مقاله پژوهشی نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۷ / شماره ۲/ ۱۴۰۲. ص۱۳۹- ۱۵۸

بررسی تأثیر دور آبیاری در سامانه قطره‌ای نواری بر عملکرد برنج و تغییرات شوری خاک با روش کشت مستقیم در بستر خشک در دشت خوزستان

علی مختاران*، عبدالعلی گیلانی، سامی جلالی، لیلا بهبهانی، مجتبی رضایی و کبری تجددی‌طلب

استادیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران. **alimokhtaran@gmail.com**

استادیار پژوهشی بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران. **gilani.abdolali@yahoo.com**

محقق بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران. **jalalisami40@gmail.com**

محقق بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران. **leila_behbahani@yahoo.com**

استادیار پژوهشی موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران. **mrezaeii@yahoo.com**

استادیار پژوهشی موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران. **dr2eng@yahoo.com**

دریافت: شهریور ۱۴۰۱ و پذیرش: خرداد ۱۴۰۲

چکیده

برنج یکی از مهم‌ترین محصولات تابستانه و آب‌بر استان خوزستان است. با توجه به محدودیت شدید آب، تاثیر استفاده از سامانه قطره‌ای نواری در روش کشت مستقیم به‌صورت خشکه‌کاری، بر عملکرد ارقام رایج برنج استان و تغییرات شوری خاک مورد پایش قرار گرفت. این پژوهش به‌مدت دو سال زراعی (۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۳۹۹-۱۳۹۸) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اهواز روی سه قطعه زمین مجاور هم با طرح کرت خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. در این مطالعه، عامل اصلی دور آبیاری بود شامل سه سطح آبیاری هر روزه، دو روزه و سه روزه و عامل فرعی شامل سه رقم (عنبوری قرمز، چمپا و دانیال) و یک لاین برنج متحمل به شوری (S_2). در سال اول تحقیق به‌دلیل تخصیص آب خارج از تاریخ کشت، میزان عملکرد محصول بسیار پایین بود لذا تحلیل‌های زراعی براساس سال دوم انجام شد. میانگین حجم آب آبیاری در مزرعه با توجه به تکمیل دوره رشد ارقام، ۱۴۸۰۰، ۱۵۲۰۰، ۱۵۷۰۰ و ۱۶۱۰۰ مترمکعب در هکتار به‌ترتیب برای لاین S_2 ، عنبوری قرمز، دانیال و چمپا اندازه‌گیری شد در دور آبیاری هر روزه، رقم محلی عنبوری قرمز با ۳۷۶۷ کیلوگرم در هکتار بیشترین و لاین متحمل به شوری S_2 با ۲۵۴۱ کیلوگرم در هکتار، کمترین عملکرد دانه سفید برنج را به خود اختصاص داد. همچنین دور آبیاری در مقایسه با رقم بیشترین اثر را در تعیین عملکرد دانه داشت به‌طوری‌که با تغییر دور از هر روزه به سه روزه، عملکرد به‌طور متوسط کاهشی ۵۶٪ پیدا کرد. در این پژوهش بیشترین بهره‌وری آب را رقم عنبوری قرمز، به‌میزان ۰/۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب در دور آبیاری هر روزه داشت. دلیل این مسئله را می‌توان در پایش شوری خاک نشان داد به‌طوری‌که با عملیات آبیاری هر روزه، تمامی لایه‌های خاک نسبت به قبل از زمان کشت، روندی کاهشی از ۳/۷۷ به ۱/۸ دسی‌زیمنس بر متر داشت. استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای با فاصله مناسب نوارهای آبیاری و روزنه‌های آبده از همدیگر در روش خشکه‌کاری با ارقام محلی، یک روش به‌زراعی است که حجم آب آبیاری را نسبت به عملیات کشت سنتی، به‌طور محسوس کاهش داد. این کار، راهبردی مؤثر است در کاهش تنش بر منابع آبی استان و ذخیره آب موجود برای حفظ زیست‌بوم ، هرچند که کاهش محسوس سطح کشت برنج در این استان مورد توصیه است.

واژه‌های کلیدی: پایش شوری خاک، خشکه‌کاری برنج، رژیم آبیاری، صرفه‌جویی در مصرف آب

* - آدرس ایمیل نویسنده مسئول: alimokhtaran@gmail.com

مقدمه

وقایع مکرر خشکسالی با روند افزایشی می‌تواند به‌طور قابل توجهی بهره‌وری کشاورزی و امنیت غذایی در مناطق با آب‌وهوای گرم و نیمه‌خشک خاورمیانه را تحت تأثیر قرار دهد. خشکسالی به‌عنوان یک خطر طبیعی مکرر ممکن است بر منابع آبی مانند تأمین آب، کیفیت آب، در دسترس بودن آب سطحی و زیرسطحی و مدیریت منابع آب تأثیرگذار باشد (فائو، ۲۰۱۷؛ اسکنلون و همکاران، ۲۰۱۷ و حمید و همکاران، ۲۰۲۰). شرایط خاص اقلیمی، خشکی و پراکنش نامناسب زمانی- مکانی بارندگی کشورمان ایران، واقعیت گریزناپذیری است که هرگونه تولید پایدار مواد غذایی و کشاورزی را منوط به استفاده صحیح و منطقی از منابع محدود آب کشور نموده است. با توجه به اهمیت اراضی فاریاب در تأمین مواد غذایی، تلاش در جهت کاهش مصرف آب، افزایش تولید در واحد سطح و افزایش بهره‌وری در مزارع، توجه جدی می‌طلبد (دهقانی سانیج، ۲۰۱۲). امروزه پرداختن به مفهوم صرفه‌جویی واقعی آب در ادبیات علمی، گزارش‌ها و نشست‌های تخصصی به‌سرعت در حال رشد است. اصطلاح صرفه-جویی واقعی آب در واقع تأکیدی است بر این‌که نتایج حاصل از یک مقیاس میدانی باید به کل حوضه گسترش یابد. به‌عبارت‌دیگر، صرفه‌جویی واقعی آب به‌نوعی از مداخلاتی اطلاق می‌شود که مقدار مشخصی آب را برای سایر مصارف آزاد می‌کند (ون‌اپستال و همکاران، ۲۰۲۱). در استان خوزستان، "برنج" یکی از مهم‌ترین محصولات کشت تابستانه بوده که کشت گسترده آن بخصوص در مناطق مرکزی و جنوبی این استان (از ۸۰ هزار هکتار در سال‌هایی با محدودیت آبی تا ۲۰۰ هزار هکتار در سال‌های پرآب)، تأثیر بسیاری در ایجاد تنش آبی بر حوضه‌های آبریز جلگه خوزستان دارد. به علت بالا بودن دمای هوا در استان خوزستان در فصل کاشت و داشت برنج و بالطبع افزایش تبخیر و تعرق گیاه، میزان مصرف آب آبیاری برنج در این استان نسبت به مناطق دیگر کشور بیشتر است (گیلانی، ۱۳۹۸). هم‌افزایی دو تخصص آب و زراعت برای این محصول می‌تواند منجر به صرفه‌جویی واقعی در مصرف آب و افزایش بهره‌وری گردد. جنبه مهم در زمینه صرفه-جویی در مصرف آب، ارتباط بین تبخیر و تعرق و عملکرد محصول است. به‌عبارت‌دیگر، اگر با کمبود آب مواجه باشیم، صرفاً با تأمین آب، تولید (کیلوگرم) افزایش خواهد یافت لیکن افزایش بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب) محقق نخواهد شد (پری و استدوتو، ۲۰۱۷). افزایش بهره-وری آب (که زمینه را برای صرفه‌جویی واقعی آب فراهم می‌کند)، معمولاً به تغییر در سایر جنبه‌های مدیریت کشاورزی با رویکرد آب-زراعت متمرکز است که در آن با همان مقدار مشخص تبخیر و تعرق، صرفه‌جویی واقعی آب یا تولید بیشتر امکان‌پذیر باشد (دهقانی سانیج و همکاران، ۱۳۹۸). براین اساس راهبرد تغییر یا بهبود در مدیریت مزرعه‌ای و فرآیند تولید مانند اصلاح روش کاشت، عملیات بسترسازی و تهیه زمین و اصلاح سامانه آبیاری برای محصولی مانند برنج تا حدودی می‌تواند اثرات سوء عوامل اقلیمی برای کاهش آب مصرفی را تقلیل دهد (گیلانی، ۱۳۹۸). برنج از جمله محصولات زراعی است که به روش-های متنوعی در مناطق مختلف دنیا کشت می‌شود (سک و همکاران، ۲۰۱۲). به‌طورکلی می‌توان روش‌های کشت برنج را به دو روش کشت مستقیم[۱](DSR) و نشاکاری[۲](TPR) تقسیم کرد. در روش نشاکاری، ابتدا برنج خزانه‌گیری شده و سپس نشاها به زمینی که به روش گلخرابی آماده‌شده، منتقل می‌شوند. در این روش آماده‌سازی زمین شامل آبیاری اولیه خاک و به‌دنبال آن انجام شخم و گلخرابی توسط روتیواتور در خاک اشباع است و مزرعه از ابتدا تا انتهای دوره رشد غرقاب است (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹). در سامانه کشت مستقیم، بذر (خشک و یا جوانه‌دار) برنج در بستر خشک و یا مرطوب گلخرابی شده کاشته می‌شود (ماهاجان و همکاران، ۲۰۱۲). خشکه‌کاری برنج، عبارت است از کشت مستقیم بذر برنج در بستر خشک و غیرغرقاب، بدون انجام عملیات گلخرابی است (لیو و

[۱]-Direct Seeded Rice (DSR)

[۲] -Puddled Transplanted Rice (TPR)/Conventional puddled transplanted rice

همکاران، ۲۰۱۵). در ایران سامانه کشت مرسوم برنج، مبتنی بر استفاده از ارقام برنج آبی با آبیاری غرقابی است. در این سامانه کشت، برنج بیش از ٪۸۰ طول دوره رشد خود به‌صورت غرقاب دائم است. برای غلبه بر معضلات پیش‌رو در کشت برنج، متخصصین در دنیا با توجه به شرایط آب و کشاورزی هر منطقه، راهبردهای مختلفی را در مواجه با چالش‌های پیش‌رو با هدف کاهش مصرف آب و یا افزایش بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی در پیش می‌گیرند. از جمله تکنیک آبیاری متناوب بصورت خشک و مرطوب کردن (لی، ۲۰۰۱، تابال و همکاران، ۲۰۰۲)، سامانه تشدیدکننده برنج (استاب و همکاران، ۲۰۰۲) و کشت مستقیم برنج هوازی (بومان و همکاران، ۲۰۰۲) که همگی به‌منظور جایگزینی با سامانه مرسوم (گلخرابی) پیشنهادشده است (کومار و لادها، ۲۰۱۱). همچنین بیان‌شده که شیوه کشت هوازی در مقایسه با روش کشت مرسوم گلخرابی، ۳۰ تا ۵۱ درصد آب کمتری برای تهیه زمین بسته به نوع خاک نیاز داشته، بهره‌وری آب را ۳۲ تا ۸۸ درصد بیشتر نموده، ۵۰ درصد نیروی انسانی کمتری نیاز داشته (وانگ و همکاران، ۲۰۰۲) و تا ۵۰ درصد انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش داده است (والر و همکاران، ۲۰۱۶، بومان و همکاران، ۲۰۰۵). این مهم به‌دلیل تفاوت اساسی در فرآیند بسترسازی از جمله حذف گلخرابی، مدیریت کاشت، آبیاری پس از آن به‌خصوص از زمان کاشت تا پایان مرحله گیاهچه‌ای (۳۰-۲۵ روز)، تناوب آبیاری و دوره رشد کوتاه‌تر است (گوپال و همکاران، ۲۰۱۰؛ گیلانی، ۱۳۹۸؛ یعقوبی و رجبیان، ۱۳۹۸ و کیانی و همکاران، ۱۳۹۹). در این زمینه، گیلانی و همکاران (۱۳۹۵)، با هدف تعیین نقش شیوه‌های کاشت (نشاکاری، کشت مستقیم در محیط مرطوب با بذر جوانه‌دار (رایج منطقه) و کشت مستقیم بذر در بستر خشک (خشکه‌کاری)) بر میزان آب مصرفی ارقام برنج برای استان خوزستان (عنبوری قرمز، چمپا و دانیال)، در تحقیقی نشان دادند که بیشترین عملکرد دانه مربوط به روش نشاکاری با میانگین ۶۳۹۴ کیلوگرم در هکتار مربوط بود و در بین روش‌های کشت مستقیم، خشکه‌کاری با ۴۹۲۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد بیشتری داشت. همچنین آن‌ها نشان دادند که روش نشایی و خشکه‌کاری به‌ترتیب با مقادیر ۳۸۹۸۱ و ۲۰۶۹۱ مترمکعب در هکتار از بیشترین و کمترین آب مصرفی برخوردار بودند. مسکینی ویشکایی و همکاران (۱۴۰۰) در بررسی تأثیر شیوه کاشت برنج بر روی پشته‌های بلند بر مصرف آب برای روش خشکه‌کاری در استان خوزستان نشان دادند که حجم آب مصرفی در خشکه‌کاری برنج به روش مرسوم (کشت در کف کرت) به‌میزان ۲۳۰۰۰ مترمکعب در هکتار و حدود ۳۱ درصد بیشتر از شیوه کاشت بر روی پشته‌های بلند است. علاوه بر این، میزان عملکرد شلتوک در روش کاشت بر روی پشته-های بلند به میزان ۴۶۵۰ کیلوگرم در هکتار و حدود ۱۲ درصد بیشتر از روش متداول خشکه‌کاری بود. در استان مازندران به‌منظور ارزیابی برخی خواص کیفی و کمی دانه دو رقم برنج تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری؛ ۱ – غرقاب دائم، ۲ –آبیاری پس از ناپدید شدن آب از سطح زمین، ۳–آبیاری ۲ روز پس از ناپدید شدن آب از سطح زمین، ۴ –آبیاری پنج روز پس از ناپدید شدن آب از سطح زمین و ۵ –اشباع دائم در طول دوره رشد، تحقیقی انجام شد. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد برای تیمار غرقاب دائم و به‌میزان ۶۸۰۰ و ۴۲۱۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب در رقم شیرودی و طارم به‌دست آمد. در این تحقیق جذب بیشتر مواد غذایی و نیز کنترل بهتر علف‌های هرز در غرقاب دائم نسبت به سایر تیمارها، دلیل افزایش عملکرد در تیمار غرقاب دائم عنوان شده است. استفاده از آبیاری تناوبی با دور مناسب (تیمارهای دوم و سوم) و نیز اشباع دائم خاک اگرچه موجب افت جزئی عملکرد (حدود ۱۰ درصد) شد ولی موجب صرفه‌جویی چشم‌گیری در مصرف آب (حدود ۲۲ درصدی) نسبت به تیمار غرقاب دائم گردید (یوسفیان و همکاران، ۱۳۹۳). اهمیت مدیریت آبیاری در افزایش عملکرد، مؤید این موضوع است که هرگونه تلاش برای بهینه‌سازی سامانه کشت برنج در کشور بدون توجه ویژه به بخش مدیریت آب موفقیت‌آمیز نخواهد بود (گیلانی و همکاران، ۱۳۹۵). لذا در کنار سامانه کشت مستقیم بذر برنج

در بستر خشک به‌عنوان یک روش به‌زراعی، استفاده مناسب از سامانه‌های نوین آبیاری در شرایط محدودیت منابع آب امری ضروری است. بخش بزرگی از اراضی جلگه خوزستان در مرکز، جنوب و جنوب غرب (موضوع این پژوهش) که زیر کشت برنج می‌روند دارای منابع آب لب‌شور و بافت خاک سنگین با آب زیرزمینی شور و کم‌عمق بوده که با اجرای سامانه زهکشی زیرزمینی و احیاء اراضی، مناسب برای عملیات کشاورزی شده‌اند (مختاران و همکاران، ۱۳۹۲). در این میان، سامانه آبیاری قطره‌ای در مقایسه با سایر روش‌های آبیاری مانند آبیاری بارانی علاوه بر بهره‌وری بیشتر آب (علی و تالوکدر، ۲۰۰۸) نسبت به روش آبیاری سطحی، مزیت‌های دیگری را نیز در شرایط شور دارد. آبیاری قطره‌ای به‌دلیل دبی ورودی کم و تناوب زیاد، قادر است پتانسیل ماتریک خاک در منطقه ریشه گیاه را بالا نگه‌داشته و از کاهش پتانسیل اسمزی خاک در اثر خشک شدن تدریجی خاک در شرایط شور جلوگیری نماید (مانس، ۲۰۰۲). در راستای کاهش مصرف آب در سال‌های اخیر، مطالعات زیادی در خصوص استفاده از آبیاری قطره‌ای نواری برای کشت مستقیم برنج در بستر خشک در دنیا انجام شده است. در مطالعه‌ای که توسط شاردا و همکاران (۲۰۱۷) به‌منظور بررسی تأثیر چهار رژیم آبیاری شامل غرقاب دائم و آبیاری قطره‌ای نواری براساس ۱/۵ ، ۲/۲۵ و۳ برابر تبخیر از تشت تبخیر با سه سطح ۱۲۰، ۱۵۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بر عملکرد برنج در کشت مستقیم طی دو سال در پنجاب هند به اجرا گذاشته شد، نشان دادند که حداکثر عملکرد در آبیاری قطره‌ای نواری (۸-۷/۳ تن در هکتار) در مقایسه با غرقاب دائم (۶/۶-۷/۶ تن در هکتار) با ۴۰ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب حاصل شد. این در حالی بود که حداکثر بهره‌وری آب در تیمار ۱/۵ برابر تبخیر (۰/۸۸-۰/۸۱) در مقایسه با غرقاب دائم (۰/۵۲-۰/۴۲) کیلوگرم بر مترمکعب بدست آمد. رائو و همکاران (۲۰۱۷)، در پژوهشی که به‌منظور بررسی تأثیر آبیاری قطره‌ای بر عملکرد برنج در هند انجام دادند، آزمایشی با به‌کارگیری پنج رژیم آبیاری (۱- نشاکاری با آبیاری غرقابی، ۲- کشت فشرده[3](SRI) با آبیاری تناوبی ۳- کشت فشرده با آبیاری قطره‌ای نواری و فاصله روزنه‌های ۲۰ سانتی‌متری روی نوارهای قطره‌ای ۴- کشت فشرده با آبیاری قطره‌ای نواری و فاصله روزنه‌های ۳۰ سانتی‌متری روی نوارهای قطره‌ای و ۵- کشت فشرده با آبیاری قطره‌ای نواری و فاصله روزنه‌های ۴۰ سانتی‌متری روی نوارهای قطره‌ای) برای دو روش کاشت نشاکاری و کشت فشرده به اجرا گذاشتند. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد و بهره‌وری آب در تیمار کشت فشرده با آبیاری قطره‌ای نواری در فاصله روزنه‌های ۲۰ سانتی‌متری بدست آمد. در مطالعه‌ای دیگر هیبینگ و همکاران (۲۰۱۳)، چهار رژیم آبیاری شامل آبیاری قطره‌ای با پوشش مالچ پلاستیکی، آبیاری شیاری با پوشش مالچ پلاستیکی، آبیاری شیاری بدون پوشش مالچ و غرقاب دائم در کشور چین را با هم مقایسه کردند. آن‌ها نشان دادند که بیشترین متوسط عملکرد در طی دو سال اجرای آزمایش مربوط به تیمار رایج (غرقاب دائم) با عملکردی معادل ۸۴۴۶ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین آن‌ها نشان دادند که کمترین کاهش عملکرد نسبت به تیمار رایج مربوط به تیمار آبیاری قطره‌ای (با استفاده از مالچ) به‌مقدار ۵۲ ـ۳۱ درصد و بیشترین کاهش عملکرد مربوط به تیمار آبیاری شیاری (بدون استفاده از مالچ) به‌مقدار ۷۴ الی ۷۵ درصد بود. همچنین بیشترین متوسط بهره‌وری آب مربوط به تیمار آبیاری قطره‌ای (با استفاده از مالچ) معادل ۰/۵۲کیلوگرم بر مترمکعب بود که ۱/۵۲ـ۲/۱۲ مرتبه بیشتر از تیمار رایج بود. ساسیاراج (۲۰۱۷)، براساس پژوهشی که روی مدیریت‌های مختلف آبیاری و ارقام مختلف در کشور هند انجام دادند، گزارش نمودند که بیشترین عملکرد مربوط به سامانه کشت بذر در

3 -System of Rice Intensification: استفاده از نشاهای جوان، انتقال سریع نشا با دقت و در عمق کم، بدون وارد شدن آسیب و شوک، کاشت تک نشا با فاصله کپه‌های زیاد با رعایت الگوی کشت مربعی، آبیاری متناوب، کنترل مکانیکی علف‌های هرز و استفاده از کمپوست و کودهای آلی از مهمترین اصول سیستم کشت SRI است.

پشته‌های پهن (عرض ۱۲۰ سانتی‌متر) و دور آبیاری روزانه به‌صورت روش سطحی با عملکردی معادل ۶۲۱۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد مربوط به همین سامانه کشت و روش آبیاری اما با تناوب دو روزه بود که عملکردی معادل ۴۶۸۵ کیلوگرم در هکتار داشت. آن‌ها نشان دادند که بیشترین بهره‌وری آب مربوط به سامانه کشت بذر با پشته‌های پهن با آبیاری قطره‌ای نواری به میزان ۱/۱۱ کیلوگرم بر مترمکعب بود. با توجه به بررسی منابع انجام‌شده، کشت مستقیم برنج در بستر خشک (خشکه‌کاری) دستاورد مهمی است که می‌تواند با کاهش محسوس مصرف آب برنج و مکانیزه کردن شالیزارها، برای ارتقاء بهره‌وری آب کشاورزی تأثیرگذار باشد. از طرفی با توجه به تغییرات کیفی و کمی منابع آب کشور، استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای و ارزیابی آن در کشت برنج به‌خصوص استان خوزستان با توجه به شرایط اقلیمی خاص (محدودیت آب و تبخیر بالا) می‌تواند گامی رو به جلو برای کاهش مصرف آب و کاهش تولید زهاب کشاورزی در تابستان باشد. تحقیق حاضر، ارزیابی این روش آبیاری را برای محصول برنج در سامانه کشت مستقیم بذر در بستر خشک برای مناطق مرکزی، غرب و جنوبی خوزستان انجام می‌دهد. علت پایش این سامانه در این مناطق، کشت وسیع برنج با وجود محدودیت شدید منابع آب، کاهش کیفی آب در این مناطق، تبخیر بالاتر نسبت به مناطق شمالی استان و مستعد بودن خاک‌ها به شوری به‌دلیل آب زیرزمینی شور و کم‌عمق است. تعیین و اندازه‌گیری کمی ارقام رایج برنج استان در این سامانه آبیاری و تعیین مناسب‌ترین دور آبیاری برای روش آبیاری قطره‌ای نواری با توجه به پایش شوری خاک و عملکرد محصول برنج در سامانه کشت خشکه‌کاری از اهداف این تحقیق است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه اهواز واقع در مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان برای دو سال زراعی (۱۳۹۹-۱۳۹۸) و (۱۴۰۰-۱۳۹۹) کشت برنج طراحی و اجرا شد. این ایستگاه در مختصات "۱۹/۴ '۱۸ °۳۱ عرض شمالی و "۱۰/۷ '۳۸ °۴۸ طول شرقی و ارتفاع ۱۵ متر از سطح دریا واقع شده است. مزارع ایستگاه از نظر اقلیمی، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و کیفیت آب آبیاری نماینده اراضی مرکزی و جنوبی استان هستند (مختاران و همکاران، ۱۳۹۲). این مناطق از استان خوزستان از نظر اقلیمی جزو مناطق خشک کشور به‌شمار می‌آید. میانگین بارش سالانه در این مناطق از ۱۵۰ میلی‌متر تجاوز نمی‌کند. میانگین درجه حرارت در فصل کشت برنج (از آماده‌سازی زمین در خردادماه تا برداشت محصول در نیمه آبان) برای دو سال تحقیق، به‌ترتیب ۳۲/۷ و ۳۲/۶۴ درجه سانتی‌گراد و حداکثر درجه حرارت در تیرماه و برای سال اول و دوم تحقیق به‌ترتیب به‌میزان ۴۸/۴ و ۴۷/۶ درجه سانتی‌گراد بود. همچنین میانگین رطوبت نسبی در طول فصل کشت برنج برای سال اول تحقیق، ۳۳ درصد و برای سال دوم، ۳۳/۸ درصد بود. رطوبت نسبی در منطقه تحقیق روندی افزایشی داشت به‌طوری‌که از ۳۷/۵ درصد در تیرماه تا ۸۱ درصد در آبان ماه نوسان داشت. میانگین تبخیر و تعرق پتانسیل (مرجع) سالانه منطقه در بررسی یک دوره هفت‌ساله (۱۳۹۸-۱۳۹۲) و بر اساس روش پنمن- مانتیث- فائو، ۲۳۶۷ میلی‌متر بود. متوسط تبخیر و تعرق واقعی روزانه برنج در سامانه قطره‌ای برای کشت در بستر خشک، ۷/۶۱ میلی‌متر و حداکثر این میزان در تیرماه و ۱۰/۷۳ میلی‌متر در روز بود. مزرعه آزمایشی که در ایستگاه تحقیقاتی اهواز به کشت برنج اختصاص یافت در مساحتی حدود ۵۰۰۰ مترمربع و به سامانه آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) مجهز بود (شکل ۱). وجود سامانه زهکشی زیرزمینی با کارگذاری لاترال‌های زهکشی در عمق دو متری، موقعیت مناسبی برای انجام این تحقیق فراهم آورده بود. جدول (۱) مشخصات خاک مزرعه آزمایشی را تا عمق یک متری از سطح زمین بیان می‌کند.

شکل ۱- سامانه آبیاری قطره‌ای نواری در روش کشت مستقیم برنج در بستر خشک

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

عمق Depth (cm)	بافت خاک Soil texture	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	جرم مخصوص ظاهری ρb (gr/cm3)	رطوبت ظرفیت زراعی FC (%)	رطوبت نقطه پژمردگی PWP (%)
۰-۲۵	رس سیلتی	۴/۶	۱/۳۵	۲۴/۵	۱۱/۸
۲۵-۵۰	رس سیلتی	۳/۲	۱/۴۴	۲۴/۲	۱۱/۸
۵۰-۷۵	رس سیلتی	۳/۵	۱/۵۴	۲۴	۱۱/۸
۷۵-۱۰۰	رس سیلتی	۴/۵۱	۱/۷۸	۲۳/۸	۱۱/۸

منبع تأمین آب پروژه حاضر، ایستگاه پمپاژی در ساحل شرقی رودخانه کارون با مختصات "۶/۵ '۱۸ °۳۱ عرض شمالی و "۴۶/۶ '۳۹ °۴۸ طول شرقی بود که با استفاده از یک کانال سیمانی به طول ۲/۸ کیلومتر به محل حوضچه ذخیره آب و ایستگاه پمپاژ برای توزیع آب مزرعه انتقال می‌یافت. به‌منظور پایش مقدار نمک موجود در آب، اندازه‌گیری شوری آب به‌صورت هفتگی در دستور کار قرار گرفت. مقادیر متوسط نتایج آنالیز کیفی آب آبیاری در جدول (۲) آورده شده است. برحسب طبقه‌بندی فائو، آب آبیاری برای دو دوره کشت، لب‌شور بود. همچنین با توجه به نسبت جذب سدیم و مقدار شوری، می‌توان گفت که آب آبیاری تأثیری بر روی نفوذپذیری خاک نداشت.

جدول ۲- مقادیر متوسط کیفیت آب آبیاری در طول دوره تحقیق

کشت	EC	pH	Na	Cl	HCO3	T.D.S	SAR	تأثیر بر روی نفوذپذیری خاک
	ds/m		meq/lit			mg/lit		
سال اول	۲/۹	۸/۳	۱۸/۰۵	۱۴/۸	۰/۸۷	۱۵۰۶	۷/۵۷	بدون تأثیر
سال دوم	۲/۷	۸/۳۵	۱۷/۲	۱۴	۱/۰۶	۱۶۶۸	۷/۱۲	بدون تأثیر

در این پژوهش، قطعه زراعی به سامانه آبیاری قطره‌ای با کشت سه رقم رایج استان خوزستان، " عنبوری قرمز، چمپا و دانیال" و "لاین متحمل به شوری S_2" مجهز شد. لاین S_2 (IR11T262) یک لاین موتانت است که ازموتاسیون رقم محلی هاشمی بدست آمده است. مشخصات علمی این لاین، OM2031/KALARATA-1-24است. لاین S_2 از نظر طول جزو لاین‌های زودرس با طول دوره رشد ۱۲۰-۱۱۰ روز (از بذر تا بذر) است. خصوصیات کیفیت پخت این لاین مشابه ارقام محلی است به‌طوری‌که میزان آمیلوز آن ۲۱ درصد و نمره درجه حرارت ژلاتینی شدن آن چهار است. ارتفاع بوته در این لاین ۱۳۰ سانتی‌متر بوده و حدود ۲۰ سانتی‌متر کوتاه‌تر از والد آن (یعنی رقم هاشمی) است. این پژوهش در سه قطعه زمین مجاور هم به‌صورت آزمایش اسپلیت پلات در قالب

بلوک‌های کامل تصادفی برای سه تکرار انجام گردید. سامانه آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) در این طراحی، شامل نوارهایی با فواصل روزنه‌های ۲۰ سانتی‌متری از همدیگر و دبی دو لیتر بر ساعت بودند به‌طوری‌که این نوارها بر روی لوله رابط (مانیفولد) با فاصله ۶۰ سانتی‌متری از همدیگر قرار داشتند. در این پژوهش عامل اصلی، دور آبیاری در سه سطح شامل؛ یک روزه (I_1)، دو روزه (I_2) (یک روز آبیاری و یک روز خشکی) و سه روزه (I_3) (دو روز خشکی و یک روز آبیاری) بود. همچنین عامل فرعی شامل سه رقم رایج استان (V_1= عنبوری قرمز، V_2= چمپا و V_3= دانیال) و یک لاین برنج متحمل به شوری (S_2 =V_4) بود. بذر خشک ارقام برنج در کرت‌هایی به ابعاد ۶ در ۱۵ متر کشت و بلافاصله پس‌ازآن آبیاری انجام شد. در ابتدای تحقیق و قبل از اجرای کشت، نیاز آبی مورد نیاز گیاه (برنج) با توجه به هوا و اقلیم منطقه تحقیق، بافت خاک مزرعه (رس‌سیلتی تا رس)، کیفیت آب رودخانه کارون در مقطع اهواز (میانگین شوری، ۲/۸ دسی زیمنس بر متر در طول دوره دو ساله تحقیق) براساس روش پنمن مانتیث– فائو برآورد شد. با توجه به شوری متوسط آب آبیاری در ماه‌های مختلف، جزء آبشویی به‌میزان ۳۰-۲۰ درصد برای حداکثر پتانسیل تولید عملکرد برنج برآورد شد. حداکثر عمق توسعه ریشه برنج ۲۵ سانتی‌متر و راندمان آبیاری قطعه زراعی ۹۰ درصد برحسب تلفات ناشی از انتقال آب از حوضچه ذخیره آب تا توزیع در قطعات زراعی در نظرگرفته شد. در این طرح علاوه بر پایش کیفی آب در طول فصل رشد، حجم آب آبیاری توسط کنتور حجمی برای ارقام مختلف تا تکمیل دوره رشد اندازه‌گیری شد. همچنین نمونه‌برداری از خاک مزرعه به‌طورکلی در پنج نوبت قبل از کشت تا بعد از برداشت محصول با هدف پایش شوری خاک در سه عمق ۲۵-۰، ۵۰-۲۵ و ۷۵-۵۰ سانتی‌متری انجام گرفت. نیتروژن در شرایط یکسان برای تمامی ارقام و به مقادیر ۱۲۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره به میزان ۴۰ درصد پس از پایان مرحله گیاهچه‌ای و دو تقسیط ۳۰ درصد در مراحل ابتدای ساقه رفتن و آبستنی استفاده شد. به همین صورت فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل به‌میزان ۳۵ و ۵۰، پتاسیم به‌میزان ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و همچنین روی به مقدار ۴۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات به‌ترتیب برای ارقام در زمان بذرپاشی مصرف شدند. در این مطالعه درصد سبز مزرعه، ویگور، جنبه‌های فیزیولوژیک (تولید ماده خشک برگ، ساقه، ریشه و کل)، میزان پتاسیم و سدیم و نسبت آن‌ها در اندام‌های هوایی و ریشه گیاهچه‌ها تعیین شدند. با توجه به ابعاد قطعه زراعی، عملکرد دانه در سطحی معادل ۲/۵ مترمربع از متن کرت برداشت و سپس با رطوبت ۱۴ درصد تصحیح و توزین شد. وزن هزار دانه، تعداد خوشه، تعداد دانه در خوشه و درصد باروری خوشه با برداشت ۴۰ خوشه علامت‌گذاری شده و با روبان رنگی تعیین گردید. زمان ۵۰ درصد خوشه‌دهی به‌صورت مشاهده‌ای و براساس خروج کامل ۵۰ درصد از خوشه‌ها در داخل کرت‌ها و روز تا رسیدن کامل محاسبه شد. بهره‌وری آب به‌صورت عملکرد دانه در هر مترمکعب آب برآورد شد. برای محاسبه شاخص برداشت، پنج کپه به‌صورت کف‌بر برداشت گردید و به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد سپس با تقسیم وزن دانه به کل ماده خشک، مقدار آن به‌صورت درصد تعیین شد. ارتفاع بوته با اندازه‌گیری تصادفی طول ۲۰ بوته از محل قاعده گیاه تا نوک خوشه و بدون احتساب ریشک، از متن کرت و در زمان برداشت محاسبه شد. تجزیه داده‌ها توسط برنامه MSTATC انجام و میانگین‌ها به روش دانکن مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نیاز آبی و حجم آب کاربردی در سامانه آبیاری قطره‌ای

نیاز آب آبیاری برای ماه‌های مختلف دوره داشت برنج در جدول (۳) آورده شده است. ضریب گیاهی برنج از ماخذ فائو ۵۶ استخراج شد، سپس براساس میانگین سرعت باد ماهانه منطقه در ارتفاع دو متری و متوسط رطوبت نسبی، این ضریب برای ماه‌های مختلف دوره رشد گیاه اصلاح گردید.

جدول ۳- نیاز آب آبیاری (میلی‌متر) همراه با خاکاب اولیه (۵۰ میلی‌متر در تیرماه) و آبشویی متناوب

آیتم	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	مجموع
ضریب گیاهی	۰/۹۵	۱	۰/۹۸	۰/۸۵	۰/۶۵	–
دورهٔ رشد گیاه (روز)	۳۱	۳۱	۳۱	۳۰	۱۵	۱۳۸
تبخیروتعرق پتانسیل	۳۵۰	۳۲۰	۲۸۰	۲۵۰	۱۰۰	۱۳۰۰
تبخیروتعرق واقعی برنج (میلی‌متر)	۳۳۲/۵	۳۲۰	۲۷۴/۴	۲۱۲/۵	۳۲/۵	۱۱۷۱/۹
نیاز خالص آبیاری با خاک‌آب اولیه در تیرماه	۳۸۲/۵	۳۲۰	۲۷۴/۴	۲۱۲/۵	۱۷/۳ (باران مؤثر*)	۱۲۰۶/۷
درصد آبشویی برحسب ECe=3ds/m برای ۱۰۰ درصد پتانسیل عملکرد	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۲۹	۰/۳	۰/۲	–
نیاز آبی خالص براساس آبشویی	۴۱۸/۶۶	۳۶۹/۲۹	۳۲۲/۶۹	۲۵۴/۸۳	۱۸/۱۳	۱۳۸۳/۶
حجم ناخالص آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار) راندمان ٪۹۰	۴۶۵۱/۸۲	۴۱۰۳/۱۸	۳۵۸۵/۴۹	۲۸۳۱/۴۷	۲۰۱/۴۳	۱۵۳۷۳/۳۹

*؛ باران مؤثر با احتمال وقوع ۸۰ درصد به میزان ۱۵ میلی‌متر بوده که از نیاز آبی آبیاری کم شده است

بر اساس جدول (۳)، ساعت آبیاری منطبق با میزان ناخالص آب آبیاری در هر ماه برآورد شد. این زمان‌بندی یک برنامه‌ریزی مناسب برای پیاده‌سازی عملیات آبیاری بود. به‌عنوان نمونه برای پیک مصرف (تیرماه)، میانگین زمان کاری سامانه در دور آبیاری هر روزه، ۱/۵ ساعت، دو روزه، سه ساعت و برای دور آبیاری سه روزه، به مدت ۴/۵ ساعت بود. عملیات آبیاری معمولاً در اوایل صبح یا در بعد از ظهر و اوایل غروب انجام شد. حجم آب کاربردی در هر دور آبیاری توسط کنتور حجمی دو اینچ که ابتدای قطعه زراعی کارگذاری شده بود، یادداشت‌برداری و برآورد شد. نتایج نشان داد که حجم آب کاربردی برنج از دهه اول تیرماه (زمان کاشت) تا دهه سوم آبان ماه (زمان برداشت)، برای رقم چمپا به‌عنوان یک رقم محلی با طولانی‌ترین دوره رشد، به‌میزان ۱۶۱۰۰ مترمکعب به ازاء هر هکتار اندازه‌گیری شد. همانطور که در پیش بیان شد، در این پژوهش به‌منظور مدیریت بهینه آبیاری، ظهور خوشه و دوره رشد ارقام با مشاهدات مزرعه‌ای پایش شد و براین اساس آبیاری رقم مورد نظر قطع گردید. ظهور خوشه‌ها و دوره رشد یک رقم به‌دلیل اثرات متقابل بین طول روز، رقم و حساسیت آن به درجه حرارت و اقلیم محدود به یک منطقه است. بازدیدهای مشاهده‌ای نشان داد که خوشه در ارقام رایج استان خوزستان نسبت به لاین متحمل به شوری (S_2)، به زمان بیشتری برای خروج و ظهور نیاز داشتند، به‌طوری‌که بیشترین آن با مقادیر ۱۰۳ و ۱۰۰ روز به‌ترتیب مربوط به ارقام چمپا و دانیال بود و کوتاه‌ترین زمان را لاین S_2 با ۸۶ روز داشت. ظهور زودتر خوشه درلاین متحمل به شوری و مواجه آن‌ها با هوای گرم‌تر، عملکرد پایین‌تر این لاین را به‌همراه داشت که در بخش نتایج زراعی مشاهده می‌شود. براین اساس، کمترین دوره رشد را لاین S_2 به میزان ۱۱۹ روز داشت و بیشترین دوره رشد با مقدار ۱۳۲ روز مربوط به رقم محلی چمپا بود. رقم محلی عنبوری قرمز و رقم دانیال به ترتیب ۱۲۳ و ۱۲۸ روز طول دوره رشد داشتند. مبنای میزان مصرف آب آبیاری در این پژوهش، رقم چمپا بود لذا با توجه به قطع آب برای ارقام دیگر، میزان آب آبیاری برای دانیال، عنبوری قرمز و لاین S_2 به‌ترتیب، ۱۵۲۰۰،۱۵۷۰۰ و ۱۴۸۰۰ مترمکعب بر هکتار

اندازه‌گیری شد. نتایج تحقیقات پژوهشی و عملیات ترویجی که در مناطق مرکزی و جنوبی خوزستان برای کشت خشکه‌کاری به روش آبیاری سطحی با تناوب آبیاری سه تا چهار روزه انجام شده است، میزان آب مصرفی را ۲۱۰۰۰ مترمکعب به ازاء هر هکتار نشان می‌دهد (گیلانی و همکاران، ۱۳۹۵؛ گیلانی، ۱۳۹۸). همچنین مسکینی ویشکایی و همکاران (۱۴۰۰)، در اندازه‌گیری میدانی در ایستگاه تحقیقاتی شاوور خوزستان (منطقه مرکزی استان با بافت خاک سنگین)، میزان آب مصرفی را در روش کشت خشکه‌کاری با تناوب آبیاری چهار روزه برای سامانه آبیاری سطحی، ۲۳۰۰۰ مترمکعب به ازاء هر هکتار بیان کردند؛ بنابراین از مقایسه و تحلیل تحقیق حاضر با نتایج کارهای تحقیقاتی و مشاهده‌ای سایرین در منطقه می‌توان بیان کرد، روش آبیاری قطره‌ای، حجم آب کاربردی را نسبت به روش آبیاری سطحی در سامانه کشت مستقیم در بستر خشک، به‌میزان ۲۷ درصد کاهش می‌دهد. راندمان بالای انتقال از حوضچه ذخیره آب تا ابتدای مزرعه و توزیع آب در قطعات زراعی، حذف تلفات عمقی و حذف رواناب سطحی در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) از دلایل اصلی کاهش مصرف آب آبیاری در مزرعه برنج است. از طرفی، گیلانی و همکاران (۱۳۹۸ و ۱۳۹۵)، حجم آب کاربردی سامانه کشت نشایی و کشت مستقیم بذر در محیط مرطوب را برای مناطق مرکزی و جنوبی استان به‌ترتیب ۳۹۰۰۰ و ۲۸۵۰۰ مترمکعب بر هکتار با روش آبیاری غرقابی بیان کرده‌اند.

براین اساس روش آبیاری قطره‌ای در سامانه خشکه‌کاری (تحقیق حاضر) نسبت به سامانه کشت نشایی و کشت بذر دربسترمرطوب با روش آبیاری سطحی که در منطقه کشت و کار می‌شوند، می‌تواند آب آبیاری را به‌ترتیب تا ۵۹ درصد و ۴۴ درصد کاهش دهد. همچنین در کشور هند، شاردا و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیقی بیان کرده‌اند که سامانه آبیاری قطره‌ای در مقایسه با روش غرقاب دائم برای کشت سنتی برنج، باعث صرفه‌جویی ۴۰ درصدی در میزان آب آبیاری می‌شود که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد.

پایش تغییرات شوری خاک در طول دوره رشد

جدول‌های (۴ و ۵)، تغییرات شوری خاک (دسی‌زیمنس بر متر) از قبل کشت تا برداشت محصول، برای هر دور آبیاری در لایه‌های مختلف خاک تا عمق ۷۵ سانتی‌متری از سطح زمین در یک پایش دو ساله تحقیق را نشان می‌دهد. برای کشت گیاهان متراکم مانند برنج، درصد سطح خیس شدگی مزرعه در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) به‌دلیل فاصله کم نوارهای قطره‌ای، صد درصد است و به‌همین دلیل در این طرح، همپوشانی مناسب و یکنواختی توزیع آب در قطعه زراعی برقرار بود. در این شرایط، شوری عصاره اشباع خاک برای هر دور آبیاری در نیمرخ‌های مختلف خاک در تمامی قطعه زراعی (کنار نوار و یا بین دو نوار قطره‌ای)، یکسان بوده و تفاوت محسوسی نداشتند.

جدول ۴- تغییرات شوری خاک (EC_e) در اعماق مختلف در طول دوره رشد-سال اول

تیمارهای مختلف	عمق نیمرخ خاک (سانتی‌متر)		
	۰-۲۵	۲۵-۵۰	۵۰-۷۵
قبل از کشت	۴/۶	۳/۲	۳/۵
I_1(میانه فصل)	۳/۲	۳	۴/۵
I_1(انتهای فصل)	۳/۳	۲/۹	۳
I_2(میانه فصل)	۴	۳/۵	۵
I_2(میانه فصل)	۳/۸	۳/۳	۳/۲
I_3(میانه فصل)	۴/۲	۳/۶	۵/۲
I_3(میانه فصل)	۴/۵	۳	۵/۵

جدول ۵- تغییرات شوری خاک (EC_e) در اعماق مختلف در طول دوره رشد- سال دوم

تیمارهای مختلف	عمق نیمرخ خاک (سانتی‌متر)		
	۰-۲۵	۲۵-۵۰	۵۰-۷۵
قبل از کشت	۴	۲/۸	۳/۸
I_1(میانه فصل)	۳	۲	۱/۷
I_1(انتهای فصل)	۲/۳	۱/۸	۱/۵
I_2(میانه فصل)	۳/۵	۲/۶	۳/۱
I_2(میانه فصل)	۳	۲/۵	۲
I_3(میانه فصل)	۴/۱	۳	۴
I_3(میانه فصل)	۳/۸	۳/۵	۴/۲

براساس جدول‌های (۴ و ۵)، در رژیم‌های آبیاری هر روزه و یک روز در میان (I_1 , I_2)، کاهش شوری عصاره اشباع در تمامی لایه‌های خاک نسبت به قبل از زمان کشت مشاهده شد. این کاهش در سال دوم تحقیق به‌دلیل کشت برنج طی دو سال متمادی در این قطعه زراعی و مدیریت بهتر آبیاری (مانند زمان مناسب آبیاری در طول روز)، محسوس‌تر بود. کاهش شوری خاک در دو رژیم آبیاری مذکور به‌دلیل تناوب زیاد آبیاری و آبشویی مناسب بود. مانس (۲۰۰۲)، هانسون (۲۰۱۲) و دهقانی سانیج و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیقات خود نشان داده‌اند که سامانه آبیاری قطره‌ای، به‌دلیل دبی ورودی کم و تناوب زیاد، قادر است پتانسیل ماتریک خاک در منطقه ریشه گیاه را بالا نگه داشته و از کاهش پتانسیل اسمزی خاک در اثر خشک شدن تدریجی خاک در شرایط شور جلوگیری نماید. همچنین با توجه به جدول‌های (۴ و ۵)، پایش خاک در طی فصل رشد گیاه نشان داد که در رژیم‌های آبیاری (I_1 , I_2)، تغییرات شوری نسبت به عمق کاهشی بود اما با افزایش دور آبیاری (I_3)، شوری در هر نیمرخ خاک حتی نسبت به قبل از زمان کشت، روندی افزایشی داشت. در رژیم آبیاری سه روزه (I_3)، افزایش شوری در لایه‌های پایینی خاک نسبت به لایه‌های سطحی محسوس‌تر بود و این مهم به‌دلیل تجمع املاح ناشی از عدم آبشویی مناسب بود. ناکارایی آبشویی در این دور آبیاری (I_3)، به‌دلیل وضعیت خاک مزرعه از نظر سنگین بودن بافت، لایه نفوذ ناپذیرنسبی در عمق ۲/۵ تا ۳ متری از سطح خاک و همچنین به اساس سامانه آبیاری قطره‌ای در عملیات آبشویی برای فاصله دورهای آبیاری بالا به‌خصوص در گیاهان آب‌دوست برمی‌گردد. در این شرایط استفاده از سامانه آبیاری سطحی برای آبشویی سنگین در میانه فصل و یا پایان فصل مورد نیاز است. هرچند، بافت خاک سبک تا متوسط همراه با لایه نفوذناپذیر غیرقابل دسترس می‌توانند در عملیات آبشویی برای سامانه آبیاری قطره‌ای بسیار مفید باشند. روش‌های معمول آبشویی برای خاک‌های شور و یا مستعد به شوری در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، آبشویی متناوب است. با اجرای آبشویی متناوب[۴] همراه با آبیاری به صورتی که فرصت زهکشی در نیمرخ خاک ایجاد شود، املاح می‌توانند به سطح خارجی خاکدانه‌ها پخشیده شوند. حتی اگر جریان در خلل و فرج درشت وجود نداشته باشد، در طی دوره بعدی آبشویی، این املاح به‌راحتی به جریان بین خاکدانه‌ای پخشیده می‌شوند و به سهولت آبشویی می‌گردند. به‌بیان‌دیگر، این روش سبب می‌شود تا املاح از حفره‌هایی که آب در آن تحرک ندارد یا تحرک کمی دارد، به منطقه متحرک پخشیده شوند (کوت و همکاران، ۲۰۰۰). به‌عبارتی با آبشویی متناوب، هدر رفت آب از میان منافذ درشت خاک به حداقل می‌رسد. در طرح حاضر با افزایش دور آبیاری و کاهش تناوب آبیاری، راندمان آبشویی کاهش‌یافته و تجمع املاح در لایه‌های پایینی خاک مشاهده شد. همچنین به‌علت تبخیر بالا در منطقه، با افزایش دور آبیاری (I_3)، میزان شوری در لایه‌های

[۴]- Intermittent leaching

سطحی خاک در مقایسه با دورهای آبیاری کوتاه‌تر (I_2 , I_1)، بیشتر بود. این اتفاق به‌دلیل حرکت جبهه رطوبتی از لایه‌های زیرین خاک به سمت سطح در دور آبیاری سه روزه (I_3) بود که افزایش شوری در لایه سطحی خاک و در نتیجه کاهش عملکرد محصول را به‌همراه داشت. بر همین اساس، وان و همکاران (۲۰۱۰)، وانگ و همکاران (۲۰۱۵) و خوش‌سیمای و همکاران (۱۳۹۸) در تحقیقات خود با بررسی تغییرات شوری خاک برای سامانه قطره‌ای، بیشترین افزایش شوری را در لایه سطحی خاک بیان کرده‌اند.

نتایج زراعی برنج در سامانه آبیاری قطره‌ای

تاریخ کشت برنج به روش خشکه‌کاری در مزرعه برای مناطق مرکزی و جنوبی خوزستان از ۲۰ خرداد تا دهه اول تیرماه است. در سال اول کشت به‌دلیل تأخیر در مجوز آب تابستانه، عملیات کشت در دهه اول مرداد انجام شد. این مسئله باعث افت عملکرد محصول شد. لیکن در سال دوم که تاریخ کشت به‌موقع انجام گردید، نتایج مناسبی از عملکرد و اجزا عملکرد گرفته شد که در ذیل تحلیل و بررسی خواهد شد. براین اساس قسمتی از نتایج سال اول در جدول‌های ۶ و ۷ آورده شده است اما روی آن‌ها بحث نخواهد شد. در این مقاله فقط روی نتایج سال دوم که در جدول‌های ۸ تا ۱۰ ارائه‌شده بحث و تحلیل می‌شود. همچنین عملکرد دانه، ماده خشک کل، شاخص برداشت موردبررسی قرار خواهد گرفت، هرچند خروجی سایر صفات زراعی در جدول‌ها آورده شده است.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس در سال دوم نشان داد که اثر دور آبیاری و نوع رقم برای عملکرد در سطح ٪۱، تفاوت معنی‌داری وجود داشت؛ اما در اثر متقابل دوگانه نوع رقم و دور آبیاری، میزان عملکرد از نظر آماری تفاوتی وجود نداشت (جدول ۸). مقایسه میانگین‌ها بیانگر آن است که با تغییر رژیم آبیاری از I_1 به I_3، روند عملکرد به‌طور متوسط کاهشی ۵۶ درصدی پیدا می‌کند، به‌طوری‌که حداکثر عملکرد دانه سفید برنج با ۳۱۹۱ کیلوگرم در هکتار مربوط بهI_1 بود و حداقل آن با ۱۳۹۲ کیلوگرم در هکتار را I_3 داشت (جدول ۹). علی‌رغم این‌که میزان آب مصرفی در هر سه رژیم آبیاری یکسان بود، اما در I_1 این مقدار آب، روزانه به خاک اضافه می‌شد و با بالا نگه‌داشتن پتانسیل آب خاک و خارج کردن میزان نمک از اطراف ریشه، مانع از کاهش عملکرد محسوس محصول گردید. این درحالی است که در رژیم‌های I_2 و I_3 که عملیات آبیاری یک و دو روز در میان انجام می‌شد، کاهش پتانسیل آب خاک، حرکت جبهه رطوبتی از لایه‌های زیرین خاک به سمت سطحی زمین را میسر می‌ساخت. این مسئله تجمع شوری در اطراف ریشه گیاه به‌دلیل تبخیر بالا و در نتیجه کاهش شدید عملکرد را به‌همراه داشت. همچنین با بررسی جدول (۹) مشاهده می‌شود که در میان ارقام برنج بیشترین تولید دانه با مقادیر ۲۳۹۰ و ۲۱۸۷ را V_1 و V_3 داشتند و کمترین با متوسط ۱۷۱۴ کیلوگرم در هکتار مربوط به V_4 بود. در بررسی مقایسه میانگین مربوط به اثر متقابل رژیم آبیاری و نوع رقم در جدول (۱۰)، نتایج نشان داد که در رژیم آبیاری هر روزه (I_1)، رقم عنبوری قرمز (V_1) با ۳۷۶۷ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد و لاین S_2 (V_4) با ۲۵۴۱ کیلوگرم در هکتار، کمترین عملکرد را به خود اختصاص دادند. همان‌طور که از پایش جدول‌های ۹ و ۱۰ مشاهده می‌شود، رژیم آبیاری بیشترین اثر را در تعیین عملکرد دانه در مقایسه با خود رقم در بر داشت به‌طوری‌که با اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم به‌عنوان نمونه برای "عنبوری قرمز"، میزان عملکرد افزایشی ۵۸ درصدی از خود نشان می‌دهد. این میزان عملکرد دانه در طرح حاضر نسبت به‌مقدار ارائه‌شده در مناطق مرکزی و جنوبی خوزستان برای سامانه کشت مستقیم در بستر خشک با روش آبیاری سطحی که توسط گیلانی و همکاران (۱۳۹۵)، گیلانی (۱۳۹۸)، مسکینی و همکاران (۱۴۰۰) گزارش شده است، کاهشی نه درصدی را نشان می‌دهد. هیبینگ و همکاران (۲۰۱۳)، در تحقیقی بیان کردند که عملکرد دانه برنج در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری با پوشش پلاستیک از ۳/۳۵ تا ۶/۸۹ تن در هکتار

متغیر بود، به‌طوری‌که این عملکرد نسبت به روش رایج منطقه (کشت نشاکاری با غرقاب دائم)، در حدود ۳۱ تا ۵۲ درصد کاهش داشت. آن‌ها بازه متغیر عملکرد در یک سامانه آبیاری و روش کاشت را ناشی از تفاوت در اثر سال تحقیق به‌علت وجود عوامل مختلف دانستند. همچنین شاردا و همکاران (۲۰۱۷)، از مقایسه دو روش آبیاری غرقاب دائم و قطره‌ای نواری در کشت برنج بیان کردند که سامانه قطره‌ای ضمن کاهش محسوس در مصرف آب آبیاری (۴۰ درصد)، عملکرد شلتوک را نسبت به روش سنتی حفظ کرده است.

ماده خشک کل

با توجه به نتایج سال دوم، اثر رژیم آبیاری و ارقام برنج در سطح ٪۱ معنی‌دار بود اما در سایر موارد از نظر آماری اختلافی مشاهده نشد (جدول ۸). مقایسه میانگین‌ها سال دوم مشخص نمود که در بین رژیم‌های آبیاری، I_1 با ۱۲۷۲۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین ماده خشک تولیدی داشت درحالی‌که کمترین میزان آن مربوط به دو سطح دیگر بود (جدول ۹). با توجه به‌مقدار یکسان آب مصرفی در هر سه رژیم آبیاری، به‌نظر می‌رسد توزیع یکنواخت‌تر آب در مزرعه و وجود رطوبت کافی در رژیم I_1 و شرایط مناسب‌تر برای رشد گیاه، توسعه سطح برگ، دریافت‌کنندگی نور برای فتوسنتز و تولید ماده خشک، از علل دست‌یابی به نتیجه مزبور باشد. همچنین براساس جدول (۹)، مقایسه میانگین مربوط به ارقام و لاین برنج در سال دوم مشخص نمود، V_1 (عنبوری) با متوسط ۱۰۵۹۰ کیلوگرم در هکتار و $V_4(S_2)$ با ۷۹۴۷ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب بیشترین و کمترین ماده خشک تولیدی داشتند. میزان ماده خشک تولیدی بیانگر راندمان فتوسنتزی در یک اکوسیستم زراعی بوده و می‌تواند متأثر از مجموعه‌ای از خصوصیات ارقام، مدیریت مزرعه‌ای و پارامترهای اقلیمی و آب و هوایی به‌خصوص شرایط نوری در طی دوره رشد و فصل زراعی تغییر کند. به‌نظر می‌رسد تفاوت ماهوی بین جنبه‌های رشدی و عملکرد فتوسنتزی بین ارقام محلی چمپا و عنبوری قرمز با دو رقم دیگر وجود دارد (گیلانی و همکاران، ۱۳۸۸)؛ اما نفوذ و توانایی بیشتر ریشه در جذب از لایه‌های پایین‌تر خاک در بوته‌های برنج ارقام پابلندی مانند عنبوری قرمز نسبت به لاین متحمل به شوری S_2 (رقم V_4) با ریشه‌های سطحی‌تر و متراکم‌تر در لایه‌های بالایی خاک در طی فصل رشد و نقش اندام‌های گیاهی مانند ساقه اصلی، پنجه‌ها و سهم نسبی مشارکت آن‌ها در انباشت ماده خشک به‌خصوص در طی دوره رشد رویشی و تعداد خوشه و دانه در زمان زایشی و رسیدگی، از دلایل دست‌یابی به نتیجه مزبور هستند. در بررسی اثر متقابل دور آبیاری و انواع ارقام در سال دوم، مقدار ماده خشک تولیدی برای همه ارقام و لاین برنج در رژیم آبیاری I_1 بالاتر بود. همچنین رقم دانیال (V_3) در همین رژیم آبیاری بیشترین ماده خشک تولیدی را داشت به‌طوری‌که مقدار آن به‌میزان ۱۵۱۷۲ کیلوگرم بر هکتار به میزان ۴۸ و ۵۴ درصد به ترتیب نسبت به رژیم‌های آبیاری دو (I_2) و سه (I_3) روزه بیشتر بود (جدول ۱۰).

شاخص برداشت

نتایج سال دوم در بررسی شاخص برداشت مشخص نمود به‌جز اثر رژیم‌های آبیاری و نوع ارقام برنج که در سطح ٪۱ معنی‌دار بود، در سایر موارد از نظر آماری اختلافی وجود نداشت (جدول ۸). مقایسه میانگین‌ها در سال دوم نشان داد که به‌موازات افزایش در دور آبیاری قطره‌ای، مقدار شاخص برداشت به‌شدت کاهش یافت به‌طوری‌که بیشترین و کمترین میزان به‌ترتیب با مقادیر ۲۵/۳۴ و ۱۷/۷۱ درصد مربوط به دورهای آبیاری I_1 و I_3 بود. رابطه شاخص برداشت با عملکرد دانه و زیست‌توده (ماده خشک کل) و تفاوت معنی‌دار این دو صفت در رژیم‌های آبیاری، از علل دست‌یابی به نتیجه مزبور است. هر چند با افزایش دور آبیاری، عملکرد و زیست‌توده کاهش می‌یابند اما میزان کاهش عملکرد دانه به‌خصوص در رژیم آبیاری دو روز در میان (سه روزه) نسبت به کاهش زیست‌توده در مقایسه با رژیم آبیاری هر روزه، شدیدتر بود.

این مسئله باعث تفاوت در شیب کاهشی برای رژیم‌های آبیاری متفاوت خواهد شد (جدول ۹). در نهایت، مقایسه میانگین اثر متقابل دور آبیاری و انواع ارقام در سال دوم مشخص نمود که علاوه بر اینکه مقدار شاخص برداشت ارقام برنج در رژیم آبیاری I_1 نسبت به دو سطح دیگر برتری داشت، بالاترین درصد شاخص برداشت مربوط به رقم عنبوری قرمز (V_1) در همین رژیم آبیاری بود (جدول ۱۰).

جدول ۶- تجزیه واریانس اثر دور آبیاری و نوع رقم بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج (سال اول)

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	ماده خشک کل	شاخص برداشت	تعداد خوشه در مترمربع	تعداد دانه در خوشه	وزن هزار دانه	ارتفاع بوته	باروری خوشه
تکرار	۲	۲۴۹۹۲ ^{ns}	۴۴۸۸۸۰ ^{ns}	۱۳/۲۷ ^{ns}	۲۸۲/۲ ^{ns}	۴/۱۹۴ ^{ns}	۰/۴۰۶ ^{ns}	۸۷/۵۸ ^{ns}	۳/۱۶۰ ^{ns}
دور آبیاری (I)	۲	۷۵۲۲۵۲ **	۷۸۱۲۹۵۷ *	۱۲۰/۶ *	۱۶۰۸ ^{ns}	۲۱۳/۹ **	۱۳/۵۵ *	۳۸۶/۶ *	۷۵/۷۶ ^{ns}
خطای (a)	۴	۱۷۶۳۳	۶۴۹۲۷۵	۱۰/۰۳	۶۶۰/۹ ^{ns}	۲/۳۶۱	۱/۱۸۱	۶۷/۶۷	۳۵/۹۸
نوع رقم (V)	۳	۴۵۶۹۴ *	۹۰۰۱۴۸ *	۱۰/۶۵ ^{ns}	۱۳۰۷ *	۳۵/۷۴ *	۱۵/۷۸ **	۴۶۵/۲ **	۳۳/۰۷ ^{ns}
اثر متقابل (I×V)	۶	۲۳۰۳۰ ^{ns}	۳۱۶۵۴۰ ^{ns}	۲۳/۳۹ ^{ns}	۷۲۷/۴ ^{ns}	۱۶/۴۹ ^{ns}	۱/۱۱۹ ^{ns}	۲۲/۲۵ ^{ns}	۱۷/۳۶ ^{ns}
خطای (b)	۱۸	۱۴۷۳۴	۳۰۶۵۵۲	۲۴/۰۳	۴۸۶/۸	۱۴/۸۲	۰/۵۶۳	۲۸/۶۰	۱۷/۵۲
ضریب تغییرات (درصد)		۱۵/۷۷	۱۶/۸۵	۲۲/۵۹	۱۶/۹۷	۱۴/۸۲	۴/۱۸	۱۱/۸۴	۱۵/۹۳

^{ns} عدم تفاوت معنی‌دار *تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد **تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد

جدول ۷ – مقایسه میانگین تأثیر دور آبیاری (I) و نوع رقم (V) بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج (سال اول)

تیمار	میانگین صفات و مقایسه آن‌ها به روش آزمون دانکن (در سطح احتمال پنج درصد)*							
	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)	ماده خشک کل (کیلوگرم بر هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	تعداد خوشه در مترمربع	تعداد دانه در خوشه	وزن هزار دانه (گرم)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	باروری خوشه (درصد)
دور آبیاری								
یک روزه (I_1)	۸۴۳/۷ ^{a}	۳۴۶۵ ^{a}	۲۴/۷۳ ^{a}	۱۱۲/۲ ^{a}	۲۶/۴۱ ^{a}	۱۷/۲۸ ^{b}	۵۱/۴۲ ^{a}	۲۸/۸۱ ^{a}
دو روزه (I_2)	۴۴۹/۸ ^{b}	۲۰۴۶ ^{b}	۲۱/۹۶ ^{ab}	۱۱۱/۶ ^{a}	۱۸/۵۰ ^{b}	۱۷/۴۱ ^{b}	۴۳/۷۵ ^{ab}	۲۳/۷۸ ^{a}
سه روزه (I_3)	۳۷۸/۹ ^{b}	۲۰۸۹ ^{b}	۱۸/۴۱ ^{b}	۹۱/۸۳ ^{a}	۱۹/۹۲ ^{b}	۱۹/۱۸ ^{a}	۴۰/۳۳ ^{b}	۲۶/۲۴ ^{a}
نوع رقم								
عنبوری قرمز (V_1)	۶۳۹/۰ ^{a}	۲۸۶۲ ^{a}	۲۱/۵۸ ^{a}	۹۰/۶۷ ^{b}	۲۱/۱۱ ^{ab}	۱۷/۳۴ ^{c}	۴۸/۴۴ ^{a}	۲۶/۹۸ ^{a}
چمپا (V_2)	۵۵۰/۴ ^{ab}	۲۴۱۴ ^{ab}	۲۳/۱۹ ^{a}	۱۰۰/۰ ^{ab}	۲۴/۰۰ ^{a}	۱۶/۵۷ ^{c}	۵۳/۶۷ ^{a}	۲۸/۰۰ ^{a}
دانیال (V_3)	۵۷۳/۹ ^{ab}	۲۷۰۹ ^{ab}	۲۱/۴۶ ^{a}	۱۱۶/۳ ^{a}	۱۹/۲۲ ^{b}	۱۹/۶۴ ^{a}	۴۰/۴۴ ^{b}	۲۳/۵۴ ^{a}
لاین مقاوم به شوری (V_4)	۴۶۶/۶ ^{b}	۲۱۴۹ ^{b}	۲۰/۵۸ ^{a}	۱۱۳/۸ ^{ab}	۲۲/۱۱ ^{ab}	۱۸/۲۸ ^{b}	۳۸/۱۱ ^{b}	۲۶/۵۹ ^{a}

*: در هر ستون تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند معنی‌دار نیست

جدول ۸- تجزیه واریانس اثر دور آبیاری و نوع رقم بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج (سال دوم)

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	ماده خشک کل	شاخص برداشت	تعداد خوشه در مترمربع	تعداد دانه در خوشه	وزن هزار دانه	ارتفاع بوته	باروری خوشه
تکرار	۲	۹۴۰۸ ns	۷۹۵۹۱ ns	۰/۰۹۲ ns	۴۳/۳۲ ns	۴/۴۲۸ ns	۰/۰۰۹ ns	۱/۰۳۱ ns	۱/۷۰۲ ns
دور آبیاری (I)	۲	۱۱۳۶۲۷۵۰ **	۱۰۰۶۰۴۱۹۷ **	۱۸۰/۲ **	۱۱۷۹۹ **	۲۶۵۲ **	۲/۱۲۷ **	۱۲۸۱ **	۳۹۵/۷ **
خطای (a)	۴	۱۰۷۴۸	۸۷۶۵۶	۰/۱۸	۴۶/۲۵	۴/۷۰۸	۰/۰۱۱	۱/۳۳۳	۱/۹۰۵
نوع رقم (V)	۳	۷۳۶۹۲۰ **	۱۲۳۱۸۲۸۶ **	۱/۹۹۷ **	۱۷۴۹۹ **	۱۰۹۶ **	۱۹/۹۴ **	۴۱۳۴ **	۱۳۱/۴ **
اثر متقابل (I×V)	۶	۴۳۲۶۸ ns	۸۷۶۰۴۶ ns	۳/۹۴۰ ns	۸۴۰ ns	۳۰/۹۱ ns	۱/۸۷۲ ns	۹۸/۶۶ ns	۲۸/۲۷ ns
خطای (b)	۱۸	۵۰۰۶۸	۹۴۹۶۸۹	۴/۹۴۴	۹۶۳/۸	۳۲/۶۷	۳/۴۴	۷۴/۶۶	۲۹/۳۹
ضریب تغییرات (درصد)		۱۴/۳۲	۱۲/۷۱	۱۴/۲۹	۱۰/۰۸	۹/۴۵	۵/۴۱	۱۰/۳۸	۱۱/۸۱

ns عدم تفاوت معنی‌دار *تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد **تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد

جدول ۹ – مقایسه میانگین تأثیر دور آبیاری (I) و نوع رقم (V) بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج (سال دوم)

تیمار	میانگین صفات و مقایسه آن‌ها به روش آزمون دانکن (در سطح احتمال پنج درصد)*							
	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)	ماده خشک کل (کیلوگرم بر هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	تعداد خوشه در مترمربع	تعداد دانه در خوشه	وزن هزار دانه (گرم)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	باروری خوشه (درصد)
دور آبیاری								
یک روزه (I_1)	۳۱۹۱ a	۱۲۷۲۰ a	۲۵/۳۴ a	۳۲۱/۳ a	۷۰/۵۰ a	۱۸/۶۳ b	۹۴/۲۵ a	۵۹/۲۳ a
دو روزه (I_2)	۱۶۴۷ b	۷۶۱۱ b	۲۲/۷۲ b	۳۲۴/۳ a	۴۱/۲۵ c	۱۸/۰۰ c	۸۱/۷۵ b	۴۷/۷۶ c
سه روزه (I_3)	۱۳۹۲ c	۷۸۰۱ b	۱۷/۷۱ c	۲۶۸/۵ b	۵۱/۲۵ b	۱۸/۸۰ a	۷۳/۷۵ c	۵۴/۰۶ b
نوع رقم								
عنبوری قرمز (V_1)	۲۳۹۰ a	۱۰۵۹۰ a	۲۱/۹۳ a	۲۵۰/۳ c	۵۳/۰۰ b	۱۷/۴۳ b	۹۵/۳۳ b	۵۵/۱۱ ab
چمپا (V_2)	۲۰۱۵ b	۸۹۵۳ b	۲۲/۵۴ a	۲۸۷/۳ b	۷۰/۳۳ a	۱۷/۱۹ b	۱۰۵/۰ a	۵۸/۴۴ a
دانیال (V_3)	۲۱۸۷ ab	۱۰۰۱۰ a	۲۱/۷۹ a	۳۴۳/۰ a	۴۶/۶۷ c	۲۰/۴۱ a	۷۶/۰۰ c	۵۰/۴۹ b
لاین مقاوم به شوری (V_4)	۱۷۱۴ c	۷۹۴۷ c	۲۱/۴۱ a	۳۳۸/۰ a	۴۷/۳۳ c	۱۸/۸۷ ab	۵۶/۶۷ d	۵۰/۷۰ b

*: در هر ستون تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند معنی‌دار نیست

جدول ۱۰- مقایسه میانگین اثرات متقابل دور آبیاری (I) و نوع رقم (V) بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج (سال دوم)

تیمار	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)	ماده خشک کل (کیلوگرم بر هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	تعداد خوشه در مترمربع	تعداد دانه در خوشه	وزن هزار دانه (گرم)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	باروری خوشه (درصد)
	میانگین صفات و مقایسه آن‌ها به روش آزمون دانکن (در سطح احتمال پنج درصد)*							
I_1V_1	۳۷۶۷ a	۱۲۹۴۰ b	۲۹/۲۳ a	۲۵۳ de	۶۷ bc	۱۷/۴ b	۱۰۶ b	۵۷/۶ bc
I_1V_2	۲۹۴۰ b	۱۲۴۶۰ b	۲۴/۲۳ b	۳۱۲ c	۹۶ a	۱۷/۴۷ b	۱۲۳ a	۶۸/۲۳ a
I_1V_3	۳۵۱۴ a	۱۵۱۷۲ a	۲۳/۴۰ b	۳۰۴ cd	۶۱ cd	۱۹/۶۷ ab	۸۷ cd	۵۶/۹۳ bc
I_1V_4	۲۵۴۱ c	۱۰۳۰۰ c	۲۴/۵۰ b	۴۱۶ a	۵۸ cde	۱۹/۹۷ ab	۶۱ e	۵۴/۱۷ bcd
I_2V_1	۱۶۶۳ de	۸۸۰۰ cd	۱۸/۹۷ c	۲۵۳ de	۴۸ ef	۱۷/۱۰ b	۹۲ bc	۶۱/۳۷ ab
I_2V_2	۱۶۸۶ de	۷۳۸۰ de	۲۴/۴۳ b	۳۰۷ cd	۴۳ fg	۱۷/۱۰ b	۹۸ bc	۴۴/۳۳ de
I_2V_3	۱۸۶۰ d	۷۸۸۱ de	۲۴/۳۰ b	۳۹۰ ab	۴۲ fgh	۱۹/۸۰ ab	۷۴ de	۴۷/۸۳ cd
I_2V_4	۱۳۸۰ ef	۶۳۸۱ e	۲۳/۱۳ b	۳۴۷ bc	۳۲ h	۱۸ c- b	۶۳ e	۳۷/۵۳ e
I_3V_1	۱۷۴۰ de	۱۰۰۴۱ c	۱۷/۶۰ c	۲۴۵ e	۴۴ fg	۱۷/۰۸ b	۸۸ cd	۴۶/۳۷ de
I_3V_2	۱۴۲۰ ef	۷۰۲۰ de	۱۸/۹۷ c	۲۴۳ e	۷۲ b	۱۷ b	۹۴ bc	۶۲/۷۷ ab
I_3V_3	۱۱۸۷ f	۶۹۸۱ de	۱۷/۶۷ c	۳۳۵ bc	۳۷ gh	۲۱/۷۷ a	۶۷ e	۴۶/۷۰ de
I_3V_4	۱۲۲۱ f	۷۱۶۱ de	۱۶/۶۰c	۲۵۱ de	۵۲ def	۱۸/۶۳ ab	۴۶ f	۶۰/۴۰ ab

*: در هر ستون تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند معنی‌دار نیست

بهره‌وری آب

میزان بهره‌وری آب براساس نتایج عملکردی و حجم آب کاربردی برای هر رقم در جدول (۱۱) آورده شده است. از تقسیم میزان عملکرد دانه سفید برنج بر میزان آب کاربردی، بهره‌وری آب برحسب کیلوگرم بر مترمکعب بدست آمد.

جدول ۱۱- بهره‌وری آب ارقام برنج در رژیم‌های مختلف سامانه آبیاری قطره‌ای نواری (kg/m^3)

رژیم آبیاری / رقم	I_1	I_2	I_3	میانگین رقم
V_1	۰/۲۵	۰/۱۱	۰/۱۱۴	۰/۱۵۸
V_2	۰/۱۸	۰/۱۰۴	۰/۰۸۹	۰/۱۲۴
V_3	۰/۲۲	۰/۱۲	۰/۰۷۵	۰/۱۴
V_4	۰/۱۷	۰/۰۹۴	۰/۰۸۲	۰/۱۱۵
میانگین رژیم آبیاری	۰/۲۱	۰/۱۱	۰/۰۹	

در طرح حاضر، بیشترین میزان بهره‌وری آب را رقم محلی عنبوری قرمز، به‌میزان ۰/۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب در رژیم آبیاری هر روزه (I_1) داشت (جدول ۱۱). این میزان بهره‌وری آب در تطبیق با گزارش‌های مشاهده‌ای و تحقیقاتی از کشت سنتی برنج در مناطق مرکزی و جنوبی خوزستان، ۱/۸۵-۱/۳۳ مرتبه بیشتر بود. هیبینگ و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیقی دو ساله، بیشترین متوسط بهره‌وری آب را مربوط به تیمار آبیاری قطره‌ای (با استفاده از مالچ) دانستند که ۲/۱۲ –۱/۵۲ مرتبه بیشتر از تیمار رایج (کشت نشا با غرقاب دائم) بود. آنچه از جدول (۱۱) مشاهده می‌شود این است که رژیم آبیاری بیشترین اثربخشی را در میزان بهره‌وری فیزیکی آب برنج دارد، به‌طوری‌که با تغییر رژیم آبیاری، میزان میانگین بهره‌وری از ۰/۲۱ در رژیم آبیاری هر روزه (I_1) تا ۰/۰۹ در رژیم آبیاری سه روزه (I_3) می‌رسد. هرچند این میزان کم بهره‌وری آب در کشت برنج برای منطقه گرم و خشک استان خوزستان توجیه نداشته و افزایش مصارف غیرمفید آب را به‌همراه خواهد داشت، لکن به‌دلایل سوددهی اقتصادی بالا در کشت برنج ناشی از ناچیز بودن قیمت نهاده آب در کشور، عدم تحویل حجمی آب در اراضی کشاورزی و بالاخره بازگشت سریع سرمایه حاصل از فروش شلتوک، کشاورزان منطقه را متمایل به کشت این محصول می‌کند. براین اساس لازم است با بهینه‌سازی الگوی کشت از منظر اجتماعی، اقتصادی و کارایی محصولات کم آب‌بر در منطقه با توجه به میزان تخصیص آب، در این زمینه تلاش کرد.

نتیجه‌گیری

کشت برنج به شیوه سنتی در حال توسعه است و برای تغییر شرایط، راهکارهای مختلفی از نگرش‌های مختلف ارائه می‌شوند. با بررسی شیوه کشت و کار برنج در کشور و تجربیات جهانی در این‌خصوص، به این باور رسیده‌اند که "برنج لزوماً گیاهی که باید در شرایط غرقاب رشد کند، نیست" براین اساس برای این تغییر نگرش باید برنامه‌های عملیاتی تدوین نمود. یکی از راه‌حل‌های عملیاتی برون رفت از این چالش بزرگ "توسعه کشت مستقیم برنج به‌جای کشت مرسوم" است. از طرفی دیگر با توجه به محدودیت شدید آب در سال‌های اخیر و توسعه سامانه‌های نوین آبیاری، روش آبیاری قطره‌ای نواری می‌تواند راهبردی مضاعف در جهت کاهش میزان آب آبیاری برنج باشد. پژوهش حاضر در راستای ارزیابی تغییرات شوری خاک و واکنش ارقام رایج برنج استان خوزستان در روش خشکه‌کاری با سامانه آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) طراحی و اجرا شد. میانگین حجم آب آبیاری در مزرعه با توجه به تکمیل دوره رشد ارقام مختلف، ۱۴۸۰۰، ۱۵۲۰۰، ۱۵۷۰۰ و ۱۶۱۰۰ مترمکعب بر هکتار به ترتیب برای لاین s_2 ، عنبوری قرمز، دانیال و چمپا اندازه‌گیری شد. بررسی پایش خاک دو سال زراعی در طی فصل رشد گیاه نشان داد که رژیم آبیاری هر روزه به‌دلیل تناوب زیاد و آبشویی مناسب در سامانه آبیاری قطره‌ای، شوری عصاره اشباع خاک را تا زیر عمق توسعه ریشه‌های گیاه نسبت به قبل از زمان کشت کاهش داده و می‌تواند

به‌عنوان یک راهبرد در استفاده از این سامانه آبیاری برای کشت شلتوک باشد. از نتایج بررسی مقایسه میانگین مربوط به اثر متقابل رژیم آبیاری و نوع ارقام مشاهده شد که در رژیم آبیاری هر روزه، رقم عنبوری قرمز (رقم محلی) با ۳۷۶۷ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه سفید برنج و لاین متحمل به شوری S_2 با ۲۵۴۱ کیلوگرم در هکتار، کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند. در این پژوهش مشخص شد که رژیم آبیاری بیشترین اثر را در تعیین عملکرد دانه در مقایسه با خود رقم در بر داشت به‌طوری‌که با تغییر رژیم آبیاری از هر روزه به سه روزه، عملکرد به‌طور متوسط کاهشی ۵۶ درصدی پیدا کرد. همچنین مشخص شد که بیشترین میزان بهره‌وری آب را رقم محلی عنبوری قرمز، به‌میزان ۰/۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب در رژیم آبیاری هر روزه (I_1) داشت. براین اساس استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای با فاصله مناسب نوارهای آبیاری (۵۰ تا ۶۰ سانتی‌متر) و روزنه‌های آبده (دو تا سه لیتر بر ساعت) روی هر نوار و فواصل ۲۰ سانتی‌متری از همدیگر در روش خشکه‌کاری با رقم محلی (عنبوری در استان خوزستان) و دور آبیاری هر روزه، یک تکنیک به‌زراعی با هم‌افزایی دو تخصص آب- زراعت بوده که حجم آب آبیاری را نسبت به عملیات کشت سنتی به‌طور محسوس کاهش می‌دهد. این مسئله، راهبردی مؤثر در کاهش تنش بر منابع آبی استان و ذخیره آب موجود برای حفظ زیست‌بوم است. در نهایت باید بیان کرد که میزان کم بهره‌وری آب در کشت برنج برای منطقه گرم و خشک استان خوزستان توجیه نداشته و افزایش مصارف غیرمفید آب را به‌همراه خواهد داشت، لذا لازم است کاهش محسوس کشت برنج در این استان در اولویت قرار گیرد.

فهرست منابع

۱. خوش‌سیمای چنار، م. و نوری، ح. ۱۳۹۸. اثر آبیاری قطره‌ای(نوار تیپ) با آب شور بر برخی ویژگیهای شیمیایی خاک. نشریه پژوهش آب در کشاورزی،۳۳(۴):۵۸۱-۵۶۵.

۲. دهقانی سانیج، ح.، میر لطیفی، م. و وردی نژاد، ر. ۱۳۹۸. اثربخشی تکنیک‌های برتر به‌زراعی برای کاهش برداشت از منابع آب در حوضه آبریز دریاچه ارومیه. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی.

۳. کیانی، ع.، یونس‌آبادی، م.، فرجی، ا.، حسینی چالشتری، م.، یزدانی، م. و.... ۱۳۹۹. دستورالعمل تولید برنج به روش کشت مستقیم در بستر خشک (استان گلستان). موسسه تحقیقات برنج کشور. نشریه فنی شماره ۴۷. ۲۶ صفحه.

۴. گیلانی، ع.، سیادت، ع. و عالمی سعید، خ. ۱۳۸۸. تعیین مکانیزم‌های تحمل و اثرات فیزیولوژیکی تنش گرما در ارقام برنج خوزستان. پایان نامه دکتری. دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان.

۵. گیلانی، ع. ۱۳۹۸. مدیریت تولید برنج در روش خشکه‌کاری. موسسه تحقیقات برنج کشور. نشریه فنی شماره ۴۱، ۲۳ صفحه.

۶. گیلانی، ع.، آبسالان، ش. و جلالی، س. ۱۳۹۵. مقایسه روش خشکه‌کاری با شیوه‌های رایج کاشت ارقام برنج از نظر میزان آب مصرفی. سازمان تحقیقات ، آموزش و ترویج کشاورزی. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. شماره ثبت: ۴۹۸۰۲. ۲۷صفحه.

۷. مختاران، ع.، ناصری، ع. ع. و کشکولی. ح. ع. ۱۳۹۲. تعیین ضخامت فصل مشترک آب شور-شیرین در اراضی تحت آبیاری و آب زیرزمینی شور و کم عمق. دوازدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، تهران: دانشگاه تهران. ۸-۷ آبان.

۸. مسکینی ویشکایی، ف.، گیلانی، ع. و مختاران، ع. ۱۴۰۰. بررسی تاثیر شیوه کاشت برنج بر روی پشته‌های بلند بر مصرف آب و شوری خاک سطحی در روش خشکه‌کاری. هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه. کرج: ۲۸-۲۶ مهرماه ۱۴۰۰.

۹. یعقوبی، ب. و رجبیان، م. ۱۳۹۸. مروری برکشت مستقیم برنج با تاکید بر مدیریت علف‌های هرز. موسسه تحقیقات برنج کشور، نشریه فنی شماره ۳۷، ۵۱ صفحه.

۱۰. یوسفیان، م.، عربزاده، ب.، سودایی مشایی، ص. و محمدی نشلی، ی. ۱۳۹۳. بررسی اثرات سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد، خواص کمی و کیفی دانه دو رقم برنج طارم و شیرودی. پژوهش‌های کاربردی زراعی (پژوهش و سازندگی)، (۱۰۴)،۷۵-۶۹ .

11. Ali, M.H. and Talukder, M.S.U. 2008. Increasing water productivity in crop production-A synthesis, Agricultural Water Management, 95, 1201-1213.
12. Bouman, B. A. M., Wang, H., Yang, X., Zhao, J. F. and Wang, C. G. 2002. Aerobic rice (Han Dao): a new way of growing rice in water-short areas, in Proceedings of the 12th InternationalSoil ConservationOrganization Conference (Beijing), 175–181.
13. Bouman, B. A. M., Xiaoguang, Y., Wang, H., Wang, Z., Zhao, J. and Chen, B. 2005. Performance of aerobic rice varieties under irrigated conditions in North China. Field Crops Res. 97, 53–61. Doi: 10.1016/j.fcr.2005.08.015.
14. Bouman, B .A .M., Peng, S., Castan, A. R. and Viperas, R .M. 2005.Agricultural Water Management.74 :87–105
15. Cote, C. M., Bristow, K. L. and Ross, P. J. 2000. Increasing the efficiency of solute leaching: Impacts of flow interruption with drainage of the “preferential flow paths”. Journal of Contaminant Hydrology, 43(3): 191-209.
16. Dehghanisanij, H. 2012. Current agricultural water and soil resources and productivity in the Iranian highlands: measures and Improvements. Journal of Agriculture, Biotechnology & Ecology. Volume 5, issue 1, 1-14.
17. FAO. 2017. Drought characteristics and management in Central Asia and Turkey. Rome. Gao, Z., Xu, N., Fu, C., Ning, J. & Area, A.S. 2015. Evaluating drought monitoring methods using remote sensing: a dynamic correlation analysis between heat fluxes and land cover patterns. IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens. 8 (1), 298–303.
18. Farooq, M., Kobayashi, N.K., Wahid, A., Ito, O. & Basra, S.M.A. 2009. Strategies for producing more rice with less water. Advance Agron. 101:351–388.
19. Gopal, R., Jat, R.K., Kumar, V., Alam, M.M., Jat, M.L., Mazid, M.A., Saharawat, Y.S., Mcdonald, A. & Gupta, R. 2010. Direct dry seeded rice production technology and weed management in rice-based systems.
20. Hameed, M., Ahmadalipour, A. & Moradkhani, H. 2020. Drought and food security in the Middle East: An analytical framework Agricultural and Forest Meteorology 281 (2020) 107816.
21. Haibing, H., Fuyu, M., Yang, R., Chen, L., Jia, B., Cui, J., Fan, H., Wang, X. & Li, L. 2013. Rice Performance and Water Use Efficiency under Plastic Mulching with Drip Irrigation. Journal PLoS One, V. 8(12), published online 2013 Dec 10.doi: 10.1371/journal.pone.0083103.
22. Kumar, V. and Ladha, J. K. 2011. Direct seeding of rice: recent developments and future research needs. Adv. Agron. 111, 297–413. Doi: 10.1016/B978-0-12-387689-8.00001-1.
23. Li, Y.H. 2001. Research and practiceof water-saving irrigation forrice in China, in Proceedings of an International Workshop, Water-Saving Irrigation for Rice, 23-25 March 2001, eds R. Barker, Y. Li, and T. P. Tuong (Wuhan; Colombo: International Water Management Institute), 135–144.

24. Liu, H., Hussain, S., Zheng, M., Peng, S., Huang, J., Cui, K. & Nie., L. 2015. Dry direct-seeded rice as an alternative to transplanted-flooded rice in Central China. Agronomy for Sustainable Development, 35(1), pp.285-294.
25. Mahajan, G., Chauhan, B.S., Timsina, J., Singh, P.P. & Singh, K. 2012. Crop performance and water-and nitrogen-use efficiencies in dry-seeded rice in response to irrigation and fertilizer amounts in northwest India. Field Crops Research, 134, pp.59-70.
26. Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, cell & environment, 25(2), 239-250.
27. Ospanbayev, Z., Kurmanbayeva, M.S., Abdukadirova, Z., Doszhanova, A.S., Nazarbekova, S.T., Inelova, Z.A., Ablaikhanova, N.T., Kenenbayev, S.B., & Musina, A.S 2017. Water use efficiency of rice and soybean under drip irrigation with mulch in the south-east of Kazakhstan. Applied Ecology and Environmental Research, 15(4), pp.1581-1603.
28. Perry, C. & Steduto, P. 2017. Does improved irrigation technology save water? A Review of the evidence. Discussion paper on irrigation and sustainable water resources management in the near east and North Africa. Food and agricultuer organization of the United Nations Cairo.
29. Rao, K.V., Gangwar, S., Keshri, S., Chourasia, R., Bajpai. L. & Soni. A. 2017. Effects of drip irrigation system for enhancing rice (Oryza sativa L) yield under system of rice intensification management. Applied Ecology and Environmental Research. 15. 487-495.
30. Sathiyaraj. 2017. Influence of Rice Varieties and Irrigation Regimes on Rice under Raised Bed and Drip Fertigation. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. Volume 6 Number, 11 pp. 4100-4108, doi.org/10.20546/ijcmas.2017.611.480.
31. Scanlon, B.R., Ruddell, B.L., Reed, P.M., Hook, R.I., Zheng, C., Tidwell, V.C. & Siebert, S. 2017. The food-energy-water nexus: transforming science for society. Water Resour. Res. 1–7. https://doi.org/10.1002/2017WR020889.
32. Seck, P.A., Diagne, A., Mohanty, S. & Wopereis. M.C. 2012. Crops that feed the world 7: Rice. Food security, 4(1), pp.7-24.
33. Sharda, R., Mahajan, G., Siag, M., Singh A. & Chauhan. B.S. 2017. Performance of drip-irrigated dry-seeded rice (Oryza sativa L.) in South Asia. Paddy and water environment, 15 (1), pp.93-100.
34. Stoop, W., Uphoff, N. and Kassam, A. 2002. A review of agricultural research issues raised by the system of rice intensification (SRI) from Madagascar: opportunities for improving farming systems for resource-poor farmers. Agric. Syst. 71, 249–274. Doi: 10.1016/S0308-521X (01) 00070-1.
35. Tabbal, D. F., Bouman, B. A. M., Bhuiyan, S. I., Sibayan, E. B. and Sattar, M. A. 2002. On-farm strategies for reducing water input in irrigated rice: case studies in the Philippines. Agric. Water Manag. 56, 93–112. Doi: 10.1016/S0378-3774(02)00007-0.
36. Van Opstal, J., Droogers, P., Kaune, A., Steduto, P. & Perry. C. 2021. Guidance on realizing real water savings with crop water productivity interventions. Wageningen, FAO and FutureWater. https://doi.org/10.4060/cb3844en.
37. Wan, S., Kang, Y., Wang, D. & Liu, S. P. 2010. Effect of saline water on cucumber (Cucumis sativus L.) yield and water use under drip irrigation in North China. Agricultural Water Management, 98(1), 105-113.
38. Wang, H., Boumam, B. A. M., Zhao, D., Wang, C. and Moya, P. F. 2002. "Aerobic rice in northern China: opportunities and challenges," in Proceedings of the International Workshop on Water-Wise Rice Production, Water-Wise Rice Production, 8-11 April, eds B. A. M. Bouman, H. Hengsdijk, B. Hardy, P. S. Bindraban, T. P. Tuong, and J. K. Ladha (Los Baños: International Rice Research Institute), 143–154.
39. Wang, X., Yang, J., Liu, G., Yao, R. & Yu, S. 2015. Impact of irrigation volume and water salinity on winter wheat productivity and soil salinity distribution. Agricultural Water Management, 149, 44-54.
40. Weller, S., Janz, B., Jörg, L., Kraus, D., Racela, H. S. and Wassmann, R. 2016. Greenhouse gas emissions and global warming potential of traditional and diversified tropical rice rotation systems. Glob. Change Biol. 22, 432–448. Doi: 10.1111/gcb.13099.

Investigating the Effect of Irrigation Interval in Strip Drip System on Rice Yield and Soil Salinity Changes with Direct Seeded Rice in Dry Bed in Khuzestan Plain, Iran

A. Mokhtaran*, A. A. Gilani, S. Jalali, L. Behbahani, M. Rezaei and K. Tajaddodi Talab

Assistant Prof., Agricultural Engineering Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Centre, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ahwaz, Iran. **alimokhtaran@gmail.com**

Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Centre, AREEO, Ahwaz, Iran.**abdolali.gilani@yahoo.com**

Researcher, Seed and Plant Improvement Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Centre, AREEO, Ahwaz, Iran**. jalalisami40@gmail.com**

Researcher, Agricultural Engineering Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Centre, AREEO, Ahwaz, Iran. **leila_behbahani@yahoo.com**

Assistant Prof., Rice Research Institute of Iran, AREEO, Rasht, Iran.**mrezaeii@yahoo.com**

Assistant Prof., Rice Research Institute of Iran, AREEO, Rasht, Iran .**dr2eng@yahoo.com**

Received: August 2022 and Accepted: June 2023

Abstract

Rice is one of the most important summer crops in Khuzestan Province. Due to the severe water limitation, the effect of using strip drip system in the method of direct seeded rice in dry bed was monitored on the yield of common rice cultivars of the province and changes in soil salinity. This research was conducted during 2019-20 and 2020-21, at the Ahvaz Agricultural Research Station on three adjacent plots of land, using split-plot design and randomized complete blocks in three replications. The main factor was irrigation including three levels: daily irrigation, every two days, and three days; and the secondary factor included three cultivars (Red Anbori, Champa, and Daniyal) and one salt tolerant rice line (S_2). In the first year, due to the allocation of water outside the cultivation date, the yield of the crop was very low, so, the analysis was done based on the second year. The average volume of irrigation water in the field was measured as 14,800, 15,200, 15,700 and 16,100 m^3/ha for, respectively, line S_2, Red Anburi, Daniyal, and Champa. The results showed that, in the daily irrigation, the "Red Anburi" local cultivar had the highest yield with 3767 kg/ha and S_2 line had the lowest 2541 kg/ha, so that when the irrigation changed from every day to three days, the yield decreased by 56% on average. The highest water productivity was obtained by the "Red Anburi" cultivar (0.25 kg/m^3) in the daily irrigation. The reason for this problem can be shown in the monitoring of soil salinity, so that with daily irrigation, the salinity of the saturated extract in all soil layers showed a decreasing trend from 3.77 to 1.8 dS/m. According to the results, use of drip irrigation system would significantly reduce the volume of irrigation water compared to "conventional puddled transplanted rice". This has been an effective strategy in reducing the stress on the water resources of the province and saving the available water to preserve the ecosystem, although significant reduction of rice cultivation area in this province is recommended.

Keywords: Monitoring soil salinity, Dry bed seeded rice, Irrigation regime, Water saving

* - Corresponding author's email: alimokhtaran@gmail.com