بررسی رابطه دبی- فشار و دبی- دما در قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار رایج در کشور

عیسی معروف‌پور* و مریم پروینی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۲/۲۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۸)

چکیده

بخشی از طراحی سیستم آبیاری قطره‌ای را بررسی خصوصیات قطره‌چکان‌ها، عوامل مؤثر بر جریان آب در آنها و در نهایت انتخاب مناسب‌ترین نوع قطره‌چکان تشکیل می‌دهد. بدین منظور در این تحقیق، ۹ نوع قطره‌چکان تنظیم‌کننده فشار با کدهای A، B، C، D، E، F، G، M و N بر مدل فیزیکی آبیاری قطره‌ای ساخته شده در آزمایشگاه مورد آزمون قرار گرفت و اثر ۴ دمای مختلف آب شامل ۱۳، ۲۳، ۳۳ و ۴۳ درجه سانتی‌گراد با فشارهای متفاوت در محدوده صفر تا ۱/۲ برابر فشار حداکثر، بر قطره‌چکان‌ها بررسی شد. آزمایش‌ها براساس استاندارد ISO 9261 و استاندارد IRISI 6775 مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران انجام شد. نتایج این تحقیق نشان داد که در تمامی دماهای ذکر شده هیچ قطره‌چکانی در معادله دبی- فشار، توان بیشتر از ۰/۲ نداشت و همگی از نوع قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار بودند. هم‌چنین جز دو نمونه A و G که به لحاظ انعطاف‌پذیری فشار، در درجه خوب بودند، سایر قطره‌چکان‌ها از انعطاف‌پذیری خیلی خوب برخوردار بودند. اثر دما فقط روی دبی قطره‌چکان‌های F، M و N در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بوده، به‌طوری‌که قطره‌چکان F کمترین حساسیت و قطره‌چکان N بیشترین حساسیت را از خود نشان داده است و با افزایش دما میزان دبی قطره‌چکان‌های مذکور افزایش یافته بود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای، راندمان آبیاری، قطره‌چکان کنترل‌کننده فشار

۱. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: isamarofpoor@yahoo.com

مقدمه

بخشی از طراحی سیستم آبیاری قطره‌ای را بررسی خصوصیات قطره‌چکان‌ها، عوامل مؤثر بر جریان آب در آنها و در نهایت انتخاب مناسب‌ترین نوع قطره‌چکان تشکیل می‌دهد. انتخاب قطره‌چکان در این روش آبیاری از مهم‌ترین عوامل به شمار می‌رود. زیرا راندمان آبیاری قطره‌ای به انتخاب قطره‌چکان و معیارهای طراحی بستگی دارد و عدم توجه به مشکلات قطره‌چکان‌ها باعث کاهش یکنواختی پخش آب، افزایش مدت کار سیستم و تعویض پیوسته قطره‌چکان‌ها می‌شود که این امر افزایش هزینه‌های جاری را به دنبال خواهد داشت. البته در انتخاب قطره‌چکان تنها مسائل هیدرولیکی نقش نداشته، بلکه عوامل بسیاری مثل گرفتگی فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی، فشار، دمای آب و تغییرات ساخت، ساده بودن، هزینه کم و دوام قطره‌چکان‌ها نیز، بر دبی آنها و در نتیجه یکنواختی پخش آب تأثیر می‌گذارند. به‌طوری‌که با تغییر در هر کدام از عوامل ذکر شده به‌خصوص فشار که در نتیجه طراحی ضعیف سیستم به وجود می‌آید، تغییرات دبی زیاد بوده و باعث عدم یکنواختی پخش و در نتیجه پایین آمدن راندمان می‌شود. هم‌چنین دمای آب آبیاری از 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 خروجی اثرگذار باشند.

یکی دیگر از اثرات دما روی دبی قطره‌چکان‌ها به‌دلیل اثر آن بر لزجت آب است. به‌طوری‌که با افزایش دما لزجت سینماتیک کاهش یافته و در نتیجه دبی قطره‌چکان افزایش می‌یابد. تغییرات دبی نسبت به لزجت آب بستگی به وضعیت کنترل دبی در قطره‌چکان دارد. قطره‌چکان‌های با رژیم جریان آرام نسبت به لزجت آب حساسیت بیشتری دارند و تغییرات دمای آب آبیاری در تغییرات دبی آنها نقش مؤثری دارد. تاکنون قطره‌چکان‌های متعددی به بازارهای دنیا عرضه شده است و پژوهشگران زیادی تأثیر دمای آب آبیاری بر برخی از این قطره‌چکان‌ها را مورد بررسی قرار داده‌اند. تغییرات دبی انواع قطره‌چکان‌ها با ویژگی‌های فیزیکی و نحوه کارکرد مختلف، که منجر به رژیم‌های مختلف جریان می‌شود، نسبت به دمای آب آبیاری متفاوت می‌باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که به‌طورکلی با افزایش دمای آب آبیاری، دبی به‌طور خطی برای قطره‌چکان‌های با جریان آشفته کاهش و برای قطره‌چکان‌های با جریان آرام افزایش می‌یابد. آزمایش‌های انجام شده گویای آن است که به‌طورکلی درصد افزایش دبی قطره‌چکان‌های با جریان آرام، به ازای هر واحد افزایش دمای آب برحسب درجه سانتی‌گراد در محدوده ۰/۶۸ تا ۶/۸ درصد می‌باشد (۱۲).

تاکنون مدل‌های مختلفی در زمینهٔ عوامل مؤثر بر دبی و یکنواختی پخش قطره‌چکان‌ها ارائه شده است. از جمله سولومن مدلی را ارائه نموده است که در آن دبی قطره‌چکان‌ها به‌صورت تابعی از فشار کاربردی، دمای آب آبیاری، تغییرات ساخت و گرفتگی قطره‌چکان‌ها بیان شده است (۱۵). هم‌چنین گزارش‌هایی که دمای آب در لوله‌های فرعی آبیاری قطره‌ای را مورد بررسی قرار داده‌اند، نشان می‌دهد که دمای آب در لوله‌های فرعی که در معرض تابش مستقیم نور خورشید قرار می‌گیرند، به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابند (۱۲). با توجه به موارد فوق، دبی قطره‌چکان‌ها و در نتیجه عملکرد هیدرولیکی سیستم آبیاری قطره‌ای تحت تأثیر دمای آب آبیاری قرار می‌گیرد.

دلقندی در تحقیق خود تحت عنوان مطالعه عددی و آزمایشگاهی خصوصیات هیدرولیکی قطره‌چکان‌های طولانی مسیر به شبیه‌سازی و نحوه توزیع فشار و سرعت جریان داخل مجاری قطره‌چکان‌ها توسط نرم‌افزار (FLUENT) پرداخت. نتایج حاصله از نرم‌افزار با داده‌های آزمایشگاهی مقایسه گردیدند و مشخص شد که داده‌های به‌دست آمده از شبیه‌سازی مطابقت بسیار خوبی با داده‌های آزمایشگاهی دارد (۲). پارچوم‌چوک اثر دما را بر روی چند نوع قطره‌چکان بررسی نمود. هر چند تغییرات ساخت بین قطره‌چکان‌ها و یا تغییر فشار کاربری سیستم به‌عنوان عوامل اصلی در تغییر دبی قطره‌چکان ذکر شده‌اند، اما عامل دیگری که می‌تواند بر میزان دبی خروجی تأثیر زیادی داشته باشد، دمای آب است. این تحقیق بر روی

لوله‌های میکرو و قطره‌چکان‌های مارپیچی، روزنه‌ای و گردابی در محدودهٔ دمای ۵ تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد انجام گرفت. در قطره‌چکان‌های مارپیچی مشابه لوله‌های میکرو، دبی (تا زمان ورقه‌ای بودن جریان) نسبت به دما به‌طور خطی افزایش یافت، اما در این حالت شیب این تغییرات کمتر و معادل ۱/۲ درصد برای هر درجه سانتی‌گراد بود. در یک نوع قطره‌چکان روزنه‌ای برای محدوده ۷ تا ۳۸ درجه سانتی‌گراد میزان جریان فقط ۱ درصد و در نوع دیگر ۴ درصد افزایش یافت. اما در قطره‌چکان‌های گردابی برخلاف سایر خروجی‌ها با افزایش دمای آب، مقدار دبی در دامنه ۸- ۳۸ درجه سانتی‌گراد حدود ۸ درصد تقلیل یافت (۱۲). براساس تحقیق سولومان اگر در کلیه لوله‌های فرعی تغییر دمای آب (ΔT_l) یکسان باشد و میزان این تغییر در لوله اصلی با (ΔT_m) نشان داده شود، آنگاه دمای آب در هر نقطه (M ،L) از زیر واحد سیستم قطره‌ای را می‌توان از رابطه زیر به‌دست آورد (۱۵):

$$T(M,L) = T(۰,۰) + \Delta T_m \left[۱ - (۱ - M)^{۰/۶۴۴} \right] + \Delta T_l \left[۱ - (۱ - L)^{۰/۶۴۴} \right] \quad [۱]$$

که در آن $T(۰,۰)$ - دمای آب در محل ورود آب به لوله نیمه اصلی،M- نسبت فاصله موردنظر از ابتدای لوله نیمه اصلی به طول لوله اصلی و L- نسبت فاصله نقطه موردنظر از ابتدای لوله فرعی هستند. معادله فوق هم‌چنین در مواقعی که ممکن است دمای آب در طول لوله نیمه اصلی یا فرعی کاهش یابد (مثلاً در شب)، می‌تواند استفاده شود.

سینوباس و همکاران اثر تغییر دما بر دبی قطره‌چکان‌ها را بررسی کردند. در این تحقیق یک بیان تئوری برای تخمین تغییرات دبی قطره‌چکان به‌عنوان تابعی از تغییرات در دمای آب پیشنهاد شد. آزمایشات انجام شده در دامنه دمای از ۲۰ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد نشان داد که تغییرات دبی در اثر تغییرات دما به نوع قطره‌چکان بستگی دارد و دبی قطره‌چکان‌های جبران‌کننده فشار به تغییرات دما بستگی نداشت (۱۴). الی‌ویرا و همکاران مشخصه‌های هیدرولیکی لوله‌های نواری منفذدار با دبی ۲/۳ لیتر درساعت را مورد بررسی قرار دادند که قطره‌چکان‌های با فواصل ۰/۳ متر در طی فرآیند تولید روی لوله نصب گردیده بودند. نتایج نشان داد که با افزایش دمای آب از ۳۰ به ۶۰ درجه سانتی‌گراد، دبی قطره‌چکان ۱/۷۵ درصد کاهش یافت (۱۱). کرناک و همکاران در تحقیقی با عنوان تعیین خصوصیات (عملکرد) هیدرولیکی قطره‌چکان‌های مورد استفاده در سیستم آبیاری قطره‌ای در دشت هاران عنوان نمودند، راندمان سیستم‌های آبیاری قطره‌ای بستگی به یکنواختی سیستم دارد که به‌وسیله یکنواختی دبی خروجی از قطره‌چکان تعیین می‌گردد. نتایج نشان داد که دبی همه قطره‌چکان‌های تنظیم‌شونده فشار (در فشارهای ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلو پاسکال) در ۱۰٪ ± مقادیر گزارش شده کارخانجات می‌باشد (۱۰). دورون‌راس و همکاران طی تحقیقی به بررسی تأثیر فیلتر ونوع قطره‌چکان و فاصله آنها بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها پرداختند. نتایج نشان داد، که گرفتگی آنها عمدتاً وابسته به نوع و موقعیت قطره‌چکان‌ها بر روی خط لاترال و هم‌چنین اثر متقابل بین آنها بود. فاکتور فیلتر نیز تأثیر معنی‌داری در جلوگیری از گرفتگی قطره‌چکان‌ها داشت (۸). پیگ پاراگوئه و همکاران به تأثیر شستشوی متناوب برگرفتگی قطره‌چکان‌های در حال کار با پساب پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که گرفتگی در درجه اول مؤثر از تعامل بین موقعیت و نوع قطره‌چکان و میزان فرکانس شستشو داشت، به‌طوری‌که گرفتگی قطره‌چکان‌های جبران‌کننده فشار به میزان ۳/۷٪ کمتر از نوع عادی آن برای سیستم قطره‌ای زیرسطحی بود (۱۳). در ایران با توجه به اهمیت قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار تحقیقات بیشتری در این زمینه نیاز می‌باشد و بررسی حساسیت قطره‌چکان‌های موجود در بازار ایران به دما نیازمند آزمایش‌های دقیق‌تر و بیشتری است. در این تحقیق علاوه بر فشار، اثر دما نیز بر قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار غالب موجود در کشور بررسی شد.

مواد و روش‌ها

برای دست‌یابی به اهداف تحقیق، یک مدل سیستم آبیاری قطره‌ای در آزمایشگاه آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه

جدول ۱. مشخصات قطره‌چکان‌های مورد استفاده در تحقیق

قطره‌چکان	نوع اتصال	دامنه‌کاری فشار(m)	دبی اسمی(L/hr)
A	On-Line	۵ – ۳۵	۴
B	On-Line	۵ – ۳۵	۸
C	On-Line	۳/۵ – ۴۲	۴
D	On-Line	۳/۵ – ۴۲	۸
E	On-Line	۷ – ۴۰	۴
F	On-Line	۷ – ۴۰	۸
G	On-Line	۷ – ۴۰	۱۲
M	On-Line	۱۰ – ۳۵	۴
N	On-Line	۱۰ – ۳۵	۸

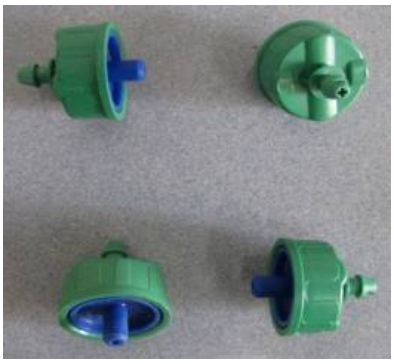
کردستان طراحی، نصب و راه‌اندازی گردید. این سیستم شامل یک منبع آب از جنس فایبر گلاس با حجم ۱۰۰ لیتر، یک دستگاه الکتروپمپ افقی خشک مدل (KF4) ایتالیایی، شبکه لوله‌ها، شامل لوله‌های انتقال، رابط، فرعی و کنارگذر بود. بر روی لوله رابط به‌وسیله کمربندهای پلیمری ۱۶×۵۰ میلی‌متری، در فواصل ۲۰ سانتی‌متری، انشعابات لازم گرفته شد. طول لوله‌های فرعی (۱۶ mm) در حدود ۲۰ سانتی‌متر و انتهای آنها بست عینکی نصب شده بود. به منظور اندازه‌گیری فشار موجود در ابتدا و انتهای لوله رابط، ۲ دستگاه فشارسنج در موقعیت‌های مناسب، نصب شده بود. به منظور تنظیم نقطه کار پمپ و ایجاد فشارهای موردنیاز، یک دستگاه شیر فلکه برنزی روی لوله کنارگذر تعبیه شده بود. آب جمع‌آوری شده از قطره‌چکان‌ها، توسط استوانه‌های مدرج ۵۰، ۱۰۰، ۲۵۰ و ۱۰۰۰ میلی‌لیتری به‌طور دقیق اندازه‌گیری می‌گردید. در طول مدت آزمایش دائماً دمای محیط آزمایشگاه توسط دماسنج جیوه‌ای ثبت و طبق استاندارد در حدود ۲۳ درجه سانتی‌گراد گزارش می‌شد.

با توجه به‌عنوان تحقیق لزوماً کلیه قطره‌چکان‌ها از نوع تنظیم‌کننده فشار (۹ نوع قطره‌چکان) انتخاب شدند. که همگی آنها ساخت خارج بوده و از نمایندگی‌های معتبر فروش آنها در داخل کشور، تهیه شدند. به منظور جلوگیری از ذکر نام کارخانه سازنده و نمایندگی فروش در ایران، قطره‌چکان‌های تهیه شده کدگذاری گردیدند. مشخصات کامل این قطره‌چکان‌ها در جدول ۱ ارایه شده است. در انجام این تحقیق از استاندارد ISO 9261 و استاندارد IRISI 6775 مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران استفاده شد. در شکل‌های ۱ تا ۹ تصاویر قطره‌چکان‌های انتخابی ارائه شده است. هم‌چنین براساس استاندارد، آب مورد استفاده در آزمایش‌ها باید از صافی با منافذ اسمی ۷۵ تا ۱۰۰ میکرومتر (یا مطابق توصیه کارخانه سازنده) عبور نماید تا میزان بار معلق آن از ۲۵ میلی‌گرم در لیتر تجاوز ننماید. در این تحقیق از آب شرب تصفیه شده شهرستان سنندج استفاده گردید. پس از شناسایی و انتخاب انواع قطره‌چکان‌ها، جهت به‌دست آوردن معیارهای کیفی قطره‌چکان طبق استاندارد از میان ۵۰۰ قطره‌چکان موجود از هر نوع، ۲۵ عدد به‌طور تصادفی انتخاب شد. این حداقل تعدادی است که می‌بایستی به‌طور هم زمان جهت ارزیابی کیفی قطره‌چکان‌ها در آزمایش به‌کار گرفته شود. دمای آب در دمای استاندارد ۱ ± ۲۳ درجه سانتی‌گراد تثبیت شد و به‌ترتیب تعداد ۲۵ عدد از هر نوع قطره‌چکان روی مدل نصب گردید. جهت انجام آزمایش، آماده‌سازی نمونه‌ها ضروری می‌باشد. آماده‌سازی در بردارنده این مراحل است. قرار دادن در حداقل فشار کاری و حفظ آن به‌مدت ۱۰ دقیقه، قرار دادن در فشار میانی و حفظ آن به‌مدت ۱۰ دقیقه، قرار دادن در حداکثر فشار کاری و حفظ آن به‌مدت

شکل ۱. قطره‌چکان نوع A

شکل ۲. قطره‌چکان نوع B

شکل ۳. قطره‌چکان نوع C



شکل ۴. قطره‌چکان نوع D

شکل ۵. قطره‌چکان نوع E

شکل ۶. قطره‌چکان نوع F

۱۰ دقیقه. این رویه متناوباً به‌مدت ۲ ساعت تکرار می‌شود، تا قطره‌چکان‌ها تحت فشارهای گوناگون قرار گرفته و تغییرات احتمالی 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 انجام شد. حجم آب جمع‌آوری شده توسط ظروف مدرج در مدت حداقل ۵ دقیقه، اندازه‌گیری و دبی قطره‌چکان‌ها به‌دست آمد.

مرحله دوم آزمایش، انجام آزمون‌های تعیین میزان جریان به‌صورت تابعی از فشار ورودی در دماهای مختلف می‌باشد، تا رابطه دبی- فشار و دبی دما برای انواع قطره‌چکان‌ها به‌دست آید. این آزمایش در ادامه آزمون‌های مرحله اول اجرا شد. شایان ذکر است که مطابق نسخه قبلی استاندارد ISO 9261 در مرحله دوم

شکل ۷. قطره‌چکان نوع G

شکل ۸. قطره‌چکان نوع M

شکل ۹. قطره‌چکان نوع N

لازم نیست تمامی ۲۵ نمونه از هر نوع قطره‌چکان مورد آزمایش قرار گیرد. کافی است چهار نمونه به‌عنوان نماینده هر نوع قطره‌چکان انتخاب شود. لذا جهت مشخص شدن این چهار نمونه، لازم است قطره‌چکان‌ها براساس دبی اندازه‌گیری شده آزمایش مرحله اول، به‌صورت صعودی چیده شود و از بین آنها قطره‌چکان‌های شماره ۳، ۱۲، ۱۳ و ۲۳ جدا شده و در ادامه آزمایش‌ها فقط از آنها استفاده شود.

در مرحله دوم، با توجه به این‌که تأثیر ۴ دمای ۱۳، ۲۳، ۳۳ و ۴۳ درجه‌سانتی‌گراد در فشارهای مختلف، روی میزان جریان بررسی می‌شود، بنابراین شامل ۴ قسمت است. در قسمت اول آب با استفاده از قالب‌های یخ به ۱۳ درجه سانتی‌گراد رسید و قطره‌چکان‌ها طبق استاندارد در گام‌هایی که بزرگ‌تر از ۵۰ کیلوپاسکال (۵ متر) نباشد، از فشار صفر تا ۱/۲ برابر حداکثر فشار کاری آزمایش شدند. به‌طوری‌که حداقل چهار مقدار از میزان جریان در چهار فشار مختلف به‌دست آید. میزان جریان‌ها باید حداقل به‌مدت ۵ دقیقه بعد از رسیدن به فشار آزمون اندازه‌گیری گردد. 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 می‌یابد.

در قسمت دوم، سوم و چهارم آب با استفاده از ترموستات دیجیتالی المنت‌دار در دماهای ۲۳، ۳۳ و ۴۳ درجه سانتی‌گراد تثبیت شد و تمام آزمایشات مطابق قسمت اول، انجام گرفت.

برای تعیین رابطه دبی- فشار، دبی انواع قطره‌چکان‌ها در دمای مورد نظر، در ۱۰ تا ۱۱ فشار اندازه‌گیری و محاسبه 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 معادله ۲ نشان داده شد.

$$q = kh^{x} \qquad [۲]$$

در این تحقیق، براساس استانداردها، برای به‌دست آوردن توان x و ضریب k، در قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار از معادلات زیر استفاده شد:

$$x = \frac{\sum(\log p_i)(\log q_i) - \frac{1}{n}(\sum \log p_i)(\sum \log q_i)}{\sum(\log p_i)^2 - \frac{1}{n}(\sum \log p_i)^2} \qquad [۳]$$

$$k = \exp\left[\left(\frac{\sum \ln q_i}{n}\right) - \frac{x(\sum \ln p_i)}{n}\right] \qquad [۴]$$

در تمامی قطره‌چکان‌ها، q_i برحسب لیتردرساعت، h و p_i برحسب کیلو پاسکال می‌باشد. توان x، میزان حساسیت قطره‌چکان نسبت به فشار را نشان می‌دهد. براساس استانداردهای مذکور، مقدار x باید در قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار از ۰/۲ کمتر باشد و هر قدر x کمتر باشد، تغییرات دبی نسبت به فشارهای مختلف ناچیز می‌گردد و تأثیر به سزایی روی بهبود راندمان سیستم آبیاری قطره‌ای خواهد داشت. جهت درجه‌بندی میزان انعطاف‌پذیری قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار در مقابل فشار، تقسیم‌بندی به شرح جدول ۲ نیز ارائه شده است (۳).

جهت بررسی تأثیر دماهای ۱۳، ۲۳، ۳۳ و ۴۳ درجه سانتی‌گراد

جدول ۲. انعطاف‌پذیری قطره‌چکان‌ها در مقابل فشار در قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار (۳)

مقدار x	۰ – ۰/۰۵	۰/۰۵ – ۰/۱	۰/۱ – ۰/۱۵	۰/۱۵ – ۰/۲	بیشتر از ۰/۲
درجه‌بندی	خیلی خوب	خوب	متوسط	نامناسب	غیرقابل قبول

بر قطره‌چکان‌ها، با توجه به مقادیر دبی به‌دست آمده در مرحله دوم آزمایش‌ها، ضرایب m و b از رابطه ۵ به‌دست آمد.

$$q_e = m.T + b \qquad [۵]$$

$$q_e = \frac{q_T}{q_{23}} = m.T + b \qquad [۶]$$

به طوری که در آن q_e، دبی نرمال شده در دمای T درجه سانتی‌گراد بر حسب نسبت مقدار دبی در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد، q_T دبی قطره‌چکان در دمای T درجه سانتی‌گراد، $q_{۲۳}$ دبی قطره‌چکان در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد، T دمای آب (درجه سانتی‌گراد)، m و b ضرایب ثابت هستند که از رگرسیون خطی بین T و $\frac{q_T}{q_{۲۳}}$ به‌دست می‌آیند (۵).

در طی آزمایشات باید مرتباً دمای آب منبع توسط دماسنج ترموستات دیجیتالی یا دماسنج الکلی، کنترل شود. در طی انجام آزمایش‌ها نبایستی اجازه داده شود دما بیشتر از ±۱ درجه سانتی‌گراد تجاوز کند.

نتایج و بحث

در جدول ۳ رابطه دبی- فشار قطره‌چکان‌ها در دمای استاندارد ۱ ± ۲۳درجه سانتی‌گراد ارائه شده است. کلیه قطره‌چکان‌های مورد آزمایش از نوع تنظیم‌کننده فشار بوده و x به‌دست آمده از آنها گویای این مطلب می‌باشد. هم‌چنین جز دو نمونه A و G که به لحاظ انعطاف‌پذیری فشار، در درجه خوب هستند، سایر قطره‌چکان‌ها از انعطاف‌پذیری خیلی خوب برخوردار می‌باشند. هم‌چنین در جدول مذکور رابطه دبی- فشار قطره‌چکان‌ها در دماهای ۱۳، ۳۳ و ۴۳ درجه سانتی‌گراد نیز ارائه شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود نمای تمامی قطره‌چکان‌ها کوچک‌تر از ۰/۲ بوده و لذا کلیه قطره‌چکان‌ها در تمامی دماهای موردآزمایش از نوع تنظیم‌کننده فشار می‌باشند. با بررسی مقادیر x در سایر دماها، ملاحظه می‌شود رابطه دبی- فشار در قطره‌چکان‌ها تحت تأثیر دو عامل دمای آب آبیاری و نوع قطره‌چکان تغییر می‌کند و کمترین مقادیر x بسته به نوع قطره‌چکان در یکی از دماهای مورد آزمایش مشاهده می‌شود. همین روند در تحقیق علی‌حوری (۴) نیز مشاهده شد. کمترین x در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد گزارش شد و با افزایش دما به ۴۵ و ۶۵ درجه سانتی‌گراد، مقادیر x نیز افزایش یافت. در تحقیق مصطفی‌زاده و کهنوجی (۶)، مقدار x در قطره‌چکان تنظیم‌کننده فشار کمتر از ۰/۲ بود، اما در قطره‌چکان‌های طولانی مسیر، تفنگی و لوله روزنه‌دار این مقدار بالاتر از ۰/۵ به‌دست آمد. نصرالهی (۷) در تحقیق خود اعلام کرد مقادیر x در کلیه قطره‌چکان‌ها، جز در دو مورد کمتر از ۰/۲ می‌باشد و سپس آنها را از نظر تنظیم‌کنندگی فشار بر مبنای داشتن کمترین x طبقه‌بندی کرد.

به منظور بررسی اثر دما بر مقادیر دبی قطره‌چکان‌ها، تجزیه داده‌ها با کمک نرم‌افزار آماری SAS صورت گرفت. مقایسه آماری در مورد هر کدام از انواع قطره‌چکان‌ها برای تأیید یا رد فرض صفر که مبنی بر تساوی دبی‌ها در تیمارهای مختلف بود، انجام شد. بدین صورت که ابتدا مقادیر دبی به‌دست آمده از هر نوع قطره‌چکان، در دماهای مختلف ۱۳، ۲۳، ۳۳ و ۴۳ درجه سانتی‌گراد در قالب طرح کاملاً تصادفی بررسی شدند (فشار ثابت در نظر گرفته شد).

سپس در صورت معنی‌دار شدن اثر دما در دبی قطره‌چکان با توجه به جدول تجزیه واریانس مربوط به آن، میانگین دبی‌ها در دماهای مختلف با آزمون LSD در سطح اطمینان ۰/۰۵= α مقایسه شدند. با استفاده از مقادیر احتمال به‌دست آمده، فرض تساوی میانگین دبی در دماها و فشارهای مختلف تأیید یا رد می‌شود. با توجه به نتایج جدول ۴ می‌توان دریافت، اثر دما بر ۳

جدول ۳. رابطه دبی – فشار انواع قطره‌چکان‌ها در دماهای ۱۳، ۲۳، ۳۳ و ۴۳ درجه سانتی‌گراد

قطره‌چکان	T=۱۳ C0 $q = kh^x$	T=۲۳ C0 $q = kh^x$	T=۳۳ c0 $q = kh^x$	T=۴۳ c0 $q = kh^x$
A	$q = ۳/۲۶۳\ h^{۰/۰۵۸۸}$	$q = ۳/۴۲۲\ h^{۰/۰۵۲۲}$	$q = ۳/۱۰۸\ h^{۰/۰۶۵۲}$	$q = ۳/۵۱۵\ h^{۰/۰۰۴۷}$
B	$q = ۵/۲۲۷\ h^{۰/۰۶۳۹}$	$q = ۵/۷۷۲\ h^{۰/۰۴۹۵}$	$q = ۵/۳۷۲\ h^{۰/۰۶۷۰}$	$q = ۳/۹۰۸\ h^{۰/۰۱۴۲}$
C	$q = ۳/۵۴۴\ h^{۰/۰۰۶۲}$	$q = ۳/۶۰۹\ h^{۰/۰۰۳۴}$	$q = ۳/۷۰۰\ h^{-۰/۰۰۱۹}$	$q = ۳/۷۱۳\ h^{-۰/۰۰۱۱}$
D	$q = ۶/۵۷۴\ h^{۰/۰۱۱۱}$	$q = ۶/۶۴۱\ h^{۰/۰۰۶۰}$	$q = ۶/۸۳۳\ h^{۰/۰۰۴۷}$	$q = ۶/۸۹۳\ h^{۰/۰۰۴۱}$
E	$q = ۳/۹۴۰\ h^{-۰/۰۰۰۳}$	$q = ۳/۸۷۳\ h^{۰/۰۰۶۲}$	$q = ۳/۹۱۳\ h^{۰/۰۰۱۷}$	$q = ۳/۷۸۴\ h^{۰/۰۰۵۹}$
F	$q = ۷/۲۳۹\ h^{۰/۰۱۰۲}$	$q = ۶/۸۷۶\ h^{۰/۰۱۴۸}$	$q = ۷/۵۵۹\ h^{۰/۰۰۷۹}$	$q= ۷/۳۴۴\ h^{۰/۰۰۱۷}$
G	$q = ۶/۹۷۸\ h^{۰/۰۹۲۰}$	$q = ۷/۴۶۸\ h^{۰/۰۸۱۱}$	$q = ۷/۸۹۶\ h^{۰/۰۶۸۷}$	$q = ۶/۵۵۶\ h^{۰/۰۱۰۴}$
M	$q = ۳/۷۸۸\ h^{۰/۰۰۳۲}$	$q = ۳/۳۷۶\ h^{۰/۰۳۰۳}$	$q = ۳/۷۶۷\ h^{۰/۰۱۸۸}$	$q = ۳/۸۰۱\ h^{۰/۰۱۸۲}$
N	$q = ۳/۴۳۲\ h^{۰/۰۰۸۲۴}$	$q = ۵/۳۲۰\ h^{۰/۰۴۱۴}$	$q = ۶/۳۹۹\ h^{۰/۰۳۳۳}$	$q = ۶/۴۰۸\ h^{۰/۰۳۷}$

جدول ۴. اثر دمای آب آبیاری بر میانگین دبی انواع قطره‌چکان‌ها

قطره‌چکان	دما (درجه سانتی‌گراد)			
	۱۳	۲۳	۳۳	۴۳
A	۴/۳۱۱۸ a	۴/۴۲۱۸ a	۴/۳۶۰۰ a	۴/۴۷۸۲ a
B	۷/۰۷۸۰ a	۷/۲۹۲۰ a	۷/۴۵۸۰ a	۷/۴۹۸۰ a
C	۳/۶۵۰۰ a	۳/۶۶۷۳ a	۳/۶۶۶۴ a	۳/۶۹۴۶ a
D	۶/۹۳۰۹ a	۶/۸۳۴۶ a	۶/۹۸۹۱ a	۷/۰۳۰۰ a
E	۳/۹۳۶۴ a	۳/۹۸۸۲ a	۳/۹۴۶۴ a	۳/۸۹۰۹ a
F	۷/۶۰۱۸ bc	۷/۳۶۰۰ c	۷/۸۵۰۰ ab	۷/۹۶۰۰ a
G	۱۰/۹۷۶۴ a	۱۱/۱۱۳۶ a	۱۱/۰۳۹۱ a	۱۰/۹۵۰۰ a
M	۳/۲۳۷۰ b	۳/۸۹۲۰ a	۴/۱۱۴۰ a	۴/۱۴۰۰ a
N	۵/۰۸۵۰ c	۶/۴۵۵۰ b	۷/۴۷۴۰ a	۷/۶۱۳۰ a

*: در هر سطر میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشابه می‌باشند، اختلاف معنی‌داری ندارند.

قطره‌چکان F، M و N معنی‌دار می‌باشد. در قطره‌چکان نوع F، میانگین دبی‌ها در دمای ۱۳ با ۴۳، دمای ۲۳ با دماهای ۴۳ و۳۳ متقابلاً باهم اختلاف معنی‌دار دارند. در قطره‌چکان نوع M فقط میانگین دبی در دمای ۱۳ درجه سانتی‌گراد با سایر میانگین‌ها اختلاف دارد و نهایتاً در قطره‌چکان N میانگین دبی تنها در دماهای ۴۳ و ۳۳ درجه سانتی‌گراد باهم اختلاف ندارند در سایر دماها همگی دو به دو با هم متفاوت‌اند. علی‌حوری (۴) در تحقیق خود، با اعمال دماهای مختلف بر قطره‌چکان‌ها، اختلاف معنی‌داری در هیچ یک از قطره‌چکان‌ها مشاهده نکرد. همان‌گونه که گزارش شد، تغییرات دما فقط روی دبی قطره‌چکان‌های F، M و N معنی‌دار بود. همان‌گونه که از جدول ۴ ملاحظه می‌شود، میزان دبی قطره‌چکان‌ها با افزایش دما افزایش یافته است. به منظور بررسی میزان تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها، رابطه خطی بین دبی نرمال شده قطره‌چکان و دما به فرم معادله ۵ برازش داده شد.

جدول ۵. رابطه دبی- دما در قطره‌چکان‌های F، M و N

قطره‌چکان	m	b	R^2	q = m T + b
F	۰/۲۰۹	۹۸/۴۱	۰/۶۳	**q** = ۰/۲۰۹**T** + ۹۸/۴۱
M	۰/۷۵۳	۷۷/۷۳	۰/۸۱	**q** = ۰/۷۵۳**T** + ۷۷/۷۳
N	۱/۳۳۱	۶۵/۸۰	۰/۹۰	**q** = ۱/۳۳۱**T** + ۶۵/۸۰

ضرایب معادله ۵ به‌دست آمده برای قطره‌چکان‌های مذکور در جدول ۵ ارائه شده است. مقادیر m و b برای قطره‌چکان‌های با رژیم جریان متلاطم به‌ترتیب ۰/۲۵ و ۹۵/۴ گزارش شده است (۵). میزان شیب معادله بیانگر میزان حساسیت دبی قطره‌چکان به تغییرات دما می‌باشد. به عبارتی در بین قطره‌چکان‌های F، M و N که اثر دما روی دبی آنها معنی‌دار بوده است، قطره‌چکان F کمترین حساسیت و قطره‌چکان N بیشترین حساسیت را از خود نشان داده است. نصرالهی (۷) در تحقیق خود، گزارش کرد اثر دما در ۵ مورد از قطره‌چکان‌ها اختلاف معنی‌داری داشت ولی در سایر قطره‌چکان‌ها که از نوع تنظیم‌کننده فشار بودند، این تأثیر معنی‌دار نبود و با توجه به نتایج ارائه شده در تحقیق خود، اعلام کرد که در قطره‌چکان‌های غیرتنظیم‌کننده فشار، با افزایش دما دبی افزایش و در قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار به جز یک مورد، با افزایش دما دبی کاهش می‌یابد. مصطفی‌زاده و کهنوجی (۶) نیز در تحقیقات 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 (۵) بیانگر افزایش دبی قطره‌چکان‌ها با افزایش دما می‌باشد که با نتایج تحقیق حاضری تطابق دارد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق رابطه دبی- فشار، دبی- دما و اثرات دماهای مختلف روی قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار رایج در کشور بررسی شد. در تمامی دماهای ذکر شده هیچ قطره‌چکانی x بیشتر از ۰/۲ نداشت و همگی از نوع قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار بودند. اثر دما روی دبی قطره‌چکان‌های F، M و N در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار و در سایر قطره‌چکان‌ها غیرمعنی‌دار بود. در قطره‌چکان‌های مذکور با افزایش دما میزان دبی افزایش یافته بود.

منابع مورد استفاده

۱. استاندارد ۶۷۷۵ جمهوری اسلامی ایران. ۱۳۸۵. *ماشین های کشاورزی- تجهیزات آبیاری- قطره‌چکان‌ها و لوله‌های قطره‌چکاندار- ویژگی و روش‌های آزمون*. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.

۲. دلقندی، م. ۱۳۸۷. *مطالعه عددی و آزمایشگاهی خصوصیات هیدرولیکی قطره‌چکان‌های طولانی‌مسیر*. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۳. زهتابیان، غ. ۱۳۷۳. *راهنمای عملی آبیاری* (ترجمه). انتشارات دانشگاه تهران.

۴. علی‌حوری، م. ۱۳۷۸. عملکرد و خصوصیات هیدرولیکی انواع قطره‌چکان‌ها در فشارها و دماهای مختلف. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.

۵. علیزاده، ا. ۱۳۸۸. *آبیاری قطره‌ای (اصول و عملیات)*. ویرایش دوم، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.

۶. مصطفی‌زاده، ب. و م.کهنوجی. ۱۳۸۱. تأثیر دمای آب آبیاری در آبدهی برخی از قطره‌چکان‌های ساخت ایران در آبیاری. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۶(۱): ۱-۱۲.

۷. نصرالهی، ع. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر دما بر دبی چند نوع قطره‌چکان موجود در بازار ایران. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز.

8. Duran-Ros, M., J. Puig-Bargues, G. Arbat, J. Barragan and F.ramirez. 2009. Effect of filter, emitter and location on clogging when using effluents. Agric. Water Manage. 96: 67 – 79.
9. ISO 9261. 2004. Agricultural irrigation equipment – Emitters and emitting pipe – Specification and test methods.
10. Karinak, H., E. Dogan, S. Demir and S. Yalcin. 2004. Determination of Hydraulic Performance of Trickle Irrigation Emitters used in Irrigation System in the Harran Plain. Turk. J. Agric. 28: 223-230.
11. Olivira, A. M., F. Porto, J. F. Medeiros and M. Costa. 2000. Hydraulic characterization of the integral drip line Hydro drip ll. Revista Brasilia Engenharia Agrocola Ambient.
12. Parchomchuk, P. 1976. Temperature effects on emitter discharge rates. Trans. ASAE 19(4): 690-692.
13. Puig-Bargués, J., G. Arbat, M. Elbana, M. Duran-Ros, J. Barragán, F. Ramírez de Cartagena and F.R Lamm. 2010. Effect of flushing frequency on emitter clogging in microirrigation with effluents. Agric. Water Manage. 97(6): 883-891.
14. Sinobas, L., L. Juana and A. Losada. 1999. Effects of temperature changes on emitter discharge. J. Irrig. and Drain. ASCE 125(2): 64-73.
15. Solomon, K. H. 1985. Global uniformity of trickle irrigation system. Trans. ASAE 28(4): 1151-1158.

Investigation of the Relationship between Discharge – Pressure and Discharge- Temperature in the Conventional Compensating Emitters

E. Maroufpoor* and M. Parvini[1]

(Received : May 12-2012 ; Accepted : Jan. 27 -2013)

Abstract

One of the most important issues in trickle irrigation design is investigating the emitter's characteristics, the effect of factors on flow rate, and finally appropriate emitter selection. Therefore, in this study nine types of pressure compensating emitters with codes of A, B, C, D, E, F, G, M and N, made based on trickle irrigation physical model were tested and 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. All experiments were carried out based on ISO 9261 standard and IRISI 6775 standard of the Institute of Standards & Industrial Research of Iran. The obtained results at all the tested temperatures, no emitter has x more than 0.2 and all emitters were pressure compensating types. The effect of temperature on the flow rates of models F, M and N was significant at 95% confidence level. Increase in temperature showed an increase in the flow rates of the above mentioned models.

Keywords: Trickle irrigation, Irrigation efficiency, Pressure compensating emitters.

1. Dept. of Water Eng., Collage of Agric., Univ. of Kurdistan, Sanandaj, Iran.
*: Corresponding Author, Email: isamarofpoor@yahoo.com