ارزیابی فنی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای (مطالعه موردی: کشت و صنعت شهید رجایی دزفول)

مصطفی عشیری[1*]، عبدالرحیم هوشمند[2] و سعید برومندنسب[3]

۱*- نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲- دانشیار گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۶ تاریخ پذیرش: ۹۴/۲/۵

چکیده

طراحی صحیح و اصولی یکی از عوامل مهم در توسعه و بهبود سامانه‌های آبیاری تحت فشار است. این پژوهش با هدف ارزیابی سامانه آبیاری قطره‌ای اجرا شده در کشت و صنعت شهید رجایی شهرستان دزفول، با استفاده از روش مریام-کلر انجام گردید. برای این منظور تعداد پنج سامانه تحت پوشش سامانه آبیاری قطره‌ای انتخاب شد. این سامانه‌ها از نظر آرایش لوله فرعی و دبی اسمی قطره‌چکان‌ها باهم متفاوت بودند. قطره‌چکان‌های به‌کار رفته در این سامانه‌ها خودتنظیم‌کننده فشار با دبی۲/۲، ٤ و ۸ لیتر در ساعت با آرایش‌های دم‌خوکی و موازی بودند. برای ارزیابی سامانه‌های آبیاری، از پارامترهای ضریب یکنواختی کریستیانسن، راندمان یکنواختی پخش، راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین و راندمان واقعی کاربرد ربع پایین استفاده گردید. مقادیر متوسط پارامترهای فوق در سامانه‌های ارزیابی شده به ترتیب ۹۵/۱۲، ۹۱/٦۸، ۸۲/۹۱ و ۹۱/۲ درصد به‌دست آمد. از بین سامانه‌های ارزیابی شده، سامانه با آرایش دم‌خوکی و قطره‌چکان‌های ۸ لیتر در ساعت به عنوان بهترین سامانه از لحاظ پارامترهای اندازه‌گیری شده، انتخاب شد. مقادیر ضریب یکنواختی کریستیانسن، راندمان یکنواختی پخش، راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین، راندمان واقعی کاربرد ربع پایین برای سامانه مذکور به ترتیب ۹۸، ۹۵/۸، ۸٦/۲۲ و ۹۵/۸ درصد به‌دست آمد. مقادیر راندمان یکنواختی پخش به‌دست آمده برای هر پنج سامانه ارزیابی شده در رده "عالی" قرار داشتند. اختلاف کم مقادیر راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین و راندمان واقعی کاربرد ربع پایین نشان‌دهنده مدیریت خوب این سامانه‌ها و طراحی مناسب آن‌ها می‌باشد.

کلید واژه‌ها: ارزیابی آبیاری قطره‌ای، ضریب یکنواختی پخش، یکنواختی پخش، دزفول.

Technical Evaluation of Drip Irrigation Systems (Case Study: Shahid Rajaayi Agro-Industry – Dezful)

M. Ashiri[1*], A. R. Hooshmand[2] and S. Broomand-nasab[3]

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

2- Associate Professor of Department of Irrigation and Drainage, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran.

3- Assistance Professor, Agronomy and Plant Breeding Department, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

Received:26 April 2014 Accepted: 25 April 2015

Abstract

Correct and essential design is one of the important factors in development and improvement of pressurized irrigation systems. This research was performed using Miriam-keller method in order to investigate drip irrigation system implemented in Shahid Rajaayi Agro-Industry, Dezful. To do this, five systems were selected as a drip irrigation system. These systems were different in terms of lateral pipe layout and nominal discharge of drippers. Drippers used in these systems were compensating emitters with 2.2, 4 and 8 liters/hour flow rates and had parallel and pig-tail configurations. To evaluate irrigation systems, Christiansen uniformity coefficient, emission uniformity, potential efficiency of low quarter and actual efficiency of low quarter parameters were used. Mean values of the above parameters in the evaluated systems were obtained 95.12%, 91.68%, 82.91% and 91.2%, respectively. Among systems evaluated, system D from plot 110,

with pig-tail lateral layout and 8 liter/hour drippers was selected as the best system in terms of measured parameters. values of uniformity coefficient, emission uniformity, potential efficiency of low quarter and actual efficiency of low quarter for this system were 98, 95.8, 86.22 and 95.8 percent, respectively. Values of emission uniformity obtained for the evaluated five systems were in "Perfect" class. Low difference of values of Potential Efficiency of Low Quarter and Actual Efficiency of Low Quarter indicates good management of these systems and suitable design of them.

Keywords: Evaluation of drip irrigation, Emission uniformity, Uniformity coefficient, Dezful.

مقدمه

به سبب محدودیت منابع آب شیرین، آلوده شدن تدریجی آن‌ها و افزایش روزافزون جمعیت و تقاضای آب برای مصارف گوناگون، اعمال مدیریت صحیح و هوشمندانه منابع آب در مقیاس‌های محلی، منطقه‌ای و ملی در استفاده بهینه و حفاظت منطقی از آن ضرورتی اجتناب ناپذیر است. با توجه به روند رو به افزایش‌این تقاضا و شرایط اقلیمی‌کشور و مصرف بیش از۹۰ درصد آب در دسترس کشور در بخش کشاورزی راهی جز توجه ویژه و رویکرد منطقی به سمت شیوه‌های کم مصرف آب نیست (میخک بیرانوند، ۱۳۹۲). با رشد جمعیت و توسعه اقتصادی در بسیاری از کشورها و مناطق جهان، این منبع با ارزش به شکلی فزاینده رو به کاهش است (مؤمنی،۱۳۹۰). یکی از روش‌های آبیاری که در آن می‌توان صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در مصرف آب و دیگر هزینه‌ها به‌وجود آورد، روش قطره‌ای می‌باشد.

آبیاری قطره‌ای عبارتست از پخش آهسته آب بر سطح یا زیر خاک به صورت قطرات مجزا، پیوسته، جریان باریک یا اسپری ریز از طریق قطره‌چکان‌هایی که در طول خط انتقال آب قرار دارند (چارلز و استوارت[1]، ۲۰۰۷). تفاوت آبیاری میکرو با آبیاری بارانی این است که در آبیاری میکرو تنها قسمتی از زمین مرطوب خواهد شد (لیاقت، ۱۳۸۸). اگر چه آبیاری قطره‌ای یکی از شیوه‌های نوین آبیاری است که می‌توان با توجه به قابلیت های ذاتی آن از یک سو بیشترین کنترل را اعمال نمود و از سوی دیگر با مدیریت آگاهانه، بازده آبیاری را در حد بالایی حفظ کرد ولی چنانچه در طراحی، اجرا، بهره‌برداری و حفظ و نگهداری سامانه دقت لازم مبذول نگردد، ممکن است اشکال های حاصل از آن بسیار جدی باشد. در آبیاری قطره‌ای هر چه دبی خروجی قطره‌چکان‌ها یکنواخت‌تر باشد بازده سامانه بالاتر خواهد بود. عوامل مهم بر این یکنواختی، تغییرات فشار و ویژگی‌های فیزیکی قطره‌چکان‌ها می‌باشد. علاوه براین عوامل، مدیریت سامانه نیز عامل مهمی است که باید مورد ارزیابی قرار گیرد. مدیریت سامانه با تنظیم ساعات آبیاری، دور آبیاری، کنترل فشارها، نظارت کلی بر عملکرد سامانه و کاربرد صحیح کود و دیگر مواد شیمیایی نقش مهمی در بازده کاربرد و عملکرد اقتصادی سامانه دارد. به همین دلیل وضعیت کارکرد سامانه باید مورد ارزیابی قرار گیرد (پیت و همکاران[2]، ۱۹۹۰).

تحلیل هر روش آبیاری که بر پایه اندازه گیری‌ها، در شرایط واقعی مزرعه و حین کار طبیعی استوار باشد را، ارزیابی آبیاری گویند. از آنجا که ماهیت مسایل کشاورزی به گونه‌ای است که تحت تأثیر عوامل متعددی قرار داشته و هر گونه تحولی بایستی با احتیاط کامل صورت گیرد و با توجه به شرایط اقلیمی، فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی مناطق، شایسته است که بعد از گذشت چند سال از کاربرد این روش‌ها به بررسی و ارزیابی عملکرد آن‌ها پرداخته شود تا مسایل و مشکلات موجود شناخته شده و در ادامه کار از تجارب حاصله استفاده گردد (قاسم زاده مجاوری، ۱۳۶۹).

مطالعاتی که کمیته بین المللی آبیاری و زهکشی در زمینه مسایل و مشکلات آبیاری قطره‌ای انجام داده، حاکی از آن است که در تمام کشورهای جهان یکی از مشکلات اساسی در سامانه‌های قطره‌ای، گرفتگی قطره‌چکان‌ها می‌باشد. مساله انسداد ناشی از عدم کاربرد آب‌های با کیفیت مطلوب و یا انتخاب غیر اصولی سامانه تصفیه می‌باشد که در نتیجه باعث توزیع غیر یکنواخت آب در طول لوله‌های فرعی و در نتیجه کاهش راندمان آبیاری می‌گردد. خطر مسدود شدن قطره‌چکان‌ها همچنین، موجب افزایش هزینه نگهداری و راهبری سامانه از جمله کنترل قطره‌چکان‌ها و تعویض یا تعمیر آن‌ها می‌گردد (نصرالهی، ۱۳۸۹). میخک بیرانوند (۱۳۹۲) تعداد شش سامانه آبیاری قطره‌ای در شهرستان خرم‌آباد را با بهره‌برداری چهار فصل زراعی مورد ارزیابی قرار داد و مقادیر متوسط معیارهای ضریب یکنواختی کریستیانسن، یکنواختی توزیع، راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین و راندمان کاربرد ربع پایین برای این سامانه‌ها را به‌ترتیب ۸۱/۲۳، ۷۲/۴۱، ۴۵/۱۱ و۴۸/۳۳ درصد گزارش کرد.

علیخانی مهوار و زارعی (۱۳۸۸) چگونگی عملکرد آبیاری قطره‌ای و تأثیر صافی‌های شنی و دیسکی بر عملکرد آن را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که احتمال گرفتگی بعضی از قطره چکان‌ها با حضور صافی‌های شنی در سیستم آبیاری میکرو وجود دارد همچنین در اثر شستشوی معکوس، لایه‌های صافی شنی به هم ریخته که این امر در افت فشار و

1- Charles and Stuart.

2- Pitts *et al*.

میزان مواد معلق موجود در آب عبوری و نیز زمان کارکرد سیستم مؤثر خواهد بود. در نهایت عملکرد صافی‌های دیسکی نسبت به صافی شنی از نظر میزان تصفیه آب بهتر ارزیابی گردید. نادری (۱۳۸۹) کیفیت آب در سامانه آبیاری قطره‌ای را مورد بررسی قرار داد و نشان داد آهن و منگنز می‌تواند در غلظت‌هایی در حد ۰/۱ میلی گرم در لیتر موجب گرفتگی قطره چکان‌ها شوند. به دلیل عدم نفوذ عمقی و شستشوی نمک‌ها در خرد آبیاری در صورت آبیاری با آب شور نمک در لایه سطحی خاک تجمع پیدا می‌کند. لذا هنگام طراحی ظرفیت سیستم در نظر گرفتن نیازهای آبشویی بسیار مهم است. از طرف دیگر آب‌های حاوی مقادیر پایین نمک با هدایت الکتریکی کمتر از ۰/۵ میلی موس بر سانتی متر که در خاک‌های غیرشور با نسبت جذب سدیم پایین تا متوسط به کار می رود می‌تواند در نفوذ پذیری خاک اختلال ایجاد کند.

علیزاده و همکاران(۱۳۸۸) در ارزیابی فنی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای نواری اجرا شده در زراعت‌های ردیفی شهرستان چناران که با بررسی پارامترهای مورد نیاز در ارزیابی نظیر ضریب یکنواختی، راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین، راندمان واقعی کاربرد ربع پایین و حداکثر اختلاف فشار در سیستم‌ها انجام شد، نشان داد که در نیمی از مزارع مورد مطالعه دبی قطره چکان‌ها به دلیل پایین بودن فشار و یا گرفتگی کمتر از دبی اسمی آن‌ها بود. برادران هزاوه (۱۳۸۵) تعداد شش طرح آبیاری قطره‌ای مورد ارزیابی قرار داد و پارامترهای ضریب یکواختی، راندمان پتانسیل کاربرد در ربع پایین و راندمان واقعی کاربرد در ربع پایین محاسبه نمود. با توجه به نتایج حاصل از ارزیابی، پارامترهای راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین و راندمان واقعی کاربرد ربع پایین به ترتیب ۵۷ و ۵۹ درصد بدست آوردند. میزان یکنواختی در این ارزیابی ۷۸ درصد محاسبه شد. در نهایت نتیجه گرفته شد که عملکرد سامانه‌های مورد ارزیابی متوسط بود. پیری و همکاران(۱۳۸۷) تعداد هشت سامانه آبیاری قطره‌ای در شهرستان سرباز را که حداقل سه فصل زراعی از بهره‌برداری آن‌ها سپری شده بود، مورد ارزیابی قرار داد، مقادیر متوسط معیارهای ضریب یکنواختی کریستیانسن، یکنواختی توزیع، راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین، راندمان کاربرد ربع پایین را برای این سامانه‌ها به‌ترتیب ۹۳، ۸۸/۱۵، ۶۸/۷۲ و ۷۸/۱ درصد به‌دست آورد.

مارهام و همکاران[1] (۲۰۱۰)، گرفتگی قطره‌چکان‌ها و تأثیر آن بر عملکرد سامانه‌های آبیاری قطره‌ای را بررسی کردند. در این تحقیق برای تعیین سطح گرفتگی قطره‌چکان‌ها، از قطره‌چکان‌های سامانه آبیاری تعدادی از مزارع کشاورزی واقع در کاناکال استفاده شد و اثر آن‌ها بر عملکرد آبیاری مشاهده گردید. قطره‌چکان‌های جمع‌آوری شده از مزارع مختلف ابتدا وارسی شده و سپس در آزمایشگاه هیدرولیک تحت فشارهای ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰و ۳۰۰ کیلو پاسکال آزمایش شدند. 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 بودند به‌ترتیب در محدوده‌های ۰/۴۳و ۰/۶۳، ۰/۴۳ و ۰/۶۹، ۰/۴۸ و ۰/۵۸، ۰/۵۶ و۰/۷۳ قرار می‌گیرد. ضریب تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها در همه لاترال‌هایی که برای یک سال مورد استفاده بودند، در حد پنج درصد تعیین شد. ضریب تغییرات قطره‌چکان‌های دو تا از لاترال‌هایی که به مدت دو سال و تمام لاترال‌هایی که به مدت سه سال مورد استفاده واقع بودند در خارج از محدوده پنج درصد قرار گرفت.

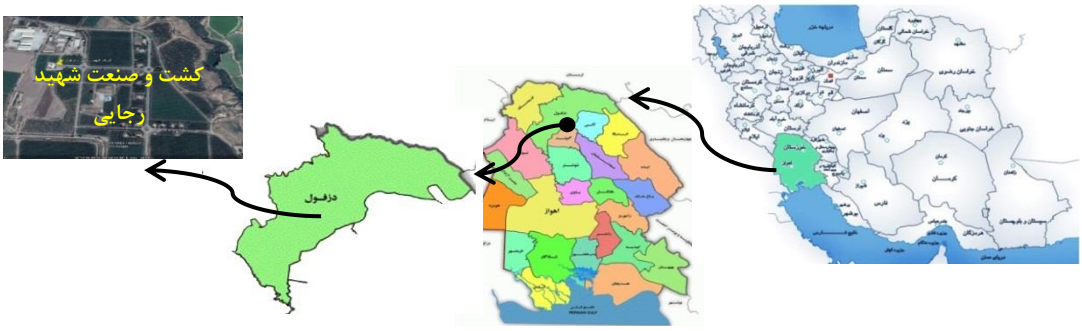
مواد و روش‌ها

شهرستان دزفول از شهرهای استان خوزستان در جنوب غربی ایران است که در کنار رودخانه دز واقع شده است. پژوهش حاضر در تیر ماه سال ۱۳۹۳ در کشت و صنعت شهید رجایی شهرستان دزفول انجام گرفت. کشت و صنعت شهید رجایی در ۲۲ کیلومتری جاده دزفول – صفی‌آباد و در هفت کیلومتری کوتیان، جنوب شرق کوتیان به مختصات ۳۲ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی و ۴۸ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی قرار گرفته است (شکل ۱).

اراضی باغات شرکت کشت و صنعت شهید رجایی به‌وسعت حدود ۱۳۰ هکتار می‌باشد. بافت خاک غالب اراضی رسی لومی و سیلتی رسی لومی می‌باشد. منبع آب موجود در منطقه، شبکه آبیاری دز، قسمتی از رودخانه عجیرب و همچنین، چاه‌های موجود در منطقه می‌باشد. جدول (۱) وضعیت هوا و اقلیم منطقه مورد مطالعه بر اساس آمار ۲۵ ساله ایستگاه سینوپتیک صفی آباد (نزدیک‌ترین ایستگاه به اراضی) از سال ۱۳۶۱ تا ۱۳۹۱ می‌باشد که میزان بارندگی متوسط سالانه در حدود ۳۱۴/۱ میلی‌متر به دست آمد.

نتایج بررسی‌های آب چاه نشان داد (جدول ۲) که هدایت الکتریکی آب برابر با ۰/۷۴دسی زیمنس بر متر و نسبت جذب سدیم برابر با ۱/۱۶ می‌باشد که در طبقه بندی ویلکاکس در کلاس C_2S_1 قرار دارد. اسیدیته آب چاه ۶/۳ محاسبه شد، که برای مصارف کشاورزی مناسب می‌باشد. همچنین نتایج آزمایش‌ها برای آب رودخانه عجیرب نشان داد که هدایت الکتریکی آب برابر با ۰/۷۷۵ دسی زیمنس بر متر و نسبت جذب سدیم برابر با ۱/۲۳ می‌باشد که در طبقه بندی ویلکاکس در کلاس C_2S_1 قرار دارد. در این پژوهش تعداد پنج سامانه (A، B، C، D و E) مورد مطالعه قرار گرفت که این سامانه‌ها از نظر آرایش لوله فرعی و دبی اسمی قطره‌چکان‌ها باهم متفاوت بودند. سامانه‌های A، B، C و D در قطعه ۱۱۰ کشت و صنعت شهید رجایی قرار داشته و از یک ایستگاه کنترل مرکزی آبیاری می‌شوند که شامل هشت فیلتر دیسکی می‌باشد. سامانه E از قطعه ۹۷ کشت و صنعت می‌باشد که از رودخانه عجیرب آبگیری می‌کند و سامانه کنترل مرکزی آن شامل هیدروسیکلون، تانک شن و چهار عدد فیلتر دیسکی می‌باشد. جدول (۳) مشخصات باغ‌های مورد مطالعه و سامانه‌های اجرا شده در آن‌ها می‌باشد.

1- Muharrem *et al.*



شکل ۱ - موقعیت کشت و صنعت شهید رجایی

جدول ۱- میانگین سالیانه عوامل هواشناسی

پارامتر	بارندگی	میانگین دمای هوا	رطوبت متوسط	سرعت باد
واحد	(میلی‌متر)	(درجه سانتی گراد)	(درصد)	(متر بر ثانیه)
میانگین سالیانه	۳۱۴/۱	۲۴/۱	۴۷	۸/۳

جدول ۲- نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی آب چاه قطعه ۱۱۰ و رودخانه عجیرب

محل نمونه برداری	EC	PH	SAR	Cl	Na	Ca	Mg	Hco3	Co3	کلاس آبیاری
چاه قطعه ۱۱۰	۰/۷۴	۶/۳	۱/۱۶	۱/۹	۲/۰۷	۴/۳	۲/۱	۴/۵	۰	C_2S_1
رودخانه عجیرب	۰/۷۷۵	۷	۱/۲۳	۲	۲/۰۷	۴/۰۱	۱/۷۷	۴/۸۶	۰	C_2S_1
واحد	ds/m		meq/lit							

جدول ۳- مشخصات باغ‌های مورد مطالعه و سامانه‌های اجرا شده در آن‌ها

مشخصات سامانه	A	B	C	D	E
مساحت باغ (هکتار)	۷	۳	۱/۵	۳/۵	۲
نوع سامانه آبیاری	موازی	دم‌خوکی	موازی	دم‌خوکی	دم‌خوکی
نوع قطره‌چکان	خودتنظیم	خودتنظیم	خودتنظیم	خودتنظیم	خودتنظیم
دبی قطره‌چکان (لیتر بر ساعت)	۴	۴	۲/۲	۸	۸
تعداد قطره‌چکان برای هر درخت	۱۴	۱۰	۱۶	۳	۱۲
منبع آب	چاه	چاه	چاه	چاه	رودخانه عجیرب
آرایش درختان(m)	۶*۶	۷*۷	۷*۷	۶*۶	۷*۷
درصد سایه انداز	۶۱	۶۹	۷۰	۱۷	۶۲/۶۵
دور آبیاری (روز)	۲	۲	۲	۲	۲
ساعات آبیاری	۵	۹	۱۰	۴	۴
طول عمر سامانه (سال)	۴	۴	۴	۴	۷

انتخاب نقاط نمونه‌برداری بر اساس روش مریام – کلر[1] صورت گرفت. ابتدا یکی از مانیفلدهای در حال کار انتخاب شد. چهار لوله آبده بر روی این مانیفلدها به ترتیب در ابتدای مانیفلد، یک سوم فاصله از ابتدا، دو سوم فاصله از ابتدا و انتهای لوله مانیفلد انتخاب گردید. سپس برروی هر کدام از لوله‌های آبده انتخاب شده، چهار درخت به ترتیب در ابتدا، یک سوم از ابتدا، دو سوم از ابتدا و انتهای لوله آبده انتخاب شد. به این ترتیب ۱۶ درخت انتخاب و برای هر درخت چهار قرائت دبی قطره چکان، با دو بار تکرار صورت گرفت. فشار در ابتدا و انتهای چهار لوله آبده انتخابی به وسیله دو فشار سنج صفر تا دو اتمسفر و صفر تا چهار اتمسفر اندازه‌گیری شد. از مراحل فوق هشت فشار در ابتدا و انتهای لوله آبده و ۶۴ قطره‌چکان برای محاسبه حجم آب، در محل ۱۶ درخت مختلف برای نقاط ریزش مجزا به‌دست آمد. از حجم‌های به‌دست آمده متوسط دبی قطره چکان‌ها و یکنواختی انتشار محاسبه شد.

1- Meryem - keller.

جدول ٤- توصیف راندمان سیستم بر مبنای یکنواختی پخش سیستم

یکنواختی پخش سیستم	نحوه عملکرد سیستم
›۹۰	عالی
۸۰-۹۰	خوب
۷۰-۸۰	متوسط
‹۷۰	ضعیف

جدول۵- طبقه‌بندی قطره‌چکان براساس ضریب تغییرات (علیزاده و همکاران، ۱۳۸۸)

نوع قطره‌چکان	ضریب تغییرات ساخت	گروه
قطره‌چکان‌های نقطه‌ای	< ۰/۰۵	عالی
	۰/۰۵-۰/۰۷	متوسط
	۰/۰۷-۰/۱۱	مرز متوسط و ضعیف
	۰/۱۱-۰/۱۵	ضعیف
	>۰/۱۵	غیرقابل قبول

حداقل فشار ورودی به لوله فرعی[1] (MLIP)

از تعداد کل لوله‌های فرعی که از یک مانیفلد آبگیری می‌کنند، یکی از آن‌ها دارای حداقل فشار ورودی می‌باشد. به این مقدار، حداقل فشار ورودی به لوله فرعی بر روی مانیفلد در حال کار می گویند. محل ایجاد بستگی به افت اصطکاکی و وضعیت توپوگرافی دارد (علیزاده و همکاران، ۱۳۸۸).

فاکتور کاهش راندمان (ERF)

در صورتی که فشار مانیفلدهای در حال کار یکسان نباشد، راندمان کل سیستم کمتر از راندمان مانیفلد مورد آزمایش می‌گردد. البته در اغلب سیستم‌ها وسایل کنترل یا تنظیم کننده فشار در مجرای ورودی مانیفلد نصب می‌گردد. برای برآورد راندمان فاکتور کاهش راندمان، از حداقل فشار ورودی لوله آبده در طول هر مانیفلد و در سرتاسر سیستم استفاده می‌شود که از رابطه (۱) به‌دست می‌آید(قاسم زاده مجاوری، ۱۳۶۹):

$$ERF = \frac{(\overline{MLIP}) + 1.5(MILP_{min})}{2.5(\overline{MILP})} \qquad (۱)$$

ERF: فاکتور کاهش راندمان

$MLIP_{min}$: کمترین فشار ورودی لوله آبده در کل سیستم (متر)

$\overline{MLIP}$: متوسط مقادیر MLIP اندازه‌گیری شده (متر).

راندمان یکنواختی پخش آب درسیستم (EU_s)

راندمان یکنواختی خروج یا پخش آب برای تعیین راندمان سیستم و برآورد عمق ناخالص آب آبیاری ضروری است. راندمان یکنواختی پخش آب درسیستم تابعی از یکنواختی ریزش در ناحیه مورد آزمایش و تغییرات فشار در سرتاسر سیستم می‌باشد. وقتی داده‌های آزمایشی دبی قطره چکان تنها مربوط به یک مانیفلد است، یکنواختی پخش قطره‌چکان‌ها در ناحیه مانیفلد مورد آزمایش از معادله (۲) محاسبه می‌گردد (قاسم زاده مجاوری، ۱۳۶۹).

$$EU_t = \frac{q_n}{q_{avg}} \times 100 \qquad (۲)$$

EUt: یکنواختی پخش قطره‌چکان‌ها در ناحیه مانیفلد مورد آزمایش (درصد)

q_n: دبی ربع پایین قطره‌چکان‌ها در ناحیه مانیفلد مورد آزمایش (لیتردرساعت)

q_{avg}: دبی متوسط کل قطره‌چکان‌ها در ناحیه مانیفلد مورد آزمایش (لیتردرساعت)

با توجه به تعریف فاکتور کاهش راندمان از رابطه زیر برآورد می‌شود:

$$EU_s = ERF \times EU_t \qquad (۳)$$

که در آن :

EU_s: یکنواختی پخش در سیستم آبیاری قطره‌ای (درصد) و

ERF: فاکتور کاهش راندمان می‌باشد.

راندمان سیستم آبیاری قطره‌ای با توجه به مقدار یکنواختی پخش در سیستم، مطابق جدول (۴) و همچنین کیفیت ساخت قطره‌چکان‌ها بر اساس معیار ضریب تغییرات ساخت(جدول ۵) قابل ارزیابی است (علیزاده و همکاران، ۱۳۸۸).

1- Minimum Latral Inlet Pressure

راندمان واقعی کاربرد ربع پایین[1] (AELQ)

با توجه به‌اینکه در آبیاری قطره‌ای در مناطقی که کمترین آب را دریافت می‌کنند دلیلی برای تلف شدن آب از طریق تبخیر و نفوذ عمقی وجود ندارد، بنابراین در آبیاری قطره‌ای بازدهی واقعی چارک پایین کاربرد آب را به صورت رابطه (۴) تعریف می‌کنند:

$$ALEQ = ERF \times EU_t \qquad (۴)$$

راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین[2] (PELQ)

در آبیاری قطره‌ای مفهوم راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین نیز با آنچه در آبیاری بارانی گفته شده است کمی متفاوت است چون در این سامانه فقط بخشی از خاک خیس می‌شود و لذا باید کمبود رطوبت خاک را دائماً جدا کرد. تخمین کمبود رطوبت خاک مشکل است زیرا بخشی از خاک خیس شده منطقه همیشه در حدود ظرفیت زراعی است. به عنوان یک قاعده کلی، نقاطی از سطح زمین که کمترین آب را دریافت می‌کنند باید تقریباً با ۱۰ درصد آب بیشتری از مقدار تبخیر و تعرق و یا کمبود رطوبت خاک تخمینی، آبیاری شوند.

برای سیستم آبیاری قطره‌ای راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین برابر است با رابطه (۵):

$$PLEQ_t = 0.9 \times EU_t \qquad (۵)$$

$$PLEQ_s = 0.9 \times ERF \times EU_t \qquad (۶)$$

$PELQ_t$: راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین در ناحیه مانیفلد مورد آزمایش (درصد)

EUt: یکنواختی پخش قطره‌چکان‌ها در ناحیه مانیفلد مورد آزمایش (درصد)

$PELQ_s$: راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین در سامانه مورد آزمایش (درصد)

ERF: فاکتور کاهش راندمان

درآبیاری ایده آل که در آن کمبود رطوبت خاک به علاوه ده درصدآب اضافه به مناطقی که آب کمتردریافت کرده‌اند اضافه می‌شود، آنگاه راندمان واقعی کاربرد ربع پایین برابر با راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین می‌گردد (قاسم زاده مجاوری، ۱۳۶۹). در این تحقیق از روابط (۵) و (۶) برای محاسبه راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین استفاده شده است.

ضریب یکنواختی (CU) و یکنواختی توزیع (DU)

یکنواختی کاربرد آب در باغ معیاری است که بر اساس آن می‌توان مشخص کرد که آب چگونه در سطح زمین پخش شده است (آسوق و کیکر[3]، ۲۰۰۲). اگر مقدار آب خارج شده از هر قطره‌چکان ملاک توزیع آب در باغ باشد ضریب یکنواختی کریستیانسن و یکنواختی توزیع آب در ربع پائین از روابط زیر به‌دست می‌آید (علیزاده و همکاران، ۱۳۸۸):

$$CU_t = \left(1 - \frac{\sum|D_i - \overline{D}|}{\overline{D} - n}\right) \qquad (۷)$$

CU_t: ضریب یکنواختی کریستیانسن بلوک آزمایش (درصد)

D_i: دبی به‌دست آمده از هر قطره‌چکان (لیتردرساعت)

$\overline{D}$: متوسط دبی‌های اندازه گیری شده (لیتردرساعت)

n: تعداد مشاهدات

$$DU_t = \frac{D_q}{\overline{D}} \qquad (۸)$$

DU_t: یکنواختی توزیع در ربع پایین بلوک آزمایش (درصد)

D_q : متوسط دبی در یک چهارم کمترین مقادیر اندازه‌گیری شده (لیتردرساعت)

$\overline{D}$: متوسط دبی‌های اندازه گیری شده در ناحیه مانیفلد مورد آزمایش (لیتردرساعت)

نتایج و بحث

افت درایستگاه کنترل مرکزی(فیلتراسیون)

در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای بخش قابل توجهی از فشار تأمین شده برای سامانه در مسیر عبور آب از فیلترهای مختلف (هیدروسیکلون، شنی و دیسکی) تلف می‌شود. به‌دلیل انسداد منافذ در فیلترهای 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. سامانه‌های A، B، C و D که همه در قطعه ۱۱۰ کشت و صنعت قرار داشتند، از یک ایستگاه کنترل مرکزی آبگیری می‌کردند که شامل هشت فیلتر دیسکی بودند. میزان افت فشار در آن سه متر بوده (جدول ۶)، که با توجه به این‌که ایستگاه کنترل مرکزی با میزان افت کمتر از ۳/۵ متر مناسب می‌باشد (بی‌نام، ۱۳۸۶) می‌توان نتیجه گرفت که سامانه های فیلتراسیون در این مزارع از عملکرد قابل قبولی برخوردار بوده است.

سیستم E در قطعه ۹۷ کشت و صنعت قرار داشت که شامل هیدروسیکلون، تانک شن و چهار عدد فیلتر دیسکی بود. عمر این سامانه نسبت به سامانه کنترل مرکزی سایر سامانه‌های مورد مطالعه بیشتر بود، لذا تجهیزات آن از استهلاک بالاتری برخودار بودند و سبب شده بود تا افت فشار بیشتری در سامانه اتفاق بیافتد. به همین دلیل میزان افت فشار در آن ۵/۲ متر بوده (جدول۶)، که طبق دستور العمل اداره کل بهبود و توسعه روش‌های آبیاری تحت فشار (بی‌نام، ۱۳۸۶)، سامانه کنترل مرکزی باغ دارای عملکرد نامناسب می‌باشد که نیاز به تمیز کردن و تعمیر دارد.

1- Actual Efficiency of Low Quarter
2 - Potential Efficiency of Low Quarter
3 - Ascough and Kiker.

جدول ٦- مشخصات فشار ورودی و خروجی در ایستگاه پمپاژ در قطعه ۱۱۰ و قطعه ۹۷

شماره قطعه	فشار ورودی (متر)	فشار خروجی (متر)	اختلاف فشار (متر)
قطعه ۱۱۰	۳۰	۲۷	۳
قطعه ۹۷	۳۰	۲۴/۸	۵/۲

جدول ۷- توزیع فشار در لوله‌های فرعی سامانه‌های مورد مطالعه

سیستم	A	B	C	D	E
حداکثر فشار در لوله جانبی (متر)	۱۶/۳	۱۶/۲	۱۲	۱۶/۳	۱۶/۳
حداقل فشار در لوله جانبی (متر)	۱۳	۱۳/۵	۱۱	۱۴/۷	۱۴/۷
میانگین فشار در لوله جانبی (متر)	۱۴/۹	۱۴/۹۷	۱۱/۴۴	۱۵/۵۴	۱۵/۵۴
درصد تغییرات فشار در لوله جانبی	۱۵/۵	۱۶/۶	۸/۳	۶	۱۰

جدول۸- متوسط دبی اندازه گیری شده و درصد تغییرات دبی در سامانه‌های مورد ارزیابی

سامانه	A	B	C	D	E
دبی اسمی قطره‌چکان (لیتر در ساعت)	۴	۴	۲/۲	۸	۸
متوسط دبی اندازه گیری شده (لیتر در ساعت)	۴/۱۱	۴/۰۳	۲/۰۸	۷/۹۵	۶/۶۵
تغییرات دبی اندازه گیری شده(درصد)	۲۷	۹	۱۱	۱۳	۹

توزیع فشار در واحد آبیاری

در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای طول لوله جانبی و مانیفولدها برای شرایطی محاسبه می‌شود که تغییرات دبی بین قطره‌چکان‌هایی که در یک واحد آبیاری هم زمان کار می‌کنند حدود۱۰ درصد باشد. با توجه به رابطه بین دبی و فشار قطره‌چکان‌ها، در صورت مسطح بودن اراضی، تغییرات فشار در واحد آبیاری نباید بیش از ۲۰ درصد باشد. ازاین میزان ۵۵ درصد آن متعلق به لوله جانبی و ۴۵ درصد آن متعلق به مانیفولد می‌باشد (قاسم زاده مجاوری، ۱۳۶۹). جدول (۷) توزیع فشار در واحدهای آبیاری را نشان می‌دهد.

داده‌های جدول (۷) نشان می‌دهد هر پنج باغ مورد ارزیابی دارای تغییرات فشار در محدوده استاندارد می‌باشند، که نشان‌دهنده طراحی مناسب طول خط لوله فرعی سامانه‌ها می‌باشد. سامانه D دارای کمترین مقدار تغییرات فشار بوده که به دلیل آرایش دم‌خوکی و تعداد کم قطره‌چکان‌های این سامانه می‌باشد. بیشترین درصد تغییرات فشار مربوط به سامانه B می‌باشد که به دلیل طولانی‌تر بودن خط لوله فرعی این سامانه نسبت به سایر سامانه‌های مورد ارزیابی می‌باشد.

درصد سطح خیس شده

میانگین سطح خیس شده در سامانه‌های مورد ارزیابی پایین‌تر از مقدار توصیه شده برای مناطق خشک و نیمه خشک (۶۶٪ < PW < ۳۳٪) بوده و از ۳۱/۸ درصد در سامانه A تا ۱۲ درصد در سامانه D متغیر بوده است. برای افزایش سطح خیس شده پیشنهاد می‌شود با افزایش فاصله بین قطره‌چکان‌ها، جلوگیری از روی هم قرار گرفتن لوله فرعی در آرایش دم خوکی و قرار دادن لوله‌های فرعی در فاصله مناسب از یکدیگر در آرایش موازی درصد سطح خیس شده را افزایش داد.

آبدهی قطر چکان‌ها

مهمترین پارامتر تأثیرگذار بر عملکرد یک سامانه آبیاری قطره‌ای میزان آبدهی قطره‌چکان‌ها است. آبدهی قطره‌چکان‌ها به عوامل متعددی از قبیل نوع قطره‌چکان و ضریب تغییرات ساخت، فشار سامانه و کیفیت آب بستگی دارد. در جدول (۸) متوسط دبی اندازه گیری شده و درصد تغییرات دبی در سامانه‌های مورد ارزیابی آمده است.

در سامانه E به دلیل عدم شستشوی اولیه لوله‌ها قبل از بهره برداری سبب شده بود تا گل‌ولای موجود در لوله ها سبب ایجاد گرفتگی در قطره‌چکان ها شود که همان‌طور که در جدول (۸) نشان داده شده است میانگین دبی اندازه‌گیری شده (۶/۶۵ لیتر در ساعت)، حدود ۱/۴ لیتر در ساعت از دبی اسمی قطره‌چکان‌های مورد استفاده (۸ لیتر در ساعت) کمتر می‌باشد.

پارامتر های محاسبه شده در ارزیابی سامانه های آبیاری قطره‌ای

مقادیر حاصل از ارزیابی با توجه به توزیع دبی و فشار در زیر واحد آبیاری و با استفاده از روابط، محاسبه شدند. مقادیر حاصله در جدول (۹) گزارش شده است. همچنین در کنار هر پارامتر رتبه مربوط به آن در مقایسه با سایر سامانه‌ها نوشته شده، که کمترین رتبه مربوط به بهترین سامانه می‌باشد. سامانه‌ها در محدوده رتبه هشت به عنوان بهترین سامانه و در محدوده رتبه ۴۰ به عنوان ضعیف‌ترین طبقه‌بندی می‌شوند.

جدول ۹- نتایج به‌دست آمده از ارزیابی سامانه‌های مورد مطالعه و رتبه‌بندی هر یک از پارامترها

سامانه	A	B	C	D	E
درصد کاهش دبی	۹/۶۷ (۵)	۲/۳۷ (۲)	۳/۹۷ (۳)	۲/۰۱ (۱)	۵/۹۱ (۴)
ضریب یکنواختی	۹۰/۳۳ (۵)	۹۵/۳ (۳)	۹۶ (۲)	۹۸ (۱)	۹۴/۱ (۴)
یکنواختی توزیع	۸۰/۶ (۵)	۹۵/۱ (۲)	۹۴/۱ (۳)	۹۶/۳ (۱)	۹۰ (۴)
ضریب تغییرات ساخت	۱۲/۹ (۵)	۶ (۳)	۵/۷ (۲)	۳ (۱)	۷/۵ (۴)
راندمان یکنواختی پخش آب	۸۵/۸ (۵)	۹۴/۲ (۲)	۹۳ (۳)	۹۵/۸ (۱)	۸۹/۸ (۴)
راندمان یکنواختی پخش آب در سامانه	۸۴/۸۱ (۵)	۹۴/۲ (۲)	۹۳ (۳)	۹۵/۸ (۱)	۸۸/۲۴ (۴)
راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین سامانه	۷۶/۳۳ (۵)	۸۴/۷۸ (۲)	۸۳/۷ (۳)	۸۶/۲۲ (۱)	۷۹/۴۲ (۴)
راندمان کاربرد ربع پایین سامانه	۸۴/۸۱ (۵)	۹۴/۲ (۲)	۹۳ (۳)	۹۵/۸ (۱)	۸۸/۲۴ (۴)
مجموع رتبه‌های هرسیستم	۴۰	۱۸	۲۲	۸	۳۲

جدول ۱۰ - نتایج آزمون تی یک جمله‌ای

سیستم	دبی اسمی (لیتر در ساعت)	آماره آزمون تی	درجه آزادی	معیار تصمیم گیری	میانگین اختلافات	محدوده اطمینان ۹۵ درصد	
						حد بالا	حد پایین
A	۴	۱/۷۸۸	۶۳	۰/۰۷۹	۰/۱۱۸۸	۰/۲۵۲	-۰/۱۴۰
B	۴	۰/۵۲۵	۶۳	۰/۱۳۲	۰/۰۴۶۳	۰/۱۰۷	۰/۰۱۴۴
C	۲/۲	-۷/۹۴۶	۶۳	۰/۰۰۰	-۰/۱۱۸	-۰/۰۸۸	-۰/۱۴۸
D	۸	-۱/۳۷۵	۴۷	۰/۱۷۶	-۰/۰۴۸	۰/۲۲۰	-۰/۱۱۸
E	۸	-۲۱/۴۰۷	۶۳	۰/۰۰۰	-۱/۳۳۵	-۱/۲۱۰	-۱/۴۶

طبق تعریف SCS، درصورتی که راندمان یکنواختی پخش آب از قطره‌چکان‌ها در کل سامانه بیشتر از ۹۰ درصد باشد، عملکرد سامانه عالی و در صورتی که بیشتر از ۸۰ درصد باشد، عملکرد سامانه خوب توصیف می‌گردد. در سامانه‌های B، C و D پارامتر فوق بیشتر از ۹۰ درصد به دست آمد و راندمان یکنواختی پخش آب در این سامانه‌ها عالی ارزیابی گردید. همچنین در سامانه‌های A و E راندمان یکنواختی پخش آب بیشتر از ۸۰ درصد اندازه‌گیری شد و این سامانه ها از نظر پارامتر فوق خوب توصیف شدند. ارتگا و همکاران[1] (۲۰۰۲) در ارزیابی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، راندمان یکنواختی پخش در مناطق نیمه خشک اسپانیا را ۸۲ درصد ارزیابی کردند که کمتراز میانگین راندمان یکنواختی پخش (۹۱/۶ درصد) در سامانه‌های مورد مطالعه می‌باشد. سیستم D و A دارای کمترین و بیشترین مقدار ضریب تغییرات ساخت به ترتیب به مقادیر ۰/۰۳ و ۰/۱۲۹ بودند، که بر اساس جدول (۵) به‌ترتیب جزء مقادیر عالی و ضعیف می‌باشند. سیستم D و A دارای بیشترین و کمترین مقدار راندمان کاربرد ربع پایین به ترتیب به مقادیر ۹۵/۸ درصد و ۸۴/۸۱ درصد بودند که نشان می‌دهد این مقادیر در مقایسه با مقادیر به‌دست توسط میخک بیرانوند (۱۳۹۲) و پیری و همکاران (۱۳۸۷) که به ترتیب برابر با ۴۸/۳۳ و ۷۸/۱ هستند، از راندمان بالاتری برخوردار می‌باشند.

مقدار متوسط راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین سامانه برای سامانه‌های مورد ارزیابی ۸۲/۱ درصد به‌دست آمد. این مقادیر در مقایسه با مقادیر به‌دست آمده توسط برادران هزاوه (۱۳۸۵)، بیرانوند (۱۳۹۲) و پیری و همکاران (۱۳۸۷) که به ترتیب برابر با۵۷، ۴۵/۱۱ و ۶۸/۷۲ نشان می‌دهد که سامانه‌های مورد ارزیابی از راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین بالاتری برخوردار هستند، که نشان‌دهنده مدیریت درست و طراحی مناسب این سامانه‌ها می‌باشد.

اختلاف کم بین دو پارامتر راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین سامانه و راندمان واقعی کاربرد ربع پایین، نشان‌دهنده مدیریت خوب این سامانه‌ها می‌باشد. با توجه به نتایج جدول (۹) و رتبه بندی به‌عمل آمده، به ترتیب سامانه‌های D، B، C، E و A با مجموع رتبه‌های ۸، ۱۸، ۲۲، ۳۲ و ۴۰ به عنوان بهترین تا ضعیف‌ترین سامانه ارزیابی شدند. در جدول (۱۰) نتایج آزمون تی یک نمونه‌ای دبی‌های اندازه‌گیری شده و دبی ارایه شده توسط سازنده برای تمام سامانه‌ها ارایه شده است.

در صورتی‌که مقدار معیار تصمیم گیری بیشتر از ۰/۰۵ باشد، بین میانگین دبی‌های اندازه‌گیری شده با دبی ارایه شده توسط سازنده اختلاف معنی‌دار وجود ندارد. با توجه به جدول (۹) قطره‌چکان‌های بکار رفته در سامانه‌های C و E دچار گرفتگی و کاهش دبی معنی‌دار شده‌اند. دلیل این اختلاف معنی‌دار در سامانه C، پایین بودن کیفیت ساخت و مدیریت ضعیف سامانه در تأمین فشار کارکرد بوده و باعث کمتر شدن دبی قطره‌چکان‌ها از دبی ارایه شده توسط کارخانه شده‌است. در سامانه E ایستگاه کنترل مرکزی و ایستگاه فیلتراسیون به‌دلیل عمر بالا (۱۰ سال) عملکرد مناسبی نداشته است.

1 - Ortega *et al.*

نتیجه‌گیری

مقادیر متوسط پارامترهای ضریب یکنواختی کریستیانسن، راندمان یکنواختی پخش، راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین، راندمان واقعی کاربرد ربع پایین در سامانه‌های ارزیابی شده به ترتیب ۹۵/۱۲، ۹۱/۶۸، ۸۲/۹۱ و ۹۱/۲ درصد به‌دست آمد. سامانه D و A دارای بیشترین و کمترین مقدار ضریب یکنواختی به ترتیب به مقادیر ۹۰/۳۳ درصد و ۹۸ درصد بودند، که هردو جزء مقادیر عالی هستند. سامانه D و A دارای بیشترین و کمترین راندمان یکنواختی پخش آب در سامانه به ترتیب ۹۵/۸ درصد و ۸۴/۸ درصد بودند، که جزء مقادیر عالی و خوب می‌باشند. سامانه D و A دارای بیشترین و کمترین مقدار راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین به ترتیب به مقادیر ۸۶/۲۲ درصد و ۷۶/۳۳ درصد بودند. سامانه D و A دارای بیشترین و کمترین مقدار راندمان کاربرد ربع پایین به ترتیب به مقادیر ۹۵/۸ درصد و ۸۴/۸۱ درصد بودند. به‌طور کلی هر پنج سامانه مورد مطالعه در حد خوب تا عالی ارزیابی گردیدند. با توجه به داده‌های به‌دست آمده از بین سایر سامانه‌ها، سامانه A به عنوان بهترین سامانه و سامانه D به عنوان ضعیف‌ترین سامانه ارزیابی گردیدند.

برای بهبود و افزایش کارایی سامانه های مورد مطالعه توصیه می‌شود:

بازدید مرتب از قطره‌چکان‌ها، اتصالات و مشاهده نحوه کارکرد آن‌ها و درصورت لزوم تعویض آن‌ها و همچنین شستشوی سامانه و خروج مواد اضافی از لوله های جانبی انجام پذیرد. همچنین می‌توان با تعمیر و جایگزین کردن تجهیزات سامانه فیلتراسیون قطعه ۹۷ به بالابردن راندمان سامانه‌های آبیاری این قطعه کمک کرد، و با اضافه کردن هیدروسیکلون به سامانه فیلتراسیون قطعه ۱۱۰ از گرفتگی صافی‌های دیسکی این قطعه جلوگیری شود.

تقدیر و تشکر

از مدیر عامل، معاونت و کلیه پرسنل محترم کشت و صنعت شهید رجایی دزفول که در انجام این پژوهش همکاری نموده‌اند تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

۱- برادران هزاوه، ف. بهزاد، م. برومند نسب، س. و الف. محسنی موحد. ۱۳۸۵. ارزیابی فنی سامانه‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای اجرا شده در شهرستان اراک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۸۶ صفحه.

۲- بی‌نام. ۱۳۸۶. معیار ها و مبانی طراحی روش های آبیاری تحت فشار. اداره کل توسعه روش های آبیاری تحت فشار (طراحی)، ۲۸۶صفحه.

۳- پیری، ح. بهزاد، م. و ع. هوشمند. ۱۳۸۷. ارزیابی فنی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای اجرا شده در سطح شهرستان سرباز. دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۸ صفحه.

۴- علیخانی مهوار، ح. و ر. زارعی. ۱۳۸۸. چگونگی عملکرد آبیاری قطره‌ای و تاثیر صافی های شنی و دیسکی بر عملکرد آن. همایش ملی علوم آب، خاک، گیاه و مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، ۵ صفحه.

۵- علیزاده، ا. و شاهرخ نیا، م. و م. ذبیحی حصاری. ۱۳۸۸. ارزیابی فنی سیستم های آبیاری قطره‌ای نواری اجرا شده در زراعت های ردیفی شهرستان چناران. دومین همایش منطقه‌ای علوم کشاورزی و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد فسا، ۵ صفحه.

۶- علیزاده، ا. ۱۳۸۸ . طراحی سیستم های آبیاری. جلد دوم. طراحی سیستم های آبیاری تحت فشار.چاپ سوم، انتشارات آستان قدس رضوی. ۴۹۳ صفحه.

۷- قاسم زاده مجاوری، ف. ۱۳۶۹. ارزیابی سیستم های آبیاری مزارع. انتشارات آستان قدس رضوی، ۲۸۵صفحه.

۸- لیاقت، ع. و م. ملایی کندلوس. ۱۳۸۸. آبیاری قطره‌ای، انتشارات دانشگاه تهران، ۲۱۴ صفحه.

۹- مؤمنی، ر.۱۳۹۰. ارزیابی سناریوهای افزایش بهره‌وری مصرف آب گندم دیم در حوزه کرخه با استفاده از آنالیزهای مدیریتی مدل رشد گیاهی CropSyst. مجله مدیریت آب و آبیاری، ۱: ۴۰-۲۹.

۱۰- میخک بیرانوند، ز. ۱۳۹۲. بررسی مسایل و مشکلات بهره‌برداری و فنی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای شهرستان خرم‌آباد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۱۳ صفحه.

۱۱- نادری، ن. ۱۳۸۹. کیفیت آب در سیستم آبیاری قطره‌ای. سومین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۸ صفحه.

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

13- Ascough, G. W. and Kiker. G. A. 2002. The effect of irrigation uniformity on irrigation water requirements. South African Water Research Commission. April 2002. pp. 235-241

14- Charles, M. B. and W. S. Stuart. 2007. Drip and micro-irrigation design and management for trees, vines, and field crops. 3rd Edition. Published by the Irrigation Training and Research Center, 393 p.

15- Muharrem, y., Kursad, y., Okan, D., Erdem, E. B. and d. Merve. 2010. Emitter clogging and effects on drip irrigation system performances. African journal of Agricultural Research vol, 5(7). pp. 532-538

16- Ortega, J., Tarjuelo, J. M. and J. A. Juan. 2002. Evaluation of irrigation performance in localized irrigation systems of semiarid regions, Journal of Scientific Research and Development, 4: 1-17.

17- Pitts, D. J., D. Z. Hamani, and A. G. Smajstrla. 1990. Causes and prevention of emitter plugging in micro-irrigation Systems. University of Florida. Bulletin: 258.