

مقاله پژوهشی

بررسی میزان اثربخشی توصیه‌های فنی به‌زراعی در بهبود بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای (مطالعه موردی: اراضی منطقه شمال خوزستان)

محمد خرمیان^{۱*} و علیرضا توکلی^۲

چکیده

شمال استان خوزستان از مهم‌ترین قطب‌های کشاورزی ایران به شمار می‌رود. با اجرای طرح احیای اراضی خوزستان (طرح ولایت)، بستر مناسبی برای افزایش تولید محصولات زراعی و باغی در مناطق تحت پوشش آن فراهم شده است. ترویج یافته‌های تحقیقاتی برای استفاده صحیح از منابع آب، خاک و نهاده‌های کشاورزی برای افزایش عملکرد و بهره‌وری آب از اهداف مهم اجرای سایت‌های الگویی و پایلوت‌های افزایش عملکرد در این مناطق بود. برای این منظور، ۱۱ مزرعه ذرت در سال ۱۳۹۷ در محدوده فاز اول طرح احیای اراضی شمال استان خوزستان انتخاب و در آن‌ها توصیه‌های فنی پیاده شدند. در هر یک از مزارع منتخب، میزان آب آبیاری در طول فصل زراعی اندازه‌گیری شد و عملکرد دانه و بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری تعیین و با داده‌های مزارع اطراف هر سایت (تیمار شاهد) مقایسه شد. نتایج نشان داد که در تیمار شاهد، میانگین عملکرد دانه ذرت و بهره‌وری فیزیکی آب به ترتیب ۶۴۵۰ کیلوگرم در هکتار و ۰/۸ کیلوگرم بر مترمکعب بود که با اعمال راهکارهای فنی استفاده از طول بهینه در آبیاری جویچه‌ای، کاهش جریان ورودی (روش کاتبک)، کم‌خاک‌ورزی، تغذیه متعادل، مدیریت آفات، بیمارگرها و علف‌های هرز به ۷۲۳۲ کیلوگرم در هکتار و ۱ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش یافت و این افزایش از نظر آماری در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود ($p=0/001$).

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری، خوزستان، ذرت دانه‌ای، سایت‌های الگویی.

ارجاع: خرمیان م. و توکلی ع. ۱۴۰۲ بررسی میزان اثربخشی توصیه‌های فنی به‌زراعی در بهبود بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای (مطالعه موردی: اراضی منطقه شمال خوزستان). مجله پژوهش آب ایران. ۴۸: ۲۵-۳۴. <https://dx.doi.org/10.22034/IWRJ.2022.13944.2415>

۱- استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران.
۲- پژوهشیار موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

* نویسنده مسئول: khorramy.mohamad@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۲۷

مقدمه

سطح زیر کشت و تولید ذرت دانه‌ای در جهان در سال ۲۰۱۸ حدود ۵۳ میلیون هکتار و در ایران بیش از ۱۹۲ هزار هکتار (۶۸ امین کشور به لحاظ سطح زیرکشت) گزارش شده است (فائو، ۲۰۲۱). صادرکنندگان اصلی ذرت را کشورهای برزیل، آمریکا و آرژانتین تشکیل داده و کشورهای ژاپن، مکزیک و ویتنام واردکنندگان اصلی ذرت و ایران هفتمین کشور واردکننده ذرت در جهان محسوب می‌شود (FAO, 2021). آمار نشان می‌دهد که نیاز غذایی دام و طیور در کشور حدود ۷۸ میلیون تن و نیاز سالانه کشور به ذرت دانه‌ای ۹/۲ میلیون تن است که ۱/۱ تا ۱/۲ میلیون تن (یعنی ۱۳/۷ درصد) در داخل تولید و بقیه آن از طریق واردات تأمین می‌شود. برخلاف ذرت دانه‌ای، ذرت علوفه‌ای وارداتی نیست و کل نیاز بایستی در داخل کشور تأمین شود و این خود اهمیت پایداری تولید این محصول را دوچندان می‌کند.

نتایج آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی بیانگر نوسان سطح زیر کشت و عملکرد ذرت دانه‌ای و روند کاهشی آن در سال‌های اخیر است، به‌نحوی که سطح زیرکشت از ۲۹۰ هزار هکتار در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱، به ۱۳۷ هزار هکتار در سال ۱۳۹۸-۱۳۹۷ کاهش یافته است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹). استان خوزستان با سطح زیر کشت ذرت بالغ بر ۵۰ هزار هکتار قطب مهم تولید ذرت دانه‌ای و علوفه‌ای است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹). وجود رودخانه‌های کارون، دز و کرخه، تنوع اقلیمی و زمین‌های حاصلخیز باعث شده تا دشت خوزستان تولیدکننده انواع محصولات کشاورزی ایران محسوب شود. خشکسالی‌های اخیر از یک سو و سرعت پایین تجهیز و نوسازی اراضی در این استان موجب شده تا محدودیت آب، به‌ویژه برای کشت‌های تابستانه یکی از چالش‌های جدی منطقه به شمار رود؛ از این‌رو طرح ۵۵۰ هزار هکتاری موسوم به طرح ولایت با هدف سرعت‌بخشیدن به فعالیت‌های زیربنایی آب و خاک، فعالیت خود را از سال ۱۳۹۰ آغاز کرد و تاکنون تجهیز و نوسازی فاز اول این طرح به اتمام رسیده است. پایین بودن میزان آگاهی کشاورزان از مسائل کشاورزی و به‌خصوص مسائل آب و خاک در مناطقی که به‌تازگی تجهیز و نوسازی شده‌اند، از چالش‌های مهم بهره‌وری آب در مزرعه است (سلطانی تودشکی و خرمیان، ۱۳۸۹) که با ترویج توصیه‌های علمی و فرهنگ‌سازی در

زمینه مدیریت درست نهاده‌های آب، خاک و سایر مسائل به‌زراعی می‌توان اثربخشی فعالیت‌های زیربنایی را دوچندان کرد؛ از این‌رو به‌موازات اجرای طرح‌های زیربنایی آب و خاک، لازم است یافته‌های تحقیقاتی را در مزارع کشاورزان در قالب سایت‌های الگویی یا پایلوت‌های ترویجی، پیاده کرد. کریمی (۱۳۸۴) در مطالعه‌ای، نیازسنجی آموزشی-ترویجی بهره‌برداران را در خصوص حفاظت از منابع آب و خاک در برخی استان‌های کشور مورد بررسی قرار داد. اهداف کلی این مطالعه، شناسایی نیازهای آموزشی و ترویجی بهره‌برداران در زمینه آب و خاک و اولویت‌بندی نیازهای آموزشی و پیشنهاد اهداف آموزشی برای افزایش آگاهی بهره‌برداران بود. نتایج این مطالعه نشان داد که بهره‌برداران کشاورزی و منابع طبیعی در زمینه روش‌های عملی ارزیابی رطوبت خاک، تسطیح اراضی در آبیاری سطحی و روش‌های آن، روش تعیین فاصله دور آبیاری و نیاز آبی گیاه و همچنین نحوه تهیه زمین و تناوب زراعی نیازمند آموزش صحیح است. نتایج ایجاد سایت‌های الگویی بهبود بهره‌وری آب گندم در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ در برخی از شهرستان‌های شمالی استان خوزستان با موضوع استفاده از کود پتاسه و مدیریت آبیاری به صورت کاهش مدت زمان آبیاری (با هدف کاهش رواناب) با شرایط مرسوم بهره‌بردار نشان داد که با کاربرد بهینه آب آبیاری (به‌صورت کاهش مدت زمان آبیاری) مقدار عملکرد کاهش نیافت و در عوض مقدار بهره‌وری آب از ۰/۹۵ به ۱/۱۵ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش یافت. استفاده از کود پتاسه بر مبنای توصیه کودی، موجب افزایش عملکرد گندم شد؛ به‌طوری که با مقدار آب کاربردی یکسان میزان بهره‌وری آب در حالت استفاده از کودهای پتاسه حدود ۱۷ درصد افزایش یافت. درمجموع نتایج مطالعات نشان داد که با پیاده‌سازی برخی توصیه‌های علمی در مزارع گندم در شمال استان خوزستان می‌توان بهره‌وری آب را تا ۱۹ درصد افزایش داد (خرمیان، ۱۳۹۱). رنجبر و همکاران (۱۳۹۴) با هدف انتقال یافته‌های تحقیقاتی در اراضی پایین‌دست حوضه کرخه (دشت آزادگان) مجموعه یافته‌های تحقیقاتی شامل رقم، تغذیه و مدیریت آبیاری مناسب را به‌عنوان تیمار برتر با روش بهره‌بردار (تیمار شاهد) در دو قطعه زمین که یکی از آن‌ها مجهز به سامانه زهکشی و دیگری بدون سامانه زهکشی بود، مورد مقایسه

دانه‌ای در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ در مزارع شوش، اندیمشک و دزفول اجرا شد. تاریخ کاشت ذرت دانه‌ای در دهه اول مرداد و برداشت آن در اوایل آذر است. مقدار بارش سالانه بلندمدت (از سال ۱۳۶۶ تا ۱۴۰۰) ۳۰۷ میلی‌متر که معمولاً از آذر شروع شده و تا فروردین سال بعد ادامه دارد؛ بنابراین عموماً بارش مؤثری در فصل رشد ذرت نخواهیم داشت و آب مورد نیاز ذرت دانه‌ای با آب آبیاری تأمین می‌شود. این مناطق براساس طبقه‌بندی اقلیم دومارتن دارای اقلیم فراخشک گرم قرار دارند.

مزارع الگویی اصلی (سایت‌های اصلی) و مزارع تبعی (سایت‌های فرعی) ذرت با مشارکت ترویج اداره جهاد کشاورزی در محدوده فعالیت‌های جهاد نصر و پراکنش آن‌ها بر مبنای میزان فعالیت‌های این مؤسسه انتخاب شد. منظور از سایت اصلی مزرعه‌ای است که توصیه‌های ترویجی طبق نظر کارشناسان در آن پیاده شده و علاوه بر این مقدار آب آبیاری ورودی به مزرعه با نصب فلوم اندازه‌گیری شده است. این مزارع به صورتی انتخاب شدند که نماینده سطح وسیعی از منطقه به لحاظ اقلیمی، کیفیت منابع آب، خاک، الگوی کشت و شرایط اجتماعی باشد، زارع از کشاورزان پیشرو منطقه، خوش‌نام و موردپذیرش اهالی روستا باشد و در تمام مراحل انجام کار آمادگی دریافت توصیه‌های پژوهشی و ادوات لازم برای مراحل تهیه زمین، کاشت، داشت و برداشت را در اختیار داشته باشد. منظور از سایت‌های تابعی مزارع اطراف سایت اصلی (حداقل ۲۰ قطعه مزرعه) است که به کشت ذرت اختصاص داده شده بودند و مدیریت زراعی آن‌ها بدون دخالت کارشناس مروج صورت گرفت، ضمن آنکه از بهره‌برداران این قطعات زراعی برای شرکت در کلاس‌های آموزشی در سایت اصلی دعوت شد. اطلاعات مزرعه‌ای سایت‌های تابعی همانند مدیریت زراعی از زمان قبل از کاشت تا برداشت و به‌ویژه تعداد نوبت (برای برآورد حجم آب مصرفی) و تاریخ آبیاری‌ها به انضمام عملکرد برای مقایسه مورد استفاده قرار گرفت.

سایت‌های الگویی شهرستان شوش در محدوده اراضی سه مرکز جهاد کشاورزی حر ریاحی (با مجموع اراضی ۷۸۳۶ هکتار)، خلف مسلم (۱۲۴۵۶ هکتار) و بن معلا (۹۲۱۰ هکتار) واقع در شبکه آبیاری دز قرار داشتند. بافت خاک این مناطق غالباً متوسط به بالا، بدون محدودیت شوری و کیفیت آب شبکه خوب (C2-S1) و بدون محدودیت

قرار دادند. نتایج نشان داد که در شرایط وجود سامانه زهکشی، عملکرد گندم ۱۵ درصد تحت‌تأثیر تیمار توصیه‌شده افزایش یافت. خرمیان (۱۳۹۶a) با کاربرد رقم جدید گندم (چمران ۲) و تغییر سامانه آبیاری سطحی-نواری به سامانه آبیاری سطحی-جویچه‌ای در منطقه میاناب شوشتر در قالب سایت‌های الگویی نشان داد که عملکرد و بهره‌وری آب در رقم چمران ۲ به‌ترتیب ۱۹ و ۳۴ درصد افزایش و راندمان کاربرد آب در مزرعه از ۴۹/۸ درصد در روش آبیاری سطحی-نواری به ۵۵/۳ درصد در روش آبیاری جویچه‌ای افزایش یافت. نتایج استفاده از چغندر قند پاییزه در تناوب منطقه میاناب شوشتر در قالب سایت‌های الگویی نشان داد که با برنامه‌ریزی آبیاری (کاهش تلفات رواناب و آبیاری بر مبنای پایش رطوبت خاک) می‌توان عملکرد و بهره‌وری آب کاربردی برای تولید شکر را به‌ترتیب از ۸/۸ تُن در هکتار و ۱/۵ کیلوگرم بر مترمکعب به ۱۱/۵ تُن در هکتار و ۱/۸ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش داد (خرمیان، ۱۳۹۶b). جعفرنژادی (۱۳۹۸) با انتخاب دو قطعه مزرعه در منطقه حمیدیه واقع در جنوب خوزستان و اعمال مدیریت آب و کود در یک قطعه و مقایسه آن با مدیریت بهره‌بردار (قطعه شاهد) نشان داد که کاربرد بهینه کود (کودهای پایه و تکمیلی) براساس برنامه غذایی و آزمون خاک موجب افزایش ۳۱ تا ۷۰ درصدی عملکرد گندم و ۴۳ تا ۱۰۰ درصدی بهره‌وری آب نسبت به مزرعه شاهد شد. این نتایج نشان داد که برای استفاده بهینه از منابع آب و خاک و افزایش بهره‌وری آب در محصولات مختلف پیاده‌سازی فعالیت ترویجی-آموزشی در عرصه ضروری است. ذرت دانه‌ای یکی از گیاهان مهم در تناوب استان خوزستان است که مطالعات زیادی در زمینه مدیریت آب و کود صورت گرفته، اما نتایج آن‌ها کمتر وارد عرصه شده است؛ از این‌رو در مطالعه حاضر برای ارتقای بهره‌وری مصرف آب، پیاده‌سازی برخی توصیه‌های فنی در قالب سایت‌های الگویی ذرت در سه شهرستان شوش، اندیمشک و دزفول مورد توجه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

برنامه ترویجی آموزشی طرح احیای اراضی خوزستان با محوریت ارتقای بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری در قالب سایت‌های الگویی برای محصولات مختلف، از جمله ذرت

پنوماتیک در همه سایت‌های الگویی در مناطق یادشده صورت گرفت.

مطابق با مطالعات، بیش از ۷۰ تا ۸۵ درصد کشاورزان، میزان و زمان کوددهی ذرت را به صورت تجربی و پس از آن با بهره‌گیری از توصیه کارشناسان مدیریت می‌کنند (سلطانی تودشکی و خرمیان، ۱۳۸۹)؛ از این رو اغلب راهکارهای فنی مبتنی بر استفاده متعادل از کودهای شیمیایی با توجه به آزمون خاک مورد نظر قرار گرفت (جدول ۱). به این صورت که قبل از تهیه زمین، نمونه مرکب از خاک سایت‌های اصلی و از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر گرفته شده و به آزمایشگاه ارسال و براساس مقادیر حاصل از آن توصیه کودی طبق نظر کارشناس به مسئول مروج پهنه ابلاغ و مطابق با توصیه کودی مقادیر کود پایه و سرک اعمال شد. از طرفی همه فعالیت‌های زراعی سایت‌های فرعی اطراف سایت اصلی مطابق با مدیریت بهره‌بردار صورت گرفت.

معمولاً اقدامات زیربنایی به‌تنهایی قادر به افزایش عملکرد و استفاده بهینه از آب آبیاری نیست و بایستی راهکارهای فنی و مدیریتی در سطح مزرعه پیاده شود. رعایت این راهکارها در همه مزارع الگویی به‌نوعی می‌تواند در بهبود بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری مؤثر باشد. سایت‌های الگویی ذرت از این امر مستثنی نبوده و در هر یک از آن‌ها به تناسب شرایط منطقه‌ای مجموعه‌ای از راهکارهای فنی در زمینه آبیاری سطحی (استفاده از سیفون، کاهش دبی، استفاده از طول بهینه و کود آبیاری سطحی) و علاوه بر تغذیه متعادل سایر شیوه‌های به‌زراعی (کم‌خاک‌ورزی، کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز) مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۲). در همه سایت‌های یادشده، هدف از مقایسه میزان افزایش بهره‌وری تیمار برتر با شرایط مدیریت مرسوم بهره‌برداران اطراف سایت اصلی بود. در طول رشد و نمو گیاه علاوه بر یادداشت عملیات زراعی، مقدار آب آبیاری در سایت اصلی اندازه‌گیری و پس از برداشت محصول عملکرد دانه ثبت شده و بهره‌وری آب محاسبه شد. برای محاسبه شاخص بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری، نسبت مقدار عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار) به حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)، از معادله (۱) استفاده شد:

$$WP = CY / CW$$

(۱)

آبیاری بود. آبیاری سطحی به دو صورت نواری و جویچه‌ای روش رایج آبیاری و کشت غالب منطقه گندم است. گندم-ذرت تناوب رایج منطقه بوده و علاوه بر ذرت، کاشت گیاهانی مانند چغندرقد، کلزا، حبوبات و صیفی‌جات در این مناطق رایج است. علی‌رغم اینکه منبع تأمین آب این مناطق غالباً از شبکه دز است، در برخی از مناطق نیز از آب زیرزمینی برای عملیات آبیاری استفاده می‌شود.

سایت‌های الگویی ذرت دانه‌ای شهرستان اندیمشک در محدوده مرکز خدمات جهاد کشاورزی آزادی اجرا شد. این محدوده جزو مناطقی است که احداث کانال فرعی به وسعت ۳۰۰۰ هکتار توسط جهاد نصر صورت گرفته است. کشت غالب اراضی شهرستان اندیمشک و همچنین مزارع منتخب به‌صورت گندم و ذرت، بافت خاک سبک (لوم)، اراضی بدون محدودیت شوری، تأمین آب از شبکه آبیاری دز و در مواردی استفاده از منابع آب زیرزمینی، رایج است. کیفیت آب خوب (C2-S1) و روش غالب آبیاری ذرت سطحی و به‌صورت جویچه‌ای است.

سایت‌های الگویی شهرستان دزفول در محدوده مراکز خدمات جهاد کشاورزی شمس‌آباد و شهید کریمی واقع در شرق شبکه دز قرار داشت. خاک این مناطق نسبتاً سنگین (سیلتی کلی لوم)، بدون محدودیت شوری، کیفیت آب شبکه C2-S1، آبیاری سطحی جویچه‌ای روش رایج آبیاری و غالب کشت منطقه گندم است. احداث و مرمت کانال‌های فرعی در برخی نقاط توسط جهاد نصر صورت گرفته است. پس از مشخص شدن موقعیت مزارع، با نمونه‌برداری از خاک، خصوصیات هم‌چون بافت، شوری و درصد مواد آلی خاک اندازه‌گیری شد. نتایج اندازه‌گیری‌ها در سایت‌های اصلی نشان داد که مقادیر شوری خاک بین ۱/۲ تا ۴/۵ میلی‌موس بر سانتی‌متر متغیر بوده و از این لحاظ هیچ‌گونه محدودیت شوری آب و خاک برای کاشت ذرت وجود نداشت. درصد کربن آلی خاک نیز بین ۰/۷۳ تا ۱/۰۸ متفاوت بود که نشان‌دهنده وضعیت نسبتاً مناسب مواد آلی خاک بود. اعمال توصیه کودی و استفاده از تغذیه متعادل آزمون خاک در همه این سایت‌ها بر مبنای آزمون خاک و توصیه‌های کارشناسان تغذیه انجام شد (جدول ۱). کاشت ذرت روی پشته‌های با فواصل ۷۵ سانتی‌متر با استفاده از ردیف‌کار

که در آن WP بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری دانه ذرت (کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری)، CY عملکرد ذرت دانه‌ای با رطوبت ۱۴ درصد وزنی (کیلوگرم در هکتار) و

جدول ۱- نتایج آزمون خاک سایت‌های اصلی ذرت دانه‌ای

کد مزرعه	نام مرکز خدمات کشاورزی	میلی‌موس بر سانتی‌متر E.C	pH	O.C (%)	Pava (قسمت در میلیون)	Kava (قسمت در میلیون)
S1	خلف مسلم	۱/۶	۷/۴۳	۰/۷۵	۹/۹	۱۳۱
S2	خلف مسلم	۴/۳	۷/۴۱	۰/۸۹	۷/۸	۱۷۸
S3	حر ریاحی	۴/۵	۷	۱/۰۸	۱۶/۷	۲۵۱
S4	حر ریاحی	۲	۷/۲۱	۰/۹۴	۶/۸	۱۸۸
S5	بن معلا	۴	۶/۹	۰/۸۸	۱۱	۱۴۹
A1	آزادی	۱/۲	۷/۶۵	۰/۷۸	۸/۴	۱۹۸
A2	آزادی	۱/۳	۷/۶۲	۰/۸۵	۷/۳	۱۸۰
A3	آزادی	۱/۴	۷/۶۹	۰/۷۳	۸/۹	۱۶۷
A4	آزادی	۱/۲	۷/۶۸	۰/۷۹	۷/۷	۱۷۶
D1	شمس‌آباد	۱/۲	۷/۶	۰/۷۳	۹/۱	۱۸۵
D2	شهید کریمی	۱/۵	۷/۸	۰/۷۹	۹/۳	۱۶۵
میانگین		۲/۲	۷/۴۵	۰/۸۴	۹/۳	۱۷۸/۹

جدول ۲- توصیه‌های مورد استفاده در سایت‌های اصلی ذرت دانه‌ای شهرستان‌های شوش، اندیمشک و دزفول

نام کشاورز	نام مرکز خدمات کشاورزی	توصیه‌های فنی مورد استفاده در سایت
S1	خلف مسلم	آزمون خاک، کم‌خاک‌ورزی، کودآبیاری سطحی
S2	خلف مسلم	آزمون خاک، کم‌خاک‌ورزی، کودآبیاری سطحی
S3	حر ریاحی	آزمون خاک، کاهش دبی، کودآبیاری سطحی
S4	حر ریاحی	آزمون خاک، طول بهینه، کودآبیاری سطحی
S5	بن معلا	آزمون خاک، کاهش دبی، کم‌خاک‌ورزی
A1	آزادی	آزمون خاک، استفاده از سیفون و کاهش دبی، کم‌خاک‌ورزی
A2	آزادی	آزمون خاک، استفاده از سیفون و کاهش دبی، کم‌خاک‌ورزی
A3	آزادی	آزمون خاک، استفاده از سیفون و کاهش دبی، کم‌خاک‌ورزی
A4	آزادی	آزمون خاک، استفاده از سیفون و کاهش دبی، کم‌خاک‌ورزی
D1	شمس‌آباد	آزمون خاک، کم‌خاک‌ورزی، کودآبیاری سطحی
D2	شهید کریمی	آزمون خاک، کم‌خاک‌ورزی، کودآبیاری سطحی

نتایج و بحث

حجم آب آبیاری در تیمار شاهد بین ۵۷۸۰ تا ۱۳۷۴۴ مترمکعب در هکتار اندازه‌گیری شد. به نحوی که سایت S4 بیشترین حجم آب کاربردی را به خود اختصاص داد؛

خلاصه نتایج پیاده‌سازی توصیه‌های فنی در سایت‌های اصلی شهرستان شوش در جدول ۳ خلاصه شده است.

داشت؛ زیرا بارش به همراه وزش شدید باد، موجب خوابیدگی غالب مزارع ذرت در این منطقه شد. میانگین بهره‌وری آب آبیاری سایت‌های تابعی در هر یک از مناطق شوش بین ۰/۴۶ تا ۰/۹۱ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر بود. سایت S4 با بیشترین حجم آب آبیاری، حداقل بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری را نشان داد؛ علاوه‌براین افزایش آب آبیاری موجب کاهش عملکرد و بهره‌وری آب (۰/۴۶) کیلوگرم بر مترمکعب) شد. حاصل پیاده‌سازی توصیه‌های فنی در سایت‌های الگویی مناطق شوش موجب افزایش بهره‌وری آب آبیاری از ۰/۶۹ به ۱ کیلوگرم بر مترمکعب شد که در مجموع افزایش ۴۵ درصدی را نشان داد. خلاصه نتایج پیاده‌سازی توصیه‌های فنی در سایت‌های اصلی دهستان آزادی شهرستان اندیمشک و میزان اثربخشی توصیه‌ها در جدول ۴ ارائه شده است.

زیرا طول مزرعه در مسیر حرکت آب بیش از مقادیر توصیه‌شده (۶۳۰ متر) بود که با کاهش طول به نصف (به‌صورت استفاده از نهر آب آور در وسط مزرعه) در تیمار برتر مقدار آب کاربردی به ۸۴۱۲ مترمکعب در هکتار (۶۳ درصد کاهش آب کاربردی) کاهش یافت. استفاده از سیفون پلاستیکی و کاهش دبی پس از رسیدن آب به انتها در سایت S5 نیز در کاهش ۲۹ درصدی آب آبیاری مؤثر بود. سایت‌های S1 و S3 با یک نوبت آبیاری کمتر نسبت به شاهد حجم آب کمتری دریافت کردند. عملکرد تیمار برتر در سایت‌های الگویی بین ۵۹۴۰ تا ۷۶۴۰ با میانگین ۷۱۰۶ کیلوگرم در هکتار دانه ذرت با رطوبت ۱۴ درصد به‌صورت برداشت در سطح وسیع اندازه‌گیری شد. سایت S1 در دو حالت تیمار و شاهد با مقادیر به‌ترتیب ۵۹۴۰ و ۴۹۹۴ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد را

جدول ۳- مدیریت کاربرد آب و افزایش بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری ذرت در اراضی شوش

کد سایت	حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)		عملکرد (کیلوگرم در هکتار)		بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری (کیلوگرم بر مترمکعب)		درصد افزایش بهره‌وری
	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	
S1	۵۶۳۰	۵۷۸۰	۵۹۴۰	۴۹۹۴	۱/۰۶	۰/۸۶	۲۲/۱
S2	۸۷۲۴	۸۷۲۴	۷۶۴۰	۶۱۸۰	۰/۸۸	۰/۷۱	۲۳/۶
S3	۶۶۴۰	۷۶۵۰	۶۹۸۰	۶۹۸۰	۱/۰۵	۰/۹۱	۱۵/۲
S4	۸۴۱۲	۱۳۷۴۴	۷۴۷۰	۶۳۴۰	۰/۸۹	۰/۴۶	۹۲/۵
S5	۶۰۹۴	۸۶۲۱	۷۵۰۰	۶۳۰۰	۱/۲۳	۰/۷۳	۶۸/۴
میانگین	۷۱۰۰	۸۹۰۴۵	۷۱۰۶	۶۱۵۹	۱	۰/۶۹	۴۴/۷

اصلی موجب شد تا بهره‌وری آب آبیاری در مزارع با اعمال راهکار فنی به مقادیر ۰/۸۹ تا ۱/۵۶ و با میانگین ۱/۰۶ کیلوگرم بر مترمکعب برسد که نسبت به میانگین سایت‌های تابعی (۰/۹۱ کیلوگرم بر مترمکعب) حدود ۱۶/۵ درصد افزایش یافت. کاربرد گاوآهن برای تهیه زمین یکی از شیوه‌های رایج در مناطق ذرت کاری شهرستان دزفول محسوب می‌شود؛ از این‌رو علاوه بر تغذیه بر مبنای آزمون خاک، از شیوه کم‌خاک‌ورزی برای کاهش مصرف انرژی در سایت‌های الگویی استفاده شد. علی‌رغم کم‌خاک‌ورزی، مقدار بهره‌وری آب حدود ۱۰/۸ درصد افزایش یافت که این امر می‌تواند ناشی از تغذیه مناسب (جعفرزادی، ۱۳۹۸) و استفاده از شیوه کودآبیاری (عباسی و همکاران، ۱۳۹۵) باشد.

حجم آب آبیاری در تیمار برتر بین ۵۰۰۷ تا ۹۰۷۰ با میانگین ۷۳۱۸ مترمکعب در هکتار اندازه‌گیری شد. تعداد نوبت‌های آبیاری در سایت اصلی و سایت‌های تابعی یکسان بود و از آنجایی که در سایت‌های تابعی اندازه‌گیری آب ورودی صورت نگرفته است، مقدار حجم آب آبیاری در هر دو سایت اصلی و تابعی یکسان در نظر گرفته شد. عملکرد تیمار برتر در سایت‌های الگویی بین ۷۵۰۰ تا ۸۱۰۰ با میانگین ۷۷۵۰ کیلوگرم در هکتار بود که در سایت‌های تابعی بین ۶۱۵۰ تا ۷۲۸۰ با میانگین ۶۶۵۰ کیلوگرم در هکتار دانه ذرت با رطوبت ۱۴ درصد اندازه‌گیری شد که در مجموع مقدار عملکرد در سایت الگویی با میانگین عملکرد سایت‌های تابعی اختلاف ۱۶/۵ درصد افزایش را نشان داد. افزایش عملکرد در سایت

جدول ۴- مدیریت کاربرد آب و افزایش بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری ذرت در اراضی اندیمشک

کد سایت	حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)		عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)		بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری (کیلوگرم بر مترمکعب)		درصد افزایش بهره‌وری آب
	تیمار	شاهد*	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	
A1	۵۰۰۷	۵۰۰۷	۷۸۰۰	۶۸۱۰	۱/۵۶	۱/۳۶	۱۴/۷
A2	۹۰۷۰	۹۰۷۰	۸۱۰۰	۷۲۸۰	۰/۸۹	۰/۸	۱۱/۳
A3	۶۶۲۹	۶۶۲۹	۷۵۰۰	۶۳۶۰	۱/۱۳	۰/۹۶	۱۷/۷
A4	۸۵۶۶	۸۵۶۶	۷۶۰۰	۶۱۵۰	۰/۸۹	۰/۷۲	۲۳/۶
میانگین	۷۳۱۸	۷۳۱۸	۷۷۵۰	۶۶۵۰	۱/۰۶	۰/۹۱	۱۶/۵

جدول ۵- مدیریت کاربرد آب و افزایش بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری ذرت در اراضی شمس‌آباد دزفول

کد سایت	حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)		عملکرد (کیلوگرم در هکتار)		بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری (کیلوگرم در مترمکعب)		درصد افزایش بهره‌وری
	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	
D1	۸۳۲۷	۸۸۸۲	۶۸۴۰	۶۵۴۲	۰/۸۲	۰/۷۴	۱۰/۸
D2	-	-	-	-	-	-	-
میانگین	۸۳۲۷	۸۸۸۲	۶۸۴۰	۶۵۴۲	۰/۸۲	۰/۷۴	۱۰/۸

* تگرگ و بارش باعث خوابیدگی و کاهش شدید عملکرد شد؛ بنابراین از محاسبات حذف شد.

نتایج و بحث

بارش‌های زود هنگام پاییزه در سال ۱۳۹۷ از اواسط مرحله نهایی رشد ذرت (ماه آبان، مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی و مراحل پس از آن) شروع و تا پس از رسیدگی کامل ذرت ادامه یافت (شکل ۱)، به نحوی که برای جلوگیری از خوابیدگی مزارع ناشی از بادهای شدید، آبیاری آخر بسیاری از مزارع حذف و با تأخیر صورت گرفت. کاهش دمای هوا و کاهش تبخیر از یک سو و کاهش تبخیر و تعرق گیاه ناشی از رسیدگی محصول و بارش‌های پیاپی موجب افزایش تدریجی رطوبت خاک شد، به نحوی که برداشت ذرت دانه‌ای حداقل یک ماه به تعویق افتاد که در کاهش مقدار عملکرد (کاهش تعداد بوته‌های سرپا) مؤثر بود.

حجم آب آبیاری سایت‌های الگویی ذرت در سه شهرستان یادشده بین ۷۱۰۰ تا ۸۹۰۰ مترمکعب در هکتار اندازه‌گیری شد (جدول ۶). پیاده‌سازی توصیه‌ها در مزارع الگویی موجب کاهش آب آبیاری شد؛ به نحوی که آب صرفه‌جویی‌شده در سایت‌های الگویی بین صفر تا ۲۰ درصد با میانگین ۹/۴ درصد محاسبه شد. مقدار آب

ورودی به مزرعه در نوبت‌های آبیاری فقط در سایت اصلی و در مواردی که امکان اجرای راهکار فنی در شرایط رایج کشاورز وجود داشت، آب آبیاری در هر دو تیمار برتر و تیمار شاهد اندازه‌گیری شد. بیشترین حجم آب صرفه‌جویی‌شده مربوط به سایت‌های اراضی شهرستان شوش بود. استفاده از راهکار کاهش طول جویچه از ۶۳۰ متر به ۳۱۵ متر و بهره‌گیری از شیوه‌های کاهش جریان و استفاده از سیفون پلاستیکی برای انتقال آب به جویچه‌ها از راهکارهای مؤثر در کاهش آب آبیاری بود. غالب اراضی این منطقه طولی بیش از ۳۰۰ متر دارند و با توجه به این نتیجه توصیه می‌شود که قطعات هم‌جوار پس از کاشت با احداث یک نهر آب‌آور در وسط مزرعه، طول جویچه را به نصف کاهش داده تا حجم آب آبیاری کاهش یابد. در مجموع می‌توان گفت استفاده از توصیه‌های فنی ساده برای کاهش رواناب خروجی از انتهای مزرعه، اعمال طول بهینه و استفاده از کم خاک‌ورزی حجم آب آبیاری را به‌طور میانگین ۹/۴ درصد نسبت به شاهد کاهش داد (جدول ۶).



شکل ۱- تغییرات تبخیر از تشتک و بارش در طول دوره رشد ذرت در سال ۱۳۹۷

جدول ۶- اثر اعمال راهکارهای فنی بر مصرف آب، عملکرد و بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری به تفکیک شهرستان

شهرستان	حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)		عملکرد (کیلوگرم در هکتار)		درصد افزایش عملکرد	بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری (کیلوگرم در مترمکعب)		درصد افزایش بهره‌وری
	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد		تیمار	شاهد	
شوش	۷۱۰۰	۸۹۰۴	۷۱۰۶	۶۱۵۸/۸	۱۵/۱	۱	۰/۶۹	۴۴/۷
اندیمشک	۷۳۱۸	۷۳۱۸	۷۷۵۰	۶۶۵۰	۱۶/۵	۱/۰۶	۰/۹۱	۱۶/۵
دزفول	۸۳۲۷	۸۸۸۲	۶۸۴۰	۶۵۴۲	۵	۰/۸۲	۰/۷۴	۱۰/۸
میاندکین	۷۵۸۱/۷	۸۳۶۸	۷۲۳۲	۶۴۵۰	۱۲/۲	۱	۰/۸	۲۴/۳

دارند؛ از این رو با اعمال راهکارها در مزارع دزفول تأثیر قابل توجهی در افزایش عملکرد مشاهده نشد، اما در مناطق شوش و اندیمشک درصد افزایش عملکرد (۱۵ تا ۱۶/۵ درصد) قابل توجه است. یکی دیگر از اهداف سایت‌های الگویی در مرحله اول ترویج کم‌خاک‌ورزی (حذف گاواهن) و در مراحل بعدی ترویج بی‌خاک‌ورزی و کاشت مستقیم ذرت در بقایای گندم است. خاک‌ورزی مرسوم بیشترین میزان مصرف سوخت و انرژی و همچنین استهلاک تراکتور را به خود اختصاص می‌دهد؛ به‌عنوان مثال عملیات خاک‌ورزی برای تهیه زمین که از گاواهن برگردان‌دار استفاده شود حدود ۶۴ لیتر در هکتار مصرف سوخت خواهد داشت که با حذف گاواهن و استفاده از ۳ نوبت دیسک مصرف سوخت به ۲۴ لیتر کاهش خواهد یافت (هدایت‌پور و یونسی، ۱۳۹۷).

برای مقایسه میانگین و تحلیل آماری نتایج، ابتدا میانگین عملکرد و بهره‌وری آب کاربردی سایت‌های فرعی در

مطالعات بومان و همکاران (۲۰۰۷) نیز نشان داد که با اعمال مدیریت صحیح آبیاری در مزرعه می‌توان، اولاً مانع کاهش عملکرد محصول شد و ثانیاً در کاربرد آب نیز صرفه‌جویی کرد و در مجموع بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری را افزایش داد. واضح است که مهم‌ترین عامل تأثیرگذار در کاهش آب آبیاری در مزارع ذرت استفاده از آبیاری قطره‌ای نواری است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۷) که به دلیل واقع شدن همه مزارع در زیر شبکه‌های آبیاری و زهکشی استفاده از این شیوه امکان‌پذیر نیست.

میزان افزایش عملکرد در سایت‌های اصلی سه شهرستان یادشده اندکی با یکدیگر متفاوت بود. کمترین درصد افزایش عملکرد در سایت دزفول (کمتر از ۱۰ درصد) و بیشترین آن در سایت اصلی شهرستان‌های شوش و اندیمشک مشاهده شد. یکی از دلایل آن، وجود بهره‌برداران ماهر و باتجربه در مناطق دزفول است که آشنایی کامل با زراعت ذرت و سایر محصولات کشاورزی

محدوده هر مرکز خدمات به صورت جداگانه محاسبه شد. در مرحله بعد با استفاده از آزمون t میانگین سایت‌های فرعی با سایت اصلی هر منطقه مقایسه شد تا مشخص شود که آیا پیاده‌سازی راهکارهای فنی تأثیری در افزایش عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری داشته است یا خیر؟

(جدول ۷). با توجه به جدول ۷ میانگین عملکرد دانه با رطوبت ۱۴ درصد در سایت‌های فرعی ۶۴۵۰ کیلوگرم در هکتار است که با اجرای سایت الگویی و اعمال راهکارهای فنی به ۷۲۳۲ کیلوگرم در هکتار افزایش یافته که از نظر آماری در سطح ۱ درصد معنی‌دار است ($p=0/001$).

جدول ۷- آزمون t برای بررسی تفاوت عملکرد و بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری سایت اصلی و میانگین سایت‌های فرعی ذرت

متغیر	نوع سایت	میانگین	انحراف استاندارد	t	p-value
عملکرد	سایت اصلی	۷۲۳۲	۶۴۴/۸	۵/۶۱	۰/۰۰۱**
	سایت‌های فرعی	۶۴۵۰	۶۵۱/۱		
بهره‌وری آب کاربردی	سایت اصلی	۱	۰/۲۲۸	۵/۳۹	۰/۰۰۱**
	سایت‌های فرعی	۰/۸	۰/۲۴۴		

از طرفی میانگین بهره‌وری آب آبیاری در سایت‌های تابعی ۰/۸ کیلوگرم بر مترمکعب بود که با اعمال راهکارهای فنی به ۱ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش یافت که به لحاظ آماری در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود ($p=0/001$). این امر بیانگر نقش مثبت پیاده‌سازی یافته‌های ترویجی در مزارع ذرت دانه‌ای است. این نتایج با یافته‌های دیگر محققان در خصوص اعمال راهکارهای فنی و نظرات کارشناسی در افزایش عملکرد محصولات کشاورزی کاملاً همخوانی دارد (پناهی، ۱۳۹۱؛ غنجی و همکاران، ۱۳۹۴؛ بومان و همکاران، ۲۰۰۷؛ جعفرنژادی، ۱۳۹۸). نتایج یک مطالعه پرسشنامه‌ای نشان داد که خدمات ترویجی نقش مؤثری در مدیریت بهینه منابع آب در نظام کشاورزی ایران دارد (پناهی، ۱۳۹۱؛ غنجی و همکاران، ۱۳۹۴). نتایج میدانی رنجبر و همکاران (۱۳۹۴) در پیاده‌سازی یافته‌های تحقیقاتی در قالب سایت‌های الگویی نشان داد که استفاده از رقم مناسب گندم، تغذیه متعادل و روش آبیاری و زهکشی مناسب، موجب افزایش ۱۵ درصدی عملکرد دانه گندم نسبت به شرایط بدون اعمال راهکارها در اراضی پایین‌دست حوضه کرخه (دشت آزادگان) شد. از طرفی یافته‌های غنجی و همکاران (۱۳۹۴) در زمینه شناسایی عوامل تأثیرگذار بر فناوری مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی و منابع طبیعی نشان داد که پنج مؤلفه با ضریب تبیین ۸۴/۵ درصد با مدیریت منابع آب زراعی در ارتباط بود. مؤلفه‌های مدیریت تأسیسات آب در مزرعه (۱۷/۹ درصد)، فعالیت‌های آموزشی-ترویجی (۱۰/۶ درصد)

و دانش و اطلاعات کشاورزان (۹/۱ درصد) به ترتیب بیشترین نقش را در این زمینه داشته‌اند.

نتیجه‌گیری

سطح زیرکشت ذرت دانه‌ای در سال‌های اخیر در استان خوزستان ۵۰ تا ۶۰ هزار هکتار است که غالباً در تناوب با گندم و به صورت سطحی-جویچه‌ای آبیاری می‌شوند. با فرض آنکه بتوان راهکارهای پیشنهادی در سایت‌های الگویی را حداقل در نیمی از این اراضی پیاده کرد، می‌توان حدود ۷۵۰ مترمکعب در هکتار (حدود ۹ درصد) معادل ۱۸ میلیون مترمکعب در آب آبیاری صرفه‌جویی کرد. در این شرایط با کاربرد کودهای شیمیایی براساس آزمون خاک و نیاز غذایی گیاه و رعایت سایر مسائل به‌زراعی، عملکرد حدود ۸۸۰ کیلوگرم در هکتار (۱۲/۲ درصد) و بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری از ۰/۸ به ۱ کیلوگرم بر مترمکعب (۲۴ درصد) افزایش خواهد یافت. حذف گاوآهن و استفاده از شیوه کم‌خاک‌ورزی در همه سایت‌های اصلی در کنار سایر راهکارها به کار گرفته شد، بدون آنکه کاهش عملکرد اتفاق افتد؛ بنابراین اگر در نیمی از مزارع ذرت دانه‌ای در شمال خوزستان شیوه کم‌خاک‌ورزی رعایت شود، می‌توان تا یک میلیون لیتر سوخت صرفه‌جویی کرد، بدون آنکه تأثیری در کاهش عملکرد ذرت داشته باشد.

منابع

۱. احمدی ک.، عبادزاده ح.ر.، حاتمی ف.، حسین‌پور ر. و عبدشاه ه. ۱۳۹۹. آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۸. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. جلد سوم: محصولات باغی، ۴۳-۴۴.
۲. پناهی ف. ۱۳۹۱. تحلیل عوامل مؤثر بر مدیریت بهینه منابع آب در نظام کشاورزی ایران. پژوهش‌های ترویج و آموزش کشاورزی. (۱)۵: ۱۰۱-۱۱۷.
۳. جعفرنژادی ع. ر. ۱۳۹۸. ارائه مناسب‌ترین مدیریت حاصلخیزی به‌منظور افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب و کود در کشت گندم رامسه (حمیدیه). گزارش نهایی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، شماره مصوب ۹۵۰۰۱۶-۹۵۰۰۲-۰۰۴-۱۰-۴۶-۲۶ ص. ۴. سلطانی تودشکی ع. ر. و خرمیان م. ۱۳۸۹. شناسایی میزان آگاهی کشاورزان از مسائل آب و خاک، امکانات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری موردنیاز و راهکارهای تقویت ارتباط بین کشاورزان و کارشناسان (گزارش منطقه‌ای استان خوزستان) گزارش نهایی طرح تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ثبت ۸۹/۱۴۶۶/۷۱.
۵. خرمیان م. ۱۳۹۶a. ارزیابی بهره‌وری آب آبیاری و اقتصادی ارقام گندم در شبکه آبیاری و زهکشی میاناب شوشتر. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ثبت ۵۲۴۶۳.
۶. خرمیان م. ۱۳۹۶b. بررسی امکان توسعه چغندرقد پاییزه تحت مدیریت‌های مختلف آبیاری در شبکه آبیاری و زهکشی میاناب شوشتر. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ثبت ۵۲۳۹۵.
۷. خرمیان م. ۱۳۹۱. بهره‌وری آب آبیاری گندم در مزارع شمال استان خوزستان. اولین همایش کشاورزی در مناطق خشک، دانشگاه پیام‌نور شادگان، ۱۰ اسفند. ۷ ص.
۸. رنجبر غ.، شیران م.، رحیمیان م. ح. و هاشمی‌نژاد ی. ۱۳۹۴. تأثیر یافته‌های تحقیقاتی بر بهبود عملکرد گندم در اراضی پایین‌دست حوضه کرخه. اولین همایش ملی بررسی ابعاد فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی طرح احیای ۵۵۰ هزار هکتار اراضی خوزستان و ایلام. اهواز. ۳۰ بهمن. ۷ ص.
۹. عباسی ف.، چوگان ر. و غیبی م.ن. ۱۳۹۴. ارتقای بهره‌وری آب و کود ذرت دانه‌ای با کودآبیاری جویچه‌ای. یافته‌های قابل‌ترویج سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. چاپ اول: ۱۷۸-۱۷۹.
۱۰. عباسی ف.، ناصری ا.، نخجوانی مقدم م.، سلامتی ن.، جلینی م.، خرمیان م.، دهقانان س. ا.، یوسف گمرکچی ا.، اسلامی ع.، اخوان ک.، فرزامنیا م.، باغانی ج. و اکبری م. ۱۳۹۷. مقایسه برخی شاخص‌های مدیریت مصرف آب در تولید ذرت علوفه‌ای در پایاب شبکه‌های آبیاری مدرن و سنتی. تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی. (۱۹)۷۳: ۱۴۳-۱۵۶.
۱۱. غنجدی م.، معصومیان ع.، خوشنودی‌فر ز. و صفاری ح. ۱۳۹۴. شناسایی و تبیین عوامل تأثیرگذار بر فناوری مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی و منابع طبیعی، پژوهش و فناوری ۲: ۱۱۳-۱۲۸.
۱۲. هدایتی‌پور ا. و یونسی الموتی م. ۱۳۹۷. تأثیر روش‌های خاک‌ورزی بر مصرف انرژی و عملکرد گندم آبی در منطقه اراک. مجله پژوهشی تحقیقات سامانه‌ها و مکانیزاسیون کشاورزی. (۷۱)۱۹: ۱۷-۲۸.
۱۳. کریمی س. ۱۳۸۴. نیازسنجی آموزشی-ترویجی آب و خاک. مطالعات صورت‌گرفته توسط معاونت ترویج و نظام‌های بهره‌برداری وزارت جهاد کشاورزی.
14. Bouman B. A. M. Lampayan R. M. and Tuong T. P. 2007. Water management in irrigated rice: coping with water scarcity. Los Banos (Philippines): International Rice Research Institute. 54 p.
15. World Food and Agriculture (FAO) – Statistical Yearbook 2021. World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2021.