ارزیابی سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متغیر استان اصفهان

مسعود فرزام‌نیا [۱*]، حسین دهقانی سانیج [۲]

۱) مربی پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان

۲) دانشیار موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

*نویسنده مسئول: Masoud_Farzamnia@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۱۶ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۱۸**

چکیده

در این تحقیق سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک اجرا شده در ۱۵ مزرعه استان اصفهان مورد ارزیابی قرار گرفت. بهره‌برداران از سامانه‌های مذکور رضایت نسبی داشتند و معتقد بودند تغییر سامانه از آبیاری سطحی به آبیاری بارانی باعث کاهش مصرف آب و افزایش سطح زیرکشت و در نتیجه کسب درآمد بیشتر شده است ولی عملکرد در واحد سطح و کیفیت محصولات را کاهش داده است. اکثر مزارع در مناطق بادخیز بودند، متوسط تلفات بادبردگی ۲۰ درصد بود. مقادیر متوسط یکنواختی پخش آب و ضریب یکنواختی سامانه‌ها به‌ترتیب ۵۸ و ۶۵ بود و به سه گروه کیفی "ضعیف"، نسبتاًخوب و خوب دسته‌بندی شدند. مقادیر حداکثر، حداقل و میانگین برای راندمان پتانسیل کاربرد کمترین ربع (PELQs) به‌ترتیب ۷۲، ۱۹ و ۴۸ و برای راندمان کاربرد کمترین ربع (AELQs) به‌ترتیب ۶۶، ۱۴ و ۴۱ درصد یود. اکثر مزارع دچار کم‌آبیاری بودند و نزدیکی مقادیر دو پارامتر اخیر به‌همین دلیل است. با توجه به نتایج به‌دست آمده، مواجه بودن مملکت با کمبود آب و انرژی، خرده مالکی بودن اکثر اراضی و از همه مهم‌تر محدودیت‌های اقلیمی، استفاده از سامانه‌های مذکور نمی‌تواند، بدون مدیریت و نظارت دقیق، کارآمدی لازم را داشته باشد. بهتر است سامانه‌های آبیاری بارانی با فشار متوسط (آبپاش‌های کوچک) و یا به‌طورکلی سامانه‌های کم‌فشار جایگزین آنها شود.

کلید واژه‌ها: آبیاری بارانی، یکنواختی پخش آب، راندمان پتانسیل کاربرد کمترین ربع.

مقدمه

در دنیا ۹۳ درصد آب شیرین مصرفی به بخش کشاورزی اختصاص دارد. این رقم برای کشور ایران نیز بالای ۹۰ درصد می‌باشد. براساس شاخص فالکن مارک، ایران در آستانه قرار گرفتن در بحران آبی است. همچنین براساس شاخص سازمان ملل و شاخص موسسه بین‌المللی مدیریت آب (IWMI)، ایران در وضعیت بحران شدید آبی قرار دارد. بنا به گزارش موسسه بین‌المللی مدیریت آب، ایران برای حفظ وضع موجود خود تا سال ۲۰۲۵ باید بتواند ۱۱۲ درصد به منابع آب قابل استحصال خود بیفزاید که این مقدار با توجه به امکانات و منابع آب موجود غیرممکن به نظر می‌رسد. با توجه به دلایل فوق، رشد بخش کشاورزی، راندمان پایین آبیاری و خشکسالی‌های اخیر، استفاده از فن‌آوری‌های جدید جهت استفاده بهینه از منابع آب ضروری به‌نظر می‌رسد. آبیاری بارانی یکی از روش‌هایی است که پایه و اساس آن مبتنی بر پیشرفت و توسعه علم و صنعت در دنیای امروز است. استفاده از این روش آبیاری به شرایط آب و هوایی، توپوگرافی خاک، نوع گیاه و شرایط اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی منطقه بستگی دارد و در صورت طراحی صحیح و اجرای اصولی می‌تواند ضمن تامین نیاز آبی گیاه در مراحل مختلف رشد، سبب توزیع نسبتا یکنواخت آب در سطح مزرعه گردد. افزایش یکنواختی توزیع آب در مزرعه در صورتی امکان‌پذیر است که عوامل و پارامترهایی که موجب کم شدن یکنواختی توزیع آب می‌شوند، شناسایی و تا حد ممکن کنترل شوند. از آنجا که یکنواختی‌های زیاد، معمولاً با افزایش هزینه‌های ثابت و هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری همراه است، بایستی طرح به‌صورتی باشد که علاوه بر برخورداری از یکنواختی بالا، از نظر اقتصادی نیز قابل توجیه باشد. با توجه به مطالب فوق پژوهش حاضر برای ارزیابی جامعی از این سامانه‌ها در سطح مزرعه، بررسی کارآیی و تعیین نقاط قوت و ضعف آن‌ها انجام شد. محققین بررسی‌های زیادی را در زمینه یکنواختی توزیع آب در سامانه‌های آبیاری بارانی تحت شرایط مختلف آزمایشگاهی و صحرایی انجام داده‌اند. اولین مطالعه در خصوص یکنواختی آبیاری بارانی توسط کریستیانسن در کالیفرنیا صورت گرفت؛ که منجر به ارائه ضریب یکنواختی کریستیانسن شد (Christiansen, 1942). وی برای تعیین یکنواختی، از یک شبکه مربعی قوطی‌های یکسان که در اطراف یک آبپاش بر روی زمین چیده می‌شوند استفاده کرد. آبپاش در مرکز شبکه مربعی گذاشته می‌شود و باید دقت شود که قوطی‌ها در تمام مدت آزمایش کاملاً افقی باشند.

$$CU = 1 - \sum_{i=1}^{n} \frac{|x_i - \bar{x}|}{n.\bar{x}}$$ رابطه۱

که در فرمول فوق، CU ضریب یکنواختی کریستیانسن، x_i عمق آب در هر یک از قوطی‌های جمع‌آوری آب (میلی‌متر)، $\bar{x}$ میانگین عمق آب در قوطی‌ها (میلی‌متر) و n تعداد قوطی‌های جمع‌آوری آب می‌باشد. Pair (۱۹۸۶) در مطالعات خود نتیجه گرفت عوامل مربوط به آبپاش، سامانه، اقلیم و بهره‌برداری شامل: اندازه نازل و آبپاش، زاویه نازل، سرعت چرخش آبپاش، فشار در نازل، تعداد نازل، ارتفاع، زاویه قرارگرفتن و ثبات آبپاش بر روی پایه، تغییرات فشار در آبپاش‌های سامانه، سرعت و جهت

باد، مقدار تبخیر و مدت زمان آبیاری موثر می‌باشد. اخوان و کانونی (۱۳۸۶) با انجام پژوهشی در استان اردبیل، سامانه‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای را ارزیابی اجمالی کردند. نتایج نشان داد از کل سطح اجرا شده سامانه‌های آبیاری تحت فشار (۴۷۸۵/۸ هکتار، ۴۴۰۲/۶ هکتار بارانی و ۳۵۶/۲ هکتار قطره‌ای) که با تسهیلات ویژه دولتی بوده است، تنها ۳۲۳/۵ هکتار (۲۷۴/۵ هکتار بارانی و ۴۹ هکتار قطره‌ای) فعال بوده و بهره‌برداری می‌شود و ۴۴۳۵/۳ هکتار باقی‌مانده که معادل ۹۳/۲ درصد کل سطح طرح‌های اجرا شده است، غیرفعال می‌باشد. علت عدم بهره‌برداری‌ها، ناشی از نادرست بودن مطالعات، طراحی و اجرای سامانه، کیفیت نامناسب آب، عدم آشنایی بهره‌برداران و مشکلات اجتماعی و فرهنگی و نیز عدم تناسب نوع سامانه با مزارع اعلام شده است. در آزمایش شیخ‌اسماعیلی (۱۳۸۶) بر روی تک‌آبپاش در آبیاری بارانی کلاسیک ثابت در خوزستان نتیجه گرفته شد در شرایطی که سرعت باد بیش از ۱۵ کیلومتر بر ساعت باشد، مقدار ضریب یکنواختی از ۸۰ درصد کمتر خواهد شد. لذا آبیاری بارانی در شرایط وزش بادهای بیش از ۱۵ کیلومتر بر ساعت توصیه نمی‌شود. باوی و همکاران (۱۳۸۷) اعلام نمودند طراحی سامانه‌های آبیاری بارانی با فشار متوسط و زیاد، تا حدی می‌تواند در افزایش یکنواختی توزیع آب مؤثر باشد. در صورتی که فشار کارکرد سامانه، بیش از حد بزرگ (این فشار برای آبپاش‌های استفاده شده در این تحقیق بیشتر از ۴۵ متر است) درنظر گرفته شود، ممکن است یکنواختی توزیع آب و در نتیجه راندمان کاربرد آب کاهش یابد. Seviaber و همکاران (۲۰۱۰) با مطالعه بر روی فواصل مختلف آبپاش در آبیاری بارانی با آبپاش کوچک نتیجه گرفتند استفاده از فواصل ۹*۱۲ و ۱۲*۱۲ با فشار کارکرد کمتر از ۳ اتمسفر می‌تواند انرژی مصرفی را تا ۵۰ درصد نسبت به شرایط مرسوم کاهش دهد بدون اینکه اثر معنی‌داری در یکنواختی توزیع آب داشته باشد. Nickmanesh و همکاران (۲۰۱۱) روشی را در آرایش آبیاری بارانی ابداع کردند که در آن بجای آبپاش بزرگ از آبپاش متوسط استفاده نمودند و فاصله آبپاش‌ها کمتر کرده و قطر لوله لترال را هم کاهش دادند سپس این روش را با آبیاری بارانی کلاسیک ثابت مقایسه کردند، و در نهایت نتیجه گرفتند کاربرد سامانه اختراعی به میزان ۴۵ میلیون ریال در هکتار هزینه‌ها را کاهش می‌دهد و همچنین عمر مفید پروژه بیشتر خواهد شد. در سال‌های اخیر به دلایل مختلفی در اکثر مزارع کشور طراحان و مجریان سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت، آرایش ۲۵*۲۵ مترمربع را انتخاب می‌کنند. در این آرایش نیاز است تا فشار سر آبپاش حداقل برابر ۴ اتمسفر یا بیشتر باشد که باعث می‌شود علاوه بر هزینه‌های اجرا و نصب، هزینه‌های بهره‌برداری هم در این آرایش بالا رود و بنابراین نیاز است تا با تغییراتی در آن، از هزینه‌ها کاسته شود. اکبری و کوچک‌زاده (۱۳۷۹) تعدادی از سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار اجرا شده در استان اصفهان را مورد ارزیابی قرار دادند. آزمایشات نشان داد که راندمان پتانسیل کاربرد در مزارع مورد ارزیابی بین ۲۵ تا ۷۵ درصد متغیر بود و به‌طور متوسط حدود ۵۰ درصد بوده است. لازم به ذکر است در اکثر موارد راندمان واقعی کاربرد و راندمان پتانسیل کاربرد به واسطه اعمال کم آبیاری در اثر کمبود آب به یکدیگر نزدیک بوده‌اند. براساس بررسی‌های به‌عمل آمده طرح‌های مورد ارزیابی عمدتاً به علت طراحی و اجرای نامناسب، کیفیت وسایل و تجهیزات مورد استفاده از جمله پائین بودن یکنواختی توزیع آب آبپاش‌ها، نامناسب بودن فشار و فواصل آبپاش‌ها از راندمان پتانسیل کاربرد

پائینی برخوردار بوده‌اند. شش سامانه آبیاری بارانی کلاسیک، آبفشان غلطان در منطقه اصفهان و برخوار را مصطفی‌زاده و عطایی (۱۳۷۸) مورد ارزیابی قرار دادند. این مطالعه در شرایط اقلیمی یکسان از دو تیمار نوع سیستم، دو تیمار بافت خاک (متوسط و سنگین) و دو تیمار نوع محصول (یونجه و سیب‌زمینی) استفاده شد. راندمان پتانسیل کاربرد در مزارع مورد ارزیابی از ۱۸ تا ۷۰ درصد متغیر بوده و متوسط راندمان واقعی کاربرد برابر ۵۱ درصد به دست آمد. در شرایط باد آرام و بافت خاک متوسط عملکرد سامانه آبفشان غلطان بهتر از سامانه کلاسیک و در شرایط باد متوسط و بافت خاک سنگین عملکرد سامانه کلاسیک بهتر از سامانه آبفشان غلطان تعیین گردید. در اکثر موارد راندمان پتانسیل و واقعی کاربرد آب تقریبا برابر بود، که بیانگر اعمال کم آبیاری در مزارع مورد مطالعه به دلیل کمبود آب در طی فصل زراعی بوده است. برای اینکه یک سامانه آبیاری بارانی عملکرد مناسبی داشته باشد باید DU بین ۷۰ تا۸۰ درصد باشد. در صورتیکه گیاه با ارزش بوده و ریشه کم عمق داشته باشد DU باید بزرگ‌تر از ۸۰ درصد باشد. در محصولاتی که عمق ریشه متوسط و بافت خاک نیز متوسط باشد CU سامانه ۸۰ درصد یا بیشتر باشد (قاسم‌زاده مجاوری، ۱۳۶۹).

مواد و روش‌ها

مزارع آزمایشی بر اساس تراکم سامانه آبیاری بارانی کلاسیک ثابت در شهرستان‌های مختلف استان و نظرخواهی از کارشناسان آبیاری تحت فشار مدیریت آب و خاک سازمان جهاد کشاورزی انتخاب گردیدند جدول (۱). شهرستان‌های انتخابی از اقلیم‌های مختلف بوده و شرایط آب و هوایی استان را پوشش می‌دهند. مزارع انتخابی در هر شهرستان دارای الگوی کشت غالب منطقه بود، حداقل فاصله آبپاش‌ها از هم ۲۰ متر بود، از اجرای سامانه آبیاری و بهره‌برداری حداقل دو سال گذشته و انرژی مصرفی ایستگاه پمپاژ ثانویه آنها برق بود. در این پروژه ابتدا یک ارزیابی کلی از تمام اجزاء سامانه به لحاظ فنی (بررسی از لحاظ تطابق طرح اجرا شده در روی زمین با نقشه و دفترچه طرح)، هیدرولیکی و مدیریتی انجام گردید. جهت این کار دفترچه‌های طراحی هر مزرعه تهیه و اطلاعات آن مورد بررسی قرار گرفت. از جمله نقشه طراحی، مسیر بحرانی و غیره. سپس با حضور در مزرعه اندازه‌گیری‌های کلی مانند آبدهی و فشار ایجاد شده توسط ایستگاه پمپاژ ثانویه، انرژی مصرفی ایستگاه پمپاژ ثانویه، آبدهی و فشار کارکرد آبپاش موجود در مسیر بحرانی، یکنواختی مزرعه و تکمیل فرم‌های ارزیابی تهیه شده با حضور بهره‌بردار انجام شد. پس از تکمیل فرم فوق، برای ارزیابی کامل، آزمایشات بر اساس دستورالعمل شماره S۳۳۰/۱ انجمن مهندسین امریکا (ASAE, 1999 and 1994; Bloomer, 2007) و استاندارد ISO15886-3:2004(E) انجام شد. در این آزمایشات بر اساس استاندارد مذکور از یک آبپاش منفرد استفاده شد و تمام جمع‌کننده‌هایی که برای اندازه‌گیری استفاده شدند دایره‌ای و کاملاً مشابه بودند. برای اندازه‌گیری یکنواختی توزیع آب از یک شبکه مربعی به فواصل ۵*۵ متر استفاده و آبپاش در وسط چهار جمع‌کننده مجاور قرار گرفت و در هر طرف به عرض ۲۵ متر شبکه‌بندی و در مرکز هر شبکه قوطی جمع‌آوری آب قرار داده شد. فشار کارکرد

آبپاش در نقطه‌ای که جت آب در نازل اصلی (بزرگترین نازل) فشرده می‌شد به وسیله یک فشارسنج دارای لوله پیتو کنترل گردید.

جدول ۱: مشخصات طرح‌های انتخابی استان اصفهان

ردیف	مالک	محل طرح (شهرستان)	مساحت طرح (ha)	مختصات جغرافیایی		طراح و مجری طرح
۱	احمد ممیز	شهرضا	۴۶	۵۷۷۷۶۷	۳۵۴۹۱۸۴	شرکت مهندسین مشاور آبگستران میهن و شرکت خردآب سپاهان
۲	فرهاد سلطانی	چادگان	۳۵	۴۵۳۸۵۸	۳۶۳۰۱۰۴	شرکت پاپن‌پی اپادانا و خوشه‌های زرین سپاهان
۳	حیدرقلی هاشمی	سمیرم	۲۵	۵۴۰۵۶۵	۳۵۱۵۰۲۹	شرکت مهندسی هفت آبشار نیلگون
۴	حجت‌الله شاهسونی	فریدن	۳۰	۴۱۵۵۲۲	۳۶۵۹۱۸۱	شرکت توسعه سبز سپاهان
۵	حسن احمدی	فریدن	۲۳	۴۴۱۸۹۰	۳۶۴۷۵۸۰	شرکت مهندسین مشاورفاریاب سامان
۶	مجتبی اصلانی	فریدونشهر	۲۴	۴۳۰۰۳۰	۳۶۴۸۲۰۵	شرکت توسعه سبز سپاهان
۷	سیدعلی طهماسبی	فریدونشهر	۳۰	۴۳۲۶۷۸	۳۶۳۷۸۵۵	اتحادیه شرکت‌های تعاونی روستایی فریدن
۸	ناصرایرن‌پور و شرکا	مبارکه	۶۰	۵۴۷۲۱۰	۳۵۷۸۸۹۸	شرکت مهندسی مشاور بوم آب
۹	محمدقلی مومنی	فریدن	۱۸	۴۴۸۵۲۰	۳۶۵۰۶۳۳	شرکت فنی و مهندسی آبزا
۱۰	محمدرضا عابدی	فلاورجان	۱۲	۵۵۲۶۵۸	۳۵۹۴۷۴۴	شرکت مهندسین مشاور آبگستران میهن
۱۱	علی‌اصغر حیدری	گلپایگان	۵۶	۴۴۰۴۵۷	۳۶۹۸۴۹۳	شرکت فنی و مهندسی فناب گستران زاگرس
۱۲	امام‌قلی ملک‌محمدی	سمیرم	۱۷	۵۳۴۹۱۴	۳۵۱۷۶۲۱	شرکت مهندسی هفت آبشار نیلگون
۱۳	عادل ملک‌پور	اصفهان	۲۴	۵۹۹۹۵۳	۳۵۷۱۸۹۵	شرکت مهندسین مشاورفاریاب سامان
۱۴	مجید سجادی	چادگان	۳۳	۴۴۷۲۶۹	۳۶۲۱۴۳۸	شرکت فنی و مهندسی دریاب قطره سپاهان
۱۵	غلامرضا جهانبانی	شهرضا	۳۱/۲	۵۹۳۰۱۰	۳۵۲۲۴۵۰	شرکت باران‌ساز سپاهان

دبی آبپاش با استفاده از یک مخزن به حجم ۶۵ لیتر به روش زمان و حجم اندازه‌گیری گردید. حجم آب جمع شده در قوطی‌های جمع‌کننده با استفاده از استوانه مدرج ۱۰۰۰ سانتی‌مترمکعبی به ترتیب با دقت یک سانتی‌متر مکعب اندازه‌گیری شد. پس از اتمام آزمایش و با جمع‌آوری داده‌های حاصل از آزمایش و فرم، شاخص‌های زیر محاسبه گردیدند:

یکنواختی پخش آب (DU)

DU به یکنواختی نفوذ آب در کل مزرعه یا قسمت مورد آزمون گویند و آن عبارتست از:

رابطه ۲

$$DU = \frac{\text{میانگین عمق آب جمع شده در ۱/۴ پایین قوطی ها}}{\text{میانگین عمق آب جمع شده در قوطی ها}} \times ۱۰۰$$

بازده پتانسیل کاربرد کمترین ربع (PELQ)

رابطه ۳

$$PELQ = \frac{\text{میانگین کمترین ربع عمق نفوذ زمانی که برابر MAD باشد}}{\text{میانگین عمق آب آبیاری پس از اینکه MAD جبران شده باشد}} \times ۱۰۰$$

ضریب یکنواختی (CU):

ضریب یکنواختی روشی برای ارزیابی یکنواختی آبیاری می‌باشد. و مقدار آن از رابطهٔ (۱) به‌دست می‌آید.

شدت پاشش (R):

شدت پاشش یا ریزش از رابطهٔ زیر بدست می‌آید و واحد آن بر حسب طول بر زمان می‌باشد.

$$R = \frac{\text{دبی آبپاش}}{\text{مساحت تحت پوشش}}$$ رابطه ۴

بازده پتانسیل کاربرد کمترین ربع (PELQ)

با توجه به داده‌هایی که از آزمایش به‌دست می‌آید می‌توان بازده پتانسیل کاربرد کمترین ربع (PELQ) را با استفاده از رابطهٔ زیر بدست آورد:

$$PELQ = \frac{\text{میانگین نمونه‌ها در پایین‌ترین ربع قوطی‌ها}}{\text{شدت پاشش (R)}} \times ۱۰۰$$ رابطه ۵

کاهش بازدهی (ER):

$$ER = 0.2 \times \frac{P_{max} - P_{min}}{P_{avg}}$$ رابطه ۶

که در آن: P_{max} ، ماکزیمم فشار در سیستم بر حسب psi، P_{min} ، مینیمم فشار در سیستم بر حسب psi و P_{avg}، میانگین فشار در سیستم بر حسب psi.

پتانسیل کاربرد کمترین ربع (PELQ) کل سیستم

با استفاده از کاهش بازدهی و رابطهٔ زیر بازده پتانسیل کاربرد کمترین ربع (PELQ) کل سیستم محاسبه می‌شود:

$PELQ_{\text{سیستم}} = (1- ER) \times PELQ_{\text{آزمایش}}$ رابطه ۷

کل میانگین عمق کاربردی (D)

کل میانگین عمق کاربردی (D) از رابطهٔ زیر بدست آمد:

$$D_{(cm)} = R_{(cm/h)} \times T_{t\,(h)}$$ رابطه ۸

که در آن T_t زمان کل آبیاری بر حسب ساعت می‌باشد.

حداقل میزان آب جمع‌آوری شده در قوطی (Rmin)

حداقل میزان آب جمع‌آوری شده در قوطی (R_{min}) برحسب سانتیمتر درساعت از رابطهٔ زیر بدست آمد:

$R_{min} = R \times PELQ_{\text{آزمایش}}$ رابطه ۹

حداقل عمق تراوش (Dn)

برای اینکه معلوم شود آبیاری انجام شده کمبود رطوبت خاک (SMD) را جبران کرده، حداقل عمق تراوش (D_n) را برحسب سانتی‌متر از رابطهٔ زیر بدست می‌آید:

$$D_n = R_{min} \times T_t$$ رابطه ۱۰

بازده کاربرد کمترین ربع (AELQ)

بازده کاربرد کمترین ربع (AELQ) از رابطهٔ زیر محاسبه شد:

رابطه ۱۱

$$AELQ = \frac{SMD}{D} \times 100$$

نتایج و بحث

در بازدیدهای به عمل آمده تمامی کشاورزان مصاحبه شده از سامانه آبیاری بارانی نسبت به آبیاری سطحی رضایت داشته و اعلام نمودند که سامانه آبیاری بارانی باعث افزایش سطح زیرکشت و درآمد آنها، سهولت در انجام عملیات آبیاری و در نتیجه صرفه‌جویی در آب و نیروی انسانی شده است. تمام کشاورزان اذعان داشتند محصول به‌دست آمده در واحد سطح در روش غرقابی از نظر کمی و کیفی مناسب‌تر از روش بارانی بود ولی با توجه به افزایش سطح زیرکشت درآمد بهتری نصیب‌شان می‌شود. باتوجه به مشکل کم‌آبی و همچنین خرده‌مالکی بودن اراضی در اکثر مزارع برنامه آبیاری توصیه شده در دفتر طراحی به اجرا در نمی‌آمد و مزارع کم‌آبیاری می‌شدند این مشکل از بعد از اردیبهشت‌ماه حادتر بود. در تمام مزارع انتخابی به جز مزرعهٔ شمارهٔ ۱، ۱۳ و ۱۴ (آقایان ممیز، ملک‌پور و سجادی) طرح مانند نقشه اجرا شده بود. آقای ممیز تمام لوله‌های آبرسان را که قطرشان کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر طراحی شده بود به ۲۰۰ میلی‌متر تبدیل کرده بود که حدود ۹ میلیون تومان به هزینهٔ طرح اضافه شده بود. همچنین آرایش آبپاش‌ها را از ۲۵ × ۲۵ به ۲۳ × ۲۳ تبدیل کرده بود و معتقد بود با توجه به بادخیز بودن منطقه با آرایش جدید آبیاری زمین یکنواخت‌تر انجام می‌گیرد. کشاورزان دیگر هم اعتقاد داشتند آرایش ۲۳ × ۲۳ مناسب‌تر است. پس از خاتمه مراحل اولیه، برای انجام عملیات فیزیکی و داده‌برداری به‌منظور محاسبه شاخص‌های ارزیابی به مزارع انتخابی مراجعه شد. قسمتی از نتایج حاصل از عملیات صحرایی در جداول (۲) و (۳) ارائه شده است. جدول (۲) تمام پارامترهای اندازه‌گیری و محاسبه شده در حین آزمایش و بعد از آن را نشان می‌دهد. متاسفانه اغلب مزارع انتخابی در مناطقی بادخیز قرار دارند و تنها شکایت کشاورزان از سامانه ناتوانی آن در مقابله با باد است. معمولا با توجه به مشاهدات و اندازه‌گیری‌های مجری و گفته مالکان زمان وزش باد حدوداً از ساعت ۱۱ صبح تا غروب آفتاب می‌باشد، طراحان محترم هم از این موضوع اطلاع داشته و اغلب طراحی‌ها نیز بر این اساس بوده که آبیاری هنگام شب انجام گیرد ولی مشکلات حقابه، خرده مالکی، کم‌آبی، در برخی موارد کوچک بودن استخر ذخیره آب و فقدان مدیریت واحد آبیاری باعث می‌شوند این مهم انجام نگیرد. در این پروژه برنامه‌ریزی طوری انجام شده که آزمایش قبل از ساعت ۱۱ صبح تمام شود ولی باز هم همان‌طور که در جدول (۲) نشان داده شده در مزارع آقایان ممیز، هاشمی، شاهسونی، اصلانی، مومنی و جهانبانی سرعت باد اندازه‌گیری شده مناسب نبوده و باعث تلفات زیاد شده است. البته در مزرعه آقای مومنی مقداری از تلفات ناشی از فرونشت عمقی می‌باشد (جدول ۳ نشان می‌دهد در این مزرعه زیاد آبیاری شده است). تنها در مزارعی که هنگام آزمایش سرعت باد کمتر از ۱۰ کیلومتر بر ساعت بود، تلفات کمتر از ۱۰ درصد است و قابل قبول است. جدول (۳) مقادیر پارامترهای ارزیابی سامانه‌های

آبیاری بارانی مزارع انتخابی را نشان می‌دهد. با توجه به این‌که هنگام آزمایش در مزرعه آقای اصلانی، شرایط اقلیمی و فشار سامانه مناسب نبوده به‌طوری‌که سرعت باد در تمام طول آزمایش بیشتر از ۱۵ کیلومتر بر ساعت و درصد تغییرات فشار ۱۰۰ درصد بوده بنابراین از پارامترهای اندازه‌گیری شده در این مزرعه صرف‌نظر کرده و آنالیز نتایج در ۱۴ مزرعه دیگر انجام شد. جدول (۳) نشان می‌دهد مقادیر یکنواختی پخش سامانه از ۲۷ تا ۷۶ درصد متغیر است و میانگین آن‌ها ۵۸ درصد می‌باشد. دلیل اختلاف یکنواختی پخش آب در مزارع مورد نظر نسبت به هم فشار، متفاوت بودن آبپاش آزمایش و سرعت باد هنگام آزمایش جدول (۲) می‌باشد، به‌طوری‌که بر اثر فشار کم آبپاش مقادیر آب جمع شده در قوطی‌های اطراف آبپاش بیشتر شده است و برعکس. همچنین سرعت نامناسب باد (بیش از ۱۵ کیلومتر برساعت) باعث شده میزان آب جمع شده در قوطی‌های آزمایش، در جهت باد بیشتر شود. از نظر مریام و کلر، سامانه‌های مذکور به سه گروه ضعیف (ممیز، شاهسونی، طهماسبی و ملک‌محمدی)، نسبتاً خوب (هاشمی، احمدی، مومنی، حیدری، سجادی و جهانبانی) و خوب (سلطانی، ایران‌پور، عابدی و ملک‌پور) تقسیم می‌شوند. مقادیر ضریب یکنواختی سامانه از ۳۵ تا ۸۲ درصد متغیر بود و میانگین آن‌ها ۶۵ درصد می‌باشد. براساس جدول (۳) در ۱۱ مزرعه کم‌آبیاری صورت گرفته است و به‌همین دلیل مقادیر راندمان پتانسیل کاربرد سامانه ($PELQ_S$) و راندمان واقعی کاربرد سامانه ($AELQ_S$) تقریباً برابر شده است. البته در سامانه آبیاری هدف برابری این دو پارامتر است؛ ولی در طرح‌های مورد آزمایش این برابری ناشی از کم آبیاری است ($SMD > D_n$). در چهار مزرعه دیگر زیاد آبیاری صورت گرفته و مقادیر راندمان واقعی کاربرد سامانه ($AELQ_S$) کم‌تر از مقادیر $PELQ_S$ شده است. در حالت اول بایستی زمان آبیاری را بیشتر و در حالت دوم کمتر کرد. به طورکلی مقادیر $PELQ_S$ و $AELQ_S$ مزارع آزمایش، از ۱۹ تا ۷۲ درصد متغیر است و میانگین آنها به ترتیب ۴۸ و ۴۱ درصد بود. از دلایل پایین بودن مقادیر $PELQ_S$ می‌توان به کیفیت پایین و غیراستاندارد بودن وسایل و تجهیزات مورد استفاده، پائین بودن یکنواختی توزیع آب آبپاش‌ها، درصد بالای تغییرات فشار سامانه هنگام آبیاری و ضعف مدیریت اشاره کرد. مقدار $AELQ_S$ ناشی از مسایل مدیریتی (زمان و مقدارآبیاری)، کمبود یا وفور آب در اختیار کشاورز و یکنواختی توزیع آب در سطح مزرعه می‌باشد. هم‌اکنون اکثر مناطق استان با کمبود آب مواجه هستند و بایستی کشاورزان سطح زیرکشت خود را کاهش دهند تا بتوانند مدیریت آبیاری مزرعه را به‌درستی انجام دهند که اغلب حاضر به تقلیل سطح زیرکشت نیستند و در اواخر فصل زراعی (از خردادماه به بعد) مجبور به کاهش زمان آبیاری می‌شوند و راندمان کاربرد آب در مزرعه تحت تأثیر قرار می‌گیرد و از حد انتظار کم‌تر می‌شود.

جدول ۲: پارامترهای اندازه‌گیری شده در مزارع آزمایشی

مالک	سرعت باد (km/h)	زمان (h) آزمایش	زمان (h) آبیاری	دبی آبپاش آزمایش (l/s)	شدت ریزش R (cm/hr)	شدت آب جمع‌آوری شده (cm/hr)	میانگین عمق کاربردی D (cm)	حداقل عمق آب جمع‌آوری شده R_{min} (cm)	حداقل عمق تراوش D_n (cm)	تلفات (درصد)
احمد ممیز	۲۰ - ۱۴	۱/۸۵	۱/۸۵	۲/۱۳	۱/۲۳	۰/۸۳	۲/۲۸	۰/۴۱	۰/۷۶	۳۲
فرهاد سلطانی	۸- ۵	۱/۸۸	۴	۲/۱	۱/۲۱	۱/۱	۴/۸	۰/۸۵	۳/۴	۹
حیدرقلی هاشمی	۱۵ - ۱۰	۲/۵۸	۴	۲/۵	۱/۴۴	۰/۸۵	۵/۷۶	۰/۵۵	۲/۲	۴۰
حجت‌الله شاهسونی	۱۶-۸	۲	۴/۵	۱/۹	۱/۱۴	۰/۸۱۷	۵/۱	۰/۲۳	۱/۰۴	۲۸
حسن احمدی	۶ - ۲	۱/۶۳	۳/۵	۲/۰۲	۱/۱۶	۱/۱۵	۴/۱	۰/۷۸	۲/۷۳	۱/۳
مجتبی اصلانی	۲۰ – ۱۳/۵	۱/۴۲	۶	۲/۱۸	۱/۲۶	۰/۹۰۸	۷/۶	۰/۰۶	۰/۳۶	۲۸
سیدعلی طهماسبی	۱۳ - ۱۰	۲	۴	۲/۱۳	۱/۲۳	۱/۰۷	۴/۹۲	۰/۴۴	۱/۷۶	۱۳
ناصر ایران‌پور	۶- ۲/۵	۱/۸۳	۳/۵	۲/۳۴	۱/۴۶	۱/۳۹	۵/۱	۱/۱	۳/۸۵	۴
محمدقلی مومنی	۲۰ – ۱۶	۲	۴	۲/۶۱	۱/۵	۱/۰۰۸	۶	۰/۷	۲/۸	۳۲
محمدرضا عابدی	۲- ۱	۲	۴/۵	۲/۷۷	۱/۶	۱/۳۳	۷/۲	۱	۴/۵	۱۷
علی‌اصغر حیدری	۹- ۲	۱/۷۵	۴/۵	۲/۲۸	۱/۴۳	۱/۳۳	۶/۴	۰/۸۶	۳/۸۷	۷
امام‌قلی ملک‌محمدی	۹- ۶	۲	۴	۲/۱	۱/۲۱	۱/۱۲	۴/۸	۰/۵	۲	۷
عادل ملک‌پور	۵- ۲/۵	۲	۲/۵	۲/۴۸	۱/۷	۱/۴۴	۴/۲۵	۱/۱۴	۲/۸۵	۱۵
مجید سجادی	۹- ۳	۲	۳/۵	۲/۷	۱/۵۶	۱/۵	۵/۵	۱	۳/۵	۳/۸
غلامرضا جهانبانی	۱۶ - ۱۲	۲/۱	۲/۱	۲/۵۶	۱/۴۷	۰/۷۹	۳/۱	۰/۴۷	۰/۹۸	۴۶

جدول ۳: پارامترهای ارزیابی در سامانه‌های کلاسیک ثابت با آبپاش متغیر مربوط به مزارع آزمایشی برحسب درصد

مالک	یکنواختی پخش بلوک (DU)	ضریب یکنواختی بلوک (CU)	راندمان پتانسیل کاربرد بلوک (PELQ)	راندمان واقعی کاربرد بلوک (AELQ)	یکنواختی پخش سامانه (DU_S)	ضریب یکنواختی سامانه (CU_S)	راندمان پتانسیل کاربرد سامانه (PELQs)	راندمان واقعی کاربرد سامانه (AELQs)	شرایط آبیاری
احمد ممیز	۵۰	۶۳	۳۳	۳۳	۴۷	۵۹	۳۱	۳۱	کم‌آبیاری
فرهاد سلطانی	۷۸	۸۲	۷۰	۷۱	۷۱	۷۵	۶۴	۶۵	کم‌آبیاری
حیدرقلی هاشمی	۶۴	۷۴	۳۸	۳۸	۶۱	۷۱	۳۶	۳۶	کم‌آبیاری
حجت‌الله شاهسونی	۲۸	۳۷	۲۰	۲۰	۲۷	۳۵	۱۹	۱۹	کم‌آبیاری
حسن احمدی	۶۸	۷۲	۶۷	۶۶	۶۲	۶۵	۶۱	۶۰	کم‌آبیاری
مجتبی اصلانی	۷	۲	۵	۴/۷	۵/۶	۱/۶	۴	۳/۷	کم‌آبیاری
سیدعلی طهماسبی	۴۱	۴۵	۳۶	۳۶	۳۶	۴۰	۳۲	۳۲	کم‌آبیاری
ناصر ایران‌پور	۷۸	۸۵	۷۵	۶۸	۷۶	۸۲	۷۲	۶۶	زیادآبیاری
محمدقلی مومنی	۶۹	۷۷	۴۷	۳۳	۶۳	۷۱	۴۳	۳۰	زیادآبیاری
محمدرضا عابدی	۷۵	۷۸	۶۲	۱۵	۷۱	۷۴	۵۹	۱۴	زیادآبیاری
علی‌اصغر حیدری	۶۵	۷۵	۶۰	۳۲	۶۱	۷۰	۵۶	۳۰	زیادآبیاری
امام‌قلی ملک‌محمدی	۴۴	۶۰	۴۱	۴۲	۴۲	۵۷	۳۹	۴۰	کم‌آبیاری
عادل ملک‌پور	۷۹	۸۱	۶۷	۶۷	۷۴	۷۶	۶۳	۶۳	کم‌آبیاری

مجید سجادی	۶۷	۷۸	۶۵	۶۳	۶۳	۷۴	۶۱	۵۹	کم‌آبیاری
غلامرضا جهانبانی	۵۹	۶۶	۳۲	۳۲	۵۷	۶۴	۳۱	۳۱	کم‌آبیاری
میانگین	۶۲	۷۰	۵۱	۴۴	۵۸	۶۵	۴۸	۴۱	

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر نشان داد کشاورزان با توجه به سهولت در انجام عملیات آبی، اضافه شدن سطح زیرکشت و در نتیجه بهبود درآمد از سامانه آبیاری بارانی رضایت نسبی داشته ولی از طرفی نگران ادامه خشکسالی و ناکارآمد شدن سامانه بودند. براساس اظهار ایشان تغییر سامانه آبیاری از سطحی به بارانی باعث بهبود عملکرد در واحد سطح و کیفیت محصول نشده است. در سامانه‌های آبیاری بارانی انتخابی، متوسط تلفات تبخیر و باد بردگی، متوسط تغییرات فشار در سامانه، راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین ($PELQ_S$) و راندمان کاربرد کمترین ربع ($AELQ_S$) در مزارع انتخابی استان اصفهان به ترتیب ۲۰، ۳۰، ۴۸ و ۴۱ درصد بود. همچنین مقادیر متوسط یکنواختی پخش (DU_S) و ضریب یکنواختی (CU_S) سامانه‌های ارزیابی شده به‌ترتیب ۵۸ (۲۷ تا ۷۶) و ۶۵ (۳۵ تا ۸۲) درصد بود. اکثر مزارع به واسطه داشتن حقابه مشخص، خرده مالکی، کوچک بودن منبع ذخیره آب و در واقع کاهش منابع آبی، به‌اندازه کافی آبیاری نمی‌شدند و دچار کم‌آبیاری بودند، به همین علت در اکثر موارد راندمان واقعی کاربرد و راندمان پتانسیل کاربرد به یکدیگر نزدیک بوده‌اند. براساس بررسی‌های به عمل آمده طرح‌های مورد ارزیابی عمدتاً بًه علت پائین بودن یکنواختی توزیع آب آبپاش‌ها، نامناسب بودن فشار سامانه و فواصل آبپاش‌ها (با توجه به بادخیز بودن اکثر مناطق مورد بررسی) از راندمان پتانسیل کاربرد پائینی برخوردار بودند. اندازه‌گیری شعاع پاشش آبپاش‌ها نشان داد در تمام مزارع مورد ارزیابی از شعاع پاشش مورد نیاز کم‌تر بود، که دلایل آن سرعت باد، فشار کم سر آبپاش، عدم تنظیم مناسب پیچ نوک تیز تعبیه شده جلو آبپاش‌های آمبو، افت زیاد شیر خودکارها بدلیل تنظیم نبودن بست و قلاب روی رایزر و باز نشدن کامل شیر خودکار و استفاده از بیش از ۲ آبپاش بر روی یک باله بود. با توجه به مطالعه حاضر و نتایج به دست آمده پیشنهاد می‌شود: ۱) با توجه به هزینه‌بر بودن و مصرف بالای انرژی در سامانه‌های آبیاری بارانی هنگام تصمیم‌گیری برای اجرای آن در یک منطقه بایستی پارامترهای اقلیمی، منبع آبی و پیش‌بینی تغییرات آن در آینده به‌طور جدی بررسی شوند. ۲) اراضی تحت‌پوشش سامانه‌های مذکور بایستی یکپارچه و تحت مالکیت یک نفر و یا یک شرکت باشد. ۳) مدیریت آبیاری بایستی در اختیار یک نفر و یا یک شرکت باشد. ۴) با توجه به نتایج ارزیابی‌های سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک طی سال‌های گذشته توسط محققین مختلف، مواجه بودن مملکت با کمبود آب و انرژی و از همه مهم‌تر محدودیت‌های اقلیمی که با آن مواجه هستیم (گرمای شدید و بادخیز بودن بیشتر مناطق زراعی)، استفاده از سامانه‌های مذکور نمی‌تواند کارآمدی لازم را داشته باشد و بهتر است سامانه‌های آبیاری بارانی با فشار متوسط (آبپاش‌های کوچک) و یا به‌طورکلی سامانه‌های

کم‌فشـار را جایگزین آن‌ها کنیم. ۵) نتایج تحقیقات برخی از محققین که در قسـمت مقدمه ارائه شـده، نشـان می‌دهد کارآیی سـامانه‌های آبیاری خطی و دوار کارآمدتر از سـامانه‌های کلاسـیک ثابت با آبپاش متحرک می‌باشـد بنابراین در صـورت مسـطح بودن اراضی می‌توان از این سامانه‌ها استفاده کرد.

منابع

اخوان گیگلو، ک. و کانونی، ا. (۱۳۸۶). ارزیابی بهره‌برداری سیستم‌های آبیاری تحت فشار در اراضی خصوصی و دولتی استان اردبیل. اولین سیمنار علمی طرح ملی آبیاری تحت فشار و توسعه پایدار.

اکبری، م. و کوچک‌زاده، م. (۱۳۷۹). نگرشی بر سیستم‌های آبیاری تحت فشار در استان اصفهان. دهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. تهران. ۲۵ آبان ۱۳۷۹، تهران، ایران.

باوی، ع.، کشکولی، ح. ع. و برومند نسب، س. (۱۳۸۷). تأثیر عوامل جوی و هیدرولیکی بر ضریب یکنواختی توزیع آب در آبیاری بارانی در منطقه امیدیه. مجله پژوهش آب ایران، سال دوم شماره دوم، ص ۵۹- ۵۳.

شیخ اسماعیلی، ا. (۱۳۸۶). بررسی یکنواختی توزیع آب جهت طراحی بهینه سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک. مجله علوم خاک و آب، جلد ۲۱، شماره ۱، ص. ۱۳۹-۱۲۹.

قاسم زاده مجاوری، ف. (۱۳۶۹). ارزیابی سیستم‌های آبیاری مزارع. انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ اول.

مصطفی‌زاده، ب.، عطائی، م. و اسلامیان، س. (۱۳۷۸). ارزیابی طرح‌های آبیاری بارانی اجرا شده در منطقه اصفهان و بررسی امکان اصلاح آنها. مجموعه مقالات هفتمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان ۱۲- ۱۰ اسفند، ص ۱۶۵-۱۵۳.

ASAE Standards (1999). ANSI/ASAE S330.1, Procedure for sprinkler distribution testing for research purposes. PP: 836-838.

Christiansen, J.E. (1942). Irrigation by Sprinkling. California Agricultural Experiment Station Bulletin 670, University of California, Berkeley, CA.

Nickmanesh, A., Rhimi, M. and Dashti, R., (2011). Comparison between fixed and movable sprinkler irrigation systems. International congress on irrigation and drainage, Tehran, Iran.

Pair, C.h. (1986). Water distribution under Sprinkler Irrigation.Transactions of the ASAE. 11(5):648-651.

Investigation of fixed classical sprinkler irrigation systems with variable sprinklers in Isfahan province

Masoud Farzamnia [*1], Hossein Dehghani Sanij [2]

1) Research Instructor, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research Center

2) Associate Professor, Institute of Technical Research and Agricultural Engineering

[*]**Correspondence Author:** Masoud_Farzamnia@yahoo.com

Received Date: 2021. 04. 05 **Accepted Date: 2021. 08. 09**

Abstract

In this study, fixed classic sprinkler irrigation systems with mobile sprinklers implemented in 15 farms in Isfahan province were evaluated. The users of the mentioned systems were relatively satisfied and believed that changing the system from surface irrigation to sprinkler irrigation has reduced water consumption and increased the area under cultivation and as a result has increased income, but has reduced unit yield and product quality. Most farms were in windy areas, with an average windfall loss of 20%. The average values of uniformity of water distribution and uniformity of systems were 58 and 65, respectively, and were classified into three quality groups: "poor", relatively good and good. The maximum, minimum and average values for the lowest potential quadrant (PELQs) application efficiencies were 72, 19 and 48, respectively, and for the lowest quadrant (AELQs) application efficiencies were 66, 14 and 41%, respectively. Most farms were under-irrigated and this is why the values of the last two parameters are close. According to the obtained results, the country is facing water and energy shortages, small land ownership and, most importantly, climate restrictions, the use of these systems can not be effective without careful management and supervision. It is better to replace them with medium pressure sprinkler irrigation systems (small sprinklers) or low pressure systems in general.

Keywords: Sprinkler irrigation, Water distribution uniformity, Application potential of least quarte