تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی/جلد ۲۲/ شماره ۸۲/ بهار ۱۴۰۰/ص ۶۴-۴۳

نوع مقاله: علمی پژوهشی

نقش سامانه‌های نوین آبیاری در مدیریت مصرف آب گوجه‌فرنگی در کشور

فریبرز عباسی[۱*]، محمد جلینی[۲]، محمد خرمیان[۳]، سید ابراهیم دهقانیان[۴]، اسماعیل مقبلی‌دامنه[۵]، مهرداد نوروزی[۶]، افشین یوسف گمرکچی[۷]، مهدی طاهری[۸]، اسحاق زارع مهرانی[۹]، علیرضا کیانی[۱۰]، نادر سلامتی[۱۱]، حسن موسوی‌فضل[۱۲]، علی قدمی‌فیروزآبادی[۱۳]، پرویز بیات[۱۴] و ابوالفضل ناصری[۱۵]

۱- استاد موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۲- دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان‌رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
۳- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران
۴- مربی پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، شیراز، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران
۵- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جیرفت، جیرفت، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران
۶- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی بوشهر، بوشهر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران
۷- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی قزوین، قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران
۸- دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی زنجان، زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران
۹- کارشناسی ارشد مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان، بندرعباس، ایران
۱۰- استاد مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران
۱۱- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اهواز، اهواز، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران
۱۲- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی شاهرود، شاهرود، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران
۱۳- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان، همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران
۱۴- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی بوشهر، بوشهر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران
۱۵- دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، تبریز، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران
تاریخ دریافت: ۹۹/۶/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱/۲۳

چکیده

توسعهٔ سامانه‌های نوین آبیاری یکی از برنامه‌های وزارت جهاد کشاورزی در چند دههٔ گذشته بوده است. ارزیابی نقش این سامانه‌ها در افزایش شاخص‌های مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی می‌تواند در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های آیندهٔ کشور موثر باشد. ازاین‌رو، این تحقیق با هدف تعیین شاخص‌های مدیریت مصرف آب در تولید گوجه‌فرنگی در کشور و ارزیابی نقش آبیاری قطره‌ای نواری در افزایش آنها اجرا شد. حجم آب کاربردی و عملکرد محصول در ۱۷۶ مزرعه از مزارع استان‌های فارس، جنوب‌کرمان، هرمزگان، بوشهر، خراسان‌رضوی، قزوین، خوزستان، گلستان، زنجان، همدان و سمنان در فصل زراعی (۹۸-۱۳۹۷) اندازه‌گیری شد. مقادیر اندازه‌گیری شده با نیاز خالص آبیاری حاصل از روش فائو پن‌من-مانتیث با استفاده از داده‌های هواشناسی و همچنین با مقادیر سند ملی آب مقایسه شدند. تاثیر روش آبیاری قطره‌ای نواری بر حجم آب کاربردی، راندمان کاربرد و بهره‌وری فیزیکی آب در مناطق مورد مطالعه نیز بررسی شد. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که حجم آب کاربردی و بهره‌وری آب در قطب‌های تولید گوجه‌فرنگی در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری دارند. میانگین وزنی حجم آب کاربردی در مناطق مورد مطالعه ۷۷۲۹ مترمکعب بر هکتار بود. بهره‌وری آب در مناطق تولید از ۴/۳۳ تا ۹/۵۲ کیلوگرم بر مترمکعب و متوسط آن ۷/۳۹ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. میانگین نیاز خالص آبیاری و راندمان کاربرد آب در مزارع مورد مطالعه به‌ترتیب ۶۷۴ میلی‌متر و ۷۸ درصد برآورد شد. کاربرد آبیاری قطره‌ای نواری، در مقایسه با روش آبیاری سطحی، نقش موثری در افزایش شاخص‌های مدیریت مصرف آب داشته‌است. آبیاری قطره‌ای نواری ۲۵ درصد در کاهش آب کاربردی، ۱۰ درصد در افزایش راندمان کاربرد آب در مزرعه و ۱۶ درصد در ارتقای بهره‌وری آب (آب آبیاری و بارندگی موثر) موثر بوده است.

واژه‌های کلیدی

بهره‌وری، راندمان کاربرد، آبیاری قطره‌ای نواری، نیاز خالص آبیاری

مقدمه

گوجه‌فرنگی با نام علمی *Lycopersicon esculentum* از خانوادهٔ Solanaceae (بادمجانیان) و از سبزی‌های مهمی است که به لحاظ داشتن لیکوپن و ویتامین‌های A و C نقش مهمی در سلامتی افراد جامعه دارد. امروزه نزدیک به ۷۵۰۰

* نگارنده مسئول: Email: Fariborzabbasi@ymail.com
http://doi: 10.22092/idser.2021.351895.1439

رقم گوجه‌فرنگی در سراسر جهان کشت می‌شود. این رقم‌ها در اندازه، شکل، رنگ و طعم با یکدیگر فرق می‌کنند. گوجه‌فرنگی جزء سبزی‌های فصل گرم است و هوای گرم و رطوبت بالا مناسب رشد و نمو گوجه‌فرنگی است. با این همه، بهترین دما برای رشد و نمو گوجه‌فرنگی بین ۱۸ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد است. در دمای بیشتر از ۴۰ و کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد گرده‌افشانی و لقاح در این گیاه مختل خواهد شد. دورهٔ رشد گیاه در ارقام مختلف گوجه‌فرنگی فرق دارد و در درجه اول بسته به رقم، مقدار دما طی دورهٔ رشد و اندازهٔ ساقهٔ اصلی، بین ۴ تا ۱۱ ماه متفاوت است. نیاز آبی گوجه‌فرنگی، با توجه به گوشتی بودن آن و به دلیل محصول زیادی که تولید می‌کند، نسبتا بالاست (Mazaheri Tehrani *et al*., 2007).

مطالعات در خصوص مناسب‌ترین شیوهٔ آبیاری گوجه‌فرنگی نشان می‌دهد که آبیاری قطره‌ای نواری و قطره‌ای زیرسطحی در مقایسه با روش‌های جویچه‌ای و آبیاری بارانی باعث بهبود توزیع رطوبت، افزایش عملکرد و بهره‌وری آب می‌شوند. ضمن آنکه آبیاری قطره‌ای موجب افزایش کمی و کیفی گوجه‌فرنگی نیز می‌شود (Hall, 1974; Lin *et al*., 1983). در خصوص اندازه‌گیری حجم آب کاربردی گوجه‌فرنگی در شرایط مدیریت بهره‌بردار مطالعات اندک است، آنچه گزارش شده نیز موردی است و به صورت مطالعات گسترده و ملی نبوده است. در ادامه به برخی گزارش‌های پراکنده‌ای اشاره می‌شود که در زمینهٔ کشت گوجه‌فرنگی در برخی از مناطق کشور منتشر شده است.

باغانی و بیات (Baghani & Bayat, 1999) با مقایسهٔ دو روش آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای گوجه‌فرنگی در خراسان‌رضوی، بیشترین عملکرد را در آبیاری قطره‌ای با آبیاری کامل گزارش داده‌اند. سلطانی و همکاران (Soltani *et al*., 2010) در مطالعه‌ای نشان دادند که هر مترمکعب آب کاربردی برای گوجه‌فرنگی، گندم، جو، ذرت و چغندرقند به ترتیب ۲۳۴۵، ۷۴۰، ۳۹۶، ۳۴۸ و ۸۳ ریال ارزش خالص به‌همراه دارد. بنابراین بهره‌وری اقتصادی گوجه‌فرنگی در میان محصولات یادشده بیشترین است. باغانی (Baghani, 2007) در تحقیقات خود در دشت‌های مشهد و فریمان، میانگین آب کاربردی در مزارع گوجه‌فرنگی‌ای که پیشتر به روش جویچه‌ای آبیاری می‌شدند، ۱۶۷۰۰ مترمکعب بر هکتار با میانگین عملکرد ۶۹/۷ تن در هکتار و بهره‌وری آب آبیاری ۴/۲ کیلوگرم بر مترمکعب و با آبیاری قطره‌ای ۱۰۱۱۳ مترمکعب با عملکرد ۸۳/۴ تن بر هکتار و بهره‌وری آب آبیاری ۸/۲ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش کرده‌است. خرمیان (Khorramian, 2013) در مطالعه‌ای، مقدار آب کاربردی گوجه‌فرنگی در شهرستان دزفول را در کشت پاییزه در دو روش آبیاری قطره‌ای و سطحی، به‌ترتیب ۶۲۰۰ و ۹۷۰۰ مترمکعب بر هکتار اندازه‌گیری و بهره‌وری فیزیکی آب را در دو روش قطره‌ای و سطحی به‌ترتیب ۸/۷ و ۴/۴ کیلوگرم بر مترمکعب اندازه‌گیری کرده است. مقدار آب کاربردی گوجه‌فرنگی به روش جویچه‌ای در شهرستان‌های مرودشت، پاسارگاد و ممسنی استان فارس به‌ترتیب معادل ۲۳۰۰۰، ۱۶۰۰۰ و ۲۴۰۰۰ مترمکعب بر هکتار اندازه‌گیری شده که این میزان بیش از ۲ تا ۳ برابر نیاز خالص آبی این محصول در مناطق یادشده است (Shahrokhnia *et al*., 2016). شاهرخ‌نیا و همکاران (Shahrokhnia *et al*., 2016) در یک مزرعه با آبیاری قطره‌ای در مرودشت استان فارس با مدیریت زارع، حجم آب کاربردی گوجه‌فرنگی را ۵۵۰۸ مترمکعب بر هکتار و

عملکرد آن را ۶۸/۹ تن بر هکتار گزارش کرده‌اند. این محققان نشان دادند که با تامین ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز خالص آبی گوجه‌فرنگی امکان تولید گوجه‌فرنگی با عملکرد و بهره‌وری آب مناسب وجود دارد.

ساعی (Saei, 2011) در مطالعات خود در جیرفت نشان داد در صورت تامین ۱۰۰ درصد نیاز خالص آبی گوجه‌فرنگی با آبیاری قطره‌ای، این روش در مقایسه با آبیاری سطحی دارای توجیه اقتصادی است. شاهرخ‌نیا و رحیمی (Shahrokhnia & Rahimi, 2017) با بررسی اقتصادی کم‌آبیاری ارقام گوجه‌فرنگی در کشت نشایی در استان فارس نشان دادند که با افزایش میزان آب آبیاری، عملکرد افزایش و کارایی مصرف آب کاهش می‌یابد. حجم آب آبیاری مورد استفاده در تیمارهای مختلف حدود ۳۹۰۰ تا ۷۸۰۰ مترمکعب بر هکتار بوده‌است. بررسی‌های اقتصادی این محققان نشان می‌دهد نسبت درآمد به هزینه بین ۰/۶۸ تا ۰/۷۸ متغیر و کشت گوجه‌فرنگی اقتصادی نیست، قیمت آب تاثیر زیادی بر نسبت درآمد به هزینه ندارد ولی با افزایش قیمت فروش، تولید محصول می‌تواند اقتصادی شود. در حالی‌که در برخی پژوهش‌های اقتصادی، مزیت نسبی و توسعهٔ کشت گوجه‌فرنگی در استان فارس تایید شده است (Najafi Alamdarloo *et al.*, 2008). خزایی و همکاران (Khazaei *et al.*, 2016) بهره‌وری کل عوامل تولید گوجه‌فرنگی در سال‌های ۸۶-۱۳۷۹ را در استان‌های آذربایجان‌شرقی، بوشهر، کرمان، خوزستان و فارس بررسی کردند و نشان دادند که بهره‌وری کل عوامل تولید گوجه‌فرنگی در استان‌های بوشهر و کرمان سیر صعودی و در سایر استان‌های مورد مطالعه سیر نزولی دارد.

پور محمد و همکاران (Pourmohamad *et al.*, 2017) بهره‌وری آب را در تولید محصولات عمدهٔ دشت نیشابور برآورد و بهینه‌سازی سطح زیرکشت محصولات را با استفاده از برنامه‌ریزی خطی بررسی کردند و نشان دادند که ذرت با بیشترین بهره‌وری اقتصادی، معادل ۹۷ سنت بر مترمکعب آب در سطح حوضه، باصرفه‌ترین محصول است و گوجه‌فرنگی با بهره‌وری شش سنت بر مترمکعب آب کمترین بهره‌وری اقتصادی را دارد و نامناسب‌ترین محصول است. گندم و جو نیز با متوسط بهره‌وری ۴۱ سنت بر مترمکعب در مقیاس حوضه در رتبه دوم قرار دارند. محقق‌زاده و کریمی (Mohagheghzadeh & Karami, 2018) عوامل اثرگذار بر مصرف آب بهینه را در آبیاری قطره‌ای-نواری در کشت گوجه‌فرنگی بررسی کردند و نشان دادند که آبیاری بهینه با عملکرد، بهره‌وری آب، هزینهٔ تولید، میزان علف‌های هرز و بیماری‌های مزرعه رابطهٔ معنی‌داری دارد. افزایش بهره‌وری آب تنها با توسعه و بهبود ابعاد فنی سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار امکان‌پذیر نیست بلکه توجه به ابعاد اجتماعی آنها هم مهم است. از این رو برنامه‌های بهینه‌سازی استفاده از روش‌های آبیاری تحت‌فشار باید بر نگرش، رفتار و کنترل کننده‌های رفتاری بهره‌برداران متمرکز گردد. قدمی و همکاران (Ghadami *et al.*, 2020) متوسط حجم آب کاربردی در چند مزرعهٔ گوجه‌فرنگی در استان همدان را که به روش قطره‌ای نواری آبیاری می‌شدند ۱۰۲۵۵ مترمکعب بر هکتار و بهره‌وری آب آبیاری آنها را ۷/۲ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش داده‌اند. این پژوهشگران همچنین بازده اقتصادی آبیاری قطره‌ای نواری را در مزارع گوجه‌فرنگی توجیه‌پذیر و میانگین نسبت سود به هزینه را ۷/۸ محاسبه کردند.

در خصوص مقایسهٔ روش‌های مختلف آبیاری گوجه‌فرنگی و آنالیزهای اقتصادی، برخی منابع خارجی هم در دسترس هستند. شریواستاوا و همکاران (Shrivastava *et al.*, 1994) آبیاری قطره‌ای را با آبیاری جویچه‌ای در گوجه‌فرنگی مقایسه کردند و نشان دادند که روش آبیاری قطره‌ای، نسبت به آبیاری جویچه‌ای، برای به‌دست آوردن عملکردی مساوی، (۵۱ تن بر هکتار)، ۴۴ درصد آب کمتر مصرف می‌شود. هانسن و می (Hanson & May, 2004) عملکرد گوجه‌فرنگی در روش‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی در خاک‌های با بافت سنگین و شور در کالیفرنیا را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که میزان عملکرد در روش آبیاری قطره‌ای ۱۲ تا ۲۲ تن بر هکتار بیشتر است تا در روش آبیاری بارانی. تفاوت درآمد این دو روش بین ۸۰۰ تا ۱۵۰۰ دلار در هکتار برآورد شده است. بیسواس و همکاران (Biswas *et al.*, 2015) اثر متقابل آبیاری قطره‌ای و مالچ را بر عملکرد، بهره‌وری آب و بازده اقتصادی گوجه‌فرنگی بررسی کردند و نقش برجستهٔ آبیاری قطره‌ای با مالچ را در افزایش تولید و کاهش مصرف آب در کشت گوجه‌فرنگی نشان دادند. اواید و همکاران (Ewaid *et al.*, 2019) با برآورد آب مورد نیاز چند گیاه شامل گندم، جو، ذرت و گوجه‌فرنگی از طریق مدل کراپ وات و رابطهٔ فائو پنمن- مانتیث برای جنوب کشور عراق، نیاز خالص گوجه‌فرنگی را ۱۱۸۰ میلی‌متر گزارش کردند.

در مجموع، براساس بررسی‌های محققان در داخل و خارج از کشور، حجم آب کاربردی و بهره‌وری آب گوجه‌فرنگی در مطالعات مختلف متغیر و تابع شرایط زمانی و مکانی تحقیق است. مطالعهٔ جامع و همزمان برای تعیین حجم آب کاربردی (حجم آب داده شده به مزرعه توسط بهره‌بردار) و بهره‌وری آب گوجه‌فرنگی در کشور تاکنون در منابع گزارش نشده است، تعیین این حجم آب کاربردی یکی از هدف‌های این مقاله است. از طرفی، شاخص‌های مدیریت مصرف آب در تولید محصولات زراعی و باغی مختلف در کشور، از فراسنج‌ها و شاخص‌های کلیدی در برنامه‌ریزی‌های کلان تأمین، تخصیص و مصرف اصولی از آب در بخش کشاورزی است. توسعهٔ سامانه‌های نوین آبیاری نیز یکی از برنامه‌های اصلی بخش کشاورزی در چند دههٔ گذشته است که ارزیابی نقش این سامانه‌ها در افزایش شاخص‌های مدیریت مصرف آب آبیاری می‌تواند نقش مهمی در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های آیندهٔ کشور داشته باشد. این تحقیق با هدف تعیین شاخص‌های مدیریت مصرف آب (حجم آب کاربردی، راندمان کاربرد آب آبیاری و بهره‌وری آب) در تولید گوجه‌فرنگی در کشور و ارزیابی تاثیر سامانه‌های نوین آبیاری بر این شاخص‌ها اجرا شده‌است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌صورت گسترده در سطح ملی و در بیش از ۷۵ درصد قطب‌های تولید گوجه‌فرنگی در کشور اجرا شد. براساس آمارنامهٔ سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ سطح زیرکشت و میزان تولید گوجه‌فرنگی در کشور به‌ترتیب ۱۲۷۹۸۵ هکتار و ۵/۶۸ میلیون تن است. در جدول ۱ مناطق عمده تولید این محصول، سطح زیرکشت، میانگین عملکرد و کل تولید گوجه‌فرنگی در کشور ارائه شده است (Ahmadi *et al.*, 2019). استان فارس (۱۳/۳ درصد)، جنوب‌کرمان (۱۰/۵ درصد)، هرمزگان (۱۰ درصد)، بوشهر (۹/۷ درصد)، خراسان‌رضوی (۹/۴ درصد)، خوزستان (۷/۴ درصد)، قزوین (۵/۶ درصد)، زنجان (۴/۲ درصد)،

گلستان (۳/۸ درصد) و همدان (۱/۴ درصد) بیشترین سطح زیرکشت و تولید گوجه‌فرنگی را در کشور داشته‌اند. این استان‌ها بیش از ۷۵ درصد سطح زیرکشت گوجه‌فرنگی را در کشور شامل می‌شوند. تعداد مزارع مورد مطالعه در هر استان، متناسب با سطح زیرکشت گوجه‌فرنگی در آن استان انتخاب شد. علاوه بر تفاوت در اقلیم و بافت خاک در مناطق مختلف، زمان کاشت و مدیریت زراعی نیز در منطقهٔ تولید متفاوت است. برای مثال، در برخی مناطق کشت گوجه‌فرنگی پاییزه و در برخی مناطق بهاره است. در برخی مناطق روش کشت تونلی (برای جلوگیری از سرما) و در سایر مناطق با استفاده از مالچ پلاستیکی برای کاهش تبخیر مرسوم است. در انتخاب مناطق و مزارع مورد مطالعه سعی شد که همه این شرایط لحاظ شود.

علاوه‌بر آن، در هر یک از مناطق مورد مطالعه، مزارع طوری انتخاب شوند که بافت‌های مختلف خاک، ارقام مختلف گوجه‌فرنگی، روش‌های آبیاری و کاشت (بذری و نشایی)، شوری‌های آب و خاک متنوع در میان مزارع انتخابی و بهره‌برداران پیشرو و معمولی وجود داشته باشد.

جدول ۱- سطح زیرکشت، تولید و میانگین عملکرد در قطب‌های تولید گوجه‌فرنگی در کشور*

Table 1. Cultivated area, production and average yield in tomato production hubs in Iran*

استان Province	سطح زیرکشت Cultivated area (ha)	میانگین عملکرد Yield (kg/ha)	کل تولید Production (ton)
فارس	۱۷۰۰۴	۵۵۹۵۰	۹۵۱۳۶۹
جنوب‌کرمان	۱۳۳۸۱	۳۴۴۹۵	۴۶۱۵۷۶
هرمزگان	۱۲۹۱۷	۳۸۵۴۲	۴۹۷۸۶۲
بوشهر	۱۲۴۴۶	۵۲۸۲۴	۶۵۷۴۷۳
خراسان‌رضوی	۱۲۰۶۲	۴۳۰۰۰	۵۱۸۶۷۱
خوزستان	۹۴۱۴	۳۸۷۱۴	۳۶۴۴۴۴
قزوین	۷۱۰۵	۵۴۶۹۸	۳۸۸۶۲۶
کرمانشاه	۵۶۵۰	۵۱۰۰۰	۲۸۸۱۲۵
زنجان	۵۳۲۸	۵۱۴۷۵	۲۷۴۲۳۳
گلستان	۴۸۳۷	۴۳۹۰۹	۲۱۲۳۸۳
همدان	۱۷۴۸	۴۲۵۸۷	۷۴۴۵۵
سمنان	۹۱۷	۳۱۷۰۰	۲۹۰۶۵
جمع کل/میانگین	۱۲۷۹۸۵	۴۴۲۷۹	۵۶۶۷۰۱۱

* (Ahmadi *et al*. 2019)

در جدول ۲، شهرستان‌های مورد مطالعه در هر استان و تعداد مزارع انتخابی هر استان ارائه شده‌است. مزارع مورد مطالعه با هماهنگی مراکز خدمات و مدیریت‌های جهاد کشاورزی مناطق مورد مطالعه طوری انتخاب شدند که اغلب شرایط از جمله بافت خاک و مدیریت‌های مختلف، شوری آب و خاک مختلف، روش‌های آبیاری متنوع و غیره را پوشش دهند. شاخص‌های موردنظر از جمله آب کاربردی،

بدون دخالت در برنامهٔ آبیاری و تحت مدیریت کشاورزان اندازه‌گیری شدند.

حجم آب داده شده توسط کشاورزان با توجه به نوع منبع آبی و روش آبیاری، با فلوم WSC، کنتور حجمی و یا دستگاه اولتراسونیک (مدل *UFL01-P*) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری حجم آب کاربردی در طول یک فصل زراعی کامل پایش شد.

جدول ۲- شهرستان‌های مورد مطالعه و تعداد مزارع انتخابی در استان‌های مختلف

Table 2. The cities and the number of selected farms in different provinces

استان	شهرستان‌های مورد مطالعه	تعداد مزارع انتخابی
فارس	کازرون، مرودشت و سپیدان	۲۳
ج.کرمان	رودبار جنوب، کهنوج و عنبرآباد	۲۱
هرمزگان	میناب و جاسک	۱۲
بوشهر	آبدان، بردخون، کاکی، برازجان	۲۴
خ.رضوی	مشهد، چناران و تربت‌جام	۳۱
قزوین	قزوین و تاکستان	۱۶
خوزستان	دزفول، اندیمشک، شوش و گتوند	۱۶
گلستان	رامیان	۸
زنجان	زنجان و ابهر	۱۷
همدان	اسدآباد و نهاوند	۸
سمنان	شاهرود، میامی و بسطام	۹

روش آبیاری اغلب مزارع گوجه‌فرنگی در کشور قطره‌ای نواری (تیپ) است. در مزارع مورد مطالعه، آبیاری ۸۳/۸ درصد به‌روش قطره‌ای نواری (تیپ) و سایر مزارع به روش جویچه‌ای است. در برخی مناطق مورد مطالعه از جمله بوشهر، هرمزگان، زنجان، قزوین، همدان و جنوب کرمان، مزارع آبیاری سطحی گوجه‌فرنگی برای اندازه‌گیری آب کاربردی یافت نشد. ازاین‌رو، در این مناطق روش آبیاری همهٔ مزارع منتخب تیپ بود. مزارع مورد مطالعه طوری انتخاب شدند که ارقام مختلف گوجه‌فرنگی (داخلی و خارجی) را پوشش دهند. از نظر سطح سواد بهره‌برداران نیز مزارع مورد مطالعه دارای بهره‌برداران با سطوح مختلف سواد بودند. حدود ۱۸ درصد از بهره‌برداران مورد مطالعه دارای سطح تحصیلات ابتدایی، ۲۰ درصد راهنمایی، ۴۱ درصد دیپلم و ۲۱ درصد دارای تحصیلات دانشگاهی بودند. سطح زیرکشت مزارع کمتر از یک هکتار تا حدود ۴۰ هکتار متغیر و متوسط آنها ۴/۸ هکتار است. ولی سطح زیرکشت اغلب مزارع مورد مطالعه (حدود ۴۵ درصد) بین ۲ تا ۵ هکتار است. شوری آب آبیاری در مزارع مورد مطالعه به‌طور عمده کمتر از ۲ دسی‌زیمنس بر متر ارزیابی شده که کمتر از حد آستانهٔ تحمل به شوری گوجه‌فرنگی است (Maas & Haffman, 1997). شوری آب آبیاری در برخی از مزارع (حدود ۱۲ درصد) نیز بیشتر از ۳ دسی زیمنس بر متر محاسبه شده است. شوری خاک در ۷۵ درصد از مزارع مورد مطالعه کمتر از ۳ دسی‌زیمنس بر متر و در سایر مزارع بیشتر از ۳ دسی‌زیمنس بر متر است. در جدول ۳، میانگین و انحراف معیار برخی پارامترهای اندازه‌گیری شده در

مـزارع مـورد مطالعـه آورده شـده اسـت. شـوری آب آبیـاری و شـوری عصـارهٔ اشـباع خـاک در مـزارع اسـتان هرمزگـان و بوشـهر بیشـتر از سـایر مـزارع بـود. بـارش موثر در مـزارع کشـت پـاییزه (جنـوب کرمـان، هرمزگـان، بوشـهر و خوزسـتان) بیشـتر بـود تـا درمـزارع کشـت بهاره.

جدول ۳- محدودهٔ تغییرات برخی پارامترهای اندازه‌گیری شده در مزارع مورد مطالعه

Table 3. Range of changes in some parameters measured in the tomato farms

استان Province	شوری آب آبیاری Irrig. water qual. (dS/m)	شوری خاک Soil EC (dS/m)	سطح مزارع Farm area (ha)	طول دورهٔ رشد Crop growth period (days)	متوسط عمق آب آبیاری Irrig. depth (mm)	کل بارش در دوره رشد Rainfall (mm)	بارش مؤثر در دوره رشد Effective Rainfall (mm)
فارس Fars	0.75±0.14	1.52±0.49	2.50±1.71	138±15	21.0±10.0	68.2±53.4	39.9±35.6
ج.کرمان J.Kerman	1.42±0.81	1.68±0.69	2.70±2.54	156±14	14.0±5.5	222.0±0.0	166.5±0.0
هرمزگان Hormozgan	2.47±1.57	5.37±2.46	5.50±3.50	130±32	8.9±6.4	425.5±3.6	140.4±17.2
بوشهر Bushehr	3.18±0.78	5.77±1.73	3.02±2.13	162±21	6.2±1.7	358.1±21.6	268.6±16.2
خ.رضوی Kh.Razavi	1.62±1.42	1.08±0.95	8.52±7.99	130±16	50.7±18.2	40.6±28.8	30.4±21.6
قزوین Qazvin	1.47±0.28	1.39±0.91	7.92±10.17	159±13	23.5±25.6	9.5±14.9	7.6±11.9
خوزستان Khouzestan	1.28±0.83	2.08±1.22	3.50±4.95	153±17	16.6±10.5	622.0±0.0	214.0±49.0
گلستان Golestan	1.59±0.59	1.05±0.42	1.09±0.46	133±19	36.0±16.9	211.0±0.0	141.0±0.0
زنجان Zanjan	1.02±0.64	1.58±1.16	4.18±3.08	152±27	20.8±10.6	24.5±17.3	18.4±12.9
همدان Hamedan	0.67±0.16	0.74±0.19	1.85±1.00	149±22	31.4±20.3	110.5±122.0	55.3±61.0
سمنان Semnan	0.92±0.16	1.52±0.29	3.22±1.54	148±22	21.0±13.4	18.6±1.7	8.4±1.2
کل Total	1.47±2.10	2.34±2.04	4.45±5.49	146±22	23.5±19.6	186.2±193.6	102.7±96.3

بارنـدگی مـؤثر بـه روش *SCS* بـرآورد شـد (*SCS*, 1972). نیـاز آبـی گیـاه مرجـع بـه روش فـائو پـن‌مـن- مانتیـث و بـا اسـتفاده از داده‌هـای ۱۰ سـال اخیـر بـرای منطقـهٔ مـوردنظر از نزدیـک‌تـرین ایسـتگاه هواشناسـی بـرآورد گردیـد. نیـاز آبـی گیـاه مرجـع بـا اعمـال ضـریب گیـاهی در مراحـل رشـد گیـاه (Allen *et al.*, 1998) بـه نیـاز آبـی خـالص گیـاه تبـدیل شـد. عملکـرد محصـول در پایـان فصـل زراعـی نیـز انـدازه‌گیـری و بهـره‌وری آب (آبیـاری و بـارش مـوثر) در هر یـک از منـاطق و اسـتان‌هـای مـورد مطالعـه بـرآورد و

مقایسه شد. با توجه به نوسان عملکرد در سال‌های زراعی مختلف، علاوه بر عملکرد در سال تحقیق (سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷)، عملکرد مزارع مورد مطالعه در سال زراعی قبل از سال تحقیق (سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶) نیز جمع‌آوری و متوسط عملکرد دو سال در تحلیل‌ها استفاده شد. برای تعیین متوسط حجم آب کاربردی و عملکرد محصول در استان‌های مورد مطالعه، از میانگین وزنی (نسبت به سطح زیرکشت) و برای محاسبهٔ متوسط بهره‌وری آب از میانگین وزنی (نسبت به حجم آب کاربردی) استفاده شد (Nazari, 2018). برای مقایسهٔ میانگین و تشخیص گروه‌های همگن، از روش ۹۵ درصد *LSD* استفاده گردید. گروه‌های همگن در یک خوشه قرار داده شدند. کفایت نمونه‌های اندازه‌گیری شده (حجم آب آبیاری و عملکرد محصول) از رابطهٔ زیر بررسی شد (Sarmad *et al*., 2001).

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

که در آن،

n = تعداد اندازه‌گیری‌های لازم برای تحلیل واریانس شاخص‌های مورد مطالعه؛ z = سطح اعتماد (برای سطح اعتماد ۹۵ درصد، مقدار آن ۱/۹۶ در نظر گرفته شد)؛ σ^2 = واریانس جمعیت؛ μ = میانگین جامعه؛ و $\bar{x}$ = میانگین اندازه‌گیری‌ها.

از رابطهٔ ۱ برای بررسی کفایت نمونه‌ها در دو سطح کشوری (کل نمونه‌ها) و استانی استفاده شد. تفاوت بین میانگین در جامعهٔ واقعی و میانگین نمونه‌ها ($\bar{x}-\mu$) در مقیاس کشوری و استانی به‌ترتیب ۱۰ و ۲۰ درصد در نظر گرفته شد.

شاخص بهره‌وری آب از رابطهٔ زیر تعیین شد (Molden *et al*., 1998):

$$WP = \frac{CY}{CW} \qquad (۲)$$

که در آن،

WP = بهره‌وری فیزیکی آب (کیلوگرم بر مترمکعب آب)؛ CY = عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)؛ و CW = مجموع حجم آب داده شده و بارندگی مؤثر در تولید گوجه‌فرنگی (مترمکعب بر هکتار).

راندمان کاربرد آب در مزرعه با استفاده از نسبت نیاز خالص آبیاری به حجم آب داده شده، برآورد شد (FAO, 2020; Zhou *et al*., 2021). این روش متوسطی از شاخص راندمان کاربرد آب را در کل فصل زراعی ارائه می‌دهد. برای بررسی تغییرات شاخص‌های مورد مطالعه در مناطق مختلف از تحلیل واریانس استفاده شد.

نتایج و بحث

کفایت کمیت‌های اندازه‌گیری شده (حجم آب آبیاری و عملکرد گوجه‌فرنگی) برای کل داده‌ها در جدول ۴ ارائه شده است. شاخص‌های آماری کمیت‌های اندازه‌گیری شده شامل میانگین، انحراف معیار و تعداد داده‌های لازم محاسبه و با تعداد داده‌های اندازه‌گیری‌شده برای حجم آب مصرفی و عملکرد گوجه‌فرنگی مقایسه شد. تعداد اندازه‌گیری‌های حجم آب مصرفی و عملکرد در مزارع گوجه فرنگی برابر ۱۷۶، و حدود سه برابر تعداد اندازه‌گیری‌های لازم بود (جدول ۴). بنابراین کفایت داده‌ها برای تحلیل آماری این کمیت‌ها قابل اعتماد و محرز است. کفایت داده‌ها در مقیاس استانی نیز مورد تایید قرار گرفت که برای جلوگیری از طولانی شدن مقاله، از ارائه جزئیات کفایت استانی داده‌ها خودداری شده است.

جدول ۴- شاخص‌های آماری کفایت اندازه‌گیری‌ها در مزارع تولید گوجه‌فرنگی

Table 4. Statistical indicators of adequacy of measurements in tomato production farms

شاخص آماری Statistical index	حجم آب کاربردی* Applied water	عملکرد گوجه‌فرنگی* Yield
میانگین	۸۰۹۴	۶۱/۴
انحراف معیار	۳۴۰۸	۲۵
تعداد اندازه‌گیری لازم	۶۸	۶۲
تعداد اندازه‌گیری انجام‌شده	۱۷۶	۱۷۶

*حجم آب کاربردی بر حسب مترمکعب بر هکتار و عملکرد گوجه‌فرنگی بر حسب تن بر هکتار است.

برای بررسی تغییرات میانگین حجم آب کاربردی، عملکرد و بهره‌وری آب (آب آبیاری و بارش موثر) در تولید گوجه‌فرنگی در استان‌های مورد مطالعه، از تحلیل واریانس استفاده شد (جدول ۵). تفاوت میانگین حجم آب کاربردی، عملکرد و بهره‌وری آب در استان‌های منتخب در سطح احتمال کمتر از یک درصد معنی‌دار است.

جدول ۵- تحلیل واریانس حجم آب کاربردی، عملکرد و بهره‌وری آب در تولید گوجه‌فرنگی در استان‌های منتخب

Table 5. Analysis of variance of applied water, yield and water productivity in tomato production in selected provinces

منبع تغییرات Source of variations	مجموع مربعات Sum of squares	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Average of squares	مقدار *F* *F value*	مقدار *P* *P value*
تحلیل واریانس حجم آب کاربردی Analysis of variance of applied water					
بین استان‌ها	۱/۴۱×۱۰^{۹}	۱۰	۱/۴۱×۱۰^{۸}	۳۷/۱	کمتر از یک درصد
درون استان‌ها	۶/۲۶×۱۰^{۸}	۱۶۵	۳/۷۹×۱۰^{۶}		
کل کشور	۲/۰۳×۱۰^{۹}	۱۷۵			
تحلیل واریانس عملکرد Analysis of variance of yield					
بین استان‌ها	۵۷۴۰۲	۱۰	۵۷۴۰	۱۹/۲	کمتر از یک درصد
درون استان‌ها	۴۹۴۴۶	۱۶۵	۳۰۰		
کل کشور	۱۰۶۸۴۸	۱۷۵			
تحلیل واریانس بهره‌وری آب Analysis of variance of water productivity					
بین استان‌ها	۴۵۳	۱۰	۴۳	۷/۴	کمتر از یک درصد
درون استان‌ها	۹۷۶	۱۵۹	۶		
کل کشور	۱۴۲۹	۱۶۹			

میانگین حجم آب مصرفی گوجه‌فرنگی در استان‌های منتخب در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شد (جدول ۶). بر مبنای میانگین حجم آب مصرفی، می‌توان استان‌های کشور را به چهار خوشهٔ اصلی تقسیم کرد. در خوشهٔ اول استان‌های گلستان و بوشهر قرار دارند که حجم آب کاربردی در آنها کمترین‌است. در خوشهٔ دوم جنوب کرمان، استان‌های خوزستان و هرمزگان، در خوشهٔ سوم

استان‌های سمنان و زنجان و در خوشهٔ چهارم استان‌های فارس، همدان، قزوین و خراسان‌رضوی هستند با بیشترین حجم آب کاربردی (جدول ۶). در گلستان به دلیل بارندگی بیشتر در فصل زراعی گوجه‌فرنگی و در بوشهر به سبب کشت پاییزه و استفاده از بارش‌های پاییزه به عنوان جبران بخشی از نیاز آبی، آب کمتری از طریق آبیاری به مزارع داده شده‌است. سهم بارش موثر در تامین نیاز کل آبی گوجه‌فرنگی در استان‌های گلستان و بوشهر در سال تحقیق به‌ترتیب ۲۸ و ۳۷ درصد بوده است. به‌طور مشابه، این استدلال برای استان‌های خوشهٔ دوم (جنوب‌کرمان، خوزستان و هرمزگان) هم صادق است. سایر استان‌ها به دلیل کشت بهاره و کمبود یا نبود بارش موثر در دورهٔ رشد گوجه‌فرنگی، آب بیشتری از طریق آبیاری به مزارع داده شده‌است. بیشترین حجم آب کاربردی در مزارع مورد مطالعه در استان‌های خراسان‌رضوی و قزوین، با بیش از ۱۱۰۰۰ مترمکعب، اندازه‌گیری شد که با اندازه‌گیری‌های میدانی سایر مطالعات همخوانی دارد (Baghani, 2007). در مجموع، حجم آب داده شده به مزارع گوجه‌فرنگی کمتر از مقادیر مطرح شده در پیش‌بینی‌های کارشناسی است. استفاده از کشت تونلی (مالچ پلاستیکی) و توسعهٔ آبیاری قطره‌ای نواری در مزارع گوجه‌فرنگی از دلایل اصلی کاهش مصرف آب است و با نتایج پژوهش‌های قبلی هم سازگاری دارد (Bogle *et al.*, 1989; Neerai *et al.*, 2000, Jolaini, 2011, Biswas *et al.*, 2015).

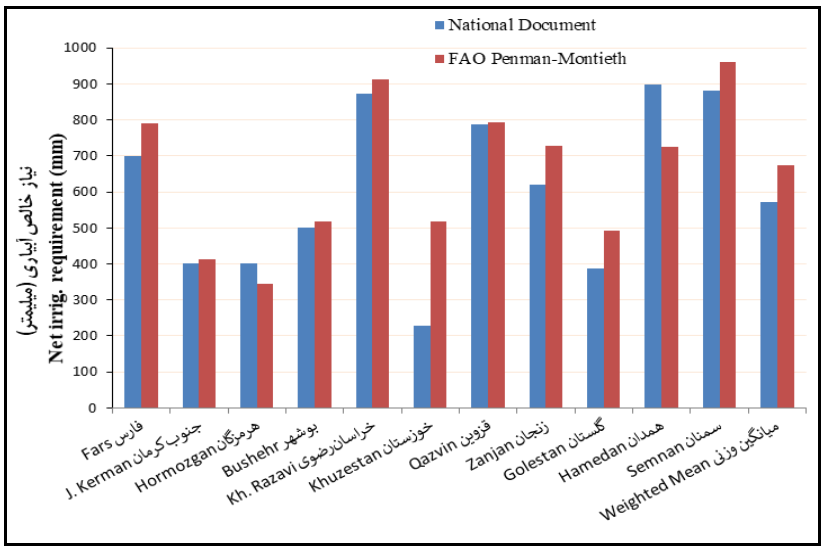
جدول ۶- میانگین حجم آب کاربردی گوجه‌فرنگی در استان‌های منتخب

Table 6. Average of tomato applied water in selected provinces

خوشه Cluster	استان Provinces	حجم آب کاربردی (m^3/ha) Applied water	رتبه مقایسه‌ای Comparative rank
۱	گلستان	۳۷۵۲	*a*
	بوشهر	۴۶۴۸	*ab*
۲	جنوب کرمان	۵۱۰۹	*abc*
	خوزستان	۵۵۴۶	*bc*
	هرمزگان	۶۱۵۷	*c*
۳	سمنان	۸۳۵۷	*d*
	زنجان	۸۸۷۷	*de*
۴	فارس	۱۰۰۱۸	*ef*
	همدان	۱۰۲۵۵	*efg*
	قزوین	۱۱۱۲۹	*fg*
	خراسان‌رضوی	۱۱۷۱۴	*g*
استان‌های منتخب (میانگین وزنی)		۷۷۲۹	

در شکل ۱ نیاز خالص آبیاری حاصل از داده‌های هواشناسی ۱۰ سال اخیر به روش فائو پنمن-مانتیث و سند ملی آب (NETWAT)، در استان‌های مورد مطالعه مقایسه شده است. نتایج دو روش در اغلب استان‌ها مشابه‌اند یا اختلاف اندک دارند. بیشترین تفاوت (حدود دو برابر) در استان خوزستان مشاهده می‌شود. متوسط نیاز آبی خالص سند ملی و محاسباتی به روش فائو پنمن-مانتیث برای شمال استان خوزستان به‌ترتیب ۲۲۷ و ۵۱۷ میلی‌متر است. این مقدار را فرشی و همکاران (Farshi *et al.*, 1997) نیز ۵۵۶ میلی‌متر گزارش داده‌اند. یکی از دلایل اصلی تفاوت نیاز آبی در سند ملی و در داده‌های محاسباتی با روش فائو پنمن-مانتیث، تاریخ کاشت، تغییرات اقلیمی، بارندگی موثر و افزایش دمای هوا در چند دهۀ اخیر است. افزایش دما در سال‌های گذشته علاوه بر تاثیر بر نیاز آبی گیاه موجب تغییر مراحل فنولوژیکی گیاهان (به‌ویژه طول دورۀ رشد) نیز شده است. برای مثال، تاریخ کاشت و برداشت محصول به‌ویژه برای محصولات پاییزه که بارندگی هم در فصل پاییز به‌طور معمول بیشتر است، بر نیاز آبی گیاه خیلی موثر است. در برخی محصولات مثل گوجه‌فرنگی دامنۀ تاریخ‌های کاشت گیاه در مناطق گرم مانند بوشهر و میناب خیلی متنوع و حدود سه ماه است که یکی از عوامل اصلی تغییر نیاز آبی گیاه در مزارع این مناطق است. تاریخ‌های کاشت فعلی برخی مناطق مثل بوشهر با تاریخ‌های کاشت موجود در سند ملی هم خیلی متفاوت است. برای مثال، تاریخ کاشت پیشنهادی سند ملی آب برای گوجه‌فرنگی در بوشهر اسفند ماه و تاریخ برداشت تیر ماه ذکر شده است. در حالی‌که امروزه گوجه‌فرنگی در این استان از اواسط مهر ماه تا اواخر آذر ماه کشت و تا اردیبهشت هم برداشت می‌شود. بدیهی است که بارندگی موثر و تبخیر و تعرق گیاه در این دو بازۀ زمانی نیز متفاوت خواهد بود. نمونۀ دیگر این تغییرات، تاریخ برداشت گوجه‌فرنگی در شمال استان خوزستان است. در سند ملی تاریخ برداشت گوجه‌فرنگی در شمال استان خوزستان دهۀ دوم فروردین ماه قید شده است. در حالی که در مزارع مورد مطالعه در شمال استان خوزستان، تاریخ برداشت گوجه‌فرنگی در سال تحقیق تا اواسط تیر ماه ادامه داشته است. به‌طور مشابه، در استان همدان (اسدآباد) تاریخ کاشت گوجه‌فرنگی در سند ملی آب اوایل اردیبهشت ماه گفته شده است اما در مزارع مورد مطالعه این استان (اسدآباد) تاریخ کاشت گوجه‌فرنگی نیمۀ دوم خرداد ماه ۱۳۹۷ است. همان‌طور که گفته شد، این تفاوت‌ها در تاریخ کاشت، و به تبع آن تاریخ برداشت محصول، موجب تغییر در مقادیر تبخیر و تعرق و همچنین نیاز آبی گیاه می‌شود و یکی از دلایل اصلی اختلاف در مقادیر سند ملی و داده‌های محاسباتی با روش فائو پنمن-مانتیث است. نکتۀ دیگر این است که مقادیر نیاز آبی سند ملی آب بدون لحاظ کردن خاک‌آب است. تغییر ارقام گوجه‌فرنگی و کوتاه شدن دورۀ رشد ارقام جدید نیز یکی از عوامل موثر بر نیاز آبی گیاه و تفاوت در مقادیر نیاز آبی سند ملی و داده‌های محاسباتی است. در مجموع، به‌روز رسانی مقادیر نیاز آبی سند ملی ضرورت دارد.

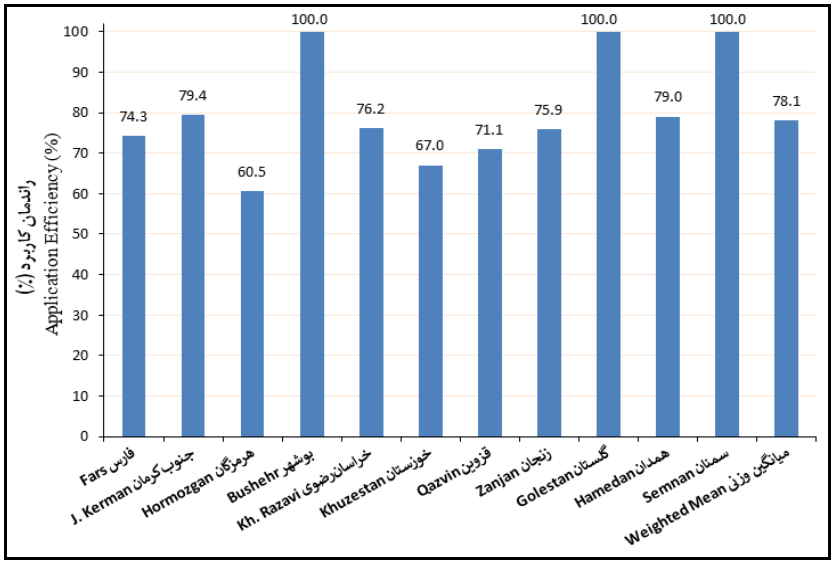
اختلاف میانگین وزنی مقادیر نیاز خالص آبی همه استان‌های مورد مطالعه در سند ملی و محاسباتی با داده‌های ده سال اخیر به‌ترتیب ۵۷۲ و ۶۷۴ میلی‌متر است.



شکل ۱- مقایسهٔ نیاز خالص آبیاری برآورد شده با روش فائو پنمن-مانتیث و سند ملی آب

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

متوسط شاخص راندمان کاربرد آب آبیاری برای مناطق مورد مطالعه در شکل ۲ نشان داده شده است. مقادیر این شاخص برای سه استان بوشهر، گلستان و سمنان به دلیل کم‌آبیاری ۱۰۰ درصد و در سایر مناطق بین ۶۰ تا ۸۰ درصد متغیر است؛ میانگین وزنی همهٔ مناطق مورد مطالعه ۷۸/۱ درصد و بیش از میانگین راندمان کاربرد آب در کشور است. میانگین راندمان کاربرد در روش‌های سطحی، بارانی و قطره‌ای به‌ترتیب ۵۳/۶، ۶۲/۱ و ۷۱/۱ درصد و میانگین کشوری این شاخص ۵۸/۸ درصد گزارش شده است (Abbasi *et al.*, 2020). زیاد بودن میانگین راندمان کاربرد در مناطق مورد مطالعه به دلیل توسعهٔ آبیاری قطره‌ای در مزارع گوجه‌فرنگی و کم‌آبیاری در برخی مناطق است.



شکل ۲- مقایسه راندمان کاربرد آب آبیاری در مزارع گوجه‌فرنگی استان‌های مورد مطالعه

Figure 2. Comparison of tomato irrigation efficiency in the studied provinces

میانگین بهره‌وری آب در استان‌های منتخب در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه گردید (جدول ۷). بر مبنای بهره‌وری آب گوجه‌فرنگی، می‌توان استان‌های کشور را به چند خوشهٔ اصلی تقسیم کرد. در خوشهٔ اول جنوب کرمان و استان خراسان‌رضوی هستند با کمترین بهره‌وری، در خوشهٔ دوم استان‌های همدان، بوشهر، هرمزگان و قزوین، در خوشهٔ سوم استان‌های خوزستان، فارس، گلستان و زنجان، در خوشهٔ چهارم استان سمنان با بیشترین بهره‌وری آب گوجه‌فرنگی قرار دارند. میانگین وزنی بهره‌وری آب گوجه‌فرنگی در استان‌های مورد مطالعه ۷/۳۹ کیلوگرم بر مترمکعب آب است (جدول ۷).

جدول ۷- میانگین بهره‌وری آب در تولید گوجه‌فرنگی در استان‌های منتخب

Table 7. Average of tomato water productivity in selected provinces

خوشه Cluster	استان Provinces	بهره‌وری آب Water (kg/ha) productivity	رتبه مقایسه‌ای Comparative rank
۱	جنوب کرمان	۴/۳۳	*a*
	خراسان‌رضوی	۵/۳۳	*a*
۲	همدان	۶/۰۶	*ab*
	بوشهر	۶/۸۴	*bc*
	هرمزگان	۷/۴۴	*bcd*
	قزوین	۷/۸۹	*bcd*
۳	خوزستان	۸/۲۷	*cd*
	فارس	۸/۵۹	*d*
	گلستان	۸/۶۹	*d*
	زنجان	۸/۸۹	*d*
۴	سمنان	۹/۵۲	*e*
میانگین وزنی		۷/۳۹	

تاثیر روش آبیاری بر شاخص‌های مورد مطالعهٔ گوجه‌فرنگی (حجم آب کاربردی، عملکرد و بهره‌وری آب) در استان‌های مختلف در جدول ۸ ارائه و مقایسه شده است. همان‌طور که پیش از این گفته شد، روش آبیاری مزارع مورد مطالعه حدود ۸۴ درصد قطره‌ای (تیپ) و ۱۶ درصد جویچه‌ای است. در چهار استان (فارس، خراسان‌رضوی، خوزستان و سمنان) از ۱۱ استان مورد مطالعه، مزارع هر دو روش آبیاری قطره‌ای و جویچه‌ای برای ارزیابی وجود داشت. در سایر استان‌های مورد مطالعه، روش آبیاری جویچه‌ای در منطقه وجود نداشت، یعنی روش آبیاری همه مزارع مورد مطالعه فقط آبیاری قطره‌ای بود. در مجموع، همهٔ شاخص‌های مورد مطالعه در مزارع آبیاری قطره‌ای بهتر از شاخص‌های مزارع آبیاری جویچه‌ای هستند. تفاوت حجم آب کاربردی در دو روش آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای (در

چهار استانی که هر دو روش آبیاری قطره‌ای و جویچه‌ای برای ارزیابی وجود دارد) از نظر آماری معنی‌دار است. در هر چهار استان، مزارع آبیاری قطره‌ای حجم آب کمتری نسبت به مزارع آبیاری جویچه‌ای دریافت کرده‌اند (جدول ۸). دامنهٔ حجم آب کاربردی مزارع قطره‌ای از ۲۷۱۹ تا ۱۵۰۰۰ مترمکعب بر هکتار و متوسط وزنی آن ۷۵۳۰ مترمکعب بر هکتار است. حجم آب کاربردی مزارع جویچه‌ای از ۴۷۶۸ تا ۱۶۲۰۰ مترمکعب بر هکتار متغیر و میانگین آن ۹۳۹۷ مترمکعب بر هکتار است. در شرایط مشابه، مزارع گوجه‌فرنگی با آبیاری قطره‌ای حدود ۲۵ درصد نسبت به مزارع آبیاری جویچه‌ای آب کمتر دریافت کرده‌اند. کاهش مصرف آب در آبیاری قطره‌ای، در مقایسه با روش‌های سطحی، در پژوهش‌های متعدد داخلی و خارجی گزارش شده است (Lin *et al*., 1983; Jadhav *et al*., 1990; Shrivastava *et al*., 1994; Baghani, 2007; Khorramian, 2013; Abbasi *et al*., 2020). برای مثال، باغانی (Baghani, 2007) حجم آب کاربردی گوجه‌فرنگی را در مشهد در دو روش جویچه‌ای و قطره‌ای به‌ترتیب ۱۶۷۰۰ و ۱۰۱۱۳ مترمکعب بر هکتار و خرمیان (Khorramian, 2013) این دو را در شهرستان دزفول به‌ترتیب ۹۷۰۰ و ۶۲۰۰ مترمکعب بر هکتار گزارش کرده‌است. در مطالعه‌ای دیگر، عباسی و همکاران (Abbasi *et al*., 2018) نقش شبکه‌های آبیاری مدرن را در ارتقای شاخص‌های مدیریت مصرف آب در تولید ذرت‌علوفه‌ای مثبت ارزیابی کرده‌اند. این محققان با ارزیابی شاخص‌های مدیریت مصرف آب در پایاب شبکه‌های آبیاری مدرن در مقایسه با شبکه‌های سنتی حجم آب کاربردی، بهره‌وری آب و راندمان کاربرد آب در مزارع ذرت‌علوفه‌ای را به‌ترتیب ۲۳ درصد کمتر، ۱۹ درصد بیشتر و ۷ درصد بیشتر گزارش داده‌اند.

میانگین وزنی عملکرد گوجه‌فرنگی برای همهٔ مزارع مورد مطالعه در دو روش آبیاری قطره‌ای و جویچه‌ای به‌ترتیب ۶۲/۱ و ۶۶/۱ تن بر هکتار است (جدول ۸). کاهش عملکرد گوجه‌فرنگی در مزارع با آبیاری قطره‌ای در مقایسه با مزارع با آبیاری جویچه‌ای بیشتر به دلیل کاهش عملکرد گوجه‌فرنگی در مناطق گرم (جنوب‌کرمان، بوشهر و هرمزگان) است که برخی از دلایل آن در بخش‌های پیشین گفته شد. چنانچه عملکرد محصول دو روش آبیاری فقط در استان‌هایی مقایسه شود که مزارع آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای در آنها همزمان ارزیابی شده‌است (استان‌های فارس، خراسان‌رضوی، خوزستان و سمنان)، متوسط عملکرد گوجه‌فرنگی در روش قطره‌ای و جویچه‌ای به‌ترتیب ۷۵/۸ و ۶۶/۱ تن در هکتار خواهد بود و این به معنی افزایش به میزان ۱۵ درصد در عملکرد گوجه‌فرنگی در مزارع مجهز به سامانه قطره‌ای نسبت به مزارع آبیاری جویچه‌ای است. افزایش عملکرد محصول در آبیاری قطره‌ای نسبت به روش‌های آبیاری سطحی در تحقیقات پژوهشگران داخلی و خارجی نیز گزارش شده است (Lin *et al*., 1983; Shrivastava *et al*., 1994; Baghani, 2007; Khorramian, 2013; Zamani *et al*., 2014; Ghadami *et al*., 2020). شاخص عملکرد در دو استان فارس و قزوین بیشتر از شاخص عملکرد درسایر استان‌های مورد مطالعه است. در مطالعه‌ای، مزیت نسبی تولید و صادرات محصول گوجه‌فرنگی بررسی و گزارش شده است که سیاست آزادسازی نرخ ارز تاثیر بسزایی در افزایش مزیت‌نسبی تولید و صادرات گوجه‌فرنگی داشته و توسعهٔ کشت این محصول در

استان فارس توصیه شده است (Najafi Alamdarloo *et al.*, 2008).

بهره‌وری آب در روش‌های آبیاری در استان‌های منتخب نیز مانند دو شاخص دیگر دارای نوسان‌های قابل توجه است (جدول ۸). میانگین وزنی شاخص بهره‌وری آب در استان‌های مورد مطالعه نیز در دو روش آبیاری قطره‌ای و جویچه‌ای به‌ترتیب ۷/۵ و ۶/۸ کیلوگرم بر مترمکعب است (جدول ۸). افزایش بهره‌وری آب در روش‌های نوین آبیاری نسبت به روش‌های آبیاری سطحی در تحقیقات پیشین نیز گزارش شده است (Singh and Singh; 1978; Shrivastava *et al.*, 1994; Baghani, 2007; Saei, 2011; Khorramian, 2013; Zamani *et al.*, 2014; Ghadami *et al.*, 2020).

جدول ۸- مقایسهٔ شاخص‌های مورد مطالعه در روش‌های آبیاری قطره‌ای و جویچه‌ای در استان‌های منتخب

Table 8. Comparison of studied indices in drip and furrow irrigation methods in selected provinces

استان Provinces	حجم آب کاربردی Applied water (m^3/ha)			عملکرد Yield (t/ha)			بهره‌وری آب Water productivity (kg/m^3)		
	قطره‌ای Drip	جویچه‌ای Furrow	میانگین Mean	قطره‌ای Tape	جویچه‌ای Furrow	میانگین Mean	قطره‌ای Tape	جویچه‌ای Furrow	میانگین Mean
فارس Fars	۱۰۷۵۶	۸۳۳۳	۱۰۰۱۸	۸۹/۲	۷۸/۴	۸۶/۱	۸/۵	۸/۷	۸/۶
ج.کرمان J.Kerman	۵۱۰۹	-	۵۱۰۹	۲۸/۶	-	۲۸/۶	۴/۳	-	۴/۳
هرمزگان Hormozgan	۶۱۵۷	-	۶۱۵۷	۵۲/۰	-	۵۲/۰	۷/۴	-	۷/۴
بوشهر Bushehr	۴۶۴۸	-	۴۶۴۸	۴۸/۹	-	۴۸/۹	۶/۸	-	۶/۸
خ.رضوی Kh.Razavi	۱۱۰۱۶	۱۲۹۸۵	۱۱۷۱۴	۶۷/۹	۵۶/۴	۶۴/۲	۶/۱	۴/۴	۵/۳
قزوین Qazvin	۴۶۰۵	۶۶۲۳	۵۵۴۶	۶۱/۰	۵۷/۲	۵۹/۴	۹/۹	۶/۵	۸/۳
خوزستان Khouzestan	۱۱۱۲۹	-	۱۱۱۲۹	۹۱/۴	-	۸۹/۶	۸/۲	-	۷/۹
گلستان Golestan	۸۸۷۷	-	۸۸۷۷	۷۱/۰	-	۷۱/۰	۹/۹	-	۸/۹
زنجان Zanjan	۳۷۵۲	-	۳۷۵۲	۴۲/۹	-	۴۳/۱	۸/۷	-	۸/۷
همدان Hamedan	۱۰۲۵۵	-	۱۰۲۵۵	۶۲/۲	-	۶۲/۲	۶/۱	-	۶/۱
سمنان Semnan	۷۷۷۳	۱۰۴۰۰	۸۳۵۷	۸۲/۶	۵۷/۵	۷۷/۰	۱۰/۶	۵/۸	۹/۵
میانگین (وزنی)	۷۵۳۰	۹۳۹۷	۷۷۲۹	۶۲/۱	۶۶/۱	۶۰/۶	۷/۵	۶/۸	۷/۳۹

نزدیک به ۶۰ درصد مزارع مورد مطالعه در پاییز و ۴۰ درصد در بهار کشت شده بودند. در جدول ۹ شاخص‌های مورد مطالعه در کشت بهاره و پاییزهٔ گوجه‌فرنگی مقایسه شده‌اند. میانگین وزنی

حجم آب کاربردی مزارع گوجه‌فرنگی در مناطق با کشت پاییزه (۵۳۵۶ مترمکعب بر هکتار) به دلیل استفاده از بارش‌های پاییزه کمتر از میانگین حجم آب کاربردی مزارع کشت بهاره (۹۸۳۱ مترمکعب بر هکتار) است. در مزارع کشت بهاره، نسبت به مزارع پاییزه، حدود ۴۶ درصد آب آبیاری بیشتری مصرف شده است. میانگین وزنی عملکرد گوجه‌فرنگی در مناطق با کشت بهاره و پاییزه به‌ترتیب ۷۴/۳ و ۴۶/۱ تن بر هکتار که به معنای افزایش حدود ۶۰ درصد عملکرد در مزارع کشت بهاره است. بهره‌وری آب آبیاری در مناطق با کشت پاییزه (۹/۳ کیلوگرم بر مترمکعب) بیشتر است تا بهره‌وری آب آبیاری در مناطق باکشت بهاره (۸/۲ کیلوگرم بر مترمکعب). ولی، بهره‌وری آب (آب آبیاری و بارش موثر) در مناطق کشت بهارهٔ گوجه‌فرنگی (۷/۷ کیلوگرم بر مترمکعب) بیشتر از بهره‌وری آب آبیاری و بارش موثر مناطق کشت پاییزه (۶/۶ کیلوگرم بر مترمکعب) است که به معنی آن است بهره‌برداران از بارش‌های پاییزه به خوبی استفاده نکرده‌اند یا اینکه توزیع زمانی و شدت بارندگی‌ها برای استفاده موثر چندان مناسب نبوده است.

جدول ۹- مقایسهٔ شاخص‌های مورد مطالعه در کشت پاییزه و بهارهٔ گوجه‌فرنگی

Table 9. Comparison of studied indices in autumn and spring tomato cultivation

نوع کشت Cultivation type	حجم آب کاربردی Applied water (m^3/ha)	عملکرد Yield (t/ha)	بهره‌وری آب آبیاری Irrig. water productivity (kg/m^3)	بهره‌وری آب Water productivity (kg/m^3)
بهاره	۹۸۳۱	۷۴/۳	۸/۲	۷/۷
پاییزه	۵۳۵۶	۴۶/۱	۹/۳	۶/۶

نتیجه‌گیری

این تحقیق میدانی با هدف اثربخشی آبیاری قطره‌ای سطحی در ارتقای شاخص‌های مدیریت مصرف آب (حجم آب کاربردی و بهره‌وری آب) در قطب‌های تولید گوجه‌فرنگی در کشور اجرا شد. ارزیابی در فصل زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و تحت مدیریت زارعان در ۱۱ استان فارس، جنوب‌کرمان، هرمزگان، بوشهر، خراسان‌رضوی، خوزستان، قزوین، زنجان، گلستان، همدان و سمنان اجرا شد. دامنهٔ تغییرات حجم آب کاربردی گوجه‌فرنگی در مناطق مورد مطالعه از ۳۷۵۲ تا ۱۱۷۱۴ مترمکعب بر هکتار و میانگین وزنی آن ۷۷۲۹ مترمکعب بر هکتار بود. دامنهٔ تغییرات بهره‌وری آب (آب آبیاری و بارش موثر) از ۴/۳۳ تا ۹/۵۲ کیلوگرم بر مترمکعب و میانگین وزنی آن ۷/۱ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد. میانگین مقادیر نیاز خالص آبیاری مزارع گوجه‌فرنگی در مناطق مورد مطالعه حاصل از داده‌های هواشناسی ۱۰ سال اخیر با روش فائو پنمن-مانتیث و سند ملی آب به‌ترتیب ۶۷۴ و ۵۷۲ میلی‌متر محاسبه شد.

متوسط شاخص راندمان کاربرد آب آبیاری در مزارع مناطق مورد مطالعه ۷۸/۱ درصد و بیش از میانگین راندمان کاربرد آب آبیاری در کشور به‌دست آمد. در مزارع گوجه‌فرنگی برخی مناطق از جمله بوشهر، گلستان و سمنان کم‌آبیاری اتفاق افتاده است.

آبیاری قطره‌ای سطحی نقش موثری در بهبود شاخص‌های مدیریت مصرف آب در مزارع گوجه‌فرنگی داشته و به حدود ۲۵ درصد کاهش در مصرف آب آبیاری و ۱۶ درصد ارتقا در بهره‌وری آب در مزارع گوجه‌فرنگی انجامیده است. راندمان کاربرد در مزارع آبیاری قطره‌ای حدود ۱۰ درصد بیشتر از راندمان کاربرد در مزارع آبیاری جویچه‌ای است. زمان کاشت (بهاره یا پاییزه) بر حجم آب آبیاری، عملکرد و بهره‌وری آب موثر است. حجم آب کاربردی در مزارع پاییزه (۵۳۵۶ مترمکعب بر هکتار) کمتر است تا در مزارع بهاره (۹۸۳۱ مترمکعب بر هکتار). میانگین عملکرد گوجه‌فرنگی در مزارع بهاره (۷۴/۳ تن بر هکتار) به‌طور معنی‌داری بیشتر از عملکرد گوجه‌فرنگی در مزارع پاییزه (۴۶/۱ تن بر هکتار) است. بهره‌وری آب آبیاری در مزارع کشت پاییزه (۹/۳ کیلوگرم بر مترمکعب) بیشتر از بهره‌وری آب آبیاری در مزارع کشت بهاره (۸/۲ کیلوگرم بر مترمکعب) است. ولی میانگین بهره‌وری آب آبیاری و بارش موثر در مزارع کشت بهاره (۷/۷ کیلوگرم بر مترمکعب) بیشتر از بهره‌وری آب آبیاری و بارش موثر در مزارع مناطق کشت پاییزه (۶/۶ کیلوگرم بر مترمکعب) است.

در مجموع، نتایج این تحقیق اطلاعات مفیدی از شاخص‌های مدیریت مصرف آب در تولید گوجه‌فرنگی در اختیار مدیران و تصمیم‌گیران آب کشور قرار می‌دهد. توسعه و مدیریت مناسب آبیاری قطره‌ای برای محصولات ردیفی از جمله گوجه‌فرنگی، توسعهٔ کشت پاییزه به منظور استفادهٔ موثر از بارش‌های پاییزه پیشنهاد می‌شود. آموزش و کاربرد روش‌های بهبود عملکرد آبیاری سطحی (به‌کارگیری روش‌های کاهش تبخیر و استفاده از لوله‌های دریچه‌دار- هیدروفلوم)، برای افزایش راندمان آبیاری و کاهش مصرف آب توصیه می‌شود.

مراجع

Abbasi, F., A. Nasseri, M.M. Nakhjavani Moghaddam. N. Salamati. M. Joleini, M. Khorramian, S.E. Dehghanian, A. Yousef Gomrokchi, A. Islami, K. Akhavan, M. Farzamnnia, J. Baghani, M. Akbari, 2018. Comparison of irrigation water management indices of silage maize in modern and conventional irrigation networks. 19(73): 143-156.

Abbasi, F., Sohrab, F. and Abbasi, N., 2016. Evaluation of irrigation efficiencies in Iran. Journal of Irrigation and Drainage Engineering Research, 17 (67), pp. 113-128. (In Persian).

Ahmadi, K., H.R. EbadZadeh, F. Hatami, H. AbdShah and A. Kazemian, 2019. Agricultural Statistics of 2017-2018. Ministry of Jihad for Agriculture, Deputy for Planning and Economy, Information and Communication Technology Office. Volume 1, Crops. 166pp.

Allen, R.G, L.S. Pereira, D. Raes, M. Smith, 1998. Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirement. FAO Irrig. Drain. Paper No. 56. FAO, Rome, Italy, 300 pp.

Baghani, J., 2007. Production and efficiency of irrigation water consumption in sugar beet, potato, tomato and fodder corn crops in drip and surface irrigation methods. Research Report of Agricultural Engineering Research Institute, No. 1366/86.

Baghani, J., and. H. Bayat, 1999. Study and comparison of furrow and drip irrigation methods on tomato yield and quality. Research Report of the Agricultural Engineering Research Institute, No. 131.

Biswas, S.K., A.R. Akanda, M.S. Rahman, M.A. Hossain, 2015. Effect of drip irrigation and mulching on yield, water-use efficiency and economics of tomato. Plant Soil Environ, 61(3): 97–102.

Bogle, C.R., T.K. Hartz and C. Nunez, 1989. Comparison of subsurface trickle and furrow irrigation on plastic-mulched and bare soil for tomato production. J. Amer. Soc. Hortic. Sci., 114: 40-43.

Ewaid, S.H., S.A Abed, and N. Al-Ansari, 2019. Crop water requirements and irrigation schedules for some major crops in southern Iraq. Water, 11(4), 756.

FAO. 2020. The State of Food and Agriculture 2020. Overcoming water challenges in agriculture. Rome. https://doi.org/10.4060/cb1447en.

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

Ghadami Firouzabadi, A., G.H. Asadian, A.M. Jafari and R. Bahramlo, 2020. Technical and economical evaluation of trickle irrigation systems (Tape) in the cucumber and tomato fields. Iranian J. Irrigation and Drainage, 14(1): 263-274.

Hall, B.J., 1974. Staked tomato drip irrigation in California. Proceedings of the Second International Drip Irrigation Congress, Page 480-486.

Hanson, B., and D. May, 2004. Effect of subsurface drip irrigation on processing tomato yield, water table depth, soil salinity, and profitability. Agricultural Water Management, 68: 1-17.

Jadhav, S., G.B. Gutal, and A.A. Chougule, 1990. Cost economic. 11th Internotional Congress on the Use of Plastics in Agriculture, New Dehly, India, pp:171-176.

Jolaini, M., 2011. Investigation the effect of different water and plastic mulch levels on yield and water use efficiency of tomato in surface and subsurface drip irrigation method. J. Water and Soil, 25(5): 1025-1032.

Khazaei, J., B. Amraei, S.M.J. Esfahani, 2016. Investigating the trend of changes in productivity of all factors of tomato production in Iran Using the Malmquist index. J. Agricultural Economics Research, 7(4): 83-98.

Khorramian, M., 2013. Effect of tape irrigation levels on yield and quality of tomato in north of Khouzestan province. J. Irrigation Sciences and Engineering, 38(2): 161-170.

Lin, S.S.M., J.N. Hubbell, S.C.S. Tsou, and W.E. Splittstoesser, 1983. Drip irrigation and tomato yield under tropical conditions. *HortScience*, 18(4): 460-461.

Maas, E.V., and G.J. Hoffman, 1977. Crop salt tolerance current assessment. J.Irrig. Drain. 103: 115-134.

Mazaheri Tehrani, M., S.A. Mortazavi, H.R. Ziaolhagh and A. Ghandi, 2007. Production and Processing of Tomatoes. Volume 1, Marz Danesh Publications, first edition, 240 pages.

Mohagheghzadeh, H. and E.A. Karami, 2018. Application of drip-tape irrigation in tomato production: Analysis of optimal water-use. Iranian Agricultural Extension and Education J., 13(2): 71-89.

Molden, D.J., R. Sakthivadivel, C.J. Perry, and C. de Fraiture, 1998. Indicators for comparing performance of irrigated agricultural systems. Research Report No. 20, Colombo, Sri Lanka: International Wate Management Institute.

Najafi Alamdarloo, H., A.H. Chizari and R. Mahmoud Gardi, 2008. Investigating the relative advantage of regional exports and tomato planting in Fars province. The First National Congress of Tomato Production and Processing Technology, Mashhad.

Nazari, B., 2018. Comprehensive study and analysis of productivity gap and preparation of a guide to improve agricultural water productivity with the approach of empowering farmers and sustainability in aquifers (Case study: Qazvin plain). Final Research Report, National Center for Strategic Studies in Agriculture and Water. Chamber of Commerce. 310 p.

Neerai, J., H.S. Chauhan, P.K. Singh and K.N. Shukla, 2000. Response of tomato under drip irrigation and plastic mulching. 6th International Micro-Irrigation Congress. Cape Town, South Africa, 22-27 October.

Pourmohamad, Y., M. Mousavi Baygi, A. Alizadeh, A.N. Ziaei, M. Bannayan Aval, 2017. Estimating major crop water productivity at Neyshabour basin and optimize crop area. J. Water and Soil, 31(1): 112-126.

Saei, M., 2011. Economic comparison of furrow and micro irrigation methods on tomato production under plastic coverage in Jiroft region. Iranian Water Researches J., 8(5): 70-89.

Sarmad, Z., A. Bazargan, and E. Hejazi, 2001. Research Methods in Behavioral Sciences. Agah Publishing, Tehran, 405 pp.

SCS, 1972. U.S. Soil Conservation Service, National Engineering Handbook, Hydrology Section 4.

Shahrokhnia, M.A. and H. Rahimi, 2017. Economic analysis of deficit irrigation for transplanted tomato cultivars. Iranian Water Researches J., 30(4): 483-495.

Shahrokhnia, M.A., A. Zare and A. Estakhr, 2010. Determining the amount of water consumption, irrigation efficiency and water use efficiency in farms in four cities of Fars province. Proceedings of the Second National Conference on Comprehensive Water Resources Management. University of Kerman, 7-2 Bahman, Kerman, Iran.

Shahrokhnia, M.A., M. Shahamirian, A. Olyan Ghiasi, 2016. Influence of irrigation water on quality and quantity of tomato yield under seedling cultivation. Iranian J. Irrigation and Drainage, 2(10): 177-186.

Shrivastava, P.K., M.M. Parikh, N.G Sawani, and S. Raman, 1994. Effect of drip irrigation and mulching on tomato yield. Agric. Water Manage., 25(2): 179-184.

Singh, S.D., and P. Singh, 1978. Value of drip irrigation compared with conventional irrigation for vegetable production in a hot arid climate, Agron. J., 70(6): 945-947.

Soltani, Gh., S.M.R. Akbari and H. Mohammadi, 2010. Agricultural water productivity in drought-prone areas: A case study of Marvdasht-Karbal. National Conference on Water Crisis Management, Islamic Azad University, March 2010, Marvdasht Branch.

Zamani, A., S. Mortazavi, H. Balali, 2014. Economical water productivity of agricultural products in bahar plain, Hamadan. J. Water Research in Agriculture, 28(1): 51-62.

Zhou, Q., Y. Zhang, and F. Wub, 2021. Evaluation of the most proper management scale on water use efficiency and water productivity: A case study of the Heihe River Basin, China. Agric. Water Manag., 246,

Irrigation and Drainage Structures Engineering Research/Vol.22/No.82/ Spring 2021/P:43-64

The Role of Modern Irrigation Systems on Tomato Applied Irrigation Water Management in Iran

F. Abbasi*, M. Joleini, M. Khorramian, S. E. Dehghanian, E. Moghbli Dameneh, M. Nowroozi, A. Uossef Gomrokchi, M. Taheri, E. Zare-Mehrani, A. Kiani, N. Salamati, H. Mousavi Fazl, A. Ghadami-FirouzAbadi, P. Bayat and A. Nasseri

* Corresponding Author: Professor of Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. Email: Fariborzabbasi@ymail.com
Received: 17 September 2020, Accepted: 12 April 2021

Extended Abstract

Introduction

Development of modern irrigation systems has been one of the main programs in developing agricultural sector in the past few decades. Assessing the role of these systems in increasing indicators of irrigation water management can play an important role in future national policies and planning. Therefore, this study was conducted with the aim of appraising water consumption management indicators in tomato production in different regions of Iran and evaluating the role of surface drip irrigation systems in increasing these indicators.

Methodology

In this study, a field survey was conducted to measure yield and applied irrigation water of tomato under the farmers' management in tomato production hubs. Volume of applied water by farmers in 176 farms in Fars, South Kerman, Hormozgan, Bushehr, Khorasan Razavi, Qazvin, Khuzestan, Golestan, Zanjan, Hamedan and Semnan provinces with different conditions of climates, irrigation methods (furrows and drip), salinity of irrigation water and soil; and different tomato cultivars were measured during growing season 2018-2019. The measured applied irrigation water values were compared with the net irrigation requirements estimated by the FAO Penman-Monteith method using meteorological data from the last 10 years, as well as the values of the national water document. Then, the effect of modern irrigation methods (surface drip irrigation) on applied water, application efficiency and physical water productivity was investigated in the study areas. Crop yield was recorded at the end of the growing season and water productivity (WP) was calcucated as the ratio of yield to total applied water (irrigation water and effective rainfall). Analysis of variance was used to investigate the possible difference between yield, applied water and WP among the hubs. Data adequacy was assessed by using the method provided by Sarmad et al. (2001).

Results and Discussion

The results showed that yield, applied irrigation water and WP in tomato production hubs were significantly different at the $P \leq 0.01$. The average volume of applied irrigation water by the farmers was 7729 m^3/ha. Water productivity in production areas varied from 4.33 to 9.52 kg/m^3 and its average was 7.39 kg/m^3. The average net irrigation requirement and irrigation application efficiency were 674 mm and 78%, respectively. Irrigation application efficiency obtained from the studied tomato farms was slightly higher than the average irrigation efficiency in Iran reported by Abbasi et al. (2016). Deficit irrigation was occurred in the fields of some areas such as Bushehr, Golestan and Semnan. Tomato planting time (spring or autumn) affected applied irrigation water, yield and WP. The volume of water used in autumn planted farms (5356 m^3/ha)

was less than spring planted farms (9831 m^3/ha). The average yield of tomatoes in spring planted farms (74.3 t/ha) was significantly higher than the yield of fields planted in autumn (46.1 t/ha). However, the average of WP in spring planting farms (7.7 kg/m^3) was higher than the productivity of farms planted in autumn (6.6 kg/m^3). The application of surface drip irrigation systems in comparison with furrow irrigation resulted in 25% reducing in applied water, 10% increasing the application efficiency and 16% improving in water productivity.

Conclusions

In general, the results of this study provide useful information on applied irrigation water management indicators in tomato production to managers and water decision makers within Iran. Proper development and management of drip irrigation systems for row crops such as tomatoes and autumn planting of tomatoes in warm tomato production hubs is recommended for effective use of autumn rainfall. Also, training and application of methods to improve the performance of surface irrigation (using methods to reduce evaporation and the use of low pressure systems) is recommended to increase irrigation efficiency and reduce applied irrigation water.

Keywords: Application Efficiency, Drip irrigation systems, Productivity