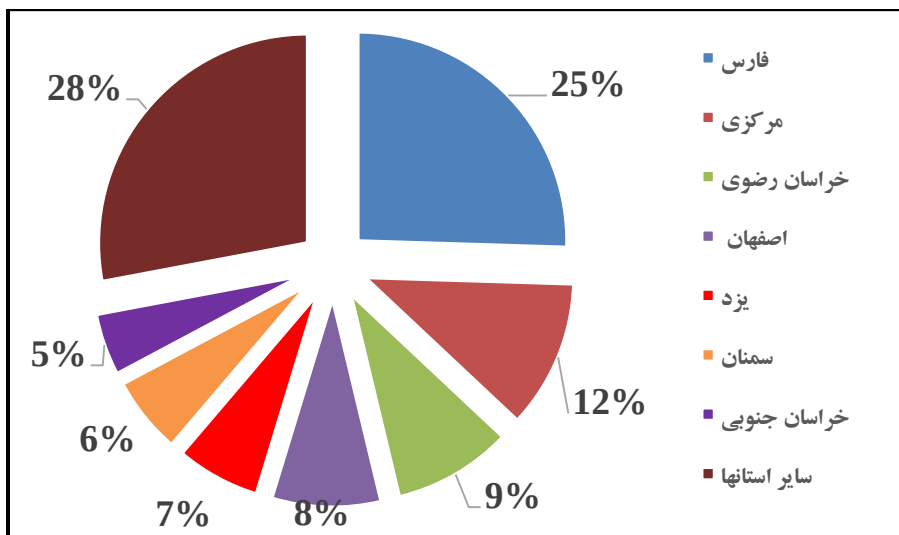
۱-۱- سطح زیر کشت و تولید انار

بر اساس آخرین گزارش‌های موجود (Pienaar, 2021)، کل سطح زیر کشت (بارور) و میزان تولید انار در جهان به ترتیب ۸۳۵/۹ هزار هکتار و ۸/۱ میلیون تن برآورد شده که کشور ایران به عنوان یکی از مهمترین تولیدکنندگان میوه انار، پس از کشورهای هند و چین مقام سوم را از نظر سطح زیر کشت و همچنین میزان تولید انار به خود اختصاص داده است (شکل ۱). اما از نظر میزان صادرات (وزنی) انار، کشور ایران در رتبه یازدهم جهان است، در حالی که کشورهای ترکیه، مصر و هند به ترتیب با صادرات ۱۵۵/۲، ۱۲۷/۵ و ۶۷/۹ هزار تن، مهمترین صادرکنندگان میوه انار هستند.

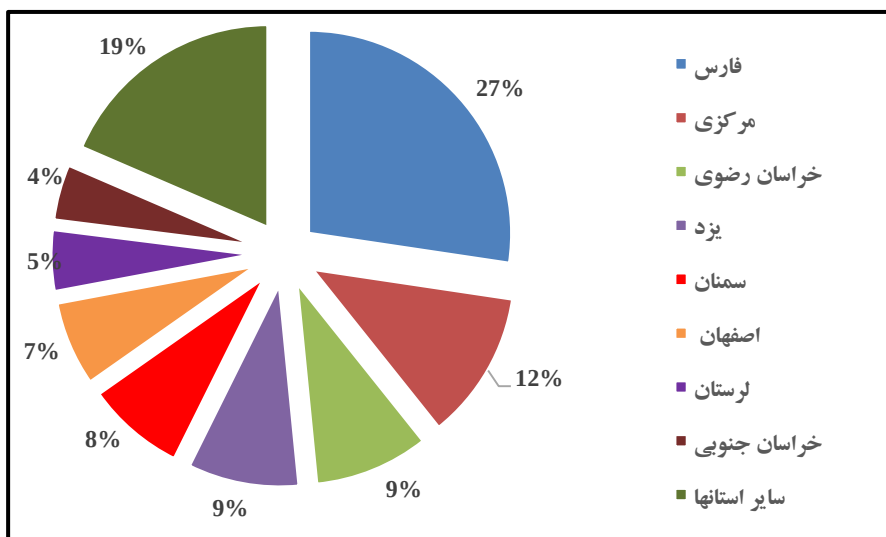
بر اساس آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۹ (احمدی و همکاران، ۱۴۰۰)، در حال حاضر کشور ایران دارای سطح زیر کشت (بارور) ۸۱/۳ هزار هکتار و تولید ۱/۲ میلیون تن انار می باشد. بیشترین سطح زیر کشت انار به ترتیب در استان‌های فارس، مرکزی، خراسان رضوی، اصفهان، یزد، سمنان و خراسان جنوبی است (شکل ۲). بیشترین میزان تولید انار در کشور به ترتیب در استان‌های فارس، مرکزی، خراسان رضوی، یزد، سمنان، اصفهان، لرستان و خراسان جنوبی است (شکل ۳). استان فارس با سطح زیر کشت (بارور و غیربارور) بیش از ۲۳ هزار هکتار و تولید سالانه انار حدود ۳۲۹ هزار تن در جایگاه اول کشور قرار دارد. شهرستان‌های ساوه، یزد، نیریز و فردوس نیز به ترتیب بزرگ‌ترین مراکز تولید این محصول در کشور هستند و درآمد اقتصادی قابل توجهی را در بخش تولیدات باغی به خود اختصاص می‌دهند. میانگین عملکرد کشت آبی و دیم انار در کشور نیز به ترتیب ۱۴/۸ و ۹/۳ تن در هکتار است. در شکل ۴، تقویم زمانی برداشت انار در برخی کشورهای جهان ارائه شده است (Vazifeshenas et al., 2009).



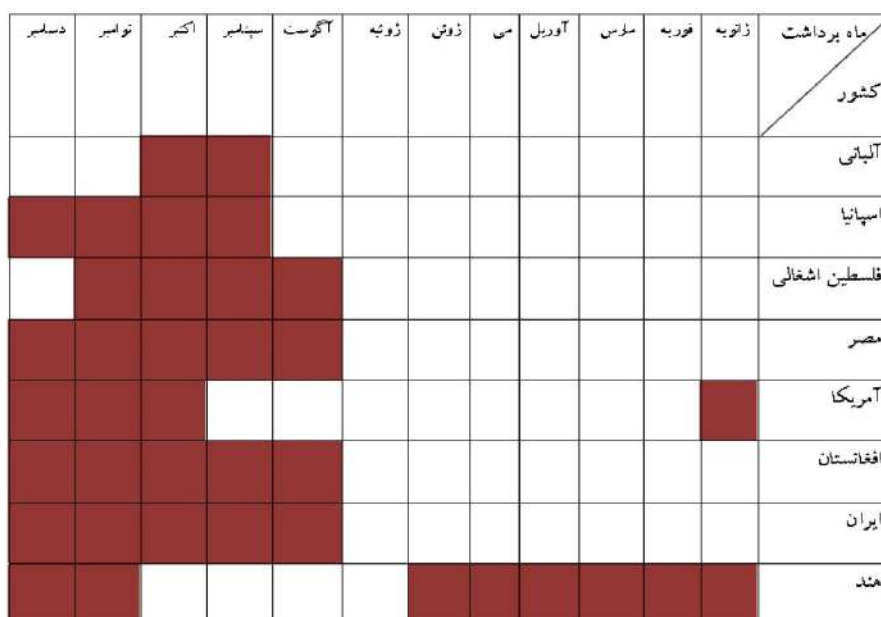
شکل ۱- پراکنش و سطح زیر کشت انار در مهم‌ترین کشورهای جهان



شکل ۲- سطح زیر کشت انار در استان‌های برتر تولید کننده (آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۹)



شکل ۳- سهم تولید انار در استان‌های برتر تولید کننده (آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۹)



شکل ۴- تقویم زمانی برداشت انار در برخی کشورهای جهان (Kahramanoglu et al., 2019)

بر اساس آمار موجود (مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی، ۱۴۰۱) میزان صادرات انار در سال ۱۴۰۰، معادل ۱۷۷۹۲ تن و به ارزش ۷/۷ میلیون دلار بوده، در حالی که میزان صادرات انار در سال ۱۳۹۹، معادل ۱۱۹۴۳ تن و به ارزش ۵/۳ میلیون دلار بوده است.

۱-۲- اقلیم

گیاه انار جزء درختان میوه مناطق معتدل تا نیمه گرمسیری به حساب می‌آید و با اقلیم‌های دارای زمستان سرد و تابستان گرم سازگار است. این گیاه در نواحی سرد، خزان-پذیر و در مناطقی که زمستان ملایم دارند، همیشه سبز است (Vazifeshenas et al., 2009s). این گیاه می‌تواند خود را با دامنه وسیعی از شرایط اقلیمی سازگار کند اما در دمای پایین‌تر از ۱۱- درجه سلسیوس به شدت آسیب می‌بیند. اگرچه این گیاه امکان رشد در مناطق جلگه‌ای تا ارتفاعات نزدیک به ۲۰۰۰ متر را دارد، اما تولید اقتصادی آن در ارتفاع بیشتر از ۶۰۰ متر مشکل است. درخت انار می‌تواند در برابر خشکی مقاومت کرده اما عملکرد آن به شدت کاهش می‌یابد. برگ‌های این گیاه در برابر سرمازدگی بسیار حساس هستند و همچنین اقلیم مرطوب بر کیفیت آن تاثیر منفی می‌گذارد (Usanmaz and Kahramanoglu, 2016). انار به راحتی با شرایط تحت تنش غیرزننده که از ویژگی‌های آب و هوای مدیترانه‌ای است، سازگار است و منجر به پراکندگی گسترده آن در این منطقه جغرافیایی و ظاهر شدن تعداد زیادی از ارقام محلی جدید با واریته‌های خاص در طول زمان شده است (Sarkhosh et al., 2006؛ Martínez et al., 2006؛ Naeini et al., 2004؛ Naeini et al., 2006). امروزه انار در سراسر جهان در بسیاری از شرایط متغیر آب و هوایی کشت می‌شود، که نشان دهنده انعطاف‌پذیری، سازگاری و دامنه گسترده‌ای از تنوع ژنتیکی آن است.

ایران نیز با واقع شدن در ۲۵ درجه شمالی تا ۴۰ درجه شمالی و وجود اراضی بیابانی با آب و هوای خشک و نیمه گرمسیری در یک چهارم کشور، برای کشت درختان انار مناسب است (Sarkhosh et al., 2020). با این وجود IPCC (هیات بین دولتی تغییرات

اقلیمی^۱) از تغییر اقلیم به عنوان یک چالش جدی برای مناطق خشک و کم باران از جمله ایران یاد می‌کند و به عنوان یک پیامد، پیش‌بینی می‌کند که تولید محصول استراتژیک انار در ایران تا ۳۰ سال آینده به مقدار ۳۰ درصد در مقایسه با سطح تولید فعلی کاهش یابد.

۱-۳- مقاومت به تنش شوری و خشکی

درختان انار با به کارگیری سازوکارهای متعدد از جمله افزایش تورژسانس سلولی با تجمع مواد اسمولیتی مثل قندهای محلول و اسیدهای آمینه‌ای مانند پرولین و افزایش پتانسیل آب سلول برای دریافت آب بیشتر از خاک، حفظ رنگدانه‌های کلروفیل و کارتنوئید از طریق کنترل ظرفیت آب نسبی برگ (RWC) و کاهش سطح برگ و سطح ویژه برگ با تنش خشکی مقابله می‌کنند. اگرچه در سال‌های اخیر اطلاعات علمی قابل توجهی در زمینه‌های مختلف این میوه ارائه شده است، با این وجود به دلیل تنوع ارقام و تاثیرپذیری قابل توجه آن از شرایط مختلف محیطی بر لزوم انجام تحقیقات بیشتر در این زمینه تاکید می‌شود. تاثیر تنش شوری (آبیاری با آب تا شوری ۸/۵ دسی زیمنس بر متر) و تنش آبی (تا ۴۰ درصد کم آبیاری) روی درختان چهار ساله انار رقم شیشه کپ در استان خراسان جنوبی (شهرستان فردوس) نشان داد که انار درختی متحمل به شوری ولی حساس به کم آبی است (طاووسی و همکاران، ۱۳۹۵).

۱-۴- تاثیر بافت خاک بر رشد و عملکرد انار

بر اساس مطالعات انجام شده، اکثر درختان انار به بافت خاک حساسیت زیادی نداشته و اگر خاک دارای عمق و زهکشی کافی باشد، رشد و عملکرد محصول مناسب خواهد بود. البته رطوبت خاک‌های سبک معمولاً از خاک‌های سنگین کمتر بوده و به همین دلیل در بهار زودتر گرم و در پاییز دیرتر سرد می‌شوند. این نوع خاک‌ها چون از تهویه بهتری

نیز برخوردارند، درختان انار در آنها در صورت کفایت آب و مواد غذایی، رشد و دوام بیشتری دارند (خیرالدین و همکاران، ۱۳۹۱).

۲- بهره‌وری آب در تولید انار

روند افزایش جمعیت و ضرورت تأمین امنیت غذایی از سویی و بحران شدید آب در کشور توجه ویژه به مدیریت موثر آب در بخش کشاورزی را ضروری می‌سازد. بر اساس مطالعه Ray و همکاران (۲۰۱۳) عبور از بحران حال حاضر، بدون سرمایه‌گذاری‌های جدید در مناطقی که عمده بحران مدیریت آب در آنها حاکم است و بدون ارائه استراتژی‌های لازم در راستای افزایش توأمان راندمان آبیاری و عملکرد محصولات کشاورزی امکان‌پذیر نیست. بر اساس پیش‌بینی انجام‌شده، جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ به ۹/۶ میلیارد نفر خواهد رسید، درحالی‌که بر اساس گزارش سازمان غذا و کشاورزی ایالت متحده (فائو) برای دوره زمانی ۲۰۰۵/۲۰۰۷ تا ۲۰۵۰ شاخص نرخ رشد مصرف جهانی محصولات کشاورزی ۱/۱ درصد در سال است. به منظور تأمین امنیت غذایی در سال ۲۰۵۰، محصولات کشاورزی باید ۶۰ درصد بیشتر از سال‌های ۲۰۰۷-۲۰۰۵ تولید شوند (Bruinsma and Alexandratos, 2012)، که به تبع آن حجم آب مصرفی در بخش کشاورزی باید افزایش یابد. این لزوم افزایش مصرف آب در بخش کشاورزی در کنار تغییرات آب و هوایی مانند کاهش مقدار بارندگی و کاهش تکرار رخدادهای بارش در مناطق خشک و نیمه‌خشک نگران‌کننده است.

در بسیاری از مطالعات اخیر، بحران آب کنونی به مصارف آب در بخش کشاورزی مربوط بوده که ناشی از توسعه ناهماهنگ کشاورزی خارج از تحمل منابع آب است و بسیاری از نقاط جهان از جمله ایران را با تهدیدهای اقتصادی - اجتماعی روبه‌رو کرده است. با این وجود بحران آب، امنیت غذایی ناشی از افزایش جمعیت با افزایش بهره‌وری آب در بخش کشاورزی قابل مدیریت است. بر اساس تحقیقات انجام‌شده در دهه گذشته، با بهبود بهره‌وری آب در کشاورزی، آب کافی برای بخش‌های مختلف مصرف و تولید غذا در دسترس خواهد بود. بنابراین این نگرش نیاز به تغییر در ساختار، مدیریت و سرمایه-

گذاری کافی در تحقیقات، فناوری و زیرساخت‌ها دارد (Kijne et al., 2003). در سال‌های اخیر راهکارهایی مانند انتخاب الگوی کشت مناسب، اعمال مدیریت‌های مناسب و دقیق کاربرد آب، بهبود جنبه‌های مهندسی تأمین، انتقال، توزیع و کاربرد آب، توأم با تغییر و اصلاح برنامه‌های کاربرد آب در بخش کشاورزی، اعمال سیاست و برنامه تقاضامحوری با جلب مشارکت فعال و واگذاری بخش‌های عمده‌ای از تصمیمات و اقدامات مسئولانه به بهره‌برداران، اصلاح سیستم‌های تولید و واردات و صادرات با رعایت آب مجازی در راستای بهبود بهره‌وری آب مطرح شده است. این راهکارها مزایایی چون تولید محصولات کشاورزی بیشتر (در برخی مناطق که امکان توسعه سطح زیر کشت در آن‌ها بلامانع است)، حفظ سطح تولیدات کشاورزی در مناطق با بحران آب و در نتیجه کاهش آب کاربردی در بخش کشاورزی، صرفه‌جویی در مصرف آب ضمن حفظ سطح تولیدات کنونی و تخصیص آب صرفه‌جویی شده به مصارف باارزش‌تر را به دنبال خواهد داشت.

در راستای تولید پایدار انار در کشور و با توجه به شرایط خشک و نیمه خشک کشور و کاهش نزولات آسمانی در طی سال‌های اخیر، بهینه‌سازی و صرفه‌جویی هر چه بیشتر مصرف آب باید مد نظر قرار گیرد. از سوی دیگر توجه به مباحث اقتصادی در کشاورزی، از جمله ارزش افزوده امری ضروری است. به عبارتی تولید بدون درآمد، معنا و مفهومی ندارد. از دیدگاه مالی و اقتصادی، بهره‌وری بیشتر آب کشاورزی به معنای سود بیشتر به ازای واحد حجم آب مصرفی است، از دیدگاه اشتغال، ایجاد اشتغال بیشتر به ازای واحد حجم آب و از دیدگاه امنیت غذایی، بهره‌وری بیشتر آب کشاورزی به معنای تولید محصول بیشتر به ازای واحد حجم آب است. در شرایطی که هدف، تولید بیشتر باشد، شاخص بهره‌وری آب (WP) به صورت زیر بیان می‌شود (Molden, 1997):

$$WP = \frac{Y}{W} \quad (2)$$

که Y بیانگر کل ماده تولیدشده توسط گیاه، مقدار ماده خشک تولیدی گیاه و یا عملکرد اقتصادی و W مقدار آب مصرفی (آب تعرق یافته به وسیله گیاه، تبخیر و تعرق، مجموع آب آبیاری و بارندگی مؤثر، آب مفید مصرفی و یا مجموع آب مفید و غیرمفید مصرفی) است (Molden and Oweis, 2007).

۱-۲- چالش‌های ارتقای بهره‌وری آب در تولید انار

پایین بودن شاخص بهره‌وری آب نشانگر ضعف مدیریتی و ناکارآمدی در مصرف آب است. این ناکارآمدی متأثر از ضعف مدیریت یا طراحی ضعیف سامانه‌های آبیاری، ناکارآمدی‌های زراعی یا باغی و سایر عوامل محیطی مانند محدودیت‌های کیفیت آب یا خاک است. بهبود بهره‌وری آب انار نیازمند بهینه‌سازی و کاهش مصرف آب و یا افزایش عملکرد کمی و کیفی محصول است که یکی از عوامل مهم در راستای نیل به این هدف، شناخت چالش‌های پیش‌رو است. با بررسی منابع و تحقیقاتی که در مناطق انارخیز کشور انجام شده و بر اساس گزارش کارشناسان بومی این مناطق، مهم‌ترین چالش‌های گزارش شده ارتقای بهره‌وری مصرف آب در باغ‌های انار کشور شامل موارد ذیل می‌باشد (بنیان‌پور، ۱۳۹۸؛ شیردلی و طهماسبی، ۱۳۹۲؛ راد و همکاران، ۱۳۹۴؛ طاووسی و همکاران، ۱۳۹۵؛ شاه‌رخ‌نیا و همکاران، ۱۴۰۱؛ طباطبایی و شهیدی، ۱۳۹۶؛ عباسی و همکاران، ۱۳۹۴؛ اسماعیلی خوشمردان، ۱۳۹۶):

- نامناسب بودن روش آبیاری
- عدم برنامه‌ریزی صحیح در آبیاری
- عدم شناسایی ارقام مناسب هر منطقه
- تجاری نبودن اکثر ارقام کشت شده
- تداخل کشت ارقام مختلف انار
- عدم نظارت قانونی بر توزیع نهال (غیراستاندارد)
- فقر مواد آلی و مغذی خاک
- عدم رعایت بهداشت باغ

۲-۲- نیاز آبی انار

منظور از تعیین نیاز آبی یا تبخیر و تعرق گیاه، اندازه‌گیری و یا برآورد مقدار آبی است که باید به یک پوشش زراعی و یا باغی داده شود تا در طول دوره رویش صرف تبخیر و تعرق نماید و بدون آن که با تنش آبی مواجه شود، رشد خود را تکمیل نموده و حداکثر مقدار محصول را تولید کند. برآورد نیاز آبی گیاه، از بیش‌آبیاری یا کم‌آبیاری جلوگیری کرده و با کاربرد توأم سیستم‌های نوین آبیاری منجر به صرفه‌جویی در مصرف آب و متعاقب آن بهبود بهره‌وری آب انار خواهد شد. مساله دیگر تأثیرپذیری نیاز آبی از سن درخت است که باید در برنامه‌ریزی دقیق آبیاری مورد توجه قرار گیرد. در تعیین نیاز آبی انار دو عامل اقلیم و گیاه موثر هستند. به طور کلی نیاز آبی درختان انار با توجه به رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$ET_c = K_c \times ET_o \quad (1)$$

که ET_c تبخیر و تعرق یا نیاز آبی درخت، K_c ضریب گیاهی و ET_o تبخیر و تعرق مرجع است. در روش‌های مستقیم (لایسیمتر) با محاسبه آب ورودی به منطقه ریشه و آب خروجی از ناحیه ریشه در طول دوره زمانی موردنظر، تبخیر و تعرق گیاه محاسبه می‌گردد. در روش‌های غیرمستقیم، برای برآورد تبخیر و تعرق گیاه از معادلات تجربی یا فیزیکی با توجه به شرایط اقلیمی و موجود بودن داده‌های هواشناسی استفاده می‌شود. از بین معادلات متفاوت، معادله پنمن - مانتیث فائو به عنوان روشی استاندارد، دقیق و مناسب برای محاسبه نیاز آبی گیاه معرفی شده است و حتی به عنوان روش مبنا، برای ارزیابی سایر معادلات تبخیر و تعرق گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرد (Allen et al., 1998). یکی دیگر از روش‌های غیرمستقیم برآورد تبخیر و تعرق، استفاده از تشت تبخیر است. در این روش با اندازه‌گیری عمق آب تبخیرشده از سطح تشت تبخیر و کاربرد ضریب تشت (K_p) و ضریب گیاهی (K_c) مقدار تبخیر و تعرق تخمین زده می‌شود. همچنین سنسورهای رطوبتی در شرایط عدم امکان نصب لایسیمتر یا اقتصادی نبودن کاربرد آن، می‌توانند برای تعیین زمان

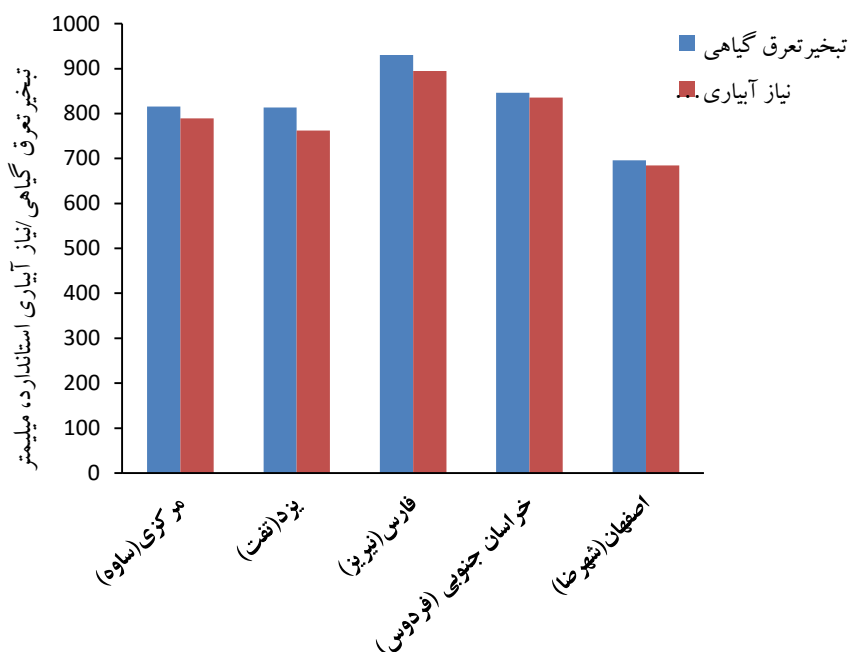
و میزان آبیاری مورد استفاده قرار گیرند. با استفاده از این سنسورها در دوره‌های متوالی آبیاری، تغییرات رطوبت خاک در ناحیه توسعه ریشه اندازه‌گیری می‌گردد. بر اساس برآوردهای انجام شده، میانگین نیاز خالص آبی باغ‌های انار در مهمترین استان‌های کشور (فارس، مرکزی، خراسان رضوی، یزد و سمنان) در محدوده ۷۷۵ تا ۹۰۰ میلی‌متر است (فرشی و همکاران، ۱۳۷۶). میزان نیاز آبی درخت انار در کشورهای با بیشترین سطح زیر کشت، نیز در جدول ۱ ارائه شده است. کمترین میزان نیاز آبی در کشورهای ایتالیا و اسپانیا و بیشترین میزان نیاز آبی در کشورهای هند و آمریکا گزارش شده است.

جدول ۱- نیاز آبی (تبخیر و تعرق) درخت انار در مهمترین کشورهای تولیدکننده انار

کشور	نیاز آبی (میلی‌متر در سال)	منبع
ایران	۷۷۵ - ۹۰۰	فرشی و همکاران (۱۳۷۶)
ایتالیا	۵۱۸	Tarantino (2021)
اسپانیا	۵۵۳	Intrigliolo (2013), Martínez- Melgarej (2019), Peña-Estévez (2016)
مصر	۱۱۷۲	Taha (2018)
آمریکا	۹۵۳ (آبیاری قطره‌ای)	Ayars et al. (2017)
هند	۱۱۴۲ (درخت ۵ ساله)	Meshram et al.(2010)

بر اساس نتایج مطالعه انجام شده در شهرستان ساوه، کل تبخیر و تعرق درختان جوان (۳-۵ ساله) و بالغ انار به ترتیب ۷۱۵ و ۱۱۸۶ میلی‌متر بود (عباس‌نژاد، ۱۳۹۴). Selahvarzi و همکاران (۲۰۱۷) برای منطقه تربت حیدریه، میزان آب مورد نیاز در دو سال متوالی در شرایط بدون تنش آبی را به ترتیب ۹۳۰ و ۹۷۲ میلی‌متر گزارش کردند. در شکل ۵، میزان تبخیر و تعرق و نیاز خالص آبیاری (نیاز آبیاری استاندارد) انار در برخی استان‌های کشور بر مبنای آمار بلندمدت هواشناسی (۱۳۷۹-۱۳۹۹) بر اساس سامانه نیاز آب موسسه تحقیقات خاک و آب^۱ ارائه شده است.

1- <http://niwr.ir>



شکل ۵- تبخیر و تعرق گیاهی و نیاز آبیاری استاندارد انار در برخی استان های کشور

نتایج مطالعات انجام شده در کالیفرنیا در شرایط آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی نشان داد کل آب مورد نیاز درختان انار حدود ۹۵۰ میلی‌متر و ماکزیمم آب مصرفی روزانه ۱۰/۵ میلی‌متر بود. آب مصرفی در آبیاری قطره‌ای بین ۶۴۵ تا ۹۳۲ میلی‌متر و آب مصرفی آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ۵۸۴ میلی‌متر تا ۸۴۳ میلی‌متر بود. همچنین کاربرد آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در طول سه سال مطالعه منجر به کاهش رشد علف‌های هرز شد. اگرچه عملکرد محصول در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به آبیاری قطره‌ای سطحی بیشتر بود، ولی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین دو روش وجود نداشت (Ayars et al., 2017). بر اساس بررسی تاثیر تنش‌های شوری و خشکی بر درخت انار در استان خراسان جنوبی (شهرستان فردوس)، میزان آب آبیاری در شرایط بدون تنش خشکی ۴۵۰۰ مترمکعب در هکتار بود (طاووسی و همکاران، ۱۳۹۵).

در شرایط آب و هوای مدیترانه‌ای، آبیاری درختان انار به میزان ۷۵ درصد تبخیر و تعرق تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A در دور آبیاری ۶ روز، بیشترین بهره‌وری آب را

فراهم نمود. در این شرایط در سه سال متوالی میزان آب مورد نیاز ۷۵۴، ۷۰۰ و ۷۲۱ میلی‌متر و میزان بهره‌وری آب ۳/۵، ۴/۲ و ۳/۵ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد (Dinc et al., 2018).

۳-۲- بهره‌وری آب در انار

تاکنون تحقیقات مختلفی در مورد برآورد و اندازه‌گیری مقدار بهره‌وری آب در باغ‌های انار کشور انجام شده است. بر اساس عملکرد آبی میوه انار (آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۳) و برآورد نیاز ناخالص آبیاری درخت انار در مناطق مختلف کشور، میانگین آب مصرفی به ازای هر کیلوگرم انار تولیدی معادل ۰/۹۳ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد شد که بر مبنای آن مقدار بهره‌وری آب در میوه انار معادل ۱/۰۷ کیلوگرم بر مترمکعب می باشد (کشاورز و همکاران، ۱۳۹۵). ارزیابی اثرات شوری آب آبیاری روی درختان انار شهرستان ساوه نشان داد که با افزایش شوری آب آبیاری از حد آستانه (۴ دسی‌زیمنس بر متر)، میزان بهره‌وری آب کاهش می یابد، به طوری که مقدار بهره‌وری آب در آب‌های با شوری ۴ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب معادل ۱/۳۳ و ۰/۹۳ کیلوگرم بر مترمکعب بود (شیردلی و طهماسبی، ۱۳۹۲).

مقدار بهره‌وری آب برای درختان انار منطقه تربت حیدریه، در شرایط بدون تنش آبی معادل ۲/۳ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شده است (Selahvarzi et al., 2017). تحقیق انجام شده روی درختان چهار ساله انار رقم شیشه کپ در استان خراسان جنوبی (شهرستان فردوس)، حاکی از آن داشت که در شرایط بدون تنش آبی (مصرف ۴۵۰۰ مترمکعب در هکتار آب آبیاری)، میزان بهره‌وری آب آبیاری و آب کل برای درخت انار به ترتیب ۲/۳۸ و ۱/۹۲ کیلوگرم بر مترمکعب بود (طاووسی و همکاران، ۱۳۹۵). اما برآورد مقدار بهره‌وری آب برای گیاهان غالب زراعی و باغی در استان خراسان رضوی بر اساس میزان آب مصرفی و عملکرد محصولات (در سال ۹۶-۱۳۹۵) نشان داد که میانگین مقدار بهره‌وری آب در محصولات زراعی و باغی معادل ۱/۲ کیلوگرم بر مترمکعب و در محصول انار معادل ۱/۱۷ کیلوگرم بر مترمکعب است (حقایقی مقدم و دهقانی سانج، ۱۳۹۷).

بررسی تاثیر مدیریت‌های مختلف آبیاری درختان انار رقم رباب نی‌ریز در استان فارس (شهرستان کازرون)، نشان داد که میزان آب آبیاری و آب کل یا کاربردی (مجموع آب آبیاری و بارندگی موثر) با مدیریت عرف باغدار به ترتیب معادل ۱۷۳۸۷ و ۱۹۵۸۰ مترمکعب بود که منجر به عملکرد ۳۵/۶ تن در هکتار شد. بر این اساس مقدار بهره‌وری آب آبیاری و آب کل (کاربردی) در شرایط مدیریت باغدار به ترتیب معادل ۲/۰۵ و ۱/۸۲ کیلوگرم بر مترمکعب تعیین گردید (شاهرخ نیا و همکاران، ۱۳۹۹). ارزیابی آبیاری درختان چهار ساله انار رقم رباب در همین استان (شهرستان نی‌ریز) با مقادیر مختلف آب، نشان داد که در شرایط آبیاری کامل (Etc 100%)، مقدار بهره‌وری آب آبیاری با توجه به حجم آب آبیاری (۱۲۰۶۰ مترمکعب در هکتار) و عملکرد محصول (۸۰/۹ کیلوگرم در هر درخت)، معادل ۴/۱۷ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد (Parvizi et al., 2016). همچنین در بررسی دیگری در هشت باغ انار مجهز به کنتور هوشمند آب در دشت ارسنجان استان فارس، مقدار بهره‌وری آب آبیاری بین ۰/۳۹ تا ۴/۱۵ کیلوگرم بر مترمکعب و به طور میانگین ۱/۹۲ کیلوگرم بر مترمکعب بود. در برخی از باغ‌های انار این منطقه، آب داده شده کمتر از حد مورد نیاز و در برخی دیگر مصرف آب بیشتر از حد مورد نیاز بود (شاهرخ نیا، ۱۴۰۰).

در یک پژوهش دیگر، مقادیر بهره‌وری آب در باغ‌های انار تحت مدیریت باغداران در مهمترین استان‌های تولید کننده انار شامل فارس، اصفهان، خراسان رضوی، یزد، سمنان و مرکزی (شامل حدود ۷۱ درصد باغ‌های انار بارور کشور) تعیین شد. در مجموع ۱۳۲ باغ انار از استان‌های انتخاب شده مورد بررسی قرار گرفت. اندازه‌گیری مستقیم حجم آب آبیاری در سال ۹۹-۱۳۹۸ در باغ‌های مذکور انجام گرفت و با توجه به تغییرات سالانه عملکرد باغ‌ها، میانگین عملکرد انار در سه سال زراعی (۹۹-۱۳۹۷) مد نظر قرار گرفت. شاخص بهره‌وری آب آبیاری از نسبت عملکرد میوه انار (کیلوگرم در هکتار) به حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار) و شاخص بهره‌وری آب کل (کاربردی) از نسبت عملکرد میوه انار به مجموع حجم آب آبیاری و بارندگی موثر به دست آمد. نتایج نشان داد که میانگین وزنی (مبتنی بر سطح زیر کشت) شاخص بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری

آب کل در باغ‌های انار استان‌های مذکور به ترتیب برابر ۱/۶۹ و ۱/۴۷ کیلوگرم بر مترمکعب بود. حداقل و حداکثر مقدار بهره‌وری آب به ترتیب به باغ‌های سیب استان‌های یزد و سمنان تعلق داشت (شاهرخ نیا و همکاران، ۱۴۰۱).

بنابراین با جمع‌بندی نتایج پژوهش‌ها و تحقیقات انجام شده، به نظر می‌رسد که در باغ‌های انار کشور، میانگین بهره‌وری آب آبیاری و کاربردی به ترتیب معادل ۱/۶۹ و ۱/۴۷ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. میانگین بهره‌وری آب برای درخت انار در کشورهای مهم تولیدکننده انار نیز در جدول ۲ ارائه شده است. از مهمترین دلایل اختلاف مقدار بهره‌وری آب بین ایران و کشورهایی مانند آمریکا، اسپانیا و ترکیه، می‌توان به بالاتر بودن عملکرد محصول انار و استفاده بهینه تر از منابع آب در کشورهای مذکور اشاره نمود.

بهره‌وری اقتصادی آب نیز در برخی از مهمترین محصولات زراعی و باغی کشور بر پایه قیمت صادرات (انار، زیتون، پسته و سیب) یا واردات (گندم و برنج) آن محصول در سال ۱۴۰۰ (مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی، ۱۴۰۱) در جدول ۳ ارائه شده است. همان طور که مشاهده می‌شود میوه انار با بهره‌وری اقتصادی آب معادل ۰/۶۳ دلار بر مترمکعب از جمله محصولات با ارزش اقتصادی مناسب برای کشت و پرورش در کشور می‌باشد.

جدول ۲- مقدار بهره‌وری آب در میوه انار در مهمترین کشورهای تولیدکننده انار

کشور	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	منبع
ایران	۱/۴۷	-
هند	۰/۸	Meshram et al., 2010
مصر	۲/۳۱	Khattab, 2011; Taha, 2018
ترکیه	۳/۶۲	Dinc et al., 2018
اسپانیا	۳/۹۰	Intrigliolou et al., 2013
آمریکا	۴/۶۴	Ayars et al. (2017)

جدول ۳- بهره‌وری اقتصادی آب در برخی از مهمترین محصولات زراعی و باغی کشور

محصول	بهره‌وری فیزیکی آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	قیمت صادرات یا واردات (دلار/کیلوگرم)	بهره‌وری اقتصادی آب (دلار بر مترمکعب)
گندم	۰/۸۲	۰/۳۵	۰/۲۹
برنج	۰/۴۰	۰/۸۵	۰/۳۴
انار*	۱/۴۷	۰/۴۳	۰/۶۳
زیتون*	۰/۶۶	۱/۰۳	۰/۶۸
پسته*	۰/۱۰	۶/۸	۰/۶۸
سیب*	۲/۲۲	۰/۲۸	۰/۶۲

* بهره‌وری آب کاربردی (آبیاری و بارندگی)

۳- راهکارهای ارتقای بهره‌وری آب در تولید انار

اگرچه از مهم‌ترین اهداف تولید میوه انار، احداث اصولی باغ انار با ساختار مطلوب و استفاده از ارقام مناسب و تجاری و داشتن بازار فروش است، اما پایین بودن شاخص بهره‌وری آب نشانگر ضعف مدیریتی و ناکارآمدی در مصرف آب و عملکرد میوه است. این ناکارآمدی متأثر از ضعف مدیریت یا طراحی ضعیف سامانه‌های آبیاری، ناکارآمدی مدیریت به‌زراعی یا به‌باغی و سایر عوامل محیطی مانند محدودیت‌های کیفیت آب یا خاک می‌باشد. در ارائه هرگونه برنامه در خصوص بهبود و ارتقای بهره‌وری آب در محصول انار، شناخت شرایط محیطی هر منطقه شامل اقلیم، ویژگی‌های خاک و آب آبیاری امری ضروری است.

در راستای ارتقای بهره‌وری آب در باغ‌های انار، با در نظر گرفتن چالش‌های موجود در استان‌های مهم تولید کننده انار در کشور و همچنین محدودیت‌های موجود در باغ‌های انار مانند تنش آبی، شرایط اقلیمی (مانند سرمازدگی و آفتاب‌سوختگی)، محدودیت

حاصلخیزی خاک و تنش شوری، راهکارهای موثر مختلفی با تکیه بر مطالعات علمی انجام شده در داخل و خارج از کشور قابل ارائه می‌باشد. با توجه به چالش‌های پیش روی ارتقای بهره‌وری آب در باغ‌های انار کشور، راهکارهای اساسی ارائه شده برای ارتقای بهره‌وری آب در تولید انار شامل اصلاح روش آبیاری، تنظیم برنامه آبیاری، انتخاب ارقام مناسب، روش و تراکم کاشت صحیح، تربیت و هرس اصولی، مدیریت کف باغ، مدیریت آفتاب سوختگی میوه، مدیریت تغذیه و مدیریت تنش‌های زیستی در انار می‌باشند.

۱-۳- اصلاح روش آبیاری

اجرای سیستم‌های نوین آبیاری در شرایطی که امکان اجرای این سیستم‌ها به لحاظ محدودیت‌های محیطی و ملاحظات اقتصادی امکان‌پذیر باشد، در ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی بسیار راهگشاست. در اکثر باغ‌های بزرگ و تجاری انار در کشورهای آمریکا، آفریقای جنوبی و هند از روش آبیاری قطره‌ای استفاده می‌شود (Volschenk, 2020). در برخی پژوهش‌های انجام شده، استفاده از روش آبیاری قطره‌ای سبب صرفه‌جویی ۶۶ درصد در مصرف آب در مقایسه با آبیاری سطحی گردید (Chopade, 1999; Behnia, 1999). مقایسه دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی در کشور آمریکا نشان داد که آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، ضمن کاهش ۱۰ درصد در مقدار آب مصرفی درختان انار، عملکرد میوه را در حد معنی‌داری افزایش داد (Zhang et al., 2017). بر اساس برخی تحقیقات انجام شده، کاربرد آبیاری قطره‌ای، میزان آب مصرفی را تا ۵۰ درصد و ترکیدگی انار را تا ۱۵ درصد کاهش داده ولی عملکرد محصول انار را تا ۴۲ درصد و بهره‌وری مصرف آب را تا ۸۰ درصد در مقایسه با آبیاری غرقابی افزایش داد (Ghosh et al., 2013; Singh and Sharma, 2013). در کشور هند، میزان بهره‌وری آب در درختان انار برای دو سیستم آبیاری سطحی و قطره‌ای به ترتیب ۲/۷۹ و ۴/۸۱ کیلوگرم بر متر مکعب گزارش شده است. میزان مصرف آب در سیستم آبیاری قطره‌ای حدود ۶۵ درصد روش آبیاری سطحی بود (Kumar et al., 2012).

البته وضعیت خرد مالکی باغ‌های انار کشور (سطح حدود ۸۰ درصد باغ‌های انار کمتر از یک هکتار)، عملاً به کارگیری سیستم‌های آبیاری تحت فشار و مدیریت جامع کاشت،

داشت و برداشت را با مشکلات جدی روبه‌رو نموده است. در این شرایط اصلاح روش‌های آبیاری سطحی (از جمله طول و عرض کرت و نوار، ارتفاع خاک‌ریز، شیب زمین، مدت آبیاری، زمان پیشروی، دبی ورودی به زمین) با بهبود راندمان آبیاری، در ارتقای بهره‌وری آب مصرفی انار موثر می‌باشد (گودرزی، ۱۳۹۹). استفاده از لوله‌های کم فشار یا هیدروفلوم (لوله‌های آبیاری دریچه‌ای) نیز منجر به صرفه‌جویی ۲۵ تا ۳۰ درصد در مصرف آب کشاورزی می‌شود (جلینی و همکاران، ۱۳۹۷؛ کوهستانی و همکاران، ۱۳۹۹).

۲-۳- تنظیم برنامه آبیاری

در بسیاری از باغ‌های انار بدون توجه به اصول برنامه‌ریزی آبیاری، آبیاری با دور ثابت و یا مقدار ثابت انجام می‌شود که نتیجه آن بیش آبیاری در ابتدا و انتهای فصل آبیاری است، در حالی که در اواسط فصل رشد که نیاز آبی بیشتر است، آبیاری به میزان کفایت انجام نشده و لذا میزان محصول تولیدی کاهش می‌یابد. در صورتی که اگر از یک برنامه-آبیاری صحیح در باغ‌های انار استفاده شود، میزان مصرف آب بین ۲۰ تا ۴۰ درصد نسبت به آبیاری با دور ثابت کاهش یافته که در اثر آن بهره‌وری مصرف آب افزایش خواهد یافت (گودرزی، ۱۳۹۹).

در راستای تنظیم برنامه آبیاری می‌توان به کم آبیاری ثابت (کاهش میزان آب آبیاری به طور ثابت در کل دوره رشد)، کم آبیاری تنظیم شده (عدم آبیاری یا کم آبیاری در مراحل خاصی از دوره رشد گیاه مانند مرحله گل‌دهی) و خشکی موضعی ریشه (آبیاری یک طرف ریشه گیاه) اشاره کرد. البته به منظور برنامه‌ریزی صحیح آبیاری در نظر داشتن رقم انار و مراحل رشد آن نقش بسیار مهمی دارد. طول دوره رشد و شناخت دوره‌های حساس به تنش کم آبی به منظور ارتقای بهره‌وری آب انار امری ضروری است. به عنوان مثال در جدول ۴، طول هریک از مراحل رشد در انار رقم رباب نیزیز فارس و در جدول ۵ برنامه آبیاری (در روش آبیاری بابلر) برای رقم مذکور در شرایط اقلیمی استان یزد ارائه شده است (راد، ۱۳۹۶). در مورد مراحل رشد ذکر شده در جدول ۲، لازم به ذکر است

که زمان شروع فاز رویشی (ظهور برگ‌ها)، ظهور گل‌ها و برداشت محصول به ترتیب نیمه دوم اسفند، اوایل فروردین و نیمه اول آبان می‌باشد.

ارزیابی آب مصرفی هشت باغ انار مجهز به کنتور هوشمند آب در دشت ارسنجان استان فارس نشان داد که در برخی از باغ‌های انار، آب داده شده کمتر از حد موردنیاز و در برخی دیگر مصرف آب بیشتر از حد موردنیاز بود. بررسی‌های انجام شده حاکی از آن داشت که تغییر روش‌های آبیاری غرقابی سنتی به سیستم آبیاری قطره‌ای توام با تنظیم صحیح برنامه آبیاری برای کاهش مصرف آب در باغ‌های انار این منطقه موثر است. زیرا با برنامه آبیاری موجود، در برخی موارد آب مصرفی در سیستم آبیاری قطره‌ای از آب مصرفی در آبیاری غرقابی بیشتر بود. تحویل حجمی آب برای کنتورهای هوشمند و دقت عملکرد این کنتورها نکته مهم دیگر بود، زیرا رعایت نشدن این نکات، منجر به ناکارآمد شدن سیستم‌های نوین آبیاری (با توجه به هزینه هنگفت تهیه و نصب سیستم) و یا اختلال در برنامه‌ریزی آبیاری باغ خواهد گردید (شاهرخ نیا، ۱۴۰۰).

جدول ۴- مراحل رشد انار رقم رباب نیریز فارس در شرایط اقلیمی استان یزد

مرحله اولیه رشد (روز)	مرحله توسعه (روز)	مرحله میانی (روز)	مرحله (انتهایی (روز)	کل دوره رشد (روز)
۴۵	۶۲	۹۳	۶۰	۲۶۰
(نیمه اسفند-فروردین)	(اردیبهشت-خرداد)	(تیر-شهریور)	(مهر-آبان)	(نیمه اسفند-آبان)

جدول ۵- برنامه آبیاری انار رقم رباب در شرایط اقلیمی یزد

اولین آبیاری	آخرین آبیاری	تعداد آبیاری	پیشینه دور آبیاری	کمینه دور آبیاری
۲۵ اسفند	۱۵ آبان	۳۵ بار	۱۴ روز	۵ روز
			(فروردین و آبان)	(تیر، مرداد و شهریور)

مقایسه آبیاری درختان انار رقم رباب نیریز در استان فارس (شهرستان کازرون)، در مقادیر مختلف تخلیه رطوبت در دسترس خاک شامل ۳۵، ۵۰، ۶۵ و ۸۰ درصد با دور آبیاری عرف باغدار نشان داد که از نظر اقتصادی، آبیاری در زمان تخلیه ۳۵ درصد رطوبت در دسترس خاک بهترین دور آبیاری بود و می‌توان آن را به عنوان حد آغاز تنش

آبی در درخت انار در نظر گرفت (جدول ۶). در این دور آبیاری، هر چند که عملکرد میوه ۲۱ درصد کاهش داشت، ولی به دلیل کاهش ۵۲ و ۴۶ درصد به ترتیب در میزان آب آبیاری و آب کاربردی (آبیاری و بارندگی)، مقادیر بهره‌وری آب آبیاری (۳/۳۷) کیلوگرم بر مترمکعب) و آب کاربردی (۲/۶۸ کیلوگرم بر مترمکعب) به ترتیب ۶۴ و ۴۷ درصد افزایش یافت (شاهرخ نیا و همکاران، ۱۳۹۹). بررسی خصوصیات رشد و فیزیولوژیکی درختان انار رقم رباب در همین استان (شهرستان نیریز) در شرایط آبیاری کامل، کم آبیاری (ID) با تامین ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی و خشکی موضعی ریشه^۱ (PRD) با تامین ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی انار نشان داد کم آبیاری به صورت خشکی موضعی ریشه با تامین ۷۵ درصد نیاز آبی، ضمن کاهش ۲۵ درصد آب مصرفی منجر به افزایش ۷ درصد عملکرد میوه شد (Parvizi et al., 2016).

جدول ۶- ارزیابی اقتصادی برنامه آبیاری بر بهره‌وری آب در درختان انار رقم رباب نیریز

رتبه بندی اقتصادی	سود خالص (میلیون ریال در هکتار)	درآمد ناخالص (میلیون ریال در هکتار)	بهره‌وری آب کاربردی (کیلوگرم بر مترمکعب)	بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم بر مترمکعب)	زمان آبیاری
۳	۵۹	۹۵۰	۱/۸۲	۲/۰۵	دور معمول باغدار
۵	-۱۲۰	۴۲۰	۳/۰۸	۴/۴۴	تخلیه ۸۰ درصد رطوبت خاک
۲	۷۷	۶۴۷	۲/۹۵	۴/۰۴	تخلیه ۶۵ درصد رطوبت خاک
۴	۵۷	۶۷۳	۲/۷۱	۳/۴۹	تخلیه ۵۰ درصد رطوبت خاک
۱	۱۷۹	۸۱۸	۲/۶۸	۳/۳۷	تخلیه ۳۵ درصد رطوبت خاک

1- Partial root-zone drying

بر اساس مطالعات انجام شده، تنش کم آبی می‌تواند تاثیر قابل توجهی بر خصوصیات کیفی میوه و آب میوه انار گذاشته و ارزش تغذیه‌ای و ظاهری آنرا به شدت تحت تاثیر قرار دهد (Mena et al., 2013). کم آبیاری بسته به این که در چه دوره فنولوژیکی درخت انار اتفاق بیفتد، می‌تواند برای کنترل زمان رسیدن میوه، افزایش خصوصیات کیفی میوه و بهبود شرایط نگهداری پس از برداشت و همچنین افزایش بهره‌وری آب در اثر صرفه‌جویی در مصرف آب مورد استفاده قرار گیرد (Laribi et al., 2013).

در استان خراسان جنوبی (شهرستان فردوس)، اعمال تنش آبی با کم آبیاری به میزان ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی و تنش شوری با مصرف آب‌های با شوری ۱/۵، ۵/۰ و ۵/۸ دسی زیمنس بر متر روی درختان چهار ساله انار رقم شیشه کپ نشان داد که افزایش شوری آب آبیاری و کاهش آب آبیاری به میزان ۱۰ درصد، اثر منفی معنی‌داری بر عملکرد محصول و مقدار بهره‌وری آب نداشت. بر اساس نتایج این تحقیق، توصیه گردید از تنش آبی توام با تنش شوری روی درختان انار پرهیز شود (Tavousi et al., 2015). در استان خراسان رضوی (شهرستان تربت حیدریه)، انجام کم آبیاری ثابت (۵۰ درصد نیاز آبی در طول دوره رشد) و کم آبیاری تنظیم شده (قطع آبیاری از اول فصل رشد تا پایان مرحله تشکیل میوه) روی درختان انار رقم شاهوار نشان داد که کم آبیاری تنظیم شده درختان انار بدون کاهش محسوس عملکرد میوه، مقدار بهره‌وری آب آبیاری را نسبت به آبیاری کامل ۴۴/۱ درصد افزایش داد (Selahvarzi et al., 2017).

انجام آبیاری درختان انار (دو رقم تجاری ملس یزدی و ملس ساوه) در شرایط اقلیمی شهرستان یزد با سطوح مختلف آبیاری (آبیاری کامل، ۲۵ و ۵۰ درصد کم آبیاری) به روش بالبر نشان داد که تنش آبی به صورت ۲۵ درصد کم آبیاری، اثر منفی معنی‌داری بر عملکرد محصول ارقام مذکور انار نداشت. البته با توجه به عملکرد بهتر و تعداد میوه سالم بیشتر، رقم ملس یزدی برای منطقه یزد توصیه گردید (بافکار و همکاران، ۱۳۹۵). بررسی میزان ردپای آب محصولات باغی در استان سیستان و بلوچستان نیز نشان

داد که بهره‌وری اقتصادی آب در کشت انار بیشتر از محصولات پسته، خرما و انگور بود (پیری و سارانی، ۱۳۹۸).

در کشور مصر، آبیاری درختان انار ۲۰ ساله رقم Manfalouty با مقادیر مختلف نشان داد آبیاری به میزان ۱۳ مترمکعب/درخت/سال موجب افزایش معنی‌دار عملکرد میوه و بهره‌وری آب به ترتیب معادل ۲۱/۶ و ۷/۰ درصد نسبت به عرف منطقه (۱۱) مترمکعب/درخت/سال) خواهد شد (Khattab et al., 2011). در پژوهش دیگری در همین کشور، مقایسه کاربرد مقادیر مختلف آب آبیاری (۱۲۰، ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی) در روش آبیاری نواری با شیوه آبیاری عرف منطقه روی درختان انار رقم Wonderful نشان داد آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی باعث صرفه جویی ۵۰ درصد در انرژی برق، کاهش ۵۰/۱ درصد (۹۰۵۵ مترمکعب) آب آبیاری، افزایش ۲/۳ برابر در کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر آب مصرفی گیاه) و بهره‌وری آب (کیلوگرم بر آب کاربردی) و افزایش ۹۱ درصد در آمد خالص باغدار گردید (Taha, 2018).

در کشور ترکیه، تاثیر استراتژی‌های متفاوت آبیاری بر عملکرد و خصوصیات کیفی انار رقم Hicaznar در روش آبیاری قطره‌ای نشان داد آبیاری درختان انار با تامین ۷۵ درصد نیاز آبی و دور آبیاری ۶ روز، بدون کاهش محسوس عملکرد میوه منجر افزایش ۱۵/۶ درصد در بهره‌وری آب آبیاری نسبت به آبیاری کامل می‌شود (Dinc et al., 2018). در کشور اسپانیا، قطع آبیاری درختان انار ارقام Wonderful و Mollar به مدت ۶۴-۵۳ روز در دوره گلدهی و میوه‌دهی نشان داد حساسیت دوره مذکور به تنش آبی بسیار اندک بوده، به طوری که قطع آبیاری موجب کاهش ۳۰-۱۹ درصد میزان آب آبیاری و افزایش ۹/۲ و ۱۴/۳ درصد بهره‌وری آب به ترتیب در ارقام Wonderful و Mollar گردید (Martinez et al., 2019). در تحقیق دیگری در همین کشور، کم آبیاری ثابت^۱ (SDI) بر مبنای ۵۰ درصد نیاز آبی در کل دوره رشد درختان انار رقم Mollar de Elche اثر محسوسی بر عملکرد محصول نسبت به آبیاری بر مبنای ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه نداشت،

1- Sustained deficit irrigation

ولی درآمد باغدار را به دلیل کاهش وزن هر میوه (کاهش بازار پسندی میوه) ۲۲ درصد کاهش داد. اما در کم آبیاری تنظیم شده^۱ (RDI) که به صورت آبیاری بر مبنای ۲۵ درصد نیاز آبی گیاه در مرحله گلدهی و تشکیل میوه اعمال شد، ضمن افزایش ۱۱/۵ درصد عملکرد محصول، میزان بهره‌وری آب کاربردی (آب آبیاری و بارش) و بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری را به ترتیب ۵۱/۳ و ۴۰/۶ درصد نسبت به آبیاری کامل افزایش داد (Intrigliolou et al., 2013).

در جنوب کشور ایتالیا، کم آبیاری درختان جوان انار رقم Wonderful (۴-۲ ساله) با مقادیر ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد نیاز آبی (مرحله باز شدن جوانه-رسیدن میوه)، هر چند که بر صفات رویشی، وزن میوه و بهره‌وری آب اثر چندانی نداشت، اما منجر به کاهش معنی‌دار تعداد میوه و عملکرد محصول (۳۰/۵ تا ۷۳/۶ درصد) شد. یک رابطه خطی بین آب مصرفی و عملکرد میوه به دست آمد که نشان دهنده حساسیت درختان جوان انار به کم آبیاری بود (Tarantino et al., 2021).

۳-۳- انتخاب ارقام مناسب

اصلاح و انتخاب ارقام متحمل به خشکی با استفاده از شاخص‌های مناسب، یکی از راهکارهای مناسب برای کاهش اثرات کم آبی بر عملکرد محصول انار می‌باشد. با توجه به اهمیت پایه و رقم درختان انار در میزان آب مصرفی و عملکرد محصول، استفاده از پایه‌های مقاوم به تنش‌های محیطی از جمله کم آبی، شوری و سرمازدگی توصیه می‌شود. توجه به رقم گیاهی در راستای تعیین طول دوره رشد و اعمال مدیریت کم آبیاری (در دوره‌های زمانی که کمترین حساسیت گیاه به تنش آبی وجود دارد) برای مدیریت بهینه آبیاری باغ‌های انار ضروری است. بررسی میزان مقاومت به شوری آب آبیاری (۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) در درختان انار شهرستان ساوه نشان داد که انار گیاهی نسبتاً مقاوم به شوری است و عملکرد آن وقتی که شوری آب آبیاری و یا خاک به ترتیب بیشتر

1- Regulated deficit irrigation

از ۴ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر برسد، کاهش می‌یابد. کاهش عملکرد انار با افزایش شوری خاک بعد از شوری آستانه به صورت خطی بود و شیب کاهش عملکرد محصول معادل $3/8$ درصد به ازای افزایش هر واحد شوری خاک بود. بیشترین عملکرد میوه از آبیاری با آب ۴ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد که با افزایش شوری آب، عملکرد میوه کاهش شدیدی داشت، به صورتی میزانکاهش عملکرد در شوری ۶، ۸ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب معادل ۲۶، ۲۹ و ۲۹ درصد بود (شیردلی و طهماسبی، ۱۳۹۲).

بر اساس مطالعات انجام شده ارقام رباب نی‌ریز و ملس یزدی دارای بیشترین مقاومت به کم آبی و رقم نادری حساس‌ترین رقم به کم آبی است (حسینی مقدم و همکاران، ۱۳۹۴). ژنوتیپ‌های چاه افضل، پوست سیاه اردکان (استان یزد) و نرک لاسجرد سمنان در شوری $8/4$ دسی‌زیمنس بر متر جزو مقاوم‌ترین ارقام هستند که می‌توانند به عنوان پایه استفاده شوند و ارقام گلنار و ملس ساوه حساس‌ترین ارقام به شوری می‌باشند (مومن پور و همکاران، ۱۳۹۹).

همچنین بهتر است ارقام انار با دوره گلدهی و میوه‌دهی کوتاه و عملکرد مناسب کاشت شوند. ارقام امیدبخش جدید انار و در دست معرفی، عملکردی بالاتر نسبت به ارقام معمول زیر کشت داشته و همچنین یک ماه زودرسی و مقاوم به ترکیدگی از خصوصیات شاخص این ارقام خواهد بود که می‌تواند در برنامه سازگاری برای مناطق عمده کاشت انار مورد توجه قرار گیرد (وظیفه شناس و همکاران، ۱۴۰۱). همچنین استفاده از ارقام انار مقاوم به سرمای بهار که ظهور برگ در آنها، ۱۵ روز دیرتر از ارقام رایج کاشت شده است، می‌تواند در مناطقی با خطر سرمای بهار توصیه شود (وظیفه شناس و همکاران، ۱۳۸۶). با توجه به تنوع ارقام انار و تنوع اقلیم در کشور ایران و همچنین تأثیر شرایط آب و هوایی بر صفات فیزیکوشیمیایی میوه درختان، بررسی تأثیر شرایط اقلیمی مناطق ساری، علی‌آباد و ساوه بر مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی دو رقم انار ملس ساوه و ملس یوسف خانی نشان داد که شرایط اقلیمی متفاوت بر کیفیت میوه و

بذر انار تأثیر چشمگیری دارد و انتخاب رقم باید با توجه به این اثرات باشد (فیضی و همکاران، ۱۳۹۶).

۳-۴- روش و تراکم کاشت صحیح

بر اساس مطالعات انجام شده، افزایش تراکم کاشت رقم ملس ساوه از ۶۰۰ به ۱۰۰۰ درخت در هکتار منجر به افزایش ۶۰ درصد عملکرد محصول خواهد شد. روش کاشت (مربعی - مستطیلی) مرتبط با منطقه و نوع منطقه متفاوت است. بهترین فاصله کاشت در مناطق مرکزی کشور، برای رقم ملس ساوه، ۳/۵-۲/۵ متر و برای رقم رباب، ۵-۴ متر است و در مناطق با رطوبت بالا، می‌توان این فاصله را بر اساس شرایط کاشت، نوع منطقه و وضعیت خاک افزایش داد (طباطبایی و وظیفه شناس، ۱۳۹۸؛ وظیفه شناس و همکاران، ۱۴۰۱).

۳-۵- تربیت و هرس اصولی

توصیه می‌شود هرس سالیانه یا چندساله با توجه به تفاوت تشکیل گل‌های زایا و علفی و محل تشکیل آن، حذف گل و میوه در سال‌های ابتدایی رشد و افزایش تشکیل میوه روی شاخه‌های جانبی به میزان ۴۰ درصد مورد توجه قرار گیرد که نقش به سزایی در بهبود عملکرد انار خواهد داشت. همچنین فرم شکل‌گیری هفت (۷ شکل) با حذف میوه سال‌های اولیه، می‌تواند در افزایش کمیت و کیفیت میوه انار در سال‌های بعد موثر باشد (وظیفه شناس و همکاران، ۱۴۰۱).

۳-۶- مدیریت کف باغ

مدیریت آب ذخیره شده در خاک برای کاهش نیاز آبیاری گیاه ضروری است. روش‌های مختلف افزایش کل آب قابل دسترس برای گیاه عمدتاً در ارتباط با بهبود ظرفیت نگهداشت آب در خاک می‌باشد. بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از طریق اضافه کردن مواد آلی به خاک، استفاده از مالچ برای کاهش تبخیر از خاک و فراهم نمودن شرایط برای افزایش عمق توسعه ریشه، امکانپذیر است.

۱-۶-۳- استفاده از مالچ

استفاده از مالچ اعم از مالچ‌های آلی و یا پلاستیک در باغ‌های انار یکی از روش‌های بهبود بهره‌وری آب در باغ‌های انار است. تحقیقات مختلف نشان داده که استفاده از مالچ-های آلی در صورت عدم وجود آلودگی باعث افزایش عملکرد، کاهش مصرف آب و کاهش آفات و بیماری‌ها می‌شود. کل آب مورد نیاز گیاه شامل بخشی از آب است که بدون استفاده گیاه از آن، از سطح خاک تبخیر می‌گردد. این بخش از آب مصرفی را می‌توان با عملیات زراعی مانند استفاده از انواع مالچ‌ها، کاهش داده و یا به کلی حذف نمود. استفاده از کاه و کلش به عنوان مالچ یک روش مفید است که به راحتی قابل اجرا بوده و ارزان قیمت می‌باشد (شکل ۶). علاوه بر این موادی از قبیل بقایای گیاهی، پوست درخت، خاک اره و کمپوست می‌توانند به عنوان مالچ در باغ‌های انار مورد استفاده قرار بگیرند. از مزایای کاربرد مالچ در باغ انار می‌توان به تغذیه بهتر درخت و در نتیجه کاهش استفاده از کود، کنترل علف‌های هرز که منجر به کاهش استفاده از علفکش‌ها می‌گردد، جلوگیری از فرسایش خاک با بهبود ساختمان خاک و کاهش فشردگی خاک و نهایتاً افزایش تنوع زیستی در محیط باغ که موجب افزایش جمعیت حشرات مفید و کاهش آفات می‌گردد، اشاره نمود (گودرزی، ۱۳۹۹؛ Meshram, 2010). تحقیقات مختلف نشان داده که استفاده از مالچ‌های آلی در صورت عدم وجود آلودگی در آنها باعث افزایش عملکرد، کاهش مصرف آب و کاهش آفات و بیماری‌ها می‌شود. البته مقدار ذخیره آب و یا کاهش نیاز آبیاری به نوع و مقدار مالچ مورد استفاده، عوامل اقلیمی و نوع خاک بستگی دارد. یکی دیگر از روش‌های حفظ رطوبت خاک، استفاده از مالچ‌های پلاستیکی است که در رنگ‌ها و اندازه‌های گوناگون در دسترس هستند و می‌توان آنها را روی ردیف درختان باغ قرار داد (شکل ۷).

در استان فارس، کاربرد کاه به عنوان مالچ (به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر در سایه انداز) در درختان انار به ترتیب موجب کاهش ۱۳/۲ درصد آب مصرفی، افزایش ۱۱/۹ درصد عملکرد میوه و افزایش ۲۸/۹ درصد بهره‌وری آب شد (تدین، ۱۳۹۴ الف). همچنین در

تحقیق دیگری در همین استان، استفاده از مالچ پلی ممبران (به ضخامت ۴ میلی‌متر)، مالچ تفاله شیرین بیان و مالچ کاه (هر یک به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر در سایه انداز درخت) برای درختان بادام به ترتیب موجب کاهش ۳۸/۹، ۲۳/۱ و ۲۰/۴ درصد آب آبیاری، افزایش ۴۵/۹، ۱۲/۳ و ۹/۰ درصد عملکرد میوه و افزایش ۱۳۶/۹، ۴۷/۶ و ۱۴/۸ درصد بهره‌وری آب گردید (تدین و معاف پوریان، ۱۳۹۶). در کشور فلسطین نیز کاربرد مالچ پلاستیک موجب کاهش ۲۵ درصد در حجم آب آبیاری درختان انار به ویژه در اوایل رشد گردید و همچنین رشد علف‌های هرز را کاهش داد (تدین، ۱۳۹۴ ب).



شکل ۶- کاربرد مالچ آلی (کاه و کلش) در یک باغ میوه (Ingels, 2002)



شکل ۷- کاربرد مالچ پلاستیکی در باغ انار (Albanesi, 2016)

۲-۶-۳- کشت گیاهان پوششی

به گیاهانی که اصطلاحاً رشد خزنده داشته و ارتفاع رشدی ندارند و معمولاً باعث پوشیده شدن سطح زمین می‌شوند، گیاهان پوششی می‌گویند (شکل ۸). هرچه گیاه کوتاه‌تر باشد، به عنوان پوشش استفاده بیشتری دارد. اکثر آنها در زمان بسیار کوتاهی، سطح خاک را فرا گرفته و زمین را به خوبی می‌پوشانند. این گیاهان نسبت به مواد غذایی پرتوقع نبوده و آب زیادی لازم ندارند، در عین حال به توجه و مراقبت کمی نیاز دارند و روی خاک سایه می‌اندازند و آن را از خشک شدن سریع حفظ می‌کنند. از جمله مزایای کشت گیاهان پوششی می‌توان به جلوگیری از آبخوئی نیتروژن در پاییز و زمستان، بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، کنترل علف‌های هرز و بیماری‌های خاکزاد، حفظ رطوبت خاک، کاهش رواناب، افزایش نفوذپذیری خاک، افزایش مواد آلی خاک، تعدیل درجه حرارت روزانه خاک، افزایش تنوع زیستی و در نهایت افزایش عملکرد محصول و بهره‌وری مصرف آب اشاره کرد.



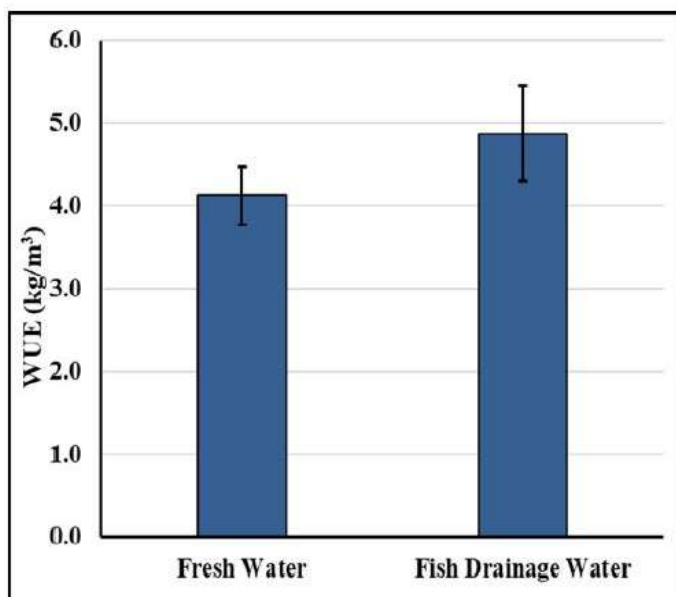
شکل ۸- کاربرد گیاهان پوششی یکساله و چندساله در باغ انار (Meshram, 2010)

برای حداکثر نمودن منافع گیاهان پوششی در باغ‌های انار باید گونه‌های مناسب را با توجه به اقلیم و شرایط باغ انتخاب نمود. بهتر است گیاهان پوششی بعد از سن ۳ سالگی درختان مورد استفاده قرار گیرند تا در رقابت با گیاه اصلی قرار نگیرد و تأثیر منفی کمی داشته باشد. در باغ‌های انار می‌توان از دو گروه گیاهان یکساله و یا چندساله از قبیل خانواده حبوبات و شبدر به عنوان گیاهان پوششی استفاده نمود (گودرزی، ۱۳۹۹؛ Sharma et al., 2017؛ Sarkhosh and Treadwell, 2018).

۳-۶-۳-۳-۳-۳ احداث استخر پرورش آبزیان

پساب استخر یا حوضچه پرورش آبزیان از جمله ماهی به دلیل داشتن مواد مغذی مفید می‌تواند برای آبیاری درختان میوه مورد بهره‌برداری قرار گیرد و به عنوان کودهای زیستی سازگار با محیط زیست نیز شناخته می‌شود. در کشور مصر، استفاده از پساب استخر پرورش ماهی برای آبیاری درختان انار، میزان کارایی مصرف ازت را ۲/۵ برابر و عملکرد محصول و بهره‌وری آب آبیاری را به ترتیب ۲۵/۲ و ۱۸/۱ درصد نسبت به آب شیرین افزایش داد (شکل ۹). ارزیابی اقتصادی نیز نشان داد که افزایش عملکرد میوه و بهره‌وری آب در اثر احداث استخر پرورش ماهی در این باغ انار، منجر به افزایش ۷۸ درصد در درآمد ناخالص باغدار گردید. بنابراین کودهای زیستی موجود در پساب

استخرهای پرورش ماهی می‌توانند به عنوان منبع ارگانیک جایگزین مناسبی برای کودهای تجاری باشند و ضمن کاهش هزینه کل، منجر به افزایش سود خالص و عملکرد درختان انار شوند (Moursy et al., 2022).



شکل ۹- بهره‌وری آب در باغ انار هنگام استفاده از پساب استخر پرورش ماهی (Moursy et al., 2022)

۳-۷- مدیریت آفتاب سوختگی میوه

بر اساس مطالعات انجام شده استفاده از سایبان و پوشش در باغ انار، سبب افزایش ۷ درصدی رطوبت خاک و کاهش ۲۵ درصدی آفتاب سوختگی می‌شود. همچنین سایبان باعث بهبود برخی ویژگی‌های کیفی میوه و بهبود رنگ‌گیری پوست و کاهش تعداد میوه‌های آفتاب سوخته و کاهش ۵ تا ۷ درجه سانتی‌گراد دمای میوه می‌شود (نرجسی، ۱۴۰۰؛ کاوند و همکاران ۱۳۹۶). بررسی تاثیر تیمارهای کائولین و جیبرلیک اسید بر کاهش خسارت آفتاب سوختگی و کیفیت میوه انار رقم رباب نیز نشان داد که کاربرد کائولین با غلظت ۲/۵ درصد (از اواسط خردادماه در سه نوبت با فاصله زمانی یک ماه) روی شاخه‌ها و میوه‌های درخت انار در مقایسه با جیبرلیک اسید، اثرات مثبت بیشتری

بر افزایش اندازه و کیفیت میوه و کاهش آفتاب سوختگی میوه داشت. همچنین از نظر اقتصادی نیز به دلیل فراوانی کائولین در طبیعت و قیمت پایین آن، توجیه اقتصادی قابل قبولی برای کاربرد آن وجود داشت (احتشامی و همکاران، ۱۳۹۰). همچنین پاشش ترکیبات آلی غیرشیمیایی (هیومی فورته) منجر به افزایش ۲۵ درصد در عملکرد انار خواهد شد (وظیفه شناس و همکاران، ۱۳۹۵). کاربرد اکسید روی، کائولین و تالک نیز در افزایش ۶۰ درصدی شاخص عملکرد فتوسنتزی اثر مثبت خواهد داشت (ناظری و همکاران، ۱۳۹۹).

۸-۳- مدیریت تغذیه در انار

بر اساس نقشه کربن آلی خاک‌های ایران تهیه شده توسط موسسه تحقیقات خاک و آب در سال ۱۳۹۷، ۸۰ درصد اراضی زراعی و باغی کشور، کمتر از یک درصد مواد آلی دارند. پژوهش‌ها نشان داده است که کاربرد کود حیوانی یا کمپوست می‌تواند باعث افزایش مواد آلی و سلامت خاک شود و همچنین این مواد می‌تواند عناصر غذایی را برای گیاه فراهم کند. به خاطر تأثیر مستقیم و غیر مستقیم مواد آلی بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژی خاک، مدیریت مواد آلی خاک نقش مهمی در این امر دارد (Haynes and Naidu, 1998) استفاده از قارچ میکوریزا^۱ نیز به دلیل افزایش جذب آب و مواد غذایی و همچنین فعالیت فتوسنتزی سبب افزایش بیوماس گیاهی می‌شود، چنانچه همبستگی بالایی بین وضعیت تغذیه گیاه و مقاومت به خشکی آن در حضور میکوریزا گزارش شده است (Song, 2005 and Swift, 2004).

عناصر ضروری و مهم در تغذیه گیاهان یعنی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سولفور، کربن، هیدروژن، اکسیژن و عناصر کم مصرف ضروری شامل آهن، منگنز، روی، بور، مولبدن، مس، کبالت، سیلیسیم و کلر می‌باشند. عدم توازن تغذیه‌ای و کمبود یا مسمومیت یکی از عناصر موجب کاهش رشد تا زمان بهبود این نارسایی می‌گردد.

1- Mycorrhiza

مدیریت افزایش کارآیی مصرف کود شامل استفاده از برنامه زمان بندی آزمون خاک و برگ، کاربرد و استفاده دقیق از کود، انتخاب نوع و میزان کود متناسب با نیاز غذایی درخت، قرار دادن دقیق کود در منطقه ریشه، زمان بندی مصرف کود، تقسیط کاربرد کود، کاربرد میزان مناسب کودهای نیتروژنه بر اساس وضعیت قبلی و عملکرد درختان و مدیریت آبیاری می‌باشد. کارایی جذب عناصر غذایی (مقدار مواد غذایی جذب شده به مقدار مواد غذایی داده شده به صورت کود) با بهبود کارایی جذب آب بهبود می‌یابد. حداکثر حد مجاز تخلیه رطوبتی خاک^۱ به ویژه در زمان گلدهی، تشکیل میوه و رشد رویشی در اوایل بهار نباید بیشتر از ۲۵ تا ۳۳ درصد باشد.

انار به شرایط متفاوت خاکی مقاوم بوده ولی بهترین رشد را در خاک‌های لومی شنی تا لومی با اسیدیته (pH) بین ۶/۵ تا ۷/۵ دارد و نسبت به شوری خاک ۴/۵ دسی زیمنس بر متر (شوری آب آبیاری ۳ دسی زیمنس بر متر) متحمل است. قبل از کشت درختان، آماده نمودن خاک و اضافه نمودن اصلاح کننده‌های خاک و کود، از اهمیت زیادی برخوردار است. خاک بایستی تا حد امکان شخم زده شود و کلیه علف‌های هرز در رقابت تغذیه‌ای با گیاه اصلی حذف گردند. اضافه نمودن کودهای آلی کاملاً پوسیده یا کمپوست تا عمق یک متر نیز توصیه می‌گردد. در صورت عدم پوسیدگی کامل کود آلی، زمان مصرف آن بایستی در پاییز زودتر انجام پذیرد. در طی زمستان و اوایل بهار کاربرد اوره به میزان ۲۶ تا ۵۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، موجب تسریع پوسیدن ماده آلی و آزاد شدن سایر عناصر غذایی در خاک می‌شود. در حفره کاشت درخت نباید کود آلی نپوسیده، مستقیم استفاده شود، چون خطر پوسیدن ریشه وجود دارد. مهمترین عنصر غذایی در مراحل اولیه رشد درختان نیتروژن می‌باشد. در خاک‌های آهکی کاربرد نیتروژن از منبع سولفات آمونیوم به دلیل بهبود اسیدیته خاک توصیه می‌گردد (تدین، ۱۳۹۴ب).

میزان و حد مناسب عناصر موجود در آزمون خاک و یا آزمون برگ برای درختان انارهای در جدول ۷ و ۸ ارائه شده است. نمونه برداری برگ انار برای تعیین غلظت عناصر

1- Allowable soil water depletion

بهتر است از برگ هشتم از نوک شاخه (در اردیبهشت‌ماه) انجام شود. همچنین میزان کودهای مورد توصیه برای درختان انار در شرایط عدم امکان تجزیه خاک و نمونه برگ در جدول ۹ ارائه گردیده است (تدین، ۱۳۹۴ ب؛ وظیفه شناس، ۱۳۹۴). در استان فارس، کاربرد توام ۵۰۰ گرم میکوریزا، ۱۰ کیلوگرم کود دامی و ۵۰۰ گرم اکسید پتاسیم منجر به افزایش عملکرد محصول انار به میزان ۱۲۷ درصد گردید (پروین و همکاران، ۱۳۹۶).

ترک خوردگی میوه‌های جوان انار به دلیل کمبود کلسیم، بور و پتاسیم و در میوه‌های بالغ به دلیل عدم تعادل رطوبتی در اثر بالا و پایین رفتن درجه حرارت اتفاق می‌افتد. کاهش تغییرات شدید رطوبت خاک همراه با آبیاری منظم و به مقدار کافی در طی رسیدن میوه انار، این مشکل را کاهش می‌دهد. بعضی از ارقام انار به ویژه در شرایط آب و هوایی و مناطق غیربومی از نظر ژنتیکی مستعد ترک خوردن میوه می‌باشند.

جدول ۷- حد مناسب عناصر آزمون خاک در باغ انار

کربن (%)	نیترژن (%)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	منیزیم (ppm)	گوگرد (ppm)	آهن (ppm)	منگنز (ppm)	روی (ppm)	مس (ppm)	بور (ppm)
< ۱	< ۰/۵	۱۵	۲۲۰	۶۰۰	< ۱۵	۶	۵	۱/۵	۱	۱

جدول ۸- حد مناسب عناصر آزمون برگ انار

نیترژن (%)	فسفر (%)	پتاسیم (%)	کلسیم (%)	منیزیم (%)	آهن (ppm)	منگنز (ppm)	روی (ppm)	مس (ppm)	بور (ppm)
۲-۲/۵	۰/۱-۰/۲	۰/۶-۱/۵	۰/۷-۲	۰/۱-۰/۲	۷۰-۲۰۰	۱۵-۷۰	۱۵-۷۰	۳۰-۷۰	۲۵-۶۰

جدول ۹- توصیه عمومی کودهای موردنیاز درخت انار در سنین مختلف

سن درخت	کود آلی (کیلوگرم/درخت)	نیترژن (گرم/درخت)	فسفر (گرم/درخت)	پتاسیم (گرم/درخت)
۲	۵	۲۵۰	۱۲۵	۱۲۵
۳	۱۰	۵۰۰	۱۲۵	۲۵۰
۴-۵	۲۰	۵۰۰	۱۲۵	۲۵۰
بیشتر از ۵	۳۰-۴۰	۶۲۵	۲۵۰	۲۵۰

۳-۹- مدیریت تنش‌های زیستی

یکی از تنش‌های زیستی موثر بر عملکرد انار و در نتیجه بهره‌وری آب در باغ‌های انار، آفات و بیماری‌ها است. وجود آفات توأم با تنش‌های آبی در کاهش بهره‌وری آب انار نقش بسیار مهمی داشته، به گونه‌ای که خسارت سالانه کرم گلوگاه ۳۰ تا ۴۰ درصد برآورد گردیده است (شاکری و همکاران، ۱۳۸۹). بر اساس مطالعات انجام شده، پوشش-گذاری با پارچه در طول اردیبهشت ماه سبب کاهش ۶۲ درصدی کرم گلوگاه می‌شود (هاشمی، ۱۳۹۰). در گروه‌بندی ارقام از نظر آلودگی به کرم گلوگاه، رقم شیشه‌کپ در صدر بالاترین آلودگی و ارقام نادری بادرود، حسیبی مهریز و ملس ساوه در گروه کمترین درصد آلودگی قرار گرفتند. از نظر ترکیب میوه، رقم حسیبی مهریز حساس-ترین رقم و ارقام رباب فارس، اسلام آباد مهریز و نادری بادرود گروه مقاوم را تشکیل می‌دهند (شاکری و همکاران، ۱۳۸۹).

به منظور مبارزه با آفات روش‌های متفاوتی از جمله روش مکانیکی، مبارزه بیولوژیک و کشت ارقام مقاوم (مبارزه تلفیقی) پیشنهاد شده است. جمع‌آوری انارهای آلوده روی درختان و پای آنها از جمله بهترین روش‌های کنترل آفت است. حذف پرچم‌ها در خردادماه سبب کاهش ۱۳/۲ درصدی خسارت این آفت می‌شود (شیخ‌علی و همکاران، ۱۳۸۸). پرکردن تاج میوه، تله‌های فرمونی (استفاده از تله‌های نوری - فرمونی) نیز سبب کاهش ۵۰ درصدی خسارت آفت می‌گردد. همچنین پرتوتایی و تولید پروانه عقیم، استفاده از پرتودهی گاما در مبارزه با آفت انار سبب شده است حدود ۲۰ درصد خسارت به کشاورزان کاهش پیدا کند. استفاده از امواج به صورت جلب پروانه، برنامه IPM برای کنترل و مبارزه آفات، رهاسازی زنبور و تراشیدن پرچم‌های تاج انار به طور همزمان با کارآیی ۸۰ درصدی بهترین روش کنترل آفات می‌باشد. در خصوص شته انار، بیشترین رشد جمعیت آن مربوط به سطح تنش خشکی متوسط است که در این سطح تنش، گیاه میزبان مناسبی برای شته می‌باشد. همچنین تنش خشکی شدید می‌تواند با افزایش سطح ترکیبات دفاعی گیاه، موجب کاهش رشد جمعیت شته گردد (احمدی، ۱۳۹۷).

از دیگر تنش‌های زیستی موثر بر عملکرد انار و در نتیجه بهره‌وری آب در باغ‌های انار، بیماری‌ها هستند. تاثیر متقابل تنش‌های آبی و بیماری‌ها به شدت بر بهره‌وری آب موثر خواهد بود. آبیاری بیش از حد یا تنش آبی شدید در فصل پاییز هنگام رسیدن میوه، منجر به ترکیدگی میوه و افزایش ۵۰ درصدی بیماری‌ها در انار می‌شود (شاکری و همکاران، ۱۳۸۹).

۴- نتیجه‌گیری کلی

انار یکی از میوه‌های نیمه‌گرمسیری است که در نواحی خشک و نیمه‌خشک با زمستان‌های معتدل رشد می‌کند و از لحاظ ارزش تغذیه‌ای و سلامت، اهمیت زیادی دارد. یکی از مهمترین عوامل محدود کننده رشد و نمو درختان میوه از جمله انار در مناطق خشک و نیمه خشک، محدودیت منابع آب قابل استفاده است. بنابراین ارتقای وضعیت بهره‌برداری از باغ‌های انار کشور، از طریق کاهش مصرف آب و یا افزایش عملکرد کمی و کیفی محصول از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. در این نوشتار، ابتدا وضعیت کشت و پرورش انار در کشور از نظر سطح زیرکشت، میزان تولید، عملکرد میوه و صادرات محصول بررسی شد و با سایر کشورهای مهم تولیدکننده این محصولات مقایسه گردید. در مرحله دوم، میانگین مقدار بهره‌وری آب در باغ‌های انار کشور برآورد شده و با سایر کشورهای مهم تولیدکننده انار مقایسه گردید. در مرحله سوم، چالش‌های موجود در کشور در زمینه نحوه مصرف آب کشاورزی و میزان تولید و عملکرد میوه انار از جنبه عوامل مختلف به باغی موثر شناسایی و بررسی شد. سپس در مرحله چهارم، با توجه به تجارب موجود و موفق ملی و بین‌المللی، راهکارهای ارتقای وضعیت باغ‌های انار کشور از طریق بهینه‌سازی مصرف آب و افزایش عملکرد محصول تعیین و ارائه گردید. نتیجه بررسی‌ها نشان داد که میانگین بهره‌وری آب آبیاری و آب کاربردی در محصول انار برای کشور، به ترتیب ۱/۶۸ و ۱/۴۷ کیلوگرم بر مترمکعب است. بنابراین میوه انار با بهره‌وری اقتصادی آب ۰/۷۲ و ۰/۶۳ دلار بر مترمکعب (به ترتیب برای آب آبیاری و آب کاربردی) از جمله محصولات با ارزش اقتصادی مناسب برای کشت و پرورش در کشور

می‌باشد. بررسی تحقیقات انجام شده در داخل و خارج کشور نشان داد که پتانسیل خوبی برای ارتقای این شاخص در باغ‌های انار کشور وجود دارد. بر این اساس راهکارهای پژوهشی و کاربردی مختلفی برای بهینه‌سازی و کاهش مصرف آب و افزایش عملکرد کمی و کیفی انار معرفی گردیدند. راهکارهای مذکور شامل اصلاح روش آبیاری، تنظیم برنامه آبیاری، انتخاب ارقام مناسب، روش و تراکم کاشت صحیح، تربیت و هرس اصولی، مدیریت کف باغ (استفاده از مالچ، کشت گیاهان پوششی و احداث استخر پرورش آبزیان)، مدیریت آفتاب سوختگی میوه، مدیریت تغذیه و مدیریت تنش‌های زیستی در انار بودند.

فهرست منابع

۱. احتشامی، س.، ساری خانی، ح. و ارشادی، احمد. ۱۳۹۰. تاثیر کاربرد کائولین و جیبرلیک اسید بر برخی ویژگی های کیفی و کاهش آفتاب سوختگی میوه انار (*Punica granatum*) رقم «رباب نیریز». نشریه فن آوری تولیدات گیاهی (پژوهش کشاورزی)، ۱۱(۱): ۲۳-۱۵.
۲. احمدی، م.، نفیسه پور، ج. و غلامی، م. ۱۳۹۷. تاثیر آبیاری روی رشد جمعیت شته انار. فصلنامه تحقیقات آفات گیاهی، ۸(۱): ۶۷-۵۷.
۳. احمدی، ک.، عبادزاده، ح.، حاتمی، ف.، محمدنیا افروزی، ش.، طاقانی، ر.ع.، یاری، ش. و کلاتتری، م. ۱۴۰۰. آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۹، جلد سوم: محصولات باغبانی. تهران: وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.
۴. اسماعیلی خوشمردان، ع. ۱۳۹۶. بررسی بهره‌وری آب و انار شناسی مدیریت آن در بخش کشاورزی.
۵. بافکار، ع.، کریمی، م.، راد، م. ه. ۱۳۹۵. تاثیر سطوح رژیم آبیاری بر روی عملکرد دو رقم تجاری انار در شرایط اقلیمی یزد. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۳۰(۳): ۶۹۸-۷۰۵.
۶. بنیان پور، ع. ر. ۱۳۹۸. نقشه راه تحقیقات انار استان فارس. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس.
۷. پروین، م.، ضیاییان، ع. ۱۳۹۶. برهمکنش میکوریزا، کود آلی و پتاسیم بر عملکرد و ترکیب شیمیایی برگ انار (*Punica granatum* L.). تحقیقات کاربردی خاک، ۵(۱): ۹۲-۱۰۳.
۸. پیری، ح.، سارانی، ر. ۱۳۹۹. بررسی بهره‌وری اقتصادی محصولات کشاورزی استان سیستان و بلوچستان با رویکرد ردپای آب. تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۱(۵): ۱۰۹۳-۱۱۰۴.

۹. تدین، م.س. ۱۳۹۴الف. بررسی اثر کاربرد انواع خاکپوش بر افزایش ذخیره رطوبتی خاک و عملکرد کمی و کیفی انار (*Punica granatum L.*) در استان فارس. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. کرج: موسسه تحقیقات خاک و آب.
۱۰. تدین، م.س. ۱۳۹۴ب. دستورالعمل فنی تغذیه انار. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس.
۱۱. تدین، م.س. و غ. معاف پوریان. ۱۳۹۶. اثر خاکپوش مصنوعی و آلی بر وضعیت عناصر غذایی و کارایی مصرف آب بادام. پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران.
۱۲. جلیلی، م.، عباسی، ف.، طایفه رضایی، ح. کریمی، م. و حقایقی، ا. ۱۳۹۷. ۱. اصلاح سامانه‌های سنتی آبیاری سطحی. نشریه فنی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. ص ۷۰.
۱۳. حسنی مقدم، ا.، اثنی عشری، م. و رضایی‌نژاد، ع. ۱۳۹۴. اثر تنش خشکی روی برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی شش رقم انار (*Punica granatum L.*) تجاری ایرانی. نشریه فن-آوری تولیدات گیاهی (پژوهش کشاورزی)، ۱۵(۱): ۱-۱۱.
۱۴. حقایقی مقدم، ا. و دهقانی‌سانج، ح. ۱۳۹۷. بهره‌وری آب کشاورزی در استان خراسان رضوی (وضعیت موجود، روش‌های ارتقاء، چشم انداز توسعه). مدیریت آب در کشاورزی، ۵(۲): ۱۰-۱.
۱۵. راد، م. ه.، اصغری، م. و عصاره، م. ح. ۱۳۹۶. تاثیر تنش خشکی و تنظیم کننده‌های رشد ۲۴-اپی براسینولید و جاسمونیک اسید بر پاره‌ای از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و متابولیت‌های ثانویه انار (*Punica granatum L.*) در شرایط اقلیمی خشک. نشریه خشک بوم، ۶(۱): ۲۹-۱۵.
۱۶. راد، م. ه.، اصغری، م. ر.، عصاره، م. ح. ۱۳۹۴. اثر تنش خشکی بر رشد، عملکرد و کیفیت میوه انار (*Punica granatum L.*) رقم رباب نیریز در شرایط اقلیمی خشک. مجله به زراعی نهال و بذر، ۲-۳۱(۱): ۷۵-۹۰.
۱۷. شاکری، م. ۱۳۸۹. مقایسه ارقام انار تجاری از نظر سازگاری به مناطق مختلف. گزارش نهایی. موسسه گیاهپزشکی. ۵۷ صفحه.

۱۸. شاهرخ‌نیا، م. ع.، بنیان‌پور، ع.، دادگر، م. ۱۳۹۹. تأثیر مدیریت‌های مختلف آبیاری بر انار رقم رباب نیریز در شهرستان کازرون استان فارس. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۱۴ (۶): ۲۱۸۷-۲۱۷۵.
۱۹. شاهرخ‌نیا، م. ع. ۱۴۰۰. بهره‌وری آب باغ‌های انار تحت کنتورهای هوشمند آب در ارسنجان فارس. مجله ترویجی انار، ۳ (۴): ۵۰-۴۲.
۲۰. شاهرخ‌نیا، م. ع.، عباسی، ف.، ناصری، ا.، حقایقی مقدم، ا.، گودرزی، م.، فرزاد نیا، م.، پرویزی، ح.، موسوی فضل، س. ح. و قاسمی، م. م. ۱۴۰۱. اندازه‌گیری حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب باغات انار در کشور. نشریه مدیریت آب در کشاورزی، ۹ (۱): ۵۷-۷۲.
۲۱. شیخ‌علی، ت.، فرازمند، ح. و وفایی شوشتری، ر. ۱۳۸۸. تأثیر روش حذف پرچم در کاهش خسارت کرم گلوگاه انار، *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lep., Pyralidae) در منطقه ساوه. تحقیقات حشره‌شناسی، ۱ (۲): ۱۵۹-۱۶۷.
۲۲. شیردلی، ع. و طهماسبی، ع. ر. ۱۳۹۲. تأثیر توام آب آبیاری و نیتروژن بر مقاومت، عملکرد و کارایی مصرف آب (WUE) انار. مجله علوم و مهندسی آبیاری، ۳۶ (۳۳): ۱-۴۴.
۲۳. طاووسی، م.، کاوه، ف.، علیزاده، ا.، بابازاده، ح.، تهرانی‌فر، ع. ۱۳۹۵. اثر کم آبیاری و شوری بر میوه انار رقم شیشه‌کپ (مطالعه موردی شهرستان فردوس، خراسان جنوبی). نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۰ (۴): ۴۹۹-۵۰۷.
۲۴. طباطبایی، س. ض.، وظیفه‌شناس، م. ر. و عدلی، م. بررسی سازگاری و تعیین بهترین فرم تربیت و تراکم کاشت ارقام رایج انار در مناطق مختلف ایران. ۱۳۹۸. طرح تحقیقاتی موسسه تحقیقات علوم باغبانی. ۸۴ صفحه.
۲۵. طباطبایی، س. م. و شهیدی، ع. ۱۳۹۶. بررسی افزایش بهره‌وری اقتصادی آب با تغییر الگوی کشت در روستای مزرعه‌نو در اردکان- یزد. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۳۱ (۱): ۱۱۹-۱۲۸.
۲۶. عباس‌نژاد، م. ۱۳۹۴. تعیین نیاز آبی و ضریب گیاهی در درختان انار. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی. گروه مهندسی آب و آبادانی. ۱۰۱ صفحه.

۲۷. عباسی، ف.، ناصری، ا.، سهراب، ف.، باغانی، ج.، عباسی، ن. و اکبری، م. ۱۳۹۴. ارتقای بهره‌وری مصرف آب. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. ۶۸ صفحه.
۲۸. فرشی، ع. ا.، شریعتی، م. و جلال‌اللهی، ز. ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده باغی و زراعی کشور. نشر آموزش کشاورزی. سازمان وزارت کشاورزی. ۹۰۰ صفحه.
۲۹. فیضی، ف.، سیفی، ا.، وارسته، ف.، همتی، خ. و فریدونی، ح. ۱۳۹۶. بررسی تاثیر شرایط اقلیمی بر صفات فیزیکی شیمیایی میوه انار رقم‌های ملس ساوه و ملس یوسف خانی. علوم باغبانی ایران، ۴۸(۴): ۸۴۳-۸۳۳.
۳۰. کاوند، م.، ارزانی، ک.، برزگر، م. و میرلطیفی، م. ۱۳۹۶. تاثیر سایبان، محلولپاشی کائولین، تنک میوه و آبیاری تکمیلی بر کاهش عارضه سفیدشدگی آریل انار رقم "ملس ترش ساوه". مجله به زراعی نهال و بذر، ۳۳(۲): ۸۵-۱۱۲.
۳۱. کشاورز، ع.، شریعتمدار، م. ح.، خسروی، ع.، شیخی مهرآبادی، ا. ع.، بیکی خشک، ا.، شعبانی، م.، بخشایش، م.، کیان‌پور، ر. و ب. فکاری. ۱۳۹۵. برآورد ارزش اقتصادی آب از دست رفته‌ی ناشی از ضایعات محصولات کشاورزی (زراعی و باغی آبی، از مرحله برداشت تا قبل از مصرف). آب و توسعه پایدار، ۳(۱): ۷۳-۸۲.
۳۲. کوهستانی، ش. و گودرزی، م. ۱۳۹۹. بهینه‌سازی مصرف آب در کشاورزی. انتشارات دانشگاه جیرفت، ص ۴۱۱.
۳۳. گودرزی، م. ۱۳۹۹. افزایش بهره‌وری مصرف آب در باغ‌های انار. مجله ترویجی انار، ۲(۳): ۱۱-۲۵. معاونت امور اقتصادی، دفتر تحقیقات و سیاست‌های بخشهای تولیدی. ۲۶ صفحه.
۳۴. مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی. ۱۴۰۱. صادرات و واردات کالاهای کشاورزی و غذا منتهی به پایان اسفند سال ۱۴۰۰. تهران: وزارت جهاد کشاورزی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.
۳۵. موسسه تحقیقات خاک و آب کشور. ۱۳۹۷. نقشه کربن آلی خاک‌های ایران. بخش تحقیقات تشکیل، طبقه‌بندی و شناسایی خاک.

۳۶. مومن پور، ع.، دهستانی اردکانی، م.، سلطانی گرد فرامری، و.، راد، م.، ه.، وظیفه‌شناس، م. ر.، آنافلی، ا.، احمدی، ف. و جماعتی، ز. ۱۳۹۹. تعیین آستانه تحمل شوری ژنوتیپهای مختلف انار. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۳۴ (۱): ۱-۱۴.
۳۷. ناظری، م.، ملائی، ن. و طباطبایی، س. ۱۳۹۹. تأثیر اکسید روی، تالک و کائولین بر خصوصیات بیوشیمیایی و کیفی میوه انار رقم ملس ساوه. دو فصلنامه میوه کاری، ۲ (۵).
۳۸. نرجسی، و. ۱۴۰۰. تأثیر تیمارهای مختلف سایه دهی بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی میوه انار. ۱۴۰۰. نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۳۱ (۱): ۲۷۵-۲۹۳.
۳۹. وظیفه‌شناس، م. ر. ۱۳۸۶. مقاومت به سرما در ارقام انار. اولین همایش علمی کاربردی مقاومت به سرما در انار. ترویج کشاورزی یزد: ۶۱-۵۷.
۴۰. وظیفه‌شناس، م. ر. ۱۳۹۴. گزارش نهایی طرح پتانسیل تولید و استانداردسازی خسارت در باغات انار. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. ۱۸۰ صفحه (دو جلد مجزا).
۴۱. وظیفه‌شناس، م. ر. ۱۳۹۵. بررسی تأثیر برخی فرآورده‌های آلی در تحمل به تنش خشکی در درختان انار. طرح تحقیقاتی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. ۳۲ صفحه.
۴۲. وظیفه‌شناس، م. ر.، اسمعیل‌زاده، س.، زارع، س. و یآوری، ع. ۱۴۰۱. صد و بیست نکته‌ی کلیدی در پرورش انار. نشر آموزش کشاورزی. ۴۲ صفحه.
۴۳. هاشمی، ر.، استوان، ه. حقانی، م. ۱۳۹۰. پوشش گذاری گل و میوه های انار جهت کاهش خسارت کرم گلوگاه انار در منطقه نی‌ریز فارس. تحقیقات نوین گیاهپزشکی، ۳ (۴-۱۲): ۳۴۹-۳۵۷.

44. Albanesi, S. 2016. Pomegranate: a fruit with unexpected virtues. Machinery World, (25): 12-14.
45. Allen, R. G., Pereira, L.S., Raes, Dirk. and Smith, M. 1998. Crop Evaporation (Guidelines for computing crop water requirements). FAO 56. Available at: www.Fao.org.
46. Alexandratos, N. and Bruinsma, J. 2012. World agriculture towards 2030/2050. The 2012 Revision, ESA Working Paper No. 12-03, Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
47. Ayars, J. E., Phene, C. J., Phene, R. C., Gao, S., Wang, D., Day, K. R., Makus, D. J. 2017. Determining pomegranate water and nitrogen requirements with drip irrigation. Agricultural Water Management, 18: 11-23.

48. Behnia, A. 1999. Comparison of different irrigation methods for pomegranate orchards in Iran. Irrigation under conditions of water scarcity. 17th Int. Congr. Irrigation and Drainage, Granada, Spain.
49. Buesa, I., Badal, E., Guerra, D., Garcia, J., Lozoya, A., Bartual, J., Intrigliolo, D. s., Bonet, L. 2012. Development of an irrigation scheduling recommendation for pomegranate trees (*punica granatum*). Opt. Mediter: ser. Asemin. Mediter, 103:141-145.
50. Dinc, N., Aydinsakir, K., Isik, M., Bastug, R., Ari, N., Sahin, A. and Buyuktas, D., 2018. Assessment of different irrigation strategies on yield and quality characteristics of drip irrigated pomegranate under Mediterranean conditions. Irrigation science, 36(2): 87-96.
51. Edmeades, D. C. 2003. The long-term effects of manures and fertilizers on soil productivity and quality: a review. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 66: 165–180.
52. Ghosh, S. N., Bera, B., Banik, B. C. 2013. Studies on effect of drip and basin irrigation on pomegranate grown in laterite soil through farmer's understandable approach. In: Proceeding of the 2nd International Symposium on Minor Fruits and Medical Plants for Better Lives. University of Ruhuna, Sri Lanka, 20 December: 158-162.
53. Gil, M.I., Tomas-Barberan, F.A., Hess-Pierce, B., Holcroft, D.M., Kader, A.A., 2000. Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. J. Agric. Food. Chem, 48: 4581–4589.
54. Ingels, C.A., Bugg, R.L., McGourty, G.T., Christensen, L.P. 2002. Cover cropping in vineyards. A Grower's handbook. Publication 3338. University of California, Oakland: 80–85.
55. Intrigliolou, D.S., Bonet, L., Nortes, P.A., Puerto, H., Nicolas, E., Bartual, J. 2013. Pomegranate trees performance under sustained and regulated deficit irrigation. Irrigation Science, 31: 959-970.
56. Haynes, R.J., and R., Naidu. 1998. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. Nutrient cycling in Agroecosystems, 51: 123-137.
57. Kahramanoglu, I. 2019. Trends in Pomegranate Sector: Production, Postharvest Handling and Marketing. International Journal of Agriculture, Forestry and Life Science, 3(2): 239-246
58. Khattab, M.M., Shaban, A.E., El-Shrief, A.H. El-Deen Mohamed, A.S. 2011. Growth and Productivity of Pomegranate Trees under Different Irrigation Levels I: Vegetative Growth and Fruiting. Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants, 3 (2): 194-198.

59. Kijne, J.W., Barker, R. and Molden, D. 2003. Improving water productivity in agriculture: editors' overview. pp xi-xix. In: Water Productivity in Agriculture: limits and opportunities for improvement (eds. J.W. Kijne, R. Barker and D. Molden). CABI Publishing, Wallingford, UK and International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.
60. Kumar, S., Singh, R., Asrey, R., Nangare, D.D. 2012. Techno-economic evaluation of integrating canal water harvesting and drip irrigation for pomegranate production in a dry eco-region. *Irrigation and Drainage*, 61(3): 366-374.
61. Laribi, A.I., Palou, L., Intrigliolo, D.S., Nortes, P.A., Rojas-Argudo, C., Taberner, V., Bartual, J., Perez-Gago, M.B. 2013. Effect of sustained and regulated deficit irrigation on fruit quality of pomegranate cv. 'Mollar de Elche' at harvest and during cold storage. *Agricultural Water Management*, 125: 61-70.
62. Pienaar, L. 2021. The Economic Contribution of South Africa's Pomegranate Industry. Technical Report of western cape government in pomegranate, 29 pages.
63. Martinez, J.J., P. Melgarejo, F. Hernandez, D.M. Salazar, and R. Martinez. 2006. Seed characterization of five new pomegranate (*Punica granatum* L.) varieties. *Sci. Hort*, 110: 241-246.
64. Martínez-Nicolás, J. J., Galindo, A., Griñán, I., Rodríguez, P., Cruz, Z.N., Martínez-Font, R., Carbonell-Barrachina, A.A., Nouri, H., Melgarejo, P. 2019. Irrigation water saving during pomegranate flowering and fruit set period do not affect Wonderful and Mollar de Elche cultivars yield and fruit composition. *Agricultural Water Management*, 226: 1-7.
65. Mena, P., Galindo, A., Collado-Gonzalez, J., Ondona, S., Garcia-Viguera, C., Ferreres, F., Torecillas, A., Gil-Izquierdo, A. 2013. Sustained deficit irrigation affects the colour and phytochemical characteristics of pomegranate juice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93 1922-1927.
66. Meshram, D. T., Gorantiwar, S. D., Silva, A. J., Jadhav, V. T. and Chandra, R. 2010. Water management in pomegranate. *Fruit, Vegetable and cereal science and biotechnology*, 4(2): 106-112.
67. Molden, D. 1997. Accounting for water use and productivity. System-Wide Initiative for Water Management (SWIM) Paper 1. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
68. Molden, D. and Oweis, T.Y. 2007. Pathways for increasing agricultural water productivity. In *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*, ed. D.
69. Moursy, M. A. M., Negam, A., Ghanem, H. G. and Wasfy, K. I. 2022. Enhancing Water Use Efficiency and Yield of Pomegranate Crop by Using Fish

- Drainage Water with Bio-Fertilizer under Drip Irrigation System. Agriculture, 12(9):1-15.
- 70.Naeini MR, Khoshgottarmanesh AH, Lessani H, Fallahi E. 2004. Effects of sodium chloride induced salinity on mineral nutrients and soluble sugars in three commercial cultivars of pomegranate. Journal of Plant Nutrition, 27: 1319-1326.
- 71.Naeini, M. R., Khoshgottarmanesh, A. H., Fellahi, E. 2006. Partitioning of chlorine, sodium and potassium and shoot growth of three pomegranates cultivars under different levels of salinity. Journal of Plant Nutrition, 29: 1835-1843
- 72.Pareek, S., Valero, D. and Serrano, M. 2015. Postharvest biology and technology of pomegranate. Journal of the Science of Food and Agriculture, 95(12): 2360 -2379.
- 73.Parvizi, H., Sepaskhah, A., Ahmadi, S. H. 2016. Physiological and growth responses of pomegranate tree (*Punica granatum* (L.) cv. Rabab) under partial root zone drying and deficitirrigation regimes. Agricultural Water Management 163: 146–158.
- 74.Ray, D.K., Ramankutty, N., Mueller, N.D., West, P.C. and Foley, J.A. 2013. Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. *PLOS ONE* 8 (6): 1-8.
- 75.Sarkhosh A, Zamani Z, Fatahi M. 2006. A review on medicinal characteristics of pomegranate (*Punica granatum* L.). International Symposium on Pomegranate and Minor Mediterranean Fruits, Adana (Turkey) 16-17 Oct 2006.
- 76.Sarkhosh, A., Yavari, A. M. and Zamani, Z .2020.The pomegranate: Botany, production and uses. CABI: 1-17. Available at: [www. Cabi.org](http://www.Cabi.org).
- 77.Sarkhosh, A. and Treadwell, D. 2018. Improving Orchard Soil with Cover Crops. VSCNews magazine, August issue.
- 78.Selahvarzi, Y., Zamani, Z., Fatahi, R., Talaei, A. 2017. Effect of deficit irrigation on flowering and fruit properties of pomegranate (*Punica granatum* cv. Shahvar). Agricultural Water Management, 192: 189–197.
- 79.Sharma, D. P., Chakma, J., Sharma, N. and Singh, N. 2017. Effect of different orchard management practices on the growth and production of rejuvenated of pomegranates (*Punica granatum* L.) cv. Kandhari Kabuli. Journal of Applied and Natural Science, 9 (1): 577 – 581.
- 80.Singh, D., Sharma, V., 2013. Impact of micro-irrigation practices on farmers economy of Kullu district in Himachal Pradesh. Prog. Hortic. (IN) 45 (2): 340–344.
- 81.Song, H. 2005. Effects of VAM on host plant in the condition of drought stress and its mechanisms. Journal of Biological Chemistry, 1: 44-48.

82. Swift, C. E. 2004. Mycorrhiza and soil phosphorus levels. Area. Extension Agent, <http://www.colostate.edu/Depts/CoopExt/TRA/PLANTS/Mycorrhiza>.
83. Taha, A. M. 2018. Assessment of different ETO-Dependent irrigation levels for pomegranate on saving water and energy and maximizing farm income. *Journal of Soil Science and Agriculture Engineering*, Mansoura University, 9 (11): 657–665.
84. Tarantino, A., Frabboni, L. Disciglio, G. 2021. Water-yield relationship and vegetative growth of wonderful young pomegranate trees under deficit irrigation conditions in southeastern Italy. *Horticulturae*, 7: <https://doi.org/10.3390/horticulturae7040079>.
85. Tavousi, M., Kaveh, F., Alizadeh, A., Babazadeh, H., Tehranifar, A. 2015. Effects of Drought and Salinity on Yield and Water Use Efficiency in Pomegranate Tree. *J. Mater. Environ. Sci.*, 6 (7): 2028-2508.
86. Vazifeshenas, M.R. and M. Khayyat. 2009. Effects of different scion-rootstock combinations on vigor, tree size, yield and fruit quality of three Iranian cultivars of pomegranate. *Fruits*, 64: 47-51.
87. Volschenk, T. 2020. Water use and irrigation management of pomegranate trees-A review. *Agricultural Water Management*, 241:1-14.
88. Zhang, H., Wang, D., Ayars, J.E., Phene, C.J., 2017. Biophysical response of young pomegranate trees to surface and sub-surface drip irrigation and deficit irrigation. *Irrig.Sci.*, 35 (5): 425–435.



Agricultural Research, Education &
Extension Organization (AREEO)
Horticultural Sciences Research Institute (HSRI)



2024

ISBN:978-622-92555-8-2



9 786229 255582

