



دانشگاه گنبد کاووس

نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"

دوره سوم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۹۵

<http://arpe.gonbad.ac.ir>

تحلیل اقتصادی تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد برنج

نعمت‌اله صداقت^{۱*}، همت‌اله پیردشتی^۲، حسین صبوری^۳، مرضیه صداقت^۴

^۱دانشجوی دکتری گروه زراعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس

^۲دانشیار گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

^۳دانشیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس

^۴دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد مهندسی منابع آب، دانشگاه شهید باهنر کرمان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۵/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۸/۲۶

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات رژیم‌های مختلف آبیاری، بهبود بهره‌وری آب مصرفی و حصول عملکرد مناسب در کشت نشایی برنج تحقیقی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات برنج کشور (آمل) در سال ۱۳۹۰ به اجرا درآمد. تیمارها شامل رژیم‌های مختلف آبیاری شامل تناوب خشکی و رطوبت (AWD)، کشت نیمه خشک (SDC)، ترکیب آب کم عمق با تناوب خشکی و رطوبت (SWD)، روش سنتی (TI) و دو رقم طارم محلی (بومی) و فجر (اصلاح شده) بودند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که، ارقام مورد استفاده و هم‌چنین رژیم‌های مختلف آبیاری از نظر مصرف آب و عملکرد شلتوک تفاوت کاملاً معنی‌داری داشتند. با این وجود برهمکنش بین رژیم‌های مختلف آبیاری و ارقام معنی‌دار نبود. تیمار رژیم AWD با مصرف آب ۴۴۸۱/۷۰ مترمکعب در هکتار (حدود ۳۹/۵ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب)، نسبت درآمد ناخالص به هزینه تولید (برابر با ۱/۸۹) و تنها ۷/۶ درصد کاهش سود خالص در واحد سطح (از ۴۴۹۵۷۹۱۶ به ۴۱۵۵۹۶۷۱ ریال در هکتار)، در مقایسه با دیگر رژیم‌های آبیاری (به ویژه آبیاری سنتی) بیش‌ترین کارایی را داشت. رژیم آبیاری SDC با داشتن میزان نسبت درآمد ناخالص به هزینه کل برابر با ۱/۸۶ و حدود ۴۵/۵ درصد کاهش مصرف آب نسبت به تیمار TI و ۱۱/۵ درصد کاهش سود خالص در واحد سطح (از ۴۴۹۵۷۹۱۶ به ۳۹۸۰۳۶۹۰ ریال در هکتار) در مرتبه بعدی قرار گرفت. در مجموع و به استناد به نتایج تحلیل زراعی و اقتصادی دو رژیم آبیاری AWD و SDC به‌عنوان تیمارهای برتر معرفی می‌گردند.

واژه‌های کلیدی: برنج، بهره‌وری آب، سود خالص، عملکرد، مدیریت آبیاری

*نویسنده مسئول: nsedaghat1347@gmail.com

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) از نظر مصرف آب به‌عنوان پرمصرف‌ترین گیاه به‌شمار می‌آید. بیش از ۹۰ درصد برنج دنیا در آسیا تولید و مصرف شده و اصلی‌ترین منبع اشتغال و درآمد محسوب می‌شود. برنج نسبت به سایر گیاهان زراعی تحت آبیاری، بیشترین سطح زیرکشت را دارا بوده و بازده آبیاری آن نیز نسبت به دیگر غلات کم‌تر است. به‌طوری‌که برای تولید یک کیلوگرم برنج حدوداً سه برابر گندم آب لازم است. در واقع برنج نسبت به دیگر گیاهان زراعی دو تا سه برابر آب بیش‌تری دریافت کرده و براساس برخی برآوردها حدود ۴۳-۳۴ درصد از مجموع آب آبیاری جهانی و یا ۳۰-۲۴ درصد از مجموع آب شیرین استحصالی دنیا را مصرف می‌کند (Bouman *et al.*, 2007; Qin *et al.*, 2006). این گیاه یکی از مهم‌ترین محصولات است که با محدودیت شدید سطح زیرکشت روبرو است (Silva *et al.*, 2007). در این میان، خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید برنج در چهل میلیون هکتار از اراضی کشت برنج در آسیا می‌باشد (Venuprasad *et al.*, 2007). آبیاری یکی از چندین عامل کلیدی در تعیین میزان سودآوری تولید برنج به‌شمار می‌آید (Ahmadi, 1989; Ziatabar and Talukder, 2008).

آب یکی از منابعی است که در تولید محصولات کشاورزی نقش مهمی را ایفا می‌کند و چنانچه به‌صورت صحیح مدیریت نشود محدودیت زیادی را در مصرف آب شرب و کشاورزی به‌وجود می‌آورد (Hadyan and Ghorbannezhad, 2011). کمبود آب در سال‌های اخیر به‌عنوان یک بحران، مطرح گردیده و تولید برنج را در کشور دچار چالش نموده است، لذا جهت رفع مشکل کنونی، چاره‌ای جز افزایش بهره‌وری آب و هم‌چنین استفاده بهینه از آن با کیفیت پائین وجود ندارد (Asadi *et al.*, 2008). یکی از مهم‌ترین مسائل و مشکلات در روند آبیاری بخش کشاورزی ایران، پایین بودن بازده آبیاری است. از دیگر عواملی که موجب پائینی بازده آبیاری بوده و هدر رفت بالای آب را در پی دارد، می‌توان به سنتی بودن روش‌های آبیاری، و توزیع آب (که در بسیاری از موارد غیرعلمی است) اشاره نمود (Arabzade, 2004). یکی از راه‌های غلبه بر مشکل پائین بودن بهره‌وری آب آبیاری و مصرف بیش از اندازه آب در آبیاری غرقابی، استفاده از روش آبیاری تناوبی یا تر و خشک کردن اراضی شالیزاری است. در این روش از مدیریت آبیاری به‌جای این که پای بوته‌ها دائماً در آب باشد، فقط در مواقع لزوم و به اندازه مورد نیاز، آب به گیاه داده می‌شود (Rezaie and Nahvi, 2003).

در آزمایشی این‌طور نتیجه‌گیری شد که، با اعمال مدیریت صحیح آب می‌توان، اولاً مانع کاهش عملکرد شد و ثانیاً در مصرف آب صرفه‌جویی نمود و در نتیجه بهره‌وری آب را افزایش داد (Bouman *et al.*, 2005). در تحقیقی این‌طور نتیجه گرفته شد که، کم‌آبیاری به‌عنوان یکی از راهکارها برای گسترش سطح زیرکشت گیاهان زراعی، صرفه‌جویی در مصرف آب و شیوه‌ای مطلوب برای تولید

محصول در شرایط کمبود آب معرفی شده است، به طوری که در این روش عملکرد گیاه آگاهانه کاهش داده می شود تا کاهش محصول در واحد سطح با افزایش سطح زیرکشت جبران شود (English *et al.*, 1990). بسیاری از مدیریت های آبیاری باعث کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری آب آبیاری می گردند (Lal *et al.*, 2013; Clemmens *et al.*, 2008). فرشی و دربندی (Farashi and Darbandi, 2003) براساس گزارش FAO گزارش کردند، گیاه برنج در طول فصل رشد ۷۵۰ الی ۱۵۰۰ میلی متر و به طور متوسط ۱۲۰۰ میلی متر آب نیاز دارد که با اعمال یک مدیریت صحیح می توان مقدار آن را به ۷۰۰ الی ۸۰۰ میلی متر کاهش داد.

اخیراً چندین فناوری ذخیره آب در روند تولید برنج، توسعه یافته اند (Kato *et al.*, 2006; Hayashi *et al.*, 2006; Pirmoradian *et al.*, 2004). یکی از روش های کاهش مصرف آب در برنج کاری، کشت برنج هوایی (Aerobic) می باشد. در این روش برنج نه به صورت نشاکاری بلکه مانند دیگر غلات نظیر گندم، جو و ذرت کاشته می شود. در مواقعی که بارندگی توانایی تأمین آب مورد نیاز گیاه را ندارد، آبیاری موجب افزایش رطوبت محیط ریشه به اندازه لازم خواهد شد. هزینه های زیاد کاشت، داشت و مهم تر از همه مسأله علف هرز در این سیستم می تواند باعث بروز مشکلات فراوان باشد (Mahajan *et al.*, 2008; Bouman *et al.*, 2007; Singh *et al.*, 2008). یکی از دلایل کاهش عملکرد در مدیریت های کم آبیاری را می توان به شرایط مناسب رشد و شیوع علف های هرز دانست. اما در کشور ما که آب مهم ترین عامل محدود کننده محسوب می شود اهمیت و مدیریت مصرف آن بیش از مسئله علف های هرز است؛ و نمی توان به خاطر یک یا دو وجین و کنترل علف هرز از مزایای کم آبیاری چشم پوشید و می توان با آبیاری متناوب و اعمال تناوب زراعی مناسب علف های هرز را کنترل نمود (Arabzade, 2003).

میری و همکاران (Miri *et al.*, 2012) آزمایشی را با استفاده از طرح کرت های خرد شده و کشت مستقیم برنج در شهرستان کازرون انجام دادند. پژوهش دارای پنج تیمار آبیاری (غرقابی در کل فصل رشد، تناوبی در کل فصل رشد، غرقابی تا مرحله پنجه زنی، غرقابی تا مرحله ساقه رفتن و غرقابی تا مرحله گلدهی) و سه رقم برنج (فجر، شفق و محلی چمپا) بود. رقم فجر با عملکرد ۴۵۳۸ کیلوگرم و رقم چمپا با عملکرد ۱۷۳۴ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین دانه را تولید کردند. استفاده از تیمار آبیاری تناوبی باعث کاهش ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه و وزن دانه شد. عملکرد دانه در تیمارهای آبیاری تناوبی، غرقابی تا مرحله پنجه زنی، غرقابی تا مرحله ساقه رفتن و غرقابی تا مرحله گلدهی به ترتیب ۳۰، ۲۶، ۲۶ و ۴ درصد در مقایسه با آبیاری غرقابی در کل فصل رشد کاهش یافت. در حالی که بهره‌وری مصرف آب در این تیمارها به ترتیب ۹۲، ۶۰، صفر و ۲۲ درصد

بیش تر از آبیاری غرقابی بوده است. بیش‌ترین بهره‌وری مصرف آب در تیمار آبیاری تناوبی در کل فصل رشد دیده شد.

در آزمایشی نشان داده شد که، کاربرد رژیم آبیاری تناوب خشکی و رطوبت، بهره‌وری آب را به‌طور متوسط از ۱/۰۴ کیلوگرم بر مترمکعب در رژیم آبیاری غرقابی یا سنتی به ۱/۵۲ کیلوگرم در مترمکعب در چهار استان چین، در سطح مزرعه به‌طور قابل توجهی افزایش داد (Mao, 2001; 2002). امیری و همکاران (Amiri *et al.*, 2006) گزارش کردند که، وقتی عمق آب ایستایی در مقایسه با زمانی که عمق آب در کرت زیاد بوده، در حد کم باشد عملکرد محصول بیش‌تر بوده است، چون کمی عمق آب در کرت، باعث افزایش درجه حرارت در روز و کاهش آن در شب شده و در نهایت منجر به افزایش پنجه‌زنی در گیاه و افزایش عملکرد محصول خواهد شد. مائو (Mao, 2001)، کیجن و همکاران (Kijne *et al.*, 2003)، ساجونو (Sujono, 2010) در پژوهش‌های مشابهی چنین نتیجه گرفتند که، رژیم آبیاری SWD به میزان ۱۸-۳ درصد، رژیم آبیاری AWD^۱ به میزان ۲۵-۷ درصد و رژیم آبیاری SDC^۲ به میزان ۵۰-۲۰ درصد باعث کاهش آب مصرفی برنج گردید. یوآو و همکاران (Yao *et al.*, 2012) در آزمایشات مزرعه‌ای در استان یوبی در چین به این نتایج دست یافتند که، روش AWD در مقایسه با روش مرسوم کشت برنج در سال ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ به ترتیب ۲۴ درصد و ۳۸ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی شد؛ در حالی که تفاوت ناچیزی بین عملکرد این دو سیستم کشت مشاهده گردید.

رضایی و نحوی (Rezaei and Nahvi, 2003) هشت روز را بهترین دوره تناوب برای رقم طارم هاشمی در آبیاری تناوبی با دور یکسان و عمق ۵ سانتی‌متر بدست آوردند. به‌دلیل کاهش اتلاف آب دوره تناوب ۸ روز توسط اسدی و همکاران (Asadi *et al.*, 2004) برای رقم ندا توصیه گردید. عرب‌زاده و توکلی (Arabzade and Tavakoli, 2006) در آزمایشی نتیجه گرفتند که، تیماری که پس از گذشت ۳۰ روز از مرحله بذریاشی دارای ارتفاع آب متناوب (۵۰ سانتی‌متر) در طی دوره رشد، دارای نسبت درآمد ناخالص به هزینه تولید برابر با ۱/۵۷ است و با ۲۵ درصد کاهش آب مصرفی نسبت به شاهد تنها ۸ درصد افت عملکرد دارد و سود خالص به ازای واحد آب مصرفی آن نسبت به شاهد ۱۹/۴ درصد بیش‌تر بوده است. در آزمایشی در شیراز این‌طور نتیجه‌گیری شد که، بهره‌وری آب رقم دورودزن (۵۲/۰ کیلوگرم بر مترمکعب) بیش‌ترین و ارقام کراس دم‌سیاه و عنبربو ۲۲ (با بهره‌وری ۴۰/۰ و ۳۱/۰ کیلوگرم بر مترمکعب) به ترتیب در مقام دوم و سوم قرار دارند. در ضمن رقم دورودزن، عنبربو ۲۲ و کراس دم‌سیاه با یک روز تأخیر در آبیاری (آبیاری تناوبی یک روزه) عملکرد دانه بالاتری نسبت به سایر ارقام داشتند (Abasi and Sepaskhah, 2011). در آزمایشی نشان داده شد که، می‌توان با

1- Alternate Wet and Drying

2- Semi-Dry Cultivation

حفظ رطوبت خاک در حد اشباع در مرحله‌ای از مراحل رشد و یا در تمام مراحل رشد همگام با حصول عملکرد مطلوب در مصرف آب نیز صرفه‌جویی کرد (Shi *et al.*, 2002).

گزارش‌های زیاد موجود از جمله لوئو و همکاران، (Loeve *et al.*, 2004) و روست و همکاران (Roost *et al.*, 2004) حاکی از آن است که، با اِعمال دور آبیاری بدون این که کاهش در عملکرد ایجاد شود و یا با درصد کمی کاهش در عملکرد، می‌توان در مصرف آب به میزان قابل توجهی صرفه‌جویی نمود. سینگ و همکاران (Singh *et al.*, 2013) تکنیک‌های مدیریت آبی را توصیف کردند که، سبب تولید برنج بیش‌تر با مصرف آب کم‌تر در سیستم‌های آبیاری می‌شوند و امکان حفاظت بیش‌تر از منابع آب و بهبود امنیت غذایی را فراهم می‌کند نظیر کشت اشباع خاک، تر و خشک کردن متناوب، برنج هوازی و غیره. شیردلی و یوسفیان (Shirdeli and Yosefian, 2010)، عربزاده (Arabzade, 2004)، ساجونو (Sujono, 2010) و رودریک و همکاران (Roderick *et al.*, 2011) در روند بررسی مصرف و بهره‌وری آب آبیاری برنج نتیجه گرفتند که، مدیریت‌های مختلف آبیاری نقش بسیار مهمی در صرفه‌جویی مصرف آب و هم‌چنین بهره‌وری آب آبیاری داشتند.

با توجه به بحران‌های موجود در زمینه آب در چند سال گذشته که عمدتاً ناشی از کاهش نزولات جوی در اثر تغییرات آب و هوایی و نیز افزایش تقاضا برای آب می‌باشد؛ لازم است از منابع آبی موجود به بهترین نحو استفاده گردد و با اعمال مدیریت صحیح آبیاری، بهره‌وری آب را در بخش کشاورزی تا حد ممکن افزایش داد. به‌کارگیری نتایج تحقیقات در عرصه‌های دیگری همانند کاربرد مدل‌های رایانه‌ای در توزیع آب و مدیریت شبکه، مصرف آب، رابطه آب و خاک، استفاده از روش‌های سنجش از دور در مدیریت آبیاری و تحقیقات در زمینه کم‌آبیاری نیز از ضرورت‌ها محسوب می‌شود (Salahshor *et al.*, 2009). در روند مدیریت آب مشخص می‌شود که، چه درجه‌ای از کم‌آبیاری و چه نوعی از آن باید اعمال گردد؛ که شرط لازم آن بررسی الگوی بهینه کشت، ارزش اقتصادی، زمان کم‌آبیاری، فیزیولوژی گیاه و مرفولوژی خاک است (Tavakoli, 2013). با توجه به موارد مطرح شده و اهمیت بازنگری در شیوه‌های سنتی مصرف آب و ارائه راهکارهای نوین، هدف این مطالعه افزایش بهره‌وری آب آبیاری در تولید دانه برنج و توجیه اقتصادی آن در نظر گرفته شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بهبود بهره‌وری آب و ارزیابی اقتصادی کم‌آبیاری در کشت نشایی برنج، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور (آمل) در سال ۱۳۹۰ انجام شد. تیمارهای مورد بررسی شامل دو رقم (فجر و

طارم) و چهار روش آبیاری (روش سنتی (TI)^۱، تناوب خشکی و رطوبت (AWD)، ترکیب آب کم عمق با تناوب خشکی و رطوبت (SWD) و کشت نیمه خشک (SDC)) بودند. مساحت زمین اصلی جهت نشاکاری ۵۰۰ مترمربع و شخم اولیه و ثانویه، تسطیح و ایجاد پشته‌های حدواسط بین کرت‌ها در اواخر اردیبهشت‌ماه برای تمام کرت‌ها به‌طور یکسان صورت گرفت. به‌منظور جلوگیری از تلفات نشت جانبی مرز کرت‌ها با پوشش نایلونی (به عمق ۵۰ سانتی‌متر) کاملاً پوشیده شد. کود مصرفی شامل نیترژن، فسفر و پتاس بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۱) به‌طور یکسان در کرت‌ها مصرف گردید. مقدار آب مورد نیاز برای هر کرت توسط سیستم لوله‌کشی و براساس مراحل رشد گیاه (جدول ۲) تأمین و توسط کنتور اندازه‌گیری شد.

نشاکاری با فاصله ۲۰×۲۰ سانتی‌متر در مرحله ۳-۴ برگی (ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر) در کرت‌هایی به ابعاد ۲/۵×۵ متر انجام شد. آبیاری براساس مرحله رشد گیاه و نمونه‌برداری‌های لازم (درصد رطوبت خاک در حد اشباع و زیراشباع) انجام و میزان آب مصرفی توسط کنتور اندازه‌گیری و ثبت گردید. علاوه بر این، وجین دستی در دو مرحله انجام و مبارزه با آفات و بیماری‌های برنج براساس دستورالعمل فنی مؤسسه تحقیقات برنج کشور انجام شد. آمار هواشناسی از جمله بارش، حرارت، رطوبت نسبی، سرعت باد و تبخیر از ایستگاه هواشناسی مجاور مؤسسه تحقیقات برنج کشور، معاونت مازندران (آمل) جمع‌آوری و ثبت گردید (جدول ۳). نمونه‌گیری‌ها شامل: درصد وزنی رطوبت خاک و بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب آبیاری + بارش نیز در فواصل زمانی معین، طبق استانداردهای لازم صورت گرفت. برداشت محصول پس از رسیدن و حذف حاشیه‌ها در متن هر کرت به اندازه ۲/۵ متر مربع، با توجه به ارقام مختلف در تاریخ‌های متفاوت انجام شد.

یکی از روش‌های ارزیابی مدیریت‌های مختلف آبیاری، بهره‌مندی از مدل بهینه‌سازی مصرف آب (Arabzade, 2004) براساس عملکرد محصول به ازای مقادیر مختلف آب مصرفی و داده‌های محلی (هزینه‌های تولید، محدودیت آب، قیمت محصول و غیره)، تعیین سود خالص و تعیین معادلات و ضرائب تولید و هزینه، می‌باشد. در واقع تابع تولید، رابطه‌ای است ریاضی بین میزان آب مصرفی و کل تولید ماده خشک، یا رابطه بین محصول قابل فروش در مقابل تبخیر و تعرق یا مقدار آب مصرفی در طی فصل آبیاری می‌باشد.

1- Traditional Irrigation

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک در قطعه آزمایشی (۰ تا ۳۰ سانتی متری)

بافت خاک	شش (%)	سیلت (%)	رس (%)	تسلیم قابل جذب (mg.kg ⁻¹)	فسفر قابل جذب (mg.kg ⁻¹)	نیترژن کل (mg.kg ⁻¹)	کربن آلی (%)	مواد خنثی شونده (%)	pH	EC (ds.m ⁻¹)
سیلتی لومی	۲۲	۵۴	۲۴	۱۵۰	۶/۵	۰/۲۳	۳/۴	۲۷	۶/۸۵	۲/۱۴

جدول ۲- استانداردهای کنترل آب مزرعه در روش‌های مورد آزمایش

استاندارد آب مزرعه (میلی متر)												
حد اضافی (شروع زهکشی)				حد بالای آب (پس از آبیاری)				حد پایین آب (شروع آبیاری)				مرحله رشد
SWD	SDC	AWD	TI	SWD	SDC	AWD	TI	SWD	SDC	AWD	TI	
۲۰	۲۰	۵۵	۵۰	۲۰	۱۵	۳۵	۵۰	۱۵	۵	۰	۵۰	نشاکاری
۵۰	۵۰	۵۵	۵۰	۴۰	۳۰	۳۵	۵۰	۲۰	۱۵	۰	۵۰	استقرار نشاء
۴۰	۵۰	۵۵	۵۰	۱۰	۳۰	۲۰	۵۰	۸۰/رطوبت اشباع	۰	۷۰/رطوبت اشباع	۵۰	اوایل و اواسط پنجه زنی
۴۰	۰/۲	۸۰	۵۰	۲۰	۰	۲۰	۵۰	۶۰/رطوبت اشباع	۷۰/رطوبت اشباع	۸۰/رطوبت اشباع	۵۰	اواخر پنجه زنی
۷۰	۳۰	۸۰	۵۰	۴۰	۰	۲۰	۵۰	۱۰	۷۵/رطوبت اشباع	۹۰/رطوبت اشباع	۵۰	مرحله ساقدهی تا گلدهی
۵۰	۳۰	۵۰	۵۰	۱۰	۰	۲۰	۵۰	۸۰/رطوبت اشباع	۷۰/رطوبت اشباع	۷۰/رطوبت اشباع	۵۰	مرحله شیری
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	رسیدگی کامل

جدول ۳- آنالیزهای داده‌های هواشناسی مزرعه تحقیقاتی موسسه برنج کشور (آمل) در شش ماهه سال ۱۳۹۰

ماه	درجه حرارت هوا (سانتی‌گراد)		رطوبت نسبی (درصد)		بارندگی (میلی‌متر)	تبخیر
	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه		
فروردین	۹/۷	۱۹/۷	۶۱	۹۵	۷/۶	۶۴/۸۶
اردیبهشت	۱۵/۱	۲۲/۲	۶۹	۹۴	۱۶/۳	۸۶/۰۶
خرداد	۲۰/۸	۲۸/۳	۶۲	۹۲	۱/۴	۱۳۱/۲۵
تیر	۲/۵	۳۰/۷	۶۴	۹۵	۳۹/۶	۱۴۵/۵۲
مرداد	۲۳/۴	۳۳/۱	۵۸	۹۴	۴۵/۰	۱۵۷/۱۴
شهریور	۲۰/۰	۲۷/۹	۶۳	۹۵	۸۹/۴	۱۲۲/۰۵

برای ارزیابی اقتصادی، هزینه‌های تولید شامل هزینه‌های ثابت و متغیر تعیین و با توجه به میزان عملکرد شلتوک، درآمد ناخالص و سپس سود خالص تعیین شد. متوسط هزینه آب آبیاری برابر ۲۰۳۰ ریال بر مترمکعب (Mazandaran Regional Water, 2011) و متوسط فروش محصول به ترتیب ۲۵۰۰۰ و ۱۶۰۰۰ ریال به ازای هر کیلوگرم برنج سفید رقم طارم محلی و رقم فجر (۶۶ درصد عملکرد شلتوک) بوده است. شاخص‌هایی از جمله نسبت درآمد ناخالص به کل هزینه تولید (B/C)، سود خالص به ازای واحد آب مصرفی تیمارهای آبیاری تعیین گردید (Rice Research Institute and Agriculture Organization of Mazandaran Province, 2011). برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم افزار SAS و برای مقایسه میانگین تیمارها از طریق آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول‌های ۴ و ۵) نشان داد که، ارقام مورد استفاده از نظر میزان عملکرد، مصرف آب، هزینه آب آبیاری، هزینه تولید بدون آب آبیاری و درآمد ناخالص تفاوت کاملاً معنی‌داری دارند؛ ولی نسبت قیمت واحد آب به واحد فروش محصول (Pw/PC)، سود خالص و نسبت درآمد ناخالص به کل هزینه تولید (B/C) تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. هم‌چنین مدیریت‌های مختلف آبیاری از نظر میزان عملکرد، آب مصرفی، هزینه کل، هزینه آب آبیاری و نسبت قیمت واحد آب به واحد فروش محصول تفاوت کاملاً معنی‌داری داشته و در بقیه صفات معنی‌دار نشد. براساس نتایج برهمکنش بین رقم و رژیم آبیاری، دو رقم بومی و اصلاح شده پاسخ یکسانی به رژیم‌های مختلف آبیاری نشان دادند.

نتایج برخی پژوهش‌ها نشان می‌دهد که، بسته به شرایط اقلیمی، غرقاب دائم برنج در تمام مراحل رشد ضرورت ندارد؛ بلکه در بعضی از مراحل رشد، می‌توان گیاه را تحت تأثیر تنش آبی به‌صورت کاهش ارتفاع آب ایستابی در کرت و خشکاندن خاک در حد اشباع قرار داد، بدون این که عملکرد کاهش چشم‌گیری پیدا کند (Xiaoguang *et al.*, 2005). بویان و همکاران (Bhuyan *et al.*, 2012) طی آزمایشی به این نتایج دست یافتند که، استفاده از آبیاری جویچه‌ای ۴۲ درصد باعث صرفه‌جویی در مصرف آب شده و عملکرد دانه را ۱۶ درصد نسبت به روش سنتی افزایش می‌دهد. گزارش‌های دیگر حاکی از آن است که نشاء برنج به‌صورت جوی پشته‌ای سبب ۱۵ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب در مقایسه با روش سنتی شده بدون این که عملکرد آن کاهش قابل ملاحظه‌ای یابد (Lal *et al.*, 2013; Sandhu *et al.*, 2012). گزارش شده است که، آبیاری تناوبی در مقایسه با غرقاب پیوسته، با صرفه‌جویی آب ورودی به میزان ۲۶/۰۷ درصد شاخص بهره‌وری آب را به میزان ۳۷/۶ درصد افزایش می‌دهد (Arif *et al.*, 2013). هم‌چنین عملکرد و اجزای عملکرد بهتری را نتیجه داد. بنابراین به این نتیجه رسیدند که، آبیاری متناوب راهی مناسب جهت افزایش کارایی مصرف آب بدون کاهش عملکرد در اندونزی است (Arif *et al.*, 2013). آریف و همکاران (Arif *et al.*, 2013) اظهار داشتند که، آبیاری تناوبی باعث کاهش مصرف، نفوذ آب و رواناب، ایجاد شرایط هوازی، فعالیت بیش‌تر گیاه، ریشه بزرگ‌تر و عمیق‌تر می‌شود (Arif *et al.*, 2013).

بنابراین در شرایط خشکسالی با داشتن آب مطمئن می‌توان با هر یک از روش‌های کم‌آبیاری، در مصرف آب صرفه‌جویی نمود؛ و سطح بیشتری را به زیرکشت برنج برد؛ و در نهایت بهره‌وری آب را افزایش داد. هم‌چنین در این شرایط با بالا رفتن درجه حرارت، میزان مصرف آب، تعداد دفعات آبیاری، هزینه کارگری و سایر هزینه‌ها افزایش خواهد یافت. در نتیجه در صورت داشتن آب مطمئن می‌توان با اعمال روش‌های کم‌آبیاری، گیاه برنج را حفظ نموده و عملکرد مناسبی به‌دست آورد. به عبارت دیگر، کاهش آگاهانه محصول در واحد سطح با افزایش سطح زیرکشت جبران می‌شود. در حالی که، در ترسالی به علت در دسترس بودن آب می‌توان از روش سنتی یا غرقابی نسبت به روش‌های کم‌آبیاری برای آبیاری برنج استفاده نموده و از مزایای آن بهره جست. هم‌چنین کیفیت آب نیز بر انتخاب گزینه روش‌های آبیاری برنج موثر خواهد بود. به‌عنوان مثال اگر آب شور باشد نیاز به ارتفاع آب بیشتری پای بوته برنج بوده تا شوری آب آبیاری کم گردد و عملکرد شلتوک برنج کمتر دچار خسارت شوری واقع شود. در نتیجه آبیاری غرقابی یا سنتی با آب شور بر دیگر روش‌های آبیاری ارجحیت خواهد داشت. در این پژوهش از آب چاه عمیقی استفاده شده که از کیفیت بالایی برخوردار بوده است. در هر صورت، روش AWD کم هزینه‌ترین روش آبیاری تناوبی است. و هر چه سطح وسیع‌تر باشد، هزینه کمتر خواهد شد.

جدول ۴- میانگین مربعات صفات مرتبط با میزان هزینه‌ها و درآمد ناخالص در رژیم‌های مختلف آبیاری

P_{W/P_C}	درآمد ناخالص	هزینه تولید بدون آب آبیاری	هزینه آب آبیاری	هزینه کل	عملکرد شلوتوک	درجه آزادی	منبع تغییرات
۰/۰۰۱	۳/۵۱	۱۴۲۲۱۴۵۷۲۹۱	۳/۹۱	۳/۵۲	۲۵۲۷۳۳۱۸۷	۲	بلوک
۰/۰۰۰۱ ^{ns}	۲/۴۱ ^{**}	۴۹۰ ^{**}	۳/۱۴ ^{**}	۷/۶۹ ^{**}	۱۲۴۲۴۶۸۵۲۰۴ ^{**}	۱	رقم
۰/۰۱ ^{**}	۳/۱۷ ^{ns}	۱/۶۶ ^{**}	۵/۵۶ ^{**}	۴/۳۷ ^{**}	۱۸۳۲۵۵۹۱۵ [*]	۳	آبیاری
۰/۰۰۰۲ ^{ns}	۷/۷۱ ^{ns}	۳۲۹۸۲۵۵۲۱۳۷۵ ^{ns}	۶۰۲۴۹۴۹۳۲۸۳ ^{ns}	۱/۵۷ ^{ns}	۵۹۰۳۹/۱۵ ^{ns}	۳	رقم×آبیاری
۰/۰۰۰۴	۷/۴۱	۶۷۱۵۰۶۱۹۲۶۹	۱/۵۴	۱/۳۹	۶۳۵۰۷۶۶۴	۱۴	خطا
۸/۸۶	۹/۸۰	۰/۶۸	۱۱/۳۹	۲/۴۲	۱۱/۴	-	ضریب تغییرات (درصد)

^{ns} و ^{**} به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

؟: نسبت قیمت واحد آب به واحد فروش محصول (P_{W/P_C})

جدول ۵- میانگین مربعات صفات مرتبط با میزان درآمد و هزینه‌ها در رژیم‌های مختلف آبیاری

B/C^{Δ}	سود خاص	هزینه تولید	درآمد ناخالص	درآمد	آب مصرفی	درجه آزادی	منبع تغییرات
۰/۱۰	۳/۰۷	۳/۵۲	۳/۵۱	۳/۵۱	۹۴۷۹۳۶/۰۹	۲	بلوک
۰/۰۰۰۱ ^{ns}	۴/۵۶ ^{ns}	۷/۷۰ ^{**}	۲/۴۱ ^{**}	۲/۴۱ ^{**}	۷۶۲۰۰۵۲۷۴ ^{**}	۱	رقم
۰/۱۲ ^{ns}	۲/۴۷ ^{ns}	۴/۳۷ ^{**}	۳/۱۷ ^{ns}	۳/۱۷ ^{ns}	۱۳۴۸۱۷۰۷۷۵ ^{**}	۳	آبیاری
۰/۰۰۳ ^{ns}	۴/۶۳ ^{ns}	۱/۵۷ ^{ns}	۷/۷۱ ^{ns}	۷/۷۱ ^{ns}	۱۴۶۲۰۴۵۹ ^{ns}	۳	رقم×آبیاری
۰/۳۲	۸/۰۴	۱/۳۹	۷/۴۱	۷/۴۱	۳۷۴۱۷۵۸۰	۱۴	خطای آزمایشی
۹/۹۷	۲۳	۲/۴۲	۹/۸۰	۱۷/۴۷	۱۷/۴۷	-	ضریب تغییرات (درصد)

^{ns} و ^{**} به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

؟: نسبت درآمد ناخالص به کل هزینه تولید (B/C)

خلاصه نتایج تحلیل اقتصادی شامل میزان آب مصرفی، عملکرد شلتوک، هزینه کل، هزینه تولید بدون احتساب آب آبیاری، درآمد ناخالص و نسبت هزینه آب آبیاری به هزینه کل (Pw/PC) در جدول‌های ۶ و ۷ آورده شده است. رقم فجر از نظر آب مصرفی، عملکرد شلتوک، هزینه کل، هزینه آب آبیاری و هزینه تولید بدون احتساب آب آبیاری و سود خالص نسبت به رقم طارم دارای مقدار بیش‌تری است. به نظر می‌رسد طول دوره رشد بیش‌تر، میان‌رس و پرمحصول بودن رقم فجر بخشی از این اختلاف را توجیه می‌کند؛ در حالی که نسبت قیمت واحد آب به واحد فروش محصول (Pw/PC) رقم طارم بیش‌تر از رقم فجر می‌باشد. با توجه به جدول ۶، هزینه کل تولید، هزینه آب آبیاری، هزینه تولید بدون احتساب آب آبیاری، درآمد ناخالص و نسبت قیمت واحد آب آبیاری (متر مکعب) به قیمت واحد فروش محصول (کیلوگرم) برای تیمار TI بیش‌تر از دیگر مدیریت‌های مختلف آبیاری است؛ ولی برای گزینش تیمار برتر جنبه‌های دیگر نیز باید بررسی شود.

با افزایش هزینه‌های آب مصرفی، عملکرد و میزان سود خالص در هکتار اندکی افزایش می‌یابد؛ اما با صرفه‌جویی در مصرف آب می‌توان کمبود آب در الگوهای جدید کشت (۲-۳ کشت) را جبران نمود. امیری و همکاران (Amiri et al., 2006) به این نتیجه دست یافتند که، با کم‌کردن آب مصرفی به میزان ۳۲ درصد، عملکرد برنج ۱۳ درصد کاهش خواهد یافت و راندمان آبیاری و بهره‌وری آب به ترتیب $0/82-0/3$ و $0/75-0/3$ گرم دانه برای هر لیتر آب بدست آمد. هم‌چنین با توجه به میزان آب ورودی (آبیاری و بارندگی) به مزرعه به این نکته اشاره کردند که، با افزایش میزان آبیاری به بیش از ۸۰۰ میلی‌متر، هیچ‌گونه افزایش عملکردی ملاحظه نمی‌شود. تانگ و بومان (Tuong and Buman, 2003) عنوان نمودند که، مقدار زیادی از آب را می‌توان به‌وسیله فناوری‌های نوین آبیاری که نفوذ و تبخیر را کاهش می‌دهد، افزایش داد. با کاشت برنج در خاک اشباع می‌توان به میزان ۳۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی نمود؛ در حالی که عملکرد محصول حداقل ۱۰-۵ درصد کاهش می‌یابد.

در جدول ۷ مقدار درآمد ناخالص، هزینه تولید، سود خالص در رقم فجر بیش‌تر از رقم طارم می‌باشد؛ در حالی که مقدار سود خالص مدیریت آبیاری TI بیش‌تر از دیگر مدیریت‌های آبیاری است؛ اما با روند افزایش قیمت آب و محدودیت بیش‌تر آن این روند معکوس خواهد شد؛ به طوری که سود خالص رژیم‌های آبیاری SWD، SDC و AWD بیش‌تر از تیمار شاهد خواهد شد. در واقع در شرایطی که قیمت آب مصرفی کم است، رژیم آبیاری TI ارجحیت دارد؛ ولی با توجه به افزایش هزینه‌های آب مصرفی، محدودیت منابع آب، افزایش دمای سالانه کره زمین و بروز خشکسالی در آینده و رغبت کشاورزان به چند کشتی، رژیم‌های آبیاری SWD، SDC و AWD برتری خاصی می‌یابند. رژیم آبیاری AWD دارای بیش‌ترین میزان نسبت درآمد ناخالص به هزینه کل (۱/۸۹) می‌باشد و با حدود ۳۹/۵ درصد کاهش مصرف آب نسبت به تیمار TI فقط حدود ۸/۹ درصد کاهش عملکرد و ۷/۶ درصد

کاهش سود خالص در واحد سطح (از ۴۴۹۵۷۹۱۶ به ۴۱۵۵۹۶۷۱ ریال در هکتار) نشان می‌دهد. رژیم آبیاری SDC با داشتن میزان نسبت درآمد ناخالص به هزینه کل (۱/۸۶) می‌باشد و با حدود ۴۵/۵ درصد کاهش مصرف آب نسبت به تیمار TI فقط حدود ۱۱/۹ درصد کاهش عملکرد و ۱۱/۵ درصد کاهش سود خالص در واحد سطح (از ۴۴۹۵۷۹۱۶ به ۳۹۸۰۳۶۹۰ ریال در هکتار) در رتبه دوم قرار می‌گیرد. در حالی که رژیم آبیاری SWD دارای نسبت درآمد ناخالص به هزینه تولید ۱/۶۱ و افت سود خالص حدود ۳۳/۳ درصد می‌باشد.

صداقت (Sedaghat, 2015) در آزمایشی نتیجه گرفت که، تیمار اشباع با داشتن سود خالص (۸۹۲۱۵۰۸۰ ریال) و نسبت درآمد ناخالص به هزینه کل (۳/۰۵) به‌عنوان تیمار بهینه می‌باشد. این نتایج با یافته‌های عرب‌زاده (Arabzade, 2004) مطابقت دارد. تابع تولید یک مفهوم کلی و کاربردی است که رابطه بین واکنش گیاه به عوامل و نهاده‌های مختلف تولید آب، کود، خاک، انرژی و سایر شرایط و عوامل زراعی را بیان می‌کند. براساس داده‌های آب مصرفی-عملکرد تابع تولید به‌ترتیب برای ارقام طارم محلی (معادله ۱) و فجر (معادله ۲) برآورد گردید. تابع برازش داده شده از نوع درجه دو به صورت زیر بدست آمده است.

$$Y = 0.0003W^2 - 3.2879W + 12332 \quad (1)$$

$$R^2 = 0.9856$$

$$Y = 0.0002W^2 - 2.7931W + 16938 \quad (2)$$

$$R^2 = 0.642$$

W: آب مصرفی بر حسب مترمکعب در هکتار Y: عملکرد بر حسب کیلوگرم در هکتار

لذا به استناد تحلیل زراعی و اقتصادی رژیم‌های آبیاری SDC و AWD به‌عنوان تیمارهای برتر معرفی می‌گردند. طبق بررسی‌های به‌عمل آمده در رژیم‌های آبیاری انتخاب گزینه برتر با تلفیق تحلیل زراعی و اقتصادی قابل حصول است. آنچه قطعی به‌نظر می‌رسد عدم غرقاب دایم در مقایسه با غرقاب متناوب و برنامه‌ریزی شده (کنترل علف‌های هرز) و اکتفا به اشباع و زیراشباع می‌باشد و همسو با نتایج بعضی محققین (Arabzade, 2004؛ Mao, 2001؛ Yosefian, 2010؛ Sandhu, 2010؛ Roderick et al., 2011) ضرورت ندارد تمام مراحل رشد برنج به صورت غرقاب باشد و می‌توان در بعضی از مراحل رشد گیاه برنج را در معرض کم‌آبی قرار داد بدون اینکه در عملکرد برنج کاهش قابل توجهی مشاهده شود.

نشریه تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی / دوره سوم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۹۵

جدول ۶- میزان درآمد، هزینه‌ها و سود ناخالص در رژیم‌های مختلف آبیاری (ریال در هکتار)

P _W /P _C	درآمد ناخالص	هزینه تولید		هزینه کل	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)	پارامترها
		بدون آب آبیاری	هزینه آب آبیاری				
۰/۲۳ ^a	۷۷۸۱۵۳۷۵ ^b	۴۲۳۷۶۴۲۱ ^b	۹۷۵۱۶۰۶ ^b	۴۳۰۹۱۸۷۷ ^b	۴۷۱۶/۱۱ ^b	۴۸۰۳/۷۰ ^b	رقم طارم
۰/۲۱ ^a	۹۷۸۵۶۰۰۰ ^a	۳۳۳۴۰۲۷۱ ^a	۱۲۰۳۹۳۰۷ ^a	۵۴۴۱۵۷۲۸ ^a	۹۳۶۶/۷۳ ^a	۵۹۳۰/۷۰ ^a	رقم فجر
آبیاری							
۰/۲۹ ^a	۹۷۱۵۱۸۰۰ ^a	۳۷۱۷۱۰۷۰ ^c	۱۵۰۴۲۸۱۴ ^a	۵۲۲۱۳۸۸۴ ^a	۷۶۹۴ ^a	۷۴۱۰/۳۰ ^a	T ₁
۰/۱۹ ^c	۸۸۳۸۷۲۰۰ ^{ab}	۳۷۷۲۹۵۸۳ ^b	۹۰۹۷۸۴۶ ^c	۴۶۸۲۷۵۲۹ ^c	۷۰۵۶ ^{ab}	۴۴۸۱/۷۰ ^c	AWD
۰/۲۳ ^b	۷۹۵۷۴۰۰۰ ^b	۳۸۳۳۲۹۶۰ ^a	۱۱۲۳۴۷۷۸ ^b	۴۹۵۶۷۷۳۸ ^b	۶۳۵۸/۷۲ ^b	۵۵۳۴/۴۰ ^b	SWD
۰/۱۸ ^c	۸۶۲۰۹۷۵۰ ^b	۳۸۱۹۹۷۷۱ ^a	۸۲۰۶۲۸۹ ^c	۴۶۴۰۶۰۶۰ ^c	۶۸۵۶/۸۴ ^a	۴۰۴۲/۵۰ ^c	SDC

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون LSD).

جدول ۷- نسبت درآمد ناخالص به هزینه تولید (B/C) با احتساب قیمت آب مصرفی بر حسب ۲۰۳۰ ریال بر مترمکعب

B/C	سود خالص	هزینه تولید	درآمد ناخالص	آب مصرفی (متر مکعب)	پارامترها
۱/۸۱ ^a	۳۴۷۲۳۴۹۸ ^b	۴۳۰۹۱۸۷۷ ^b	۷۷۸۱۵۳۷۵ ^b	۴۸۰۳/۷۰ ^b	رقم طارم
۱/۸۰ ^a	۴۳۴۴۰۲۷۲ ^a	۵۴۴۱۵۷۲۸ ^a	۹۷۸۵۶۰۰۰ ^a	۵۹۳۰/۷۰ ^a	رقم فجر
آبیاری					
۱/۸۷ ^a	۴۴۹۵۷۹۱۶ ^a	۵۲۲۱۳۸۸۴ ^a	۹۷۱۵۱۸۰۰ ^a	۷۴۱۰/۳۰ ^a	T ₁
۱/۸۹ ^a	۴۱۵۵۹۶۷۱ ^a	۴۶۸۲۷۵۲۹ ^c	۸۸۳۸۷۲۰۰ ^{ab}	۴۴۸۱/۷۰ ^c	AWD
۱/۶۱ ^b	۳۰۰۶۲۶۲ ^b	۴۹۵۶۷۷۳۸ ^b	۷۹۵۷۴۰۰۰ ^b	۵۵۳۴/۴۰ ^b	SWD
۱/۸۶ ^a	۳۹۸۰۳۶۹۰ ^{ab}	۴۶۴۰۶۰۶۰ ^c	۸۶۲۰۹۷۵۰ ^b	۴۰۴۲/۵۰ ^c	SDC

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون LSD).

نتیجه‌گیری

سطح بهینه اقتصادی تولید در نقطه حداکثر نیست؛ بلکه پایین‌تر از آن قرار دارد و آب به‌عنوان یک نهاده مهم اقتصادی در توسعه کشاورزی و افزایش تولید ناخالص ملی از این قانون مستثنی نیست؛ بدین معنی که، سطح بهینه اقتصادی آن نه در نقطه حداکثر عملکرد محصولات زراعی، بلکه در مقادیری است که توجیه اقتصادی و سود بیش‌تری را برای کشاورز حاصل نماید. به‌طور کلی قبل از توصیه اعمال روش‌های صرفه‌جویی آب در تولید برنج، باید رابطه بین تولید محصول کم‌تر و بهره‌وری

بیش‌تر با پارامترهای اقتصادی به‌صورت کمی درآید. نتایج این تحقیق در مجموع نشان داد که، گیاه برنج از نظر آبیاری نیازی به غرقاب دائم نبوده و در مواقعی که در معرض خشکسالی قرار گرفت با داشتن آب مطمئن، می‌توان ضمن حفظ عملکرد در شرایط زارع، با صرفه‌جویی در مصرف آب، سطح بیش‌تری را از نظر آبیاری به‌خود اختصاص داد. براساس نتایج حاصل از پژوهش حاضر، نیازی به ارتفاع زیاد آب در سطح شالیزاری نبوده و می‌توان با توجه به شرایط منطقه و در صورت داشتن آب مطمئن، یکی از رژیم‌های آبیاری AWD و SDC را در روند رشد برنج اعمال نمود و از مزایای آن شامل صرفه‌جویی در مصرف آب (به مقدار حداقل ۳۰۰۰ تا حداکثر ۳۴۰۰ مترمکعب در هکتار)، افزایش بهره‌وری و در نهایت کاهش هزینه تولید و افزایش درآمد کشاورزان بهره‌مند شد. رژیم آبیاری AWD و SDC یک جایگزین مناسب برای تولید برنج است و کاهش قابل توجه در هزینه‌های متغیر تولید از طریق کاهش مصرف آب بدون کاهش در عملکرد قابل دسترسی است. در واقع سود خالص دو رژیم فوق‌الذکر به‌ترتیب ۴۱۵۵۹۶۷۱ و ۳۹۸۰۳۶۹۰ ریال و نسبت درآمد ناخالص به هزینه کل به‌ترتیب ۱/۸۹ و ۱/۸۶ به‌عنوان تیمار بهینه انتخاب شدند. با این وجود با توجه به نوپا بودن چنین سیستم‌هایی نیاز به مطالعه بیش‌تر برای حصول اطمینان از نتایج به دست آمده ضروری است.

منابع

- Abbasi M.R., Sepaskhah A.R. 2011. Response of different rice cultivars (*Oryza sativa*) to water-saving irrigation in green house conditions. *International Journal of Plant Production*, 5 (1): 37-48.
- Ali M.H., Talukder M.S.U. 2008. Increasing water productivity in crop production- A synthesis. *Agriculture Water Management*, 95: 1201-1213.
- Amiri A., Kave F., Kavosi M., Mosavi Jahromi S.H. 2006. Irrigation management in rice fields. *National Conference on Irrigation and Drainage Networks Management*, Shahid Chamran University of Ahvaz. (In Persian).
- Arabzadeh B. 2003. Study the regulated deficit irrigation in transplanted rice Fajer cultivar. *Rice Research Institute Publications*, 17 p. (In Persian).
- Arabzadeh B. 2004. Study the regulated deficit irrigation in transplanted rice Fajer cultivar. *Rice Research Institute Publications*, 24 p. (In Persian).
- Arabzadeh B., Tavakoli A.R. 2006. Economic analysis of deficit irrigation management for rice in direct dry seeded farming. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 7 (26): 99-110. (In Persian).
- Arif C., Setiawan B.I., Sofiyuddin H.A., 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.

- Asadi R., Nasiri M., Mohammadian M. 2008. Management of Optimum Water Consumption in Paddy (low water condition). Asre Mandegar Press, 12 p. (In Persian).
- Asadi R., Rezaii M., Motaghd K. 2004. A simple solution to deal in Mazadaran paddies. Extension Journal and Agriculture Drought, 14: 87-90. (In Persian).
- Bhuyan M.H.M., Ferdousi-Mst R., Iqbal T. 2012. Yield and growth response to transplanted aman rice under raised bed over conventional cultivation method. International Scholarly Research Network, 8 p.
- Bouman B.A.M Peng S., Castaneda A.R., Visperas R.M. 2005. Yield and water use of irrigated tropical aerobic rice systems. Agricultural Water Management, 74: 87-105.
- Bouman B.A.M., Lampayan R.M., Tuong T.P. 2007. Water management in irrigated rice: coping with water scarcity. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, 54 p.
- Clemmens A.J. Allen R.G. Burt C.M. 2008. Technical concepts related to conservation of irrigation and rainwater in agricultural systems. Water Resources Research, 44: 1-16.
- English M.J., James L. 1990. Deficit irrigation, observation on Colombia basin, ASCE. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 116: 413-426.
- Farshi E.A., Darbandi S. 2003. Irrigation management in farm. National Committee of Irrigation and Drainage, 178 p. (In Persian).
- Ghadami Firozabadi E., Parvizi K.H. 2011. Effect of deficit irrigation on yield and water use efficiency of tape drip irrigation potato clones. Journal of Water Research in Agriculture, 24 (3): 133- 144. (In Persian).
- Hadian S.H., Ghorbannejad A. 2011. Management of optimized water use in the rice fields. Publications of Mazandran Agriculture Extension Management, 23 p. (In Persian).
- Hayashi S., Kamoshita A., Yamagishi J. 2006. Effect of planting density on grain yield and water productivity of rice (*Oryza sativa* L.) grown in flooded and non-flooded fields in Japan. Plant Production Science, 9 (3): 298-311.
- Kato Y., Kamoshita A., Yamagishi J., Abe J. 2006. Growth of three rice (*Oryza sativa* L.) cultivars under upland conditions with different levels of water supply I. Nitrogen content and dry matter production. Plant Production Science, 9 (4): 422-434.
- Kijne J.W., Barker R., Molden D. 2003. Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement. CAB International, Wallingford, UK.
- Lal B., Priyanka G., Ekta J. 2013. Different rice establishment methods for producing more rice per drop of water: A Review. International Journal of Research in Bio-Sciences, 2 (2): 1-12.
- Loeve R., Barker R., Dawe D., Lin H. Bin D. 2004. Growing more rice with less water: an overview of research in liuyuankou irrigation system. Henan

- Province, China. Available on the Url: www.iwmi.cgiar.org/Assessment/proceedings/IWMI-Paper-RLoeve.doc
- Mahajan G., Bharaj T.S., Timsina J. 2008. Yield and water productivity of rice as affected by time of transplanting in Punjab, India. *Agricultural Water Management*, 96: 525-532.
- Mao Z., Cui Y.L. 2001. Irrigation techniques of water-efficient and sustainable hamper yield for paddy rice. Program Report for 1997-2000, Wuhan University, China, 110 p.
- Mao Z. 2002. Water efficient irrigation and environmentally sustainable irrigated rice production in China. Department of Irrigation and Drainage, Wuhan University, China, 15 p.
- Miri H.R., Niakan V., Bagheri A.R. 2012. Effect of alternating irrigation on yield, yield components and water productivity in direct seeding of rice in Kazerun region. *Journal of Crop Production and Processing*, 2 (5): 13-27. (In Persian).
- Pirmoradian N., Sepaskhah A.R., Maftoun M. 2004. Deficit irrigation and nitrogen effects on nitrogen-use efficiency and grain protein of rice. *Agronomy*, 24: 143-153.
- Qin J., Hu F., Zhang B., Wei Z., Li H. 2006. Role of straw mulching in non-continuously flooded rice cultivation. *Agriculture Water Management*, 83: 252-260.
- Rezaii M., Nahvi M. 2003. Effect of irrigation period on rice yield. Proceedings of the 11 Conference on Irrigation and Drainage of Tehran, 8 p. (In Persian).
- Roderic M.R., Florencia G.P., Divina G.P., Rodriguez R.M.L., Bouman B.A.M. 2011. Impact of the alternate wetting and drying (AWD) water-saving irrigation technique: Evidence from rice producers in the Philippines. *Food Policy*, 36 (2): 280-288.
- Roost N., Molden D., Zhu, Z., Loeve R. 2004. Identifying water saving opportunities examples from three irrigation districts in China's yellow river and yangtze basins. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.
- Sandhu S.S., Mahal S.S., Vashist K.K., Buttar G.S., Brar A.S., Singh M. 2012. Crop and water productivity of bed transplanted rice as influenced by various levels of nitrogen and irrigation in northwest India. *Agricultural Water Management*, 104: 32-39.
- Sedaghat M., 2015. Water productivity in Innovative methods of rice cultivation. M.Sc. Thesis, University of Shahid Bahonar of Kerman, 99 p.
- Selahshor Delivand F., Nazemi A.H., Yazdani M.R. 2009. Impeoving the management of water distribution in paddy fields. 12th Conference of the National Committee on Irrigation and Drainage, Pp: 314-319. (In Persian).
- Shi Q., Zeng X., Li M., Tan X., Xu F. 2002. Effects of Different Water Management Practices on Rice Growth. In: B. Bouman, H. Hengsdijk, B.

- Hardy, P.S. Bindraban, T.P. Tuong, J.K. Ladha. (Eds.). Water-wise Rice Production. Proceedings of the International Workshop, 8-11 April 2002, Los Banos, Philippines, IRRI, WUR.
- Shirdeli A., Hesaniha H., Yosofiyani M. 2010. Study the water productivity in transplanted rice. 14th National Conference of Rice, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, 11 p. (In Persian).
- Silva M.A., gifton J.L., Da silva J.A.G., Sharma V. 2007. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19: 193-201.
- Singh S., Ladh J.K., Gupt R.K., Bhushan L., Raob A.N. 2008. Weed management in aerobic rice systems under varying establishment methods. *Crop Protection*, 27: 660-671.
- Singh S.U.N., Shukla I.M., Khan S.A., Pawar K., Srivastawa D., Sisodia V.A.N.D.A.N.A., Singh L. B., Jerman L.B., Singh S. 2013. Technologies for water-saving irrigation in rice. *International Journal of Agriculture and Food Science Technology*, 4 (6): 531-536.
- Sujono J. 2010. Flood reduction function of paddy rice fields under different water saving irrigation techniques. *Water Resource and Protection*, 2: 555-559.
- Tevakoli A. 2003. Low Irrigation. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage Publication, 13 p. (In Persian).
- Tevakoli A. 2013. Water deficit and supplemental irrigation management wheat in the Selseleh city. *Journal of Water Research in Agriculture*, 27 (2): 590-600. (In Persian).
- Tuong T.P., Buman B.A.M. 2003. Rice Production in Water Scarce Environments. In: J.W., Kijne, R., Barker, D., Molden. (Eds.). *Water Productivity in Agriculture, Limits and Opportunities for Improvement*, International water management Institute, Colombo, Sri Lanka, Pp: 53- 67.
- Venuprasad R., Lafitte H.R., Atlin G.N. 2007. Response to direct selection for grain yield under drought stress in rice. *Crop Science*, 47:285-293.
- Xiaoguang Y., Bouman B.A.M., Huaqi W., Zhimin W., Junfang Z., Bin C. 2005. Performance of temperate aerobic rice under different water regimes in North China. *Agricultural Water Management*, 74: 107-122.
- Yao F., Huang J., Cui K., Nie L., Xiang J., Liu X., Wu W., Chen M., Peng S. 2012. Agronomic performance of high-yielding rice variety grown under alternate wetting and drying irrigation. *Field Crops Research*, 126: 16-22.
- Yosofiyani M. 2011. Study the Water productivity in transplanted rice (cultivars of Tarom and Shiroudi). M.Sc. Thesis of Irrigation and Drainage, University of Zanjan, 89 p. (In Persian).
- Zieatabare Ahmadi M.K.H. 1989. *Irrigation Rice*. University of Mazandran Press, 43 p. (In Persian).

