# کارآیی مصرف آب گندم تحت شرایط شوری و کم‌آبی[1]

علیرضا کیانی، مجید میرلطیفی، مهدی همایی و علی محمد چراغی[2]

تاریخ دریافت مقاله: ٨٣/٤/١٥ تاریخ پذیرش مقاله: ٨٣/١٠/٢٦

## 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 کم‌آبیاری 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 کارآیی مصرف آب و عملکرد گندم تحت شرایط شوری و کم‌آبی به مدت دو سال زراعی (٨١-٨٠ و ٨٢-٨١) در شمال شهرستان گرگان (آق قلا) به اجرا در آمد. چهار سطح مقدار آب شامل ٥٠ ($W_1$)، ٧٥ ($W_2$)، ١٠٠ ($W_3$) و ١٢٥ ($W_4$) درصد نیاز گیاه به عنوان عامل اصلی و چهار سطح شوری شامل ١/٥ ($S_1$)، ٨/٥ ($S_2$)، ١١/٥ ($S_3$)، و ١٤/٢ ($S_4$) 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 طوری‌که کارآیی 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 ٤٠ سانتی‌متری شوری خاک از ٤ دسی‌زیمنس بر متر در زمان کاشت به ٧/٥ 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 ٥/٨ دسی‌زیمنس بر متر کاهش یافت.*

## واژه‌های کلیدی

شوری، کارآیی مصرف آب، کم‌آبی، گرگان، گندم

---

١- 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"

٢- 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 ٤٩١٥٦٧٧٥٥٥، تلفن: ٤-٣٣٥٠٠٦٣ (٠١٧١)، دورنگار: ٣٣٥٤٠٣١ (٠١٧١)، پیام نگار: 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**

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 رابطهٔ آب- عملکرد یا شوری- عملکرد را کمّی 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 رابطهٔ خطی وجود دارد. البته رابطهٔ غیرخطی بین عملکرد و ET در تعدادی از گیاهان را خانجانی و بوش (Khangani & Busch, 1982)، گولوتی و مورتی (Guluti & Murti, 1970) و دورنباس و کسام (۱۹۷۹) گزارش کرده‌اند. از آنجا که همهٔ آب به کار برده شده برای ET مصرف نمی‌شود، چند تن از پژوهشگران رابطهٔ 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 هَگان (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، چغندرقند، و جو مقاوم به شوری و گیاهانی نظیر لوبیا، پیاز، ذرت، و توت فرنگی حساس به شوری طبقه‌بندی شده اند. 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 (۸/٦ 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 می یابد. عثمان و همکاران

(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 رودز و همکاران (Roades *et al*., 1992) تجربیات موفق کاربرد آبهای شور در کشورهای اتیوپی، 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 اولیهٔ 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 کم آبیاری انجام پذیرفت و ضمن آن تغییرات عملکرد، کارآیی مصرف آب گندم در شرایط شوری، و کم آبی 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 لومِ سیلتی و از ۳۰ تا ۹۰ سانتی‌متری لومِ 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 عصارهٔ 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 و۱۴/۷ دسی زیمنس 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 ۳×۴ متر، فاصلهٔ کرت‌ها از همدیگر ۲ متر، فاصلهٔ ردیف‌های

گندم در هر کرت ۲۰ سانتی‌متر، فاصلهٔ بوته‌ها روی ردیف ۸ سانتی‌متر، و فاصلهٔ شیارهای آبیاری ٦٠ سانتی‌متر انتخاب شد. برای آبیاری از دو منبع آب، یکی آب چاه یا کانال آبیاری منشعب از رودخانهٔ 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 شوراستفاده 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 می‌شد. از لوله PVC به قطر ۸ اینچ مستقر شده در وسط مزرعه خروجی‌هایی برای انتقال آب به کرت‌ها 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 اندازه‌گیری دقیق میزان آب وارد شده به کرت‌ها استفاده شد (شکل شمارهٔ ۱). عمق آب آبیاری در رژیم‌های مختلف بر اساس اندازه‌گیری رطوبت خاک قبل از هر آبیاری تا عمق توسعهٔ ریشه با معیار قرار دادن تیمار بدون تنش آبی ($W_3$) و اعمال ضرایب (f) برای هر تیمار طبق رابطهٔ شمارهٔ ۱ محاسبه شد.

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

که در آن: SMD کمبود رطوبت خاک (میلی‌متر)، $\theta_{FC}$ و $\theta_i$ به ترتیب رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی و قبل از آبیاری (درصد وزنی)، D عمق توسعهٔ ریشه (میلی‌متر)، Bd وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، و f ضریب هر تیمار است.

مقدار مصرف آب در گیاه از طریق اندازه‌گیری اجزای بیلان آب بر اساس رابطهٔ شمارهٔ ۲ زیر محاسبه شد:

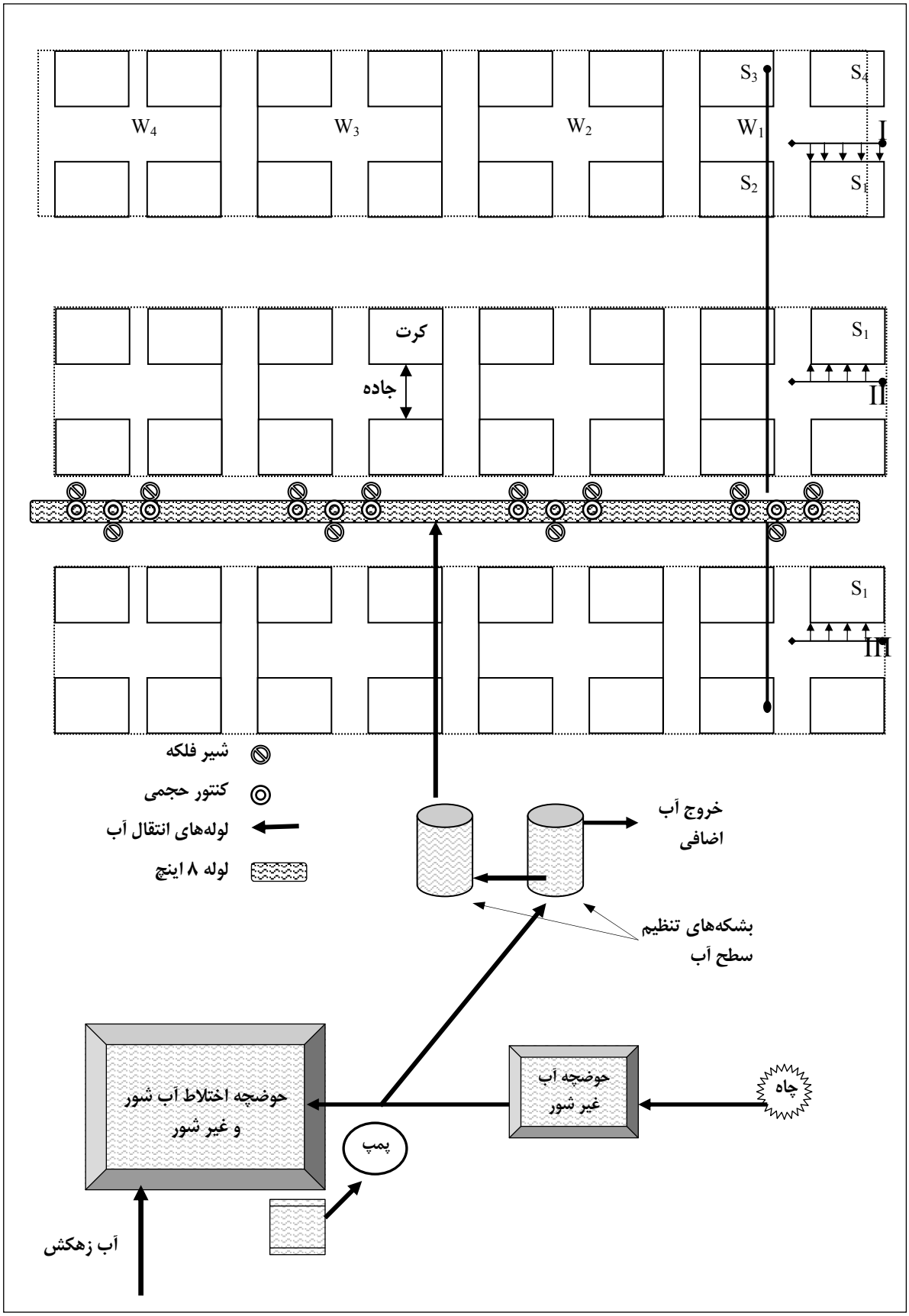
$$I+P-(ET+Dd+Ro)=\Delta S \quad (2)$$

که در آن: I و P به ترتیب مقدارآب آبیاری و آب باران، ET، Dd و Ro به ترتیب مقدار مصرف گیاه، عمق آب زهکشی شده، و رواناب، و $\Delta S$ تغییرات ذخیرهٔ رطوبت خاک و همه بر حسب میلی‌متر 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 می‌شود عمق آب زهکشی شده با اندازه‌گیری 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 (عصارهٔ اشباع ) در نیمرخ خاک تا عمق یک متری به ازای هر ۲۰ سانتی‌متر با نمونه‌گیری خاک از همهٔ تیمارها در ابتدا، قبل، و بعد از هر آبیاری و در انتهای فصل اندازه‌گیری شد. عملکرد دانهٔ گندم با حذف نیم متر حاشیه از هر طرف در تمام کرت‌ها تعیین شد. تبخیر و تعرق گیاه به تفکیک هر سال از روش پنمن- مانتیث و با استفاده از مدل CROPWAT محاسبه شد. کارآیی مصرف آب (WUE[2]) از نسبت عملکرد دانهٔ گندم به آب کاربردی (مجموع آبیاری و بارندگی) به دست آمد.

1-Soil Moisture Deficit 2- Water Use Effiiciency




شکل شمارهٔ ۱- نمایی از چگونگی اجرای طرح در مزرعه

## نتایج و بحث

### - عملکرد، عمق آب آبیاری و روند تغییرات رطوبت خاک

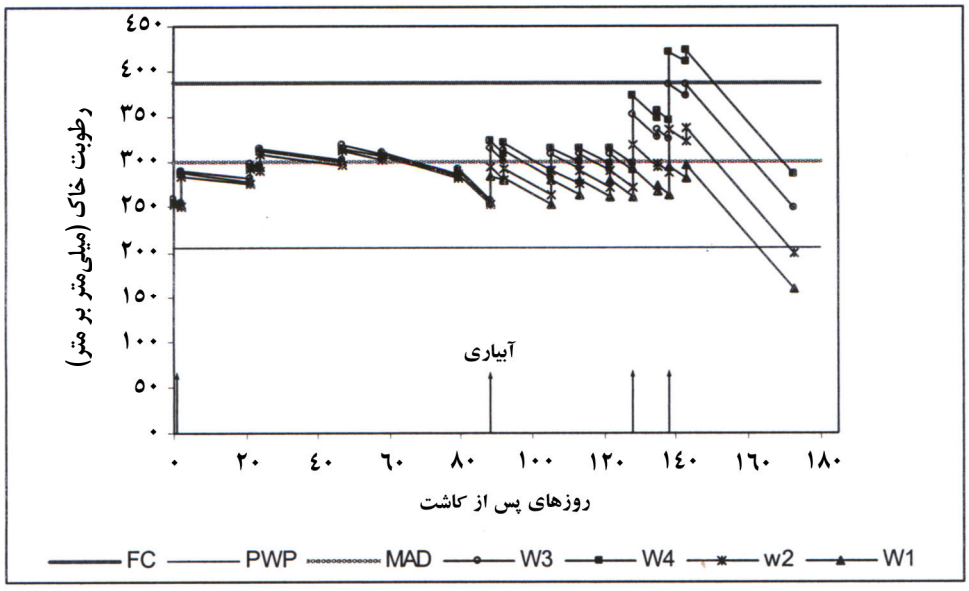
در سال اول تیمارها چهار بار آبیاری گردیدند: آبیاری اول در زمان کاشت با استفاده از دستگاه آبفشان قرقره‌ای[1] به منظور سبز شدن یکنواخت، به ارتفاع ٢٦ میلی‌متر با آب غیر شور برای همه تیمارها و سه آبیاری پس از کاشت با مقادیر کمّی وکیفی مختلف. در سال دوم زراعی به دلیل بارندگی مناسب و رطوبت کافی در خاک، که بیشتر از تخلیه مجاز رطوبتی (MAD[2]) 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 شمارهٔ ١ و تغییرات رطوبت خاک طی فصل رشد گندم در شکل‌های شمارهٔ ٢ و ٣ ارائه شده‌اند. مقایسهٔ تغییرات رطوبت خاک در این دو سال نشان می‌دهد که مقادیر رطوبت خاک در سال دوم نسبت به سال اول بالاتر بود. در سال ٨٢ و در اوایل رشد گیاه بارندگی‌های متعدد باعث شد تا رطوبت لایهٔ بالایی خاک برای رشد گیاه مطلوب‌تر از سال قبل باشد. در سال اول، از زمان کاشت گندم تا ابتدای مرحلهٔ زایشی (٩٠ روز پس از کاشت) حدود ٩٠ میلی‌متر در ١٣ روز و در دوران زایشی (دو ماه پس از شروع مرحلهٔ زایشی) حدود ٧٤ میلی‌متر در ١٣ روز باران بارید، اما در سال دوم از زمان کاشت تا شروع رشد زایشی میزان بارندگی حدود ١١٥ میلی‌متر در ٢٨ روز و در دوران رشد زایشی ٧٨ میلی متر در ١٣ 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 ٨٢ مناسب تر از سال ٨١ بوده است. در نتیجه عملکردها نیز تحت تأثیر این عامل قرار گرفته به طوری که عملکرد گندم در سال ٨٢ به طور متوسط ٨٠٠ کیلوگرم در هکتار بیشتر از سال ٨١ بوده است.

1- Mini Gun 2-Management Allowable Deficit =55%

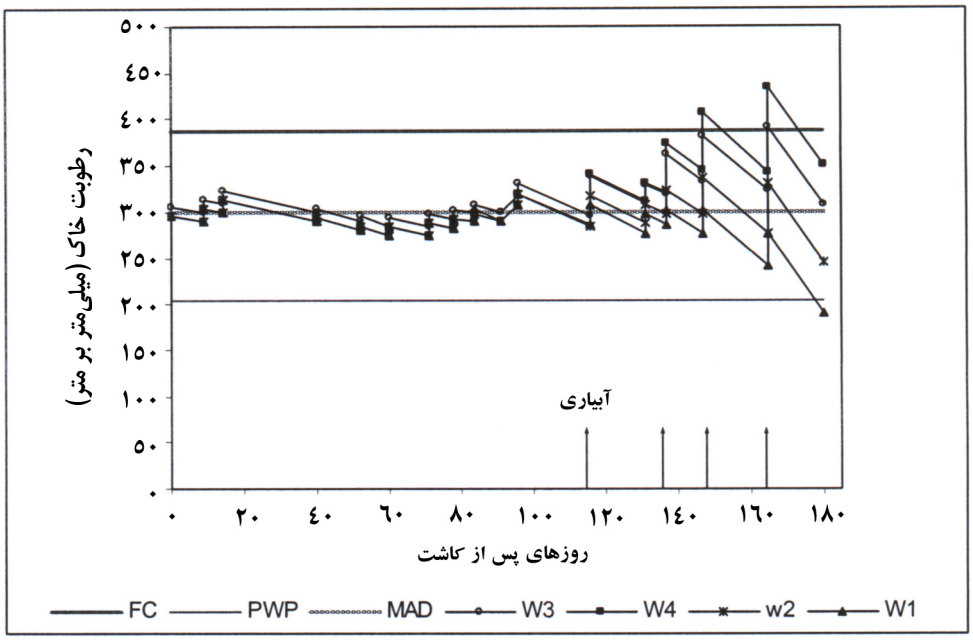
جدول شمارهٔ ۱- مقادیر عمق (میلی‌متر) ، شوری (دسی زیمنس در متر ) آب و تاریخ آبیاری به تفکیک دو سال زراعی

| تیمار | تاریخ آبیاری سال ۸۱-۸۰ | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ۸۰/۹/۲۸ (زمان کاشت) | | ۸۰/۱۲/۲۶ ( ساقه روی) | | ۸۱/۲/۷ (اواخر گلدهی) | | ۸۱/۲/۱۷ (اواخر شیری شدن دانه) | |
| | عمق آب | شوری | عمق آب | شوری | عمق آب | شوری | عمق آب | شوری |
| $W_1S_1$ | ۲۶ | ۰/۸ | ۲۹ | ۰/۸ | ۳۲ | ۱/۹ | ۳۲ | ۱/۹ |
| $W_2S_2$ | ۲۶ | ۰/۸ | ۴۳ | ۵/۰ | ۴۷ | ۸/۷ | ۴۷ | ۹/۷ |
| $W_3S_3$ | ۲۶ | ۰/۸ | ۵۷ | ۷/۰ | ۶۳ | ۱۱/۰ | ۶۳ | ۱۴/۲ |
| $W_4S_4$ | ۲۶ | ۰/۸ | ۶۸ | ۱۰/۰ | ۷۶ | ۱۳/۹ | ۷۶ | ۱۶/۵ |

| | تاریخ آبیاری سال ۸۲-۸۱ | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ۸۲/۱/۱۴ (اواخر ساقه روی) | | ۸۲/۲/۴ (اواخر گلدهی) | | ۸۲/۲/۱۴ ( شیری شدن دانه) | | ۸۲/۲/۲۸ (اوایل دانه بستن) | |
| | عمق آب | شوری | عمق آب | شوری | عمق آب | شوری | عمق آب | شوری |
| $W_1S_1$ | ۲۲ | ۰/۹ | ۲۲ | ۱/۰ | ۲۵ | ۰/۹ | ۳۵ | ۰/۹ |
| $W_2S_2$ | ۳۲ | ۸/۶ | ۳۲ | ۹/۵ | ۳۹ | ۹/۶ | ۵۷ | ۹/۶ |
| $W_3S_3$ | ۴۵ | ۱۱/۳ | ۴۵ | ۱۱/۸ | ۵۰ | ۱۲/۹ | ۷۲ | ۱۲/۹ |
| $W_4S_4$ | ۵۵ | ۱۳/۶ | ۵۵ | ۱۴/۵ | ۶۲ | ۱۵/۶ | ۹۰ | ۱۵/۶ |




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




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

شکل‌های شمارهٔ 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 مراحلی اجرا می‌شود که گیاه به شوری مقاوم‌تر می‌شود. به استناد نتایج عملکرد گندم در شرایط شوری و کم آبی (جدول شمارهٔ 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 دانهٔ گندم در تیمار $W_3S_1$ (بدون تنش شوری) نسبت به تیمار $W_3S_4$ (با شوری ۱۳/٦ دسی زیمنس در متر در سال اول و ١٤/٢ دسی زیمنس در متر در سال دوم) در سال‌های اول و دوم به ترتیب ۱۲ و ۸ درصد کاهش داشت (جدول شمارهٔ 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 اولیهٔ 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 سالهٔ 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 لایهٔ سطحی خاک افزایش دارد. به طوری که در تیمار $S_4$ در سال اول، متوسط شوری تا عمق ٤۰ سانتی‌متری

از ٤ دسی زیمنس در متر در زمان کاشت به ۷/۵ دسی زیمنس در متر در زمان برداشت و در سال دوم از ۵/۸ دسی زیمنس در متر در زمان کاشت به ۸/۸ دسی زیمنس در متر در زمان برداشت رسید. اما باران‌های مهر، آبان، و آذر (متوسط مجموع ۱۰ ساله اخیر ۱٤۰ میلی‌متر) با شست و شوی نمک شرایط را برای جوانه زنی و رشد اولیهٔ گندم مساعد می‌کند. در سه ماههٔ زمستان به دلیل ریزش‌های مناسب (حدود ۱۱۰ میلی‌متر)، افزایش رطوبت هوا، کاهش تبخیر، و کاهش دمای هوا صعود شوری از لایه‌های پایین‌تر به سطح خاک محدود می‌شود. بنابراین، مشخص می‌شود که شرایط اقلیمی در منطقه کاربرد آب‌های شور (بالاتر از آستانهٔ 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 ببارد که خاک را به اندازه لازم شست و شو دهد، با اندازه گیری شوری خاک در اوایل رشد گندم خاک را باید آبشویی کرد.

**جدول شمارهٔ ۲- اثر متقابل شوری و مقدار آبیاری بر عملکرد گندم به تفکیک دو سال زراعی**

| آبیاری | شوری | *عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) سال ۸۱-۸۰ | سال ۸۲-۸۱ |
|---|---|---|---|
| $W_1$ | $S_1$ | ۳۲۱۳cdef | ۳۷۹۰cd |
| | $S_2$ | ۳۲۱٦cdef | ۳٦٦۳cd |
| | $S_3$ | ۳۰۰۰ef | ۳٥٤۰cd |
| | $S_4$ | ۲۸٦۲f | ۳٤۳۰d |
| $W_2$ | $S_1$ | ۳۳۸۸abcdef | ٤٤۳۹ab |
| | $S_2$ | ۳۳٥۸abcdef | ٤۳۳۰ab |
| | $S_3$ | ۳۳۲٥bcdef | ۳۹٥۱bc |
| | $S_4$ | ۳۱۲٥def | ۳۹۳۸bcd |
| $W_3$ | $S_1$ | ۳۸٤٥ab | ٤۷۷۷a |
| | $S_2$ | ۳٦۰٥abcd | ٤٦٥۱a |
| | $S_3$ | ۳٥۷۸abcde | ٤٥۳۹a |
| | $S_4$ | ۳٤۰۰abcdef | ٤۳۷٤ab |
| $W_4$ | $S_1$ | ۳۸۲٥a | ٤۸۳۹a |
| | $S_2$ | ۳۷۸۳abc | ٤٦۹۰a |
| | $S_3$ | ۳۷۷۳abc | ٤٤۰٥ab |
| | $S_4$ | ۳٤٦۷abcde | ٤۳۳۱ab |

*حروف غیر مشابه به مفهوم معنی‌دار در سطح ۵ درصد

از نظر تأثیر تنش آبی بر عملکرد گندم داده‌های جدول شمارهٔ 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 دانهٔ 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 منطقهٔ 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 ۲٦ 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 کمّی کرد. این نتایج با مطالعات پژوهشگران دیگر مانند پارا و رومرو (Parra & Romero, 1980)، سپاسخواه و بورسما (Sepaskhah & Boersma, 1979)، همایی و 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 شمارهٔ ۳ مقدار جذب آب را در گیاه بر اساس محاسبهٔ 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 ذخیرهٔ 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 ۸۱-۸۰ مقایسهٔ دوتیمار $W_1S_1$ با $W_4S_1$ نشان می‌دهد که در تیمار اول میزان تخلیه رطوبت از خاک طی فصل برابر ۳٦ میلی‌متر و در تیمار دیگر برابر ٤ میلی‌متر و در سال زراعی ۸۲-۸۱ در همین دو تیمار میزان تخلیه رطوبت از خاک به ترتیب ۷٤ و۲۵ میلی‌متر است. کارآیی 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، مقایسهٔ 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 ٤ درصد کاهش دارد.

جدول شمارهٔ ۳- برآورد میزان مصرف آب گیاه* در طی فصل رشد در سال های زراعی ۸۱-۸۰ و۸۲-۸۱

| سال زراعی | تیمارها | | ضرایب | عمق آب آبیاری (میلی‌متر) | عمق زهکشی (میلی‌متر) | تغییرات رطوبت خاک (میلی‌متر) | مصرف گیاه (میلی‌متر) | WUE (کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۸۰-۸۱ | $S_1$ | $W_1$ | ۰/۵۰ | ۱۱۸ | ۰ | ۳۶ | ۳۱۷ | ۱۱/٤ |
| | | $W_2$ | ۰/۷۵ | ۱٦۳ | ۰ | ۳۳ | ۳۵۹ | ۱۰/٤ |
| | | $W_3$ | ۱/۰۰ | ۲۰۹ | ۰ | ۱۲ | ۳۸٤ | ۱۰/۳ |
| | | $W_4$ | ۱/۲۵ | ۲٤٦ | ۳۰ | ٤ | ۳۸۳ | ۹/٤ |
| | $S_2$ | $W_1$ | ۰/۵۰ | ۱۱۸ | ۰ | ۲٦ | ۳۰۷ | ۱۱/٤ |
| | | $W_2$ | ۰/۷۵ | ۱٦۳ | ۰ | ۲٦ | ۳۵۲ | ۱۰/۳ |
| | | $W_3$ | ۱/۰۰ | ۲۰۹ | ۰ | ۱۱ | ۳۸۲ | ۹/۷ |
| | | $W_4$ | ۱/۲۵ | ۲٤٦ | ۳۰ | ۳ | ۳۸۲ | ۹/۲ |
| | $S_3$ | $W_1$ | ۰/۵۰ | ۱۱۸ | ۰ | ۲۱ | ۳۰۲ | ۱۰/۷ |
| | | $W_2$ | ۰/۷۵ | ۱٦۳ | ۰ | ۱۹ | ۳٤۵ | ۱۰/۲ |
| | | $W_3$ | ۱/۰۰ | ۲۰۹ | ٤ | ۲ | ۳۷۰ | ۹/٦ |
| | | $W_4$ | ۱/۲۵ | ۲٤٦ | ۳۷ | -۷ | ۳٦۵ | ۹/۲ |
| | $S_4$ | $W_1$ | ۰/۵۰ | ۱۱۸ | ۰ | ۱٤ | ۲۹۵ | ۱۰/۲ |
| | | $W_2$ | ۰/۷۵ | ۱٦۳ | ۰ | ۱۱ | ۳۳۷ | ۹/٦ |
| | | $W_3$ | ۱/۰۰ | ۲۰۹ | ٤ | ۲ | ۳۷۰ | ۹/۱ |
| | | $W_4$ | ۱/۲۵ | ۲٤٦ | ۳۹ | -۱۳ | ۳۵۷ | ۸/۵ |
| ۸۱-۸۲ | $S_1$ | $W_1$ | ۰/۵۰ | ۱۰٤ | ۰ | ۷٤ | ۳٦۲ | ۱۳/۲ |
| | | $W_2$ | ۰/۷۵ | ۱٦۰ | ۰ | ٦۷ | ٤۱۱ | ۱۲/۹ |
| | | $W_3$ | ۱/۰۰ | ۲۱۲ | ٤ | ٤۸ | ٤٤۱ | ۱۲/۱ |
| | | $W_4$ | ۱/۲۵ | ۲٦۲ | ٤۵ | ۲۵ | ٤۲٦ | ۱۰/۸ |
| | $S_2$ | $W_1$ | ۰/۵۰ | ۱۰٤ | ۰ | ٦۷ | ۳۵۵ | ۱۲/۷ |
| | | $W_2$ | ۰/۷۵ | ۱٦۰ | ۰ | ٦۱ | ٤۰۵ | ۱۲/۵ |
| | | $W_3$ | ۱/۰۰ | ۲۱۲ | ۰ | ٤٤ | ٤٤۰ | ۱۱/۷ |
| | | $W_4$ | ۱/۲۵ | ۲٦۲ | ٤٤ | ۱۹ | ٤۲۱ | ۱۰/۵ |
| | $S_3$ | $W_1$ | ۰/۵۰ | ۱۰٤ | ۰ | ٦۵ | ۳۵۳ | ۱۲/۳ |
| | | $W_2$ | ۰/۷۵ | ۱٦۰ | ۰ | ۵۷ | ٤۰۱ | ۱۱/۵ |
| | | $W_3$ | ۱/۰۰ | ۲۱۲ | ۵ | ٤۳ | ٤۳٤ | ۱۱/٤ |
| | | $W_4$ | ۱/۲۵ | ۲٦۲ | ٤۵ | ۱۸ | ٤۱۹ | ۱۰/۵ |
| | $S_4$ | $W_1$ | ۰/۵۰ | ۱۰٤ | ۰ | ۵۷ | ۳٤۵ | ۱۱/۹ |
| | | $W_2$ | ۰/۷۵ | ۱٦۰ | ۰ | ۵٤ | ۳۹۸ | ۱۱/٤ |
| | | $W_3$ | ۱/۰۰ | ۲۱۲ | ۵ | ۳۹ | ٤۳۰ | ۱۱/۰ |
| | | $W_4$ | ۱/۲۵ | ۲٦۲ | ٤۸ | ۱۲ | ٤۱۰ | ۹/۷ |

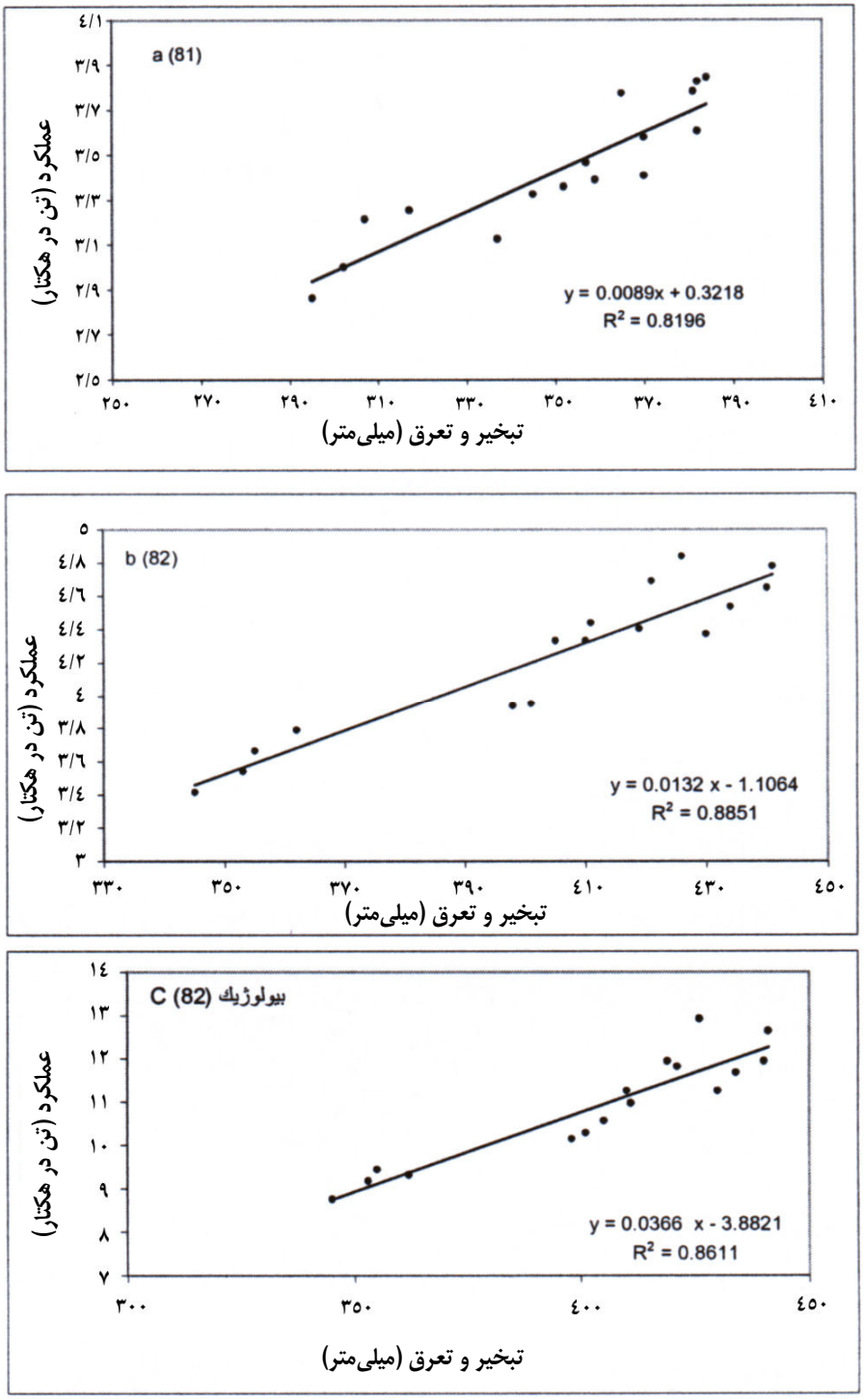
* اعداد جدول متوسط سه تکرار می‌باشند، ** مقدار باران مؤثر در سال های ۸۱ و ۸۲ به ترتیب ۱٦۳ و ۱۸٤ میلی‌متر بود.

به طور کلی WUE در اثر افزایش شوری آب آبیاری کاهش می‌یابد. مقایسهٔ کارآیی مصرف آب در دو تیمار $W_3S_1$ و $W_3S_4$ طی دو سال کاهشی به ترتیب در حدود ۱۳ و ۱۰ 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 ۷ درصد کاهش دارد.

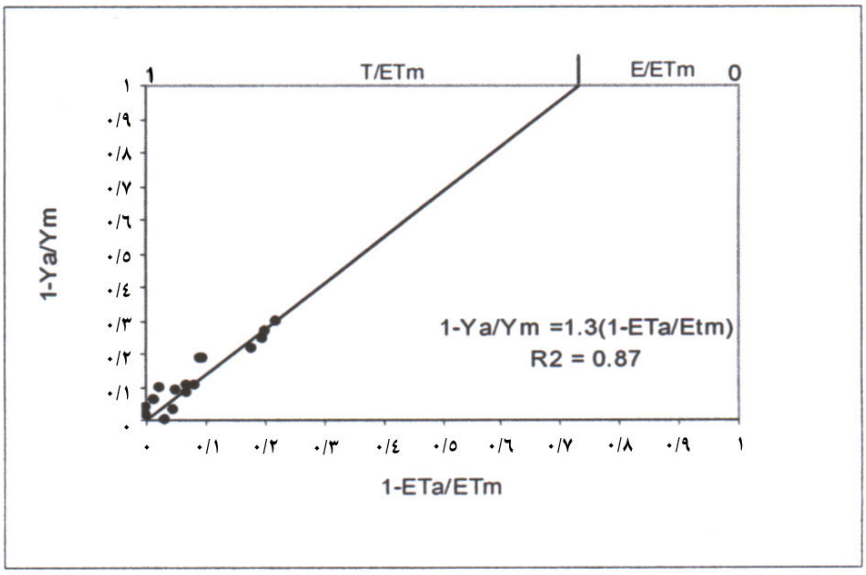
**- رابطهٔ تبخیر و تعرق با عملکرد**

شکل شمارهٔ ٤ تغییرات عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را درمقابل 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 ($R^2$= ٪٨٦) بین دو متغیر فوق وجود دارد. متوسط ضریب رگرسیون بین عملکرد دانه و ET برابر ۰/۰۱۱ است. در این زمینه سینگ و همکاران (Singh *et al.*, 1980) ضریب ۰/۰۱۳ و زودجو و لوجینگ ون (Zhu Deju & Lugingwen, 1993) ضریب ۰/۰۱ را به دست آوردند. رابطهٔ بین عملکرد بیولوژیک و میزان مصرف آب گیاه نشان می‌دهد که در ٨٦ درصد حالات، تغییرات عملکرد با تغییرات ET همبستگی مطلوبی دارد و شیب منحنی در این حالت برابر ۰/۰۳۷ است. رابطهٔ بسیار قوی بین عملکرد و ET در رژیم‌های مختلف آبیاری را توسط گاجری و پریهار (Gagri & Prihar, 1983) با $R^2$ بین ۰/۹۱ تا ۰/۹۸ و زو دجو ولوجینگ ون (۱۹۹۳)، با $R^2$ برابر ۰/۹٦ و ضریب رگرسیون ۰/۰٤۸ به دست آوردند.

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 شمارهٔ ۵). در این بررسی بیشترین عملکرد دانه (٤/٨ تن در هکتار) را به عنوان عملکرد حداکثر ($Y_m$) و ET مطابق با آن ٤٤١ میلی‌متر به عنوان $ET_m$ در نظر گرفته شد. ضریب حساسیت عملکرد (ky) برای گندم برابر ۱/۳ با ضریب تغییرات ۰/۸٦ به دست آمد. دورنباس و کسام (۱۹۷۹) این ضریب را برای گندم و ذرت به ترتیب ۱/۰۵ و ۱/۲۵، و زودجو و لوجینگ ون (۱۹۹۳) برابر ۱/۰۲ و ۱/۲۱ گزارش دادند. دلیل عمدهٔ 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 شمارهٔ ۵). نتایج نشان می‌دهد که مقدار تبخیر از خاک در فصل رشد گیاه حدوداً ۱۱۰ میلی‌متر (۲۵درصد تبخیر-تعرق ماکزیمم) و تعرق گیاه ۳۲۵ میلی‌متر (۷۵ 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.




**شکل شمارهٔ ٤- تغییرات عملکرد دانه ( a ،b) و عملکرد بیولوژیک (c) در مقابل ET در دو سال زراعی**




**شکل شمارهٔ ٥- تغییرات افت نسبی عملکرد دانه گندم در مقابل افت نسبی ET در سال زراعی ٨٢-٨١**

## نتیجه‌گیری

- از آنجا که در منطقهٔ گرگان شروع آبیاری پس از مرحله خوشه رفتن آغاز می‌شود، با کاهش ٢٥ درصد از آب مورد نیاز گیاه، عملکرد در حد ١٠ درصد کاهش می‌یابد. بنابراین بهتر است نیاز گیاه بر این اساس توزیع و آب صرفه‌جویی شده در مناطق دیگر استفاده شود.
- امروز از آب‌های شور با مدیریت‌های خاصی در مناطق مختلف دنیا استفاده می‌شود. اختلاط آب‌های شور و غیر شور و استفادهٔ چرخشی (Cyclic) از آب شور و غیرشور کاربرد فراوانی دارد. در استان گلستان باران به صورت طبیعی این نوع مدیریت‌ها را اعمال می‌کند، یعنی در اوایل رشد که گیاه حساس به شوری است باران نیاز را مرتفع می‌کند، ضمن اینکه در زمان آبیاری نیز احتمال بارندگی وجود دارد، باران موجب شست و شوی نمک می‌شود و در نتیجه می‌توان مقدار شوری آب آبیاری را متناسب با رشد گیاه، افزایش داد.
- بررسی کارآیی مصرف آب نشان می‌دهد که با استفاده از روش کم آبیاری یا جایگزین کردن آب شور می‌توان بخشی از آب غیر شور را برای استفاده در منطقه دیگر صرفه جویی کرد. در شرایط کم آبیاری، کارآیی مصرف آب گندم افزایش می‌یابد. با استفاده از آب شور (١٤ دسی زیمنس در متر) به جای آب غیر شور، WUE درحد ١٣ درصد و اگر سطح شوری آب آبیاری به ١٢ دسی زیمنس در متر کاهش یابد در حد ٧ درصد کاهش می یابد.
- طبقه‌بندی‌های موجود کیفیت آب برای منطقهٔ مورد آزمایش، غیر کاربردی و بسیار محافظه کارانه است، به استناد این پژوهش باید در شیوه کار بازنگری اساسی شود و شاخص‌های

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-Homaee, 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. Homaee 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