نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال چهارم، شماره ۲، زمستان ۹۳

ISSN 2251-7480

تأثیر شستشوی لترال‌های آبیاری بر گرفتگی قطره‌چکان‌های PCJ و UniRam هنگام کاربرد پساب تصفیه‌شده

عظیمه عسگری[۱]، مهدی قیصری[۲*]، فاطمه صفریان[۳]

۱) کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی؛ دانشکده کشاورزی؛ دانشگاه صنعتی اصفهان؛ اصفهان؛ ایران

۲*) استادیار گروه مهندسی آب؛ دانشکده کشاورزی؛ دانشگاه صنعتی اصفهان؛ اصفهان؛ ایران

*نویسنده مسئول مکاتبات: gheysari@cc.iut.ac.ir

۳) کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی؛ دانشکده کشاورزی؛ دانشگاه صنعتی اصفهان؛ اصفهان؛ ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۲۷

چکیده

امروزه به‌منظور حفاظت از منابع آب و رفع مشکل بحران و کمبود آب و همچنین کاهش مخاطرات زیست‌محیطی ناشی از افزایش تولید فاضلاب، کاربرد فاضلاب‌ها و پساب‌ها در آبیاری محصولات کشاورزی گسترش یافته است. سیستم آبیاری قطره‌ای مناسب‌ترین روش برای کاربرد پساب است، با این حال گرفتگی قطره‌چکان‌ها بزرگ‌ترین مشکل پیش‌روی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای است. شستشوی لترال‌های آبیاری قطره‌ای یکی از روش‌های مناسب برای کنترل گرفتگی قطره‌چکان‌هاست. هدف از این تحقیق بررسی گرفتگی قطره‌چکان‌های PCJ (۲ l/h)، PCJ (۴ l/h) و UniRam (۳/۵ l/h)، در شرایط آبیاری با پساب تصفیه‌شده و همچنین بررسی تأثیر شستشوی لترال‌های آبیاری بر کاهش و یا رفع گرفتگی قطره‌چکان‌ها بود. به این منظور روند تغییرات شاخص‌های دبی نسبی، یکنواختی پخش، ضریب یکنواختی کریستیانسن و ضریب یکنواختی آماری دبی قطره‌چکان‌های مورد مطالعه در شرایط کاربرد پساب تصفیه‌شده و اعمال شستشو، در طی ۵۰۴ ساعت آبیاری، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میزان گرفتگی قطره‌چکان‌های مورد بررسی در شرایط کاربرد پساب تصفیه‌شده قابل توجه نبود. به‌طور کلی قطره‌چکان‌های PCJ (۲ l/h)، PCJ (۴ l/h) و UniRam (۳/۵ l/h) به ترتیب با ۶/۴، ۰/۹ و ۰/۵ درصد کاهش دبی، حساسیت بیش‌تری به گرفتگی داشتند. شستشوی لترال‌های آبیاری موجب کاهش گرفتگی قطره‌چکان‌ها در شرایط کاربرد پساب تصفیه‌شده گردید. علاوه بر این عملکرد قطره‌چکان‌های مورد مطالعه از نظر شاخص‌های دبی نسبی، یکنواختی پخش، ضریب یکنواختی کریستیانسن و ضریب یکنواختی آماری دبی در طول دوره بررسی در ردیف خوب-خیلی خوب قرار گرفت.

کلید واژه‌ها: پساب؛ سیستم آبیاری قطره‌ای؛ شستشو؛ گرفتگی قطره‌چکان

مقدمه

افزایش مصرف سرانه آب و استفاده بی‌رویه منابع آب در پی افزایش جمعیت، توسعه فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی و وقوع خشک‌سالی‌ها موجب بروز شرایط بحرانی کمی و کیفی منابع آب به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک شده است (دانش و علیزاده، ۱۳۸۷). علاوه بر این رشد روز افزون جمعیت، ارتقاء سطح زندگی و صنعتی شدن موجب افزایش مصرف آب و تولید پساب شده است. با توجه به محدودیت منابع آب در دسترس، استفاده مجدد از پساب‌ها از یک طرف بخشی از کمبود آب را برطرف می‌سازد و از طرف دیگر از آلودگی منابع آب جلوگیری می‌نماید (Capra and Scicolone, 2004). بخش کشاورزی با توجه به

مصرف بالای آب دارای بیش‌ترین پتانسیل برای استفاده مجدد از پساب است (صفری و همکاران، ۱۳۸۱).

سیستم آبیاری قطره‌ای به دلیل عدم پخش پاتوژن‌ها در هوا، عدم وجود رواناب و امکان کنترل نفوذ عمقی مناسب‌ترین و مطمئن‌ترین سیستم برای کاربرد پساب است (Ayers and Westcot, 1994, Capra and Scicolone, 2004, Abedi Koupai and Bakhtiarifar, 2004). با این وجود گرفتگی قطره‌چکان‌ها اصلی‌ترین مشکل در هنگام کاربرد سیستم آبیاری قطره‌ای است که موجب کاهش دبی، یکنواختی پخش آب و راندمان آبیاری و افزایش هزینه‌های بهره‌برداری سیستم آبیاری می‌شود (Bucks *et al.*, 1979, Capra and Scicolone, 2004, Tajrishy *et al.*, 1994). فیلتراسیون (Puig-Bargues *et al.*, 2005)، کلرزنی (Tajrishy *et al.*, 1994, Dehghanisanij *et al.*, 2005)، اسیدشویی (Aali *et al.*, 2009) و شستشوی لترال‌های آبیاری (Ravina *et al.*, 1992, Hills and Brenes, 2001) از جمله روش‌های مناسب و توصیه شده برای جلوگیری از گرفتگی قطره‌چکان‌ها می‌باشند.

فیلترهای مورد استفاده در سیستم آبیاری قطره‌ای به دلیل هزینه زیاد حذف ذرات بسیار ریز، به گونه‌ای طراحی می‌شوند که تنها ذرات بزرگ‌تر از حدود ۱۰ درصد کوچک‌ترین ابعاد مسیر جریان قطره‌چکان را حذف کنند. بنابراین فیلترها به‌طور طبیعی ذرات رس، سیلت، باکتری‌ها و جلبک‌ها را حذف نمی‌کنند. این ذرات ممکن است از فیلتر عبور کرده و سپس به یکدیگر و یا به بقایای مواد آلی چسبیده و ذراتی با اندازه‌های بزرگ، به حدی که سبب گرفتگی قطره‌چکان گردد، تولید نمایند (Nakayama *et al.*, 2007). بنابراین شستشوی لترال‌های سیستم آبیاری قطره‌ای برای حذف ذراتی که در خطوط لوله جمع شده‌اند، ضروری است (Adin and Sacks, 1991, Ravina *et al.*, 1992). با وجود بهبود شرایط طراحی اجزای سیستم آبیاری از جمله فیلتر و قطره‌چکان‌ها، اعمال شستشو برای حذف رسوبات، به‌منظور کاهش پتانسیل گرفتگی قطره‌چکان‌ها ضروری است (Puig-Bargues *et al.*, 2009).

شستشوی لترال‌ها باید به میزان کافی و در تعداد دفعات و با سرعت مناسب، به صورتی که سرعت آب خروجی برای جداکردن و انتقال ذرات تجمع یافته از خط لوله مناسب باشد، انجام شود (Nakayama *et al.*, 2007). حداقل سرعت جریان ۰/۳ متر بر ثانیه برای شستشوی خطوط لوله لترال توصیه شده است (ASAE Standard, 2003). با این وجود Hills و Brenes (۲۰۰۱)، حداقل سرعت ۰/۵ متر بر ثانیه را برای جلوگیری از تجمع ذرات معلق موجود در پساب که از فیلتر عبور کرده‌اند، توصیه نمودند.

زرداری و فتحی (۱۳۹۱)، Ravina و همکاران (۱۹۹۲) و Puig-Bargues و همکاران (۲۰۱۰)، اثر برنامه‌های متفاوت شستشوی لترال‌های آبیاری را بر کاهش گرفتگی قطره‌چکان‌ها مورد بررسی قرار دادند. نتایج ارائه شده بیانگر تأثیر شستشوی لترال‌های آبیاری بر کاهش گرفتگی قطره‌چکان‌هاست، با این حال میزان تأثیر شستشو بر کاهش گرفتگی قطره‌چکان تحت تأثیر مدیریت‌های مختلف شستشو و نوع قطره‌چکان متفاوت بود. لذا ضرورت دارد که اثر مدیریت شستشو بر کاهش گرفتگی قطره‌چکان‌ها متناسب با ساختار قطره‌چکان و کیفیت پساب مورد بررسی قرار گیرد.

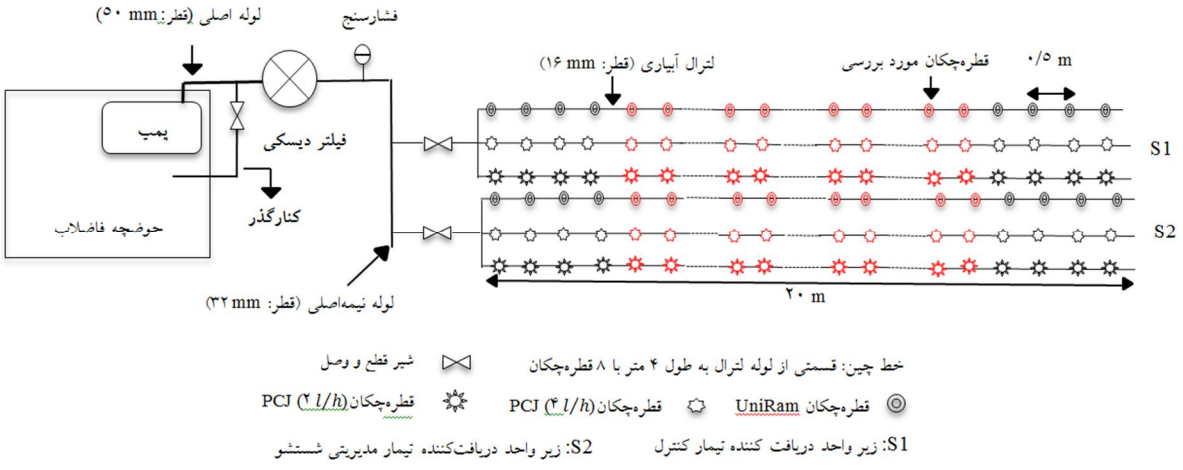
هدف از این مطالعه تعیین میزان گرفتگی قطره‌چکان‌های PCJ (۲ l/h)، PCJ (٤ l/h) و UniRam (۳/۵ l/h) و تأثیر شستشوی لترال‌های آبیاری بر کاهش گرفتگی در شرایط کاربرد پساب تصفیه‌شده در سیستم آبیاری قطره‌ای بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر خصوصیات هیدرولیکی قطره‌چکان و شستشوی لترال‌های آبیاری بر عملکرد سیستم آبیاری قطره‌ای در هنگام کاربرد پساب تصفیه‌شده، سیستم آبیاری قطره‌ای در مزرعه آموزشی و پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان، طراحی، نصب و اجرا گردید. پساب مورد استفاده در این سیستم از تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب شهری دانشگاه صنعتی اصفهان تأمین شد. در این تصفیه‌خانه، پساب پس از مرحله هوادهی وارد حوضچه تثبیت می‌شود. پساب مورد استفاده در سیستم آبیاری قطره‌ای از قسمت خروجی حوضچه تثبیت برداشت شد.

سیستم آبیاری قطره‌ای مورد مطالعه، شامل ۲ زیرواحد بود، که یک زیرواحد برای بررسی تأثیر کاربرد مستقیم پساب تصفیه‌شده بر عملکرد سیستم و زیرواحد دیگر برای بررسی تأثیر شستشوی لترال بر عملکرد سیستم در هنگام کاربرد پساب تصفیه‌شده مورد استفاده قرار گرفت. هر زیرواحد شامل سه لترال به طول ۲۰ متر بود، که به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر و بر روی چارچوب فلزی در ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری از سطح زمین قرار داشتند. از سه نوع قطره‌چکان متفاوت شرکت نتافیم شامل: PCJ روی خط (l/h) ۲ و (l/h) ٤ و UniRam درون خط (l/h) ۳/۵ بر هر لترال استفاده شد. بر روی هر لترال ٤۰ قطره‌چکان به فاصله ۰/۵ متر از یکدیگر نصب شدند.

شکل ۱ شمای کلی سایت آزمایشی را نشان می‌دهد. پساب تصفیه‌شده مورد استفاده در سیستم آبیاری قطره‌ای مورد مطالعه به وسیله پمپ کف‌کش، واقع در عمق ۱/۵ متری حوضچه تثبیت، تحت فشار قرار گرفته و پس از عبور از فیلتر دیسکی با مش ۱۲۰ (Stffilter, 2 Inch, made in Turkey) وارد لترال‌ها می‌شد. دوره انجام آزمایش حدود ۱٦ هفته بود که از ۱۳۹۳/۲/۱ آغاز شد و تا ۱۳۹۳/٦/۱ ادامه یافت. سیستم آبیاری قطره‌ای در طول این دوره هر دو روز یکبار به صورت پیوسته به مدت ۲٤ ساعت و در مجموع در کل دوره آزمایش ۵۰٤ ساعت کار کرد و فشار کار سیستم در کل طول دوره آزمایش ثابت و برابر ۲ اتمسفر بود. تنظیم فشار به وسیله شیر کنارگذر نصب شده روی لوله اصلی انجام شد.



شکل ۱. شمای کلی سایت آزمایش

در زیرواحد دریافت کننده تیمار مدیریتی شستشو، انتهای لترال‌های آبیاری دو هفته یکبار، پس از ۷۲ ساعت کار سیستم آبیاری با پساب تصفیه‌شده عبوری از فیلتر دیسکی با مش ۱۲۰، پیش از خاموش شدن سیستم آبیاری

باز شده و به مدت ۳ دقیقه با ٤٠ لیتر پساب تصفیه‌شده و با سرعت ۱/٤ متر بر ثانیه مطابق با استاندارد ASAE (۲۰۰۳) شستشو داده شد.

هر سه قطره‌چکان مورد بررسی دارای قابلیت خودشویندگی مداوم و تنظیم فشار هستند. علاوه بر این قطره‌چکان UniRam مجهز به مکانیسم Anti-Siphon (جلوگیری از مکش مواد خارجی به داخل قطره‌چکان) نیز می‌باشد. سطح فیلتراسیون مناسب توصیه شده توسط کارخانه سازنده برای هر سه قطره‌چکان، فیلتراسیون با مش ۱۲۰ و یا اندازه بازشدگی ۱۳۰ میکرون است. در جدول ۱ برخی خصوصیات هیدرولیکی قطره‌چکان‌های مورد مطالعه، ارائه شده است.

جدول ۱. خصوصیات هیدرولیکی قطره‌چکان‌های مورد مطالعه

ویژگی		قطره‌چکان		
		UniRam	PCJ	PCJ
دبی اسمی (l/h)		۳/٥	٤	۲
فشار اسمی (bar)		۰/٥–٤	۰/٥–٤	۰/٥–٤
X		۰	۰	۰
K		۳/٥	٤	۲
ابعاد مجرای آب	عرض (mm)	۱/٥۹	۱/۳۲	۱/۰۳
	عمق (mm)	۱/۱٥	۰/۹٥	۰/۷٥
	طول (mm)	٤۰	۳٥	۳٥
سطح فیلتراسیون (mm^2)		۱٥۰	۲	۲
نوع قطره‌چکان		درون خط، خودشوینده و تنظیم‌کننده فشار	روی خط، خودشوینده و تنظیم‌کننده فشار	روی خط، خودشوینده و تنظیم‌کننده فشار

اندازه‌گیری دبی قطره‌چکان

برای بررسی تأثیر کاربرد پساب تصفیه‌شده، شستشوی لترال و طراحی قطره‌چکان بر عملکرد سیستم آبیاری، دبی هشت قطره‌چکان مشخص، ۵ و ٦امین، ۱۵ و ۱٦امین، ۲۵ و ۲٦امین و ۳۵ و ۳٦امین قطره‌چکان، واقع بر روی هر لترال در تیمارهای مختلف، دو هفته یکبار و پس از هر سه آبیاری بر طبق روش ارائه شده در استاندارد ASAE (۲۰۰۳) اندازه‌گیری شد. برای ممانعت از حرکت آب روی لوله دو طرف قطره‌چکان‌های مورد بررسی واقع بر تمامی لترال‌ها، نخ پنبه‌ای بسته شد. نخ‌ها در طول دوره پیش از شروع اندازه‌گیری کاملاً از آب اشباع شده و آب را مستقیماً به درون ظرف‌های جمع‌آوری نمونه انتقال می‌داد. زمان جمع‌آوری و اندازه‌گیری جریان خروجی از هر قطره‌چکان ۵ دقیقه بود. به‌منظور کاهش خطاهای احتمالی اندازه‌گیری دبی قطره‌چکان‌های مورد نظر با سه تکرار و به روش وزنی (با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم) انجام شد. با تبدیل وزن آب جمع آوری شده در ظرف به حجم و تقسیم آن به زمان دبی آب خروجی از قطره‌چکان به‌دست آمد. پس از جمع‌آوری اطلاعات ضریب تغییرات ساخت (Bralts and Kesner, 1983)، دبی نسبی (Capra and Scicolone, 1988)، یکنواختی پخش (Karmeli and Keller, 1974)، ضریب یکنواختی کریستیانسن (Christiansen, 1941) و ضریب یکنواختی آماری (ASAE Standards, 1988) با استفاده از روابط زیر تعیین شد.

$$CV = 100 \times \frac{S_q}{q_{avg}} \quad (۱)$$

$$Dra = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^{n} q_i}{n q_{new}} \quad (۲)$$

$$EU = 100 \times \frac{q_n}{q_{avg}} \quad (۳)$$

$$UC = 100 \times [1 - \frac{1}{n\, q_{avg}} \sum_{i=1}^{n} |q_i - q_{avg}|] \quad (٤)$$

$$Us = 100 \times \left(1 - \frac{S_q}{q_{avg}}\right) \quad (٥)$$

که در آن

q_{avg}: متوسط دبی قطره‌چکان (l/h)، S_q: انحراف معیار دبی قطره‌چکان، CV: ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان (٪)، q_{new}: دبی متوسط اولیه (l/h)، n: تعداد مشاهدات، Dra: دبی نسبی (٪)، qn: متوسط یک چهارم کمترین دبی (l/h)، EU: یکنواختی پخش قطره‌چکان‌ها (٪)، q_i: دبی iامین قطره‌چکان (l/h)، UC: ضریب یکنواختی کریستیانسن (٪) و Us: ضریب یکنواختی آماری دبی قطره‌چکان‌ها (٪)،است.

کیفیت پساب تصفیه‌شده

گرفتگی قطره‌چکان‌ها با کیفیت آب آبیاری ارتباطی نزدیک دارد (Adin and Sacks, 1991, Ravina *et al.*, 1992). بنابراین ارزیابی و کنترل مستمر کیفیت آب آبیاری به‌منظور تعیین عامل اصلی گرفتگی قطره‌چکان برای کنترل و کاهش پتانسیل گرفتگی قطره‌چکان‌ها از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. نتایج بررسی برخی خصوصیات فیزیکی (غلظت مواد جامد معلق)، شیمیایی (pH، غلظت مواد جامد محلول، هدایت الکتریکی، غلظت آهن و منگنز و سختی) و بیولوژیکی (کلیفرم) نمونه پساب تصفیه‌شده که مهم‌ترین معیارهای طبقه‌بندی کیفیت آب آبیاری از نظر تأثیر بر پتانسیل گرفتگی قطره‌چکان‌هاست، در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس معیار طبقه‌بندی کیفیت آب در ارتباط با پتانسیل گرفتگی قطره‌چکان‌ها (Bucks *et al.*, 1979)، کاربرد پساب تصفیه‌شده مورد استفاده در سیستم آبیاری قطره‌ای، از نظر سطح pH محدودیت زیاد، از نظر هدایت الکتریکی، غلظت مواد جامد معلق و سختی محدودیت متوسط و از نظر تعداد کل کلیفرم در نمونه، غلظت مواد جامد محلول و غلظت آهن و منگنز محدودیت کم به همراه خواهد داشت. علاوه بر این نتایج محاسبه شاخص اشباع لانژلیر (Nakayama *et al.*, 2007) در پساب تصفیه‌شده مورد استفاده در سیستم آبیاری مورد مطالعه (۰/۸۵ +)، بیانگر پتانسیل رسوب کربنات کلسیم در آب آبیاری است.

جدول ۲: شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی پساب تصفیه‌شده از نظر پتانسیل گرفتگی قطره‌چکان

	پارامتر	واحد	مقدار	محدودیت مصرف آب
فیزیکی	غلظت مواد معلق	mg/l	۵۹±۱۱	متوسط
شیمیایی	غلظت مواد محلول	mg/l	٤٨٦±٥٧	کم
	هدایت الکتریکی	dS/m	۰/۹۸±۰/۱۲	متوسط
	غلظت آهن	mg/l	۰/۱٦	کم
	غلظت منگنز	mg/l	۰	کم
	سختی	$mg/l\ CaCO_3$	۲۰٤	متوسط
	pH	-	۸/٤٤±۰/٤۱	شدید
بیولوژیکی	کلیفرم	$MPN/100\ ml$	$۸/۸\times۱۰^{٤}$	کم

نتایج و بحث

در ابتدای دوره تحقیق دبی ٤۰ قطره‌چکان نو از هر سه نوع قطره‌چکان مورد مطالعه در سه تکرار اندازه‌گیری و ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان مطابق با رابطه ۱ محاسبه شد. در جدول ۳ ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان‌های مورد مطالعه و کیفیت ساخت قطره‌چکان بر طبق معیار طبقه‌بندی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای متناسب با ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان (ASAE

(Standard, 2003) ارائه شده است. بر اساس این معیار، قطره‌چکان (۲ l/h) PCJ در ردیف متوسط و قطره‌چکان‌های (٤ l/h) PCJ و UniRam در گروه خوب قرار گرفتند.

جدول ۳: طبقه‌بندی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای متناسب با ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان

نوع قطره‌چکان	PCJ (۲ l/h)	PCJ (٤ l/h)	UniRam
CV (%)	٦/٥	۳/۱	۲/٦
کیفیت ساخت	متوسط	خوب	خوب

شکل ۲ روند تغییرات دبی نسبی (Dra) را برای قطره‌چکان‌های مورد مطالعه در طول دوره آزمایش نشان می‌دهد. این شاخص بیان‌گر تغییرات دبی نسبت به شرایط اولیه است. بر طبق تعریف دبی نسبی (رابطه ۵)، هر چه درصد دبی نسبی کمتر باشد، گرفتگی قطره‌چکان شدیدتر است.

مشاهده شکل ۲ نشان می‌دهد که متوسط دبی قطره‌چکان‌های مورد مطالعه در اغلب اندازه‌گیری‌های انجام شده در طول دوره آبیاری نسبت به دبی متوسط در ابتدای دوره افزایش یافته است. سایر محققین نیز در نتایج بررسی‌های خود ضمن اشاره به افزایش دبی قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار در شرایط کاربرد پساب تصفیه‌شده، بیان کردند که در این قطره‌چکان‌ها گاهی اوقات به دلیل خوردگی غشاء الاستیک، چسبیدن ذرات به غشاء و یا به دام افتادن این ذرات در بین قسمت‌های الاستیک دبی افزایش می‌یابد (Ravina *et al.*, 1992, Puig-Bargues *et al.*, 2010, Cararo *et al.*, 2006). محدوده تغییرات شاخص دبی نسبی برای قطره‌چکان‌های مورد مطالعه در شرایط کاربرد پساب تصفیه‌شده و اعمال مدیریت شستشو در جدول ٤ ارائه شده است. بر طبق معیار طبقه‌بندی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای متناسب با دبی نسبی (Capra and Scicolone, 1998)، عملکرد قطره‌چکان‌های مورد مطالعه در ردیف خوب قرار دارد. یکی از دلایل نوسانات دبی قطره‌چکان‌ها، رفع و یا تشدید مقطعی گرفتگی به علت ساختار هندسی و مکانیکی آن‌هاست (زرداری و فتحی، ۱۳۹۱).

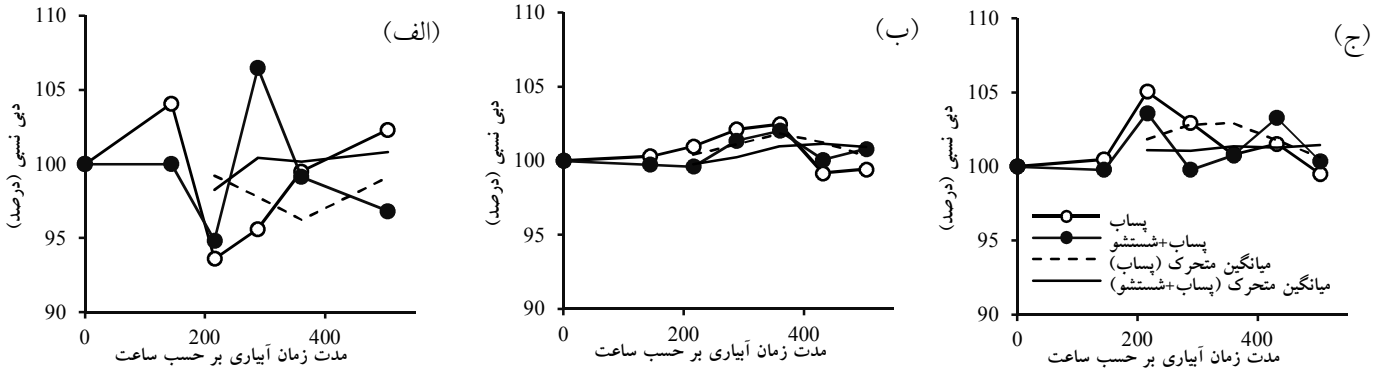
بیش‌ترین میزان کاهش دبی نسبی در طول دوره بررسی در هنگام کاربرد پساب تصفیه‌شده برای قطره‌چکان‌های PCJ (۲ l/h)، PCJ (٤ l/h) و UniRam، به ترتیب ٦/٤، ۰/۹ و ۰/۵ درصد بدست آمد. بنابراین حساسیت به گرفتگی به ترتیب در قطره‌چکان‌های PCJ (۲ l/h)، PCJ (٤ l/h) و UniRam بیش‌تر بود. افزایش حساسیت به گرفتگی را می‌توان به کاهش سطح فیلتراسیون و سطح مقطع مجرای آب قطره‌چکان نسبت داد. چرا که مطابق با اطلاعات ارائه شده در جدول ۱، قطره‌چکان‌های UniRam، PCJ (٤ l/h) و PCJ (۲ l/h) به ترتیب سطح مقطع مجرای آب و سطح فیلتراسیون بیش‌تری دارند. Dehghanisanij و همکاران (۲۰۰۵) نیز در نتایج بررسی‌های خود نشان دادند که با افزایش سطح مقطع مجرای آب حساسیت قطره‌چکان‌ها به گرفتگی کاهش می‌یابد. آن‌ها همچنین بیان کردند که با افزایش سطح فیلتراسیون به دلیل افزایش توانایی به دام انداختن جلبک و پروتوزوا، مقاومت قطره‌چکان نسبت به گرفتگی افزایش می‌یابد.

اعمال مدیریت شستشو میزان کاهش دبی و یا گرفتگی قطره‌چکان‌ها تحت تأثیر گرفتگی را در شرایط کاربرد پساب تصفیه‌شده کاهش داد و به مقدار ۵/۲ درصد برای قطره‌چکان PCJ (۲ l/h)، ۰/٤ درصد برای قطره‌چکان PCJ (٤ l/h) و ۰/۲ درصد برای قطره‌چکان UniRam رساند، که با نتایج تحقیق زرداری و فتحی (۱۳۹۱)، Ravina و همکاران (۱۹۹۲) و Puig-Bargues و

همکاران (۲۰۱۰)، مبنی بر کاهش گرفتگی قطره‌چکان‌ها در اثر شستشوی لترال‌های آبیاری، مطابقت دارد.

جدول ٤: طبقه‌بندی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای متناسب با شاخص دبی نسبی

تیمار	نوع قطره‌چکان	محدوده تغییرات (Dra (%)	طبقه‌بندی
شاهد	PCJ (۲ l/h)	۹۳/٦–۱۰٤/۱	خوب
	PCJ (٤ l/h)	۹۹/۱۵–۱۰۲/۵	
	UniRam	۹۹/۵–۱۰۵	
شستشو	PCJ (۲ l/h)	۹٤/۸–۱۰٦/۵	خوب
	PCJ (٤ l/h)	۹۹/٦–۱۰۲	
	UniRam	۹۹/۸–۱۰۳/٦	



شکل ۲. روند تغییرات دبی نسبی در شرایط کاربرد پساب تصفیه‌شده و اعمال تیمار شستشو برای قطره‌چکان الف: PCJ (۲ l/h)، ب: PCJ (٤ l/h) و ج: UniRam

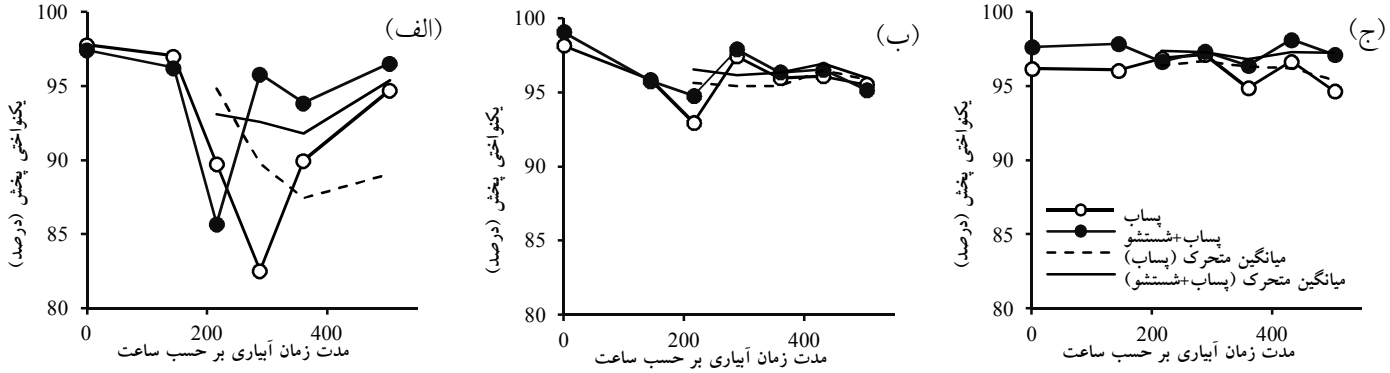
یکنواختی پخش پارامتری مهم در طراحی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای است که برای تعیین عمق آب آبیاری، دور آبیاری و ظرفیت سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرد (Karmeli and Keller, 1974). این پارامتر همچنین برای تعیین عملکرد سیستم آبیاری قطره‌ای توصیه شده است (ASAE Standard, 2003). اساساً یکنواختی پخش قطره‌چکان‌ها نسبت کمترین دبی به متوسط دبی آن‌هاست و بر حسب درصد بیان می‌شود (Karmeli and Keller, 1974). شکل ۳ روند تغییرات یکنواختی پخش قطره‌چکان‌های مورد مطالعه را در شرایط کاربرد پساب تصفیه‌شده و اعمال مدیریت شستشو نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود، بیش‌ترین میزان کاهش یکنواختی پخش در شرایط کاربرد پساب تصفیه‌شده به ترتیب در قطره‌چکان‌های PCJ (۲ l/h)، PCJ (٤ l/h) و UniRam با مقدار ۱۵/٦، ۵/۳ و ۱/٦ درصد اتفاق افتاد. این در حالی است که در شرایط اعمال تیمار مدیریتی شستشو میزان کاهش یکنواختی پخش در قطره‌چکان PCJ (۲ l/h)، PCJ (٤ l/h) و UniRam به ترتیب ۱۲/۰، ٤/۳ و ۱/۳ درصد بدست آمد. به عبارت دیگر اعمال شستشو از کاهش یکنواختی پخش قطره‌چکان‌های مورد مطالعه در شرایط کاربرد پساب تصفیه‌شده جلوگیری می‌کند. با این حال تأثیر شستشوی لترال بر جلوگیری از کاهش یکنواختی پخش در قطره‌چکان PCJ (۲ l/h) نسبت به قطره‌چکان‌های PCJ (٤ l/h) و UniRam بیش‌تر بود.

محدوده تغییرات یکنواختی پخش قطره‌چکان‌های PCJ (۲ l/h)، PCJ (٤ l/h) و UniRam در طول دوره تحقیق در شرایط استفاده از پساب تصفیه‌شده و اعمال مدیریت شستشو در جدول ۵ ارائه شده است. مطابق با معیار طبقه‌بندی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای بر اساس

یکنواختی پخش (ASAE Standard, 2003) در شرایط کاربرد پساب تصفیه‌شده (تیمار شاهد) عملکرد قطره‌چکان PCJ (۲ l/h) و PCJ (٤ l/h) در ردیف خوب–خیلی خوب و عملکرد قطره‌چکان UniRam، در طبقه خیلی خوب قرار می‌گیرد. در شرایط اعمال مدیریت شستشو عملکرد قطره‌چکان PCJ (۲ l/h) در ردیف خوب–خیلی خوب و عملکرد سایر قطره‌چکان‌ها در ردیف خیلی خوب قرار گرفت.

جدول ۵: طبقه‌بندی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای متناسب با یکنواختی پخش

تیمار	نوع قطره‌چکان	محدوده تغییرات EU (%)	طبقه‌بندی
شاهد	PCJ (۲ l/h)	۸۲/۵–۹۷/۷	خوب–خیلی خوب
	PCJ (٤ l/h)	۹۳–۹۸/۲	
	UniRam	۹٤/۷–۹۷/۱	خیلی خوب
شستشو	PCJ (۲ l/h)	۸۵/۷–۹۷/٤	خوب–خیلی خوب
	PCJ (٤ l/h)	۹٤/۸–۹۹/۱	خیلی خوب
	UniRam	۹٦/٤–۹۸/۲	



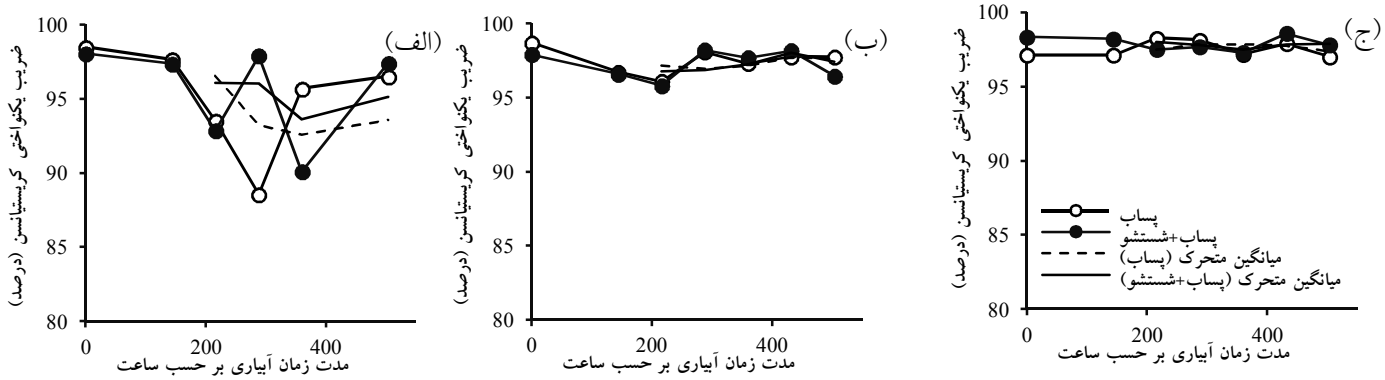
شکل ۳. روند تغییرات یکنواختی پخش در شرایط کاربرد پساب تصفیه‌شده و اعمال تیمار شستشو برای قطره‌چکان الف: PCJ (۲ l/h)، ب: PCJ (٤ l/h) و ج: UniRam

شکل ٤ روند تغییرات ضریب یکنواختی کریستیانسن قطره‌چکان‌های UniRam، PCJ (٤ l/h) و PCJ (۲ l/h) را در شرایط کاربرد پساب تصفیه‌شده و اعمال مدیریت شستشو نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود در شرایط کاربرد پساب تصفیه‌شده بیش‌ترین میزان کاهش ضریب یکنواختی کریستیانسن نسبت به مقدار آن در ابتدای دوره، به ترتیب در قطره‌چکان‌های PCJ (۲ l/h)، PCJ (٤ l/h) و UniRam با مقدار ۱۰/۱، ۲/٦ و ۰/۱ درصد اتفاق افتاد. در شرایط اعمال مدیریت شستشوی لترال‌های آبیاری بیشینه کاهش ضریب یکنواختی کریستیانسن قطره‌چکان‌های PCJ (۲ l/h)، PCJ (٤ l/h) و UniRam به ترتیب ۸/۱، ۲/۱ و ۱/۱ درصد بود. به عبارت دیگر اعمال مدیریت شستشو از کاهش ضریب یکنواختی کریستیانسن قطره‌چکان‌های PCJ (۲ l/h) و PCJ (٤ l/h) در شرایط کاربرد پساب تصفیه‌شده جلوگیری می‌کند. محدوده تغییرات ضریب یکنواختی کریستیانسن قطره‌چکان‌های PCJ (۲ l/h)، PCJ (٤ l/h) و UniRam در طول دوره آبیاری در شرایط کاربرد پساب تصفیه‌شده و اعمال شستشو در جدول ٦ ارائه شده است. بر اساس معیار طبقه‌بندی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای متناسب با ضریب یکنواختی کریستیانسن (Batista *et al*., 2012)، در شرایط استفاده از پساب تصفیه‌شده عملکرد قطره‌چکان PCJ (۲ l/h)، در ردیف خوب–خیلی خوب و عملکرد قطره‌چکان‌های

($٤\ l/h$) PCJ و UniRam در دسته خیلی خوب قرار می‌گیرد. در شرایط اعمال مدیریت شستشو عملکرد هر سه قطره‌چکان مورد مطالعه در ردیف خیلی خوب قرار گرفت.

جدول ٦: طبقه‌بندی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای متناسب با ضریب یکنواختی کریستیانسن

تیمار	نوع قطره‌چکان	محدوده تغییرات (UC (%)	طبقه‌بندی
شاهد	PCJ ($٢\ l/h$)	۸۸/٦–۹۸/۵	خوب–خیلی خوب
	PCJ ($٤\ l/h$)	۹٦/۱–۹۸/۷	خیلی خوب
	UniRam	۹۷/۰–۹۸/۳	
شستشو	PCJ ($٢\ l/h$)	۹۰/۱–۹۸	
	PCJ ($٤\ l/h$)	۹۵/۸–۹۸/۲	خیلی خوب
	UniRam	۹۷/۳–۹۸/٦	



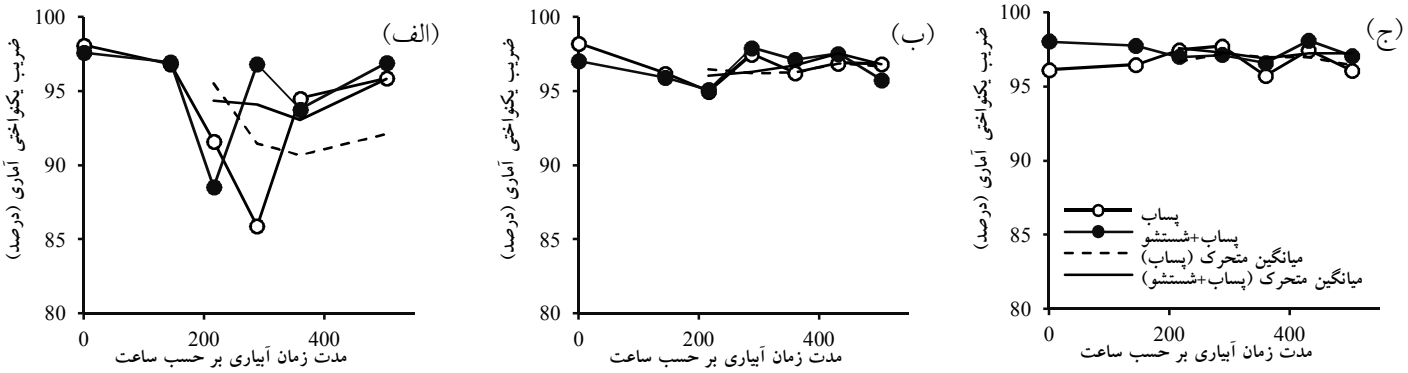
شکل ٤. روند تغییرات ضریب یکنواختی کریستیانسن در شرایط کاربرد پساب تصفیه‌شده و اعمال تیمار شستشو برای قطره‌چکان الف: ($٢\ l/h$) PCJ، ب: ($٤\ l/h$) PCJ و ج: UniRam

شکل ۵ روند تغییرات ضریب یکنواختی آماری دبی قطره‌چکان‌های مورد استفاده را در شرایط کاربرد پساب تصفیه‌شده و اعمال شستشو نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود، بیش‌ترین میزان کاهش ضریب یکنواختی آماری دبی قطره‌چکان‌ها در شرایط کاربرد پساب تصفیه‌شده، به ترتیب در قطره‌چکان‌های ($٢\ l/h$) PCJ، ($٤\ l/h$) PCJ و UniRam با مقدار ۱۲/٤، ۳/۳ و ۰/٤ درصد اتفاق افتاد. در شرایط شستشوی لترال‌های آبیاری این مقادیر به ترتیب در قطره‌چکان‌های ($٢\ l/h$) PCJ، ($٤\ l/h$) PCJ و UniRam برابر با ۹/۳، ۲/۰ و ۱/۱ درصد بود.

محدوده تغییرات ضریب یکنواختی آماری دبی قطره‌چکان‌های مورد استفاده در طول دوره آبیاری در شرایط کاربرد پساب تصفیه‌شده و اعمال شستشو در جدول ۷ ارائه شده است. بر طبق معیار طبقه‌بندی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای بر اساس ضریب یکنواختی آماری دبی قطره‌چکان (ASAE Standard, 2003) در شرایط کاربرد پساب تصفیه شده و اعمال مدیریت شستشو عملکرد قطره‌چکان ($٢\ l/h$) PCJ در ردیف خوب–خیلی خوب و در قطره‌چکان‌های ($٤\ l/h$) PCJ و UniRam در گروه خیلی خوب قرار می‌گیرد..

جدول ۷: طبقه‌بندی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای متناسب با ضریب یکنواختی آماری

تیمار	نوع قطره‌چکان	محدوده تغییرات UC (%)	طبقه‌بندی
شاهد	PCJ (۲ l/h)	۸۵/۹–۹۸/۱	خوب–خیلی خوب
	PCJ (٤ l/h)	۹۵–۹۸/۲	خیلی خوب
	UniRam	۹۵/۷–۹۷/۷	
شستشو	PCJ (۲ l/h)	۸۸/۵–۹۷/٦	خوب–خیلی خوب
	PCJ (٤ l/h)	۹۵/۱–۹۷/۹	خیلی خوب
	UniRam	۹٦/٦–۹۸/۱	



شکل ۵. روند تغییرات ضریب یکنواختی آماری در شرایط کاربرد پساب تصفیه‌شده و اعمال تیمار شستشو برای قطره‌چکان الف: (۲ l/h) PCJ، ب: (٤ l/h) PCJ و ج: UniRam

به‌طور کلی بررسی روند تغییرات شاخص‌های دبی نسبی، یکنواختی پخش، ضریب یکنواختی کریستیانسن و ضریب یکنواختی آماری دبی قطره‌چکان‌های مورد مطالعه در شرایط کاربرد پساب و اعمال مدیریت شستشو نشان می‌دهد که عملکرد قطره‌چکان UniRam به ترتیب نسبت به قطره‌چکان‌های PCJ (٤ l/h) و PCJ (۲ l/h) بهتر بود. همچنین بررسی روند منحنی میانگین متحرک شاخص‌های مورد مطالعه، بیانگر تأثیر شستشوی لترال‌های آبیاری بر بهبود عملکرد قطره‌چکان‌های مورد مطالعه از نظر شاخص‌های دبی نسبی، یکنواختی پخش، ضریب یکنواختی کریستیانسن و ضریب یکنواختی آماری است. با این حال تأثیر شستشوی لترال‌های آبیاری بر بهبود عملکرد قطره‌چکان PCJ (۲ l/h) نسبت به سایر قطره‌چکان‌ها بیش‌تر بود.

نتیجه گیری

نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که میزان گرفتگی قطره‌چکان‌های مورد مطالعه در شرایط کاربرد پساب تصفیه‌شده در سیستم آبیاری قطره‌ای، در طول دوره آبیاری، قابل توجه نبود. با این حال قطره‌چکان‌های PCJ (۲ l/h)، PCJ (٤ l/h) و UniRam (۳/۵ l/h) به ترتیب با ٦/٤، ۰/۹ و ۰/۵ درصد کاهش دبی، حساسیت بیش‌تری به گرفتگی داشتند. عامل اصلی افزایش میزان گرفتگی، کاهش سطح مقطع مجرای آب و سطح فیلتراسیون قطره‌چکان است. چرا که سطح مقطع مجرای آب و سطح فیلتراسیون به ترتیب در قطره‌چکان‌های (l/h ۳/۵) UniRam، PCJ (٤ l/h) و PCJ (۲ l/h) بیش‌تر بود. شستشوی لترال‌های آبیاری قطره‌ای میزان گرفتگی قطره‌چکان‌های مورد مطالعه را کاهش داد و به ترتیب به مقدار ۵/۲، ۰/٤ و ۰/۲ درصد برای قطره‌چکان‌های (l/h

۲) PCJ، (٤ l/h) PCJ و (۳/٥ l/h) UniRam رساند. مقایسه روند تغییرات شاخص‌های دبی نسبی، یکنواختی پخش، ضریب یکنواختی کریستیانسن و ضریب یکنواختی آماری دبی قطره‌چکان‌های مورد مطالعه در طول دوره آبیاری در شرایط کاربرد پساب تصفیه‌شده و اعمال تیمار مدیریتی شستشو بیانگر عملکرد بهتر قطره‌چکان (۳/٥ l/h) UniRam نسبت به سایر قطره‌چکان‌های مورد استفاده بود. با این حال عملکرد هر سه قطره‌چکان مورد مطالعه در شرایط کاربرد پساب تصفیه‌شده و اعمال مدیریت شستشو از نظر شاخص‌های دبی نسبی، یکنواختی پخش، ضریب یکنواختی کریستیانسن و ضریب یکنواختی آماری در طول دوره آبیاری در ردیف خوب-خیلی خوب قرار دارد.

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از یافته‌های طرح تحقیقاتی شماره ۵۰۰/۹۲/٦۰۷ معاونت پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان می‌باشد. نویسندگان از حمایت‌های معاونت پژوهشی دانشگاه سپاسگزاری می‌نمایند.

فهرست منابع

دانش، ش. و علیزاده، ا. ۱۳۸۷. کاربرد پساب تصفیه‌شده در کشاورزی، فرصت‌ها و چالش‌ها. اولین سمینار ملی جایگاه آب‌های بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب، مشهد، ۱ و ۲ خردادماه.

زرداری، م. و فتحی، پ. ۱۳۹۱. تأثیر شستشوی هفتگی بر عملکرد هیدرولیکی قطره‌چکان‌ها در شرایط استفاده ازپساب تصفیه‌شده. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، ۲(۱):٦۰-٤۹.

صفری، غ.، واعظی، ف. و اسدی، ع. ۱۳۸۱. ضوابط انتخاب محل برای آبیاری با فاضلاب. مجله آب و پساب، ٤۲(۲): ٦۹-٥۷.

Aali, K.A., Liaghat, A. and Dehghanisanij, H. 2009. The effect of acidification and magnetic field on emitter clogging under saline water application. Journal of Agricultural Science, 1(1): 132-141.

Abedi koupai, J. and Bakhtiarifar, A. 2004. Effect of treated wastewater on hydraulic characteristics of emitters in trickle irrigation systems. Journal of Agricultural and Natural Resource, 8(3): 33-43.

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

ASAE Standards. 2003. EP405.1: Design and installation of microirrigation system. St. Joseph, Michigan, ASAE.

ASAE Standards. 1988. EP458: Field evaluation of microirrigation systems. St. Joseph, Michigan, ASAE.

Ayers, R.S. and Westcot, D.W. 1994. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage. Paper No. 29. Rev. 1. Rome, Italy.

Batista, R.O., Batista dos Santos, D., Neto, M.F., Santos, W. and Barreto, H.B.F. 2012. Efficiency of chemical treatment on drip irrigation systems with sanitary sewage. Water Resoure and Irrigation Management, 1: 25-29.

Bralts, F.V. and Kesner, D.C. 1983. Drip irrigation field uniformity estimation. Transaction of the ASAE, 26: 1369-1374.

Bucks, D.A., Nakayama, F.S. and Gilbert, R.G. 1979. Trickle irrigation water quality and prevention maintenance. Agricultural Water Management, 2(2): 149-162.

Capra, A. and Scicolone, B. 2004. Emitter and filter tests for wastewater reuse by drip irrigation. Agricultural Water Management, 68: 135-149.

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

Cararo, D.C., Botrel, T.A., Hills, D.J. and Leverenz, H.L. 2006. Analysis of clogging in drip emitters during wastewater irrigation. Applied Engineering in Agriculture, 22(2): 251-257.

Christiansen, J.E. 1941. The uniformity of application of water by sprinkler system. Agricultural Engineering, 32(3): 89-99.

Dehghanisanij, H., Yamamoto, T., Ahmad, B.O., Fujiyama, H. and Miyamoto, K. 2005. The effects of chlorine on emitter clogging induced by algae and protozoa and the performance of drip irrigation. Transactions of the ASAE, 48(2): 519-527.

Hills, D.J. and Brenes, M.J. 2001. Microirrigation of wastewater effluent using

Puig-Bargués, J., Lamm, F.R., Trooien, T.P., Clark, G.A. 2009. Dripline flushing velocities for SDI. ASAE. Paper No. 096457. St. Joseph, Michigan, ASAE.

Puig-Bargués, J., Barragán, J. and Ramirez de Cartagena, F. 2005. Filtration of effluents for microirrigation systems. Agricultural Water Management, 77: 249-262.

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

Tajrishy, M.A., Hills, D.J. and Tchobanoglous, G. 1994. Pretreatment of secondary effluent for drip irrigation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 120(4): 716-731.

drip tape. Applied Engineering in Agriculture, 17(3): 303-308.

Karmeli, D. and Keller, J. 1974. Trickle irrigation design parameters. Transactions of the ASAE, 17(4): 678-684.

Nakayama, F.S., Boman, B.J., Pitts, D.J. 2007. Chapter 11: Maintenance. In: Microirrigation for Crop Production. Design, Operation, and Management. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, 389-430.

Puig-Bargués, J., Arbat, G., Elbana, M., Duran-Ros, M., Barragán, J., Ramirez de Cartagena, F. and Lamm, F.R. 2010. Effect of flushing frequency on emitter clogging in microirrigation with effluents. Agricultural Water Management, 97(6): 883-891.

ISSN 2251-7480

The effects of lateral flushing on clogging of PCJ and Uniram drippers in terms of using treated wastewater

Azime Asgari[1], Mahdi Gheysari[2*], Fateme Safarian[3]

1) M.Sc., Department of Water Engineering, Agriculture College, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
2*) Assistant professor at Water Engineering Department, Agriculture College, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
Corresponding Author Email: gheysari@cc.iut.ac.ir
3) M.Sc., Department of Water Engineering, Agriculture College, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

Received: 30-11-2013 Accepted: 19-03-2015

Abstract

Nowadays, the use of wastewater in irrigation of agricultural crops for the protection of water resources and eliminating the water crisis and shortages and also to reduce environmental hazards caused by increased production of wastewater has increased. Drip irrigation system is the best method for using wastewater; however, emitter clogging is the biggest problem with drip irrigation systems. Lateral flushing is one of the appropriate tasks for control of emitter clogging. The objective of this study was to investigate the amount of clogging of PCJ (2 L/h), PCJ (4 L/h), and UniRam (3.5 L/h) emitters in terms of use of treated wastewater and also to determine the effects of lateral flushing on reducing or eliminating emitter clogging. For this purpose, the changes of relative discharge rate, emission uniformity, Christiansen's uniformity coefficient and the statistical uniformity coefficient of studied emitters for use of treated wastewater and lateral flushing, during the 504 hours of irrigation, were investigated. The results showed that the amount of emitter clogging of studied emitters in terms of use of treated wastewater was not considerable. Generally, PCJ (2 L/h), PCJ (4 L/h), and UniRam (3.5 L/h) emitters respectively with 6.4, 0.9 and 0.5 percent of flow reduction were more sensitive to clogging. Lateral flushing reduced emitter clogging. Additionally, the performance of studied emitters in the indices of relative discharge rate, emission uniformity, Christiansen's uniformity coefficient and statistical uniformity coefficient during the test was in the range of good to very good.

Keywords: drip irrigation; emitter clogging; flushing; wastewater