

## بررسی تأثیر الکترومغناطیس بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها در شرایط آبیاری با پساب کشاورزی

مریم صمدی<sup>۱</sup>، مجتبی خوش روش<sup>۲\*</sup> و محمد علی غلامی سفیدکوهی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۸/۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۸/۲۹

### چکیده

از مشکلات اساسی در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، گرفتگی قطره‌چکان است که برای کاهش اثرات آن، علاوه بر استفاده از سامانه‌های تصفیه آب، راه کار استفاده از آب مغناطیسی مطرح می‌باشد. در این پژوهش، گرفتگی قطره‌چکان‌ها با استفاده از آب چاه و پساب مغناطیسی، در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش طی ۱۰ دوره آبیاری شامل چهار عامل اصلی نوع آب (آب غیرمغناطیسی، آب مغناطیسی، پساب کشاورزی مغناطیسی و پساب کشاورزی غیرمغناطیسی) و شش عامل فرعی نوع قطره‌چکان (نتافیم، پلی‌رود، ایریتک، آکسیوس، کرونا و پایا) بود که در قالب طرح کرت‌های دو بار خرد شده بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۵ انجام شد. نتایج تجزیه واریانس داده‌های اندازه‌گیری شده نشان داد که اثر تیمار آب آبیاری و نوع آب بر آبدهی، ضریب یکنواختی و ضریب تغییرات قطره‌چکان‌ها در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. در شرایط مورد مطالعه، قطره‌چکان نتافیم با میانگین کاهش آبدهی ۲۰ درصد و قطره‌چکان آکسیوس با میانگین کاهش آبدهی ۲۸ درصد، به ترتیب بهترین و بدترین شرایط را از لحاظ آبدهی و یکنواختی توزیع آب داشتند. ضریب یکنواختی قطره‌چکان‌ها در ابتدا و انتهای آبیاری در تیمار چاه با الکترومغناطیس به ترتیب ۰/۲۵ و ۷/۲۷ درصد بیش‌تر از تیمار چاه بدون الکترومغناطیس به دست آمد. همچنین، ضریب یکنواختی قطره‌چکان‌ها در ابتدا و انتهای آبیاری، در تیمار پساب با الکترومغناطیس به ترتیب ۰/۹ و ۱۴ درصد بیش‌تر از تیمار پساب بدون الکترومغناطیس شد. مقادیر آبدهی و ضریب یکنواختی قطره‌چکان‌های تیمار پساب کشاورزی به ترتیب ۸ درصد و ۱۰ درصد کم‌تر از تیمار آب چاه شد. میزان کاهش آبدهی تیمار پساب بدون الکترومغناطیس نسبت به پساب با الکترومغناطیس در قطره‌چکان‌های کرونا، نتافیم، آکسیوس و ایریتک به ترتیب برابر ۱۱، ۹، ۹ و ۱۱ درصد بیش‌تر بود. همچنین میزان کاهش آبدهی تیمار آب چاه نسبت به تیمار آب چاه با الکترومغناطیس در قطره‌چکان‌های کرونا، نتافیم، آکسیوس و ایریتک به ترتیب ۸، ۱۰، ۹ و ۷ درصد بیش‌تر شد.

### واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای، پساب، ضریب یکنواختی، کارایی قطره‌چکان

### مقدمه

مدیریتی کمبود منابع آب، انتخاب روش‌های مناسب آبیاری می‌باشد (زرداری، ۱۳۹۱). آبیاری قطره‌ای روشی است که آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از کاربرد پساب در آن نسبت به روش‌های دیگر (سطحی و بارانی) به مراتب کم‌تر است (Oron et al., 1999). گرفتگی قطره‌چکان‌ها در سیستم آبیاری قطره‌ای مهم‌ترین مسئله‌ای است که کارایی این سیستم را به خطر می‌اندازد و علت آن کیفیت نامناسب آب آبیاری و وجود ذرات ماسه و مواد آلی است که سبب گرفتگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک می‌شود. تصفیه آب مورد استفاده در آبیاری، بهترین راه‌حل در مقابل گرفتگی قطره‌چکان‌ها می‌باشد. زیرا اصلاح یک قطره‌چکان مسدود شده، هزینه‌های هنگفتی را به دنبال خواهد داشت (معدی‌نیا و مصطفی‌زاده، ۱۳۷۹؛ Karmeli and Keller., 1975). روش نوینی که مشکلات گرفتگی قطره‌چکان‌ها را کاهش می‌دهد، استفاده از دستگاه الکترومغناطیس می‌باشد. اثر مغناطیس روی آب به‌طور اتفاقی توسط دانشمندان روسی مشاهده شد. حرکت آب در داخل لوله‌ها باعث رسوب املاح روی جدار

ایران کشوری نیمه‌خشک با متوسط میزان بارندگی کم‌تر از ۲۲۸ میلی‌متر در سال است. با توجه به بیش‌ترین حجم آب مصرفی در بخش کشاورزی و همچنین کمبود منابع تجدیدپذیر، استفاده مجدد از آب به عنوان یکی از راه‌کارهای مقابله با کمبود منابع آب توصیه می‌شود. زه‌آب‌های کشاورزی بیش‌ترین حجم آب‌های برگشتی را دارا بوده و برای مصارف زراعی مناسب می‌باشد. از مهم‌ترین راه‌کارهای

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، آبیاری و زهکشی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

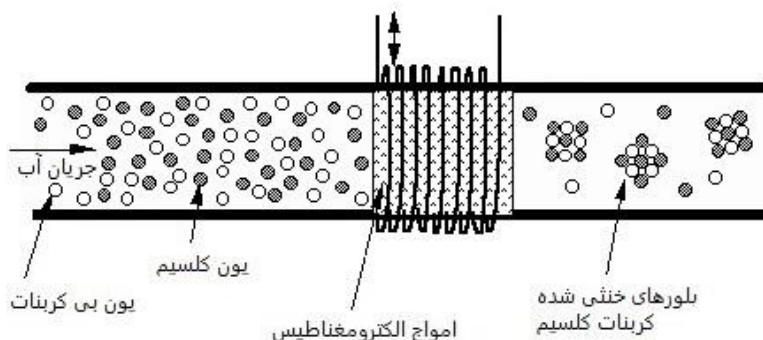
۲- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(\*- نویسنده مسئول: Email: khoshravesh\_m24@yahoo.com)

۱ نشان داده شده است. به طور کلی 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. (Mostafazadeh-Fard et al., 2011).

لوله‌ها گشته، ضمن کاهش سطح مقطع لوله‌ها و افزایش افت انرژی، عبور آب داخل لوله‌ها را مختل می‌کند. آن‌ها دریافتند که آب مغناطیس شده جرم داخل لوله‌ها را پاک و از رسوب مجدد روی جدار لوله‌ها جلوگیری می‌کند (کیانی و عرب، ۱۳۸۹). چگونگی تأثیر دستگاه الکترومغناطیس بر یون‌های آب به صورت شماتیک در شکل



شکل ۱- نمایشی از چگونگی تأثیر دستگاه الکترومغناطیس بر یون‌های آب

شرایط بدون شستشو باعث کاهش ضریب تغییرات دبی تمامی قطره-چکان‌ها در شرایط آبیاری با پساب شد و همچنین قطره‌چکان‌های نتافیم و میکروفلاپر به ترتیب با ۸/۵ و ۲۷/۸ درصد کاهش، کم‌ترین و بیش‌ترین کاهش دبی را داشتند. کیانی و همکاران (۱۳۹۴) گرفتگی قطره‌چکان‌ها را تحت تأثیر آب معمولی، مغناطیسی و اسیدی در سه سطح شوری آب آبیاری (غیرشور، ۷ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر) بررسی کردند. نتایج مطالعات ایشان نشان داد که دستگاه الکترومغناطیس در شرایطی که آب شور نباشد، مزیت نسبی بالاتری نسبت به آب غیرمغناطیس ندارد و در شرایطی که آب شور باشد، اختلاف بسیار جزئی و غیرمعنی‌دار بین تیمارهای آب مغناطیسی و غیرمغناطیسی با ارجحیت آب مغناطیسی وجود دارد. همچنین در اکثر شاخص‌های مورد ارزیابی، تیمار اسیدی با دو تیمار آب مغناطیسی و غیرمغناطیسی اختلاف معنی‌داری وجود داشت. دهقان و همکاران (۱۳۹۱) یکنواختی توزیع آب مغناطیس شده را در دو حالت آب معمولی و آب شور مورد مقایسه قرار دادند و نشان دادند که مقادیر توزیع یکنواختی و ضریب یکنواختی برای آب معمولی مغناطیس شده به ترتیب ۹۶/۵۹ و ۹۹/۲ درصد و برای آب شور مغناطیس شده به ترتیب ۹۴/۸۶ و ۹۸/۶ بود. دوران و همکاران عملکرد سه نوع قطره‌چکان (قطره‌چکان طولانی مسیر با جریان آشفته، آرام و روی خط تنظیم‌کننده فشار) را با استفاده از تیمارهای مختلف پساب مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها نشان دادند که یکنواختی توزیع آب، ضریب تغییرات و درصد گرفتگی قطره‌چکان‌ها تحت تأثیر کیفیت آب و نوع قطره‌چکان و مدت کارکرد سیستم می‌باشد (Duran et al., 2009). آلی و همکاران سه تیمار آب بدون عمل‌آوری شده (آب چاه)، آب عمل‌آوری شده با تصفیه

معیدی‌نیا و مصطفی‌زاده (۱۳۷۹) تأثیر ترکیبات شیمیایی مختلف آب آبیاری بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها را با استفاده از چهار کیفیت آب آبیاری که از نظر غلظت املاح و pH با یکدیگر متفاوت بودند را بررسی کردند و نشان دادند که با افزایش غلظت املاح و pH آب آبیاری، میزان گرفتگی شیمیایی قطره‌چکان‌ها افزایش می‌یابد. ملاحسینی و دانش (۱۳۸۶) تأثیر کاربرد توام آب و پساب بر دبی قطره‌چکان‌ها در سیستم آبیاری قطره‌ای بر پنج تیمار آب، پساب، کاربرد پساب و شست‌وشوی سیستم در انتهای آبیاری، کاربرد متناوب آب و پساب و رقیق‌سازی پساب را بررسی کردند. آن‌ها نشان دادند که کاربرد توام آب و پساب در مقایسه با کاربرد پساب، گرفتگی کم‌تری در قطره‌چکان‌ها ایجاد می‌کند. همچنین، در همه تیمارها، با گذشت زمان، دبی کاهش می‌یابد که این کاهش دبی در تیمار آب احتمالاً به دلیل گرفتگی شیمیایی ناشی از سختی آب و نامرغوب بودن قطره‌چکان‌ها بود. غلامی و برزگر (۱۳۹۳) پنج نوع قطره‌چکان میکروفلاپر، نتافیم، کرونا، آکسیوس و ایران دریپ، هر کدام با دو آبدهی متفاوت (۸ یا ۶ یا ۴ یا ۲ لیتر در ساعت)، چهار تیمار مدیریت آبیاری شامل آب معمولی، اسیدشویی، کودآبیاری - اسیدشویی و کودآبیاری را بررسی کردند. آن‌ها نشان دادند که تأثیر مدیریت آبیاری و نوع قطره‌چکان بر گرفتگی قطره‌چکان، بسیار معنی‌دار بود. ولی اثر متقابل این دو عامل به دلیل همسو بودن اثرات آن‌ها بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها، معنی‌دار تشخیص داده نشد. زرداری و فتحی (۱۳۹۱) اثر شستشوی هفتگی بر عملکرد قطره‌چکان‌های میکروفلاپر، نتافیم، لوله قطره‌چکان‌دار و آنتیلکو در شرایط آبیاری با پساب را تحت یک مدل فیزیکی آبیاری قطره‌ای بررسی کردند و نشان دادند که در

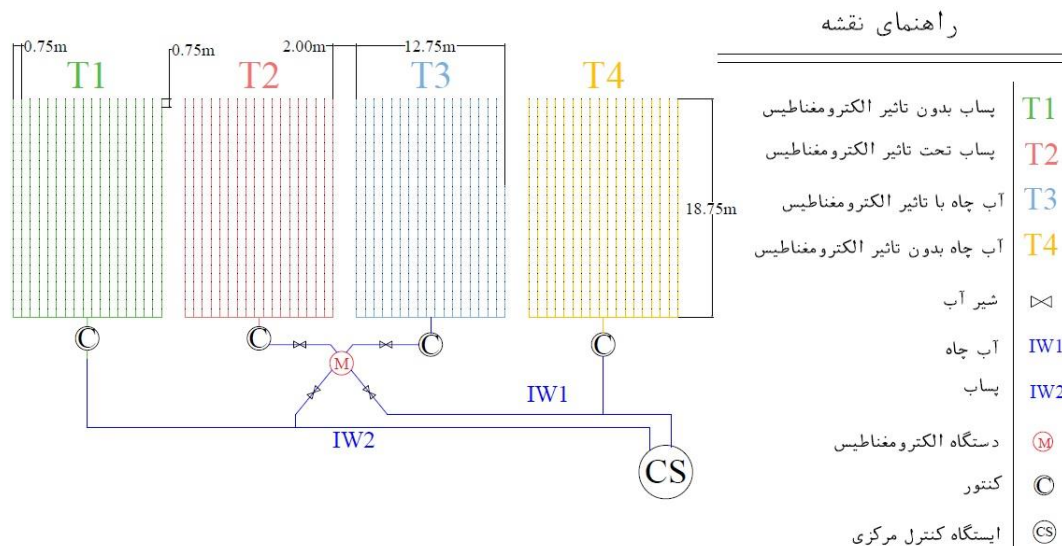
غیرمغناطیسی و پساب کشاورزی مغناطیسی به‌عنوان عامل اصلی و شش نوع قطره‌چکان (نتافیم، پلی‌رود، ایریتک، آکسیوس، کرونا و پایا) به‌عنوان عامل فرعی بود که در سه تکرار اجرا شد. تمامی قطره‌چکان‌ها از نوع روی خط، تنظیم‌کننده فشار، خودشوینده و با آبدهی اسمی ۴ لیتر بر ساعت بودند که بر اساس قطره‌چکان‌های رایج در منطقه انتخاب شدند. هر واحد آبیاری شامل ۱۸ لاترال به طول ۱۸/۷۵ متر و به فاصله‌ی ۰/۷۵ متر از هم بود و در هر لاترال تعداد ۲۵ قطره‌چکان به فاصله‌ی ۰/۷۵ متری از یکدیگر نصب شد (شکل ۲). سیستم تصفیه شامل هیدروسیکلون، فیلتر شنی و فیلتر توری بود. منبع آب برای انجام این آزمایش، از نوع چاه موجود در دانشگاه و منبع پساب کشاورزی این سیستم از زهکش زمین‌های شالیزاری موجود در حاشیه غربی منطقه مورد مطالعه بود. نتایج تجزیه کیفیت شیمیایی منابع آب مورد استفاده در جدول ۱ ارائه شده است.

به‌منظور ایجاد میدان مغناطیسی در سیستم آبیاری قطره‌ای، از دستگاه الکترومغناطیس استفاده شد. این دستگاه شامل یک جریان الکتریسیته برای تولید میدان مغناطیسی و آهنربای دائمی بود که برای استفاده، مگنت‌هایی به دور لوله اصلی آبیاری قطره‌ای در ابتدای محل ورودی آب به تیمارهای آب مغناطیسی نصب شد. مگنت‌های مورد استفاده از جنس سرامیک دایم با نام تجاری saba poul و شدت میدان ۰/۳ تسلا بود.

مغناطیسی، آب عمل‌آوری شده با اسید روی گرفتگی پنج نوع قطره‌چکان‌ها شامل دو نوع قطره‌چکان داخل خط و سه نوع قطره‌چکان روی خط را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که تیمار آب عمل‌آوری شده با اسید، کم‌ترین گرفتگی را در مقایسه با دو تیمار دیگر ایجاد می‌کند (Aali et al., 2009). با توجه به نیاز و حجم بالای پساب کشاورزی در مازندران و همچنین جلوگیری از حفاری چاه این پژوهش شکل گرفت. تاکنون تحقیقات زیادی در ارتباط با کاربرد پساب‌های صنعتی و شهری در کشاورزی صورت گرفته است. ولی با توجه به حجم بالای پساب‌های کشاورزی، توجه کمی به آن شده است. هدف از این پژوهش، بررسی گرفتگی قطره‌چکان‌های مختلف در شرایط استفاده از آب چاه و پساب و کاربرد الکترومغناطیس می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در سال ۱۳۹۵ انجام شد. مزرعه آزمایشی فاقد کشت و شامل چهار کرت جداگانه به طول ۱۸/۷۵ متر و عرض ۱۲/۷۵ متر و فاصله‌ی ۲ متر از هم بود. آزمایش در قالب طرح کرت دو بار خرد شده بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. سیستم آبیاری قطره‌ای دارای چهار تیمار آب غیرمغناطیسی، آب مغناطیسی، پساب کشاورزی



شکل ۲- نمایی از قرارگیری لاترال‌ها، قطره‌چکان‌ها و موقعیت آن‌ها نسبت به ایستگاه مرکزی

جدول ۱- نتایج تجزیه کیفیت شیمیایی آب

منبع آب	pHSAR	Ec	TDS	$PO_4^{3-}$	$NO_3^-$	$K^+$	$Na^+$	$Mg^{2+}$	$Ca^{2+}$	$SO_4^{2-}$	$Cl^-$	$HCO_3^-$
	mg/lit/m/dS		meq/lit									
چاه	۱/۴	۰/۷۳	۴۶۸	۰/۰۹۳	۰/۱۶	۰/۷۱	۰/۶۱	۰/۹	۳/۲	۰/۲	۲/۲	۴/۷
پساب کشاورزی	۱/۹	۷/۹	۶۵۵	۰/۱۱۵	۰/۴۸	۰/۹	۳/۴	۱/۲	۵/۳	۰/۲	۳/۳	۶/۳

شود، مشاهده خواهد شد که عموماً مقادیر آبدی اندازه‌گیری شده با هم مساوی نبوده و با یکدیگر اختلاف دارند. ضریب تغییرات آبدی (CV) در این قطره‌چکان‌ها که به نام ضریب تغییرات ساخت معروف می‌باشد از رابطه ۱ به‌دست می‌آید (Keller., 1980).

$$CV_q = \frac{S_q}{\bar{q}} \times 100 \quad (1)$$

CV<sub>q</sub>: ضریب تغییرات ساخت (درصد)  
S<sub>q</sub>: انحراف معیار آبدی قطره‌چکان‌ها  
 $\bar{q}$ : میانگین آبدی در قطره‌چکان‌ها

### انحراف معیار آبدی قطره‌چکان‌ها

انحراف از معیار آبدی قطره‌چکان‌ها، یک معیار آماری است که نشان می‌دهد تغییرات آبدی در قطره‌چکان‌های مختلف چگونه است. محاسبه این معیار به شرح رابطه ۲ است (Keller., 1980).

$$S_q = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2 \right]^{1/2} \quad (2)$$

$\bar{q}$ : میانگین آبدی در قطره‌چکان‌های مورد آزمایش (لیتر بر ساعت)

n: تعداد قطره‌چکان‌های آزمایش شده  
q<sub>i</sub>: آبدی قطره‌چکان iام (لیتر بر ساعت)  
i: شماره قطره‌چکان

### آبدی قطره‌چکان

از ویژگی‌های مهم قطره‌چکان، رابطه بین آبدی و فشار آن است. به‌طور کلی آبدی، قطره‌چکان‌ها تابعی از سطح مقطع جریان، طول مسیر جریان، شکل مسیر جریان، ضریب زبری جداره، فشار کارکرد قطره‌چکان و شتاب ثقل می‌باشد. در قطره‌چکان‌های روزنه‌ای، مقدار آبدی از رابطه ۳ محاسبه می‌شود (Keller., 1980).

$$q = k \cdot h^x \quad (3)$$

k: ضریب معادله قطره‌چکان  
h: فشاری که قطره‌چکان در آن کار می‌کند.  
x: نمای فشار  
q: آبدی قطره‌چکان برای هر خروجی هر واحد طول لوله

### ضریب یکنواختی

این شاخص میزان انحراف از شرایط متوسط را نشان می‌دهد (رابطه ۴) (Keller., 1980).

$$UC = \left( 1 - \frac{S_q}{\bar{q}} \right) \times 100 \quad (4)$$

UC: ضریب یکنواختی (درصد)

بر اساس رابطه آبدی قطره‌چکان‌ها، ضریب و توان آبدی برای هر یک از قطره‌چکان‌ها با اندازه‌گیری آب خروجی از قطره‌چکان‌ها در فشارهای ۵، ۱۰ و ۱۵ متر محاسبه شد (جدول ۲). پس از تعیین آبدی قطره‌چکان‌ها، فشار در ۱۰ متر تنظیم شد و تا پایان اندازه‌گیری به دلیل این که میزان فشار در ابتدای لاترال در این محدوده تنظیم شد تا حداکثر یکنواختی توزیع آب در تمامی قطره‌چکان‌ها حاصل شود، ثابت باقی ماند. مقدار ضریب تغییرات ساخت نیز برای هر یک از قطره‌چکان‌های مورد استفاده تعیین شد. طبقه‌بندی ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان‌ها بر اساس استاندارد انجمن مهندسين کشاورزی و زیستی آمریکا<sup>۱</sup> ASABE (استاندارد طراحی و نصب سیستم‌های آبیاری قطره‌ای) مورد بررسی قرار گرفت.

اندازه‌گیری آبدی قطره‌چکان‌ها در تاریخ ۱۳۹۵/۰۲/۱۵ شروع و به ازای هر ۷ روز تا تاریخ ۱۳۹۵/۰۵/۰۶ ادامه یافت. در طول دوره آزمایش ۱۰ آبیاری اعمال شد و در هر آبیاری، تیمارها به مدت ۴ ساعت با فشار ۱۰ متر آب، آبیاری شدند. در انتهای هر آبیاری، مقدار دبی خروجی قطره‌چکان‌ها با روش حجمی در تمامی نقاط از طول مسیر لوله فرعی، به مدت ۱۰ دقیقه در فشار ۱۰ متر اندازه‌گیری شد. پس از تعیین ضرایب معادله‌ی دبی و ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان‌ها، دو قطره‌چکان پایا و پلی‌رود به علت قرار گرفتن طبقه‌بندی ضریب تغییرات ساخت در طبقه غیرقابل قبول، از مسیر آزمایش خارج شدند و قطره‌چکان‌های نتافیم، کرونا، آکسیوس و ایریتک برای به‌دست آوردن پارامترهای ارزیابی مورد بررسی قرار گرفتند. چنانچه مقدار UC بیش‌تر از ۸۹ درصد باشد، عملکرد قطره‌چکان بالا است و اگر بین ۷۱ و ۸۹ درصد باشد، دارای عملکرد متوسط و اگر این میزان کم‌تر از ۷۱ درصد باشد، دارای عملکرد ضعیف خواهد بود. مطابق با این نتایج عملکرد قطره‌چکان‌های مورد استفاده طبقه‌بندی شد (جدول ۳).

### پارامترهای ارزیابی قطره‌چکان‌ها

به‌منظور بررسی اثر عوامل تأثیرگذار روی قطره‌چکان‌های مختلف مشخصه‌های ضریب تغییرات ساخت، انحراف معیار آبدی قطره‌چکان‌ها و آبدی قطره‌چکان‌ها مورد مقایسه قرار گرفت.

### ضریب تغییرات ساخت

اگر تعدادی از قطره‌چکان‌های ساخت یک کارخانه در شرایط مساوی فشار و دما مورد آزمایش قرار گیرند و آبدی آن‌ها اندازه‌گیری

1- American Society of Agricultural and Biological Engineers

جدول ۲- ضریب معادله آبدهی، نمای فشار و ضریب تغییرات ساخت اندازه‌گیری شده

طبقه‌بندی بر اساس ضریب تغییرات	درصد تغییرات	نمای فشار	ضریب معادله قطره‌چکان	قطره‌چکان
عالی	۲/۳۸	۰/۱۶	۴/۱۱	کرونا
متوسط	۵/۰۴	۰/۰۸۴	۴/۶	نتافیم
غیرقابل قبول	۱۶/۸۶	۱/۱۸	۴/۶۵	پایا
ضعیف	۱۱/۴۲	۰/۵۱	۳/۸۷	آکسیوس
غیرقابل قبول	۱۸/۰۵	۰/۹۹	۳/۷۱	پلی‌رود
معمولی	۸/۵۳	۰/۳۳	۴/۳۷	ایریتک

جدول ۳- ضریب یکنواختی و طبقه‌بندی قطره‌چکان‌ها بر اساس ضریب یکنواختی

قطره‌چکان	تغییرات ضریب یکنواختی	طبقه‌بندی بر اساس ضریب تغییرات
کرونا	۸۳/۷۰-۹۴/۲۱	متوسط
نتافیم	۸۷/۰۶-۹۵/۰۱	متوسط
آکسیوس	۵۹/۳۱-۷۵/۸۶	ضعیف
ایریتک	۶۵/۲۲-۸۲/۴۲	ضعیف

(آبدهی، ضریب یکنواختی و ضریب تغییرات) شده معنی‌دار شد. همان‌طور که در جدول ۵ ارایه شده است تفاوت معنی‌داری بین آب آبیاری در دو تیمار چاه و پساب کشاورزی وجود دارد به‌طوری‌که مقادیر آبدهی، ضریب یکنواختی و ضریب تغییرات در تیمار آب چاه بیش‌تر است. متوسط میزان آبدهی در آب آبیاری چاه ۰/۳۶ لیتر بر ساعت بیش‌تر از آب آبیاری پساب کشاورزی است. این تفاوت به‌علت بیش‌تر بودن مقادیر کلسیم و بی‌کربنات در پساب کشاورزی نسبت به آب چاه است که پس از آبیاری‌های متعدد باعث کاهش مقادیر آبدهی و ضریب یکنواختی تیمارهای پساب کشاورزی نسبت به تیمار آب چاه شد. همین‌طور متوسط ضریب یکنواختی در آب آبیاری چاه ۹/۷۹ درصد بیش‌تر از پساب کشاورزی است. نتایج این پژوهش با نتایج ملاحسینی و دانش (۱۳۸۶) مطابقت دارد، آن‌ها تأثیر کاربرد توام آب و پساب را بر دبی قطره‌چکان‌ها بررسی کردند و مشاهده کردند که تیمارهای نوع قطره‌چکان، کیفیت آب و فاصله از ابتدای لاترال بر میزان دبی در آبیاری دهم و پانزدهم معنی‌دار شد.

همچنین اختلاف معنی‌داری بین نوع آب در دو تیمار الکترومغناطیس و غیرالکترومغناطیس وجود دارد و همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد میزان آبدهی و ضریب یکنواختی در تیمار آبیاری با آب الکترومغناطیس به‌ترتیب ۰/۲۸ و ۷/۲۷ درصد بیش‌تر از آبیاری غیرالکترومغناطیس است (جدول ۵). این یافته‌ها با بخشی از نتایج کیانی و همکاران (۱۳۹۲) مطابقت دارد. آن‌ها آب مغناطیسی و غیرمغناطیسی را در سه سطح شوری (غیرشور، ۷ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر) بررسی کردند و اختلاف جزئی و غیرمعنی‌دار بین تیمارهای آب مغناطیسی و غیرمغناطیسی با ارجحیت آب مغناطیسی مشاهده

برای مقایسه میانگین این مشخصه‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. برای تحلیل و آنالیز داده‌های به‌دست آمده از ۱۰ دوره آبیاری انجام شد، از برنامه SAS نسخه‌ی ۹،۱،۳ استفاده شد.

## نتایج و بحث

مقایسه میانگین‌های انجام شده بین پارامترهای اندازه‌گیری در ابتدای دوره آبیاری نشان داد که تیمار آب آبیاری (چاه و پساب کشاورزی) و تیمار نوع آب (الکترومغناطیسی و غیرالکترومغناطیسی) برای تمامی پارامترهای اندازه‌گیری شده (آبدهی، ضریب یکنواختی، ضریب تغییرات) بی‌تفاوت است و اختلاف معنی‌داری با هم ندارند اما در تمام موارد آب آبیاری چاه و آب الکترومغناطیسی نسبت به آب آبیاری پساب کشاورزی و آب غیرالکترومغناطیسی برتری تسبی دارد. اما تیمار قطره‌چکان بر روی پارامترهای مذکور اختلاف معنی‌داری داشت، به‌طوری‌که بر اساس آبدهی، قطره‌چکان نتافیم و آکسیوس به‌ترتیب بهترین و بدترین عملکرد و بر اساس ضریب یکنواختی و ضریب تغییرات، قطره‌چکان کرونا عملکرد بهتر و قطره‌چکان آکسیوس عملکرد بدتری داشت (جدول ۴).

مقایسه میانگین‌های انجام‌شده در جدول ۵ بین پارامترهای اندازه‌گیری در ده دوره آبیاری بیان‌کننده این مهم است که اثر مدیریت‌های مختلف آب آبیاری در سیستم آبیاری قطره‌ای (آب الکترومغناطیسی و غیرالکترومغناطیسی، پساب کشاورزی الکترومغناطیسی و غیرالکترومغناطیسی) بر پارامترهای اندازه‌گیری

یکنواختی پخش آب را افزایش می‌دهد. به طوری که متوسط دبی قطره‌چکان‌ها در انتهای دوره آزمایش، در تیمار آب مغناطیسی بیش تر از تیمار آب غیرمغناطیسی بود.

کردند. عرب (۱۳۸۸) تأثیر آب مغناطیسی با شدت میدان ۰/۳ تسلا را بر یکنواختی پخش آب در قطره‌چکان‌ها مورد بررسی قرار داد و نشان داد که آبیاری با آب مغناطیسی، گرفتگی قطره‌چکان‌ها را کاهش و

جدول ۴- تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف بر آبدهی، ضریب یکنواختی و ضریب تغییرات قطره‌چکان‌ها در دوره‌های مختلف آبیاری

میانگین مربعات		درجه آزادی		منبع تغییرات
ضریب تغییرات (%)	ضریب یکنواختی (%)	آبدهی (l/h)		
۳۹/۶۱	۱۵۲/۵۵۵	۰/۰۴۹	۲	بلوک
۹۰۳۴/۱۵**	۳۲۸۸/۷۸**	۱۳/۵۸**	۳	قطره‌چکان
۳۵/۰۶۷	۱۴۱/۲۱	۰/۱۲۶	۶	خطا
۴۷۸۲/۵۴**	۶۳۳۹/۲۲**	۸/۹۰۵**	۱	نوع آب
۴۴۴/۸۶**	۳۴۴/۴۲*	۰/۰۶۱*	۳	نوع آب × قطره‌چکان
۱۶/۴۱	۶۴/۶۹	۰/۱۲۱	۸	خطا
۱۳۸۸۰/۵۱**	۱۱۵۲۱/۷۶**	۱۵/۰۳۷**	۱	آب آبیاری
۹۸۳/۲۲**	۲۶۱/۶۷ <sup>ns</sup>	۰/۱۲۶**	۳	آب آبیاری × قطره‌چکان
۶۷۶/۶۶**	۹۴۰/۳۸*	۰/۴۱۵**	۱	آب آبیاری × نوع آب
۶۹۵/۳۶**	۲۹۵/۲۸ <sup>ns</sup>	۰/۱۰۴**	۳	نوع آب × قطره‌چکان × آب آبیاری
۳۰/۴۴	۱۶۱/۶۹	۰/۰۹۱۴	۱۶	خطا
۱۶۸۹/۶۶**	۱۱۳۱/۵۴**	۰/۱۲۸**	۹	دوره آبیاری
۴۷/۲۸**	۵۲/۶۲**	۰/۰۵۹**	۲۷	دوره آبیاری × قطره‌چکان
۱۲۵/۹۳**	۲۱۱/۷۶**	۰/۳۳**	۹	نوع آب × دوره آبیاری
۵۲۳/۵۸**	۳۸۰/۷۹**	۰/۲۷۹*	۹	آب آبیاری × دوره آبیاری
۶۱/۳۷**	۴۸/۵۹۵**	۰/۰۲۲۴۵ <sup>ns</sup>	۲۷	نوع آب × قطره‌چکان × دوره آبیاری
۹۶/۸۵**	۴۰/۰۴۸**	۰/۰۰۹ <sup>ns</sup>	۲۷	آب آبیاری × قطره‌چکان × دوره آبیاری
۲۳/۲۶۱**	۱۴/۳۶۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۳۴ <sup>ns</sup>	۹	آب آبیاری × نوع آب × دوره آبیاری
۱۳۳/۵۶۵**	۱۰۵/۵۴۹**	۰/۰۱۱۸ <sup>ns</sup>	۲۷	آب آبیاری × نوع آب × قطره‌چکان × دوره آبیاری
۵/۱۴	۱۸/۳۹۵	۰/۰۱۶	۲۸۸	خطا

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

میانگین در ده دوره آبیاری نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری در دوره سوم تا دهم آبیاری بر پارامتر آبدهی و ضریب تغییرات وجود دارد و بهترین عملکرد در دوره اول و دوم آبیاری بوده است. شکل ۳ تغییرات آبدهی قطره‌چکان ایریتک را نشان می‌دهد. مطابق این شکل کاهش نرخ آبدهی ناشی از گرفتگی قطره‌چکان، در تیمار چاه تحت تأثیر الکترومغناطیس، حداقل ۱۹ درصد و در تیمار پساب کشاورزی بدون الکترومغناطیس، حداکثر ۳۸ درصد در طول دوره آزمایش می‌باشد. بیش‌ترین مقدار آبدهی ۴/۸۷ لیتر بر ساعت در تیمار چاه تحت تأثیر الکترومغناطیس و کم‌ترین مقدار آبدهی ۳/۲۴ لیتر بر ساعت در تیمار پساب بدون الکترومغناطیس مشاهده شد. میزان کاهش آبدهی در تیمار چاه تحت تأثیر الکترومغناطیس ۰/۸۵ لیتر بر ساعت، تیمار چاه بدون الکترومغناطیس ۱/۱۲ لیتر بر ساعت، پساب کشاورزی تحت تأثیر الکترومغناطیس ۱/۲۰ لیتر بر ساعت و پساب کشاورزی بدون

تیمار قطره‌چکان نیز بر روی پارامترهای مذکور تفاوت معنی‌داری داشت به طوری که از نظر آبدهی، قطره‌چکان نتافیم و از نظر ضریب یکنواختی، قطره‌چکان کرونا و نتافیم مقادیر بیش‌تری را به خود اختصاص داده‌اند اما قطره‌چکان آکسیوس در سه پارامتر مذکور بدترین عملکرد را داشت. لازم به ذکر است که نتایج قطره‌چکان‌ها برای مزعه پژوهشی مذکور معتبر می‌باشد. عبدی و فتحی (۱۳۹۳) عملکرد عدم گرفتگی فیزیکی و ضریب یکنواختی سه نوع قطره‌چکان تنظیم‌کننده فشار میکروفلاپر، کرونا و ادن را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که قطره‌چکان‌های کرونا و ادن به ترتیب با دارا بودن نرخ گرفتگی ۱۲ و ۳۷ درصد و ضریب یکنواختی ۸۵ و ۶۷ درصد بهترین و بدترین عملکرد عدم گرفتگی را داشتند. همچنین نتایج مذکور و قسمتی از نتایج طبقه‌بندی قطره‌چکان‌ها بر اساس ضریب تغییرات با بخشی از یافته‌های غلامی و برزگر (۱۳۹۳) مطابقت دارد. مقایسه

الکترومغناطیس ۱/۵۶ لیتر بر ساعت بود. همان‌طوری که در شکل مشاهده می‌شود آبدهی جریان در تمامی تیمارها از ابتدا تا انتهای دوره آزمایش روندی کاهشی دارد. گلزاری و فتحی (۱۳۹۵) اثر شست‌وشوی دوره‌ای را روی ضریب یکنواختی توزیع دو نوع قطره-چکان در هنگام استفاده از پساب شهری بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که با گذشت زمان گرفتگی قطره‌چکان‌ها افزایش و یکنواختی توزیع آن‌ها کاهش می‌یابد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تیمار پساب بدون تأثیر الکترومغناطیس دچار گرفتگی بیش‌تر و همچنین روند نزولی بیش‌تری شده است و تیمار چاه تحت تأثیر الکترومغناطیس کم‌ترین میزان گرفتگی در این قطره‌چکان را دارا می‌باشد که نشان‌دهنده کارا بودن و میزان تأثیر دستگاه الکترومغناطیس بر کاهش گرفتگی قطره‌چکان و توزیع یکنواخت‌تر

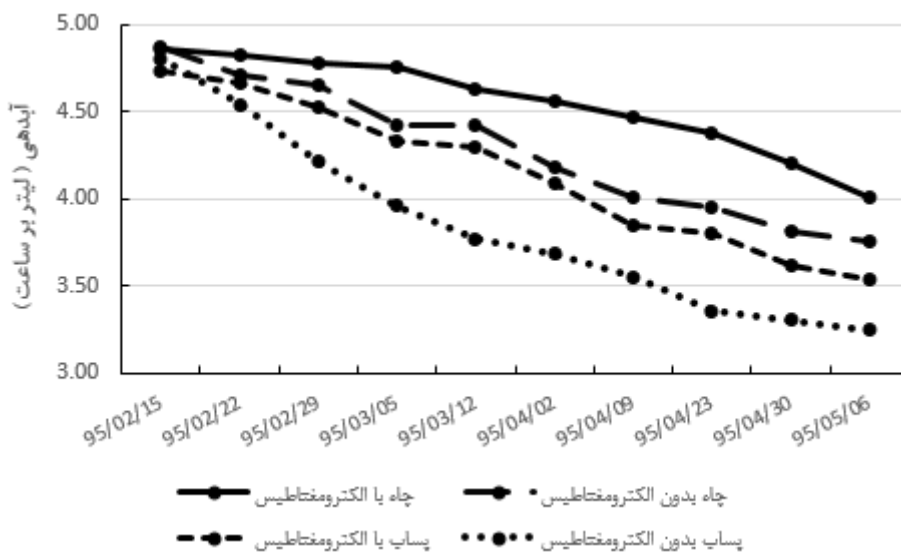
آب آبیاری می‌باشد.

به‌طور کلی درصد کاهش آبدهی قطره‌چکان‌ها در طول ۱۰ دوره آزمایش در شکل ۴ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که تیمار مغناطیس شده در جلوگیری از کاهش آبدهی قطره‌چکان‌ها موثر بوده و کم‌ترین کاهش آبدهی قطره‌چکان‌ها مربوط به تیمار آب مغناطیس شده در همه شرایط است. میزان کاهش آبدهی تیمار پساب بدون الکترومغناطیس نسبت به پساب با الکترومغناطیس در قطره‌چکان‌های کرونا، نتافیم، آکسیوس و ایریتک به ترتیب برابر ۱۱/۲۲، ۸/۶۳، ۹/۰۷ و ۱۰/۹۶ درصد بیش‌تر بود. همچنین میزان کاهش آبدهی تیمار آب معمولی نسبت به تیمار آب الکترومغناطیس در قطره‌چکان‌های کرونا، نتافیم، آکسیوس و ایریتک به ترتیب ۷/۵۶، ۹/۵۵، ۸/۶ و ۶/۵۸ درصد بیش‌تر شد.

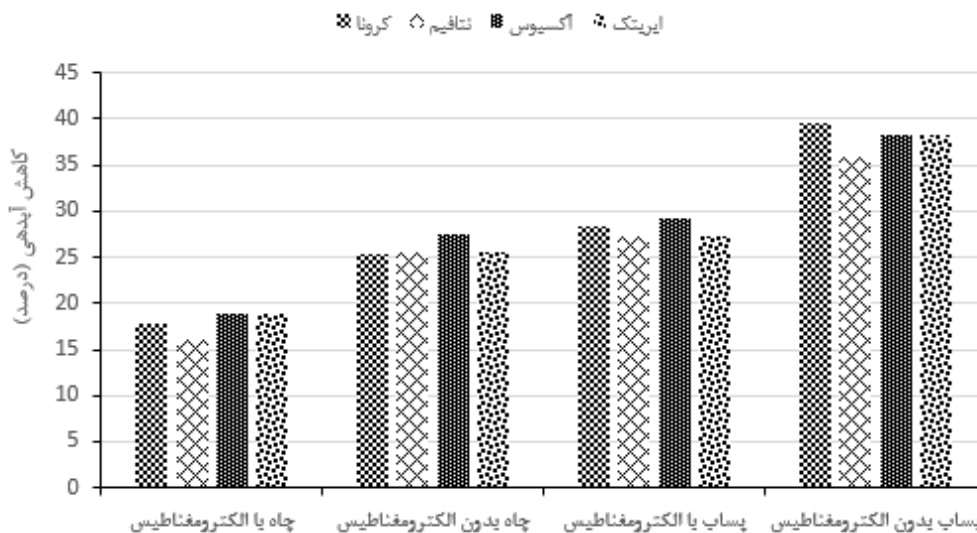
جدول ۵- مقایسه میانگین تیمارهای مختلف در دوره‌های مختلف آبیاری

تیمارها	آبدهی (l/h)	ضریب یکنواختی (%)	ضریب تغییرات (%)
آب آبیاری			
چاه	۴/۳۲ a	۸۹/۸۹ a	۹/۹۸ b
پساب کشاورزی	۳/۹۶ b	۸۰/۱ b	۲۰/۷۴ a
نوع آب			
الکترومغناطیس	۴/۲۸ a	۸۸/۶۳ a	۱۲/۲ b
بدون الکترومغناطیس	۴/۰۰ b	۸۱/۳۶ b	۱۸/۵۲ a
قطره‌چکان			
کرونا	۴/۱۹ b	۸۸/۱ a	۱۱/۷۶ b
نتافیم	۴/۴۵ a	۸۸/۵۳ a	۱۳/۸۱ b
آکسیوس	۳/۶۷ c	۷۷/۳۱ b	۲۳/۹۵ a
ایریتک	۴/۲۶ b	۸۶/۰۲ a	۱۱/۹۳ b
دوره آبیاری			
دوره اول	۴/۶۶ a	۹۲/۰۲ a	۷/۶۵ i
دوره دوم	۴/۶۱ a	۹۱/۷۳ a	۷/۶۵ i
دوره سوم	۴/۴ b	۸۸/۶ b	۱۰/۸۲ h
دوره چهارم	۴/۳ c	۸۷/۰۱ bc	۱۲/۴۵ g
دوره پنجم	۴/۱۹ d	۸۵/۴۴ cd	۱۳/۸۳ f
دوره ششم	۴/۰۴ e	۸۳/۵۲ de	۱۶/۵۵ e
دوره هفتم	۳/۹۷ f	۸۲/۵۶ e	۱۸/۱ d
دوره هشتم	۳/۸۹ g	۸۱/۶ ef	۱۹/۴۸ c
دوره نهم	۳/۷۴ h	۷۹/۶۸ gf	۲۱/۸ b
دوره دهم	۳/۵۹ i	۷۷/۷۶ g	۲۵/۳۱ a

میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد مقایسه شدند.



شکل ۳- تغییرات آبدهی قطره‌چکان ایریتک در طول دوره آزمایش



شکل ۴- کاهش آبدهی قطره‌چکان‌ها در طول دوره آزمایش

## نتیجه‌گیری

گرفتگی قطره‌چکان‌ها در طول ۱۰ دوره آبیاری و همچنین استفاده از پساب کشاورزی افزایش یافت به طوری که بیش‌ترین اختلاف بین تیمارها در آخرین دوره آبیاری رخ داد. با بررسی ضریب یکنواختی و تغییرات آبدهی این نتیجه حاصل شد که استفاده از دستگاه الکترومغناطیس باعث کاهش گرفتگی قطره‌چکان‌ها شده است. ولی برای تایید این دستگاه‌ها بایستی نتایج را برای سال‌های بیش‌تری بررسی نمود. متوسط کاهش آبدهی قطره‌چکان‌های تیمار پساب الکترومغناطیس شده، ۱۰ درصد کم‌تر از تیمار پساب بدون اثر الکترومغناطیس بود. بیش‌ترین آبدهی متوسط، مربوط به قطره‌چکان

نتافیم است. اما بیش‌ترین میزان اختلاف بین دبی قطره‌چکان‌ها در تیمار پساب با الکترومغناطیس و پساب بدون الکترومغناطیس، در انتهای دوره‌ی آزمایش، مربوط به قطره‌چکان اکسیوس می‌باشد. به‌علاوه در موقعیت‌هایی که با مشکل گرفتگی مواجه هستند، استفاده از قطره‌چکان‌های نتافیم و کرونا در جهت کاهش گرفتگی و متعاقباً افزایش یکنواختی پخش آب، نتایج مطلوب‌تری را در مقایسه با سایر قطره‌چکان‌ها به همراه خواهد داشت.

## تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری



به دلیل تامین هزینه‌های طرح، کمال تشکر را دارند.

قطره‌ای. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۹: ۱. ۴۸-۵۸.

## منابع

کیانی، ع.ر.، عرب، ع. ۱۳۸۹. آب مغناطیسی، اصول و فواید. ماه‌نامه علمی، تخصصی، کشاورزی زیتون. ۲۱۴: ۶۲-۵۷

گلزاری، آ.، فتحی، پ و عبدی، چ. ۱۳۹۵. اثر شستشو بر مسدود شدن قطره‌چکان‌ها در شرایط استفاده از فاضلاب تصفیه شده شهر سنج. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۰: ۱-۱۱.

معیدی‌نیا، ع.، مصطفی‌زاده، ب. ۱۳۷۹. تأثیر ترکیبات شیمیایی مختلف آب آبیاری بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها در آبیاری قطره‌ای. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳: ۵۱۱-۴۹۷.

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

Duran-Ros, M., Puig-Bargués, J., Arbat, G., Barragan, J., Cartagena, F.R. 2009. Effect of filter, emitter and location on clogging when using effluents. *Agricultural Water Management*. 96.1: 67-79.

Karmeli, D and Keller, J. 1975. Trickle Irrigation Design. *Trans. ASAE*. 17.4: 678-684.

Keller, J. 1980. Trickle Irrigation. Section 15, Chapter 6, in: *SCS National Engineering Handbook*. 360 p.

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.

Oron, G., Campos, C., Gillerman, L and Salgot, M. 1999. Wastewater treatment renovation and reuse for agricultural irrigation in small communities. *Agricultural Water Management*. 38: 223-234

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

دهقان، ط.، هزارجریبی، ا.، کیانی، ع.ر.، شریفیان، ح و حسام، م. ۱۳۹۱. مقایسه یکنواختی توزیع آب معمولی و آب شور مغناطیس شده در آبیاری قطره‌ای. سومین همایش ملی مدیریت جامع منابع آب. ۲۰ تا ۲۱ شهریور، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

زرداری، م. ۱۳۹۱. بررسی آزمایشگاهی اثر پساب تصفیه‌شده شهر سنج و آب معمولی بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها در سیستم آبیاری قطره‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی. دانشگاه کردستان.

زرداری، م.، فتحی، پ. ۱۳۹۱. تأثیر شستشوی هفتگی بر عملکرد هیدرولیکی قطره‌چکان‌ها در شرایط استفاده از پساب تصفیه‌شده. نشریه حفاظت منابع آب و خاک. ۲، ۱: ۶۰-۴۹.

سهرابی، ت.، پایدار، ز. ۱۳۸۴. اصول طراحی سیستم‌های آبیاری. چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۴۰۶ صفحه.

علیزاده، ا. ۱۳۸۹. طراحی سیستم‌های آبیاری، جلد دوم، چاپ چهارم، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد، ۳۶۷ صفحه.

عبدی، چ.، فتحی، پ. ۱۳۹۳. بررسی آزمایشگاهی عملکرد عدم گرفتگی فیزیکی قطره‌چکان‌های میکروفلاپر، کرونا و ادن در آبیاری قطره‌ای. نشریه حفاظت منابع آب و خاک. ۳: ۴: ۶۳-۷۱.

غلامی سفیدکوهی، م.ع.، برزگر آخته‌خانه، ع. ۱۳۹۳. تأثیر مدیریت آبیاری و نوع قطره‌چکان بر گرفتگی قطره‌چکان در منطقه ساری. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۲۸: ۲: ۳۹۴-۳۸۵.

کریمی، ا.، همائی، م.، لیاقت، ع. و معزاردلان، م. ۱۳۸۴. یکنواختی توزیع آب و کود در سیستم آبیاری قطره‌ای نواری. مجله پژوهش کشاورزی آب، خاک و گیاه در کشاورزی. ۵: ۲: ۶۷-۵۳.

کیانی، ع.ر.، هزارجریبی، ا.، دهقان، ط و خوش‌روش، م. ۱۳۹۴. تأثیر آب مغناطیسی و شوری آب بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها در آبیاری

## Investigation the Effect of Electromagnetic on Emitters Clogging at Irrigation with Agricultural Wastewater

M. Samadi<sup>1</sup>, M. Khoshravesh<sup>2\*</sup>, M. A. Gholami Sefidkoochi<sup>3</sup>

Received: Oct.31, 2017

Accepted: Nov.20, 2017

### Abstract

Emitters' clogging is one of the main problems of trickle irrigation systems. In order to decrease this problem's negative effects, the use of magnetized water beside the use of water filtering systems is proposed. The current study investigated the effect of using well water and magnetized wastewater on emitters' clogging at Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU). The experiment was arranged during 10 irrigation periods at 2016 in split-split plot based on completely randomized block design with 3 replications in which water types were main factor (non-magnetized water, magnetized water, magnetized agricultural wastewater and non-magnetized agricultural wastewater) and the emitter type (Netafim, Polirood, Irritec, Axios, Corona and Paya) as the sub factor. The results of the analysis of variances showed that the effect of irrigation water and type of irrigation water on the emitters discharge, uniformity coefficient and variation coefficient of emitters was significant at 1% probability level. According to the results the Netafim and Axios emitters had the best and worst discharge and uniformity conditions with an average discharge reducing of 20.19% and 28.48% respectively. The uniformity coefficient of emitters in well water with electromagnetic in comparison with well water without electromagnetic was 0.25% and 7.27% more at the beginning and the end of the irrigation respectively. In addition, it was 0.9% and 14.05% more at the beginning and the end of the irrigation respectively for agricultural wastewater with electromagnetic in comparison with agricultural wastewater without electromagnetic. The amount of emitter's discharge and uniformity coefficient in wastewater treatment was 8% and 10% lower than well water treatment, respectively. The amount of discharge reducing in non-magnetized agricultural wastewater as compared to magnetized agricultural wastewater in Corona, Netafim, Axios and Irritec was equal to 11%, 9%, 9% and 11%, respectively. Also, the discharge reducing in non-magnetized well water as compared to magnetized well water in Corona, Netafim, Axios and Irritec was equal to 8%, 10%, 9% and 7%, respectively.

**Keywords:** Emitter efficiency, Trickle irrigation, Uniformity coefficient, Wastewater

1- MSc Student of Irrigation and Drainage, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

2- Assistant Professor, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

3- Associate Professor, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

(\*- Corresponding Author Email: khoshravesh\_m24@yahoo.com)