



دانشگاه گوارن کشاورزی و منابع طبیعی گوارن

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و سوم، شماره دوم، ۱۳۹۵

<http://jwsc.gau.ac.ir>

## اثر آب شور مغناطیسی شده بر اصلاح آب و خاک در آبیاری قطره‌ای

منوچهر حیدرپور<sup>۱</sup>، \*مجتبی خوش‌روش<sup>۲</sup> و یکتا مشاوری<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه صنعتی اصفهان، <sup>۲</sup>استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری،

<sup>۳</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی منابع آب، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۸/۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۲/۱۴

### چکیده

**سابقه و هدف:** به دلیل محدودیت منابع آب، تأکید بسیار زیادی بر استفاده مؤثرتر از منابع آب موجود و استفاده از آب‌های تلف شده و آب‌های شور و لب‌شور برای آبیاری می‌شود. بنابراین برای داشتن یک کشاورزی موفق لازم است فرایند شوری تحت کنترل درآید. برای اصلاح آب و خاک می‌توان از روش مغناطیسی کردن آب استفاده کرد. هدف از این پژوهش بررسی مقدار رطوبت و شوری خاک اطراف قطره‌چکان‌ها در مراحل مختلف آبیاری با استفاده از آب شور مغناطیسی شده بود.

**مواد و روش‌ها:** تیمارها شامل دو تیمار آب آبیاری (آب مغناطیسی و آب غیرمغناطیسی) به‌عنوان عامل اصلی و سه سطح شوری شامل آب چاه، آب با شوری ۵ و آب با شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر به‌عنوان عامل فرعی بودند. طرح آزمایشی به صورت کرت دو بار خرد شده در قالب بلوک کامل تصادفی و با سه تکرار انجام شد. جهت بررسی تأثیر آب مغناطیسی بر مقدار شوری خاک، آهن‌ریا به دور لوله و در خروجی منبع آب نصب شدند. مگنت‌های مورد استفاده، مغناطیس‌هایی از جنس سرامیک دایم بوده که با اعمال میدان مغناطیسی با قدرت مناسب، ساختار سیال و خواص فیزیکی آن را تغییر می‌دهد. به‌منظور بررسی تأثیر آب مغناطیسی بر تجمع املاح در خاک، در فاصله‌های عرضی (کنار قطره‌چکان، فاصله ۲۵ سانتی‌متر از قطره‌چکان و فاصله ۵۰ سانتی‌متر از قطره‌چکان) و عمودی از قطره‌چکان (عمق‌های ۰-۲۰، ۲۰-۴۰، ۴۰-۶۰ و ۶۰-۸۰ سانتی‌متر)، نمونه‌برداری صورت گرفت و هدایت الکتریکی خاک اندازه‌گیری شد.

**یافته‌ها:** نتایج مقایسه میانگین رطوبت خاک نشان داد که مقدار رطوبت خاک در فاصله‌های مختلف از قطره‌چکان تیمار آب مغناطیسی بیش‌تر از آب غیرمغناطیسی شد و این اختلاف در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. در تمامی مراحل آبیاری، در موقعیت‌های مختلف نسبت به قطره‌چکان، آب مغناطیسی باعث افزایش رطوبت خاک به مقدار ۳ تا ۶/۵ درصد در هر سه تیمار شوری شده بود. همچنین نتایج مقایسه میانگین هدایت الکتریکی خاک نشان داد که مقدار هدایت الکتریکی خاک در تیمار آب مغناطیسی کم‌تر از آب غیرمغناطیسی شد و این اثر در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. مقدار هدایت الکتریکی خاک در کنار قطره‌چکان در ابتدای فصل، اختلاف معنی‌داری با مقدار هدایت

\* مسئول مکاتبه: [khoshravesh\\_m24@yahoo.com](mailto:khoshravesh_m24@yahoo.com)

الکتریکی خاک در انتهای فصل نداشت ولی در فاصله‌های ۲۵ و ۵۰ سانتی‌متر از قطره‌چکان، بین مقدار هدایت الکتریکی خاک ابتدا و انتهای فصل، اختلاف معنی‌داری وجود داشت. آبیاری با آب مغناطیسی باعث کاهش مقدار هدایت الکتریکی خاک به میزان ۳۱ درصد نسبت به آبیاری معمولی شده بود.

**نتیجه‌گیری:** با استفاده از آب مغناطیسی می‌توان مدیریت آب در مزرعه را بهبود بخشید و روش‌های کم‌آبیاری را تجربه کرد. آبیاری مغناطیسی با صرفه‌جویی در مقدار آب مصرفی و برطرف نمودن مشکل شوری خاک‌ها، قابل توصیه برای استفاده در بخش کشاورزی می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** آب مغناطیسی، آبیاری قطره‌ای، رطوبت خاک، شوری، قطره‌چکان

### مقدمه

رشد جمعیت و نیاز جهانی به توسعه، ضرورت استفاده از منابع مختلف را در راستای تأمین نیازهای اولیه بشر تشدید نموده است. چگونگی بهره‌برداری از منابع آب و خاک در وضعیت فعلی جهان و ادامه آن دور نمای نگران‌کننده‌ای را برای قرن بیست و یک مطرح می‌نماید (۱۰). به دلیل محدودیت منابع آب، تأکید بسیار زیادی بر استفاده مؤثرتر از منابع آب حاضر و استفاده از آب‌های تلف شده و آب‌های شور و لب‌شور برای آبیاری می‌شود. در ایران، هر ساله شش میلیارد مترمکعب از آب‌های شور و لب‌شور در رودخانه‌ها جریان می‌یابد که با اعمال مدیریت‌های صحیح می‌توان از این آب‌ها برای کشاورزی استفاده کرد (۱۶). شوری خاک فاکتور محیطی مهم محدودکننده تولیدات زمین‌های کشاورزی است. شوری خاک‌های کشاورزی و منابع آب یک مشکل جهانی در مناطق آبیاری شده است و موجب تخریب زمین می‌شود که بر تولیدات غذایی اثر دارد (۱۲). تقریباً نیمی از سطح زمین‌های آبیاری شده به‌طور جدی تحت تأثیر شوری و یا شوری ثانویه قرار دارند (۶). اثرات زیان‌آور شوری فقط کاهش معنی‌دار عملکرد محصول نیست، بلکه در خاک‌های با بافت سنگین، باعث پراکندگی ذرات رس، کاهش در نفوذپذیری خاک به‌وسیله بسته شدن منافذ خاک و

کاهش در تخلخل و هدایت هیدرولیکی خاک می‌شود (۱). بعضی پژوهشگران تخریب خواص فیزیکی خاک ناشی از شوری و سدیمی را با استفاده از شاخص پایداری خاکدانه‌ها در آب، بررسی کرده و گزارش کرده‌اند که این شاخص به‌طور معکوس به مقدار کلرور سدیم انتقال یافته به‌وسیله آب آبیاری و مستقیماً به درصد سدیم قابل تبادل خاک وابسته است (۲۰). بنابراین برای داشتن یک کشاورزی موفق لازم است فرایند شوری تحت کنترل در آید. برای اصلاح آب و خاک می‌توان از روش مغناطیسی کردن آب استفاده کرد. فن‌آوری مغناطیسی یکی از جدیدترین و مؤثرترین روش برای استفاده از آب شور در کشاورزی است. تعریف آب مغناطیسی شامل آب عبوری از میان یک آهنربای دائمی (مغناطیس پایدار) قوی مستقر شده روی خط لوله تغذیه‌کننده است (۸). به‌عبارت دیگر آب مغناطیسی، آبی است که از یک میدان مغناطیسی که طبق محاسبات معینی ایجاد شده، عبور کرده و در نتیجه باعث تغییر و بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی آن می‌شود. تغییرات حاصله به‌وسیله میدان مغناطیسی بستگی به عواملی مانند میدان قوی، جهت میدان به‌کار برده شده، مدت زمان عبور از میدان مغناطیسی، نرخ جریان محلول، افزودنی حاضر (محلول‌های مختلف) در سیستم و اسیدیته آب دارد (۳، ۷). هولیز و همکاران (۲۰۰۷) آب و

عمق‌های مختلف خاک شد. یافته‌های آن‌ها نشان داد که نفوذپذیری آب در خاک به شدت افزوده شده و میزان تبخیر (تلفات آب) خصوصاً در خاک‌های شور و نیز سمیت یون‌های خاص در نتیجه تغلیظ آب کاسته می‌شود (۱۸). به‌طور کلی هدف این پژوهش، مقایسه مقدار رطوبت و هدایت الکتریکی خاک تیمارهای آب مغناطیسی و آب معمولی در سه سطح متفاوت شوری آب در روش آبیاری قطره‌ای می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه کشاورزی حسین‌آباد از توابع شهرستان ساری انجام شد. عرض و طول جغرافیایی منطقه به ترتیب  $36/60$  درجه شمالی و  $53/20$  درجه شرقی و ارتفاع آن از سطح دریا  $51$  متر می‌باشد. همچنین طبق طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن دارای آب و هوای نیمه مرطوب است. در این طرح از سامانه آبیاری قطره‌ای استفاده شد. تیمارها شامل دو تیمار آب آبیاری (آب مغناطیسی  $(W_1)$  و آب غیرمغناطیسی  $(W_2)$ ) به‌عنوان عامل اصلی و سه تیمار شوری شامل آب چاه  $(S_1)$ ، آب با شوری  $5$  دسی‌زیمنس بر متر  $(S_2)$  و آب با شوری  $10$  دسی‌زیمنس بر متر  $(S_3)$  به‌عنوان عامل فرعی بودند. طرح آزمایشی به صورت کرت دو بار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار انجام شد.

سیستم مورد استفاده دارای دو زیر واحد و هر زیر واحد شامل  $9$  عدد لوله فرعی به طول  $30$  متر که فاصله آن‌ها از یکدیگر یک متر بود. در ابتدای هر زیر واحد، یک عدد شیر برای کنترل قطع و وصل جریان نصب شده بود. تعداد  $30$  عدد قطره‌چکان روی هر لوله فرعی به فاصله یک متر از یکدیگر نصب شده بود. جدول  $1$  خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش را نشان می‌دهد. در جدول  $2$ ، خصوصیات شیمیایی منبع آب آبیاری ارایه شده است.

محلول‌های الکترولیت را به مدت  $5$  دقیقه در معرض میدان مغناطیسی ضعیف قرار دادند و هدایت آن‌ها و میزان تبخیر آب را با زمان اندازه گرفتند. به‌طور هم‌زمان این کمیت‌ها را برای نمونه‌های غیررفتاری مغناطیسی به‌عنوان سیستم‌های مرجع تعیین کردند. آن‌ها دریافتند که میدان مغناطیسی، پارامترها را تحت تأثیر قرار داده و باعث تغییر در پوسته (قشر) هیدراته یون‌ها می‌شود (۹). نتایج آزمایش‌های سلیها (۲۰۰۵) نشان داد که مقادیر سدیم، پتاسیم، کلر و سولفات در کرت‌های آبیاری شده توسط آب مغناطیسی نسبت به کرت‌های کنترل کاهش یافته بود. نتایج پژوهش‌های وی نشان داد که استفاده از آب مغناطیسی برای اهداف کشاورزی، کیفیت آب آبیاری و خصوصیات خاک را بهبود می‌بخشد (۱۷). بوگاتین (۱۹۹۹) اظهار داشتند که آبیاری با آب مغناطیسی سبب افزایش نفوذپذیری خاک و افزایش آبشویی خاک شد (۲). تاکاشینکو (۱۹۹۷) در آزمایش خود جهت شوری زدایی خاک با استفاده از آب مغناطیسی به این نتیجه رسیدند که آب مغناطیسی باعث حذف  $50$  تا  $80$  درصد از یون کلر خاک در مقایسه با حذف  $30$  درصد به وسیله آب آبیاری معمولی شده است (۱۹). زنگنه یوسف‌آبادی و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که آبشویی سدیم، پتاسیم، کلر و سولفات در تیمارهای مغناطیسی بیش‌تر از تیمار شاهد بود ولی اثر معنی‌داری بر آبشویی منیزیم و بی‌کربنات نداشت (۲۱). بر اساس گزارش کوی و استفان (۲۰۰۰)، نسبت آراگونیت به کلسیت در آب مغناطیسی افزایش می‌یابد (۵). رسوب آراگونیت نوعی از رسوب کربنات کلسیم است که در آب قابل حمل‌تر است و سبب خروج بیش‌تر کربنات کلسیم از خاک می‌شود. سربو استاوا و همکاران (۱۹۷۶) نشان دادند که آبیاری با آب مغناطیسی باعث کاهش مقدار یون‌های سدیم و کلسیم و در نتیجه درصد سدیم قابل تبادل در

جدول ۱ - خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (قبل از اعمال تیمارها).

Table 1. Physical and chemical characteristics of soil for the experimental field (before applying the treatments).

منیزیم Magnesium	کلسیم Calcium	سدیم Sodium	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی Electrical conductivity (dS m <sup>-1</sup> )	وزن مخصوص ظاهری Bulk density (gr cm <sup>-3</sup> )	رطوبت نقطه پژمردگی Moisture in PWP	رطوبت ظرفیت زراعی Moisture in FC	بافت خاک Soil texture	عمق سانی متر Depth (cm)
12.1	9.5	17.9	7.1	7.3	1.33	14	26	لوم Loam	0-20
9.8	11.2	18.1	7.1	7.9	1.39	15	27	لوم رسی Clay loam	20-40
9.1	15.1	18.2	7.2	8	1.41	16	27	لوم رسی Clay loam	40-60
9.5	16.4	18.5	7.1	8	1.40	16	28	لوم رسی Clay loam	60-80

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب چاه محل اجرای آزمایش (قبل از اعمال تیمارها).

Table 2. Chemical characteristics of the well water (before applying the treatments).

منیزیم Magnesium	کلسیم Calcium (میلی‌اکی‌والان در لیتر) (meq L <sup>-1</sup> )	سدیم Sodium	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) Electrical conductivity (dS m <sup>-1</sup> )
2.1	2.9	1.6	7.2	0.57

قطره‌چکان، فاصله ۲۵ سانتی‌متر از قطره‌چکان و فاصله ۵۰ سانتی‌متر از قطره‌چکان) و عمودی از قطره‌چکان (عمق‌های ۰-۲۰، ۲۰-۴۰، ۴۰-۶۰ و ۶۰-۸۰ سانتی‌متر)، نمونه‌برداری صورت گرفت و هدایت الکتریکی خاک اندازه‌گیری شد. با استفاده از آگر، نمونه‌برداری خاک تیمارهای مختلف در مرحله ابتدا، وسط و انتهای دوره آزمایش انجام شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند سپس مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون LSD در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام شد.

جهت بررسی تأثیر آب مغناطیسی بر مقدار شوری خاک، آهن‌ریا به دور لوله و در خروجی منبع آب نصب شدند. مگنت‌های مورد استفاده، مغناطیس‌هایی از جنس سرامیک دایم بوده که با اعمال میدان مغناطیسی با قدرت مناسب، با جهت تحریک معین، ساختار سیال و خواص فیزیکی آن را تغییر می‌دهد. قدرت میدان مغناطیسی به کار برده شده ۰/۳ تسلا بود (شکل ۱).

به منظور بررسی تأثیر آب مغناطیسی بر تجمع املاح در خاک، در فاصله‌های عرضی (کنار



شکل ۱- دستگاه مغناطیس نصب شده بر روی لوله.

Figure 1. Magnetic device installed on the pipe.

می‌دهد که اثر متقابل نوع آب آبیاری و شوری در هیچ‌کدام از فواصل معنی‌دار نشد. نتایج مقایسه میانگین رطوبت خاک نشان می‌دهد که مقدار رطوبت خاک در تیمار آب مغناطیسی بیش‌تر از آب غیرمغناطیسی شد و این اختلاف در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

### نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس ارایه شده در جدول ۳ نشان می‌دهد که اثر نوع آب آبیاری و همچنین اثر شوری آب آبیاری بر مقدار رطوبت خاک در تمامی فاصله‌ها نسبت به قطره‌چکان در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. همچنین نتایج تجزیه واریانس نشان

در تمامی فواصل، بین تیمار شاهد و شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری وجود داشت ولی بین تیمارهای دیگر شوری، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بیشترین مقدار رطوبت خاک در تیمارهای با شوری بالا مشاهده شد (جدول ۵).

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر فاکتورهای مختلف بر مقدار رطوبت خاک در فاصله‌های مختلف از قطره‌چکان.

**Table 3. Variance analysis of the effect of different factors on soil moisture for various distances to the emitter.**

میانگین مربعات Mean squares			درجه آزادی Degree of freedom	منابع تغییر Sources of variations
فاصله ۵۰ سانتی‌متر distance of 50 cm	فاصله ۲۵ سانتی‌متر distance of 25 cm	کنار قطره‌چکان Near the emitter		
21.0**	22.8**	26.3**	1	آب آبیاری Irrigation water
0.4	0.7	0.5	2	خطا Error
24.5**	22.8**	22.1**	2	شوری Salinity
0.77 <sup>ns</sup>	0.65 <sup>ns</sup>	0.73 <sup>ns</sup>	2	آب آبیاری × شوری Irrigation water*Salinity
0.44	0.41	0.32	8	خطا Error
14.8**	16.1**	17.0**	3	عمق Depth
1.06 <sup>ns</sup>	1.89 <sup>ns</sup>	1.25 <sup>ns</sup>	3	آب آبیاری × عمق Irrigation water*Depth
1.29 <sup>ns</sup>	0.88 <sup>ns</sup>	2.12 <sup>ns</sup>	6	شوری × عمق Salinity*Depth
0.28 <sup>ns</sup>	0.46 <sup>ns</sup>	0.39 <sup>ns</sup>	6	آب آبیاری × شوری × عمق Irrigation water*Salinity*Depth
0.74	0.89	0.85	174	خطا Error

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

\*\* Significant at 1% level, \* Significant at 5% level, <sup>ns</sup> not significant.

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های مقدار رطوبت خاک برای تیمارهای مختلف نوع آب آبیاری در فاصله‌های مختلف از قطره‌چکان.

**Table 4. The comparison of average soil moisture for different treatments of irrigation water for various distances to the emitter.**

رطوبت حجمی خاک Soil moisture content			تیمار Treatment
فاصله ۵۰ سانتی‌متر distance of 50 cm	فاصله ۲۵ سانتی‌متر distance of 25 cm	کنار قطره‌چکان Near the emitter	
31.58 <sup>a</sup>	32.87 <sup>a</sup>	33.71 <sup>a</sup>	مغناطیسی Magnetized
28.91 <sup>b</sup>	29.36 <sup>b</sup>	30.91 <sup>b</sup>	غیرمغناطیسی Non-magnetized

در هر ستون مقادیری که دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, the values followed by at least one common character are not statistically different.

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های مقدار رطوبت خاک برای تیمارهای مختلف شوری آب آبیاری در فاصله‌های مختلف از قطره‌چکان.

**Table 5. The comparison of average soil moisture for different treatments of irrigation water salinity for various distances to the emitter.**

رطوبت حجمی خاک Soil moisture content			تیمار Treatment
فاصله ۵۰ سانتی‌متر distance of 50 cm	فاصله ۲۵ سانتی‌متر distance of 25 cm	کنار قطره‌چکان Near the emitter	
30.35 <sup>b</sup>	31.53 <sup>b</sup>	32.33 <sup>b</sup>	آب چاه Well water
30.81 <sup>ab</sup>	31.86 <sup>b</sup>	32.62 <sup>ab</sup>	۵ دسی‌زیمنس بر متر 5 dS m <sup>-1</sup>
31.53 <sup>a</sup>	32.96 <sup>a</sup>	33.45 <sup>a</sup>	۱۰ دسی‌زیمنس بر متر 10 dS m <sup>-1</sup>

در هر ستون مقادیری که دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.  
In each column, the values followed by at least one common character are not statistically different.

جدول ۶- مقایسه میانگین‌های مقدار رطوبت خاک برای عمق‌های مختلف خاک در فاصله‌های مختلف از قطره‌چکان.

**Table 6. The comparison of average soil moisture for different soil depths for various distances to the emitter.**

رطوبت حجمی خاک Soil moisture content			تیمار Treatment
فاصله ۵۰ سانتی‌متر distance of 50 cm	فاصله ۲۵ سانتی‌متر distance of 25 cm	کنار قطره‌چکان Near the emitter	
29.77 <sup>c</sup>	30.45 <sup>c</sup>	31.28 <sup>c</sup>	0-20
31.41 <sup>ab</sup>	32.21 <sup>b</sup>	32.81 <sup>b</sup>	20-40
31.49 <sup>a</sup>	33.64 <sup>a</sup>	34.22 <sup>a</sup>	40-60
30.93 <sup>b</sup>	32.18 <sup>b</sup>	32.88 <sup>b</sup>	60-80

در هر ستون مقادیری که دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.  
In each column, the values followed by at least one common character are not statistically different.

الکتریکی خاک در تمامی فاصله‌ها نسبت به قطره‌چکان در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر شوری آب آبیاری و زمان نمونه‌برداری نیز بر مقدار هدایت الکتریکی خاک در تمامی فاصله‌ها نسبت به قطره‌چکان در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل تیمارهای مختلف در هیچ‌کدام از فواصل معنی‌دار نشد.

نتایج مقایسه میانگین هدایت الکتریکی نشان می‌دهد که مقدار هدایت الکتریکی خاک در تیمار آب مغناطیسی کم‌تر از آب غیرمغناطیسی شد و این اثر در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۸).

نتایج نشان داد که در تمامی مراحل آبیاری، موقعیت‌های مختلف نسبت به قطره‌چکان، آب مغناطیسی باعث افزایش رطوبت خاک به مقدار ۳ تا ۶/۵ درصد در هر سه تیمار شوری شده است. علت این است که مولکول‌های آب تحت‌تأثیر پیوند هیدروژنی و نیروی واندروالس با یون‌ها درگیر بودند آزاد شده، آب روان‌تر و خاصیت ترشوندگی آن بیش‌تر شده و ذرات آب به‌سهولت به ذرات کلوئیدی و میکرونی خاک چسبیده و از فرار به اعماق خاک جلوگیری می‌شود (۱۴).  
نتایج تجزیه واریانس ارایه شده در جدول ۷ نشان می‌دهد که اثر نوع آب آبیاری بر مقدار هدایت

جدول ۷- تجزیه واریانس تأثیر فاکتورهای مختلف بر مقدار هدایت الکتریکی خاک در فاصله‌های مختلف از قطره‌چکان.

**Table 7. Variance analysis of the effect of different factors on soil electrical conductivity for various distances to the emitter.**

میانگین مربعات Mean squares			درجه آزادی Degree of freedom	منابع تغییر Sources of variations
فاصله ۲۵ سانتی‌متر distance of 25 cm	فاصله ۵۰ سانتی‌متر distance of 50 cm	کنار قطره‌چکان Near the emitter		
67.05**	38.74**	41.26**	2	زمان نمونه‌برداری Sampling time
0.561	0.936	1.943	2	خطا Error
70.17**	74.97**	71.46**	1	آب آبیاری Irrigation water
0.191	0.158	0.056	2	خطا Error
44.37**	15.76**	35.29**	2	شوری Salinity
0.174 <sup>ns</sup>	0.531 <sup>ns</sup>	0.253 <sup>ns</sup>	2	آب آبیاری × شوری Irrigation water*Salinity
0.046	0.159	0.273	8	خطا Error
17.18**	6.56**	14.43**	3	عمق Depth
1.023 <sup>ns</sup>	0.289 <sup>ns</sup>	0.656 <sup>ns</sup>	3	آب آبیاری × عمق Irrigation water*Depth
2.24 <sup>ns</sup>	0.58 <sup>ns</sup>	1.53 <sup>ns</sup>	6	شوری × عمق Salinity*Depth
0.288 <sup>ns</sup>	0.225 <sup>ns</sup>	0.209 <sup>ns</sup>	6	آب آبیاری × شوری × عمق Irrigation water*Salinity*Depth
1.036	1.505	1.689	174	خطا Error

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

\*\* Significant at 1% level, \* Significant at 5% level, <sup>ns</sup> not significant.

جدول ۸- مقایسه میانگین‌های مقدار هدایت الکتریکی خاک برای تیمارهای مختلف نوع آب آبیاری در فاصله‌های مختلف از قطره‌چکان.

**Table 8. The comparison of average soil electrical conductivity for different treatment of irrigation water for various distances to the emitter.**

هدایت الکتریکی خاک (دسی‌زیمنس بر متر) Soil electrical conductivity (dS m <sup>-1</sup> )			تیمار Treatment
فاصله ۵۰ سانتی‌متر distance of 50 cm	فاصله ۲۵ سانتی‌متر distance of 25 cm	کنار قطره‌چکان Near the emitter	
6.48 <sup>b</sup>	6.03 <sup>b</sup>	5.63 <sup>b</sup>	مغناطیسی Magnetized
9.63 <sup>a</sup>	8.83 <sup>a</sup>	8.52 <sup>a</sup>	غیرمغناطیسی Non-magnetized

در هر ستون مقادیری که دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, the values followed by at least one common character are not statistically different.



با توجه به جدول ۹ مشخص است که مقدار هدایت الکتریکی خاک تیمارهای مختلف شوری آب آبیاری به غیر از کنار قطره‌چکان، در فاصله‌های ۲۵ و ۵۰ سانتی‌متر از قطره‌چکان دارای اختلاف معنی‌دار است. مقدار هدایت الکتریکی خاک در کنار

قطره‌چکان در ابتدای فصل، اختلاف معنی‌داری با مقدار هدایت الکتریکی خاک در انتهای فصل نداشت ولی در فاصله‌های ۲۵ و ۵۰ سانتی‌متر از قطره‌چکان، بین مقدار هدایت الکتریکی خاک ابتدا و انتهای فصل، اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۱۱).

جدول ۹- مقایسه میانگین‌های مقدار هدایت الکتریکی خاک برای تیمارهای مختلف شوری آب آبیاری در فاصله‌های مختلف از قطره‌چکان.

**Table 9. The comparison of average soil electrical conductivity for different treatment of irrigation water salinity for various distances to the emitter.**

هدایت الکتریکی خاک (دسی‌زیمنس بر متر) Soil electrical conductivity ( $\text{dS m}^{-1}$ )			تیمار Treatment
فاصله ۵۰ سانتی‌متر distance of 50 cm	فاصله ۲۵ سانتی‌متر distance of 25 cm	کنار قطره‌چکان Near the emitter	
6.87 <sup>c</sup>	6.80 <sup>c</sup>	6.57 <sup>b</sup>	آب چاه Well water
7.74 <sup>b</sup>	7.30 <sup>b</sup>	6.81 <sup>b</sup>	۵ دسی‌زیمنس بر متر 5 $\text{dS m}^{-1}$
9.54 <sup>a</sup>	8.23 <sup>a</sup>	7.78 <sup>a</sup>	۱۰ دسی‌زیمنس بر متر 10 $\text{dS m}^{-1}$

در هر ستون مقادیری که دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.  
In each column, the values followed by at least one common character are not statistically different.

جدول ۱۰- مقایسه میانگین‌های مقدار هدایت الکتریکی خاک برای عمق‌های مختلف خاک در فاصله‌های مختلف از قطره‌چکان.

**Table 10. The comparison of average soil electrical conductivity for different soil depths for various distances to the emitter.**

هدایت الکتریکی خاک (دسی‌زیمنس بر متر) Soil electrical conductivity ( $\text{dS m}^{-1}$ )			تیمار Treatment
فاصله ۵۰ سانتی‌متر distance of 50 cm	فاصله ۲۵ سانتی‌متر distance of 25 cm	کنار قطره‌چکان Near the emitter	
9.47 <sup>a</sup>	7.15 <sup>c</sup>	6.61 <sup>b</sup>	0-20
9.29 <sup>a</sup>	7.38 <sup>bc</sup>	6.81 <sup>b</sup>	20-40
6.86 <sup>b</sup>	7.77 <sup>a</sup>	7.38 <sup>a</sup>	40-60
6.66 <sup>b</sup>	7.66 <sup>b</sup>	7.53 <sup>a</sup>	60-80

در هر ستون مقادیری که دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.  
In each column, the values followed by at least one common character are not statistically different.

جدول ۱۱- مقایسه میانگین‌های مقدار هدایت الکتریکی خاک برای زمان‌های مختلف نمونه‌برداری در فاصله‌های مختلف از قطره‌چکان.

**Table 11. The comparison of average soil electrical conductivity for different sampling times for various distances to the emitter.**

هدایت الکتریکی خاک (دسی‌زیمنس بر متر) Soil electrical conductivity (dS m <sup>-1</sup> )			تیمار Treatment
فاصله ۵۰ سانتی‌متر distance of 50 cm	فاصله ۲۵ سانتی‌متر distance of 25 cm	کنار قطره‌چکان Near the emitter	
7.59 <sup>c</sup>	7.11 <sup>b</sup>	6.83 <sup>a</sup>	اول فصل First season
8.41 <sup>b</sup>	7.35 <sup>ab</sup>	6.91 <sup>a</sup>	وسط فصل Middle season
8.98 <sup>a</sup>	7.65 <sup>a</sup>	7.02 <sup>a</sup>	انتهای فصل End season

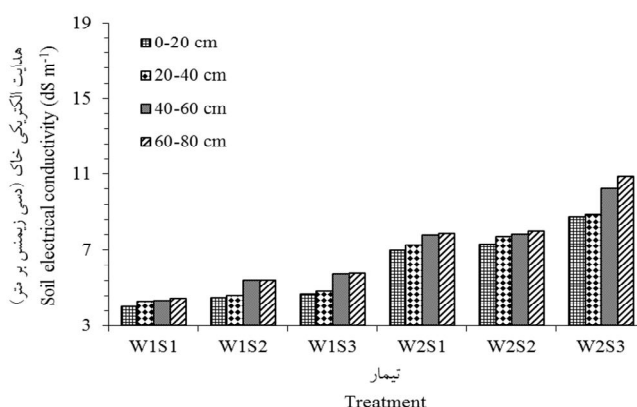
در هر ستون مقادیری که دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, the values followed by at least one common character are not statistically different.

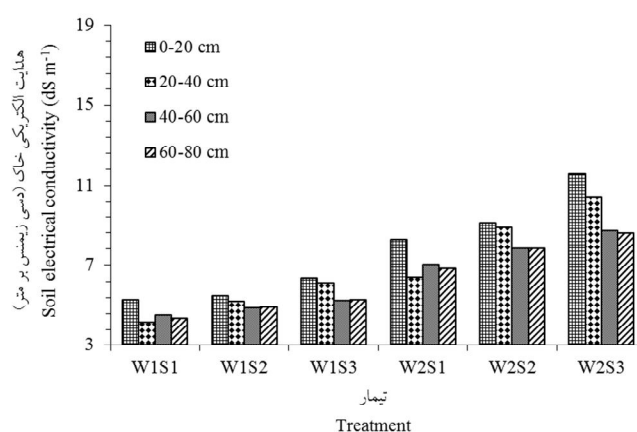
هدایت الکتریکی در لایه سطحی خاک بیش‌تر از لایه زیرین شود، اما در نهایت شوری خاک در لایه سطحی خاک بیش‌تر از لایه زیرین بوده است که می‌توان علت آن را به حرکت آب همراه با نمک از لایه زیرین خاک به لایه سطحی توسط لوله‌های موئین و تبخیر از سطح خاک و باقی ماندن نمک در لایه سطحی خاک نسبت داد. در لایه‌های پایین به‌علت شسته شدن نمک‌ها توسط آبیاری و بالا آمدن نمک توسط تبخیر، شوری خاک کم‌تر می‌باشد. تدشی و دل‌آکیلا (۲۰۰۵) گزارش کردند که در شرایطی که خاک فاقد زهکش باشد و آبشویی صورت گیرد در لایه‌های بالایی خاک افزایش شوری در امتداد عمق و در لایه‌های زیرین کاهش شوری در امتداد عمق می‌باشد (۲۰).

شکل ۲ نشان می‌دهد که مقدار هدایت الکتریکی خاک در کنار قطره‌چکان‌ها با افزایش شوری آب آبیاری، افزایش یافته است. این پارامتر در عمق‌های پایین‌تر خاک، بیش‌ترین مقدار را داشت. در فاصله ۲۵ سانتی‌متری از قطره‌چکان‌ها (شکل ۳) و در فاصله ۵۰ سانتی‌متری از قطره‌چکان‌ها (شکل ۴) نیز مقدار هدایت الکتریکی با افزایش شوری آب آبیاری افزایش یافت. کاترجی و همکاران (۲۰۰۵) و چودهاری و همکاران (۲۰۰۶) نیز در پژوهش‌های خود، افزایش شوری خاک را در اثر افزایش شوری آب آبیاری گزارش کرده‌اند (۴، ۱۲).

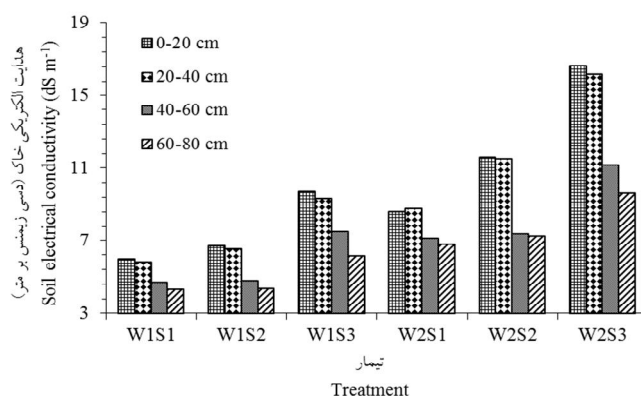
در شکل‌های ۳ و ۴ مشاهده می‌شود اگرچه افزایش شوری آب آبیاری باعث شده که مقدار



شکل ۲- مقایسه مقدار هدایت الکتریکی خاک تیمارهای آزمایشی در عمق‌های مختلف، در کنار قطره‌چکان برای انتهای دوره آزمایش. **Figure 2. Comparison of soil electrical conductivity for experimental treatments at different depths and near the emitter for end period.**



شکل ۳- مقایسه مقدار هدایت الکتریکی خاک تیمارهای آزمایشی در عمق‌های مختلف و فاصله ۲۵ سانتی‌متر از قطره‌چکان برای انتهای دوره آزمایش. **Figure 3. Comparison of soil electrical conductivity for experimental treatments at different depths and distance of 25 cm from the emitter for end period.**



شکل ۴- مقایسه مقدار هدایت الکتریکی خاک تیمارهای آزمایشی در عمق‌های مختلف و فاصله ۵۰ سانتی‌متر از قطره‌چکان برای انتهای دوره آزمایش. **Figure 4. Comparison of soil electrical conductivity for experimental treatments at different depths and distance of 50 cm from the emitter for end period.**

بررسی کردند و پیشنهاد کردند که از آب مغناطیسی برای آبخوبی خاک‌های شور یا قلیایی استفاده شود (۱۸). پژوهشگران دانشگاه کشاورزی تامپل نادو (۲۰۰۵) با استفاده از آب مغناطیسی آزمایش‌هایی را روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک انجام دادند و با مشاهده کاهش معنی‌دار EC و pH و مقدار  $\text{CaCO}_3$  در محلول خاک، اثر کاربرد آب مغناطیسی در حل کردن و آبخوبی نمک‌ها و مقدار انحلال  $\text{CaCO}_3$  را تأیید کردند (۱۳). جاکوب (۱۹۹۹) آزمایش‌های آبخوبی را روی ستون‌های دست‌خورده چند نوع خاک شور انجام داد. وی بیش‌ترین اثر آبخوبی با آب مغناطیسی را به ترتیب روی نمونه‌های خاک با شوری سدیم، کلر و سولفات مشاهده کرد. همچنین نشان داد که آب مغناطیسی باعث افزایش ۱/۵ برابری سرعت نفوذ آب در خاک شد. به عقیده وی کم شدن گازهای آزاد موجود در آب به هنگام مغناطیسی شدن آب، سرعت نفوذ آن را در خاک افزایش می‌دهد (۱۱). سلیها (۲۰۰۵) با استفاده از آب مغناطیسی، آزمایش‌هایی را بر روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک انجام داد و با مشاهده کاهش معنی‌دار EC، pH و مقدار  $\text{CaCO}_3$  در محلول خاک، کاربرد آب مغناطیسی در حل کردن و آبخوبی نمک‌ها را توصیه نمود و پتانسیل بالای آب مغناطیسی در شستشوی نمک‌های خاک را در افزایش نفوذپذیری خاک مؤثر دانست (۱۷). محمد (۲۰۱۳) نشان داد که استفاده از مغناطیس با آب شور، اثر قابل‌توجهی بر خاک و گیاه گوجه‌فرنگی داشت. وی مشاهده کرد که استفاده از آب مغناطیسی اثر معنی‌داری در کاهش هدایت الکتریکی خاک پس از برداشت محصول داشت (۱۵).

### نتیجه‌گیری کلی

به دلیل کمبود منابع آب، استفاده بهتر از آب‌های شور و لب‌شور برای آبیاری در بخش کشاورزی

به‌طور متوسط آب مغناطیسی باعث کاهش هدایت الکتریکی خاک به مقدار ۳۱ درصد نسبت به آب غیرمغناطیسی شد. علت این است که آبیاری در هر مرحله موجب شد که مقدار رطوبت خاک در تیمارهای آب مغناطیسی بیش‌تر از تیمارهای آب غیرمغناطیسی شده و این امر باعث شده که املاح از خاک آبخوبی شوند و هدایت الکتریکی خاک کاهش یابد. این تأثیر در کنار قطره‌چکان‌ها و همچنین در لایه سطحی خاک مشهودتر بود. یکی از تغییراتی که در آب مغناطیسی ایجاد می‌شود نحوه آرایش بارهای الکتریکی مولکول‌های آب می‌باشد. از آن‌جا که به‌طور طبیعی بین نیروهای خالص مولکول‌های آب اختلاف کمی وجود دارد، مولکول‌های آب به‌صورت کاملاً تصادفی قرار دارند. در آب‌های موجود و در دمای محیط، بیش از ۷۰ درصد مولکول‌های آب به‌صورت نامنظم قرار گرفته و بارهای مثبت و منفی آن‌ها در جایگاه طبیعی خود قرار ندارند. در صورتی که یک جسم دارای قدرت مغناطیسی با یکی از قطب‌هایش، مثلاً قطب جنوب (دارای بار مثبت) به آب نزدیک شود، مولکول‌های آب با قطب منفی به منبع مغناطیس نزدیک‌تر و مولکول‌های با بار مثبت از آن دور می‌شوند. این روند سبب می‌شود تا مولکول‌های آب (شامل کاتیون‌ها و آنیون‌ها) از حالت بی‌نظمی به‌صورت مرتب در آمده و نوع پیوند اکسیژن-هیدروژن از حالت مثلثی به شکل یک خط تغییر کند. در نتیجه بار الکتریکی مولکول‌های آب در این شرایط نسبت به آب معمولی متفاوت خواهد بود و ضمن تشکیل مولکول‌های کوچک‌تر، سبب افزایش تعداد مولکول‌های آب در واحد حجم و افزایش قدرت حلالیت آب شده و در نتیجه سریع‌تر در خاک نفوذ می‌نماید (۱۷).

سریواستاوا و همکاران (۱۹۷۶) قابلیت حل نمک‌های NaCl و  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  در آب مغناطیسی را

کمترین میزان استفاده از مواد شیمیایی و اسیدی و هزینه کم تر می باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که آب مغناطیسی باعث افزایش مقدار رطوبت خاک نسبت به تیمار آب غیرمغناطیسی شد. همچنین آب مغناطیسی باعث کاهش هدایت الکتریکی در عمق های مختلف خاک شد و این اثر در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود. با استفاده از آب مغناطیسی می توان مدیریت آب در مزرعه را بهبود بخشید و امکان استفاده از روش های کم آبیاری را تجربه کرد.

ضروری است. کاهش کمی و کیفی منابع آبی، به طور طبیعی منجر به کاهش کیفیت خاک های زراعی شده به طوری که بر دامنه وسعت آن هر روز افزوده می شود. آب آبیاری حتی اگر از بهترین نوع باشد، مقداری املاح را به خاک منتقل کرده و باعث افزایش غلظت نمک در خاک می شود. بنابراین اصلاح آب و خاک امری ضروری می باشد. یکی از این روش ها، استفاده از سامانه آب مغناطیسی می باشد. از مزیت های مهم کاربرد آب مغناطیسی در کشاورزی، اصلاح خاک با

### منابع

1. Ame'zketa, E. 1999. Soil aggregate stability: A review. *J. Sustain. Agr.* 14: 83-151.
2. Bogatin, J. 1999. Magnetic Treatment of Irrigation Water: Experimental Results and Application Conditions. *Environ. Sci. Technol.* 33: 1280-1285.
3. Chibowski, E., Szcześ, A., and Hołysz, L. 2005. Influence of Sodium Dodecyl Sulfate and Static Magnetic Field on the Properties of Freshly Precipitated Calcium Carbonate. *ACS Publ.* 21: 8114-8122.
4. Choudhary, O.P., Ghuman, B.S., Josan, A.S., and Bajwa, M.S. 2006. Effect of alternating irrigation with sodic and non-sodic waters on soil properties and sunflower yield. *Agr. Water Manage.* 85: 151-156.
5. Coey, J.M.D., and Stephen, G. 2000. Magnetic water treatment. Physics Department. Trinity College. Dublin 2. Ireland.
6. Flagella, Z., Cantore, V., Giuliani, M.M., Tarantino, E., and De Caro, A. 2002. Crop salt tolerance: Physiological, yield and quality aspects. *Plant Biol.* 2: 155-186.
7. Gabrielli, C., Jaouhari, R., Maurin, G., and Keddad, M. 2001. Magnetic water treatment for scale prevention. *Water Res.* 35: 3249-3259.
8. Herzog, R.E., Qihong, S., Patil, T.J.N., and Katz, J.L. 1989. Magnetic water treatment: The effect of iron on calcium carbonate nucleation and growth. *Longmuir.* 5: 861-867.
9. Holysz, L., Szczes, A., and Chibowski, E. 2007. Effects of a static magnetic field on water and electrolyte solutions. *J. Coll. Int. Sci.* 316: 996-1002.
10. Homae, M. 2002. Plant response to salinity. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage. 97p. (In Persian)
11. Jacob, B. 1999. Magnetic treatment of irrigation water: Experimental results and application conditions. *Environ. Sci. Technol.* 33: 1280-1285.
12. Katerji, N., Van Hoorn, J.W., Hamdy, A., Mastroilli, M., and Oweis, T. 2005. Salt tolerance analysis of chickpea, faba bean and durum wheat varieties I. Chickpea and faba bean. *Agr. Water Manage.* 72: 177-194.
13. Kenya, A.D., and Parsons, S.A. 2005. A spectrophotometer- based study of magnetic water: Assessment of ionic vs. surface mechanisms. *Water Res.* 40: 517-524.
14. Lungader Madsen, H.E. 2004. Crystallization of calcium carbonate in magnetic field ordinary and heavy water. *J. Cryst. Growth.* 267: 251-255.
15. Mohamed, A.I. 2013. Effects of magnetized low quality water on some soil properties and plant growth. *Int. J. Res. Chem. Environ.* 3: 2. 140-147.
16. Norozi, M., Meschi, M., and Maherani, M. 1999. Use of saline and brackish waters for irrigation. 76p. (In Persian)

17. Saliha, B.B. 2005. Bioefficacy testing of GMX online magnetic water conditioner in grapes var. muscat. Tamil Nadu agricultural university. Project Completion Project.
18. Srivastava, S.C., Lal, P.B.B., and Sharma, B.N. 1976. Application of solar energy in conjunction with magnetized water to boost food output. National Solar Energy Convention, Calcutta, India, Pp: 248-250.
19. Takatshinko, Y. 1997. Hydromagnetic systems and their role in creating micro climate. International symposium on Sustainable Management of Salt Affected Soils, Cairo, Egypt, Pp: 22-28.
20. Tedeschi, A., and Dell'Aquila, R. 2005. Effects of irrigation with saline waters at different concentrations, on soil physical and chemical characteristics. *Agr. Water Manage.* 77: 308-322.
21. Zangene Usefabadi, E., Behzad, M., and Boroomand Nasab, S. 2012. Effects of magnetic water on the amount of leaching of the cations and anions of saline soil in laboratory conditions. *J. Water Soil.* 26: 3. 680-689. (In Persian)



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 23(2), 2016*  
<http://jwsc.gau.ac.ir>

## **Effect of magnetized saline water on soil and water amendment in trickle irrigation**

**M. Heidarpour<sup>1</sup>, \*M. Khoshravesh<sup>2</sup> and Y. Moshaveri<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Professor, Dept. of Water Engineering, Isfahan University of Technology, <sup>2</sup>Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, <sup>3</sup>M.Sc. Student, Dept. of Water Resources Engineering, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran

Received: 10/26/2014; Accepted: 05/04/2015

### **Abstract**

**Background and Objectives:** Due to limited water resources, there is too much emphasis on the efficient use of present water resources and the use of waste water and saline and brackish water for irrigation. Therefore, for having a successful agriculture, it is necessary to the process come under the control of salinity. Magnetized water can be used for reclamation of water and soil. The objective of this study was to investigate the soil moisture and soil salinity around the emitters at different stage of irrigation using magnetized saline water.

**Materials and Methods:** The treatments including two treatments of irrigation water (magnetized water and non-magnetized water) as main treatments and three level of salinity including well water, saline waters 5 and 10 dS/m were a minor factor. Field experiment was performed as split-split plot in randomized complete block with three replications. To investigate the effect of magnetized water on soil salinity, magnets were installed around the pipe and output of water supply. Used magnets were permanent ceramic that changed the structure and physical properties of the fluid with magnetic field with appropriate strength. In order to investigate the effect of magnetized water on the accumulation of salts in the soil, samples were taken at horizontal distance (near the emitter, distance of 25 cm from the emitter and distance of 50 cm from the emitter) and vertical (depths of 0-20, 20-40, 40-60 and 60-80 cm) and soil electrical conductivity were measured. In order to investigate the effect of magnetized water on the accumulation of salts in the soil, samples were taken at horizontal distance (near the emitter, distance of 25 cm from the emitter and distance of 50 cm from the emitter) and vertical (depths of 0-20, 20-40, 40-60 and 60-80 cm) and soil electrical conductivity were measured.

**Results:** The results of the comparison of average soil moisture showed that soil moisture at different distances from the emitters of magnetized water treatment was more than non-magnetized water and this difference was significant at 5% probability level. Irrigation at all stages, in different locations from the emitter, magnetized water caused increasing of 3-6.5 percent in all three salinity treatment. Also, the results of the comparison of average soil electrical conductivity showed that soil electrical conductivity at magnetized water treatment was less than non-magnetized water and this effect was significant at 5% probability level. Soil electrical conductivity at near the emitter at the beginning of season, had not significant different with soil electrical conductivity at the end of season, but at distances of 25 cm and 50 cm from the emitter, there was significant different between soil electrical conductivity of the beginning and end of season. Irrigation with magnetized water caused reduction of 31 percent of soil electrical conductivity than normal irrigation.

**Conclusions:** Using magnetized water can be improved the management of water in agricultural and experience deficit irrigation methods. The magnetized irrigation saving water use and solved the soil salinity problem, recommended for use in agriculture.

**Keywords:** Emitter, Magnetized water, Salinity, Soil moisture, Trickle irrigation

---

\* Corresponding Author; Email: [khoshravesh\\_m24@yahoo.com](mailto:khoshravesh_m24@yahoo.com)

