

استفاده از مواد کاهنده اصطکاک برای کاهش افت اصطکاک خط انتقال در یک سیستم آبیاری بارانی

علی حسنلو^{۱*}، تیمور سهرابی^۲، شروین احمدی^۳ و محسن ذوالفعلی زاده^۴

چکیده

با توجه به اهمیت انتقال سیالات حیاتی از جمله آب در دنیای امروز، تلاش برای یافتن راهی که بتواند با کمترین هزینه سبب کاهش مصرف انرژی در هنگام انتقال سیال شود، مهم است. از جمله مهم‌ترین و ساده‌ترین راه‌ها، استفاده از مواد کاهنده اصطکاک در جریان است. هدف از این پژوهش، افزودن مقادیر کم از سه پلیمر کارآکریل ۳۰، کارآکریل ۵۸ و سدیم کربوکسی متیل سلولز در خطوط لوله سیستم آبیاری بارانی برای بررسی تغییرات میزان تلفات هد ناشی از اصطکاک در خطوط لوله‌ها و تأثیر آن بر شعاع پاشش آبپاش‌ها است، در این آزمایش کارآکریل ۳۰ و ۵۸ در غلظت‌های ۱۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ و سدیم کربوکسی متیل سلولز در غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به آب داخل مخزن اضافه و بعد از حل شدن، با پمپ وارد خط لوله و از طریق آبپاش‌ها پاشش انجام شده است. پلیمرهای سدیم کربوکسی متیل سلولز و کارآکریل ۳۰ عملکرد بهتری نسبت به کارآکریل ۵۸ نشان دادند. مقدار افت در دبی ۰/۴۲۳ لیتر بر ثانیه برای آب خالص، کارآکریل ۳۰ در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، کارآکریل ۵۸ در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و سدیم کربوکسی متیل سلولز در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب ۲۰/۰۴، ۱۲/۸، ۱۶/۰۹ و ۱۲/۳۹ متر در لوله‌ای به طول ۴۰ متر و به قطر ۲۰ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. کارآکریل ۳۰ سبب حداکثر کاهش افت اصطکاک و حداکثر افزایش شعاع پاشش در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب برابر با ۳۶/۱ و ۱۱/۶ درصد، کارآکریل ۵۸ در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب برابر با ۱۹/۶ و ۵/۹ درصد و سدیم کربوکسی متیل سلولز در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب برابر با ۳۸/۱ و ۱۵/۶ درصد نشان داد.

واژه‌های کلیدی: پلیمر، خطوط لوله، شعاع پاشش آبپاش، کاهش دراگ، ماده کاهنده دراگ.

ارجاع: حسنلو ع. سهرابی ت. احمدی ش. و ذوالفعلی زاده م. ۱۳۹۵. استفاده از مواد کاهنده اصطکاک برای کاهش افت اصطکاک خط انتقال در یک سیستم آبیاری بارانی. مجله پژوهش آب ایران. ۲۲: ۳۱-۳۸.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران.
۲- استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران.
۳- عضو هیأت علمی پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران.
۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران.

* نویسنده مسئول: alihanlo77@yahoo.com

تایخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۶/۰۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۸/۰۶

مقدمه

محدود بودن منابع انرژی از یک سو و افزایش روز افزون تقاضای انرژی از سوی دیگر عواملی هستند که سبب ارتقای درجه اهمیت مدیریت مصرف انرژی در برنامه‌ریزی‌های کلان و خرد در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه شده‌اند. وجود افت فشار بین نقاط مختلف خطوط لوله سبب بالا رفتن میزان انرژی مصرفی توسط پمپ‌ها می‌شود، از این رو کاهش دادن آن امری بسیار حیاتی است. بخش بزرگی از افت فشار در طول خطوط لوله به خاطر وجود تلفات اصطکاکی بین سیال و دیواره لوله است. یکی از روش‌های کاهش این افت افزودن موادی موسوم به مواد روان کننده یا عوامل کاهنده دراگ به جریان خط لوله است. با افزودن مقدار بسیار کم این مواد (چند قسمت در میلیون^۱) به خطوط لوله و کاهش افت اصطکاک ذاتی جریان، مقدار مصرف انرژی با پمپ پایین می‌آید.

یکی از عوامل کاهنده دراگ، پلیمرهای کاهنده اصطکاک است که سبب کاهش اصطکاک در جریان‌های آشفته و افزایش اصطکاک در جریان‌های آرام می‌شوند (کرمی، ۱۳۸۸).

در سیستم‌های آبیاری تحت فشار، آب از محل تأمین تا محل توزیع از مجاری تحت فشار عبور می‌کند و لازمه این حرکت وجود انرژی است که بیشتر با الکتروپمپ‌ها به آب منتقل می‌شود. از آنجایی که رژیم جریان در سیستم‌های آبیاری بارانی به صورت آشفته است، از این رو مواد کاهنده اصطکاک برای کاهش انرژی مصرفی می‌تواند مفید باشد و بدین وسیله سبب صرفه‌جویی انرژی و سوخت لازم شود.

این مسأله نخستین بار توسط تامز (۱۹۴۸) مورد توجه قرار گرفت. وی با انتشار مقاله‌ای بیان کرد که ضریب اصطکاک در جریان متلاطم داخل لوله می‌تواند به طور محسوسی با افزودن مقدار کمی ماده پلیمری قابل حل در آب، کم شود و از آنجا که افت فشار یک رابطه خطی با ضریب اصطکاک دارد پس افت فشار نیز کاهش می‌یابد.

نتایج اولین آزمایش کاربرد پلیمر در یک سیستم آبیاری توسط اتحادیه کاربرد^۲ در سال ۱۹۶۶ منتشر شد. پلیمر مورد آزمایش پلی اتیلن اکساید بود که سبب افزایش شعاع پاشش از ۳/۶ متر به ۶/۳ متر که باعث افزایش ۷۵

درصدی شعاع پاشش شد. فازولو و همکاران (۱۹۷۴) آزمایش خود را با پلیمر پرکول^۳ ۱۴۰ در یک لوله پلاستیکی به قطر ۵۵ میلی‌متر و به طول ۲۵۰ متر و با نازل‌های به قطر داخلی ۱۸ میلی‌متر انجام دادند که سبب کاهش افت ۲۲/۴ درصدی در غلظت (ppm) ۱۰۰ شد. هالی و همکاران (۱۹۷۹)، آزمایشی با پلی اکریلامید با غلظت (ppm) ۳۰ انجام دادند و کاهش انرژی مصرفی سیستم و افزایش شعاع پوشش آبپاش‌ها را مشاهده کردند. الیاس و وسل^۴ (۱۹۸۰)، از پلی اکریلیک اسید استفاده کردند و ۲۲-۲۸ درصد کاهش اصطکاک با (ppm) ۸۰ غلظت به دست آوردند، همچنین این پژوهش‌گران نتیجه گرفتند که مواد مصرفی اثر ناسازگاری روی گیاه و خاک ندارد. سنکار و همکاران (۱۹۸۲)، از چهار پلیمر پلی‌اکریلامید، پلی اتیلن اکسید، گزانتان و گوارگام در کاهش انرژی مورد نیاز استفاده کردند، آن‌ها با غلظت‌های مختلف و در فشارهای مختلفی در دامنه (۱/۰۶ تا ۲/۲۹ کیلوگرم بر سانتی متر مربع) استفاده کردند، نتیجه گرفتند که درصد کاهش اصطکاک با افزایش عدد رینولدز و افزایش غلظت بیشتر می‌شود.

ناگدو (۱۹۸۴) نشان داد که گوارگام خالص نتایج بهتری از گوارگام تجاری در کاهش انرژی مصرفی در سیستم آبیاری بارانی دارد. سینگ و همکاران (۱۹۹۴)، استفاده از چندین پلیمر کاهنده اصطکاک در آبیاری بارانی را بررسی کرد و کاهش انرژی مصرفی تا ۴۶ درصد با استفاده پلی‌اتیلن اکسید با غلظت (ppm) ۳۰ را مشاهده کرد و همچنین بیشترین افزایش شعاع پاشش ۹۴ درصدی با اضافه کردن (ppm) ۱۰۰ از گزانتان را مشاهده کرد. یوکان و همکاران (۲۰۰۰)، از گوارگام خالص و گوارگام ناخالص در یک سیستم آبیاری استفاده کردند، آن‌ها نتیجه گرفتند که هر دو ماده سبب کاهش انرژی مصرفی و افزایش شعاع پاشش آبپاش‌ها شدند.

با توجه به اهمیت این موضوع هدف از این پژوهش، افزودن مقادیر کم از مواد کاهنده اصطکاک در خطوط لوله سیستم آبیاری بارانی برای بررسی تأثیر مواد افزوده شده بر تغییرات میزان تلفات ناشی از اصطکاک در خطوط لوله و تأثیر آن بر شعاع پاشش آبپاش‌ها بود.

3- percol
4- Elias and Vocel

1- ppm
2- Union carbid

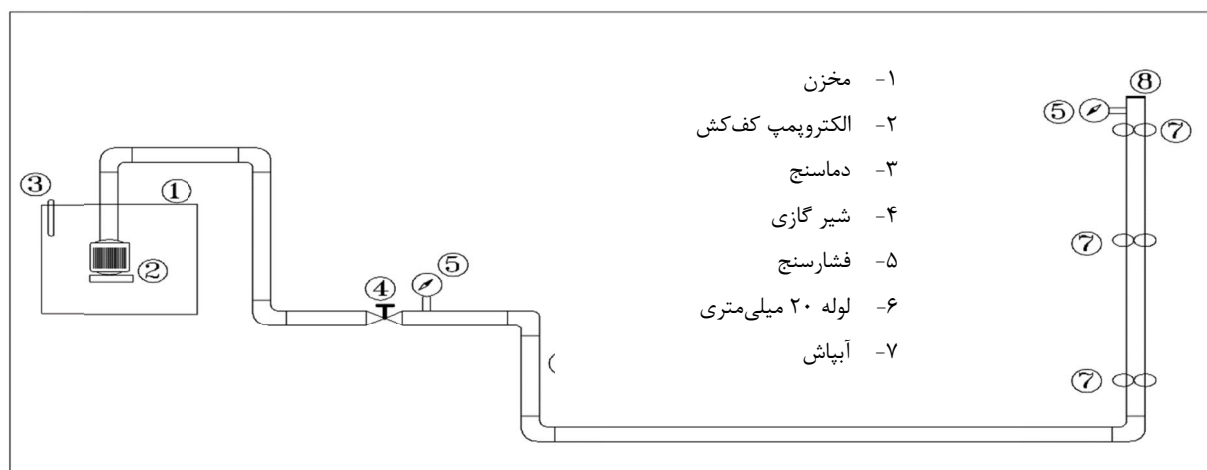
مواد و روش‌ها

برای بررسی اثر سه پلیمر کارآکریل ۳۰، کارآکریل ۵۸ و سدیم کربوکسی متیل سلولز روی تغییرات افت اصطکاکی خط انتقال و شعاع پاشش آبپاش‌ها، سیستم آبیاری بارانی با سه عدد آبپاش هانتر (میزان آبدهی ۰/۶ تا ۸/۳۳ لیتر در دقیقه، شعاع پاشش ۲/۱ تا ۳/۵ متر و فشارکارکرد توصیه شده: ۲/۱ تا ۳/۵ بار) طراحی و اجرا شد. (شکل ۱). سیستم آبیاری متشکل از یک مخزن گالوانیزه ۸۰۰ لیتری جهت تأمین آب مورد نیاز، شیر گازی در ابتدای خط انتقال جهت کنترل دبی، لوله پلی‌اتیلنی به قطر ۲۰ میلی‌متر و به طول ۴۰ متر، سه عدد آبپاش هانتر، دو عدد فشارسنج یکی در ابتدای خط انتقال بعد از شیر کنترل و دیگری در انتهای خط انتقال بعد از آبپاش انتهایی برای اندازه‌گیری افت مسیر و پمپ کفکش برای تأمین هد لازم بود.

در مرحله اول، آزمایش‌های مربوط به آب خالص برای اندازه‌گیری مقدار دبی و افت انرژی انجام شد. ابتدا مخزن تا حجم ۷۵۰ لیتری از آب شرب پر شد و بعد دو آبپاش ابتدایی و وسطی باز شدند و خروجی این دو آبپاش با درپوش مسدود گردید. نازل آبپاش انتهایی مسیر نیز باز شد تا اندازه‌گیری دبی‌ها از خروجی بدنه این آبپاش انجام شود. و شیر کنترل در ابتدای مسیر خط انتقال به طور کامل باز شود با روشن کردن پمپ، آب از قسمت خروجی آبپاش انتهایی، خارج شد. بعد از چند دقیقه از شروع کار پمپ (نوسانات فشار و دبی از بین رفت) وقتی سطح آب

داخل مخزن به حجم ۷۰۰ لیتری رسید اندازه‌گیری دبی و یادداشت عددهای هر دو فشار سنج انجام شد. در هنگام اندازه‌گیری دبی با اضافه کردن آب به مخزن سطح آب در حجم ۷۰۰ لیتری ثابت نگه داشته می‌شد. بعد از این مرحله که با شیر به طور کامل باز دبی و افت متناظر با آن اندازه‌گیری شد، با تنظیم شیر کنترل (کم کردن شیر) دوباره اندازه‌گیری دبی و یادداشت اعداد هر دو فشار سنج صورت گرفت. این عمل با تنظیم شیر کنترل در ۵ حالت مختلف با آب خالص انجام شد.

اولین پلیمر مورد آزمایش کارآکریل ۳۰ با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بود. ابتدا محلول مورد نظر آماده شد بعد از این که حجم مخزن به ۷۵۰ لیتر رسید محلول داخل آن به خوبی به هم زده شد بعد از نیم ساعت دوباره محلول به هم زده شد. بعد بلافاصله پمپ روشن و پمپاژ محلول شروع شد. به همان روشی که برای اندازه‌گیری دبی و افت با آب خالص در بخش قبلی توضیح داده شد اندازه‌گیری دبی و یادداشت عددهای هر دو فشارسنج انجام شد. با تمام شدن اندازه‌گیری دبی و یادداشت عددهای فشارسنج‌ها، پمپ خاموش و هر سه آبپاش را نصب کرده و در موقعیت مشخص آبپاش‌ها را تنظیم و به تکیه‌گاه‌ها محکم بسته تا در قسمت تعیین شده برای اندازه‌گیری شعاع پاشش هم‌پوشانی انجام نشود و فقط شعاع پاشش آبپاش وسطی به عنوان مبنای اندازه‌گیری قرار گیرد. دوباره پمپ را به کار انداخته و بعد از پمپاژ تمام محلول، پمپ خاموش و شعاع پاشش اندازه‌گیری می‌شد.



شکل ۱- طرح شماتیک سیستم آبیاری بارانی مورد آزمایش

پارامتر، یعنی وزن مولکولی پلیمر، میانگین تعداد استخلافها به ازای هر واحد گلوکوزی و چگونگی توزیع استخلافهای کربوکسی متیل در طول زنجیره پلیمر مربوط می‌شود. این ماده به دلیل داشتن خواصی چون حلالیت در آب سرد و گرم، ایجاد ویسکوزیته در محلول، توانایی تشکیل فیلم، خاصیت چسبندگی، بی ضرر بودن برای بدن، تشکیل سوسپانسیون، توانایی نگهداری آب و مقاومت به روغن، چربی و حلال‌های آلی کاربرد وسیعی در فرمولاسیون، فرآوری و تولید مواد غذایی مختلف دارد. سدیم کربوکسی متیل سلولز استفاده شده در این آزمایش تولیدی شرکت DOW آمریکا و با کد تجاری MH14000 و با جرم مولکولی ۲۴ هزار گرم بر مول است.

ویسکوزیته هر یک از پلیمرها در غلظت‌های مورد استفاده (جدول ۱) در آب آبیاری در دمای ۲۵ درجه با استفاده از ویسکومتر بروکفیلد پژوهشگاه پتروشیمی و پلیمر ایران اندازه‌گیری و نتایج آن در جدول ۱ آورده شده است. هر سه پلیمر در غلظت‌های مورد استفاده بر اساس استانداردهای بین‌المللی مشکلات زیست‌محیطی ندارند (استاندارد ASTM).

جدول ۱- ویسکوزیته محلول پلیمرها در غلظت‌های مورد آزمایش

ماده غلظت (پی پی ام)	کارآکریل ۳۰		کارآکریل ۵۸	سدیم کربوکسی متیل سلولز
	۵۰	-	-	-
۱۰۰	۱/۰۱	۱	-	۱/۰۹
۱۵۰	-	-	-	۱/۱۲
۵۰۰	۱/۰۹	۱/۰۲	-	-
۱۰۰۰	۱/۱۵	۱/۰۳	-	-

نتایج و بحث

بررسی تغییرات افت

همان‌طور که ذکر شد با هر بار اندازه‌گیری دبی، با استفاده از دو فشارسنج مقدار افت متناظر با آن نیز اندازه‌گیری می‌شد، با برآزش منحنی بر داده‌های دبی و افت، رابطه بین افت و دبی خط انتقال برای آب خالص و هر سه پلیمر در هر سه غلظت حاصل شد با استفاده از این روابط مقادیر افت در دبی‌های یکسان به دست آمد و مقایسه مربوط به افت روی این داده‌ها (در دبی یکسان) انجام شد.

در مرحله بعد بدون هیچ تغییری در سیستم و نحوه استقرار آبپاش‌ها نسبت به حالت قبل، مخزن دوباره از آب شرب پر و پمپ به کار انداخته شد بعد از پمپاژ تمام آب داخل مخزن، شعاع پاشش اندازه‌گیری و با شعاع پاشش محلول ماده کارآکریل ۳۰ با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مقایسه شد. تمامی مراحل ذکر شده برای دو ماده کارآکریل ۳۰ و ۵۸ در سه ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و برای سدیم کربوکسی متیل سلولز نیز در سه غلظت ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر انجام شد. از آنجایی‌که پلیمر سدیم کربوکسی متیل سلولز به صورت پودر جامد بود به خاطر حل شدن کامل این ماده ابتدا محلول مادر آماده شد بعد از گذشت ۲۴ ساعت، از این محلول مادر برای آماده کردن محلول با غلظت‌های مورد نظر استفاده شد. همچنین همه اندازه‌گیری‌های دبی و افت در دمای ثابت ۲۵ درجه سانتی‌گراد و در شرایط مزرعه انجام شده است. برای اندازه‌گیری شعاع پاشش، سیستم در زمان‌های بدون باد به کار انداخته شد.

پلیمرها

کارآکریل ۳۰

کارآکریل ۳۰ امولسیون کوپلیمر آکریلی که به روش غیریونی سنتز شده است. با افزایش میزان آب در محیط امکان تورم ذرات امولسیون و در نتیجه اثرگذاری بر ویسکوزیته خواهد داشت. این ماده به صورت مایع سفید رنگ، غیریونی، $\text{pH} = 7$ و دارای جرم مولکولی ۳۰ هزار گرم بر مول است.

کارآکریل ۵۸

کارآکریل ۵۸ امولسیون اکریلیک با قابلیت ایجاد اتصالات عرضی که به روش غیریونی سنتز شده است. این ماده به صورت مایع سفید رنگ، غیریونی، $\text{pH} = 2-3$ و دارای جرم مولکولی ۲۴ هزار گرم بر مول است.

سدیم کربوکسی متیل سلولز

سدیم کربوکسی متیل سلولز (NaCMC) یکی از مشتقات اتری سلولزی و یک پلیمر صنعتی مهم است که درگستره وسیعی در شوینده‌ها، نساجی، کاغذسازی، صنایع غذایی، داروسازی، و گل حفاری در صنعت نفت کاربرد دارد. بیشتر خصوصیات سدیم کربوکسی متیل سلولز به سه

ماده کارآکریل ۵۸

نتایج حاصل از غلظت‌های ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر محلول کارآکریل ۵۸ برای تمام دبی‌های اندازه‌گیری شده نسبت به آب خالص، کاهش افت کمتری نسبت به محلول کارآکریل ۳۰ نشان می‌دهد. منحنی دبی-افت برای هر سه غلظت و آب خالص در شکل ۳ آورده شده است.

با برآزش منحنی بر داده‌های دبی-افت حاصل از آزمایش محلول کارآکریل ۵۸ برای غلظت‌های ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر رابطه‌های (۶) تا (۸) به دست آمد.

$$\Delta H = 106.7Q^{1.980} \quad (۶)$$

$$\Delta H = 98.05Q^{1.968} \quad (۷)$$

$$\Delta H = 84.88Q^{1.933} \quad (۸)$$

برای بررسی و مقایسه مقادیر کاهش افت، برای آب خالص و هر سه غلظت مورد آزمایش ماده کارآکریل ۵۸ با استفاده از رابطه‌های به دست آمده (۱) و (۶) تا (۸) مقادیر افت در دبی‌های یکسان به دست آمده است. منحنی غلظت-درصد کاهش افت برای چند دبی در شکل ۳ رسم شده است. نتایج نشان می‌دهد که ماده کارآکریل ۵۸ در هر سه غلظت نسبت به آب خالص کاهش افت دارد ولی این کاهش افت نسبت به ماده کارآکریل ۳۰ کمتر است. همان‌طور که دیده می‌شود ماده کارآکریل ۵۸ نیز رفتار مشابهی با ماده کارآکریل ۳۰ دارد یعنی با افزایش مقدار دبی یعنی با افزایش سرعت در لوله و به دنبال آن افزایش عدد رینولدز و آشفته‌تر شدن جریان، نسبت درصد کاهش افت بیشتر می‌شود و در غلظت‌های بالا، با افزایش دبی، نسبت کاهش افت بیشتر از غلظت‌های پایین است، یعنی در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اختلاف درصد کاهش افت بین دو دبی حداکثر و حداقل برابر با ۱/۵ درصد، در غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر این اختلاف برابر با ۰/۴ درصد و در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر این اختلاف برابر با صفر درصد است. در کل اختلاف نسبت درصد کاهش افت بین دو دبی حداکثر و حداقل اندازه‌گیری شده با پلیمر کارآکریل ۵۸ اختلاف چندانی را نشان نمی‌دهد.

درصد کاهش افت بر اساس رابطه زیر محاسبه شد:

$$\Delta h = \frac{h_w - h_p}{h_w} \quad (۱)$$

Δh درصد کاهش افت؛ h_w افت اصطکاکی با آب خالص (m) و h_p افت اصطکاکی آب به اضافه پلیمر (m).

ماده کارآکریل ۳۰

نتایج حاصل از ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر ماده کارآکریل ۳۰ برای تمام دبی‌های اندازه‌گیری شده نسبت به آب خالص کاهش افت نشان می‌دهد که نمودار دبی-افت برای هر سه غلظت با برآزش منحنی بر

داده‌های دبی-افت برای آب خالص رابطه زیر حاصل شد.

$$\Delta H = 109.9Q^{1.979} \quad (۲)$$

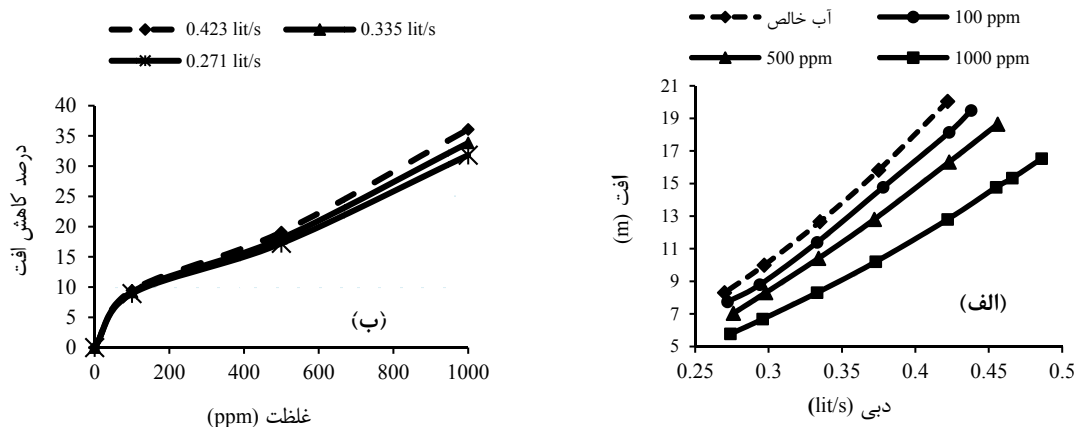
ΔH ، مقدار افت اصطکاکی (m) و Q، دبی خط انتقال (lit/s) همچنین با برآزش منحنی بر داده‌های دبی-افت برای غلظت‌های ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر رابطه‌های (۳) تا (۵) به دست آمد.

$$\Delta H = 98.42Q^{1.966} \quad (۳)$$

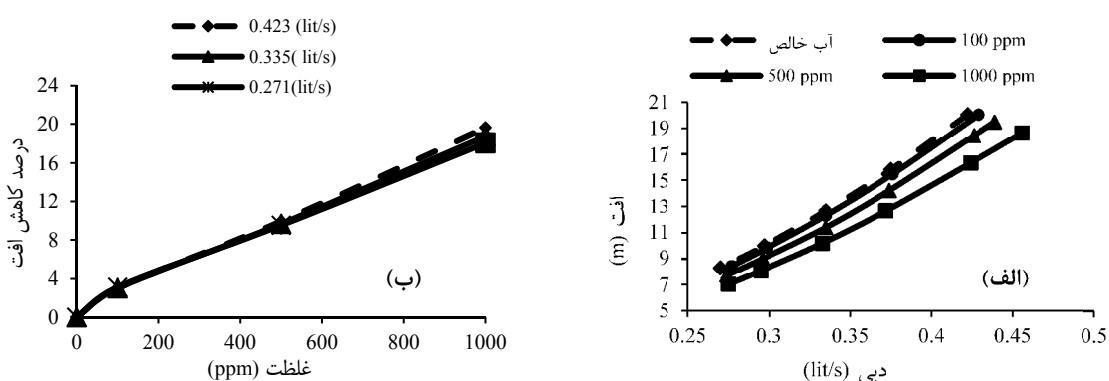
$$\Delta H = 84.59Q^{1.926} \quad (۴)$$

$$\Delta H = 61.856Q^{1.831} \quad (۵)$$

برای بررسی و مقایسه مقادیر کاهش افت، برای آب خالص و هر سه غلظت مورد آزمایش ماده کارآکریل ۳۰ با استفاده از رابطه‌های به دست آمده (۲) تا (۵) مقادیر افت در دبی‌های یکسان به دست آمد. منحنی غلظت-درصد کاهش افت برای چند دبی در شکل ۲ رسم شده است. نتایج حاصل از این شکل و روابط (۲) تا (۵) نشان می‌دهد که ماده کارآکریل ۳۰ در هر سه غلظت نسبت به آب خالص کاهش افت دارد. همچنین مشاهده می‌شود که با افزایش مقدار دبی یعنی با افزایش سرعت در لوله و به دنبال آن افزایش عدد رینولدز و آشفته‌تر شدن جریان، نسبت درصد کاهش افت بیشتر می‌شود. و در دبی‌های بالاتر تأثیر افزایش غلظت عامل کاهنده دراگ بر نسبت درصد کاهش افت، بیشتر است، به طوری که در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اختلاف درصد کاهش افت بین دو دبی حداکثر و حداقل برابر با ۴/۳ درصد، در غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر این اختلاف برابر با ۱/۹ درصد و در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر برابر با ۰/۵ درصد است.



شکل ۲- اثر غلظت‌های مختلف محلول کارآکریل ۳۰ بر کاهش افت، الف) منحنی دبی-افت، ب) منحنی غلظت-درصد کاهش افت

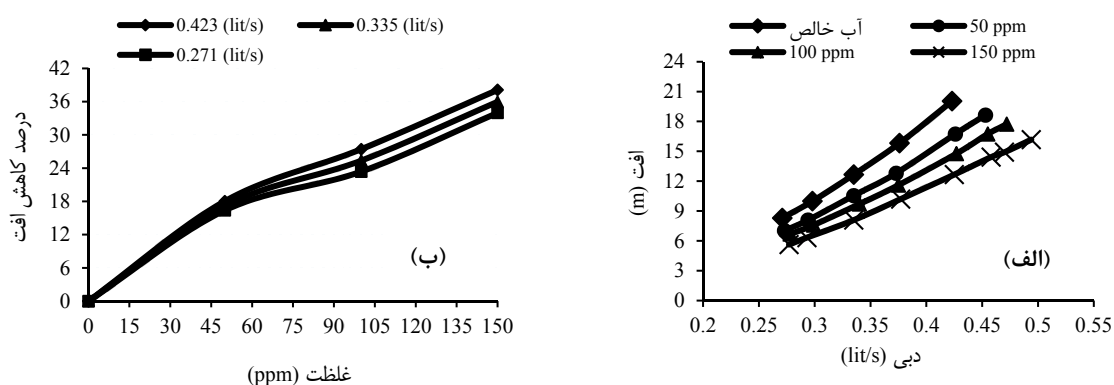


شکل ۳- اثر غلظت‌های مختلف محلول کارآکریل ۵۸ بر کاهش افت، الف) منحنی دبی-افت، ب) منحنی غلظت-درصد کاهش افت

بیشتری نشان می‌دهد. نمودار دبی-افت برای هر سه غلظت و آب خالص در شکل ۴ آورده شده است.

پلیمر سدیم کربوکسی متیل سلولز

نتایج حاصل از ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر ماده سدیم کربوکسی متیل سلولز نسبت به سه ماده دیگر افت



شکل ۴- اثر غلظت‌های مختلف محلول پلیمر سدیم کربوکسی متیل سلولز بر کاهش افت، الف) منحنی دبی-افت، ب) منحنی غلظت-درصد کاهش افت

تغییرات شعاع پاشش

فاصله‌ای بین دو آبپاش بستگی به شعاع پاشش آبپاش‌ها دارد که این شعاع پاشش بستگی به فشار، شکل و قطر روزنه سر آبپاش و زاویه خروج فواره آب نسبت به سطح افقی دارد. با افزایش فشار، برد پرتاب زیاد می‌شود بر این اساس مواد کاهنده اصطکاک که سبب کاهش افت ناشی از اصطکاک در خط انتقال می‌شوند موجب افزایش فشار در نازل‌های آبپاش‌ها می‌شود که این سبب افزایش شعاع پاشش می‌شود. بدین منظور تأثیر هر یک از پلیمرها در هر سه غلظت بر شعاع پاشش آبپاش‌ها بررسی شد که نتایج حاصل در شکل ۵ آورده شده است. درصد تغییرات شعاع پاشش از رابطه زیر محاسبه شد.

$$\Delta R = \left| \frac{R_w - R_p}{R_w} \right| * 100 \quad (12)$$

که در آن ΔR ، قدرمطلق درصد تغییرات شعاع پاشش؛ R_w ، شعاع پاشش با آب خالص (m) و R_p ، شعاع پاشش با آب به اضافه پلیمر (m) است.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که تأثیر پلیمر سدیم کربوکسی متیل سلولز بر افزایش شعاع پاشش بیشتر از دو پلیمر دیگر است. این ماده در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر ۱۵/۶ درصد سبب افزایش شعاع پاشش، نسبت به آب خالص می‌شود. بعد از پلیمر سدیم کربوکسی متیل سلولز بیشترین تأثیر را بر افزایش شعاع پاشش پلیمر کارآکریل ۳۰ در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر داشته است.

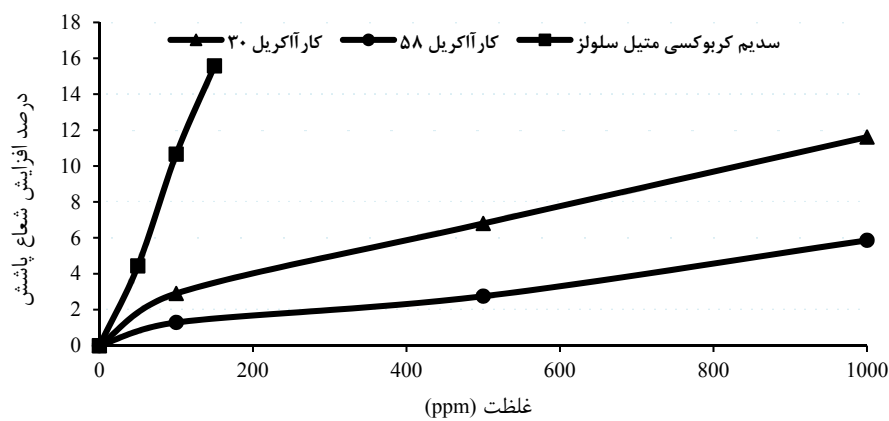
با برازش منحنی بر داده‌های دبی- افت برای غلظت ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر روابط (۹) تا (۱۱) به دست آمد.

$$\Delta H = 86.66Q^{1.934} \quad (9)$$

$$\Delta H = 71.82Q^{1.857} \quad (10)$$

$$\Delta H = 59.88Q^{1.831} \quad (11)$$

برای بررسی و مقایسه مقادیر کاهش افت، برای آب خالص و هر سه غلظت مورد آزمایش ماده سدیم کربوکسی متیل سلولز با روابط به دست آمده (۱) و (۹) تا (۱۱)، مقادیر افت در دبی‌های یکسان به دست آمده است. نتایج نشان از این است که پلیمر سدیم کربوکسی متیل سلولز در هر سه غلظت نسبت به آب خالص کاهش افت زیادی دارد که از دو ماده دیگر مورد آزمایش نتایج بهتری نشان می‌دهد. همان‌طور که از شکل ۴ دیده می‌شود برای این ماده نیز با افزایش مقدار دبی یعنی با افزایش سرعت در لوله و به دنبال آن افزایش عدد رینولدز و آشفته‌تر شدن جریان برای هر سه غلظت، نسبت درصد کاهش افت بیشتر می‌شود و در غلظت‌های بالا با افزایش دبی، نسبت کاهش افت بیشتر از غلظت‌های پایین است، یعنی در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اختلاف درصد کاهش افت بین دو دبی حداکثر و حداقل برابر با ۴/۱ درصد و در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر این اختلاف برابر با ۴ درصد است. برای غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر این اختلاف برابر با ۱/۶ درصد است.



شکل ۵- منحنی غلظت- درصد افزایش شعاع پاشش

بیچک‌ها در جریان شده که سبب کم شدن افت اصطکاک می‌شود که این درازشدگی زنجیره‌ها بستگی به جرم مولکولی و گروه‌های عاملی پلیمرها دارد هر چقدر جرم

بر اساس مکانیزم ارائه شده توسط لوملی (۱۹۷۷)، وارهلویک و همکاران (۲۰۰۱)، درازشدگی زنجیره‌های مولکولی و آرایش یافتگی آن در جریان مانع از تشکیل

2. Elias V. and Vocel J. 1978. Application of polymer additives in sprinkler irrigation. Vodohospodarsky. 26: 610-621.
3. Fajzullaev D. P. and et al. 1974. Uvelicenije raschoda vody v truboprovodachs pomose ju maloju dobavky preparata E-1, Doklady AV UzSSR, 7, in Russian.
4. Holey S. H. Singh R. P. and Singh J. 1979. Application of drag reducing polymers in reducing energy requirement of sprinkler irrigation system. Journal of Agricultural Engineerin. 16: 53-59.
5. Lumley J. L. 1977. Drag Reduction in Two Phase and Polymer Flows. Physics of Fluids. 20, 6471 p.
6. Nagdeve M. B. 1984. Studies on reduction in hydraulic conductivity and energy consumption of sprinkler irrigation system by drag reducing guar gum. M.Tech. Thesis, Department of Agricultural Engineering, I.I.T., Kharagpur, India.
7. Phukan S. Kumar P. Panda J. Nayak B. R. Tiwari K. N. and Singh R. P. 2000. Application of drag reducing commercial and purified guar gum for reduction of energy requirement of sprinkler irrigation and percolation rate of the soil. Agricultural Water Management. 47: 101-118.
8. Sankar G. Singh R. P. and Singh J. 1982. Application of drag reducing polymers in reducing energy requirement of sprinkler irrigation system. Journal of Agricultural Engineering. 19: 9-14.
9. Singh R. P. Singh J. Deshmukh S. R. Kumar D. and Kumar A. 1994. Application of drag reducing polymers in agriculture. Current Science. 68: 631-641.
10. Toms B. A. 1948. Some observation on the flow of linear polymer solution through straight tubes at large Reynolds number. Proceeding of the First International Congress on Rheology, vol.2, North Holland, Amsterdam. 135-141.
11. Union Carbide Corporation 1969. Slippery water cuts friction loss. Fire Engineering. 122: 48-49.
12. Warholic M. D. Heist D. K. Katcher M. and Hanratty T. J. 2001. A study with particle-image velocimetry of the influence of drag-reducing polymers on the structure of turbulence. Experiments in Fluids. 31: 474-483.

مولکولی و گروه‌های عاملی زیاد باشد تشکیل این زنجیره‌ها بهتر انجام می‌شود بنابراین هر چند جرم مولکولی سدیم کربوکسی متیل سلولز از ماده کارآکریل ۳۰ کمتر است ولی به دلیل گروه‌های عاملی OH موجود در ترکیب این ماده زنجیره‌های مولکولی طولانی‌تر و عملکرد بهتری نسبت به این ماده نشان می‌دهد و از طرفی ماده کارآکریل ۳۰ به دلیل داشتن جرم مولکولی بالاتر از کارآکریل ۵۸ تأثیر بهتری در کاهش افت و افزایش شعاع پاشش داشت.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل نشان می‌دهد که از نظر کاهش افت اصطکاکی و تأثیر بر افزایش شعاع پاشش اضافه کردن دو پلیمر کارآکریل ۳۰ و سدیم کربوکسی متیل سلولز عملکرد بهتری نسبت به پلیمر کارآکریل ۵۸ داشت. از این دو پلیمر به خاطر عمل‌کردشان، می‌توان به‌عنوان عامل کاهنده اصطکاک در یک سیستم آبیاری بارانی یا سیستم انتقال آب استفاده کرد. در مواقع اضطراری مثل مواقعی که تبخیر و تعرق زیاد و نیاز به انتقال آب بیشتر است استفاده از این مواد می‌تواند مفید باشد و در طراحی هیدرولیکی خطوط انتقال بعد از انجام محاسبات هیدرولیکی با توجه به هد مورد نیاز نوع لوله را از نظر تحمل در برابر فشار انتخاب می‌کنند چون طراحی هیدرولیکی بر اساس نیاز آبی حداکثر است ممکن است برای تأمین نیاز آبی برای یک دوره کوتاه، استفاده از لوله‌های با قطر زیاد و مقاوم به فشار بالا ناگزیر گردد که استفاده از این مواد در این دوره می‌تواند سبب انتخاب لوله‌های با قطر و تحمل فشار کمتر و نیز کاهش تعداد پمپ‌های ایستگاه پمپاژ شود. همچنین افزایش میزان شعاع پاشش آبپاش‌ها باعث کمتر شدن تعداد آبپاش‌ها در واحد سطح می‌شود. بنابراین استفاده از این مواد می‌تواند سبب کاهش قابل توجه هزینه‌های طراحی و بهره‌برداری سامانه‌های آبیاری تحت فشار شود.

منابع

۱. کرمی ح. ر. ۱۳۸۸. کاهش انرژی مصرفی پمپ با استفاده از مواد کاهنده دراگ. نخستین همایش مدیریت بحران در خطوط لوله و تأسیسات.