اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال ۳۰، شمارهٔ ۱۲۰، زمستان ۱۴۰۱

DOI: 10.30490/AEAD.2022.354870.1344

مقاله پژوهشی

بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی مصرف آب آبیاری و سودآوری تولید برخی محصولات زراعی در نظام‌های مختلف آبیاری در استان البرز

هرمز اسدی[۱]، جواد باغانی[۲]، محسن رفعتی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۳/۳۱ تاریخ پذیرش ۱۴۰۱/۴/۲

چکیده

با توجه به محدودیت منابع آبی در کشور، بهره‌برداری بهینه از منابع و افزایش بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در تولید محصولات برای نیل به رشد اقتصادی در بخش کشاورزی کاملاً ضروری است. در این راستا، اهداف پژوهش حاضر تعیین شاخص‌های بهره‌وری مصرف آب و سودآوری تولید گندم آبی و ذرت علوفه‌ای در نظام‌های مختلف آبیاری در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در استان البرز بود. در پژوهش حاضر، به‌منظور برآورد بهره‌وری مصرف آب، از شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی و بهره‌وری اقتصادی و برای تعیین سودآوری، از شاخص‌های منافع خالص، درصد بازده فروش محصول و درصد بازگشت سرمایه استفاده شد.

۱- نویسندهٔ مسئول و استادیار پژوهش، تحقیقات اقتصاد کشاورزی، مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. (hasadi@areeo.ac.ir)

۲- استادیار پژوهش، مؤسسهٔ تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۳ - استادیار اقتصاد کشاورزی، مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی

طبق نتایج، در مقایسه نظام‌های آبیاری، میزان صرفه‌جویی مصرف آب در تولید گندم آبی در نظام آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به نظام‌های آبیاری سنتی‌پیوت و کلاسیک، به‌ترتیب، ۶/۳ و ۲۲/۸ درصد و در تولید ذرت علوفه‌ای، به‌ترتیب، ۱۵/۲ و ۲۷/۶ درصد مشخص شد. منافع خالص تولید محصولات در تناوب گندم- ذرت علوفه‌ای در نظام‌های قطره‌ای نواری، سنتی‌پیوت و آبیاری بارانی، به‌ترتیب، ۲۰۴/۷، ۱۷۴/۲ و ۱۵۳/۲ میلیون ریال در هکتار و بهره‌وری اقتصادی هر واحد آب مصرفی ناشی از سود در تولید محصولات در تناوب، در نظام‌های آبیاری قطره‌ای نواری، سنتی‌پیوت و کلاسیک، به‌ترتیب، ۱۶/۵، ۱۲/۳ و ۹/۱ هزار ریال بر متر مکعب برآورد شد، به‌گونه‌ای که منافع خالص و بهره‌وری اقتصادی تولید محصولات در تناوب در نظام آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به نظام‌های آبیاری سنتی‌پیوت و کلاسیک بیشتر است. بنابراین، نظام آبیاری قطره‌ای نواری به‌عنوان نظام آبیاری برتر و اقتصادی در تولید محصولات در تناوب در منطقه کرج پیشنهاد شد.

کلیدواژه‌ها: *نظام آبیاری، عملکرد، گندم، ذرت علوفه‌ای، منافع خالص، بهره‌وری آب.*

طبقه‌بندی JEL : Q1, Q15, Q25

مقدمه

هدف کلی، در مدیریت نقاضای آب در بخش کشاورزی، افزایش راندمان و بهره‌وری آن است. با توجه به محدودیت منابع آبی در کشور، بهره‌برداری بهینه و افزایش بهره‌وری آن برای نیل به رشد اقتصادی کاملاً ضروری است. در این راستا، چون بخش کشاورزی به آب فراوان نیاز دارد، افزایش بهره‌وری 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 در گیاهان زراعی است. از دیدگاه اقتصادی، تنها افزایش بازده مصرف آب کافی نیست، بلکه باید محصول تولیدی ارزش اقتصادی بیشتری نصیب کشاورزان کند (Kassam and Smith, 2001; Soltani and Zibaei, 1996). در شرایط کنونی، در کشورهای در حال توسعه، بهبود بهرهوری آب کشاورزی یکی از مهم‌ترین راهکارهای اساسی تلقی می‌شود. البته در ارزیابی اثربخشی آب در تولید گیاه، علاوه بر مقدار ماده تولیدشده، باید ارزش ماده تولیدی و درآمد حاصل از مصرف هر متر مکعب آب (شاخص بهره‌وری اقتصادی) و یا مقدار پروتئین و کالری تولیدی به ازای مقدار مشخصی از آب مصرفی نیز مورد توجه قرار گیرد (Rao et al., 2016). آبیاری با استفاده از روش‌های نوآورانه می‌تواند باعث افزایش بهره‌وری آب و بهبود مزیت اقتصادی برای کشاورزان شود. کشاورزان معمولاً از مشوق‌های کافی برای آگاهی از مصرف آب آبیاری، کاربردهای واقعی آبیاری و پاسخ گیاهان به روش‌های مختلف مدیریت آب و در نتیجه، سطح فعلی بهره‌وری آب در مزرعه برخوردار نیستند. بنابراین، تبادل مداوم دانش لازم است تا همه ذی‌نفعان مربوط بتوانند مسئولیت بیشتری را در کل زنجیره تأمین آب به

اشتراک بگذارند. در این راستا، مدیریت کارآمدتر آب می‌تواند مزایای زیست‌محیطی و اقتصادی گسترده‌تر را برای کشاورزان به‌همراه داشته باشد (Levidow et al., 2014). یکی از عوامل افزایندهٔ افزایش منافع خالص برای هر متر مکعب آب مصرفی در بخش کشاورزی ایجاد شبکه آبیاری و زهکشی در مناطق مورد نظر است. در مصرف نهاده آب آبیاری و نواحی مختلف تولید محصولات، هدف کارشناسان زراعت حصول حداکثر عملکرد در واحد سطح و هدف کارشناسان آبیاری و زهکشی، دستیابی به حداکثر کارآیی و بهره‌وری فیزیکی آب در تولید محصولات است. البته هدف اقتصاددانان نه‌تنها دستیابی به حداکثر سود و درآمد خالص نهایی در تولید محصولات با مصرف منطقی آب در ناحیه اقتصادی تولید است، بلکه به بهره‌وری اقتصادی مصرف آب ناشی از درآمد ناخالص و سود نیز توجه ویژه دارند (Tavakoli, 2012; Vaux Jr and Pruitt, 1983). بنابراین، پرداختن به موضوع بهره‌وری فیزیکی آب و تحلیل شاخص‌های اقتصادی آن در منطقه، به‌علت محدودیت کمی و کیفی نهاده باارزش آب، از جایگاهی ویژه برخوردار است و با برآورد شاخص‌های بهره‌وری اقتصادی آب در مناطق هدف، امکان شناخت بیشتر دست‌اندرکاران برای برنامه‌ریزی بهتر در استفاده بهینه از نهاده آب آبیاری فراهم خواهد شد.

به‌منظور آشنایی بیشتر با اهمیت و ادبیات موضوع، برخی مطالعات انجام‌شده در خصوص بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی محصولات مختلف در پی یادآوری می‌شود. نخست، پیشینهٔ پژوهش‌های داخلی و سپس، برخی مطالعات سایر کشورها ارائه خواهد شد. ورجاوند و همکاران (Varjavand et al., 2021)، در بررسی بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در تولید گندم در استان خوزستان، بدین نتیجه رسیدند که میانگین بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری در شهرستان‌های اهواز و دشت آزادگان، به‌ترتیب، ۱/۰۶ و ۰/۸۹ کیلوگرم بر متر مکعب آب است؛ همچمین، بهره‌وری اقتصادی آب بر اساس سود خالص در شهرستان‌های اهواز و دشت آزادگان، به‌ترتیب، ۷۴۵۶ و ۵۳۷۷ ریال به ازای هر متر مکعب آب حاصل شد. علی‌مردانی و همکاران (Alimardani et al., 2021)، در ارزیابی اثربخشی راهبردهای ارتقای بهره‌وری آب با استفاده از تحلیل سوات (نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها)[1] در استان قزوین، بدین نتیجه رسیدند که تبیین استانداردهای بهره‌وری کیفی آب، برنامه‌های مشارکتی و همچنین، اجرای برنامه‌های آموزشی- ترویجی در راستای ارتقای بهره‌وری منابع آب می‌تواند به افزایش اثربخشی راهبردهای ارتقای بهره‌وری آب منجر شود. بهرامی و همکاران (Bahrami et al., 2020)، طی مطالعه‌ای در شهرستان شهریار استان تهران، شاخص بهره‌وری

1. Stregths, Weaknesses, Opportunities and Threats (SWOT)

فیزیکی آب آبیاری در تولید ذرت علوفه‌ای، به‌ترتیب، در روش آبیاری سنتی و نوین را ۴/۵ و ۶/۱ کیلوگرم بر متر مکعب و شاخص بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری ۴۶۴۶ و ۶۴۱۷/۲ ریال بر متر مکعب آب برآورد کردند نوری خواجه‌بلاغ و همکاران (Nouri-Khajehbolagh et al., 2020)، در مطالعه شاخص‌های بهره‌وری آب محصولات زراعی در دشت اردبیل، با استفاده از اطلاعات ۱۰۴۵ بهرهبردار، بدین نتیجه رسیدند که سود ناخالص تولید گندم به ازای حجم آب مصرفی ۹۴۱/۶ ریال بر متر مکعب است؛ البته، بهره‌وری فیزیکی تولید سیب‌زمینی ۲/۹۵ کیلوگرم بر متر مکعب و بهره‌وری اقتصادی آب یا سود ناخالص به ازای هر متر مکعب آب مصرفی ۶۰۹۳۰ ریال بوده است. شاهوردی و تهامی‌پور (Shahverdi and Tahamipour, 2016)، در بررسی اثر شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود بر بازدهی آب آبیاری در استان گیلان، بدین نتیجه رسیدند که ایجاد شبکه آبیاری و زهکشی می‌تواند چهارصد ریال به ازای هر متر مکعب آب مصرفی، فایده خالص اضافی ایجاد کند؛ البته، تأمین هر واحد آب اضافی ارزش‌هایی متفاوت در نواحی آبیاری استان ایجاد می‌کند که لزوم توجه سیاست‌گذاران به الگوی مناسب تخصیص آب را نشان می‌دهد). علی‌آبادی و همکاران (Aliabadi et al., 2015) به مطالعهٔ بهره‌وری آب در سامانه‌های مختلف آبیاری در تولید ذرت بذری در کشت‌وصنعت جوین در استان خراسان رضوی پرداختند و بدین نتیجه رسیدند که شاخص بهره‌وری فیزیکی آب در تولید ذرت بذری در نظام‌های آبیاری نشتی (فارو) و بارانی (سنترپیوت) و قطره‌ای (تیپ)، به‌ترتیب، ۰/۴۲، ۰/۴۶ و ۰/۴۷ کیلوگرم بر متر مکعب و شاخص بهره‌وری انرژی الکتریکی مصرفی، به‌ترتیب، ۰/۶۸، ۰/۸۴ و ۰/۴۵ کیلوگرم در یک کیلووات ساعت انرژی بوده و بنابراین، نظام آبیاری بارانی با بهترین عملکرد به‌عنوان نظام آبیاری برتر توصیه شده است. در مطالعهٔ حیدری (Heidari, 2012)، مشخص شد که بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری در تولید ذرت علوفه‌ای ۵/۵۸ کیلوگرم بر متر مکعب آب مصرفی است. محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2011)، در تحلیل کارآیی مصرف آب و سودآوری تولید هیبریدهای ذرت در شهرستان مرودشت در استان فارس، با استفاده از اطلاعات صد بهره‌بردار، بدین نتیجه رسیدند که میانگین مصرف آب ۲۰۳۵۲/۹ متر مکعب در هکتار و نیز سود ناخالص فروش دانه و علوفه در ارقام ۷۰۴ و ۶۰۴، به‌ترتیب، ۵۶/۷ و ۵۵/۷ میلیون ریال در هکتار و بازده فروش آن، به‌ترتیب، ۷۹/۳ و ۷۸/۹ درصد بوده است؛ همچنین، میانگین کارآیی مصرف آب بهره‌برداران در تولید ذرت ۰/۷ کیلوگرم محاسبه شد. فرامرزی و همکاران (Faramarzi et al., 2010)، طی مطالعه‌ای در ایران، میانگین بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری در تولید گندم آبی و دیم را به‌ترتیب، ۰/۸۵ و ۰/۵۱۵ کیلوگرم بر متر مکعب محاسبه کردند. اسدی و قمری‌نژاد (Asadi and

(Qamarinejad, 2009) به بررسی کارآیی مصرف آب آبیاری و سودآوری تولید ذرت دانه‌ای در دشت سرخه در شهرستان شوش از استان خوزستان با استفاده از اطلاعات سی بهره‌بردار پرداختند و بدین‌نتیجه رسیدند که میانگین مصرف آب برای تولید ذرت ۱۴۸۸۸/۸ متر مکعب در هکتار و مساعدت کشت آبی به درآمد خانوارهای منطقه ۹۶/۷ درصد بوده و نیز میانگین سود تولید این محصول ۵/۵ میلیون ریال در هکتار و بازده فروش محصول ۵۷/۶ درصد محاسبه شده است؛ همچنین. نسبت هزینه‌ای نشان داد که ۱۲/۵ درصد از درآمد ناخالص تولید محصول به مصرف هزینه آب آبیاری رسیده و کارآیی مصرف آب در تولید ذرت دانه‌ای بین بهره‌برداران نمونه ۰/۳۹ و ارزش تولید محصول به ازای یک ریال آب مصرفی ۸/۳ ریال محاسبه شده است. وظیفه‌دوست و همکاران (Vazifehdoost et al., 2008)، طی پژوهشی در استان اصفهان، میزان بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری را در تولید ذرت علوفه‌ای ۳/۰۳ کیلوگرم بر متر مکعب آب مصرفی مشخص کردند. همچنین، باغبانیان و همکاران (Baghbanyan et al., 2020)، در مطالعه بهره‌وری آب کشاورزی محصولات زراعی در شهرستان سقز طی سال ۱۳۹۵، بدین نتیجه رسیدند که شاخص بهره‌وری فیزیکی آب در تولید چغندرقند و نخود آبی، به‌ترتیب، ۹/۵ و ۰/۲ کیلوگرم بر متر مکعب بوده است. قدمی فیروزآبادی و همکاران (Ghadami Firoozabadi et al., 2011) در ارزیابی فنی و اقتصادی اثر دو روش آبیاری قطره‌ای و شیاری بر عملکرد و کارآیی مصرف آب در تولید کلزا در همدان با استفاده از طرح کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و انتخاب روش آبیاری و ارقام در کرت‌های اصلی و فرعی، بدین‌نتیجه رسیدند که کارآیی مصرف آب در دو روش آبیاری قطره‌ای و شیاری، به‌ترتیب، ۱/۳۴ و ۰/۷۴ کیلوگرم بر متر مکعب بوده، به‌گونه‌ای که کارآیی مصرف آب در روش آبیاری قطره‌ای بیش از روش شیاری است؛ البته، شاخص اقتصادی نسبت فایده به هزینه محاسبه‌شده نشانگر غیراقتصادی بودن کاربرد روش آبیاری قطره‌ای در کشت کلزا در منطقه هدف بوده است.

بر اساس نتایج مطالعه سالاما و همکاران (Salama et al., 2017) در مصر، عملکرد و بهره‌وری فیزیکی آب در تولید گندم، به‌ترتیب، ۷۱۰۴ کیلوگرم در هکتار و ۱/۴۱ کیلوگرم بر متر مکعب برآورد شد. چوهان و همکاران (Chouhan et al., 2015)، با بررسی کارآیی مصرف آب در تولید گندم در هندوستان، بدین نتیجه رسیدند که استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای در زراعت گندم باعث افزایش بهره‌وری آب به میزان ۲۴/۲ درصد و کاهش عملکرد ۱۰/۸ درصدی تولید گندم نسبت به سامانه آبیاری نواری شده و از این‌رو، در شرایط کم‌آبی، این سامانه برای گیاهانی همچون گندم توصیه شده است. فن و همکاران (Fan et al., 2014)، در مطالعه‌ای در شمال غرب چین، میانگین بهره‌وری

آب در تولید محصولات گندم و ذرت را به‌ترتیب، ۱/۱۲۵ و ۰/۸۷ کیلوگرم بر متر مکعب برآورد کردند. لسینا و همکاران (Lecina et al., 2005)، در تحلیل راندمان مصرف آب در اسپانیا، راندمان کاربرد آب در سامانه آبیاری قطره‌ای را بین ۶۶–۴۹ درصد برآورد کردند و معتقدند که با مدیریت صحیح آبیاری در مزارع، می‌توان میانگین مصرف آب را تا ۷۶ درصد بهبود بخشید.

جمع‌بندی نتایج پیشینه مطالعات داخلی نشان می‌دهد که میانگین بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری در تولید ذرت علوفه‌ای و گندم، به‌ترتیب، ۴/۶۴ و ۰/۸۴ کیلوگرم بر متر مکعب آب مصرفی و بهره‌وری اقتصادی آب در تولید ذرت علوفه‌ای و گندم، به‌ترتیب، ۵۵۳۱/۶ و ۳۶۷۹/۱ ریال بر متر مکعب آب در کشور است (Bahrami et al., 2020; Faramarzi et al., 2010; Heidari, 2012; Nouri-Khajehbolagh et al., 2020; Varjavand et al., 2021; Vazifehdoost et al., 2008). همچنین، بر اساس نتایج بررسی پیشینه مطالعات خارجی، میانگین بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری در تولید گندم آبی ۱/۲۷ کیلوگرم بر متر مکعب آب است (Fan et al., 2014; Salama et al., 2017).

اهداف پژوهش حاضر تعیین بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب مصرفی و سودآوری تولید برخی محصولات زراعی در نظام‌های مختلف آبیاری در استان البرز است.

مواد و روش‌ها

مطالعهٔ حاضر در مزرعه تحقیقاتی شهرستان کرج طی سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ اجرا شده و از اهداف آن سنجش بهره‌وری آب آبیاری در نظام‌های مختلف آبیاری (نظام آبیاری قطره‌ای نواری یا تیپ، نظام آبیاری بارانی عقربه‌ای یا سنترپیوت، نظام آبیاری بارانی کلاسیک ثابت) برای تولید گندم آبی و ذرت علوفه‌ای در شرایط با و بدون فرض تناوب بعد از گندم بوده و انرژی این نظام‌های آبیاری از طریق برق شبکه سراسری تأمین شده است.

مزرعه تحقیقاتی هدف پژوهش حاضر در ارتفاع ۱۳۲۱ متر از سطح دریا واقع شده و بر اساس اطلاعات وبگاه اداره کل هواشناسی استان البرز، میانگین بارش سالانه شهر کرج ۲۴۷/۳ میلی‌متر و میانگین سالانه جمع ساعات آفتابی ۲۸۹۹ ساعت بوده است (GMOMO, 2017). در پژوهش حاضر، در نظام آبیاری سنترپیوت، مساحت کل زیر پوشش دستگاه ۲۵ هکتار و الگوی کشت زیر دستگاه شامل ۱۲/۵ هکتار ذرت و ۱۲/۵ هکتار گندم در منطقه کرج بود. در نظام آبیاری بارانی کلاسیک ثابت نیز مساحت کل زیر پوشش دستگاه ۲۵ هکتار پیش‌بینی شد. همچنین، در نظام آبیاری قطره‌ای (تیپ) مساحت الگوی کشت زیر دستگاه ۱۲/۵ هکتار روی گیاه ذرت علوفه‌ای و ۱۲/۵ هکتار روی گیاه

گندم در نظر گرفته شد (Baghani, 2018). در هر سه نظام آبیاری، برای محاسبه آب مصرفی محصولات، از نرم‌افزار Net wat استفاده شد (Alizadeh and Kamali, 2008). محاسبه مقدار تبخیر و تعرق واقعی، با توجه به سطح سایه‌انداز، با بهره‌گیری از رابطه (۱) صورت گرفت (WSESC, 1999; Baghani, 2018). همچنین، راندمان آبیاری با توجه به ضریب یکنواختی و نسبت انتقال تعیین شد. مقدار ضریب یکنواختی برای نظام قطره‌ای (تیپ)نود درصد و نسبت انتقال «یک» به‌دست آمده که در نتیجه، مقدار راندمان از رابطه (۲) برابر با نود درصد محاسبه شده است. برای دو نظام آبیاری بارانی سنترپیوت و بارانی کلاسیک ثابت نیز از همین روش استفاده شده است (WSESC, 1999):

$$Td = \left[ETc \times 0.1\left(Ps^{0.5}\right) - \mathrm{Re}\right] \quad (۱)$$

$$E_a = E_u / T_r \quad (۲)$$

$$E_a = 90/1 = 90\%$$

در روابط بالا، Td میزان تعرق واقعی، ETc تبخیر و تعرق گیاه، Ps میزان سطح سایه‌انداز، Re بارش مؤثر، E_a راندمان آبیاری، E_u ضریب یکنواختی و T_r نسبت انتقال است.

نیاز به آبشویی بر اساس نوع محصول و دوره کاشت تعیین می‌شود. با توجه به شوری آب آبیاری و شوری قابل تحمل گیاه در آستانه کاهش محصول برای نظام آبیاری قطره‌ای (تیپ) از رابطه (۳) استفاده شده و نیاز ناخالص گیاه پس از اعمال راندمان آبیاری و ضریب آبشویی در مقدار نیاز خالص آبیاری از طریق رابطه (۴) به‌دست آمده است (Ayers and Westcot, 1985):

$$LR = \left[EC_{iw} / (2EC_{e\max})\right] \quad (۳)$$

$$d_g = \frac{Td}{(1-LR)Ea/100} \quad (۴)$$

که در این روابط، LR ضریب آبشویی برای دوره کاشت، Ec_{iw} شوری آب آبیاری، Ec_{emax} شوری قابل تحمل گیاه و d_g مقدار نیاز ناخالص گیاه است.

برای سنجش بهره‌وری مصرف آب آبیاری در تولید محصولات مورد هدف، از شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی استفاده شد. شاخص بهره‌وری فیزیکی[1] عبارت است از نسبت مقدار محصول تولیدشده به میزان آب آبیاری مصرف‌شده. هرچه این شاخص بیشتر باشد، نشان‌دهندهٔ مصرف بهینه آب است. شاخص‌های دیگری که جنبه‌های مالی و اقتصادی بهره‌وری را به‌همراه دارند، عبارت‌اند از شاخص ارزش (سود) ناخالص تولید محصول به ازای هر واحد حجم آب مصرفی[2] و شاخص سود خالص ناشی از تولید محصول به ازای هر واحد حجم آب مصرفی[3] که مهم‌تر از شاخص اقتصادی قبلی است (Varjavand et al., 2021). سود یا ارزش ناخالص تولید محصول حاصل‌ضرب عملکرد محصول در قیمت فروش و سود خالص ناشی از تولید محصول تفاضل سود یا ارزش ناخالص تولید محصول با هزینه‌های جاری تولید است (Soltani, 2008):

$$CPD_c = yield_c / CWR_c \quad (۵)$$

$$BPD_c = TR_c / CWR_c \quad (۶)$$

$$NBPD_c = NR_c / CWR_c \quad (۷)$$

$$TR_c = yield_c / P_c \quad (۸)$$

$$NR_c = TR_c - TVC_c \quad (۹)$$

در روابط بالا، $yield$ عملکرد محصول در هکتار، CWR میزان آب آبیاری مصرفی در هکتار، TR ارزش ناخالص تولید محصول در هکتار[4]، NR ارزش خالص (سود) تولید محصول در هکتار[5]، P قیمت فروش محصول و TVC هزینه‌های جاری تولید محصول در نظام‌های آبیاری است.

در بررسی سودآوری تولید محصولات در نظام‌های مختلف آبیاری، درصد بازده فروش محصول[6] بیانگر آن است که یک ریال فروش محصول چند درصد سود به‌همراه دارد. درصد بازگشت

1. Crop per Drop (CPD)
2. Benefit per Drop (BPD)
3. Net Benefit per Drop (NBPD)
4. Total Revenue (TR)
5. Net Revenue (NR)
6. Sale Return Percent (SRP)

سرمایه[1] نشان می‌دهد که یک ریال سرمایه‌گذاری چند درصد سود به‌همراه دارد (Asadi and Qamarinejad, 2009):

$$SRP_c = (\frac{NR_c}{TR_c}) \times 100 \qquad (۱۰)$$

$$IRP_c = (\frac{NR_c}{TC_c}) \times 100 \qquad (۱۱)$$

در روابط بالا، TC کل هزینه‌های ثابت و جاری تولید محصول در نظام‌های آبیاری است.

در بررسی هزینه‌های پروژه، کلیه هزینه‌های سرمایه‌گذاری‌های ثابت و همچنین، هزینه‌های جاری در نظام استفاده از برق شبکه با فاصله یک کیلومتر از شبکه سراسری برآورد شد. هزینه‌های جاری شامل هزینه‌های ثابت و متغیر تولیدی بود. منظور از هزینه‌های متغیر تولیدی هزینه‌هایی است که با تغییر مقدار تولید، تغییر می‌کند و به‌طور مستقیم، به تولید بستگی دارد. منظور از هزینه‌های ثابت تولیدی نیز هزینه‌هایی است که با تغییر مقدار تولید، تغییر نمی‌کند و به‌طور مستقیم، به تولید بستگی ندارد (Soltani, 2008). در بررسی حاضر، هزینه‌های سرمایه‌ای شامل هزینه ایجاد نظام آبیاری و تأسیسات برقی بوده و هزینه‌های جاری از جمله هزینه‌های ثابت تولیدی شامل هزینه استهلاک اقلام سرمایه‌ای و هزینه نگهداری و پشتیبانی سامانه‌های آبیاری و برق است. هزینه‌های متغیر تولیدی نیز شامل هزینه‌های برق مصرفی، نوار آبیاری قطره‌ای، هزینه کاشت تا برداشت محصولات است. درآمد ناخالص گندم بر اساس عملکرد محصول اصلی (دانه) و محصول فرعی (کاه) محاسبه شده، به‌گونه‌ای که قیمت گندم برای هر کیلوگرم ۱۳۰۰۰ ریال و قیمت هر کیلوگرم کاه ۲۵۰۰ ریال در نظر گرفته شده است. شایان یادآوری است که هنگام پژوهش، قیمت هر کیلوگرم ذرت علوفه‌ای ۱۷۰۰ ریال بود.

پس از طراحی نظام‌های آبیاری برای هر سه نظام آبیاری در اراضی به مساحت ۲۵ هکتار، مشخصات الکتروپمپ‌های انتخابی در نظام‌های پیش‌گفته تعیین شده، که نتایج آن در جدول ۱ آمده است.

1. Investment Return Percent (IRP)

جدول ۱- مشخصات الکتروپمپ‌های انتخابی در نظام‌های مختلف آبیاری

مشخصات الکتروپمپ	بارانی سنترپیوت	بارانی کلاسیک ثابت	قطره‌ای (تیپ)
مدل پمپ	۴۰۰- ۱۰۰	۴۰۰- ۱۰۰	۳۱۵- ۱۰۰
محدوده دبی (متر مکعب در ساعت)	۱۶۰- ۱۲۰	۱۶۰- ۱۲۰	۱۲۰- ۹۰
محدوده فشار (متر)	۲۵- ۳۹/۵	۵۰- ۵۴/۵	۲۷/۷- ۳۰
قطر پروانه (میلی‌متر)	۳۴۰	۴۰۰	۳۰۰
قدرت مصرفی (کیلووات)	۲۲	۴۵	۱۸/۵
قدرت مصرفی (اسب بخار)	۳۰	۶۱	۲۵
جریان مصرفی (آمپر)	۴۴	۸۵/۵	۳۶/۵
راندمان (درصد)	۶۸	۷۳	۷۴

مأخذ: یافته‌های پژوهش

در تحقیق حاضر، به‌منظور تعیین معنی‌داری آماری اختلاف بین میانگین هزینه و درآمد یا سود سامانه‌ها، از آزمون t در قالب رابطه (۱۲) استفاده شده است:

$$Diff = mean\ (\text{درآمد}) - mean\ (\text{هزینه}) \qquad (۱۲)$$

فرضیه صفر: بین میانگین هزینه و درآمد اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($H_0 : diff = 0$).
فرضیه یک: بین میانگین هزینه و درآمد اختلاف معنی‌دار وجود ندارد ($H_1 : diff >=< 0$).

در صورت رد فرض صفر، اختلاف بین میانگین هزینه و درآمد سامانه‌ها که همان سود است، با توجه به آماره محاسباتی t از لحاظ آماری معنی‌دار نخواهد یود، ولی اختلاف وجود دارد؛ بنابراین، فرضیه H_1 پذیرفته خواهد شد.

نتایج و بحث

در نظام‌های آبیاری قطره‌ای نواری، سنترپیوت و کلاسیک، میزان عملکرد در هکتار تولید گندم آبی، به‌ترتیب، ۹۰۰۰، ۷۵۰۰ و ۷۵۰۰ و برای تولید ذرت علوفه‌ای، به‌ترتیب، ۱۱۰۰۰۰، ۹۰۰۰۰ و ۹۰۰۰۰ کیلوگرم در هکتار برآورد شد، به‌گونه‌ای که در مقایسه نظام‌های آبیاری، میزان افزایش عملکرد گندم آبی در نظام آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به نظام سنترپیوت و کلاسیک بیست درصد و در تولید ذرت علوفه‌ای، ۲۲/۲ درصد تعیین شد. در نظام‌های آبیاری قطره‌ای نواری، سنترپیوت و

کلاسیک، میزان آب مصرفی برای تولید گندم آبی، به‌ترتیب، ۴۰۹۰، ۴۳۶۶ و ۵۳۰۱ و برای تولید ذرت علوفه‌ای، به‌ترتیب، ۸۲۹۷، ۹۷۸۰ و ۱۱۴۵۸ متر مکعب در هکتار برآورد شد، به‌گونه‌ای که در مقایسه نظام‌های آبیاری، میزان صرفه‌جویی مصرف آب در تولید گندم آبی در نظام آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به نظام‌های سنترپیوت و کلاسیک، به‌ترتیب، ۶/۳ و ۲۲/۸ درصد و در تولید ذرت علوفه ای، به‌ترتیب، ۱۵/۲ و ۲۷/۶ درصد مشخص شد (جدول ۲).

جدول ۲- میانگین عملکرد و مصرف آب در تولید محصولات در نظام‌های مختلف آبیاری

نظام‌های آبیاری	محصول	آب مصرفی (متر مکعب در هکتار)	میانگین عملکرد (کیلوگرم در هکتار)
قطره‌ای نواری	گندم آبی	۴۰۹۰	۹۰۰۰
	ذرت علوفه‌ای	۸۲۹۷	۱۱۰۰۰۰
سنترپیوت	گندم آبی	۴۳۶۶	۷۵۰۰
	ذرت علوفه‌ای	۹۷۸۰	۹۰۰۰۰
کلاسیک ثابت	گندم آبی	۵۳۰۱	۷۵۰۰
	ذرت علوفه‌ای	۱۱۴۵۸	۹۰۰۰۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

هزینه نظام‌های مختلف آبیاری در تولید محصولات

با توجه به جدول ۳، بدون فرض تناوب دو محصول، هزینه‌های کل (ثابت و جاری) نظام‌های آبیاری قطره‌ای نواری، سنترپیوت و کلاسیک در تولید گندم آبی، به‌ترتیب، ۲۱۹/۸، ۱۷۶/۱ و ۲۴۲/۳ میلیون ریال در هکتار و در تولید ذرت علوفه‌ای، هزینه نظام‌های آبیاری قطره‌ای نواری، سنترپیوت و کلاسیک، به‌ترتیب، ۲۵۰/۱، ۲۱۵ و ۲۵۱/۲ میلیون ریال در هکتار محاسبه شد. کمترین هزینه کل تولید محصول در نظام آبیاری سنترپیوت اتفاق افتاده است. سهم هزینه‌های جاری از هزینه‌های کل در تولید ذرت علوفه‌ای در نظام‌های آبیاری قطره‌ای نواری، سنترپیوت و کلاسیک، به‌ترتیب، ۳۱/۶، ۳۲/۴ و ۳۶ درصد و در تولید گندم آبی، به‌ترتیب، ۲۲/۲، ۱۷/۴ و ۳۳/۷ درصد برآورد شد. طبق جدول ۴، با در نظر گرفتن تناوب گندم- ذرت علوفه‌ای، هزینه‌های کل نظام‌های آبیاری قطره‌ای نواری، سنترپیوت و کلاسیک در تولید محصولات در تناوب، به‌ترتیب، ۲۹۲/۹، ۲۴۰/۴ و ۲۷۶/۶ میلیون ریال در هکتار برآورد شد. همچنین، کمترین هزینه کل تولید محصولات در تناوب مربوط به نظام آبیاری سنترپیوت بود. سهم هزینه‌های جاری از هزینه‌های کل در تولید محصولات در تناوب در نظام‌های آبیاری قطره‌ای نواری، سنترپیوت و کلاسیک، به‌ترتیب، ۴۱/۶، ۳۹/۵ و ۴۱/۹ درصد محاسبه شد.

جدول ۳- میانگین هزینه نظام‌های مختلف آبیاری در تولید جداگانه محصولات با برق شبکه سراسری (واحد: میلیون ریال در هکتار)

نظام‌های آبیاری	محصول	هزینه‌های سرمایه‌ای			هزینه‌های جاری				کل
		نظام آبیاری	تأسیسات برق	جمع	هزینه‌های تولید	برق مصرفی	استهلاک	نوار آبیاری، تعمیر و نگهداری سامانه	جمع	
قطره‌ای نواری	گندم آبی	۱۳۵/۸	۳۵/۳	۱۷۱	۲۵/۴	۰/۴	۵/۷	۱۷/۳	۴۸/۸	۲۱۹/۸
	ذرت علوفه‌ای				۳۴/۳			۳۸/۷	۷۹/۱	۲۵۰/۱
سنترپیوت	گندم آبی	۱۱۰/۱	۳۵/۳	۱۴۵/۴	۲۵/۴	۰/۴۷	۴/۸۵	۳۰	۳۰/۷۲	۱۷۶/۱
	ذرت علوفه‌ای				۳۴/۳				۶۹/۶۲	۲۱۵
کلاسیک ثابت	گندم آبی	۱۲۲/۵	۳۸/۱	۱۶۰/۶	۲۵/۴	۰/۹۶	۵/۳۵	۵۰	۸۱/۷۱	۲۴۲/۳
	ذرت علوفه‌ای				۳۴/۳				۹۰/۶۱	۲۵۱/۲

* عمر مفید نظام آبیاری و تاسیسات برقی سی سال منظور شده است.

مأخذ: باغانی (Baghani., 2018)

جدول ۴- میانگین هزینه نظام‌های مختلف آبیاری در تولید توأم محصولات در تناوب با استفاده از برق شبکه سراسری (واحد: میلیون ریال در هکتار)

تناوب زراعی	نظام‌های آبیاری	هزینه‌های سرمایه‌ای			هزینه‌های جاری				کل
		نظام آبیاری	تأسیسات برق	جمع	هزینه‌های تولید	برق مصرفی	استهلاک	نوار آبیاری، تعمیر و نگهداری سامانه	جمع	
تناوب گندم- ذرت علوفه‌ای	قطره‌ای نواری	۱۳۵/۸	۳۵/۳	۱۷۱/۱	۵۹/۷	۰/۴	۵/۷	۵۶	۱۲۱/۸	۲۹۲/۹
	سنترپیوت	۱۱۰/۱	۳۵/۳	۱۴۵/۴	۵۹/۷	۰/۴۷	۴/۸۵	۳۰	۹۵	۲۴۰/۴
	کلاسیک ثابت	۱۲۲/۵	۳۸/۱	۱۶۰/۶	۵۹/۷	۰/۹۶	۵/۳۵	۵۰	۱۱۶	۲۷۶/۶

* عمر مفید نظام آبیاری و تاسیسات برقی سی سال منظور شده است. مأخذ: باغانی (Baghani., 2018)

سودآوری تولید محصولات در نظام‌های آبیاری

با توجه به نتایج جدول ۵، به‌تفکیک منافع خالص تولید گندم آبی در نظام‌های قطره‌ای نواری، سنترپیوت و آبیاری بارانی، به‌ترتیب، ۹۰/۷، ۸۵/۵ و ۳۴/۵ میلیون ریال در هکتار و در تولید ذرت علوفه‌ای، به‌ترتیب، ۱۰۷/۹، ۸۳/۴ و ۶۲/۴ میلیون ریال در هکتار برآورد شده، به‌گونه‌ای که منافع خالص تولید گندم آبی و ذرت علوفه‌ای در نظام آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به نظام‌های آبیاری سنترپیوت و کلاسیک بیشتر است. بازده فروش گندم آبی تولیدی در نظام‌های قطره‌ای نواری، سنترپیوت و آبیاری بارانی، به‌ترتیب، ۶۵، ۷۳/۶ و ۲۹/۷ درصد و بازده فروش ذرت علوفه‌ای تولیدشده در این نظام‌های آبیاری، به‌ترتیب، ۵۷/۷، ۵۴/۵ و ۴۰/۸ درصد برآورد شد. درصد بازگشت سرمایه نشان می‌دهد که یک ریال هزینه (ثابت و جاری) برای تولید گندم آبی در نظام‌های قطره‌ای نواری، سنترپیوت و آبیاری بارانی، به‌ترتیب، ۴۱/۴، ۴۸/۵ و ۱۴/۲ درصد و یک ریال هزینه برای تولید ذرت علوفه‌ای در نظام‌های آبیاری، به‌ترتیب، ۴۳/۱، ۳۸/۸ و ۲۴/۸ درصد سود به‌همراه دارد. طبق جدول ۶، با در نظر گرفتن توأم محصولات در تناوب، منافع خالص تولید محصولات در تناوب در نظام‌های آبیاری قطره‌ای نواری، سنترپیوت و بارانی، به‌ترتیب، ۲۰۴/۷، ۱۷۴/۲ و ۱۵۳/۲ میلیون ریال در هکتار، بازده فروش محصولات تولیدی، به‌ترتیب، ۶۲/۷، ۶۴/۷ و ۵۶/۹ درصد و همچنین، میزان بازگشت سرمایه برای تولید محصولات تولیدی در این نظام‌های آبیاری، به‌ترتیب، ۶۶/۹، ۷۲/۵ و ۵۵/۴ درصد مشخص شد، به‌گونه‌ای که منافع خالص محصولات تولیدی در نظام قطره‌ای نسبت به نظام‌های آبیاری سنترپیوت و بارانی، به‌ترتیب، ۱۷/۵ و ۳۳/۶ درصد بیشتر محاسبه شد. در مجموع، نظام آبیاری قطره‌ای نواری به‌عنوان نظام آبیاری برتر و اقتصادی در تولید گندم آبی و ذرت علوفه‌ای در هر دو حالت در محل اجرای طرح آزمایشی در شهرستان کرج پیشنهاد شده است.

جدول ۵- میانگین شاخص‌های سودآوری تولید محصول به‌تفکیک در نظام‌های آبیاری در سال‌های آزمایش (واحد: میلیون ریال)

نظام‌های آبیاری	محصول	هزینه‌های جاری در هکتار	ارزش ناخالص محصول در هکتار			منافع خالص در هکتار	درصد بازده فروش محصول	درصد بازگشت سرمایه
			محصول اصلی	محصول فرعی	جمع			
قطره‌ای نواری	گندم آبی	۴۸/۸	۱۱۷	۲۲/۵	۱۳۹/۵	۹۰/۷	۶۵	۴۱/۳
	ذرت علوفه‌ای	۷۹/۱	۱۸۷	–	۱۸۷	۱۰۷/۹	۵۷/۷	۴۳/۱
سنترپیوت	گندم آبی	۳۰/۷۲	۹۷/۵	۱۸/۷	۱۱۶/۲	۸۵/۵	۷۳/۶	۴۸/۵
	ذرت علوفه‌ای	۶۹/۶۲	۱۵۳	–	۱۵۳	۸۳/۴	۵۴/۵	۳۸/۸
کلاسیک ثابت	گندم آبی	۸۱/۷۲	۹۷/۵	۱۸/۷	۱۱۶/۲	۳۴/۵	۲۹/۷	۱۴/۲
	ذرت علوفه‌ای	۹۰/۶۱	۱۵۳	–	۱۵۳	۶۲/۴	۴۰/۸	۲۴/۸
میانگین	گندم آبی	۵۳/۷۵	۱۰۴	۲۰	۱۲۴	۷۰/۲	۵۶/۶	۳۴/۷
	ذرت علوفه‌ای	۷۹/۸	۱۶۴/۳	–	۱۶۴/۳	۸۴/۵	۵۱/۴	۳۵/۶

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۶- میانگین سودآوری نظام‌های مختلف آبیاری در تولید توأم محصولات در تناوب با استفاده از برق شبکه سراسری (واحد: میلیون ریال در هکتار)

تناوب زراعی	نظام‌های آبیاری	هزینه‌ها			ارزش ناخالص محصول در هکتار			منافع خالص در هکتار		درصد بازده فروش محصولات	درصد بازگشت سرمایه
		هزینه‌های سرمایه‌ای	هزینه‌های جاری در هکتار	جمع	محصول اصلی	محصول فرعی	جمع	بر اساس هزینه جاری	بر اساس هزینه کل		
تناوب گندم-ذرت علوفه‌ای	قطره‌ای نواری	۱۷۱/۱	۱۲۱/۸	۲۹۲/۹	۳۰۴	۲۲/۵	۳۲۶/۵	۲۰۴/۷	۳۳/۶	۶۲/۷	۶۹/۹
	سنترپیوت	۱۴۵/۴	۹۵	۲۴۰/۴	۲۵۰/۵	۱۸/۷	۲۶۹/۲	۱۷۴/۲	۲۸/۸	۶۴/۷	۷۲/۵
	کلاسیک ثابت	۱۶۰/۶	۱۱۶	۲۷۶/۶	۲۵۰/۵	۱۸/۷	۲۶۹/۲	۱۵۳/۲	-۷/۴	۵۶/۹	۵۵/۴

مأخذ: یافته‌های پژوهش

شاخص‌های فیزیکی و اقتصادی بهره‌وری مصرف آب در تولید محصولات در نظام‌های آبیاری

با توجه به جدول ۷، میانگین بهره‌وری فیزیکی آب در تولید گندم آبی در نظام‌های آبیاری قطره‌ای نواری، سنترپیوت و کلاسیک، به‌ترتیب، ۲/۲، ۱/۷ و ۱/۴ کیلوگرم بر متر مکعب و در تولید ذرت علوفه‌ای، به‌ترتیب، ۱۳/۳، ۹/۲ و ۷/۸ کیلوگرم بر متر مکعب محاسبه شد، به‌گونه‌ای که بهره‌وری متوسط تولید گندم آبی در نظام آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به نظام‌های آبیاری سنترپیوت و کلاسیک، به‌ترتیب، ۲۹/۴ و ۵۷/۱ درصد افزایش و در تولید ذرت علوفه‌ای، به‌ترتیب، ۴۴/۶ و ۷۰/۵ درصد افزایش نشان می‌دهد. بهره‌وری اقتصادی آب ناشی از درآمد ناخالص در تولید گندم آبی در نظام‌های آبیاری قطره‌ای نواری، سنترپیوت و کلاسیک، به‌ترتیب، ۳۴/۱، ۲۶/۶ و ۲۱/۹ هزار ریال بر متر مکعب و در تولید ذرت علوفه‌ای، به‌ترتیب، ۲۲/۵، ۱۵/۶ و ۱۳/۳ هزار ریال بر متر مکعب برآورد شد. بهره‌وری اقتصادی آب ناشی از سود در تولید گندم آبی در نظام‌های آبیاری قطره‌ای نواری، سنترپیوت و کلاسیک، به‌ترتیب، ۲۲/۲، ۱۹/۶ و ۶/۵ هزار ریال بر متر مکعب و در تولید ذرت علوفه‌ای، به‌ترتیب، ۱۳، ۸/۵ و ۵/۴ هزار ریال بر متر مکعب محاسبه شد، به‌گونه‌ای که بهره‌وری اقتصادی در تولید گندم آبی و ذرت علوفه‌ای در نظام آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به سایر نظام‌های آبیاری افزایش نشان می‌دهند. طبق جدول ۸، بهره‌وری اقتصادی آب ناشی از درآمد ناخالص در تولید محصولات در تناوب (گندم- ذرت علوفه‌ای) در نظام‌های آبیاری قطره‌ای نواری، سنترپیوت و کلاسیک، به‌ترتیب، ۲۶/۴، ۱۹ و ۱۶/۱ هزار ریال بر متر مکعب و بهره‌وری اقتصادی آب ناشی از سود در تولید محصولات در تناوب در این نظام‌های آبیاری، به‌ترتیب، ۱۶/۵، ۱۲/۳ و ۹/۱ هزار ریال بر مترمکعب برآورد شد، به‌گونه‌ای که بهره‌وری اقتصادی در تولید محصولات در تناوب در نظام آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به سایر نظام‌های آبیاری بیشتر بوده است.

جدول ۷- میانگین بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی مصرف آب در نظام‌های مختلف آبیاری در تولید محصولات

نظام‌های آبیاری	محصول	بهره‌وری فیزیکی آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	شاخص‌های بهره‌وری اقتصادی	
			درآمد ناخالص به ازای هر واحد آب مصرفی (ریال بر مترمکعب)	سود به ازای هر واحد آب مصرفی (ریال بر مترمکعب)
قطره‌ای نواری	گندم آبی	۲/۲	۳۴۱۰۷/۶	۲۲۱۷۶
	ذرت علوفه‌ای	۱۳/۳	۲۲۵۳۸/۳	۱۳۰۰۴/۴
سنترپیوت	گندم آبی	۱/۷	۲۶۶۱۴/۷	۱۹۵۸۳/۱
	ذرت علوفه‌ای	۹/۲	۱۵۶۴۴/۲	۸۵۲۷/۶
کلاسیک ثابت	گندم آبی	۱/۴	۲۱۹۲۰/۴	۶۵۰۸/۲
	ذرت علوفه‌ای	۷/۸	۱۳۳۵۳/۱	۵۴۴۶
میانگین	گندم آبی	۱/۸	۲۷۵۴۷/۶	۱۶۰۸۹/۱
	ذرت علوفه‌ای	۹/۸	۱۷۱۷۸/۵	۸۹۹۲/۷

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۸- میانگین بهره‌وری اقتصادی آب در نظام‌های مختلف آبیاری در تولید توأم محصولات در تناوب با استفاده از برق شبکه سراسری (واحد: میلیون ریال در هکتار)

تناوب زراعی	نظام‌های آبیاری	بهره‌وری اقتصادی	
		درآمد ناخالص به ازای هر واحد آب مصرفی (ریال بر مترمکعب)	سود به ازای هر واحد آب مصرفی (ریال بر مترمکعب)
تناوب گندم- ذرت علوفه‌ای	قطره‌ای نواری	۲۶۳۵۸/۳	۱۶۵۲۵/۴
	سنترپیوت	۱۹۰۳۰/۱	۱۲۳۱۴/۴
	کلاسیک ثابت	۱۶۰۶۳	۹۱۴۱/۴

مأخذ: یافته‌های پژوهش

بر اساس جدول ۹، در سطح احتمال پنج درصد، اختلاف میانگین بین هزینه و درآمد سامانه‌ها (سود)، با توجه به آماره محاسباتی t، از لحاظ آماری، معنی‌دار نیست. بنابراین، فرضیه H_1 پذیرفته می‌شود.

جدول ۹- بررسی معنی‌داری هزینه و درآمد (سود) سامانه‌ها از لحاظ آماری

شاخص‌ها	خطای استاندارد (S.E.D)
درآمد	۱۲/۰۶
هزینه	۲۹/۳
اختلاف	۳۱/۶۸
$t = ۰/۵۸۳۵$	$H_0 : diff = ۰$
$H_1 : diff > ۰$	$H_1 : diff < ۰$
$Pr(T> t) = ۰/۲۹۱۸$	$Pr(T<t) = ۰/۷۰۸۲$

مأخذ: یافته‌های پژوهش

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به نتایج مقایسه نظام‌های آبیاری در پژوهش حاضر، میزان صرفه‌جویی مصرف آب در تولید گندم آبی در نظام آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به نظام‌های آبیاری سنترپیوت و کلاسیک، به‌ترتیب، ۶/۳ و ۲۲/۸ درصد و در تولید ذرت علوفه‌ای، به‌ترتیب، ۱۵/۲ و ۲۷/۶ درصد است. منافع خالص تولید گندم آبی در نظام‌های آبیاری قطره‌ای نواری، سنترپیوت و بارانی، به‌ترتیب، ۹۰/۷، ۸۵/۵ و ۳۴/۵ میلیون ریال در هکتار و در تولید ذرت علوفه‌ای در این نظام‌های آبیاری، به‌ترتیب، ۱۰۷/۹،

۸۳/۴ و ۶۲/۴ میلیون ریال در هکتار بوده، به‌گونه‌ای که منافع خالص تولید گندم آبی و ذرت علوفه‌ای در نظام آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به نظام‌های آبیاری سنترپیوت و کلاسیک بیشتر است. از سوی دیگر، منافع خالص تولید محصولات در تناوب در نظام‌های آبیاری قطره‌ای نواری، سنترپیوت و بارانی، به‌ترتیب، ۲۰۴/۷، ۱۷۴/۲ و ۱۵۳/۲ میلیون ریال در هکتار محاسبه شد. بهره‌وری اقتصادی آب مصرفی ناشی از سود در تولید گندم آبی در نظام‌های آبیاری قطره‌ای نواری، سنترپیوت و کلاسیک، به‌ترتیب، ۲۲/۲، ۱۹/۶ و ۶/۵ هزار ریال بر متر مکعب و در تولید ذرت علوفه‌ای، به‌ترتیب، ۱۳، ۸/۵ و ۵/۴ هزار ریال بر متر مکعب محاسبه شد. افزون بر این، بهره‌وری اقتصادی آب مصرفی ناشی از سود در تولید محصولات در تناوب، در نظام‌های آبیاری قطره‌ای نواری، سنترپیوت و کلاسیک، به‌ترتیب، ۱۶/۵، ۱۲/۳ و ۹/۱ هزار ریال بر متر مکعب برآورد شده، به‌گونه‌ای که بهره‌وری اقتصادی در تولید محصولات در تناوب در نظام آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به سایر نظام‌های آبیاری بیشتر بوده است. بنابراین، به‌طور کلی، از نتایج به‌دست‌آمده می‌توان چنین استنباط کرد که کاربرد نظام آبیاری قطره‌ای نواری برای تولید گندم آبی و ذرت علوفه‌ای در شهرستان کرج منطقی‌تر خواهد بود. بر اساس نتیجه‌گیری کلی، توصیه‌های سیاستی به مسئولان منطقه آن است که با فرهنگ‌سازی و تأمین به‌موقع سرمایه لازم در منطقه، شرایطی را برای کشاورزان در شهرستان کرج فراهم آورند تا آنها قادر باشند با توجه به محدودیت منابع آبی، با صرف هزینه کمتری، در منطقه از نظام‌های آبیاری نوین در تولید محصولات به‌ویژه محصولات راهبردی استفاده کنند. در مطالعه حاضر، شاخص بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در تولید گندم آبی و ذرت علوفه‌ای در نظام آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به نظام‌های آبیاری سنترپیوت و کلاسیک بیشتر بوده، که نشان‌دهندهٔ هماهنگی آن با دیگر پژوهش‌های پیشین است.

منابع

1. Aliabadi, H., Alizadeh, A. and Erfani, A. (2015). Energy and water productivity under different irrigation systems, (case study of corn in Jovain Agro-Industry). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 9(4): 571-582. (Persian)
2. Alimardani, A., Keshavarz, M., Karami, R. and Ebrahimi, M.A. (2021). Assessing the priority and effectiveness of strategies to water productivity promotion and comprehensive development of agricultural sector in development programs: a case study of Qazvin province of Iran. *Agricultural Economics and Development*, 28(4): 59-91. (Persian)

3. Alizadeh A. and Kamali, J.A. (2008). Water needs of plants in Iran. Second Edition. Mashhad: Astan Quds Razavi Publications. (Persian)
4. WSESC (1999). Efficiency criteria and criteria for pressurized irrigation methods, design rules for local irrigation methods. (Vol. 4). Water and Soil Engineering Services Company (WSESC). (Persian)
5. GMOMO (2017). Agricultural Meteorology. Alborz Province, Karaj: General Meteorological Office of Meteorological Organization (GMOMO). Available at http://www.alborz-met.ir. (Persian)
6. Asadi, H. and Qamarinejad, M. (2009). Irrigation water use efficiency and profitability in corn production in different exploitation groups: a case study in Sorkheh Plain. Abstracts of the National Conference on Water Crisis in Agriculture and Natural Resources, 5 November, 2009, Islamic Azad University, Ray County Branch, Tehran, pp. 9. (Persian)
7. Ayers, R.S. and Westcot, D.W. (1985). *W*ater quality for agriculture (Vol. 29). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
8. Baghani, J. (2018). Feasibility study of using new energies in pressurized irrigation systems. Agricultural Research, Education and Extension Organization. (Persian)
9. Baghbanyan, M., Emamverdi, GH., Ghaderzadeh, H., Daman Keshideh, M. and Amin Rashti, N.. (2020). A survey on virtual water and sustainable productivity indices of agricultural water in major agricultural crops (a case of Saqqez City, Kurdistan province). *Iranian Journal Of Irrigation and Drainage*, 13(3): 1046-1054. (Persian)
10. Bahrami, M., Asaadi, M.A. and Khalilian, S. (2020). Evaluation of water productivity indices with emphasis on modern and traditional irrigation in crops of Shahriar County. *Environment and Water Engineering*, 6(3): 284-292. (Persian)
11. Chouhan, S.S., Awasthi, M.K. and Nema, R.K. (2015). Studies on water productivity and yields responses of wheat based on drip irrigation systems in clay loam soil. *Indian Journal of Science and Technology*, 8(7): 650-654.
12. Fan, Y., Wang, C. and Nan, Z. (2014). Comparative evaluation of crop water use efficiency, economic analysis and net household profit simulation in arid Northwest China. *Agricultural Water Management*, 146: 335-345.
13. Faramarzi, M., Yang, H., Schulin, R. and Abbaspour, K.C. (2010). Modeling wheat yield and crop water productivity in Iran: implications of agricultural water management for wheat production. *Agricultural Water Management*, 97(11): 1861-1875. DOI: 10.1016/j.agwat.2010.07.002.
14. Ghadami Firoozabadi A. Seydan S.M. and Mazaheri Lagab, H. (2011). Technical and economic evaluation of the effect of drip and furrow irrigation

methods on grain yield and water use efficiency in four rapeseed cultivars. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 13(2): 335-325. (Persian)
15. Heidari, N. (2012). Determination and evaluation of water use efficiency of some major crops under farmers management in Iran. *Water and Irrigation Management*, 1(2): 43-57. (Persian)
16. Kassam, A. and Smith, M. (2001). FAO methodologies on crop water use and crop water productivity. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
17. Lecina, S., Playán, E., Isidoro, D., Dechmi, F., Causapé, J. and Faci, J.M. (2005). Irrigation evaluation and simulation at the Irrigation District V of Bardenas (Spain). *Agricultural Water Management*, 73: 223-245.
18. Levidow, L., Zaccaria, D., Maia, R., Vivas, E., Todorovic, M. and Scardigno, A. (2014). Improving water-efficient irrigation: prospects and difficulties of innovative practices. *Agricultural Water Management*, 146: 84-94.
19. Mohammadi, H., Bustani, F. and Asadi, H. (2011). Irrigation water use efficiency and profitability analysis of cultivation of different maize hybrids in Marvdasht region. *Quarterly Journal of Agricultural Economics and Development*, 19(74): 1-19. (Persian)
20. Nouri-Khajehbolagh, R., Khaledian, M. and Kavoosi-Kalashami, M. (2020). Comparison of water productivity indicators for major crops in Ardabil Plain. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 14(3): 894-904. (Persian)
21. Rao, K.V.R., Bajpai, A., Gangwar, S., Chourasla, L. and Soni, K. (2016). Maximizing water productivity of wheat crop by adopting drip irrigation. *Research on Crop*,17(1): 163-168.
22. Salama, M., Mostafa, A. and Yousef, K. (2017). Water use efficiency of wheat crop under two water application methods. *Arab Journal of Nuclear Science and Applications*, 50(3): 77-84.
23. Shahverdi, A. R. and Tahamipour, M. (2016). Evaluation of the effect of Sefidrood irrigation and drainage network on the marginal return of irrigation water in Guilan province. *Quarterly Journal of Agricultural Economics and Development*, 24 (95): 89-106. (Persian)
24. Soltani, G.H. (2008). Engineering Economics. Shiraz: Publication of Shiraz University.
25. Soltani, G.H. and Zibaei, M. (1996). Agricultural water pricing. Water Affairs of the Ministry of Energy. *Quarterly Journal of Water and Development (Special for the First Scientific-Applied Conference on Water Economics)*, 14: 5-24. (Persian)

26. Tavakoli, A.R. (2012). Evaluation of economic water productivity index of single irrigation management for two rainfed wheat varieties (case study: Maragheh). *Water and Irrigation Management*, 1(2): 17-29. (Persian)
27. Varjavand, P., Baghani, J. and Abbasi, F. (2021). Field evaluation of physical and economic water productivity of wheat (case study in Ahvaz and Dasht-e-Azadegan). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 15(3): 665-678. (Persian)
28. Vaux Jr, H.J. and Pruitt, W.O. (1983). Crop-water production functions. In: Advances in irrigation. *Elsevier*. 2: 61-97.
29. Vazifehdoost, M., Alizadeh, A., Kamali, G. and Feizi, M. (2008). Increasing agricultural water productivity in irrigated farms in Borkhar region of Isfahan. *Journal of Water and Soil*, 22(2): 484-495. (Persian)