

افت ناشی از اتصال چهار نوع قطره‌چکان روی خط آبیاری قطره‌ای متداول در ایران

علی اشرف صدرالدینی^{۱*}، رضا دلیر حسن نیا^۲، احد فعالیان^۳، حبیب صیادی^۴ و احمد فاخری فرد^۱

تاریخ پذیرش: 87/8/26

- 1- گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
 - 2- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
 - 3- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
- * مسئول مکاتبه
E-mail: alisadraddini@yahoo.com

چکیده

محاسبه‌ی تغییرات افت بار هیدرولیکی ناشی از تغییرات رقوم و اصطکاک در طول لوله لاترال لازمه‌ی طراحی دقیق آبیاری قطره‌ای می‌باشد. این بررسی برای ارزیابی افت‌های ناشی از تیزه‌ی انواع قطره‌چکان‌های آبیاری قطره‌ای با کاربرد لاترال‌های 16 میلی‌متری به انجام رسید. چهار نوع قطره‌چکان استاندارد متداول در ایران با برقراری جریان در لاترال به میزان 0/8 الی 0/19 لیتر بر ثانیه که نظیر سرعت‌های 0/6 الی 1/5 متر بر ثانیه می‌باشند، مورد مطالعه قرار گرفت. اندازه‌گیری مقادیر افت بار با استفاده از دو دستگاه فشارسنج دقیق دیجیتالی به ازای 11 سرعت مختلف جریان برای هر نوع قطره‌چکان در چهار تکرار انجام گردید. بر اساس اندازه‌گیری‌ها مقادیر افت ناشی از وجود تیزه‌ها بطور متوسط در محدوده‌ی 12 الی 16 درصد افت بار در لوله‌ی لاترال تعیین گردید. نتایج حاصل از آزمایشات انجام یافته در این تحقیق با نمودار افت بار کلر که در مقیاس وسیعی در محاسبات هیدرولیک لاترال‌های آبیاری قطره‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد، مقایسه گردید. بر اساس نتایج حداکثر مقادیر میانگین خطای مطلق (MAE) و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) به ترتیب برابر 4/768 و 0/4947 در قطره‌چکان نوع 1 حاصل گردید. حداقل مقادیر این معیارها در قطره‌چکان نوع 4 برابر 0/7237 و 0/0817 به ترتیب مذکور به دست آمد. نتایج حاصله نشان داد که مقادیر افت حاصل از کاربرد نمودار کلر برای قطره‌چکان‌های روی خط متداول در ایران از دقت مطلوبی برخوردار نمی‌باشند.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای، افت بار، تیزه‌ی قطره‌چکان، سرعت جریان، فشارسنج، لوله‌ی لاترال

Barb Losses of Four Common Types of On-Line Trickle Irrigation Drippers in Iran

AA Sadraddini^{1*}, R Delirhasannia², A Faalian³, H Sayyadi³ and A Fakheri Fard¹

¹Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

²PhD Student, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

³MSc Student, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

*Corresponding author: E- mail: alisadraddini@yahoo.com

Abstract

Computation of hydraulic head variations due to changes in elevation and friction along a lateral is needed for accurate design of drip irrigation. This study was carried out to evaluate trickle irrigation emitter barb losses for different types of on-line trickle irrigation emitters using 16 mm lateral pipes. Four common types of on-line trickle emitters used in Iran with standard discharge rate of 4 l/h were studied under different lateral discharges ranging from 0.8 l/s to 0.19 l/s corresponding to the velocities of 0.6 m/s to 1.5 m/s, respectively. The amounts of head losses along the laterals were measured for 11 different flow velocities in four replications using two digital pressure gauges. The results showed that about 12% to 16% of the head losses in lateral were due to the existing emitter barbs. The well-known Keller graph was also used to estimate the emitter barb losses and the findings were compared to the experimental results. The maximum amounts of mean absolute error (MAE) and root mean square error (RMSE) were equal to 4.768 and 0.4947, respectively, for the emitter No.1, the minimum amounts of these criteria were 0.7237 and 0.0817 for the same order for the emitter No.4. The results indicated that the estimated head losses via Keller graph had not enough accuracy for on-line emitters which are widely used in Iran.

Keywords: Emitter, Flow velocity, Head loss, Lateral, Pressure gauge, Trickle irrigation

رو به گسترش است، آبیاری قطره‌ای^۱ می‌باشد. در طراحی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، چنانچه فشار کارکرد مورد نیاز بطور دقیق برآورد نگردد، علاوه بر اتلاف انرژی تولیدی در ایستگاههای پمپاژ، در اغلب موارد به دلیل اعمال فشار بیش از حد نیاز، دبی قطره چکانها افزایش یافته و تلفات آب بیشتر می‌شود (کلر و بلیسنر ۱۹۹۰).

مقدمه

امروزه بحث تأمین انرژی در چرخه اقتصاد جوامع از اهمیت خاصی برخوردار است. برای کشوری مانند ایران که دچار کمبود منابع آب می‌باشد، صرفه جویی در مصرف آب و استفاده از سیستم‌های کم فشار، اهمیت فوق العاده‌ای دارد. پذیرش شیوه‌های جدید آبیاری و استفاده از فن‌آوری‌های مناسب برای پیاده کردن این روش‌ها از جمله راه‌های افزایش بازده آبیاری و کارایی مصرف آب است. از روش‌های جدید آبیاری که به سرعت در کشورهای مختلف

¹Trickle Irrigation

کلر و بلیسنر (1990) نموداری را ارائه کردند که مقادیر افت اصطکاکی در اتصالات قطره‌چکانهای روی خط آبیاری قطره‌ای را به ازای قطرهای مختلف لوله لاترال نشان می‌دهد. این نمودار که به نام منحنی کلر معروف است، شامل سه منحنی نزولی به ازای سه سایز کلی اتصال روی خط می باشد. آنها با توجه به ابعاد، تیزه‌ها را به سه دسته‌ی کلی کوچک، متوسط و بزرگ تقسیم کردند.

هاتوت و همکاران (1993) در دانشگاه آل سعود عربستان موضوع طراحی و تحلیل لاترال‌های آبیاری قطره‌ای را مورد بررسی قرار دادند. ایشان برای تخمین مقدار افت اصطکاکی بین دو قطره‌چکان متوالی از رابطه‌ی داریسی - ویسباخ استفاده کردند. سپس با لحاظ نمودن مقدار بار خالص فشار در محل هر قطره‌چکان، دبی خروجی متناظر با آن فشار را برای قطره‌چکان مورد نظر محاسبه نمودند. نامبردگان پس از ارائه‌ی یک برنامه‌ی کامپیوتری برای طراحی و تحلیل رفتار هیدرولیکی لاترال‌های آبیاری قطره‌ای، توصیه‌هایی برای بهبود طراحی سیستم آبیاری قطره‌ای ارائه کردند.

جوآنا و همکاران (2002 a,b) افت‌های موضعی در لاترال‌های آبیاری قطره‌ای را مورد بررسی و تحقیق قرار دادند. آنها سعی کردند با استفاده از معادلات کلاسیک ارزیابی افت و ترکیب آنها با برخی روابط تجربی، افت بار ناشی از اتصالات قطره‌چکان‌های آبیاری را پیش‌بینی کنند. محققین مذکور در مجموع با بررسی ده نوع قطره‌چکان از انواع مختلف روی خط و داخل خط، به این نتیجه رسیدند که عواملی مانند عدد رینولدز جریان، فشار در ابتدای لاترال و فاصله‌ی بین قطره‌چکان‌های متوالی کمترین اثر را بر روی مقدار افت ناشی از تیزه‌ها دارند. محققین مذکور نتیجه گرفتند که ابعاد هندسی قسمتی از قطره‌چکان که در داخل لوله‌ی لاترال قرار می‌گیرد

بنا به دلایل مزبور و با عنایت به اینکه منابع تجدید شونده آب و انرژی در ایران - مثل اکثر کشورهای جهان - محدود و اندک می باشد، و از طرفی چون آبیاری قطره‌ای روشی مطلوب جهت صرفه جویی در مصرف آب کشاورزی قلمداد می‌گردد، استخراج روابط و نمودارهای دقیق برای تعیین مقدار افت‌های موضعی ناشی از اتصال قطره‌چکان روی لوله‌های فرعی سیستم آبیاری قطره‌ای دارای ارزش و اهمیت مضاعف می‌باشد.

تا کنون روابط هیدرولیکی متفاوتی برای محاسبه‌ی افت بار موضعی توسط محققان مختلف ارائه شده است، اما تغییر جنس لوله و کیفیت ساخت آن از جمله عواملی هستند که محاسبه‌ی دقیق افت را با استفاده از فرمول‌های رایج بدون منظور نمودن ضرایب اصلاحی تقریباً غیرممکن می‌سازد. گسترش سیستم آبیاری قطره‌ای طی سنوات اخیر در کشور و تولید انبوه قطعات این سیستم توسط کارخانجات داخلی، ارزیابی مشخصه‌های هیدرولیکی این قطعات را برای طراحی دقیق ضروری ساخته است. طراحی لاترال¹ آبیاری قطره‌ای نیازمند ارزیابی دقیق افت بار اصطکاکی و نیز افت بر اثر فرورفتگی تیزه²ها به درون مسیر جریان می‌باشد. اغلب روش‌های مرسوم طراحی هیدرولیکی، افت اصطکاکی در لاترال‌های آبیاری را تعیین می‌کنند، ولی افت انرژی ناشی از وجود تیزه‌ی قطره‌چکان‌ها را بررسی نمی‌نمایند.

امروزه در طراحی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای به منظور وارد نمودن افت بار ناشی از اتصالات قطره‌چکان‌های روی خط آبیاری قطره‌ای در محاسبات، یا از ارقام فرضی بر مبنای تجربه و یا از نمودارهای ارائه شده توسط کلر و بلیسنر (1990) استفاده می‌گردد. کیفیت لوله‌ها، نوع و ابعاد قطره‌چکان‌هایی که در ایران موجود بوده و در طراحی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند، با آنچه که توسط کلر و بلیسنر در استخراج نمودار مزبور بکار رفته است، تفاوت بسیاری دارد.

¹Lateral

²Barb

محاسباتی دینامیک جریان و با بکارگیری نرم افزار فلوئنت^۱ به دست آمده است، شامل پارامترهایی از قبیل تعداد قطره چکان، دبی متوسط قطره چکان و نسبت مساحت تیزه‌ی قطره چکان به سطح مقطع لوله-ی لاترال می‌باشد.

در ایران لوله‌ی 16 میلیمتری پلی اتیلن به عنوان لوله‌ی لاترال در طراحی در نظر گرفته می‌شود؛ اما بر اساس اطلاعات موجود، تحقیقی در خصوص افت بار ناشی از اتصالات قطره چکان‌ها انجام نپذیرفته است. در این تحقیق، به ازای سرعت‌های مختلف آب در لوله‌ی لاترال مقادیر افت ناشی از تیزه‌ها مورد بررسی قرار داده شده و نتایج حاصله به صورت گراف‌ها و روابط کاربردی ارائه گردیده است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر نتیجه‌ی آزمایشات انجام یافته بر روی مجموعه‌ای از قطره چکان‌های متداول در ایران می‌باشد. برای این منظور تعداد 100 قطعه قطره چکان از 4 نوع مختلف یعنی از هر نوع به تعداد 25 قطعه تهیه شد. این قطره چکان‌ها که متداول ترین انواع مورد استفاده در سیستمهای آبیاری قطره ای در ایران می باشند، عبارت بودند از: قطره چکان کاتیف^۲ ساخت شرکت پلاسترو گوات^۳ (فلسطین اشغالی)، قطره چکان تنظیم کننده‌ی فشار نتافیم^۴ ساخت شرکت تجهیزات آبیاری نتافیم (آمریکا)، قطره چکان مایکروفلاپر^۵ ساخت ایالات متحده آمریکا و قطره چکان پی سی دی اس^۶ ساخت شرکت ایری تک^۷ ایتالیا. برای سهولت ارائه‌ی نمودارها و جداول از این پس قطره چکان‌های مورد استفاده در این تحقیق را به

بیشترین تأثیر را در مقدار افت بار نظیر اتصالات قطره چکان‌ها دارند.

ردی (2002) آزمایشاتی را بر روی لوله‌ی لاترال 12 میلیمتری انجام داد. وی برای هشت نوع قطره چکان متداول در کشور هندوستان و لاترال 12 میلیمتری، نموداری ارائه کرد که در آن به ازای سرعت‌های مختلف جریان در محدوده 1/5 الی 2 متر بر ثانیه، منحنی افت بار اصطکاکی نظیر تیزه‌ها به صورت طول معادلی از لاترال رسم شده بود. نهایتاً ایشان به این نتیجه رسیدند که برای شرایط مورد مطالعه‌ی آنان، حدود 25 درصد طول معادل لاترال بایستی به عنوان افت نظیر تیزه‌ها منظور گردد.

پروونزانو و پامو (2004) با استفاده از لاترال‌هایی با قطرهای مختلف و نیز چند قطره چکان متداول در کشور ایتالیا، آزمایشاتی را برای بررسی افت‌های موضعی ناشی از اتصال قطره چکان‌های روی خط و داخل خط انجام دادند. آنان با استناد به نتایج تحقیقات بر این نکته تأکید کردند که نباید از افت بار ناشی از اتصال قطره چکان‌ها صرف نظر نمود. لذا بر مبنای داده‌های آزمایشگاهی، یک رابطه‌ی توانی بین انرژی جنبشی جریان و ابعاد هندسی لاترال و قطره-چکان‌ها ارائه نمودند تا با استفاده از آن به توان افت بار موضعی ناشی از اتصالات قطره چکان‌ها را استخراج نمود.

والیانتراس (2005) عملکرد روابط تجربی داریسی-ویسیاخ و هیزن-ویلیامز را مورد مقایسه قرار داد و به این ترتیب ضریب C رابطه‌ی هیزن-ویلیامز را تصحیح نمود. وی با تحلیل نتایج آزمایشات مختلف بر روی لوله‌هایی با جنس‌ها و قطرهای گوناگون اعم از لاترال‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای، به این نتیجه رسید که مقدار افت بار اصطکاکی در طول لوله‌ی لاترال که از رابطه‌ی داریسی-ویسیاخ محاسبه می‌شود، دارای یک رابطه‌ی توانی با دبی جریان می‌باشد.

سالوادور و همکاران (2006) با بررسی هفت نوع قطره-چکان روی خط متداول در اسپانیا، یک فرمول عمومی برای محاسبه‌ی افت بار موضعی ناشی از اتصال قطره چکان‌های روی خط ارائه کردند. این فرمول که با استفاده از مدل

¹Fluent

²Katif

³Plastron Gvat

⁴Netafim

⁵Microflapper

⁶PCDS

⁷Irritec

جریان با سرعت در محدوده ی $0/6$ تا تقریباً $1/5$ متر بر ثانیه فراهم گردید. به عبارت دیگر اندازه گیری مقادیر افت به ازای 11 سرعت مختلف جریان انجام شد. با فرض قرار گرفتن حدود 70-100 عدد قطره چکان بر روی یک خط لوله‌ی لاترال، حتی در صورتی که دبی قطره‌چکان‌ها 8 لیتر بر ساعت باشد، بازهم دبی لاترال در داخل بازه‌ی انتخاب شده برای آزمایش قرار می‌گیرد.



نوع 1: مایکروفلپر نوع 2: تنافیم نوع 3: پی سی دی اس نوع 4: کاتیف

شکل 1- چهار نوع قطره‌چکان مورد مطالعه

قرائت مقادیر فشار در ورودی و خروجی لوله‌های لاترال به این ترتیب انجام شد که یکی از فشارسنج‌ها در ورودی لاترال و دیگری در خروجی آن نصب شد. فشار سنج‌های مورد استفاده در این تحقیق از نوع دیجیتالی با دقت یک سانتی متر ستون آب ساخت کره با نام تجاری تی پی آی (TPI) بود. بعد از برقراری جریان مدتی صبر نموده و پس از تثبیت جریان در داخل لاترال، مقادیر فشار در ورودی و خروجی خط لوله قرائت و ثبت شد. اختلاف فشاری که بین ارقام این دو دستگاه مشاهده می‌شود برابر افت اصطکاکی می‌باشد.

بدیهی است در لاترال بدون قطره‌چکان این رقم فقط مربوط به اصطکاک بدنه‌ی لوله بوده و در لوله‌های دارای قطره‌چکان، رقم ثبت شده برابر مجموع افت‌های اصطکاکی لوله و افت تیزه‌های قطره‌چکان‌ها می‌باشد. آزمایشات برای هر لوله لاترال یا به عبارت بهتر برای هر نوع قطره‌چکان با چهار تکرار انجام گردید. با احتساب چهار نوع قطره‌چکان و نیز یک خط لوله بدون قطره‌چکان در

جای اسم کامل آنها، با کد اختصاصی آنها به شرح زیر نام خواهیم برد.

- نوع 1: قطره‌چکان مایکروفلپر
- نوع 2: قطره‌چکان تنظیم کننده‌ی فشار نتافیم
- نوع 3: قطره‌چکان پی سی دی اس
- نوع 4: قطره‌چکان کاتیف

برای این تحقیق 5 لوله‌ی لاترال 30 متری از جنس پلی‌اتیلن نرم با قطر 16 میلی‌متر بکار گرفته شد. هریک از انواع قطره‌چکان‌ها بر روی یک خط لوله نصب گردید. فاصله‌ی قطره‌چکان‌ها بر روی لوله یک متر منظور شد. شکل 1 تصویر قطره‌چکان‌های بکار رفته در این تحقیق را نشان می‌دهد. به علاوه لوله‌ی شماره 5 بدون قطره‌چکان بوده و برای اندازه‌گیری افت بار در حالت عدم وجود تیزه به‌کار رفت. برای اینکه بتوان جریان آب با سرعت ثابت را در داخل لوله‌های لاترال برقرار نمود، خروجی قطره‌چکان‌ها مسدود گردید. در غیر این صورت، خروج آب از قطره‌چکان‌ها باعث ایجاد جریان متغیر مکانی شده و سرعت متغیر جریان در طول لاترال را سبب می‌گردید که تحت این شرایط امکان تحلیل دقیق افت بارهای موضعی فراهم نمی‌گردید.

برای برقراری جریان آب لازم از یک میز هیدرولیکی استفاده گردید. جریان آب به صورت سیکل ورودی و خروجی (چرخه) برقرار شد. برای این کار دبی خروجی از پمپ به دو بخش تقسیم شد. بخشی از آن وارد لوله‌ی لاترال و بخش دیگر با استفاده از یک لوله‌ی کنارگذر¹ به مخزن میز برگردانده شد. برای اندازه‌گیری و کنترل جریان، یک کنتور اندازه‌گیری دبی در ابتدای لوله‌ی لاترال نصب شد. این کنتور حجمی مقادیر دبی ورودی را با دقت $0/1$ لیتر نشان می‌داد که با اندازه‌گیری حجمی جریان، دبی ورودی به لاترال کنترل می‌شد. یک شیر کنترل جریان نیز بر روی لوله‌ی کنارگذر تعبیه شد تا با باز و بسته کردن تدریجی آن، مقدار جریان ورودی به لاترال کنترل گردد. با برقراری جریان‌هایی با دبی $0/8$ تا $0/19$ لیتر بر ثانیه امکان تثبیت

¹Bypass

خروجی لاترال قرائت و ثبت شد. این فرایند برای هر آزمایش در چهار تکرار صورت گرفت. با کم کردن مقدار افت لوله‌ی بدون قطره‌چکان از مقادیر افت لوله‌های دارای قطره‌چکان، افت ناشی از وجود تیزه‌های قطره‌چکان‌ها به دست آمد. البته عددی که از این طریق به دست می‌آید افت بار نظیر تیزه‌های 25 قطره‌چکان می‌باشد که برای رسم نمودارهای مربوط به تغییرات افت بار به ازای تغییرات سرعت جریان، این مقدار به 25 تقسیم شد. به این ترتیب افت نظیر یک تیزه به دست آمده و در رسم منحنی‌های مزبور مورد استفاده قرار گرفت. از طرفی قطر داخلی لوله‌ی لاترال با توجه به ضخامت جدار، به طور متوسط برابر 13 میلی‌متر منظور شد. با قرار دادن این مقدار در رابطه‌ی پیوستگی ($Q=AV$) مقادیر متوسط سرعت در لوله‌ی لاترال به دست آمد. در این رابطه Q دبی جریان، A سطح مقطع جریان و V سرعت جریان می‌باشد. نتایج آزمایشات به صورت خلاصه در جدول 1 ارائه شده است. این جدول مقادیر متوسط افت بار ناشی از اتصالات قطره‌چکان‌های روی خط لاترال را به ازای سرعت‌های مختلف جریان نشان می‌دهد. با توجه به جدول فوق ملاحظه می‌شود که با افزایش مقادیر سرعت جریان، مقدار افت بار فشاری نظیر تیزه‌ها نیز افزایش می‌یابد.

کمترین سرعت اعمال شده برای جریان برابر 0/6 متربرثانیه و بالاترین مقدار آن نیز برابر 1/43 متربرثانیه می‌باشد. کمترین مقدار افت مربوط به قطره‌چکان نوع چهار و برابر 0/6 سانتی متر در کمترین سرعت جریان و بیشترین افت مربوط به قطره چکان نوع یک و برابر 4/33 سانتی متر در بیشترین سرعت جریان می‌باشد.

مجموع پنج لاترال آزمایشی مورد بررسی قرار گرفت و تعداد $5 \times 11 \times 4$ آزمایش انجام و نتایج آن ثبت گردید.

شاخص‌های آماری زیر برای مقایسه‌ی نتایج آزمایشات مورد مطالعه با منحنی کلر بکار برده شدند: میانگین خطای مطلق¹ (MAE) که کمترین مقدار آن به لحاظ تئوری برابر صفر می‌باشد و جذر میانگین مربعات خطا² (RMSE) که در این مورد هم کمترین مقدار برابر صفر یا نزدیک به صفر می‌تواند حاصل شود. میانگین خطای مطلق از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود (جوآنا و همکاران 2002b):

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |(O_i - P_i)|}{n} \quad [1]$$

که در آن:

O_i مقادیر مشاهداتی

P_i مقادیر پیش بینی شده

n تعداد آزمایشات انجام یافته می‌باشد.

برای محاسبه‌ی جذر میانگین مربعات خطا از رابطه‌ی (2) استفاده می‌گردد (جوآنا و همکاران 2002b):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2} \quad [2]$$

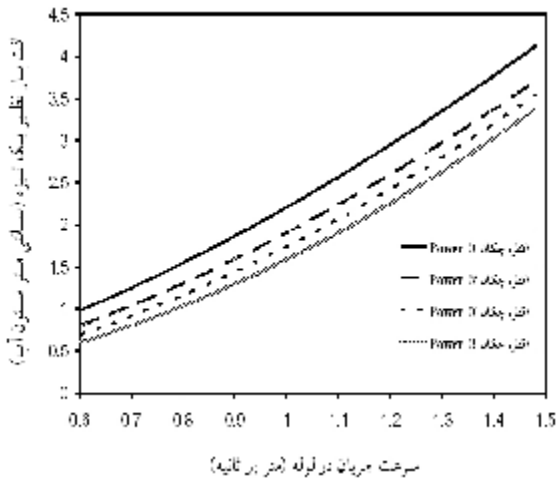
که در آن \bar{O} برابر میانگین مشاهدات می‌باشد. در این تحقیق عدد حاصل از منحنی کلر (10 سانتی‌متر) به عنوان میانگین مشاهدات که رقم ثابتی است در نظر گرفته شده و مقادیر حاصل از آزمایشات به عنوان ارقام پیش‌بینی شده در روابط MAE و RMSE اعمال گردید.

نتایج و بحث

همان‌طور که اشاره شد، بعد از اینکه جریان در داخل لاترال به صورت پایدار در آمد، مقادیر فشار در ورودی و

¹Mean Absolute Error

²Root Mean Square Error



شکل 2- منحنی‌های حاصل از برقراری رگرسیون توانی سرعت جریان - افت بار

جدول 1- مقادیر متوسط افت بار ناشی از تیزه‌ی یک قطره چکان (سانتی متر ستون آب)

نوع قطره چکان (لوله)				سرعت جریان (m/s)	دبی جریان (l/s)
4	3	2	1		
3/68	4/09	4/31	4/33	1/43	0/19
3/51	3/86	3/79	3/92	1/32	0/175
2/28	2/49	2/43	3/08	1/21	0/16
1/61	2/16	1/84	2/6	1/13	0/15
1/41	2/02	1/53	2/17	1/05	0/14
1/39	1/47	1/38	1/86	0/98	0/13
1/34	1/38	1/31	1/77	0/9	0/12
1/09	1/31	1/14	1/66	0/83	0/11
0/89	1/13	1/02	1/39	0/72	0/095
0/76	1/02	0/91	1/17	0/64	0/085
0/6	0/87	0/76	0/97	0/6	0/08

در این روابط v نشان‌دهنده‌ی سرعت جریان آب (متر بر ثانیه) و Δh افت بار نظیر تیزه‌ی یک قطره-چکان (سانتی متر ستون آب) می‌باشد. جدول 2 مقادیر درصد افت بار اضافی ناشی از وجود تیزه‌ها نسبت به حالت بدون قطره‌چکان را به ازای افزایش سرعت جریان در لوله‌های لاترال نشان می‌دهد. با توجه به مقادیر جدول می‌توان نتیجه گرفت که حدود 12 الی 16 درصد افت بار کل، ناشی از تیزه‌های قطره‌چکان‌ها می‌باشد.

مقایسه‌ی نتایج تحقیق با منحنی کلر

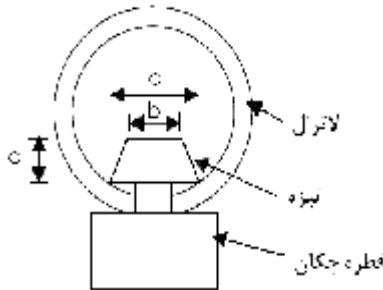
به دلیل اینکه اکثر طراحان از نمودار کلر برای برآورد افت بار ناشی از تیزه‌ها استفاده می‌کنند، لذا نتایج حاصل از این پژوهش با مقدار افت حاصل از نمودار مزبور مورد مقایسه قرار داده شد. همان‌طور که در مقدمه نیز اشاره شد، کلر و بلیسنر (1990) نموداری ارائه کردند که مقادیر افت اصطکاکی در اتصالات قطره‌چکان‌های روی خط آبیاری قطره‌ای را به ازای قطرهای مختلف لوله لاترال نشان می‌دهد. این نمودار مقدار افت بار ناشی از یک تیزه در ابتدای لاترال را به صورت طول معادلی از لاترال نشان می‌دهد.

برای اینکه بتوان رابطه‌ای ریاضی بین مقادیر افت بار فشاری و سرعت جریان در داخل لوله‌ی لاترال برقرار نمود، برای تک تک نمودارهای فوق انواع روابط رگرسیونی مورد آزمون قرار داده شد. از بین همه‌ی انواع رگرسیون‌های مورد آزمون (شامل رگرسیون خطی، توانی، نمایی و چند جمله‌ای)، نتایج مربوط به رگرسیون توانی که در عین سادگی کاربرد، از دقت قابل قبول هم برخوردار می‌باشد، ارائه شده است. شکل 2 منحنی‌های رگرسیون توانی را بین داده‌های سرعت جریان و افت بار فشاری در لوله‌ی لاترال نشان می‌دهد.

معادلات توانی مربوط به این منحنی‌ها به ترتیب زیر می‌باشد:

$\Delta h = 2.206 v^{1.5935}$	$r^2 = 0.974$	نوع 1
$\Delta h = 1.7405 v^{1.8133}$	$r^2 = 0.9093$	نوع 2
$\Delta h = 1.9039 v^{1.6994}$	$r^2 = 0.9353$	نوع 3
$\Delta h = 1.5883 v^{1.9189}$	$r^2 = 0.9431$	نوع 4

تیزه‌ی قطره‌چکان‌های بکار رفته در این تحقیق را نشان می‌دهد.



شکل ۴- نمایش شماتیک تیزه‌ی قطره‌چکان‌های بکار رفته در تحقیق

ابعاد تیزه‌های هر چهار قطره‌چکان در جدول ۳ ارائه شده است. ملاحظه می‌گردد که هیچ کدام از تیزه‌ها با ابعاد موجود در منحنی کلاسیک تطابق ندارند. اما برای مقایسه نمودار مربوط به قطره‌چکان کوچک که از نظر ابعاد بیشترین تشابه را با قطره‌چکان‌های بکار رفته در این پژوهش را دارد، انتخاب گردید. با توجه به قطر داخلی لوله‌ی لاترال (۱۳ میلی‌متر)، طول معادل لاترال برای محاسبه‌ی افت تیزه‌ی قطره‌چکان کوچک برابر ۱۰ سانتی‌متر از منحنی کلاسیک حاصل گردید.

جدول ۳- ابعاد تیزه‌ی قطره‌چکان‌های مورد استفاده در تحقیق

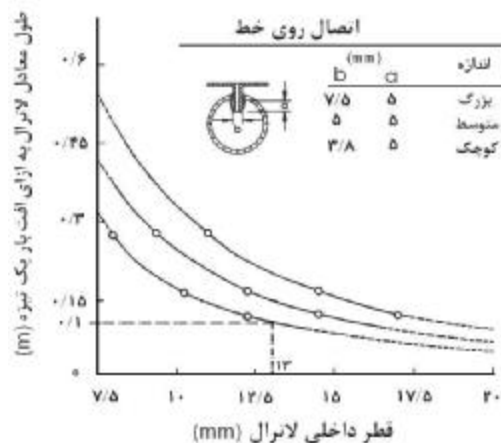
ابعاد تیزه	نوع قطره چکان			
	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)
a (mm)	4/1	5/2	5/2	3
b (mm)	3/1	2/85	3/65	3/9
c (mm)	6/2	5/7	6/1	7/3
A (mm ²)	12/71	14/82	16/9	11/2

با توجه به اینکه فاصله‌ی قطره‌چکان‌ها بر روی لاترال برابر ۱ متر در نظر گرفته شده است، به راحتی می‌توان نشان داد که درصد‌های ارائه شده در جدول ۲ همان طول معادل لاترال (برحسب سانتی متر)

جدول ۲- درصد افت بار فشار (Δh) ناشی از تیزه‌ها به ازای مقادیر مختلف سرعت جریان

سرعت جریان (m/s)	Δh			
	نوع ۱	نوع ۲	نوع ۳	نوع ۴
1/43	18/8	19/2	18/2	16/4
1/32	17/6	18/2	18/5	16/8
1/21	18	14/2	14/6	13/4
1/13	12/4	8/75	10/3	7/65
1/05	13/2	9/28	12/3	8/56
0/98	12/7	9/43	10	9/49
0/9	14/6	10/8	11/3	11
0/83	15/7	10/8	12/4	10/3
0/72	16/5	12/1	13/5	10/6
0/64	15/9	12/4	13/9	10/3
0/6	14/8	11/6	13/3	9/15
میانگین	15/47	12/428	13/47	11/24

در این نمودار تیزه‌ها به سه دسته‌ی کلی کوچک، متوسط و بزرگ تقسیم شده‌اند. در شکل ۳ نمودار مزبور ارائه گردیده است.



شکل ۳- منحنی کلاسیک برای برآورد افت بار ناشی از تیزه‌ی قطره‌چکان‌های روی خط (کلاسیک و بلیسنر ۱۹۹۰)

برای لاترال مورد آزمایش در این تحقیق که دارای قطر داخلی ۱۳ میلی‌متر می‌باشد، چهار نوع قطره‌چکان با تیزه‌هایی به ابعاد مختلف استفاده شد. شکل ۴ تصویر شماتیک

جدول 4- مقادیر MAE و RMSE جهت مقایسه‌ی افت بار

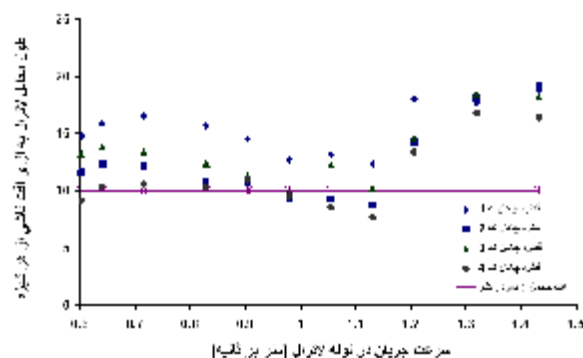
حاصل از آزمایش و منحنی کلر		نوع قطره‌چکان
MAE	RMSE	
4/768	0/4947	تیزه‌ی 1
1/2786	0/1452	تیزه‌ی 2
2/375	0/2676	تیزه‌ی 3
0/7237	0/0817	تیزه‌ی 4

وجود اختلاف بین مقادیر حاصل از آزمایشات با مقدار مستخرج از منحنی کلر نشان می‌دهد که استفاده از منحنی کلر برای محاسبات افت بار ناشی از تیزه‌ی قطره‌چکان‌های متداول در ایران از دقت خوبی برخوردار نمی‌باشد. مطلب قابل توجه دیگر این است که در محدوده‌ی سرعت‌های جریان مذکور، افت بار ناشی از هر تیزه دارای تغییرات چندانی نبوده و تقریباً ثابت است که مقدار متوسط این افت برای قطره‌چکان‌های نوع 1 الی 4 به ترتیب برابر 16، 12، 13 و 11 سانتی‌متر حاصل گردید.

جمع بندی و پیشنهادات

داده‌های حاصل از تست هیدرولیکی یک لوله لاترال آبیاری قطره‌ای به قطر 16 میلیمتر و 4 نوع قطره‌چکان روی خط، برای برآورد افت بار نظیر تیزه‌های قطره‌چکان مورد تحلیل قرار گرفت. مشاهده شد که به ازای افزایش سرعت جریان، افت بار نظیر تیزه‌های قطره‌چکان نیز افزایش می‌یابد. بر اساس اندازه‌گیری‌ها مقادیر افت ناشی از وجود تیزه‌ها به‌طور متوسط در محدوده‌ی 12 الی 16 درصد تعیین گردید که مقدار نسبتاً قابل ملاحظه‌ی می‌باشد و لذا در محاسبات و طراحی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، منظور نمودن افت ناشی از وجود تیزه‌ها ضرورت دارد.

هستند. مثلاً تیزه‌های قطره‌چکان نوع 2 بطور متوسط 12/4% افت در لاترال را سبب گردیده‌اند یا به عبارت دیگر افت ناشی از هر تیزه معادل افت در طول 12/4 سانتی‌متر از لاترال می‌باشد؛ لذا ارقام درصدی در جدول 2 را می‌توان با افت معادل طول لاترال بر حسب سانتی‌متر جایگزین نمود و با نتیجه‌ی حاصل از منحنی کلر مقایسه کرد. شکل 5 مقادیر مشاهداتی افت بار فشاری ناشی از تیزه‌ها را بر حسب طول معادل لوله لاترال به همراه مقدار مستخرج از نمودار کلر نشان می‌دهد.



شکل 5- مقایسه مقادیر طول معادل لاترال به ازای افت بار فشاری اندازه‌گیری شده ناشی از هر تیزه با مقدار مستخرج از نمودار کلر

با توجه به اینکه در طراحی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سرعت جریان آب در لوله‌ی لاترال در اغلب موارد کمتر از 1 متر بر ثانیه می‌باشد، و منحنی کلر نیز برای شرایط کاربردی تنظیم یافته است، لذا ارقام افت معادل حاصل از آزمایشاتی که در محدوده‌ی سرعت‌های 0/6 الی 1 متر بر ثانیه انجام یافته‌اند جهت مقایسه با مقدار افت بار 10 سانتی-متر حاصل از منحنی کلر انتخاب و بر مبنای آن مقادیر MAE و RMSE محاسبه گردید. مقادیر MAE و RMSE محاسبه شده در جدول 4 ارائه شده است.

با توجه به روند توسعه‌ی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در کشور و عرضه‌ی انواع اتصالات و قطره‌چکان‌ها، پیشنهاد می‌شود که مشخصه‌های هیدرولیکی قطعات از جمله مقادیر افت موضعی اتصالات و قطره‌چکان‌ها بر مبنای انجام آزمایشات توسط تولیدکننده‌گان تهیه و در اختیار مهندسين مشاور و طراحان این سیستم‌ها قرار داده شود تا خطاهای ناشی از کاربرد روش‌های متداول در محاسبات هیدرولیکی این سیستم‌ها به حداقل ممکن کاهش یابد.

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از گزارش نهائی طرح پژوهشی شماره 27/14926 مورخ 86/3/26 می باشد که از محل اعتبارات پژوهشی دانشگاه تبریز اجراء گردیده است. بدین وسیله از حمایت مالی دانشگاه تبریز تشکر و قدردانی می شود.

نهایتاً نتایج حاصل از آزمایشات انجام یافته در این تحقیق با نمودار افت بار کلر که در مقیاس وسیعی در محاسبات هیدرولیک لاترال‌های آبیاری قطره‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد، مورد مقایسه قرار گرفت و ملاحظه شد که در حالت کلی مقادیر افت بار حاصل از اندازه‌گیری با مقدار حاصل از منحنی کلر در حد قابل ملاحظه‌ای متفاوت است؛ بنابراین محاسبات افت بار ناشی از تیزه‌ها با استفاده از منحنی کلر در مورد قطره‌چکان‌های رایج در ایران دقت زیادی ندارد.

با توجه به نتایج حاصله در مورد 4 نوع قطره‌چکان مورد آزمایش، چنین استنباط شد که در محدوده‌ی سرعت‌های جریان آب متداول در لوله‌های لاترال آبیاری قطره‌ای می‌توان مقدار متوسطی را برای افت حاصل از تیزه‌ی یک نوع قطره‌چکان معین در نظر گرفت؛ این موضوع روش پیشنهادی کلر را به لحاظ محاسبه‌ی افت تیزه‌ها صرفاً بر مبنای مشخصات هندسی آنها و قطر لاترال مورد تأیید قرار می‌دهد.

منابع مورد استفاده

- Hathoot HM, Al-Amoud AI and Mohammed FS, 1993. Analysis and design of trickle irrigation laterals. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE* 119: 756-767.
- Juana L, Sinobas LR and Losada A, 2002a. Determining minor head losses in drip irrigation laterals. I: Methodology. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE* 128: 376-384.
- Juana L, Sinobas LR and Losada A, 2002b. Determining minor head losses in drip irrigation laterals. II: Experimental study and validation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE* 128: 385-396.
- Keller J and Bliesner R, 1990. *Sprinkle and Trickle Irrigation*. Avi Book, Van Nostrand Reinhold, New York, pp: 652.
- Provenzano G and Pumo D, 2004. Experimental analysis of local pressure losses for microirrigation laterals. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE* 130: 318-324.
- Reddy KY, 2002. Evaluation of on-line trickle irrigation emitter barb losses. *Journal of Agricultural Engineering IEI* 83 (2): 42-46.

Salvador GP, Sanchis LH, Altozano PG and Valverde JA, 2006. Real local losses estimation for on-line emitters using empirical and numerical procedures. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE* 132: 522-530.

Valiantzas JD, 2005. Modified Hazen–Williams and Darcy–Weisbach equations for friction and local head losses along irrigation laterals. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE* 129: 342-350.