Journal of Research in Horticultural Science
پژوهش در علوم باغبانی
Vol. 4, No. 2 Autumn and Winter 2025 (65–74)
جلد ۴، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۴ (ص ۷۴-۶۵)
10.22092/rhsj.2026.372384.1141
مقاله علمی پژوهشی
تارنمای مجله: https://rhsj.areeo.ac.ir

بررسی و ارزیابی پنج مدل از قطره‌چکان‌های پرکاربرد در سامانه‌های خردآبیاری در باغ‌های پسته

سیدمحسن طباطبائیان[1*]، مهدی محمدی مقدم [1]، ناصر صداقتی[2]، شمیم سپاسی[3]، طاهره پروانه[1]

۱- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سمنان (شاهرود)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران، شاهرود.

۲- استادیار پژوهش، پژوهشکده پسته، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان، ایران.

۳- دانش آموخته مقطع دکترای علوم صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی دامغان.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۲/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۲۵

چکیده

براساس شرایط کیفی آب آبیاری، سطح اجرا، نحوه مدیریت، بهره‌برداری و آنالیز اقتصادی در اجرای یک طرح، انتخاب قطره‌چکان مناسب نقشی مهم در آینده‌ی بهره‌برداری از آن طرح خواهد داشت. انتخاب درست نازل‌های پاششی یا انواع لوله‌های قطره‌چکان‌دار با مکانیسم‌های خروجی دیافراگمی که هم قابلیت کنترل فشار و هم قابلیت خودشویندگی در آنها وجود دارد در کنار میزان ضریب تغییرات ساخت مناسب، تضمین‌کننده‌ی موفقیت یک شبکه آبیاری قطره‌ای خواهد بود. بر این اساس از انواع قطره‌چکان‌های پرمصرف وارداتی و تولید داخل که در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای اجراشده در باغ‌های پسته در منطقه در طی سال‌های اخیر مورد استفاده قرار گرفته‌اند، پنج نوع پرمصرف انتخاب شد. از هر کدام به تعداد ۵۰ عدد قطره‌چکان کارنکرده و نو با فواصل یک متری به منظور اندازه‌گیری ضریب تغییرات ساخت بر روی لوله ۱۶ میلی‌متری با فشار ورودی ثابت قرار داده شد. بر اساس نتایج بدست آمده، ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان‌های مورد بررسی A، B، C، D و E به ترتیب ۵/۶، ۳/۹، ۳/۸، ۱۵ و ۲۱/۱ درصد بود که در این بین، قطره‌چکان‌های B و C با قرار گرفتن در گروه کیفی خوب، بهترین وضعیت را داشتند. میزان ضریب تغییرات ساخت بالای قطره‌چکان E نیز آن را در سطح غیرقابل‌قبول قرار داده و استفاده از آن توصیه نمی‌گردد. نظر به وضعیت کیفی آب آبیاری در سطح شهرستان دامغان و مناطق پسته‌کاری آن، قطره‌چکان‌های با نوع کارکرد طولانی‌مسیر توصیه نمی‌شود. انتظار بر این است تا تولیدکنندگان داخلی به منظور افزایش سطح کیفی تولیدات خود، در این زمینه تلاش مضاعفی داشته باشند.

واژگان کلیدی: ضریب تغییرات ساخت، قطره‌چکان، جبران‌کننده فشار، خودشویندگی.

Evaluation and assessment of five commonly used dripper models in micro-irrigation systems of pistachio orchards

Mohsen Tabatabaeian[1]*, Mehdi Mohamadi Moghadam [1], Naser Sedaghati [2], Shamim Sepasi[3] and Tahereh Parvaneh[3]

1- Department of Agronomy and Horticultural Sciences, Semnan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (Shahroud), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shahroud, Iran.

2- Assistant Professor of Pistachio Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rafsanjan, Iran.

3- A graduate of the Ph.D. in Food Science and Industry, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Damghan Branch.

Received: February 2026 Accepted: March 2026

Abstract

Based on the quality of irrigation water, implementation scale, management and operation practices, and economic analysis of a project, selecting the appropriate emitter plays a crucial role in the future operation of the system. The correct selection of spray nozzles or drip lines equipped with diaphragm-type outlet mechanisms that provide both pressure regulation and self-flushing capability, along with a proper manufacturing coefficient of variation, will ensure the success of a drip irrigation network. Accordingly, five types of widely used emitters—both imported and domestically manufactured—that have been applied in drip irrigation systems in pistachio orchards in the region in recent years were selected. From each type, 50 new, unused emitters were placed at one-meter intervals on a 16-mm lateral line under constant inlet pressure to measure the manufacturing coefficient of variation. Based on the obtained results, the manufacturing coefficients of variation for emitters A, B, C, D, and E were 5.6%, 3.9%, 3.8%, 15%, and 21.1%, respectively. Among these, emitters B and C, falling into the good quality group, showed the best performance. The high manufacturing coefficient of variation of emitter E places it in the unacceptable category, and its use is not recommended. Considering the quality of irrigation water in Damghan County and its pistachio-growing areas, long-path emitters are not recommended. It is expected that domestic manufacturers will make greater efforts to improve the quality level of their products in this regard.

Keywords: Manufacturing coefficient of variation, dripper, pressure-compensating, self-flushing.

*نویسنده مسئول: Mehrad6788@gmail.com

۱- مقدمه

مهم‌ترین و موثرترین اقدام برای افزایش تولید محصولات کشاورزی، بالا بردن سطح درآمد و دانش کشاورزان و در نتیجه بهبود وضعیت کشاورزی و رسیدن به خودکفایی، تأمین آب کافی و به موقع برای گیاهان است. لزوم افزایش میانگین راندمان کاربرد آب در اراضی کشاورزی با توجه به منابع آب موجود در کشاورزی کشور ما این روزها بر هیچ کس پوشیده نیست. سامانه‌های آبیاری به صورت گسترده در طی سال‌های اخیر در ایران اجرا شده‌اند و از این منظر صرفاً در سال ۱۴۰۲ براساس دستورات جامع برنامه‌های توسعه‌ای کشور ۳۶۲۲۹ هکتار از اراضی تحت پوشش سامانه‌های آبیاری قرار گرفته است. در همین سال ۴۹۱۵۲ هکتار سامانه‌ی آبیاری نیز در دست اجرا بوده است که با گسترش استفاده از سامانه‌های آبیاری در این سال و سایر امور زیربنایی انجام‌شده در بخش آب و خاک کشاورزی، راندمان آبیاری در کشور به طور متوسط با افزایش ۰/۱۱ درصد مواجه بوده است. (آمارنامه وزارت جهادکشاورزی، ۱۴۰۲). اگرچه راه بسیار زیادی تا تجهیز کل اراضی فاریاب کشور به انواع سامانه‌های آبیاری در پیش روی ما قرار دارد اما آنچه این سال‌ها نیازمند توجه و بررسی‌های فنی و میدانی بیشتری است، ارزیابی و مدیریت بهره‌برداری صحیح سامانه‌های آبیاری اجرا شده در طی حداقل یک دهه‌ی اخیر است.

در شرایطی که ممکن است در سال‌های آینده تهیه آب شرب برای بسیاری از نقاط دنیا با مشکل مواجه شده و تأمین نیازهای غذایی مردم از طریق محصولات کشاورزی و دامی که عمده رژیم غذایی را تشکیل می‌دهند به شرایط بحرانی برسد، مساله آب در کشور ما و استفاده نامناسب از منابع آب، از مشکلات و تناقض‌های عمده فنی و اقتصادی است. نگاهی کوتاه به آمار و بیلان آبی کشور، بحران وضعیت نامناسب الگوی مصرف آن را آشکار می‌سازد. بطور کلی ۴۰ درصد اراضی کشاورزی دنیا اراضی آبی هستند و در شرایطی که در کشور ما بیش از ۸۰ درصد اراضی کشاورزی را اراضی فاریاب تشکیل می‌دهند، ما با استفاده نامناسبی که از منابع آبی به عمل می‌آوریم، به واقع خودمان را در رقابت و مواجهه با کسانی خواهیم دید که عملیات آبیاری و آبرسانی کمتری دارند (FAO, 2022). در بررسی گزارش‌های وزارت نیرو، حداکثر راندمان استفاده از آب در شبکه‌های سنتی آبیاری ۳۵ درصد است و با توجه به میزان متوسط کارایی مصرف آب در ایران، در چشم‌انداز آینده ۱۷۱/۴ میلیارد مترمکعب تنها نیاز آبی ما در بخش کشاورزی برای تولید ۱۲۰ میلیون تن محصولات کشاورزی خواهد بود، این در حالیست که کل منابع آب تجدیدپذیر کشور در طی سال‌های اخیر به طور متوسط در حدود ۹۰ میلیارد مترمکعب بوده است (وزرات نیرو- شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۹۷). براین اساس با توجه به اینکه بخش اعظم منابع آب در کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد، تغییر نگرش در نحوه استفاده از آن در این بخش اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. متوسط بارندگی پائین در بسیاری از نقاط ایران، وضعیت خشک دائمی را حکمفرما نموده که با کوچکترین تغییر در دامنه مکانی و زمانی بارندگی بخش‌های تولیدی و اقتصادی تحت تأثیر قرار می‌گیرند. بنابراین بررسی شیوه‌های استفاده از آب برای تولید پایدار در بخش کشاورزی و تغییر رویکرد اساسی در نحوه استفاده از آب، امری منطقی خواهد بود. ایجاد تغییر در روند بهره‌برداری از منابع آب در بخش کشاورزی با هدف افزایش بهره‌وری استفاده از آب، تنها با استفاده از روش‌های مدرن آبیاری امکان‌پذیر خواهد بود.

۱-۱- معرفی منطقه طرح

در شهرستان دامغان از مجموع کل ۳۰ هزار هکتار اراضی تحت کشت، سطحی به میزان ۱۹۰۰۰ هکتار شامل باغ‌های پسته است که در طی سال‌های اخیر در حدود ۶۵۰۰ هکتار از آن تحت پوشش سامانه‌های آبیاری قرار گرفته‌است. گستردگی این سطح اجرا و اهمیت ویژه باغ‌های پسته در اقتصاد کشاورزی و اشتغال منطقه، خود دلیل قاطعی بر ارزیابی مستمر سامانه‌های آبیاری در این شهرستان است (آمار سامانه سیستم‌های نوین آبیاری، سازمان جهاد کشاورزی استان سمنان، ۱۴۰۲).

این شهرستان از پیشگامان توسعه سامانه‌های آبیاری در اوائل دهه هفتاد هجری‌شمسی بوده است. از انواع قطره‌چکان‌های قدیمی طولانی‌مسیر با یکنواختی توزیع پایین تا قطره‌چکان‌های جدید خودشوینده و کنترل‌کننده فشار درطرح‌های اجرا شده در این منطقه استفاده شده است. در حال حاضر علاوه بر قطره‌چکان‌های وارداتی که عمدتاً قابلیت

تنظیم فشار و خودشویندگی دارند قطره‌چکان‌های ساخت داخل نیز نقش پررنگی به خود گرفته‌اند. در گذشته شاید بتوان انواعی از قطره‌چکان‌های ساخت داخل با مکانیسم طولانی مسیر بودن را نام برد اما در حال حاضر مجموعه‌هایی در کشور در حال تولید انواع قطره‌چکان‌های دیافراگم‌دار با قابلیت تنظیم‌فشار و خاصیت خودشویندگی هستند که به منظور رقابت مناسب با انواع وارداتی می‌بایست با دقت و توجه ویژه در بازار مصرف عرضه شوند.

۱-۲- مروری بر تحقیقات انجام شده

از آنجایی که سامانه‌های آبیاری دارای اجزای تأثیرگذار متنوعی هستند، الزاماً بررسی‌های فنی و میدانی باید به صورت جداگانه و در خصوص عملکرد هریک از اجزا و تأثیر آن در عملکرد کلی سامانه مورد بررسی قرار گیرد.

مشکلات عمده سیستم‌های آبیاری قطره‌ای شامل گرفتگی قطره‌چکان، نامناسب بودن حجم آب آبیاری، عملکرد نامناسب سیستم کنترل مرکزی، نامناسب‌بودن مقدار فشار و توزیع غیریکنواخت آن و همچنین مشکلات مدیریتی در این سامانه‌هاست که هر کدام از آنها می‌بایست بر اساس شیوه-نامه‌ها و دستورالعمل‌های مناسب مورد ارزیابی قرار گیرد.

اجزای اصلی هر سامانه آبیاری موضعی عبارتست از:

- ایستگاه پمپاژ و فیلتراسیون
- لوله‌های اصلی، نیمه اصلی و فرعی
- خروجی‌ها یا آبده‌های موضعی (قطره‌چکان‌ها)

سامانه‌های آبیاری قطره‌ای اجرا شده در باغ‌های پسته دامغان با انواعی از قطره‌چکان‌ها و توزیع کننده‌های موضعی مثل بابلرها تجهیز شده‌اند. از ساده‌ترین قطره‌چکان‌های داخل خط با عملکرد طولانی مسیر تا انواع قطره‌چکان‌های روی خط با قابلیت خودشویندگی و تنظیم‌کننده فشار در این باغ‌ها مشاهده می‌شود. به دلیل وضعیت کیفی منابع آب و عمدتاً تمایل به رسوب‌گذاری نمک‌های کربناته، به تدریج برخی از انواع قطره‌چکان‌ها از دستور کار عملیات اجرایی در طرح‌ها خارج شده‌اند. آنچه در طی سال‌های اخیر به صورت گسترده‌تر در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای مورد استفاده قرار گرفته است، عمدتاً قطره‌چکان‌های وارداتی با قابلیت جبران‌کنندگی فشار می‌باشد. تولید و عرضه‌ی قطره‌چکان‌های تولید داخل با همین مشخصات فنی، عرصه را برای به‌کارگیری این نوع از محصولات فراهم نموده است. اگرچه تمامی قطره‌چکان‌ها با مشخصات ذکر شده در مرحله اول مجوزهای قانونی در خصوص عرضه در بازار مصرف را از مراجع ذیصلاح دریافت می‌کنند اما تجربیات اجرایی نشان دهنده این موضوع است که سطح کیفی برخی از این قطره‌چکان‌ها در بازه‌های زمانی مختلف در بازار مصرف ثابت نیست. بدین منظور با توجه به کاربرد برخی قطره‌چکان‌ها بطور گسترده‌تر در منطقه، محاسبه میزان ضریب تغییرات ساخت آن‌ها و مقایسه آن با موارد اشاره شده در کاتالوگ‌های فنی در این تحقیق در دستور کار قرار گرفت. بنابراین در این گزارش با تعیین معیارهای مناسب به بررسی سامانه‌های آبیاری و به صورت خاص ارزیابی قطره‌چکان‌ها پرداخته شده است.

عملکرد قطره‌چکان‌ها معمولاً با استفاده از شاخص‌هایی نظیر دبی خروجی، ضریب تغییرات دبی (CV)، ضریب یکنواختی پخش آب (CU) و نسبت دبی واقعی به دبی اسمی ارزیابی می‌شود (ASABE, 2017). فشار کاری یکی از عوامل اساسی مؤثر بر عملکرد قطره‌چکان‌ها است. قطره‌چکان‌ها از نظر رفتار هیدرولیکی به دو گروه معمولی و تنظیم‌کننده فشار تقسیم می‌شوند. قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار قادرند در دامنه مشخصی از فشار، دبی تقریباً ثابتی تولید کنند و از یکنواختی بالاتری برخوردار باشند. این ویژگی در زمین‌های شیب‌دار و شبکه‌های آبیاری طولانی اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا تغییرات فشار در طول لوله‌ها می‌تواند موجب اختلاف قابل توجه در دبی قطره‌چکان‌های معمولی شود (ASABE, 2017).

گرفتگی قطره‌چکان‌ها یکی از مهم‌ترین مشکلات بهره‌برداری از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای محسوب می‌شود. این پدیده می‌تواند ناشی از عوامل فیزیکی، شیمیایی و زیستی باشد. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که گرفتگی باعث کاهش تدریجی دبی، افت یکنواختی توزیع آب و در نهایت کاهش عملکرد محصول می‌شود (Puig-Bargués *et al.*, 2010). کاهش دبی قطره‌چکان‌ها در اثر گرفتگی می‌تواند به‌طور مستقیم راندمان آبیاری و بهره‌وری مصرف آب را تحت تأثیر قرار دهد (Zaiyu *et al*, 2020).

طراحی مسیر جریان داخلی قطره‌چکان‌ها، به‌ویژه شکل و طول کانال‌های هزارتویی، تأثیر قابل توجهی بر عملکرد

هیدرولیکی و مقاومت آن‌ها در برابر گرفتگی دارد. نتایج مطالعات مبتنی بر دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) نشان داده است که طراحی بهینه این کانال‌ها موجب افزایش تلاطم جریان و کاهش رسوب‌گذاری ذرات می‌شود (Baghel *et al.*, 2021). همچنین، بهینه‌سازی ساختار داخلی قطره‌چکان‌ها می‌تواند پایداری دبی خروجی را در طول دوره بهره‌برداری افزایش دهد (Zaiyu *et al.*, 2025). کیفیت آب آبیاری از نظر میزان ذرات معلق، شوری، آهن و مواد آلی نیز نقش مهمی در عملکرد قطره‌چکان‌ها ایفا می‌کند. استفاده از آب‌های با کیفیت پایین، از جمله پساب‌های تصفیه‌شده، در صورت عدم مدیریت مناسب می‌تواند شدت گرفتگی قطره‌چکان‌ها را افزایش دهد (Puig-Bargués *et al.*, 2010).

برای حفظ و بهبود عملکرد قطره‌چکان‌ها، انتخاب نوع مناسب قطره‌چکان متناسب با کیفیت آب، طراحی صحیح شبکه آبیاری و کنترل فشار کاری سیستم ضروری است. بر اساس بررسی منابع علمی، عملکرد قطره‌چکان‌ها در آبیاری قطره‌ای تحت تأثیر عوامل متعددی نظیر فشار کاری، طراحی هیدرولیکی، کیفیت آب و مدیریت بهره‌برداری قرار دارد. توجه به این عوامل می‌تواند موجب افزایش یکنواختی توزیع آب، کاهش مشکلات گرفتگی و بهبود بهره‌وری مصرف آب در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای شود (Zaiyu *et al.*, 2025).

۲- روش انجام پژوهش

جهت بررسی تغییرات ساخت قطره‌چکان‌های وارداتی و تولید داخل مورد استفاده در سیستم‌های خردآبیاری اجرا شده در باغ‌های پسته شهرستان دامغان، پنج نوع پرمصرف انتخاب شد. جهت انجام کار، در محل ایستگاه تحقیقات پسته شهرستان دامغان با ایجاد خط لوله پلی‌اتیلن نرم با قطر ۱۶ میلی‌متر به صورت آزمایشی با فشار ابتدایی ثابت و قابل تنظیم، در طی سه روز متوالی با دمای متوسط محیط ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد در محوطه کشت‌های زراعی موجود در ایستگاه از هر مدل قطره‌چکان مورد ارزیابی به تعداد ۵۰ قطره‌چکان نو انتخاب گردید و در فواصل یکسان یک متری روی خط لوله آزمایشی قرار داده شد. دبی منبع آب جهت اندازه‌گیری دبی خروجی قطره چکان‌ها از چاه کشاورزی موجود با میزان شوری ۲۸۸۰ میکروماوس بر سانتیمتر و اسیدیته ۷/۴ تأمین شد. زمان اندازه‌گیری دبی خروجی از قطره‌چکان‌ها در تمامی موارد دو دقیقه در نظر گرفته شده بود. مدل‌های مورد ارزیابی از قطره‌چکان‌ها شامل سه نمونه اصلی وارداتی و دو نمونه تولید داخل بودند که در شکل ۱ با حروف A تا E مشخص شده‌اند.

شکل ۱- نمونه قطره‌چکان‌های پرمصرف مورد استفاده در باغ‌های پسته شهرستان دامغان.

در جدول ۱ برخی از خصوصیات مهم قطره‌چکان‌های مورد ارزیابی آمده است.

جدول ۱- مشخصات فنی قطره‌چکان‌های مورد ارزیابی.

ردیف	نام قطره‌چکان	دبی‌خروجی (لیتر بر ساعت)	مشخصات فنی	دامنه مناسب فشار کارکرد (بار)
۱	(نمونه A)	۴	دیافراگم داخلی با قابلیت کنترل فشار، خودشویندگی و مکش منفی صفر	۰/۵ تا ۴
۲	(نمونه B)	۸	دیافراگم داخلی با قابلیت کنترل فشار، خودشویندگی و مکش منفی صفر	۰/۵ تا ۴
۳	(نمونه C)	۲۵	دیافراگم داخلی با قابلیت کنترل فشار و مکش منفی صفر	۰/۵ تا ۴
۴	(نمونه D)	۴	دیافراگم داخلی با قابلیت کنترل فشار و باز شونده	۱ تا ۳
۵	(نمونه E)	۴	دیافراگم داخلی با قابلیت کنترل فشار و باز شونده	۱ تا ۳

برای یک کارخانه تقریباً امکان‌پذیر نیست که دو محصول مشابه تولید کند که این موضوع در ارتباط با قطره‌چکان‌ها نیز صادق بوده و در اصطلاح کلی، اختلاف بین عملکرد تولیدات نهایی، با ضریب تغییرات ساخت مشخص می‌گردد. بنابراین در شرایط فشار یکسان دبی خروجی از قطره‌چکان‌های ساخت یک کارخانه که تحت عنوان یک مدل تولید شده‌اند متفاوت است. این ویژگی می‌بایست توسط کارخانه سازنده تحت عنوان ضریب تغییرات ساخت (C_v) مشخص شود.

به منظور محاسبه ضریب تغییرات ساخت یک مدل قطره-چکان تولید یک کارخانه سازنده، می‌بایست حداقل ۵۰ قطره-چکان نو، چنانچه پیشتر اشاره شد، انتخاب و در شرایط فشار یکسان، دبی آنها اندازه‌گیری شود. در نهایت بر طبق روابط ارائه شده بر طبق استاندارد ASAE می‌توان نسبت به محاسبه ضریب تغییرات ساخت اقدام نمود:

(استاندارد انجمن مهندسان کشاورزی امریکا ASAE)

$$S_d = \frac{\sqrt{\left(q_1^{\,2} + q_2^{\,2} + \ldots\ldots\ldots + q_n^{\,2} - nq_a^{\,2}\right)}}{\sqrt{(n-1)}}$$

$$C_v = \frac{S_d}{q_a} \times 100$$

n: تعداد قطره‌چکان‌ها

qi: دبی هر قطره‌چکان

qa: متوسط دبی‌های اندازه‌گیری شده

Sd: انحراف معیار دبی‌های اندازه‌گیری شده

Cv: ضریب تغییرات ساخت

ضریب تغییرات ساخت یکی از پارامترهای مفید در شناخت کیفیت کارکرد یک قطره‌چکان است. طبقه‌بندی قطره‌چکان‌ها معمولاً بر اساس ضریب تغییرات ساخت آنها انجام می‌شود. معیار طبقه‌بندی قطره‌چکان‌ها بر اساس استاندارد انجمن مهندسان کشاورزی امریکا (ASAE) به شرح جدول ۲ می‌باشد.

جدول ۲- طبقه‌بندی قطره‌چکان‌ها بر اساس ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان‌ها براساس استاندارد ASAE.

وضعیت قطره‌چکان	C_v (%)	خطای اندازه‌گیری دبی (درصد)
خوب	۵ یا کمتر	۴ یا کمتر
متوسط	۵ تا ۱۰	۴ تا ۸
قابل‌قبول	۱۰ تا ۱۵	۸ تا ۱۲
غیرقابل‌قبول	بیشتر از ۱۵	بیشتر از ۱۲

در آبیاری قطره‌ای معمولاً در باغ‌های پسته برای هر درخت بیش از یک قطره‌چکان در نظر گرفته می‌شود. پایین بودن دبی یک قطره‌چکان در این حالت ممکن است توسط قطره-چکان دیگر جبران شود. برای این منظور می‌بایست در مجموع ضریب تغییرات سیستم مورد محاسبه قرار گیرد. به منظور محاسبه ضریب تغییرات سیستم می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$S_V = \frac{C_V}{\sqrt{N_P}}$$

SV: ضریب تغیییرات سیستم

در این رابطه Np تعداد قطره‌چکان‌های متعلق به هر درخت است.

در سیستم قطره‌چکان‌های خطی ممکن است برای هر گیاه فقط یک قطره‌چکان در نظر گرفته شده باشد اما چون فاصله قطره‌چکان‌ها کم است هر گیاه ممکن است از حداقل سه قطره‌چکان آب دریافت نماید، در این حالت تعداد قطره‌چکان مربوط به هر گیاه عدد سه خواهد بود. به هر حال باید به این موضوع توجه ویژه داشت که CV یک فاکتور کارخانه‌ای بوده و ضریب SV به نوع و ساختار طراحی و شرایط اجرای طرح وابسته است.

پس از بررسی ضریب تغییرات ساخت یک قطره‌چکان در یک سامانه‌ی آزمایشی و شناسایی وضعیت کیفی آن در شرایط کارکرد مزرعه، با شناخت از وضعیت کیفی آب آبیاری، در نهایت می‌توان با انتخاب قطره‌چکان مناسب موفقیت طرح را تضمین نمود. جدول ۳ معیارهای مختلفی را از نظر کیفیت آب نشان می‌دهد. بر اساس آزمایش‌های کیفی آب آبیاری انجام شده در طرح‌ها، عمدتاً درجه کیفی آب‌های آبیاری در مناطق پسته‌کاری دامغان در رده متوسط تا بد قرار می‌گیرند. در بسیاری از موارد نیز با منابع آب با پایه‌های کربناته‌ای مواجه هستیم که غالب آن‌ها دارای نمایه اشباع لانژیلر[1] (LSI) مثبت بوده و تمایل به رسوب‌گذاری کربناته وابسته به دمای آب در آنها ملموس است.

جدول ۳- معیارهای کیفی آب آبیاری در بحث گرفتگی نازل‌های سیستم‌های خردآبیاری.

معیار	درجه کیفی آب آبیاری		
	خوب	متوسط	بد
مواد فیزیکی معلق (mg/l)	۵۰	۱۰۰-۵۰	بیشتر از ۱۰۰
اسیدیته (PH)	۷	۸-۷	بیشتر از ۸
نمک‌های محلول (mg/l)	۵۰۰	۲۰۰۰-۵۰۰	بیشتر از ۲۰۰۰
منگنز (mg/l)	۰/۱	۰/۱-۱/۵	بیشتر از ۱/۵
آهن (mg/l)	۰/۲	۰/۲-۱/۵	بیشتر از ۱/۵
سولفید هیدروژن (mg/l)	۰/۲	۰/۲-۲	بیشتر از ۲
جمعیت باکتریایی (n/100ml)	۱۰۰۰۰	۵۰۰۰۰-۱۰۰۰۰	بیشتر از ۵۰۰۰۰

نمایه اشباع لانژیلر در نمونه‌های آب آبیاری به روش زیر محاسبه می‌شود:

$$LSI=pH_{iw}- PH_c$$

pH_{iw}: اسیدیته آب آبیاری

$$PH_C= p (Ca + Mg + Na + K) + p (Ca + Mg) + p (Co3+ HCo3)$$

مقادیر pH_C معمولاً از روی جداول کیفی نمونه آب استخراج می‌شود و در این شرایط وقتی نمایه اشباع لانژیلر مثبت باشد تمایل به رسوب‌گذاری کربناته در قطره‌چکان‌های سامانه آبیاری وجود خواهد داشت.

[1] Langelier Saturation Index

۳- نتایج و بحث

بر اساس موارد اشاره شده با انتخاب نمونه‌های مورد نیاز، نتایج اندازه‌گیری‌ها به شرح جداول زیر به دست آمد. با توجه به اینکه این گزارش به منظور بررسی وضعیت کیفی و ارزیابی قطره‌چکان‌ها در دستور کار قرار گرفته است از این جهت از ذکر نام و نوع برند قطره‌چکان‌های مورد ارزیابی صرف‌نظر شده است. قطره‌چکان‌های وارادتی با اسامی A، B و C و قطره‌چکان‌های تولید داخل با اسامی D و E نامگذاری شده‌اند.

جدول ۴- مقادیر دبی اندازه‌گیری شده قطره‌چکان A.

۴/۲		۴/۲	۴/۲	۴/۲	۴/۲	۴/۱	۴	۴	۴	۴	۴	۳/۹	۳/۹	۳/۹	۳/۹	۳/۹	۳/۸	۳/۸	
۳/۸		۳/۸	۳/۸	۳/۸	۳/۸	۳/۸	۳/۸	۳/۸	۳/۸	۳/۸	۳/۸	۳/۷	۳/۷	۳/۷	۳/۷	۳/۷	۳/۷	۳/۷	
		۳/۶	۳/۶	۳/۶	۳/۶	۳/۶	۳/۶	۳/۶	۳/۶	۳/۶	۳/۶	۳/۵	۳/۵	۳/۴	۳/۴	۳/۲			

جدول ۵- مقادیر دبی اندازه‌گیری شده قطره‌چکان B.

۸/۳	۸/۲	۸/۲	۸/۲	۸/۱	۸/۱	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	
۸	۷/۹	۸	۷/۸	۷/۸	۷/۸	۷/۸	۷/۸	۷/۸	۷/۸	۷/۸	۷/۸	۷/۷	۷/۷	۷/۷	۷/۷	۷/۶	۷/۶	۷/۶	
	۷/۶		۷/۶	۷/۵	۷/۵	۷/۴	۷/۴	۷/۴	۷/۳	۷/۳	۷/۳	۷/۲	۷/۲	۷/۲	۷/۲	۷/۲			

جدول ۶- مقادیر دبی اندازه‌گیری شده قطره‌چکان C.

۲۸/۲	۲۷/۵	۲۶/۲	۲۶	۲۵/۸	۲۵/۸	۲۵/۷	۲۵/۷	۲۵/۶
۲۵/۵	۲۵/۳	۲۵/۲	۲۵/۲	۲۵/۲	۲۵	۲۴/۹	۲۴/۹	۲۴/۹
۲۴/۹	۲۴/۸	۲۴/۸	۲۴/۸	۲۴/۸	۲۴/۷	۲۴/۷	۲۴/۷	۲۴/۷
۲۴/۶	۲۴/۶	۲۴/۶	۲۴/۵	۲۴/۵	۲۴/۵	۲۴/۵	۲۴/۵	۲۴/۴
۲۴/۴	۲۴/۴	۲۴/۴	۲۴/۲	۲۴/۲	۲۴/۱	۲۴	۲۳/۸	۲۳/۷
		۲۳/۴	۲۳/۴	۲۳/۳	۲۳/۲	۲۳		

الف) قطره‌چکان‌های A، B و C

مقادیر دبی اندازه‌گیری شده در این قطره‌چکان‌ها به ترتیب چیدمان نزولی به شرح زیر ارائه شده است.

ب) قطره‌چکان‌های D و E

مقادیر دبی اندازه‌گیری شده قطره‌چکان روی خط D به ترتیب چیدمان نزولی به شرح جدول ۷ می‌باشد:

جدول ۷- مقادیر دبی اندازه‌گیری شده قطره‌چکان D (۴ لیتر در ساعت).

۴/۴	۴/۴	۴/۲	۴/۲	۴/۱	۴/۱	۳/۹	۳/۹	۳/۹	۳/۹	۳/۹	۳/۸	۳/۸	۳/۸	۳/۸	۳/۸	۳/۸	۳/۸	۳/۸	۳/۷
۳/۷	۳/۷	۳/۷	۳/۷	۳/۷	۳/۶	۳/۶	۳/۶	۳/۶	۳/۶	۳/۶	۳/۶	۳/۶	۳/۵	۳/۵	۳/۴	۳/۴	۳/۴	۳/۴	۳/۴
		۳/۳	۳/۳	۳/۲	۳/۲	۳/۲	۳	۳	۳/۲	۳/۲	۲/۶	۲/۵	۲/۲	۲/۱	۲				

همچنین مقادیر دبی اندازه‌گیری شده نوعی قطره‌چکان با هسته جداشونده داخلی E که در شهرستان مورد استفاده قرار گرفته است به صورت نزولی طبق جدول ۸ می باشد.

جدول ۸- مقادیر دبی اندازه‌گیری شده قطره‌چکان E (۴ لیتر در ساعت).

۴/۹	۴/۸	۴/۶	۴/۶	۴/۶	۴/۴	۴/۳	۴/۲	۳/۹	۳/۹	۳/۸	۳/۸	۳/۷	۳/۷	۳/۷	۳/۷	۳/۶	۳/۶	۳/۷	
۳/۵	۳/۵	۳/۵	۳/۴	۳/۴	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۲	۳/۲	۳/۲	۳/۲	۳/۲	۳/۲	۳/۱	۳/۱	۳	۳	۳/۱	
		۳	۳	۲/۹	۲/۹	۲/۸	۲/۷	۲/۷	۲/۷	۲/۵	۲/۴	۲/۴	۲/۲	۲/۱	۲				

نتایج اندازه‌گیری دبی قطره‌چکان‌ها و ضرایب تغییرات دبی خروجی از آن‌ها در جدول ۹ آمده است. بر اساس نتایج حاصل شده، قطره‌چکان‌های جبران کننده فشار از نوع B و C دارای عملکرد کاری بهتری هستند. عملکرد کاری مطلوب‌تر در خصوص این نوع از قطره‌چکان‌ها را می‌توان در طرح‌های اجراشده نیز تا حدود زیادی مشاهده کرد. مقادیر عددی ۳/۹ و ۳/۸ درصد ضریب تغییرات ساخت نمونه‌های B و C که بر اساس جدول تقسیم‌بندی انواع قطره‌چکان‌ها دارای رده‌بندی خوبند، از جمله قطره‌چکان‌هایی هستند که متأسفانه در حال حاضر به دلیل محدودیت در واردات و افزایش قیمت آن‌ها، کمتر در طرح‌های جدید مورد استفاده قرار می‌گیرند.

جدول ۹- نتایج طبقه‌بندی قطره‌چکان‌های مورد مطالعه بر اساس ضریب تغییرات ساخت.

نام قطره‌چکان	میزان دبی خروجی (لیتر بر ساعت)	ضریب تغییرات ساخت (درصد)	خطای اندازه‌گیری دبی (درصد)	وضعیت کیفی قطره‌چکان
A	۴	۵/۶	۵/۵	متوسط
B	۸	۳/۹	۴/۳	خوب
C	۲۵	۳/۸	۰/۹	خوب
D	۴	۱۵	۱۲	قابل‌قبول
E	۴	۲۱/۱	۱۵/۷	غیر قابل‌قبول

استفاده از قطره‌چکان‌هایی مشابه قطره‌چکان E، با توجه به مشکلاتی که به منظور کنترل بارفشاری دارند، به هیچ عنوان توصیه نمی‌شوند. در این قطره‌چکان‌ها معمولاً با اندک تغییر در فشار سیستم، دبی خروجی از قطره‌چکان به شدت تغییر می‌کند. مقدار ضریب تغییرات ساخت بالای این قطره‌چکان هم که آن را در گروه کیفی غیر قابل قبول قرار داده است، این موضوع را تأیید می‌کند.

بنابر مشاهدات انجام‌شده در سطح شهرستان دامغان و منابع آب موجود، در مناطق پسته‌کاری عموماً با معضل کیفیت نامناسب آب آبیاری مواجه هستیم و در چنین شرایطی انتخاب قطره‌چکان مناسب که دارای دیافراگم داخلی با خاصیت خودشویندگی باشد تا حدود زیادی مشکلات ناشی از گرفتگی قطره‌چکان‌ها در باغ‌های پسته را مرتفع خواهد ساخت. این قطره‌چکان‌ها می‌بایست مقاومت مناسبی در برابر خوردگی ناشی از اسید شویی و یا کودآبیاری را نیز داشته باشند تا در نوبت‌های آبیاری که میزان اسیدیته آب در سیستم آبیاری ممکن است تا حدود ۵/۵ هم کاهش یابد، بتوانند عملکرد مطلوبی داشته باشند.

با مطالعه طرح‌های اجرا شده در باغ‌های پسته شهرستان دامغان به هیچ عنوان استفاده از قطره‌چکان‌هایی با خاصیت طولانی مسیر (Long- path) توصیه نمی‌شود. در این باغ‌ها در طی سال‌های اخیر غالباً از قطره‌چکان‌های جبران‌کننده فشار و دارای دیافراگم داخلی که خاصیت خودشویندگی نیز دارند استفاده شده است، در این طرح‌ها میزان ضریب تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها اکثراً در محدوده‌ی متوسط تا معمولی قرار دارند اگرچه به صورت موردی در برخی طرح‌ها که از قطره‌چکان‌های مناسب‌تری بهره برده‌اند، این میزان ضریب تغییرات تا نزدیک محدوده‌ی عالی نیز مشاهده می‌شود.

براساس آنچه تشریح گردید ارزیابی مستمر تجهیزات مربوط به سامانه‌های آبیاری از مهم‌ترین عملیات ضروری در بهره‌برداری مطلوب از این طرح‌ها پس از اجرا بوده و مباحث ارزیابی نیز می‌بایست در تک‌تک اجزای یک سیستم آبیاری به انجام برسد. در این بررسی با فرض عملکرد هیدرولیکی مناسب در لوله‌ها و همچنین فرضیه عملکرد مطلوب فیلتراسیون به اهم مطالب در زمینه‌ی انتخاب مناسب‌ترین قطره‌چکان‌ها در باغ‌های پسته اشاره‌ی مختصری شد. انتخاب قطره‌چکان‌های سازگار با شرایط کیفی آب آبیاری و اقلیم

منطقه در گام نخست و پس از آن ارزیابی میزان دبی و محاسبه ضریب تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها تأثیر بسیار زیادی در مدیریت مناسب بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری دارد. بدون شک قطره‌چکان‌ها یکی از مهم‌ترین اجزای یک سامانه آبیاری محسوب می‌شوند که موفقیت یا عدم موفقیت یک طرح به صورت مستقیم وابسته به نوع کارکرد آن‌هاست. در حال حاضر این بخش از یک سامانه آبیاری، بخش بسیار پرهزینه‌ای بوده و نباید این نکته را فراموش کرد که تعویض قطره‌چکان‌ها در یک طرح آبیاری بسیار دشوار بوده و گاهاً همراه با تعویض لوله‌های آبده ۱۶ میلی‌متری و صرف هزینه زیاد خواهد بود. بسیاری از طرح‌های آبیاری در باغ‌های پسته کشور صرفاً به دلیل عملکرد نامطلوب دریپرها در طی دهه هفتاد با شکست مواجه شدند و شاید یکی از دلایل باغداران پسته‌کار برای عدم اجرای سامانه‌های تحت فشار در اوایل دهه هشتاد، عملکرد نامطلوب قطره‌چکان‌های طولانی مسیر در آن طرح‌ها بوده است. باغ‌های پسته ایران عمدتاً در نواحی کم‌آب کشور هستند و الزام استفاده از روش‌های نوین آبیاری، بیش از گذشته در این باغ‌ها احساس می‌شود. بنابراین تا حد ممکن می‌بایست عملکرد اجزا و تجهیزات یک سامانه آبیاری ارزیابی شود تا با وجود همه‌ی عوامل محدود کننده بتوان از این سامانه‌ها در باغ‌های پسته بهره‌ی لازم را برد. خوشبختانه در طی سال‌های اخیر قطره‌چکان‌های جبران‌کننده فشار با خاصیت خودشویندگی در داخل کشور نیز تولید می‌شوند که با کمی دقت بیشتر در فرایند تولید، قادر خواهند بود با تمام انواع قطره‌چکان‌های وارداتی برابری کیفی داشته باشند.

بر این اساس در مناطق پسته‌کاری که عمدتاً مشکلات کمی و کیفی آب آبیاری یکی از محدودیت‌های تولید به حساب می‌آیند، الزاماً بررسی فنی لازم بر روی عملکرد قطره‌چکان‌ها به ویژه در طرح‌های بزرگ قبل از بهره‌برداری و اتمام طرح‌ها، لازم به نظر می‌رسد تا به شرحی که ارائه شد بتوان به سادگی عملکرد قطره‌چکان‌ها را قبل از نصب در شبکه آبیاری مورد ارزیابی فنی قرار داد. بررسی قطره‌چکان‌ها در یک شبکه آزمایشی با تعداد محدودی قطره‌چکان (حداقل ۵۰ عدد)، همانند آنچه در این مطالعه انجام شد، قبل از نصب قطره‌چکان‌ها در یک عرصه اجرایی بزرگتر، نقش تعیین‌کننده ای در بهره‌برداری مطلوب از یک سیستم آبیاری در آینده خواهد داشت.

سامانه‌های آبیاری زیادی در گذشته اجرا شده‌اند که عمدتاً از نظر طراحی شبکه لوله‌گذاری اصلی و فرعی شرایط مطلوبی داشته و عملیات اجرایی نیز در این طرح‌ها به خوبی انجام شده است. حتی پس از چندین سال بهره‌برداری، عملکرد فیلتراسیون نیز نامطلوب نبوده است، اما کارکرد ضعیف قطره‌چکان‌ها و عموماً عدم توزیع یکنواخت آب باعث شده است کارایی سامانه آبیاری شرایط مطلوبی نداشته باشد. در واقع عدم دقت کافی در انتخاب قطره‌چکان مناسب در این طرح‌ها، کل اهداف برنامه‌ریزی شده را با مشکلاتی بدین شکل مواجه ساخته است.

۴- نتیجه گیری کلی

نظر به اهمیت قطره چکان‌ها در موفقیت یک سامانه آبیاری، بررسی میزان ضریب تغییرات ساخت کارخانه‌ای این امکان را فراهم می‌سازد تا در زمان بهره‌برداری، سامانه اجرا شده با مشکلات عدم یکنواختی در توزیع آب مواجه نشود. از آنجایی که تعویض قطره چکان‌ها به ویژه در طرح‌های با مساحت بالا در عمل، فرایندی بسیار پر هزینه و گاهی همراه با تعویض لوله‌های آبده می‌باشد توجیهات فنی لازم برای بررسی‌های اولیه قطره‌چکان‌ها وجود دارد. در همین راستا و با توجه به بومی سازی شدن بسیاری از اجزای مرتبط با سامانه‌های آبیاری، در عمل تولیدکنندگان داخلی قطره چکان‌ها پیش‌بینی تدابیر فنی لازم برای ساخت قطره چکان‌های بهتر را در دستور کار قرار خواهند داد.

تضاد و تعارض منافع- نویسندگان هر گونه تعارض و تضاد منافع اعم از تجاری و غیر تجاری و شخصی را که در ارتباط مستقیم یا غیر مستقیم با اثر منتشر شده است رد می نمایند.

منابع

آمارنامه کشاورزی ایران. (۱۴۰۳). مرکز فنآوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی.

ضوابط و معیارهای فنی آبیاری تحت فشار. (۱۳۸۳). نشریه شماره ۲۸۶ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور.

سامانه سیستم‌های نوین آبیاری، سازمان جهاد کشاورزی استان سمنان. (۱۴۰۲). https://novinabyari.maj.ir/

ASABE, (2017). Design and Installation of Microirrigation Systems. ASABE Standards

Chamba, D., Zubelzu, S., & Juana, L. (2019). Determining hydraulic characteristics in laterals and drip irrigation systems. *Agricultural Water Management*, *226*, 105791.

Kumar, S., & Singh, P. (2007). Evaluation of hydraulic performance of drip irrigation system. *Journal of Agricultural Engineering*, *44*(2), 104.

Zaiyu, L., Yan, M., Hao, G., Shihong, G., Yanqun, Z., Guangyong, L., & Feng, W. (2025). The hydraulic performance and clogging characteristics of a subsurface drip irrigation system operating for five years in the North China plain. *Agricultural Water Management*, *307*, 109217.

Omofunmi, O. E., Ilesanmi, O. A., & Orisabinone, T. (2019). Performance evaluation of hydraulic parameters of a developed drip irrigation system. *Malaysian Journal of Civil Engineering*, *31*(2).

Puig-Bargues, J., Arbat, G., Elbana, M., Duran-Ros, M., Barragan, J., De Cartagena, F. R., & Lamm, F. R. (2010). Effect of flushing frequency on emitter clogging in microirrigation with effluents. *Agricultural Water Management*, *97*(6), 883-891.

Sharu, E. H., & Ab Razak, M. S. (2020). Hydraulic performance and modelling of pressurized drip irrigation system. *Water*, *12*(8), 2295.

Baghel, Y. K., Kumar, J., & Patel, V. K. (2021). CFD analysis of the flow characteristics of in-line drip emitter with different labyrinth channels. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series A*, *102*(1), 111-119.