مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ۷ / شماره ۲۸/ پاییز ۱۳۸۵

بررسی واکنش ارقام و لاین های برنج نسبت به عمق‌های مختلف آب آبیاری در منطقه لنجان اصفهان*

حمیدرضا سالمی و حسنعلی عابدی**

* برگرفته از طرح تحقیقاتی، با عنوان: «بررسی واکنش ارقام بومی برنج نسبت به سطوح مختلف آب مصرفی در منطقهٔ لنجان اصفهان»

** اعضای هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، نشانی: اصفهان، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، ص. پ. ۱۹۹-۸۱۷۸۵، دورنگار: ۷۷۵۹۰۰۷ (۰۳۱۱)، پیام نگار: hr_salemiuk@yahoo.com.

تاریخ دریافت مقاله: ۸٤/۵/۵ ؛ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۵/۱/۱۹

چکیده

به منظور بررسی تحمل ارقام و لاین‌های برنج به تنش خشکی و تعیین اثر این تنش بر عملکرد و اجزای عملکرد این گیاه، آزمایشی در سال‌های زراعی ۸۱-۱۳۸۰ و ۸۲-۱۳۸۱ در ایستگاه تحقیقات شهید فزوهٔ اصفهان اجرا شد. آزمایش به صورت طرح آماری کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. سه تیمار میزان آب آبیاری شامل آبیاری با عمق ۳/۵ سانتی‌متر در تمام دورهٔ فصل رشد (I_1)، آبیاری با عمق ۲/۲ سانتی متر در تمام دورهٔ فصل رشد (I_2)،و تیمار کنترل عمق آب آبیاری بین صفر تا ۱/۵ سانتی‌متر (I_3) در کرت‌های اصلی و هشت رقم برنج (گرده محلی، زاینده‌رود، سازندگی، حسنی، ٦٧-٩٧، ٦٧-١١٣، ٦٧-٤٧ ، و ٦٧-٧٢) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. طی دوره و در پایان فصل رشد، صفات عملکرد دانه و اجزای عملکرد در تیمارهای مختلف اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که تأثیر مقادیر مختلف آب مصرفی بر شاخص‌های درصد پوکی، ارتفاع بوته، طول خوشه، طول ریشه، وزن خشک ریشه، و کارآیی مصرف آب (WUE) در سطح یک درصد ($\rho \leq 0.01$) معنی‌دار شد. این اثر بر بقیه شاخص‌ها معنی‌دار نگردید. همچنین ارقام مورد بررسی تفاوت کاملاً معنی‌داری ($\rho \leq 0.01$) از نظر تعداد روز تا ۵۰ 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 WUE داشتند. ارقام از نظر شاخص تعداد روز تا رسیدگی کامل دارای تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد ($\rho \leq 0.01$) بودند. میانگین WUE در تیمار I_3 حداکثر و برابر ۰/۷۷ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. همچنین رقم زاینده‌رود دارای بالاترین مقدار WUE بود. بعد از این رقم، ارقام ٦٧-١١٣ و سازندگی بیشترین مقدار WUE را دارا بودند. با توجه به اهمیت بهینه‌سازی آب مصرفی به عنوان دیدگاه اصلی در روش‌های اعمال تنش خشکی و بروز بحران آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور، تیمار I_3 پیشنهاد گردید.

واژه‌های کلیدی

آب آبیاری، اجزای عملکرد، اصفهان، برنج، تنش آبی، عملکرد دانه

مقدمه

با توجه به بحران خشکسالی در سال‌های اخیر و مقاومت برنج‌کاران در مورد حذف برنج از الگوی کشت، صرفه‌جویی در آب آبیاری کمک بزرگی است به کشاورزان پایین‌دست حوزهٔ آبخیز زاینده‌رود و تأمین آب بخش صنعت و شرب استان اصفهان. شرایط آب و هوایی چند سال گذشته مشکل آب را در استان حاد کرده است. البته در سال‌های مطلوب نیز به دلیل پایین بودن میزان بارش نسبت به میانگین جهان و حتی کشور و بالا بودن تبخیر بالقوه، مسئله آب و چالش‌های آن امری جدی است و از این‌رو می‌توان خشکی را از اجزای ذاتی کشاورزی در استان اصفهان به شمار آورد. از مجموع ۷/۸ میلیون هکتار اراضی

© 2010,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

فاریاب کشور، ۷/٤ درصد به کشت برنج اختصاص دارد، در صورتی که ۱۲/٦ درصد از ۸۳ میلیون متر مکعب آب بخش کشاورزی برای آبیاری برنج‌زارها به مصرف می‌رسد. بر اساس گزارش کشاورز و صادق‌زاده (Keshavarz & Sadeghzadeh, 2000)، سطح زیر کشت این محصول در ایران برابر ٥٦۰ هزار هکتار، معادل ٤ درصد کل جهان است و میانگین عملکرد نیز ٤۱۷۳ کیلوگرم در هکتار برآورد شده است. استان اصفهان با حدود ۲۰۰۰۰ هکتار سطح زیر کشت برنج در رتبهٔ پنجم و از لحاظ کیفیت و کمیت با میانگین ٥۸۰۰ کیلوگرم در هکتار بین مقام‌های اول و دوم در کشور قرار دارد (Abedi, 1998). با توجه به مطالب فوق، بهینه‌سازی مصرف آب در بخش کشاورزی استان که یکی از مصرف‌کنندگان عمده منابع آب، الزامی به نظر می‌رسد. حوزهٔ زاینده‌رود در دهه‌های آینده وارد مرحلهٔ بحرانی می‌شود و در صورت ادامهٔ روند فعلی افزایش جمعیت و مدیریت‌های ناکارا در امر تقاضا و تأمین آب، با مشکلات عدیده‌ای مواجه خواهد شد.

پیرمرادیان و همکاران (Pirmoradian *et al.,* 2000) در تحقیقی در مورد بازده کاربرد آبیاری برنج نشان دادند که افزایش بازده کاربرد در حالت استفادهٔ مجدد از رواناب خروجی، نسبت به حالتی که از رواناب استفاده نشود، بین ۱٥ تا ۱۹ درصد است. افزایش این مقدار بازده استفاده از آب در حالت استفاده مجدد از رواناب خروجی برای دو سال متوالی به ترتیب برابر ۱/۲۲ و ۱ کیلوگرم به ازای هر میلی‌متر گزارش شده است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که با اعمال یک تأخیر زمانی ۱٤ روزه در نشاکاری، علاوه بر ۱٦ درصد کاهش آب مصرفی گیاه، مقدار بازده استفاده از آب به ازای واحد آب مصرفی در دو حالت عدم استفادهٔ مجدد از رواناب خروجی و استفاده از آن به ترتیب ۱۰ و ۱۳/٦ درصد و همچنین به ازای واحد تبخیر- تعرق ۱۱ درصد افزایش می‌یابد.

در تحقیقی در ایستگاه پژوهشی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه شیراز به مدت دو سال به منظور تعیین ضریب گیاهی و نیاز آبی برنج رقم چمپای کامفیروز نوع زودرس، محدودهٔ تغییرات تبخیر- تعرق گیاه برنج در طول فصل رشد ۳/۷٦-۹/۳٤ میلی‌متر در روز اندازه‌گیری شد. در سال‌های ۱۳۷٥ و ۱۳۷٦، میزان کل تبخیر- تعرق در دوره رشد به ترتیب برابر ٥٦۰ و۷٥۷ میلی‌متر، میانگین نفوذ عمقی در طول دوره به ترتیب برابر ۳/٤ و ۳/٥ میلی‌متر در روز و کل نیاز آبی به ترتیب برابر ۱۹۸۳ و ۲۳٦۱ میلی‌متر برآورد شد (Pirmoradian *et al.,* 2002).

به منظور استفادهٔ بهینه از آب آبیاری، نحوی و همکاران (Nahvi *et al.,* 2000) در مورد برنج رقم خزر در رشت تحقیقاتی انجام دادند. پژوهشگران مؤسسه تحقیقات برنج کشور دریافتند که آبیاری با دور ۲ و ٥ روزه تفاوت معنی‌داری ندارد. از این‌رو به منظور صرفه‌جویی در مصرف آب با حفظ عملکرد قابل قبول، دور آبیاری ٥ روزه برای رقم خزر توصیه شد.

به منظور یافتن راهی برای صرفه‌جویی در مصرف آب برنج، روش‌های آبیاری بارانی و استغراقی برای کشت مستقیم و نشایی ارقام خزر و IR53236-342 مقایسه شدند (Yazdani *et al.,* 2000). نتایج نشان می‌دهد که آب مصرفی در روش آبیاری بارانی ۲۳/٦ درصد کمتر از آبیاری استغراقی است اما کاهش عملکرد محصول به میزان ۳۰ درصد برآورد شد.

به منظور امکان‌سنجی صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری و پی بردن به تأثیر کاهش رطوبت در هر مرحله از رشد برنج، رضوی‌پور و همکاران (Razavipure *et al.,* 2000) آزمایشی طی سال‌های۷۳-۱۳۷۱ در رشت اجرا کردند. تیمارها شامل آبیاری شاهد با ٥ سانتی‌متر غرقاب دائم در کلیهٔ مراحل رشد گیاه و کاهش رطوبت خاک تا ۸۰ و ٦۰ درصد رطوبت اشباع بود. نتایج نشان داد که برنج می‌تواند در رطوبت‌های بدون غرقاب رشد خوبی داشته باشد و تا زمانی که رطوبت خاک از ۸۰ درصد اشباع پایین‌تر نرفته

است عملکرد محصول نقصان نمی‌یابد. خسارت‌پذیری برنج در رطوبت‌های کمتر از ۸۰ درصد اشباع آغاز و در مراحل استقرار نشا و گلدهی آسیب بیشتری به گیاه وارد می‌شود.

سعادتی و همکاران (Saadati *et al.,* 1999) طی تحقیقی در آمل نشان دادند که از تیمار با رژیم آبی متناوب غرقاب + خشکاندن (۵-۰ سانتی‌متر) و با ۳۳ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب نسبت به تیمار غرقاب دایم حداکثر محصول به دست می‌آید.

در برنج، توان تولید به ازای واحد جریان آب ورودی[1] به مزرعه حدود ۰/٦-۰/۲۵ گرم بر کیلوگرم است در حالی که این مقدار در گندم ۱/٦-۰/۸ و در ذرت ۳/۹-۱/٦ گرم بر کیلوگرم است (Arabzadeh, 2002). پایین بودن WP_{IFT} در برنج ناشی از بیشتر بودن میزان فرونشت عمقی در این گیاه نسبت به دیگر گیاهان زراعی است. ضمن اینکه از آب ذخیره شده در منطقهٔ بالای لایه سخت خاک[2] نیز به دلیل سیستم ریشه‌ای کم‌عمق در این گیاه بهره‌برداری نمی‌شود. هنگامی که رطوبت خاک به زیر نقطهٔ اشباع برسد گیاه در معرض تنش آبی قرار می‌گیرد. اگر مقدار آب کاربردی در دورهٔ آماده سازی زمین نیز محاسبه گردد، توان تولید آب در برنج کمتر می‌شود (Arabzadeh, 2002).

در مورد آبیاری غرقابی برنج، مک‌کولی (Mc Cauley, 1990) می‌گوید که این روش یک ابزار مدیریتی مناسب به منظور کنترل آفات، دسترسی آسان به موادغذایی، و جلوگیری از تنش آبی است و نه یک ضرورت برای گیاه. ضمن اینکه به کارگیری این روش نیاز به مصرف مقادیر زیاد آب دارد.

آزمایش‌های هرو (Herve, 1997) در منطقهٔ گیلان نشان می‌دهد که تبخیر- تعرق کل دورهٔ رشد برنج برابر ۵۲۸۸ مترمکعب در هکتار و میانگین تبخیر- تعرق روزانه حدود ۵/٤ میلی‌متر است. همچنین آب مصرفی مزرعه از ۷۳۰۰ متر مکعب برای منطقه فومن با خاک فشرده رسی عمیق، تا حدود ۱۹۰۰۰ متر مکعب در هکتار برای جلگه سفیدرود با خاک‌های سیلتی متغیر است.

در ژاپن، میزان تبخیر- تعرق اندازه گیری شده گیاه برنج در طول فصل رشد، برای رقم زودرس ٤٤۰ میلی‌متر، میانه‌رس ۵٤۰ میلی‌متر، و دیررس ٦٤۵ میلی‌متر (Fukuda & Tsutsui, 1979) و نیاز آبی کل بین ۱۰تا ۲۰ میلی‌متر در روز گزارش شده است. میانگین شدت تبخیر- تعرق برنج از ٤/٤ میلی‌متر در روز در کشور چین تا ۹/۸ میلی‌متر در روز در کشور ویتنام تغییر می‌کند.

نتایج آزمایش در ایستگاه تحقیقات برنج آمل توسط عرب‌زاده و توکلی(Arabzadeh & Tavakoli, 2005) نشان داد که تیمار دارای ارتفاع آب به عمق ۵ سانتی‌متر (غرقاب دایم) و تیماری که در تمام مراحل رشد، خاک در وضعیت اشباع است (عمق آب صفر سانتی‌متر) به ترتیب با ٤۳۷۳ و۳۹٤۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین و کمترین عملکرد شلتوک را داشته‌اند. اما میزان بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب آبیاری+ بارش برای تیمار عمق آب صفر سانتی‌متر در تولید شلتوک به ترتیب با ۷ و ٦/۱ کیلوگرم بر میلی‌متر بیشترین مقدار است. از این رو پیشنهاد شده است که در کشت نشایی نیازی به وجود ارتفاع آب در سطح شالیزارها نیست و اشباع دایم خاک کفایت می‌کند.

کابانگون و همکاران(Cabangon *et al.,* 2001) با استفاده از روش‌های اصلاح نژاد و مدیریت مصرف آب، Wp را در کشت برنج افزایش دادند. آنها بهره‌وری آب بر مبنای تبخیر و تعرق در بذور مقاوم به خشکی برنج را از ٤۸/ ۰ به۰/۵۳ گرم بر کیلوگرم افزایش دادند.

در مؤسسه IRRI[3] لافیته و همکاران (Lafitte *et al.,* 2002) به منظور معرفی ژن‌های مقاوم به خشکی در برنج آسیایی O.sativa تحقیقات وسیعی کرده‌اند. این محققان، از تلاقی گونه‌های Japonica (در اراضی مرتفع) و indica (در اراضی پست) به گونه‌های ترکیبی با

1- Water Productivity-WPIFT
2- Hard pan
3- International Rice Research Institute

توانایی بالا در خصوص مقاومت به خشکی دست یافتند. همچنین با استخراج این ژن‌ها از برنج افریقایی O.glaberrima و وارد کردن آنها به برنج O.sativa مقاومت این‌گونه برنج در برابر خشکی به طور چشمگیری افزایش یافت.

مقایسهٔ روش آبیاری غرقابی پیوسته با روش غرقابی ناپیوسته نشان داد که روش غرقابی ناپیوسته باعث صرفه‌جویی آب می‌شود بی‌آنکه کاهش محسوس و معنی‌دار در عملکرد دانه به وجود آید. گزارش شده که نگهداری مداوم رطوبت خاک در حالت نزدیک به اشباع در حالی که باعث ۵ درصد کاهش محصول می‌شود، ۳۵ درصد آب مصرفی را در مقایسه با شرایط غرقابی کاهش می‌دهد (Li & Cui, 1996).

بررسی‌های عابدی و دامادزاده (Abedi & Damadzadeh, 1997) در اصفهان نشان می‌دهد که لاین‌های ۹۷-۶۷، ۴۷-۶۷، زاینده‌رود، و سازندگی که از ارقام محلی‌آزاد شده‌اند نسبت به تنش‌های آبی تحمل بیشتری دارند و در شرایط غیر غرقاب در مقایسه با سایر ارقام عملکرد بهتری دارند. همچنین مشخص شد که کمبود آب در مرحلهٔ رشد باعث کاهش عملکرد محصول می‌شود و در مرحلهٔ زایشی به طور مستقیم روی اجزای عملکرد تاثیرگذار است. بالا بودن میزان آب مصرفی در واحد سطح اراضی زراعی کشور، در مقایسه با کشورهای دیگر، که کشاورز و صادق‌زاده (Keshavarz & Sadeghzadeh, 2000) در مورد برنج ۱۶۰۰۰ متر مکعب در هکتار و حتی بیشتر گزارش داده‌اند، برنامه‌ریزی دقیق و سنجیده را به منظور استفادهٔ صحیح از منابع آب ضروری می‌سازد.

با توجه به اینکه در خصوص تعیین حجم آب مصرفی بهینهٔ گیاه برنج در منطقهٔ لنجانات اصفهان کوشش کافی نشده است، در این پژوهش تلاش شد حجم آب مصرفی بهینه، اثر عمق‌های مختلف آب آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام بومی برنج، و میزان WUE تعیین و ارقام و لاین‌های متحمل به خشکی در منطقه معرفی شود.

مواد و روش‌ها

- مواد

محل اجرای این طرح تحقیقاتی، ایستگاه تحقیقات شهید فزوه در ۲۰ کیلومتری غرب شهرستان اصفهان، جاده نجف آباد در مسیر قهدریجان است. ارتفاع این ایستگاه ۱۶۱۲ متر بالاتر از سطح دریا و طول جغرافیای آن ′۳۶ °۵۱ و عرض جغرافیایی آن ′۳۶ °۳۲ است. این منطقه با متوسط بارش ۱۲۵ میلی‌متر در سال جزء مناطق خشک محسوب است. حداقل دما ۱۴- و حداکثر دما ۳۶ درجهٔ سانتی‌گراد است. در جدول‌های شمارهٔ ۱ و۲ نتایج تجزیهٔ خاک و آب محل اجرای آزمایش آورده شده است. این آزمایش در زمینی به مساحت تقریبی ۳۰۰۰ متر مربع در سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ اجرا شد.

جدول شمارهٔ۱- نتایج تجزیهٔ خاک محل اجرای آزمایش

بافت خاک	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	سدیم Na^+	کلسیم+ منیزیم $Mg^{2+}+Ca^{2+}$	کلر Cl^-	بی‌کربنات CO_3H^-	هدایت الکتریکی Ec (دسی‌زیمنس بر متر)	کربن‌آلی OC (درصد)	اسیدیتهٔ گل اشباع	پتاسیم قابل جذب K	فسفر قابل جذب p	ازت‌کل N (درصد)
				(میلی اکی والان در لیتر)							(قسمت در میلیون قسمت)		
رسی نرم	۴۹/۲	۲۸/۸	۲۲	۲۸	۲۹	۵۶	۱/۶	۶/۲	۸۴	۷/۶	۲۲	۶۳/۳	۸۴

جدول شمارهٔ ۲- نتایج تجزیهٔ آب محل اجرای آزمایش

هدایت الکتریکی	اسیدیته	میلی اکی والان در لیتر						
EC (دسی‌زیمنس بر متر)	pH	بیکربنات CO_3H^-	کلر Cl^-	سولفات SO_4^{2-}	مجموع آنیون‌ها	کلسیم + منیزیم $Mg^{2+}+Ca^{2+}$	سدیم Na^+	مجموع کاتیون‌ها
۳/۹	۷/٤	۲/٤	۲٤	۸/٦	۳۵	۱۷	۱۸/۵	۳۵/۵

- روش

این آزمایش بر پایهٔ طرح کرت‌های خرد شده[1] شامل سه تیمار آبیاری به عنوان پلات‌های اصلی و هشت رقم و لاین به عنوان پلات‌های فرعی در سه تکرار و در مدت دو سال (۸۳-۱۳۸۱) اجرا شد. تیمارهای مدیریت‌آبیاری عبارت بود از:

I_1 : آبیاری با عمق ۳/۵ سانتی‌متر در تمام دورهٔ فصل رشد (تیمار شاهد)

I_2 : آبیاری با عمق ۲/۲ سانتی‌متر در تمام دورهٔ فصل رشد

I_3 : تیماری است که عمق آب بین صفر تا ۱/۵ سانتی‌متر حفظ شد، (عمق صفر همان حالت اشباع است). دور آبیاری در این تیمار در اوایل دوره رشد سه روز و درگرمترین روزها دو روز تعیین شد.

ارقام مورد بررسی شامل گرده محلی، زاینده‌رود، سازندگی، حسنی (شمالی) و لاین‌های ۹۷-٦۷، ۱۱۳-٦۷، ٤۷-٦۷، ۷۲-٦۷ بود. ابعاد کرت‌های آبیاری ۱۷/۵×۱۵ متر در نظر گرفته شد. در این آزمایش از خزانهٔ سنتی استفاده شد که در فروردین ماه هر سال پس از شخم زدن، خزانه آبیاری و گل‌خرابی[2] در آن انجام می‌شود. زمین در این حالت با ماله صاف و پس از خارج شدن گل از حالت گِل-آب (دوغ‌آبی) بذرپاشی می‌شود. در زمین خزانه، استفاده از شبدر در تناوب شبدر- برنج به عنوان کود سبز بسیار مناسب است. از این‌رو، خزانهٔ آزمایش در زمین زیر کشت شبدر احداث شد. مقدار کود مصرفی در زمین خزانه (۳۰۰ مترمربع) ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اورهٔ ٤٦ درصد بود. به دلیل نشاکاری سنتی، زمین تا عمق ۳۰-۲۵ سانتی‌متر در اردیبهشت شخم زده و پس از آبیاری زمین در حالی که آب‌روی زمین جاری بود عملیات شله‌زنی انجام شد. ماله‌کشی در حالتی اجرا شد که ۳ تا ۵ سانتی‌متر آب روی زمین بود و پس از خارج شدن گل از حالت گل‌آب (گل سفت) کاشت آغاز شد. عملیات نشا و آبیاری در خرداد ماه انجام شد. بر اساس تحقیقات عابدی (Abedi, 1998)، تیمارهای فرعی به صورت ۵ خط با فاصله ۲۵ سانتی‌متر از یکدیگر اجرا شدند. فاصلهٔ بوته‌ها ۲۰ سانتی‌متر و تعداد نشا ٦ در هر کپه لحاظ شد.

کود مصرفی برای تیمارها یکسان در نظر گرفته شد و بر اساس نتایج تجزیهٔ خاک و طبق توصیهٔ مؤسسهٔ خاک و آب به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات دوپتاس ٤٦ درصد، و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره محاسبه شد. کود اوره در سه مرحله: قبل از کاشت، بعد از پنجه‌دهی کامل، و بعد از خوشه دهی مصرف گردید. کود فسفره کلاً قبل‌از کاشت و پتاس ٤۰ روز پس از کاشت مصرف شد. میزان آب مورد نیاز در زراعت برنج بستگی به تبخیر از سطح مزرعه، نفوذ عمقی، دما، رطوبت محیط، وجود علف‌های هرز، ابعاد کرت، و ارقام دارد. میزان آب مصرفی در این آزمایش با استفاده از خط‌کش مدرج که در کرت‌ها نصب شده بود و کنتور حجمی اندازه‌گیری شد. اجرای سیستم آبرسانی (انتقال و توزیع) با لوله پلی‌اتیلن و اتصالات مربوطه از قبیل شیرفلکه، میزان هرز روی آب را به صفر رساند. بین تیمارهای آبیاری، به منظور جلوگیری از نفوذ جانبی، در عمق ۲۵ سانتی‌متری از یک لایه پلاستیک ضخیم به صورت عمودی در طول کرت‌ها استفاده شد. فواصل کرت‌ها در تیمارهای اصلی ۱۵۰ و در تیمارهای فرعی ۷۰ سانتی‌متر در

1- Split plot 2- Puddling

نظر گرفته شد. آب مطلوب برای برنج، آبی است که شوری آن کمتر از ۱ دسی زیمنس بر متر باشد (Abedi, 1998). در منطقهٔ لنجانات اصفهان، مزارع حاشیه رودخانه مشکلی از لحاظ شوری و قلیائیت آب آبیاری ندارند ولی مزارعی که از رودخانه فاصله دارند و منبع آب آنها چاه‌های نیمه عمیق است مشکل شوری دارند. مزرعهٔ آزمایشی در گروه مزارع اخیر قرار داشت. با توجه به غالب بودن علف هرز سوروف[1] در خزانهٔ برنج، از علف‌کش‌های اردرام و ساترن به مقدار ۷ و ٦ لیتر در هکتار استفاده شد. علف‌های هرز زمین اصلی با سموم بوتاکلر و رونستاد و همچنین وجین کردن کنترل گردید. به منظور مبارزه با رشد جلبک در خزانه و زمین اصلی، از سولفات مس به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد.

شلتوک در مهرماه و به روش دستی برداشت شد. حدود ۱۰ روز قبل از برداشت، با توجه به بافت سنگین خاک، آب مزرعه قطع شد و ساقه‌ها با داس بریده شدند. ساقه‌های شلتوک درو شده به مدت ۱ تا ۳ روز برای خشک شدن در مزرعه رها و سپس به خرمنگاه منتقل شدند. کوبیدن و بوجاری پس از ٢٤ ساعت و با استفاده از خرمنکوب انجام شد. در جدول شمارهٔ ۳ تاریخ اجرای عملیات زراعی ارائه شده است.

جدول شمارهٔ ۳- تاریخ اجرای عملیات زراعی برای سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ در مزرعه برنج

عملیات زراعی	۱۳۸۱	۱۳۸۲
نشاکاری	۲۵ خرداد	۱۹ خرداد
قطع آب	۱۰ مهر	۲۷ شهریور
برداشت	۲۵ مهر	۱۵ مهر

داده‌های مربوط به شاخص ارتفاع بوته و تعداد پنجه، با اندازه‌گیری ۱۰ بوته از هر تیمار و میانگین‌گیری آن در مرحلهٔ خوشه‌دهی کامل تهیه شد. پارامترهای تعداد روز تا ۵۰ درصد خوشه‌دهی و تعداد روز تا رسیدگی کامل با استفاده از مدت زمان خیساندن بذر تا مرحلهٔ مورد نظر اندازه‌گیری و محاسبه شد. طول و عرض دانهٔ شلتوک با کولیس اندازه‌گیری و ۱۰ دانه از هر تیمار انتخاب و میانگین آنها ثبت شد. هزار دانه، به صورت تصادفی شمارش و وزن آن با ترازوی دقیق با دقت ۰/۰۱ گرم به دست آمد. عملکرد دانه پس از خشکاندن شلتوک و رساندن رطوبت به ١٤ درصد تیمارها با ترازوی دقیق با دقت ۰/۱ گرم اندازه‌گیری شد. با شمارش تعداد دانه‌های پوک در پنج خوشه و محاسبهٔ درصد آن نسبت به دانه‌های سالم در هنگام برداشت محصول درصد پوکی تعیین شد. طول خوشه بعد از برداشت از قسمت آخر سنبله تا نوک خوشه با خط‌کش اندازه‌گیری شد. تعداد دانه در خوشه با شمارش دانه‌های پنج خوشه در موقع برداشت تعیین شد.

مشاهده و اندازه‌گیری سیستم ریشه در گیاه کاری بسیار وقت‌گیر و مشکل است، به خصوص اینکه هر اقدامی برای این گونه مطالعات مستلزم به‌هم‌زدن وضعیت طبیعی ریشه‌هاست. در این آزمایش به روش نمونه‌گیری دست‌نخورده با استفاده از استوانهٔ فلزی، نمونه‌های دست‌نخورده از عمق مورد نظر خاک برداشت و به آزمایشگاه منتقل گردید. برای اندازه‌گیری طول ریشه‌ها، ریشه‌های مرطوب در ظرف‌حاوی آب ریخته شد و با یک انبرک نوک تیز، ریشه‌های خمیده راست و اگر روی هم قرار گرفته بودند از یکدیگر جدا شدند. سپس با چشم غیرمسلح طول هر یک از ریشه‌ها از روی کاغذ میلی‌متری به دست آمد. یکی دیگر از پارامترهای اندازه‌گیری شده در این آزمایش، وزن ریشه‌هاست که تأثیر تنش خشکی را بر رشد

1- Echinochloa cruss-galli

ریشه‌ها نشان می‌دهد. ریشه‌ها پس از شستشو به مدت ۱۰ تا ۲۰ ساعت در گرمخانه‌ای با دمای ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد قرار داده شدند و وزن خشک ریشه‌ها به دست آمد (Alizadeh, 1999). در این تحقیق آب مصرفی در تیمارهای مختلف اندازه‌گیری و پارامتر کارآیی مصرف آب[1] که نسبت عملکرد مادهٔ خشک محصول به آب مصرفی است، محاسبه شد.

نتایج و بحث

تجزیهٔ واریانس مرکب اثر عمق‌های مختلف آبیاری بر شاخص‌های کمّی محصول برنج در جدول شمارهٔ ٤ ارائه شده است. همان‌طور که این جدول نشان می‌دهد اثر هشت رقم مورد مطالعه در این تحقیق بر شاخص تعداد روز تا رسیدگی کامل در سطح ۵ درصد و در خصوص بقیه شاخص‌ها در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد.

همچنین اثر عمق‌های مختلف آبیاری بر شاخص‌های WUE، طول ریشه، وزن‌خشک ریشه، ارتفاع بوته، طول خوشه، و درصد پوکی بسیار معنی‌دار شد. این اثر بر سایر شاخص‌ها معنی‌دار نگردید. اثر متقابل آبیاری و رقم بر شاخص‌های WUE، وزن خشک ریشه، طول خوشه، و عرض دانهٔ شلتوک بسیار معنی‌دار شد. این اثر بر سایر شاخص‌ها معنی‌دار نگردید. بر اساس داده‌های مندرج در جدول شمارهٔ ۵ که مربوط به نتایج مقایسهٔ میانگین تیمارهای آبیاری بر شاخص‌های کمّی برنج در مدت دو سال آزمایش است، از نظر عملکرد دانه شلتوک، تعداد روز تا ۵۰ درصد خوشه‌دهی، تعداد روز تا رسیدن کامل، وزن هزار دانه، میانگین تعداد پنجه، عرض و طول دانه، و تعداد دانه در خوشه بین تیمارهای آبیاری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و هر سه تیمار در گروه a قرار گرفتند. در خصوص شاخص WUE، درصد پوکی، طول ریشه، وزن خشک ریشه، ارتفاع بوته، و طول‌خوشه، مقایسهٔ میانگین تیمارهای آبیاری اختلاف معنی‌داری را نشان داد. در این آزمایش بیشترین عملکرد در تیمار I_1 به میزان ۷٦۵۰ و کمترین عملکرد در تیمار I_3 به میزان ٦۵۹۰ کیلوگرم در هکتار گزارش می‌شد (جدول شمارهٔ ۵). همچنین، رقم زاینده‌رود با متوسط عملکرد دو سال ۸۸۰۰ کیلوگرم در هکتار در گروه a و رقم‌حسنی (از ارقام محلی شمال) با عملکرد ۵۳۰۰ کیلوگرم در هکتار در گروه f قرار گرفت (جدول شمارهٔ ٦).

در خصوص شاخص ارتفاع بوته، تیمارهای I_1 و I_2 در گروه‌های a و ab، و تیمار I_3 با حداقل مقدار در گروه b (جدول شمارهٔ ۵) قرار گرفت. بیشترین میزان طول ریشه مربوط به تیمار I_1 در گروه a و کمترین آن مربوط به تیمار I_3 در گروه b دیده شد.

کاهش آب مصرفی موجب افزایش درصد پوکی این شاخص به میزان ۳۲ درصد گردید. بیشترین مقدار وزن هزار دانه و عرض دانهٔ شلتوک مربوط به رقم گرده (گروه a) و کمترین آن مربوط به رقم زاینده‌رود (گروه e) بود. براساس شاخص تعداد روز تا رسیدگی‌کامل، رقم ۷۲-٦۷ با ۱۵۲ روز (گروه a) دیررس‌ترین و رقم گرده با ۱٤۷ روز (گروه c) زودرس‌ترین رقم تعیین شد. نتایج در مورد شاخص تعداد روز تا ۵۰ درصد خوشه‌دهی مشابه نتیجه فوق بود. بیشترین ارتفاع بوته در ارقام ۷۲-٦۷ و سازندگی (گروه a) و کمترین این شاخص در رقم حسنی (گروه c) مشاهده شد. بیشترین درصد پوکی (١٦/٨ درصد) مربوط به رقم حسنی در گروه a و کمترین آن مربوط به رقم سازندگی (٦/۵ درصد) در گروه c به دست آمد. همچنین، رقم سازندگی حداکثر تعداد دانه در خوشه و حسنی کمترین تعداد دانه در خوشه را دارا بود. بیشترین طول ریشه و وزن خشک ریشه مربوط به رقم ۹۷-٦۷، کمترین این شاخص‌ها مربوط به ارقام گرده و سازندگی بود. شاخص میانگین تعداد پنجه در خصوص رقم گرده حداکثر شد و در گروه a جدول مقایسه میانگین‌ها قرار گرفت. این شاخص در مورد رقم ٤۷-٦۷ (گروه d) حداقل گردید.

اندازه‌گیری میزان آب مصرفی در تیمارهای مختلف این تحقیق و در جدول شمارهٔ ۷ ارائه شده است. همچنین مقادیر WUE در تیمارهای مختلف آبیاری و برای ارقام مختلف در جدول شمارهٔ ۸ آورده شده است.

1- Waret Use Efficiency

جدول شمارهٔ ٤- تجزیهٔ واریانس مرکب اثر عمق‌های آبیاری بر شاخص‌های کمّی برنج (میانگین مربعات)

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد روز تا ۵۰ درصد رسیدگی	تعداد روز تا رسیدگی کامل	طول‌ریشه	وزن خشک ریشه	ارتفاع بوته	طول خوشه	وزن هزار دانه	درصد پوکی	عملکرد دانه	تعداد پنجه	عرض دانه شلتوک	طول دانه شلتوک	تعداد دانه در خوشه	کارآیی مصرف آب
سال (Y)	۱	۳۸۹۵**	۷۳۰۸۵۲**	۷۰/۸**	٤۸٦/٦**	۲٦۷۸**	۱٦**	۲۸/۳**	۹/۷ ns	۱۰/٤**	۲۹/۳ ns	۰/۰۲۷ ns	۰/۲۹*	۱۹۱٤**	۰/۰۱۳**
تکرار (سال)	۴	٥٤۳	٥۲	۱/٤۸	۳۹۱/٤	۱۰۳٤	۱/۲۲	٦/۳	٥۳	۳/٤	۷۹/٤	۰/۰۱۹	۰/۱۹	۱۹۰	۰/۰۰۰٦۹
آبیاری (A)	۲	۳٦۸ ns	۳/٥ ns	۲۷/۹**	۱۰۲۸/٥**	۳٦۱**	۱۷/۲**	۷/۸ ns	۱٥۸/۲**	٤/٤ ns	۱۲/۱ ns	۰/۰۰٤ ns	۰/۰۳٤ ns	۲۷۱/۲ ns	۰/۱٤٥**
آبیاری× سال	۲	۲۰۳/۷ ns	۳/۹ ns	۲۳۲/۷**	۱٥٥٦**	۲٥۱**	۱۳/۳**	۲/۱ ns	٥٦ ns	۲/۱*	۰/٤٦ ns	۰/۰۲۸ ns	۰/۰۰۰۷ ns	٤۹ ns	۰/۰۰۰۰۹٦**
خطای (A)	۸	۲٦٦/٤	٥۳	۱۸/۷	٤۳۱/٤	۹٦/۱	۷/۱	۲/۷	۱۸	٤	۱۱/٤	۰/۰۲٦	۰/۰٦۸	٤٦۲	۰/۰۰۰۰٥۸
رقم (B)	۷	۳۷۷**	٥٤/۹*	۱٥/۸**	۲۲۳۹**	٥۸٤**	۳٤/۹**	۱٦٥**	۲۰۲**	۲٤/۹**	۳۱**	۰/۱۹**	۳/٥**	٤۹۱۱**	۰/۱۸**
آبیاری× رقم	۱۴	۱۲۱/۷ ns	۲۷/۳ ns	۹/۸ ns	۸۳۳/٦**	٤۳/ ٤ns	٤/۲**	۱/۱۱ ns	۳٤/۷ ns	۰/ ٥۲ns	۱٤/٦ ns	۰/۰٤۲**	۰/۰٦ ns	۸۲/۸ ns	۰/۰۰٥۹**
رقم× سال	۷	۱۹٥/٤ ns	٥٥/۲*	۲۹/٦**	۲۳٥۲**	٦۸۹**	۱/ ۷ns	۳/۸**	۲۹ ns	٤**	۲۳/۷*	۰/۰۰۷ ns	۰/۰۲٤ ns	۲۸۱/۲ ns	۰/۰۰۰۰٦۷ ns
سال×آبیاری×رقم	۱۴	۱۳٥/۸ ns	۲۷/۲ ns	۹/۷*	۷۸۹/۱**	٦٥/۷*	۰/۹۹ ns	۳/۱*	۲۰/٦ ns	۰/۳٥ ns	۱۸/۷*	۰/۰٤**	۰/۰٤۹ ns	۱۱۸/۲ ns	۰/۰۰۰۰٥۸ ns
	۸۴	۱۲٦/٦	۲۲/۷	٥/۱	۱۷٤/۱	۳٤/٦	۱/٦۷	۰/۸	۲۹/۲	۰/٤۸	۹/۱	۰/۰۱	۰/۰٤۳	۱٤٥/۱	۰/۰۰۰۱٤
ضریب‌تغییرات **CV** (درصد)	–	۱۰/۲	۶/۲	۹/۶	۲۸/۳	۵/۶	۶/۲	۴	۲۹	۹/۴	۱۲/۷	۴	۲/۵	۱۳/۵	۱/۹۵

* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، و ns نبود اختلاف معنی‌دار

جدول شمارهٔ ۵- مقایسه میانگین شاخص‌های کمی برنج در مقادیر مختلف آبیاری به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد (میانگین دو ساله)

شاخص / نوع‌تیمار آبیاری	زمان تا ۵۰ درصد رسیدگی (روز)	زمان تا رسیدگی کامل (روز)	طول ریشه (سانتی‌متر)	وزن خشک ریشه (گرم)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول‌خوشه (سانتی‌متر)	وزن هزاردانه (گرم)	درصد پوکی (درصد)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	تعداد پنجه (عدد)	عرض دانهٔشلتوک (میلی‌متر)	طول دانهٔشلتوک (میلی‌متر)	تعداد دانه درخوشه (عدد)	کارآیی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)
شاهد (I_1)	۱۱۲ a	۱۴۸ a	۲۵/۹ a	۷۷/۵ a	۱۱۲ a	۲۳/۴ a	۲۲/۴ a	۸ a	۷۶۵۰ a	۲۴ a	۲/۶ a	۸/۴ a	۹۱ a	۰/۴۲ c
I_2	۱۰۷ a	۱۴۹ a	۲۲/۸ b	۱۰۴/۳ ab	۱۰۴/۳ab	۲۰/۸ a	۲۲/۱ a	۸/۹ a	۷۵۰۰ a	۲۳ a	۲/۵ a	۸/۳ a	۸۹ a	۰/۶۳ b
I_3	۱۱۲ a	۱۵۱ a	۲۲/۷ b	۹۵/۵ b	۹۵/۵ b	۱۹/۳ b	۲۱/۷ a	۱۱/۷ b	۶۵۹۰ a	۲۲ a	۲/۴ a	۷/۹ a	۸۶ a	۰/۷۷ a

جدول شمارهٔ ۶- مقایسه میانگین شاخص‌های کمی برنج در ارقام مورد بررسی به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد (میانگین دو ساله)

شاخص / نوع‌تیمار آبیاری	زمان تا ۵۰ درصد رسیدگی (روز)	زمان تارسیدگی کامل (روز)	طول ریشه (سانتی‌متر)	وزن خشک ریشه (گرم)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول‌خوشه (سانتی‌متر)	وزن هزاردانه (گرم)	درصد پوکی (درصد)	عملکرد دانه (تن در هکتار)	تعداد پنجه (عدد)	عرض دانهٔشلتوک (میلی‌متر)	طول دانهٔشلتوک (میلی‌متر)	تعداد دانه درخوشه (عدد)	کارآیی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
گرده	۱۱۴ a	۱۴۷ c	۲۲/۱ c	۴۳/۷cd	۹۹/۹ b	۱۷/۸ d	۲۷/۴ a	۱۱/۷ b	۸ bc	۲۶ a	۳/۳ a	۷/۶ d	۷۳ c	۰/۶۵ d
۶۷-۴۷	۱۱۳ ab	۱۴۹abc	۲۴/۲ a	۴۶/۶cb	۱۰۰/۱ b	۲۱/۶ ab	۲۲/۳ c	۱۰/۲ bc	۷/۴ d	۲۲ d	۲/ bv۷	۸/۱ c	۹۸ ab	۰/۶۱ f
۶۷-۹۷	۱۱۴ a	۱۴۸ cb	۲۴/۸ a	۵۹/۶ab	۱۰۶/۱ a	۲۰/۴ c	۲۰/۴ d	۱۰/۴ bc	۷/۶ cd	۲۴ bcd	۲/۴ c	۸/۲ c	۹۲ b	۰/۶۳ e
۶۷-۷۲	۱۱۵ a	۱۵۲ a	۲۴/۳ a	۴۱/۶ d	۱۰۹/۸ a	۲۰/۷ c	۲۲/۶ c	۸/۷ bc	۶ e	۲۴ abc	۲/۴ c	۹/۱ a	۷۵ c	۰/۴۹ g
۶۷-۱۱۳	۱۱۱ ab	۱۵۲ a	۲۴ ab	۵۲/۳ab	۱۰۸/۹ a	۲۲/۱ ab	۱۹/۶ e	۸/۱ bc	۸/۲ b	۲۳ cd	۲/۳ d	۸/۵ b	۱۰۵ a	۰/۶۷ b
سازندگی	۱۱۰ abc	۱۵۱ ab	۲۳/۷ ab	۳۲ e	۱۰۹/۳ a	۲۲/۳ a	۱۹/۶ e	۶/۵ c	۸/۱ bc	۲۴ bcd	۲/۴ c	۸/۶ b	۱۰۶ a	۰/۶۶ c
حسنی	۱۰۳ c	۱۵۱ ab	۲۲/۵ cb	۳۹ ed	۹۳/۹ c	۲۰/۵ c	۲۵/۵ b	۱۶/۸ a	۵/۳ f	۲۳ cd	۲/۸ b	۸/۶ b	۶۲/۴ d	۰/۴۳ h
زاینده‌رود	۱۰۵ cb	۱۴۹abc	۲۳/۷ ab	۴۰/۲ed	۱۰۵/۶ a	۲۱/۳ bc	۱۹/۲ e	۶/۶ c	۸/۸ a	۲۵ ab	۲/۳ d	۸/۶ b	۹۹ ab	۰/۷۲ a

جدول شمارهٔ ۷- میزان آب مصرفی ماهیانه در تیمارهای مختلف

ماه / تیمار	I_1	I_2	I_3
اردیبهشت	۱۷۵۰	۱۷۵۰	۱۷۵۰
خرداد	٤٦۰٦	۳٤۰۵	۲۰۰۰
تیر	٤۲۸۷	۲۳۵۵	۱۹۰۰
مرداد	۳۹۳۷	۲۱٤۰	۱۷۰۰
شهریور	۳٤۲۰	۲۰۰۰	۱۲۰۰
جمع (مترمکعب در هکتار)	۱۸۰۰۰	۱۱٦۵۰	۸۵۵۰

جدول شمارهٔ ۸- مقادیر WUE مربوط به ارقام مورد مطالعه در آزمایش (کیلوگرم بر مترمکعب)

ارقام / تیمار آبیاری	I_1	I_2	I_3
گرده	۰/٤٦	۰/٦۸	۰/۸۳
٦۷-٤۷	۰/٤۲	۰/٦۳	۰/۷۷
٦۷-۹۷	۰/٤۳	۰/٦۵	۰/۷۹
٦۷-۷۲	۰/۳٤	۰/۵۱	۰/٦۱
٦۷-۱۱۳	۰/٤۷	۰/۷۰	۰/۸٦
سازندگی	۰/٤٦	۰/٦۹	۰/۸۵
حسنی	۰/۳۰	۰/٤۵	۰/۵۳
زاینده‌رود	۰/۵۰	۰/۷۵	۰/۹۱
میانگین	۰/٤۲	۰/٦٤	۰/۷۷

میزان آب مصرفی در تیمارهای I_1، I_2، I_3 به ترتیب برابر ۱۸۰۰۰، ۱۱٦۵۰ و ۸۵۵۰ مترمکعب در هکتار اندازه‌گیری شد. در تیمار I_1، به دلیل وجود آب دائم در کرت‌ها و دمای بالاتر آب موجود در پای گیاه، میزان تبخیر و تعرق (به ویژه تبخیر ازسطح آب) بیشتر بود. در این تیمار با کم شدن عمق آب، بین هر دو آبیاری، سطح آب مجدداً به ۳/۵ سانتی‌متر می‌رسید از این رو دفعات آبیاری و حجم آب مصرفی بیشتر به دست آمد. از سوی دیگر، با توجه به بار هیدرولیکی موجود در کرت‌های این تیمار و عایق‌بندی‌ها، میزان نشت جانبی از دیگر تیمارها بیشتر بود. این در حالی است که در تیمار I_3 بین هر دو آبیاری بعد از رسیدن عمق آب به صفر تا ۲٤ ساعت و بیشتر، آبی در سطح خاک وجود نداشت و خاک، آب موجود را تا حد ۹۰ درصد رطوبت اشباع از دست می‌داد. به طور کلی پتانسیل تبخیر در تیمار I_3 پایین‌تر از دیگر تیمارها بود.

در این آزمایش رقم زاینده‌رود بیشترین و رقم حسنی کمترین مقدار WUE را داشت. در تیمار I_3 عمق آب آبیاری به صفر می‌رسید. نتایج حاکی از این مطلب است که به رغم کاهش عملکرد دانه در تیمارهای I_2 وI_3، این تیمارها به دلیل مقادیر بیشتر WUE و به منظور صرفه‌جویی در مصرف آب، باید به عنوان روش‌های برتر آبیاری انتخاب شوند. با توجه به این مطلب که تیمارهای آبیاری در کرت‌های اصلی قرار گرفتند، تفاوت عملکردها معنی‌دار نشد ولی افت عملکردی حدود ١٤ درصد به میزان ۱۰٦۰ کیلوگرم در هکتار در تیمار

I_3 با حدود ۵۰ درصد صرفه‌جویی در آب مصرفی حاصل شد. این نتایج در سازگاری کامل با نتایج اعلام شده از سوی لی و کویی (Li & Cui, 1996) است. همچنین نتایج تحقیق حاضر با گزارش نحوی و همکاران (Nahvi *et al.*, 2000) مبنی بر معنی‌دار نشدن اثر دورهای مختلف آبیاری بر عملکرد دانه همخوانی کامل دارد. در تحقیقات هرو (Herve, 1997) در استان گیلان افت عملکرد نیز با ۳۵ درصد صرفه‌جویی در آب، فقط ۵ درصد بوده است. افت عملکرد بیشتر در آزمایش حاضر را می‌توان با گرمای شدید منطقهٔ اصفهان (حداکثر دمای مطلق در تابستان در بعضی از سال‌ها به ٤٠ درجهٔ سانتی‌گراد می‌رسد) در مرحلهٔ لقاح مرتبط دانست. کاهش عملکرد در تیمار I_3 به دلیل کاهش مقادیر تعداد پنجه، تعداد دانه در خوشه، و افزایش درصد پوکی است.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که ارقام زاینده‌رود و ۱۱۳-٦٧ بالاترین عملکرد دانه را داشته‌اند. با توجه به منبع آب آبیاری با شوری حدود ٤ دسی زیمنس بر متر، بالابودن عملکرد دانه احتمالاً نشانگر تحمل‌پذیری این ارقام به شوری است. وزن هزاردانه با کاهش‌آب آبیاری کاهش یافته است. تفاوت این شاخص در ارقام گرده و زاینده‌رود به میزان ۳۰ درصد ناشی از شکل دانه در این دو رقم است. نسبت طول به عرض دانه که شکل دانه تعریف شده در رقم زاینده‌رود بیشتر از گرده است.

اکثر ارقام برنج در مراحل قبل از لقاح و شیری شدن به عمق آب به میزان حداقل یک سانتی‌متر در پای بوته نیاز دارند. در صورتی که این نیاز به هر دلیل مرتفع نشود، لقاح به خوبی صورت نمی‌گیرد و پوکی افزایش‌می‌یابد. این مشکل در مناطق خشک و نیمه‌خشک حادتر است زیرا روزهای بلند و گرم و نیز تابش نور شدید با مرحلهٔ لقاح توأم شده و به دنبال آن درصد پوکی به میزان ۳۱ درصد در تیمار I_3 افزایش یافته است. تفاوت مقادیر این شاخص در ارقام مختلف غالباً مربوط به تاثیرات محیطی، سازگاری و ناسازگاری ارقام، و مصادف شدن در مرحلهٔ رسیدگی و لقاح در ارقام مختلف با دماهای متفاوت است. با توجه به این واقعیت که ارقام محلی نسبت به ارقام غیر بومی سازگاری بیشتری با شرایط منطقه دارند، شاخص‌های تعداد دانه در خوشه، ارتفاع بوته و عملکرد دانه در رقم حسنی (شمالی) حداقل و درصد پوکی حداکثر شده است. به نظر می‌رسد رقم زاینده‌رود از نظر تحمل به خشکی، شوری آب آبیاری، و سردی آب (منبع چاه) نسبت به کلیهٔ ارقام دیگر مقاوم‌تر است و به همین دلیل کاهش پوکی و افزایش عملکرد قابل توجهی را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه کلیهٔ ارقام مورد بررسی در تمامی شاخص‌های اندازه‌گیری شده در جدول شمارهٔ ٦ دارای تفاوت معنی‌داری هستند به نظر می‌رسد غالب این اختلاف‌ها مربوط به خصوصیات ژنتیکی ارقام است. در اثر کاهش‌آب آبیاری، ارتفاع بوته و طول خوشه به میزان ۱۵ و ۱۸ درصد کاهش یافته است که دلیل آن جلو افتادن عمل زایش (کاهش طول دورهٔ زایش) و زودرس شدن گیاه است. البته طول ریشه نیز در اثر تنش آبی ۱۲ درصد کاهش نشان می‌دهد که در مقایسه با کاهش اندام‌های بالایی گیاه این نسبت، کمتر است. طول و عرض دانهٔ شلتوک در تیمار I_1 حداکثر است و دلیل آن رسیدن مواد غذایی و آب به‌گیاه و طولانی شدن زمان سبزینگی بوته‌ها در مراحل آخر رشد است.

پیرمرادیان و همکاران (Pirmoradian *et al.*, 2002) در آزمایش‌های خود در کوشکک استان فارس، کل نیاز آبی برنج را بسیار بیشتر از آب مصرفی برنج در این آزمایش برآورد کرده‌اند. به نظر می‌رسد گرم‌تر بودن منطقهٔ کوشکک و در دسترس‌نبودن آب کافی برای برنجکاران منطقهٔ اصفهان از دلایل این اختلاف باشد. البته نتایج اندازه‌گیری آب مصرفی برنج در آزمایش هرو (Herve, 1997) با نتایج این تحقیق بسیار نزدیک است. در آزمایش رضوی‌پور و همکاران (Razavipour *et al.*, 2002) خسارت‌پذیری برنج و کاهش معنی‌دار عملکرد در شرایط غیر غرقاب از رطوبت‌های پایین‌تر از ۸۰ درصد اشباع شروع شده است در حالی که در تحقیق حاضر در شرایط بحرانی تیمار I_3 که

رطوبت خاک به ۹۰ درصد حد اشباع می‌رسد کاهش‌عملکرد دانه معنی‌دار نشده است. این نتیجه، مطلب فوق را تأیید می‌کند.

دامنهٔ تغییرات میانگین توان تولید در محصول برنج به ازای هر کیلوگرم آب ورودی به مزرعه در مراحل آماده‌سازی زمین و رشد گیاه (WP_{IFT}) در جهان بین ۰/۲۵ تا ۰/٦ گرم گزارش شده است (Arabzadeh, 2002). در تحقیق حاضر این شاخص مهم بین ۰/٤۲ تا ۰/۷۷ (جدول شمارهٔ ۸) متغیر است. سنگین بودن خاک محل آزمایش، فرهنگ بالای آبیاری، صرفه‌جویی آب در منطقهٔ اصفهان، و بحران آب در مناطق خشک از دلایل بالاتر بودن WP در این مناطق است.

بررسی صفات کمّی، حجم آب مصرفی، تجزیهٔ واریانس و مقایسهٔ میانگین تیمارهای آزمایش نشان می‌دهد که از نظر تاثیر تنش آبی بر شاخص‌های مورد اندازه‌گیری، تیمار I_3 نسبت به سایر تیمارها برتری دارد.

نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر سطوح مختلف عمق آبیاری روی عملکرد، اجزای عملکرد ارقام برنج، و میزان WUE اجرا شد. در شرایط اجرای این تحقیق، به رغم کاهش میانگین عملکرد شلتوک، نتایج بیانگر اولویت آبیاری برنج با عمق ۱/۵-۰ سانتی‌متر است. در خصوص ارقام، با توجه به مقادیر به دست آمده WUE، ارقام زاینده‌رود، ۱۱۳-٦۷، و سازندگی در شرایط بحران آب و کیفیت نامناسب آب (شوری آب حدود ٤ دسی زیمنس بر متر) برای کشت مناسب‌اند. در شرایط کاربرد تیمار حداقل آب مصرفی (I_3)، ممکن است ترک‌های مویین در اثر کمبود رطوبت، درخاک ایجاد شود. از این‌رو نباید اجازه داد که رطوبت خاک از حدی کمتر شود که به گسترش و عمیق‌شدن ترک‌ها انجامد. ضروری است عملیات گل‌خرابی در مرحله آماده‌سازی زمین با دقت و اصولی اجرا شود. پیشنهاد می‌شود این تحقیق در قالب طرح تحقیقی- ترویجی در شالیزارهای منطقهٔ لنجانات اجرا شود و با تدوین دستورالعمل ترویجی، کاربرد روش آبیاری برنج با حداقل آب مصرفی برای سال‌های بحرانی در دستورکار مدیریت شالیزارها قرار گیرد. همچنین شرکت آب منطقه‌ای اصفهان و چهار محال بختیاری به عنوان متولی تأمین و توزیع آب می‌توانند، در سال‌های خشک برای اراضی تحت کشت برنج استان بر اساس حداقل آب مصرفی این گیاه قرار داد فروش آب منعقد کنند. در این صورت برنج‌کاران نیز باید مزارع خود را با حداقل آب تخصیصی و با استفاده از ارقام توصیه شده اداره کنند.

قدردانی

از آقای مهندس منوچهر ترابی برای پشتیبانی‌های همه جانبهٔ ایشان از این طرح تحقیقاتی و از آقایان امراله شاهین، مجید کاکائی، مجید زیدی، مجید حقوقی، و حسن‌محمدی تکنسین‌های بخش‌های تحقیقات فنی و مهندسی و برنج و آقایان مهدی مهبد و فرزین ترابی برای مساعدت در یادداشت‌برداری‌ها، اندازه‌گیری‌ها، امور کامپیوتری، و عملیات اجرایی سپاسگزاری می‌شود.

مراجع

1- Abedi, H. and Damadzadeh, M. 1997. C Test Experiments 1993-96. Research Report. No. 343. Iranian Scientific Research Council. (in Farsi)

2- Abedi, H. 1998. Rice. Agricultural Research, Education and Extension Organization. No. 58. Iranian Scientific Research Council. (in Farsi)

3- Alizadeh, A. 1999. Water, Soil and Plant Relationship. Imam Reza University. Mashhad. Iran. (in Farsi)

4- Arabzadeh, B. 2002. Water and irrigation in rice culture. Rice Research Institute of Iran. 137- 140. (in Farsi)

5- Arabzadeh, B. and Tavakoli, A. 2005. Optimal management of deficit irrigation for rice in transplanted (TP) forming. J. of Agri. Sci. and natural resources. 12(4): 11-20. (in Farsi)

6- Cabangon, R. J., Cstillo, E. G., Bao, L. X., Lu, Wang, G. H., Cui, Y. L., Tuong, T. P., Bouman, B. A. M., Li, Y. H., Chen, C. D. and Wang, J. Z. 2001. Impact of alternate wetting and drying irrigation on rice growth and resource-use efficiency. In: Barker, R., Li, Y. H. and Tuong, T. P. (Eds.) Water-saving Irrigation for Rice. Proceeding of an International Workshop. International Water Management Institute. Colombo. Sri Lanka. 55-79.

7- Fukuda, H. and Tsutsui, H. 1979. Rice Irrigation in Japan. Japan.

8- Herve, P. 1997. Guilan, a successful irrigation project in Iran. Irrig. Drain. Sys. 10, 95-107.

9- Keshavarz, A. and Sadeghzadeh, K. 2000. Agricultural water management: Current situation, future perspective and some strategies for its optimization. Proceeding of the 10th Seminar of Iran National Committee on Irrigation and Drainage. Nov. 15-16. Tehran. Iran. 377-397. (in Farsi)

10- Lafitte, H. R., Courtois, B. and Atlin, G. N. 2002. The international rice research institute's experience in field screening for drought tolerance and implications for breeding. In: Saxena, N. P. and O'Toole, J. C. (Eds.) Field Screening for Drought Tolerance in Crop Plants with Emphasis on Rice. International Crop Research Institute for the Semi-Arid Tropics. Patancheru. India. 25-40.

11- Li, Y. H. and Cui, Y. L. 1996. Real time forecasting of irrigation water requirements of paddy fields. Agr. Water Manag. 31, 185-193.

12- Mc Cauley, G. N. 1990. Sprinkler vs. flood irrigation in traditional rice production regions of southeast Texas. Agron. J. 82, 677-683.

13- Nahvi, M., Yazdani, M. R. and Sorush, H. R. 2000. Study the effect of interval irrigation on water using in rice, yield and yield components. Proceddings of the 10th seminar of Iranian National Committee on Irrigation and Drainage. Nov. 15-16. Tehran. Iran. 289-296. (in Farsi)

14- Pimoradian, N., Kamgar- Haghigh, A. A. and Sepaskhah, A. R. 2000. Estimating application and water use efficiencies of a rice field in Kooshkak area of Fars Province. Proceedings of the 10th seminar of Iranian National committee on Irrigation and Drainage. Nov. 15-16. Tehran. Iran. 27-35. (in Farsi)

15- Pirmoradian, N., Kamgar- Haghighi, A. A. and Sepaskhah, A. R. 2002. Water requirement and K_C value of rice in Kooshkak area of Fars Province. J. of Agric. Sci. and natural resources. 6(3): 15-21. (in Farsi)

16- Razavipur, T., Yazdani, M. and Kavosi, M. 2000. Effect of water stress and rice different growing stages on grain yield- binam variety. Proceedings of the 6th soil science congress of Iran. Mashhad. Iran. 613-618. (in Farsi)

17- Saadati, N., Asadi, R. and Nasiri, M. 1999. Study the effect of water stress at rice different growing stages on water using and grain yield. Resarch Report. No. 451. Iraninan Scientific Research Council. 19-26. (in Farsi)

18- Yazdani, M. R., Fatollahzadeh, F., Sharifi, M. M., Padasht, F. and Kavosi, M. 2000. Comparision of application sprinkler and submerged irrigation methods for direct seeding and planting rice. Proceedings of the 10th Seminar of Iranian National Committee Irrigation and Drainage. Nov. 15-16. Tehran. Iran. 51-67. (in Farsi)

AERI JAER *Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.7 /No.28 / Autumn 2006*

Investigation on Response of Rice Cultivars and Lines to Various Water Irrigation Depths in Lenjan District of Isfahan

H. R. Salemi and H. Abedi

To illustrate the impact of variouse levels of irrigation water on grain yield and yield components of rice, a study was conducted based on randomized complete blocks as a split plot design with 3 replicates and 3 treatments for 2 years. Three depths of irrigation water including: Irrigation under 3.5cm water during growth period (I_1), Irrigation under 2.2cm water during growth period (I_2) and 0-1.5cm above the soil surface (I_3) were considered as main plots and 8 rice varieties (Geredeh mahali, Zayandeh- rud, Sazandegi, Hasani, 67-97, 67-113, 67-47 and 67-72) as subplots in a experimental site located in Shahid Fozveh Research Station. The treatments were compared based on yield grain, yield components and water Use Efficiency (WUE). Results showed that irrigation treatments had siginificant effects on sterility percent, plant height, panicle length, root length, dry root weight, and WUE ($\rho \leq 0.01$). Significant differences ($\rho \leq 0.01$) were observed in number of days until 50% of grain ripening, root lenght, dry root weight, plant height, panicle length, 1000 kernels , sterility percent, grain yield, seedlength, seed width, number of tiller, number of grain in panicle and WUE among the cultivars. Also cultivars had siginificant effect ($\rho \leq 0.05$) on number of days until complete ripening. The highest WUE was measured 0.91kg/m^3 in I_3 for Zayandeh-rud and for 67-113 and for Sazandegi the measured WUE were 0.86 and 0.85, respectively. Considering the importance of water consumption optimization as the main scope in arid and semi - arid lands of Iran, the treatment of I_3 was recommened.

Key words: Grain Yield, Irrigation Water, Isfahan, Rice, Water Stress, Yield Components