



بررسی تغییرات دبی در قطره چکان های مختلف در اثر اعمال فاضلاب تصفیه شده

یحیی چوپان^{۱*}، سمیه امامی^۲

^۱ گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

^۲ گروه مهندسی آب دانشگاه تبریز

تاریخچه داوری:

دریافت: ۱۳۹۷-۰۵-۲۸

بازنگری: ۱۳۹۷-۰۶-۰۲

پذیرش: ۱۳۹۷-۰۷-۰۳

ارائه آنلاین: ۱۳۹۷-۰۷-۲۱

کلمات کلیدی:

آبیاری قطره ای،

فاضلاب تصفیه شده،

درصد یکنواختی

قطره چکان

خلاصه: پژوهش ها بیانگر این است که استفاده از روش آبیاری قطره ای اغلب نسبت به روش های دیگر آبیاری، سازگاری مناسبی را با کاربرد فاضلاب تصفیه شده دارد. در همین راستا، به منظور مطالعه تغییرات دبی قطره چکان ها در اثر استفاده از فاضلاب تصفیه شده در سیستم های آبیاری قطره ای، دو سیستم آبیاری قطره ای (یک سیستم با آب چاه به عنوان تیمار شاهد و دیگری با فاضلاب تصفیه شده از تصفیه خانه شهرستان میاندوآب به عنوان تیمار اصلی) نصب و اجرا گردید. بنا به تفاوت و حساسیت قطره چکان های مختلف در برابر گرفتگی فیزیکی متاثر از املاح موجود در آب، از چهار قطره چکان شامل، قطره چکان یورو درپ ۴ لیتری با فواصل خروجی یک متری، دو قطره چکان ایران درپ ۴ لیتری با فواصل خروجی یک متری و لوله تیپ ۱۶ میلی متری با فواصل خروجی ۲۰ و ۳۰ سانتی متری استفاده گردید. سیستم ها در حالت فشار کارکرد ۴ متر تحت آزمایش قرار گرفتند و مشخص گردید قطره چکان یورو درپ با دارا بودن کم ترین درصد کاهش دبی بهترین عملکرد را داراست و با مدیریت فنی و صحیح، سیستم قابلیت اجرا با فاضلاب تصفیه شده را دارد. بالاترین درصد یکنواختی پخش مطلق قطره چکان ها در زمان کار با فشار ۴ متر مربوط به قطره چکان یورو درپ با ۹۵/۶٪ و کمترین مقدار مربوط به قطره چکان ایران درپ با ۸۸/۱۵٪ درصد می باشد. هم چنین قطره چکان ایران درپ بیشترین درصد کاهش دبی و به میزان ۲۹/۴٪ را به خود اختصاص داد.

۱- مقدمه

راندمان بهتر و مؤثرتر برای محصولات می گردد (زرداری و همکاران، ۱۳۹۱، قرچه و همکاران، ۱۳۹۴، ابراهیمی و همکاران (۲۰۱۲). آبیاری قطره ای نخست در سال ۱۸۶۰ در آلمان، به عنوان یک روش مناسب برای آبیاری گیاهان ارائه شد. ولی توسعه این روش تا بعد از جنگ جهانی دوم و ساخت لوله های پلی اتیلن از نظر اقتصادی عملا غیر ممکن بود. نفوذ عمقی کم، افزایش حاصل خیزی خاک، کاهش رشد علف های هرز و در نتیجه کاهش استفاده از علف کش ها از جمله مزیت های بارز استفاده از فاضلاب های تصفیه شده با روش های آبیاری قطره ای می باشد (چپرا و اسکیلون، ۲۰۰۷).

پژوهشگران متعددی در رابطه با عوامل مؤثر بر دبی و یکنواختی پخش قطره چکان ها بررسی و تحقیق نموده اند که می توان به موارد

در طول سالیان اخیر، رشد روزافزون جمعیت، گسترش فعالیت های کشاورزی و صنعتی برای تامین مواد غذایی از یک سو و خشکسالی های پی در پی در برخی از مناطق واقع در اقلیم های خشک و نیمه خشک از سوی دیگر، موجب شده است که منابع آب شیرین سطحی و زیرسطحی به اوج بهره برداری خود برسند و از لحاظ کمی و کیفی در وضعیت بحرانی قرار گیرند. یکی از راه حل های اساسی در چنین شرایطی استفاده از پساب فاضلاب تصفیه شده به عنوان یک راه کار مناسب برای غلبه بر کمبود آب محسوب می شود. بررسی تحقیقات نشان داده است که ترکیبی از روش آبیاری قطره ای با استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده باعث تامین آب با

* نویسنده عهده دار مکاتبات: yahyachoopan68@gmail.com

زیر اشاره نمود:

آدین و ساکس (۱۹۹۱)، پس از بررسی سه نوع قطره چکان گزارش دادند که انسداد قطره چکان هایی که از پساب استفاده می‌کنند، نخست به وسیله ذرات جامد صورت می‌گیرد، ولی این لزوماً همان مرحله اول گرفتگی نیست و سرعت گرفتگی بیش‌تر تحت تأثیر اندازه ذرات است تا مقدار ذرات و بیان کردند که جلبک‌ها زمانی عامل گرفتگی می‌شوند که به ذرات دیگر بچسبند. ایشان هم چنین بیان کردند که ترکیب‌های شیمیایی رسوبات موجود در قطره چکان‌ها با تغییر فصل تغییر می‌کند. بدین صورت که در زمستان (فصل مرطوب) و بهار عامل گرفتگی بیش‌تر آلومینیوم و سیلیکون بوده در حالی که در تابستان (فصل خشک) و پاییز درصد بالایی از فسفر و کلسیم در قطره چکان‌ها مشاهده شد.

تیلور (۱۹۹۲)، نتیجه گرفت کارایی قطره چکان‌ها، بیش‌تر به نوع قطره چکان وابسته است. وی پس از مقایسه قطره چکان‌هایی که با پساب و آب آبیاری کار می‌کردند، بیان کرد که قطره چکان‌هایی که با آب آبیاری کار می‌کردند از کارایی بهتری برخوردار بودند، ولی این برتری معنی دار نبود.

تیلور و همکاران (۱۹۹۵) برای بررسی علت گرفتگی قطره چکان‌ها به هنگام استفاده از پساب، یک طرح آبیاری در جنوب غربی پرتغال اجرا کردند. آن‌ها در عملیاتی صحرائی و در دوره ای بالغ بر دو فصل زراعی، خصوصیات کاربردی ۵ نوع قطره‌چکان را بررسی نمودند. ایشان میزان حساسیت نسبت به گرفتگی و ماهیت ذرات عامل گرفتگی را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و اعلام کردند که انسداد قطره چکان‌ها، حاصل انباشتگی و به دام افتادن ذرات ماسه در مسیر قطره چکان بوده و مواد آلی شامل جلبک‌های برکه ای در این فرآیند نقش ثانویه داشته و نوع قطره چکان در مقایسه با کیفیت آب نقش مهم تری در ایجاد گرفتگی داشت. بررسی‌های آن‌ها هم چنین نشان داد که ذرات ماسه با قطره ۱۰۸۰-۳۶۰ میکرومتر علت اصلی گرفتگی در اکثریت قریب به اتفاق قطره چکان‌های مسدود مورد آزمایش بود.

ترویین و همکاران (۱۹۹۹ و ۲۰۰۰) عملکرد ۵ نوع قطره چکان با دبی‌های (۰/۵۷، ۰/۹۱، ۱/۵، ۲/۳ و ۳/۵) را در طی دو فصل زراعی با آب حوضچه‌های تثبیت فاضلاب بررسی کردند. نتایج آن‌ها حاکی از این بود که دو نوع قطره چکان با دبی کم‌تر دچار انسداد شده و

گرفتگی در سه نوع دیگر ناچیز بود. هم چنین نشان دادند با همه این بررسی‌ها رابطه مستقیمی بین میزان گرفتگی و دبی قطره چکان‌ها وجود ندارد.

عابدی کوپایی و بختیاری فر (۱۳۸۳)، تأثیر پساب تصفیه شده بر خصوصیات هیدرولیکی انواع قطره چکان‌ها در سیستم آبیاری قطره ای را بررسی نمودند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که هم کیفیت آب و هم نوع قطره چکان در کاهش دبی مؤثر است. استفاده از پساب، باعث کاهش بیش‌تر دبی قطره چکان‌ها شده که اثر آن در کاهش دبی در مقایسه با استفاده از آب زیرزمینی در سطح ۵ درصد معنی دار می‌باشد.

زررداری و همکاران (۱۳۹۱)، تأثیر شستشوی هفتگی بر عملکرد هیدرولیکی قطره چکان‌ها را در شرایط استفاده از پساب تصفیه شده مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش از چهار نوع قطره چکان میکروفلاپر، نتافیم، لوله قطره چکان دار و آنتیلکوک استفاده شد. نتایج نشان داد که تیمار مدیریتی شستشو باعث افزایش آبدهی، یکنواختی پخش، یکنواختی پخش مطلق یکنواختی کریستیانسن و کاهش ضریب تغییرات دبی تمامی قطره چکان‌ها در شرایط آبیاری با پساب می‌شود.

قرچه و همکاران (۱۳۹۴)، تأثیر کود آبیاری بر گرفتگی برخی قطره چکان‌ها در آبیاری قطره ای را مورد مطالعه قرار دادند. برای بررسی میزان گرفتگی قطره چکان‌ها درصد کاهش دبی، یکنواختی پخش، ضریب یکنواختی کریستیانسن و ضریب تغییرات دبی محاسبه گردید. نتایج نشان داد نوع کود و نوع قطره چکان از نظر آماری ($P < 0.01$) اثر بسیار معنی داری روی ویژگی‌های بررسی شده داشتند.

ایل‌گندی و همکاران (۲۰۰۹)، گزارش کردند گرفتگی قطره چکان‌ها با افزایش نیتروژن افزایش و دبی آن‌ها کاهش می‌یابد.

گنجی و همکاران (۲۰۱۱)، نتیجه گرفتند افزایش غلظت کود آبیاری اثر قابل توجهی بر تغییرات دبی دارد. گرفتگی قطره چکان‌ها باعث کاهش دبی، یکنواختی پخش و ضریب یکنواختی کریستیانسن قطره چکان‌ها و افزایش ضریب تغییرات دبی قطره چکان‌ها شد که این تغییرات برای قطره چکان‌های مختلف متفاوت بود.

ابراهیمی و همکاران (۲۰۱۲)، اثر تیمار پساب را بر گرفتگی قطره چکان‌ها نسبت به تیمار آب خالص (شاهد) بررسی کردند. نتایج

بلوک، شیرفلکه و فشارسنج بر روی لوله آبرسان تعبیه شد. سیستم تصفیه شامل هیدروسیکلون، فیلتر سنی، تانک کود و فیلتر دیسکی بعد از چاه نصب شد. سیستم دارای یک لوله ی نیمه اصلی و یک لوله فرعی از جنس پلی اتیلن به قطرهای ۱۶ و ۳۲ میلی متر بود. جهت ارزیابی و مقایسه انواع قطره چکان های مورد استفاده در سیستم های آبیاری قطره ای از چهار نوع قطره چکان:

الف) یورو درپ ۴ لیتری با فواصل خروجی یک متری، این نوع قطره چکان جزء محبوب ترین قطره چکان ها و دارای تاییدیه وزارت کشاورزی می باشد و در انواع قطره چکان یورو درپ کرونا ۲ لیتر، قطره چکان یورو درپ کرونا ۴ لیتر و قطره چکان یورو درپ کرونا ۸ موجود می باشد.

قطره چکان یورودریپ از نوع روی خط و جبران کننده فشار می باشد و نیز یورودریپ دارای خاصیت خود شویندگی بوده ولی فیلتراسیون مورد نیاز برای قطره چکان یورودریپ مش ۱۲۰ می باشد. از دیگر ویژگی های قطره چکان یورودریپ خاصیت آنتی-بیوی آن می باشد، به همین دلیل از قطره چکان یورودریپ می توان در جاهایی که آفتاب گیر شدید می باشد استفاده کرد. قطره چکان یورودریپ دارای اثر زه کشی و برگشت معکوس آب نمی باشد و مقاوم در برابر سم و کود و مواد شیمیایی مایع می باشد. از مهم ترین مزایای قطره چکان یورودریپ می توان نصب آسان بدون نیاز به ابزار، جلوگیری از اثر زه کشی، خاصیت یک طرفه بودن و جلوگیری از ورود آلودگی و برگشت آب، مقاومت در برابر گرفتگی و قطره چکان روی خط را نام برد.

ایران درپ ۴ لیتری با فواصل خروجی یک متری، این نوع قطره چکان توسط شرکت ایران درپ در دو مدل، با آبدهی ۴ لیتر در ساعت و ۸ لیتر در ساعت تولید و ارائه می گردد. از ویژگی های این قطره چکان می توان به ثابت بودن دبی خروجی از آن، با تغییر فشار اشاره نمود. در این قطره چکان ها در محدوده فشار ۱ تا ۳ بار، دبی خروجی از قطره چکان تغییر نمی کند. ثابت ماندن دبی با تغییر فشار باعث می شود تا بتوان از آن ها در زمین های ناهموار استفاده نمود. هم چنین این اطمینان را می دهد که تمام قطره چکان های نصب شده روی یک خط لترال به میزان برابر آب خارج کنند و در نتیجه، همه نقاط زمین به میزان مساوی آبیاری شود.

تیپ درزدار ۱۶ میلی متری با فواصل خروجی ۲۰ سانتی متری

مطالعه ی ایشان نشان داد که استفاده از پساب و تعداد دفعات آبیاری بر گرفتگی قطره چکان ها مؤثر است.

نصراللهی و همکاران (۱۳۹۱)، با بررسی عملکرد هیدرولیکی قطره چکان های تنظیم کننده و غیرتنظیم کننده فشار در فشار و دماهای مختلف گزارش کردند که با افزایش دمای آب آبیاری دبی قطره چکان های غیر تنظیم کننده فشار افزایش یافت.

هزارجریبی و همکاران (۱۳۹۲)، عملکرد هیدرولیکی سه نوع قطره چکان خارجی تنظیم شونده (Siplast, Inline168 and Katif8) را در فشارهای کارکرد مختلف مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که طراحی آبیاری قطره ای به ویژه رابطه دبی-فشار بایستی براساس نتایج واقعی آزمایشگاهی باشد نه براساس آن چه که در کاتالوگ قطره چکان ها از طرف شرکت سازنده ارائه می گردد.

در ایران علی رغم قرار گرفتن در منطقه خشک و نیمه خشک و نیاز مبرم به استفاده از آبیاری با استفاده از آب های نامتعارف و تنوع کیفیت منابع آب، انجام مطالعات جامعی در خصوص عملکرد قطره چکان های متداول ساخت داخل در اثر اعمال فاضلاب تصفیه شده امری ضروری به نظر می رسد. با توجه به آن که روش آبیاری قطره ای در اراضی منطقه میاندوآب واقع در استان آذربایجان غربی از رونق خوبی برخوردار است، لذا پژوهش حاضر به بررسی تأثیر تغییرات دبی قطره چکان ها در اثر استفاده از فاضلاب تصفیه شده با دو هدف بررسی امکان استفاده از قطره چکان های موجود در بازار کشور و مقایسه عملکرد قطره چکان ها و معرفی بهینه ترین قطره چکان انجام شد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

جهت دستیابی به اهداف پژوهش حاضر، دو سیستم آبیاری قطره ای در محل مزرعه شخصی در منطقه جنوب شهرستان میاندوآب واقع در استان آذربایجان غربی به مساحت ۲۰۰۰ مترمربع به شکل مستطیل با طول ۵۰ و عرض ۴۰ متر نصب و راه اندازی گردید. نحوه ی اجرای هر دو سیستم مشابه هم بود. با این تفاوت که یکی از سیستم ها به عنوان تیمار شاهد از آب چاه منطقه (T_1) و سیستم دوم به عنوان تیمار اصلی از فاضلاب تصفیه شده در تصفیه خانه شهرستان میاندوآب (T_2) مورد آزمایش قرار گرفت. جهت کنترل فشار آب ورودی به هر

جدول ۱. انتخاب فواصل قطره چکان های تیپ درزدار برای آبیاری یک مزرعه با بافت های مختلف خاک
Table 1. Selection of distance between tape emitters for irrigation of a field with different soil textures

بافت خاک مزرعه	فواصل مناسب قطره چکان های تیپ درزدار (سانتی متر)
سبک (شنی)	۲۰-۱۰
متوسط (لوم)	۳۰-۲۰
سنگین (رسی)	۴۰-۳۰

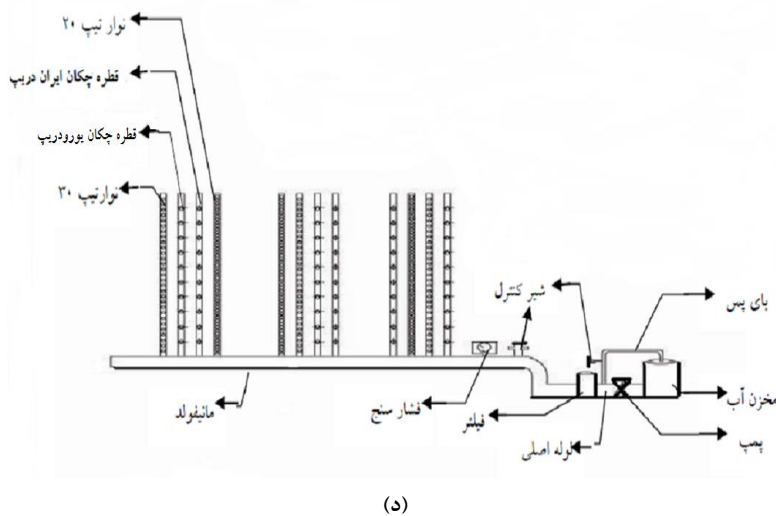
و تیپ درزدار ۱۶ میلی متری با فواصل خروجی ۳۰ سانتی متری، قطره چکان های تیپ با ضخامت ۱۵۰، ۱۷۵، ۲۰۰ و ۲۵۰ میکرون ساخته می شوند که معمول ترین ضخامت مورد استفاده در بازار ۱۷۵ میکرون یا ۱۷۵ میلی متر است (جدول ۱). قطره چکان های تیپ از موادی ساخته شده اند که در برابر اشعه ماوراءبنفش نور خورشید، تغییرات دما، پوسیدگی، مواد شیمیایی متداول در کشاورزی نظیر کود و سموم شیمیایی مقاوم می باشند. هرچند ضخامت این قطره چکان ها کم است، ولی می توانند در مقابل عوامل طبیعی مقاوم باشند و فشار مورد نیاز (که به طور متوسط ۱ بار است) را به خوبی تحمل کنند.

تیمار بعدی بررسی تغییرات دبی قطره چکان ها بود (D_1, D_2) و D_3 و D_4 ، هم چنین در هر سیستم، لترال ها در سه تکرار (R_1, R_2) و R_3 نصب شد. در شکل ۱، شمای قطره چکان های مورد استفاده و ترسیمی سیستم آبیاری قطره ای مورد مطالعه با آب چاه آورده شده است.



پژوهش حاضر در مرداد ماه سال ۱۳۹۶ شروع و در اوایل آذر ماه ۱۳۹۶ به اتمام رسید. اندازه گیری آبدهی قطره چکان ها در تاریخ ۲۵ مرداد ماه شروع و در هر دوره ۲۰ روزه تکرار و در تاریخ ۵ آذر ماه خاتمه یافت (جدول ۲). فاضلاب مورد نیاز از ایستگاه پمپاژ تصفیه خانه میاندوآب تامین گردید. مخزن آب معمولی (چاه) نیز به شبکه آب مزرعه وصل و هر روز کاری ابتدا اقدام به پر کردن مخزن آب چاه نموده و پس از آن سیستم مربوطه شروع و راه اندازی می گردید. انتخاب آب چاه محل به این دلیل است که اراضی منطقه میاندوآب از کشاورزی نسبتاً خوب و با رونقی برخوردار بوده و آب مورد نیاز این بخش نیز از طریق حفر چاه عمیق تأمین می گردد. در جدول های ۳ و ۴، به ترتیب نتایج آزمایش های عناصر سنگین و داده های بیوشیمیایی فاضلاب تصفیه شده ارائه شده توسط تصفیه خانه در مهرماه ۱۳۹۶ ارائه شده است.

در تمام مراحل اجرا و داده برداری عملیات به صورت دستی و با نهایت دقت در خصوص زمان شروع سیستم ها، زمان خاموشی (دقیقا به مدت ۱۲۰ دقیقه)، کنترل لحظه ای سیستم از فشارسنج تا انتهای لترال و هم چنین دقت بسیار زیاد در موقع تخلیه ظروف جمع آوری آب جهت اندازه گیری و ثبت دقیق حجم و اندازه گیری شده در جداول مربوطه و دبی به دست آمده صورت پذیرفت. برای محاسبه پارامترهای مورد نیاز ارزیابی و بررسی روند تغییرات آبدهی قطره چکان ها تحت اثر تیمارهای مختلف مدیریت آبیاری، آزمایش ها به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی ((در مجموع در



شکل ۱. الف)، ب) و ج) شمای قطره چکان های مورد استفاده و د) شمای ترسیمی سیستم آبیاری قطره ای مورد مطالعه با آب چاه
Fig. 1. a), b) and c) Diagram of the emitters used and d) drawing diagram of the drip irrigation system studied with well water

جدول ۲. خصوصیات کیفی آب و فاضلاب تصفیه شده
Table 2. Quality characteristics of water and treated wastewater

مرز استاندارد	داده‌های تصفیه خانه (فاضلاب)	نتایج آزمایش محقق		واحد	پارامترهای اندازه‌گیری شده
		پساب	آب چاه		
-	-	۷۲	-	Mg/l	چربی
۹۸	۸۵	۱۴۷	-	Mg/l	اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD5)
-	۵۲۸	۱۲۳۸	۴۶۰	Me/l	کل مواد جامد محلول (TDS)
۹۸	۵۹	۲۶	۴/۳	Mg/l	کل مواد جامد معلق (TSS)
-	-	۲۸	۴/۲	Mg/l	نیتрат بر حسب NO3
-	-	۳/۴	۱/۲	Me/l	کلسیم
-	-	۴/۵	۰/۹	Me/l	منیزیم
-	-	۸	۲/۱	Me/l	سدیم
-	-	۵۳	۱/۰۵	Mg/l	فسفات
-	-	۱۴۷	۱۸/۱	ان-تی-یو	کدورت
۶/۳-----۸/۱	۷/۲	۷/۷	۸/۱	-	PH
-	-	۲۶۵۰	۹	در ۱۰۰ میلی لیتر	کلیرم روده‌ای (اشرشیا)
۰/۰۴	-	۰/۰۰۶	۰	Me/l	کیالت
-	-	۰/۸	۰/۰۰۳	Me/l	آرسنیک
-	۱۰۵۲	۱۲۶۰	۷۳۶	Mμ/CM	هدایت الکتریکی (EC)

۱. برگرفته از سازمان حفاظت محیط زیست ایران، ۱۳۷۳

جدول ۳. نتیجه آزمایشات عناصر سنگین در مهرماه توسط تصفیه خانه
Table 3. Results of heavy element tests in October by the treatment

تاریخ گزارش	نام آزمایش	نتیجه	واحد	نرمال
۱۳۹۶/۰۷/۱۴	روی	۰/۰۰۴۱	ppm	۲
	مس	۰/۰۰۲۹	ppm	۱
	نیکل	۰/۰۰۱۵	ppm	۲
	کروم	۰/۱/۰۱	ppm	۱
	کادمیوم	۰/۰۰۰۴	ppm	۰/۰۴
	بر		ppm	۱
	سانید		ppm	۰/۰۱

داشته‌شد. در طول دوره آزمایش آب موجود در فاضلاب تصفیه‌شده به علت تبخیر و اندازه‌گیری‌های صورت گرفته، در ۲ نوبت تعویض شد. به منظور مطالعه روند تغییرات دبی قطره چکان‌ها تحت تاثیر کیفیت آب در هر هفته، میزان آب خروجی هر قطره چکان در مدت

هر سیستم ۱۲ لترال (۴ لترال از ۴ نوع قطره چکان در ۳ تکرار) می‌باشد که به صورت هم‌زمان فعالیت می‌نمایند انجام شد. ساعات کارکرد سیستم در هر روز ۸ ساعت بود و فشار کارکرد سیستم در کل دوره آزمایش در حد یک اتمسفر (معادل ۱۰ متر آب) ثابت نگه

جدول ۴. داده های بیوشیمیایی فاضلاب تصفیه شده ارائه شده توسط تصفیه خانه در مهرماه ۱۳۹۶

Table 4. Biochemical data of treated wastewater provided by the treatment in October 2017

تاریخ گزارش	نام آزمایش	نتیجه	واحد	نرمال
۱۳۹۶/۰۷/۱۴	NO3		Mg/l	
	TSS	۷۱	Mg/l	۱۰۰
	COD	۱۸۵	Mg/l	۲۰۰
	BOD5	۸۳	Mg/l	۱۰۰
	TDS	۵۴۵	Mg/l	
	EC	۱۱۱۵	Umohs/cm	
	PH	۷/۱		۸
	S.A.R	۵/۹۰		

باشد که باعث اتصال ذرات معلق موجود در فاضلاب تصفیه شده (شن، لای، مواد آلی، بقایای جلبک ها، دیاتومه ها و دیگر موارد) و ایجاد ذرات درشت تر می شود (عابدی و بختیاری فرد، ۱۳۸۳، آدیس و ساکس، ۱۹۹۱، تیلور، ۱۹۹۲، تیلور و همکاران، ۱۱۹۵ و ترویین و همکاران ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰).

پوئیگ برگئوس (۲۰۰۵)، یکی از علل تغییر ناگهانی دبی قطره چکان ها را به هنگام کاربرد فاضلاب تصفیه شده وجود کلونی های میکروبی در قطره چکان ها دانسته که موجب تجزیه ی توده های مسدودکننده قطره چکان ها می شوند زرداری و فتحی (۱۳۹۱)، علت افزایش نیافتن دبی قطره چکان ها در تیمار پساب همراه با شستشو را شستشوی این میکرو ارگانیسم ها و خارج شدن آن ها از لترال ها گزارش کردند.

عابدی کوپائی و بختیاری فر (۱۳۸۳)، گزارش کردند که دبی قطره چکان ها به هنگام کاربرد پساب بیش تر از آب چاه می باشد و اثر پساب در کاهش دبی و در مقایسه با آب چاه در سطح ۵ درصد معنی دار می باشد (شکل ۲). هم چنین نتیجه گرفتند که نوع قطره چکان نیز بر درصد کاهش دبی مؤثر است که با نتایج پژوهش حاضر هم خوانی دارد.

نتایج مطالعات انجام گرفته قبلی در مورد قطره چکان هایی که با آب کار می کردند نیز نشانگر آن است که در ۹۰ درصد از آن ها، عامل مسدود شدن لایه های بیولوژیکی و مواد آلی ناشی از رشد باکتری ها بوده که این لایه ها باعث چسبیدن ذرات ماسه به مسیر جریان می شوند (آدین و ساکس، ۱۹۹۱، تیلور، ۱۹۹۲، تیلور و همکاران، ۱۱۹۵ و ترویین و همکاران ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰).

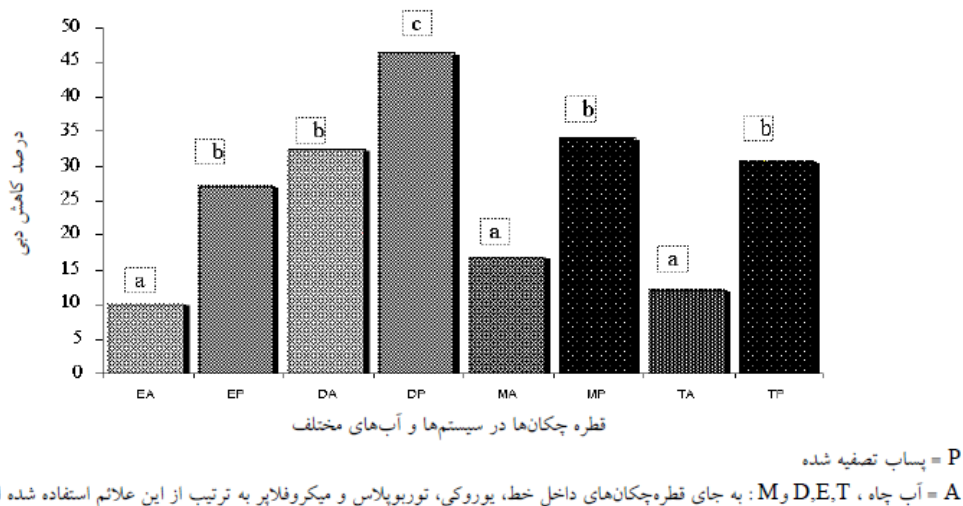
با توجه به این که تاثیر فاضلاب تصفیه شده در کاهش دبی قطره

۵ دقیقه اندازه گیری شد. اندازه گیری ها با فرض ثابت بودن چگالی فاضلاب تصفیه شده در حد ۱ گرم بر سانتی مترمکعب به صورت وزنی و با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۱ گرم انجام شد. به منظور بررسی روند تغییرات دبی قطره چکان ها تحت تاثیر کیفیت آب در هر آزمایش، دبی هر یک از قطره چکان ها از طریق تقسیم حجم آب جمع شده در ظرف زیر قطره چکان به زمانی که آب در ظرف جمع شده است، محاسبه شد. پس از جمع آوری اطلاعات، پارامترهای یکنواختی پخش، کاهش دبی و انسداد قطره چکان ها با استفاده از روابط مربوطه محاسبه گردید. جهت تحلیل، بررسی داده ها، توصیف آماری آن ها، محاسبه یکنواختی، پخش یکنواخت و پخش مطلق از نرم افزار Excel ۲۰۱۰ و جهت بررسی سطح احتمال و معنی داری یا غیر معنی دار بودن داده ها از نرم افزارهای آماری از قبیل Minitab و Dstatc استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

در شکل ۲، سطح معنی داری در چهار قطره چکان در دو سیستم آورده شده است. با بررسی تأثیر کیفیت آب بر دبی قطره چکان ها معلوم شد که اثر فاضلاب تصفیه شده در کاهش دبی قطره چکان ها در مقایسه با آب چاه در سطح احتمال یک درصد معنی دار است. درصد کاهش دبی قطره چکان ایران درپ در هر دو نوع آب از قطره چکان های دیگر بیش تر است که تفاوت آن ها در سطح ۵ درصد معنی دار است.

یکی از دلایل کاهش دبی قطره چکان ها در هنگام استفاده از فاضلاب تصفیه شده می تواند وجود لجن حاصل از رشد باکتری ها



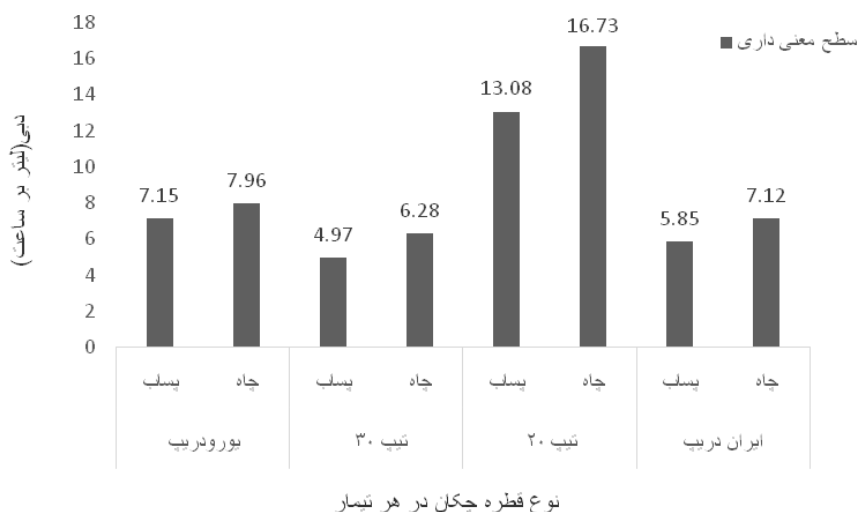
شکل ۲. درصد کاهش دبی قطره چکان‌ها در آب‌های مختلف (میانگین‌های دارای حرف یکسان اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد ندارند) (عابدی کوپایی و بختیاری فرد (۱۳۸۳)

Fig. 2. Percentage reduction of emitters in different waters (averages with the same letter are not significant at the level of 5%) (Abedi Koopai and Bakhtiarifard, 2004)

چکان‌ها در مقایسه با آب چاه در سطح ۵ درصد معنی دار است، بنابراین در مورد استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده در آبیاری قطره‌ای، تصفیه فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک امری ضروری بوده و طراحی فیلترهای مربوطه توجه ویژه‌ای را می‌طلبد (عابدی کوپایی و بختیاری فرد (۱۳۸۳)). با توجه به شکل ۳، اگر اختلاف بین درصد کاهش دبی فاضلاب تصفیه‌شده و آب چاه در هر یک از قطره چکان‌ها بیش از ۵ درصد باشد، اختلاف معنی دار وجود دارد. هم‌چنین عابدی کوپایی و بختیاری فرد (۱۳۸۳) و قرچه و همکاران (۱۳۹۴)، در مطالعه‌های خود نشان دادند که درصد کاهش دبی و افزایش ضریب تغییرات دبی

قطره چکان‌ها نسبت به تیمار شاهد بیش تر بوده و این اختلافات از نظر آماری ($p \geq 0.05$) بسیار معنی دار است (جدول ۵)، که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد.

در شکل ۴، عملکرد قطره چکان یورو در دو سیستم با فشار کاری ۴ متر طی ۲۴ نوبت آبیاری نشان می‌دهد. شکل ۴، حاکی از شیب مناسب نمودار پساب فاضلاب تصفیه‌شده در قطره چکان یورو در مدیریت آبیاری حائز اهمیت است. دلیل این امر را می‌توان در وجود تنظیم‌کننده‌های موجود در این قطره چکان دانست.



شکل ۳. سطح معنی داری در چهار قطره چکان در دو سیستم

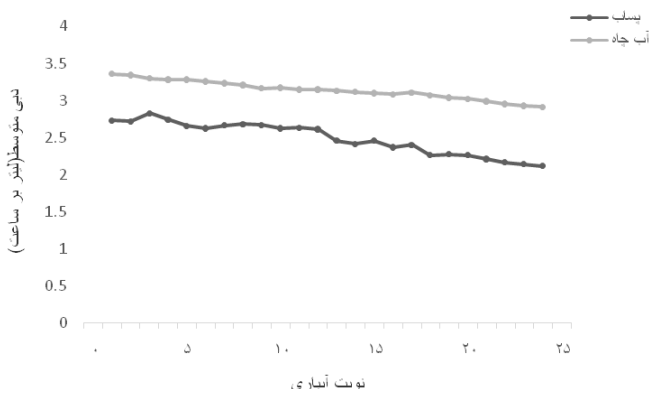
Fig. 3. Significant level in four emitters in two systems

جدول ۵. مقایسه میانگین کاهش دبی و افزایش ضریب تغییرات دبی تحت تاثیر فاکتورهای قطره چکان قرچه و همکاران (۱۳۹۴)

Table 5. Comparison of mean discharge reduction and discharge coefficient increase under the influence of emitter factors Gharcheh et al., (2015)

تیمار Treatment	کاهش دبی Discharge reduction (%)	افزایش ضریب تغییرات دبی Discharge coefficient of variations increase (%)	تیمار Treatment	کاهش دبی Discharge reduction (%)	افزایش ضریب تغییرات دبی Discharge coefficient of variations increase (%)
قطره چکان A (Emitter A)	25.94c	27.14b	شاهد (Control)	21.50c	20.51c
قطره چکان B (Emitter B)	35.57a	44.07	نیترات آمونیوم (Ammonium nitrate)	30.94b	31.98b
قطره چکان C Emitter C	28.17b	27.04	اوره Urea	36.80a	45.77a
LSD %5	0.45	0.59	LSD %5	0.45	0.59

اعداد دارای حروف لاتین یکسان در هر ستون، فاقد اختلاف معنی دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشند.



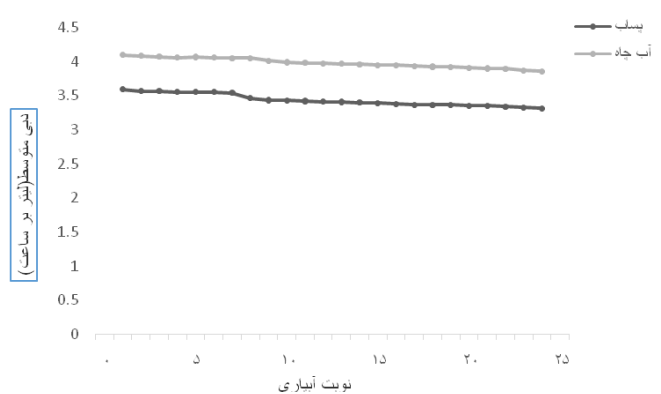
شکل ۵. قطره چکان مدل نوار تیپ با فواصل خروجی ۳۰ سانتی متری در دو سیستم در فشار کاری ۴ متر در طی ۲۴ نوبت آبیاری

Fig. 5. Tape emitter with 30 cm output distances in two systems at working pressure of 4 meters during 24 irrigations

خالص و ناخالص آبیاری را در منطقه ریشه به دست آورد، بایستی ضرایب یکنواختی سیستم مشخص گردد. از آن جا که یکنواختی پخش آب یکی از دو جزو مؤثر بر راندمان آبیاری است، بنابراین از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. این پارامتر براساس رابطه کلر و کارملی (۱۹۷۴)، به صورت رابطه ۱ بیان می شود (هزارجریبی و همکاران، ۱۳۹۲):

$$EU = \left(\frac{q_n}{q_a} \right) \times 100 \quad (1)$$

در این رابطه، q_n متوسط دبی قطره چکان در چارک پایین و q_a دبی



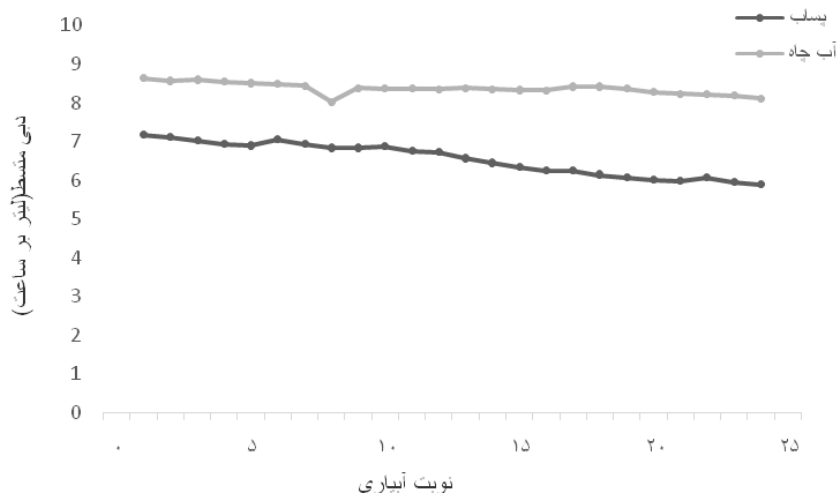
شکل ۴. قطره چکان یورودریپ در دو سیستم با فشار کاری ۴ متر طی ۲۴ نوبت آبیاری

Fig. 4. Euro-drip emitter in two systems with a working pressure of 4 meters during 24 irrigations

شکل ۵، مربوط به قطره چکان نوارهای تیپ ۱۶ میلی متری با فواصل خروجی ۳۰ سانتی متری می باشد و نشان می دهد که قطره چکان در فشار ۴ متر در مقابل فاضلاب تصفیه شده رفتار موزونی از خود نشان داده و عملکرد مطلوب و یکنواختی دارد. نتیجه گرفته می شود که نوارهای تیپ با فواصل خروجی ۳۰ سانتی متر در فشار کاری کم تر عملکرد بهتری دارند (گنجی و همکاران (۲۰۱۱) و قرچه و همکاران (۱۳۹۴)).

۳-۱- یکنواختی پخش

در یک سیستم آبیاری قطره ای برای آن که بتوان رابطه بین عمق



شکل ۶. قطره چکان مدل نوار تیپ با فواصل خروجی ۲۰ سانتی متر در هر دو سیستم در فشار کاری ۴ متر در طی ۲۴ نوبت آبیاری
 Fig. 6. Tape emitter with outlet distances of 20 cm in two systems at a working pressure of 4 m during 24 irrigations

و حداقل دبی در قطره چکان ها می باشد که به فرم رابطه ۲ بیان می شود:

$$q_{var} = \left(\frac{q_{max} - q_{min}}{q_{max}} \right) \times 100 \quad (2)$$

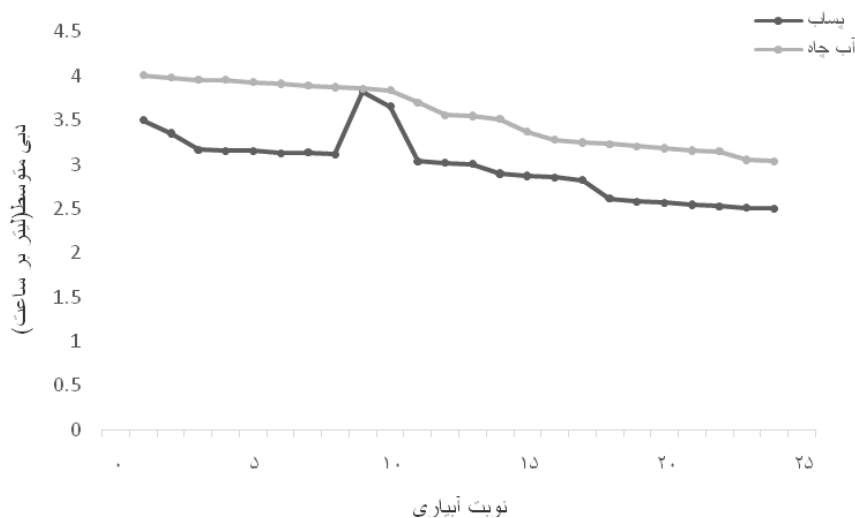
که در آن، q_{min} و q_{max} به ترتیب بیانگر حداکثر و حداقل دبی در قطره چکان ها می باشند.

شکل ۷، قطره چکان ایران دریپ را نشان می دهد که این نوع قطره چکان دارای گرفتگی موقت بوده و به طور تقریبی دبی آن از یک روند ثابتی در طول دوره آبیاری برخوردار است، ولی با این وجود

متوسط قطره چکان های مورد آزمایش بر حسب لیتر در ساعت می باشد. با توجه به شکل ۶، قطره چکان ۱۶ میلی متری با خروجی ۲۰ سانتی متر در فشار کاری ۴ متر دارای یکنواختی پخش بهتری است، در نتیجه این نوارهای تیپ خیلی به فشار کاری بالایی نیاز نداشته و در فشار پایین درصد کاهش دبی کم تر است. هم چنین با توجه به شکل ۶، روند کاهش دبی در فشار کاری ۴ متر نرخ تغییرات متعادل تری می کند.

۳-۲- تغییرات دبی

شاخص ارزیابی تغییرات دبی در قطره چکان ها، مقایسه حداکثر



شکل ۷. قطره چکان ایران دریپ در دو سیستم با فشار کاری ۴ متر در طی ۲۴ نوبت آبیاری
 Fig. 7. Iran drip emitter in two systems with working pressure of 4 meters during 24 irrigations

در هر لترال تعدادی از قطره چکان ها دارای دبی متفاوت هستند.

کم تر از این میزان باشد، شرایط مطلوب تر خواهد بود.

۳-۳- ضریب تغییرات ساخت (CV)

چنان چه تعدادی از قطره چکان های ساخت یک کارخانه در شرایط یکسان فشار و دما مورد آزمایش و آبدهی آن ها مورد اندازه گیری قرار گیرد، مشاهده خواهد شد که عموماً مقادیر آبدهی اندازه گیری شده با هم مساوی نبوده و با یکدیگر اختلاف دارند (علی‌زاده، ۱۳۸۸). جهت بیان تفاوت بین خروجی از قطره چکان های ساخت یک کارخانه با یکدیگر، از ضریب تغییرات ساخت به صورت روابط ۳ و ۴ استفاده شده‌است:

$$CV = \frac{S_d}{q_a} \quad (3)$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - q_a)^2}{n-1}} \quad (4)$$

در این روابط، q_i دبی اندازه گیری شده قطره چکان، q_a دبی متوسط دبی قطره چکان ها و S_d انحراف معیار معیار دبی های اندازه گیری شده قطره چکان های مورد آزمایش بر حسب لیتر در ساعت می باشند.

در پژوهش حاضر، استاندارد انجمن مهندسان کشاورزی آمریکا (۲۰۰۴)، جهت ارزیابی کیفی قطره چکان ها مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۶).

جدول ۶. طبقه بندی کیفی قطره چکان های نقطه ای براساس استاندارد انجمن مهندسان کشاورزی آمریکا (ASAE EP405.1)

Table 6. Qualitative classification of point emitters according to the standard of the american association of agricultural engineers (ASAE EP405.1)

گروه	ضریب تغییرات ساخت (CV) (%)
عالی	> 0.5
متوسط	$0.5 - 0.7$
مرزی	$0.7 - 1.1$
ضعیف	$1.1 - 1.5$
غیر قابل استفاده	< 1.5

ضریب تغییرات به دست آمده از نرم افزار Dstatc برابر ۶/۳۶ درصد می باشد. بنابر استاندارد انجمن مهندسان کشاورزی آمریکا (۲۰۰۴)، هرچه میزان CV هر یک از قطره چکان های مورد مطالعه

۳-۴- محاسبه زمان انسداد قطره چکان ها بر اساس درصد کاهش دبی

با توجه به درصد کاهش دبی بعد از ۸ نوبت آبیاری (۳ روزه)، درصد کاهش دبی برای قطره چکان ایران دریپ ۲۸/۴ درصد مشاهده شد که با توجه به این روند این نوع قطره چکان در زمان استفاده از فاضلاب تصفیه شده بعد از ۲۸ نوبت آبیاری به انسداد کامل می رسد.

$$100 / 28/4 = 3/5$$

$$3/5 \times 8 = 28 = \text{زمان انسداد}$$

به همین نسبت برای قطره چکان ایران دریپ در زمان استفاده از آب چاه پس از ۳۳ نوبت آبیاری، انسداد کامل رخ می دهد.

نتایج حاصل با نتایج مطالعات تیلور و همکاران (۱۹۹۵) که اعلام کردند که انسداد قطره چکان ها، حاصل انباشتگی و به دام افتادن ذرات ماسه در مسیر قطره چکان بود و نتایج مطالعه ی ترویین و همکاران (۱۹۹۹ و ۲۰۰۰) هم خوانی دارد.

۳-۵- درصد کاهش دبی

پارامتر فوق نیز جهت بررسی تاثیر کیفیت آب و فاضلاب تصفیه شده بر درصد کاهش دبی قطره چکان ها به کمک رابطه ۱، محاسبه گردید. روش محاسبه به این صورت است که طبق فرمول حجم آب خروجی در نوبت آخر آبیاری از حجم آب خروجی در نوبت اول آبیاری کم شده و بر مقدار خروجی قطره چکان در روز اول تقسیم می گردد که جهت تبدیل به درصد در عدد ۱۰۰ نیز ضرب گردید که نتایج به دست آمده در جدول ۷ ارائه شده‌است.

$$100 \times (\text{دبی روز اول} / \text{دبی روز اول} - \text{دبی روز آخر}) \quad (5)$$

با بررسی جدول ۷، مشخص گردید که بیش ترین درصد کاهش دبی در حالت فشار کاری ۴ متر مربوط به قطره چکان ایران دریپ در مقابل فاضلاب تصفیه شده می باشد. هم چنین این قطره چکان در مقابل آب چاه مورد استفاده نیز از درصد کاهش دبی قابل توجهی برخوردار است و کم ترین کاهش مربوط به قطره چکان یورو دریپ می باشد.

همان گونه که از شکل ۸، مشاهده می شود، بیش ترین درصد

جدول ۷. نتایج مربوط به درصد کاهش دبی

Table 7. Results related to the percentage of discharge reduction

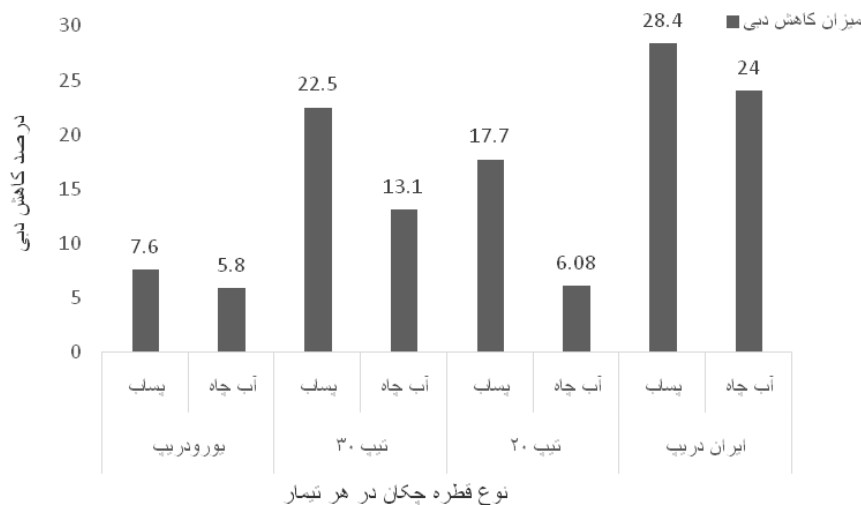
نام قطره چکان	نوع آب	درصد کاهش دبی با	
		پساب	آب چاه
U	پساب	۷۷/۴	-----
T30		۲۱/۵	-----
T20		۱۷/۲	-----
I		۲۹/۴	-----
U	آب چاه	-----	۵/۱۶
T30		-----	۱۳/۱۹
T20		-----	۶۰/۴٪
I		-----	۲۲٪

مختلف انجام شد. نتایج نشان داد نوع قطره چکان تاثیر معنی داری بر عملکرد و کاهش یا افزایش انسداد قطره چکان دارد. به طور کلی می توان گفت که نوع قطره چکان و تیمار مدیریت آبیاری بر انسداد قطره چکان اثر بسیار معنی دار دارد. با تغییر نوع آب و نوع قطره چکان، یکنواختی پخش تغییر می کند. در مقایسه بین دو نوع آب مورد استفاده در این پژوهش شامل فاضلاب تصفیه شده و آب چاه، فاضلاب تصفیه شده تاثیر بیش تری در کاهش یکنواختی پخش قطره چکان ها داشته است. کاهش دبی قطره چکان ایران در پد در اثر فاضلاب تصفیه شده در کاهش دبی قطره چکان ها در مقایسه با آب چاه از قطره چکان های دیگر بیش تر بوده که تفاوت آن ها در سطح ۵ درصد معنی دار است. هم چنین قطره چکان تیپ ۱۶ میلی متری با فواصل خروجی ۳۰ سانتی متر در فشار کاری کم تر دارای عملکرد بهتر و

کاهش دبی در حالت فشار کاری ۴ متر مربوط به قطره چکان ایران در پد در مقابل فاضلاب تصفیه شده با مقدار ۲۹/۴ درصد می باشد. کم ترین میزان کاهش دبی نیز مربوط به قطره چکان یورودریپ با مقدار ۵/۱۶ درصد می باشد که احتمال دارد این نتیجه حاصل خود تنظیم شوندگی قطره چکان یورو در پد باشد. درصد کاهش دبی قطره چکان ها تحت تاثیر عوامل کیفیت آب و نوع قطره چکان می باشد، بدین معنی که با تغییر نوع آب و قطره چکان درصد کاهش دبی تغییر می کند.

۴- نتیجه گیری

این پژوهش با هدف اعمال فاضلاب تصفیه شده شهرستان میاندوآب طی سال زراعی ۱۳۹۶ بر تغییرات دبی در قطره چکان های



شکل ۸. درصد کاهش دبی هر چهار نوع قطره چکان در هر دو سیستم

Fig. 8. Percentage reduction of discharge of all four types of emitters in both systems

- [7] B. Yargholi, H. Hani, Drip irrigation with wastewater stabilization ponds and total emitters eclipse problem, *Water and Wastewater Journal*, 37 (2002) 50-57.
- [8] J. Abedi-Kupaie, A. Bakhtiarifar, Effect of refined wastewater on hydraulic properties of emitters in drop irrigation system, *Water and Soil Journal*, 893 (2002) 33-42.
- [9] F. Chenini, D. Xanthoulis, S. Rejeb, B. Molle and K. Zayani, Impact of using reclaimed wastewaters on trickle and furrow irrigated potatoes. Proc. of ICID International Workshop on Wastewater Reuse Management. 19-20 Sept. 2001, Seoul, Rep. Korea, (2001)174-186.
- [10] A. Adin, M. Sacks, Dripper clogging factors in wastewater irrigation. *J. Irrig. and Drain. Eng.* 117(6) (1991) 813-826.
- [11] H. D. Taylor, Microbial fouling of drip irrigation equipment in wastewater reuse system. Ph.D. Thesis. University of Liverpool. U.K, (1992).
- [12] H. D. Taylor, P. K. X. Baštos, H. W. Pearson, D. D. Mara, Drip irrigation with wastewater stabilization pond effluents: solving the problem of emitter fouling. *Water Sci. and Technol.* 31(12) (1995) 417-424.
- [13] T. P. Trooien, F. R. Lamm, L. R. Stone, M. Alam, G. A. Clark, D. H. Rogers, A. J. schlegel. Subsurface drip irrigation using livestock wastewater: Dripline flow rates. *Appl. Eng. in Agric.* 16(5) (2000) 505-508.
- [14] H. Ebrahimi, H. Golkarhamzee, F. Tavasoli, M. Nazarjani, Evaluation of Emitter Clogging in Trickle Irrigation with Wastewater. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 2 (5) (2012) 5288-5291.
- [15] A. M. El-Gindy, M. Y. Tayel, K. F. El-Bagoury, Kh. A. Sabreen, Effect of injector types, irrigation and nitrogen treatments on emitters clogging. *Misr Journal of Agricultural Engineering*, 26(3) (2009) 1263- 1276.
- [16] F. Ganji, The effects of fertigation on clogging of emitters in the drip irrigation systems. Master's thesis, irrigation and drainage. College of Water Sciences Engineering, university of Shahid Chamran, Ahvaz (2011) (In Persianwith English abstract).

قطره چکان ۱۶ میلی متری با خروجی ۲۰ سانتی متر در فشار کاری ۴ متر دارای یکنواختی پخش بهتری به دلیل مشخصات فیزیکی خود (مقاومت در برابر تغییرات دما، پوسیدگی و مواد شیمیایی متداول در کشاورزی) بودند، از این رو در دامنه وسیعی از تغییرات فشار، دبی آن ها نسبتاً یکنواخت بوده و این امر برتری این نوع از قطره چکان ها را به منظور کاربرد در اراضی شیب دار و با توپوگرافی نامناسب نسبت به دیگر قطره چکان های مورد بررسی نشان می دهد. نتایج نشان داد قطره چکان ایران درپ در حالت کلی استاندارد بوده و دبی آن از یک روند ثابت برخوردار است. بیشترین و کمترین درصد کاهش دبی در حالت فشار کاری ۴ متر، به ترتیب مربوط به قطره چکان ایران درپ و قطره چکان یورودرپ با مقادیر ۲۹/۴ و ۵/۶ درصد بود. نتیجه گرفته شد درصد کاهش دبی پارامتری متغیر بوده و با تغییر نوع آب و نوع قطره چکان تغییر می یابد.

مراجع

- [1] Sh. Gharcheh, M. Delbari, F. Ghanji, Effect of fertilizer on the eclipse of some emitters in drip irrigation, *Water and Soil Journal*, 29(2) (2015) 263-273.
- [2] M. Zardari, P. Fathi, Effect of weekly washing on the hydraulic performance of emitters under using refined wastewater, *Water and Soil Conservation Journal*, 1 (2012) 49-60.
- [3] S. H. Tabatabaie, S. M. Mousavi, Effect of depth of installation of emitter and distance between submersible drop irrigation laterals in transfer of nitrate under using urban wastewater for grasses, *Water and Soil Conservation Journal*, 2 (2017) 15-25.
- [4] A. R. Hasanoghli, A. Liaghat, M. Mirabzadeh, Soil organic amount changes due to irrigation with domestic wastewater and self-pollination, *Journal of water and Wastewater*, 42 (2002) 2-11.
- [5] J. Abedi Kupaie, P. Najafi, Use of refined wastewater in agriculture, Iran Publications of the National Irrigation and Drainage Committee, Tehran.
- [6] A. Farzaneh, Water chemical interactions and eclipse emitters in drip irrigation system, *Water and Machine Journal*, 22 (1996) 45-51.

- Science and Engineering, 35(3) (2012) 27-35.
- [21] Anonymous. 2004. Agricultural irrigation equipment – emitters- specification and test methods: International Standards Organization (ISO).P.9261.
- [22] A. Alizadeh, Drop irrigation (Principles and Operations). Second edition, Astan Quds Razavi publishing, 493 pages.
- [23] J. Keller, D. Karmeli, Trickle irrigation design parameters. Transactions of the ASAE, 17 (4) (1974) 4. 678-784.
- [23] J. Keller, D. Karmeli, Trickle irrigation design parameters. Transactions of the ASAE, 17 (4) (1974) 4. 678-784.
- [17] A. Capra, B. Sciclone, Recycling of poor quality urban Wastewater by drip irrigation systems. Journal of cleaner production.15 (2007) 1529- 1534.
- [18] <https://doe.ir>
- [19] A. T. Hezar-Jaribi, Gh. Ghorbani Nasrabad, R. Fazl Oula, M. Abedinpour, Evaluation of hydraulic performances of various drippers under different operation pressures and lab condition. Journal of Water and Soil Conservation, 20 (1) (2013) 199-211.
- [20] A. H. Nasrolahi, M. Behzad, S. Boroumannasab, J. Ramazani-Moghadam, Hydraulic performance of the emitter of regulator and non-regulating pressure at various pressure and temperatures. Journal of Irrigation

چگونه به این مقاله ارجاع دهیم

Y. Choopan, S. Emami, Investigating Discharge Variation in Various Emitters Due to the Effect of Refined Wastewater, Amirkabir J. Civil Eng., 52(4) (2020) 783-796.

DOI: [10.22060/ceej.2018.14863.5764](https://doi.org/10.22060/ceej.2018.14863.5764)



