نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 28، شماره 4، مهر – آبان 1393، ص. 728-717

Journal of Water and Soil
Vol. 28, No. 4, Sept.-Oct. 2014, p. 717-728

رینگ مِروس، راهکاری جدید برای کاهش رسوب در سیستم آبیاری قطره‌ای

خدیجه براتی[1*] - بهروز مصطفی زاده فرد[2]- علی اصغر شیخ بهایی[3]

تاریخ دریافت:1392/7/29
تاریخ پذیرش:1393/4/2

چکیده

بزرگترین مشکل یک آبیاری قطره‌ای، گرفتگی قطره‌چکان‌های سیستم آبیاری است. استفاده از رینگ مِروس، یک روش جدید برای کاهش رسوبات شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی است. تأثیر رینگ مِروس بر اساس اثرگذاری بر نوسانات مولکولی املاح موجود در آب است و عملکرد این دستگاه بر اساس میدان مغناطیسی نمی باشد. این مطالعه جهت بررسی تأثیر رینگ مروس بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها با اجرای یک سیستم آبیاری قطره‌ای در مزرعه واقع در دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. تیمارها شامل دو تیمار آب آبیاری با استفاده از رینگ و بدون استفاده از رینگ به عنوان عامل اصلی و سه تیمار غلظت املاح آب آبیاری به عنوان عامل فرعی بود. طرح آزمایشی در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار برای هر تیمار در یک پایلوت با طول لاترال 25 متری انجام شد. طول دوره آزمایش 3 ماه بود و آبیاری برای هر تیمار به مدت 3 ساعت در روز صورت گرفت. نتایج نشان داد که تیمارهای آب آبیاری ، تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال 1 درصد بر متوسط آبدهی قطره‌چکان‌ها و در سطح احتمال 5 درصد بر یکنواختی پخش قطره‌چکان‌ها داشت. متوسط آبدهی قطره‌چکان‌ها و یکنواختی پخش قطره‌چکان‌ها در تیمارهای آبیاری‌شده با استفاده از رینگ بیشتر از تیمارهای آبیاری‌شده بدون استفاده از رینگ بود. مقادیر هر دو پارامتر با گذشت زمان در هر دو تیمار آب آبیاری، کاهش یافت ولی این کاهش در تیمارهای آبیاری‌شده بدون رینگ، بیشتر بود. بر اساس نتایجِ بدست آمده، استفاده از رینگ مِروس موجب کاهش گرفتگی قطره چکان‌ها می‌شود.

واژه‌های کلیدی: املاح آب آبیاری، گرفتگی قطره‌چکان‌ها، نوسانات مولکولی، یکنواختی پخش قطره‌چکان‌ها

مقدمه

نگاهی به تاریخ آب و آبیاری در جهان نشان می‌دهد که در سال‌های اخیر روش‌های متعددی در زمینه آبیاری ابداع شده است. کمبود آب، وضعیت نامناسب آب و هوا، پستی و بلندی زمین، کیفیت نامطلوب آب و عدم دسترسی به نیروی کارگر از جمله عواملی هستند که در پیدایش این روش‌ها مؤثر بوده‌اند. یکی از روش‌های جدید آبیاری که به سرعت در کشورهای مختلف رو به گسترش است روش آبیاری قطره‌ای می‌باشد. بزرگترین مشکل در آبیاری قطره‌ای، گرفتگی قطره‌چکان‌ها با مواد مختلف است (2).

گرفتگی جزئی یا کلی قطره‌چکان‌ها به کیفیت آب آبیاری وابسته است و در اثر عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی موجود در آب آبیاری ایجاد می‌گردد. به منظور کنترل گرفتگی قطره‌چکان‌ها عمدتاً راهکارهایی از قبیل فیلتراسیون، تصفیه شیمیایی آب آبیاری و شستشوی لترال‌ها بوسیله آب با فشار زیاد یا اسید ضعیف، بکار گرفته می‌شود (12).

ناکایاما و باکس (11) به این نتیجه رسیدند که یکی از دلایل شایع گرفتگی قطره‌چکان‌ها رسوب کلسیم می‌باشد. آنها اظهار داشتند که این مشکل مستقیماً به pH بالای آب مورد استفاده، غلظت زیاد کربنات کلسیم در آب و نوسانات بیش از حد درجه حرارت محیط وابسته است.

لی یو و هانگ (9) در یک تحقیق آزمایشگاهی، گرفتگی قطره-چکان‌ها را با دو تیمار آب شیرین و فاضلاب تصفیه‌شده مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان دادند که گرفتگی قطره‌چکان‌ها در تیمار فاضلاب تصفیه‌شده بیشتر از آب شیرین بود. آنالیزهای تجزیه آب و ترکیبات رسوب‌شده در داخل و همچنین در قسمت خروجی قطره-چکان‌ها نشان دادند که رسوبات شیمیایی، دلیل اصلی گرفتگی قطره-چکان‌ها در اثر pH بالا و غلظت یون‌ها بخصوص در تیمار فاضلاب تصفیه شده بود.

کنترل گرفتگی شیمیایی قطره‌چکان‌ها که بواسطه رسوب املاح ایجاد می‌شود بسیار دشوار است. توصیه عمومی جهت جلوگیری از

1و2- دانشجوی دکتری و استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه صنعتی اصفهان
(*- نویسنده مسئول: (Email: kh_barati@yahoo.com
3- مدیر فنی شرکت مِروس ایران، اصفهان

گرفتگی شیمیایی، تزریق اسید در آب آبیاری جهت پایین آوردن pH آب آبیاری تا حدی که رسوب املاح رخ ندهد می‌باشد (5).

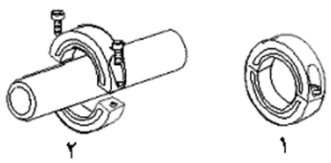
اثر مغناطیس روی آب بطور اتفاقی توسط دانشمندان روسی مشاهده شد. حرکت آب در داخل لوله‌ها باعث رسوب املاح روی جدار لوله‌ها گشته، ضمن کاهش سطح مقطع لوله‌ها و افزایش افت انرژی، عبور آب داخل لوله‌ها را مختل می‌کند. آن‌ها دریافتند که آبِ مغناطیس شده، جرم داخل لوله‌ها را پاک و از رسوب مجدد روی جدار لوله‌ها جلوگیری می‌کند (3).

آب مغناطیسی، آبی است که از یک میدان مغناطیسی عبور کرده و در نتیجه، ساختار و برخی از خواص فیزیکی آن از قبیل چگالی، ظرفیت انحلال املاح و نسبت ته‌نشینی مواد جامد تغییر می‌کند (10).

عبدالصالحی و بان‌نژاد (1) تأثیر آب مغناطیسی را بر جلوگیری از گرفتگی قطره‌چکان‌ها بررسی کردند. آن‌ها مشاهده کردند که میدان مغناطیسی و تغییر شدت آن اثر معنی‌داری در کاهش سختی آب و گرفتگی قطره‌چکان‌ها دارد. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که با استفاده از این فناوری، هزینه‌های هنگفت تعویض و شستشوی قطره‌چکان‌ها کاهش یافته و استفاده از مواد شیمیایی که برای سلامت بشر و حفظ محیط زیست نامطلوب است تقلیل می‌یابد.

احمدآلی و همکاران (5) در تحقیقی قطره‌چکان‌های مختلفی را تحت سه تیمار آب چاه بدون تیمار، آب تیمار شده با اسید و آب تیمار شده با دستگاه مغناطیس مورد آزمایش قرار دادند. نتایج بدست آمده نشان داد که اسیدشویی عملکرد بهتری نسبت به آب مغناطیسی در کنترل گرفتگی قطره‌چکان‌ها دارد.

یکی از جدیدترین راهکارهای کاهش خوردگی، رسوب و گرفتگی‌های بیولوژیکی، استفاده از رینگ مِروس است. تکنولوژی مذکور، با استفاده ویژه از نوسانات مولکولی و یا نوسانات شبکه‌ای کار می‌کند. بعبارت دیگر، بر خلاف تصور عموم، عملکرد رینگ مروس بر پایه میدان‌های الکتریکی یا مغناطیسی استوار نیست. نصب رینگ مروس بر روی لوله بدون نیاز به هیچ‌گونه جوشکاری، مطابق شکل 1 به سرعت و سهولت انجام می‌گیرد (7).



شکل 1- نحوه نصب رینگ مروس بر روی لوله

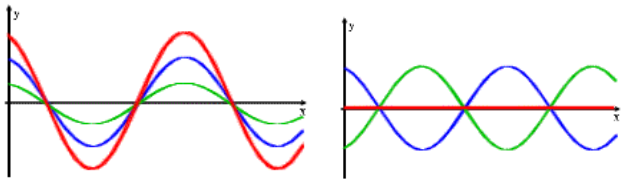
بر اساس آخرین یافته‌های دانشمندان، تبادل ثابتی از سیگنال‌ها بین هسته اتم و الکترون‌ها وجود دارد. بازه فرکانس این سیگنال‌های تبادلی بین 10^{9}-10^{12} هرتز قرار دارد. رینگ مروس بوسیله دستگاه‌های مختلف، باردار شده و این بارهای الکتریکی در محدوده ذکر شده قرار دارند (7).

هر عنصر شامل تعدادی مولکول است و هر مولکول از تعدادی اتم تشکیل شده است. اتم‌ها دارای یک حرکت دائمی هستند که موجب نوسان مولکولی می‌شود (7).

نوسان ذاتی برای هر عنصر، منحصر بفرد بوده و از این نظر به خوبی با اثر انگشت انسان قابل مقایسه است. رینگ بر اساس این نوسانات ذاتی و تنها با استفاده از گرمای محیط، نوسانات فعال جدیدی ایجاد می‌کند و در آب منتشر می‌کند. در اثر تداخل نوسانات ذاتی و نوسانات جدید ایجاد شده توسط رینگ، خواص فیزیکی املاح موجود در آب تغییر پیدا می‌کند. شرکت تولیدکننده این رینگ قادر است برای هر ماده مجزا نوسان فعال جدید و منحصر بفردی تولید کند که هر کدام وظیفه ویژه‌ای دارند. ثبت این نوسانات فعال بر روی دستگاه حامل نوسانات، درست مانند ثبت داده‌ها بر روی CD یا DVD می‌باشد. غالباً از نوعی آلیاژ آلومینیوم به عنوان جنس دستگاه حامل نوسانات استفاده می‌شود. این نوع آلیاژ قادر است تعداد زیادی از نوسانات فعال را در خود ذخیره کرده و آن‌ها را تا حد زیادی مستقل از دمای اطراف به صورت ثابت و پایدار در آب انتشار دهد. نوسانات فعال از طریق نوسان شبکه‌ای آلومینیوم عمل می‌کنند. تحت چنین شرایطی به سبب گرمای محیط، شبکه مولکولی آلومینیوم دچار نوسان شده و به همین ترتیب نوسانات فعال موجود در رینگ نیز دچار نوسان می‌شوند. این نوسانات در ساختار شبکه قرار گرفته و به همین شکل به طور متناوب تولید می‌شوند. نوسانات مولکولی خاص، به نحوی در آب نفوذ می‌کنند که منجر به افزایش قابلیت انحلال رسوبات در آب می شوند و رسوبات حل‌شده، با جریان آب به بیرون شستشو داده می شوند (7).

ترکیبات آهکی و سایر نمک‌ها بصورت محلول، تقریباً در هر آبی یافت می‌شوند. این ترکیبات منجر به مسدود شدن لوله‌ها، دریچه‌ها و سایر اجزای سیستم می‌گردد. برای جلوگیری از این مشکل به‌ویژه در موارد بحرانی از طریق تزریق مواد شیمیایی، اثر خواص شیمیایی آب بر اساس نیاز ما کاهش می‌یابد. در مواردی که حجم زیادی از آب، مورد استفاده قرار می‌گیرد، این روش نسبتاً پر هزینه بوده و در اغلب اوقات توجیه اقتصادی ندارد. در چنین مواردی، استفاده از رینگ مروس، یک راه حل جایگزین و بسیار مقرون به صرفه خواهد بود. نوساناتی که توسط این رینگ در آب پخش می‌شود ساختار ترکیبات آهکی را بصورت تأثیرگذار و پایداری تغییر می‌دهد. این بدان معناست که ترکیبات در پیوند بهتری با آب خواهند بود و بنابراین تنها در دماهای بسیار بالا و یا غلظت‌های بسیار زیاد ته‌نشین شده و تولید رسوب می‌کنند (7).

هر بار که آب از درون رینگ‌ها جریان پیدا می‌کند نه تنها آبی که در نقطه نصب رینگ‌ها جریان دارد دارای نوسان می‌شود بلکه تمام آب شامل این نوسانات خواهد شد.



(ب) (الف)

شکل 2 - نحوه اثرگذاری رینگ مروس بر نوسانات ذاتی عناصر موجود در آب

از طرف دیگر حتی اگر هیچ آبی در جریان نباشد این نوسانات برای مدت طولانی در آب باقی می‌مانند و تأثیر آن‌ها بر روی زنگ-زدگی، رسوبات آهکی و میکروبیولوژیکی آب ادامه می‌یابد. نوسانات فعال تولید شده توسط رینگ تابع مداخلات تأثیرات محیطی، مانند آلودگی‌های الکترومغناطیسی قوی در محیط است. بسته به شدت این تأثیرات، این‌گونه مداخلات محیطی قادر است تا اثربخشی این فن آوری را در آب کاهش دهد یا حتی آن را متوقف سازد. از این رو رینگ می‌بایست در محلی نصب شود که با هرگونه رسانای الکتریکی فاصله حداقلی در حدود 50 سانتیمتر داشته باشد. از طرفی باید توجه داشت که پاشش آب بر روی رینگ‌ها باعث صدمه زدن و خوردگی سطح آن‌ها می‌شود (7). نحوه اثرگذاری رینگ مروس بر نوسانات ذاتی عناصر موجود در آب در شکل 2 نشان داده شده است.

در شکل 2، منحنی‌های سبز رنگ نشان‌دهنده نوسانات ذاتی عناصر موجود در آب هستند. رینگ بر اساس این نوسانات ذاتی و به کمک گرمای محیط، نوسانات فعال جدیدی ایجاد می‌کند. این نوسانات فعال بوسیله منحنی‌های آبی رنگ نشان داده شده‌اند. در اثر تداخل نوسانات ذاتی و نوسانات فعال ایجاد شده توسط رینگ مروس، نوسانات جدیدی ایجاد می‌شود که بوسیله منحنی‌های قرمز رنگ نشان داده شده‌اند. در صورتیکه نوسانات ذاتی و نوسانات فعال ایجاد شده توسط رینگ مروس، هم‌دامنه باشند ولی 180 درجه اختلاف فاز داشته باشند برآیند حاصل از تداخل آن‌ها صفر خواهد بود (شکل 2 - الف) و در صورتیکه هم‌دامنه و هم‌فاز باشند تداخل آن‌ها سبب تشدید نوسان بنیادی خواهد شد که اصطلاحاً رزونانس نامیده می‌شود (شکل 2 - ب). در هر دو حالت، در اثر تداخل نوسانات ذاتی و نوسانات فعال ایجاد شده توسط رینگ مروس، خواص فیزیکی عناصر در آب تغییر پیدا می‌کند (7).

با توجه به نتایج عینی مشاهده شده از تأثیر مثبت رینگ مروس در جلوگیری و همچنین برطرف نمودن رسوب در صنعت و کارخانجات مختلف، این طرح برای اولین بار جهت بررسی تأثیر رینگ مروس بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها در سیستم آبیاری قطره‌ای اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه با اجرای یک سیستم آبیاری قطره‌ای در مزرعه‌ای واقع در دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. مزرعه آزمایشی، فاقد کشت بود. تیمارها شامل تیمار آبیاری به دو صورت (استفاده از رینگ (RT) و بدون استفاده از رینگ (T)) به عنوان عامل اصلی و تیمار غلظت املاح آب آبیاری در سه سطح هر یک با سه تکرار شامل S_1، S_2 و S_3 به شرح جدول 1 به عنوان عامل فرعی بود. طول دوره آزمایش 3 ماه، دور آبیاری 3 روز و آبیاری برای هر تیمار به مدت 3 ساعت در روز صورت گرفت.

در شکل 3 شمای کلی طرح نشان داده شده است. کل سیستم شامل 18 عدد لترال، هر یک به طول 25 متر و به فاصله 0/5 متر از یکدیگر بود. بر روی هر یک از لترال‌ها 50 عدد قطره‌چکان به فاصله 0/5 متر از یکدیگر نصب شده بود. لوله اصلی از جنس گالوانیزه و دارای قطر 1 اینچ و لوله نیمه اصلی از جنس پلی‌اتیلن و به قطر 25 میلی‌متر و لترال‌ها نیز از جنس پلی‌اتیلن و به قطر 16 میلی‌متر در نظر گرفته شده بود. در ابتدای هر لترال یک عدد شیر برای قطع و وصل جریان آب تعبیه شده بود.

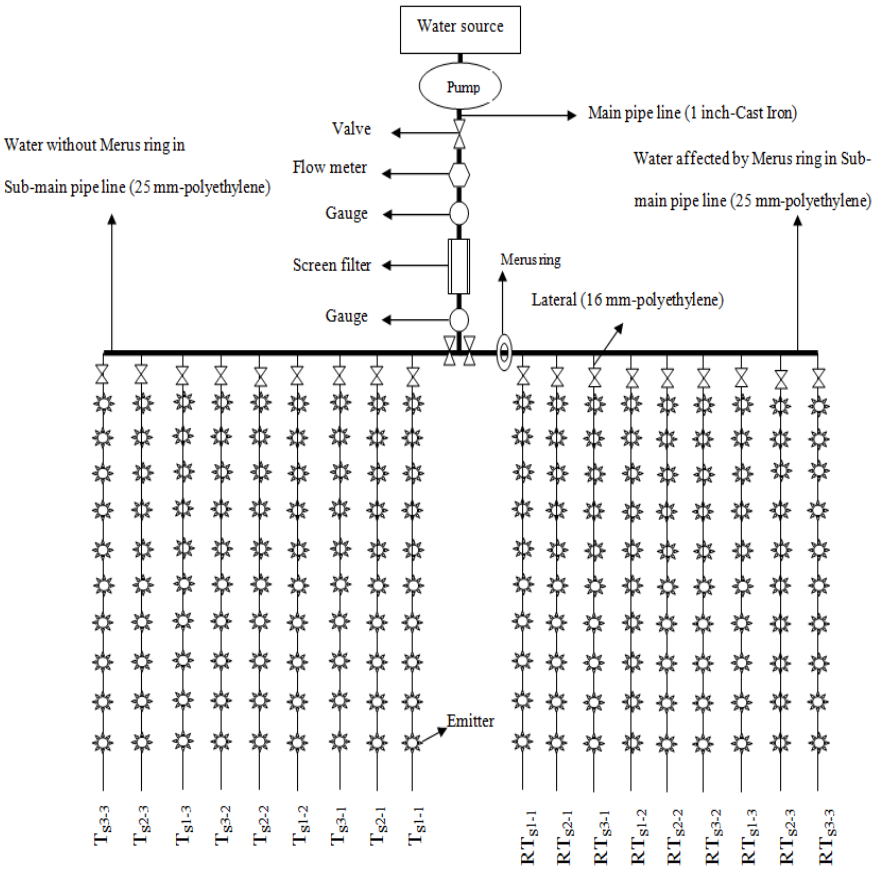
جدول 1 – هدایت الکتریکی تیمارهای آب آبیاری

تیمار شوری	EC(dS/m)	$Ca^{2+}+Mg^{2+}$ (meq/lit)	Na^{+} (meq/lit)	HCO_3^{-} (meq/lit)	SAR	کلاس شوری آب آبیاری
S_1	0/47	4/4	0/96	3/8	0/65	C2S1
S_2	1/7	10/8	8/45	6/8	3/64	C3S1
S_3	2/9	14/4	16/81	9/6	6/26	C4S1

قطره‌چکان مورد استفاده در این طرح از نوع طـولانی‌مسـیر درون خط، ساخت کارخانه ایران دریپ با آبدهی 4 لیتر در ساعت بود.

مطابق شکل 3، سیستم آبیاری قطره‌ای مورد نظر از دو قسمت به شرح زیر تشکیل شده بود: در سمت راسـت شـکل 3، تیمارهـای آب تحت تأثیر رینگ با علامـت RT_s (R مشخصـه رینـگ، T تیمـار و s شوری آب آبیاری) و با سه تکرار برای هر تیمار با شماره‌هـای 1، 2 و 3 مشخص شده اند. به عنوان مثال تیمار RT_{s2-3} نشان دهنـده تکـرار سوم از تیمار شوری S_2 و تحت تأثیر رینگ می‌باشـد. در سـمت چـپ شکل 3، تیمارهای آب بدون تأثیر رینگ با علامت T_s و با سه تکـرار برای هر تیمار با شماره‌های 1، 2 و 3 مشخص شده اند.

برای اعمال آبیاری با هر یک از تیمارهای شـوری، شـیر قطـع و وصل جریان در ابتدای لترال برای سه لترال از سمت راسـت سیسـتم (سه تکرار مربوط به آن تیمار شـوری کـه تحـت تـأثیر رینـگ قـرار داشتند) و سه لترال از سمت چپ سیستم (سـه تکـرار مربـوط بـه آن تیمار شوری که تحت تـأثیر رینـگ قـرار نداشـتند) بـاز مـی‌شـدند و شیرهای قطع و وصل جریان برای سایر لترال‌ها بسته بودند. به عبارت دیگر، هنگام آبیاری با هر یک از تیمارهای شوری، جمعـاً 6 لتـرال از کل لترال‌های سیستم باز بودند. برای اعمال آبیاری بـا تیمـار شـوری بعدی، 6 لترال مربوط به تیمار شوری قبلی بسته می‌شـدند و 6 لتـرال مربوط به تیمار شوری مورد نظر باز می‌شدند. بطور کلی می‌توان گفت برای تیمـار شـوری S_1، لتـرال‌هـای RT_{s1-1}، RT_{s1-2} و RT_{s1-3} (سـه لترال از سمت راست سیستم که تحت تـأثیر رینـگ قـرار داشـتند) و لترال‌های T_{s1-1}، T_{s1-2} و T_{s1-3} (سه لترال از سمت چپ سیسـتم کـه تحت تأثیر رینگ قرار نداشتند) باز و سایر لترال‌ها بسته بودنـد. بـرای تیمار شوری S_2، لترال‌هـای RT_{s2-1}، RT_{s2-2} و RT_{s2-3} و لتـرال‌هـای T_{s2-1}، T_{s2-2} و T_{s2-3} باز و سایر لترال‌ها بسته بودند. برای تیمار شوری S_3، لترال‌های RT_{s3-1}، RT_{s3-2} و RT_{s3-3} و لترال‌هـای T_{s3-1}، T_{s3-2} و T_{s3-3} باز و سایر لترال‌ها بسته بودند.



شکل 3 - شمای کلی طرح

جهت بررسی تأثیر رینگ مروس بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها و سایر پارامترهای ارزیابی عملکرد سیستم آبیاری قطره‌ای از جمله ضریب تغییرات آبدهی قطره‌چکان‌ها[1]، ضریب یکنواختی[2]، ضریب یکنواختی مطلق[3]، ضریب یکنواختی کریستیانسن[4]، یکنواختی آماری آبدهی قطره‌چکان‌ها[5] و تغییرات آبدهی قطره‌چکان‌ها[6] (8)، آبدهی قطره‌چکان‌ها از طریق اندازه‌گیری حجم آب خروجی از قطره‌چکان در مدت 3 دقیقه، در ابتدای آزمایش و سپس در انتهای هر ماه اندازه‌گیری شدند. به عبارت دیگر، اندازه‌گیری آبدهی قطره‌چکان ها در 4 مرحله زمانی که در جداول مربوطه با علائم t_1 تا t_4 نشان داده شده‌اند صورت گرفت. پس از جمع‌آوری اطلاعات آبدهی قطره‌چکان ها، با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تأثیر تیمارهای مختلف بر کاهش آبدهی قطره‌چکان‌ها و سایر پارامترهای ارزیابی عملکرد سیستم آبیاری قطره‌ای در اثر تشکیل رسوب در آن‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

در جدول 2 نتایج تجزیه واریانس پارامترهای اندازه‌گیری‌شده شامل متوسط آبدهی قطره‌چکان‌ها (q_{av})، ضریب تغییرات آبدهی قطره‌چکان‌ها (CV)، ضریب یکنواختی (EU)، ضریب یکنواختی مطلق (EU_a)، ضریب یکنواختی کریستیانسن (U_c)، یکنواختی آماری آبدهی قطره‌چکان‌ها (U_s) و تغییرات آبدهی قطره‌چکان‌ها (q_{var}) ارائه شده است. مقایسه میانگین پارامترهای مذکور، در جدول 3 ارائه گردیده است.

متوسط آبدهی قطره‌چکان‌ها (q_{av})

نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول 2 نشان می‌دهد که اثر نوع آب آبیاری مورد استفاده (آبیاری با استفاده از رینگ و آبیاری بدون استفاده از رینگ)، شوری آب آبیاری و زمان بر متوسط آبدهی قطره‌چکان‌ها در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار است. همچنین اثر متقابل نوع آب آبیاری و شوری، نوع آب آبیاری و زمان و نیز شوری و زمان بر متوسط آبدهی قطره‌چکان‌ها در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار می‌باشد.

نتایج ارائه‌شده در جدول 3 نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین متوسط آبدهی قطره چکان ها در دو تیمار T و RT وجود دارد بطوریکه مقادیر متوسط آبدهی قطره چکان ها در تیمار RT بیشتر از تیمار T است. بر اساس نتایج ارائه‌شده در این جدول، با افزایش شوری آب آبیاری و همچنین با گذشت زمان، متوسط آبدهی قطره-چکان‌ها کاهش یافته و تفاوت معنی‌داری در مقادیر آن ایجاد شده است.

مصطفی‌زاده و معیدی‌نیا (4) در تحقیقی به این نتیجه رسیدند که با افزایش غلظت املاح آب آبیاری به خصوص یون‌های کلسیم، منیزیم و بی‌کربنات و pH آب آبیاری، میزان گرفتگی شیمیایی قطره چکان افزایش می‌یابد.

دهقانی و ریاحی (6) در بررسی امکان گرفتگی در قطره‌چکان‌ها تحت شوری‌های مختلف آب آبیاری گزارش نمودند که شدت گرفتگی قطره‌چکان‌ها با مدت استفاده از آن‌ها رابطه مستقیم دارد.

شکل 4 درصد کاهش متوسط آبدهی قطره‌چکان‌ها در طول دوره آزمایش را برای تیمارهای مختلف آب آبیاری نشان می‌دهد. با توجه به این شکل، با افزایش شوری آب آبیاری، درصد کاهش آبدهی قطره‌چکان‌ها افزایش می‌یابد که البته این روند افزایشی در تیمارهای T بیشتر از تیمارهای RT است که نشان‌دهنده رسوبگذاری بیشتر در تیمارهای T می‌باشد. با گذشت زمان به علت تشکیل هسته اولیه رسوب، شرایط مناسب‌تری برای رسوبگذاری فراهم می‌شود ولی به علت تأثیر مثبت رینگ در کاهش رسوبگذاری، میزان گرفتگی در قطره‌چکان‌های تیمار RT کمتر از قطره‌چکان‌های تیمار T است.

در ادامه، سایر پارامترهای ارزیابی سیستم آبیاری قطره‌ای مورد بررسی قرار می‌گیرند. لازم بذکر است از آنجا که مقادیر این پارامترها تحت تأثیر مقادیر متوسط آبدهی قطره‌چکان‌ها می‌باشد لذا تحلیل نتایج بدست آمده برای این پارامترها، بر گرفته از نتایج بدست آمده برای متوسط آبدهی قطره‌چکان‌ها می‌باشد.

ضریب تغییرات آبدهی قطره‌چکان‌ها (CV)

نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول 2 نشان می‌دهد که اثر نوع آب آبیاری، شوری آب آبیاری و زمان بر ضریب تغییرات آبدهی قطره‌چکان‌ها (تحت تأثیر گرفتگی قطره‌چکان‌ها) در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار است. همچنین اثر متقابل نوع آب آبیاری و شوری، نوع آب آبیاری و زمان و نیز شوری و زمان بر ضریب تغییرات آبدهی قطره‌چکان‌ها در سطح 1 درصد معنی‌دار می‌باشد.

نتایج ارائه‌شده در جدول 3 نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین ضریب تغییرات آبدهی قطره‌چکان‌ها در دو تیمار T و RT وجود دارد بطوریکه مقادیر ضریب تغییرات آبدهی قطره‌چکان‌ها در تیمار RT کمتر از تیمار T است. بر اساس نتایج ارائه‌شده در این جدول، با

1 - Coefficient of Variation of Emitter's Discharge
2 - Emission Uniformity
3 - Absolute Emission Uniformity
4 - Christiansen's Uniformity Coefficient
5 - Statistical Uniformity of Emitter's Discharges
6 - Variations of Emitter's Discharge

افزایش شوری آب آبیاری و همچنین با گذشت زمان، ضریب تغییرات آبدهی قطره‌چکان‌ها افزایش یافته و تفاوت معنی‌داری در مقادیر آن ایجاد شده است.

شکل 5 افزایش ضریب تغییرات آبدهی قطره‌چکان‌ها در طول دوره آزمایش را برای تیمارهای مختلف آب آبیاری نشان می‌دهد. بر اساس این شکل، با افزایش شوری آب آبیاری، ضریب تغییرات آبدهی قطره‌چکان‌ها نیز به میزان بیشتری افزایش می‌یابد که البته این روند افزایشی در تیمارهای T بیشتر از تیمارهای RT است.

ضریب تغییرات آبدهی قطره‌چکان‌ها بستگی به عوامل هیدرولیکی، ساخت، درجه حرارت و گرفتگی قطره‌چکان‌ها دارد. با افزایش شوری آب آبیاری و همچنین با گذشت زمان، شرایط مناسب‌تری برای رسوبگذاری فراهم می‌شود که موجب افزایش این ضریب می‌گردد. با توجه به نتایج بدست آمده، در صورت استفاده از رینگ، مقدار ضریب تغییرات آبدهی قطره‌چکان‌ها کمتر افزایش می‌یابد.

یکنواختی پخش قطره‌چکان‌ها (EU)

نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول 2 نشان می‌دهد که اثر نوع آب آبیاری بر یکنواختی پخش قطره‌چکان‌ها دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال 5 درصد است. بر اساس نتایج این جدول، اثر شوری آب آبیاری و زمان بر یکنواختی پخش قطره‌چکان‌ها دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال 1 درصد می‌باشد. نتایج همچنین نشان می‌دهند که اثر متقابل نوع آب آبیاری و زمان بر یکنواختی پخش قطره‌چکان‌ها دارای اختلاف معنی‌داری در سطح 5 درصد می‌باشد.

جدول 2- تجزیه واریانس پارامترهای اندازه‌گیری‌شده در سیستم آبیاری قطره‌ای

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		q_{av}	CV	EU	EU_a	Uc	Us	q_{var}
آب آبیاری	1	0/168**	3/957**	10/253*	3/622**	3/298**	3/957**	5/01 ×10^{-4} **
خطا	2	1/08 ×10^{-4}	0/018	0/219	0/08	0/023	0/018	1/39 ×10^{-6}
شوری	2	0/867**	1/909**	16/306**	2/489**	1/096**	1/909**	3/6 ×10^{-4} *
شوری × آب آبیاری	2	0/073**	0/243**	0/439	0/725*	0/104	0/243**	1/51 ×10^{-4}
خطا	8	0/001	0/013	0/42	0/12	0/06	0/013	6/39 ×10^{-5}
زمان	3	2/228**	4/419**	6/899**	7/837**	2/947**	4/419**	0/004**
زمان × آب آبیاری	3	0/075**	0/168**	0/403*	0/215**	0/144**	0/168**	9/77 ×10^{-5} *
زمان × شوری	6	0/22**	0/096**	0/137	0/066	0/079**	0/096**	1/02 ×10^{-4} *
زمان × آب آبیاری ×شوری	6	0/009**	0/008	0/03	0/042	0/01	0/008	3/1 ×10^{-5}
خطا	36	1/48 ×10^{-4}	0/017	0/107	0/05	0/019	0/017	3/47 ×10^{-5}

* و **- به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال 5 و 1 درصد می‌باشند.

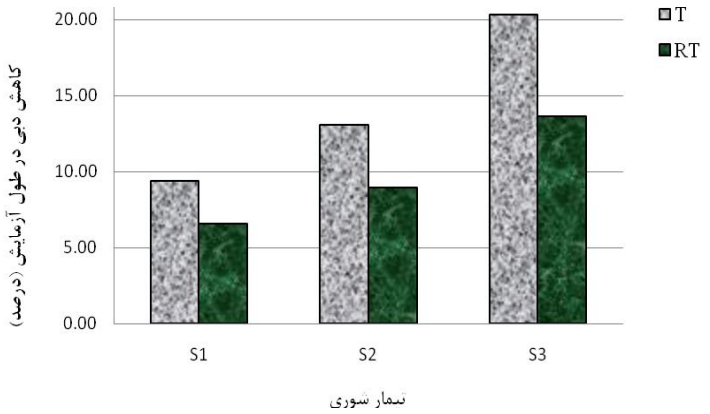
جدول 3- مقایسه میانگین‌های پارامترهای اندازه‌گیری‌شده در سیستم آبیاری قطره‌ای

تیمار آزمایشی	q_{av}	CV	EU	EU_a	Uc	Us	q_{var}
آب آبیاری							
RT	3/787^{a}	3/538 ^{b}	94/842 ^{a}	95/285 ^{a}	97/077 ^{a}	96/462 ^{a}	0/113 ^{b}
T	3/69 ^{b}	4/007 ^{a}	94/087 ^{b}	94/836 ^{b}	96/649 ^{b}	95/993 ^{b}	0/119 ^{a}
شوری							
S_1	3/871 ^{a}	3/496 ^{c}	95/345 ^{a}	95/41 ^{a}	97/084 ^{a}	96/504 ^{a}	0/112 ^{b}
S_2	3/742 ^{b}	3/761 ^{b}	94/335 ^{b}	94/995 ^{b}	96/848 ^{b}	96/239 ^{b}	0/117 ^{a}
S_3	3/603 ^{c}	4/06 ^{a}	93/712 ^{c}	94/776 ^{b}	96/657 ^{c}	95/94 ^{c}	0/119 ^{a}
زمان							
t_1	3/984 ^{a}	3/189 ^{d}	95/135 ^{a}	95/778 ^{a}	97/339 ^{a}	96/811 ^{a}	0/099 ^{d}
t_2	3/803 ^{b}	3/622 ^{c}	94/692 ^{b}	95/349 ^{b}	96/969 ^{b}	96/378 ^{b}	0/111 ^{c}
t_3	3/658 ^{c}	3/909 ^{b}	94/364 ^{c}	94/873 ^{c}	96/776 ^{c}	96/091 ^{c}	0/122 ^{b}
t_4	3/509 ^{d}	4/368 ^{a}	93/666 ^{d}	94/241 ^{d}	96/367 ^{d}	95/632 ^{d}	0/132 ^{a}

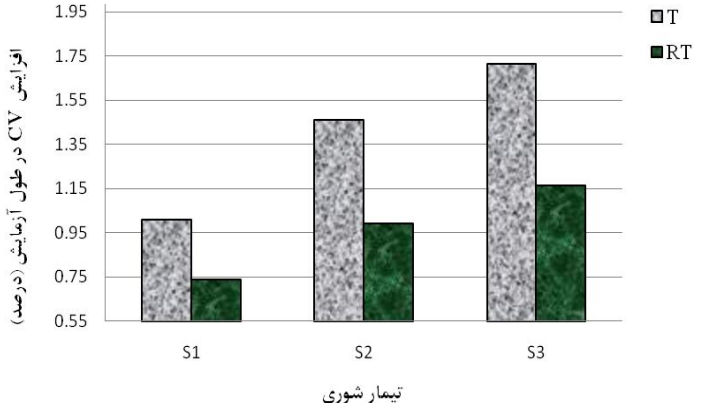
RT تیمار آبیاری با استفاده از رینگ و T تیمار آبیاری بدون استفاده از رینگ می‌باشد.

S_1، S_2 و S_3 تیمارهای شوری آب آبیاری می‌باشند.

میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال 5 درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.



شکل 4- درصد کاهش متوسط آبدهی قطره‌چکان‌ها در تیمارهای مختلف آبیاری



شکل 5 - افزایش ضریب تغییرات آبدهی قطره‌چکان‌ها در تیمارهای مختلف آبیاری

نتایج ارائه‌شده در جدول 3 نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین یکنواختی پخش قطره‌چکان‌ها در دو تیمار T و RT وجود دارد بطوریکه مقادیر یکنواختی پخش قطر قطره‌چکان‌ها در تیمار RT بیشتر از تیمار T است. بر اساس نتایج ارائه‌شده در این جدول، با افزایش شوری آب آبیاری و همچنین با گذشت زمان، یکنواختی پخش قطره‌چکان‌ها کاهش یافته و تفاوت معنی‌داری در مقادیر آن ایجاد شده است.

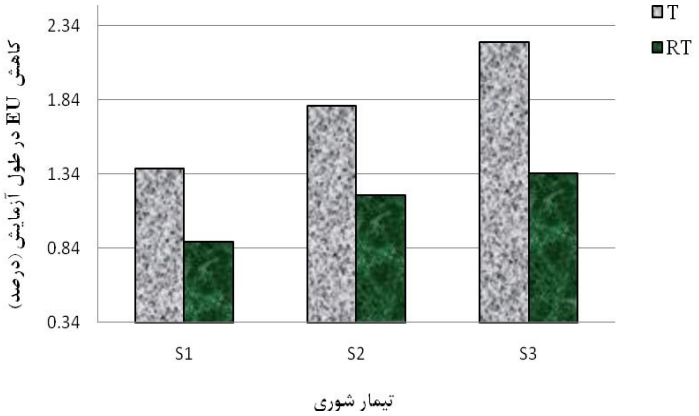
مصطفی‌زاده و معیدی‌نیا (4) تأثیر ترکیبات شیمیایی مختلف آب آبیاری بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها در آبیاری قطره‌ای را مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که با افزایش غلظت املاح آب آبیاری به خصوص یون‌های کلسیم، منیزیم و بی‌کربنات و pH آب آبیاری، میزان گرفتگی شیمیایی قطره‌چکان افزایش می‌یابد و گرفتگی قطره‌چکان‌ها بطور معنی‌داری آبدهی، یکنواختی پخش، یکنواختی پخش مطلق و ضریب یکنواختی کریستیانسن را کاهش می‌دهد.

گرفتگی قطره‌چکان‌ها باعث توزیع نامناسب آب در طول لوله فرعی شده و در نتیجه یکنواختی کاربرد آب و همچنین تولید محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد (2).

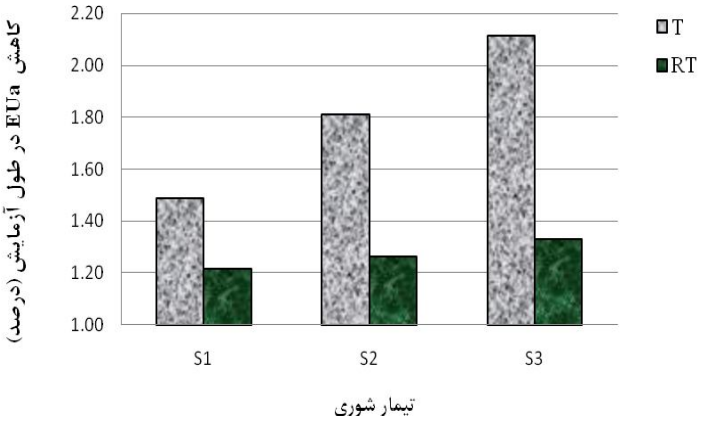
شکل 6 کاهش یکنواختی پخش قطره‌چکان‌ها در طول دوره آزمایش در تیمارهای مختلف آبیاری را نشان می‌دهد. بر اساس این شکل، با افزایش شوری آب آبیاری، یکنواختی پخش قطره‌چکان‌ها در تیمار T بیشتر از تیمار RT کاهش می‌یابد.

یکنواختی پخش مطلق قطره‌چکان‌ها (EU_a)

نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول 2 نشان می‌دهد که اثر نوع آب آبیاری بر یکنواختی پخش مطلق قطره‌چکان‌ها دارای اختلاف معنی‌داری در سطح 5 درصد است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که اثر شوری آب آبیاری و زمان بر یکنواختی پخش مطلق قطره‌چکان‌ها دارای اختلاف معنی‌داری در سطح 1 درصد می‌باشد. بر اساس نتایج این جدول، اثر متقابل نوع آب آبیاری و شوری بر یکنواختی پخش مطلق قطره‌چکان‌ها دارای اختلاف معنی‌داری در سطح 5 درصد می‌باشد و اثر متقابل نوع آب آبیاری و زمان بر یکنواختی پخش مطلق قطره‌چکان‌ها دارای اختلاف معنی‌داری در سطح 1 درصد می‌باشد.



شکل 6 - کاهش یکنواختی پخش قطره‌چکان‌ها در تیمارهای مختلف آبیاری



شکل 7- کاهش یکنواختی پخش مطلق قطره‌چکان‌ها در تیمارهای مختلف آبیاری

نتایج ارائه‌شده در جدول 3 نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین یکنواختی پخش مطلق قطره‌چکان‌ها در دو تیمار T و RT وجود دارد بطوریکه مقادیر یکنواختی پخش مطلق قطره‌چکان‌ها در تیمار RT بیشتر از تیمار T است. بر اساس نتایج ارائه‌شده در این جدول، با افزایش شوری آب آبیاری و همچنین با گذشت زمان، یکنواختی پخش مطلق قطره‌چکان‌ها کاهش یافته و تفاوت معنی‌داری در مقادیر آن ایجاد شده است.

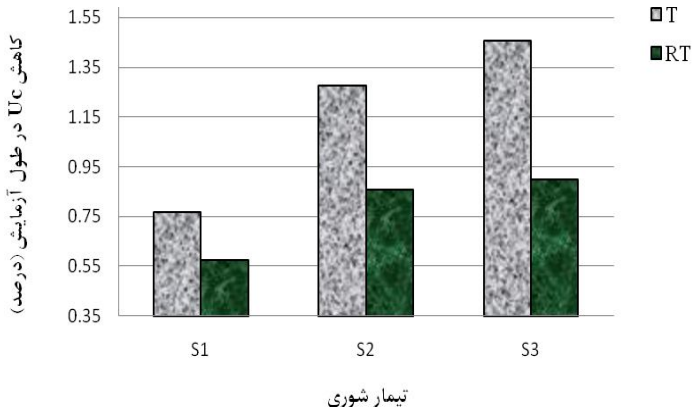
شکل 7 کاهش یکنواختی پخش مطلق قطره‌چکان‌ها در طول دوره آزمایش در تیمارهای مختلف آبیاری را نشان می‌دهد. بر اساس این شکل، با افزایش شوری آب آبیاری، یکنواختی پخش مطلق قطره‌چکان‌ها در تیمار T بیشتر از تیمار RT کاهش می‌یابد.

ضریب یکنواختی کریستیانسن قطره‌چکان‌ها (U_c)

نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول 2 نشان می‌دهد که اثر نوع آب آبیاری، شوری و زمان بر ضریب یکنواختی کریستیانسن قطره‌چکان‌ها دارای اختلاف معنی‌داری در سطح 1 درصد است. بر اساس نتایج این جدول، اثر متقابل نوع آب آبیاری و زمان و همچنین اثر متقابل شوری و زمان بر ضریب یکنواختی کریستیانسن قطره‌چکان‌ها دارای اختلاف معنی‌داری در سطح 1 درصد می‌باشد.

نتایج ارائه‌شده در جدول 3 نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین ضریب یکنواختی کریستیانسن قطره‌چکان‌ها در دو تیمار T و RT وجود دارد بطوریکه مقادیر ضریب یکنواختی کریستیانسن قطره‌چکان‌ها در تیمار RT بیشتر از تیمار T است. بر اساس نتایج ارائه‌شده در این جدول، با افزایش شوری آب آبیاری و همچنین با گذشت زمان، ضریب یکنواختی کریستیانسن قطره‌چکان‌ها کاهش یافته و تفاوت معنی‌داری در مقادیر آن ایجاد شده است.

شکل 8 کاهش ضریب یکنواختی کریستیانسن قطره‌چکان‌ها در طول دوره آزمایش در تیمارهای مختلف آبیاری را نشان می‌دهد. بر اساس این شکل، با افزایش شوری آب آبیاری، ضریب یکنواختی کریستیانسن قطره‌چکان‌ها در تیمار T بیشتر از تیمار RT کاهش می‌یابد.



شکل 8- کاهش ضریب یکنواختی کریستیانسن قطره‌چکان‌ها در تیمارهای مختلف آبیاری

یکنواختی آماری آبدهی قطره‌چکان‌ها (U_s)

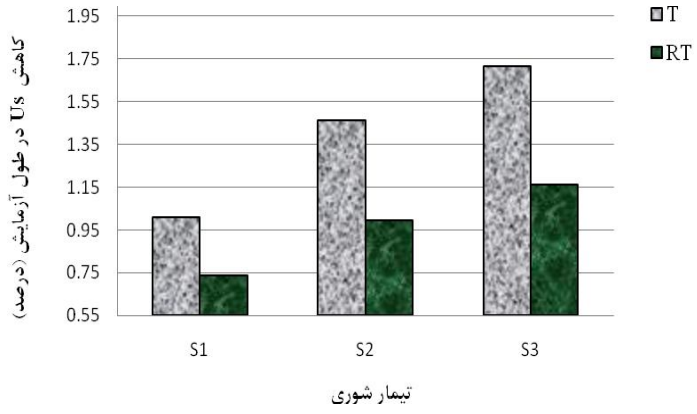
نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول 2 نشان می‌دهد که اثر نوع آب آبیاری، شوری و زمان بر یکنواختی آماری آبدهی قطره‌چکان‌ها دارای اختلاف معنی‌داری در سطح 1 درصد است. بر اساس نتایج این جدول، اثر متقابل نوع آب آبیاری و شوری آب آبیاری، نوع آب آبیاری و زمان و همچنین شوری آب آبیاری و زمان بر یکنواختی آماری آبدهی قطره‌چکان‌ها دارای اختلاف معنی‌داری در سطح 1 درصد می‌باشد.

نتایج ارائه‌شده در جدول 3 نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین یکنواختی آماری آبدهی قطره‌چکان‌ها در دو تیمار T و RT وجود دارد بطوریکه مقادیر یکنواختی آماری آبدهی قطره‌چکان‌ها در تیمار RT بیشتر از تیمار T است. بر اساس نتایج ارائه‌شده در این جدول، با افزایش شوری آب آبیاری و همچنین با گذشت زمان، یکنواختی آماری آبدهی قطره‌چکان‌ها کاهش یافته و تفاوت معنی‌داری در مقادیر آن ایجاد شده است.

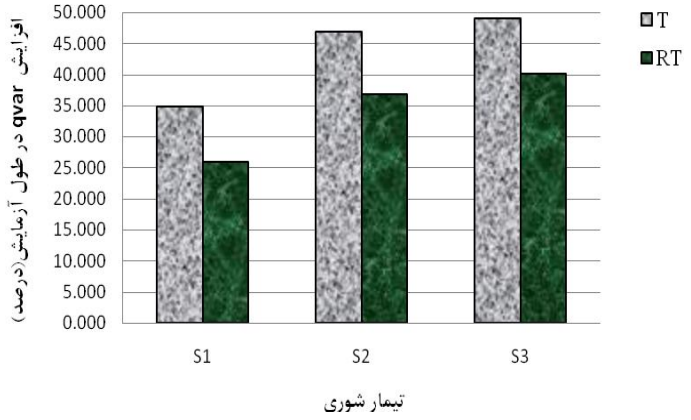
شکل 9 کاهش یکنواختی آماری آبدهی قطره‌چکان‌ها در طول دوره آزمایش در تیمارهای مختلف آبیاری را نشان می‌دهد. بر اساس این شکل، با افزایش شوری آب آبیاری، یکنواختی آماری آبدهی قطره‌چکان‌ها در تیمار T بیشتر از تیمار RT کاهش می‌یابد.

تغییرات آبدهی قطره‌چکان‌ها (q_{var})

نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول 2 نشان می‌دهد که اثر نوع آب آبیاری و اثر زمان بر تغییرات آبدهی قطره‌چکان‌ها دارای اختلاف معنی‌داری در سطح 1 درصد است. همچنین اثر شوری بر تغییرات آبدهی قطره‌چکان‌ها ا دارای اختلاف معنی‌داری در سطح 5 درصد است. نتایج همچنین نشان می‌دهند که اثر متقابل نوع آب آبیاری و زمان و همچنین اثر متقابل شوری و زمان بر تغییرات آبدهی قطره‌چکان‌ها دارای اختلاف معنی‌داری در سطح 5 درصد می‌باشد.



شکل 9- کاهش یکنواختی آماری آبدهی قطره‌چکان‌ها در تیمارهای مختلف آبیاری



شکل 10- درصد افزایش تغییرات آبدهی قطره‌چکان‌ها در تیمارهای مختلف آبیاری

نتایج ارائه‌شده در جدول 3 نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین تغییرات آبدهی قطره‌چکان‌ها در دو تیمار T و RT وجود دارد بطوریکه مقادیر تغییرات آبدهی قطره‌چکان‌ها در تیمار RT کمتر از تیمار T است. بر اساس نتایج ارائه‌شده در این جدول، با افزایش شوری آب آبیاری و همچنین با گذشت زمان، تغییرات آبدهی قطره‌چکان‌ها افزایش یافته و تفاوت معنی‌داری در مقادیر آن ایجاد شده است.

شکل 10 درصد افزایش تغییرات آبدهی قطره‌چکان‌ها در طول دوره آزمایش در تیمارهای مختلف آبیاری را نشان می‌دهد. بر اساس این شکل، با افزایش شوری آب آبیاری، تغییرات آبدهی قطره‌چکان‌ها در تیمار T بیشتر از تیمار RT افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

نتایج کلی بدست آمده از این تحقیق را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد:

1- تیمار آب آبیاری (با استفاده از رینگ و بدون استفاده از رینگ)، شوری آب آبیاری و زمان اندازه‌گیری، تأثیر معنی‌داری بر تمامی پارامترهای اندازه‌گیری‌شده مربوط به ارزیابی سیستم آبیاری قطره‌ای شامل متوسط آبدهی، ضریب تغییرات آبدهی، ضریب یکنواختی، ضریب یکنواختی مطلق، ضریب یکنواختی کریستیانسن، یکنواختی آماری آبدهی و تغییرات آبدهی قطره‌چکان‌ها داشت.

2- مقادیر متوسط آبدهی، ضریب یکنواختی، ضریب یکنواختی مطلق، ضریب یکنواختی کریستیانسن و یکنواختی آماری آبدهی قطره‌چکان‌ها در تیمارهای آبیاری‌شده با رینگ بیشتر از تیمارهای آبیاری‌شده بدون رینگ بود. مقادیر این پارامترها با گذشت زمان در هر دو تیمار آب آبیاری، کاهش یافت. کاهش مقدار این پارامترها در تیمارهای آبیاری‌شده بدون استفاده از رینگ، بیشتر از تیمارهای آبیاری‌شده با رینگ بود.

3- مقادیر ضریب تغییرات آبدهی و تغییرات آبدهی قطره‌چکان‌ها در تیمارهای آبیاری‌شده با رینگ کمتر از تیمارهای آبیاری‌شده بدون رینگ بود. مقادیر این پارامترها با گذشت زمان در هر دو تیمار آب آبیاری، افزایش یافت. افزایش مقدار این پارامترها در تیمارهای آبیاری‌شده بدون استفاده از رینگ، بیشتر از تیمارهای آبیاری‌شده با رینگ بود.

4- بر اساس نتایج بدست آمده از این تحقیق، استفاده از رینگ مِروس در سیستم آبیاری قطره‌ای موجب کاهش گرفتگی قطره چکان‌ها و بهبود عملکرد سیستم آبیاری قطره‌ای می‌شود.

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت دانشگاه صنعتی اصفهان و نمایندگی شرکت مروس آلمان در ایران انجام یافته است که بدینوسیله سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

1- عبدالصالحی ا.، و بان‌نژاد ح. 1387. استفاده از میدان مغناطیسی با هدف جلوگیری از گرفتگی قطره‌چکان‌ها در سیستم آبیاری تحت فشار به منظور ارتقاء بهره‌وری و مدیریت تخصیص بهینه آب. دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز.

2- علیزاده ا. 1380. اصول و عملیات آبیاری قطره‌ای. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع). مشهد.

3- کیانی ع. 1386. آب مغناطیسی پدیده‌ای نو در ارتقاء بهره‌وری آب. ماهنامه علمی تخصصی کشاورزی زیتون. شماره 183.

4- مصطفی زاده فرد ب.، و معیدی نیا ع. ح. 1379. تأثیر ترکیبات شیمیایی مختلف آب آبیاری بر گرفتگی قطره چکانها در آبیاری قطـره ای. مجلـه علوم کشاورزی ایران. شماره 31.

5- Ahmadaali Kh., Liaghat A. and Dehghanisanij H. 2009. The effect of acidification and magnetic field on emitter clogging under saline water application, Agricutural Science, 1:132-141.

6- Dehghanisanij H. and Riyahi H. 2004. Study on emitter clogging by usage in different salinity, Agricultural Engineering Research Institute (AERI) of Iran, Research Report, No. 379.

7- http://www.Merusiran.com.

8- Keller J. and Karmeli D. 1974. Trickle irrigation design parameters, Trans. ASAE, 17: 678-684.

9- Liu H. and Huang G. 2008. Laboratory experiment on drip emitter clogging with fresh water and treated sewage effluent, Agricultural Water Management, 96:745-756.

10- Mostafazadeh-Fard B., Khoshravesh M., Mousavi S.F. and Kiani A.R. 2011. Effects of Magnetized Water and Irrigation Water Salinity on Soil Moisture Distribution in Trickle Irrigation, Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 137: 398-402.

11- Nakayama F.S. and Bucks D.A. 1991. Water quality in drip/trickle irrigation: a review, Irrigation Science, 12:187-192.

12- Sahin U., Anapali O., Donmez M.F. and Sahin F. 2005. Biological treatment of clogged emitters in a drip irrigation system, Environmental Management, 76: 338–341.

Journal of Water and Soil
Vol. 28, No. 4, Sept.-Oct. 2014, p. 717-728

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 28، شماره 4، مهر – آبان 1393، ص. 728-717

Merus Ring, a New Approach for Reducing Sediment in Drip Irrigation System

Kh. Barati[1]*- B. Mostafazadeh-Fard[2]- A. A. Sheikhbahaei[3]

Received:21-10-2013
Accepted:23-06-2014

Abstract

The main problem with trickle irrigation is the emitter's clogging. Using Merus ring is a new method for reducing sedimentation. The effect of Merus ring is based on molecular oscillations of salts in water and the performance of this device is not based on magnetic field. This study was performed in a field located at Isfahan University of Technology to investigate the effect of Merus ring on emitter's clogging. Two main treatments of irrigation water, one with Merus ring and another without Merus ring, and three sub-treatments of irrigation water salts were used. The experiment was run for three months and each treatment was irrigated for three hours every day. The results showed that the irrigation water treatment (irrigation with Merus ring and without Merus ring) had significant effect on average emitter's discharge (q_{av}) at 1% level and on distribution uniformity of emitters (EU) at 5% level. The average emitter's discharge and distribution uniformity of emitters were higher for the treatment of with Merus ring as compared to the treatment of without Merus ring. For both irrigation water treatments, q_{av} and EU decreased with time during the experiment, but the decrease was higher for the treatment of without using Merus ring. The results showed that the use of Merus ring causes lower emitter clogging and better irrigation performance.

Keywords: Irrigation water salts, Emitter's clogging, Molecular oscillations, Distribution uniformity of emitters

1,2- PhD Student and Professor of Water Engineering Department, Isfahan University of Technology, Isfahan
(*- Corresponding Author Email: kh_barati@yahoo.com)
3-Technical Manager of Merus Iran Company, Isfahan