

## ارزیابی فنی سیستم‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آب‌پاش متحرک (AMBOO, VYR155) در شهرستان اقلید- فارس

سمانه کاظمی<sup>۱</sup>، سعید برومندنسب<sup>۲</sup> و زهرا ایزدپناه<sup>۳</sup>

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲- نویسنده مسئول، استاد دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز boroomand@scu.ac.ir

۳- استادیار دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

پذیرش: ۱۳۹۶/۷/۱۷

بازنگری: ۱۳۹۶/۷/۱۲

دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۳۰

### چکیده

دقت در طراحی و مدیریت صحیح سیستم‌های آبیاری بارانی از عوامل مهم در توسعه و بهبود آن‌هاست. بنابراین در این پژوهش، به بررسی نحوه طراحی، اجرا و بهره‌برداری از سیستم‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آب‌پاش متحرک در شهرستان اقلید در فارس پرداخته شد. برای این منظور، هشت سیستم به‌عنوان نمونه انتخاب شد. برای ارزیابی این سیستم‌ها از معیارهای ضریب یکنواختی کریستیانسن (CU)، یکنواختی توزیع (DU)، بازده پتانسیل کاربرد در ربع پایین (PELQ)، بازده واقعی کاربرد در ربع پایین (AELQ)، بازده کاربرد (Ea)، بازده ترکیبی (Ec)، تلفات تبخیر و بادبردگی (WDEL) و تلفات نفوذ عمقی (DP) استفاده شد. مقادیر متوسط شاخص‌های CU، AELQ، PELQ، DU، EA، EC، WDEL و DP به ترتیب برابر ۷۳/۳۷، ۶۱/۸۲، ۵۴/۵۱، ۵۰، ۵۲/۳۱، ۵۰، ۸۲/۱، ۱۲/۸۴ و ۵/۳۲ درصد به دست آمد. نتایج این تحقیق بیانگر این بود که دلیل پایین بودن PELQ و AELQ مشکلات مربوط به طراحی و بهره‌برداری است. براساس نتایج، می‌توان با کاهش فواصل آب‌پاش‌ها، تنظیم فشار و عدم استفاده از تعداد زیاد آب‌پاش به‌طور هم‌زمان، یکنواختی توزیع را افزایش داد. همچنین با کاهش مدت زمان آبیاری، تلفات آبیاری کاهش و بازده کاربرد آب در سیستم افزایش می‌یابد.

کلیدواژه‌ها: اقلید، بازده پتانسیل کاربرد، ضریب یکنواختی کریستیانسن.

### مقدمه

به مدیر کمک می‌کند که تصمیم بگیرد آیا بهره‌برداری از سامانه آبیاری به صورت فعلی ادامه یابد یا نیاز به اصلاح آن می‌باشد (Salem, 2010). ارزیابی روش‌های آبیاری شامل تعیین بازده واقعی کاربرد آب، بررسی روش مدیریت مزرعه و به‌دست آوردن حداکثر عملکرد واقعی سیستم است. به‌منظور افزایش بازده آبیاری، در صورتی که مدیریت مزرعه و یا بازده واقعی سیستم پایین باشد، با اتخاذ تدابیری می‌توان به پتانسیل عملکرد واقعی سیستم رسید (Baradaranhazave et al., 2006).

Malekpoor et al. (2015) تحقیقی مبنی بر ارزیابی سیستم‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آب‌پاش متحرک در دشت قزوین انجام دادند. نتایج نشان داد که در هیچ یک از مزارع تحت مطالعه، محدودیتی در کیفیت آب و خاک وجود ندارد و بازده پتانسیل کاربرد، ضریب یکنواختی و یکنواختی توزیع در حدود توصیه شده قرار دارند. Ci v Se marde and ba yazidi. (2011) در مطالعه‌ای روی سیستم‌های آبیاری بارانی در مهاباد میانگین مقادیر ضریب یکنواختی کریستیانسن، یکنواختی توزیع، بازده کاربرد و پتانسیل در ربع پایین سامانه را به- ترتیب برابر ۶۶/۴، ۵۲/۲، ۴۵/۸ و ۴۵/۸ درصد به دست آوردند. نتایج نشان داد پایین بودن ضرایب یکنواختی به‌علت سرعت باد و

آب منبعی محدود و البته ضروری برای جوامع بشری و سیستم اکولوژیکی وابسته به آن است. با رشد جمعیت و توسعه اقتصادی در بسیاری از کشورها و مناطق جهان، این منبع بارزش به شکلی فزاینده رو به کاهش است (Soltani Mohammadi et al., 2013). کمبود منابع آب در اکثر کشورهای جهان باعث شده است که زارعین به‌جای روش‌های سنتی از روش‌های تحت‌فشار استفاده کنند تا بر مصرف آب کنترل بیشتری داشته باشند (Alizade, 2009a). با توجه به شرایط اقلیمی ایران، محدودیت منابع آبیاری، پایین بودن بازده آبیاری در روش‌های سنتی، از یک طرف، و وجود عرصه‌های توسعه زمین‌های آبی و نیاز روز افزون به مواد غذایی از طرف دیگر، کاربرد روش‌های آبیاری تحت‌فشار را به‌عنوان یکی از مؤثرترین راه‌های استفاده بهینه از منابع آب موجود اجتناب‌ناپذیر می‌نماید (Baradaranhazave et al., 2006). با توجه به مشکلات طرح‌های اجرا شده در مناطق مختلف، روش منطقی این است که پس از طراحی و اجرای یک پروژه آبیاری، عملکرد آن در دوره بهره‌برداری از سیستم بررسی شود و به این ترتیب مشکلات سیستم آبیاری مشخص شود. اهمیت ارزیابی به‌خاطر این است که

آب‌پاش‌ها بر یکنواختی توزیع آب در سیستم آبیاری بارانی در لن کائنی اورگان پرداختند. نتایج نشان داد با تعویض آب‌پاش‌های نو به جای آب‌پاش‌های فرسوده شدت پاشش از ۱۰/۱ به ۸/۳ میلی متر در ساعت کاهش و یکنواختی توزیع از ۸۲ به ۸۸ درصد افزایش می‌یابد. Montero et al. (2003) بیان نمودند فشار کارکرد، اصلی‌ترین عامل سیستمی موثر بر توزیع آب در آبیاری بارانی است.

در سال‌های اخیر روش‌های آبیاری تحت فشار به خصوص آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آب‌پاش متحرک در استان فارس به خصوص شهرستان اقلید توسعه بسیار زیادی داشته است. از آنجا که ماهیت مسایل کشاورزی تحت تأثیر عوامل متعددی قرار دارد و هر گونه تغییر و تحولی بایستی با احتیاط کامل صورت گیرد و با توجه به اشکال‌های موجود در طراحی، اجرا، مسایل اجتماعی، اقتصادی و کمبود آب، ارزیابی عملکرد سیستم‌ها امری ضروری به نظر می‌رسد. هدف از مطالعه حاضر، از یک سو تعیین کارایی سیستم پس از اجرا تعیین حداکثر بازده آبیاری سیستم و تفاوت آن با میزان موجود در شرایط مزرعه است.

### مواد و روش‌ها

#### معرفی منطقه مورد مطالعه

استان فارس با وسعت ۱۲۲ هزار کیلومتر مربع (۴/۷ درصد از مساحت کل کشور) پس از استان‌های سیستان و بلوچستان و کرمان و یزد چهارمین استان از نظر وسعت در کشور می‌باشد. شهرستان اقلید با وسعت ۷۰۵۴ کیلومتر مربع قریب به ۷/۵ درصد کل مساحت خاکی استان فارس را به خود اختصاص داده است. این شهرستان دارای دو نقطه شهری اقلید و سده، سه بخش، نه دهستان و هشتاد روستا می‌باشد. محدوده‌ی جغرافیایی آن ۵۲ درجه و ۵۵ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۱۳ دقیقه عرض شمال است. از شمال به شهرستان آباد، از جنوب به شهرستان مرودشت و سپیدان، از شرق به شهرستان خرمبید و از غرب به استان‌های اصفهان و کهگیلویه و بویراحمد محدود می‌شود. در شکل (۱) محدوده‌ی جغرافیایی شهرستان اقلید آرایه شده است.

ضعف در طراحی سیستم آبیاری می‌باشد. Mikhakbayranvand et al. (2014) در بررسی بازده سیستم‌های آبیاری بارانی خرم‌آباد به این نتیجه رسیدند که همه‌ی سیستم‌ها دارای بازده کاربرد و بازده ترکیبی اندک بودند. Yousefifard et al. (2014) عملکرد سیستم‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت شهرستان کوه‌دشت را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج حاصل از ارزیابی نشان داد که در یکی از مزارع مقدار ضریب یکنواختی توزیع ۷۰ درصد و میزان یکنواختی توزیع ۴۷ درصد است. این ضرایب برای مزرعه دوم به ترتیب برابر ۷۹ و ۵۷ درصد به دست آمد که از مقادیر پیشنهادی مریام و کلر کمتر بودند. Sanaei (2013) در ارزیابی سیستم‌های بارانی در استان کرمان، پارامترهای بازده کاربرد، بازده پتانسیل و واقعی کاربرد در ربع پایین، یکنواختی توزیع در ربع و نصف پایین، ضریب یکنواختی کریستیانسن، کفایت آبیاری در سیستم‌های کلاسیک ثابت با آب‌پاش متحرک را به ترتیب برابر ۳۹/۹، ۲۳/۷۱، ۴۹/۶۱، ۵۷/۳۶، ۷۰/۴۶، ۷۰/۰۴، ۳۴/۷۴ درصد به دست آوردند. Najafimood et al. (2007) نه سیستم آبیاری بارانی را در استان خراسان جنوبی مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد عمده‌ترین دلایل پایین بودن یکنواختی توزیع و بازده در سیستم‌ها، کیفیت نامناسب و غیر استاندارد بودن وسایل و تجهیزات، تغییرات فشار بیش از حد مجاز طراحی و شرایط اقلیمی از قبیل بادهای شدید، گرمای هوا و پایین بودن رطوبت نسبی می‌باشد.

در تحقیق Bavi et al. (2009) گزارش شد که بازده کاربرد آب در سامانه‌های آبیاری بارانی قبل از هر چیز به وسیله میزان تلفات تبخیر و باد کنترل می‌شود. Yacoubi et al. (2012) در پژوهشی بیان نمودند سرعت باد و رطوبت نسبی از متغیرهای مهم و مؤثر بر تلفات تبخیر و بادبردگی می‌باشد. Topak et al. (2005) عملکرد سیستم آبیاری بارانی کلاسیک نیمه‌متحرک در یکی از مناطق با اقلیم نیمه‌خشک در ترکیه را مورد ارزیابی قرار دادند. در این تحقیق میانگین ضریب یکنواختی کریستیانسن و بازده پتانسیل کاربرد در ربع پایین ۸۶/۷ و ۸۰/۶ است. Louie و Selker (2000) به بررسی اثرات عملکرد

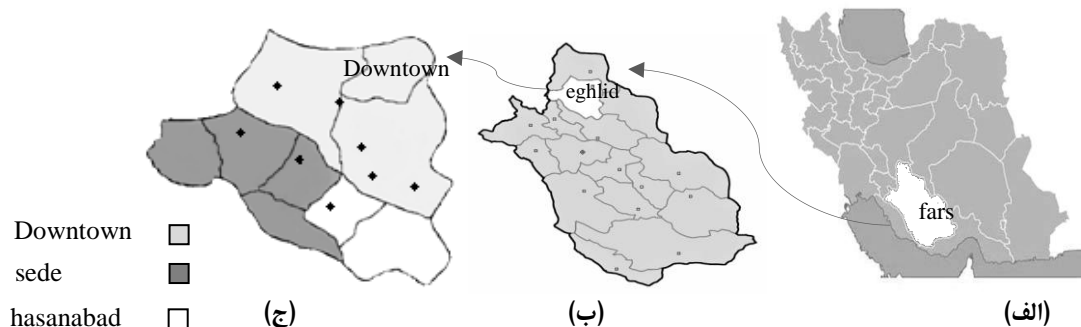


Fig 1- Geographic location of Fars province (a), Eghlid city (b), Different parts and the central point of the city(c)

شکل ۱- (A) موقعیت جغرافیایی استان فارس، (B) شهرستان اقلید، (C) بخش‌های مختلف و نقطه مرکزی شهرستان

### روش انجام تحقیق

در این مطالعه، عملیات مزرعه‌ای در تابستان سال ۱۳۹۴ در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور، در نیمه اول روز، در هشت مزرعه انجام شد. سیستم‌های آبیاری از هشت روستای واقع در اقلید به‌طور کاملاً تصادفی و با پراکنش قابل قبول انتخاب شد. به‌گونه‌ای که حداقل یک فصل زراعی از بهره‌برداری آن‌ها سپری شده بود. مشخصات سیستم‌های آبیاری بارانی مورد ارزیابی در جدول (۱) ارائه شده است. در هر مزرعه، علاوه بر پرسش‌نامه که توسط مسئول آبیاری تکمیل گردید، از سیستم‌ها بازدید شد تا از صحت پاسخ‌های داده شده اطمینان حاصل شود. پس از بازدید به جمع‌آوری اطلاعات اولیه و اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای پرداخته شد. اطلاعات اولیه شامل نقشه طرح، توپوگرافی زمین، مشخصات سیستم نظیر منابع تامین آب از نظر کمی و کیفی، پمپاژ، لوله‌های اصلی، آب‌پاش‌ها و ... بود. اندازه‌گیری پارامترهای گیاهی و پارامترهای اقلیمی شامل اندازه‌گیری عمق ریشه به‌وسیله خطکش، سرعت باد، تبخیر، رطوبت و درجه حرارت از نزدیک‌ترین ایستگاه بود.

جدول (۲) خلاصه مشخصات ماهانه هواشناسی اقلید سال ۱۳۹۴ را نشان می‌دهد. پارامترهای اندازه‌گیری شده خاک شامل بافت خاک (به روش هیدرومتری و استفاده از مثلث بافت خاک)، جرم مخصوص ظاهری، هدایت الکتریکی، اسیدیته خاک اشباع، کمبود رطوبتی خاک، سرعت نفوذپذیری نهایی خاک (به روش ساده با آب‌پاش منفرد) بودند. میزان آبی که باید به خاک داده شود تا رطوبت خاک به ظرفیت زراعی برسد را کمبود رطوبت خاک (SMD) می‌نامند. جهت اندازه‌گیری کمبود رطوبتی خاک،

نمونه خاک قبل از زمان آبیاری و در حد ظرفیت زراعی (FC) برداشت شد. جهت اندازه‌گیری (FC)، از دسته‌ای که قبلاً آبیاری شده بود (مثلاً ۸ ساعت پیش، ۱۶ ساعت پیش، یک روز قبل، دو روز قبل و...) نمونه برداشت شد و رطوبتی که تقریباً حد ثابتی داشت، به‌عنوان رطوبت (FC) عنوان شد. سپس از رطوبت‌های دو روز آخر میانگین گرفته و رطوبت در حد ظرفیت زراعی (FC) به‌دست آمد. جدول (۳) برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مناطق مورد مطالعه را نشان می‌دهد. برای اندازه‌گیری دبی آب‌پاش از یک ظرف ۲۰ لیتری، دو و گاهی سه قطعه شیلنگ ۱/۵ متری (با توجه به نوع آب‌پاش) و زمان سنج استفاده شد. به‌منظور اندازه‌گیری فشار آب‌پاش از لوله پیتو و فشارسنج متصل به آن استفاده گردید.

برای اندازه‌گیری توزیع آب در مزرعه، از لوله جانبی که در وسط مزرعه قرار داشت و مکانی که دارای فشار متوسط در طول لوله جانبی بود، استفاده شد (Merriam and Keller, 1978). بعد از تعیین محل مناسب انجام آزمایش، مساحت بین دو آب‌پاش (مساحت بلوک آزمایش) با استفاده از متر نواری و میخ‌های چوبی به فواصل ۵×۵ متری ( $\frac{1}{6}$  فاصله آب‌پاش‌ها) شبکه‌بندی شد. در نهایت ۵۰ عدد قوطی جمع‌آوری آب هم‌اندازه و یکسان با قطر و ارتفاع ۱۴/۴ و ۱۲ سانتی‌متر در نقاط شبکه قرار داده شد. بعد از پایان مدت آزمایش (۱/۵ تا ۲/۵ ساعت)، بلافاصله حجم آب جمع‌شده در قوطی‌ها با استفاده از استوانه مدرج قرائت شد. در شکل (۲) ترتیب قرار گرفتن قوطی‌ها در اطراف آب‌پاش‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات سیستم‌های آبیاری بارانی مورد مطالعه

Table 1- Specifications of the studied sprinkler irrigation systems

System code	Village	System type	product type	Area	Water supply	Sprinkler distances	Sprinkler Model
GW <sub>1</sub>	Shahrmijan	Fixed classic	Clover	25	Agricultural wells	25*25	VYR155
GW <sub>2</sub>	Khonjegesht	Fixed classic	Wheat	10	Agricultural wells	25*25	AMBOO
GW <sub>3</sub>	Cheshmeran a	Fixed classic	potato	5	Agricultural wells	25*25	VYR155
GW <sub>4</sub>	Nezamabad	Fixed classic	Sugar beet	10	Agricultural wells	25*25	VYR155
GW <sub>5</sub>	Hasanabad	Fixed classic	potato	8	Agricultural wells	25*25	VYR155
GW <sub>6</sub>	Namdan	Fixed classic	Alfalfa	10	Agricultural wells	25*25	AMBOO
GW <sub>7</sub>	Aspas	Fixed classic	Wheat	10	Agricultural wells	25*25	VYR155
GW <sub>8</sub>	Sede	Fixed classic	potato	5	Agricultural wells	25*25	VYR155

جدول ۲- خلاصه مشخصات ماهانه ایستگاه هواشناسی اقلید در سال ۱۳۹۴

Table 2- Summary of the monthly details of the Eghlid meteorological station in 2015

month	Evaporation (mm)	Average humidity(%)	Rain (mm)	Temperatures (Centigrade)			wind speed (m/s)
				Maximum	minimum	medium	
April	167.2	40	68.4	23	-2.2	12.2	1.9
May	302.2	34	15.2	27.4	3	16.5	2.3
June	427.3	22	0	33	10.4	21.8	1.7
July	408.5	24	6.9	33	13.2	23.6	1.52
August	312.6	26	3.7	31	12.4	21.5	1.58
September	237.6	32	6.2	32	10	19.8	5.5
October	217	26	0	27	6	17	1.53
November	168	43	32.6	32.8	-2.4	10.4	2.22
December	0	45	21.4	17	-8.6	4.2	1.78
January	0	47	90.7	14.4	-8	3.5	2.11
February	0	43	17.4	14.4	-10.2	2.7	2.29
March	91.2	37	17.2	19	-5.6	8.8	2.28

جدول ۳- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزارع

Table 3- Some physical and chemical properties of soil

System code	Soil pattern	Bulk density ( $\frac{gr}{cm^3}$ )	Electrical conductivity $EC(\frac{dS}{m})$	Acidity of saturated soil	Soil Moisture Deficit (mm)	Ultimate Permeability Rate ( $\frac{cm}{hr}$ )
GW <sub>1</sub>	loamy Clay	1.34	0.580	7.95	49	1.92
GW <sub>2</sub>	Sandy loamy	1.35	0.480	7.57	21	5.1
GW <sub>3</sub>	loamy Clay Silati	1.3	0.365	7.52	42	1.46
GW <sub>4</sub>	loamy Clay	1.14	0.99	7.55	38.9	1.32
GW <sub>5</sub>	loamy	1.2	0.739	8.35	68.7	1.9
GW <sub>6</sub>	loamy Clay	1.3	0.5	8.17	48.4	1.53
GW <sub>7</sub>	loamy Clay	1.12	0.69	7.46	42.1	1.22
GW <sub>8</sub>	Clay Silty	1.21	0.6	7.95	13	0.8

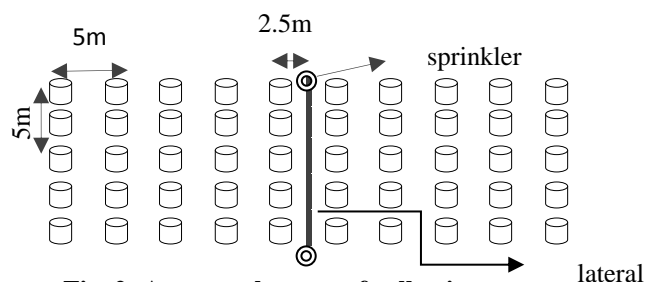


Fig. 2- Arrange the cans of collecting water  
 شکل ۲- ترتیب قرار گرفتن قوطی‌های جمع‌آوری آب

$$CU = \left(1 - \frac{\sum |D_i - \bar{D}|}{\bar{D} \times n}\right) \times 100 \quad (1)$$

که در این رابطه  $D_i$ : عمق آب در هر یک از قوطی‌ها (میلی‌متر)،  $\bar{D}$ : متوسط عمق آب جمع‌شده در قوطی‌ها (میلی‌متر) و  $n$ : تعداد قوطی‌ها می‌باشد.  
 یکنواختی توزیع آب در ربع پایین (Distribution Uniformity) (DU) (درصد) نیز از رابطه (۲) برای تمام مزارع

#### شاخص‌های مورد ارزیابی

پس از جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز از اندازه‌گیری‌های مزرعه-ای، ضریب یکنواختی کریستیانسن، یکنواختی توزیع ربع پایین و نصف پایین، بازده واقعی و پتانسیل کاربرد آب در ربع پایین برای هر یک از مزارع آزمایشی به شرح زیر محاسبه گردید. جهت محاسبه ضریب یکنواختی کریستیانسن (Christensen Uniformity Coefficient) (CU) (درصد) از رابطه (۱) استفاده شد. (Merriam and Keller, 1987).

$$AELQ_s = (1 - ER) \times AELQ \quad (۸)$$

در روابط (۷) و (۸)،  $PELQ_s$  و  $AELQ_s$  به ترتیب بازده پتانسیل و واقعی کاربرد در کل سیستم آبیاری (درصد) می باشد و ER ضریب کاهش بازده می باشد که از رابطه (۹) به دست آمد:

$$ER = \frac{0.2 \times (P_{man} - P_{min})}{P_{mean}} \quad (۹)$$

که در رابطه بالا  $P_{max}$ ،  $P_{min}$  و  $P_{mean}$  به ترتیب حداکثر و حداقل و میانگین فشار (بار) است. در صورتی که میانگین یک چهارم آب ذخیره شده برابر یا کمتر از کمبود رطوبت خاک باشد، بازده واقعی با بازده پتانسیل کاربرد برابر می (Ghasemzade Mojaveri, 1970) آب در هنگام خروج از آب پاش ها به صورت قطرات ریز در آمده که در اثر باد از منطقه تحت آبیاری خارج می گردد و مقداری از آن نیز تبخیر می شود و به تاج پوشش گیاه نمی رسد که تلفات تبخیر و بادبردگی (Wind and Evaporation Losses) (WDEL) نامیده می شوند. تلفات تبخیر و بادبردگی از رابطه (۱۰) محاسبه شد (Dechmi et al., 2003).

$$WDEL = \left( \frac{D_r - \bar{D}}{D_r} \right) \quad (۱۰)$$

از روابط (۱۱) و (۱۲) برای محاسبه درصد نفوذ عمقی ( $D_p$ ) (Deep Percolation Losses)، به ترتیب برای دو حالت آبیاری کامل و ناقص استفاده شد:

$$D_p = \left( \frac{\bar{D} - SMD}{D_r} \right) \times 100 \quad (۱۱)$$

آبیاری ناقص:

$$D_p = \left( \frac{V_{zi} - (SMD \times AD_{irr} \times S_1 \times S_m)}{q \times T_{irr}} \right) \times 100 \quad (۱۲)$$

در این روابط  $S_m$ : فاصله لوله های فرعی از یکدیگر روی لوله اصلی (متر)،  $S_1$ : فاصله آب پاش ها از یکدیگر روی لوله فرعی (متر)،  $q$ : متوسط دبی آب پاش (مترمکعب بر ثانیه)،  $T_{irr}$ : مدت زمان آبیاری (ثانیه)،  $AD_{irr}$ : کفایت آبیاری (درصد) و  $V_{zi}$ : کل حجم آب نفوذ کرده در منطقه ای است که بیشتر یا مساوی با SMD آب خورده است (مترمکعب).

رابطه (۱۳) و (۱۴) به ترتیب کفایت آبیاری و کل حجم آب نفوذ کرده در خاک را نشان می دهد.

$$AD_{irr} = \left( \frac{N_i}{N} \right) \times 100 \quad (۱۳)$$

محاسبه شد، (Ghasemzade Mojaveri, 1970) (Merriam and Keller, 1987).

$$DU = \left( \frac{D_q}{D} \right) \times 100 \quad (۲)$$

که در آن  $D_q$ : متوسط عمق آب در یک چهارم کمترین مقادیر اندازه گیری شده (میلی متر) می باشد. برای نسبت دادن ضرایب یکنواختی محاسبه شده به کل سیستم، روابط (۳) و (۴) به کار گرفته شد (Topak et al., 2005).

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

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

که در این روابط  $DU_s$  و  $CU_s$  به ترتیب ضریب یکنواختی کریستیانسن و یکنواختی توزیع سامانه،  $P_{min}$  و  $P_{mean}$  به ترتیب حداقل و میانگین فشار (بار) می باشد.

برای تعیین بازده واقعی کاربرد در ربع پایین (Actual efficiency of Low Quarter) (AELQ) از معادله (۵) استفاده شد (Merriam and Keller, 1987) (Ghasemzade Mojaveri, 1970).

$$AELQ = \left( \frac{D_q}{D_r} \right) \times 100 \quad (۵)$$

در رابطه (۵)  $D_r$ : متوسط عمق آب آبیاری (اندازه گیری شده از سر نازل) (میلی متر) است. این رابطه زمانی استفاده می شود که کمبود رطوبتی خاک (Soil Moisture Deficit) بیشتر از متوسط عمق آب در یک چهارم کمترین مقادیر اندازه گیری شده باشد در غیر این صورت SMD به جای  $D_q$  در صورت کسر فوق قرار می گیرد. بازده پتانسیل کاربرد در ربع پایین (Potential Application Efficiency of Low Quarter) (PELQ) Quarter) که حداکثر بازده قابل تصور برای یک سیستم آبیاری است نیز با استفاده از رابطه (۶) محاسبه شد (Ghasemzade Mojaveri, 1970) (Merriam and Keller, 1987).

$$PELQ = \left( \frac{D_q}{D_r} \right) \times 100 \quad (۶)$$

به دلیل اختلاف فشار که در اثر افت اصطکاک و شرایط توپوگرافی به وجود می آید، بازده پتانسیل و واقعی کاربرد کل سیستم آبیاری، کمتر از مقادیر آن ها برای بلوک آزمایش است. لذا برای تعمیم مقادیر به دست آمده در بلوک آزمایش به کل سیستم آبیاری از روابط زیر استفاده شد (Ghasemzade Mojaveri, 1970):

$$PELQ_s = (1 - ER) \times PELQ \quad (۷)$$

(Combination ترکیبی بازده همچنین al.,2014). Efficiency) (درصد) به کمک رابطه (۱۹) محاسبه شد:

$$E_c = \frac{(100 - D_p)(100 - WDEL)}{100} \quad (19)$$

### نتایج و بحث

جدول (۴)، پارامترهای ضریب یکنواختی کریستیانسن، یکنواختی توزیع آب در ربع پایین، بازده پتانسیل و بازده واقعی کاربرد در ربع پایین در بلوک آزمایش و سیستم آبیاری را نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول (۴) مشاهده می‌شود متوسط ضریب یکنواختی کریستیانسن و یکنواختی توزیع در ربع پایین در بلوک آزمایشی به ترتیب برابر ۷۶/۲۲ و ۶۵/۹۹ درصد محاسبه شده که کمتر از مقادیر توصیه شده مریام و کلر می‌باشد (Merriam (۰/۶۷ ≤ DU ≤ ۰/۸۰ و ۰/۸۷ ≤ CU ≤ ۰/۸۷) and Keller, 1987). بالاترین مقادیر ضریب یکنواختی و یکنواختی توزیع در بلوک آزمایشی مربوط به سیستم‌های آبیاری GW<sub>2</sub> می‌باشد. علت بالا بودن این مقادیر می‌تواند به خاطر انتخاب فاصله مناسب بین آب‌پاش‌ها، نوع آب‌پاش و نیز شرایط آب و هوایی مناسب (باد و دما) باشد. Baradaranhazave et al. (2006) در تحقیقی که در اراک انجام دادند، فاصله مناسب آب‌پاش‌ها (۲۱×۲۵) را یکی از دلایل اصلی بالا بودن ضرایب یکنواختی بیان نمودند. دلیل پایین بودن ضریب یکنواختی و یکنواختی توزیع بلوک آزمایشی در سیستم GW<sub>7</sub> نسبت به سایر سیستم‌های آبیاری را می‌توان تلفات آب در اثر بادبردگی و تبخیر بیان نمود. مناسب نبودن فاصله آب‌پاش‌ها و عمود نبودن پایه آب‌پاش نیز از عوامل محدودکننده کارایی این سیستم آبیاری بوده است. در این سیستم آبیاری آرایش شبکه ۲۵×۲۵ متر بوده که در صورت کاهش فاصله، میزان ضریب یکنواختی و یکنواختی توزیع بیشتر از مقادیر جدول (۴) خواهد شد.

Faryabi et al. (2010) در بررسی سیستم‌های آبیاری کلاسیک ثابت دشت دهلگان، پایین بودن فشار در سیستم آبیاری و زیاد بودن فاصله آب‌پاش‌ها را دلیل پایین بودن ضرایب یکنواختی دانستند. میانگین بازده پتانسیل و واقعی کاربرد در ربع پایین در بلوک به ترتیب برابر ۵۸/۴۴ و ۵۵/۹۵ درصد محاسبه شد. با توجه به اینکه Merriam و Keller (1987) محدوده‌ی مجاز بازده پتانسیل کاربرد آب را ۶۵ تا ۸۵ درصد توصیه کردند، مقادیر محاسبه شده کمتر از حد مورد انتظار بود. کم‌آبیاری در سیستم‌های آبیاری GW<sub>1</sub>، GW<sub>2</sub>، GW<sub>3</sub>، GW<sub>4</sub>، GW<sub>5</sub>، GW<sub>6</sub> و GW<sub>7</sub> باعث بالا رفتن بازده واقعی کاربرد آب تا حد بازده پتانسیل کاربرد شده است. به علت اجرای نادرست در سیستم آبیاری GW<sub>8</sub>، بازده پتانسیل کاربرد ربع پایین نیز بسیار کم و غیرقابل پذیرش است.

در رابطه (۱۳): N<sub>1</sub>: تعداد قوطی‌های مورد آزمایش که آب جمع شده در آن‌ها بیشتر یا مساوی با SMD است و N: تعداد کل قوطی‌های مورد استفاده بوده است.

$$V_{zi} = \sum_{i=1}^{D_i \geq SMD} (D_i \times A_i) \times S_i \times S_m \quad (14)$$

در این رابطه: A<sub>i</sub>: درصد مساحتی است که توسط هر یک از قوطی‌های جمع‌آوری آب پوشیده شده است (100/N) و D<sub>i</sub>: عمق آب جمع شده در قوطی‌هایی است که مقداری بیشتر از SMD دارند (سانتی‌متر).

کفایت آبیاری در ربع پایین (Adequacy irrigation in Low Quarter) از رابطه‌ی (۱۵) محاسبه شد.

$$AD_{irr(\frac{1}{4})} = \left( \frac{D_q}{SMD} \right) \times 100 \quad (15)$$

اگر D<sub>q</sub> معیار برنامه‌ریزی آبیاری باشد، مدت زمان آبیاری مناسب، منجر به کفایت آبیاری در ربع پایین (برابر با ۱۰۰ درصد) می‌شود. در این حالت حدود یک هشتم مزرعه آب کمتری نسبت به میانگین کمترین ربع دریافت می‌کند. با این تعریف، کفایت آبیاری در ربع پایین کوچک‌تر از یک نشان‌دهنده‌ی کم‌آبیاری و بزرگتر از یک نشان‌دهنده‌ی آبیاری بیش از حد است (Louie and Selker, 2000) بازده کاربرد (Application Efficiency) عبارت است از حجم آب ذخیره شده در منطقه توسعه ریشه به حجم آبی که توسط آب‌پاش وارد زمین شده است (Alizade, 2009b). بازده کاربرد برای دو حالت آبیاری کامل و آبیاری ناقص برحسب درصد از رابطه (۱۶) و (۱۷) محاسبه شد:

آبیاری کامل:

$$E_a = \left( \frac{SMD}{D_r} \right) \times 100 \quad (16)$$

آبیاری ناقص:

$$E_a = \left( \frac{(SMD \times AD_{irr} \times S_i \times S_m) + V_{zi}}{q \times T_{irr}} \right) \times 100 \quad (17)$$

در رابطه (۱۷)، V<sub>zi</sub>: کل حجم آب نفوذ کرده (مترمکعب) در منطقه‌ای که آبیاری ناکافی بوده است که برای محاسبه آن از رابطه ۱۸ استفاده شد:

$$V_{zi} = \sum_{i: D_i \leq SMD}^N (D_i \times A_i) \times S_i \times S_m \quad (18)$$

D<sub>i</sub>: عمق آب جمع شده در قوطی‌هایی است که کمتر یا برابر از مقدار SMD هستند (سانتی‌متر) (Mikhakbayranvand et

جدول ۴- خلاصه نتایج پارامترهای ارزیابی در سیستم‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آب پاش متحرک

**Table 4- Summary of Results Evaluation Parameters in fixed Classic Sprinkler Irrigation Systems of moving sprinkler**

System code	Actual efficiency of Low Quarter	Potential Application Efficiency of Low Quarter	Distribution Uniformity	Christensen Uniformity Coefficient	Actual efficiency of Low Quarter	Potential Application Efficiency of Low Quarter	Distribution Uniformity	Christensen Uniformity Coefficient
System(%)				Test block(%)				
GW <sub>1</sub>	63.97	63.97	68.73	75.19	66.64	66.64	70.52	76.48
GW <sub>2</sub>	57.67	57.67	72.99	81.77	62.44	62.44	76.47	84.33
GW <sub>3</sub>	66.90	66.90	62.88	74.71	70.13	70.13	64.80	76.22
GW <sub>4</sub>	58.46	58.46	63.11	70.59	61.18	61.18	64.95	71.95
GW <sub>5</sub>	59.34	59.34	67.76	81.48	62.66	62.66	76.41	83.36
GW <sub>6</sub>	46.42	46.42	68.99	79.43	49.61	49.61	71.97	81.68
GW <sub>7</sub>	30.94	30.94	33.44	56.38	35.55	35.55	41.48	64.74
GW <sub>8</sub>	34.98	52.4	56.65	67.4	39.4	59.35	61.39	71.05
Maximum	66.9	66.9	72.99	81.77	70.13	70.13	76.47	84.33
minimum	30.94	30.94	33.44	58.38	35.55	35.55	41.48	64.74
medium	52.31	54.51	61.82	73.37	55.95	58.44	65.99	76.33

است، نیز کاهش خواهد یافت. در تحقیق مشابهی که توسط Sieyahposh و Dahanzade (2014) در شهرستان خرم‌آباد انجام شد، نتایج ارزیابی نشان داد پنج سیستم آبیاری (از شش سیستم آبیاری) دارای اختلاف فشار از بیشتر حد مجاز (۲۰ درصد) بودند و همواره این اختلاف فشار به‌وجود آمده ناشی اصطکاک و شرایط توپوگرافی زمین بوده است که به‌علت این نوسانات فشار، مقدار ER در سیستم‌های آبیاری متفاوت بوده است.

جدول (۶) اطلاعات کلی نمونه‌برداری سیستم‌های آبیاری مورد مطالعه را نشان می‌دهد. میزان نفوذپذیری آب در خاک، در سیستم‌های آبیاری  $GW_4$ ،  $GW_6$ ،  $GW_7$  و  $GW_8$  از شدت خروج آب از آب‌پاش کمتر بود. به همین علت در قسمت‌هایی از مزرعه رواناب ایجاد می‌شد. از جمله دلایل مهم ایجاد رواناب در سطح مزرعه در این سیستم‌ها، عدم انتخاب صحیح نوع آب‌پاش و نوع بافت خاک بود. نوع بافت خاک در سیستم‌های آبیاری  $GW_4$ ،  $GW_6$ ،  $GW_7$  و  $GW_8$  از نوع لومی رسی و رسی سیلتی بود که از نوع خاک‌های ریز بافت به‌شمار می‌آمدند. زیاد بودن شدت خروج آب از آب‌پاش نسبت به نفوذپذیری باعث تلفات زیاد آب می‌شود.

پارامترهای مربوط به فشار کارکرد مورد استفاده در سیستم‌های آبیاری در جدول (۵) ارائه شده است. با توجه به اینکه کلیه سیستم‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت در منطقه با فشار کارکرد متوسط چهار بار طراحی شده‌اند، از بین سیستم‌های آبیاری بررسی شده، فقط سیستم آبیاری  $GW_1$  دارای فشار مناسب بود و بقیه سیستم‌های آبیاری، فشار میانگین نامناسب و کمتر از مقدار طراحی شده داشتند. در چنین تغییرات فشار در سیستم‌های آبیاری  $GW_4$  و تا حدودی  $GW_3$  در حد مجاز بود، لذا ضریب یکنواختی و یکنواختی توزیع در کل سیستم آبیاری نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده در بلوک آزمایشی کاهش چشم‌گیری پیدا نکرد. اختلاف فشار موجود در سیستم آبیاری  $GW_8$  باعث کاهش یکنواختی توزیع و در نتیجه کاهش بازده پتانسیل کاربرد شده است. بازده واقعی و بازده کاربرد آب در ربع پایین در این سیستم آبیاری به ترتیب  $4/6$  و  $6/95$  درصد نسبت به بلوک آزمایشی کاهش داشت. در این سیستم آبیاری، تلفات آب در مسیر لوله‌ها، به‌خصوص در محل اتصالات، باعث اصطکاک شده بود. در صورتی که مدیریت مزرعه فشار کارکرد سیستم آبیاری و آب‌پاش‌ها را افزایش دهد، ضریب کاهش بازده که برابر  $0/12$

#### جدول ۵- تغییرات فشار در سیستم‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آب‌پاش متحرک

Table 5- Pressure changes in fixed Classic Sprinkler Irrigation Systems of moving sprinklerin

System code	Reduction efficiency	Pressure changes(%)	Minimum pressure(bar)	Maximum pressure(bar)	Maximum pressure(bar)
$GW_1$	0.04	20	4.2	5.1	4.5
$GW_2$	0.076	38	3	4.3	3.4
$GW_3$	0.046	23	3.2	4	3.47
$GW_4$	0.044	22	5	6.2	5.4
$GW_5$	0.053	26	3.1	4	3.4
$GW_6$	0.064	32	2.5	3.4	2.8
$GW_7$	0.13	50	3	4.8	3.6
$GW_8$	0.12	59	3.2	3.8	2.73

#### جدول ۶- اطلاعات کلی نمونه‌برداری سیستم‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آب‌پاش متحرک

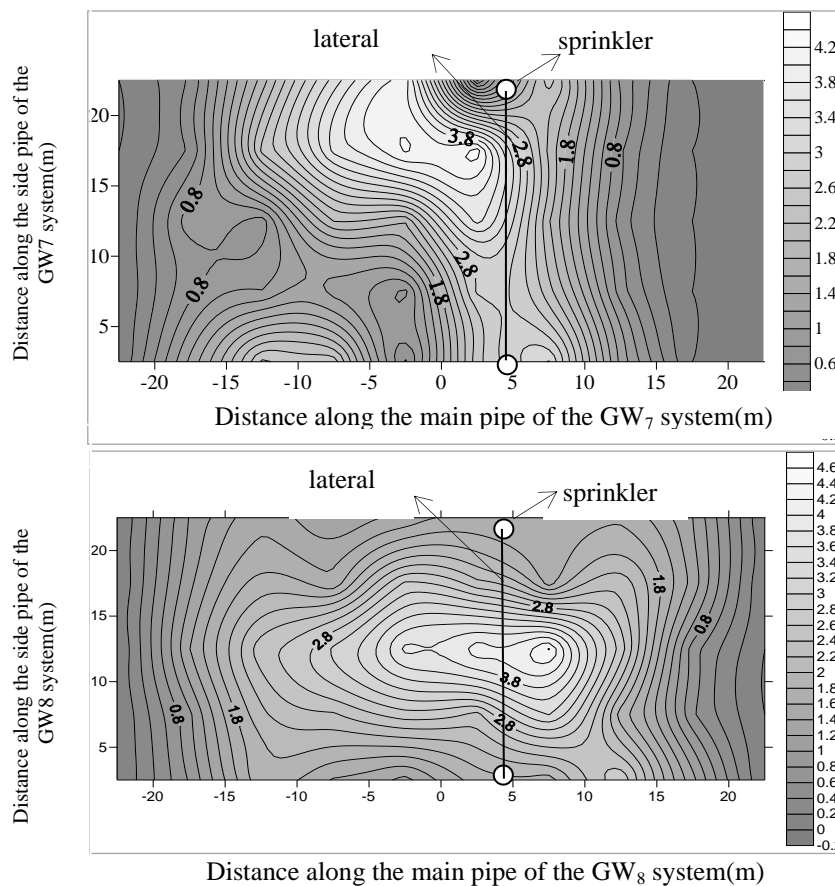
Table 6- General information on the sampling of fixed Classic Sprinkler Irrigation Systems of moving sprinkler

System code	The intensity of the outlet from the sprinklers ( $\frac{mm}{hr}$ )	Medium intensity of spraying on the ground ( $\frac{mm}{hr}$ )
$GW_1$	17.8	16.88
$GW_2$	13.3	10.84
$GW_3$	12.1	10.9
$GW_4$	15.14	14.26
$GW_5$	16.7	14.25
$GW_6$	16.24	11.19
$GW_7$	15.55	13.32
$GW_8$	13.19	12.76



آبپاش‌ها روی لوله فرعی میزان یکنواختی افزایش می‌یابد. کمبودن فشار سیستم نسبت به فشار طراحی نیز باعث برهم خوردن الگوی پاشش مناسب و کاهش یکنواختی در سیستم آبیاری  $GW_8$  شده است. در همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود بیش‌ترین عمق آبیاری در سیستم آبیاری  $GW_8$  در فاصله  $7/5 \times 12/5$  متری از لوله فرعی است و با دورتر شدن از آبپاش‌ها میزان عمق آب آبیاری کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که در دو طرف لوله جانبی تنها تا شعاع ۲۲/۵ متری پاشش وجود داشته است. نتایج تحقیقات Salem (2010) نیز نشان داد که کاهش فاصله استقرار آبپاش‌ها باعث افزایش ضرایب یکنواختی در سیستم‌های آبیاری کلاسیک ثابت می‌شود.

شکل (۳) الگوی پخش آب در اطراف لوله جانبی را در سیستم‌های آبیاری  $GW_7$  و  $GW_8$  نشان می‌دهد. در سیستم آبیاری  $GW_7$  وضعیت نامناسب توزیع آب به‌خاطر انتخاب آرایش نامناسب است. با توجه به الگوی پاشش در سیستم آبیاری  $GW_7$ ، با دورتر شدن از لوله جانبی، عمق آب دریافتی کمتر شده، به‌طوری‌که در یک سمت لوله جانبی تا شعاع ۱۸ متر و در سوی دیگر تا شعاع ۲۳ متر پاشش وجود داشت. میزان پاشش در انتهای شعاع‌های ذکرشده در این سیستم آبیاری اندک بود که می‌توان از آبپاش‌هایی با برد بیشتر استفاده کرد. تراکم منحنی‌ها در اطراف یکی از آبپاش‌ها در سیستم آبیاری  $GW_7$  نشان‌دهنده‌ی فشار بالاتر این آبپاش نسبت به آبپاش دیگر است. با کاهش فاصله

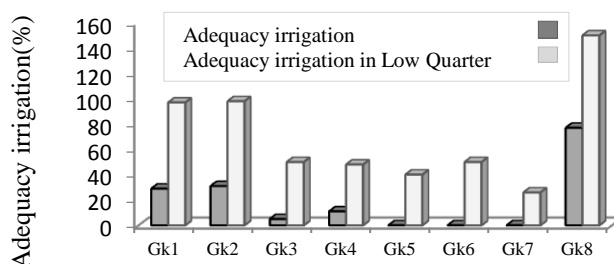


**Fig. 3 - Water distribution pattern around adjacent tube tested by  $GW_7$  and  $GW_8$  irrigation systems**  
 شکل ۳- الگوی پخش آب در اطراف لوله جانبی مورد آزمایش سیستم‌های آبیاری  $GW_8$  و  $GW_7$

که بیشتر از بقیه‌ی سیستم‌های آبیاری بود. تلفات تبخیر و بادبردگی در سیستم آبیاری  $GW_6$  نسبت به دیگر سیستم‌های آبیاری ارزیابی‌شده بیشتر بود که می‌توان علت این امر را دمای بسیار بالای هوا ذکر نمود. شکل (۶) بازده ترکیبی و کاربرد در هشت سیستم آبیاری را نشان می‌دهد. به دلیل زیاد بودن تلفات آبیاری در سیستم آبیاری  $GW_8$ ، بازده ترکیبی و بازده کاربرد، مقادیر کمی را به خود اختصاص داده‌اند. زیاد بودن بازده ترکیبی و بازده کاربرد در سیستم آبیاری  $GW_4$  نشان‌دهنده‌ی تلفات آبیاری کم است. تلفات نفوذ عمقی در این سیستم آبیاری کم و حدود  $2/73$  درصد به دست آمد. هم‌چنین میزان تلفات تبخیر و بادبردگی در این سیستم آبیاری  $5/81$  درصد است. در سیستم‌های آبیاری  $GW_5$ ،  $GW_6$  و  $GW_7$  که آبیاری کمتر از نیاز صورت گرفته تلفات عمقی وجود نداشت ( $SMD_{GW5}=68/7$ )،  $SMD_{GW6}=48/4$  و  $SMD_{GW7}=42/1$  (زمان آبیاری در سیستم آبیاری  $GW_5$ ،  $GW_6$  و  $GW_7$  به ترتیب  $2/5$ ،  $3$  و  $2$  ساعت بوده است).

در شکل (۴) کفایت آبیاری در ربع پایین در هشت سیستم آبیاری نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود کفایت آبیاری در ربع پایین در سیستم آبیاری  $GW_8$  بیشتر از  $100$  درصد می‌باشد که اختلاف این عدد از  $100$  نشان‌دهنده‌ی این است که مزرعه بیش از نیاز آب دریافت کرده است، لذا مدیریت مزرعه می‌تواند با کاهش مدت زمان آبیاری از تلفات نفوذ عمقی زیاد جلوگیری و بازده واقعی کاربرد را تا حد بازده پتانسیل ربع پایین افزایش دهد (زمان آبیاری در این سیستم آبیاری  $3$  ساعت بوده است). (Mikhakbayranvand et al. (2014) در خرم‌آباد نیز به نتایج مشابهی دست یافتند.

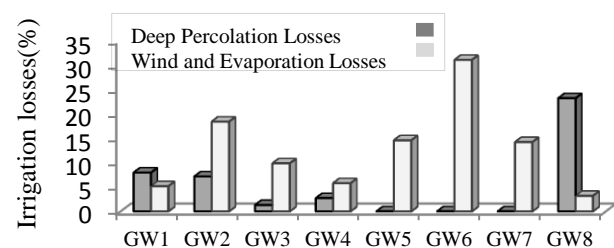
بیشترین کفایت آبیاری  $77$  درصد در سیستم  $GW_8$  بود. هم‌چنین در سیستم‌های آبیاری  $GW_5$ ،  $GW_6$  و  $GW_7$  گیاه تحت تنش بسیار زیادی قرار داشت. با کاهش دور آبیاری و افزایش زمان آبیاری می‌توان کفایت آبیاری را افزایش داد. شکل (۵) تلفات آبیاری را نشان می‌دهد. حدود  $26/49$  درصد آب به کاررفته در سیستم آبیاری  $GW_8$  صرف تلفات آبیاری شد



Irrigation system studied

Fig. 4- Adequacy irrigation in evaluated irrigation systems

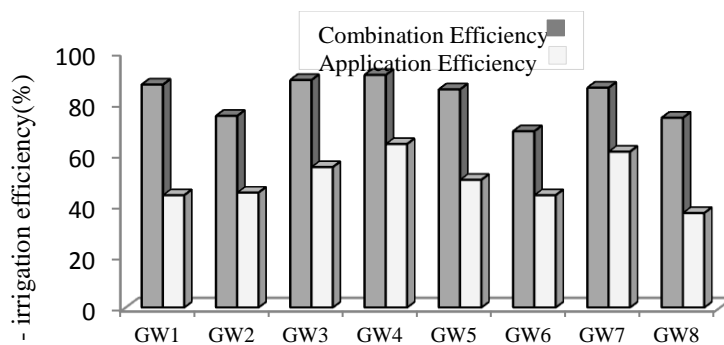
شکل ۴- کفایت آبیاری در سیستم‌های آبیاری مورد ارزیابی



Irrigation system studied

Fig. 5- Irrigation losses in evaluated irrigation systems

شکل ۵- تلفات آبیاری در سیستم‌های آبیاری مورد ارزیابی



Irrigation system studied  
**Fig. 6- irrigation Efficiency in evaluated irrigation systems**

شکل ۶- بازده آبیاری در سیستم‌های آبیاری مورد ارزیابی

آبیاری، مورد توجه قرار دادن پستی و بلندی‌های زمین و برطرف نمودن مشکل نشستی آب از اتصال‌ها می‌توان تغییرات فشار را کاهش داد و باعث افزایش بازده آبیاری شد. با کم کردن مدت زمان آبیاری، تلفات آبیاری کاهش و بازده ترکیبی و کاربرد آب در سیستم افزایش می‌یابد. بهره‌برداری صحیح و نگهداری از سیستم و استفاده از وسایل با کیفیت می‌تواند در افزایش بازده آبیاری نقش به‌سزایی داشته باشد. همچنین با کاهش تلفات و جلوگیری از تغییرات فشار می‌توان بازده پتانسیل و کاربرد بهتری را انتظار داشت. براساس نتایج این تحقیق توصیه می‌شود سیستم‌های آبیاری حتماً در مراحل اولیه بهره‌برداری مورد ارزیابی قرار گرفته تا مشکلات در همان ابتدا مشخص و رفع گردد.

### تقدیر و تشکر

این مقاله از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مصوب و دفاع شده در دانشگاه شهید چمران اهواز استخراج شده است. نویسندگان این مقاله از همه اساتید، مسئولین اداره‌ها و همه افرادی که ما را در انجام و ارتقاء کیفی این پژوهش یاری دادند، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج ارزیابی سیستم‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آب‌پاش متحرک شهرستان اقلید نشان داد که ضریب یکنواختی در بلوک آزمایش از ۶۴/۷۴ تا ۸۴/۳۳ درصد متغیر است. دلیل پایین بودن ضرایب یکنواختی در سیستم‌های مورد ارزیابی را می‌توان استفاده هم‌زمان از تعداد زیاد آب‌پاش، فشار کارکرد کمتر از میزان موردانتظار و عمود نبودن پایه آب‌پاش‌ها و همچنین فاصله زیاد آب‌پاش‌ها بیان نمود. بازده پتانسیل کاربرد بلوک آزمایش و بازده واقعی کاربرد از ۳۵/۵۵ درصد در سیستم GW<sub>7</sub> تا ۷۰/۱۳ درصد در سیستم GW<sub>3</sub> متغیر بود. از جمله عوامل کاهش‌دهنده بازده آبیاری در منطقه مورد مطالعه می‌توان به استفاده از لوازم با کیفیت نامناسب، نظارت نامناسب بر اجرای طرح‌ها، طراحی و اجرای نامناسب اشاره کرد. بازده ترکیبی از ۶۹ درصد در سیستم GW<sub>6</sub> تا ۹۱ درصد در سیستم GW<sub>4</sub> متغیر بود. دلیل کاهش بازده ترکیبی و بازده کاربرد در برخی سیستم‌ها تلفات عمقی و تبخیر و بادبردگی بود. تلفات زیاد آبیاری در سیستم‌ها به دلیل طولانی بودن مدت زمان آبیاری، باد شدید و نوع آب‌پاش در منطقه بود. با کاهش طول لوله

### References

- 1- Alizade, A., 2009 a. Design of irrigation systems, design of surface irrigation systems, *Astan Quds Razavi Publishing House, Mashhad*, 450 pages. (In Persian).
- 2- Alizade, A., 2009 b. Design of irrigation systems, designing pressure irrigation systems, *Astan Quds Razavi Publishing, Mashhad*. 367 pages. (In Persian).
- 3- Baradaranhazave, F., Broomandnasab, S., Behzad, M. and Hasani Movahed, A., 2006. Technical appraisal of sprinkler irrigation systems implemented in Arak city. National Conference on Irrigation and Drainage Networks Management, *Shahid Chamran University of Ahvaz*. (In Persian).
- 4- Bavi, A., Kashkuli, H.A., Broomand, S., Naseri, A. and M. Albaji. 2009. Evaporation losses from sprinkler irrigation systems under various operating conditions. *Journal Application. Science*. 9(3). pp, 597-600.
- 5- Ce v Se Marde, m. and Ba Yazidi, m., 2011. Technical evaluation of fixed class sprinkler irrigation systems in a case study of West Azarbaijan-Mahabad. *Journal of Water Resources Engineering*, 4, pp. 64-76. (In Persian).

- 6- Dechmi, F., Playan, E., Faci, M., Tarjero, M. and A. Bercero. 2003. Analysis of an irrigation district in northeastern Spain. *Agricultural Water Management*, 61(2).pp, 93-109.
- 7- Faryabi, A., Marofpoor, A. and Ghamarneia. H., 2010. Evaluation and evaluation of classical sprinkler irrigation systems in Daghestan Dehlgan Kordestan. *Journal of Agricultural Science and Technology, Agricultural Sciences, Vol. 14, (54)*, pp. 1-15. (In Persian).
- 8- Ghasemzade Mojaveri, F., 1970. Evaluation of Irrigation Systems of Astan Quds Razavi Publishing Farms, *Imam Reza University, Mashhad*. 329 pages. (In Persian).
- 9- Louie , M.J. and J.S. Selker. 2000. Sprinkler Head maintenance effects on water application uniformity. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*.126(3), pp, 142-148.
- 10- Malekpoor, M., Ebrahimi, H. and Poordarvishi, H., 2015. Estimation of static classical sprinkler irrigation systems in Qazvin Plain. *The 4th Agricultural and Sustainable Natural Resources Conference. Tehran, Higher Education Institute of Mehr Arvand, Promotion Group of Environmental Lovers*. (In Persian).
- 11- Merriam, J.L. and J. Keller. 1978. Farm irrigation system evaluation: A guide for management, Dept of Agric. And Irrigation. Eng. *Utah State Univ. Logan, Utah States*. 285P.
- 12- Mikhakbayranvand, Z., Bromandnasab, S. and Izadpanah, Z., 2014. Irrigation efficiency of irrigation systems in Khorramabad region. *Water and Irrigation Management*. 4 (2), pp. 191-202. (In Persian).
- 13- Montero, J. Tarjuelo, J.M. and P. Carrion. 2003. Sprinkler droplet size distribution measured with an optical spectro pluviometer. *Irrigation. Sciences*. 22. pp, 47-56.
- 14- Najafimood, M., Montazer, A.A. and Behdan, M.A., 2007. Evaluation of a number of pressurized irrigation projects in South Khorasan. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources*. 14 (1), pp. 12-25. (In Persian).
- 15- Salem, A. 2010. Evaluation and comparison of stationary and wheeled classical sprinkler irrigation systems implemented in Ghorveh city. Thesis, *Shahid Chamran University of Ahvaz Iran* . (In Persian).
- 16- Sanaei, A., 2013. Technical appraisal of sprinkler irrigation systems implemented in Kerman province. *Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran*. (In Persian).
- 17- Sieyahposh, M. and Dahanzade, B., 2014. Evaluation and evaluation of irrigation losses in static classical sprinkler irrigation systems implemented in Khorramabad County Farms. *First National Conference on Sustainable Development of Renewable Natural Resources*. (In Persian).
- 18- Soltani Mohammadi, A., Bromandnasab, S. and Dostmohammadi., M. 2013. Evaluation of Chariot Irrigation System (Pulley or Gan) (Case Study: Ismatieh Farm of Qom). *The fourth National Conference on Irrigation and Drainage Networks, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran*. (In Persian).
- 19- Topak. R., Suheri , S., Ciftci, N. and B. Acar. 2005. Performance evaluation of sprinkler irrigation in a semi-arid earea. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 8(1). pp, 97-103.
- 20- Yacoubi, S., Zayani, K., Slatni, A. and E. Playan . 2012. Assessing sprinkler irrigation Performance using field evaluations at the Medjerda lower valley of Tunisia. *Journal Engineering*. 4(10). pp, 682-691.
- 21- Yousefifard, Y., Khayrabadi, H., Shokri, G. and Yousefi, F., 2014. Evaluation of the classic sprinkler irrigation systems of Kohdasht city and comparison of spraying model using Surfer software. *The First International Conference on New Findings in Agricultural Science, Natural Resources and the Environment. Tehran, Association for the Promotion of Basic Sciences and Technology*. (In Persian).