تحقیقات آب و خاک ایران، دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۴ (ص ۳۶۱-۳۵۳)

ارزیابی هیدرولیکی سیستم آبیاری بارانی دَورانی و کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک (مطالعهٔ موردی: مزرعهٔ آموزشی و پژوهشی دانشگاه تهران)

نگین اشرف[1*]، فرهاد میرزایی[2]، آرش محمدبیگی[3]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران

۲. دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۹/۲۴ ـ تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۱/۱۶)

چکیده

ارزیابی سیستم‌های آبیاری بارانی در حین اجرا جهت سنجش اهداف طراحی این سیستم ها مورد نیاز است. به این منظور در تحقیق حاضر، عملکرد هیدرولیکی سیستم آبیاری بارانی دورانی (دو دستگاه A و B) و کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک ارزیابی شدند. در این خصوص، از شاخص‌های متداول ارزیابی استفاده شد. نتایج نشان داد سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک با ضریب یکنواختی ۶۵٫۵۲ و راندمان پتانسیل ربع پایین ۴۷٫۵ نسبت به بقیه عملکرد پایین‌تری دارد و سیستم آبیاری بارانی دورانی B با ضریب یکنواختی ۸۸٫۳۶ و راندمان پتانسیل ربع پایین ۷۴٫۲۸ عملکرد بهتری دارد. همچنین، ضریب یکنواختی رطوبت خاک زیر بال آبیاری بارانی دورانی A و B به ترتیب ۸۱٫۳۵ و ۸۵٫۷۷ به دست آمد که خیلی خوب است. نتایج همچنین نشان داد آبیاری بارانی کلاسیک بیشترین حساسیت را به وزش باد دارد که می‌تواند مهم‌ترین علت پایین‌بودن ضریب یکنواختی آن باشد.

کلیدواژگان: آبیاری بارانی، ارزیابی، توزیع یکنواختی، رطوبت خاک، دورانی.

مقدمه

ایران، از نظر اقلیم، آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشکی دارد. متوسط بارندگی سالانه ۲۲۵ میلی‌متر است که متوسط بارندگی جهان و بارندگی آسیاست (Fardad, 1990). توزیع زمانی و مکانی بارش باران در کشور غیریکنواخت است، بنابراین مقدار بارش برای نیاز آبیِ گیاهان کافی نیست و گیاهان زراعی به آبیاری نیاز دارند. در جاهایی هم که کشت دیم انجام می‌گیرد، به آبیاری تکمیلی نیاز است. به همین دلیل، درصد درخور توجهی از منابع آب قابل استحصال از ذخایر سطحی و زیرزمینی جهت آبیاری به بخش کشاورزی اختصاص داده می‌شود. با اوج گرفتن مسئلهٔ کاهش منابع آبی و رشد روزافزون جمعیت و نیاز به افزایش تولیدات کشاورزی، پژوهشگران در پی یافتن راه‌حل‌های مناسبی برای بهره‌وری بیشتر از منابع آبی برآمده‌اند. از میان راه‌حل‌های موجود جهت استفادهٔ بهینه از منابع آبی در امر کشاورزی، توسعهٔ آبیاریِ تحت‌فشار بیش از همه مورد توجه قرار گرفته است. سیاست‌گذاری‌ها و تخصیص اعتبارات و تسهیلات بانکی باعث توسعهٔ سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار شده است. اما به علت رعایت‌نکردن صحیح طراحی، اجرا و ضعف مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری، سیستم‌های آبیاریِ بارانی کارایی مورد نظر را نداشته‌اند. برای بهبود وضع موجود، لازم است طرح‌های در حال اجرا ارزیابی شود، نواقص، مشکلات و منشأ آن‌ها مشخص و راهکارهای مناسب ارائه شوند. در طراحی و اجرای دستگاه‌های آبیاری تحت‌فشار باید کیفیت طرح‌ها لحاظ شده و با ارزیابی طرح‌های اجراشدهٔ موجود، فاکتورهای ارزیابی نظیر یکنواختی توزیع، راندمان‌های پتانسیل و واقعی کاربرد آب سیستم‌ها اندازه‌گیری و نحوهٔ عملکرد سیستم مشخص شود و با ارائهٔ راه‌حل‌های درست به منظور رفع نواقص گام‌های مؤثری برای رسیدن سیستم‌های موجود به حداکثر پتانسیل خود برداشته شود. از طرفی راهبردهایی برای توسعهٔ اصولی دستگاه‌های آبیاری بارانی نیز معرفی شوند.

Sohrabi *et al.* (1999) سیستم‌های آبیاری بارانی در مزارع استان خراسان را ارزیابی کردند. در این ارزیابی، چهار پارامتر مهم شامل توزیع یکنواختی، ضریب یکنواختی کریستیانسن، راندمان واقعی کاربرد آب در ربع پایین و راندمان پتانسیل کاربرد آب در ربع پایین اندازه‌گیری شد. راندمان پتانسیل در این مزارع ۵۵ تا ۵۸ درصد و حداقل و حداکثر PELQ در این اندازه‌گیری به ترتیب ۴۵ و ۶۵ درصد برآورد شد. Najafi mod (2002) تعدادی از طرح‌های آبیاری

* نویسندهٔ مسئول: negin.ashraf@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

تحت‌فشار اجراشده در خراسان جنوبی را ارزیابی کردند. برای ارزیابی از پارامترهای یکنواختی توزیع، بازده بالقوه و بازده واقعی استفاده شد. نتیجهٔ ارزیابی نشان داد که سیستم‌های آبیاری بارانی اجراشده در خراسان جنوبی عملکرد مطلوبی ندارند که یکی از علل آن سرعت زیاد باد منطقه عنوان شد. همچنین، پایین‌بودن فشار کارکرد آبپاش‌ها نسبت به فشار طراحی‌شده و استفاده از وسایل معیوب از دیگر عوامل مؤثر در کاهش بازده سیستم‌های آبیاری بارانی ذکر شد.

Mustafazadeh-Fard *et al.* (2006) سیستم‌های مختلف آبیاری بارانی در استان آذربایجان شرقی را ارزیابی کردند. در مطالعهٔ آن‌ها، ۹ سیستم آبیاری بارانی شامل ۳ سیستم ویل موو، ۳ سیستم کلاسیک و ۳ سیستم قرقره‌ای انتخاب و پارامترهای ضریب یکنواختی، راندمان پتانسیل کاربرد و راندمان واقعی کاربرد آب اندازه‌گیری شد. نتیجهٔ این پژوهش نشان داد که در شرایط سرعت باد کم و ملایم و بافت خاک لومی‌رسی، عملکرد سیستم ویل‌موو بهتر از سیستم‌های کلاسیک و قرقره‌ای و عملکرد سیستم کلاسیک بهتر از قرقره‌ای است.

Faryabi *et al.* (2010) به بررسی و ارزیابی سیستم‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت دشت دهکلان کردستان پرداختند. آن‌ها برای ۱۰ مزرعه ضریب یکنواختی کریستیانسن، یکنواختی توزیع، پتانسیل کاربرد در ربع پایین و راندمان واقعی در ربع پایین اراضی را محاسبه کردند. مقادیر متوسط این پارامترها در ۱۰ مزرعهٔ ارزیابی‌شده به ترتیب ۶۶، ۵۰/۶، ۴۴/۸، ۴۳/۸ درصد به‌دست آمد.

Tarjuelo *et al.* (1999) در منطقهٔ نیمه‌خشک اسپانیا روی سیستم‌های آبیاری بارانی ثابت و متحرک تحقیقاتی انجام دادند و فاکتورهای اساسی مؤثر بر کاربرد آب و تبخیر و تلفات بادبردگی سیستم را فشار، سرعت باد و نوع آبپاش ذکر کردند. آن‌ها مقادیر متوسط CU و DU را در سیستم کلاسیک ثابت به ترتیب ۸۴/۶ و ۷۵/۴ درصد و در سیستم آبیاری بارانی دورانی به ترتیب ۷۷/۸ و ۸۵/۶ درصد ذکر کردند.

Schneider (2000) راندمان کاربرد و ضرایب یکنواختی توزیع را برای سیستم LEPA[1] و آبپاش‌های اسپریر به‌دست آورد و درنهایت راندمان کاربرد را برای سیستم LEPA بین ۹۵ تا ۹۸ درصد و برای آبپاش اسپریر بیش از ۹۰ درصد ذکر کرد. او مقدار ضریب یکنواختی در سیستم LEPA را بین ۹۴ تا ۹۷ درصد و برای آبپاش اسپریر ۷۵ تا ۹۰ درصد به‌دست آورد.

Dechi *et al.* (2002) برای تهیهٔ مدلی در اسپانیا سیستم‌هایی چون کلاسیک ثابت، آبیاری بارانی دورانی و سیستم آبیاریِ بارانی با حرکت خطی را بررسی و ارزیابی و متوسط ضریب یکنواختی را برای این سیستم‌ها به ترتیب ۶۸، ۷۵/۵ و ۸۰ درصد گزارش کردند.

Ortega z *et al.* (2004) سیستم آبیاری بارانی ثابت را، که در منطقهٔ نی‌مه‌خشک اسپانیا برای آبیاری محصولات جو، سیر، ذرت و پیاز استفاده می‌شود، ارزیابی کردند. آن‌ها ضریب یکنواختی توزیع ۹۰ درصد و راندمان کاربرد بالا را برای منطقهٔ مطالعه‌شده گزارش کردند و سیستم استفاده‌شده را دارای صرفهٔ اقتصادی دانستند.

هدف از تحقیق حاضر، ارزیابی هیدرولیکی سیستم آبیاری بارانی دورانی و کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک است. برای ارزیابی از شاخص‌های ارزیابی متداول استفاده شد. این مطالعه درصدد آن است تا عملکرد سیستم را مشخص کند و نیز راهکارهای عملی برای بهبود عملکرد سیستم را به مدیریت بهره‌بردای و نگهداری آبیاری مزرعهٔ آموزشی و پژوهشی دانشکده ارائه دهد.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در مزرعهٔ آموزشی و پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج، در سال ۱۳۹۳، انجام شده است. موقعیت جغرافیایی مزرعهٔ آموزشی شامل طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۷ دقیقهٔ شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقهٔ شمالی با ارتفاع ۱۳۱۳ متر از سطح دریاست. در این مزرعه، سیستم‌های مختلف آبیاری بارانی تحت‌فشار، شامل دو دستگاه سیستم آبیاری بارانی دورانی و یک دستگاه سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک قرار دارد که مشخصات کلی این سیستم‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. در کلیهٔ سیستم‌های آبیاری، به‌منظور جمع‌آوری آب، از قوطی‌هایی به ارتفاع ۱۵ و قطر ۱۴/۲ سانتی‌متر استفاده شد. در حین آزمایش، پارامترهای اقلیمی نظیر سرعت باد و پارامترهای هیدرولیکی سیستم شامل فشار و دبی آبپاش‌ها اندازه‌گیری شد. در سیستم آبیاری بارانی دورانی، برای جمع‌آوری آب، قوطی‌ها به فواصل ۶ متر از مرکز سیستم به‌صورت شعاعی تا انتهای بازو قرار گرفتند (Ghasemzadeh, 1990). ولی در آبیاری بارانی کلاسیک ثابت، با توجه به اینکه فواصل آبپاش‌ها ۲۴ متر بود، قوطی‌ها به فواصل ۳ متر به‌صورت شبکهٔ مربعی بین آبپاش‌های در حال کار قرار گرفتند. برای اندازه‌گیری مقدار رطوبت قبل و بعد از آبیاری از روش وزنی استفاده شد. برای تعیین برخی از مشخصات فیزیکی خاک مزرعه، مثل وزن مخصوص ظاهری، حقیقی، بافت

1. Low Energy Precision Application

Archive of SID

www.SID.ir

و رطوبت ظرفیت زراعیِ خاک نمونه‌های دست‌نخورده‌ای تهیه شد. برای تعیین رطوبت، از اعماق ۰ـ۱۵ و ۱۵ـ۳۰ سانتی‌متری قبل و بعد از آبیاری نمونهٔ خاک تهیه شد. متغیرهای هیدرولیکی سیستم نظیر فشار و دبی آبپاش‌ها اندازه‌گیری شدند. توضیح اینکه برای اندازه‌گیری فشار در سیستم آبیاری دورانی فشارسنج‌هایی با فواصل مشخص روی بال نصب و دبی آبپاش‌ها نیز به‌طور مستقیم اندازه‌گیری شد. مشخصات کلی خاک مزارع انتخابی در جدول۲ ارائه شده است.

جدول ۱. مشخصات کلی سیستم‌های ارزیابی‌شده

نوع سیستم	نوع آبپاش	فشار سیستم (bar)	طول بازو (m)	مساحت تحت آبیاری (ha)	فاصلهٔ آبپاش (m)	تعداد آبپاش	نوع محصول
دورانی A	Nelson-R3000	۲٫۲	۳۳۰	۵۰	متغیر	۶۰	یونجه
دورانی B	Nelson-D3000	۲٫۵	۳۶۵	۳۲*	متغیر	۷۳	ذرت
کلاسیک ثابت	AMBO	۴	*	۹	۲۵	۴	یونجه

* به دلیل اینکه حدود ۱٫۴ منطقهٔ آبیاری‌شده در تأسیسات دامداری دانشکده واقع شده است، سیستم حدود ۳٫۴ دایره را آبیاری می‌کند.

جدول ۲. مشخصات کلی خاک مزارع مطالعه‌شده

نوع سیستم	مشخصات خاک
دورانی A	شیب اصلی ۱ درصد با ظرفیت نگه‌داشت آب در خاک ۱۰٫۲ سانتی‌متر بر متر و بافت silt loam
دورانی B	شیب اصلی ۱ درصد با ظرفیت نگه‌داشت آب در خاک ۹ سانتی‌متر بر متر و بافت sandy loam
کلاسیک	شیب اصلی ۱٫۵ درصد با ظرفیت نگه‌داشت آب در خاک ۲۵٫۵ سانتی‌متر بر متر و بافت clay loam

در ارزیابی از شاخص‌های DU، CU، PELQ، AELQ، WDEL، Ea استفاده شد. در ادامه، این شاخص‌ها، به‌طور مختصر، معرفی می‌شوند.

یکنواختی توزیع آب (DU)[1]

یکنواختی توزیع یکی از شاخص‌های ارزیابی است که در آبیاری بارانی عبارت است از میانگین وزنیِ آب جمع‌شده در قوطی‌ها در یک‌چهارم پایین به متوسط وزنیِ داده‌ها. این ضریب از رابطهٔ ۱ به‌دست می‌آید:

$$DU = \frac{D_{lq}}{D_m} \quad \text{(رابطهٔ ۱)}$$

که در آن، D_{lq}: میانگین ربع پایین آب جمع‌شده در قوطی‌ها و D_m: میانگین عمق آب جمع‌شده در قوطی‌هاست.

البته درخور توجه است که در سیستم آبیاری دورانی میانگین‌ها به‌صورت وزنی است. برای محاسبهٔ میانگین وزنی از رابطهٔ ۲ استفاده می‌شود:

$$D_m = \frac{\sum_{i=1}^{n} f_i x_i}{\sum_{i=1}^{n} f_i} \quad \text{(رابطهٔ ۲)}$$

که در آن n: تعداد کل قوطی‌ها، f: ضریب یا وزن مربوط به هر قوطی (شمارهٔ قوطی با فاصلهٔ هر قوطی از مرکز) و x: حجم یا ارتفاع آب جمع‌شده در قوطی‌هاست.

ضریب یکنواختی (CU)[2]

یکی دیگر از پارامترهای مهم، که به نوعی یکنواختی توزیع را بیان می‌کند، ضریب یکنواختی است که برای محاسبهٔ آن در سیستم کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک از رابطهٔ ۳ استفاده می‌شود:

$$CU = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} |x_i - \bar{x}|}{n\bar{x}}\right) \times 100 \quad \text{(رابطهٔ ۳)}$$

همچنین، برای سیستم آبیاری بارانی دورانی نیز از رابطهٔ ۴ استفاده می‌شود (Molle & Bremond):

(رابطهٔ ۴)

$$CU_h = \left[1 - \frac{\sum \left| f_i \left| x_i - \frac{\sum_{i=1}^{n} f_i x_i}{\sum_{i=1}^{n} f_i} \right| \right|}{\sum_{i=1}^{n} f_i x_i}\right] \times 100$$

که در آن x_i: عمق آب در هریک از قوطی‌ها، $\bar{x}$: متوسط مقدار آب دریافت‌شده در قوطی‌ها و n: تعداد قوطی‌های جمع‌آوری آب است.

سپس به‌منظور نسبت دادن ضرایب یکنواختی محاسبه‌شده در بلوک‌های آزمایش به کل سیستم، این مقادیر با توجه به اختلاف فشار موجود در هریک از سیستم‌ها با استفاده از رابطه‌های ۵ و ۶ تعدیل شد (Tarjuelo *et al.*, 1999).

1. Distribution Uniformity

2. Coefficient Uniformity

Archive of SID

www.SID.ir

$$CU_s = CU_t \left[\frac{1+\left(\frac{P_{min}}{P_{max}}\right)^{0.5}}{2}\right] \quad \text{(رابطهٔ ۵)}$$

$$DU_s = DU_t \left[\frac{1+3\left(\frac{P_{min}}{P_{max}}\right)^{0.5}}{4}\right] \quad \text{(رابطهٔ ۶)}$$

$P_{\min}$: حداقل فشار کارکرد سیستم، P_{mean}: متوسط فشار کارکرد سیستم، CU_s و DU_s به‌ترتیب ضریب یکنواختی و یکنواختی است.

راندمان پتانسیل کاربرد (PELQ)[1]

این شاخص بیانگر پتانسیل راندمان کاربرد است. چنانچه مدیریت بهره‌برداری از روش آبیاری مناسب باشد و از نظر تأمین آب مورد نیاز آبیاری مشکلی در مزرعه وجود نداشته باشد، راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین (PELQ) حداکثر راندمان قابل تصور برای آن سیستم خواهد بود که از رابطه‌های ۷ و ۸ محاسبه می‌شود:

$$PELQ = \frac{D_q}{D_r} \quad D_q < MAD \quad \text{(رابطهٔ ۷)}$$

$$PELQ = \frac{MAD}{D_r} \quad D_q < MAD \quad \text{(رابطهٔ ۸)}$$

راندمان واقعی کاربرد (AELQ)[2]

این راندمان نشان‌دهندهٔ آن است که یک سیستم در مزرعه تا چه اندازه خوب کار می‌کند که اغلب برای ارزیابی یک سیستم آبیاری در مزرعه مورد نیاز است. یا به عبارت دیگر، این شاخص مبین یکنواختی و کفایت آبیاری است. برای محاسبهٔ این راندمان از رابطهٔ ۹ استفاده می‌شود:

$$AELQ = \frac{D_q}{D_r} \quad \text{(رابطهٔ ۹)}$$

که D_r: میانگین عمق ناخالص آبیاری اندازه‌گیری‌شده در سر آبپاش‌ها، D_q: میانگین ربع پایین آب ذخیره‌شده در خاک درصورتی‌که کمتر از SMD باشد و MAD: رطوبت تخلیهٔ مجاز است.

به دلیل وجود اختلاف فشار در هریک از سیستم‌ها، راندمان پتانسیل کاربرد و راندمان واقعی کاربرد مربوط به کل سیستم کمتر از مقادیر آن‌ها برای بلوک آزمایش است. برای این منظور از رابطه‌های ۱۰ و ۱۱ جهت محاسبهٔ راندمان پتانسیل کاربرد و راندمان واقعی کاربرد مربوط به کل سیستم استفاده می‌شود (Keller, 1978).

$$PELQ_s = (1 - ER) \times PELQ_t \quad \text{(رابطهٔ ۱۰)}$$

$$AELQ_s = (1 - ER) \times AELQ_t \quad \text{(رابطهٔ ۱۱)}$$

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 رابطهٔ ۱۲به‌دست می‌آید.

$$ER = \frac{0.2(P_{max} - P_{min})}{P_{mean}} \quad \text{(رابطهٔ ۱۲)}$$

تلفات تبخیر و بادبردگی (WDEL)[3]

این شاخص نشان می‌دهد که چه مقدار از آب خارج‌شده از آبپاش‌ها به وسیلهٔ باد از مزرعه خارج می‌شود که از رابطهٔ ۱۳ محاسبه می‌شود:

$$WDEL = \left(\frac{d - d'}{d}\right) \times 100 \quad \text{(رابطهٔ ۱۳)}$$

d: متوسط آب پخش‌شده از سر نازل‌ها، d': متوسط آب‌رسیده به سطح زمین است.

راندمان کاربرد (Ea)[4]

راندمان کاربرد آب عبارت است از نسبت آب ذخیره‌شده در منطقهٔ توسعهٔ ریشه به آب اضافه‌شده به مزرعه. Israelsen and Hansen این پارامتر را در سال ۱۹۸۰ تعریف کرده است. راندمان کاربرد، با توجه به تعریف، از طریق رابطهٔ ۱۴ محاسبه می‌شود:

$$E_a = \left(\frac{(\theta_{fc} - \theta_i) \times \rho_b \times D_z}{D}\right) \times 100 \quad \text{(رابطهٔ ۱۴)}$$

θ_i: رطوبت‌های وزنی قبل از آبیاری، θ_{fc}: رطوبت‌های وزنی ظرفیت زراعی خاک، D: کل عمق آب تحویلی به قطعهٔ تحت آبیاری در مزرعه و D_z: عمق توسعهٔ ریشه است.

نفوذ عمقی (DP)[5]

نفوذ عمقی مقدار آب خارج‌شده از ناحیهٔ ریشه را نشان می‌دهد که از رابطهٔ ۱۵ محاسبه می‌شود:

$$DP = \left(\frac{(\bar{D} - SMD) \times \frac{N_I}{N}}{D}\right) \times 100 \quad \text{(رابطهٔ ۱۵)}$$

N_1: تعداد قوطی‌هایی که آب موجود در آن‌ها بیشتر از SMD بوده است، $\bar{D}$: میانگین عمق آب جمع‌شده در قوطی‌هایی که آب موجود در آن‌ها بیشتر از SMD بوده است و N: تعداد کل قوطی‌هاست.

1. Potential Efficiency of Low Quarter
2. Application Efficiency of Low Quarter
3. Wind Drift and Evaporation Losses
4. Application Efficiency
5. Deep Percplation

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج و بحث

مقادیر شاخص‌های ارزیابی برای سیستم‌های مختلف آبیاری بارانی در جدول ۳ آمده است. مقادیر ضریب یکنواختی در سیستم‌های آبیاری بارانی دورانی A، B و کلاسیک ثابت به‌ترتیب برابر ۸۴٫۳۴، ۸۸٫۳۶ و ۶۵٫۵۲ درصد محاسبه شد. از این مقادیر، می‌توان تشخیص داد که سیستم آبیاری دورانی B بالاترین یکنواختی و سیستم کلاسیک ثابت به دلایل فاصلهٔ زیاد آبپاش‌ها (۲۴*۲۴)، تأثیرپذیری زیاد توزیع پخش از باد و عدم تأمین فشار مورد نیاز سر آبپاش‌ها (۴ اتمسفر) کمترین یکنواختی را داشته است. توضیح اینکه در سیستم آبیاری بارانی دورانی از آبپاش‌های عصایی با طول بلند، که به نزدیک سطح زمین می‌رسند، جهت جلوگیری از تأثیرپذیری باد استفاده شده است.

جدول۳. نتایج مقادیر محاسبه‌شدهٔ شاخص‌های ارزیابی برای سیستم‌های مختلف آبیاری بارانی

نوع سیستم	DP	WDEL	Ea	PELQ	DU	CU
دورانی A	۰	۹	۹۰	۶۳٫۱۱	۷۸٫۹	۸۴٫۳۴
دورانی B	۷٫۱۴	۸٫۵	۸۰٫۸۵	۷۴٫۲۸	۸۲٫۸۳	۸۸٫۳۶
کلاسیک ثابت	۱۴٫۱۲	۱۲٫۷۳	۶۹٫۱۵	۴۷٫۵	۵۱٫۴۷	۶۵٫۵۲

در شکل‌های ۱ و ۲ مقادیر آب جمع‌شده در طول بازوی آبیاری دورانی سیستم‌های A و B ترسیم شده است. شایان ذکر است موج سینوسی ابتدای منحنی به دلیل خرابی آبپاش و نشت زیاد آب از آن است. با توجه به این دو شکل، می‌توان فهمید که نوسانات مقادیر آب جمع‌شده در طول بازو به غیر از نقاط ابتدایی و انتهایی در سیستم دورانی A نسبت به میانگین وزنی خود، کمتر از سیستم دورانی B است. در شکل‌های ۳ و ۴ توزیع رطوبت در خاک، در طول بازوی آبیاری دورانی سیستم‌های A و B رسم شده است. مقادیر ضریب یکنواختی برای توزیع رطوبت خاک، بعد از آبیاری در هر دو سیستم، محاسبه شد و به‌ترتیب برای سیستم آبیاری دورانی A و B، ۸۱٫۳۵ و ۸۵٫۷۷ به‌دست آمد.

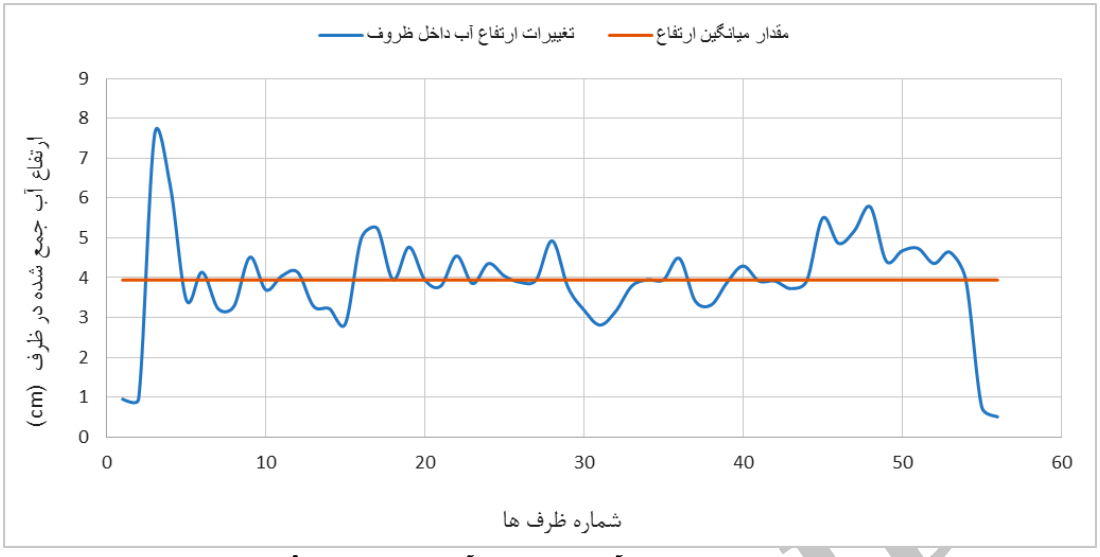
مقادیر متوسط راندمان پتانسیل ربع پایین برای سیستم آبیاری بارانی دورانی A، B و کلاسیک به‌ترتیب برابر با ۶۳٫۱۱، ۷۴٫۲۸ و ۴۷٫۵ درصد است. از آنجا که همهٔ سیستم‌ها تحت مدیریت بهره‌وری و نگهداری واحدی هستند، می‌توان بالابودن راندمان پتانسیل ربع پایین دستگاه B را به طراحی بهتر سیستم نسبت داد. البته عواملی مثل شکستگی بال، نشت از محل اتصالات، گرفتگی آبپاش‌ها و... نمی‌تواند بدون تأثیر باشد. مقادیر آب داده‌شده به زمین تقریباً کمتر از SMD بوده است (به‌جز بعضی از نقاط که آن‌ها هم در مقادیر یک‌چهارم پایین قرار نمی‌گیرند). همین‌طور مقدار فرونشت عمقی برای سیستم A وجود ندارد و برای سیستم B کم است. این مسئله به مساوی شدن مقادیر راندمان پتانسیل ربع پایین و راندمان واقعی ربع پایین منجر شده است که با منابع مرجع در این خصوص همخوانی دارد (Ghasemzadeh, 1991).

در هر دو سیستم آبیاری بارانی دورانی، از لحاظ وجود رواناب به علت مناسب‌بودن شیب، متراکم‌نشدن خاک مزرعه در طول زمان و شدت پخش مناسب، تلفات آب به صورت رواناب مشاهده نشد. با توجه به ویژگی‌های خاک مزرعه، مثل بافت و ظرفیت نگه‌داشت آب در خاک، سیستم آبیاری بارانی دورانی A بدون فرونشت عمقی بود و در سیستم آبیاری بارانی دورانی B نیز به مقدار کم (۷٫۱۴ درصد) اندازه‌گیری شد.

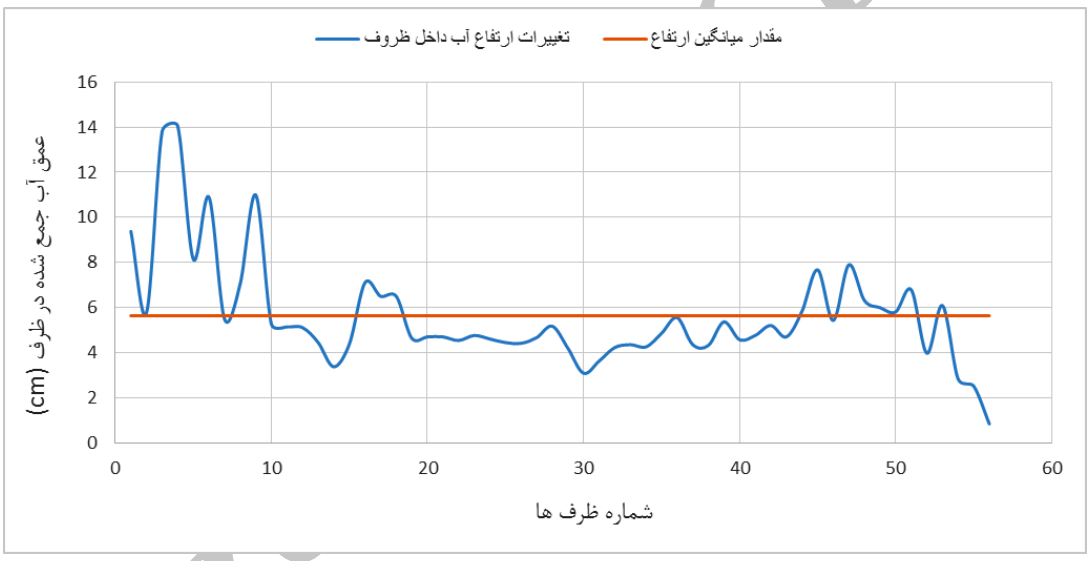
راندمان کاربرد و پتانسیل ربع پایین در آبیاری بارانی حدود ۶۵ تا ۸۵ درصد توصیه شده است (Merriam *et al.*, 1978). متوسط این مقدار در سیستم‌های آبیاری بارانی دورانی A، B و کلاسیک به‌ترتیب برابر ۹۰، ۸۰٫۸۵ و ۶۹٫۱۵ است. کمتربودن راندمان کاربرد سیستم کلاسیک نسبت به دو سیستم آبیاری دورانی را می‌توان به رعایت‌نکردن صحیح پارامترهای طراحی، با توجه به وضعیت اقلیمی منطقه، مثل سرعت باد، نسبت داد. دوباره یادآوری می‌شود که سیستم‌های فوق از مدیریت نگهداری و بهره‌وری یکسانی برخوردار بوده‌اند؛ هرچند که عواملی مثل شکستگی، نشت از محل اتصالات و گرفتگی آبپاش‌ها بی‌تأثیر نیست. به‌طورکلی، می‌توان گفت که در مزرعهٔ آموزشی دانشگاه تهران سیستم آبیاری بارانی دورانی B با داشتن یکنواختی توزیع (۸۸٫۳۶ درصد) و راندمان کاربرد آب (۸۰٫۸۵ درصد) نسبت به سایر سیستم‌ها کارایی بیشتری دارد.

Archive of SID

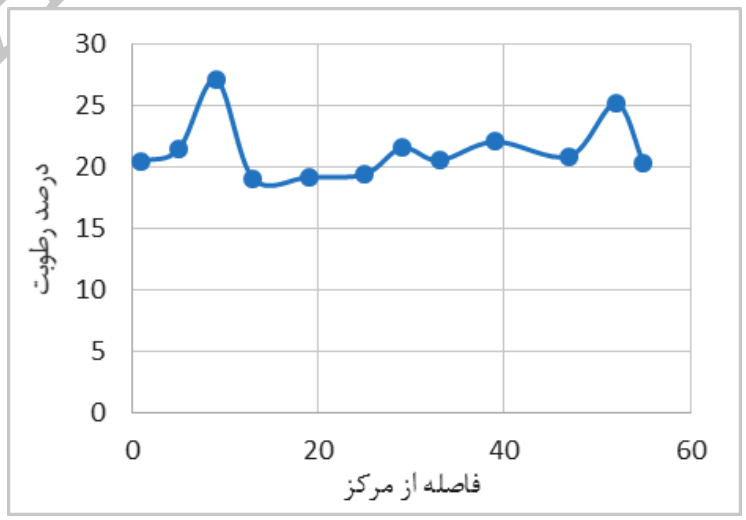
www.SID.ir



شکل ۱. تغییرات ارتفاع آب در طول بازوی آبیاری بارانی دورانی A

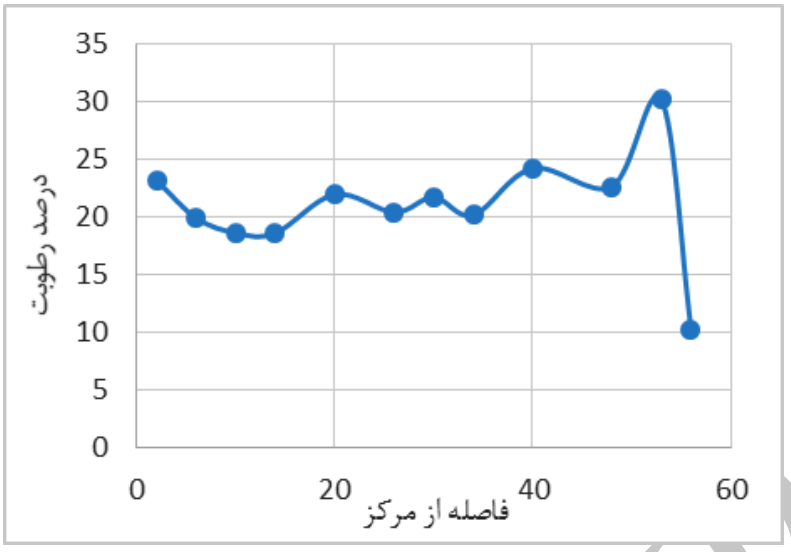


شکل ۲. تغییرات ارتفاع آب در طول بازوی آبیاری بارانی دورانی B

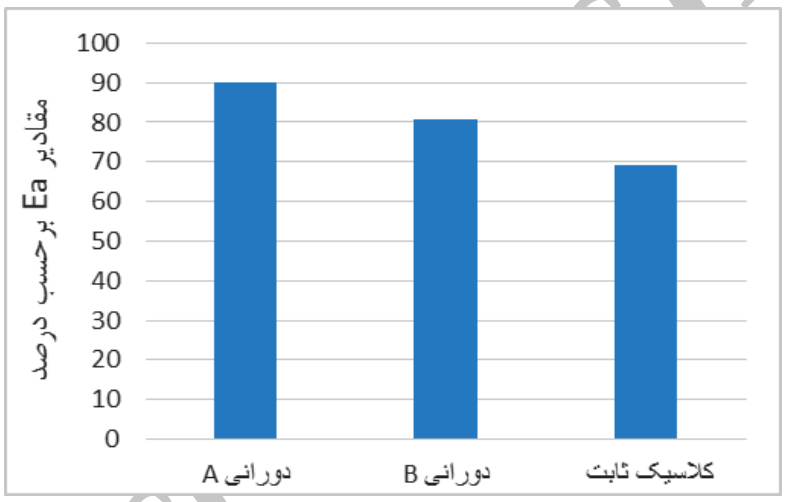


شکل ۳. توزیع رطوبت خاک زیر بازوی آبیاری بارانی دورانی B

www.SID.ir



شکل ۴. توزیع رطوبت خاک زیر بازوی آبیاری بارانی دورانی A



شکل۵. مقادیر Ea در سیستم‌های آبیاری ارزیابی‌شده

شکل۶. مقادیر شاخص‌های ارزیابی در سیستم‌های مختلف آبیاری بارانی

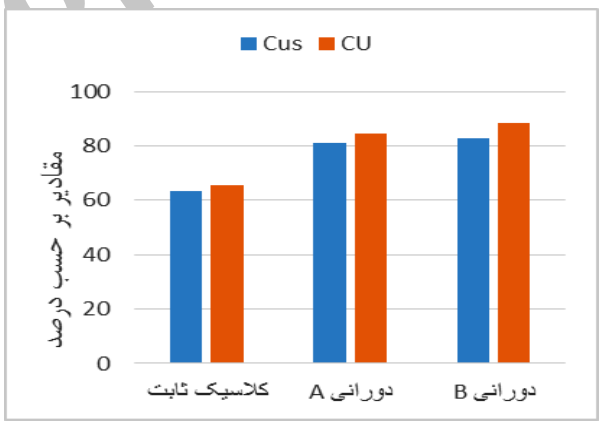
www.SID.ir

به منظور نسبت دادن ضرایب یکنواختی محاسبه‌شده در بلوک‌های آزمایش به کل سیستم از پارامترهای CUs، DUs، PELQs و AELQs استفاده شد و نتایج آن در مقایسه با اندازه‌گیری‌های صحرایی در شکل ۷، ۸، ۹ و ۱۰ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل‌ها مشخص است، مقادیر تصحیح‌شدهٔ پارامترها از مقادیر اندازه‌گیری‌شده کمتر است. همچنین، مقادیر Pmin، Pmax، Pmean و ER، که برای این محاسبه‌ها نیاز است، در جدول ۴ آورده شده است.

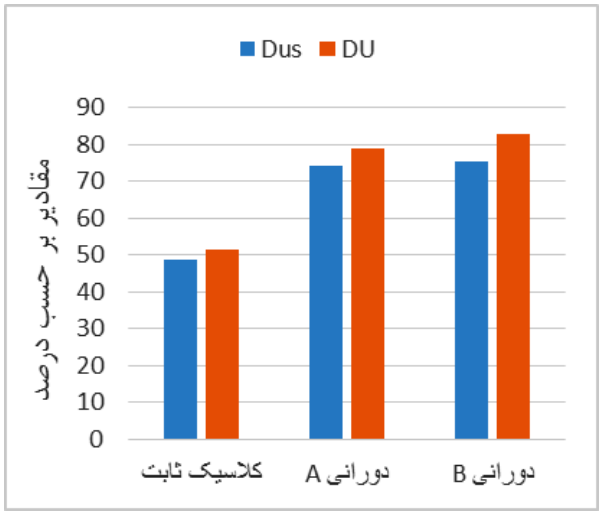
در جدول ۵ نیز، نتایج ارزیابی دیگر محققان از سیستم‌های مطالعه‌شده در تحقیق حاضر آورده شده است.

جدول ۴. مقادیر حداقل، متوسط و حداکثر فشار و ضریب کاهش راندمان

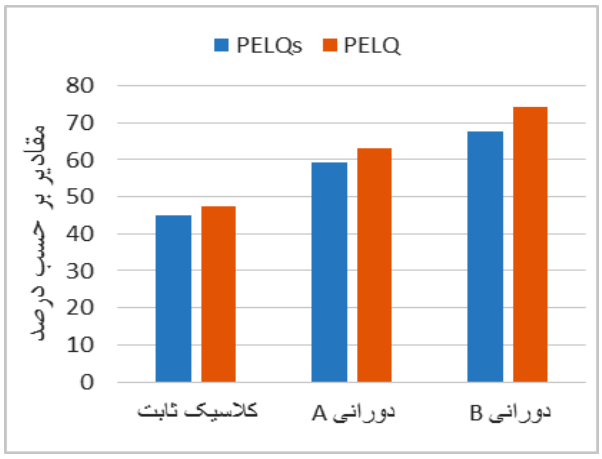
نوع سیستم	ER	Pmean	Pmax	Pmin
کلاسیک ثابت	۰٫۰۵۹	۴٫۰۵	۴٫۶	۳٫۵
دورانی A	۰٫۰۹۱	۱٫۹۰۵	۲٫۱۹	۱٫۶۲
دورانی B	۰٫۰۵۴	۱٫۹۷	۲٫۴۲	۱٫۲۵



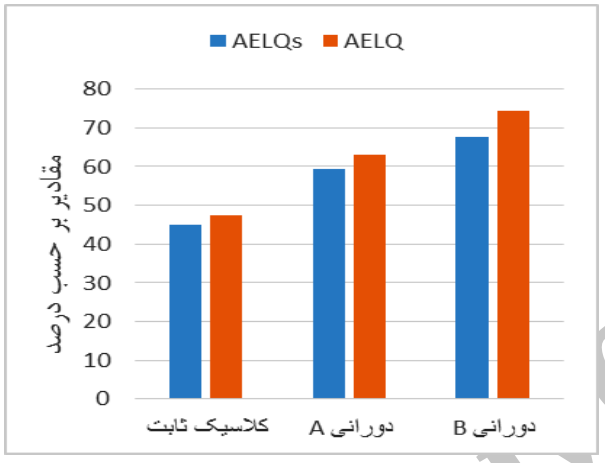
شکل ۷. مقایسهٔ مقادیر CU و CUs برای انواع سیستم



شکل ۸. مقایسهٔ مقادیر DU و DUs برای انواع سیستم



شکل ۹. مقایسهٔ مقادیر PELQ و PELQs برای انواع سیستم



شکل ۱۰. مقایسهٔ مقادیر AELQ و AELQs برای انواع سیستم

جدول ۵. نتایج ارزیابی سیستم‌های مطالعه‌شده در مقایسه با نتایج سایر محققان

پارامترهای ارزیابی‌شده	فاریابی، دهگلان (۱۳۸۹) سیستم کلاسیک	سهرابی، دشت قزوین (۱۳۸۹) سیستم دورانی	سهرابی، دشت قزوین (۱۳۸۹) سیستم کلاسیک	محمودی، زنجان (۱۳۹۰) سیستم کلاسیک	محمودی، زنجان (۱۳۹۰) سیستم دورانی
CU	۶۶٫۰۴	۸۸٫۲	۶۵٫۱	۷۲٫۶	-
DU	۵۰٫۶۲	۸۱٫۲	۵۲٫۶	۶۵٫۷۵	۵۶٫۶
PELQ	۴۴٫۸۰	۷۷٫۲	۴۴٫۶	۴۰٫۸	۶۰٫۷۴
AELQ	۴۳٫۷۸	۵۶٫۴	۴۴٫۶	۴۰٫۸	۶۰٫۷۴
WDEL	۱۱٫۲۲	-	-	۳۷٫۸۹	۷٫۴۱
DP	۳۹٫۳۰	-	-	۲۹٫۵	۲٫۴

نتیجه‌گیری

با توجه به شاخص‌های ارزیابی، سیستم آبیاری بارانیِ دورانی B با ضریب یکنواختی ۸۸٫۳۶ و راندمان پتانسیل ربع پایین ۷۴٫۲۸ عملکرد بهتری از سایر سیستم‌ها دارد. با توجه به ویژگی‌های خاک مزرعه، سیستم آبیاری بارانی دورانی A بدون فرونشت عمقی (DP=0) بوده، ولی تلفات بادبردگی آن ۹درصد است. این

www.SID.ir

امر می‌تواند ناشی از نوع آبپاش آن (Nelson-R3000) باشد که ذرات پاشش آن ریزتر است. توزیع رطوبت خاک زیر بال آبیاری سیستم‌های A و B بالا و با ضرایب یکنواختی پاشش هر دو سیستم همخوانی دارد. شاخص‌های ارزیابی نشان می‌دهند که عملکرد هیدرولیکی سیستم کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک نسبت به سایر روش‌ها پایین‌تر است. با توجه به اینکه مدیریت نگهداری و بهره‌برداری همهٔ سیستم‌ها یکسان است، می‌توان نتیجه گرفت که علاوه بر مشکلات مدیریتی و مسائل فنی و اجرایی مثل شکستگی، نشت و... کیفیت طراحی پایین‌تری داشته است. مقادیر آب داده‌شده به زمین برای دو سیستم آبیاری بارانی دورانی A و B تقریباً کمتر از SMD بوده است (به‌جز بعضی از نقاط که آن‌ها هم در مقادیر یک‌چهارم پایین قرار نمی‌گیرند) و همین‌طور مقدار فرونشت عمقی برای سیستم A وجود ندارد و برای سیستم B کم است. این مسئله به مساوی‌شدن مقادیر راندمان پتانسیل ربع پایین و راندمان واقعی ربع پایین منجر شده است.

REFERENCES

Sohrabi,T. Ebrahimi, H. (1999). Survey and evaluation function of sprinkler irrigation systems in Khorasan's farms. Journal of Iran agriculture science, 30(1), 175-188. (In Farsi)

Mustafazadeh-Fard, B. Taghva, S. (2006). Evaluation of different sprinkler irrigation systems in East Azarbaiejan Province. Agricultural research: water, soil and plant in agriculture, 6(4), 39-48. (In Farsi)

Najafi Mod, M. Montazer, A. (2007). Evaluation of sevral applied pressurized irrigation system design in south Khorasan. Journal of agriculture and national resources, 14(1), 12-24. (In Farsi)

Faryabi, A. Marufpur, A. Ghamarnia, H. (2010). Survey and evaluation function of Dehgelan plain, Kordestan fixed classic sprinkler irrigation. Journal of science and technology of agriculture and natural resources, water and soil sciences, 4(54), 1-16. (In Farsi)

Fardad, H.(1990) Irrigation. Tehran: Katibeh (In Farsi)

Mohamadi, M. (2011). Technical evaluation of sprinkler irrigation in Ghidar plain. Second national conference applied researches of Iran's water resources, Zanjan, Iran. (In Farsi)

Ghasemzadeh Mojaveri, F. (1990) Evaluation of Field Irrigation Systems. Mashhad: Astan Ghods Razavi. (In Farsi)

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

Dechmi, F., Playan, E., Faci, J. M., Tarjuelo, M. and Bercero, A. 2002. Analysis of an irrigation district in northeastern spain: II, Irrigation evaluation, simulation and scheduling, Elsevier, Agricultural Water Management, No.61. PP: 93-109.

Jose Fernando Ortega Alvarez, Jose Maria Tarjuelo Martin-Baito, Jose Arturo De Juan Valero, and Pedro Carrion Perez. 2004. Uniformity distribution and its economic effect on irrigation management in semi-arid zone., Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Vol.130 (4).

Schneider, A. D. 2000. Efficiency and uniformity of the LEPA and spray sprinkler methods: Review, American Society of Agricultural Engineering, Vol.43 (4): 937-944.

Tarjuelo, J. M., Montero, J., Honrubina, F. T., Ortiz, J. J., and Ortega, J. F. 1999. Analysis of uniformity of sprinkler irrigation in a semi-arid area. Elsevier Science, Agricultural Water Management. No.40. PP: 315-331.

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir