

اثر آبیاری با آب مغناطیسی بر نفوذپذیری و شوری خاک

علی شاهنظری^{۱*} و پویا شیرازی^۲

* نویسنده مسئول، دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. aliponh@yahoo.com
۲- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

تاریخ دریافت: ۹۳/۹/۱۸

تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۲۶

چکیده

نفوذپذیری یکی از مشخصات فیزیکی خاک است که در مسائل آبیاری و زهکشی اهمیت خاصی دارد. هدف این پژوهش، مقایسه مقدار نفوذ تجمعی، سرعت نفوذ آب و شوری خاک‌های رس سیلنتی، سیلنتی و لوم شنی با اعمال تیمار مغناطیسی کردن آب بود. ضرایب معادله نفوذ آب در خاک با استفاده از روش کوستیاکف-لوئیس به دست آمد. نتایج نشان داد که آب مغناطیسی باعث افزایش نفوذ و همچنین افزایش سرعت نفوذ آب در بافت‌های مختلف خاک شد و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقدار نفوذ تجمعی در خاک‌های رس سیلنتی، سیلنتی و لوم شنی با استفاده از آب مغناطیسی به ترتیب برابر ۲۱/۶، ۲۵/۷ و ۴۱ سانتی‌متر و برای آب غیر مغناطیسی به ترتیب برابر ۱۲/۳، ۱۷/۵ و ۲۹/۵ سانتی‌متر بود. همچنین آبیاری با آب مغناطیسی باعث کاهش معنی‌دار هدایت الکتریکی عمق‌های مختلف خاک شد و این اثر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.

کلید واژه‌ها: نفوذپذیری، هدایت الکتریکی، آب مغناطیسی، بافت خاک.

مقدمه

نفوذپذیری یکی از مشخصات فیزیکی خاک است که در مسائل آبیاری و زهکشی و هیدرولوژی از اهمیت خاصی برخوردار است. فرایند نفوذ علاوه بر آن که یکی از پارامترهای هیدرولیکی است، یکی از مشکل‌ترین پارامترهای قابل اندازه‌گیری دقیق در مزرعه نیز می‌باشد. عوامل متعددی نظیر بافت خاک، مواد آلی، پوشش گیاهی و تراکم خاک بر این فرایند مؤثر است (رضوی‌پور کومله و همکاران، ۱۳۸۴). مدیریت سیستم آبیاری و برنامه‌ریزی‌های آبیاری بر اساس سرعت نفوذ آب می‌باشد. بنابراین، ارزیابی دقیق نفوذپذیری ضروری است و می‌بایست مهندس طراحی به آن توجه داشته باشد (نشاط و پاره‌کار، ۱۳۸۶؛ باوی و همکاران، ۱۳۹۳).

هانسوکر و کلمنت^۱ (۱۹۹۹) گزارش نمودند که نفوذپذیری خاک یکی از عوامل مؤثر در آبیاری سطحی است و در طول فصل تغییر می‌کند. آن‌ها کاهش مقدار نفوذ را حدود ۴۰ درصد در طول فصل رشد گزارش کردند. تغییرات سطحی خاک یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار بر تغییرات زمانی نفوذپذیری در طول فصل ذکر شده است. خاتری و اسمیت^۲ (۲۰۰۶) گزارش نمودند که تغییرات نفوذپذیری از عوامل تأثیرگذار بر غیریکنواختی آب در مزرعه و راندمان کاربرد

است. نفوذپذیری در طول یک فصل تغییر کرده و استفاده از متوسط تغییرات نفوذ می‌تواند سبب افزایش یکنواختی کاربرد آب به اندازه ۲۵ تا ۳۰ درصد شود.

پیش‌بینی سیل‌خیزی، فرسایش خاک و انتقال آلاینده‌ها به‌میزان رواناب ایجاد شده بستگی دارد که خود به‌طور مستقیم به پدیده نفوذ آب به خاک وابسته می‌باشد (راقووانشی و والتدر^۳، ۱۹۹۷؛ چچل و آنکووا^۴، ۱۹۷۲).

آب، به دلیل خصوصیات دوقطبی‌اش، حلال خوبی برای مواد بیولوژیک است. مطالعات نشان می‌دهد که وقتی آب در معرض میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد، بعضی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن مانند کشش سطحی، پتانسیل الکتریکی، قابلیت حل نمک‌ها و اسیدیته تغییر می‌کند. بر اساس یک نظریه تکنولوژی مغناطیسی بر مبنای برهم‌کنش میدان مغناطیسی و یون‌های آب توجیه می‌شود. به این ترتیب که وقتی آب از میدان مغناطیسی عبور داده می‌شود، در سطح یون‌های مثبت و منفی بار الکتریکی القا می‌شود و در نتیجه به جای اینکه یون‌های با بار مخالف یکدیگر را جذب کنند، همدیگر را دفع می‌کنند که موجب کاهش تعداد مولکول‌ها در حلقه‌های مولکولی آب شده و این امر منجر به کاهش

سیستم‌های آبیاری، نفوذ و همچنین ضرایب معادله نفوذ است. در این پژوهش، دو نوع آب مغناطیسی و آب غیر مغناطیسی برای بافت‌های مختلف خاک بکار گرفته شد. هدف از این مطالعه تعیین ضرایب نفوذ در تیمارهای مختلف آب و خاک و مقایسه تیمارها از نظر مقدار نفوذپذیری و همچنین مقایسه هدایت الکتریکی خاک‌ها می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مشهد اجرا شد. مشخصات فیزیکی خاک در جدول (۱) آمده است. در سطحی خاک، سه استوانه نفوذسنج به قطر ۲۵ سانتی‌متر در نقاط مختلف مزرعه قرار داده شد. پس از فرو بردن ۱۵ سانتی‌متر از استوانه‌ها در خاک، به طور هم‌زمان در استوانه‌های داخلی و محافظ آب اضافه شد و نفوذ آب در خاک در زمان‌های مختلف قرائت شد. آزمایش برای مدت چهار ساعت ادامه یافت تا سرعت نفوذ به حد ثابتی رسید.

چون رطوبت اولیه خاک بر خصوصیت نفوذپذیری تأثیر می‌گذارد، قبل از شروع آزمایش رطوبت خاک در عمق ۱۵ سانتی‌متری اندازه‌گیری شد. جرم مخصوص ظاهری خاک خشک نیز در هر مزرعه آزمایشی تعیین شد (جدول ۱). با استفاده از اندازه‌گیری‌های فوق، سرعت نفوذ در هر لحظه و همچنین کل عمق آب نفوذ کرده محاسبه شد.

تیمارها شامل سه تیمار بافت خاک (رس سیلتی، سیلتی و لوم شنی) به‌عنوان عامل اصلی و دو تیمار آب آبیاری (آب مغناطیسی و آب غیر مغناطیسی) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. طرح آزمایشی به‌صورت تجزیه مرکب در قالب طرح بلوک کامل تصادفی و با سه تکرار انجام شد.

به‌منظور بررسی تأثیر آب مغناطیسی بر تجمع املاح در خاک، از عمق‌های مختلف همه تیمارهای آب آبیاری و بافت خاک که به صورت کرتی آبیاری شدند، نمونه‌برداری گردید و میزان هدایت الکتریکی آن‌ها تعیین شد. قبل از اجرای آزمایش، از عمق‌های ۲۰-، ۴۰- و ۶۰- سانتی‌متری خاک به منظور اندازه‌گیری هدایت الکتریکی عصاره اشباع، نمونه‌برداری صورت گرفت (جدول ۲).

برای سنجش تأثیر کاربرد آب مغناطیسی بر نفوذپذیری خاک، از دستگاه مغناطیسی (شکل ۱) استفاده شد. در این روش، مگنت‌هایی به دور لوله غیر فلزی و در قسمت خروجی منبع آب نصب شدند. مغناطیس‌های مورد استفاده از جنس سرامیک دائمی بوده که با اعمال شدت میدان مغناطیسی مناسب، با جهت تحریک عمودی، ساختار سیال و خواص فیزیکی آن را تغییر می‌دهد. شدت میدان مغناطیسی برابر ۰/۴ تسلا بود.

کشش سطحی و افزایش حلالیت آب مغناطیسی می‌شود (زنگنه یوسف‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۱؛ محمدیان و همکاران، ۱۳۹۵).

تغییرات ایجاد شده توسط آب مغناطیسی بستگی به عواملی مانند شدت میدان، جهت میدان، زمان ماندگاری و اسیدیته آب دارد (هرزوغ و همکاران^۱، ۱۹۸۹؛ جاکوب^۲، ۱۹۹۹؛ موخیر^۳، ۲۰۰۸؛ سای^۴، ۲۰۰۶). چچل و آنکوا (۱۹۷۲) دریافتند که پالایش مغناطیسی، ساختار رسوبات سخت را تحت تأثیر قرار می‌دهد. کوی و استفان^۵ (۲۰۰۰) با استفاده از یک میدان مغناطیسی با شدت ۰/۱ تسلا، آزمایش‌هایی را روی آب مغناطیسی انجام دادند و شاهد افزایش نسبت آراگونیت غیر چسبنده نسبت به کلسیت چسبنده بودند. کربونل و همکاران^۶ (۲۰۰۲) با مغناطیسی کردن سه تیمار آب مقطر، آب شیرین و محلول سدیم کلراید نشان دادند که میزان تبخیر در هر سه تیمار به اندازه سه تا پنج درصد کمتر از تیمارهای غیرمغناطیسی است و آن را قابل توصیه برای استفاده در کشاورزی دانستند.

سربواستاوا و همکاران^۷ (۱۹۷۶) قابلیت حل نمک‌های سدیم کلراید و سدیم کربنات در آب مغناطیسی را بررسی کردند و نشان دادند که استفاده از آب مغناطیسی برای اهداف کشاورزی، کیفیت آب آبیاری را افزایش داده و خصوصیات خاک را بهبود می‌بخشد.

به علت گسترش سطح زیر کشت کشاورزی، کشت زمین‌های شور و استفاده از آب‌های حاوی غلظت‌های بالای نمک محلول مورد توجه قرار می‌گیرند. وقتی مشکل نفوذپذیری که ناشی از کیفیت آب آبیاری است پیش می‌آید، میزان نفوذ آب به داخل خاک چنان کاهش می‌یابد که آب کافی در اختیار گیاه نیست و عملکرد محصول کاهش می‌یابد. نفوذپذیری ضعیف خاک، تأمین آب گیاه را دشوار کرده و با تشدید ایجاد سله، تجمع آب در سطح خاک و عوارض همراه آن مانند تهویه خاک، اختلال در تغذیه گیاهی و ایجاد محیط مناسب برای بعضی امراض نباتی، مشکلات کشت و کار را دو چندان می‌کند. بنابراین بایستی خاک را اصلاح نمود که یکی از این روش‌ها، استفاده از آبیاری مغناطیسی می‌باشد.

کمی کردن نفوذ آب به داخل خاک جهت تعیین 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 زیادی است. یکی از پارامترهای بسیار مهم در طراحی و ارزیابی

1 - Herzog et al.

2 - Jacob

3 - Mukheibir

4 - Sy

5 - Coey and Stephen

6 - Carbonell et al.

7 - Srivastava et al.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی خاک مزارع آزمایشی

جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب)	تخلخل (درصد)	رطوبت اولیه خاک (درصد حجمی)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	بافت خاک
۱/۳۳	۴۵/۰۴	۲۴/۱	۱۰/۱	۴۷/۳	۴۲/۶	رس سیلتی
۱/۵۹	۳۶/۲۵	۲۱/۵	۹/۷	۸۱/۷	۸/۶	سیلتی
۱/۷۷	۲۷/۹۱	۱۸/۸	۶۷/۲	۱۴/۵	۱۸/۳	لوم شنی

جدول ۲- هدایت الکتریکی بافت‌های مختلف خاک بر حسب دسی زیمنس بر متر (قبل از اعمال تیمارها)

عمق (سانتی متر)	رس سیلتی	سیلتی	لوم شنی
۰-۲۰	۴/۱	۳/۶	۴
۲۰-۴۰	۴/۳	۳/۸	۳/۸
۴۰-۶۰	۴/۵	۴/۱	۴/۱



شکل ۱- دستگاه آب مغناطیسی

جدول ۳- تجزیه واریانس تعدادی از صفات مورد مطالعه

میانگین مربعات		درجه آزادی	منابع تغییر
f_0	F		
۳/۹۷ ^{**}	۴۳۲/۴۰ ^{**}	۲	بافت خاک
۰/۱۳	۱۱/۰۶	۶	خطا
۱۵/۳۰ ^{**}	۵۷۶/۸۶ ^{**}	۱	آب آبیاری
۰/۰۴ ^{NS}	۲/۱۰ ^{NS}	۲	بافت خاک × آب آبیاری
۰/۲۳	۳۳/۲۱	۶	خطا

^{**}: معنی دار در سطح احتمال یک درصد، ^{*}: معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و NS: غیر معنی دار

اندازه‌گیری نفوذ

به منظور برآزش اطلاعات نفوذ آب به خاک از روش دو نقطه استفاده شد که مقادیر f_0 ، a و b به صورت زیر به دست آمد. و بعد از اینکه سرعت نفوذ به حد ثابتی رسید، مقدار سرعت نفوذ نهایی خاک از طریق رابطه (۱) به دست آمد:

$$f_0 = \frac{F_n - F_{n-1}}{t_n - t_{n-1}} \quad (1)$$

در این رابطه، f_0 : سرعت نفوذ نهایی خاک، F_n : مقدار نفوذ در زمان t_n (سانتی‌متر)، F_{n-1} : مقدار نفوذ در زمان t_{n-1} (سانتی‌متر) و t : زمان بر حسب دقیقه می‌باشد. برای به دست آوردن مقادیر a و b ، دو نقطه را در نظر گرفته و مقادیر t و Z آنها را در معادله کوستیاکف-لوئیس $(z=at^b+f_0t)$ قرار داده و از طرفین \log گرفته و سپس معادله حل می‌شود.

با استفاده از این روش، ضرایب نفوذ بافت‌های رس سیلتی، سیلتی و لوم شنی بر اساس معادله کوستیاکف-لوئیس به دست آمد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (سیستم آنالیز

آمار) و مقایسه میانگین صفت‌ها با آزمون کمترین مربعات میانگین (LSD) در سطوح احتمال یک و پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

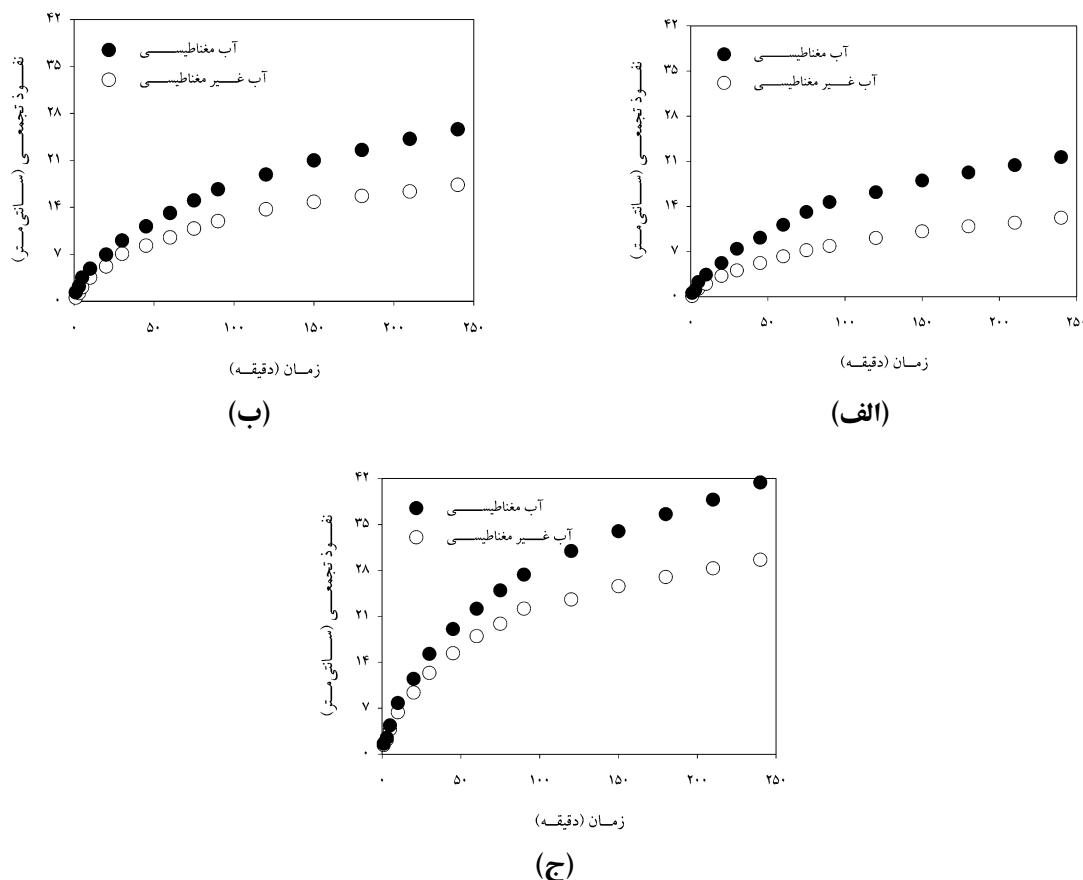
تجزیه واریانس ارائه شده در جدول (۳)، نشان می‌دهد که اثرات بافت خاک و نوع آب آبیاری بر مقدار نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ نهایی خاک بسیار معنی‌دار شد. اثر متقابل بافت خاک و نوع آب آبیاری بر مقدار نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ نهایی خاک معنی‌دار نشد (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین سرعت نفوذ و میزان نفوذ تجمعی آب در خاک نشان می‌دهد که میزان سرعت نفوذ و میزان نفوذ تجمعی آب در خاک در تیمار آب مغناطیسی شده بیشتر از آب غیر مغناطیسی می‌باشد و این اختلاف در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). همچنین جدول (۴) نشان می‌دهد که میزان سرعت نفوذ و میزان نفوذ تجمعی آب در خاک بین تیمارهای بافت خاک لوم شنی و سیلتی، اختلاف معنی‌دار ندارد. اختلاف نفوذپذیری در تیمارهای سیلتی و لوم شنی با تیمار رس سیلتی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. بیشترین مقدار نفوذپذیری در بافت لوم شنی مشاهده شده است.

جدول ۴- میانگین صفات مورد مطالعه تحت تأثیر آب آبیاری و بافت خاک

پارامترها		تیمار آزمایشی
F (سانتی-متر)	f_0 (سانتی‌متر در ساعت)	
آب آبیاری		
۳۳/۸۸a	۳/۸۶a	مغناطیسی
۲۲/۵۶b	۲/۰۲b	غیر مغناطیسی
بافت خاک		
۱۸/۸۰b	۲/۰۳b	رس سیلتی
۳۰/۶۱a	۳/۲۰a	سیلتی
۳۵/۲۶a	۳/۶۰a	لوم شنی

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



شکل ۲- مقایسه مقدار نفوذ تجمعی خاک بین تیمارهای نوع آب آبیاری در بافت الف) رس سیلتی، ب) سیلتی و ج) لوم شنی

نفوذ تیمارهای آب مغناطیسی و آب غیرمغناطیسی بیشتر شد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، منحنی‌های نفوذ تیمارهای آب در خاک لوم شنی نسبت به خاک دارای بافت سنگین، فاصله کمتری دارد. مقدار نفوذ تجمعی در این خاک با آب معمولی برابر ۲۹/۵ سانتی‌متر و در آب مغناطیسی برابر ۴۱ سانتی‌متر به‌دست آمد (شکل ۲).

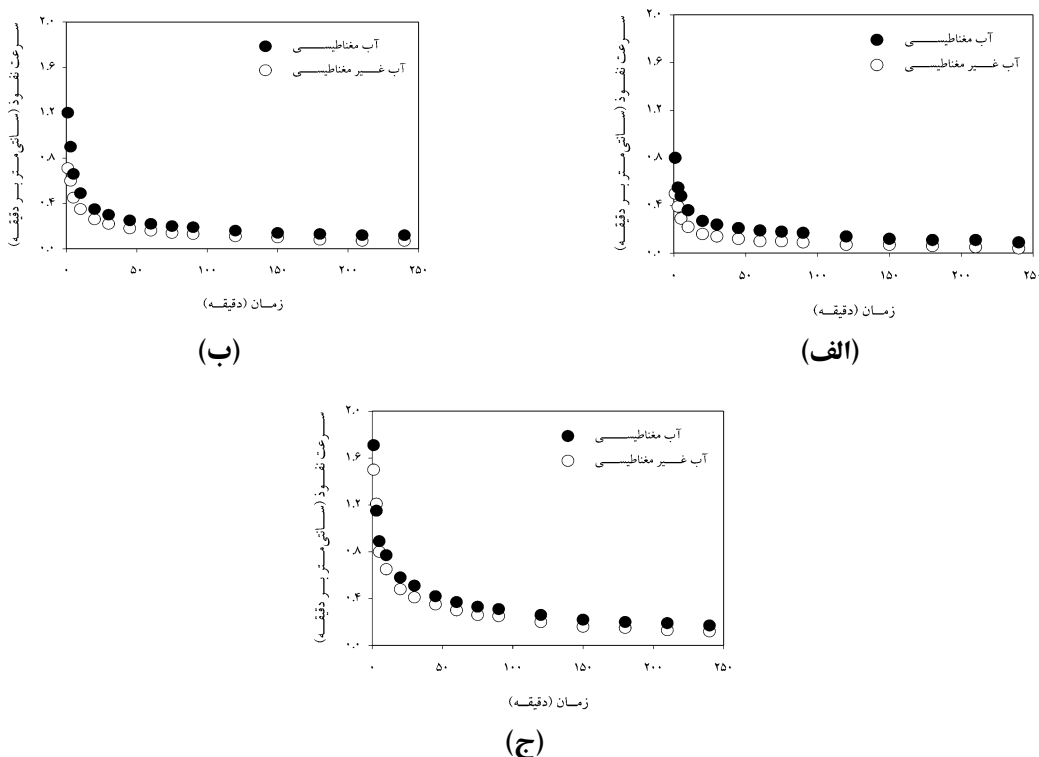
مقدار نفوذ در بافت‌های مختلف خاک در شرایط آب مغناطیسی بیشتر از شرایط غیر مغناطیسی شد. علت این است که وقتی آب تحت تاثیر شدت میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد، تغییراتی در خصوصیات فیزیکی آن ایجاد می‌شود که باعث کاهش گازهای آزاد موجود در آب می‌شود (مارکوس^۱، ۱۹۹۴).

شکل (۲) مقایسه تغییرات مقدار نفوذ خاک را بین تیمارهای آب مغناطیسی و آب غیر مغناطیسی در بافت‌های مختلف خاک نشان می‌دهد.

نفوذ تجمعی در تیمار آب مغناطیسی در همه تیمارهای بافت خاک، دارای مقدار بیشتری نسبت به تیمار آب غیر مغناطیسی است و منحنی نفوذ این دو تیمار در بافت رس سیلتی از همان ابتدای زمان اندازه‌گیری نفوذ، دارای اختلاف می‌باشد. مقدار نفوذ تجمعی در این خاک با آب معمولی برابر ۱۲/۳ سانتی‌متر و در آب مغناطیسی برابر ۲۱/۶ سانتی‌متر شد. در بافت سیلتی نیز منحنی نفوذ دو تیمار آب مغناطیسی و آب غیر مغناطیسی از همان ابتدای زمان اندازه‌گیری نفوذ دارای اختلاف می‌باشد. به طوری که مقدار نفوذ تجمعی در این خاک با آب معمولی برابر ۱۷/۵ سانتی‌متر و در آب مغناطیسی برابر ۲۵/۷ سانتی‌متر شد (شکل ۲).

مقدار نفوذ تجمعی تیمارهای آب در بافت لوم شنی در ابتدای زمان آزمایش، دارای اختلاف اندکی است و با گذشت زمان، تفاوت

شاهنظری و شیرازی: اثر آبیاری با آب مغناطیسی بر نفوذپذیری و...



شکل ۳- مقایسه مقدار سرعت نفوذ خاک بین تیمارهای نوع آب آبیاری در بافت الف) رس سیلتی، ب) سیلتی و ج) لوم شنی

منحنی‌های سرعت نفوذ بین تیمارهای آب در این خاک نسبت به خاک‌های دیگر دارای کمترین اختلاف هستند (شکل ۳).

به‌طور کلی، مقدار سرعت نفوذ در تمامی بافت‌های خاک با استفاده از آب مغناطیسی بیشتر از آب غیر مغناطیسی شده است. سرعت نفوذ برای خاک لوم شنی دارای بیشترین مقدار بوده است. بر اثر نتایج این پژوهش، اثر مغناطیس بر نفوذپذیری خاک رس سیلتی بیشتر از بافت‌های سبک‌تر خاک بوده است. این روش می‌تواند موجب کاهش رواناب و تبخیر شود.

نتایج معادله‌های نفوذ به‌همراه ضرایب معادله برای خاک‌های مختلف و تیمارهای مختلف آب آبیاری در جدول (۵) آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با سبک‌تر شدن بافت خاک، ضرایب a و f_0 افزایش یافته است.

بعد از ۱۰ بار آبیاری با آب مغناطیسی و غیر مغناطیسی با دور آبیاری هفت روز، مقدار هدایت الکتریکی در عمق‌های مختلف خاک اندازه‌گیری و با مقدار اولیه آن مقایسه شد. نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول (۶) نشان می‌دهد که اثر بافت خاک و همچنین

اثر نوع آب آبیاری بر هدایت الکتریکی خاک در همه عمق‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد، ولی اثر متقابل بافت خاک و نوع آب آبیاری بر هدایت الکتریکی خاک معنی‌دار نشد.

شکل (۳) مقایسه تغییرات مقدار سرعت نفوذ خاک را بین تیمارهای آب مغناطیسی و آب غیر مغناطیسی در بافت‌های مختلف نشان می‌دهد. مقدار سرعت نفوذ در همه بافت‌های خاک با آب مغناطیسی بیشتر از آب غیر مغناطیسی به‌دست آمد. سرعت نفوذ نهایی در تیمار آب معمولی برای بافت رس سیلتی برابر $0/02$ سانتی‌متر در دقیقه و در تیمار آب مغناطیسی برابر $0/04$ سانتی‌متر در دقیقه شده است. در بافت رس سیلتی، مقدار نفوذ خاک با آب مغناطیسی $1/75$ برابر مقدار نفوذ آب غیر مغناطیسی شده است و بیشترین مقدار افزایش نفوذ در این خاک مشاهده شد.

سرعت نفوذ در تیمار آب معمولی برای بافت سیلتی برابر $0/03$ سانتی‌متر در دقیقه و در تیمار آب مغناطیسی برابر $0/053$ سانتی‌متر در دقیقه شده است. در بافت سیلتی، مقدار نفوذ خاک با آب مغناطیسی $1/46$ برابر مقدار نفوذ آب غیر مغناطیسی شده است. مقدار افزایش نفوذ در این خاک کمتر از خاک رس سیلتی و بیشتر از خاک لوم شنی بوده است (شکل ۳).

سرعت نفوذ در تیمار آب معمولی برای بافت لوم شنی برابر $0/043$ و در تیمار آب مغناطیسی برابر $0/076$ شده است. در بافت لوم شنی، مقدار نفوذ خاک با آب مغناطیسی $1/38$ برابر مقدار نفوذ آب غیر مغناطیسی شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود،

جدول ۵- ضرایب معادلات نفوذ در بافت‌های مختلف خاک و تیمارهای مختلف نوع آب آبیاری

آب مغناطیسی			آب غیر مغناطیسی			بافت خاک
f_0 (سانتی‌متر بر دقیقه)	b	A	f_0 (سانتی‌متر بر دقیقه)	b	a	
۰/۰۴	۳۸۹/	۴۶۲/	۰/۰۲	۴۱۳/	۰/۸۴۱	رس سیلتی
	.	۱				
۰/۰۵۳	۳۴۳/	۱۲۰/	۰/۰۳	۳۸۱/	۱/۴۶۸	سیلتی
	.	۲				
۰/۰۷۶	۳۶۸/	۳۰۲/	۰/۰۴۳	۴۰۱/	۲/۲۳۱	لوم شنی
	.	۳				

جدول ۶- تجزیه واریانس تعدادی از صفات مورد مطالعه

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		۲۰-۴۰	۴۰-۶۰	۶۰-۹۰
بافت خاک	۲	۹۳/۱**	۸۰/۹**	۹۹/۳**
خطا	۶	۰/۵۱۹	۰/۷۱۶	۰/۴۱۴
آب آبیاری	۱	۲۴/۹**	۲۹/۳**	۳۵/۲**
بافت خاک × آب آبیاری	۲	۱/۷ ^{NS}	۰/۹ ^{NS}	۱/۵ ^{NS}
خطا	۶	۰/۲۸۶	۰/۳۰۵	۰/۲۹۸

** : معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، * : معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و NS : غیر معنی‌دار

جدول ۷- مقایسه میانگین‌های مقدار هدایت الکتریکی خاک

تیمار آزمایشی	عمق خاک (سانتی‌متر)		
	۲۰	۴۰	۶۰
آب آبیاری			
مغناطیسی	۲/۶۴b	۲/۷۶b	۲/۹۷b
غیر مغناطیسی	۴/۰۸a	۴/۲۸a	۴/۶۲a
بافت خاک			
رس سیلتی	۲/۸۰c	۲/۹۷c	۳/۲۹c
سیلتی	۳/۶۵b	۳/۹۶b	۴/۲۵b
لوم شنی	۳/۹۳a	۴/۳۸a	۴/۶۴a

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

کمتر از آب غیر مغناطیسی شد (جدول ۷). سلیها^۱ (۲۰۰۵) با استفاده از آبیاری مغناطیسی، آزمایش‌هایی را روی خصوصیات شیمیایی خاک

نتایج مقایسه میانگین هدایت الکتریکی خاک نشان داد که هدایت الکتریکی خاک با افزایش عمق، افزایش می‌یابد. مقدار هدایت الکتریکی در عمق‌های مختلف خاک در تیمار آب مغناطیسی

نتیجه گیری

در این مطالعه اثر آبیاری با آب مغناطیسی بر مقدار نفوذپذیری و سرعت نفوذ بافت‌های مختلف خاک بررسی شد. نتایج نشان داد که نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ نهایی خاک در تیمارهای آب مغناطیسی بیشتر از تیمارهای آب غیر مغناطیسی شده و این اثر در خاک رس سیلتی بیشتر بود. آبیاری با آب مغناطیسی با افزایش نفوذ در بافت‌های مختلف خاک باعث شد که نفوذ عمقی آب در خاک و همچنین تبخیر خاک کاهش یابد و در نتیجه موجب افزایش راندمان آبیاری می‌شود. آبیاری با آب مغناطیسی به دلیل اینکه باعث سهولت نفوذ آب در خاک می‌شود، با استفاده کامل و سریع آن از طریق گیاهان، باعث کاهش مصرف آب گیاهان می‌شود. آب مغناطیسی باعث کاهش شوری خاک در عمق‌های مختلف شد و این اثر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. با توجه به نتایج به دست آمده از این مطالعه، آبیاری با آب مغناطیسی در بافت‌های سنگین خاک، توصیه می‌شود.

انجام داد و نشان داد که مقادیر شوری، اسیدیته و کلسیم کربنات در محلول خاک با استفاده از آب مغناطیسی، کاهش معنی‌دار داشته است. ایشان پتانسیل بالای آب مغناطیسی در شستشوی نمک‌های خاک را در افزایش نفوذپذیری خاک مؤثر دانست (سلیها، ۲۰۰۵). مصطفی‌زاده فرد و همکاران (۲۰۱۲) اثر آبیاری مغناطیسی بر شوری خاک در عمق‌های مختلف را بررسی نمودند و نشان دادند که افزایش مقدار رطوبت خاک با استفاده از آب مغناطیسی، باعث آشوبی املاح خاک و در نتیجه شوری کمتر خاک در تیمار آب مغناطیسی نسبت به تیمار آب غیر مغناطیسی شد.

استفاده از آب مغناطیسی باعث شد که مقدار هدایت الکتریکی خاک در بافت‌های رس سیلتی، سیلتی و لوم شنی به ترتیب ۳۲/۱، ۲۴/۳ و ۱۸/۱ درصد در مقایسه با آب غیر مغناطیسی کاهش یابد. نتایج نشان داد که آب مغناطیسی بر کاهش هدایت الکتریکی خاک رس سیلتی اثر بیشتری داشته است. کاهش هدایت الکتریکی خاک توسط آب مغناطیسی، به دلیل کاهش کشش سطحی و افزایش حلالیت می‌باشد که سبب بهبود راندمان آشوبی شده و نفوذپذیری خاک را بهبود می‌بخشد (محمدیان و همکاران، ۱۳۹۵).

منابع

- ۱- باوی، ع. ۱۳۹۳. اثر تغییرات مکانی نفوذ پایه در طول جویچه بر راندمان‌های آبیاری جویچه‌ای. مجله علوم و مهندسی آبیاری، ۳۷(۲): ۳۹-۵۰.
- ۲- رضوی پور کومله، ت. م.، یزدانی و س. ف. موسوی. ۱۳۸۴. اندازه‌گیری نفوذ عمقی آب در بافت‌های مختلف خاک‌های شالیزار در فصل رشد برنج. پژوهشنامه علوم زراعی، ۳(۴): ۱-۱۰.
- ۳- زنگنه یوسف‌آبادی، ا. م.، بهزاد و س. برومندنسب. ۱۳۹۱. تأثیر استفاده از آب مغناطیسی روی میزان آشوبی کاتیون‌ها و آنیون‌های خاک شور در شرایط آزمایشگاهی. نشریه آب و خاک، ۲۶(۳): ۶۸۰-۶۸۹.
- ۴- محمدیان، م.، ر. فتاحی و م. نوری امام‌زاده‌ای. ۱۳۹۵. بررسی تاثیر آب شور مغناطیسی شده بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه فلفل سبز. مجله علوم و مهندسی آبیاری. ۳۹(۱): ۱۲۱-۱۳۰.
- ۵- نشاط، ع. و م. پاره‌کار. ۱۳۸۶. مقایسه روش‌های تعیین سرعت نفوذ عمودی آب در خاک. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۴(۳): ۸۸-۹۷.

- 6- Carbonell, M.V, E. Martinez and J. E. Diaz. 2002. Evaporation of a magnetically treated water and NaCl solutions. *International Agrophysics*, 16(3): 171-175.
- 7- Chechel, P. S. and G. V. Annenkova. 1972. Influence of magnetic treatment on solubility of calcium sulphate. *Coke Chemistry*, 8:60-61.
- 8- Coey, J. M. D., and G. Stephen. 2000. *Magnetic water treatment*. Physics Department, Trinity College, Dublin 2, Ireland.
- 9- Herzog, R. E., S. Qihong, T. J. N. Patil and J. L. Katz. 1989. Magnetic water treatment: The effect of iron on calcium carbonate nucleation and growth. *Longmuir*, 5:861-867.
- 10- Hunsaker, D. and A. J. Clemment. 1999. Cultural and irrigation management effects on infiltration and roughness in level basins. *Transactions of the ASAE*, 42(6):1753-1762.

- 11-Jacob, B. 1999. Magnetic treatment of irrigation water: Experimental results and application conditions. *Environmental Science and Technology*, 33:1280-1285.
- 12-Khatri, L. and R. Smith. 2006. Real- time prediction of soil infiltration characteristics for the management of furrow irrigation. *Irrigation Science*, 25(1):33-43.
- 13-Marcus, Y. 1994. A simple empirical model describing the thermodynamics of hydration of ions of widely varying charges, sizes, and shapes. *Biophysical Chemistry*, 51:111-127.
- 14-Mostafazadeh-Fard, B., M. Khoshravesh, S. F. Mousavi and A. R. Kiani. 2012. Effects of magnetized water on soil chemical components underneath trickle irrigation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 138:1075-1081.
- 15-Mukheibir, P. 2008. Water resources management strategies for adaptation to climate-induced impacts in South Africa. *Water Resources Management*, 22:1259-1276.
- 16-Raghuwanshi, N. and W. W. Wallender. 1997. Economic optimization of furrow irrigation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, ASCE, 123:377-385.
- 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., P. B. B. Lal and B. N. Sharma. 1976. Application of solar energy in conjunction with magnetized water to boost food output. *National Solar Energy Convention, Calcutta, India*, pp. 248-250.
- 19-Sy, N. L. 2006. Modelling the infiltration process with a multi-layer perceptron artificial neural network. *Hydrological Sciences Journal*, 51:3-20.

EXTENDED ABSTRACT

Effect of Irrigation with Magnetized Water on Infiltration and Soil Salinity

A. Shahnazari^{1*} and P. Shirazi²

1* - Corresponding Author, Associate Professor, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. *aliponh@yahoo.com*

2- PhD student of Irrigation and Drainage, College of Agriculture, Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad.

Received: 9 December 2014

Accepted: 15 May 2016

Keywords: Permeability, Electrical Conductivity, Magnetized Water, Soil Texture.

Introduction

Infiltration plays an effective role in hydrologic cycle, regional ecology, run-off rate, soil erosion and degradation, solute transport, and groundwater pollution (Hillel, 1998). Water infiltration is strongly dependent on soil structure, and thus, the limitation of water infiltration is related to poor soil structure (Conolly, 1998). Magnetic water can be obtained by letting water pass through a permanent magnet or electromagnet, which is installed in or on a feeder pipeline (Herzog et al., 1989). Magnetized water has been studied by many researchers (Srivastava et al. 1976; Carbonell et al., 2002; and Mostafazadeh-Fard et al., 2012).

The objective of the present research was to investigate effect of irrigation with magnetized water on infiltration and soil salinity in comparison with non-magnetized water in three different soil textures.

Methodology

In this study, three different agricultural fields were selected in Khorasan Razavi province, Iran. The primary experimental treatment was soil texture (silty clay, silty, and sandy loam), and the secondary treatment was magnetized and non-magnetized irrigation water. The experimental design was a compound decomposition as a complete randomized block design with three replications for each treatment. Physical properties of the soils in these fields are shown in Table 1.

Table 1- Some physical characteristics of the selected soils

Texture	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	Initial Moisture Content (%)	Porosity (%)	Bulk Density (g/cm ³)
Silty Clay	42.6	47.3	10.1	24.1	45.04	1.33
Silty	8.6	81.7	9.7	21.5	36.25	1.59
Sandy Loam	18.3	14.5	67.2	18.8	27.91	1.77

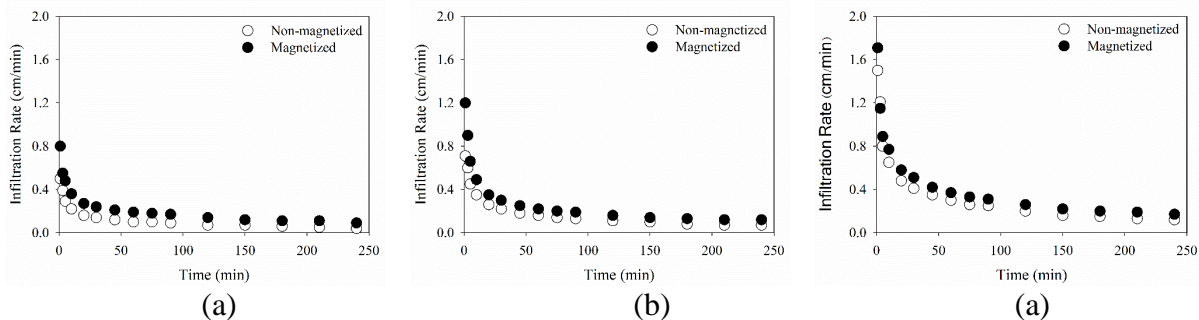
In each field, three points were selected and a double-ring infiltrometer was used to measure the infiltration rate. After four hours, infiltration rate reached almost to a constant value. Using these measurements, the infiltration rate at any given moment, the final infiltration rate, and also cumulative water infiltration were calculated. As initial soil moisture affects the infiltration characteristics, before running the experiments, soil moisture was measured gravimetrically by taking soil samples from 0 to 15 cm depth. In order to investigate the effect of magnetic water on the accumulation of salinity in soil, all soil samples were taken from different depths and their electrical conductivity was determined. Before performing the experiment, sampling was performed at depths of 0-0, 20-40, and 40-60 cm in order to measure the electrical conductivity of the soil saturated extract. To create a magnetic field, a permanent ceramic magnet was used in the irrigation system. Magnetized water was obtained by passing through a magnetic field with strength of 0.4 Tesla, which was installed on the main feed pipe.

Final infiltration rate, cumulative water infiltration depth, and soils salinity were analyzed using Excel and SAS (v9.1) software. The mean values comparison for each treatment was performed with Least Significant Different (LSD) test at $P=0.01$ and $P=0.05$ levels.

Results and Discussion

Analysis of variance showed that the effects of soil texture and magnetized irrigation water on cumulative water infiltration and infiltration final rate were significant at $P = 0.01$ level and these parameters for magnetized water were greater than that for non-magnetized water. Also, results showed that the final infiltration rate and cumulative water infiltrated were profoundly different among all treatments at ($P < 0.05$), and sandy loam soil had the highest values.

Figures 1a-1c show variation of infiltration rate with time for magnetized and non-magnetized water in different experimental soils. The difference in infiltration rate is obvious from the early moments of the experiment. As can be seen in Figures 1a-1c, the vertical distance between the magnetized and non-magnetized treatments is reduced from fine-textured to coarse-textured soils. This means that the magnetic effect on water infiltration rate is most effective in fine textured soils. Figures 1d-1f show variation of cumulative water infiltration with time for magnetized and non-magnetized water for the three studied soils. On these figures, the measured amount of cumulative water infiltration is shown. As can be seen in Figures 1d-1f, the vertical distance between the magnetized and non-magnetized treatments is reduced from fine-textured to coarse-textured soils. Again, This means that the magnetic effect on water infiltration is most effective in fine-textured soils.



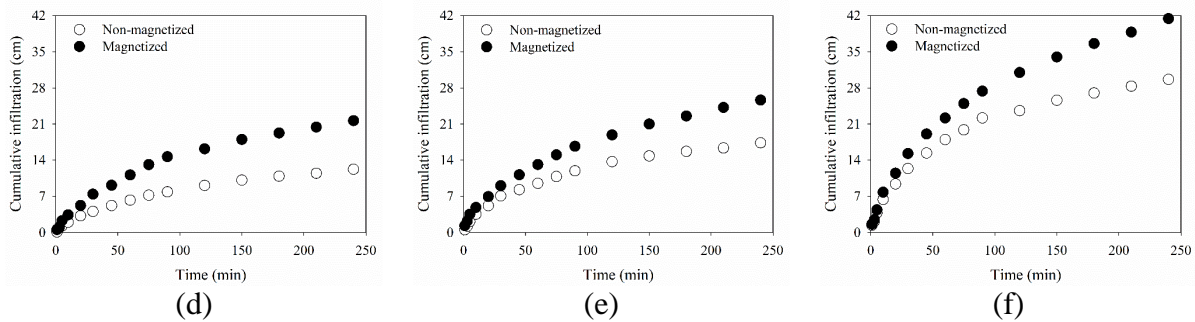


Figure 1- Variation of infiltration rate and cumulative water infiltration versus time for magnetized and non-magnetized water in silty clay soil (a and d), silty (b and e) and sandy loam (a and f) soil.

There are two reasons for greater infiltration of magnetized irrigation water. Firstly, under magnetized conditions, the water molecules, which are influenced by hydrogen bonds and Van der Waals forces and in reactions with the ions, are released and become more cohesive (Lungader Madsen, 2004). Therefore, the water molecules easily attach to the soil particles and do not move to the lower soil depths. Secondly, changes in structure and physical characteristics take place when water passes through a magnetic field. In the magnetized water, the existing free gases in water are reduced (Jacob, 1999).

The comparison of the mean soil electrical conductivity results showed that the electrical conductivity of the soil increased with increasing depth. The electrical conductivity at different depths of the soil was less than non-magnetic water in the treatment of magnetic water. Salhi (2005) conducted experiments on soil chemical properties using magnetic irrigation and showed that salinity, acidity, and calcium carbonate in soil solution using magnetic water decreased significantly.

Nowadays, with new developments in mechanization of agriculture and also increases in size and weight of machines, soil density has been increased in agricultural practices. This increase in density is more obvious in silty clay soils, compared with other coarse-textured soils. As a result, the infiltration potential of these compacted soils can be improved using magnetized irrigation water. This practice has other beneficial effects such as reduction of surface run-off and soil water evaporation.

Conclusions

Effect of magnetized and non-magnetized irrigation water was studied for three soil textures of silty clay, silty, and sandy loam. Cumulative water infiltration and final infiltration rate in these soils increased under magnetized irrigation water. However, the effect was more pronounced in silty clay soil. Magnetic water reduced the soil salinity at different depths and this effect was significant at $P = 0.01$ level. Therefore, using magnetized irrigation water in heavy soils is recommended to improve water infiltration capacity.

References

- 1- Carbonell, M.V, E. Martinez and J. E. Diaz. 2002. Evaporation of a magnetically treated water and NaCl solutions. *International Agrophysics*, 16(3): 171-175.
- 2- Conolly, R.D. 1998. Modeling effects of soil structure on the water balance of soil-crop system: a review. *Soil and Tillage Research*, 48:1-19.

- 3- Herzog, R. E., S. Qihong, T. J. N. Patil and J. L. Katz. 1989. Magnetic water treatment: The effect of iron on calcium carbonate nucleation and growth. *Langmuir*, 5:861-867.
- 4- Hillel, D. 1998. *Environmental soil physics*. Academic Press, San Diego, CA.
- 5- Jacob, B. 1999. Magnetic treatment of irrigation water: Experimental results and application conditions. *Environmental Science and Technology*, 33:1280-1285.
- 6- Lungader Madsen, H.E. 2004. Crystallization of calcium carbonate in magnetic field ordinary and heavy water. *Journal of Crystal Growth*, 267: 251–255.
- 7- Mostafazadeh-Fard, B., M. Khoshraves, S. F. Mousavi and A. R. Kiani. 2012. Effects of magnetized water on soil chemical components underneath trickle irrigation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 138:1075-1081.
- 8- Saliha, B. B. 2005. Bioefficacy testing of GMX online magnetic water conditioner in grapes var.muscat. Tamil Nadu Agricultural University, Project Completion Project.
- 9- Srivastava, S. C., P. B. B. Lal and B. N. Sharma. 1976. Application of solar energy in conjunction with magnetized water to boost food output. *National Solar Energy Convention, Calcutta, India*, pp. 248-250.