



Journal of Hydraulics and Water Science

Online ISSN: 3092-6114
Journal homepage: <https://hws.tabrizu.ac.ir/?lang=en>



Research Article

Investigating the Performance of Drip Irrigation Systems in Urban Green Spaces (Case Study: El Baghi Forest Park, Tabriz)

Ismail Ebrahimi¹, Fariborz Ahmadzadeh Kaleybar^{1*} 

1- Department of Water Sciences and Engineering, Ta. C., Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

Received: January 4, 2025

Accepted: February 8, 2025

Revised: February 7, 2025

Published online: March 20, 2025

*Corresponding Author's Email f.ahmadzadeh@iaau.ac.ir

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Keywords:

irrigation block,
potential efficiency of the
lower quartile,
actual efficiency of the
lower quartile,
evaluation criteria,
water distribution
uniformity

Background and Objectives

Drip irrigation is a more reliable solution for using water resources because it distributes water efficiently. Providing the water required by plants with appropriate efficiency and uniformity, and requiring less manpower is one of the most important goals of designing drip irrigation systems. In recent years, with the decreasing trend of water resources in Iran, many forest parks and urban green spaces have also been equipped with drip irrigation systems. After drip irrigation is selected as a solution for the optimal use of water resources and implemented, special attention should be paid to the efficiency of such systems' operation. In such circumstances, evaluating and monitoring these systems is an undeniable necessity. The present study was conducted to evaluate drip irrigation implemented in six blocks in the El Baghi Forest Park of Tabriz in the northwest of Iran with an area of 180 hectares. This park is located in the Urmia Lake basin, which is facing a severe water crisis as the lake is drying up. Increasing irrigation efficiency and water productivity in this basin, especially in the agricultural sector, which accounts for 93% of water consumption, is essential.

Methodology

An experimental design was implemented to assess the performance of the drip irrigation system under study by selecting the three plots from each irrigation block, resulting in a total of 18 plots. The selection of these plots was determined based on the topography of the area and their proximity to the main branch of each block. Within each selected plot, four lateral pipes were chosen at specific positions along the manifold: at the beginning, at one-third, and two-thirds of the distance from the start to the end of the manifold, as well as at the manifold's endpoint. Four trees were identified along each lateral pipe, maintaining a consistent distance ratio. Pressure measurements were conducted at the inlet of all lateral pipes within each plot, and the lateral with the minimum inlet pressure (denoted as Minimum Lateral Inlet Pressure, MLIP) was identified. The flow rate of two drippers was measured for each of the selected trees. Additionally, the water pressure at the beginning of the four selected lateral pipes was recorded under operating conditions. To facilitate this, a pressure gauge was connected to the inlet of each lateral pipe via a tee junction, and the pressure was recorded during operation. The pressure at the end of each lateral pipe was also measured by removing the end fitting and attaching the pressure gauge directly to the pipe's endpoint. Consequently, for each selected manifold, a total of eight pressure measurements (at the

How to cite:

Ebrahimi, I. Ahmadzadeh Kaleybar, F. *Investigating the Performance of Drip Irrigation Systems in Urban Green Spaces (Case Study: El Baghi Forest Park, Tabriz)*. Journal of Hydraulics and Water Science, 35 (2):31-46. <https://doi.org/10.22034/hws.2025.66541.1019>



This is an open-access article under the CC BY NC license
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)



beginning and end of the lateral pipes) and 32 water volume measurements (corresponding to 16 trees) were obtained at the outlet points. Subsequently, the following parameters were calculated for each section: the average dripper flow rate, the minimum inlet pressure to the lateral pipe (MLIP), the discharge correction factor (DCF), and the efficiency reduction factor (ERF). In conjunction with relevant equations, these parameters were then utilized to derive the evaluation criteria for the drip irrigation system design under investigation.

Findings

The results showed that the uniformity of water distribution in plots (E_{Um}) was between 91.9% and 97.6% and in units (EUs) between 79 and 93 percent, the potential efficiency of the lower quartile in plots (PELQ_m) was between 82.7 and 87.8 percent and in blocks (PELQs) between 71% and 83.6%, and the actual efficiency of the lower quartile (AELQs) in blocks was also between 78% and 91%. Plot D33 with E_{Um}, PELQ_m, and AELQs equal to 91.9%, 82.7%, and 87% respectively was the weakest plot in terms of performance, and plot C104 was the best plot with E_{Um}, PELQ_m, and AELQs equal to 91.9%, 82.7%, and 87% respectively. Finally, the entire system was evaluated as good with average EUs, PELQs, and AELQs equal to 85.10%, 84.30%, and 84.38%.

Conclusion

In the present study, the drip irrigation system implemented in El Baghi Park with relatively light soil and hilly-slope topography was evaluated. The water volume required by the trees and the calculated applied volume showed that almost all units were irrigated sufficiently. After collecting the information from the field measurements using the SCS method, evaluation factors such as EU, AELQ, and PELQ were calculated as evaluation criteria. The evaluation results showed that the irrigation blocks in this system are in a relatively good to good performance condition. According to the results of the performance evaluation indicators and field surveys, the main problems of the system were: pressure difference in the system, clogging of drippers and their manipulation, lack of proper and timely filtration washing, improper repair of pipes and fittings when needed, and poor operation management.



نشریه دانش آب و هیدرولیک

شاپا الکترونیکی: ۳۰۹۲-۶۱۱۴

درگاه نشریه: hws.tabrizu.ac.ir



مقاله پژوهشی

بررسی عملکرد سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در فضاهای سبز شهری (مطالعه موردی: پارک جنگلی ائل باغی تبریز)

اسماعیل ابراهیمی^۱، فریبرز احمدزاده کلپیر^{*۱}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۱۰

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۲/۱۰

تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۴/۰۴/۰۱

۱- گروه علوم و مهندسی آب، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: f.ahmadzadeh@iau.ac.ir

چکیده

کلمات کلیدی

بلوک آبیاری،

راندمان کاربرد

پتانسیل چارک پایین،

راندمان کاربرد واقعی

چارک پایین،

معیارهای ارزیابی،

یکنواختی پخش آب

در سال‌های اخیر با روند کاهشی میزان منابع آب در کشور، بسیاری از پارک‌های جنگلی و فضاهای سبز شهری به سامانه‌های آبیاری قطره‌ای مجهز شده‌اند. در چنین شرایطی، ارزیابی و پایش این سامانه‌ها، یک ضرورت انکارناپذیر است. تحقیق حاضر برای ارزیابی آبیاری قطره‌ای شش بلوک موجود در پارک جنگلی ائل باغی تبریز با مساحت ۱۸۰ هکتار انجام یافت. ابتدا ۳ قطعه از هر بلوک و در مجموع ۱۸ قطعه، با در نظر گرفتن توپوگرافی و فاصله از انشعاب اصلی انتخاب گردید. روی مانیفولد قطعه انتخابی چهار لترال در ابتدا، یک‌سوم، دو سوم و انتهای آن انتخاب شدند. سپس لترال با فشار ورودی حداقل شناسایی و به اندازه‌گیری دبی و فشار در پای درختان و لترال‌های انتخابی و محاسبه معیارهای ارزیابی پرداخته شد. نتایج نشان داد که یکنواختی پخش آب در قطعات (EUM) بین ۹۱/۹ تا ۹۷/۶ و در بلوک‌ها (EUS) بین ۷۹ تا ۹۳ درصد، راندمان کاربرد پتانسیل چارک پایین در قطعات (PELQm)، بین ۸۲/۷ تا ۸۷/۸ و در بلوک‌ها (PELQs) بین ۷۱ تا ۸۳/۶ درصد و راندمان کاربرد واقعی چارک پایین (AELQs) در بلوک‌ها نیز بین ۷۸ تا ۹۱ درصد بوده و عملکرد بلوک‌ها در محدوده نسبتاً خوب تا خوب قرار دارند. قطعه D33 با EUM، PELQm و AELQs به ترتیب برابر با ۹۱/۹، ۸۲/۷ و ۸۷ درصد ضعیف‌ترین قطعه از نظر عملکرد و قطعه C104 به ترتیب برابر با ۹۷/۶ و ۸۷/۸ و ۷۹ درصد بهترین قطعه بودند. در نهایت، کل سیستم با میانگین EUS و PELQs و AELQs برابر با ۸۵/۱۰ و ۸۴/۳۰ و ۸۴/۳۸ درصد خوب ارزیابی گردید.

مقدمه

در شرایط کنونی ایران که با کم‌آبی شدید مواجه است، آگاهی از میزان آب مورد نیاز گیاهان و تأمین آن به‌طوری‌که به ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی آنها آسیبی نرسد، در مدیریت زیست‌بوم‌های مصنوعی بسیار با اهمیت است. مدیریت صحیح جنگل دست‌کاشت نیز مستلزم استفاده معقول و منطقی از کلیه منابع موجود از جمله آب است. از آنجا که مقدار و زمان بارندگی برای برآوردن نیازهای رطوبتی محصولات در بسیاری از نقاط جهان کافی نیست، مفهوم فناوری‌های کشاورزی دقیق برای حمایت از شیوه‌های کشاورزی سفارشی با کارایی آب بالاتر و تأثیر کمتر بر محیط‌زیست مورد استفاده قرار می‌گیرد (کیتاس و همکاران، ۲۰۱۶). در فرایند توسعه هر کشور، منابع آب مطمئن نقش محوری دارند و برای ایران این نیازمندی به دلیل رشد فزاینده شهرنشینی همزمان با کاهش سطح منابع زیرزمینی شدت یافته است لذا بهره‌برداری خردمندانه از آب و افزایش راندمان آن، نقش کلیدی در رونق بخش کشاورزی ایفا می‌کند (حق‌جو، ۱۴۰۴). توسعه اصولی سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار می‌تواند قدم مؤثری برای بالابردن راندمان کاربرد آب در این زیست‌بوم‌ها باشد. روش‌های آبیاری قطره‌ای از بین این سامانه‌ها با توانمندی بالا، راه‌حل مطمئن‌تری برای استفاده از منابع آب در جنگل‌کاری‌ها و پارک‌های جنگلی به‌خصوص در زمین‌های شیب‌دار متداول بوده و در صورتی که امکان اجرا و نگهداری روش آبیاری قطره‌ای فراهم باشد (از نظر فنی و حفاظتی)، می‌تواند کمک شایانی به افزایش راندمان آبیاری و کاهش هزینه‌های نگهداری نماید. چنانچه در طراحی، اجرا، بهره‌برداری و حفظ و نگهداری سامانه آبیاری قطره‌ای دقت لازم مبذول نگردد، ممکن است آسیب‌های حاصل از آن بسیار جدی باشد. لذا عملکرد سامانه‌ها همواره باید مورد ارزیابی قرار گیرد (عشیری و همکاران، ۱۳۹۵). هدف از ارزیابی استخراج اطلاعات عملکرد سامانه‌ها و توصیه روش‌هایی برای طراحی، اجرا و بهره‌برداری سامانه‌های آبیاری با بازدهی بالاتر است. به بیان بهتر ارزیابی سامانه به این واقعیت می‌پردازد که روش اجرا شده تا چه میزانی توانسته به اهداف طراحی برسد.

با بررسی جامع در نتایج مطالعات و تحقیقات گذشته در سطح ملی و بین‌المللی، مشخص می‌گردد که تحقیقات زیادی در زمینه ارزیابی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای صورت گرفته است. یگانه و همکاران (۱۳۹۱)، طی تحقیقی میانگین یکنواختی پخش آب، بازده پتانسیل چارک پایین و بازده کاربرد چارک پایین برای هفت باغ شهرستان مرند را به ترتیب برابر ۹۵، ۸۰، ۹۲ درصد بدست آوردند. همچنین مشخص گردید که بالا بودن بازده و یکنواختی پخش آب، به دلیل پایین بودن ضریب تغییرات ساخت، تغییرات

کم دبی در قطره چکان‌های جبران‌کننده فشار و عدم گرفتگی آنها، طراحی و اجرای مناسب و کیفیت تجهیزات مورد استفاده بوده است. صالحی و همکاران (۱۳۹۱) سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در جنگل‌های دست‌کاشت بیجی را در شمال کرج ارزیابی کردند. آنان ضریب یکنواختی سامانه را ۴۵/۱۶ درصد به دست آوردند و بیان داشتند که این سامانه از نظر طراحی و اجرا کیفیت خوبی ندارد. مهمدی و دولایمی (۲۰۱۷)، در تحقیقی در السقلاویه در شمال‌غرب بغداد بر روی ۲ نوع قطره چکان و ۳ سطح فشار عملیاتی دریافتند که تغییرات ضریب یکنواختی از ۹۴/۶۵٪ تا ۹۸٪/۸۵ برای قطره چکان ۴ لیتر در ساعت و از ۹۴/۶۰ تا ۹۷/۱۷ درصد برای قطره چکان ۸ لیتر در ساعت متغیر است. شینی دشتگل و همکاران (۱۳۹۸) سامانه‌های آبیاری قطره‌ای را برای مزارع نیشکر در مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان ارزیابی کرده و بیان داشتند که سامانه مورد ارزیابی از نظر عملکرد کلی قطره چکان‌ها و یکنواختی توزیع در محدوده نسبتاً خوب و خوب قرار دارد. جامری و نیگام (۲۰۱۸)، مقادیر متوسط دبی را ۱/۶۷ و ۱/۷۹ لیتر در ساعت با میانگین راندمان کاربرد ۸۳/۲۳ و ۸۵/۰۹ درصد، میانگین CU برابر با ۹۶/۲۴ و ۹۳/۶۳ درصد و متوسط مقدار DU را ۸۸/۰۹ و ۸۸/۰۷ گزارش کردند. میانگین ارزش EU نیز ۹۰/۴۵ و ۸۹/۹۹ درصد بود. رافائل و همکاران (۲۰۱۸)، مقدار کمتری را نسبت به آنها گزارش کردند. به طوری که در همان کلاس عالی با CU برابر با ۹۳ درصد قرار گرفتند. بولارباخ و همکاران (۲۰۱۹) سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در ماروکو را ارزیابی کردند. نتایج مطالعه آنان نشان داد که یکنواختی پخش در سال‌های اولیه رضایتبخش است؛ اما با گذشت ۳ تا ۴ سال مقدار آن کاهش یافت. ایشان تأکید داشتند برای تضمین کارآمدی روش‌های آبیاری ارزیابی عملکرد به صورت مداوم انجام شود. ساگرنا و همکاران (۲۰۱۹)، در مطالعه‌ای، عملکرد هیدرولیکی یک سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با دو عمق نصب ۱۵ و ۲۰ سانتیمتری را مورد ارزیابی قرار دادند. در این مطالعه، مقادیر راندمان یکنواختی و ضریب یکنواختی کریستانسن برای عمق ۱۵ سانتیمتری به ترتیب ۹۳ و ۹۵ درصد و برای عمق ۲۰ سانتیمتری، ۹۲ و ۸۷ درصد و در نهایت عملکرد سامانه در طبقه عالی گزارش شده است. باقری و همکاران (۲۰۱۹)، طی پژوهشی در شمال شهرستان فسا، سامانه آبیاری قطره‌ای اجرا شده در باغ منابع طبیعی را از لحاظ طراحی، اجرا و مدیریت بهره‌برداری مورد ارزیابی قرار دادند. در این مطالعه پارامترهای فشار و آبدی قطره‌چکان‌ها در باغ مورد نظر اندازه‌گیری شد. در نهایت پس از بررسی مسائل مختلفی نظیر مشکلات سیستم، عدم طراحی مناسب سیستم توسط طراح، عدم کاربرد تجهیزات تصفیه و ضعف در مدیریت، بهره

ضریب یکنواختی (CU)، ۹۹/۹۶ درصد و یکنواختی توزیع (DU)، ۵۷/۷۲ درصد بدست آوردند. نتیجه این تحقیق نشان داد که عملکرد سیستم های آبیاری برای کاربرد آب عالی است، با این حال، نحوه توزیع آب در همه سیستم ها ضعیف است.

بررسی منابع نشان داد اکثر مطالعات مربوط به ارزیابی سامانه های آبیاری قطره ای در کشور، بر روی باغات و درختان مثمر انجام شده و پژوهش کاملی برای ارزیابی سامانه های آبیاری پارک های جنگلی صورت نگرفته است. لذا در این تحقیق برای نخستین بار در کشور ارزیابی سامانه های آبیاری قطره ای پارک جنگلی و فضای سبز شهری در وسعت بسیار بالا و با انواع درختان غیر مثمر، توپوگرافی ناهمگون و بافت خاک متنوع انجام یافت. محدودیت شدید منابع آبی در شهر تبریز و قرار گرفتن این شهر در حوضه آبریز دریاچه ارومیه که با بحران آب مواجه است اهمیت این تحقیق را دوچندان می کند تا با گذشت چندین سال از شروع بهره برداری طرح آبیاری قطره ای پارک جنگلی ائل باغی تبریز، به نقاط ضعف و قوت آن پرداخته شود.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه که به نام پارک جنگلی ائل باغی تبریز شناخته می شود در شمال غرب ایران، در استان آذربایجان شرقی و در جنوب شرق شهر تبریز واقع شده است (شکل ۱). این تحقیق برای ارزیابی سیستم آبیاری قطره ای شش بلوک موجود در محدوده مورد مطالعه (D, H, E, A, B, C) که مجموعاً ۱۸۰ هکتار از ۲۱۴ هکتار پارک را در بر می گیرد، انجام می شود. آبیاری اراضی محدوده طرح در شرایط موجود از دو منبع آبی در داخل محدوده طرح که شامل دو حلقه چاه عمیق به عمق ۱۲۰ و ۹۰ متر و آبدهی ۵۰ و ۲۰ لیتر در ثانیه است انجام می شود. شکل ۲ موقعیت بلوک های آبیاری در پارک ائل باغی را با مساحت آنها نشان می دهد.

جهت تنظیم آب ورودی به اراضی، یک باب استخر ذخیره در بالاترین نقطه ارتفاعی محدوده به حجم ۱۱۰۰ متر مکعب (به ابعاد ۲*۳۰*۲۰ متر) احداث گردیده و موجود می باشد. در شرایط موجود بهره برداری، آب استحصال از چاه ها از طریق دو خط لوله به داخل استخر ذخیره پمپاژ گردیده و از طریق لوله برداشت ثقیل، آب به بخشی از اراضی پایاب منتقل و توزیع می گردد. در سامانه های آبیاری قطره ای بخش قابل توجهی از فشار تأمین شده برای سامانه در مسیر عبور آب از فیلترهای مختلف (هیدروسیکلون، شنی و دیسکی) تلف می شود. به دلیل انسداد منافذ در فیلترهای

بهرداری و نگهداری سامانه، وضعیت آبیاری را ضعیف گزارش نمودند. آمو و همکاران (۲۰۱۹) سیستم های آبیاری قطره ای در اوکرا در جنوب غربی نیجریه را ارزیابی کردند. نتایج مطالعه آنان نشان داد حجم آب داده شده به محصولات بیشتر از نیاز آبی گیاهان بود و بازدهی سیستم ۶۸/۵ درصد به دست آمد. سبزواری و همکاران (۲۰۲۱)، ضمن بررسی تعدادی از سیستم های آبیاری تحت فشار در شهرستان خرم آباد، علاوه بر مشکلات طراحی و اجرایی، علت های اصلی پایین بودن راندمان را ناشی از مدیریت و بهره برداری ضعیف از این سیستم ها عنوان نموده اند. دریمان و همکاران (۲۰۲۱) تحقیقی را در کشور غنا برای ارزیابی یکنواختی کاربرد آب برای سیستم آبیاری قطره ای با در نظر گرفتن کیفیت آب و مدت زمان استفاده انجام دادند. آنها یکنواختی ۹۰ درصدی کاربرد آب را گزارش کردند. آنها به این نتیجه رسیدند که قطره چکان پس از یک سال نصب هنوز خوب است. سلسیتین و همکاران (۲۰۲۳)، مطالعه ای را بر روی هشت هکتار از اراضی دشت رومگانی آفریقا با سیستم آبیاری قطره ای انجام دادند. شاخص های عملکرد مانند راندمان توزیع (Ed)، بازده کاربرد (Ea)، یکنواختی پخش میدانی (Euf)، یکنواختی پخش مطلق (EUa) و یکنواختی پخش طراحی (Eud) بترتیب برابر با مقادیر ۹۱.۶۶، ۸۸.۲۳، ۹۱.۲۰، ۸۹.۲۵ و ۷۸.۶۰ درصد بدست آمد که با استانداردهای عملکرد خوب تا عالی مطابقت داشتند. قمرنیا و همکاران (۱۴۰۲)، در پژوهشی پنج سیستم آبیاری قطر های در شهرستان ثلاث باباجانی واقع در استان کرمانشاه را ارزیابی کردند. حداقل و حداکثر مقدار یکنواختی پخش آب در سیستم های بررسی شده (EUs) به ترتیب ۲۹/۴۹ و ۶۲/۵۶ درصد تعیین شد. مقادیر راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین (PELQs) و راندمان کاربرد ربع پایین (AELQs) سامانه ها به ترتیب در محدوده بین ۲۶/۸۳ تا ۵۳/۳ و ۲۹/۴۸ تا ۶۲/۵۶ درصد نوسان داشت. که این مقادیر بیانگر عملکرد ضعیف سیستم ها در تمام مزارع می باشد. دستبند و همکاران (۱۴۰۲)، پنج زمین زراعی را برای ارزیابی سیستم آبیاری قطره ای در جنوب استان فارس انتخاب کردند. نتایج نشان داد مقادیر متوسط EU به ترتیب برابر با ۷۶/۳۱، ۶۱/۳۳، ۸۳/۵۵، ۶۳/۸۵ و ۴۳/۶۰ درصد و AELQ به ترتیب برابر ۶۸/۹۰، ۴۲/۳۱، ۸۰/۲۰، ۶۰/۶۵ و ۳۷/۰۷ است که حاکی از راندمان پایین سامانه های آبیاری مورد ارزیابی، ناشی از عدم توزیع یکنواخت فشار، عدم شست و شوی به موقع فیلترها و بهره برداری نادرست توسط کشاورزان بود. هاکیرووایزرا و همکاران (۲۰۲۴)، با ارزیابی آبیاری قطره ای در گلخانه اتوماتیک در دشت هویه در رواندا پرداختند و با آزمایش روی ۲۴ لترال و ۲۸۸ قطره چکان، مقادیر میانگین دبی در سیستم آبیاری قطره ای ۳/۹۸ لیتر بر ساعت،

منطقه با تقسیم بندی اقلیمی آمبرژه از خشک سرد تا نیم خشک سرد قرار داشته و بر اساس تقسیم بندی اقلیمی دومارتن، در محدوده نیمه خشک قرار دارد.

درختان موجود در پارک، اکثرا غیرمثمر و از نوع کاج، سرو، سنجد، زبان گنجشک، توت و ... با سن تقریبی (۲۰-۵) سال هستند. از روی فواصل درختان (اکثرا ۳ در ۴ متر)، درصد سطح سایه‌انداز طبق رابطه ۱ محاسبه و به طور میانگین ۰/۵۸ برآورد گردیده است. تعداد قطره چکان‌های هر درخت نیز به دلیل جنگلی بودن درختان و نیاز کم‌آبی ۲ عدد درپیر با دبی ۴ لیتر در ساعت از نوع نتافیم انتخاب شده است.

$$P_s = \frac{\pi r^2}{S_p \cdot S_r} \quad (1)$$

P_s : درصد سطح سایه انداز، S_p : فاصله ردیف درختان و S_r : فاصله درختان روی ردیف
اندازه‌گیری عوامل هیدرولیکی

پارامترهای هیدرولیکی مورد مطالعه در این تحقیق شامل تعیین دبی قطره‌چکان‌ها، فشار و یکنواختی توزیع قطره‌چکان‌ها بود. برای اندازه‌گیری این عوامل، ابتدا در هر واحد مورد نظر با توجه به بلوک در حال کار انتخاب شده، سه مانیفلد مشخص گردید. چهار لوله لترال بر روی هر یک از این مانیفلد ها به ترتیب در ابتدا، یک‌سوم فاصله از ابتدا، دو سوم فاصله از ابتدا و انتهای مانیفلد انتخاب شد (گولتکین و همکاران، ۲۰۲۲). سپس بر روی هر یک از لترال‌های انتخابی با در نظر گرفتن همان تناسب ۴ درخت انتخاب گردید. به این ترتیب، ۱۶ درخت برای هر مانیفلد معین شد. برای هر یک از ۱۶ درخت انتخابی، دبی دو قطره چکان اندازه‌گیری شد. فشار آب در ابتدای ۴ لوله لترال انتخابی در حال کار نیز اندازه‌گیری شد. به این ترتیب که فشارسنج از طریق یک سه راه به ابتدای لوله لترال متصل، و میزان فشار در شرایط کارکرد لترال قرائت شد. فشار در انتهای لوله لترال نیز با خارج کردن بست عینکی انتهایی و اتصال فشار سنجه به انتهای آن قرائت گردید. بنابراین در هر مانیفلد انتخاب شده ۸ فشار در ابتدا و انتهای لوله لترال و ۳۲ حجم آب در محل ۱۶ درخت برای نقاط خروجی به دست آمد. از حجم‌های به دست آمده متوسط دبی قطره چکان‌ها و یکنواختی پخش محاسبه شد.

در هر بلوک آبیاری نحوه کارکرد سیستم تصفیه مشاهده و میزان افت فیلترها بررسی گردید. پارامترهای آبیاری نظیر مدت آبیاری و دور آبیاری، خصوصیات قطره چکان‌ها، لوله‌های لترال، لوله‌های مانیفلد و لوله‌های اصلی و مرکز کنترل یادداشت می گردید.

شنی و دیسکی لازم است میزان افت فشار در آن‌ها به طور پیوسته اندازه‌گیری و به تمیز نمودن آن‌ها به صورت دستی یا اتوماتیک اقدام نمود. مخصوصا هنگامی که وضعیت آب مورد استفاده در طول فصل تغییر کند. تغییرات فشار در فیلتر ممکن است از حداکثر مجاز بیشتر یا از حداقل مجاز کمتر شود. چنانچه تغییرات فشار از حداکثر افت مجاز بیشتر باشد، به دلیل وجود موجودات زنده، مواد فیزیکی و رسوبات معدنی در فیلتر است و چنانچه تغییرات فشار کمتر از حداقل مجاز باشد، به دلیل عملیات اجرا و نگهداری ضعیف یا انتخاب نکردن فیلتر مناسب است. انتخاب فیلتراسیون با نوع، سایز و تعداد مناسب تاثیر بسزایی در عملکرد سیستم آبیاری خواهد داشت و در صورت عدم طراحی دقیق فیلتراسیون، مشکلات فراوانی در انسداد لوله‌ها و قطره‌چکان‌ها و همچنین افت فشار شبکه ایجاد می‌شود. با توجه به شرایط طرح و حداکثر دبی مورد نیاز شبکه آبیاری پارک ائل باغی (۵۸ لیتر در ثانیه)، انتخاب دو ایستگاه فیلتراسیون تیپ ۳ در مجاورت هم، این امکان را به شبکه می‌دهد که در زمان حادثه یا انجام تعمیرات حین آبیاری (مخصوصاً در ماه های پیک مصرف که امکان ایجاد وقفه در آبیاری شبکه مقدور نیست) و یا در زمان شستشوی ایستگاه، بتوان یک ایستگاه را از مدار خارج نموده و ایستگاه بعدی با ظرفیت مضاعف (برای ساعاتی) کار نماید. جدول ۱ تعداد و سایز فیلترها و تانک کود مورد استفاده در طرح را نمایش می‌دهد.

به منظور ارزیابی واحدهای مورد نظر اطلاعات اولیه نظیر توپوگرافی، مشخصات آب، خاک، گیاه و اقلیم، سایز و طول لوله‌های اصلی، نیمه اصلی و جانبی، مشخصات قطره‌چکان‌ها و شیرهای قطع و وصل از روی دفترچه و نقشه‌های طراحی و ازبیلست استخراج گردید. شکل ۳ نقشه توپوگرافی و خاکشناسی محدوده پارک جنگلی را نشان می‌دهد. همان‌طوری که از این شکل مشخص است شمال و شمال شرق پارک دارای خاک با بافت شنی و غرب آن با بافت شنی لومی و در مجموع پارک ائل باغی دارای بافت خاک نسبتاً سبکی است. از نظر توپوگرافی، ارتفاع پارک از جنوب به شمال کاهش می‌یابد و در مجموع پارک به حالت تپه ماهوری است.

آگاهی از تبخیر و تعرق پتانسیل و نیاز آبی گیاهان مورد مطالعه و مقدار آب مورد نیاز و مصرفی در ارزیابی سیستم‌های آبیاری یک گام اساسی است. میزان تبخیر و تعرق پتانسیل در هر منطقه نیز به پارامترهای اقلیمی آن بستگی دارد و از روش‌های معتبر علمی محاسبه می‌گردد. جدول ۲ خلاصه پارامترهای اقلیمی و میانگین تبخیر و تعرق پتانسیل محاسبه شده را برای منطقه مورد مطالعه نمایش می‌دهد. براساس داده‌های اقلیمی، اقلیم

$$EU s = ERF * EU m \quad (5)$$

ضوابط عمومی مقادیر EU برای یک سیستم آبیاری قطره‌ای که کارکردی برابر یک سال و یا بیشتر داشته باشد مطابق جدول ۳ توصیف می‌گردد (شارو و رازک، ۲۰۲۰).

انحراف معیار مقادیر دبی اندازه‌گیری شده قطره‌چکان‌ها (S):
انحراف از معیار دبی قطره‌چکان‌ها از رابطه (۶) محاسبه می‌شود:

$$S = q_{avg} * V \quad (6)$$

S: انحراف از معیار مقادیر اندازه‌گیری شده قطره‌چکان‌ها
qavg: متوسط مقادیر اندازه‌گیری شده دبی برای قطره‌چکان
هادر مانیفلد انتخابی

V: ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان در کارخانه (توسط کارخانه سازنده ارائه می‌شود)

راندمان پتانسیل کاربرد چارک پایین (PELQ):

در ارزیابی سیستم آبیاری قطره‌ای مفهوم PELQ باید دگرگون گردد، زیرا در این روش تنها بخشی از مساحت خاک خیس می‌شود و حداقل عمق آب آبیاری برابر صفر است. همچنین در آبیاری قطره‌ای چون تنها بخشی از حجم خاک خیس می‌شود، باید SMD (کمبود رطوبت خاک) را دائماً جبران کرد. البته تخمین دائمی SMD قدری مشکل است، زیرا بخشی از خاک خیس شده ریشه دائماً در حد ظرفیت زراعی باقی می‌ماند، حتی اگر فاصله بین دو آبیاری به چندین روز برسد. در سیستم‌هایی که آبیاری به صورت روزانه انجام می‌شود، تخمین SMD تقریباً غیر ممکن است. بنابراین باید آن را از داده‌های هواشناسی و یا وسایل تبخیرسنج تخمین زد و چون این تخمین قطعاً دارای مقداری خطا خواهد بود و از آنجا که اندازه‌گیری این مقدار عملی نیست، لذا باید نوعی ضریب اطمینان اعمال شود. به‌عنوان یک قاعده کلی، نقاطی از مساحت زمین که کم‌ترین آب را دریافت می‌کنند، باید حدوداً با ۱۰٪ بیشتر از تبخیر - ترقو و یا SMD آبیاری گردند. در نتیجه برای مانیفلد آبیاری قطره‌ای، PELQ برابر است با (مریام و کلر، ۱۹۷۸):

$$PELQ m = 0.9 * EU m \quad (7)$$

PELQm: راندمان پتانسیل کاربرد چارک پایین مانیفلد آزمایشی

EUm: یکنواختی پخش آب مانیفلد آزمایشی

و راندمان پتانسیل کاربرد چارک پایین سیستم در هر واحد برابر است با:

$$PELQ s = 0.9 * EU m * ERF \quad (8)$$

ماکزیمم نیاز آبی روزانه درخت (d^۲):

ماکزیمم نیاز آبی روزانه از رابطه ۹ محاسبه می‌شود:

پس از جمع آوری اطلاعات حاصل از اندازه‌گیری مزرعه‌ای با استفاده از روش SCS، عوامل ارزیابی نظیر یکنواختی پخش آب از قطره‌چکان‌ها (EU)، بازه واقعی کاربرد چارک پایین (AELQ) و بازه پتانسیل کاربرد چارک پایین (PELQ) به‌عنوان معیارهای ارزیابی محاسبه گردید (مریام و کلر، ۱۹۷۸).
حداقل فشار ورودی به لوله فرعی (MLIP)
در هر مانیفلد یکی از لوله‌های فرعی (لترال) دارای حداقل فشار ورودی می‌باشد که به این میزان فشار در روی لوله فرعی MLIP گفته می‌شود.

فاکتور تصحیح دبی (DCF)

مقدار فاکتور تصحیح دبی از رابطه ۲ محاسبه می‌شود:

$$DCF = \frac{2.5 * MLIP_{avg}}{(MLIP_{avg} + 1.5 * MLIP_m)} \quad (2)$$

که در آن MLIPavg: متوسط حداقل فشار ورودی در لترال‌های سیستم یا هر واحد (متر) و MLIPm: حداقل فشار ورودی در لترال‌های مانیفلد انتخابی (متر) هستند.

فاکتور کاهش راندمان (ERF)

برای محاسبه فاکتور کاهش راندمان از حداقل فشار ورودی لوله فرعی در طول هر مانیفلد و در سرتا سر سیستم استفاده می‌شود. مقدار فاکتور کاهش راندمان از رابطه ۳ محاسبه می‌شود.

$$ERF = \frac{(MLIP_{avg} + 1.5 * MLIP_{min})}{2.5 * MLIP_{avg}} \quad (3)$$

MLIPmin: کمترین فشار ورودی لوله فرعی در کل سیستم

یا هر واحد آبیاری (متر)

یکنواختی خروج یا پخش آب (EU)

برای تعیین راندمان سیستم و برآورد عمق ناخالص آب آبیاری، استخراج یکنواختی پخش آب در قطعه مورد آزمایش (EUm) لازم است. EUm سیستم (هر واحد) تابعی از یکنواختی پخش در قطعه مورد آزمایش یا در ناحیه مانیفلد آزمایشی (EUm) و تغییرات فشار در سرتاسر سیستم می‌باشد وقتی داده‌های دبی قطره‌چکان مربوط به تنها یک مانیفلد است، EU آزمایش از رابطه (۴) بدست می‌آید.

$$EU m = \frac{Q_n}{Q_m} * 100 \quad (4)$$

EUm: یکنواختی پخش مزرعه‌ای در ناحیه مانیفلد آزمایشی

(درصد)

Qn: دبی متوسط چارک پایین قطره چکان در ناحیه مانیفلد

آزمایشی (لیتر بر ساعت)

Qm: دبی متوسط کل قطره‌چکان‌ها در ناحیه مانیفلد

آزمایشی (لیتر بر ساعت)

با توجه به تعریف کاهش راندمان، یکنواختی پخش آب در

سیستم (EUs) از رابطه ۵ برآورد می‌شود:

متوسط حجم آبی که روزانه به هر درخت می‌رسد از رابطه ۱۱ بدست می‌آید.

$$G' = \frac{e \cdot Qa \cdot Ta}{Fi} \quad (11)$$

G' : متوسط حجم آبی که روزانه به هر درخت می‌رسد (لیتر در روز)

Ta : مدت زمان آبیاری (hr)

Qa : متوسط دبی اندازه‌گیری شده در نقطه ریزش سیستم

(لیتر در ساعت)

e : تعداد قطره چکان برای هر درخت

Fi : دور آبیاری (روز)

حجم آب پخش شده روزانه در چارک پایین قطعه (G'') از رابطه ۱۲ محاسبه می‌شود:

$$G'' = \frac{e \cdot Qn \cdot Ta}{Fi} \quad (12)$$

Qn : متوسط دبی قطره چکان‌ها در چارک پایین قطعه (لیتر در ساعت)

راندمان واقعی کاربرد چارک پایین (AELQ):

راندمان کاربرد کمترین ربع، که AELQ نامیده می‌شود، نشان دهنده این است که یک سیستم آبیاری تا چه اندازه خوب کار می‌کند. زمانی که متوسط حجم آب پخش شده در چارک پایین قطعه (G'') بیشتر از حجم موردنیاز گیاه باشد. آبیاری بیشتر از نیاز صورت گرفته و راندمان واقعی چارک پایین قطعه از رابطه ۱۳ حساب می‌شود:

$$AELQ = \frac{G}{G'} \quad (13)$$

$$d' = \frac{Td \cdot Tr}{EUm/100} \quad (9)$$

d' : ماکزیمم نیاز آبی در روز (میلی متر در روز)

EU: یکنواختی پخش مزرعه‌ای

Tr: نسبت انتقال سیستم در مدت استفاده ماکزیمم (جدول

(۴)

نسبت انتقال (Tr) در دوره حداکثر نیاز آبی در خاک‌های

مختلف:

نسبت انتقال در دوره حداکثر نیاز آبی (Tr) عبارتست از

نسبت ارتفاع آبی که برای تامین تعرق به زمین داده می‌شود به

مقدار آبی که واقعاً به مصرف تعرق می‌رسد (Td) می‌رسد. این

نسبت نشان دهنده مقدار آب اضافی است که برای جبران تلفات

غیر قابل اجتناب به زمین داده می‌شود.

با توجه به اینکه عمق ریشه‌های درختان پروژه بین ۰.۸ تا ۱.۵

متر است و نوع بافت خاک نرم و متوسط است پس نسبت انتقال

سیستم ۱.۰ در نظر گرفته شد.

حجم آب موردنیاز روزانه هر درخت (G):

متوسط حجم آبی که روزانه موردنیاز گیاه است (لیتر بر روز)

از رابطه (۱۰) به دست می‌آید:

$$G = K * d' * Sp * Sr \quad (10)$$

G : حجم آب موردنیاز روزانه هر درخت (لیتر به روز)

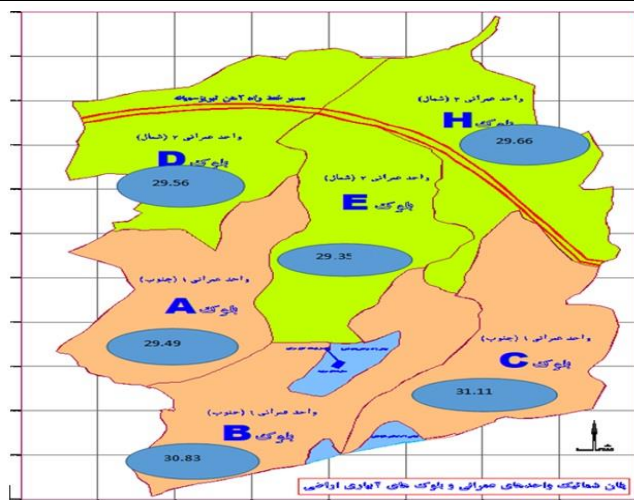
$Sp * Sr$: فاصله بین درختان (متر)

K : ثابت تغییر که مقدار آن برای واحد متریک ۱ است.

حجم آب مصرفی روزانه برای هر درخت: (G')



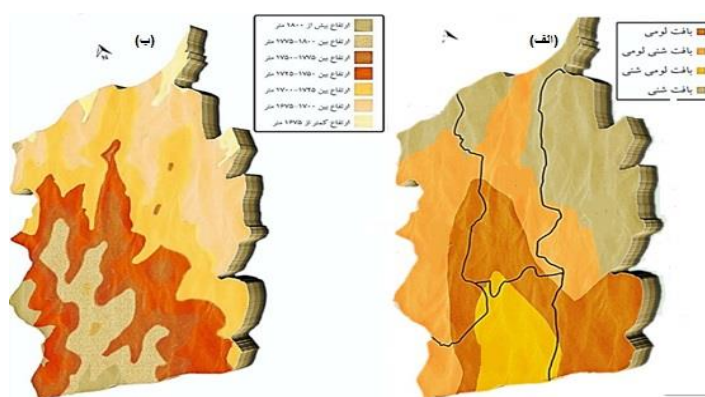
شکل ۱- موقعیت پارک جنگلی ائل باغی و شهر تبریز در نقشه Google Earth



شکل ۲- موقعیت بلوک های آبیاری در پارک ائل باغی تبریز و مساحت آن ها (هکتار)

جدول ۱- مشخصات ایستگاه فیلتراسیون مورد استفاده در طرح

تایپ ایستگاه	ظرفیت (L/s)	هیدروسیکلون		فیلتر شن		تانک کود		فیلتر دیسکی	
		سایز (اینچ)	تعداد	سایز (اینچ)	تعداد	سایز (لیتر)	تعداد	سایز (اینچ)	تعداد
تیپ ۳	۳۶-۲۵	۲۸	۲	۴۸	۳	۱۲۰۰	۱	۸	۸



شکل ۳- نقشه بافت خاک (الف) و توپوگرافی (ب) محدوده پارک جنگلی ائل باغی تبریز

جدول ۲- خلاصه پارامترهای اقلیمی منطقه مورد مطالعه

پارامترهای اقلیمی	حد اقل درجه حرارت (°C)	حد اکثر درجه حرارت (°C)	درجه حرارت (°C)	روزهای یخبندان (روز)	سرعت باد (m/s)	بارندگی (میلیمتر)	ساعات آفتابی	تبخیر و تعرق پتانسیل ETo (میلیمتر)
مانگین سالیانه	۷/۸	۸	۱۲/۵	۱۰۲/۶	۰/۹	۲۸۹/۲	۲۷۸۸	۱۰۰۸/۲

جدول ۳- توصیف راندمان سیستم بر مبنای یکنواختی پخش آب

یکنواختی پخش سیستم (EU _s)	راندمان سیستم
> ۹۰	عالی
۸۰-۹۰	خوب
۷۰-۸۰	نسبتاً خوب
۶۰-۷۰	ضعیف
< ۶۰	غیر قابل قبول

جدول ۴- نسبت انتقال (Tr) در خاک‌ها و عمق ریشه‌های مختلف

بافت خاک				عمق ریشه‌ها
نرم	متوسط	درشت	خیلی درشت	
۱	۱	۱/۱	۱/۱	$> ۰/۸$ متر
۱	۱	۱/۰۵	۱/۱	$۰/۸ - ۱/۵$ متر
۱	۱	۱	۱/۰۵	$< ۱/۵$ متر

نتایج و بحث

نتایج اندازه‌گیری فشار و دبی در نقاط مختلف و خلاصه مشخصات عمومی در قطعات آزمایشی به تفکیک در جدول ۵ نشان داده شده است.

پارامترهای اصلی ارزیابی برای قطعات مورد آزمایش، شامل یکنواختی خروج یا پخش آب از قطره‌چکان‌ها، یکنواختی پخش آب در سیستم، راندمان پتانسیل کاربرد چارک پایین قطعه انتخابی و سیستم و راندمان واقعی کاربرد چارک پایین سیستم در جدول ۷ ارائه شده است. یکنواختی پخش آب در کل سیستم به یکنواختی پخش آب در مانیفلد آزمایشی و تغییرات فشار در سرتاسر سیستم بستگی دارد و یکنواختی پخش مانیفلد‌های آزمایشی از ۹۱/۹ درصد در قطعه D33 تا ۹۷/۶ درصد در قطعه C104 متغیر بوده و در مقایسه با یکنواختی پخش در کل سیستم‌ها، در وضعیت مطلوبی قرار دارند. به دلیل تاثیر مقدار ERF (۸۴ درصد در بلوک A تا ۹۸ درصد در بلوک H)، یکنواختی پخش آب در کل سیستم‌ها پایین‌تر از یکنواختی پخش آب در قطعات است. ERF در حقیقت نقش مدیریت و نگهداری را در تنظیم فشار ابتدای مانیفلد‌های در حال کار را نشان می‌دهد که برای این طرح وضعیت مطلوبی ندارد. حداقل یکنواختی پخش آب در سیستم‌ها، ۷۹ درصد برای مزرعه D33 و حداکثر آن ۹۳ درصد برای مزرعه H135 است که با توجه به جدول ۳ براساس طبقه بندی SCS در محدوده نسبتاً خوب تا خوب قرار می‌گیرد. نتایج تحقیق ولی اهری و همکاران (۱۳۹۴) برای سیستم قطره‌ای شبکه آبیاری ستار خان اهر با قطره‌چکان‌های میکروفلاپر و خاک تقریباً سنگین برای درختان سیب در مساحتی حدود ۱۰۷ هکتار که در آن مقادیر EUs بین ۴۸/۱ تا ۸۲/۸ درصد و PELQs بین ۴۳/۳ تا ۷۴/۵ درصد و AELQs در محدوده ۵۲/۷ تا ۸۰ درصد است در مقایسه با نتایج تحقیق حاضر سیستم آبیاری قطره‌ای پارک ائل باغی را دارای کیفیت مطلوب‌تری نشان می‌دهد. در تحقیق ایشان پایین بودن ERF و عدم تنظیم مناسب شیرفلکه-های ابتدای مانیفلد عامل اصلی پایین بودن راندمان آبیاری تشخیص داده شد، درحالی‌که در تحقیق حاضر این مشکل وجود

نداشت. در تحقیق معروف پور و ابراهیم پور (۱۳۹۳)، نیز که تعداد ۱۱ سیستم آبیاری قطره‌ای با قطره‌چکان‌های میکروفلاپر، گلدانی و داخل خط با تعداد ۲ یا ۳ قطره‌چکان برای هر درخت در استان کردستان مورد ارزیابی قرار گرفته است یکنواختی پخش آب در سیستم (EUs) بین ۱۶/۵۹ تا ۷۹/۴۰ درصد و راندمان کاربرد ربع پایین بین ۱۶/۶ تا ۷۹/۳ درصد بدست آمد، به عبارتی عملکرد سیستم‌ها بر مبنای این شاخص در محدوده ضعیف تا متوسط قرار داشت و کمتر از مقادیر مشابه برای تحقیق حاضر بود گرفتگی قطره‌چکان‌ها عامل مشترک پایین بودن یکنواختی پخش آب بود که در تحقیق ایشان شدت بیشتری داشت همچنین از قطره چکان‌های گلدانی و داخل خط مورد استفاده در کردستان تنظیم کننده فشار نبودند که باعث کاهش راندمان بدلیل توزیع غیریکنواخت فشار شده است.

براساس داده‌های جدول ۷ راندمان پتانسیل کاربرد چارک پایین در مانیفلد‌های آزمایشی از ۸۲/۷ درصد در مزرعه D33 تا ۸۷/۸ درصد در مزرعه C104 و در کل سیستم‌ها نیز از ۷۱ درصد در قطعه D33 تا ۸۳/۶ درصد در قطعه H135 متغیر است. همچنین بر اساس داده‌های جدول ۷ راندمان واقعی کاربرد در سیستم‌ها از ۷۸ درصد در مزرعه E52 تا ۹۱ درصد در مزرعه B87 متغیر است. براساس این شاخص تمام واحدها خوب ارزیابی شدند. مطابق با جدول ۷ مقادیر EUs و PELQs و AELQs بطور میانگین برای کل پارک ائل باغی به ترتیب برابر با ۸۵/۱ و ۸۴/۳ و ۸۴/۳۸ درصد بدست آمد. مقایسه نتایج تحقیق مهدی‌زاده و دهان‌زاده (۱۳۹۴)، برای چهار نمونه از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای اجرا شده در نقاط مختلف استان ایلام نشان داد مقادیر متوسط پارامترهای ضریب یکنواختی CU، ضریب کاهش راندمان ERF و راندمان پتانسیل کاربرد PELQ و راندمان واقعی کاربرد AELQ در چارک پایین در سیستم‌های مورد ارزیابی به ترتیب ۹۷، ۹۵، ۹۴ و ۸۱ درصد است، علت کارکرد بهتر سیستم‌های استان ایلام نسبت به مطالعه حاضر طراحی هیدرولیکی صحیح‌تر سیستم‌ها، اجرای مناسب‌تر و کیفیت بهتر وسایل مورد استفاده است که منجر به بالا بودن بازده و یکنواختی پخش آب و تغییرات

اشعه ماوراء بنفش بالا و مقاوم در برابر مواد مغذی استاندارد است. با این که این قطره چکان ها تنظیم کننده فشار بوده و در محدوده فشار ۱۰ تا ۳۵ متر دبی ثابتی دارند اما بازهم بدلیل شیب زیاد قطعات آبیاری که در برخی بلوک ها مانند A و B به حدود ۱۰ درصد می رسد، اختلاف ارتفاع و تپه ماهوری بودن اراضی باعث تغییر دبی در قطره چکان ها شده است. با توجه به گذشت چندین سال از بهره برداری از سیستم آبیاری قطره ای در این پارک، تغییرات دبی در این قطره چکان ها همچنین می تواند به علت گرفتگی شیمیایی و فیزیکی و ترسیب مواد در بعضی از قطره چکان ها به دلیل عدم مجهز بودن آن ها به مکانیزم آنتی سیفونی (مانع از مکش مواد خارجی به داخل قطره چکان) باشد. گرفتگی قطره چکان ها معمولاً به دلایل رسوبات معدنی آب مانند کلسیم و منیزیم است که با گذشت زمان می تواند باعث تشکیل رسوب در قطره چکان ها شود و یا ذرات ریز خاک، جلبک ها و سایر مواد آلی در آب که می تواند به گرفتگی قطره چکان ها منجر شود.

در اشکال ۴ و ۵ تغییرات دبی قطره چکان ها در طول مانیفلد و لترال انتخابی به ترتیب در قطعات D33 و C104 (دارای کمترین و بیشترین یکنواختی پخش و راندمان کاربرد پتانسیل چارک پایین) ترسیم شده است. به وضوح مشاهده می شود که تغییرات دبی در قطره چکان های انتخابی در قطعه D33 بین ۳/۱ لیتر بر ساعت در ابتدای لترال انتهایی مانیفلد تا ۳/۹ لیتر بر ساعت در لترال یک سوم فاصله از ابتدای مانیفلد و دو سوم فاصله از ابتدای لترال است (حدود ۲۰ درصد) ولی این تغییرات در قطعه C104 کمتر بوده و بین ۳/۷ لیتر بر ساعت در ابتدای لترال انتهایی مانیفلد تا ۴/۰ در لترال یک سوم فاصله از ابتدای مانیفلد و دو سوم فاصله از ابتدای لترال است (حدود ۷/۵ درصد). با توجه به اینکه مقدار مجاز تغییرات دبی در سیستم های آبیاری قطره ای ۱۰ درصد بیان شده است، تغییرات دبی در قطعه D33 در محدوده غیرمجاز قرار می گیرد. طبق این اشکال در هر لترال مشخص نیز تغییرات دبی قطره چکان ها در طول لترال در قطعه D33 بیشتر از قطعه C104 است.

کم دبی در قطره چکان ها شده است. همچنین باقرخانی و زارع ایبانه (۱۳۹۸) که هشت سامانه آبیاری قطره ای شهرستان سنقر در استان کرمانشاه را با روش SCS ارزیابی کردند، متوسط مقادیر ضریب یکنواختی، ضریب کاهش بازدهی، بازدهی پتانسیل و بازدهی واقعی کاربرد آب در چارک پایین سامانه ها به ترتیب ۳۸/۶، ۷۱/۵، ۳۴/۷۳ و ۳۸/۶ درصد محاسبه شد. ارزیابی ایشان که دارای مساحت ارزیابی کمتری (۳۰ هکتار) نسبت به طرح حاضر بوده و از دو نوع قطره چکان نتافیم و تنظیمی روی خط استفاده می کرد راندمان های کمتری داشت. دستکاری قطره چکان ها و گرفتگی لوله ها و قطره چکان ها در هر دو تحقیق باعث کاهش بازده آبیاری شده است ولی ناهمگونی توزیع فشار در تحقیق حاضر کمتر است. نتایج مطالعه عشیری و همکاران (۱۳۹۴)، برای ۴ سامانه آبیاری قطره ای در شهرستان دزفول با دو نوع قطره چکان موازی و دم خوکی تنظیم شونده با دبی ۴ و ۸ لیتر در ساعت و تعداد ۳ تا ۱۲ قطره چکان برای هر درخت نشان داد مقادیر متوسط پارامترهای ضریب یکنواختی کریستیانس، راندمان یکنواختی پخش، راندمان پتانسیل ربع پایین و راندمان واقعی ربع پایین در سامانه های ارزیابی شده به ترتیب ۹۵/۱۲، ۹۱/۶۸، ۸۲/۹۱ و ۹۱/۲ درصد است و بطور کلی هر چهار سامانه در حد خوب تا عالی ارزیابی گردیدند و قطره چکان های دم خوکی عملکرد بهتری داشتند. اختلاف کم بین دو پارامتر راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین و راندمان واقعی کاربرد ربع پایین، نشان دهنده مدیریت خوب این سامانه ها بود. با استفاده از داده های بدست آمده از اندازه گیری ها و روابط بیان شده در بخش قبل، پارامترهای ضروری برای ارزیابی سیستم های آبیاری قطره ای، محاسبه و در جدول ۶ آمده است. مقادیر فشار در ابتدا و انتهای لترال های انتخابی متاثر از افت اصطکاکی و شیب لوله ها است. حداکثر و حداقل شیب در مانیفلد ها به ترتیب ۳۶ درصد در مانیفلد B81 و ۶ درصد در مانیفلد H139 و حداکثر و حداقل شیب در لترال ها نیز به ترتیب یک درصد در لترال C126 و ۴ درصد در لترال H135 است.

حجم آب مورد نیاز درختان و حجم کاربردی محاسباتی ارائه شده در جدول ۶ نشان داد که تقریباً در تمام واحدها آبیاری به اندازه کافی انجام گرفته است. براساس اطلاعات ارائه شده در جدول ۶ انحراف معیار دبی قطره چکان ها در همه واحدها به هم - دیگر نزدیک بوده و پراکندگی دبی قطره چکان ها در واحدهای آبیاری کم و تقریباً در حد مجاز است (۲۰ الی ۲۳ درصد). قطره - چکان های استفاده شده در این طرح بیشتر از نوع نتافیم با دبی اسمی ۴ لیتر بر ساعت است که قطره چکانی تزریقی، با ضریب تغییرات بسیار کم و با دیافراگم سیلیکونی تزریقی و مطابق با استانداردهای بین المللی ISO 9261 ساخته شده و مقاوم در برابر

جدول ۵- خلاصه مشخصات عمومی، فشار و دبی اندازه‌گیری شده در قطعات آزمایشی

نام قطعه	نوع درخت	طول مانیفلد	قطر مانیفلد (mm)	طول لترال	فشار در ابتدای لترال‌ها	فشار در انتهای لترال‌ها	متوسط دبی قطره‌چکان‌ها در لترال آزمایشی (L/hr)			
		انتخابی (m)		انتخابی (m)	(m)	(m)	ابتدا	یک سوم از ابتدا	دو سوم از ابتدا	انتها
H135	سرو خمره‌ای	۹۵	۳۲	۸۵	۱۱/۹	۱۰/۶	۳/۵۵	۳/۷	۳/۵	۳/۳
H139	سنجد	۲۱۰	۳۲ و ۵۰	۶۳	۱۱/۰۵	۱۲/۲۷	۳/۸۵	۳/۸	۳/۵۵	۳/۴
H130	زبان گنجشک، کاج	۹۰	۳۲	۸۲	۱۳/۱۵	۱۱/۷۵	۳/۷۵	۳/۸	۳/۵	۳/۴
E65	سنجد، زبان گنجشک	۱۶۵	۳۲ و ۵۰	۶۷	۱۳/۷۵	۱۲/۴۲	۳/۵	۳/۳	۳/۵	۳/۴
E52	زبان گنجشک	۱۶۰	۳۲ و ۴۰	۵۶	۱۳/۹۵	۱۲/۲۵	۳/۴۵	۳/۵	۳/۴	۳/۳۵
E71	کاج، سرو	۱۷۰	۳۲ و ۵۰	۶۵	۱۴/۵۷	۱۳/۱۲	۳/۹	۳/۶	۳/۵	۳/۴
B81	سرو خمره‌ای، زبان گنجشک	۱۷۵	۳۲ و ۵۰ و ۳۲	۵۸	۱۵/۳۲	۱۳/۶۲	۳/۷۵	۳/۷۵	۳/۴۵	۳/۴
B87	سنجد، زبان گنجشک	۲۱۰	۳۲ و ۵۰	۵۵	۱۷/۱۷	۱۵/۴۵	۳/۳۵	۳/۱۵	۳/۳	۳/۳
B97	زبان گنجشک، کاج، توت	۲۹۰	۳۲ و ۵۰	۵۹	۱۵/۶۲	۱۴/۰۷	۳/۷۵	۳/۵	۳/۳	۳/۲۵
A4	سرو خمره‌ای، زبان گنجشک	۱۶۰	۳۲ و ۵۰	۸۱	۱۸/۶۷	۱۶/۷۲	۳/۹۵	۳/۸۵	۳/۸۵	۳/۷
A18	سرو خمره‌ای، زبان گنجشک	۱۹۰	۳۲ و ۵۰	۸۵	۱۸/۰۷	۱۶/۱۵	۳/۸	۳/۸۵	۳/۷	۳/۴۵
A9	سرو خمره‌ای	۱۷۰	۵۰	۷۶	۱۷/۷۵	۱۳/۵۷	۳/۷۵	۳/۸۵	۳/۷۵	۳/۳۵
D20	سرو خمره‌ای، سنجد	۱۱۰	۶۳	۷۸	۱۷/۹۷	۱۶/۰۵	۳/۸۵	۳/۶۵	۳/۶	۳/۵
D45	سنجد	۱۱۰	۵۰	۸۸	۱۵/۸۲	۱۴/۱	۳/۷	۳/۶۵	۳/۴	۳/۳
D33	زبان گنجشک، کاج، سنجد	۱۱۰	۳۲ و ۴۰	۷۵	۱۷/۴۲	۱۵/۴۷	۳/۸۵	۳/۵	۳/۴	۳/۱۵
C126	سرو خمره‌ای، کاج	۲۹۰	۳۲ و ۵۰ و ۳۲	۶۶	۱۸/۲	۱۶/۰۵	۳/۹	۳/۷۵	۳/۵	۳/۴
C119	سرو خمره‌ای، کاج	۱۵۰	۳۲ و ۵۰	۸۴	۱۶/۴۵	۱۴/۴	۳/۶۵	۳/۹	۳/۵	۳/۴
C104	کاج	۱۴۵	۳۲ و ۵۰	۷۹	۱۶/۳۵	۱۱/۵۷	۳/۹۵	۳/۸۵	۳/۸۵	۳/۸

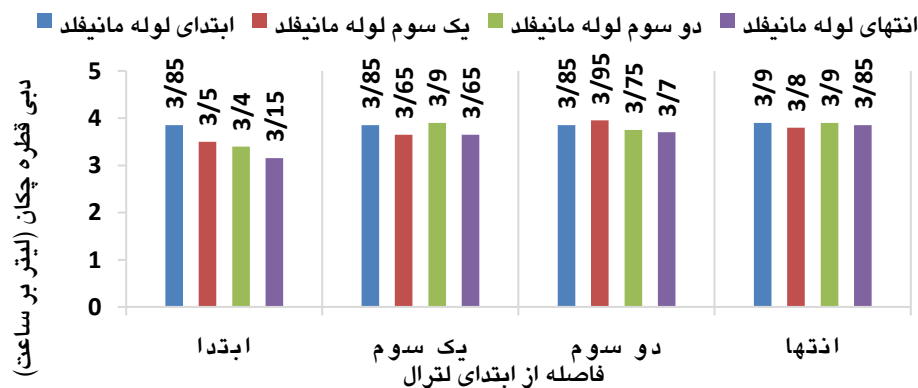
جدول ۶- مقادیر پارامترهای ضروری محاسبه شده برای ارزیابی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در قطعات مورد مطالعه

نام قطعه	Mlipavg (m)	Mlipm (m)	DCF	ERF (%)	S (L/hr)	d' (L/d)	G (L/d)	G' (L/d)	G'' (L/d)
H135	۱۰/۲۰	۱۰/۲۰	۱/۰۲	۹۸	۰/۲۲	۱/۰۵	۱۲/۹۶	۱۴/۹۲	۱۳/۷۲
H139	۱۰/۲۰	۱۰/۳۰	۰/۹۹	۹۸	۰/۲۲	۱/۰۸	۱۲/۶	۱۴/۷۰	۱۳/۹۲
H130	۱۰/۲۰	۱۰/۷۰	۰/۹۷	۹۸	۰/۲۲	۱/۰۷	۱۲/۸۴	۱۴/۷۶	۱۳/۸۰
E65	۱۰/۷	۱۰/۴	۱/۰۲	۹۵	۰/۲۱	۱/۰۷	۱۲/۸۴	۱۴/۶۰	۱۳/۶۰
E52	۱۰/۷	۱۰/۶	۱/۰۰	۹۵	۰/۲۱	۱/۰۶	۱۲/۷۲	۱۴/۴۸	۱۳/۶۸
E71	۱۰/۷	۱۱/۳	۰/۹۶	۹۵	۰/۲۲	۱/۰۶	۱۲/۷۰	۱۴/۸۰	۱۳/۹۲
B81	۱۳/۳	۱۱/۴	۱/۰۹	۹۲	۰/۲۲	۱/۰۶	۱۲/۷۲	۱۵/۰۰	۱۴/۰۰
B87	۱۱/۳	۱۱/۷	۰/۹۸	۹۲	۰/۲۰	۱/۰۳	۱۲/۳۶	۱۳/۵۰	۱۵/۰۰
B97	۱۱/۳	۱۰/۷	۱/۰۳	۹۲	۰/۲۱	۱/۰۷	۱۲/۸۰	۱۴/۵۰	۱۳/۵۰
A4	۱۳/۳	۱۵/۳	۰/۹۱	۸۴	۰/۲۲	۱/۰۳	۱۲/۳۶	۱۵/۲۰	۱۴/۷۲
A18	۱۳/۳	۱۲/۴	۱/۰۴	۸۴	۰/۲۲	۱/۰۴	۱۲/۴۸	۱۵/۱۶	۱۴/۴۸
A9	۱۳/۳	۱۲/۳	۱/۰۴	۸۴	۰/۲۳	۱/۰۴	۱۲/۴۸	۱۵/۲۸	۱۴/۶۰
D20	۱۲/۸	۱۲/۷	۱/۰۰	۸۶	۰/۲۲	۱/۰۶	۱۲/۷۰	۱۵/۰۸	۱۴/۳۰
D45	۱۲/۸	۱۱/۵	۱/۰۶	۸۶	۰/۲۲	۱/۰۷	۱۲/۸۴	۱۵/۰۴	۱۴/۰۴

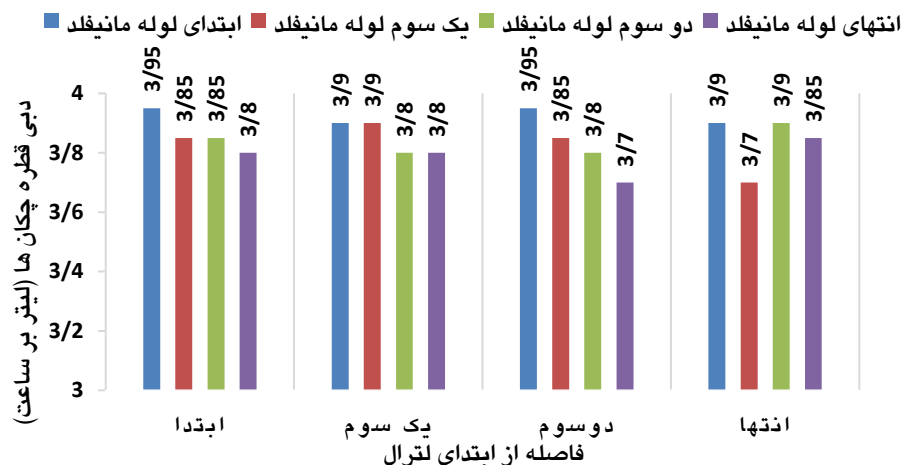
۱۳/۶۸	۱۴/۸۸	۱۲/۹۶	۱/۰۸	۰/۲۲	۸۶	۰/۹۳	۱۴/۳	۱۲/۸	D33
۱۵/۲۰	۱۵/۲۰	۱۲/۷۲	۱/۰۶	۰/۲۲	۸۷	۱/۰۳	۱۱/۸	۱۲/۶	C126
۱۴/۲۰	۱۴/۹۶	۱۲/۶۰	۱/۰۵	۰/۲۲	۸۷	۱/۰۰	۱۲/۵	۱۲/۶	C119
۱۵/۰۰	۱۵/۳۶	۱۲/۲۴	۱/۰۲	۰/۲۳	۸۷	۰/۹۶	۱۳/۴	۱۲/۵	C104

جدول ۷- مقادیر پارامترهای ارزیابی سیستم های آبیاری قطره ای در منطقه مورد مطالعه

نام قطعه	EUm (%)	EUs (%)	PELQm (%)	PELQs (%)	AELQs (%)
H135	۹۴/۸	۹۳	۸۵/۳	۸۳/۶	۸۵
H139	۹۱/۹	۸۹	۸۲/۷	۸۰/۲	۸۶
H130	۹۳/۴	۹۱/۵	۸۴	۸۲	۸۷
E65	۹۳/۴	۸۸	۸۴	۸۰	۸۸
E52	۹۴	۸۹/۳	۸۴/۶	۸۰/۳	۷۸
E71	۹۴	۸۹	۸۴/۶	۸۰	۸۵
B81	۹۳/۸	۸۶/۲	۸۴/۴	۷۷/۶	۸۴
B87	۹۶/۷	۸۹	۸۷	۸۰	۹۱
B97	۹۳	۸۵/۵	۸۳/۷	۷۷	۸۸
A4	۹۶/۸	۸۱/۳	۸۷	۷۳	۸۱
A18	۹۵/۵	۸۰/۵	۸۶/۳	۷۲	۸۲
A9	۹۵/۵	۸۰/۲	۸۶	۷۲/۲	۸۰
D20	۹۴	۸۰/۸	۸۴/۶	۷۲/۷	۸۴
D45	۹۳/۳	۸۰/۲	۸۴	۷۲/۲	۸۵
D33	۹۱/۹	۷۹	۸۲/۷	۷۱	۸۷
C126	۹۴/۲	۸۲	۸۴/۷	۷۳/۷	۸۳
C119	۹۴/۹	۸۲/۵	۸۵/۴	۷۴/۳	۸۴
C104	۹۷/۶	۸۵	۸۷/۸	۷۶/۴	۷۹
حداقل	۹۱/۹	۷۹	۸۲/۷	۷۱	۷۸
حداکثر	۹۷/۶	۹۳	۸۷/۸	۸۳/۶	۹۱
میانگین	۹۴/۴	۸۵/۱	۸۰/۳	۸۴/۳	۸۴/۴



شکل ۴ - تغییرات دبی قطره چکان های لوله های لترال در مانیفلد آزمایشی قطعه D 33



شکل ۵ - تغییرات دبی قطره چکان‌های لوله‌های لترال در مانیفلد آزمایشی قطعه C104

نتیجه‌گیری کلی

متناسب با توپوگرافی با وجود اختلاف ارتفاع زیاد اراضی، استفاده از تجهیزات آبیاری نسبتاً مرغوب و با کیفیت و استفاده از مخزن آب، ایستگاه پمپاژ و فیلتراسیون واحد از نقاط قوت طرح تشخیص داده شد. در مقابل مشکلات عمده سامانه عبارت بودند از: گرفتگی قطره‌چکان‌ها و دستکاری آن‌ها، عدم شستشوی مناسب و به موقع فیلتراسیون، تعمیر نامناسب لوله و اتصالات در هنگام نیاز و مدیریت ضعیف بهره‌برداری. لذا با توجه به نتایج ارزیابی در مطالعه حاضر پیشنهاد می‌گردد: ۱- بمنظور ایجاد یکنواختی بیشتر در دبی قطره‌چکان‌ها و باتوجه به مشاهده گرفتگی شیمیایی در آن‌ها، اسیدشویی شبکه در دستور کار قرار گیرد. ۲- از آنجاکه میزان افت فشار در فیلتراسیون در آستانه افت مجاز قرار دارد و سال‌های متمادی از فیلترها استفاده شده‌است بکواش و شستشوی دوره‌ای، تعویض قطعات معیوب و اورحال فیلتراسیون انجام پذیرد. ۳- لوله‌ها، اتصالات و قطره‌چکان‌های آسیب دیده و کم کیفیت با قطعات نو جایگزین شود. ۴- میراب‌های پارک ضمن شرکت در کلاس‌ها و کارگاه‌های آموزشی، در نگهداری صحیح سامانه‌ها و کنترل فشار در نقاط بحرانی اهتمام ورزند. ۵- از اضافه کردن خودسرانه انشعابات به شبکه، برای آبیاری درختان جدید اجتناب شود.

در این مطالعه، سامانه آبیاری قطره‌ای اجرا شده در پارک ائل باغی تبریز با تنوع بالای خاک و توپوگرافی تپه‌ماهوری مورد ارزیابی قرار گرفت. محاسبه حجم آب موردنیاز درختان و اندازه‌گیری حجم آب مصرفی نشان داد که تقریباً در تمام واحدها آبیاری بیش از اندازه انجام می‌گیرد و باعث هدر رفت آب و کاهش راندمان آبیاری می‌گردد. نتایج ارزیابی نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار یکنواختی پخش آب به ترتیب ۹۳ و ۷۹ درصد مربوط به قطعه H135 و D33، بیشترین و کمترین مقدار راندمان پتانسیل کاربرد چارک پایین به ترتیب ۸۳/۶ و ۷۱ درصد مربوط به قطعه H135 و D33 و بیشترین و کمترین مقدار راندمان واقعی کاربرد چارک پایین به ترتیب ۹۱ و ۷۸ درصد مربوط به قطعه B87 و E52 است. همچنین این مقادیر بطور میانگین برای کل پارک ائل باغی به ترتیب برابر با ۸۵/۱ و ۸۴/۳ و ۸۴/۳۸ درصد بدست آمد که نشان داد براساس طبقه‌بندی SCS سیستم آبیاری، این پارک در وضعیت عملکرد نسبتاً خوب تا خوب قرار دارد. با توجه به نتایج شاخص‌های ارزیابی عملکرد سامانه آبیاری قطره‌ای و بررسی‌های میدانی به‌عمل آمده، طراحی هیدرولیکی دقیق و

Sonqor city. Water Science (Agricultural Science) 29(2): 141-154. (In Persian).

Boularbah S., Kuper M., Hammani A., Mailhol J. and Taky A, 2019. Performance assesmet of drip irrigation use in a large scale Irrigation Scheme in Morocco. Irrigation and Drainage. 68(5): 925-93. <https://doi.org/10.1002/ird.2369>

Darimani, H.S., Kpoda, N., Suleman, S. M. and Luut, A, 2021. Field performance evaluation of a small-scale drip irrigation system installed in the upper west region of ghana. Computational Water, Energy, and Environmental Engineering, 10, 82-94. <https://doi.org/10.4236/cweee.2021.102006>

Dastband, E., Sadeghi Lari A, and Salari, A, 2023. Performance evaluation of drip irrigation system in the southernregions of fars province, Iran. Iranian Journal of Irrigation and Water Engineering. Summer 2023. Special Issue: pp. 132-147. <https://doi.org/10.22125/IWE.2022.340071.1628> (In Persian).

Ghamarnia, H., Abbasi, H. and Farhadi Bansoule, B., 2024. Technical evaluation of drip irrigationsystems implemented in Salas babajani city of Kermanshah province. Journal of Water and Irrigation Management, 13(4), 1001-1018. <https://doi.org/10.22059/jwim.2023.361893.1087>

Gultekin, R., Gorgisen, C., Karaca Bilgen, G., Bahceci Aslan, P. and Yeter, T, 2022. Evaluation of performance indicators for some drip irrigation systems used in cherry orchards in Ankara province. Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences, 6(1), 172-181. <https://doi.org/10.31015/jaefs.2022.1.22>

تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله از حمایت‌های برنامه علمی مدیریت توسعه پایدار دریاچه ارومیه در دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز تشکر می‌نمایند.

منابع مورد استفاده

Ahmadzadeh Kaleybar, F. and Emamifar, M, 2023. Technical Evaluation of Classic Stationary Sprinkler Irrigation Systems with Travelling Sprinklers (Komet 162) in Arasbaran Plain of Development Lands for Irrigation. Iranian Journal of Irrigation and Water Engineering, (13): 148-162. <https://doi.org/10.22125/IWE.2022.326264.1595> (In Persian).

Amoo M. O. Ademiju T. A. Adesigbin A. J. and Ali G. A, 2019. Performance evaluation of drip irrigation systems on production of okra (*Hibiscus esculentus*) in Southwestern, Nigeria. Journal of Engineering Research and Reports. 5(3): 1-10. <https://doi:10.9734/JERR/2019/v5i316928>

Ashiri, M., Houshmand, A. and Broumandnasab, S, 2016. Technical evaluation of drip irrigation systems, case study: Shahid Rajaei Dezful Agriculture and Industry. Engineering and Irrigation Sciences (Agricultural Scientific Magazine) 39(2): 70-88. (In Persian).

Bagheri, F., Dehkhodaei, F. and Bahrami, M, 2016. Investigation and technical evaluation of the irrigation system of natural resource gardens in Fasa city. Second National Congress of Irrigation and Drainage of Iran, Isfahan. (In Persian).

Bagher Khani, A. and Zare Abianeh, H, 2019. Performance evaluation of some drip irrigation systems, case study:

- sustainable agriculture, Hamadan. (In Persian).
- Marofpour, I. and Ebrahimpour, M, 2014. Investigation and technical evaluation of trickle irrigation systems in Kurdistan province. Iranian Water Researches Journal, 8(2), 197-205.
- Merriam, J. L., and keller, J, 1978. Farm irrigation system evaluation, a guide for managment. Utah state Univ. Logan, UTAH, USA.
- Mhmady, A. and Dulaimy, A, 2017. Performance evaluation of drip irrigation system according to the suggested standards. Iraqi Journal of Agricultural Sciences, 49(6), 0111-0011. <https://doi.org/10.36103/ijas.v49i6.148>
- Raphael, O. D., Amodu, M. F., Okunade, D. A., Elemile, O. O. and Gbadamosi A. A, 2018. Field evaluation of gravity-fed surface drip irrigation systems in a sloped greenhouse. International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCET), 9(10), 536–548.
- Sabzevari, Y., Ghanbarpouri, M.A. and Salmanpour, A, 2021. Technical Evaluation of Sprinkler Irrigation Systems Implemented in Khorramabad City. Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems, 2(34), 51-64. (In Persian).
- Salehi, R., Attar Roshan, S. and Por Rostamie, R, 2012. Evaluation of trickle irrigation system in afforestation (biji-north of karaj). Journal of Renewable Natural Resources Research, (1), 67-78. (In Persian).
- Saxena, C.K., Ramana Rao, K.V. and Nayak, A.K, 2019. Evaluation and testing of machine installed subsurface drip laterals. International Journal of Chemical Studies, 7(3), 1966-1971.
- Habineza Celestin, H., Rukangantambara, H. and Pande, S.K, 2023. Performance evaluation of drip irrigation system under onion crop in semi-arid region of eastern rwanda. International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT). 41(2), 461-480. <http://dx.doi.org/10.52155/ijpsat.v41.2.3443>
- Haghjou, M, 2025. Application of the Treatment Effect Approach in Evaluation of Government Credits for Adoption of Modern Irrigation Methods in Tabriz County. Journal of Hydraulics and Water Science, 35 (1):71-83. <https://doi.org/10.22034/hws.2025.65774.1010> (In Persian).
- Hakiruwizera, E., Hatungimana, C.J., Mutangana, D., Manishimwe, J.C. and Igirimbabazi, A, 2024. Performance evaluation of a drip irrigation system inside the automated greenhouse in huye ecological condition. Middle East Res J. Agri Food Sci., 4(1): 26-33. <https://doi:10.36348/merjafs.2024.v04i01.004>
- Jamrey, P. K., and Nigam, G. K, 2018. Performance evaluation of drip irrigation systems. The Pharma Innovation Journal, 7(1), 346-348.
- Kittas, C., Elvanidi, A., Katsoulas, N., Ferentinos, K. P. and Bartzanas, T, 2016. Reflectance indices for the detection of water stress in greenhouse tomato (*Solanum lycopersicum*). Acta Horti, 1112, 63–70. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1112.9>
- Mahdizadeh, M. and Dahanzadeh, B, 2015. Technical evaluation of drip irrigation systems implemented in the case study of Ilam province. The first international conference and the fourth national conference on medicinal plants and

- Shahinrokhsar, P, Dehghanisanij, H, Zarei, G. and Heydarnezhad, F, 2019. Technical Comparison of Two Tape and Drip Line Irrigation Systems on Greenhouse Strawberries. *Water Management in Agriculture*, 6(1), 113–122.
- Sharu E.H, and Razak M.Sh.A, 2020. Hydraulic Performance and Modelling of Pressurized Drip Irrigation System. *Water*, 12, 2295. <https://doi.org/10.3390/w12082295>
- Shini Dasht Gol, A., Broumand Nesab, S. and Naseri, A, 2019. Technical and hydraulic evaluation of drippers and performance evaluation of subsurface drip irrigation system in sugarcane cultivation. *Water Research in Agriculture (Soil and Water Sciences)*, 3(3b), 397-411. <https://doi.org/10.22092/jwra.2019.120470> (In Persian).
- Valiahari, S., Nazemi, A. H., Ashraf Sadraddini, A. and Majnooni-Heris, A, 2015. Technical performance assessment of the trickle irrigation systems in Sattarkhan Irrigation Channels Network of Ahar City. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, 9(2), 262-273. (In Persian).
- Yegane Z., Behmanesh J. and Rezaee H, 2012. Technical evaluation of drip irrigation in some Marand city gardens. *Water Research in Agriculture*. 4(26), 449–460. <https://doi.org/10.22092/jwra.2013.131424> (In Persian).