

مقاله علمی-پژوهشی

## بررسی اولویت کشت بادام و گردو از دیدگاه آب مصرفی و بهره‌وری آب در منطقه اسفندقه استان کرمان

محبوبه لر محمد حسینی<sup>۱</sup>، رضوان طالب نژاد<sup>۲\*</sup>، مسعود نوشادی<sup>۳</sup>، علیرضا سپاسخواه<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۲۹

### چکیده

در شرایط خشکسالی و کمبود آب در کشور برآورد میزان آب آبیاری و بهره‌وری آب در باغات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این مقاله به بررسی اولویت کشت درختان بادام و گردو از دیدگاه آب مصرفی و بهره‌وری آب با توجه به اهمیت اقتصادی این درختان در تامین معیشت باغداران در منطقه اسفندقه استان کرمان پرداخته شده است. باغ مورد مطالعه در روستای کوران واقع شده است، روش آبیاری سطحی و آب آبیاری از رودخانه دائمی گیشکی تامین می‌شود. در طول مسیر رودخانه، بهره‌برداران با استفاده از کانال‌های انشعابی آب را به استخرهای ذخیره آب و کانال‌های آبرسان باغ‌ها انتقال می‌دهند. در این تحقیق نیاز آبی بادام و گردو در منطقه مورد نظر از معادله هارگریوزسامانی با معین بودن ضریب گیاهی تعیین شد و مقدار آب آبیاری کاربردی توسط کشاورز با استفاده از حجم آب استخر ذخیره و سطح زیر کشت درختان محاسبه گردید، سپس کمبود یا مازاد آبیاری توسط کشاورز تعیین گردید. بهره‌وری آب در شرایط فعلی آبیاری منطقه برای درخت بادام و گردو به ترتیب ۰/۶ و ۰/۲۷ کیلوگرم بر متر مکعب محاسبه شد. بهره‌وری آب در شرایط کمبود آب برای درختان بادام و گردو به ترتیب ۱۴ درصد بیش‌تر و ۱۰ درصد کم‌تر نسبت به شرایط آب کافی تعیین شد. ضریب حساسیت به تنش خشکی بادام ۴۷ درصد کم‌تر از گردو بدست آمد. همچنین بهره‌وری اقتصادی حاصل شده برای درختان بادام ۱/۸ برابر گردو است. بنابراین طبق نتایج این پژوهش کاشت درختان بادام از لحاظ مقدار آب مصرفی و بهره‌وری اقتصادی آب در شرایط کمبود آب و یا آب کافی در منطقه اسفندقه در شرایط خشکی نسبت به درختان گردو در اولویت است.

واژه‌های کلیدی: آب، بهره‌وری آب، بهره‌وری اقتصادی، تنش آبی

### مقدمه

میلی‌متر و تسلط اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک بر ۸۵ درصد مساحت آن در یکی از کم‌آب‌ترین منطقه‌های دنیا قرار گرفته است (بذرافشان و همکاران، ۱۴۰۰). استان کرمان نیز دارای متوسط بارندگی سالانه ۱۴۰ میلی‌متر در سال است (نجفی نژاد و همکاران، ۱۴۰۱). از طرف دیگر استان کرمان به علت موقعیت خاص جغرافیایی و ناهمواری‌های بسیار پراکنده و تأثیر دیگر عوامل از مناطق خشک ایران به شمار می‌رود. افزون بر این استان کرمان یکی از استان‌های مهم کشور در زمینه تولید محصولات باغی و زراعی است. این استان با دارا بودن سهم ۱۱/۶ درصدی از کل سطح باغ‌های کشور (از جمله بادام و گردو)، بعد از استان فارس در رتبه دوم قرار دارد (صالحی رضا آبادی و همکاران، ۱۳۹۸).

ایران یکی از عمده‌ترین کشورهای تولید کننده و صادر کننده بادام است. میزان تولید بادام در ایران حدود ۱۲۸ هزار تن است که در بخش صادرات جزء ده کشور اول صادرکننده این محصول قرار دارد و با سطح زیر کشت ۱۴۶۰۵۵ هکتار یکی از مهم‌ترین محصولات باغی

امروزه مسئله کمبود آب به یکی از نگران‌کننده‌ترین مسائل پیش روی کشور ایران تبدیل شده است. کشور ایران با قرار گرفتن در کمربند خشک جهانی، از مناطق کم‌باران دنیا به حساب می‌آید به طوری که میانگین بارش سالانه ۲۵۴ میلی‌متر (بلندمدت) و ۲۱۰ میلی‌متر (دوره خشکسالی)، میانگین سالانه تبخیر پتانسیل ۲۰۰۰

۱- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۲- استادیار بخش مهندسی آب و مرکز مطالعات خشکسالی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۳- استاد بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۴- استاد بخش مهندسی آب و مرکز مطالعات خشکسالی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

\*- نویسنده مسئول: (Email: rtalebnejad@shirazu.ac.ir)

مترمکعب در هکتار با محصول ۱۶۶۷ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (حقیقت و ستار، ۱۳۷۸). یزدانی و همکاران (۱۳۷۸) با انجام آزمایشی در منطقه شهر کرد آب مصرفی درختان بادام را در دو روش آبیاری قطره‌ای و سطحی اندازه‌گیری کردند نتایج آن‌ها نشان داد که آب مصرفی درختان بارور بادام در روش قطره‌ای ۴۷۵۰ مترمکعب در هکتار و در روش سطحی ۹۷۶۶ مترمکعب در هکتار بود.

درختان بادام نسبت به شرایط خشکی متحمل هستند به طوری که تحقیقات در کالیفرنیا نشان داده است درختان بادام با آب کم تر از ۱۹۳ میلی‌متر هم می‌توانند زنده بمانند در حالی که به حداقل رساندن تنش آبی باعث افزایش رشد، محصول و شدت فتوسنتز در بادام می‌شود (Shackel et al., 2012). درختان بادام تحمل متفاوتی نسبت به تنش آبی در طول فصل رشد دارند (Fulton et al., 2014). کم‌آبیاری برای درختان بادام توصیه می‌شود. طبق تحقیقی که بر اساس داده‌های ۳۰ ساله هواشناسی تخییر-تغرق مرجع در منطقه کالیفرنیا انجام شده است، باغ بادام بالغ با آبیاری کامل در ظهر دارای سطح سایه‌انداز حدود ۸۰ درصد است، و بسته به مکان ۱۲۴۴ تا ۱۴۷۳ میلی‌متر آب می‌تواند استفاده کند (Shackel et al., 2012). به منظور بررسی اثرات کم‌آبیاری بر درخت بادام تحقیقی در استرالیا انجام شد. رژیم‌های آبیاری شامل آبیاری کامل و ۶۵ درصد آبیاری کامل در نظر گرفته شد. نتایج تحقیق نشان داد کم‌آبیاری باعث کاهش محصول به میزان ۸ درصد شد در حالی که مقدار بهره‌وری آب در تیمار ۶۵ درصد آبیاری کامل ۳۷ درصد افزایش یافت (Phogat et al., 2013). هم‌چنین تحقیقی که در اسپانیا انجام گرفت نشان داد بهره‌وری آب بین ۰/۳۳ تا ۰/۱۱ کیلوگرم بر متر مکعب متغیر بود و بیشترین بهره‌وری آب در کم‌ترین مقدار آب آبیاری که ۲۰۰ میلی‌متر بود حاصل شد (López-López, 2018). محققان با انجام آزمایشی در کالیفرنیا روی درختان بادام ده سطح آبیاری از ۱۰۰۰ تا ۱۳۵۰ میلی‌متر در هر فصل رشد در دوره پنج ساله اعمال کردند. کم‌ترین میزان آبیاری منجر به کاهش وزن ۱۵ درصدی دانه گردید، حداکثر محصول ۳۹۰۰ کیلوگرم در هکتار با ۱۲۵۰ میلی‌متر آبیاری حاصل شد. حداکثر بهره‌وری آب ۰/۳ کیلوگرم بر متر مکعب در آبیاری ۱۰۸۰ میلی‌متر گزارش شد (Goldhamer and Fereres., 2017).

تحقیقی در کالیفرنیا آمریکا برای تعیین ضرایب گیاهی و نیاز آبی گردو انجام گرفت و مقادیر ضرایب گیاهی در مرحله اولیه، میانی و پایانی به ترتیب ۰/۶۳، ۱/۱۴ و ۰/۶۰ و مقدار نیاز آبی را در طول فصل رشد ۱۰۵۱۰ مترمکعب بر هکتار گزارش کردند (Fulton et al., 2013). به منظور بررسی اثرات کم‌آبیاری تنظیم شده بر رقم گردو سیاه کالیفرنیا شمالی با تراکم ۱۹۷ بوته در هکتار، آزمایشی توسط Buchner et al. (2008) در کالیفرنیا آمریکا انجام شد، نتایج آن‌ها نشان داد مقدار آب آبیاری مورد استفاده در تیمارهای کم‌آبیاری شامل تنش آبیاری کم، متوسط و شدید به ترتیب ۱۰۷۰۰، ۷۱۳۰ و ۶۱۰۰

کشور است، هم‌چنین از لحاظ سطح زیر کشت بعد از کشورهای اسپانیا، آمریکا و تونس قرار دارد (Mekonnen et al., 2011). براساس آمارنامه وزارت جهادکشاورزی، گردو در تمام استان‌های کشور کم و بیش کشت می‌شود به ویژه استان‌های همدان، کرمان، لرستان، آذربایجان شرقی، کرمانشاه، چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد، زنجان، فارس، مرکزی و قزوین که سطح زیر کشت و میزان تولید گردو در آنها به ترتیب حدود ۷۰ و ۷۵ درصد از کل کشور را شامل می‌شود (آمار نامه وزارت جهاد کشاورزی، ۱۴۰۲). بادام یکی از درختان میوه است که به دلیل تحمل به خشکی و شرایط کم‌آبی عمدتاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشت می‌شود (Germana et al., 1996) ولی درخت گردو جزء گیاهان آب بر بوده و نسبت به تنش خشکی حساس می‌باشد (Ma et al., 2014; Hu et al., 2010; Li et al., 2013).

با توجه به محدودیت منابع آبی کشور، بهره‌برداری بهینه از منابع آب و افزایش بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در تولید محصول برای رسیدن به رشد اقتصادی در بخش کشاورزی کاملاً ضروری است. از طرفی چون بخش کشاورزی به آب زیادی نیاز دارد افزایش بهره‌وری در این بخش در راستای دستیابی به امنیت غذایی در کشور یک راهبرد اساسی تلقی می‌شود مهم‌ترین شاخص در مصرف نهاده آب بازده اقتصادی مصرف آب است، در این راستا از اهداف پژوهش تعیین بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب است. با تعیین بهره‌وری آب می‌توان راه کارهای مناسبی جهت سیاست گذاری‌های صحیح برای تولید محصولات کشاورزی در راستای دستیابی به حداکثر سود، توسعه پایدار و امنیت غذایی اتخاذ نمود. کاهش کمیت منابع آب کشاورزان منطقه را به سمت مدیریت بهتر منابع آب در جهت بهبود بهره‌وری اقتصادی رهنمون می‌سازد. هم‌چنین با توجه به کمبود اطلاعات و پژوهش‌ها بر روی درختان در مقایسه با گیاهان زراعی، به ویژه از لحاظ بهره‌وری آب و دیدگاه اقتصادی جهت تامین معیشت باغداران انجام پژوهش‌هایی در شرایط واقعی در باغ‌های در حال بهره‌برداری الزامی به نظر می‌رسد. بنابراین برآورد میزان نیاز آبی و بهره‌وری اقتصادی آب در باغات در شرایط خشکی و کمبود آب در کشور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. علی‌رغم اهمیت درختان بادام و گردو، اطلاعات کمی در این زمینه وجود دارد، بنابراین با توجه به اهمیت این موضوع در پژوهش حاضر به ارزیابی آب مصرفی و تعیین بهره‌وری اقتصادی آب در کاشت درختان بادام و گردو در منطقه اسفندقه استان کرمان پرداخته شده است.

با توجه به اهمیت آب مصرفی درختان مثمر از دیرباز تحقیقاتی در این مورد انجام شده است. به عنوان مثال، آب خالص مورد نیاز بادام در منطقه نجف آباد اصفهان با مدیریت باغداران بین ۶ تا ۱۰ هزار مترمکعب برآورد گردیده است (حقیقت، ۱۳۷۸). با توجه به راندمان آبیاری و محصول تولید شده، آب مصرفی بادام در حدود ۵۶۳۷

سیستم های مختلف کشت درختان با توجه به فواصل درختان و هرس آنها می پردازد. آنها محدوده بهره‌وری آب را برای درختان با توجه به سیستم کشت و هرس آنها برابر  $0/33$  تا  $0/43$  کیلوگرم بر مترمکعب گزارش نمودند (Quintanilla-Albornoz, et al., 2024).

با توجه به پژوهش های انجام شده اطلاعات محدودی در ایران در مورد مقایسه بهره‌وری اقتصادی آب در کشت درختان به ویژه بادام وجود دارد. کشت درختان با بهره‌وری آب بالاتر در شرایط خشکسالی اهمیت فراوان دارد. افزایش بهره‌وری اقتصادی با توجه به افزایش سود باغدار نیز در مدیریت توسعه روستایی اهمیت فراوان دارد. از این رو به تعیین و مقایسه این شاخص ها در این پژوهش پرداخته شده است.

### مواد و روش‌ها

دهستان اسفندقه یکی از دهستان‌های بخش مرکزی شهرستان جیرفت است که دارای وسعتی نزدیک به  $3472$  کیلومترمربع و در  $75$  کیلومتری غرب شهرستان جیرفت واقع شده است. آب و هوای غالب منطقه خشک نیمه‌گرم و معتدل است، به طور کلی بخش اسفندقه بیش تر موقعیت کوهستانی دارد و ارتفاع آن از سطح دریا  $1750$  متر و میانگین بارندگی آن  $250$  میلی‌متر در سال، حداکثر و حداقل دما در این منطقه به ترتیب  $45$  و  $-8$  درجه‌سانتی‌گراد است. این منطقه دارای  $3000$  هکتار سطح زیر کشت است که از این مقدار  $1500$  هکتار باغی و مابقی زراعی است. پسته، بادام، گردو، انار و انواع میوه‌های سردسیری از ظرفیت‌های کشاورزی و باغی این منطقه به‌شمار می‌آیند. منبع اصلی تامین آب آبیاری آن شامل آب‌های سطحی از رودخانه دائمی گیشکی است که یکی از منابع تامین کننده آب سد جیرفت است. لازم به ذکر است که باغ مورد مطالعه در روستای کوران واقع شده است، در آنجا روش آبیاری سطحی و آب آبیاری باغات از طریق رودخانه دائمی گیشکی تامین می‌شود که در طول مسیر بهره‌برداران با استفاده از کانال‌های انشعابی آب را به استخرهای ذخیره آب و کانال‌های آبرسان باغ انتقال می‌دهند. نظام برداشت آب آبیاری از رودخانه به صورت مدون وجود ندارد و باغداران در منطقه بنا به نیاز در طول ماه‌های اسفند تا مهر برداشت را انجام می‌دهند. در باغ گردو مورد مطالعه  $100$  اصله درخت گردو با فواصل  $10 \times 10$  مترمربع در هر هکتار، و در باغ بادام مورد مطالعه  $238$  اصله درخت بادام در هر هکتار با فواصل  $7 \times 6$  مترمربع وجود داشته است. درختان همگی مثمر بود و تولید محصول اقتصادی داشته‌اند. انتخاب دو باغ مورد نظر با توجه به آنکه امکان اندازه‌گیری دقیق و همکاری باغدار میسر باشد و همچنین نماینده‌ای از شرایط باغ‌های منطقه از نظر رقم و سن درختان و روش آبیاری رایج باشند، انجام شد.

مترمکعب در هکتار بدست آمد که مقدار محصول در این تیمارها به ترتیب  $4048$ ،  $2896$  و  $2289$  کیلوگرم در هکتار حاصل شد. آن‌ها بیان کردند اعمال کم‌آبیاری برای گردو مناسب نیست و باعث کاهش کمیّت و کیفیت محصول می‌شود. (Akin and Erdem 2018) آب کاربردی درخت گردو را تحت رژیم‌های مختلف آبیاری در منطقه تک‌رداگ ترکیه تعیین نمودند. در این تحقیق مقادیر مختلف آبیاری بر اساس  $50$ ،  $75$  و  $100$  درصد تبخیر از تشت تبخیر با استفاده از روش آبیاری قطره‌ای اعمال گردید. بر اساس نتایج تحقیق آن‌ها مقدار آب کاربردی درخت گردو بین  $4650$  تا  $9300$  مترمکعب در هکتار گزارش شد و نتایج نشان داد که رژیم‌های آبیاری اعمال شده تأثیر معنی‌داری بر رشد رویشی درخت گردو (شامل ارتفاع درخت، طول شاخه، سطح مقطع تنه و حجم کانوپی) ندارد.

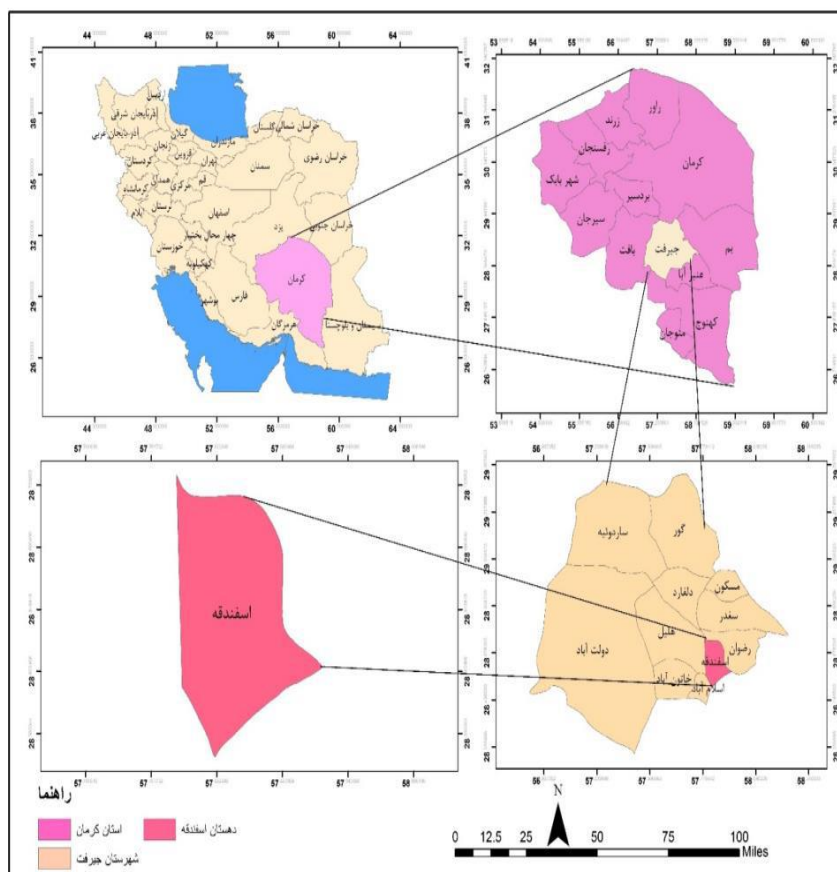
عباسی و همکاران ( $1402$ ) به منظور تعیین حجم آب کاربردی محصول گردو تحت مدیریت باغداران در مناطق مختلف کشور و بدون دخالت در برنامه آبیاری باغداران پژوهشی انجام دادند. نتایج پژوهش آنها نشان داد حجم آب کاربردی اندازه‌گیری شده باغ‌های گردو از  $3050$  مترمکعب در هکتار در منطقه کوهین قزوین تا  $14800$  مترمکعب در شهرستان سامان استان چهارمحال بختیاری متغیر بود، متوسط آن در سطح کشور حدود  $7000$  مترمکعب در هکتار بدست آمد. حجم آب کاربردی در باغ‌های منتخب برای دو روش آبیاری قطره‌ای و سطحی به ترتیب  $7675$  و  $5709$  مترمکعب در هکتار برآورد شد. میانگین دوساله عملکرد گردو (بدون پوست سبز) در مناطق تولید از  $520$  کیلوگرم بر هکتار در توپسرکان همدان تا  $4200$  کیلوگرم بر هکتار در دامغان و سمنان متغیر بود و میانگین وزنی آن  $1235$  کیلوگرم بر هکتار بود. هم‌چنین شاخص بهره‌وری آب آبیاری از  $0/04$  کیلوگرم بر مترمکعب در بروجرد لرستان تا  $0/71$  کیلوگرم بر هکتار در کنگاور کرمانشاه متغیر بود و میانگین وزنی آن در سطح کشور  $0/20$  کیلوگرم بر مترمکعب بدست آمد. نتایج پژوهش آنها نشان داد که در استان‌های مورد بررسی، حجم آب کاربردی باغ‌های گردو کمتر از نیاز ناخالص آبی این محصول بود و به نوعی کم‌آبیاری اجباری در باغ‌های گردو انجام می‌گرفت.

فیروزآبادی و همکاران ( $1399$ ) مقادیر بهره‌وری اقتصادی آب در گردو را در ملایر همدان، از منظر BPD در دو سیستم آبیاری قطره‌ای و سطحی به ترتیب  $590000$  و  $307000$  ریال بر مترمکعب و مقدار آن از لحاظ NBPD در دو سیستم آبیاری قطره‌ای و سطحی به ترتیب برابر با  $115700$  و  $117000$  ریال بر متر مکعب گزارش کردند. اطلاعات محدودی از بهره‌وری آب درختان بادام در ایران وجود دارد. تمرکز در پژوهش‌های انجام شده در افزایش بهره‌وری آب باران در کشت دیم این درختان بوده است (توکلی،  $1393$ ). با این وجود پژوهش‌های جدید در مناطق مختلف جهان از جمله اسپانیا بر افزایش بهره‌وری آب در کشت درختان بادام با مدیریت کم آبیاری در

$$ET_0 = 0.0023Ra \times TD^{0.5}(T + 17.8) \quad (1)$$

که در آن  $ET_0$  تبخیر-تعرق گیاه مرجع (میلی-متر در روز)،  $TD$  اختلاف دمای حداکثر و حداقل ماهانه منطقه و  $T$  متوسط دما (درجه سانتی‌گراد) و  $Ra$  تابش برون زمینی (ژول بر متر مربع در روز) هستند. اطلاعات هواشناسی منطقه مورد نظر از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی سینوپتیک با شرایط اقلیمی مشابه در شهرستان بافت در سال انجام آزمایش (۱۴۰۰) تهیه گردید. نقشه منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ قابل مشاهده است. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه با توجه به محدودیت اطلاعات موجود در منطقه در جدول های ۱ و ۲ ارائه شده است.

در این پژوهش نیاز آبی درختان مورد نظر محاسبه شده و با مقدار مقدار آبی که در حال حاضر کشاورزان برای آبیاری درختان به کار می‌برند مقایسه گردید تا کمبود یا مازاد آب آبیاری توسط کشاورزان در زمان فعلی مشخص گردد. جهت اندازه‌گیری محصول ده درصد درختان در هکتار به روش نمونه برداری منظم تصادفی انتخاب گردید و مقدار محصول هر درخت وزن شد و میانگین محصول این درختان به عنوان محصول باغ در نظر گرفته شد. برای تعیین نیاز آبی گیاه ابتدا تبخیر-تعرق گیاه مرجع محاسبه شد. برای محاسبه تبخیر-تعرق گیاه مرجع در منطقه مورد مطالعه از معادله هارگریوزسامانی با توجه به اطلاعات ماهانه هواشناسی موجود در منطقه در طول دوره اعمال آبیاری توسط باغداران (اسفند تا مهر) در سال زراعی ۱۴۰۰ استفاده شد:



شکل ۱- نقشه منطقه مورد مطالعه، (منبع: ترسیم بر اساس نقشه پایه سازمان نقشه برداری کشور، سال ۱۳۹۲)

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی خاک منطقه مورد مطالعه

ضخامت لایه (cm)	بافت خاک	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)
۰-۳۰	شنی لوم	۸۳	۸	۹
۳۰-۶۰	شنی لوم	۸۳	۱۰	۷

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه

EC <sub>e</sub> (dS m <sup>-1</sup> )	SAR	Na <sup>+</sup> (meq l <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (meq l <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup> (meq l <sup>-1</sup> )	ضخامت لایه (cm)
۱/۲۱	۱/۵۲	۳/۲	۲/۸	۶/۰	۰-۳۰
۰/۷۴	۰/۵۴	۰/۸۸	۳/۳	۲/۰	۳۰-۶۰
۰/۹۷	۰/۱۹	۰/۴۱	۵/۴	۴/۰	۶۰-۹۰

شرایط کمبود آب (شرایط فعلی آبیاری منطقه) و در شرایط وجود آب کافی (تأمین نیاز آبی کامل درختان) از معادله فوق تعیین و مقایسه گردید.

در این تحقیق علاوه بر محاسبه بهره‌وری آب (نسبت مقدار محصول به آب آبیاری)، بهره‌وری اقتصادی آب نیز محاسبه شد. بهره‌وری اقتصادی آب میزان سود خالص به ازای آب مصرفی است (Fernández et al., 2020). هدف از این روش تعیین میزان سود حاصل از هر مترمکعب آب است. داده‌های هزینه، تولید و درآمد دو محصول بادام و گردو در منطقه مورد مطالعه استفاده شده است. جهت تعیین بهره‌وری اقتصادی آب پس از جمع‌آوری اطلاعات هزینه و درآمد، شاخص NBPD محاسبه شد.

(۵)

$$NBPD = \frac{EUAB - EUAC}{TW_c}$$

که در آن NBPD شاخص سود خالص به ازای هر واحد حجم آب حسب هزار ریال بر متر مکعب EUAB معادل یکنواخت درآمد سالانه و معادل یکنواخت EUAC هزینه سالانه حسب هزار ریال بر هکتار و  $TW_c$  حجم آب آبیاری کاربردی حسب مترمکعب در هکتار است.

$$EUAB = F \left[ \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] = F \left( \frac{A}{F}, i\%, n \right) \quad (۶)$$

$$EUAC = P \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] = P \left( \frac{A}{P}, i\%, n \right) \quad (۷)$$

که در آن F ارزش آینده هزینه‌ها یا درآمدها، P ارزش حال هزینه‌ها یا درآمدها، A هزینه‌ها و درآمدهای یکنواخت سالانه، i نرخ بهره و n عمر مفید اقتصادی است. EUAB معادل درآمد یکنواخت سالانه، EUAC معادل هزینه یکنواخت سالانه است. اطلاعات لازم باغ‌های بادام و گردو برای محاسبات ارزیابی اقتصادی و نیاز آبی در جدول ۳ ارائه شده است.

درآمد بر اساس محصول برداشتی و قیمت آن در بازار در سال مورد نظر تعیین گردید. خلاصه‌ای از این اطلاعات در جدول ۴ ارائه شده است.

کل باران در طول فصل رشد ۹۹ میلی‌متر بود که بیش‌ترین مقدار آن ۳۵ میلی‌متر در اردیبهشت ماه رخ داد. نیاز آبی خالص درختان بر اساس معادله زیر محاسبه گردید:

$$ET_c = K_c \times ET_o \quad (۲)$$

که در آن  $ET_c$ ، تبخیر-تعرق (میلی‌متر بر روز) و  $K_c$  ضریب گیاهی هر درخت است. مقادیر ضریب گیاهی در مراحل ابتدایی، میانی و پایانی برای درختان بادام و گردو به ترتیب ۰/۲، ۰/۸۵، ۰/۶۰ و ۰/۴۰، ۰/۵، ۰/۶۰ می باشد (Allen et al., 1998).

ضریب حساسیت گیاهی به تنش آبی ( $K_y$ ) اهمیت ویژه‌ای در انتخاب درختان مقاوم به تنش خشکی دارد. شاخص  $K_y$  برای درختان مذکور از معادله زیر محاسبه گردید (Alizadeh et al., 2021):

$$\left( 1 - \frac{Y_a}{Y_m} \right) = K_y \left( 1 - \frac{ET_a}{ET_m} \right) \quad (۳)$$

که در آن  $Y_a$  مقدار واقعی محصول (به دست آمده از داده‌های اندازه‌گیری شده در باغ مورد مطالعه)،  $Y_m$  حداکثر مقدار محصول (کیلوگرم بر هکتار) بر اساس گزارش سازمان جهاد کشاورزی منطقه،  $ET_a$  تبخیر-تعرق واقعی و  $ET_m$  حداکثر تبخیر-تعرق (بر اساس داده‌های هواشناسی منطقه) حسب میلی‌متر و  $K_y$  ضریب حساسیت گیاهی به تنش آبی می باشد. در این پژوهش با توجه به محدودیت آب آبیاری، باغداران منطقه کم آبیاری می کنند. با توجه به وجود حوضچه‌ها اطراف درختان تلفات رواناب صفر است. از طرف دیگر با توجه کمبود مقدار آب آبیاری و ریشه عمیق درختان، تلفات نفوذ عمقی نیز قابل صرف نظر کردن است. از این رو تبخیر-تعرق واقعی گیاه برابر مقدار آب آبیاری در نظر گرفته شده است (طالب نژاد و همکاران ۱۴۰۰).

بهره‌وری آب (WPI) با توجه به میزان محصول تولیدشده و مقدار آب آبیاری محاسبه گردید (Fernández et al., 2020).

$$WPI = \frac{Y}{IWU} \quad (۴)$$

که در آن Y مقدار محصول ( $kg \ ha^{-1}$ )، IWU مقدار آب آبیاری کاربردی ( $m^3 \ ha^{-1}$ ) است. در این پژوهش بهره‌وری آب آبیاری در

جدول ۳- مشخصات باغ بادام و باغ گردو جهت ارزیابی اقتصادی و نیاز آبی

گرددو	بادام	مشخصات
۲۳	۶	حداقل تعداد آبیاری‌ها در یک سال در منطقه مورد نظر جهت تولید محصول
۱۰×۱۰	۶×۷	فاصله بین درختان (متر)
۱۰۰	۲۳۸	تعداد درخت در یک هکتار
۹۲۰۰	۶۰۰۰	آب واقعی مورد استفاده در شرایط کمبود آب (مترمکعب بر هکتار در سال)
۲/۵	۳/۵۷۰	محصول حاصله با کاربرد آب واقعی در شرایط کمبود آب (مگاگرم بر هکتار در سال)
۳/۵	۴/۷۶۰	حداکثر مقدار محصول (مگاگرم بر هکتار در سال)
۱۲۰۰	۹۰۰	قیمت فروش هر کیلو محصول در بازار کنونی (هزار ریال) از باغداران

جدول ۴- هزینه و درآمد باغ بادام و باغ گردو در منطقه اسفندقه استان کرمان

گرددو	بادام	اجزای مورد بررسی
۱۰	۷	آغاز درآمددهی (سال)
۱۰۰	۵۰	عمر اقتصادی (سال)
۳۶۸۵۱۷	۴۴۸۱۸۳	معادل هزینه یکنواخت سالیانه (هزار ریال)
۲۷۳۰۰۰۰	۳۲۱۱۶۰۹	معادل درآمد یکنواخت سالیانه (هزار ریال)

و در آمدزایی هستند همان مرحله تولید شکوفه و تشکیل میوه تا رسیدن آن (اسفند تا مهر) می باشد. همان طور که در جدول ۷ مشاهده می شود، به دلیل اعمال کم آبیاری اجباری توسط کشاورزان به دلیل محدودیت منابع آب در دسترس، در باغ‌های گردو و بادام مقدار آب آبیاری از نیاز آبی کمتر است.

میانگین مقدار نیاز آبی  $ET_c$  برای بادام و گردو به ترتیب ۹۱۶ و ۱۱۳۲ میلی‌متر (معادل ۹۱۶۰ و ۱۱۳۲۰ مترمکعب بر هکتار در سال) می باشد. بنابراین، نیاز آبی درخت گردو ۲۳ درصد بیش‌تر از درخت بادام است. در اسپانیا مقدار نیاز آبی درخت بادام بین ۳۰۰ تا ۱۲۰۰ میلی‌متر گزارش شده است (López-López et al., 2018). پژوهش‌های انجام گرفته در همدان (قدمی فیروزآبادی، ۱۳۹۹) و ترکیه (Akin et al., 2018) نیز مقدار نیاز آبی گردو را بین ۸۰۰ تا ۹۰۰ میلی‌متر گزارش کردند. از طرفی سایر محققان در مناطق گرمسیر از جمله (Fulton et al., 2013) و (Buchner et al 2008) در کالیفرنیا آمریکا مقدار نیاز آبی گردو را بین ۱۰۰۰ تا ۱۰۷۰ میلی‌متر گزارش کردند. در حال حاضر در منطقه طرح، مقدار آب آبیاری برای درختان بادام و گردو به ترتیب ۶۰۰۰ و ۹۲۰۰ متر مکعب بر هکتار در سال، بدون در نظر گرفتن بارندگی است (جدول ۷). این مقادیر آب ناخالص آبیاری، کمتر از نیاز آبی درختان بادام و گردو است و برای بادام و گردو به ترتیب ۶۵ و ۸۱ درصد میزان نیاز آبی می باشد.

هزینه های مختلف سالانه نیز بر اساس عملیات زراعی باغداران شامل: هرس زمستانه، لایروبی انهار، کود و سم و هزینه برداشت و بسته بندی میوه و غیره برای هر هکتار در منطقه مورد نظر برای درختان بادام و گردو بر اساس اطلاعات جمع آوری شده از پرسشنامه ها از باغداران جمع آوری گردید که در جدول‌های ۵ و ۶ ارائه شده است.

## نتایج و بحث

مقدار آب آبیاری در طول فصل رشد در دوره اعمال آبیاری توسط باغداران (اسفند تا مهر) بر اساس دفعات آبیاری و حجم منبع ذخیره آب با معین بودن مساحت باغ تعیین گردید که در جدول ۷ ارائه شده است. لازم به توضیح است که دوره اعمال آبیاری توسط باغداران با توجه به محدودیت منابع آب و تجارب باغدار در مرحله حداکثر نیاز آبی درختان یعنی مرحله گلدهی تا تشکیل میوه و رسیدن آن می باشد. میانگین تبخیر-تعرق گیاه مرجع در منطقه مورد نظر در کل فصل رشد در سال بر اساس معادله‌ی هارگریوز سامانی ۱۰۷۸ میلی‌متر محاسبه گردید. (جدول ۷). سپس با معلوم بودن  $ET_0$  و هم‌چنین ضریب گیاهی در مرحله میانی رشد  $K_{Cmid}$  (حداکثر ضریب گیاهی) برای درختان بادام و گردو (به ترتیب ۰/۸۵ و ۱/۰۵) نیاز آبی در مرحله حداکثر رشد درختان محاسبه شد. لازم به توضیح است که مرحله میانی رشد برای درختان مثمر که در سال‌های تولید محصول

جدول ۵- هزینه‌های سالانه بادام (هزار ریال) برای هر هکتار منطقه اسفندقه استان کرمان

نوع عملیات	مقدار	واحد	قیمت واحد	هزینه کل
چاله کنی و پرکردن چاله	۱۰	نفر	۳۰۰۰	۳۰۰۰۰
هرس زمستانه	۴	نفر	۳۰۰۰	۱۲۰۰۰
لاپروبی انهار	۱۰	نفر	۳۰۰۰	۳۰۰۰۰
جمع آوری سرشاخه‌ها	۴	نفر	۳۰۰۰	۱۲۰۰۰
آبیاری	۶	نوبت	۱۰۰۰	۶۰۰۰
کود شیمیایی اوره	۲۰۰	کیلو گرم	۹۰	۱۸۰۰۰
کود شیمیایی فسفات	۱۰۰	کیلو گرم	۴۵۰	۴۵۰۰۰
کود پتاس	۱۰۰	کیلو گرم	۲۱۰	۲۱۰۰۰
حمل کودهای شیمیایی	۴۰۰	کیلو گرم	۱۰	۴۰۰۰
کود حیوانی با حمل	۴	تن	۳۰۰۰	۱۲۰۰۰
کود پاشی	۴	نفر	۳۰۰۰	۱۲۰۰۰
سم حشره کش	۴	لیتر	۵۸۰۰	۲۳۲۰۰
سم قارچ کش	۲	کیلوگرم	۴۱۷۰	۸۳۴۰
سمپاشی و اجاره سمپاش	۲	نوبت	۳۰۰۰	۶۰۰۰
علف چینی	۲	نفر	۳۰۰۰	۶۰۰۰
هزینه چیدن و جمع آوری	۲۰	نفر	۳۰۰۰	۶۰۰۰۰
بیمه محصول (سه‌م تولیدکننده)	۱	هکتار	۱۰۸۰۰	۱۰۸۰۰
بارگیری و حمل	۳۰۵۷۰	تن	۳۰۰۰	۱۰۷۱۰
جمع کل هزینه تولید بادام		ریال در هکتار		۳۳۷۰۵۰
پوست کردن	۲۰	نفر	۳۰۰۰	۶۰۰۰۰
درجه بندی و بسته‌بندی	۲	نفر	۳۰۰۰	۶۰۰۰
جمع آوری برگه‌ها	۲	نفر	۲۰۰۰	۴۰۰۰
کیسه	۱۵۰	عدد	۵۰	۷۵۰۰
هزینه اولیه احداث باغ		هزار ریال		۱۳۰۰۰۰
جمع کل هزینه فرآوری بادام		ریال در هکتار		۷۷۵۰۰
جمع کل هزینه تولید و فرآوری		ریال در هکتار		۴۰۴۵۵۰
هزینه متفرقه	٪۵	ریال در هکتار		۲۰۲۲۷
جمع کل هزینه تولید		ریال در هکتار		۴۲۴۷۷۷

بهره‌وری آب آبیاری (محصول تولیدی به حجم آب به کار رفته) در شرایط کمبود آب (شرایط فعلی آبیاری منطقه) و آب کافی (تأمین نیاز آبی کامل درختان) تعیین گردید، که برای درخت بادام به ترتیب ۰/۶ و ۰/۵۲ و برای درخت گردو ۰/۲۷ و ۰/۳۰ کیلوگرم بر متر مکعب می باشد (جدول ۸). بهره‌وری آب برای درخت بادام در شرایط کمبود آب ۱۴ درصد بیش‌تر از شرایط آب کافی است، ولی برای درخت گردو در شرایط کمبود آب ۱۰ درصد کم‌تر از شرایط آب کافی است. همچنین Phogat et al. (2013) در استرالیا نشان دادند کم‌آبیاری در بادام باعث افزایش در بهره‌وری آب شد.

ضریب حساسیت به کم‌آبی ( $K_y$ ) در درختان بادام و گردو به ترتیب ۰/۷۲ و ۱/۳۵ محاسبه گردید. مقدار ضریب حساسیت بادام به کم‌آبی ۴۶/۶۷ درصد کم‌تر از گردو است. بنابراین تحمل به کم‌آبی درخت بادام بیش‌تر از درخت گردو است. این نتیجه با نتایج محققینی مانند Drechsler et al. (2022)، Prgomet et al. (2020)، Shackle et al. (2012)، Goldhamer et al. (2012)، Smith et al (2022)، Egea et al. (2010) و al. (2006) که اعلام کردند بادام متحمل به تنش خشکی است مطابقت دارد. این نکته می تواند در مدیریت ایجاد باغ های جدید توسط باغداران منطقه با توجه به شرایط خشکسالی مورد توجه قرار گیرد.

جدول ۶- هزینه‌های سالانه گردو (هزار ریال) برای هر هکتار منطقه اسفندقه استان کرمان

نوع عملیات	مقدار	واحد	قیمت واحد	هزینه کل
چاله کنی و پرکردن چاله	۱۰	نفر	۳۰۰۰	۳۰۰۰۰
هرس زمستانه	۲	نفر	۳۰۰۰	۶۰۰۰
لاایروبی انهار	۱۰	نفر	۳۰۰۰	۳۰۰۰۰
جمع آوری سرشاخه‌ها	۲	نفر	۳۰۰۰	۶۰۰۰
آبیاری	۲۳	نوبت	۱۰۰۰	۲۳۰۰۰
کود شیمیایی اوره	۱۰۰	کیلو گرم	۹۰	۹۰۰۰
کود شیمیایی فسفات	۶۰	کیلو گرم	۴۵۰	۲۷۰۰۰
کود پتاس	۸۰	کیلو گرم	۲۱۰	۱۶۸۰۰
حمل کودهای شیمیایی	۲۴۰	کیلو گرم	۱۰	۲۴۰۰
کود حیوانی با حمل	۲	تن	۳۰۰۰	۶۰۰۰
کود پاشی	۲	نفر	۳۰۰۰	۶۰۰۰
سم حشره کش	۴	لیتر	۵۸۰۰	۲۳۲۰۰
سم قارچ کش	۲	کیلوگرم	۴۱۷۰	۸۳۴۰
سمپاشی و اجاره سمپاش	۲	نوبت	۳۰۰۰	۶۰۰۰
علف چینی	۲	نفر	۳۰۰۰	۶۰۰۰
هزینه چیدن و جمع آوری	۱۰	نفر	۳۰۰۰	۳۰۰۰۰
بیمه محصول (سهم تولیدکننده)	۱	هکتار	۱۰۸۰۰	۱۰۸۰۰
بارگیری و حمل	۲.۵	تن	۳۰۰۰	۷۵۰۰
جمع کل هزینه تولید گردو		ریال در هکتار		۲۵۴۰۴۰
پوست کردن	۱۰	نفر	۳۰۰۰	۳۰۰۰۰
درجه بندی و بسته‌بندی	۲	نفر	۲۰۰۰	۴۰۰۰
جمع آوری برگه‌ها	۲	نفر	۲۰۰۰	۴۰۰۰
کیسه	۱۵۰	عدد	۵۰	۷۵۰۰
هزینه اولیه احداث باغ		هزار ریال		۳۰۰۰۰۰
جمع کل هزینه تبدیل گردو		ریال در هکتار		۴۵۵۰۰
جمع کل هزینه تولید و تبدیل		ریال در هکتار		۲۹۹۵۴۰
هزینه متفرقه	۵٪	ریال در هکتار		۱۴۹۷۷
جمع کل هزینه تولید		ریال در هکتار		۳۱۴۵۱۷

جدول ۷- تبخیر تعرق گیاه مرجع، نیاز آبی و مقدار آب آبیاری در طول دوره مورد نظر (اسفند تا مهر)

محصولات	تبخیر-تعرق گیاه مرجع (میلی متر)	نیاز آبی درختان (میلی متر)	آب آبیاری داده شده توسط باغدار (میلی متر)
گردو	۱۰۷۸	۱۱۳۲	۹۲۰
بادام	۱۰۷۸	۹۱۶	۶۰۰

جدول ۸- ضریب حساسیت گیاهی، بهره‌وری آب در دو شرایط پتانسیل (آب کافی) و شرایط فعلی (کمبود آب) و بهره‌وری اقتصادی آب

محصولات	ضریب حساسیت گیاهی	بهره‌وری آب در شرایط کافی (کیلو گرم بر متر مکعب)	بهره‌وری آب در شرایط کمبود آب (کیلو گرم بر متر مکعب)	بهره‌وری اقتصادی آب (هزار ریال بر متر مکعب)
بادام	۰/۷۲	۰/۵۲	۰/۶	۴۶۴
گردو	۱/۳۵	۰/۳	۰/۲۷	۲۵۹

## منابع

آمارنامه کشاورزی سال ۱۴۰۲-۱۴۰۱. وزارت جهاد کشاورزی و معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، دفتر فناوری اطلاعات و ارتباطات، جلد سوم: محصولات باغی (صفحه ۴۰۰).

بذرافشان، ج.، خلیلی، ع.، زندپارسا، ش.، سیاسخواه، ع.، علیزاده، ا. و فرهودی، ج. ۱۴۰۰. بررسی اسنادی وضعیت منابع و مصارف آب کشاورزی در ایران: تحلیل وضعیت موجود، آسیب شناسی و راه‌های برون‌رفت از چالشها. مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۶(۱): ۳۵-۵۰.

توکلی، ع. ۱۳۹۳. بررسی کارایی سوپر جاذب در بهبود بهره‌وری بارش سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران برای بادام دیم در استان آذربایجان شرقی. یافته‌های تحقیقاتی در گیاهان زراعی و باغی. ۳(۱): ۶۵-۸۰.

حقیقت، ا. ۱۳۷۸. تعیین آب مورد نیاز بادام. مجموعه مقالات اولین همایش ملی بادام (ص. ۱۵۷-۱۶۷) شهرکرد.

حقیقت، ا. و ستار، م. ۱۳۷۸. تأثیر میزان آب آبیاری بر عملکرد بادام. مجموعه مقالات اولین همایش ملی بادام (ص. ۲۰) شهرکرد.

صالحی رضا آبادی، ف.، سالار پور، م.، مردانی نجف آبادی، م. و ضیایی، س. ۱۳۹۸. ارزیابی اثرات اقتصادی تغییرات کمیت و کیفیت آب آبیاری بر کشاورزی استان کرمان. اقتصاد و توسعه کشاورزی. ۳۳(۴): ۳۹۵-۴۱۲.

طالب نژاد، ر.، اوستاد، ف.، کامگار حقیقی، ع.، سیاسخواه، ع. و فتحی، ف. ۱۴۰۰. بررسی جایگزینی کشت مرکبات با خرماي رقم پیارم از دیدگاه آب مصرفی و اقتصادی در منطقه قیروکارزین استان فارس. تحقیقات آب و خاک ایران. ۵۲(۵): ۱۲۳۹-۱۲۴۹.

عباسی، ن.، بهراملو، ر.، رضوانی، م.، قدمی فیروزآبادی، ع.، یوسف گمرکچی، ا.، نیکان فر، ر.، ناصری، ا.، عباسی، ف.، علیمحمدی نافچی، ر.، عباسی، م.، گودرزی، م.، شاهرخ نیا، م.، ریاحی، ح.، بهروزی نیا، ثمر. و واحدی، سمیرا. ۱۴۰۲. ارزیابی حجم آب کاربردی و بهره‌وری آب آبیاری در کانون‌های تولید گردوی کشور. تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی. ۲۳(۸۹): ۲-۲۰.

قدمی فیروزآبادی، ع.، سیدان، س. م. و زارع ایبانه، ح. ۱۳۹۹. تعیین و ارزیابی آب کاربردی و بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در باغات انگور و گردو منطقه ملایر همدان. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۴(۶): ۱۹۰۸-۱۹۱۹.

مقادیر بهره‌وری اقتصادی آب برای درختان بادام و گردو در پژوهش حاضر به ترتیب ۴۶۴ و ۲۵۹ هزار ریال بر متر مکعب بدست آمد. در این راستا فیروزآبادی و همکاران (۱۳۹۹) مقدار بهره‌وری اقتصادی آب در گردو در ملایر همدان، ۱۱۷ هزار ریال بر متر مکعب گزارش کردند. از آنجا که تحقیق فیروزآبادی و همکاران (۱۳۹۹) در سال ۱۳۹۹ انجام شده است و نزدیک ترین اطلاعات به سال انجام پژوهش حاضر (۱۴۰۰) می باشد، به نظر می‌رسد علی‌رغم اختلاف شرایط آب و هوایی منطقه، علت بیشتر بودن بهره‌وری اقتصادی آب در گردو در پژوهش حاضر می‌تواند ناشی از محصول بیش‌تر و یا افزایش قیمت به دلیل تورم سالانه و شرایط بازار فروش در منطقه مورد مطالعه باشد.

## نتیجه‌گیری

از لحاظ آب مصرفی درخت بادام دارای تحمل بالاتری به کم‌آبی نسبت به گردو است. مقدار بهره‌وری آب آبیاری در شرایط کمبود آب و آب کافی در درخت گردو ۰/۲۷ و ۰/۳۰ کیلوگرم بر متر مکعب و برای درخت بادام ۰/۶۰ و ۰/۵۲ کیلوگرم بر متر مکعب بود. بنابراین بهره‌وری آب در شرایط کمبود آب برای درختان بادام و گردو به ترتیب ۱۴ درصد بیش‌تر و ۱۰ درصد کم‌تر نسبت به شرایط آب کافی بوده است که نشان می‌دهد کاشت درخت بادام از لحاظ بهره‌وری آب در مقایسه با گردو در اولویت قرار دارد. درخت بادام دارای تحمل بالاتری به کم‌آبی نسبت به گردو است و حساسیت آن به خشکی ۰/۷۲ است که ۴۶/۶۷ درصد کم‌تر از ضریب حساسیت به کم‌آبی درخت گردو (۱.۳۵) است و به همین دلیل بهره‌وری آب آبیاری درخت بادام در شرایط کمبود آب بیش‌تر از درخت گردو است. از این رو می‌توان نتیجه گرفت که درخت بادام در شرایط کمبود آب قادر به حفظ محصول خود است و به عنوان یک انتخاب مناسب جهت افزایش بهره‌وری آب آبیاری می‌باشد که در منطقه اسفندقه در شرایط خشکسالی و کاهش منابع آبی می‌توان آن را کشت کرد. البته با توجه به خطرات سرمازدگی درختان لازم است در مناطق مختلف ملاحظات لازم با توجه به متوسط حداقل دما به ویژه در زمان تولید شکوفه و نوع واریته مورد توجه قرار گیرد. بر اساس محاسبات مقدار بهره‌وری اقتصادی حاصل شده برای درختان بادام ۱/۸ برابر گردو است که نشان می‌دهد کاشت درختان بادام در مقایسه با درختان گردو اقتصادی‌تر است به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که کاشت درختان بادام از لحاظ مقدار آب مصرفی و بهره‌وری اقتصادی آب در شرایط کمبود آب و آب کافی در منطقه اسفندقه در شرایط خشکسالی نسبت به درختان گردو در اولویت است.

- Goldhamer, D. A., Viveros, M. and Salinas, M. 2006. Regulated deficit irrigation in almonds: effects of variations in applied water and stress timing on yield and yield components. *Irrigation Science*. 24: 101-114.
- Goldhamer, D. A., & Fereres, E. 2017. Establishing an almond water production function for California using long-term yield response to variable irrigation. *Irrigation Science*. 35: 169-179.
- Hu, Q., Ma, Y., He, J., Zhang, Q. and Hong, M. 2010. Effect of drip irrigation and micro-sprinkler irrigation on water consumption, yields and quality of walnut. *Journal of Water Resources and Water Engineering*. 1: 0-20.
- López-López, M., Espadafor, M., Testi, L., Lorite, I. J., Orgaz, F., & Fereres, E. 2018. Yield response of almond trees to transpiration deficits. *Irrigation science*. 36: 111-120.
- Li, H. B., Mu, Z. X., Hong, M. and Zheng, B. 2013. Optimization of irrigation methods for grown walnut in arid and semi arid regions. *Water Saving Irrigation*. 6(010).
- López-López, M. 2018. Almond response to irrigation: Deficit irrigation and water production function.
- Ma, H. B., Li, M. M., Ren, J. J., Li, B. G. and Qi, G. H. 2014. Effects of different irrigation amounts on water use of precocious walnuts. In *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 651, pp. 1423-1431). Trans Tech Publications Ltd.
- Mekonnen, M. M. and Hoekstra, A. Y. 2011. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*. 15(5): 1577-1600.
- Prgomet, I., Pascual-Seva, N., Morais, M. C., Aires, A., Barreales, D., Ribeiro, A. C., ... and Gonçalves, B. 2020. Physiological and biochemical performance of almond trees under deficit irrigation. *Scientia Horticulturae*. 261: 108990.
- Phogat, V., Skewes, M. A., Mahadevan, M. and Cox, J. W. 2013. Evaluation of soil plant system response to pulsed drip irrigation of an almond tree under sustained stress conditions. *Agricultural Water Management*. 118: 1-11.
- Quintanilla-Albornoz, M., Bellvert, J., Pelechá, A. and Miarnau, X. 2024. Agronomic response, transpiration and water productivity of four almond production systems under different irrigation regimes. *Scientia Horticulturae*. 334: 113335.
- Smith, Evie E., Patrick H. Brown, Ellie M. Andrews, Kenneth A. Shackel, Brent A. Holtz, Daniel J. Rivers, David R. Haviland, and Sat Darshan S. Khalsa. "Early almond harvest as a strategy for sustainable irrigation, pest and disease management." *Scientia Horticulturae*. 293 (2022): ۱۱۳-۱۲۹.
- نجفی نژاد، ح.، کوهی، ن. و درویشی، داود. ۱۴۰۱. بررسی تغییرات عملکرد و کیفیت دانه ارقام کینوا تحت تاثیر تاریخ کشت و تراکم بوته در منطقه جوپار کرمان. *علوم گیاهان زراعی ایران*. ۵۳(۱): ۱۱۳-۱۲۹.
- یزدانی، ه.، تومانیان، ن. و درخشنده پور، ع. ۱۳۷۸. مقایسه روش‌های آبیاری قطره‌ای و سطحی روی درخت بادام. *مجموعه مقالات اولین همایش ملی بادام*، (ص. ۶) شهر کرد.
- Abbassi, N., Bahramloo, R., Rezvani, M., Ghadami Firouzabadi, A., Uossef Gomrokchi, A., Nikanfar, R., ... and Vahedi, S. 2023. Evaluation of the Volume of Applied Water and Agricultural Water Productivity in Walnut Production
- Akin, S. and Erdem, T. 2018. Water use of walnut trees under different irrigation regimes. *Journal of Applied Horticulture*, 20(1): 60-63.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. *Fao, Rome*, 300(9), D05109.
- Buchner, R., Fulton, A., Gilles, C., Lampinen, B., Shackel, K., Metcalf, S. and Schwankl, L. 2008, July. Effects of Regulated Deficit Irrigation on Walnut (*Juglans regia*) Grafted on Northern California Black (*Juglans hindsii*) or Paradox Rootstock. *Hortscience*. 43(4): 1192-1192.
- Drechsler, K., & Kisekka, I. 2022. Variety specific irrigation of almonds during hull split, effects on yield and quality. *Agricultural Water Management*. 271: 107770.
- Egea, G., Nortes, P. A., González-Real, M. M., Baille, A., & Domingo, R. 2010. Agronomic response and water productivity of almond trees under contrasted deficit irrigation regimes. *Agricultural Water Management*, 97(1): 171-181.
- Fernández, J. E., Alcon, F., Diaz-Espejo, A., Hernandez-Santana, V. and Cuevas, M. V. 2020. Water use indicators and economic analysis for on-farm irrigation decision: A case study of a super high-density olive tree orchard. *Agricultural water management*, 237, 106074.
- Fulton, A. 2013. Evaluating Water Requirements of Developing Walnut Orchards in the Sacramento Valley. *Walnut Research Reports*, California Walnut Board.
- Fulton, A., Grant, J., Buchner, R. and Connell, J. 2014. Using the pressure chamber for irrigation management in walnut, almond and prune.
- Germana, C. 1996, September. Experiences on the response of almond plants (*Amygdalus communis* L.) to water stress. In *II International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops* 449 (pp. 497-504).

Drought survival strategies for established almond orchards on shallow soil. Modesto, CA.

110651.

Shackel, K., Edstrom, J., Fulton, A., Lampinen, B., Schwankl, L., Olivos, A., ...and Munoz, H. 2012.

## Investigating Cultivation Priority of Walnuts and Almonds from the Prospective of Water Consumption and Water Productivity in the Esfandegheh Region of Kerman Province

M. Lor-Mohammad-Hasani<sup>1</sup>, R. Talebnejad<sup>2,\*</sup>, M. Noshadi<sup>3</sup>, A.R. Sepaskhah<sup>4</sup>

Received: Oct.20, 2023

Accepted: Nov.19, 2023

### Abstract

Estimating the amount of irrigation water and assessing water productivity in gardens is particularly critical in the context of current drought conditions and water scarcity. This article examines the cultivation of walnut and almond trees from the perspective of water consumption. The study was conducted in Koran Village, located in the Esfandegheh area of Kerman Province. The permanent Gishki River serves as the source of water for surface irrigation in this region. Water is transferred from the river to storage pools and irrigation canals through a network of channels managed by local operators. The reference crop evapotranspiration was calculated using the Hargreaves-Samani equation, while irrigation water consumption was determined based on the volume of water stored in the pools and the area of the gardens. Consequently, the study assessed the implications of excess or deficit irrigation in relation to farmers' water management practices. The water productivity in the current irrigation conditions of the region was calculated for almond and walnut trees as 0.6 and 0.27 kg/m<sup>3</sup>, respectively. Water productivity in water shortage conditions for almond and walnut trees was determined to be 14% higher and 10% lower than in sufficient water conditions, respectively. Additionally, Ky of almond was 47% lower than walnut. Also, the economic water productivity achieved for almond trees is 1.8 times that of walnuts. The findings indicate that the cultivation of almond trees is more advantageous than that of walnut trees in the Esfandegheh region, particularly in terms of water consumption and economic efficiency, especially under conditions of water scarcity.

**Keywords:** Economic water productivity, Water, Water productivity, Water stress

1- Ph.D. Candidate of Irrigation and Drainage, Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

2- Assistant Professor, Water Engineering Department and Drought Research Center, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

3- Professor, Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

4- Professor, Water Engineering Department and Drought Research Center, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

(\*- Corresponding Author Email: rtalebnejad@shirazu.ac.ir)