

کار آبی مصرف آب گندم تحت شرایط شوری و کم آبی^۱

علیرضا کیانی، مجید میرلطیفی، مهدی همایی و علی محمد جراحی^۲

تاریخ دریافت مقاله: ۸۳/۴/۱۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۳/۱۰/۲۶

چکیده

در مناطق خشک و نیمه خشک، کمبود آب و کاهش کیفی منابع آب و خاک از عوامل اصلی کاهش تولید محسوب می‌شوند. در چنین شرایطی، کاربرد روش کم آبیاری و استفاده از آب‌های نامتعارف در کشاورزی دو راهبرد مدیریتی مهم جهت تعدیل شرایط تنش آبی پنداشته می‌شود. در این راستا، پژوهش حاضر به منظور بررسی کارایی مصرف آب و عملکرد گندم تحت شرایط شوری و کم آبی به مدت دو سال زراعی (۸۱-۸۰ و ۸۲-۸۱) در شمال شهرستان گرگان (آق قلا) به اجرا در آمد. چهار سطح مقدار آب شامل ۵۰ (W_1)، ۷۵ (W_2)، ۱۰۰ (W_3) و ۱۲۵ (W_4) درصد نیاز گیاه به عنوان عامل اصلی و چهار سطح شوری شامل ۱/۵ (S_1)، ۸/۵ (S_2)، ۱۱/۵ (S_3) و ۱۴/۲ (S_4) دسی‌زیمنس بر متر به عنوان عامل فرعی با سه تکرار در یک آزمایش کرت‌های خرد شده به صورت طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی بررسی شد. نتایج نشان داد که با استفاده از روش‌های کم آبیاری و همچنین کاربرد آب‌های شور زهکش‌ها برای آبیاری گندم حجم قابل توجهی آب غیر شور ذخیره می‌شود به طوری که کارایی مصرف آب و عملکرد کاهش معنی‌داری نداشتند. توزیع شوری در نیمرخ خاک نشان داد، کاربرد آب شور موجب افزایش شوری خاک در زمان برداشت گندم می‌شود. در تیمار S_4 و در عمق ۴۰ سانتی‌متری شوری خاک از ۴ دسی‌زیمنس بر متر در زمان کاشت به ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر در زمان برداشت افزایش یافت. ولی باران‌های پاییزه موجب تعدیل این روند در اوایل رشد گندم شده به طوری که در شروع فصل بعدی در تیمار فوق شوری خاک به ۵/۸ دسی‌زیمنس بر متر کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی

شوری، کارایی مصرف آب، کم آبی، گرگان، گندم

۱- برگرفته از طرح تحقیقاتی مصوب مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی با عنوان "تأثیر شوری و رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد گندم در منطقه گرگان"

۲- به ترتیب عضو هیئت علمی (استادیار پژوهش) بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، گرگان، خیابان شهید بهشتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، کدپستی ۴۹۱۵۶۷۷۵۵۵، تلفن: ۳۳۵۰۰۶۳-۴ (۰۱۷۱)، دورنگار: ۳۳۵۴۰۳۱ (۰۱۷۱)، پیام‌نگار: akiani71@yahoo.com، استادیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، دانشیار گروه مهندسی خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس و عضو هیئت علمی (استادیار پژوهش) مرکز ملی تحقیقات شوری ایران، یزد

مقدمه

گولوتی و مورتی (Guluti & Murti, 1970) و دورنباس و کسام (۱۹۷۹) گزارش کرده‌اند. از آنجا که همه آب به کار برده شده برای ET مصرف نمی‌شود، چند تن از پژوهشگران رابطه آب کاربردی (مجموع آب آبیاری و باران) با عملکرد را به دست آوردند. نتایج دلالت بر غیر خطی بودن رابطه آب و عملکرد دارد. در این خصوص می‌توان به مطالعات استوارت و هگان (Stewart & Hagan, 1973) و سولومون (Solomon, 1983) اشاره کرد.

ماس (Maas, 1986, 1990) و ماس و هوفمان (Maas & Hoffman, 1977) مطالعاتی جامع در خصوص واکنش گیاهان مختلف نسبت به شوری انجام دادند. بر اساس این مطالعات، گیاهانی نظیر پنبه، چغندر قند، و جو مقاوم به شوری و گیاهانی نظیر لوبیا، پیاز، ذرت، و توت فرنگی حساس به شوری طبقه‌بندی شده‌اند. میری (Meiri, 1984) و شانون (Shannon, 1997) نشان دادند که گیاهان در اوایل رشد نسبت به شوری حساس‌تر از مراحل بعدی رشد هستند. ماس و همکاران (Maas et al., 1994) نشان دادند که هرگاه شوری آب خاک از ۷/۵ دسی زیمنس در متر بیشتر شود تعداد پنجه‌های اولیه و ثانویه در گندم به طور معنی‌دار کاهش می‌یابد. خوسلا و گوپتا (Khosla & Gupta, 1997) واکنش گندم را در شرایط شوری آب آبیاری (۸/۶ دسی زیمنس در متر) با وجود زهکشی و در غیاب زهکشی بررسی کردند. نتایج نشان داده که عملکرد گندم با افزایش عمق آب آبیاری در تیمار زهکشی شده افزایش یافته اما در تیمار بدون زهکشی با افزایش عمق آب آبیاری عملکرد کاهش می‌یابد. عثمان و همکاران

در مناطق خشک و نیمه خشک، برای نیل به تولید اقتصادی، آبیاری نقش اساسی دارد. عامل بسیار مهم در ارزیابی آبیاری، شناسایی واکنش گیاه نسبت به آب است، اما چون آب آبیاری دارای نمک‌های محلول است، شوری نیز باید همزمان بررسی شود. در طولانی مدت اگر عملیات اصلاحی انجام نگیرد، املاح موجود در آب آبیاری، در خاک انباشته و ضمن کاهش عملکرد، در نهایت باعث تخریب خاک می‌شود. بنابراین شناسایی واکنش گیاه نسبت به شوری نیز عامل مهم دیگری در ارزیابی عملیات مدیریتی آب است. مطالعات مستقل زیادی در خصوص بررسی واکنش گیاهان به آب و شوری انجام شده است. در مطالعاتی گسترده تلاش شده است تا واکنش گیاهان مختلف نسبت به آب (در غیاب شوری) مشخص شود و همچنین مطالعاتی روی واکنش گیاهان نسبت به شوری (در غیاب تنش آبی) انجام پذیرفته است تا نتایج آن بتواند رابطه آب-عملکرد یا شوری-عملکرد را کمی کند.

دورنباس و کسام (Doorenbos & Kassam, 1979)، دورنباس و پروت (Doorenbos & Pruitt, 1977) و واکس و پروت (Vaux & Pruitt, 1983) اطلاعاتی جامع در خصوص واکنش گیاهان مختلف و مراحل بحرانی آنها از نظر تنش آبی ارائه کردند. به طور کلی، مطالعات نشان داده است که بین تبخیر و تعرق گیاه (ET) و عملکرد رابطه خطی وجود دارد. البته رابطه غیرخطی بین عملکرد و ET در تعدادی از گیاهان را خانجانی و بوش (Khangani & Busch, 1982)،

(Osman et al., 1997) نشان دادند، عملکرد دانه، کاه، و اجزای عملکرد جو در اثر آبیاری با آب زهکش (۱۰/۷-۱۶/۷ دسی زیمنس بر متر) نسبت به آب کانال (۲/۸-۳/۶ دسی زیمنس بر متر) کاهش معنی‌داری دارد. اما کاربرد مخلوط دو نوع آب (۶/۸-۹/۸ دسی زیمنس بر متر) نسبت به آب کانال در عملکرد دانه و کاه تفاوت معنی‌داری ندارد. آیرز و وستکات (Ayers & Westcot, 1985) و همکاران (Roades et al., 1992) تجربیات موفق کاربرد آبهای شور در کشورهای ایتالیایی، مصر، هند، پاکستان، سومالی، تونس، آمریکا و برخی از کشورهای حاشیه جنوبی خلیج فارس را بررسی کردند.

از آنجا که در استان گلستان شوری و خشکی از عوامل مهم کاهش تولید هستند پژوهش‌های کاربردی به منظور تعدیل آثار زیانبار آنها ضروری است. به دلیل مطابقت ریزش‌های جوی با مراحل اولیه رشد گندم که به شوری حساس‌تر است این امکان وجود خواهد داشت تا بتوان در مراحل زایشی از آب شور زهکش‌ها استفاده کرد که این گیاه در آن مراحل به شوری مقاوم‌تر می‌شود. به همین دلیل پژوهش حاضر به منظور صرفه‌جویی در مصرف آب شیرین با استفاده از منابع آب جایگزین (آب شور زهکش‌ها) و روش‌های کم‌آبیاری انجام پذیرفت و ضمن آن تغییرات عملکرد، کارایی مصرف آب گندم در شرایط شوری، و کم‌آبی در شرایط اقلیمی گرگان بررسی شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به مدت دو سال زراعی (۸۱-۸۰ و ۸۲-۸۱) روی گندم و در شمال استان گلستان اجرا

شد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک از قبل و تا عمق ۹۰ سانتی‌متری تعیین و مشخص شد که بافت خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری لوم سیلتی و از ۳۰ تا ۹۰ سانتی‌متری لوم رسی سیلتی است. ظرفیت نگهداری آب در خاک در عمق‌های ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری به ترتیب معادل ۱۷، ۲۲ و ۱۷ سانتی‌متر در هر متر خاک به دست آمد. در زمان کاشت، تغییرات شوری عصاره اشباع خاک تا عمق ۹۰ سانتی‌متری از ۲/۷ تا ۵/۸ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب در سطح و در عمق و pH از ۷/۸ تا ۸ در نوسان بود. تغییرات رطوبت خاک تا عمق ۱۰۰ سانتی‌متری در دامنه ۱۶/۶ تا ۱۸ درصد وزنی قرار داشت. زمان کاشت گندم در سال اول و دوم به ترتیب ۲۸ و ۱۷ آذر بود. مقدار بذر ۱۸۰ کیلوگرم (رقم سیرین) با استفاده از ماشین کاشت همراه با ۵۰ کیلوگرم کود اوره به ازای هر هکتار مصرف شد. شانزده تیمار طراحی شد که مشتمل‌اند بر: چهار سطح شوری آب آبیاری S_1 ، S_2 ، S_3 و S_4 با میانگین وزنی (سطوح شوری مطابق با فصل رشد افزایش داده شد) ۱/۶، ۷/۹، ۱۰/۸ و ۱۳/۶ دسی‌زیمنس در متر در سال اول و ۱، ۹/۳، ۱۲/۲ و ۱۴/۷ دسی‌زیمنس در متر در سال دوم به میزان فاکتور فرعی (به استناد نتایج سال اول و فراوانی بارندگی در سال دوم سطوح شوری در این سال بیشتر از سال قبل انتخاب شد)، چهار سطح مقدار آبیاری W_1 ، W_2 ، W_3 و W_4 به ترتیب معادل ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه (تیمار بدون تنش) به عنوان فاکتور اصلی در سه تکرار (۴۸ کرت آزمایشی) با استفاده از کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی. ابعاد کرت‌ها ۴×۳ متر، فاصله کرت‌ها از همدیگر ۲ متر، فاصله ردیف‌های

ظاهری خاک (گرم بر سانتی متر مکعب)، و f ضریب هر تیمار است.

مقدار مصرف آب در گیاه از طریق اندازه گیری اجزای بیلان آب بر اساس رابطه شماره ۲ زیر محاسبه شد:

$$I+P-(ET+Dd+Ro)=\Delta S \quad (2)$$

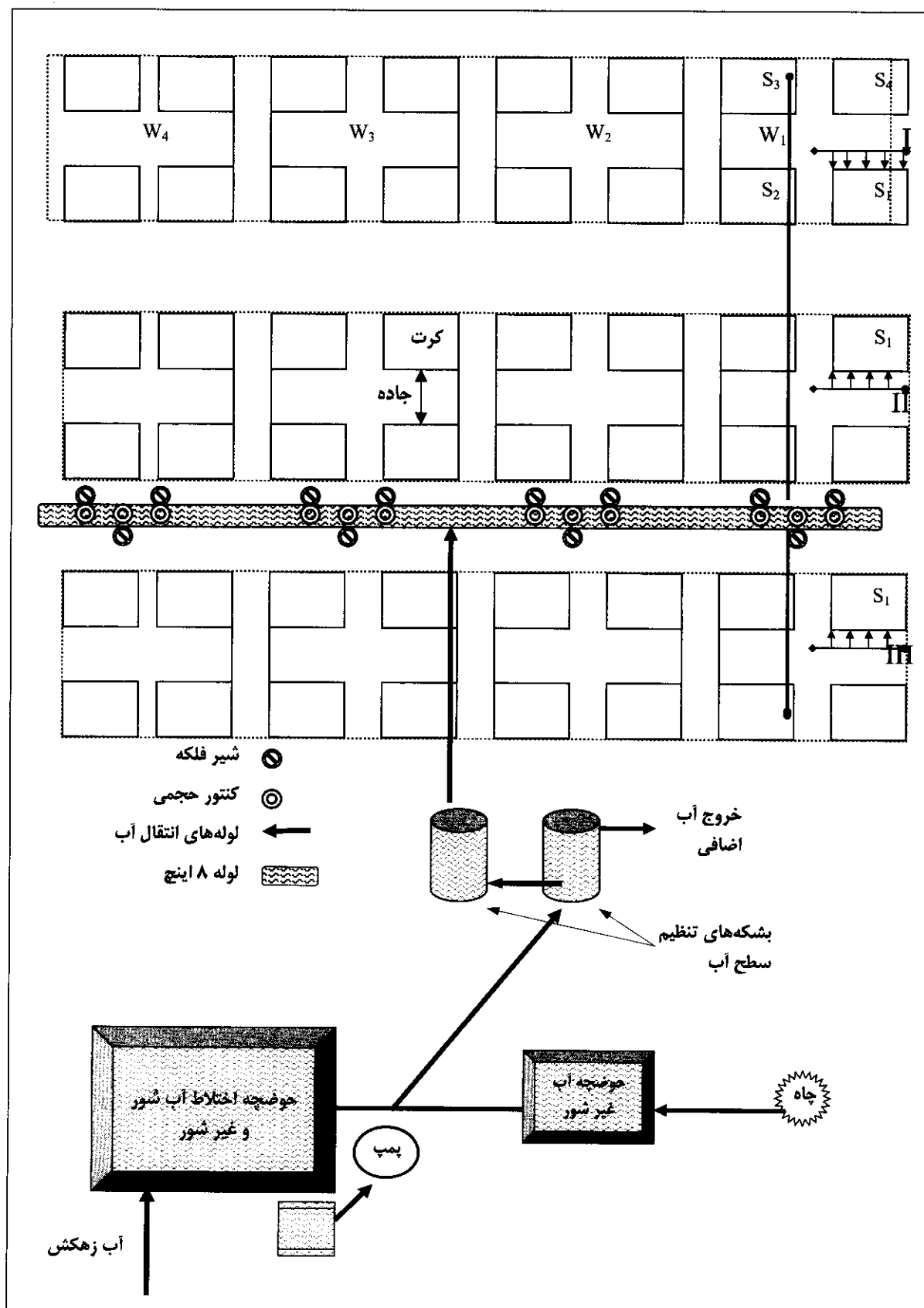
که در آن: I و P به ترتیب مقدار آب آبیاری و آب باران، ET ، Dd و Ro به ترتیب مقدار مصرف گیاه، عمق آب زهکشی شده، و رواناب، و ΔS تغییرات ذخیره رطوبت خاک و همه بر حسب میلی متر است. در این پژوهش به دلیل بسته بودن انتهای کرت، رواناب سطحی وجود نداشت. با این فرض که مقدار رطوبت بیشتر از ظرفیت زراعی زهکشی می شود عمق آب زهکشی شده با اندازه گیری رطوبت تا عمق یک متری خاک به دست آمد. به دلیل وجود زهکش روباز به عمق چهار متر، از سهم آب زیرزمینی در مجاورت محل آزمایش صرف نظر شده است. تغییرات رطوبت خاک از تفاوت رطوبت ابتدا و انتهای فصل در نیمرخ خاک به دست آمد.

طی دو سال، رطوبت (از روش وزنی) و شوری (عصاره اشباع) در نیمرخ خاک تا عمق یک متری به ازای هر ۲۰ سانتی متر با نمونه گیری خاک از همه تیمارها در ابتدا، قبل، و بعد از هر آبیاری و در انتهای فصل اندازه گیری شد. عملکرد دانه گندم با حذف نیم متر حاشیه از هر طرف در تمام کرت ها تعیین شد. تبخیر و تعرق گیاه به تفکیک هر سال از روش پنمن - مانتیث و با استفاده از مدل CROPWAT محاسبه شد. کارایی مصرف آب (WUE) از نسبت عملکرد دانه گندم به آب کاربردی (مجموع آبیاری و بارندگی) به دست آمد.

گندم در هر کرت ۲۰ سانتی متر، فاصله بوته ها روی ردیف ۸ سانتی متر، و فاصله شیارهای آبیاری ۶۰ سانتی متر انتخاب شد. برای آبیاری از دو منبع آب، یکی آب چاه یا کانال آبیاری منشعب از رودخانه گرگانرود به عنوان آب غیر شور (در فصل مرطوب ۱ تا ۳ و در تابستان تا ۱۲ دسی زیمنس در متر) و دیگری از آب زهکش منطقه (۱۰-۳۵ دسی زیمنس در متر) به عنوان آب شور استفاده شد. دو حوضچه در محل احداث گردید که در یکی از آنها تیمار آب غیر شور و در دیگری تیمارهای آب شور حاصل از اختلاط دو منبع آب ساخته می شد. از لوله PVC به قطر ۸ اینچ مستقر شده در وسط مزرعه خروجی هایی برای انتقال آب به کرت ها در نظر گرفته شد. به ازای هر تیمار روی این لوله سه خروجی و روی هر خروجی یک شیرفلکه برای تنظیم جریان ورودی و بعد از آن کنتور حجمی با دقت ۰/۱ لیتر برای اندازه گیری دقیق میزان آب وارد شده به کرت ها استفاده شد (شکل شماره ۱). عمق آب آبیاری در رژیم های مختلف بر اساس اندازه گیری رطوبت خاک قبل از هر آبیاری تا عمق توسعه ریشه با معیار قرار دادن تیمار بدون تنش آبی (W_3) و اعمال ضرایب (f) برای هر تیمار طبق رابطه شماره ۱ محاسبه شد.

$$SMD = (\theta_{FC} - \theta_i) * D * Bd * f \quad (1)$$

که در آن: SMD کمبود رطوبت خاک (میلی متر)، θ_{FC} و θ_i به ترتیب رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی و قبل از آبیاری (درصد وزنی)، D عمق توسعه ریشه (میلی متر)، Bd وزن مخصوص



شکل شماره ۱- نمایی از چگونگی اجرای طرح در مزرعه

نتایج و بحث

- عملکرد، عمق آب آبیاری و روند تغییرات رطوبت خاک

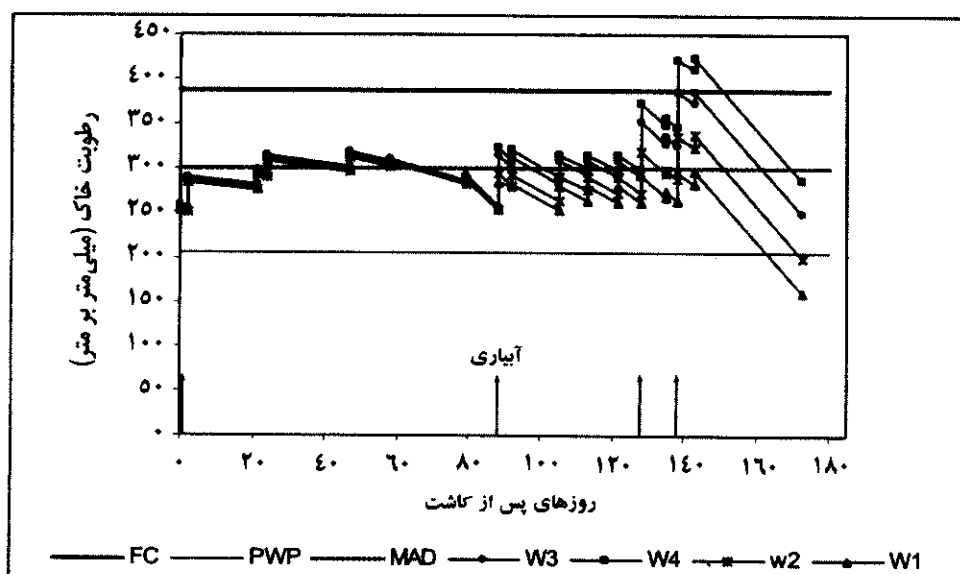
در سال اول تیمارها چهار بار آبیاری گردیدند: آبیاری اول در زمان کاشت با استفاده از دستگاه آفشان قرقره‌ای^۱ به منظور سبز شدن یکنواخت، به ارتفاع ۲۶ میلی‌متر با آب غیر شور برای همه تیمارها و سه آبیاری پس از کاشت با مقادیر کمی و کیفی مختلف. در سال دوم زراعی به دلیل بارندگی مناسب و رطوبت کافی در خاک، که بیشتر از تخلیه مجاز رطوبتی (MAD)^۱ خاک بود، آبیاری در زمان کاشت انجام نشد و چهار آبیاری پس از کاشت و طی فصل رشد انجام گرفت. اطلاعات مربوط به هر آبیاری به تفکیک دو سال زراعی در جدول شماره ۱ و تغییرات رطوبت خاک طی فصل رشد گندم در شکل‌های شماره ۲ و ۳ ارائه شده‌اند. مقایسه تغییرات رطوبت خاک در این دو سال نشان می‌دهد که مقادیر رطوبت خاک در سال دوم نسبت به سال

اول بالاتر بود. در سال ۸۲ و در اوایل رشد گیاه بارندگی‌های متعدد باعث شد تا رطوبت لایه بالایی خاک برای رشد گیاه مطلوب‌تر از سال قبل باشد. در سال اول، از زمان کاشت گندم تا ابتدای مرحله زایشی (۹۰ روز پس از کاشت) حدود ۹۰ میلی‌متر در ۱۳ روز و در دوران زایشی (دو ماه پس از شروع مرحله زایشی) حدود ۷۴ میلی‌متر در ۱۳ روز باران بارید، اما در سال دوم از زمان کاشت تا شروع رشد زایشی میزان بارندگی حدود ۱۱۵ میلی‌متر در ۲۸ روز و در دوران رشد زایشی ۷۸ میلی‌متر در ۱۳ روز بود. مقایسه روند تغییرات رطوبت در دوران رشد زایشی برای یک تیمار مشخص نشان می‌دهد که در این مرحله از رشد، رطوبت خاک در سال ۸۲ مناسب‌تر از سال ۸۱ بوده است. در نتیجه عملکردها نیز تحت تأثیر این عامل قرار گرفته به طوری که عملکرد گندم در سال ۸۲ به طور متوسط ۸۰۰ کیلوگرم در هکتار بیشتر از سال ۸۱ بوده است.

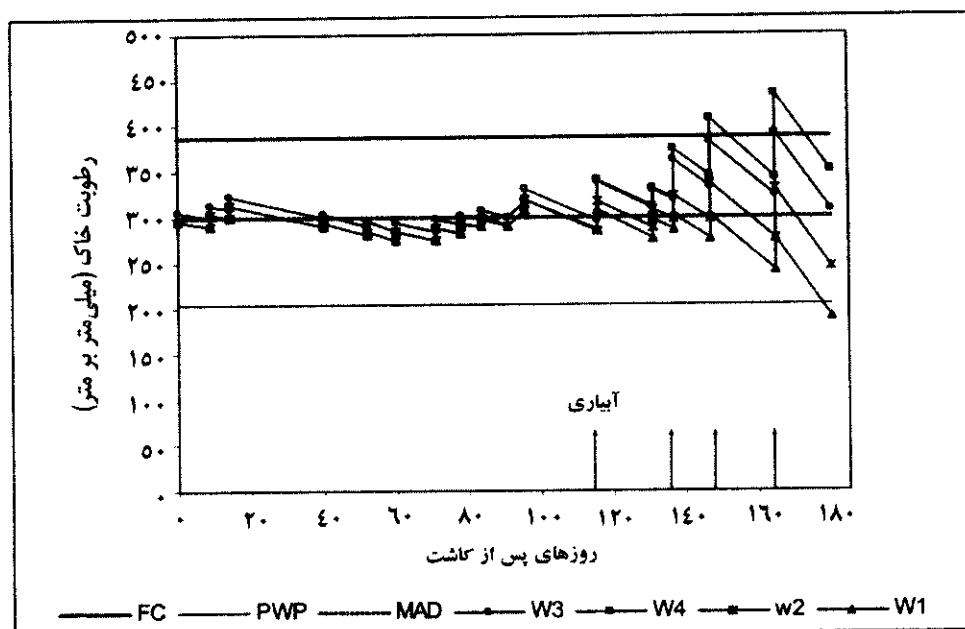
جدول شماره ۱- مقادیر عمق (میلی‌متر)، شوری (دسی‌زیمنس در متر) آب و تاریخ آبیاری به تفکیک دو سال زراعی

تاریخ آبیاری سال ۸۰-۸۱								تیمار
۸۱/۲/۱۷		۸۱/۲/۷		۸۰/۱۲/۲۶		۸۰/۹/۲۸		
(اواخر شیری شدن دانه)		(اواخر گلدهی)		(ساقه روی)		(زمان کاشت)		
شوری	عمق آب	شوری	عمق آب	شوری	عمق آب	شوری	عمق آب	
۱/۹	۳۲	۱/۹	۳۲	۰/۸	۲۹	۰/۸	۲۶	W ₁ S ₁
۹/۷	۴۷	۸/۷	۴۷	۵/۰	۴۳	۰/۸	۲۶	W ₂ S ₂
۱۴/۲	۶۳	۱۱/۰	۶۳	۷/۰	۵۷	۰/۸	۲۶	W ₃ S ₃
۱۶/۵	۷۶	۱۳/۹	۷۶	۱۰/۰	۶۸	۰/۸	۲۶	W ₄ S ₄

تاریخ آبیاری سال ۸۱-۸۲								
۸۲/۲/۲۸		۸۲/۲/۱۴		۸۲/۲/۴		۸۲/۱/۱۴		
(اوایل دانه بستن)		(شیری شدن دانه)		(اواخر گلدهی)		(اواخر ساقه روی)		
شوری	عمق آب	شوری	عمق آب	شوری	عمق آب	شوری	عمق آب	
۰/۹	۳۵	۰/۹	۲۵	۱/۰	۲۲	۰/۹	۲۲	W ₁ S ₁
۹/۶	۵۷	۹/۶	۳۹	۹/۵	۳۲	۸/۶	۳۲	W ₂ S ₂
۱۲/۹	۷۲	۱۲/۹	۵۰	۱۱/۸	۴۵	۱۱/۳	۴۵	W ₃ S ₃
۱۵/۶	۹۰	۱۵/۶	۶۲	۱۴/۵	۵۵	۱۳/۶	۵۵	W ₄ S ₄



شکل شماره ۲- تغییرات رطوبت خاک طی فصل رویش در تیمارهای مختلف آبیاری در سال ۱۳۸۱



شکل شماره ۳- تغییرات رطوبت خاک طی فصل رویش در تیمارهای مختلف آبیاری در سال ۱۳۸۲

داشت (جدول شماره ۲). نتایج این پژوهش با مطالعات ماینهاس و گوپتا (Mainhas & Gupta, 1992a,b)، ماس و همکاران (Maas et al., 1986) سازگاری دارد که نشان دادند گیاهان در مراحل اولیه رشد نسبت به شوری بسیار حساس‌اند و در مراحل رشد زایشی مقاومت بیشتری دارند. اما ممکن است استفاده از آب شور در دراز مدت برای خاک مشکلاتی ایجاد کند که این مقوله نیاز به بررسی جامع‌تر در زمان‌های طولانی‌تر دارد. به طور کلی بررسی دو ساله توزیع شوری در نیمرخ خاک نشان داد که شوری در زمان برداشت گندم به دلیل کاهش بارندگی‌ها و تبخیر زیاد، و در مناطقی که مشکل زهکشی دارند به دلیل افزایش سطح آب زیرزمینی نسبت به ابتدای سال خصوصاً در لایه سطحی خاک افزایش دارد. به طوری که در تیمار S₄ در سال اول، متوسط شوری تا عمق ۴۰ سانتی متری

شکل‌های شماره ۲ و ۳ و همچنین بارندگی‌های طولانی مدت در منطقه نشان می‌دهد اوایل رشد گندم (که این گیاه در این مرحله به شوری حساس‌تر است) با زمان بارش‌های فصلی مطابقت دارد و گندم در این دوره آبیاری نمی‌شود. آبیاری در مراحل اجرا می‌شود که گیاه به شوری مقاوم‌تر می‌شود. به استناد نتایج عملکرد گندم در شرایط شوری و کم آبی (جدول شماره ۲) مشاهده می‌شود که می‌توان از آب‌های شور زهکش‌های منطقه به نحو مطلوب برای آبیاری اراضی استفاده کرد و آب غیرشور صرفه‌جویی شده را در مناطق دیگر به کار برد. به عنوان مثال، عملکرد دانه گندم در تیمار W₃S₁ (بدون تنش شوری) نسبت به تیمار W₃S₄ (با شوری ۱۳/۶ دسی زیمنس در متر در سال اول و ۱۴/۲ دسی زیمنس در متر در سال دوم) در سال‌های اول و دوم به ترتیب ۱۲ و ۸ درصد کاهش

از ۴ دسی زیمنس در متر در زمان کاشت به ۷/۵ به سطح خاک محدود می‌شود. بنابراین، مشخص دسی زیمنس در متر در زمان برداشت و در سال دوم می‌شود که شرایط اقلیمی در منطقه کاربرد آب‌های شور (بالا تر از آستانه مورد پذیرش گندم) را میسر می‌سازد. اما چون باران عاملی غیر قابل کنترل است و همچنین روند صعودی تجمع نمک (هرچند با آهنگ کند) در شرایط حاضر نیز وجود دارد برای حفظ پایداری کشاورزی هرگاه در سال‌های خاص باران نتواند آن قدر بیارد که خاک را به اندازه لازم شست و شو دهد، با اندازه گیری شوری خاک در اوایل رشد گندم خاک را باید آبشویی کرد. کاهش دمای هوا صعود شوری از لایه‌های پایین‌تر

جدول شماره ۲- اثر متقابل شوری و مقدار آبیاری بر عملکرد گندم به تفکیک دو سال زراعی
* عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)

آبیاری	شوری	سال ۸۰-۸۱	سال ۸۱-۸۲
W ₁	S ₁	۳۲۱۳cdef	۳۷۹۰cd
	S ₂	۳۲۱۶cdef	۳۶۶۳cd
	S ₃	۳۰۰۰ef	۳۵۴۰cd
	S ₄	۲۸۶۲f	۳۴۳۰d
W ₂	S ₁	۳۳۸۸abcdef	۴۴۳۹ab
	S ₂	۳۳۵۸abcdef	۴۳۳۰ab
	S ₃	۳۳۲۵bcdef	۳۹۵۱bc
	S ₄	۳۱۲۵def	۳۹۳۸bcd
W ₃	S ₁	۳۸۴۵ab	۴۷۷۷a
	S ₂	۳۶۰۵abcd	۴۶۵۱a
	S ₃	۳۵۷۸abcde	۴۵۳۹a
	S ₄	۳۴۰۰abcdef	۴۳۷۴ab
W ₄	S ₁	۳۸۲۵a	۴۸۳۹a
	S ₂	۳۷۸۳abc	۴۶۹۰a
	S ₃	۳۷۷۳abc	۴۴۰۵ab
	S ₄	۳۴۶۷abcde	۴۳۳۱ab

*حروف غیر مشابه به مفهوم معنی‌دار در سطح ۵ درصد

همکاران (Homaei *et al.*, 2002)، فنج و همکاران (Feng *et al.*, 2003a,b) مطابقت دارد که واکنش گیاهان را در دو شرایط تنش شوری و کم آبی بررسی کردند.

– مصرف آب گیاه

جدول شماره ۳ مقدار جذب آب را در گیاه بر اساس محاسبه اجزای بیلان آب در نیمرخ خاک به تفکیک برای دو سال زراعی نشان می‌دهد. در هر دو سال زراعی بیشترین مصرف آب در گیاه مربوط به تیمار W_3S_1 است. در تیمار W_4 بخشی از آب کاربردی زهکشی و از ذخیره رطوبت خاک نیز کمتر استفاده شده است. هرچه مقدار آب کاربردی (باران+ آبیاری) کمتر باشد، پتانسیل برای تخلیه رطوبت خاک توسط گیاه بیشتر است. به عنوان نمونه، در سال زراعی ۸۰-۸۱ مقایسه دوتیمار W_1S_1 با W_4S_1 نشان می‌دهد که در تیمار اول میزان تخلیه رطوبت از خاک طی فصل برابر ۳۶ میلی‌متر و در تیمار دیگر برابر ۴ میلی‌متر و در سال زراعی ۸۱-۸۲ در همین دو تیمار میزان تخلیه رطوبت از خاک به ترتیب ۷۴ و ۲۵ میلی‌متر است. کارایی مصرف آب در تیمارهای کم آبیاری بیشتر از تیمارهایی است که مقدار آب کاربردی آنها بیشتر است. در سال اول در تیمار W_1S_1 مقدار WUE حدود ۱۳ درصد بیشتر از تیمار W_3S_1 و در سال دوم و در همان تیمارها حدود ۹ درصد افزایش داشته است. افزایش شوری به طورنسبی مقدار ET را کاهش داده است. به طور مثال در سال اول، مقایسه دو تیمار W_4S_1 و W_4S_4 که هر دو به میزان مساوی آب دریافت کردند نشان می‌دهد که مقدار ET در تیمار W_4S_4 نسبت به تیمار W_4S_1 به اندازه ۷ درصد و در سال دوم به اندازه ۴ درصد کاهش دارد.

از نظر تأثیر تنش آبی بر عملکرد گندم داده‌های جدول شماره ۲ نشان می‌دهد که تیمار W_1S_1 (۵۰ درصد کاهش آب مورد نیاز) نسبت به تیمار بدون تنش در سال‌های اول و دوم به ترتیب ۱۷ و ۲۰ درصد کاهش عملکرد دارد. این اختلاف‌ها برای هر دو سال در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار است. هرگاه مقدار آب را فقط ۲۵ درصد کاهش دهیم (W_2S_1)، عملکرد دانه گندم برای دو سال به ترتیب ۱۲ و ۸ درصد کاهش می‌یابد که این اختلافات در سطح احتمال ذکر شده معنی دار نیست. در نتیجه با کاهش ۲۵ درصد از آب مورد نیاز گندم در منطقه مورد بررسی حدود ۳۰۰ میلیون متر مکعب آب ذخیره می‌شود، ضمن اینکه عملکرد دانه کاهش قابل توجهی نخواهد داشت.

نتایج نشان می‌دهد که اثر کمبود رطوبت بیش از اثر شوری و اثر تجمعی شوری و کم آبی کمتر از مجموع اثرات هر یک از تنش‌های فوق می‌باشد. مثلاً در سال اول در تیمار تحت تنش آبی و بدون تنش شوری (W_1S_1) عملکرد ۱۷ درصد و در تیمار تحت تنش شوری و بدون تنش آبی (W_3S_4) ۱۲ درصد کاهش داشته است اما در تیماری که تحت هر دو تنش قرار دارد (W_1S_4) عملکرد ۲۶ درصد نسبت به شرایط بدون تنش (W_3S_1) کاهش نشان می‌دهد. به همین ترتیب در سال دوم نیز در تیمارهای فوق عملکردها به اندازه ۲۱، ۹ و ۲۸ درصد نسبت به تیمار بدون تنش کاهش نشان می‌دهد. البته نیاز به تحلیل جامع‌تری دارد تا بتوان واکنش گیاه را در شرایط فوق کمی کرد. این نتایج با مطالعات پژوهشگران دیگر مانند پارا و رومرو (Parra & Romero, 1980)، سپاسخواه و بورسما (Sepaskhah & Boersma, 1979)، همایی و

جدول شماره ۳- برآورد میزان مصرف آب گیاه در طی فصل رشد در سال های زراعی ۸۱-۸۲ و ۸۰-۸۱							
سال زراعی	تیمارها	ضرایب	عمق آب آبیاری (میلی متر)	عمق زهکشی (میلی متر)	تغییرات رطوبت خاک (میلی متر)	مصرف گیاه (میلی متر)	WUE (کیلوگرم در هکتار در میلی متر)
۸۰-۸۱	S ₁	W ₁	۱۱۸	۰	۳۶	۳۱۷	۱۱/۴
		W ₂	۱۶۳	۰	۳۳	۳۵۹	۱۰/۴
		W ₃	۲۰۹	۰	۱۲	۳۸۴	۱۰/۳
		W ₄	۲۴۶	۳۰	۴	۳۸۳	۹/۴
	S ₂	W ₁	۱۱۸	۰	۲۶	۳۰۷	۱۱/۴
		W ₂	۱۶۳	۰	۲۶	۳۵۲	۱۰/۳
		W ₃	۲۰۹	۰	۱۱	۳۸۲	۹/۷
		W ₄	۲۴۶	۳۰	۳	۳۸۲	۹/۲
	S ₃	W ₁	۱۱۸	۰	۲۱	۳۰۲	۱۰/۷
		W ₂	۱۶۳	۰	۱۹	۳۴۵	۱۰/۲
		W ₃	۲۰۹	۴	۲	۳۷۰	۹/۶
		W ₄	۲۴۶	۳۷	-۷	۳۶۵	۹/۲
	S ₄	W ₁	۱۱۸	۰	۱۴	۲۹۵	۱۰/۲
		W ₂	۱۶۳	۰	۱۱	۳۳۷	۹/۶
		W ₃	۲۰۹	۴	۲	۳۷۰	۹/۱
		W ₄	۲۴۶	۳۹	-۱۳	۳۵۷	۸/۵
۸۱-۸۲	S ₁	W ₁	۱۰۴	۰	۷۴	۳۶۲	۱۳/۲
		W ₂	۱۶۰	۰	۶۷	۴۱۱	۱۲/۹
		W ₃	۲۱۲	۴	۴۸	۴۴۱	۱۲/۱
		W ₄	۲۶۲	۴۵	۲۵	۴۲۶	۱۰/۸
	S ₂	W ₁	۱۰۴	۰	۶۷	۳۵۵	۱۲/۷
		W ₂	۱۶۰	۰	۶۱	۴۰۵	۱۲/۵
		W ₃	۲۱۲	۰	۴۴	۴۴۰	۱۱/۷
		W ₄	۲۶۲	۴۴	۱۹	۴۲۱	۱۰/۵
	S ₃	W ₁	۱۰۴	۰	۶۵	۳۵۳	۱۲/۳
		W ₂	۱۶۰	۰	۵۷	۴۰۱	۱۱/۵
		W ₃	۲۱۲	۵	۴۳	۴۳۴	۱۱/۴
		W ₄	۲۶۲	۴۵	۱۸	۴۱۹	۱۰/۵
	S ₄	W ₁	۱۰۴	۰	۵۷	۳۴۵	۱۱/۹
		W ₂	۱۶۰	۰	۵۴	۳۹۸	۱۱/۴
		W ₃	۲۱۲	۵	۳۹	۴۳۰	۱۱/۰
		W ₄	۲۶۲	۴۸	۱۲	۴۱۰	۹/۷

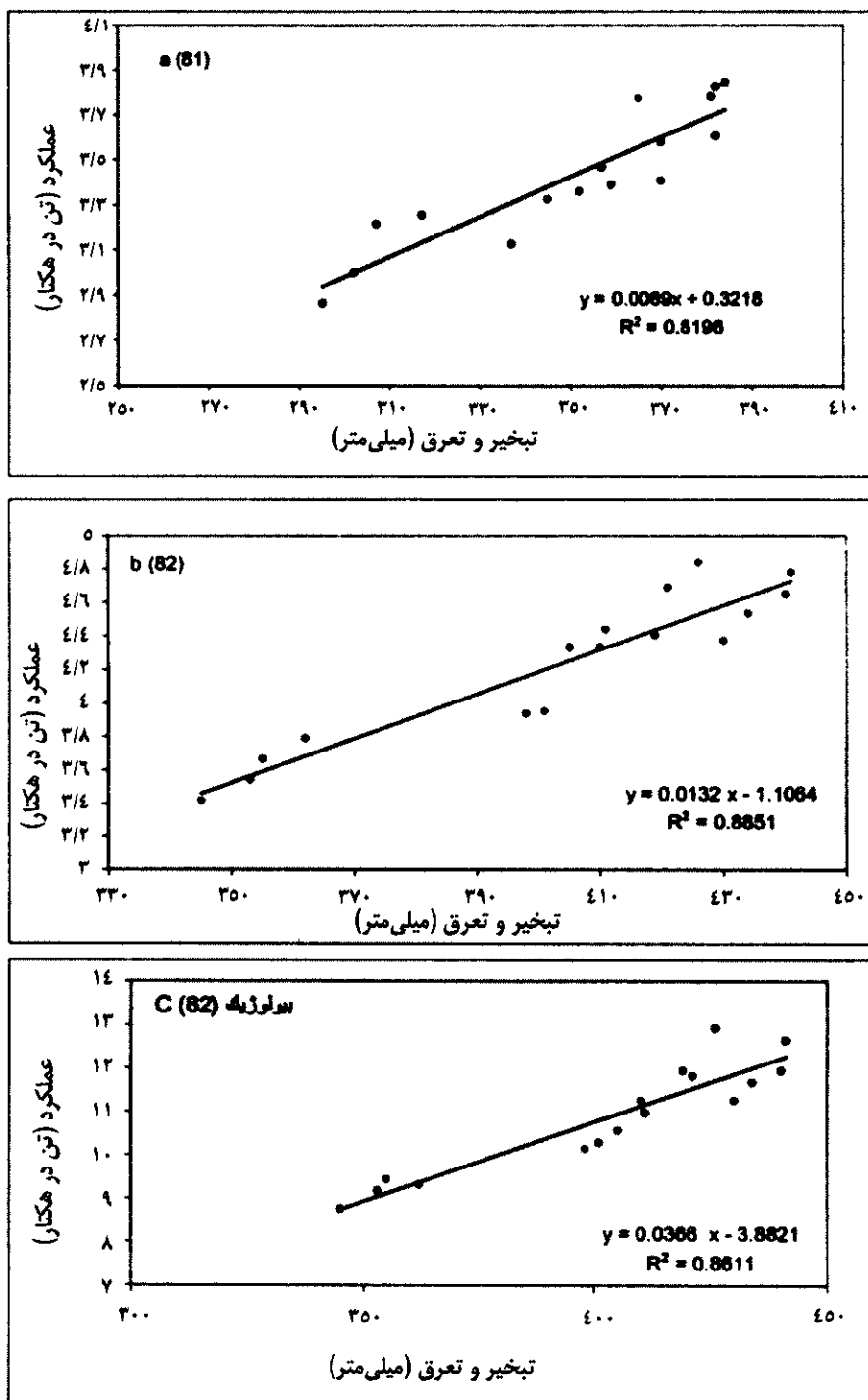
* اعداد جدول متوسط سه تکرار می باشند، ** مقدار باران مؤثر در سال های ۸۱ و ۸۲ به ترتیب ۱۶۳ و ۱۸۴ میلی متر بود.

بر اساس مدل استوارت و همکاران (Stewart et al., 1977)، تغییرات افت نسبی عملکرد در مقابل تغییرات افت نسبی مصرف آب ترسیم شده است (شکل شماره ۵). در این بررسی بیشترین عملکرد دانه ($4/8$ تن در هکتار) را به عنوان عملکرد حداکثر (Y_m) و ET مطابق با آن 441 میلی‌متر به عنوان ET_m در نظر گرفته شد. ضریب حساسیت عملکرد (ky) برای گندم برابر $1/3$ با ضریب تغییرات $0/86$ به دست آمد. دورنباس و کسام (۱۹۷۹) این ضریب را برای گندم و ذرت به ترتیب $1/05$ و $1/25$ ، و زودجو و لوجینگ ون (۱۹۹۳) برابر $1/02$ و $1/21$ گزارش دادند. دلیل عمده تفاوت ضریب حساسیت گندم حاصل از این پژوهش با مراجع ذکر شده در بالا، به سهم زیاد تبخیر خاک در مجموع تبخیر و تعرق گیاه در طی فصل رشد در منطقه برمی‌گردد. اوایل فصل رشد که پوشش گندم کامل نیست و نیاز تعرقی آن کم است در معرض باران (عامل غیر قابل کنترل) قرار دارد و همچنین در مراحل بعدی به دلیل کاربرد آب شور که موجب اختلال در جذب آب می‌شود باعث شدند تا سهم تبخیر زیاد شود. برای جداسازی تبخیر خاک و تعرق گیاه از مجموع تبخیر و تعرق گیاه از روش گرافیکی استفاده شد (شکل شماره ۵). نتایج نشان می‌دهد که مقدار تبخیر از خاک در فصل رشد گیاه حدوداً 110 میلی‌متر (25 درصد تبخیر-تعرق ماکزیمم) و تعرق گیاه 325 میلی‌متر (75 درصد تبخیر-تعرق ماکزیمم) حاصل شد. در نتیجه برنامه‌ریزی برای کاهش سهم میزان تبخیر خاک از مجموع تبخیر و تعرق گیاه در منطقه، عامل مؤثری در جهت افزایش عملکرد گندم خواهد بود.

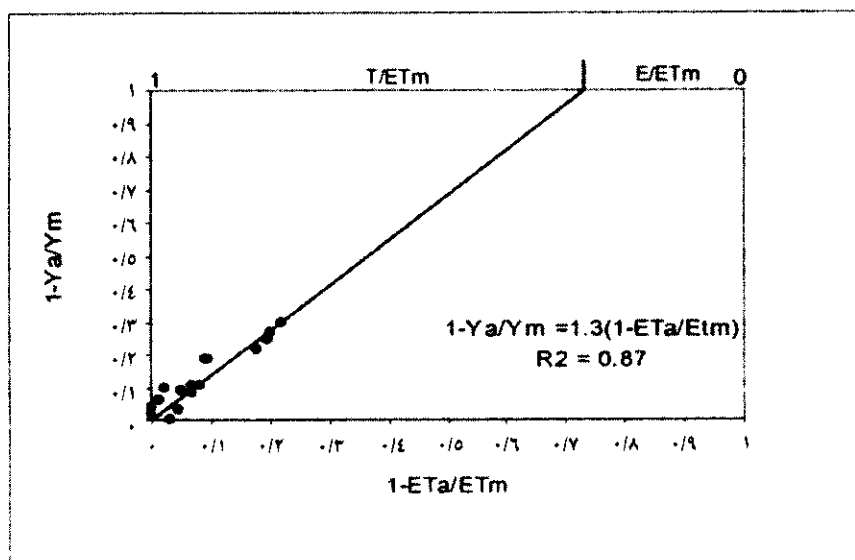
به طور کلی WUE در اثر افزایش شوری آب آبیاری کاهش می‌یابد. مقایسه کارایی مصرف آب در دو تیمار W_3S_1 و W_3S_4 طی دو سال کاهشی به ترتیب در حدود 13 و 10 درصد را نشان می‌دهد. هر گاه سطح شوری آب آبیاری را به S_3 کاهش دهیم مقدار WUE ارتقا می‌یابد. به طوری که تیمار W_3S_3 نسبت به تیمار W_3S_1 در هر دو سال زراعی فقط به میزان 7 درصد کاهش دارد.

- رابطه تبخیر و تعرق با عملکرد

شکل شماره ۴ تغییرات عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را در مقابل مصرف آب برای دو سال زراعی نشان می‌دهد. برای هر دو سال تابع رگرسیونی خطی حاصل از متوسط داده‌های ۳ تکرار بین عملکرد دانه و ET نشان می‌دهد که همبستگی بالایی ($R^2 = 0/86$) بین دو متغیر فوق وجود دارد. متوسط ضریب رگرسیون بین عملکرد دانه و ET برابر $0/11$ است. در این زمینه سینگ و همکاران (Singh et al., 1980) ضریب $0/13$ و زودجو و لوجینگ ون (Zhu Deju & Luginwen, 1993) ضریب $0/01$ را به دست آوردند. رابطه بین عملکرد بیولوژیک و میزان مصرف آب گیاه نشان می‌دهد که در 86 درصد حالات، تغییرات عملکرد با تغییرات ET همبستگی مطلوبی دارد و شیب منحنی در این حالت برابر $0/37$ است. رابطه بسیار قوی بین عملکرد و ET در رژیم‌های مختلف آبیاری را توسط گاجری و پریهار (Gagri & Prihar, 1983) با R^2 بین $0/91$ تا $0/98$ و زودجو و لوجینگ ون (۱۹۹۳)، با R^2 برابر $0/96$ و ضریب رگرسیون $0/48$ به دست آوردند.



شکل شماره ۴- تغییرات عملکرد دانه (a, b) و عملکرد بیولوژیک (c) در مقابل ET در دو سال زراعی



شکل شماره ۵- تغییرات افت نسبی عملکرد دانه گندم

در مقابل افت نسبی ET در سال زراعی ۸۱-۸۲

نتیجه گیری

می توان مقدار شوری آب آبیاری را متناسب با رشد گیاه، افزایش داد.

- بررسی کارایی مصرف آب نشان می دهد که با استفاده از روش کم آبیاری یا جایگزین کردن آب شور می توان بخشی از آب غیر شور را برای استفاده در منطقه دیگر صرفه جویی کرد. در شرایط کم آبیاری، کارایی مصرف آب گندم افزایش می یابد. با استفاده از آب شور (۱۴ دسی زیمنس در متر) به جای آب غیر شور، WUE در حد ۱۳ درصد و اگر سطح شوری آب آبیاری به ۱۲ دسی زیمنس در متر کاهش یابد در حد ۷ درصد کاهش می یابد.

- طبقه بندی های موجود کیفیت آب برای منطقه مورد آزمایش، غیر کاربردی و بسیار محافظه کارانه است، به استناد این پژوهش باید در شیوه کار بازنگری اساسی شود و شاخص های

- از آنجا که در منطقه گرگان شروع آبیاری پس از مرحله خوشه رفتن آغاز می شود، با کاهش ۲۵ درصد از آب مورد نیاز گیاه، عملکرد در حد ۱۰ درصد کاهش می یابد. بنابراین بهتر است نیاز گیاه بر این اساس توزیع و آب صرفه جویی شده در مناطق دیگر استفاده شود.

- امروز از آب های شور با مدیریت های خاصی در مناطق مختلف دنیا استفاده می شود. اختلاط آب های شور و غیر شور و استفاده چرخشی (Cyclic) از آب شور و غیر شور کاربرد فراوانی دارد. در استان گلستان باران به صورت طبیعی این نوع مدیریت ها را اعمال می کند، یعنی در اوایل رشد که گیاه حساس به شوری است باران نیاز را مرتفع می کند، ضمن اینکه در زمان آبیاری نیز احتمال بارندگی وجود دارد، باران موجب شست و شوی نمک می شود و در نتیجه

- دیگری به صورت توأم برای ارزیابی این نوع آب‌ها تعریف شوند.
- در طبیعت، شوری و خشکی به صورت توأم وجود دارد؛ نتایج نشان می‌دهد که اثر کمبود رطوبت بر کاهش محصول بیش از شوری است و اثر تجمعی شوری و کم آبی کمتر از مجموع اثرهای هر یک از تنش‌های فوق است.

مراجع

- 1-Ayers, R. S. and Westcot, D. W. 1985. Water quality for agriculture. Irrigation and Drainage. Paper 29. Rev.1. FAO, Rome.
- 2-Deju, Z. and Jingwen, L. 1993. The water-use efficiency of winter wheat and maize on a salt - affected soil in the Huang Huai Hai river plain of China. Agri. Water Manage. 23, 67-82.
- 3-Doorenbos, J. and Kassam, A. H. 1979. Yield response to water. Irrigation and Drainage. Paper 33. FAO, Rome.
- 4-Doorenbos, J. and Pruitt, W. O. 1977. Guidelines for prediction crop water requirements. Irrigation and Drainage. Paper 24. FAO, Rome.
- 5-Feng, G. L., Meiri, A. and Letey, J. 2003a. Evaluation of a model for irrigation management under saline conditions: I. Effects of plant growth. Soil Sci. Soc. Am. J. 67, 71-76.
- 6-Feng, G. L., Meiri, A. and Letey, J. 2003b. Evaluation of a model for irrigation management under saline conditions: II. Salt distribution and rooting pattern effects. Soil Sci. Soc. Am. J. 67, 77-80.
- 7-Gajeri, P. R. and Prihar, S. S. 1983. Effect of small irrigation amounts on the yield of wheat. Agri. Water manage. 6, 31-41.
- 8-Gulati, H. S. and Murty, V. V. N. 1979. A model for optimal allocations of canal water based on crop production function. Agri. Water Manage. 2 (1): 79-91.
- 9-Guera, A. F. and Antonini, J. C. D. 1996. Time for stopping irrigation on wheat crop. Pesquisa Brasilia. 31(11):823-828.
- 10-Homae, M., Feddes, R. A. and Dirksen, C. 2002. A macroscopic water extraction model for non-uniform transient salinity and water stress. Soil Sci. Soc. Am. J. 66, 1764-1772.

- 12-Khanjani, M. J. and Busch, J. R. 1982. Optimal irrigation water use from probability and cost benefit analysis. TRANS. of the ASAE. 25 (4): 961-965
- 13-Khosla, B. K. and R. K. Gupta. 1997. Response of wheat to saline irrigation and drainage. Agri. Water Manage. 32, 285 -291.
- 14-Maas, E. V. 1986. Salt tolerance of plants. Application Agri. Res. 1, 12-26.
- 15-Maas, E. V. 1990. Crop salt tolerance. ASAE. Monograph, 71. 262-304.
- 16-Maas, E. V. and Hoffman, G. J. 1977. Crop salt tolerance current assessment. J. Irrig. and Drain. Div. ASCE. 103 (IR2): 115-134.
- 17-Maas, E. V. Poss, J. A. and Hoffman, G. J. 1986. Salinity sensitivity of sorghum at three growth stages. Irrig. Sci. 7, 1 -11.
- 18-Maas, E. V., Scott, M. L., Francois, L. E. and Grieve, C. M. 1994. Tiller development in salt-stressed wheat. Crop Sci. 34, 1594-1603.
- 19-Meiri, A. 1984. Plant response to salinity: Experimental methodology and application to the field. In: Soil salinity under irrigation, process and management. Ecological studies, Vol. 51. Springer. Berlin, 284-297.
- 20-Minhas, P. S. and Gupta, R. K. 1993a. Conjunctive use of saline and non saline waters. Response of wheat to initial salinity profiles and salinisation patterns. Agri. Water Manage. 23, 125-137.
- 21-Minhas, P. S. and Gupta, R. K. 1993b. Conjunctive use of saline and non saline waters. III. Validation of applications of transient model for wheat. Agri. Water Manage. 23, 149-160.
- 22-Osman, A. Al-Tahir, Al-Nabulsi, Y. A. and Helalia, A. M. 1997. Effects of water quality and frequency of irrigation on growth and yield of barley. Agric. Water Manage. 34: 17-24.
- 23-Parra, M. A. and Romero, G. C. 1980. On the dependence of salt tolerance of beans on soil water matric potential. Plant and Soil. 56, 3-16.
- 24-Rhoades, J. D., Kandidah, A. and Mashali, A. M. 1992. The use of saline waters for crop production. Irrigation and Drainage. Paper 48. FAO, Rome.
- 25-Sepaskhah, A. R. and Boersma, L. 1979. Shoot and root growth exposed to several levels of matric potential and NaCl induced osmotic potential of soil water. Agronomy J. 71, 746-752.

- 26-Shannon, M. C. 1997. Adaptation of plants to salinity. *Advances in agronomy*. 60,75-120.
- 27-Singh, G., Singh, P. N. and Bhushan, L. S. 1980. Water use and wheat yields in northern India under different irrigation regimes. *Agri. Water manage*. 3, 107-114.
- 28-Solomon, K. H. 1983. Irrigation uniformity and yield theory. Ph.D. dissertation. Agricultural and Irrigation Engineering Dept. Utah State University, Logan.
- 29-Stewart, J. I., Danielson, R. E., Hank, R. J., Jackson, E. B., Hagan, R. M. Pruitt, W. O., Franklin, W. T. and Riley, J. P. 1977. Optimizing crop production through control of water and salinity levels in the soil. Utah water Lab. PRWG 151-1. Utah. Logan.
- 30-Stewart, J. I. and Hagan, R. M. 1973. Functions to predict effects of crop water deficits. *J. Of Irrig. and Drain. Div. ASCE*. 99 (IR4):421-439.
- 31-Vaux, H. J. Jr. and Pruitt, W. V. 1983. Crop-water production functions, In: Hillel, D. (Ed.). *Advances in irrigation*. Vol. 2. Academic Press, Inc. NY.

Water Use Efficiency of Wheat Under Salinity and Water Stress Conditions

A. R. Kiani, M. Mirlatifi, M. Homaei and A. M. Cheraghi

Water scarcity and low quality of soil and water resources are factors causing production loss in arid and semi arid regions. In this condition, the application of deficit irrigation and use of saline drainage water are the most important alternatives for decreasing detrimental effects arising from water shortage. For this purpose, this research was conducted to evaluate yield and water use efficiency (WUE) of wheat under salinity and water stress conditions for two growing seasons (2001-2002) in north of Gorgan. The treatments were consisted four levels of irrigation water 50 (W_1), 75 (W_2), 100 (W_3) and 125 (W_4) percent of crop water requirement and with four irrigation water salinity levels of 1.5 (S_1), 8.5 (S_2), 11.5 (S_3) and 14.2 (S_4) dS/m. The experiment was performed using to a randomized complete block design with split plot layout, which considered water quantity as main plot and water quality as subplot with three replications. The results revealed that wheat yield and WUE did not considerably decrease when some drainage saline water was mixed with non-saline irrigation water and it was found the use of such water completely impossible for irrigation purposes. The soil salinity at the harvest time was increased comparing with beginning of the season as a result of using saline water. In S_4 treatment, soil salinity (ECe of surface 0-40 Cm soil) was increased from 4 dS/m at the planting date to 7.5 dS/m at the harvesting time. However, it decreased again by the next pre-sowing stage due to autumn rainfall.

Key words: Gorgan, Salinity, Water Stress, Wheat, WUE