

The Effect of Drip Strips Irrigation (Tape) on Physical and Economic Productivity of Paddy Fields in Sari City

GHASEM GHOLINEZHAD¹, MOHAMMAD ALI GHOLAMI SEFIDKOUHI^{1*}, SEYYED YOUSEF MOSAVI TOGHANI²

1. Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineerin, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.

2. Department of Agronomy, Faculty of Agronomy Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.

(Received: Aug. 9, 2020- Revised: Sep. 26, 2020- Accepted: Oct. 13, 2020)

ABSTRACT

Population growth, climate change and improper management, have caused a water shortage crisis in the world and especially in Iran. So it is necessary to change attitudes in irrigation management from the emphasis on production per unit area to maximize production per unit of water consumption. The aim of this study was to investigate and evaluate the effect of localized irrigation tape (TIP) on water productivity (CPD) and water economic productivity (NBPD) in paddy fields. The experiment was carried out as a split plot design with three replications in 2019-2020 crop year. In this experiment, the main factor was irrigation method including flood irrigation (FI) and three levels of deficit irrigation; 25, 50 and 100 cm tape space (TP25, TP50, TP100) and the sub-factor was two rice cultivars; Amir and Fajr. Results showed that the highest values of CPD of water consumption and water delivery and NBPD were corresponded to TP25 irrigation treatment for both cultivars. The highest CPD of water consumption was 0.66 and 0.94 kg/m³ in Amir and Fajr cultivars, respectively, and the highest CPD of irrigation water was 0.74 and 1.07 kg/m³ in Amir and Fajr cultivars, respectively. Also, the highest NBPD in Amir and Fajr cultivars were 32107 and 40852 Rials per cubic meter, respectively. The TP25 irrigation treatment increased NBPD in Amir and Fajr cultivars 36 and 63%, respectively. Also, in average about 4500 cubic meters per hectare of water will be saved annually. Therefore, this irrigation treatment increases water productivity of water consumption and water delivery and also economic benefits in both cultivars.

Keywords: Economic Water Productivity, Rice, Deficit Irrigation, Rice Yield.

اثرات آبیاری موضعی نواری بر بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در اراضی شالی‌زاری شهرستان ساری

قاسم قلی‌نژاد بهنمیری^۱، محمدعلی غلامی سفیدکوهی^{۱*}، سید یوسف موسوی طغانی^۲

۱. گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زارعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

۲. گروه زراعت، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۵/۱۹ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۷/۵ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۷/۲۲)

چکیده

افزایش جمعیت، تغییرات اقلیم و مدیریت نادرست باعث بروز بحران کم آبی در جهان و به‌خصوص ایران شده است. از این رو لازم است تغییر نگرش در مدیریت آبیاری از تاکید بر تولید در واحد سطح به بهینه‌سازی عملکرد در واحد آب مصرفی تغییر نماید. این پژوهش با هدف بررسی و ارزیابی اثر آبیاری موضعی نواری (تیپ) بر بهره‌وری فیزیکی آب (CPD) و سودمندی اقتصادی آب (NBPD) در اراضی شالی‌زاری و محصول برنج انجام شد. آزمایش به صورت طرح کرت‌های خرد شده در سه تکرار در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ به اجرا درآمد. در این آزمایش، عامل اصلی روش آبیاری در چهار سطح آبیاری غرقابی (FI) و سه سطح کم‌آبیاری شامل ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سانتی‌متر فاصله لوله‌های فرعی (TP25، TP50، TP100) و عامل فرعی در دو سطح ارقام امیر و فجر انتخاب شد. یافته‌ها نشان می‌دهد تیمار آبیاری TP25 باعث شد تا بیش‌ترین مقادیر شاخص‌های CPD آب مصرفی، CPD آب آبیاری و NBPD در ارقام مورد بررسی اتفاق افتد. بالاترین مقدار CPD آب مصرفی به ترتیب در ارقام امیر و فجر ۰/۶۶ و ۰/۹۴ کیلوگرم بر مترمکعب، بالاترین CPD آب آبیاری به ترتیب در ارقام امیر و فجر ۰/۷۴ و ۱/۰۷ کیلوگرم بر مترمکعب حاصل شد. همچنین بیشترین NBPD در رقم امیر و فجر به ترتیب ۳۲۱۰۷ و ۴۰۸۵۲ ریال بر مترمکعب بود. با اعمال تیمار آبیاری TP25، افزایش ۳۶ و ۶۳ درصدی NBPD بترتیب در ارقام امیر و فجر حاصل شد. همچنین به طور متوسط سالانه حدود ۴۵۰۰ متر مکعب در هکتار آب کمتری مصرف خواهد شد. بنابراین تیمار آبیاری ضمن افزایش بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی و آبیاری، موجب افزایش سودمندی اقتصادی در هر دو رقم خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: سودمندی اقتصادی، برنج، کم‌آبیاری، عملکرد شلتوک.

مقدمه

برنج جزء قدیمی‌ترین نباتات زراعی محسوب می‌شود (Khodabandeh, 1993) و یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی دنیاست که بعد از گندم جایگاه دوم را از نظر تولید سالانه جهان به خود اختصاص داده است (Chabra et al., 2006). این گیاه یکی از مهم‌ترین مواد غذایی بیشتر مردم دنیا بوده و نسبت به دیگر گیاهان زراعی دو تا سه برابر آب بیشتری دریافت می‌کند، به طوری که بر اساس برآوردها حدود ۴۳-۲۴ درصد از مجموع آب شیرین استحصالی دنیا به مصرف این گیاه می‌رسد (Bouman et al., 2007).

آمارهای متفاوتی در مورد وسعت اراضی شالی‌زاری ایران وجود دارد، مطابق آمارهای وزارت جهاد کشاورزی ۵۳۵ هزار هکتار از زمین‌ها تحت کشت برنج می‌باشند که ۷۵ درصد از این زمین‌ها در دو استان شمالی گیلان و مازندران قرار دارد. به‌علت کمبود منابع آب، استفاده بی‌رویه از آب‌های زیر زمینی، کاهش نزولات آسمانی، شور شدن آب و خاک و وقوع خشکی در سال‌های

اخیر، باعث شده تا کشت برنج در سایر استان‌ها (به غیر از گیلان و مازندران) مورد حمایت دولت قرار نگیرد (Javaherdashti & Isfahani, 2012). از این رو، باید خط مشی تولید به‌وسیله جایگزینی و تکمیل روش‌های سنتی با روش‌های نوین جهت بهبود بهره‌وری آب در اراضی شالی‌زاری تغییر یابند (Derijani et al., 2015; IRRI, 2012). بهره‌وری آب^۱ (WP) یک مفهوم نسبی بوده و در واقع بیانگر مقدار یا ارزش تولید به ازای حجم یا مقدار آب مصرف شده می‌باشد (Tuong & Buiyan, 1999). نتایج تحقیقات در نقاط مختلف دنیا و ایران، اثرگذار بودن مدیریت آبیاری غیرغرقاب بر مقدار عملکرد دانه و افزایش بهره‌وری آب در برنج را ثابت نموده است (Bouman et al., 2007; Tuong et al., 2005; Rezaei & Nahvi, 2004). نتایج پژوهشی در هند نشان می‌دهد آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در کشت برنج باعث صرفه‌جویی آب آبیاری نسبت به روش غرقابی در محدوده ۴۲ تا ۵۳ درصد شده است (Sidhu et al., 2019). همچنین Sarkar et al. (2018)، در پژوهشی در بنگلادش بر روی گیاه برنج طی دو

* نویسنده مسئول: ma.gholami@sanru.ac.ir

بر برخی خواص کمی و کیفی دانه برنج در دو رقم طارم محلی و شیرودی، در مزرعه پژوهشی موسسه تحقیقات برنج کشور پرداختند. با توجه به نتایج این پژوهش ارقام پر محصول الزامی به غرقاب نمودن دائم مزرعه نمی‌باشد. همچنین رقم طارم نیز اگرچه در شرایط غیر غرقاب دچار اندکی کاهش عملکرد می‌شود، ولی این کاهش در مقایسه با صرفه‌جویی حاصله در مصرف آب ناچیز بوده خصوصاً در شرایط خشکسالی سال‌های اخیر می‌توان از روش کم‌آبیاری (یا آبیاری تناوبی) به جای آبیاری کامل استفاده نمود. Arabzade & Usefian (2012) به مطالعه بهره‌وری مصرف آب در کشت نشایی برنج پرداختند و نتایج نشان از عدم ضرورت غرقاب نمودن مزرعه در تمام مراحل رشد برنج دارد. Gilani et al. (2019)، در پژوهشی به اثر آبیاری بارانی بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و راندمان مصرف آب با عامل اصلی آبیاری در سه سطح ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد آب مورد نیاز گیاه در خوزستان پرداختند و نتایج نشان داد که بالاترین راندمان مصرف آب مربوط به سطح ۷۵ درصد به دلیل صرفه‌جویی و آبیاری در زمان‌های مناسب و حساس رشد بوده است. sedaghat et al. (2015) در آزمایشی نشان دادند که عملکرد شلتوک برنج در آبیاری تناوبی AWD ۸/۳ درصد نسبت به آبیاری غرقابی کاهش و در مصرف آب به میزان ۳۹/۵ درصد صرفه‌جویی شد. در حالی که بهره‌وری آب آبیاری به میزان ۵۲/۹ درصد افزایش یافته است. Arif et al. (۲۰۰۶) به مقایسه دو روش آبیاری تناوبی و غرقاب دائم پرداختند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که آبیاری تناوبی در مقایسه با غرقاب دائم، با صرفه‌جویی آب ورودی به میزان ۲۶/۰۷ درصد و شاخص بهره‌وری آب به میزان ۳۷/۶ درصد افزایش یافته است. Shirdeli et al. (2011) در آزمایشی روی کشت نشایی دو رقم برنج طارم و شیرودی نتیجه گرفتند که بین تیمارها از لحاظ بهره‌وری CPD^۴، NBPD^۵ میزان عملکرد و سود حاصله اختلاف خیلی معنی‌داری وجود دارد. در هر دو رقم بیش‌ترین عملکرد و سود خالص در تیمار اول (غرقاب دائم) رخ داد که مقدار آن به ترتیب برای طارم ۴۲۱۰/۳ کیلوگرم در هکتار و ۳۴۵۱۳ میلیون ریال در هکتار و برای شیرودی ۶۷۹۹/۷ کیلوگرم در هکتار و ۴۳۱۳۵ میلیون ریال در هکتار بود به طوری که دو شاخص بهره‌وری CPD، NBPD به ترتیب در طارم ۰/۷ کیلوگرم بر مترمکعب (به ازای آب آبیاری) و ۵۳۴۸/۸ ریال بر مترمکعب و در شیرودی به ترتیب ۰/۹۳ کیلوگرم بر مترمکعب (به ازای آب آبیاری) و ۵۶۹۰/۴ ریال بر مترمکعب به‌دست آمد. Rejesus et

سال با چهار تیمار آبیاری غرقابی، آبیاری قطره‌ای در سه سطح ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی و چهار تکرار دریافتند که بیشترین بهره‌وری آب در تیمار آبیاری قطره‌ای با نیاز آبی ۸۰ درصد است.

singh et al. (۲۰۱۸) پژوهشی به‌منظور مقایسه کارایی مصرف آب به روش‌های آبیاری قطره‌ای و سنتی در اراضی شالیزار پرداختند. نتایج نشان داد، آبیاری قطره‌ای ضمن صرفه‌جویی ۵۳ درصدی مصرف آب، دارای سودمندی اقتصادی بالاتری نسبت به روش غرقابی سنتی بوده است. Bhardwaj et al. (۲۰۱۸) طی پژوهشی در هند بر روی گیاه برنج با چهار تیمار آبیاری غرقابی، آبیاری قطره‌ای در سه سطح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی با دور آبیاری دو تا چهار روز پرداختند. نتایج نشان داد که تیمار آبیاری قطره‌ای با ۱۰۰ درصد نیاز آبی با دور آبیاری دو روزه دارای بیشترین عملکرد (۴۵ درصد بیشتر از آبیاری غرقابی) می‌باشد و تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی با دور آبیاری دو روزه دارای بیشترین بهره‌وری آب است. xianqing et al. (2005) تأثیر کشت نیمه‌خشکه‌کاری^۱ (SWD) بر فتوسنتز و عملکرد دانه برنج را در چین بررسی نمودند. نتایج نشان داد که این روش به دلیل زهکشی و تهویه مناسب زمین و همچنین تنش آبی اعمال شده، ضمن کاهش مصرف آب، عملکرد مناسبی داشته است. Busari et al. (2019) نشان دادند که تیمارهای آبیاری شامل غرقابی دائم، آبیاری تناوب خشکی و رطوبت^۲ (AWD) بر عملکرد دانه اختلاف بسیار معنی‌دار دارد و بیشترین عملکرد دانه متعلق به تیمار AWD است. همچنین این تیمارها بر بهره‌وری آب، تعداد دفعات آبیاری، مقدار کل آب، آب مصرفی روزانه و تعداد کل دانه درخوشه اختلاف معنی‌دار دارند. Rejesus et al. (2011) در پژوهشی دریافتند، روش کم‌آبیاری تناوب خشکی و رطوبت باعث صرفه‌جویی حدود ۳۸ درصد مصرف آب اراضی شالیزاری شد و این در حالی است که عملکرد و سود کشاورزان تغییر نداشته است. sedaghat et al. (2015)، به بررسی روش‌های مختلف آبیاری شامل تناوب خشکی و رطوبت (AWD)، کشت نیمه‌خشک^۳ (SDC)، ترکیب آب کم‌عمق با تناوب خشکی و رطوبت (SWD) در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات برنج کشور (آمل) پرداختند. بر اساس نتایج، تیمار مدیریت SDC با حدود ۵۵ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب در مقایسه با دیگر روش‌های آبیاری (به ویژه آبیاری سنتی) بیشترین کارایی را داشته است. Usefian et al. (2014) در تحقیقی به بررسی اثر میزان آبیاری با دوره‌های مختلف

4 Crop Pre Drop
5 Net Benefit Pre Drop

1 Semi-Dry Cultivation
2 Alternate Wetting and Drying
3 Combining Shallow Water depth with Wetting and Drying

al. (2011) در همین زمینه در پژوهشی نتیجه گرفتند، روش کم آبیاری تناوب خشکی و رطوبت در حدود ۳۸ درصد مصرف آب آبیاری شالیزار را بدون کاهش عملکرد و سود کشاورزان، کاهش داده است.

علی‌رغم نقش مهم مدیریت آبیاری در استفاده بهینه از منابع و افزایش بازده تولید، تا کنون به میزان کافی به آن توجه نشده است. لذا با توجه به بحران‌های آب و شرایط خشکسالی‌های اخیر لازم است سازگاری‌های لازم انجام گیرد. یکی از راهکارهای قابل بررسی برای کاهش مصرف آب در کشت برنج تغییر روش مرسوم آبیاری غرقاب دائم به روش آبیاری موضعی نواری می‌باشد. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی ارزیابی اثر آبیاری موضعی نواری (تیپ) و مدیریت آبیاری بر بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب و عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم برنج (امیر و فجر) در شهرستان ساری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در استان مازندران طی سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ انجام گرفت. به دلیل اهمیت اثر عامل روش آبیاری نسبت به عامل رقم، عامل اصلی روش آبیاری (b) در چهار سطح FI (آبیاری غرقابی^(۱)، TP25 (آبیاری موضعی نواری با فاصله ۲۵ سانتی متر^(۲)، TP50 (آبیاری موضعی نواری با فاصله ۵۰ سانتی متر^(۳)) و TP100 (آبیاری موضعی نواری با فاصله ۱۰۰ سانتی متر^(۴)) و عامل فرعی رقم (a) در دو سطح امیر (a₁) و فجر (a₂) انتخاب شد. پژوهش بر پایه آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد.

آماده‌سازی بستر شامل شخم اولیه و ثانویه، تسطیح و ایجاد مرز حد واسط بین کرت‌ها به طول ۱۳،۵*۳ متر برای هر تیمار به طور یکسان انجام شد. به منظور جلوگیری از تلفات نشت جانبی، مرز کرت‌ها با پوشش نایلونی کاملاً پوشیده و پس از آماده‌سازی زمین، قبل از نشاء، مطابق آزمون خاک و توصیه کودی، کودهای شیمیایی اوره، فسفات و پتاس (NPK) به عنوان کود پایه مصرف شد. همچنین در مرحله پنجه‌زنی کودهای اوره و پتاس به عنوان سرک مصرف گردید. جهت مبارزه با علف‌های هرز علاوه بر استفاده از علف‌کش، وچین دستی نیز در سه مرحله انجام گردید. همچنین برای مبارزه با بیماری‌ها و آفات از سموم مورد نیاز استفاده شد. برای آبیاری از نوارهای تیپ درزدار با قطر ۱۶ میلی‌متر، با فاصله مجاری خروج آب ۲۰ سانتی‌متر و آب‌دهی سه لیتر در ساعت در واحد طول استفاده شد. برای قطع و وصل

کردن جریان آب ورودی به هر کرت از شیر و برای اندازه‌گیری حجم آب تحویلی از کنتور حجمی استفاده شد. تیمار TP25 تا مرحله اشباع خاک آبیاری و کنتور حجمی قرائت و تیمار TP50 در سطح ۹۵ درصد و TP100 در سطح ۹۰ درصد آبیاری می‌شد. در زمان رسیدن فیزیولوژیکی و قبل از برداشت محصول از داخل هر کرت ۱۰ خوشه به‌طور تصادفی انتخاب و پارامترهای طول خوشه، تعداد دانه پر و پوک و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. در اوایل شهریور پس از حذف حاشیه از داخل کرت در مساحتی حدود ۲/۵ مترمربع بوته‌ها برداشت و پس از خشک کردن در مقابل آفتاب عملیات جدا کردن دانه‌های برنج از ساقه با دست به تفکیک کرت‌های مختلف انجام و توزین شد. صفات اندازه‌گیری شده شامل عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد کل، متوسط ارتفاع بوته، متوسط طول خوشه، وزن هزاردانه و حجم آب مصرفی تیمارهای مختلف می‌باشد. داده‌های بارندگی (آب سبز) از ایستگاه هواشناسی ساری واقع در ۱۰ کیلومتری محل طرح دریافت شد. پس از اندازه‌گیری صفات، شاخص بهره‌وری آب (CPD^(۱)) و شاخص سودمندی اقتصادی آب (NBPD^(۲)) به ترتیب بر اساس معادله ۱ و ۲ محاسبه شد.

$$CPD = \frac{\text{مقدار محصول تولید شده (kg)}}{\text{مقدار آب مصرف شده (m3)}}$$

$$NBPD = \frac{\text{ریال سود خالص}}{\text{مقدار آب مصرفی (m3)}}$$

هزینه‌ها و درآمد حاصل از تولید محصول در واحد هکتار برای هر رقم و به تفکیک روش آبیاری استخراج و مورد استفاده قرار گرفت. هزینه‌ها شامل تهیه مصالح و اجرای سامانه آبیاری نواری موضعی، کاشت، داشت، برداشت و جمع‌آوری سامانه آبیاری است. درآمد حاصل از فروش محصول تولید شده بر اساس قیمت شلتوک محاسبه شده است. بر اساس قیمت سال ۱۳۹۹، قیمت یک کیلوگرم شلتوک رقم فجر ۷۲۰۰۰ ریال و قیمت شلتوک رقم امیر ۸۴۰۰۰ ریال می‌باشد. در تحلیل هزینه‌ها و درآمدها، نرخ بهره سالانه معادل ۱۵ درصد در نظر گرفته شد و عمر طرح‌های آبیاری موضعی نواری نیز پنج سال لحاظ شده است. بر این اساس هزینه‌ها و فایده‌ها در سال مبنا (سال شروع) مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت.

نتایج و بحث

جدول (۱) نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده را نشان

باعث شد تا صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد کاه و ارتفاع بوته ارقام اختلاف معنی‌دار داشته باشند، اما بر سایر صفات تاثیرگذار نبوده است. نتایج نشان می‌دهد که اثر متقابل روش‌های آبیاری بر ارقام معنی‌دار نمی‌باشد. به عبارتی روش آبیاری بر هر دو رقم به یک میزان تاثیرگذار بوده است.

می‌دهد. نتایج بیان می‌دارد که اختلاف عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک در ارقام برنج بسیار معنی‌دار است. مقایسه میانگین عملکرد نشان از برتری رقم فجر نسبت به امیر دارد. دو رقم امیر و فجر از لحاظ عملکرد کاه و ارتفاع بوته، اختلاف معنی‌دار دارند ولی در سایر صفات، اختلافی با هم ندارند. همچنین روش آبیاری

جدول ۱- تجزیه واریانس و میانگین مربعات صفات مورد مطالعه

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد کاه	ارتفاع بوته	طول خوشه	درصد دانه پر	درصد دانه پوک
بلوک	۲	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
رقم (a)	۱	**	**	*	*	ns	ns	ns
تیمار آبیاری (b)	۳	*	*	*	*	ns	ns	ns
اثر متقابل آبیاری در رقم (a*b)	۳	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
سطوح تیماری (ab)	۷	**	**	**	**	ns	ns	ns

ns و * و **: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

در هکتار) را دارد. همچنین سطوح تیماری a_2b_3 و a_2b_1 و a_2b_4 به ترتیب با عملکرد ۲۶۵، ۱۹۶۸۸ و ۱۵۴۸۴ کیلوگرم در هکتار در رده‌های بعدی قرار دارند.

شکل (۱-د) مقایسه ارتفاع بوته در سطوح تیماری مختلف را نشان می‌دهد. به‌طور کلی میانگین ارتفاع بوته در رقم امیر بیشتر از رقم فجر می‌باشد. کمترین ارتفاع بوته به سطح تیماری a_2b_2 تعلق دارد که با ارتفاع بوته سطح تیماری a_2b_1 اختلاف بسیار معنی‌داری ندارد. با توجه به فیزیولوژی گیاه برنج، ارقام پر محصول نسبت به ارقام محلی دارای ارتفاع بوته کمتر می‌باشند. با کاهش مقدار عمق آب آبیاری در رقم امیر، افزایش ارتفاع بوته، کاهش عملکرد بیولوژیک، دانه و کاه رخ داده است که با یافته‌های *Usefian et al.* (2014) و *Arabzade & Usefian* (2012) مطابقت دارد.

جدول (۲) مقادیر شاخص بهره‌وری آب مصرفی و آبیاری ارقام امیر و فجر را ارائه می‌دهد. به‌طور کلی نتایج نشان می‌دهد روش آبیاری موضعی نواری باعث افزایش بهره‌وری آب مصرفی و آب آبیاری نسبت به روش آبیاری غرقابی (FI) در هر دو رقم خواهد شد. بیشترین مقدار این شاخص مربوط به روش آبیاری TP25 است، به‌طوری‌که در رقم امیر شاخص بهره‌وری آب مصرفی و آب آبیاری به ترتیب ۰/۶۶ و ۰/۷۴ کیلوگرم بر متر مکعب است. این مقادیر برای رقم فجر به ترتیب ۰/۹۴ و ۱/۰۷ کیلوگرم بر متر مکعب است. این نتایج با یافته‌های *Busari et al.* (2019) و *Gilani et al.* (2019) مطابقت دارد.

جدول (۳) مقادیر شاخص سودمندی اقتصادی آب مصرفی ارقام امیر و فجر را ارائه می‌دهد. بطور کلی در تمامی تیمارهای

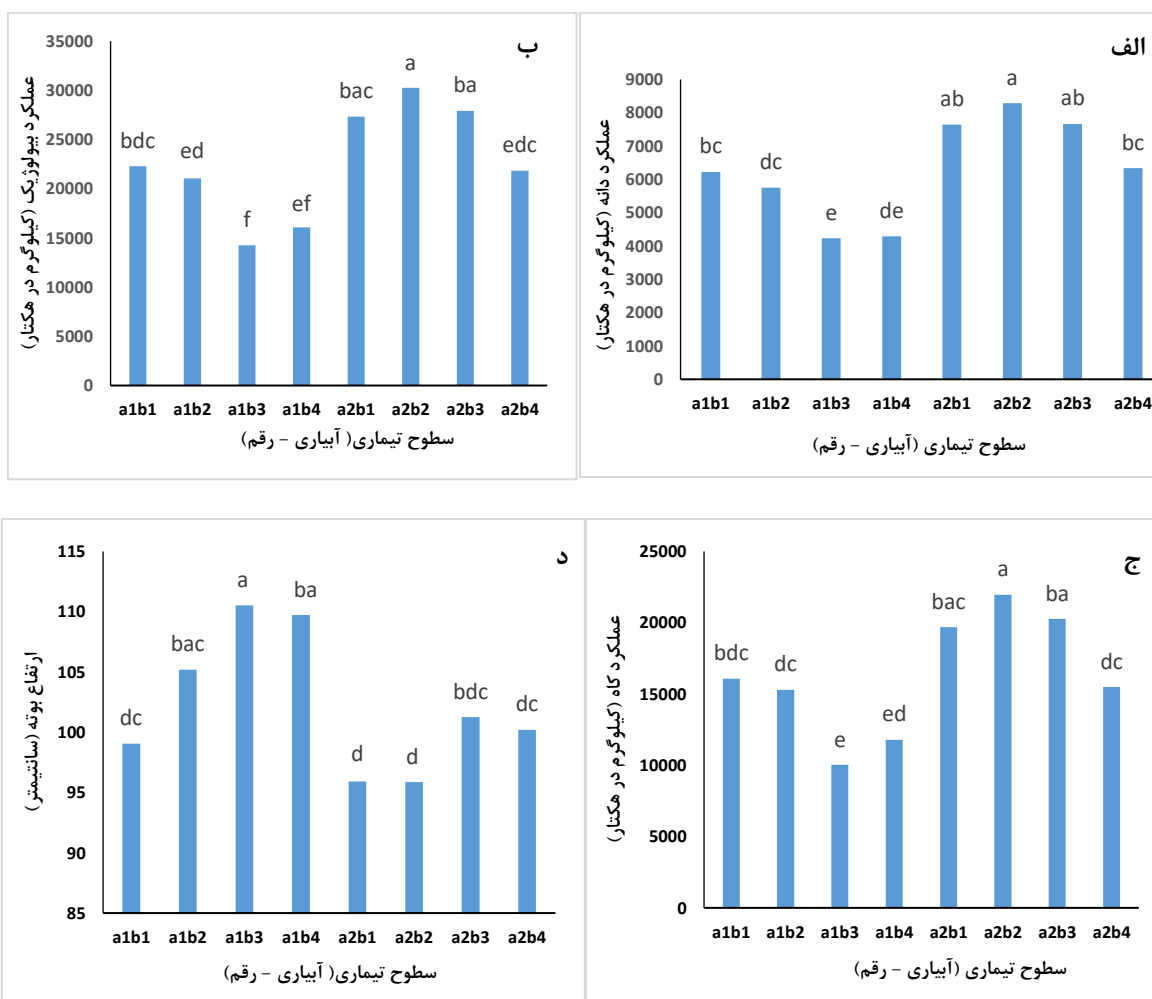
تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در سطوح تیماری به‌منظور بررسی و مقایسه اثر روش آبیاری بر صفات در ارقام، نشان از اختلاف بسیار معنی‌دار روش آبیاری بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد کاه و ارتفاع بوته دارد ولی اثر آن بر سایر صفات بی تاثیر بوده است (شکل ۱-الف). یافته‌ها نشان می‌دهد بیشترین عملکرد (۶۲۲۴ کیلوگرم در هکتار) دانه رقم امیر در روش آبیاری غرقابی (FI) اتفاق افتاده است و روش آبیاری موضعی نواری باعث افزایش عملکرد دانه در این رقم نشده است. در مقابل رقم فجر نسبت به سطوح آبیاری واکنش نشان داده است، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه در این رقم در سطح آبیاری TP25 (۸۲۹۰ کیلوگرم در هکتار) بوده است که اختلاف بسیار معنی‌دار با عملکرد دانه در روش آبیاری FI دارد. نتایج نشان می‌دهد که عملکرد دانه سطوح تیمار آبیاری FI و TP50 اختلاف بسیار معنی‌دار ندارند. این نتایج با یافته‌های *xianqing et al.* (2005) و *Rejesus et al.* (2011) مطابقت دارد.

نتایج مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک سطوح تیماری (آبیاری-رقم) در شکل (۱-ب) ارائه شده است. روند تغییرات عملکرد بیولوژیک تقریباً شبیه عملکرد دانه است، به‌طوری‌که عملکرد رقم امیر اختلاف بسیار معنی‌داری در تمامی سطوح آبیاری نسبت به رقم فجر دارد. بیشترین عملکرد بیولوژیک مربوط به رقم فجر (۳۰۲۴۶ کیلوگرم در هکتار) و آبیاری TP50 است و FI فاقد اختلاف بسیار معنی‌دار می‌باشد.

شکل (۱-ج) مقایسه میانگین عملکرد کاه در سطوح تیماری را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌گردد سطح تیماری a_2b_2 یعنی TP25 در رقم فجر بیشترین عملکرد کاه (۲۱۹۵۵ کیلوگرم

کاهش مصرف آب رخ خواهد داد. همچنین یافته‌ها نشان می‌دهد، تنها تیمار آبیاری TP25 باعث افزایش ۳۶ درصدی شاخص سودمندی آب نسبت به روش متداول غرقابی در رقم امیر خواهد شد و اعمال سایر تیمارها باعث افزایش این شاخص در این رقم نشد. بنابراین اعمال تیمار TP25 در اراضی با رقم امیر باعث افزایش سود به میزان ۷۳۲۳۰ هزار ریال در هکتار بدلیل کاهش آب مصرفی خواهد شد.

آبیاری، شاخص سودمندی اقتصادی آب مصرفی رقم فجر بیشتر از رقم امیر می‌باشد. یافته‌ها نشان می‌دهد، تیمارهای آبیاری TP25، TP50 و TP100 به ترتیب باعث افزایش ۶۳، ۵۶ و ۳۲ درصدی شاخص سودمندی آب نسبت به روش متداول غرقابی در رقم فجر شده‌اند. به عبارتی رشد حداقل و حداکثر این شاخص در رقم فجر به ترتیب ۸۱۰۴ و ۱۵۷۶۵ ریال بر متر مکعب خواهد بود. با لحاظ نمودن مقدار آب مصرفی این رقم در هر تیمار، سالانه حداقل ۶۴۵۷۳ و حداکثر ۱۳۷۰۲۹ هزار ریال سود ناشی از



شکل ۱- میانگین عملکرد دانه (الف)، میانگین عملکرد بیولوژیک (ب)، میانگین عملکرد کاه (ج) و میانگین ارتفاع بوته (د) در سطوح تیماری (آبیاری-رقم)

جدول ۲- مقادیر شاخص بهره‌وری آب مصرفی و آبیاری ارقام

تیمار آبیاری	عملکرد دانه (kg/ha)		آب مصرفی (m ³ /ha)	آب آبیاری (m ³ /ha)	بهره‌وری آب مصرفی (kg/m ³)		بهره‌وری آب آبیاری (kg/m ³)	
	فجر	امیر			فجر	امیر		
FI	۷۶۴۸	۶۲۲۴	۱۳۲۷۸	۱۲۳۵۶	۰/۵۸	۰/۴۷	۰/۵۰	۰/۶۲
TP25	۸۲۹۰	۵۷۵۶	۸۶۹۲	۷۷۷۰	۰/۹۴	۰/۶۶	۰/۷۴	۱/۰۷
TP50	۷۶۶۴	۴۲۳۴	۸۳۸۴	۷۴۶۲	۰/۹۱	۰/۵۱	۰/۵۷	۱/۰۳
TP100	۶۳۳۸	۴۲۹۲	۷۹۶۸	۷۰۴۶	۰/۸۰	۰/۵۴	۰/۶۱	۰/۹۰

جدول ۳- شاخص سودمندی اقتصادی آب مصرفی ارقام

رقم	تیمار آبیاری	هزینه سالانه تولید در هکتار (هزار ریال)	عملکرد سالانه (کیلوگرم در هکتار)	آب مصرفی (متر مکعب در هکتار)	سودمندی اقتصادی (ریال بر مترمکعب)
فجر	FI	۱۲۰۰۰۰	۷۶۴۸	۱۳۲۷۸	۲۵۰۸۷
	TP25	۱۵۰۰۰۰	۸۲۹۰	۸۶۹۲	۴۰۸۵۲
	TP50	۱۴۲۰۰۰	۷۶۶۴	۸۳۸۴	۳۹۰۳۵
	TP100	۱۳۸۰۰۰	۶۳۳۸	۷۹۶۸	۳۳۱۹۱
امیر	FI	۱۲۰۰۰۰	۶۲۲۴	۱۳۲۷۸	۲۳۶۸۲
	TP25	۱۵۰۰۰۰	۵۷۵۶	۸۶۹۲	۳۲۱۰۷
	TP50	۱۴۲۰۰۰	۴۲۳۴	۸۳۸۴	۲۳۷۳۱
	TP100	۱۳۸۰۰۰	۴۲۹۲	۷۹۶۸	۲۳۶۷۰

نتیجه‌گیری

است. از آنجایی که تیمار آبیاری TP25 باعث کاهش آب مصرفی و آب آبیاری به ترتیب معادل ۳۴/۵ و ۳۷ درصد در هر دو رقم شده است و افزایش شاخص‌های مورد نظر را به همراه داشته است، بنابراین این تیمار به‌عنوان تیمار مناسب برای اراضی شالیزاری تحت کشت این ارقام پیشنهاد می‌شود. بعلاوه، این تیمار حدود ۴۵۰۰ مترمکعب در هکتار مصرف آب را کاهش داده و در مقابل عملکرد بیشتری عاید می‌شود. بی‌تردید یکی از مشکلات استفاده از آبیاری موضعی نواری در اراضی شالیزاری، مقاومت احتمالی کشاورزان در بکارگیری این شیوه می‌باشد. در این خصوص آموزش مناسب به منظور انتقال اهمیت بحران ک‌آبی و ضرورت سازگاری با خشکسالی به کشاورزان ثمربخش خواهد بود.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

این پژوهش به بررسی و ارزیابی اثر آبیاری موضعی نواری (تیپ) و مدیریت آبیاری بر بهره‌وری آب و اجزای عملکرد دو رقم برنج (امیر و فجر) در شهرستان ساری پرداخته است. نتایج نشان می‌دهد که تیمارهای آبیاری نواری موضعی ضمن کاهش مصرف آب، افزایش قابل توجهی در بهره‌وری و سودمندی اقتصادی آب دارد. در رقم فجر، تیمار آبیاری TP25 بالاترین عملکرد (۸۲۹۰ کیلوگرم در هکتار) و بیشترین سودمندی اقتصادی (۴۰۸۵۲ ریال بر متر مکعب) را دارد. در مقابل بالاترین عملکرد رقم امیر در شرایط آبیاری غرقابی (FI) رخ داده است. با این وجود شاخص بهره‌وری آب مصرفی، بهره‌وری آب آبیاری و سودمندی اقتصادی آب مصرفی تیمار آبیاری TP25 بیشتر از آبیاری (FI) در رقم امیر

REFERENCES

- Arabzade, B. & Usefian, K. (2012). Study of water productivity on transplanted rice cultivation. The first national conference on farm water management. Iran, Karaj. (In Farsi)
- Arif, M., Chohan, M. A., Ali, S., Gul, R. and Sajjad, K. 2006. Response of wheat to foliar application of nutrients. Journal of Agricultural and Biological Science. 1 (4): 30-34.
- Bhardwaj.A.K., Pandiaraj.T., Soman.P., Bhardwaj.R.K., Singh.T.C. (2018). Drip Irrigation Scheduling for Higher Growth, Productivity and Input Use Efficiency of Direct Seeded Basmati Rice in Indo-Gangetic Plains for Climate Resilient. 8(4): 332-340, 2018; Article no.IJECC.2018.020 Previously known as British Journal of Environment & Climate Change ISSN: 2231-4784
- 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.
- Busari, T. I., Senzanje, A., Odindo, A. O., & Buckley, C. A. (2019). Irrigation management techniques with anaerobic baffled reactor effluent: effect on rice growth, yield and water productivity. *Water Practice and Technology*, 14(1), 88-100.
- Chabra, D., Kashaninejad, M., & Rafiye, S. (2006). Study and comparison of waste contents in different rice dryers. In *Proceeding of the First National Rice Symposium, Amol, Iran*. (In Farsi)
- Derijani, A., Ahmadi, S., & Taboli, H. (2012). Calculation and analysis of non-parametric indicators of partial water input efficiency. Journal of Agricultural Economic Research. (In Farsi)
- Gilani, A., Absalan, S., Jalali, S., Behbahani, L. (2019). The effect of sprinkler Irrigation on Grain Yield, Yield Components and Water Use Efficiency of Rice Cultivars under Drill-Seed Cultivation in Khuzestan. *Irrigation Sciences and Engineering*, 42(2), 63-73. (In Farsi)
- IRRI (International Rice Research Institute). (2005). Changes in rice farming in selected areas of Asia. Los Banos, Philippines.
- Javaherdashti, M. and Isfahani, M. 2002. Rainfed rice (written by Michel Jaco and Brigitte Cortova). publication of agricultural Sciences, p.128
- Khodabandeh, N. (1993). Cereal cultivation (10th ed). University of Tehran Press. (In Farsi)
- Rejesus, R. M., Palis, F. G., Rodriguez, D. G. P.,

- Lampayan, R. M., & Bouman, B. A. (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.
- Rezaei, M. and Nahvi, M. (2004). Effects interval irrigation on rice. Proceedings of the 11th seminar of Iranian National Committee on Irrigation and Drainage. 10-12 Dec. Tehran. Iran. 689 pp. (In Farsi)
- Sarkar, N., Ghosh, U., Biswas, R. K. (2018). "Effect of drip irrigation on yield and water use efficiency of summer rice cultivation in pots" *The Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 2018; 7(1): 37-40.
- Sedaghat, N., Pirdashti, H., Asadi, R., Mosavi, Y. (2015). Effect of Different Irrigation Methods on Rice Water Productivity. *Journal of Water Research in Agriculture*, 28.1(1), 1-9. (In Farsi)
- Shirdeli, A., Hasaniha, H., Usefian, M. (2011). Study of water productivity on transplanted rice cultivation. 14th National Conference Rice. Iran, Sari. (In Farsi)
- 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.
- 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
- Tuong, T. P. and Buiyan, S. L. (1999). Increasing water use efficiency in rice production farm level perspectives. *Agricultural water management*. 40: 117- 122.
- Tuong, T.P., Bouman, B.A.M. and Mortimer, M. (2005). More rice, less water-integrated approaches for increasing water productivity in irrigated rice-based systems in Asia. *Plant Prod. Sci.* 8(3): 229-239.
- Usefian, M., Arabzade, B., Soodaee Mashae, S., Mohammadi Nesheli, Y. (2014). Evaluation of different levels of Irrigation on yield and qualitative properties of two rice varieties (Tarom and Shiroodi). *Applied Field Crops Research*, 27(104), 69-75. (In Farsi)
- xianqing L. Weijun Z., Defeng Z., and Yubing Z. (2005). Effect of SWD irrigation on photosynthesis and grain yield of rice (*Oryza sativa* L.). *Field Crops Res.* 94(1): 67-75.