تحقیقات آب و خاک ایران، دورهٔ ۴۵، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۳ (ص ۴۶۱-۴۵۳)

ارزیابی عملکرد گسیلندهٔ کنترل‌کنندهٔ حجم آب در مقایسه با گسیلنده‌های متداول در سیستم آبیاری میکرو

سعید زمانی[۱]، جواد بهمنش[۲*]، کامران زینال‌زاده[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه ارومیه

۲. دانشیار دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه ارومیه

۳. استادیار دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه ارومیه

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۱۵ـ تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۶/۳۰)

چکیده

افزایش یکنواختی پخش آب در سیستم‌های آبیاری میکرو هدفی مهم در تحقیقات کاربردی است. به‌رغم پیشرفت زیاد در ساخت قطره‌چکان‌ها، برخی گزارش‌های تحقیقاتی به ناتوانی آن‌ها در یکنواختی پخش آب اشاره دارند. برای ایجاد یکنواختی پخش آب بیشتر در طراحی آبیاری میکرو، لازم است گسیلنده‌هایی با ضریب تغییرات ساخت کارخانه‌ای کم و توزیع یکنواختی آب بالا ساخته شود. در این پژوهش، عملکرد یک گسیلندهٔ جدید، که گسیلندهٔ کنترل‌کنندهٔ حجم آب نامیده شد، با عملکرد چهار قطره‌چکان متداول ارزیابی و مقایسه شد. نتایج نشان داد عملکرد و همهٔ پارامترهای یکنواختی گسیلندهٔ کنترل‌کنندهٔ حجم آب در همهٔ فشارهای اعمالی مطلوب‌تر است. نتایج این تحقیق نشان داد بیشترین یکنواختی پخش در فشار اعمالی ۱/۵ بار در گسیلندهٔ کنترل‌کنندهٔ حجم آب حاصل می‌شود و در بابلر در بهترین شرایط یکنواختی پخش ۳۸/۳ درصد است.

کلیدواژگان: آب‌دهی، تغییر فشار، سیستم آبیاری میکرو، گسیلندهٔ کنترل‌کنندهٔ حجم آب، یکنواختی پخش آب

مقدمه

گسیلنده مهم‌ترین بخش سیستم آبیاری میکرو است و کیفیت آن بیشترین تأثیر را بر افزایش کارایی سیستم مذکور می‌گذارد. مکانیسم کار گسیلنده‌های مختلف ساخته‌شده بر اساس استهلاک انرژی فشاری است و برای نیل به این هدف نمونه‌های متعددی از آن‌ها، نظیر انواع قطره‌چکان‌ها، بابلرها، لوله‌های دریپردار، و ... که هر یک ساختمان و عملکردی خاص دارند ساخته و به بازار عرضه شده است.

سیستم آبیاری میکرو بیشترین یکنواختی را در مقایسه با سایر سیستم‌های آبیاری دارد (Keller and Karmeli, 1974) و به دلیل پتانسیل ایده‌آل در توزیع آب با راندمان بالا راه‌حلی مناسب جهت استفادهٔ بهینه از منابع آب است (Capra and Scicolone, 1998). از دیرباز افزایش یکنواختی در سیستم آبیاری میکرو هدف کاربردی مد نظر پژوهشگران بوده است؛ تا آنجا که وضعیت ایده‌آل تبیین‌شده برای یک سیستم آبیاری میکرو را آب‌دهی یکسان گسیلنده‌ها دانسته‌اند. در سالیان گذشته، پژوهشگران تحقیقات فراوانی برای تعریف شاخص‌ها و پارامترهای مختلف یکنواختی، تبیین و ابلاغ استانداردها، ضوابط مختلف طراحی و مدیریتی، و ساخت انواع گسیلنده‌ها انجام داده‌اند. نتایج تحقیقاتی نشان داد عامل اصلی تغییرات دبی قطره‌چکان نوع قطره‌چکان و مواد استفاده‌شده در ساخت آن است (Capra and Scicolone, 1998).

در تحقیقی عملکرد هیدرولیکی پنج نوع قطره‌چکان روزنه‌ای LPC-2L، LPC-4L، کاتیف، COR-2L، و SO-2 را در پنج فشار کارکرد مختلف (از ۶۹ تا ۱۳۸ کیلو پاسکال) و در شرایط آزمایشگاهی بررسی کردند. در این تحقیق منحنی‌های آب‌دهی- فشار به‌دست‌آمده از آزمایش‌ها برای همهٔ قطره‌چکان‌ها نسبت به منحنی‌های ارائه‌شده از سوی کارخانه‌های سازنده حدود ۱۰٪ ± اختلاف داشت و با توجه به توان آب‌دهی به‌دست‌آمده قطره‌چکان‌های COR-2L و SO-2 غیر جبران‌کنندهٔ فشار، کاتیف و LPC-4L جبران‌کنندهٔ فشار، و LPC-2L تا حدّی جبران‌کنندهٔ فشار طبقه‌بندی شدند. مطالعات نشان داد مقدار ضریب تغییرات ساخت (Cv) در قطره‌چکان‌های جبران‌کنندهٔ فشار تحت تأثیر فشار قرار می‌گیرد (Madramootoo *et al*, 1987). در پژوهشی دیگر، قطره‌چکان‌ها از نظر کیفی طبقه‌بندی و نتایج تحقیق و اطلاعات کاتالوگ‌ها بررسی و مقایسه شد و در نهایت اطلاعات درج‌شده در کاتالوگ‌ها تأیید شد (Kirnak *et al*,

* نویسندهٔ مسئول: j.behmanesh@urmia.ac.ir

Archive of SID

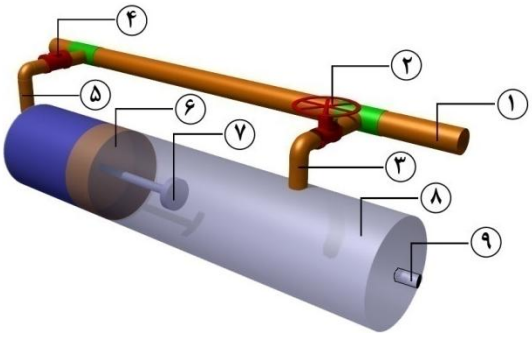
www.SID.ir

2004). اما نتایج ارزیابی قطره‌چکان‌های مختلف ساخت خارج کشور نشان داد طراحی آبیاری قطره‌ای باید بر اساس نتایج واقعی آزمایشگاهی باشد نه بر اساس آنچه در کاتالوگ قطره‌چکان‌ها از طرف شرکت سازنده ارائه می‌شود (Hezarjaribi *et al*, 2008). همچنین پژوهشگران لولهٔ آبیاری قطره‌ای- نواری ساخت داخل کشور را ارزیابی کردند و نشان دادند میزان تغییرات دبی در دامنهٔ مجاز ارائه‌شده از سوی کارخانهٔ سازنده ۲۰ درصد است و دبی قطره‌چکان کارکرده در مقایسه با قطره‌چکان نو در فشار کارکرد مشابه کاهش می‌یابد و با افزایش دبی یا فشار ضریب تغییرات دبی کاهش می‌یابد (Omid *et al*, 2008).

در این پژوهش، با هدفِ یافتن روشی جدید به منظور ارتقای یکنواختی توزیع آب و راندمان آبیاری در سیستم آبیاری میکرو، گسیلندهٔ جدیدی با نام «گسیلندهٔ کنترل‌کنندهٔ حجم آب» طراحی و ساخته شد. سپس عملکرد آن در شرایط واقعی بر مبنای شاخص‌های گوناگون یکنواختی با چهار گسیلندهٔ متداول مقایسه شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش چهار نوع گسیلنده شامل قطره‌چکان کنترل‌کنندهٔ فشار، لولهٔ دریپردار، قطره‌چکان دبی متغیر، و بابلر، که از یک سو در سیستم‌های آبیاری میکرو کاربرد و رواج بیشتری دارند و از سوی دیگر هر یک دارای مکانیسم کارکرد خاصی جهت کنترل جریان آب و ایجاد تعادل در آب‌دهی هستند، همراه گسیلندهٔ کنترل‌کنندهٔ حجم آب انتخاب شدند. سپس عملکرد آن‌ها از نظر یکنواختی پخش در شرایط یکسان ارزیابی و مقایسه شد. توضیح اینکه گسیلندهٔ کنترل‌کنندهٔ حجم آب ابزاری است استوانه‌ای، با قطر سطح مقطع ۳۰ میلی‌متر و طول کلی ۱۲۰ میلی‌متر، و نظیر سایر گسیلنده‌ها در مجاورت درختان بر سطح خاک قرار می‌گیرد. مکانیسم کارکرد گسیلندهٔ مذکور بر مبنای استفاده از دو جریان موازی با یک نسبت ثابت است. این جریان‌ها شامل جریان خروجی گسیلنده برای مصرف درخت و جریان قسمت کنترل برای تنظیم و قطع جریان خروجی است که از طریق یک انشعاب از لاترال به نحوی در دو لولهٔ خروجی و لولهٔ کنترل برقرار می‌شوند که در همهٔ فشارها نسبت دبی جریان کنترل به دبی جریان خروجی ثابت و برابر ۰٫۰۰۰۵ باشد. به منظور ثابت نگه‌داشتن نسبت دبی از یک تنظیم‌کننده در قسمت کنترل، که با بهره‌مندی از مکانیسمی مکانیکی نسبت دبی‌ها را در فشارهای مختلف ثابت نگه می‌دارد، استفاده شد. شکل ۱ نمای کلی این گسیلنده را به تصویر می‌کشد که در آن عددهای ۱ انشعاب از لولهٔ آب‌ده، ۲ شیر قطع و وصل جریان خروجی، ۳ لولهٔ جریان خروجی برای آبیاری، ۴ تنظیم‌کنندهٔ نسبت دبی‌ها، ۵ لولهٔ جریان کنترل، ۶ پیستون، ۷ دستک قطع جریان خروجی، ۸ محفظهٔ کنترل، و ۹ خروجی آب به سمت درخت را نشان می‌دهند.



شکل ۱. نمای کلی گسیلندهٔ کنترل‌کنندهٔ حجم آب

بر مبنای طرح اولیه، چنانچه دبی جریان قسمت کنترل Q_c و دبی خروجی گسیلنده Q_o باشد، رابطهٔ ۱ به‌دست می‌آید:

$$\frac{Qc}{Qo} = 0.0005 \qquad \text{(رابطهٔ ۱)}$$

با استفاده از تعریف دبی، رابطهٔ ۱ را می‌توان به شکل رابطهٔ ۲ نوشت:

$$\frac{Vc/T}{Vo/T} = 0.0005 \qquad \text{(رابطهٔ ۲)}$$

V_c حجم محفظهٔ کنترل، V_o حجم آب خروجی، و T زمان کارکرد گسیلنده است.

با توجه به رابطهٔ ۲ نسبت حجم محفظهٔ کنترل به حجم آب خروجی از گسیلنده برابر ۰٫۰۰۰۵ و حجم محفظهٔ کنترل گسیلنده در طرح ثابت و معادل ۵۰ میلی‌لیتر است. پس، با جای‌گذاری مقدار حجم کنترل در رابطهٔ ۲ حجم خروجی برابر ۱۰۰ لیتر برآورد می‌شود. عملکرد گسیلنده به طور خلاصه بدین صورت است که با برقراری جریان در دو مجرای کنترل و خروجی پیستون موجود در محفظهٔ کنترل با ورود جریان در آن به‌آرامی به سمت خروجی شروع به حرکت می کند و به محض رسیدن مدخل آب به محفظهٔ کنترل مجرای عبور جریان مسدود و جریان خروجی قطع می‌شود. در این حالت دستک انتهایی از حرکت پیستون جلوگیری می کند و جریان قسمت کنترل قطع می شود و عملکرد گسیلنده پایان می‌یابد. بنا بر آنچه گفته شد، وجه تمایز گسیلندهٔ کنترل‌کنندهٔ حجم با سایر گسیلنده‌ها این است که در گسیلندهٔ مذکور، برخلاف دیگر

Archive of SID

www.SID.ir

گسیلنده‌ها، به جای تقابل با فشار مازاد و استهلاک آن از فشار موجود به مثابهٔ نیروی محرکه‌ای جهت کنترل حجم خروجی آب و افزایش یکنواختی استفاده می‌شود.

در بهار سال ۱۳۹۲، جهت انجام‌دادن آزمایش‌ها یک زیرواحد آبیاری میکرو، در زمینی کاملاً مسطح و بدون شیب، به مساحت ۸۰۰ متر مربع، واقع در شهر اصفهان، به طول جغرافیایی ″۵۱ ′۳۵ °۵۱ و عرض جغرافیایی ″۲۶ ′۴۱ °۳۲، احداث شد (شکل ۲). عملکرد گسیلنده‌های انتخاب‌شده با مشخصات ارائه‌شده در جدول ۱ بر اساس استاندارد انجمن مهندسان کشاورزی امریکا (ASAE,2003) بررسی و شاخص‌های یکنواختی در آن‌ها ارزیابی شد. زیرواحد مذکور با استفاده از انشعابی ۲ اینچی به شبکهٔ آب موجود متصل شد (شکل ۳). یک خط لولهٔ پلی‌اتیلن به قطر ۶۳ میلی‌متر و به طول ۲۰ متر، به منزلهٔ مانیفلد، و ده خط لولهٔ پلی‌اتیلن به قطر ۱۶ میلی‌متر و به طول ۴۰ متر، به منزلهٔ لترال، در آن کار گذاشته شد. گسیلنده‌ها بر اساس فواصل ارائه‌شده در جدول ۱ بر لترال‌ها نصب شدند و به منظور جلوگیری از تأثیر تغییرات جریان بر عملکرد گسیلنده‌ها اولین گسیلنده به فاصلهٔ ۳ متر از ابتدای لولهٔ لترال و آخرین گسیلنده به فاصلهٔ ۱ متر از انتهای آن نصب شد. برای محاسبهٔ آب‌دهی گسیلنده‌ها در پنج موقعیتِ ابتدا، یک‌سوم اول، وسط، یک‌سوم انتها، و انتهای لولهٔ لترال چاله‌های مناسبی حفر شد و با قراردادن ظروف اندازه‌گیری آب داخل این چاله‌ها آب خروجی از گسیلنده‌ها به مدت ۵ دقیقه جمع‌آوری شد. در طول آزمون، با نظارت و کنترل مستمر بر کار سیستم، از مهیابودن شرایط آزمایش و ثابت‌بودن فشار اطمینان حاصل می‌شد؛ طوری که تغییرات فشار در آن کمتر از ۲ درصد فشار آزمایش بود. همچنین با نصب یک فشارسنج در انتهای لترال‌ها تغییرات فشار کنترل می‌شد. اما، با توجه به نوع کارکرد گسیلندهٔ کنترل‌کنندهٔ حجم آب، مدت زمان قطع جریان و میزان حجم آب خروجی در آن تا زمان قطع جریان اندازه‌گیری و ثبت شد.

آب استفاده‌شده در آزمایش از یک حلقه چاه، که تأمین‌کنندهٔ آب فضای سبز محل بود، تأمین شد. با وجود کیفیت مطلوب آب، یک فیلتر دیسکی ۲ اینچی نیز در محل کنترل مرکزی نصب شد؛ طوری که بار آلاینده‌های آب از ۲۵ میلی‌گرم در لیتر کمتر شد. همچنین دمای هوای محیط و آب در طول آزمایش‌ها در بازهٔ ۳±۲۳ درجهٔ سلسیوس قرار داشت. بازهٔ فشار کارکرد بابلر را کارخانه ۷-۱٫۵ بار و برای قطره‌چکان کنترل‌کنندهٔ فشار و لولهٔ دریپردار ۴-۰٫۵ بار اعلام کرده بود. بنابراین عملکرد همهٔ گسیلنده‌ها، به جز بابلر، در فشارهای ۰٫۵، ۱، ۱٫۵، ۲، و ۲٫۵ بار و بابلر در فشارهای ۱٫۵، ۲، ۲٫۵، ۳، و ۳٫۵ بار آزمایش شد. به منظور انجام‌دادن آزمون روی هر گسیلنده، ابتدا با استفاده از شیر و لولهٔ کنارگذر فشار به میزان مورد نظر تنظیم می‌شد و جهت خروج هوا از لوله و گسیلنده‌ها و به‌تعادل‌رسیدن سیستم میکرو جمع‌آوری اطلاعات ۱۵ دقیقه پس از شروع کار سیستم آغاز می‌شد.

در شکل ۲ عددهای ۱ گسیلنده، ۲ لترال به قطر ۱۶ میلی‌متر، ۳ مانیفلد به قطر ۶۳ میلی‌متر، و ۴ اتصال به شبکهٔ موجود را نشان می‌دهد.

در شکل ۳ عددهای ۱ لولهٔ اتصال به شبکهٔ موجود، ۲ شیرفلکه و لولهٔ کنارگذر ۱ اینچ، ۳ شیر قطع و وصل ۲ اینچ، ۴ فیلتر دیسکی ۲ اینچ، ۵ فشارسنج، و ۶ لولهٔ اتصال به زیرواحد آبیاری را نشان می‌دهد.

وضعیت تغییرات دبی قطره‌چکان ناشی از تغییر فشار در سیستم آبیاری قطره‌ای با رابطهٔ ۳ پیش‌بینی می‌شود (Keller *et al*, 1974):

$$q = K_d H^x$$ (رابطهٔ ۳)

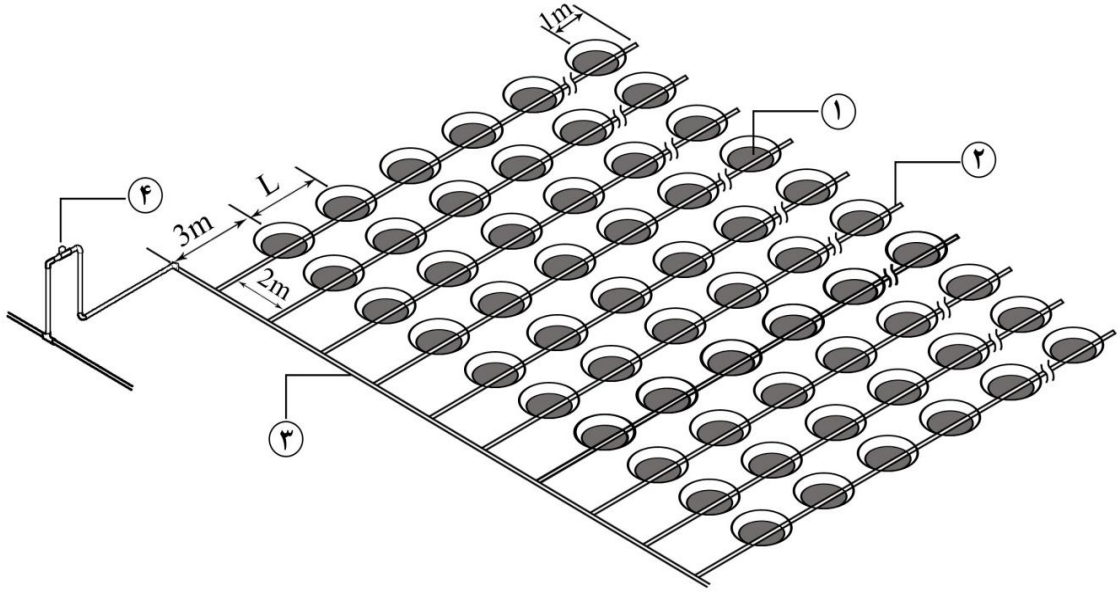
q دبی قطره‌چکان، k_d، ضریب ثابت قطره‌چکان، H بار فشاری قطره‌چکان، و x نمای فشار است.

جدول ۱. مشخصات گسیلنده‌ها و شرایط آزمایش

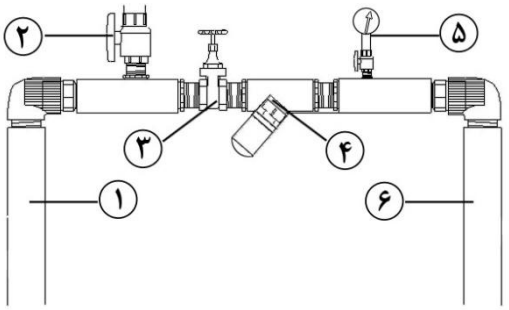
نوع گسیلنده	تولیدکننده	آب‌دهی اسمی (لیتر در ساعت)	فواصل گسیلنده‌ها (متر)	تعداد گسیلنده در هر لترال	تعداد کل گسیلندهٔ آزمایش‌شده
قطره‌چکان کنترل‌کنندهٔ فشار	یورودریپ	۸	۰٫۷	۵۲	۵۲۰
لولهٔ دریپردار	تهران آزود	۴	۰٫۴	۹۰	۹۰۰
قطره‌چکان دبی متغیر	دلتای اصفهان	-	۰٫۷	۵۲	۵۲۰
بابلر	ایران دریپ	۷۵	۴	۱۰	۱۰۰
گسیلندهٔ کنترل‌کنندهٔ حجم آب	نویسندهٔ مقاله	-	۴	۱۰	۱۰۰

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲. نقشهٔ شماتیک سیستم اجراشده و آرایش لوله‌ها



شکل ۳. جزئیات شیرها و اتصالات در محل آب‌گیری از شبکه

در رابطهٔ ۳ برای به‌دست‌آوردن x و H می‌توان در دو فشار h_1 و h_2 مقادیر دبی q_1 و q_2 را اندازه گرفت و با استفاده از رابطهٔ رگرسیون خطی روی لگاریتم دبی و لگاریتم فشار مقادیر آن‌ها را به‌دست آورد:

$$\log(q_1) = x.\log(h_1) + \log(k_d) \quad \text{(رابطهٔ ۴)}$$

$$\log(q_2) = x.\log(h_2) + \log(k_d) \quad \text{(رابطهٔ ۵)}$$

مقدار x با رابطه ۶ قابل محاسبه است. در نهایت می‌توان با جای‌گذاری مقدار x در هر یک از معادلات ۴ یا ۵ مقدار k_d را محاسبه کرد:

$$x = \frac{\log\left(\frac{q_1}{q_2}\right)}{\log\left(\frac{H_1}{H_2}\right)} \quad \text{(رابطهٔ ۶)}$$

x برای جریان آشفتهٔ معادل ۰/۵، برای جریان نیمه‌آشفته در گسیلنده‌های معوج مسیر ۰/۵<x<۰/۷، برای جریان ناپایدار ۰/۷<x<۱، و برای جریان آرام x =۱ است. در گسیلنده با روزنهٔ ثابت جریان کاملاً آشفته است. بنابراین x =۰/۵ است. برای گسیلندهٔ بلند مسیر ۰/۵<x<۱ و برای گسیلندهٔ کنترل‌کننده فشار ۰<x<۰/۵ است (Keller *et al*, 1974).

یکی دیگر از روش‌های بررسی تغییرات دبی مقایسهٔ حداکثر و حداقل دبی در قطره‌چکان است. اختلاف حداکثر و حداقل دبی قطره‌چکان به منزلهٔ تغییرات هیدرولیکی برای طراحی استفاده می‌شود که با رابطهٔ ۷ توصیف می‌شود (Wu and Gitlin, 1974):

$$q_{var} = 100(1-(q_{min}/q_{max}) \quad \text{(رابطهٔ ۷)}$$

q_{var} تغییرات دبی در قطره‌چکان‌ها (درصد)، q_{min} حداقل دبی، و q_{max} حداکثر دبی قطره‌چکان است.

با استفاده از رابطهٔ ۸ ضریب تغییرات ساخت گسیلنده محاسبه می‌شود (National engineering hand book, 1984):

$$C_v = s_d / q_a \quad \text{(رابطهٔ ۸)}$$

$$s_d = \left[\frac{\sum(q_i - q_a)^2}{n-1}\right]^{0.5} \quad \text{(رابطهٔ ۹)}$$

Cv ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان در کارخانه، S_d انحراف از معیار مقادیر دبی اندازه‌گیری‌شدهٔ قطره‌چکان‌ها، q_a متوسط دبی، q_i دبی‌های اندازه‌گیری‌شدهٔ iام، و n تعداد قطره‌چکان‌هاست. معیارهای طبقه‌بندی برای قطره‌چکان‌های خطی با قطره‌چکان‌های نقطه‌ای متفاوت است. در این تحقیق از استاندارد انجمن مهندسان کشاورزی امریکا (ASAE) مطابق جدول ۲ استفاده شد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲. طبقه‌بندی قطره‌چکان‌ها بر اساس استاندارد انجمن مهندسان کشاورزی امریکا (ASAE, 2003)

گروه	قطره‌چکان‌های پاششی و چکه‌ای	لوله‌های قطره‌چکان خطی
عالی	Cv<۰/۰۵	Cv<۰/۱
متوسط	۰/۰۵<Cv<۰/۰۷	۰/۱<Cv<۰/۲
معمولی	۰/۰۷<Cv<۰/۱۱	–
بد	۰/۱۱<Cv<۰/۱۵	۰/۲<Cv<۰/۳
غیر قابل استفاده	Cv>۰/۱۵	Cv>۰/۳

ضریب یکنواختی CU یکی از معیارهای تعریف‌شدهٔ نخستین برای بیان یکنواختی است که کریستیانسن (۱۹۴۲) آن را تعریف کرد. این ضریب با استفاده از اطلاعات منطقه به‌دست می‌آید و به صورت رابطهٔ ۱۰ بیان می‌شود.

$$CU = 100\left[1 - \frac{\frac{1}{n}\sum|q_i - q_a|}{q_a}\right] \quad \text{(رابطهٔ ۱۰)}$$

CU ضریب یکنواختی است. سایر پارامترها نیز قبلاً معرفی شده‌اند.

مقادیر مطلوب پیشنهادشده برای ضریب یکنواختی به شرایط کمّی و کیفی آب و محدودیت محیط زیستی (شرایطی که ممکن است آبیاری باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی شود) بستگی دارد؛ طوری که بازهٔ پیشنهادی برای ضریب یکنواختی در شرایط آب فراوان و بدون محدودیت زیستی ۸۵-۷۵ درصد، در شرایط آب فراوان و با محدودیت زیستی ۹۰-۸۰ درصد، در شرایط آب کم و بدون محدودیت زیستی ۹۰-۸۰ درصد، و در شرایط آب کم و با محدودیت زیستی ۹۵-۸۵ درصد اعلام شده است (Alizadeh, 2009).

رابطهٔ ۱۱ نیز یکنواختی پخش ناشی از تغییرات هیدرولیکی و ساخت گسیلنده‌ها را نشان می‌دهد (Barragan *et al*, 2005):

$$EU_{(h,m)} = \frac{\bar{q}_{lQ(h,m)}}{\bar{q}_{(h,m)}} = \left(1 - \frac{1.27CV}{\sqrt{n}}\right)\left(\frac{q_{\min(h)}}{\bar{q}_{(h)}}\right) \quad \text{(رابطهٔ ۱۱)}$$

$\bar{q}_{lQ(h,m)}$ متوسط چارک پایین دبی گسیلنده‌ها، $\bar{q}_{(h,m)}$ متوسط دبی گسیلنده‌ها ناشی از تغییرات هیدرولیکی و کارخانه‌ای، n تعداد گسیلنده‌ها، $q_{min(h)}$ حداقل دبی قطره‌چکان در طراحی هیدرولیکی، و $\bar{q}_{(h)}$ متوسط دبی قطره‌چکان در طراحی هیدرولیکی است.

جدول ۳ مقادیر پیشنهادی برای یکنواختی پخش در شرایط مختلف را نشان می‌دهد.

جدول ۳. مقادیر پیشنهادی (EU) از سوی انجمن مهندسان کشاورزی امریکا (ASAE, 2003)

نوع قطره‌چکان	وضعیت توپوگرافی	تعداد قطره‌چکان برای هر درخت	EU(%)
نقطه‌ای	یکنواخت	بیش از ۳ قطره‌چکان	۹۰-۹۵
		کمتر از ۳ قطره‌چکان	۸۵-۹۰
	غیر یکنواخت	بیش از ۳ قطره‌چکان	۸۵-۹۰
		کمتر از ۳ قطره‌چکان	۸۰-۹۰
پاششی	یکنواخت	–	۹۰-۹۵
	غیر یکنواخت	–	۸۵-۹۰
خطی	یکنواخت	–	۸۰-۹۰
	غیر یکنواخت	–	۷۰-۸۵

یکنواختی آماری (SU) را نیز می‌توان با رابطهٔ ۱۲ بیان کرد (ASAE, 2003):

$$SU = 100(1 - Cv) \quad \text{(رابطهٔ ۱۲)}$$

یافته‌ها و بحث

بر مبنای تجزیه‌وتحلیل اطلاعات جمع‌آوری‌شده، ضرایب رابطهٔ دبی‌ـ فشار در گسیلنده‌ها مطابق جدول ۴ تعیین شد.

دیگر نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش‌ها در جدول ۵ می‌آید. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، گسیلندهٔ کنترل‌کنندهٔ حجم آب عملکرد مطلوبی دارد و همهٔ پارامترهای یکنواختی آن در همهٔ فشارها مطابق پیشنهادهای استانداردهای مرجع است و از نظر ضریب تغییرات ساخت در ردهٔ عالی قرار می‌گیرد. لولهٔ دریپردار نیز در همهٔ فشارها، به جز در فشار ۲/۵ بار، عملکرد خوبی داشت و از نظر طبقه‌بندی ضریب تغییرات ساخت در ردهٔ عالی قرار گرفت. سایر شاخص‌های ارزیابی‌شده در آن نیز مطابق پیشنهادهای استانداردهای مرجع بود. گسیلندهٔ مذکور از نظر ضریب تغییرات ساخت در فشار ۲/۵ در ردهٔ متوسط قرار گرفت

Archive of SID

www.SID.ir

و طبق استاندارد انجمن مهندسان کشاورزی امریکا (ASAE) مقدار EU در محدودهٔ پیشنهادی قرار نگرفت. همچنین آب‌دهی آن فقط در فشار ۱٫۵ بار با دبی اسمی مطابقت داشت.

جدول ۴. ضرایب رابطهٔ دبی‌ـ فشار برای گسیلنده‌ها

نام گسیلنده	ضریب ثابت قطره‌چکان (k_d)	توان فشار (x)	ضریب رگرسیون (R^2)
قطره‌چکان کنترل‌کنندهٔ فشار	۷٫۱۶	۰٫۲۷	۰٫۹۶۱
لولهٔ دریپردار	۳٫۴۳	۰٫۴۵	۰٫۹۸۳
قطره‌چکان دبی متغیر	۹٫۷۴	۰٫۸۳	۰٫۸۱۶
بابلر	۹۸٫۶۲	۰٫۵۹	۰٫۸۳۷
گسیلندهٔ کنترل‌کنندهٔ حجم آب	۸۷٫۳۲	۰٫۵۱	۰٫۹۹۱

قطره‌چکان‌های کنترل‌کنندهٔ فشار در همهٔ فشارها ضریب یکنواختی مطلوب داشتند. اما برخلاف ادعای کارخانهٔ سازنده، قادر به آب‌دهی یکسان در فشارهای مختلف نبودند و در فشارهای بالاتر از ۱ و ۱٫۵ (فشار کارکرد بهینه) دبی بیشتر و در فشارهای کمتر از آن آب‌دهی کمتر از دبی اسمی داشتند. بر اساس طبقه‌بندی ASAE، ضریب تغییرات ساخت در آن‌ها فقط در فشارهای ۱ و ۱٫۵ بار عالی ارزیابی شد و در سایر فشارها در ردهٔ متوسط یا معمولی قرار گرفت. همچنین یکنواختی پخش در گسیلندهٔ مذکور در کمترین و بیشترین فشارهای آزمایش در محدودهٔ پیشنهادی قرار نگرفت.

بر همین مبنا، بابلر و قطره‌چکان دبی متغیر از لحاظ Cv غیر قابل استفاده تشخیص داده شدند. توضیح اینکه بابلر، در جمیع فشارهای آزمون، دارای دبی بالاتر از دبی اسمی بود و شاخص‌های یکنواختی آن در هیچ‌یک از فشارها با پیشنهادهای استانداردهای مرجع مطابقت نداشت. این وضعیت برای قطره‌چکان دبی متغیر نیز وجود داشت. با این تفاوت که ضریب یکنواختی آن را فقط در فشارهای ۱ و ۲٫۵ بار و برای حالت خاص (آب فراوان و بدون محدودیت زیستی) می‌توان مطلوب قلمداد کرد.

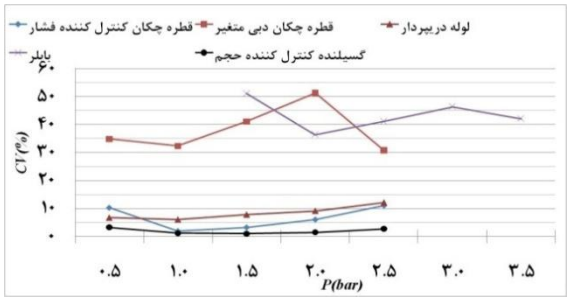
جدول ۵. نتایج ارزیابی شاخص‌های یکنواختی در گسیلنده‌ها

گسیلنده	فشار P(bar)	دبی اسمی q(lit/h)	دبی متوسط q(lit/h)	تغییرات ساخت Cv(%)	یکنواختی آماری SU(%)	تغییرات دبی q_{var}(٪)	ضریب یکنواختی CU (%)	یکنواختی پخش آب EU(%)
قطره‌چکان کنترل‌کنندهٔ فشار	۰٫۵	۸	۵٫۸	۱۰٫۲	۸۹٫۸	۲۹٫۲	۹۲٫۲	۷۸٫۹
	۱	۸	۷٫۶	۱٫۹	۹۸٫۱	۶٫۱	۹۸٫۳	۹۴
	۱٫۵	۸	۷٫۸	۳٫۲	۹۶٫۸	۷٫۴	۹۷٫۲	۹۲٫۵
	۲	۸	۸٫۶	۶	۹۴	۲۱	۹۳٫۳	۹۰
	۲٫۵	۸	۹	۱۱	۸۹	۲۵٫۹۲	۹۰٫۷	۷۶٫۸۲
قطره‌چکان دبی متغیر	۰٫۵	متغیر	۵٫۵	۳۴٫۸	۶۵٫۲	۶۴٫۸	۷۳٫۹	۳۵٫۷
	۱	متغیر	۱۰٫۳	۳۲٫۳	۶۷٫۷	۷۱٫۹	۷۷	۳۴٫۱
	۱٫۵	متغیر	۱۳٫۵	۴۱	۵۹	۷۶٫۹	۶۶٫۳	۲۴٫۶
	۲	متغیر	۱۳٫۵۸	۵۱٫۲۴	۴۸٫۷۶	۸۰٫۸	۶۶٫۳	۴۸٫۴۸
	۲٫۵	متغیر	۲۵٫۴۶	۳۰٫۷۵	۶۹٫۲۵	۵۷٫۰۲	۷۶٫۹۴	۴۴٫۵۲
لولهٔ دریپردار	۰٫۵	۴	۲٫۶	۶٫۸	۹۳٫۲	۲۲٫۵	۹۴٫۷	۸۳٫۴
	۱	۴	۳٫۲۳	۶٫۱	۹۳٫۹	۱۸٫۳	۹۴٫۸	۸۶٫۲
	۱٫۵	۴	۴٫۱	۷٫۹	۹۲٫۱	۲۳٫۹	۹۳	۸۱٫۷
	۲	۴	۴٫۸	۹٫۲	۹۰٫۸	۲۳	۸۸	۸۰
	۲٫۵	۴	۴٫۴۷	۱۲٫۱۵	۸۷٫۸۵	۲۸٫۸۵	۹۱٫۵	۷۵٫۶۱
بابلر	۱٫۵	۷۵	۷۷	۵۱٫۱	۴۸٫۹	۸۷٫۷	۵۹٫۴	۱۸٫۵
	۲	۷۵	۹۳٫۷	۳۶٫۴	۶۳٫۶	۶۰٫۶	۷۱٫۷	۳۸٫۳
	۲٫۵	۷۵	۱۱۳٫۸	۴۱٫۱	۵۸٫۹	۶۳٫۶	۶۶٫۱	۳۰٫۷
	۳	۷۵	۱۱۸٫۸	۴۶٫۴	۵۲	۵۶	۶۲	۲۷٫۵
	۳٫۵	۷۵	۱۲۳	۴۲٫۱۲	۵۷٫۸۸	۷۱٫۴۱	۶۶٫۷۵	۲۷٫۱۷
گسیلندهٔ کنترل‌کننده حجم آب	۰٫۵	متغیر	۶۲٫۲	۳٫۳	۹۶٫۷	۱۲	۹۷٫۶	۹۱
	۱	متغیر	۸۳٫۹	۱٫۲	۹۸٫۸	۵	۹۹	۹۴
	۱٫۵	متغیر	۱۰۸٫۸	۱	۹۹	۳٫۵	۹۹٫۳	۹۶
	۲	متغیر	۱۲۸٫۸	۱٫۴۷	۹۸٫۵۳	۴٫۷	۹۹	۹۲
	۲٫۵	متغیر	۱۳۵٫۷۲	۲٫۸	۹۷٫۲	۱۲٫۳	۹۷٫۸	۹۲

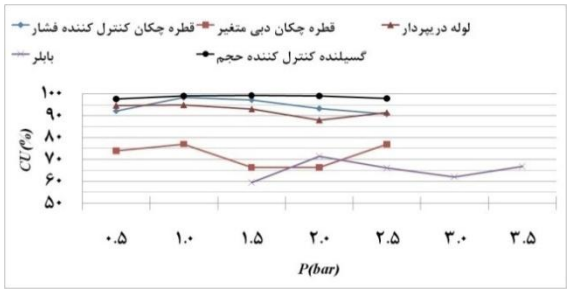
www.SID.ir

با توجه به نتایج، هم‌افزایی دو قابلیت آب‌دهی مناسب و کنترل حجم آب خروجی در گسیلندهٔ کنترل‌کنندهٔ حجم آب موجب ایجاد یکنواختی مطلوب در سیستم‌های میکروی مجهز به آن می‌شود و با وجود تغییرات آب‌دهی ناشی از تغییر فشار در سیستم، که در این گسیلنده دبی متغیر ایجاد می کند، حجم آب خروجی به میزان ثابت و معادل ۱۰۰ لیتر کنترل می‌شود و این امر باعث می‌شود همهٔ پارامترهای یکنواختی در همهٔ فشارها و به‌خصوص در فشارهای ۱، ۱/۵، و ۲ بار (فشار کارکرد بهینه) مطلوب ارزیابی شود. بنابراین، استفاده از گسیلندهٔ مذکور در سیستم آبیاری میکرو این توانایی را به بهره‌بردار می‌دهد که با کمترین هزینهٔ ممکن، ضمن انجام‌دادن عملیات آبیاری، به طور هم‌زمان و بدون نیاز به تجهیزات اضافی روی سیستم کنترل داشته باشد و آثار منفی تغییرات فشار روی یکنواختی پخش آب در این گسیلنده مهار شود و بهره‌وری آب در سیستم افزایش یابد. در سیستم‌های مجهز به گسیلندهٔ مذکور، زمان قطع جریان در نقاطی از سیستم که دارای فشار بالاتری است کوتاه‌تر بود و جریان خروجی زودتر قطع شد. با قطع جریان در نقاط پرفشار، آب موجود در شبکه در گسیلنده‌های با فشارِ کمترْ بیشتر از قبل جریان یافت. این روند تا تخلیهٔ آب به میزان مورد نظر در همهٔ نقاط سیستم تداوم داشت. بنابراین می‌توان امیدوار بود که بدون نگرانی از تغییر یکنواختی در طول لولهٔ آب‌ده، نسبت به حالت معمولی، امکان نصب تعداد بیشتری از این گسیلنده روی آن وجود دارد.

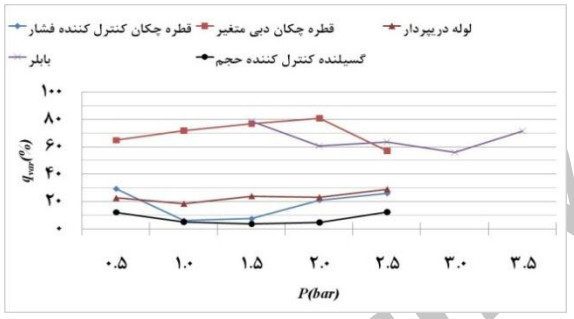
شکل‌های ۴ تا ۷ وضعیت گسیلنده‌ها را بر مبنای شاخص‌های ارزیابی نشان می‌دهد. در شکل ۴ دامنهٔ تغییرات Cv در گسیلندهٔ کنترل‌کنندهٔ حجم آب نسبت به سایر گسیلنده‌ها کمتر و معادل ۲/۳ درصد است. حداکثر مقدار Cv در آن ۳/۳ و حداقل ۱ درصد است. این در حالی است که دامنهٔ تغییرات Cv در قطره‌چکان کنترل‌کنندهٔ فشار ۹/۱، لولهٔ دریپردار ۶/۰۵، بابلر ۱۴/۷، و قطره‌چکان دبی متغیر ۲۰/۴۹ درصد است. در شکل ۵ مقدار کمینهٔ CU در گسیلندهٔ کنترل‌کنندهٔ حجم آب ۹۷/۶ است که در فشار ۰/۵ بار به‌دست می‌آید. اما در سایر فشارها مقدار CU افزایش می‌یابد و در فشار ۱/۵ بار به ۹۹/۳ می‌رسد. نوسان منحنی گسیلندهٔ کنترل‌کنندهٔ حجم آب بسیار کم و دامنهٔ تغییرات آن ۱/۷ درصد است. حال آنکه تغییرات بیشتر CU در منحنی سایر گسیلنده‌ها کاملاً مشهود است. دامنهٔ تغییرات CU در قطره‌چکان کنترل‌کنندهٔ فشار ۷/۶، لوله دریپردار ۶/۸، بابلر ۱۲/۱، و قطره‌چکان دبی متغیر ۱۰/۷ درصد به‌دست آمد.



شکل ۴. وضعیت تغییرات ساخت (Cv) در گسیلنده‌های آزمون‌شده



شکل ۵. وضعیت ضریب یکنواختی (CU) در گسیلنده‌های آزمون‌شده



شکل ۶. وضعیت تغییرات دبی (q_{var}) در گسیلنده‌های آزمون‌شده

شکل ۷. وضعیت یکنواختی پخش (EU) در گسیلنده‌های آزمون‌شده

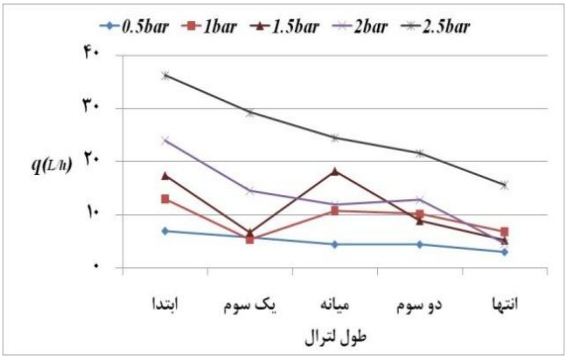
شکل ۶ نیز نشان می‌دهد که گسیلندهٔ کنترل‌کنندهٔ حجم آب نسبت به سایر گسیلنده‌ها عملکرد بهتری دارد. چون منحنی دارای نوسان کمی است و حداکثر مقدار q_{var} ۱۲/۳ به‌دست آمده است. دامنهٔ تغییرات q_{var} در گسیلندهٔ کنترل‌کنندهٔ حجم آب ۸/۸، قطره‌چکان کنترل‌کنندهٔ فشار ۲۳/۱، لولهٔ دریپردار ۱۰/۵۵، بابلر ۲۲/۷، و قطره‌چکان دبی متغیر ۲۳/۷۸ درصد است. در

Archive of SID

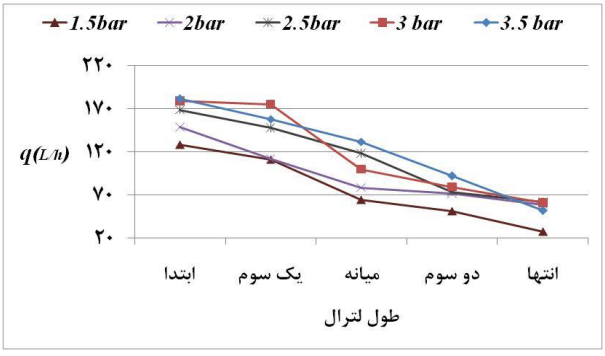
www.SID.ir

شکل ۷ نیز منحنی‌های یکنواختی پخش برای همهٔ گسیلنده‌ها نسبت به فشار قابل مشاهده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود حداقل مقدار EU در گسیلندهٔ کنترل‌کنندهٔ حجم آب ۹۱ درصد به‌دست آمده که بالاتر از حدود پیشنهادی ASAE است. نوسان منحنی گسیلندهٔ کنترل‌کنندهٔ حجم آب بسیار ناچیز است. دامنهٔ تغییرات این فاکتور در گسیلندهٔ کنترل‌کنندهٔ حجم آب ۵، قطره‌چکان کنترل‌کنندهٔ فشار ۱۷/۱۸، لولهٔ دریپردار ۱۰/۵۹، بابلر ۱۹/۸، و قطره‌چکان دبی متغیر ۲۳/۸۸ درصد است. بر اساس منحنی‌های ارائه‌شده در شکل‌های تشریح‌شده، پارامترهای یکنواختی محاسبه‌شده برای گسیلندهٔ کنترل‌کنندهٔ حجم آب در فشارهای ۱، ۱/۵ و ۲ بار بهینه‌اند و در فشارهای کمتر و بیشتر عملکرد گسیلنده افت می‌کند. این شرایط برای سایر گسیلنده‌ها نیز با اندکی تفاوت رخ داده است و این امر نشان می‌دهد هر گسیلنده در فشار کارکرد بهینه بهترین عملکرد را دارد و در سایر فشارها گسیلنده‌ها عملکرد مورد انتظار را ندارند.

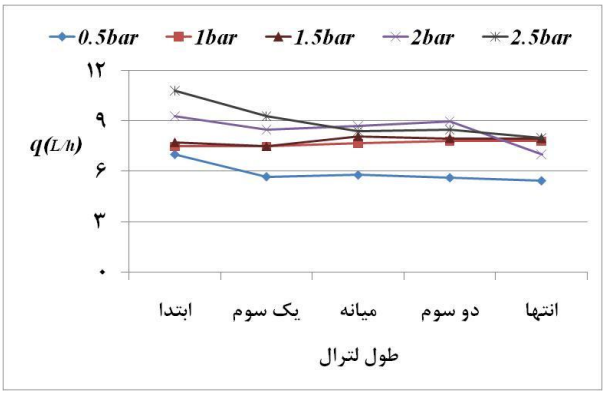
شکل‌های ۸ تا ۱۲ وضعیت آب‌دهی متوسط گسیلنده‌های مختلف را در طول لولهٔ آب‌ده در فشارهای مختلف نشان می‌دهد. با توجه به نمودارهای ارائه‌شده، کمترین میزان نوسان به‌ترتیب مربوط به گسیلندهٔ کنترل‌کنندهٔ حجم آب، لوله‌های دریپردار، و قطره‌چکان تنظیم‌کنندهٔ فشار بود و بابلر و قطره‌چکان دبی متغیر نوسانات زیاد و روند نامشخصی داشتند.



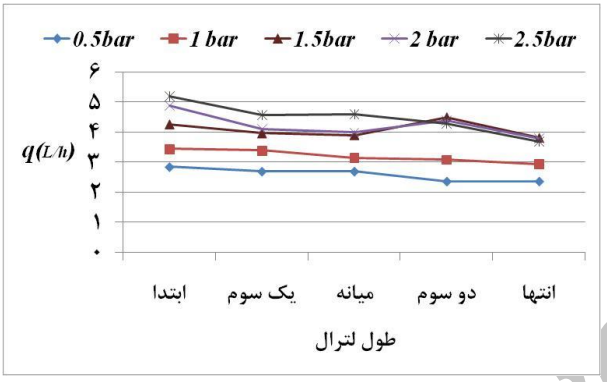
شکل ۸. تغییرات دبی متوسط در طول لترال مربوط به قطره‌چکان دبی متغیر



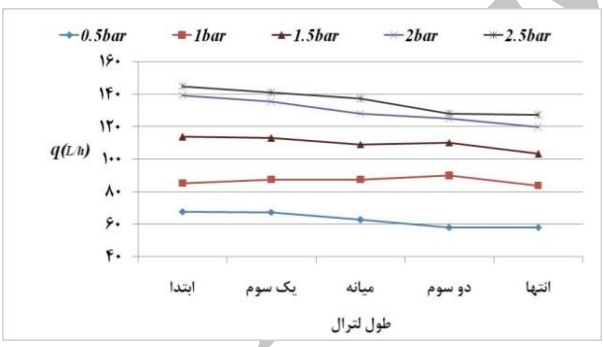
شکل ۹. تغییرات دبی متوسط در طول لترال مربوط به بابلر



شکل ۱۰. تغییرات دبی متوسط در طول لترال مربوط به قطره‌چکان تنظیم‌کنندهٔ فشار



شکل ۱۱. تغییرات دبی متوسط در طول لترال مربوط به لولهٔ دریپردار



شکل ۱۲. تغییرات دبی متوسط در طول لترال مربوط به گسیلندهٔ کنترل‌کنندهٔ حجم آب

نتیجه‌گیری

طبق نتایج به‌دست‌آمده آب‌دهی همهٔ گسیلنده‌های آزمایش‌شده با تغییر فشار دچار تغییر می‌شود و ادعای کارخانجات سازنده مبنی بر آب‌دهی یکسان محصولاتشان در فشارهای مختلف قابل اعتماد نیست. همهٔ گسیلنده‌های آزمایش‌شده در فشارهای خاصی، که به آن فشار کارکرد بهینه می‌گویند، دارای عملکرد مطلوبی بودند و مشاهده شد در فشارهای پایین‌تر و بالاتر از آن عملکرد گسیلنده‌ها افت می‌کند. فشار کارکرد بهینه برای گسیلندهٔ کنترل‌کنندهٔ حجم آب ۱/۵ و ۱ بار، برای لوله‌های

Archive of SID
www.SID.ir

دریپردار ۱ بار، برای قطره‌چکان‌های کنترل‌کنندهٔ فشار ۱/۵ و ۱ بار، برای قطره‌چکان دبی متغیر ۱ بار، و برای بابلر ۲ بار تعیین شد. بین گسیلنده‌های بررسی‌شده گسیلندهٔ کنترل‌کنندهٔ حجم آب عملکردی مطلوب داشت و همهٔ پارامترهای یکنواختی آن در همهٔ فشارها مطابق پیشنهادهای استانداردهای مرجع بود و از نظر ضریب تغییرات ساخت در ردهٔ عالی قرار گرفت. لولهٔ دریپردار نیز در همهٔ فشارها، به جز فشار ۲/۵ بار، عملکرد خوبی داشت و از نظر طبقه‌بندی ضریب تغییرات ساخت در ردهٔ عالی قرار گرفت. سایر شاخص‌های ارزیابی‌شده در آن نیز مطابق پیشنهادهای استانداردهای مرجع بود. قطره‌چکان‌های کنترل‌کنندهٔ فشار در همهٔ فشارها دارای ضریب یکنواختی مطلوب بود و فقط در فشارهای ۱ و ۱/۵ بار ضریب تغییرات ساخت آن عالی ارزیابی شد. سایر شاخص‌های یکنواختی با استانداردهای مرجع تطابق داشت. بر همین مبنا، بابلر و قطره‌چکان دبی متغیر از لحاظ ضریب تغییرات ساخت غیر قابل استفاده تشخیص داده شدند و شاخص‌های یکنواختی در آن‌ها در هیچ‌یک از فشارهای آزمایش با پیشنهادهای استانداردهای مرجع مطابقت نداشت و فقط ضریب یکنواختی در قطره‌چکان دبی متغیر در فشارهای ۱ و ۲/۵ بار و برای حالت خاص (آب فراوان و بدون محدودیت زیستی) را می‌توان مطلوب قلمداد کرد.

REFERENCES

Alizadeh, A. (2009). Trickle irrigation (Principle and practice). second Edition. Published by the Emam Reza University. 494 p. (In Farsi).

ASAE standards. (2003). *Design and installation of micro-irrigation systems* (EP405.1).St. Joseph, Mich. ASAE. 28(2).

Barragan, J., Bralts, V., and Wu, I. P. (2005). Assessment of Emission Uniformity for Micro-irrigation Design. *Biosystems Engineering* 93 (1), 89–97.

Capra, A. and Scicolone, B. (1998). Water quality and distribution uniformity in drip/trickle irrigation systems. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 70, 355-365.

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

Keller, J. and Karmeli, D. (1974). Trickle irrigation design parameters .*Transactions of the ASAE*, 17(4), 678–684.

Kirnak, H., Dogan, E., Demir, S., and Yalcin, S. (2004). Determination of Hydraulic Performance of Trickle Irrigation Emitters used in Irrigation Systems in the Harran Plain. *Turk. J. Agric. For*. 28, 223-230.

Madramootoo, C. A., Khatri, K. C., and Rigby, M. (1987). Hydraulic performance of five different trickle irrigation emitters. *Canadian Agricultural Engineering* , 30, 1- 4.

National engineering hand book, (1984): *Part 623, Section 15 Chapter 7,* Trickle irrigation.

Omid, M. H., Esmaeili Varaki, M., Habibzadeh Gharehbaba, A., and Liaghat, A. M. (2008). Investigation on the hydraulic properties of drip tape irrigation pipes, *Iran. J. Irrig. and Drain.* 2, 1. 127-137. (In Farsi).

Wu, I. P. and Gitlin, H. M. (1974). Hydraulic and uniformity of drip irrigation. *J. of Irrigation and Drainage Division*, ASCE, Vol. 99 , No . IR2.

Archive of SID

www.SID.ir