

## Effect of Increasing Operating Pressure and Water Salinity on the Performance of Some Common Pressure Compensating Emitters

H. Parvizi<sup>1\*</sup> , H. Hatami<sup>1</sup>, A. Parnian<sup>1</sup>, M. H. Rahimian<sup>1</sup>, and H. Beyrami<sup>2</sup>

1. Assistant Prof., National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education, and Extension Organization, Yazd, Iran. [H.parvizi@areeo.ac.ir](mailto:H.parvizi@areeo.ac.ir), [H.hatami@areeo.ac.ir](mailto:H.hatami@areeo.ac.ir), [A.parnian@areeo.ac.ir](mailto:A.parnian@areeo.ac.ir), and [Mhrahimian@gmail.com](mailto:Mhrahimian@gmail.com)
2. Associate Prof., National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education, and Extension Organization, Yazd, Iran. [H.beyrami@areeo.ac.ir](mailto:H.beyrami@areeo.ac.ir)

Received: August 2024 and Accepted: December 2024

### Abstract


This study was designed and carried out to determine the effects of operating pressure and irrigation water salinity on the performance of common pressure-compensating emitters in irrigation systems. The study evaluated three commercial brands, namely, “Netafim”, “Eurodrip,” and “Peresi Zalvan”. These emitters were tested at flow rates of 8 and 24 L/h under operating pressures of 0.5, 1.5, and 2.5 bars. Additionally, two levels of water salinity (5 and 12 dS/m) were considered. The results revealed that increasing operating pressure from 0.5 to 2.5 bars and raising salinity from 5 to 12 dS/m led to either increased or unchanged coefficient of discharge variations in different emitters. Comparing pre-test (new) emitters with post-test (used) ones showed variations due to various factors, including pressure changes, salinity effects, and inherent emitter characteristics. Notably, the impact of salinity did not result in significant differences in emitter performance under varying pressure conditions. However, for the Netafim and Eurodrip emitters (8 L/hr), averaging the results across all three operating pressures indicated that increased salinity led to reduced discharge. Specifically, the reduction was approximately 3.8% for Netafim and 2.6% for Eurodrip. Also, it was concluded that the application of 2.5 bar pressure led to the entry of parts and solid objects in the irrigation pipes or passed through the filtration system into the emitters, resulting in a decrease in flow rate. However, this problem can be solved to a large extent by washing the pipes before starting the system. Netafim emitters (8 L/hr), despite the lack of significant entry of these objects, had a diaphragm adhesion problem, and showed the greatest decrease in flow rate due to this reason. A detailed examination of the destroyed samples showed that the reason for these differences was the different shape and structure of the water inlet. Accordingly, the smallness of the cross-sectional area of water inlet, reduces the entry of solid parts. Therefore, application of 2.5 bar pressure resulted in the highest rate of solid parts entry into the Peresi Zalvan with the largest cross-sectional area and the lowest rate of entry in the Netafim (8 L/hr). However, this problem can be solved to a large extent by washing the pipes before starting the system.

**Keywords:** Dripper Clogging, Netafim Emitter, Eurodrip Emitter, Peresi Zalvan Emitter

\* - Corresponding author's email: [H.parvizi@areeo.ac.ir](mailto:H.parvizi@areeo.ac.ir)  
<https://doi.org/10.22092/jwra.2024.366784.1052>

## اثر افزایش فشار کارکرد و شوری آب بر عملکرد برخی از قطره‌چکان‌های

### تنظیم‌کننده فشار

حسین پرویزی<sup>۱\*</sup> , حدیث حاتمی<sup>۱</sup>، امیر پرنیان<sup>۱</sup>، محمدحسن رحیمیان<sup>۱</sup> و حسین بیرامی<sup>۲</sup>

۱. استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران. [H.parvizi@areeo.ac.ir](mailto:H.parvizi@areeo.ac.ir)

[H.hatami@areeo.ac.ir](mailto:H.hatami@areeo.ac.ir)، [A.parnian@areeo.ac.ir](mailto:A.parnian@areeo.ac.ir)، [Mhrahimian@gmail.com](mailto:Mhrahimian@gmail.com)

۲. دانشیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران. [H.beyrami@areeo.ac.ir](mailto:H.beyrami@areeo.ac.ir)

دریافت: شهریور ۱۴۰۳ و پذیرش: آذر ۱۴۰۳

#### چکیده

پژوهش حاضر با هدف تعیین اثرات فشار کارکرد و شوری آب آبیاری بر عملکرد قطره‌چکان‌های رایج تنظیم‌کننده فشار طراحی و انجام شد. بر این اساس، سه نشان تجاری قطره‌چکان با نام‌های نتافیم، یورودریپ و پرسی زالوان در دو آبدهی ۸ و ۲۴ لیتر در ساعت و تحت فشار کارکردهای ۰/۵، ۱/۵ و ۲/۵ بار و دو سطح شوری آب ۵ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که افزایش فشار از ۰/۵ تا ۲/۵ بار و افزایش شوری از ۵ به ۱۲ دسی زیمنس بر متر منجر به افزایش و یا عدم تغییر ضریب تغییرات آبدهی در قطره‌چکان‌های مختلف می‌شود. مقایسه نتایج ارزیابی‌ها قبل (قطره‌چکان نو) و بعد از انجام آزمایشات نشان داد که تغییرات مشاهده شده در اثر یکی از عوامل تغییر فشار، شوری آب و یا جزو ذات قطره‌چکان می‌باشد. با این حال، نتایج نشان دهنده عدم وقوع گرفتگی معنی دار و قابل توجه در اثر تغییر شوری در قطره‌چکان‌های مختلف و در شرایط کاربرد فشارهای متفاوت بود. هر چند که در قطره‌چکان‌های نتافیم و یورودریپ (هشت لیتر در ساعت)، میانگین گیری نتایج نشان دهنده اثر افزایش شوری بر کاهش آبدهی بود. این میزان کاهش در نتافیم ۳/۸٪ و در یورودریپ نیز ۲/۶٪ بود. با توجه به نتایج، کاربرد فشار ۲/۵ بار منجر به ورود قطعات و اجسام جامد موجود در لوله‌های آبیاری و یا عبور کرده از سامانه فیلتراسیون به درون قطره‌چکان‌ها شد و میزان آبدهی را به مقدار قابل توجهی کاهش داد. اگر چه می‌توان این مشکل را با شستشوی لوله‌ها قبل از شروع به کار سیستم تا حدود زیادی مرتفع نمود. قطره‌چکان‌های نتافیم هشت لیتر در ساعت علی‌رغم عدم ورود قابل توجه این اجسام دارای مشکل چسبندگی دیافراگم بودند و به نوعی بیشترین کاهش آبدهی را به این دلیل نشان دادند. بررسی دقیق نمونه‌های تخریب شده نشان داد که دلیل این تفاوت‌ها، شکل و ساختار متفاوت مجرای ورود آب می‌باشد. بر این اساس، کوچک بودن سطح مقطع ورود آب به درون قطره‌چکان‌ها و ورود قطعات جامد را کاهش می‌دهد. بنابراین در نمونه‌های پرسی زالوان با بیشترین سطح مقطع، بالاترین میزان ورود اجسام خارجی و در نمونه نتافیم هشت لیتر در ساعت کمترین میزان ورود اجسام به دلیل کاربرد فشار کارکرد ۲/۵ بار مشاهده گردید.

واژه‌های کلیدی: گرفتگی قطره‌چکان، قطره‌چکان نتافیم، قطره‌چکان یورودریپ، قطره‌چکان پرسی زالوان

\*- آدرس ایمیل نویسنده مسئول: [H.parvizi@areeo.ac.ir](mailto:H.parvizi@areeo.ac.ir)



هزارجریبی و همکاران (۱۳۹۲) عنوان کردند که در قطره‌چکان‌های مورد بررسی نمی‌توان به اطلاعات ارائه شده از سوی کارخانه‌ها در مورد یکنواختی آبدهی قطره‌چکان‌ها اطمینان کرد. در تأیید این موضوع، فراستی و همکاران (۱۳۸۹) تعداد ۱۱ قطره‌چکان رایج تنظیم‌کننده فشار که بیشتر در بازار ایران موجود است را مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند که اطلاعات واقعی اندازه‌گیری شده با اطلاعات ارائه‌شده توسط سازندگان متفاوت است و در طراحی باید از داده‌های واقعی اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه استفاده کرد.

به عقیده پرویزی و همکاران (۱۴۰۲) و بر اساس نتایج یک پژوهش میدانی در باغات پسته با شوری آب آبیاری ۱ تا ۱۳ دسی‌زیمنس بر متر، در صورت تأمین و توزیع فشار کارکرد مناسب (۰/۵ تا ۴ بار) در پشت قطره‌چکان‌ها در سامانه‌های نوین آبیاری اجراشده، فارغ از برند و نوع، می‌توان به ضریب تغییرات پایین و یکنواختی پخش بالادست یافت. با این حال، نمونه‌های مختلف، نتایج متفاوتی را از خود نشان می‌دهد. در رابطه با کاربرد فشار بالا، میریان و همکاران (۱۳۹۸) نشان دادند که کاربرد فشار سه بار در مقایسه با فشارهای پایین‌تر منجر به کاهش گرفتگی در قطره‌چکان‌های یورودریپ چهار و هشت لیتر در ساعت می‌گردد به‌گونه‌ای که در آبدهی بالاتر (هشت لیتر در ساعت) گرفتگی کمتری اتفاق می‌افتد. همچنین نتایج نصرالهی و همکاران (۱۳۹۲)، نشان‌دهنده اثرگذاری تغییرات فشار و دما بر قطره‌چکان‌های مختلف است. همچنین الامین و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که در دو نوع قطره‌چکان تنظیم‌کننده فشار (توربو و اوکتا) و یک نمونه غیر تنظیم‌کننده فشار (برل)، با افزایش فشار از ۰/۵ به یک‌بار میزان گرفتگی کاهش می‌یابد. در رابطه با کاربرد شوری، نتایج لی لی و همکاران (۲۰۲۱) بیانگر تصادفی بودن فرآیند انسداد شیمیایی در قطره‌چکان است. این پژوهشگران معتقدند که فرآیند انسداد شیمیایی به سه صورت کاهش تدریجی، نوسانی و ناگهانی رخ می‌دهد. بر این اساس، بیشترین خطر گرفتگی شیمیایی در سامانه‌ها در

کارایی مطلوب سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در هنگام استفاده از آب‌های نامتعارف و شور به‌عنوان سامانه آبیاری کارآمد، به خصوصیات هیدرولیکی از جمله تغییرات دبی و به‌خصوص یکنواختی پخش آب قطره‌چکان‌ها بستگی دارد (چوپان و امامی، ۱۳۹۷)؛ بنابراین، نقش قطره‌چکان‌ها با توجه به تغییرات گسترده‌ای که از نظر مشخصات و ویژگی‌های فنی و کیفیت ساخت دارند در افزایش کارایی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای غیرقابل‌انکار است. اگر چه امروزه تقریباً تمامی مدل‌های معروف و در دسترس قطره‌چکان بر اساس معیارها و استانداردهای مربوطه ساخته می‌شوند؛ اما تغییر شرایط و عوامل متعدد می‌تواند کارایی آن‌ها را تحت تأثیر قرار دهد و در عمل و کاربرد ممکن است نتایج دیگری را نشان دهند. قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار قادرند تغییرات فشار در دامنه گسترده‌ای از ۰/۵ تا ۴ بار را در تنظیم نمایند و دبی تقریباً یکنواختی داشته باشند. با این حال پژوهش‌های مختلف نشان داده‌اند که این قطره‌چکان‌ها نیز در برابر تغییرات فشار عملکرد متفاوتی دارند و می‌توان آن‌ها را درجه‌بندی کرد (میریان و همکاران، ۱۳۹۸؛ پرویزی و همکاران، ۱۴۰۲؛ کرناک و همکاران، ۲۰۰۴). پروینی و معروف‌پور (۱۳۹۲) نشان دادند که قطره‌چکان‌های نتافیم و آنتلکو با دبی هشت لیتر در ساعت و قطره‌چکان یورودریپ با دبی چهار لیتر در ساعت، برترین قطره‌چکان‌ها از بین موارد مورد بررسی از نظر معیارهای کیفی و یکنواختی پخش می‌باشند. بر اساس نتایج پیروزفر و همکاران (۱۳۹۳) قطره‌چکان‌های نتافیم و یورودریپ در شوری‌های متفاوت، دارای میزان گرفتگی متفاوتی می‌باشند. همچنین به عقیده کریمی و همکاران (۱۳۹۰)، قطره‌چکان‌های نتافیم و آنتلکو با ضریب تغییرات ساخت کارخانه بسیار پایین دو نوع از بهترین و کاربردی‌ترین قطره‌چکان‌ها در آبیاری تحت فشار می‌باشند. بر اساس نتایج این پژوهشگران، قطره‌چکان‌های نتافیم دارای یکنواختی توزیع خوبی بوده و در طولانی‌مدت نسبت به قطره‌چکان‌های آنتلکو برتری دارد. با این حال،

توسط سازنده است. تقریباً در تمامی قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار حداقل فشار کارکرد توصیه شده ۰/۵ بار است و عمده بهره‌برداران به دلیل این‌که تأمین فشارهای بالاتر مستلزم صرف هزینه ثابت و جاری بالاتری است ترجیح می‌دهند که با تأمین حداقل فشار سامانه‌های خود را راه‌اندازی و مورد استفاده قرار دهند. بنابراین وجود نظرات متفاوت در زمینه میزان فشار کاربرد در پشت قطره‌چکان‌های رایج و پرکاربرد تنظیم‌کننده فشار، نشان‌دهنده نیاز به بررسی عملکرد این قطره‌چکان‌ها تحت فشارهای متفاوت و به‌ویژه در شرایط کاربرد آب شور است. علاوه بر این، بررسی اثرات فشار کارکرد و شوری آب آبیاری بر عملکرد این قطره‌چکان‌ها می‌تواند گامی مثبت در جهت روشن‌سازی و پاسخ نهایی به این نظرات باشد. از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف بررسی وجود تغییرات ذاتی در ساخت برخی قطره‌چکان‌های رایج و پرکاربرد تنظیم‌کننده فشار و ارزیابی اثرات تغییرات فشار کارکرد و شوری آب آبیاری بر عملکرد این قطره‌چکان‌ها طراحی و انجام شده است.

### روش پژوهش

#### مکان و نحوه انجام آزمایش‌ها

پژوهش حاضر در مرکز ملی تحقیقات شوری واقع در شهر یزد و با مشخصات جغرافیایی عرض شمالی ۳۱,۹۱۷۸۰۲ و طول شرقی ۵۴,۲۸۱۷۳۸ و ارتفاع ۱۲۳۶ متری از سطح دریا انجام شد. به‌منظور انجام این پژوهش، تعدادی قطره‌چکان رایج و پرکاربرد تنظیم‌کننده فشار انتخاب و تحت شرایط کاربرد آب شور در فشارهای مختلف مورد بررسی قرار گرفتند. بر این اساس دو نشان تجاری خارجی در تولید قطره‌چکان با نام‌های نتافیم (آبدهی اسمی ۸ و ۲۵ لیتر در ساعت) و یورودریپ (آبدهی اسمی ۸ و ۲۴ لیتر در ساعت) و یک نشان تجاری ایرانی با نام پرس‌زی (آبدهی ۸ و ۲۴ لیتر در ساعت) و تحت فشار کارکردهای ۰/۵، ۱/۵ و ۲/۵ بار مورد ارزیابی قرار گرفتند. علاوه بر این، دو سطح شوری آب ۵ و ۱۲ دسی

انتهای لوله‌های جانبی (لاترال) و در قطره‌چکان‌ها در مسیر جریان در هسته مرکزی آن‌ها وجود دارد. به‌طورکلی این پژوهشگران، شوری آب کمتر از چهار دسی‌زیمنس بر متر را مناسب برای استفاده در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای می‌دانند. از طرفی، برخی گزارش‌ها نشان می‌دهد که کاربرد آب تا شوری شش دسی‌زیمنس بر متر منجر به تغییر پارامترهای گرفتگی مانند تغییر نسبت دبی و ضریب یکنواختی در قطره‌چکان‌ها می‌گردد (ترکی و همکاران، ۲۰۲۰). بررسی هم‌زمان اثر شوری و تغییر فشار کارکرد در پژوهش سیلوا و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که کاربرد شوری تا ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر در برخی قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار و تحت فشارهای ۰/۶ تا ۱/۶ بار منجر به تغییرات آبدهی اندک در محدوده هفت درصد و مطابق با مقادیر توصیه‌شده توسط سازنده می‌شود. علاوه بر این، در پژوهشی دیگر که اخیراً توسط عبدالسلام و همکاران (۲۰۲۴) انجام شده و در آن اثرات آب مغناطیسی، شوری و فشار بر عملکرد قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار مورد بررسی قرار گرفته، گزارش شده است که افزایش فشار تا ۱/۵ بار منجر به افزایش یکنواختی پخش و کاهش تغییرات آبدهی در تمامی شوری‌ها و فارغ از نوع آب (مغناطیس یا غیر مغناطیس) می‌گردد. بر اساس آنچه ذکر گردید، علاوه بر تغییرات ذاتی در ساخت که منجر به عدم یکنواختی می‌شود کارکرد قطره‌چکان‌ها تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند شوری و فشار قرار می‌گیرد که بعضاً منجر به گرفتگی آن‌ها و در نتیجه کاهش آبدهی و یکنواختی پخش آب می‌شود. به عقیده برخی از کارشناسان بخش اجرا در استان یزد و منطبق بر نتایج برخی پژوهش‌های ارائه‌شده، یکی از دلایل عدم عملکرد مناسب پایین بودن فشار کارکرد در پشت قطره‌چکان‌ها است و در صورت افزایش فشار کارکرد تا حدود سه بار مشکلات ناشی از گرفتگی به‌ویژه در شرایط کاربرد آب شور کاهش می‌یابد و یا مرتفع می‌شود. از طرفی دیگر، فلسفه وجود قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار آبدهی یکسان و عدم انسداد در دامنه فشار کارکرد توصیه‌شده

شهرستان اردکان به محل پژوهش انتقال داده شد و سپس با کمک آب شهری رقیق و شوری‌های مورد نظر ساخته شد.

زیمنس بر متر نیز در این بررسی مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱). برای تهیه این شوری‌ها، ابتدا آب با شوری طبیعی بیش از ۳۰۰ دسی زیمنس بر متر از رودخانه شور

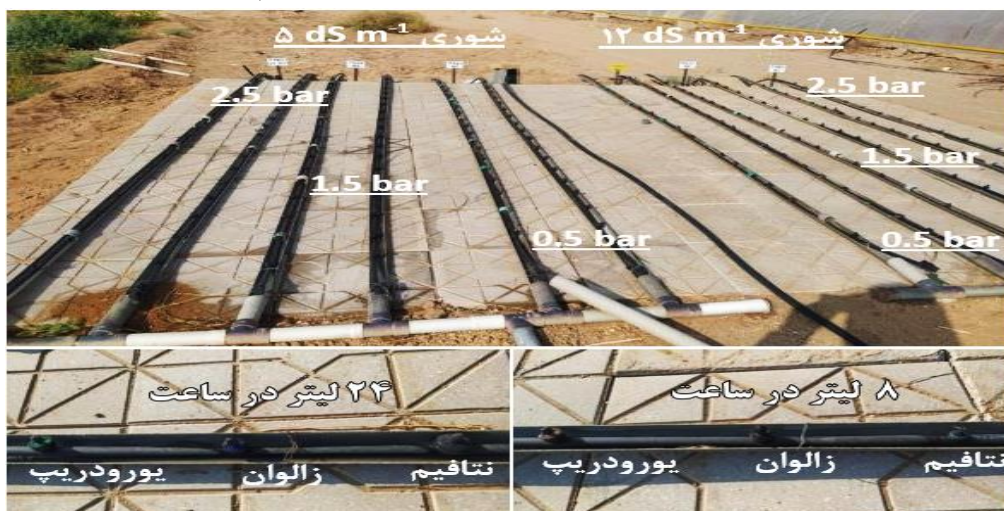
جدول ۱- خصوصیات کیفی آب مورد استفاده در آزمایش‌ها

EC (dS/m)	pH	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	RSC	LSI
5.24	7.91	0	3.03	40.3	7.6	5.37	36.6	0.37	7.4	-9.9	0.25
12.11	7.94	0	2.89	105.5	15.9	6.55	101.5	0.42	13.1	-19.1	0.13

\* پارامترهای LSI, RSC, pH و EC به ترتیب نشان‌دهنده نمایه اشباع لائزپلر، باقی‌مانده کربنات سدیم، اسیدیته و شوری آب می‌باشند

شوری آب و همچنین پوشیدگی مخازن پلی‌اتیلن عملاً رشد جلبک و سایر عوامل زیستی منجر به انسداد نیز در سیستم وجود نداشت. بررسی مخازن در پایان آزمایش‌ها نیز تأیید کننده این مطلب بود؛ بنابراین فیلتر شن و هیدروسیکلون حذف گردید و با توجه به ظرفیت خروجی مد نظر (حداکثر آبدهی مورد نیاز برای کارکرد یک یا چند لاترال بطور هم‌زمان) تنها فیلتر دیسکی انتخاب و نصب شد. به‌منظور کنترل شوری، هر شش روز یک‌بار کسری آب مخازن جبران و شوری با کمک EC متر تنظیم گردید. برای بررسی اثر این تیمارها، آبدهی قطره‌چکان‌های هر نشان تجاری در فواصل تقریباً یک‌ماهه و پس از هر چهار نوبت آبیاری، اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری آبدهی قطره‌چکان‌ها، از یک زمان‌سنج و استوانه مدرج ۵۰ میلی‌لیتری استفاده گردید و در انتها میانگین آبدهی شش قطره‌چکان موجود برای هر تیمار مورد مقایسه قرار گرفت. همچنین، کنترل و تنظیم فشار در ابتدا و انتهای لترال‌ها به وسیله نصب فشارسنج‌های روغنی چهار بار انجام گردید.

بر این اساس و مطابق شکل ۱، لاترال‌هایی به طول ۳/۵ متر ایجاد و بر روی هر لاترال از هر نشان تجاری شش قطره‌چکان و در مجموع ۱۸ قطره‌چکان به‌صورت یک در میان و فاصله ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر نصب گردید. به‌منظور اجرای آزمایش، هر لاترال در بازه زمانی ۱۶ ماهه و از خرداد ۱۴۰۰ تا آبان ۱۴۰۱ به مدت ۱۹۵ ساعت در مجموع (۶۵ نوبت سه ساعته) تحت آزمایش قرار گرفت. فاصله بین اعمال نوبت‌ها برای هر تیمار (ترکیب شوری و فشار) به‌طور متوسط شش روز بود. برای جلوگیری از گرفتگی قطره‌چکان‌ها از یک فیلتر دیسکی با مش ۱۳۰ میکرون استفاده گردید و این فیلتر قبل از هر مرتبه شروع به کار سیستم کاملاً شستشو گردید. لازم به ذکر است که انتخاب این مش با توجه به اطلاعات ارائه شده توسط سازندگان قطره‌چکان‌ها انجام شده است. با توجه به این‌که مخازن آب سرپوشیده بود و قبل از شروع به کار پمپ آب درون آن‌ها کاملاً در حالت سکون قرار داشت بنابراین ذرات ریز و معلق کاملاً در مخازن ته‌نشین شده بود و با توجه به



شکل ۱- نمای کلی طرح پایلوت ارزیابی اثرات فشار و شوری بر روی کارکرد قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار

آبدهی اسمی ۷/۶۷، ۸/۱۵ و ۸/۲ لیتر در ساعت و ۲۳/۱، ۲۴/۱ و ۲۵/۴۵ لیتر در ساعت در فشارهای ۰/۵، ۱/۵ و ۲/۵ بار بود. بر این اساس، نتایج مربوط به ارزیابی قطره‌چکان‌ها در ابتدای پژوهش و مطابق با معیارهای استاندارد ISO 9261 در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به نتایج (جدول ۲)، قطره‌چکان‌های هشت لیتر در ساعت هر سه نشان تجاری (قطره‌چکان نو) در فشارهای ۰/۵، ۱/۵ و ۲/۵ بار و در هر دو شوری آب (۵ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) دارای ضریب تغییرات آبدهی کمتر از هفت درصد و واجد یکی از شرایط استاندارد بودند. در رابطه با مطابقت نتایج با استاندارد انحراف از میانگین آبدهی کمتر از هفت درصد (Qn-D)، نتایج برای قطره‌چکان‌های مختلف در فشارهای متفاوت یکسان نبود و نمونه‌های پرسی زالوان در هر سه فشار کارکرد در محدوده استاندارد و دارای انحراف از آبدهی اسمی کمتر از هفت درصد بودند. همچنین نشان تجاری یورودریپ دارای آبدهی اسمی کمتر از مقادیر ارائه شده توسط سازنده بود و انحراف از آبدهی ۱۰ تا ۱۵ درصدی را در فشارهای مختلف نشان داد. در تطابق با این نتایج، پروینی و معروف پور (۱۳۹۲) نشان دادند که این نوع قطره‌چکان دارای خطای دبی بیش از ۲۰ درصدی است. قطره‌چکان‌های نتافیم در فشار کارکرد ۱/۵ بار دارای آبدهی اسمی منطبق بر استاندارد و ارائه شده توسط سازنده بودند اما در فشارهای ۰/۵ و ۲/۵ بار آبدهی کمتر از مقادیر اسمی ارائه شده را نشان دادند به طوری که در فشار ۰/۵ بار این آبدهی تا ۱۰ درصد و در فشار ۲/۵ بار به بیش از ۲۵ درصد کاهش یافت. در مطالعات ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۴) میزان انحراف از آبدهی اسمی برای قطره‌چکان نتافیم هشت لیتر در ساعت حدود ۱۳ درصد ذکر شده است که به نوعی مطابقت با این نتایج را نشان می‌دهد. همچنین نتایجی مشابه با پژوهش حاضر برای نتافیم هشت لیتر در ساعت در ساعت توسط زمانی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش شده است. در پژوهش مذکور و در فشارهای ۰/۵ و ۲/۵ بار، بالاترین انحراف از آبدهی اسمی (حدود ۳۰ درصد) مشاهده گردید، درحالی که در فشار ۱/۵ بار نتایج

بر اساس استاندارد جهانی ISO 9261 و به منظور پذیرش عملکرد یک قطره‌چکان هم‌زمان می‌بایست دو شرط اساسی زیر تأمین شود.

قدر مطلق میانگین آبدهی قطره‌چکان‌ها در نمونه‌های مورد بررسی نباید بیشتر از هفت درصد از دبی اسمی قطره‌چکان انحراف داشته باشد. این شرط تحت عنوان Qn-D در این بررسی نام‌گذاری شده است.

$$Q_n-D = ABS(Q_{avg} - Q_{nominal}) \quad (1)$$

که در این معادله،  $Q_{avg}$  و  $Q_{nominal}$  به ترتیب نشان‌دهنده میانگین آبدهی اندازه‌گیری شده و آبدهی اسمی ارائه شده توسط سازنده می‌باشند.

میزان ضریب تغییرات آبدهی ساخت (CV) در نمونه‌های مورد بررسی کمتر از هفت درصد باشد.

$$CV = \sigma / Q_{avg} \quad (2)$$

در این معادله،  $Q_{avg}$  و  $\sigma$  به ترتیب میانگین و انحراف معیار دبی‌های اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهند؛ بنابراین در پژوهش حاضر این دو معیار به منظور مقایسه قطره‌چکان‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفت.

#### یافته‌ها و بحث

**بررسی معیارهای استاندارد ISO 9261 در قطره‌چکان‌های نو**  
به منظور بررسی این معیارها دسترسی به اطلاعات ارائه شده توسط سازندگان ضروری است. در رابطه با قطره‌چکان‌های نتافیم، سازندگان معتقدند که آبدهی در بازه فشار کارکرد ۰/۵ تا ۴ بار برای هر دو نمونه ۸ و ۲۵ لیتر در ساعت کاملاً ثابت بوده و تغییر نخواهد کرد. برای نمونه‌های یورودریپ، بررسی اطلاعات سازنده نشان می‌دهد که با تغییرات فشار مقادیر اندکی تغییر در آبدهی وجود دارد و آبدهی اسمی برای نمونه هشت لیتر در ساعت در فشارهای ۰/۵، ۱/۵ و ۲/۵ بار به ترتیب برابر با ۷/۸۵، ۸/۱۵ و ۸/۲۵ لیتر در ساعت و برای نمونه ۲۴ لیتر در ساعت، به ترتیب برابر با ۲۴/۸، ۲۶ و ۲۶/۵ لیتر در ساعت است. همچنین اطلاعات ارائه شده برای نمونه‌های ایرانی پرسی زالوان در دو آبدهی ۸ و ۲۴ لیتر در ساعت به ترتیب نشان‌دهنده

نشان‌دهنده انطباق با اطلاعات سازنده بود. همچنین بررسی معیارها نشان داد (جدول ۲) که قطره‌چکان‌های ۲۴ لیتر در ساعت عمدتاً در فشار ۲/۵ بار مطابق با اطلاعات ارائه‌شده توسط سازنده عمل می‌کنند اما در فشارهای پایین‌تر نتایج متفاوتی را نشان می‌دهند به‌گونه‌ای که در فشار ۰/۵ بار، نشان‌های تجاری پرسی زالوان، یورودریپ و نتافیم به ترتیب دارای ۸، ۱۲ و ۱۸ درصد آبدهی میانگین کمتر و در فشار ۱/۵ بار نیز نشان‌های تجاری یورودریپ و پرسی زالوان دارای ۱۳ و ۲۱ درصد آبدهی میانگین بیشتر نسبت به ادعای سازنده بودند.

نشان‌های تجاری پرسی زالوان، یورودریپ و نتافیم به ترتیب دارای ۸، ۱۲ و ۱۸ درصد آبدهی میانگین کمتر و در فشار ۱/۵ بار نیز نشان‌های تجاری یورودریپ و پرسی زالوان دارای ۱۳ و ۲۱ درصد آبدهی میانگین بیشتر نسبت به ادعای سازنده بودند.

جدول ۲- ارزیابی فنی قطره‌چکان‌های مورد بررسی در شرایط مختلف و قبل از شروع آزمایش‌ها

*EC= 5 dS m <sup>-1</sup>			EC= 12 dS m <sup>-1</sup>			فشار	دبی اسمی	نشان تجاری
Q <sub>n</sub> -D	CV	Q <sub>avg</sub>	Q <sub>n</sub> -D	CV	Q <sub>avg</sub>			
8.33	2.88	7.20	11.41	5.73	6.95	0.5	7.85	یورودریپ
10.56	2.84	8.48	3.65	4.56	7.95	0.5	7.67	زالوان
10.16	4.79	7.19	12.16	4.16	7.03	0.5	8.00	نتافیم
14.94	1.86	6.93	14.75	3.56	6.95	1.5	8.15	یورودریپ
1.94	5.95	7.99	0.72	4.04	8.21	1.5	8.15	زالوان
2.72	5.45	7.78	2.70	4.63	7.78	1.5	8.00	نتافیم
11.47	5.46	7.30	13.41	3.20	7.14	2.5	8.25	یورودریپ
1.90	3.32	7.99	1.41	5.13	8.08	2.5	8.20	زالوان
22.23	4.72	6.22	27.59	6.00	5.79	2.5	8.00	نتافیم
9.93	4.66	22.34	14.02	5.19	21.32	0.5	24.8	یورودریپ
8.11	2.75	21.23	8.31	4.41	21.18	0.5	23.1	زالوان
18.19	5.54	20.45	18.19	3.33	20.45	0.5	25.0	نتافیم
13.15	2.29	29.42	13.11	5.00	29.41	1.5	26.0	یورودریپ
21.07	2.58	29.18	21.05	3.55	29.17	1.5	24.1	زالوان
4.21	3.82	26.05	4.21	2.60	26.05	1.5	25.0	نتافیم
6.45	2.30	28.21	7.15	۴/۲۸	28.39	2.5	26.5	یورودریپ
11.92	2.84	28.54	4.19	۴/۱۵	26.57	2.5	25.5	زالوان
0.14	4.54	25.03	1.39	۳/۲۷	24.65	2.5	25.0	نتافیم

\* پارامترهای CV، Q<sub>avg</sub>، Q<sub>n</sub>-D و EC به ترتیب نشان‌دهنده ضریب تغییرات ساخت، آبدهی میانگین اندازه‌گیری شده، قدر مطلق انحراف آبدهی میانگین نسبت به آبدهی اسمی و شوری آب می‌باشند. آبدهی‌ها بر حسب لیتر در ساعت و فشار بر حسب بار است

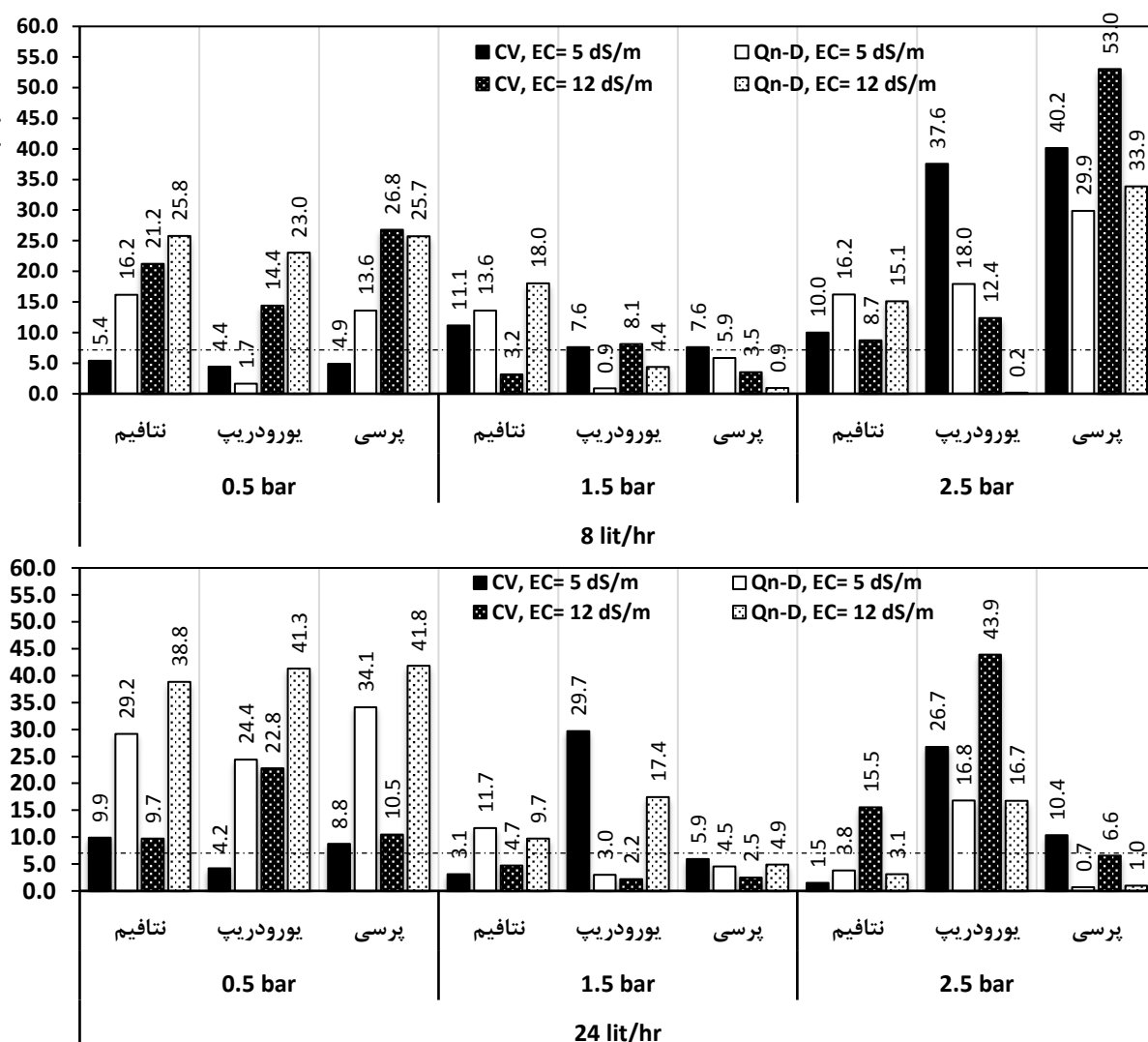
از آبدهی اسمی در نشان تجاری یورودریپ در فشارهای ۱/۵ و ۰/۵ بار و در نمونه‌های نتافیم در فشار ۰/۵ بار حدود ۱۴ درصد افزایش یافت و منجر به ثبت آبدهی کمتری نسبت به دبی اسمی گردید. در فشار ۲/۵ بار اما مقادیر CV و Q<sub>n</sub>-D برای هر سه نشان تجاری همراه با افزایش بود و نشان‌دهنده اثر منفی فشار ۲/۵ بار بر آبدهی قطره‌چکان‌ها بود. این تأثیر در نمونه‌های نتافیم شدیدتر و به ترتیب ۴۰ و ۳۰ درصد برای CV و Q<sub>n</sub>-D بود. در آبدهی‌های بالاتر (۲۴ و ۲۵ لیتر در ساعت) و فشار ۰/۵ بار، هر سه نوع قطره‌چکان دچار کاهش آبدهی شده و در نتیجه انحراف از آبدهی اسمی و ضریب تغییرات با افزایش همراه شدند. هر چند که تنها در نمونه پرسی زالوان ضریب تغییرات علیرغم

## اثرات تغییر فشار کارکرد و شوری بر معیارهای استاندارد ISO 9261 در انتهای آزمایش‌ها

به‌طورکلی افزایش فشار کارکرد مداوم در طول انجام آزمایش‌ها از ۰/۵ تا ۲/۵ بار و افزایش شوری از ۵ به ۱۲ دسی زیمنس بر متر منجر به افزایش و یا عدم تغییر ضریب تغییرات آبدهی در قطره‌چکان‌های مختلف گردید (شکل ۲). در رابطه با انحراف از آبدهی اسمی نیز الگوی مشخص‌کاهشی یا افزایشی مشاهده نگردید. در شوری ۵ دسی زیمنس بر متر، ضریب تغییرات آبدهی برای همه قطره‌چکان‌ها با آبدهی هشت لیتر در ساعت و در فشارهای ۰/۵ و ۱/۵ بار حدود هفت درصد بود و نشان‌دهنده تغییرات ناچیز در تفاوت بین آن‌ها بود. علاوه بر این، میزان انحراف

استاندارد را تا مقادیر قابل توجهی افزایش داده و مقادیر CV حدود ۲۳ درصدی و Qn-D تقریباً ۱۷ درصدی را نشان دادند. اثر شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر بر تمامی نشان‌های تجاری نسبت به شوری پنج دسی زیمنس بر متر متفاوت بود و در فشار ۰/۵ بار و برای تمامی آبدی‌ها، مقادیر ضریب تغییرات و انحراف از آبدی اسمی خارج از محدوده استاندارد و بالاتر از هفت درصد قرار گرفت. دو نشان تجاری پرسی زالوان و نتافیم با آبدی هشت لیتر در ساعت دارای تطابق با معیارهای استاندارد در فشار ۱/۵ بار بودند در حالیکه نمونه‌های یورودریپ علیرغم کاهش آبدی ۱۷ درصدی همچنان دارای ضریب تغییرات کمتر از هفت درصد بودند.

این کاهش آبدی همچنان کمتر از هفت درصد بود. برای آبدی‌های مذکور و در فشار ۱/۵ بار، CV نمونه‌های پرسی زالوان بسیار بالا و مقادیر مربوط به دو نمونه نتافیم و یورودریپ همچنان در محدوده استاندارد بودند. دلیل افزایش شدت تغییرات در نمونه‌های پرسی زالوان گرفتگی دو عدد از قطره‌چکان‌ها بود که آبدی تقریباً نصف سایر نمونه‌های مشابه را داشتند. در فشار ۲/۵ بار، نمونه‌های یورودریپ دارای بهترین عملکرد بودند و همچنان معیارهای استاندارد را حفظ کرده اما نمونه‌های نتافیم علیرغم عدم انحراف از آبدی اسمی دارای ضریب تغییرات ۱۰ درصدی بودند. نمونه‌های پرسی زالوان دارای ضعیف‌ترین عملکرد در این فشار بوده و هر دو معیار



شکل ۲- ارزیابی فنی قطره‌چکان‌های مورد بررسی در شرایط مختلف در پایان پژوهش، پارامترهای CV، Qn-D و EC به ترتیب نشان‌دهنده ضریب تغییرات، قدر مطلق انحراف آبدی میانگین نسبت به آبدی اسمی و شوری آب می‌باشند. آبدی‌ها بر حسب لیتر در ساعت و فشار بر حسب بار است



پرسی زالوان ۲۴ لیتر در ساعت با افزایش آبدهی در فشار ۱/۵ بار روبرو بودند. همان‌طور که مشاهده می‌شود در تغییرات ذکر شده به دلیل شروع آزمایش‌ها و نو بودن همه نمونه‌ها اثری از شوری وجود ندارد. هر چند که بخشی از تغییرات اتفاق افتاده در پایان پژوهش می‌تواند به دلیل وجود شوری باشد. بررسی نتایج سایر پژوهش‌ها نشان می‌دهد که موضوع عدم تطابق نتایج در قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار (قطره‌چکان نو) با اطلاعات سازندگان موضوعی جدید نیست و ابتدا در مطالعات فراستی و همکاران (۱۳۸۹) و در ادامه توسط هزارجریبی و همکاران (۱۳۹۲)، زمانی و همکاران (۱۳۹۳)، ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۴) و زمانی و فتاحی (۱۳۹۸) گزارش گردیده است. هر چند که بررسی هم‌زمان اثر شوری و تغییر فشار کارکرد در پژوهش سیلوا و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که کاربرد شوری تا ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر در برخی قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار و تحت فشارهای ۰/۶ تا ۱/۶ بار منجر به تغییرات آبدهی اندک در محدوده هفت درصد و مطابق با مقادیر توصیه‌شده توسط سازنده می‌شود.

#### اثرات تغییر فشار کارکرد و شوری بر روی تغییرات آبدهی قطره‌چکان‌ها

##### اثرات تغییر شوری بر آبدهی قطره‌چکان‌ها

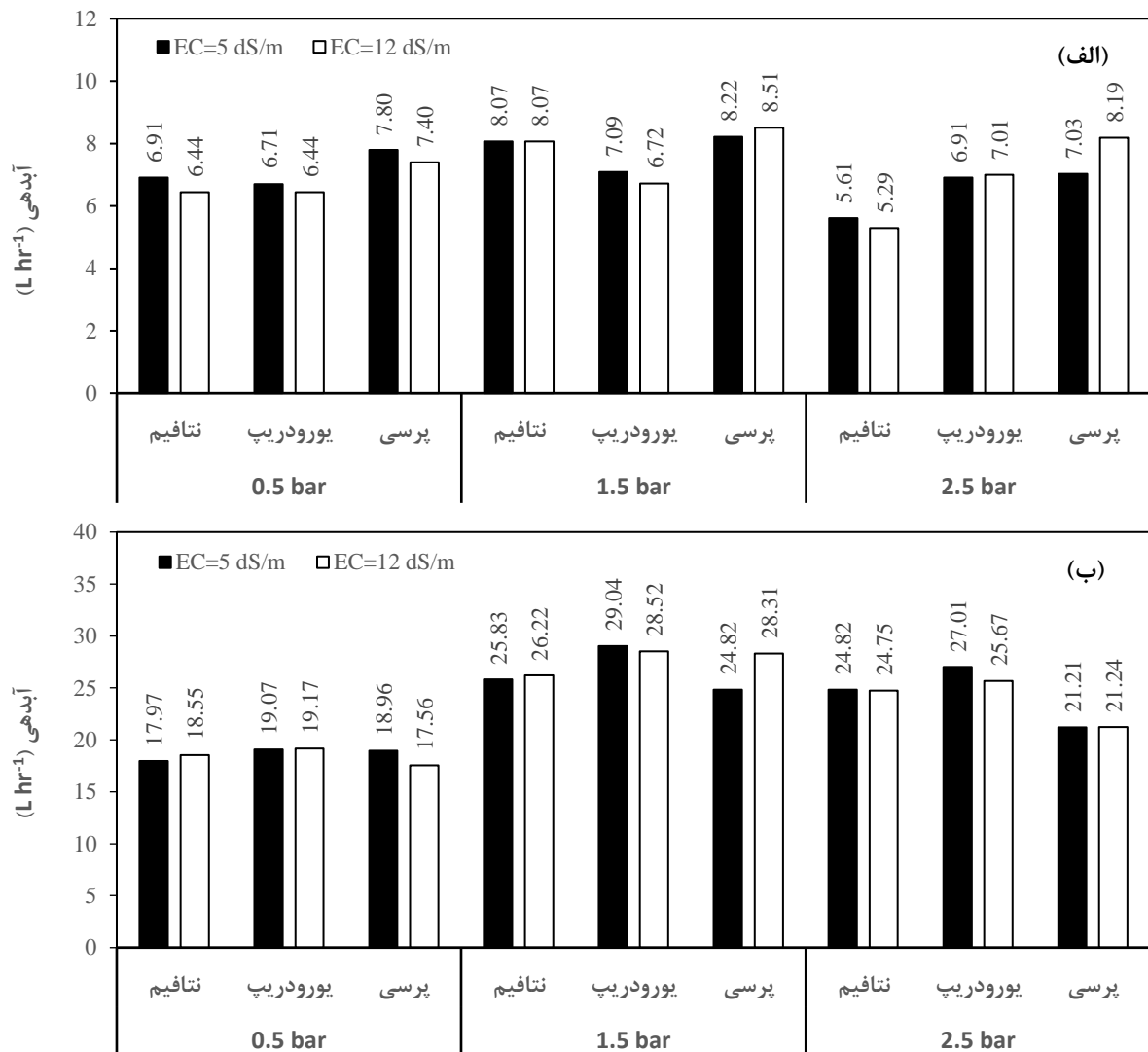
نتایج حاصل از تأثیر شوری‌های مختلف در فشارهای متفاوت بر روی میانگین آبدهی قطره‌چکان‌های مختلف در مدت‌زمان انجام آزمایش‌ها در شکل ۳ الف و ب نشان داده شده است. بر این اساس، افزایش شوری از ۵ به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر منجر به کاهش اندک آبدهی در تمامی نمونه‌های هشت لیتر در ساعت و در شرایط کاربرد فشار ۰/۵ بار گردید. باین‌حال، در فشارهای کارکرد بالاتر تغییرات کاهشی یا افزایشی آبدهی میانگین در اثر استفاده از آب شور در نمونه‌های مختلف متفاوت بود. بر این اساس، در فشار ۱/۵ بار نمونه یورودریپ دچار کاهش، نتافیم بدون تغییر و پرس‌زالوان با افزایش آبدهی همراه بود. در فشار ۲/۵ بار نیز رفتار متفاوتی دیده شد به‌گونه‌ای

علاوه بر این، نتایج نشان داد که افزایش فشار تا ۲/۵ بار منجر به افزایش ضریب تغییرات در هر سه نشان تجاری هشت لیتر در ساعت می‌گردد و این افزایش در نمونه نتافیم به دلیل ایجاد گرفتگی بسیار شدیدتر بود. کاربرد فشار ۱/۵ بار در هر سه نمونه با آبدهی بالا (۲۴ و ۲۵ لیتر در ساعت) باعث نقض معیارهای استاندارد نگردید و عملکرد هر سه نمونه در این فشار در مقایسه با شروع پژوهش بدون تغییر قابل توجه بود. در فشار ۲/۵ بار اما تنها نمونه نتافیم عملکرد موفق و بدون تغییری را نشان داد و نمونه‌های پرس‌زالوان و یورودریپ با افزایش ضریب تغییرات همراه شدند که این افزایش در نمونه‌های پرس‌زالوان شدیدتر بود. به‌طورکلی مقایسه نتایج ارزیابی‌ها قبل (قطره‌چکان نو) و بعد از انجام آزمایش‌ها (کارکرد مداوم با فشار و شوری‌های مختلف) نشان داد که تغییرات مشاهده‌شده به دلایل گوناگون شکل گرفته و احتمالاً برخی در اثر تغییر فشار، برخی به دلیل شوری آب و برخی نیز جزو ذات قطره‌چکان بوده است. در نمونه‌های نو یورودریپ هشت لیتر در ساعت، در فشارهای مختلف کاهش آبدهی نسبت به مقادیر اسمی ارائه‌شده توسط سازنده مشاهده گردید و بنابراین این نتایج جزو ذات آن‌ها است. در واقع نتایج نشان داد که نمونه‌های یورودریپ نو دارای آبدهی اسمی تا ۱۵ درصد کمتر از مقادیر ادعایی در فشارهای مختلف می‌باشند. این موضوع البته برای نمونه‌های با آبدهی ۲۴ لیتر در ساعت این نشان تجاری نیز در فشارهای ۰/۵ و ۱/۵ بار صادق بود، اما در فشار ۲/۵ بار انطباق بین اطلاعات ارائه شده توسط سازنده و مقادیر مشاهده شده وجود داشت. اثرگذار بودن فشار کارکرد بر آبدهی از همان ابتدا و در نمونه‌های نو برای هر سه نشان تجاری ۲۴ لیتر در ساعت و در فشار ۰/۵ بار مشاهده شد، جایی که کاهش آبدهی به دلیل فشار پایین قابل توجه بود؛ اما نکته جالب اثر افزایش فشار به میزان ۲/۵ بار بر کاهش آبدهی در برخی نمونه‌های نو بود، جایی که نتافیم هشت لیتر در ساعت به شدت با کاهش آبدهی در این فشار روبرو گردید. برخلاف این نتایج اما نمونه‌های نو یورودریپ و

توسط فرزام نیا و حقایقی مقدم (۱۳۸۸) در شرایط کاربرد آب با شوری هشت دسی زیمنس بر متر نیز با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. همچنین کیانی و همکاران (۱۳۹۴) نشان دادند که تغییر شوری آب آبیاری از ۰/۶ به ۱۴ دسی زیمنس بر متر تنها منجر به کاهش آبدهی حدود چهار درصدی نتافیم چهار لیتر در ساعت می‌گردد که این مقدار کاهش در محدوده استانداردهای توصیه‌شده است. بر خلاف نتیجه‌گیری کلی این پژوهش، لی و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که کاربرد آب با شوری بالاتر از چهار دسی زیمنس بر متر منجر به کاهش شدید یکنواختی و آبدهی در قطره‌چکان‌ها می‌گردد. نکته قابل توجه در رابطه با نتایج این پژوهشگران قطره‌چکان‌های مورد استفاده از نوع لوله‌های تیپ است که دارای آبدهی ۱/۲ لیتر در ساعت است و قابل مقایسه با قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار نمی‌باشند. همچنین، برخی گزارش‌ها نشان می‌دهد که کاربرد آب تا شوری شش دسی زیمنس بر متر منجر به تغییر پارامترهای گرفتگی مانند تغییر نسبت دبی و ضریب یکنواختی در قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار می‌گردد (ترکی و همکاران، ۲۰۲۰؛ الامین و همکاران، ۲۰۲۰). اگر چه در مورد نمونه‌های هشت لیتر در ساعت نتافیم و یورودریپ و در صورتی که نتایج مربوط به هر سه فشار را میانگین‌گیری نماییم نشان‌دهنده اثر افزایش شوری بر کاهش آبدهی است، به‌گونه‌ای که این میزان کاهش در نمونه نتافیم ۳/۸ درصد و در یورودریپ نیز ۲/۶ درصد بود. در تطابق با نتایج این پژوهش، پیروزفر و همکاران (۱۳۹۳) نتایج مشابهی را برای قطره‌چکان‌های چهار لیتر در ساعت نتافیم و یورودریپ گزارش کرده و بیان کردند که با افزایش شوری از سه به پنج دسی زیمنس بر متر، میزان گرفتگی این قطره‌چکان‌ها با افزایش حدود دو درصدی روبرو می‌شود. علاوه بر این، قدمی فیروزآبادی و همکاران (۱۳۹۷)، کاهش آبدهی حدود پنج درصدی را برای نتافیم چهار لیتر در ساعت در اثر تغییر شوری آب آبیاری از ۵ به ۱۰ دسی زیمنس بر متر گزارش کردند.

که نتافیم دارای کاهش و یورودریپ و پرسی زالوان دارای اندکی افزایش در آبدهی بودند (شکل ۳ الف). همچنین نتایج متفاوتی برای آبدهی‌های ۲۴ لیتر در ساعت و در هر سه نشان تجاری مشاهده شد. در فشار ۰/۵ بار، آبدهی در پرسی زالوان کاهش و در نتافیم و یورودریپ اندکی افزایش یافت. علاوه بر این و در فشار ۱/۵ بار، یورودریپ با افزایش شوری به ۱۲ دسی زیمنس بر متر، کاهش آبدهی و پرسی زالوان و نتافیم افزایش اندک آبدهی را نشان دادند. همچنین در فشار ۲/۵ بار، یورودریپ دارای کاهش آبدهی نسبت به شوری پنج دسی زیمنس بر متر و پرسی زالوان و نتافیم بدون تغییر بودند (شکل ۳ ب).

به‌طورکلی نتایج نشان‌دهنده عدم وقوع گرفتگی معنی‌دار و قابل توجه در اثر تغییر شوری در قطره‌چکان‌های مختلف و در شرایط کاربرد فشارهای متفاوت بود. بر خلاف انتظار، این نتیجه با نتایج تجزیه شیمیایی آب و مثبت بودن شاخص LSI که منجر به رسوب کربنات‌ها و در نتیجه گرفتگی و کاهش آبدهی می‌گردد، مطابقت نداشت. دلیل این امر را می‌توان تا حدودی به مواردی مانند تعداد ساعات کارکرد پایین سامانه و همچنین طول کم لاترال‌ها نسبت داد. در واقع علیرغم تلاش برای شبیه‌سازی شرایط نزدیک به واقعیت، احتمال این‌که در استفاده طولانی‌مدت از قطره‌چکان‌ها با این نوع آب دچار کاهش قابل توجه آبدهی به دلیل رسوب کربنات‌ها شویم وجود دارد. همچنین در عمل و در مزرعه معمولاً طول لاترال‌ها بیش از چند ده متر بوده و آب موجود در آن‌ها با افزایش دما مواجه شده و در نتیجه سرعت رسوب کربنات افزایش می‌یابد که در این پژوهش به دلیل طول کم (۳/۵ متر) این اتفاق رخ نداده است. ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۴) نشان دادند که کاربرد شوری حدود ۱۲ دسی زیمنس بر متر به مدت شش ماه هیچ‌گونه تأثیری بر تشکیل رسوب و ایجاد انسداد در چهار نوع قطره‌چکان تنظیم‌کننده فشار مورد بررسی نداشته است. علاوه بر این، عدم گرفتگی و کاهش اندک آبدهی (دو درصد) برای تنها قطره‌چکان تنظیم‌کننده فشار مورد بررسی



شکل ۳- میانگین آبدهی در قطره‌چکان‌های مختلف (الف: هشت لیتر در ساعت و ب: ۲۴ لیتر در ساعت) تحت فشارها و شوری‌های مختلف پس از پایان آزمایش‌ها

چند که این میزان رسوب بیشتر ذرات منجر به تغییر آبدهی محسوسی حداقل در بازه زمانی انجام این آزمایش‌ها نشده است. علاوه بر این، نتایج مشابهی برای نمونه‌های ۲۴ لیتر در ساعت نیز به دست آمد. در این مورد نیز تفاوت بین میزان رسوب مواد جامد در مجرای عبور آب در شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر (تصاویر سمت چپ) با شوری پنج دسی زیمنس بر متر (تصاویر سمت راست) قابل مشاهده بود.

بررسی دقیق‌تر اثر شوری بر روی قطره‌چکان‌ها از طریق تخریب برخی از نمونه‌ها و مقایسه میزان رسوب تشکیل شده بر روی آن‌ها تا حدودی امکان‌پذیر است. بدین منظور نتایج حاصل از این بررسی در شکل ۴ ارائه شده است. بر این اساس، مشاهده می‌شود که در نمونه‌های هشت لیتر در ساعت و در شرایط کاربرد فشار ۰/۵ بار، شوری بالاتر (تصاویر سمت چپ) منجر به میزان بالاتری از رسوب ذرات جامد در مجرای عبور آب نسبت به کاربرد شوری پایین‌تر (تصاویر سمت راست) گردیده است. هر



شکل ۴- مقایسه وضعیت رسوب ذرات جامد در مجرای عبور آب در قطره‌چکان‌های ۸ (بالا) و ۲۴ (پایین) لیتر در ساعت به ترتیب در شرایط کاربرد شورهای ۵ (سمت راست) و ۱۲ (سمت چپ) دسی زیمنس بر متر. الف: نتافیم، ب: یوروردریپ و ج: بررسی زالوان

#### اثرات تغییر فشار بر آبدهی قطره‌چکان‌ها

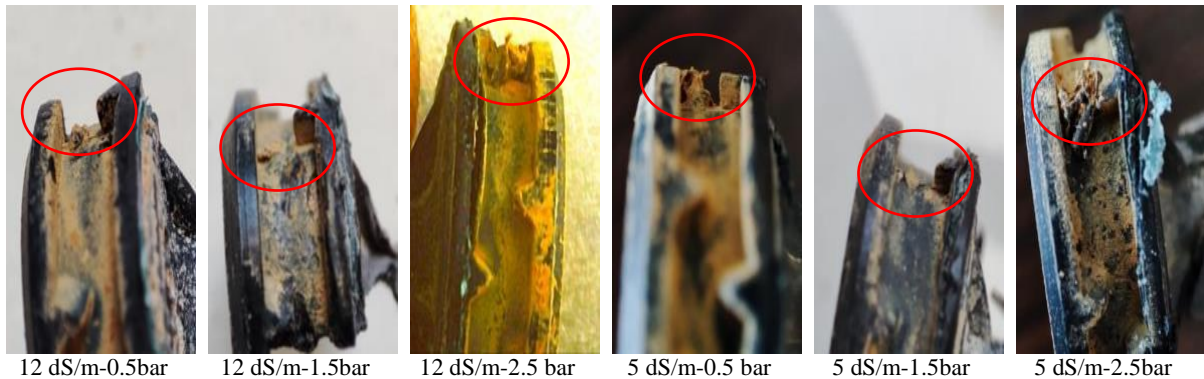
#### قطره‌چکان‌های نتافیم

بر اساس نتایج، در شرایط کاربرد آب شور ۱۲ و ۵ دسی زیمنس بر متر و در قطره‌چکان‌های هشت لیتر در

ساعت، کاربرد فشارهای ۰/۵ و ۲/۵ بار منجر به تغییرات آبدهی در پایان آزمایش‌ها گردید و میانگین آبدهی در مقایسه با آبدهی در ابتدای آزمایش‌ها به ترتیب حدود ۶/۲ و ۱۰ درصد کاهش یافت (جدول ۲ و شکل ۳ الف). بررسی

تحت فشار کارکرد ۰/۵ و ۲/۵ بار دارای اندازه به‌مراتب بزرگ‌تری نسبت به فشار کارکرد ۱/۵ بار است؛ بنابراین منجر به کاهش آبدهی شده است. علاوه بر این، فشار کارکرد کم (۰/۵ بار) منجر به تجمع مواد جامد و ذرات ریز در مجرای عبور در پشت این زائده‌ها شده است و می‌توان دلیل کاهش ۶/۲ درصدی آبدهی را این دو مورد دانست.

نمونه‌های تخریب‌شده در انتهای آزمایش تا حدودی می‌تواند این تغییرات آبدهی را توجیه نماید. شکل ۵ مقاطعی از مجرای عبور جریان در این نوع قطره‌چکان و در فشارهای مختلف و شوری‌های متفاوت را نشان می‌دهد. با توجه به شکل به نظر می‌رسد که دلیل اصلی کاهش آبدهی وجود زائده‌ای اضافه در مجرای عبور آب بوده که در زمان قالب‌گیری باقی مانده است. این زائده در قطره‌چکان‌های



شکل ۵- تصاویری از مجرای جریان در قطره‌چکان‌های نتاפیم هشت لیتر در ساعت که نشان‌دهنده وجود زائده‌ای اضافی در مسیر عبور آب است

منجر به کاهش آبدهی شده است. علیرغم پذیرش این دلایل برای کاهش آبدهی، همچنان باید به دنبال کاهش مضاعف آبدهی در فشار کارکرد ۲/۵ بار باشیم (شکل ۳ الف). با توجه به نتایج، علت اصلی این کاهش مضاعف، چسبیدگی دیافراگم‌های سیلیکونی به مجرای ورود آب در اثر فشار بالا به دلیل احتمالی کیفیت نامناسب و غیراستاندارد دیافراگم و همچنین ورود حشرات به داخل مجرای قطره‌چکان از سمت خروجی است. شکل ۶ تصاویر گرفته‌شده از دیافراگم نمونه‌های تحت آزمایش در این فشار را نشان می‌دهد که ثابت‌کننده این موضوع است. علاوه بر این، در این نوع قطره‌چکان به دلیل نداشتن کلاهک روی مجرای خروجی ورود حشرات از مجرای خروجی و محبوس شدن آن‌ها درون ساختار اتفاق افتاده است و در نهایت منجر به کاهش قابل توجه آبدهی شده است.

در فشار کارکرد ۱/۵ بار، به دلیل مناسب بودن فشار و کوچک‌تر بودن زائده‌ها، تجمع ذرات اتفاق نیفتاده و آبدهی تحت تأثیر قرار نگرفته است. اگرچه باید توجه کرد که کوچک‌تر بودن زائده‌ها در تعدادی از قطره‌چکان‌های تخریب‌شده تحت این فشار کاملاً تصادفی بوده و این احتمال وجود داشت که در صورت تخریب تمامی نمونه‌های مورد بررسی تحت فشار ۱/۵ بار، زائده نیز مشاهده شود؛ بنابراین ممکن است در صورت قرارگیری نمونه‌هایی با زائده‌های بزرگ‌تر تحت این فشار، با کاهش آبدهی روبرو شویم. از طرفی ممکن است در دو فشار ۰/۵ و ۲/۵ بار نیز در صورت تخریب همه نمونه‌های مورد بررسی، قطره‌چکان‌هایی با زائده‌های بسیار کوچک نیز مشاهده شود. با این حال و به‌طور کلی، وجود این زائده‌ها به‌طور کلی نکته منفی برای نتاפیم هشت لیتر در ساعت و



شکل ۶- تصاویری از چسبیدگی دیافراگم در قطره‌چکان‌های نتافیم هشت لیتر در ساعت و ورود حشرات از مجرای خروجی که منجر به انسداد مسیر عبور آب شده‌اند

### قطره‌چکان‌های یورودریپ

با توجه به رفتار تقریباً مشابه نمونه‌های هشت لیتر در ساعت در فشارها و شوری‌های مختلف، به نظر می‌رسد که کاهش آبدهی به‌مرور زمان در این نوع اگر چه اندک ولی در اثر استفاده بلندمدت از آب شور است. بر این اساس، کاربرد آب شور پنج دسی زیمنس بر متر منجر به کاهش میانگین آبدهی  $6/8$  و  $5/3$  درصدی به ترتیب در فشارهای  $0/5$  و  $2/5$  بار نسبت به ابتدای آزمایش‌ها (قطره‌چکان نو) و در اثر گذر زمان گردید (جدول ۲ و شکل ۳ الف). علاوه بر این، با کاربرد آب شور تر با شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر، مقادیر این کاهش‌ها در فشارهای  $0/5$ ،  $1/5$  و  $2/5$  بار به ترتیب برابر با  $7/3$ ،  $3/3$  و  $1/8$  درصد بود. لازم به ذکر است که بررسی تصاویر نمونه‌های تخریب‌شده اگرچه نشان‌دهنده علائم قابل توجه به‌منظور نتیجه‌گیری در رابطه با اثرات فشار و شوری بر کاهش آبدهی نبود اما نشان‌دهنده تجمع بیشتر ذرات در فشارهای بالاتر و ورود ذرات جامد بزرگ در فشار  $2/5$  بار به مجرای عبور آب در قطره‌چکان بود و علت کاهش آبدهی در این فشار این امر نیز است (شکل ۷).

در رابطه با قطره‌چکان‌های نتافیم ۲۵ لیتر در ساعت و با توجه به ساختار کاملاً متفاوت آن‌ها با نمونه هشت لیتر در ساعت، افزایش فشار به مقادیر  $1/5$  و  $2/5$  بار منجر به تغییرات آبدهی نگردید و پس از انجام آزمایش‌ها آبدهی در هر دو شوری مطابق با اطلاعات ارائه‌شده توسط سازنده بود (شکل ۳ ب). در فشار  $0/5$  بار اما برخلاف ادعای سازنده، این نوع قطره‌چکان با کاهش میانگین آبدهی حدود ۱۸ درصدی روبرو گردید (جدول ۲) که این کاهش در انتهای آزمایش‌ها بیشتر بود و تا ۲۷ درصد نیز رسید؛ بنابراین به نظر می‌رسد که حداقل فشار کارکرد برای این مدل مقادیری بالاتر از  $0/5$  بار باشد. در رابطه با اثر بلند مدت کاربرد آب شور، نتایج مربوط به فشار کارکردهای  $1/5$  و  $2/5$  بار نشان داد که کاربرد هر دو شوری ۵ و ۱۲ دسی زیمنس منجر به کاهش آبدهی نمی‌گردد؛ اما در صورتی که فشار کارکرد به  $0/5$  بار کاهش یابد، مقادیر میانگین کاهش آبدهی در شوری ۱۲ و پنج دسی زیمنس بر متر به ترتیب برابر با  $25/8$  و  $28/1$  درصد خواهد بود (شکل ۳ ب). لازم به ذکر است که این مقدار کاهش نسبت به آبدهی اسمی است و با توجه به این که قطره‌چکان‌های نو نیز در ابتدا دارای کاهش آبدهی بوده‌اند، مقدار واقعی این کاهش در اثر شوری‌های مذکور به ترتیب ۹٫۳ و ۱۲٫۱ درصد است (جدول ۲ و شکل ۳ ب).



شکل ۷- تصاویری از مجرای جریان در قطره‌چکان‌های یورودریپ هشت لیتر در ساعت در شرایط مختلف آزمایش‌ها

نمونه‌ها از مجاری مورد تأیید وزارت جهاد کشاورزی تهیه شده بود. همچنین در فشار کارکرد ۰/۵ بار، آبدهی میانگین در هر دو شوری در انتهای آزمایش‌ها نسبت به ابتدای آزمایش‌ها، با کاهش قابل توجه و حدود ۱۳ درصدی همراه بود (جدول ۲ و شکل ۳ ب). دلیل این تغییرات احتمالاً حساسیت بالای آبدهی این نوع در فشارهای پایین، عدم تأمین مناسب فشار و یا خطای احتمالی اندازه‌گیری فشار است که در طول انجام آزمایش‌ها احتمالاً افزایش یافته است. برای این نوع قطره‌چکان، بررسی نمونه‌های تخریب شده نشان داد که فشار بالا منجر به ورود قطعات جامد جدا شده از سطح داخلی لوله‌ها به درون قطره‌چکان شده و سبب کاهش آبدهی در برخی از قطره‌چکان‌ها و در نتیجه کاهش کلی آبدهی گردیده است (شکل ۸).

در قطره‌چکان‌های ۲۴ لیتر در ساعت به طور میانگین و برای هر دو شوری، میزان آبدهی تنها در فشار ۲/۵ بار در محدوده استاندارد و متناسب با آبدهی اسمی بود (جدول ۲). در فشار ۱/۵ بار، آبدهی میانگین حدود ۱۳ درصد بالاتر از مقادیر اسمی بود. به نظر می‌رسد که مقادیر آبدهی بدست آمده در نمونه‌های مذکور و در این فشار کارکرد آبدهی اسمی واقعی این نوع قطره‌چکان باشد و اعداد ارائه‌شده توسط سازنده نادرست باشد. نکته قابل توجه در این مورد ساخت این قطره‌چکان‌ها توسط شرکت‌های مختلف و تحت برند سازندگان اصلی است و ممکن است کیفیت ساخت و مشخصات سازندگان تحت برند با مشخصات ارائه‌شده توسط سازندگان نمونه‌های اصلی متفاوت باشد. به عبارتی ممکن است نمونه‌های مورد بررسی تقلبی و غیر اصل بوده باشند. هر چند که این



5 dS/m-2.5 bar

12 dS/m-2.5 bar

شکل ۸- تصاویری از مجرای ورود جریان در قطره‌چکان‌های یورودریپ ۲۴ لیتر در ساعت که نشان‌دهنده ورود اجساد جامد به ساختار درونی قطره‌چکان و در نتیجه کاهش آبدهی شده است

### قطره‌چکان‌های پرسی زالوان

علیرغم عدم تفاوت قابل توجه آبدهی میانگین در فشارها و شوری‌های مختلف در ابتدای آزمایش‌ها، به نظر می‌رسد که آبدهی قطره‌چکان‌های پرسی زالوان هشت لیتر در ساعت در گذر زمان در برخی فشارها با کاهش همراه بوده است. در فشار کارکرد ۰/۵ بار و برای هر دو شوری، میزان کاهش آبدهی میانگین در پایان آزمایش‌ها در مقایسه با ابتدای آن حدود هفت درصد کاهش یافت (جدول ۲ و

شکل ۳ الف). بررسی‌ها نشان داد که این کاهش آبدهی در یک یا دو عدد از قطره‌چکان‌ها رخ داده است؛ بنابراین نمونه‌ها تخریب و نتایج نشان داد که ورود اجسام خارجی به دلیل نوع مجرای ورود آب در این قطره‌چکان‌ها منجر به انسداد و در نتیجه کاهش آبدهی شده است (شکل ۹) لازم به ذکر است که این امر به دلیل مقادیر فشار کارکرد نبوده و می‌توانست در هر فشاری اتفاق بیفتد. بررسی نتایج در فشار کارکرد ۲/۵ بار و در شوری پنج دسی‌زیمنس بر متر نیز تأیید کننده این مطلب است.



شکل ۹- شکل مجرای ورودی آب در قطره‌چکان پرسی زالوان هشت لیتر در ساعت و ورود اجسام خارجی و در نتیجه انسداد مجرای عبور آب در فشارهای ۰/۵ و ۲/۵ بار

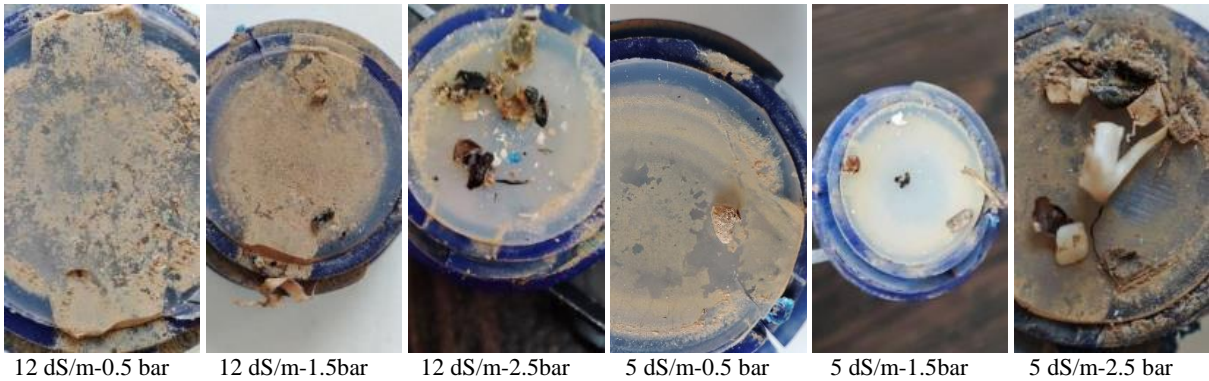
در نمونه‌های ۲۴ لیتر در ساعت پرسی زالوان نیز مانند نمونه‌های هشت لیتر در ساعت، برای فشارهای مختلف و در هر شوری نتایج کمی با یکدیگر متفاوت بود. نتایج نشان داد که در فشار ۲/۵ بار، مقادیر آبدهی در ابتدای کار تقریباً با مقادیر توصیه‌شده توسط سازنده برابر بود اما کاربرد این فشار منجر به کاهش میانگین آبدهی به میزان تقریبی ۲۳ درصد در پایان آزمایش‌ها نسبت به ابتدای آن‌ها شد (شکل ۳ ب و جدول ۲). تأثیر فشار ۰/۵ بار بر آبدهی این نوع قطره‌چکان نیز شبیه اثرات فشار ۲/۵ بار بود به گونه‌ای که مقدار کاهش آبدهی در پایان آزمایش‌ها نسبت به ابتدای آن به ترتیب برابر با ۱۷/۱ و ۱۰/۶ درصد در

شوری‌های ۱۲ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر بود (شکل ۳ ب و جدول ۲). با کاربرد فشار ۱/۵ بار و در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر مقادیر میانگین آبدهی در ابتدا و انتهای آزمایش‌ها تقریباً برابر بود اما در شوری پنج دسی‌زیمنس بر متر میانگین آبدهی در انتها حدود ۱۵ درصد کمتر از ابتدای آزمایش‌ها بود (شکل ۳ ب و جدول ۲). در واقع دو ماه پس از کاربرد فشارهای ۰/۵ و ۲/۵ بار به ناگاه آبدهی تعدادی از قطره‌چکان‌ها به‌طور قابل توجهی با کاهش همراه بود و در نتیجه میانگین کل را با کاهش همراه کرد. بررسی نمونه‌های تخریب‌شده این قطره‌چکان‌ها نشان داد که دلیل این کاهش ناگهانی آبدهی ورود ذرات جامد درشت به



قطره‌چکان شده و انسداد ایجاد می‌کند. مشاهده نتایج تخریب نمونه‌هایی از قطره‌چکان در این دو فشار که دارای آبدهی پایین بودند این نتیجه‌گیری را تأیید می‌کند (شکل ۱۰).

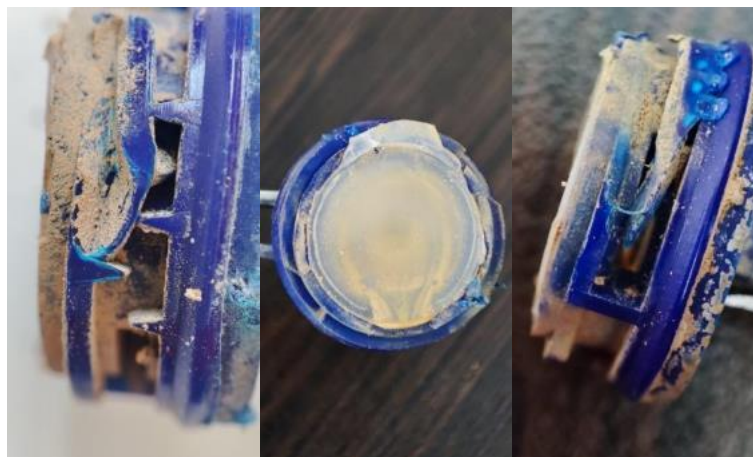
درون قطره‌چکان‌ها به دلیل شکل خاص مجرا ورود آب در این نوع قطره‌چکان و مانند نمونه‌های هشت لیتر در ساعت آن است. به عبارتی در صورتی که جسم جامدی در آب وجود داشته باشد به احتمال بسیار زیاد وارد این نوع



شکل ۱۰- نمونه‌هایی از قطره‌چکان‌های تخریب‌شده پرسی زالوان ۲۴ لیتر در ساعت در شوریه‌ها و فشارهای مختلف

شکل ساختار اگرچه به‌طور تصادفی اثر مشهودی بر کاهش آبدهی در مدت انجام آزمایش‌ها نداشت اما بدون شک در بلندمدت کارکرد آن‌ها را دچار مشکل خواهد کرد و قطعاً انسداد در آن‌ها رخ خواهد داد. شکل ۱۱ نمونه‌ای از این ناهنجاری‌ها ایجادشده در اثر قالب‌گیری ناصحیح در فرآیند ساخت را در مجراها و دیافراگم این نوع قطره‌چکان نشان می‌دهد.

نکته قابل توجه در این تصاویر بیشتر بودن اجسام خارجی وارد شده در فشارهای بالاتر بود که طبیعتاً باعث کاهش آبدهی بیشتری نیز شده بود؛ بنابراین و به‌طور کلی علت این کاهش آبدهی را می‌توان فشار بیان کرد. علاوه بر موارد ذکر شده در مورد نمونه‌های پرسی زالوان ۲۴ لیتر در برخی نمونه‌های تخریب‌شده دارای مشکلاتی در ساختار بودند که نشان‌دهنده دقت پایین سازنده در هنگام قالب‌گیری این محصولات است. این ناهمگونی‌ها و تغییر



شکل ۱۱- ناهنجاری‌های ایجاد شده در اثر قالب‌گیری ناصحیح در فرآیند ساخت و یا شکستگی در مجراها و دیافراگم پرسی زالوان ۲۴ لیتر در ساعت

## نکات تکمیلی کاربرد فشار ۲/۵ بار در قطره‌چکان‌های

### مختلف

با توجه به نتایج ارزیابی‌ها و بررسی نمونه‌های تخریب‌شده می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کاربرد این فشار منجر به ورود قطعات و اجسام جامد موجود در لوله‌های آبیاری و یا عبور کرده از سامانه فیلتراسیون مانند برش‌های نازک مواد پلی‌اتیلنی در جداره‌های لوله و یا تأسیسات شده و میزان آبدهی را به مقدار قابل توجهی کاهش می‌دهد. با این حال نتایج نشان داد که رفتار قطره‌چکان‌های مختلف در مواجهه با این موضوع یکسان نیست. اگرچه می‌توان این مشکل را با شستشوی لوله‌ها قبل از شروع به کار سیستم تا حدود زیادی مرتفع نمود. بر این اساس و درحالی‌که نمونه‌های بررسی زالوان ۲۴ لیتر در ساعت بیشترین میزان ورود این اجسام خارجی به مجرای عبور آب را داشتند، کمترین میزان ورود اجسام در نمونه‌های نتافیم ۲۵ لیتر در ساعت مشاهده شد. بر خلاف این نتایج و در نمونه‌های هشت لیتر در ساعت، قطره‌چکان‌های نتافیم علیرغم عدم

ورود قابل توجه این اجسام دارای مشکل چسبندگی دیافراگم بودند و به نوعی بیشترین کاهش آبدهی را نشان دادند. درحالی‌که نمونه‌های یورودریپ کمترین کاهش آبدهی را به دلیل ورود اجسام نشان دادند. بررسی دقیق نمونه‌های تخریب شده نشان داد که دلیل این تفاوت‌ها، شکل و ساختار متفاوت مجرای ورود آب است. شکل ۱۲ ورودی مجراهای هر شش نمونه قطره‌چکان مورد بررسی را نشان می‌دهد. در نمونه‌های بررسی زالوان و یورودریپ تفاوتی بین شکل و اندازه مجرا در هر دو آبدهی ۸ و ۲۴ لیتر در ساعت وجود نداشت اما نمونه‌های نتافیم مانند ساختار کلی در مجرای ورودی نیز تفاوت داشتند. بر اساس نتایج، کوچک بودن سطح مقطع ورود آب به درون قطره‌چکان‌ها و ورود قطعات جامد را کاهش می‌دهد؛ بنابراین در نمونه‌های بررسی زالوان با بیشترین سطح مقطع، بالاترین میزان ورود اجسام خارجی و در نمونه نتافیم هشت لیتر در ساعت کمترین میزان ورود اجسام به دلیل کاربرد فشار کارکرد بالا مشاهده گردید.



شکل ۱۲- ساختار مجرای ورود آب و میزان ورود اجسام خارجی ریز به سطح زیر دیافراگم درون قطره‌چکان در نمونه‌های مختلف

آبدهی ۲۴ لیتر در ساعت توصیه نمی‌گردد و لازم است حداقل فشار کارکرد یک بار در پشت این قطره‌چکان‌ها تأمین شود. در نمونه‌های با آبدهی کمتر (هشت لیتر در ساعت) نیز اگر چه فشار کارکرد ۱/۵ بار بهترین نتیجه را نشان داد اما تأمین فشار کارکرد ۰/۵ بار نیز به خوبی قادر به ایجاد آبدهی یکنواخت در این قطره‌چکان‌ها است. بر خلاف نتایج این پژوهش، میریان و همکاران (۱۳۹۸) بیان

به‌طورکلی و بر اساس بررسی‌های به عمل آمده می‌توان نتیجه گرفت که بهترین فشار کارکرد برای انواع قطره‌چکان تنظیم‌کننده فشار محدوده یک تا دو بار است و مقادیر بالاتر از آن (۲/۵ بار) می‌تواند در برخی نمونه‌ها منجر به چسبیدگی احتمالی دیافراگم سیلیکونی به مجرای خروجی، ورود اجسام جامد ریز و در نتیجه کاهش آبدهی شود. همچنین مقادیر کمتر از یک بار برای نمونه‌های با

کردند که فشار کارکرد سه بار در مقایسه با فشار کارکرد دو و یک بار از گرفتگی قطره‌چکان‌های یورودریپ چهار و هشت لیتر در ساعت به میزان قابل توجهی جلوگیری می‌کند و این میزان فشار کارکرد را توصیه کردند. در بررسی نتایج این پژوهشگران چند نکته وجود دارد که باید مدنظر قرار گیرد. نکته اول این‌که گرفتگی در کدام قسمت از ساختار قطره‌چکان رخ داده است که در پژوهش مذکور به آن اشاره‌ای نشده است. در واقع مکانیزم کارکرد قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار مانند یورودریپ به‌گونه‌ای است که دیافراگم ارتجاعی با کنترل میزان فشار ورودی، آبدهی قطره‌چکان را ثابت نگه می‌دارد و استهلاک میزان فشار باقی‌مانده نیز در مجرای ماریپیج اتفاق می‌افتد. نکته دیگر استفاده از گچ با غلظت نیم گرم در لیتر در سیستم در این پژوهش بوده است. بر اساس آنالیز آب ارائه‌شده توسط این پژوهشگران دلیل اصلی انسداد وجود سولفات کلسیم در آب بوده است که به نظر می‌رسد این رسوبات در فشارهای پایین‌تر (یک و دو بار) و قبل از ورود به مجرای ماریپیج منجر به انسداد شده‌اند و در فشار سه بار این ذرات از قطره‌چکان‌ها عبور کرده‌اند. با این حال، نتایج آنان همچنان محل ابهام است در جایی که پس از مدت‌زمان آزمایش‌ها میزان انسداد توسط فشار یک و دو بار به حدود ۹۰ درصد رسیده است اما در فشار ۳ بار این میزان انسداد حدود ۱۵ درصد است و هیچ دلیلی برای این تفاوت فاحش ارائه نشده است. به عبارتی مکانیزم عمل فشار می‌بایست یکسان باشد و تغییرات خطی از فشار یک به دو و سپس سه بار اتفاق بیفتد که این امر رخ نداده است. بر خلاف نتایج این پژوهشگران و در تطابق با یافته‌های پژوهش حاضر، زمانی و فتاحی (۱۳۹۸) فشار کارکرد ۱/۵ بار را فشار بهینه برای قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار گزارش کردند. عبدالسلام و همکاران (۲۰۲۴) نیز افزایش فشار تا ۱/۵ بار را منجر به افزایش یکنواختی پخش و کاهش تغییرات آبدهی در شوری‌های مختلف دانستند. همچنین الامین و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که در دو نوع قطره‌چکان تنظیم‌کننده فشار (توربو و اوکتا) و یک نمونه غیر تنظیم‌کننده فشار

(بررل)، با افزایش فشار از ۰/۵ به یک بار میزان گرفتگی کاهش می‌یابد. علاوه بر این، زمانی و همکاران (۱۳۹۳) نشان دادند که در بررسی‌های آن‌ها، تنها قطره‌چکان تنظیم‌کننده فشار (یورودریپ هشت لیتر در ساعت) در فشارهای کارکرد ۰/۵ و ۲/۵ بار به ترتیب دارای کاهش و افزایش آبدهی قابل توجه است اما در فشار ۱/۵ بار بهترین عملکرد را دارا است. علاوه بر این، نصرالهی و همکاران (۱۳۹۲) نیز نشان دادند که قطره‌چکان‌های یورودریپ و تفایم هشت لیتر در ساعت در فشار کارکرد ۰/۵ بار با کاهش آبدهی اسمی روبرو می‌شوند اما در محدوده فشار کارکرد یک تا دو بار انحراف از آبدهی اسمی آن‌ها پایین است.

#### نتیجه‌گیری

جمع‌بندی کلی ارزیابی‌های فنی نشان داد که برخی از قطره‌چکان‌های نوعلیرغم داشتن ضریب تغییرات آبدهی ساخت (CV) کمتر از هفت درصد، از نظر میانگین آبدهی با مقادیر اسمی ارائه‌شده (Qn-D) مطابقت ندارند. این عدم تطابق برای فشار ۰/۵ بار و نمونه‌های ۲۴ لیتر در ساعت هر سه نشان تجاری مشهودتر بود و دارای آبدهی میانگین کمتری نسبت به دبی اسمی بودند. نتایج ارزیابی بعد از انجام آزمایش‌ها نشان داد که افزایش فشار کارکرد از ۰/۵ تا ۲/۵ بار و افزایش شوری از ۵ به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر منجر به افزایش و یا عدم تغییرات ضریب تغییرات آبدهی در قطره‌چکان‌های مختلف گردید. در رابطه با انحراف از آبدهی اسمی نیز اگر چه الگوی مشخص کاهشی یا افزایشی مشاهده نگردید اما تغییرات در آبدهی قطره‌چکان‌ها منجر به از بین رفتن معیارهای استاندارد در اکثر قطره‌چکان‌ها گردید. بطور کلی مقایسه نتایج ارزیابی‌ها قبل و بعد از انجام آزمایش‌ها نشان داد که تغییرات مشاهده‌شده به دلایل گوناگون شکل گرفته و برخی در اثر تغییر فشار، برخی به دلیل شوری آب و برخی نیز جزو ذات قطره‌چکان بوده است. در رابطه با اثر شوری، نتایج نشان‌دهنده عدم وقوع گرفتگی معنی‌دار و قابل توجه در اثر

آب را داشتند، کمترین میزان ورود اجسام در نمونه‌های نتافیم ۲۵ لیتر در ساعت مشاهده شد. بر خلاف این نتایج و در نمونه‌های هشت لیتر در ساعت، قطره‌چکان‌های نتافیم علیرغم عدم ورود قابل توجه این اجسام دارای مشکل چسبندگی دیافراگم بودند و به نوعی بیشترین کاهش آبدهی را نشان دادند. درحالی‌که نمونه‌های یورودریپ کمترین کاهش آبدهی را به دلیل ورود اجسام نشان دادند. بررسی دقیق نمونه‌های تخریب‌شده نشان داد که دلیل این تفاوت‌ها، شکل و ساختار متفاوت مجرای ورود آب است. بر اساس نتایج، کوچک بودن سطح مقطع ورود آب به درون قطره‌چکان‌ها و ورود قطعات جامد را کاهش می‌دهد؛ بنابراین در نمونه‌های پرسی زالوان با بیشترین سطح مقطع، بالاترین میزان ورود اجسام خارجی و در نمونه نتافیم هشت لیتر در ساعت کمترین میزان ورود اجسام به دلیل کاربرد فشار کارکرد ۲/۵ بار مشاهده گردید.

#### تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافی وجود ندارد و این مسئله مورد تأیید نویسندگان مقاله است.

تغییر شوری در قطره‌چکان‌های مختلف و در شرایط کاربرد فشارهای متفاوت بود که مواردی مانند تعداد ساعات کارکرد پایین سیستم و همچنین طول کم لاترال‌ها و در نتیجه عدم گرم شدن آب و رسوب کربنات‌ها از دلایل این موضوع است. اگرچه در مورد نمونه‌های هشت لیتر در ساعت نتافیم و یورودریپ و در صورتی‌که نتایج مربوط به هر سه فشار را میانگین‌گیری نمایم نشان‌دهنده اثر افزایش شوری بر کاهش آبدهی است، به‌گونه‌ای که این میزان کاهش در نمونه نتافیم ۳/۸ درصد و در یورودریپ نیز ۲/۶ درصد بود. به‌طورکلی و با توجه به نتایج ارزیابی‌ها و بررسی نمونه‌های تخریب‌شده می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کاربرد فشار ۲/۵ بار منجر به ورود قطعات و اجسام جامد موجود در لوله‌های آبیاری و یا عبور کرده از سیستم فیلتراسیون مانند برش‌های نازک مواد پلی‌اتیلنی در جداره‌های لوله و یا تأسیسات شده و میزان آبدهی را به مقدار قابل‌توجهی کاهش می‌دهد. اگرچه می‌توان این مشکل را با شستشوی لوله‌ها قبل از شروع به کار سیستم تا حدود زیادی مرتفع نمود با این حال رفتار قطره‌چکان‌های مختلف در مواجهه با این موضوع یکسان نیست و درحالی‌که نمونه‌های پرسی زالوان ۲۴ لیتر در ساعت بیشترین میزان ورود این اجسام خارجی به مجرای عبور

#### فهرست منابع

۱. ابراهیمی، مسعود، شریفان، حسین، هزارجریبی، ابوطالب و حسام، موسی، ۱۳۹۴. بررسی عملکرد چهار نوع قطره‌چکان در شرایط به‌کارگیری آب شور. *مجله آبیاری و زهکشی ایران*، ۹(۲)، صص. ۳۹۸-۳۹۱.
۲. پروینی، مریم و معروف‌پور، عیسی، ۱۳۹۲. بررسی ضریب تغییرات ساخت و یکنواختی ریزش قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار رایج در کشور. *مجله آبیاری و زهکشی ایران*، ۷(۲)، صص. ۲۳۱-۲۴۲.
۳. پرویزی، حسین، پرنیان، امیر، حاتمی، حدیث و رحیمیان، محمدحسن، ۱۴۰۲. اثر تغییرات فشار و نوع قطره‌چکان بر عملکرد سامانه‌های آبیاری قطره‌ای باغ‌های پسته استان یزد. *پژوهش آب در کشاورزی*، ۳۷(۱)، صص. ۱۷-۳۳. (DOI:10.22092/JWRA.2023.360971.966)
۴. پیروزفر، وحیدرضا، برومندنسب، سعید، محمدی سلطانی، امیر و معاضد، هادی، ۱۳۹۳. بررسی عملکرد قطره‌چکان نتافیم و یورودریپ در شوری‌های مختلف آب آبیاری. *دومین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار*. تهران، <https://civilica.com/doc/309894>

۵. چوپان، یحیی و امامی، سمیه، ۱۳۹۷. تأثیر کاربرد فاضلاب تصفیه‌شده بر تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها، دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران، اصفهان. <https://civilica.com/doc/856089>
۶. زمانی، سعید، بهمنش، جواد و زینالزاده، کامران، ۱۳۹۳. ارزیابی عملکرد گسیلنده کنترل‌کننده حجم آب در مقایسه با گسیلنده‌های متداول در سیستم آبیاری میکرو. *تحقیقات آب‌و‌خاک ایران*، ۴۵ (۴)، صص. ۴۵۳-۴۶۱. (DOI): 10.22059/IJSWR.2014.52598
۷. زمانی، سعید و فتاحی نافچی، روح‌اله، ۱۳۹۸. ارزیابی عملکرد و تعیین بازه فشاری کارکرد بهینه چهار گسیلنده متداول در سیستم خرد آبیاری. *نشریه آبیاری و زهکشی ایران*، ۱۳ (۵)، صص. ۱۱۸۲-۱۱۹۰. (DOI): 20.1001.1.20087942.1398.13.5.1.5
۸. فرزاد نیا، مسعود و حقایقی مقدم، سید ابوالقاسم، ۱۳۸۸. بررسی تأثیر آب شور بر گرفتگی برخی قطره‌چکان‌های مورد استفاده در ایران. *علوم و مهندسی آبیاری*، ۳۲ (۱)، صص. ۱۷-۲۵. (DOI): 10.22055/JISE.2010.13379
۹. قدمی فیروزآبادی، علی، پورغلام، مسعود و خوش‌روش، مجتبی، ۱۳۹۷. تأثیر میدان مغناطیسی و سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر دبی قطره‌چکان‌ها. *نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران*، ۹ (۲)، صص. ۱۹۲-۱۸۰. (DOI): 10.22125/IWE.2019.87392
۱۰. کیانی، علی‌رضا، هزارجریبی، ابوطالب، دهقان، طیبه و خوش‌روش، مجتبی، ۱۳۹۴. تأثیر آب مغناطیسی و شوری آب بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها در آبیاری قطره‌ای. *نشریه آب‌و‌خاک (علوم و صنایع کشاورزی)*، ۲۹ (۱)، صص. ۵۸-۴۸. (DOI): 10.22067/jsw.v0i0.27841
۱۱. فراستی، معصومه، بهزاد، مجید و برومندنسب، سعید، ۱۳۸۹. بررسی عملکرد چند نوع قطره‌چکان تنظیم‌کننده فشار موجود در بازار ایران. *علوم مهندسی آبیاری (مجله علمی کشاورزی)*، ۳۳ (۱)، صص. ۳۰-۱۵. (DOI) 10.22055/JISE.2009.13393
۱۲. کریمی، نادر، قوچانی، حسن، طاحونه‌دار، میثم و یقینی، فرزانه، ۱۳۹۰. ارزیابی قطره‌چکان‌های مورد استفاده در آبیاری تحت فشار. *اولین کنفرانس ملی هواشناسی و مدیریت آب کشاورزی*، کرج. <https://civilica.com/doc/173404>
۱۳. میریان، صبا، شریفی‌پور، مجید و نصرالهی، علی‌حیدر. ۱۳۹۸. اثر مدیریت آبیاری، دبی و فشار کارکرد بر گرفتگی قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار. *تحقیقات آب‌و‌خاک ایران*، ۵۰ (۹)، صص. ۲۲۳۸-۲۲۲۸. (DOI): 10.22059/IJSWR.2019.278268.668151
۱۴. نصرالهی، علی‌حیدر، بهزاد، مجید، برومندنسب، سعید و حیدری‌نیا، مولود، ۱۳۹۲. بررسی تأثیر تغییرات فشار روی مشخصات هیدرولیکی قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار. *مجله علوم آب‌و‌خاک*، ۱۷ (۶۶)، صص. ۲۳۳ تا ۲۲۵. (DOI): 20.1001.1.24763594.1392.17.66.1.5
۱۵. هزارجریبی، ابوطالب، و قربانی نصرآبادی، قربان، و فضل‌اولی، رامین و عابدین‌پور، میثم، ۱۳۹۲. بررسی عملکرد هیدرولیکی سه نوع قطره‌چکان خارجی تنظیم‌شونده در فشارهای کارکرد مختلف. *پژوهش‌های حفاظت آب‌و‌خاک (علوم کشاورزی و منابع طبیعی)*، ۲۰ (۱)، صص. ۱۹۹-۲۱۱. (DOI): 20.1001.1.23222069.1392.20.1.11.9
16. Abdelsalam, H., Mostafa, H., El-Ansary, M., Awad, M. and Sultan, W., 2024. Evaluation of saline and magnetized water on emitter hydraulic performance and clogging in drip irrigation. *Scientific Reports*, 14(1), p.7339. DOI: 10.1038/s41598-024-57543-8
17. Binbin, J., Xinkun, W., Song, H., Erdong, F., Hailan, Y., Jicheng, Y., & Jianjun, Y. 2020. Effects of high-frequency pressure pulse generated by a jet tee on the clogging of labyrinth

- emitter. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 36(22). 5-171. DOI: 10.11975/j.issn.1002-6819.2020.22.018
18. Elamin, A.W.M., Abd Eldaiam, A.M., Abdalla, N.A. and Hussain, M.E., 2017. Hydraulic performance of drip irrigation system under different emitter types, and operating pressures using treated wastewater at Khartoum state. *International Journal of Development and Sustainability*, 6(9), pp.1086-1095.
  19. Elamin, A.W.M., Saeed, A.B., Rahma, A.E. and Elgamry, T., 2020. Hydraulic Performance of Drip Emitters under Different Conditions and Water Qualities. *Sudan Journal of Desertification Research*, 11(1). pp. 46-57.
  20. Kirnak, H., DOĞAN, E., Demir, S. and Yalçın, S., 2004. Determination of hydraulic performance of trickle irrigation emitters used in irrigation systems in the Harran Plain. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28(4), pp.223-230.
  21. Lili, Z., Peiling, Y., Wengang, Z., Yunkai, L., Yu, L. and Chong, Z., 2021. Effects of water salinity on emitter clogging in surface drip irrigation systems. *Irrigation Science*, 39, pp.209-222. DOI: 10.1007/s00271-020-00690-3
  22. Da Silva, P.F., de Mato, R.M., Neto, J.D., Gomes, R.D.C.B. and de Lima, V.L.A., 2016. Characterization of the hydraulic performance of self-compensating emitters with water of different salt concentrations. *Semina: Ciências Agrárias*, 37(2), pp.639-650. DOI: 10.5433/1679-0359.2016v37n2p639
  23. Turkey, Z., Yeser, A.E., Elbagoury, K.F. and Mahmoud, M., 2020. Hydraulic Performance Analysis of Emitters under Magnetied Saline Water Conditions. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 28(4), pp.1055-1064. DOI: 10.1038/s41598-024-57543-8