



دانشگاه گوارش و مهندسی آب

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و سوم، شماره اول، ۱۳۹۵

<http://jwsc.gau.ac.ir>

بررسی رابطه دبی - فشار و دبی - دما در لوله‌های قطره‌چکان دار خودتنظیم و غیر خودتنظیم رایج در کشور

سارا عبدی^۱ و *عیسی معروف‌پور^۲

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه کردستان،

^۲ دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه کردستان

تاریخ دریافت: ۹۳/۱/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۷

چکیده

سابقه و هدف: دبی قطره‌چکان‌ها تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند فشار، ضریب تغییرات ساخت، گرفتگی و دمای آب آبیاری تغییر می‌کند. لوله‌های قطره‌چکان‌دار با توجه به مشخصات فنی و هیدرولیکی که دارند، استفاده از آن‌ها در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای رو به گسترش بوده بنابراین بررسی رابطه دبی - فشار و دبی - دما در این لوله‌ها به منظور بهبود راندمان سامانه‌های آبیاری قطره‌ای لازم و ضروری می‌باشد. معروف‌پور و پروینی با بررسی رابطه دبی - فشار، دبی - دما دریافتند که در تمامی قطره‌چکان‌ها و دماهای آزمایش شده توان معادله دبی - فشار کم‌تر از $0/2$ بود و همگی از نوع قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار بودند. اثر دما روی دبی 3 قطره‌چکان در سطح اطمینان 95 درصد معنی‌دار و در سایر قطره‌چکان‌ها غیرمعنی‌دار بود.

مواد و روش‌ها: به منظور بررسی اثر دما و فشار بر میزان دبی لوله‌های قطره‌چکان‌دار رایج در کشور، 8 مدل لوله قطره‌چکان‌دار، 6 مدل از نوع غیرتنظیم‌کننده فشار و 2 مدل از نوع تنظیم‌کننده فشار بر مدل فیزیکی آبیاری قطره‌ای موجود در آزمایشگاه آب دانشگاه کردستان، مورد آزمون قرار گرفت. برای انجام هر آزمایش، طبق استاندارد در هر مدل از بین برش‌های لوله‌های قطره‌چکان‌دار، 25 برش به‌طور تصادفی انتخاب شد. هر برش شامل 5 واحد قطره‌چکان‌دار بود. طول برش‌ها متناسب با فاصله واحدهای قطره‌چکان‌دار، از همدیگر متفاوت و در محدوده 2 تا 5 متر بود. آزمایش‌ها در 4 دمای مختلف آب شامل 13 ، 23 ، 33 و 43 درجه سانتی‌گراد با فشارهای متفاوت در محدوده صفر تا $1/2$ برابر فشار حداکثر، بر قطره‌چکان‌ها بررسی شد. از ترموستات و المنت جهت تامین آب با درجه حرارت‌های 13 ، 23 ، 33 و 43 درجه سانتی‌گراد استفاده شد. جهت تامین آب با درجه حرارت 13 درجه سانتی‌گراد از قالب‌های یخ استفاده گردید. به‌طورکلی در هر دما، دبی لوله‌های قطره‌چکان‌دار خودتنظیم در 10 فشار و لوله‌های قطره‌چکان‌دار غیر خودتنظیم در 7 فشار اندازه‌گیری شد. تجزیه داده‌ها در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد.

یافته‌ها: براساس نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌های دبی - فشار، در تمامی دماها، در دو لوله قطره‌چکان‌دار C_1 و C_4 توان معادله دبی - فشار کم‌تر از $0/2$ بود، بنابراین به‌عنوان تنظیم‌کننده فشار قابل قبول بوده و دارای درجه انعطاف‌پذیری

* مسئول مکاتبه: isamarofpoor@yahoo.com

خوب بودند. همچنین در مابقی لوله‌های قطره‌چکان‌دار توان معادله بین $0/2$ و 1 متغیر بوده و به‌عنوان غیرتنظیم‌کننده فشار و از لحاظ انعطاف‌پذیری، در درجه انعطاف‌پذیری زیاد قرار داشتند. همچنین بر اساس نتایج به‌دست آمده از آزمایشات دبی-دما، در تمامی لوله‌های قطره‌چکان‌دار غیرخودتنظیم، اثر دما در سطح اطمینان ۹۵ درصد بر دبی معنی‌دار و با افزایش دما، دبی افزایش یافته بود. در لوله‌های قطره‌چکان‌دار خودتنظیم با افزایش دما از ۱۳ درجه سانتی‌گراد به ۲۳ درجه سانتی‌گراد، میزان دبی افزایش یافته و این میزان افزایش دبی در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بوده است، اما از دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد تا دمای ۳۳ درجه سانتی‌گراد اختلاف معنی‌داری بین دبی‌ها وجود نداشت.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که رابطه دبی-فشار لوله‌های قطره‌چکان‌دار خارجی و داخلی رایج در بازار ایران قابل‌قبول و در سطح مطلوب می‌باشد. همچنین پیشنهاد می‌شود، در طراحی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای که از لوله‌های قطره‌چکان‌دار استفاده می‌شود، از میزان تأثیر دما بر دبی واحدهای قطره‌چکان‌دار مطمئن شد و ضرایب اصلاحی لازم در میزان دبی اسمی قطره‌چکان‌ها اعمال شود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای، تنظیم‌کننده فشار، درجه حرارت، گسیلنده، نوار آبیاری قطره‌ای

مقدمه

جنبه‌های مختلف روی دبی قطره‌چکان اثر می‌گذارد. از جمله این‌که مواد تشکیل‌دهنده، شکل هندسی و مجرای عبور جریان در قطره‌چکان می‌تواند در اثر تغییرات دما تغییر کرده و روی دبی اثرگذار باشند، اما اثر دیگر دما روی دبی قطره‌چکان، به‌دلیل اثر آن بر لزوجت آب است. به‌طوری‌که با افزایش دما، لزوجت سینماتیک کاهش یافته، در نتیجه دبی قطره‌چکان افزایش می‌یابد (۲). تغییرات دبی نسبت به لزوجت آب بستگی به وضعیت کنترل دبی در قطره‌چکان دارد. قطره‌چکان‌های با رژیم جریان آرام نسبت به لزوجت آب حساسیت بیشتری دارند و در نتیجه، تغییرات دمای آب آبیاری در تغییرات دبی آن‌ها نقش مؤثرتری دارد (۵). معروف‌پور و پروینی (۲۰۱۲) در پژوهش خود رابطه دبی-فشار، دبی-دما و اثرات دماهای مختلف روی قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار رایج در کشور را مورد بررسی قرار دادند. در تمامی قطره‌چکان‌ها و دماهای آزمایش شده توان معادله دبی-فشار کم‌تر از $0/2$ بود و همگی از نوع قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار بودند. اثر دما روی دبی ۳ قطره‌چکان در سطح

آبیاری قطره‌ای عبارت است از پخش آهسته آب بر سطح یا زیر خاک به‌صورت قطرات مجزا، پیوسته، جریان باریک یاریزافشانه از طریق قطره‌چکان‌هایی که در طول خط انتقال آب قرار دارند (۳). در آبیاری قطره‌ای هرچه دبی خروجی قطره‌چکان‌ها یکنواخت‌تر باشد، بازده سیستم بالاتر خواهد بود. فشار، ویژگی‌های فیزیکی قطره‌چکان‌ها و گرفتگی از عوامل مهمی هستند که بر یکنواختی توزیع دبی در قطره‌چکان‌ها تأثیر می‌گذارند. علاوه بر این شیوه مدیریت سیستم نیز عامل مهمی است که باید مورد ارزیابی قرار گیرد. مدیریت سیستم با تنظیم ساعات آبیاری، دور آبیاری، کنترل فشارها، نظارت کلی بر عملکرد سیستم و کاربرد صحیح کود و دیگر مواد شیمیایی نقش مهمی در بازده کاربرد و عملکرد اقتصادی سیستم دارد. به همین دلیل وضعیت کارکرد سیستم باید مورد ارزیابی قرار گیرد (۶). مطالعات اندکی عملکرد هیدرولیکی قطره‌چکان‌ها با تغییرات دمایی آب را مورد بررسی قرار داده‌اند و یا گزارش نشده‌اند. دمای آب آبیاری از

قطره‌چکان و آزمون تنش کششی روی نوارهای آبیاری قطره‌ای انجام گرفت. همه آزمایش‌ها بر طبق استاندارد ASAE S553 بر روی نوارها انجام شد. در محصول RD-08 در فشارهای ۵۵ تا ۶۹ کیلوپاسکال با افزایش درجه حرارت از ۲۱ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد، میزان دبی به ترتیب ۱۸ تا ۴۴ درصد افزایش یافت. در فشار ۸۳ کیلوپاسکال دبی به میزان ۹۷ درصد در همان افزایش دما، افزایش پیدا کرد. در محصول RD-15 در شرایط ذکر شده، دبی نزدیک به ۱۰ تا ۱۲ درصد افزایش پیدا کرد. اثر دما روی میزان دبی در محصول TT کاملاً متفاوت از RD بود. در فشار ۵۵ کیلوپاسکال با افزایش دما میزان دبی کم‌تر از ۵ درصد افزایش یافت به طوری که در فشار ۸۳ کیلوپاسکال با افزایش دما، دبی به میزان ۷ درصد کاهش پیدا کرد. رابطه بین دبی و دما در محصول RD-08 از نوع درجه دوم و در سایر محصولات مورد مطالعه از نوع خطی بود (۳). علی‌حوری (۱۹۹۹) گزارش کرد که دمای آب اثر محسوسی بر میزان دبی قطره‌چکان‌های مورد مطالعه نداشته است (۵).

لوله‌های قطره‌چکان‌دار با توجه به مشخصات فنی و هیدرولیکی که دارند، استفاده از آن‌ها در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای رو به گسترش و مورد استقبال کشاورزان قرار گرفته است. بررسی رابطه دبی- فشار و دبی- دما در این لوله‌ها به منظور بهبود راندمان سامانه‌های آبیاری قطره‌ای لازم و ضروری می‌باشد. متأسفانه تاکنون پژوهش‌های کمی بر روی این لوله‌ها انجام شده و یا گزارش نشده است. بنابراین در این پژوهش اثر تغییرات فشار و دما بر میزان تغییرات دبی لوله‌های قطره‌چکان‌دار خودتنظیم و غیرخودتنظیم رایج در بازار کشور مورد بررسی قرار می‌گیرد.

اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار و در سایر قطره‌چکان‌ها غیرمعنی‌دار بود (۱۰). هزارجریبی و همکاران (۲۰۰۸) با ارزیابی قطره‌چکان‌های مختلف ساخت خارج کشور نشان دادند که طراحی آبیاری قطره‌ای باید بر اساس نتایج واقعی آزمایشگاهی باشد نه براساس آنچه که در کاتالوگ قطره‌چکان‌ها از طرف شرکت سازنده ارائه می‌گردد. همچنین آنان گزارش کردند که از بین ۶ قطره‌چکان مورد مطالعه، ۵ قطره‌چکان آب را در دامنه فشار کارکرد ۵۰-۲۰۰ کیلوپاسکال به صورت یکنواخت توزیع نمودند (۶). بررسی امید و همکاران (۲۰۰۸) بر روی لوله آبیاری قطره‌ای- نواری ساخت داخل کشور نشان داد که میزان تغییرات دبی در دامنه مجاز فشار ارائه شده توسط کارخانه سازنده، ۲۰٪ بوده و دبی قطره‌چکان کارکرده در مقایسه با قطره‌چکان نو در فشار کارکرد مشابه کاهش می‌یابد. همچنین آن‌ها ضمن برآورد رابطه دبی- فشار نشان دادند که با افزایش دبی یا فشار، ضریب تغییرات دبی کاهش می‌یابد (۱۲). نصراللهی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند، با افزایش دمای آب آبیاری دبی قطره‌چکان‌های غیرتنظیم‌کننده فشار افزایش یافته بود. در تنظیم‌کننده‌های فشار، افزایش دما در سه مورد اثر معنی‌دار روی دبی قطره‌چکان‌ها نداشت، در دو نوع باعث کاهش دبی و در یک مورد باعث افزایش دبی شد. همچنین دما اثر معنی‌دار روی ضریب تغییرات ساخت و یکنواختی پخش آب ندارد (۱۱).

کلارک و همکاران (۲۰۰۵) مطالعاتی در خصوص میزان حساسیت دبی نوارهای آبیاری قطره‌ای به ضخامت آن‌ها در دماهای مختلف انجام دادند. دو محصول نوار آبیاری قطره‌ای RD و TT هر یک با دو ضخامت دیواره، مورد بررسی قرار گرفتند. محصولات RD با ضخامت‌های ۰/۲ و ۰/۳۸ میلی‌متر و محصولات TT با ضخامت‌های ۰/۲۵ و ۰/۳۸ میلی‌متر بودند. آزمون فشار، آزمون میزان دبی

مواد و روش‌ها

این پژوهش در آزمایشگاه تحقیقاتی آب دانشگاه کردستان انجام شد. در این پژوهش از ۸ نوع لوله قطره‌چکان‌دار خودتنظیم و غیرخودتنظیم استفاده گردید که ۶ نمونه آن غیرخودتنظیم و ۲ نمونه

خودتنظیم بود. برخی مشخصات فنی لوله‌های قطره‌چکان‌دار مورد آزمایش در جدول ۱ ارائه شد. به‌منظور عدم ذکر نام تجاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار مورد آزمایش، نمونه‌ها کدگذاری شدند.

جدول ۱- برخی مشخصات لوله‌های قطره‌چکان‌دار مورد آزمایش.

Table 1. Some characteristics tested emitting pipes.

کد لوله قطره‌چکان‌دار Emitting pipe code	دبی اسمی (لیتر در ساعت) Nominal discharge (lit/h)	فشار اسمی (متر) Nominal pressure (m)	فاصله خروجی‌ها (سانتی‌متر) Outputs distance (cm)	کشور سازنده Manufacturing Country
A	4	10	100	کانادا Canada
B ₁	2	10	40	ایران Iran
B ₂	4	10	15	ایران Iran
B ₃	4	10	50	ایران Iran
C ₁	4	5-40	75	ایتالیا Italy
C ₂	2	10	100	ایتالیا Italy
C ₃	4	10	40	ایتالیا Italy
C ₄	4	5-40	100	ایتالیا Italy

متر و قطر ۵۰ میلی‌متر متصل شدند (شکل ۱). لوله نیمه اصلی به یک مخزن مجهز به پمپ متصل بود. دماهای مورد آزمایش شامل ۱۳، ۲۳، ۳۳ و ۴۳ درجه سانتی‌گراد بودند. از ترموستات و المنت جهت تامین آب با درجه حرارت‌های ۲۳، ۳۳ و ۴۳ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. دمای آب منبع با دماسنج الکلی و دماسنج ترموستات دیجیتال اندازه‌گیری و بسته به مراحل آزمایش تنظیم می‌شد. جهت تامین آب با درجه حرارت ۱۳ درجه سانتی‌گراد از قالب‌های یخ استفاده شد.

تمامی آزمایش‌ها براساس استاندارد ISO9261 و استاندارد IRISI6775 موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران انجام شد (۱۳، ۸). برای انجام هر آزمایش، طبق استاندارد در هر نوع از بین برش‌های لوله‌های قطره‌چکان‌دار، ۲۵ برش به‌طور تصادفی انتخاب شد. هر برش شامل ۵ واحد قطره‌چکان‌دار بود. طول برش‌ها متناسب با فاصله واحدهای قطره‌چکان‌دار، از همدیگر متفاوت و در محدوده ۲ تا ۵ متر بود. هر کدام از این برش‌ها به‌وسیله رابط به انشعابات گرفته‌شده از یک لوله نیمه اصلی به طول ۶

رسیدن به فشار آزمون، اندازه‌گیری شود. بار دیگر آزمون قطره‌چکان‌ها با کاهش فشار از ۱/۲ برابر حداکثر فشار کاری تا صفر، در همان مقادیر فشاری که در قسمت افزایش فشار مورد استفاده قرار گرفت، ادامه یافت. در قسمت دوم، سوم و چهارم آب با استفاده از ترموستات دیجیتال المنت‌دار در دماهای ۲۳، ۳۳ و ۴۳ درجه سانتی‌گراد تثبیت و تمام آزمایش‌ها مانند قسمت اول، انجام شد به‌طورکلی در هر دما، دبی لوله‌های قطره‌چکان‌دار خود تنظیم در ۱۰ فشار و لوله‌های قطره‌چکان‌دار غیرخودتنظیم در ۷ فشار اندازه‌گیری شد. بسته به نوع لوله‌های قطره‌چکان‌دار، تعداد فشارها و اعداد آن‌ها متفاوت بود. در جدول ۲ فشارهای مورد آزمایش در رابطه با انواع لوله‌های قطره‌چکان‌دار ارائه شده است.

برای انجام آزمایش‌ها، ابتدا نمونه‌ها به مدت ۱ تا ۲ ساعت در دامنه مجاز فشار کاری کارخانه قرار می‌گرفتند تا قطره‌چکان‌ها تحت فشارهای گوناگون قرار گرفته و تغییرات فشار تأثیر خود را روی ساختار قطره‌چکان‌ها بگذارد. با توجه به این‌که تأثیر ۴ دمای ۱۳، ۲۳، ۳۳ و ۴۳ درجه سانتی‌گراد در فشارهای مختلف، روی میزان جریان بررسی می‌شود، بنابراین مجموعه آزمایش‌ها شامل ۴ قسمت می‌شد. در قسمت اول آب با استفاده از قالب‌های یخ به ۱۳ درجه سانتی‌گراد رسید و لوله‌های قطره‌چکان‌دار طبق استاندارد در گام‌هایی که بزرگ‌تر از ۵۰ کیلوپاسکال (۵ متر) نباشد، از فشار صفر تا ۱/۲ برابر حداکثر فشار کاری آزمایش شد. به‌طوری‌که حداقل چهار مقدار از میزان جریان در چهار فشار مختلف به دست آمد. میزان جریان‌ها باید حداقل به مدت ۵ دقیقه بعد از



شکل ۱- نمای کلی از مدل فیزیکی آبیاری قطره‌ای.

Figure 1. An overview of physical model trickle irrigation.

جدول ۲- فشارهای مورد آزمایش در لوله‌های قطره‌چکان‌دار غیر خودتنظیم و خودتنظیم.

Table 2. A Tested Pressures in the non-compensating and compensating emitting pipes.

فشارهای مورد آزمایش (متر)										نوع لوله‌قطره‌چکان‌دار
Tested pressures (m)										Emitting pipe Type
-	-	-	12	10	9	6	5	3	0	غیر خودتنظیم* non-compensating
42	40	35	30	25	20	15	10	5	0	خود تنظیم** compensating
										C3, C2, B3, B2, B1, A *
										C4, C1 **

دماهای ۱۳، ۲۳، ۳۳ و ۴۳ درجه سانتی‌گراد بر لوله‌های قطره‌چکان‌دار، با توجه به مقادیر دبی به‌دست آمده در آزمایش‌ها، ضرایب m و b در رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$q_e = m.T + b \quad (۴)$$

$$q_e = \frac{q_T}{q_{23}} \times 100 = m.T + b \quad (۵)$$

که در آن، q_e دبی نرمال شده در دمای T درجه سانتی‌گراد بر حسب درصد مقدار دبی در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد، q_T دبی لوله‌های قطره‌چکان‌دار در دمای T درجه سانتی‌گراد، q_{23} دبی لوله‌های قطره‌چکان‌دار در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد، T دمای آب (سانتی‌گراد)، m و b ضرایب ثابت هستند که از رگرسیون خطی بین T و $\frac{q_T}{q_{23}}$ به‌دست می‌آیند (۱).

در طی انجام آزمایش‌ها لازم است دمای آب آبیاری مرتباً کنترل شده و نبایستی تغییرات آن بیش‌تر از ± 1 درجه سانتی‌گراد باشد.

برای بررسی اثر دما روی دبی لوله‌های قطره‌چکان‌دار در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی، اثر چهار دمای ۱۳، ۲۳، ۳۳ و ۴۳ درجه سانتی‌گراد بررسی شدند. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS در مورد هر نوع قطره‌چکان برای تأیید یا رد فرض صفر انجام شد.

سپس با توجه به مقادیر دبی به‌دست آمده، در فشارهای مختلف و دماهای متفاوت، رابطه دبی-فشار در هر نوع از قطره‌چکان‌ها، با استفاده از رابطه ۱ نشان داده شد.

$$q = kh^x \quad (۱)$$

در این پژوهش، بر اساس استاندارد، برای به‌دست آوردن توان x و ضریب k در هر نوع لوله قطره‌چکان‌دار از رابطه‌های زیر استفاده شد (۱۳):

$$x = \frac{\sum (\log h_i)(\log q_i) - \frac{1}{n}(\sum \log h_i)(\sum \log q_i)}{\sum (\log h_i)^2 - \frac{1}{n}(\sum \log h_i)^2} \quad (۲)$$

$$k = \exp \left[\left(\frac{\sum \ln q_i}{n} \right) - \frac{x(\sum \ln h_i)}{n} \right] \quad (۳)$$

که در آن‌ها، q_i میزان جریان میانگین، بر حسب لیتر در ساعت و h_i فشار ورودی، بر حسب کیلوپاسکال می‌باشد.

توان x ، میزان حساسیت قطره‌چکان نسبت به فشار را نشان می‌دهد. مقدار x باید در قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار از ۰/۲ کم‌تر باشد (۱۳) و هر چقدر x کم‌تر باشد، تغییرات دبی نسبت به فشارهای مختلف ناچیز شده و تأثیر به‌سزایی روی بهبود راندمان سیستم آبیاری قطره‌ای خواهد داشت. در مورد قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار و غیرتنظیم‌کننده، درجه‌بندی به لحاظ انعطاف‌پذیری آن‌ها با استفاده از جدول‌های ۳ و ۴ صورت می‌گیرد. جهت بررسی تأثیر

جدول ۳- انعطاف‌پذیری قطره‌چکان‌ها در مقابل فشار در لوله‌های قطره‌چکان‌دار تنظیم‌کننده فشار (۱۴).

Table 3. The flexibility of emitters in the against pressure in the compensating emitting pipes (14).

مقدار x Amounts x	0-0.05	0.05-0.1	0.1-0.15	0.15-0.2	بیش‌تر از ۰/۲ More than 0.2
درجه‌بندی Grading	خیلی خوب Very good	خوب Good	متوسط Average	نامناسب Unsuitable	غیرقابل قبول Unacceptable

جدول ۴- انعطاف پذیری قطره چکان‌ها در مقابل فشار در لوله‌های قطره چکان‌دار غیر تنظیم کننده فشار (۱۴).

Table 4. The flexibility of emitters in the against pressure in the non- compensating emitting pipes (14).

مقدار x Amounts x	0.2-0.5	0.5-0.6	0.6-0.8	بیش تر از ۰/۸ More than 0.8
درجه بندی Grading	خیلی انعطاف پذیر very flexible	انعطاف پذیر flexible	انعطاف پذیر کم Low flexible	انعطاف پذیر خیلی کم Very low flexible

بسیار مطلوب است. خوشبختانه این لوله‌ها در سایر دماهای مورد آزمایش نیز غالباً از همین درجه انعطاف پذیری برخوردار هستند. میزان فشار در نقاط مختلف واحد آبیاری سیستم آبیاری قطره‌ای غالباً متفاوت و این اختلاف فشار، با توجه به شرایط طرح از لحاظ توپوگرافی، شکل مزرعه و غیره، ممکن است قابل توجه باشد که در نهایت سبب عدم یکنواختی پخش آب در سطح مزرعه می‌گردد. در چنین شرایطی حساسیت کم واحدهای قطره چکان‌دار به تغییرات فشار، از شدت این عدم یکنواختی توزیع آب در سطح مزرعه می‌کاهد و بهبود راندمان‌های آبیاری را به دنبال دارد. درجه انعطاف پذیری لوله‌های قطره چکان‌دار خودتنظیم نیز در دمای استاندارد و سایر دماها، خوب و خیلی خوب بوده که مطلوب و رضایت بخش است. در تمامی لوله‌های قطره چکان‌دار، با تغییرات دما، درجه انعطاف پذیری قطره چکان تغییر می‌کند اما روند منظمی ندارد که یکی از دلایل آن عکس‌العمل غیریکنواخت و متفاوت مواد تشکیل دهنده قطره چکان و تغییرات ساختمان هندسی آن به تغییرات دما می‌باشد.

به طور کلی درجه انعطاف پذیری تمامی لوله‌های قطره چکان‌دار از وضعیت مطلوبی برخوردار است. معروف پور و پروینی (۲۰۱۲) گزارش کردند که در بررسی اثر دماهای ۱۳، ۲۳، ۳۳ و ۴۳ درجه سانتی‌گراد بر قطره چکان‌های تنظیم شونده فشار، هیچ قطره چکانی در معادله دبی- فشار توان بیش تر از ۰/۲ نداشت و همگی از خاصیت تنظیم شونده‌گی فشار برخوردار

سپس در صورت معنی دار شدن اثر دما بر دبی لوله‌های قطره چکان‌دار با توجه به جدول تجزیه واریانس مربوط به آن‌ها، میانگین دبی‌ها در دماهای مختلف با آزمون LSD در سطح اطمینان $\alpha=0.05$ مقایسه شدند.

نتایج و بحث

بعد از این‌که دبی لوله‌های قطره چکان‌دار در دماهای متفاوت و با فشارهای مختلف اندازه‌گیری شد، مطابق با استاندارد، رابطه دبی- فشار برای هر یک از لوله‌های قطره چکان‌دار به دست آمد (جدول ۵). از نظر طراحی هرچه نمای h در معادله دبی قطره چکان (x)، کم باشد قطره چکان از نظر کاربری در اولویت بوده و درجه انعطاف پذیری آن نسبت به تغییرات فشار بالاتر خواهد بود. همان‌گونه که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، از بین ۸ لوله قطره چکان‌دار مورد آزمایش، همان‌طور که انتظار می‌رفت ۶ لوله غیرتنظیم کننده و ۲ لوله از نوع تنظیم کننده فشار است. براساس استانداردهای مورد استفاده در این پژوهش، ارزیابی لوله‌های قطره چکان‌دار بایستی در دمای 23 ± 1 درجه سانتی‌گراد انجام شود اما از لحاظ شرایط کاری، با توجه به موقعیت جغرافیایی محل مورد استفاده، لوله‌های قطره چکان‌دار ممکن است در یک دامنه وسیعی از دما قرار گیرند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که لوله‌های قطره چکان‌دار غیرخودتنظیم در دامنه فشار کاری مجاز و دمای استاندارد از رتبه (خیلی انعطاف پذیر) برخوردارند که بالاترین رتبه و

عمقی و افزایش راندمان کاربرد آب در سطح مزرعه خواهد شد. در لوله‌های قطره‌چکان‌دار C_1 و C_4 نیز ملاحظه می‌شود که با افزایش دما از ۱۳ درجه سانتی‌گراد به ۲۳ درجه سانتی‌گراد، میزان دبی افزایش یافته و این میزان افزایش دبی معنی‌دار بوده است، اما از دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد تا دمای ۴۳ درجه سانتی‌گراد اختلاف معنی‌داری بین دبی‌ها مشاهده نشد. معروف‌پور و پروینی (۲۰۱۲) در پژوهش خود نشان دادند که از بین ۹ قطره‌چکان خود تنظیم مورد مطالعه، اثر دما بر روی دبی ۳ قطره‌چکان در سطح اطمینان ۹۵٪ معنی‌دار بوده و بر روی ۶ قطره‌چکان باقی‌مانده اثر دما معنی‌دار نیست (۱۰).

رابطه دبی- درجه حرارت در انواع لوله‌های قطره‌چکان‌دار مورد آزمایش: به‌منظور بررسی میزان تغییرات دبی لوله‌های قطره‌چکان‌دار، رابطه خطی بین درصد دبی نرمال شده لوله‌های قطره‌چکان‌دار و دما به فرم رابطه ۴ برازش داده شد. ضرایب معادلات به‌دست آمده برای لوله‌های قطره‌چکان‌دار در جدول ۷ ارائه شده است. میزان شیب معادله بیانگر میزان حساسیت دبی قطره‌چکان به تغییرات دما می‌باشد. که با توجه به این نتایج مشاهده می‌گردد که B_1 بیش‌ترین حساسیت و C_4 کم‌ترین حساسیت را در برابر دما دارا هستند. مصطفی‌زاده و کهنوجی (۲۰۰۲) نیز در پژوهش‌های خود نشان دادند که با افزایش دما، دبی در قطره‌چکان‌های طولانی مسیر، افزایش و در مورد قطره‌چکان تنظیم‌کننده فشار، کاهش می‌یابد. مقادیر m و b گزارش شده برای قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار بیانگر افزایش دبی قطره‌چکان‌ها با افزایش دما می‌باشد (۲).

بودند (۱۰). گوازی (۲۰۱۳) در پژوهش خود نشان داد همان‌طور که انتظار می‌رفت تمامی نوارهای آبیاری مورد مطالعه از نوع غیرتنظیم‌کننده فشار بودند (۴). هزارجریبی و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهش خود که روی ۳ قطره‌چکان انجام شده بود گزارش کردند که ۲ نمونه از قطره‌چکان‌ها غیرتنظیم‌کننده فشار و قطره‌چکان باقی‌مانده از نوع تنظیم‌کننده فشار بود (۶). **بررسی اثر دما بر دبی لوله‌های قطره‌چکان‌دار:** اثر دمای آب آبیاری بر میزان دبی لوله‌های قطره‌چکان‌دار مورد آزمایش در جدول ۶ ارائه شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، به‌طورکلی در تمامی لوله‌های قطره‌چکان‌دار غیرخودتنظیم، اثر دما بر دبی معنی‌دار بوده است. در برخی نمونه‌ها همانند A بین میانگین دبی تمامی دماها اختلاف معنی‌دار وجود دارد اما در برخی دیگر همانند C_2 بین میانگین دبی دماهای ۳۳ و ۴۳ درجه سانتی‌گراد اختلاف معنی‌دار وجود ندارد اما بین دو دمای مذکور و دماهای ۱۳ و ۲۳ درجه سانتی‌گراد اختلاف معنی‌دار وجود دارد. همچنین ملاحظه می‌شود که در این لوله‌ها با افزایش دما، غالباً دبی واحدهای قطره‌چکان‌دار افزایش یافته است. اطلاع از اثر دما بر عملکرد واحدهای قطره‌چکان‌دار برای بهره‌بردار ضروری و لازم است.

در جدول ۵ ملاحظه شد که اگرچه تغییرات دما، درجه انعطاف‌پذیری واحد قطره‌چکان‌دار را نسبت به تغییرات فشار آن‌چنان دچار تغییر ننموده بود ولی در این قسمت ملاحظه می‌شود که اثر دما بر میزان دبی لوله‌های قطره‌چکان‌دار غیرخودتنظیم معنی‌دار و رابطه آن‌ها به‌صورت مستقیم بوده است. بنابراین اطلاع کشاورز از میزان این افزایش دبی با افزایش دما و اعمال آن در مدیریت آبیاری سبب کاهش تلفات

جدول ۵- رابطه دبی- فشار لوله‌های قطره‌چکان‌دار در دماهای مورد آزمایش.

Table 5. The relationship discharge – pressure of emitting pipes in the tested temperatures.

لوله‌های قطره‌چکان‌دار Emitting pipes	دماهای مورد آزمایش (درجه سانتی‌گراد) Tested Temperatures (C ⁰)	$q=kh^x$	درجه انعطاف‌پذیر Grading flexible	طبقه‌بندی بر اساس x classification based on x
A	13	$q = 1.0934h^{0.5282}$	انعطاف‌پذیر flexible	غیر تنظیم‌کننده non- compensating
	23	$q = 1.8950h^{0.3027}$	خیلی انعطاف‌پذیر very flexible	غیر تنظیم‌کننده non- compensating
	33	$q = 3.281h^{1.645}$	خیلی کم انعطاف‌پذیر Very low flexible	غیر تنظیم‌کننده non- compensating
	43	$q = 2.1159 h^{0.2574}$	خیلی انعطاف‌پذیر very flexible	غیر تنظیم‌کننده non- compensating
B ₁	13	$q = 0.7395h^{0.4683}$	خیلی انعطاف‌پذیر very flexible	غیر تنظیم‌کننده non- compensating
	23	$q = 0.8097h^{0.4446}$	خیلی انعطاف‌پذیر very flexible	غیر تنظیم‌کننده non- compensating
	33	$q = 0.8907h^{0.4005}$	خیلی انعطاف‌پذیر very flexible	غیر تنظیم‌کننده non- compensating
	43	$q = 1.9707h^{0.2916}$	خیلی انعطاف‌پذیر very flexible	غیر تنظیم‌کننده non- compensating
B ₂	13	$q = 1.5043h^{0.3713}$	خیلی انعطاف‌پذیر very flexible	غیر تنظیم‌کننده non- compensating
	23	$q = 2.1533h^{0.2992}$	خیلی انعطاف‌پذیر very flexible	غیر تنظیم‌کننده non- compensating
	33	$q = 1.7823h^{0.3433}$	خیلی انعطاف‌پذیر very flexible	غیر تنظیم‌کننده non- compensating
	43	$q = 1.4071h^{0.4071}$	خیلی انعطاف‌پذیر very flexible	غیر تنظیم‌کننده non- compensating
B ₃	13	$q = 1.5043h^{0.3713}$	خیلی انعطاف‌پذیر very flexible	غیر تنظیم‌کننده non- compensating
	23	$q = 1.4741h^{0.4239}$	خیلی انعطاف‌پذیر very flexible	غیر تنظیم‌کننده non- compensating
	33	$q = 1.4817h^{0.4252}$	خیلی انعطاف‌پذیر very flexible	غیر تنظیم‌کننده non- compensating
	43	$q = 1.8117h^{0.3583}$	خیلی انعطاف‌پذیر very flexible	غیر تنظیم‌کننده non- compensating

ادامه جدول ۵-

Continue Table 5.

لوله‌های قطره‌چکان‌دار Emitting pipes	دماهای مورد آزمایش (درجه سانتی‌گراد) Tested Temperatures (C ⁰)	$q=kh^x$	درجه انعطاف‌پذیر Grading flexible	طبقه‌بندی بر اساس X classification based on x
C ₁	13	$q=3.363h^{0.094}$	خوب good	تنظیم‌کننده compensating
	23	$q=3.284h^{0.083}$	خوب good	تنظیم‌کننده compensating
	33	$q=3.343h^{0.057}$	خوب good	تنظیم‌کننده compensating
	43	$q=3.36h^{0.032}$	خیلی خوب Very good	تنظیم‌کننده compensating
C ₂	13	$q = 1.0968h^{0.5358}$	انعطاف‌پذیر flexible	غیر تنظیم‌کننده non- compensating
	23	$q = 1.3650h^{0.4560}$	خیلی انعطاف‌پذیر very flexible	غیر تنظیم‌کننده non- compensating
	33	$q = 1.5324h^{0.4107}$	خیلی انعطاف‌پذیر very flexible	غیر تنظیم‌کننده non- compensating
	43	$q = 1.6796h^{0.3842}$	خیلی انعطاف‌پذیر very flexible	غیر تنظیم‌کننده non- compensating
C ₃	13	$q = 1.4775h^{0.4089}$	خیلی انعطاف‌پذیر very flexible	غیر تنظیم‌کننده non- compensating
	23	$q = 1.2448h^{0.4381}$	خیلی انعطاف‌پذیر very flexible	غیر تنظیم‌کننده non- compensating
	33	$q = 1.6728h^{0.3652}$	خیلی انعطاف‌پذیر very flexible	غیر تنظیم‌کننده non- compensating
	43	$q = 1.6259h^{0.3969}$	خیلی انعطاف‌پذیر very flexible	غیر تنظیم‌کننده non- compensating
C ₄	13	$q=3.571h^{0.072}$	خوب good	تنظیم‌کننده compensating
	23	$q=3.604h^{0.042}$	خیلی خوب very good	تنظیم‌کننده compensating
	33	$q=3.434h^{0.0543}$	خوب good	تنظیم‌کننده compensating
	43	$q=3.591h^{0.074}$	خوب good	تنظیم‌کننده compensating

جدول ۶- اثر دمای آب آبیاری بر میانگین دبی انواع لوله‌های قطره‌چکان‌دار مورد آزمایش.

Table 6. The effect of irrigation water temperature on the average emitting pipes discharge types tested.

دما (درجه سانتی‌گراد) temperatures (C ⁰)				
43	33	23	13	لوله قطره‌چکان‌دار emitting pipe
3.80 ^a	3.66 ^b	3.54 ^c	3.22 ^d	A
3.46 ^a	1.83 ^b	1.82 ^b	1.68 ^c	B ₁
3.28 ^a	2.22 ^b	3.10 ^c	2.99 ^c	B ₂
3.04 ^a	3.04 ^a	2.76 ^b	2.55 ^c	B ₃
3.20 ^b	3.16 ^b	3.17 ^b	3.27 ^a	C ₁
3.37 ^a	3.28 ^a	3.18 ^b	2.90 ^c	C ₂
3.31 ^a	3.08 ^b	3.04 ^c	3.04 ^c	C ₃
4.36 ^a	4.41 ^a	4.42 ^a	4.24 ^b	C ₄

❖ در هر سطر میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند اختلاف معنی‌دار ندارند.

❖ In each row do not have a significant difference which means at least one letter in common.

جدول ۷- رابطه دبی- درجه حرارت لوله‌های قطره‌چکان‌دار مورد آزمایش.

Table 7. The relationship discharge – temperature emitting pipes tested.

q _e =MT+b	R ²	b	M	لوله قطره‌چکان‌دار Emitting pipes
q _e =0.52T + 85.82	0.95	85.82	0.52	A
q _e =2.92T + 38.72	0.67	38.72	2.92	B ₁
q _e =0.09T + 93.55	0.01	93.55	0.09	B ₂
q _e =0.63T + 85.54	0.90	85.54	0.63	B ₃
q _e =0.25T + 94.05	0.95	94.05	0.25	C ₁
q _e =0.47T + 86.70	0.91	86.70	0.47	C ₂
q _e =0.28T + 94.58	0.72	94.58	0.28	C ₃
q _e =0.08T + 97.52	0.85	97.52	0.08	C ₄

نتیجه‌گیری

پیشنهاد می‌شود، در طراحی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای که از لوله‌های قطره‌چکان‌دار استفاده می‌شود، از میزان تأثیر دما بر دبی واحدهای قطره‌چکان‌دار مطمئن شد و ضرایب اصلاحی لازم در میزان دبی اسمی قطره‌چکان‌ها اعمال شود. عدم اطلاع دقیق از میزان دبی واحدهای قطره‌چکان‌دار، سبب بیش آبیاری و افزایش تلفات عمقی می‌گردد.

بر اساس نتایج به‌دست آمده از رابطه دبی- فشار که برای انواع لوله‌های قطره‌چکان‌دار در دماهای (۱۳، ۲۳، ۳۳ و ۴۳ درجه سانتی‌گراد) به‌دست آمد، مشخص شد که میزان دقت رابطه دبی- فشار در لوله‌های قطره‌چکان‌دار خارجی و داخلی رایج در بازار ایران قابل قبول و در سطح مطلوب می‌باشد. همچنین با توجه به نتایج به‌دست آمده از رابطه دبی- دما

منابع

1. Alizadeh, A. 2010. Trickle Irrigation (Principles and practices). Publication of university of Imam Reza, 494p. (In Persian)
2. Alizadeh, A. 2010. Irrigation Systems Design: pressurized irrigation systems Design (Volume 2). Publication of university of Imam Reza, 370p. (In Persian)
3. Clark, G.A., Lamm, F.R., and Rogers, D.H. 2005. Sensitivity of thin-walled drip tape emitter discharge to water temperature. Applied Engineering in Agriculture. 21: 5. 855-863.
4. Gavazi, F. 2013. Performance hydraulic properties of drip irrigation tapes at different pressures and temperatures. M.Sc. Thesis, University of Kurdistan. (In Persian)
5. Houry, M.A. 1999. Operation and hydraulic characteristics of various drippers under different pressure and temperature. M.Sc. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian)
6. Hezarjaribi, A., Dehghani, A.A., Meftah Helghi, M., and Kiani, A. 2008. Hydraulic performances of various trickle irrigation emitters. J. Agron. 7: 265-271.
7. Hezarjaribi, A., Ghorbani Nasrabad, Gh., Fazloulou, R., and Abedinpour, M. 2013. Evaluation of hydraulic performances of various drippers under different operation pressures and lab condition. J. Water Soil Cons. 20: 1. 199-211. (In Persian)
8. ISO 9261. 2004. Agricultural irrigation equipment Emitters and emitting pipe—Specification and test methods. 16p.
9. Mustafazadeh, B., and Kahnouj, M. 2002. The effect of irrigation water temperature in the discharge of some emitter's construction Iran at irrigation. J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour. 6: 1. 1-12. (In Persian)
10. Maroufpoor, E., and Parvini, M. 2012. Investigation of the Relationship between Discharge-Pressure and Discharge- Temperature in the Conventional Compensating Emitters. J. Sci. Technol. Agric. Natur. Recour. Water and Soil Sciences. 17: 66. 147-157. (In Persian)
11. Nasrollahi, A., Behzad, M., Boroomand Nasab, S., and Ramazani Moghadam, J. 2012. Operation and hydraulic characteristics emitters compensating and non- compensating in the different pressure and temperature. Irrigation Engineering and sciences. 35: 3. 27-37. (In Persian)
12. Omid, M.H., Esmaili Varaki, M., Habibzadeh Gharehbaba, A., and Liaghat, A.M. 2008. Investigation on the hydraulic properties of drip tape irrigation pipes, Iran. J. Irrig. Drain. 2: 1. 127-137. (In Persian)
13. Standard 6775, the Islamic Republic of Iran. 2006. Agricultural Machinery -Equipment Irrigation emitter and emitter tubes pipes characteristics and test methods, Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (In Persian)
14. Zehtabian, G.H. 2005. Guide pratique irrigation. Publication of Tehran University, 352p. (In Persian)

Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 23(1), 2016
<http://jwsc.gau.ac.ir>

Investigation of the relationship between discharge – pressure and discharge – temperature in the conventional non-compensating and compensating emitting pipes

S. Abdi¹ and *E. Maroufpoor²

¹M.Sc. Graduate, Dept. of Water Science and Engineering, University of Kurdistan,

²Associate Prof., Dept. of Water Science and Engineering, University of Kurdistan

Received: 04/04/2014; Accepted: 12/28/2014

Abstract

Background and Objectives: Emitters discharge is influenced by various factors such as pressure, manufacturing coefficient of variation, clogging or irrigation water temperature changes. Emitting pipes according to the hydraulic and technical specifications, the use of them in the trickle irrigation systems are increasing. Therefore investigation of the relationship between discharge – pressure and discharge – temperature is required in these pipes in order to improve the efficiency of trickle irrigation systems. Maroufpoor and Parvini found with investigation of the relationship between discharge – pressure and discharge- temperature, that in all emitter and tested temperatures power of the discharge – pressure equation was less than 0.2 and all emitters were pressure compensating. The effect of temperature on the discharge of 3 emitters at 95 percent was significant and was non-significant for other emitters.

Materials and Methods: In order to evaluate the effect of temperature and pressure on emitters discharge, 8 emitting pipes, 6 types of non-compensating and 2 compensating ones were tested on the constructed physical model of drip irrigation in the water laboratory of University of Kurdistan. In each experiment, according to the standard on every model from the emitting pipes slices, 25 slices were selected randomly. Each slices was consisted of 5 unit emitters. Slices length varied proportional to the distance of unit's emitters in the range of 2 to 5 m. The effects of four different water temperatures (13, 23, 33 and 43 °C) with different pressure ranges (between zero and 1.2 times more than the maximum pressure) on the emitters were evaluated. The thermostat and element were used to supply water temperatures of 23, 33 and 43 °C. To supply water temperatures 13 °C was used for the ice pieces. Generally in every temperature, discharge of compensating emitting pipes was measured at 10 pressures and in the non-compensating emitting pipes was measured at 7 pressures. Data analysis was performed in a randomized complete block design using SAS software.

Results: According to the results obtained from the experiments of discharge- pressure at all temperatures, in the both C₁ and C₄ emitting pipes, power of the discharge – pressure equation was less than 0.2, therefore, as compensating were acceptable and of good flexibility. As well as in the rest of the emitting pipes power of equation was variable between 0.2 and 1 and as non-compensating and of the high degree of flexibility. According to the results obtained from the experiments discharge – temperature, in the all emitting pipes of non-compensating, the effect of temperature on discharge at 95 percent was significant, that generally discharge had increased with increasing temperature. In the compensating emitting pipes with increasing temperature from 13 °C to 23 °C, flow rate has increased at 95 percent significantly, but from temperature of 23 °C to temperature 43 °C there was no significant difference between emitters discharge.

Conclusion: In general it can be concluded that the relationship of discharge – pressure in the external and internal emitting pipes of common market is acceptable and desirable. Also it is suggested that, in the design of trickle irrigation systems that uses emitting pipes, the effect of temperature on the discharge of emitting pipes units must be ensured and the necessary correction coefficients be applied for emitter nominal flow rate.

Keywords: Trickle irrigation, Compensating, Temperature, Emitter, Trickle irrigation tape

* Corresponding Author; Email: isamarofpoor@yahoo.com

