

تاثیر فناوری‌های به‌زراعی بر بهبود شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی و

کارایی مصرف آب در حوضه شرقی دریاچه ارومیه

علی سنگتراشان^۱، سید مجید میرلطیفی^۱ و حسین دهقانی سانج

دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه تربیت مدرس.

a.sangtarashan@modares.ac.ir

دانشیار، گروه مهندسی آبیاری و زهکشی دانشگاه تربیت مدرس.

mirlat_m@modares.ac.ir

دانشیار پژوهش، موسسه تحقیقات فنی مهندسی کشاورزی سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

h.dehghanisanij@areeo.ac.ir

دریافت: اسفند ۱۳۹۸ و پذیرش: اسفند ۱۳۹۹

چکیده

تحقیق حاضر در راستای بهبود بهره‌وری آب با اعمال برخی فناوری‌های به‌زراعی مانند تغییر روش‌های خاک‌ورزی، اصلاح ابعاد کرت آبیاری، تغییر ارقام گیاهی و اصلاح برنامه کودی در هشت مزرعه کشاورزان (چهار مزرعه تیمار و چهار مزرعه شاهد) در شهرستان‌های بناب، اسکو و عجب‌شیر واقع در حوضه شرقی دریاچه ارومیه در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ اجرا گردید. در مزارع تیمار، فناوری‌های پیشنهادی بدون اعمال مدیریت کشاورزان انجام شد و در مزارع شاهد کشاورزان به‌صورت سنتی و براساس دانش بومی خود و تجربه قبلی اقدام به انجام عملیات کاشت، داشت و برداشت نمودند. آب ورودی به مزارع، رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه در طول فصل رشد، و شاخص‌های مرتبط با رشد و تولید گیاه در زمان برداشت در همه مزارع اندازه‌گیری گردید. شاخص‌های بهره‌وری آب (WP)، کارایی مصرف آب (WUE) و بهره‌وری اقتصادی آب (WP_e) برای هر یک از مزارع محاسبه شد. نتایج نشان داد که در مزارع تیمار نسبت به شاهد، آب مصرفی به میزان ۹٪ کاهش و عملکرد محصول ۳۴٪ افزایش داشت. نیز، در مقایسه با مزارع شاهد، فناوری‌های اعمال‌شده در مزارع تیمار به‌طور متوسط منجر به افزایش شاخص‌های WP، WUE و WP_e به ترتیب به میزان ۳۸٪، ۳۱٪ و ۵۶٪ گردید.

واژه‌های کلیدی: آب مصرفی، تبخیر-تعرق واقعی، روش خاک‌ورزی، مدیریت آب در مزرعه

^۱ - آدرس نویسنده مسئول: تهران، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، گروه مهندسی آبیاری و زهکشی.

دریاچه ارومیه در سال‌های اخیر با کاهش شدید مقدار آب ورودی و خشکی گسترده‌ای مواجه شده که نگرانی‌هایی در سطح ملی و بین‌المللی به همراه داشته است (مقدسی و همکاران، ۱۳۹۴). با توجه به توسعه قابل توجه بخش کشاورزی به‌عنوان اصلی‌ترین بخش مصرف‌کننده منابع آب بدیهی است که تأمین تقاضای زیست‌محیطی دریاچه، نیاز به برنامه‌ریزی خاص خود را دارد که سرآمد آن‌ها ارتقاء بهره‌وری آب در بخش کشاورزی می‌باشد (احمدزاده و همکاران، ۱۳۹۳). امروزه بخش قابل توجهی از تحقیقات کشاورزی روی راهبردهایی برای بهینه‌سازی مصرف آب و افزایش بهره‌وری متمرکز شده است (فاطمی و همکاران، ۲۰۱۴). بی‌تردید یک احساس نیاز برای یافتن راه‌هایی جهت افزایش بهره‌وری آب از طریق بهبود ستاده‌های اقتصادی یا زراعی به ازای واحد آب مصرفی در هر دو سامانه زراعت آبی و دیم وجود دارد (کی سام و همکاران، ۲۰۰۷). از سویی دیگر با توجه به شرایط منابع و نهاده‌های کشاورزی در جهان امروز، مدیریت مناسب نهاده‌های کشاورزی به‌ویژه آب آبیاری با استفاده از فناوری مدرن برای به حداکثر رساندن تولید و ارائه بازده بالا به کشاورزان ضروری است (پاندا و همکاران، ۲۰۰۳). به‌عنوان یک قاعده، هر عامل مدیریتی که موجب افزایش عملکرد گیاهی شود، بهره‌وری آب را نیز افزایش می‌دهد (مؤمنی، ۱۳۹۰). البته باید به این نکته توجه نمود که افزایش عملکرد با میزان نهاده‌های کشاورزی و به‌خصوص آب مصرفی به صورتی در تعادل باشد (مهتدی و همکاران، ۱۳۹۲). روش‌های بهبود بهره‌وری آب از طریق صرفه‌جویی و جلوگیری از تلفات فیزیکی آب شامل تمامی اقدامات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مرتبط برای صرفه‌جویی‌های واقعی و کاهش تلفات فیزیکی آب در مقیاس‌های گیاه، مزرعه، شبکه آبیاری و حتی حوضه آبریز است (حیدری، ۱۳۹۰). از این‌رو یکی از شیوه‌های کاربردی نمودن مدیریت‌های کارا و نوین، اجرای پژوهش‌های مزرعه‌ای و

با مشارکت مؤلفه‌های درگیر (محقق، مروج و بهره‌بردار) است که امکان شکل‌گیری و فرهنگ‌سازی یک شیوه تولید را پدید می‌آورد (توکلی، ۱۳۸۹). راه‌کارهایی مانند بهبود گونه‌های گیاهی، تغییر الگوی کشت، بهبود مدیریت آبیاری، بهبود عملیات زراعی و بکارگیری روش‌های نوین آبیاری موجود از جمله این مدیریت‌ها می‌باشد (نی‌ریزی و حلمی فخر داود ۱۳۸۲). به این منظور پژوهشگرانی بیان داشتند که اجرای تمهیدات ساده و کاربردی در مقیاس مزرعه‌ای، مانند کاربرد خاک پوشه‌ها، بی‌خاکورزی، کم آبیاری، اصلاح الگوی کشت و استفاده از ارقام اصلاح‌شده و غیره علی‌رغم افزایش عملکرد محصول و ترغیب زارع به استفاده از این تمهیدات موجب کاهش مصرف آب نیز گردیده است؛ که هر دو عامل نقش مستقیم در رابطه با افزایش بهره‌وری آب دارد (یان و همکاران، ۲۰۱۵).

سازمان محیط‌زیست کشور با همکاری وزارت جهاد کشاورزی اقدام به انجام پروژه‌ای در حاشیه شرقی دریاچه ارومیه به‌منظور افزایش بهره‌وری آب با حفظ درآمد کشاورزان نموده است. در این پروژه سعی بر آن است تا با آموزش و مشارکت کشاورزان منطقه، اقدام به تغییراتی در شیوه‌ی کشاورزی سنتی صورت گیرد. در این زمینه اجرای فناوری‌هایی از قبیل تغییر در روش‌های خاک‌ورزی، اصلاح ابعاد کرت آبیاری، تغییر ارقام گیاهی و اصلاح برنامه کودی صورت گرفت. این مقاله در راستای ارزیابی اثربخشی فناوری‌های اعمال‌شده بر شاخص‌های بهره‌وری آب^۱، کارایی مصرف آب^۲ و بهره‌وری اقتصادی آب^۳ برای محصولات زراعی غالب منطقه (گندم، جو و کلزا) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پژوهش در مناطق اسکو، عجب‌شیر و بناب واقع در استان آذربایجان شرقی و در حاشیه شرقی دریاچه ارومیه با مختصات ۴۰° ۳۷' شمالی و ۴۵° ۲۷' شرقی برای یک سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۵ انجام شد. در این مناطق هشت مزرعه کشاورزان در نظر گرفته شد که فناوری‌های به

اثر بخشی مزارع تیمار نسبت به شاهد نیز برای هر محصول و مزرعه به صورت جداگانه انجام پذیرفت. لازم به ذکر است در انتخاب جفت مزارع تیمار-شاهد تلاش گردید تا سایر فاکتورهای کشاورزی از قبیل بافت خاک، هواشناسی، روش آبیاری بین مزارع تیمار و شاهد یکسان باشد و وجه تفاوت مزارع تیمار و شاهد مربوط به فناوری‌های به‌کار رفته به‌زراعی در مزارع تیمار باشد (جدول ۱).

زراعی در چهار مزرعه اعمال گردید. برای مقایسه اثربخشی فناوری‌های اعمالی چهار مزرعه نیز با شیوه کشت سنتی و غالب منطقه انتخاب شد. در این تحقیق به مزارعی که فناوری‌های به‌زراعی در آن اعمال شده به‌اختصار تیمار و به مزارعی که به شیوه سنتی کشت گردیده است شاهد اطلاق می‌شود. سطح مزارع تیمار و شاهد با توجه به حدود مالکیت کشاورزان بوده و بر اساس آن تعیین گردید. مقایسه

جدول ۱- مشخصات عمومی و فناوری‌های بکار رفته در مزارع طرح

نوع محصول	شهرستان	کد مزرعه	نوع مزرعه	ابعاد کرت‌ها* (متر*متر)	فناوری‌های به‌کاررفته
گندم	بناب	W1	تیمار	۳۱۰۵×۳۰۷	استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی، تسطیح مناسب زمین، استفاده از کود حیوانی، اصلاح کردن ابعاد کرت‌ها، استفاده از کود زیستی
		W2	شاهد	۴۷×۳۰۸	-
جو	بناب	B1	تیمار	۲۷×۳۰۳	استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی، تسطیح مناسب زمین، استفاده از کود حیوانی، اصلاح کردن ابعاد کرت‌ها استفاده از کود زیستی و همچنین حفظ بقایای گیاهی محصول کشت قبل
		B2	شاهد	۴۲۰۴×۴۰۷	-
کلزا	عجب‌شیر	C1	تیمار	۲۹×۳۰۵	اصلاح کردن ابعاد کرت‌ها، تسطیح مناسب زمین و استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی
		C2	شاهد	۱۳۵×۳۰۶	-
کلزا	اسکو	C3	تیمار	۱۲۰۷×۱۲	استفاده از کود دامی، اصلاح ابعاد کرت و تسطیح مناسب زمین
		C4	شاهد	۲۰×۱۲	-

*ابعاد تمام کرت‌های موجود در هر مزرعه مطابق ارقام ذکر شده می‌باشد

WP بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)، Y_c عملکرد محصول (کیلوگرم)، $\sum I_t$ حجم آب آبیاری در طول فصل رشد (مترمکعب)، $\sum R_t$ حجم بارش مؤثر در طول فصل رشد (مترمکعب)، WUE کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)، ETA تبخیر-تعرق واقعی تجمعی گیاه در طول فصل رشد (مترمکعب)، WPe بهره‌وری اقتصادی آب (ریال بر مترمکعب) و I_N سود خالص (که از تفاوت هزینه‌های انجام‌شده در طی فصل و درآمد ناشی از تولید برحسب ریال به دست می‌آید) می‌باشد.

همچنین با استفاده از معادلات (۴)، (۵) و (۶)،

ΔWP ، WUE ، WPe ، بین مزارع تیمار و شاهد مقایسه شدند.

$$\Delta WP = \frac{WP_t - WP_s}{WP_s} \times 100 \quad (4)$$

$$\Delta WUE = \frac{WUE_t - WUE_s}{WUE_s} \times 100 \quad (5)$$

$$\Delta WPe = \frac{WP_{et} - WP_{es}}{WP_{es}} \times 100 \quad (6)$$

محاسبه شاخص‌های بهره‌وری آب

به‌طور کلی بهره‌وری آب کشاورزی از دیدگاه‌های مختلفی موردبحث و بررسی قرار می‌گیرد. به عبارتی نوع و تعداد شاخص‌های بهره‌وری با توجه به دیدگاه‌های گوناگون، متفاوت است (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲). از این‌رو با توجه به اهداف تحقیق حاضر شاخص‌های بهره‌وری آب، کارایی مصرف آب و بهره‌وری اقتصادی آب موردبحث و بررسی قرار گرفت. نحوه محاسبه شاخص‌های ذکر شده با استفاده از معادلات زیر می‌باشد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴).

$$WP = \frac{Y_c}{\sum I_t + \sum R_t} \quad (1)$$

$$WUE = \frac{Y_c}{ETA} \quad (2)$$

$$WPe = \frac{I_N}{\sum I_t + \sum R_t} \quad (3)$$

در این روابط:

$$Q = 0.0374H^{2.64} \quad (۷)$$

$$Q = 0.0294H^{2.102} \quad (۸)$$

$$Q = 0.0232H^{2.196} \quad (۹)$$

در این روابط:

Q دبی عبوری از فلوم (لیتر در ثانیه) و H ارتفاع آب در فلوم (سانتی‌متر) می‌باشد. در هر نوبت آبیاری ارتفاع آب عبور یافته از فلوم اندازه‌گیری شد و دبی آب ورودی به مزرعه با استفاده از روابط بالا به دست آمد (چامبرلین، ۱۹۵۲). با استفاده از دبی جریان ورودی و مدت‌زمان آبیاری، حجم آب ورودی به مزارع در هر نوبت آبیاری مشخص شد. با تقسیم حجم آب ورودی بر مساحت مزارع، عمق آبیاری مشخص گردید (جدول ۲). همچنین به دلیل بسته بودن انتهای کرت‌ها آب از انتهای کرت‌ها خارج نمی‌شد.

$$I = \frac{Q \cdot t}{A} \quad (۱۰)$$

در این رابطه:

Q دبی جریان ورودی (لیتر بر ثانیه)، I عمق آب آبیاری (میلی‌متر)، t مدت‌زمان آبیاری (ثانیه) و A مساحت زمین (مترمربع) می‌باشد (علیزاده، ۱۳۹۰).

در معادلات بالا:

ΔWP تفاوت بهره‌وری مصرف آب بین مزارع تیمار و شاهد (درصد)، WP_t بهره‌وری مصرف آب در مزارع تیمار (کیلوگرم بر مترمکعب)، WP_s بهره‌وری مصرف آب در مزارع شاهد (کیلوگرم بر مترمکعب) ΔWUE تفاوت در کارایی مصرف آب بین مزارع تیمار و شاهد (درصد)، WUE_t کارایی مصرف آب در مزارع تیمار (کیلوگرم بر مترمکعب) و WUE_s کارایی مصرف آب در مزارع تیمار شاهد (کیلوگرم بر مترمکعب)، ΔWP_e تفاوت در بهره‌وری اقتصادی آب بین مزارع تیمار و شاهد (درصد)، WP_{et} بهره‌وری اقتصادی آب در مزارع تیمار (کیلوگرم بر مترمکعب) و WP_{es} بهره‌وری اقتصادی آب در مزارع شاهد (کیلوگرم بر مترمکعب) می‌باشد.

حجم آب ورودی به مزارع

اندازه‌گیری حجم آب ورودی به مزارع با توجه به امکانات موجود جهت اندازه‌گیری و همچنین شرایط هر مزرعه به سبب عرض و عمق و دبی ورودی برای هر مزرعه با استفاده از فلوم‌های WSC^۱ تیپ دو، چهار و پنج صورت گرفت. معادلات محاسبه آن به شرح زیر می‌باشد:

جدول ۲- اطلاعات آبیاری مزارع تحت پایش

کد مزرعه	تعداد دفعات آبیاری	عمق آبیاری در هر نوبت (میلی‌متر)				عمق تجمعی آبیاری فصلی (میلی‌متر)
		نوبت اول	نوبت دوم	نوبت سوم	نوبت چهارم	
W1	۴	۱۲۷	۲۲۵	۲۲۵	۱۸۰	۶۹۹
W2	۴	۲۱۸	۴۲۱	۲۱۸	۱۷۴	۱۰۳۱
B1	۳	۱۶۰	۲۰۸	۱۱۱	-	۴۷۹
B2	۳	۱۷۹	۲۳۹	۱۲۰	-	۵۳۸
C1	۵	۱۱۱	۱۱۱	۱۰۹	۱۲۴	۵۵۵
C2	۵	۱۳۱	۱۳۱	۱۳۱	۸۶	۶۱۰
C3	۵	۱۲۳	۱۳۳	۱۲۳	۱۱۸	۶۱۵
C4	۵	۱۰۷	۱۱۸	۱۰۷	۱۰۱	۵۳۴

نمونه‌برداری انجام گرفت. همچنین از هر مزرعه تعداد ۲۰ بوته به‌صورت کاملاً تصادفی به‌منظور تعیین اجزای عملکرد شامل تعداد دانه در سنبله (گندم و جو)، دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته (کلزا) و وزن هزار دانه محصولات

برداشت شاخص‌های گیاهی

به‌منظور تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک از هر مزرعه به‌صورت تصادفی از سطحی به مساحت یک مترمربع و با توجه به ابعاد مزرعه از سه الی شش نقطه

در نهایت با اختلاط خاک هر لایه و انتقال بخشی از آن به آزمایشگاه، باف خاک و سایر مشخصات مرتبط با خاک مزارع تعیین گردید. همچنین نمونه‌های دست‌نخورده خاک از اعماق اشاره‌شده، در هر مزرعه از سه نقطه به منظور تعیین جرم مخصوص ظاهری خاک برداشت گردید.

رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه (WC) (سانتیمتر عمق آب بر ۶۰ سانتی‌متر عمق خاک) بر اساس معادله‌ی (۱۱) و با استفاده از داده‌های رطوبتی اندازه‌گیری شده خاک محاسبه شد.

$$WC = DR_{10} \times 10 + DR_{20} \times 10 + DR_{30} \times 10 + DR_{45} \times 15 + DR_{60} \times 15 \quad (11)$$

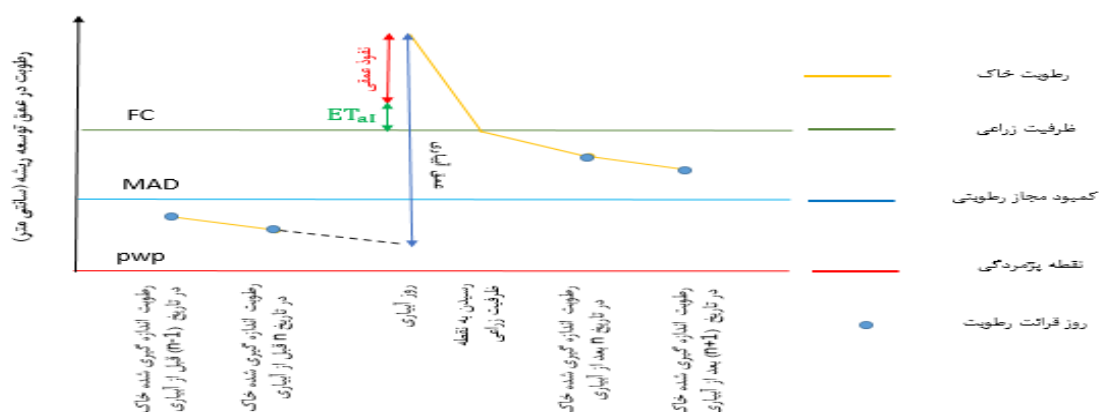
در این رابطه:

DR_{10} رطوبت حجمی خاک در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متر خاک، DR_{20} رطوبت حجمی خاک در عمق ۲۰-۱۰ سانتی-متر خاک، DR_{30} رطوبت حجمی خاک در عمق ۳۰-۲۰ سانتی‌متر خاک، DR_{45} رطوبت حجمی خاک در عمق ۴۵-۳۰ سانتی‌متر خاک و DR_{60} رطوبت حجمی خاک در عمق ۶۰-۴۵ سانتی‌متر خاک می‌باشد. (شکل ۱) تصویر شماتیک و نحوه تغییرات رطوبت خاک مزارع را نشان می‌دهد.

برداشت گردید. به‌منظور تعیین تراکم کشت، تعداد بوته‌های برداشت‌شده از سطح یک مترمربع برای محصولات گندم و جو شمارش گردید؛ و برای گیاه کلزا تعداد بوته‌ها در یک سطح ۲*۲ مترمربع شمارش شد. کلیه نمونه‌های گیاهی برداشت‌شده به‌منظور تعیین عملکرد مزارع و وزن خشک اندام مختلف گیاه پس از انتقال به آزمایشگاه به مدت ۴۸ ساعت و در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد داخل آون قرار گرفت و در نهایت به‌وسیله ترازو با دقت ۰,۰۱ گرم وزن نمونه‌ها اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری پارامترهای مربوط به خاک

عمق توسعه ریشه ۶۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. اندازه‌گیری رطوبت هرچند روز یک‌بار در اعماق ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متر، توسط مته نمونه‌برداری و دستگاه رطوبت‌سنج خاک PR2 صورت می‌گرفت. برای بدست آوردن پارامترهای مختلف مرتبط به خاک از جمله بافت، PH، رطوبت اشباع، نقاط ظرفیت زراعی و پژمردگی و تجزیه شیمیایی از هر مزرعه از سه الی شش نقطه (متناسب با مساحت مزرعه) و در سه عمق (۰ تا ۲۰، ۲۰ تا ۴۰، ۴۰ تا ۶۰) سانتی‌متر نمونه‌گیری خاک انجام گرفت.



شکل ۱- تصویر شماتیک تغییرات رطوبت در خاک مزارع تحت پایش

متوالی و تقسیم آن بر بازه‌ی زمانی بین تاریخ‌های اندازه‌گیری رطوبت خاک میزان تبخیر-تعرق واقعی روزانه گیاه مطابق معادله زیر محاسبه شد:

$$ET_{A-D} = \frac{WC_{n-1} - WC_n}{\Delta t} \quad (12)$$

تبخیر-تعرق واقعی

پس از ترسیم و استخراج منحنی‌های تغییرات رطوبت خاک در هر یک از مزارع در طول فصل رشد، اختلاف رطوبت خاک در یک محل اندازه‌گیری، در دو زمان

در این رابطه:

ET_{A-D} تبخیر-تعرق واقعی روزانه گیاه (میلی‌متر)، WC_n رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه (۶۰ سانتی‌متر) در تاریخ اندازه‌گیری n ام (میلی‌متر)، WC_{n-1} رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه در تاریخ اندازه‌گیری $n-1$ (سانتی‌متر) و Δt بازه‌ی زمانی بین تاریخ‌های n و $n-1$ (روز) می‌باشد. همچنین تبخیر-تعرق واقعی تجمعی گیاه در طول فصل رشد برای مزارع طرح به‌صورت زیر محاسبه شد:

$$ET_A = \sum_{i=\text{روز کاشت}}^{\text{روز برداشت محصول}} (ET_{A-D})_i \quad (13)$$

در این رابطه ET_A تبخیر-تعرق واقعی تجمعی گیاه در طول فصل رشد (میلی‌متر) و ET_{A-D} تبخیر-تعرق واقعی روزانه گیاه (میلی‌متر) می‌باشد.

کرت‌ها از آبراهه اصلی انجام می‌شد و آبیاری کرت‌های شاهد C4 از انتهای کرت‌های تیمار صورت می‌گرفت. در تمام مدت آبیاری کرت‌های شاهد، آب از روی کرت‌های تیمار عبور پیدا می‌نمود. این امر درنهایت منجر به افزایش مصرف آب مزرعه تیمار C3 نسبت به مزرعه شاهد C4 شد. عمق آب آبیاری در نوبت دوم مزرعه W2 نسبت به سایر نوبت‌ها زیادتر می‌باشد (جدول ۲). در نوبت مذکور آبیاری توسط کانال آب‌رسان شبکه‌ای صورت گرفته است. به دلیل حجم بالای آب تحویلی به مزرعه (۲۰۰ لیتر بر ثانیه) و عدم مدیریت بهینه زارع در آبیاری بیش از نیاز آب وارد مزرعه شده است.

عملکرد مزارع

در همه مزارع عملکرد دانه در مزارع تیمار نسبت به مزارع شاهد بیشتر بود. درصد افزایش محصول مزارع تیمار W1، B1، C1 و C3 به ترتیب برابر با ۲۶، ۲۲، ۵ و ۸۳ درصد نسبت به مزرعه شاهد بود (جدول ۴). در مزرعه C1 فناوری اعمال‌شده اصلاح ابعاد کرت مزرعه نسبت به مزرعه شاهد بود؛ که گرچه این مهم بر میزان آب مصرفی تأثیر گذاشت اما تأثیر چندانی بر عملکرد محصول نداشت؛ بنابراین کمترین درصد افزایش محصول متعلق به مزرعه C1 به دست آمد.

تبخیر-تعرق واقعی

ET_a یکی از پارامترهای اصلی مورد نیاز برای محاسبه شاخص کارایی مصرف آب می‌باشد. با ترسیم منحنی‌های رطوبتی مزارع مطابق (شکل ۲) که به‌عنوان نمونه برای مزرعه گندم W1 در این مقاله آورده شده است و با استفاده از فرمول (۱۳) ET_a برای کلیه مزارع محاسبه گردید (جدول ۳). همچنین با توجه به اینکه ET_a متأثر از شرایط محیطی و اقلیمی می‌باشد (آن و همکاران، ۱۹۹۸)، لذا اختلاف بین نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج گزارش شده در کشور توسط سایر محققین خارج از انتظار نیست.

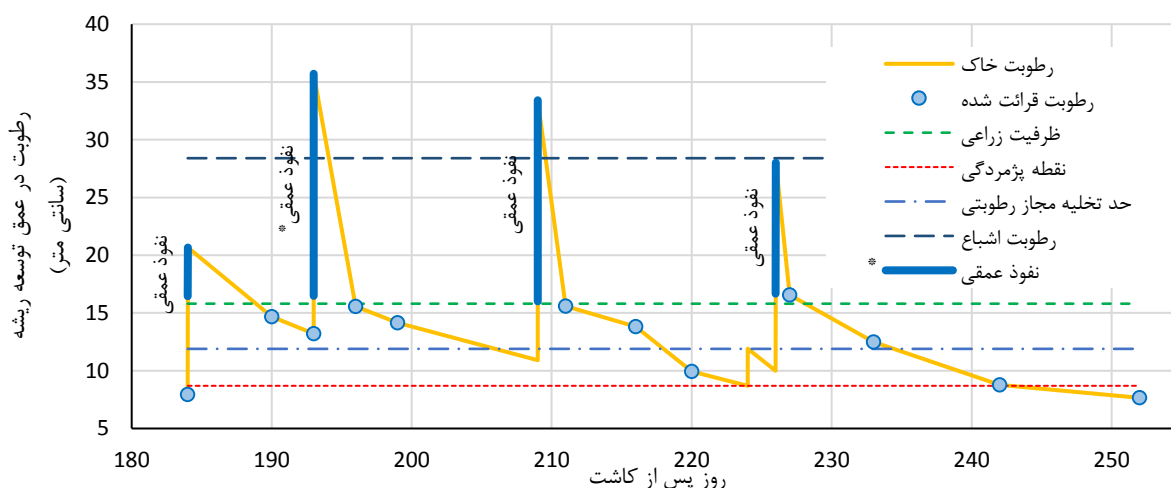
نتایج و بحث

حجم آب کاربردی در مزارع

در همه مزارع تیمار به‌جز مزرعه تیمار کلزا C3، حجم آب کاربردی نسبت به مزرعه شاهد کاهش یافت (جدول ۴). درصد کاهش مصرف آب برای مزارع تیمار W1، B1 و C1 به ترتیب برابر ۳۲، ۱۱ و ۹ درصد بود. از این رو می‌توان اظهار داشت که کاهش طول کرت‌ها در مزارع W1، B1 و C1 و همچنین استفاده از کود دامی به‌ویژه در مزرعه W1 نقش عمده‌ای در کاهش مصرف آب آبیاری داشته است. مشاهدات عینی و برداشت نمونه رطوبتی از مزرعه W1 نشان‌دهنده آن بود که استفاده از کود دامی تأثیر بسزایی در نگهداشت آب مزرعه داشته است. به‌طوری‌که در مزرعه شاهد W2 علی‌رغم یکسان بودن بافت خاک در مقایسه مزرعه W1 خاک مزرعه با سرعت بیشتری رطوبت خود را از دست می‌داد. محققان زیادی افزایش نگهداشت رطوبت خاک توسط کودهای آلی را تأیید می‌کنند که می‌توان به نتایج تحقیقات، احمدآبادی و قاجار سپانلو (۱۳۹۱)، وانگ و یانگ (۲۰۰۲) و کارلن و کامپ (۱۹۸۵) اشاره نمود. در مزرعه تیمار C3 آبیاری

جدول ۳- مقایسه مقادیر تبخیر و تعرق به دست آمده در این مطالعه با مناطق مختلف کشور

کد مزرعه	تبخیر-تعرق واقعی مزارع مورد مطالعه		تبخیر و تعرق به دست آمده توسط سایر محققین برای مناطق مختلف	
	ETa (میلی متر)	نام منطقه	محقق	Eta (میلی متر)
W1	۵۲۶	سرپل ذهاب	لشکری و همکاران (۱۳۸۸)	۶۷۸
W2	۵۷۱	روانسر اسلام آباد غرب		۵۸۱
B1	۴۰۰	دشت نیشابور	(حقایقی مقدم و فرزام نیا، ۱۳۹۱)	۳۹۲
B2	۴۱۲	دشت بناب- مراغه	(نصر اصفهانی و گلچین، ۱۳۸۷)	۴۲۹
C1	۶۵۲	حاجی آباد هرمزگان	(دهقان و همکاران، ۱۳۸۸)	۳۵۷
C2	۶۰۰		(مرادی دالینی و نیشابوری، ۱۳۸۴)	۵۰۵
C3	۴۶۲	زرقان فارس	(نیازی و فولادمند، ۱۳۸۵)	۷۴۰ و ۷۰۹ و ۷۰۰
C4	۵۲۰			



شکل ۲- تغییرات رطوبت خاک در مزرعه تیمار گندم W1

* در مواقعی که رطوبت خاک در شکل، بیش از رطوبت اشباع مشاهده می شود، نشانگر آن است که بخشی از آب که در ابتدای آبیاری به پروفیل ریشه اضافه شده در حین آبیاری از پروفیل ریشه خارج شده است

جدول ۴- شاخص های بهره‌وری (WP)، کارایی مصرف (WUE) و بهره‌وری اقتصادی آب (WPe) مزارع تحت پایش

کد مزرعه	$\sum I$	$\sum R + \sum I$	ETa-s	Yc	WPe	WP	WUE
	(میلی متر)	(میلی متر)		(کیلوگرم بر هکتار)	(ریال بر مترمکعب)	(کیلوگرم بر مترمکعب)	(کیلوگرم بر مترمکعب)
W1	۶۹۹	۹۵۰	۵۲۶	۱۱۱۰۲	۳۲۷۵	۱۰۱۷	۲۰۱۱
W2	۱۰۳۱	۱۲۴۸	۵۷۱	۹۹۶۱	۲۱۳۲	۰۰۸	۱۰۷۴
B1	۴۷۹	۶۸۴	۴۰۶	۵۰۵۸	۸۰۲	۰۰۷۴	۱۰۲۵
B2	۵۳۸	۷۳۴	۴۱۲	۳۹۴۷	۲۳۳	۰۰۵۴	۰۰۹۶
C1	۵۵۵	۸۰۵	۶۵۲	۵۹۲۱	۳۹۲۳	۰۰۷۴	۰۰۹۱
C2	۶۱۰	۸۶۰	۶۰۰	۵۶۱۴	۳۴۰۳	۰۰۶۵	۰۰۹۴
C3	۶۱۵	۸۰۲	۴۶۲	۸۸۸۵	۶۷۲۷	۱۰۱۱	۱۰۹۲
C4	۵۳۴	۷۲۱	۵۲۰	۱۵۰۷	-۲۴۴	۰۰۲۱	۰۰۲۹

ETa: تبخیر-تعرق واقعی تجمعی گیاه در طول فصل رشد

Yc: عملکرد دانه محصولات

$\sum I$: عمق تجمعی آب آبیاری در طول فصل رشد

$\sum R + \sum I$: عمق تجمعی آب آبیاری و بارش در طول فصل رشد

شاخص‌های بهره‌وری آب

شاخص WP در مزارع تیمار در مقایسه با مزارع شاهد در هر چهار منطقه مورد مطالعه در مزارع تیمار نسبت به شاهد بیشتر بود (جدول ۴). همان‌طور که در بخش‌های قبل اشاره شد نتایج نشان‌دهنده کاهش آب مصرفی (به استثناء مزرعه C3) و افزایش عملکرد همه مزارع تیمار نسبت به مزارع شاهد بود؛ بنابراین با توجه به اینکه شاخص بهره‌وری آب با میزان عملکرد نسبت مستقیم و با آب مصرفی نسبت عکس دارد، افزایش WP مزارع تیمار نسبت به شاهد خارج از انتظار نیست. همچنین نتایج نشان‌دهنده آن می‌باشد که شاخص WUE مزارع تیمار W1، B1 و C3 نسبت به مزرعه شاهد بیشتر بوده و تنها در مزرعه تیمار C1 این شاخص نسبت به مزرعه شاهد کمتر است (جدول ۲). از آنجاکه شاخص کارایی مصرف آب با میزان عملکرد نسبت مستقیم و با تبخیر-تعرق گیاه نسبت عکس دارد و با توجه به اینکه عملکرد مزارع تیمار نسبت به شاهد بیشتر بوده و مقادیر تبخیر-تعرق گیاه مزارع شاهد و تیمار به‌طور تقریب برابر می‌باشد، لذا بیشتر بودن مقادیر WUE مزارع تیمار W1، B1 و C3 نسبت به مزرعه شاهد بدیهی است. کشت محصول در مزرعه تیمار C1 حدود ۱۲ روز زودتر و برداشت آن ۱۰ روز دیرتر از مزرعه C3 انجام گردید به نظر می‌رسد بیشتر بودن تبخیر و تعرق تجمعی این مزرعه نسبت به مزرعه C2 به این دلیل باش؛ اما علت کمتر بودن

شاخص WUE در مزرعه تیمار کلزا، سایت عجب‌شیر به سبب بیشتر بودن تبخیر-تعرق تجمعی گیاه در مزرعه تیمار نسبت به شاهد و برابر بودن تقریبی مقدار محصول به دلایل ذکر شده قبلی در مزارع تیمار و شاهد می‌باشد. به منظور اندازه‌گیری WPe کلیه هزینه‌های مراحل مختلف به دلیل به روز نبودن آمار وزارت جهاد برای سال زراعی مورد مطالعه مطابق باقیمت‌های سال زراعی ۹۱-۹۰ از آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی اخذ گردید. قیمت تضمینی خرید محصولات مورد مطالعه نیز بر اساس نرخ مصوب ارائه شده توسط سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور در همان سال زراعی اخذ شد (جدول ۵). درنهایت سود اقتصادی با استفاده از تفاضل درآمد ناخالص از مجموع هزینه‌های انجام شده به ازای سطح کشت هر محصول حاصل گردید. همچنین به دلیل مسائل اجتماعی و مشکلات موجود امکان محاسبه هزینه اختصاصی برای هر مزرعه وجود نداشت. نتایج نشان داد که شاخص WPe نیز در هر چهار منطقه مورد مطالعه در مزارع تیمار نسبت به مزارع شاهد بیشتر بود (جدول ۴). به سبب اینکه شاخص بهره‌وری اقتصادی آب با میزان سود نسبت مستقیم و با حجم آب مصرفی نسبت عکس دارد و از آنجا که سود اقتصادی و آب مصرفی همه مزارع تیمار (به استثناء مزرعه C3) نسبت به شاهد به ترتیب بیشتر و کمتر بود، سبب گردید تا WPe مزارع تیمار نسبت به شاهد بیشتر باشد (شکل ۳).

جدول ۵- هزینه‌های مراحل مختلف کاشت به ازای هر هکتار و قیمت خرید تضمینی محصولات (واحد ۱۰ ریال)

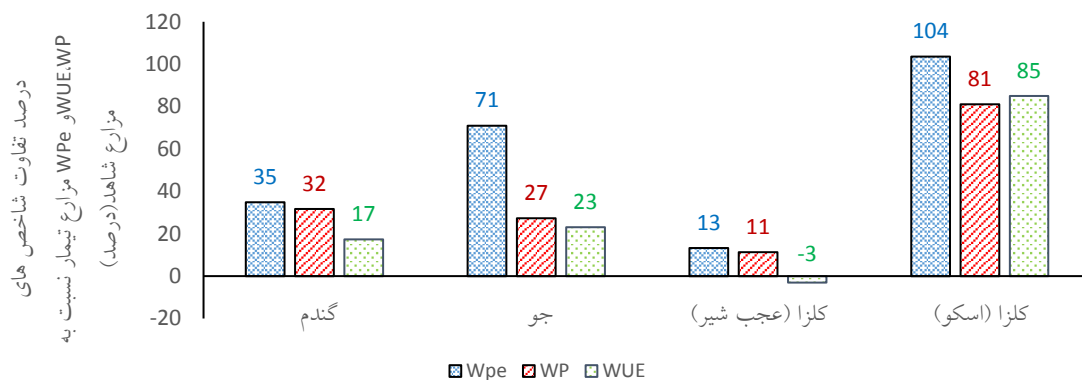
نام محصول	آماده‌سازی زمین	کاشت	داشت	برداشت	اجاره بهاء زمین	جمع کل هزینه‌ها	قیمت خرید واحد کیلوگرم
گندم	۱۵۴۳۸۱	۲۵۰۳۸۱	۳۲۸۵۶۸	۱۴۹۹۱۲	۳۸۹۹۵۶	۱۲۷۳۱۹۸	۳۹۵
جو	۱۵۰۲۳۹	۲۰۸۱۰۸	۳۶۷۰۱۱	۱۲۸۵۶۲	۳۱۶۹۰۲	۱۱۷۰۸۲۲	۳۹۴
کلزا	۱۰۵۳۱۲	۱۱۴۲۰۵	۲۳۲۵۹۰	۱۲۶۷۰۶	۷۳۵۰۶۵	۱۳۱۳۸۷۸	۷۵۵

نتایج به دست آمده دلالت بر آن دارد که فناوری‌های به‌زراعی اعمال شده در مزارع تیمار در افزایش شاخص‌های WP، WUE و WPe مؤثر واقع شده است. به نظر می‌رسد برخی از فناوری‌های اعمال شده مانند اصلاح برنامه کودی و تغییر وارته گیاهی بر افزایش مقدار محصول و برخی دیگر مانند اصلاح ابعاد کرت‌ها و تسطیح مناسب

زمین بر کاهش میزان آب مصرفی مؤثر بوده است. با این حال به دلیل اینکه در این مطالعه مزارع به صورت کامل تحت مدیریت کشاورزان بود. پیاده‌سازی طرح‌های آماری در مزرعه به منظور مقایسه اثربخشی هر یک از فناوری‌های اعمال شده به صورت جداگانه و همچنین بررسی اثرات متقابل هریک بر شاخص‌های WP، WUE و WPe میسر

کود ازت در مرکبات بهره‌وری آب را ۱۵ درصد افزایش داد (کین و همکاران، ۲۰۱۶). در خصوص اصلاح ابعاد کرت در گزارشی ذکر شده است که یکنواختی و راندمان کاربرد آبیاری با کاهش طول شیار و کرت افزایش می‌یابد (سوان و فرنکین، ۲۰۰۲). همچنین شیوه مناسب خاک‌ورزی که از دیگر فناوری‌های اعمال شده در مزارع تحت پایش می‌باشد، بر میزان افزایش عملکرد و بهره‌وری آب تأثیرگذار بوده است. به طوری که محققانی گزارش نمودند که عملیات متناوب خاک‌ورزی^۱ باعث بهبود مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک شده و در نتیجه سبب افزایش عملکرد و بهره‌وری آب می‌گردد (هایو و همکاران، ۲۰۱۲).

نمود؛ اما بر طبق نتایج حاصل می‌توان ذکر نمود که مجموع فناوری‌های اعمال شده بدون در نظر گرفتن سهم هر کدام منجر به افزایش شاخص‌های مذکور شده است. تحقیقات متعددی اهمیت فناوری‌های به زارعی مختلف را به تفکیک بر بهره‌وری آب مورد بررسی قرار داده‌اند. عمده تحقیقات صورت گرفته در این زمینه بر افزایش شاخص‌های بهره‌وری توسط اعمال فناوری‌های به زارعی تأکید دارد که از این منظر با نتیجه تحقیق حاضر منطبق می‌باشد. در خصوص اصلاح برنامه کودی به عنوان یکی از فناوری‌های اعمال شده محققانی گزارش نمودند که مدیریت زارعی و مصرف کود نقش بسزایی در افزایش بهره‌وری آب دارد (اویس، ۱۹۹۹). همچنین پژوهشگرانی مشاهده کردند که مصرف بهینه‌ی



شکل ۳- میزان اثربخشی فناوری‌های به زارعی در مزارع گندم، جو و کلزا بر اساس شاخص‌های Wpe و WUE، WP

متأسفانه اغلب مقالات و رساله‌های علمی انجام شده در زمینه بهره‌وری و عوامل تأثیر گزار بر آن بدون در نظر گرفتن شرایط واقعی مزرعه و مبتنی بر نتایج مستخرج از طرح‌های ایستگاه‌های تحقیقاتی و استناد به منابع خارجی می‌باشد. این امر می‌تواند موجب ناکارآمدی تصمیمات و عدم رضایت ذینفعان گردد. چراکه بسیاری از ایده‌های تحقیقاتی به دلایل مسائل مختلف اجتماعی قابلیت اجرایی و انطباق با شرایط واقعی ندارد. به نظر می‌رسد شرط لازم برای موفقیت در افزایش بهره‌وری و منافع حاصل از آن همکاری مشترک بین محققان و کشاورزان در تحلیل مشکلات کشاورزی و آزمایش شیوه‌های کشاورزی جایگزین است. به صورتی که منافع کشاورزان به دنبال

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج این تحقیق نشان داد WP مزارع تیمار W1، C1، B1 و C3 به ترتیب برابر با ۲۷، ۱۱، ۸۱ درصد، WUE مزارع تیمار W1، B1 و C3 به ترتیب برابر با ۱۷، ۲۳ و ۸۵ درصد و Wpe مزارع تیمار W1، B1، C1 و C3 به ترتیب برابر با ۳۵، ۷۱، ۱۳ و ۱۰۴ نسبت به مزارع شاهد افزایش و تنها در مزرعه C1 شاخص WUE به میزان سه درصد نسبت به مزرعه شاهد کاهش یافت. در مجموع به‌طور متوسط فناوری‌های به زارعی اعمال شده در همه مزارع منجر به افزایش شاخص‌های Wpe و WUE، WP به ترتیب به میزان ۳۸، ۳۱ و ۵۶ درصد گردید.

اجرای طرح تأمین گردد؛ بنابراین با رعایت اصول ذکرشده پیشنهاد می‌گردد فناوری‌های بکار گرفته‌شده در این تحقیق با مشارکت کشاورزان برای سایر مزارع منطقه اعمال گردد. تا علاوه بر ارتقا معیشت کشاورزان و افزایش بهره‌وری، کاهش برداشت از منابع آب نیز حاصل گردد. اگرچه افزایش بهره‌وری آب شرط لازم برای کاهش مصرف آب بوده و شرط کافی نمی‌باشد. همچنین پیشنهاد می‌گردد در مطالعات بعدی به‌منظور برنامه‌ریزی دقیق‌تر، با افزایش مزارع تحت مطالعه اثربخشی هر یک از فناوری‌های اعمال‌شده به‌صورت جداگانه بررسی شود.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت و پشتیبانی طرح حفاظت از تالاب‌های ایران و در قالب پروژه همکاری در احیا دریاچه ارومیه از طریق مشارکت جوامع محلی در استقرار کشاورزی پایدار و حفاظت از تنوع زیستی در معرض خطر با حمایت مالی دولت ژاپن انجام گرفت.

فهرست منابع

۱. احسانی، م. و خالدی ه (۱۳۸۲) بهره‌وری آب کشاورزی. نشریه ۸۲. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۱۱۵ صفحه.
۲. احمد آبادی، ز. و قاجار سپانلو م (۱۳۹۱) تأثیر کاربرد کودهای آلی روی برخی خواص فیزیکی خاک. پژوهش-های حفاظت آب و خاک. ۱۹(۲): ۹۹-۱۶۶.
۳. احمدزاده، ح.، مرید، س. و دلاور م (۱۳۹۳) ارزیابی مدل SWAT در شبیه‌سازی هم‌زمان رواناب رودخانه، تبخیر و تعرق واقعی و عملکرد محصولات کشاورزی: مطالعه موردی، حوضه زرينه‌رود. آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۸(۵): ۸۸۹-۸۷۶.
۴. توکلی، ع. ر (۱۳۸۹) بهبود بهره‌وری آب با به‌کارگیری مدیریت تلفیقی آبیاری محدود و عملیات زراعی برتر در زراعت غلات دیم. دانشگاه تهران. تهران. رساله‌ی دکتری.
۵. حقایقی مقدم، س. ا. و فرزام نیا م (۱۳۹۱) تأثیر برنامه‌ریزی آبیاری بر شاخص‌های بهره‌وری آب، مطالعه موردی: دشت نیشابور. پژوهش آب در کشاورزی. ۲۶(۲): ۱۳۱-۱۴۱.
۶. حیدری ن (۱۳۹۰) تعیین و ارزیابی شاخص کارایی مصرف آب محصولات زراعی تحت مدیریت کشاورزان در سطح کشور. مدیریت آب و آبیاری. ۱(۲): ۵۷-۴۳.
۷. دهقان، م. ذبیحی افروز، ر. ع. و حسینی ثابت م (۱۳۸۸) بهره‌وری محصولات زراعی در ازای مصرف آب در ایران و مقایسه آن با کشورهای جهان. وزارت جهاد کشاورزی. مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی. ۸۲ صفحه.
۸. عزیزاده ا (۱۳۸۹) رابطه آب و خاک و گیاه. چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، مشهد. ۴۷۰ صفحه.
۹. لشکری، ح. کیخسروی، ق. و رضایی ع (۱۳۸۸) تحلیل میزان کارایی مدل CROPWAT در برآورد نیاز آبی محصول گندم در غرب کرمانشاه: شهرستان‌های اسلام‌آباد غرب، سرپل زهاب و روانسر. برنامه‌ریزی و آمایش فضا. ۱۳(۱): ۲۴۷-۲۷۰.
۱۰. مرادی دالینی، ا. و نیشابوری م (۱۳۸۴) تعیین نیازآبی گیاه کلزا با استفاده از لایسیمتر در منطقه حاجی‌آباد هرمزگان. مجموع مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران، تهران، ایران.

۱۱. مقدسی، م.، مرید، س.، دلاور، م. و عرب پور ف (۱۳۹۴) رویکرد مدیریت آب در بخش کشاورزی در راستای احیای دریاچه ارومیه. تحقیقات منابع آب ایران. ۱۱(۱): ۱-۱۲.
۱۲. مهتدی، م. الباجی، م. و دوست محمدی م م (۱۳۹۲) بررسی بهره‌وری آب سه محصول زراعی جو، گندم و یونجه در استان خوزستان به تفکیک شهرستان. مجموع مقالات چهارمین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران.
۱۳. مؤمنی ر (۱۳۹۰) ارزیابی سناریوهای افزایش بهره‌وری مصرف آب گندم دیم در حوزه کرخه با استفاده از آنالیزهای مدیریتی مدل رشد گیاهی CropSyst. مدیریت آب و آبیاری. ۱۱(۱): ۲۹-۴۰.
۱۴. نصر اصفهانی، ا. و گلچین ن ا (۱۳۸۷) برآورد کارایی مصرف آب محصولات زراعی در دشت برخوان اصفهان و دشت گرگان و گنبد. وزارت جهاد کشاورزی معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی. ۴۷ صفحه.
۱۵. نیری، س. حلمی فخر داود ر (۱۳۸۲) مقایسه کارایی مصرف آب در چند نقطه خراسان. مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران. ایران.
۱۶. نیازی، ج. و فولادمند ح ر (۱۳۸۵) دور و نیاز آبیاری سه رقم کلزا در منطقه زرقان استان فارس. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۰(۳): ۷۱-۸۱.
۱۷. عباسی، ف. نصری، ا. سهراب، ف. باغانی، ج. عباسی، ن. و اکبری، م. ۱۳۹۴. ارتقای بهره‌وری مصرف آب. انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
18. Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith M (1998) Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and drainage paper, No.56, FAO, Rome, Italy, 300 P.
19. Chamberlain, A (1952) Measuring water in small channels with WSC flume (Stations circular 200). State College of Washington.
20. Fatemi, Z., Paknejad, F., Amiri, E. and Eilkaee M N (2014) Capability of the CERES-Barley Model for Prediction of Barley Varieties Growth under Deficit Irrigation. *Biology*. 2(1):1-7.
21. Hou, X., Li, R., Jia, Z., Han, Q., Wang, W. and Yang B (2012) Effects of rotational tillage practices on soil properties, winter wheat yields and water-use efficiency in semi-arid areas of north-west China. *Field crops research*. 129 (2): 7-13.
22. Karlen, D. L. and Camp C R (1985) Row spacing, plant population, and water management effects on corn in the Atlantic Coastal Plain. *Agronomy*. 77(3):393-398.
23. Kassam, A. H., Molden, D., Fereres, E. and Doorenbos J (2007) Water productivity: science and practice—introduction. *Irrigation Science*. 25(3): 185-188.
24. Li, S. X., Wang, Z. H., Li, S. Q. and Gao Y J (2015) Effect of nitrogen fertilization under plastic mulched and non-plastic mulched conditions on water use by maize plants in dryland areas of China. *Agricultural Water Management*. 162: 15-32.
25. Oweis T (1999) Water harvesting and supplemental irrigation for improved water use efficiency in dry areas (Vol. 7). IWMI.
26. Panda, R. K., Behera, S. K. and Kashia P S (2003) Effective management of irrigation water for wheat under stressed conditions. *Agricultural water management*. 63(1): 37-56.
27. Qin, W., Assinck, F. B., Heinen, M and Oenema O (2016) Water and nitrogen use efficiencies in citrus production: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems &*

- Environment. 222: 103-111.
28. Savva, A. P and Frenken K (2002) Irrigation manual. Planning, development monitoring and evaluation of irrigated agriculture with farmer participation. FAO.
 29. Wang, M. C. and Yang C H (2002) Effect of paddy-upland crop rotation with various fertilizations on soil physical and chemical properties. In 17. World congress of soil science, Bangkok. Thailand
 30. Yan, N., Wu, B., Perry, C and Zeng H (2015) Assessing potential water savings in agriculture on the Hai Basin plain, China. Agricultural Water Management. 154: 11-19.

Effects of Improved Agricultural Field Practices on Water Productivity and Water Use Efficiency Indices in the Eastern Basin of Lake Urmia

A. Sangtarashan, S. M. Mirlatifi¹, and H. Dehghani Sanij

Former MSc. student, Dept. of Irrigation and Drainage Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

a.sangtarashan@modares.ac.ir

Associate Professor, Dept. of Irrigation and Drainage Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

mirlat_m@modares.ac.ir

Associate Professor, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research Education, and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

h.dehghanisanij@areeo.ac.ir

Received: March 2020, and Accepted: March 2021

Abstract

This research was performed to improve water productivity by changing a number of farmers' field practices such as tillage, dimensions of the irrigation borders, using newly released plants varieties, and improving fertilizer management in eight farms located in the Oskoo, Ajabshir, and Bonab cities, all parts of the eastern Uromieh Lake Basin, during 2015-2016 growing season. The adopted farm practices were applied in the treatment farms, while in the control farms, all the farming operations were implemented according to the local traditional practices. In all farms, the flow rates diverted to each farm, the soil moisture content in the root zone during the growing season, and indices related to the growth and yield of crops were measured. The indices of water productivity (WP), water use efficiency (WUE) and water economic productivity (WPe) were calculated. Water consumption was lower up to 9% while crops yields of the treatment farms were higher up to 34%, as compared with the control farms. According to the results, on average, implementation of applied technologies in the treatment farms increased WP, WUE, and WPe by 38%, 31%, and 56 %, respectively, as compared to the control farms.

Keywords: Actual crop evapotranspiration, Consumptive water, Farm water management, Tillage method

¹ - Corresponding author: Department of Irrigation and Drainage Engineering, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.