نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۷، بهمن - اسفند ۱۴۰۲، ص. ۱۱۷۲-۱۱۶۳

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.6, Vol. 17, Feb.-Mar. 2024, p. 1163-1172

مقاله علمی-پژوهشی

بهره‌وری آب و انرژی آفتابگردان آجیلی
(مطالعه موردی: شهرستان‌های اصفهان و برخوار استان اصفهان)

مسعود فرزام‌نیا[۱*]، منصور معیری[۲] و محسن حیدری‌سلطان‌آبادی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۱۰

چکیده

با تشدید بهره‌برداری از ذخایر محدود و تجدیدناپذیر و ضرورت توجه به امنیت غذایی جامعه، راهکاری جز استفاده بهینه از آب و انرژی و تلاش برای ارتقاء بهره‌وری آن‌ها در همهٔ بخش‌ها به ویژه کشاورزی موجود نیست. در این تحقیق حجم آب آبیاری، عملکرد، بهره‌وری آب و بهره‌وری انرژی در کشت آفتابگردان در دو روش آبیاری تیپ و جویچه‌ای، در شرایط مدیریت کشاورزان و در چاه‌هایی با عمق سطح آب مشابه اندازه‌گیری و با هم مقایسه شد. اندازه‌گیری‌ها در سال زراعی ۱۴۰۰- ۱۳۹۹ در ۱۴ مزرعه از شهرستان‌های استان اصفهان که محصول آفتابگردان جزء اولویت کشت آن‌ها بود، انجام شد. برای مقایسه آماری نتایج به‌دست آمده از دو سامانهٔ آبیاری، از آزمون تی (t-Test) و ضرایب همبستگی پیرسون استفاده گردید. براساس نتایج، مقادیر میانگین حجم آب آبیاری در روش‌های آبیاری تیپ و جویچه‌ای به‌ترتیب ۶۲۷۲ و ۷۹۸۷ مترمکعب در هکتار بود و اختلاف بین مقادیر فوق معنی‌دار بود. مقایسهٔ مقادیر میانگین حجم آب مورد نیاز با حجم آب آبیاری داده شده در مزارع توسط کشاورزان نشان می‌دهد در ۱۳ مزرعه از مزارع مورد بررسی، کم‌آبیاری صورت گرفته است. مقادیر میانگین عملکرد آفتابگردان در روش‌های آبیاری تیپ و جویچه‌ای به‌ترتیب ۱۸۹۴ و ۱۷۸۱ کیلوگرم در هکتار و مقادیر میانگین بهره‌وری آب آفتابگردان به‌ترتیب ذکر شده ۰/۳ و ۰/۲۳ کیلوگرم در هکتار بود و تفاوت مقادیر در هر دو پارامتر مذکور معنی‌دار نبود. نتایج نشان داد بین حجم آب آبیاری با عملکرد و بهره‌وری آب آفتابگردان همبستگی معکوس وجود دارد که به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار بود. رابطهٔ میزان حجم آب آبیاری با میزان انرژی آبیاری و بهره‌وری انرژی، مستقیم و معنی‌دار بود. در روش‌های آبیاری تیپ و جویچه‌ای مقادیر میانگین انرژی آبیاری به‌ترتیب ۴۴۸۷۱ و ۴۴۳۴۵ مگاژول بر هکتار و مقادیر بهره‌وری انرژی آفتابگردان به‌ترتیب ۰/۰۴۲ و ۰/۰۴۵ کیلوگرم بر مگاژول بود و تفاوت مقادیر در این دو پارامتر غیرمعنی‌دار بود.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، بهره‌وری آب و انرژی، حجم آب آبیاری، عملکرد

مقدمه

آب و انرژی دو عامل مهم تولید در بخش کشاورزی هستند. با توجه به مصرف بالای آب و انرژی در بخش کشاورزی و همچنین اهمیت این دو منبع در تأمین امنیت غذایی کشور، استفاده بهینه و افزایش بهره‌وری آن‌ها، یکی از راهکارهای اساسی برای دستیابی به توسعه پایدار کشاورزی است. با توجه به محدودیت منابع طبیعی و تأثیر مصرف انرژی بر سلامت انسان و محیطزیست، بایستی همواره نحوهٔ استفاده از انرژی در کشاورزی و اثرات زیست محیطی منتج از آن، مد نظر قرار گیرد، در این راستا برآورد دقیق و تعیین شاخص‌های مدیریت مصرف آب، از قبیل میزان انرژی و آب آبیاری و بهره‌وری آب محصولات زراعی و باغی مختلف در کشور، از مهم‌ترین ابزارها و شاخص‌های کلیدی در برنامه‌ریزی‌های کلان مربوط به تأمین، تخصیص و مصرف اصولی آب و انرژی در بخش‌های مختلف از جمله کشاورزی است.

۱- مربی پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
۲- دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران
۳- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: masoud_farzamnia@yahoo.com)

آفتابگردان یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی ایران و جهان بوده و پس از سویا و نخل، روغن آفتابگردان رتبهٔ سوم را در جهان دارا است. تولید آفتابگردان روغنی و آجیلی کشور در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ به ترتیب حدود ۸۳۱۴ و ۷۰۶۴ تن، سطح زیرکشت حدود ۵۲۷۵ و ۴۲۰۰۰ هکتار و متوسط عملکرد ۱/۵۸ و ۱/۷ تُن در هکتار گزارش شده است (احمدی و همکاران، ۱۴۰۰). استان اصفهان از لحاظ تولید دانهٔ آفتابگردان سومین استان برتر در کشور بوده به‌طوری‌که در سال زراعی مذکور، با سطح زیرکشتی بالغ بر ۲۰۰۰ هکتار، حدود ۴/۸ درصد از سطح زیرکشت و ۵/۷ درصد تولید محصول آفتابگردان را در کشور به خود اختصاص داده است (احمدی و همکاران، ۱۴۰۰). درصد بالای روغن در دانه آفتابگردان و نیاز روز افزون به روغن‌های خوراکی باعث شده تا سیاست‌های وزارت جهاد کشاورزی در جهت افزایش سطح زیرکشت این دانه روغنی تا سال ۱۴۰۵ به بیش از ۵ برابر شرایط فعلی در اراضی آبی سوق داده شود (وفا بخش، ۱۳۹۸)، بنابراین، آگاهی از میزان آب و انرژی آبیاری و نیز بهره‌وری آب و انرژی آفتابگردان می‌تواند کمک شایانی به تصمیم‌گیری توسعه کشت متناسب با نیاز آبی و عملکرد دشت‌های مختلف کشور بنماید. آفتابگردان از جمله گیاهان زراعی است که ضمن بالا بودن نیاز آبی، دارای دامنه سازگاری اقلیمی گسترده‌ای بوده و بهتر از سایر گیاهان زراعی قادر به تحمل کم‌آبی است (Esmaeili and Golchin, 2005). توانایی آفتابگردان در تحمل دوره‌های کوتاه تنش آبی با کاهش عملکرد قابل قبول، یک خصوصیت ارزشمند در شرایط کمبود آب محسوب می‌شود (Stone et al., 2002). دلیل تحمل به کم‌آبی این گیاه، سیستم ریشه‌دهی نسبتا عمیق آفتابگردان است که توانایی استفاده از رطوبت اعماق خاک را بدان می‌دهد (Cox and Jolliff, 1986). محمود و همکاران در بررسی کم‌آبیاری در سه ژنوتیپ آفتابگردان گزارش کردند کارآیی مصرف آب ژنوتیپ‌ها متفاوت و پاسخ این ژنوتیپ‌ها به مقادیر تامین آب نیز در مراحل مختلف رشد متفاوت بود. این مطالعه نشان داد که آبیاری در مراحل اولیه رشد در افزایش عملکرد دانه آفتابگردان نسبت به آبیاری در مراحل میانی و بعدی مؤثرتر است (Mahmood et al., 2019). به‌طورکلی، حداکثر عملکرد دانه آفتابگردان در آبیاری کامل و در شرایط کم آبیاری با تأمین آب کافی در مراحل گلدهی و تشکیل دانه به دست می‌آید (Connor and Jones, 1985; Bakhsh et al., 1999). تان و همکاران و رینالدی دریافتند که آبیاری کامل در مرحله گلدهی آفتابگردان منجر به حصول حداکثر سود خالص در مزرعه می‌شود و اظهار نمودند برای مواجهه با محدودیت آب، باید از سازوکارهایی برای افزایش بهره‌وری آب استفاده کرد (Tan et al., 2000; Rinaldi, 2001). کرام و همکاران دریافتند که کارآیی مصرف آب آفتابگردان در روش کم‌آبیاری نسبت به آبیاری کامل، ۱۲ درصد بیشتر بود (Karam et al., 2007). سیزن و همکاران مقدار بهره‌وری آب آفتابگردان را در شرایط دیم ۰/۳۹ و در روش‌های کم‌آبیاری تا ۰/۹۷ کیلوگرم بر مترمکعب اعلام کردند (Sezen et al., 2011). بهره‌وری آب آفتابگردان در شرایط آبیاری کامل توسط کرام و همکاران و کریمی‌کاخکی و سپهری (۱۳۸۸) به‌ترتیب ۰/۷۴ و ۰/۷۵ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شده است ولی در هر دو گزارش، بهره‌وری آب در شرایط تنش بسته به زمان شروع آن متفاوت بوده است. چنانچه تنش در مراحل قبل از گل‌دهی (غنچه‌دهی) و یا اوایل گلدهی رخ دهد، مقدار بهره‌وری نسبت به شرایط آبیاری کامل کاهش می‌یابد. ولی اعمال تنش در مراحل پایانی رشد، به‌ویژه دانه‌بندی موجب افزایش بهره‌وری آب می‌گردد (Karam et al., 2007). نورجو و همکاران (۱۳۹۴) روش‌های آبیاری جویچه‌ای و تیپ با فواصل نوار ۵۰ و ۶۰ سانتی‌متر را در کشت آفتابگردان در خاک لوم‌سیلتی با هم مقایسه نمودند. نتایج نشان داد آبیاری تیپ با فاصله نوار ۵۰ سانتی‌متر، بیشترین عملکرد (۵۱۰۴ کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص داد. به‌طور متوسط مصرف آب در تیمارهای جویچه‌ای و تیپ با فاصله نوار ۵۰ و ۶۰ سانتی‌متر به‌ترتیب ۱۱۲۷۰، ۶۱۰۶ و ۵۶۳۰ مترمکعب در هکتار و بهره‌وری آب در سه تیمار مذکور به‌ترتیب ۰/۳۷، ۰/۸۴ و ۰/۷۸ کیلوگرم به‌ازای یک مترمکعب آب بود. تحقیقات سپاسخواه و همکاران در مقایسهٔ دو سامانهٔ آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای زیرسطحی (با استفاده از لوله‌های تراوا) در زراعت لوبیا نشان داد میزان آب مصرفی در آبیاری قطره‌ای ۵۵ درصد کم‌تر از آبیاری جویچه‌ای بود (Sepaskhah et al., 1976). تحقیقات قدمی و همکاران (۱۳۸۶) در مورد تاثیر دو سامانهٔ آبیاری تیپ و جویچه‌ای در تراکم‌های مختلف کاشت بر روی عملکرد سیر و کارآیی مصرف آب نشان داد که اختلاف عملکرد در دو سامانهٔ آبیاری جویچه‌ای و تیپ معنی‌دار نیست ولی در سامانهٔ تیپ آب آبیاری ۴۴ درصد کاهش یافته و کارآیی مصرف آب ۴۱ درصد در مقایسه با روش جویچه‌ای افزایش داشته است.

مصرف انرژی در بخش کشاورزی ایران از مقدار ۳۰/۳۵ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۸۰ به ۴۵/۶۸ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۹۰ رسیده است و سهمی در حدود ۳/۷۲ درصد مصرف انرژی نهایی را شامل می‌شود (بی‌نام، ۱۳۹۱). آبیاری به عنوان یکی از پرمصرف‌ترین نهاده‌های انرژی، در تولیدات محصولات کشاورزی محسوب می‌شود، این موضوع در سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار بیشتر نمایان است و طراحان بایستی بررسی لازم در این زمینه را انجام داده و تعیین نیاز انرژی سامانه را در فرآیند طراحی مدنظر قرار دهند (Food and Agriculture Organization. 2002). افضلی‌نیا (۲۰۲۰) در مطالعه خود به این نتیجه دست یافت که بیش از ۷۲ درصد مصرف انرژی در تولید گندم مربوط به آب آبیاری و الکتریسته برای استحصال آب بود. در مطالعه‌ای، میزان مصرف انرژی درحوزه زراعی کشور ایران تعیین و نشان داده شد که عملیات آبیاری با ۸۸۱۱۱ مگاژول بر هکتار، ۹۱ درصد از کل انرژی

مصرفی در این بخش را بـه خـود اختصـاص داده اسـت (Beheshti Tabar et al., 2010). متأسفانه در کشور ما هدف اصلی تولیدکننـدۀ بخش کشاورزی، حداکثر کردن سود تولید از طریق افزایش حداکثری عملکرد محصول با صرف بیشتر نهاده‌های قابل‌دسترس است، بنابراین افزایش بهره‌وری آب و انرژی علاوه بر حفظ تعادل مصرف نهاده‌ها و عملکرد تولیـد، موجـب کـاهش هزینـه‌هـای اقتصـادی، اجتمـاعی و مخاطرات زیست‌محیطی در تولید محصولات کشاورزی می‌شود. طـی گـزارش زولـه (۱۳۹۰) هنگـام اسـتفاده از روش‌هـای نـوین آبیـاری، تعویض پمپ‌های آب فرسـوده و جـایگزینی آن‌هـا بـا پمـپ‌هـای بـا بازدهی مناسب باعث کاهش مصرف انرژی آبیاری می‌شود. کوچکی و حسینی (۱۳۷۳) کارآیی انرژی تولید سیب‌زمینی را در مشهد و نیشابور، به ترتیب ۰/۷۵ و ۰/۷ کیلوگرم بر مگاژول به‌دست آوردند. هـاترلی و همکاران مصرف انرژی و اثرات نهاده‌ها و اشـکال مختلـف انـرژی را روی سطوح خروجی انرژی طی سال‌هـای ۱۹۷۵ تـا ۲۰۰۰ در ترکیـه مورد بررسی قرار دادند و نتایج آنها نشان داد که نسبت انرژی سـتانده به نهاده از ۱/۳۸ در سال ۱۹۷۵ به ۰/۸۵ در سال ۲۰۰۰ کاهش یافتـه است. به عبارت دیگر، درصد افزایش مصرف انـرژی بسـیار بیشـتر از درصد افزایش تولیـد انـرژی بـوده اسـت (Hatirli et al., 2005). در یونان به منظور بررسی انرژی داده- ستانده در تولیـد آفتـابگردان بـه عنوان یک منبع سوخت بیودیزل، مطالعه‌ای انجام شد. نتایج بررسی‌ها نشان داد که کل انرژی ورودی برای تولید آفتابگردان برابر با $GJ.ha^{-1}$ ۱۰/۴۹ بوده است که سوخت و کود ازته بـه‌ترتیـب بـا۴۲/۴ و ۳۳/۹ درصد از کل انرژی ورودی، بیشترین سهم را به خود اختصاص داده‌اند (Kallivroussis et al., 2002). در مطالعه‌ای که به‌منظور بررسـی جریـان انـرژی و پتانسـیل گرمـایش جهـانی مـزارع آفتـابگردان در شهرستان میـامی انجـام گرفـت میـزان انـرژی ورودی در سـه روش کاشت مرسوم، کم‌خاک‌ورزی و کاشت مستقیم به‌ترتیب برابر ۱۳۹۷۱، ۱۲۱۱۷ و ۱۰۸۶۵ مگاژول بر هکتار بود و بیشترین و کمتـرین میـزان بهره‌وری انرژی به‌ترتیب مربوط به کشت مستقیم (۰/۱۵ کیلوگرم بـر مگاژول) و کشت رایج (۰/۱۱ کیلـوگرم بـر مگـاژول) بـود (امیـدمهر، ۱۳۹۸). در تحقیقی مزارع آفتابگردان آجیلـی و روغنـی در شهرسـتان خوی از نظر بیلان انرژی مورد بررسی قرار گرفتند. طبق نتایج، میزان انرژی نهاده‌های به کار بـرده شـده در ایـن مـزارع بـرای آفتـابگردان آجیلی و روغنی به‌ترتیب ۸۴۶۶۷۰۰ و ۸۴۴۰۲۰۰ کیلوکالری در هکتار در سال و میزان انرژی تولیدی شامل محصول دانه بـه‌طـور جداگانـه به‌ترتیب ۸۷۶۰ و ۱۷۱۸۴ هزار کیلوکالری در هکتار در سال محاسـبه گردید. انرژی مصرف شده برای آبیاری آفتابگردان آجیلی و روغنی به ترتیب ۲۷/۵ و ۲۲/۶ درصد کل انرژی مصرفی محاسبه شد. رانـدمان انرژی (نسبت ستاده به نهاده) برای عملکرد دانـه بـه ترتیـب ۱/۰۳ و ۲/۰۴ برآورد شد. داده‌ها نشان دادند که بیشـترین انـرژی مصـرفی در این مزارع مربوط به عملیـات آبیـاری، کـود نیتـروژن و ماشـین آلات می‌باشد (احمدی و حسن‌زاده، ۱۳۸۷). حیدری سـلطان‌آبـادی (۱۴۰۰) میزان انرژی مصرفی و تولیدی آفتابگردان آجیلـی و روغنـی را در ۲۴ شهرستان استان اصفهان اندازه‌گیری نمود. طبق نتایج، انرژی مصرفی در تولید آفتابگردان آجیلـی و روغنـی در اسـتان اصـفهان بـه‌ترتیـب ۹۲۴۱۶/۸۱ و ۹۳۳۹۰/۹۶ و انرژی تولیدی ایـن محصـول بـه‌ترتیـب ۷۴۴۱۱/۷۶ و ۹۰۰۰۰ مگاژول بر هکتار برآورد گردید. براساس نتـایج، مقـدار انـرژی آب در تولیـد آفتـابگردان آجیلـی و روغنـی بـه‌ترتیـب ۵۷۱۰۰/۳۹ و ۶۰۳۵۳/۷۲ مگاژول بر هکتار بود که به‌ترتیب با نسـبت ۶۲ و ۶۵ درصد، بیشترین مقدار از کل انرژی‌های مصرفی را بـه خـود اختصاص دادند. در این بررسی میـزان بهـره‌وری انـرژی آفتـابگردان آجیلی و روغنی به‌ترتیب ۰/۰۳۲ و ۰/۰۳۹ کیلوگرم بر مگاژول گزارش شـده اسـت. در پـژوهش دیگـری، بررسـی انـرژی مصـرفی زراعـت آفتابگردان نشان داد که مجموع انرژی مصرفی در زراعـت ایـن گیـاه بالغ بر ۱۸۹۳۱ مگاژول بر هکتـار بـوده اسـت. در ایـن میـان انـرژی مصرفی کودهای شیمیایی با نسبت ۵۱ درصد بیشترین سهم انرژی را به خود اختصـاص داد. نسـبت انـرژی، ۲/۹۵ و شـدت انـرژی، ۸/۴۸ مگاژول بر کیلوگرم به دست آمد (Uzunoz et al., 2008).

نقش اساسی آب و انرژی در تولید محصولات کشاورزی بر کسی پوشیده نیست. از طرفی شرایط خاص اسـتان اصـفهان در تـأمین آب مورد نیاز محصولات مختلف، ضرورت بررسی بهره‌وری آب و انـرژی را در تولید محصولات مختلف نشان می‌دهد. با توجه به این‌که میزان سطح زیرکشت گیاه آفتابگردان در استان اصفهان قابل‌ملاحظه بوده و از لحاظ تولید دانۀ آفتابگردان سـومین اسـتان برتـر در کشـور اسـت، اطلاع از میزان آب، انرژی و بهره‌وری آب و انرژی آبیاری آفتابگردان، می‌تواند به متولیان کشاورزی استان جهت مـدیریت مناسـب مصـرف آب و انرژی در تولید این محصول کمک کند. هدف از تحقیق حاضـر برآورد میـزان آب و انـرژی و برخـی پارامترهـای مـدیریتی در تولیـد محصـول آفتـابگردان در دو روش آبیـاری جویچـه‌ای و تیـپ در ۱۴ مزرعۀ انتخابی، تحت مدیریت زارعین، و سپس مقایسۀ نتایج بـا هـم بوده است.

مواد و روش‌ها

این پروژه یک پژوهش میدانی است که به منظور تعیین حجم آب آبیاری، بهره‌وری آب و انرژی مصـرفی آبیـاری محصـول آفتـابگردان تحت مدیریت کشـاورزان و بـدون دخالـت کارشـناس در ۱۴ مزرعـۀ شهرستان‌های اصـفهان و برخـوار اسـتان اصـفهان در فصـل زراعـی ۱۴۰۰- ۱۳۹۹ اجرا شد. مزارع مورد نظر با مشورت کارشناسان بخـش زراعت و آب و خاک استان انتخاب شدند. در ابتدای کار ضمن مراجعه به مزارع انتخابی و گفتگو با بهره‌برداران اطلاعاتی از قبیل نوع منبـع

آبی، روش کاشت، سطح زیرکشت و نحوهٔ مدیریت آبیاری محصول آفتابگردان کسب شد. در ادامه مشخصات و موقعیت مزارع توسط یک دستگاه GPS و شوری آب توسط شوری‌سنج پرتابل تعیین گردید. سپس برای اندازه‌گیری مقدار دبی منبع آبی هر مزرعه براساس شرایط موجود از کنتور، گونیا و فلوم WSC استفاده شد. برای تعیین بافت و شوری خاک مزارع یک نمونه مخلوط از خاک هر مزرعه به آزمایشگاه منتقل شد. پس از انجام مقدمات ذکر شده مراحل اجرای پروژه به شرح زیر انجام گرفت:

- محاسبهٔ میزان حجم آب آبیاری آفتابگردان در هر نوبت آبیاری:

برای محاسبهٔ میزان حجم آب آبیاری آفتابگردان که در هر نوبت توسط زارع اعمال می‌شد، ابتدا دبی ورودی به کرت انتخابی به وسیلهٔ فلوم (در روش جویچه‌ای) و یا کنتور (در روش تیپ) تعیین و با در نظر گرفتن زمان آبیاری و سطح کرت از معادلهٔ (۱) استفاده شد:

$$V_{iw} = Q \times t \times \frac{10000}{A} \qquad (۱)$$

در معادله‌ی (۱)، V_{iw} حجم آب آبیاری برحسب مترمکعب در هکتار، Q دبی ورودی به کرت برحسب مترمکعب بر ساعت، t زمان آبیاری برحسب ساعت و A مساحت کرت برحسب مترمربع است. در طول فصل زراعی (ماه‌های خرداد، تیر، مرداد، شهریور و مهر) میزان بارش صفر بود و بنابراین میزان حجم آب آبیاری و حجم آب کاربردی (V_a) (حجم آب آبیاری + میزان بارش) در مزرعه یکسان بودند.

نیاز آبی گیاه، با استفاده از نرم‌افزار ETo calculator و ضریب گیاهی (kc) محاسبه شد، به‌طوری‌که نیاز خالص آبی با استفاده از اطلاعات و آمار هواشناسی ۱۰ سال گذشته از طریق نرم‌افزار مذکور محاسبه و سپس با اعمال ضریب گیاهی مربوط به دورهٔ رشد مرتبط، نیاز آبی گیاه برآورد گردید. در پایان فصل زراعی میزان تجمعی نیاز خالص آبیاری محاسبه شده با میزان ارائه شده در سند ملی آب مقایسه شد.

- محاسبهٔ بهره‌وری آب آبیاری:

پس از تعیین میزان عملکرد محصول آفتابگردان، بهره‌وری آب آبیاری آفتابگردان با استفاده از معادله‌ی (۲) تعیین گردید:

$$\text{بهره وری آب آبیاری} = \frac{\text{عملکرد}}{\text{آب آبیاری}} \qquad (۲)$$

در معادله‌ی (۲)، بهره‌وری آب آبیاری برحسب کیلوگرم بر مترمکعب، عملکرد برحسب کیلوگرم و آب آبیاری برحسب مترمکعب است.

- محاسبهٔ انرژی آبیاری و بهره‌وری انرژی:

انرژی مستقیم مصرفی برای رساندن آب به گیاه را می توان از طریق محاسبه انرژی معادل برق یا سوخت مصرفی در پمپ‌های مورد استفاده محاسبه نمود (الماسی و همکاران، ۱۳۷۸). علاوه بر این، از طریق معادلهٔ (۳) نیز می‌توان آن را محاسبه کرد:

$$E_{ir} = \left(\frac{\delta . g . H . Q}{n_1 . n_0}\right) / 1000000 \qquad (۳)$$

در معادلهٔ (۳)، E_{ir} انرژی پمپاژ آب از عمق چاه بر حسب مگاژول بر هکتار، δ چگالی آب بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب، g شتاب جاذبه برحسب متر بر مجذور ثانیه، H هد یا سطح دینامیکی چاه بر حسب متر، Q کل آب آبیاری گیاه (آفتابگردان) طی دوره رشد بر حسب مترمکعب در هکتار، n_1 بازده پمپ (۹۰-۷۰ درصد) و n_0 بازده کلی تبدیل توان در الکتروموتور یا موتور دیزلی (۲۲-۱۸ درصد برای الکتروموتور و۳۰-۲۵ درصد برای موتور دیزل) می‌باشد (الماسی و همکاران، ۱۳۷۸). در این آزمایش برای محاسبهٔ انرژی در دو سامانهٔ آبیاری جویچه‌ای و تیپ عمق سطح آب چاه مشابه در نظر گرفته شد. همچنین در ۷ سامانهٔ تیپ مورد بررسی به‌منظور جبران انرژی مورد نیاز برای توزیع آب در شبکهٔ آبیاری، به‌طور یکسان ۳۵ متر به سطح دینامیکی چاه (H) اضافه شد و محاسبات انجام گرفت.

پس از محاسبهٔ انرژی آبیاری، بهره‌وری انرژی از معادلهٔ (۴) به‌دست می‌آید:

$$\text{بهره‌وری انرژی} = \frac{\text{عملکرد}}{\text{انرژی آبیاری}} \qquad (۴)$$

در معادلهٔ (۴)، بهره‌وری انرژی برحسب کیلوگرم بر مگاژول، عملکرد برحسب کیلوگرم و انرژی آبیاری برحسب مگاژول است.

برای مقایسه آماری نتایج اندازه‌گیری و محاسبه شده در مزرعه در دو سامانهٔ آبیاری از آزمون تی (T-Test) و ضرایب همبستگی پیرسون استفاده گردید. بدین منظور ضرایب همبستگی براساس معنی‌دار بودن روند تغییرات در سطوح ۱ و ۵ درصد و هم‌سو یا ناهم‌سو بودن تعیین گردید. برای محاسبات آماری از نرم‌افزار SPSS 16 استفاده شد.

نتایج و بحث

جدول (۱)، اطلاعات کلی ۱۴ مزرعه انتخابی را نشان می‌دهد. براساس داده‌های جدول مذکور منبع آبی همهٔ مزارع چاه، ارتفاع از سطح دریا در مزارع انتخابی از ۱۵۷۱ تا ۱۶۲۲ متر، مقادیر دبی چاه‌ها از ۹ تا ۲۸/۸ لیتر در ثانیه، شوری آب چاه‌ها از ۲ تا ۱۰/۹ دسی‌زیمنس بر متر، شوری خاک ۳ تا ۱۶/۹ دسی‌زیمنس بر متر، سطح زیرکشت آفتابگردان از ۰/۷ تا ۳۷ هکتار و بافت خاک از متوسط تا سنگین متغیر بود. روش آبیاری در ۷ مزرعه تیپ و در ۷ مزرعه جویچه‌ای بود.

جدول ۱- موقعیت مزارع انتخابی و پارامترهای اندازه‌گیری شده

شماره مزرعه	شهرستان	مختصات جغرافیایی		ارتفاع از سطح دریا (متر)	دبی منبع آب (لیتر در ثانیه)	شوری آب (دسی‌زیمنس بر متر)	بافت خاک مزرعه	شوری خاک (دسی‌زیمنس بر متر)	سطح زیر کشت آفتابگردان (هکتار)	روش آبیاری
		طول	عرض							
۱	اصفهان	۵۵۳۳۳۸	۳۶۳۰۶۸۱	۱۵۹۰	۱۹	۶	لومی رسی	۹	۲/۵	تیپ
۲	برخوار	۵۵۷۹۱۱	۳۶۴۹۸۲۵	۱۶۰۸	۲۸/۸	۶/۷	لومی رسی شنی	۱۱/۸	۶	تیپ
۳	برخوار	۵۵۸۱۴۲	۳۶۵۰۴۵۵	۱۶۱۱	۲۵/۵	۶/۲	لومی رسی شنی	۱۴/۳	۳۷	تیپ
۴	برخوار	۵۵۹۵۲۸	۳۶۵۰۳۱۹	۱۶۱۲	۱۴/۲	۶/۱	لومی رسی شنی	۹/۵	۸/۸	تیپ
۵	برخوار	۵۵۵۸۷۹	۳۶۵۲۶۰۳	۱۶۲۲	۲۵/۹	۴/۹	لومی رسی شنی	۱۱/۷	۳	تیپ
۶	اصفهان	۵۵۵۶۵۶	۳۶۲۴۳۳۵	۱۵۸۵	۱۹	۲/۱	لومی رسی شنی	۳	۱	تیپ
۷	اصفهان	۵۵۵۵۳۰	۳۶۲۵۳۲۱	۱۵۹۴	۱۲	۲/۸۲	لومی رسی	۳/۱	۳	تیپ
۸	اصفهان	۵۵۳۳۳۰	۳۶۳۰۶۷۳	۱۶۰۳	۲۱/۸	۶	لومی رسی	۸/۲۲	۶	جویچه‌ای
۹	اصفهان	۵۵۴۰۱۴	۳۶۲۵۰۱۳	۱۵۹۸	۲۲/۵	۲/۶	لومی رسی	۳/۲	۰/۸۵	جویچه‌ای
۱۰	اصفهان	۵۵۳۴۷۰	۳۶۲۴۱۶۹	۱۶۰۱	۱۲	۲/۱	لومی رسی	۳/۳	۰/۷	جویچه‌ای
۱۱	اصفهان	۵۵۳۵۷۶	۳۶۲۴۴۹۹	۱۶۰۸	۱۱	۲	لومی رسی	۳/۲	۰/۸۲	جویچه‌ای
۱۲	برخوار	۵۷۴۴۵۸	۳۶۳۵۱۲۷	۱۵۷۱	۹	۱۰/۹	لومی	۹/۷	۲	جویچه‌ای
۱۳	برخوار	۵۶۴۴۹۴	۳۶۳۸۰۸۷	۱۶۰۴	۲۲/۵	۳/۹	لومی شنی	۱۶/۹	۰/۹۱۲	جویچه‌ای
۱۴	برخوار	۵۷۲۸۵۵	۳۶۳۶۳۶۵	۱۵۸۵	۲۲/۸	۹/۹	لومی سیلتی	۱۳/۹	۱/۵	جویچه‌ای

جدول (۲) مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری و محاسبه شده مورد نظر در هر کدام از مزارع را به‌همراه میانگین کلی پارامترهای مذکور بدون تفکیک روش آبیاری نشان می‌دهد. براساس مقادیر ارائه شده در جدول مذکور، میانگین حجم آب آبیاری و عملکرد آفتابگردان در مزارع مورد بررسی به‌ترتیب ۷۱۳۰ مترمکعب در هکتار و ۱/۸۴ تن در هکتار بود. میانگین طول دورهٔ رشد در مزارع ۱۰۹ روز و میانگین نیاز آبی محاسبه شده آفتابگردان (نیاز خالص)، ۶۴۰ میلی‌متر بود. میانگین نیاز خالص آبی آفتابگردان در سند ملی آب ۶۵۷ میلی‌متر گزارش شده و با میانگین نیاز آبی محاسبه شده (۶۴۰ میلی‌متر) حدود ۲/۶ درصد اختلاف دارد که با در نظر گرفتن تفاوت پارامترهای اقلیمی در دو زمان محاسبه، قابل‌قبول است. هاول میانگین قابل‌دسترس راندمان کاربرد آب در مزرعه در روش‌های آبیاری قطره‌ای و جویچه‌ای را به‌ترتیب ۸۵ و ۶۵ درصد گزارش نموده است (Howell, 2003)، بر این اساس مقایر نیاز آبی خالص آفتابگردان، محاسبه شده توسط نرم‌افزار، را به ترتیب برای روش آبیاری تیپ و جویچه‌ای به ۰/۸۵ و ۰/۶۵ تقسیم نمودیم و حجم آب مورد نیاز مزارع محاسبه شد که نتایج در جدول (۲) ارائه شده است، براین اساس مقدار میانگین حجم آب مورد نیاز مزارع بدون تفکیک روش آبیاری و بدون در نظر گرفتن آبشویی ۸۶۸۱ مترمکعب در هکتار بوده است. مقایسهٔ مقادیر حجم آب آبیاری و حجم آب مورد نیاز مزارع نشان می‌دهد در تمام مزارع به‌غیر از مزرعه شماره ۱۳ کم‌آبیاری صورت گرفته است. جدول (۲) نشان می‌دهد میانگین میزان بهره‌وری آب آبیاری آفتابگردان و انرژی مصرفی آبیاری برای تولید آفتابگردان در مزارع انتخابی به‌ترتیب ۰/۲۷ کیلوگرم بر مترمکعب و ۴۴۶۰۸ مگاژول بر هکتار بود. همچنین میانگین میزان بهره‌وری انرژی در مزارع مورد بررسی ۰/۰۴۴ کیلوگرم بر مگاژول بود.

میانگین شاخص‌های اندازه‌گیری و محاسبه شده در دو سامانهٔ آبیاری تیپ و جویچه‌ای به همراه نتایج مقایسه میانگین شاخص‌های مذکور در آزمون تی (t-Test) در جدول (۳) ارائه شده است و عبارتند از:

میانگین دورهٔ رشد مزارعی که به روش تیپ و جویچه‌ای آبیاری می‌شدند به‌ترتیب ۱۰۹ و ۱۰۸ روز بود که اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. میانگین حجم آب آبیاری در روش آبیاری تیپ و جویچه‌ای به‌ترتیب ۶۲۷۲ و ۷۹۸۷ مترمکعب در هکتار بود که اختلاف آن‌ها در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. مقادیر فوق نشان می‌دهد مقدار میانگین حجم آب آبیاری در روش آبیاری جویچه‌ای حدود ۲۷ درصد بیشتر از تیپ بوده است. میانگین نیاز آبی خالص آفتابگردان در مزارعی که به روش تیپ و جویچه‌ای آبیاری می‌شدند به‌ترتیب ۶۴۵ و ۶۳۵ میلی‌متر توسط نرم‌افزار ETo calculator محاسبه شد. براساس برآورد انجام گرفته، مقادیر میانگین حجم آب مورد نیاز مزارع برای روش‌های آبیاری تیپ و جویچه‌ای به‌ترتیب ۷۵۸۶ و ۹۷۷۶ متر مکعب در هکتار بود (جدول ۲) که مقایسهٔ این مقادیر با مقادیر میانگین حجم آب آبیاری نشان می‌دهد در هر دو روش آبیاری،

کم‌آبیاری شده است. میانگین عملکرد آفتابگردان در دو روش آبیاری تیپ و جویچه‌ای به‌ترتیب ۱۸۹۴ و ۱۷۸۱ کیلوگرم در هکتار بود که اختلاف آن‌ها معنی‌دار نبود. براساس داده‌های جدول (۳)، میانگین بهره‌وری آب آبیاری آفتابگردان در دو روش آبیاری تیپ و جویچه‌ای به‌ترتیب ۰/۳ و ۰/۲۳ کیلوگرم بر مترمکعب بود، علی‌رغم این که بهره‌وری آب آفتابگردان در روش آبیاری تیپ نسبت به جویچه‌ای حدود ۲۹ درصد بیشتر بوده ولی این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار نبود، که دلایل آن در قسمت بعدی اشاره شده است. مقادیر میانگین میزان انرژی مصرفی آبیاری برای تولید آفتابگردان در مزارعی با عمق سطح ایستابی مشابه که به روش تیپ و جویچه‌ای آبیاری شدند به‌ترتیب ۴۴۸۷۱ و ۴۴۳۴۵ مگاژول بر هکتار بود و این اختلاف از لحاظ آماری معنی‌دار نبود، این موضوع نشان می‌دهد میزان انرژی مصرفی بیشتر در آبیاری جویچه‌ای نسبت به آبیاری تیپ، به‌واسطهٔ مصرف آب بیشتر، تقریباً با انرژی مصرف شده در آبیاری تیپ که شامل میزان انرژی پمپاژ اولیه و توزیع آب در شبکه بوده، برابر است. میزان بهره‌وری انرژی آبیاری آفتابگردان در مزارعی که به روش تیپ و جویچه‌ای آبیاری شدند به‌ترتیب ۰/۰۴۲ و ۰/۰۴۵ کیلوگرم بر مگاژول بود که این اختلاف ۷ درصدی از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. در شکل (۱) مقادیر بهره‌وری آب و انرژی آفتابگردان در ۱۴ مزرعهٔ مورد بررسی، با هم مقایسه شده است.

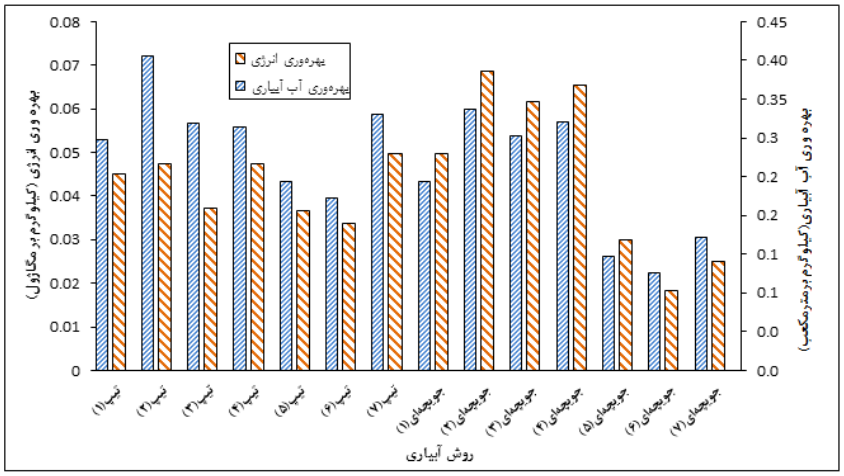
جدول ۲- مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری و محاسبه شده مورد نظر در هر کدام از مزارع

شماره مزرعه	روش آبیاری	نیاز آبی (میلی‌متر)		میانگین دبی ورودی به مزرعه (لیتر در ثانیه)	کل ساعت آبیاری در یک هکتار	حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)	حجم آب مورد نیاز (مترمکعب در هکتار)	انرژی آبیاری (مگاژول بر هکتار)	عملکرد دانه (تن در هکتار)	بهره‌وری آب آبیاری (کیلو گرم بر مترمکعب)	بهره‌وری انرژی (کیلوگرم بر مگاژول)
		سند ملی	نرم‌افزار								
۱	تیپ	۶۵۷	۶۶۲	۱۹	۹۸	۶۷۲۰	۷۷۸۸	۴۴۴۹۸	۲	۰/۳	۰/۰۴۵
۲	تیپ	۶۵۷	۵۷۷	۲۸/۸	۵۷	۵۹۱۰	۶۷۸۸	۳۹۱۳۵	۱/۸۵	۰/۳۱	۰/۰۴۷
۳	تیپ	۶۵۷	۶۷۷	۲۵/۵	۷۱	۶۵۲۰	۷۹۶۵	۴۳۱۷۴	۱/۵۸	۰/۲۴	۰/۰۳۷
۴	تیپ	۶۵۷	۷۲۷	۱۴/۲	۱۳۲	۶۷۷۰	۸۵۵۳	۴۴۸۲۹	۱/۵	۰/۲۲	۰/۰۳۳
۵	تیپ	۶۵۷	۶۰۳	۲۵/۹	۶۵	۶۰۷۴	۷۰۹۴	۴۰۲۲۰	۲	۰/۳۳	۰/۰۵
۶	تیپ	۶۵۷	۶۲۷	۱۹	۹۰	۶۱۷۱	۷۳۷۶	۵۲۹۷۰	۲/۵	۰/۴۱	۰/۰۴۷
۷	تیپ	۶۵۷	۶۴۱	۱۲	۱۳۳	۵۷۴۰	۷۵۴۱	۴۹۲۷۱	۱/۸۳	۰/۳۲	۰/۰۳۷
۸	جویچه‌ای	۶۵۷	۶۹۱	۲۱/۸	۱۱۵	۹۰۶۰	۱۰۶۳۱	۴۴۴۳۹	۲/۲	۰/۲۴	۰/۰۵
۹	جویچه‌ای	۶۵۷	۵۶۵	۲۲/۵	۹۲	۷۴۵۰	۸۶۹۲	۳۶۵۴۲	۲/۵	۰/۳۴	۰/۰۷
۱۰	جویچه‌ای	۶۵۷	۵۷۷	۱۲	۱۵۷	۶۷۷۰	۸۸۷۷	۳۳۲۰۷	۲/۰۴	۰/۳	۰/۰۶
۱۱	جویچه‌ای	۶۵۷	۶۵۶	۱۱	۱۳۴	۵۳۱۰	۱۰۰۹۲	۲۶۰۴۶	۱/۷	۰/۳۲	۰/۰۷
۱۲	جویچه‌ای	۶۵۷	۷۰۶	۹	۲۷۴	۸۸۸۰	۱۰۸۶۱	۴۳۵۵۶	۱/۳	۰/۱۵	۰/۰۳
۱۳	جویچه‌ای	۶۵۷	۵۹۰	۲۲/۵	۱۱۴	۹۲۰۰	۹۰۷۷	۶۳۱۷۶	۱/۱۵	۰/۱۳	۰/۰۱۸
۱۴	جویچه‌ای	۶۵۷	۶۶۳	۲۲/۸	۱۱۳	۹۲۴۰	۱۰۲۰۰	۶۳۴۵۱	۱/۵۸	۰/۱۷	۰/۰۲۵
	میانگین	۶۵۷	۶۴۰	۱۹	۱۱۸	۷۱۳۰	۸۶۸۱	۴۴۶۰۸	۱/۸۴	۰/۲۷	۰/۰۴۴

مقایسهٔ آماری پارامترهای اندازه‌گیری شده در دو روش آبیاری تیپ و جویچه‌ای با استفاده از آزمون تی (t-Test):

جدول۳- نتایج مقایسه میانگین شاخصهای اندازه‌گیری و محاسبه شده در آزمون تی (t-Test)

تیمار	تیپ	سطحی	آماری T	p-value
دوره رشد(روز)	۱۰۹±۲	۱۰۷±۲	۰/۴۴۸	۰/۶۶۲
حجم آب آبیاری (مترمکعب)	۶۲۷۲±۴۰۲	۷۹۸۷±۱۵۲۳	-۲/۸۷۹	۰/۰۱۴
عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)	۱۸۹۴±۳۲۹	۱۷۸۱±۴۸۹	۰/۵۰۶	۰/۶۲۲
بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	۰/۳۰±۰/۰۶	۰/۲۳±۰/۰۸	۱/۷	۰/۱۱۵
انرژی آبیاری	۴۴۸۷۱±۴۸۷۳	۴۴۳۴۵±۱۴۳۷۶	۰/۰۹۲	۰/۹۲۹
بهره‌وری انرژی	۰/۰۴۲±۰/۰۰۶	۰/۰۴۵±۰/۰۲	-۰/۳۶۸	۰/۷۲۳



شکل ۱- بهره‌وری آب و انرژی آفتابگردان در مزارع مجهز به روش آبیاری تیپ و جویچه‌ای

محاسبه ضرایب همبستگی پیرسون برخی از پارامترهای اندازه‌گیری و محاسبه شده

نتایج محاسبهٔ ضرایب همبستگی پیرسون پارامترهای مورد نظر در جدول (۴) ارائه شده است، در تنظیم داده‌ها برای روش آبیاری تیپ شمارهٔ ۱ در نظر گرفته شده است براساس داده‌های جدول (۴) نتایج به‌صورت زیر است:

در روش آبیاری تیپ نسبت به جویچه‌ای میزان حجم آب آبیاری آفتابگردان کم‌تر بود، به عبارتی رابطهٔ تغییر روش آبیاری (از تیپ به جویچه‌ای) با میزان حجم آب آبیاری، همراستا بود. اختلاف حجم آب آبیاری در این دو روش آبیاری، در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. رابطهٔ تغییر روش آبیاری (از تیپ به جویچه‌ای) با میزان عملکرد و بهره‌وری آب آفتابگردان، غیرهمراستا و غیرمعنی‌دار بود. از جمله دلایل آن می‌تواند یکی تفاوت در نحوهٔ مدیریت زرارعین و دیگری عدم دسترسی زارعین به آب کافی (کم‌آبیاری مزارع) باشد. رابطهٔ تغییر روش آبیاری (از تیپ به جویچه‌ای) با انرژی آبیاری و بهره‌وری انرژی آفتابگردان به‌ترتیب غیرمستقیم و مستقیم و غیر معنی‌دار بود. رابطهٔ میزان حجم آب آبیاری با بهره‌وری آب در سطح احتمال ۱ درصد و با انرژی آبیاری و بهره‌وری انرژی آفتابگردان در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود و رابطهٔ میزان حجم آب آبیاری با پارامترهای مذکور به ترتیب معکوس، مستقیم و معکوس بود. همچنین براساس نتایج جدول (۴)، میزان عملکرد آفتابگردان با بهره‌وری آب و بهره‌وری انرژی رابطهٔ مستقیم و معنی‌دار ولی با انرژی آبیاری رابطه‌ای معکوس و غیرمعنی‌دار داشت. میزان بهره‌وری آب با انرژی آبیاری رابطه‌ای معکوس و غیرمعنی‌دار و با بهره‌وری انرژی رابطه‌ای مستقیم و معنی‌دار بود.

با توجه به نتایج اشاره شده، میانگین مقادیر حجم آب آبیاری اعمال شده در مزارع آفتابگردان تحت مدیریت کشاورزان، در سامانه‌های آبیاری تیپ حدود ۲۲ درصد کم‌تر از سامانه‌های جویچه‌ای بود و این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار بود ولی اختلاف بین میانگین مقادیر پارامترهای عملکرد، انرژی آبیاری و بهره‌وری آب و انرژی آفتابگردان در این دو سامانه معنی‌دار نبودند. مصرف آب کم‌تر در مزارعی که به روش تیپ آبیاری شده‌اند، موجب اختلاف معنی‌دار در بهره‌وری آب نسبت به روش جویچه‌ای نشده است با وجودی که مقدار میانگین آن افزایش ۲۲ درصدی نشان می‌دهد. طبق داده‌های جدول ۳، میزان پراکندگی عملکرد نسبت به میانگین آن در روش‌های آبیاری تیپ و جویچه‌ای به‌ترتیب ۱۷ و ۲۷ درصد می‌باشد که وجود این اختلافات، تفاوت در بهره‌وری آب را غیرمعنی‌دار نموده است. این موضوع نشان می‌دهد مدیریت در مزارع تیپ نسبتاً بهتر بوده است. لازم به ذکر است بهره‌وری آب در مزرعه تحت تأثیر پارامترهای دیگری از قبیل بافت خاک، شوری آب و خاک و به‌طور عمده مدیریت زراعی در طول دورهٔ رشد محصول می‌باشد. جهت متمایز نمودن سامانه‌های آبیاری علاوه بر لزوم بررسی و مقایسهٔ پارامترهای مذکور، ارزیابی و مقایسهٔ بهره‌وری اقتصادی سامانه‌ها با هم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق حجم آب آبیاری، عملکرد، بهره‌وری آب و انرژی ۱۴ مزرعه آفتابگردان واقع در شهرستان‌های استان اصفهان در دو سامانهٔ آبیاری تیپ و جویچه‌ای در شرایط مدیریت کشاورزان اندازه‌گیری و با هم مقایسه شد. برای مقایسه آماری نتایج اندازه‌گیری شده از آزمون تی (t-Test) و ضرایب همبستگی پیرسون استفاده گردید. نتایج و پیشنهادات به‌دست آمده از آزمایش به شرح زیر است:

جدول٤- ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شده برای شاخص‌های اندازه‌گیری شده در سامانه‌های آبیاری تیپ و سطحی

تیمار	روش آبیاری	دوره رشد	حجم آب آبیاری	عملکرد	بهره‌وری آب	انرژی آبیاری	بهره‌وری انرژی
روش آبیاری	۱	-۰/۱۲۸	۰/۶۳۹*	-۰/۱۴۵	-۰/۴۴۱	-۰/۰۲۶	۰/۱۰۶
دوره رشد		۱	۰/۲۴۳	-۰/۱۴۳	-۰/۲۳۶	۰/۳۷۷	-۰/۳۸۱
حجم آب آبیاری			۱	-۰/۳۳۰	-۰/۷۸۰**	۰/۵۸۴*	-۰/۵۲۲*
عملکرد				۱	۰/۸۳۱**	-۰/۳۱۷	۰/۷۳۸**
بهره‌وری آب					۱	-۰/۴۸۳	۰/۷۴۹**
انرژی آبیاری						۱	-۰/۸۲۹**
بهره‌وری انرژی							۱

* اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد ** اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد

براساس نتایج، میانگین حجم آب آبیاری در مزارعی که به روش تیپ و جویچه‌ای آبیاری می‌شدند به‌ترتیب ۶۲۷۲ و ۷۹۸۷ مترمکعب در هکتار بود. مقادیر مذکور نشان می‌دهد، حجم آب آبیاری در روش آبیاری تیپ نسبت به آبیاری جویچه‌ای به‌طور معنی‌دار حدود ۲۱ درصد کم‌تر بود. در روش‌های آبیاری تیپ و جویچه‌ای، مقدار میانگین عملکرد آفتابگردان به‌ترتیب ذکر شده ۱/۸۹ و ۱/۷۸ تن در هکتار و مقدار میانگین بهره‌وری آب به‌ترتیب ۰/۳ و ۰/۲۳ کیلوگرم بر مترمکعب بود. نتایج نشان داد، رابطهٔ معنی‌داری بین عملکرد آفتابگردان با حجم آب آبیاری یافت نشد که از جمله دلایل آن می‌تواند یکی تفاوت در نحوهٔ مدیریت زارعین و دیگری عدم دسترسی زارعین به آب کافی (کم‌آبیاری مزارع) باشد. با توجه به ارتباط مستقیم بین عملکرد و بهره‌وری آب و انرژی به‌تبع رابطهٔ آن‌ها مستقیم و معنی‌دار به‌دست آمد. میزان انرژی آبیاری محاسبه شده برای تولید آفتابگردان در روش تیپ و جویچه‌ای به‌ترتیب ۴۴۸۷۱ و ۴۴۳۴۵ مگاژول بر هکتار محاسبه شد که این اختلاف از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. میزان بهره‌وری انرژی آفتابگردان در روش تیپ و جویچه‌ای به‌ترتیب ۰/۰۴۲ و ۰/۰۴۵ کیلوگرم بر مگاژول بود. نتیجه‌گیری کلی نشان داد در ۱۴ مزرعهٔ مورد آزمایش، میزان مصرف آب در مزارعی که مجهز به سامانهٔ آبیاری تیپ بودند به‌طور معنی‌داری از مزارع سامانهٔ آبیاری جویچه‌ای کم‌تر بود ولی مقدار میانگین سایر پارامترهای مورد بررسی در دو سامانهٔ مذکور، اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. بدیهی است برای قضاوت دو سامانهٔ آبیاری و انتخاب روش مناسب، باید پارامترهای بیشتری از قبیل بافت خاک، شوری آب و خاک، بهره‌وری اقتصادی و به‌طور کلی نحوهٔ مدیریت مزارع مورد ارزیابی قرار گیرند.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر با حمایت مالی و معنوی معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی انجام گرفته است و در اجرای آن همکاران گرانقدری از سازمان جهاد کشاورزی و بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان همکاری مؤثری داشته‌اند. بدین‌وسیله نگارندگان، مراتب سپاس و قدردانی خود را از زحمات و همکاری‌های این عزیزان اعلام میدارد.

منابع

احمدی، ک.، عبادزاده، ح. ر.، حاتمی، ف.، محمدنیا افروزی، ش.، اسفندیاری‌پور، ا. و عباس‌طاقانی، ر. ۱۴۰۰. آمارنامهٔ کشاورزی سال ۹۹- ۱۳۹۸. وزارت جهاد کشاورزی و معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی. دفتر فناوری اطلاعات و ارتباطات .جلد اول: محصولات زراعی.

احمدی همزیان سفلی، م. و حسن‌زاده قورت‌تپه، ع. ۱۳۸۷. ارزیابی بیلان انرژی و اقتصادی در مزارع آفتابگردان آجیلی و روغنی در شهرستان خوی. پژوهش در علوم زراعی. ۱(۲): ۷۹-۶۷.

افضلی‌نیا، صادق. ۱۳۹۹. اثر خاک‌ورزی بر مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در تناوب گندم-پنبه. مجله تحقیقات کشاورزی ایـــــــــــران. ۳۹ (۱): ۲۴- ۱۳. SID. . https://sid.ir/paper/363906/fa

الماسی، م.، کیانی، ش. و لویمی، ن. ۱۳۷۸. مبانی مکانیزاسیون کشاورزی. چاپ چهارم. انتشارات جنگل. تهران. ۲۹۳ صفحه.

امیدمهر، ز. ۱۳۹۸. مقایسه بهره‌وری انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی در نظام‌های تولید آفتابگردان دیم (Helianthus annuus L). بوم‌شناسی کشاورزی. (۱۱)۲: ۷۵۵-۷۳۹.

بی‌نام. ۱۳۹۱. گزارش تحلیلی شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت. شرکت ملی نفت ایران.

حیدری‌سلطان‌آبادی، م. ۱۴۰۰. تعیین شاخص‌های انرژی و اثرات زیست‌محیطی در الگوهای مختلف تولید محصولات عمده زراعی و باغی استان اصفهان. گزارش پژوهشی نهایی، موسسه تحقیقات و آموزش کشاورزی، شماره مصوب ۶۰۹۱۳.

زوله، م. ۱۳۹۰. بررسی و تعیین انرژی آبیاری مورد نیاز برای تولید گندم در شهرستان ساوجبلاغ. همایش ملی دستاوردهای نوین در زراعت. شهرقدس- دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس.

قدمی‌فیروزآبادی، ع.، نصرتی، ع. ا. و مطلبی‌فرد، ر. ۱۳۸۶، تاثیر دو سیستم آبیاری تیپ و نشتی در تراکم‌های مختلف کاشت بر عملکرد سیر و کارآیی آب و ازت. دهمین کنگره علوم خاک ایران،کرج، https://civilica.com/doc/24412.

کوچکی، ع. و حسینی، م. ۱۳۷۳. کارآیی انرژی در اکوسیستم‌های کشاورزی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۳۱۷ صفحه.

کریمی‌کاخکی، م. و سپهری، ع. ۱۳۸۸. اثر کم‌آبیاری در دوره زایشی بر کارآیی مصرف آب و تحمل حشکی ارقام جدید آفتابگردان. نشریه علوم آب و خاک. ۱۳ (۵۰): ۱۷۶- ۱۶۳.

نورجو، م.، گلکارحمزیی یزد، ح. و طاووسی، م. ۱۳۹۴. آب، آبیاری و بهره‌وری: عملکرد و بهره‌وری مصرف آب آفتابگردان تحت دو سامانه آبیاری سطحی و قطره‌ای نواری در منطقه میاندوآب. کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران. SID. https://sid.ir/paper/869460/fa.

وفابخش، ج. ۱۳۹۸. وضع موجود و آینده تولید محصولات زراعی در ایران. متن سخنرانی دوره آموزشی توانمندسازی اعضای هیئت علمی، وزارت جهاد کشاورزی، دزفول، خوزستان، ایران. آذر ماه ۱۳۹۸.

Bakhsh, I., Awan, I. U. and Baloch, M. S. 1999. Effect of various irrigation frequencies on the yield and yield components of sunflower. Pakistan Journal of Biological Sciences. 2: 194–195.

Beheshti Tabar, I., Keyhani, A. and Rafiee, S. 2010. Energy balance in Iran's agronomy (1990–2006). Renewable and Sustainable Energy Reviews. 14: 849–855.

Connor D.J., Jones T.R. and Palta, J.A. 1985. Response of sunflower to strategies of irrigation I. Growth, yield and the efficiency of water use. Field Crops Res 10:15.

Cox, W. J. and Jolliff, G. D. 1986. Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficits. Agron. J. 78: 226-230.

Esmaeili, M. and Golchin, A. 2005. Economic analysis of the effects of deficit irrigation on yield and oil content of two cultivar of sunflower. J. Agric. Sci. 15: 1. 121-135.

Food and Agriculture Organization. 2002. Irrigation Manual Module 11. Financial and Economic Appraisal of Irrigation Projects.

Hatirli, S. A., Ozkan, B. and Fert, K. 2005. An econometric analysis of energy input-output in Turkish agriculture. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 9: 608-623.

Howell, T.A. 2003. Irrigation Efficiency. Encyclopedia of Water Science. DOI: 10.1081/E-EWS120010252.

Kallivroussis, L., Natsis, A. and Papadakis, G. 2002. The energy balance of sunflower production for biodiesel in Greece. Biosystems Engineering. 81: 347-354.

Karam, F., Lahoud, R., Masaad, R., Kabalan, R., Breidi, J., Chalita, C. and Rouphael, Y. 2007. Evapotranspiration, seed yield and water use efficiency of drip irrigated sunflower under full and deficit irrigation conditions. Agricultural Water Management. 90: 213–223.

Mahmood, H.N., Towfiq, S.I. and Rashid, K.A. 2019. Water use efficiency of different sunflower genotypes under deficit irrigation in a semi-arid region. Applied Ecology and Environmental Research. 17(2): 2043-2057.

Rinaldi, M. 2001. Application of EPIC model for irrigation scheduling of sunflower in Southern Italy. Agriculture Water Management. 49: 185-196.

Sepaskhah, A.R., Sichani, S.A. and Bahrani, B. 1976. Subsurface and furrow irrigation evaluation for bean production. Transaction of the American Society of Agricultural Engineers. Soil and Water. 1089-1092, Special Edition.

Sezen, S.M., Yazar, A., Kapur, B. and Tekin, S. 2011. Comparison of drip and sprinkler irrigation strategies on sunflower seed and oil yield and quality under Mediterranean climatic conditions. Agricultural Water Management. 98: 1153-1161.

Stone, L.R., Goodrum, D.E., Jafar, M.N. and Khan, A.H. 2002. Rooting front and water depletion depths in grain sorghum and sunflower. Agron. J. 93: 1105-1110.

Tan, B., Beyazgul, M., Avcieri, Z., Kayam, Y. and Kaya, H.G. 2000. Effect of irrigation at various growth stages on some economic characters of first crop. Sunflower. Anadolu, 10: 1-34.

Uzunoz, M., Akcay, Y. and Esevgun, K. 2008. Energy Input-output Analysis of Sunflower Seed (Helianthus annuus L.) Oil in Turkey. Energy Sources, Part B, 3:215–223.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.6, Vol. 17, Feb.-Mar. 2024, p. 1163-1172

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۷، بهمن - اسفند ۱۴۰۲، ص. ۱۱۷۲-۱۱۶۳

Water and Energy Productivity of Confectionary Sunflower: A case Study of the Cities of Esfahan and Borkhar in Esfahan Province

M. Farzamnia[*1], M. Moayeri [2] and M. Heidarisoltanabadi[3]
Recived: Jul.31, 2023 Accepted: Nov.01, 2023

Abstract

Maintaining food security in light of excessive depletion of limited unrenewable water resources, requires the authorities to make efficient use of water and energy as well as enhancing the productivity of these factors in every sector, particularly in agriculture. In this study, the volume of irrigation water supplied from tube wells with the same water level, seed yield, productivity of water as well as energy consumption for sunflower irrigated with drip tape and furrow methods under farmer's management were recorded and analyzed. The measurements were made over 2020-2021 on 14 fields across Esfahan province where sunflower was a primary crop. Data from the irrigation systems were analyzed using t-test and Pearson correlation coefficients. Based on the results, the average volume of irrigation water for drip tape and furrow methods were 6272 and 7987 cubic meters per hectar, respectively; showing significant difference. Comparison between the water requirement and the volumes of irrigation water applied by the farmers indicated deficit irrigation in 13 out of the 14 fields. Average sunflower seed yield for drip tape and furrow irrigation methods were 1894 and 1781 kg ha^{-1}, respectively. In addition, average water productivity for the said irrigation methods were 0.3 and 0.23 kg ha^{-1}, respectively; where no significant difference was found for any of the two foregoing parameters. There were inverse correlations between the volume of irrigation water and both seed yield and water productivity of sunflower, which were insignificant and significant, respectively. There were direct and significant relations between the volume of irrigation water and both energy consumption and energy productivity. For drip tape and furrow irrigation methods, the average values for energy consumption were 44871 and 44345 MJh^{-1}, respectively which were not different significantly; and the amounts of energy productivity were 0.042 and 0.045 kg MJ^{-1}, respectively which were not different significantly.

Key words: Seed yield, Sunflower, Volume of irrigation water, Water and energy productivity

1- Academic Staff, Agricultural Engineering Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO), Isfahan, Iran
2- Assistant Professor., Agricultural Engineering Research Department, Safiabad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO), Dezful, Iran
3- Assistant Professor., Agricultural Engineering Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO), Isfahan, Iran
(*- Corresponding Author Email: masoud_farzamnia@yahoo.com)