

بررسی و ارزیابی فنی برخی سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت دشت کوهدشت

زینب مولایی^۱، عیسی معروف‌پور^{۲*} و عباس ملکی^۳

چکیده

هدف از این پژوهش، ارزیابی و چگونگی طراحی و بهره‌برداری برخی سامانه‌های آبیاری بارانی دشت کوهدشت در استان لرستان است. در این پژوهش ۱۰ سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک در دشت کوهدشت به عنوان نمونه ارزیابی شد. از معیارهای ضریب یکنواختی کریستیانسن (CU)، یکنواختی توزیع (DU)، راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین (PELQ)، راندمان کاربرد ربع پایین (AELQ)، تلفات تبخیر و باد (WDEL)، تلفات نفوذ عمقی (DP) و کفایت آبیاری (ADirr) استفاده شد. مقادیر متوسط این شاخص‌ها برای ۱۰ مزرعه ارزیابی شده به ترتیب ۷۰/۸۴، ۴۳/۶۴، ۴۶/۸۵، ۳۸/۰۱، ۸/۷۷، ۳۱/۰۲ و ۶۴/۶۶ درصد به دست آمد. کلیه سیستم‌ها دارای راندمان کاربرد پایین بودند و یکنواختی توزیع در آن‌ها کمتر از مقادیر توصیه شده کلر و مریام است. در ۴ سیستم از ۱۰ سیستم ارزیابی شده، آبیاری کامل و در بقیه مزارع به دلیل کم‌آبایی، راندمان واقعی و راندمان پتانسیل کاربرد برابر بوده است. طراحی و اجرای نامناسب سیستم‌های مورد بررسی مهم‌ترین دلیل پایین بودن راندمان پتانسیل کاربرد تشخیص داده شد. از نامناسب بودن فشار می‌توان به عنوان مهم‌ترین این عوامل نام برد. همچنین، استفاده هم‌زمان از تعداد آبپاش زیاد و استفاده بیش از یک آبپاش روی لوله فرعی آبیاری، دلیل اصلی پایین بودن ضریب یکنواختی و یکنواختی توزیع در این سیستم‌ها بوده است. به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که اگرچه در بسیاری از موارد مشکلات طراحی و اجرایی وجود داشته است اما سهم بزرگی از دلیل‌های پایین بودن عملکرد سیستم‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت دشت کوهدشت، مدیریت و بهره‌برداری ضعیف از این سیستم‌ها است.

واژه‌های کلیدی: آبپاش، راندمان پتانسیل، راندمان کاربرد، ضریب یکنواختی، یکنواختی توزیع.

ارجاع: مولایی ز. معروف‌پور ع. و ملکی ع. ۱۳۹۵. بررسی و ارزیابی فنی برخی سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت دشت کوهدشت. مجله پژوهش آب ایران. ۱۰: ۲۱. ۱۲۵-۱۳۲.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان.

۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان.

۳- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان.

* نویسنده مسئول: isamarofpoor@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۲/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۱۷

مقدمه

امروزه مدیریت سیستم‌های آبیاری، برای حداکثر کردن بازدهی آن‌ها تحت شرایط کمبود آب چالشی مهم و بحرانی برای دانشمندان کشاورزی و مهندسين آبیاری است (کرشی و نیلینگ، ۲۰۰۹). از میان سیستم‌های متفاوتی که برای آبیاری استفاده می‌شود، آبیاری بارانی یکی از رایج‌ترین روش‌ها برای دستیابی به راندمان‌های کاربرد بالا و صرفه‌جویی در میزان آب کاربردی است (لیو و کانگ، ۲۰۰۶). کلر و مریام ارزیابی یک سیستم آبیاری را آنالیز بر پایه اندازه‌گیری در شرایط واقعی مزرعه و در هنگام کار طبیعی سیستم تعریف کرده‌اند (مریام و کلر، ۱۹۷۸). بدین منظور شاخص‌هایی برای مقایسه عملکرد واقعی یک سیستم آبیاری با معیارهای طراحی پیش‌بینی شده، پیشنهاد شده است. این شاخص‌ها متغیرهای قابل اندازه‌گیری هستند که اوضاع سیستم و تغییرات نسبت به زمان و مکان را شرح می‌دهند (لورنزی و وراچین، ۲۰۰۵). ارزیابی روش‌های آبیاری شامل تعیین راندمان واقعی کاربرد آب و بررسی روش مدیریت مزرعه و به دست آوردن حداکثر عملکرد واقعی سیستم است که برای افزایش بازدهی آبیاری در صورتی که مدیریت مزرعه و یا راندمان واقعی سیستم پایین باشد با ارائه راهکارهایی به پتانسیل عملکرد واقعی سیستم رسید (برادران هزاوه، ۱۳۸۴). ارزیابی طرح‌های اجرا شده سبب روشن شدن نقاط ضعف آن سیستم‌ها از جنبه‌های مختلف می‌شود. همچنین می‌توان پیشنهادهای سازنده‌ای برای بهبود عملکرد سیستم‌های مورد نظر از لحاظ مدیریتی ارائه کرد که در نهایت سبب افزایش راندمان آبیاری می‌شود (بایزیدی و همکاران، ۱۳۸۳). سیستم‌های آبیاری بارانی دره میرجدای تونس در سال ۲۰۱۲ بررسی شد و شاخص‌های یکنواختی توزیع آب آبیاری و تلفات تبخیر و بادبردگی در سرعت‌های مختلف باد و فواصل آبپاش‌ها ارزیابی شد. نتایج نشان داد که سرعت باد و رطوبت نسبی بیشترین تأثیر را در تلفات تبخیر و بادبردگی دارند. همچنین پیشنهاد شد که در سرعت‌های باد بیشتر از ۴ متر بر ثانیه آبیاری انجام نشود و بیشترین میزان یکنواختی توزیع مربوط به فاصله‌های ۱۲×۱۲ متری بود (یاکوبی و همکاران، ۲۰۱۲).

باراگان و همکاران (۲۰۱۰)، در پژوهشی گزارش کردند که در آبیاری میکرو علاوه بر یکنواختی بالا در آبیاری،

زمان‌بندی آبیاری نیز برای رسیدن به عملکرد بالا، از شاخص‌های مهم آبیاری است. یاکوبی و همکاران (۲۰۱۰) به ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری دو مزرعه گوجه‌فرنگی در شهر تونس پرداختند. در این پژوهش دو سیستم مستطیلی با آرایش ۱۱×۱۸ متر و ۱۸×۲۴ متر ارزیابی شد. نتایج نشان داد که با آبیاری در شب میزان تلفات تبخیر و بادبردگی از ۷ تا ۲۴ درصد کم می‌شود و یکنواختی توزیع در حدود ۵۰ تا ۶۴ درصد افزایش داشته است. به طور کلی آبیاری در شب سبب بهبود عملکرد محصول در مقایسه با آبیاری در روز است. چان (۲۰۰۶) طی پژوهشی در مالزی به ارزیابی سیستم‌های آبیاری نسبت به تولید مارچوبه پرداخت و گزارش کرد که با عمق آبیاری سبک و متناوب نسبت به آبیاری سنگین و تناوب کم، محصول بیشتری تولید می‌شود. در سال ۱۳۸۹، سیستم‌های آبیاری تحت فشار کلاسیک ثابت در دشت دهگلان کردستان بررسی و ارزیابی شد و نتایج حاصله چنین نشان داد که این سیستم‌ها دارای راندمان کاربرد پایین بوده و یکنواختی توزیع آب در آن‌ها نیز کمتر از مقدار مورد نظر کلر و مریام است (فاریابی و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین سیستم‌های آبیاری بارانی چرخدار دشت دهگلان در سال ۱۳۸۹، بررسی و ارزیابی شد. نتایج حاصله نشان داد که از مجموع ۱۰ سیستم ارزیابی شده، در ۴ سیستم راندمان پتانسیل ربع پایین کمتر از حد توصیه شده بوده و در نهایت وضعیت سیستم‌های چرخدار دشت دهگلان مطلوب ارزیابی شده است (مشرفی و همکاران، ۱۳۹۰).

در این بررسی ده سیستم کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک، در اراضی شهرستان کوهدشت ارزیابی شد. کوهدشت در ناحیه غرب استان است. با توجه به اینکه بیش از ۱۲ هزار هکتار از اراضی دشت کوهدشت، تحت پوشش سیستم‌های آبیاری بارانی از نوع کلاسیک ثابت است و تاکنون هیچ‌گونه بررسی و ارزیابی از سیستم‌های مذکور به عمل نیامده است، ضرورت این پژوهش مشخص می‌شود.

مواد و روش‌ها

در ارزیابی سیستم‌های مورد نظر اطلاعات اولیه از قبیل توپوگرافی، مشخصات منابع تأمین آب، سیستم پمپاژ، آرایش لوله‌های اصلی، نیمه اصلی و جانبی، دور آبیاری،

نوع آبیاش‌ها، جمع‌آوری و بررسی شد. جدول ۱ مشخصات سیستم‌های آبیاری بارانی مورد بررسی را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات سیستم‌های آبیاری بارانی منطقه مورد بررسی

| ردیف | کد سیستم | منطقه | محصول | منبع آب | مدت آبیاری (ساعت) | فاصله آبیاش‌ها Sl(m)×Sm(m) | مدل آبیاش‌ها | نوع آرایش سیستم |
|------|----------|----------|-------|---------|-------------------|-------------------------------|--------------|-----------------|
| ۱ | RA | کمیر | ذرت | چاه | ۲/۵ | ۲۷ × ۲۵ | AMBO | مستطیلی |
| ۲ | HA | کمیر | ذرت | چاه | ۲/۵ | ۲۷ × ۲۵ | AMBO | مستطیلی |
| ۳ | MG | باغ زال | ذرت | چاه | ۲/۵ | ۲۷ × ۲۵ | AMBO | مستطیلی |
| ۴ | JB | پریان | ذرت | چاه | ۲/۵ | ۲۷ × ۲۵ | AMBO | مستطیلی |
| ۵ | RG | باغ زال | ذرت | چاه | ۲/۵ | ۲۷ × ۲۵ | AMBO | مستطیلی |
| ۶ | HF | گذار پهن | ذرت | چاه | ۲/۵ | ۲۷ × ۲۵ | AMBO | مستطیلی |
| ۷ | AM | باغ زال | ذرت | چاه | ۲ | ۲۷ × ۲۵ | AMBO | مستطیلی |
| ۸ | MM | پریان | ذرت | چاه | ۲ | ۲۵ × ۲۵ | AMBO | مربعی |
| ۹ | BA | کمیر | ذرت | چاه | ۲/۵ | ۲۷ × ۲۷ | AMBO | مثلثی |
| ۱۰ | MN | پریان | ذرت | چاه | ۲ | ۲۷ × ۲۷ | AMBO | مثلثی |

که به طور یقین فشار متوسط سیستم در آنجا رخ می‌داد. به عنوان مثال در مزرعه مسطح و یا دارای شیب بسیار کم و یکنواخت لوله فرعی اواسط مزرعه انتخاب شده و آزمایش بین دو آبیاش در فاصله وسط لاترال به انجام می‌رسید. پس از تعیین محل مناسب انجام آزمایش، مساحت بین دو لاترال مجاور با استفاده از متر نواری و میخ‌های چوبی به فاصله‌های ۳×۳ متری شبکه‌بندی شده و در نهایت قوطی‌های جمع‌آوری آب به ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر و قطر داخلی ۹/۶ سانتی متر در نقاط شبکه قرار داده می‌شد. سپس آبیاش‌های مورد آزمایش شروع به کار کرده و پس از حداقل یک ساعت کارکردن، آب داخل قوطی‌ها با استفاده از استوانه مدرج اندازه‌گیری و یادداشت می‌شد. همچنین یکی از قوطی‌های مذکور که در ابتدای شروع آزمایش دارای حجم مشخصی از آب بود دور از آبیاش‌ها و در شرایط مشابه با سایر قوطی‌های اندازه‌گیری، برای تعیین میزان تبخیر در زمان ارزیابی در مزرعه قرار داده می‌شد که در پایان آزمایش حجم آب باقیمانده در آن اندازه‌گیری می‌شد. با استفاده از شبکه اندازه‌گیری شده، شرایط واقعی کارکرد و هم‌پوشانی آبیاش‌ها شبیه‌سازی شد و از شاخص‌های زیر برای ارزیابی عملکرد هیدرولیکی سیستم‌ها استفاده شد.

همچنین با استفاده از داده‌های حاصل ضریب یکنواختی کریستیانسن (۱۹۴۲) مربوط به بلوک آزمایش با رابطه (۱) برای تمامی مزارع محاسبه شد.

$$CU_t = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^N |D_i - \bar{D}|}{\bar{D} \times N} \right] \times 100 \quad (1)$$

در هر مزرعه ابتدا به روش حضوری اقدام به تکمیل پرسش‌نامه و گرفتن اطلاعات و داده‌های لازم از کشاورز و بهره‌برداران سیستم‌های مورد ارزیابی گردید. سپس برای تعیین جرم مخصوص ظاهری و رطوبت ظرفیت زراعی (FC) نمونه‌های دست نخورده و همچنین برای تعیین بافت، جرم مخصوص حقیقی و سایر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه‌های دست خورده تهیه شد. این نمونه‌ها برای هر یک از مزارع، در روز آبیاری و قبل از انجام آبیاری از سه لایه مختلف و در عمق‌های ۰-۲۵، ۲۵-۵۰، ۵۰-۷۵، ۷۵-۱۰۰ سانتی متری برداشت شد.

همچنین، رطوبت خاک محل انجام آزمایش قبل از انجام آزمایش یکنواختی توزیع آب برای تعیین کمبود رطوبت خاک (SMD) اندازه‌گیری شد. از آب آبیاری هر کدام از مزارع نیز برای تعیین ویژگی‌های شیمیایی آن، نمونه‌گیری و در اولین فرصت به آزمایشگاه منتقل می‌شد. سپس در هر مزرعه متغیرهای هیدرولیکی سیستم مانند فشار (حداقل، حداکثر و متوسط) و دبی آبیاش‌ها (آبیاش‌های موجود روی لاترال‌های مورد ارزیابی) اندازه‌گیری شد، به این ترتیب که در نقاط مختلف مزرعه با استفاده از فشارسنج و لوله پیتو، فشار در سر آبیاش‌ها قرائت می‌شد (به طور معمول نزدیک‌ترین آبیاش به سیستم دارای حداکثر فشار و آبیاش بحرانی دارای حداقل فشار است). دبی آبیاش‌ها نیز با استفاده از کرنومتر و یک گالن ۲۰ لیتری به روش حجم‌سنجی محاسبه شد. با توجه به توپوگرافی منطقه محلی برای انجام آزمایش انتخاب شد

PELQ_t راندمان پتانسیل کاربرد آب در ربع پایین بلوک آزمایش (درصد) با مقایسه سه معادله اخیر روشن است در صورتی که میانگین یک‌چهارم کمترین عمق آب ذخیره شده برابر و یا کمتر از کمبود رطوبت خاک باشد، راندمان واقعی کاربرد برابر با راندمان پتانسیل کاربرد است. اما اگر میانگین یک‌چهارم عمق آب ذخیره شده بیشتر از کمبود رطوبت خاک باشد، راندمان واقعی کمتر از راندمان پتانسیل کاربرد خواهد بود.

به دلیل وجود اختلاف فشار در هر یک از سیستم‌ها، راندمان پتانسیل کاربرد و راندمان واقعی کاربرد مربوط به کل سیستم کمتر از مقادیر آن‌ها برای بلوک آزمایش است. بدین منظور از معادلات (۸) و (۹) برای محاسبه راندمان پتانسیل کاربرد و راندمان واقعی کاربرد مربوط به کل سیستم استفاده می‌شود (مریام و کلر، ۱۹۷۸).

$$PELQ_s = (1-ER) \times PELQ_t \quad (۸)$$

$$AELQ_s = (1-ER) \times AELQ_t \quad (۹)$$

که در آن PELQ_s، راندمان پتانسیل کاربرد در کل سیستم (درصد)، AELQ_s، راندمان واقعی در کل سیستم (درصد) و ER، ضریب کاهش راندمان که از معادله (۱۰) به دست می‌آید.

$$ER = \frac{0.2 \times (P_{max} - P_{min})}{P_{mean}} \quad (۱۰)$$

P_{max} حداکثر فشار سیستم (بار) است. پایین بودن AELQ بیانگر مشکلات مدیریتی است ولی تفاوت PELQ و AELQ ابعاد این مشکل را بهتر مشخص می‌کند. تلفات تبخیر و باد (WDEL) برای هر کدام از سیستم‌های مورد ارزیابی با استفاده از معادله (۱۱) محاسبه شد (دجمی و همکاران، ۲۰۰۳).

$$WDEL = \frac{D_r - D_D}{D_r} \times 100 \quad (۱۱)$$

WDEL درصد تلفات تبخیر و باد است.

کفایت آبیاری (AD_{irr}) با استفاده از معادله (۱۲) بر حسب درصد برای مزارع محاسبه شد.

$$AD_{irr} = \frac{N_1}{N} \times 100 \quad (۱۲)$$

N₁ تعداد قوطی‌هایی که آب جمع شده در آن‌ها بیشتر و یا مساوی با SMD بوده است.

$$AD_{Iq} = \frac{D_q}{SMD} \times 100 \quad (۱۳)$$

تلفات نفوذ عمقی (DP) نیز برای هر کدام از مزارع با استفاده از دو فرمول زیر برای دو حالت آبیاری کامل و آبیاری ناقص بر حسب درصد محاسبه شد.

که در آن CU_t ضریب یکنواختی کریستیانسن بلوک آزمایش (درصد)، D_i عمق آب در هر یک از قوطی‌های جمع‌آوری (میلی‌متر)، \bar{D} متوسط عمق‌های آب جمع شده در قوطی‌ها (میلی‌متر) و N تعداد مشاهدات است.

یکنواختی توزیع آب در ربع پایین نیز با استفاده از معادله (۲) برای تمامی مزارع محاسبه شد (لامادالنا و همکاران، ۲۰۰۷).

$$DU_t = \frac{D_q}{D} \times 100 \quad (۲)$$

به طوری که DU_t یکنواختی توزیع در ربع پایین بلوک آزمایش (درصد) و D_q متوسط عمق آب در یک‌چهارم کمترین مقادیر اندازه‌گیری شده (میلی‌متر) است. برای نسبت دادن ضریب‌های یکنواختی محاسبه شده در بلوک‌های آزمایش به کل سیستم، این مقادیر با توجه به اختلاف فشار موجود در هر یک از سیستم‌ها با استفاده از معادلات (۳) و (۴) تعدیل شد (تارجلو و همکاران، ۱۹۹۹ و توپاک و همکاران، ۲۰۰۵).

$$CU_s = CU_t \left[\frac{1 + \left(\frac{P_{min}}{P_{mean}} \right)^{0.5}}{2} \right] \quad (۳)$$

$$DU_s = DU_t \left[\frac{1 + 3 \left(\frac{P_{min}}{P_{mean}} \right)^{0.5}}{4} \right] \quad (۴)$$

در این معادلات P_{mean} و P_{min} به ترتیب حداقل فشار و میانگین فشار سیستم و CU_s و DU_s به ترتیب ضریب یکنواختی و یکنواختی توزیع سیستم هستند.

برای محاسبه راندمان کاربرد آب در ربع پایین بلوک آزمایش، از معادله (۵) استفاده شد (مریام و کلر، ۱۹۷۸).

$$AELQ_t = \frac{D_q}{D_r} \times 100 \quad (۵)$$

که در آن AELQ_t راندمان کاربرد آب در ربع پایین اراضی در بلوک آزمایش (درصد) و D_r متوسط آب آبیاری (اندازه‌گیری شده از سر نازل) (میلی‌متر) است.

در صورتی که میانگین یک‌چهارم عمق آب قابل ذخیره در خاک بیشتر از SMD باشد، در صورت کسر بالا به جای میانگین یک‌چهارم عمق آب ذخیره شده در ناحیه ریشه، کمبود رطوبت خاک (SMD) قرار می‌گیرد (معادله ۶).

$$AELQ_t = \frac{SMD}{D_r} \times 100 \quad (۶)$$

راندمان پتانسیل کاربرد در ربع پایین (PELQ) که حداکثر راندمان ممکن برای سیستم موجود است نیز با استفاده از معادله (۷) برای تمامی مزارع محاسبه شد (مریام و کلر، ۱۹۷۸).

$$PELQ_t = \frac{D_q}{D_r} \times 100 \quad (۷)$$

الف) آبیاری کامل

$$DP = \frac{\bar{D}-SMD}{D_r} \times 100 \quad (14)$$

ب) آبیاری ناقص

$$DP = \frac{V_{Z1} - (SMD \times AD_{irr} \times S_1 \times S_m)}{q \times T_{irr}} \times 100 \quad (15)$$

که در آن q ، متوسط دبی آبیاری (m³/s)، T_{irr} ، مدت زمان آبیاری (ثانیه)، S_1 ، فاصله آبیاریها از یکدیگر روی لوله فرعی (متر)، S_m ، فاصله لوله‌های فرعی از یکدیگر روی لوله اصلی (متر) و V_{Z1} کل حجم آب نفوذ کرده (m³) در منطقه‌ای است که بیشتر و یا مساوی با SMD آب خورده است و از معادله زیر محاسبه می‌شود.

$$V_{Z1} = \sum_{i=1}^{i: D_i \geq SMD} (D_i \times A_i) \times S_1 \times S_m \quad (16)$$

A_i درصد مساحتی که توسط هر یک از قوطی‌های جمع‌آوری آب پوشیده شده است ($\frac{1}{N} \times 100$).

نتایج و بحث

نتایج حاصل از آزمایش‌ها کیفیت آب و خاک مزارع مورد ارزیابی نشان داد که خاک تمامی مزارع دارای ECE و SAR نرمالی هستند. منبع تأمین آب تمامی سیستم‌ها چاه بوده و در طبقه‌بندی ارائه شده با آزمایشگاه شوری خاک آمریکا، بدون محدودیت هستند. به طور تقریبی تمامی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب و خاک مزارع مورد ارزیابی در محدوده مجاز قرار داشته و محدودیتی برای مصرف کشاورزی ندارند.

در جدول ۲ تغییرات فشار سیستم‌ها به همراه ضریب کاهش راندمان آورده شده است. در این جدول مقادیر حداکثر و حداقل فشار و اختلاف آن‌ها با هم گویای عدم طراحی مناسب در سیستم‌ها و وجود نشتی در برخی سیستم‌ها است.

همان‌گونه که در جدول ۲ دیده می‌شود، متوسط فشار موجود در سیستم آبیاری مزارع، فقط در سیستم‌های JB، M و MN در محدوده طراحی قرار دارد (۴ اتمسفر) و در بقیه سیستم‌ها متوسط فشار کمتر و یا بیشتر از حد طراحی است. تغییرات فشار شبکه آبیاری که باید کمتر از ۲۰ درصد باشد، فقط در سیستم‌های AM، BA و MN در محدوده مجاز قرار دارد. وجود تغییرات زیاد فشار می‌تواند به دلیل عدم رعایت مبانی هیدرولیکی در طراحی سیستم، اجرا و یا بهره‌برداری نامطلوب از سیستم باشد. میزان دبی آبیاریها در تمامی سیستم‌ها به جزء سیستم MN کمتر از مقدار قید شده در کاتالوگ کارخانه سازنده برآورد گردیده

است که یکی از دلایل‌های آن می‌تواند به علت عمر کارکرد آبیاریها باشد. در جدول ۳ نتایج شاخص‌های مزارع مورد بررسی ذکر شده است.

همان‌طور که دیده می‌شود ضریب یکنواختی و یکنواختی توزیع آب در تمامی سیستم‌ها کمتر از محدوده توصیه شده کلر و مریام است.

$$67\% \leq DU \leq 80\% \quad 81\% \leq CU \leq 87\%$$

نمایان‌گر خوبی از وسعت مشکل احتمالی یکنواختی است. مقدار کم DU در صورتی که در همه قطعات، آبیاری کافی انجام شود، نشانه تلفات آب در شکل تلفات عمقی است. هر چند مقدار کم DU نسبی است، اما مقدار کمتر از ۶۷ درصد به طور عموم غیر قابل قبول است. از عوامل مؤثر بر کاهش Cu و Du می‌توان به عمود نبودن پایه آبیاریها، عدم فشار کافی سیستم برای کارکرد مناسب آبیاری، استفاده از دو آبیاری روی یک لاترال، استفاده از تعداد آبیاری زیادتر از حد ظرفیت سیستم و تغییرات فشار زیاد در سیستم اشاره کرد.

برابری راندمان پتانسیل و راندمان کاربرد در سیستم‌های AM، HF، RG، JB، MG و MN بیانگر آبیاری کمتر از حد نیاز بوده است. کم آبیاری سبب بالا رفتن راندمان پتانسیل می‌شود. اما این شاخص‌ها به تنهایی نمایش دهنده نحوه مدیریت آبیاری نیستند و باید کفایت آبیاری نیز مدنظر قرار گیرد. در چهار سیستم BA، RA، HA و MM کفایت آبیاری به طور تقریبی ۱۰۰ درصد بوده و آبیاری کامل انجام شده است. اما با توجه به کم بودن یکنواختی توزیع در این سیستم‌ها تلفات در حد بالایی است. در سیستم MG نیز کفایت بالای ۷۵ درصد قرار دارد.

در جدول ۴ نتایج ارزیابی سیستم‌های مورد بررسی در این پژوهش با نتایج حاصل از ارزیابی پژوهش‌گران دیگر آورده شده است. با توجه به اینکه نتایج ذکر شده مربوط به انواع سیستم‌های آبیاری بارانی است، در جدول مذکور فقط نتایج ارزیابی، فارغ از نوع سیستم مورد بررسی، آورده شده است.

راندمان کاربرد فقط نماینده تلفات آب است زیرا فقط کسری از آب آبیاری را نشان می‌دهد که در ناحیه ریشه گیاه ذخیره می‌شود و به مصرف تبخیر و تعرق گیاه می‌رسد. به همین دلیل راندمان کاربرد کافی بودن آب آبیاری را نشان نمی‌دهد. باید توجه داشت که مریام و کلر

راندمن کاربرد آب در ربع پایین و راندمن پتانسیل کاربرد آب در ربع پایین در تمامی سیستم‌ها کمتر از محدوده توصیه شده هستند. در کل سیستم‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک دشت کوهدشت عملکرد مناسبی ندارند.

(۱۹۷۸) محدوده ۶۵ تا ۸۵ درصد را در آبیاری بارانی برای راندمن کاربرد و راندمن پتانسیل کاربرد ربع پایین توصیه کرده‌اند. چنانچه مقدار PELQ در یک مزرعه کم باشد شاید دو مشکل وجود دارد: یکی اینکه طراحی و اجرا درست نبوده و دیگر اینکه مدیریت بهره‌برداری سیستم ناقص است، که در این صورت می‌توان سیستم را اصلاح کرد.

جدول ۲- پارامترهای مربوط به دبی و فشار در سیستم‌های مورد ارزیابی

| کد سیستم | دبی آبپاش Lit/s | متوسط فشار (بار) | حداکثر فشار (بار) | حداقل فشار (بار) | تغییرات فشار سیستم (درصد) | فاکتور کاهش راندمن (ER) |
|----------|--------------------|---------------------|----------------------|---------------------|------------------------------|----------------------------|
| RA | ۱/۹۲ | ۳/۴۰ | ۴/۹ | ۳/۷ | ۲۷ | ۰/۰۵۵ |
| HA | ۲/۰۰ | ۲/۷۲ | ۳/۴ | ۲/۱ | ۵۰ | ۰/۱۰۰ |
| MG | ۱/۷۵ | ۴/۶۲ | ۵/۱ | ۳/۴ | ۳۶ | ۰/۰۷۴ |
| JB | ۲/۱۲ | ۴/۰۰ | ۵/۰ | ۳/۷ | ۳۲ | ۰/۰۶۵ |
| RG | ۱/۹۵ | ۳/۵۰ | ۴/۵ | ۲/۸ | ۴۸ | ۰/۰۹۷ |
| HF | ۱/۸۴ | ۳/۴۰ | ۴/۵ | ۳/۰ | ۴۴ | ۰/۰۸۸ |
| AM | ۱/۹۲ | ۴/۲۰ | ۴/۲ | ۳/۸ | ۹/۵ | ۰/۰۱۹ |
| MM | ۱/۸۶ | ۴/۷۶ | ۵/۴ | ۲/۹ | ۳۲ | ۰/۰۶۶ |
| BA | ۲/۱۰ | ۳/۰۰ | ۴/۶ | ۳/۰ | ۲۱ | ۰/۰۴۶ |
| MN | ۲/۳۲ | ۳/۹۰ | ۴/۲ | ۳/۷ | ۱۳ | ۰/۰۲۷ |

جدول ۳- خلاصه نتایج ارزیابی سیستم‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت در مزارع مختلف دشت کوهدشت

| شاخص‌های ارزیابی | | | | | | | کد سیستم |
|-----------------------|--------|----------|-----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|----------|
| AD _{irr} (%) | DP (%) | WDEL (%) | AELQ _s (%) | PELQ _s (%) | DU _s (%) | CU _s (%) | |
| ۹۸ | ۵۲/۴۷ | ۵/۳۳ | ۴۰/۲۴ | ۵۶/۹۰ | ۶۰/۶۴ | ۷۳/۱۲ | BA |
| ۱۰۰ | ۵۲/۱۳ | ۶/۶۱ | ۳۸/۹۵ | ۶۱/۱ | ۶۵/۵۲ | ۷۴/۹۳ | RA |
| ۹۵/۵ | ۵۱/۸۰ | ۵/۳۶ | ۳۸/۵۷ | ۵۶/۵۲ | ۵۱/۷۶ | ۷۲/۵۱ | HA |
| ۱۰۰ | ۷۴/۲۵ | ۹/۳۶ | ۱۵/۳۰ | ۴۶/۷۵ | ۴۹/۵۹ | ۶۷/۳۲ | MM |
| ۸۸ | ۳۷/۲۰ | ۲۱/۳۴ | ۳۴/۹۳ | ۳۴/۹۳ | ۴۰/۵۴ | ۶۹/۵۷ | MG |
| ۹ | ۰/۹۱ | ۲/۶۷ | ۴۴/۳۹ | ۴۴/۳۹ | ۴۵/۹۹ | ۷۳/۴۵ | JB |
| ۹ | ۰/۲ | ۱۵/۷۶ | ۴۰/۶۲ | ۴۰/۶۲ | ۳۸/۳۰ | ۷۳/۸۲ | RG |
| ۵۰ | ۹/۱۰ | ۷/۲۰ | ۵۲/۰۴ | ۵۲/۰۴ | ۶۱/۲۹ | ۷۷/۶۱ | HF |
| ۲۸ | ۵/۸ | ۶/۱۹ | ۳۵/۴۱ | ۳۵/۴۱ | ۳۷/۰۷ | ۶۰/۱۹ | AM |
| ۷۲ | ۲۶/۴۲ | ۷/۹۶ | ۳۹/۹۲ | ۳۹/۹۲ | ۴۵/۶۷ | ۶۵/۹۰ | MN |
| ۶۴/۶۶ | ۳۱/۰۲ | ۸/۷۷ | ۳۸/۰۱ | ۴۶/۸۵ | ۴۳/۶۴ | ۷۰/۸۴ | میانگین |

جدول ۴- نتایج ارزیابی سیستم های مورد بررسی در مقایسه با نتایج سایر پژوهشگران

| مشرقی (۱۳۸۹)، دهگلان | فاریابی (۱۳۸۹)، دهگلان | امینی نجفآبادی (۱۳۸۷)، شهرکرد | ابراهیمی (۱۳۸۵)، خراسان | باران هزاوه (۱۳۸۴)، اراک | مزارع مورد بررسی در این پژوهش | پارامترهای مورد ارزیابی |
|-------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| ۶۴/۰۴ | ۴۹/۲۹ | ۷۱/۴ | ۷۵ | ۶۶/۷۲ | ۶۰/۱۹ | حداقل |
| ۸۰/۵۷ | ۶۶/۰۴ | ۸۰/۰۶ | ۷۸/۵ | ۷۶/۱۶ | ۷۰/۸۴ | متوسط |
| ۹۱/۱۵ | ۷۷/۵۹ | ۸۹/۵ | ۸۱ | ۸۵/۳۰ | ۷۴/۹۳ | حداکثر |
| ۴۶/۸۰ | ۳۵/۵۴ | ۷۱/۴ | ۵۳ | ۴۹/۵۶ | ۳۷/۰۷ | حداقل |
| ۷۲/۱۲ | ۵۰/۶۲ | ۸۰ | ۶۴/۷۵ | ۶۴/۵۳ | ۴۳/۶۴ | متوسط |
| ۸۷/۲۷ | ۶۴/۱۰ | ۸۱/۷ | ۷۱ | ۷۷/۸۱ | ۶۵/۵۲ | حداکثر |
| ۳۷/۹۷ | ۳۰/۲۰ | ۴۳/۶ | ۵۰ | ۴۳/۶۸ | ۳۵/۴۱ | حداقل |
| ۶۴/۵۸ | ۴۴/۸۰ | ۵۷/۷ | ۵۶ | ۵۵/۵۶ | ۴۶/۸۵ | متوسط |
| ۸۳/۳۴ | ۵۵/۷۷ | ۷۱/۱ | ۶۰ | ۶۴/۳۶ | ۶۱/۱ | حداکثر |
| ۳۷/۹۷ | ۳۰/۲۰ | ۸/۳ | ۵۰ | ۳۹/۸۶ | ۱۵/۳۰ | حداقل |
| ۵۶/۳۹ | ۴۳/۷۸ | ۴۰/۸ | ۵۶ | ۵۱/۴۸ | ۳۸/۰۱ | متوسط |
| ۷۵/۲۶ | ۵۵/۰۳ | ۶۰/۱ | ۶۰ | ۶۱/۶۶ | ۵۲/۰۴ | حداکثر |
| - | ۲۸ | ۴۵/۶۸ | - | ۶۸ | ۹ | حداقل |
| - | ۶۸ | ۷۱/۷ | - | ۸۸/۲ | ۶۴/۶۶ | متوسط |
| - | ۱۰۰ | ۱۰۰ | - | ۹۸ | ۱۰۰ | حداکثر |
| ۳/۳۱ | ۲/۲۸ | - | - | ۸/۵ | ۲/۶۷ | حداقل |
| ۱۰/۰۵ | ۱۱/۲۲ | - | - | ۱۲/۷۸ | ۸/۷۷ | متوسط |
| ۱۸/۵۷ | ۱۷/۱۰ | - | - | ۲۰/۵ | ۱۵/۷۶ | حداکثر |
| ۱۴/۸۴ | ۶/۲۶ | - | - | ۲۴/۳۷ | ۰/۲ | حداقل |
| ۲۴/۵۷ | ۳۹/۳۰ | - | - | ۳۲/۸۳ | ۳۱/۰۲ | متوسط |
| ۵۳/۸۰ | ۲۵/۰۱ | - | - | ۴۲/۵۹ | ۷۴/۲۵ | حداکثر |

نتیجه گیری

آب و خاک مزارع دشت کوهدشت از نظر کیفیت بدون مشکل بوده و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب و خاک تمامی مزارع در حد مجاز قرار داشته و از نظر آبیاری محدودیتی ایجاد نمی‌کنند. نتایج نشان داد که سیستم‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت کوهدشت دارای راندمان کاربرد پایین بوده و یکنواختی توزیع آب در آن‌ها نیز کمتر از مقادیر توصیه شده کلر و مریام است. عملیات مزرعه‌ای و آزمایشگاهی و همچنین بررسی‌ها و بازدیدهای انجام شده در این پژوهش نشان داد که اگرچه در بسیاری

از موارد مشکلات طراحی و اجرایی وجود داشته است اما سهم بزرگی از دلایل پایین بودن عملکرد سیستم‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت کوهدشت، مدیریت و بهره‌برداری ضعیف از این سیستم‌ها است.

منابع

۱. بایزیدی م. و فرداد ح. و لیاقت ع. ۱۳۸۳. ارزیابی سیستم‌های آبیاری در شهرستان قروه. مجموعه مقالات کارگاه فنی آبیاری بارانی «توانمندی‌های و چالش‌ها»، مرکز تحقیقات فنی و مهندسی کرج.

- area. *Agricultural Water Management*, 40(2-3): 315-331.
14. Topak R. Suheri S. Ciftci N. and Acar B. 2005. Performance evaluation of sprinkler irrigation in a semi-arid area. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 8(1): 97-103.
 15. Yacoubi S. Zayani K. Zapata N. Zairi A. Slatni A. Salvador R. and Playan E. 2010. Day and night time sprinkler irrigated tomato: Irrigation performance and crop yield. *Biosystems Engineering*. 107(1): 25-35.
 16. Yacoubi S. Zayani K. Slatni A. and Playan E. 2012. Assessing sprinkler irrigation performance using field evaluation at the Medjerda lower valley of Tunisia. *Scientific Research , Engineering*. 4(10): 682-691.
 ۲. برادران هزاوه ف. ۱۳۸۴. ارزیابی فنی سیستم‌های آبیاری تحت فشار اجرا شده در شهرستان اراک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۲۷۰ ص.
 ۳. فاریابی ا. معروف‌پور ع. و قمرنیا ه. ۱۳۸۹. بررسی و ارزیابی سیستم‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت دشت دهگلان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. ۱۴(۵۴): ۱-۱۵.
 ۴. مشرفی گ. معروف‌پور ع. و قمرنیا ه. ۱۳۹۰. ارزیابی سیستم‌های آبیاری بارانی لوله چرخ‌دار دشت دهگلان، نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۵(۱): ۹۲-۱۰۳.
 5. Barragan J. Cots li. Monserrat J. Lopez R. and Wu, I.P. 2010. Water distribution uniformity-irrigation systems for water saving and environmental protection. *Biosystems engineering*. 107: 202-211.
 6. Chan C. S. 2006. Evaluation of irrigation system for Asparagus production. 7th International Micro Irrigation Congress. Malaysia. 4 p.
 7. Dechmi F. Playa'n E. Faci J. M. Tejero M. and Bercero A. 2003. Analysis of an irrigation district in northeastern Spain, II. Irrigation evaluation, simulation and scheduling. *Agricultural Water Management*. 61(2): 93-109.
 8. Lamaddalena N. Fratino U. and Daccache A. 2007. On-farm Sprinkler Irrigation Performance as affected by the Distribution System. *Biosystems Engineering*. 96 (1): 99-109.
 9. Liu H. J. and Kang Y. 2006. Effect of sprinkler irrigation on microclimate in the winter wheat field in the North China Plain. *Agricultural Water Management*. 84(1-2): 3-19.
 10. Lorenzini G. and De Wrachien D. 2005. Performance assessment of sprinkler irrigation systems: A new indicator for sprsy evaporation losses. *Irrigation and Drainage*. 54(3): 295-305.
 11. Merriam J. L. and Keller J. 1978. Farm irrigation system evaluation: A guide for management, Dept. of Agricultural and Irrigation Engineering, Utah State Univ., Logan, Utah.
 12. Qureshi Z. A. and Neibling H. 2009. Response of two-row malting spring barley to water cutoff under sprinkler irrigation. *Agricultural Water Management*. 96(1): 141-148.
 13. Tarjuelo, J.M., Montero, J., Honrubia, F.T., Ortiz, J.J. and Ortega, J.F. 1999. Analysis of uniformity of sprinkle irrigation in a semi-arid