Archive of SID

بررسی شاخص‌های هیدرولیکی کیفیت تولید لوله‌های قطره‌چکان‌دار رایج در ایران

سارا عبدی[۱]، عیسی معروف‌پور[۲*]

چکیده

ارزیابی عملکرد هیدرولیکی قطره‌چکان‌ها به عنوان مهم‌ترین بخش سامانه آبیاری قطره‌ای، بسیار مهم و ضروری است. بدین منظور ، ۸ نمونه لوله قطره‌چکان‌دار، ۶ نمونه از نوع غیرتنظیم‌کننده فشار و ۲ نمونه از نوع تنظیم‌کننده فشار بر مدل فیزیکی آبیاری قطره‌ای ساخته شده در آزمایشگاه آب دانشگاه کردستان، آزمایش گردیدند. آزمایش‌ها در ۴ دمای مختلف آب شامل ۱۳، ۲۳، ۳۳ و ۴۳ درجه سانتی‌گراد با فشارهای متفاوت، در محدوده صفر تا ۱/۲ برابر فشار حداکثر، انجام شد. نتایج نشان دادند به لحاظ ضریب تغییرات ساخت، تمامی لوله‌های قطره‌چکان‌دار آزمایش‌شده به غیر از ۳ نمونه، در تمامی دماها و فشارهای آزمایش، از بالاترین درجه کیفیت برخوردارند. براساس درصد خطای اندازه‌گیری بده، از ۸ لوله قطره‌چکان‌دار آزمایش‌شده، ۴ نمونه در درجه خوب، ۲ نمونه در درجه قابل قبول، ۱ نمونه در درجه متوسط و ۱ نمونه در درجه غیر قابل قبول قرار داشت. میزان یکنواختی پخش تمامی لوله‌های قطره‌چکان‌دار آزمایش‌شده، به غیر از ۲ نمونه، در تمامی فشارها و دماهای آزمایش در طبقه عالی و یا خوب قرار داشت. میزان ضریب یکنواختی کریستیان سن تمامی نمونه ها بیش از ۷۰ درصد بود. میزان ضریب تغییرات بده در لوله‌های قطره‌چکان‌دار، در محدوده ۷/۷ تا ۳۷/۲ درصد بود که ۲ نمونه در درجه خوب، ۴ نمونه قابل قبول و ۲ نمونه غیر قابل قبول بود. به طور کلی وضعیت لوله‌های قطره‌چکان‌دار آزمایش‌شده از لحاظ شاخص‌های هیدرولیکی کیفیت تولید، مطلوب ارزیابی می شود.

واژه های کلیدی: آبیاری قطره‌ای، ضریب تغییرات ساخت، ضریب یکنواختی، یکنواختی پخش.

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه کردستان
[۲] دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه کردستان
*نویسنده مسئول مقاله، E.maroufpoor@uok.ac.ir, ۰۹۱۸۳۸۰۹۰۳۰

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

به سبب محدودیت منابع آب شیرین، آلوده شدن تدریجی آن‌ها و افزایش روزافزون جمعیت و تقاضای آب برای مصارف گوناگون، اعمال مدیریت صحیح و هوشمندانه منابع آب در مقیاس‌های محلی، منطقه‌ای و ملی در استفاده بهینه و حفاظت منطقی از آن ضرورتی اجتناب ناپذیر است. با توجه به روند رو به افزایش این تقاضا و شرایط اقلیمی کشور و مصرف بیش از ۹۰ درصد آب در دسترس کشور در بخش کشاورزی راهی جز توجه ویژه و رویکرد منطقی به سمت شیوه‌های کم مصرف آب نیست (سهرابی و گازری،۱۳۷۵). آبیاری قطره‌ای که از اواسط دهه ۱۹۶۰ به عنوان یک دانش و فن جدید معرفی و به بازار عرضه شد، در صورتی می‌تواند راه حل مناسبی برای استفاده بهینه از منابع آب باشد که طراحی، اجرا و بهره-برداری از این سامانه با دقت کافی انجام گیرد. انتخاب قطره‌چکان در این روش آبیاری از مهمترین عوامل طراحی به شمار می‌رود، زیرا بازده یک سامانه قطره‌ای به انتخاب قطره‌چکان و معیارهای طراحی بستگی داشته و عدم توجه به مشکلات قطره‌چکان‌ها باعث کاهش یکنواختی پخش آب، افزایش مدت کار سامانه و تعویض پیوسته قطره‌چکان-ها می‌گردد. لذا به منظور جلوگیری از عملکرد ضعیف این سامانه و استقبال بیشتر زارعین از آن لازم است که چگونگی عملکرد لوازم و تجهیزات مورداستفاده در این روش آبیاری بطور دقیق تعیین شود تا از اتلاف سرمایه و انرژی جلوگیری به عمل آید.

ژانگ و همکاران (۲۰۱۱) به ارزیابی عملکرد هیدرولیکی قطره‌چکان‌ها در فشار پایین پرداختند، این آزمایش بر روی ۳ قطره‌چکان بین۰/۲ تا ۱۰ متر انجام شد. آنان گزارش کردند همه قطره‌چکان‌ها مناسب برای کارکردن در فشار پایین هستند و فشار اثر قابل توجهی برضریب تغییرات ساخت و نمای معادله بده-فشار، در فشارکاری کمتر از یک متر دارد. در سامانه آبیاری قطره‌ای عوامل متعددی بر یکنواختی توزیع آب و کود مؤثر هستند، که از آن جمله می‌توان، تغییرات در فشار کارکرد سامانه، اصطکاک در طول لوله‌ها، اختلاف ارتفاع نقاط مختلف شبکه، ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان‌ها و گرفتگی و مسدود شدن قطره‌چکان‌ها را نام برد (برسی و همکاران، ۲۰۰۳).

الی‌ویرا و همکاران (۲۰۰۰) مشخصه‌های هیدرولیکی نوارهای آبیاری قطره‌ای با بده ۲/۳ لیتر در ساعت و فواصل ۳۰ سانتی‌متری را مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که وضعیت جریان در قطره‌چکان‌ها آشفته بوده و متوسط ضریب تغییرات ساخت معادل ۱/۴۹ درصد می‌باشد. همچنین با افزایش دمای آب از ۳۰ به ۶۰ درجه سانتی-گراد، بده قطره‌چکان، ۱/۷۵ درصد کاهش یافت. هزارجریبی و همکاران(۱۳۹۲) عملکرد هیدرولیکی سه نمونه قطره‌چکان تنظیم‌شونده در فشارهای کارکرد مختلف را مورد بررسی قراردادند و گزارش کردند که مطابق انتظار katif8 به عنوان قطره‌چکان تنظیم‌کننده بده و SiplastInline168 به عنوان قطره‌چکان غیرقابل تنظیم طبقه‌بندی گردیدند و پیشنهاد نمودند که طراحی آبیاری قطره‌ای بایستی براساس نتایج واقعی آزمایشگاهی باشد نه براساس آن چه که در کاتالوگ قطره‌چکان‌ها از طرف شرکت سازنده ارایه می‌گردد. پروینی و معروف پور(۱۳۹۲) ضریب تغییرات ساخت و یکنواختی ریزش قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار رایج در کشور را مورد مطالعه قرار دادند و برای بررسی کیفیت تولید نمونه‌ها از معیارهای ضریب تغییرات ساخت (CV)، درصد خطای اندازه‌گیری (q_d)، ضریب یکنواختی پخش آب (EU)، ضریب کریستیان سن (UC) و ضریب تغییرات بده (q_{var}) استفاده کردند. نادری (۱۳۸۷) تحقیقی با عنوان تعیین عملکرد خروجی‌ها در مقابل کیفیت‌های مختلف آب در آبیاری قطره‌ای روی پنج نمونه از انواع قطره‌چکان‌ها شامل، قطره‌چکان‌های داخل خط، میکروفلاپر، توربو، روی خط و نوار آبیاری قطره‌ای انجام داد. نتایج نشان داد که کاهش بده، کاهش یکنواختی پخش و کاهش ضریب یکنواختی کریستیان‌سن، در هر پنج نوع خروجی مذکور با بدتر شدن کیفیت آب افزایش می‌یابد. میزان شدت کاهش به کیفیت آب بستگی دارد. هزارجریبی و همکاران(۲۰۰۸) با ارزیابی قطره‌چکان-های مختلف خارجی رایج در کشور، گزارش کردند که قطره‌چکان Mono-tandem ، Hydrogol ، Inline168 ، Katif4 و Katif 8 قادرند آب را در دامنه فشارهای کارکرد ۵۰-۲۰۰ کیلوپاسکال به صورت یکنواخت توزیع نمایند، ولی قطره‌چکان Matic توانایی توزیع یکنواخت آب را در دامنه فشار یاد شده ندارد. نصرالهی وهمکاران(۱۳۹۱) ، تحقیقی را در دانشکده علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز به منظور بررسی اثر ۴ دمای مختلف در ۴ فشار (۵ ،

www.SID.ir

Archive of SID

۱۰، ۱۵و۲۰ متر) روی عملکرد قطره‌چکان‌ها انجام دادند. با محاسبه ضریب تغییرات و استفاده از طبقه‌بندی انجمن مهندسان کشاورزی آمریکا ارزیابی کیفی قطره‌چکان‌ها صورت گرفت که در نتیجه آن ۴ نمونه عالی، ۲ نمونه غیرقابل استفاده و بقیه در بین این دوحالت بوده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در آزمایشگاه تحقیقاتی آب دانشگاه کردستان انجام گردید. در این پژوهش از ۸ نمونه لوله قطره چکان‌دار خود تنظیم و غیر خودتنظیم استفاده گردید که ۶ نمونه آن غیرخود تنظیم و ۲ نمونه خود تنظیم بود. برخی مشخصات فنی لوله‌های قطره‌چکان‌دار آزمایش شده در جدول ۱ ارائه شده است. به منظور عدم ذکر نام تجاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار آزمایش شده، نمونه‌ها شناسه‌دار گردیدند.

دماهای آزمایش شامل ۱۳، ۲۳، ۳۳ و۴۳ درجه سانتیگراد بودند که درهر دما از فشار صفر تا ۱/۲ حداکثر فشار کاری نمونه‌ها، بر برش‌ها اعمال شد. برای اعمال فشارهای متفاوت بر برش‌ها از لوله کنار گذر استفاده گردید. از تنظیم‌کننده دما و المنت جهت تامین آب با درجه حرارت‌های ۲۳،۳۳ و ۴۳ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. تنظیم‌کننده دما قادر به تامین دما در محدوده ۲۰ الی ۱۱۰ درجه‌سانتی‌گراد بود. دمای آب منبع با دماسنج الکلی و دماسنج تنظیم‌کننده دیجیتالی اندازه‌گیری و بسته به مراحل آزمایش تنظیم شد. جهت تامین آب با درجه حرارت ۱۳ درجه سانتی‌گراد از قالب‌های یخ استفاده شد. جهت انجام آزمایش، آماده‌سازی نمونه‌ها ضروری می‌باشد.

جدول ۱- برخی مشخصات لوله‌های قطره‌چکان‌دار آزمایش‌شده.

شناسه لوله قطره‌چکان‌دار	بده اسمی (L/hr)	فشار اسمی (m)	فاصله خروجی‌ها (cm)	کشور سازنده
A	٤	١٠	١٠٠	کانادا
B_1	٢	١٠	٤٠	ایران
B_2	٤	١٠	١٥	ایران
B_3	٤	١٠	٥٠	ایران
C_1	٤	٥-٤٠	٧٥	ایتالیا
C_2	٢	١٠	١٠٠	ایتالیا
C_3	٤	١٠	٤٠	ایتالیا
C_4	٤	٥-٤٠	١٠٠	ایتالیا

جهت آماده‌سازی لوله‌های قطره‌چکان‌دارخود تنظیم، نمونه‌ها در فشارهای کاری حداقل، میانی و حداکثر هر نمونه قرار گرفتند و در هر کدام از این فشارها، حداقل به مدت زمان ۱۰ دقیقه باقی ماندند. این رویه متناوباً به مدت ۲ ساعت تکرار گردید تا قطره‌چکان‌ها تحت فشارهای گوناگون قرار گرفته و تغییرات فشار، تأثیر خود را روی ساختار قطره‌چکان بگذارد. نهایتاً بعد از سپری شدن این مرحله، فشار در نقطه میانی تثبیت شده و بعد از ۱۵ دقیقه، آزمایش بر روی قطره‌چکان میانی هر برش انجام شد. حجم آب جمع‌آوری شده توسط ظروف مدرج در مدت حداقل ۵ دقیقه، اندازه‌گیری و بده قطره‌چکان‌ها به‌دست آمد.

در مورد لوله‌های قطره‌چکان‌دار غیر خود تنظیم، بعد از گذشت مدت زمان یک ساعت از کارکرد مدل، میزان بده لوله‌های قطره‌چکان‌دار هنگامی که فشار آب در ورودی واحدهای قطره‌چکان‌دار معادل فشار اسمی کارخانه بود، اندازه‌گیری شد و جداگانه ثبت گردید. در این نمونه‌ها نیز آزمایش برروی قطره‌چکان میانی هر برش انجام شد. در شکل ۱ نمای کلی مدل فیزیکی مورد استفاده نشان داده شده است. شاخص‌های ارزیابی کیفی تولید لوله‌های قطره-چکان‌دار آزمایش‌شده در ادامه ارائه می‌شوند.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل۱- نمای کلی از مدل فیزیکی آبیاری قطره ای

ضریب تغییرات ساخت (CV)

برای به دست آوردن (CV)، مقادیر بده اندازه‌گیری شده از هر نمونه لوله‌قطره‌چکان‌دار، در رابطه (۱) گذاشته می‌شود، سپس لوله‌های قطره‌چکان‌دار مطابق جدول۲، معیار انجمن مهندسین کشاورزی آمریکا، طبقه‌بندی میگردند (علیزاده، ۱۳۸۹).

$$Cv = \frac{[\sum(q_i - q_a)^2]^{0.5}}{q_a} \dots\dots\dots; i = 1,2,25 \qquad (۱)$$

که در آن: q_i بده لوله‌های قطره‌چکان‌دار در فشار میانی، q_a میانگین بده ۲۵ قطره‌چکان آزمایش‌شده و ۲۵ =n می‌باشد.

جدول۲- طبقه بندی قطره‌چکان‌ها بر اساس CV (علیزاده، ۱۳۸۹).

قطره‌چکان	ضریب تغییرات ساخت	گروه
قطره‌چکان‌های نقطه‌ای	<۰/۰۵	عالی
	۰/۰۵ – ۰/۰۷	متوسط
	۰/۰۷ – ۰/۱۱	مرز متوسط و ضعیف
	۰/۱۱ – ۰/۱۵	ضعیف
	>۰/۱۵	غیر قابل قبول
قطره‌چکان‌های خطی	<۰/۱	خوب
	۰/۱ – ۰/۲	متوسط
	>۰/۲	مرز متوسط تا غیر قابل قبول

درصد خطای اندازه‌گیری بده (q_d)

کارخانه سازنده هر نمونه لوله قطره‌چکان‌دار در کاتالوگ خود میزان بده لوله‌قطره‌چکان‌دار را در یک فشار مشخص و دمای معیار با (q_r) معرفی می‌کند، اما اندازه-گیری‌های واقعی (q_{avr}) در آزمایشگاه، با همان فشار و دما مقادیر دیگری را نشان می‌دهد. لذا درصد خطای اندازه-گیری بده (q_d) برابر است با:

$$q_d = 100\frac{q_r - q_a}{q_r} \qquad (۲)$$

سپس قطره‌چکان‌ها با توجه به جدول ۳ براساس q_d طبقه‌بندی می‌شوند (علیزاده، ۱۳۸۹).

جدول۳- طبقه‌بندی بر اساس درصد خطای اندازه‌گیری بده (q_d) (علیزاده، ۱۳۸۹).

٪ (Q_d)	طبقه‌بندی
نسبت تفاوت دو مقدار ≥ ۵	خوب
۵ < نسبت تفاوت دو مقدار < ۱۰	متوسط
۱۰ < نسبت تفاوت دو مقدار < ۱۵	قابل قبول
نسبت تفاوت دو مقدار ≤ ۱۵	غیر قابل قبول

یکنواختی پخش آب (EU)

در یک سامانه آبیاری قطره‌ای لازم است، بازده سامانه مشخص گردد، تا بتوان بر اساس آن رابطه بین عمق خالص

www.SID.ir

Archive of SID

و ناخالص آبیاری را در منطقه ریشه گیاه به دست آورد. از آنجایی که یکنواختی پخش آب یکی از دو جزء مؤثر بر بازده است، لذا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکنواختی پخش با استفاده از معادله پیشنهادی کلر و کارملی از رابطه زیر به دست می‌آید (علیزاده، ۱۳۸۹):

$$EU = 100\left(\frac{q_n}{q_a}\right) \qquad (۳)$$

که در آن: EU یکنواختی پخش(درصد)، q_a متوسط بده لوله‌های قطره‌چکان‌دار (لیتردرساعت) و q_n متوسط بده در چارک پایین لوله‌های قطره‌چکان‌دار می‌باشد. سپس با توجه به جدول ۴، می‌توان عملکرد لوله‌های قطره‌چکان-دار را بر مبنای یکنواختی پخش توصیف کرد.

جدول٤ - توصیف عملکرد قطره‌چکان‌ها بر مبنای یکنواختی پخش (زهتابیان، ۱۳۸۵).

یکنواختی پخشEU	طبقه بندی
>۹۰	عالی
۸۰-۹۰	خوب
۷۰-۸۰	متوسط
<۷۰	ضعیف

ضریب یکنواختی کریستیان‌سن (UC)

ضریب یکنواختی کریستیان‌سن با توجه به تغییرات بده لوله‌های قطره‌چکان‌دار از رابطه زیر به دست می‌آید (علیزاده ۱۳۸۹):

$$UC = 100\left(1 - \sum_{i=1}^{n}\frac{|q_i - q_a|}{nq_a}\right) \qquad (٤)$$

ضریب تغییرات بده (q_{var})

در این تحقیق برای به دست آوردن ضریب تغییرات بده در انواع لوله‌های قطره‌چکان‌دار از رابطه زیر استفاده شد:

$$q_{var} = \left(\frac{q_{max} - q_{min}}{q_{max}}\right) \qquad (۵)$$

که در آن q_{max} حداکثر بده، q_{min} حداقل بده و q_{var} ضریب تغییرات بده می‌باشد. سپس با به دست آوردن (q_{var}) می‌توان ضریب تغییرات بده در لوله‌های قطره‌چکان-دار را به صورت زیر نیز طبقه‌بندی کرد (ایزو ۹۲۶۱ ، ۲۰۰۴):

جدول۵- جدول طبقه‌بندی ضریب تغییرات بده (علیزاده، ۱۳۸۹).

ضریب تغییرات بده (q_{var})	طبقه‌بندی
<۱۰	خوب
۱۰-۲۰	قابل قبول
>۲۰	غیر قابل قبول

نتایج و بحث

مقادیر بده اندازه‌گیری شده انواع لوله‌های قطره-چکان‌دار در دمای معیار ۲۳ درجه سانتی‌گراد در جدول۶ ارائه شده است.

نتایج ضریب تغییرات ساخت(CV)

به لحاظ ضریب تغییرات ساخت (جداول۷و۸)، تمامی لوله‌های قطره چکان‌دار آزمایش‌شده به غیر از نمونه‌های B_2 ، B_3 و C_4 در تمامی دماها و فشار آزمایش از بالاترین درجه کیفیت برخوردارند و به طور کلی از لحاظ این شاخص مطلوب ارزیابی می‌شوند. پروینی و معروف پور (۱۳۹۲) گزارش کردند که از بین ۹ قطره‌چکان آزمایش‌شده از لحاظ ضریب تغییر ساخت، ۲ نمونه در درجه عالی، ۳ نمونه در درجه متوسط، ۲ نمونه در درجه مرز متوسط و ضعیف و۲ نمونه غیر قابل استفاده بودند. علی حوری(۱۳۷۹) ضریب تغییرات ساخت را برای قطره-چکان‌های آزمایش‌شده خود در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به دست آورد. نتیجه نشان داد، جز ۳ مورد از ۱۰ قطره-چکان، همگی در درجه غیر قابل استفاده بودند. نصرالهی و همکاران (۱۳۹۱) در تحقیق خود در بین ۱۰ قطره‌چکان آزمایش‌شده گزارش کردند ۴ نمونه در درجه عالی،۲ نمونه آنها غیرقابل استفاده و مابقی موارد بین این دو حالت بودند. هزارجریبی وهمکاران(۱۳۹۲) در تحقیق خود ۳ قطره-چکان را مورد بررسی قرار دادند که همه نمونه‌ها در درجه عالی قرار داشتند.

نتایج درصد خطای اندازه‌گیری بده (q_d)

براساس درصد خطای اندازه‌گیری بده(جدول۹)، از ۸ لوله قطره‌چکان‌دارآزمایش‌شده، ۴ نمونه(A,B_3,C_2,C_3) در درجه خوب، ۲ نمونه (B_2 ,C_4) در درجه قابل قبول و لوله‌قطره‌چکان‌دار B_1 در درجه متوسط و لوله قطره‌چکان-دار C_1 در درجه غیر قابل قبول قرار داشتند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٦- مقادیر بده اندازه‌گیری شده انواع لوله‌های قطره‌چکان‌دار، در فشار اسمی و دمای معیار بر حسب لیتردرساعت.

شماره نصب لوله قطره-چکان‌دار	شناسه نمونه‌ها							
	A	B_1	B_2	B_3	C_1	C_2	C_3	C_4
	بده اندازه‌گیری شده (لیتردرساعت)							
۱	۳/۷٦	۲/۳۲	٤/۰۳	۳/۹۳	۳/۳۲	۳/۸۷	۳/۸۱	٤/٥٤
۲	۳/۸٦	۲/۳٤	٤/۲۹	۳/۸۳	۳/۲۲	۳/۸۸	۳/۸۳	٤/۸۰
۳	۳/۹۲	۲/۲٥	٤/۲۲	۳/۸٥	۳/۲۲	۳/۸۷	۳/۹۰	٤/۷۸
٤	۳/۸۲	۲/۲٥	٤/٤۸	۳/۹٤	۳/۳۳	٤/۰۰	۳/۸۲	٤/٤۳
٥	۳/٤٥	۲/۲۱	٤/۱۰	۳/۹۷	۳/۲٤	۳/۹۲	۳/۷۸	٤/٦٦
٦	۳/۸۸	۲/۳٥	٤/۲۳	۳/۹٤	۳/۳۷	۳/۸٤	۳/۷۳	٤/٤۳
۷	۳/۰۷	۲/۱٦	٤/۰٦	۳/۹٥	۳/۳۸	۳/۸۰	۳/۸۲	٤/٥۲
۸	۳/۸٤	۲/۲۸	٤/۱۱	۳/۸۹	۳/٤۰	۳/۸۱	۳/۸۳	٤/۸۹
۹	۳/۹۲	۲/۳۹	٤/٤۸	۳/۸۱	۳/٥٥	۳/۸۰	۳/۷٦	٤/٦۰
۱۰	۳/۹۷	۲/۳٦	٤/٤۰	٤/۰۱	۳/٤۱	۳/۹٤	۳/۸۳	٤/٥۸
۱۱	۳/۷٦	۲/۲۷	٤/۰٦	۳/۹٤	۳/۳٥	۳/۹۰	۳/۷٥	٤/٥۲
۱۲	۳/۰۱	۲/۲۷	٤/۲٥	۳/۸۷	۳/۲۷	۳/۷۹	۳/۷٤	٤/٥۰
۱۳	۳/۸۸	۲/۳۰	٤/۷۷	۳/۹۲	۳/۲۸	۳/۷۸	۳/۹۲	٤/۷۱
۱٤	٤/٤۱	۲/۳۸	٤/۳٤	۳/۹۱	۳/۳۹	۳/۹۹	۳/۸۰	٤/۷٤
۱٥	٤/۲٦	۲/۲۷	٤/۱۲	۳/۹۳	۳/۲٥	۳/۰٦	۳/۷٤	٤/۷۳
۱٦	۳/۷٦	۲/۱۹	٤/۹۲	۳/۹۷	۳/۲٦	۳/۸۰	۳/۹٤	٤/۳۲
۱۷	۳/۹٤	۲/۱۹	٤/۱۲	٤/۰٦	۳/۲۹	۳/۹۷	۳/۹۳	۳/۸۸
۱۸	۳/۷۸	۲/۲۱	٤/۹۳	۳/۷٦	۳/۱۹	۳/۸۹	۳/۹٦	٤/٥۹
۱۹	۳/۷۷	۲/۳٦	٤/٥۲	۳/۹۱	۳/۳۳	۳/۸٥	۳/۸۹	٤/٦٤
۲۰	۳/۸۱	۲/۰۸	٤/۸۹	۳/۹٥	۳/۲۱	۳/۸۱	٤/۰٤	٤/۸۸
۲۱	٤/۲٦	۲/۱۱	٤/۳۷	۳/٥٤	۳/٤۳	۳/۹۱	۳/۷٦	۳/۲۸
۲۲	٤/۰۹	۲/۲۱	٤/۸٤	٤/۰۱	۳/۲۹	۳/۸۲	۳/۹٦	٤/۸۱
۲۳	۳/۸۱	۲/۱٤	٤/۹۷	۳/۹۳	۳/۳٤	۳/۸۸	۳/۸۷	٤/٦٤
۲٤	٤/۱۹	۲/۲٤	٤/۳۷	۳/۹۹	۳/٤٦	۳/۰۷	۳/۹۳	٤/٤۹
۲٥	۳/۷۸	۲/۳۸	٤/۷٥	۳/۹۱	۳/۲۹	۳/۷۲	۳/۷٦	٤/۸۹

همچنین ملاحظه می‌شود که در تمامی نمونه‌های B_1، B_2 و C_4، میزان بده اندازه‌گیری شده بیشتر از میزان بده اسمی ذکر شده توسط کارخانه سازنده می‌باشد. به عبارت دیگر وضعیت لوله‌های قطره‌چکان‌دار آزمایش‌شده از لحاظ شاخص درصد خطای اندازه‌گیری بده، رضایت-بخش می‌باشد. در تحقیق پروینی و معروف‌پور(۱۳۹۲) از ۹ قطره‌چکان آزمایش‌شده، ۳ نمونه در درجه خوب، ۴ نمونه در درجه متوسط و۲ نمونه در درجه غیر قابل استفاده می‌باشند. در تحقیق علی حوری(۱۳۷۹) از میان ۱۰ قطره-چکان آزمایش‌شده، ۵ نمونه از نظر q_d در درجه خوب، یک مورد قابل قبول و۴ نمونه دیگر غیر قابل استفاده گزارش شدند.

نتایج یکنواختی پخش آب(Eu)

میزان یکنواختی پخش(جداول۱۰و۱۱) تمامی لوله-های قطره‌چکان‌دار آزمایش‌شده به غیر از نمونه‌های B_2 و B_3 در تمامی فشارها و یا دماهای آزمایش در طبقه عالی و یا خوب قرار دارد و لذا وضعیت لوله‌های قطره‌چکان‌دار اعم از خود تنظیم و غیر خود تنظیم از لحاظ شاخص مذکور رضایت‌بخش است. پروینی و معروف‌پور(۱۳۹۲) از بین ۹

www.SID.ir

Archive of SID

قطره‌چکان مورد بررسی در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که ۴ مورد از قطره‌چکان‌ها در درجه عالی، ۳ مورد در درجه خوب و۲ نمونه در درجه ضعیف از نظر ضریب یکنواختی پخش بودند. سهرابی و گازری(۱۳۷۵) گزارش کردند میزان یکنواختی پخش برای زمانی که یک قطره-چکان برای هر درخت مورد استفاده قرار می‌گیرد معادل۹۳ درصد است که از نظر طبقه‌بندی مابین خوب تا عالی بوده واگر ۵ عدد قطره‌چکان به هر درخت اختصاص یابد میزان یکنواختی پخش معادل ۹۷ درصد و در درجه عالی می-باشد. هزارجریبی و همکاران (۱۳۹۲) میزان یکنواختی پخش را برای ۳ قطره‌چکان مورد بررسی در تحقیق خود در درجه عالی گزارش کردند.

نتایج ضریب یکنواختی کریستیان سن (UC)

در همه‌ی لوله‌های قطره‌چکان‌دار، میزان ضریب یکنواختی کریستیان سن(جداول۱۲و۱۳) بیش از ۷۰ درصد بود و این نشان می‌دهد که بده آنها از توزیع نرمال پیروی می‌کند. پروینی و معروف‌پور (۱۳۹۲) و علی حوری (۱۳۷۹) نیز گزارش کردند که میزان ضریب یکنواختی کریستیان سن قطره‌چکان‌های مورد مطالعه بیشتر از ۷۰ درصد بوده است که با نتایج تحقیق حاضری مطابقت دارد. هزارجریبی و همکاران (۲۰۰۸) نیز ۳ قطره‌چکان مورد مطالعه خود را براساس شاخص ضریب یکنواختی کریستیان سن با درجه عالی گزارش کردند.

نتایج ضریب تغییرات بده (q_{var})

با توجه به جداول (۱۴و۱۵) ، میزان ضریب تغییرات بده در لوله‌های قطره‌چکان‌دار آزمایش‌شده در محدوده ۵/۵۴ تا ۵۸/۶۰ درصد است که دامنه وسیع و نامطلوبی است. با افزایش فشار و دما ملاحظه می‌شود که درجه توصیفی لوله‌های قطره‌چکان‌دار از لحاظ ضریب تغییرات بده تغییر می‌کند و روند منظمی ندارد. همچنین ملاحظه می‌شود در تمامی نمونه‌ها، موارد غیر قابل قبول فراوان وجود دارد که مطلوب نیست. به طور کلی وضعیت لوله‌های قطره‌چکان‌دار آزمایش‌شده از لحاظ ضریب تغییرات بده رضایت بخش نیست. پروینی و معروف‌پور(۱۳۹۲)گزارش کردند که از لحاظ ضریب تغییرات بده، از ۹ نوع قطره‌چکان تنظیم‌شونده مورد مطالعه۳ نمونه قطره‌چکان در درجه قابل قبول و مابقی غیر قابل قبول بودند. علی حوری(۱۳۷۹) نیز گزارش کرد که به جز ۲ نمونه از قطره-چکان‌ها مابقی آنها غیر قابل قبول بودند.

جدول ۷- ضریب تغییرات ساخت، CV (٪)، لوله‌های قطره‌چکان‌دار غیرخود تنظیم در فشار اسمی و دماهای مختلف.

طبقه بندی در دمای معیار و فشار اسمی	دماهای آزمایش (درجه سانتی گراد)				شناسه لوله قطره چکان‌دار
	٤٣	٣٣	٢٣	١٣	
خوب	٧/٦	٠/٨	٥/٧	٢/٦	A
خوب	٥/٣	٧/٧	٨/٣	٥/٣	B_1
خوب	٩/١٥	١/٩	٥/١٥	٦/١٤	B_2
خوب	٣/٣	٤/٣	٦/١	٣/٢١	B_3
خوب	٧/١	٤/٣	٢/٢	٠/٢	C_2
خوب	٣/٢	٩/٥	١/٢	٠/٢	C_3

جدول۸ – ضریب تغییرات ساخت،CV (٪)، لوله‌های قطره‌چکان‌دارخودتنظیم دردماهای مختلف.

طبقه بندی در دمای معیار	دماهای آزمایش (درجه سانتی گراد)				شناسه لوله قطره چکان‌دار
	٤٣	٣٣	٢٣	١٣	
خوب	٩/٢	١٣/٥	٥/١	٢/١٤	C_1
خوب	٧/٩	٨/٠	٢/١	١/٧	C_4

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۹- درصد خطای اندازه‌گیری بده (q_d)٪، لوله‌های قطره‌چکان‌دار آزمایش‌شده.

شناسه لوله قطره‌چکان‌دار	بده اسمی (لیتر در ساعت)	متوسط بده اندازه‌گیری شده (لیتر در ساعت)	درصد خطای اندازه‌گیری بده (q_d)٪	طبقه‌بندی بر اساس (q_d)٪
A	٤	۳/۸٤	۳/۸۹	خوب
B_1	۲	۲/۲٦	-۸/٤۱	متوسط
B_2	٤	٤/٤۲	-۱۰/۷۳	قابل قبول
B_3	٤	۳/۹۱	۲/۱٥	خوب
C_1	٤	۳/۳۲	۱٦/۸۲	غیرقابل قبول
C_2	٤	۳/۸۸	۲/۱٥	خوب
C_3	٤	۳/۸٤	۳/۷۹	خوب
C_4	٤	٤/٥۱	-۱۲/۹٦	قابل قبول

جدول۱۰- یکنواختی پخش آب، EU(٪)، لوله‌های قطره‌چکان‌دار غیرخود تنظیم در فشار اسمی ودماهای مختلف.

شناسه لوله قطره چکان‌دار	دماهای آزمایش (درجه سانتی‌گراد)				طبقه بندی در دمای معیار و فشار اسمی
	۱۳	۲۳	۳۳	٤۳	
A	۹۳/۱	۹٦/٦	۸٦/٥	۹۰/٦	عالی
B_1	۹٥/۳	۹٤/۹	۹۳/۳	۹٤/۹	عالی
B_2	۸۹/٦	۹۲/۲	۸٦/٦	۷۷/۹	عالی
B_3	۹٥/٦	۹٦/٦	۹٦/٦	۹٦/۸	عالی
C_2	۹۷/٤	۹۷/٤	۹٥/۹	۹۷/۸	عالی
C_3	۹۷/٥	۹۷/٤	۹٤/۱	۹۷/٥	عالی

جدول ۱۱- یکنواختی پخش آب، EU(٪)، لوله‌های قطره‌چکان‌دار خودتنظیم در دماهای مختلف.

شناسه لوله قطره چکان‌دار	دماهای آزمایش (درجه سانتی گراد)				طبقه بندی در دمای معیار
	۱۳	۲۳	۳۳	٤۳	
C_1	۸۹/٤	۹۷/٦	۸۳/۱	۹۰/۸	عالی
C_4	۸٦/٦	۸٥/۱	۸۸/٦	۸۸/۳	خوب

جدول ۱۲- ضریب یکنواختی کریستیان سن، UC (٪)، لوله‌های قطره‌چکان‌دار خود تنظیم در دماهای مختلف.

شناسه لوله‌قطره‌چکان‌دار	دماهای آزمایش(درجه سانتی‌گراد)			
	۱۳	۲۳	۳۳	٤۳
C_1	۹۳/۷٥	۹۷/۲۱	۹۱/۱۳	۹٤/۷۰
C_4	۹۳/٥۳	۹۲/٥٦	۹٤/۱٥	۹٤/۰٦

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱۳- ضریب یکنواختی کریستیان سن، UC(٪)، لوله‌های قطره‌چکان‌دار غیر خود تنظیم در فشار اسمی و دماهای مختلف.

شناسه لوله قطره چکان‌دار	دماهای آزمایش (درجه سانتی گراد)			
	۱۳	۲۳	۳۳	٤۳
A	۷٦/۳٥	۹٦/۰۷	۹٤/۱٥	۹٥/٤۲
B_1	۹۷/۰۷	۹٦/۹۰	۹٥/۲٥	۹۷/۰۲
B_2	۸۷/٦۲	۸٦/٤٥	۹۲/٥۲	۸۹/۲۷
B_3	۸۱/۹۷	۹۸/۳٤	۹۷/٥۸	۹۷/۹۳
C_2	۹۸/۲٦	۹۸/۲۰	۹۷/۰٦	۹۸/٥۹
C_3	۹۸/۳٥	۹۷/۱٤	۹٦/۸۳	۹۸/۱٤

جدول۱٤- ضریب تغییرات بده، q_{var} (٪) ، لوله‌های قطره‌چکان‌دار غیر خود تنظیم در فشار اسمی و دماهای مختلف.

طبقه بندی در دمای معیار و فشار اسمی	دماهای آزمایش (درجه سانتی گراد)				شناسه لوله قطره چکان‌دار
	٤۳	۳۳	۲۳	۱۳	
غیر قابل قبول	۲٥/٦٤	۲۸/۳۷	۲۱/٤۹	۲٤/۹۳	A
قابل قبول	۱۰/٦٥	۳۰/۲٤	۱۲/۸۷	۱۰/۹۹	B_1
قابل قبول	٥۸/٦۰	۲۷/۷۸	۱۸/۹٦	۲٤/۰۲	B_2
قابل قبول	۱٥/۲۹	۱۲/۹۲	۱۲/۹۲	٥۳/۰۷	B_3
خوب	٥/٥٤	۱۰/۸٥	۸/٦٥	٦/۸٥	C_2
خوب	۹/۷٦	۲۹/٦۰	۷/٦۹	۸/٥۸	C_3

جدول ۱٥- ضریب تغییرات بده، q_{var} (٪)، لوله‌های قطره‌چکان‌دار خود تنظیم در فشاراسمی و دماهای مختلف.

طبقه بندی در دمای معیار	دماهای آزمایش (درجه سانتی گراد)				شناسه لوله قطره چکان‌دار
	٤۳	۳۳	۲۳	۱۳	
قابل قبول	٤۱/۳۷	٥۰/٦۳	۱۲/۹۳	۱۹/۱۱	C_1
غیر قابل قبول	۳۰/۲۷	۲۸/۳۸	۳۷/۱٥۷	۳۱/۳٥	C_4

در جدول(۱۶) خلاصه شاخص‌های کیفیت تولید و یکنواختی پخش بده، لوله‌های قطره‌چکان‌دار ارائه شده است. در ارزیابی عملکرد قطره‌چکان‌ها مقادیر CV و q_d باید مستقل از یکدیگر بررسی شوند. اما باید در نظر داشت که انتخاب قطره‌چکانی خوب خواهد بود که در آن هر دوی این مقادیر کوچک باشند. لذا با توجه به این شاخص‌ها تمامی لوله‌های قطره‌چکان‌دار به جز نمونه C_1 از کیفیت رضایت بخشی برخوردار هستند. براساس ضریب تغییرات بده، نمونه‌های A و C_4 غیر قابل قبول می‌باشند که از فهرست رقابت خارج می‌شوند. تمامی لوله‌های قطره‌چکان-دار آزمایش‌شده از لحاظ یکنواختی پخش مورد تایید بودند. به طور خلاصه از لحاظ شاخص‌های کیفیت تولید، لوله‌های قطره‌چکان‌دار B_1، B_2، B_3 ، C_2 و C_3 مطلوب ارزیابی شده و نمونه‌های C_2 و C_3 در اولویت قرار دارند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱۶- خلاصه طبقه‌بندی شاخص‌های کیفیت تولید ویکنواختی پخش لوله‌های قطره‌چکان‌دار آزمایش‌شده در شرایط استاندارد.

شناسه لوله‌های قطره‌چکان‌دار	CV	q_d	q_{var}	EU
A	خوب	خوب	غیر قابل قبول	عالی
B_1	خوب	متوسط	قابل قبول	عالی
B_2	متوسط	قابل قبول	قابل قبول	عالی
B_3	خوب	خوب	قابل قبول	عالی
C_1	خوب	غیرقابل قبول	قابل قبول	عالی
C_2	خوب	خوب	خوب	عالی
C_3	خوب	خوب	خوب	عالی
C_4	خوب	قابل قبول	غیرقابل قبول	خوب

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، کیفیت تولید و یکنواختی پخش بده ۸ نمونه لوله قطره‌چکان‌دار، ۶ نمونه از نوع غیر تنظیم‌کننده فشار (A, B_1,B_2, B_3,C_2,C_3) و ۲ نمونه از نوع تنظیم‌کننده فشار (C_1, C_4) در ۴ دمای مختلف آب شامل ۱۳، ۲۳، ۳۳ و ۴۳ درجه سانتی‌گراد در فشارهای متفاوت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج شاخص‌های ارزیابی کیفی قطره‌چکان‌ها نشان داد که بر اساس شاخص‌های مذکور، کیفیت تولید ۵ نمونه B_1، B_2، B_3 ، C_2 و C_3 مطلوب ارزیابی شده و مشکل اصلی نمونه A و دو نمونه C_1 و C_4 که از نوع تنظیم‌کننده فشار هستند در ضریب تغییرات بده و یا میزان بده اسمی آنها می‌باشد.

منابع

۱) استاندارد ۶۷۷۵ جمهوری اسلامی ایران .۱۳۸۵. ماشین‌های کشاورزی- تجهیزات آبیاری-قطره‌چکانها و لوله‌های قطره‌چکان‌دار- ویژگی و روش‌های آزمون ، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.

۲) پروینی، م و معروف‌پور، ع. ۱۳۹۲ . بررسی ضریب تغییرات ساخت و یکنواختی ریزش قطره‌چکان‌های تنظیم کننده فشار رایج در کشور، نشریه آبیاری وزهکشی ایران. جلد۷، شماره۲.

۳) زهتابیان، غ. ۱۳۸۵. راهنمای عملی آبیاری (ترجمه). انتشارات دانشگاه تهران.

۴) سهرابی، ت .و گازری و. ن.۱۳۷۵ . بررسی کارایی آبیاری زیرزمینی با لوله‌های لاستیکی تراوا. مجموعه مقالات دومین کنگره ملی مسایل آب و خاک کشور، وزارت کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی ، تهران.

۵) علیزاده، ا .۱۳۸۹ . اصول وعملیات آبیاری قطره‌ای. انتشارات دانشگاه امام رضا، ۴۵۰ صفحه.

۶) علی حوری، م .۱۳۷۸ . عملکرد و خصوصیات هیدرولیکی انواع قطره‌چکانها در فشارها و دماهای مختلف . پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.

۷) نادری، ن. ۱۳۸۷. تعیین عملکرد خروجی‌ها در مقابل کیفیت‌های مختلف آب در آبیاری قطره‌ای. مجموعه مقالات دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی.

۸) نصرالهی، ع، م، بهزاد. س، برومند نسب و رمضانی مقدم، ج.۱۳۹۱ . بررسی عملکرد هیدرولیکی قطره چکان های تنظیم‌کننده و غیر تنظیم‌کننده فشار در فشار و دماهای مختلف. علوم و مهندسی آبیاری، جلد ۵، شماره ۳.

۹) هزارجریبی، ا، قربانی نصر آباد. ق، فضل اولی. ر. و عابدین‌پور، م. ۱۳۹۲. بررسی عملکرد هیدرولیکی سه نوع قطره چکان خارجی تنظیم شونده در فشارهای کارکرد مختلف. مجله پژوهش‌های حفاظت آب وخاک، جلد۲۰، شماره ۱.

10) Hezarjaribi, A., Dehghani, A.A., Meftah Helghi, M., and Kiani, A. 2008. Hydraulic performances of various trickle irrigation emitters. Journal of Agronomy. 7: 265-271.

11) Bracy, R.P., Parish, R.L., and Rosendale, R.M. 2003. Fertigation uniformity affected by injector type. Hort. Technology, 13: 1. 103-105.

12) ISO 9261. 2004. Agricultural irrigation equipment Emitters and emitting pipe – Specification and test methods.

www.SID.ir

Archive of SID

13) Olivira, A. M, Porto, F. Medeiros, J. F. and Costa, M. 2000. Hydraulic characterization of the integral drip line Hydro drip ll. Revista Brasilia Engenharia Agrocola Ambient.

14) Zhang, C., Kang, Y., Jiang, S., Wan, S., and Liu, S. 2011. Assessment of Hydraulic Performance of Drip-Irrigation Emitters at Low Head Pressures. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 137(11): 730–734.

www.SID.ir