اکوهیدرولوژی

دورهٔ ۶، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۸، ص ۷۶۶-۷۵۳

ارزیابی اثر نظارت بر بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای بر ارزش اقتصادی آب، راندمان و بهره‌وری آبیاری در زراعت گندم و ذرت (مطالعهٔ موردی: شهرستان فاریاب)

سمانه عابدی[1*]، رحیمه دهقانی دشتابی[2]، فریماه امیدی[3]

۱. استادیار دانشکدهٔ اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی

۲. کارشناس ارشد سازه‌های آبی، دانشگاه زابل

۳. دانش‌آموختهٔ دکتری علوم و مهندسی آبیاری، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۸/۰۱/۰۶؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۸/۰۵/۱۹)

چکیده

طراحی و اجرای سامانه‌های آبیاری معمولاً توسط افراد باتجربه و با صرف وقت، دقت و انرژی بسیار زیاد صورت می‌گیرد. این در حالی است که بهره‌برداری از سامانه‌های یادشده، توسط کشاورزانی صورت می‌گیرد که ضمن داشتن اطلاعات بسیار اندک در زمینهٔ بهره‌برداری و نگهداری از سامانه‌های آبیاری، مدیریت کارآمد آبیاری، که بخش مهم بهره‌برداری از این سامانه‌ها هست را نیز به‌درستی انجام نمی‌دهند. به این منظور، پژوهش حاضر با هدف تعیین تأثیرات نظارت کارشناسی بر بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای بر بازده و بهره‌وری آبیاری و همچنین ارزش اقتصادی آب در سال زراعی ۱۳۹۶ــ ۱۳۹۷ در شهرستان فاریاب انجام شد. به این منظور، از اطلاعات جمع‌آوری‌شده از مزارع مجهز به سامانهٔ آبیاری قطره‌ای نواری شامل دو محصول ذرت و گندم استفاده شد. در پژوهش حاضر، پروژه‌های مطالعه‌شده، در شرایط پیش از اجرای نظارت و پس از اجرای نظارت مطالعه شدند. نتایج نشان داد با اجرای نظارت بر بهره‌برداری سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، مصرف آب آبیاری برای گندم و ذرت به‌ترتیب ۱۲۱۲ و ۱۵۳۳ مترمکعب در هکتار کاهش یافته و عملکرد محصول گندم و ذرت به‌ترتیب ۱۰۰۰ و ۳۴۰۰کیلوگرم در هکتار افزایش یافته است. علاوه بر آن، پس از اجرای نظارت بر بهره‌برداری، میزان آبیاری، برای گندم و ذرت به‌ترتیب میزان آبیاری ۱۱ و ۱۶ درصد و مقدار کاربرد آب ۰/۵۷ و ۰/۵۴ کیلوگرم به ازای هر متر مکعب افزایش یافت. همچنین، برای گندم و ذرت به‌ترتیب بهره‌وری اقتصادی ۰/۵ و ۰/۶۴، بهره‌وری فیزیکی-اقتصادی ۶۵۵۰ و ۶۸۲۰ ریال به ازای هر متر مکعب و بهره‌وری فیزیکی ۰/۴۱ و ۰/۸۲ بهبود یافت.

کلیدواژگان: ارزش اقتصادی آب آبیاری، تابع تولید محصول، راندمان آبیاری، سامانه‌های آبیاری تحت فشار، نگهداری و بهره‌برداری.

* نویسندهٔ مسئول

Email: s.abedi@atu.ac.ir

مقدمه

با افزایش جمعیت و نیاز روزافزون به غذا، افزایش تولیدات کشاورزی به عنوان منبع اصلی تغذیه، از مهم‌ترین اهداف بخش کشاورزی به شمار می‌رود. کشور ایران نیز با جمعیتی حدود ۸۰ میلیون نفر که روند افزایشی دارد، تأمین منابع غذایی بیشتر، اجتناب‌ناپذیر است. از سویی، ایران یکی از کشورهای واقع در کمربند خشک کرهٔ زمین است که با مشکل کم‌آبی، خشکسالی‌های متناوب و سیل‌های مخرب و ویرانگر مواجه است. رشد فزایندهٔ جمعیت و تخریب‌های ناشی از آن و نیاز روزافزون به محصولات کشاورزی، دامی و محدودیت آب و نیز خاک حاصل‌خیز به عنوان بستر اصلی تولیدات کشاورزی، مسئلهٔ کم‌آبی را به گونه‌ای بسیار جدی فرا روی کشور قرار داده است [۱]. کشاورزان برای مقابله با بحران کم‌آبی، راه‌کارهای مختلفی مانند کاهش مساحت تحت آبیاری، تغییر الگوی کشت گیاهان، استفاده از فناوری‌های نوین، کاهش مقدار آب آبیاری و تغییر زمان کشت را استفاده می کنند [۲-۷]. یکی از راه‌کارهای مؤثر برای مقابله با کم‌آبی و استفادهٔ بهینه از منابع آب موجود در کشور، استفاده از سامانه‌های آبیاری نوین و تحت فشار، مانند آبیاری قطره‌ای نواری[1] است [۸]. موفقیت یک سامانهٔ آبیاری قطره‌ای وقتی تضمین می‌شود که به‌خوبی طراحی و اجرا شود. در بیشتر مواقع، برقراری هم‌زمان این دو شرط اتفاق نمی‌افتد و بهره‌بردار نمی‌تواند از تمام پتانسیل‌های سامانه بهره ببرد. به همین دلیل، وضعیت کارکرد سامانه‌های آبیاری باید ارزیابی شود تا علاوه بر اندازه‌گیری، سودمندی آنها نیز بررسی شود. همچنین، ارزیابی دقیق این سامانه‌ها می‌تواند سبب یافتن راه‌کارهایی برای بهبود عملکرد سامانه شود. بنابراین، اهمیت جمع‌آوری اطلاعات و انجام مطالعات برای تخمین بازدهی سامانه‌های آبیاری و ارزیابی عملکرد آنها در کشور امری ضروری است. استفاده از این اطلاعات می‌تواند در سطح ملی به برنامه‌ریزی مصرف آب مورد نیاز بخش کشاورزی و افزایش درصد موفقیت پروژه‌های آبیاری کمک زیادی کند و موجب بهبود و اصلاح بازدهی آبیاری در سطح کشور شود [۹]. به همین منظور، دِیویس و نِلسون (۱۹۷۰) نشان دادند عموماً کاربرد سامانه‌های قطره‌ای سطحی و زیرسطحی سبب کاهش مصرف آب به میزان ۲۲ درصد برای گیاهان ردیفی و حتی صرفه‌جویی بیشتر برای باغ های مرکبات می‌شود [۱۰]. همچنین، فریدونی و فرجی (۲۰۱۷) طی پژوهشی نشان دادند استفاده از آبیاری قطره‌ای نواری همراه با کم‌آبیاری و مالچ پلاستیکی سبب افزایش کارایی اقتصادی آب و تولید محصول بیشینه برای ذرت شیرین می‌شود [۱۱].

از آنجا که آب به عنوان کالایی واسطه‌ای سبب ایجاد ارزش افزوده در کشاورزی شده و به عنوان منبعی محدود است، باید آن را به عنوان کالای اقتصادی در نظر گرفت و برنامه‌ریزی برای مصرف آب را نیز از دیدگاه اقتصادی اعمال کرد [۱۲]. بنابراین، تعیین ارزش اقتصادی آب آبیاری، به‌ویژه در مناطقی که با کمبود کیفی و کمی آب روبه‌رو هستند، امری ضروری است. رابطهٔ بین مقدار نهاده‌های مصرفی و مقدار محصول تولیدشده با این نهاده‌ها، تابع تولید محصول نامیده می‌شود که پایه و اساس تمامی روش‌های قیمت‌گذاری آب است [۱۳ و ۱۴]. تابع تولید نوعی رابطهٔ کلی و کاربردی است. از توابع تولید برای بیان رابطه بین واکنش کمی و یا کیفی گیاه به پارامترها و نهاده‌های مختلف تولید مانند آب، کود، خاک، انرژی و سایر عوامل و شرایط زراعی استفاده می‌شود. از آنجا که محدودیت منابع آب قابل استفاده برای کشاورزی از عوامل مهم تعیین‌کنندهٔ سیاست‌های مدیریت آب در مزرعه به شمار می‌رود، معمولاً توابع تولید، مقدار محصول تولیدی را به صورت تابعی از آب مصرفی و یا آبی که صرف تبخیر و تعرق شده است، تعریف می‌کنند. به بیان دیگر، آب به عنوان نهادهٔ اصلی تولید محصول در نظر گرفته می‌شود. به طور کلی، توابع تولید به دو روش برآورد می‌شوند. یکی از این روش‌ها، استفاده از مدل‌های نظری و تجربی است که از فرایندهای منحصربه‌فرد آب و محصول نشئت می گیرد. اصولاً کمیت پارامترها در این روش از اندازه‌گیری های مستقیم به دست می‌آید. دومین روش، برآورد توابع تولید با استفاده از روش‌های آماری مبتنی بر مشاهداتی همچون سطح تغییرات عملکرد، کمیت و کیفیت آب کاربردی و شوری خاک است [۱۳ و ۱۴]. در زمینهٔ آب مصرفی و توابع تولید مربوط به آن، سه نوع نگرش کارشناسان زراعت یعنی حصول حداکثر عملکرد در واحد سطح، نگرش کارشناسان آبیاری که هدفشان حصول حداکثر کارایی و بهره‌وری از آب مصرفی است و نگرش اقتصاددانان به حداکثر سود و درآمد

1. Drip Tape

خالص نهایی، وجود دارد. از دیدگاه متخصصان آبیاری کارایی مصرف آب همان میزان تولید به ازای مصرف یک واحد آب است. این در حالی است که اقتصاددانان معتقدند علاوه بر میزان مصرف آب آبیاری، عواملی همچون روش آبیاری و قیمت نهادهٔ آب بر بهره‌وری آب، مؤثرند. به منظور بهره‌برداری اقتصادی از آب باید الگوی مصرف آن به گونه ای تدوین و برنامه‌ریزی شود که از هر واحد آب، بیشترین درآمد تولید شود. بنابراین، هنگام ارزیابی سامانه‌های آبیاری، باید اثر روش و برنامهٔ آبیاری بر ارزش اقتصادی آب آبیاری و بهره‌وری آب هم از دیدگاه فنی و هم از دیدگاه اقتصادی ارزیابی شود.

تاریخچهٔ پژوهش دربارهٔ تعیین تابع تولید محصول به ازای آب مصرفی، به بیش از ۱۰۰ سال قبل بازمی‌گردد. پژوهش‌های انجام‌شده توسط کول و مَتیوز (۱۹۲۳)، مَتیوز و براون (۱۹۳۸)، دِویت (۱۹۵۸)، آرکلی (۱۹۶۳)، جِنسِن (۱۹۶۸)، هَنکس (۱۹۷۴)، مینهاس (۱۹۷۴)، اِستوارت (۱۹۷۷)، هِگزِم و هِدی (۱۹۷۸)، دورِنباس و پِرویت (۱۹۷۷)، دورِنباس و قَسام (۱۹۷۹) و هَنکس و راسموسِن (۱۹۸۲) همگی به یافتن توابع تولید تجربی براساس مقدار آب آبیاری، تبخیر و تعرق و یا تعرق منجر شده‌اند [۱۵-۲۶]. براساس نتایج مطالعات یادشده، یکی از موانعی که اغلب بر سر راه تحلیل‌های اقتصادی قرار دارد این است که روابط استفاده شده در این تحلیل‌ها با روابط حاکم بر پدیده‌های زراعی مطابقت ندارد. شواهد نشان می‌دهد ارزش اقتصادی آب به هنگام استفاده در بازه‌های زمانی مختلف طی دورهٔ کشت متغیر است [۵ و ۷]؛ این در حالی است که برخی پژوهشگران معتقدند یک رابطهٔ خطی بین مقدار محصول تولیدشده و ارزش اقتصادی آب آبیاری طی دورهٔ رشد وجود دارد [۳، ۲۲ و ۲۵]. در مطالعات موردی انجام‌شده روی پنبه، گندم، اکالیپتوس، ریحان، پیاز و زیتون در ایران و سایر کشورها برای تعیین تابع تولید محصول – آب مصرفی نشان داده است که هنگام کمبود آب برای آبیاری، کاربرد روش‌های کم‌آبیاری و وارد کردن سطوح خاصی از تنش به گیاه در دوره‌های مختلف رشد، می‌تواند بدون اینکه مقدار محصول با کاهش جدی روبه‌رو شود، مصرف آب را تا حد درخور توجهی کاهش دهد [۲۷ و ۲۸]. از آنجا که مقدار محصول تولیدشده نه تنها به مقدار نهاده‌های ورودی، بلکه به زمان استفاده از آن‌ها طی دورهٔ کشت نیز بستگی دارد، فرایند تولید محصولات کشاورزی می‌تواند بسیار پیچیده باشد. به بیان دیگر، تولید محصول، تحت تأثیر متغیرهای محیطی پیش‌بینی‌نشده (مانند دما، بارش، باد، خاک، بیماری‌ها و آفات) و زمان وقوع آن‌ها طی دورهٔ کشت قرار دارد [۱۳ و ۱۴]. بنابراین، ارزیابی واکنش گیاه به مقدار آب آبیاری و یافتن بهترین تابع تولید محصول- آب آبیاری، می‌تواند ابزاری دقیق به منظور تعیین برنامهٔ آبیاری، انتخاب گیاهان مناسب برای الگوی کشت، تعیین مقدار بهینهٔ کود، میزان کاربرد، بهره‌وری آب آبیاری و محاسبهٔ ارزش اقتصادی آب آبیاری در اختیار کارشناسان قرار دهد. به این منظور، امیدی و همایی (۲۰۱۵) پژوهشی برای تعیین ارزش اقتصادی آب آبیاری و برآورد مقدار آب مجازی گندم انجام دادند که در آن، تابع تولید، به عنوان ابزاری برای تعیین ارزش اقتصادی آب آبیاری استفاده شود [۲۹]. در پژوهش دیگری، دهقانی و جهانی (۲۰۱۶) ارزش اقتصادی آب برای تولید محصول ذرت در مزارع مجهز به سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری را در شهرستان فاریاب بررسی کردند که براساس آن، ارزش اقتصادی آب ۶۲۵۰ ریال به ازای هر مترمکعب آب تعیین شد [۳۰].

در این میان، مدیریت مصرف در بهره‌برداری از منابع آب، یک مسیر مستقیم برای افزایش ارزش تولیدشده توسط آب است که با مفهوم بهره‌وری آب شناخته می‌شود. با توجه به مشکلات کمبود آب در سال‌های اخیر و عدم تعادل در عرضه و تقاضای آب، مدیریت مصرف، ایجاد انگیزه، آگاهی و قرار دادن قوانین محکمی که در کنار هم بتوانند مصرف آب را کاهش داده و بهره‌وری آب را افزایش دهند، امری ضروری است. افزایش بازدهی آبیاری به ویژه بهره‌وری مصرف آب در اراضی کشور اهمیت و اولویت زیادی دارد. در چند سال اخیر فعالیت‌هایی برای توسعهٔ این روش‌ها صورت گرفته و اعتبارات درخور توجهی از منابع دولتی و تسهیلات بانکی به منظور اجرای این روش‌ها در اختیار کشاورزان قرار گرفته است. در تعیین بهره‌وری نباید به نسبت مقدار محصول تولیدشده به ازای آب مصرفی اکتفا کرد و باید ارزش محصول تولیدشده را نیز سنجید. در پژوهشی سلیمانی و حسنلی (۲۰۰۸) بهره‌وری مصرف آب در منطقهٔ خشک داراب برای محصولات عمدهٔ منطقه مانند گندم، ذرت، پنبه و پرتقال

را مطالعه کردند و نتیجه گرفتند که به‌جز پرتقال در بقیهٔ محصولات، بهره‌وری آب بسیار کم است [۳۱]. در پژوهشی دیگر، معروف‌پور و همکارانش (۲۰۱۶) بازدهی سامانهٔ آبیاری قطره‌ای نواری را در برخی مزارع دشت زرینه‌رود میاندوآب بررسی کردند. نتایج پژوهش آنها بیان می‌کند که اگر متولیان شبکه‌های آبیاری برنامهٔ علمی و عملیاتی خوبی در تحویل و توزیع آب به کشاورزان داشته باشند و آب در دسترس کشاورزان در حد مورد نیاز قرار گیرد، کشاورزان غالباً قادر به اعمال مدیریت مطلوب آبیاری در محدودهٔ زراعی خود هستند [۳۲]. همچنین، نتایج پژوهش اِسمیت و همکارانش (۲۰۰۵) نشان داد میزان کاربرد آب در محدودهٔ ۱۷ تا ۱۰۰ درصد (با میانگین ۴۸ درصد) متغیر است و دست‌یابی به مقدار ۸۵ تا ۹۵ درصد در صورتی امکان‌پذیر است که میزان خروجی از زهکش‌های زیرزمینی به هنگام آبیاری درست مدیریت شود، زیرا در صورت افزایش میزان جریان خروجی از زهکش‌ها، تلفات عمقی بیشتر می شود و بازدهی کاهش پیدا می‌کند. همچنین، مقدار کاربرد آب در مزرعه تحت تأثیر میزان کمبود رطوبت خاک در زمان آبیاری قرار می‌گیرد [۳۳]. علاوه بر آن، طبق نتایج پژوهش لسینا و همکارانش (۲۰۰۵) میزان کاربرد آب در مناطقی از اسپانیا، بین ۴۹ تا ۶۶ درصد برآورد شد که با مدیریت اصولی آبیاری در مزرعه، متوسط میزان کاربرد به ۷۶ درصد هم قابل افزایش بوده است [۳۴]. در این زمینه، درخور یادآوری است از جمله ابزارهای کارآمد در مدیریت تقاضا، کاهش مصرف و همچنین افزایش بهره‌وری آب آبیاری، قیمت‌گذاری آب است [۳۵]. این در حالی است که در کشور ما، با وجود مصرف بیش از ۹۰ درصد منابع آب در کشاورزی، همواره نرخی بین ۱ تا ۳ درصد قیمت محصولات بابت مصرف آب از کشاورزان دریافت می شود و برداشت از چاه‌ها بدون هیچ پرداختی صورت می‌گیرد [۱]. از سوی دیگر، محاسبهٔ ارزش اقتصادی آب آبیاری، نخستین قدم برای بهینه‌سازی عمق آب آبیاری براساس نسبت سود به هزینه است که دربرگیرندهٔ مفهوم بهره‌وری اقتصادی نیز هست [۳۶].

بنابراین، مقولهٔ بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری تحت فشار اجراشده در مزارع مختلف کشور و ارزیابی تأثیرات آنها بر میزان صرفه‌جویی آب و نیز افزایش تولید محصولات مختلف، از فرایندهای مهم در توسعهٔ سامانه‌های آبیاری است. بنابراین، در مطالعهٔ حاضر برای شناخت وضعیت فعلی بهره‌وری مصرف آب در محصولات ذرت و گندم، با انجام مدیریتی مطلوب در تعدادی از مزارع شهرستان فاریاب، به اهمیت نظارت بر بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری پرداخته شده است. بر این اساس، هدف پژوهش حاضر تعیین ارزش اقتصادی آب آبیاری، محاسبهٔ میزان کاربرد آب و آبیاری برای محصولات گندم و ذرت در زمان‌های قبل و بعد از اجرای نظارت بر بهره‌برداری سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری در منطقهٔ مطالعه شده است. به این منظور، آثار نظارت بر بهره‌برداری این سامانه‌ها بر معیارهای ارزیابی عملکرد آبیاری سنجیده می‌شود و با تکیه بر نتایج به‌دست‌آمده، راه‌کارهای تازه‌ای برای مدیریت بهره‌برداری و نگهداری سامانه‌های آبیاری، پیش روی کارشناسان و سیاست‌گذاران قرار خواهد گرفت. درخور یادآوری است که پژوهش حاضر طی سال زراعی ۱۳۹۶ـ ۱۳۹۷ در شهرستان فاریاب و در مزارع مجهز به سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری انجام شده است. همچنین، با توجه به اینکه ذرت و گندم از جمله غلات زراعی غالب در شهرستان منتخب است، بنابراین مطالعهٔ حاضر در خصوص محصولات یادشده صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در شهرستان فاریاب با مساحت ۲۵۶۴ کیلومترمربع واقع در جنوب غربی استان کرمان انجام شده است. ارتفاع این شهرستان از سطح دریا ۶۰۰ متر و میانگین بارندگی در شهرستان فاریاب ۱۶۰ میلی‌متر است که در سال ۱۳۹۵ این مقدار به ۱۸۰ میلی‌متر رسید. این منطقه از نظر تقسیم‌بندی اقلیمی جزء مناطق گرم و خشک محسوب می‌شود. شکل ۱ موقعیت شهرستان فاریاب در استان کرمان را نشان می‌دهد. محصولات کشاورزی این شهرستان گندم و جو، ذرت، نخل خرما، پرتقال، لیمو، گریپ فروت، نارنج، هندوانه، خیار سبز، گوجه و پیاز است.

شکل ۱. موقعیت استان کرمان در تقسیمات کشوری ایران و موقعیت شهرستان فاریاب در استان کرمان

برای اجرای پژوهش حاضر دو سناریو بررسی و مقایسه شد که در ادامه شرح داده می‌شود. سناریوی نخست: پروژه‌هایی که تا زمان اجرای پژوهش بدون انجام نظارت بر مدیریت بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری بوده‌اند و مشکلات زیادی در چگونگی بهره‌برداری داشته‌اند که با نظر مدیریت آبیاری محلی بهره‌برداران انتخاب شده است. برای ارزیابی این پروژه‌ها، اطلاعات لازم شامل حجم آب آبیاری، میزان عملکرد محصول و هزینه‌های انجام‌شده برای تولید هر محصول، از آمار جهاد کشاورزی شهرستان فاریاب در سال زراعی ۱۳۹۶ــ ۱۳۹۷ و اطلاعات به‌دست‌آمده از ۳۰ پرسشنامه که توسط کارشناسان فعال و کشاورزان پیشرو تکمیل شده بود، اخذ شد. بر این اساس، ارزش اقتصادی آب آبیاری، میزان کاربرد آب، مقدار آبیاری و بهره‌وری آب برای هر یک از محصولات گندم و ذرت محاسبه شد.

سناریوی دوم: پروژه‌هایی هستند که از سوی جهاد کشاورزی برای نظارت بر مدیریت بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری معرفی شده‌اند. در این سناریو ابتدا ۵۰ مزرعه به مساحت ۱۵۰۰ هکتار معرفی شده است. به این منظور مزارعی انتخاب شد که تحت مدیریت آبیاری و عملیات زراعی اعمال‌شده توسط کشاورزان معرف منطقه بوده است. همچنین کشاورزان منتخب، معرف جمعیت کشاورزی منطقه بودند و از نظر میزان سواد، دامنه‌ای از کم‌سواد تا دارندهٔ دیپلم و حتی کارشناس کشاورزی را در بر می‌گرفتند. در این پروژه‌ها ابتدا اطلاعات لازم در خصوص شمارهٔ تماس و آدرس هر یک از بهره‌برداران به همراه نقشه و دفترچهٔ طراحی هر پروژه از جهاد کشاورزی شهرستان جمع‌آوری شد. سپس، با توجه به ضوابط و معیارهای فنی روش‌های آبیاری تحت فشار، دستورالعمل بهره‌برداری و نگهداری روش‌های آبیاری موضعی، مدیریت بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری صورت گرفت. ضمن انجام بازدید از پروژه‌های مطالعه شده و آگاهی یافتن از مشکلات بهره‌برداران در استفاده از سامانهٔ آبیاری، در خصوص سرویس، بهره‌برداری و نگهداری در داخل و خارج از فصل آبیاری، به بهره‌برداران آموزش‌های لازم داده شده است. در مرحلهٔ بعد علاوه بر کنترل عملکرد بهره‌برداران در انجام توصیه‌های داده‌شده در بازدیدهای گذشته، در صورت داشتن محصول در مزرعه، دربارهٔ مدیریت صحیح آبیاری و همچنین قطعه‌بندی مناسب (تنظیم شیفت) به بهره‌برداران آموزش‌های لازم ارائه شده و مدیریت مستمر صورت گرفته است. بر این اساس، در صورت مشاهدهٔ هر گونه مشکلات در ایستگاه پمپاژ، سیستم کنترل مرکزی و شبکهٔ آبیاری، آموزش‌های لازم برای رفع آنها ارائه شده است. درخور یادآوری است که تمامی بهره‌برداران با حضور در کلاس‌های آموزشی، با لوازم و اتصالات سامانهٔ آبیاری نواری، چگونگی بهره‌برداری و نگهداری از آنها طی فصل و خارج از فصل آبیاری، روش تنظیم دبی و فشار در تمام بخش‌های سامانهٔ آبیاری، آشنایی لازم را کسب کردند. برای تعیین میزان حجم آب مصرفی طی دورهٔ رشد هر یک از محصولات در هر پروژه، اطلاعات مربوط به دور و ساعت‌های آبیاری در هر نوبت آبیاری، تعداد دفعات آبیاری، دبی آب، پروانهٔ مجاز بهره‌برداری از منبع آب هر پروژه، مساحت هر قطعهٔ آبیاری (شیفت) و حجم خاک‌آب مشخص شده و محاسبه شد. هزینه‌های مربوط به هر محصول نیز از

ابتدا تا انتهای دورهٔ رشد مشخص شد و زمان برداشت و همچنین مقدار عملکرد مورد پرسش قرار گرفت. بنابراین، با توجه به مساحت کشت هر محصول در هر مزرعه، میزان حجم آب مصرفی، هزینه‌ها و عملکرد محصول در واحد یک هکتار محاسبه شد. همچنین، برای تعیین درآمد حاصل از کاشت هر محصول، قیمت هر واحد محصول از سازمان جهاد کشاورزی دریافت شده و با توجه به این اطلاعات، میزان درآمد و سود حاصل از هر محصول تعیین شد. در این زمینه، درخور یادآوری است با توجه به مشکلاتی از جمله عدم استفاده از سامانهٔ آبیاری، عدم همکاری بهره‌بردار، کشت نکردن محصول، به وجود آمدن مشکلات فنی در زمان بهره‌برداری از سامانه‌ها، کمتر و یا بیشتر بودن دبی آب ورودی به سامانه و بسیاری محدودیت‌های دیگر، اطلاعات جمع‌آوری‌شده مربوط به میزان حجم آب مصرفی و مقدار عملکرد در برخی از پروژه‌ها با واقعیت مغایرت زیادی داشت. بنابراین، از میان ۵۰ پروژهٔ معرفی‌شده، تعداد ۳۴ پروژه که نسبت به سایرین در وضعیت مناسب‌تری قرار داشتند، انتخاب شده و معیارهای مد نظر برای این نمونهٔ آماری ارزیابی شد. این مزارع تقریباً ۶۸ درصد از سطح زیر کشت مزارع پژوهش‌شده را شامل می‌شد. در ادامه، به شرح روابط استفاده شده برای دست‌یابی به اهداف تحقیق، پرداخته شده است.

ابتدا تابع تولید هر محصول به ازای آب مصرفی، با استفاده از نرم‌افزارهای SigmaPlot و Excel استخراج شد تا در محاسبهٔ ارزش اقتصادی آب آبیاری استفاده شود. تابع تولید یک مفهوم کلی و کاربردی است. رابطه‌ای است میان واکنش گیاه به پارامترها و نهاده های مختلف تولید (آب، کود، خاک، انرژی و سایر شرایط و عوامل زراعی). در مجموع، تابع تولید رابطه‌ای ریاضی میان میزان آب مصرفی و کل تولید مادهٔ خشک (TDM) یا رابطه‌ای میان محصول قابل فروش در مقابل تبخیر و تعرق (ET) یا مقدار آب مصرفی طی فصل آبیاری (IW) است. از سوی دیگر، به‌کارگیری هر روش بهینه‌سازی اقتصادی تابع تولید (بر حسب آب مصرفی)، دانشی است که به بررسی رابطهٔ «آب مصرفی- عملکرد» می‌پردازد [۳۷ و ۳۸]. شکل عمومی تابع تولید براساس نتایج مزرعه‌ای آب مصرفی – عملکرد از طریق بهترین برازش داده‌ها به صورت رابطهٔ ۱ به دست می‌آید که برای به دست آوردن ضرایب تابع تولید از روش حداقل مجموع تفاضل مربعات استفاده می‌شود [۳۸ و ۳۹].

$$Y(W) = a_1 + b_1 w + c_1 w^2 \quad (۱)$$

بنابراین، با استناد به مطالعات نخجوانی مقدم و همکاران (۲۰۱۷)، مجدِ سلیمی (۲۰۱۴)، اکبری نودهی و همکاران (۲۰۱۳) و نخجوانی مقدم و قهرمان (۲۰۰۵) و براساس اطلاعات مربوط به پروژهٔ مطالعه شده، تابع تولید برای محصول گندم و ذرت به‌ترتیب براساس روابط ۲ و ۳ برآورد شده است [۴۰-۴۳].

$$y = 0.0417 + 0.0015w + (9 \times 10^{-7})w^2 \quad (۲)$$

$$y = 7266.1 + 6.6993w - 0.0021w^2 \quad (۳)$$

که در آنها، y و w به‌ترتیب مقدار محصول گندم و ذرت تولیدشده (kg/ha) و مقدار آب مصرفی (m^3/ha) است.

همچنین، در پژوهش حاضر از دو روش برای محاسبهٔ ارزش اقتصادی آب آبیاری استفاده شده است. در روش نخست، براساس پژوهش‌های انگلیش (۱۹۹۰)، انگلیش و رَجا (۱۹۹۶)، یانگ (۲۰۰۵) و یانگ و لومیس (۲۰۱۴)، ارزش اقتصادی آب آبیاری تابعی خطی از مقدار محصول تولیدی به ازای آب مصرفی و قیمت محصول است که با استفاده از رابطهٔ ۴ محاسبه می‌شود [۳، ۴، ۱۳ و ۱۴].

$$P_w = P_y \times \frac{Y}{W} \quad (۴)$$

که در آن P_w ارزش اقتصادی آب آبیاری (Rls/m^3)، P_y قیمت محصول (Rls/kg)، Y مقدار محصول تولیدشده (kg/ha) و W مقدار آب مصرفی (m^3/ha) است.

در مناطقی که با کمبود آب مواجه نیستند، استفاده از رابطهٔ ۴ بدون مانع است چرا که در این مناطق، یا عوامل محیطی تنش‌زا وجود ندارند و یا کنترل‌شده هستند. بنابراین، تغییرات مقدار آب آبیاری طی دورهٔ کشت وجود ندارد و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه در همهٔ مراحل رشد، تأمین می‌شود. شرایط در مناطق خشک و نیمه‌خشک و یا مناطقی که با کمبود آب روبه‌رو هستند، متفاوت است. برای در نظر گرفتن اثر تنش آبی در محاسبهٔ ارزش اقتصادی آب آبیاری، روش دوم (رابطهٔ ۵) پیشنهاد می‌شود [۱۴]:

$$P_w = P_y \times \left(\frac{\partial y}{\partial (w)}\right) \quad (۵)$$

که در آن، P_w ارزش اقتصادی آب آبیاری (Rls/m^3)، P_y قیمت محصول (Rls/kg) و $\frac{\partial Y}{\partial (w)}$ نشان‌دهندهٔ تولید کرانه‌ای یا تولید نهایی است.

میزان آبیاری و همچنین کاربرد آب با استفاده از روابط ۶ و ۷ محاسبه می‌شود [۴۴-۴۶]:

$$IE = \frac{ET - ER}{AIW - DP - ReW} \quad (۶)$$

که در آن ET مقدار تبخیر و تعرق (mm)، ER مقدار بارش مؤثر (mm)، AIW مقدار آب آبیاری (mm)، DP مقدار نفوذ عمقی (mm) و ReW مقدار برگشت به چرخهٔ آب (mm) است.

$$WUE = \frac{Y}{ET} \quad (۷)$$

که در آن Y مقدار محصول تولیدشده (Kg/ha) و ET تبخیر و تعرق گیاه (m^3/ha) است.

مفهوم بهره‌وری بسیار وسیع است. به طور کلی، بهره‌وری از نسبت خروجی‌ها به ورودی‌ها به دست می‌آید. برای استفادهٔ بهتر از مفهوم بهره‌وری، می‌توان مفهوم آن را به سه بخش فیزیکی[1]، فیزیکی-اقتصادی[2] و اقتصادی[3] تقسیم کرد [۴۵ و ۴۶]. در پژوهش حاضر بهره‌وری فیزیکی با استفاده از رابطهٔ ۸ محاسبه می‌شود.

$$PP = \frac{Y}{AIW} \quad (۸)$$

که در آن Y مقدار محصول تولیدشده (kg/ha) و AWI مقدار آب آبیاری (m^3/ha) است.

برای محاسبهٔ بهره‌وری فیزیکی-اقتصادی نیز از رابطهٔ ۹ استفاده شده است:

$$PEP = \frac{P_y}{AIW} \quad (۹)$$

که در آن، P_y ارزش محصول تولیدشده (Rls/ha) و AIW مقدار آب آبیاری (m^3/ha) است. طبق رابطهٔ ۱۰ نیز بهره‌وری اقتصادی عبارت است از:

$$EP = \frac{P_y}{P_w} \quad (۱۰)$$

که در آن، P_y ارزش محصول تولیدشده (Rls) و P_w ارزش اقتصادی آب آبیاری (Rls) است.

نتایج و بحث

اطلاعات حجم آب مصرفی، مجموع هزینه‌ها طی دورهٔ رشد و میزان عملکرد در یک هکتار برای هر محصول، در پروژه‌هایی که تا زمان شروع مدیریت بهره‌برداری، بدون انجام نظارت بر مدیریت بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری بودند، در جدول ۱ ارائه شده است. همچنین، میانگین اطلاعات حجم آب مصرفی، مجموع هزینه‌ها طی دورهٔ رشد و عملکرد محصول در یک هکتار برای هر محصول، در پروژه‌های تحت نظارت بر مدیریت بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری در پایان دورهٔ رشد در جدول ۱ به عنوان سناریوی دوم ارائه شده است.

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، پس از اجرای نظارت بر مدیریت بهره‌برداری سامانه‌های آبیاری، حجم آب مصرفی برای گندم از ۵۰۷۷ به ۳۸۷۶ (m^3/ha) در هکتار کاهش یافته است. حجم آب مصرفی ذرت نیز از ۸۵۰۰ به ۶۹۶۷ (m^3/ha) کاهش یافت. بنابراین، حجم آب مصرفی برای گندم و ذرت به‌ترتیب ۲۴ درصد و ۱۸ درصد کاهش داشته است. همچنین، پس از اجرای طرح نظارت بر مدیریت بهره‌برداری، عملکرد گندم و ذرت به‌ترتیب ۱۰۰۰ و ۳۴۰۰ (kg/ha) افزایش داشت. بنابراین، مقدار عملکرد گندم ۲۵ درصد و ذرت ۵۷ درصد افزایش یافته است.

ارزش اقتصادی آب آبیاری در شرایط پیش و پس از اجرای نظارت بر مدیریت بهره‌برداری برای منطقهٔ مطالعه‌شده محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به اینکه اطلاعات موجود در شرایط پیش از اجرای طرح به صورت کلی بوده و داده‌های مربوط به تیمارهای مختلف آبیاری و تبخیر و تعرق موجود نبوده است، تعیین تابع تولید در این شرایط امکان‌پذیر نبود. بنابراین، ارزش اقتصادی آب آبیاری در این شرایط، با استفاده از رابطهٔ ۱ محاسبه شد.

1. Physical Productivity
2. Physiacal-Economical Productivity
3. Economical Productivity

جدول ۱. اطلاعات جمع‌آوری‌شدهٔ پروژه‌ها، قبل و بعد از اجرای طرح نظارت بر مدیریت بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری برای گندم و ذرت

سناریوی تعریف‌شده	محصول	تعداد پروژه‌ها	مساحت تحت کشت	حجم آب مصرفی	عملکرد	قیمت محصول	هزینه‌ها	کل درآمد	کل سود خالص
			(ha)	(m^3/ha)	(kg/ha)	(Rls/kg)	(Thousand Rls/ha)	(Thousand Rls/ha)	(Thousand Rls/ha)
قبل از اعمال	گندم	–	–	۵۰۸۸	۴۰۰۰	۱۳۰۰۰	۳۱۷۰۰	۵۲۰۰۰	۲۰۳۰۰
نظارت بر مدیریت بهره‌برداری	ذرت	–	–	۸۵۰۰	۶۰۰۰	۱۰۶۰۰	۴۴۵۰۰	۶۳۶۰۰	۱۹۱۰۰
بعد از اعمال	گندم	۱۹	۲۳۱	۳۸۷۶	۵۰۰۰	۱۳۰۰۰	۳۱۷۰۰	۶۵۰۰۰	۳۳۳۰۰
نظارت بر مدیریت بهره‌برداری	ذرت	۱۵	۳۴۵	۶۹۶۷	۹۴۰۰	۱۰۶۰۰	۴۴۵۰۰	۳۴۳۷۵/۸	۳۴۳۳۱/۳

منبع: اطلاعات جمع‌آوری‌شده از آمار جهاد کشاورزی شهرستان فاریاب در سال ۱۳۹۶ـ ۱۳۹۷ و ۳۰ پرسشنامهٔ تکمیل‌شده توسط کارشناسان و کشاورزان پیشرو در منطقه

جدول ۲. ارزش اقتصادی آب آبیاری برای پروژه‌های مطالعه‌شده، پیش و پس از اجرای نظارت بر مدیریت بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری برای گندم و ذرت

سناریوی تعریف‌شده	محصول	تعداد پروژه‌ها	مساحت تحت کشت (ha)	کل آب مصرفی (m^3/ha)	عملکرد (kg/ha)	قیمت محصول (Rls/kg)	کل درآمد (Thousand Rls/ha)	ارزش اقتصادی آب آبیاری (روش اول) (Rls/m^3)	ارزش اقتصادی آب آبیاری (روش دوم) (Rls/m^3)
قبل از اعمال نظارت	گندم	–	–	۵۰۸۸	۴۰۰۰	۱۳۰۰۰	۵۲۰۰۰	۱۰۲۲۰/۱	–
بر مدیریت بهره‌برداری	ذرت	–	–	۸۵۰۰	۶۰۰۰	۱۰۶۰۰	۶۳۶۰۰	۷۴۸۲/۴	–
بعد از اعمال نظارت	گندم	۱۹	۲۳۱	۳۸۷۶	۵۰۰۰	۱۳۰۰۰	۶۵۰۰۰	۱۶۷۶۹/۹	۲۵۱۸۹۷/۶
بر مدیریت بهره‌برداری	ذرت	۱۵	۳۴۵	۶۹۶۷	۹۴۰۰	۱۰۶۰۰	۳۴۳۷۵/۸	۱۴۳۰۱/۷	۵۷۴۲۸۰/۲

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، برای شرایط پیش از اجرای طرح نظارت بر مدیریت بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری، ارزش اقتصادی آب آبیاری برای محصولات ذرت و گندم با استفاده از یک روش محاسبه شده است. در روش نخست طبق رابطهٔ ۱ ارزش اقتصادی آب آبیاری برای گندم و ذرت به‌ترتیب ۱۰۲۲۰/۱ و ۷۴۸۲/۴ (Rls/m^3) محاسبه شده است. در شرایطی که امکان تعیین تابع تولید وجود ندارد، برای داشتن تخمینی نسبتاً علمی، می‌توان از این روش استفاده کرد.

همان‌طور که پیش‌تر نیز گفته شد، اطلاعات مربوط به پروژهٔ مطالعه شده، تابع تولید برای محصول گندم و ذرت برآورد شده است. بنابراین، با داشتن توابع تولید محصولات ذرت و گندم، ارزش اقتصادی آب آبیاری برای هر محصول در شرایط پس از اجرای طرح نظارت بر مدیریت سامانه‌های آبیاری محاسبه شده است. همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، ارزش اقتصادی آب آبیاری برای دو محصول گندم و ذرت در شرایطی که نظارت بر مدیریت بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری صورت گرفته، با استفاده از روابط ۴ و ۵ محاسبه شده است. درخور یادآوری است که ارزش اقتصادی آب آبیاری در روش‌های اول و دوم، میانگین قیمت برای پروژه های منتخب مطالعه‌شده است. با توجه به جدول ۲، ارزش اقتصادی آب آبیاری برای دو محصول گندم و ذرت در روش اول، نسبت به شرایط قبل از اعمال نظارت، کمی رشد داشته است؛ به طوری که ارزش اقتصادی آب آبیاری برای گندم و ذرت به‌ترتیب ۱۶۷۶۹/۹ و ۱۴۳۰۱/۷ (Rls/m^3) برآورد شده است. نکتهٔ درخور توجه اینکه رشد ارزش اقتصادی آب آبیاری در این روش نسبت به

شرایط قبل از اجرای نظارت، زیاد نبوده و این امر نشان می‌دهد اگرچه مقدار محصول پس از اجرای نظارت افزایش یافته، ارزش اقتصادی آب آبیاری در روش دوم تغییر چندانی نداشته است. نتیجه اینکه پس از اجرای نظارت بر بهره‌برداری سیستم‌های آبیاری، روش تعیین ارزش اقتصادی آب آبیاری، تأثیر زیادی بر ارزیابی عملکرد دارد. بنابراین، استفاده از روش دوم، توصیه می‌شود. در روش دوم، اگرچه ارزش اقتصادی آب آبیاری بسیار بیشتر از روش اول است، مبنای علمی این روش اهمیت زیادتری دارد. از آنجا که سیاست‌های کلی کشور به سوی کاهش مصرف و صرفه‌جویی در مصرف آب در همهٔ بخش‌ها، اعم از کشاورزی است، تعیین قیمت دقیق آب آبیاری می‌تواند در ترغیب کشاورزان به کاهش مصرف مؤثر باشد.

نتایج نشان می‌دهد اگرچه ارزش اقتصادی آب آبیاری در روش دوم، گران است، با استفاده از ارزش اقتصادی آب به‌دست‌آمده در این روش قیمت‌گذاری در شرایط اعمال نظارت بر مدیریت بهره‌برداری، و سپس تعدیل ارزش اقتصادی آب آبیاری با توجه به عوامل مؤثر در سودآوری، کشاورزان را به دنبال کردن برنامه‌های نظارت بر بهره‌برداری و کاهش مصرف آب، ترغیب می‌کند.

برای تعیین میزان بازدهی آبیاری، مقدار تبخیر و تعرق برای دو محصول گندم و ذرت از نرم‌افزار NETWAT به دست آمد و بازدهی آبیاری با استفاده از رابطهٔ ۶ محاسبه شد. مقدار کاربرد آب نیز مطابق رابطهٔ ۷ محاسبه شد. نتایج این محاسبات برای شرایط قبل از اعمال نظارت بر مدیریت و بعد از اعمال نظارت بر مدیریت در جدول ۳ ارائه شده است.

با توجه به نتایج جدول ۳، پیش و پس از اعمال نظارت بر مدیریت بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری، مقدار آبیاری برای محصول گندم به‌ترتیب ۳۴ و ۴۵ درصد برآورد شده است. بنابراین، اجرای طرح سبب افزایش میزان آبیاری گندم به مقدار ۱۱ درصد شده است. همچنین، میزان کاربرد آب برای گندم پس از اجرای طرح، از ۲/۲۹ به ۲/۸۶ (kg/m^3) رسید که ۰/۵۷ (kg/m^3) رشد داشت. مقدار آبیاری محصول ذرت از ۷۴ درصد برای پیش از اجرای طرح به ۹۰ درصد برای پس از اجرای طرح رسید که ۱۶ درصد رشد داشت. میزان کاربرد آب برای ذرت از ۰/۹۵ به ۱/۴۹ (kg/m^3) رسید که ۰/۵۴ (kg/m^3) افزایش یافت.

نتایج ارائه‌شده در جدول ۳ بیان می‌کند که اعمال نظارت بر مدیریت بهره‌برداری سامانه‌های آبیاری نواری قطره‌ای، اثر مثبت و درخور توجهی بر میزان آبیاری و کاربرد آب داشته است که این مسئله اهمیت و لزوم اجرای نظارت بر بهره‌برداری سامانه‌های آبیاری در سراسر کشور را نشان می‌دهد.

در جدول ۴، مقادیر بهره‌وری برای شرایط پیش و پس از اعمال نظارت بر بهره‌وری ارائه شده است. مقادیر بهره‌وری فیزیکی، بهره‌وری اقتصادی و بهره‌وری فیزیکی-اقتصادی با استفاده از روابط ۸ـ ۱۰ محاسبه شده‌اند.

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، اعمال نظارت بر مدیریت بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری نواری قطره‌ای، سبب افزایش بهره‌وری و اجزای آن شده است. بهره‌وری فیزیکی برای گندم در شرایط پیش و پس از اجرای نظارت ۰/۷۹ و ۱/۲۹ (kg/m^3) است که ۰/۵ (kg/m^3) افزایش داشته است. بهره‌وری فیزیکی ذرت نیز پس از اجرای طرح از ۰/۷۱ به ۱/۳۵ (kg/m^3) رسیده که ۰/۶۴ (kg/m^3) افزایش داشته است. بهره‌وری فیزیکی اقتصادی گندم پس از اجرای طرح به مقدار ۶۵۴۹/۷۴ (Rls/m^3) افزایش یافته و از ۱۰۲۲۰/۱۳ به ۱۶۷۶۹/۸۷ (Rls/m^3) رسیده است. بهره‌وری فیزیکی اقتصادی ذرت پس از اجرای طرح به مقدار ۶۸۱۹/۳۶ (Rls/m^3) افزایش یافته و از ۷۴۸۲/۳۵ به ۱۴۳۰۱/۷۱ (Rls/m^3) رسیده است. همچنین، بهره‌وری اقتصادی پس از اجرای طرح برای گندم و ذرت به‌ترتیب ۰/۴۱ و ۰/۸۲ افزایش یافته است. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد اجرای طرح نظارت بر مدیریت بهره‌برداری سامانه‌های آبیاری و زهکشی تأثیر زیادی بر بهبود مقادیر آبیاری، کاربرد آب و بهره‌وری آب داشته است.

برای مقایسهٔ مناسب‌تر شرایط پیش و پس از اجرای نظارت بر مدیریت بهره‌برداری سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری، نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۵ برای گندم و ذرت ارائه شده است.

جدول ۳. میزان آبیاری و مقدار کاربرد آب برای شرایط بدون نظارت بر مدیریت بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری تحت فشار برای محصولات گندم و ذرت

سناریوی تعریف‌شده	محصول	حجم آب مصرفی	عملکرد	قیمت محصول	تبخیر و تعرق	میزان آبیاری	مقدار کاربرد آب
		(m^3/ha)	(kg/ha)	(Rls/kg)	(m^3/ha)	٪	(kg/m^3)
قبل از اعمال نظارت بر مدیریت بهره‌برداری	گندم	۵۰۸۸	۴۰۰۰	۱۳۰۰۰	۱۷۵۰	۳۴	۲/۲۹
	ذرت	۸۵۰۰	۶۰۰۰	۱۰۶۰۰	۶۳۰۰	۷۴	۰/۹۵
بعد از اعمال نظارت بر مدیریت بهره‌برداری	گندم	۳۸۷۶	۵۰۰۰	۱۳۰۰۰	۱۷۵۰	۴۵	۲/۸۶
	ذرت	۶۹۶۷	۹۴۰۰	۱۰۶۰۰	۶۳۰۰	۹۰	۱/۴۹

جدول ۴. بهره‌وری آب پیش و پس از اجرای نظارت بر مدیریت بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری تحت فشار

سناریوی تعریف‌شده	محصول	حجم آب مصرفی	عملکرد	قیمت محصول	بهره‌وری فیزیکی	بهره‌وری فیزیکی- اقتصادی	بهره‌وری اقتصادی
		(m^3/ha)	(kg/ha)	(Rls/kg)	(kg/m^3)	(Rls/m^3)	-
قبل از اعمال نظارت بر مدیریت بهره‌برداری	گندم	۵۰۸۸	۴۰۰۰	۱۳۰۰۰	۰/۷۹	۱۰۲۲۰/۱۳	۰/۶۴
	ذرت	۸۵۰۰	۶۰۰۰	۱۰۶۰۰	۰/۷۱	۷۴۸۲/۳۵	۰/۴۳
بعد از اعمال نظارت بر مدیریت بهره‌برداری	گندم	۳۸۷۶	۵۰۰۰	۱۳۰۰۰	۱/۲۹	۱۶۷۶۹/۸۷	۱/۰۵
	ذرت	۶۹۶۷	۹۴۰۰	۱۰۶۰۰	۱/۳۵	۱۴۳۰۱/۷۱	۱/۲۵

جدول ۵. جمع‌بندی نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش برای شرایط پیش و پس از اجرای نظارت بر مدیریت بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری تحت فشار برای محصول گندم و ذرت

معیار	واحد	گندم		ذرت	
		مدیریت بهره‌بردار محلی	مدیریت کارشناس بهره‌بردار	مدیریت بهره‌بردار محلی	مدیریت کارشناس بهره‌بردار
آب مصرفی	(m^3/ha)	۵۰۸۸	۳۸۷۶	۸۵۰۰	۶۹۶۷
عملکرد	(kg/ha)	۴۰۰۰	۵۰۰۰	۶۰۰۰	۹۴۰۰
درآمد	(Thousand Rls/ha)	۵۲۰۰۰	۶۵۰۰۰	۶۳۹۰۰	۳۴۳۷۵/۸
سود خالص	(Thousand Rls/ha)	۲۰۳۰۰	۳۳۳۰۰	۱۹۴۰۰	۵۵۶۱۰
ارزش اقتصادی آب آبیاری (روش دوم)	(Rls/m^3)	۱۰۲۲۰/۱	۱۶۷۶۹/۹	۷۴۸۲/۴	۱۴۳۰۱/۷
ارزش اقتصادی آب آبیاری (روش سوم)	(Rls/m^3)	-	۲۵۱۸۹۷/۶	-	۵۷۴۲۸۰/۲
میزان آبیاری (IE)	%	۳۴	۴۵	۷۴	۹۰
میزان کاربرد آب (WUE)	(kg/m^3)	۲/۲۹	۲/۸۶	۰/۹۵	۱/۴۹
بهره‌وری فیزیکی	(kg/m^3)	۰/۷۹	۱/۲۹	۰/۷۱	۱/۳۵
بهره‌وری فیزیکی- اقتصادی	($Rls/m^3.ha$)	۱۰۲۲۰/۱۳	۱۶۷۶۹/۸۷	۷۴۸۲/۳۵	۱۴۳۰۱/۷۱
بهره‌وری اقتصادی	-	۰/۶۴	۱/۰۵	۰/۴۳	۱/۲۵

طبق جدول ۵، مصرف آب آبیاری برای گندم پس از اجرای طرح نظارت بر مدیریت بهره‌برداری سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری در هر هکتار به طور میانگین به مقدار ۱۲۱۲ (m^3/ha) کاهش یافته است. همچنین، مقدار محصول تولیدشده، یک هزار کیلوگرم در هر هکتار افزایش یافته است. مقدار درآمد ناخالص و سود خالص ۱۳ میلیون ریال در هر هکتار افزایش یافته است. افزایش ارزش اقتصادی آب آبیاری پس از اجرای نظارت بر مدیریت بهره‌برداری به علت افزایش مقدار محصول تولیدشده است. میزان آبیاری ۱۱ درصد رشد داشته و میزان کاربرد آب نیز به مقدار ۰/۵۷ (kg/m^3) افزایش داشته است. بهره‌وری فیزیکی ۰/۵ (kg/m^3) و بهره‌وری فیزیکی-اقتصادی ۶۵۴۹/۸ $(Rls/m^3.ha)$ افزایش داشته است. بهره‌وری اقتصادی نیز ۰/۴۱ افزایش داشته است.

طبق نتایج جدول ۵، مصرف آب آبیاری برای ذرت پس از اجرای طرح نظارت بر مدیریت بهره‌برداری سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری در هر هکتار به طور میانگین به مقدار ۱۵۳۳ (m^3/ha) کاهش یافته است. همچنین، مقدار محصول تولیدشده، ۳۴۰۰ کیلوگرم در هر هکتار افزایش یافته است. مقدار درآمد ناخالص و سود خالص ۳۶ میلیون ریال در هر هکتار افزایش یافته است. میزان آبیاری و همچنین مقدار کاربرد آب به‌ترتیب ۱۶ درصد و ۰/۵۴ (kg/m^3) افزایش داشته است. بهره‌وری فیزیکی و بهره‌وری فیزیکی-اقتصادی به‌ترتیب ۰/۶۴ (kg/m^3) و ۶۸۱۹/۴ $(Rls/m^3.ha)$ افزایش داشته است. بهره‌وری اقتصادی نیز ۰/۸۲ افزایش یافته است.

همان‌طور که نتایج ارزیابی نشان می‌دهد، حجم آب مصرفی در زمان نظارت بر مدیریت بهره‌برداری صحیح طی دورهٔ رشد هر محصول، نسبت به پروژه‌هایی که بهره‌برداران آنها هیچ آموزشی در مورد بهره‌برداری و مدیریت آبیاری صحیح ندیده بودند، کاهش درخور توجهی داشته است. مقدار عملکرد و به دنبال آن، درآمد و سود خالص در هر محصول نیز با انجام نظارت بر مدیریت بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری افزایش یافته است. همچنین، بهره‌وری مصرف آب و اجزای آن با انجام نظارت بر بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری افزایش یافته و موجب افزایش رضایت بهره‌برداران از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری شده است.

نتیجه‌گیری

به منظور بررسی آثار نظارت بر مدیریت بهره‌برداری سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری بر بهره‌وری آب آبیاری، میزان آبیاری و ارزش اقتصادی آب، پژوهشی در شهرستان فاریاب واقع در استان کرمان انجام شد. برای اجرای پژوهش حاضر، دو سناریو بررسی و مقایسه شد. سناریوی اول شامل پروژه‌هایی می‌شد که تا زمان اجرای پژوهش بدون انجام نظارت بر مدیریت بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری بودند. سناریوی دوم نیز شامل پروژه‌هایی می‌شد که برای انجام نظارت بر مدیریت بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری از سوی جهاد کشاورزی معرفی شدند. به این منظور، مزارعی انتخاب شد که تحت مدیریت آبیاری و عملیات زراعی اعمال‌شده توسط کشاورزان معرف منطقه باشد. پس از جمع‌آوری اطلاعات لازم، تابع تولید محصولات گندم و ذرت استخراج شد و سپس ارزش اقتصادی آب آبیاری، میزان کاربرد آب، مقدار آبیاری و بهره‌وری آب برای شرایط پیش و پس از اجرای نظارت بر مدیریت بهره‌برداری سامانه‌های آبیاری نواری قطره‌ای محاسبه شد. نتایج نشان داد ارزش اقتصادی آب آبیاری باید ابتدا از طریق تابع تولید محاسبه شود و سپس با توجه به شرایط منطقهٔ مطالعه شده، محصول تحت کشت و عوامل مؤثر بر میزان درآمد و سود کشاورزان، این قیمت تعدیل شده و سپس به کار گرفته شود. همچنین، اجرای طرح نظارت بر مدیریت سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نه تنها می‌تواند سبب کاهش آب مصرفی شود بلکه، افزایش عملکرد و درنتیجه افزایش مقادیر آبیاری، کاربرد آب و بهره‌وری را به همراه خواهد داشت. بنابراین، باید سامانه‌های آبیاری با توجه به شرایط موجود در هر مزرعه طراحی شوند. همچنین، مصالح استفاده‌شده در اجرای سامانه‌های آبیاری با توجه به شرایط موجود در منطقه، از کیفیت و خصوصیات فنی لازم برخوردار باشند. بعد از اجرای سامانه‌های آبیاری، باید کارشناسان مشاور طی سال زراعی، با انجام بازدید از سامانه‌ها و ارائهٔ آموزش‌های عملی لازم در مورد سرویس‌دهی، بهره‌برداری و نگهداری صحیح از سامانه‌ها در کنار بهره‌برداران باشند. علاوه بر آن، باید بهره‌برداران با دریافت آموزش‌های توجیهی و ترویجی، در کلاس‌های آموزشی از دانش فنی و کافی بهره‌مند شوند. همچنین،

باید مدیریت صحیح آبیاری با استفاده از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای به صورت کامل به بهره‌برداران آموزش داده شود. این سامانه‌ها قادر خواهند بود شرایط صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش در تولید محصولات کشاورزی را فراهم کنند. بنابراین، با توجه به شرایط حاکم بر منابع آب و خاک در شهرستان فاریاب، می‌توان با استفاده از مدیریت صحیح، ضمن کاهش فشار بر منابع آب، زمینهٔ ارتقای جهشی بهره‌وری آب کشاورزی را در این مناطق فراهم کرد. به علاوه، توجه مسئولان به آموزش‌های کاربردی برای کشاورزان در مواردی همچون سرویس، بهره‌برداری صحیح، و مدیریت درست آبیاری در استفاده از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و در کنار آن، افزایش عملکرد محصول و همچنین ترویج آخرین یافته‌های علمی و کاربردی می‌تواند تأثیر زیادی بر افزایش میزان بهره‌وری آب داشته باشد که تا کنون توجه لازم و کافی به این مقوله نشده است.

در مجموع، نظارت بر بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری اجراشده در مزارع و باغ‌های مختلف کشور و افزایش تولید محصولات مختلف و همچنین ارزیابی تأثیرات آنها بر میزان صرفه‌جویی آب از فرایندهای مهم در توسعهٔ سامانه‌های آبیاری بوده که در این سال‌ها به دست فراموشی سپرده شده است. به منظور رسیدن به کارکرد ایده‌آل سامانه‌های آبیاری در مزرعه، باید مشاور ناظر بر بهره‌برداری طی سال زراعی، ضمن ارائهٔ آموزش‌های لازم برای بهره‌برداری و نگهداری، مدیریت آبیاری در مزرعه و کلیهٔ نهاده‌ها و عوامل تولید به کشاورز، حضور و نظارت پیوسته در مزرعه داشته باشد. همچنین، روش‌های آبیاری موضعی از نظر مقدار زیاد یکنواختی، راه حل مناسبی برای استفادهٔ بهینه از منابع آب هستند، اما اگر بدون توجه به کیفیت اجرای این سامانه‌ها، سعی در گسترش کمی آنها شود، قادر به ارائهٔ فواید اسمی خود نخواهند بود.

منابع

[1]. Pouran R, Raaghfar H, Qaasemi A, Bazaazaan F. Determining the economic value of virtual water with the approach of maximizing irrigation water productivity. Applied Economical Studies of Iran. 2017; 6 (21): 189-212. *[Persian]*

[2]. Hargreaves GH, Samani ZA. Economic considerations of deficit irrigation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 1984; 110: 343-358.

[3]. English M. Deficit irrigation. 1: Analytical framework. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 1990; 116(3): 399-412.

[4]. English M, Raja SN. Perspectives on deficit irrigation. Agricultural Water Management. 1996; 32: 1-14.

[5]. Geerts S, Raes D. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. Agricultural Water Management. 2009; 96:1275-1284.

[6]. Wada Y, Gleeson T. Wedge approach to water stress. Nature Geoscience. 2014; 7: 615-617.

[7]. Manning DT, Lurbé S, Comas LH, Trout TJ, Flynn N, Fonte SJ. Economic viability of deficit irrigation in western US. Agricultural Water Management. 2018; 196: 114-123.

[8]. Piri H. Technical assessment of drip irrigation systems (Case study: Sarbaaz county, Sistaan va Balouchestaan province). Journal of Water Resources Engineering. 2012; 5(12): 19-36. *[Persian]*

[9]. Sohrab F, Abbasi F. Evaluating the efficiency of irrigation in Iran and presenting the irrigation efficiency map. 12th Conference of National Irrigation and Drainage Committee, Tehran, Iran. 2009. *[Persian]*

[10]. Davis S, Nelson SD. Subsurface Irrigation today and tomarrow in California. Irrigation symp. University of Nebraska, Lincoln. 1970.

[11]. Fereidooni MJ, Faraji H. Effects of different irrigation levels on yield and yield components of sweet corn (Zea mays var. saccharata) using seedling cultivation under the plastic mulch. Crereal Research. 2017; 7(1): 115-127. *[Persian]*

[12]. Hoekstra AY, Hung PQ. Globalization of water resources: international virtual water flows in relation to crop trade. Global Environmental Change Journal. 2005; 15: 45 – 56.

[13]. Young RA. Determining the economic value of water: Concepts and Methods. Recourses for the future Press, Taylor and Francis, New York. 2005.

[14]. Young RA, Loomis JB. Second Edition. Determining the economic value of water: Concepts and Methods. Recourses for the future Press, Taylor and Francis, New York. 2014.

[15]. Cole JS, Mathews OR. Use of Water by Spring Wheat on the Great Plains under Limited Rainfall. USDA, Bur. Plant and Ind. Dull, 1004. 1923.

[16]. Mathews OR, Brown LA. Winter wheat and sorghum productions in the southern Great Planes under limited rainfall. USDA Circ. 477, U. S. Gov. Print. Office, Washington, D. C. 1938.

[17]. DeWit CT. Transpiration and Crop Yields, vol 64.6.versl. Landbouwk. Onderz. Institute of Biological and Chemical Research on Field Crops and Herbage, Wageningen, the Netherlands. pp, 24. 1958.

[18]. Arkley RJ. Relationship between Plant Growth and Transpiration. Hilgardia. 1963; 34: 559 – 584.

[19]. Jensen ME. Water consumption by agricultural plants (Chapter 1) In: Kozlowski, T. T., (Ed) Plant water consumption and response. Water deficit and plants growth, Vol. II. PP. 1-22. Academic Press, New York. 1968.

[20]. Hanks RJ. Model for predicting plant yield as influenced by water use. Agronomy Journal. 1974; 66: 660-665.

[21]. Minhas BS, Parikh KS, Srinivasan TN. Toward the structure of a production function for wheat yields with dated inputs of irrigation water. Water Resources Research Journal. 1974; 10(3): 383-393.

[22]. Stewart JI. Research based strategy for conservation irrigation of field crops – pre-plant planning. Dept. of Land, Air and Water Resources, University of California, Davis. 1977.

[23]. Hexem, RW and Heady EO. Water production functions for irrigated agriculture. Ames, IA: Iowa State University press. 1978.

[24]. Doorenbos J, Pruitt WO. Crop water requirements. FAO Irrigation and Draiange Paper No. 24. 1977.

[25]. Doorenbos J, Kassam AH. Yield response to water. FAO, Irrigation and Drainage Paper No. 33. 1979.

[26]. Hanks RJ, Rasmussen VP. Predictiong crop production as related to plant water stress. Advances in Agronomy. 1982; 35: 193-215.

[27]. Kiani A, Kalaateh Arabi M. Assessing Wheat crop water production functions under suplimentary irrigation. Iran's Irrigation and Draiange Journal. 2009; 2(3): 112-122. *[Persian]*

[28]. Hamzeh Zadeh M, Fathi P, Javadi T, Hassani A. Effect of different irrigation treatments on water use efficiency of Basil (Ocimum basilicum) applying marginal analysis theory. Soil and Water Journal of Ferdowsi University of Mashhad. 20011; 25(5): 953-960. *[Persian]*

[29]. Omidi F, Homaee M, Deriving crop production functions to estimate virtual water and irrigation water price of wheat. Cereal Research. 2015; 5(2): 131-143. *[Persian]*

[30]. Dehghaani R, Jahaani M, Assessing the economic value of irrigation water for Corn (Zea Mays) in farms equipped with drip tape irrigation systems. 3rd National Conference of Field Water Management, Soil and Water Research Institute. 2016. *[Persian]*

[31]. Soleimani H, Hassanli AM. Estimation of water unit cost, water (WUE) efficiency and water added value for major crops in Darab as an arid area. Quartely Journal of Dynamic Agriculture. 2008; 5(1): 45-60. *[Persian]*

[32]. Maroufpoor I, VatanKhaah H, BehzaadiNasab M. Evaluation efficiency of border irrigation system in Miyaandoaab, Zarrineh Rood plain. Quarterly Journal of Irrigation and Water Engineering. 2016; 7(25): 83-96. *[Persian]*

[33]. Smith RJ, Raine SR, Minkevich J. Irrigation application efficiency and deep drainage potential under surface irrigated cotton. Agricultural Water Management. 2005; 71: 117-130.

[34]. Lecina, S, Playan E, Isidoro D. Irrigation evaluation and simulation at the irrigation district V of Bardenas (Spain). Agricultural Water Management. 2005; 73: 223-245.

[35]. Ohab Yazdi SA, Ahmadi A, Nikooee A. Applying economical tools in water productivity: Case study of Zayandeh Rood basin. Iran's Water Resources Research. 2014; 10(1): 63-71. *[Persian]*

[36]. Capra A, Consoli S, Scicolone B. Deficit irrigation: Theory and practice. Book chapter in: Agricultural irrigation research progress. Nova Science Publishers Inc. 2008.

[37]. English MJ, Musick JT, Murty VN. Deficit irrigation. In: Hoffman, G.J., Howell, T.A. and Solomon K.H. (Eds.), Management of Farm Irrigation Systems, ASAE,St. Joseph, Michigan,1990; pp. 631-663.

[38]. Sepaskhah A, Tavakoli A, Mousavi F. Principles and application of deficit irrigation. Iranian National Committee of Irrigation and Drainage. 2005. *[Persian]*

[39]. Janbaz HR.Studying the effect of water stress and irrigation turn on wheat yield in Karaj. Master of Science Thesis, Irrigation engineering and Reclamation Department, Agriculture and

Natural Resources Campus, University of Tehran. 1996. *[Persian]*

[40]. Nakhjavani Moghadam MM, Ghahreman B, Zareei Q. Analysing wheat water productivity under irrigation managements in some regions of Iran. Water Research in Agriculture. 2017; B 31(1): 43-57. *[Persian]*

[41]. Majdesalimi K, Amiri E, Salavatian SB. Assessing yield and water use efficiency in economical Tea production under additional irrigation and nitrogen treatments. Water Research in Agriculture. 2014; B 28(3):571-583. *[Persian]*

[42]. Akbari Nodehi D, Azizi Zehan AA, Rezaee R. Assessing water consumption and tomato yield relationship in Mazandaran Provinnce. Water Research in Agriculture. 2013; B 27(4): 503-512. *[Persian]*

[43]. Nakhjavani Moghadam MM, Ghahreman B. Comparing wheat crop-water production function in Mashshad. Journal of Water and Soil Sciences. 2005; 9(3): 27-41. *[Persian]*

[44]. Keller A, Keller J. Effective efficiency: a water use concept for allocating fresh water resources and irrigation division discussion paper 22, Winrock International, Arlington,Virginia. 1995.

[45]. Seckler D, Molden D, Sakthivadivel R. The concept of efficiency in water resources Management and Policy. Book chapter, CAB International. Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement (Eds J.W. Kijne, R. Barker and D. Molden). 2003.

[46]. Barker R, Dawe D, Inocencio A. Economics of water productivity in managing water for agriculture. Book chapter. Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement (eds J.W. Kijne, R. Barker and D. Molden). 2003; 19-35.