نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۹، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۱، ص. ۷۲-۵۷

Water Management in Agriculture
Vol. 9, No. 1, Spring and Summer 2022, 57-72

مقاله علمی - پژوهشی

اندازه‌گیری حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب باغات انار در کشور

محمدعلی شاهرخ نیا [۱*]، فریبرز عباسی [۲]، ابوالفضل ناصری [۳]، ابوالقاسم حقایقی مقدم [۴]، مصطفی گودرزی [۵]، مسعود فرزام نیا [۶]، حسین پرویزی [۷]، سید حسن موسوی فضل [۸] و محمدمهدی قاسمی [۹]

چکیده

با توجه به محدودیت منابع آبی کشور، ضرورت بهبود بهره‌وری آب کشاورزی و اهمیت تولید انار در کشور، لزوم اندازه‌گیری و تحلیل حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب در تولید این محصول مهم آشکار می‌گردد. در این مطالعه، حجم آب آبیاری و عملکرد انار در بیش از ۱۲۰ باغ منتخب در استان‌های اصفهان، خراسان رضوی، مرکزی، سمنان، یزد و فارس به‌صورت میدانی اندازه‌گیری شد. از تحلیل واریانس برای بررسی تفاوت احتمالی عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری فیزیکی آب در تولید انار استفاده گردید. نتایج نشان داد به‌جز عملکرد، تفاوت حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب در استان‌های یادشده معنی‌دار بود. میانگین وزنی عملکرد انار در کشور ۲۱/۵ تن در هکتار به دست آمد. میانگین وزنی، حجم آب آبیاری ۱۴۷۹۰ مترمکعب در هکتار بود. میانگین وزنی بهره‌وری آب آبیاری ۱/۶۹ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد شد. میانگین وزنی بهره‌وری آب و بارش مؤثر درازمدت ۱/۴۷ کیلوگرم بر مترمکعب و بهره‌وری آب و بارش مؤثر سال جاری ۱/۴۳ کیلوگرم بر مترمکعب بود. حجم آب آبیاری باغ‌های انار و نیاز آبی ناخالص در استان‌های منتخب مشابه هم نبود. در بعضی استان‌ها مانند فارس، خراسان رضوی، سمنان و مرکزی حجم آب آبیاری کمتر از نیاز آبی ناخالص و در استان‌های اصفهان و یزد بیشتر از نیاز آبی ناخالص بود؛ اما به‌طور میانگین در سطح کشور، حجم آب آبیاری نزدیک به نیاز آبی ناخالص در سال انجام تحقیق (۱۳۹۸-۹۹) و نیاز آبی ناخالص بلندمدت بود. متوسط حجم آب آبیاری در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و سطحی به ترتیب ۹۹۸۱ و ۱۵۷۶۵ مترمکعب در هکتار به دست آمد که نشان‌دهنده ۳۷ درصد کاهش آب آبیاری در سامانه آبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری سطحی است.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری آب انار، پنمن مانتیث، حجم آب مصرفی انار، نیاز آبی گیاه

مقدمه

انار میوه‌ای نیمه گرمسیری است که بومی ایران و کشورهای اطراف آن است. انار میوه‌ای با ارزش تغذیه‌ای بالا و از مهم‌ترین محصولات باغی ایران بوده که ۶ درصد از کل محصولات باغی

[۱] دانشیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران (* نویسنده مسئول: mashahrokh@yahoo.com)
[۲] استاد پژوهش موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
[۳] دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران
[۴] استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
[۵] استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران
[۶] مربی پژوهشی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
[۷] استادیار پژوهشی، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران
[۸] استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سمنان(شاهرود)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شاهرود، ایران
[۹] استادیار پژوهشی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۹/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۳۰
DOR: 20.1001.1.24764531.1401.9.1.5.6

ایران را تشکیل می‌دهد. ایران از نظر سطح زیر کشت و تولید انار دارای رتبه سوم جهانی پس از هند و چین است. سطح زیر کشت جهانی انار بیش از ۵۰۰ هزار هکتار با تولید سالانه در حدود ۶/۵ میلیون تن است (جلیلی مقدم، ۱۳۹۹). کشورهای اصلی تولیدکننده انار در دنیا نیز به ترتیب اهمیت شامل هند، چین، ایران، ترکیه، افغانستان و آمریکا هستند. بر اساس آمار سال ۱۳۹۸ کل سطح زیر کشت انار در ایران حدود ۹۰ هزار هکتار با تولید بیش از یک‌میلیون تن بوده است. استان‌های فارس، مرکزی، خراسان رضوی، اصفهان، یزد، سمنان، قم، خراسان جنوبی، لرستان و کرمان از استان‌های اصلی تولیدکننده انار هستند. میزان تولید انار در سال ۹۹ نیز بیش از یک‌میلیون و ۱۰۰ هزار تن برآورد شده است (جلیلی مقدم، ۱۳۹۹). هند با تولید دو میلیون تن انار در رتبه اول، چین با تولید ۱/۶ میلیون تن در رتبه دوم و ایران با تولید نزدیک به ۷۱۵ هزار تن در رتبه سوم قرار دارد. سطح زیر کشت باغ‌های انار در سال ۱۳۹۶ حدود ۹۱ هزار هکتار بوده و بیش‌ترین سطح زیر کشت در استان فارس و بعدازآن در استان‌های خراسان رضوی، اصفهان، مرکزی و یزد است. میزان تولید محصول انار در این سال حدود ۷۱۵ هزار تن بوده که بیش‌ترین میزان تولید به ترتیب مربوط به استان‌های فارس و بعدازآن استان‌های مرکزی، خراسان رضوی، یزد و اصفهان است (لطفیان، ۱۳۹۷). بررسی عملکرد محصول انار از سال ۱۳۸۷ تاکنون در کشور نشان می‌دهد که میزان عملکرد از حدود ۱۰ تا ۱۵ تن در هکتار متغیر بوده که تا سال ۱۳۹۴ افزایشی و پس از یک افت نسبتاً شدید در سال ۱۳۹۶ و رسیدن به حدود ۱۰ تن در هکتار، مجدداً افزایش‌یافته است. میزان تولید از حدود ۴۰۰ هزار تن تا ۱۱۰۰ هزار تن متغیر بوده که پس از کاهش در سال ۱۳۹۶ (۷۰۵ هزار تن)، مجدداً افزایش‌یافته است. سطح بارور بین حدود ۳۷۰۰۰ هکتار تا ۷۶۰۰۰ هکتار و سطح غیر بارور بین ۱۳۰۰۰ تا ۳۸۰۰۰ هکتار متغیر بوده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۸).

مهم‌ترین چالش تولید انار در ایران پایین بودن بازده اقتصادی باغ‌ها است. این مشکل حاصل پایین بودن کمیت و کیفیت تولید میوه در باغ‌ها و بالا بودن ضایعات و ضعف در صنایع تبدیلی است. علاوه بر این‌ها یکی از مشکلات مهم در رابطه با کشت توسعه باغ‌های انار مسئله تغییر اقلیم، گرما و کم‌آبی در مناطق انار کاری است که این مشکل به‌شدت حفظ و نگهداری باغ‌های انار را با مشکل روبرو کرده است. توجه به این امر و کاهش آسیب‌های ناشی از تنش آبی، نیاز به برنامه‌ریزی مناسب و به‌کارگیری روش‌های به باغی و بهنژادی در رابطه با باغ‌های انار است (بنیان پور، ۱۳۹۸).

اگرچه انار گیاهی بومی مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا است، اما برای رسیدن به تولید تجاری و بهینه در طول فصل رشد خشک نیازمند آبیاری است. آثار کم‌آبی بر رشد و عملکرد انار در پژوهش‌های مختلف موردبررسی قرارگرفته است. اولین و مهم‌ترین اثر کم‌آبی، اختلال رشد و استقرار گیاهان و در نتیجه کاهش عملکرد آن‌ها است. پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد خشکی به‌صورت معناداری بر رشد نهال‌ها تأثیر منفی دارد. شیردلی و طهماسبی (۱۳۹۲) تأثیر شوری آب آبیاری را بر بهره-وری آب در تولید انار در ساوه مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که شوری بهره‌وری آب را پایین می‌آورد. میزان بهره‌وری در شوری‌های آب ۴ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر به ترتیب ۱/۳۳ و ۰/۹۳ کیلوگرم بر مترمکعب بود. راد و همکاران (۱۳۹۴) اثر کم‌آبی بر عملکرد انار رقم رباب نیریز را در یزد که یک منطقه خشک است مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که اثر کم‌آبی بر عملکرد و کیفیت میوه در مقایسه با شاخص‌های رشدی گیاه بیشتر بود. کم‌آبی باعث کاهش عملکرد، کاهش اندازه میوه و کاهش میزان اجزای میوه از جمله دانه انار، هسته، آب و پوست و افزایش مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون شد. ایشان برنامه‌ریزی آبیاری بر اساس تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی و روش آبیاری بابلر را توصیه نمودند. در این شرایط حجم آب آبیاری ۶۷۵۶ مترمکعب در هکتار و شاخص بهره‌وری آب ۱/۸ کیلوگرم بر مترمکعب بود. طاوسی و همکاران (۱۳۹۵) تأثیر تنش‌های شوری و خشکی را بر روی یک رقم انار در خراسان جنوبی مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که انار درختی مقاوم در مقابل شوری و حساس به کم‌آبی است. حجم آب آبیاری در شرایط بدون تنش خشکی ۴۵۰۰ مترمکعب در هکتار و شاخص بهره‌وری آب آبیاری و کل به ترتیب ۲/۳۸ و ۱/۹۲ کیلوگرم بر

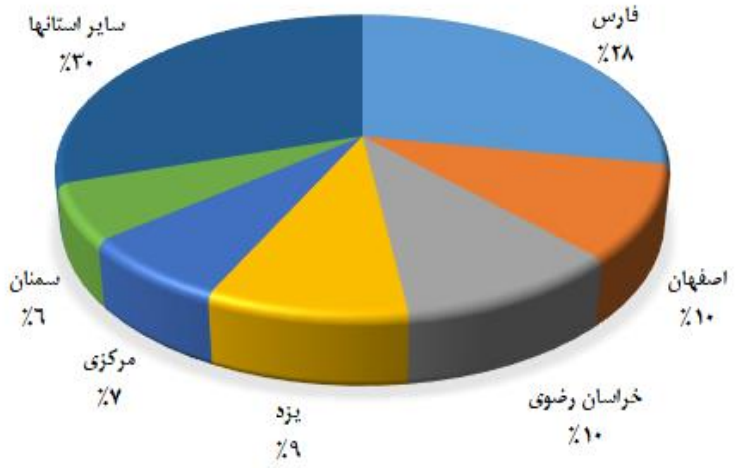
مترمکعب بود. بافکار و همکاران (۱۳۹۷) نیاز آبی و حجم آب آبیاری برای دو رقم تجاری انار در یزد و ساوه را به ترتیب معادل ۳۶۹۰ و ۳۷۴۴ مترمکعب در هکتار به دست آوردند. شاهرخ نیا و همکاران (۱۳۹۹) اثر مدیریت‌های مختلف آبیاری را در یک باغ انار در منطقه کازرون فارس مورد بررسی قرار دادند. حجم آب آبیاری تحت مدیریت باغدار ۱۷۴۰۰ مترمکعب در هکتار و میزان محصول ۳۵/۶ تن در هکتار بود. بهره‌وری آب آبیاری در شرایط باغدار (شاهد) ۲/۰۵ کیلوگرم بر مترمکعب بود. نتایج نشان داد که با حدود ۵۰ درصد کاهش در حجم آب آبیاری، عملکرد ۲۱ درصد کاهش و بهره‌وری آب ۶۴ درصد افزایش یافت. در یک منطقه از کشور هند شاخص بهره‌وری آب انار در دو روش آبیاری سطحی و قطره‌ای به ترتیب ۲/۷۹ و ۴/۸۱ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش نمودند. حجم آب آبیاری در این دو روش به ترتیب حدود ۵۰۴ و ۳۳۰ میلی‌متر بود (Kumar et al., 2012). اینتریگلیولو و همکاران تأثیر کم‌آبی یکنواخت و غیریکنواخت در طول فصل رشد را بر روی یک رقم انار مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد تنش یکنواخت به‌صورت آبیاری به‌اندازه ۵۰ درصد تبخیر- تعرق گیاه باعث کاهش ۲۲ درصدی وزن میوه‌ها و افزایش ۲۸ درصدی تعداد میوه‌ها گردید. در تنش غیریکنواخت که محدودیت آب در دوره گلدهی و شکل‌گیری میوه اعمال شد باعث افزایش تعداد میوه در درخت و ثابت ماندن عملکرد گردید. تنش شدید در تابستان باعث کاهش ۲۴ درصدی مصرف آب و ۷ درصدی وزن میوه‌ها گردید. ترک‌خوردگی میوه‌ها نیز خیلی کم بود و فقط در یک فصل از سه فصل مورد بررسی مشاهده شد؛ بنابراین تیمار تنش در دوره‌های اول رشد شامل گلدهی و شکل‌گیری میوه به‌عنوان بهترین تیمار تنش انتخاب گردید. شاخص بهره‌وری آب در شرایط آبیاری کامل به‌طور متوسط ۳/۹ کیلوگرم بر مترمکعب و در شرایط مختلف کم‌آبی ۴/۲ تا ۵/۹ کیلوگرم بر مترمکعب بود (Intrigliolou et al., 2013). منا و همکاران نشان دادند که کم‌آبی تأثیر قابل‌توجهی بر خصوصیات کیفی میوه و آب‌میوه انار گذاشته و ارزش تغذیه‌ای و ظاهری آن را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد (Mena et al., 2013). کم‌آبیاری بسته به اینکه در چه دوره فنولوژیکی گیاه اتفاق بیفتد می‌تواند برای کنترل زمان رسیدن میوه، افزایش خصوصیات کیفی میوه و بهبود شرایط نگهداری پس از برداشت مورد استفاده قرار گیرد و می‌تواند باعث افزایش بهره‌وری آب و صرفه‌جویی در مصرف آب گردد (Laribi et al., 2013). پرویزی و همکاران تأثیر آبیاری و سایر عوامل را بر رقم رباب انار در منطقه نیریز مورد بررسی قرار دادند و تیمار آبیاری به میزان ۷۵ نیاز گیاه به همراه کود حیوانی را به‌عنوان بهترین گزینه تشخیص دادند. متوسط شاخص بهره‌وری آب در تیمارهای مختلف کودی برای دو سال مختلف ۳/۸۸ و ۴/۵۸ کیلوگرم بر مترمکعب بود (Parvizi et al., 2014, 2016). سلاح ورزی و همکاران اثر کم‌آبیاری بر محصول انار را در منطقه تربت‌حیدریه مورد بررسی قرار دادند. عمق آب موردنیاز در دو سال متوالی در شرایط بدون تنش آبی به ترتیب ۹۳۰ و ۹۷۲ میلی‌متر و شاخص بهره‌وری آب ۲/۱۵ و ۲/۴۵ کیلوگرم بر مترمکعب بود (Selahvarzi et al., 2017). ژانگ و همکاران نتیجه استفاده از آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی را بر عملکرد انار مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که تفاوتی بین حجم پوشش گیاه در دو حالت مشاهده نشد. در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی عملکرد و اندازه میوه‌ها بزرگ‌تر بود و ۱۰ درصد آب کمتر استفاده شد. عمق آب موردنیاز در سه سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۴ در روش آبیاری قطره‌ای سطحی ۴۷۲، ۶۴۵ و ۸۴۸ میلی‌متر و برای روش آبیاری زیرسطحی ۴۲۷، ۵۸۴ و ۷۸۰ میلی‌متر بود (Zhang et al., 2017). آیارس و همکاران مقادیر آب موردنیاز انار در دو روش آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی را در کالیفرنیای آمریکا به ترتیب ۹۳۲ و ۸۴۳ میلی‌متر گزارش نمودند. شاخص بهره‌وری آب نیز به ترتیب ۵/۵۸ و ۵/۹۷ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد (Ayars et al., 2017). دینک و همکاران اثر مقادیر مختلف و دور آبیاری را بر روی یک رقم انار در شرایط آب و هوای مدیترانه‌ای مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که آبیاری به‌اندازه ۷۵ درصد تبخیر- تعرق تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A در دور آبیاری ۶ روزه بهترین بهره‌وری آب را به دست داد. در این شرایط در سه سال متوالی عمق آب موردنیاز ۷۵۴، ۷۰۰ و ۷۲۱ میلی‌متر و شاخص بهره‌وری آب ۳/۵، ۴/۲ و ۳/۵ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد (Dinc et al., 2018).

مارات و همکاران تأثیر دورهای آبیاری مختلف بر رشد و عملکرد درخت انار را در یک خاک سبک مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که عملکرد، ترک‌خوردگی میوه و سایر پارامترهای رشدی گیاه تحت تأثیر دور آبیاری قرار می‌گیرد و هرچه دور آبیاری کمتر باشد بهتر است. به‌ویژه برای خاک‌های سبک دور آبیاری یک روز توصیه شد (Marathe et al., 2018). در پژوهش‌هایی که در هند و ایران انجام گرفته، بررسی‌ها نشان داده که استفاده از آبیاری قطره‌ای سبب صرفه‌جویی ۶۶ درصدی در مصرف آب در مقایسه با آبیاری سطحی گردیده است (Behnia, 1999; Chopade, 2001). بسته به وضعیت خاک و اقلیم در حدود ۵ تا ۶ هزار مترمکعب آب در هر هکتار برای آبیاری انار لازم است (Holland et al., 2009).

نتایج پژوهش‌های قبلی نشان می‌دهد که با توجه به پدیده گرم‌تر شدن جو زمین و عمیق‌تر شدن مشکل کمبود آب در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک که درواقع از بهترین مناطق انار کاری دنیا هستند، دسترسی به منابع آب کافی و استفاده از روش‌های نوین آبیاری از اهمیت ویژه‌ای برای حفظ و افزایش بهره‌وری باغ‌های انار برخوردار است. به‌صورت کلی مطالعات کمی در خصوص ارزیابی حجم آب آبیاری و آب موردنیاز باغات انار در شرایط مختلف آب و هوایی وجود دارد؛ بنابراین انجام پژوهشی میدانی در سطح کشور که بتواند به اعداد دقیق و قابل‌اعتمادی درباره حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب باغات انار برای برنامه‌ریزان در سطح ملی و استانی منتهی شود، لازم و ضروری بوده که در این پژوهش به آن پرداخته‌شده است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، بهره‌وری و حجم آب داده شده توسط باغداران برای تولید محصول انار در طول یک سال، بدون ارائه توصیه‌های فنی و یا کارشناسی به باغداران اندازه‌گیری شد. ابتدا بر اساس آخرین آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی (احمدی و همکاران، ۱۳۹۸) استان‌هایی که حائز بیشترین سطح زیر کشت انار در کشور بودند (استان‌های فارس، اصفهان، خراسان رضوی، یزد، سمنان و مرکزی) به‌عنوان مناطق اجرای پروژه انتخاب شدند. استان‌های انتخابی حدود ۷۰٪ باغ‌های انار بارور کشور را در خود جای داده‌اند. سایر استان‌ها در مجموع حدود ۳۰٪ سطح باغ‌های انار بارور کشور را شامل می‌شوند (شکل ۱).



شکل ۱- وضعیت سطح زیر کشت انار در استان‌های کشور (احمدی و همکاران، ۱۳۹۸)

پس از تعیین استان‌های برتر تولیدکننده انار در کشور، در هر استان شهرستان‌های برتر از نظر سطح زیر کشت تولید محصول انار مشخص و در مجموع ۱۳۲ باغ با کمک کارشناسان سازمان-های جهاد کشاورزی استان‌ها، شناسایی و انتخاب شدند. باغ‌های انار موردمطالعه به‌گونه‌ای انتخاب شدند که عوامل مختلف ازجمله روش آبیاری، بافت خاک، رقم و کیفیت آب آبیاری را پوشش دهند. باغ‌های منتخب در طول یک سال (۹۹-۱۳۹۸) ازنظر آبیاری مورد پایش و ارزیابی و یادداشت‌برداری قرار گرفت. عملکرد محصول در سه سال متوالی اخذ و از میانگین آن‌ها در تجزیه‌وتحلیل‌ها استفاده شد. برخی دیگر از مشخصات عمومی باغ‌ها از قبیل مساحت، موقعیت دقیق مکانی با GPS، روش آبیاری، منبع آب آبیاری (سطحی، زیرزمینی)، نوع شبکه (مدرن، سنتی)، مشخصات بهره‌برداران و... بررسی و یادداشت برداری شد. ارقام غالب موجود در باغ‌های مورد مطالعه شامل ملس، رباب، میخوش، نادری، خزر، گل و اردستانی بود که به ترتیب ۳۵، ۲۰، ۱۷، ۱۵،۱۲، ۱۲، ۹ و ۹ باغ را از مجموع باغ‌های انتخابی شامل می‌شدند. درصد فراوانی این ارقام به ترتیب ۲۷، ۱۵، ۱۳، ۱۱، ۹، ۷ و ۷ درصد بود. ۱۱ درصد باغ‌ها نیز دارای ارقام دیگری از انار بودند.

به‌منظور تعیین حجم آب آبیاری داده‌شده به باغات، مقدار دبی خروجی از منبع آبی انتخاب‌شده (کانال، چاه، قنات و یا چشمه) با وسیله مناسب (فلوم، کنتور، دستگاه اولتراسونیک و ...) در هر کدام از باغ‌های منتخب چند مرتبه در طول یک سال اندازه‌گیری گردید. پس از تعیین مقدار دبی آب ورودی به باغ با پایش دقیق برنامه آبیاری باغ (زمان آبیاری، دور آبیاری، تعداد دفعات آبیاری در طول دوره رشد) و همچنین اندازه‌گیری سطح زیر کشت محصول، حجم آب باغ‌های منتخب برآورد گردید. با ضرب دبی در مدت‌زمان کل آبیاری در طول فصل، حجم آب آبیاری به دست آمد. در هرکدام از باغ‌ها مواردی نظیر بافت خاک، هدایت الکتریکی خاک و آب آبیاری و ... نیز اندازه‌گیری شد. پارامترهای اندازه‌گیری‌شده مربوط به محصول انار در هر کدام از باغ‌های منتخب شامل دبی ورودی به باغ، تعداد نوبت‌های آبیاری، حجم آب آبیاری در طول یک سال، شوری آب‌وخاک، بافت خاک، میزان عملکرد محصول در واحد سطح بود.

مقدار تبخیر- تعرق درخت انار در هر منطقه با استفاده از داده‌های هواشناسی نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه اجرای طرح در دوره ۱۰ ساله اخیر و سال انجام تحقیق با استفاده از روش پنمن مانتیث محاسبه گردید. با لحاظ نمودن عمق بارندگی مؤثر در هر منطقه و فرض راندمان ۶۰ و ۹۰ درصد برای سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و سطحی، میزان عمق نیاز آبی خالص و ناخالص برآورد گردید. مقادیر حجم آب آبیاری اندازه‌گیری شده با نیاز ناخالص آبیاری محاسبه‌شده و مقادیر ارائه‌شده در سند ملی آب (NETWAT) مقایسه شد. درصد آب مورد نیاز برای آبشویی باغ-های مورد مطالعه بر اساس نشریه فائو ۲۹ در آبیاری سطحی و آبیاری قطره‌ای به ترتیب از روابط ۱ و ۲ برآورد گردید:

$$LR = 100(\frac{ECw}{5ECe - ECw}) \quad (۱)$$

$$LR = 100(\frac{ECw}{2MaxECe}) \quad (۲)$$

که در آن، ECw هدایت الکتریکی آب آبیاری، ECe آستانه تحمل محصول و MaxECe شوری با عملکرد صفر است. آستانه تحمل با ۱۰ درصد کاهش عملکرد برای محصولات موردمطالعه از نشریه فائو ۲۹ استخراج شد. در این پروژه مقدار این آستانه و بیشترین حد تحمل شوری برای درختان انار به ترتیب ۴ و ۲۳ دسی زیمنس بر متر در نظر گرفته شد.

برای بررسی تغییرات عملکرد، حجم آب آبیاری و شاخص بهره‌وری آب در تولید انار در استان‌های اصفهان، خراسان رضوی، مرکزی، سمنان، یزد و فارس از تحلیل واریانس استفاده گردید. نظر به ماهیت اندازه‌گیری‌ها، هر باغ انار به‌عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد. برای بررسی کفایت تعداد باغ‌ها برای اندازه‌گیری حجم آب آبیاری و عملکرد انار از رابطه زیر استفاده گردید (سرمد و همکاران، ۱۳۹۹).

$$n = \frac{z^2\sigma^2}{(\bar{x} - \mu)^2} \quad (۳)$$

که در آن n؛ تعداد اندازه‌گیری‌های لازم برای تحلیل واریانس عملکرد و حجم آب آبیاری در تولید انار در استان‌های منتخب، z= برای سطح اعتماد ۹۵ درصد، z=۱/۹۶ در نظر گرفته شد. σ^2 = واریانس جمعیت و $\overline{X}$ میانگین اندازه‌گیری‌ها بود.

شاخص بهره‌وری آب از نسبت مقدار عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار) به حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار) با استفاده از رابطه (۴) به دست آمد.

$$WP = \frac{CY}{CW} \qquad (۴)$$

که در آن WP؛ بهره‌وری آب در تولید انار (کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری در طول فصل رشد)، CY؛ عملکرد انار (کیلوگرم در هکتار در سال) و CW؛ حجم آب آبیاری در تولید انار (مترمکعب در هکتار در سال) بود.

برای برآورد شاخص بهره‌وری آب و بارش مؤثر از نسبت مقدار عملکرد انار (کیلوگرم در هکتار) به حجم آب آبیاری و بارش مؤثر (مترمکعب در هکتار) استفاده گردید. از اطلاعات هواشناسی مناطق منتخب شامل متوسط روزانه مقادیر درجه حرارت حداکثر و حداقل هوا، درصد رطوبت نسبی حداکثر و حداقل هوا، سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری (متر بر ثانیه) و تعداد ساعات آفتابی در شبانه‌روز در یک دوره آماری ۱۰ ساله و بازه زمانی یک‌ساله اجرای پروژه، برای برآورد تبخیر- تعرق مرجع استفاده گردید.

برآورد تبخیر– تعرق گیاه مرجع (ETo) با استفاده از نرم‌افزار ETo-Calculator در مناطق به روش پنمن مانتیث فائو صورت گرفت. سپس عمق تبخیر– تعرق پتانسیل درخت انار (ETc) در مناطق منتخب با استفاده از رابطه (۵) برآورد گردید. مقادیر ضریب گیاهی (Kc) برای هر مرحله رشد از نشریه فائو ۵۶ انتخاب گردید (Allen et al. 1998).

$$ETc = Kc \times ETo \qquad (۵)$$

به‌منظور مقایسه بین حجم آب داده شده توسط باغداران و نیاز آبیاری باغ‌های انار، ابتدا نیاز خالص آبیاری باغ‌های انار به دو روش مجزا با استفاده از سند ملی (I1) و همچنین با استفاده از داده‌های هواشناسی سال انجام تحقیق (I2) و نیز ده‌ساله اخیر (I3) برای هر منطقه محاسبه گردید. سپس با تقسیم نیاز آبیاری خالص بر راندمان آبیاری در هر کدام از باغ‌ها، نیاز ناخالص آبیاری برای هر استان تعیین شد. در این بررسی با توجه به نظر کارشناسان و شیوه آبیاری در باغ‌های موردمطالعه، راندمان کاربرد آب آبیاری برای روش‌های قطره‌ای و سطحی مقادیر پتانسیل آن‌ها یعنی به ترتیب به ۹۰ و ۶۰ درصد در نظر گرفته شد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۵).

نتایج و بحث

با توجه به این‌که تنوع احتمالی اقلیمی، تنوع مدیریت زراعی، تنوع بافت خاک، نیاز آبی و غیره موجب افزایش واریانس داده‌های اندازه‌گیری شده می‌شود، در این طرح انتظار می‌رفت ضریب تغییرات و واریانس داده‌های اندازه‌گیری شده زیاد باشد، چون در طرح‌های آزمایشی مرسوم به‌طورمعمول عوامل غیر از تیمارهای آزمایشی، تحت کنترل پژوهشگر است؛ بنابراین سعی شد تعداد اندازه‌گیری‌های انجام شده به‌اندازه کافی باشد تا نتیجه‌گیری‌های پژوهش، قابلیت اعتماد باشد. بر اساس رابطه (۳)، تعداد داده‌های موردنیاز حدود ۴۰ داده بود. در این پژوهش از بیش از ۱۲۰ استفاده شد؛ بنابراین کفایت داده‌ها برای تحلیل آماری محرز بود. در این پژوهش علاوه بر حجم آب آبیاری، عملکرد محصول انار در هر یک از باغ‌های استان‌های منتخب طی سه سال متوالی ۹۷ الی ۹۹ اخذ گردید. دلیل استفاده از داده‌های عملکرد سه سال، تفاوت احتمالی عملکرد باغات در سال‌های مختلف بود. برای بررسی تغییرات عملکرد محصول انار در استان‌های اصفهان، خراسان رضوی، مرکزی، سمنان، یزد و فارس از تحلیل واریانس استفاده گردید. تحلیل‌ها نشان داد تفاوت عملکرد محصول در استان‌های یادشده معنی‌دار نبود. جدول ۱ مقادیر میانگین عملکرد محصول در سامانه‌های مختلف آبیاری را نشان می‌دهد. بر اساس این جدول میانگین عملکرد در استان اصفهان ۱۹/۵ تن در هکتار، در خراسان رضوی ۱۹/۷ تن در هکتار، در مرکزی ۲۱/۲ تن در هکتار، در یزد ۲۱/۷ تن در هکتار، در فارس ۲۲/۴ تن در هکتار و در سمنان ۲۴/۳ تن در هکتار بود. میانگین حسابی و وزنی (نسبت به سطح زیر کشت) عملکرد کل باغ‌های انار کشور به ترتیب

۲۱/۴ و ۲۱/۵ تن در هکتار بوده که تفاوت ناچیزی را نشان می‌دهند. ملاحظه می‌گردد که در بعضی از استان‌ها عملکرد باغات در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای بیشتر از سطحی بوده (مرکزی و سمنان) و بالعکس در بعضی از استان‌ها عملکرد در سامانه آبیاری قطره‌ای کمتر از سطحی بوده است (خراسان رضوی، اصفهان و فارس)؛ بنابراین می‌توان گفت که نباید انتظار داشت فقط با تغییر آبیاری سطحی به سامانه آبیاری قطره‌ای، عملکرد افزایش یابد. بلکه علاوه بر نوع سامانه آبیاری، عوامل مهم دیگری نیز در افزایش عملکرد باغات انار مؤثرند. بیشتر بودن متوسط عملکرد محصول در روش آبیاری سطحی نسبت به قطره‌ای در برخی از استان‌ها می‌تواند به دلیل تفاوت در وضعیت باغ‌ها، کیفیت آب‌وخاک و نیز سن باغ‌ها باشد. بررسی‌ها نشان داد متوسط سن درختان باغات تحت سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و سطحی به ترتیب ۱۳ و ۱۹ سال بود. نکته دیگری که بایستی به آن توجه داشت این است که بر اساس بررسی‌های گذشته، درختان انار به کم‌آبی حساس هستند (راد و همکاران، ۱۳۹۴، Marathe et al., 2018). این موضوع را اکثر باغداران انار نیز بر اساس تجربه به آن رسیده‌اند. برخی از باغداران در مصاحبه‌ها اظهار می‌داشتند که سامانه‌های آبیاری قطره‌ای برای باغات انار مناسب نیستند، چون نمی‌توانند نیاز آبی گیاه را تأمین کنند. البته این اظهارات علمی و فنی نبوده و درصورتی‌که سامانه‌های آبیاری قطره‌ای به‌طور اصولی و صحیح طراحی و اجرا گردند و از کیفیت مطلوب لوازم برخوردار باشند می‌توانند به‌راحتی نیاز آبی گیاه را تأمین نمایند. بازدیدهای میدانی نشان داد در بعضی باغ‌های انار از سامانه آبیاری قطره‌ای استفاده‌شده بود، اما برای هر درخت از چند آبفشان با دبی زیاد استفاده می‌شد که عملاً تمام سطح سایه اندازه درخت را خیس می‌نمود و تفاوت چندانی با آبیاری غرقابی یا سطحی نداشت. نکته قابل‌تأمل دیگر این است که ممکن است بعضی از درختان تحت آبیاری سطحی دارای ریشه‌های عمیق باشند. در این باغ‌ها پس از تغییر سامانه آبیاری از سطحی به قطره‌ای، احتمالاً آبیاری تا اعماق پایین ریشه انجام‌نشده و نشانه-هایی از تنش آبی گیاه ظاهر شود. این موضوع نیز می‌تواند باعث کاهش عملکرد باغات انار در سامانه آبیاری قطره‌ای و عدم اعتماد باغداران به این سامانه‌ها باشد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که نبایستی فقط بر اساس نوع سامانه آبیاری باغات، تغییرات عملکرد را بررسی نمود. بلکه بایستی به نوع مدیریت آبیاری، نوع طراحی سامانه آبیاری و سایر عوامل مؤثر بر تولید نیز توجه داشت.

جدول ۱- مقادیر میانگین عملکرد محصول انار در روش‌های مختلف آبیاری در استان‌های منتخب

استان‌ها	متوسط عملکرد انار (تن در هکتار)			متوسط سن باغات (سال)	رتبه مقایسه‌ای (تحلیل واریانس)
	آبیاری قطره‌ای	آبیاری سطحی	عملکرد کل		
اصفهان	۱۷/۰	۲۰/۰	۱۹/۵	۱۳	a
خراسان رضوی	۱۷/۹	۲۰/۳	۱۹/۷	۱۷	a
یزد	–	۲۱/۷	۲۱/۷	۲۵	a
فارس	۲۰/۸	۲۲/۸	۲۲/۴	۱۹	a
مرکزی	۲۳/۷	۱۸/۵	۲۱/۲	۱۷	a
سمنان	۲۴/۵	۲۳/۸	۲۴/۳	۱۰	a
میانگین وزنی	۲۱/۹	۲۱/۳	۲۱/۵	۱۷	–

حروف مشابه در مقایسه رتبه، معنی‌دار نبودن تفاوت را نشان می‌دهد

در جدول ۲ میانگین حجم آب آبیاری در باغ های انار به تفکیک استان و در سامانه‌های مختلف آبیاری آورده شده است. در استان اصفهان حجم آب‌داده شده به باغ‌های انار از ۸۵۰۰ تا ۱۹۹۰۰ مترمکعب در هکتار متغیر بوده که میانگین آن معادل ۱۴۷۱۷ مترمکعب در هکتار بوده است. در استان خراسان رضوی مقادیر بیشترین و کمترین حجم آب آبیاری داده شده به باغ‌های انار به ترتیب ۱۹۸۰۰ و ۷۸۰۰ مترمکعب در هکتار و به‌طور میانگین ۱۲۵۳۴ مترمکعب در هکتار بود. در استان مرکزی مقادیر آب آبیاری به کاررفته در باغ ها بین ۷۲۰۰ و ۲۰۸۰۰ مترمکعب در هکتار متغیر و به‌طور میانگین ۱۳۸۲۷ مترمکعب در هکتار بود. در استان یزد که بیشترین مقادیر آب آبیاری انار در بین استان‌های موردمطالعه را داشت، حداکثر و حداقل آب آبیاری اندازه‌گیری شده در باغ‌ها به ترتیب ۲۹۵۰۰ و ۱۶۶۰۰ مترمکعب در هکتار و به‌طور متوسط ۲۱۲۱۰ مترمکعب در هکتار برآورد گردید. اغلب باغ‌های انار استان یزد به دلیل خرده مالکی، کوچک بودن باغ ها، استفاده از آب قنات، عدم تخصیص اعتبارات، عدم امکان احداث استخر ذخیره آب و اقتصادی نبودن، تحت آبیاری سطحی می‌باشند. به همین دلیل در این پژوهش باغ مناسب مجهز شده به سامانه آبیاری قطره‌ای یافت نشد و همه باغ‌های انتخابی تحت سامانه آبیاری سطحی بودند. در استان سمنان مقادیر بیشترین و کمترین حجم آب آبیاری باغ‌ها بین ۱۲۶۰۰ و ۶۳۰۰ مترمکعب در هکتار و به‌طور متوسط ۸۵۰۰ مترمکعب در هکتار بود. در استان فارس حجم آب آبیاری باغ‌های انار بین ۲۳۹۰۰ و ۸۰۰۰ مترمکعب در هکتار و به‌طور متوسط ۱۵۱۳۳ مترمکعب در هکتار بود. ملاحظه می‌گردد که در استان فارس تفاوت بین میزان آب آبیاری در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و سطحی کمتر از سایر استان‌ها بوده (۱۰۸۷ مترمکعب در هکتار) و درنتیجه میزان در صد کاهش مصرف آب نیز کمتر بوده است (۷ درصد). شاید علت این باشد که باغ‌های انار منطقه در سال‌های گذشته، به دلیل پرآب بودن چاه‌ها، محدودیت آب نداشته و باغداران تمایل به مدیریت بهینه آبیاری نداشته‌اند. مدیریت و برنامه‌ریزی آبیاری موضوع مهمی است که در صورت اعمال در باغ‌ها، علاوه بر حفظ محصول تولیدی، می‌تواند باعث کاهش یا تنظیم میزان آب آبیاری شود (شاهرخ نیا و همکاران، ۱۳۹۲، ۱۳۹۴).

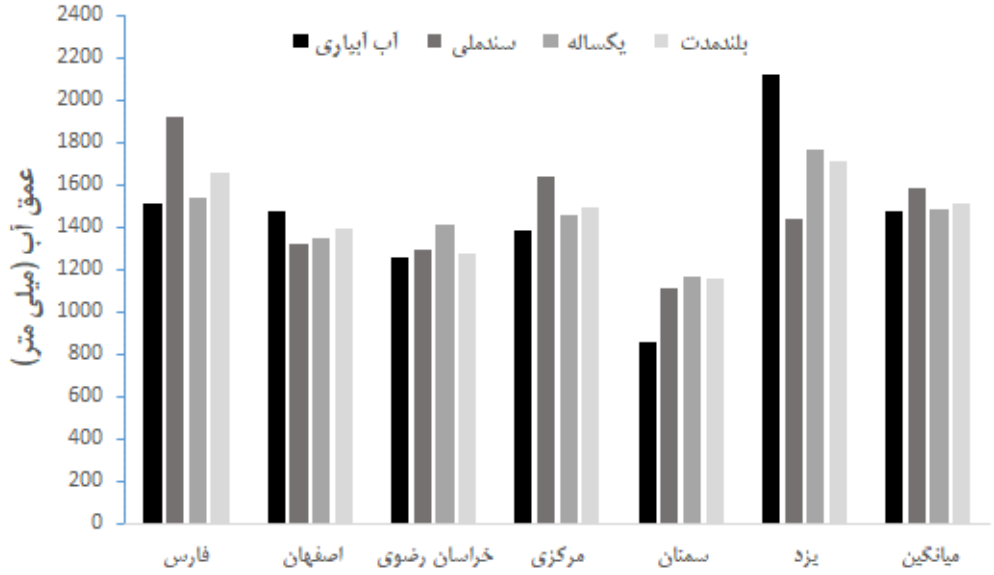
از تحلیل واریانس برای بررسی تغییرات حجم آب آبیاری انار در استان‌ها استفاده گردید. تحلیل نشان داد تفاوت آب آبیاری در استان‌های یادشده در سطح احتمال کم‌تر از یک در صد معنی‌دار بود. میانگین حجم آب آبیاری انار در استان‌های کشور در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه گردید. بر مبنای میانگین آب آبیاری، می‌توان استان‌های کشور را به چهار خوشه تقسیم نمود. در خوشه اول استان سمنان، در خوشه دوم استان‌های خراسان رضوی و مرکزی، در خوشه سوم استان‌های اصفهان و فارس و در خوشه چهارم استان یزد قرار گرفت. بنابراین حداقل و حداکثر آب آبیاری انار از استان‌های سمنان و یزد به عمل آمد. نتایج نشان می‌دهد که در همه استان‌های موردبررسی، حجم آب آبیاری در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای کمتر از سامانه‌های سطحی بوده که این کاهش از ۷ تا ۵۰ درصد در استان‌های مختلف متغیر بوده است. میانگین وزنی حجم آب آبیاری در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، سطحی و کل سامانه‌ها به ترتیب ۹۹۸۱، ۱۵۷۶۵ و ۱۴۷۹۰ مترمکعب در هکتار بوده که آب آبیاری در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نسبت به سطحی حدود ۳۷ درصد کاهش داشته است. نکته قابل‌بحث در اینجا این است که مقادیر آب آبیاری برآورد شده در این پروژه بیشتر از موارد گزارش‌شده در پژوهش‌های قبلی است. این تفاوت به چند دلیل می‌تواند باشد. اول، در تحقیقات گذشته معمولاً پژوهش انجام شده در یک باغ بخصوص انجام شده که نمی‌توان شرایط آن را به سطوح وسیع استانی و کشوری تعمیم داد. دوم، در تحقیقات گذشته غالباً به نیاز آبی خالص گیاه اشاره شده که کمتر از نیاز ناخالص است. سوم، سن درخت در میزان نیاز آبی آن نقش مهمی دارد. راد و همکاران (۱۳۹۴) نیاز آبی درختان انار ۴ ساله را ۶۷۵۶ مترمکعب در هکتار، بافکار و همکاران (۱۳۹۷) ۳۷۴۴ مترمکعب در هکتار و طاوسی و همکاران (۱۳۹۵) ۴۵۰۰ مترمکعب در هکتار گزارش نموده‌اند. درصورتی‌که میانگین سن درختان در نظر گرفته شده در پژوهش حاضر ۱۷ سال بود.

جدول ۲- مقادیر میانگین آب آبیاری در باغ‌های انار استان‌های منتخب در سامانه‌های مختلف آبیاری

نام استان	متوسط آب آبیاری مترمکعب در هکتار			درصد کاهش آب آبیاری قطره‌ای به سطحی	رتبه مقایسه‌ای
	آبیاری قطره‌ای	آبیاری سطحی	کل سامانه‌ها		
سمنان	۶۶۷۵	۱۰۰۰۵	۸۵۳۹	۳۳	a
خراسان رضوی	۹۵۰۳	۱۳۳۳۲	۱۲۵۳۴	۲۹	b
مرکزی	۹۲۸۰	۱۸۳۷۵	۱۳۸۲۷	۵۰	b
اصفهان	۹۴۹۱	۱۵۹۴۶	۱۴۷۱۷	۴۱	c
فارس	۱۴۳۱۸	۱۵۴۰۵	۱۵۱۳۳	۷	c
یزد	-	۲۱۲۱۰	۲۱۲۱۰	-	d
میانگین وزنی	۹۹۸۱	۱۵۷۶۵	۱۴۷۹۰	۳۷	-

حروف مشابه در مقایسه رتبه، معنی‌دار نبودن تفاوت را نشان می‌دهد

در آبیاری باغ‌ها و مزارع، بایستی بین مقدار آب آبیاری و نیاز آبی ناخالص تفاوت کمی وجود داشته باشد. اگر حجم آب آبیاری از نیاز آبی ناخالص بیشتر باشد، اتلاف آب یا آبیاری بی‌رویه صورت گرفته است. اگر حجم آب آبیاری از نیاز آبی ناخالص کمتر باشد، مزرعه یا باغ کم‌آبیاری شده که اگر این کم‌آبیاری مدیریت‌شده نباشد، ممکن است باعث کاهش زیاد کمی و کیفی محصول تولیدی گردد. شکل ۲ مقایسه مقادیر نیاز ناخالص آبیاری با مقادیر آب آبیاری در استان‌های مختلف و به‌طور میانگین در کشور را نشان می‌دهد. مطابق شکل ۲ وضعیت استان‌های مورد بررسی مشابه هم نیست. در استان فارس مقادیر نیاز آبی ناخالص در سناریوهای I3, I2, I1 به ترتیب ۲۷، ۲ و ۹ درصد بیشتر از عمق آب آبیاری بوده است. در استان اصفهان حجم آب آبیاری در باغ‌های انار کمی بیشتر از آب موردنیاز بوده که تفاوت آن با مقادیر نیاز آبی ناخالص در سناریوهای I3, I2, I1 به ترتیب ۱۰، ۸ و ۵ درصد بود. در خراسان رضوی حجم آب آبیاری نزدیک به مقادیر نیاز آبی خالص بوده که تفاوت آن‌ها به ترتیب ۳، ۱۳ و ۲ درصد بود؛ یعنی حجم آب آبیاری ۱۳ درصد کمتر از نیاز آبی ناخالص (I2) بود. در استان مرکزی نیز این تفاوت‌ها ناچیز و به ترتیب ۱۹، ۵ و ۸ درصد بود. در استان سمنان کم‌آبیاری انجام شده به‌طوری‌که حجم آب آبیاری به ترتیب ۳۰، ۳۷ و ۳۵ درصد کمتر از نیاز ناخالص بوده است. بالعکس در استان یزد حجم آب آبیاری به ترتیب ۳۲، ۱۷ و ۱۹ درصد بیشتر از نیاز آبی ناخالص بود؛ بنابراین، به‌طورکلی می‌توان گفت در استان یزد آبیاری بیش‌ازاندازه، در استان سمنان کم‌آبیاری و در سایر استان‌ها حجم آب آبیاری نزدیک به نیاز آبی ناخالص بوده است. نتایج بیانگر آن است که به‌طور متوسط در کشور مقدار آب‌داده شده در باغ‌های انار به ترتیب ۲ و ۷ درصد کمتر از نیاز ناخالص بر اساس سناریوهای I1, I3 است. میانگین عمق آب آبیاری باغ‌های انار در کشور تقریباً برابر با نیاز آبی ناخالص در سال انجام تحقیق (I2) بوده که تفاوت آن‌ها ۰/۳ درصد بود. نزدیک بودن میزان آب آبیاری و میزان آب موردنیاز باغات انار کشور به معنای مدیریت صحیح آبیاری در همه باغات مورد بررسی نیست. بلکه واقعیت این است که در بعضی استان‌ها مانند سمنان آبیاری کمتر از میزان نیاز و در بعضی استان‌ها مانند یزد بیشتر از حد نیاز بوده است؛ بنابراین اگر تفاوت مطلق بین میزان آب آبیاری و آب موردنیاز برآورد گردد مشاهده می‌گردد که در بین استان‌های کشور، میانگین وزنی تفاوت میزان آب آبیاری با آب موردنیاز در سناریوهای I3, I2, I1 به ترتیب ۲۱، ۹ و ۱۱ درصد بوده است.



شکل ۲- مقایسه عمق آب‌داده شده با نیاز ناخالص آبیاری انار در مناطق مورد مطالعه

پس از تعیین حجم آب آبیاری و عملکرد محصول در هریک از باغ‌های انار مورد بررسی، بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری برای هر باغ، استان و درنهایت برای کل کشور محاسبه شد. مقادیر بهره‌وری آب آبیاری برای هریک از استان‌ها به تفکیک روش‌های آبیاری و نیز کل باغ‌ها محاسبه گردید که نتایج حاصل از این بررسی‌ها در جدول ۳ ارائه شده است. تحلیل واریانس بهره‌وری آب در تولید انار در استان‌های اصفهان، خراسان رضوی، مرکزی، سمنان، یزد و فارس نشان داد تفاوت بهره‌وری آب در استان‌های یادشده در سطح احتمال کمتر از یک درصد معنی‌دار بود. میانگین بهره‌وری آب باغات انار مورد بررسی در سطح کشور ۱/۶۹ کیلوگرم بر مترمکعب بود. بر مبنای میانگین بهره‌وری آب، می‌توان استان‌های کشور را به چهار خوشه تقسیم نمود. در خوشه اول استان یزد (۰/۹۶ کیلوگرم بر مترمکعب)، در خوشه دوم استان‌های فارس (۱/۳۶ کیلوگرم بر مترمکعب) و اصفهان (۱/۳۹ کیلوگرم بر مترمکعب)، در خوشه سوم استان‌های مرکزی (۱/۶۹ کیلوگرم بر مترمکعب) و خراسان رضوی (۱/۷۵ کیلوگرم بر مترمکعب) و در خوشه چهارم استان سمنان (۴/۰۹ کیلوگرم بر مترمکعب) قرار گرفت. بنابراین حداقل و حداکثر بهره‌وری آب در تولید محصول انار از استان‌های یزد و سمنان به دست آمد که یکی از دلایل آن، آبیاری بیش‌ازاندازه در یزد و کم‌آبیاری در سمنان بود. میانگین بهره‌وری آب آبیاری در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای (۱/۹۶ کیلوگرم بر مترمکعب) از آبیاری سطحی (۱/۳۹ کیلوگرم بر مترمکعب) بیشتر بود. این تفاوت علل مختلفی می‌تواند داشته باشد. یکی از علل آن، کاهش آب آبیاری در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری سطحی است. علت دیگر آن عدم کاهش متوسط عملکرد بود. چون اگر عملکرد محصول در باغات تحت سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری سطحی کاهش قابل‌توجهی می‌یافت، باوجود کاهش میزان آب آبیاری، ممکن بود بهره‌وری آب تغییر نکرده و یا حتی کاهش پیدا کند. این موضوع در نتایج به‌دست‌آمده از استان فارس قابل‌مشاهده است. ملاحظه می‌گردد که در استان فارس بهره‌وری آب آبیاری در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای (۱/۲۲ کیلوگرم بر مترمکعب) از آبیاری سطحی (۱/۴۰ کیلوگرم بر مترمکعب) کمتر بود. دلیل این امر این است که اگرچه میانگین آب آبیاری در باغ‌های تحت آبیاری سطحی بیشتر از آبیاری قطره‌ای بوده است، لیکن چون طبق جدول ۱ میزان عملکرد محصول در آبیاری

قطره‌ای (۲۰/۸ تن در هکتار) از آبیاری سطحی (۲۲/۸ تن در هکتار) کمتر شده و این کاهش بیشتر از کاهش مصرف آب آبیاری بوده، درنهایت بهره‌وری آب آبیاری سامانه‌های آبیاری قطره‌ای کاهش یافته است. شاهرخ نیا (۱۳۹۹) بهره‌وری آب در یک باغ انار تحت سامانه آبیاری قطره‌ای را ۲/۰۵ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش کرده است. راد و همکاران (۱۳۹۴) نیز بهره‌وری آب باغ انار تحت آبیاری بابلر را ۱/۸۰ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش نمودند. طاوسی و همکاران (۱۳۹۵) به بهره‌وری آب ۲/۳۸ کیلوگرم بر مترمکعب رسیدند. سلاح ورزی و همکاران (۲۰۱۷) نیز بهره‌وری آب باغات انار را ۲/۱۵ تا ۲/۴۵ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آوردند (Selahvarzi et al., 2017). ملاحظه می‌گردد که نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات گذشته همخوانی دارد.

جدول ۳- میانگین بهره‌وری آب آبیاری در باغ‌های انار در سامانه‌های مختلف آبیاری

نام استان	متوسط بهره‌وری آب آبیاری کیلوگرم بر مترمکعب			رتبه مقایسه‌ای
	آبیاری قطره‌ای	آبیاری سطحی	میانگین سامانه‌ها	
سمنان	۴/۸۲	۲/۴۶	۴/۰۹	d
خراسان رضوی	۲/۱۱	۱/۶۲	۱/۷۵	c
مرکزی	۲/۵۱	۰/۸۶	۱/۶۹	c
اصفهان	۱/۸۷	۱/۲۸	۱/۳۹	b
فارس	۱/۲۲	۱/۴۰	۱/۳۶	b
یزد	–	۰/۹۶	۰/۹۶	a
میانگین وزنی	۱/۹۶	۱/۳۹	۱/۶۹	–

حروف مشابه در مقایسه رتبه، معنی‌دار نبودن تفاوت را نشان می‌دهد

در جدول ۴ مقادیر بهره‌وری آب کل (آبیاری+بارش مؤثر بلندمدت) باغ‌های انار استان‌های منتخب در سامانه‌های آبیاری مختلف آورده شده است. تحلیل واریانس بهره‌وری آب آبیاری و بارش مؤثر درازمدت در تولید انار در استان‌های اصفهان، خراسان رضوی، مرکزی، سمنان، یزد و فارس نشان داد تفاوت بهره‌وری آب آبیاری و بارش مؤثر در استان‌های یادشده معنی‌دار بود. میانگین بهره‌وری آب آبیاری و بارش مؤثر در تولید انار در استان‌های کشور در سطح احتمال ۵ درصد، مقایسه گردید. میانگین وزنی این شاخص در کشور ۱/۴۷ کیلوگرم بر مترمکعب بود. حداقل و حداکثر بهره‌وری آب در تولید انار از استان‌های یزد و سمنان به دست آمد. بر مبنای میانگین بهره‌وری آب آبیاری و بارش مؤثر، می‌توان استان‌های کشور را به چهار خوشه اصلی تقسیم نمود. در خوشه اول استان یزد (۰/۹۳ کیلوگرم بر مترمکعب)، در خوشه استان‌های فارس (۱/۱۴ کیلوگرم بر مترمکعب) و اصفهان (۱/۳۰ کیلوگرم بر مترمکعب)، در خوشه سوم استان مرکزی (۱/۵۵ کیلوگرم بر مترمکعب) و خراسان رضوی (۱/۵۷ کیلوگرم بر مترمکعب) و در خوشه چهارم استان سمنان (۳/۹۰ کیلوگرم بر مترمکعب) قرار داشت. کمتر بودن میزان بهره‌وری آب کل در باغات انتخابی استان یزد نسبت به سایر استان را می‌توان به مصرف زیاد آب در سامانه‌های آبیاری سطحی که به‌صورت سنتی بودند ربط داد. نتایج نشان داد که بهره‌وری آب کل استان‌های خراسان رضوی و مرکزی نزدیک به میانگین کشوری (۱/۴۷ کیلوگرم بر مترمکعب) بود. بهره‌وری آب کل استان‌های فارس، اصفهان و یزد کمتر و بهره‌وری آب کل استان سمنان بیشتر از میانگین کشوری بود.

جدول ٤- میانگین بهره‌وری آب کل (آب آبیاری+بارش مؤثر بلندمدت) در باغ‌های انار استان‌های منتخب در سامانه‌های مختلف آبیاری

نام استان	متوسط بهره‌وری آب کل کیلوگرم بر مترمکعب			رتبه مقایسه‌ای
	آبیاری قطره‌ای	آبیاری سطحی	میانگین سامانه‌ها	
سمنان	۴/۶۰	۲/۳۲	۳/۹۰	c
خراسان رضوی	۱/۸۱	۱/۴۷	۱/۵۷	b
مرکزی	۲/۲۸	۰/۸۲	۱/۵۵	b
اصفهان	۱/۷۴	۱/۲۱	۱/۳۱	ab
فارس	۱/۰۴	۱/۱۷	۱/۱۴	ab
یزد	–	۰/۹۳	۰/۹۳	a
میانگین وزنی	۱/۷۶	۱/۲۵	۱/۴۷	–

حروف مشابه در مقایسه رتبه، معنی‌دار نبودن تفاوت را نشان می‌دهد

میانگین بهره‌وری آب کل (آبیاری+بارش مؤثر سال جاری) باغ‌های انار موردبررسی در جدول ۵ آورده شده است. تحلیل واریانس بهره‌وری آب آبیاری و بارش مؤثر سال جاری در تولید انار در استان‌های اصفهان، خراسان رضوی، مرکزی، سمنان، یزد و فارس نشان داد تفاوت بهره‌وری آب آبیاری و بارش مؤثر سال جاری در استان‌های یاد شده معنی‌دار بود. میانگین بهره‌وری آب آبیاری و بارش مؤثر سال جاری در تولید انار در استان‌های کشور در سطح احتمال ۵ درصد، مقایسه گردید. میانگین این شاخص در کشور ۱/۴۳ کیلوگرم بر مترمکعب بود. حداقل و حداکثر بهره‌وری آب در تولید انار از استان‌های یزد و سمنان به دست آمد. بر مبنای میانگین بهره‌وری آب آبیاری و بارش مؤثر سال جاری، می‌توان استان‌های کشور را به چهار خوشه اصلی تقسیم نمود. در خوشه اول استان یزد (۰/۹۳ کیلوگرم بر مترمکعب)، در خوشه دوم استان‌های فارس (۱/۰۷ کیلوگرم بر مترمکعب) و اصفهان (۱/۲۹ کیلوگرم بر مترمکعب)، در خوشه سوم استان مرکزی (۱/۴۹ کیلوگرم بر مترمکعب) و خراسان رضوی (۱/۵۴ کیلوگرم بر مترمکعب) و در خوشه چهارم استان سمنان (۳/۹۵ کیلوگرم بر مترمکعب) قرار داشت. در استان فارس میزان بهره‌وری آب کل در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری سطحی کاهش یافته است. همان‌طور که در نتایج بهره‌وری آب آبیاری نیز بیان شد، یکی از دلایل این امر کاهش محصول بیشتر در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در مقایسه با کاهش آب کاربردی بود؛ به‌عبارت‌دیگر در محاسبه و مقایسه بهره‌وری آب کل سامانه قطره‌ای نسبت به سطحی، صورت کسر کاهش بیشتر و مخرج کسر کاهش کمتری داشته که درنتیجه مقدار کسر کاهش یافته است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش حجم آب آبیاری، عملکرد محصول و بهره‌وری آب باغ‌های انار در شش استان کشور (فارس، اصفهان، خراسان رضوی، مرکزی، یزد، سمنان) مورد بررسی قرار گرفت. میانگین عملکرد انار به‌طور متوسط در کشور ۲۱/۵ تن در هکتار بود. متوسط میزان عملکرد باغ‌های انار در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و سطحی به ترتیب ۲۱/۹ و ۲۱/۳ تن در هکتار و ناچیز بود. میانگین حجم آب آبیاری باغ‌های انار در کشور ۱۴۷۹۰ مترمکعب در هکتار برآورد گردید. متوسط حجم آب آبیاری در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و سطحی به ترتیب ۹۹۸۱ و ۱۵۷۶۵ مترمکعب در هکتار بود. درصد کاهش آب آبیاری در سامانه آبیاری قطره‌ای نسبت به سطحی ۳۷ درصد بوده که قابل‌توجه است. تناسب حجم آب آبیاری باغ‌های انار با نیاز آبی ناخالص در استان‌های منتخب مشابه هم نبوده است. در بعضی استان‌ها مانند فارس، خراسان رضوی، سمنان و مرکزی حجم آب آبیاری کمتر

از نیاز آبی ناخالص و در ا ستان‌های ا صفهان و یزد بی شتر از نیاز آبی ناخالص بوده اســت. به‌طور میانگین حجم آب آبیاری ۰/۳ درصد کمتر از نیاز آبی ناخالص در سال انجام تحقیق و ۲ درصد کمتر از نیاز آبی ناخالص بلندمدت بود. میانگین وزنی تفاوت مطلق میزان آب آبیاری نسبت به آب موردنیاز از روش سند ملی، پنمن مانتیث یک‌ساله و پنمن مانتیث ۱۰ ساله به ترتیب ۲۱، ۹ و ۱۱ در صد بود؛ به‌عبارت‌دیگر در سطح ا ستان‌های ک شور، میزان آب آبیاری به‌طور متو سط ۹ در صد با میزان آب موردنیاز تفاوت داشــته اســت. میانگین بهره‌وری آب آبیاری در کشــور ۱/۶۹ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد گردید. متوسـط بهره‌وری آب آبیاری در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و سطحی به ترتیب ۱/۹۶ و ۱/۳۹ کیلوگرم بر مترمکعب بود. علل ا صلی تفاوت میزان آب آبیاری در پژوهش‌های مختلف، تفاوت در نیاز آبی به علت تفاوت در شرایط آب و هوایی و تفاوت در ســن درختان انتخابی می‌باشـد. در نقاط مختلف دنیا شـرایط آب و هوایی و میزان بارندگی متفاوت اسـت، بنابراین میزان نیاز آبی و میزان آب آبیاری داده شده به باغات انار می‌تواند متفاوت باشـد. بررسـی‌ها نشـان می‌دهد که انتخاب رقم مناسب درختان انار در یک منطقه، هرس، آرایش کاشت و شرایط آب و هوایی تأثیر زیادی بر عملکرد و درنتیجه بهره‌وری آب باغات انار دارد. سطح سواد باغداران و آموزش روش‌های نگهداری باغات انار نیز می‌تواند به افزایش محصــول و درنتیجه افزایش بهره‌وری آب کمک کند. در استان فارس میزان بهره‌وری آب کل در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای ن سبت به آبیاری سطحی کاهش داشــت. یکی از دلا یل این امر کاهش محصــول بیشــتر در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در مقایسه با کاهش آب کاربردی بود. بر ا ساس تفاهم‌نامه سند بهره‌وری آب ک شاورزی ک شور (بی‌نام، ۱۳۹۷) شــاخص بهره‌وری آب انار در ســال ۱۳۹۵ برابر با ۰/۹۹ کیلوگرم بر مترمکعب بوده که تا سال ۱۴۰۰ بای ستی به میانگین ۱/۵۳ کیلوگرم بر مترمکعب برسد. ارقام بهره‌وری آب در تولید انار در این تحقیق نزدیک به ارقام این سند می‌باشد. در پایان با توجه به نتایج به‌دســت‌آمده می‌توان تصــریح نمود که مجهز نمودن باغ‌های انار به ســامانه‌های آبیاری قطره‌ای امری ضــروری بوده ولی کافی نیســت. ســهمیه‌بندی دقیق (تعیین نیاز آبی گیاه با در نظر گرفتن راندمان و نیاز آبشویی) و تحویل حجمی آب به‌و سیله کنتورهای هوشــمند می‌تواند در مصــرف به‌اندازه آب آبیاری و افزایش بهره‌وری آب بســیار مؤثر باشــد. علاوه بر این دو عامل، رعایت برنامه‌ریزی آبیاری در باغ‌های انار می‌تواند باعث تولید محصول حداکثر به ازای آب تخصیص‌یافته گردد.

جدول ۵- میانگین بهره‌وری آب کل (آب آبیاری+بارش مؤثر سال جاری) در باغ‌های انار در سامانه‌های مختلف آبیاری

نام استان	متوسط بهره‌وری آب کل کیلوگرم بر مترمکعب			رتبه مقایسه‌ای
	آبیاری قطره‌ای	آبیاری سطحی	میانگین سامانه‌ها	
سمنان	۴/۶۶	۲/۳۵	۳/۹۵	d
خراسان رضوی	۱/۷۸	۱/۴۵	۱/۵۴	c
مرکزی	۲/۱۹	۰/۸۰	۱/۴۹	bc
اصفهان	۱/۷۲	۱/۱۸	۱/۲۹	ab
فارس	۰/۹۸	۱/۰۹	۱/۰۶	ab
یزد	–	۰/۹۳	۰/۹۳	a
میانگین وزنی	۱/۷۲	۱/۲۱	۱/۴۳	–

حروف مشابه در مقایسه رتبه، معنی‌دار نبودن تفاوت را نشان می‌دهد

منابع

احمدی، ک.، عبادزاده، ح.ر.، حاتمی، ف.، حسینپور، ر.، عبدشاه، ه. ۱۳۹۸. آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۷، جلد سوم: محصولات باغبانی، وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.

بافکار، ع.، کریمی، م.، راد، م.ه. ۱۳۹۷. تعیین نیاز آبی دو رقم تجاری انار (ملس یزدی و ساوه) در روش آبیاری موضعی (مطالعه موردی شرایط اقلیمی یزد). مجله پژوهش آب ایران، ۲۸: ۴۳-۵۱.

بنیان‌پور، ع.ر. ۱۳۹۸. نقشه راه تحقیقات انار استان فارس. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس.

بی‌نام. ۱۳۹۷. تفاهم‌نامه سند بهره‌وری آب کشاورزی (افق ده‌ساله). وزارت جهاد کشاورزی، اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی ایران.

جلیلی مقدم، ز. ۱۳۹۹. تولید ۱/۱ میلیون تن انار در سال جاری. وب‌سایت خبرگزاری ایانا، ۹۹/۹/۳۰.

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، جلد ۲-۳۱، شماره ۱، ۷۵-۹۰.

سرمد، ز.، بازرگان، ع.، و حجازی، ا. ۱۳۹۹. روش های تحقیق در علوم رفتاری. نشر آگه. ۴۰۶ صفحه.

شاهرخ نیا، م.ع.، بنیان پور، ع.ر.، محمدی، د. ۱۳۹۹. تأثیر مدیریت‌های مختلف آبیاری بر انار رقم رباب نی‌ریز در شهرستان کازرون استان فارس. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۱۴(۶): ۲۱۷۵-۲۱۸۷.

شاهرخ نیا، م.ع.، زارع، ا. و دهقانی سانیج، ح. ۱۳۹۴. مقایسه ابزارهای مختلف برنامه‌ریزی آبیاری قطره‌ای مرکبات در خاک با بافت متوسط و سنگین. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۳(۹): ۴۴۸-۴۵۸.

شاهرخ نیا، م.ع.، زارع، ا. و دهقانی سانیج، ح. ۱۳۹۲. مقایسه ابزارهای برنامه‌ریزی آبیاری در باغات مرکبات با بافت خاک متوسط و سبک. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۴ (۷): ۴۹۹-۵۰۹.

شیردلی، ع. و طهماسبی، ع.ر. ۱۳۹۲. تأثیر توأم آب آبیاری و نیتروژن بر مقاومت، عملکرد و کارایی مصرف آب (WUE) انار. مجله علوم و مهندسی آبیاری، ۳۶ (۳۳): ۱-۴۴.

عباسی، ف.، ف. سهراب و ن. عباسی، ۱۳۹۵. ارزیابی وضعیت راندمان آب آبیاری در ایران. مجله تحقیقات مهندسی سازه-های آبیاری و زهکشی، ۱۷ (۶۷): ۱۲۸-۱۱۳.

طاوسی، م.، کاوه، ف.، علیزاده، ا.، بابازاده، ح.، تهرانی فر، ع. ۱۳۹۵. اثر کم‌آبیاری و شوری بر میوه انار رقم شیشه کپ (مطالعه موردی شهرستان فردوس، خراسان جنوبی). نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۴ (۱۰): ۴۹۹-۵۰۷.

لطفیان،م. ۱۳۹۷. ایران بزرگ‌ترین تولیدکننده انار دنیاست. پایگاه خبری روستا نیوز، کد خبر ۱۰۶۴، تاریخ ۱۱ اسفند ۱۳۹۷.

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. Fao, Rome, 300(9), D05109.

Ayars, J.E., Phene, C.J., Phene, R.C., Gao, S., Wang, D., Day, K.R., and Makus, D.J. 2017. Determining pomegranate water and nitrogen requirements with drip irrigation. Agricultural Water Management. 187: 11-23.

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.

Chopade, S.Q., Gorantiwar, S.D., Pampattiwar, P.S., Supe, V.S. 2001. Response of pomegranate to drip, bubbler and surface irrigation methods. Adv. Hort. Forest. 8: 53–59.

Dinc, N., Aydinsakir, K., Isik, M., Bastug, R., Ari, N., Sahin, A., Buyuktas, D. 2018. Assessment of different irrigation strategies on yield and quality characteristics of drip irrigated pomegranate under mediterranean conditions. Irrigation Science. 36: 87–96.

Holland, D., Hatib, K., and Bar-Yáakov, I. 2009. Pomegranate: botany, horticulture, breeding. In: Horticultural Reviews, Wiley-BlackWell Publication, 35: 127-191.

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.

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.

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.

Marathe, R.A., Babu, K.D., Chaudhari, D.T. 2018. Nutrient uptake, growth and yield of pomegranate as influenced by irrigation frequencies under light textured soils. Journal of Environmental Biology. 39: 143-148.

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.

Parvizi, H., Sepaskhah, A.R., Ahmadi, S.H. 2016. Physiological and growth responses of pomegranate tree (Punica granatum (L.) cv. Rabab) under partial root zone drying and deficit irrigation regimes. Agricultural Water Management. 163: 146-158.

Parvizi, H., Sepaskhah, A.R., Ahmadi, S.H. 2014. Effect of drip irrigation and fertilizer regimes on fruit yields and water productivity of a pomegranate (Punica granatum (L.) cv. Rabab) orchard. Agricultural Water Management. 146: 45-56.

Selahvarzi, Y., Zamani, Z., Fatahi, R., Talaei, A.R. 2017. Effect of deficit irrigation on flowering and fruit properties of pomegranate (Punica granatum cv. Shahvar). Agricultural Water Management. 192: 189-197.

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. Irrigation Science. 35: 425-435.

Water Management in Agriculture
Vol. 9, No. 1, Spring and Summer 2022, 57-72

نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۹، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۱، ص. ۷۲-۵۷

Investigation of Irrigation Water and Water Productivity of Pomegranate Orchards in Iran

M.A. Shahrokhnia*[1], F. Abbasi[2], A. Naseri[3], A. Haghayeghi-Moghaddam[4], M. Goodarzi[5], M. Farzamnia[6], , H. Parvizi[7], H. Moosavi-Fazl[8], and M.M. Ghasemi[9]

Abstract

It is necessary to study of water productivity of pomegranate orchards because of limited water resources, need to improve water productivity and the importance of pomegranate fruit. In this study, the volume of applied water and pomegranate yield in more than 120 selected orchards in the provinces of Isfahan, Khorasan Razavi, Markazi, Semnan, Yazd and Fars were measured. Analysis of variance was used to investigate the possible differences in yield, applied water and water productivity. Results showed that except for yield, the difference in the applied water and water productivity was significant. The average yield of pomegranate was 21.5 ton/ha. The average volume of applied irrigation water was 14792 $m^3.ha^{-1}$. The average productivity of applied irrigation water was 1.69 $kg.m^{-3}$. The average water + effective long-term rainfall productivity was 1.47 $kg.m^{-3}$. The productivity of water + effective rainfall of the current year was 1.43 kg/m3. The volume of applied water in pomegranate orchards and the gross water requirement was not similar in the selected provinces. In some provinces such as Fars, Khorasan Razavi, Semnan and Markazi, the volume of applied water was less than the gross water requirement and in Isfahan and Yazd provinces was more than the gross water requirement. But on average, the volume of applied irrigation water was close to the gross water requirement in the year of the research and to the long-term gross water requirement. The average volume of applied water in drip and surface irrigation systems was 9981 and 15765 $m^3.ha^{-1}$, respectively, the percentage of reduction of applied water in drip irrigation system compared to surface irrigation was 37%.

Keywords: Crop Water Requirement, Penman Montieth, Pomegranate Water Use, Water Productivity Of Pomegranate Trees

[1] - Associate Professor, Agricultural Engineering Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran.
(*Corresponding Author, Email: mashahrokh@yahoo.com)
[2]- Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
[3] - Associate Professor, Agricultural Engineering Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tabriz, Iran.
[4] - Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran.
[5] - Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Arak, Iran.
[6] -Instructor, Agricultural Engineering Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, Iran.
[7] - Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.
[8] - Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Semnan province (Shahrood), AREEO, Shahrood, Iran.
[9] - Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
Received: 21 Dec 2021
Accepted: 23 Jan 2022