گرفتگی شیمیایی و تاثیر آن بر عملکرد هیدرولیکی انواع قطره‌چکان‌ها با دبی‌های مختلف با استفاده از آب رودخانه کارون

امید کرمی[1*]، عبدالرحیم هوشمند[2] و سعید برومندنسب[3]

۱*- نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز Karami_ommid@yahoo.com
۲- دانشیار گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز
۳- استاد گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۳/۳/۱۸

چکیده

به‌منظور مطالعه انسداد شیمیایی و تأثیر آن بر عملکرد هیدرولیکی قطره‌چکان‌های مورد استفاده در آبیاری قطره‌ای، چهار تیمار قطره‌چکان‌های خودتنظیم‌کننده (نتافیم و میکروفلاپر) و غیرخودتنظیم‌کننده (مهر و گلدانی) در سه تیمار دبی ۸، ٤ و ۲ لیتردرساعت انتخاب و با استفاده از آب کارون در مزرعه تحقیقاتی شماره یک دانشگاه شهید چمران اهواز مورد آزمایش قرار گرفتند. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کاملا تصادفی در ۳۱ آبیاری با دور آبیاری دو روز و فشار کارکرد ۱/۵ اتمسفر انجام پذیرفت. نتایج نشان داد که کاهش دبی در تیمار قطره‌چکان میکروفلاپر ۸ و ٤ لیتردرساعت بیشتر از سایر تیمارها و در سطح آماری پنج‌درصد معنی‌دار می‌باشد. همچنین تیمار میکروفلاپر ۲ لیتردرساعت دارای کمترین کاهش دبی بود. بر اساس مشاهدات میدانی دلیل اصلی کاهش دبی و بالا بودن ضریب تغییرات ساخت، ضریب تغییرات دبی قطره‌چکان و درصد خطای اندازه‌گیری دبی در تیمار میکروفلاپر ۸ و ٤، بیرون‌زدگی دیافراگم سیلیکونی به کار رفته در این قطره‌چکان‌ها بوده و ترسیب مواد شیمیایی در این مورد تأثیر به سزایی نداشته است. علت مقاومت در برابر انسداد در تیمار میکروفلاپر ۲ لیتردرساعت، سرعت زیاد و رژیم متلاطم آب در هنگام خروج است. قطره‌چکان نتافیم در دو آبدهی ۸ و ٤ لیتردرساعت با وجود گرفتگی معنی‌دار در سطح پنج‌درصد دارای ضریب تغییرات ساخت، ضریب تغییرات دبی قطره‌چکان و درصد خطای اندازه‌گیری دبی بسیار ناچیز، یکنواختی پخش آب و ضریب یکنواختی بسیار بالا می‌باشند. در آزمایش‌ها تیماری که دارای کمترین ضریب تغییرات ساخت بود، کمترین ضریب تغییرات دبی و بیشترین یکنواختی پخش را به خود اختصاص داد. در اکثر تیمارها طی دوره آبیاری مقادیر ضریب تغییرات ساخت، ضریب تغییرات دبی قطره‌چکان و درصد خطای اندازه‌گیری دبی افزایش و یکنواختی پخش آب و ضریب یکنواختی کاهش یافت. با توجه به نتایج ارائه شده، قطره‌چکان گلدانی با آبدهی ۸ لیتردرساعت، بصورت توأمان از نظر مقاومت در برابر گرفتگی شیمیایی و از نظر پارامترهای ارزیابی هیدرولیکی دارای رتبه بالاتری نسبت به بقیه تیمارها بوده و به عنوان قطره‌چکان‌های برتر انتخاب می‌شود.

کلید واژه‌ها: آبیاری قطره‌ای، انسداد شیمیایی، خودتنظیم‌کننده، غیرخودتنظیم‌کننده، کارون.

The Chemical Clogging and its Effects on Hydraulic Performance of Different Types of Emitters with Different Flow Rates using Water of Karoun River

O. Karami[1*], A. Hooshmand[2], S. and BoroomandNasab[3]

1*- M.Sc Student. Department of Irrigation and Drainage, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran
2- Associate Professor of Department of Irrigation and Drainage, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran
2- Professor of Department of Irrigation and Drainage, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran

Received:30 April 2014 Accepted:8 June 2014

Abstract

In order to study the chemical clogging and its effect on hydraulic performance of trickle irrigation system, four treatments includes compensating emitters (Netafim and Micro-Flapper), non-compensating emitters (Mehr and Goldani), three treatment of flow rates that includes 8, 4 and 2 lph (liters per hour) were selected and tested using Karoun river's water in No. 1 research

farm of Shahid Chamran University of Ahvaz. The experiment was conducted in a Completely Randomized Block Design (CRBD) and irrigation was performed in 31 times with irrigation frequency for two days, at pressure of 1.5 bar. The results showed that decreasing of flow rate of Micro-Flapper emitter with 8 and 4 LPH flows is higher than the other treatments and this decreasing is significante at the five percent. Also the Micro-Flapper emitter with 2 lph flows has the lowest decreasing of flow rate. Based on field observations, herniation of silicon diaphragm that used in Micro-Flapper emitters with 8 and 4 lph flows is the main reason for the reduction of flow rate and high values of CV, q_{var} and q_d. So in this particular case the Chemical sediment did not impose a major effect. Turbulent regime of water at the outlet is the reason of resistance against the chemical clogging in the Micro-Flapper emitter with 2 lph flows. In Netafim emitter with 8 and 4 lph, despite having the significant clogging in five percent signification level have a minimal values of CV, q_{var} and q_d and high values of EU and CU. In this experiments, the treatment which had the lowest coefficient of manufacturing Variation, was accounted to it the lowest coefficient of variation of flow rate and the highest Emission Uniformity of variation. In most treatments during the Irrigation, values of CV, q_{var} and q_d increased and values of EU and CU decreased. According to the results presented, the Goldani emitter with 8 gph flows is rated and selected as the top emitter in both terms of resistance against the chemical clogging and hydraulic performance parameters than other emitters.

Key words: Trickle irrigation, Chemical clogging, Pressure compensating emitter, Non-compensating, Karoun river.

مقدمه

امروزه اهمیت آب و کمبود آن باعث شده تا استفاده بهینه و مطلوب از آب در کشورهای جهان به خصوص کشورهای در حال توسعه و مناطق خشک و نیمه خشک بسیار مورد توجه قرار گیرد. طراحی صحیح سیستم‌های آبیاری سبب خواهد شد تا از برداشت بی‌رویه منابع آب جلوگیری شود و استفاده بهینه از آب میسر گردد. بنابراین مکانیزه کردن آبیاری جهت سهولت این کار تمایل به کاربرد آبیاری قطره‌ای را افزایش داده است. سیستم آبیاری قطره‌ای را می‌توان به عنوان یکی ازسیستم‌هایی که کمترین آب را مصرف می‌کند معرفی کرد. سوریاوانشی[1] (۱۹۹۵) عنوان کرد که در کشورهایی مثل هند، اسرائیل، اردن، اسپانیا و آمریکا آبیاری قطره‌ای مصرف آب را تا حدود ۷۰-۳۰ درصد کاهش و بازدهی محصول را ۹۰-۲۰ درصد افزایش داده است. عوامل بسیاری مثل گرفتگی فیزیکی، شیمیائی و بیولوژیکی، فشار، تغییرات ساخت، دبی قطره‌چکان‌ها و در نتیجه یکنواختی پخش آب را تحت تأثیر قرار داده، به طوری که با تغییر در هر کدام از عوامل ذکر شده به خصوص فشار تغییرات دبی بسیار زیاد بوده و باعث عدم یکنواختی پخش و در نتیجه پائین آمدن راندمان می‌شود. از مزیت‌های این سیستم آبیاری می‌توان به استفاده بهینه از منابع آب، رشد بهتر گیاه و افزایش محصول، کاهش زیان وارده به گیاه در اثر شوری آب، نیاز کمتر به نیروی انسانی، صرفه جویی در انرژی و بالا بودن بازده آبیاری اشاره کرد. این سیستم نیز مانند هر سیستم ساخته شده توسط انسان دارای معایبی می‌باشد که عبارتند از: گرفتگی قطره‌چکان‌ها، تجمع نمک در سطح خاک و نزدیک گیاه، محدودیت حرکت آب در خاک و عدم توسعه ریشه ها و محدودیت‌های فنی اقتصادی.

علی حوری (۱۳۸۵) ۱۰ نوع از قطره‌چکان‌های ساخت داخل و خارج کشور در شش فشار مختلف را برای تعیین معادله دبی-فشار، ضریب تغییرات ساخت، یکنواختی پخش آب، ضریب یکنواختی و تغییرات دبی مورد آزمایش قرار داد. وی بر اساس استاندارد انجمن مهندسان کشاورزی آمریکا (ASAE) دو نمونه قطره‌چکان‌ها را در درجه عالی، یک نمونه متوسط و هفت نمونه را در رده غیر قابل استفاده قرار داد. فرزام نیا و حقایقی مقدم (۱۳۸۱)، تأثیر آب شور بر گرفتگی قطره‌چکان‌های داخل خط، میکروفلاپر، توربو، روی‌خط و چکاننده‌های نوارتیپ را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که قطره‌چکان‌های داخل خط، میکروفلاپر، روی‌خط، توربو و چکاننده‌های نوار تیپ به ترتیب۲، ۲، ۱۰، ۱۸ و ۶۸ درصد دچار گرفتگی شیمیایی شدند. گرفتگی قطره‌چکان‌ها و پراکندگی آبدهی آن‌ها از مقدار متوسط، باعث کاهش متوسط آبدهی، یکنواختی پخش و ضریب یکنواختی کریستیان‌سن و افزایش ضریب تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها گردید.

نصرالهی (۱۳۸۹) به بررسی اثر تغییرات دما بر روی عملکرد قطره‌چکان‌ها پرداخت و بیان نمود تغییر در دمای آب آبیاری با توجه به تاثیری که بر روی شکل هندسی مجرای عبور آب در قطره‌چکان دارد باعث تغییر در دبی قطره‌چکان می‌شود. اثر دیگر دما به دلیل اثر آن بر لزجت آب است. تغییرات دبی در اثر تغییر لزجت آب بستگی به وضعیت کنترل دبی در قطره‌چکان دارد. قطره‌چکان‌های با رژیم جریان آرام نسبت به لزجت آب حساسیت بیشتری دارند.

1- Suryavanshy

علیزاده (۱۳۸۸) به بررسی ضریب تغییرات ساخت و عملکرد ۱۷ نوع قطره‌چکان خودتنظیم‌کننده و غیر خودتنظیم‌کننده فشار موجود در بازار (۱۱ نمونه آن روی مسیر، پنج نمونه داخل مسیر و یک نمونه از نوع بیلت‌این با دبی اسمی ۱/۶، ۴، ۸، و ۲۵ لیتر در ساعت) در فشارهای مختلف پرداخت. قطره‌چکان‌های مورد آزمایش از نظر قدرت تنظیم کنندگی بر اساس نمای قطره‌چکان (x) در معادله دبی- فشار و ضریب تبیین و از نظر ضریب تغییرات ساخت CV طبقه‌بندی گردیدند. به‌طور کلی انسداد شیمیایی معمولا نتیجه ته‌نشینی مواد معدنی، نظیر کلسیم، منیزیم، آهن و یا منگنز است. ته‌نشینی مواد معدنی، گاهی اوقات خروجی‌ها را کاملا مسدود می‌نماید. معمولا آبی که شامل مقدار قابل توجهی از این مواد معدنی بوده و pH آن بیش از ۷ باشد قابلیت مسدود کردن خروجی ها را دارد. افزایش pH و درجه‌حرارت معمولاً قابلیت انحلال کلسیم در آب را کاهش می‌دهند که نتیجه آن ته‌نشینی مواد معدنی است (قمرنیا، ۱۳۸۴). گرفتگی شیمیایی توسط رسوبات نمک یکی از مکانیزم‌های گرفتگی سخت شناخته شده است. توصیه عمومی برای جلوگیری از گرفتگی شیمیایی پایین آوردن pH آب آبیاری به وسیله تزریق اسید در سیستم‌های قطره‌ای است به طوری که باعث عدم رسوب‌گذاری گردد. معادله واکنش شیمیایی که موجب رسوب‌گذاری کربنات کلسیم می‌گردد به قرار زیر می‌باشد:

$$CaCO_3 + H^+ \rightleftarrows Ca^{+2} + HCO_3^- \qquad (۱)$$

غلظت‌های بالای کلسیم و بی‌کربنات و مقادیر نسبتاً بالای pH یا دمای بالای آب سبب تغییر پیدا کردن معادله به سمت چپ می‌گردد (معیدی نیا، ۱۳۷۷).

قطره‌چکان‌ها اغلب دارای روزنه‌ای به قطر ۰/۵ تا ۱ میلی‌مترند که به علت کوچکی قطر روزنه، امکان گرفتگی در اثر ورود ریشه، شن، زنگ، میکروارگانیسم‌ها یا دیگر ناخالصی‌های موجود در آب آبیاری و یا تشکیل رسوبات شیمیایی، در آن‌ها وجود دارد (فورد[1]، ۱۹۷۷). در آبیاری با فاضلاب، دلیل اصلی گرفتگی قطره‌چکان‌ها، وجود مواد معلق، رسوبات شیمیایی و رشد باکتری‌ها (آدین[2] و ساکز[3]، ۱۹۹۱) و یا تک سلولی‌ها است (راوینا و همکاران[4]،۱۹۹۲؛ ساگی و همکاران[5]، ۱۹۹۵). گرفتگی‌های شدیدی نیز ممکن است در اثر رسوبات آهن و گوگرد به وجود آید که گاهی با رشد خزه‌ها و لجن‌های باکتریایی همراه است. کلرزنی در این مورد نیز در اغلب موارد مشکل را بر طرف می‌کند (مکئلهو و هیلتون[6]، ۱۹۷۴؛ فورد و تاکر[7]، ۱۹۷۴). با تنظیم pH می‌توان از ایجاد رسوب کربنات و فسفات جلوگیری کرد (گیلبرت و همکاران[8]، ۱۹۷۹).

اولداحمد و همکاران[9] (۲۰۰۷) با ارزیابی شش نوع قطره‌چکان مختلف خودتنظیم‌کننده و غیر خودتنظیم‌کننده فشار و مه‌پاش در شرایط آبیاری با فاضلاب بیان نمودند که ضریب تغییرات دبی در قطره‌چکان‌های مختلف متفاوت بود. استفاده از مه‌پاش را به علت عملکرد خوب در طی بیشتر از یک فصل آبیاری توصیه شد.

ترویین و همکاران[10] (۲۰۰۰)، با بررسی عملکرد پنج نوع قطره‌چکان با دبی‌های، ۰/۷۵، ۰/۹۱، ۱/۵، ۲/۳ و ۳/۵ لیتر در ساعت به این نتیجه رسیدند که بیشترین میزان کاهش دبی دریک فصل زراعی مربوط به قطره‌چکان‌های ۰/۵۷ و ۰/۹۱ لیتر در ساعت و به ترتیب ۱۵ و ۱۱ درصد بوده که در فصل زراعی بعد این مقادیر به ترتیب به ۲۱/۵ و ۱۳/۷ درصد افزایش یافتند. گرفتگی در سه نوع دیگر ناچیز بود و میزان کاهش دبی در آن‌ها در طی دو فصل ۴ درصد و یا کمتر بوده است.

نتایج اندازه‌گیری‌های حسن‌لی و سپاسخواه (۲۰۰۰) نشان داد که در تمام باغات مورد مطالعه، دبی قطره‌چکان‌ها به میزان قابل‌ملاحظه‌ای به‌دلیل پایین بودن فشار و یا گرفتگی، کمتر از دبی اسمی آنها بوده، ضمن این که ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان‌های مورد مطالعه، بسیار بالا و حدود ۰/۲۲ بود که سبب کاهش یکنواختی پخش آب گردید.

رووان و همکاران[11] (۲۰۰۴)، گرفتگی قطره‌چکان‌های غیرتنظیم‌کننده‌ی فشار، با جریان آشفته و دو نوع قطره‌چکان خودتنظیم‌کننده‌ی فشار را با استفاده از توزیع فاضلاب با کیفیت‌های مختلف (سپتیک تانک و بیورآکتور شنی) مورد بررسی قرار دادند. بیشترین کاهش دبی در آبیاری با فاضلاب سپتیک تانک و فاضلاب بیورآکتور شنی به‌ترتیب ۱۶ و ۳ درصد به دست آمد. در اغلب قطره‌چکان‌های تحت تیمار فاضلاب سپتیک تانک دبی کاهش یافته و بیش از ۸۰ درصد قطره‌چکان‌ها دچار گرفتگی شدند.

ماهارم[12] و همکاران (۲۰۱۰)، گرفتگی قطره‌چکان‌ها و تاثیر آن بر عملکرد سیستم‌های آبیاری قطره‌ای را در آزمایشگاه هیدرولیک تحت فشارهای ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ کیلو پاسکال بررسی کردند. نتایج نشان داد که ضریب تغییرات دبی قطره‌چکان‌هایی که مورد استفاده واقع نشده‌اند و قطره‌چکان‌هایی که به مدت یک سال، دو سال و سه سال مورد استفاده بوده‌اند به‌ترتیب در رنج‌های ۰/۴۳ و ۰/۶۳، ۰/۴۳ و ۰/۶۹، ۰/۴۸ و ۰/۵۸،

1- Ford
2- Adin
3- Sacks
4- Ravina *et al.*
5- Sagi *et al.*
6- McElhoe and Hilton
7- Tucker
8- Gilbert *et al.*
9- Ould Ahmed *et al.*
10- Trooien *et al.*
11- Rowan
12- Muharrem *et al.*

۰/۵۶ و ۰/۷۳ قرار می‌گیرد. کاپرا و سیکولونه[1] (۱۹۹۸) نشان دادند که فاکتور اصلی در تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها، نوع قطره‌چکان و مواد مورد استفاده در ساخت آن است.

مطالعه حاضر به منظور بررسی گرفتگی شیمیایی و تأثیر آن بر عملکرد هیدرولیکی انواع قطره‌چکان‌های خودتنظیم‌کننده فشار و غیرخودتنظیم‌کننده فشار و در نهایت انتخاب بهترین تیمار قطره‌چکان از نظر پارامترهای هیدرولیکی و مقاومت در برابر گرفتگی انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به منظور بررسی گرفتگی قطره‌چکان‌های خود تنظیم‌کننده فشار و قطره‌چکان‌های غیر خودتنظیم‌کننده فشار در انواع و دبی‌های مختلف و تأثیر این پدیده بر عملکرد قطره‌چکان‌ها در مزرعه آزمایشی شماره یک دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز، در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی انجام شد. تیمارها عبارت بودند از: چهار تیمار قطره‌چکان مشتمل از دو نوع قطره‌چکان خود تنظیم‌کننده فشار (نتافیم و میکروفلاپر) و دو نوع قطره‌چکان غیر خودتنظیم‌کننده (درپیر مهر و گلدانی) و سه تیمار دبی قطره‌چکان‌ها (۸، ۴ و ۲ لیتر بر ساعت). از هر نمونه قطره‌چکان تعداد ۲۵ عدد به طور تصادفی انتخاب گردید. نمونه اول قطره‌چکان نتافیم آمریکایی (خودتنظیم‌کننده)، نمونه دوم قطره‌چکان میکروفلاپر کانادایی (خودتنظیم‌کننده)، نمونه سوم قطره‌چکان مهر ساخت ایران (غیر خودتنظیم‌کننده) و نمونه چهارم قطره‌چکان گلدانی ساخت ایران (غیر خودتنظیم‌کننده) بودند. مشخصه‌های اسمی قطره‌چکان های مورد آزمایش در جدول (۱) ارائه شده است.

اجزای سیستم آبیاری اجرا شده در مزرعه به شرح زیر بود: مخزن آب، پمپ، فیلتر توری، کنتور حجمی، شیر فلکه، فشارسنج، لوله اصلی، لوله نیمه‌اصلی، ۱۰ لترال از جنس پلی اتیلن به قطر ۱۶ میلی‌متر و قطره چکان. طول دوره طرح برای هر کدام از تیمارها ۳۱ آبیاری (۶۲ روز) با دور آبیاری دو روز و زمان کار سیستم در هر آبیاری سه ساعت در نظر گرفته شد. فشار کاری سیستم ۱۵ متر انتخاب گردید که معمولاً برابر متوسط فشار در مزارع است. مطابق شکل (۱)، ۱۰ لترال به طول ۲۰ متر به فاصله یک متر بر روی لوله نیمه‌اصلی نصب گردید. سپس بر روی هر لترال تعداد ۲۵ قطره‌چکان به فاصله ۸۰ سانتی‌متر از یکدیگر نصب شدند. لترال اول و دوم به ترتیب دارای تیمار قطره‌چکان نتافیم با آبدهی ۸ و۴ لیتر در ساعت و به همین ترتیب قطره‌چکان گلدانی با دبی‌های ۸، ۴ و ۲ لیتر در ساعت و قطره‌چکان میکروفلاپر با دبی‌های ۸، ۴ و ۲ لیتر در ساعت و قطره‌چکان مهر با دبی‌های ۸ و ۴ لیتر در ساعت نصب شدند. از ۳۱ بار آبیاری انجام شده ۱۱ بار دبی خروجی قطره‌چکان‌ها اندازه‌گیری شد. در اندازه‌گیری‌های اول و یازدهم دبی تمام قطره‌چکان‌های نصب شده بر روی هر لترال محاسبه شد و در سایر اندازه‌گیری‌ها فقط قطره‌چکان‌های چهارم، هشتم، دوازدهم، شانزدهم و بیستم (بعنوان قطره‌چکان شماره یک، دو، سه، چهارم و پنجم) از هر لترال مورد عملیات دبی‌سنجی قرارگرفت. بدین صورت که حجم آب جمع شده در ظرف نمونه‌برداری درزمان ۱۰ دقیقه اندازه‌گیری شد.

خصوصیات کیفی آب مورد استفاده

در این تحقیق از آب رودخانه کارون استفاده گردید. خصوصیات کیفی آب در آزمایشگاه کیفیت آب دانشکده علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز تعیین و در جدول (۲) ارائه گردیده است.

متداول‌ترین رسوب شیمیایی در آب‌های آبیاری کربنات‌کلسیم است. برای بیان حلالیت کربنات‌کلسیم در یک درجه حرارت خاص، غلظت یون‌ها و اسیدیته آب آبیاری از شاخص لانژیلر استفاده می‌شود. مقادیر عددی مثبت برای این ضریب بیانگر امکان ترسیب کربنات‌کلسیم در دهانه قطره‌چکان و مقادیر منفی آن بیانگر عدم امکان رسوب کربنات‌کلسیم است (معیدی نیا، ۱۳۷۷). برای بررسی امکان رسوب کربنات‌کلسیم با استفاده از جدول (۲) شاخص اشباع لانژیلر (LSI) محاسبه شد. ضریب لانژلیر عبارتست از اختلاف بین اسیدیته آب آبیاری (pH) و اسیدیته محاسبه شده (pH_c) یعنی:

$$LSI= Ph-pH_c \qquad (۱)$$

$$pH_c=p(Ca+Mg+Na+k)+ p(Ca+Mg)+p(CO_3+HCO_3) \qquad (۲)$$

پارامترهای مورد ارزیابی

بررسی گرفتگی قطره‌چکان‌ها و ارزیابی تاثیر این گرفتگی بر عملکرد تیمارهای قطره‌چکان به کمک پارامترهایی از قبیل ضریب تغییرات ساخت، یکنواختی پخش آب، ضریب یکنواختی، ضریب تغییرات و درصد خطای اندازه‌گیری دبی انجام گرفت.

- ضریب تغییرات ساخت(CV)[2]:

برای به‌دست آوردن ضریب تغییرات ساخت، مقادیر دبی اندازه‌گیری شده از هر نوع قطره‌چکان در رابطه (۴) اعمال می‌شود:

$$CV = \frac{\sqrt{\left(q_1^2 + q_2^2 + ... + q_m^2 - nq_{avg}^2\right)/\left(n-1\right)}}{q_{avg}} \qquad (۴)$$

که در این رابطه $q_m, ..., q_2, q_1$: دبی هرقطره‌چکان (لیتردرساعت)، n: تعدادقطره‌چکانهای مورد آزمایش و q_{avg}: دبی

1- Capra, A. and Scicolone

2- Coefficient of manufacturing Variation

متوسط قطره‌چکان‌ها می‌باشد. به طور کلی هر چه میزان ضریب تغییرات ساخت برای یک نوع قطره‌چکان کمتر باشد، آن قطره‌چکان به لحاظ ساخت از کیفیت بهتری برخوردار می‌باشد. برای این پارامتر طبقه‌بندی انجمن مهندسان کشاورزی آمریکا[1] ارائه شده در جدول (۳) به عنوان استاندارد منظور شده‌است.

- یکنواختی پخش آب (EU)[2]:

یکنواختی پخش، اساسی‌ترین عامل تاثیرگذار بر بازده کاربرد آب در آبیاری قطره‌ای است. برای بیان یکنواختی رابطه (۵) توسط کارملی و کلر[3] (۱۹۷۵) پیشنهاد گردید:

$$EU = \frac{q_n}{q_{avg}} \times 100 \qquad (۵)$$

که در آن q_{avg}: متوسط دبی قطره‌چکان‌ها (لیتردرساعت) و q_n: متوسط دبی چارک پایین قطره‌چکان‌ها می‌باشد. یکنواختی ریزش آب در قطره‌چکان‌های یک قطعه آبیاری در درجه حرارت نسبتاً ثابت به ضریب تغییرات ساخت قطره چکان‌ها، تعداد قطره‌چکان‌های موجود و تغییرات فشار بستگی دارد. طبقه‌بندی قطره‌چکان براساس یکنواختی پخش آب در جدول (۳) ارائه شده است.

- ضریب یکنواختی (CU)[4]:

روابط مختلفی برای به دست آوردن ضریب یکنواختی توزیع وجود دارد. در این مطالعه از ضریب توزیع یکنواختی کریستیانسن استفاده شد:

$$CU_t = \left(1 - \frac{\sum |D_i - \overline{D}|}{\overline{D} \times n}\right) \times 100 \qquad (۶)$$

D_i: عمق آب در هر یک از قوطی‌های جمع آوری (میلی‌متر) و $\overline{D}$ = متوسط عمق‌های آب جمع شده در ظرف‌ها (میلی‌متر) و n: تعداد قطره‌چکان‌ها.

- درصد خطای اندازه‌گیری دبی (q_d):

معمولا مقدار اندازه‌گیری واقعی (q_{avg}) با دبی اسمی قطره‌چکان (q_r) که کارخانه سازنده اعلام کرده‌است متفاوت می‌باشد. لذا درصد خطای اندازه‌گیری دبی (q_d) برابر است با:

$$q_d = 100\frac{\left(q_r - q_{avg}\right)}{q_r} \qquad (۷)$$

که در آن q_r: دبی ارائه شده توسط کارخانه و q_{avg}: متوسط دبی قطره‌چکان‌ها می‌باشد. طبقه‌بندی بر اساس درصد خطای اندازه‌گیری دبی در جدول (۴) ارائه شده است (علیزاده، ۱۳۸۸).

- ضریب تغییرات دبی قطره‌چکان (q_{var})[5]:

یکی دیگر از روش‌های بررسی تغییرات دبی در قطره‌چکان‌ها مقایسه حداکثر و حداقل دبی در قطره‌چکان می‌باشد که از آن می‌توان به عنوان معیار انتخاب قطره‌چکان استفاده کرد و به‌صورت زیر قابل محاسبه است:

$$q_{var} = 100\left(\frac{q_{max} - q_{min}}{q_{max}}\right) \qquad (۸)$$

که در آن q_{var} تغییرات دبی قطره‌چکان (درصد)، q_{max} و q_{min} حداکثر و حداقل دبی در قطره‌چکان‌ها است.

با محاسبه مقادیر پارامترهای هیدرولیکی مورد نظر برای هر تیمار قطره‌چکان و محدوده‌های ارائه شده، رتبه‌ای به هریک از تیمارهای قطره‌چکان نسبت داده شده و نهایتا اولویت هیدرولیکی آن‌ها با توجه به مجموع رتبه‌ها اعلام می‌گردد. اما قطره‌چکان برتر قطره‌چکانی است که به‌صورت توأمان از نظر پارامترهای هیدرولیکی و از نظر مقاومت در برابر انسداد شیمیایی دارای اولویت خوبی باشد.

نتایج و بحث

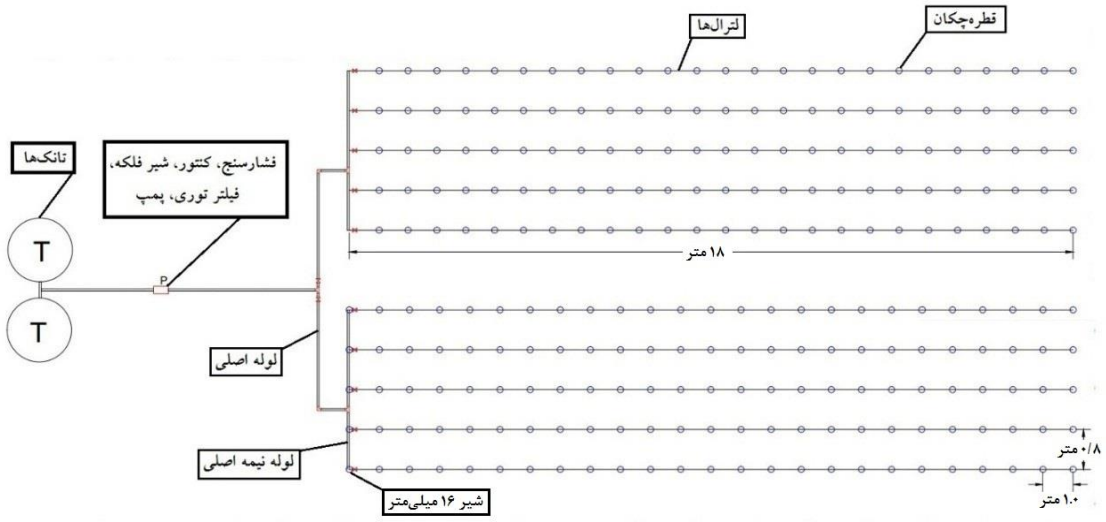
با استفاده از نتایج تجزیه شیمیایی آب رودخانه کارون، کاتیون‌ها و آنیون‌ها و اسیدیته برآورد شد و محاسبات مربوط به ضریب لانژلیر در جدول (۵) ارائه شده است.

پیش‌بینی رسوب کربنات‌کلسیم که متداول‌ترین عامل گرفتگی شیمیایی قطره‌چکان‌ها می‌باشد با استفاده از شاخص اشباع لانژیلر انجام می‌گیرد. با محاسبه ضریب لانژلیر و مقدار مثبت به دست آمده برای آن می‌توان بیان نمود که امکان ترسیب کربنات‌کلسیم در دهانه خروجی قطره‌چکان‌ها محتمل می‌باشد. طی ۶۲ روز دوره طرح، ۳۱ بار آبیاری به مدت سه ساعت، ۱۱ بار اندازه‌گیری حجم آب خروجی از قطره‌چکان‌ها انجام شد. پس از جمع‌آوری حجم آب خروجی از قطره‌چکان‌ها در مدت زمان ۱۰ دقیقه، دبی آنها محاسبه گردید. در شکل (۳) نمودار تغییرات دبی در تیمارهای مختلف قطره‌چکان ارائه شده است.

1- American Society of Agricultural Engineers
2- Emission Uniformity
3- Karmeli and Keller
4- Uniformity Coefficient
5- Emitter flow rate variation

جدول ۱- مشخصه‌های اسمی قطره‌چکان‌ها

قطره‌چکان	نوع اتصال	فشاراسمی (متر)	دبی اسمی (لیتر در ساعت)
نتافیم	روی خط	۱۰-۵۰	۸ و ۴
میکروفلاپر	روی خط	۱۰-۳۵	۸، ۴ و ۲
مهر	روی خط	-	قابل تنظیم در دبی‌های ۸ و ۴
گلدانی	روی خط	-	قابل تنظیم در دبی‌های ۸، ۴ و ۲



شکل ۱- تصویر جانمایی طرح پژوهشی

جدول ۲- خصوصیات کیفی آب مورد استفاده در پژوهش

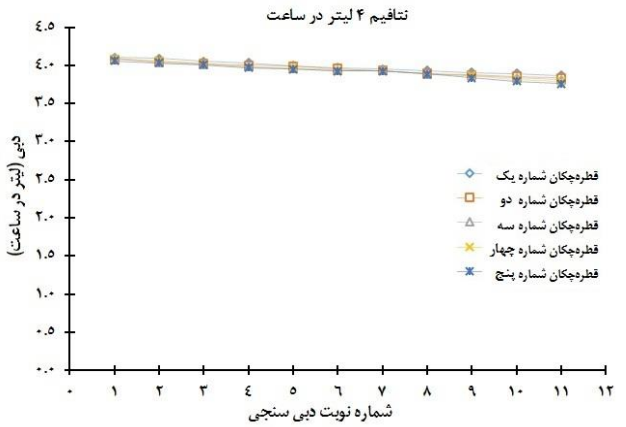
کاتیون‌ها (میلی‌اکی‌والانت بر لیتر)				آنیون‌ها (میلی‌اکی‌والانت بر لیتر)			هدایت الکتریکی	اسیدیته
کلسیم Ca^{2+}	منیزیم Mg^{2+}	پتاسیم K^{+}	سدیم Na^{+}	کلر Cl^{-}	بی‌کربنات HCO_3^{-}	کربنات CO_3^{2-}	سولفات SO_4^{2-}	(میکروزیمنس بر سانتی‌متر)	pH
۶/۲۸	۵/۱	۰/۱۹	۱۳/۵۱	۱۳/۴۱	۳/۲۱	۰/۰	۷/۷۴	۲۳۸۸	۷/۵۳

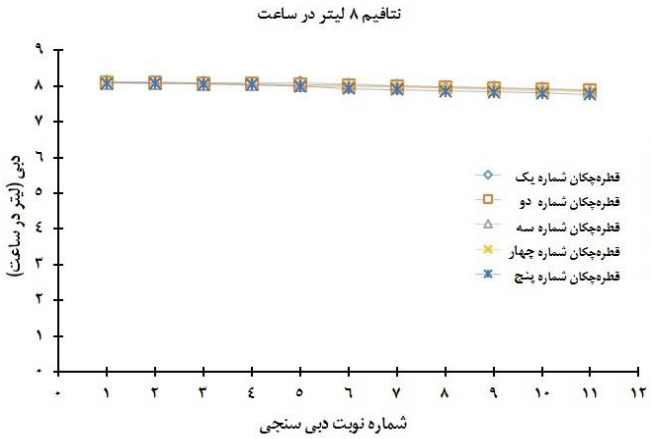
جدول ۳- طبقه‌بندی قطره‌چکان براساس ضریب تغییرات ساخت (استاندارد انجمن مهندسین کشاورزی آمریکا) و یکنواختی پخش (علیزاده، ۱۳۸۸)

ضریب تغییرات ساخت	گروه	امتیاز
< ۰/۰۵	عالی	۵
۰/۰۵-۰/۰۷	متوسط	۴
۰/۰۷-۰/۱۱	مرز متوسط و ضعیف	۳
۰/۱۱-۰/۱۵	ضعیف	۲
>۰/۱۵	غیرقابل قبول	۱
یکنواختی پخش آب	**گروه**	**امتیاز**
>۹۰	عالی	۴
۸۰-۹۰	خوب	۳
۷۰-۸۰	متوسط	۲
<۷۰	ضعیف	۱

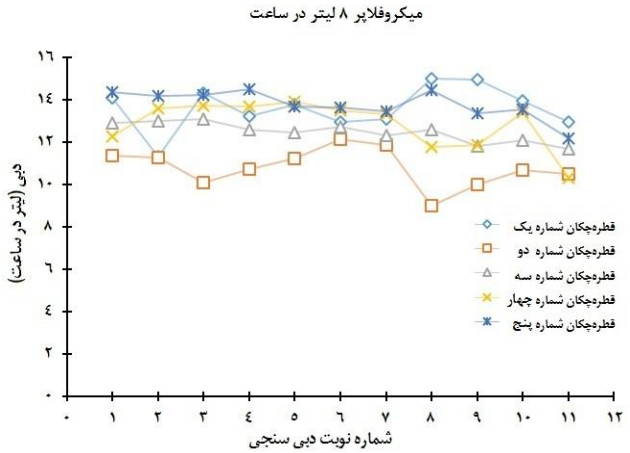
جدول ٤- طبقه‌بندی قطره‌چکان براساس درصد خطای اندازه‌گیری دبی و ضریب تغییرات دبی (علیزاده، ۱۳۸۵).

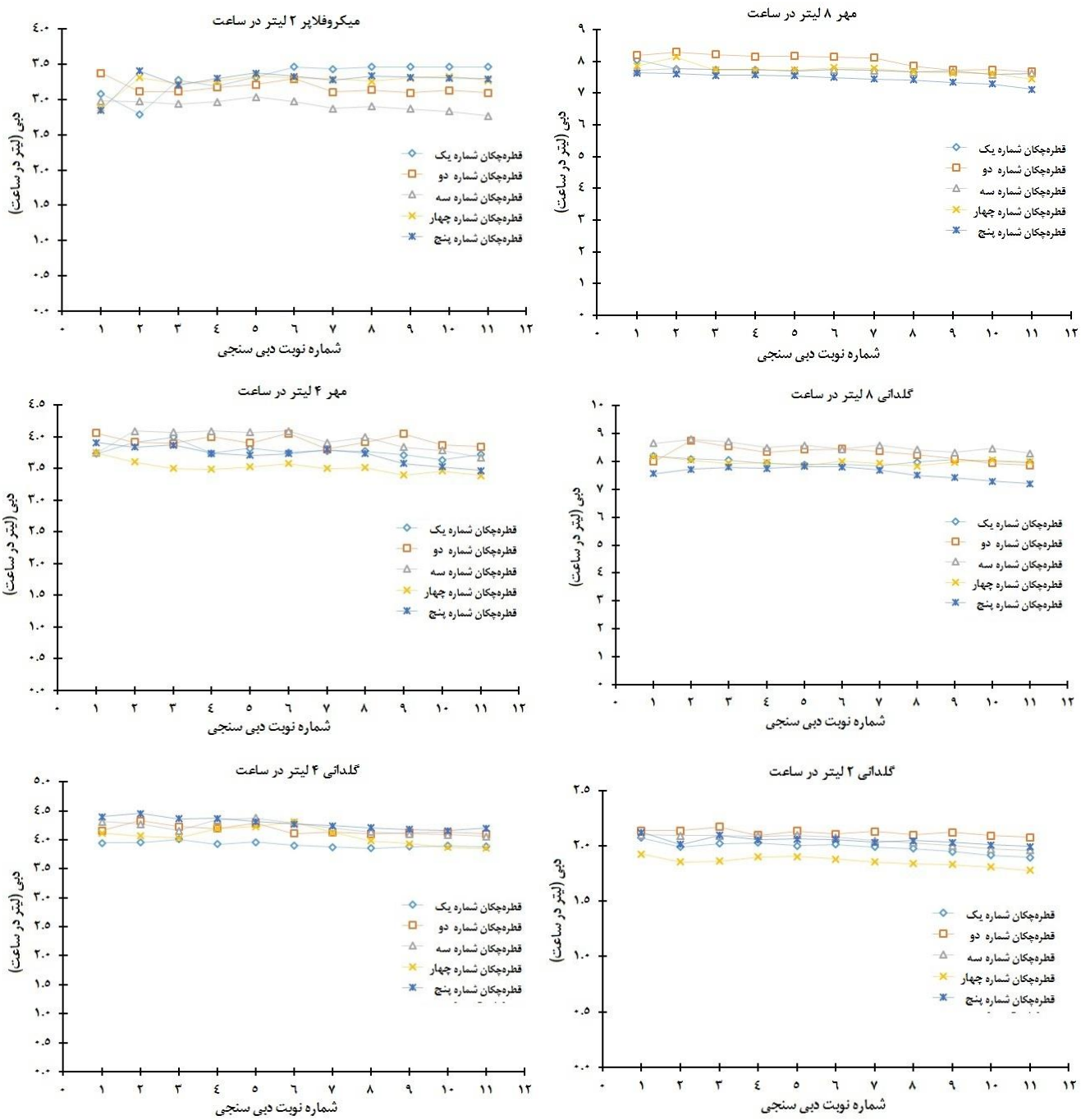
درصد خطای اندازه‌گیری	گروه	امتیاز
نسبت تفاوت دو مقدار<۴	خوب	۴
۴-۸	متوسط	۳
۸-۱۲	قابل قبول	۲
نسبت تفاوت دو مقدار>۱۲	غیرقابل قبول	۱
ضریب تغییرات دبی	**گروه**	**امتیاز**
کمتر از ۱۰ درصد	خوب	۳
بین ۱۰ تا ۲۰ درصد	قابل قبول	۲
بیشتر از ۲۰ درصد	غیر قابل قبول	۱











شکل۲- نمودار تغییرات دبی در تیمارهای مختلف قطره‌چکان در دوره پژوهش

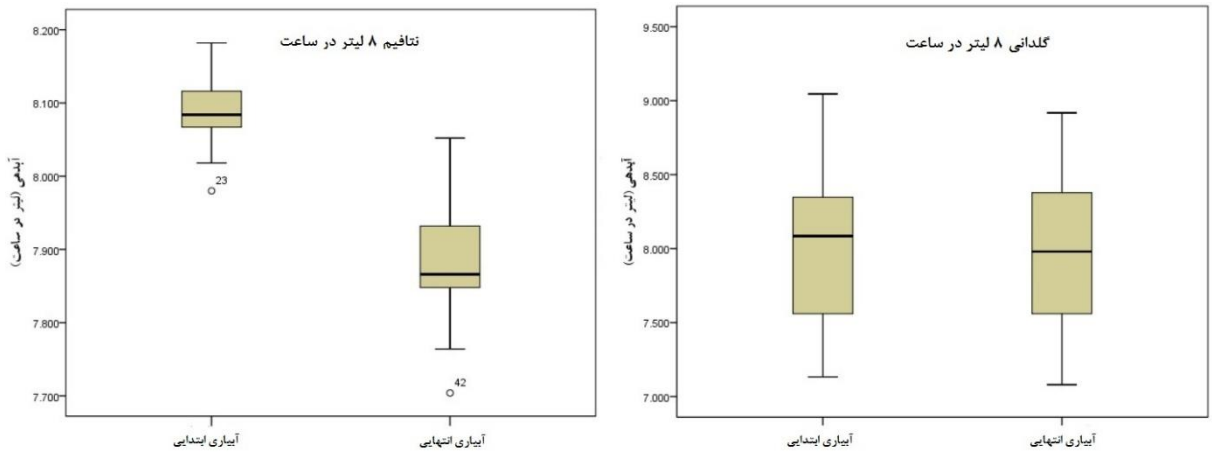
با استفاده از نرم‌افزار SPSS 18.0 و آزمون t–جفتی بین مقادیر دبی تیمارها در آبیاری ابتدایی و انتهایی، اثر گرفتگی شیمیایی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسه معیار تصمیم‌گیری در سطح معنی‌داری پنج درصد، در این آزمون مبنای قضاوت درباره گرفتگی یا عدم گرفتگی شیمیایی در تیمارها خواهد بود. در صورتی‌که معیار تصمیم‌گیری مقداری کمتر از ۰/۰۵ داشته باشد، می‌توان بیان نمود که فرض برابری میانگین دبی‌ها در آبیاری ابتدایی و انتهایی مردود می‌باشد و تیمار مورد نظر دچار کاهش دبی معنی‌دار شده است. نتایج حاصل از آزمون t–جفتی در جدول (۶) ارائه شده است.

جدول ۵- امکان رسوب کربنات‌کلسیم آب مورد استفاده در تحقیق

امکان رسوب کربنات‌کلسیم	LSI	pH_c	$p(CO_3+HCO_3)$	p(Ca+Mg)	p(Ca+Mg+Na+K)	pH
مثبت	+۰/۲۷	۷/۲۳	۲/۴۹	۲/۳۶	۲/۳۸	۷/۵

جدول ٦- آزمون تی-جفتی برای تیمارهای قطره‌چکان

تیمار				اختلافات جفت شده				
	معیار تصمیم گیری	درجه آزادی	آماره t	فاصله اطمینان ۹۵ درصد		خطای استاندارد میانگین	انحراف از معیار زوج	میانگین زوج
				کران بالا	کران پایین			
نتافیم ۸ لیتر در ساعت	۰/۰۰۰	۲۴	۱۵/۵۳	۰/۲۰۶	۰/۱۹۷	۰/۰۱۳	۰/۰۶۴	۰/۲۰۱
نتافیم ۴ لیتر در ساعت	۰/۰۰۰	۲۴	۴۹/۶۲	۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۰۰۵	۰/۰۲۴	۰/۲۳۹
میکروفلاپر ۸ لیتر در ساعت	۰/۰۰۷	۲۴	۲/۹۷۸	۱/۸۰۶	۰/۳۲۸	۰/۳۵۸	۱/۷۹۱	۱/۰۶۷
میکروفلاپر ۴ لیتر در ساعت	۰/۰۰۰	۲۴	۷/۱۰۸	۱/۰۵	۰/۵۷۷	۰/۱۱۴	۰/۵۷۲	۰/۸۱
میکروفلاپر ۲ لیتر در ساعت	۰/۷۲۵	۲۴	۰/۳۵۶	۰/۱۴۱	- ۰/۱	۰/۰۵۸	۰/۲۹۱	۰/۰۲۱
مهر ۸ لیتر در ساعت	۰/۰۰۰	۲۴	۷/۹۰۳	۰/۲۸	۰/۱۶۳	۰/۰۲۸	۰/۱۴۰	۰/۲۲۱
مهر ۴ لیتر در ساعت	۰/۰۰۲	۲۴	۳/۳۸۷	۰/۱۳۱	۰/۰۳۲	۰/۰۲۴	۰/۱۲۰	۰/۰۸۲
گلدانی ۸ لیتر در ساعت	۰/۲۷۶	۲۴	۱/۱۱۴	۰/۰۹۲	- ۰/۰۲۷	۰/۰۲۹	۰/۱۴۶	۰/۰۳۲
گلدانی ۴ لیتر در ساعت	۰/۰۰۳	۲۴	۳/۳۴۵	۰/۰۶۸	۰/۰۱۶	۰/۰۱۳	۰/۰۶۳	۰/۰۴۲
گلدانی ۲ لیتر در ساعت	۰/۰۰۰	۲۴	۴/۷۲۶	۰/۰۶۹	۰/۰۲۷	۰/۰۱	۰/۰۵۱	۰/۰۴۸



شکل ۳- نمودار جعبه‌ای آبدهی قطره‌چکان نتافیم و گلدانی ۸ لیتر در ساعت در آبیاری اول و انتهایی

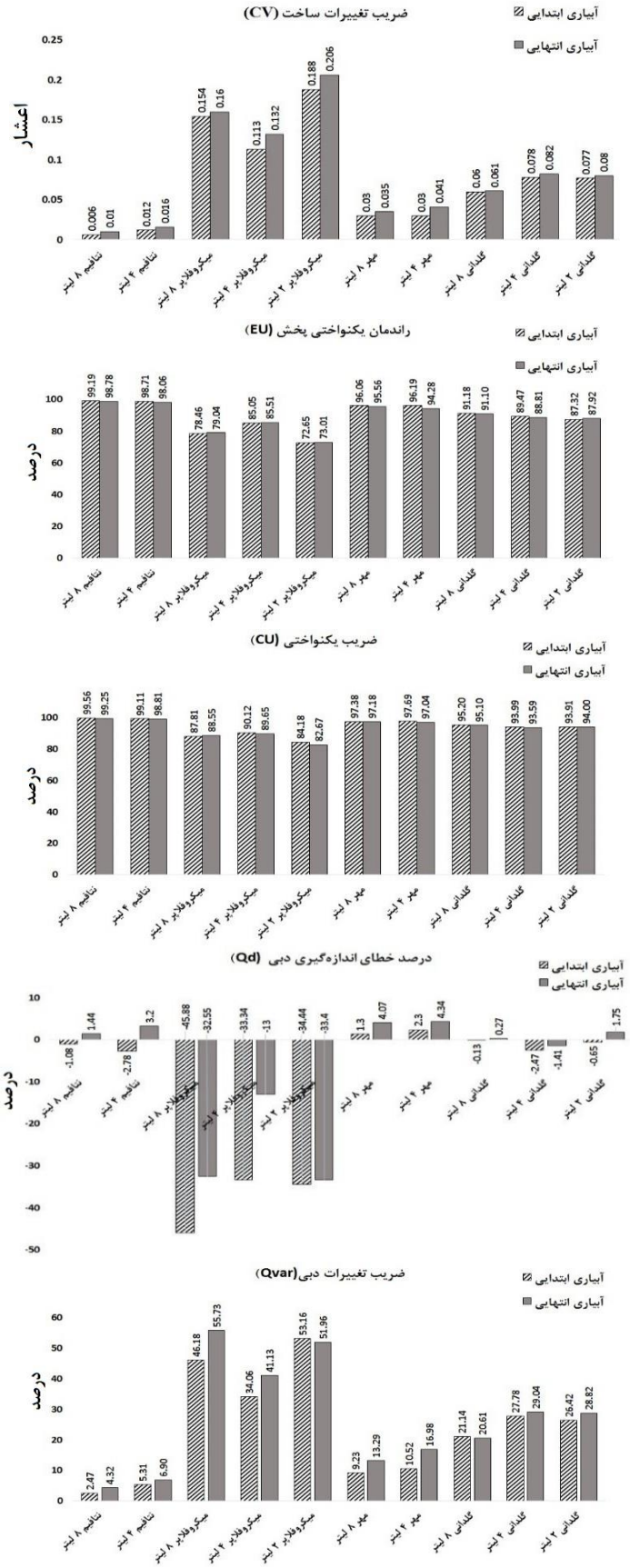
با توجه به جدول (۶) می‌توان بیان نمود در تیمارهای قطره‌چکان نتافیم ۸، نتافیم ۴، میکروفلاپر ۸، میکروفلاپر ۴، مهر ۸، مهر ۴، گلدانی ۴ و گلدانی ۲ لیتر در ساعت گرفتگی و کاهش معنی‌دار دبی به وجود آمده‌است. این در حالی است که در تیمارهای میکروفلاپر ۲ و گلدانی ۸ لیتر در ساعت هیچ‌گونه کاهش معنی‌دار دبی وجود ندارد. به عنوان نمونه شکل (۳) این نتایج را به صورت گرافیگی نشان می‌دهد.

به‌عنوان نمونه، شکل (۳) نمودار جعبه‌ای چارک‌های دبی تیمار قطره‌چکان نتافیم با آبدهی ۸ لیتر در ساعت در آبیاری ابتدایی و انتهایی و تیمار قطره‌چکان گلدانی با آبدهی ۸ لیتر در ساعت را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود اختلاف معنی‌داری در میانگین دبی قطره‌چکان نتافیم با آبدهی ۸ لیتردرساعت در ابتدا و انتهای دوره آبیاری وجود دارد. این درحالی است که در قطره‌چکان گلدانی ۸ لیتردرساعت این اختلاف معنی‌دار نیست.

بعد از محاسبه پارامترهای هیدرولیکی، با استفاده از معیارهای ارائه شده در جدول‌های (۳) و (۴) رتبه هر تیمار در آبیاری ابتدایی و انتهایی محاسبه گردید و با توجه به این رتبه‌ها، در جدول (۷) اقدام به اولویت‌بندی تیمارها شد.

جدول ۷- رتبه تیمارها بر اساس پارامترهای هیدرولیکی محاسبه شده

تیمار	اولویت	رتبه	طبقه‌بندی تیمارها بر اساس								نوبت آبیاری
			ضریب تغییرات ساخت	یکنواختی پخش	خطای اندازه‌گیری	ضریب تغییرات دبی	ضریب تغییرات ساخت	یکنواختی پخش (درصد)	ضریب یکنواختی (درصد)	خطای اندازه‌گیری (درصد)	ضریب تغییرات دبی (درصد)	
نتافیم ۸	۱	۱۶	عالی	عالی	خوب	خوب	۰/۶	۹۹/۱۹	۹۹/۵۶	−۱/۰۸	۲/۴۷	آبیاری ابتدایی
		۱۶	عالی	عالی	خوب	خوب	۱/۰	۹۹/۷۸	۹۹/۲۵	۱/۴۴	۴/۳۲	آبیاری انتهایی
نتافیم ۴	۲	۱۶	عالی	عالی	خوب	خوب	۱/۲	۹۹/۷۱	۹۹/۱۱	−۲/۷۸	۵/۳۱	آبیاری ابتدایی
		۱۶	عالی	عالی	خوب	خوب	۱/۶	۹۸/۰۶	۹۹/۸۱	۳/۲	۶/۹۰	آبیاری انتهایی
میکروفلاپر ۸	۹	۵	غیرقابل قبول	متوسط	غیرقابل قبول	غیرقابل قبول	۱۵/۴	۷۸/۴۶	۸۷/۸۱	−۴۵/۸۸	۴۶/۱۸	آبیاری ابتدایی
		۵	غیرقابل قبول	متوسط	غیرقابل قبول	غیرقابل قبول	۱۶/۰	۷۹/۰۴	۸۸/۵۵	−۳۲/۵۵	۵۵/۷۳	آبیاری انتهایی
میکروفلاپر ۴	۸	۷	ضعیف	خوب	غیرقابل قبول	غیرقابل قبول	۱۱/۳	۸۵/۰۵	۹۰/۱۲	−۳۳/۳۴	۳۴/۰۶	آبیاری ابتدایی
		۷	ضعیف	خوب	غیرقابل قبول	غیرقابل قبول	۱۳/۲	۸۵/۵۱	۸۹/۶۵	−۱۳/۰	۴۱/۱۳	آبیاری انتهایی
میکروفلاپر ۲	۱۰	۵	غیرقابل قبول	متوسط	غیرقابل قبول	غیرقابل قبول	۱۸/۸	۷۲/۶۵	۸۴/۱۸	−۳۴/۴۴	۵۳/۱۶	آبیاری ابتدایی
		۵	غیرقابل قبول	متوسط	غیرقابل قبول	غیرقابل قبول	۲۰/۶	۷۳/۰۱	۸۲/۶۷	−۳۳/۴	۵۱/۹۶	آبیاری انتهایی
مهر ۸	۳	۱۶	عالی	عالی	خوب	خوب	۳/۰	۹۶/۰۶	۹۷/۳۸	۱/۳	۹/۲۳	آبیاری ابتدایی
		۱۴	عالی	عالی	متوسط	قابل قبول	۳/۵	۹۵/۵۶	۹۷/۱۸	۴/۰۷	۱۳/۲۹	آبیاری انتهایی
مهر ۴	۴	۱۴	عالی	عالی	خوب	قابل قبول	۳/۰	۹۶/۱۹	۹۷/۶۹	۲/۳	۱۰/۵۲	آبیاری ابتدایی
		۱۳	عالی	خوب	متوسط	قابل قبول	۴/۱	۹۴/۲۸	۹۷/۰۴	۴/۳۴	۱۶/۹۸	آبیاری انتهایی
گلدانی ۸	۵	۱۲	متوسط	خوب	خوب	غیرقابل قبول	۶/۰	۹۱/۱۸	۹۵/۲۰	−۰/۱۳	۲۱/۱۴	آبیاری ابتدایی
		۱۲	متوسط	خوب	خوب	غیرقابل قبول	۶/۱	۹۱/۱۰	۹۵/۱۰	۰/۲۷	۲۰/۶۱	آبیاری انتهایی
گلدانی ۴	۶	۱۱	مرز متوسط و ضعیف	خوب	خوب	غیرقابل قبول	۷/۸	۸۹/۴۷	۹۳/۹۹	−۲/۴۷	۲۷/۷۸	آبیاری ابتدایی
		۱۱	مرز متوسط و ضعیف	خوب	خوب	غیرقابل قبول	۸/۲	۸۸/۸۱	۹۳/۵۹	−۱/۴۱	۲۹/۰۴	آبیاری انتهایی
گلدانی ۲	۷	۱۰	مرز متوسط و ضعیف	متوسط	خوب	غیرقابل قبول	۷/۷	۸۷/۳۲	۹۳/۹۱	−۰/۶۵	۲۶/۴۲	آبیاری ابتدایی
		۱۰	مرز متوسط و ضعیف	متوسط	خوب	غیرقابل قبول	۸/۰	۸۷/۹۲	۹۴/۰۰	۱/۷۵	۲۸/۸۲	آبیاری انتهایی



شکل ٤- نمودار مقادیر پارامترهای هیدرولیکی تیمارهای قطره‌چکان در دو آبیاری ابتدایی و انتهایی

جدول ۸- رتبه محاسبه شده از نظر مقاومت در برابر انسداد شیمیایی برای تیمارهای قطره‌چکان

تیمار	درصد گرفتگی از ابتدای تا انتهای آزمایش	اولویت از نظر مقاومت به گرفتگی
نتافیم ۸ لیتر در ساعت	٪ ۲/۵	۶
نتافیم ۴ لیتر در ساعت	٪ ۵/۸	۸
میکروفلاپر ۸ لیتر در ساعت	٪ ۸/۰	۹
میکروفلاپر ۴ لیتر در ساعت	٪ ۱۴/۸	۱۰
میکروفلاپر ۲ لیتر در ساعت	٪ ۰/۳	۱
مهر ۸ لیتر در ساعت	٪ ۲/۸	۷
مهر ۴ لیتر در ساعت	٪ ۲/۱	۴
گلدانی ۸ لیتر در ساعت	٪ ۰/۴	۲
گلدانی ۴ لیتر در ساعت	٪ ۱/۰	۳
گلدانی ۲ لیتر در ساعت	٪ ۲/۳	۵

تیمارهای نتافیم که از دسته قطره‌چکان‌های خود تنظیم‌کننده می‌باشند به دلیل داشتن بیشترین مقدار یکنواختی پخش، ضریب یکنواختی و کمترین مقدار ضریب تغییرات ساخت، ضریب تغییرات دبی و درصد خطای اندازه‌گیری رتبه اول و دوم را به اختصاص دادند. در این قطره‌چکان‌ها دیافراگمی برای تثبیت دبی خروجی خاص در فشارها و شرایط مختلف استفاده شده است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که دلیل اصلی برتری این تیمارها دیافراگم به‌کار رفته در این نوع قطره‌چکان‌ها است. همچنین قطره‌چکان میکروفلاپر نیز از نوع خودتنظیم‌کننده فشار بوده و انتظار می‌رفت از نظر پارامترهای هیدرولیکی شیمیایی جزو بهترین قطره‌چکان‌ها انتخاب شود؛ اما در رده هشتم، نهم و دهم قرار گرفتند. دلیل این امر دیافراگم تعبیه شده در ساختار آن است. دیافراگم موجود در این تیمار بعد از اینکه به‌وسیله آب تحت فشار قرار گرفت از روزنه خروجی قطره‌چکان بیرون زده و باعث ایجاد تغییرات بسیار زیاد در دبی قطره‌چکان‌ها شد (شکل ۵). به نحوی که پایین بودن ضریب یکنواختی پخش و بالا بودن درصد خطای اندازه‌گیری و ضریب تغییرات دبی را بایستی در پایین بودن ضریب تغییرات ساخت بالا جستجو نمود. در بیشتر تیمارها پارامترهای هیدرولیکی از آبیاری ابتدایی تا انتهایی تغییر کرده است، به عبارت دیگر در دوره آبیاری پارامترهایی مانند ضریب تغییرات ساخت، ضریب تغییرات دبی قطره‌چکان و درصد خطای اندازه‌گیری دبی افزایش و یکنواختی پخش آب و ضریب یکنواختی کاهش یافته است. این نکته با نتیجه تحقیق زرداری و فتحی (۱۳۹۱) که بیان نمودند ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان‌های نتافیم و میکروفلاپر، طی ۱۹ هفته آبیاری افزایش یافته است، تطابق دارد. همچنین نتایج پژوهش پیگ بارگوئس و همکاران[1] (۲۰۰۵) نشان داد که مقدار ضریب تغییرات دبی قطره‌چکان‌های مورد آزمایش در شروع تحقیق در رده "خوب" بوده و بعد از ۷۵۰ ساعت آبیاری به رده "قابل قبول" تنزل پیدا کرده است.

به منظور مقایسه پارامترهای هیدرولیکی، مقادیر محاسبه شده آن‌ها در قالب نمودار میله‌ای در شکل (۴) ارائه شده است.

مشاهده می‌شود که در تمامی تیمارها ضریب تغییرات قطره‌چکان‌ها به مرور زمان افزایش یافته است. این افزایش ضریب تغییرات ساخت باعث می‌شود توزیع دبی در قطره‌چکان‌ها از توزیع نرمال خارج شده و در آن‌ها چولگی ایجاد شود. همانطور که در شکل (۴) نیز مشاهده می‌شود قطره چکان نتافیم با آبدهی ۸ لیتر در ساعت دارای کمترین ضریب تغییرات ساخت و تیمار قطره‌چکان میکروفلاپر ۲ لیتر در ساعت دارای بیشترین ضریب تغییرات ساخت می‌باشند. این مورد با نتیجه تحقیق پروینی و معروف‌پور (۱۳۹۲) همسان می‌باشد. نتایج ایشان بیان کرد که قطره‌چکان‌های نتافیم در رده "عالی" و قطره‌چکان‌های میکروفلاپر در رده "غیرقابل قبول" قرار گرفتند.

بیشترین و کمترین راندمان یکنواختی پخش و ضریب یکنواختی در بین تیمارها به ترتیب متعلق به تیمار قطره‌چکان نتافیم با دبی ۸ لیتر در ساعت (رده عالی) و میکروفلاپر ۲ لیتر در ساعت (رده متوسط) می‌باشد. همچنین کمترین و بیشترین مقادیر درصد خطای اندازه‌گیری در بین تیمارها متعلق به تیمار قطره‌چکان گلدانی با آبدهی ۸ لیتر در ساعت (رده خوب) و میکروفلاپر ۸ لیتر در ساعت (رده غیرقابل قبول) می‌باشد.

در بین تیمارهای این پژوهش کمترین و بیشترین مقادیر ضریب تغییرات دبی متعلق به تیمار قطره‌چکان نتافیم با آبدهی ۸ لیتر در ساعت (رده خوب) و میکروفلاپر ۲ لیتر در ساعت (غیرقابل قبول) می‌باشد.

نتایج پژوهش حاضر درباره تیمار قطره‌چکان میکروفلاپر در تضاد با نتیجه تحقیق شهبازیانی‌فرد و همکاران (۱۳۹۱) است که بر اساس استاندارد انجمن مهندسان کشاورزی آمریکا بیان می‌کند قطره‌چکان‌های میکروفلاپر و نتافیم در رده "عالی" قرار دارند و

1- Puig-Bargue's *et al.*

کمترین ضریب تغییرات دبی مربوط به قطره‌چکان میکروفلاپر می‌باشد. اما نتایج ایشان درباره قطره‌چکان‌های نتافیم مشابه نتایج تحقیق حاضر می‌باشد.

اولویت‌بندی تیمارها در جدول (۷) منطبق بر جدول‌های (۳) و (۴) و بر اساس پارامترهای هیدرولیکی می‌باشند. بنابراین علاوه بر آن بایستی بهترین قطره‌چکان از نظر مقاومت در برابر گرفتگی شیمیایی نیز تعیین شود. بدین منظور درصد گرفتگی هر یک از تیمارهای قطره‌چکان در جدول (۸) محاسبه و مقاوم‌ترین قطره‌چکان از نظر مقاومت به انسداد شیمیایی بر اساس دو اصل انتخاب گردید: ۱- نتایج آزمون آماری اثبات کند که کاهش معنی‌دار دبی اتفاق نیفتاده باشد و اینکه دارای کمترین درصد گرفتگی باشد.

اولویت‌های محاسبه شده در جدول (۸) نشان می‌دهد قطره‌چکان‌های غیرتنظیم‌کننده از نظر مقاومت به گرفتگی دارای وضعیت بهتری می‌باشند درحالی که پیگ باراگوئس و همکاران (۲۰۰۵) برخلاف نتایج این تحقیق بیان کردند گرفتگی در قطره‌چکان جبران‌کننده فشار به میزان ۳/۷ درصد کمتر از نوع غیرجبران‌کنند فشار است را نقض نمود. با توجه مشاهدات میدانی آب خروجی از قطره‌چکان میکروفلاپر با آبدهی ۲ لیتر در ساعت دارای سرعت بسیار زیاد و رژیم جریان بسیار متلاطم بود، لذا یون‌های دارای پتانسیل ترسیب مجال کافی برای رسوب‌گذاری را نداشتند. از این‌رو قطره‌چکان میکروفلاپر با آبدهی ۲ لیتر در ساعت با متوسط گرفتگی ۰/۳ درصد در رتبه اول از لحاظ مقاومت به انسداد قرار دارد. قرارگیری قطره‌چکان‌های میکروفلاپر ۸ و ۴ لیتر در ساعت در رتبه‌های آخر به دلیل گرفتگی شیمیایی نبوده و دلیل اصلی آن جابجایی دیافراگم و بیرون زدگی آنها در اثر فشار آب و ممانعت از خروج آزادانه آب می‌باشد (شکل ۵).



شکل۵- نمایی از بیرون زدگی دیافراگم به‌کار رفته در تیمار قطره‌چکان‌های میکروفلاپر ٤ (الف) و ۸ (ب) لیتر در ساعت

جدول۹- اولویت محاسبه شده برای هر تیمار قطره‌چکان

تیمار	اولویت از نظر مقاومت به گرفتگی	اولویت از نظر پارامترهای هیدرولیکی	مجموع	رتبه نهایی قطره‌چکان
نتافیم ۸ لیتر در ساعت	۶	۱	۷	۱
نتافیم ۴ لیتر در ساعت	۸	۲	۱۰	۴
میکروفلاپر ۸ لیتر در ساعت	۹	۹	۱۸	۷
میکروفلاپر ۴ لیتر در ساعت	۱۰	۸	۱۸	۷
میکروفلاپر ۲ لیتر در ساعت	۱	۱۰	۱۱	۵
مهر ۸ لیتر در ساعت	۷	۳	۱۰	۴
مهر ۴ لیتر در ساعت	۴	۴	۸	۲
گلدانی ۸ لیتر در ساعت	۲	۵	۷	۱
گلدانی ۴ لیتر در ساعت	۳	۶	۹	۳
گلدانی ۲ لیتر در ساعت	۵	۷	۱۲	۶

نتایج حاصل از جدول (۶) و (۸) با نتایج زرداری و فتحی (۱۳۹۱) که بیان نمودند مقاومت به گرفتگی در قطره‌چکان نتافیم با آبدهی ۴ لیتردرساعت بیشتر از قطره‌چکان میکروفلاپر ۴ لیتردرساعت است، هماهنگی دارد.

در این پژوهش قطره‌چکان برتر قطره‌چکانی است که از نظر مقاومت در برابر گرفتگی و پارامترهای هیدرولیکی در اولویت برتر باشد، در جدول (۸)، اولویت انتخاب قطره‌چکان برتر ارائه شده است. بنابراین اولویت‌های ارائه شده براساس دو معیار مذکور جمع شده و رتبه نهایی قطره‌چکان‌ها به‌دست آمد. حال تیمار قطره‌چکان گلدانی ۸ لیتر در ساعت به‌عنوان برترین قطره‌چکان‌ها بر اساس کمترین مقدار این رتبه‌بندی انتخاب می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تحقیق نشان داد به‌جز تیمار قطره‌چکان گلدانی ۸ و میکروفلاپر ۲ لیتر در ساعت، در تمامی تیمارها گرفتگی شیمیایی در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. در این پژوهش کمترین و بیشترین مقادیر ضریب تغییرات دبی و ضریب تغییرات ساخت متعلق به تیمار قطره‌چکان نتافیم با آبدهی ۸ لیتر در ساعت (رده خوب) و میکروفلاپر ۲ لیتر در ساعت (رده غیرقابل قبول) می‌باشد. بیشترین و کمترین راندمان یکنواختی پخش و ضریب یکنواختی در بین تیمارها به ترتیب متعلق به تیمار قطره‌چکان نتافیم با دبی ۸ لیتر در ساعت (رده عالی) و میکروفلاپر ۲ لیتر در ساعت (رده متوسط) می‌باشد. همچنین کمترین و بیشترین مقادیر درصد خطای اندازه‌گیری در بین تیمارها متعلق به تیمار قطره‌چکان گلدانی با آبدهی ۸ لیتر در ساعت (رده خوب) و میکروفلاپر ۸ لیتر در ساعت (رده غیرقابل قبول) می‌باشد. با استفاده از نتایج تحقیق می‌توان بیان نمود تیماری که دارای کمترین ضریب تغییرات ساخت بود، کمترین ضریب تغییرات دبی و بیشترین یکنواختی پخش را به خود اختصاص داد. بر اساس استانداردها و معیارهای موجود، تیمارهای قطره‌چکان رتبه بندی شد و از بین ۱۰ تیمار قطره‌چکان مورد مطالعه، تیمار قطره‌چکان نتافیم با آبدهی ۸ لیتر در ساعت به‌عنوان بهترین تیمار از نظر پارامترهای هیدرولیکی بود. از نظر معیار مقاومت به گرفتگی قطره‌چکان میکروفلاپر با آبدهی ۲ لیتر در ساعت بهترین قطره‌چکان می‌باشد. اما با توجه به تعریف قطره‌چکان برتر و مجموع اولویت‌های دو معیار فوق، تیمار قطره‌چکان گلدانی با آبدهی ۸ لیتر در ساعت برترین قطره‌چکان‌ها معرفی می‌شود.

منابع

۱- پروینی، م و معروف‌پور، ع. ۱۳۹۲. بررسی ضریب تغییرات ساخت و یکنواختی ریزش قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار رایج در کشور. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۷(۲): ۲۴۲-۲۳۱.

۲- زرداری، م و فتحی، پ. ۱۳۹۱. تأثیر شستشوی هفتگی بر عملکرد هیدرولیکی قطره‌چکان‌ها در شرایط استفاده از پساب تصفیه‌شده. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، ۲(۱): ۶۷-۶۲.

۳- شهبازیانی‌فرد، ا، قربانی، ب.، فتاحی، ر و م، زمانیان. ۱۳۹۱. بررسی عملکرد هیدرولیکی قطره‌چکان‌های سیستم‌های آبیاری قطره‌ای دشت شهرکرد. اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار، ۱۳ صفحه.

۴- علیزاده، ا. ۱۳۸۸ . اصول و عملیات آبیاری قطره‌ای، انتشارات آستان قدس رضوی، ۴۹۳ صفحه.

۵- علیزاده، ص. ۱۳۸۸. بررسی ضریب تغییرات ساخت و عملکرد قطره‌چکان‌های تنظیم کننده و غیر تنظیم‌کننده فشار موجود در بازار. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۴۳ صفحه.

۶- علی حوری، م. ۱۳۸۵. عملکرد و خصوصیات هیدرولیکی انواع قطره‌چکان‌ها در فشارها و دماهای متفاوت. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

۷- فرزام‌نیا، م و حقایقی مقدم، س. ۱۳۸۱. بررسی تاثیر آب شور بر گرفتگی برخی قطره‌چکان‌های مورد استفاده در ایران. مجله علوم و مهندسی آبیاری، ۳۲(۴): ۲۵-۱۵.

۸- قمرنیا، ه. ۱۳۸۴ . اصول کاربرد و بهره برداری و مدیریت سیستم‌های آبیاری میکرو، ۱۴۲ صفحه.

۹- معیدی‌نیا، ع. ۱۳۷۷. تأثیر ترکیبات شیمیایی مختلف آب آبیاری برگرفتگی قطره‌چکان‌ها در آبیاری قطره‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، شته آبیاری و زهکشی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۱۰- نصرالهی، ح ع. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر دما بر دبی چند نوع قطره‌چکان موجود در بازار ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۱۷ صفحه.

11- Adin, A., & Sacks, M. (1991). Dripper clogging factors in wastewater irrigation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 117(6): 813-826.

12- Capra, A., & Scicolone, B. (1998). Water quality and distribution uniformity in drip/trickle irrigation systems. Journal of Agricultural Engineering Research, 70(4): 355-365.

13- Ford, H.W. (1977). The importance of water quality in drip/trickle irrigation systems. FlaState Horticulture, 1: 84-87.

14- Ford, H.W., and Tucker. DPH. (1974). Water quality measurements for drip irrigation systems. FlaState Horticulture 87: 58-60.

15- Gilbert, R.C., Nakayama, F.S. And D.A. Bucks. (1979). Trickle Irrigation: Prevention of clogging. ASAE 22(3): 514-519.

16- Hassanli, A., & Sepaskhah, A. (2000). Evaluation of drip irrigation systems (A case study of citrus gardens in Darab). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 4(2): 13-28.

17- Karmelli, D. and J. Keller. (1975). Trickle Irrigation Design. 1st Edition.

18- BA McElhoe, HW Hilton. (1974). Chemical treatment of drip irrigation water. Second International Drip Irrigation Congress., San Diego, California., pp. 215–220.

19- Yavuz, M. Y., Demirel, K., Erken, O., Bahar, E., & Deveciler, M. (2010). Emitter clogging and effects on drip irrigation systems performances. African Journal of Agricultural Research, 5(7): 532-538.

20- Ahmed, B. A. O., Yamamoto, T., Fujiyama, H., & Miyamoto, K. (2007). Assessment of emitter discharge in micro irrigation system as affected by polluted water. Irrigation and Drainage Systems, 21(2): 97-107.

21- Puig-Bargués, J., Arbat, G., Barragán, J., & De Cartagena, F. R. (2005). Hydraulic performance of drip irrigation subunits using WWTP effluents. Agricultural Water Management, 77(1): 249-262.

22- Ravina, I., Paz, E., Sofer, Z., Marcu, A., Shisha, A., & Sagi, G. (1992). Control of emitter clogging in drip irrigation with reclaimed wastewater. Irrigation Science, 13(3): 129-139.

23- Rowan, M., Mancl, K., & Tuovinen, O. H. (2004). Clogging incidence of drip irrigation emitters distributing effluents of differing levels of treatment. In On-site wastewater treatment X, conference proceedings/ASAE publication, No. 701P0104, pp. 84-91.

24- Sagi, G., Pas, E., Ravinal, I., Schisha, A., Marcu, A. and Z., Yechieli. (1995). Clogging of drip irrigation systems by colonial protozoa and sulfur bacteria. Fifth International Micro Irrigation Congress Oriando, Florida ASAE Publication, 4: 250-259.

25- Suryawanshi S. K., (1995), Success of Drip in India: An Example to the Third World, in F. Lamm (ed.), Micro irrigation for Changing World, Proceedings of the Fifth International Micro irrigation Congress, St Jospeh, MI, American Society of Agricultural Engineers.

26- Trooien, T. P., Lamm, F. R., Stone, L. R., Alam, M., Rogers, D. H., Clark, G. A., & Schlegel, A. J. (2000). Subsurface drip irrigation using livestock wastewater: Dripline flow rates. Applied Engineering in Agriculture, 16(5): 505-508.