مقایسه فنی و هیدرولیکی قطره چکان‌های تنظیم شونده و معمولی در اراضی شیب‌دار

مسعود نوشادی* و علی باب الحکمی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۹/۱۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۲۳)

چکیده

یکنواختی توزیع آب در سیستم آبیاری قطره‌ای تحت تأثیر شیب لوله رابط بوده و به‌همین دلیل ارزیابی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در اراضی شیب‌دار مهم است. در این پژوهش برای بررسی اثر شیب روی پارامترهای یکنواختی در قطره چکان‌های معمولی و تنظیم شونده، شیب‌های ۰/۲، ۶، ۱۱، ۱۶، ۲۰ و ۲۵ درصد برروی زمین اجرا شد و لوله‌های رابط به طول ۷۰ متر و قطرهای ۵۰، ۶۳ و ۷۵ میلی‌متر در جهت شیب و لوله‌های فرعی به طول ۴۰ متر و قطر ۱۶ میلی‌متر روی خطوط تراز قرار گرفتند. نتایج نشان داد که در قطره چکان‌های معمولی در شیب‌های فوق مقادیر $qv_{(avg)}$ به‌ترتیب ۲۸۹، ۶۷۴۰، ۴۶، ۱۳۵، ۳۸ و ۲۷ درصد، $qv_{(max)}$ به‌ترتیب ۲۲۲، ۴۸، ۵۳، ۹۰، ۲۷ و ۹ درصد و CV به‌ترتیب ۳۰۰، ۱۱۴، ۳۳، ۱۴۰، ۶۳ و۲۵ درصد از قطره چکان‌های تنظیم شونده بیشتر بود. ولی مقادیر EU به‌ترتیب ۳۳، ۳۴، ۱۲، ۲۵، ۱۷ و ۹ درصد، EU_a به‌ترتیب ۲۶، ۲۳، ۶، ۲۱، ۱۵ و ۱۳ درصد، UC به‌ترتیب ۱۷، ۱۶، ۴، ۱۳، ۱۴ و ۹ درصد و US به‌ترتیب ۱۰، ۸، ۲، ۸، ۵ و ۴ درصد از قطره چکان‌های تنظیم شونده کمتر بود. بنابراین حتی در شیب های زیاد (۲۰ و ۲۵ درصد) نیز راندمان‌های آبیاری در قطره چکان‌های تنظیم شونده بهتر بود. همچنین رابطه تعیین شده بین شیب و دبی قطره چکانها بیانگر تغییرات اندک دبی قطره چکان‌های تنظیم شونده در اراضی شیب‌دار بود.

واژه‌های کلیدی: شیب، دبی، فشار، یکنواختی

۱.گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: noshadi@shirazu.ac.ir

مقدمه

قرار گرفتن ایران در منطقه گرم و خشک، کمبود آب، مصرف بالای آب در بخش کشاورزی و راندمان پایین آبیاری به‌روش سنتی، نیاز به افزایش راندمان سیستم‌های آبیاری را بیش از پیش نشان می‌دهد. یکی از راه‌های افزایش راندمان سیستم‌های آبیاری استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار می‌باشد که آبیاری قطره‌ای به‌عنوان یک سیستم کارا در استفاده بهینه از آب در مناطق مختلف به‌خصوص مناطق شیب‌دار مورد استفاده قرار می‌گیرد. افزایش شیب لوله‌های نیمه اصلی و رابط روی عملکرد قطره چکان‌ها و توزیع آب در سیستم آبیاری قطره‌ای تأثیر دارد. برادران هزاوه و همکاران به ارزیابی فنی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای اجرا شده در شهرستان اراک پرداختند (۲). نتایج نشان داد در نیمی از طرح‌های مورد بررسی مقدار آب آبیاری بیشتر از نیاز آبی بوده و در نتیجه تلفات آب وجود داشت در حالی که در نیمی دیگر مقدار آب آبیاری به مراتب از نیاز آبی کمتر بود و در نتیجه عملاً کم آبیاری ناخواسته صورت می‌گرفت. چیگریو و همکاران به ارزیابی فنی آبیاری قطره‌ای با فشار پایین در زیمباوه پرداختند (۵). نتایج نشان داد که کشاورزان می‌توانند در دو نوع سیستم آبیاری با فشار پایین سرمایه‌گذاری کنند، یک سیستم دارای قطره چکان‌های در خط (IN-LINE) با فشار پایین و دبی پایین (حدود کمتر از ۰/۳ لیتر در ساعت) و دیگری سیستمی که دارای قطره چکان‌های میکروتیوپ با فشار پایین و دبی بالا (حدود یک لیتر در ساعت) می‌باشد. اکرام نیا چندین نمونه قطره چکان ساخت داخل را مورد ارزیابی هیدرولیکی قرار داد و ضریب تغییرات ساخت آنها را به‌دست آورد (۱). او نمونه قطره چکان‌های با دبی متغیر را غیرقابل قبول، نمونه قطره چکان‌های جبران کننده فشار را ضعیف و چند نمونه از قطره چکان‌های داخل خط روزنه ای و داخل خط مسیر بلند را خوب تشخیص داد. جوانا و همکاران با ارائه یک روش جدید برای ارزیابی مزرعه‌ای توزیع آب در واحدهای آبیاری قطره‌ای، راندمان کاربرد را در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای تخمین زدند (۹). این روش بر مبنای اندازه‌گیری دبی قطره چکان‌هایی که نماینده کل مزرعه است استوار می‌باشد. نوشادی و قائمی به بررسی فنی و هیدرولیکی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در کل استان فارس پرداختند (۳). فشار ورودی قطره چکان‌ها در سیستم‌های مختلف بین ۰/۳ تا ۲۲/۹ متر با میانگین ۸ متر بوده و در حدود ۶۴ درصد از طرح‌ها، مقدار فشار ورودی قطره چکان‌ها کمتر از فشار متوسط مورد نیاز (۱۰ متر) بود. آنها نشان دادند دبی قطره چکان‌ها به‌طور میانگین ۵ لیتر در ساعت بود در حالی که در ۷۱/۴ درصد از طرح‌های مورد بررسی دبی کمتر از ۳ لیتر در ساعت بوده است. پیتس و همکاران عنوان نمودند که یکنواختی توزیع در سیستم‌های خرد آبیاری نه تنها تحت تأثیرطراحی هیدرولیکی قطره چکان‌ها بوده، بلکه تحت تأثیر متغیرهایی همچون کارخانه سازنده، نوع قطره چکان‌ها و اتصالات نیز می‌باشد (۱۲). مادرامتو و همکاران طی مطالعه‌ای به بررسی عملکرد هیدرولیکی پنج نوع قطره چکان روزنه‌ای (LPC-۲L، LPC-۴L، کاتیف،COR-۲L، SO-۲) در شرایط آزمایشگاهی پرداختند (۱۱). آزمایش‌ها در پنج فشارکارکرد مختلف، از ۶۹ تا ۱۳۸ کیلوپاسکال انجام شد. منحنی‌های آب‌دهی- فشار به‌دست آمده از آزمایش‌ها برای همه قطره چکان‌ها با منحنی‌های کارخانه سازنده ۱۰٪± اختلاف داشت. آزمایش‌های آنان نشان داد که ضریب تغییرات ساخت (CV) قطره چکان‌های غیرجبران کنندهٔ فشار تحت تأثیر فشار قرار می‌گیرند ولی قطره چکان‌های جبران کنندهٔ فشار نسبت به تغییرات فشار غیرحساس بوده و در تمام گستره تغییرات فشار عملکرد خوبی داشتند. الا و همکاران به بررسی تأثیر ارتفاع هیدرولیکی و شیب زمین بر توزیع یکنواختی در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در آزمایشگاه پرداختند (۸). آنها اثر شیب صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد و فشار ورودی ۱، ۲ و ۳ متر بر توزیع یکنواختی آبیاری قطره‌ای را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد UC و EU با افزایش فشار ورودی برای همه شیب‌ها افزایش می‌یابند. EU و UC با افزایش شیب کاهش می‌یابد و این کاهش برای شیب‌های بیش از ۳۰ درصد خیلی بیشتر است. UC، به‌صورت خطی با شیب و ارتفاع ورودی مرتبط می‌باشد.

یکنواختی سیستم‌های آبیاری

کریستیانسن معادله زیر را برای محاسبه ضریب یکنواختی پخش قطره چکان‌ها ارایه کرده است (۶):

$$UC = ۱۰۰[۱-\left(\frac{۱}{nq_a}\right)\sum|q_i - q_a|] \qquad (۱)$$

که در آن، UC ضریب یکنواختی کریستیانسن (درصد)، n تعداد مشاهدات، q_i : دبی هر قطره‌چکان (لیتر در ساعت)، q_a متوسط دبی قطره چکان‌ها (لیتر در ساعت) می‌باشد. یکنواختی پخش، اساسی‌ترین عامل تأثیرگذار بر بازده کاربرد آب در آبیاری قطره‌ای است. برای بیان یکنواختی پخش ازمعیارهای مختلفی استفاده می شود. کلر و کارملی برای یکنواختی پخش رابطه (۲) را ارایه کردند (۱۰).

$$EU = \frac{۱۰۰q_n}{q_a} \qquad (۲)$$

که در آن، EU یکنواختی پخش قطره چکان‌ها (درصد)، q_n: میانگین یک چهارم کمترین دبی قطره چکان‌ها (لیتر در ساعت) و q_a میانگین دبی قطره چکان‌ها (لیتر در ساعت) می‌باشد. کلر و کارملی پارامتر یکنواختی پخش مطلق، (EU_a) را که در برگیرندهٔ مقادیر میانگین، بیشترین و کمترین مقادیر دبی قطره چکان‌هاست به‌صورت زیر معرفی کردند:

$$EUa = ۵۰(\frac{q_n}{q_a} + \frac{q_a}{q_x}) \qquad (۳)$$

که در آن، EU_a، یکنواختی پخش مطلق (درصد)، q_x، متوسط یک هشتم بیشترین مقادیر دبی قطره چکان‌ها (لیتر در ساعت) و بقیه پارامترها در رابطه (۲) معرفی شده اند. یکی دیگر از روش‌های بررسی تغییرات دبی قطره چکان‌ها مقایسه حداکثر و حداقل دبی در قطره چکان است که به وسیله روابط زیر قابل محاسبه می‌باشد (۷):

$$qv(max) = \frac{q\,max - q\,min}{q\,max} \qquad (۴)$$

$$qv(avg) = \frac{q\,max - q\,min}{qavg} \qquad (۵)$$

که در این روابط، $qv_{(max)}$، تغییرات دبی قطره چکان‌ها نسبت به حداکثر دبی، $qv_{(avg)}$، تغییرات دبی قطره چکان‌ها نسبت به متوسط دبی قطره چکان‌ها، q_{max}، حداکثر دبی در قطره چکان‌ها و q_{min}، حداقل دبی در قطره چکان‌ها می‌باشد.

انجمن مهندسین کشاورزی آمریکا (ASAE) برای محاسبه ضریب تغییرات یک سیستم یا زیر واحد آبیاری و یکنواختی آماری دبی قطره چکان‌ها معادلات زیر را ارایه داده است (۴):

$$V_{qs} = \frac{C_V}{q_a} \qquad (۶)$$

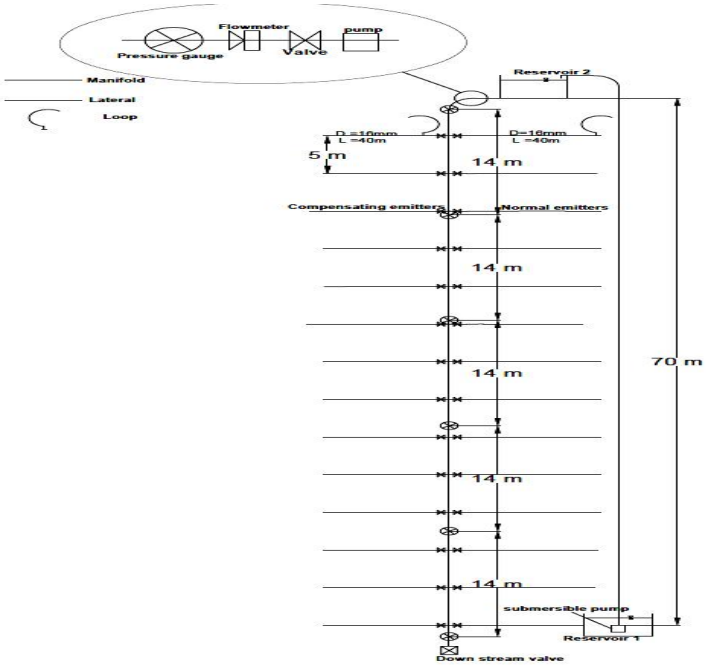
$$CV = \left\{\sqrt{\left(q_۱^{۲} + q_۲^{۲} + \ldots + q_n^{۲} - nq_a\right)^{۲} / (n-۱)}\right\} / q_a \qquad (۷)$$

$$Us = ۱۰۰(۱ - Vqs) \qquad (۸)$$

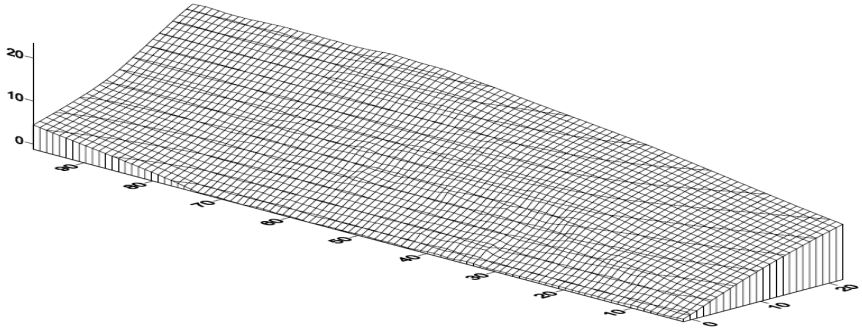
در این روابط، V_{qs}، ضریب تغییرهای زیر واحد یا سیستم، CV، ضریب تغییرات دبی قطره چکان‌ها و US، یکنواختی آماری دبی قطره چکان‌ها می‌باشد.

روش پژوهش

آزمایش‌های مورد نظر در دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در ۱۶ کیلومتری شمال شرقی شیراز انجام گردید. منطقه مورد آزمایش برروی دامنه کوه قرار داشته که نقشه توپوگرافی آن در شکل (۱) ارایه شده است. برروی این محل از طریق نقشه‌برداری و برداشت پروفیل طولی شیب‌های یکنواخت مختلف شامل۰/۲، ۶، ۱۱، ۱۶، ۲۰ و ۲۵ درصد برروی زمین پیاده گردید و لوله‌های رابط با قطره‌ای ۵۰، ۶۳ و ۷۵ میلی‌متر در این شیب‌ها قرار داده شدند. لوله رابط به طول ۷۰ متر در جهت شیب و لوله‌های فرعی به قطر ۱۶ میلی‌متر و طول ۴۰ متر برروی خطوط تراز قرار داشتند و به‌صورت دوطرفه به لوله رابط متصل شده بودند. فاصله لوله‌های فرعی و حلقوی از یکدیگر ۵ متر بود که برروی هر لوله حلقوی ۵ قطره چکان نصب شده بود. قطره چکان به کاربرده شده از دو نوع تنظیم شونده فشار (نتافیم) و معمولی داخل خط (آیری دلکو) (با دبی اسمی ۴ لیتر در ساعت) بود. تعداد ۱۵۰ آزمایش برای فشارها و دبی‌های مختلف ورودی به سیستم انجام گرفت. دبی قطره چکان‌ها در ابتدا، یک چهارم، یک دوم، سه چهارم و انتهای لترال‌هایی که در ابتدا، دو پنجم، سه پنجم، چهار پنجم و انتهای لوله رابط قرار گرفته بودند، اندازه‌گیری شدند. به این ترتیب که دبی در پنج قطره چکان نصب شده برروی لوله‌های حلقوی، در



(الف)



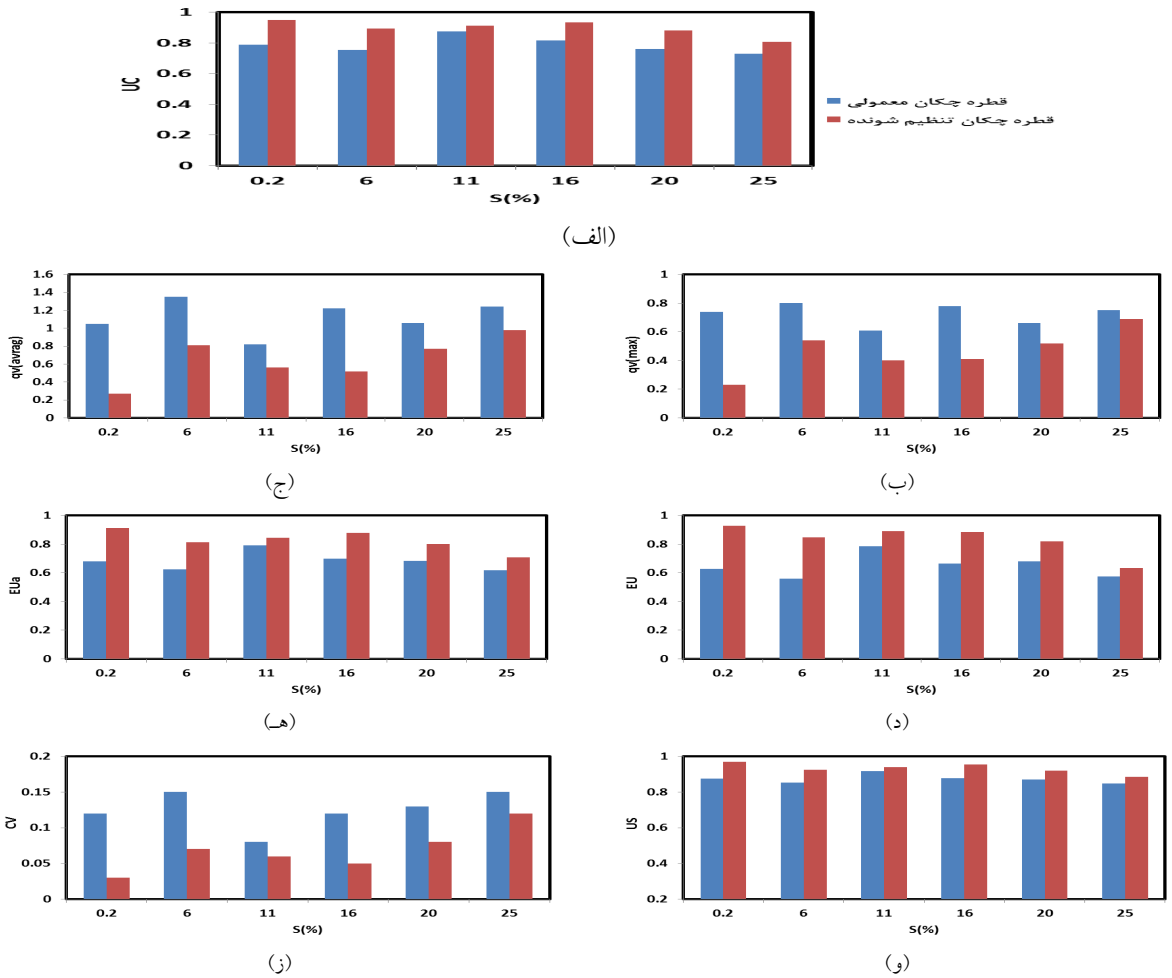
(ب)

شکل ۱. الف) نمایی شماتیک از سیستم مورد نظر و ب) خطوط تراز منطقه مورد آزمایش

مقاطع ذکر شده در بالا با سه تکرار اندازه‌گیری شد. با استفاده از معادلات ذکر شده در قسمت قبل یکنواختی پخش آب در تمام آزمایش‌ها محاسبه شد و عملکرد قطره چکان‌ها مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفتند.

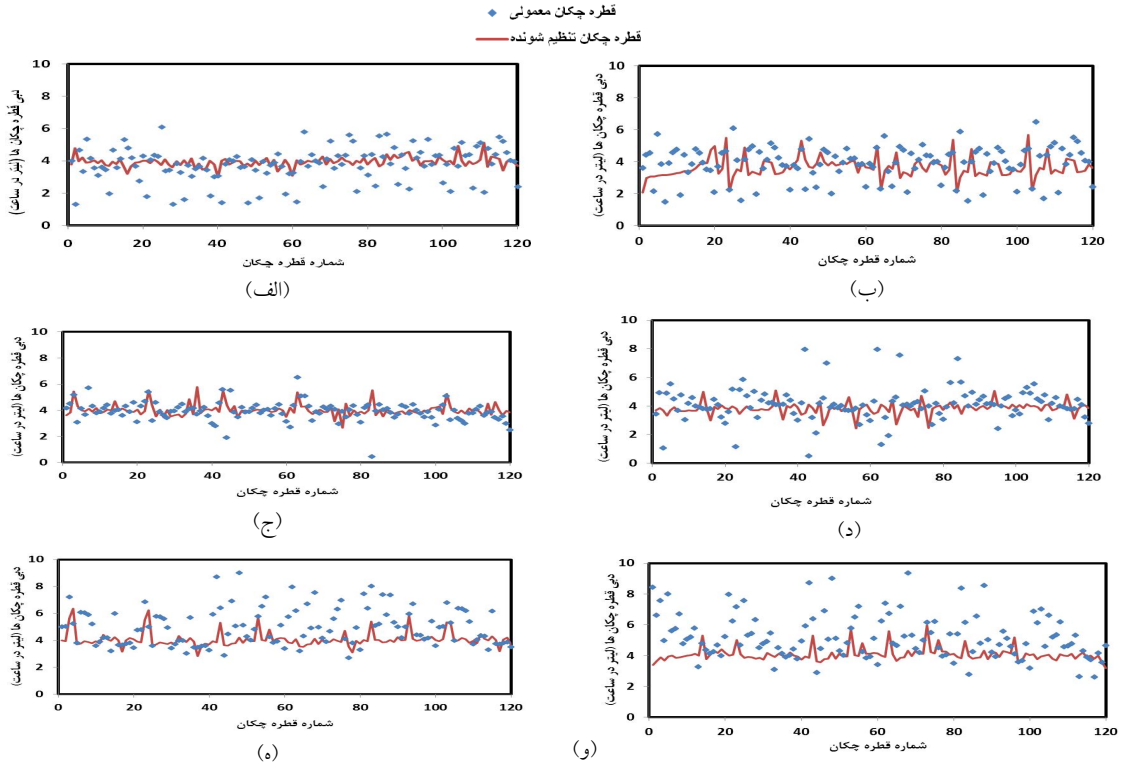
نتایج و بحث

شکل (۲) مقادیر پارامترهای یکنواختی توزیع آب برای قطره چکان‌های تنظیم شونده و معمولی در شیب‌های ۰/۲، ۶، ۱۱، ۱۶، ۲۰ و ۲۵ درصد را نشان می‌دهد. طبق این شکل در قطره چکان‌های تنظیم شونده در شیب‌های لوله رابط ۰/۲، ۶، ۱۱، ۱۶، ۲۰ و ۲۵ درصد مقدار $q_{v(avg)}$ به‌ترتیب ۲۷، ۸۱، ۵۶، ۵۲، ۷۷ و ۹۸ درصد، $q_{v(max)}$ به‌ترتیب ۲۳، ۵۴، ۴۰، ۴۱، ۵۲ و ۷۰ درصد و مقدار CV به‌ترتیب ۳، ۷، ۶، ۵، ۸ و ۱۲ درصد بودند. در قطره چکان‌های معمولی مقدار $q_{v(avg)}$ به‌ترتیب ۱۰۵، ۱۳۵، ۸۲، ۱۲۲، ۱۰۶ و ۱۲۴ درصد، مقدار $q_{v(max)}$ به‌ترتیب ۷۴، ۸۰، ۶۱، ۷۸، ۶۶ و ۷۵ درصد و مقدار CV به‌ترتیب ۱۲، ۱۵، ۸، ۱۲، ۱۳ و ۱۵ بود. بنابراین در قطره چکان‌های معمولی مقدار $q_{v(avg)}$ به‌ترتیب ۲۸۹، ۶۷، ۴۶، ۱۳۵، ۳۸ و ۲۷ درصد، مقدار



شکل ۲. مقادیر پارامترهای یکنواختی قطره چکان‌های معمولی و تنظیم شونده در شیب‌های مختلف: الف) UC، ب) $qv_{(max)}$، ج) $qv_{(avg)}$، د) EU، ه) EU_a، و) US و ز) CV

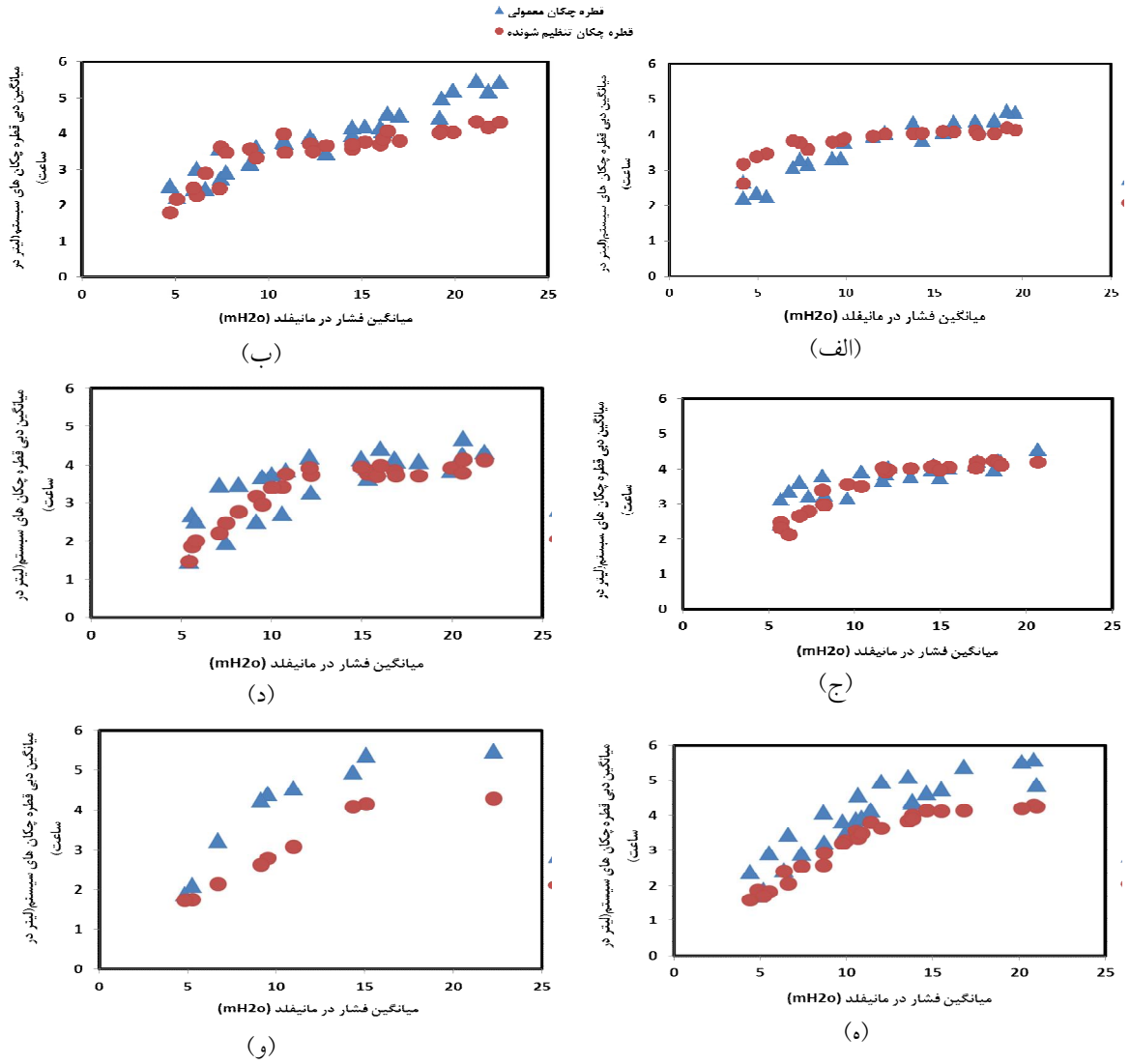
$q_{v(max)}$ به‌ترتیب ۲۲۲، ۴۸، ۵۳، ۹۰، ۲۷ و ۹ درصد و مقدار CV به‌ترتیب ۳۰۰، ۱۱۴، ۳۳، ۱۴۰، ۶۳ و۲۵ درصد ازقطره چکان‌های تنظیم شونده بیشتر بود. در شیب‌های لوله رابط ۰/۲، ۶، ۱۱، ۱۶، ۲۰ و ۲۵ درصد در قطره چکان‌های معمولی مقدار EU به‌ترتیب ۳۳، ۳۴، ۱۲، ۲۵، ۱۷ و ۹ درصد، EU_a به‌ترتیب ۲۶، ۲۳، ۶، ۲۱، ۱۵ و ۱۳ درصد، UC به‌ترتیب ۱۷، ۱۶، ۴، ۱۳، ۱۴ و ۹ درصد و US به‌ترتیب ۱۰، ۸، ۲، ۸، ۵ و ۴ درصد از قطره چکان‌های تنظیم شونده کمتر بود. الا و همکاران در پژوهشی آزمایشگاهی در شیب صفر و فشار ورودی ۱، ۱/۵، ۲، ۲/۵، ۳ و ۳/۵ متر مقادیر UC را به‌ترتیب ۶۴/۸، ۶۹/۸، ۶۹/۹، ۶۴/۶، ۷۱ و ۷۰/۴ درصد و EU را به ترتیب ۴۵، ۵۰/۴، ۵۱، ۴۳/۸، ۵۳/۵ و ۵۰ درصد به‌دست آوردند (۸). طبق شکل (۲) مقادیر ضریب تغییرات دبی (CV) در شیب‌های مختلف در قطره چکان‌های معمولی بین ۰/۱۲ تا ۰/۱۵ و در قطره چکان‌های تنظیم شونده بین ۰/۰۳ تا ۰/۱۲ بود. بیشترین ضریب تغییرات قطره چکان‌ها مربوط به شیب ۲۵ درصد بود. با توجه به مقادیر CV در قطره چکان‌های معمولی، این قطره چکان‌ها در رده قطره چکان‌های ضعیف و قطره چکان‌های تنظیم شونده در رده قطره چکان‌های خوب تا متوسط قرار می‌گیرند. البته باید این مسئله را درنظر داشت که قطره چکان‌های تنظیم کننده



شکل ۳. دبی قطره چکان‌های معمولی و تنظیم شونده در شیب‌های: الف) ۰/۲، ب) ۶، ج) ۱۱، د) ۱۶، هـ) ۲۰ و) ۲۵ درصد

فشار، در فشارهای کمتر از مقدار فشار کاری قطره چکان‌ها به‌صورت یک روزنه عمل می‌کنند و خاصیت تنظیم کنندگی خود را از دست می‌دهند که در نتیجه باعث افزایش ضریب تغییرات دبی قطره چکان‌ها شده است. در صورتی که در فشار کاری، ضریب تغییرات دبی قطره چکان‌های تنظیم کننده کاهش یافته است. تغییرات دبی قطره چکان‌ها نسبت به مقدار متوسط ($q_{v(avg)}$) در قطره چکان‌های معمولی بین ۰/۸۲ تا ۱/۳۵ و در قطره چکان تنظیم شونده بین ۰/۲۷ تا ۰/۹۸، تغییرات دبی قطره چکان‌ها نسبت به مقدار حداکثر ($q_{v(max)}$) در قطره چکان‌های معمولی بین ۰/۶۱ تا ۰/۸۰ و در قطره چکان‌های تنظیم شونده بین ۰/۲۳ تا ۰/۶۹، ضریب یکنواختی پخش (EU) در قطره چکان‌های معمولی بین ۵۷/۵۷ تا ۷۸/۳۷ و در قطره چکان‌های تنظیم شونده بین ۶۳/۳۹ تا ۹۲/۸۴، ضریب یکنواختی پخش مطلق (EU_a) در قطره چکان‌های معمولی بین ۶۱/۶۷ تا ۷۹/۰۷ و در قطره چکان‌های تنظیم شونده بین ۷۰/۷۹ تا ۹۱/۳۳ درصد و ضریب یکنواختی پخش کریستیانسن (UC) در قطره چکان‌های معمولی بین ۷۳/۰۳ تا ۸۷/۵ درصد و در قطره چکان‌های تنظیم شونده بین ۸۰/۶۹ تا ۹۴/۹۸ درصد متغییر بود. نوشادی و قائمی (۳) با بررسی پارامترهای CU، DU، EU و CV طرح‌های آبیاری قطره‌ای اجرا شده در استان فارس نشان دادند که مقادیر پارامترهای مذکور به‌ترتیب ۹۷-۶۱، ۹۵-۵۰، ۹۳-۴۳ و ۵۲-۵ درصد بوده است. در این طرح‌ها فشار در ابتدای قطره چکان‌ها در سیستم‌های مختلف بین ۰/۳ تا ۲۲/۹ متر با میانگین ۸ متر بوده و در ۶۴ درصد طرح‌ها مقدار فشار کمتر از فشار متوسط مورد نظر (۱۰ متر) بوده است. دبی قطره چکان‌ها ۵ لیتر بر ساعت بوده ولی در ۷۱ درصد طرح‌های مورد بررسی دبی کمتر از ۳ لیتر بر ساعت بوده است.

در شکل (۳) مقادیر دبی ۱۲۰ قطره چکان در شیب‌های ۰/۲، ۶، ۱۱، ۱۶، ۲۰ و ۲۵ درصد برای قطره چکان‌های تنظیم



شکل ۴. میانگین فشار در لوله رابط و دبی میانگین قطره چکان‌ها در شیب‌های: الف) ۰/۲، ب) ۶، ج) ۱۱، د) ۱۶، هـ) ۲۰ و) ۲۵ درصد

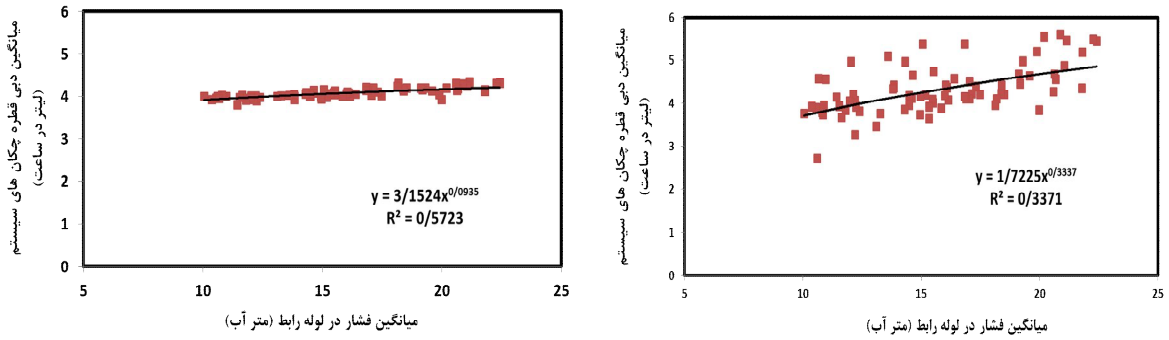
شونده و معمولی ارایه شده است. در شیب‌های ۰/۲، ۶، ۱۱، ۱۶، ۲۰ و ۲۵ درصد میانگین دبی در قطره چکان‌های معمولی به‌ترتیب ۳/۷۶، ۳/۹۰، ۳/۹۲، ۴/۱۱، ۴/۹۷ و ۵/۲۱ لیتر در ساعت با انحراف معیار به‌ترتیب ۱۰۷، ۱۰۸، ۷۳، ۱۱۵، ۱۳۵ و ۱۴۲ درصد و در قطره چکان‌های تنظیم شونده به‌ترتیب ۳/۹۴، ۳/۶۴، ۴/۰۲، ۴/۳،۰۸/۸۲ و ۴/۰۹ لیتر در ساعت با انحراف معیار به‌ترتیب ۲۹، ۶۳، ۴۶، ۴۱، ۵۶ و ۴۲ درصد بود. تغییرات دبی قطره چکان‌ها در شیب ۰/۲ درصد در قطره چکان‌های تنظیم شونده بسیار کم بوده و قطره چکان‌ها در همان محدوده دبی اسمی (۴ لیتر در ثانیه) کار کرده‌اند. اما در قطره چکان‌های معمولی تغییرات دبی قطره چکان‌ها زیاد بوده و بین ۱/۳ تا ۶/۱ لیتر در ساعت بود. در شیب‌های ۲۰ و ۲۵ درصد تغییرات دبی قطره چکان‌های معمولی زیاد بوده و این تغییرات بیشتر در جهت افزایش دبی قطره چکان‌ها بوده است، تا جایی که دبی قطره چکان‌های معمولی تا بیش از ۲ برابر دبی اسمی افزایش یافته است. در حالی که در قطره چکان‌های تنظیم شونده

تغییرات دبی با افزایش شیب به مراتب کمتر از قطره چکان‌های معمولی بوده است. اکثر دبی قطره چکان‌های معمولی در شیب‌های ۲۰ و ۲۵ درصد بیشتر از دبی قطره چکان‌های تنظیم کنندهٔ فشار می‌باشد که در آنها روند دبی خروجی از قطره چکان‌ها ثابت می‌باشد (شکل ۳- هـ و ۳- و).

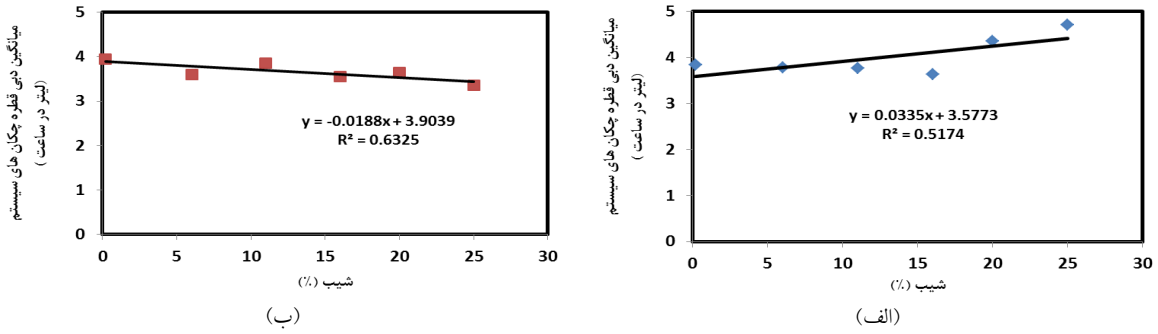
رابطه بین میانگین فشار آب در لوله رابط با دبی میانگین قطره چکان‌ها در شیب‌های مختلف

در شکل (۴) اثر فشار آب در لوله رابط برروی دبی میانگین قطره چکان‌ها در شیب‌های ۰/۲، ۶، ۱۱، ۱۶، ۲۰ و ۲۵ درصد نشان داده شده است، طبق این شکل در شیب ۰/۲ درصد در فشارهای پایین میانگین دبی در قطره چکان‌های معمولی کمتر از قطره چکان‌های تنظیم شونده بود. اما با افزایش فشار این اختلاف کاهش یافت و در فشار حدود ۱۰ تا ۱۵ متر، میانگین دبی قطره چکان‌های معمولی و تنظیم شونده به‌هم نزدیک شدند و با افزایش فشار دبی قطره چکان‌های تنظیم شونده تغییر چندانی نداشت ولی دبی قطره چکان‌های معمولی افزایش یافتند. روند کلی تغییرات دبی قطره چکان‌ها نشان داد که میانگین دبی قطره چکان‌های تنظیم شونده با تغییرات فشار تغییر چندانی نداشته ولی دبی قطره چکان‌های معمولی با افزایش فشار روند افزایشی داشته‌اند. با افزایش شیب به ۶ درصد در فشارهای پایین دبی قطره چکان‌های معمولی و تنظیم شونده نزدیک به یکدیگر بوده، اما با افزایش فشار میانگین دبی قطره چکان‌های معمولی افزایش یافته و از میانگین دبی قطره چکان‌های تنظیم شونده بیشتر شده است. از فشار حدود ۱۰ متر در داخل لوله رابط، قطره چکان‌های تنظیم کننده فشار در شیب ۶ درصد به خوبی دبی خروجی را با افزایش فشار کنترل کرده‌اند که این مسئله در قطره چکان‌های معمولی مشاهده نمی‌گردد. در شیب ۱۱ درصد میانگین دبی خروجی از قطره چکان‌های تنظیم کننده فشار در فشارهای پایین (کمتر از ۸ متر) کمتر از دبی خروجی از قطره چکان‌های معمولی بوده است. این روند در سایر شیب‌ها نیز وجود داشت که دلیل آن شیب لوله رابط بوده است. زیرا فشار ارایه شده در شکل‌ها میانگین فشار آب در لوله رابط بوده است در حالی که با افزایش شیب، گرادیان فشار ابتدا و انتهای لوله رابط افزایش یافته و در قسمت ورودی فشار پایین و در انتهای لوله رابط فشار بالا بوده است. مقادیر پارامترهای یکنواختی CV، EU، DU، $qv_{(max)}$، $q_{v(avg)}$ و EU در فشار بالاتر از ۱۰ متر برای قطره چکان‌های تنظیم شونده به‌ترتیب ۰/۰۵، ۰/۹۳، ۰/۹۰، ۰/۱۹، ۰/۲۱ و ۰/۹۳ و در قطره چکان‌های معمولی به ترتیب ۰/۱۲، ۰/۸۸، ۰/۸۶، ۰/۳۵، ۰/۴۵ و ۰/۸۸ بود. مشاهدات مزرعه‌ای و نمودارها نشان داد که در فشارهای پایین قطره چکان‌های تنظیم کننده فشار خوب کار نمی‌کردند و نمی‌توانستند تغییرات دبی قطره چکان‌ها را کنترل کنند و دبی پایین‌تری از قطره چکان‌ها خارج می‌شد.، ولی در انتهای لوله رابط که فشار بالا بود این قطره چکان‌ها به طور مناسبی دبی خروجی را کنترل می‌کردند و تغییرات دبی قطره چکان‌ها زیاد نبود. اما در قطره چکان‌های معمولی با وجود اینکه در فشار پایین دبی خروجی از این نوع قطره چکان کاهش می‌یافت اما در انتهای لوله رابط که فشار بالا بود دبی خروجی از این نوع قطره چکان‌ها افزایش یافته و این باعث می‌شد که در شیب‌های خیلی زیاد مانند ۲۰ و ۲۵ درصد میانگین دبی خروجی از قطره چکان‌های معمولی بیشتر از قطره چکان‌های تنظیم کننده فشار باشد. شکل (۴) نشان می‌دهد عملکرد قطره چکان‌هایی تنظیم شونده در فشارهای بیشتر از ۱۰ متر آب مناسب بوده اما در فشارهای کمتر از ۱۰ متر عملکرد مناسبی ندارند. همچنین قطره چکان‌های معمولی عملکرد مناسبی با تغییر فشار ورودی نداشته است به‌طوری که با تغییر فشار، دبی خروجی از این قطره چکان‌ها تغییر کرده است.

در شکل (۵) میانگین فشار در لوله رابط در برابر میانگین دبی قطره چکان‌ها برای دو حالت استفاده از قطره چکان‌های تنظیم شونده و معمولی ارایه شده است. در این شکل‌ها میانگین فشار در لوله رابط در شیب‌های مختلف از ۰/۲ تا ۲۵ درصد نشان داده شده است. شکل (۵- الف) نشان می‌دهد یک روند صعودی در افزایش میانگین دبی قطره چکان‌های معمولی با



شکل ۵. تغییرات میانگین فشار در لوله رابط با میانگین دبی در قطره چکان‌های: الف) معمولی و ب) تنظیم شونده



شکل ۶. رابطه بین شیب خط لوله رابط و دبی میانگین قطره چکان‌های: الف) معمولی و ب) تنظیم شونده

افزایش فشار وجود داشته و دبی قطره چکان‌های معمولی با افزایش فشار افزایش یافته و قطره چکان‌های معمولی توانایی کنترل دبی را با تغییر فشار نداشته‌اند. اما شکل (۵- ب) نشان می‌دهد در فشارهای پایین قطره چکان‌های تنظیم شونده توانایی مناسبی در کنترل دبی نداشته ولی در فشارهای بالا توانایی قطره چکان‌های تنظیم شونده در کنترل دبی خروجی از قطره چکان‌ها مناسب بوده است. رابطه بین فشار در لوله رابط و میانگین دبی قطره چکان‌ها به‌ترتیب برای قطره چکان‌های تنظیم شونده و معمولی به‌صورت $R^2 = ۰/۵۷$، $q = ۳/۱۵۲۴ P^{۰/۰۹}$ و $R^2 = ۰/۳۴$، $q = ۱/۷۲۲ P^{۰/۳۳}$ بود. که در آن، P، فشار آب در لوله رابط (متر) و q دبی قطره چکان (لیتر در ساعت) در لترال های متصل به لوله رابط (در همان نقطه ای که فشار تعیین شده است) می‌باشد. روابط فوق بین میانگین فشار آب در لوله رابط و میانگین دبی قطره چکان‌های سیستم برای فشارهای بیشتر از ۱۰ متر آب توصیه می‌گردد.

رابطه بین شیب لوله رابط و میانگین دبی قطره چکان‌ها

شکل (۶) رابطه بین شیب لوله رابط و میانگین دبی قطره چکان‌های سیستم آبیاری قطره‌ای در دو حالت استفاده از قطره چکان تنظیم شونده و معمولی را نشان می‌دهد. رابطه بین شیب لوله رابط و دبی میانگین قطره چکان‌های تنظیم شونده و معمولی به‌ترتیب به‌صورت $R^2 = ۰/۵۲$، $q = ۰/۰۳۳۵ S + ۳/۵۷۷۳$ و $R^2 = ۰/۶۳$، $q = ۰/۰۱۸۸S + ۳/۹۰۳۹$ به‌دست آمد که در آن، S شیب کارگذاری لوله رابط (٪)، q دبی قطره چکان (لیتر در ساعت) است. طبق روابط فوق شیب معادلات در قطره چکان‌های تنظیم شونده به‌مراتب کمتر از قطره چکان‌های معمولی بوده و در نتیجه تغییرات دبی آن کمتر می‌باشد. روند

تغییرات دبی با افزایش شیب نشان داد که با افزایش شیب دبی میانگین قطره چکان‌های تنظیم شونده از یک روند تقریبا ثابت پیروی کردند و در شیب‌های زیاد میانگین دبی قطره چکان‌ها اندکی کاهش یافت، چون در شیب‌های زیاد در ابتدای لوله رابط، فشار در ابتدای لوله‌های فرعی کاهش می‌یابد و قطره چکان‌های تنظیم شونده در این حالت عملکرد مناسبی ندارند ولی در انتهای لوله رابط که فشار بالاست عملکرد قطره چکان‌ها مناسب است. دبی میانگین در قطره چکان‌های معمولی بیشتر از قطره چکان‌های تنظیم شونده بود چون در لترال‌های واقع بر انتهای لوله رابط، با افزایش زیاد فشار دبی قطره چکان‌های معمولی به‌دلیل عدم تنظیم فشار، خیلی بیشتر از قطره چکان‌های تنظیم شونده بود.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق دو نوع قطره چکان تنظیم شونده و معمولی با یکدیگر مقایسه گردید. با توجه به بالا بودن مقادیر پارامترهای یکنواختی CV، $qv_{(avg)}$ و $qv_{(max)}$ در قطره چکان‌های معمولی و بیشتر بودن مقادیر US، EU، EU_a و UC در قطره چکان‌های تنظیم شونده، استفاده از قطره چکان‌های تنظیم شونده ارجحیت دارد، به‌خصوص در اراضی شیب‌دار که با افزایش شیب لوله نیمه اصلی عملکرد قطره چکان‌های معمولی به مقدار زیادی کاهش می‌یابد. اما تغییرات دبی قطره چکان‌ها در قطره چکان‌های تنظیم شونده بسیارکمتر از قطره چکان‌های معمولی می‌باشد. بررسی رابطه بین میانگین فشار آب در لوله رابط و میانگین دبی قطره چکان‌های سیستم آبیاری قطره‌ای در حالت استفاده از قطره چکان تنظیم شونده و معمولی نشان داد که با افزایش فشار آب، قطره چکان‌های معمولی قادر به کنترل دبی قطره چکان‌ها نبودند، در حالی که قطره چکان‌های تنظیم شونده توانایی مناسبی در کنترل دبی داشتند. هرچند قطره چکان‌های تنظیم شونده در فشارهای پایین عملکرد مناسبی نداشتند. به‌طور کلی نتایج نشان داد قطره چکان‌های تنظیم کننده فشار در مناطق شیب‌دار که گرادیان تغییرات فشار آب در لوله رابط زیاد است توانایی بالاتری نسبت به قطره چکان‌های معمولی برای پخش یکنواخت آب در مزرعه دارند.

منابع مورد استفاده

۱. اکرام نیا، ف. ۱۳۷۵. ارزیابی انواع قطره چکان و ارائه قطره چکان بهینه از لحاظ فنی و اقتصادی. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

۲. برادران هزاوه، ف.، م. بهزاد.، س. برومند نصب. و ا. محسنی موحد. ۱۳۸۵. ارزیابی فنی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای اجرا شده در شهرستان اراک، همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز.

۳. نوشادی، م. و ع. قائمی. ۱۳۹۱. بررسی فنی و هیدرولیکی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در استان فارس. نشریه آبیاری و زهکشی ایران ۶(۴): ۲۶۴-۲۵۴.

4. Bohrer, M. R. 2000. Drip distri bution soil performance and operation in a nothern climate. MSc Thesis, University of Wisconsin-Madison.
5. Chigerwe, J., N. Manjengwa, P. van der Zaag, W. Zhakata and J. Rockström. 2004. Low head drip irrigation kits and treadle pumps for smallholder farmers in Zimbabwe: a technical evaluation based on laboratory tests. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C. 29(15): 1049-1059.
6. Christiansen, J. E. 1941. The uniformity of application of water by sprinkler systems. Agricultural Eng. 22(3): 89-92.
7. Jiang, S. and Y. Kang. 2010. Evaluation of micro irrigation uniformity on laterals considering field slopes. J. of Irrig. and Drainage Eng. 136(6): 429-434.
8. Ella, V. B., M. R. Reyes and R. Yoder. 2009. Effect of hydraulic head and slope on water distribution uniformity of

a low-cost drip irrigation system. Applied Eng. in Agric. 25(3): 349-356.
9. Juana, L., L. Rodriguez-Sinobas. R. Sanchez. and A. Losada. 2007. Evaluation of drip irrigation: Selection of emitters and hydraulic characterization of trapezoidal units. Agricultural water manage. 90(1): 13-26.
10. Keller, J. and D. Karmeli. 1974. Trickle irrigation design parameters. Transactions of the ASAE 17(4): 678-684.
11. Madramootoo, C. A., K. C. Khatri and M. Rigby. 1988. Hydraulic performances of five different trickle irrigation emitters. Canadian Agricultural Eng. 30: 1-4.
12. Pitts, D. J., D. Z. Haman and A. G. Smajstria. 1990. Causes and prevention of emitter plugging in micro irrigation systems. Florida Cooperative Extension Service. Bulletin 258. 12 pages.

J. Water and Soil Sci (Sci. & Technol. Agric. & Natur. Resour.)
Vol. 21, No. 3, Fall 2017, Isf. Univ. Technol., Isf., Iran.

Technical and Hydraulic Comparison of Normal and Compensating Emitters in Sloping Lands

M. Noshadi* and A. Babolhakami[1]

(Received: Dec. 09-2015 ; Accepted: Dec. 13-2016)

Abstract

The uniformity parameters in drip irrigation system are influenced by the slope of manifold and therefore, the evaluation of drip irrigation systems is important in slopping lands. In this research, different slopes of 0.2, 6, 11, 16, 20 and 25% were applied on the ground surface and manifold of drip irrigation system with diameters of 50, 63 and 75 mm and length of 70 m were installed on these uniform slopes. The lateral pipes with 16 mm diameter and 40 m length were placed on the contour lines and connected to manifold bilaterally. The results showed that in the normal emitters in above slopes, the qv(avg) values were 289, 6740, 46, 135, 38 and 27 percent, respectively, qv(max) values were 222, 48, 53, 90, 27 and 9 percent, respectively, and the CV values were 300, 114, 33, 140, 63 and 25 percent, respectively, higher than compensating emitters. However, in the normal emitters in above slopes, the EU values were 33, 34, 12, 25, 17 and 9 percent, respectively, EUa values were 26, 23, 6, 21, 15 and 13%, respectively, UC values were 17, 16, 4, 13, 14 and 9%, respectively, and US values were 10, 8, 2, 8, 5 and 4 percent, respectively, less than compensating emitters. Therefore, even in high slopes (20 and 25%), the irrigation efficiency in compensating emitters were better than normal emitters. The relationship between slope and discharge of emitters represented small changes in discharge of compensating emitters in sloping lands.

Keywords: slope, discharge, pressure, uniformity.

1. Dept. of Water Eng., Faculty of Agric., Shiraz Univ., Shiraz, Iran.
*: Corresponding Author, Email: noshadi@shirazu.ac.ir