Archive of SID

تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی/جلد ۲۱/ شماره ۷۸/ بهار ۱۳۹۹/ص ۱۵۶-۱۳۹

بازچرخانی زهاب مزارع نیشکرجنوب خوزستان برای کشت برنج با هدف بهبود بهره‌وری آب در شبکه‌های آبیاری و زهکشی

علی مختاران[۱]، عبدالعلی گیلانی[۲*]، علی‌اکبر عبادی[۳]، محمدعلی شایان[۴] و خدیجه صانعی‌دهکردی[۵]

۱- استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

۲- استادیار بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

۳- استادیار پژوهشی، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

۴- مدیر مطالعات کاربردی کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک‌خان، اهواز، ایران

۵- کارشناس دفتر توسعه و ترویج روش‌های نوین آبیاری و زهکشی سازمان آب و برق استان خوزستان، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۹/۱۲، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۹

چکیده

تولید زهاب در جنوب استان خوزستان یکی از مشکلات جدی است. استفاده از این زهاب بر میزان تخصیص آب به شبکه‌های آبیاری استان اثرگذاراست. بازچرخانی زهاب برای کشت برنج می‌تواند به‌عنوان بستری مناسب در منطقه مورد توجه قرار گیرد. برای نیل به این هدف، پژوهشی به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل و سه تکرار درکشت و صنعت میرزا کوچک‌خان اجرا شد. دور آبیاری با زهاب نیشکر شامل هرروزه (I_0) و تناوب‌های یک روز در میان (I_1) و دو روز در میان (I_2) به‌عنوان عامل اصلی در نظر گرفته و ۹ رقم و لاین اصلاحی برنج مقاوم به شوری در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. نتایج تحقیق نشان داد با کاهش قابل‌توجه آب از دور آبیاری هرروزه به تناوب‌های یک روز در میان و دو روز در میان، میزان عملکرد ازI_0 با متوسط ۲۱۴۰به ۲۲۴۸ کیلوگرم بر هکتار به I_1 روندی افزایشی دارد و در I_2 نسبت به I_0 با افتی ۳۰ درصد به‌شدت روبه‌رو می‌شود. در پایش درصد سدیم قابل‌تبادل خاک (*ESP*)، نتایج بررسی‌ها نشان داد که در هر دو رژیم آبیاری I_0وI_1، خاک مزرعه در وضعیت سدیمی بودن قرار نمی‌گیرد و تنها در وضعیت شور باقی می‌ماند. این مسئله به‌دلیل آبیاری در سراسر فصل رشد و وجود زهکشی زیرزمینی است که باعث خروج املاح از پروفیل خاک شده است. هرچند در I_2، به‌دلیل خشکی دادن مزرعه و هجوم شوری به لایه‌های سطحی خاک، وضعیت پروفیل خاک تا زیر عمق توسعه ریشه با افزایش ۱۷ درصد در *ESP* به وضعیت سدیمی نزدیک می‌شود. معلوم شد در این مدت، شوری عصارهٔ اشباع خاک ۱۰۰ درصد افزایش‌یافته است.

واژه‌های کلیدی

آبیاری متناوب، پایش خاک، سامانهٔ زهکشی، لاین‌های مقاوم به شوری

مقدمه

خشکسالی و کم‌آبی در ایران واقعیتی اقلیمی است و با توجه به روند روزافزون نیاز بخش‌های مختلف به آب، مشکل خشکسالی در سال‌های آینده حادتر نیز خواهد شد (Abbasi *et al.*, 2016; Naseri *et al.*, 2017). یکی از راهکارهای اساسی برای تامین منابع آب کشاورزی، با توجه به کمبود منابع آب مناسب، استفاده ازآب‌های نامتعارف شامل زهاب، آب‌های شور و پساب‌هاست. ایجاد نظام جامع مدیریت درکل چرخهٔ آب بر اساس اصول توسعهٔ

* نگارندهٔ مسئول: Email: abdolali.gilani@yahoo.com

http:// doi.10.22092/idser.2020.128547.1412

www.SID.ir

Archive of SID

پایدار و آمایش سرزمین در حوزه‌های آبخیز کشور، بالا بردن بهره‌وری و توجه به ارزش اقتصادی آب در استحصال، نگهداری و مصرف آن، بازچرخانی و استفاده از آب‌های غیرمتعارف و بالابردن دانش مردم در این زمینه از جمله راهبردهای درازمدت مدیریت ملی منابع آب کشور در استفادهٔ دوباره از آب‌های برگشتی و پساب‌هاست (Piri, 2011) در استان خوزستان، تولید زهاب از بخش‌های مختلف به‌ویژه کشاورزی، یکی از مشکلات جدی است. در این استان، در مجموع نزدیک چهار میلیارد مترمکعب زهاب در سال تولید می‌شود که حجم زهاب شبکه‌های آبیاری و زهکشی حوضهٔ کارون به تنهایی حدود دو میلیارد مترمکعب در سال است، واحدهای توسعهٔ نیشکر و مزارع پرورش ماهی از تولیدکنندگان اصلی زهاب این حوضه هستند. یکی از مناطقی که زهاب در آن انباشته و در حال حاضر به دغدغه‌ای جدی تبدیل شده، حوضچه‌های تبخیری جنوب اهواز در منطقهٔ مرزی با عراق است. این حوضچه‌ها در گذشته وجود نداشته و با توسعهٔ زمین‌های زیر کشت نیشکر و با دفع زهاب ایجاد شده‌اند. مساحت حوضچه‌های مذکور در حال حاضر نزدیک به ۳۵ هزار هکتار است که حدود ۲۵۰ میلیون مترمکعب زهاب را در خود جا داده است. شوری آب در ابتدای حوضچه‌ها (محل ورود از زهکش المهدی به حوضچه) بین پنج تا هفت دسی‌زیمنس بر متر است که در انتها به حدود ۱۲۰ دسی‌زیمنس بر متر می‌رسد. این زهاب، به‌خصوص هنگام ورود به حوضچه‌ها که دارای کمترین شوری ممکن است، بسیار ارزشمند است و می توان برای کشت گیاهان مقاوم به شوری یا پرورش آبزیان استفاده کرد تا بخشی از زهاب به مصرف برسد و از حجم زهاب ورودی به حوضچه‌ها کاسته شود؛ این امر می‌تواند بر میزان تخصیص آب به شبکه‌های آبیاری کشت و صنعت‌های نیشکر نیز اثر بگذارد. زهاب با کیفیت مناسب می‌تواند به‌طور مستقیم برای تولید محصول استفاده شود.

نتایج تحقیقات در هند، پاکستان، آسیای مرکزی و مصر نشان می‌دهد که آبیاری سطحی با استفادهٔ مستقیم از زهاب، بدون کاهش محصول در صورتی امکان‌پذیر است که شوری زهاب از حد آستانه برای گیاهان مورد نظر فراتر نرود و شرایط زهکشی وضعیتی مناسب داشته باشد (Kenneth & Neeitje, 2002). استفاده از زهاب شور نیاز به مدیریت بیلان نمک در منطقهٔ ریشه گیاه دارد و هنگامی‌که زهکشی طبیعی مناسب نباشد، زهکشی مصنوعی برای خارج کردن آب آبشویی مورد نیاز خواهد بود. در هر نوبت آبیاری، غلظت نمک خاک ناحیهٔ ریشه تغییر می‌کند و با تبخیر و تعرق گیاهی غلظت آن افزایش می‌یابد. با این کار، بخشی از نمک نیز به‌وسیلهٔ آب خالص نفوذ عمقی (R^*) شسته و از ناحیهٔ ریشهٔ گیاه خارج می‌شود. پس از گذشت زمان معینی، تجمع نمک در خاک به‌سمت تعادل میل می‌کند یا به‌عبارت دیگر حالت ماندگار غلظت ایجاد می‌شود که این غلظت به مقدار شوری آب آبیاری و کسر آبشویی بستگی دارد. ناحیهٔ تشکیل شده از آب زیرزمینی کم‌عمق به‌طور میانگین دارای غلظتی برابر با غلظت آب نفوذیافته به زیر منطقهٔ ریشه است (Kenneth & Neeitje, 2002). با این فرضیات، نمک آب خاک معادل نمکی است که از زیر ناحیهٔ ریشه نفوذ می‌کند. نمک نفوذ یافته به زیر منطقهٔ ریشه را می‌توان از تعادل نمک برآورد کرد (رابطهٔ ۱).

$$IWC_{iw} = R^* C_R^* \qquad (۱)$$

www.SID.ir

Archive of SID

که در آن،

IW= آب نفوذیافته (میلی‌متر)؛ C_{iw}= غلظت نمک در آب نفوذ یافته (میلی‌گرم در لیتر)؛ C_R^* = غلظت نمک در حجم آب نفوذ یافته (میلی‌گرم در لیتر)؛ و R^*= نفوذ خالص عمقی(میلی‌متر). همبستگی بسیار زیادی بین غلظت نمک محلول بر حسب میلی‌گرم بر لیتر وهدایت الکتریکی محلول بر حسب دسی‌زیمنس بر متر وجود دارد. این همبستگی برای شوری‌های مختلف برابر رابطه ۲ است:

$$\begin{matrix} 1mg/lit=640*1\ dS/m & EC<5\ dS/m \\ 1mg/lit=840*1\ dS/m & 5<EC<10\ dS/m \\ 1mg/lit=920*1\ dS/m & EC>10\ dS/m \end{matrix} \quad (۲)$$

به‌منظور مطالعهٔ اثر آبیاری و زهکشی بر گیاه، دانستن تغییرات شوری در ناحیهٔ ریشه در زمان‌های مشخص فصل زراعی نیز ضرورت دارد. با در نظر گرفتن جریان ماندگار آب در خاک به شرح زیر، می‌توان معادله تعادل نمک را در ناحیهٔ ریشه به‌صورت رابطهٔ ۳ بیان کرد (Kenneth & Neeitje, 2002):

$$\Delta S = SI_W - S_R^* \quad (۳)$$

که در آن،

SI_W= نمک‌هایی که در اثر آبیاری به خاک نفوذ می‌کنند؛ S_R^* = نمک‌های مقدار خالص آب نفوذی به زیر منطقهٔ ریشه؛ و ΔS =تغییرات ذخیرهٔ نمک در ناحیهٔ ریشه.

کلیهٔ گیاهان حتی ارقام مقاوم به شوری در دوران اولیهٔ رشد نسبت به شوری حساس‌ترند. در هند و پاکستان، بر اساس تحقیقات، پیش‌آبیاری با آب دارای کیفیت مناسب اهمیت خاصی دارد. در اینجا نیز برای دستیابی به محصول بیشتر، لازم است پیش‌آبیاری با آب مناسب در نظر گرفته شود و در آبیاری‌های بعد، از زهاب استفاده گردد. در چنین شرایطی، استفاده از زهاب با میزان شوری بیشتر از حد آستانه توأم با حفظ محصول امکان خواهد بود (Kenneth & Neeitje, 2002).

استفاده از زهاب کشاورزی برای ارقام و لاین‌های مقاوم به شوری برنج، گیاهی استراتژیک و پردرآمد برای کشاورزان خوزستان به‌خصوص در مرکز و جنوب استان که نیاز آبی بالایی دارد، بسیار بااهمیت است. گیاه برنج بعد از مرحلهٔ انتقال نشا به زمین اصلی، نیازمند آب است. دورهٔ رشد از مرحلهٔ نشا تا مرحلهٔ رسیدن دانه، عموماً ۱۲۰-۹۰ روز است که البته در واریته‌های زود رس ۲۰-۱۰ روز از مدت رشد کاهش می‌یابد. روش‌های کشت برنج با برداشت بهینهٔ آب از شبکه‌های آبیاری برای امنیت غذایی با توجه به تغییرات اقلیمی به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک بسیار مهم هستند. آبیاری متناوب از جمله این روش‌های صرفه‌جویی در مصرف آب است که می تواند بالقوه باعث کاهش ورودی آب آبیاری برای کشت برنج در فصل رشد شود (Sumana گیلانی و آبسالان .*et al*., 2019) (Gilani & Absalan, 2013) با بررسی رژیم‌های متفاوت آب شور (زهاب) در ارقام متحمل به شوری برنج در خوزستان می‌گویند به‌رغم کاهش قابل توجه آب از رژیم هر روزه به تناوب‌های یک روز در میان و دو روز در میان، عملکرد کاهش نداشت. همچنین، رژیم‌های هر روزه و دو روز در میان با مقادیر ۰/۲۲ و ۰/۰۵کیلوگرم بر مترمکعب بیشترین وکمترین بهره‌وری آب را داشته‌اند. حیات و داتا (Hayat & Datta, 2018) با سه روش کاشت (کشت مستقیم در محیط خشک، کشت مستقیم در محیط مرطوب،

www.SID.ir

Archive of SID

نشاکاری) و چهار سطح مکش رطوبت خاک (صفر، ۵، ۱۵ و ۳۰ کیلوپاسکال)، رشد، عملکرد دانه و پتانسیل صرفه‌جویی در مصرف آب برنج معرف دشت تایلند را بررسی‌کردند و نشان دادند روش خشکه‌کاری با آبیاری متناوب در سطح ۳۰ کیلوپاسکال بالاترین بهره‌وری آب را دارد. در تحقیقات نوابیان و آقاجانی (Navabian & Aghajani, 2012)، با استفاده از مدل شبیه‌سازی-بهینه‌سازی، عمق و دورهٔ تناوب آبیاری متناسب با مقاومت مراحل مختلف رشد برنج رقم هاشمی به شوری را به گونه‌ای تعیین کردند که حداقل کاهش عملکرد ایجاد شود. بر اساس نتایج این مدل، مقایسهٔ مدیریت‌های آبیاری بر اساس مقاومت مراحل مختلف رشد گیاه به شوری سبب بهبود ۲۴-۱۹ درصد در عملکرد محصول برنج می‌شود. خالدیان و همکاران (Khaledian *et al.*, 2014) در تحقیقی با هدف بررسی تأثیر آبیاری برنج با آب رودخانهٔ زرجوب رشت که دریافت‌کنندهٔ زهاب کشاورزی و فاضلاب است نشان دادند که پس از رسیدگی فیزیولوژیکی و برداشت محصول در سطح احتمال پنج درصد، خاک تحت آبیاری در تمام تیمارها به کادمیم و مس (به‌ترتیب با میانگین بیش از ۰/۳ و ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌عنوان حدود مجاز) آلوده شده ولی به سرب و روی (به‌ترتیب با میانگین کمتر از ۲۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌عنوان حدود مجاز) آلوده نشده است. به‌منظور آگاهی از تأثیر آبیاری با زهاب مزارع نیشکر کشت و صنعت سلمان فارسی بر ویژگی‌های فیزیکی و هیدرولیکی خاک، هادی‌قنوات و همکاران (Hadi-Ghanavat *et al.*, 2016) با پژوهشی با تیمارهای مختلف اختلاطی آب شور و شیرین (زهاب و کارون) به این نتیجه دست یافتند که با افزایش شوری آب آبیاری، جرم مخصوص ظاهری، رطوبت ظرفیت زراعی و رطوبت نقطهٔ پژمردگی دائم، به‌ترتیب ۷/۸۲، ۲۵/۲۶ و ۲۳/۴۱ درصد افزایش معنادار ($P< ۰/۰۵$) و هدایت هیدرولیکی اشباع، سرعت نفوذ نهایی و تخلخل کل خاک به‌ترتیب ۲۲/۲۳، ۲۹/۰۲ و ۹/۹ درصد کاهش معنادار ($P< ۰/۰۵$) پیدا می‌کند. همچنین گفته‌اند زیاد بودن میزان سدیم موجود در زهاب مورد استفاده در آن پژوهش، سبب تخریب ساختمان خاک و پراکندگی ذرات خاک شده است. در این تحقیق، روش آبیاری متناوب با استفاده از زهاب مزارع نیشکر بر ویژگی‌های شیمیایی خاک و گیاه برنج در ارقام ولاین‌های مقاوم به شوری با هدف بهبود ارزش افزودهٔ زهاب برای استفاده مجدد به منظور افزایش بهره‌وری آب در شبکه‌های آبیاری و زهکشی بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در یکی از مزارع نیشکر کشت و صنعت میرزا کوچک‌خان (مزرعه L08-20) اجرا شد که در ۷۵ کیلومتری جادهٔ اهواز- خرمشهر قرار دارد. این مزرعهٔ آزمایشی برای کشت و معرفی محصولات مقاوم به شوری در فروردین‌ماه سال ۱۳۹۷ تجهیز شد. مجهز بودن مزرعه به سامانهٔ زهکشی زیرزمینی، و مجاورت آن به ایستگاه هواشناسی و زهکش جمع‌کننده میانی مزارع نیشکر شرکت میرزا کوچک‌خان، موقعیت مناسبی برای تحقیق با استفاده از زهاب فراهم آورده است. قبل از کشت پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک با نمونه‌گیری از دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری تعیین شد که اطلاعات آن در جدول ۱ ارائه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی نمونهٔ خاک محل آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of experimental field

عمق خاک (سانتی‌متر) Depth of soil (cm)	بافت خاک Soil texture	شوری خاک (دسی زیمنس بر متر) Soil Salinity(dS/m)	چگالی ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب) Density (g/cm^3)	رطوبت ظرفیت زراعی (درصد) FC (%)	رطوبت نقطه پژمردگی (درصد) PWP (%)
0-30	Clay loam	4.62	1.53	46	22
30-60	Clay	3.62	1.67	38.5	18.4

این پژوهش به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل و سه تکرار اجرا شد. دور آبیاری با آب شور (زهاب نیشکر) شامل هر روزه و تناوب‌های یک و دو روز در میان به‌عنوان عامل اصلی و ۳ لاین برنج مقاوم به شوری انتخابی از ۳۰امین خزانه بین‌المللی ارقام برنج، ۴ لاین اصلاحی (حاصل از موتاسیون و سایر روش‌های اصلاحی) مقاوم به شوری، یک لاین شاهد بین المللی (طارم هاشمی) و رقم محلی هویزه در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. در این مزرعهٔ تحقیقاتی، قطعه زمینی زراعی برای کشت برنج به ابعاد ۸۵ متر طول و ۲۰ متر عرض تهیه شد. قبل از اجرای آزمایش، محدودهٔ مورد نظر شخم زده شد و پس از دیسک زدن، علف‌کشی و کوددهی، آماده کشت گردید. عملیات زراعی شامل تنک کردن، واکاری، سمپاشی، مبارزه با علف‌های هرز و... در تمام تیمارها به‌صورت یکسان رعایت شد. برای تأمین آب کرت‌های آزمایشی، از لولهٔ یوپی‌وی‌سی نخ‌دار برای انتقال زهاب از ایستگاه پمپاژ زهکش میانی شرکت کشت و صنعت میرزا کوچک‌خان استفاده شد. در هر کرت با انشعاب از لوله لی‌فلت، شیر فلکه پروانه‌ای ویفری به قطر ۳ اینچ برای آبیاری نصب شد. در روزهای ابتدایی انتقال نشا به زمین، از آب کارون استفاده و با لوله به ابتدای قطعه منتقل گردید. تمامی لاین‌ها در اواخر خرداد خزانه‌گیری شدند و پس از تولید نشا با آب معمولی و شیرین، وقتی ۳۰ روزه شدند به تعداد ۵ بوته در هر کپه به فاصلهٔ ۲۰×۲۰ سانتی‌متر در کرت‌هایی به ابعاد ۳×۴ متر کشت گردید. ارتفاع آب درون کرت‌ها بعد از هر آبیاری به ۵ تا ۶ سانتی‌متر می‌رسید. حجم آب کاربردی به کرت‌ها در هر دور آبیاری اندازه‌گیری شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و آب قبل از کاشت تعیین گردید. میزان شوری (EC)،کلر، سدیم، نسبت جذب سدیم (SAR) و pH خاک در اعماق ۲۵-۰ و ۵۰-۲۵ سانتی‌متری از سطح زمین بعد از کاشت تا زمان برداشت محصول برای پایش خاک و بررسی بیلان نمک خاک در چهار مرحله اندازه‌گیری شد. پارامتر های شیمیایی زهاب (به‌عنوان منبع آب آبیاری) در طول دورهٔ رشد اندازه‌گیری شد. در این بررسی عملکرد دانه، زیست‌توده (بیوماس) و شاخص برداشت محصول تعیین شد. بهره‌وری آب به‌صورت عملکرد به‌ازای هر مترمکعب آب برآورد گردید. در این تحقیق، تجزیهٔ ساده و مرکب داده‌ها پیگیری و میانگین‌ها به روش دانکن مقایسه شد.

نتایج و بحث

نیاز آبی و حجم آب کاربردی

در ابتدای تحقیق و قبل از اجرای کشت، آب کاربردی مورد نیاز گیاه برنج با توجه به اطلاعات هواشناسی جنوب خوزستان، بافت خاک (رس تا لومی‌رسی)، کیفیت آب رودخانهٔ

www.SID.ir

Archive of SID

کارون (متوسط سالانه ۳/۵-۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر) و زهاب نیشکر (متوسط سالانه ۶ دسی‌زیمنس بر متر) برآورد گردید. نیاز آبی با توجه به روش پنمن- مانتیث- فائو محاسبه شد. جدول‌های ۲ و ۳ تبخیر و تعرق پتانسیل و نیاز آبی برنج را در مزرعهٔ تحقیقاتی بر اساس اطلاعات هوا و اقلیم رصدشده در ایستگاه هواشناسی مزرعه نشان می‌دهند.

جدول ۲- اطلاعات هواشناسی و تبخیر و تعرق پتانسیل در دورهٔ کشت برنج (۲۰ تیرماه تا ۳۰ آبان)

Table 2- Meteorological information and potential evapotranspiration during rice cultivation

متوسط (Mean)	حداکثر (Maximum)	حداقل (Minimum)	
22.6	33.8	13	دمای حداقل (سلسیوس) Minimum temperature (c)
41	50	24.6	دمای حداکثر (سلسیوس) Maximum temperature (c)
22.6	64	12	رطوبت حداقل (درصد) Minimum humidity (%)
60.4	92	27	رطوبت حداکثر (درصد) Maximum humidity (%)
3.35	8.2	0	سرعت باد (متر بر ثانیه) wind speed (m/sec)
9.94	13	0	ساعات آفتابی Daylight (hr)
13.37	29	2.7	تبخیر (میلی‌متر در روز) Evaporation (mm/day)
7.89	11.8	3.1	تبخیر تعرق پتانسیل (میلی‌متر در روز) Evapotranspiration (mm/day)

جدول ۳- ضرایب گیاهی و نیاز آبی خالص برنج براساس اقلیم منطقه در ماه‌های مختلف رشد

Table 3-Modified vegetation coefficient and pure water requirement of rice based on regional climate in different growth months

مجموع Total	آبان November	مهر October	شهریور September	مرداد August	تیر July	
-	0.6	0.77	1.18	1.31	1.16	ضریب گیاهی (Kc)
143	30	30	31	31	21	دورهٔ رشد (روز) Growth period
1339	60	192	355	445	287	تبخیر و تعرق گیاه (میلی‌متر) ETc (mm)

با توجه به شوری متوسط آب آبیاری (زهاب نیشکر در دورهٔ رشد محصول) به‌میزان ۶ دسی‌زیمنس بر متر، درصد آبشویی برآورد شد. حجم آب آبیاری با توجه به نیاز آبی گیاه و راندمان کاربرد آبیاری در مزرعه به‌میزان ۶۵ درصد، محاسبه و در جدول ۴ ارائه گردید. بر اساس این جدول، حجم آب مصرفی در دورهٔ رشد محصول در اقلیم جنوب خوزستان تقریبا معادل ۳۱ هزار مترمکعب بر هکتار است. این حجم آب مورد نیاز برنج شامل پیش آبیاری در زمان تهیهٔ زمین و آب مورد نیاز خزانه (۴درصد زمین اصلی) نیز هست. به‌هنگام آبیاری در مزرعه، متوسط حجم آب آبیاری

www.SID.ir

Archive of SID

اندازه‌گیری شده در هر دور آبیاری به‌طور متوسط ۵۰۰ مترمکعب به‌ازای هر هکتار برآورد گردید. تعداد دفعات آبیاری از زمان انتقال نشای برنج در زمین تا زمان برداشت محصول، برای رژیم آبیاری هر روزه، ۷۵ بار و برای تیمارهای یک‌روز در میان و دو روز در میان به‌ترتیب ۳۹ و ۲۶ بار برآورد شد. در این مدت زمان، حجم آب کاربردی به‌ترتیب در تیمار آبیاری با رژیم هر روزه (I_0)، ۳۷۵۰۰ مترمکعب بر هکتار، تیمار آبیاری با رژیم یک روز در میان (I_1)، ۱۹۵۰۰مترمکعب بر هکتار و در تیمار آبیاری با رژیم دو روز در میان (I_2)، ۱۳۲۰۰مترمکعب بر هکتار برآورد گردید.

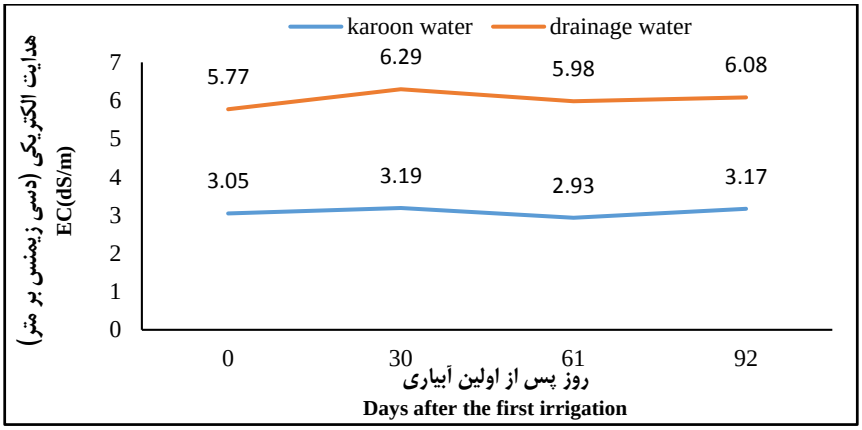
جدول ٤- حجم ناخالص آب مورد نیاز برنج در ماه‌های مختلف رشد (مترمکعب در هکتار)

Table 4- Gross volume of water needed for rice growing in different months (m^3/hec)

گیاه	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	مجموع
Plant	July	August	September	October	November	Total
برنج (Rice)	398	10488	12322	6667	1034	30909

تحلیل کمی و کیفی زهاب

در دورهٔ تحقیق، متوسط شوری آب رودخانهٔ کارون (منبع تأمین آب مزارع نیشکر) و زهاب به‌ترتیب ۳/۱ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر تعیین شد. شکل ۱ تغییرات شوری را نسبت به اولین آبیاری بعد از انتقال نشا به زمین اصلی در هر دو منبع آب آبیاری را نشان می‌دهد. بر اساس این شکل، تفاوت شوری بین منبع آب مناسب با زهاب مزارع نیشکر تقریبا ۲ برابر است. شوری این زهاب در فصل‌های پاییز و زمستان‌که آبیاری نیشکر به حداقل مقدار خود می‌رسد تا ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر خواهد رسید.



شکل ۱- تغییرات شوری زهاب نیشکر و آب کارون نسبت به زمان در محل کشت اصلی

Fig. 1- Changes in salinity of sugarcane drainage water and Karoon water over time at main crop

برای هر دو کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر و میرزا کوچک‌خان در جنوب خوزستان که مساحتی حدود ۲۰ هزار هکتار دارند، حجم زهاب خروجی در این فصل‌ها به ۲ مترمکعب بر ثانیه اما از اواخر اسفندماه تا اوایل مهر که آبیاری سنگین مزارع نیشکر شروع می‌شود، تا ۲۰ مترمکعب بر ثانیه خواهد رسید. این افزایش کمی زهاب باعث می‌شود که شوری زهاب به‌علت اختلاط آب مناسب (کارون) و آب شور زیرزمینی تا میزان ۵/۵ دسی‌زیمنس بر متر تقلیل یابد. این مسئله، استفاده از زهاب را برای

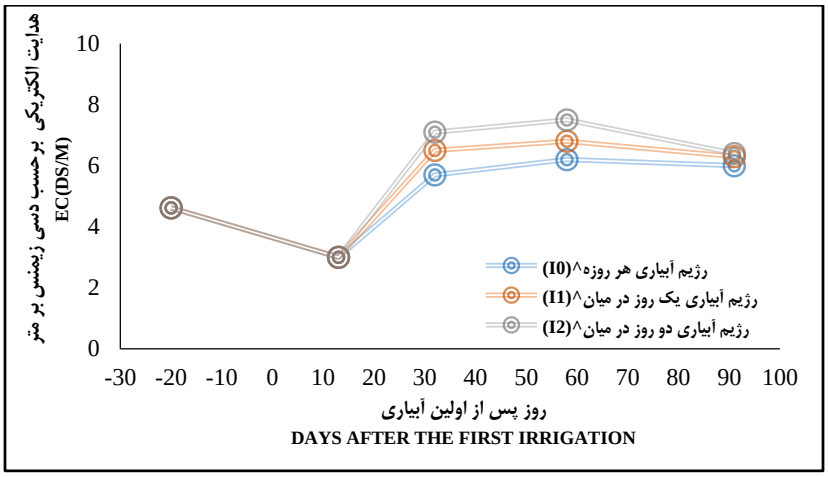
www.SID.ir

Archive of SID

گیاهان مقاوم و نیمه مقاوم به شوری در فصل‌های بهار و تابستان، که زمان کاهش حقابه‌های شبکهٔ آبیاری و زهکشی نیز هست، پراهمیت می‌سازد.

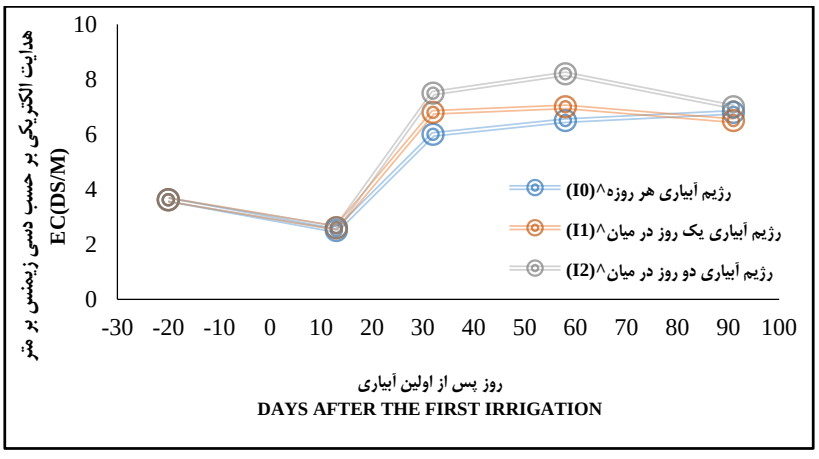
تحلیل تغییرات شوری و املاح خاک در دورهٔ رشد

در این تحقیق، قبل از زمان کشت تا بعد از برداشت محصول برنج با هدف پایش و ارزیابی تغییرات املاح خاک در دو عمق ۲۵-۰، ۵۰-۲۵ سانتی‌متر (با توجه به عمق توسعهٔ ریشهٔ برنج که حداکثر ۲۰ سانتی‌متر است)، نمونه‌های خاک به‌صورت مرکب برای هر تیمار آبیاری گرفته شد. بعد از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه و خشک کردن خاک، علاوه بر هدایت الکتریکی عصارهٔ اشباع خاک (ECe)، pH، یون‌های کلر، سدیم، منیزیم و کلسیم مشخص و در نتیجه میزان SAR و ESP خاک تعیین گردید. شکل‌های ۲ و ۳ تغییرات هدایت الکتریکی عصارهٔ اشباع خاک را به عنوان نمایهٔ شوری در یک دورهٔ ۹۵ روزه، از قبل زمان کاشت (انتقال نشا به زمین اصلی) تا پایان برداشت محصول نشان می‌دهد.



شکل۲ - تغییرات شوری در تیمارهای مختلف آبیاری- عمق ۲۵-۰ سانتی‌متری

Fig. 2- Salinity changes in different irrigation treatments-depth (0-25 cm)



شکل ۳- تغییرات شوری در تیمارهای مختلف آبیاری- عمق ۵۰-۲۵ سانتی‌متری

Fig. 3- Salinity changes in different irrigation treatments-depth (25-50cm)

همان‌طور که از شکل‌های بالا مشاهده می‌شود، با در نظر گرفتن روز صفر در زمان انتقال نشا به زمین، میزان متوسط شوری عصارهٔ اشباع خاک در اوایل فصل رشد تقریبا ۴ دسی‌زیمنس بر متر است.

www.SID.ir

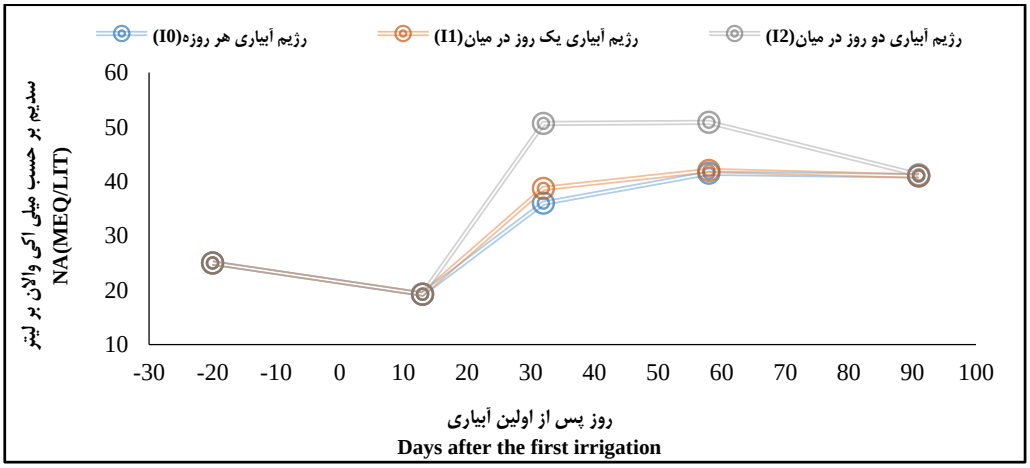
Archive of SID

بـه‌جـز ۱۵ روز اول کـه آبیـاری بـا آب کـارون بـرای استقرار کامل نشا ادامه یافت و روند تغییرات شوری کاهشی بود، در بقیهٔ دورهٔ رشد تا زمان برداشت محصول، تغییرات شوری در هر سه دور آبیاری روندی افزایشی از خود نشان می‌دهد. میزان افزایش شوری نسبت به قبل از زمان کشت در محل زمین اصلی، از ۵۰ درصد در دور آبیاری هر روزه با زهاب تا ۱۰۰ درصد در دور آبیاری دو روز در میان (سه‌روزه) متغیر است.

همچنین می‌توان مشاهده کرد که این افزایش شوری در عمق ۵۰ سانتی‌متری خاک به‌دلیل تجمع نمک محسوس‌تر است. تجمع نمک، نیاز به آبشویی را در پایان فصل کشت و خروج املاح را از نیمرخ خاک توسط زهکش‌های زیرزمینی می‌طلبد. بعد از برداشت محصول و یک ماه بعد از خروج از مزرعه، با توجه به بارندگی پاییزه به میزان ۱۸۰ میلی‌متر، نمونهٔ خاکی از مزرعه تا عمق ۷۵ سانتی‌متری گرفته شد که میزان شوری را به طور متوسط ۳/۵ دسی‌زیمنس بر متر نشان داد. شکل‌های ۴ و ۵ تغییرات یون سدیم را نشان می‌دهد. این تغییرات در نیمرخ خاک برای تیمارهای مختلف آبیاری مانند هدایت الکتریکی اشباع خاک است. با توجه به این شکل‌ها مشاهده می‌شودکه در ابتدای فصل رشد میزان یون سدیم تا عمق ۲۵ سانتی‌متری بسیار بالاست و با افزایش آبیاری در فصل رشد، تجمع یون سدیم در عمق ۵۰ سانتی‌متر مشاهده می‌شود.

تحلیل پایش درصد سدیم قابل تبادل (ESP) خاک در تیمارهای مختلف

دو معیار ECe، شاخص مربوط به فشار اسمزی و ESP شاخص مربوط به پراکنده شدن ذرات خاک، برای تحلیل و پایش خاک بااهمیت است (جدول ۵). بر این اساس، شکل‌های ۶ و ۷ تغییرات درصد سدیم قابل تبادل خاک (ESP) را نشان می‌دهد که با توجه به نسبت جذب سدیم (SAR) خاک به‌دست آمده است. بر اساس این تغییرات، میانگین ESP خاک در عمق‌های مختلف در جدول ۶ آورده شده است.

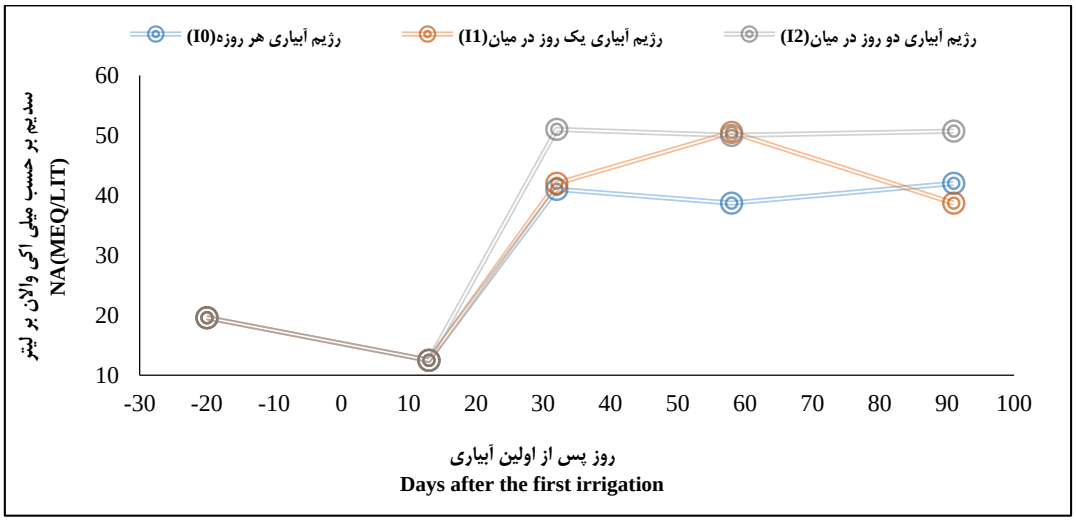


شکل ٤- تغییرات یون سدیم در تیمارهای مختلف آبیاری- عمق ۲۵-۰ سانتی‌متری

Fig. 4- Sodium ion changes in different irrigation treatments-depth (0-25 cm)

www.SID.ir

Archive of SID



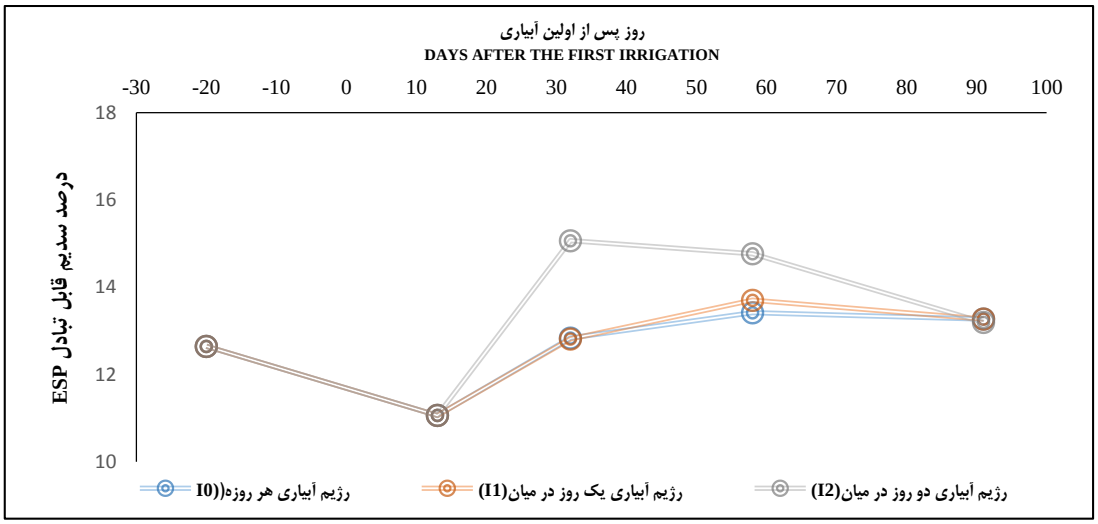
شکل ۵- تغییرات یون سدیم در تیمارهای مختلف آبیاری- عمق ۵۰-۲۵ سانتی‌متری

Fig. 4- Sodium ion changes in different irrigation treatments-depth (25-50 cm)

جدول ۵- طبقه‌بندی خاک‌های شور به روش آزمایشگاه شوری خاک آمریکا

Table 5- Classification of saline soils by the American Soil Salinity Laboratory

EC_e>4	EC_e≤4	
دسی‌زیمنس بر متر (dS/m)		
خاک شور (Saline Soils)	خاک غیرشورغیرسدیمی (Non Saline Sodic Soils)	ESP<15 %
خاک شور-سدیمی (Saline Sodic Soils)	خاک سدیمی (Sodic Soils)	ESP>15 %

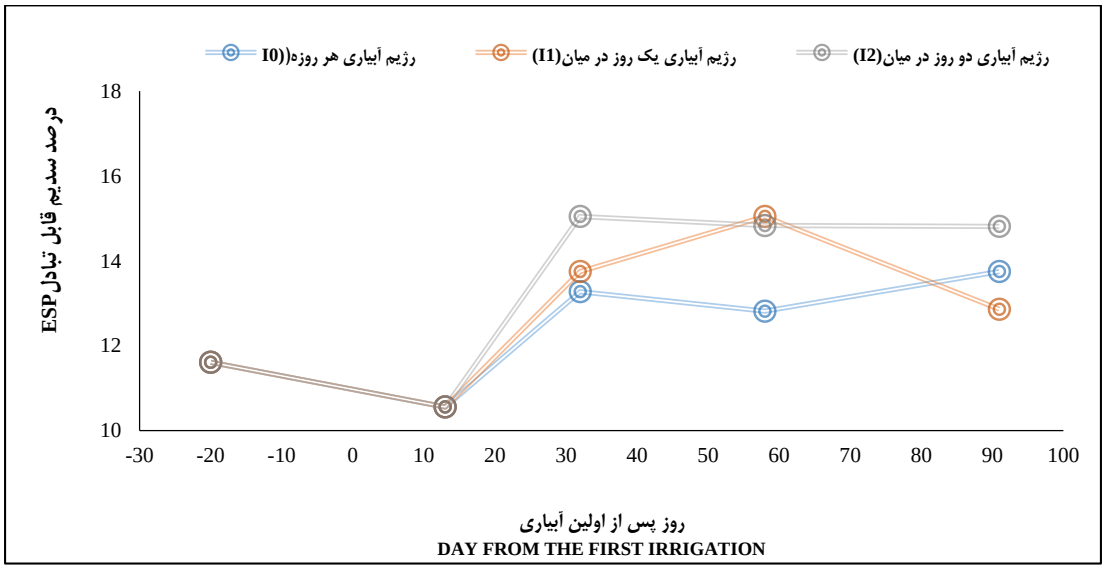


شکل ٦- تغییرات درصد سدیم قابل تبادل خاک در تیمارهای مختلف آبیاری- عمق ۲۵-۰ سانتی‌متری

Fig. 6- Soil ESP changes in different irrigation treatments-depth (0-25 cm)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷- تغییرات درصد سدیم قابل تبادل خاک در تیمارهای مختلف آبیاری- عمق ۵۰-۲۵ سانتی‌متری

Fig. 7- Soil ESP changes in different irrigation treatments-depth (25-50 cm)

جدول ٦- میانگین درصد سدیم قابل تبادل خاک در عمق‌های مختلف در دورهٔ رشد

Table 6- Average"ESP%"at different depths during growth period

عمق پروفیل خاک (سانتی‌متر) Depth of soil profile (cm)		وضعیت Condition
25-50	0-25	
11.61	12.65	قبل کشت Before planting
12.6	12.65	رژیم آبیاری هر روز (I0) Irrigation regime every day
13.05	12.71	رژیم آبیاری دو روزه (I_1) Two-day irrigation regime
13.58	13.52	رژیم آبیاری سه روزه (I_2) Three-day irrigation regime

بر اساس شکل‌ها و جدول‌های بالا می‌توان گفت در پایان فصل رشد برای دو رژیم آبیاری هر روزه (I_0) و یک روز در میان (I_1) با استفاده از زهاب، خاک مزرعه تحقیقاتی در وضعیت سدیمی بودن قرار نگرفته و همچنان در وضعیت شور باقی مانده است. دلیل این موضوع، آبیاری پیوسته در طول فصل رشد و وجود زهکشی زیرزمینی است که باعث خروج نمک از نیم‌رخ خاک شده است. هرچند در رژیم آبیاری دو روز در میان (I2)، با افزایش ۱۷ درصد در ESP و افزایش شوری به‌میزان ۱۰۰ درصد نسبت به قبل از زمان کشت، وضعیت نیم‌رخ خاک تا زیر عمق توسعهٔ ریشه به وضعیت سدیمی نزدیک شده است که دلیل آن خشکی دادن مزرعه در دو روز و هجوم شوری به لایه‌های سطحی خاک است، به‌طوری‌که با در نظر گرفتن درصد آبشویی مناسب در پایان فصل رشد باید این مشکل رفع گردد. خوشبختانه با بارش مناسب و زهکشی زیرزمینی مناسب زمین‌ها، شوری و املاح خاک در یک ماه بعد از برداشت محصول وضعیت را به حالت غیرشور و غیرسدیمی بهینه کرد.

www.SID.ir

Archive of SID

میزان ذخیرهٔ نمک در نیم‌رخ خاک

در دورهٔ رشد محصول از زمان انتقال نشا به زمین اصلی، مزرعهٔ تحقیقاتی در رژیم آبیاری هر روزه، یک روز در میان و دو روز در میان به‌ترتیب ۷۵، ۳۹ و ۲۶ بار آبیاری شده‌است. با در نظر گرفتن حجم آب آبیاری اندازه‌گیری شده در هر دور آبیاری، شوری زهاب به‌میزان متوسط ۶ دسی‌زیمنس بر متر و استفاده از ضریب ۸۴۰ برای تعیین غلظت نمک (رابطهٔ ۲)، در رژیم‌های هر روزه، یک روز در میان و دو روز در میان به‌ترتیب ۱۹۰، ۹۹ و ۶۶ تن نمک به‌ازای یک هکتار از طریق آبیاری با زهاب وارد نیم‌رخ خاک شده است. از طرفی، با توجه به شوری خاک به‌میزان ۴ دسی‌زیمنس بر متر قبل از کشت و افزایش این میزان شوری در پایان فصل رشد برای تیمارهای هر روزه، یک روز در میان و دو روز در میان که به‌ترتیب ۶، ۶/۵ و ۷/۲ دسی‌زیمنس بر متر است و در نظر گرفتن تخلخل ۵۱ درصد خاک، طبق رابطهٔ ۳ می‌توان گفت ۷/۶، ۹ و ۱۱ تن نمک به‌ازای هر هکتار به‌ترتیب برای رژیم‌های هر روزه، یک روز در میان و دو روز در میان تا عمق ۶۰ سانتی‌متری وارد نیم‌رخ خاک شده است و بقیهٔ املاح از نیم‌رخ خاک از طریق زهکش‌های زیرزمینی خارج شده است. هرچند ممکن است قسمتی از املاح در لایه‌های پایین‌تر از عمق ۶۰ سانتی‌متری و تا قبل از رسیدن به عمق کارگذاری زهکش‌ها جمع شده باشند که با آبشویی قبل از آماده‌سازی زمین در اول فصل کشت از طریق زهکش‌ها خارج خواهند شد. این موضوع اهمیت زهکشی، و به‌خصوص زهکشی زیرزمینی را در بازچرخانی زهاب کشاورزی و عملیات شورورزی برای حفاظت خاک نشان می‌دهد.

عملکرد دانه

نتایج تحقیق نشان می‌دهد میزان تولید دانه در واحد سطح، مهم‌ترین شاخص زراعی بین دوره‌های آبیاری و ارقام برنج در سطح ۱ درصد معنی‌دار است اما در خصوص اثر متقابل دو عامل (رقم و رژیم آبیاری) اختلافی از نظر آماری وجود ندارد (جدول ۷). با توجه به مقایسهٔ میانگین‌ها، بیشترین و کمترین عملکرد دانه با مقادیر ۲۲۴۸ و ۱۶۹۱/۸ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب مربوط به رژیم‌های آبیاری یک روز درمیان و دو روز در میان (دو روزه و سه روزه) است.

مقادیر نشان می‌دهد به‌رغم کاهش قابل‌توجه آب از رژیم هر روزه به یک روز در میان، عملکرد دانه افزایشی برابر ۶ درصد نشان می‌دهد که بالاترین مقدار خود نیز هست و پس از آن با افت ۳۰ درصد در تیمار آبیاری دو روز در میان، نسبت به تیمار هر روزه، روبه‌رو می‌شود. به‌نظر می‌رسد غرقاب دائم با آب شور، به‌رغم غلظت کمتر نمک در آب و موقعیت بهتر برای جذب آب توسط ریشهٔ گیاه، شرایط احیایی در خاک و مسمومیت‌های عناصر میکرو و رشد و توسعهٔ کمتر ریشه، منجر به عملکرد کمتر شود. در مقایسهٔ تیمارهای آبیاری I_2 و I_1، صرف‌نظر از ایجاد تهویه در هر دو تیمار، کاهش پتانسیل آب در خاک و اثرهای بازدارندهٔ نمک در جذب آب کافی از ریشه در I_2 باعث کاهش تولید دانه شده است. در میان ارقام، بر اساس جدول ۸، بیشترین و کمترین عملکرد دانه به‌ترتیب مربوط به رقم هویزه با ۲۲۴۹ و لاین مقاوم به شوری S_2 با ۱۷۶۰/۵ کیلوگرم در هکتار است.

www.SID.ir

Archive of SID

مادهٔ خشک کل

میـزان زیسـت‌تـوده (بیومـاس) بـین رژیـم‌هـای آبیاری، ارقـام و اثـر متقابـل دو عامـل در سـطح ۱ درصـد تفـاوت معنـی‌دار دیـده مـی‌شـود (جـدول ۷). مقایسـهٔ میـانگین‌هـا نشـان مـی‌دهـد مقـدار آن از حـداکثر ۵۱۲۶/۶ در I_0 تـا ۴۴۲۶/۳ کیلـوگرم در هکتـار در I_2 متغیر اسـت. بـه بیـانی دیگـر بـه مـوازات کـاهش میـزان آب، میـزان مـادهٔ خشـک تولیـدی ۱۵ درصـد کـاهش یافتـه اسـت. در بـین ارقـام بـرنج نیـز بیشـترین مقـدار مـادهٔ خشـک در S_5 بـا ۵۷۱۶/۲ کیلـوگرم در هکتـار دیده می‌شود. بـا توجـه بـه تفـاوت ارقـام از نظـر عملکـرد دانه، مقایسهٔ واکـنش‌هـای ارقـام در ایـن دو صـفت نشـان مـی‌دهدکـه ارقـام دارای عملکـرد بیشـتر، الزامـا مـادهٔ خشـک بـالاتری ندارنـد؛ بـرای مثـال، رقـم S_5 بـه‌رغـم مقـدار بیشـتر مـادهٔ خشـک کـل، دانـهٔ کمتـری تولیـد کرده است (جدول ۸).

جدول ۷- تجزیهٔ واریانس عملکرد دانه و مادهٔ خشک به روش میانگین مربعات

Table7- Analysis of variance related to grain and dry matter yield by means of squares method

منابع تغییرات (Sources of variation)	درجه آزادی (Degrees of freedom)	عملکرد دانه (Grain yield)	ماده خشک کل (Total dry biomass)
تکرار Replication	2	131976.73*	121205.58 n.s
رژیم آبیاری Irrigation regime	2	1042803.43**	1527337.75**
خطا (a) Error	4	17141.36	17841.58
رقم Cultivar	3	364296.64**	3621099.78**
اثر متقابل Interaction effects	6	35153.46n.s	14007716.19**
خطای (b) Error	18	25545.95	55529.36
ضریب تغییرات (٪) Coefficient of Variation	-	7.89	4.89

n.s ، *و ** به‌ترتیب: نبود اختلاف معنی‌دار، و اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول ۸- مقایسهٔ میانگین عملکرد دانه و برخی صفات زراعی مربوط به عوامل آزمایش

Table 8- Comparison of mean grain yield and some agronomic traits related to the experimental factors

عامل آزمایش Experimental factor	عملکرد دانه(کیلوگرم در هکتار) grain yield (kg/ha)	ماده خشک کل(کیلوگرم در هکتار) Total dry biomass (kg/ha)
دور آبیاری Irrigation regime		
I_0	2139.3[b]	5126.6[a]
I_1	2248[a]	4895.1[b]
I_2	1691.8[c]	4426.3[c]
رقم Cultivar		
هویزه Hoveyzeh	2249[a]	4803.1[b]
S_1	2062.6[b]	4333.1[c]
S_2	1760.5[c]	4411.7[c]
S_5	2033.9[c]	5716.2[a]

www.SID.ir

Archive of SID

بهره‌وری آب کاربردی

علاوه بر میزان مطلق آب مصرفی، قدرت گیاه در تولید مادهٔ خشک به‌ازای هر واحد آب مصرفی بسیار مهم است. عملکرد دانه یا مادهٔ خشک تولید شده به‌ازای واحد آب مصرفی یکی از فاکتورهای مهم در ارزیابی و تعیین برتری‌های نسبی روش‌ها، رژیم‌ها و مدیریت آبیاری و نیز انتخاب نوع گیاه زراعی و رقم آن در مناطقی است که محدودیت آب آبیاری در مقایسه با سطح زیرکشت وجود دارد. در این بررسی، مشخص شد که بیشترین و کمترین بهره‌وری آب به‌ترتیب مربوط به I_2 و I_0 به‌میزان ۰/۱۲۸ و ۰/۰۵۷ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب است. یعنی با کاهش میزان آب، راندمان تولید به‌ازای هر واحد آب مصرفی افزایش یافته است. بنابراین از دیدگاه بهره‌وری آب و در شرایط کمبود آب، استفاده از I_2 مطلوب‌تر است (جدول ۹). این نتایج با نتایج پژوهش گیلانی و آبسالان (Gilani & Absalan, 2013) هم‌خوانی دارد که برای کاهش مصرف آب و استفادهٔ بهینه از زهاب مزارع شاوور با شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر در شوش برای زراعت برنج استان خوزستان اجرا کردند. این محققان نشان دادند که به‌رغم کاهش قابل توجه آب از رژیم هر روزه به تناوب‌های یک روز در میان و دو روز در میان، عملکرد دانه کاهش نداشته است. آنها می‌افزایند عملکرد دانه در رژیم‌های آبیاری با زهاب در دامنهٔ ۱۶۲۷/۲ تا ۲۱۲۳/۴کیلوگرم در هکتار از هر روزه و یک روز در میان است. بیشترین و کمترین بهره‌وری آب در تیمار آبیاری هر روزه و دو روز در میان با مقادیر ۰/۲۲ و ۰/۰۵ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب داشته‌اند. گیلانی و آبسالان (Gilani & Absalan, 2015) در تحقیقی روی ارقام برنج رایج استان خوزستان به این نتیجه رسیدند که روش نشایی و خشکه‌کاری (کشت مستقیم بذر در بستر خشک) به‌ترتیب با مقادیر ۳۸۹۸۱/۱ و ۲۰۶۹۱ مترمکعب در هکتار، بیشترین و کمترین آب مصرفی را داشته‌اند. در حالی‌که بیشترین بهره‌وری آب با ۰/۲۵۵ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب را روش خشکه‌کاری داشته است.

جدول ۹- بهره‌وری آب برای دور (رژیم‌های) آبیاری مختلف

Table 8- Water poroductivity for different irrigation regimes

رژیم آبیاری Irrigation regime	آب مصرفی (مترمکعب/هکتار) Consumed water (m^3/hec)	عملکرد دانه (کیلوگرم/هکتار) grain yield (kg/hec)	ماده خشک کل (کیلوگرم/هکتار) Total dry biomass (kg/hec)	بهره‌وری آب به‌ازای‌عملکرد دانه (کیلوگرم/مترمکعب) Water productivity per grain yield (kg/m^3)	بهره‌وری آب به ازای ماده خشک (کیلوگرم/مترمکعب) Water productivity per dry biomass (kg/m^3)
هر روزه (شاهد) Irrigation regime every day(testifier)	37500	2140	5127	0.057	0.136
متناوب (یک روز در میان) Two-day irrigation regime	19500	2248	4895	0.115	0.251
متناوب (دو روز در میان) Three day irrigation regime	13200	1692	4427	0.128	0.336

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

با کاهش قابل‌توجه آب از دور(رژیم) آبیاری هر روزه به تناوب‌های دو و سه روزه، میزان عملکرد از I_0 با متوسط ۲۱۳۹/۳ به ۲۲۴۸ کیلوگرم در I_1 به‌میزان ۶ درصد افزایش و در دور آبیاری سه روزه (I_2) به‌میزان ۳۰ درصد کاهش نشان می‌دهد. این در حالی است که بیشترین و کمترین بهره‌وری آب به‌ترتیب مربوط به تیمارهای آبیاری I_2 و I_0 به‌میزان ۰/۱۲۸ و ۰/۰۵۷ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب آب بود. در میان ارقام و لاین‌های برنج تحقیقاتی، رقم محلی هویزه با ۲۲۴۹ کیلوگرم در هکتار بیشترین و لاین‌های مقاوم به شوری S_1 و S_5 با عملکرد به‌ترتیب ۲۰۶۲/۶ و ۲۰۳۳/۹ کیلوگرم در هکتار وضعیت مطلوبی دارد. پایش شوری خاک در فصل رشد نشان می‌دهد که تغییرات شوری در هر سه دور (رژیم) آبیاری روندی افزایشی دارد به‌طوری‌که میزان افزایش شوری نسبت به قبل از زمان کشت، از ۵۰ درصد در رژیم آبیاری هر روزه با زهاب (I_0) تا ۱۰۰ درصد در رژیم آبیاری سه روزه (I_2) متغیر است. این افزایش شوری در عمق ۵۰ سانتی‌متری خاک به پایین به‌دلیل تجمع نمک محسوس‌تر است. پایش درصد سدیم قابل تبادل خاک (ESP) نشان می‌دهد در پایان فصل رشد برای دو رژیم آبیاری هر روزه (I_0) و یک روز در میان(I_1) با استفاده از زهاب، خاک مزرعه تحقیقاتی در وضعیت سدیمی بودن قرار نگرفته و همچنان در وضعیت شور باقی مانده است. دلیل این موضوع آبیاری در سراسر فصل رشد و وجود زهکشی زیرزمینی است که باعث خروج نمک از نیم‌رخ خاک شده است. هرچند در رژیم آبیاری دو روز در میان (I_2)، با افزایش ۱۷ درصد در ESP و افزایش شوری ۱۰۰درصد نسبت به قبل از زمان کشت، باعث شده وضعیت نیم‌رخ خاک تا زیر عمق توسعهٔ ریشه به وضعیت سدیمی نزدیک شود. دلیل این مسئله خشکی دادن مزرعه در دو روز و هجوم شوری به لایه‌های سطحی خاک است که با در نظر گرفتن درصد آبشویی مناسب در پایان فصل رشد، باید این مسئله رفع گردد.

قدردانی

از کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک‌خان به‌عنوان پیشرو در این کار تحقیقاتی، از سازمان آب و برق خوزستان به‌عنوان متولی آب و زهاب استان، و از موسسهٔ تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، موسسهٔ تحقیقات برنج کشور و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان به‌عنوان بازوهای تحقیقاتی، قدردانی می‌شود.

مراجع

Abbasi, F., Sohrab. F., & Abbasi, N. (2016). Evaluation of irrigation water efficiency status in Iran. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering Research, 17*(67): pp. 128-113. (in Persian).

Gilani, A. A. & Absalan, Sh. (2015). Comparison of drying method with common methods of planting rice varieties in terms of water consumption. Final Report of the Research Project. Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research Center, Ahvaz, Iran. (in Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

Gilani, A. A., & Absalan, Sh. (2013). Evaluation of different saline water regimes in rice salinity tolerant cultivars in Khuzestan. *Research Report.* Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research Center, Ahvaz, Iran. (in Persian)

Hadi-Ghanavat, A., Naseri, A., & Boroumandnasab, S. (2016). The impact of sugarcane drainage on soil physical and hydraulic properties. *Journal of Water and Irrigation Management, 6*(2): pp. 294-281. (in Persian)

Hayat, U., & Datta, A. (2018). Effect of water-saving technologies on growth, yield, and water-saving potential of lowland rice. *International Journal of Technology, 7*, pp. 1375-1383.

Kenneth, K. T., & Neeitje, C. K. (2002). Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas, FAO Irrigation and Drainage Paper 61.

Khaledian, M. R., Motamed, M. K., Rezaei, M., Ghareh-Sheikh-Bayat, M. & Maleknia, B. (2014). The effect of heavy metals concentration of different irrigation water sources on paddy soil contamination. *Soil and Water Conservation Research (Agriculture and Natural Resources), 21*(4): pp. 285-275. (in Persian)

Naseri, A., Abbasi, F., & Akbari, M. (2017). Estimation of water consumption in agricultural sector using water balance method. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering Research, 18(*68): pp. 17-32. (in Persian)

Navabian, M., & Aghajani, M. (2012). Effect of saline and sweet irrigation management on rice yield of Hashemi. *Journal of Soil and Water Sciences, 16*(60): pp. 45-54. (in Persian)

Piri, H. (2011). *Use of wastewater (unusual waters) as water source. Third National Conference on Irrigation and Drainage Management.* Feb. 20-21. Shahid Chamran University of Ahvaz. Iran. (in Persian)

Sumana, M., Ullah, H., Paothong, K., Kachenchart, B., Datta, A., & Shrestha, R. P. (2019). Effect of water and rice straw management practices on yield and water productivity of irrigated lowland rice in the Central Plain of Thailand. *Agricultural Water Management, 211*, pp. 89-97.

www.SID.ir

Archive of SID

Irrigation and Drainage Structures Engineering Research/Vol.21/No.78/ Spring 2020/P: 139-156

Reuse of Sugarcane Drainage Water for Rice Cultivation in South Khuzestan to Improve Water Productivity in Irrigation and Drainage Networks

A. Mokhtaran, A. Gilani*, A. A. Ebadi, M. A. Shayan and Kh. Sanei -Dehkordi

* Corresponding Author: Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Centre, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ahwaz, Iran., Email: abdolali.gilani@yahoo.com
Received: 3 December 2019, Accepted: 28 February 2020

Extended Abstract

Introduction

In Khuzestan province, waste water release from various sources, especially from agricultural farms, is a serious problem. The volume of drainage water resulting from irrigation and drainage networks of the Karun river basin is about two billion cubic meters per year, considering sugarcane agro-industries and fish farming as the main sources of drainage water. Time-Averaged salinity of this drainage water, with source of sugarcane agro-industries, is about 6 dS/m which is valuable to irrigate salt-tolerant crops or aquaculture with saline water as part of the solutions for drainage water management and providing sustainable environment. This can also affect the amount of water allocated to irrigation networks and sugar cane industries. In this regard, reusing of agricultural drainage water to produce rice salinity resistant varieties and lines as a high-yielding strategy in Khuzestan, especially in the central and southern areas with high water demand, can be very useful**.**

Methodology

This study was conducted at farm code L08-20, in Mirza Koochak-Khan Agro-Industry Company, using split plot in a randomized complete block design with two factors and three replications. Irrigation interval with saline water daily, one-day and two-day alternations were main factors and three salinity-tolerant rice lines were sub factors. Subsequent selections from the International Treasury of rice cultivars, four salinity-tolerant breeding lines, one international control line and local cultivar were subplots. The amount of water applied to the plots was measured throughout the growing season and samples for determination of physical and chemical properties of soil and drainage water before planting until harvesting time for soil monitoring and soil salt balance analysis were collected. In this study, grain yield, biomass and harvest index were determined. Finally, water productivity was estimated as yield per cubic meter of water.

R**esults and Discussion**

Due to the average salinity of irrigation water, 6 dS/m, the volume of water consumed during the growing season was estimated to be 30,000 m^3/ha, based on water requirement calculations.

www.SID.ir

Archive of SID

Based on irrigation management, applied volume of water was estimated about 37500 m^3/ha for treatment I_0, 19500 m^3/ha for treatment I_1 and 13200 m^3/ha for treatment I_3. The average salinity of soil saturated extract was measured about 4 dS/m before cultivation. Except for the first 15 days, when irrigation was carried out with full irrigation for transplanting stage, the trend of soil salinity changes was decreasing, during the rest of the growing season until harvesting. Salinity of soil increased in all three irrigation managements. The rate of salinity changes varied from 50% in the daily irrigation round to 100% in the two-day irrigation round, compared to pre-cultivation soil salinity. During the crop growth from the transplanting, daily, one-day and two-day rounds irrigation managements caused enterance of 190, 99 and 66 tonnes of salt in the top 100 cm of soil profile. Increased salinity over growing time for daily, one-day and two-day round irrigation treatments, were 6, 6.5 and 7.2 dS/m respectively, according to soil salinity, 4 dS/m, before planting. Assuming the porosity of soil equal to 51%, it could be concluded that 7.6, 9 and 11 tonnes of salts stored in the upper 60 cm of soil profile for daily, one-day and two-day round irrigation management and the rest of the solutes extracted from soil profiles through underground drainage system. This behavior illustrated the importance of drainage, especially underground drainage system, in agricultural drainage reclamation and saline operations for soil conservation. The results showed significant decrease of farm applied water in daily irrigation water management relative to two-day and three-day intervals. Farm yield increased 6% from I0 with an average of 2139.3 to 2248 kg, I1 and then decreased by 30% in the three-day irrigation period.

Conclusions

The results showed that the highest and lowest water productivity were found in I_2 and I_0 irrigation treatments, respectively, with values of 0.128 and 0.057kg/m^3. ESP monitoring showed that at the end of growing season, soil profile was not sodic and remained in saline condition for two irrigation regimes I_0 and I_1. However, in I_2 irrigation regime, the soil profile status approached to the sodic state, with 17% increasing in ESP and 100% increasing in salinity relative to planting time. The reason for this behavoir was driness of land between two irrigation events which caused salinity moving upward to soil surface layers, so it could be addressed by considering the percentage of leaching at the end of the growing season.

Acknowledgement

The authors gratitude Mirza Koochak-Khan Agro-Industry Company, Khuzestan Water and Power Authority (KWPA), Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Rice Research Institute of Iran (RRII), Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center for their overall supports to accomplish the study.

Keywords: Drainage system, Intermittent Irrigation, Saline Resistant Lines, Soil Monitoring

www.SID.ir