

## اثر روش‌های آبیاری تناوبی و غرقابی بر عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری برنج در شهرستان آمل

مهسا رحیمی پول<sup>۱</sup>، داود اکبری نودهی<sup>۲\*</sup>، رضا اسدی<sup>۳</sup>، علی باقری<sup>۴</sup> و فضل شیردل شهیمیری<sup>۵</sup>

### چکیده

کشت برنج در ایران به عنوان دومین غله مهم در سبد غذایی مردم بعد از گندم، دارای اهمیت اقتصادی و اجتماعی زیادی است. استان مازندران یکی از قطب‌های اصلی تولید برنج کشور است. در سال‌های اخیر، کاهش نزولات جوی، وقوع کم‌آبی و تقلیل منابع آب سطحی در استان، به‌ویژه در شرق و مرکز مازندران که عمده زمین‌های شالیزاری را به خود اختصاص داده‌اند، موجب بروز مشکلاتی در کشت برنج شده است. برای ارزیابی روش‌های مختلف کشت و آبیاری و با هدف کاهش مصرف آب در کشت برنج، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار با چهار تیمار (رقم طارم هاشمی) طی سال زراعی ۱۳۹۹ در معاونت مؤسسه تحقیقات برنج کشور-آمل اجرا شد. تیمارها شامل: کشت نشایی در بستر گلخراش شده با آبیاری تناوبی (T1)، کشت نشایی در بستر گلخراش شده با آبیاری غرقابی (کشت رایج) (T2)، کشت نشایی در بستر گلخراش نشده با آبیاری غرقابی (T3) و کشت مستقیم با آبیاری غرقابی (T4) بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر روش‌های کشت و آبیاری بر ارتفاع، عملکرد، آب کاربردی، آب آبیاری، بهره‌وری آب کاربردی و بهره‌وری آب آبیاری مؤثر و از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین و کمترین عملکرد به ترتیب متعلق به تیمارهای T2 و T4 با ۴۰۷۹/۲ و ۲۹۴۱/۷ کیلوگرم در هکتار بود. بیشترین و کمترین آب آبیاری نیز به ترتیب متعلق به تیمارهای T4 و T1 با ۱۰۳۰۱ و ۶۵۳۷ مترمکعب در هکتار بود. همچنین بیشترین و کمترین بهره‌وری آب آبیاری به ترتیب متعلق به تیمارهای T1 و T4 با ۰/۶۱ و ۰/۲۹ کیلوگرم در مترمکعب بود. براساس نتایج این آزمایش، کشت رایج با آبیاری تناوبی (T1) کاهش عملکرد زیادی نسبت به تیمار کشت رایج با آبیاری غرقابی نداشت و با کاهش ورودی آب، میزان بهره‌وری آب را افزایش داد؛ از این رو به‌عنوان تیمار برتر در این پژوهش شناخته شد.

**واژه‌های کلیدی:** روش آبیاری، کارایی مصرف آب، کشت مستقیم، گلخراشی.

**ارجاع:** رحیمی پول م، اکبری نودهی د، اسدی ر، باقری ع. و شیردل شهیمیری ف. ۱۴۰۱. اثر روش‌های آبیاری تناوبی و غرقابی بر عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری برنج در شهرستان آمل. مجله پژوهش آب ایران. ۴۷: ۹۳-۱۰۲. <https://dx.doi.org/10.22034/IWRJ.2022.14086.2456>

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی آب، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم‌شهر، ایران.

۲- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم‌شهر، ایران.

۳- گروه علوم و مهندسی آب، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم‌شهر، ایران، استادیار سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات برنج کشور - معاونت مازندران، آمل، ایران.

۴- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم‌شهر، ایران.

۵- استادیار گروه زراعت، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم‌شهر، ایران.

\* نویسنده مسئول: [d.akbari@qaemiu.ac.ir](mailto:d.akbari@qaemiu.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۱۳

## مقدمه

کشت برنج در ایران دارای اهمیت اقتصادی و اجتماعی زیادی بوده و بعد از گندم، دومین غله مهم در سبد غذایی مردم است (اسدی، ۱۳۹۵). سطح زیرکشت برنج در ایران حدود ۶۰۰ هزار هکتار بوده و ۷۰ درصد از اراضی شالیزاری منحصر به دو استان گیلان و مازندران است (کریمی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۹). در استان مازندران، سه شهرستان آمل، بابل و ساری، بیشترین سطح زیرکشت برنج استان را به خود اختصاص داده‌اند (رحیمی پول، ۱۳۹۶). در سال‌های اخیر، کاهش نزولات جوی، وقوع کم‌آبی و تقلیل منابع آب سطحی و پایین‌بودن بهره‌وری در مازندران موجب بروز مشکلاتی در کشت برنج، به‌ویژه در شرق و مرکز استان شده است (عباسی و همکاران، ۲۰۱۱)؛ از این رو اعمال مدیریت صحیح آبیاری و استفاده بهینه از آب موجود برای حفظ امنیت غذایی، امری ضروری است. سیستم کشت مرسوم برنج در مازندران، مبتنی بر استفاده از ارقام برنج آبی با آبیاری غرقابی است. در این سیستم کشت، نشاکاری در زمین گلخراش شده است و برنج در بیش از ۸۰ درصد از طول دوره رشد به‌صورت غرقاب دائم است (اسدی، ۱۳۹۵). در این شیوه، بهره‌وری آب آبیاری پایین بوده و سبب مصرف آب بیش از نیاز واقعی گیاه می‌شود؛ از این رو، استفاده از روش سنتی غرقابی دائمی برای آبیاری شالیزارها، با توجه به مشکلات جدی کمبود آب، از نظر مدیریت آب قابل‌توجه نیست (بی و همکاران، ۲۰۱۳). استفاده از روش‌های جایگزین تولید برنج با استفاده از آب کمتر شامل کشت در بستر گلخراش نشده (کار و همکاران، ۲۰۱۸)، کشت مستقیم بذر (فاروق و همکاران، ۲۰۱۱) و مرطوب و خشک کردن متناوب (کریجو و همکاران، ۲۰۱۷)؛ لامپایان و همکاران، ۲۰۱۵) می‌تواند تقاضای آب برای تولید برنج را به میزان قابل‌توجهی کاهش دهند و کارایی استفاده از آب را بهبود بخشند (داتا و همکاران، ۲۰۱۷). حوسن و همکاران (۲۰۱۸) بیان کردند که حذف عملیات گلخراشی می‌تواند هزینه‌های کار، سوخت و ورودی آب آبیاری را برای آماده‌سازی زمین به منظور استقرار برنج کاهش دهد. بیهانداریا و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که کشت مستقیم برنج به‌عنوان جایگزینی مناسب برای کشت سنتی نشایی به‌منظور کاهش آب آبیاری، کاهش نیروی کار و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای است. باستلا

(۲۰۲۰) با بیان اینکه عملیات گلخراشی موجب شکسته‌شدن ساختار خاک و مصرف آب بیشتر برای آماده‌سازی زمین می‌شود، کشت مستقیم را به‌جای کشت در بستر گلخراش شده به کشاورزان توصیه کرد. اکومارا و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند کشت مستقیم بذر ضرورت پرورش نشا و نشاکاری را از بین می‌برد. کار و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند کشت مستقیم یا کشت نشایی در بستر غیر گلخراش می‌تواند به‌عنوان جایگزینی برای کشت نشایی در بستر گلخراش‌شده برنج استفاده شود. در برخی از مطالعات نشان داده شده است که استفاده از آبیاری تناوبی عملکردی مشابه عملکرد سیستم‌های مداوم غرقاب را فراهم می‌کند (یانو و همکاران، ۲۰۱۲). آریف و همکاران (۲۰۱۳) طی تحقیقی با مقایسه دو روش آبیاری تناوبی و غرقاب دائم، نشان دادند که آبیاری تناوبی در مقایسه با غرقاب دائم، با کاهش آب ورودی به میزان ۲۶/۰۷ درصد، بهره‌وری آب را به میزان ۳۷/۶ درصد افزایش می‌دهد؛ از این رو به این نتیجه دست یافتند که آبیاری متناوب راهی مناسب برای افزایش کارایی مصرف آب بدون کاهش عملکرد در اندونزی است. کریجو و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که استفاده از آبیاری متناوب برنج موجب کاهش بهره‌وری آب خواهد شد. ایشفق و همکاران (۲۰۲۰) مطالعه‌ای با عنوان استفاده از سیستم تناوبی در تولید برنج به‌منظور کاهش آب آبیاری و سازگار با محیط‌زیست انجام دادند. آن‌ها بیان کردند که روش مرسوم کشت سهم عمده‌ای در تولید برنج دارد، اما به مقدار زیادی آب ورودی نیازمند است. این پژوهشگران سیستم آبیاری تناوبی را به‌عنوان یک جایگزین مناسب، برای کاهش آب آبیاری (به مقدار ۲۵-۷۰ درصد) پیشنهاد دادند. هی و همکاران (۲۰۲۰) برای مدیریت آب آبیاری با هدف تولید پایدار برنج در چین، مطالعه‌ای انجام دادند. آن‌ها گزارش کردند مدیریت آبیاری متناوب موجب کاهش ۴۰ درصد ورودی آب و افزایش ۳۴ درصد بهره‌وری آب آبیاری شد. با توجه به بررسی‌های انجام‌شده توسط محققان فوق، کشت سنتی برنج با آبیاری غرقابی دائم کاربرد آب بالایی داشته و فرض بر این است که مصرف آب در کشت برنج، با تغییر سیستم کشت سنتی به کشت مستقیم یا کشت در بستر غیرگلخراش و تغییر روش آبیاری غرقابی دائم به روش آبیاری تناوبی کاهش یابد. به‌دلیل کاهش بارندگی‌ها در استان مازندران،

صورت خشک زده شد. در سه تیمار T1، T2 و T3 ابتدا بذور را در فضای کوچک‌تری (خزانه) تحت شرایط خاص کشت کرده و پس از ۳۰ تا ۳۵ روز بعد از کاشت (در مرحله ۳-۴ برگی و ارتفاع ۲۵-۲۰ سانتی‌متر)، نشاها از خزانه کنده و در دسته‌های کوچک و بزرگ تقسیم و سپس به زمین اصلی انتقال داده شدند. نشاکاری با فاصله ۲۵×۲۵ سانتی‌متر به روش دستی و به صورت تک‌بوته و یکنواخت و در بستر گلخراش شده و گلخراش نشده انجام شد. تاریخ کاشت هر سه تیمار ۸ خرداد ۱۳۹۹ بود. تاریخ برداشت در هر دو تیمار T1 و T2، ۵ شهریور ۱۳۹۹ و در تیمار T3، ۳۱ مرداد ۱۳۹۹ بود. در سه تیمار T1، T2 و T3، ۱۰۰ کیلوگرم کود فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل در مرحله آماده‌سازی زمین (پیش از نشاکاری) در یک مرحله به صورت پایه، ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم از منبع کلرید پتاسیم و ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن از منبع اوره مصرف شد. کود نیتروژن و پتاسیم در سه مرحله شامل ۴۰ درصد در مرحله آماده‌سازی زمین، ۳۰ درصد در مرحله پنجه‌زنی (۲۰ روز بعد نشاکاری) و ۳۰ درصد در مرحله ظهور خوشه (۴۰ روز بعد از نشاکاری) استفاده شد. برای کنترل علف‌های هرز، ضمن سم‌پاشی با سم ماچیتی با نام تجاری بوتاکلر به میزان ۳-۲/۵ لیتر بر هکتار، یک مرتبه و جین دستی نیز انجام شد. در روش کشت مستقیم (T4) همه مراحل تهیه خزانه و نشاکاری حذف و شخم سوم به صورت خشک زده شد. در این تیمار، بذور بعد از جوانه‌دار کردن مستقیماً در سطح مزرعه پخش شد. مقدار بذر در کشت مستقیم ۸۰ کیلوگرم در هکتار و فاصله بین ردیف‌ها ۲۰-۲۳ سانتی‌متر و عمق کشت ۲-۱/۵ سانتی‌متر بود. تاریخ کاشت و برداشت در این تیمار به ترتیب ۲۸ اردیبهشت ۱۳۹۹ و ۱۲ شهریور ۱۳۹۹ بود. در این تیمار ۱۰۰ کیلوگرم کود فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل، ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاس و ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن از منبع اوره مصرف شد. ۱۰۰ کیلوگرم کود فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل و ۴۰ درصد از کود اوره و پتاسیم پیش از بذریاشی با خاک مخلوط، ۳۰ درصد در مرحله پنجه‌زنی گیاه و ۳۰ درصد در مرحله ظهور خوشه استفاده شد. برای کنترل علف‌های هرز از سم تریفلورالین ۴۸ درصد امولسیون با نام تجاری ترفلان (۳-۳/۵) لیتر در هکتار) و سم ماچیتی با نام تجاری بوتاکلر (۳-۴) لیتر در هکتار) استفاده شد. در تیمارهای آبیاری غرقابی آب در

سطح کشت برنج و میزان تولید آن کاهش یافته است. وقوع چنین شرایطی می‌تواند بر تولید کلان برنج استان و اقتصاد معیشتی زارعان برنجکار خسارت جبران‌ناپذیری داشته باشد؛ از این رو تولید برنج در استان مازندران که از نظر استراتژیک و اقتصادی بسیار حائز اهمیت است، نیازمند تغییر مدیریت آبیاری و روش سنتی کشت است تا تقاضای آب برای تولید برنج کاهش یابد. پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر روش‌های کشت و آبیاری جایگزین با هدف بهره‌وری و عملکرد بیشتر برنج در یکی از شالیزارهای استان مازندران انجام شد.

### مواد و روش‌ها

آزمایش در مزرعه معاونت مؤسسه تحقیقات برنج کشور (امل) به وسعت ۵۰۰ مترمربع در سال زراعی ۱۳۹۹ اجرا شد. استان مازندران در شمال ایران با حدود ۲۳۳۲۲ کیلومتر مربع مساحت بین مختصات جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۳ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲ دقیقه عرض شمالی و ۲۱ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۲۲ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است. میانگین بارندگی سالانه این استان ۸۰۰ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت سالانه آن، ۱۶ درجه سانتی‌گراد است. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل: کشت نشایی در بستر گلخراش شده با آبیاری تناوبی (T1)، کشت نشایی در بستر گلخراش شده با آبیاری غرقابی (رایج) (T2)، کشت نشایی در بستر گلخراش نشده با آبیاری غرقابی (T3) و کشت مستقیم با آبیاری غرقابی (T4) بودند. رقم برنج انتخابی طارم هاشمی بود. تعداد کرت‌های آزمایشی ۱۲ و مساحت هر کدام ۳۰ مترمربع بود. به منظور جلوگیری از تلفات ناشی از نشت، محدوده کرت‌ها تا عمق ۳۰ سانتی‌متر با پلاستیک پوشانده شد. نمونه‌برداری از خاک مزرعه در دو نوبت قبل از کشت و برداشت محصول در دو عمق ۲۵-۰ و ۵۰-۲۵ سانتی‌متر از هر کرت انجام شد. مشخصات فیزیکی-شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ آمده است. براساس جدول ۱، بافت خاک موجود در مزرعه از نوع سیلتی لوم بود. آماده‌سازی زمین شامل مراحل شخم اول و شخم دوم، تسطیح و کرت‌بندی قبل از کشت برای همه تیمارها به صورت یکسان انجام گرفت. در دو تیمار T1 و T2 شخم سوم به همراه عملیات گلخراشی و در تیمار T3 به

هکتار) و R بارندگی مؤثر (روش سرویس حفاظت خاک آمریکا) (مترمکعب در هکتار) است. مقدار آب کاربردی برابر با مجموع آب آبیاری و بارندگی مؤثر است؛ به عبارتی، چنانچه مقدار بارش مؤثر و آب زیرزمینی جذب‌شده توسط ریشه گیاه برای رشد محصول ناکافی باشد، باقیمانده نیاز آب مصرفی که به آن نیاز خالص آبیاری اطلاق می‌شود، از طریق آبیاری تأمین می‌شود (مجرد و همکاران، ۱۳۸۳).

$$WP_1 = \frac{Y}{I} \quad (2)$$

$WP_1$  بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم در مترمکعب) و Y عملکرد (کیلوگرم در هکتار) است. تجزیه واریانس داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS و میانگین تیمارها از طریق آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح پنج و یک درصد مقایسه شدند.

سطح خاک جاری و همه سطح زمین با لایه‌ای از آب به ارتفاع ۵ سانتی‌متر غرقاب (با دور آبیاری ۵ روز) شد. در تیمارهای آبیاری تناوبی پس از غرقاب کردن زمین، آبیاری قطع شد و بعد از ناپدید شدن آب از سطح خاک و با مشاهده اولین نقطه از سطح مزرعه، آبیاری مجدد (دور آبیاری ۶-۸ روز) صورت گرفت. در این آزمایش با نصب کنتورهای حجمی در مبادی ورودی آب به هر کدام از کرت‌های آزمایشی، حجم دقیق آب آبیاری اندازه‌گیری شد. آب آبیاری مورد نیاز برای گلخانه‌ای براساس تحقیقات اسدی (۱۳۹۵)، ۲۰۰۰ مترمکعب در هکتار در نظر گرفته شد. بهره‌وری آب مصرفی و بهره‌وری آب آبیاری از معادلات (۱) و (۲) به‌دست آمد (لوپز، ۲۰۱۸):

$$WP_{I+R} = \frac{Y}{I+R} \quad (1)$$

$WP_{I+R}$  بهره‌وری آب کاربردی (کیلوگرم در مترمکعب)، Y عملکرد (کیلوگرم در هکتار)، I آب آبیاری (مترمکعب در

جدول ۱- نتایج تجزیه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه معاونت مؤسسه برنج-آمل

هدایت الکتریکی	واکنش خاک	فسفر قابل دسترس	پتاسیم قابل دسترس	مواد خنثی‌شونده	رس	سیلت	شن	کربن آلی	کلاس بافت خاک
m/dS	-	kg/mg	mg/kg	%	%	%	%	%	-
۰/۶۰۶	۷/۶۸	۱۰	۱۸۰	۵	۲۸	۵۱	۲۱	۱/۳۶	Si-L

## نتایج و بحث

صفت ارتفاع منعکس‌کننده واکنش رشد رویشی گیاه به عملیات‌های مختلف مدیریتی است (صالحی و همکاران، ۱۳۹۶) و از جمله صفات گیاهی است که نسبت به اجزای عملکرد راحت‌تر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه (جدول ۴)، اعمال روش‌های کشت و آبیاری بر صفت ارتفاع مؤثر بوده و از نظر آماری در سطح یک درصد دارای اختلاف معنی‌داری بود ( $p < 0/01$ ). با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵)، دو تیمار T1 و T2 به ترتیب با ارتفاعی معادل ۱۳۱/۵۳ و ۱۲۴/۷۳ سانتی‌متر در گروه a قرار گرفتند. تیمارهای T3 و T4 به ترتیب با ارتفاعی معادل ۱۰۶/۵۷ و ۱۰۰/۸۷ سانتی‌متر در گروه b قرار گرفتند. با توجه به نمودار شکل ۱، تیمار T1 بیشترین ارتفاع را به خود اختصاص داد و تفاوت کمی با تیمار T2 داشت. شرایط بهتر استقرار، تهیه مناسب‌تر زمین و فراهمی سایر شرایط مطلوب را می‌توان دلیل بالابودن ارتفاع در تیمارهای کشت نشایی در بستر گلخراش‌شده نسبت به تیمارهای کشت نشایی در بستر گلخراش‌نشده و

کشت مستقیم دانست. تیمار T4 نیز کمترین ارتفاع را داشت (شکل ۱). تفاوت رشد بین نشای ۴ تا ۵ برگی در کشت نشایی و بذر جوانه‌دار شده کشت مستقیم در زمان کاشت را می‌توان از دلایل ارتفاع بیشتر در نشاکاری دانست. اسلام و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقی روی اثر روش کشت (کشت نشایی و مستقیم) بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج در پاکستان بیان کردند که اثر روش کشت بر ارتفاع بوته معنی‌دار بوده و ارتفاع بوته در نشاکاری (۱۳۰/۲ سانتی‌متر) بیشتر از کشت مستقیم (۱۲۶/۶ سانتی‌متر) بود که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه (جدول ۴) نشان داد که اثر روش کشت و آبیاری بر صفت عملکرد در سطح یک درصد معنی‌دار بود ( $p < 0/01$ ) که مشابه با نتایج ورش و همکاران (۲۰۱۱) است. با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵)، تیمار T1 و T2 به ترتیب با عملکردی معادل ۴۰۳۱/۲ و ۴۰۷۹/۲ (کیلوگرم در هکتار) در گروه a قرار گرفتند و تفاوت ناچیزی باهم داشتند که مشابه با یافته‌های پورغلام و همکاران (۲۰۲۱) و چائو و همکاران (۲۰۱۵) است. تیمار T3 و T4 به ترتیب با

اول شهریور بارندگی زیادی بود؛ اما به دلیل نزدیکی به زمان برداشت محصول، تأثیری بر میزان عملکرد نداشت.

جدول ۲- مقادیر بارش در طول فصل رشد برنج

تاریخ بارندگی	بارش روزانه (mm)
۱۳۹۹/۰۳/۱۵	۰/۳
۱۳۹۹/۰۴/۰۶	۱۲
۱۳۹۹/۰۴/۰۸	۱/۹
۱۳۹۹/۰۴/۲۱	۱/۶
۱۳۹۹/۰۴/۲۲	۳/۲
۱۳۹۹/۰۴/۲۳	۰/۳
۱۳۹۹/۰۴/۲۵	۱۹/۴
۱۳۹۹/۰۵/۰۱	۰/۲
۱۳۹۹/۰۵/۰۲	۲/۴
۱۳۹۹/۰۵/۰۳	۰/۳
۱۳۹۹/۰۵/۰۹	۱۴/۹
۱۳۹۹/۰۵/۱۳	۱۲/۶
۱۳۹۹/۰۵/۱۴	۲/۰
۱۳۹۹/۰۵/۱۶	۰/۶
۱۳۹۹/۰۵/۱۷	۰/۲
۱۳۹۹/۰۵/۲۵	۲/۰
۱۳۹۹/۰۵/۲۶	۰/۷
۱۳۹۹/۰۵/۲۷	۱/۲
۱۳۹۹/۰۵/۲۸	۱/۵
۱۳۹۹/۰۵/۳۱	۰/۲
۱۳۹۹/۰۶/۰۱	۲۲/۶
۱۳۹۹/۰۶/۰۲	۷/۴
۱۳۹۹/۰۶/۰۳	۲۶/۶

جدول ۳- مقادیر بارش مؤثر

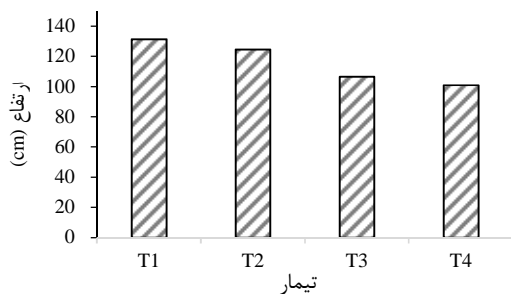
ماه	بارش ماهانه (mm)	بارش مؤثر (mm)
خرداد	۰/۳	۰/۳
تیر	۱۹/۱	۱۸/۵
مرداد	۳۸/۸	۳۶/۴
شهریور	۵۶/۶	۵۱/۵

در ۱۳ مرداد ۱۳۹۹، یعنی در انتهای دوره غرقاب مزرعه به میزان ۱۲/۶ میلی‌متر بارش وجود داشت که سبب تعویق دوره خشکی مزرعه و افزایش دور آبیاری به ۱۰ روز شد. اگرچه بارش در این تاریخ، موجب افزایش دور آبیاری تناوبی شد، باتوجه به اینکه در طول دوره رشد گیاه فقط یک بار این اتفاق افتاد، تأثیر زیادی بر میزان عملکرد و انتخاب تیمار برتر نداشت. سایر بارندگی‌ها نیز در زمان

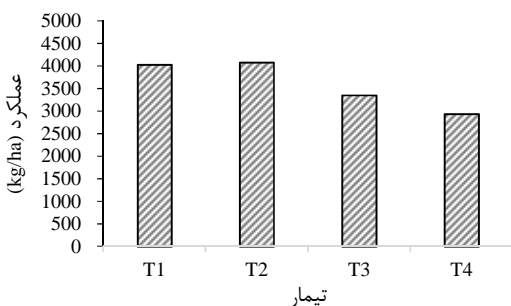
عملکردی معادل ۳۳۵۱/۷۰ و ۲۹۴۱/۷۰ (کیلوگرم در هکتار) در گروه b قرار گرفتند. براساس نمودار شکل ۲، بیشترین محصول زمانی به‌دست آمد که کشت در بستر گلخراش شده با آبیاری غرقابی دائم بود؛ به عبارتی این تیمار نقش تأثیرگذاری بر میزان عملکرد دانه داشت و بیشترین استفاده را از عوامل محیطی رشد کسب کرد. از طرفی عدم احتمال بروز تنش رطوبتی و آب کافی و جذب بهتر عناصر غذایی توسط گیاه موجب بالارفتن عملکرد در این تیمار شد. در تیمار T2، تأمین رطوبت کافی و دور آبیاری مناسب در روش آبیاری تر و خشک کردن موجب بالارفتن عملکرد و تفاوت ناچیزش با تیمار T1 شد، زیرا دور مناسب در روش آبیاری تناوبی موجب عدم شکل‌گیری شکاف‌های عریض و عمیق در بستر سیستم کشت شد. به‌همین دلیل آب آبیاری از محیط ریشه خارج نشد و آب مورد نیاز برای تبخیر و تعرق به میزان کافی از طریق ریشه جذب شده و تنش آبی به گیاه برنج وارد نشد؛ از این رو کاهش معنی‌دار عملکرد رخ نداد (شکل ۲). عملکرد در تیمارهای T3 و T4 به ترتیب ۱۸ و ۲۸ درصد نسبت به تیمار کشت رایج با آبیاری غرقابی کاهش داشت. عدم توانایی در تأمین رطوبت کافی، کاهش فتوسنتز و کاهش انتقال مواد پرورده به دانه‌ها باعث تأثیر منفی بر تولید و عملکرد و راندمان عملکردی گیاه شده است. برخلاف نتیجه این تحقیق، دوکتا و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که کشت مستقیم موجب بالارفتن مقدار عملکرد می‌شود. ژو و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که عملکرد در کشت مستقیم حدود ۱۲ درصد کمتر از کشت نشایی بود که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. در جداول ۲ و ۳ تاریخ روزهای بارندگی و مقادیر بارش و بارش مؤثر در طول فصل رشد برنج آورده شده است. مقادیر بارش‌ها در دو ماه فروردین و اردیبهشت به دلیل هم‌زمانی با آماده‌سازی زمین و خزانه‌گیری و عدم تأثیر بارش‌ها بر عملکرد، در جدول ۲ ذکر نشد. (در کشت مستقیم نیز بذور در اواخر اردیبهشت در زمین اصلی کشت شده بود و مزرعه دو هفته اول غرقاب بود و بارش بر عملکرد مؤثر نبود). براساس جدول ۲، از نظر تأثیر بارندگی می‌توان گفت، در تیمارهای آبیاری غرقابی مزرعه در طول فصل رشد تا ۱۰ روز قبل از برداشت محصول، به‌طور دائم غرقاب بود و بارش تأثیری بر عملکرد نداشت. در تیمار آبیاری تناوبی، براساس جدول ۲ و ۳ در روزهای

مترمکعب در هکتار بیشترین مقدار آب آبیاری را به خود اختصاص داد و در گروه a قرار گرفت. تیمار T3 با آب آبیاری معادل ۹۱۱۱ مترمکعب در هکتار در گروه b و تیمار T2 با آب آبیاری معادل ۷۸۶۷ مترمکعب در هکتار در گروه c قرار گرفت. تیمار T1 با آب آبیاری معادل ۶۵۳۷ مترمکعب در هکتار در پایین‌ترین گروه، یعنی d قرار گرفت و در مقایسه با تیمار کشت رایج با آبیاری غرقابی ۱۷ درصد کمتر بود. در تحقیقات دیگر گزارش شده است که استفاده از روش آبیاری تناوبی با حفظ عملکرد مشابه یا افزایش عملکرد دانه، ورودی آب را ۱۴ تا ۱۸ درصد (بلدر و همکاران، ۲۰۰۴) و ۲۵ درصد (کریجو و همکاران، ۲۰۱۶) کاهش داد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه (جدول ۴) نشان داد که اثر سیستم‌های کشت و آبیاری بر صفت بهره‌وری آب کاربردی در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود ( $p < 0/01$ ) که مشابه با نتایج تحقیقات بویان و همکاران (۲۰۱۲) است. با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵)، تیمار T1 با بهره‌وری آب کاربردی معادل ۰/۵۷ کیلوگرم در مترمکعب در گروه a قرار گرفت. تیمار T2 با ۰/۴۹ کیلوگرم در مترمکعب در گروه bc و تیمار T3 با ۰/۳۵ کیلوگرم در مترمکعب در گروه c قرار گرفت. تیمار T4 کمترین مقدار را به خود اختصاص داده که بر بهبود بهره‌وری اثر گذاشت. تیمار T4 کمترین بهره‌وری را در بین تیمارها به خود اختصاص داد و با ۰/۲۶ کیلوگرم در مترمکعب در گروه d قرار گرفت. براساس شکل ۳، تیمار T1 بیشترین مقدار بهره‌وری آب کاربردی را داشت. از طرفی این تیمار بیشترین ارتفاع، کمترین مقدار آب کاربردی و عملکرد انتخابی را داشت. عملکرد پایین و بالابودن میزان آب کاربردی در این تیمار موجب کاهش بهره‌وری شد. در راستای نتایج این تحقیق، بومن و تانگ (۲۰۰۱) طی تحقیقی گزارش کردند که در صورت اعمال آبیاری تناوبی در فصل زراعی به‌جای غرقاب دائم می‌توان بهره‌وری را افزایش داد، به‌طوری‌که با اعمال تناوب اگرچه عملکرد ۶ درصد کاهش داشت، اما بهره‌وری تا ۱/۹ گرم محصول برکیلوگرم افزایش یافت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که اثر سیستم‌های کشت و آبیاری بر صفت بهره‌وری آب آبیاری در سطح یک درصد معنی‌دار بود ( $p < 0/01$ ) که مشابه با نتایج ساندهو و همکاران (۲۰۱۲) است. با توجه به مقایسه میانگین‌ها

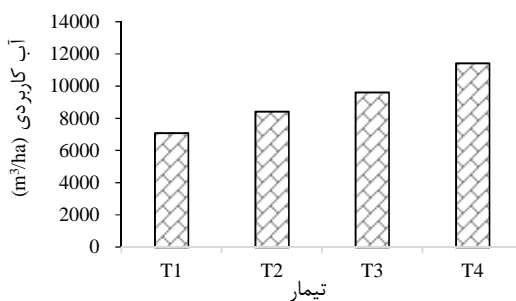
غرقاب مزرعه اتفاق افتاده بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه (جدول ۴) نشان داد که اثر سیستم‌های کشت و آبیاری بر صفت آب کاربردی در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود ( $p < 0/01$ ). با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵)، تیمار T4 با آب کاربردی معادل ۱۱۴۳۵/۶۷ مترمکعب در هکتار در گروه a قرار گرفت. تیمار T3 با ۹۶۳۸ مترمکعب در هکتار در گروه b و تیمار T2 با آب کاربردی معادل ۸۴۴۱/۳۳ مترمکعب در هکتار در گروه c قرار گرفت. تیمار T1 با ۷۱۰۵/۳۳ مترمکعب در هکتار در گروه d قرار گرفت. با توجه به نمودار شکل ۳ مشاهده می‌شود که تیمار T1 کمترین مقدار آب کاربردی را به خود اختصاص داد و نسبت به تیمار T2، ۱۶ درصد کاهش داشت. پایین‌بودن مقدار آب کاربردی در تیمار T1 را می‌توان، حداقل تا حدودی، به کاهش نفوذ و نشت نسبت داد؛ علاوه‌براین، در آبیاری تناوبی مزرعه به‌طور دائم غرقاب نیست. یک رویداد باران در طول دوره‌ای که خاک‌ها غرقاب نمی‌شوند، کمتر منجر به روان‌آب سطحی می‌شود و می‌تواند زمان مورد نیاز را تا زمانی که ممکن است برای آبیاری مجدد مزرعه نیاز به آبیاری باشد به تأخیر بیندازد. کشت نشایی در بستر گلخراب‌نشده به دلیل عدم انجام عملیات گلخرابی، نفوذ عمقی بالایی داشت، در نتیجه مقدار آب کاربردی افزایش یافت؛ زیرا عملیات گلخرابی ضمن نرم و آماده کردن زمین، تلفات نفوذ عمقی را کاهش می‌دهد. بالاترین آب کاربردی متعلق به تیمار T4 بود؛ زیرا در کشت مستقیم طول دوره‌ای که گیاه در زمین اصلی قرار گرفت، بالاتر از سایر تیمارها بود و حدود ۲۵ روز بیشتر آبیاری انجام شد. از طرفی به دلیل انجام آبیاری غرقابی در بستر خشک، نفوذ به مقدار زیادی افزایش یافت؛ از این رو آب کاربردی در این سیستم بیشتر از سایر تیمارها بود. پورغلام و همکاران (۲۰۲۱) میزان ورودی آب مورد نیاز در آبیاری تناوب برنج را ۵۶/۰۷ درصد کمتر از آبیاری غرقابی محاسبه کردند که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. براساس تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه (جدول ۴)، صفت آب آبیاری ناشی از اعمال سیستم‌های کشت و آبیاری در سطح یک درصد دارای اختلاف معنی‌دار بود ( $p < 0/01$ ). نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵) بیانگر این است که هرکدام از تیمارها در گروهی متفاوت قرار گرفتند. براساس جدول ۵، تیمار T4 با آب آبیاری ۱۰۳۰۱



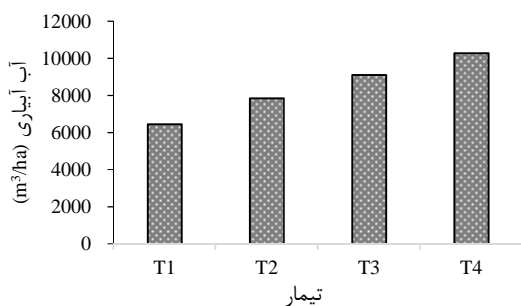
شکل ۱- مقایسه میانگین اثر تیمارها بر ارتفاع



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر تیمارها بر عملکرد

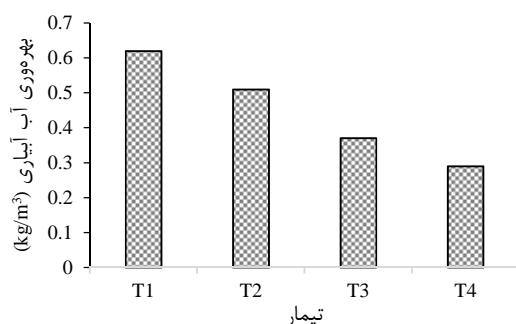


شکل ۳- مقایسه میانگین اثر تیمارها بر آب کاربردی

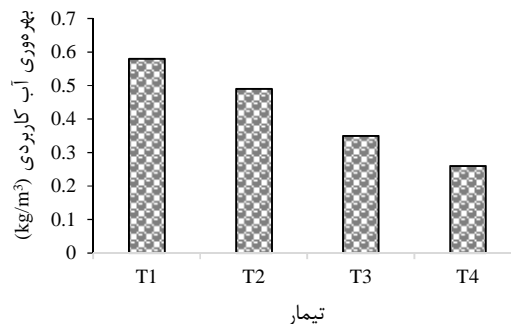


شکل ۴- مقایسه میانگین اثر تیمارها بر آب آبیاری

(جدول ۵) تیمار T1 با مقدار بهره‌وری آب آبیاری معادل ۰/۶۱ کیلوگرم در مترمکعب در گروه a قرار گرفت. تیمار T2 با ۰/۵۱ کیلوگرم در مترمکعب در گروه b و تیمار T3 با ۰/۳۷ کیلوگرم در مترمکعب در گروه c قرار گرفت. تیمار T4 کمترین مقدار بهره‌وری آب آبیاری را به خود اختصاص داد و با ۰/۲۹ کیلوگرم در مترمکعب در گروه d قرار گرفت. نمودار شکل ۴ نشان می‌دهد که بالاترین بهره‌وری آب آبیاری متعلق به تیمار کشت رایج با آبیاری تناوبی بود. از مقایسه شکل‌های ۳ و ۴ با شکل‌های ۵ و ۶، می‌توان دریافت که آب کاربردی و آبیاری با بهره‌وری آب کاربردی و بهره‌وری آب آبیاری رابطه عکس دارد؛ به عبارتی هرچه مقدار آب کاربردی و آب آبیاری در تیمارهای کشت بالاتر رفت، میزان بهره‌وری‌ها پایین آمده است. نتایج در روند آب کاربردی و بهره‌وری آب برنج نشان داد که سیستم‌های مختلف کشت و آبیاری نقش بسیار مهمی در کاهش آب کاربردی و همچنین بهره‌وری آب داشتند. کشت رایج با رژیم آبیاری تر و خشک کردن (متناوب) در مقایسه با آبیاری هر روزه باعث افزایش بهره‌وری آب آبیاری به میزان ۱۷ درصد شد که نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق مشابه با نتایج تحقیقات پورغلام و همکاران (۲۰۲۱) و یائو و همکاران (۲۰۱۲) است. کاهش آب کاربردی و بالابودن بهره‌وری در روش کشت رایج با آبیاری متناوب (T2) نشان داد که برنج را می‌توان با اتخاذ یک رژیم آبیاری بهینه با موفقیت و بدون کاهش عملکرد کشت کرد. در این پژوهش، شوری خاک مزرعه مقدار پایینی (۰/۶۰۶ دسی‌زیمنس بر متر) داشت. برای استفاده از روش آبیاری تناوبی، مناسب‌ترین میزان شوری خاک، کمتر از ۴ دسی‌زیمنس بر متر است (رضایی و اسدی، ۱۳۸۹). در مناطقی که شوری آب آبیاری بالاتر از این مقدار باشد، کاهش عملکرد شروع می‌شود، به طوری که هرچه تنش شوری افزایش یابد، کاهش عملکرد بیشتر خواهد شد؛ زیرا شوری خاک موجب کاهش جذب آب توسط ریشه از خاک و اختلال در جذب مواد مغذی می‌شود. در این آزمایش، آماربرداری از آفات انجام نشد و علف‌های هرز با مبارزه مکانیکی و شیمیایی به‌خوبی کنترل شدند.



شکل ۶- مقایسه میانگین اثر تیمارها بر بهره‌وری آب آبیاری



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر تیمارها بر بهره‌وری آب کاربردی

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات‌های اندازه‌گیری برنج در چهار روش کشت

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع cm	عملکرد (kg/ha)	آب آبیاری (m³/ha)	آب مصرفی (m³/ha)	بهره‌وری آب مصرفی (kg/m³)	بهره‌وری آب آبیاری (kg/m³)
بلوک	۲	۱۰/۴۳ <sup>ns</sup>	۸۱۲۱۸/۲۵ <sup>ns</sup>	۳۱۹۲/۵۸ <sup>ns</sup>	۳۱۹۲/۵۸ <sup>ns</sup>	۰/۰ <sup>ns</sup>	۰/۰ <sup>ns</sup>
روش کشت	۳	۶۳۵/۵۳ <sup>**</sup>	۹۵۳۹۱۷/۱۱ <sup>**</sup>	۷۸۰۲۷۴۶/۳۱ <sup>**</sup>	۱۰۱۵۹۵۳۲/۹۷ <sup>**</sup>	۰/۰۶ <sup>**</sup>	۰/۰۷ <sup>**</sup>
خطای a	۶	۱۱/۳۲	۴۸۵۹۵/۳۶	۱۰۳۶۹/۴۷	۱۰۳۶۹/۴۷	۰/۰۰	۰/۰۰
%CV	-	۲/۹	۶/۱	۱/۲	۱/۱۱	۵/۴۴	۵/۰۵

تجزیه واریانس مربوط به صفات اندازه‌گیری شده \* و \*\* اختلاف معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد، ns عدم معنی‌دار بودن اختلاف

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در تیمارهای روش کشت

منابع تغییرات	ارتفاع (cm)	عملکرد (kg/ha)	آب آبیاری (m³/ha)	آب کاربردی (m³/ha)	بهره‌وری آب کاربردی (kg/m³)	بهره‌وری آب آبیاری (kg/m³)
T1	۱۳۱/۵۳ <sup>a</sup>	۴۰۳۱/۲۰ <sup>a</sup>	۶۵۳۷/۰۰ <sup>d</sup>	۷۱۰۵/۳۳ <sup>d</sup>	۰/۵۷ <sup>a</sup>	۰/۶۱ <sup>a</sup>
T2	۱۲۴/۷۳ <sup>a</sup>	۴۰۷۹/۲۰ <sup>a</sup>	۷۸۶۷/۰۰ <sup>c</sup>	۸۴۴۱/۳۳ <sup>c</sup>	۰/۴۹ <sup>bc</sup>	۰/۵۱ <sup>b</sup>
T3	۱۰۶/۵۷ <sup>b</sup>	۳۳۵۱/۷۰ <sup>b</sup>	۹۱۱۱/۰۰ <sup>b</sup>	۹۶۳۸/۰۰ <sup>b</sup>	۰/۳۵ <sup>c</sup>	۰/۳۷ <sup>c</sup>
T4	۱۰۰/۸۷ <sup>b</sup>	۲۹۴۱/۷۰ <sup>b</sup>	۱۰۳۰۱/۰۰ <sup>a</sup>	۱۱۴۳۵/۶۷ <sup>a</sup>	۰/۲۶ <sup>d</sup>	۰/۲۹ <sup>d</sup>

حروف مشابه، نشان‌دهنده نبود اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن است.

### نتیجه‌گیری

که مدیریت مناسب آب تا حد زیادی به عملکرد دانه در اواخر مرحله پرشدن دانه کمک می‌کند. در تیمار T3 با وجود اینکه آب کاربردی در مرحله آماده‌سازی زمین حذف شد، به دلیل عدم انجام عملیات گلخراپی و نفوذ عمقی زیاد خاک، مقدار آب کاربردی قابل قبول نبود. در تیمار T4 به دلیل استفاده از آبیاری غرقابی در بستر خشک مزرعه و بالابودن زمان استقرار گیاه در زمین اصلی نسبت به تیمارهای دیگر، میزان ورودی آب بالا و بهره‌وری پایین بود. در نهایت براساس مقایسه‌های انجام شده، در شرایط نرمال منطقه و شوری پایین خاک (۰/۶۰۶) دسی‌زیمنس بر متر) و بدون تأثیر بارش، روش کشت نشایی در بستر گلخراپ شده با آبیاری تناوبی به‌عنوان تیمار برتر انتخاب شد. این تیمار می‌تواند جایگزین مناسبی برای سیستم کشت رایج با آبیاری غرقابی برنج و

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که در شرایط نرمال منطقه (در صورتی که شوری خاک مزرعه پایین‌تر از ۴ دسی‌زیمنس بر متر باشد)، ضرورتی به غرقاب دائم کرت در طول دوره رشد برنج وجود ندارد و تغییر در روش آبیاری اگر همراه با کمبود شدید آب در دسترس ریشه گیاه نباشد، موجب کاهش عملکرد نشده و از طرفی بهره‌وری آب را نیز افزایش می‌دهد. در این پژوهش عملکرد در روش کشت رایج با آبیاری تناوبی (T1) تفاوت ناچیزی با عملکرد تیمار کشت رایج با آبیاری غرقابی (T2) داشت (بدون تأثیر بارندگی). از طرفی نسبت به تیمارهای کشت نشایی در بستر غیرگلخراپ با آبیاری غرقابی (T3) و کشت مستقیم با آبیاری غرقابی (T4) عملکرد بیشتری داشت. بالابودن میزان عملکرد در این سیستم نشان داد



7. Abbasi M. R. and Sepaskhah A. R. 2011. Effects of water-saving irrigations on different rice cultivars (*Oryza sativa* L.) in field conditions. *International Journal of Plant Production*. 5(2): 153-166.
8. Arif C. Setiawan B. I. Sofiyuddin H. A. and Martief L. M. 2013. Enhanced Water Use Efficiency by Intermittent Irrigation for Irrigated Rice in Indonesia. *Journal of Islamic Perspective on Science. Technology and Society*. 1(1): 12-17.
9. Aslam S. Hussain S. Ramazan M. and Akhter M. 2008. Effect of different stand establishment techniques of rice yields and its attributes. *Anim. Pl. Sci.* 18(2-3): 80-82.
10. Bastola A. 2020. A Review on Effect of Establishment Methods on Growth, Yield and Yield Attributes of Rice and on Succeeding Crops after Rice. *International Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology*. 7(6): 134-139.
11. Belder P. Bouman B. A. M. Cabangon R. Guoan L. Quilang E. J. P. Yuanhua L. and Tuong T. P. 2004. Effect of water-saving irrigation on rice yield and water use in typical lowland conditions in Asia. *Agricultural water management*. 65(3): 193-210.
12. Bhandaria S. Khanala S. and Dhakal S. 2020. Adoption of Direct Seeded Rice (DSR) over puddled-transplanted rice (TPR) for resource conservation and increasing wheat yield. *Rev. Food Agric.* 1(2): 44-51.
13. Bhuyan M. H. M. Ferdousi M. S. T. R. and Iqbal T. 2012. Yield and growth response to transplanted Aman rice under raised bed over conventional cultivation method. *International Scholarly Research Network* 2012: 1-8.
14. Bouman B. A. M. and Tuong T. P. 2001. Field water management to save water and increase its productivity in irrigated lowland rice. *Agricultural Water Management*. 49: 11-30.
15. Cao X. Wang Y. Wu P. and Zhao X. 2015. Water productivity evaluation for grain crops in irrigated regions of China. *Ecological Indicators*. 55: 107-117.
16. Carrijo D. R. Lundy M. E. and Linquist B. A. 2017. Rice yields and water use under alternate wetting and drying irrigation: A meta-analysis. *Field Crops Res.* 203:173-180.
17. Datta A. Ullah H. and Ferdous Z. 2017. Water management in rice. In *Rice production worldwide*. Springer. 255-277.
18. Devkota K. P. Khanda C. M. Beebout S.J. Mohapatra B.K. Singleton G.R. and Puskur R. 2020. Assessing alternative crop establishment methods with a sustainability

گزینه مناسبی برای مقابله با کم‌آبی در سال‌های اخیر باشد. به‌طورکلی کاربرد فناوری کاهش ورودی آب در تولید برنج می‌تواند اثرات کمبود آب در سطح مزرعه را تعدیل کند، بهره‌وری آب را افزایش دهد و امنیت غذایی را تأمین کند.

#### منابع

۱. اسدی ر. ۱۳۹۵. مطالعه بهره‌وری مصرف آب و کود ازته در تنش‌های مختلف رطوبتی و سیستم‌های متفاوت کشت در برنج رقم کشوری در استان مازندران. رساله دکتری تخصصی رشته آبیاری و زهکشی. دانشکده کشاورزی. گروه مهندسی آب. دانشگاه فردوسی مشهد. ۱۷۶ ص.
۲. رحیمی پول م. ۱۳۹۶. محاسبه اجزای ردپای آب محصول برنج در استان مازندران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی. دانشکده علوم محیطی. گروه مهندسی آب. مؤسسه غیرانتفاعی آموزش عالی آبان هراز. ۹۸ ص.
۳. رضایی م. و اسدی ر. ۱۳۸۹. اثر به‌کارگیری آب شور در شرایط تنش خشکی بر عملکرد برنج. گزارش نهایی. معاونت مؤسسه تحقیقات برنج کشور-آمل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. ۳۹ ص.
۴. صالحی هیکویی م. درزی نفت چالی ع. شاه‌نظری ع. و جعفری تلوکلایی م. ۱۳۹۶. بررسی اثر مدیریت آبیاری در شالیزارهای مجهز به زهکشی زیرزمینی بر ارتفاع بوته، تعداد پنجه و عملکرد دانه برنج. نشریه مهندسی آبیاری و آب ایران. ۱۱۹-۱۰۷:(۳)۷.
۵. کریمی‌فرد م. ذاکری‌نیا م. کیانی ع. ر. و فیض‌بخش م. ت. ۱۳۹۹. تأثیر سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی بر عملکرد برنج و بهره‌وری آب در دو روش کشت نشایی و کشت مستقیم بذر. نشریه آب و خاک. ۱۰۳۲-۱۰۱۹:(۵)۴.
۶. مجرد ف. و قمرنیا ه. ۱۳۸۳. برآورد بارش مؤثر و نیاز آبی برای کشت برنج در جلگه مازندران. نشریه پژوهش‌های جغرافیایی. ۳: ۷۶-۵۹.

- levels of nitrogen and irrigation in northwest India. *Agricultural Water Management*. 104: 32-29.
29. Veeresh D. B Vishwanatha S. Anilkumar S. N. Rao S. and Halepyati A.S. 2011. Growth and Yield of Rice (*Oryza sativa* L.) Varieties as Influenced by Different Methods of Planting under Aerobic Method of Cultivation. *Research Journal of Agricultural Sciences*. 2(2): 298-300.
  30. Xu L. Li X. Wang X. Xiong X. and Wang F. 2019. Comparing the grain yields of direct-seeded and transplanted rice: A meta-analysis. *Agronomy*. 9(11):767.
  31. Yao F. Huang J. Cui K. Nie L. Xiang J. Liu X. Wu W. Chen M. and Peng S. 2012. Agronomic performance of high-yielding rice variety grown under alternate wetting and drying irrigation. *Field Crops Research*. 126: 16-22.
  32. Ye Y. Liang X. Chen Y. Liu J. Gu J. Guo R. and Li L. 2013. Alternate wetting and drying irrigation and controlled-release nitrogen fertilizer in late-season rice. Effects on dry matter accumulation, yield, Water and nitrogen use. *Field Crops Research*. 144: 212-224.
  - lens in rice production systems of Eastern India. *Journal of cleaner production*. 244: 118835.
  19. Farooq M. Siddique K. H. M. Rehman H. Aziz T. Lee D. and Wahid A. 2011. Rice direct seeding: experiences, challenges and opportunities. *Soil Tillage Res*. 111: 87-98.
  20. He G. Wang Z. and Cui Z. 2020. Managing irrigation water for sustainable rice production in China. *Journal of Cleaner Production*. 245: 118928.
  21. Hossen M. A. Hossain M. M. Haque M. E. and Bell R. W. 2018. Transplanting into non-puddled soils with a small-scale mechanical transplanter reduced fuel. Labour and irrigation water requirements for rice (*Oryza sativa* L.) establishment and increased yield. *Journal of Field Crops Research*. 225: 141-151.
  22. Ishfaq M. Farooq M. Zulfiqar U. Hussain S. Akbar N. Nawaz A. and Anjum S.A. 2020. Alternate wetting and drying: A water-saving and ecofriendly rice production system. *Agricultural Water Management*. 241: 106363.
  23. Kar I. Mishra A. Behera B. Khanda C. Kumar V. and Kumar A. 2018. Productivity trade-off with different water regimes and genotypes of rice under non-puddled conditions in Eastern India. *Field crops research*. 222: 218-229.
  24. Lampayan R. M. Samoy-Pascual K. C. Sibayan E. B. Ella V. B. Jayag O. P. Cabangon R. J. and Bouman B. A. M. 2015b. Effects of alternate wetting and drying (AWD) threshold level and plant seedling age on crop performance, water input, and water productivity of transplanted rice in Central Luzon, Philippines. *Paddy and Water Environment*. 13(3): 215-227.
  25. López-López R. Jiménez-Chong J. A. Hernández-Aragón L. and Inzunza Ibarra M. A. 2018. Water productivity of rice genotypes with irrigation and drainage. *Irrigation and Drainage*. 67(4): 508-515.
  26. Okamura N. Yasumoto S. Kojima M. Okamura M. and Ohshita Y. 2018. Establishment rate of direct-seeded rice in the relay-intercropping system in Kanto region of Japan. *Plant Production Science*. 21(3): 278-285.
  27. Pourgholam-Amiji M. Liaghat A. Khoshravesht M. and Azamathulla H.M. 2021. Improving rice water productivity using alternative irrigation (case study: north of Iran). *Water Supply*. 21(3): 1216-1227.
  28. Sandhu S. S. Mahal S. S. Vashist K. K. Buttar G. S. Brar A. S and Singh M. 2012. Crop and water productivity of bed transplanted rice as influenced by various