DOI: 10.22059/ijswr.2019.278268.668151 تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۰، شماره ۹، بهمن ۱۳۹۸ (ص ۲۲۲۷-۲۲۳۸)

Effect of Irrigation Management, Flow Rate and Operating Pressure on Clogging of Pressure Regulator Emitters

SABA MIRIYAN[1], MAJID SHARIFIPOUR[1*], ALIHEYDAR NASROLLAHI[1]

1. Department of Water Engineering, Lorestan University, Khorramabad, Iran

(Received: March. 26, 2019- Revised: Apr. 30, 2019- Accepted: June. 3, 2019)

ABSTRACT

Emitters clogging is one of the most important problems in the operation of drip irrigation systems and also it is one of the main obstacles to the development of this irrigation method. To investigate the effect of discharge, operating pressure and management of irrigation system on clogging, emitters with discharges of 4 and 8 l/h, under three different operating pressures (1.0, 2.0 and 3.0 bar) and under three irrigation management methods (four, two and one times flow cutoff in every four hours operation) were tested for 132 hours. Accordingly the research included 18 treatments with four replicates which lasted for four months from July to October. In order to monitor the clogging in a limited time, 0.5 g/l of chalk was added to the water reservoir of the system. After 12, 36, 84 and 132 hours of the system operation, the clogging percentage of 4 l/h-emitter was 1.49, 1.12, 1.14, and 1.07 times more than the clogging percentage of 8 l/h-emitter. Discharge reduction in emitters under higher operating pressure was less than that in emitters under lower operating pressures. After 132 hours of system operation, the clogging percentages in emitters under operating pressures of 1.0, 2.0 and 3.0 bar were 91, 86 and 17, respectively. The effect of irrigation management method in treatments under operation pressure of 1.0 and 2.0 bar did not show a clear trend. Although, there was no meaningful difference between experimental treatments in emitters under 3.0 bar operating pressure, but in those with less flow interruption per the same operating time, less clogging was observed.

Key Words: Clogging, Drip Irrigation, Irrigation System Automation, Irrigation Management

[*]Corresponding Author's Email: sharifipour.m@lu.ac.ir

اثر مدیریت آبیاری، دبی و فشار کارکرد بر گرفتگی قطره‌چکان‌های تنظیم کننده فشار

صبا میریان[۱]، مجید شریفی‌پور*[۱]، علی‌حیدر نصرالهی[۱]
۱. گروه مهندسی آب، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، خرم آباد، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱/۶- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۲/۱۰- تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۳/۱۳)

چکیده

گرفتگی قطره‌چکان‌ها، یکی از مهمترین مشکلات بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و همچنین از عمده‌ترین موانع توسعه این روش آبیاری است. برای بررسی اثر دبی، فشار کارکرد و نحوه مدیریت سامانه آبیاری بر گرفتگی، قطره‌چکان‌های با دبی ۴ و ۸ لیتر بر ساعت، در سه فشار کارکرد متفاوت ۱/۰، ۲/۰ و ۳/۰ بار، تحت سه نوع مدیریت آبیاری شامل؛ چهار، دو و یک بار قطع جریان در هر چهار ساعت، به مدت ۱۳۲ ساعت کارکرد داشتند. به این ترتیب پژوهش شامل ۱۸ تیمار و چهار تکرار بود که به مدت ۴ ماه از تیر ماه لغایت مهر ماه انجام شد. برای پایش اثر فاکتورهای پژوهش در زمان محدود، به آب مخزن سامانه به میزان نیم گرم در لیتر گچ اضافه شد. پس از ۱۲، ۳۶، ۸۴ و ۱۳۲ ساعت کارکرد سیستم، درصد گرفتگی قطره‌چکان‌های با دبی ۴ لیتر بر ساعت بطور متوسط به ترتیب ۱/۴۹، ۱/۱۲، ۱/۱۴ و ۱/۰۷ برابر بیشتر از درصد گرفتگی قطره‌چکان‌های با دبی ۸ لیتر بر ساعت بود. کاهش دبی در قطره‌چکان‌هایی که تحت فشار کارکرد بالاتر بودند نسبت به قطره‌چکان‌هایی که تحت فشارهای کارکرد پایین‌تر بودند کمتر اتفاق افتاد؛ پس از ۱۳۲ ساعت کارکرد سیستم، درصد گرفتگی قطره‌چکان‌های تحت فشار ۱/۰، ۲/۰ و ۳/۰ بار، به طور متوسط و به ترتیب حدود ۹۱، ۸۶ و ۱۷ درصد بود. اثر روش مدیریت آبیاری در تیمارهایی که تحت فشار کارکرد ۱/۰ و ۲/۰ بار بودند روند مشخصی را نشان نداد. در قطره‌چکان‌هایی که تحت فشار کارکرد ۳/۰ بار بودند، هرچند تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی وجود نداشت، ولی در آنهایی که تعداد انقطاع جریان کمتری به ازای زمان کارکرد یکسان داشتند، گرفتگی کمتری ایجاد شد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای، اتوماسیون سامانه آبیاری، گرفتگی قطره‌چکان، مدیریت آبیاری

مقدمه

امنیت غذایی یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های جوامع بشری است و پیش‌بینی می‌شود با رشد جمعیت، برای تأمین مواد غذایی مورد نیاز جامعه جهانی در سال ۲۰۵۰، تولید مواد غذایی باید حدود ۷۰ درصد افزایش یابد (Geerts *et al.*, 2010). مقدار تولید در واحد سطح در اراضی تحت آبیاری، بسیار بالاتر از اراضی دیم است، به‌شکلی که بیش از ۴۰ درصد از کل تولیدات کشاورزی جهان در اراضی فاریاب تولید می‌شود که تنها ۱۹ درصد از کل اراضی تحت کشت جهان را در برمی‌گیرند (Molden *et al.*, 2010). به‌همین دلیل بخش عمده‌ای از افزایش تولید غذای جهان، از طریق توسعه اراضی فاریاب صورت خواهد گرفت. در عین حال هزینه‌های بالای اقتصادی و زیست‌محیطی، تأمین منابع آب جدید را، به‌ویژه برای مصارف کشاورزی محدود کرده است (Rosegrant and Ringler, 2000). با توجه به کمبود گسترده منابع آب، دفتر توسعه سازمان ملل متحد پیش‌بینی کرده است که آینده تأمین غذا برای جمعیت در حال رشد جهان متأثر از بحران آب است، و نه بحران زمین‌های قابل کشاورزی (Du Toit, 2011). بنابراین آب بازیگر اصلی در افزایش تولیدات کشاورزی است (Hanjra and Qureshi, 2010). در فرآیند کشاورزی ۹۹ درصد آب مورد نیاز گیاه صرف تبخیر و تعرق می‌شود. بنابراین، کاهش مقدار آبی که در اثر تبخیر در مصارف بخش کشاورزی از دست می‌رود، نقش بسزایی در کاهش مصرف آب در این بخش دارد (Wu *et al.*, 2014). از این رو انتخاب روش‌های مناسب آبیاری در سطح مزارع و باغ‌ها جهت مصرف بهینه آب، یکی از راهکارهای مدیریتی مؤثر در ارتقا بهره‌وری آب کشاورزی و درنهایت تواید غذا برای جمعیت در حال رشد جهان می‌باشد.

به دلیل پایین بودن راندمان آبیاری در آبیاری‌های سنتی، آبیاری تحت فشار یکی از راه‌های مؤثر برای استفاده بهینه از منابع آبی محدود می‌باشد (Piri, 2007). متوسط راندمان کاربرد آب آبیاری در سامانه‌های آبیاری سطحی، بارانی و قطره‌ای در ایران به ترتیب ۵۳/۶، ۶۲/۱ و ۷۱/۱ درصد است (Abbasi *et al.*, 2016). برهمین اساس استفاده از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای به دلیل راندمان بالا، یک راه حل مهم کاهش آب مورد نیاز در طرح‌های آبیاری می‌باشد.

* نویسنده مسئول: sharifipour.m@lu.ac.ir

انسداد قطره‌چکان‌ها یکی از مهمترین مشکلات در آبیاری قطره‌ای است. مسدود شدن قطره‌چکان‌ها موجب افزایش هزینه‌های نگهداری و راهبری سیستم از جمله برای کنترل قطره-چکان‌ها و تعویض یا تعمیر آنها می‌گردد (Nasrollahi, 2010). شناسایی عوامل تأثیرگذار بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها و ارائه راهکارهای مناسب برای مقابله با آن به گسترش این روش آبیاری کمک خواهد کرد. از میان سه عامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در گرفتگی قطره‌چکان‌ها، راه‌حل‌های ساده‌تری برای مقابله با عوامل گرفتگی فیزیکی و بیولوژیکی وجود دارد در حالی-که جلوگیری از گرفتگی شیمیایی (به دلیل محلول بودن عوامل گرفتگی) بسیار سخت‌تر است.

Karami *et al.* (2014) در تحقیقی گرفتگی شیمیایی و تأثیر آن بر عملکرد هیدرولیکی را در چهار قطره‌چکان از نوع تنظیم‌کننده (نتافیم و میکروفلاپر) و غیر تنظیم‌کننده (مهر و گلدانی) و سه تیمار دبی ۸ ، ۴ و ۲ لیتر در ساعت مورد مطالعه قرار داد. نتایج نشان داد که تیمار قطره‌چکان گلدانی و نتافیم با آبدهی ۸ لیتر در ساعت، از نظر مقاومت در برابر گرفتگی شیمیایی و از نظر پارامترهای ارزیابی هیدرولیکی دارای رتبه بالاتری می-باشد. Samadi *et al.* (2018) در پژوهشی به بررسی تأثیر الکترومغناطیس بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها در شرایط آبیاری با آب پساب کشاورزی پرداختند. با بررسی ضریب یکنواختی و تغییرات آبدهی این نتیجه حاصل شد که استفاده از دستگاه الکترومغناطیس باعث کاهش گرفتگی قطره‌چکان‌ها شده است. Ebrahimi *et al.* (2012) در تحقیقی اثر تیمار پساب را بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها نسبت به تیمار آب خالص (شاهد) بررسی کردند. نتایج نشان داد که استفاده از پساب و تعداد دفعات آبیاری بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها مؤثر است. Zamaniyan *et al.* (2013) عملکرد قطره‌چکان‌های موجود در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سیستم‌های آبیاری در ۱۰ منطقه ایران را مورد مطالعه قرار دادند و عوامل گرفتگی قطره‌چکان‌ها (فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی) را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که در شرایط کاربرد منابع آب‌های سطحی (رودخانه‌ها، کانال‌های روباز و شبکه‌های آبیاری و غیره) معمول‌ترین عامل انسداد قطره‌چکان‌ها عوامل فیزیکی هستند. همچنین آب‌های سطحی شامل موجودات زنده نظیر خزه، حلزون، ماهی، بذر و دیگر مواد آلی می‌باشد که برای جلوگیری از گرفتگی قطره‌چکان‌ها باید تصفیه شوند. آب زیرزمینی نیز اغلب حاوی سطوح بالای مواد معدنی محلول است که رسوب نموده و به شکل جرم در می‌آیند و نیاز به تصفیه شیمیایی دارند.

با توجه به وسعت کاربرد قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار در ایران، ضرورت دارد با بررسی عوامل مؤثر بر گرفتگی آنها، روش‌های طراحی و مدیریت سامانه‌های آبیاری به گونه‌ای تدوین شود که کمتر منجر به گرفتگی قطره‌چکان‌ها گردد. هدف این پژوهش یافتن روش‌های طراحی و مدیریتی است که گرفتگی کمتری در قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار را منجر می‌شود. مراد از روش طراحی در این تحقیق، کم‌فشار بودن یا پرفشار بودن سامانه و نیز انتخاب دبی قطره‌چکان و مراد از مدیریت تعداد انقطاع جریان به ازای زمان کارکرد قطره‌چکان است.

مواد و روش‌ها

محل انجام تحقیق

تحقیق حاضر در دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان واقع در جنوب شهرستان خرم‌آباد، با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی با ارتفاع ۱۱۴۷ متر از سطح دریا انجام شد. آزمایش‌های تحقیق در فصل‌های تابستان و پاییز سال ۱۳۹۷ به مدت چهار ماه از تیر ماه لغایت مهر ماه انجام شد.

روش انجام تحقیق

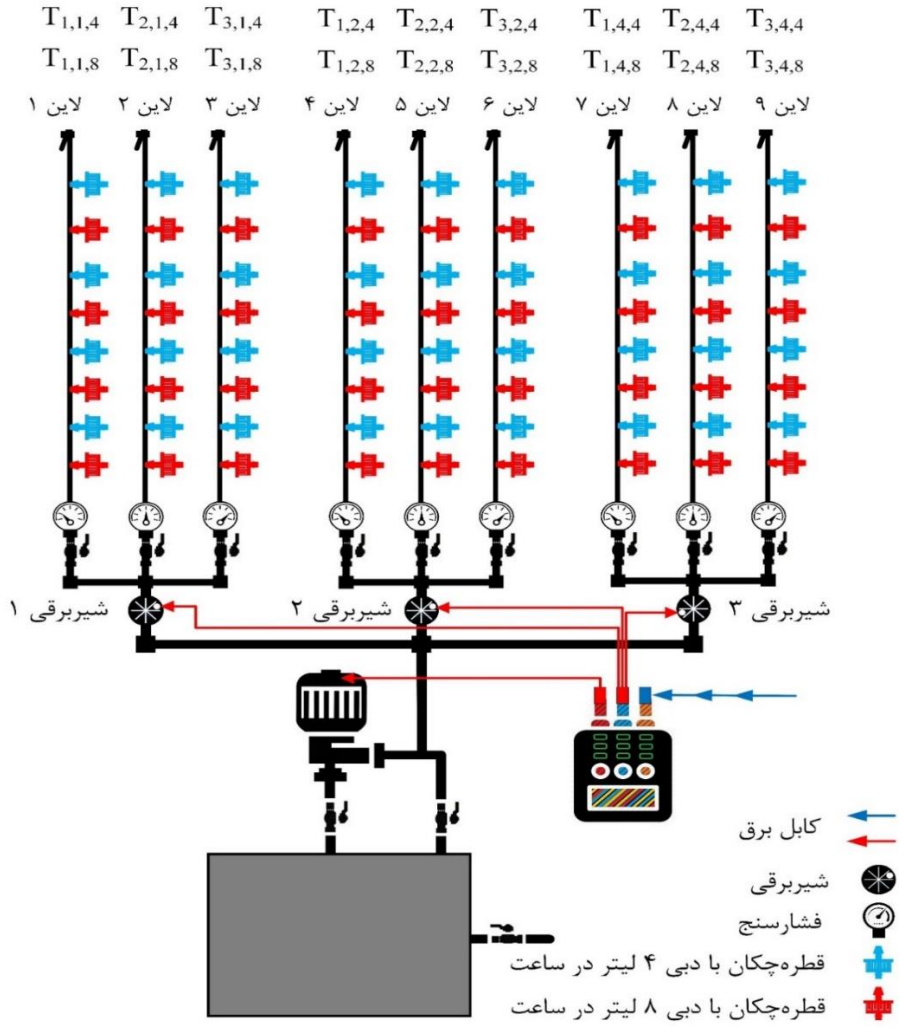
به‌منظور بررسی اثر دبی، مدیریت آبیاری و فشار کارکرد بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها، این تحقیق به‌صورت طرح فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار انجام شد.

با توجه به اینکه نتایج تحقیق Karami *et al.* (2014) نشان داد دبی خروجی قطره‌چکان بر گرفتگی نسبی آن مؤثر است، در پژوهش حاضر دبی کارکرد قطره‌چکان به عنوان یکی از عوامل مؤثر بر گرفتگی مورد بررسی قرار گرفت. همچنین با در نظر گرفتن نتایج حاصل از تحقیقات Marin-Cruz *et al.* (2004) مبنی بر مؤثر بودن فشار بر ترسیب و حلالیت کربنات‌ها، فشار کارکرد قطره‌چکان‌ها نیز به عنوان یکی دیگر از عوامل مؤثر بر گرفتگی در نظر گرفته شد. به علاوه نتایج پژوهش Ebrahimi *et al.* (2012) حاکی از مؤثر بودن تعداد دفعات آبیاری (به عبارتی تعداد قطع و وصل جریان) بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها است، به همین دلیل تعداد انقطاع جریان، به‌عنوان عامل سوم موثر برگرفتگی، مورد سنجش قرار گرفت. از این رو فاکتورهای مورد آزمایش در این تحقیق شامل: الف) دو سطح دبی قطره‌چکان که عبارت بودند از: ۴/۰ و ۸/۰ لیتر در ساعت، ب) سه سطح فشار کارکرد قطرچکان که عبارت بودند از: ۱/۰، ۲/۰ و ۳/۰ بار و ج) سه نوع مدیریت آبیاری (انقطاع جریان) که عبارت بودند از: قطع جریان هر چهار ساعت یکبار (بازه‌های کارکرد پیوسته چهار ساعتی)؛ قطع جریان هر دو ساعت یکبار (بازه‌های کارکرد پیوسته

دو ساعتی) و قطع جریان هر یک ساعت یکبار (بازه‌های کارکرد پیوسته یک ساعتی). بدین ترتیب تعداد تیمارهای طرح ۱۸ تیمار (۳×۳×۲) در چهار تکرار بود. جدول (۱) تیمارهای مربوط به تحقیق و شکل (۱) طرح شماتیک سیستم آبیاری قطره‌ای طراحی شده برای این پژوهش را نشان می‌دهد. کدگذاری تیمارها بصورت $T_{P,M,D}$ انجام شد که P، M و D به ترتیب نشان‌دهنده فشار کارکرد سیستم، مدیریت آبیاری (تعداد انقطاع جریان در هر چهار ساعت کارکرد) و دبی قطره‌چکان هستند.

جدول ۱- تیمارهای آزمایشی پژوهش

		فشار کارکرد (bar)								
		۱/۰			۲/۰			۳/۰		
مدیریت آبیاری (تعداد انقطاع جریان در هر ۴ ساعت)		یک	دو	چهار	یک	دو	چهار	یک	دو	چهار
دبی قطره‌چکان (L/h)	۴	$T_{1,1,4}$	$T_{1,2,4}$	$T_{1,4,4}$	$T_{2,1,4}$	$T_{2,2,4}$	$T_{2,4,4}$	$T_{3,1,4}$	$T_{3,2,4}$	$T_{3,4,4}$
	۸	$T_{1,1,8}$	$T_{1,2,8}$	$T_{1,4,8}$	$T_{2,1,8}$	$T_{2,2,8}$	$T_{2,4,8}$	$T_{3,1,8}$	$T_{3,2,8}$	$T_{3,4,8}$



شکل ۱- شماتیک سیستم آبیاری قطره‌ای طراحی شده برای پژوهش

به منظور دستیابی به اهداف تحقیق برای انجام آزمایش‌ها از یک سامانه کنترل آبیاری هوشمند (شکل ۲) استفاده شد. سامانه آبیاری هوشمند بکار رفته در این تحقیق در واقع یک برد کنترل برای ابزارهای برقی استفاده شده در سیستم آبیاری قطره‌ای است. برنامه آزمایشی تحقیق بدون دخالت نیروی انسانی و در زمان‌های از پیش تعیین شده از طریق سامانه هوشمند اعمال می‌گردید. برهمین اساس زمان کارکرد سامانه کنترل آبیاری هوشمند برای هر تیمار چهار ساعت در روز در نظر گرفته شد که بصورت زیر برنامه‌ریزی شد:

۱- گروه اول قطره‌چکان‌ها (لاین‌های ۱، ۲ و ۳ در سیستم

آبیاری قطره‌ای، متصل به شیر برقی شماره ۱): چهار ساعت کارکرد پیوسته (بازه‌های کارکرد پیوسته ۴ ساعتی)، به عبارت دیگر قطع جریان هر ۴ ساعت یکبار (یعنی یکبار قطع و وصل جریان) صورت می‌گرفت.

۲- گروه دوم قطره‌چکان‌ها (لاین‌های ۴، ۵ و ۶ سیستم آبیاری قطره‌ای، متصل به شیر برقی شماره ۲): دو ساعت کارکرد پیوسته که بعد از آن سیستم یک ساعت خاموش بود و مجدداً دو ساعت بصورت پیوسته کار می‌کرد (بازه‌های کارکرد پیوسته ۲ ساعتی) ، به عبارت دیگر قطع جریان هر دو ساعت یکبار (یعنی دوبار قطع و وصل جریان) صورت می‌گرفت.

۳- گروه سوم قطره‌چکان‌ها (لاین‌های ۷، ۸ و ۹ در سیستم آبیاری قطره‌ای، متصل به شیر برقی شماره ۳): ۴ بار کارکرد یک ساعتی، که بین هر ساعت کارکرد، سیستم به طور اتوماتیک یک ساعت خاموش می‌شد (بازه‌های کارکرد پیوسته ۱ ساعتی)، به عبارت دیگر قطع جریان هر یک ساعت یکبار (یعنی چهار بار قطع و وصل جریان) صورت می‌گرفت.

در هر گروه از قطره‌چکان‌ها، یک لاین با فشار بالا (۳/۰ بار) یک لاین با فشار متوسط (۲/۰ بار) و یک لاین با فشار پایین (۱/۰ بار) کار می‌کردند. برای اعمال فشارهای متفاوت از افت موضعی (شیر نیم‌باز) کمک گرفته شد. برای اندازه‌گیری و کنترل فشارهای کارکرد، بعد از شیرها و قبل از خطوط آبیاری، فشارسنج‌های عقربه‌ای ۴/۰ بار نصب شد.

شکل ۲- سامانه کنترل آبیاری هوشمند

قطره‌چکان‌های استفاده شده در این تحقیق ساخت شرکت یورودریپ کشور یونان بودند. دلیل انتخاب این قطره‌چکان‌ها کیفیت ساخت مناسب و گستردگی کاربرد آنها در بازار ایران بود. دبی این قطره‌چکان‌ها در دامنه فشار ۰/۵ الی ۴/۰ بار ثابت می‌باشد. برای تسریع در انجام آزمایش‌ها در هر بار پر کردن مخزن ۲۰۰۰ لیتری از آب، یک کیلوگرم گچ (نیم گرم در لیتر) نیز به آب اضافه می‌شد.

به دلیل حجم مشخص مخزن و اضافه کردن گچ بصورت دستی به آن و همچنین محدود بودن برنامه‌های سامانه آبیاری، سه روز طول می‌کشید تا یک گروه از قطره‌چکان‌ها بتوانند ۱۲ ساعت کارکرد داشته باشند و در نهایت ۹ روز طول می‌کشید تا کل سیستم ۱۲ ساعت کار کند. بعد از هر ۱۲ ساعت کارکرد کل سیستم، دبی هر یک از قطره‌چکان‌ها با استفاده از استوانه مدرج و کرنومتر اندازه‌گیری می‌شد. با احتساب اندازه‌گیری دبی اولیه قطره‌چکان‌ها، آزمایشات تا ۱۲ سری اندازه‌گیری ادامه پیدا کرد.

به منظور بررسی روند گرفتگی قطره‌چکان‌ها در تیمارهای مختلف، دبی هر یک از قطره‌چکان‌ها با استفاده از استوانه مدرج و کرنومتر تعیین شد سپس درصد گرفتگی از معادله (۱) محاسبه شد.

درصد گرفتگی = (۱ − (دبی ثانویه/دبی اولیه)) × ۱۰۰ (رابطه ۱)

ویژگی‌های کیفی آب مورد استفاده

به منظور تعیین ویژگی‌های کیفی آب آبیاری، نمونه آب برای اندازه‌گیری خصوصیات شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه شیمیایی آب در جدول (۲) آمده است.

شاخص لانژیلر (LSI) و شاخص ثابت حاصل ضرب حلالیت (K_{sp})

پیش‌بینی رسوبات کربنات کلسیم، که معمولاً رایج‌ترین رسوب شیمیایی در آب‌های آبیاری است، معمولاً با استفاده از شاخص اشباع لانژیلر[1] (LSI) انجام می‌گیرد (Ayers and Westcot, 1985). به عبارت دیگر تخمین شروع رسوب کلسیم با استفاده از LSI تعیین می‌شود. این شاخص اشباع عبارت است از :

شاخص اشباع = $pH_a - pH_c$ (رابطه ۲)

مقادیر مثبت شاخص ($pH_a > pH_c$)، نشان می‌دهد که آهک ($CaCO_3$) استعداد رسوب کردن از محلول را دارد و مقادیر منفی آن نشان می‌دهد که آب، آهک را در خود حل خواهد کرد. مقدار pH_a (pH واقعی) از نتایج تجزیه آزمایشگاهی به دست می‌آید، در صورتی که pH_c (pH نظری) از رابطه (۳) بدست می‌آید. آب‌هایی که شاخص اشباع آنها مثبت است برای سیستم‌های آبیاری قطره‌ای مسئله سازند که این امر باید در طراحی سیستم

1. Langelier Saturation Index

مد نظر قرار گیرد.

(رابطه ۳)

$$pH_c = p(Ca+Mg+Na+K)+p(Ca+Mg)+p(CO_3+HCO_3)$$

که در آن:

p(K+Na+Mg+Ca): نمایه کاتیون‌های آب است و بستگی به مجموع غلظت کاتیون‌های موجود در آب دارد.

p(Mg+Ca): نمایه کلسیم و منیزیم است و فقط بستگی به مجموع غلظت کلسیم و منیزیم آب دارد.

$p(CO_3+HCO_3)$: نمایه کربنات و بی‌کربنات است و مقدار آن براساس مجموع غلظت کربنات و بی‌کربنات موجود در آب به دست می‌آید.

برای بررسی امکان ترسیب سولفات کلسیم (گچ)، از ثابت حاصل ضرب حلالیت (K_{sp}) استفاده گردید (Lindsay, 1979). مقدار K_{sp} از حاصلضرب غلظت یون‌های سولفات و کلسیم بدست می‌آید. این مقدار در یک درجه حرارت مشخص، ثابت می‌باشد. حال چنانچه حاصل‌ضرب غلظت یون‌های کلسیم و سولفات اندازه‌گیری شده در آب آبیاری مورد استفاده (بر حسب مول بر لیتر) از K_{sp} بیشتر باشد، امکان رسوب کردن سولفات کلسیم وجود دارد. مقدار K_{sp} یا ثابت حاصل‌ضرب حلالیت برای کربنات کلسیم در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد برابر $۲/۴\times۱۰^{-۵}$ mol^2/lit^2 می‌باشد (Farzamnia and Haghayeghi Moghadam, 2010).

جدول ۲- برخی ویژگی‌های شیمیایی آب مورد استفاده در آزمایش

کاتیون‌ها (meq/lit)				آنیون‌ها (meq/lit)				Ec	pH	TDS	SAR
Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	CL^-	HCO_3^-	CO_3^{2-}	SO_4^{2-}	µmohs/cm	-	ppm	-
۳/۹۵	۰/۱۱	۰	۰/۵۹	۰/۷۸	۵/۳۲	۰	۱۲/۰۳	۱۲۴۴	۷/۸۱	۶۲۸	۰/۴۱

نتایج و بحث

تأثیر خصوصیات کیفی آب بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها

نتایج بررسی امکان رسوب کربنات کلسیم با استفاده از شاخص اشباع لانژیلر (LSI) و امکان رسوب سولفات کلسیم با استفاده از ثابت حاصل‌ضرب حلالیت (K_{SP}) در جدول (۳) آمده است. با توجه به جدول مشخص است که امکان رسوب کربنات کلسیم وجود نداشته اما امکان رسوب سولفات کلسیم در آب مورد استفاده وجود دارد.

جدول ۳- امکان رسوب کربنات کلسیم و سولفات کلسیم آب مورد استفاده در پژوهش

pH_a	pH_c	LSI	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	K_{SP}	امکان رسوب	
			$(mol/l)*10^{-3}$		$(mol^2/l^2)*10^{-5}$	کربنات کلسیم	سولفات کلسیم
۷/۸۱	۱۴/۰۳	-۶/۲۲	۲۴/۰۶	۷/۹	۱۹۰/۰۷	وجود ندارد	وجود دارد

تأثیر سطوح مختلف فشار کارکرد بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها با گذشت زمان

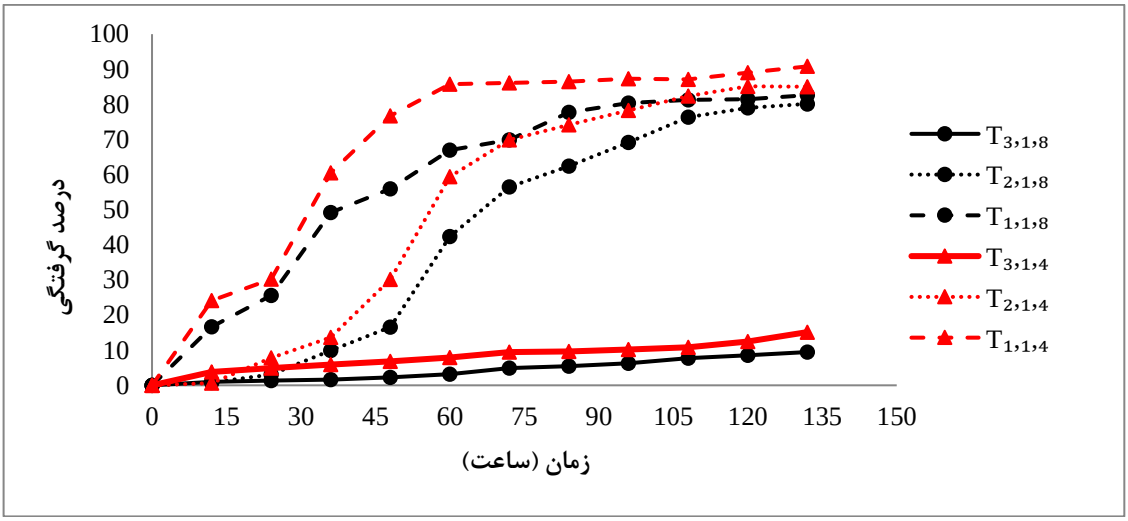
یکی از فاکتورهای مورد بررسی در این پژوهش، اثر فشار کارکرد بر گرفتگی شیمیایی قطره‌چکان‌ها در طول مدت کارکرد آنها بود. به همین منظور اثر سه فشار کارکرد ۱/۰، ۲/۰ و ۳/۰ بار بر فرآیند گرفتگی قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار بررسی شد که نتایج آن در این بخش ارائه شده است. از آنجا که عوامل فرعی مورد بررسی در این بخش؛ مدیریت آبیاری (تعداد انقطاع جریان) و دبی قطره‌چکان بودند، نتایج حاصل از بررسی اثر فشار کارکرد بر گرفتگی، در شرایط یکسان (مدیریت و دبی مشابه) به صورت جداگانه منعکس شده است.

تأثیر سطوح مختلف فشار کارکرد بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها، با یک‌بار انقطاع جریان در هر چهار ساعت

بررسی اثر تیمارهای آزمایشی بر گرفتگی قطره‌چکان‌هایی که تحت مدیریت آبیاری شامل یک بار انقطاع جریان در هر چهار ساعت کارکرد بودند در شکل (۳) ارائه شده است. این قطره‌چکان‌ها در مجموع ۱۳۲ ساعت کارکرد داشتند و در طول این مدت ۳۳ بار انقطاع جریان اعمال شد. چنانکه از شکل مشاهده می‌شود در همه تیمارها با گذشت زمان درصد گرفتگی افزایش می‌یابد. این در حالی است که افزایش درصد گرفتگی قطره‌چکان‌ها در تیمارهایی که تحت فشار کارکرد ۳/۰ بار بودند بسیار کمتر از قطره‌چکان‌هایی که تحت فشار کارکرد ۲/۰ و ۱/۰ بار بودند اتفاق افتاد.

بعد از ۳۶، ۷۲ و ۱۳۲ ساعت کارکرد سیستم، در تیمار $T_{3,1,8}$ درصد گرفتگی قطره‌چکان‌ها به‌ترتیب ۱/۶۱، ۴/۹۲ و ۹/۴۷ بدست آمد، ولی در تیمار $T_{3,2,8}$ به ترتیب به ۹/۹۲، ۵۶/۴۹ و ۸۰/۱۵ در همین ساعات کارکرد رسید. میزان گرفتگی قطره‌چکان‌های ۸ لیتر تحت فشار ۱/۰ بار نیز ۴۹/۱۹، ۶۶/۹۰ و ۸۲/۶۳

درصد بدست آمد. در قطره‌چکان‌های با دبی ۴ لیتر بر ساعت بعد از ۳۶، ۷۲ و ۱۳۲ ساعت کارکرد سیستم، میزان گرفتگی در تیمارهای تحت فشار ۳/۰ بار به ترتیب ۵/۸۷، ۹/۴۷ و ۱۵/۱۵ درصد، در تیمارهای تحت فشار ۲/۰ بار به ترتیب ۱۳/۶۷، ۶۹/۹۲ و ۸۵ درصد و در تیمارهای تحت فشار ۱/۰ بار به ترتیب ۶۰/۵۵، ۸۶/۱۳ و ۹۰/۸۲ درصد رسیده است. بنابراین می‌توان گفت که درصد گرفتگی در قطره‌چکان‌های با دبی ۴ لیتر بر ساعت بطور متوسط بیشتر از قطره‌چکان‌های با دبی ۸ لیتر بر ساعت است.



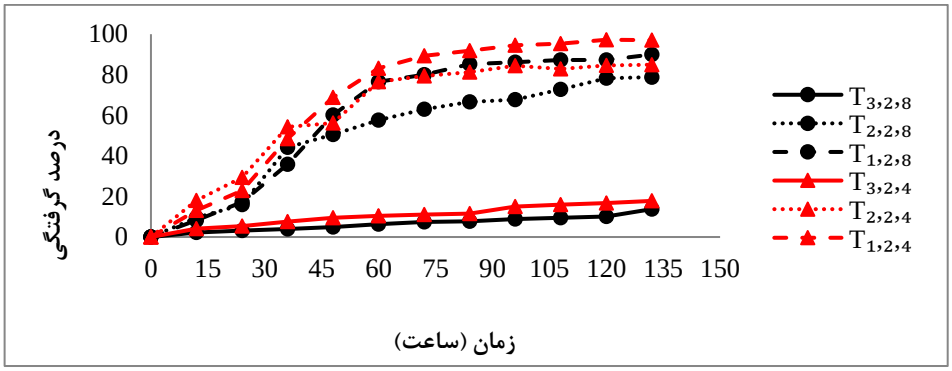
شکل ۳- روند تغییرات گرفتگی قطره‌چکان‌های با یک بار انقطاع جریان در هر ۴ ساعت، تحت فشارهای کارکرد ۱/۰، ۲/۰ و ۳/۰ بار

تأثیر سطوح مختلف فشار کارکرد بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها، با دو بار انقطاع جریان در هر چهار ساعت

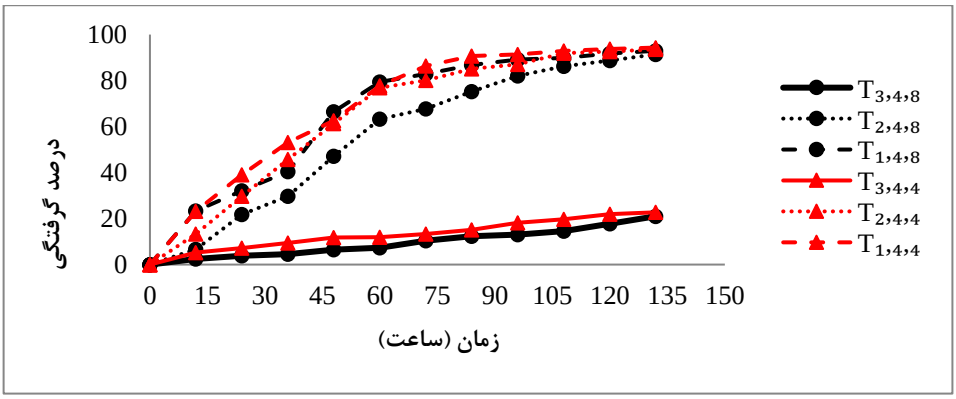
تأثیر سطوح مختلف فشار کارکرد بر تغییرات درصد گرفتگی قطره‌چکان‌هایی که تحت مدیریت آبیاری شامل دو بار انقطاع جریان در هر ۴ ساعت کارکرد بودند در شکل (۴) منعکس شده است. این قطره‌چکان‌ها در مجموع ۱۳۲ ساعت کارکرد داشتند و در طول این مدت ۶۶ بار انقطاع جریان اعمال شد. چنان‌که از شکل مشخص است با افزایش فشار کارکرد سیستم، درصد گرفتگی قطره‌چکان‌ها کمتر شده است که این کاهش در فشارهای بالاتر محسوس‌تر است. به طور نمونه درصد گرفتگی در تیمارهای $T_{3,2,8}$، $T_{2,2,8}$ و $T_{1,2,8}$ پس از ۳۶ ساعت کارکرد سیستم به ترتیب حدود ۴، ۴۴ و ۳۶ درصد و پس از ۱۳۲ ساعت کارکرد سیستم به ترتیب حدود ۱۴، ۷۹ و ۹۰ درصد بدست آمد. در تیمارهای $T_{3,2,4}$، $T_{2,2,4}$ و $T_{1,2,4}$ نیز درصد گرفتگی پس از ۳۶ ساعت کارکرد سیستم به ترتیب حدود ۸، ۵۴ و ۴۸ درصد و در انتهای زمان کار سامانه (پس از ۱۳۲ ساعت کارکرد) به ترتیب حدود ۱۸، ۸۵ و ۹۷ درصد رسید. این اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که با گذشت زمان اختلاف درصدهای گرفتگی در قطره‌چکان‌های تحت فشار ۳/۰ بار و قطره‌چکان‌های تحت فشار ۲/۰ بار بسیار بیشتر است تا اختلاف بین قطره‌چکان‌های تحت فشار ۲/۰ بار و تحت فشار ۱/۰ بار.

تأثیر سطوح مختلف فشار کارکرد بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها، با چهار بار انقطاع جریان در هر چهار ساعت

بررسی اثر سطوح مختلف فشار کارکرد بر گرفتگی قطره‌چکان‌های با آبدهی ۴ و ۸ لیتر بر ساعت که تحت مدیریت آبیاری شامل چهار بار انقطاع جریان در هر چهار ساعت کارکرد (۱۳۲ بار قطع جریان در کل زمان کارکرد سیستم) بودند، در شکل (۵) ارائه شده است. با توجه به شکل مشخص است که با افزایش فشار کارکرد سیستم، درصد گرفتگی قطره‌چکان‌ها کمتر شده است که این کاهش باز هم در فشارهای بالا محسوس‌تر است. به طور نمونه درصد گرفتگی در تیمارهای $T_{3,4,8}$، $T_{2,4,8}$ و $T_{1,4,8}$ پس از ۳۶ ساعت کارکرد سیستم، به ترتیب حدود ۵، ۳۰ و ۴۰ درصد، پس از ۷۲ ساعت کارکرد سامانه، به ترتیب حدود ۱۰، ۶۸ و ۸۳ درصد و در انتهای زمان کار سامانه (پس از ۱۳۲ ساعت کارکرد) به ترتیب حدود ۲۱، ۹۱ و ۹۳ بوده است. در تیمارهای $T_{3,4,4}$، $T_{2,4,4}$ و $T_{1,4,4}$ پس از ۱۳۲ ساعت کارکرد سامانه، میزان گرفتگی به ترتیب حدود ۱۳، ۴۸ و ۴۱ درصد بیشتر از ۳۶ ساعت کارکرد سامانه بدست آمد. این اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد با گذشت زمان اختلاف بین درصد گرفتگی در قطره‌چکان‌هایی که تحت فشار ۳/۰ بار و ۲/۰ بار قرار دارند به مراتب بیشتر از قطره‌چکان‌هایی است که تحت فشار ۲/۰ بار و ۱/۰ بار بودند. این در حالی است که اختلاف فشار متناظر آنها ۱/۰ بار بوده است.



شکل ۴- روند تغییرات گرفتگی قطره‌چکان‌های با دو بار انقطاع جریان در هر ۴ ساعت، تحت فشارهای کارکرد ۱/۰، ۲/۰ و ۳/۰ بار



شکل ۵- روند تغییرات گرفتگی قطره‌چکان‌های با چهار بار انقطاع جریان در هر ۴ ساعت، تحت فشارهای کارکرد ۱/۰، ۲/۰ و ۳/۰ بار

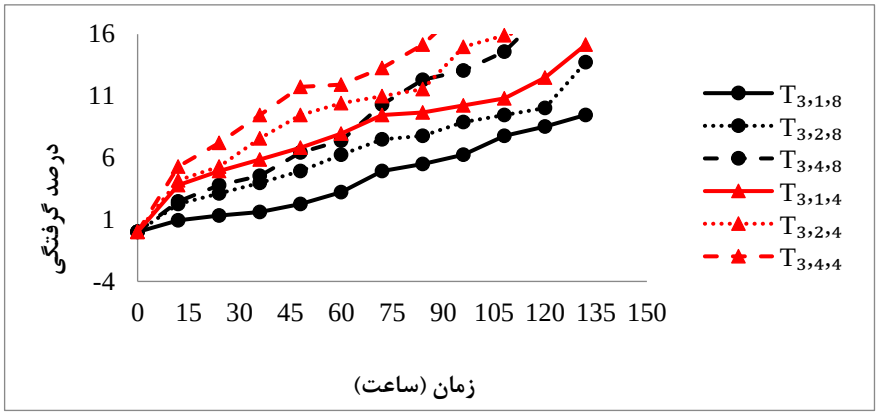
نتایج حاصل از این بخش نشان می‌دهد که با افزایش فشار کارکرد در قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار، میزان گرفتگی آنها کاهش می‌یابد. این در حالی است که اثر فشار کارکرد بر گرفتگی قطره‌چکان خطی نیست و در فشارهای پایین‌تر، گرفتگی قطره‌چکان به طور مضاعف افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر، فشارهای بالاتر (در حدود ۳/۰ بار) در جلوگیری از گرفتگی قطره‌چکان‌ها بسیار مؤثرند. بنظر می‌رسد با کاهش میزان فشار، دی‌اکسیدکربن محلول در آب انباشت می‌شود، در این شرایط ترسیب کربنات‌ها منجر به افزایش pH و تشکیل پوسته در لوله و دیواره‌های قطره‌چکان می‌شود. Marin-Cruz *et al.* (2004)، گزارش کردند که با کاهش فشار، حلالیت کربنات‌ها کاهش می‌یابد و یا به عبارت دیگر امکان ترسیب آنها افزایش پیدا می‌کند.

تأثیر نوع مدیریت آبیاری بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها با گذشت زمان

یکی از فاکتورهای مورد بررسی در این پژوهش، اثر نوع مدیریت آبیاری بر گرفتگی شیمیایی قطره‌چکان‌ها در طول مدت کارکرد آنها بود. به همین منظور اثر سه نوع مدیریت آبیاری شامل یک، دو و چهار بار قطع جریان در ۴ ساعت کارکرد سیستم بر فرآیند گرفتگی قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار بررسی شد که نتایج آن در این بخش ارئه شده است. از آنجا که عوامل فرعی مورد بررسی در این بخش؛ فشار کارکرد و دبی قطره‌چکان بودند، نتایج حاصل از بررسی اثر مدیریت آبیاری بر گرفتگی، در شرایط یکسان (فشار و دبی مشابه) به صورت جداگانه ارائه شده است.

تأثیر نوع مدیریت آبیاری بر گرفتگی قطره‌چکان‌های با فشار کارکرد ۳/۰ بار

تأثیر تعداد انقطاع جریان بر تغییرات درصد گرفتگی قطره‌چکان‌ها تحت فشار کارکرد ۳/۰ بار در قطره‌چکان‌های با دبی ۸ و ۴ لیتر بر ساعت در شکل (۶) منعکس شده است. درصد گرفتگی قطره‌چکان‌ها در تیمار با چهار بار انقطاع بیشتر از تیمار با دو بار انقطاع، و در تیمار با دوبار انقطاع بیشتر از تیمار با یک بار انقطاع است. به طور نمونه درصد گرفتگی در تیمارهای $T_{3,1,8}$، $T_{3,2,8}$ و $T_{3,4,8}$ پس از ۳۶ ساعت کارکرد سیستم به ترتیب حدود ۲، ۴ و ۵ درصد و پس از ۱۳۲ ساعت کارکرد سیستم به ترتیب حدود ۹، ۱۴ و ۲۱ درصد بدست آمد. در تیمارهای $T_{3,1,4}$، $T_{3,2,4}$ و $T_{3,4,4}$ نیز درصد گرفتگی پس از ۳۶ ساعت کارکرد سیستم به ترتیب حدود ۶، ۸ و ۹ درصد و در انتهای زمان کار سامانه (پس از ۱۳۲ ساعت کارکرد) به ترتیب حدود ۱۵، ۱۸ و ۲۳ درصد رسید.



شکل ۶- روند تغییرات گرفتگی قطره‌چکان‌های با فشار کارکرد ۳/۰ بار، تحت انقطاع‌های یک، دو و چهار بار در هر ۴ ساعت کارکرد

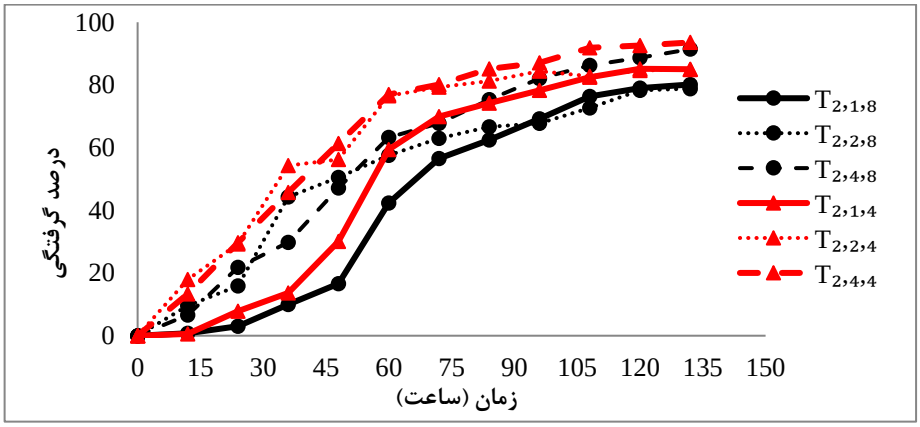
تأثیر نوع مدیریت آبیاری بر گرفتگی قطره‌چکان‌های با فشار کارکرد ۲/۰ بار

روند تغییرات درصد گرفتگی تحت تأثیر مدیریت‌های مختلف آبیاری در قطره‌چکان‌های با آبدهی ۴ و ۸ لیتر در ساعت تحت فشار کارکرد ۲/۰ بار در شکل (۷) ارائه شده است. با توجه به شکل میزان گرفتگی در طول آزمایش در قطره‌چکان‌های با چهار بار انقطاع جریان بیشتر از قطره‌چکان‌های با یکبار انقطاع است در حالی‌که در قطره‌چکان‌های با دوبار انقطاع جریان میزان گرفتگی در انتهای آزمایش حتی کمتر از قطره‌چکان‌های با یک‌بار انقطاع جریان شده است. بطوری‌که پس از ۱۳۲ کارکرد سیستم میزان گرفتگی در تیمارهای $T_{2,1,8}$، $T_{2,2,8}$ و $T_{2,4,8}$ به ترتیب حدود ۸۰، ۷۸ و ۹۱ درصد و در تیمارهای $T_{2,1,4}$، $T_{2,2,4}$ و $T_{2,4,4}$ به ترتیب حدود ۸۵، ۸۴ و ۹۳ درصد بدست آمد.

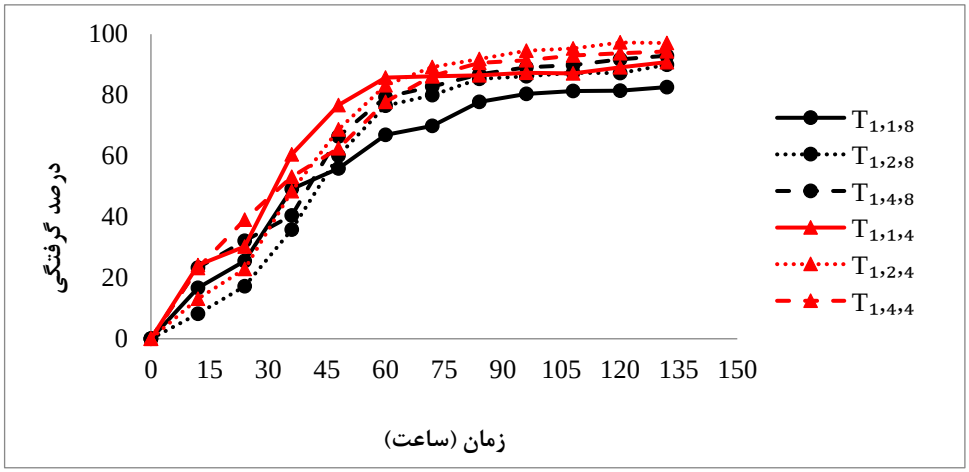
تأثیر نوع مدیریت آبیاری بر گرفتگی قطره‌چکان‌های با فشار کارکرد ۱/۰ بار

شکل (۸) تأثیر نوع مدیریت آبیاری بر تغییرات گرفتگی قطره‌چکان‌ها را تحت فشار کارکرد ۱/۰ بار در قطره‌چکان‌های با دبی ۸ و ۴ لیتر بر ساعت نشان می‌دهد. چنانکه از شکل مشخص است در همه تیمارها با گذشت زمان میزان درصد گرفتگی، افزایش می‌یابد. بر همین اساس میزان گرفتگی قطره‌چکان‌ها در پایان آزمایش در تیمارهای $T_{1,1,8}$، $T_{1,2,8}$ و $T_{1,4,8}$ به ترتیب حدود ۸۲، ۸۹ و ۹۲ درصد و در تیمارهای $T_{1,1,4}$، $T_{1,2,4}$ و $T_{1,4,4}$ به ترتیب ۹۰، ۹۷ و ۹۴ درصد رسید. این در حالی است که در قطره‌چکان‌های با آبدهی ۴ لیتر بر ساعت میزان گرفتگی در ابتدای کارکرد سیستم تا اواسط آن (تا ۶۰ ساعت کارکرد) به دلیل نامعلومی در قطره‌چکان‌های با انقطاع یکبار بیشتر از قطره‌چکان‌های با انقطاع دو و چهار بار شد.

در نهایت بنظر می‌رسد با افزایش تعداد انقطاع جریان در طول آزمایش، ترسیب کلسیم سولفات (گچ) افزایش یافته و همین موضوع موجب گرفتگی بیشتر قطره‌چکان‌ها با تعداد انقطاع بیشتر شده است. اما مواردی هم وجود داشت که با افزایش تعداد انقطاع جریان، میزان گرفتگی کاهش پیدا کرده بود که برای این حالات دلیل مشخص علمی وجود ندارد ولی چون آزمایش‌ها در فصل تابستان سال ۱۳۹۷ به طور مقطعی با قطعی برق مواجه می‌شد و سامانه کنترل آبیاری نیز بصورت اتوماتیک کار می‌کرد، ممکن است که در اثر قطع جریان برق مقداری از ساعت کارکرد تیمارها انجام نشده و در آزمایش‌ها خطا ایجاد شده باشد.



شکل ۷- روند تغییرات گرفتگی قطره‌چکان‌های با فشار کارکرد ۲/۰ بار، تحت انقطاع‌های یک، دو و چهار بار در هر ۴ ساعت کارکرد



شکل ۸- روند تغییرات گرفتگی قطره‌چکان‌های با فشار کارکرد ۱/۰ بار، تحت انقطاع‌های یک، دو و چهار بار در هر ۴ ساعت کارکرد

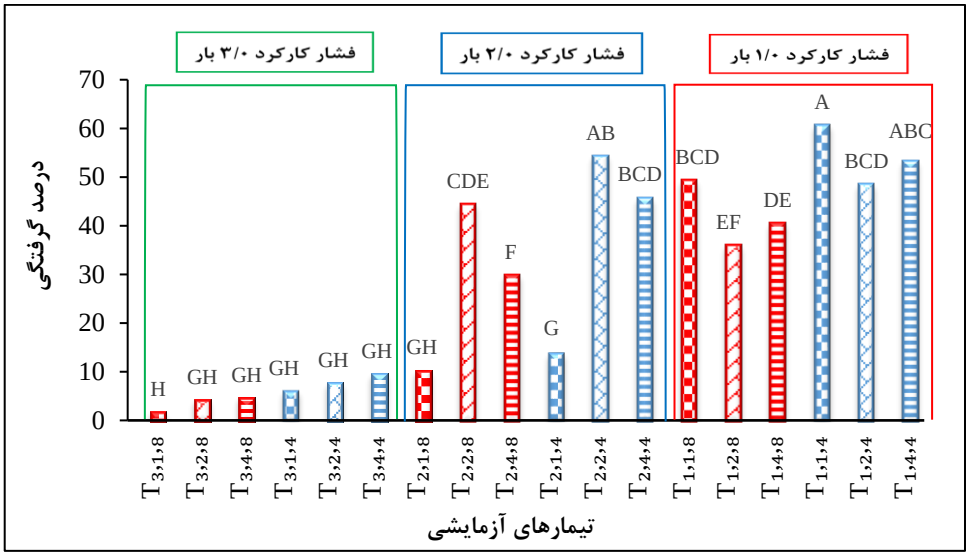
مقایسه آماری اثر تیمارهای آزمایشی بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها در طول زمان

به منظور مقایسه اثر تیمارهای آزمایشی بر گرفتگی قطره‌چکان-های بکار رفته در این تحقیق از نرم‌افزار MSTAT-C استفاده شد. در ادامه برای مقایسه تیمارهای آزمایشی با یکدیگر، آزمون مقایسه میانگین به روش دانکن در سطح معنی‌داری ۵ درصد انجام شد که نتایج آن در شکل‌های (۹ تا ۱۱) آمده است.

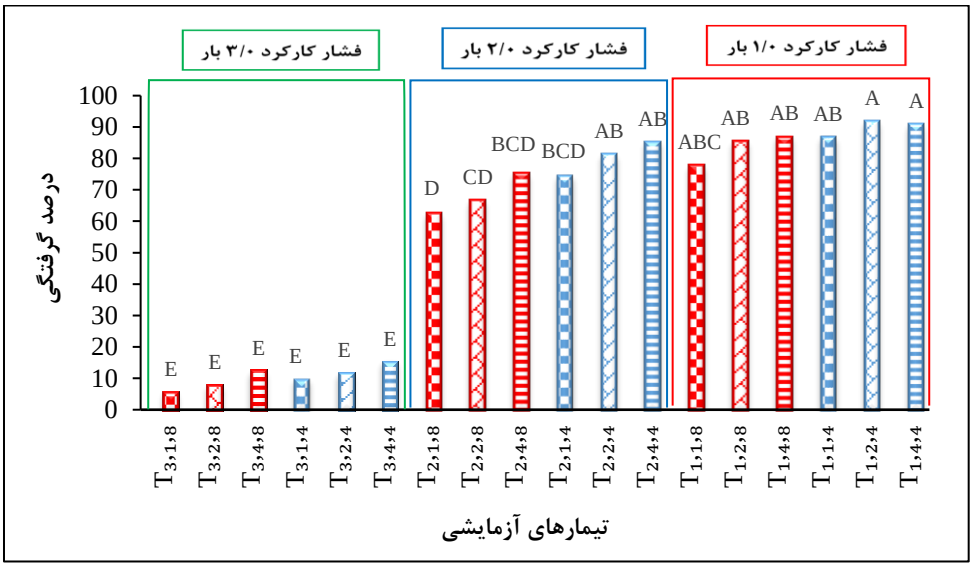
اثر تیمارهای آزمایشی بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها پس از ۳۶ ساعت کارکرد در شکل (۹) نمایش داده شده است. چنانکه در این شکل مشاهده می‌شود گرفتگی قطره‌چکان‌های تحت فشار کارکرد ۳/۰ بار حتی با وجود روش مدیریت آبیاری و دبی متفاوت، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. هر چند در تیمارهایی که تعداد انقطاع جریان کمتری داشتند، گرفتگی کمتری ایجاد شد. بطوری‌که میزان گرفتگی در تیمار $T_{3,4,8}$ حدود ۲/۸ برابر تیمار $T_{3,1,8}$ بود. همچنان‌که از شکل مشخص است در قطره‌چکان‌های با آبدهی ۸ لیتر بر ساعت، درصد گرفتگی قطره‌چکان‌های تحت فشار کارکرد ۲/۰ بار، در همه تیمارها باهم اختلاف معنی‌دار دارند. در قطره‌چکان‌های با دبی ۴ لیتر بر ساعت بین تیمارهای دو و چهار بار انقطاع جریان، اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. در حالی-که یک‌بار انقطاع جریان در هر ۴ ساعت کارکرد سیستم منجر به تفاوت معنی‌دار در گرفتگی قطره‌چکان، با تیمارهایی شد که تحت دو یا چهار بار انقطاع جریان قرار داشتند. در قطره‌چکان‌های ۴ لیتر بر ساعت که تحت فشار ۱/۰ بار قرار داشتند میزان گرفتگی در تیمارهایی که تحت یک‌بار انقطاع جریان قرار داشتند در مقایسه با تیمارهایی که تحت دوبار انقطاع جریان بودند از نظر آماری اختلاف معنی‌دار وجود داشت. در بقیه تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. این نتیجه در قطره‌چکان‌های ۸ لیتر بر ساعت نیز بدست آمد.

اثر تیمارهای آزمایشی بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها پس از ۸۴ ساعت کارکرد در شکل (۱۰) نمایش داده شده است. در این آزمایش نیز با گذشت ۸۴ ساعت از کارکرد سیستم، در قطره-چکان‌های تحت فشار ۳/۰ بار با وجود اینکه در تیمارهایی که تعداد انقطاع جریان کمتری داشتند، گرفتگی کمتری ایجاد شد. بطوری‌که متوسط گرفتگی قطره‌چکان‌هایی که تحت یک، دو و چهار بار انقطاع در هر ۴ ساعت کارکرد بودند به ترتیب ۷/۵۶، ۹/۶۵ و ۱۳/۷۴ درصد بود، ولی اختلاف معنی‌دار بین درصد گرفتگی آنها مشاهده نشد. در قطره‌چکان‌هایی که تحت فشار ۲/۰ بار بودند تفاوت در روش مدیریت آبیاری، اختلاف معنی‌دار در میزان درصد گرفتگی قطره‌چکان‌ها ایجاد نکرد. همچنین میزان گرفتگی قطره‌چکان‌هایی که تحت فشار ۱/۰ بار بودند نیز با وجود تفاوت در روش مدیریتی و مقدار دبی قطره‌چکان‌ها، اختلاف معنی‌دار باهم نداشتند. نکته قابل توجه این است که تیمارهای آزمایشی در این آزمایش تنها در ۵ گروه معنی‌دار قرار گرفتند در حالی که در آزمایشات ابتدایی ۸ گروه معنی‌دار وجود داشت.

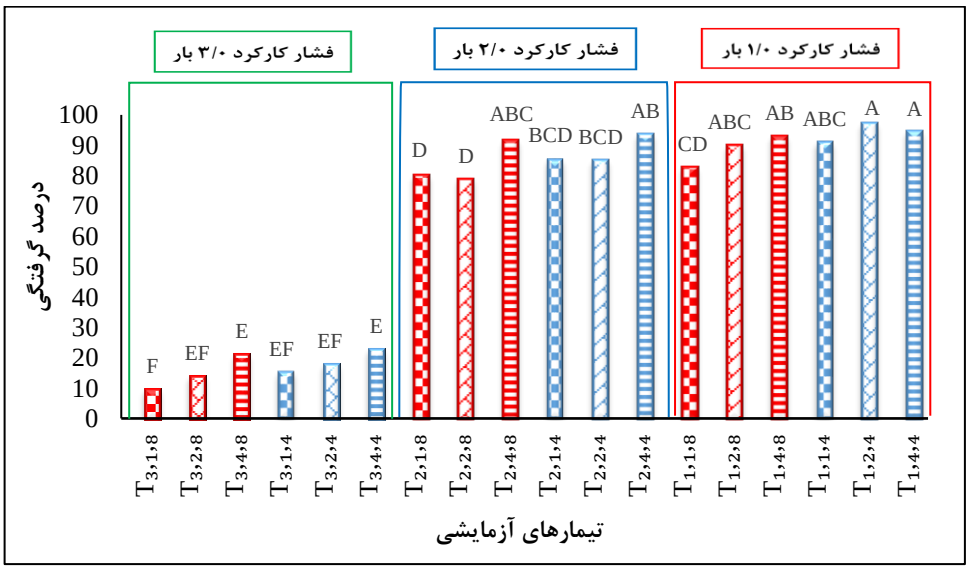
شکل (۱۱) تأثیر روش مدیریتی و دبی متفاوت در میزان گرفتگی قطره‌چکان‌های تحت فشار کارکرد یکسان در پایان آزمایش‌ها را نشان می‌دهد. در این مرحله از آزمایش در قطره-چکان‌های با دبی ۴ لیتر بر ساعت هیچ اختلاف معنی‌داری در میزان گرفتگی قطره‌چکان‌های هم‌فشار مشاهده نشد. درصد گرفتگی قطره‌چکان‌های با دبی ۸ لیتر بر ساعت که تحت انقطاع یک‌بار و چهاربار در هر چهار ساعت قرار داشتند در تمام سطوح فشار از نظر آماری اختلاف نشان داد. اما در قطره‌چکان‌هایی با دبی ۴ لیتر بر ساعت، مدیریت آبیاری (تعداد انقطاع جریان) در هیچ یک از سطوح فشاری منجر به ایجاد اختلاف معنی‌دار نشد.



شکل ۹- اثر تیمارهای آزمایشی بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها پس از ۳۶ ساعت کارکرد سیستم



شکل ۱۰- اثر تیمارهای آزمایشی بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها پس از ۸۴ ساعت کارکرد سیستم



شکل ۱۱- اثر تیمارهای آزمایشی بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها پس از ۱۳۲ ساعت کارکرد سیستم

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که میزان گرفتگی با افزایش دبی قطره‌چکان‌ها بطور نسبی کاهش پیدا می‌کند، به‌عبارت دیگر قطره‌چکان‌های با دبی بالاتر، کمتر تحت تأثیر گرفتگی ناشی از عوامل شیمیایی هستند. کاهش دبی در قطره‌چکان‌هایی که تحت فشار کارکرد بالاتر بودند، نسبت به قطره‌چکان‌هایی که تحت فشارهای کارکرد پایین‌تر بودند، کمتر اتفاق افتاد. این پژوهش همچنین نشان داد با گذشت زمان اختلاف بین درصد گرفتگی در قطره‌چکان‌هایی که تحت فشار ۲/۰ و ۳/۰ بار بودند به مراتب بیشتر از اختلاف درصد گرفتگی قطره‌چکان‌هایی است که تحت فشار ۲/۰ بار و ۱/۰ بار بودند، این در حالی است که اختلاف فشار متناظر آنها برابر (۱/۰ بار) بوده است. اثر روش مدیریت آبیاری (تعداد انقطاع جریان یا به‌بیان دیگر تعداد دفعات آبیاری) در تیمارهای تحت فشار کارکرد ۱/۰ و ۲/۰ بار، روند مشخصی نداشت که بتواند به رد یا تأیید نظریه‌ی موثر بودن آن در گرفتگی شیمیایی قطره‌چکان‌ها کمک کند. در قطره‌چکان‌هایی که تحت فشار کارکرد ۳/۰ بار بودند، هر چند تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای جریان وجود نداشت، ولی گرفتگی در قطره‌چکان‌های با جریان منقطع بیشتر از قطره‌چکان‌های با جریان پیوسته (کمتر منقطع شده) بود.

REFERENCES

Abbasi, F., Sohrab, F. and Abbasi, N. (2016). Evaluation of Irrigation Efficiencies in Iran. *Irrigation and Drainage Structures Engineering Research*,17 (67), 113-128. (In Farsi)

Ayers, R. S. and Westcot, D. W. (1985). Water quality for agriculture (Vol.29). *Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations*.

Du Toit, D. C. (2011). Food Security by Directorate Economic Services, Production Economies Unit. *Gen reports.*

Ebrahimi, H., Golkarhamzee, H., Tavasoli, F. and Nazarjani, M. (2012). Evaluation of Emitter Clogging in Trickle Irrigation with Wastewater. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 2(5), 5288-5291.

Farzamnia, M. and Haghayeghi Moghadam, S. (2010). Investigating the effect of saline water on the clogging of some emitters used in Iran. *Science and Engineering of Irrigation*, 32(1), 17-25. (In Farsi)

Geerts, S., Raes, D. and Garcia, M. (2010). Using AquaCrop to derive deficit irrigation schedules. *Agricultural Water Management*, (98), 213-216.

Hanjra, M. A. and Qureshi, M. E. (2010). Global water crisis and future food security in an era of climate change. *Food Policy*, *35*(5), 365-377.

Karami, O., Hooshmand, A. and BoroomandNasab. S. (2014). The Chemical Clogging and its Effects on Hydraulic Performance of Different Types of Emitters with Different Flow Rates using Water of Karoun River. *Science and Engineering of Irrigation*, 38(3), 73-87. (In Farsi)

Lindsay, W.L. (1979). Chemical equilibria in soils. New York, NY: John Wiely & Sens, 449 p.

Marin-Cruz, J., Garcia-Figueroa, E., Miranda-Hernández, M. and González, I. (2004). Electrochemical treatments for selective growth of different calcium carbonate allotropic forms on carbon steel. *Water Res*. (38), 173-183.

Molden, D., Oweis, T., Steduto, P., Bindraban, P., Hanjra, M. A. and Kijne, J. (2010). Improving agricultural water productivity: Between optimism and caution. *Agricultural Water Management*, 97(4), 528-535.

Nasrollahi, A. H. 2010. *Evaluation of effect temperature on the several kinds of emitter discharge that exist in the market of Iran*. MSc. Dissertation, Shahid Chamran University of Ahwaz, Facualty of Water Science Engineering. (In Farsi)

Piri, H. (2007). *Technical evaluation of drip irrigation systems implemented at Sarbaz County level*. MSc. Dissertation, Shahid Chamran University of Ahwaz, Facualty of Water Science Engineering. (In Farsi)

Rosegrant, M. W. and Ringler, C. (2000). Impact on food security and rural development of transferring water out of agriculture. *Water Policy*, 1(6), 567-586.

Samadi, M., Khoshravesh, M. and Gholami Sefidkoohi, M. A. (2018). Investigation the Effect of Electromagnetic on Emitters Clogging at Irrigation with Agricultural Wastewater. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 2(12), 355-364. (In Farsi)

Wu, B., Jiang, L., Yan, N., Perry, Ch. and Zeng, H. (2014). Basin-wide evapotranspiration management: concept and practical application in Hai Basin, China. *Agricultural Water Management*, (145), 145-153.

Zamaniyan, M., Fatahi, R., Boroomand-Nasab, S., Shamohammadi, S. and Parvanak, K. (2013). Evaluation of emitters and water quality in trickle irrigation systems under Iranian conditions. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(15), 1632-1637.