

## تاثیر میدان مغناطیسی و سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر دبی قطره‌چکان‌ها

علی قدمی فیروزآبادی<sup>۱</sup>، مسعود پورغلام<sup>۲</sup>، مجتبی خوش روش<sup>۳</sup>

تاریخ ارسال: ۱۳۹۶/۰۱۱/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۰۴

### چکیده

یکی از مشکلاتی که در آبیاری قطره‌ای در هنگام استفاده از آب‌های شور وجود دارد، گرفتگی قطره‌چکان‌ها می‌باشد. این پژوهش با هدف بررسی گرفتگی قطره‌چکان‌ها تحت تاثیر آب مغناطیسی در شرایط سطوح مختلف شوری آب انجام شد. در این تحقیق دو تیمار آب مغناطیسی و آب غیر مغناطیسی به‌عنوان عامل اصلی و سه سطح شوری شامل آب با شوری ۰/۵۷، آب با شوری ۵ و آب با شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و سه فاصله شامل ابتدای لترال، وسط لترال و انتهای لترال به‌عنوان عامل فرعی بکار گرفته شد. طرح آزمایشی به‌صورت کرت دو بار خرد شده در قالب بلوک کامل تصادفی و با سه تکرار در شهرستان بابلسر در سال ۱۳۹۵ انجام شد. برای ارزیابی گرفتگی قطره‌چکان‌ها، تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها و آنالیز شیمیایی تیمارهای مختلف آب آبیاری برآورد و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که اثر آب مغناطیسی بر دبی متوسط قطره‌چکان‌ها و ضریب یکنواختی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. در انتهای فصل آبیاری، دبی متوسط قطره‌چکان‌های مربوط به تیمار آب مغناطیسی، ۷/۳ درصد بیشتر از آب غیر مغناطیسی بود. همچنین ضریب یکنواختی برای تیمار آب مغناطیسی، ۷/۹ درصد بیشتر از آب غیر مغناطیسی بود. مقدار متوسط آبدهی قطره‌چکان‌ها برای آب شور ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر از ۴/۰۲ لیتر بر ساعت در ابتدای دوره آبیاری به ۳/۶۹ لیتر بر ساعت در انتهای دوره آبیاری رسید ولی برای شرایط آبیاری مغناطیسی از ۴/۰۵ لیتر بر ساعت در ابتدای دوره آبیاری به ۳/۸۵ لیتر بر ساعت در انتهای دوره آبیاری رسید. طبق نتایج این پژوهش آب مغناطیسی برای کاهش گرفتگی قطره‌چکان‌ها و افزایش یکنواختی آب در مزرعه، جهت استفاده در بخش کشاورزی قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آب مغناطیسی، ضریب یکنواختی، کیفیت آب

<sup>۱</sup>- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران، ۰۹۱۸۸۱۴۷۱۹۴، aghadami@gmail.com (نویسنده مسئول)

<sup>۲</sup>- کارشناس مهندسی آب، دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران، ۰۹۳۹۰۲۳۶۴۲۳، mpourgholam6@ut.ac.ir

<sup>۳</sup>- استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران، ۰۹۱۱۳۵۲۱۶۵۴، khoshrovesh\_m24@yahoo.com

## مقدمه

یکی از روش‌های آبیاری که در آن می‌توان با صرف کمترین آب و بیشترین کنترل، به‌خصوص برای گیاهان ردیفی و درختان، صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در مصرف آب و دیگر هزینه‌ها به وجود آورد، روش آبیاری قطره‌ای است. آبیاری قطره‌ای از جمله روش‌هایی است که در سال‌های اخیر جایگاه ویژه‌ای در کشاورزی پیدا کرده است. این روش از نظر نحوه توزیع آب با راندمان بالا، یک راه حل مناسب جهت استفاده بهینه از منابع آب می‌باشد. حساس‌ترین بخش در آبیاری قطره‌ای، کارایی قطره‌چکان‌ها از نظر یکنواختی پخش آب، دوام و طول عمر و مقاومت آن در مقابل گرفتگی توسط عوامل مختلف می‌باشد (علیزاده، ۱۳۸۹). گرفتگی قطره‌چکان‌ها باعث کاهش دبی آب، توزیع غیریکنواخت آب و عدم دریافت آب کافی توسط گیاه می‌شوند. گرفتگی ممکن است بر اثر عوامل شیمیایی، فیزیکی و یا بیولوژیکی اتفاق بیفتد. بررسی خصوصیات کیفی آب بستگی به مورد مصرف آن دارد. زمانی که آب به‌منظور آبیاری مصرف می‌شود دو خصوصیت عمده آن، یعنی مجموع غلظت املاح و ترکیبات یونی ویژه، اهمیت زیادی پیدا می‌کند (علیزاده، ۱۳۹۲).

املاح موجود در آب آبیاری باعث گرفتگی قطره‌چکان‌ها خواهد شد. گرفتگی شیمیایی به‌واسطه رسوب مواد جامد محلول رخ می‌دهد. در بیشتر موارد، گرفتگی قطره‌چکان‌ها به واسطه رسوب کربنات کلسیم موجود در آب‌هایی که از کلسیم و کربنات غنی می‌باشند، رخ می‌دهد (کاپرا و سیکلون ۲۰۰۴). گرفتگی بیولوژیک به‌واسطه رشد جلبک‌ها و رسوب لجن‌های آهن و سولفور بروز می‌کند. تزریق شیمیایی ممکن است برای حل کردن رسوب‌های شیمیایی قابل حل و جلوگیری از رشد جلبک‌ها و ته‌نشینی لجن‌ها مؤثر باشد. انواع گرفتگی قطره‌چکان‌ها با تغییر دادن منبع آب آبیاری تغییر می‌کند. هریک از منابع آب سطحی و زیرزمینی خطر گرفتگی مخصوص به‌خود را دارد (Benham and Ross, 2002). طبق آزمایش‌های صورت گرفته، در ۶۰ درصد از موارد، پیش‌بینی پتانسیل

گرفتگی قطره‌چکان‌ها مربوط به عوامل شیمیایی و در سایر موارد مربوط به تأثیر توأم عوامل سه‌گانه (عوامل فیزیکی-شیمیایی-بیولوژیکی) می‌شد (زمانیان و فتاحی، ۱۳۹۳).

کیانی و همکاران (۱۳۹۴) به این نتیجه دست یافتند که با افزایش شوری آب آبیاری، پتانسیل رسوب کربنات کلسیم افزایش یافته و باعث افزایش میزان گرفتگی قطره‌چکان‌ها و کاهش بیشتر دبی متوسط قطره‌چکان‌ها می‌شود. Puig-Bargués et al. (2010) اثر برنامه‌های متفاوت شستشوی لاترال‌های آبیاری را بر کاهش گرفتگی قطره‌چکان‌ها مورد بررسی قرار دادند. نتایج ارایه شده بیانگر تأثیر شستشوی لاترال‌های آبیاری بر کاهش گرفتگی قطره‌چکان تحت تأثیر مدیریت‌های مختلف شستشو و نوع قطره‌چکان متفاوت بود و به‌طور متوسط بر اساس شستشوی لاترال‌های آبیاری ۳/۷ درصد گرفتگی قطره‌چکان‌های مسدود شده کاهش یافت. Zamanian et al. (2013) نشان دادند که پیش‌بینی خطر گرفتگی قطره‌چکان‌ها با استفاده از شاخص‌های رایج متکی بر خصوصیات کیفی آب در تمامی سامانه‌ها با آنچه در واقعیت اتفاق افتاده با عدم قطعیت بالایی همراه بود. همچنین گزارش کردند که ۶۰ درصد از موارد پیش‌بینی پتانسیل گرفتگی قطره‌چکان‌ها، مربوط به عوامل شیمیایی و سایر موارد مربوط به تأثیر توأم عوامل سه‌گانه فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی است.

یکی از روش‌های جدید پیشنهادی برای تعدیل گرفتگی قطره‌چکان‌ها و کاهش رسوب‌گذاری در لوله‌های آبیاری، استفاده از فناوری آب مغناطیسی است. آب مغناطیسی با عبور آب از میان یک آهنربای دائمی (مغناطیس پایدار) قوی مستقر روی خط لوله بوجود می‌آید. اثر مغناطیس روی آب به‌طور اتفاقی توسط دانشمندان روسی مشاهده شد (Saliha, 2005). 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.

سختی ۵۰ درصد بود درحالی که در زمان ۱۰ دقیقه با میدان مغناطیسی ۱۰ میلی تسلا میزان حذف سختی به ۱۰۰ درصد افزایش یافت. قدمی فیروزآبادی و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند که وقتی آب از میان میدان مغناطیسی عبور می کند، موجب تغییر در آرایش بلورین کربنات کلسیم شده و ماهیت آن از حالت کلسیت چسبنده به آراگونیت که قدرت چسبندگی ندارد، تبدیل می شود. اصطلاحاً آب از حالت یونی خارج شده و به صورت ذرات معلق میکرونی در می آید. تحقیقات Kronenberg (1985) نشان داد که میدان مغناطیسی موجب تشکیل ذرات کربنات کلسیم به شکل صفحات دیسکی شکل مجزا می شود. در حالی که بدون حضور میدان مغناطیسی، ذرات تشکیل شده به صورت بلورهای منشوری شکل چسبیده به یکدیگر هستند.

عبدالصالحی و بانژاد (۱۳۸۷) تأثیر آب مغناطیسی را بر جلوگیری از گرفتگی قطره چکان ها بررسی کردند. نتایج مطالعه آن ها نشان داد که میدان مغناطیسی و تغییر شدت میدان مغناطیسی، اثر معنی داری بر کاهش سختی آب و گرفتگی قطره چکان ها دارد. عرب (۱۳۸۸) نشان داد که آبیاری با آب مغناطیسی، گرفتگی قطره چکان ها را کاهش و یکنواختی پخش آب را افزایش می دهد. به طوری که متوسط دبی قطره چکان ها در انتهای دوره آزمایش در تیمار آب مغناطیسی بیشتر از آب غیر مغناطیسی بود.

با وجود مطالعات متعدد آب مغناطیسی، تاکنون پژوهش های اندکی در مورد تأثیر آب مغناطیسی با شوری های مختلف برای ارزیابی سیستم آبیاری قطره ای، صورت گرفته است. به طور کلی هدف این پژوهش، اثر آب مغناطیسی و شوری های مختلف آب آبیاری بر تغییرات دبی قطره چکان ها و ضریب یکنواختی آن ها در آبیاری قطره ای بود.

#### مواد و روش ها

این پژوهش در مزرعه آزمایشی روستای آرمیچ کلای شهرستان بابلسر در سال ۱۳۹۵ انجام شد. شیب

در صورتی که یک جسم دارای قدرت مغناطیسی با یکی از قطب هایش، مثلاً قطب مثبت به آب نزدیک شود، مولکول های آب با قطب منفی به منبع مغناطیس نزدیکتر و مولکول های آب با قطب مثبت از آن دورتر می شوند. این روند باعث می شود تا مولکول های آب از حالت بی نظمی به صورت مرتب در آمده و نوع پیوند اکسیژن-هیدروژن از حالت مثلثی به شکل یک خط تغییر کند. در نتیجه بار الکتریکی مولکول های آب در این شرایط نسبت به آب معمولی متفاوت خواهد بود و ضمن تشکیل مولکول های کوچکتر از آب، باعث افزایش تعداد مولکول های آب در واحد حجم و همچنین افزایش قدرت حلالیت آب می شود (Saliha, 2005).

به منظور تشخیص تأثیر میدان مغناطیسی بر روی ساختمان میکروسکوپی و خصوصیات ماکروسکوپی آب، تغییرات آن در اثر اشعه مادون قرمز، ماورا بنفش و اشعه ایکس در مقایسه با آب خالص بررسی شد. نتایج نشان داد که میدان مغناطیسی زاویه تماس آب را کاهش و درجه شناوری مواد جامد را افزایش می دهد (Pang and Deng, 2008). Higashitani et al. (1993) اثر میدان مغناطیسی بر مراحل ته نشینی کربنات کلسیم و سولفات کلسیم را به طور گسترده بررسی کردند. علت آن مسئله، تشکیل رسوب با شدت زیاد می باشد. آن ها دریافتند که اگر آب تحت تأثیر میدان مغناطیسی قرار گیرد، تشکیل آراگونیت افزایش می یابد که چسبندگی آن کمتر از کلسیت است. جعفری جهقی و همکاران (۱۳۹۴) طی آزمایشی سختی با غلظت های ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر در آب را تهیه کردند و هر یک از غلظت های ساخته شده را تحت تاثیر میدان مغناطیسی با شدت های مختلف در دو زمان ۵ و ۱۰ دقیقه قرار دادند. برای این کار از میدان های مغناطیسی با شدت های میدان مختلف ۴، ۶، ۸، ۱۰ و ۲۰ میلی تسلا در زمان ۵ دقیقه و بار دیگر با شدت های میدان ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۷۰، ۱۰۰ میلی تسلا در زمان ۱۰ دقیقه استفاده کردند. آن ها نشان دادند هنگامی که در زمان ۵ دقیقه در سختی ۵۰ میلی گرم بر لیتر، از میدان مغناطیسی ۱۰ میلی تسلا استفاده شد میزان حذف

مخزن ۳۰۰۰ لیتری حل شده و با شوری سنج، کنترل می‌شدند. برای انتقال آب از مخزن به لوله‌ها از موتور پمپ روبین استفاده شد. یکنواختی فشار در سطح سیستم به وسیله فشارسنج نصب شده در ابتدای سیستم کنترل شد. فشار کارکرد سیستم با توجه به فشار کارکرد قطره‌چکان‌ها، در کل دوره آزمایش در حد یکبار (۱۰ متر آب) ثابت باقی ماند. جهت آبیاری، در هر بار یکی از تیمارهای شوری آبیاری شد یعنی پس از ۴ ساعت آبیاری، مخزن شستشو داده شده و تیمار شوری بعدی اعمال شد. شکل ۱ شماتیک طرح آزمایشی در مزرعه مورد مطالعه را نشان می‌دهد

طولی مزرعه ۰/۱ درصد و بدون شیب عرضی بود. تیمارهای آزمایش شامل آب آبیاری (آب مغناطیسی (I1) و آب غیرمغناطیسی (I2) به عنوان عامل اصلی و شوری آب آبیاری شامل آب چاه (S1)، آب با شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر (S2) و آب با شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر (S3) و سه فاصله ابتدای لترال (L1)، وسط لترال (L2) و انتهای لترال (L3) به عنوان عامل فرعی بودند. طرح آزمایشی به صورت کرت دو بار خرد شده در قالب بلوک کامل تصادفی و با سه تکرار انجام شد. طول دوره آزمایش، سه ماه و دور آبیاری هفت روز بود. تیمارهای کیفیت آب با استفاده از نسبت‌های مساوی از نمک طعام و کربنات کلسیم در داخل یک

R <sub>1</sub>	I <sub>1</sub>									I <sub>2</sub>								
	S <sub>1</sub>			S <sub>3</sub>			S <sub>2</sub>			S <sub>2</sub>			S <sub>1</sub>			S <sub>3</sub>		
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>
R <sub>2</sub>	I <sub>2</sub>									I <sub>1</sub>								
	S <sub>2</sub>			S <sub>3</sub>			S <sub>1</sub>			S <sub>1</sub>			S <sub>3</sub>			S <sub>2</sub>		
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>
R <sub>3</sub>	I <sub>2</sub>									I <sub>1</sub>								
	S <sub>1</sub>			S <sub>2</sub>			S <sub>3</sub>			S <sub>1</sub>			S <sub>3</sub>			S <sub>2</sub>		
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>

شکل (۱): شماتیک طرح آزمایشی در مزرعه مورد مطالعه

کنترل قطع و وصل جریان نصب شده بود. تعداد ۳۰ عدد قطره‌چکان روی هر لوله فرعی به فاصله یک متر از یکدیگر نصب شده بود. قطره‌چکان‌های مورد استفاده به نام Typhoon و ساخت شرکت نتافیم بودند. جدول ۱ خصوصیات شیمیایی تیمارهای آب آبیاری را قبل از اعمال میدان مغناطیسی نشان می‌دهد

سیستم مورد استفاده دارای دو زیر واحد و هر زیر واحد شامل ۹ عدد لوله فرعی به طول ۳۰ متر که فاصله آن‌ها از یکدیگر برابر یک متر بود (حافظه مغناطیسی یعنی مدت زمانی که اثر میدان مغناطیسی در آب حفظ می‌شود تا ۷۲ ساعت می‌باشد و به طول لوله بستگی ندارد). در ابتدای هر زیر واحد، یک عدد شیر برای

جدول (۱): خصوصیات شیمیایی تیمارهای آب (قبل از اعمال میدان مغناطیسی)

SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	اسیدیته (دسی‌زیمنس بر متر)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)
(meq.L <sup>-1</sup> )							
۲/۴۴	۲/۳۲	۱/۹۳	۲/۱۱	۲/۹۲	۱/۶۲	۷/۲	۰/۵۷
۴/۹۷	۴/۹۲	۳۹/۱۱	۶/۲۹	۴/۲۱	۳۸/۹۰	۷/۳	۵
۷/۰۸	۷/۱۶	۷۹/۱۰	۸/۱۰	۶/۷۳	۷۸/۵۱	۷/۴۵	۱۰

برای ایجاد میدان مغناطیسی، مگنت‌هایی به دور لوله و در خروجی منبع آب نصب شدند (شکل ۲). مگنت‌های مورد استفاده، مغناطیس‌هایی از جنس سرامیک دائم و شدت میدان مغناطیسی برابر ۰/۳ تسلا بودند.



شکل (۲): دستگاه مغناطیس نصب شده بر روی لوله

که UC ضریب یکنواختی کریستیانسن بر حسب درصد، n تعداد مشاهدات، q<sub>i</sub> دبی هر قطره‌چکان و q<sub>a</sub> متوسط دبی قطره‌چکان‌ها بر حسب لیتر بر ساعت می‌باشد. تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها (q<sub>var</sub>):

$$q_{var} = \frac{q_{max} - q_{min}}{q_{max}} \quad (2)$$

که q<sub>var</sub> تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها، q<sub>max</sub> و q<sub>min</sub> به ترتیب حداکثر و حداقل دبی قطره‌چکان‌ها (بر حسب لیتر بر ساعت) می‌باشد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها برای هر صفت به کمک آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

کیفیت شیمیایی آب در هر تیمار شامل EC، pH، کاتیون‌ها و آنیون‌ها در مراحل مختلف آبیاری (۱۲ بار در طول سه ماه آزمایش) به منظور بررسی تغییرات احتمالی اندازه‌گیری شد. در هر آزمایش مقدار دبی خروجی از قطره‌چکان‌ها با روش حجمی (تقسیم حجم آب جمع شده در ظرف زیر قطره‌چکان به مدت زمانی اندازه‌گیری دبی) در سه نقطه از طول مسیر لوله فرعی (ابتدا، وسط و انتهای لترال) به منظور بررسی تغییرات احتمالی در مقدار آبدهی قطره‌چکان‌ها اندازه‌گیری شد. برای ارزیابی سیستم با استفاده از اندازه‌گیری‌های مورد نیاز، ضریب یکنواختی (UC) و تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها (q<sub>var</sub>) در تیمارهای مختلف بر اساس رابطه‌های ۱ و ۲ برآورد شد (علیزاده، ۱۳۸۹).

$$U_c = 100 \left[ 1 - \left( \frac{1}{nq_a} \right) \sum_{i=1}^n |q_i - q_a| \right] \quad (1)$$

## نتایج و بحث

بین تیمارهای مختلف شوری آب آبیاری نیز اختلاف معنی داری در مقدار املاح خروجی از قطره چکانها مشاهده شد. با رسیدن به انتهای دوره آزمایش، گرفتگی قطره چکانها بیشتر شده و موجب شده که مقدار املاح آب خروجی از قطره چکانها در انتهای فصل کمتر از ابتدای فصل شود و در نتیجه هدایت الکتریکی آن کاهش یافت و دارای اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد بین زمانهای مختلف اندازه گیری بوده است. بین مقدار املاح آب خروجی از قطره چکانها در فاصله های مختلف از ابتدای لاترال، اختلاف معنی داری وجود نداشت. Aali et al. (2009) نشان دادند که بین مقدار هدایت الکتریکی آب خروجی قطره چکانها و همچنین دبی آنها در ابتدا و انتهای لاترال در سال اول آزمایش، اختلاف معنی داری وجود نداشت ولی با تکرار آزمایش برای یک دوره دیگر، اختلاف معنی داری به وجود آمد. آنها نتیجه گرفتند که ته نشینی مواد معلق و چسبیدن به جداره لوله و قطره چکانها طی دوره های متوالی آبیاری، باعث ایجاد گرفتگی و در نتیجه افت در طول لاترال می شود

با توجه به نتایج تجزیه واریانس ارایه شده در جدول ۲، اثر آب آبیاری و شوری بر خصوصیات شیمیایی آب خروجی از قطره چکانها در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد ولی اثر فاصله از ابتدای لاترال بر خصوصیات شیمیایی آب معنی دار نشد. همچنین اثر متقابل تیمارهای مختلف بر خصوصیات شیمیایی آب خروجی از قطره چکانها معنی دار نشد.

جدول ۳، مقایسه میانگین خصوصیات شیمیایی آب خروجی از قطره چکانها را نشان می دهد. نتایج مقایسه میانگین ارایه شده در جدول ۳ نشان داد که مقدار هدایت الکتریکی و املاح آب خروجی از قطره چکانها در تیمار آب مغناطیسی بیشتر از آب غیر مغناطیسی شد و این اختلاف در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود. در واقع برای تیمار آب مغناطیسی، کاتیونها و آنیونها به صورت محلول در آمده و از قطره چکانها خارج شدند ولی برای تیمار آب غیرمغناطیسی بخشی از املاح به دیواره لوله و قطره چکانها چسبیده و در نتیجه به مرور زمان باعث گرفتگی قطره چکانها شدند.

جدول (۲): تجزیه واریانس تاثیر فاکتورهای مختلف بر خصوصیات شیمیایی آب خروجی از قطره چکانها

میانگین مربعات								درجه آزادی	منابع تغییر
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Ca <sup>+2</sup>	pH	EC		
۰/۰۵۵	۰/۰۶۸	۰/۰۷۵	۰/۰۶۷	۰/۰۴۸	۰/۰۵۹	۰/۰۱۵	۰/۰۴۵	۲	بلوک
۰/۰۸۹**	۰/۰۷۸**	۰/۰۹۱**	۰/۰۸۲**	۰/۰۷۹**	۰/۰۸۵**	۰/۰۲۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۶۵**	۱	آب آبیاری
۰/۲۷۰	۰/۱۵۴	۰/۲۱۴	۰/۳۱۵	۰/۲۷۸	۰/۱۰۹	۰/۰۱۲	۰/۰۰۵	۲	خطا
۳/۱۸۸**	۳/۲۳۱**	۹/۱۲۰**	۸/۱۵۴**	۲/۲۰۲**	۲/۱۰۸**	۲/۷۵۶*	۲/۳۲۵**	۲	شوری
۰/۳۱۹	۰/۲۱۴	۰/۱۰۳	۰/۰۶۵	۰/۱۷۹	۰/۳۰۲	۰/۱۰۱	۰/۰۱۶	۴	خطا
۰/۰۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۴ <sup>ns</sup>	۲	آب آبیاری × شوری
۰/۰۰۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۲	۶	خطا
۰/۳۱۹ <sup>ns</sup>	۰/۲۱۸ <sup>ns</sup>	۰/۲۸۵ <sup>ns</sup>	۰/۲۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۱۵۸ <sup>ns</sup>	۰/۱۸۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۹ <sup>ns</sup>	۲	فاصله
۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۷	۰/۰۰۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۴	خطا
۰/۰۱۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۳۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۳۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۰ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۴ <sup>ns</sup>	۲	آب آبیاری × فاصله
۰/۰۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۱ <sup>ns</sup>	۴	شوری × فاصله
۰/۰۱۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۰ <sup>ns</sup>	۴	آب آبیاری × شوری × فاصله
۰/۰۰۵	۰/۰۰۷	۰/۰۱۱	۰/۰۱۰	۰/۰۰۶	۰/۰۰۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۱۲	خطا

\*\* معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد، \* معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد، <sup>ns</sup> غیر معنی دار

افزایش یافته و تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها کاهش یافت. بدون اعمال میدان مغناطیسی، مقدار دبی متوسط قطره‌چکان‌ها، ۷/۳ درصد کاهش و تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها به مقدار ۱۴۶/۶ درصد افزایش یافت. دلیل آن رسوب مواد شیمیایی در قطره‌چکان‌ها طی دوره آزمایش می‌باشد. عبدالصالحی و بانژاد (۱۳۸۷) نشان دادند که در شرایط آب معمولی، مقدار دبی متوسط قطره‌چکان‌ها ۹/۵ درصد کاهش یافت. Duran-Ras et al. (2009) به این نتیجه رسیدند که در انتهای دوره آزمایش، ضریب یکنواختی تحت تأثیر گرفتگی قطره‌چکان‌ها بوده و ۱۲/۶ درصد نسبت به ابتدای فصل کاهش یافت.

با توجه به نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول ۴، اثر آب آبیاری و شوری بر دبی متوسط قطره‌چکان‌ها، ضریب یکنواختی و تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد ولی اثر فاصله از ابتدای لترال بر این پارامترها معنی‌دار نشد. همچنین اثر متقابل تیمارهای مختلف بر دبی متوسط قطره‌چکان‌ها، ضریب یکنواختی و تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها معنی‌دار نشد. جدول ۵ نتایج مقایسه میانگین پارامترهای مختلف قطره‌چکان‌ها را نشان می‌دهد. نتیجه مقایسه میانگین نشان داد که مقدار دبی متوسط قطره‌چکان‌ها در تیمار آب مغناطیسی بیشتر از آب غیر مغناطیسی شد و این اختلاف در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. همچنین با مغناطیس شدن آب، ضریب یکنواختی

جدول (۳): مقایسه میانگین خصوصیات شیمیایی آب خروجی از قطره‌چکان‌ها

SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (meq.L <sup>-1</sup> )	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (meq.L <sup>-1</sup> )	Cl <sup>-</sup> (meq.L <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (meq.L <sup>-1</sup> )	Mg <sup>+2</sup> (meq.L <sup>-1</sup> )	Ca <sup>+2</sup> (meq.L <sup>-1</sup> )	pH	EC (dS/m)	تیمار آزمایشی
آب آبیاری								
۴/۱ <sup>b</sup>	۳/۴ <sup>b</sup>	۳۶/۱ <sup>b</sup>	۳۶/۰ <sup>b</sup>	۴/۲ <sup>b</sup>	۳/۴ <sup>b</sup>	۷/۳ <sup>a</sup>	۵/۰ <sup>b</sup>	غیر مغناطیسی
۵/۴ <sup>a</sup>	۴/۸ <sup>a</sup>	۳۹/۳ <sup>a</sup>	۳۹/۵ <sup>a</sup>	۵/۶ <sup>a</sup>	۴/۶ <sup>a</sup>	۷/۲ <sup>a</sup>	۵/۶ <sup>a</sup>	مغناطیسی
شوری								
۲/۳ <sup>c</sup>	۲/۳ <sup>c</sup>	۱/۷ <sup>c</sup>	۱/۴ <sup>c</sup>	۲/۰ <sup>c</sup>	۲/۶ <sup>c</sup>	۷/۱ <sup>a</sup>	۰/۵ <sup>c</sup>	آب چاه (تیمار شاهد)
۴/۸ <sup>b</sup>	۴/۴ <sup>b</sup>	۳۸/۵ <sup>b</sup>	۳۸/۳ <sup>b</sup>	۵/۹ <sup>b</sup>	۳/۹ <sup>b</sup>	۷/۳ <sup>a</sup>	۴/۹ <sup>b</sup>	۵ دسی‌زیمنس بر متر
۶/۹ <sup>a</sup>	۶/۵ <sup>a</sup>	۷۵/۳ <sup>a</sup>	۷۴/۹ <sup>a</sup>	۷/۵ <sup>a</sup>	۶/۵ <sup>a</sup>	۷/۳ <sup>b</sup>	۹/۹ <sup>a</sup>	۱۰ دسی‌زیمنس بر متر
فاصله از ابتدای لترال								
۴/۷ <sup>a</sup>	۴/۲ <sup>a</sup>	۳۸/۶ <sup>a</sup>	۳۸/۴ <sup>a</sup>	۴/۹ <sup>a</sup>	۴/۱ <sup>a</sup>	۷/۲ <sup>a</sup>	۵/۲ <sup>a</sup>	ابتدای لترال
۴/۷ <sup>a</sup>	۴/۲ <sup>a</sup>	۳۸/۵ <sup>a</sup>	۳۸/۴ <sup>a</sup>	۴/۹ <sup>a</sup>	۴/۱ <sup>a</sup>	۷/۲ <sup>a</sup>	۵/۲ <sup>a</sup>	وسط لترال
۴/۷ <sup>a</sup>	۴/۱ <sup>a</sup>	۳۸/۵ <sup>a</sup>	۳۸/۴ <sup>a</sup>	۴/۹ <sup>a</sup>	۴/۰ <sup>a</sup>	۷/۲ <sup>a</sup>	۵/۱ <sup>a</sup>	انتهای لترال
زمان نمونه‌برداری								
۴/۹ <sup>a</sup>	۴/۵ <sup>a</sup>	۳۹/۱ <sup>a</sup>	۳۸/۹ <sup>a</sup>	۵/۴ <sup>a</sup>	۴/۴ <sup>a</sup>	۷/۳ <sup>a</sup>	۵/۴ <sup>a</sup>	ابتدای فصل
۴/۶ <sup>b</sup>	۴/۱ <sup>b</sup>	۳۸/۶ <sup>b</sup>	۳۸/۴ <sup>a</sup>	۴/۷ <sup>b</sup>	۳/۹ <sup>a</sup>	۷/۳ <sup>a</sup>	۵/۳ <sup>a</sup>	وسط فصل
۴/۴ <sup>b</sup>	۳/۹ <sup>b</sup>	۳۷/۱ <sup>c</sup>	۳۷/۵ <sup>b</sup>	۴/۲ <sup>b</sup>	۳/۳ <sup>b</sup>	۷/۲ <sup>a</sup>	۵/۱ <sup>b</sup>	انتهای فصل

برای هر تیمار آزمایشی تفاوت هر دو میانگین با حداقل یک حرف مشترک معنی‌دار نمی‌باشد.

آزمایش، ضریب یکنواختی تحت تأثیر گرفتگی قطره‌چکان‌ها بوده و ۱۲/۶ درصد نسبت به ابتدای فصل کاهش یافت.

با افزایش شوری آب آبیاری، مقدار دبی متوسط قطره‌چکان‌ها و ضریب یکنواختی آن‌ها کاهش یافته ولی تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها افزایش یافت و این اختلاف

دلیل آن رسوب مواد شیمیایی در قطره‌چکان‌ها طی دوره آزمایش بود. عبدالصالحی و بانژاد (۱۳۸۷) نشان دادند که در شرایط آب معمولی، مقدار دبی متوسط قطره‌چکان‌ها ۹/۵ درصد کاهش یافت. Duran-Ras et al. (2009) به این نتیجه رسیدند که در انتهای دوره

یافتند و گزارش نمودند که با بدتر شدن کیفیت آب، گرفتگی قطره‌چکان‌ها افزایش و با بهبود کیفیت آن، کاهش می‌یابد.

با گذشت زمان و رسیدن به انتهای فصل، دبی متوسط قطره‌چکان‌ها و ضریب یکنواختی کاهش و ضریب تغییرات افزایش یافته بود. در انتهای فصل، مقدار دبی متوسط قطره‌چکان‌ها، ۸/۲۹ درصد نسبت به ابتدای فصل کاهش و ضریب یکنواختی قطره‌چکان‌ها به مقدار ۱۳/۰۵ درصد کاهش یافت. فاصله‌های مختلف اندازه‌گیری روی لاترال، اثر معنی‌داری بر دبی متوسط قطره‌چکان‌ها، ضریب یکنواختی و تغییرات دبی آن‌ها نداشت (جدول ۵).

در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. شوری آب آبیاری باعث گرفتگی قطره‌چکان‌ها شده و در نتیجه یکنواختی پخش بین قطره‌چکان‌ها کاهش یافته و به دلیل اختلاف دبی بین قطره‌چکان‌های مختلف، باعث افزایش درصد تغییرات دبی آن‌ها شد. با افزایش شوری آب آبیاری، مقدار دبی متوسط قطره‌چکان‌ها، ۸/۳ درصد کاهش و تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها به مقدار ۱۶۸/۸ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. با افزایش شوری آب آبیاری، پتانسیل رسوب کربنات کلسیم افزایش یافته و بر مقدار گرفتگی قطره‌چکان‌ها و در نهایت کاهش دبی متوسط قطره‌چکان‌ها افزوده شد. Ravina et al. (1992) نیز به نتیجه مشابهی دست

جدول (۴): تجزیه واریانس تاثیر فاکتورهای مختلف

میانگین مربعات	درجه			منابع تغییر
	q <sub>var</sub>	UC	q <sub>a</sub>	
۱۸/۳۹	۲۸/۴۵	۱۳/۶۷	۲	بلوک
۲۸/۳۶**	۴۹/۰۸**	۲۲/۱۴**	۱	آب آبیاری
۰/۳۶	۰/۸۷	۰/۵۳	۲	خطا
۲۶/۱۱**	۹۰/۰۲**	۳۱/۱۰**	۲	شوری
۰/۱۲	۰/۲۹	۰/۲۵	۴	خطا
۲/۷۶ <sup>ns</sup>	۱/۲۰ <sup>ns</sup>	۱/۳۴ <sup>ns</sup>	۲	آب آبیاری × شوری
۰/۴۹	۰/۲۷	۰/۳۳	۶	خطا
۰/۲۷ <sup>ns</sup>	۰/۳۸ <sup>ns</sup>	۰/۴۵ <sup>ns</sup>	۲	فاصله
۰/۱۴	۰/۲۹	۰/۱۸	۴	خطا
۰/۶۹ <sup>ns</sup>	۰/۶۷ <sup>ns</sup>	۰/۵۸ <sup>ns</sup>	۲	آب آبیاری × فاصله
۰/۵۸ <sup>ns</sup>	۰/۴۳ <sup>ns</sup>	۰/۴۹ <sup>ns</sup>	۴	شوری × فاصله
۰/۵۵ <sup>ns</sup>	۰/۵۰ <sup>ns</sup>	۰/۴۱ <sup>ns</sup>	۴	آب آبیاری × شوری × فاصله
۰/۲۳	۰/۰۸	۰/۱۱	۱۲	خطا

\*\* معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، \* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، <sup>ns</sup> غیر معنی‌دار



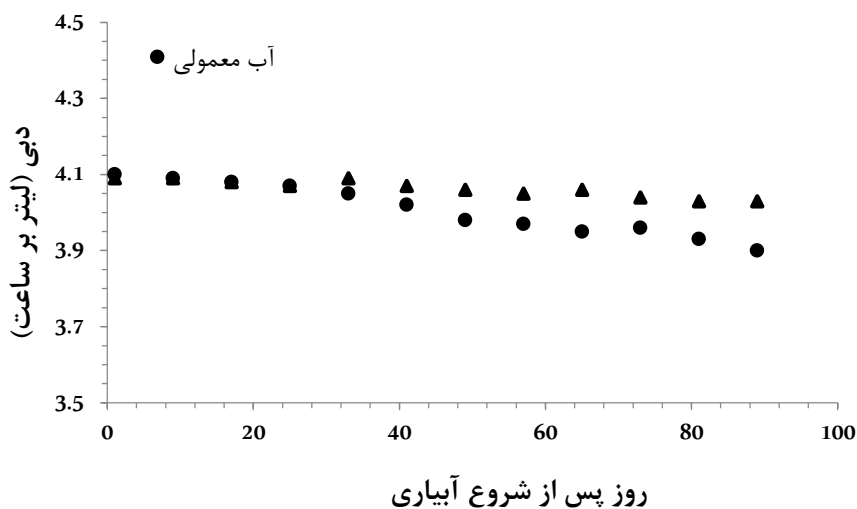
جدول (۵): مقایسه میانگین پارامترهای مختلف قطره چکان‌ها

q <sub>var</sub> (%)	UC (%)	q <sub>a</sub> (Lit/hr)	تیمار آزمایشی
آب آبیاری			
۸/۱ <sup>a</sup>	۸۹/۲ <sup>b</sup>	۳/۷ <sup>b</sup>	غیر مغناطیسی
۳/۳ <sup>b</sup>	۹۶/۳ <sup>a</sup>	۴/۰ <sup>a</sup>	مغناطیسی
شوری			
۲/۸ <sup>c</sup>	۹۵/۹ <sup>a</sup>	۳/۹ <sup>a</sup>	آب چاه (تیمار شاهد)
۴/۹ <sup>b</sup>	۹۱/۲ <sup>b</sup>	۳/۸ <sup>b</sup>	۵ دسی‌زیمنس بر متر
۷/۴ <sup>a</sup>	۸۶/۶ <sup>c</sup>	۳/۶ <sup>c</sup>	۱۰ دسی‌زیمنس بر متر
فاصله از ابتدای لترال			
۳/۹ <sup>a</sup>	۹۵/۷ <sup>a</sup>	۳/۹ <sup>a</sup>	ابتدای لترال
۳/۸ <sup>a</sup>	۹۵/۶ <sup>a</sup>	۳/۹ <sup>a</sup>	وسط لترال
۳/۷ <sup>a</sup>	۹۵/۵ <sup>a</sup>	۳/۹ <sup>a</sup>	انتهای لترال
زمان نمونه برداری			
۱/۶ <sup>c</sup>	۹۷/۱ <sup>a</sup>	۴/۰ <sup>a</sup>	ابتدای فصل
۳/۵ <sup>b</sup>	۹۱/۱ <sup>b</sup>	۳/۹ <sup>a</sup>	وسط فصل
۷/۸ <sup>a</sup>	۸۴/۴ <sup>c</sup>	۳/۶ <sup>b</sup>	انتهای فصل

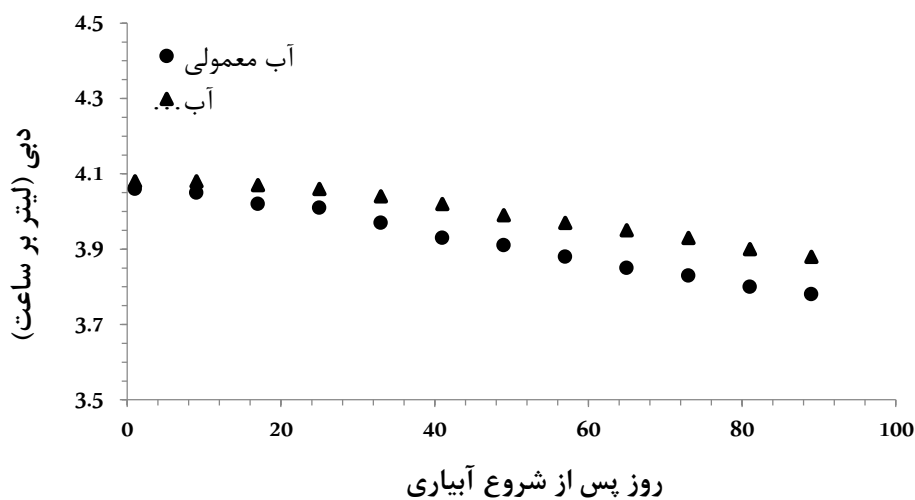
برای هر تیمار آزمایشی تفاوت هر دو میانگین با حداقل یک حرف مشترک معنی‌دار نمی‌باشد.

بین سه تیمار بیشتر شد. مقدار متوسط آبدهی قطره‌چکان‌ها برای آب چاه در شرایط بدون مغناطیس از ۴/۱ لیتر بر ساعت در ابتدای دوره آبیاری به ۳/۹ لیتر بر ساعت در انتهای دوره آبیاری رسید ولی برای شرایط آبیاری مغناطیسی از ۴/۰۹ لیتر بر ساعت در ابتدای دوره آبیاری به ۴/۰۳ لیتر بر ساعت در انتهای دوره آبیاری رسید. مقدار متوسط آبدهی قطره‌چکان‌ها برای آب شور ۵ دسی‌زیمنس بر متر از ۴/۰۶ لیتر بر ساعت در ابتدای دوره آبیاری به ۳/۷۸ لیتر بر ساعت در انتهای دوره آبیاری رسید ولی برای شرایط آبیاری مغناطیسی از ۴/۰۸ لیتر بر ساعت در ابتدای دوره آبیاری به ۳/۸۸ لیتر بر ساعت در انتهای دوره آبیاری رسید. همچنین مقدار متوسط آبدهی قطره‌چکان‌ها برای آب شور ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر از ۴/۰۲ لیتر بر ساعت در ابتدای دوره آبیاری به ۳/۶۹ لیتر بر ساعت در انتهای دوره آبیاری رسید ولی برای شرایط آبیاری مغناطیسی از ۴/۰۵ لیتر بر ساعت در ابتدای دوره آبیاری به ۳/۸۵ لیتر بر ساعت در انتهای دوره آبیاری رسید.

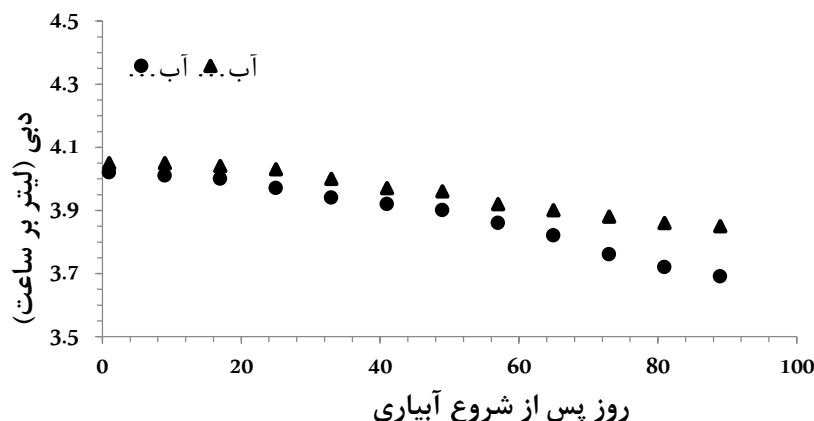
Higashitani et al. (1993) در آزمایش خود به یافته‌های مشاهدی دست یافتند. آن‌ها اثرات میدان مغناطیسی بر مراحل ته‌نشینی کربنات کلسیم و سولفات کلسیم را بررسی کردند و دریافتند که اگر آب به دفعات تحت تأثیر میدان مغناطیسی قرار گیرد، کلسیت که قدرت چسبندگی زیادی دارد، به آراگونیت که قدرت چسبندگی کمی دارد، تغییر یافته و در این شرایط املاح، قدرت رسوب خود را از دست می‌دهند. شکل‌های ۳ تا ۵ تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها طی دوره آزمایش در تیمارهای مختلف را به ترتیب در آب چاه، آب با شوری ۵ و آب با شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر نشان می‌دهند. به‌طور کلی نتایج نشان می‌دهد که بیشترین مقدار دبی قطره‌چکان‌ها، در ابتدای دوره آزمایش بوده و با گذشت زمان در همه تیمارها، دارای روند نزولی می‌باشد. در همه تیمارهای شوری، اختلاف دبی تیمارهای آب معمولی و آب مغناطیسی، در اوایل دوره آزمایش کم بوده و به تدریج با کارکرد بیشتر قطره‌چکان‌ها و افزایش پتانسیل گرفتگی آن‌ها، تفاوت



شکل (۳): تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها طی دوره آزمایش در تیمارهای مختلف و آبیاری با آب چاه



شکل (۴): تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها طی دوره آزمایش در تیمارهای مختلف و آبیاری با شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر



شکل (۵): تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها طی دوره آزمایش در تیمارهای مختلف و آبیاری با شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر

### نتیجه‌گیری

بود. مقدار متوسط دبی قطره‌چکان‌ها در تیمار آب مغناطیسی بیشتر از تیمار آب غیرمغناطیسی بود. با استفاده از فناوری آب مغناطیسی می‌توان هزینه‌های تعویض و شستشوی قطره‌چکان‌ها را کاهش داد که نسبت به روش‌های شیمیایی کاهش گرفتگی قطره‌چکان‌ها باعث حفاظت محیط زیست می‌شود. بنابراین در مناطقی که کیفیت آب آبیاری در حد مطلوب نمی‌باشد، استفاده از فناوری آب مغناطیسی می‌تواند برای تعدیل گرفتگی قطره‌چکان‌ها و کاهش مقدار رسوب در لوله‌های آبیاری، نقش موثری ایفا نماید.

با توجه به پیشرفت روز افزون کشاورزی و روی آوردن به سیستم‌های آبیاری تحت فشار به‌ویژه آبیاری قطره‌ای، لازم است که نگهداری و مدیریت این سیستم‌ها در زمینه رسوب‌گذاری ارزیابی شود. در این پژوهش از فناوری جدید آب مغناطیسی برای جلوگیری از تجمع رسوب املاح، استفاده شد. نتایج نشان داد که دبی متوسط قطره‌چکان‌ها، تحت تأثیر شوری آب آبیاری و نوع آب مورد استفاده (مغناطیسی و غیر مغناطیسی) قرار داشت به طوری که در شوری‌های بالا نیز آب مغناطیسی باعث کاهش گرفتگی قطره‌چکان‌ها شده

### منابع

- جعفری جهقی، م. ع.، ک. تحویل‌داری و ا. ع. شریف. ۱۳۹۴. حذف سختی از پساب و آب با استفاده از میدان مغناطیسی. دومین کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش‌ها با محوریت کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری، ۴ تا ۶ اسفند، تبریز.
- زمانیان، م و ر. فتاحی. ۱۳۹۳. مقایسه خصوصیات کیفی آب و رسوبات شیمیایی عامل انسداد قطره‌چکان‌ها در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای کشور، فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، جلد ۴، شماره ۱۵، ص ۶۴-۷۵.
- عبدالصالحی، ا و ح. بانژاد. ۱۳۸۷. استفاده از میدان مغناطیسی با هدف جلوگیری از گرفتگی قطره‌چکان‌ها در سیستم آبیاری تحت فشار به منظور ارتقا بهره‌وری و مدیریت تخصیص بهینه منابع آب، ص ۹-۱. دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. ۸-۱۰ بهمن، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز.
- عرب، ع. ۱۳۸۸. تأثیر آب مغناطیسی بر گرفتگی و یکنواختی پخش آب قطره‌چکان‌ها در آبیاری قطره‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی. دانشکده مهندسی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- علیزاده، ا. ۱۳۸۹. آبیاری قطره‌ای (اصول و عملیات). انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ دوم، ۴۹۴ ص.
- علیزاده، ا. ۱۳۹۲. زهکشی جدید، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۵۳۲ ص.

قدمی فیروزآبادی، ع.، م. خوش روش، پ. شیرازی و ح. زارع ابیانه. ۱۳۹۵. اثر آبیاری با آب مغناطیسی بر عملکرد دانه و بیوماس گیاه سویا رقم DPX در شرایط کم آبیاری و شوری آب. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، جلد ۳۰، شماره ۱، ص ۱۴۳-۱۳۱.

کیانی، ع.، ا. هزارجریبی، ط. دهقان و م. خوش روش. ۱۳۹۴. تأثیر آب مغناطیسی و شوری آب بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها در آبیاری قطره‌ای. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۹، شماره ۱، ص ۴۸-۵۸.

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

Benham, B. and B. Ross. 2002. Filtration, treatment, and maintenance consideration for micro-irrigation system. Virginia Cooperative Extension Publication, Available online at: <http://www.ext.vt.edu/pubs/bse/442-757.pdf>.

Capra, A. and B. Scicolone. 2004. Emitter and filter tests for wastewater reuse by drip irrigation. *Agricultural Water Management*, 68: 135-149.

Duran-Ras, M., P. Puig-Bargues, G. Arbat, J. Barragan and F. Ramirez. 2009. Effect of filter, emitter and location on clogging when using effluents. *Agricultural water management*, 96: 67-79.

Higashitani, K., A. Kage, S. Katamura, K. Imai and S. Hatade. 1993. Effects of a magnetic field on the formation of CaCO<sub>3</sub> particles. *Journal of Colloid and Interface Science*, 156: 90-95.

Kronenberg, K. J. 1985. Experimental evidence for effects of magnetic fields on moving water. *IEEE Transactions on Magnetics*, 21: 2059-2061.

Pang, X. F. and B. Deng. 2008. The changes of macroscopic features and microscopic structure of water under influence of magnetic field. *Physical B*, 403: 3571-3577.

Puig-Bargués, J., G. Arbat, M. Elbana, M. DuranRos, J. Barragán, F. Ramirez de Cartagena and F. R. Lamm. 2010. Effect of flushing frequency on emitter clogging in micro irrigation with effluents. *Agricultural Water Management*, 97(6): 883-891.

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

Saliha, B. B. 2005. Bio efficacy testing of GMX online magnetic water conditioner in grapes var. muscat. Tamil Nadu agricultural university. Project Completion Project.

Zamaniyan, M. R., S. Fatahi. S. Boroomand-nasab, K. Shamohammadi and K. Parvanak. 2013. Evaluation of emitters and water quality in trickle irrigation systems under Iranian conditions. *International Journal of Agricultural and crop sciences*, 15: 1632-1637

## The Effect of Magnetic Field and Different Levels of Irrigation Water Salinity on Emitters Discharge

Ali Ghadami Firouzabadi<sup>۱</sup>, Masoud Pourgholam<sup>۲</sup>, Mojtaba Khoshravesh<sup>۳</sup>

### Abstract

Clogging of emitters is one of the problems of trickle irrigation with saline water. This study was carried out with the purpose of investigating emitters clogging in trickle irrigation using magnetized water under different salinity level. In this study two treatments of magnetized water and non-magnetized water considered were as main factors (variables) and three levels of saline water including waters with saline of 0.57, 5 and 10 dS/m and three distance including the first of lateral, middle and the end of lateral were as sub-factors. The experiment was laid out with split-split plot in a complete randomized block design with three replications at Babolsar city in 2016. In order to assess the clogging of emitters, the variations of emitter discharges and chemical analysis of water was measured and analyzed. The results showed that the effect of magnetized water on average discharge of emitters and uniformity coefficient was significant (at  $P \leq 0.05$ ). At the end of the irrigation season, the average discharge of emitters used for the magnetized water was 7.3% higher than the non-magnetized water. Also, the uniformity coefficient of emitters used for magnetized water was 7.9% higher than non-magnetized water. For saline water of 10 dS/m, the average discharge of emitters was 4.02 L/hr at the first irrigation period and reached 3.69 L/hr at the final irrigation period, while for magnetized water, it was 4.05 L/hr at the first irrigation period and reached 3.85 L/hr at the final irrigation period. According to this research, the using magnetized water is recommended in order to decrease the emitter clogging and increase the water uniformity in the field.

**Keywords:** Magnetic Water, Uniformity Coefficient, Water Quality

<sup>1</sup> Assistant Professor, Department of Agricultural Engineering Research, Agricultural and Natural Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran, Email: aghadami@gmail.com (Corresponding author)

<sup>2</sup> MSc Student of Irrigation and Drainage, University of Tehran, Iran, Email: mpourgholam6@ut.ac.ir

<sup>3</sup> Assistant Professor, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, Email: [khoshravesh\\_m24@yahoo.com](mailto:khoshravesh_m24@yahoo.com)