نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۲۰، خرداد - تیر ۱۴۰۵، ص. ۲۷۹-۲۶۹

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.2, Vol. 20, Jun.-Jul. 2026, p. 269-279

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی آزمایشگاهی عملکرد هیدرولیکی چهار نوع قطره‌چکان تحت اعمال فشارهای کارکردی مختلف

آزاده فهیمی زند[۱]، سودابه گلستانی کرمانی[۲*]، محمد ذونعمت کرمانی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۰۷

چکیده

برقراری یکنواختی توزیع و در نهایت افزایش بهره‌وری در سامانه آبیاری قطره‌ای منوط به عملکرد هیدرولیکی مناسب قطره‌چکان به عنوان یکی از اجزا اصلی سامانه است. از این‌رو در این مطالعه در قالب یک تحقیق آزمایشگاهی، عملکرد چهار نوع قطره‌چکان موجود در بازار (دو نوع قطره‌چکان جبران‌کننده فشار و دو نوع قطره‌چکان غیرجبران‌کننده فشار) تحت پنج فشار کاری اعمال شده (۰/۶، ۰/۸، ۱/۲، ۱/۶ و ۲/۴ بار) ارزیابی شد و شاخص‌های یکنواختی پخش (EU)، ضریب کریستیان‌سن (CU)، ضریب تغییرات ساخت (CV)، ضریب تغییرات دبی (q_{var})، رابطه دبی - فشار و ضریب یکنواختی آماری (U_s) محاسبه گردید. بررسی نتایج بدست آمده، عملکرد برتر قطره‌چکان یورودریپ در گروه قطره‌چکان‌های غیرجبران‌کننده فشار را تایید کرد (CV=۰/۰۳۶ و EU=۹۵/۲۸٪ و CU=۹۷/۲۶٪ و q_{var}=۲۳/۲٪ و U_s=۹۶/۱۸٪). در گروه قطره‌چکان‌های جبران‌کننده فشار نیز قطره‌چکان آبافرین عملکرد بهتری داشت (CV=۰/۰۸۲ و EU=۸۷/۳۶٪ و CU=۹۲/۷۸٪ و q_{var}=۲۵/۸٪ و U_s=۹۱/۴٪). در مجموع بررسی نتایج بدست آمده نشان داد که قطره‌چکان‌های غیرجبران‌کننده فشار بررسی شده در شرایط این تحقیق، در اکثر شاخص‌ها عملکرد بهتری نسبت به قطره‌چکان‌های جبران‌کننده فشار داشتند. لذا در انتخاب قطره‌چکان و به منظور افزایش کارایی سامانه آبیاری، لازم است شاخص‌های مرتبط با عملکرد هیدرولیکی در شرایط عملیاتی مورد ارزیابی قرار گیرد تا کارکرد حقیقی این تجهیزات در شرایط واقعی مشخص شود و انتخاب نهایی تنها بر اساس اطلاعات ارائه شده توسط تولیدکنندگان نباشد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای، ارزیابی هیدرولیکی، قطره‌چکان جبران‌کننده فشار، یکنواختی پخش آب

مقدمه

با افزایش تقاضا برای منابع آبی و کاهش چشمگیر ذخایر قابل دسترس، بحران آب به یکی از اساسی‌ترین چالش‌های توسعه پایدار در قرن بیست‌ویکم تبدیل شده و ارتقای بهره‌وری آب بیش از هر زمان دیگری مورد توجه قرار گرفته است (UNESCO, 2020). تاثیر تغییرات اقلیمی بر پارامترهای چرخه هیدرولوژی در کنار عدم مدیریت صحیح، منجر به تغییر رژیم بارندگی و افزایش تبخیر شده و در نهایت منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک را تحت تاثیر قرار داده است. به طوری‌که گزارشات ارائه شده توسط (مغربی و همکاران; اشرف و همکاران) نشان می‌دهد که منابع آب زیرزمینی در ایران با سرعتی معادل با ۵/۲۵ کیلومتر مکعب در سال در حال کاهش است و نرخ تغذیه آبخوان ها در سراسر کشور کاهش یافته (Ashraf et al., 2021, Maghrebi et al., 2023) و به طور متوسط به ۳/۸ - میلیمتر در سال رسیده است (Noori et al., 2023). این رخداد مستقیماً بر تأمین آب در بخش‌های پرمصرفی مانند کشاورزی تاثیر داشته و در این شرایط، استفاده از روش‌های سنتی آبیاری مانند غرقابی به دلیل تلفات بالای ناشی از نفوذ عمقی و تبخیر سطحی قابل دفاع نیست. لذا حرکت از شیوه‌های سنتی آبیاری به سمت روش‌های نوین و کنترل شده به عنوان یک راه حل مناسب مورد توجه متخصصین قرار گرفته و در این راستا کاربرد آبیاری

۱- دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنرکرمان، کرمان، ایران
۲- استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنرکرمان، کرمان، ایران
۳- استاد، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهید باهنرکرمان، کرمان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email:s.golestani@uk.ac.ir)
DOI: 10.22034/idj.2026.555031.2636

قطره‌ای که راندمان واقعی مصرف آب در آن تا حدود ۷۱ درصد نیز گزارش می‌شود، به عنوان روشی موثر جهت بهبود بهره‌وری مصرف آب گسترش یافته است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۵; حسین زاد و کاظمیه، ۱۳۹۲).

یکی از نکات مهم در عملکرد مناسب سامانه آبیاری قطره‌ای تعادل بین دبی قطره‌چکان‌ها و مقدار آب مورد نیاز گیاه است که برای رسیدن به این توازن، باید دبی قطره‌چکان‌ها یکنواخت باشد (Guan et al., 2013). از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر ایجاد عدم یکنواختی می‌توان به تغییر فشار، تفاوت‌های ساختاری در قطره‌چکان‌ها، گرفتگی قطره‌چکان‌ها و عوامل مدیریتی اشاره کرد. تلاش در جهت اصلاح ویژگی‌های قطره‌چکان به نحوی که بتواند در دامنه وسیعی از تغییرات فشار دبی خروجی ثابتی داشته باشد، منجر به عرضه نوعی از قطره‌چکان‌ها شد که به نام قطره‌چکان خود تنظیم‌شونده یا جبران‌کننده فشار (PC dripper) یا قطره‌چکان دبی ثابت معروفند که دارای یک دیافراگم سیلیکونی هستند که می‌تواند دبی خروجی را در شرایطی که تغییرات فشار زیاد است، کنترل کند. اما جهت اطمینان از درستی کارکرد لازم است عملکرد هیدرولیکی این نوع قطره‌چکان در مقایسه با انواع غیرجبران‌کننده فشار در شرایط مختلف مورد بررسی قرار گیرد که این مطلب مورد توجه برخی از محققین قرار گرفته است. از جمله هزارجریبی و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی ضریب تغییرات ساخت و حساسیت سه نوع قطره‌چکان جبران‌کننده (Siplast، Inline168 وKatif 8) در چهار سطح مختلف فشار پرداختند و بر اساس نتایج بدست آمده فقط قطره‌چکان Katif 8 را به عنوان قطره‌چکان جبران‌کننده و دو نوع دیگر را بعنوان قطره‌چکان غیرجبران‌کننده فشار معرفی کردند. قربانی و شهبازیان‌فرد (۱۳۹۶) عملکرد قطره‌چکان‌های مختلف را در سه مزرعه مختلف بررسی کرده و بیان کردند که قطره‌چکان‌های میکروفلاپر تحت تاثیر عواملی مانند فشار نامناسب، گرفتگی قطره‌چکان و دخالت کشاورزان عملکرد مناسبی نداشتند و در مقابل، عملکرد قطره‌چکان نتافیم مطلوب گزارش شد. همچنین باقرخانی و زارع ابیانه (۱۳۹۸) به بررسی هشت سامانه آبیاری قطره‌ای در سنقر کردستان پرداختند و عواملی مانند دست‌کاری قطره‌چکان‌ها، گرفتگی لوله‌ها و قطره‌چکان‌ها و وجود اختلاف فشار غیر مجاز در سیستم را به عنوان مهم‌ترین موارد تاثیرگذار بر عدم یکنواختی پخش و در نهایت عملکرد نامطلوب سیستم مطرح کردند. خواست و همکاران (۱۳۹۹) به بررسی عملکرد چهار نوع قطره‌چکان تحت اعمال فشارهای مختلف پرداختند و نتایج نشان داد که در فشارهای بیش از ۳ متر، انواع نتافیم و آسان درپیر عملکرد مناسبی داشتند. پرا و همکاران نیز عملکرد قطره‌چکان‌های جبران‌کننده و غیرجبران‌کننده فشار را تحت فشار کم و با استفاده از مدل‌سازی هیدرولیکی بررسی کردند و نتایج ایشان نشان داد که تغییرات ساختاری قطره‌چکان‌ها می‌تواند به کاهش چشمگیر یکنواختی پخش آب منجر شود. به طوری‌که در قطره‌چکان‌های جبران‌کننده فشار ضریب یکنواختی تا ۰/۸۲ کاهش یافته و در قطره‌چکان‌های غیرجبران‌کننده فشار و در شرایط اعمال فشار کم، عملکرد بهتر و این ضریب در بازه ۰/۹۳۲ تا ۰/۹۴۲ قرار گرفت (Perea et al., 2013). همچنین حسن و همکاران به بررسی عملکرد هیدرولیکی قطره‌چکان تحت فشارهای ۱و۲ بار پرداختند و نتایج نشان داد که در فشار ۲ بار سطح خیس‌شدگی، یکنواختی توزیع و حتی ضریب تغییرات ساخت افزایش قابل توجهی می‌یابد (Hassan et al., 2017). فرح و عبدی نیز در تحقیقات خود عملکرد یک نوع قطره‌چکان رایج در مقابل قطره‌چکان جبران‌کننده و غیرجبران‌کننده فشار را مورد بررسی قرار دادند و برتری آن را با محاسبه ضرایب تغییرات دبی، ضریب یکنواختی کریستیان‌سن و ضریب تغییرات ساخت تایید کردند (Farah and Abdi, 2023).

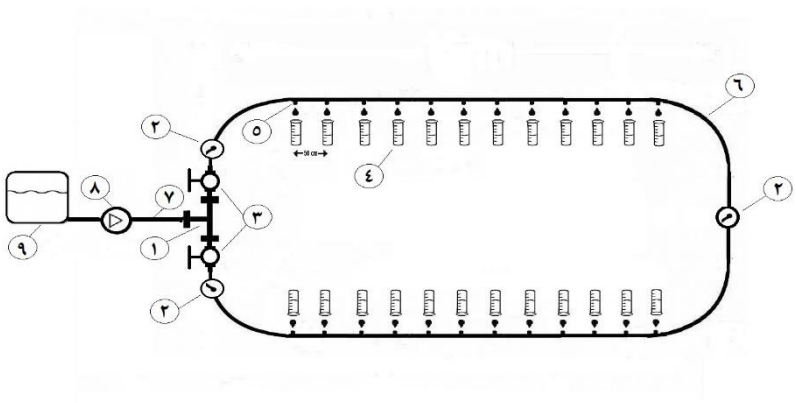
جمع‌بندی مطالب ارائه شده نشان می‌دهد که عوامل متعددی از جمله تغییرات تولید، افت فشار، انسداد قطره‌چکان، فرسودگی، افت‌های ناشی از اصطکاک، تغییر دمای آب و حساسیت عملکرد باعث می‌شوند که حتی دو قطره‌چکان مشابه دبی متفاوتی داشته باشند و البته تشدید اثر برخی از این عوامل در طول زمان نیز مشاهده می‌شود. در نتیجه حتی اگر فشار سامانه ثابت باقی بماند، ممکن است نرخ جریان تغییر کند (Singh et al., 2009). اگرچه فناوری ساخت قطره‌چکان در سال‌های اخیر پیشرفت زیادی داشته است، اما نمی‌توان فقط به اطلاعات درج‌شده در کاتالوگ تولیدکنندگان اعتماد کرد و بررسی عملکرد واقعی این تجهیزات در شرایط میدانی و آزمایشگاهی ضروری است. به‌ویژه در شرایطی که به دلیل کاهش منابع آبی و تداوم خشکسالی، بهبود یکنواختی توزیع و در نهایت راندمان سامانه آبیاری از طریق شناسایی نارسایی‌های موجود در سامانه از ضروری‌ترین اقدامات در حوضه مدیریت منابع آبی در بخش کشاورزی است که لازم است بیشتر مورد توجه قرار گیرد. لذا در تحقیق حاضر با هدف بهبود راندمان سامانه آبیاری قطره‌ای به مطالعه عملکرد برخی از رایج‌ترین قطره‌چکان‌های جبران‌کننده و غیرجبران‌کننده فشار موجود در بازار پرداخته شده است که نتایج آن می‌تواند در معرفی نقاط ضعف و قوت این تجهیزات موثر بوده و زمینه بهره‌برداری بهتر با اعمال روش‌های مدیریتی مناسب را فراهم آورد.

مواد و روش‌ها

الف) ساخت سازه آزمایشگاهی

تحقیق حاضر در آزمایشگاه تحقیقاتی موسسه پژوهشی آب و توسعه پایدار فلات شهر کرمان در بهار سال ۱۴۰۴ انجام شد. برای جمع‌آوری اطلاعات لازم، ابتدا یک سازه شبیه‌ساز آبیاری قطره‌ای به

شکلی طراحی شد که توزیع فشار در سراسر آن به صورت یکنواخت باشد که نمای شماتیک آن در شکل ۱ ارائه شده است. جهت تامین فشار مورد نیاز از یک الکتروپمپ با قدرت ۱/۵ اسب همراه با رگولاتور جهت تنظیم فشار استفاده گردید. دو سر یک لوله ۱۶ میلیمتر به ضخامت ۱/۲ میلیمتر و به طول۳۰ متر به حالت u شکل توسط سه راهی ۱۶ میلیمتر به ورودی آب وصل گردید تا لوله آبده از دو طرف تغذیه گردد. بدین ترتیب با ایجاد حالت لوپ، حداقل افت فشار در سیستم اعمال شد. در دو سمت سه راهی دو شیر انشعاب ۱۶ میلیمتر و بعد از هر کدام یک فشار سنج جهت کنترل فشار نصب گردید. همچنین فشار سنج سوم در وسط لوله آبده جهت اطمینان از ثابت بودن فشار نصب شد. روی لوله آبده ۶۰ عدد قطره‌چکان با فواصل ۵۰ سانتیمتر نصب گردید و حجم آب خروجی قطره‌چکان‌ها در ۵ فشار مختلف ۰/۶، ۰/۸، ۱/۲، ۱/۶و ۲/۴ بار توسط استوانه‌های مدرج در بازه زمانی ۱ ساعت اندازه‌گیری شد.



شکل ۱- نمای شماتیک سازه آزمایشگاهی ساخته شده شامل ۱: سه‌راهی ورودی آب، ۲: فشارسنج ، ۳: شیر انشعاب ١٦ میلیمتر ، ٤: استوانه مدرج، ٥: قطره‌چکان، ٦: لوله ١٦میلیمتر، ۷: لوله ۲۰ میلیمتر، ۸: پمپ آب، ۹:منبع آب

در این تحقیق عملکرد چهار مدل قطره‌چکان رایج و موجود در بازار شامل دو نوع قطره‌چکان جبران‌کننده تولید داخل و دو نوع قطره‌چکان غیرجبران‌کننده وارداتی در شرایط آزمایشگاهی و تحت اعمال فشارهای مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت که برخی از مشخصات آنها در **Error! Reference source not found.** ارائه شده است. برای هر مدل تعداد ۶۰ عدد قطره‌چکان روی لوله آبده نصب شد و هر آزمایش با ۳ تکرار انجام شد. سپس شاخص‌های ذکر شده محاسبه گردید و در نهایت عملکرد هر قطره‌چکان بررسی و ارزیابی شد.

جدول ۱- مشخصات قطره‌چکان‌های مورد بررسی

نام قطره‌چکان	نوع عملکرد	نوع اتصال	دبی اسمی (لیتر درساعت)	فشار اسمی (بار)	کشور سازنده	فیلتراسیون لازم	مقاومت
وحید (A)	جبران‌کننده فشار (PC)	In-line	۲	۰/۵ – ۴	ایران	نیاز به فیلتراسیون ۱۵۰-۱۲۰ مش	در برابر UV و شرایط محیطی
آبافرین (B)	جبران‌کننده فشار (PC)	On-line	۴	۰/۵ – ۴	ایران	نیاز به فیلتراسیون ۱۵۰-۱۲۰ مش	در برابر UV و شرایط محیطی
یورودریپ (C)	غیرجبران‌کننده فشار (Non-PC)	In-line	۲	۰/۵ – ۴	یونان	نیاز به فیلتراسیون ۱۵۰-۱۲۰ مش	در برابر UV و شرایط محیطی
ژئوفلو (D)	غیرجبران‌کننده فشار (Non-PC)	In-line	۴	۰/۵ – ۳/۵	امریکا	نیاز به فیلتراسیون ۱۵۰-۱۲۰ مش	در برابر UV و شرایط محیطی

ب) شاخص‌های بررسی شده جهت ارزیابی عملکرد قطره‌چکان

رابطه دبی- فشار

رابطه دبی- فشار از مهم‌ترین ویژگی‌های عملکرد قطره‌چکان در سامانه آبیاری قطره‌ای است که نشان‌دهنده پایداری دبی خروجی در برابر نوسانات فشار ورودی بوده و بر یکنواختی توزیع آب و کارایی آبیاری تأثیر می‌گذارد. بررسی دقیق این رابطه به شناسایی نوع رفتار هیدرولیکی قطره‌چکان کمک می‌کند و با استفاده از رابطه ارائه شده توسط کلر و کارملی و هوول و بارینس به شرح زیر محاسبه می‌شود (رابطه ۱)

$$q = K_e H^x \qquad (۱)$$

در رابطه فوق q دبی قطره‌چکان برحسب لیتر در ساعت، K_e ضریب تناسب قطره‌چکان ، H فشار کارکرد بر حسب متر یا کیلو پاسکال وx توان فشار است (Keller and Karmeli., 1974; Howell and Barinas., 1980). مقدار x حساسیت دبی قطره‌چکان به تغییرات فشار و رژیم جریان را نشان می‌دهد که مقدار آن معمولاً در محدوده صفر و ۱ قرار دارد و هرچه مقدار آن کم‌تر باشد، حساسیت قطره چکان به تغییرات فشار کمتر و جریان خروجی آن پایدارتر است که باعث یکنواختی بهتر توزیع آب و عملکرد قابل اعتمادتر سیستم آبیاری می‌شود (روشنی،۱۳۹۲). به‌ویژه در شرایطی که لوله آبده در اراضی ناهموار قرار گرفته باشد، یکنواختی توزیع دبی در شرایط کاربرد قطره‌چکانی با این ویژگی بیشتر خواهد بود (هزارجریبی و همکاران، ۱۳۹۲). برای تعیین ضرایب x و K_e دبی در دو فشار مختلف اندازه‌گیری شده و این ضرایب با استفاده از معادله رگرسیون خطی روی لگاریتم فشار و دبی محاسبه می‌شوند (رابطه ۲).

$$x = \frac{Log(\frac{q1}{q2})}{Log(\frac{H1}{H2})} \qquad (۲)$$

ضریب تغییرات ساخت (CV)

تفاوت‌های جزئی در فرآیند ساخت قطره‌چکان‌ها می‌تواند باعث تغییر در دبی خروجی شود که در نهایت منجر به کاهش یکنواختی توزیع آب در سامانه آبیاری خواهد شد. عواملی مانند نحوه طراحی فنی و هیدورلیکی، کیفیت قالب‌های مورد استفاده، نوع مواد اولیه، قالب‌ریزی قطعات قطره‌چکان و میزان دقت اعمال شده در مراحل تولید از عوامل موثر بر کیفیت ساخت یک قطره‌چکان هستند (هزار جریبی و همکاران، ۱۳۹۲). توجه به اینکه دبی قطره‌چکان‌هایی که در یک کارخانه ساخته می‌شوند حتی در فشار ثابت هم می‌تواند با هم تفاوت داشته باشد، منجر به ارائه شاخصی به نام "ضریب تغییرات ساخت" شده است که با استفاده از روابط (۳و۴) محاسبه می‌شود.

$$CV = \frac{S_d}{q_a} \qquad (۳)$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(q_i - q_a)^2}{n-1}} \qquad (۴)$$

در روابط فوق q_i دبی اندازه‌گیری‌شده قطره‌چکان، q_a متوسط دبی قطره‌چکان، S_d انحراف معیار دبی‌های اندازه‌گیری‌شده برحسب لیتر در ساعت می‌باشد. سپس مقادیر بدست آمده با مقادیر استاندارد انجمن مهندسان کشاورزی آمریکا (۱۹۹۶) مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت (جدول ۲).

جدول ۲- طبقه‌بندی کیفی قطره‌چکان بر اساس استاندارد انجمن مهندسان کشاورزی آمریکا (ASAE EP 405.1)

گروه	ضریب تغییرات ساخت (درصد)
عالی	<۰/۰۵
متوسط	۰/۰۵ -۰/۰۷
معمولی	۰/۰۷ -۰/۱۱
بد	۰/۱۱ -۰/۱۵
غیر قابل استفاده	>۰/۱۵

یکنواختی پخش (EU)

در آبیاری قطره‌ای تعیین ضریب یکنواختی پخش آب از اهمیت بالایی برخوردار است. چرا که این ضریب نه‌تنها یکی از شاخص‌های کلیدی برای ارزیابی عملکرد سامانه محسوب می‌شود، بلکه مبنایی برای محاسبه رابطه بین عمق خالص و ناخالص آبیاری در ناحیه ریشه گیاه نیز به‌شمار می‌رود (هزارجریبی و همکاران، ۱۳۹۲). ضریب یکنواختی پخش نقش مهمی در تعیین کارایی آبیاری دارد و به طور مستقیم بر میزان بهره وری مصرف آب تأثیر می گذارد. این شاخص بر اساس رابطه ارائه شده توسط کلر و کارملی به شرح زیر محاسبه شد (رابطه ۵).

$$EU = (\frac{q_n}{q_a}) \times 100 \qquad (۵)$$

در رابطه فوق q_n میانگین دبی ۲۵ درصد از قطره‌چکان‌ها با کمترین دبی و q_a میانگین دبی قطره‌چکان‌ها بر حسب لیتر بر ساعت است (Keller and Karmeli., 1974).

ضریب یکنواختی کریستیان‌سن(CU)

این ضریب معیاری برای سنجش یکنواختی توزیع آب در سامانه آبیاری قطره‌ای است که نشان می‌دهد آب چگونه به صورت برابر بین

نقاط مختلف مزرعه تقسیم می شود و هرچه مقدار آن به عدد یک نزدیک تر باشد، توزیع آب یکنواخت تر و کارایی سامانه بالاتر است. اندازه‌گیری و تحلیل CU این امکان را به کشاورزان و مهندسان می‌دهد تا نقاط دارای نقص در سامانه را شناسایی کرده و عملکرد آبیاری را بهبود بخشند. این ضریب در ابتدا برای ارزیابی یکنواختی پخش آب در آبیاری بارانی توسعه داده شد و به مرور در ارزیابی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نیز استفاده شد (رابطه ۶).

$$CU = (1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}|q_i - q_a|}{nq_a}) \times 100 \qquad (۶)$$

که در رابطه فوق q_a میانگین دبی قطره‌چکان‌های مورد آزمایش و q_i دبی قطره‌چکان‌های مورد آزمایش برحسب لیتردرساعت و n تعداد قطره‌چکان‌ها است. بر اساس مقادیر ارائه شده در استاندارد ASAE.1999 مقادیر $CU \geq 90\%$ بیانگر عملکرد عالی سامانه و مقادیر $CU \leq 60\%$ بیانگر عملکرد غیرقابل قبول سامانه است (Sharu., 2021).

تغییرات دبی قطره چکان (q_{var})

یکی دیگر از شاخص های مهم در ارزیابی عملکرد سامانه آبیاری قطره‌ای، ضریب تغییرات دبی (q_{var}) است. این شاخص میزان پراکندگی یا نوسان دبی قطره چکان را نسبت به حداکثر دبی نشان می دهد. مقادیر بالای q_{var} معمولاً بیانگر وجود مشکلاتی مانند گرفتگی قطره چکان، افت فشار در طول لوله یا عدم یکنواختی در تولید و عدم دقت در نصب تجهیزات آبیاری است که با استفاده از رابطه (۷) محاسبه می‌شود.

$$q_{var} = (\frac{q_{max} - q_{min}}{q_{max}}) \times 100 \qquad (۷)$$

در این رابطه q_{max} حداکثر دبی و q_{min} حداقل دبی قطره‌چکان بر حسب لیتر بر ساعت می‌باشد. بر اساس مقادیر ارائه شده در استاندارد انجمن مهندسان کشاورزی آمریکا، $q_{var} \leq 10\%$ نشان‌دهنده عملکرد خوب و $q_{var} \geq 20\%$ نشان‌دهنده عملکرد غیرقابل قبول سامانه است (علیزاده، ۱۳۸۵). همچنین ضریب یکنواختی آماری برای بررسی اختلاف بین مقادیر دبی ثبت شده تحت هر فشار با استفاده از رابطه (۸) محاسبه شد(Bralts and Kesner., 1987) .

$$U_s = 100 \times \left(1 - \frac{S_d}{q_a}\right) \qquad (۸)$$

در این رابطه S_d انحراف معیار مقادیر دبی ثبت شده و q_a متوسط دبی قطره‌چکان بر حسب لیتر بر ساعت است.

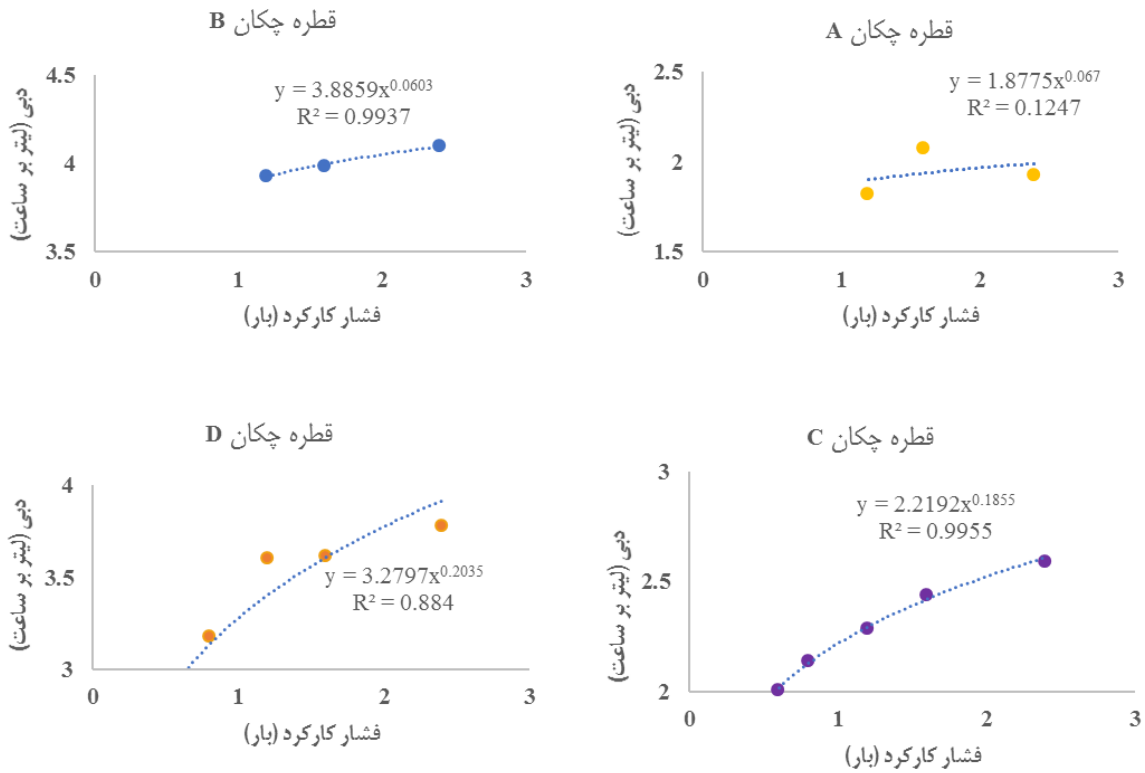
نتایج و بحث

رابطه دبی- فشار

رابطه دبی- فشار محاسبه شده برای قطره‌چکان‌های مورد بررسی در شکل ۲ ارائه شده است. لازم به ذکر است از آن‌جایی که قطره‌چکان‌های (PC) در بازه مشخصی از فشار دارای دبی ثابت هستند، محاسبه توان فشارx و ضریب همبستگی در محدوده توصیه شده برای عملکرد مناسب این نوع قطره‌چکان (فشار بیش از ۱ اتمسفر) انجام شد. در مقابل برای قطره‌چکان‌های (Non-PC) که دبی آن‌ها تابع مستقیم فشار است، تحلیل در کل بازه فشاری بررسی شده (۰/۶ تا ۲/۴ بار) انجام شد. این تفکیک در تحلیل، امکان ارزیابی دقیق تر از میزان تطابق رفتار هیدرولیکی قطره چکان با نوع عملکرد اعلام شده توسط سازنده را فراهم می‌سازد.

بررسی ضرایب رابطه دبی– فشار قطره‌چکان‌های (PC) نشان داد که دو قطره‌چکان A و B رفتار متفاوتی دارند. برای قطره‌چکان B ضریب x برابر با ۰/۰۶ و برای قطره‌چکان A ضریب x برابر با ۰/۰۶۷ محاسبه شد که بیانگر وابستگی اندک دبی به فشار و در نتیجه عملکرد جبران‌کننده در شرایط اعمال فشارهای تایید شده از طرف تولید کننده است. نمودار ارائه شده در شکل ۲ نشان می‌دهد که قطره‌چکان A تمایلی ندارد تا آبدهی خود را با افزایش فشار کارکرد، افزایش دهد. به همین دلیل رابطه ۱ الگوی مناسبی برای بیان رابطه بین دبی و فشار در این نوع قطره‌چکان نیست و مقدار R^2 بسیار پایین (۰/۱۲) این مطلب را تایید می‌کند. این نتایج، اطلاعات ارائه شده در کاتالوگ قطره‌چکان در ارتباط با نوع آن را تایید می‌کند. هزار جریبی و همکاران (۱۳۹۲) و قاسمی (۱۳۹۸) نیز در ارزیابی عملکرد قطره‌چکان جبران‌کننده فشار، مقدار R^2 پایینی را گزارش نمودند که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. پرانگا و همکاران نیز با ارزیابی عملکرد هیدرولیکی قطره‌چکان‌های غیرجبران‌کننده فشار، توان x را نزدیک یا کمی بیشتر از ۰/۵ گزارش کردند و مارکیز و همکاران نیز عملکرد پایدارتر قطره‌چکان جبران‌کننده فشار را در شرایط تغییر فشار با کاهش توان x تایید کردند که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد (Pranga et al., 2017; Marchis et al., 2025). اما در قطره‌چکان B، ضریب R^2 برابر با ۰/۹۹ محاسبه شد و به نظر می‌رسد تایید عملکرد این قطره‌چکان در شرایط تغییر فشار به تحقیقات بیشتری نیاز دارد.

بررسی و مقایسه مقادیر x محاسبه شده برای قطره‌چکان‌های غیرجبران‌کننده فشار شامل قطره‌چکان C و D نشان می‌دهد که این دو نوع در مرز بین دو دسته غیرجبران‌کننده و جبران‌کننده جزئی فشار قرار گرفتند. توان x محاسبه شده برای این دو قطره‌چکان (به ترتیب ۰/۲ برای D و ۰/۱۹ برای C) نشان داد که دبی این قطره‌چکان‌ها با افزایش فشار به میزان نسبتاً کم و با شیب ملایم، افزایش یافته است. فاصله گرفتن x از مقدار صفر و نزدیک شدن به مقدار عددی ۰/۵ نشان‌دهنده جریان عمدتاً توربولانت است و البته قطره‌چکان مقداری رفتار جبران‌کننده فشار در این حالت از خود نشان می‌دهد. مقدار نسبتاً پایین x ممکن است نشان‌دهنده وجود مقداری مقاومت داخلی در برابر تغییرات دبی در ساختار قطره‌چکان باشد. همچنین ضریب R^2برای قطره‌چکان C برابر با ۰/۹۹ و برای قطره‌چکان D معادل ۰/۸۸ محاسبه شد که نشان می‌دهد در قطره‌چکان D، پراکندگی دبی در فشارهای مختلف نسبت به قطره‌چکان C بیشتر است.



شکل ۱ - تغییرات دبی قطره‌چکان با فشار کارکرد

ضریب تغییرات ساخت

نتایج حاصل از محاسبه ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان‌ها در جدول ۳ ارائه شده است و بررسی مقادیر نشان می‌دهد که در بین قطره‌چکان‌های جبران‌کننده فشار، قطره‌چکان B در فشار کارکرد ۱/۶ و بالاتر ضریب تغییرات ۰/۰۵ و کمتر از آن داشته است و بر اساس استاندارد انجمن مهندسان کشاورزی آمریکا در رده عالی طبقه‌بندی می‌شود. همچنین در فشار کاری ۱/۶ تا ۱/۲ در رده متوسط و در فشارهای ۰/۸ و کمتر از آن در محدوده ضعیف قرار دارد . ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان A در همه فشارهای مورد بررسی بالاتر از ۰/۱۵ بود.

جدول ۳ -ضریب تغییرات ساخت قطره چکان های مورد بررسی در فشار کارکرد متفاوت

نوع قطره‌چکان	نام قطره‌چکان	فشار کارکرد (بار)					
		۰/٦	۰/۸	۱/۲	۱/٦	۲/٤	میانگین
PC	B	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۸۲
PC	A	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۱۷۴
Non-PC	C	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۳۶
Non-PC	D	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۰۷۶

در بین قطره‌چکان‌های Non-PC، ضریب تغییرات قطره‌چکان C درهمه فشارهای مورد بررسی کمتر از ۰/۰۵ بود و در رده عالی قرار گرفت. همچنین با افزایش فشار در این نوع قطره‌چکان، ضریب تغییرات ساخت هم روند افزایشی ملایمی داشت و انتظار می‌رود استفاده از این نوع قطره‌چکان همراه با اعمال مدیریت مناسب منجر به بهبود راندمان آبیاری قطره‌ای گردد. ضریب تغییرات ساخت در قطره‌چکان D نیز تحت همه فشارهای مورد بررسی بین ۰/۰۹ – ۰/۰۶ قرار داشت و در رده معمولی قرار گرفت. در مجموع بررسی میانگین مقادیر محاسبه شده نشان می‌دهد که قطره چکان C کمترین و قطره چکان A بیشترین ضریب تغییرات ساخت را داشته است.

یکنواختی پخش آب و ضریب یکنواختی

یکنواختی پخش قطره‌چکان‌های مورد بررسی تحت فشارهای مختلف محاسبه و نتایج بدست آمده در جداول ۴ و۵ ارائه شد. بررسی مقادیر بدست آمده نشان می‌دهد که یکنواختی پخش در همه قطره‌چکان‌ها کمتر از ضریب یکنواختی کریستیان‌سن بود. در گروه قطره‌چکان‌های جبران‌کننده فشار، یکنواختی پخش برتر قطره‌چکان B در فشار ۱/۲ بار و بیشتر از آن مشاهده شد و در این شرایط در رده عالی قرار گرفت. در فشار ۰/۸ بار در رده خوب و در فشار ۰/۶ بار در رده متوسط قرار گرفت. در قطره‌چکان A با افزایش فشار، روند نوسانی یکنواختی پخش مشاهده شد و در مجموع با توجه به میانگین مقادیر بدست آمده در رده متوسط قرار گرفت. شارو و همکاران نیز در تحقیقات خود بیان کردند که در شرایط استفاده از قطره‌چکان‌های جبران‌کننده فشار، ضریب یکنواختی پخش در رده خوب و عالی قرار دارد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد (Sharu et al., 2021). سوکول و همکاران نیز یکنواختی پخش واقعی ۹۱-۸۱ درصد را در ارزیابی عملکرد قطره‌چکان‌های جبران‌کننده فشار در مقابل مقادیر ۹۶-۸۷ درصد تجاری گزارش کردند (Sokol et al., 2019). درگروه قطره‌چکان‌های غیرجبران‌کننده فشار بهترین یکنواختی پخش در قطره‌چکان C مشاهده شد، به طوری‌که تحت همه فشارهای بررسی شده در رده عالی قرار داشت. این روند نشان می‌دهد که فشار تأثیر منفی بر عملکرد این مدل نداشته و احتمالاً طراحی خاص آن موجب افزایش یکنواختی در فشارهای پایین شده است که این ویژگی منجر به پایداری عملکرد بالا و قابل اعتماد در شرایط مختلف بهره‌برداری می‌شود. درحالی‌که پرانگا و همکاران بیان کردند که با افزایش فشار در قطره‌چکان‌های غیرجبران‌کننده فشار، یکنواختی پخش افزایش یافته است که ناشی از تفاوت ویژگی‌های قطره‌چکان‌های مورد بررسی و شرایط اعمال شده می‌باشد (Pranga et al., 2017). بررسی مقادیر ضریب یکنواختی کریستیان‌سن نیز نشان داد که در گروه قطره‌چکان‌های جبران‌کننده فشار مورد بررسی، قطره‌چکان B با CU>90 در فشارهای بیشتر از ۱/۲ بار در رده عالی قرار گرفت و روند افزایشی این ضریب با افزایش فشار کارکرد مشاهده شد. در قطره‌چکان A ضریب CU تحت همه فشارهای مورد بررسی در رده خوب قرار گرفت. در گروه قطره‌چکان‌های غیرجبران‌کننده فشار نیز هر دو نوع قطره‌چکان در همه فشارهای مورد بررسی در رده عالی قرار گرفتند، هر چند ضریب CU در قطره‌چکان C در مقایسه با D تحت همه فشارها از برتری اندکی برخوردار بود.

جدول ٤- یکنواختی پخش در فشارهای کارکرد مختلف (درصد)

نوع قطره‌چکان	نام قطره‌چکان	فشار کارکرد (بار)					
		۰/٦	۰/۸	۱/۲	۱/٦	۲/٤	میانگین
PC	B	۷۸/۵	۸۱/۹	۹۰/۲	۹۲/۲	۹۴	۸۷/۳۶
		(متوسط)	(خوب)	(عالی)	(عالی)	(عالی)	(خوب)
PC	A	۷۸/۴	۷۷/۲	۷۷/۲	۸۰/۴	۷۸/۹	۷۸/۴۲
		(متوسط)	(متوسط)	(متوسط)	(خوب)	(متوسط)	(متوسط)
Non-PC	C	۹۶/۳	۹۵/۷	۹۴/۸	۹۴/۹	۹۴/۷	۹۵/۲۸
		(عالی)	(عالی)	(عالی)	(عالی)	(عالی)	(عالی)
Non-PC	D	۹۱/۹	۹۰/۱	۸۸/۴	۸۹	۹۱/۴	۹۰/۱۶
		(عالی)	(عالی)	(خوب)	(خوب)	(عالی)	(عالی)

جدول ٥ – ضریب یکنواختی کریستیان‌سن در فشارهای کارکرد مختلف (درصد)

نوع قطره‌چکان	نام قطره‌چکان	فشار کارکرد (بار)					
		۰/٦	۰/۸	۱/۲	۱/٦	۲/٤	میانگین
PC	B	۸۷/۷	۸۹/۴	۹۴/۵	۹۵/۷	۹۶/۶	۹۲/۷۸
		(خوب)	(خوب)	(عالی)	(عالی)	(عالی)	(عالی)
PC	A	۸۶/۴	۸۶/۷	۸۶/۱	۸۷/۸	۸۷/۱	۸۶/۸۲
		(خوب)	(خوب)	(خوب)	(خوب)	(خوب)	(خوب)
Non-PC	C	۹۷/۸	۹۷/۵	۹۷	۹۷/۱	۹۶/۹	۹۷/۲۶
		(عالی)	(عالی)	(عالی)	(عالی)	(عالی)	(عالی)
Non-PC	D	۹۴/۴	۹۳/۴	۹۳/۴	۹۳/۴	۹۴/۸	۹۳/۸۸
		(عالی)	(عالی)	(عالی)	(عالی)	(عالی)	(عالی)

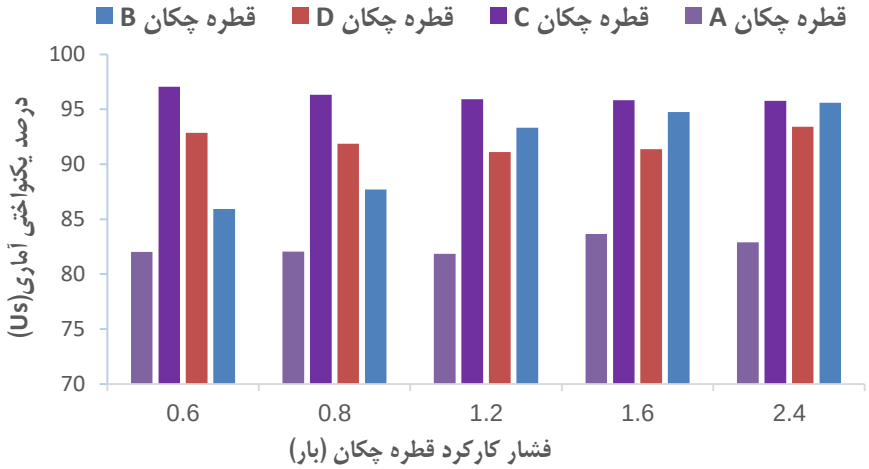
تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها

ضریب تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها در ازای مقادیر مختلف فشار کارکردی محاسبه شده و مقادیر آن در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول شماره ٦- تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها در فشارهای کارکردی متفاوت (درصد)

نوع قطره‌چکان	نام قطره‌چکان	فشار (بار)						
		۰/٦	۰/۸	۱/۲	۱/٦	۲/٤	میانگین	
PC	B	۳۲	۳۲	۲۴	۲۰	۲۱	۲۵/۸	۲۷/۸
PC	A	۳۲	۳۴	۲۶	۳۰	۲۷	۲۹/۸	
Non-PC	C	۱۶	۲۲	۲۴	۳۰	۲۴	۲۳/۲	۲۸
Non-PC	D	۲۹	۳۴	۳۶	۳۵	۳۰	۳۲/۸	

بررسی مقادیر ثبت شده نشان می‌دهد که در مجموع، میانگین تغییرات دبی برای همه قطره‌چکان‌های مورد بررسی بیشتر از ۲۰ درصد است و تنها میانگین عملکرد قطره‌چکان‌های گروه جبران‌کننده نسبت به قطره‌چکان‌های غیرجبران‌کننده فشار اندکی بهتر است که با نتایج ارائه شده توسط (Farah and Abdi., 2023) همخوانی دارد. در گروه قطره‌چکان‌های جبران‌کننده فشار، قطره‌چکان B عملکرد بهتری داشته و تغیرات دبی در آن با افزایش فشار به مقادیر بیش از ۱/۲ بار به مرز قابل قبول نزدیک‌تر شده است. در گروه قطره‌چکان‌های غیرجبران‌کننده فشار نیز عملکرد قطره‌چکان C بهتر از D بود. عواملی مانند تغییر دمای آب در حین انجام آزمایشات و یا وجود ذرات بسیار ریز شن که بر دبی قطره‌چکان‌ها تاثیرگذار است، می‌تواند از موارد موثر بر تغییرات دبی باشد. همچنین بررسی مقادیر یکنواختی آماری محاسبه شده نیز نشان می‌دهد که اختلاف چندانی بین مقادیر دبی اندازه‌گیری شده وجود ندارد و همه قطره‌چکان‌ها در رده عالی یا خوب قرار گرفتند. در گروه قطره‌چکان‌های جبران‌کننده فشار، قطره‌چکان B با متوسط Us برابر با ۹۱/۴۶ در رده عالی قرار گرفت و عملکرد بهتری داشت. همچنین هر دو مدل قطره‌چکان غیرجبران‌کننده فشار نیز در رده عالی قرار گرفتند و متوسط مقدار U_s درقطره‌چکان C (۹۶/۱۷) اندکی بهتر از قطره‌چکان D (۹۲/۱۳) بود.



شکل شماره ۳- نمودار درصد یکنواختی آماری قطره‌چکان‌ها در فشار کارکردی مختلف

نتیجه‌گیری

ارزیابی عملکرد قطره‌چکان در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای به عنوان یکی از اجزا موثر در کارایی سامانه، امکان شناسایی نقاط قوت و ضعف این تجهیزات را فراهم می‌آورد و می‌تواند مبنایی برای انتخاب آگاهانه تجهیزات و اتخاذ مدیریت بهینه فراهم کند که در نهایت منجر به افزایش قابل توجه بهره‌وری و راندمان کلی سامانه آبیاری می‌گردد. از این رو در تحقیق حاضر در قالب یک مطالعه آزمایشگاهی به بررسی عملکرد چهار مدل قطره‌چکان (شامل دو نوع

قطره‌چکان جبران‌کننده و دو نوع قطره‌چکان غیرجبران‌کننده فشار) پرداخته شد و نتایج بدست آمده نشان داد که در گروه قطره‌چکان‌های جبران‌کننده فشار، قطره‌چکان آبافرین در اکثر صفات مورد بررسی عملکرد بهتری داشت و در گروه قطره‌چکان‌های غیرجبران‌کننده فشار نیز، برتری عملکرد قطره‌چکان یورودریپ در اکثر صفات مشاهده شد. لازم به ذکر است که نتایج ارائه شده در تحقیق حاضر در قالب یک مطالعه آزمایشگاهی و با توجه به محدودیت در اعمال سطوح فشاری استخراج شده است و کلیه نتایج بر اساس میانگین مقادیر ثبت شده، ارائه گردیده که ممکن است شامل توصیه سازندگان برای عملکرد بهینه قطره‌چکان نباشد. لذا توصیه می‌شود در تحقیقات آینده از اعمال سطوح فشاری متفاوت و همچنین انواع مختلف قطره‌چکان استفاده شود تا بررسی جامع‌تر انجام گردد. اما در مجموع مقایسه نتایج بدست آمده ضمن تایید برتری قطره‌چکان‌های غیرجبران‌کننده در اکثر صفات، موید این مطلب است که عملکرد واقعی قطره‌چکان‌ها ممکن است با اطلاعات مندرج در کاتالوگ سازنده متفاوت باشد و بنابراین برای انتخاب قطره‌چکان مناسب و اطمینان از یکنواختی توزیع، تحلیل هم‌زمان شاخص‌هایی مانند q_{var} ، U_S، EU وCU دید جامع‌تری نسبت به عملکرد واقعی سامانه ارائه می‌دهد و می‌تواند پایه‌ای برای بهبود طراحی و بهره‌برداری بهینه از سامانه‌های آبیاری باشد.

تشکر و سپاسگزاری

نویسندگان مراتب تشکر خود را از موسسه پژوهشی آب و توسعه پایدار فلات اعلام می‌دارد که با حمایت‌های خود سهم قابل توجهی در پیشبرد اهداف این پژوهش ایفا کردند.

منابع

باقرخانی، ع. و زارع ابیانه، ح. ۱۳۹۸. ارزیابی عملکرد برخی از سامانه های آبیاری قطره‌ای (مطالعه موردی: شهرستان سنقر). نشریه دانش وآب و خاک. ۲۹ (۲): ۱۲۹-۱۴۰.

حسین زاد، ج. و کاظمیه، ف. ۱۳۹۲. جایگاه مدیریت منابع آب در توسعه کشاورزی (مطالعه موردی: دشت تبریز). تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران. ۴۴ (۳): ۳۶۹-۳۷۷ .

خواست، م.، حسام، م.، هزارجریبی، ا. و محمدی، ا. ۱۳۹۹. بررسی تأثیر فشار بر گسیلندگی آب با روش کیت آبیاری قطره ای بدون استفاده از پمپ در چهار نوع قطره چکان مختلف. نشریه علوم آب و خاک.۲۴ (۱): ۲۱۳-۲۲۴.

روشنی، ا.۱۳۹۲. طراحی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی.

عباسی، ف.، سهراب، ف. و عباسی، ن. ۱۳۹۵. ارزیابی وضعیت راندمان آب آبیاری در ایران. تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی. ۱۷ (۶۷): ۱۲۸-۱۱۳.

علیزاده، ا .۱۳۸۵ . طراحی سیستم‌های آبیاری(جلد دوم). دانشگاه امام رضا.

قاسمی، ا. ۱۳۹۸ بررسی ضریب یکنواختی توزیع آب در تعدادی از قطره‌چکان‌های ساخت داخل و خارج کشور. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان.

قربانی، ب. و شهبازیان‌فرد، ا. ۱۳۹۶. ارزیابی عملکرد هیدرولیکی قطره چکان‌های موجود در چند سامانه آبیاری قطره‌ای (مطالعه موردی: حاشیه زاینده رود در استان چهار محال و بختیاری). نشریه دانش آب و خاک.۲۷ (۴): ۱۱-۱.

هزارجریبی، ا.، قربانی نصرآبادی، ق.، فضل اولی، ر. و عابدین پور، م. ۱۳۹۲. بررسی عملکرد هیدرولیکی سه نوع قطره‌چکان خارجی تنظیم‌شونده در فشارهای کارکرد مختلف. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، علوم کشاورزی و منابع طبیعی . ۲۰ (۱) : ۱۹۹-۲۱۱ .

Ashraf, S., Nazemi, A. and AghaKouchak, A. 2021. Anthropogenic drought dominates groundwater depletion in Iran. Scientific Reports. 11 (1): 9135.

Bodole, C., Koech, R. and Pezzaniti, D. 2016. Laboratory evaluation of dripper performance. Flow Measurement and Instrumentation. 50: 261-268.

Bralts, V. F. and Kesner, C. D. 1987. Drip irrigation design and evaluation based on the coefficient of variation. In Advances in Irrigation, Elsevier. 4: 151–166.

ASAE EP 405.1.1996. Design and installation of micro irrigation systems. American Society of Agricultural Engineers (ASAE).

Farah, A. A. U. and Abdi, A. S. H. 2023. Evaluation of hydraulic performance of three different emitters in drip irrigation systems for small vegetable farms, Gezira state, Sudan. International Journal of Agriculture and Nutrition. 5 (2): 11–15.

Guan, H., Li, J. and Li, Y. 2013. Effects of drip system uniformity and irrigation amount on cotton yield and quality under arid conditions. Agricultural Water Management. 124 (6): 37–51.

Hassan, M. K., Tahir, H. T. and Almuhamade, O. H. M. 2017. Effect of water pressure in drip irrigation and potato cultivars (Solanum tuberosum L.) in growth, yield and quality under fall season conditions in Kirkuk governovate. Journal of Kirkuk University of Agricultural Sciences. 8 (5): 87-99.

Howell, T. A. and Barinas, F. A. 1980. Pressure losses

Perea, H., Enciso-Medina, J., Singh, V. P., Dutta, D. P. and Lesikar, B. J. 2013. Statistical analysis of non-pressure-compensating and pressure-compensating drip emitters. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 139 (12): 986-994.

Sharu, E. H. 2021. Hydraulic performance analysis of drip irrigation system using pressure compensated dripper at low operating pressure. Advances in Agricultural and Food Research Journal. 3 (1): 1-9.

Singh, A. K., Rahman, A., Sharma, S. P., Upadhyaya, A. and Sikka, A. K. 2009. Small holders irrigation - Problems and options. Water Resources Management. 23: 289-302.

Sokol, J., Amrose, S., Nangia, V., Talozi, S., Brownell, E., Montanaro, G., Abunaser, K., Mustafa, K. B., Bahri, A. and Bouazzama, B. 2019. Energy reduction and uniformity of low-pressure online drip irrigation emitters in field tests. Water. 11(6):1195.

UNESCO. 2020. The United Nations world water development report 2020: water and climate change. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

across trickle irrigation fittings and emitters. Transactions of the ASAE. 23 (4): 928-933.

Keller, J. and Karmeli, D. 1974. Trickle irrigation design parameters. Transactions of the ASAE.17 (4): 678-784.

Maghrebi, M., Noori, R. and AghaKouchak, A. 2023. Iran: renovated irrigation network deepens water crisis. Nature. 618 (7964): 238.

Marchis, M. D., Bruno, F., Saccone, D., and Napoli, E. 2025. Performance of emitters in drip irrigation systems using computational fluid dynamic analysis. Water. 17 (5):689.

Noori, R., Maghrebi, M., Jessen, S., Bateni, S. M., Heggy, E., Javadi, S. and Aghakouchak, A. 2023. Decline in Iran’s groundwater recharge. Nature Communications. 14 (1): 6674.

Pranga, G., Kumar, G. M. and Shankar, M. S. 2017. Hydraulic performance evaluation of drip system by developing relationship between discharge and pressure. International Journal of Pure & Applied Bioscience. 5:758-765.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.2, Vol. 20, Jun.-Jul. 2026, p. 269-279

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۲۰، خرداد - تیر ۱۴۰۵، ص. ۲۷۹-۲۶۹

Laboratory Investigation of the Hydraulic Performance of Four Dripper Types under Various Operating Pressures

A. Fahimi Zand[1], S. Golestani Kermani[2*], M. Zounemat-Kermani[3]

Recived: Oct.25, 2025 Accepted: Feb.26, 2026

Abstract

Achieving uniform water distribution and, consequently, improving the efficiency of a drip irrigation system depends on the proper hydraulic performance of the emitter as one of the main components of the system. Therefore, in this study, a laboratory experiment was conducted to evaluate the performance of four types of emitters available in the market (two pressure-compensating and two non-pressure-compensating) under five applied operating pressures (0.6, 0.8, 1.2, 1.6, and 2.4 bar). The evaluated parameters included distribution uniformity (EU), Christiansen's uniformity coefficient (CU), manufacturing coefficient of variation (CV), discharge variation coefficient (q_{var}), discharge–pressure relationship and statistical uniformity coefficient (Us). The results confirmed the superior performance of the Eurodrip emitter among the non-pressure-compensating emitters (CV = 0.036, EU = 95.28%, CU = 97.26%, qvar = 23.2%, and Us = 96.18%). Among the pressure-compensating emitters, the Abafarin emitter exhibited better performance (CV = 0.082, EU = 87.36%, CU = 92.78%, qvar = 25.8%, and Us = 91.4%). Overall, the results indicated that, under the conditions of this study, the evaluated non-pressure-compensating emitters outperformed the pressure-compensating emitters in most hydraulic performance indices. Therefore, in order to improve irrigation system efficiency, the selection of emitters should be based on the evaluation of hydraulic performance indices under actual operating conditions, so that their real performance can be accurately determined, rather than relying solely on manufacturers' reported specifications.

Keywords: Distribution uniformity, Drip irrigation, Hydraulic evaluation, Pressure-compensating dripper

1 - M. Sc student, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
2 - Assistant Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
3 - Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
(*- Corresponding Author Email: s.golestani@uk.ac.ir)