نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۷، فروردین - اردیبهشت ۱۴۰۲، ص. ۱۰۱-۸۷

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.1, Vol. 17, Apr.-May. 2023, p. 87-101

مقاله علمی-پژوهشی

ارزیابی اثر اسیدشویی بر کاهش گرفتگی قطره‌چکان‌ها، کارایی سیستم آبیاری قطره‌ای و خصوصیات شیمیایی خاک

هادی رضایی راد[۱]، عبدالرحیم هوشمند[۲*]، مسعود پورغلام آمیجی[۳]، محمدمهدی دوست‌محمدی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۲۸

چکیده

از آنجا که غالباً اساسی‌ترین مشکل سیستم آبیاری قطره‌ای، گرفتگی قطره‌چکان‌هاست، این پژوهش با هدف بررسی اثر سولفوریک اسید بر کاهش گرفتگی قطره‌چکان‌ها و تأثیر اسید خروجی بر خصوصیات شیمیایی خاک مناطق مورد مطالعه صورت پذیرفت. لذا آزمایش‌هایی در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در سه باغ پسته با بافت خاک مختلف (باغات علی‌آباد، شریف‌آباد و زالون‌آباد) در شهر قم انجام شد. بدین‌منظور ضریب تغییرات (CV) و معادله آبدهی قطره‌چکان مورد نظر (نتافیم ۸ لیتر بر ساعت) تعیین گردید. همچنین یکنواختی پخش آب (EU)، ضریب یکنواختی (CU)، تغییرات دبی قطره‌چکان (Qvar) و ضریب یکنواختی آماری (Uc) قبل و بعد از اسیدشویی اندازه‌گیری و کارایی و عملکرد سیستم آبیاری قطره‌ای مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میانگین گرفتگی قطره‌چکان‌ها در منطقه علی‌آباد، شریف‌آباد و زالون‌آباد قبل از اسیدشویی به ترتیب ۴/۰۶، ۳۰/۳ و ۵/۱۵ درصد و بعد از اسیدشویی به‌ترتیب ۱/۲۲، ۸/۴۳ و ۱/۲۴ درصد بود. میانگین گشودگی قطره‌چکان‌های منطقه علی‌آباد، شریف‌آباد و زالون‌آباد به‌ترتیب ۴/۲۳، ۳۵/۷ و ۴/۷۲ درصد و حداقل-حداکثر گشودگی در این مناطق ۲۵-۰/۷۱ و ۱۱۲/۴۱-۲/۴۷ و ۱۰/۶۵-۱/۸۹ درصد تعیین گردید. همچنین نتایج نشان داد که شاخص‌های یکنواختی پخش آب، ضریب یکنواختی، تغییرات دبی قطره‌چکان و ضریب یکنواختی آماری در سه منطقه علی‌آباد، شریف‌آباد و زالون‌آباد قبل از اسیدشویی به ترتیب ۹۲/۴، ۹۷/۶، ۰/۲۱ و ۹۶/۰۶ درصد، ۵۵/۳، ۸۴/۶، ۰/۹ و ۷۸/۷ درصد و ۹۱/۲، ۹۷/۲، ۱۸/۶ و ۹۵/۸ درصد و بعد از اسیدشویی به ترتیب ۹۶/۴، ۹۵/۲، ۰/۱۲ و ۹۴/۴ درصد، ۸۰، ۸۸/۵، ۰/۹۱ و ۸۲ درصد و ۹۶/۶، ۹۵/۵، ۱۳/۲ و ۹۴/۴ درصد بود که نشان داد سولفوریک اسید تأثیر بسزایی در کاهش گرفتگی قطره‌چکان‌ها دارد. ارزیابی خصوصیات شیمیایی خاک قبل و بعد از اسیدشویی نیز نشان از تغییر در این خصوصیات و کاهش شوری خاک به علت واکنش سولفوریک اسید با کربنات‌های موجود در خاک پس از اسیدشویی داشت. در نهایت مشخص شد که استفاده از سولفوریک اسید می‌تواند منجر به افزایش کارایی سیستم آبیاری قطره‌ای و اصلاح ویژگی‌های شیمیایی خاک نظیر شوری شود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری تحت‌فشار، سولفوریک اسید، قطره‌چکان نتافیم، کیفیت آب، گشودگی.

مقدمه

صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش بهره‌وری یکی از اهداف اساسی در نیل به کشاورزی پایدار محسوب شده و بهره‌گیری از روش‌های نوین آبیاری و جایگزینی آن با روش‌های سنتی یکی از راهکارهای مهم و تأثیرگذار است. آبیاری قطره‌ای با توجه به ماهیتش، پتانسیل لازم برای کاهش مصرف آب و ارتقاء راندمان آبیاری را داراست. از مهم‌ترین مزیت‌های این روش صرفه‌جوئی در مصرف آب (از طریق کاهش تلفات آب)، افزایش بهره‌وری آب، توزیع مناسب رطوبت، ارتقا کیفیت محصول، استفاده کمتر از مواد شیمیایی و تسهیل عملیات کودرسانی، عدم تشکیل جلبک در سیستم، بهبود مدیریت تغذیه گیاهی، سهولت در تردد ماشین‌آلات و افزایش طول عمر سیستم است (El-Shater *et al.*, 2017; Valentín *et al.*, 2020; Flores et *al.*, 2021; Cao *et al.*, 2022). علاوه بر این، با استفاده از آبیاری قطره‌ای، سطح خاک حاشیه گیاه خشک می‌ماند که

۱- دکتری، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۲- دانشیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیطزیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۳- دانشجوی دکتری گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۴- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زارعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
(* نویسنده مسئول: (Email: hooshmand_a@scu.ac.ir
DOR: 20.1001.1.20087942.1402.17.1.8.2

در نتیجه آن شیوع بیماری‌های قارچی (که با رطوبت خاک زیر سطح سایه‌انداز گیاه رابطه مستقیم دارد) کاهش می‌یابد. همچنین، استفاده از قطره‌چکان‌ها، سبب می شود تا کود شیمیایی مستقیماً در اختیار ریشه گیاه قرار گیرد. در نتیجه کمترین تماس با سطح رویه خاک اتفاق افتاده و آلودگی‌های ناشی از آن کم‌تر می‌گردد (Bordovsky and Porter, 2008; Al-Ghobari and Dewidar, 2018; Guan *et al*., 2022). در این روش، راندمان مصرف مواد شیمیایی کشاورزی افزایش می‌یابد و با خشک بودن سطح خاک از جوانه زدن علف‌های هرز جلوگیری کرده و در نتیجه نیاز به علف‌کش‌ها را کاهش می‌دهد (Camp, 1998; Choi and Rey, 2004; Ayars *et al*., 2015; Dadashzadeh *et al*., 2020; Brahmanand and Singh, 2022).

بنابراین با توجه به اهمیت استفاده بهینه از منابع آب و خاک، استفاده از روش‌های نوین آبیاری از جمله آبیاری قطره‌ای به خاطر راندمان بالا امری ضروری است. قطره‌چکان یا مجاری خروجی آب، آخرین قسمت تجهیزات آبیاری قطره‌ای است که آب را به شکل قطره یا فوران مستقیماً در منطقه سایه‌انداز گیاهان قرار می‌دهد (Adin and Sacks, 1991). انتخاب قطره‌چکان در این روش آبیاری از مهم‌ترین عوامل طراحی به شمار می‌رود، زیرا راندمان یک سیستم قطره‌ای به انتخاب قطره‌چکان و معیارهای طراحی بستگی داشته و عدم توجه به مشکلات قطره‌چکان‌ها باعث کاهش یکنواختی پخش آب، افزایش مدت کار سیستم و تعویض پیوسته قطره‌چکان‌ها می‌گردد (Cararo *et al*., 2006; Shi *et al*., 2022). ویژگی‌های مثبت آبیاری قطره‌ای سبب شده تا این سیستم آبیاری در بسیاری از کشورها توسعه فراوان یابد. با وجود مزایای فراوان، گرفتگی قطره چکان‌ها یکی از مهم‌ترین مشکلات این روش آبیاری است که استفاده از این سیستم را با ملاحظاتی رو به رو می‌کند (Adin and Sacks, 1991; Alihouri, 1999).

به طور کلی گرفتگی قطره‌چکان‌ها سه نوع است که شامل گرفتگی فیزیکی (که توسط مواد فیزیکی معلق موجود در آب نظیر ذرات شن، سیلت و رس ایجاد می‌گردد)، گرفتگی شیمیایی (که ناشی از کربنات کلسیم و منیزیم، سولفات کلسیم، هیدراکسید فلزات سنگین، کربنات‌ها، سیلیکات‌ها، سولفیدها، روغن و مواد مشابه، کودهای فسفاته، آمونیاکی، آهن، مس، روی و منگنز می‌باشد) و گرفتگی بیولوژیکی (که توسط فیلامان‌ها، لجن‌ها، نهشته‌های میکروبی و باکتری‌ها صورت می‌گیرد) می‌باشد (Zhang *et al*., 2010). برای جلوگیری از وقوع و رفع مشکل گرفتگی در هر سه نوع، باید تدابیر خاص و مدیریت‌های لازم اعمال گردد. برای رفع مشکل گرفتگی فیزیکی از حوضچه‌های آرامش، جداکننده‌های دورانی شن (هیدروسیکلون)، صافی‌هایی شنی و صافی‌های توری استفاده توری استفاده می‌شود. در گرفتگی شیمیایی می‌توان از اسیدهای ارزان‌قیمت نظیر اسیدکلریدریک و سولفوریک اسید رقیق بهره جست و برای کاهش گرفتگی بیولوژیکی می‌توان از ترکیبات کلر استفاده نمود (Mostafazadeh-Fard and Moayyedinia, 2000). اگر تمهیدات لازم به موقع و به شکل مناسب صورت نپذیرد، می‌تواند منجر به کاهش عملکرد و کارایی این سیستم آبیاری گردد. لذا محققین بسیاری به بررسی کارایی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای قبل و بعد از اسیدشویی پرداخته‌اند. به عنوان نمونه، احمدالی و همکاران پژوهشی را با هدف بررسی گرفتگی پنج نوع از قطره‌چکان‌ها (دو نوع داخل خط و سه نوع روی خط) با استفاده از سه تیمار آب، شامل آب معمولی (آب چاه)، آب مغناطیسی و اسیدشویی انجام داد. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که تیمار اسیدشویی کمترین گرفتگی را در مقایسه با دو تیمار دیگر در تمامی قطره‌چکان‌ها ایجاد می‌کند و برای جلوگیری از رسوب شیمیایی می‌تواند با پایین نگه‌داشتن pH (تزریق اسید) از رسوب نمک‌ها ممانعت کرد (Ahmadaali *et al*., 2009). نادری نیز عملکرد پنج نوع قطره‌چکان که شامل قطره‌چکان‌های داخل خط، میکروفلاپر، توربو، روی خط و لوله تیپ بودند را در کیفیت‌های مختلف آب، مورد ارزیابی قرار داد. نتایج نشان داد که کاهش میزان آبدهی، کاهش یکنواختی پخش و کاهش ضریب کریستیان‌سن، در هر پنج نوع خروجی مذکور با بدتر شدن کیفیت آب، افزایش یافت. نتایج تغییرات میزان آبدهی، یکنواختی پخش و ضریب یکنواختی نشان داد که هنگام استفاده از هر نوع خروجی این شاخص‌ها با افزایش نوبت آبیاری، روندی کاهشی دارند و میزان شدت کاهش به کیفیت آب بستگی دارد (Naderi, 2008).

در پژوهشی غلامی سفیدکوهی و برزگر آخته‌خانه در پژوهشی به مقایسه گرفتگی پنج نوع قطره‌چکان شامل مدل‌های میکروفلاپر، نتافیم، کرونا، آکسیوس و ایران دریپ، هر کدام با دو آبدهی متفاوت و چهار تیمار مدیریت آبیاری پرداختند. نتایج نشان داد که قطره‌چکان نتافیم با آبدهی ۸ لیتر در ساعت کم‌ترین گرفتگی و قطره‌چکان میکروفلاپر با آبدهی ۲ لیتر در ساعت بیشترین گرفتگی را در بین قطره‌چکان‌های مورد آزمایش دارا بود. همچنین تیمار اسیدشویی کم‌ترین گرفتگی را به خود اختصاص داد. تجزیه و تحلیل آماری نیز نشان داد که مدیریت آبیاری و نوع قطره‌چکان در گرفتگی قطره‌چکان بسیار معنی‌دار بوده ولی اثر متقابل این دو عامل به دلیل همسو بودن اثرات آن‌ها بر گرفتگی قطره‌چکان، معنی‌دار تشخیص داده نشد. بررسی ضریب تغییرات آبدهی و تغییرات ضریب یکنواختی نشان داد که اسیدشویی دوره‌ای یک راهکار مدیریتی و کارا در کنترل گرفتگی قطره‌چکان‌ها و حفظ یکنواختی بالا در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای می‌باشد (Gholami Sefidkouhi and Barzegar Akhtehkhaneh, 2014). پیروزفر و همکاران نیز در تحقیقی به بررسی تأثیر اسیدشویی در گشودگی (کاهش گرفتگی) دو نوع

قطره‌چکان خودتنظیم‌کننده فشار در فشارهای متفاوت در محیط آزمایشگاه پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که اسیدشویی در هر دو نوع قطره‌چکان تفاوت معناداری در میزان گشودگی ایجاد نمی‌نماید اما با افزایش فشار در دو هر دو نوع قطره‌چکان، شست‌وشوی قطره‌چکان‌ها بیش‌تر می گردد (Pirouzfar *et al.*, 2014).

با توجه به نتایج تحقیقات ارائه‌شده، گرفتگی قطره‌چکان‌ها به دلایل مختلف به وقوع پیوسته است و محققین در تلاش بوده‌اند تا مقدار این گرفتگی را تعیین نمایند و با راهکارهای مناسب مقدار آن را کاهش دهند. چرا که این گرفتگی می‌تواند منجر به کاهش کارایی سیستم آبیاری گردد. در این راستا Ganji (2011) به بررسی گرفتگی قطره‌چکان‌ها در شرایط کودآبیاری پرداخت و بیان کرد که گرفتگی علاوه بر دبی قطره‌چکان‌ها، راندمان یکنواختی پخش، ضریب یکنواختی کریستیان‌سن و ضریب تغییرات دبی را نیز به‌طور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر قرار می‌دهد. یاووز و همکاران نیز گرفتگی قطره‌چکان‌ها و اثرات آن بر عملکرد سیستم‌های آبیاری قطره‌ای را بررسی کردند. نتایج نشان داد که ضریب تغییرات دبی قطره‌چکان‌های بلا استفاده، و قطره‌چکان‌هایی که به مدت یک سال، دو سال و سه سال مورد استفاده بوده‌اند به ترتیب در رنج‌های ۰/۴۳ و ۰/۶۳، ۰/۴۳ و ۰/۶۹، ۰/۴۸ و ۰/۵۸، ۰/۵۶ و ۰/۷۳ قرار گرفت (Yavuz et al., 2010). ناکایاما و بوکس نیز دریافتند که با گرفتگی ۱ تا ۵ درصدی در قطره‌چکان‌ها، یکنواختی به شکل معنی‌داری کاهش می‌یابد (Nakayama and Bucks, 1981). زمانیان و همکاران هم قطره‌چکان‌ها و کیفیت آب کاربردی در ۱۰ منطقه از ایران را مورد بررسی قرار دادند و متوسط یکنواختی پخش (EU)، یکنواختی آماری (US) و ضریب تغییرات (Vpf) قطره‌چکان‌ها در مناطق مورد بررسی (شهرکرد، برازجان، ایذه، دامغان، ساری، قم، نهاوند، طالش، سمیرم و شاهین‌شهر) را به ترتیب ۵۲/۸، ۶۱/۳ و ۳۸/۲ درصد اعلام نمودند که بیانگر عملکرد ضعیف آبیاری قطره‌ای در مناطق مورد بررسی آن‌ها بود (Zamaniyan et al., 2013). ژانگ و همکاران نیز چنین نتایجی را گزارش کردند (Zhang et al., 2020).

نتایج تحقیقات پیشین، اهمیت بررسی و تأثیر گرفتگی قطره‌چکان‌ها بر عملکرد سیستم آبیاری قطره‌ای و اسیدشویی این سیستم را نشان می‌دهد. دقت در نتایج این تحقیقات، لزوم ارزیابی کارایی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و اثر اسیدشویی بر آن در شرایط مختلف اقلیمی، کیفیت آب و خاک مختلف، نوع فیلتراسیون، نوع قطره‌چکان‌ها و غیره را آشکار می‌سازد. همچنین می‌توان دریافت که بررسی اثر اسید خروجی بر ویژگی‌های شیمیایی خاک در مناطق با بافت متفاوت نیز دارای اهمیت است و در تحقیقات بیشتری بدان پرداخته شود. لذا این پژوهش با هدف بررسی عملکرد سیستم آبیاری قطره‌ای در سه منطقه با کیفیت آب و خاک متفاوت (منطقه علی‌آباد، شریف‌آباد و زالون‌آباد) در شهرستان قم و ارزیابی کارایی اسیدسولفوریک در گشودگی قطره‌چکان‌های نتافیم ۸ لیتر بر ثانیه و تغییر شاخص‌های عملکردی این سیستم آبیاری در اثر اسیدشویی، انجام شد. در این تحقیق همچنین تأثیر اسید خروجی بر خصوصیات شیمیایی خاک مناطق مورد مطالعه (سه منطقه بافت خاک مختلف) مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

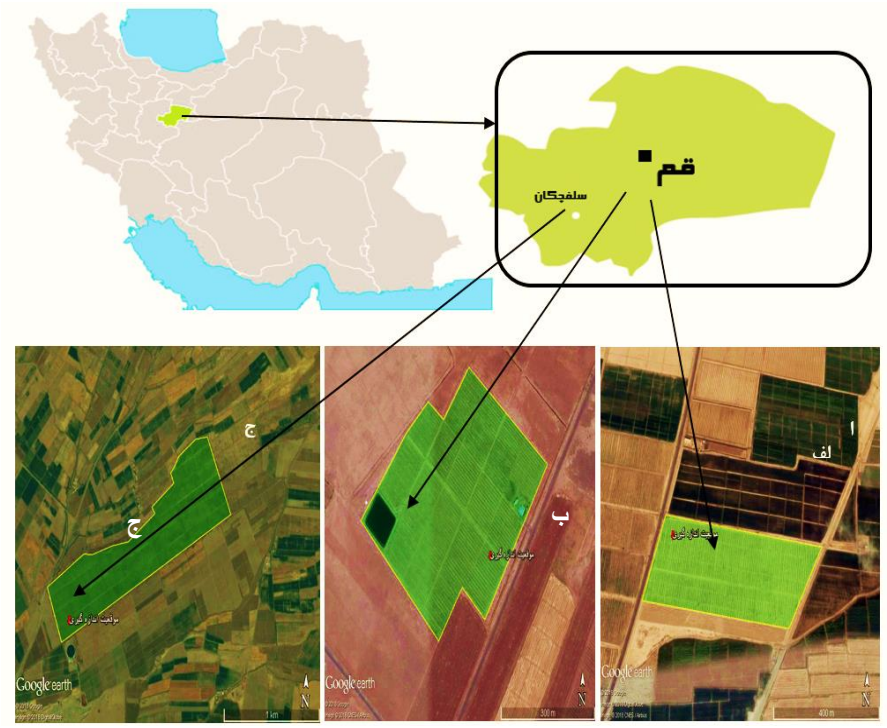
این پژوهش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در سه منطقه علی‌آباد، شریف‌آباد و زالون‌آباد شهرستان قم انجام شد. شکل (۱) موقعیت مزارع مورد مطالعه و جدول (۲) نتایج تحلیل کیفیت منابع آب مورد استفاده در این مناطق را نشان می‌دهد. باغات مورد مطالعه به ترتیب یا مساحت‌های ۱۴، ۱۸ و ۱۹ هکتار زیرکشت پسته قرار داشتند. سیستم آبیاری موجود در علی‌آباد مجهز به فیلتر شنی، فیلتر توری و پمپ تزریق کود (اسید) به حجم ۱۰۰۰ لیتر، منطقه شریف‌آباد و زالون‌آباد به ترتیب مجهز به فیلتر شنی، فیلتر دیسکی و پمپ تزریق کود (اسید) به حجم ۵۰۰۰ و ۲۰۰۰ لیتر بود. در این سیستم‌ها قطره‌چکان‌های نتافیم خودشوینده خودتنظیم با دبی ۸ لیتر بر ساعت به‌صورت بر خط به ترتیب با فواصل ۱، ۱ و ۳ متر به کار گرفته شده بود (جدول ۱). دبی فیلتراسیون در این مزارع به ترتیب ۲۲، ۴۶ و ۲۷ لیتر بر ثانیه بود. به‌منظور تعیین دبی و بررسی کارایی قطره‌چکان‌ها در هر مزرعه ۳ خط و در هر خط متناسب با تعداد درختان، بین ۱۶ تا ۴۵ قطره‌چکان به‌عنوان نمونه مورد بررسی قرار گرفت. متوسط فشار در ابتدای این سه خط برای باغات علی‌آباد، شریف‌آباد و زالون‌آباد به ترتیب ۱۵، ۱۵ و ۱۲ متر اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- مشخصات قطره‌چکان مورد ارزیابی

مشخصات قطره‌چکان	منطقه	تعداد قطره‌چکان مورد بررسی در هر خط	دبی اسمی (لیتر بر ساعت)	فشار (بار)	x	k	ابعاد روزنه (میلی‌متر)	نوع قطره‌چکان
نتافیم	علی‌آباد شریف‌آباد زالون‌آباد	۳۰ ۴۵ ۱۶	۸/۱	۰/۵-۴	۰/۰۳	۸/۱	۳۲*۱/۳	خودشوینده و خودتنظیم

جدول ۲- مشخصات کیفیت منابع آب مورد استفاده در مناطق مورد بررسی

نام منطقه	منبع آب	pH	EC (ds/m)	TDS (mg/L)	SAR	CO_3	HCO_3	Cl	So_4	Ca	Mg	Na	K
						(mg/l)							
علی‌آباد	چاه	۷/۹۱	۹/۸۸	۴۹۴۰	۱۳/۹۹	۰	۳۶۰	۲۶۲۴	۹۲۲/۱	۳۶۰/۳	۲۴۳/۲	۱۴۰۳	۲۱/۰۲
شریف‌آباد	چاه	۷/۴۱	۷/۵	۴۸۰۰	۵/۲	۰	۱۳۱/۴	۲۵۵۵	۱۲۴/۱	۱۵۶۹/۵	۲۵۵/۵	۹۴۹	۹/۸۵۵
زالون‌آباد	چاه	۷/۳	۶/۸	۴۳۵۲	۱۱/۸	۰	۲۱۳	۱۹۵۲	۴۸۰	۱۵	۱۰	۴۲	۰/۲



شکل ۱- موقعیت استان قم در ایران و جانمایی مزارع مورد بررسی. الف) منطقه علی‌آباد ب) منطقه زالون‌آباد ج) منطقه شریف‌آباد

آزمایش‌های میدانی

جهت تعیین دبی قطره‌چکان‌ها از روش حجمی استفاده شد. بدین منظور حجم آب خروجی از قطره‌چکان‌های مورد بررسی (این قطره‌چکان‌ها به مدت یک فصل کشت آبیاری پسته را انجام داده بودند) طی سه بازه یک دقیقه ای توسط بشر اندازه‌گیری و میانگین آن ارائه شد تا دبی هر قطره‌چکان تعیین گردد. پس از تعیین دبی، شاخص‌های مختلف ارزیابی کارایی سیستم آبیاری قطره تعیین گردید. گرفتگی قطره‌چکان‌ها با کیفیت آب ارتباط مستقیم دارد؛ بنابراین ارزیابی و کنترل مستمر کیفیت آب آبیاری به‌منظور تعیین عامل اصلی گرفتگی قطره‌چکان برای کنترل و کاهش پتانسیل گرفتگی قطره‌چکان‌ها از اهمیت بسزایی برخوردار است؛ لذا کیفیت شیمیایی منبع آب مورد استفاده در این مزارع مورد بررسی قرار گرفت. متداول‌ترین نوع رسوبات شیمیایی در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، کربنات کلسیم می‌باشد که معمولاً با استفاده از شاخص اشباع لانژیلر (LSI) اندازه‌گیری می‌شود. این شاخص، حلالیت کربنات کلسیم را برای یک درجه حرارت خاص، غلظت یون‌ها و اسیدیته آب آبیاری بیان می‌کند. اگر مقدار عددی این شاخص مثبت باشد، امکان رسوب کربنات کلسیم در آب آبیاری وجود دارد. در غیر این صورت احتمال رسوب آن اندک است. جهت ارزیابی احتمال گرفتگی قطره‌چکان‌ها از نمایه اشباع لانژیلر (LSI[1]) و استاندارد ارائه‌شده توسط علی‌حوری و علیزاده استفاده شد (Alihouri and Alizadeh, 2006) (جدول ۳).

پس از تعیین دبی قطره‌چکان‌ها در خطوط مورد نظر، سولفوریک اسید به‌منظور شست‌وشوی خطوط و قطره‌چکان‌های آبیاری توسط پمپ تزریق اسید به سیستم آبیاری تزریق گردید. حجم مورد نیاز اسید جهت تزریق از طریق تیتراسیون تعیین و متناسب با نیاز، در سیستم اعمال شد. بدین منظور در منطقه علی‌آباد، شریف‌آباد و زالون‌آباد به ترتیب ۸، ۳۲ و ۱۵ لیتر اسید در ۱۰۰۰، ۵۰۰۰ و ۲۰۰۰ مترمکعب آب ترکیب شد و محلول مورد نظر به سیستم تزریق گردید. پس از تزریق

1- Langelier Saturation Index

اسید در این مناطق، pH آب آبیاری در خطوط مورد بررسی به طور متوسط ۵، ۴/۸ و ۵/۱ شد. کاهش اسیدیته خاک می‌تواند آسیب‌هایی به ریشه گیاه وارد نماید یا جذب عناصر غذایی را دچار مشکل نماید لذا ابتدا آبیاری به مدت یک ساعت انجام شد و پس از آن تزریق اسید به مدت ۳۰ دقیقه انجام پذیرفت. بعد از پایان اسیدشویی سیستم خاموش شد تا اسید کاربردی مؤثر واقع شود. با گذشت ۱۲ ساعت سیستم آبیاری مجدداً جهت شست‌وشوی سیستم به مدت یک ساعت روشن و مزارع آبیاری شد.

جدول ۳- خطر گرفتگی قطره‌چکان‌ها با آب‌های دارای کیفیت مختلف (Alihouri and Alizadeh, 2006)

عامل انسداد	خطر گرفتگی		
	کم	متوسط	زیاد
فیزیکی			
مواد جامد معلق (ppm)	<۵۰	۵۰-۱۰۰	>۱۰۰
شیمیایی			
pH	<۷	۷-۸	>۸
مواد محلول (ppm)	<۵۰۰	۵۰۰-۲۰۰۰	>۲۰۰۰
منگنز (ppm)	<۰/۱	۰/۱-۱/۵	>۱/۵
آهن (ppm)	<۰/۱	۰/۱-۱/۵	>۱/۵
سولفید هیدروژن (ppm)	<۰/۵	۰/۵-۲	>۲
بیولوژیکی			
باکتری‌ها (حداکثر تعداد در هر میلی‌لیتر)	<۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰-۵۰۰۰۰	>۵۰۰۰۰

به‌منظور بررسی اثر اسیدشویی بر گشودگی یا کاهش گرفتگی قطره‌چکان‌ها شاخص‌های ارزیابی قطره‌چکان‌ها قبل و بعد از اسیدشویی مورد بررسی قرار گرفت. همچنین خصوصیات شیمیایی خاک قبل و بعد از اسیدشویی اندازه‌گیری شد تا تأثیر اسید خروجی بر خصوصیات خاک هم مورد بررسی قرار گیرد. بدین منظور شاخص‌های شوری، اسیدیته، کلسیم، منیزیم، سدیم، نسبت جذبی سدیم (SAR[1]) و درصد سدیم قابل‌تبادل (ESP[2]) تعیین گردید.

پارامترهای ارزیابی قطره‌چکان‌ها

جهت بررسی عملکرد قطره‌چکان‌ها، شاخص‌های ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان، معادله آبدهی قطره‌چکان، یکنواختی پخش آب (EU)، ضریب یکنواختی (CU)، تغییرات دبی قطره‌چکان (Qvar) و ضریب یکنواختی آماری (Uc) تعیین شد. روش اندازه‌گیری این شاخص‌ها در ادامه توضیح داده شده است.

ضریب تغییرات ساخت

چنانچه q_a میانگین آبدهی‌های اندازه‌گیری شده و S_d انحراف از معیار باشد، ضریب تغییرات آبدهی (Cv) در این قطره‌چکان‌ها که به نام ضریب تغییرات ساخت معروف می‌باشد از رابطه زیر به دست می‌آید (Bralts *et al*., 1981):

$$C_v = \frac{S_d}{q_a} \qquad (۱)$$

که در آن CV ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان، Sd انحراف از معیار دبی قطره‌چکان‌ها و qa میانگین دبی اندازه‌گیری شده می‌باشد. در این تحقیق به‌منظور طبقه‌بندی ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان‌های نقطه‌ای و خطی از استاندارد انجمن مهندسین کشاورزی آمریکا (ASAE[3]) استفاده شد (جدول ۴).

معادله آبدهی قطره‌چکان

مهم‌ترین ویژگی هر قطره‌چکان رابطه بین تغییرات آبدهی و فشار آن است.معادله ساده‌شده‌ای که رابطه بین آبدهی (q) و فشار آب در محل خروج (h) را نشان می‌دهد، به‌صورت زیر می‌باشد (Bralts *et al.*, 1981):

$$q = kh^x \qquad (۲)$$

که در آن k ضریب معادله قطره‌چکان، h فشاری که قطره‌چکان در آن کار می‌کند (متر)، x نمای فشار و q آبدهی قطره‌چکان برای هر خروجی یا هر واحد طول لوله (لیتر بر ساعت) می‌باشد. هرچه نمای فشار کمتر باشد، نشان‌دهنده مناسب بودن قطره‌چکان است.

1- Sodium Adsorption Ratio
2- Exchangeable Sodium Percentage
3- American Society of Association Executives

جدول ٤- طبقه‌بندی قطره‌چکان‌ها بر اساس استاندارد انجمن مهندسین کشاورزی آمریکا (ASAE EP405. 1 DEC93)

نوع قطره‌چکان	ضریب تغییرات ساخت	گروه
قطره‌چکان‌های نقطه‌ای	< ۰/۰۵	عالی
	۰/۰۵-۰/۰۷	متوسط
	۰/۰۷-۰/۱۱	مرز متوسط و ضعیف
	۰/۱۱-۰/۱۵	ضعیف
	>۰/۱۵	غیرقابل‌قبول
قطره‌چکان‌های خطی	<۰/۱	خوب
	۰/۱-۰/۲	متوسط
	>۰/۲	مرز متوسط تا غیرقابل‌قبول

یکنواختی پخش آب (EU)

یکنواختی پخش آب که به‌صورت نسبت بین حداقل و متوسط دبی خروجی در قطره‌چکان‌ها که توسط کلر و کارملی پیشنهاد گردیده است (Keller and Karmeli, 1974)، محاسبه می‌شود:

$$EU = 100(\frac{q_n}{q_a}) \qquad (۳)$$

که در آن EU یکنواختی پخش (درصد)، q_a: متوسط دبی قطره‌چکان (لیتر در ساعت) و q_n: متوسط دبی در چارک پایین قطره‌چکان‌ها می‌باشد. جهت ارزیابی این شاخص، از طبقه‌بندی ارائه‌شده توسط کاپرا و اس‌سیکولون استفاده گردید (Capra and Scicolone, 1998) (جدول ۵).

جدول ۵- طبقه‌بندی مقادیر یکنواختی پخش (EU) (Capra and Scicolone, 1998)

یکنواختی پخش (درصد)	طبقه‌بندی
<۶۶	کم
۶۶-۸۴	متوسط
>۸۴	زیاد

ضریب یکنواختی[1] (CU)

در یک سیستم آبیاری قطره‌ای غالباً بین مقادیر واقعی دبی قطره‌چکان‌ها به میزان قابل‌توجهی اختلاف وجود دارد. برخی از متخصصان روش‌های طراحی را بر مبنای ضریب یکنواختی کریستیان‌سن (CU) پیشنهاد نموده‌اند. دامنه تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها را می‌توان به وسیله معادله زیر تعیین نمود:

$$CU = 100(1 - \frac{\sum|q_i - \bar{q}|}{n.\bar{q}}) \qquad (۴)$$

که در آن CU ضریب یکنواختی کریستیان‌سن (درصد)، $\bar{q}$ میانگین دبی قطره‌چکان‌ها و n تعداد قطره‌چکان‌هایی که هر گیاه از آن‌ها آب دریافت می‌کند، می‌باشد. باتیستا و همکاران در تحقیق خود، یک طبقه‌بندی به منظور ارزیابی این شاخص ارائه نموده‌اند که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است (Batista et al., 2012) (جدول ۶).

جدول ٦- طبقه‌بندی ضریب یکنواختی کریستیان‌سن (CU) (Batista *et al.*, 2012)

مقادیر ضریب یکنواختی کریستیان‌سن (درصد)	طبقه‌بندی
۹۰-۱۰۰	عالی
۸۰-۹۰	خوب
۷۰-۸۰	قابل‌قبول
۶۰-۷۰	ضعیف
<۶۰	غیرقابل‌قبول

ضریب تغییرات دبی قطره‌چکان (Qvar)

یکی دیگر از روش‌های بررسی تغییرات دبی در قطره‌چکان‌ها مقایسه حداکثر و حداقل دبی در قطره‌چکان می‌باشد که از آن می‌توان به‌عنوان معیار انتخاب قطره‌چکان استفاده کرد و به‌صورت زیر قابل محاسبه است:

$$var = 100(\frac{q_{max} - q_{min}}{q_{max}}) \qquad (۵)$$

که در آن q_{var} تغییرات دبی قطره‌چکان (درصد)، q_{max} حداکثر دبی در قطره‌چکان‌ها (لیتر در ساعت) و q_{min} حداقل دبی در قطره‌چکان‌ها (لیتر در ساعت) می‌باشد. مقدار تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها نباید کمتر یا بیش‌تر از ۱۵ درصد باشد (Keller and Karmeli, 1974).

ضریب یکنواختی آماری (US)

ضریب همبستگی آماری امکان اندازه‌گیری انحراف از شرایط استاندارد در هر خط آبیاری را فراهم می‌آورد که مقدار آن در سیستم آبیاری قطره‌ای از رابطه (۶) که توسط برالتز و کسنر ارائه شده است،

1 Uniformity Coefficient

تعیین می‌گردد (Bralts and Kesner, 1983):

$$U_s = 100 \times (1 - CV) \quad (۶)$$

استاندارد ASAE جهت ارزیابی شاخص بیان‌شده مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۷).

جدول ۷- طبقه‌بندی مقادیر ضریب یکنواختی آماری (Us)

Us (درصد)	طبقه‌بندی ارائه‌شده توسط ASAE
<۶۰	غیرقابل‌قبول
۶۰-۷۰	ضعیف
۷۰-۸۰	قابل‌قبول
۸۰-۹۰	خوب
>۹۰	عالی

نتایج و بحث

بررسی کیفیت آب

مقدار شاخص LSI برای سه منطقه مورد مطالعه در جدول (۸) ارائه شده است. مقادیر آن در مناطق علی‌آباد، شریف‌آباد و زالون‌آباد به ترتیب ۰/۸۷، ۰/۵۸ و ۱/۳- به دست آمد. مثبت شدن این شاخص در هر دو منطقه علی‌آباد و شریف‌آباد به علت اسیدیته بالا و مقدار بی‌کربنات و کلسیم موجود در محلول می‌باشد که نشان می‌دهد این دو منطقه پتانسیل بالایی جهت گرفتگی قطره‌چکان‌ها دارند. مقادیر این شاخص در منطقه زالون‌آباد نشان داد که احتمال گرفتگی، اندک است.

جدول ۸- نتایج تحلیل و آنالیز امکان گرفتگی قطره‌چکان‌ها

شاخص / منطقه	LSI	بر اساس جدول (۳) (Alihouri and Alizadeh, 2006)
علی‌آباد	۰/۸۷	احتمال گرفتگی زیاد
شریف‌آباد	۰/۵۸	احتمال گرفتگی زیاد
زالون‌آباد	۱/۳-	احتمال گرفتگی اندک

علاوه بر شاخص LSI، با مقایسه کیفیت آب باغات مورد بررسی (جدول ۲) با شاخص‌های ارائه‌شده در جدول (۳) نیز می‌توان به پتانسیل گرفتگی قطره‌چکان‌ها پی برد. به عنوان نمونه مقدار pH آب آبیاری در هر سه منطقه بیش از ۷ می‌باشد که در محدوده احتمال گرفتگی متوسط قرار دارد و مقدار مواد معلق در آب آبیاری احتمال گرفتگی زیادی را نشان می دهد. این نتایج نشان می‌دهد که جهت جلوگیری از گرفتگی قطره‌چکان‌ها می‌بایست تمهیدات لازم صورت پذیرد. چراکه احتمال گرفتگی شیمیایی قطره‌چکان‌ها وجود دارد. لذا بدین منظور اصلاح سیستم فیلتراسیون، شست‌وشو و اسیدشویی دوره‌ای سیستم آبیاری توصیه می‌شود.

پارامترهای ارزیابی قطره‌چکان‌ها

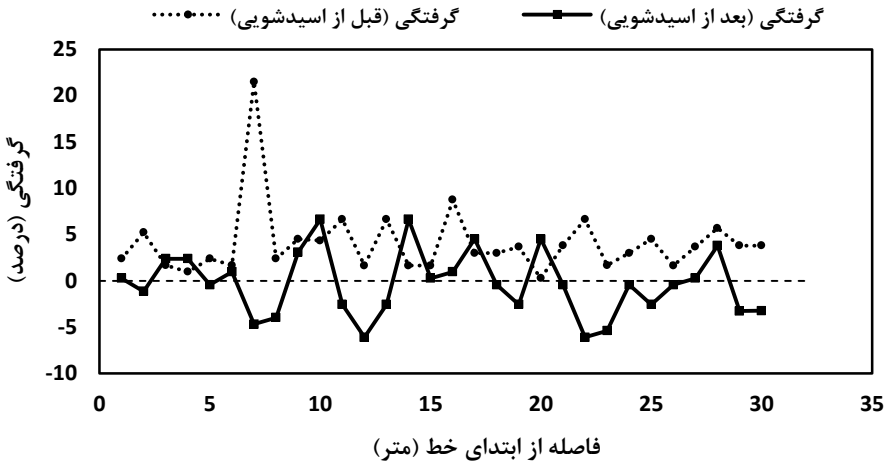
دبی، درصد گرفتگی و گشودگی قطره‌چکان‌ها

به‌منظور بررسی کیفیت و عملکرد آبیاری قطره‌ای، دبی قطره‌چکان‌ها قبل و بعد از اسیدشویی مورد ارزیابی قرار گرفت و درصد گرفتگی قطره‌چکان‌های موجود در خطوط آبیاری مناطق مورد مطالعه، تعیین گردید (جدول ۹). در منطقه علی‌آباد، شریف‌آباد و زالون‌آباد در هر خط ۳۰، ۴۵ و ۱۶ قطره‌چکان استفاده شده بود. لازم به ذکر است که در هر منطقه سه خط مورد مقایسه قرار گرفته و میانگین آن گزارش شده است. جدول (۹) نشان داد که میانگین گرفتگی قطره‌چکان‌ها در منطقه علی‌آباد، شریف‌آباد و زالون‌آباد قبل و بعد از اسیدشویی به ترتیب ۴/۰۶، ۱/۲۲ و ۳۰/۳، ۸/۴۳ و ۵/۱۵، ۱/۲۴ درصد بود. بیش‌ترین گرفتگی در قطره‌چکان‌ها به ترتیب در منطقه شریف‌آباد، زالون‌آباد و علی‌آباد مشاهده شد. در منطقه شریف‌آباد به دلیل فشار کم‌تر، گرفتگی بیش‌تری رخ داد. نتایج همچنین نشان داد که حداقل و حداکثر گرفتگی قطره‌چکان در این مناطق به‌ترتیب قبل از اسیدشویی ۰/۲۶، ۲۱/۴۸ و ۱۰/۹۴، ۸۸/۴۵ و ۶/۱، ۱۳/۷ درصد و بعد از اسیدشویی ۶/۱، ۶/۶۲ و ۳۷/۷۴، ۸۷/۳۴ و ۹/۶۳، ۴/۸۶ درصد بود. شکل (۲) تا (۴) روند تغییرات گرفتگی قطره‌چکان‌ها در طول خطوط آبیاری را در سه منطقه مورد بررسی، قبل و بعد از اسیدشویی نشان می‌دهد. منظور درصد گرفتگی قطره‌چکان‌ها نسبت به دبی قطره‌چکان‌های نو می‌باشد که قبل از نصب سیستم آبیاری، دبی آن‌ها تعیین شده بود. در واقع می‌توان بیان نمود که اعداد منفی در گرفتگی قبل از اسیدشویی به این معناست که دبی قطره‌چکان مورد نظر بیش از متوسط دبی قطره‌چکان بوده است لذا احتمالاً غشای قطره‌چکان‌ها تخریب شده و یا دچار مشکل شده است و سبب شده تا دبی در این قطره‌چکان‌ها بیش‌ازحد معمول گردد.

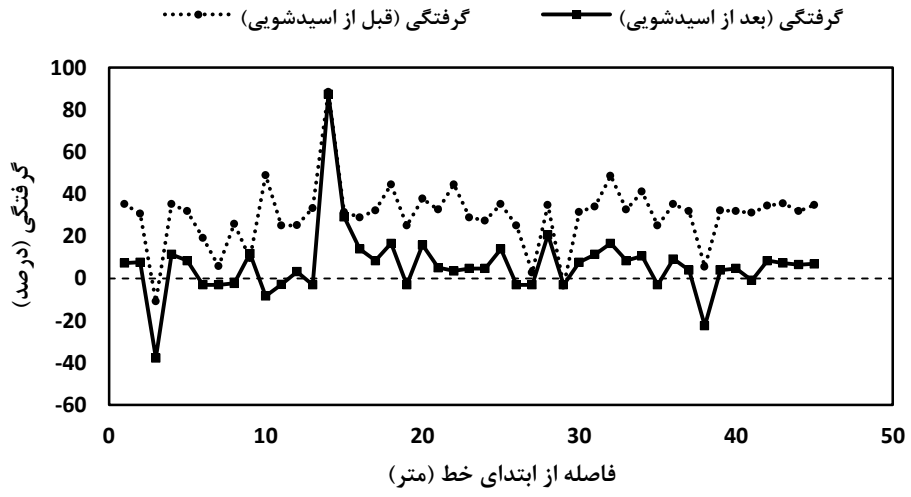
سایر محققین نیز در نتایج بررسی‌های خود ضمن اشاره به افزایش دبی قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار، بیان کردند که در این قطره‌چکان‌ها گاهی اوقات به دلیل خوردگی غشاء الاستیک، چسبیدن ذرات به غشاء و یا به دام افتادن این ذرات در بین قسمت‌های الاستیک، دبی افزایش می‌یابد (Ravina et al., 1992; Puig-Bargués et al., 2005; Cararo et al., 2006). اعداد منفی گرفتگی بعد از اسیدشویی نیز بیان‌کننده تأثیر اسید بر غشای سیلیکونی قطره‌چکان‌ها و درنتیجه اثر آن روی دبی است. یکی دیگر از دلایل نوسانات دبی قطره‌چکان‌ها، رفع و یا تشدید مقطعی گرفتگی به علت ساختار هندسی و مکانیکی آن‌هاست (Zardari and Fathi, 2012). در واقع می‌توان بیان نمود که غشای سیلیکونی قطره‌چکان‌ها کیفیت مطلوبی نداشته است چراکه در اثر عوامل مختلف قبل و بعد از اسیدشویی تحت تأثیر قرار گرفته و سبب شده تا تغییرات دبی در طول خطوط آبیاری زیاد باشد.

جدول ۹- مقادیر دبی، گرفتگی و گشودگی قطره‌چکان‌های مورد استفاده در مناطق مورد مطالعه

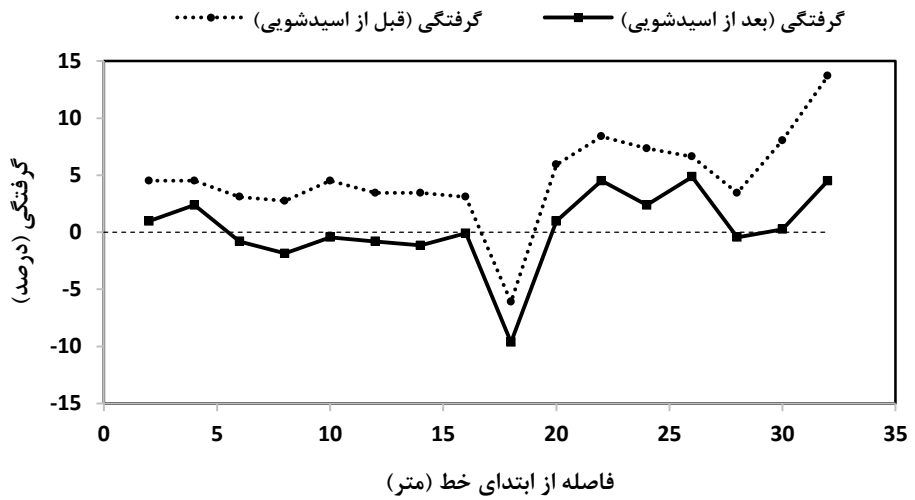
منطقه	پارامتر	قبل از اسیدشویی			بعد از اسیدشویی		
		حداقل	میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر
علی‌آباد	دبی	۶/۳۳	۷/۷۳	۸/۰۳۷	۷/۵۲	۸/۰۸۴	۸/۵۵
	گرفتگی	۰/۲۶	۴/۰۶	۲۱/۴۸	-۶/۱	۱/۲۲	۶/۶۲
	گشودگی	۰/۷۱		۴/۲۳	۲۵		
شریف‌آباد	دبی	۰/۹۳	۵/۴۶	۸/۹۴	۱/۰۲	۷/۵۵	۱۱/۱
	گرفتگی	-۱۰/۹۴	۳۰/۳	۸۸/۴۵	-۳۷/۷۴	۸/۴۳	۸۷/۳۴
	گشودگی	-۲/۴۷		۳۵/۷	۱۱۲/۴۱		
زالون‌آباد	دبی	۶/۹۵	۷/۶۷	۸/۵۵	۷/۶۶	۸/۰۲	۸/۸۳
	گرفتگی	-۶/۱	۵/۱۵	۱۳/۷	-۹/۶۳	۱/۲۴	۴/۸۶
	گشودگی	۱/۸۹		۴/۷۲	۱۰/۶۵		



شکل ۲- روند تغییرات گرفتگی قطره‌چکان‌ها قبل و بعد از اسیدشویی در طول خط آبیاری در منطقه علی‌آباد

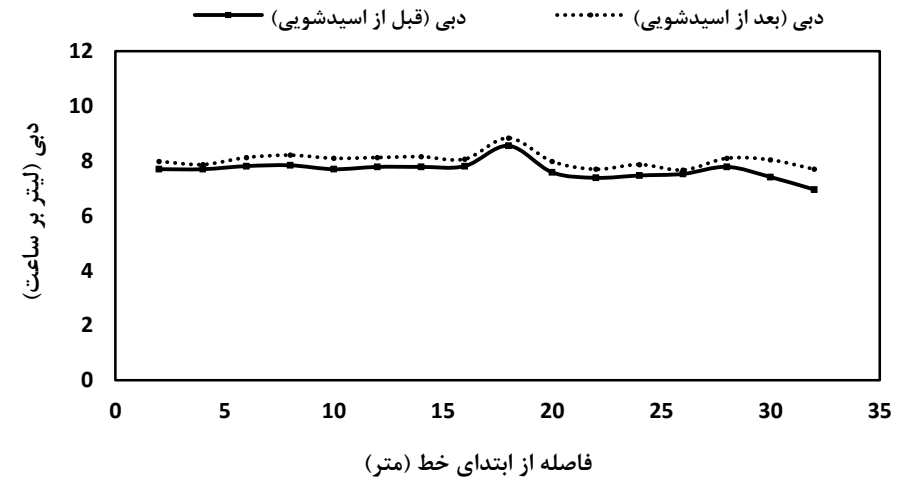


شکل ۳- روند تغییرات گرفتگی قطره‌چکان‌ها قبل و بعد از اسیدشویی در طول خط آبیاری در منطقه شریف‌آباد



شکل ٤- روند تغییرات گرفتگی قطره‌چکان‌ها قبل و بعد از اسیدشویی در طول خط آبیاری در منطقه زالون‌آباد

نتایج جدول (۹) همچنین نشان داد که میانگین گشودگی قطره‌چکان‌های منطقه علی‌آباد، شریف‌آباد و زالون‌آباد به ترتیب ۴/۲۳، ۳۵/۷ و ۴/۷۲ و حداقل و حداکثر گشودگی در این مناطق به‌ترتیب ۰/۷۱، ۲۵ و ۲/۴۷-، ۱۱۲/۴۱ و ۱/۸۹، ۱۰/۶۵ بود. اعداد منفی در گشودگی نشان‌دهنده گرفتگی قطره‌چکان‌ها پس از اسیدشویی است. این گرفتگی به دو دلیل می‌تواند به وجود آمده باشد. دلیل اول اینکه غشای قطره‌چکان‌ها خاصیت انعطاف‌پذیری خود را از دست داده و با چسبیدن به روزنه، دبی را تحت تأثیر قرار داده است. دیگر دلیل محتملی که برای این موضوع می‌توان در نظر گرفت، احتمال تجمع رسوبات شست‌وشو شده در اثر اسیدشویی در روزنه قطره‌چکان‌هاست که در این صورت با اعمال آبیاری‌های بعدی این‌گونه گرفتگی برطرف خواهد شد. به طور کلی سولفوریک اسید تا حد قابل قبولی در کاهش گرفتگی قطره‌چکان‌ها مؤثر بوده است. که با نتایج تحقیق مصطفی‌زاده فرد و مویدی‌نیا که بیان نمودند، کاهش اسیدیته آب آبیاری به وسیله تزریق سولفوریک اسید به درون مخزن آب آبیاری به طور چشمگیری گرفتگی قطره‌چکان‌ها را کاهش داد، مطابقت دارد (Mostafazadeh-Fard and Moayyedinia, 2000). روند تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها قبل و بعد از اسیدشویی در طول خط آبیاری در منطقه علی‌آباد، شریف‌آباد و زالون‌آباد در شکل‌های (۵) تا (۷) نشان داده شده است.



شکل ٥- روند تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها قبل و بعد از اسیدشویی در طول خط آبیاری در منطقه علی‌آباد

شکل ٦- روند تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها قبل و بعد از اسیدشویی در طول خط آبیاری در منطقه شریف‌آباد

شکل ۷- روند تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها قبل و بعد از اسیدشویی در طول خط آبیاری در منطقه زالون‌آباد

ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان

به طور کلی هر چه میزان ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان (Cv) برای یک نوع قطره‌چکان کمتر باشد، آن قطره‌چکان به لحاظ ساخت از کیفیت بهتری برخوردار است. طبقه‌بندی قطره‌چکان‌ها معمولاً بر اساس ضریب تغییرات ساخت آن‌ها صورت می‌گیرد که در این مورد انتخاب محدوده‌ها بسته به شرایط متفاوت است. ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان نتافیم ۸ لیتر بر ساعت توسط کارخانه سازنده در محدوده بسیار کم گزارش شده است که بر اساس استاندارد مذکور در محدوده عالی است. بعد نصب قطره‌چکان‌ها در خطوط آبیاری، ضریب تغییرات قطره‌چکان توسط رابطه (۱) محاسبه شد و مقدار آن برابر با ۰/۰۲ تعیین گردید که در محدوده عالی قرار می‌گیرد که با تحقیق کرمی و همکاران ضریب تغییرات قطره‌چکان نتافیم را در محدوده عالی ارزیابی کردند، تطابق دارد (Karami et al., 2015).

معادله دبی-فشار

معادله دبی-فشار قطره‌چکان نتافیم ۸ لیتر بر ساعت در ۳ فشار مختلف تعیین گردید. نتایج نشان داد که ضریب x و k در این قطره‌چکان به ترتیب ۰/۲۵ و ۴/۱ است. ضریب x مقدار حساسیت قطره‌چکان به تغییرات فشار را نشان می‌دهد. در قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار این ضریب باید کمتر از ۰/۲ باشد. ضریب x در قطره‌چکان‌های مورد بررسی بیش از ۰/۲ بود که نشان‌دهنده کارایی پایین‌تر این قطره‌چکان در تنظیم‌کنندگی فشار است. همچنین بر اساس طبقه‌بندی ارائه‌شده توسط مجوم‌دار قطره‌چکان نتافیم ۸ لیتر بر ساعت به لحاظ کنترل‌کنندگی فشار در محدوده غیرقابل‌قبول می‌باشد (Majumdar, 2001) (جدول ۱۰).

جدول ۱۰- انعطاف‌پذیری گسیلنده‌ها در مقابل فشار در گسیلنده‌های تنظیم‌کننده فشار (Majumdar, 2001)

مقدار x	۰-۰/۰۵	۰/۰۵-۰/۱	۰/۱-۰/۱۵	۰/۱۵-۰/۲	بیش از ۰/۲
درجه‌بندی	خیلی خوب	خوب	متوسط	نامناسب	غیرقابل‌قبول

بررسی عملکرد آبیاری قطره‌ای

به‌منظور بررسی کارایی و عملکرد سیستم آبیاری قطره‌ای قبل و بعد از اسیدشویی شاخص‌های یکنواختی پخش آب (EU)، ضریب یکنواختی (CU)، ضریب تغییرات دبی قطره‌چکان (Qvar) و ضریب یکنواختی آماری (US) تعیین و نتایج آن در جدول (۱۱) ارائه گردید. نتایج نشان داد که مقادیر این شاخص‌ها در سه منطقه مورد بررسی قبل از اسیدشویی به ترتیب ۹۲/۴، ۹۷/۶، ۰/۲۱، ۹۶/۰۶ و ۵۵/۳، ۸۴/۶، ۰/۹، ۷۸/۷ و ۹۱/۲، ۹۷/۲، ۱۸/۶، ۹۵/۸ و بعد از اسیدشویی ۹۶/۴، ۹۵/۲، ۰/۱۲، ۹۴/۴ و ۸۰، ۸۸/۵، ۰/۹۱، ۸۲ و ۹۶/۶، ۹۵/۵، ۱۳/۲، ۹۴/۴ بود. بررسی استانداردهای موجود در ارتباط با این شاخص‌ها نشان داد که شاخص یکنواختی پخش قبل و بعد از اسیدشویی با توجه به جدول ارائه‌شده توسط کاپرا و اس‌سیکولون در مناطق علی‌آباد و زالون‌آباد در طبقه یکنواختی پخش زیاد قرار می‌گیرد و مقدار این شاخص بعد از اسیدشویی به ترتیب ۴ و ۵ درصد افزایش یافته است (Capra and Scicolone, 1998). در منطقه شریف‌آباد مقدار این شاخص قبل و بعد از اسیدشویی ۲۴/۷ درصد افزایش یافته است. با توجه به طبقه‌بندی اشاره‌شده، مقدار این شاخص قبل از اسیدشویی در طبقه یکنواختی پخش کم و بعد از آن در طبقه متوسط قرار گرفت. از جمله دلایل کاهش این شاخص در شریف‌آباد، فشار کارکرد سیستم است. در این منطقه فشار سیستم مناسب نبوده و این موضوع سبب شده تا یکنواختی پخش کاهش یابد. در مجموع، اسیدشویی سبب شد تا شاخص مذکور افزایش یابد. احمدالی و همکاران اسیدشویی را تیماری مناسب جهت افزایش یکنواختی پخش بیان کردند (Ahmadaali et al., 2009). شاخص ضریب یکنواختی مطابق با استاندارد ارائه‌شده در تحقیق باتیستا و همکاران در مناطق علی‌آباد و زالون‌آباد قبل و بعد از اسیدشویی در محدوده عالی قرار دارد اما در منطقه شریف‌آباد این شاخص قبل و بعد از اسیدشویی در طبقه خوب قرار گرفت. لازم به ذکر است که مقادیر این شاخص در مناطق علی‌آباد و زالون‌آباد بعد از اسیدشویی کاهش یافت که این موضوع می‌تواند به دلیل از بین رفتن غشای الاستیک قطره‌چکان‌ها باشد (Batista et al., 2012).

جدول ۱۱- نتایج شاخص‌های ارزیابی عملکرد قطره‌چکان‌های مورد استفاده در سیستم آبیاری قطره‌ای در مناطق مورد مطالعه

منطقه		علی‌آباد		شریف‌آباد		زالون‌آباد	
شاخص	واحد	قبل از اسیدشویی	بعد از اسیدشویی	قبل از اسیدشویی	بعد از اسیدشویی	قبل از اسیدشویی	بعد از اسیدشویی
EU	(درصد)	۹۲/۴	۹۶/۴	۵۵/۳	۸۰	۹۱/۲	۹۶/۶
CU		۹۷/۶	۹۵/۲	۸۴/۶	۸۸/۵	۹۷/۲	۹۵/۵
Qvar		۲۱	۱۲	۹۰	۹۰	۱۸/۶	۱۳/۲
Us		۹۶/۰۶	۹۴/۴	۷۸/۷	۸۲	۹۵/۸	۹۴/۴

شاخص تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها (Qvar) در مناطق علی‌آباد و زالون‌آباد پس از اسیدشویی کاهش یافت. در واقع اسیدشویی سبب شد تا میزان تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها در طول خط آبیاری کاهش یابد این در حالی است که تغییری در مقدار این شاخص قبل و بعد از اسیدشویی در منطقه شریف‌آباد مشاهده نشد. مطابق با استاندارد بیان‌شده توسط علی حوری و علیزاده، تغییرات این شاخص در منطقه علی‌آباد و زالون‌آباد قبل از اسیدشویی در محدوده قابل‌قبول نبود اما پس از اسیدشویی این شاخص کاهش یافته و به زیر ۱۵ درصد رسیده است (Alihouri and Alizadeh, 2006). در منطقه شریف‌آباد تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها قبل و بعد از اسیدشویی بسیار زیاد بوده و در محدوده قابل‌قبول قرار ندارد که این موضوع می‌تواند به علت فشار کارکرد نامناسب سیستم آبیاری باشد. فشار نامناسب سبب شده تا گرفتگی قطره‌چکان‌ها بیش‌تر و گشودگی در اثر اسیدشویی کمتر شود. پیروزفر و همکاران هم بیان کردند که در اعمال فشارهای متفاوت، با کاهش فشار در هر قطره‌چکان، شست‌وشوی قطره‌چکان‌ها کم‌تر می‌شود. ضریب یکنواختی آماری (Us) در مناطق علی‌آباد و زالون‌آباد قبل و بعد از اسیدشویی با توجه به استاندارد ASAE در طبقه عالی قرار دارد اما ضریب یکنواختی منطقه شریف‌آباد در طبقه‌بندی مذکور قبل از اسیدشویی، قابل‌قبول و بعد اسیدشویی، خوب است. در مجموع می‌توان بیان نمود که اسیدشویی قطره‌چکان‌ها منجر به کاهش گرفتگی و افزایش یکنواختی در سیستم آبیاری قطره‌ای شده است (Pirouzfar et al., 2014).

خصوصیات شیمیایی خاک منطقه

جدول (۱۲) نتایج آنالیز شاخص‌های مختلف ترکیبات شیمیایی خاک قبل و بعد از اسیدشویی را نشان می‌دهد. شوری خاک در عمق‌های ۳۰-۰ سانتی‌متری در مناطق علی‌آباد، شریف‌آباد و زالون‌آباد قبل و بعد از اسیدشویی به ترتیب ۱۹/۶، ۷/۹۷ و ۱۰/۵۸، ۶/۴۴ و ۸/۰۲، ۴/۳۲ دسی زیمنس بر متر تعیین شد. همان‌طور که مشخص است شوری خاک در هر سه منطقه به شکل قابل‌توجهی کاهش یافته است. این کاهش در اثر واکنش‌های شیمیایی مختلفی که با ورود اسید به خاک صورت می‌پذیرد، رخ می‌دهد. در واقع در اثر واکنش سولفوریک اسید با کربنات‌های موجود در خاک سولفات‌های مختلفی به صورت نمک از خاک محیط ریشه خارج می‌شوند و این موضوع سبب می‌شود تا مقدار سدیم و سایر پارامترهای مؤثر بر شوری کاهش یابد. همچنین می‌توان بیان نمود که علت تأثیر زیاد سولفوریک اسید، حل شدن آهک خاک و رها شدن یون کلسیم در محلول خاک است. اسلامی هم سولفوریک اسید را در کاهش شوری خاک مؤثر دانسته است. بررسی مقادیر اسیدیته خاک قبل و بعد از اسیدشویی نشان می‌دهد که مقادیر یون‌های کلسیم، منیزیم و سدیم در خاک کاهش داشته‌اند. این کاهش به علت رسوب نمک‌های سولفاته این یون‌ها است. در واقع در اثر واکنش‌ها و ترسیب نمک‌ها و پس از آن آبیاری، نمک‌های تشکیل‌شده از محیط ریشه خارج شده‌اند (Eslami, 1993). در مطالعه دیگری نیز حسینی‌نیا و همکاران چنین نتیجه‌ای گرفتند (Hosseininia et al., 2017)..

جدول ۱۲- نتایج ارزیابی ویژگی‌های کیفیت شیمیایی خاک مناطق مورد مطالعه قبل و بعد از اسیدشویی

منطقه	EC (ds/m)		pH		Ca (mg/l)		Mg (mg/l)		Na (mg/l)		SAR		ESP	
	قبل	بعد	قبل	بعد	قبل	بعد	قبل	بعد	قبل	بعد	قبل	بعد	قبل	بعد
علی‌آباد	۱۹/۶	۷/۹۷	۷/۵۱	۷/۷۹	۳۷	۱۳	۴۰	۱۶	۱۱۴	۵۱	۱۸/۳۷	۱۳/۳۹	۱۱/۵۳	۸/۶۱
شریف‌آباد	۱۰/۵۸	۶/۴۴	۷/۴۲	۷/۴۶	۲۶/۶	۲۰	۳۰	۱۴	۴۹/۴	۳۱	۹/۲۹	۷/۵۲	۶/۲۱	۵/۱۷
زالون‌آباد	۸/۰۲	۴/۳۲	۷/۳۹	۷/۶۴	۲۵	۱۶	۱۰	۶/۵	۴۶	۲۱/۵	۱۱	۶/۴۱	۷/۲۱	۴/۵۲

نسبت جذبی سدیم و درصد سدیم قابل‌تبادل قبل از اسیدشویی در مناطق علی‌آباد، شریف‌آباد و زالون‌آباد به ترتیب ۱۸/۳۷، ۱۱/۵۳ و ۹/۲۹، ۶/۲۱ و ۱۱، ۷/۲۱ و بعد از اسیدشویی ۱۳/۳۹، ۸/۶۱ و ۷/۵۲، ۵/۱۷ و ۶/۴۱، ۴/۵۲ تعیین گردید. با توجه به ترسیب نمک سولفاته سدیم، مقدار سدیم در خاک کاهش یافت و در نتیجه مقادیر این دو شاخص بعد از اسیدشویی کمتر شد. قانعی مطلق و همکاران بیان کردند که سولفوریک اسید تأثیر بسیار زیادی بر کاهش نسبت جذبی سدیم، درصد سدیم تبادلی و هدایت الکتریکی عصاره اشباع دارد. در واقع بیان نمودند که استفاده از سولفوریک اسید در اصلاح خاک‌های شور و سدیمی بسیار مؤثر است (Ghaneie Motlagh *et al.*, 2010). صادق و همکاران در اصلاح یک خاک شور-سدیمی در پاکستان نشان دادند که کاربرد اسیدسولفوریک روند اصلاح خاک را تسریع می‌کند (Sadiq *et al.*, 2007). این در حالی است که اسلامی در گنبد نتیجه گرفت که با وجود اینکه سولفوریک اسید در سال اول آزمایش بیش‌ترین تأثیر را داشته، اما تداوم اثر آن نسبت به سایر تیمارها کمتر بوده است (Eslami, 1993). یزدان‌پناه و همکاران بیان نمودند که اسیدسولفوریک شاخص نسبت جذبی سدیم را در خاک‌های سطحی نسبت به خاک‌های عمیق‌تر بیش‌تر کاهش می‌دهد. لذا می‌توان نتیجه گرفت که سولفوریک‌اسید در کاهش شوری و قلیایی بودن خاک مؤثر است اما دوام زیادی نخواهد داشت (Yazdanpanah *et al.*, 2011). همچنین نتایج این پژوهش با یافته‌های پیشین تطابق داشت (Pazira, 2012; Hosseininia *et al.*, 2017).

نتیجه‌گیری

گرفتگی قطره‌چکان‌ها یکی از عوامل مهم در کاهش عملکرد آبیاری قطره‌ای است. بر همین اساس، پژوهشی با عنوان ارزیابی اثر اسیدشویی بر کاهش گرفتگی قطره‌چکان‌ها، کارایی سیستم آبیاری قطره‌ای و خصوصیات شیمیایی خاک به انجام رسید. به منظور کاهش گرفتگی و افزایش راندمان سیستم آبیاری قطره‌ای، سولفوریک اسید در سیستم آبیاری تزریق شد. نتایج نشان داد که سولفوریک اسید تأثیر بسزایی در کاهش گرفتگی قطره‌چکان‌ها دارد. تخریب غشای قطره‌چکان‌ها و دیگر عوامل سبب شده تا در برخی موارد اثر اسید مورد استفاده به شکل صحیح دیده نشود اما برایند کلی نشان‌دهنده اثرگذاری سولفوریک اسید بر کاهش گرفتگی قطره‌چکان‌ها بود. نتایج همچنین نشان داد که اسیدشویی (با سولفوریک اسید) شاخص‌های یکنواختی پخش آب (EU)، ضریب یکنواختی (CU)، تغییرات دبی قطره‌چکان (Qvar) و ضریب یکنواختی آماری (Uc) را در اکثر موارد ارتقا می‌بخشد. اسید خروجی بر خصوصیات شیمیایی خاک منطقه هم تأثیرگذار بود و سبب کاهش شوری و نسبت جذبی سدیم گردید. به طور کلی ارزیابی خصوصیات شیمیایی خاک قبل و بعد از اسیدشویی نیز نشان از تغییر در گرفتگی قطره‌چکان‌ها و کاهش شوری به علت واکنش سولفوریک اسید با کربنات‌های موجود در خاک پس از

اسیدشویی داشت. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که کـه اسـتفاده از سولفوریک اسید می‌تواند منجر بـه افـزایش کـارایی سیسـتم آبیـاری قطره‌ای و اصلاح ویژگی‌های شیمیایی خاک نظیر شـوری شـود. لـذا سولفوریک اسید گزینه‌ای مناسب جهت کاهش گرفتگی قطـره‌چکـان می‌باشد؛ چراکه علاوه بر کاهش گرفتگی قطره‌چکان‌ها در مدت‌زمانی کوتاه، می‌تواند به اصلاح خاک‌های شور و سدیمی کمک نماید.

منابع

Adin, A. and Sacks, M. 1991. Dripper-clogging factors in wastewater irrigation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 117(6): 813-826.

Ahmadaali, K. A., Liaghat, A. and Dehghanisanij, H. 2009. The effect of acidification and magnetic field on emitter clogging under saline water application. Journal of Agricultural Science. 1(1): 132-141.

Al-Ghobari, H. M., and Dewidar, A. Z. 2018. Integrating deficit irrigation into surface and subsurface drip irrigation as a strategy to save water in arid regions. Agricultural Water Management. 209: 55-61.

Alihouri, M. 1999. Hydraulic performance and properties of droppers, transmitters and permeable pipes at different pressures and temperatures. MS.c. Thesis. Ferdowsi Mashhad.

Alihouri, M. and Alizadeh, A. 2006. Operation and hydraulic characteristics of porous pipes at different pressures. Journal of Soil and Water Sciences. 20(1): 144-154.

Ayars, J. E., Fulton, A. L. A. N. and Taylor, B. 2015. Subsurface drip irrigation in California—Here to stay? Agricultural water management. 157: 39-47.

Batista, R. O., Santos, D. B., Ferreira Neto, M., Santos, W. D. O. and Barreto, H. B. F. 2012. Efficiency of chemical treatment on drip irrigation systems with sanitary sewage. Water Resources and Irrigation Management. 1(1): 25-29.

Bordovsky, J. P., and Porter, D. O. 2008. Effect of subsurface drip irrigation system uniformity on cotton production in the Texas High Plains. Applied Engineering in Agriculture. 24(4): 465-472.

Brahmanand, P. S., and Singh, A. K. 2022. Precision Irrigation Water Management-Current Status, Scope and Challenges. Indian Journal of Fertilisers. 18(4): 372-380.

Bralts, V. F. and Kesner, C. D. 1983. Drip irrigation field uniformity estimation. Transactions of the ASAE. 26(5): 1369-1374.

Bralts, V. F., Wu, I. P. and Gitlin, H. M. 1981. Manufacturing variation and drip irrigation uniformity. Transactions of the ASAE. 24(1): 113-0119.

Camp, C. R. 1998. Subsurface drip irrigation: A review. Transactions of the ASAE. 41(5): 1353.

Cao, Y., Cai, H., Sun, S., Gu, X., Mu, Q., Duan, W., and Zhao, Z. 2022. Effects of drip irrigation methods on yield and water productivity of maize in Northwest China. Agricultural Water Management. 259: 107227.

Capra, A. and Scicolone, B. 1998. Water quality and distribution uniformity in drip/trickle irrigation systems. Journal of Agricultural Engineering Research. 70(4): 355-365.

Cararo, D. C., Botrel, T. A., Hills, D. J. and Leverenz, H. L. 2006. Analysis of clogging in drip emitters during wastewater irrigation. Applied Engineering in Agriculture. 22(2): 251-257.

Cararo, D. C., Botrel, T. A., Hills, D. J. and Leverenz, H. L. 2006. Analysis of clogging in drip emitters during wastewater irrigation. Applied Engineering in Agriculture. 22(2): 251-257.

Choi, C. Y. and Rey, E. S. 2004. Subsurface drip irrigation for bermudagrass with reclaimed water. Transactions of the ASAE. 47(6): 1943.

Dadashzadeh, S., Khoshravesh, M., Gholami, M. and Pourgholam-Amiji, M. 2020. The Effect of Substrate and Surface Load Change of Pressurized Sand Filters on Removal Improvement of Water Quality Parameters in Moallemkola-Sari Water Treatment Plant. Iranian Journal of Soil and Water Research. 51(1): 107-117.

El-Shater, T., Yigezu, Y. A., Shideed, K. and Aw-Hassan, A. 2017. Impacts of Improved Supplemental Irrigation on Farm Income, Productive Efficiency and Risk Management in Dry Areas. Journal of Water Resource and Protection. 9(13): 1709.

Eslami, K. 1993. Investigation and comparison of the effects of the use of different modifiers in the improvement of saline and alkaline soils of the Gonbad. Golestan Agricultural and Natural Resources Research Center Publications.

Flores, J. H. N., Faria, L. C., Rettore Neto, O., Diotto, A. V. and Colombo, A. 2021. Methodology for Determining the Emitter Local Head Loss in Drip Irrigation Systems. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 147(1): 06020014.

Ganji, F. 2011. Investigation of the effect of irrigation fertilizer on clogging of several types of droppers. MS.c. Thesis. Shahid Chamran University of Ahvaz.

Ghaneie Motlagh, G.h., Pashaee Aval, A., Khormali, F. and Mosaedi, A. 2010. Investigating effect of some amendments on soil chemical properties in a saline-sodic soil. Watershed Management Research. 23(1): 24-31.

effect of acid leaching on clogging of two types of pressure regulators at different pressures. In the second national conference on agriculture and sustainable natural resources, Sari, Iran.

Puig-Bargués, J., Arbat, G., Barragán, J. and De Cartagena, F. R. 2005. Hydraulic performance of drip irrigation subunits using WWTP effluents. Agricultural Water Management. 77(1-3): 249-262.

Ravina, I., Paz, E., Sofer, Z., Marcu, A., Shisha, A. and Sagi, G. 1992. Control of emitter clogging in drip irrigation with reclaimed wastewater. Irrigation Science. 13(3): 129-139.

Sadiq, M., Hassan, G., Mehdi, S. M., Hussain, N., and Jamil, M. 2007. Amelioration of saline-sodic soils with tillage implements and sulfuric acid application. Pedosphere. 17(2): 182-190.

Shi, K., Lu, T., Zheng, W., Zhang, X. and Zhangzhong, L. 2022. A Review of the Category, Mechanism, and Controlling Methods of Chemical Clogging in Drip Irrigation System. Agriculture. 12(2): 202.

Valentín, F., Nortes, P. A., Domínguez, A., Sánchez, J. M., Intrigliolo, D. S., Alarcón, J. J. and López-Urrea, R. 2020. Comparing evapotranspiration and yield performance of maize under sprinkler, superficial and subsurface drip irrigation in a semi-arid environment. Irrigation Science. 38(1): 105-115.

Yavuz, M. Y., Demrel, K., Erken, O., Bahar, E. and Devecler, M. 2010. Emitter clogging and effects on drip irrigation systems performances. African Journal of Agricultural Research. 5(7): 532-538.

Yazdanpanah, N., Pazira, E., Neshat, A. and Mahmoodabadi, M. 2011. Effect of some methods of saline- sodic soil reclamation on depth distribution of soluble cations. Watershed Management Research. 24(2): 88-96.

Zamaniyan, M., Fatahi, R., Boroomand-Nasab, S., Shamohammadi, S. and Parvanak, K. 2013. Evaluation of emitters and water quality in trickle irrigation systems under Iranian conditions. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 5(15): 1632.

Zardari, M. and Fathi, P. 2012. Impact of weekly flushing on hydraulic performance of emitters when using treated wastewater. Journal of Water and Soil Resources Conservation. 2(1): 49-60.

Zhang, J., Zhao, W., Tang, Y. and Lu, B. 2010. Anti-clogging performance evaluation and parameterized design of emitters with labyrinth channels. Computers and Electronics in Agriculture. 74(1): 59-65.

Gholami Sefidkouhi, M. A. and Barzegar Akhtehkhaneh, A. 2014. Impact of Irrigation Management and Emitters Type on Clogging in Sari District**.** Journal of Water Research in Agriculture. 28(2): 385-394.

Guan, C., Ma, X. and Shi, X. 2022. The impact of collective and individual drip irrigation systems on fertilizer uses intensity and land productivity: Evidence from rural Xinjiang, China. Water Resources and Economics. 38: 100196.

Hosseininia, M., Hasanpour, F., Naghavi, H. and Abbasi, f. 2017. Comparative effects of chemical amendments on salt leaching from a saline-sodic soil in Kerman under laboratory condition, Soil Management and Sustainable Production. 7(2): 119-134.

Hosseininia, M., Hassanpour, F., Naghavi, H. and Abbasi, F. 2017. Comparative effects of chemical amendments on salt leaching from a saline-sodic soil in Kerman under laboratory condition. Journal of Soil Management and Sustainable Production. 7(2): 119-134.

Karami, O., Hooshmand, A. and Boroomandnasab, S. 2015. The Chemical Clogging and its Effects on Hydraulic Performance of Different Types of Emitters with Different Flow Rates using Water of Karoun River. Irrigation Sciences and Engineering. 38(3): 73-87.

Keller, J. and Karmeli, D. 1974. Trickle irrigation design parameters. Transactions of the ASAE. 17(4): 678-0684.

Majumdar, D. K. 2001. Irrigation water management: principles and practice. PHI Learning Pvt. Ltd.

Mostafazadeh-Fard, B. and Moayyedinia, A. H. 2000. The effect of different chemical components of irrigation water on emitter clogging in trickle irrigation. Iranian Journal of Agriculture Science. 31(3): 497-511.

Naderi, N. 2008. Determining the performance of outlets against different water qualities in drip irrigation. In the Second National Conference on Management of Irrigation and Drainage Networks, Ahvaz, Iran.

Nakayama, F. S. and Bucks, D. A. 1981. Emitter clogging effects on trickle irrigation uniformity. Transactions of the ASAE. 24(1): 77-0080.

Pazira, E. 2012. Using different soil chemical amendments for reclamation of saline –sodic soils. Journal of Water and Soil Resources Conservation. 1(4): 27-44.

Pirouzfar, V. R., Boroomandnasab, S., Soltani Mohammadi, A. and Moazed, H. 2014. Study of the

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.1, Vol. 17, Apr.-May. 2023, p. 87-101

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۷، فروردین - اردیبهشت ۱۴۰۲، ص. ۱۰۱-۸۷

Evaluation of the Effect of Acid Washing on the reduction of Dripper Clogging, Drip Irrigation System Efficiency and Soil Chemical Characteristics

H. Rezaei Rad[1], **A. Hooshmand**[2*], **M. Pourgholam-Amiji**[3], **M.M. Doust Mohammadi**[4]
Recived: Jul.31, 2022 Accepted: Nov.19, 2022

Abstract

The drip irrigation method is one of the modern irrigation system types that have significant savings in water consumption, but various factors such as clogging, pressure, the temperature of irrigation water, and coefficient of variation affect the flow of drippers. In most cases, dripper clogging is the main issue with the drip irrigation system. To investigate the effect of sulfuric acid on the reduction of drip clogging and the effect of acid on the efficiency of the drip irrigation system used and soil chemical characteristics, an experiment was conducted at three sites with different soil textures in the crop year 2016-2017 in Qom. These fields included Aliabad, Sharifabad, and Zalunabad. For this purpose, the coefficient of variation (CV) and the desired dripper flow equation (Netafim 8 liters per hour) were determined. Moreover, water distribution uniformity (EU), uniformity coefficient (CU), dripper flow rate changes (Qvar), and statistical uniformity coefficient (Uc) before and after acid washing were measured and the efficiency and performance of the drip irrigation system were evaluated. The average dripper openings of Aliabad, Sharifabad, and Zalunabad were 4.23, 35.7, and 4.72%, respectively, and the minimum-maximum opening ranges in these areas were determined to be 0.71-25%, and -2.47-112-41 and 1.89-10.65. The results also showed that the indices of water distribution uniformity, uniformity coefficient, drip flow rate changes, and statistical uniformity coefficient in three regions of Aliabad, Sharifabad, and Zalunabad before acid washing were 92.4, 97.6, 0.21, and 96.06%, 55.3, 84.6, 0.9 and 78.7% and 91.2, 97.2, 18.6 and 95.8%, respectively. These indices after acid washing were determined to be 96.4, 95.2, 0.12, and 94.4%, 0 and 94.4, 80, 88.5, 0.91, and 82%, and 96.6, 95.5, 13.2, and 94.4%, respectively. Accordingly, sulfuric acid has a significant effect on the reduction of dripper clogging. The evaluation of the chemical properties of the soil before and after acid washing also showed a change in these properties and a decrease in soil salinity due to the reaction of sulfuric acid with carbonates in the soil after acid washing. Finally, it was found that the use of sulfuric acid can increase the efficiency of the drip irrigation system and improve the chemical characteristics of the soil such as salinity.

Keywords: Netafim Dripper, Openness, Pressure Irrigation, Sulfuric Acid, Water Quality

1- Ph.D, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
2- Associate Professor, Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
3- Ph.D. Candidate, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
4- Ph.D., Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
(*- Corresponding Author Email: hooshmand_a@scu.ac.ir)