تحقیقات مهندسی سازه های آبیاری و زهکشی /جلد ۲۳/ شماره ۸۹/ زمستان ۱۴۰۱/ص ۴۷-۶۹

نوع مقاله: علمی-پژوهشی

بررسی اثر کاربرد نتایج تحقیقات به زراعی بر عملکرد و بهره‌وری آب چند محصول در شمال خوزستان

علیرضا توکلی*[۱]، محمد خرمیان[۲] و جواد قاسمی[۳]

*۱- دانشیار، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، نویسنده مسئول

۲- استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد دزفول، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران

۳- استادیار، موسسه آموزش و ترویج کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۲ تاریخ پذیرش : ۱۴۰۲/۰۴/۰۳

چکیده

به‌منظور انتقال دانش، افزایش تولید و بهره‌وری آب در سطح مزارع بهره‌برداران، پژوهش در قالب ۵۲ سایت الگویی برای ۵۰۴ هکتار از زمین‌های احیا شده طرح ۵۵۰ هزار هکتاری دشت‌های خوزستان و ایلام در شهرستان‌های دزفول، شوش، شوشتر و اندیمشک طی سال‌های زراعی ۹۸-۱۳۹۶ اجرا شد. این فعالیت‌ها در قالب بسته‌های دانشی برتر (اصلاح آرایش کشت، تغذیه کودی متعادل، کشت نشائی، طول بهینه جویچه و یا نوار، انتخاب ارقام مناسب، حفظ بقایا با خاک‌ورزی حفاظتی و مدیریت آبیاری) متناسب با محصولات مختلف به اجرا در آمد. محصولات منتخب شامل گندم، ذرت، کلزا، چغندرقند، ماش، پیاز، کلم، کاهو، بادمجان، لوبیا و مرکبات بود. در کنار سایت‌های الگویی، مزارع شاهد نیز بررسی و ارزیابی شدند که تحت مدیریت مرسوم قرار داشتند. نتیجهٔ مقایسه میانگین‌ها در تیمار مدیریت برتر (سایت اصلی) با مدیریت مرسوم (شاهد) توسط آزمون t، حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار در افزایش عملکرد و بهبود بهره‌وری آب بود. نتایج این پژوهش که با مشارکت محققان، مروجان و کارشناسان سازمان جهاد کشاورزی در شرایط بهره‌برداران و با مشارکت ۱۲۰۱ نفر از آنها در سایت اصلی و واحدهای تابعی سایت صورت گرفت، نشان داد که با فراگیر شدن نتایج می‌توان انتظار داشت که میزان کل تولید محصولات، حتی با کاهش مصرف آب آبیاری، افزایش یابد. میزان افزایش قابل انتظار تولید گندم، کلزا، چغندرقند، ذرت، ماش و مرکبات در شهرستان شوش بین ۷ تا ۲۹/۶ درصد؛ میزان افزایش قابل انتظار تولید گندم، کلزا و لوبیا در شهرستان شوشتر بین ۱۰/۸ تا ۳۸/۹ درصد؛ میزان افزایش قابل انتظار تولید گندم، ذرت و بادمجان در شهرستان اندیمشک بین ۷/۸ تا ۱۶/۵ درصد؛ و میزان افزایش قابل انتظار تولید گندم، کلزا، چغندرقند، ذرت، پیاز، کاهو، کلم و مرکبات در شهرستان دزفول بین ۵ تا ۶۴ درصد بود. میزان افزایش بهره‌وری در سایت‌های اصلی، نسبت به تیمار شاهد، بین ۴/۵ تا ۹۳/۶ درصد بسته به نوع محصول بوده است. بنابراین، با توجه به ماهیت سایت‌های الگویی که توأم با مشارکت بهره‌برداران در فرآیندهای فراگیری و به‌کارگیری بسته‌های دانشی برتر است، به‌کارگیری نتایج تحقیقات در مزارع بهره‌برداران می‌تواند به جبران خلأ عملکرد، کاهش مصرف آب و ارتقای بهره‌وری آب کمک کند.

واژه‌های کلیدی: افزایش تولید، ترویج کشاورزی، سایت الگویی، کاهش مصرف آب

نگارنده مسئول : Email : ar.tavakoli@areeo.ac.ir

https://doi.org/ 10.22092/IDSER.2023.361992.1541

مقدمه

طرح‌های توسعهٔ آبیاری، به‌ویژه در شبکه‌های فرعی، و فعالیت‌های تجهیز و نوسازی زمین‌ها همچون یکپارچه سازی، قطعه‌بندی مجدد، تسطیح زمین، احداث شبکهٔ کانال‌های آبیاری درجه سه و چهار، احداث کانال یا ترمیم کانال‌ها، طراحی و نصب زهکش‌های زیرزمینی و آبشویی مزارع، و توسعهٔ سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار نقش مؤثری در افزایش عملکرد و استفادهٔ بهینه از منابع آب‌وخاک خواهند داشت. از این‌رو، طرح ۵۵۰ هزار هکتاری احیای اراضی استان‌های خوزستان و ایلام (حدود ۵۰۰ هزار هکتار در استان خوزستان و ۵۰ هزار هکتار در استان ایلام) و در اراضی پایاب سدهای موجود در پنج حوضه کرخه، دز، کارون، مارون و زهره و خیرآباد در ذیل شبکه‌های اصلی احداث شده است. این طرح، برای سرعت بخشیدن به فعالیت‌های زیربنایی از سال ۱۳۹۰ فعالیت خود را آغاز کرد و تاکنون تجهیز و نوسازی بخشی از اراضی به اتمام رسیده و در اختیار بهره‌برداران قرار گرفته است (Rezadoost *et al.*, 2016).

اما، آنچه مسلم است، ایجاد زیرساخت‌ها به‌تنهایی نمی‌تواند در افزایش تولید مؤثر باشد. مسئلهٔ مهم در این خصوص این است که در مراحل مطالعه، طراحی، اجرا و بهره‌برداری عمدتاً به ابعاد فنی توجه می‌شود و به مسائل اجتماعی به‌اندازهٔ کافی توجه نمی‌شود. در واقع، رویکرد مورد نظر عمدتاً سخت‌افزاری است تا نرم‌افزاری. شواهد مختلفی وجود دارد که این امر سبب شده است تا ضمن بروز مشکلاتی در مراحل اجرای این طرح‌ها، بهره‌برداری بهینه و پایدار از آنها نیز با چالش‌های بسیاری مواجه شود، به‌طوری‌که برخی از آنها بلا استفاده باقی مانده است یا کارایی لازم را ندارند (Ghasemi, 2021).

یکی از مشکلات کشاورزان، پایین بودن میزان آگاهی کشاورزان از مسائل نوین کشاورزی و به‌خصوص مسائل آب‌وخاک است (Abbasi *et al.*, 2016) که همراه با مدیریت مزرعه می‌تواند سهم مؤثری در مدیریت مصرف آب و افزایش تولید داشته باشد (Tavakoli *et al.*, 2010). در این بین، یکی از این راهکارها که می‌تواند در زمینهٔ مدیریت بهینهٔ مصرف آب و دیگر نهاده‌های تولید مؤثر باشد افزایش دانش، نگرش و مهارت بهره‌برداران است که در این زمینه، نهاد ترویج و آموزش کشاورزی، نقش مؤثر و محوری دارد تا از این طریق، شیوه‌ها و فنون مدیریت آب در مزرعه به شکل صحیح اجرا شوند (Howarth *et al.*, 2002)، پیش‌نیاز چنین فعالیتی، پژوهش و آزمون نتایج و بسته‌های دانشی برتر در مزرعه بهره‌بردار است تا ابعاد عملیاتی آن تبیین شود.

نظر به اینکه یکی از هدف‌های اساسی ترویج کشاورزی تلاش برای افزایش میزان پذیرش فناوری‌های نو و سودمند توسط بهره‌برداران است (Rukni and Chermchian Langroudi, 2018)، به‌موازات اجرای طرح‌های زیربنایی آب‌وخاک، لازم بوده است یافته‌های تحقیقاتی با استفاده از شیوه‌های نوین ترویجی در مزارع کشاورزان پیاده شود. اما فعالیت‌های ترویجی در قالب الگوها و روش‌های مختلفی اجرا می‌شوند که یکی از عوامل مؤثر بر کارایی و اثربخشی این فعالیت‌ها، انتخاب و به‌کارگیری مناسب روش‌های ترویجی است (Ghasemi *et al.*, 2021) که از طریق پژوهش و آزمون در سطح مزارع بهره‌برداران اثربخشی آن مشخص می‌شود.

در این بین، یکی از روش‌های ترویجی که در سال‌های اخیر به آن توجه ویژه شده است، «سایت‌های جامع الگویی تولیدی - ترویجی» است که عبارت‌اند از یک واحد تولیدی ترجیحاً متعلق به مددکار ترویجی یا تسهیل‌گر روستایی و تعدادی واحد متعلق به دیگر بهره‌برداران روستا که در آنها کلیهٔ توصیه‌های فنی، یافته‌های تحقیقاتی و طرح‌های مورد نظر وزارت جهاد کشاورزی با تجمیع منابع و امکانات، اجرا، تعمیم و توسعه می‌یابد. واحد متعلق به مددکار، واحد اصلی و دیگر واحدها، واحدهای تابعی نامیده می‌شوند. در این سایت‌ها، علاوه بر اجرای مجموعه‌ای از فرآیندهای ترویجی به تناسب و فراخور نیازهای بهره‌برداران، از حضور فعال محققان و کارشناسان فنی و تخصصی بخش اجرا و بخش

خصوصی نیز استفاده می‌شود که چرخه‌ای کامل از هماهنگی ترویج، آموزش، اجرا و تحقیق را در عرصهٔ تولید رقم می‌زند (Peyrovshabani *et al.*, 2022).

در این راستا، سایت‌های الگویی در شمال استان خوزستان و در محدودهٔ طرح احیای اراضی ۵۵۰ هزار هکتاری ایجاد شدند که در آنها، به‌کارگیری و توسعهٔ بسته‌های دانشی برتر به‌زراعی چون اصلاح آرایش کشت، تغذیهٔ متعادل، کشت نشایی، کرت‌بندی مناسب، انتخاب ارقام مناسب، حفظ بقایا و اصلاح مدیریت آبیاری که بر مصرف آب و تولید نقش دارند به اجرا درآمد. اما، این فعالیت‌ها، می‌تواند سبب افزایش عملکرد، کاهش هزینه و حتی افزایش کیفیت محصول شود که در نهایت به افزایش درآمد اقتصادی و بهبود معیشت بهره‌بردار می‌انجامد.

تحقیقات متعددی در کشور نشان می‌دهد روش و مدیریت آبیاری تأثیر زیادی در افزایش بهره‌وری مصرف آب دارد و مهم‌ترین عامل در بالا بردن بهره‌وری مصرف آب، مدیریت زراعی است و مهارت و دانش فنی کشاورزان نقش کلیدی در این زمینه دارد. پناهی (Panahi 2013) در تحلیل عوامل مؤثر بر مدیریت بهینهٔ منابع آب در نظام کشاورزی ایران دریافت که ۳۷ درصد از مجموع تغییرات مدیریت بهینه منابع آب توسط چهار عامل: فعالیت‌های دولتی، خدمات ترویجی، عوامل فردی و فیزیکی، و به‌کارگیری سازوکارهای مدیریتی از سوی مولدان به‌منظور مدیریت بهینه منابع آب کشاورزی تبیین می‌شود.

در واکاوی نقش ترویج کشاورزی در حفاظت از منابع آب کشاورزی، شیرخانی و همکاران (Shirkhani *et al.*, 2021) دریافتند که ترویج در زمینه‌هایی چون بهبود فرهنگ‌سازی مصرف بهینهٔ آب، افزایش مشارکت و ایجاد فرصت‌های اشتغال، بهبود وضعیت اقتصادی شامل افزایش تولید و بهره‌وری کشاورزی و افزایش درآمد، بهبود سیاست‌گذاری‌ها در زمینهٔ توسعه کشاورزی و آب، بهبود تعاملات سازمانی و نهادی شامل سازمان تحقیقات کشاورزی و دانشگاه‌ها و سازمان‌های غیردولتی و خصوصی و تغییر رفتارها در زمینهٔ بهره‌برداری از منابع بنیادی تولید و روش‌های تولید ناپایدار ایفای نقش فعال داشته است. نتایج تحقیق شهیدی و همکاران (Shahidi *et al.* 2021) با عنوان راهکارهای آموزشی - ترویجی مدیریت مصرف بهینهٔ آب برای مقابله با خشکسالی در شهرستان سربیشه استان خراسان جنوبی نشان داد که از بین متغیرهای مورد بررسی، متغیر ترویج در زمینهٔ مدیریت مصرف بهینه آب، بیشترین و اثربخشی مشارکت کشاورزان در زمینه مدیریت مصرف بهینه آب کمترین نقش را دارند.

نتایج تحقیق در زمینهٔ بررسی نقش ترویج بر بهره‌وری و درآمد کشاورزان در شمال کشور غنا نشان داده است که علاوه بر ترویج کشاورزی، متغیرهای اقتصادی – اجتماعی، نهادی و مزرعه‌ای نیز بسته به میزان استفاده از بسته‌های دانشی برتر مورد نظر، به‌طور قابل توجهی بر درآمد کشاورزان تأثیرگذار است (Danso-Abbeam *et al.*, 2018). بر اساس یافته‌های تحقیقی در زمینهٔ بررسی تأثیر خدمات ترویج کشاورزی بر کارایی فنی شالیکاران در جنوب غربی بنگلادش مشخص شد که میانگین سطح کارایی فنی شرکت‌کنندگان و غیرشرکت‌کنندگان در این برنامه‌ها به ترتیب ۹۵ درصد و ۸۲ درصد است (Biswas *et al.*, 2021). این مصادیق حاکی از این است که بهره‌گیری از فناوری، یکی از الزام‌های توسعهٔ بخش کشاورزی است (Malekmohammadi *et al.*, 2021) و فناوری‌ها در قالب بسته‌های دانشی برتر و فنون کاربردی عینیّت می‌یابد.

هدف این پژوهش بررسی و تحلیل نقش به‌کارگیری بسته دانشی پیاده شده در سایت‌های الگویی واقع در اراضی منطقه شمال استان خوزستان (و در محدوده طرح احیای اراضی ۵۵۰ هزار هکتاری خوزستان و ایلام) در افزایش تولید و بهبود شاخص بهره‌وری آب، نسبت به مدیریت مرسوم، است.

روش تحقیق

مشخصات منطقهٔ مورد مطالعه

پژوهش حاضر در منطقهٔ شمال خوزستان و در چهار شهرستان شوش، شوشتر، دزفول و اندیمشک طی دو سال زراعی (۹۸-۱۳۹۶) اجرا شد (نقشه ۱). شهرستان دزفول با ۹۰ هزار هکتار اراضی زراعی و ۶۷۰۰ هکتار باغ، از منابع آبی متشکل از رودخانهٔ دز و چاه‌های عمیق برخوردار است و دارای ۴۶ کارشناس مروج پهنه در شش مرکز جهاد کشاورزی دهستان است که به ۱۶۸۴۴ بهره‌بردار خدمات‌رسانی می‌کنند. شهرستان شوش با ۱۰۵ هزار هکتار زمین زراعی و ۱۰۰۴ هکتار باغ، از منابع آبی متشکل از رودخانهٔ کرخه و دز برخوردار است و ۳۱ کارشناس مروج پهنه در ۷ مرکز جهاد کشاورزی دارد که به ۱۳۰۵۵ بهره‌بردار خدمات‌رسانی می‌کنند. شهرستان شوشتر با ۷۵ هزار هکتار زمین زراعی و ۷۰۰ هکتار باغ، از منابع آبی متشکل از رودخانهٔ کارون و چاه‌های عمیق برخوردار است و ۳۹ کارشناس مروج پهنه در ۶ مرکز جهاد کشاورزی دارد که به ۹۴۰۵ بهره‌بردار خدمات‌رسانی می‌کنند. شهرستان اندیمشک با ۵۰ هزار هکتار زمین زراعی و ۹۰۰ هکتار باغ، از منابع آبی متشکل از زیر شبکهٔ کرخه و چاه برخوردار است و ۱۶ کارشناس مروج پهنه در ۴ مرکز جهاد کشاورزی دارد که به ۶۹۷۷ بهره‌بردار خدمات‌رسانی می‌کنند.

مشخصات سایت‌های الگویی

روش مورد نظر در این پژوهش بر بستر سایت الگویی استوار بود که بر اساس آن هر سایت الگویی دارای یک بهره‌بردار اصلی و تعدادی بهره‌بردار تابعی است (Sharifi Moghaddam, 2021). بر این اساس، پس از طی جلسه‌های متعدد کارشناسی، بررسی گزارش‌های موجود، نیازسنجی مشارکتی و در نظر گرفتن اسناد بالادستی، در مجموع ۵۲ سایت الگویی با موضوع‌های اولویت‌دار در منطقهٔ مورد مطالعه (نقشه ۱) طی سال‌های زراعی ۹۸-۱۳۹۶ ایجاد شد که کلیهٔ فعالیت‌های ترویجی و بسته‌های دانشی برتر مورد نظر در آنها با مشارکت محققان، مروجان، کارشناسان متخصص موضوعی و بهره‌برداران به اجرا درآمد.

همهٔ توصیه‌های فنی برتر و یافته‌های تحقیقاتی در واحد اصلی سایت الگویی و متناسب با محصولات منتخب شامل گندم، ذرت، کلزا، چغندرقند، ماش، پیاز، کلم، کاهو، بادمجان، لوبیا و مرکبات در شهرستان‌های منتخب به‌طور عملی و با حضور بهره‌برداران اجرا می‌شدند و برای اجرای یافته‌های تحقیقاتی در واحدهای تابعی مشاوره داده می‌شد و نظارت لازم صورت می‌گرفت. واحدهای تابعی شامل بهره‌برداران مزارعی بودند که ضمن بازدید از سایت اصلی، تمام یا بخشی از توصیه‌های به‌کاررفته در سایت اصلی را در مزرعهٔ خودشان به کار می‌گرفتند. برای هر سایت اصلی ۲۵-۲۰ واحد تابعی منظور شد. در جدول (۱) تعداد سایت‌های الگویی، تعداد بهره‌برداران تحت پوشش و محصولات منتخب به تفکیک شهرستان‌های چهارگانه ارائه شده است.

نقشه ۱- موقعیت شهرستان‌های هدف در اجرای پژوهش

Map ۱- Location of target cities in North Khuzestan

جدول ۱- مشخصات سایت‌های جامع و محصولات هدف

Table ۱- Characteristics of comprehensive sites and target crops

شهرستان	تعداد سایت الگویی The number of model sites	مساحت کل سایت‌ها (هکتار) Total area of model sites (ha)	میانگین قطعات سایت‌ها (هکتار) Average area of model sites (ha)	تعداد بهره‌برداران پیرامونی (نفر) Number of farmers ((main and functional)	محصولات منتخب Crops
دزفول Dezfoul	11	43.5	3.95	259	گندم، ذرت، پیاز، کلم و کاهو، کلزا، چغندرقند و مرکبات Wheat, corn, legume, vegetable, rapeseed, sugar beet and citrus
شوش Shush	18	281	15.61	482	گندم، ذرت، ماش، کلزا، چغندرقند و مرکبات Wheat, corn, legume, rapeseed, sugar beet and citrus
شوشتر Shushtar	15	166	11.07	248	گندم، کلزا و لوبیا Wheat, rapeseed and legume
اندیمشک Andimeshk	8	14	1.75	160	گندم، ذرت، پیاز و بادمجان Wheat, corn, vegetable and legume
جمع کل Total	52	504.5	9.70	1149	

مشخصات بسته‌های دانشی برتر ارائه شده

در هر یک از مزارع انتخاب شده به عنوان سایت، تیمارهای مدیریت زراعی در دو سطح عبارت بودند از:

۱) بخشی از مزرعه تحت مدیریت برتر زراعی (Advanced Managemet) و ۲) دیگر قسمت مزرعه تحت مدیریت مرسوم (Traditional Managemet) به‌عنوان شاهد. تمامی اقدام‌ها در دو بخش مزرعه توسط بهره‌بردار و تحت نظارت محقق و مروج اجرا شد و تمامی اندازه‌گیری‌ها توسط محقق صورت گرفت.

مدیریت‌های برتر زراعی به‌کار رفته شامل مواردی است که شرح آن در جدول (۲) آمده است. سطح مزارع آزمایشی (سایت) از ۱/۸ تا ۱۵/۶۱ هکتار متغیر و میانگین مساحت مزرعه برابر ۹/۷۰ هکتار بوده است (جدول ۱). تعداد کل بهره‌برداران مشارکت کننده در پژوهش ۱۲۰۱ نفر (۵۲ بهره‌بردار مزرعه سایت اصلی و ۱۱۴۹ بهره‌بردار مزارع پیرامونی) بودند. سایت‌های الگوئی مربوط به یک محصول که در چندین مکان (شهرستان) اجرا شده، به عنوان تکرار در مکان منظور گردید.

بسته‌های دانشی برتر برای هر محصول در قالب تقویم زراعی (برنامه اقدام – زمان) برگرفته از نتایج پژوهش‌ها تعریف گردید. مصداقا کود مورد نیاز بر اساس آزمون خاک و توصیه رقم ویژه منطقه و به همین ترتیب سایر ابعاد بسته‌های دانشی برتر در سایت الگویی و برای محصولات منتخب مورد اشاره در جدول (۱) مصرف شد. موضوع‌های کلی این بسته‌های دانشی برتر شامل اصلاح آرایش کشت، تغذیهٔ متعادل، کشت نشایی، طول بهینه، انتخاب رقم‌های مناسب، حفظ بقایا و اصلاح روش آبیاری تعریف گردید. در جدول (۲) مشخصات بسته‌های دانشی برتر به‌کار گرفته شده به تفکیک محصولات منتخب ارائه شده است.

جدول ۲- مشخصات بسته‌های دانشی برتر ارائه شده در سایت‌های الگویی به تفکیک محصول

Table 2- The techniques presented in model sites by crops

نام محصول Crops	تعداد سایت الگویی The number of model sites	بسته‌های دانشی برتر ارائه شده Recommended techniques
گندم Wheat	16	کاهش طول کاشت، آزمون خاک به‌منظور استفادهٔ متعادل از کودهای شیمیایی، کشت روی پشته، حفظ بقایا، رقم و تراکم بذر و برنامه‌ریزی آبیاری Reducing the planting length, soil testing for the balanced use of chemical fertilizers, stack cultivation, preservation of viability, variety, seed density and irrigation schulding
کلزا rapeseed	11	کاهش طول کاشت، آزمون خاک به‌منظور استفادهٔ متعادل از کودهای شیمیایی، کشت روی پشته، حفظ بقایا، رقم و کاهش مصرف بذر، کنترل علف‌های هرز و برنامه‌ریزی آبیاری Reducing the planting length, soil testing for the balanced use of chemical fertilizers, stack cultivation, preservation of viability, variety, seed density, weed control and irrigation schulding
چغندرقند sugar beet	5	کاهش طول کاشت، آزمون خاک به‌منظور استفادهٔ متعادل از کودهای شیمیایی، کنترل علف‌های هرز و برنامه‌ریزی آبیاری Reducing the planting length, soil testing for the balanced use of chemical fertilizers, weed control and irrigation schulding
ذرت Corn	11	استفاده از شیوهٔ کاهش دبی، استفاده از طول بهینه، آزمون خاک به‌منظور استفادهٔ متعادل از کودهای شیمیایی، و برنامه‌ریزی آبیاری Using the flow rate reduction method, using the optimal length, soil testing for the balanced use of chemical fertilizers and irrigation schulding
سبزی و صیفی Vegetable crops	4	آزمون خاک به‌منظور استفادهٔ متعادل از کودهای شیمیایی، کشت نشایی و برنامه‌ریزی آبیاری soil testing for the balanced use of chemical fertilizers, cultivation and irrigation schulding
حبوبات legumes	3	آزمون خاک به‌منظور استفادهٔ متعادل از کودهای شیمیایی، کشت روی پشته، استفاده از روش آبیاری جویچه‌ای و برنامه‌ریزی آبیاری soil testing for the balanced use of chemical fertilizers, stack cultivation, Furrow irrigation method and irrigation schulding
مرکبات Citrus	2	تغذیهٔ متعادل از کودهای شیمیایی، هرس باردهی، کائولین‌پاشی و برنامه‌ریزی آبیاری قطره‌ای Balance use of chemical fertilizers, fruit pruning, kaolin spraying and drip irrigation schulding

روش گردآوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای مقایسهٔ میانگین و تحلیل آماری نتایج، ابتدا میانگین عملکرد و بهره‌وری آب سایت اصلی و واحدهای تابعی در محدودهٔ هر مرکز جهاد کشاورزی به‌صورت جداگانه محاسبه شد. در مرحله بعد با استفاده از آزمون t، نمونهٔ جفت‌شدهٔ مقادیر میانگین واحدهای تابعی با سایت اصلی هر منطقه مقایسه شد تا مشخص شود که پیاده‌سازی راهکارهای فنی چه میزان تغییر در افزایش عملکرد و بهره‌وری آب هر یک از محصولات هدف ایجاد کرده است. برای تعیین میزان آب آبیاری، از فلوم WSC5 (تحت لیسانس موسسهٔ تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی) و برای تعیین عملکرد، کل برداشت مزرعهٔ تحت هر یک از دو تیمار مد نظر قرار گرفت. آب مورد نیاز از منابع آب زیرزمینی (چاه) یا شبکه آبیاری تأمین گردید.

بهره‌وری آب آبیاری، حاصل نسبت عملکرد (کیلوگرم در هکتار) بر مجموع آب آبیاری و بارش مؤثر، از فرمول زیر به دست می‌آید (FAO, 2022):

$$\text{بهره‌وری آب} = \frac{\text{میزان عملکرد}}{\text{آب مصرفی (آب آبیاری + باران مؤثر)}} \quad (۱)$$

یکی از دستاوردهای این تحقیق، امکان توسعهٔ نتایج به‌دست‌آمده برای هر یک از محصولات هدف در سطح هر یک از شهرستان‌هاست که در صورت فراگیری و توسعهٔ نتایج، چه عوایدی از منظر تولید یا درآمد ناخالص به همراه دارد. میانگین اثر اعمال بسته‌های دانشی برتر در افزایش تولید هر یک از محصولات هدف در هر یک از شهرستان‌ها، تعیین گردید. برای محصولاتی که دارای قیمت تضمینی بودند، میزان افزایش درآمد حاصل نیز تعیین گردید. قیمت فروش تضمینی هر کیلوگرم گندم، کلزا و شکر (چغندرقند) به ترتیب ۱۱۵ هزار، ۲۳۵ هزار و ۲۳۰ هزار ریال منظور گردید. هدف این پژوهش، بررسی منفرد و مجزای بسته‌های دانشی نیست، بلکه مقرر شده بود اثر یک بسته شامل چند توصیهٔ فنی (به عنوان خلأ دانشی در مزرعه) در مزرعهٔ بهره‌بردار مورد آزمون قرار گیرد و البته این نافی اثرهای منفرد بسته‌های دانشی نیست. به‌کارگیری تک توصیهٔ فنی سبب خواهد شد که بازهم عوامل محدودکننده در مزرعه وجود داشته باشد اما اگر اثر اجزای بسته‌های دانشی برتر به‌صورت توأمان پیاده شوند، هم‌افزا و تصاعدی خواهد بود. مثلاً وقتی فقط کود استفاده می‌کنیم، اگر همراه با اصلاح برنامه آبیاری باشد و علف‌های هرز کنترل شوند، یا بذر اصلاح‌شده مصرف شود بسیار مؤثرتر خواهد بود و مهم‌تر این است که نتایج پایدار خواهند شد.

نتایج و بحث

گندم

گندم یکی از مهم‌ترین محصولات بخش کشاورزی در شمال استان خوزستان است که بیشترین سطح زیر کشت آن در شهرستان‌های شوش و شوشتر و پس از آن درشهرستان‌های دزفول و اندیمشک دیده می‌شود. مجموع سطح زیرکشت گندم در استان خوزستان در سال ۱۳۹۹-۱۳۹۸ برابر ۳۷۰۱۰۰ هکتار بوده است (Ahmadi *et al.*, 2020). بسته‌های دانشی برتر مورد اشاره بر طبق جدول (۲) برای محصول گندم در ۱۶ سایت الگویی به اجرا درآمد. میانگین حسابی عملکرد دانهٔ گندم در کلیهٔ واحدهای تابعی ۳۹۶۲ کیلوگرم بر هکتار بود که با اجرای سایت الگویی و اعمال راهکارهای فنی به ۴۳۶۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت، مطابق با جدول (۳)، این افزایش از نظر آماری در سطح یک درصد ($p = ۰/۰۰۱$) معنی‌دار است. از طرفی، میانگین بهره‌وری آب در واحدهای تابعی ۱/۱۱ کیلوگرم بر مترمکعب بود که با اعمال راهکارهای فنی به ۱/۲۲ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش یافت. این افزایش به لحاظ آماری در سطح یک درصد ($p = ۰/۰۰۱$) معنی‌دار است. عملکرد و شاخص بهره‌وری آب در سایت الگویی نسبت به واحدهای تابعی به میزان ۱۰ درصد افزایش نشان می‌دهد.

جدول۳- آزمون t برای بررسی تفاوت عملکرد و بهره‌وری آب سایت اصلی و میانگین واحدهای تابعی گندم

Table 3- t-test to test the difference in wheat yield and water productivity in the main site and the average of functional sites

متغیر Variable	واحد اقدام Action unit	میانگین حسابی arithmetic mean	انحراف استاندارد The standard deviation	t	p-value
عملکرد Yield	سایت اصلی model site	4360	632.5	4.81	0.001 **
	واحدهای تابعی Functional units	3962	544.1		
بهره‌وری آب Water productivity	سایت اصلی model site	1.22	0.228	4.29	0.001 **
	واحدهای تابعی Functional units	1.11	0.244		

میانگین عملکرد گندم در واحدهای اصلی سایت‌های شهرستان‌های شوش، شوشتر، اندیمشک و دزفول (۱۶ سایت الگویی) ۴۷۰۰-۴۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و میانگین عملکرد در تیمارهای شاهد سایت‌ها در شهرستان‌های مذکور ۳۷۳۶ تا ۴۴۹۳ کیلوگرم در هکتار اندازه‌گیری شد که افزایشی بین ۵/۲ تا ۱۳/۵ درصد را نشان می‌دهد. میزان افزایش شاخص بهره‌وری آب در تولید گندم ناشی از افزایش توأمان عملکرد و کاهش مصرف آب در این مناطق از ۶/۲ تا ۱۳/۶ درصد به‌دست آمد (جدول ۴). لازم است یادآوری شود در شهرستان اندیمشک شرایط بارندگی به‌نحوی بوده است که تمام نیاز آبی گیاه از آب سبز تأمین شد و افزایش بهره‌وری صورت گرفته صرفاً از طریق اعمال مدیریت مزرعه و افزایش عملکرد بوده است. در بررسی عوامل اجتماعی و اقتصادی مؤثر بر دانش کشاورزان گندم‌کار در زمینهٔ مدیریت آب زراعی در شهرستان مشگین‌شهر، بین دانش آنها و مدیریت آب زراعی رابطه معنی‌داری دیده شده است و تحلیل رگرسیون چند متغیره نیز نشان داده که متغیرهای عضویت در تعاونی، میزان اراضی کشت گندم، استفاده از خدمات ترویجی، میزان مشارکت اجتماعی، سطح تحصیلات، میزان عملکرد و میزان اراضی آبی قادرند ۰/۲۷ درصد از تغییرات متغیر دانش کشاورزان را تبیین کنند (Heydari Saraban, 2011). توکلی و همکاران (Tavakoli *et al.*, 2008a, 2008b) در پژوهشی سه ساله در بالادست حوضهٔ کرخه گزارش کردند که با مشارکت بهره‌برداران و ارائهٔ بسته‌های مدیریت زراعی می‌توان شاخص بهره‌وری بارش در تولید گندم و جو را بهبود بخشید و مصادیق عینی از مدیریت مزرعه را ارائه داد. خرمیان (Khormmian, 2012) در پایشی گزارش کرد که ایجاد سایت‌های الگویی بهبود بهره‌وری آب آبیاری گندم نشان داده که استفاده بهینه از آب آبیاری (به‌صورت کاهش مدت زمان آبیاری) در مقدار عملکرد تغییر چندانی نداشته، درحالی‌که مقدار بهره‌وری آب آبیاری از ۰/۹۵ به ۱/۱۵ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش یافته است.

جدول ۴- اثر اعمال راهکارهای فنی بر عملکرد گندم و بهره‌وری آب به تفکیک شهرستان

Table 4- The effect of applying technical recommendations on wheat yield and water efficiency by city

نام سایت location	میزان کاربرد آب (مترمکعب در هکتار) Water use ($m^3.ha^{-1}$)		عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield ($kg.ha^{-1}$)		درصد افزایش عملکرد Percentage increase in yield	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب) Water productivity ($kg.m^{-3}$)		درصد افزایش بهره‌وری Percentage increase in water productivity
	تیمار Treatment	شاهد check	تیمار Treatment	شاهد check		تیمار Treatment	شاهد check	
شوش Shush	3704	3774	4000	3736	7.1	1.08	0.99	9.1
شوشتر Shoshtar	3402	3403	4388	3913	12.1	1.29	1.15	12.2
اندیمشک Andimeshk	3600	3604	4500	3964	13.5	1.25	1.10	13.6
دزفول Dezfoul	3971	4012	4725	4493	5.2	1.19	1.12	6.2

کلزا

میانگین حسابی عملکرد کلزا در کلیه واحدهای تابعی سه شهرستان دزفول، شوش و شوشتر، برابر ۲۴۱۳ کیلوگرم بر هکتار بود که با اجرای سایت الگویی و اعمال راهکارهای فنی به ۲۹۹۴ کیلوگرم در هکتار (۲۴ درصد) افزایش یافت. این افزایش از نظر آماری در سطح یک درصد (p =۰/۰۰۱) معنی‌دار است (جدول ۵). میانگین بهره‌وری آب در واحدهای تابعی ۰/۵۱ کیلوگرم بر مترمکعب بود که با اعمال راهکارهای فنی به ۰/۶۹ کیلوگرم بر مترمکعب (۳۵/۳ درصد) افزایش یافت که این افزایش به لحاظ آماری در سطح یک درصد (p =۰/۰۰۱) معنی‌دار است.

جدول ۵- آزمون t برای بررسی تفاوت عملکرد و بهره‌وری آب سایت اصلی و میانگین واحدهای تابعی کلزا

Table 5- t-test to test the difference in rapeseed yield and water productivity in the main site and the average of the functional sites

متغیر Variable	واحد اقدام Action unit	میانگین حسابی arithmetic mean	انحراف استاندارد The standard deviation	t	p-value
عملکرد Yield	سایت اصلی model site	2994	300.7	4.493	0.001 **
	واحدهای تابعی Functional units	2413	409.3		
بهره‌وری آب Water productivity	سایت اصلی model site	0.69	0.117	5.145	0.001 **
	واحدهای تابعی Functional units	0.51	0.142		

بر این اساس، میانگین عملکرد کلزا در واحدهای اصلی سایت‌ها (۱۱ سایت الگویی) در شهرستان‌های شوش، شوشتر و دزفول ۳۱۶۶-۲۸۵۴ کیلوگرم در هکتار و میانگین عملکرد تیمارهای شاهد سایت‌ها در شهرستان‌های مذکور بین ۱۹۲۶ تا ۲۵۲۵ کیلوگرم در هکتار بود. میزان افزایش عملکرد (۱۳ تا ۶۴/۴ درصد) در هر سه شهرستان قابل توجه است و افزایش بهره‌وری صورت گرفته (۳۷/۷ تا ۶۳/۹ درصد) از افزایش توأمان عملکرد و کاهش مصرف آب حاصل شده است (جدول ۶).

در تحقیقی گزارش گردید که با اعمال مدیریت صحیح آب می‌توان مانع کاهش عملکرد شد و در مصرف آب نیز صرفه‌جویی کرد و بهره‌وری آب را افزایش داد (Bouman *et al.*, 2007). نتایج تحقیقی در زمینهٔ بررسی تأثیر برنامه‌های آموزشی ترویجی در افزایش بهره‌وری آب کشاورزی که در آن ابعاد دانش، نگرش و مهارت ارزیابی شده بود نشان داد که ایجاد تغییر در سه رکن یاد شده منجر به تغییرات مطلوب در مدیریت آب در کشاورزی می‌شود (Meena and Singh, 2012).

جدول ۶- اثر اعمال راهکارهای فنی بر عملکرد و بهره‌وری آب کلزا به تفکیک شهرستان

Table 6- The effect of applying technical recommendations on rapessed yield and water productivity by city

نام سایت location	میزان کاربرد آب (مترمکعب در هکتار) Water use ($m^3.ha^{-1}$)		عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield ($kg.ha^{-1}$)		درصد افزایش عملکرد Percentage increase in yield	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب) Water productivity ($kg.m^{-3}$)		درصد افزایش بهره‌وری Percentage increase in water productivity
	تیمار Treatment	شاهد check	تیمار Treatment	شاهد check		تیمار Treatment	شاهدcheck	
شوش Shush	4530	5611	2854	2525	13.0	0.63	0.45	40.0
شوشتر Shushtar	4178	4189	3050	2220	37.4	0.73	0.53	37.7
دزفول Dezfoul	5366	5350	3166	1926	64.4	0.59	0.36	63.9

چغندرقند

در جدول (۷) مشاهده می‌شود که میانگین حسابی عملکرد شکر سفید چغندرقند در کلیهٔ واحدهای تابعی شهرستان‌های شوش و دزفول برابر ۵۹۹۱ کیلوگرم بر هکتار بود که با اجرای سایت الگویی و اعمال راهکارهای فنی به ۶۶۴۹ کیلوگرم در هکتار (۱۱ درصد) افزایش یافت و این افزایش از نظر آماری نیز در سطح پنج درصد ($p = ۰/۰۲۶$) معنی‌دار است. میانگین بهره‌وری آب در واحدهای تابعی ۰/۹۴ کیلوگرم بر مترمکعب بود که با اعمال راهکارهای فنی با ۹/۶ درصد افزایش به ۱/۰۳ کیلوگرم بر مترمکعب رسید. این افزایش به لحاظ آماری در سطح پنج درصد ($p = ۰/۰۳۷$) معنی‌دار است.

جدول ۷- آزمون t برای بررسی تفاوت عملکرد شکر و بهره‌وری آب سایت اصلی و میانگین تولید شکر در واحدهای تابعی چغندرقند

Table 7- t-test for testing the difference in sugar yield and water productivity in the main site and the average of functional sites

متغیر Variable	واحد اقدام Action unit	میانگین حسابی arithmetic mean	انحراف استاندارد The standard deviation	t	p-value
عملکرد شکر Sugar yield	سایت اصلی model site	6649	1618.5	4.095	0.026 *
	واحدهای تابعی Functional units	5991	1328.5		
بهره‌وری آب Water productivity	سایت اصلی model site	1.03	0.162	3.595	0.037 *
	واحدهای تابعی Functional units	0.94	0.114		

سطح زیرکشت چغندرقند پاییزه در شهرستان‌های شوش و دزفول ۱۰۵۴۶ هکتار است که با توسعهٔ آن در برخی از مناطق مستعد، مانند شوشتر، می‌توان میانگین بهره‌وری آب در منطقه را افزایش داد. میانگین عملکرد شکر در واحدهای اصلی سایت‌های شهرستان‌های شوش و دزفول بین ۴۶۸۰ تا ۷۸۲۲ کیلوگرم در هکتار و میانگین عملکرد شکر تیمارهای شاهد شهرستان‌های مذکور بین ۴۴۶۰ تا ۷۰۰۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. میزان افزایش بهره‌وری آب در تولید شکر چغندرقند حاصل از اقدام تلفیقی نیز بین ۴/۵ تا ۱۴/۸ درصد است (جدول ۸). بدیهی است افزایش عملکرد شکر استحصالی ناشی از افزایش تلفیقی عملکرد فیزیکی و عیار قند بوده است. بر اساس نتایج تحقیقی در زمینهٔ بررسی تأثیر ترویج کشاورزی بر بهره‌وری کشاورزان خرده‌مالک نیشکر در جاوه شرقی مشخص شد کشاورزانی که در برنامه‌های ترویج کشاورزی شرکت کرده‌اند، ۹/۰۵ تن در هکتار، بهره‌وری بالاتری نسبت به کشاورزانی داشتند که در این برنامه‌ها شرکت نکرده بودند (Kosim *et al.*, 2021).

جدول ۸- اثر اعمال راهکارهای فنی بر عملکرد شکر چغندرقند و بهره‌وری آب به تفکیک شهرستان

Table 8- The effect of applying technical recommendations on sugar yield and water productivity by city

نام سایت location	میزان کاربرد آب (مترمکعب در هکتار) Water use ($m^3.ha^{-1}$)		عملکرد شکر (کیلوگرم در هکتار) Sugar yield ($kg.ha^{-1}$)		درصد افزایش عملکرد شکر Percentage increase in yield	بهره‌وری آب (کیلوگرم شکر بر مترمکعب) Water productivity ($kg.m^{-3}$)		درصد افزایش بهره‌وری Percentage increase in water productivity
	تیمار Treatment	شاهد check	تیمار Treatment	شاهد check		تیمار Treatment	شاهدcheck	
شوش Shush	7745	7957	7822	7002	11.7	1.01	0.88	14.8
دزفول Dezfoul	5032	5011	4680	4460	4.9	0.93	0.89	4.5

ذرت

سطح زیرکشت ذرت دانه‌ای در استان خوزستان در سال‌های مختلف متفاوت بوده است و در سال‌های اخیر به حد ثابت ۵۰ تا ۶۰ هزار هکتار رسیده که غالب آن در تناوب با گندم است. سطح زیر کشت این محصول در سه شهرستان شوش، اندیمشک و دزفول برابر ۱۳۵۱۲ هکتار است که عمدتاً

به‌صورت ثقلی آبیاری می‌شود. بسته‌های دانشی برتر اصلی مورد اشاره در جدول (۲) برای ذرت در ۱۱ سایت الگویی اجرا شد.

همان‌گونه که در جدول (۹) مشاهده می‌شود میانگین حسابی عملکرد دانه (با رطوبت ۱۴ درصد) در همهٔ واحدهای تابعی سایت‌های شهرستان‌های شوش، اندیمشک و دزفول ۶۴۰۰ کیلوگرم بر هکتار است که با اجرای سایت الگویی و اعمال راهکارهای فنی به ۷۳۱۹ کیلوگرم در هکتار به میزان ۱۴/۳ درصد افزایش یافته و این افزایش از نظر آماری نیز در سطح یک درصد ($p = ۰/۰۰۱$) معنی‌دار است. از طرفی، میانگین بهره‌وری آب در واحدهای تابعی ۰/۸۴ کیلوگرم بر مترمکعب بود که با اعمال راهکارهای فنی به ۱/۰۲ کیلوگرم بر مترمکعب یا ۲۱/۴ درصد افزایش یافت که این افزایش به لحاظ آماری در سطح یک درصد ($p = ۰/۰۰۱$) معنی‌دار است.

جدول ۹- آزمون t برای بررسی تفاوت عملکرد و بهره‌وری آب سایت اصلی و میانگین واحدهای تابعی ذرت

Table 9- t-test to test the difference in corn yield and water productivity in the main site and the average of the functional sites

متغیر Variable	واحد اقدام Action unit	میانگین حسابی arithmetic mean	انحراف استاندارد The standard deviation	t	p-value
عملکرد Yield	سایت اصلی model site	7319	644.8	5.61	0.001 **
	واحدهای تابعی Functional units	6404	651.1		
بهره‌وری آب Water productivity	سایت اصلی model site	1.02	0.228	5.393	0.001 **
	واحدهای تابعی Functional units	0.84	0.244		

میانگین عملکرد ذرت در واحدهای اصلی سایت‌های شهرستان‌های شوش، اندیمشک و دزفول بین ۶۸۴۰ تا ۷۷۵۰ کیلوگرم در هکتار و میانگین عملکرد در تیمارهای شاهد سایت‌ها در شهرستان‌های مذکور بین ۶۱۲۳ تا ۶۶۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. نتایج حاصل از به‌کارگیری بسته‌های دانشی برتر برای ذرت حاکی از افزایش میزان عملکرد بین ۴/۶ تا ۱۶/۵ درصد و افزایش بهره‌وری آب بین ۱۰/۸ تا ۳۹/۷ درصد است (جدول ۱۰). بر اساس نتایج تحقیقی در کشور موزامبیک مشخص شد که ترویج کشاورزی می‌تواند با ارائه راهبردهایی در زمینهٔ تولید محصولات مناسب‌تر مبتنی بر نیاز بازار، نقش اثربخشی در افزایش بهره‌وری آب و سودآوری طرح‌های کشاورزی داشته باشد (De Sousa *et al.*, 2017).

جدول ۱۰- اثر اعمال راهکارهای فنی بر عملکرد ذرت و بهره‌وری آب به تفکیک شهرستان

Table 10- The effect of applying technical recommendations on corn yield and water productivity by city

نام سایت location	میزان کاربرد آب (مترمکعب در هکتار) Water use ($m^3.ha^{-1}$)		عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield ($kg.ha^{-1}$)		درصد افزایش عملکرد Percentage increase in yield	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب) Water productivity ($kg.m^{-3}$)		درصد افزایش بهره‌وری Percentage increase in water productivity
	تیمار Treatment	شاهد check	تیمار Treatment	شاهد check		تیمار Treatment	شاهدcheck	
شوش Shush	7376	9004	7007	6123	14.4	0.95	0.68	39.7
اندیمشک Andimeshk	7311	7308	7750	6650	16.5	1.06	0.91	16.5
دزفول Dezfoul	8341	8841	6840	6542	4.6	0.82	0.74	10.8

سبزی و صیفی

بسته‌های دانشی برتر مورد اشاره در جدول (۲) برای محصولات سبزی و صیفی (بادمجان، پیاز، کاهو و کلم) در چهار سایت الگویی به‌کار گرفته شد.

میزان عملکرد بادمجان در واحد اصلی سایت شهرستان اندیمشک ۳۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و میانگین عملکرد در تیمار شاهد این شهرستان برابر ۳۲۶۳۰ کیلوگرم در هکتار و بهره‌وری آب سایت اصلی و واحدهای تابعی به ترتیب ۷/۵۵ و ۷/۰۴ کیلوگرم بر مترمکعب حاصل شد که نتایج حاکی از افزایش به ترتیب ۷/۳ و ۷/۲ درصد در عملکرد و بهره‌وری آب بادمجان در سایت اصلی نسبت به شاهد است (جدول ۱۱). یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد عملکرد پیاز در واحد اصلی سایت شهرستان دزفول ۳۰۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و میانگین عملکرد تیمار شاهد این شهرستان برابر ۲۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و بهره‌وری آب سایت اصلی و واحدهای تابعی به ترتیب ۵/۵۹ و ۳/۶۶ کیلوگرم بر مترمکعب است. نتایج بررسی‌ها حاکی از افزایش ۲۰ و ۵۲/۷ درصد به ترتیب در عملکرد و بهره‌وری آب پیاز در واحد اصلی سایت نسبت به شاهد است (جدول ۱۱).

میزان عملکرد کاهو در واحد اصلی سایت شهرستان دزفول ۳۸۰۰۰ و میانگین عملکرد واحدهای تابعی شهرستان برابر ۳۵۵۲۹ کیلوگرم در هکتار و بهره‌وری آب سایت اصلی و واحدهای تابعی به ترتیب ۱۲/۶۲ و ۶/۵۲ کیلوگرم بر مترمکعب حاصل شد. نتایج بررسی‌ها حاکی از افزایش ۷ و ۹۳/۶ درصد به ترتیب در عملکرد و بهره‌وری آب کاهو در واحد اصلی سایت است (جدول ۱۱). یافته‌های تحقیق همچنین حاکی از این است که عملکرد کلم در واحد اصلی سایت شهرستان دزفول ۴۹۷۰۰ و میانگین عملکرد شاهد در شهرستان برابر ۴۶۰۷۷ کیلوگرم در هکتار و بهره‌وری آب سایت اصلی و شاهد به ترتیب ۸/۶۸ و ۷/۷۵ کیلوگرم بر مترمکعب است. نتایج بررسی‌ها حاکی از افزایش ۷/۹ و ۱۲ درصد به ترتیب در عملکرد و بهره‌وری آب کلم در واحد اصلی سایت نسبت به شاهد است (جدول ۱۱).

جدول ۱۱- مدیریت مصرف آب و افزایش بهره‌وری آب سبزی‌ها به تفکیک شهرستان

Table 11- The effect of applying technical recommendations on vegetable crops yield and water productivity by city

نام سایت location	میزان کاربرد آب (مترمکعب در هکتار) Water use ($m^3.ha^{-1}$)		عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield ($kg.ha^{-1}$)		درصد افزایش عملکرد Percentage increase in yield	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب) Water productivity ($kg.m^{-3}$)		درصد افزایش بهره‌وری Percentage increase in water productivity
	تیمار Treatment	شاهد check	تیمار Treatment	شاهد check		تیمار Treatment	شاهد check	
اندیمشک (بادمجان) Andimeshk (Eggplant)	4636	4636	35000	32630	7.3	7.55	7.04	7.2
دزفول (پیاز) Dezfoul (Onion)	5367	6831	30000	25000	20.0	5.59	3.66	52.7
دزفول (کاهو) Dezfoul (Lettuce)	3011	5449	38000	35529	7.0	12.62	6.52	93.6
دزفول (کلم) Dezfoul (Cabbage)	5726	5945	49700	46077	7.9	8.68	7.75	12.0

حبوبات

بسته‌های دانشی برتر مورد اشاره در جدول (۲) در سه سایت الگویی برای حبوبات (دو سایت لوبیا و یک سایت ماش) به‌کار رفته شد. بر این اساس، عملکرد لوبیا در واحد اصلی سایت شهرستان شوشتر ۲۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و میانگین عملکرد تیمار شاهد این شهرستان برابر ۱۹۸۶ کیلوگرم در هکتار و بهره‌وری آب سایت اصلی و تیمار شاهد به ترتیب ۰/۵ و ۰/۴۵ کیلوگرم بر مترمکعب حاصل شد. نتایج بررسی‌ها حاکی از افزایش ۱۰/۸ و ۱۱/۱ درصد به ترتیب در عملکرد و بهره‌وری آب لوبیا در واحد اصلی سایت نسبت به شاهد است (جدول ۱۲).

با اجرای سایت الگویی و استفاده از راهکارهای فنی، عملکرد ماش نیز در واحد اصلی سایت شهرستان شوش ۸۶۰ کیلوگرم در هکتار و میانگین عملکرد تیمار شاهد این شهرستان برابر ۷۵۳ کیلوگرم در هکتار و بهره‌وری آب سایت اصلی و تیمار شاهد به ترتیب ۰/۲۱ و ۰/۱۴ کیلوگرم بر مترمکعب حاصل شد. نتایج بررسی‌ها حاکی از افزایش ۱۴/۲ و ۵۰ درصد در عملکرد و بهره‌وری آب ماش در سایت اصلی نسبت به شاهد است (جدول ۱۲).

جدول ۱۲- مدیریت مصرف آب و افزایش بهره‌وری آب ماش و لوبیا به تفکیک شهرستان

Table 12- The effect of applying technical recommendations on the yield of legumes and water productivity by city

نام سایت location	میزان کاربرد آب (مترمکعب در هکتار) Water use ($m^3.ha^{-1}$)		عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield ($kg.ha^{-1}$)		درصد افزایش عملکرد Percentage increase in yield	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب) Water productivity ($kg.m^{-3}$)		درصد افزایش بهره‌وری Percentage increase in water productivity
	تیمار Treatment	شاهد check	تیمار Treatment	شاهد check		تیمار Treatment	شاهد check	
شوشتر (لوبیا) Shushtar (bean)	4400	4413	2200	1986	10.8	0.5	0.45	11.1
شوش (ماش) Shush (Mung bean)	4095	5379	860	753	14.2	0.21	0.14	50.0

مرکبات

بسته‌های دانشی برتر مورد اشاره در جدول (۲) برای مرکبات در دو سایت الگویی به‌کار گرفته شد. همان‌گونه که در جدول (۱۳) مشاهده می‌شود میانگین عملکرد مرکبات در واحدهای تابعی ۱۹/۲ تن بر هکتار است که با اجرای سایت الگویی و اعمال راهکارهای فنی به ۳۱/۹ تن در هکتار (به میزان ۶۶/۱ درصد) افزایش یافته است و این افزایش از نظر آماری در سطح یک درصد (p =۰/۰۰۴) معنی‌دار است. از طرفی، میانگین بهره‌وری آب در واحدهای تابعی برابر ۰/۷۶ کیلوگرم بر مترمکعب است که با اعمال راهکارهای فنی به ۲/۰۴ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش یافته که این افزایش به لحاظ آماری در سطح پنج درصد (p =۰/۰۱۳) معنی‌دار است. میزان افزایش شاخص بهره‌وری آب برابر ۱۶۸ درصد و حاصل اثر تلفیقی مدیریت آب و مدیریت برتر مزرعه در افزایش عملکرد بوده‌است و این امر بیانگر نقش مثبت پیاده‌سازی یافته‌های ترویجی در باغ‌های مرکبات است.

جدول ۱۳- آزمون t برای بررسی تفاوت عملکرد و بهره‌وری آب در شرایط اعمال راهکار فنی برای مرکبات

Table 13- t-test to test the difference in citrus yield and water productivity in the main site and the average of the functional sites

متغیر Variable	واحد اقدام Action unit	میانگین حسابی arithmetic mean	انحراف استاندارد The standard deviation	t	p-value
عملکرد Yield	سایت اصلی * model site	31.9	9.317	6.011	0.004 **
	واحدهای تابعی Functional units	19.2	5.544		
بهره‌وری آب Water productivity	سایت اصلی * model site	2.04	0.604	4.31	0.013 *
	واحدهای تابعی Functional units	0.76	0.093		

* میانگین چهار رقم مرکبات در شوش و یک رقم در دزفول

بر اساس یافته‌های تحقیق، عملکرد مرکبات در واحدهای اصلی سایت‌های شهرستان شوش و دزفول به ترتیب ۲۱ و ۲۲/۵ تن در هکتار و میانگین عملکرد شاهد سایت‌های این دو شهرستان برابر ۱۶/۲ و ۱۶/۹۷ تن در هکتار و بهره‌وری آب در واحدهای اصلی سایت‌های دو شهرستان به ترتیب ۱/۳۵ و ۱/۸۴ و در شاهد سایت‌ها به ترتیب ۱/۰۴ و ۰/۹۱ کیلوگرم بر مترمکعب است. نتایج بررسی‌ها حاکی از افزایش ۲۹/۶ و ۳۲/۶ درصد در عملکرد به ترتیب در شوش و دزفول و افزایش ۲۹/۸ تا ۱۰۲/۲ درصد در بهره‌وری آب مرکبات در واحدهای اصلی سایت‌ها به ترتیب در شوش و دزفول نسبت به شاهد است (جدول ۱۴). بر اساس یافته‌های تحقیقی در زمینه شناسایی و تبیین عوامل تأثیرگذار بر فناوری مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی و منابع طبیعی مشخص شد که پنج مؤلفه با تبیین ۸۴/۴۸ درصد واریانس کل با مدیریت منابع آب زراعی در ارتباط بوده است که در این بین، مؤلفه‌های

مدیریت تأسیسات آب زراعی (۱۷/۹۳ درصد)، فعالیت‌های آموزشی - ترویجی (۱۰/۵۹ درصد) و دانش و اطلاعات کشاورزان (۹/۱۵ درصد) به‌ترتیب، بیشترین نقش را در این زمینه داشته‌اند (Ghonji *et al.*, 2015). نتایج تحقیق با عنوان نقش فعالیت‌های ترویج بر پذیرش آبیاری قطره‌ای توسط باغداران شهرستان قائم‌شهر نشان داده است که ترویج تأثیر معنی‌داری بر میزان پذیرش آبیاری قطره‌ای توسط باغداران مورد مطالعه با ضریب مسیر ۰/۶۱۶ داشته است (Rukni and Chermchian Langroudi, 2018).

جدول ۱۴- اثر اعمال راهکارهای فنی بر مصرف آب، عملکرد مرکبات و بهره‌وری آب به تفکیک شهرستان

Table 14- The effect of applying technical recommendations on citrus yield and water productivity by city

نام سایت location	میزان کاربرد آب (مترمکعب در هکتار) Water use ($m^3.ha^{-1}$)		عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield ($t.ha^{-1}$)		درصد افزایش عملکرد Percentage increase in yield	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب) Water productivity ($kg.m^{-3}$)		درصد افزایش بهره‌وری Percentage increase in water productivity
	تیمار Treatment	شاهد check	تیمار Treatment	شاهد check		تیمار Treatment	شاهد check	
شوش Shush	15577	15577	21	16.2	29.6	1.35	1.04	29.8
دزفول Dezfoul	12228	18648	22.5	16.97	32.6	1.84	0.91	102.2

توسعهٔ بسته‌های دانشی برتر

با توجه به میزان افزایش عملکرد گندم و سطح زیرکشت محصولات، درصورتی‌که تیمار توصیه شده در زمین‌های بهره‌برداران فراگیر شود، می‌توان انتظار داشت که ۶۶ هزار تن افزایش تولید در چهار شهرستان شوش، شوشتر، اندیمشک، و دزفول رخ دهد که بیشترین آن در اندیمشک خواهد بود. ضمن اینکه نه‌تنها فشار جدیدی بر منابع آب وارد نخواهد کرد، بلکه در مصرف آب نیز صرفه‌جویی خواهد شد. میزان درآمد ناخالص حاصل از توسعهٔ روش‌های به‌زراعی در مزارع گندم این چهار شهرستان نیز برابر ۷۵۹۲ میلیارد ریال در سال ۱۴۰۱ برآورد شد (جدول ۱۵). با توجه به اینکه مجموع سطح زیرکشت کلزا در این مناطق برابر ۳۴۸۱۰ هکتار است، با فرض اینکه بتوان راهکارهای مورد اجرا در سایت‌های الگویی را در تمامی اراضی پیاده کرد، حدود ۳۵/۵ هزار تن افزایش تولید و حدود ۸۳۳۹ میلیارد ریال افزایش درآمد ناخالص را در سال ۱۴۰۱ به دنبال خواهد داشت (جدول ۱۵). با توجه به مجموع سطح زیرکشت چغندرقند در مناطق هدف و با فرض اینکه بتوان راهکارهای مورد نظر در سایت‌های الگویی اخیر را در تمامی اراضی پیاده کرد، حدود ۹۰۲۰ تن افزایش تولید و حدود ۲۰۷۵ میلیارد ریال افزایش درآمد ناخالص را در سال ۱۴۰۱ به‌دنبال خواهد داشت (جدول ۱۵).

جدول ۱۵- میزان افزایش تولید و درآمد ناخالص با توسعه بسته‌های دانشی برتر برای گندم، کلزا و چغندرقند در اراضی بهره‌برداران

Table 15- The amount of increase in yield and gross income with the development of techniques for wheat, rapessed and sugarbeet in farmers' farms

محصول Crops	شهرستان Location	سطح زیر کشت موجود (هکتار) Area (ha)	میزان افزایش عملکرد (درصد) Percentage increase in yield	کل افزایش تولید ناشی از توسعه فعالیت (تن) Total increase in production (tons)	کل درآمد ناخالص افزایش یافته (میلیارد ریال) Total gross income increased (billions of Rials)
گندم Wheat	شوش Shush	33139	7	14857	1709
	شوشتر Shushtar	72106	12	19750	2271
	اندیمشک Andimeshk	39582	14	21966	2526
	دزفول Dezfoul	42050	5	9447	1086
	جمع Total	186887	–	66020	7592
کلزا Rapeseed	شوش Shush	13589	16.9	13347	3137
	شوشتر Shushtar	4909	38.9	2028	477
	دزفول Dezfoul	16312	64	20107	4725
	جمع Total	34810	-	35482	8339
چغندرقند (شکر) Sugar	شوش Shush	5883	11.7	8303	1910
	دزفول Dezfoul	4663	5	717	165
	جمع Total	10546	-	9020	2075

با توجه به مجموع سطح زیرکشت ذرت، بادمجان، پیاز، کاهو، کلم، لوبیا و ماش در مناطق هدف و با فرض اینکه بتوان راهکارهای مورد استفاده در سایت‌های الگویی را در تمامی اراضی پیاده کرد، حدود ۱۱۶۱۱ تن افزایش تولید ذرت، حدود ۷۱ تن افزایش تولید بادمجان، حدود ۲۴۷۸ تن افزایش تولید پیاز، حدود ۳۶۱۰ تن افزایش تولید کاهو، حدود ۵۷۴۹ تن افزایش تولید کلم، حدود ۸۳ تن افزایش تولید لوبیا و حدود ۲۲۱ تن افزایش تولید ماش را در سال ۱۴۰۱ به‌دنبال خواهد داشت (جدول ۱۶)

جدول ۱۶- میزان افزایش تولید و درآمد ناخالص با توسعه بسته‌های دانشی برتر برای ذرت، سبزی و صیفی، حبوبات و مرکبات در اراضی بهره‌برداران

Table 16- The amount of increase in yield and gross income with the development of techniques for corn, summer vegetables, legumes and citrus fruits in the farmers' fields

محصول Crops	شهرستان Location	سطح زیر کشت موجود (هکتار) Area (ha)	میزان افزایش عملکرد (درصد) Percentage increase in yield	کل افزایش تولید ناشی از توسعه فعالیت (تن) Total increase in production (tons)
ذرت Corn	شوش Shush	5883	15.1	6225
	اندیمشک Andimeshk	2966	16.5	3792
	دزفول Dezfoul	4663	5	1594
سبزی و صیفی Vegetable crops	اندیمشک (بادمجان) (Eggplant) Andimeshk	26	7.83	71
	دزفول (پیاز) Dezfoul (Onion)	413	20	2478
	دزفول (کاهو) Dezfoul (Lettuce)	1357	7	3610
	دزفول (کلم) Dezfoul (Cabbage)	1446	8	5749
حبوبات legumes	شوشتر (لوبیا) Shushtar (bean)	895	10.8	83
	شوش (ماش) Shush (Mung bean)	708	14.2	221
مرکبات Citrus	شوش Shush	140	29.6	870
	دزفول Dezfoul	2622	32.6	19232

با توجه به مجموع سطح زیرکشت مرکبات در مناطق هدف (۲۷۶۲ هکتار) و با فرض اینکه بتوان راهکارهای مورد استفاده در این سایت‌های الگویی را در تمامی اراضی پیاده کرد، حدود ۲۰۱۰۲ تن افزایش تولید مرکبات را در سال ۱۴۰۱ به‌دنبال خواهد داشت (جدول ۱۶).

در تحقیقی با عنوان تحلیل موانع و چالش‌های مصرف بهینهٔ آب در بخش کشاورزی نواحی روستایی شهرستان گنبد کاووس از مواردی چون پایین بودن سطح سواد کشاورزان، استقبال نکردن کشاورزان از روش‌های جدید آبیاری، نپذیرفتن الگوی‌های کشت معرفی شده، تمایل کشاورزان نسبت به کشت محصولات با نیاز آبی بالا، پایین بودن سطح آموزش‌های ترویجی و تحقیقاتی و بی‌توجهی به کشت محصولات با دورهٔ زراعی کوتاه توسط کشاورزان به‌عنوان زیرشاخص‌های عامل اجتماعی یاد شده است (Adeli *et al.*, 2019). در شناسایی چالش‌ها و الزام‌های مدیریت بهینه آب در کشاورزی در استان مازندران، مهم‌ترین چالش‌ها انتخاب نکردن الگوی کشت متناسب با اقلیم هر منطقه و استفاده نکردن از سامانهٔ آبیاری نوین و مهم‌ترین الزام‌ها استفاده از مکانیزاسیون کشاورزی و روش‌های نوین آبیاری و توجه به نقش آموزش و ترویج کشاورزی برشمرده شده‌است (Shafiei *et al.*, 2019).

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

بر اساس یافته‌های پژوهشی و بسته‌های دانشی برتر که در شرایط بهره‌برداران و با مشارکت آنها پیاده شده است، نشان داده شد که در صورت فراگیر شدن نتایج می‌توان انتظار داشت که میزان کل تولید محصولات حتی با کاهش مصرف آب آبیاری، افزایش یابد. میزان افزایش قابل انتظار تولید گندم، کلزا، چغندرقند (شکر)، ذرت، ماش و مرکبات در شهرستان شوش به ترتیب ۱۴۸۵۷ تن (۷ درصد)، ۱۳۳۴۷ تن (۱۶/۹ درصد)، ۸۳۰۳ تن (۱۱/۷ درصد)، ۶۲۲۵ تن (۱۵/۱ درصد)، ۲۲۱ تن (۱۴/۲ درصد) و ۸۷۰ تن (۲۹/۶ درصد)؛ میزان افزایش قابل انتظار تولید گندم، کلزا و لوبیا در شهرستان شوشتر به ترتیب ۱۹۷۵۰ تن (۱۲ درصد)، ۲۰۲۸ تن (۳۸/۹ درصد) و ۸۳ تن (۱۰/۸ درصد)؛ میزان افزایش قابل انتظار تولید گندم، ذرت و بادمجان در شهرستان اندیمشک به ترتیب ۲۱۹۶۶ تن (۱۴ درصد)، ۳۷۹۲ تن (۱۶/۵ درصد) و ۷۱ تن (۷/۸ درصد) و میزان افزایش قابل انتظار تولید گندم، کلزا، چغندرقند (شکر)، ذرت، پیاز، کاهو، کلم و مرکبات در شهرستان دزفول به ترتیب ۹۴۴۷ تن (۵ درصد)، ۲۰۱۰۷ تن (۶۴ درصد)، ۷۱۷ تن (۵ درصد)، ۱۵۹۴ تن (۵ درصد)، ۲۴۷۸ تن (۲۰ درصد)، ۳۶۱۰ تن (۷ درصد)، ۵۷۴۹ تن (۸ درصد) و ۱۹۲۳۲ تن (۳۲/۶ درصد) بوده است.

میزان افزایش عملکرد گندم، کلزا، چغندرقند (شکر)، ذرت و مرکبات در سایت‌های اصلی نسبت به مزارع تابعی به ترتیب ۱۰، ۲۴/۱، ۱۱، ۱۴/۳ و ۶۶/۱ درصد و میزان افزایش بهره‌وری آب این محصولات در سایت‌های اصلی و مزارع تابعی به ترتیب ۱۰، ۹/۶، ۳۵/۳، ۲۱/۴ و ۱۶۸ درصد بود.

میزان افزایش بهره‌وری آب در تولید گندم، کلزا، چغندرقند (شکر)، ذرت، ماش و مرکبات در شهرستان شوش به ترتیب ۱/۰۸ کیلوگرم بر متر مکعب (۹ درصد)، ۰/۶۳ کیلوگرم بر متر مکعب (۴۳/۸ درصد)، ۰/۹۶ کیلوگرم بر متر مکعب (۹/۴ درصد)، ۰/۹۷ کیلوگرم بر متر مکعب (۳۹ درصد)، ۰/۲۱ کیلوگرم بر متر مکعب (۵۰ درصد) و ۱/۳۵ کیلوگرم بر متر مکعب (۲۹/۸ درصد)؛ میزان افزایش بهره‌وری آب در تولید گندم، کلزا و لوبیا در شهرستان شوشتر به ترتیب ۱/۲۹ کیلوگرم بر متر مکعب (۱۲ درصد)، ۰/۷۳ کیلوگرم بر متر مکعب (۳۷/۹ درصد) و ۰/۵ کیلوگرم بر متر مکعب (۱۱/۱ درصد)؛ میزان افزایش بهره‌وری آب در تولید گندم، ذرت و بادمجان در شهرستان اندیمشک به ترتیب ۱/۲۵ کیلوگرم بر متر مکعب (۱۳/۶ درصد)، ۱/۰۶ کیلوگرم بر متر مکعب (۱۶/۵ درصد) و ۷/۵۵ کیلوگرم بر

متر مکعب (۷/۲ درصد)؛ و میزان افزایش بهره‌وری آب در تولید گندم، کلزا، چغندرقند (شکر)، ذرت، پیاز، کاهو، کلم و مرکبات در شهرستان دزفول به ترتیب ۱/۱۹ کیلوگرم بر متر مکعب (۶ درصد)، ۰/۵۹ کیلوگرم بر متر مکعب (۶۴ درصد)، ۰/۹۳ کیلوگرم بر متر مکعب (۴/۵ درصد)، ۰/۸۲ کیلوگرم بر متر مکعب (۱۰/۸ درصد)، ۵/۵۹ کیلوگرم بر متر مکعب (۵۲/۷ درصد)، ۱۲/۶۲ کیلوگرم بر متر مکعب (۹۳/۶ درصد)، ۸/۶۸ کیلوگرم بر متر مکعب (۱۲ درصد) و ۱/۴۲ کیلوگرم بر متر مکعب (۸۶/۸ درصد) بوده است.

بنابراین، با توجه به ماهیت سایت‌های الگویی که توأم با مشارکت بهره‌برداران در فرآیندهای فراگیری و به‌کارگیری بسته‌های دانشی برتر است، استمرار این فعالیت‌ها می‌تواند به جبران خلأ عملکردی، جبران خلأ بهره‌وری آب و توسعه و پایداری دستاوردهای یاد شده کمک کند.

با توجه به اینکه اثربخشی بسته‌های دانشی برتر مستلزم تدارک برخی نهاده‌ها مانند بذر و ماشین‌های خاص و برخی مشوق‌هاست پیشنهاد می‌شود تمهیدات لازم توسط بخش اجرایی وزارت جهاد کشاورزی همراه با فعالیت‌های آموزشی ترویجی و پشتیبانی فنی توسط سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی برای این‌گونه موارد اندیشیده شود و برای اثربخشی بیشتر این‌گونه فعالیت‌ها ضروری است در مناطق دیگری که کشاورزان تجربه یا مهارت کمتری دارند، سایت‌های الگویی اجرا شود تا ضریب نفوذ دانش کشاورزی در بین بهره‌برداران افزایش یابد.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی خاص با عنوان «بررسی اثربخشی فعالیت‌های ترویجی در ارتقای شاخص بهره‌وری آب در طرح احیای ۵۵۰ هزار هکتار اراضی خوزستان و ایلام» با کد ۰۳۴-۴۹-۱۴۱۰-۰۵۳-۹۷۰۹۶۴ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی است. بدین‌وسیله از حمایت مالی و معنوی موسسه جهاد نصر، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، موسسه آموزش و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد دزفول و مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی استان خوزستان، مروجان مسئول پهنه‌های تولیدی و بهره‌برداران گرامی استان به سبب همکاری در این پژوهش قدردانی می‌شود.

مراجع

Abbasi, F., Chogan, R. & Ghaibi, M.N. (2016). Improvement of water and grain corn fertilizer efficiency with furrow irrigation. Research package of the Agricultural Research, Education and Promotion Organization, first edition. (in Persian)

Adeli, J., Buzrajmehri, K. & Alizadeh, A. (2019). Analysis of obstacles and challenges of optimal water consumption in the agricultural sector of rural areas of Gonbad Kavos region. Journal of Geography and Regional Development, 18(1): 103-143. (in Persian)

Ahmadi, K., Ebadzadeh, H.R., Hatami, F., Hosseinpour, R. & Abdshah, H. (2020). Agricultural statistics. Ministry of Agricultur Jahad, Planning and Economic Deputy, Information and Communication Technology Center.

Biswas, B., Mallick, B., Roy, A. & Sultana, Z. (2021). Impact of agriculture extension services on technical efficiency of rural paddy farmers in southwest Bangladesh. Environmental Challenges, 5, 100261-100261. https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100261.

Bouman, B.A.M., Lampayan, R.M. & Tuong, T.P. (2007). Water management in irrigated rice: coping with water scarcity. Los Banos (Philippines): International Rice Research Institute. 54 p.

Danso-Abbeam, G., Ehiakpor, D.S. & Aidoo, R. (2018). Agricultural extension and its effects on farm productivity and income: insight from Northern Ghana, Agriculture & Food Security, 7(74). https://doi.org/10.1186/s40066-018-0225-x.

De Sousa, W., Ducrot, R., Munguambe, P., Bjornlund, H., Machava, A., Cheveia, E. & Faduco, J. (2017). Irrigation and crop diversification in the 25de Setembro irrigation scheme, Mozambique, International Journal of Water Resources Development, 33(5): 705-724.

F.A.O. (2022). The dimensions of water productivity. www.fao.org/in-action/remote-sensing-for-water-productivity

Ghasemi, J. (2021). Analysis of challenges and social problems of irrigation and drainage projects in Iran. The 17th Iranian Congress of Soil Sciences and the 4th Conference on Water Management in the Field, October, 2021, Soil and Water Research Institute, Karaj. (in Persian)

Ghasemi, J., Gholami, H. & Momvandi, A. (2021). Recommendations and key points for the effective implementation of promotional methods. Publication of Agricultural Education, Vice-Chancellor of Agricultural Education and Extension, first edition. (in Persian)

Ghonji, M., Masoomian, A., Khoshnoudifar, Z. & Saffari, H. (2015). Identifying and explaining the influencing factors on water resources management technology in agriculture and natural resources sector. Journal of Research and Technology, 2: 113-128. (in Persian)

Heydari Saraban, V. (2011). Investigating the social and economic factors affecting the knowledge of wheat farmers about agricultural water management (case study Meshkin Dasht). Journal of Agricultural Extension and Education Research, 4(4): 96-111. (in Persian)

Howarth, S.E. & Lal, N.K. (2002). Irrigation and participation: Rehabilitation of the Reaper project in Nepal. Irrigation & Drainage System, 16: 111-138.

Khormmian, M. (2012). Wheat irrigation water efficiency in the fields of North Khuzestan province. The first agricultural conference in dry areas, Payam Noor Shadgan University. (in Persian)

Kosim, M., Aji, J.M.M. & Hapsari, T.D. (2021). The impact of agricultural extension on productivity of smallholder sugarcane farmers in East Java, Earth and Environmental Science 892. doi:10.1088/1755-1315/892/1/012009.

Malekmohammadi, A., Shahbazi, A., Karami, A., Salmanzadeh, S., Yazdani, S. & Dorandish, A. (2021). The role of agricultural promotion and education in promoting eco-friendly knowledge and technologies for agricultural production in the country. Journal of Strategic Researches in Agricultural Sciences and Natural Resources, 6(2): 185-202. (in Persian)

Meena, M.S., & Singh, K.M. 2012. Impact of training for efficient water management in agriculture (February 14, 2012). http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3052071.

Panahi, F. (2013). Analysis of factors affecting the optimal management of water resources in Iran's agricultural system. Journal of Agricultural Extension and Education Research, 5(1): 101-117. (in Persian)

Peyrovshabani, M., Ghafari, J., Habib Kazemi, F., Gholami, H. & Ghasemi, J. (2022). Guidelines for comprehensive production-promotion model sites. Agricultural Education, Institute of Agricultural Education and Extension, first edition. (in Persian)

Rezadoost, Z., Mohammadzadeh, S. & Ghanian, M. (2016). People's participation, guaranteeing the success of the ۵۵۰thousand hectare plan of revitalizing agricultural lands in Khuzestan and Ilam. The ۶th National Congress of Natural Resources Agricultural Science and Education of Iran, November 5-6, Shiraz University, Shiraz. (in Persian)

Rukni, R. & Chermchian Langroudi, M. (2018). The role of extension activities on the adoption of drip irrigation by gardeners of Qaimshahr city, Rural Development Strategies, 6(2): 213-227. (in Persian)

Shafiei, F., Jafari Sayadi, F. & Nouri Darzikolai, P. (2019). Identifying the challenges and requirements of optimal water management in agriculture (case study: Mazandaran province). Iranian Journal of Irrigation and Water, 10(4): 272-288. (in Persian)

Shahidi, A., Zeraatkar , Z. & Mohammadi Givshad, S. (2021). Study of Educational-extension strategies for optimal water consumption management to deal with drought in the border area of Dorrh section of Sarbisheh city, South Khorasan province . Journal of Arid Regions Geographics Studies, 11(43): 88-102. (in Persian)

Sharifi Moghaddam, M. (2022).Manual of model sites under Integreted Participatory Crop Managment IPCM. Agricultuaral education press, 70p. (in Persian)

Shirkhani, M., Movahedi, R., Azami, M. & Balali, H. (2021). Investigating the role of agricultural promotion in protecting agricultural water resources: a qualitative research in Kermanshah. Journal of Agricultural Extension and Education Research, 14(2): 43-62. (in Persian)

Tavakoli A.R., Oweis, T., Ashrafi, Sh., Liaghat, A., Abbasi, F. & Farahani. H. (2008a). Role of Transfer of New Technologies to Improve Water Productivity of Major Rainfed Crops in KRB. Chapter I: Water productivity and technologies in upper Karkheh river basin (KRB). In: Farahani, H., Oweis, T., Siadat, H., Abbasi, F., Bruggeman, A., Anthofer J. & Turkelboom F. (Eds.). Proceedings of the International Workshop on: Improving Water Productivity and Livelihood Resilience in Karkheh River Basin in Iran. no. 2. ICARDA, Aleppo, Syria. iv+169pp.

Tavakoli, A.R. Liaghat, A., Ashrafi Sh. & Abbasi, F. (2008b). Chapter II – Supplemental Irrigation in Iran. In: Oweis, T., Farahani, H., Qadir, M. Anthofer, J., Siadat, H., Abbasi F. and Bruggeman, A. (eds). Improving On-farm Agricultural Water Productivity in the Karkheh River Basin. Research Report no. 1: A Compendium of Review Papers. ICARDA, Aleppo, Syria. iv+103 pp.

Tavakoli, A.R., Oweis, T., Ashrafi, Sh., Asadi, H., Siadat, H. & Liaghat, A. (2010). Improving rainwater productivity with supplemental irrigation in upper Karkheh river basin of Iran. ICARDA. Aleppo. Syria.

Irrigation and Drainage Structures Engineering Research/Vol.23/No.89/ Winter2023/P:47-69

Original Research

Study of Agricultural Research Results on Yield and Water Productivity of Some crops in North Khuzestan

Ali Reza Tavakoli*, Mohammad Khorramiyan & Javad Ghasemi

***Associate Professor Agricultural Engineering Research Institute. Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran. Email: ar.tavakoli@areeo.ac.ir**
Received: 11 April 2023, Accepted: 24 June 2023.
http://doi.org 10.22092/IDSER.2023.361992.1541

Introduction

Extension activities to improve irrigation and farm management will have an effective role in increasing yield and optimal use of water and soil resources. Yield gap is considered as one of the important issues in farm management, and it is very important to know the factors affecting it. One of the problems of farmers is their little knowledge in the field of water and soil. If they have access to modern knowledge and farm management, they can make an effective contribution in managing water use and increasing production. One of the solutions that can be effective in the field of optimal management of water consumption and other production inputs is to increase the knowledge, attitude and skills of farmers. The main goal of this research was to investigate and analyze the role of extension activities implemented in model sites located in the northern region of Khuzestan province in increasing yield and improving water productivity.

Materials and Methods

The intended extension method in this research was a model site based on which each model site has a main user and between 20 and 25 functional users. Functional units included farmers who, while visiting the main site, applied all or part of the recommendations used in the main site in their own farm.

In order to transfer knowledge, increase yield and water productivity at on-farm scale, 52 extension model sites in the regions of Dezful, Shush, Shushtar and Andimeshk located in the north of Khuzestan, Iran, (2017-2019) and in the technical packages (balanced nutrition, cultivation, optimal length of border irrigation, cultivar, low tillage methods, modified irrigation method) were done according to different crops. The crops were included wheat, corn, rapeseed, sugar beet, mung bean, onion, cabbage, lettuce, eggplant, beans and citrus fruits. In addition to model sites, control farms under traditional management were also investigated and evaluated. The result of comparing the average values of advanced management treatment (main site) and traditional management (control) was with t-test indicates the existence of a significant difference in yield and water productivity. Water productivity was obtained from the ratio of yield (kg/ha) to irrigation water. The guaranteed selling price of wheat, rapeseed and sugar (beet) was 115 thousand rials, 235 thousand rials and 230 thousand rials, respectively.

All measures in two parts of the farm were carried out by the operator under technical supervision and all measurements were carried out by the researcher.

Results and Discussion

The results of extension activities conducted by researchers and agricultural experts in the farmer condition and with the participation of 1201 of them, showed that if the results are widespread, the total

amount of crop production will increase despite the reduction in irrigation water consumption. The amount of ***expected*** increase in the production of wheat, rapeseed, sugar, corn, mung bean and citrus fruits in Shush region was 14857 tons, 13347 tons, 8303 tons, 6225 tons, 221 tons and 870 tons respectively; The expected increase in the production of wheat, rapeseed and beans in Shushtar region was 19750 tons, 2028 tons and 83 tons, respectively; The expected increase in the production of wheat, rapeseed and beans in Shushtar region was 19750 tons, 2028 tons and 83 tons, respectively; The expected increase in wheat, corn and eggplant production in Andimshek region was 21966 tons, 3792 tons and 71 tons respectively and The expected increase in the production of wheat, rapeseed, sugar, corn, onion, lettuce, cabbage and citrus in Dezful region was 9447 tons, 20107 tons, 717 tons, 1594 tons, 2478 tons, 3610 tons, 5749 tons and 19232 tons respectively. The increase in water productivity by using specific technical packages for each crops compared to the control for wheat, rapeseed, sugar beet, corn and citrus fruits in the model sites compared to functional units were 10, 24.1, 11, 14.3 and 66.1 percent respectively and The increase in water productivity by using specific technical packages for each crops compared to the control for wheat, rapeseed, sugar beet, corn and citrus fruits in the model sites compared to functional units were 10, 9.6, 35.3, 21.4, and 168% respectively.

Conclusions

Considering the nature of the model sites, which is accompanied by the participation of the users in the processes of learning and applying techniques, the continuation of these activities can help the development and sustainability of the aforementioned achievements.

Acknowledgement

The present article is derived from a research project entitled "Effectiveness of extension activities on water productivity at Ilam and Khozestan land Improvement program" with the code of 034-053-053-1410-49-970964 of the Agricultural Research, Education and Extension Organization. The valuable assistance of Jihad Nasr Institute, Agricultural Engineering Research Institute, Safiabad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Khozestan Agricultural Extension Management, Extension experts and all farmers in carrying out related research are gratefully acknowledged.

Keywords: Agricultural Extension, Model Sites, Production Increase, Reduce water use