نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۶ / شماره ۴/ ۱۴۰۱
10.22092/jwra.2023.360212.946

ارزیابی بهره‌وری فیزیکی- اقتصادی آب در روش‌های مختلف کاشت و آبیاری برنج رقم فجر در استان گلستان

پروین ذوالفقاری[1]، ابوطالب هزار جریبی، اسماعیل اسدی و ابراهیم امیری

دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه گرگان، استان گلستان، ایران.
Parniyan.zolfaghary@gmail.com
دانشیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه گرگان، استان گلستان، ایران.**Hezab10@yahoo.com**
استادیار پژوهش و کارشناس ارشد بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، استان گلستان، ایران.
IWC977127@yahoo.com
استاد، گروه مهندسی آب، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی ، لاهیجان، ایران.**eamiri57@yahoo.com**

دریافت: مهر ۱۴۰۱ و پذیرش: اسفند ۱۴۰۱

چکیده

برنج از محصولات مهم غذایی است که عموما به‌صورت نشایی کشت شده و مصرف آب بالایی دارد. روش خشکه‌کاری برنج رویکردی نوین است که فرصت افزایش بهره‌وری آب را فراهم نموده است. در این پژوهش، تغییر روش کاشت از نشایی به خشکه‌کاری و استفاده از روش‌های آبیاری تحت فشار برای کشت برنج در پنج مزرعه کشت برنج در استان گلستان مطالعه شد. مزرعه کشت نشایی، با روش آبیاری غرقابی به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد. در دیگر مزارع، برنج در بستر خشک کاشته شد و با روش‌های قطره‌ای و بارانی آبیاری گردید. در مزرعه کشت نشایی یا روش آبیاری غرقابی، تمام پارامترهای مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد، مقدار بیشتری را به خود اختصاص داد. مطالعه اقتصادی مراحل کاشت، داشت و برداشت در روش های مختلف آبیاری نشان داد که با تغییر روش کاشت و حذف مرحله گل‌خرابی می‌توان ۴۰۰۰ تا ۷۰۰۰ مترمکعب صرفه‌جویی در مصرف آب داشت. روش آبیاری بارانی میانگین عملکرد بالاتری (۴۹۹۸ کیلوگرم در هکتار) نسبت به آبیاری قطره‌ای (۴۴۲۶ کیلوگرم در هکتار) نشان داد و قابلیت تولید ۷۰ درصد عملکرد را با ۶۱ درصد صرفه‌جویی آبی داشت که نتیجه قابل توجهی است. بالاترین و پایین‌ترین نرخ بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی به ترتیب مربوط به آبیاری بارانی و آبیاری غرقابی به ترتیب ۰/۵۳ و ۰/۳کیلوگرم بر مترمکعب و۱۴۱,۷۹۱و ۸۲,۷۰۴ ریال بر مترمکعب بود که نشان دهنده بهره‌وری بسیار پایین آب در مزارع کشت برنج استان و لزوم افزایش بهره‌وری آب در شرایط اقلیمی فعلی کشور است.

واژه‌های کلیدی: آبیاری بارانی، آبیاری قطره‌ای، خشکه‌کاری برنج، کشت نشایی

[1]- آدرس نویسنده مسئول: گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه گرگان، استان گلستان، ایران.

مقدمه

برنج به‌عنوان دومین محصول راهبردی پس از گندم، از گونه‌های مهم غلات در سراسر جهان به شمار می‌رود و یکی از اساسی‌ترین نیازهای روزانه کشور، کالایی ضروری است که در سبد مصرفی خانوارهای ایرانی جایگاه ویژه‌ای دارد (کمال‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۵؛ صابر و همکاران، ۱۴۰۱). بااین‌وجود نمی‌توان از مصرف زیاد آب برای تولید برنج چشم‌پوشی نمود (اشفق و همکاران، ۲۰۲۱). متداول‌ترین سیستم کشت برنج، روش کشت نشایی است که در شالیزارها به‌صورت غرقاب پیوسته، اجرا می‌شود و به حجم زیادی از آب نیاز دارد (رائو و همکاران، ۲۰۰۷). بسیاری از محققان بر این موضوع توافق دارند که روش آبیاری غرقابی یک ابزار مدیریتی برای کنترل آفات و علف‌های هرز، دسترسی آسان عناصر غذایی (به‌عنوان مثال، آهن، روی و فسفر) و جلوگیری از تنش آبی است و یک ضرورت برای گیاه برنج نیست (چندلر و همکاران، ۱۹۸۹). از طرفی تولید گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه متان یکی دیگر از مشکلاتی است که در شالیزارهای برنج به دلیل بالا بودن سطح فعالیت باکتری‌های متانوژن از بسترهای آلی ایجاد می‌شود و کمینه کردن انتشار متان در شالیزارهای برنج از راه کاهش سطح غرقاب و مدیریت بهینه آبیاری یک فرصت قابل توجه برای کاهش گازهای گلخانه‌ای به شمار می‌رود (شی و همکاران، ۲۰۱۰؛ ژانگ و همکاران، ۲۰۱۱؛ هوگتون و همکاران، ۱۹۹۶). تلفات زیاد آب، تبخیر سطحی و نفوذ عمقی، کاهش منابع آب برای کشاورزی به دلیل تغییرات آب و هوایی (امین و همکاران، ۲۰۱۷)، لزوم کاهش گازهای گلخانه‌ای (لیانگ و همکاران، ۲۰۱۶)، نیاز به نیروی انسانی زیاد، دشواری عملیات آماده‌سازی زمین (اصطلاحاً بستر گل خراب[2]) و نیاز به نیروی انسانی ماهر برای ایجاد آن، ایجاد خزانه و انتقال نشاء به زمین (اسلام و همکاران، ۲۰۰۸) کشاورزان را با چالش‌های کمبود آب، انرژی و نیروی کار ماهر در کشت برنج روبه‌رو ساخته و مجبور به تغییر جهت به‌سوی روش‌های صرفه‌جویی در راستای بهبود بهره‌وری آب، مانند تغییر سیستم کشت برنج از حالت نشایی به کشت مستقیم شده است (اشفق و همکاران، ۲۰۱۸). به‌طوری‌که تغییر خط‌مشی تولید به‌وسیله جایگزینی و تکمیل روش‌های سنتی با روش‌های نوین برای بهبود بهره‌وری آب در اراضی شالیزاری به یک اولویت تبدیل شده است (دریجانی و همکاران، ۱۳۹۱). بهره‌وری آب (WP[3]) یک مفهوم نسبی بوده و در واقع بیانگر مقدار یا ارزش تولید به ازای حجم یا مقدار آب مصرف شده است. نتایج تحقیقات در نقاط مختلف جهان و ایران، اثرگذار بودن مدیریت آبیاری غیرغرقاب و کشت مستقیم بر عملکرد دانه و افزایش بهره‌وری آب در برنج را ثابت نموده است (تانگ و همکاران، ۲۰۰۵؛ بومان و همکاران، ۲۰۰۷؛ قلی‌نژاد بهمنمیری و همکاران، ۱۳۹۹). خشکه‌کاری یا کشت مستقیم، فرآیند تولید برنج به شیوه کاشت بذر در مزرعه به‌جای انتقال نشاء از خزانه است. رزاقی و همکاران (۱۳۹۹) خشکه‌کاری برنج را موجب کاهش مصرف نهاده‌ها و هزینه‌های تولید معرفی نمودند که اگرچه محصول کمتری نسبت به روش مرسوم نشایی دارد اما با مدیریت صحیح سودآوری بیشتری برای کشاورزان خواهد داشت. به‌طورکلی خشکه‌کاری فرصتی برای تغییر شیوه‌های تولید برای بهره‌وری بیشتر آب در مناطقی است که با محدودیت منابع آبی روبه‌رو هستند (فاروق و همکاران، ۲۰۱۱). کاشت بذر در بستر خشک، کاشت بذر در بستر مرطوب و کاشت بذر در بستر اشباع سه روش اصلی کاشت مستقیم بذر می‌باشند (رزاقی و همکاران، ۱۳۹۹). کشت مستقیم بذر برنج، با حذف مرحله گل‌خرابی[4]، تلفات خزانه، نفوذ و تبخیر، ورودی آب به مزارع را بین ۴۰ تا ۶۰ درصد کاهش می‌دهد (پاتک و همکاران، ۲۰۱۱؛ کومار و همکاران، ۲۰۱۸). با این حال میزان صرفه‌جویی در روش کشت مستقیم به شرایط آب و هوایی، نوع رقم، تاریخ کاشت و نوع خاک بستگی دارد (اشفق و همکاران، ۲۰۲۲). مطالعات متعددی در زمینه انواع روش‌های مدیریت آبیاری در روش‌های خشکه‌کاری انجام شده است. مطالعات یوناس و

[2] -Puddled
[3] -Water Productivity
[4] -Puddling

همکاران (۲۰۱۵) در رابطه با هفت روش خشکه‌کاری در پاکستان نشان داد، روش‌های خشکه‌کاری نسبت سود به هزینه بیشتری نسبت به روش کاشت نشایی داشته و بهره وری آبی بیشتری در زمینه آب مصرفی و نیروی کارگری مورد نیاز دارند. این افزایش بهره‌وری در مطالعات کریجو و همکاران (۲۰۱۷) در روش آبیاری متناوب تا ۲۴/۲ درصد گزارش شده است. همچنین بر اساس مطالعات متعدد استفاده از روش غرقابی متناوب بر غرقابی پیوسته برتری داشته و می‌تواند منجر به بهبود بهره‌وری اراضی شالیزاری شود (بومان و همکاران، ۲۰۰۷؛ چو و همکاران، ۲۰۱۴؛ یانگ و همکاران، ۲۰۱۷؛ یوسفیان و همکاران، ۲۰۱۴؛ درزی و همکاران، ۲۰۱۴). گیلانی و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی به اثر آبیاری بارانی بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و راندمان مصرف آب مورد نیاز گیاه در سطوح ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ پرداختند و نتایج نشان داد که بالاترین بهره‌وری آب مربوط به سطح ۷۵ درصد به دلیل صرفه‌جویی و آبیاری در زمان‌های مناسب و حساس رشد بوده است. در دیگر تحقیقات در رابطه با آبیاری بارانی برنج صرفه‌جویی در مصرف آب اما کاهش محصول نسبت به حالت غرقاب پیوسته گزارش شده است (وستکات و وینز، ۱۹۸۶؛ مک کالی، ۱۹۹۰؛ سرک و همکاران، ۱۹۹۶). همچنین نگهداشت رطوبت خاک نزدیک به حالت اشباع با کاهش محصول پنج درصدی، ۳۵ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب را نشان داد (تابال و همکاران، ۲۰۰۲). سینگ و همکاران (۲۰۱۸) به مقایسه آبیاری غرقابی و قطره‌ای در اراضی شالیزاری پرداختند. نتایج نشان داد، بالاترین میزان عملکرد به روش آبیاری قطره‌ای با فاصله یک روز (۸۰۷۶/۲۵ کیلوگرم بر هکتار) نسبت به آبیاری غرقابی- نشایی (۵۲۲۴/۵۰ کیلوگرم بر هکتار) با ۳۵/۳۱ درصد افزایش محصول دانه تعلق گرفت. نتایج پژوهش‌های سیدو و همکاران (۲۰۱۹) بر روی اثر آبیاری قطره‌ای زیر سطحی در کشت برنج در هند، ۴۸ تا ۵۳ درصد صرفه‌جویی آب آبیاری نسبت به روش غرقاب نشان داد، به‌طوری‌که برای تیمارهای آبیاری قطره‌ای، رسیدن به عملکرد مشابه با آبیاری غرقابی ۲۰ درصد کود نیتروژن کمتر نیاز داشت و بازدهی خالص آن بیشتر بود.

علی‌رغم نقش مهم روش کاشت و مدیریت آبیاری در بازده تولید و میزان آب مصرفی، در مطالعات انجام‌شده به اندازه کافی به تفاوت اجرای روش‌های مختلف آبیاری بر میزان بهره‌وری فیزیکی- اقتصادی آب و هزینه‌های مربوط به آن توجه نشده است. با توجه به بحران کاهش منابع آبی در اثر نابسامانی‌های اقلیمی لازم است راهکارهای کاهش مصرف آب با دقت بیشتری مورد ارزیابی قرار گیرند. ازاین‌رو در این مطالعه نقش تغییر سیستم کشت از نشایی به خشکه‌کاری و روش آبیاری (از غرقابی پیوسته به روش‌های آبیاری تحت‌فشار) در سه مزرعه کشت برنج، در استان گلستان ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در پنج مزرعه تحقیقاتی واقع در روستاهای سرخنکلاته (شهرستان گرگان)، آقچه‌لی (شهرستان آزادشهر) و شرکت صحرا (شهرستان مینودشت) به‌عنوان مزارع پایلوت طرح خشکه‌کاری برنج در استان گلستان در نیمه دوم سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ انجام شد. ازآنجاکه اثر روش کاشت و پس‌ازآن روش آبیاری در هر روش کاشت در نظر بوده است، از دو روش کشت نشایی و خشکه‌کاری برای مزارع استفاده شد. روش‌های آبیاری در مزارع خشکه‌کاری شامل آبیاری قطره‌ای و بارانی بودند. تیمارهای آزمایشی شامل سه مزرعه یک هکتاری مجاور هم و تحت یک مدیریت در روستای سرخنکلاته، یک مزرعه در روستای آقچه‌لی و یک مزرعه در شرکت صحرا بودند. خاک مزارع دارای بافت لومی- سیلت و رقم مطالعه شده، رقم فجر بود. مزرعه شاهد با روش کشت نشایی و آبیاری سنتی غرقابی و مزارع دیگر به‌عنوان روش‌های مختلف آبیاری (در روش خشکه‌کاری از روش‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی استفاده شد) در نظر گرفته شد. برای نمونه‌برداری از هر مزرعه سه کرت مجزا انتخاب (از هر مزرعه سه تکرار) و نمونه‌برداری انجام شد و آنالیز نتایج به‌صورت

طرح کاملاً تصادفی برای مقایسه بین انواع روش‌های کشت و آبیاری با کشت نشایی با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام گرفت. اطلاعات پایه در مزارع مطالعاتی در جدول (۱) نشان داده شد.

جدول ۱- اطلاعات مزارع تحقیقاتی مورد بررسی

مزرعه	شهرستان	روستا	نوع کشت	روش آبیاری	آماده‌سازی زمین	تاریخ بذرپاشی / کاشت نشا	تاریخ فیزیولوژیک
TFG[1]	گرگان	سرخنکلاته	نشایی	غرقابی	۱۴۰۰/۰۳/۱۲	۱۴۰۰/۰۳/۲۰	۱۴۰۰/۰۶/۲۱
DSG[2]	گرگان	سرخنکلاته	خشکه‌کاری- کشت بذر	بارانی/کلاسیک ثابت	۱۴۰۰/۰۳/۰۵	۱۴۰۰/۰۳/۰۹	۱۴۰۰/۰۷/۰۸
DTG[3]	گرگان	سرخنکلاته	خشکه‌کاری- کشت بذر	قطره‌ای/ تیپ	۱۴۰۰/۰۳/۰۵	۱۴۰۰/۰۳/۰۹	۱۴۰۰/۰۷/۰۸
DTA[4]	آزادشهر	آقچه‌لی	خشکه‌کاری- کشت بذر	قطره‌ای/ تیپ	۱۴۰۰/۰۲/۲۴	۱۴۰۰/۰۲/۲۶	۱۴۰۰/۰۶/۲۹
DGM[5]	مینودشت	شرکت صحرا	خشکه‌کاری- کشت بذر	بارانی/ قرقره‌ای بوم دار	۱۴۰۰/۰۳/۱۰	۱۴۰۰/۰۳/۱۳	۱۴۰۰/۰۷/۰۶

۱. آبیاری نشایی غرقابی گرگان: Transplanted Flooding Gorgan (TFG)، ۲. خشکه کاری بارانی گرگان: Dryseeding Sprinkler Gorgan (DSG)، ۳. خشکه کاری قطره ای گرگان: Dryseeding Tape Gorgan (DTG)، ۴. خشکه‌کاری قطره ای آزادشهر: Dryseeding Tape Azadshahr (DTA)، ۵. خشکه‌کاری بارانی مینودشت: Dryseeding Sprinkler Minudasht (DSM)

نمونه‌گیری از خاک برای آزمون خاک و تعیین توصیه‌های کودی در مزارع پیش از عملیات کشاورزی و در فروردین ماه ۱۴۰۰ در دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متر انجام شد. بنابر آزمایش‌های خاک و توصیه کودی ارائه‌شده، هریک از مزارع برای کشت کوددهی شدند. برای کنترل آفات و علف هرز در مزارع از علف‌کش پیش‌کشت و پیش از کاشت و نشای بذور از قارچ‌کش استفاده شد. کنترل آفات و علف‌های هرز در مرحله داشت، در چهار مرحله سم‌پاشی با حشره‌کش و یک مرحله وجین دستی انجام شد. آبیاری قطره‌ای با استفاده از نوارهای تیپ درزدار با فاصله ۵۰ سانتی‌متر از هم دارای فاصله مجاری ۲۰ سانتی‌متر و قطر ۱۶ میلی‌متر و آبدهی سه لیتر در ساعت و آبیاری بارانی به‌صورت سیستم کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک و قرقره‌ای بوم‌دار و کشت در مزارع خشکه‌کاری به‌صورت کاشت در بستر خشک انجام شد. برای اندازه-گیری آب مصرفی، پیش از شروع عملیات خاک‌ورزی اقدام به نصب کنتور حجمی گردید و حجم آب مصرفی برای هر مزرعه از ابتدا با استفاده از کنتور حجمی ثبت شد. همچنین برای قطع و وصل جریان، روی لوله‌ی ورودی به زمین شیر نصب شد.

برای نمونه‌برداری از مزارع در زمان رسیدن فیزیولوژیک و پیش از برداشت محصول از داخل مزارع، هر مزرعه یک تیمار فرض شده و برای هر تیمار، سه کرت به‌عنوان تکرار در نظر گرفته شد. ابتدا در هر مزرعه از هر کرت، ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و پارامترهای متوسط ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد دانه پر و پوک اندازه‌گیری شد. در زمان برداشت محصول در هر مزرعه، از میانه کرت-ها با فاصله حداقل پنج متر از حاشیه‌ها، محل انشعاب لوله‌های تیپ از مانیفلد و حوالی رایزر آبپاش، سه نمونه هریک به مساحت یک متر مربع برداشت گردید. پس از خشک شدن مقابل آفتاب، متغیرهای مرتبط با دانه، خوشه و عملکرد بیولوژیک شامل عملکرد دانه در متر مربع، عملکرد بیولوژیک، عملکرد کل، وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد داده‌های بارندگی (آب سبز) از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی برای هر مزرعه دریافت شد.

پس از اندازه‌گیری صفات، شاخص بهره‌وری آب (CPD[5]) و شاخص سودمندی اقتصادی آب (NBPD[6]) به ترتیب بر اساس معادلات (۱) و (۲) محاسبه شدند (قلی نژاد و همکاران، ۱۳۹۹):

$$CPD = \frac{Y}{V} \quad (۱)$$

که در آن: Y، مقدار محصول تولید شده بر حسب کیلوگرم و V، حجم آب مصرفی بر حسب متر مکعب است.

$$NBPD = \frac{NB}{V} \quad (۲)$$

[5] -Crop Per Drop

[6] -Net Benefit Drop

که در آن: NB، سود خالص بر حسب ریال و V، حجم آب مصرفی بر حسب متر مکعب است.

هزینه و درآمد حاصل از تولید محصول در واحد هکتار برای هر مزرعه پایش و محاسبه گردید. هزینه‌ها به‌صورت ارزش زمین با احتساب حقابه مورد نیاز، آماده-سازی زمین شامل تهیه بذر، خزانه و انتقال نشا، علف‌کش خاکی، خاک‌ورزی غرقاب (عملیات گل خرابی) یا غیر غرقاب (شخم و دیسک) و نیروی انسانی طی مصاحبه با کشاورز و بر اساس قیمت روز محاسبه شد. همچنین هزینه‌های مرتبط با اجرای سیستم آبیاری تحت فشار (هزینه سرمایه‌گذاری اولیه سیستم تحت‌فشار در هر زمین برای هر یک از روش‌ها بر اساس مصاحبه با پیمانکاران سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار استان گلستان محاسبه و به ارزش جاری سالانه در یک دوره ۱۰ ساله با نرخ ۲۲ درصد به‌علاوه هزینه احتمالی سالانه تبدیل شد (به‌طور مثال در مزرعه آبیاری قطره‌ای، هزینه جاری خرید و اجرای نوارهای درزدار تیپ برای هر فصل کشت هم در نظر گرفته شده است). هزینه-های داشت شامل عملیات ماشینی یا نیروی انسانی برای وجین، سم‌پاشی و آبیاری، هزینه‌های برداشت شامل کمباین، حمل بار و شالیکوبی محاسبه شد. این هزینه‌ها به تفکیک در جدول (۴) برای استفاده در بحث و تحلیل نشان داده‌شده‌اند. درآمد حاصل از فروش محصول تولیدشده بر اساس قیمت سال ۱۴۰۰، هر کیلوگرم برنج رقم فجر ۳۵۰۰۰۰ ریال است.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد

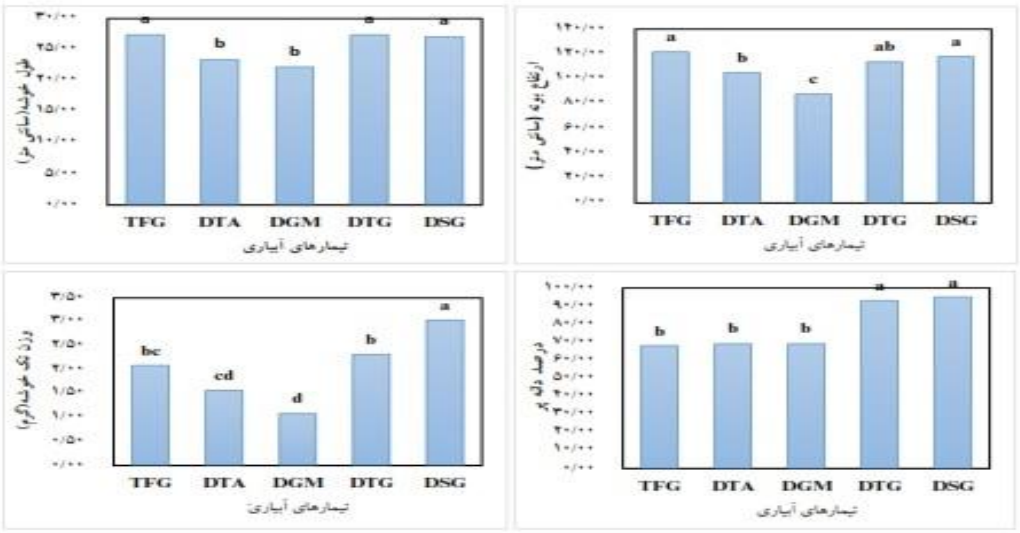
بر اساس یافته‌های این پژوهش روش کاشت (نشایی و خشکه کاری) به‌طور معنی‌داری بر ارتفاع بوته، طول خوشه و وزن تک‌خوشه مؤثر بود. به‌طوری میانگین هر سه متغیر در روش غرقابی (به ترتیب ۱۲۱/۶ سانتیمتر، ۲۷/۴ سانتیمتر، ۲۷/۴، ۲/۸۹ گرم) بیشتر از میانگین روش‌های خشکه‌کاری (به ترتیب ۱۰۷/۴۱ سانتیمتر، ۲۵/۰۶ سانتیمتر، ۲/۰۰ گرم) بود. همچنین روش آبیاری بر روی ارتفاع بوته و وزن تک خوشه اثر معنی‌داری نشان داد، به‌طوری‌که میانگین آن در روش آبیاری غرقابی (به ترتیب ۱۲۱/۶ سانتیمتر و ۲/۸۹ گرم) نسبت به دو روش آبیاری بارانی (به ترتیب ۱۰۳/۷۸ سانتی‌متر، ۱/۹۷گرم) و قطره‌ای (به ترتیب ۱۱۱/۰۵ سانتی‌متر، ۲/۰۲ گرم)، مقدار بیشتری داشت. جدول (۲) تجزیه واریانس اجزای عملکرد را نشان می‌دهد. چنانچه مشاهده می‌شود، روش‌های مختلف کشت و آبیاری اثر معنی‌داری روی ارتفاع بوته، طول خوشه، وزن تک خوشه، درصد دانه پر، درصد دانه پوک داشت.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اجزای عملکرد در مزارع

منبع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع (سانتیمتر)	طول خوشه (سانتیمتر)	وزن تک خوشه (گرم)	تعداد دانه در خوشه	درصد دانه پر	درصد دانه خالی	درصد باروری
تیمار	۴	۱۶۴۷/۸**	۵۹/۶**	۳/۵**	۲۱۴/۸ n.s	۰/۱۲**	۰/۱۲**	۳۲۲/۱ n.s
تکرار	۴۴	۱۳۱/۶ n.s	۷/۶ n.s	۰/۲۵ n.s	۵۵۶/۹ n.s	۰/۰۱۰ n.s	۰/۱۲ n.s	۲۰۴/۹ n.s
کل	۴۸	۲۵۸**	۱۱/۹۵**	۰/۵۲**	۵۲۸/۴n.s	۰/۰۲**	۰/۰۲**	۲۱۴/۷n.s

*در سطح پنج درصد معنی‌دار است، ** در سطح یک درصد معنی‌دار است، n.s معنی‌دار نیست

مقایسه میانگین این متغیرها (شکل ۱) نشان می-دهد، تیمار TFG دارای بیشترین مقدار در ارتفاع بوته و طول خوشه بوده و پس‌ازآن تیمار DSG قرار دارد. اگرچه درصد باروری در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری را نشان نداد، اما مقدار آن در تیمار آبیاری DSG، نسبت به دیگر روش‌ها بیشتر بود.



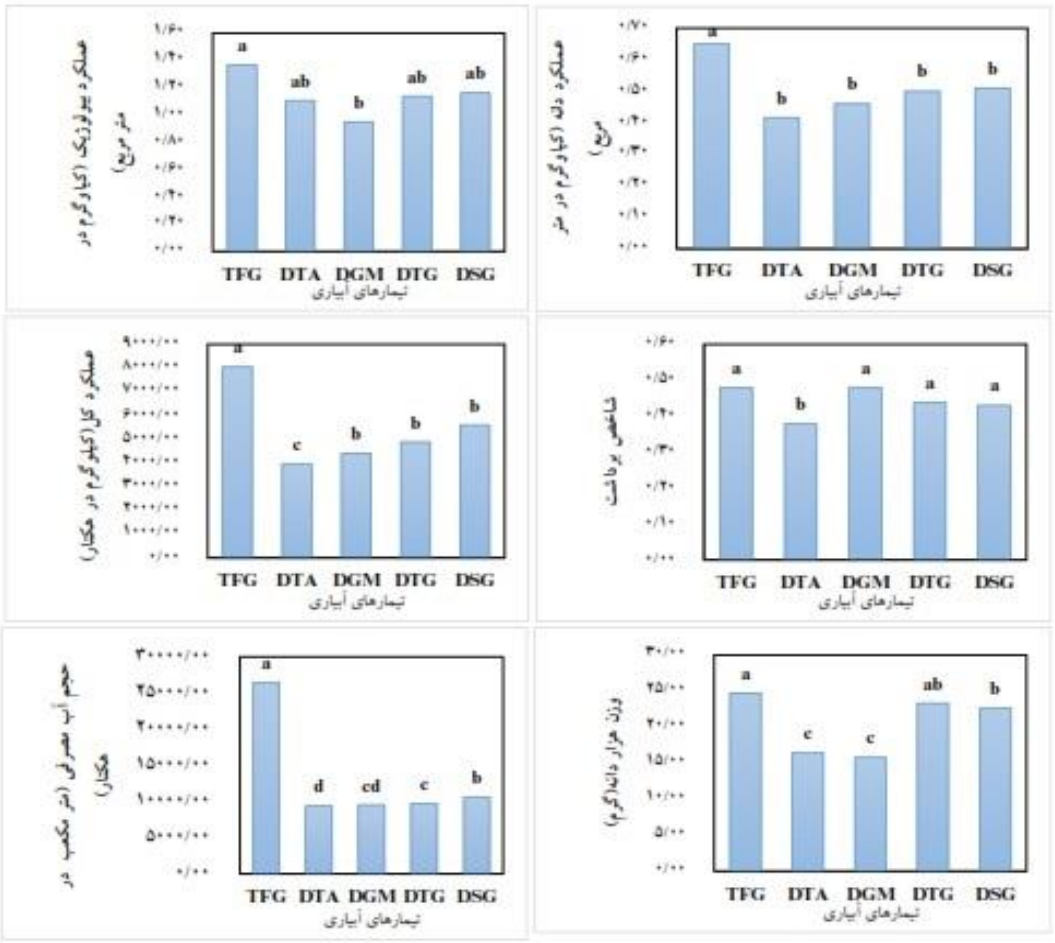
شکل ۱- مقایسه میانگین اجزای عملکرد شامل ارتفاع بوته، طول خوشه، وزن تک خوشه و درصد دانه پر

نتیجه تجزیه واریانس وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد کل (جدول۳) اختلاف معنی‌داری بین روش‌های کشت (نشایی-خشکه کاری) نشان داد، به صورتی که میانگین تمامی متغیرها تیمار TFG به‌عنوان تیمار شاهد(به ترتیب ۲۴/۷۴ گرم،۶۵/ ۰ کیلوگرم بر مترمربع، ۰/۳۷ کیلوگرم بر مترمربع، ۸۰۴۵ کیلوگرم بر هکتار) به‌طور معنی‌داری بیشتر از میانگین مقادیر در روش‌های مختلف خشکه‌کاری بودند. در میان روش‌های مختلف آبیاری نیز، آبیاری غرقابی بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده و به‌طور معنی‌داری از دیگر روش‌ها میانگین بالاتری داشت و پس‌ازآن آبیاری بارانی (DSG) قرار گرفت.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس عملکرد در مزارع

منبع تغییرات	درجه آزادی	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (گرم بر متر مربع)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم بر متر مربع)	شاخص برداشت	عملکرد کل (کیلوگرم بر هکتار)	حجم آب مصرفی در هکتار (متر مکعب)
تیمار	۴	۵۲/۰۵**	۰/۰۲۴*	۰/۰۶۸**	۰/۰۰۵**	۷۷۷۲۸۲۸/۵**	۱۶۷۰۲۳۶۳۵/۰**
تکرار	۴۴	۰/۹ n.s	۰/۰۰۶ n.s	۰/۰۲۹ n.s	۰/۰۰۱ n.s	۶۱۱۵۶۴/۵ n.s	۲۱۹۳۰/۸ n.s
کل	۴۸	۱۵/۵۰**	۰/۱۱*	۰/۰۴**	۰/۰۰۲**	۲۶۵۷۶۳۹/۹**	۴۷۷۳۶۷۰۳/۵**

*در سطح پنج درصد معنی‌دار است، ** در سطح یک درصد معنی‌دار است، n.s معنی‌دار نیست



شکل ۲- مقایسه میانگین اجزای عملکرد شامل عملکرد دانه در متر مربع، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، عملکرد کل، وزن هزار دانه و حجم آب مصرفی

در تیمارهای خشکه‌کاری عملکرد و اجزای عملکرد نسبت به حالت غرقاب کمتر بودند. عملکرد بیشتر تیمار غرقاب را می‌توان به نبود تنش رطوبتی و کنترل مؤثرتر علف‌های هرز و اثر رقابتی آن نسبت داد. این نتایج با یافته‌های گیلانی و همکاران (۱۳۹۵)، عرب زاده و همکاران (۱۳۸۱) و رمضانی و دهقانی (۱۴۰۰) در رابطه با کاهش عملکرد در روش خشکه‌کاری نسبت به نشاکاری مطابقت دارد. نتایج پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه‌ی تغییر عملکرد و اجزای عملکرد متفاوت بودند. به‌طوری‌که در برخی مطالعات، عملکرد در روش خشکه‌کاری مشابه با روش نشاکاری (سینگ و همکاران، ۲۰۰۹)، برخی کاهش عملکرد (کومار و همکاران، ۲۰۱۱؛ غلامی، ۱۳۸۰) و مطالعات دیگری افزایش عملکرد را گزارش کرده‌اند (کاتو و همکاران، ۲۰۰۹). به‌طورکلی، مدیریت نامناسب آبیاری، علف‌های هرز و ایجاد ورس را از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد در روش خشکه‌کاری گزارش کردند (وانگ و همکاران، ۲۰۱۷).

همچنین بررسی اختلاف میانگین بین روش‌های مختلف آبیاری نشان می‌دهد در تمامی پارامترها به‌جز وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک، میانگین آبیاری بارانی از میانگین آبیاری قطره‌ای بیشتر بود. عملکرد دانه در مترمربع برای مزارع TFG (۰/۶۵ کیلوگرم) اختلاف معنی‌داری با دیگر تیمارها داشت. همچنین وزن هزار دانه برای تیمار DSG (۲۲/۶۲ گرم) دارای کمترین اختلاف (حدود هشت

درصد) با تیمار TFG (۲۴/۷۴ گرم) بود. بررسی اختلاف عملکرد کل بین تیمارها نشان می‌دهد روش آبیاری بارانی کاهش ۳۰ درصدی نسبت به سیستم سنتی معمول داشت ولی صرفه‌جویی آب مصرفی برابر با (۱۰۴۶۵/۳ مترمکعب) یعنی تقریباً ۶۱ درصد کل آب مصرفی در روش غرقابی (۲۷۱۶۵ مترمکعب) را فراهم نمود. تیمار DTA، کمترین مقدار در تمامی متغیرهای مطالعه شده به جز عملکرد بیولوژیک داشت. جبران و همکاران (۲۰۱۵) با مطالعه‌ی روش‌های مختلف کشت مستقیم با خشکه‌کاری برنج گزارش کردند که استفاده از روش خشکه‌کاری اگرچه دارای صرفه‌جویی در مصرف آب بود و میزان بهره‌وری آبی بالاتری داشت ولی میانگین عملکرد دانه کمتری نسبت به روش غرقابی نشان داد که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. زبیر (۲۰۰۷) نشان داد عملکرد آبیاری بارانی در شرایط مدیریتی مناسب ۱۸ درصد بیشتر از روش غرقابی بود و میزان مصرف آب آبیاری نیز ۳۵ درصد نسبت روش غرقابی کاهش یافت، وی همچنین روش آبیاری بارانی را روشی مناسب در مزارع خشکه‌کاری برنج معرفی نمود که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. مطالعات پژوهشگران دیگر، همچون بومان و همکاران (۲۰۰۷) و پنگ و همکاران (۲۰۰۶) نیز استفاده از روش خشکه‌کاری برنج را به دلیل حذف مرحله گل خرابی و کاهش آب مصرفی، دارای ۳۵-۵۷ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب در کشت سنتی نشایی نشان داده است که با نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقدار آب مصرفی در مرحله گلخرابی (۳۰۰۰-۴۰۰۰ مترمکعب در مزارع مختلف) مطابقت داشت. علت دیگر کاهش مصرف آب در تیمارهای خشکه کاری، به‌طور عمده کاهش نفوذ جانبی و عمقی در خاک و کاهش میزان تلفات تبخیر بود که در دیگر مطالعات به آن‌ها اشاره شده است. رمضانی و دهقانی (۱۴۰۰) گزارش کردند روش آبیاری قطره‌ای نواری، مصرف آب آبیاری در برنج را تا ۶۴ درصد نسبت به آبیاری غرقابی کاهش و شاخص کارایی مصرف آب آبیاری را نسبت به روش نشایی دو برابر افزایش داد. اسدی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند در تیمارهای خشکه کاری میزان آب مصرفی از ۷۴۰۰ متر مکعب به ۳۰۰۰ متر مکعب در هکتار (۶۰ درصد) کاهش و کارایی آن از ۰/۲ به ۰/۷ افزایش یافت. عرب زاده و توکلی (۱۳۸۴) ۲۵ درصد صرفه‌جویی آبی با کاهش عملکرد ۸ درصدی گزارش کردند.

برآورد اقتصادی

برای انجام آنالیز اقتصادی هزینه‌های هر مزرعه به تفکیک مراحل آماده‌سازی و کاشت، داشت و برداشت ثبت شد. این مقادیر در جدول (۴) به تفکیک مراحل کاشت، داشت و برداشت نشان داده شدند.

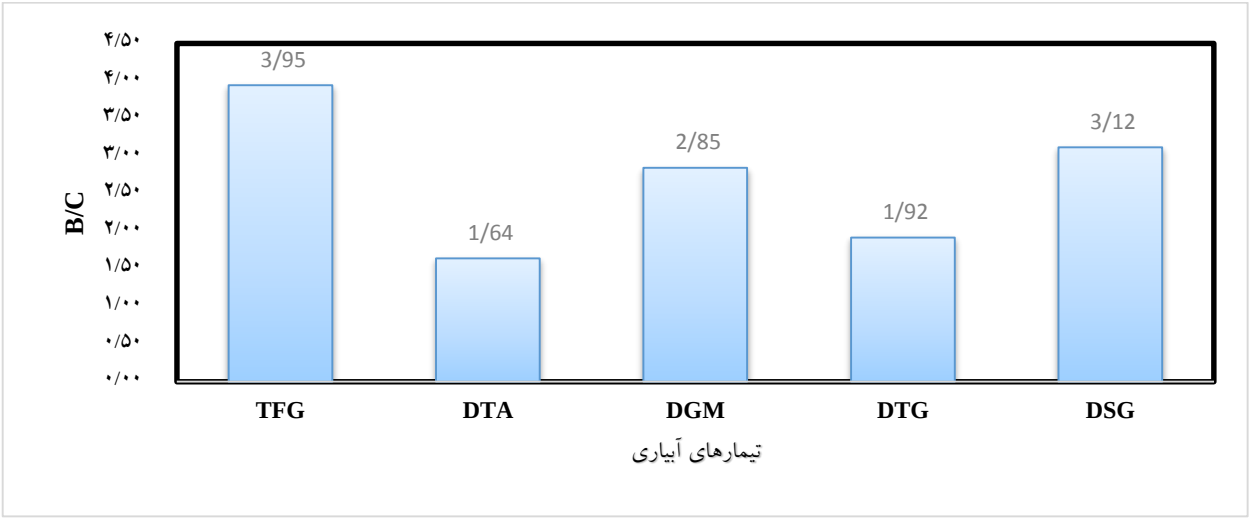
جدول ۴- هزینه‌های جاری برای کشت برنج در مزارع مطالعاتی (ریال)

آیتم	TFG	DTA	DGM	DTG	DSG
آب بهای کل	۹۲،۷۱۴،۱۴۵	۲۹،۱۹۴،۸۰۲	۳۰،۶۱۰،۳۴۴	۳۲،۷۹۲،۱۰۴	۳۵،۷۱۸،۰۹۰
هزینه زمین	۱۳۰،۰۰۰،۰۰۰	۸۰،۰۰۰،۰۰۰	۸۰،۰۰۰،۰۰۰	۱۳۰،۰۰۰،۰۰۰	۱۳۰،۰۰۰،۰۰۰
هزینه کاشت	۱۴۰،۶۵۶،۰۰۰	۲۳۷،۴۸۲،۲۴۰	۱۷۰،۰۹۹،۰۹۰	۲۳۸،۶۸۸،۲۴۰	۱۱۸،۸۰۳،۹۹۳
هزینه داشت	۲۰۹،۰۸۱،۱۴۵	۱۴۲،۲۱۴،۸۰۲	۶۷،۳۱۰،۳۴۴	۱۵۵،۴۰۹،۱۰۴	۱۵۸،۳۳۵،۰۹۰
هزینه برداشت	۸۹،۳۸۳،۶۹۰	۶۵،۶۲۴،۸۰۰	۸۲،۷۸۳،۷۰۰	۶۲،۵۶۶،۵۳۰	۶۸،۵۹۰،۹۰۵
مجموع هزینه‌های کشت	۵۶۹،۱۲۰،۸۳۵	۵۲۵،۳۲۱،۸۴۲	۴۰۰،۱۹۳،۱۳۳	۵۸۶،۶۶۳،۸۷۴	۴۷۵،۷۲۹،۹۸۸

بدون در نظر گرفتن سرمایه آغازین برای اجرای سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار، آبیاری غرقابی (TFG) به دلیل نیاز به انجام عملیات گلخرابی بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد. با اضافه کردن مقدار هزینه میانگین سالانه برای اجرای سامانه‌های بارانی و قطره‌ای در یک بازه ۱۰ ساله و دیگر هزینه‌های سالانه مانند خرید و نصب لوله-های تیپ در سیستم آبیاری قطره‌ای که در هر فصل رشد نیاز است، خشکه‌کاری به روش آبیاری قطره‌ای (DTA, DTG) به‌عنوان پرهزینه‌ترین سیستم نشان داده شد و

پس‌ازآن روش آبیاری بارانی- قرقره‌ای بوم‌دار (DSG) قرار گرفت (جدول ۴).

نسبت سود به هزینه برای سامانه‌های مختلف در شکل (۳) ارائه شده است. با توجه به نتایج پیشین مزرعه آبیاری غرقابی به‌عنوان تیمار شاهد دارای بیشترین عملکرد و همچنین بیشترین مقدار درصد سود به هزینه (۳/۹۵) است و پس‌ازآن تیمار DSG (۳/۱۲) قرار دارد. به‌طورکلی میانگین نسبت سود به هزینه در روش آبیاری بارانی (۲/۹۸)، نسبت به آبیاری قطره‌ای (۱/۷۸) بیشتر بود. آبیاری قطره‌ای به دلیل عملکرد کمتر و هزینه‌ها جاری بیشتر، نسبت سود به هزینه‌ی پایین‌تری داشت و دستیابی به عملکرد بالاتر برای افزایش سوددهی و توجیه اقتصادی استفاده از آن ضروری است (شکل ۳).



شکل ۳- نسبت سود به هزینه در روش‌های مختلف آبیاری

بهره‌وری آبی

مقدار عملکرد دانه به ازای واحد آب مصرفی یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی و تعیین راهکارهای مدیریتی در بخش کشاورزی است. مقادیر عملکرد کل و حجم آب مصرفی برای مقایسه بهره‌وری آب و سودمندی اقتصادی در جدول (۵) نشان داده شدند. چنانچه مشاهده می‌شود روش آبیاری غرقابی به‌عنوان تیمار شاهد بالاترین میزان عملکرد برنج (۸۰۴۵/۱۴ کیلوگرم در هکتار) و بیشترین میزان آب مصرفی (۲۷/۱۶۵ مترمکعب بر هکتار) را به خود اختصاص داده است ولی کمترین بهره‌وری فیزیکی- اقتصادی (۰/۳۰ کیلوگرم بر مترمکعب - ۸۲،۷۰۴/۸۸ ریال بر مترمکعب) را داشت. نتایج با گزارش های مک‌کالی (۱۹۹۰) و کاهلون و همکاران (۲۰۰۷) مبتنی بر کاهش آب مصرفی در روش‌های آبیاری تحت‌فشار نسبت به روش‌های سنتی و بهبود بهره‌وری مصرف آب مطابقت داشت. همچنین قلی نژاد بهمنمیری و همکاران (۱۳۹۹) افزایش ۶۳ درصدی سودمندی اقتصادی برنج و کاهش مصرف آب آبیاری را در کشت برنج با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای گزارش کرد که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. بومان و همکاران (۲۰۰۵) نیز در مطالعات خود، شاخص بهره‌وری آب در روش خشکه‌کاری را ۳۲ تا ۸۸ اعلام نمودند.

جدول ۵- مقادیر عملکرد، آب مصرفی و بهره‌وری آبی اندازه‌گیری شده در مزارع

نام تیمار	مزرعه	عملکرد کل (کیلوگرم در هکتار)	حجم آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم در مترمکعب)	سودمندی اقتصادی آب آبیاری (ریال در مترمکعب)	بهره‌وری آب کل (بارندگی مؤثر + آبیاری) (کیلوگرم در مترمکعب)
TFG	غرقابی-گرگان	۸۰۴۵/۱۴	۲۷۱۶۵	۰/۳۰	۸۲،۷۰۴/۸۸	۰/۲۹
DTA	قطره ای-آزادشهر	۳۹۶۲/۴۸	۸۵۵۴	۰/۴۶	۱۰۰،۷۱۸/۵۱	۰/۴۲
DGM	بارانی- مینودشت	۴۳۹۸/۳۷	۸۹۶۸/۸	۰/۴۹	۱۲۷،۰۲۲/۸۷	۰/۴۶
DTG	قطره‌ای- گرگان	۴۸۹۰/۱۸	۹۶۰۸	۰/۵۱	۱۱۷،۰۷۹/۴۳	۰/۵۰
DSG	بارانی- گرگان	۵۵۹۸/۹۳	۱۰۴۶۵/۳	۰/۵۳	۱۴۱،۷۹۱/۸۹	۰/۵۳

بررسی روش‌های آبیاری مشابه خشکه‌کاری در شهرستان‌های آزادشهر و مینودشت نشان می‌دهد که تاریخ کشت و مدیریت صحیح رطوبتی مزرعه تا اندازه زیادی می‌تواند بر مطلوبیت روش آبیاری بر عملکرد اثرگذار باشد. به‌طوری‌که بین دو روش آبیاری صورت گرفته، تیمار DSG با مصرف ۱۴ درصد مصرف آب آبیاری بیشتر نسبت به DSM، دارای عملکرد بهتر (۲۱ درصد افزایش عملکرد) بود. همچنین بین تیمارهای آبیاری قطره‌ای، تیمار DTG با مصرف ۱۱ درصد آب مصرفی بیشتر، افزایش عملکرد ۱۹ درصدی داشته است که با نتایج گیلانی و همکاران (۱۳۹۶) در رابطه با افزایش عملکرد با بهبود مدیریت رطوبتی مزرعه مطابقت دارد. همچنین این تیمارها، بهره‌وری فیزیکی اقتصادی و نسبت سود به هزینه‌ی بیشتری نسبت به تیمارهای مشابه خود داشتند.

میانگین آبیاری بارانی در هریک از مقادیر بهره-وری فیزیکی و اقتصادی بالاتر از مقادیر محاسبه‌شده برای سامانه‌های قطره‌ای است. اگرچه بسیاری از مطالعات (سینگ و همکاران، ۲۰۱۸؛ سیدو و همکاران، ۲۰۱۹) عملکرد دانه بالاتری برای روش آبیاری قطره‌ای گزارش کرده‌اند ولی در این پژوهش عملکرد آبیاری قطره‌ای از روش‌های غرقابی و بارانی کمتر بود. توصیه می‌شود این موضوع، تحت مدیریت‌های مختلف رطوبتی موردبررسی بیشتر قرار گیرد؛ زیرا نقش مهم مدیریت آبیاری در استفاده مناسب از منابع و افزایش بازده تولید و توجه بیشتری بر روش‌های صرفه‌جویانِ ضروری است و لازم است از منابع آبی موجود به بهترین شکل استفاده‌شده و با اعمال مدیریت صحیح آبیاری، بهره‌وری آب در بخش کشاورزی در حد ممکن افزایش داده شود.

نتیجه‌گیری

با توجه به تغییرات اقلیمی و بحران کم آبی، نیاز به استفاده از روش‌های صرفه‌جویانِ در مصرف آب، امری ضروری است. نتایج این پژوهش نشان داد در صورت مدیریت صحیح آبیاری و تأمین به‌موقع نیاز آبی گیاه برنج، روش خشکه کاری جایگزین مناسبی برای کشت نشایی به روش غرقابی است. به‌طوری‌که با حذف مرحله گلخرابی می‌توان بین ۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰ مترمکعب آب در هکتار در میزان مصرف صرفه‌جویی نمود زیرا مرحله گلخرابی بیشترین مرحله مصرف آب را به خود اختصاص می‌دهد. در واقع با ۶۱ درصد صرفه‌جویی آبی می‌توان به ۷۰ درصد عملکرد در شرایط غرقابی دست یافت که در شرایط تغییر اقلیم و کاهش منابع آبی، مقدار صرفه‌جویی آبی قابل توجهی به شمار می‌رود. کاهش عملکرد در این پژوهش زیاد بوده و لازم است همانطورکه بسیاری از مطالعات دستیابی به عملکرد برابر و گاها بیشتر از آبیاری غرقابی با استفاده از روش‌های خشکه‌کاری را گزارش نموده‌اند، مقادیر کاهش عملکرد به ازای کاهش آب مصرفی مورد مطالعه بیشتر قرار گرفته و نقطه بهینه آن محاسبه شود. مقایسه روش‌های آبیاری نشان داد روش آبیاری بارانی دارای عملکرد بیشتری نسبت به روش قطره‌ای بود. نتایج میزان بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آبیاری بارانی نسبت به روش آبیاری قطره‌ای بیشتر بود و آبیاری غرقابی کم‌ترین

نرخ بهره‌وری را داشت که می‌توان آن را به مصرف زیاد آب آبیاری، بویژه در مرحله گلخرابی نسبت داد.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از تغییر نحوه کشت برنج از روش پرمصرف آبی به روش‌های صرفه جویانه‌تر، لازم است ابعاد مختلف روش‌های خشکه‌کاری در شرایط استانداردتری بیشتر ارزیابی شود. تعیین دامنه رطوبتی مطلوب برای دستیابی به حداقل کاهش محصول با بیشترین مقدار صرفه‌جویی ممکن می‌تواند نقش مهمی در افزایش کارایی نظام خشکه کاری برنج در کشور داشته باشد.

فهرست منابع

۱. اسدی، ر.، نصیری، م.، ستاری، م. محمدیان، م.، طبری، م.، رستمی، م.، لطیفی.، ع. عمرانی، م. یوسفیان.، م.و خلیلی.، ر. ۱۳۹۰. بررسی تنش خشکی ارقام هوازی در کشت نشایی به روش خشکه‌کاری و مقایسه‌ی آن با روش کشت نشایی. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. گزارش نهایی پروژه‌ی تحقیقاتی. گزارش نهایی پروژه‌ی تحقیقاتی. شماره ثبت: ۴۲۸۱۴. ۳۰ ص.

۲. حیدری کمال‌آبادی، ر.، نبی‌زاده ذوالپیرانی، م.، مجاوریان، س.م.، خانکشی‌پور، غ.ر.، دزیانی، س. ۱۳۹۵. عوامل مؤثر بر مقدار مصرف برنج در سبد غذایی خانوارهای شهرستان رشت. اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۲۴(۹۶): ۱۲۶-۱۰۹

۳. دریجانی، ع.، احمدی کلیجی، س.و تابلی، ح. ۱۳۹۱. محاسبه و تحلیل شاخص‌های ناپارامتری بهره‌وری جزئی نهاده آب. نشریه تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۴(۳): ۲۰۷-۲۰۱۹.

۴. رزاقی، م.ح.، کیانی، ع.ر. و آبیار، ن. م، ۱۳۹۹. کشت نشایی و خشکه‌کاری برنج، راهکاری فنی و اقتصادی برای تولید برنج در شرایط استان گلستان. نشریه مدیریت آب در کشاورزی، ۷(۱): ۳۳-۴۴

۵. رمضانی، ا.و دهقانی، م. ۱۴۰۰. کاربرد آبیاری قطره‌ای نواری در خشکه‌کاری برنج(مطالعه موردی: لنجان اصفهان). مجله پژوهش آب ایران. ۱۵(۲): ۱۱۹-۱۲۷.

۶. صابر، ز.، اسماعیلی، م.ع.، پیردشتی، ه.ا.، متولی، ع. و نبوی پله سرایی، ا. ۱۴۰۱. بررسی مؤلفه‌های انرژی و اثرات زیست‌محیطی در سامانه‌های مختلف زراعی تولید برنج (Oryza sativa L.) با استفاده از روش ارزیابی چرخه زندگی در مازندران. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۴(۳): ۴۲۹-۴۴۸.

۷. عرب زاده، ب. و توکلی، ع. ۱۳۸۴. تحلیل اقتصادی مدیریت آبیاری در خشکه‌کاری برنج. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۷ (۲۶): ۹۹-۱۱۰.

۸. غلامی، م. ۱۳۸۰. بررسی میزان مصرف آب در ارقام مختلف برنج با دو روش خشکه کاری و نشاکاری با استفاده از آبیاری بارانی. سازمان کشاورزی مازندران، مدیریت ترویج. نشریه ترویجی، ۲۲ ص

۹. قلی‌نژاد بهمنمیری، ق.، غلامی سفیدکوهی، م.ع. و موسوی طغانی، س.ی، ۱۳۹۹. اثرات آبیاری موضعی نواری بر بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی در اراضی شالیزاری شهرستان ساری. تحقیقات آب‌وخاک ایران، ۵۱(۱۲): ۳۱۲۸-۳۱۳۴.

۱۰. گیلانی، ا.ع.، آبسالان، ش.ا.، جلالی، س.و بهبهانی، ل، ۱۳۹۸. اثر آبیاری بارانی بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و راندمان مصرف آب ارقام برنج در کشت مستقیم خشکه‌کاری در خوزستان. مجله علوم و مهندسی آبیاری، ۴۲(۱): ۶۳-۷۳

۱۱. گیلانی، ا.ع.، آبسالان، ش.ا.، جلالی، س. ۱۳۹۵. مقایسه روش خشکه کاری با شیوه‌های رایج کاشت ارقام برنج از نظر میزان آب مصرفی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. شماره ثبت: ۴۹۸۰۲. ص۲۷

۱۲. یوسفیان، م، ۱۳۸۹. مطالعه بهره‌وری آب در کشت نشایی برنج (ارقام طارم و شیرودی). پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان. ۸۹ صفحه

13. Amin A, Nasim W, Mubeen M, kazmi D H, Lin Z, Wahid A, Sultana S R, Gibbs J, Fahad S, 2017. Comparison of future and base precipitation anomalies by SimCLIM statistical projection through ensemble approach in Pakistan. Atmospheric Research, 194, 214–225.
14. Aslam M, Hussain S, Ramzan M, Akhter M, 2008. Effect of different stand establishment techniques on rice yields and its attributes. Journal of Animal and Plant Sciences, 18, 80–82.
15. Bouman, B. A. M., Humphreys, E., Tuong, T. P. and Barker, R, 2007. Rice and water. Advances in Agronomy 92:187–237.
16. Bouman, B. A. M., Lampayan, R. M. and Tuong, T. P, 2007. Water Management in Irrigated Rice Coping with Water Scarcity. IRRI. Los Banos. Philippines. P: 55.
17. Bouman, B. A. M., Peng, S., Castaneda, A. R. and Visperas, R. M, 2005. Yield and water use of irrigated tropical aerobic rice systems. Agricultural Water Management 74:87–105.
18. Carrijo D R, Lundy M E Linquist B A, 2017. Rice yields and water use under alternate wetting and drying irrigation: A meta-analysis. Field Crops Research, 203, 173–180.
19. Chandler, F. R, 1989. Rice in the tropics: A guide to the development of national programs. Westview press. Boulder Co.
20. Chu, G., Chen, T., Wang, Z., Yang, J. and Zhang, J, 2014. Morphological and physiological traits of roots and their relationships with water productivity in water-saving and drought-resistant rice. Field Crop.Res.162: 108–119
21. Darzi-Naftchali, A. and Shahnazari, A, 2014. Influence of subsurface drainage on the productivity of poorly drained paddy fields. Eur. J. Agron.56: 1-8.
22. Farooq, M., Siddique, K.H., Rehman, H., Aziz, T., Lee, D.J. and Wahid, A, 2011. Rice direct seeding: experiences, challenges and opportunities. Soil and Tillage Research, 111(2), pp.87-98.
23. Houghton, J.T., Meira-Filho, L.G., Callander, B.A., Harris, N., Kattenberg, A., Marskell, K. (Eds.), 1996. Cambridge Univ. Press, New York, p. 572.
24. Ishfaq M, Akbar N, khan I, Anjum S A, Zulfiqar U, Ahmad M, Ahmad M, Chattha M U, 2018. Optimizing row spacing for direct seeded aerobic rice under dry and moist fields. Pakistan Journal of Agricultural Research, 4, 291–299.
25. Ishfaq, M., Akbar, N., Zulfiqar, U. et al.,2022. Economic assessment of water-saving irrigation management techniques and continuous flooded irrigation in different rice production systems. Paddy Water Environ 20, 37–50. https://doi.org/10.1007/s10333-021-00871-6
26. Jabran, K., Ullah, E., Hussain, M., Farooq, M., Haider, N. and Chauhan, B.S, 2015. Water saving, water productivity and yield outputs of fine-grain rice cultivars under conventional and water-saving rice production systems. Experimental agriculture, 51(4), pp.567-581.
27. Kahlown, M. A., Raoof, A., Zubair, M. & Kemper, W. D., 2007. Water use efficiency and economicfeasibility of growing rice and wheat with sprinkler irrigation in the Indus Basin of Pakistan. Agricultural water management, 87(3), pp.292-298
28. Kato Y. Okami M. and Katsura K. 2009. Yield potential and water use efficiency of aerobic rice (Oryza sativa L.) in Japan. Field Crops Research. 113(3): 328-334.
29. Kumar V. and Ladha J. K. 2011. Direct seeding of rice: recent developments and future research needs. in Advances in agronomy, Academic Press. 111: 297-413.
30. Kumar V, Jat HS, Sharma PC, Singh B, Gathala MK, Malik RK, Kamboj BR, Yadav AK, Ladha JK, Raman A, Sharma DK, McDonald A ,2018 .Can productivity and profitability be enhanced in intensively managed cereal systems while reducing the environmental

footprint of production? Assessing sustainable intensification options in the breadbasket of India. Agric Ecosyst Environ .۱۴۷–۲۵۲:۱۳۲ https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.10.006

31. Liang, K., Zhong, X., Huang, N., Lampayan, R.M., Pan, J., Tian, K. and Liu, Y, 2016. Grain yield, water productivity and CH4 emission of irrigated rice in response to water management in south China. Agricultural Water Management, 163, pp.319-331.
32. McCauley, G.N, 1990. Sprinkler vs flood irrigation in traditional rice production regions of southeast Texas. Agron. J. 82, 677-683.
33. Pathak H, Tewari AN, Sankhyan S, Dubey DS, Mina U, Singh VK, Jain N, Bhatia A, 2011 .

Direct-seeded rice: potential, performance and problems—a review. Cur Adv Agric Sci 3:77–88
34. Peng, S. B., Bouman, B., Visperas, R. M., Castaneda, A., Nie, L. X. and Park, H. K, 2006. Comparison between aerobic and flooded rice in the tropics: agronomic performance in an eight-season experiment. Field Crops Research.۲۵۹–۹۶:۲۵۲
35. Rao A N, Nagamani A, 2007. Available technologies and future research challenges for managing weeds in India. [2018-04-12]. http://ricepedia.org/rice-as-food/the-global-staple-rice-consumers
36. Shi, S.W., Li, Y.E., Liu, Y.T., Wan, Y.F., Gao, Q.Z., Zhang, Z.X, 2010. CH4 and N2O emission from rice field and mitigation options based on field measurements in China: an integration analysis. Sci. Agric. Sin. 43 (14), 2923–2936 (in Chinese with English abstract).
37. Sidhu, H. S., Jat, M. L., Singh, Y., Sidhu, R. K., Gupta, N., Singh, P., Singh, P., Jat, H.S.,Gerard, B. (2019). Sub-surface drip fertigation with conservation agriculture in a rice-wheat system: A breakthrough for addressing water and nitrogen use efficiency. Agricultural Water Management, 216, 273-283.
38. Singh U. P. Singh Y. Kumar V. and Ladha J. K. 2009. Evaluation and promotion of resource conserving tillage and crop establishment techniques in rice-wheat system in Eastern India. In: Ladha J. yandvider S. Erenstein O. and hard B. editors integrated crop and resource management in the rice-wheat system of South Asia. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. 2009. 395 p.
39. Singh.T.C., Prajapati.B., Bhardwaj.A.K. (2018). Effect of drip irrigation on growth and yield of direct seeded rice (Oryza sativa L.). International Journal of Chemical Studies 2018; 6(1): 161-164
40. Surek, H., Aydin , H., Cakir, R., Karaata, H., Negis, M. and Kusku, H, 1996. Rice yield under sprinkler irrigation. International Rice Research Notes. 21, 2-3.
41. Tabbal, D. F., Bouman, B. A. M., Bhuiyan, S. I., Sibayan, E.B. and Satter, M.A, 2002. On-farm strategies for reducing water input in irrigated rice, case studies in the pilippines. Agric. Water Manage. 56, 93-112.
42. Tuong, T.P., Bouman, B.A.M. and Mortimer, M, 2005. More rice, less water–integrated approaches for increasing water productivity in irrigated rice-basedsystems in Asia. Plant Prod. Sci. 8(3): 229-239
43. Westcott, M.P. and Vines, K. W, 1986. A comparison of sprinkler and flood irrigation for rice. Agron. J. 82, 667-683.
44. Wang W. Peng S. Liu H. Tao Y. Huang J. Cui K. and Nie L. 2017. The possibility of replacing puddled transplanted flooded rice with dry seeded rice in central China: a review. Field Crops Research. 214: 310-320.
45. Yang, J., Zhou,Q. and Zhang, J, 2017. Moderate wetting and drying increases rice yield and reduces water use, grain arsenic level, and methane emission. Crop J.5: 151-158
46. Younas, M., Rehman, M.A., Hussain, A., Ali, L. and Waqar, M.Q, 2015. Economic comparison of direct seeded and transplanted rice: Evidences from adaptive research area of Punjab Pakistan. Asian J Agri. Biol, 4(1), pp.1-7.
47. Zhang, W., Yu, Y., Huang, Y., Li, T., Wang, P., 2011. Modeling methane emissions from irrigated rice cultivation in China from 1960 to 2050. Global Change. Biol.–۳۵۱۱ ,(۱۲) ۱۷

.۳۵۲۳

48. Zubair, M, 2007. Water Use Efficiency and Economic Feasibility of Growing Rice and Wheat with Sprinkler Irrigation in the Indus Basin of Pakistan. Agricultural Water.

Evaluation of Physico-Economical Productivity of Water in Different Methods of Planting and Irrigating Rice cv. Fajr in Golestan Province

P. Zolfaghary[1], A. T. Hazar Jaribi, I. Asadi, and E. Amiri

PhD student of Irrigation and Drainage, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Water and Soil, Gorgan University, Golestan Province, Iran. **Parniyan.zolfaghary@gmail.com**

Associate Prof., Department of Water Science and Engineering, Faculty of Water and Soil, Gorgan University, Golestan Province, Iran. **Hezab10@yahoo.com**

Research Assistant Prof., Senior Expert of Technical and Engineering Research Department, Golestan Agriculture and Natural Resources Research Center, Golestan Province, Iran. **IWC977127@yahoo.com**

Professor Water Engineering Department Islamic Azad University - Lahijan Branch, Lahijan, Iran **eamiri57@yahoo.com**

Received: October 2022 and Accepted: February 2023

Abstract

Rice is one of the important food products that is generally transplanted. The rice "dry seeding method (DSM)" is a new approach that has provided an opportunity to increase water productivity. In this research, changing the cultivation method from transplanting to DSM and using pressurized irrigation instead of flooding method was studied in 5 rice fields in Golestan Province. The field with flood irrigation method was considered as the control treatment. Other fields were cultivated in dry soil and irrigated by drip and sprinkler methods. The results showed that, in all parameters related to grain yield and yield components, the field with flood irrigation method had higher values. Economic study at the different growth stages with different irrigation methods showed that by changing the planting method and removing the puddling in rice field, 4000 to 7000 cubic meters of water can be saved. Comparison between different irrigation methods showed that the sprinkler irrigation had a higher average yield (4998 kg/ha) than drip irrigation) 4426 kg/ha). With 30% yield reduction, this method saved 61% in water use, which is a significant amount. The highest and lowest physical (0.53 and 0.3 kg/m^3) and economical productivity rates (141,791 and 82,704 Rials/m^3) were related to sprinkler irrigation and flood irrigation, respectively, which show very low water productivity in the rice fields of the province. This shows the need to increase water productivity under the current climatic conditions of the country.

Keywords: Dry Seeding Rice, Transplanting, Sprinkler irrigation, Drip irrigation

[1] - Corresponding author: Department of Water Science and Engineering, Faculty of Water and Soil, Gorgan University, Golestan Province, Iran.