تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی /دوره ۲۵/شماره ۹۴ /بهار ۱۴۰۳/صفحه ۶۸-۵۳

نوع مقاله : پژوهشی

بررسی حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب کاربردی در باغ‌های آلو در استان خراسان رضوی (مشهد و چناران)

محمد کریمی*[۱]، سالومه سپهری صادقیان[۲]، محمد جلینی[۳]

[۱]* 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

[۲] استادیار پژوهشی 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 خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۲۲ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۳/۰۷/۰۱

چکیده

با توجه به محدودیت منابع آب، لزوم بهبود بهره‌وری آب و اهمیت اقتصادی تولید آلو، بررسی شاخص‌های مدیریتی از جمله حجم آب آبیاری، عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری برای این محصول ضرورت دارد. در این تحقیق، حجم آب آبیاری و عملکرد آلو در ۲۰ باغ منتخب در دو شهرستان مشهد و چناران از استان خراسان رضوی در یک سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ اندازه‌گیری شد. در انتهای فصل رشد و پس از تعیین میزان عملکرد، مقادیر بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب کاربردی (آبیاری + بارندگی موثر) تعیین گردید. حجم آب آبیاری با نیاز ناخالص آبیاری برآورد شده از روش پنمن-مانتیث با استفاده از داده‌های هواشناسی ده سال اخیر و سند ملی آب مقایسه شدند. میانگین وزنی حجم آب آبیاری، حجم آب کاربردی، عملکرد آلو، بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب کاربردی به ترتیب ۱۰۲۵۶ مترمکعب در هکتار، ۱۰۳۵۳ مترمکعب در هکتار، ۱۴۷۱۳ کیلوگرم در هکتار، ۱/۵۳ کیلوگرم بر مترمکعب و ۱/۵۱ کیلوگرم بر مترمکعب تعیین شد. حجم آب آبیاری، عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری در باغ‌های منتخب در روش آبیاری قطره‌ای به ترتیب ۹۹۱۹/۸۷ مترمکعب در هکتار، ۱۸/۸۳ تن در هکتار و ۱/۸۸ کیلوگرم بر مترمکعب و در روش آبیاری سطحی به ترتیب ۱۱۴۳۲/۶۰ مترمکعب در هکتار، ۱۴/۸۰ تن در هکتار و ۱/۳۱ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد. نتایج بررسی‌ها نشان داد که متوسط حجم آب آبیاری استفاده شده توسط کشاورزان در باغ‌های آلو (۱۰۴۴۹ مترمکعب در هکتار) کمتر از میانگین نیاز ناخالص آبیاری محاسبه شده (۱۴۹۶۴ مترمکعب در هکتار) و برآورده شده با استفاده از سند ملی آب کشور بوده است.

واژه‌های کلیدی: روش‌های آبیاری، عملکرد آلو، بهره‌وری آب، میزان آب آبیاری

مقدمه

امروزه یکی از مهم‌ترین چالش‌های حال و آینده، به‌ویژه در مناطق خشک جهان، کم‌آبی و در مواردی بحران کم‌آبی است. باید پذیرفت که با رشد جمعیت جهان در هزاره سوم، ارتقای سطح زندگی و بهداشت، گسترش شهرنشینی و به تبع آن گسترش صنایع و کشاورزی، تنازع بر سر آب تشدید می‌یابد. پیش‌بینی می‌شود در آینده مسئلهٔ آب از مهم‌ترین زمینه‌های بروز منازعات و مناقشات محسوب شود (Karami & Ghaffarian Behraman, 2017). در کشور ما ایران نیز با توجه به ویژگی‌های اقلیمی، مدیریت نادرست مصرف آب ممکن است به ایجاد محدودیت‌های جدی کوتاه مدت و بلندمدت در منابع آب منجر شود که این مسئله به طور مستقیم امنیت غذایی، اقتصادی، کشاورزی را به خطر خواهد انداخت و حتی می‌تواند ابعاد سیاسی و امنیتی نیز

نگارنده مسئول: **Email:** karimi.irri@gmail.com **https://doi.org** /10.22092/idser.2024.366702.1586

داشته باشد. با توجه به اینکه کشاورزی از عمده‌ترین مصرف‌کنندگان آب است، مدیریت درست مصرف آب در این بخش به منظور تحقق توسعهٔ پایدار ضروری است. در این راستا، تعیین و ارزیابی دقیق شاخص‌های کلیدی مدیریت آب، از جمله حجم آب کاربردی (آبیاری + باران موثر)، راندمان آبیاری و بهره‌وری آب محصولات زراعی و باغی مختلف در کشور نقشی کلیدی در برنامه‌ریزی‌های کلان تأمین و تخصیص آب در بخش کشاورزی خواهد داشت. یکی از محصولات عمدهٔ باغی در ایران آلو است. آلو میوه‌ای تک‌هسته‌ای با نام علمی *پرونز دامستیکا*[1] از خانوادهٔ گلسرخیان است، که در نواحی معتدل با رقم‌های متعدد و هیبریدی کشت می‌شود. گونه‌های متفاوت از این میوه در دنیا وجود دارد که از نظر رنگ، شکل و اندازه با هم فرق دارند. برخی از آنها به رنگ زرد و پرآب هستند و برخی دیگر رطوبت کمتری دارند و قرمز متمایل به ارغوانی هستند. طعم آلو از ترش تا شیرین متغیر است و از انتهای فصل بهار و در سراسر تابستان به میزان زیاد در دسترس است. بر اساس آمار ارائه شده در آمارنامهٔ وزارت جهاد کشاورزی، از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۹ سطح زیر کشت آلو در کشور تقریباً با شیب نسبتاً ملایمی افزایش یافته و از حدود ۲۰ هزار هکتار به ۲۸ هزار هکتار رسیده است. متوسط ده سالهٔ سطح زیر کشت آلو در ایران ۲۵۲۵۳ هکتار است (Ahmadi *et al.*, 2020). میزان تولید آلو و عملکرد این محصول در کشور نیز در خلال سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۹ با شیب نسبتاً ملایمی روند صعودی داشته‌است به‌طوری که تولید سالانه از حدود ۲۰۰ هزار تن به حدود ۳۲۰ هزار تن و عملکرد نیز از حدود ۷ تن در هکتار به حدود ۱۱/۵ تن در هکتار افزایش یافته است. میانگین ده ساله تولید و عملکرد آلو در کشور ۲۶۴ هزار تن و ۱۰/۵ تن در هکتار است. درخت آلو به دلیل داشتن بخش هوایی گسترده و نیاز به نور و تهویه، معمولاً با فاصلهٔ زیاد کاشته می‌شود. نیاز آبی درخت آلو با ۶۰۰ تا ۱۲۰۰ میلی‌متر بارندگی در سال تأمین می‌شود. در مناطقی که بارندگی کم یا توزیع بارندگی هماهنگ با مصرف آب نباشد، روش آبیاری قطره‌ای سودمند خواهد بود. نیاز آبی درخت آلو بر حسب شرایط اقلیمی منطقه، بافت خاک، تراکم کشت، روش آبیاری، پایه و رقم بین۶ تا ۱۲ هزار مترمکعب برای هر هکتار در سال است. مصرف آب هر درخت آلو را می‌توان بین۱۰ تا ۲۵ مترمکعب در سال تخمین زد. حداکثر مصرف آب برای هر درخت آلو ۸۰ تا ۲۰۰ لیتر در روز است. در ۱۲۰ تا ۱۶۰ روزی که میوه روی درخت است و حتی در دورهٔ تشکیل و تولید جوانه‌ها، آبیاری باغ اهمیت دارد (Naghshi, 2016). نیاز آبی سالانه گونه‌های مختلف آلو در روش آبیاری قطره‌ای حدود ۵۵۰۰ تا ۶۵۰۰ مترمکعب در سال است (Mousavi & Tatari, 2017).

تحقیق حاضر با هدف اندازه‌گیری مستقیم و میدانی میزان آب کاربردی انواع آلو در باغ‌های تحت مدیریت باغداران محلی در قطب‌های تولیدکنندهٔ این محصول در استان خراسان رضوی (در دو منطقه مشهد و چناران) اجرا شد. فرشی و همکاران (Farshi *et al.*, 1997) بر اساس نتایج مطالعات و نتایج هواشناسی در استان‌های کشور و با استفاده از روش تجربی پنمن مانتیث تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه آلو را در شهرستان‌های مشهد و چناران به ترتیب۸۶۰/۲ و ۸۷۹/۷ میلی‌متر، باران مؤثر را ۶۸/۹ و ۱۲۸/۰ میلی‌متر و نیاز خالص آبیاری این گیاه را ۷۹۱/۷ و ۷۵۳/۱ میلی‌متر اعلام کرده‌اند، بر اساس داده‌های ارائه شده در نرم‌افزار NETWAT، نیاز خالص آبیاری آلو در دشت مشهد- چناران، ۷۴۴ میلی‌متر است. در انتخاب منطقهٔ کشت آلو، دسترسی به منابع آب کافی با کیفیت مطلوب برای آبیاری اهمیت بالایی دارد زیرا آلو از گیاهان پرتوقع از نظر آب دسته‌بندی می‌شود و به خشکی سازگاری چندانی ندارد. بروز تنش‌های خشکی در باغ‌های آلو موجب کاهش

[1] Prunus domestica

شدید عملکرد می‌شود. در مقایسه با دیگر درختان میوه، درختان آلو بیشتر از سیب و هلو و کمتر از به وگلابی به‌آب نیاز دارند (Naghshi, 2016). برای تولید میوه‌های استاندارد، رشد رویشی مناسب و تولید جوانه‌های گل در درختان بارده آلو، وجود آب کافی و در دسترس برای گیاه ضروری است. در مراحل برداشت و رسیدن میوه، وجود آب کافی سبب بهبود کمیت و کیفیت میوه‌های آلو می‌شود. ولی بعد از برداشت میوه از مقدار آبیاری درختان باید کاسته شود. کمبود رطوبت در دسترس موجب کاهش اندازهٔ میوه‌های آلو می‌شود، در مقابل، آبیاری بی‌رویهٔ درختان آلو مخصوصاً اگر بر پایه‌های هلو پیوند شده باشند (به دلیل حساسیت هلو به شرایط غرقاب و تهویه نامناسب خاک) باعث از بین رفتن درختان می‌شود (Khandani *et al*, 2016). اولین مرحلهٔ بحرانی از نظر آب در باغ آلو زمانی است که میوه ها ریزش می‌کنند. اگر در این زمان تنش آبی وجود داشته باشد، مقدار ریزش میوه‌ها زیادتر خواهد بود، مرحلهٔ دیگر حساسیت گیاه به کم‌آبی، زمان انگیزش جوانه‌هاست. دو تا سه هفته قبل از رسیدن میوه نیز کم‌آبی تأثیر مهمی در مقدار تولید میوه دارد. بهترین روش برای تعیین برنامهٔ آبیاری، اندازه‌گیری مقدار مصرف است. بسته به نوع درخت، اقلیم، مقدار تأمین آب و غیره، مقدار محصول بین۲۰ تا ۶۰ تن در هکتار متفاوت است. در آفریقای جنوبی، دزیکیتی و شاخت شنایدر (Dizikiti & Schachtschneider, 2015) گزارش کردند دریکی از باغهایی که آبیاری قطره‌ای در آن استفاده می‌شد، میزان آب مورد استفاده ۹۲۱ میلی‌متر در سال (و با احتساب بارش۱۰۰۶ میلی‌متر) بوده است. بلانکو و همکاران (Blanco-Cipollone *et al.*, 2019) رژیم‌های مختلف آبیاری را روی آلوی ژاپنی دیر رس رقم آنجلینو در اسپانیا بررسی کرد. تیمارهای مورد مطالعه یکی تیمار شاهد با در نظر گرفتن نیاز آبی کامل گیاه و دیگری تیمار کم‌آبیاری با عدم آبیاری در مرحلهٔ میانی رشد گیاه بود. مطالعه به مدت ۸ سال از ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۶ در یک مرکز تحقیقاتی به‌اجرا درآمد. تعداد روزهایی که در آن درختان در تیمار کم‌آبیاری در مقابل تیمار شاهد آبیاری نشدند در سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۲ به مدت ۶۰ روز و در سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۶ در مجموع ۳۰ روز بود. در هر دو تیمار بعد از برداشت محصول ۳۰ درصد کم‌آبیاری در نظرگرفته شد. میزان آبیاری در سال‌های اول تا هشتم در تیمار شاهد به ترتیب ۵۹۱، ۶۴۳، ۶۷۵، ۷۷۶، ۷۷۱، ۶۱۶، ۸۰۶ و ۷۶۳ میلی‌متر و در تیمار کم‌آبیاری به میزان ۳۱۶، ۴۱۸، ۳۷۵، ۵۲۴، ۶۶۸، ۵۶۶، ۵۹۶ و ۶۲۹ میلی‌متر بود. به طور متوسط در ۸ سال مطالعه، متوسط عملکرد آلو برای تیمار شاهد ۶۸/۸ و برای تیمار کم‌آبیاری ۷۴/۲ کیلوگرم به ازای هر درخت بود. این محققان گزارش کردند که پس از هشت سال مطالعه هیچ‌گونه اثر منفی ناشی از کم‌آبیاری در باغ مشاهده نشد و کم‌آبیاری به عنوان یک استراتژی مناسب در باغ‌های آلو ژاپنی دیررس رقم آنجلینو به منظور افزایش کارآیی مصرف آب تایید گردید. گاویلان و همکاران (Gavilan *et al.*, 2019) میزان تبخیر و تعرق درخت آلو در شیلی را به طور متوسط ۵۲۵ میلی‌متر تخمین زدند. مونینو و همکاران (Monino *et al.*, 2020) متوسط نیاز آبی سالانه (آبیاری + بارندگی موثر) برای یک باغ ۹ ساله را حدود۱۱۸۷ میلی‌متر در سال تخمین زدند. مهوی و فاور (Mhawej & Faour, 2020) میانگین نیاز آبی آلو در کالیفرنیا را ۹۹۴ میلی‌متر در سال برآورد کردند کاسیک و همکاران (Cosic *et al.*, 2021) با بررسی نیاز آبی آلو در ۹ منطقه در سراسر صربستان (غرب، جنوب و مرکز)، که بیش از ۹۰ درصد تولید این محصول صربستان در آن مناطق واقع شده است، نتیجه گرفتندکمترین مقدار نیاز آبی حدود ۲۸۵/۳ میلی‌متر و بیشترین مقدار نیاز آبی ۶۱۵/۴ میلی‌متر است. یووانوویچ و همکاران (Jovanovic *et al.*, 2023) نیاز آبی باغ‌های آلو با باردهی کامل (ارقام آفریکن دلایت و فورچون) را در آفریقای جنوبی اندازه‌گیری کردند و گزارش دادند در باغ‌های رقم آفریکن دلایت دیررس میزان مصرف آب حدود ۸۶۴ میلی‌متر و در باغ‌های رقم فورچون متوسط

رَس، مصرف آب حدود۶۴۱ میلی‌متر است. تفاوت در مصرف آب به دلیل طولانی‌تر بودن فصل رشد رقم آفریکن دلایت نسبت به رقم فورچون بوده است. ماشاباتو و همکاران (Mashabatu *et al.*, 2024) با بررسی ۱۵ تحقیق صورت گرفته در دنیا روی نیاز آبی و آب مورد استفاده در باغ‌های آلو به این نتیجه دست یافتند که نیاز آبی محصول آلو بین ۹۲۱ و ۱۲۱۱ میلی‌متر است. این محققان گزارش کردند رشد تاج پوشش، هرس و طول فصل رشد شایع‌ترین علل تفاوت در برآورد نیاز آبی باغ‌های آلو است.

بررسی منابع نشان می‌دهد که در خصوص میزان آب آبیاری و آب کاربردی در باغ‌های آلو در کشور و بهره‌وری آب این محصول تحقیق چندانی نشده است. این پروژه بدون دخالت در مدیریت باغداران محلی و از طریق پایش مدیریت آبیاری و زراعی و اندازه‌گیری میدانی میزان آب آبیاری به‌اجرا درآمد. تحلیل نتایج به‌دست آمده می‌تواند در تحلیل منطقه‌ای بهره‌وری آب در تولید آلو در استان مفید باشد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، برنامه‌ریزی آبیاری باغداران محلی در باغ‌های آلو در یک فصل زراعی (۱۴۰۰-۱۳۹۹) به صورت مستمر پایش‌گردید و حجم آب آبیاری داده شده توسط باغداران برای تولید محصول انواع آلو (آلو، آلو سیاه، قطره طلا و ...) در سراسر یک فصل زراعی و بدون دخالت در برنامه‌ریزی آبیاری باغداران، اندازه‌گیری شد. با محاسبهٔ بارش مؤثر در فصل زراعی، حجم آب کاربردی (حجم آب آبیاری+بارش مؤثر) نیز بررسی گردید. مشخصات عمومی باغ‌های انتخاب شده در دو منطقهٔ چناران و مشهد به ترتیب در جدول ۱ و ۲ آمده است. در تحقیق حاضر، به‌طور خاص اندازه‌گیری حجم آب آبیاری انواع آلو در همان شرایطی مد نظر بود که باغداران عمل می‌کردند، در کنار آن دیگر اطلاعات مدیریتی نیز مانند روش آبیاری، بافت خاک، کیفیت آب و خاک، رقم آلو و ... نیز ثبت شد. باغ‌های مورد مطالعه با در نظر گرفتن تنوع عوامل مختلف مانند روش آبیاری، بافت خاک، رقم و کیفیت آب آبیاری به گونه‌ای انتخاب شدند که بازه گسترده‌ای را پوشش دهند. در باغ‌های منتخب، مواردی مانند رقم، آرایش درختان در باغ، سن درختان و ... ثبت شد. برخی دیگر از مشخصات عمومی باغ‌ها از قبیل مساحت، موقعیت دقیق مکانی با GPS، روش آبیاری، منبع آب آبیاری (سطحی، زیرزمینی)، زمان برداشت از منبع آبی و تغییرات دبی برداشتی طی سال، نوع شبکه (مدرن، سنتی)، مشخصات بهره‌برداران و غیره از طریق تکمیل پرسشنامه با مصاحبهٔ حضوری با باغداران محلی ثبت گردید.

به منظور اندازه‌گیری حجم آب آبیاری در باغ‌های منتخب، ابتدا مقدار دبی خروجی از منبع آبی انتخاب شده (کانال، چاه، قنات یا چشمه) با وسیلهٔ مناسب (فلوم، کنتور، دستگاه اولتراسونیک و ...) در هر یک از باغ‌ها اندازه‌گیری شد. لازم است گفته شود در باغ‌هایی که منبع تأمین آب آبیاری آن‌ها چاه بود، با توجه به نوسان‌های فصلی، دبی چاه‌ها حداقل ۲ بار در سال با روش مناسب اندازه‌گیری شد. پس از تعیین دبی آب ورودی به هر باغ، با پایش دقیق برنامهٔ آبیاری باغ (زمان آبیاری، دور آبیاری، تعداد دفعات آبیاری در دوره رشد) و همچنین اندازه‌گیری سطح زیرکشت محصول، حجم آب آبیاری و مواردی مانند بافت خاک باغ‌ها، هدایت الکتریکی خاک و آب آبیاری و ... تعیین گردید. پس از برداشت محصول، میزان عملکرد در سال زراعی اجرای تحقیق بررسی شد. مقادیر بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب کاربردی در باغ‌های منتخب تعیین شد. مقدار تبخیر و تعرق گیاه آلو نیز در هر منطقه با استفاده از داده‌های هواشناسی نزدیکترین ایستگاه به منطقهٔ اجرای طرح در دوره ۱۰ سالهٔ اخیر و سال اجرای تحقیق با استفاده از روش پنمن مانتیث محاسبه شد. نتایج به‌دست آمده با نیاز خالص آبی محاسبه شده و مقادیر ارائه شده در سند ملی (NETWAT) مقایسه گردید. در این پژوهش، بارندگی مؤثر به روش SCS برآورد شد (SCS,

(1972). نیاز آبی گیاه مرجع نیز با اِعمال ضریب گیاهی (Allen *et al.*, 1998) به نیاز آبی خالص گیاه تبدیل شد. مقادیر نیاز خالص آبیاری با مقادیر سند ملی آب برای مناطق مورد مطالعه مقایسه شدند. مقادیر نیاز خالص با استفاده از راندمان کاربرد آب آبیاری به مقادیر ناخالص تبدیل شدند. متوسط راندمان کاربرد آب آبیاری در سامانه های آبیاری بارانی، قطره‌ای و سطحی در کشور به ترتیب ۶۲/۱، ۷۱/۱ و ۵۳/۶ درصد گزارش شده است (Abbasi *et al.*, 2017). در پایان فصل زراعی، با تعیین عملکرد محصول حجم آب آبیاری، حجم آب کاربردی، بهره‌وری آب و بهره‌وری آب کاربردی در هر یک از شهرستان‌های مورد مطالعه محاسبه گردید. شاخص بهره‌وری آب از رابطهٔ ۱ تعیین شد (Molden *et al.*, 1998):

$$WP = \frac{CY}{CW} \qquad (۱)$$

که در آن:

WP= بهره‌وری فیزیکی آب آلو (کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب)، CY = عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار)، وCW = در محاسبهٔ بهره وری آب حجم آب آبیاری، و در محاسبهٔ بهره وری آب کاربردی حجم آب کاربردی در تولید محصول آلو (مترمکعب در هکتار) است. آب موردنیاز برای آبشویی باغ‌های مورد مطالعه بر اساس نشریه فائو ۲۹ در روش آبیاری سطحی از رابطهٔ ۲ برآورد شد.

$$LR = \frac{EC_w}{5EC_e - EC_w} \qquad (۲)$$

و کسر آبشویی برای آبیاری قطره‌ای نیز از رابطهٔ ۳ تعیین گردید:

$$LR = \frac{EC_w}{2MaxEC_e} \qquad (۳)$$

در این رابطه :

EC_w = هدایت الکتریکی آب آبیاری، EC_e = آستانهٔ تحمل محصول، و $MaxEC_e$ = شوری با عملکرد صفر است. آستانهٔ ۱۰ درصدکاهش عملکرد آلو از نشریه فائو ۲۹ استخراج شد (Ayers & Westcot, 1994). حداکثر شوری قابل تحمل آلو برابر با ۷/۱ دسی‌زیمنس بر متر و شوری در آستانهٔ ۱۰ درصد کاهش عملکرد آن برابر با ۲/۱ دسی‌زیمنس بر متر است. تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_o) با استفاده از نرم افزار ET_o-Calculator در مناطق مورد مطالعه به روش پنمن مانتیث برآورد شد. میزان تبخیر و تعرق آلو (ET_c) در مناطق منتخب با استفاده از رابطهٔ ۴ برآورد گردید.

$$ET_c = K_c \times ET_o \qquad (۴)$$

مقادیر ضریب گیاهی (K_c) برای هر مرحله رشد بر اساس یافته های پژوهشی در منطقه یا از منابع موجود استخراج گردید (Allen *et al.*, 1998).

نتایج و بحث

در جدول ۳ ، محدودهٔ تغییرات برخی از داده های پایه اندازه‌گیری شده در باغ‌های آلو ارائه شده است. بر اساس این جدول، متوسط میزان دبی چاه‌ها و انحراف معیار آن به ترتیب ۲۲/۶۶ و ۸/۶۴ لیتر در ثانیه، میانگین سطح باغ‌های آلو و انحراف معیار آن ۲/۰۲ و ۲/۰۹ هکتار، نیاز آبشویی ۳/۸۶ و انحراف معیار آن ۲/۴۴ درصد و بارندگی موثر ۱۱/۳۶ و انحراف معیار آن ۵/۸۸ میلی‌متر است.

در جدول ۴، برخی از داده‌های اندازه‌گیری شده در باغ‌های منتخب با روش آبیاری قطره‌ای ارائه شده است. دامنهٔ تغییرات عمق آب آبیاری در روش آبیاری قطره‌ای بین ۱۰/۲۶ تا ۴۱/۰۰ میلی‌متر با متوسط ۲۵/۴ میلی‌متر و انحراف معیار ۹/۷۶ میلی‌متر و حداقل و حداکثر تعداد آبیاری در دورهٔ آبیاری ۲۴ و ۱۰۰ و انحراف معیار ۴۳/۱۵ است. با توجه به عمق آب آبیاری‌ها و تعداد آبیاری‌ها، دامنهٔ تغییرات عمق آب داده شده بین ۴۹۹/۹۲ تا ۱۶۳۹/۸۹ میلی‌متر با متوسط ۹۹۱/۹۹ میلی‌متر و انحراف معیار ۳۵۴/۹۴ میلی‌متر به‌دست آمد. میانگین حجم آب آبیاری ۹۹۱۹/۸۷ مترمکعب در هکتار با انحراف معیار ۳۵۴۹/۳۸ مترمکعب در هکتار حاصل شد. میانگین عملکرد آلو در

جدول ۱- مشخصات عمومی باغ‌های آلو منتخب در منطقهٔ چناران

Table 1- General characteristics of selected plum orchards in Chenaran region

شمارهٔ باغ Orchard No	نوع منبع آب Type of Water Resource	روش آبیاری Method of Irrigation	سطح زیر کشت (هکتار) Area Under Cultivation (ha)	رقم/ واریته Cultivar/ Variety	بافت خاک Soil Texture	شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر) Irrigation Water Alinity (dS/m)	شوری خاک (دسی زیمنس بر متر) Soil Salinity (dS/m)	نیاز آبشویی (درصد) Leaching (%)
۱	چاه عمیق	قطره ای تیپ	۱/۸	استنلی	لومی	۰/۵۵	۰/۸۵	۳/۹۳
۲	چاه عمیق	قطره ای	۶/۰	استنلی	لومی شنی	۰/۵۰	۰/۸۲	۳/۵۷
۳	چاه عمیق	قطره ای تیپ	۲/۸	استنلی	رسی لومی	۰/۵۱	۰/۸۴	۳/۶۵
۴	چاه عمیق	قطره ای تیپ زیرسطحی	۱/۸	استنلی و شوقان	لومی رسی	۰/۴۰	۰/۶۵	۲/۸۷
۵	چاه عمیق	قطره ای	۳/۰	قطره طلا	لومی رسی	۰/۳۶	۰/۵۵	۲/۵۹
۶	چاه عمیق	سطحی	۱/۰	استنلی	رسی لومی	۰/۴۰	۰/۶۶	۱/۱۶
۷	چاه عمیق	قطره ای تیپ	۱/۲	استنلی و شمس	شنی رسی	۰/۴۵	۰/۷۱	۳/۲۱
۸	چاه عمیق	قطره ای	۷/۰	استنلی	لومی	۰/۴۰	۰/۶۷	۲/۸۶
۹	چاه عمیق	قطره ای	۶/۰	قطره طلا و سانتاروزا	لومی رسی	۱/۶۰	۲/۴۵	۱۱/۴۳
۱۰	چاه عمیق	قطره ای	۱/۵	کالیفرنیا	لومی رسی	۰/۵۰	۰/۸۶	۳/۵۷

جدول ۲- مشخصات عمومی باغ‌های آلو منتخب در منطقهٔ مشهد

Table 2- General characteristics of selected plum orchards in Mashhad region

شمارهٔ باغ Orchard No	نوع منبع آب Type of Water Resource	روش آبیاری Method of Irrigation	سطح زیر کشت (هکتار) Area Under Cultivation (ha)	رقم/ واریته Cultivar/ Variety	بافت خاک Soil Texture	شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر) Irrigatio Water Salinity (ds/m)	شوری خاک (دسی زیمنس بر متر) Soil Salinity (ds/m)	نیاز آبشویی (درصد) Leaching (%)
۱	چاه عمیق	سطحی	۲/۵	قطره طلا و شابلون	لومی رسی	۱/۲۰	۱/۸۴	۳/۵۵
۲	چاه عمیق	قطره ای	۰/۹۸	استنلی و شابلون	لومی رسی	۰/۸۶	۱/۳۲	۶/۱۴
۳	چاه عمیق	قطره ای	۲/۶۰	استنلی	لومی رسی	۰/۶۸	۱/۰۶	۴/۸۶
۴	چاه عمیق	سطحی	۰/۲۰	استنلی و شابلون	لومی رسی	۱/۱۶	۱/۷۷	۸/۲۹
۵	چاه عمیق	قطره ای	۰/۲۳	شمس	لومی رسی	۰/۵۰	۰/۷۸	۳/۵۷
۶	چاه عمیق	سطحی	۱/۱۵	قطره طلا	لومی	۰/۳۹	۰/۶۱	۱/۱۳
۷	چاه عمیق	سطحی	۰/۲۵	قطره طلا، استنلی و شمس	لومی رسی	۰/۶۲	۰/۹۵	۱/۸۰
۸	چاه عمیق	سطحی	۰/۲۱	قطره طلا و شابلون	لومی	۰/۶۹	۱/۰۴	۲/۰۱
۹	چاه عمیق	سطحی	۰/۰۵	شابلون	لومی رسی	۰/۷۹	۱/۱۹	۲/۳۱
۱۰	چاه عمیق	قطره ای	۰/۲۰	قطره طلا	لومی رسی	۰/۶۵	۰/۹۸	۴/۶۴

جدول ۳- محدودهٔ تغییرات برخی پارامترهای اندازه‌گیری شده در باغ‌های منتخب

Table 3-The range of changes of some measured parameters in selected orchards

منطقه Area	دبی (لیتر بر ثانیه) Discharge (l/s)	مساحت باغ آلو (هکتار) Plum Orchard area (ha)	شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر) Irrigation Water Salinity (dS/m)	شوری خاک (دسی زیمنس بر متر) Soil Salinity (dS/m)	نیاز آبشویی (درصد) Leaching (%)	بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)	بارندگی موثر (میلی‌متر) Effective Rainfall (mm)
چناران	۲۱/۶±۲۵/۰۵	۳/۲±۲۱/۲۶	۰/۰±۵۷/۳۷	۰/۰±۹۱/۵۵	۳/۲±۸۸/۷۷	۵۵/۱۸ ± ۵/۰۸	۴۱/۱۳±۶۳/۵۶
مشهد	۰/۰±۸۴/۹۷	۱۶/۱۶±۰۸/۴۰	۰/۰±۷۵/۲۶	۱/۰±۱۵/۴۰	۳/۲±۸۳/۲۱	۳۹/۱۲±۰۰/۳۲	۲۹/۹±۲۵/۲۴
کل باغ‌ها	۲۲/۶۶ ± ۸/۶۴	۲/۲ ± ۰۲/۰۹	۰/۰ ± ۶۶/۳۲	۱/۰ ± ۰۳/۴۸	۳/۲ ± ۸۶/۴۴	۱۵/۷ ± ۱۵/۸۴	۱۱/۵ ± ۳۶/۸۸

باغ‌های منتخب برابر با ۱۸/۸۳ تن در هکتار به‌دست آمد که از متوسط عملکرد آلو در کشور (بر اساس آمارنامه کشاورزی سال ۱۴۰۱، به‌میزان ۱۱/۳۶ تن در هکتار) حدود ۶۵/۷۵ درصد بیشتر است. بهره‌وری آب آبیاری ۱/۸۸ کیلوگرم بر مترمکعب و بهره‌وری آب کاربردی برابر با ۱/۸۵ کیلوگرم بر مترمکعب حاصل شده است. در جدول ۵، برخی از داده‌های اندازه‌گیری شده در باغ‌های منتخب با روش آبیاری سطحی ارائه شده است. دامنهٔ تغییرات عمق آب آبیاری در روش آبیاری سطحی بین ۲۵/۶۷ تا ۸۳/۲۷ میلی‌متر با متوسط ۵۷/۶۲ میلی‌متر و انحراف معیار ۲۲/۴۹ میلی‌متر است. حداقل و حداکثر تعداد آبیاری در دورهٔ آبیاری ۱۵ و ۲۹ و انحراف معیار ۴/۷۴ است. با توجه به عمق آب آبیاری‌ها و تعداد آبیاری‌ها، دامنهٔ تغییرات عمق آب داده شده بین ۵۹۵/۶۰ تا ۱۶۸۶/۲۴ میلی‌متر با متوسط ۱۱۴۳/۲۶ میلی‌متر و انحراف معیار ۳۸۳/۳۷ میلی‌متر به‌دست آمد. میانگین حجم آب آبیاری ۱۱۴۳۲/۶۰ مترمکعب در هکتار با انحراف معیار ۳۸۳۳/۶۹ مترمکعب در هکتار حاصل شد. میانگین عملکرد آلو در باغ‌های منتخب برابر با ۱۴/۸۰ تن در هکتار به‌دست آمد که از متوسط عملکرد آلو در کشور (بر اساس آمارنامه کشاورزی سال ۱۴۰۱، به‌میزان ۱۱/۳۶ تن در هکتار) حدود ۳۰/۲۸ درصد بیشتر است. بهره‌وری آب آبیاری ۱/۳۱ کیلوگرم بر مترمکعب و بهره‌وری آب کاربردی برابر با ۱/۳۰ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمده است.

جدول ٤- دامنهٔ تغییرات برخی پارامترهای اندازه‌گیری شده در باغ‌های منتخب با روش آبیاری قطره ای

Table 4-The range of changes of some measured parameters in selected orchards with drip irrigation method

		متوسط عمق آب آبیاری (میلی‌متر) The average depth of irrigation water (mm)	تعداد کل آبیاری The total number of irrigations	حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار) The volume of irrigation water (m^3/ha)	حجم آب داده شده+بارندگی موثر (مترمکعب در هکتار) The volume of applied water + Effective rainfall (m^3/ha)	عملکرد آلو (تن در هکتار) Yield of plum (ton/ha)	بهره وری آب آبیاری (کیلوگرم در متر مکعب) Irrigation water productivity (kg/m^3)	بهره وری آب کاربردی (کیلوگرم در متر مکعب) Applied water productivity (kg/m^3)
	حداقل	۱۰/۲۶	۲۴/۰۰	۴۹۹۹/۲۰	۵۱۵۹/۲۰	۵/۵۶	۰/۵۶	۰/۵۵
کل	حداکثر	۴۱/۰۰	۱۰۰/۰۰	۱۶۳۹۸/۹۰	۱۶۵۶۸/۹۰	۸۹/۸۰	۷/۰۹	۷/۰۰
باغ‌ها	میانگین	۲۵/۴۰	۴۳/۱۵	۹۹۱۹/۸۷	۱۰۰۴۷/۵۶	۱۸/۸۳	۱/۸۸	۱/۸۵
	انحراف معیار	۹/۷۶	۲۰/۸۵	۳۵۴۹/۳۸	۳۵۳۹/۰۹	۲۲/۰۶	۱/۷۴	۱/۷۱

جدول ۵- دامنهٔ تغییرات برخی پارامترهای اندازه‌گیری شده در باغ‌های منتخب با روش آبیاری سطحی

Table 5-The Range of Changes of Some Measured Parameters in Selected Orchards With Surface Irrigation Method

	متوسط عمق آب آبیاری (میلی‌متر) The average depth of irrigation water (mm)	تعداد کل آبیاری The total number of irrigations	حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار) The volume of irrigation water (m^3/ha)	حجم آب داده شده+بارندگی موثر (مترمکعب در هکتار) The volume of applied water + Effective rainfall (m^3/ha)	عملکرد آلو (تن در هکتار) Yield of plum (ton/ha)	بهره وری آب آبیاری (کیلوگرم در متر مکعب) Irrigation water productivity (kg/m^3)	بهره وری آب کاربردی (کیلوگرم در متر مکعب) Applied water productivity (kg/m^3)
حداقل	۲۵/۶۷	۱۵/۰۰	۵۹۵۶/۰۰	۵۹۹۶/۰۰	۶/۲۵	۰/۴۰	۰/۳۹
حداکثر	۸۳/۲۷	۲۹/۰۰	۱۶۸۶۲/۴۰	۱۶۹۷۲/۴۰	۲۸/۲۰	۲/۳۷	۲/۳۷
میانگین	۵۷/۶۲	۲۰/۸۶	۱۱۴۳۲/۶۰	۱۱۵۲۲/۵۶	۱۴/۸۰	۱/۳۱	۱/۳۰
انحراف معیار	۲۲/۴۹	۴/۷۴	۳۸۳۳/۶۹	۳۸۴۶/۵۰	۹/۳۸	۰/۶۵	۰/۶۵

میانگین وزنی پنج شاخص: حجم آب آبیاری، حجم آب کاربردی، عملکرد، بهره‌وری آب آبیاری، و بهره‌وری آب کاربردی نیز بر اساس سطح زیر کشت آلو در هر منطقه محاسبه شد. بر اساس آخرین آمارهای وزارت جهاد کشاورزی (Information and Communication Technology Office, 2023)، سطح زیر کشت آلو در مناطق مشهد و چناران به ترتیب ۳۲۸ و ۷۵ هکتار و میانگین عملکرد آلو بر اساس نتایج این تحقیق در دو منطقه مذکور به ترتیب ۱۳۱۱۰ و ۲۱۷۳۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمده است. میانگین وزنی عملکرد برابر است با مجموع سطح زیرکشت آلو در هر منطقه ضرب در عملکرد آلو تقسیم بر مجموع سطح زیر کشت آلو در دو منطقه مذکور که برای چهار ساخص دیگر نیز به همین شکل محاسبه شد. بر این اساس، میانگین وزنی حجم آب آبیاری، حجم آب کاربردی، عملکرد آلو، بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب کاربردی به ترتیب ۱۰۲۵۶ مترمکعب در هکتار، ۱۰۳۵۳ مترمکعب در هکتار، ۱۴۷۱۳ کیلوگرم در هکتار، ۱/۵۳ کیلوگرم بر مترمکعب و ۱/۵۱ کیلوگرم بر مترمکعب تعیین شد. به منظور بررسی دقیق‌تر تفاوت بین پنج شاخص مذکور، از آزمون تی استفاده شد که نتایج آن در جدول ۶ آمده است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد تفاوت میانگین حجم آب آبیاری و حجم آب کاربردی در دو شهرستان چناران و مشهد به ترتیب حدود ۶۱۵ و ۶۷۰ مترمکعب در هکتار است، اما این تفاوت‌ها از نظر آماری و در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیست. تفاوت میانگین عملکرد آلو در این دو شهرستان نیز حدود ۸/۶ تن در هکتار است ولی به لحاظ آماری اختلاف معنی دار نیست. تفاوت هر ۲ شاخص بهره‌وری آب (بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب کاربردی) در دو منطقه نیز با وجود اختلاف به‌ترتیب برابر با ۰/۴۹۱ و ۰/۴۸۳ کیلوگرم بر مترمکعب، از نظر آماری معنی دار نیست.

در جدول ۷، نیاز خالص آبیاری آلو محاسبه‌شده با استفاده از روش پنمن - مانتیث و بر اساس آمار و اطلاعات هواشناسی ده سالهٔ اخیر و در جدول ۸ نیاز خالص آبیاری آلو استخراج شده بر اساس سند ملی آب و کتاب "برآورد آب مورد نیاز گیاهان باغی" (Farshi *et al.*, 1997) ارائه شده است. نیاز ناخالص آبیاری آلو از تقسیم نیاز خالص آبیاری محاسبه شده، استخراج شده بر اساس سند ملی آب و کتاب "برآورد آب مورد نیاز گیاهان باغی" (Farshi *et al.*, 1997) بر راندمان کاربرد آب آبیاری به‌دست آمد که نیاز آبیاری آلو، استخراج شده بر اساس سند ملی آب برای دو منطقهٔ مشهد و چناران به ترتیب ۷۴۴ و ۷۴۴ مترمکعب در هکتار و بر اساس کتاب "برآورد آب مورد نیاز گیاهان باغی" (Farshi *et al.*, 1997) به ترتیب ۷۹۱/۷ و ۷۵۳/۱ مترمکعب در هکتار است. نیاز ناخالص آبیاری آلو بر اساس مقادیر مذکور و با لحاظ‌کردن راندمان کاربرد آب آبیاری برای روش‌های مختلف آبیاری محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۸ آمده است. نتایج آن در جدول‌های ۷ و ۸ آمده است.

جدول ٦- نتایج بررسی آماری حجم آب آبیاری، حجم آب کاربردی، عملکرد، بهره‌وری آب در دو منطقه، با استفاده از آزمون تی

Table 6- The statistical investigation of irrigation water volume, yield, water productivity in two region, by t-test

پارامتر Parameter	میانگین تفاوت The different mean	t بحرانی The critical t	مقدار t The amount of t	سطح معنی‌داری The significance level
حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار) The volume of irrigation water (m^3/ha)	۶۱۴/۸	۲/۲۶۲	۰/۴۷۷	۰/۶۴۵
حجم آب کاربردی The volume of applied water(m^3/ha)	۶۶۹/۹	۲/۲۶۲	۰/۵۲۴	۰/۶۱۳
عملکرد (تن در هکتار) Yield of plum (ton/ha)	۸/۶	۲/۲۶۲	۰/۹۶۲	۰/۳۶۱
بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم در متر مکعب) Irrigation water productivity (kg/m^3)	۰/۴۹	۲/۲۶۲	۰/۶۷۲	۰/۶۱۸
بهره وری آب کاربردی Applied water productivity (kg/m^3)	۰/۴۸	۲/۲۶۲	۰/۶۶۹	۰/۶۲۰

جدول ۷- مقایسهٔ حجم آب آبیاری و نیاز ناخالص آبیاری آلو محاسبه شده

Table 7- Comparison of the volume of irrigation water with the calculated impure water requirement of plum

شماره باغ Orchard No	روش آبیاری Irrigation mehtod	حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار) The volume of irrigation water (m^3/ha)	بارندگی موثر (مترمکعب در هکتار) Effective rainfall (m^3/ha)	نیاز خالص آبیاری آلو محاسبه شده (مترمکعب در هکتار) Net irrigation requirement of plum (Calculated) (m^3/ha)	نیاز ناخالص آبیاری آلو محاسبه شده (مترمکعب در هکتار) Gross irrigation requirement of plum (Calculated) (m^3/ha)
۱	قطره ای تیپ	۹۹۰۰/۰۰	۶۷/۵	۹۲۶۲/۷۶	۱۳۰۲۷/۷۹
۲	قطره ای	۸۸۵۷/۰۰	۳۷/۵	۸۳۱۱/۴۰	۱۱۶۸۹/۷۳
۳	قطره ای تیپ	۱۰۴۴۰/۰۰	۱۵۷/۵	۱۰۱۵۴/۴۹	۱۴۲۸۱/۹۸
۴	قطره ای تیپ زیرسطحی	۱۱۶۶۹/۰۰	۱۷۲/۵	۱۰۳۶۰/۲۰	۱۴۵۷۱/۳۱
۵	قطره ای	۷۲۰۰/۰۰	۱۷۲/۵	۱۰۳۹۰/۵۹	۱۴۶۱۴/۰۵
۶	سطحی	۱۴۹۸۸/۶۰	۱۵۷/۵	۹۰۹۳/۸۲	۱۶۹۶۶/۰۸
۷	قطره ای تیپ	۱۶۳۹۸/۹۰	۱۷۲/۵	۱۰۴۲۹/۵۲	۱۴۶۶۸/۸۱
۸	قطره ای	۱۲۶۷۲/۰۰	۱۵۷/۵	۱۰۲۳۴/۷۶	۱۴۳۹۴/۸۸
۹	قطره ای	۶۸۷۴/۲۰	۱۵۷/۵	۱۰۱۸۵/۵۶	۱۴۳۲۵/۶۹
۱۰	قطره ای	۸۵۶۸/۰۰	۱۵۷/۵	۹۸۱۵/۸۶	۱۳۸۰۵/۷۱
۱۱	سطحی	۱۱۷۰۳/۰۰	۳۷/۵	۸۹۵۲/۵۵	۱۶۷۰۲/۵۲
۱۲	قطره ای	۴۹۹۹/۲۰	۱۵۷/۵	۹۴۲۶/۶۰	۱۳۲۵۸/۲۲
۱۳	قطره ای	۱۶۲۲۰/۰۰	۳۷/۵	۹۰۱۸/۸۳	۱۲۶۸۴/۷۱
۱۴	سطحی	۱۱۷۱۰/۸۰	۳۷/۵	۹۳۵۸/۱۳	۱۷۴۵۹/۲۰
۱۵	قطره ای	۶۲۰۰/۰۰	۱۵۷/۵	۱۰۱۵۶/۷۸	۱۴۲۸۵/۲۰
۱۶	سطحی	۷۴۴۴/۳۰	۱۷۲/۵	۱۰۳۱۶/۶۹	۱۹۲۴۷/۵۵
۱۷	سطحی	۱۱۳۶۳/۱۰	۷۵/۰	۹۵۴۰/۹۶	۱۷۸۰۰/۳۰
۱۸	سطحی	۱۶۸۶۲/۴۰	۱۱۲/۵	۸۷۴۵/۸۷	۱۶۳۱۶/۹۱
۱۹	سطحی	۵۹۵۶/۰۰	۳۷/۵	۸۹۵۰/۱۶	۱۶۶۹۸/۰۶
۲۰	قطره ای	۸۹۶۰/۰۰	۳۷/۵	۸۸۷۴/۶۹	۱۲۴۸۱/۹۹
میانگین		۱۰۴۴۹/۳۳		۹۵۷۹/۰۱	۱۴۹۶۴/۰۳

جدول ۸- نیاز ناخالص آبیاری آلو برای روش‌های مختلف آبیاری بر اساس داده های سند ملی آب و کتاب "برآورد آب مورد نیاز گیاهان زراعی"

Table 8- The impure water requirement of plum for different irrigation methods based on the national document and the book "Estimation of Water Required of Garden Plants"

منطقه Area	نیاز خالص آبیاری آلو بر اساس سند ملی آب کشور Net irrigation requirement Plum based on "the document national water of the country"	نیاز خالص آبیاری آلو بر اساس کتاب "برآورد آب مورد نیاز گیاهان باغی" The net irrigation requirement of plums based on the book "Estimating the water requirements of garden plants"	نیاز ناخالص آبیاری آلو بر اساس سند ملی آب کشور Plum irrigation gross requirement based on "the document national water of the countr		نیاز ناخالص آبیاری آلو بر اساس کتاب "برآورد آب مورد نیاز گیاهان باغی" Plum irrigation gross requirement based on the book "Estimating the water requirements of garden plants"	
			آبیاری قطره‌ای Drip irrigation	آبیاری سطحی Surface irrigation	آبیاری قطره‌ای Drip irrigation	آبیاری سطحی Surface irrigation
مشهد	۷۴۴۰	۷۹۱۷	۱۰۴۶۴	۱۳۸۸۱	۱۱۱۳۵	۱۴۷۷۰
چناران	۷۴۴۰	۷۵۳۱	۱۰۴۶۴	۱۳۸۸۱	۱۰۵۹۲	۱۴۰۵۰
میانگین			۱۰۴۶۴	۱۳۸۸۱	۱۰۸۶۳	۱۴۴۱۰

با توجه به نتایج درج شده در جدول‌های ۷ و ۸ مشاهده می‌شود که متوسط حجم آب آبیاری استفاده شده توسط کشاورزان در باغ‌های آلو (۱۰۴۴۹ مترمکعب در هکتار) کمتر از میانگین نیاز ناخالص آبیاری محاسبه شده (۱۴۹۶۴ مترمکعب در هکتار)، برآورده شده با استفاده از سند ملی آب و کتاب "برآورد آب مورد نیاز گیاهان باغی" (Farshi *et al.*, 1997) است. از این رو در دورهٔ آبیاری، آب به اندازهٔ نیاز گیاه آلو در اختیار این گیاه قرار نگرفته است.

نتیجه گیری و پیشنهادها

بر اساس نتایج این تحقیق، در دو منطقهٔ مشهد و چناران میانگین وزنی (بر اساس سطح زیر کشت آلو در دو منطقه) حجم آب آبیاری، حجم آب کاربردی، عملکرد آلو، بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب کاربردی به ترتیب ۱۰۲۵۶ مترمکعب در هکتار، ۱۰۳۵۳ مترمکعب در هکتار، ۱۴۷۱۳ کیلوگرم در هکتار، ۱/۵۳ کیلوگرم بر مترمکعب و ۱/۵۱ کیلوگرم بر مترمکعب تعیین شده است. میزان آب آبیاری در تولید آلو در این دو منطقه حدود ۳۱ درصد از متوسط کشوری آن بیشتر و بهره‌وری آب آبیاری حدود ۳۲/۶ درصد از متوسط کشوری آن کمتر است. نتایج این تحقیق نشان داد حجم آب آبیاری، عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری در باغ‌های آلو در روش آبیاری قطره‌ای به ترتیب ۹۹۲۰ مترمکعب در هکتار، ۱۸۸۲۷ کیلوگرم در هکتار و ۱/۸۸ کیلوگرم بر مترمکعب و در روش آبیاری سطحی ۱۱۴۳۳ مترمکعب در هکتار، ۱۴۸۰۴ کیلوگرم در هکتار و ۱/۳۱ کیلوگرم بر مترمکعب است. بر این اساس، عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری در روش آبیاری قطره‌ای، نسبت به روش آبیاری سطحی، به ترتیب ۲۷ و ۴۳ درصد افزایش و مصرف آب ۱۳ درصد کاهش نشان می‌دهد. نیاز ناخالص آبیاری محاسبه شده، برآورده شده با استفاده از سند ملی آب و کتاب "برآورد نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی کشور" در روش آبیاری قطره‌ای به ترتیب ۱۳۶۹۹، ۱۰۴۶۴ و ۱۰۸۶۳ مترمکعب در هکتار و در روش آبیاری سطحی به ترتیب ۱۷۳۱۳، ۱۳۸۸۱ و ۱۴۴۱۰ مترمکعب در هکتار است. حجم آب آبیاری که کشاورزان به باغ‌های آلو می‌دهند در روش آبیاری قطره‌ای (۹۹۲۰ مترمکعب در هکتار) نسبت به نیاز ناخالص آبیاری محاسبه شده، برآورده شده با استفاده از سند ملی آب و کتاب "برآورد نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی کشور به ترتیب ۲۷/۶، ۵/۲ و ۸/۷ درصد کاهش دارد. حجم آب آبیاری که کشاورزان به

باغ‌های آلو می‌دهند در روش آبیاری سطحی (۱۱۴۳۳ مترمکعب در هکتار) نسبت به نیاز ناخالص آبیاری محاسبه شده، برآورده شده با استفاده از سند ملی آب و کتاب "برآورد نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی کشور" به ترتیب ۳۴/۰، ۱۷/۶ و ۲۰/۷ درصد کاهش نشان می‌دهد. با مقایسهٔ حجم آب آبیاری استفاده شده توسط کشاورزان در باغات آلو با نیاز ناخالص آبیاری این نتیجه حاصل شد که کشاورزان به دلیل در اختیار نداشتن آب کافی و به طور ناخواسته در باغ‌های آلو به‌کم آبیاری روی آورده‌اند و در واقع کشاورزان به اندازه‌ای که آب در اختیار دارند آبیاری می‌کنند. با توجه به اینکه اکثر باغ‌ها به صورت حقابه‌ای آب دریافت می‌کنند، گیاه در مقاطعی از دورهٔ رشد خود آب بیشتر و در مقاطعی آب کمتر از حد موردنیاز خود دریافت می‌کند و این باعث کاهش عملکرد و به دنبال آن کاهش بهره‌وری آب می‌گردد. نتایج تحقیق نشان داد که حجم آب آبیاری باغ‌های آلو بستگی دارد به تعداد نوبت‌های آبیاری، زمان قطع آبیاری در انتهای فصل، میزان حقابه و منابع آب در دسترس و نحوهٔ مدیریت باغ. بر اساس نتایج به‌دست آمده می‌توان این‌گونه جمع‌بندی کرد که کاربرد صحیح و اصولی

سامانه‌های آبیاری تحت فشار و آموزش بهره‌برداران برای استفادهٔ بهینه از این سامانه‌ها از طریق بهره‌گیری از ظرفیت کشاورزان پیشرو می‌تواند ارتقای بهره‌وری آب آبیاری درختان آلو را به همراه داشته باشد. میانگین عملکرد آلو در باغ‌های منتخب با روش آبیاری قطره‌ای برابر با ۱۸/۸۳ تن در هکتار به‌دست آمده که از متوسط عملکرد آلو در کشور (بر اساس آمارنامه کشاورزی سال ۱۴۰۱، به‌میزان ۱۱/۳۶ تن در هکتار) حدود ۶۵/۷۵ درصد بیشتر است. بر این اساس کشت آلو در هر دو منطقه مشهد و چناران و همچنین استفاده از روش آبیاری قطره‌ای در باغ‌های آلو قابل توصیه خواهد بود. باید توجه داشت که بهره‌وری آب آبیاری شاخصی است چندوجهی که از پارامترهای مختلف تأثیر می‌پذیرد و آب یکی از نهاده‌های اثرگذار بر این شاخص است. توجه به عوامل مختلف اثرگذار بر بهره‌وری آب آبیاری به منظور ارتقای پایدار این شاخص الزامی است. برای مثال، با توجه به نقش کلیدی ارقام در ارتقای بهره‌وری آب آبیاری، توجه به استفاده از ارقام جدید، مقاوم به تنش‌های محیطی و متناسب با شرایط اقلیمی مناطق می‌تواند نقش بسزایی در بهبود بهره‌وری آب آبیاری داشته باشد. فراهم کردن زمینهٔ لازم به منظور استفادهٔ کشاورزان از نهاده‌هایی مانند سم و کود نیز یکی از راهکارهای ارتقای بهره‌وری آب آبیاری است.

مراجع

Abbasi, F., Sohrab, F. & Abbasi, N. (2017). Evaluation of irrigation efficiencies in Iran. Journal of Irrigation and Drainage Engineering Research, 17(67), 113-128. (in Persian).

Ahmadi, K., Ebadzadeh, H.R., Hatami, F., Hoseinpour, R. & Abdshah, H. (2020). Agricultural Statistics of 2019. Ministry of Jihad for Agriculture, Deputy for Planning and Economy, Information and Communication Technology Office. Volume 3, Orchards Products. 163 pp. (in Persian).

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes. D. & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirement. FAO Irrig. Drain. Paper No. 56. FAO, Rome, Italy, 300 pp.

Ayers, R.S. & Westcot, D.W. (1994). Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 29. FAO, Rome, Italy.

Blanco-Cipollone, F., Monino, N. J., Vivas, A., Samperio, A. & Prieto, M. H. (2019). Long-term effects of irrigation regime on fruit development pattern of the late-maturing ‘Angeleno’ Japanese plum. European Journal of Agronomy, 105: 157-167.

Ćosić, M., Lipovac, A., Vujadinović-Mandić, M., Vuković-Vimić, A., Đurović, D. & Nikolić, D. (2021). Water requirements in traditional plum producing regions of Serbia. In XII International Symposium on Plum and Prune Genetics, Breeding and Pomology, 1322, 209-214.

Dzikiti, S. &Schachtschneider, K. (2015). Water stewardship for stone fruit farmers (p. 4). WWF Technical Report. Available at www. wwf. org. za/freshwater.

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

Gavilán, V., Lillo-Saavedra, M., Holzapfel, E., Rivera, D. & García-Pedrero, A. (2019). Seasonal crop water balance using harmonized Landsat-8 and Sentinel-2 time series data. Water, 11(11), 2236.

Information and Communication Technology Office. (2023). Statistical Yearbook of the Agricultural sector of Razavi Khorasan Province of 2022. Agricultural Jihad Organization of Razavi Khorasan Province, Deputy for Planning and Economy, 276 pp. (in Persian).

Jovanović, N., Motsei, N., Mashabatu, M. & Dube, T. (2023). Modelling soil water redistribution in irrigated Japanese plum (Prunussalicina) orchards in the Western Cape (South Africa). Horticulturae, 9(3), 395.

Karami, T. & Ghaffarian Behraman, M. (2017). Future research of water crisis and its security challenges (case study of Rafsanjan city). Quarterly of Scientific - specialized of law enforcement knowledge, 8(21), 49-79.

Khandani, Y., Fotouhi Ghazvini, R., Ghasem Nezhad, M. & Khaledian, M.R. (2016). Effects of Both Regulated Deficit Irrigation and Super Absorbent on the Vegetative Growth, Yield and Fruit Quality of Japanese Plum ‘Santarosa’. Iranian Journal of Horticultural Science and Technology, 17 (3), 369-378.

Mashabatu, M., Motsei, N., Jovanović, N., Dube, T., Mathews, U., & Nqumkana, Y. (2024). Assessing the Seasonal Water Requirement of Fully Mature Japanese Plum Orchards: A Systematic Review. Applied Sciences, 14(10), 4097.

Mhawej, M. & Faour, G. (2020). Open-source Google Earth Engine 30-m evapotranspiration rates retrieval: The SEBALIGEE system. Environmental Modelling & Software, 133, 104845.

Molden, D.J, Sakthivadivel, R., Perry, C.J. & De Fraiture, C. (1998). Indicators for comparing performance of irrigated agricultural systems. Research Report No. 20, Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.

Moñino, M.J., Blanco-Cipollone, F., Vivas, A., Bodelón, O.G. & Prieto, M.H. (2020). Evaluation of different deficit irrigation strategies in the late-maturing Japanese plum cultivar'Angeleno'. Agricultural Water Management, 234, 106111.

Mousavi, A. & Tatari, M. (2017). Management of dificit irrigation in fruit trees. Technical Note No. 52712, Horticultural Sciences Research Institute, temperate fruits research center, Karaj, Iran.

Naghshi, A. (2016). Irrigation management in orchards. Extensional Note No. 139, East Azerbaijan Agricultural Organization, Agricultural extension coordination management.

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

Suklabbaidya, A. & Mehta, K. (2018). Effect of irrigation, pruning severity & nitrogen fertilization on tree growth of plum cv. Santa Rosa. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 7(6), 2792-2798.

Irrigation and Drainage Structures Engineering Research/Vol.25/No.94/ Spring/2024/P:53-68

Original Research

Investigating the volume of irrigation water and applied water productivity in Plum orchards of Razavi Khorasan province (Chenaran and Mashhad)

M. Karimi*, S. Sepehri Sadeghian, M. Joleini

Corresponding Author: 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.
Received: 12 Aguust 2024 **, Accepted**: 22 September 2024
Email: karimi.irri@gmail.com
https://doi.org/10.22092/idser.2024.366702.1586

Extended Abstract

Introduction

Due to the limitation of water resources in the production of agricultural products in the country and the need to improve water productivity in the production of horticultural products on the one hand and the economic importance of plum production in the country on the other hand, the investigation of management indicators such as the volume of irrigation water, yield and irrigation water productivity is necessary in the production of plums in the country. Plums are one of the most important orchard products, and the livelihood of a large number of farmers in different regions of the country, including Khorasan-Razavi province, depends on this product. Therefore, the current project was carried out with the aim of direct and field measurement of the water content of plum varieties in orchards under the management of local farmers in the producing regions of this product in the province. According to the latest statistics published by the Ministry of Agricultural Jihad (Statistical Yearbook of the Department of Agriculture of Khorasan Razavi Province in 2022), the area under plum cultivation in Mashhad and Chenaran regions is 328 and 75 hectares, respectively, and the yield per unit area in those two mentioned regions is 3905 and 6028 kg/ha, respectively.

Methodology

In Khorasan Razavi province, two regions with highest area under plum cultivation were selected for evaluation, Chenaran and Mashhad. To conduct this research, 10 orchards in Chenaran region and 10 orchards in Mashhad region have been selected. The volume of irrigation water was measured in these 20 orchards during the irrigation season. The measurements were carried out in different irrigation and planting methods, various soils, different salinity of irrigation water and soil, and different plum varieties during the growing season of 2021-2022 without interfering with the farmer's irrigation management. The measured values were compared with the gross irrigation water requirement estimated by the Penman-Monteith method using the last 10 years meteorological data and also with the national water document values. Plum yield was recorded at the end of the growing season

and water productivity was calculated as the ratio of yield to total water (irrigation applied water and effective rainfall).

Results and Discussion

The results showed that the amount of applied water, the amount of plum yield and the water productivity in Chenaran region were 10899 m3/ha, 21.73 ton/ha and 1.9 kg/m3, respectively. The volume of applied water, the amount of plum yield, and water productivity in Mashhad region were determined as 10229 m3/ha, 13.11 ton/ha and 1.42 kg/m3, respectively. The volume of plum irrigation water in the regions varied from 4999 to 16862 and its weighted average (based on the cultivation area) was 10256 m3/ha. While the average gross requirement of irrigation water in the regions using the Penman-Monteith method using meteorological data of the last ten years and the national water document was 14964 and 12173 m3/ha, respectively. The average yield of plum in the selected orchards varied from 5560 kg/ha to 89800 kg/ha and the average was 14713 kg/ha. Irrigation water productivity in selected orchards varied from 0.4 to 7.09 and the average was 1.53 kg/m3. The applied water productivity in the selected orchards was 1.51 kg/m3.

Conclusions

According to the results of this research in Chenaran and Mashhad, the weighted average volume of irrigation water and the irrigation water productivity in plum orchards are 10256 m^3/ha and 1.53 kg/m^3, respectively. The volume of irrigation water to produce plum in these two regions was about 31% more than that in country and the irrigation water productivity was about 32.6% less than that in country. The volume of irrigation water, yield and irrigation water productivity in plum orchards in drip irrigation method were 9920 m^3/ha, 18827 kg/ha and 1.88 kg/m^3, respectively, and in surface irrigation method they were 11433 m^3/ha, 14804 kg/ha and 1.31 kg/m^3 respectively. The yield of plum and the irrigation water productivity in drip irrigation method, compared to the surface irrigation method, increased by 27 and 43%, respectively, and water consumption decreased by 13%. Comparing the volume of irrigation water used by farmers in the plum orchards with the gross irrigation requirement, shows that the farmers have no enough water for irrigation and unintentionally, they follow deficit irrigation in the plum orchards, and in fact, the farmers use water available for them. The average yield of plums with drip irrigation method was equal to 18.83 ton/ha, which is about 65.75% higher than the average yield of plums in the country. Based on this, plum cultivation in both regions and also the use of drip irrigation method in plum orchards cab is recommended.

Keywords: Volume of irrigation water, Irrigation methods, Water productivity, Yield of plum