

Research Paper

Technical Evaluation of Classic Stationary Sprinkler Irrigation Systems with Travelling Sprinklers) Komet 162 (in Arasbaran Plain of Development Lands for Irrigation

Fariborz Ahmadzadeh Kaleybar ^{1*},Mahdi. Emamifar ²

¹ Assistant Professor, Department of Water Sciences and Engineering, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran. Tel: +989144268417, Email: f.ahmadzadeh.iaut.ac.ir (Corresponding Author).

² Ms. C. Student, Department of Water Sciences and Engineering, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran. Email: mahdgatehansahand@gmail.com



10.22125/IWE.2022.326264.1595

Received:

June 25, 2022

Accepted:

September 3, 2022

Available online:

August 23, 2023**Keywords:****Arasbaran, Evaporation losses, Application efficiency, Irrigation adequacy, Uniformity of distribution.**

Abstract

Irrigation efficiency is one of the essential components of irrigation system management due to its relationship with water and energy loss and the requirements of working with a sustainable irrigation plan. New irrigation methods can help to maximize irrigation efficiency and water productivity if the desired performance is achieved. The purpose of this study is to evaluate the performance of classic stationary sprinkler irrigation systems with travelling sprinklers (Komet 162), implemented in the nomadic area of Arasbaran plain in the northeast of East Azerbaijan province in Iran. For this purpose, five sprinkler irrigation systems from five different pumping stations were selected completely randomly. Mean values of Christiansen uniformity coefficient (CU), distribution uniformity (DU), low quadrant potential application efficiency (PELQ) and real low quadrant application efficiency (AELQ) for experimental blocks were 68.86, 52.89, 47.93 and 47.73 percent, respectively and for all systems were equal to 67.10, 50.84, 45.09 and 44.90 percent, respectively. Mean values of evaporation and wind losses (WDEL), deep penetration losses (DP), irrigation adequacy (ADirr) and uniformity of low half distribution were also calculated as 9.28, 29.45, 78.13 and 68.94 percent, respectively. It was observed that all systems have evaluation values less than the recommended values and there is high deep penetration and deficit irrigation in a large area of farms. Insufficient supply of pressure through the pumping station and unauthorized pressure changes, lack of sealing of valves and automatic valves, simultaneous use of more sprinklers, especially on a lateral, nonconformity of irrigation period and hours and management problems such as low water prices and lack of Proper education of farmers who had a nomadic life in the past, were important reasons for the low indicators.

1. Introduction

A good starting point for proper water management, identified by experts, is to evaluate the performance of existing irrigation systems in order to identify problems and make improvements (Ahaneku, 2010). Since many sprinkler irrigation projects have been implemented in Iran in recent years, evaluating the performance of these projects is one of the important and active areas of research. Improving the efficiency of existing irrigation systems, especially in conditions of limited water and land resources, has had an increasing impact on food security (Dechmi et al. 2003). Ngasoh et al. (2018) evaluated the effects of sprinkler irrigation system in Nigeria's Tarabay state on tea plantations. The results showed a CU of 90.9% and a DPR of 0.79 when the spray rate was 1.2 liters per second and the dispersion intensity was 7.5 mm / h. Maroufpoor et al. (2019) investigated the fixed sprinkler systems of Kurdistan

province using performance indicators in 10 different designs in 2007 and 2017. The results showed that the application of corrective considerations in the design, irrigation planning and type of sprinkler in 2017 improved the uniformity coefficient and low potential efficiency indices by 29 and 82%, respectively.

The purpose of this study is to evaluate the performance of classic stationary sprinkler irrigation systems implemented in the lands downstream of Arasbaran Dam. This dam has been constructed with the aim of permanent settlement of nomads by developing irrigated cultivation and changing the use of pastures to irrigated lands. Conducting this study in field conditions and comparing it with existing standards and providing the necessary solutions can play an effective role in improving the current situation and the required changes in similar future plans.

2. Materials and Methods

Materials In each field, soil water samples were prepared and the necessary measurements were performed in the laboratory before irrigation. Climatic parameters at the time of the experiment were obtained from the statistics of the nearest meteorological station (Boran station).

In the measurements of the irrigation system, a graduated 20-liter gallon, two hoses and a stopwatch were used to measure the sprinkler flow. To record the pressure, in the next automatic valve, a riser was installed with a barometer.

Evaluation indices were calculated separately for each experimental block using Equations (1) to (6).

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

$$DU_t = \frac{D_q}{\bar{D}} \times 100 \quad (2)$$

$$AELQ_t = \frac{D_q}{D_r} \times 100 \quad (3)$$

$$AELQ_t = \frac{SMD}{D_r} \times 100 \quad (4)$$

$$PELQ_t = \frac{D_q}{D_r} \times 100 \quad (5)$$

$$SMD = \frac{(FC - M) \times d \times \rho b}{100} \quad (6)$$

The values obtained from the above equations must be adjusted according to the pressure difference in the system so that they can be attributed to the whole system. In order to better interpret the evaluation concepts, 4 indices of evaporation and wind losses, deep penetration losses, uniformity of low half distribution and irrigation adequacy were also calculated, which are shown by equations (12) to (16).

$$WDEL = \frac{D_r - \bar{D}}{D_r} \times 100 \quad (12)$$

$$DP = \frac{\bar{D} - SMD}{D_r} \times 100 \quad (13)$$

$$DP = \frac{V_{za} - SMD \times A_d}{q \times t_{co}} \times 100 \quad (14)$$

$$DU_{1/2} = \frac{D_h}{\bar{D}} \quad (15)$$

$$ADirr = \frac{N1}{N} \times 100 \quad (16)$$

3. Results

Christiansen uniformity coefficient and water distribution uniformity (CU and DU) in all blocks are less than the recommended values of Meriam and Keller (0.80 DU 0.67 and 0.87 CU 0.87) (Merriam and Keller), 1978). The highest values of CU and DU are related to G5 and O2 blocks with 72.52 and 59.66%, respectively, and the lowest values are related to G3 block with 63.60 and 44.43%, respectively. The values of PELQ and AELQ are equal except for block J1. The highest value of these indicators is related to O2 block with 54.28% and the lowest value is related to G3 with 41.88%.

In all systems, the total irrigation losses are high and the highest is in the J1 system and about 48%. A large part of this amount is deep infiltration, in the sense that the average depth of water infiltrated into the soil during irrigation (43 mm) was much greater than the lack of soil moisture during irrigation (23 mm). Also, the amount of losses for O2, G3, Y4 and G5 blocks is 30, 43, 38 and 39%, respectively, which in all cases has a deeper penetration than evaporation and wind losses. Block C1 with irrigation adequacy has the highest 89% and block Y4 with 72% has the lowest irrigation adequacy, and for blocks

O2, G3 and G5 this amount is equal to 73, 78 and 80%, respectively. The relatively high irrigation adequacy in all blocks compared to the high irrigation losses indicates the long duration of irrigation and the low price of water and wasting most of the water as deep penetration. The uniformity of the lower half distribution was approximately 64% in G3 and Y4 and approximately 72% in J1, O2 and G5.

4. Discussion and Conclusion

The reason for the low evaluation indicators in the test blocks was different, but in general in three parts of the design, including: supply of low operating pressure in the sprinklers through the pumping station and unauthorized changes in pressure in the system. Execution problems include: Lack of sealing of installed valves and operation problems include: Simultaneous use of more than the designed number of sprinklers, non-observance of irrigation cycle and duration, non-verticality and looseness of used risers and use of the system in windy times. Since there were a number of the above problems in each of the experimental blocks, appropriate solutions were provided.

5. Six important references

- 1) Abshiro F.K. and P. Singh. 2018. Performance Evaluation of Infield Sprinkler Irrigation System under Existing Condition in Beles Sugar Development Project, Ethiopia. *Irrigation & Drainage Systems Engineering*, 7(2): 1-6. doi: 10.4172/2168-9768.1000213.
- 2) Dechmi, F., Playan, E., Faci, J.M., Tejero, M. and Bercero, A. 2003c. Analysis of an irrigation district in northeastern Spain, II. Irrigation evaluation, simulation and scheduling. *Agricultural Water Management*, 61: 93–109.
- 3) Maroufpoor, S., E. Maroufpoor and M. Khaledi. 2019. Effect of farmers' management on movable sprinkler solid-set systems. *Agricultural Water Management*, 223, 105691.
- 4) 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.
- 5) Ngasoh, F.G., C.C. Anyadike, C.C. Mbajiorgu and M.N. Usman. 2018. Performance evaluation of sprinkler irrigation system at Mambilla Beverage limited, Kakara-Gembu, Taraba state, Nigeria. *Nigerian Journal of Technology*. 37(1): 268-274.
- 6) Playan, E., R. Salvador, J.M. Faci, N. Zapata, A. Martinez-Cob and I. Sanchez. 2005. Day and night wind drift and evaporation losses in sprinkler solid-sets and moving laterals. *Journal of Agricultural Water Management*. 76: 139-159.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to Organizations of agricultural jihad and nomadic affairs of Eastern Azerbaijan and Pandam Consulting Engineers for their sincere cooperation.

ارزیابی فنی سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبیاش متحرک (Komet 162) در اراضی توسعه کشت آبی دشت ارسباران

فریبرز احمدزاده کلیبر^{۱*} و مهدی امامی فر^۲

تاریخ ارسال: ۱۴۰۱/۰۳/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۲

مقاله پژوهشی

چکیده

راندمان آبیاری به دلیل ارتباط با هدررفت آب و انرژی و الزامات کار با یک طرح آبیاری پایدار یکی از اجزای اساسی مدیریت سیستم آبیاری است. روش‌های نوین آبیاری در صورت دستیابی به عملکرد مطلوب می‌توانند برای به حداکثر رساندن راندمان آبیاری و بهره‌وری آب کمک شایانی نمایند. هدف از این پژوهش، ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبیاش متحرک (Komet 162) اجرا شده در منطقه عشایری دشت ارسباران در شمال شرق استان آذربایجان شرقی است. برای این منظور پنج سیستم آبیاری بارانی از پنج ایستگاه پمپاژ مختلف به طور کاملاً تصادفی انتخاب شد. مقادیر متوسط معیارهای ضریب یکنواختی کرسیتانسن (CU)، یکنواختی توزیع (DU)، راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین (PELQ) و راندمان واقعی کاربرد ربع پایین (AELQ) برای بلوک‌های آزمایشی به ترتیب برابر ۶۸/۸۶، ۵۲/۸۹، ۴۷/۹۳ و ۴۷/۷۳ درصد و برای کل سامانه‌ها به ترتیب برابر ۶۷/۱۰، ۵۰/۸۴، ۴۵/۰۹ و ۴۴/۹۰ درصد به دست آمد. مقادیر متوسط تلفات تبخیر و باد (WDEL)، تلفات نفوذ عمقی (DP)، کفایت آبیاری (ADirr) و یکنواختی توزیع نصف پایین نیز به ترتیب برابر ۹/۲۸، ۲۹/۴۵، ۷۸/۱۳ و ۶۸/۹۴ درصد محاسبه شد. ملاحظه شد کلیه سیستم‌ها دارای مقادیر ارزیابی کمتر از مقادیر توصیه شده بوده و نفوذ عمقی بالا و کم آبیاری در سطح وسیعی از مزارع وجود دارد. عدم تامین فشار کافی در ایستگاه پمپاژ و تغییرات غیر مجاز فشار، عدم آب‌بندی شیرها و شیرخودکارها، استفاده هم‌زمان از آبیاش بیشتر مخصوصاً روی یک لترال، عدم رعایت دور و ساعت آبیاری و مشکل مدیریتی از قبیل قیمت پایین آب و عدم آموزش مناسب کشاورزانی که زندگی عشایری داشته‌اند، دلایل مهم شاخص‌های پایین بودند.

واژه های کلیدی: ارسباران، تلفات تبخیر، راندمان کاربرد، کفایت آبیاری، یکنواختی توزیع.

۱- استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران. تلفن تماس: ۰۹۱۴۴۲۶۸۴۱۷، پست الکترونیکی: f.ahmadzadeh.iaut.ac.ir (مسئول مکاتبه)

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی آب، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران. تلفن تماس: ۰۹۱۴۴۲۲۹۰۱۰، پست الکترونیکی: mahdgatransahand@gmail.com

مقدمه

یک سیستم آبیاری بارانی پایدار و کارآمد ترکیبی از طراحی، اجرا، نگهداری، بهره برداری و مدیریت مناسب سیستم است. بنابراین، موفقیت در این عمل ترکیبی، باعث بهبود شیوه‌های مناسب در زمینه آبیاری می‌شود (Abshiro and Singh, 2018). با توجه به محدودیت‌های جدی به دلیل کمبود آب در بخش کشاورزی و رقابت در پی آن برای سایر دغدغه‌های صنعتی با ارزش بالاتر و مصارف شهری، بهبود عملکرد سیستم‌های آبیاری بسیار حائز اهمیت است. یک نقطه شروع خوب برای مدیریت مناسب آب، که توسط کارشناسان مشخص شده‌است، ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری موجود به منظور شناسایی مشکلات و ایجاد اصلاحات است (Ahaneku, 2010). از آنجا که طرح‌های آبیاری بارانی زیادی در سال‌های اخیر به بهره‌برداری رسیده‌است، ارزیابی عملکرد این طرح‌ها یکی از زمینه‌های مهم و فعال پژوهش‌ها بوده و بهبود بهره‌وری از سامانه‌های آبیاری موجود، به خصوص در شرایط محدودیت منابع آب و زمین، تاثیر فزاینده‌ای بر افزایش جهانی امنیت غذایی داشته است (Dejen, 2015). برادران هزاوه (۱۳۸۴) سیستم‌های آبیاری بارانی اجرا شده در شهرستان اراک را مورد ارزیابی قرار داد و نتیجه گرفت که ضریب یکنواختی، یکنواختی توزیع ربع پایین و راندمان پتانسیل ربع پایین در سیستم‌های آبفشان غلطان بیشتر از سیستم‌های کلاسیک ثابت است. مریدنژاد و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعه‌ای به ارزیابی آبیاری تحت فشار در اراضی ۵۵۰۰۰ هکتاری در استان خوزستان پرداخته و با تهیه مدل ارزیابی چند معیاره، کارایی روشهای نوین آبیاری در محدوده طرح‌های مورد مطالعه را تعیین و راه‌کارها و رویکردهای پیشنهادی ارتقای راندمان و بهره‌وری سیستم‌های آبیاری در وضعیت موجود و در شرایط آبی را ارائه کردند. مولایی و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی ۱۰ سامانه آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک در دشت کوهدشت در استان لرستان را مورد ارزیابی قرار دادند نتایج این پژوهش نشان داد که اگر چه در بسیاری از موارد مشکلات طراحی و اجرایی وجود داشت است اما سهم بزرگی از دلیل‌های پایین بودن عملکرد سیستم‌های آبیاری

بارانی مدیریت و بهره‌برداری ضعیف از این سیستم‌ها است. اوجاقلو و همکاران (۱۳۹۶) نشان دادند که باد، اثر قابل توجهی بر کاهش یکنواختی و راندمان کاربرد آب در آبیاری بارانی استان زنجان داشته است. به کار بردن عمق آب آبیاری زیاد و تغییرات فشار، به عنوان عوامل مؤثر دیگر شناخته شد. بهرامی و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی در استان فارس نتیجه گرفتند که فرونشست عمقی، قدیمی بودن سامانه‌ها، کمبود فشار و تغییرات فشار و دبی آبپاش‌ها از علل کاهش یکنواختی توزیع در سامانه‌های آبیاری بارانی منطقه مورد مطالعه بود. کاظمی و همکاران (۱۳۹۸) براساس نتایج مطالعه خود در اقلید فارس دریافتند، می‌توان با کاهش فواصل آبپاش‌ها، تنظیم فشار و عدم استفاده از تعداد زیاد آبپاش به طور همزمان، یکنواختی توزیع را افزایش داد. همچنین با کاهش مدت زمان آبیاری، تلفات آبیاری کاهش و بازده ترکیبی و بازده کاربرد آب در سیستم افزایش می‌یابد. بختیاری و همکاران (۱۳۹۹) با ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری در دشت‌های اراک، شازند، خنداب و کمیجان نشان دادند که همه معیارها دارای مقادیر نامطلوب هستند. مشکلات اصلی سامانه‌های مذکور بی‌دقتی در طراحی و اجرا، مدیریت و نگهداری سامانه‌ها به طور غیراصولی و سازماندهی شده و به کار بردن وسایل با کیفیت نامناسب بود. سالمی و همکاران (۱۳۹۹) در تحقیقی مشخصه‌های راندمان پتانسیل چارک پایین، راندمان کاربرد چارک پایین، یکنواختی توزیع و یکنواختی کریستین‌سن را برای آبیاری بارانی سیب‌زمینی در مزارع اصفهان بترتیب ۶۱/۵، ۵۸، ۶۶/۸ و ۷۵/۸ درصد و در مزارع همدان بترتیب ۵۳/۹، ۴۴/۸، ۷۱/۱ و ۸۱/۱ درصد بدست آوردند و طراحی نادرست، اجرای نامناسب و عدم تطابق آب مصرفی با نیاز آبی گیاه را از دلایل پایین بودن یکنواختی‌ها برشمرده‌اند. (Dechmi et al., 2003) پس از ارزیابی ۳۲ سیستم آبیاری بارانی، شامل سیستم‌های کلاسیک ثابت، عقربه‌ای و متحرک خطی، گزارش کردند که میانگین ضریب یکنواختی کریستیانسن برای این سیستم‌ها به ترتیب ۶۸، ۷۵/۵ و ۸۰ درصد بوده است. آنها همچنین گزارش نمودند که ضریب یکنواختی کریستیانسن بر اثر وزش باد در سیستم‌های کلاسیک ثابت با شدت بیشتری نسبت به دو سیستم دیگر کاهش می‌یابد. (Playan et al.,

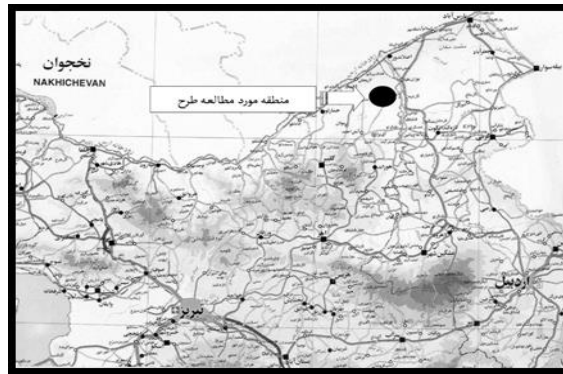
دائمی عشایر با توسعه کشت آبی و تغییر کاربری مراتع به اراضی فاریاب احداث شده است و بهره‌برداران طرح، آشنایی قبلی چندانی با کشت آبی و روش‌های آبیاری نداشته‌اند. انجام این مطالعه در شرایط مزرعه ای و مقایسه آن با استانداردهای موجود و ارایه راه‌کارهای لازم می‌تواند نقش موثری در بهبود وضعیت موجود و تغییرات مورد نیاز در طرح‌های آبی مشابه داشته‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شبکه آبیاری بارانی پایاب سد ارسباران در شمال غرب استان آذربایجان شرقی با مساحت ۱۲۰۰ هکتار به سامانه آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک تجهیز شده است. این شبکه در موقعیت جغرافیایی $39^{\circ}, 15'$ تا $39^{\circ}, 25'$ طول شرقی و $39^{\circ}, 12'$ تا $39^{\circ}, 14'$ عرض شمالی قرار گرفته و در سال ۱۳۹۳ بعنوان بزرگ‌ترین طرح آبیاری تحت فشار استان به بهره‌برداری رسیده است. آب مورد نیاز این طرح از طریق کانال انتقال آب بین حوضه‌ای از بند انحرافی بر روی رودخانه سلین چای به مخزن سد ارسباران و در ادامه با شبکه آبیاری پایاب سد تامین می‌گردد. فشار لازم برای عملکرد سامانه‌های آبیاری بارانی در ۱۰۰۰ هکتار از این اراضی از طریق ۵ ایستگاه پمپاژ تامین می‌گردد و بقیه اراضی فشار لازم را از طریق نیروی ثقلی دریافت می‌کنند. تحقیق حاضر شامل ارزیابی اراضی تحت پوشش ایستگاه-های پمپاژ است. بارش‌های منطقه تحت رژیم نیمه‌خشک با میانگین بارش سالانه ۲۷۸ است. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را در کشور و استان نمایش می‌دهد

(2005) و (Zapata et al. (2007) نیز در تحقیقات خود، باد را به عنوان مهم‌ترین عامل محیطی مؤثر بر عملکرد سیستم‌های آبیاری بارانی و یکنواختی توزیع آب دانسته‌اند و اثر سرعت باد روی یکنواختی توزیع را مورد مطالعه قرار دادند. (Bavi et al. (2009 گزارش کردند که بازدهی کاربرد آب در سامانه‌های آبیاری بارانی قبل از هر چیز به وسیله‌ی میزان تلفات تبخیر و باد کنترل می‌شود و بازدهی واقعی آب در ربع پایین معرف بازدهی آب در داخل مزرعه است، که واقعیت عینی دارد. (Rather and Baba (2018 در پژوهشی در دشت گندربال هند نتیجه گرفتند ارتفاع رایزر و تغییرات فشار بیشترین تاثیر را روی یکنواختی پخش آبپاشها داشته و سرعت باد بدلیل کم بودن آن در منطقه، تاثیر چندانی روی ضریب یکنواختی پخش ندارد. (Ngasoh et al. (2018 ارزیابی اثرات سیستم آبیاری بارانی را در ایالت تارابای نیجریه بر روی مزارع چای انجام دادند. نتایج، زمانی که دبی آبپاش $1/2$ لیتر بر ثانیه و شدت پخش آن $7/5$ میلی متر در ساعت بود مقدار CU را $90/9$ درصد و DPR را $0/79$ نشان داد. مقایسه مقادیر IP نیز از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۶ روند خوب عملکرد سیستم آبیاری را نشان داد. (Maroufpoor et al. (2019 سیستم‌های بارانی ثابت استان کردستان را با استفاده از شاخص‌های عملکرد در ۱۰ طرح مختلف در سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۱۷ بررسی کردند. نتایج نشان داد اعمال ملاحظات اصلاحی در طراحی، برنامه ریزی آبیاری و نوع آبپاش در سال ۲۰۱۷، شاخص‌های ضریب یکنواختی و راندمان پتانسیل ربع پایین را به ترتیب ۲۹ و ۸۲ درصد بهبود و تلفات نفوذ عمقی را ۴۰ درصد کاهش داد. هدف از مطالعه حاضر ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت اجرا شده در اراضی پایاب سد ارسباران است. این سد با هدف اسکان



شکل (۱). موقعیت جغرافیایی دشت ارسباران در کشور و استان

روش تحقیق

توسعه و عمران اراضی کشاورزی (بانک زمین) به صورت یک پارچه طراحی و اجرا شده است لذا فاصله آبپاش‌ها در همه مزارع ۲۵ در ۲۵ متر و همه آبپاش‌های مورد استفاده از نوع Komet 162, 163 با قطر نازل ۱۰ و ۸ میلیمتر است. جدول (۱) مشخصات بلوک‌های آزمایشی و ایستگاه-های پمپاژ مربوط به آن‌ها را نشان می‌دهد. اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای این تحقیق در بهار و تابستان سال ۱۴۰۰ انجام گرفت.

در این پژوهش ۵ بلوک آبیاری با نام‌های اختصاری J1, O2, G3, Y4 و G5 به ترتیب با مساحت‌های ۳/۱، ۳/۳، ۵/۳، ۵/۷ و ۶/۷ هکتار از ۵ ایستگاه پمپاژ مختلف، به طور تصادفی و با پراکنش قابل قبول برای آزمایش انتخاب شدند. شکل (۲) موقعیت سد ارسباران، ایستگاه‌های پمپاژ و مزارع انتخابی را نشان می‌دهد. از آنجاکه طرح آبیاری ارسباران یک طرح ملی بوده و توسط دولت و با مشارکت شرکت

جدول (۱). مشخصات بلوک‌های آبیاری انتخابی و ایستگاه‌های پمپاژ مربوط به آن‌ها

نام بلوک آبیاری	نام روستا (قشلاق)	نام ایستگاه پمپاژ	مساحت زیر ایستگاه پمپاژ (هکتار)	دبی ایستگاه پمپاژ (لیتر بر ثانیه)	نوع محصول	آبپاش‌های در حال کار	مدت آبیاری (ساعت)
J1	جیغ جیغ	PS1	۸۲/۷۴	۱۱۱	گندم	۵۴	۴/۴۰
O2	ازبک	PS2-sp1	۹۹/۴۰	۱۳۵	یونجه	۶۶	۵/۱۰
G3	قره‌قیه	PS3-sp1	۸۳/۳۵	۱۰۵	جو	۴۷	۳/۲۵
Y4	یلی	PS4a	۷۹/۵۸	۱۱۰	گندم	۵۴	۴/۰۵
G5	قره‌قیه	PS5	۱۳۵/۵۶	۱۸۳	گندم	۸۸	۳/۴۵



شکل (۲). موقعیت مزارع انتخابی برای مطالعه در پایاب سد ارسباران

مزارع قبل از انجام عمل آبیاری نمونه‌های دست نخورده و دست خورده تهیه و اندازه‌گیری‌های لازم در آزمایشگاه انجام شد. در جدول (۳) مشخصات خاک بلوک‌های آبیاری ارائه شده‌است. پارامترهای اقلیمی در زمان آزمایش نیز از آمار نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی (ایستگاه بوران) که در ضلع شمال شرقی دشت واقع شده‌است و هم‌چنین اندازه‌گیری در مزرعه بدست آمد که در جدول (۳) ارائه شده‌است.

در ارزیابی سیستم‌های آبیاری بارانی لازم است سه دسته اندازه‌گیری انجام شود: ۱- اندازه‌گیری پارامترهای آب و خاک ۲- اندازه‌گیری پارامترهای اقلیمی ۳- اندازه‌گیری پارامترهای مربوط به سیستم آبیاری. جدول (۲) نتایج آزمایش کیفیت آب آبیاری در بلوک‌های آزمایشی را نشان می‌دهد. تمام پارامترها بدلیل استفاده از منبع آب سطحی سد (رودخانه سلین چای) و عدم وجود منبع آلودگی در مسیر، در حد مجاز هستند. به منظور اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک، در هر کدام از

جدول (۲): نتایج آزمایش کیفیت آب منطقه مورد مطالعه

کلاس آب	SAR	میلی اکی والان در لیتر					کربنات	بی کربنات	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی و (ds/m)
		سدیم Na ⁺	منیزیم Mg ²⁺	کلسیم Ca ²⁺	کلر Cl ⁻	کربنات HCO ³⁻				
C2-S1	۰/۱۰	۰/۱۶	۱/۷	۳/۸	۰/۷۳	۱/۳۲	۰	۷/۳۰	۰/۵۸	

جدول (۳): برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک بلوک‌های آزمایشی

بلوک‌های آزمایشی					مشخصات نمونه
G5	Y4	G3	O2	J1	
۳/۲۳	۲/۷۶	۳/۸۳	۲/۱۰	۱/۳۳	هدایت الکتریکی (mmohs/cm)
۷/۹۴	۷/۵۵	۸/۰۷	۷/۸۹	۷/۷۱	اسیدیته گل اشباع (pH)
۹/۵۷	۱۲/۰۴	۱۵/۲۸	۶/۵۸	۸/۶۷	نسبت جذب سدیم (SAR)
C	C	CL	SiCL	CL	بافت خاک (Soil Tex.)
۱/۲۷	۱/۳۵	۱/۴۸	۱/۲۳	۱/۱۸	وزن مخصوص ظاهری (gr/cm ³)
۲/۵۴	۲/۶۳	۲/۶۱	۲/۵۷	۲/۶۰	وزن مخصوص حقیقی (gr/cm ³)
۲۳/۴۹	۲۲/۳۸	۲۵/۳۲	۳۸/۸۶	۲۲/۵۷	کمبود رطوبتی خاک (mm)
۳۳/۵۲	۲۹/۲۷	۲۵/۸۲	۲۶/۵۵	۳۰/۴۲	ظرفیت زراعی (درصد وزنی) FC
۱۹/۸۰	۱۸/۷۷	۱۶/۶۲	۱۵/۸۰	۲۰/۹۰	نقطه پژمردگی (درصد وزنی) PWP
۰/۷۰	۰/۶۵	۱/۳۰	۲/۵۰	۱/۵۵	نفوذ پذیری نهایی خاک (cm/hr)

جدول (۴): مشخصات اقلیمی بلوک‌های آبیاری در زمان آزمایش

بلوک آبیاری	دما (درجه سانتی گراد)	رطوبت نسبی (درصد)	سرعت باد (متر بر ثانیه)
J1	۲۴	۲۸	۲/۷
O2	۲۱	۳۲	۳/۵
G3	۲۰	۳۵	۲/۳
Y4	۲۵	۲۵	۲/۵
G5	۲۱	۲۹	۳/۷

فشارسنج در مزارع و فشار داخل ایستگاه پمپاژ اندازه‌گیری شد. (Christiansen, 1942) سه روش را برای تعیین ضریب یکنواختی در شرایط مزرعه پیشنهاد کرده است: ۱- استفاده از چند (دو) لوله فرعی ۲- استفاده از یک لوله فرعی ۳- استفاده از یک آبپاش منفرد. در این پژوهش از روش سوم استفاده شد. عملیات مزرعه‌ای در ماه‌های اردیبهشت و خرداد سال ۱۴۰۰ و در شرایط بهره‌برداری توسط

در اندازه‌گیری‌های سیستم آبیاری، جهت اندازه‌گیری دبی آبپاش از یک گالن ۲۰ لیتری مدرج، دو قطعه شلنگ با قطرهای اندکی بزرگتر از نازل‌های ۱۰ و ۸ میلی‌متری به طول ۲ متر و کرنومتر استفاده گردید. جهت ثبت فشار در آبپاش در حال کار، در شیرخودکار بعدی، رایزر با یک فشارسنج نصب و فشار بصورت لحظه‌ای اندازه‌گیری شد. فشار حداکثر و حداقل سیستم با جابجایی رایزر دارای

ربع پایین (درصد)، D_r : متوسط عمق ناخالص آبیاری (mm)، SMD: کمبود رطوبت خاک (mm)، PELQt: راندمان پتانسیل ربع پایین، FC: درصد وزنی رطوبت در ظرفیت مزرعه، d: عمق موثر ریشه (cm)، M: درصد وزنی رطوبت خاک قبل از آبیاری و ρ_b : وزن مخصوص خاک (gr/cm^3) را نمایش می‌دهند. رابطه (۴) زمانی به جای رابطه (۳) به کار می‌رود که مقدار SMD کمتر از Dq باشد. مقادیری که از معادلات بالا به دست می‌آید بایستی با توجه به اختلاف فشار در سیستم تعدیل شوند تا بتوان آن‌ها را به کل سامانه‌ها نسبت داد، روابط (۷) تا (۱۱) نحوه محاسبه پارامترهای ارزیابی در کل سامانه‌ها را نشان می‌دهند.

$$CU_s = CU_t \left[\frac{1 + \left(\frac{P_{min}}{P_{mean}} \right)^{0.5}}{2} \right] \quad (7)$$

$$DU_s = DU_t \left[\frac{1 + 3 \left(\frac{P_{min}}{P_{mean}} \right)^{0.5}}{4} \right] \quad (8)$$

$$PELQ_s = (1 - ER) \times PELQ_t \quad (9)$$

$$AELQ_s = (1 - ER) \times AELQ_t \quad (10)$$

$$ER = 0.2 \times \frac{P_{max} - P_{min}}{P_{mean}} \quad (11)$$

در این معادلات P_{min} , P_{max} و P_{mean} به ترتیب حداقل فشار، حداکثر فشار و میانگین فشار سامانه بر حسب بار، CU_s و DU_s به ترتیب ضریب یکنواختی و یکنواختی توزیع سامانه، $PELQ_s$ راندمان پتانسیل ربع پایین سامانه، $AELQ_s$ راندمان کاربرد ربع پایین سامانه و ER ضریب کاهش راندمان است.

علاوه بر پارامترهای مذکور، جهت تفسیر بهتر مفاهیم ارزیابی، ۴ پارامتر تلفات پاششی، تلفات نفوذ عمقی، یکنواختی توزیع نصف پایین و کفایت آبیاری نیز محاسبه شده‌است که با روابط (۱۲) تا (۱۶) نشان داده شده‌اند.

$$WDEL = \frac{D_r - \bar{D}}{D_r} \times 100 \quad (12)$$

$$DP = \frac{\bar{D} - SMD}{D_r} \times 100 \quad (13)$$

برای آبیاری کامل

$$DP = \frac{V_{za} - SMD \times A_d}{q \times t_{co}} \times 100 \quad (14)$$

برای آبیاری ناقص

$$DU_{1/2} = \frac{D_h}{\bar{D}} \quad (15)$$

کشاورزان انجام یافت. پس از تعیین محل مناسب انجام آزمایش (دارای فشار متوسط)، مساحت بین دو آبپاش مورد آزمایش تا آبپاش‌های کناری با استفاده از متر نواری و میخ چوبی به فواصل ۳*۳ متر شبکه بندی گردید (Lemeister et al., 2007) و قوطی‌های جمع‌آوری هم اندازه و یکسان به ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر و قطر داخلی ۹ سانتی‌متر در تمامی نقاط شبکه قرار داده شد. قبل از به کار انداختن آبپاش‌ها تمام قوطی‌ها کنترل گردید تا عمود بوده و پوشش گیاهی اطراف مانع ورود آب به داخل قوطی‌ها نباشد. بعد از گذشت یک و نیم ساعت از کارکرد آبپاش‌ها (Montazar and Moridnejad, 2008) بلافاصله حجم آب داخل قوطی‌ها با استفاده از استوانه مدرج اندازه‌گیری و یادداشت شد. تعدادی از قوطی‌ها (دو یا سه قوطی) که در ابتدای شروع آزمایش دارای حجم مشخصی از آب بود (تقریباً برابر با حجم میانگین آبی که انتظار می‌رفت در داخل قوطی‌ها جمع شود) دور از آبپاش‌ها، جهت تخمین میزان تبخیر در مزرعه قرار داده شده و در انتهای آزمایش نیز حجم آب باقی مانده در آن‌ها اندازه‌گیری می‌شود (Tarjuelo et al., 1999). پس از انجام اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای، پارامترهای ارزیابی بصورت جداگانه برای هر بلوک آزمایشی با استفاده از معادلات (۱) تا (۶) محاسبه گردید.

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

$$DU_t = \frac{D_q}{\bar{D}} \times 100 \quad (2)$$

$$AELQ_t = \frac{D_q}{D_r} \times 100 \quad (3)$$

$$AELQ_t = \frac{SMD}{D_r} \times 100 \quad (4)$$

$$PELQ_t = \frac{D_q}{D_r} \times 100 \quad (5)$$

$$SMD = \frac{(FC - M) \times d \times \rho_b}{100} \quad (6)$$

در این روابط CU_t : ضریب یکنواختی کریستیانسن (درصد)، D_i : عمق آب در هر یک از قوطی‌های جمع‌آوری (mm)، \bar{D} : متوسط عمق‌های آب جمع شده در قوطی‌ها (mm)، N: تعداد کل قوطی‌ها، DU_t : یکنواختی توزیع (درصد)، D_q : متوسط عمق آب در یک‌چهارم کمترین مقادیر اندازه‌گیری شده (mm)، AELQ: راندمان کاربرد

وضعیت مزارع J1 و O2 از نظر EC و SAR بهتر از بقیه بود. نتایج اندازه‌گیری دبی متوسط آبیاری، فشار در سه نقطه (حداقل، حداکثر، متوسط) در هر سیستم آبیاری، تغییرات فشار و ضریب کاهش راندمان در جدول (۵) ارائه شده است. مقادیر این جدول نشان می‌دهد که از نظر نزدیکی فشار متوسط به فشار طراحی (۴ اتمسفر) بلوک O2 نسبت به بقیه بلوک‌ها وضعیت بهتری دارد ولی از نظر تغییرات فشار مجاز (کمتر از ۲۰ درصد) فقط بلوک J1 در محدوده مجاز قرار داشته و وضعیت بلوک Y4 از این لحاظ بدتر از بقیه است. وجود تغییرات زیاد فشار در این بلوک می‌تواند دلیل عبور خط لوله اصلی این سیستم از تپه بلند موجود در مسیر و عدم رعایت مبانی هیدرولیکی در طراحی ایستگاه پمپاژ PS4a دانست به طوری که میزان انحراف متوسط دبی خروجی از مقدار قید شده در کاتالوگ آبیاریها نیز در بلوک Y4 بیشتر از بقیه است.

$$ADirr = \frac{N1}{N} \times 100 \quad (16)$$

در این روابط WDEL: تلفات پاششی (درصد)، DP: تلفات نفوذ عمقی (درصد)، Vz: حجم آب نفوذ کرده به خاک، tco: مدت زمان آبیاری در یک استقرار، q: متوسط دبی آبیاری مورد آزمایش، Vz: حجم آب نفوذ کرده در منطقه‌ای که آبیاری کافی بوده است، Ad: مساحتی از زمین که به اندازه کافی آب دریافت کرده است، DU_{1/2}: یکنواختی توزیع نصف پایین، Dh: متوسط عمق آب در نصف پایین مقادیر اندازه‌گیری شده، N1: تعداد قوطی‌هایی که آب جمع شده در آنها بیشتر یا مساوی SMD بوده است و ADirr: درصد کفایت آبیاری است.

نتایج و بحث

طبق نتایج آزمایش کیفیت آب آبیاری و خاک مزارع (جدول ۲ و ۳) محدودیت شدیدی برای آبیاری بارانی در هیچ‌کدام از بلوک‌های آزمایشی مشاهده نشد هر چند

جدول (۵). دبی و شدت پخش آبیاری، تغییرات فشار اندازه‌گیری شده و ضریب کاهش راندمان در بلوک‌های آزمایشی

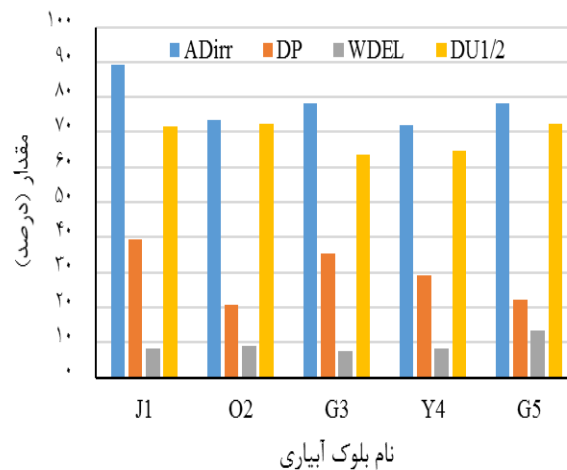
ER	$\frac{P_{max} - P_{min}}{P_{mean}} (\%)$	فشار حداکثر (bar)	فشار حداقل (bar)	فشار متوسط (bar)	شدت پخش (mm/hr)	متوسط دبی آبیاری (L/s)	کد مزرعه
۰/۰۳۵	۱۷	۴/۱۰	۳/۲۳	۳/۷۰	۱۰/۰۲	۱/۷۴	J1
۰/۰۵۲	۲۶	۴/۳۱	۳/۳۱	۳/۸۱	۱۱/۰۶	۱/۹۲	O2
۰/۰۵۸	۲۹	۵/۲۳	۳/۹۷	۴/۳۴	۱۲/۸۴	۲/۲۳	G3
۰/۰۹۴	۴۷	۴/۱۲	۲/۷۶	۲/۸۸	۸/۹۹	۱/۵۶	Y4
۰/۰۶۴	۳۲	۴/۳۱	۳/۱۲	۳/۷۳	۱۰/۴۳	۱/۸۱	G5

همچنین یکنواختی توزیع نصف پایین، تلفات پاششی، تلفات نفوذ عمقی و کفایت آبیاری برای بلوک‌های آزمایشی در شکل (۳) باهم مقایسه شده‌اند.

نتایج ارزیابی در قالب شاخص‌های ضریب یکنواختی، یکنواختی توزیع، راندمان پتانسیل ربع پایین و راندمان کاربرد ربع پایین برای هر بلوک آزمایشی و برای کل سیستم در جدول (۶) ارائه شده‌اند.

جدول (۶). مقادیر پارامترهای ارزیابی سیستم‌های آبیاری بارانی در منطقه مورد مطالعه (درصد)

کد مزرعه	CU _t	DU _t	PELQ _t	AELQ _t	CU _s	DU _s	PELQ _s	AELQ _s
J1	۷۱/۶۳	۵۸/۰۹	۵۳/۳۷	۵۲/۳۶	۷۰/۴۵	۵۶/۶۵	۵۱/۵۲	۵۰/۵۵
O2	۷۱/۹۱	۵۹/۶۶	۵۴/۲۸	۵۴/۲۸	۶۹/۴۷	۵۶/۶۲	۵۱/۴۳	۵۱/۴۳
G3	۶۳/۶۰	۴۴/۴۳	۴۱/۰۸	۴۱/۰۸	۶۲/۲۱	۴۲/۹۸	۳۸/۶۹	۳۸/۶۹
Y4	۶۴/۶۲	۴۶/۲۱	۴۲/۳۱	۴۲/۳۱	۶۳/۹۴	۴۵/۴۸	۳۸/۳۲	۳۸/۳۲
G5	۷۲/۵۲	۵۶/۰۵	۴۸/۶۲	۴۸/۶۲	۶۹/۴۳	۵۲/۴۶	۴۵/۵۱	۴۵/۵۱
میانگین	۶۸/۸۶	۵۲/۸۹	۴۷/۹۳	۴۷/۷۳	۶۷/۱۰	۵۰/۸۴	۴۵/۰۹	۴۴/۹۰



شکل (۳). نمودار مقایسه‌ای شاخص‌های ارزیابی در سیستم‌های آبیاری بارانی منطقه مورد مطالعه

مقدار این شاخص‌ها مربوط به بلوک O2 با مقدار ۵۴/۲۸ درصد و کم‌ترین آن‌ها مربوط به G3 با ۴۱/۰۸ درصد است. با دخالت تغییرات فشار کل سیستم طبق روابط مولد ذکر شده در بخش قبلی، مقادیر چهار شاخص عنوان شده، برای کل سیستم‌ها محاسبه و در جدول (۶) آمده است. شکل (۳) نمودار تغییرات شاخص‌های کفایت آبیاری، یکنواختی توزیع نصف پایین، تلفات تبخیر و بادبردگی و تلفات نفوذ عمقی را نشان می‌دهد. در تمام سیستم‌ها مجموع تلفات آبیاری زیاد بوده و بیشترین آن در سیستم J1 و حدود ۴۸ درصد است. سهم زیادی از این مقدار، نفوذ عمقی است، به

مقادیر ضریب یکنواختی کریستیانسن و یکنواختی توزیع آب (DU و CU) در همه بلوک‌ها کمتر از مقادیر پیشنهادی مریام و کلر ($0.67 \leq DU \leq 0.80$) و ($0.81 \leq CU \leq 0.87$) می‌باشد (Merriam and Keller, 1978). به طوری که بیشترین مقدار CU و DU به ترتیب مربوط به بلوک G5 و O2 با ۷۲/۵۲ و ۵۹/۶۶ درصد و کمترین آن‌ها مربوط به بلوک G3 به ترتیب با ۶۳/۶۰ و ۴۴/۴۳ درصد می‌باشد. مقادیر PELQ و AELQ به غیر از بلوک J1 در بقیه بلوک‌ها با هم برابرند که نشان از کم-آبیاری قسمتی از اراضی در بقیه بلوک‌ها دارد. بیش‌ترین

می‌گردد. در بلوک O2 اگرچه وضعیت نسبت به سایر بلوک‌ها بهتر است اما باز با استانداردها فاصله دارد. با توجه به بازدیدهای به عمل آمده می‌توان گفت که در این سیستم، سهم مشکلات مدیریتی و بهره‌برداری در پایین بودن CU، DU و PELQ بیشتر از مشکلات طراحی و اجرا می‌باشد. کم بودن فشار در مزرعه و زیاد بودن اختلاف فشار در نقاط مختلف این سیستم را می‌توان به عنوان مهم‌ترین این مشکلات نام برد درحالی‌که فشار در ایستگاه پمپاژ PS2-sp1 با توجه به توپوگرافی تقریباً صاف اراضی مناسب است. برای برطرف کردن و یا کاهش این مشکلات پیشنهاد می‌شود که اولاً تعداد آبپاش‌هایی که به طور هم‌زمان مشغول به کار هستند به اندازه ظرفیت سیستم باشد و نه بیشتر، ثانیاً روی هر لوله فرعی تنها یک آبپاش در حال کار باشد. در سامانه مربوط به بلوک G3، پایین بودن محسوس DU و بالا بودن DP مشاهده می‌گردد که علت آن پایین بودن عمق آب در یک چهارم پایین اراضی و پخش نامتقارن آب است. لقی رایزرها و عمود نبودن آنها که در اثر بی-توجهی در فعالیت‌های مکانیزه کاشت، داشت و برداشت صورت گرفته و بسیاری از تنبوشه‌های محافظ شیرخودکارها از بین رفته بود به‌عنوان عامل اصلی تشخیص داده شد. فشار تامین شده در ایستگاه پمپاژ PS3-sp1 و در مزارع مناسب بود. در بلوک Y4 بیش از ۲۸ درصد از مساحت آبیاری شده سیستم دچار کم‌آبیاری است ضمن اینکه DU و PELQ نیز پایین است. عامل اصلی این امر را می‌توان کمبود فشار در مزارع این سیستم دانست. با توجه به توپوگرافی تند مسیر لوله اصلی به خصوص در خروجی ایستگاه پمپاژ PS4a و اینکه فشار در این ایستگاه تقریباً برابر فشار کارکرد آبپاش است کنترل کارایی این ایستگاه نیز تاکید می‌شود. نفوذ عمقی پایین و تلفات تبخیر و باد بردگی بالا نسبت به سایر سیستم‌های این تحقیق در سامانه مربوط به بلوک G5 مشهود بوده و بقیه شاخص‌ها در حد متوسط این تحقیق است. در این سامانه مشکل طراحی و اجرا مشاهده نمی‌شود و فشار در ایستگاه پمپاژ PS5 در حد مطلوب است ولی استفاده از تعداد آبپاش هم‌زمان بیشتر از ظرفیت سامانه و بیشتر از یک آبپاش بر روی لوله فرعی باعث کاهش یکنواختی توزیع شده است. هم‌چنین سرعت بالای باد در زمان آزمایش باعث بالا بودن تلفات پاششی در

این مفهوم که متوسط عمق آب نفوذ کرده در خاک در مدت آبیاری (۴۳ میلی‌متر) خیلی بیشتر از کمبود رطوبت خاک در زمان آبیاری (۲۳ میلی‌متر) بوده است. هم‌چنین مقدار تلفات برای بلوک‌های O2، G3، Y4 و G5 به ترتیب برابر ۳۰، ۴۳، ۳۸ و ۳۹ درصد است که در همه موارد نفوذ عمقی بیشتر از تلفات پاششی می‌باشد. بلوک C1 با کفایت آبیاری ۸۹ درصد بالاترین و بلوک Y4 با ۷۲ درصد کمترین کفایت آبیاری را به خود اختصاص داده اند و برای بلوک‌های O2، G3 و G5 این مقدار به ترتیب برابر با ۷۳، ۷۸ و ۸۰ درصد است. بالا بودن نسبی کفایت آبیاری در همه بلوک‌ها در مقایسه با تلفات بالای آبیاری حاکی از زیاد بودن مدت آبیاری‌ها و قیمت پایین آب و هدر دادن قسمت عمده‌ای از آب به‌صورت نفوذ عمقی است. مقدار یکنواختی توزیع نصف پایین در G3 و Y4 تقریباً برابر ۶۴ درصد و در O2 و G5 تقریباً برابر ۷۲ درصد بدست آمد. مقادیر متفاوت شاخص‌های ارزیابی نشان داد نمی‌توان برای همه بلوک‌های آبیاری راه‌کار یکسانی پیشنهاد داد. بررسی‌های میدانی و پارامترهای ارزیابی محاسبه شده از اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای مشکلات بلوک‌های آبیاری را اینگونه نشان می‌دهد:

در بلوک J1 با نگاهی گذرا به روابط مولد PELQ و AELQ ملاحظه می‌شود که در حالتی که Dq بیشتر از SMD شود، این دو راندمان برابر خواهد شد. با کاهش زمان آبیاری در یک استقرار و در پی آن کاهش تلفات عمقی می‌توان راندمان کاربرد ربع پایین را به مقدار پتانسیل آن رساند. در این مزرعه دور آبیاری ۷ روز و مدت کارکرد آبپاش‌ها در هر استقرار ۴/۴۰ ساعت می‌باشد. در مدت زمان ۲/۵ ساعت، میانگین عمق آب نفوذ کرده در خاک ۲۵ میلی‌متر خواهد بود که تقریباً با کمبود رطوبت خاک در زمان آبیاری (۲۳ میلی‌متر) برابری می‌کند که علاوه بر افزایش راندمان آبیاری به کاهش مصرف انرژی، کاهش استهلاک پمپ و سیستم، کاهش نیاز به نیروی کارگری در طول فصل زراعی و هم‌چنین کاهش شستشوی مواد مغذی خاک کمک شایانی خواهد کرد. فشار اندازه‌گیری شده در محل ایستگاه پمپاژ PS1 در زمان انجام آزمایش ۴/۱۰ بار بود که فشار طراحی (۴ بار) را در بسیاری از مزارع تامین نمی‌کرد لذا کنترل کارایی ایستگاه پمپاژ و تقویت آن در صورت نیاز پیشنهاد

کلی از عملکرد سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک، مقادیر پارامترهای ارزیابی تحقیقات مهم در شش سال اخیر و در مناطق مختلف کشور در جدول (۷) ارائه شده است.

این بلوک شده است که پیشنهاد می‌شود در زمان‌های با سرعت بالای باد حداکثر امکان از سیستم استفاده نشود.

مقایسه با برخی تحقیقات اخیر در کشور

با توجه به تحقیقات متعدد انجام گرفته در سال‌های اخیر و اهمیت جمع‌بندی نتایج آن‌ها برای بیان یک وضع

جدول (۷). مقایسه نتایج ارزیابی سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت در تحقیق حاضر با سایر محققان

ADirr	DP	WDEL	AELQ _s	PELQ _s	DU _s	CU _s	نام محقق، سال و محل تحقیق
۷۸/۱۳	۲۹/۴۵	۹/۲۸	۴۴/۹۰	۴۵/۰۹	۵۰/۸۴	۶۷/۱۰	تحقیق حاضر
۴۳/۰۰	۸/۸۰	۹/۴۵	۴۴/۷۰	۴۴/۷۰	۵۲/۵۱	۶۵/۵۰	مجدلسیمی و همکاران (۱۳۹۴) گیلان
۶۴/۶۶	۳۱/۰۲	۸/۷۷	۳۸/۰۱	۴۶/۸۵	۴۳/۶۴	۷۰/۸۴	مولایی و همکاران (۱۳۹۵) کوهدشت
-	-	۳/۸۰	۵۸/۳۲	-	۵۹/۳۶	۷۳/۵۰	روشنی (۱۳۹۵) رباط کریم
-	۱۷/۳۰	۹/۸۷	۵۹/۷۷	۶۵/۶۲	۷۳/۳۹	۸۲/۵۰	رفوف و همکاران (۱۳۹۷) مغان
-	-	۱۰/۲۰	۵۴/۸۰	۵۴/۸۰	۶۵	۷۵	نادری و همکاران (۱۳۹۷) سمنان
-	-	-	۵۲/۳۱	۵۴/۵۱	۶۱/۸۲	۷۳/۳۷	کاظمی و همکاران (۱۳۹۸) اقلید
-	-	-	۴۶/۶۰	۴۶/۶۰	۴۸/۶۶	۶۸/۷۸	بختیاری و همکاران (۱۳۹۹) مرکزی
-	-	۶/۰۰	۵۸/۰۰	۶۱/۵۰	۶۶/۸۰	۷۵/۸۰	سالمی و همکاران (۱۳۹۹) اصفهان
-	-	-	-	-	۳۹/۳۳	۵۸/۹۰	حصاری و محمدپور (۱۴۰۰) نقده

ساعت کارکرد مناسب آبپاش‌ها برای الگوهای کشت منطقه، عمود نبودن و لقی رایزرها مورد استفاده، عدم نگهداری صحیح از سیستم و استفاده از سیستم در زمان‌های باد خیز خلاصه می‌شود. البته مشکل مدیریتی از قبیل قیمت پایین آب و عدم ترویج و آموزش مناسب کشاورزانی که در سابق زندگی عشایری داشته‌اند و نیز ناکارآمدی شرکت‌های تعاونی تولید ایجاد شده در منطقه را هم باید به این مشکلات اضافه کرد. از آنجا که در هر کدام از بلوک‌های آزمایشی تعدادی از مشکلات فوق وجود داشت، راهکارهای مناسب ارائه گردید.

تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله از مسئولین و کارشناسان محترم سازمان‌های امور عشایر و جهاد کشاورزی استان آذربایجان- شرقی و شرکت مهندسی مشاور پندام که در انجام و ارتقاء کیفی این پژوهش یاری دادند، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

نتیجه‌گیری

نتایج ارزیابی سامانه‌های آبیاری بارانی دشت ارسباران در ۵ مزرعه آزمایشی از ایستگاه‌های پمپاژ مختلف نشان داد که این سیستم‌ها در وضعیت عملکرد مناسبی قرار ندارند به طوری که مقادیر ضریب یکنواختی و یکنواختی توزیع کمتر از مقادیر پیشنهاد شده بود. مقادیر شاخص کفایت آبیاری و تلفات نفوذ عمقی، بیانگر وجود نفوذ عمقی بالا و کم آبیاری در سطح وسیعی از مزارع آزمایشی بود. دلیل پایین بودن شاخص‌های ارزیابی در بلوک‌های آزمایشی متفاوت بود ولی در حالت کلی در سه بخش طراحی شامل: عدم تامین فشار کارکرد آبپاش‌ها از طریق ایستگاه پمپاژ و تغییرات غیر مجاز فشار در سیستم، اجرا شامل: عدم آب‌بندی شیرهای قطع و وصل، تخلیه آب و هوا و شیرخودکارهای نصب شده و مشکلات بهره برداری شامل: استفاده همزمان بیش از تعداد طراحی شده آبپاش مخصوصا در روی یک لترال، عدم رعایت دور آبیاری و

منابع

اوجاقلو، ح. بیگدلی، ز. و شیردلی، ع. ۱۳۹۶. بررسی اثر سرعت باد بر عملکرد فنی سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک در استان زنجان. فصلنامه مهندسی آبیاری و آب. سال هفتم، شماره بیست و هشتم، ص ۹۷-۱۰۷.

- بختیاری، س. محسنی موحد، س. ا. مقدسی، م. و داوودمقامی، د. ۱۳۹۹. ارزیابی عملکرد سامانه های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک در استان مرکزی. مجله پژوهش آب ایران. جلد چهاردهم، شماره ۱، پیاپی ۳۶، ص ۹-۱۸.
- برادران هزاوه، ف. ۱۳۸۴. ارزیابی فنی سیستم های آبیاری تحت فشار اجرا شده در شهرستان اراک. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- بهرامی، م. خواجهای، ف. دیندارلو، ع. و اسلامیان، س. ۱۳۹۶. ارزیابی فنی سامانه های آبیاری بارانی اجرا شده در برخی از دشت های استان فارس. نشریه پژوهش های حفاظت آب و خاک. جلد ۲۴، شماره ۱، ص ۲۱-۳۲.
- رئوف، م. حسینی، ی. و نظری گیگلو، ف. ۱۳۹۷. ارزیابی سیستم کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک و مدل سازی تلفات تبخیر و بادبردگی در آبپاش مدل ADF25 در منطقه مغان. نشریه حفاظت منابع آب و خاک. سال هفتم، شماره چهارم، ص ۱۱۷-۱۳۴.
- سالمی، ح. رضوانی، س. م. قدمی فیروزآبادی، ع. و ابراهیمی پاک، ن. ع. ۱۳۹۹. بررسی و ارزیابی سیستم های آبیاری بارانی (کلاسیک ثابت و آبفشان غلتان) در برخی مزارع استان اصفهان و همدان. نشریه مهندسی آبیاری و آب ایران. سال دهم، شماره سی و نهم، ص ۲۷۷-۲۸۸.
- کاظمی، س. برومند نسب، س. و ایزدپناه، ز. ۱۳۹۸. ارزیابی فنی سیستم های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک (AMBOO, VYR155) در شهرستان اقلید-فارس. نشریه علوم و مهندسی آبیاری. جلد ۴۲ شماره ۱، ص ۱۹۲-۱۸۶.
- مجد سلیمی، ک. صلواتیان، س. ب. و امیری، ا. ۱۳۹۴. ارزیابی فنی سامانه های آبیاری بارانی کلاسیک اجرا شده در باغ های چای استان گیلان. نشریه آب و خاک. جلد ۲۹، شماره ۲، ص ۳۳۶-۳۴۹.
- مریدنژاد، ع.، لیاقت، ع. و نظری، ب. ۱۳۹۴. تحلیل نتایج مطالعات ارزیابی تغییر سیستم آبیاری سطحی به آبیاری تحت فشار در شبکه های فرعی آبیاری اراضی ۵۵۰ هزار هکتاری موسسه جهاد نصر در استان خوزستان. اولین همایش ملی بررسی ابعاد فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی طرح احیاء ۵۵۰ هزار هکتاری اراضی خوزستان و ایلام.
- مولایی، ز. معروف پور، ع. و ملکی، ع. ۱۳۹۵. بررسی و ارزیابی فنی برخی سامانه های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت دشت کوهدشت. مجله پژوهش آب ایران جلد ۱۰، شماره ۲، پیاپی ۲۱، ص ۱۳۲-۱۲۵.
- Abshiro F.K. and P. Singh. 2018. Performance Evaluation of Infield Sprinkler Irrigation System under Existing Condition in Beles Sugar Development Project, Ethiopia. *Irrigation & Drainage Systems Engineering*, 7(2): 1-6. doi: 10.4172/2168-9768.1000213
- Ahaneku, I. E. 2010. Performance evaluation of portable sprinkler irrigation system in Ilorin, Nigeria. *Indian Journal of Science and Technology*, 3(8): 853-857.
- Bavi, A., Kashkuli, H.A., Broomand, S., Naseri, A. and Albaji, M. 2009. Evaporation losses from sprinkler irrigation systems under various operating conditions. *Journal of Applied Sciences*, 9(3): 597-600.
- Dechmi, F., Playan, E., Faci, J.M., Tejero, M. and Bercero, A. 2003c. Analysis of an irrigation district in northeastern Spain, II. Irrigation evaluation, simulation and scheduling. *Agri. Water Management*, 61: 93-109.
- Lemeister, C., L. Pochop, G. Kerr, Sh.S. Wulff and J.Drew. 2007. Evaluating the "Catch-Can" test for measuring lawn sprinkler application rates. *Journal of the American Water Resources Association*, (43)4: 938-946.
- Maroufpoor, S., E. Maroufpoor and M. Khaledi. 2019. Effect of farmers' management on movable sprinkler solid-set systems. *Agricultural Water Management*, 223, 105691.
- 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.
- Montazar, A. and M. Moridnejad. 2008. Influence of wind and bed slope on water and soil moisture distribution in solid-set sprinkler systems. *Irrigation and Drainage*, 57: 175-185.
- Mushtaq, Sh. and T.N. Maraseni. 2011. Technological change in the Australian irrigation industry: implications for future resource management and policy development. Australian government, national water commission, Waterlines Report Series No 53.



Ngasoh, F.G., C.C. Anyadike, C.C. Mbajiorgu and M.N. Usman. 2018. Performance evaluation of sprinkler irrigation system at Mambilla Beverage limited, Kakara-Gembu, Taraba state-Nigeria. *Nigerian Journal of Technology*. 37(1): 268-274.

Playan, E., R. Salvador, J.M. Faci, N. Zapata, A. Martinez-Cob and I. Sanchez. 2005. Day and night wind drift and evaporation losses in sprinkler solid-sets and moving laterals. *Journal of Agricultural Water Management*. 76: 139-159.