Vol 13, No. 4, Winter 2024

University of Tehran Press

Journal of Water and Irrigation Management Online ISSN: 2382-9931

Homepage: https://jwim.ut.ac.ir/

Technical Evaluation of Drip Irrigation Systems Implemented in Salas Babajani City of Kermanshah Province

Houshang Ghamarnia[1]✉ | Habib Abbasi[2] | Bahman Farhadi Bansoule[3]

1. Corresponding Author, Department of Water Engineering, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: hghamarnia@razi.ac.ir
2. Department of Water Engineering, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: habib.abasi69@gmail.com
3. Department of Water Engineering, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: bfarhadi@razi.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 8 July 2023
Received in revised form
4 September 2023
Accepted 30 September 2023
Published online 17 January 2024

Keywords:
Actual Efficiency
coefficient distribution
Drip irrigation
Evaluation
Langer saturation index
Potential efficiency

ABSTRACT

It is necessary to evaluate irrigation systems in order to determine their optimal performance, modify and manage them. In this research, five drip irrigation systems in Salas Babajani city located in Kermanshah province were selected and evaluated based on the instructions of the American Soil Conservation Service (SCS) and Merriam and Keller methods. The results of investigations showed that the wetted area ranged between 14.89 and 33.49 percent of the total area. The minimum and maximum values of water distribution uniformity in the investigated systems (EUs) were determined as 29.49 and 62.56 percent, respectively. The values of lower quartile application potential efficiency (PELQs) and lower quartile application efficiency (AELQs) of the systems fluctuated between 26.83 to 53.3 and 29.48 to 62.56 percent, respectively, which indicate the poor performance of the systems in all fields. According to Langiller Saturation Index (LSI) values obtained from water sources in the fields under study, in two fields, there was a tendency for calcium carbonate precipitation, but in other fields, there was no risk of precipitation. In general, the poor performance of the systems were due to various reasons, such as: not installing a central control station or a suitable filtration system, insufficient wetted area, inappropriate type and number of droppers, clogging of the droppers, pressure difference in the systems, inappropriate pressure and its uneven distribution, inappropriate distance and duration of irrigation and finally the poor management of exploitation.

Cite this article: Ghamarnia, H., Abbasi, H., & Farhadi Bansoule, B. (2024). Technical Evaluation of Drip Irrigation Systems Implemented in Salas Babajani City of Kermanshah Province. *Journal of Water and Irrigation Management*, 13 (4), 1001-1018. DOI: https://doi.org/10.22059/jwim.2023.361893.1087

© The Author(s).
Publisher: The University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jwim.2023.361893.1087

دوره سیزدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۲

انتشارات دانشگاه تهران

مدیریت آب و آبیاری

Homepage: https://jwim.ut.ac.ir/

شاپا الکترونیکی: ۹۹۳۱-۲۳۸۲

ارزیابی فنی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای اجراشده در شهرستان ثلاث باباجانی استان کرمانشاه

هوشنگ قمرنیا[۱]✉ | حبیب عباسی [۲] | بهمن فرهادی بانسوله[۳]

۱. نویسنده مسئول، گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: hghamarnia@razi.ac.ir

۲. گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: habib.abasi69@gmail.com

۳. گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: bfarhadi@razi.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۱۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۶/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۸

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۰/۲۷

کلیدواژه‌ها:

آبیاری قطره‌ای

ارزیابی

راندمان پتانسیل

راندمان واقعی

شاخص اشباع لانژیلر

یکنواختی پخش

چکیده

ارزیابی سیستم‌های آبیاری به‌منظور تعیین عملکرد بهینه، اصلاح و مدیریت آن‌ها، امری ضروری است. در این پژوهش پنج سیستم آبیاری قطره‌ای در شهرستان ثلاث باباجانی واقع در استان کرمانشاه، انتخاب و براساس دستورالعمل اداره حفاظت خاک آمریکا (SCS) و روش مریام و کلر ارزیابی گردیدند. بررسی‌ها نشان داد که مساحت خیس‌شده نسبت به مساحت کل بین ۱۴/۸۹ تا ۳۳/۴۹ درصد متغیر بوده است. حداقل و حداکثر مقدار یکنواختی پخش آب در سیستم‌های بررسی‌شده (EU_s) به‌ترتیب ۲۹/۴۹ و ۶۲/۵۶ درصد تعیین شد. مقادیر راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین ($PELQ_s$) و راندمان کاربرد ربع پایین ($AELQ_s$) سامانه‌ها به‌ترتیب در محدوده بین ۲۶/۸۳ تا ۵۳/۳ و ۲۹/۴۸ تا ۶۲/۵۶ درصد نوسان داشت که این مقادیر بیانگر عملکرد ضعیف سیستم‌ها در تمام مزارع می‌باشد. با توجه به مقادیر شاخص اشباع لانژیلر (LSI) به‌دست‌آمده از منابع آبی در مزارع موردمطالعه، در دو مزرعه تمایل رسوب کربنات کلسیم وجود داشت، اما در سایر مزارع این خطر رسوب‌گذاری وجود نداشت. به‌طورکلی، عملکرد ضعیف سیستم‌ها به دلایل مختلفی ازجمله عدم نصب ایستگاه کنترل مرکزی یا سیستم فیلتراسیون مناسب در سامانه‌ها، کم‌بودن مساحت خیس‌شده، نامناسب‌بودن نوع و تعداد قطره‌چکان‌ها، گرفتگی قطره‌چکان‌ها، اختلاف فشار در سیستم‌ها، نامناسب‌بودن فشار و توزیع غیریکنواخت آن ها، نامناسب‌بودن دور و مدت زمان آبیاری و درنهایت مدیریت ضعیف بهره‌برداری بود.

استناد: قمرنیا، هوشنگ؛ عباسی، حبیب و فرهادی بانسوله، بهمن (۱۴۰۲). ارزیابی فنی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای اجراشده در شهرستان ثلاث باباجانی استان کرمانشاه. *نشریه مدیریت آب و آبیاری*، ۱۳ (۴)، ۱۰۱۸-۱۰۰۱. DOI: https://doi.org/10.22059/jwim.2023.361893.1087

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

۱. مقدمه

محدودیت منابع آبی، هزینه تأمین و مدیریت صحیح آن از یک‌سو و مسئله افزایش جمعیت از سوی دیگر سبب استفاده بهینه از منابع آبی و افزایش راندمان آبیاری جهت افزایش عملکرد محصولات کشاورزی شده است. صنعتی‌شدن کشاورزی در اکثر کشورهای جهان و روبه‌روشدن با مسئله کم‌آبی باعث شده است که بر مصرف آب، کنترل بیش‌تری اعمال گردد. یعنی بتوان آب را به هر مقدار، چه کم و چه زیاد و در هر زمان که موردنظر زارع باشد، مورداستفاده قرار گیرد (Alizadeh, 2015). با افزایش روزافزون جمعیت و کاهش روزافزون منابع آبی قابل‌استفاده وافزایش مصرف آن در بخش شرب، صنعت و به‌ویژه کشاورزی، مسبب روی‌آوردن مسئولان بخش کشاورزی به استفاده از روش‌های آبیاری نوین تحت فشار شده که باعث افزایش راندمان آبیاری گردد. ازجمله روش‌هایی که تأثیر به‌سزایی در افزایش راندمان آبیاری دارد، سیستم آبیاری قطره‌ای است (Maziar & Kandlos, 2010). آبیاری قطره‌ای یک واژه بسیار کلی است که به تمام سیستم‌های آبیاری میکرو و یا خرد آبیاری اطلاق می‌شود. آنالیز هر سیستم آبیاری که بر پایه اندازه‌گیری‌ها در شرایط واقعی مزرعه و در حین کار طبیعی سامانه استوار باشد را ارزیابی گویند (Ghasemzadeh Mojauri, 1990). از طرفی مدیریت و استفاده بهینه از هر سیستمی نیازمند دانستن نحوه استفاده بهینه از آن بوده تا امکان استفاده بهینه با ارزیابی و دانستن نحوه عملکرد آن سیستم میسر شود. در سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار برای این‌که بتوان سیستم را با کارایی بهتری طراحی و مورد بهره‌برداری قرار داد، باید ارزیابی‌هایی را بر روی آن سیستم‌ها انجام داد تا بهترین عملکرد از آن به‌دست آید (Nazari Gigo *et al*., 2016).

Zulfiqaran *et al*. (2003) ضمن ارزیابی تعداد ۱۷ سامانه مختلف آبیاری در استان‌های کرمان، خراسان و سمنان ازنظر عوامل مختلفی نظیر گرفتگی خروجی‌ها، یکنواختی توزیع سیستم آبیاری قطره‌ای و ارتباط بین کیفیت آب آبیاری و گرفتگی، یکنواختی توزیع در طرح‌های استان کرمان در حد عالی و خوب و طرح‌های مربوط به استان‌های خراسان و سمنان را در حد ضعیف ارزیابی نمودند. هم‌چنین، عامل گرفتگی قطره‌چکان‌ها را سیستم تصفیه نامناسب و ورود ذرات و مواد فیزیکی به‌ویژه ذرات خاک به داخل گسیلنده‌ها گزارش کرده‌اند. Ebrahimpour *et al*. (2011) در پژوهشی به ارزیابی فنی ۱۱ سامانه آبیاری قطره‌ای در استان کردستان پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که در بیش‌تر سیستم‌ها، آبدهی قطره‌چکان‌ها کم‌تر از آبدهی اسمی آن‌ها بوده و دلیل آن را ناشی از فشار نامناسب، گرفتگی قطره‌چکان‌ها و ضریب تغییرات بالای آن‌ها اعلام نموده‌اند و میزان راندمان کاربرد ربع پایین مزرعه‌ها را درمحدوده ۱۶/۶ تا ۷۹/۳ درصد گزارش نمودند که برمبنای این شاخص فقط دو مزرعه عملکرد متوسط و بقیه عملکرد ضعیفی داشتند. در نهایت دلایل پایین‌بودن عملکرد سیستم‌ها را نامناسب‌بودن فشار سیستم‌ها، اختلاف فشار در سیستم، گرفتگی قطره‌چکان‌ها، ضریب تغییرات ساخت بالای قطره‌چکان‌ها و مدیریت ضعیف بهره‌برداری گزارش نمودند. Shaker *et al*. (2014) ضمن ارزیابی ۲۰ نمونه از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای اجراشده در شهرستان‌های مختلف استان گلستان، مهم‌ترین مشکل سامانه‌ها را، طراحی و اجرای نامناسب، گرفتگی قطره‌چکان‌ها و نامناسب‌بودن تعداد آن‌ها، فشار نامناسب و توزیع غیریکنواخت مربوطه، عدم تنظیم شیرفلکه‌های ابتدای لوله‌های رابط و عدم شست‌وشوی فیلترها گزارش کردند. Mahdizadeh & Dahanzadeh (2015) طی پژوهشی چهار نمونه از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای اجراشده در نقاط مختلف استان ایلام را ارزیابی نمودند. براساس نتایج به‌دست‌آمده در سامانه‌های موردارزیابی، مقادیر متوسط پارامترهای ضریب یکنواختی آماری (CU)، ضریب کاهش راندمان (ERF)، راندمان پتانسیل کاربرد (PELQ) و راندمان واقعی کاربرد (AELQ) در چارک پایین به‌ترتیب ۹۷/۹۵، ۷۰، ۹۴، ۸۱ و ۹۵ درصد گزارش شد که بیانگر طراحی هیدرولیکی صحیح، اجرای مناسب و کیفیت بالای وسایل مورداستفاده بوده است. Bagheri *et al*. (2016) طی پژوهشی در شمال شهرستان فسا، سامانه آبیاری قطره‌ای اجراشده در باغ منابع طبیعی را از لحاظ طراحی، اجرا و مدیریت بهره‌برداری موردارزیابی قرار دادند. در

این مطالعه پارامترهای فشار و آبدهی قطره‌چکان‌ها در باغ موردنظر اندازه‌گیری شد. در نهایت پس از بررسی مسائل مختلفی نظیرمشکلات سیستم، عدم طراحی مناسب سیستم توسط طراح، عدم کاربرد تجهیزات تصفیه، ضعف در مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری سامانه، وضعیت آبیاری را ضعیف گزارش نمودند. در پژوهشی توسط Nakoui *et al.* (2016) سامانه‌های قطره‌ای در دو باغ در شهرستان جهرم ارزیابی شد. طبق نتایج ارزیابی آن‌ها، فشار لوله رابط موردآزمایش از فشار میانگین کل سامانه کم‌تر بوده است. دلیل موضوع نیز عدم وجود سیستم تصفیه در دستگاه کنترل مرکزی و کاهش فشار، با وجود کیفیت مناسب آب، امکان گرفتگی قطره‌چکان‌ها عنوان شده است. هم‌چنین نتایج مطالعه آن‌ها نشان‌دهنده ضعف در بهره‌برداری مناسب از سامانه‌های موردبررسی می‌باشد. Ashiri *et al.* (2016) تعداد پنج سامانه آبیاری قطره‌ای اجراشده درکشت و صنعت شهید رجایی شهرستان دزفول را با استفاده از روش مریام و کلر موردارزیابی قراردادند. براساس نتایج منتشرشده، در تمام سامانه‌های موردارزیابی، مقادیر راندمان یکنواختی پخش در رده عالی قرار داشتند. هم‌چنین اختلاف کم مقادیر راندمان پتانسیل کاربرد و راندمان واقعی کاربرد در ربع پایین بیانگر طراحی مناسب و مدیریت صحیح سامانه‌ها بوده است. Shini Dasht Gol *et al.* (2019) طی ارزیابی فنی و هیدرولیکی قطره‌چکان‌ها و بررسی عملکرد سامانه‌ی آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در مزرعه‌ای واقع در ایستگاه پژوهشی مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان، سامانه آبیاری موردمطالعه را از نظر عملکرد کلی قطره‌چکان‌ها و یکنواختی توزیع، در محدوده نسبتاً خوب و خوب ارزیابی نمودند. Sabzevari *et al.* (2021) ضمن بررسی تعدادی از سیستم‌های آبیاری تحت فشار در شهرستان خرم‌آباد، علاوه بر مشکلات طراحی و اجرایی، علت‌های اصلی پایین‌بودن راندمان را ناشی از مدیریت و بهره‌برداری ضعیف از این سیستم‌ها عنوان نموده‌اند. Pannunzio *et al.* (2016) با ارزیابی سامانه هشت ساله آبیاری قطره‌ای در مزارع بلوبری در منطقه کونکورد آرژانتین، پارامترهای ضریب یکنواختی کریستیانسن، ضریب یکنواختی چارک پایین و کارایی پخش کل آب را به‌ترتیب ۹۵/۱۴، ۹۳/۱۶ و ۹۵/۱۳ درصد گزارش نمودند. آن‌ها اعلام نمودند که استفاده از کارایی پخش کل آب جهت بررسی طراحی و مدیریت سیستم‌های آبیاری قطره‌ای تحت معیارهای طراحی متفاوت و روش‌های مدیریت و نگهداری سیستم‌ها مناسب بوده است. Saxena *et al.* (2019) در مطالعه‌ای، عملکرد هیدرولیکی یک سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با دو عمق نصب ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متری را موردارزیابی قراردادند. در این مطالعه، مقادیر راندمان یکنواختی و ضریب یکنواختی کریستانسن برای عمق ۱۵ سانتی‌متری به‌ترتیب ۹۳ و ۹۵ درصد و برای عمق ۲۰ سانتی‌متری، ۹۲ و ۸۷ درصد و درنهایت عملکرد سامانه در طبقه عالی گزارش شده است.

در سال‌های اخیر ضمن توسعه و گسترش روشهای آبیاری قطره‌ای، ارزیابی آنها نیز موضوع بسیاری از پژوهش‌ها بوده است که هرکدام اهداف خاصی را دنبال نموده‌اند. از بررسی منابع می‌توان جنبه‌های مختلف عملکرد سیستم‌های آبیاری قطره‌ای را تشخیص داد. از طرفی در اغلب باغات شهرستان ثلاث باباجانی واقع در استان کرمانشاه، پس از زلزله ۷/۳ ریشتری مورخ ۱۳۹۶/۸/۲۱ که در این شهرستان اتفاق افتاد، به‌دلیل خشک‌شدن یا کم‌آب‌شدن اغلب چشمه‌ها و سراب‌های این شهرستان، بیش‌تر کشاورزان و باغداران به اجرای سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار از جمله سیستم آبیاری قطره‌ای روی آورده و هم‌چنان با یک روند افزایشی، اجرای این سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار در باغات این شهرستان رو به رشد قرار دارد. لذا این پژوهش از آن جهت دارای اهمیت می‌باشد که تاکنون ارزیابی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در شهرستان ثلاث باباجانی چه قبل از وقوع و چه بعد از وقوع زلزله صورت نگرفته است، بنابراین با توجه به کاهش یافتن کمیت و کیفیت منابع آب شهرستان ثلاث باباجانی و گرایش باغداران سطح شهرستان به اجرای سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، ارزیابی سامانه‌های اجراشده در جهت مشخص‌شدن عملکرد آن‌ها امری ضروری می‌باشد. بنابراین هدف از این پژوهش، ارزیابی فنی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای اجراشده، اندازه‌گیری مؤلفه‌های ارزیابی (یکنواختی پخش، راندمان پتانسیل و راندمان واقعی کاربرد آبیاری) و بررسی وضعیت

سیستم‌های آبیاری در باغات شهرستان ثلاث باباجانی، به‌منظور پی‌بردن به نقاط قوت و ضعف این سیستم‌ها و گزارش‌نمودن ایرادات به ارگان‌های مربوطه و کشاورزان منطقه جهت افزایش راندمان و بهره‌وری آن‌ها می‌باشد.

۲. مواد و روش‌ها

شهرستان ثلاث باباجانی یکی از شهرستان‌های مرزی استان کرمانشاه می‌باشد که با مساحتی در حدود ۱۹۲۰ کیلومترمربع، در موقعیت ۴۵ درجه و ۳۸ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۳۴ دقیقه عرض شمالی در غرب و شمال‌غربی استان کرمانشاه واقع شده است. این شهرستان با ۷۶ کیلومتر مرز مشترک با کشور عراق، از شمال به شهرستان پاوه و از جنوب به شهرستان‌های اسلام‌آباد غرب و سرپل‌ذهاب و از شرق به شهرستان جوانرود و از غرب به مرز کشور عراق محدود است. در این پژوهش پنج سامانه آبیاری قطره‌ای در شهرستان ثلاث باباجانی ارزیابی شد. در شکل (۱) موقعیت شهرستان ثلاث باباجانی و مزارع تحت پوشش آبیاری قطره‌ای جهت ارزیابی نشان داده شده است.

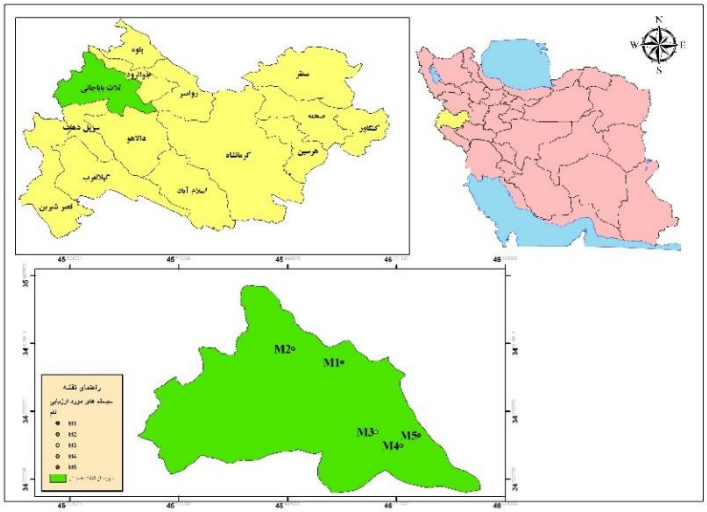

Figure 1. The location of Salas Babajani city and the evaluated systems in the study area

ارزیابی سامانه‌ها براساس دستورالعمل پیشنهادی اداره حفاظت خاک آمریکا (SCS)[1] و روش مریام و کلر انجام گرفت (1984, 1984 and Merriam & Keller, 1978). در ابتدای پژوهش به‌منظور انجام این ارزیابی با همکاری مسئولین فنی واحدهای باغبانی و آب و خاک مستقر در سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه، مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان ثلاث باباجانی و هم‌چنین سایر مراجع موجود، آمار و اطلاعات لازم جمع‌آوری گردید و تعدادی از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای که نماینده خوبی از کل سیستم‌های اجراشده در شهرستان بوده و حداقل یک الی دو فصل زراعی از بهره‌برداری آن‌ها گذشته بود انتخاب شدند. در ادامه در هر یک از مزارع با تکمیل فرم پرسشنامه که براساس استانداردهای موردنظر، منتشرشده سایر پژوهش‌گران، تجربیات شخصی چندین ساله و مشاهدات محلی بوده، آمار و اطلاعات اولیه از بهره‌برداران و متصدیان آبیاری اخذ شد. سپس اطلاعات اولیه همچون وضعیت توپوگرافی و مساحت زمین، منبع تأمین آب سامانه‌ها، بافت خاک، الگوی کشت، مشخصات قطره‌چکان‌ها، لوله‌های اصلی و نیمه‌اصلی، لوله‌های فرعی، شیرآلات و نقشه اتصالات جمع‌آوری گردید. مشخصات سیستم‌های موردارزیابی به اختصار در جدول (۱) ارائه شده است. اندازه‌گیری عوامل ارزیابی در مزرعه شامل موارد زیر بوده است.

۲. ۱. اندازه‌گیری عامل مربوط به خاک

پارامترهای خاک شامل تعیین بافت خاک (با روش هیدرومتری و مثلث بافت خاک)، ظرفیت زراعی، جرم مخصوص ظاهری و هم‌چنین اندازه‌گیری مساحت خیس‌شده اطراف هر درخت می‌باشد. جهت تعیین مساحت خیس‌شده، چهار درخت از هرلوله آبده موردارزیابی، انتخاب و مساحت خیس‌شده در اعماق ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متری با استفاده از مته نمونه‌برداری خاک مشخص شدند. در عمل، تعیین طول پیشروی رطوبت در اطراف هر درخت انجام گرفته و درنهایت با تقسیم سطح خیس‌شده بر کل مساحت بین چهار درخت، درصد مساحت خیس‌شده به‌دست آمد.

Table 1. Specifications of evaluated systems

Number of operation years	Irrigation cycle (day)	Type of makeup	Type of dropper	Product	Area (hectares)	Location	System name
3	4	Circular	Adjustable on line	Pomegranate-pistachio-walnut	1.5	Chehar diwar village	M_1
4	3	One row line	Adjustable inline	Pomegranate	0.5	ghaleche village	M_2
4	3	One row line	Adjustable inline	apple-pomegranate	1	Qolqoleh village	M_3
4	4	One row line	Adjustable inline	Pomegranate-apple-pistachio-walnut	1.8	Maidan tefli village	M_4
3	3	One row line	Adjustable inline	apple-cherry	1	Neme kare village	M_5

۲. ۲. اندازه‌گیری و تعیین پارامترهای گیاهی

برای هر سیستم، نوع محصول، سن درختان، فواصل و الگوی کشت، عمق توسعه ریشه و درصد سطح سایه‌انداز مشخص گردید. عمق توسعه ریشه جهت تعیین نیاز آبی درختان و تعیین کمبود رطوبت مجاز (MAD)[۲] لازم می‌باشد. جهت تعیین درصد سطح سایه‌انداز، ابتدا چهار درخت بر روی چهار لوله آبده موردارزیابی انتخاب و سپس مساحت سایه اندازه آن‌ها اندازه‌گیری شد. درنهایت با تقسیم مساحت سایه اندازه درختان بر حاصل‌ضرب فواصل کشت آنها، درصد مساحت سایه‌انداز تعیین شد.

۲. ۳. اندازه‌گیری پارامترهای هیدرولیکی

این پارامترها، شامل تعیین آبدهی، فشار و یکنواختی پخش آب قطره‌چکان‌ها می‌باشد. جهت اندازه‌گیری آبدهی، ابتدا با انتخاب یکی از لوله‌های رابط در حال کار، چهار لوله فرعی آبده به‌ترتیب درابتدا، یک‌سوم فاصله از ابتدا، در دو سوم فاصله از ابتدا و در انتهای این لوله رابط، انتخاب شد. سپس چهار درخت به‌ترتیب در ابتدا، یک‌سوم فاصله از ابتدا، دو سوم فاصله از ابتدا و در انتهای لوله‌های آبده تعیین شد. درنهایت، برای هر درخت تعیین‌شده، با انتخاب چهار قطره‌چکان، مقدار آبدهی در مدت زمانی مشخص به‌روش حجمی اندازه‌گیری گردید. در ابتدا و انتهای چهار لوله فرعی آبده انتخابی، مقدار فشار اندازه‌گیری شد. جهت تعیین فاکتور کاهش راندمان و فاکتور تصحیح دبی، مقدار حداقل فشار ورودی لوله فرعی (MLIP) در لوله‌های رابط در حال کار تعیین گردید. دور آبیاری و مدت زمان آبیاری هر سیستم یاداشت شد. هنگام ارزیابی، خصوصیات اجزای سیستم آبیاری همچون لوله‌های اصلی، لوله‌های رابط، لوله‌های فرعی آبده، دستگاه کنترل مرکزی و قطره‌چکان‌ها موردبررسی قرار گرفت. هم‌چنین میزان افت فیلترها تعیین گردید. پس از جمع‌آوری اطلاعات حاصل از ارزیابی مزارع، با استفاده از دستورالعمل اداره حفاظت خاک آمریکا (SCS) و روش مریام و کلر، پارامترهای ارزیابی همچون یکنواختی پخش آب (EU)، راندمان واقعی کاربرد ربع پایین (AELQ) و راندمان پتانسیل ربع پایین

(PELQ) در جهت تعیین عملکرد سیستم‌ها و نحوه توزیع آب در مزارع محاسبه شدند. عوامل و پارامترهای ارزیابی با توجه به روش‌های مذکور عبارتند بودند از:

۲. ۴. حداقل فشار ورودی به لوله‌ی فرعی (MLIP)[۳]

از تعداد کل لوله‌های فرعی که از هر لوله رابط آبگیری می‌کردند، یکی از آن‌ها دارای حداقل فشار ورودی می‌باشد که به این مقدار فشار، حداقل فشار ورودی به لوله فرعی بر روی لوله رابط در حال کار (MLIP) می‌گویند.

درضمن، اگر مقدار حداقل فشار ورودی لوله فرعی در لوله رابط مورد آزمایش ($MLIP_m$) از میانگین سامانه در حال کار ($MLIP_{avg}$) بیش‌تر یا کم‌تر باشد، تنظیم آبدهی بر نقاط بلوک آبیاری ضروری است و نیازمند تعیین فاکتور تصحیح دبی (DCF) است که فاکتور تصحیح آبدهی از رابطه (۱) محاسبه گردید.

$$DCF = \frac{2/5 \times MLIP_{avg}}{[MLIP_{avg} + 1/5 MLIP_m]}$$ رابطه ۱)

در این رابطه، $MLPI_{avg}$ میانگین حداقل فشار های ورودی به لوله‌های آبده در لوله‌های رابط در حال کار سامانه (متر)، $MLPI_m$ حداقل فشار ورودی در لوله‌های آبده واقع در لوله رابط انتخابی(متر) می‌باشد.

۲. ۵. فاکتور کاهش راندمان (ERF)[۴]

اگر فشار ورودی لوله رابط به‌درستی تنظیم نشده باشد، راندمان کل سیستم از راندمان لوله رابط انتخابی کم‌تر می‌شود. برای محاسبه این کاهش راندمان از حداقل فشار ورودی لوله فرعی در طول لوله رابط و در سرتاسر سیستم استفاده شد (رابطه ۲).

$$ERF = \frac{[MLIP_{avg} + 1/5 MLIP_{min}]}{2/5 \times MLIP_{avg}}$$ رابطه ۲)

در این رابطه، ERF فاکتور کاهش راندمان و $MLPI_{min}$ حداقل فشار ورودی لوله فرعی در لوله‌های رابط در حال کار کل سیستم (متر) می‌باشد.

۲. ۶. یکنواختی پخش آب (EU)[۵]

این پارامتر بیانگر نحوه توزیع آب توسط قطره‌چکان‌ها در سطح مزرعه بوده و برای مشخص‌کردن عملکرد سیستم و محاسبه عمق ناخالص آب آبیاری، ضرورت دارد (رابطه 3).

$$EU_m = (q_n/q_m) \times 100$$ رابطه ۳)

در این رابطه، EU_m یکنواختی پخش قطره‌چکان‌ها در ناحیه لوله رابط موردآزمایش (درصد)، q_n آبدهی چارک پایین قطره‌چکان‌ها در ناحیه لوله رابط مورد آزمایش (لیتر بر ساعت) و q_m آبدهی متوسط کل قطره‌چکان‌ها در ناحیه لوله رابط موردآزمایش (لیتر بر ساعت) می‌باشد. با توجه به تعریف فاکتور کاهش راندمان، یکنواختی توزیع آب سامانه (EU_s) از رابطه (۴) محاسبه گردید.

$$EU_s = ERF \times EU_m$$ رابطه ۴)

در نهایت، توصیف راندمان سیستم نیز بر مبنای یکنواختی ریزش آب مطابق جدول (۲) در نظر گرفته شد.

Table 2. Describing the efficiency of the system based on the uniformity of water distribution (Merriam and Keller, 1978)

System efficiency	System Emission uniformity (EUs)
Excellent	90>
Good	90-80
Medium	80-70
Weak	<70

۲. ۷. راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین (PELQ)[۶]

در ارزیابی سیستم آبیاری قطره‌ای مفهوم PELQ باید دگرگون شود، زیرا در این روش تنها بخشی از مساحت خاک خیس‌شده و حداقل عمق آب آبیاری برابر صفر است. هم‌چنین در آبیاری قطره‌ای چون تنها بخشی از حجم خاک خیس می‌شود باید SMD را به‌طور دائم جبران نمود. در سیستم‌هایی که آبیاری به‌صورت روزانه انجام می‌شود، تخمین SMD تقریباً غیرممکن است، بنابراین باید آن را از داده‌های هواشناسی و یا وسایل تبخیرسنج تخمین زد و چون این تخمین قطعاً دارای مقداری خطا بوده و ازآنجایی‌که اندازه‌گیری این مقدار عملی نیست، لذا باید نوعی ضریب اطمینان اعمال گردد. به عنوان یک قاعده کلی، نقاطی از مساحت زمین که کم‌ترین آب را دریافت می‌کنند، باید حدوداً با ۱۰ درصد بیش‌تر از تبخیر- تعرق و یا SMD تخمینی آبیاری نمود، بنابراین PELQ برای سیستم آبیاری قطره‌ای، طبق رابطه (۵) محاسبه می‌شود.

$PELQ_m = 0.9 \times EU_m$ رابطه ۵)

چنانچه در این رابطه، $PELQ_m$ راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین لوله رابط موردآزمایش و EU_m یکنواختی پخش آب لوله رابط موردآزمایش باشد، راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین سیستم (PELQs) از رابطه‌های زیر محاسبه خواهد شد.

$PELQ_s = ERF \times PELQ_m$ رابطه ۶)

$PELQ_s = 0.90 \times EU_s$ رابطه ۷)

معیارهای کلی توصیف PELQ براساس دستورالعمل اداره حفاظت خاک آمریکا (SCS)، برای سامانه‌هایی که یک یا چند فصل آبیاری می‌کنند در جدول (۳) ارائه شده است.

Table 3. General criteria for describing lower quartile application potential efficiency (1984, SCS)

System efficiency	Potential Application Efficiency of Low Quarter (PELQ)
Excellent	≥90
Good	80-90
Medium	70-80
Weak	70≤

۲. ۸. راندمان واقعی کاربرد ربع پایین (AELQ)[۷]

مؤثربودن یک سیستم آبیاری قطره‌ای از طریق مشخص‌کردن مقدار آب ذخیره‌شده در منطقه ریشه که برای مصرف گیاه قابل‌استفاده است، امکان‌پذیر می‌گردد. ازآنجایی‌که در این سیستم‌ها هیچ موردی برای هدررفت آب از طریق تبخیر یا بادراندگی در مناطقی که کم‌ترین آب را به‌دلیل آبیاری کم‌تر از نیاز دریافت می‌دارند، وجود ندارد درنتیجه مقدار آن از رابطه (۸) به‌دست آمد.

$AELQs = ERF \times EUm$ رابطه ۸)

۲. ۹. حجم آب مصرفی روزانه هر درخت (G)

متوسط حجم آبی که روزانه به هر درخت می‌رسد طبق رابطه (۹) محاسبه شد.

$G = (e \times Qa \times Ta)/F$ رابطه ۹)

که در آن، G متوسط حجم آبی که روزانه به هر درخت می‌رسد (lit/day) وF دور آبیاری (day) می‌باشد.

۲. ۱۰. تبخیر و تعرق اصلاح‌شده

در آبیاری قطره‌ای، آب مصرفی غیرمفید ناشی از تبخیر از سطح بدون گیاه یا تعرق از گیاهان هرز به حداقل مقدار کاهش یافته و تعرق از گیاه اصلی عملاً برابر آب مصرفی است. بنابراین آب مصرفی برآوردشده گیاه برای آبیاری قطره‌ای طبق رابطه (۱۰) اصلاح می‌شود.

رابطه ۱۰) $ET'_C= ET_C(P_S+0.15(1- P_S))$

که در آن، ET'_C: متوسط تعرق حداکثر روزانه در طول ماه گیاه با آبیاری قطره‌ای (میلی‌متر در روز)، ET_C متوسط آب مصرفی حداکثر روزانه در طول ماه گیاه (میلی‌متر در روز) **و** P_S: ضریب سایه‌انداز (به اعشار) می‌باشند.

۲. ۱۱. نیاز خالص آبیاری

نیاز خالص آبیاری روزانه برحسب میلی‌متر از طریق رابطه زیر محاسبه شد.

رابطه ۱۱) $I_n= ET'_C+ LR- R$

که در آن، ET'_C تبخیر و تعرق اصلاح‌شده (میلی‌متر در روز)، R بارش مؤثر (میلی‌متر در روز)، LR نیاز آبشویی (میلی‌متر در روز) می‌باشند.

۲. ۱۲. نیاز ناخالص آبیاری

نیاز ناخالص آبیاری روزانه برحسب میلی‌متر از طریق رابطه زیر محاسبه گردید.

رابطه ۱۲) $I_n/E=I_g$

که در این رابطه، I_g نیاز ناخالص آبیاری (میلی‌متر در روز) و E راندمان آبیاری (به اعشار) می‌باشند.

۲. ۱۳. حجم آب موردنیاز هر درخت در روز

حجم آب موردنیاز روزانه هر درخت از رابطه (۱۳) محاسبه گردید.

رابطه ۱۳) $G= I_g\times A$

که در آن، G حجم آب موردنیاز روزانه (لیتر) و A سطح هر درخت (مترمربع) می‌باشد.

۲. ۱۴. حداکثر عمق خالص آبیاری

حداکثر عمق خالص آب در هر آبیاری (d_x) از رابطه (۱۴) به‌دست آمد (علیزاده، ۱۳۹۴):

رابطه ۱۴) $d_x= (MAD/100))(P_w/100)(W_a\times Z)$

در این رابطه، d_x حداکثر عمق خالص آبیاری که باید در هر نوبت داده شود (میلی‌متر)، MAD حداکثر تخلیه مجاز (درصد)، Z عمق ریشه‌ها (متر)، W_a ظرفیت نگهداری آب در خاک (میلی‌متر بر متر) و P_w درصد مساحت خیس‌شده می‌باشند.

۲. ۱۵. اندیس اشباع لانژلیه

اندیس لانژلیه از روابط زیر به‌دست آمدند.

رابطه ۱۵) $PHs= PCa+ PAlk+ C$

رابطه ۱۶) $SI= pH-pHs$

برای محاسبه pHs از نمودارهای مربوط به این اندیس استفاده گردید. پس از محاسبه اندیس اشباع (SI)، کیفیت آب به‌صورت، SI > 0 آب رسوب‌دهنده و SI< 0 آب‌خورنده تفسیر شد.

۳. نتایج و بحث

نتایج آزمایش کیفیت خاک مزارع موردارزیابی در جدول (۴) ارائه‌شده است.هم‌چنین نتایج حاصل از آزمایش آب سامانه‌های موردارزیابی نیز در جدول (۵) آمده است. منبع تأمین آب سامانه‌های M_1 و M_4 رودخانه زمکان و بقیه سامانه‌ها از چشمه می‌باشد. با توجه به مقدار شاخص اشباع لانژیلر (LSI)، تمایل رسوب کربنات کلسیم در منبع آب سامانه‌های M_3 و M_4 وجود داشت، اما در منبع آب سایر سامانه‌ها وجود نداشت. هم‌چنین کیفیت آب، ازنظر عامل اسیدی در تمام سامانه‌ها در حد خوب قرار گرفت. با توجه به مقادیر هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم، کیفیت آب تمام سامانه‌ها در طبقه‌بندی ویلکوکس در کلاس C_2-S_1 قرار داشته که برای مصارف کشاورزی مناسب می‌باشند.

Table 4. Soil quality test results of the systems

Saturated humidity (%)	Blue Conduction (mm.h^{-1})	Special appearance crime (gr.cm^{-3})	Agricultural capacity (%)	Permanent wilting point (%)	Texture	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	Carbon (%)	Depth (cm)	System code (farm)
56.3	17.15	1.16	37.3	20.3	Clay loam	31.2	47.4	21.4	2.83	0-30	
49.4	5.94	1.34	36.1	21.3	Clay loam	35.2	35.4	29.4	1.03	30-60	M_1
48.8	3.62	1.36	37.5	23.5	Clay loam	39.2	31.4	29.4	0.62	60-90	
49.9	8.31	1.33	35.1	19.4	Clay loam	31.2	43.4	25.4	1.17	0-30	
49.3	4.73	1.34	37	22.5	Clay loam	37.2	35.4	27.4	0.80	30-60	M_2
49	3.49	1.35	39.7	23.4	Clay loam	39.2	35.4	25.4	0.43	60-90	
48.5	6.83	1.37	34.7	19.1	Clay loam	31.2	43.4	25.4	0.78	0-30	
47.1	6.69	1.4	33.4	19.1	Clay loam	31.2	35.4	34.4	0.64	30-60	M_3
46.8	5.51	1.41	33.9	20.1	Clay loam	33.2	31.4	35.4	0.55	60-90	
53.7	6.73	1.23	39.7	25	silty Clay	41.2	39.4	19.4	1.93	0-30	
51.9	4.15	1.27	40	26	Clay	43.2	33.4	23.4	1.33	30-60	M_4
51.5	3.13	1.29	40.6	27	Clay	45.2	29.4	25.4	1.21	60-90	
52.6	7.62	1.26	38.1	22.9	Clay loam	37.2	39.4	23.4	1.81	0-30	
48.5	3.53	1.36	37.3	23.6	Clay loam	39.2	29.4	31.4	0.59	30-60	M_5
49.4	3.12	1.34	38.6	24.6	Clay	41.2	31.4	27.4	0.57	60-90	

Table 5. Water quality test results of the systems

Langiller index	Classification	Sodium absorption ratio	Concentration (milliequivalents/ liter)						Acidity	Electrical conductivity	System code (farm)
			Sodium	Potassium	Magnesium	Calcium	Bicarbonate	Carbonate			
-0.17	S_1–C_2	0.35	0.61	0.07	4	1.8	3.9	0.4	6.97	0.49	M_1
-0.28	S_1–C_2	0.11	0.18	0.02	3.9	1.2	4	0.2	6.91	0.40	M_2
0.01	S_1–C_2	0.2	0.38	0.08	3.2	4	6	0.4	6.89	0.64	M_3
0.11	S_1–C_2	0.42	0.72	0.07	2.8	3	4	0.6	7.23	0.55	M_4
-0.03	S_1–C_2	0.45	0.29	0.03	6.7	1	7.5	0.2	6.75	0.64	M_5

شاخص‌های ارزیابی‌شده مربوط به دبی و مساحت خیس‌شده سامانه‌ها در جدول (۶) آمده است. دبی اسمی قطره‌چکان‌ها در سیستم‌های M_2 و M_5، صفر تا ۴۰ لیتر در ساعت و در سیستم‌های M_1، M_3 و M_4 به‌ترتیب صفرتا ۶۰، صفر تا ۳۰ و صفر تا ۷۰ لیتر در ساعت بود. متوسط آبدهی قطره‌چکان‌های سیستم M_1، ۲۰/۱۳ لیتر در ساعت تعیین شد.

در این سامانه از قطره‌چکان‌های قابل تنظیم روی خط استفاده شده بود که قابلیت تنظیم فشار نداشتند، بنابراین با افزایش فشار دبی نیز افزایش می‌یافت. هم‌چنین در سیستم M_1 درختان با الگوی ردیفی ۴×۴ متر کشت و سن سه ساله بوده که متوسط قطر سایه اندازه درختان ۰/۹۶ متر و میانگین سطح سایه‌انداز و سطح خیس‌شده به‌ترتیب، ۰/۷۴ و ۲/۶۶ مترمربع تعیین گردید. در این سامانه میانگین مساحت خیس‌شده برای هر درخت حدود ۱۶/۶۱ درصد به‌دست آمد. این مقدار از حداقل مقدار لازم توصیه‌شده برای طراحی (P_W =۳۳٪) خیلی کم‌تر است. بنابراین، جهت افزایش مقدار درصد مساحت خیس‌شده، با توجه به نوع خاک افزایش فاصله قطره‌چکان‌ها توصیه می‌گردد.

متوسط آبدهی قطره‌چکان‌ها در سیستم M_2، ۲۲/۵۳ لیتر در ساعت تعیین شد. در این سامانه از قطره‌چکان‌های داخل خط با دبی صفر تا ۴۰ لیتر در ساعت استفاده شده بود که به‌دلیل نبودن سیستم کنترل مرکزی و هم‌چنین عدم شست‌وشوی فیلترها، بیش‌تر قطره‌چکان‌ها دچار انسداد شده بودند. در این سامانه درختان انار با الگوی ردیفی ۳×۲ متر کشت و سن تقریبی درختان حدود چهار ساله کاشت شده بودند. متوسط قطر سایه‌انداز درختان در سیستم M_2، ۱/۱۷ متر و متوسط مساحت سایه‌انداز آنان ۱/۱۴ مترمربع اندازه‌گیری شد. میانگین مساحت خیس‌شده درختان در این سامانه، ۳۳/۴۹ درصد به‌دست آمد که این مقدار در محدوده مقدار توصیه‌شده برای مناطق خشک و نیمه‌خشک (۳۳ تا ۶۶ درصد) می‌باشد.

در سیستم M_3، از قطره‌چکان‌های قابل تنظیم داخل خط با دبی صفر تا ۳۰ لیتر در ساعت استفاده شده بود. متوسط آبدهی قطره‌چکان‌ها در این سیستم ۱۱/۷۲ لیتر در ساعت اندازه‌گیری شد. در این سیستم درختان با الگوی ردیفی ۴/۵×۳ متر کشت و سن تقریبی آن‌ها حدود شش ساله بود. هم‌چنین میانگین قطر سایه‌انداز درختان ۱/۳۸ متر و میانگین سطح سایه‌انداز و سطح خیس‌شده درختان به‌ترتیب ۱/۶ و ۲/۸۱ مترمربع اندازه‌گیری شد. در این سیستم میانگین مساحت خیس‌شده نسبت به سطح کل، ۲۰/۸۴ درصد تعیین شد که کم‌تر از مقدار مجاز توصیه‌شده برای طراحی (۳۳ تا ۶۶ درصد) می‌باشد. بنابراین، با توجه به نوع خاک با افزایش فاصله قطره‌چکان‌ها، رفع انسداد و افزایش تعداد آن‌ها می‌توان مقدار مساحت خیس‌شده را تا حد مطلوب افزایش داد.

قطره‌چکان‌های نصب‌شده در سیستم M_4 از نوع دبی تنظیم شونده داخل خط بود که قابلیت تنظیم فشار را نداشته و میانگین آبدهی آن‌ها، ۳۰/۴۲ لیتر در ساعت به‌دست آمد. درحالی‌که در این مزرعه با توجه به توپوگرافی زمین و هم‌چنین شیب تند و غیریکنواخت آن، تغییرات فشار زیاد بود بنابراین کاربرد قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار مناسب‌تر بود. در این سامانه، میانگین مساحت خیس‌شده نسبت به سطح کل و سطح سایه‌انداز به‌ترتیب ۱۵/۶۴ و ۴۲۸/۵۸ درصد تعیین شد. درصد مساحت خیس‌شده سامانه مذکور از حداقل مقدار استاندارد توصیه‌شده برای طراحی در سیستم آبیاری قطره‌ای (۳۳ درصد) کم‌تر است.

در سیستم M_5، متوسط آبدهی قطره‌چکان‌ها، ۱۴/۵۶ لیتر در ساعت اندازه‌گیری شد. پایین‌بودن دبی متوسط قطره‌چکان‌ها در این سیستم، ناشی از انسداد قطره‌چکان‌ها به‌دلیل عدم سیستم کنترل مرکزی و فیلتراسیون مناسب بود. بنابراین، با نصب سیستم کنترل مرکزی یا شست‌وشوی فیلترها و قطره‌چکان‌ها و هم‌چنین تعمیر قطره‌چکان‌ها امکان افزایش متوسط آبدهی آن‌ها امکان‌پذیر است. در ارزیابی این مزرعه، میانگین درصد مساحت خیس‌شده درختان نسبت به مساحت کل ۱۴/۸۹ درصد تعیین شد که از حداقل محدوده مجاز توصیه‌شده (۳۳ درصد) خیلی کم‌تر بود.

Table 6. The evaluated indicators related to discharge and wetted area of the systems

The ratio of the wetted area to the shaded area (%)	Shader area (%)	Average wetted area (%)	The average wetted diameter of the tree (m)	Average discharge of droppers (lit/hr)	System code (farm)
358	4.62	16.61	1.82	20.13	M_1
178.29	19	33.49	1.59	22.53	M_2
190.5	11.85	20.84	1.81	11.72	M_3
428.58	3.8	15.64	1.97	30.42	M_4
481.3	3.06	14.89	1.73	14.56	M_5

اندازه‌گیری‌های مربوط به مقادیر فشار در نقاط مختلف سامانه‌های موردارزیابی در جدول (۷) ارائه شده است. نتایج نشانگر آن می‌باشد که فشار آب در بیش‌تر نقاط شبکه در سیستم‌های موردارزیابی کم بوده است، زیرا به‌جز سیستم M_3، در سایر سیستم‌ها، فشار آب از اختلاف ارتفاع استاتیکی سطح آب منبع ذخیره آب نسبت به اراضی تأمین می‌شده است. در سیستم M_3 نیز لازم است در نوع پمپ مورداستفاده، بازنگری شود. تغییرات فشار در لوله‌های فرعی آبده به‌دلیل عواملی از جمله، اختلاف ارتفاع، کاربرد قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده دبی، گرفتگی قطره‌چکان‌ها، عدم نصب یا تنظیم شیر فلکه‌های ابتدای لوله رابط و عدم کاربرد شیر فشارشکن می‌باشد. تفاوت فشار در لوله‌های فرعی آبده سامانه‌های موردارزیابی، تأثیر به‌سزایی در یکنواختی پخش دبی دارد. بررسی‌های انجام‌شده نشانگر آن است که تمام سیستم‌ها فاقد دستگاه کنترل مرکزی بوده و به‌جز سیستم M1 در سایر سیستم‌ها از مینی فیلترهای دیسکی در ابتدای لوله اصلی استفاده شده بود. بنابراین عدم یکنواختی دبی قطره‌چکان‌ها در تمام سیستم‌ها ناشی از عدم فشار مناسب و گرفتگی قطره‌چکان‌ها بود. Nakoui *et al.* (2016) نیز در پژوهش خود اعلام نمودند که فشار لوله رابط موردآزمایش از فشار میانگین کل سامانه کم‌تر بوده است که دلیل آن را امکان گرفتگی قطره‌چکان‌ها به‌دلیل عدم وجود سیستم تصفیه در دستگاه کنترل مرکزی و کاهش فشار، با وجود کیفیت مناسب آب، گزارش نمودند. در تمام سامانه‌های انتخابی، مسئله گرفتگی قطره‌چکان‌ها از نوع فیزیکی و بیولوژیکی ازجمله مشکلات مهمی بود که بهره‌برداران با آن مواجه بودند که منشأ این گرفتگی‌ها مواد معدنی، شن، ماسه و ذرات ریز بود. دلیل گرفتگی قطره‌چکان‌ها در اغلب سامانه‌های انتخابی، ناشی از عدم استفاده بهره‌برداران از دستگاه کنترل مرکزی و سیستم فیلتراسیون مناسب بود. در بعضی از سامانه‌ها مشاهده گردید که کشاورزان اقدام به ساخت استخر روباز ذخیره آب در مکانی نامناسب کرده‌اند. در این صورت ابتدا، آب در این استخرهای روباز ذخیره و سپس به شبکه منتقل می‌گردید. در این شرایط در داخل استخرها جلبک‌ها به‌سادگی رشد نموده و وارد لوله‌های انتقال و درنهایت سبب گرفتگی قطره‌چکان‌ها می‌گردید. از طرفی دیگر در اثر باد، گردوخاک، مواد زائد سبک و حتی شاخ و برگ درختان و گیاهان، وارد این استخرهای ذخیره آب گردیده و درنهایت سبب گرفتگی در قطره‌چکان‌ها، فیلترها و لوازم شبکه فراهم می‌گردید (شکل‌های ۲ و ۳). Zulfiqaran *et al.* (2003) نیز طی پژوهش خود، به نتیجه مشابهی دست یافته و عامل گرفتگی قطره‌چکان‌ها را سیستم تصفیه نامناسب و ورود ذرات و مواد فیزیکی به‌ویژه ذرات خاک به داخل اعلام نموده‌اند.

Table 7. The value of pressure in different points of the evaluated systems (meters)

Pressure in selected water pipes (meters)										System code (farm)
		The end of the manifold pipe		Two thirds of the manifold pipe		One third of the manifold pipe		The beginning of the manifold pipe		
Average	Selective	Output	Input	Output	Input	Output	Input	Output	Input	
5.37	4.80	7.73	11.86	4.92	10.15	4.10	6.58	2.54	4.8	M_1
3.96	3.96	2.66	3.96	2.35	4.43	1.41	4.79	3.22	4.58	M_2
8.86	8.86	2.03	9.84	2.81	9.32	0.7	8.86	4.92	9.13	M_3
2.55	3	5.09	8.13	2.81	6.12	2.03	4.21	1.52	3	M_4
4.46	4.46	2.4	4.94	1.52	4.75	0.25	4.59	1.2	4.46	M_5

Figure 2. Clogging of droppers and equipment

Figure 3. An outdoor water storage pool in one of the systems

ارزیابی میدانی و بررسی طراحی تمام سامانه‌های موردمطالعه، نشان داد که تمام سامانه‌ها، توسط خود کشاورز یا افراد بومی فاقد تخصص و مهارت در این زمینه یا حتی گاهی اوقات کارگران معمولی به‌صورتی غیر استاندارد اجرا شده بوند (شکل‌های ۴ و ۵).

Figure 4. Use of non-standard devices in system equipment

Figure 5. Implementation of the system by people without expertise and use of non-standard devices in the system equipment

در ضمن، رشد بی‌رویه گیاهان و علف های هرز و عدم کنترل آن ها توسط کشاورزان در تعدادی از مزارع، سبب مخفی‌ماندن نشتی یا شکستی لوله‌ها در بین این علف‌های هرز گردیده که در نهایت باعث عدم کنترل و مدیریت بهتر لوله‌های فرعی و لوله‌های رابط توسط بهره‌بردار شده بود (شکل ۶).

Figure 6. Lack of weed control

در نهایت، نتایج ارزیابی سامانه‌ها به‌صورت مختصر در جدول (۸) ارائه شده است. مقادیر سطح خیس‌شده نسبت به‌کل از ۱۴/۸۹ تا ۳۳/۴۹ درصد متغیر بود. برمبنای این شاخص، به‌جز یک سامانه در بقیه مزارع این مقادیر از حداقل محدوده مجاز توصیه‌شده (۳۳ درصد) خیلی کم‌تر است. بنابراین، جهت افزایش درصد مساحت خیس‌شده نسبت به مساحت کل، افزایش تعداد و فاصله قطره‌چکان‌ها تا حداکثر فاصله مجاز آن‌ها (۰/۸ قطر پیاز رطوبتی با توجه به نوع خاک مزارع) توصیه می‌شود.

یکنواختی پخش آب در سامانه‌ها بین ۲۹/۴۹ تا ۶۲/۵۶ درصد متغیر بود، بنابراین برمبنای این شاخص، عملکرد تمام سامانه‌های موردارزیابی با توجه به تقسیم‌بندی مریام و کلر (جدول ۲) جزو راندمان‌های ضعیف به‌شمار آمده و نشان‌دهنده عملکرد پایین سیستم‌های بررسی‌شده می‌باشد که دلیل آن نیز کاربرد قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده دبی به‌جای قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار می‌باشد. Bagher Khani and Zare Abianeh (2019) نیز طی پژوهش خود نتایج مشابهی دراین زمینه را گزارش نموده‌اند. مقادیر راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین سیستم‌ها بین ۲۶/۸۳ درصد در سیستم M_4 تا ۵۳/۳ درصد در سیستم M_2 متغیر بود. به‌عبارت دیگر، عملکرد تمام سیستم‌ها برمبنای این شاخص در محدوده ضعیف قرار می‌گیرند. هم‌چنین، میزان راندمان واقعی سامانه‌ها بین ۲۹/۴۸ تا ۶۲/۵۶ درصد متغیر بود، بنابراین برمبنای این شاخص نیز عملکرد تمام سامانه‌ها در محدوده ضعیف ارزیابی شد. در سیستم M_1 در هر دور آبیاری مقدار ۳۵۸ لیتر آب، توسط هر درخت مصرف می‌شد درصورتی‌که مقدار نیاز آبی درختان در منطقه موردمطالعه ۱۲۴ لیتر در هر دور آبیاری می‌باشد. این موضوع سبب هدر رفت عمقی و درنهایت منجر به کاهش راندمان سیستم گردیده است. جهت رفع این مشکل برای کاهش عمق آب آبیاری و افزایش درصد مساحت خیس‌شده، تنظیم دور آبیاری و توزیع مناسب قطره‌چکان‌ها و رفع انسداد آن‌ها توصیه می‌شود. در سیستم M_2 در هر دور آبیاری مقدار ۲۷۰ لیتر آب توسط هر درخت دریافت می شد، درصورتی‌که مقدار نیاز آبی درختان انار کشت‌شده در منطقه موردمطالعه، ۵۷ لیتر در هر دور آبیاری می‌باشد، بنابراین آبیاری درختان بیش‌ازحد نیاز آبی آن‌ها بوده که این مسئله سبب هدررفت عمقی شده و در نهایت منجر به کاهش راندمان سیستم و کاهش صرفه‌جویی در مصرف آب گردیده است. هم‌چنین با توجه به این‌که الگوی کشت در

این سیستم، درختان انار بوده، بنابراین آبیاری بیش از حد نیاز آبی درختان سبب ریزش گل‌های انار در زمان گلدهی شده و این موضوع نیز سبب کاهش عملکرد محصول شده و در زمان میوه دهی نیز سبب ترکیدگی آن و در نهایت ورود آفات و امراض به داخل میوه شده بود. بنابراین جهت رفع این مشکل و کاهش عمق آب آبیاری، توصیه می‌شود که آبدهی قطره‌چکان‌ها یا مدت‌زمان آبیاری کاهش و یا این‌که دور آبیاری افزایش یابد. در سیستم M_3 نیز در هر دور سه روزه آبیاری، ۱۴۱ لیتر آب در اختیار هر درخت قرار می‌گرفت، درحالی‌که نیاز آبی درختان در ماه اوج مصرف در منطقه ۱۰۲ لیتر در روز می‌باشد، بنابراین تلفات عمقی در سیستم وجود داشته و جهت رفع این مسئله، تنظیم مدت‌زمان و دور آبیاری توصیه می‌شود تا با این اقدام، عمق آب آبیاری را کاهش داده و با تأمین نیاز واقعی آب مصرفی درختان، از هدررفت نفوذ عمقی آب جلوگیری گردد. در سیستم M_4 نیز در هر دور آبیاری چهار روزه مقدار ۱۲۲ لیتر آب توسط هر درخت دریافت می‌شد. درصورتی‌که مقدار نیاز آبی درختان در منطقه موردمطالعه ۱۵۰ لیتر در هر دور آبیاری است، یعنی آبیاری درختان، کم‌تر از حد نیاز آبی آن‌ها بوده و مقدار آب دریافتی، قادر به تأمین نیاز آبی درختان نبوده است. این مقدار کمبود، توانایی برطرف‌نمودن نیاز آبی درختان را نداشته، بنابراین جهت تأمین نیاز آبی واقعی درختان در این سیستم نیز توصیه می‌شود تا دور آبیاری کاهش یافته و با افزایش تعداد آبیاری، مقدار آب کم‌تری به درختان داده شود که با کاهش عمق آبیاری، حجم آن افزایش یافته و نیاز آبی درختان تأمین گردد. در سیستم M_5 نیاز آبی محاسبه‌شده برای هر درخت در هر دور آبیاری سه روزه، ۷۲ لیتر به‌دست آمد، درحالی‌که مقدار حجم آبی دریافتی توسط درخت در هر دور آبیاری ۱۷۵ لیتر بود، بنابراین در این مزرعه نیز هدررفت زیاد آب به‌صورت نفوذ عمقی وجود داشت. جهت برطرف‌نمودن این مسئله تنظیم مدت‌زمان آبیاری و دور آبیاری توصیه می‌شود. در کل بررسی‌ها نشانگر آن است که با توجه به نتایج نیاز آبی در سامانه‌های موردارزیابی، در اغلب مزارع، میزان آبیاری درختان، بیش‌تر از نیاز آبی آن‌ها در زمان پیک مصرف بوده است. به‌طورکلی پایین‌بودن عملکردسیستم‌های موردبررسی به دلایل مختلفی ازجمله عدم نصب ایستگاه کنترل مرکزی یا سیستم فیلتراسیون مناسب در سامانه‌ها، کم‌بودن مساحت خیس‌شده، نامناسب‌بودن نوع و تعداد قطره‌چکان‌ها، گرفتگی قطره‌چکان‌ها، اختلاف فشار در سیستم‌ها، نامناسب‌بودن فشار و توزیع غیریکنواخت آن، نامناسب‌بودن دور و مدت زمان آبیاری و درنهایت مدیریت ضعیف بهره‌برداری بود. Ebrahimpour *et al.* (2011) نیز طی پژوهش خود به نتایج مشابهی در این مورد دست یافتند و دلایل پایین‌بودن عملکرد سیستم‌های موردارزیابی را، نامناسب‌بودن فشار سیستم‌ها، اختلاف فشار در سیستم، گرفتگی قطره‌چکان‌ها، ضریب تغییرات ساخت بالای قطره‌چکان‌ها و مدیریت ضعیف بهره‌برداری گزارش نمودند. هم‌چنین Sabzevari *et al.* (2021) نیز طی پژوهش خود علاوه بر مشکلات طراحی و اجرایی، علت‌های اصلی پایین‌بودن راندمان را ناشی از مدیریت و بهره‌برداری ضعیف از این سیستم‌ها عنوان نموده‌اند.

Table 8. System evaluation results in brief

System efficiency based on Emission Uniformity index	AELQ (%)	PELQ (%)	Emission Uniformity (%)	Efficiency Reduction Factor	Water requirement during irrigation (lit)	The volume of water used in the irrigation cycle (lit)	The average wetted area relative to the total (%)	Performer	System code (farm)
weak	45.67	41.10	45.67	0/89	124	358	16.61	self-employed (farmer)	M_1
weak	62.56	53.3	62.56	1	57	270	33.49	self-employed (farmer)	M_2
weak	38.58	34.72	38.58	1	102	141	20.84	self-employed (farmer)	M_3
weak	29.48	26.83	29.49	0.89	150	122	15.64	self-employed (farmer)	M_4
weak	57.13	51.42	57.13	1	72	175	14.89	self-employed (farmer)	M_5

۴. نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش‌های به‌عمل‌آمده نشان داد که در اکثر سامانه‌های موردبررسی در منطقه موردنظر، فشار مناسب برای قطره‌چکان‌ها تأمین نشده بود که دلیل آن عدم استفاده از پمپ یا عدم کنترل فشار در طول خطوط لوله بوده و گاهی اوقات نیز به‌دلیل گرفتگی فیلترها، فشار به مقدار زیادی در ابتدای خط اصلی کاهش پیدا نموده است. توزیع غیریکنواخت فشار هم‌زمان با انسداد قطره‌چکان‌ها در توزیع غیریکنواخت آب در سامانه‌ها نقش به‌سزایی داشته است. قطره‌چکان‌های به‌کاررفته در تمام سامانه‌های موردمطالعه از نوع تنظیم‌کننده دبی بودند که با توجه به توپوگرافی مزارع موردنظر و شیب زیاد اراضی، استفاده از قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار مناسب‌تر به‌نظر می‌رسند. شاخص اشباع لانژیلر از ۰/۲۸- در سیستم M_2 تا ۰/۱۱ در سیستم M_4 متغیر بود. بنابراین در دو سیستم خطر رسوب کربنات کلسیم وجود داشت، اما در بقیه سامانه‌ها به‌دلیل نزدیک‌بودن مقادیر شاخص اشباع لانژیلر به مقدار صفر، شرایط برای رسوب کربنات کلسیم مساعد بود. یکنواختی پخش آب در تمام سامانه‌ها در محدوده ضعیف بود. عملکرد تمام سیستم‌ها بر مبنای راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین در محدوده ضعیف قرار داشت. به‌طورکلی، عملکرد ضعیف سیستم‌ها به دلایل مختلفی ازجمله عدم نصب ایستگاه کنترل مرکزی یا سیستم فیلتراسیون مناسب در سامانه‌ها، کم‌بودن مساحت خیس‌شده، نامناسب‌بودن نوع و تعداد قطره‌چکان‌ها، گرفتگی قطره‌چکان‌ها، اختلاف فشار در سیستم‌ها، نامناسب‌بودن فشار و توزیع غیریکنواخت آن، نامناسب‌بودن دور و مدت‌زمان آبیاری و درنهایت مدیریت ضعیف بهره‌بردار بود. به‌طورکلی مشکلات سیستم‌های موردمطالعه در بخش‌های طراحی، اجرا و بهره‌برداری و مسائل مرتبط با زلزله و سیل می‌باشد. در بخش طراحی، بررسی گزارش فنی طرح سامانه‌ها نشان داد که طراحان در بیش‌تر موارد، اطلاعات دقیقی از منبع آب، مساحت اراضی، الگوی کشت، کیفیت آب وخاک، نقشه توپوگرافی زمین، امکانات فنی موجود در منطقه، مهارت و دانش فنی بهره‌برداران در منطقه را نداشته یا این‌که به‌صورت ناقص دریافت کرده‌اند. در بخش اجرا نیزتمام سامانه‌ها، توسط افراد فاقد تخصص در این زمینه اجرا شده بودند و اجرای بیش‌تر سامانه‌ها منطبق با نقشه کارشناس طراح نبوده است. تمام سیستم‌های بررسی‌شده، فاقد دستگاه کنترل مرکزی بود و کشاورزان و بهره‌برداران به‌دلیل عدم آموزش و عدم دریافت اطلاعات لازم در این زمینه، یا اعتقادی به کارایی چنین سیستمی نداشته یا در عدم اجرای آن هزینه‌های اجرایی آن را بهانه‌ای جهت عدم نصب آن کرده بودند. در زمینه نصب قطره‌چکان‌ها، نوع و تعداد نصب آن‌ها در پای هر درخت با آنچه که در دفترچه طراحی در نظر گرفته شده بود، مغایرت داشت. هم‌چنین نصب غیراصولی آن‌ها سبب قرارگیری در زیر لوله‌های آبده شده بود و این مورد سبب مکش ذرات خاک و گل به داخل مجرا و انسداد آن‌ها می‌شد. در بخش مدیریت و بهره‌برداری نیز به‌دلیل این که بهره‌برداران و کشاورزان، آموزش‌های اصولی و تخصصی کافی و لازم را توسط دستگاه‌های مربوطه دریافت نکرده بودند، لذا این مسئله سبب ناآگاهی و نارضایتی آنان از شیوه مدیریت و بهره‌برداری شده بود و مشکلات فراوانی را در بخش‌های مختلف سامانه از جمله استخر ذخیره آب، فیلترها، قطره‌چکان‌ها و بخش لوله‌ها، اتصالات و تجهیزات ایجاد نموده بود و گاهی نیز سبب ایجاد تغییراتی در سیستم آبیاری توسط آن‌ها شده بود. از مهم‌ترین مشکلات مربوط به وقوع زلزله آبان‌ماه سال ۱۳۹۶ در شهرستان ثلاث باباجانی، آسیب به استخرهای ذخیره آب، تأسیسات و تجهیزات آبیاری و ایجاد نشتی در لوله‌ها بود. هم‌چنین به‌دلیل کاهش آبدهی یا تغییر مکان چشمه‌ها و تغییر در گردش آب، بهره‌برداران مجبور به تغییر برنامه آبیاری شده بودند و این موارد سبب گردیده بود تا بهره‌برداران تغییراتی در سیستم آبیاری همچون تغییر در آرایش لوله‌ها و سایر بخش‌ها ایجاد نمایند. به‌طورکلی نتایج ارزیابی سیستم‌های موردنظر نشان داد که در تمام مزارع اجرا، بهره‌برداری، مدیریت و نگهداری از سامانه‌ها در وضعیت نامناسبی قرار داشتند. ازآنجایی‌که انسداد قطره‌چکان‌ها مشکل تمام سامانه‌های آبیاری قطره موردارزیابی بود، لذا استفاده از دستگاه کنترل مرکزی و سیستم

فیلتراسیون در زمان اجرای سامانه‌ها ضرورت داشته و هم‌چنین در طراحی این سامانه‌ها، کیفیت آب از لحاظ تمایل به رسوب کربنات کلسیم با دقت بیش‌تری موردآزمایش قرار گیرد. در مزارعی که شیب زمین زیاد است، جهت ایجاد یکنواختی توزیع و افزایش راندمان سیستم، استفاده از قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار به‌جای تنظیم‌کننده دبی مناسب‌تر است. پیشنهاد می‌گردد دستگاه‌های نظارتی همچون جهاد کشاورزی از اجرای سامانه‌های آبیاری قطره‌ای توسط کشاورزان فاقد تخصص در این زمینه جلوگیری نماید. چراکه به‌دلیل عدم تخصص، سامانه‌های اجراشده توسط آنان فاقد عملکرد و راندمان مناسب بوده و بعد از مدتی، کشاورزان به‌دلیل اجرای غیراصولی، بهره‌برداری و مدیریت نادرست مجبور به روی‌آوردن به شیوه سنتی آبیاری می‌شوند و این مسئله متأسفانه سبب ایجاد ذهنیت منفی در کشاورزان نسبت به سیستم‌های آبیاری قطره‌ای می‌شود. بنابراین لازم است تا دستگاه‌های نظارتی با معرفی شرکت‌های طراحی و اجرایی دارای تخصص، از وقوع چنین مسئله‌ای پیشگیری نمایند. هم‌چنین بخش ترویج همراه با بخش آب‌وخاک جهاد کشاورزی هر شهرستان از طریق نیروهای متخصص خود، ابتدا باید آموزش‌های لازم را در زمینه اجرا، بهره‌برداری و مدیریت روش‌های آبیاری تحت‌فشار ارائه دهند. سپس از زمان اجرای سیستم‌ها تا بهره‌برداری و مدیریت آن، نظارت ویژه را داشته و از شیوه خود اجرایی سیستم‌های آبیاری توسط کشاورزان و افراد فاقد تخصص ممانعت نمایند. بعد از اجرای سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، ارزیابی فنی و هیدرولیکی سامانه‌ها به‌صورت مستمر جهت مشخص نمودن معایب و رفع ایرادهای طراحی و اجرا آن‌ها لازم است و این امر تأثیر زیادی در بهبود عملکرد، بهره‌برداری و نگهداری این سامانه‌ها خواهد داشت. در ضمن، نتایج این پژوهش به مدیریت سیستم‌های تحت فشار آب و خاک استان کرمانشاه و شهرستان ثلاث بابا جانی برای لحاظ نتایج به‌دست‌آمده در منطقه جهت بهبود شرایط و افزایش راندمان بهره‌برداری ارائه گردیده است.

۵. پی‌نوشت‌ها

1. Soil Conservation Service
2. Management Allowable Deficit
3. Minimum Lateral Inlet Pressure
4. Efficiency Reduction Factor
5. Emission Uniformity
6. potential Application Efficiency of low Quarter
7. Application Efficiency of low Quarter

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافعی توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

Akbar Dekht Bami, M. (2016). *Economic evaluation of drip and bubbler pressure irrigation systems*. Master thesis, Urmia: Urmia University. (In Persian).

Alizadeh, A. (2015). *Irrigation systems design (second edition)*. Mashhad: University of Mashhad.

Ashiri, M., Houshmand, A., & 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): pp. 70-88. (In Persian).

Bagher Khani, A., & Zare Abianeh, H. (2019). Performance evaluation of some drip irrigation systems, case study: Sonqor city. *Water Science (Agricultural Science) 29(2): pp. 141-154.* (In Persian).

Bagheri, F., Dehkhodaei, F., & 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).

Ebrahimpour, M. (2011). *Review and technical evaluation of drip irrigation systems implemented in Kurdistan province*. Master's thesis, Sanandaj: University of Kurdistan. (In Persian).

Ghasemzadeh Mojauri, F. translator. (1990). *Evaluation of farm irrigation systems. 1978. By John L. Merriam and Jack Keller*. Mashhad: Astana Quds Razavi Publications.

Mahdizadeh, M., & 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 sustainable agriculture*, Hamadan. (In Persian).

Maziar, M., & Kandelous, J.S. (2010). *Numerical simulations of water movement in a subsurface drip irrigation system under field and laboratory conditions using HYDRUS-2*. Univ. of California, USA.

Merriam, J. L., & keller, J. (1978). *Farm Irrigation System Evaluation, A guide for Managament. Utah state Univ. Utah*.

Nakoui, N., Bazarkar, S., & Bahrami, M. (2016). Technical evaluation of the irrigation system of vehicle drops, a case study of Jahrom city. *The fifth comprehensive water resources management conference. Kerman Irrigation and Water Engineering Association of Iran*, 7 pages. (In Persian).

Nazari Gigo, F. (2016). *Technical evaluation of irrigation systems under pressure, case study: Sections 5 and 6 of Moghan agriculture and industry and animal husbandry*. Master's thesis, Ardabil: Mohagheg University of Ardabil. (In Persian).

Pannunzio, A., Holzapfel, E. A., Soria, P. T., & Bologna, F. (2016). *Implications of Design, Management and Recession Phase in Drip Irrigation on the Total Distribution Efficiency in Blueberry (Vaccinium corymbosum L.) Crops in Areas with High Slopes in Concordia*, Argentina', Agricultural Sciences, Vol. 7, no. 7, pp. 469-478.

sabzevari, Y., Ghanbarpouri, M.A., & 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).

Saxena, C.K., Ramana Rao, K.V., & Nayak, A.K. (2019). Evaluation and testing of machine installed subsurface drip laterals. *International Journal of Chemical Studies,* 7(3), 1966-1971.

Shaker, M., Musa, H., Kayani, A., & Zakeri Nia, M. (2014). Technical evaluation of drip irrigation systems implemented in gardens of Golestan province. *Water and Soil Conservation Research (Agricultural Sciences and Natural Resources), 21(4), 261-274.* (In Persian).

Shini Dasht Gol, A., Broumand Nesab, S., & 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(3 (b)), 397-411.* (In Persian).

Soil Conservation Service (SCS). (1984). *Trickle Irrigation. National Engineering Handbook. Section 15 and 7. Water Resources Publication. Colorado. USA. 129 p.*

Zulfiqaran, O., Farzamnia, M., & Naderi, N. (2003). *Evaluation of local irrigation systems working with unconventional waters*. Research Report No. 358 of Agricultural Engineering and Technical Research Institute.