نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره4، جلد9، مهر - آبان 1394، ص. 654-646

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 4, Vol. 9, Oct.-Nov. 2015, p. 646-654

اثر آب شور مغناطیسی شده بر نفوذپذیری و هدایت الکتریکی بافت‌های مختلف خاک

مجتبی خوش روش[1*] و علیرضا کیانی[2]

تاریخ دریافت: 1394/4/2 تاریخ پذیرش: 1394/8/13

چکیده

یکی از پارامترهای بسیار مهم در طراحی و ارزیابی سیستم‌های آبیاری، نفوذ و به صورت دقیق‌تر ضرایب معادله نفوذ آب به داخل خاک است. هدف از این پژوهش، مقایسه مقدار نفوذ تجمعی، سرعت نفوذ آب و هدایت الکتریکی در خاک‌های لومی شنی، سیلتی و رسی در شرایط آب با شوری 0/58، 5 و 10 دسی‌زیمنس بر متر با استفاده از آب مغناطیسی و آب معمولی می‌باشد. آب مغناطیسی با عبور آب از میان یک آهنربای دائمی قوی مستقر روی خط لوله به‌وجود آمد. ضرایب نفوذ خاک‌ها بر اساس معادله کوستیاکف-لوئیس به‌دست آمد. نتایج نشان داد که آب مغناطیسی باعث افزایش مقدار نفوذپذیری و هم‌چنین افزایش سرعت نفوذ آب در بافت‌های مختلف خاک و هم‌چنین در تمامی تیمارهای آب شور شده است و این اثر در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار بود. به طور متوسط مقدار نفوذ تجمعی آب در خاک در پایان فصل، در تیمار آب غیر مغناطیسی و شرایط شوری آب 5 دسی‌زیمنس بر متر و 10 دسی‌زیمنس بر متر، به‌ترتیب 10/8 درصد و 25/6 درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشته است. ولی در تیمار آب مغناطیسی و شرایط شوری آب 5 دسی‌زیمنس بر متر و 10 دسی‌زیمنس بر متر، به‌ترتیب 6/4 درصد و 13/95 درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشته است. هم‌چنین استفاده از آب مغناطیس باعث کاهش معنی‌دار هدایت الکتریکی در عمق‌های مختلف خاک شده است و این اثر در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار بود. آب مغناطیسی تأثیر بیش‌تری در نفوذپذیری و هدایت الکتریکی خاک به‌ترتیب در خاک‌های رسی و لومی شنی داشته است. با افزایش مقدار نفوذپذیری خاک در اثر استفاده از آب مغناطیسی، تبخیر خاک کاهش یافته که منجر به افزایش راندمان آبیاری خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: آب مغناطیسی، بافت خاک،سرعت نفوذ، شوری

مقدمه

آب و خاک مهم‌ترین منابع طبیعی می‌باشند که در تأمین غذای جامعه بشری نقش اساسی ایفا می‌کنند. رشد روزافزون جمعیت جهان در چند دهه اخیر سبب شده است تا به وسعت اراضی فاریاب دنیا به مقدار قابل توجهی افزوده شود. نفوذ آب به خاک به‌عنوان فرایند اولیه ورود آب از سطح خاک به داخل ناحیه غیراشباع خاک می‌باشد. این فرایند نقشی بسیار مهم در چرخه آبی طبیعت ایفا می‌نماید. نفوذ آب به خاک مهم‌ترین منبع تأمین‌کننده آب برای ادامه حیات گیاهان می‌باشد (Turner, 2006). کمی کردن پدیده نفوذ آب به خاک در مدیریت حوضه‌های آبخیز از اهمیت بسیاری برخوردار است (Mukheibir, 2008). پیش‌بینی سیل‌خیزی، فرسایش خاک و انتقال آلاینده‌ها، همگی به‌میزان رواناب ایجاد شده بستگی دارد که خود به‌طور مستقیم به پدیده نفوذ آب به خاک وابسته می‌باشد (Sy, 2006).

سرعت وارد شدن آب به خاک یا به عبارت دیگر سرعت نفوذ، از پارامترهای مهم در طراحی سیستم‌های آبیاری، مطالعات هیدرولوژی، مدیریت منابع آب، حفاظت خاک، طراحی و اجرای پروژه‌های زهکشی و کنترل فرسایش خاک در حوضه‌های آبخیز می‌باشد. انتخاب نوع سیستم آبیاری برای هر منطقه به ویژگی‌های نفوذ آب به داخل خاک بستگی دارد. هم‌چنین، مدیریت سیستم آبیاری و برنامه‌ریزی آبیاری نیز بر اساس سرعت نفوذ آب می‌باشد. (Raghuwanshi and Wallender, 1997) دریافتند که طراحی و برنامه‌ریزی آبیاری و درآمد خالص آبیاری، نسبت به تغییرات نفوذ حساس هستند و این تغییرات در طراحی‌های آبیاری باید مورد توجه قرار گیرند.

به‌علت کمبود منابع آب سطحی، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه-خشک، برای تأمین آب آبیاری زمین‌های کشاورزی، تخلیه بیش از حد آب زیرزمینی با کیفیت کم رخ داده است که موجب افزایش بیشتر در شوری خاک شده است به‌طوری‌که بر دامنه وسعت آن هر روز افزوده می‌شود (Poustini et al., 2004). کاهش کمی و کیفی منابع آبی، به‌طور طبیعی منجر به کاهش کیفیت خاک‌های زراعی شده با

1- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
2- دانشیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: khoshravesh_m24@yahoo.com)

توجه به سختی بالای آب آبیاری و محتوای بالای املاح بی‌کربنات کلسیم و کربنات در اکثر مناطق کم آب کشور، در اثر آبیاری بی‌رویه، نمک‌های موجود در خاک و آب در اثر پدیده مویینگی در سطح خاک جمع شده و معضل شوره‌زایی و سفت شدن خاک، اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. شوری آب، علاوه بر محدود کردن رشد گیاه، سبب کاهش خلل و فرج خاک نیز می‌شود که در نتیجه جذب مواد غذایی موردنیاز گیاه توسط ریشه، با اختلال مواجه می‌شود (Katerji et al., 2005). تقریباً نیمی از سطح زمین‌های آبیاری شده به‌طور جدی تحت تأثیر شوری و یا شوری ثانویه قرار دارند (Flagella et al., 2002). بنابراین اصلاح آب و خاک امری ضروری می‌باشد. یکی از این روش‌ها، استفاده از سیستم آب مغناطیسی می‌باشد. از مزیت‌های مهم کاربرد آب مغناطیسی در کشاورزی، اصلاح خاک با کم‌ترین میزان استفاده از مواد شیمیایی و اسیدی و هزینه کم‌تر می‌باشد.

رفتار آب مغناطیسی شامل آب گذرنده از میان یک آهنربای دائمی (مغناطیس پایدار) قوی مستقر شده روی خط لوله تغذیه‌کننده است (Herzog et al., 1989). 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.

آب به‌دلیل خصوصیات دوقطبی‌اش حلال خوبی برای مواد بیولوژیک است. آب به‌طور ضعیف دارای خاصیت مغناطیسی است. بنابراین مشاهده شده که با اعمال انرژی مغناطیسی می‌توان آب ساده را به مایعی با اثرات شیمیایی خاص تبدیل کرد، به‌طوری که خواص فیزیکی آب مغناطیسی شده از جمله دما، وزن مخصوص، کشش سطحی، لزوجت و قابلیت هدایت الکتریکی آن تغییر می‌یابد. کاهش کشش سطحی آب، قدرت حلالیت آن را افزایش داده و درجه سختی را کاهش می‌دهد و با کاهش سختی آب، اکسیژن محلول افزایش می‌یابد (Herzog et al., 1989; Dobrevski et al., 1993).

تغییرات حاصله به‌وسیله میدان مغناطیسی بستگی به بسیاری از عوامل مانند میدان قوی، جهت میدان به‌کار برده شده، زمان در معرض‌گذاری مغناطیسی، نرخ جریان محلول، افزودنی حاضر (محلول‌های مختلف) در سیستم و pH آب دارد (Baker and Judd., 1996; Higashitani et al., 1993; Gabrielli et al., 2001; Chibowski et al., 2005). به‌گفته (Jacob.,1999) تصفیه مغناطیسی در کیفیت آب آبیاری اثرات مؤثری دارد و کیفیت آب را بهبود می‌بخشد. هم‌چنین اثر میدان مغناطیسی بر انعقاد ذرات ریز توسط (Wang et al., 1994) بررسی شد و اثبات شد که افزایش می‌یابد. در نتیجه، انجام آزمایش‌های نقاط میکروسکوپیک نشان می‌دهد که میدان مغناطیسی اثر قابل توجهی بر پتانسیل زتا و اندازه ذرات تشکیل شده در محلول دارد (Parsons et al. 1997).

(Srivastava et al., 1976) قابلیت حل نمک‌های NaCl و Na_2CO_3 در آب مغناطیسی را بررسی کرده و پیشنهاد کردند که از آب مغناطیسی برای آبشویی خاک‌های شور یا قلیایی استفاده شود. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان می‌دهد که استفاده از آب مغناطیسی برای اهداف کشاورزی، کیفیت آب آبیاری را افزایش می‌دهد و خصوصیات خاک را بهبود می‌بخشد.

کمی کردن نفوذ آب به خاک به‌منظور تعیین مقدار آب قابل دسترس برای رشد گیاه و تخمین مقدار آب اضافی مورد نیاز که باید از طریق آبیاری برای رشد گیاه تأمین شود، دارای اهمیت می‌باشد. یکی از پارامترهای بسیار مهم در طراحی و ارزیابی سیستم‌های آبیاری، نفوذ و به صورت دقیق‌تر ضرایب معادله نفوذ است. قابل ذکر است که تاکنون در مورد نفوذپذیری بافت‌های مختلف خاک با استفاده از آب شور مغناطیسی شده تحقیقی انجام نشده است. در این پژوهش، دو نوع آب معمولی و آب مغناطیسی برای انواع مختلف بافت خاک در شرایط شوری‌های مختلف آب آبیاری به‌کار گرفته شد. هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر آب مغناطیسی بر شدت نفوذ و هدایت الکتریکی بافت‌های مختلف خاک در تیمارهای مختلف آب شور می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزارع کشاورزی شهرستان‌های گلوگاه، گرگان و علی‌آباد کتول انجام شد. تیمارها شامل دو تیمار آب آبیاری (آب مغناطیسی و آب غیر مغناطیسی)، سه تیمار بافت خاک و سه تیمار شوری شامل تیمار شاهد، آب با شوری 5 دسی‌زیمنس بر متر و آب با شوری 10 دسی‌زیمنس بر متر بودند. طرح آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد.

اندازه‌گیری مقدار نفوذ خاک با استفاده از روش حلقه‌های مضاعف انجام شد. در هر یک از این مزارع، در سطحی از خاک که تقریباً عاری از گیاه، بدون ترک و شکاف ظاهری، شخم نخورده و نسبتاً مسطح بود، استوانه نفوذسنج به قطر 25 سانتی‌متر قرار داده شد. چون هدف اندازه‌گیری نفوذ یک بعدی عمودی است، از استوانه‌های محافظ به قطر 50 سانتی‌متر برای جلوگیری از نشت جانبی آب استوانه داخلی استفاده شد. پس از فرو بردن 10 سانتی‌متر از استوانه‌ها در خاک، به طور هم‌زمان در استوانه‌های داخلی و محافظ آب ریخته شد و بلافاصله اندازه‌گیری نفوذ آب به خاک با قرائت میزان آب نفوذ کرده در زمان‌های مختلف شروع شد. در تمام مدت انجام آزمایش سعی شد تا عمق آب در استوانه‌ها حداقل 10 سانتی‌متر باشد.

هم‌چنین به‌منظور بررسی تأثیر آب مغناطیسی بر تجمع املاح در خاک، 24 ساعت پس از آبیاری، از عمق‌های مختلف خاک، نمونه‌برداری صورت گرفته و مقدار هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک‌ها اندازه‌گیری شد. جدول‌های 1، 2 و 3 خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش را قبل از اعمال تیمارها نشان می‌دهد.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی اولیه خاک محل اجرای آزمایش در خاک دارای بافت لومی شنی

عمق سانتی‌متر	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	وزن مخصوص ظاهری (gr/cm^3)	هدایت الکتریکی (dS/m)	اسیدیته
0-20	17/4	25/5	57/1	1/72	0/56	7/4
20-40	18/0	23/6	58/4	1/72	0/53	7/4
40-60	17/1	27/1	55/8	1/69	0/71	7/5

جدول 2- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی اولیه خاک محل اجرای آزمایش در خاک دارای بافت سیلتی

عمق سانتی‌متر	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	وزن مخصوص ظاهری (gr/cm^3)	هدایت الکتریکی (dS/m)	اسیدیته
0-20	9/0	80/3	10/7	1/56	0/59	7/3
20-40	10/4	81/5	8/1	1/51	0/59	7/3
40-60	10/3	83/1	6/6	1/52	0/74	7/3

جدول 3- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی اولیه خاک محل اجرای آزمایش در خاک دارای بافت رسی

عمق سانتی‌متر	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	وزن مخصوص ظاهری (gr/cm^3)	هدایت الکتریکی (dS/m)	اسیدیته
0-20	50/2	29/7	20/1	1/47	0/66	7/2
20-40	48/5	30/7	20/8	1/45	0/63	7/3
40-60	49/1	25/9	25/0	1/47	0/82	7/3

نحوه مغناطیس کردن آب

برای ایجاد میدان مغناطیسی در سیستم آبیاری، از روش استفاده از آهنربای دائمی استفاده شده است. در این روش مگنت‌هایی به دور لوله غیر فلزی و در خروجی منبع آب نصب شدند. مگنت‌های مورد استفاده، مغناطیس‌هایی از جنس سرامیک دائم بوده که با اعمال میدان مغناطیسی با قدرت مناسب، با جهت تحریک معین، ساختار سیال را تغییر داده و خواص فیزیکی آن را بهبود می‌بخشد.

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای Excel و SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها برای هر صفت به کمک آزمون دانکن در سطح احتمال 1 و 5 درصد انجام شد و نمودارها و گراف‌های مربوطه رسم شدند.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج تجزیه واریانس ارایه شده در جدول 4، اثر نوع آب آبیاری، شوری آب و بافت خاک بر مقدار نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ نهایی خاک در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار شد. هم‌چنین اثر متقابل تیمارهای مختلف بر سرعت نفوذ نهایی خاک معنی‌دار نشد ولی بر میزان نفوذ تجمعی آب در خاک در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دارشد (جدول 4).

جدول 4- تجزیه واریانس تأثیر فاکتورهای مختلف بر سرعت نفوذ و میزان نفوذ تجمعی آب در خاک

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		F	f_0
نوع آب آبیاری	1	$1469/5^{**}$	$0/0053^{**}$
شوری آب	2	$104/2^{**}$	$0/0021^{**}$
بافت خاک	2	$697/7^{**}$	$0/0008^{**}$
نوع آب آبیاری × شوری آب	2	$1/25^{**}$	$0/00003^{ns}$
نوع آب آبیاری × بافت خاک	2	$20/43^{**}$	$0/0002^{**}$
شوری آب × بافت خاک	4	$0/653^{**}$	$0/00007^{ns}$
بافت خاک × شوری آب × نوع آب آبیاری	4	$0/183^{**}$	$0/00003^{ns}$
خطا	36	0/08	0/0001

**معنی‌دار درسطح احتمال 1 درصد، ns غیر معنی‌دار

نتایج مقایسه میانگین میزان سرعت نفوذ و نفوذ تجمعی آب در خاک نشان می‌دهد که میزان سرعت نفوذ و نفوذ تجمعی آب در خاک در تیمار آب مغناطیسی شده بیش‌تر از آب غیر مغناطیسی شده است (جدول 5).

هم‌چنین جدول 5 نشان می‌دهد که میزان سرعت نفوذ و نفوذ تجمعی آب در خاک بین تمامی تیمارهای شوری آب آبیاری دارای اختلاف معنی‌داری است و در تیمار شوری آب 10 دسی‌زیمنس بر متر دارای کم‌ترین مقدار نفوذ است. مقایسه میانگین تیمارهای بافت خاک نشان می‌دهد که بین تمامی تیمارهای بافت خاک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال 5 درصد وجود دارد به طوری‌که بافت خاک لومی شنی دارای بیش‌ترین مقدار نفوذپذیری و بافت خاک رسی دارای کم‌ترین مقدار نفوذپذیری است.

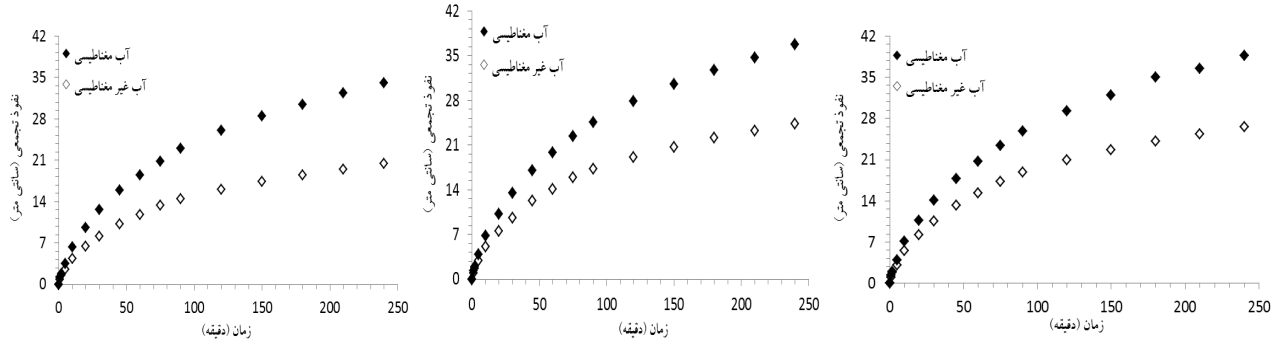
شکل 1 مقایسه تغییرات مقدار نفوذ تجمعی آب در خاک لومی شنی را بین تیمارهای آب مغناطیسی و آب غیر مغناطیسی در شرایط شوری‌های مختلف آب آبیاری نشان می‌دهد. در این شکل، نقاط نشان داده شده، مقدار نفوذ تجمعی اندازه‌گیری شده در مزرعه می‌باشد. در شکل 1 مشخص است که نفوذ تجمعی در تیمار آب مغناطیسی در همه تیمارهای شوری آب آبیاری، دارای مقدار بیش‌تری نسبت به تیمار آب غیر مغناطیسی است. مقدار نفوذ تجمعی در این خاک در پایان فصل در تیمار آب غیر مغناطیسی و شرایط شوری آب 5 دسی‌زیمنس بر متر و 10 دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب 8/64 درصد و 23/3 درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشته است. ولی در تیمار آب مغناطیسی و شرایط شوری آب 5 دسی‌زیمنس بر متر و 10 دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب 5/16 درصد و 12/14 درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشته است.

شکل 2 مقایسه تغییرات مقدار نفوذ تجمعی آب در خاک سیلتی را بین تیمارهای آب مغناطیسی و آب غیر مغناطیسی در شرایط شوری‌های مختلف آب آبیاری نشان می‌دهد. در خاک سیلتی نیز نفوذ تجمعی در تیمار آب مغناطیسی در همه تیمارهای شوری آب آبیاری، دارای مقدار بیش‌تری نسبت به تیمار آب غیر مغناطیسی است. مقدار نفوذ تجمعی خاک سیلتی در پایان فصل در تیمار آب غیر مغناطیسی و شرایط شوری آب 5 دسی‌زیمنس بر متر و 10 دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب 13 درصد و 26/5 درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشته است. ولی در تیمار آب مغناطیسی و شرایط شوری آب 5 دسی‌زیمنس بر متر و 10 دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب 6/46 درصد و 13/6 درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشته است.

جدول 5- مقایسه میانگین‌های مقدار سرعت نفوذ و میزان نفوذ تجمعی آب در خاک

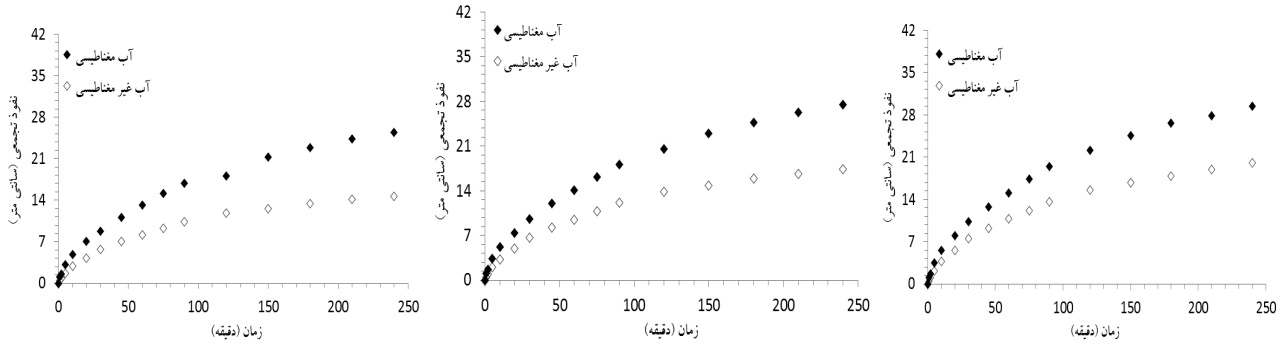
تیمار آزمایشی	پارامترها	
	F	f_0
نوع آب آبیاری		
مغناطیسی	28/65 a	0/048 a
غیر مغناطیسی	18/22 b	0/028 b
شوری آب		
0/58 دسی‌زیمنس بر متر	25/74 a	0/045 a
5 دسی‌زیمنس بر متر	23/63 b	0/038 b
10 دسی‌زیمنس بر متر	20/94 c	0/031 c
بافت خاک		
لومی شنی	30/12 a	0/050 a
سیلتی	22/40 b	0/035 b
رسی	17/80 c	0/029 c

میانگین‌ها با آزمون Duncan در سطح احتمال 5 درصد مقایسه شده‌اند. برای هر تیمار آزمایشی تفاوت هر دو میانگین با حداقل یک حرف مشترک معنی‌دار نمی‌باشد.



(ج) (ب) (الف)

شکل 1- مقایسه مقدار نفوذ تجمعی خاک لومی شنی در تیمارهای شوری آب آبیاری (الف) 0/58 دسی‌زیمنس بر متر، (ب) 5 دسی‌زیمنس بر متر و (ج) 10 دسی‌زیمنس بر متر

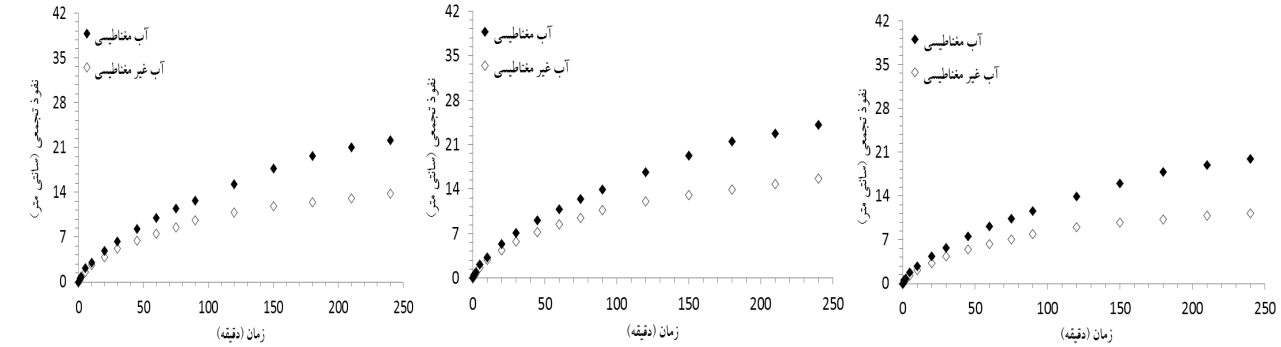


شکل 2- مقایسه مقدار نفوذ تجمعی خاک سیلتی در تیمارهای شوری آب آبیاری (الف) 0/58 دسی‌زیمنس بر متر، (ب) 5 دسی‌زیمنس بر متر و (ج) 10 دسی‌زیمنس بر متر

شکل 3 مقایسه تغییرات مقدار نفوذ تجمعی آب در خاک رسی را بین تیمارهای آب مغناطیسی و آب غیر مغناطیسی در شرایط شوری-های مختلف آب آبیاری نشان می‌دهد. در این خاک مقدار نفوذپذیری تیمار آب مغناطیسی در همه شرایط شوری آب آبیاری، دارای مقدار بیش‌تری نسبت به تیمار آب غیر مغناطیسی است. مقدار نفوذ تجمعی خاک رسی در پایان فصل در تیمار آب غیر مغناطیسی و شرایط شوری آب 5 دسی‌زیمنس بر متر و 10 دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب 12/1 درصد و 28/66 درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشته است. ولی در تیمار آب مغناطیسی و شرایط شوری آب 5 دسی‌زیمنس بر متر و 10 دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب 8/29 درصد و 17/42 درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشته است.

به‌طور کلی، مقدار کاهش نفوذپذیری خاک‌های دارای بافت سنگین، بیش‌تر از خاک سبک بوده است. (Davis et al., 2005) نیز نشان دادند که نفوذ آب معمولاً در خاک‌های شور به خصوص آن‌هایی که مقادیر سیلت و رس بالایی دارند، ضعیف تر است. (Oster and Shainberg., 2001) و هم‌چنین (Halliwell et al., 2001) بیان نمودند که شوری بالای خاک از طریق کاهش پایداری خاکدانه، پراکنده شدن ذرات و تورم رس‌های انبساط‌پذیر، موجب کاهش شدت نفوذ آب در خاک می‌شود.

به‌طور کلی، مقدار نفوذپذیری در تمامی بافت‌های خاک در تیمار آب مغناطیسی بیش‌تر از تیمار غیر مغناطیسی شده است. علت این است که مولکول‌های آب که تحت تأثیر پیوند هیدروژنی و نیروی واندروالس با یون‌ها درگیر بودند آزاد شده، آب روان‌تر و خاصیت تر-شوندگی آن بیش‌تر شده و ذرات آب به‌سهولت به ذرات کلوئیدی و میکرونی خاک می‌چسبد (Carbonell et al., 2004; Lungader Madsen., 2004). هم‌چنین وقتی که آب از میان میدان مغناطیسی عبور می‌کند، تغییراتی در خصوصیات فیزیکی آن ایجاد می‌شود و باعث می‌شود که گازهای آزاد موجود در آب کاهش یابد. بنابراین مکش ماتریک خاک با آب مغناطیسی افزایش یافته و در نتیجه باعث افزایش مقدار نفوذپذیری شده است (Jacob., 1999).



شکل 3- مقایسه مقدار نفوذ تجمعی خاک رسی در تیمارهای شوری آب آبیاری (الف) 0/58 دسی‌زیمنس بر متر، (ب) 5 دسی‌زیمنس بر متر و (ج) 10 دسی‌زیمنس بر متر

مقدار سرعت نفوذ نهایی خاک نیز در همه تیمارهای بافت‌های خاک و شوری‌های مختلف آب آبیاری، در شرایط آب مغناطیسی بیش تر از آب غیر مغناطیسی شده است. مقدار سرعت نفوذ نهایی خاک لومی شنی در پایان فصل در تیمار آب غیر مغناطیسی و در شرایط شوری آب 5 دسی‌زیمنس بر متر و 10 دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب 8/3 درصد و 16/6 درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشته است. ولی در تیمار آب مغناطیسی و شرایط شوری آب 5 دسی‌زیمنس بر متر و 10 دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب 9/1 درصد و 22/7 درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشته است.

مقدار سرعت نفوذ نهایی خاک سیلتی در تیمار آب غیر مغناطیسی و شرایط شوری آب 5 دسی‌زیمنس بر متر و 10 دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب 27/2 درصد و 45/4 درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشته است. ولی در تیمار آب مغناطیسی و شرایط شوری آب 5 دسی‌زیمنس بر متر و 10 دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب 13/3 درصد و 26/6 درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشته است.

مقدار سرعت نفوذ نهایی خاک رسی در تیمار آب غیر مغناطیسی و شرایط شوری آب 5 دسی‌زیمنس بر متر و 10 دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب 22/2 درصد و 55/5 درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشته است. ولی در تیمار آب مغناطیسی و شرایط شوری آب 5 دسی‌زیمنس بر متر و 10 دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب 15/3 درصد و 23 درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشته است. امداد و طباطبایی (1392) نیز گزارش کردند که با کاربرد آب با شوری 0/6، 2 و 6 دسی‌زیمنس بر متر در یک خاک لوم رسی، میزان نفوذ نهایی اندازه‌گیری شده به روش دو نقطه در انتهای آزمایش (پس از 12 آبیاری) به‌ترتیب به‌میزان 34، 45 و 61 درصد نسبت به ابتدای دوره کاهش یافت.

مقدار هدایت الکتریکی عمق‌های مختلف خاک در پایان دوره آزمایش و برای تیمارهای مختلف اندازه‌گیری شد. با توجه به نتایج تجزیه واریانس ارایه شده در جدول 6، اثر نوع آب آبیاری، شوری آب و بافت خاک بر هدایت الکتریکی در تمامی عمق‌های خاک در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار شد. هم‌چنین اثر متقابل تیمارهای مختلف نیز بر هدایت الکتریکی خاک معنی‌دار شد.

نتایج مقایسه میانگین مقدار هدایت الکتریکی خاک نشان می‌دهد که مقدار هدایت الکتریکی با افزایش عمق خاک، افزایش یافته است. میزان هدایت الکتریکی در تمامی عمق‌های خاک در تیمار آب مغناطیسی کم‌تر از تیمار آب غیر مغناطیسی شده است (جدول 7). به طور متوسط آبیاری با آب مغناطیسی باعث کاهش 27/79 درصدی مقدار هدایت الکتریکی پروفیل خاک شده است. کاهش هدایت الکتریکی خاک در تیمار آب مغناطیسی به علت حذف مواد محلول به‌وسیله آبشویی با آب مغناطیسی در مقایسه با آب غیر مغناطیسی می‌باشد. زنگنه یوسف‌آبادی و همکاران (2012) نشان دادند که آب مغناطیسی باعث آبشویی سدیم، پتاسیم، کلر و سولفات در تیمارهای مغناطیسی بیش‌تر از تیمار شاهد بود ولی اثر معنی‌داری بر آبشویی منیزیم و بی‌کربنات نداشت. (Saliha., 2005) با استفاده از آب مغناطیسی، آزمایشاتی را بر روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک انجام داد و با کاهش معنی‌دار EC و pH و میزان $CaCO_3$ در محلول خاک، اثر کاربرد آب مغناطیسی در حل کردن و آبشویی نمک‌ها را تایید کرد. وی پتانسیل بالاتر آب مغناطیسی در شستشوی نمک‌های خاک را در افزایش نفوذپذیری خاک مؤثر دانست. (Mostafazadeh-Fard et al., 2012) اثر آب مغناطیسی بر املاح خاک را در عمق‌های مختلف در آبیاری قطره‌ای بررسی کردند و نتیجه گرفتند که مقدار شوری خاک در اثر استفاده از آب مغناطیسی در مقایسه با آب غیر مغناطیسی، کاهش داشته است. به گفته آن‌ها، افزایش 7/5 درصدی مقدار رطوبت خاک در اثر آب مغناطیسی، باعث آبشویی میزان املاح خاک شده است.

جدول 6- تجزیه واریانس تأثیر فاکتورهای مختلف بر هدایت الکتریکی عمق‌های مختلف خاک

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		0-20	20-40	40-60
نوع آب آبیاری	1	34/0**	35/8**	35/0**
شوری آب	2	223/1**	234/5**	237/4**
بافت خاک	2	0/95**	2/1**	3/1**
نوع آب آبیاری x شوری آب	2	7/80**	8/07**	7/68**
نوع آب آبیاری x بافت خاک	2	0/01**	0/006**	0/08**
شوری آب x بافت خاک	4	0/24**	0/16**	0/50**
بافت خاک x شوری آب x نوع آب آبیاری	4	0/015**	0/008**	0/026**
خطا	36	0/001	0/0009	0/001

**معنی‌دار درسطح احتمال 1 درصد، ns غیر معنی‌دار

موحامد نشان داد که استفاده از مغناطیس با آب شور، اثر قابل توجهی بر خاک و گیاه گوجه فرنگی داشت. وی مشاهده کرد که استفاده از آب مغناطیسی اثر معنی‌داری در کاهش هدایت الکتریکی خاک پس از برداشت محصول داشت (Mohamed., 2013).

جدول 7- مقایسه میانگین‌های مقدار هدایت الکتریکی عمق‌های مختلف خاک

تیمار آزمایشی	عمق خاک (سانتی‌متر)		
	0-20	20-40	40-60
نوع آب آبیاری			
مغناطیسی	3/99 b	4/16 b	4/38 b
غیر مغناطیسی	5/57 a	5/79 a	5/99 a
شوری آب			
0/58 دسی‌زیمنس بر متر	1/22 c	1/29 c	1/52 c
5 دسی‌زیمنس بر متر	4/86 b	5/13 b	5/26 b
10 دسی‌زیمنس بر متر	8/26 a	8/51 a	8/79 a
بافت خاک			
لومی شنی	4/55 c	4/61 c	4/77 c
سیلتی	4/77 b	5/04 b	5/19 b
رسی	5/01 a	5/28 a	5/61 a

میانگین‌ها با آزمون Duncan در سطح احتمال 5 درصد مقایسه شده‌اند.
برای هر تیمار آزمایشی تفاوت هر دو میانگین با حداقل یک حرف مشترک معنی‌دار نمی‌باشد.

هم‌چنین جدول 7 نشان می‌دهد که مقدار هدایت الکتریکی عمق‌های مختلف خاک بین تمامی تیمارهای شوری آب آبیاری دارای اختلاف معنی‌داری شده است. به طور متوسط آبیاری با شوری 5 دسی‌زیمنس بر متر و شوری 10 دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب باعث 2/8 و 5/4 برابری هدایت الکتریکی خاک نسبت به تیمار شاهد در پایان دوره آزمایش شده است. استفاده از آب مغناطیسی در بافت‌های لومی شنی، سیلتی و رسی به‌ترتیب باعث کاهش 28/5%، 27/6% و 27/3 درصدی هدایت الکتریکی خاک در مقایسه با آب غیر مغناطیسی شده است که با نفوذپذیری بیش‌تر آب مغناطیسی در خاک لومی شنی نسبت به بافت‌های دیگر خاک ارتباط دارد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثر آب مغناطیسی بر نفوذپذیری خاک‌های لومی شنی، سیلتی و رسی در شرایط شوری‌های مختلف آب آبیاری مطالعه شده است. نتایج نشان داد که نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ نهایی خاک‌ها با استفاده از آب مغناطیسی بیش‌تر شده است. امروزه با توسعه مکانیزاسیون کشاورزی و هم‌چنین افزایش اندازه و وزن ماشین‌آلات کشاورزی، چگالی خاک در اثر عملیات کشاورزی، افزایش می‌یابد. این افزایش در چگالی و تراکم خاک برای خاک‌های دارای بافت سنگین، مشهودتر از بافت‌های سبک خاک می‌باشد. به طوری که بر اثر نتایج این پژوهش، اثر مغناطیس بر نفوذپذیری خاک‌ها می‌تواند اثر مطلوبی مانند کاهش رواناب و تبخیر داشته باشد. با افزایش مقدار نفوذپذیری خاک در اثر استفاده از آب مغناطیسی، نفوذ عمقی و هم‌چنین تبخیر خاک کاهش یافته که منجر به افزایش راندمان آبیاری خواهد شد. سیستم مغناطیسی به دلیل اینکه باعث آسانی نفوذ آب در خاک می‌شود، با استفاده کامل و سریع آن از جانب گیاه، باعث کاهش مصرف آب گیاه خواهد شد. هم‌چنین استفاده از آب مغناطیسی باعث کاهش معنی‌دار شوری خاک در عمق‌های مختلف شده است. استفاده از آب مغناطیسی در خاک‌های دارای بافت سنگین جهت بهبود ظرفیت نفوذپذیری خاک، توصیه می‌شود. در ضمن آب‌های با کیفیت پایین که باعث تورم، پراکندگی ذرات و در نتیجه کاهش نفوذپذیری و ماندابی شدن اراضی می‌شوند را می‌توان با استفاده از آب مغناطیسی اصلاح نمود.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری به‌دلیل تامین هزینه‌های طرح، کمال تشکر را دارند.

منابع

امداد،م.ر.، طباطبایی،س.ح. 1392. تأثیر کیفیت آب آبیاری (شور-سدیمی) بر تغییرات نفوذ و راندمان کاربرد آب در آبیاری جویچه‌ای. مجله پژوهش آب ایران. 7 .12: 157-151.

زنگنه یوسف‌آبادی،ا.، بهزاد،م.، برومندنسب،س. 1391. تأثیر استفاده از آب مغناطیسی روی میزان آبشویی کاتیون‌ها و آنیون‌های خاک شور در شرایط آزمایشگاهی. نشریه آب و خاک. 26,3: 689-680.

Baker,J.S and Judd,S.J. 1996. Magnetic amelioration of scale formation. Water Research, 30: 247-260.

Carbonell,M.V., Martinez,E., Diaz,J.E., Amaya,J.M and Florez,M. 2004. Influence of magnetically treated water on germination of signal grass seeds. Seed Science and Technology. 32: 617-619.

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 Publications. 21: 8114-8122.

Davis,J.G., Waskom,R.M., Bauder,T.A and Cardon,G.E. 2005. Managing Sodic Soils.

water on soil chemical components underneath trickle irrigation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 138: 1075-1081.

Mukheibir,P. 2008. Water resources management strategies for adaptation to climate-induced impacts in South Africa. Water Resources Management. 22: 1259-1276.

Oster,J.D and Shainberg,I. 2001. Soil responses to sodicity and salinity: challenges and opportunities. Australian Journal of Soil Research. 39: 1219-1224.

Parsons,S.A., Judd,S.J., Stephenson,T., Udol,S and Wang,B.L. 1997. Magnetically augmented water treatment: Process safety and environmental protection. Transactions of the Institute of Chemical Engineers. 75: 98-104.

Poustini,K and Siosemardeh,A. 2004. Ion distribution in wheat cultivars in response to salinity stress. Field Crops Research. 85: 125-133.

Raghuwanshi,N and Wallender,W.W. 1997. Economic optimization of furrow irrigation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 123: 377-385.

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

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. 248-250.

Sy,N.L. 2006. Modelling the infiltration process with a multi-layer perceptron artificial neural network. Hydrological Sciences Journal. 51: 3-20.

Turner,E.R. 2006. Comparison of infiltration equations and their field validation with rainfall simulation. M.Sc. Thesis, University of Maryland. USA, 202p.

Wang,Y.M., Pugh,R.J and Forssberg,E. 1994. The influence of interparticle surface forces on the coagulation of weakly magnetic mineral ultrafines in a magnetic-field. Colloids and Surfaces. 90: 117–133.

Colorado State University. Cooperative Extension.

Dobrevski,I., Boneva,M and Bonev,B. 1993. Semi industrial experiments evaluating the effect of the magnetic treatment of cooling water in decreasing deposit formation. Russian Journal of Applied Chemistry. 66: 422-425.

Flagella,Z., Cantore,V., Giuliani,M.M., Tarantino,E and De Caro,A. 2002. Crop salt tolerance: Physiological, yield and quality aspects. Plant Biology. 2: 155-186.

Gabrielli,C., Jaouhari,R., Maurin,G and Keddam,M. 2001. Magnetic water treatment for scale prevention. Water Research. 35: 3249–3259.

Halliwell,D.J., Barlow,K.M and Nash,D.M. 2001. A review of the effects of wastewater sodium on soil physical properties and their implications for irrigation systems. Australian Journal of Soil Research. 39: 1259-1267.

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.

Higashitani,K., Kage,A., Katamura,S., Imai,K and Hatade,S. 1993. Effects of a magnetic field on the formation of $CaCO_3$ particles. Journal of Colloid and Interface Science. 156: 90-95.

Jacob,B. 1999. Magnetic treatment of irrigation water: Experimental results and application conditions. Environmental Science & Technology. 33: 1280-1285.

Katerji,N., Van Hoorn,J.W., Hamdy,A., Mastrorilli,M and Oweis,T. 2005. Salt tolerance analysis of chickpea, faba bean and durum wheat varieties I. Chickpea and faba bean. Agricultural Water Management. 72: 177-194.

Lungader Madsen,H.E. 2004. Crystallization of calcium carbonate in magnetic field ordinary and heavy water. Journal of Crystal Growth. 267: 251-255.

Mohamed,A.I. 2013. Effects of magnetized low quality water on some soil properties and plant growth. International Journal of Research in Chemistry and Environment. 3: 2. 140-147.

Mostafazadeh-Fard,B., Khoshravesh,M., Mousavi,S.F and Kiani,A.R. 2012. Effects of magnetized

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 4, Vol. 9, Oct.-Nov. 2015, p. 646-654

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره4، جلد9، مهر - آبان 1394، ص. 654-646

The Effect of Magnetized Saline Water on Infiltration and Electrical Conductivity in Different Soil Textures

M. Khoshravesh[1*] and A.R. Kiani[2]

Recived: Jun.23, 2015 Accepted: Nov.04, 2015

Abstract

Infiltration and coefficients of infiltration equation are of the most important parameters in the design and evaluation of irrigation systems. The objective of this research was to compare the cumulative infiltration, infiltration rate and electrical conductivity of different soil textures including: sandy loam, silt and clay under saline water 0.58 dS/m, 5 dS/m and 10 dS/m with magnetized and non-magnetized water. Magnetized water was obtained by passing the water through a strong permanent magnet installed in a feed pipeline. Infiltration coefficients of different soils obtained based on Kostiakov-Lewis equation. The results showed that, magnetized water caused increasing of cumulative infiltration and also increasing of infiltration rate in different soil textures and all saline water treatments and this effect was significant ($p<0.01$). At the end season, in non-magnetized water and saline water of 5 dS/m and 10 dS/m, the average cumulative infiltration was reduced 10.8% and 25.6% respectively as compared to control treatment. But, in magnetized water and saline water of 5 dS/m and 10 dS/m, the average cumulative infiltration was reduced 6.4% and 13.95% respectively as compared to control treatment. In addition, using of magnetized water caused to decrease the electrical conductivity in different soil depths ($p<0.01$). Magnetized irrigation water had most effect on the infiltration capacity and electrical conductivity of clay and sandy loam soil, respectively. With increasing of infiltration using magnetized water, evaporation was decreased and therefore, irrigation efficiency is increased.

Keywords: Infiltration rate, salinity, magnetized water, soil texture

1- Assistant Professor, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
2- Associate Professor, Agricultural Engineering Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Centre, AREEO, Gorgan, Iran
(*-Corresponding Author Email: khoshravesh_m24@yahoo.com)