

ارزیابی هیدرولیکی اتصال حلقوی و دو به دوی انتهای لاترال‌های سیستم آبیاری قطره‌ای

جعفر نیکبخت^{۱*}، صباح کریمی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۹/۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۱

چکیده

هدف از این پژوهش ارزیابی تاثیر اتصال انتهای لاترال‌های سیستم آبیاری قطره‌ای بر یکنواختی توزیع آب بود. به این منظور سیستم آبیاری قطره‌ای در زمینی کاملاً مسطح به ابعاد ۸۰ در ۹۰ متر در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان ایجاد گردید. آزمایش در ۳ شرایط متفاوت چیدمان شامل چیدمان مرسوم لاترال‌ها (C.L.)، اتصال دو به دو (P.C.) و کامل انتهای لاترال‌ها به یکدیگر (L.C.) و ۳ فشار ورودی ۰/۵، ۱/۰ و ۱/۵ بار انجام گرفت. براساس نتایج، در فشار ورودی ۰/۵ بار، دبی متوسط قطره‌چکان‌ها (q_a)، ضریب تغییرات (Cv) و ضریب یکنواختی کریستیانسن^۳ (Uc) در P.C. به ترتیب ۲/۹ LPH، ۱۱/۰ درصد و در L.C.، ۳/۰ LPH، ۱۰/۷ درصد و در C.L.، ۲/۸ LPH، ۱۳/۱ و ۸۹ درصد بود. در فشار ورودی ۱/۰ بار Cv در C.L.، P.C. و L.C. به ترتیب ۹/۱، ۵/۷ و ۴/۹ درصد بود و Uc برای C.L. به ترتیب ۴/۸ LPH و ۹۲ درصد و برای P.C. و L.C.، ۴/۸ LPH، ۹۶ درصد بود. در فشار ورودی ۱/۵ بار به دلیل تحمیل فشار اضافی بر سیستم، مقدار q_a به ترتیب ۵/۰ (C.L.)، ۴/۹ (P.C.) و ۵/۰ (L.C.) لیتر در ساعت بود. در این فشار ورودی مقادیر Cv برای ۳ حالت C.L.، P.C. و L.C. به ترتیب ۹/۷، ۸/۴ و ۵/۵ درصد و Uc ۹۳، ۹۴ و ۹۶ درصد شد. براساس نتایج، اتصال انتهای لاترال‌ها به یکدیگر (دو به دو و یا لوپ) موجب ارتقای یکنواختی توزیع آب در سیستم آبیاری نسبت به چیدمان مرسوم شد که این مسئله در اتصال حلقوی بیش تر بود.

واژه‌های کلیدی: ضریب تغییرات، ضریب کریستیانسن، قطره‌چکان طولانی مسیر، یکنواختی توزیع

مقدمه

قابل ملاحظه‌ای در مصرف آب می‌شود، سیستم‌های آبیاری قطره‌ای است (Keller and Bliesner., 1990).

موفقیت یک سیستم آبیاری قطره‌ای را طراحی دقیق و اجرای مناسب تضمین خواهد نمود. در بیش تر مواقع، برقراری توام این دو شرط اتفاق نمی‌افتد و سیستم قادر به ارایه تمامی پتانسیل خود نیست (Burt and Styles., 2007). بنابراین لازم است سیستم آبیاری قطره‌ای اجرا شده به طور متناوب با اندازه‌گیری در حین بهره‌برداری مورد ارزیابی قرار گیرد (Merriam and Keller., 1978). با انجام ارزیابی میدانی و هر چند وقت یک بار این سیستم‌ها و پایش وضعیت آن‌ها، می‌توان به نقاط قوت و ضعف آن‌ها پی برده و زمینه بهره‌برداری بهتر را با اصلاح و اتخاذ شیوه‌های جدید مدیریتی فراهم کرد.

نتایج ارزیابی ۴۲ سیستم آبیاری قطره‌ای اجرا شده در پایین دست ایستگاه ماهاراشترا در هند توسط دالوی و همکاران نشان داد که در مجموع طراحی هیدرولیکی بسیاری از سیستم‌ها قابل قبول بود. در ۶۴ درصد از سیستم‌های طراحی شده، یکنواختی توزیع (Eu) حدود ۷۰ تا ۸۹ درصد و در ۱۷ درصد از آن‌ها بالای ۹۰ درصد به دست آمد. آن‌ها

از مهم‌ترین چالش‌های قرن حاضر، چگونگی حفظ منابع آب قابل دسترس و بهره‌برداری بهینه از آن می‌باشد. بر اساس آمارهای موجود، در حال حاضر حدود ۷۰ درصد از آب شیرین جهان شامل آب رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و آبخوان‌های زیرزمینی به مصرف کشاورزی می‌رسد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴). بخش اعظمی از آب برداشت شده از منابع آب در حین انتقال و کاربرد آب در مزرعه به هدر می‌رود که سهم تلفات آب در موقع آبیاری مزارع بیش تر است. بر اساس بررسی‌های صورت گرفته در سطح کشور ایران، متوسط راندمان کاربرد آب در روش آبیاری سطحی، ۵۳/۶ درصد می‌باشد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۵). بنابراین لازم است راندمان آبیاری ارتقا یابد. از شیوه‌های آبیاری که با کنترل بیش تر بر توزیع آب، موجب صرفه‌جویی

۱- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

*-نویسنده مسئول: (Email: Nikbakht.jaefar@znu.ac.ir)

3- Christiansen's uniformity coefficient

در سیستم آبیاری قطره‌ای، چون آب با فشار نسبتاً کم و آهسته از طریق روزنه‌های بسیار ریز قطره‌چکان‌ها تخلیه می‌شوند، بنابراین خروج یکنواخت آب از قطره‌چکان‌ها به فشار بستگی دارد و تغییرات فشار تاثیر عمده‌ای بر میزان آبدهی قطره‌چکان‌ها و تغییرات آن دارد (Merriam and Keller., 1978). بنابراین هر راه‌کاری که باعث توزیع یکنواخت فشار در سیستم گردد می‌تواند بر خصوصیات هیدرولیکی سیستم تاثیرگذار باشد. اخیراً بعضی از زارعین موقع اجرای سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، انتهای لوله‌های فرعی را به یکدیگر متصل نموده و به اصطلاح سیستم را به حالت حلقوی تبدیل می‌کنند. در شرایط ایجاد شده، احتمال می‌رود ضریب یکنواختی توزیع آب افزایش یابد. بر همین اساس پژوهش حاضر به منظور ارزیابی علمی شرایط اخیر تبیین شد. بنابراین هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی فنی و هیدرولیکی سیستم آبیاری قطره‌ای در دو شرایط متفاوت اتصال انتهای لاترال‌ها به یکدیگر شامل اتصال دو به دوی لاترال‌ها و اتصال کلیه لاترال‌ها به یکدیگر و تشکیل حالت لوپ انجام و سپس نتایج با شرایط چیدمان مرسوم لاترال‌ها (عدم اتصال انتهای آن‌ها به یکدیگر) مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر حالات متفاوت اتصال لاترال‌های آبیاری قطره‌ای به یکدیگر (دو به دو و حلقوی) بر خصوصیات هیدرولیکی سیستم، پژوهش حاضر به صورت آزمایش مزرعه‌ای از خرداد تا شهریور ماه سال ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان انجام گرفت. برای انجام آزمایش، یک زیرواحد آبیاری قطره‌ای (شکل ۱) در قطعه زمینی کاملاً مسطح (جهت حذف بار فشاری ناشی از شیب زمین) با ابعاد ۸۰ متر در ۹۰ متر ایجاد شد. هم‌چنین پستی و بلندی‌های زمین ناشی از عملیات شخم در پاییز، از طریق ادوات کشاورزی، تسطیح و از بین رفت.

آزمایش در ۳ حالت متفاوت اتصال انتهای لاترال‌ها به یکدیگر و ۳ فشار ورودی متفاوت انجام گرفت. حالات اتصال انتهای لاترال‌ها شامل عدم اتصال انتهای لاترال‌ها به یکدیگر (چیدمان مرسوم لاترال‌ها) (C.L.)، اتصال دو به دوی انتهای لاترال‌های مجاور (P.C.) و اتصال انتهای کل لاترال‌ها به یکدیگر و ایجاد حالت حلقوی یا لوپ (L.C.) بود. به منظور اتصال انتهای لاترال‌ها به یکدیگر و انجام آزمایش در اهداف مورد نظر، از سه‌راهی و شیر هم‌قطر با لاترال‌ها (۱۶ میلی‌متر) استفاده شد (شکل ۱).

عامل‌های موثر در کاهش یکنواختی را ناشی از کم بودن شیرهای کنترل، طول زیاد لاترال‌ها و غیریکنواختی قطره‌چکان‌ها دانستند (Dalvi et al., 1995). ارتگا و همکاران در پژوهشی با ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری محلی منطقه نیمه‌خشک اسپانیا، نتیجه گرفتند که اکثر سیستم‌های مورد آزمایش دارای یکنواختی توزیع خوب (به طور میانگین ۸۲ درصد) بودند. عمده‌ترین مشکل سیستم‌های مورد ارزیابی، فشار پایین سیستم‌ها بود که علت آن به کارکرد نامناسب پمپ‌ها در ایستگاه پمپاژ، تمیز نکردن فیلترها و افت فشار مربوط بود (Ortega et al., 2002). نوشادی و قائمی (۱۳۹۱) با ارزیابی فنی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای ۱۲۴ باغ و مزرعه استان فارس با تنوع اقلیمی مختلف، متوسط مقادیر ضریب یکنواختی (CU)، یکنواختی پخش آب (Eu)، راندمان واقعی کاربرد (ABLQ)^۱، راندمان پتانسیل کاربرد (PELQ)^۲ و ضریب تغییرات (CV) را به ترتیب ۸۰، ۷۲، ۶۵ و ۱۸ درصد محاسبه کردند. در ارزیابی سیستم آبیاری قطره‌ای ۳ مزرعه واقع در کشت و صنعت شهید رجایی شهرستان دزفول، مقادیر ضریب یکنواختی به ترتیب ۹۱/۱، ۹۶/۲ و ۹۶/۱ درصد و یکنواختی توزیع آب به ترتیب ۸۷/۷، ۹۵/۱ و ۹۴/۲ درصد و راندمان کاربرد در ربع پایین به ترتیب ۸۷/۶، ۹۵ و ۹۴/۱ درصد به دست آمد. هم‌چنین در این مزارع یکنواختی توزیع آب به ترتیب ۸۷/۶ (راندمان خوب) و ۹۵ و ۹۴/۱ درصد (راندمان عالی) و راندمان پتانسیل کاربرد در ربع پایین به ترتیب ۷۸/۸، ۸۵/۵ و ۸۴/۷ درصد (راندمان نسبتاً خوب) محاسبه شد (عشیری و همکاران، ۱۳۹۲). معروف‌پور و ابراهیم‌پور (۱۳۹۳) با ارزیابی ۱۱ سیستم آبیاری قطره‌ای اجرا شده در استان کردستان، یکنواختی ریزش آب را بین ۱۶/۵۹ تا ۷۹/۴ درصد و میزان راندمان کاربرد ربع پایین‌ها را حدود ۱۶/۶ تا ۷۹/۳ درصد به دست آوردند. ایشان دلایل پایین بودن عملکرد سیستم‌ها را نامناسب بودن فشار سیستم‌ها، اختلاف فشار در سیستم، گرفتگی قطره‌چکان‌ها، ضریب تغییرات ساخت بالای قطره‌چکان‌ها و مدیریت ضعیف در بهره‌برداری از سیستم‌ها عنوان کردند. نتایج ارزیابی ۵ سیستم آبیاری قطره‌ای اجرا شده در شبکه سد ستارخان آذربایجان شرقی نشان داد یکنواختی پخش آب بین ۴۸/۱ تا ۸۲/۸ درصد (عملکرد ضعیف تا خوب)، راندمان پتانسیل کاربرد چارک پایین در محدوده ۴۳/۳ تا ۷۴/۵ درصد و راندمان کاربرد چارک پایین در محدوده ۵۲/۷ تا ۸۲ درصد متغیر بود. دلایل پایین بودن عملکرد این سیستم‌ها توزیع نامناسب فشار در بین بلوک‌ها، اختلاف فشار در بین مانیفولد‌ها در داخل هر بلوک، نامناسب بودن عمق آب آبیاری و پایین بودن دانش و مهارت آبیاران و مدیریت ضعیف بهره‌برداری از سیستم‌ها بیان شد (ولی‌اهری و همکاران، ۱۳۹۴).

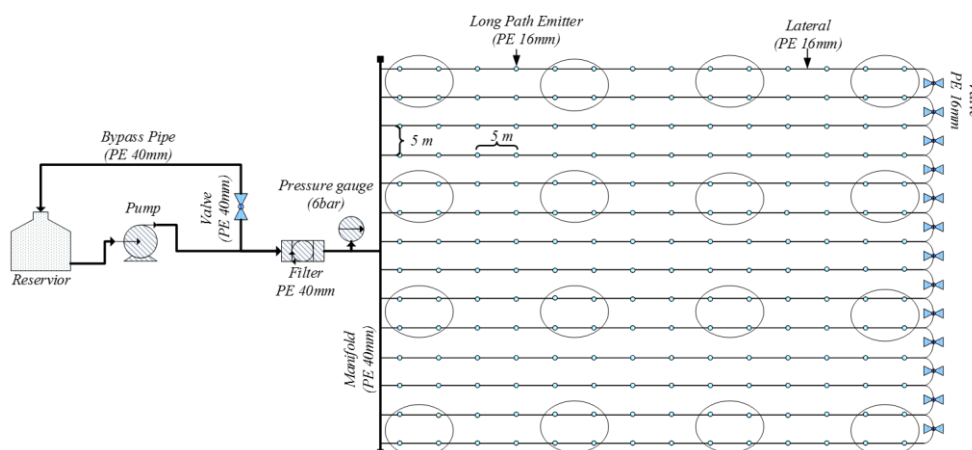
3- Conventional Layout

4- Pair Connection

5- Loop Connection

1- Application efficiency of low quarter

2- Potential application efficiency of low quarter



شکل ۱- سیستم آبیاری قطره‌ای ایجاد شده برای انجام آزمایش

ارزیابی فنی و هیدرولیکی سیستم به کار برده شد.

$$C_v = \left(\frac{S_q}{q_a} \right) * 100 \quad (1)$$

$$q_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i \quad (2)$$

$$S_q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - q_a)^2}{n-1}} \quad (3)$$

$$E_u = 100 \left(\frac{q_{Lq}}{q_a} \right) \quad (4)$$

$$U_C = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - q_a|}{n q_a} \right) \times 100 \quad (5)$$

$$D_u = 100 \left(\frac{q_m}{q_a} \right) \quad (6)$$

$$q = kh^x \quad (7)$$

که در آن:

C_v : ضریب تغییرات (درصد); S_q : انحراف معیار دبی قطره‌چکان‌ها (لیتر در ساعت); q_a : میانگین آبدهی قطره‌چکان‌ها (لیتر در ساعت); n : تعداد قطره‌چکان‌های مورد آزمایش; q_i : آبدهی هر قطره‌چکان (لیتر در ساعت); E_u : یکنواختی پخش آب (درصد); q_{Lq} : میانگین یک چهارم کم‌ترین دبی قطره‌چکان‌ها (لیتر در ساعت); U_C : ضریب یکنواختی کریستیانسن (درصد); D_u :

با باز و بسته نمودن شیرها، شرایط مورد هدف برای آزمایش ایجاد شد. به دلیل فراوانی استفاده از قطره‌چکان طولانی مسیر^۱ در باغات منطقه، برای انجام آزمایش از این نوع قطره‌چکان استفاده شد. جدول ۱ مشخصات قطره‌چکان مورد استفاده را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات قطره‌چکان مورد استفاده در پژوهش.

نوع قطره چکان	نحوه اتصال	دبی خروجی (LPH)	فشار کارکرد
طولانی مسیر	داخل خط	۴	۱ بار

آب مورد نیاز این آزمایش از آب چاه مزرعه تامین شد. جدول ۲ خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده را نشان می‌دهد. به منظور ممانعت از گرفتگی احتمالی قطره‌چکان‌ها با ذرات معلق موجود در آب، یک عدد فیلتر دیسکی در سیستم ایجاد شده، نصب گردید (شکل ۱). برای انتقال آب و نیز تامین فشار مورد نیاز کارکرد سیستم از یک عدد پمپ سانتریفوژ استفاده شد. فشارهای ورودی شامل ۰/۵، ۱/۰ و ۱/۵ بار بود (نصرالهی و همکاران، ۱۳۹۲). جهت تنظیم فشار ورودی مورد هدف، از یک عدد فشارسنج ۶ اتمسفر، لوله برگشت جریان و شیرفلکه کنترل هم قطر با لوله اصلی استفاده به عمل آمد. در هر نوبت آزمایش، پس از تنظیم فشار ورودی به سیستم و هم چنین شیرهای اتصال لاترال‌ها، حجم آب خروجی از قطره‌چکان‌های ابتدا، یک سوم، دو سوم و انتهای لاترال‌ها (شکل ۱) با یک عدد بشر ۵۰ میلی‌لیتری مدرج در مدت زمان ۲۰ ثانیه اندازه‌گیری شد، سپس دبی قطره‌چکان‌ها محاسبه گردید (Merriam and Keller., 1978).

پس از محاسبه مقادیر دبی قطره‌چکان‌های سیستم در حالات متفاوت آزمایش و فشار ورودی مختلف، آماره‌های ۱ تا ۷ جهت

قطره‌چکان (علیزاده، ۱۳۷۶؛ Dutta., 2008؛ Ortega et al., 2002؛ عابدی کوپائی و بختیاری فر، ۱۳۸۳). در ادامه توضیحات اضافی در خصوص روابط ۱ تا ۷ ارائه می‌شود.

یکنواختی توزیع آب (درصد)؛ q_m : میانگین یک دوم کم‌ترین دبی قطره‌چکان‌ها (لیتر در ساعت)؛ q : دبی قطره‌چکان (لیتر در ساعت)؛ k : ضریب تناسب قطره‌چکان، h : فشار کارکرد (بار) و x : نمای دبی

جدول ۲- نتایج تجزیه شیمیایی آب چاه مورد استفاده

سولفات	بی‌کربنات	کربنات	کلر	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	سدیم	SAR	EC	Class	pH
($\frac{mg}{lit}$)	($\frac{mg}{lit}$)	($\frac{mg}{lit}$)	($\frac{mg}{lit}$)	($\frac{mg}{lit}$)	($\frac{mg}{lit}$)	($\frac{mg}{lit}$)	($\frac{mg}{lit}$)	($\frac{meq}{lit}$) ^{0.5}	($\frac{dS}{m}$)		
۵۵۰/۵	۱۵۹	۰/۰	۴۳۵/۳	۳۴۱/۶	۴۰۰	۲/۷۴	۱۵۲	۱/۵	۲/۷۱	C ₄ S ₁	۷/۲۸

آزمایشی، نیز زیاده‌تر خواهد بود بنابراین دقت آزمایش کاهش می‌یابد. جدول ۳ طبقه‌بندی قطره‌چکان‌ها از نظر کیفیت ساخت بر اساس استاندارد انجمن مهندسان کشاورزی آمریکا را نشان می‌دهد.

C_v یا ضریب تغییرات بیش‌تر به دلیل تغییرات در ساخت قطره‌چکان‌ها در کارخانه ایجاد می‌شود. برای یک کارخانه امکان‌پذیر نیست که دو محصول مشابه را تولید کند (علیزاده، ۱۳۷۶؛ Dutta., 2008). هر چه ضریب تغییرات در آزمایش زیادتر باشد مقدار اشتباه

جدول ۳- طبقه‌بندی قطره‌چکان‌ها بر اساس استاندارد ASABE* (Ortega et al., 2002؛ Dutta., 2008)

گروه	عالی	متوسط	معمولی	بد	غیر قابل استفاده
مقدار مجاز C_v	$C_v < 5\%$	$5\% < C_v < 7\%$	$7\% < C_v < 11\%$	$11\% < C_v < 15\%$	$C_v < 15\%$

American Society of Agricultural and Biological Engineers*

عملکرد سیستم آبیاری با آماره Eu، مریام و کلر جدول ۴ را ارائه نموده‌اند (Merriam and Keller., 1978). نحوه ارزیابی کارکرد سیستم آبیاری با آماره Uc بر اساس استاندارد ASABE در جدول ۵ طبقه‌بندی نشان داده شده است.

E_u یا یکنواختی پخش آب، از اساسی‌ترین عامل‌های تاثیرگذار بر بازده کاربرد آب در آبیاری قطره‌ای است. تعیین یکنواختی پخش آب هم در طراحی و هم در مدیریت یک سیستم آبیاری قطره‌ای مفید است (Ortega et al., 2002؛ Dutta., 2008). به منظور طبقه‌بندی

جدول ۴- طبقه‌بندی سیستم‌های آبیاری بر مبنای یکنواختی پخش آب (Merriam and Keller., 1978؛ Ortega et al., 2002)

گروه	عالی	خوب	متوسط	ضعیف
مقدار مجاز E_u	$E_u > 90\%$	$80\% < E_u < 90\%$	$70\% < E_u < 80\%$	$E_u < 70\%$

جدول ۵- مقادیر مجاز ضریب یکنواختی کریستیانسن بر اساس استاندارد ASABE (Dutta., 2008)

گروه	غیر قابل قبول	ضعیف	نسبتاً خوب	خوب	عالی
مقدار مجاز U_c	$U_c < 60\%$	$60\% < U_c < 70\%$	$70\% < U_c < 80\%$	$80\% < U_c < 90\%$	$90\% < U_c$

۱۳۹۲؛ علیزاده، ۱۳۷۶). مقدار x مهم‌ترین پارامتر این معادله محسوب می‌شود که میزان حساسیت دبی قطره‌چکان به تغییرات فشار و رژیم جریان آب را نشان می‌دهد. مقدار x هر قدر کوچک‌تر باشد نشان‌دهنده تاثیرپذیری کم دبی قطره‌چکان نسبت به تغییرات فشار کارکرد می‌باشد بر همین اساس در قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار مقدار $x=0$ و در قطره‌چکان‌های روزنه‌ای مقدار آن $x=0.5$ است (علیزاده، ۱۳۷۶).

وقتی ضریب یکنواختی کریستیانسن بزرگ‌تر از ۷۰ درصد باشد اطلاعات به دست آمده از انجام آزمایش دارای توزیع نرمال خواهد بود و اندازه‌گیری‌ها نسبت به میانگین قرینه می‌شوند (نصرالهی و همکاران، ۱۳۹۲؛ Barragan et al., 2006). در این صورت یکنواختی پخش از رابطه ۶ محاسبه می‌شود. مهم‌ترین ویژگی هر قطره‌چکان رابطه بین تغییرات دبی و فشار در آن می‌باشد. منحنی تغییرات دبی قطره‌چکان در مقابل فشار می‌تواند به صورت رابطه ۷ منعکس شود (نصرالهی و همکاران،

نتایج و بحث

جدول ۶ مقادیر آماره‌های حاصل در ۳ شرایط متفاوت اتصال انتهای لاترال‌ها و همچنین فشارهای ورودی مختلف را نشان می‌دهد که در ادامه نتایج مربوط به هر فشار ورودی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

فشار ورودی ۰/۵ بار

بر اساس نتایج جدول ۶ مشاهده می‌گردد در فشار ورودی ۰/۵ بار، در بین ۳ شرایط اتصال متفاوت مورد آزمایش، کم‌ترین یکنواختی توزیع آب از طریق قطره‌چکان‌های مورد آزمایش، در شرایط C.L. بود به همین دلیل نیز بیش‌ترین اختلاف بین دبی متوسط اندازه‌گیری شده از قطره‌چکان‌های مورد آزمایش با دبی کارکرد کارخانه ۴/۰ لیتر در ساعت در این شرایط اتصال حاصل شد (۳۰ درصد). با اتصال

انتهای لاترال‌ها به یکدیگر به صورت P.C. و L.C.، یکنواختی توزیع آب ارتقا یافت (جدول ۶). بنابراین اختلاف بین متوسط دبی قطره‌چکان‌های مورد آزمایش با دبی توصیه کارخانه به ترتیب ۲۷/۵ درصد برای شرایط P.C. و ۲۵ درصد برای L.C. کاهش یافت. در این فشار ورودی، اتصال انتهای لوله‌ها موجب کاهش ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان‌ها (Cv) و افزایش ضریب کربستیانسن و تغییر گروه طبقه‌بندی صورت گرفته برای هر معیار گردید. بنابراین با اتصال انتهای لاترال‌ها، اثر تغییرات دبی قطره‌چکان‌های مورد آزمایش، به دلیل تغییرات در ساخت آن‌ها در کارخانه (Cv) کاهش یافت. همچنین با در نظر گرفتن رابطه ۵ و جدول ۶، با اتصال انتهای لاترال‌ها، اختلاف دبی تک تک قطره‌چکان‌های مورد آزمایش نسبت به متوسط دبی کل سیستم آبیاری کاهش یافت (افزایش Uc) اما تغییری در گروه Eu ایجاد نشد.

جدول ۶- مقادیر و گروه آماره‌ها و معیارهای ارزیابی هیدرولیکی سیستم آبیاری قطره‌ای در شرایط متفاوت اتصال در فشارهای مختلف

فشار ورودی سیستم (بار)	روش اتصال انتهای لاترال	q_a (lit/hr)	(%) C_v	(%) E_u	(%) U_c	(%) D_u
۰/۵	C.L.	۲/۸	۱۳/۱ (بد)	۸۲ (خوب)	۸۹ (خوب)	۹۰
	P.C.	۲/۹	۱۱/۰ (معمولی)	۸۴ (خوب)	۹۲ (عالی)	۹۳
	L.C.	۳/۰	۱۰/۷ (معمولی)	۸۵ (خوب)	۹۱ (عالی)	۹۲
۱/۰	C.L.	۴/۸	۹/۱ (معمولی)	۹۰ (خوب)	۹۲ (عالی)	۹۳
	P.C.	۴/۱	۵/۷ (متوسط)	۹۲ (عالی)	۹۶ (عالی)	۹۶
	L.C.	۴/۱	۴/۹ (عالی)	۹۵ (عالی)	۹۶ (عالی)	۹۶
۱/۵	C.L.	۵/۰	۹/۷ (معمولی)	۸۷ (خوب)	۹۳ (عالی)	۹۳
	P.C.	۴/۹	۸/۴ (معمولی)	۸۹ (خوب)	۹۴ (عالی)	۹۴
	L.C.	۵/۰	۵/۵ (متوسط)	۹۳ (عالی)	۹۶ (عالی)	۹۶

به سیستم (۰/۵ بار در این آزمایش) نسبت به فشار ورودی لازم، اتصال انتهای لاترال‌ها به هم دیگر به صورت P.C. و L.C. مقایسه با شرایط چیدمان C.L. می‌تواند با افزایش یکنواختی توزیع آب، اثر تنش آبی وارد بر گیاهان کشت شده در اثر کم‌آبیاری را کاهش دهد.

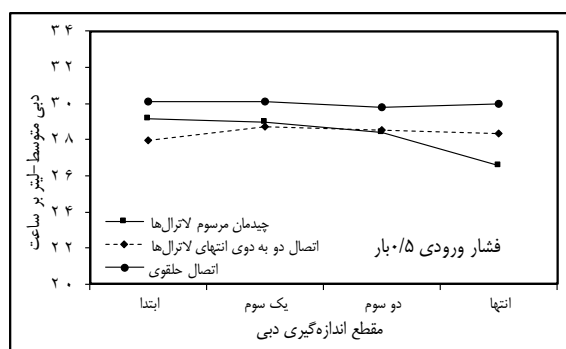
به منظور بررسی دقیق‌تر مسئله فوق و نیز تاثیر اتصال انتهای لاترال‌ها به یکدیگر، مقادیر متوسط دبی اندازه‌گیری شده برای کلیه ۱۶ قطره‌چکان مقاطع ابتدایی، یک سوم، دو سوم و انتهای لاترال‌های سیستم محاسبه شد که نتایج در شکل ۲ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۲ و نیز نتایج جدول ۶، در حالت L.C. به علت یکنواختی توزیع فشار در زیرسیستم، تغییرات دبی متوسط قطره‌چکان‌ها در ۴ مقطع اندازه‌گیری، بسیار اندک (۰/۰۳ لیتر در ساعت) بود به طوری که با نزدیک شدن به انتهای لاترال‌ها کاهشی در مقادیر دبی مشاهده نشد. در حالت P.C. به جز در مقطع ابتدا که به دلیل معیوب بودن برخی از قطره‌چکان‌ها متوسط دبی کم‌تر است

علت افزایش یکنواختی توزیع آب و کاهش اختلاف دبی قطره‌چکان‌های مورد آزمایش از دبی توصیه شده (۴/۰ LPH)، می‌تواند به دلیل توزیع یکنواخت‌تر فشار ورودی در کل لاترال‌های سیستم در حالات اتصال دو به دو و حلقوی آن‌ها باشد. این مسئله بر اساس رابطه ۷ به راحتی قابل استنتاج می‌باشد. بر اساس رابطه ۷ هر قدر تغییرات فشار در لاترال‌ها و به تبع آن در قطره‌چکان‌ها بیش‌تر باشد، دبی خروجی از آن‌ها نیز دارای تغییرات زیادی خواهد بود که این مسئله موجب کاهش یکنواختی توزیع آب از قطره‌چکان‌ها خواهد گردید.

کم‌تر بودن یکنواختی توزیع آب در سطح مزرعه، باعث کاهش عملکرد گیاه کاشته به دلیل کم‌آبیاری آن در مناطقی از سطح مزرعه می‌گردد که میزان آب داده شده به گیاه کم‌تر از نیاز آبی آن باشد. این شرایط در حالت کم‌تر بودن دبی توزیع آب توسط قطره‌چکان‌ها نسبت به دبی طراحی (بر اساس توصیه کارخانه سازنده قطره‌چکان) تشدید می‌یابد. بنابراین مشاهده می‌گردد در شرایط پایین بودن فشار ورودی

ساعت به دست آمد که نسبت به L.C. و P.C. بیش تر بود.

در مقاطع بعدی اختلاف مقادیر متوسط دبی با یکدیگر بسیار اندک بود. اما در شرایط C.L.، تغییرات دبی در ۴ مقطع، ۰/۲۵۸ لیتر در



شکل ۲- تغییرات متوسط دبی در مقاطع مختلف اندازه‌گیری در حالات متفاوت اتصال انتهای لاترال در فشار ورودی ۰/۵ بار

در فشار ورودی ۱/۰ بار مقدار Cv حاصل برای قطره‌چکان‌های مورد آزمایش توسط سهرابی و همکاران (۱۳۷۷) ۳/۹ درصد و توسط ترابی و همکاران (۱۳۹۱) ۱۹ درصد بود. مقدار Eu در فشار ورودی ۱/۰ بار در پژوهش عابدی کویایی و بختیاری فر (۱۳۸۳) برای قطره‌چکان‌های طولانی مسیر ۹۵/۱۵ درصد و در تحقیق ترابی و همکاران (۱۳۹۱) ۹۱ درصد به دست آمد. عابدی کویایی و بختیاری فر (۱۳۸۳) در پژوهش خویش مقدار آماره‌های Uc و Dn را به ترتیب ۹۶/۷۱ و ۹۶/۳۲ درصد و ترابی و همکاران (۱۳۹۱) به ترتیب ۹۰ و ۸۵ درصد به دست آوردند.

تأثیر اتصال انتهای لاترال‌ها به صورت دو به دو و حلقوی به وضوح در شکل ۳ مشاهده می‌گردد. با توجه به شکل ۳، متوسط دبی در C.L. از ۵/۰۵ لیتر در ساعت در مقطع ابتدایی به ۴/۴۸ لیتر در ساعت در مقطع انتهایی کاهش یافت (۰/۵۷۶ لیتر در ساعت کاهش). در حالت P.C. مقدار دبی متوسط در مقطع ابتدایی ۴/۱۵ لیتر در ساعت و در مقطع انتهایی ۴/۰۳ لیتر در ساعت (کاهش) و در حالت L.C. به ترتیب ۴/۱۰ و ۴/۰۳ لیتر در ساعت (۰/۰۷ لیتر در ساعت کاهش) حاصل شد. ترابی و همکاران (۱۳۹۱) دبی متوسط قطره‌چکان‌های طولانی مسیر را در فشار ورودی ۱/۰ بار ۳/۵۸ لیتر در ساعت و سهرابی و همکاران (۱۳۷۷) ۴/۳۸ لیتر در ساعت به دست آوردند.

فشار ورودی ۱/۵ بار

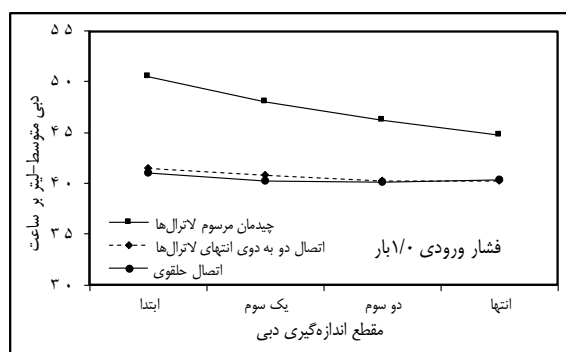
در این شرایط، فشار اضافه تامین شده در سیستم (نسبت به فشار ورودی ۱/۰ بار)، علاوه بر غلبه بر کلیه افت‌های فشاری ناشی از اصطحکاک در لوله‌ها و محل اتصالات، به علت وجود فشار اضافی در محل خروجی قطره‌چکان‌ها، عملاً نحوه اتصال انتهای لاترال‌ها تأثیری بر متوسط دبی قطره‌چکان‌های سیستم نداشت (جدول ۶).

نتایج ارزیابی ۷ نمونه از قطره‌چکان‌های ساخت داخل توسط سهرابی و همکاران (۱۳۷۷) نشان داد در فشار ورودی ۰/۵ بار متوسط دبی قطره‌چکان‌های طولانی مسیر ۳/۰۵ لیتر در ساعت و ضریب تغییرات ۵/۲ درصد حاصل شد. در پژوهش صورت گرفته توسط ترابی و همکاران (۱۳۹۱) بر روی قطره‌چکان‌های طولانی مسیر، مقادیر دبی متوسط، Cv، Eu، Uc و Du در فشار کارکرد ۰/۸ بار به ترتیب ۲/۸۲ لیتر در ساعت، ۳۹ درصد، ۸۷ درصد، ۸۷ درصد و ۷۸ درصد حاصل شد.

فشار ورودی ۱/۰ بار

با افزایش فشار ورودی به سیستم و نزدیک شدن آن به فشار ورودی لازم برای توزیع یکنواخت تر آب توسط قطره‌چکان‌ها، اختلاف متوسط دبی کلیه قطره‌چکان‌های مورد آزمایش از دبی LPH ۴/۰ کاهش یافت (جدول ۶). اما با توجه به مقادیر جدول ۶ در این فشار ورودی نیز بیش‌ترین اختلاف در شرایط C.L. بود (۰/۸ لیتر در ساعت یا ۲۰ درصد). با بررسی دقیق دبی تک‌تک قطره‌چکان‌های اندازه‌گیری شده، این مسئله به دلیل بیش‌تر بودن دبی قطره‌چکان‌های نصب شده بر لاترال‌های نزدیک ورودی از ۴/۰ لیتر در ساعت نسبت به قطره‌چکان‌های انتهای لاترال‌ها بود. نتایج اتصال انتهای لاترال‌ها به یکدیگر (P.C. و L.C.) نشان داد که در فشار ورودی ۱/۰ بار، متوسط دبی خروجی از قطره‌چکان‌های سیستم در هر دو حالت اتصال انتهای لاترال‌ها، فقط ۰/۱ لیتر در ساعت بیش‌تر شد (۲/۵ درصد بیش‌تر). هم چنین نتایج نشان داد اتصال انتهای لاترال‌ها به صورت P.C. نسبت به چیدمان مرسوم موجب ارتقا ضریب تغییرات به میزان ۳/۴ درصد، Eu به میزان ۲ درصد Uc، ۴ درصد و Du، ۳ درصد شد. ارتقا مقادیر فوق در حالت L.C. به ترتیب ۴/۲ درصد، ۵ درصد، ۴ درصد و ۳ درصد بود.

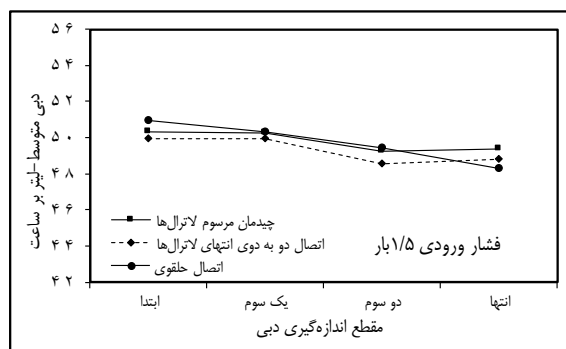
همان‌طور که مشاهده می‌شود اختلاف متوسط دبی خروجی از کلیه قطره‌چکان‌های سیستم در هر ۳ حالت اتصال از دبی ۴/۰ لیتر در ساعت تقریباً یکسان بود (۲۵ درصد بیش‌تر برای L.C. و P.C.) و ۲۲/۵ درصد بیش‌تر برای P.C.)



شکل ۳- تغییرات متوسط دبی در مقاطع مختلف اندازه‌گیری در حالات متفاوت اتصال انتهای لاترال در فشار ورودی ۱/۰ بار

شکل ۴ قابل استنتاج است. در این فشار، اختلاف متوسط دبی قطره‌چکان‌های مقطع ابتدایی و انتهایی در حالات متفاوت اتصال به ترتیب ۰/۰۹۶ (حالت C.L.)، ۰/۱۱۴ (حالت P.C.) و ۰/۲۶۴ (حالت L.C.) لیتر در ساعت به دست آمد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در این شرایط، به دلیل وجود فشار بیش‌تر در سیستم، بیش‌آبیاری و هدر رفت آب و همچنین احتمال زهدار شدن اراضی برای زمین‌هایی که زه‌کشی زمین در آن‌ها ضعیف است رخ خواهد داد و اتصال انتهای لاترال‌های آبیاری به یکدیگر تأثیری در این شرایط به وجود نخواهد آورد.

در این فشار ورودی نسبت به فشار ورودی ۱/۰ بار، مقدار ضریب تغییرات سیستم به ترتیب ۰/۶ درصد برای حالت‌های C.L. و L.C. و ۲/۷ درصد برای حالت P.C. افزایش یافت. همچنین مقدار سایر آماره‌های ارزیابی کاهش یافت. نکته مهمی که بر اساس جدول ۶ نتیجه می‌شود آن است که با وجود کاهش آماره‌های فوق، مشاهده می‌گردد در این فشار ورودی، اتصال انتهای لاترال‌ها به یکدیگر (P.C. و L.C.) باعث ارتقای مقادیر کلیه آماره‌های مورد بررسی در این پژوهش نسبت به حالت عدم اتصال انتهای لاترال‌ها به یکدیگر (C.L.) شد که نشان‌دهنده تأثیر مثبت اتصال انتهای لاترال‌ها بود. تأثیر فشار اضافی ورودی به سیستم بر تغییرات دبی به وضوح از



شکل ۴- تغییرات متوسط دبی در مقاطع مختلف اندازه‌گیری در حالات متفاوت اتصال انتهای لاترال در فشار ورودی ۱/۵ بار

رابطه دبی- فشار قطره‌چکان

مقادیر k و x رابطه دبی- فشار قطره‌چکان که بر اساس دبی‌های اندازه‌گیری شده محاسبه گردید در جدول ۷ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۷ مشاهده می‌گردد با تغییر روش اتصال انتهای لاترال‌ها به یکدیگر و توزیع یکنواخت‌تر فشار ورودی در لاترال‌ها،

در آزمایش سهرابی و همکاران (۱۳۷۷) در فشار ورودی ۱/۵ بار متوسط دبی قطره‌چکان‌های طولانی مسیر ۵/۳۹ لیتر در ساعت و ضریب تغییرات ۳/۲ درصد و در پژوهش ترابی و همکاران (۱۳۹۱) در فشار ورودی ۱/۲ بار مقادیر دبی متوسط، C_v ، E_u ، U_c و D_u به ترتیب ۴/۴۶ لیتر در ساعت، ۲۸ درصد، ۸۸ درصد، ۸۸ درصد و ۸۱ درصد به دست آمد.

عملکرد بهتر سیستم آبیاری قطره‌ای آزمایش شد. در انتها با توجه به نتایج به دست از اتصال دو به دو و حلقوی انتهایی لاترال‌ها جهت ایجاد شرایط فوق توسط زارعین و باغدارانی که از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای برای آبیاری استفاده می‌کنند، پیشنهاد می‌گردد:

- به جای مسدود کردن انتهایی لوله‌های لاترال با بست انتهایی، با کمک رابط، انتهایی آن‌ها را به یکدیگر متصل نمایند تا انتهایی آن‌ها به صورت دو به دو به یکدیگر متصل گردد؛

- همچنین از طریق نصب یک عدد سه راهی در انتهایی کلیه لاترال و اتصال انتهایی آن‌ها یکدیگر، حالت حلقوی را ایجاد نمایند.

منابع

تراپی، د.، نیکبخت، ج.، محمدی، م. ج. و توکلی، ا. ۱۳۹۱. ارزیابی قطره‌چکان طولانی مسیر در فشارهای مختلف. اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار: ۱-۷.

سهرابی، ت.، اکرام‌نیا، ف. و میراب‌زاده، م. ۱۳۷۷. ارزیابی خصوصیات هیدرولیکی قطره‌چکان‌های ساخت داخل. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۰: ۲. ۲۶۳-۲۷۶.

عابدی کوپایی، ج. و بختیاری، فر. ع. ۱۳۸۳. تاثیر پساب تصفیه شده بر خصوصیات هیدرولیکی انواع قطره‌چکان‌ها در سیستم آبیاری قطره‌ای. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۸: ۳. ۳۳-۴۲.

عباسی، ف.، ناصری، ا.، سهراب، ف.، باغانی، ج.، عباسی، ن. و اکبری، م. ۱۳۹۴. ارتقای بهره‌وری مصرف آب. انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، چاپ اول، کرج.

عباسی، ف.، سهراب، ف. و عباسی، ن. ۱۳۹۵. ارزیابی وضعیت راندمان آب آبیاری در ایران. تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی. ۱۷: ۶۷. ۱۱۳-۱۲۸.

عشیری، م.، هوشمند، ع. ا. و برومندنسب، س. ۱۳۹۲. ارزیابی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای شهرستان دزفول (مطالعه موردی کشت و صنعت شهید رجایی). چهارمین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران، اهواز.

علیزاده، ا. ۱۳۷۶. اصول و عملیات آبیاری قطره‌ای. آستان قدس رضوی، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، چاپ اول، مشهد.

مصطفی‌زاده، ب. و کهنوجی، م. ۱۳۸۱. تاثیر دمای آب آبیاری در دبی برخی قطره‌چکان‌های ساخت ایران در آبیاری قطره‌ای. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱: ۳۱-۴۲.

معروف‌پور، ع. و ابراهیم‌پور، م. ۱۳۹۳. بررسی و ارزیابی فنی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای استان کردستان. مجله پژوهش آب ایران. ۸: ۱۵.

مقدار توان در رابطه دبی - فشار (x) به میزان ۱۲/۶ درصد در حالت P.C. و ۲۵/۵ درصد در حالت L.C. نسبت به C.L. کاهش یافت. بنابراین اتصال انتهایی لاترال‌ها به یکدیگر موجب کاهش مقدار x به صفر شد (به‌خصوص در حالت L.C.) که نشان‌دهنده کاهش حساسیت و تاثیرپذیری دبی خروجی از قطره‌چکان به فشار بود. مصطفی‌زاده و کهنوجی (۱۳۸۱) در پژوهش خویش، مقدار x و k قطره‌چکان‌های طولانی مسیر را به ترتیب ۰/۵۲ و ۱/۰۴ به دست آوردند.

جدول ۷- مقادیر k و x رابطه دبی - فشار در حالت متفاوت اتصال

انتهای لاترال‌ها			
نحوه اتصال لاترال	k	x	R ²
C.L.	۴/۲۶۹۲	۰/۵۶۵۶	۰/۷۹۳۴
P.C.	۴/۰۰۸۸	۰/۵۰۱۹	۰/۸۱۸۷
L.C.	۴/۰۷۰۶	۰/۴۵۰۵	۰/۸۲۲۷

نتیجه‌گیری

در این پژوهش تاثیر اتصال انتهایی لاترال‌های آبیاری قطره‌ای به یکدیگر به صورت دو به دو و کامل (تشکیل لوپ) نسبت به شرایط چیدمان مرسوم لاترال‌ها (عدم اتصال انتهایی لاترال‌ها به یکدیگر)، بر مشخصات فنی و هیدرولیکی سیستم آبیاری قطره‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصل، در فشار ورودی ۰/۵ بار (کم‌تر از فشار ورودی لازم برای کارکرد مطلوب سیستم) اتصال انتهایی لاترال‌ها نسبت به شرایط مرسوم چیدمان سیستم آبیاری قطره‌ای، باعث افزایش دبی متوسط قطره‌چکان‌ها و بهبود یکنواختی توزیع آب و در نتیجه کاهش ضریب تغییرات سیستم گردید. در فشار ورودی ۱/۰ بار که تقریباً نزدیک به فشار لازم برای کارکرد مطلوب سیستم بود نیز نتایج نشان داد اتصال انتهایی لاترال‌ها به یکدیگر موجب افزایش یکنواختی پخش آب توسط قطره‌چکان‌ها و کاهش ضریب تغییرات آن‌ها گردید. در این فشار ورودی، اختلاف دبی متوسط کلیه قطره‌چکان‌ها (در هر حالت اتصال مورد آزمایش) با دبی ۴/۰ لیتر در ساعت که توسط کارخانه ارائه شده است فقط ۰/۱ لیتر در ساعت بود در حالی که برای شرایط چیدمان مرسوم، این اختلاف ۰/۸ لیتر در ساعت به دست آمد. در فشار ورودی ۱/۵ بار (بیش‌تر از فشار ورودی لازم برای کارکرد مطلوب سیستم)، با وجود ارتقا یکنواختی توزیع آب در دو حالت اتصال متفاوت نسبت به حالت مرسوم، ولی به دلیل وجود فشار اضافه در سیستم، تخلیه آب توسط قطره‌چکان‌ها با حداکثر ظرفیت ممکن صورت گرفت و بین هر ۳ حالت اتصال از نظر دبی متوسط کلیه قطره‌چکان‌ها اختلاف مشاهده نشد. همچنین بر اساس نتایج پژوهش، اتصال انتهایی کلیه لاترال‌ها به یکدیگر و تشکیل لوپ نسبت به اتصال دو لاترال مجاور به یکدیگر از نظر هیدرولیکی باعث

California Polytechnic State University (Cal Poly), USA, 396p.

Dalvi, V.B., Satpute, G.U., Pawade, M.N and Tiwari, K.N. 1995. Growers' Experiences and On-farm Micro-Irrigation Efficiencies. Proceeding of the 5th International Micro-Irrigation Congress, Orlando, Florida, USA. 775-780.

Dutta, D.P. 2008. Characterization of Drip Emitters and Computing Distribution Uniformity in a Drip Irrigation System at Low Pressure under Uniform Land Slopes. M.Sc. Thesis, Texas A and M University, USA. 123p.

Keller, J and Bliesner, R.D. 1990. Sprinkle and Trickle Irrigation. Avi Book, Co. Ltd, New York, USA.

Merriam, J.L and Keller, J. 1978. Farm Irrigation System Evaluation: A Guide to Management. Utah State University, Logan, Utah, USA. 271p.

Ortega, J.F., Tarjuelo, J.M and Juan, J.A. 2002. Evaluation of irrigation performance in localized irrigation systems of semiarid regions (Castilla-La Mancha, Spain). Agricultural Engineering International: the Cigr Journal of Scientific Research and Development. 4: 1-17.

نصرالهی، ع.ح.، بهزاد، م.، برومندنسب، س. و حیدری‌نیا، م. ۱۳۹۲. بررسی تاثیر تغییرات فشار روی مشخصات هیدرولیکی قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. ۱۷. ۶۶: ۲۲۶-۲۳۴.

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

ولی‌اهری، س.، ناظمی، ا.ح.، صدرالدینی، ع.ا و مجنونی‌هریس، ا. ۱۳۹۴. ارزیابی فنی عملکرد سیستم‌های آبیاری قطره‌ای شبکه آبیاری سد ستارخان شهرستان اهر. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۲: ۲۶۲-۲۷۳.

Barragan, J., Bralts, V and Wu, I.P. 2006. Assessment of Emission Uniformity for Micro-irrigation Design. Biosystems Engineering, 93.1: 89-97.

Burt, C.M and Styles, W.S. 2007. Drip and Micro Irrigation Design and Management for Trees, Vines, and Field Crops- Practice plus Theory. Irrigation Training and Research Center, 3rd Edition,

Hydraulic Evaluation of Loop and Pair Connection of the Lateral Ends in Drip Irrigation System

J. Nikbakht^{1*}, S. Karami²

Received: Nov.30, 2017

Accepted: Jan.21, 2017

Abstract

The aim of this research was evaluate end connection types of drip irrigation system laterals affecting on uniformity of water distribution. To carry out research, a drip irrigation system was installed on flat plot with dimensions of 80m × 90 m in Zanjan University Research Farm. Experiments was carried out in 3 different treatments including conventional laterals layout (C.L.) connecting laterals end as pairs (P.C.), and loop (L.C.). Also 3 different input pressures i.e., 0.5, 1.0 and 1.5 bar were used. Results showed, at 0.5 bar input pressure, emitters average discharge (q_a), variability coefficient (Cv) and Christiansen's uniformity coefficient (Uc) were 2.9LPH, 11.0% and 92% (respectively) for P.C., 3.0LPH, 10.7% and 91%, for L.C. and 2.8LPH, 13.1% and 89% for C.L. At 1.0 bar input pressure, Cv in C.L., P.C. and L.C. were obtained 9.1%, 5.7% and 4.9% (respectively), and q_a and Uc for 3 different connects were 4.8 LPH and 92% for C.L., 4.1LPH 96% for P.C. and L.C. for C.L. (for both). At 1.5 bar input pressure, due to inflict excess pressure to the system, q_a were calculated 5.0 (C.L.), 4.9 (P.L.) and 5.0 (L.C.) LPH. In this input pressure, Cv values for C.L., P.C. and L.C. were 9.7%, 8.4% and 5.5% (respectively), and Uc were 93%, 94% and 96% (respectively). As the results of the research in the case study site, connecting of lateral ends (as pair or loop) were improved and increased water distribution uniformity compared conventional connecting which the increasing was more for loop connection.

Keywords: Christiansen's coefficient, Distribution uniformity, Long path emitter, Variability coefficient, Loop design.

1- Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran

2- M.Sc. Student of Irrigation and Drainage, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran

(*- Corresponding Author Email: Nikbakht.jaefar@znu.ac.ir)