نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 30، شماره 6، بهمن – اسفند 1395، ص. 1757-1748

Journal of Water and Soil
Vol. 30, No. 6, Jan.-Feb. 2017, p. 1748-1757

بررسی اثرات مدیریت ارتفاع غرقاب در زراعت برنج بر عملکرد و شاخص‌های کیفی

حمیدرضا سالمی[1]- علیرضا توکلی[2*]

تاریخ دریافت: 1392/07/08
تاریخ پذیرش: 1395/07/04

چکیده

به منظور تعیین اثرات تغییر ارتفاع غرقاب بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های کیفی برنج، آزمایشی در دو سال زراعی و در ایستگاه تحقیقات شهید فزوه اصفهان اجرا شد. آزمایش به صورت طرح آماری کرت‌های خرد شده در قالب بلوک کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. سه تیمار میزان ارتفاع غرقاب شامل غرقاب دائم با عمق 3/5 سانتی‌متر در تمام دوره فصل رشد (I_1)، غرقاب دائم با عمق 2/2 سانتی‌متر در تمام دوره فصل رشد (I_2) و تیمار کنترل ارتفاع غرقاب بین 1-0 سانتی‌متر (I_3) در کرت‌های اصلی و هشت رقم و لاین پیشرفته برنج (گرده محلی، زاینده‌رود، سازندگی، حسنی شمال، 97-67، 113-67، 47-67 و 72-67) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. در طول دوره رشد و در پایان فصل رشد، صفات عملکرد دانه، اجزای عملکرد و خصوصیات کیفی شامل میزان آمیلوز، دمای ژلاتینی شدن و ثبات و قوام ژل در تیمارهای مختلف اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که تأثیر میزان‌های مختلف‌آب مصرفی ناشی از ارتفاع غرقاب بر درصد پوکی، ارتفاع بوته، طول خوشه، طول ریشه، وزن خشک ریشه، ثبات و قوام ژل، دمای ژلاتینی شدن و بهره‌وری آب معنی‌دار ($P \leq 0/01$) است اما بر بقیه‌ی شاخص‌ها معنی‌دار نگردید. همچنین ارقام و لاین‌های مورد بررسی، تفاوت معنی‌داری ($P \leq 0/01$) از نظر دمای ژلاتینی شدن، ثبات و قوام ژل، تعداد روز تا 50 درصد رسیدگی، طول ریشه، وزن خشک ریشه، ارتفاع بوته، طول خوشه، وزن هزار دانه، درصد پوکی، عملکرد دانه، تعداد پنجه، عرض و طول دانه شلتوک، تعداد دانه در خوشه و بهره‌وری آب داشتند. ارقام از نظر دو شاخص تعداد روز تا رسیدگی کامل و میزان آمیلوز دارای تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد ($P \leq 0/05$) بودند. میانگین مقادیر بهره‌وری آب در تیمار I_3 حداکثر و برابر 0/77 کیلوگرم بر متر مکعب به دست آمد. همچنین رقم زاینده‌رود دارای بالاترین مقدار بهره‌وری آب بود. بعد از این رقم، ارقام 113-67 و سازندگی بیش‌ترین مقدار بهره‌وری آب را دارا بودند. با توجه به اهمیت بهینه‌سازی آب مصرفی به عنوان دیدگاه اصلی در روش‌های اعمال غرقاب در زراعت برنج، در نواحی مرکزی کشور، تیمار I_3 پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: آب مصرفی، اصفهان، تنش آبی، خصوصیات کیفی

مقدمه

با توجه به بحران خشکسالی در سال‌های اخیر و مقاومت برنجکاران در مورد حذف برنج از الگوی کشت، صرفه‌جویی در امر آب و آبیاری، کمک بزرگی به زارعین پائین دست حوزه آبخیز زاینده‌رود و تأمین آب بخش‌های شرب و صنعت استان اصفهان می‌باشد. شرایط آب و هوائی چند سال گذشته مشکل آب را در استان حاد نموده است. البته در سال‌های مطلوب نیز به علت پائین بودن میزان بارش نسبت به میانگین جهان و حتی کشور و بالا بودن تبخیر بالقوه، مسئله آب و چالش‌های آن امر جدی می‌باشد و از این‌رو می‌توان خشکی را از اجزای ذاتی کشاورزی در استان اصفهان به‌شمار آورد. سطح زیر کشت این محصول در ایران برابر 560 هزار هکتار، معادل 4 درصد کل جهان است و میانگین عملکرد نیز 4173 کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (7). استان اصفهان از نظر سطح زیر کشت در رتبه پنجم و از لحاظ کیفیت وکمیت با میانگین 5800 کیلوگرم در هکتار بین مقام‌های اول و دوم در کشور قرار دارد (1). لذا بهینه‌سازی مصرف آب در بخش کشاورزی استان که یکی از مصرف‌کنندگان عمده منابع آب می‌باشد، الزامی است. حوزه زاینده‌رود در حال حاضر وارد مرحله بحرانی شده و در صورت ادامه روند فعلی افزایش جمعیت و مدیریت‌های ناکارا در امر تقاضا و تأمین مواجه با مشکلات عدیده‌ای خواهد شد.

در راستای کنترل شرایط موجود و بدنبال تحقیقات گذشته،

1- عضو هیأت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
2- عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: art.tavakoli@gmail.com
DOI: 10.22067/jsw.v30i6.25839

پیرمرادیان و همکاران نشان دادند با اعمال یک تأخیر زمانی 14 روزه در نشاءکاری علاوه بر 16 درصد کاهش آب مصرفی گیاه، مقدار بازده استفاده از آب به ازای واحد آب مصرفی 13/6 درصد و همچنین به ازای واحد تبخیر تعرق 11 درصد افزایش یافت (11). در منطقه گیلان برای کل دوره رشد برنج مقدار تبخیر تعرق 560 میلی‌متر و مقدار آب آبیاری حدود 1130 میلی‌متر برآورد گردید (16). همچنین آب کاربردی از 7300 متر مکعب برای منطقه فومن با خاک فشرده رسی عمیق، تا حدود 19000 متر مکعب در هکتار برای جلگه سفیدرود با خاک‌های سیلتی متغیر بود (6). بالاتر بودن میزان آب مصرفی در واحد سطح اراضی زراعی کشور در مقایسه با کشورهای دیگر که در مورد برنج 16000 متر مکعب در هکتار و حتی بیش‌تر گزارش شده (7)، برنامه‌ریزی دقیق و سنجیده به منظور استفاده صحیح از منابع آب موجود در استان را ضروری می‌سازد.

بررسی‌ها در اصفهان نشان داد که لاین‌های 97-67، 47-67، زاینده‌رود و سازندگی که از ارقام محلی آزاد شده‌اند، نسبت به تنش‌های آبی تحمل بیشتری دارند و در شرایط غیر غرقاب در مقایسه با سایر ارقام عملکرد بهتری داشته‌اند (2). سالمی و توکلی (15) نیز طی تحقیقی در اصفهان گزارش کردند که حداکثر میزان بهره‌وری آب مصرفی مربوط به رقم زاینده‌رود تحت تیمار غرقاب متناوب بوده است، لذا اعمال آبیاری غرقاب متناوب را قابل توصیه دانستند (15). در تحقیقی در ایستگاه پژوهشی دانشگاه شیراز بر روی برنج رقم چمپای کامفیروز نوع زودرس، محدوده تغییرات تبخیر تعرق گیاه برنج در طول فصل رشد 3/76 - 9/34 میلی‌متر در روز و کل نیاز آبی برابر 2361 میلی‌متر برآورد گردید (12).

پژوهش بر روی برنج رقم خزر نشان داد آبیاری با دور 2 روزه و 5 روزه تفاوت معنی‌داری ندارد. لذا برای صرفه‌جوئی در مصرف آب دور آبیاری 5 روزه برای رقم خزر توصیه شد (10). ضمن اینکه برای یافتن راهکاری برای صرفه‌جوئی در مصرف آب، پژوهشگران دو روش آبیاری بارانی و استغراقی را تحت کشت مستقیم و نشائی دو رقم برنج مقایسه و نتایج حاکی از این مطلب بود که اگرچه آب مصرفی در روش بارانی 23/6 درصد کم‌تر از آبیاری استغراقی است، لیکن درصد کاهش عملکرد محصول به میزان 30 درصد برآورد گردید (17).

تحقیق در خصوص تیمارهای مختلف مدیریت ارتفاع غرقاب در کشت برنج نشان داد که گیاه می‌تواند در رطوبت‌های بدون غرقاب رشد خوبی داشته باشد و تا زمانی که رطوبت خاک از 80 درصد اشباع پایین‌تر نرفته، عملکرد محصول نقصان نمی‌یابد. خسارت‌پذیری برنج در رطوبت‌های کمتر از 80 درصد اشباع آغاز می‌شود ولی خسارت در مراحل استقرار نشاء و گلدهی آسیب بیش‌تری وارد می‌کند (13).

در مورد آبیاری غرقابی و مدیریت ارتفاع غرقاب در زراعت برنج محققین بسیاری عنوان می‌کنند که این روش یک ابزار مدیریتی مناسب به‌منظور کنترل آفات، دسترسی آسان به مواد غذائی و جلوگیری از تنش آبی می‌باشد نه یک ضرورت برای گیاه (9).

مقایسه روش آبیاری غرقابی پیوسته با روش غرقابی ناپیوسته نشان داد که روش غرقابی ناپیوسته باعث صرفه‌جوئی آب می‌گردد بدون اینکه کاهش محسوس و معنی‌داری در عملکرد دانه بوجود آید. گزارش شده که نگهداری مداوم رطوبت خاک در حالت نزدیک به اشباع در حالی‌که باعث 5 درصد کاهش محصول می‌گردد، 35 درصد آب مصرفی را در مقایسه با شرایط غرقابی کاهش می‌دهد (8). در تجزیه و تحلیل اقتصادی مشخص شد که تیماری که پس از گذشت 30 روز از مرحله بذرپاشی دارای ارتفاع آب متناوب صفر تا 5 سانتی‌متر در طی دوره رشد است، دارای نسبت درآمد ناخالص به هزینه تولید برابر 1/57 است و با 25 درصد کاهش آب مصرفی نسبت به شاهد، تنها 8 درصد افت عملکرد دارد و سود خالص به ازای واحد آب مصرفی آن نسبت به شاهد (تیماری که پس از گذشت 30 روز از مرحله بذرپاشی دارای ارتفاع آب 5 سانتی‌متر و غرقاب دایم در سرتاسر دوره رشد است) 19/4 درصد بیشتر است (5).

با توجه به اینکه در خصوص تعیین حجم آب مصرفی بهینه گیاه برنج در منطقه مورد بررسی کوشش کافی صورت نگرفته است، در این پژوهش تلاش گردید حجم آب مصرفی بهینه، اثرات سطوح مختلف ارتفاع غرقاب بر عملکرد، اجزای عملکرد و کیفیت ارقام بومی برنج و میزان بهره‌وری آب تعیین و در نهایت ارقام و لاین‌های مناسب برای شهرستان لنجان واقع در استان اصفهان معرفی گردد.

مواد و روش‌ها

مواد

محل اجرای این طرح تحقیقاتی، ایستگاه تحقیقات شهید فزوه در 20 کیلومتری غرب شهر اصفهان می‌باشد. ارتفاع این ایستگاه 1612 متر و دارای طول جغرافیایی ′36 و °51 و عرض جغرافیایی ′ 36 و °32 می‌باشد. این منطقه با متوسط بارش 125 میلی‌متر در سال جزو مناطق خشک کشور محسوب می‌شود. در جدول‌های 1 و 2 نتایج تجزیه خاک و آب محل انجام آزمایش ارائه شده است. این آزمایش در زمینی به مساحت تقریبی 3000 متر مربع در سال‌های 1383 و 1384 انجام شد.

روش‌ها

این آزمایش بر پایه طرح کرت‌های خرد شده شامل سه تیمار ارتفاع غرقاب به عنوان پلات‌های اصلی و هشت رقم محلی بعنوان پلات‌های فرعی در سه تکرار و در مدت دو سال زراعی انجام شد. تیمارهای مدیریت ارتفاع غرقاب عبارت بود از:

جدول 1- نتایج تجزیه خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Results of soil analysis

N %	P ppm	K ppm	pH	OC %	EC dS/m	Meq/l				Sand %	Silt %	Clay %	Soil Texture
						CO_3H^-	Cl^-	$Mg^{2+} + Ca^{2+}$	Na+				
0.084	63.3	22	7.6	0.84	6.2	1.6	56	29	28	22	28.8	49.2	Fine Clayey

جدول 2- نتایج تجزیه آب محل اجرای آزمایش

Table 2- Results of water analysis

EC dS/m	PH	Meq/l						
		CO_3H^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Anions	$Mg^{2+} + Ca^{2+}$	Na^+	Cations
3.9	7.4	2.4	24	8.6	35	17	18.5	35.5

I_1: غرقاب دائم با عمق 3/5 سانتی‌متر در تمام دوره فصل رشد (تیمار شاهد)

I_2 : غرقاب دائم با عمق 2/2 سانتی‌متر در تمام دوره فصل رشد

I_3 : تیمار مدیریت غرقاب به نحوی که عمق آب بین 1/5-0 سانتی‌متر حفظ شد.

عمق‌های آبیاری با استفاده از خط‌کش مدرج بر روی عمق مورد نظر حفظ می‌شد. مثلا در تیمار سوم آبیاری هنگامی که عمق آب در کرت به صفر می‌رسید (عمق صفر همان حالت اشباع خاک است) آبیاری مجدد تا عمق 15 میلی‌متر انجام می‌گرفت. دور آبیاری در اوایل دوره رشد سه روز و در گرم‌ترین روزها دو روز تعیین شد.

ارقام و لاین‌های پیشرفته برنج مورد بررسی شامل گرده محلی، زاینده‌رود، سازندگی، حسنی (شمالی) و لاین‌های 97-67، 113-67، 47-67 و 72-67 بود و ابعاد کرت‌های مدیریت ارتفاع غرقاب 17/5*15 متر منظور شده بود. در این آزمایش از خزانه سنتی استفاده شد که در فروردین ماه هر سال عملیات شخم انجام شده و سپس خزانه‌آبیاری و تخت آب[1] می‌گردید. برای تهیه نشاء، زمین خزانه توسط ماله صاف شده و پس از اینکه گل از حالت گل‌آب خارج شد، اقدام به بذرپاشی در خزانه گردید. از آنجایی که در زمین خزانه، تناوب شبدر- برنج به عنوان کود سبز بسیار مناسب است، از این‌رو خزانه آزمایش در زمین تحت کشت شبدر ایجاد شد.

مقدار کود مصرفی در زمین خزانه (300 متر مربع) 100 کیلوگرم در هکتار اوره (46%) بوده است. به‌دلیل نشاءکاری سنتی، زمین تا عمق 25-30 سانتی‌متر در اردیبهشت شخم زده و پس از آبیاری زمین در حالی‌که آب روی زمین جریان داشت، عملیات شله‌زنی انجام شد. ماله‌کشی در حالت وجود 3-5 سانتی‌متر آب بر روی زمین انجام و پس از اینکه گل از حالت گل آب خارج شد (گل سفت) اقدام به کاشت گردید. عملیات کاشت و آبیاری در خرداد ماه انجام شد.

بر اساس تحقیقات انجام شده (2) تیمارهای فرعی به صورت 5 خط با فاصله 25 سانتی‌متر از یکدیگر اجرا شدند. همچنین فاصله بوته‌ها 20 سانتی‌متر و تعداد نشاء 6 عدد در کپه لحاظ شد. کود مصرفی برای تیمارها به‌صورت یکسان، بر اساس نتایج تجزیه خاک و طبق توصیه بخش تحقیقات خاک و آب به میزان 150 کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل، 150 کیلوگرم در هکتار سولفات دوپتاس 46% و 250 کیلوگرم در هکتار اوره محاسبه شد. کود اوره تقسیط شده و در سه مرحله قبل از کاشت، بعد از پنجه‌دهی کامل و بعد از خوشه‌دهی مصرف گردید. کود فسفره کلاً قبل از کاشت و پتاس 40 روز پس از کاشت مصرف شد. میزان آب مورد نیاز در زراعت برنج بستگی به تبخیر از سطح مزرعه، نفوذ عمقی، دما و رطوبت محیط، وجود علف‌های هرز، ابعاد کرت و نوع ارقام دارد. میزان آب مصرفی در این آزمایش با استفاده از خط‌کش مدرج نصب شده در کرت‌ها و کنتور حجمی اندازه‌گیری شد. اجرای سیستم آبرسانی (انتقال و توزیع) توسط لوله پلی‌اتیلن و اتصالات مربوطه از قبیل شیرفلکه، هرز روی آب را به صفر رساند. بین تیمارهای ارتفاع غرقاب به منظور جلوگیری از نفوذ جانبی از پلاستیک استفاده شد. بدین صورت که در عمق 25 سانتی‌متری از یک لایه پلاستیک ضخیم به صورت عمودی در طول کرت‌ها استفاده گردید. فواصل کرت‌ها در تیمارهای اصلی 150 و در تیمارهای فرعی 70 سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

با توجه به غالب بودن سوروف[2] به عنوان علف هرز خزانه برنج از سموم علف‌کش اردرام و ساترن به مقدار 7 و 6 لیتر در هکتار استفاده شد. علف‌های هرز زمین اصلی با سموم بوتاکلر و رونستاد و همچنین عملیات وجین کنترل گردید. به منظور مبارزه با رشد جلبک در خزانه و زمین اصلی از سولفات مس به میزان 30 کیلوگرم در هکتار استفاده شد.

برداشت شلتوک در مهرماه و به روش دستی انجام شد. به منظور

1- Padeling

2- E.C Vav submatica

برداشت دستی حدود 10 روز قبل از برداشت با توجه به بافت خاک (سنگین) آب مزرعه قطع و بوسیله داس برای بریدن ساقه‌ها اقدام شد. ساقه‌های شلتوک درو شده به مدت 3-1 روز برای خشک شدن در مزرعه رها شده و سپس به خرمن‌گاه منتقل شد. پس از 24 ساعت با استفاده از خرمنکوب عمل کوبیدن و بوجاری انجام شد. در جدول 3 تاریخ انجام عملیات زراعی‌ارائه شده است.

جدول 3- تاریخ انجام عملیات زراعی برای سال‌های 1383 و 1384 در مزرعه برنج

Table 3- Time farming operation in two years of research

عملیات زراعی (Farming operation)	2002	2003
نشاء (Transplantation)	June-15	June-9
قطع آب (Water cut)	Oct. 2	Sep. 18
برداشت (Harvest)	Oct. 17	Oct. 7

عملکرد دانه پس از خشکاندن شلتوک و رساندن رطوبت به 11 درصد پس ازحذف حاشیه تیمارها با ترازوی دقیق با دقت 0/1 گرم اندازه‌گیری شد. سه پارامتر کیفیت شامل درصد میزان آمیلوز (AC)، دمای ژلاتینی شدن (GT) و ثبات و قوام ژل (GC) در آزمایشگاه کیفیت مؤسسه تحقیقات برنج‌کشور (شهرستان رشت) اندازه‌گیری شد. در این تحقیق آب مصرفی در تیمارهای مختلف اندازه‌گیری و پارامترهای بهره‌وری آب[1] که نسبت عملکرد ماده خشک محصول به آب مصرفی می‌باشد، محاسبه شد.

نتایج و بحث

نتایج سال اول نشان داد اثر رقم بر بهره‌وری آب، بوته، دمای ژلاتینی شدن، ثبات و قوام ژل، وزن دانه و عملکرد دانه شلتوک معنی‌دار بوده است ($P \leq 0/01$). اثر ارتفاع غرقاب بر بهره‌وری آب معنی‌دار در سطح یک درصد و بر عملکرد دانه و دمای ژلاتینی شدن، در سطح 5% معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل ارتفاع غرقاب و رقم بر بهره‌وری آب معنی‌دار گردید.

بر اساس نتایج سال دوم آزمایش اثر رقم بر بهره‌وری آب، عملکرد دانه، ثبات و قوام ژل، دمای ژلاتینی شدن و میزان آمیلوز معنی‌دارگردید ($P \leq 0/01$). اثر تیمارهای ارتفاع غرقاب بر شاخص‌های دمای ژلاتینی شدن، ثبات و قوام ژل، و بهره‌وری آب بسیار معنی‌دار شد ($P \leq 0/01$) ولی در مورد شاخص‌های عملکرد و میزان آمیلوز معنی‌دار نگردید. در این سال اثر متقابل ارتفاع غرقاب و رقم بر بهره‌وری آب، دمای ژلاتینی شدن، بر شاخص ثبات و قوام ژل معنی‌دار ($P \leq 0/01$) شد.

خلاصه نتایج تجزیه واریانس مرکب که در جدول 4 آمده، نشان می‌دهد اثر ارتفاع غرقاب بر بهره‌وری آب، دمای ژلاتینی شدن و ثبات و قوام ژل معنی‌دار شد ($P \leq 0/01$). اثر هشت رقم مورد مطالعه در این تحقیق به‌جز بر میزان آمیلوز در خصوص بقیه شاخص‌ها در سطح 1% معنی‌دار شد. این اثر بر سایر شاخص‌ها معنی‌دار نگردید. اثر متقابل ارتفاع غرقاب و رقم بر بهره‌وری آب، دمای ژلاتینی شدن و ثبات و قوام ژل، معنی‌دار شد. این اثر بر سایر شاخص‌ها معنی‌دار نگردید.

بر اساس داده‌های مندرج در جدول 5، اختلاف عملکردی بین سه تیمار وجود ندارد که نشان دهنده اثر اندک ارتفاع غرقاب بر عملکرد دانه و امکان بهینه‌سازی ارتفاع غرقاب در برنج است. در این آزمایش بیش‌ترین عملکرد در تیمار I_1 به میزان 7650 و کم‌ترین عملکرد در تیمار I_3 به میزان 6590 کیلوگرم در هکتار گزارش می‌گردد. از آنجایی که حجم آب آبیاری کاربردی در تیمار I_3 کمترین میزان و اختلاف عملکرد آن با شاهد نیز معنی‌دار نیست، لذا شاخص بهره‌وری آب این تیمار 83/3 درصد بیشتر از شاهد شده است در حالی که افت عملکرد فقط 13/8 درصد است. با توجه به این که نقش ارقام در این جدول مستتر هست، لذا نتایج حاکی از همسویی ارقام با تیمارهای آبیاری است. از نظر میزان آمیلوز، تفاوتی بین تیمارها وجود ندارد ولی از نظر دمای ژلاتینی شدن و ثبات و قوام ژل، تیمار شاهد اندکی برتری نشان می‌دهد.

رقم زاینده‌رود با متوسط عملکرد 8800 کیلوگرم در هکتار در گروه a و رقم حسنی از ارقام محلی شمال با عملکرد 5300 کیلوگرم در هکتار در گروه f جدول مقایسه میانگین تیمار ارقام (جدول 6) قرار گرفت. بیشترین مقدار ثبات و قوام ژل و دمای ژلاتینی شدن مربوط به تیمار I_3 وکمترین آن به تیمار I_1 اختصاص یافت. میزان آمیلوز اندازه‌گیری شده با کاهش ارتفاع غرقاب روند نزولی داشت، بطوری که این شاخص در تیمار I_3حداقل شد.

میزان آمیلوز، دمای ژلاتینی شدن و ثبات و قوام ژل به ترتیب در رقم‌های زاینده‌رود، گرده و سازندگی حداکثر و در ارقام 47-67 و 97-67 حداقل بود. در این تحقیق میزان آب مصرفی در تیمارهای مختلف محاسبه و در جدول 7 ارائه شده است. همچنین مقادیر بهره‌وری آب در تیمارهای مختلف ارتفاع غرقاب و برای ارقام مختلف در جدول‌های 8 و 9 آورده شده است.

1 -Water Productivity

جدول 4- تجزیه واریانس مرکب اثر ارتفاع غرقاب بر روی شاخص‌های عملکرد و کیفیت ارقام برنج

Table 4- Combined analysis of the impact of flooding height on yield and quality of rice

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی d.f	میزان آمیلوز Amylose content	دمای ژلاتینی‌شدن Gelatinization temperature	ثبات و قوام ژل Gel consistency	عملکرد دانه Grain yield	بهره‌وری آب Water productivity
سال Year	1	8.13 ^{ns}	0.23 **	27.6 ^{ns}	10.4 **	0.013 **
تکرار (سال) Rep. (Year)	4	4.9	0.43	11.5	3.4	6.9×10^{-4}
ارتفاع غرقاب flooding depth	2	3.7 ^{ns}	0.4 **	155.6 **	4.4 ^{ns}	0.145 **
ارتفاع غرقاب×سال Flooding depth× Year	2	3.35 ^{ns}	0.2 *	17.6 ^{ns}	2.1 *	6.9×10^{-5} ^{ns}
خطا Error	8	4.6	0.057	38.6	4	5.8×10^{-5}
رقم Cultivar	7	4.5 ^{ns}	9.34 **	416.3 **	24.9 **	0.18 **
ارتفاع غرقاب × رقم Flooding depth * Cultivat	14	2 ^{ns}	0.18 **	47.3 **	0.52 ^{ns}	5.9×10^{-3} **
رقم × سال Cultivar × Year	7	2.7 ^{ns}	0.41 **	53.1 **	4 ^{ns}	6.7×10^{-5} ^{ns}
سال× ارتفاع غرقاب ×رقم Flooding depth × Cultivar × Year	14	2.5 ^{ns}	0.19 **	7.2 ^{ns}	0.35 ^{ns}	5.8×10^{-5} ^{ns}
خطا Error	87	3.2	0.06	13.6	0.48	1.4×10^{-4}
ضریب تغییرات (%CV)	-	8.4	4	9.3	9.4	1.95

*علامت معنی‌دار شدن درسطح 5%، ** علامت معنی‌دار شدن در سطح 1%، n.s علامت معنی‌دار نشدن

ns: Non significant. *: Significant at the 5 % level of probability **: Significant at the 1 % level of probability

جدول 5- مقایسه میانگین اثر تیمارهای ارتفاع غرقاب بر عملکرد و کیفیت برنج

Table 5- Mean comparison of water flooding depth treatments on yield and quality of rice

تیمار آبیاری Irrigation treatment	میزان آمیلوز (درصد) Amylose content (%)	دمای ژلاتینی‌شدن (درجه) Gelatinization temperature (°)	ثبات و قوام ژل (میلی‌متر) Gel consistency (mm)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Yield (kg/ha)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر متر مکعب) WP (kg/m^3)
I_1 (Check)	21.3 a	6.03 a	42 a	7650 a	0.44 c
I_2	21.1 a	5.85 b	40 ab	7500 a	0.64 b
I_3	20.7 a	5.79 b	38 b	6590 a	0.77 a

جدول 6- مقایسه میانگین اثر رقم بر عملکرد و کیفیت برنج

Table 6- Comparison of the mean effect on yield and quality of rice varieties

ارقام برنج Rice cultivars	میزان آمیلوز (درصد) Amylose content (%)	دمای ژلاتینی‌شدن (درجه) Gelatinization temperature (°)	ثبات و قوام ژل (میلی‌متر) Gel consistency (mm)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Yield (kg/ha)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر متر مکعب) WP (kg/m^3)
گرده Geredeh mahali	21.3 a	6.9 a	41.4 cd	8.0 bc	0.65 d
67-47	19.9ab	5.2 e	41.2 cd	7.4 d	0.61 f
67-97	20.8 b	6.8 a	30.9 e	7.6 cd	0.63 e
67-72	21.4 a	5.7 c	42.3 abc	6.0 e	0.49 g
67-113	21.1 ab	5.6 cd	40.3 c	8.2 b	0.67 b
سازندگی Sazandegi	21.3 a	5.3 e	44.8 a	8.1 bc	0.66 c
حسنی Hasani	20.9 ab	6.6 b	34.3 d	5.3 f	0.43 h
زاینده‌رود Zayandeh rud	21.5 a	5.5 d	43.7 ab	8.8 a	0.72 a

میزان آب مصرفی در تیمارهای I_1، I_2، I_3 به ترتیب برابر 17500، 11650، 8550 متر مکعب محاسبه شد. همچنین رقم زاینده‌رود دارای بالاترین و رقم حسنی دارای کمترین مقدار بهره‌وری آب بود. در تیمار I_3 عمق غرقاب به صفر رسیده و سپس تجدید می‌شد.

نتایج حاکی از این مطلب است که علیرغم کاهش عملکرد دانه در تیمارهای I_2 و I_3 می‌باید این تیمارها به‌عنوان روش‌های برتر انتخاب گردد. اما با توجه به این مطلب که تیمارهای ارتفاع غرقاب در کرت‌های اصلی قرار گرفتند تفاوت عملکردها معنی‌دار نشده ولی افت عملکردی حدود 14% به میزان 1060 kg/ha در تیمار I_3 با حدود 50% صرفه‌جوئی در آب مصرفی حاصل شد. این نتایج در همسویی کامل با نتایج اعلام شده از سوی لی و کولی (1996) می‌باشد (8).

جدول 7- میزان آب مصرفی ماهیانه در تیمارهای مختلف (متر مکعب در هکتار)

Table 7- Monthly water use for different treatments (m^3/ha)

Month ماه	I_1	I_2	I_3
May اردیبهشت	1750	1750	1750
June خرداد	4481	3405	2000
July تیر	4162	2355	1900
August مرداد	3812	2140	1700
September شهریور	3295	2000	1200
Sum جمع (m^3/ha)	17500	11650	8550

جدول 8- مقادیر بهره‌وری آب، عملکرد و حجم آب مصرفی در تیمارهای مختلف ارتفاع غرقاب

Table 8- Water productivity, yield and water use amounts for water flooding depth treatments

تیمار آبیاری Irrigation treatment	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Yield (kg/ha)	حجم آب مصرفی (متر مکعب در هکتار) Water use (m^3/ha)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر متر مکعب) WP (kg/m^3)
I_1 (Check)	7650	17500	0.44
I_2	7500	11650	0.64
I_3	6590	8550	0.77

جدول 9- مقادیر بهره‌وری آب ارقام مورد مطالعه (کیلوگرم بر متر مکعب)

Table 9- Water productivity amounts for different rice cultivars (kg/m^3)

Rice cultivars ارقام برنج	I_1	I_2	I_3
Geredeh mahali گرده	0.46	0.68	0.83
67-47	0.42	0.63	0.77
67-97	0.43	0.65	0.79
67-72	0.34	0.51	0.61
67-113	0.47	0.70	0.86
Sazandegi سازندگی	0.46	0.69	0.85
Hasani حسنی	0.30	0.45	0.53
Zayandeh rud زاینده‌رود	0.50	0.75	0.91
average میانگین	0.43	0.64	0.77

سعادتی و همکاران (14) طی پژوهشی در ایستگاه تحقیقات برنج آمل و بر روی دو رقم طارم و نعمت به مطالعه تیمارهای مختلف مدیریت غرقاب پرداخته و نشان دادند که برای رقم طارم از نظر عملکرد محصول بین تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود نداشته و حداکثر عملکرد در تیمار تناوب غرقاب و خشکاندن با 23 درصد صرفه‌جوئی در مصرف آب نسبت به تیمار غرقاب دائم وجود داشته است. ولی در رقم نعمت از نظر عملکرد محصول تفاوت معنی‌داری بین تیمارها وجود داشته و حداکثر عملکرد در تیمار غرقاب و خشکاندن تا ظهور سنبله جوان و سپس غرقاب دائم با 15 درصد صرفه‌جوئی در مصرف آب نسبت به تیمار غرقاب دائم بدست آمد (14). همچنین عرب‌زاده و توکلی (4) گزارش کردند که در کشت نشایی برنج نیازی به وجود ارتفاع آب در سطح شالیزارها نیست و اشباع دائم خاک کفایت می‌نماید و سالمی و توکلی (15) ارتفاع غرقاب متناوب را قابل توصیه دانستند.

همچنین نتایج تحقیق حاضر با گزارش پژوهشگران مؤسسه تحقیقات برنج در رشت (10) مبنی بر معنی‌دار نشدن اثر دورهای مختلف آبیاری بر عملکرد دانه همخوانی کامل دارد. در تحقیقات انجام شده در استان گیلان (6) نیز با 35% صرفه‌جوئی آب، افت عملکرد فقط 5% بوده است. افت عملکرد بالاتر در آزمایش حاضر را می‌توان با گرمای شدید منطقه اصفهان (دمای حداکثر مطلق در تابستان در بعضی از سال‌ها به 40 درجه سانتی‌گراد می‌رسد) در مرحله لقاح و زایشی محصول مرتبط دانست. کاهش عملکرد در تیمار I_3 بدلیل کاهش مقادیر تعداد پنجه، تعداد دانه در خوشه و افزایش درصد پوکی می‌باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد ارقام زاینده‌رود و 113-67 بالاترین عملکرد دانه را داشته‌اند. با توجه به منبع آب آبیاری که دارای شوری حدود 4 dS/m بوده، این مطلب به نوعی نشان‌دهنده تحمل‌پذیری این ارقام نسبت به شوری می‌باشد. وزن هزار دانه با کاهش ارتفاع غرقاب کاهش یافته است. تفاوت این شاخص در ارقام گرده و زاینده‌رود به میزان 30% ناشی از شکل دانه در این دو رقم است. شکل دانه که نسبت طول به عرض دانه تعریف شده، در رقم زاینده‌رود بیشتر از گرده می‌باشد. اکثر ارقام برنج در مراحل قبل از لقاح و شیری شدن نیاز به عمق آب به میزان حداقل یک سانتی‌متر در پای بوته دارند. در صورتی که این نیاز به هر دلیل تأمین نگردد، لقاح به خوبی صورت نگرفته و پوکی افزایش می‌یابد. این مشکل در مناطق خشک و نیمه خشک حادتر است، چرا که روزهای بلند با گرما و تابش نور شدید با مرحله لقاح توأمان شده و بدنبال آن افزایش درصد پوکی به میزان 31% در تیمار I_3 مشاهده می‌گردد. تفاوت مقادیر این شاخص در ارقام مختلف غالباً مربوط به اثرات محیطی، سازگاری و ناسازگاری ارقام و مصادف شدن در مرحله رسیدگی و لقاح در ارقام مختلف با دماهای متفاوت می‌باشد. به نظر می‌رسد رقم زاینده‌رود از نظر تحمل به خشکی، شوری آب آبیاری و سردی آب (منبع چاه) نسبت به‌کلیه ارقام دیگر مقاوم‌تر بوده و به همین دلیل افزایش عملکرد قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه کلیه ارقام مورد بررسی در تمامی شاخص‌های اندازه‌گیری شده در جدول 6 دارای تفاوت معنی‌داری می‌باشند به نظر می‌رسد غالب این اختلاف مربوط به خصوصیات ژنتیکی ارقام است. آزمایش انجام شده در ایستگاه پژوهشی کوشکک واقع در استان فارس (12) کل نیاز آبی برنج را بسیار بالاتر از آب مصرفی برنج در این آزمایش برآورد نموده است. لذا گرم‌تر بودن منطقه آزمایش و در دسترس نبودن آب کافی برای برنجکاران منطقه لنجان از دلایل این اختلاف باشد. البته نتایج اندازه‌گیری آب مصرفی برنج در گیلان (6) با نتایج این تحقیق بسیار نزدیک گزارش شده است. خسارت‌پذیری برنج وکاهش معنی‌دار عملکرد در شرایط غیر غرقاب از رطوبت‌های پائین‌تر از 80% اشباع شروع شده (13) در حالی‌که در تحقیق حاضر در شرایط بحرانی تیمار I_3 که رطوبت خاک به 90% حد اشباع می‌رسید، کاهش عملکرد دانه معنی‌دار نگردیده است. این نتیجه مؤید مطلب فوق می‌باشد.

براساس اعلام نظر کارشناسان آزمایشگاه کیفیت برنج در مؤسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) دامنه مطلوب میزان آمیلوز، AC (25-20)، دمای ژلاتینی شدن، GT (5-4) و ثبات و قوام ژل، GC (60-40) می‌باشد. تنش‌های رطوبتی تعادل بین پروتئین و نشاسته را تغییر می‌دهند. در این آزمایش با افزایش تنش در تیمار I_3، میزان آمیلوز کاهش یافته است. همچنین بعلت طولانی شدن دوره رشد گیاه و نتیجتاً افزایش مدت زنده ماندن ساقه، دمای ژلاتینی شدن در تیمار I_3 به حداقل رسیده است. چرا که در این روش مدیریت آبیاری ساقه گیاه زودتر بحالت مردگی رسیده و این شاخص کاهش یافته است. بطور کلی هر سه شاخص میزان آمیلوز، دمای ژلاتینی شدن و ثبات و قوام ژل در تیمار I_3 در دامنه مطلوب فوق قرار نگرفته‌اند. دامنه تغییرات میانگین توان تولید آب در محصول برنج به ازای کیلوگرم آب ورودی به مزرعه در طی آماده‌سازی زمین و رشد گیاه، در جهان بین 0/6-0/25 گرم بر کیلوگرم آب گزارش شده است (3). در تحقیق حاضر این شاخص مهم بین 0/77-0/3 (جدول 9) متغیر می‌باشد. سنگین بودن خاک محل آزمایش، فرهنگ بالای آبیاری و صرفه‌جوئی آب در منطقه اصفهان و بحران آب در مناطق خشک از دلایل بالاتر بودن بهره‌وری آب در این مناطق می‌باشد. بررسی صفات عملکرد و کیفیت، حجم آب مصرفی، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین تیمارهای آزمایش نشان می‌دهد که از نظر تأثیر تنش آبی بر روی شاخص‌های مورد اندازه‌گیری، تیمار I_3 نسبت به سایر تیمارها برتری دارد.

نتیجه‌گیری

مساحت عمده اراضی منطقه مورد مطالعه کوچک است و کشت برنج در منطقه دارای سابقه‌ای طولانی بوده و زارعین مهارت خاصی در تسطیح کرت برای کنترل آبیاری دارند و در زمان نشا ناهمواری‌های موجود را بر طرف می‌نمایند. با توجه به بافت و ساختمان خاک و مواد آلی موجود در خاک در صورت فقدان آب در 3-1 روز در سطح خاک، شکاف عمیق به وجود نخواهد آمد و در صورت کنترل دقیق علف‌های هرز در ابتدای دوره و انجام مدیریت زراعی لازم، هیچگونه علف هرزی بعد از مبارزه شیمیایی مشاهده نخواهد شد. با توجه به محدودیت آب قابل دسترس و تلاش برای خاتمه سریع‌تر عملیات آبیاری، تیمار غرقاب تناوبی (حفظ عمق آب در حد 1/5-0 سانتی‌متر (I_3)) گزینه مناسبی خواهد بود تا بر اساس الگوی کشت و تنوع محصول، برنامه آبیاری منطقه و محصولات را تنظیم کرد. در این تیمار شاخص بهره‌وری آب آبیاری 83/3 درصد بیشتر از تیمار شاهد شده است در حالی‌که افت عملکرد فقط 13/8 درصد بوده است. شاخص بهره‌وری آب رقم زاینده‌رود نسبت به رقم گرده محلی و تحت تیمارهای I_3، I_2 و I_1 به ترتیب 9/1، 10/3 و 8/7

درصد بیشتر بوده است و حاکی از پایداری اثربخشی این رقم تحت تیمارهای مختلف آبیاری است. لاین 113-67 و سازندگی در اولویت‌های بعدی کشت در شرایط بحران آب قرار می‌گیرند.

منابع

1- Abedi H. 1998. Rice. Agricultural Research, Education and Extension organization. Iranian Scientific Resarch Council. 77/58, 1-19. (in Persian with English abstract).
2- Abedi H., and Damadzadeh M. 1997. C-Test experiments, 1994-96. Final research report, Agricultural Research and Education Organization, Paper No 76. 343pp. (in Persian with English abstract)
3- Arabzadeh B. 2002. Water and irrigation in rice culture. Rice Research Institute of Iran. 137-140 pp. (in Persian with English abstract).
4- Arabzadeh B., and Tavakoli A.R. 2005. Optimal Management of Deficit Irrigation for Rice in Transplanted (TP) Farming. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 12(4): 20-27 (in Persian with English abstract).
5- Arabzadeh B., and 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 with English abstract).
6- Herve P. 1997. Guilan, a successful irrigation project in Iran. Irrigation and Drainage Systems, 10: 95-107.
7- Keshavarz A., and Sadeghzadeh K. 2000. Agricultural water management: Current situation, future perspective and some strategies for its optimization. P. 377-397. In Proceeding of the 10th Seminar of Iran National Committee on Irrigation and Drainage, 15-16 Nov. 2000. Iran- Tehran. (in Persian with English abstract).
8- Li Y.H., and Cui Y.N. 1996. Real time forecasting of irrigation water requirements of paddy fields. Agrcultural Water Management, 31: 185-193.
9- Mc Cauley G.N. 1990. Sprinkler Vs. flood irrigation in traditional rice production regions of southeast texas. Agronomy Journal, 82: 677-683.
10- Nahvi M., Yazdani M.R., and Sorush H.R. 2000. Study the effect of interval irrigation on water using in rice, yield and yield componends. Proceddings of the 10th seminar of Iranian National Committee on Irrigation and Drainage, 15-16 Nov. 2000. Iran- Tehran. P. 289-296. (in Persian with English abstract).
11- Pirmoradian N., Kamgar-Haghigh A.A., and Sepaskhah A.R. 2000a. Estimating application and water use efficiencies of a rice field in Kooshkak area of Fars Province. P. 27-35. In Proceedings of the 10th seminar of Iranian National committee on Irrigation and Drainage, 15-16 Nov. 2000. Iran- Tehran. (in Persian with English abstract).
12- Pirmoradian N., Kamgar-Haghighi A.A., and Sepaskhah A.R. 2002b. Water requirement and KC value of rice in Kooshkak area of Fars Province. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 6(3):15-21. (in Persian with English abstract).
13- Razavipur T., Yazdani M., and Kavosi M. 2000. Effect of water stress and rice different growing stages on grain yield- binam variety. P. 613-618. In Proceedings of the 6th soil science congress of Iran. 2000. Iran- Mashhad. (in Persian with English abstract).
14- Saadati N., Asadi R., and Nasiri M. 1999. Study of stress at different growth stages on rice cultivars (Tarom and Nemat) yield and determining of water use. Final research report, Rice Research Institute, Paper No. 78.451, 19-26 pp. (in Persian with English abstract)
15- Salemi H.R., and Tavakoli A.R. 2007. Improving irrigation water productivity for rice varieties at Esfahan region. Journal of Agricultural Engineering Research, 8(1): 61–74 (in Persian with English abstract).
16- Sohrabi T., and Khoshkhahesh Y. 1998. Assessment of irrigation efficiency in Gilan and Foumanat networks. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources. 4(3): 1-7. (in Persian with English abstract).
17- Yazdani M.R., Fatollahzadeh F., Sharifi M.M., Padasht F., and Kavosi M. 2000. Comparision of application sprinkler and submerged irrigation methods for direct sedding and planting rice. P. 51-67. In Proceddings of the 10th Seminar of Iranian National committee Irrigation and Drainage, 15-16 Nov. 2000. Iran- Tehran. (in Persian with English abstract).

Journal of Water and Soil
Vol. 30, No. 6, Jan.-Feb. 2017, p. 1748-1757

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 30، شماره 6، بهمن – اسفند 1395، ص. 1757-1748

Investigation of Flooding Water Depth Management on Yield and Quality Indices of Rice Production

H.R. Salemi[1]- A.R.Tavakoli[2*]

Received: 03-09-2013
Accepted: 25-09-2016

Introduction: Water crisis as a majorlimitation factor for agriculture, like other arid and semiarid regions exists in Isfahan province which is located in the central part of the Zayandehrud River Basin (ZRB). Rice appears to be the far-most profitable crop but at the same time it has a major impact on basin scale water resources, especially affecting downstream farmers. In the study area (ShahidFozveh Research Station), the water resources for agricultural production face heightened competition from other sectors like industry and domestic use. This necessitates considering different crops, altered agricultural systems and innovative methods that can reduce the water requirements for the irrigation of rice. The Alternative Wetting and Drying (AWD) seems to be an effective method reducing water use for rice crops and possibly save the water for downstream users. There have been no qualitative evaluations of rice production under deficit irrigation practices in Isfahan area. This study sought to determine, under study area conditions, the quantities of water irrigation used with AWD practices, the resulting water productivity (WP) and the effects of alternative irrigation management on yield, quality indices and rice production performance.

Materials and Methods: The ZRB (41,500 km^2) is a closed basin with no outlet to the sea. The research was conducted in the Qahderijan region of Isfahan province, which is located in the central part of the ZRB. The ShahidFozveh Agricultural Research Station (32°, 36' N, 51°, 36' E) is located at the altitude of 1612 m above the sea level. In order to improve WP and illustration of the impact of various levels of flooding depth on grain yield and quality indices at rice production, a field experiment (3000 m^2) was conducted at ShahidFozveh Research Station for 2 years arranged in a split plot design with three replications. It will be necessary to use different scenario of water flooding depth management to achieve the highest irrigation application efficiency and WP. The treatments included: three levels of irrigation managements I_1: permanentflooding under 3.5 cm water during growth period, I_2: permanent flooding under2.2cm water during growth period and I_3: 0-1.5cm. (AWD) were considered as main plots and eight advanced rice cultivars (Geredehmahali, Zayandeh-rud, Sazandegi , Hasani, 67-97, 67-113, 67-47 and 67-72) as sub plots. The treatments were compared based on grain yield and quality indices for irrigation management and rice varieties including: amylose content (AC), Gelatinization temperature (GT) and gel consistency (GC). Production (grain yield), quality indices, the consumption water, WP and cultivars reactions to different irrigation management were evaluated in different treatments. The soil of the experimental area, according to USDA Soil Taxonomy 1994 is of FINE CLAYEY. At the soil depth of 1m, soil salinity (6.2 $dS.m^{-1}$), water salinity (3.9 $dS.m^{-1}$), and soil moisture at saturated capacity (48 Vol. %) at the field site were measured or experimentally obtained in the Isfahan Soil and Water Laboratory. The results were subjected to an ANOVA to analyze the effects of the treatments and their interactions using PROC GLM (SAS 9.1, SAS institute Ltd., USA). Duncan's multiple range tests at 0.05 probability level was used for paired mean comparison.

Results and Discussion: Results showed that water flooding depth treatments had significant effect on gel consistency, geletination degree and WP ($P\leq0.01$). Significant differences ($P\leq0.01$) were noticed in Gelenation degree, gel consistency, grain yield, WP among the cultivars. Also cultivars have significant effect ($P\leq0.05$) on amylose contents. The highest magnitude of WP was calculated 0.91$kg.m^{-3}$for (I_3) followed by Zayandehrud, 67-113 and Sazandegi with 0.86 and 0.85, respectively. Maximum WP obtained from AWD irrigation management and Zayandehrud rice variety, its amount was 9.1$kg.mm^{-1}$. At this treatment with 33.4 percent reduction of irrigation water, have resulted only 11.1 percent decreased of paddy grain yield. Results showed that it is not necessary to maintain the rice field submerged in whole growth period. Considering the importance of water flooding depth optimization as the main scope in arid and semi-arid lands of Iran, (I_3) is recommended.

Conclusion: During the two years of conduction of an experiment in ZRB with clay texture and mild saline

1- Assistant Professor of Agricultural Engineering Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO), Isfahan, Iran
2- Assistant Professor of Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
(*- Corresponding Author Email: art.tavakoli@gmail.com)

water with the three (3) irrigation treatments imposed on the rice crop. The highest WP was achieved for (I_3) followed by Zayandehrud, 67-113 and Sazandegi, respectively. It was found that the AWD irrigation management, despite its lower yield than other irrigation treatments, increased water productivity. Thus, this treatment is desirable therefore highly recommended for agricultural rice production in arid region.

Keywords: Isfahan, Quality indices, Water consumption, Water stress