نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۵، جلد ۱۵، آذر - دی ۱۴۰۰، ص. ۱۱۱۷-۱۱۰۴

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 5, Vol. 15, Dec.-Jan. 2021, p. 1104-1117

مقاله علمی-پژوهشی

کاربرد رینگ مروس و مگنت برای آبشویی متناوب و پیوسته کاتیون‌های خاک شور با استفاده از منابع مختلف آب

آذر قنبری[۱]، محمدرضا خالدیان[۲*]، افشین اشرف‌زاده[۳]، مریم نوابیان[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۲۸

چکیده

امروزه در بسیاری از نقاط جهان منابع آب و خاک با تهدید شور شدن روبرو می‌باشند. تحقیقات گسترده‌ای برای شوری‌زدایی منابع آب و خاک انجام شده است. یکی از این راهکارهای ارائه‌شده، آبشویی خاک می‌باشد. برای بررسی روش‌های مختلف آبشویی خاک شور، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، به‌صورت فاکتوریل با سه عامل و سه تکرار انجام شد. تیمارهای نوع آب شامل: آب مغناطیسی، آب عبوری از رینگ مروس و آب معمولی به‌عنوان عامل اصلی و دو نوع تیمار فرعی که عبارت‌اند از میزان شوری آب شامل آب شور با هدایت الکتریکی ۲/۵ دسی زیمنس بر متر، آب شیرین با هدایت الکتریکی یک دسی زیمنس بر متر و آب شور-شیرین درواقع ترکیب آب شور و شیرین و روش آبشویی (غرقاب دائم و متناوب) مجموعاً در ۵۴ ستون خاک برداشت‌شده از یک باغ زیتون واقع در شهرستان رودبار بودند. نتایج نشان داد که تیمار مگنت نسبت به شاهد، توانسته است در روش متناوب عملکرد آب شور را در حد آبشویی با آب شور-شیرین برساند. تیمار رینگ مروس بهتر عمل کرد، به‌طوری‌که توانسته است در روش متناوب، عملکرد آب شور در آبشویی را به حد عملکرد آب شیرین، با خروج نمک بیشتر نسبت به مگنت برساند.

واژه‌های کلیدی: آب شور، رودبار، غرقاب دائم

مقدمه

کشور ایران حدود ۱۶۵ میلیون هکتار وسعت دارد، بیش از ۵۰ درصد مساحت کشور کوهستانی است. کوه‌ها در اطراف شوره‌زارها و بیابان‌های شنی و سنگلاخی مرکزی و شرقی قرار گرفته و حوضه بسته‌ای را تشکیل می‌دهند که شامل انواع خاک‌ها با میزان نمک‌های گوناگون است. به استناد ارقام موجود از کل ۱۶۵ میلیون هکتار زمین-های مسطح کشور، مساحتی حدود ۱۰/۵ میلیون هکتار یا ۱۴/۲ درصد کل به درجات متفاوت با مشکلات شوری، سدیمی، زه دار و حالت مانداب روبرو است. به‌طورکلی در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور پهناورمان، شوری آب آبیاری و یا کمبود آن علت اصلی تجمع نمک‌ها در نیمرخ خاک است، هرچند مواردی وجود دارد که نشان می‌دهد دلیل شوری خاک، ویژگی‌های شیمیایی سنگ مادری است (پذیرا، ۱۳۹۱).

در مناطقی که بارندگی کم و تبخیر- تعرق زیاد باشد و سامانه مناسب زهکشی هم وجود نداشته باشد، انباشت نمک اتفاق می‌افتد و خسارت ناشی از تجمع نمک‌ها در نیمرخ خاک، باعث به هم خوردن توازن یونی در محلول خاک، تخریب ساختمان خاک و کاهش فعالیت‌های بیولوژیکی خاک می‌شود (Hanson et al., 2006). در مناطق خشک و نیمه‌خشک که میزان تبخیر بیش از بارش می‌باشد، این پدیده باعث تغلیظ نمک‌ها در خاک و در نهایت شوری خاک می-شود. البته شرایطی هم وجود دارد که تأثیر توأمان تبخیر سطحی و نفوذ آب از سطوح آبی (حتی با شوری متوسط) نامطلوب شدن کیفیت

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران
۲- دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان و گروه پژوهشی مهندسی آب و محیط زیست پژوهشکده حوزه آبی دریای خزر، رشت، ایران
۳- دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، گیلان، ایران
۴- دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان و گروه پژوهشی مهندسی آب و محیط زیست پژوهشکده حوزه آبی دریای خزر، رشت، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email:khaledian@guilan.ac.ir
DOR: 20.1001.1.20087942.1400.15.5.10.8

خاک را در پی خواهد داشت. یکی از عوامل قلیائیت شدید خاک، تجمع نمک‌های کربنات و بی‌کربنات در محلول خاک است که علت آن، تراوش و صعود مویینگی آب زیرزمینی کم‌عمق شور می‌باشد که نامطلوب شدن کیفیت خاک را در پی دارد. در کل مسئله اصلاح و آبشویی خاک‌های شور و سدیمی، برای افزایش سطح زیر کشت و یا بالا بردن عملکرد محصول در واحد سطح، موردتوجه قرار گرفته است.

وجود تفاوت‌های مهم در انواع خاک‌های شور و سدیم، ارائه یک توصیه علمی واحد را برای اصلاح خاک‌ها غیرممکن می‌کند. در خاک‌های شور- سدیمی، وجود املاح محلول و سدیم تبادلی مشکل اساسی این خاک‌ها است. در نظر گرفتن نیاز آبشویی علاوه بر نیاز آبی گیاه موجب خروج املاح و سدیم تبادلی و در نتیجه اصلاح این خاک‌ها می‌شود. به همین دلیل مطالعات شوری‌زدایی به‌منظور بررسی میزان املاح محلول با اعمال مقادیر متفاوت آب آبشویی لازمه پروژه-های زهکشی و اصلاح خاک است (گودرزی و دقیق، ۱۳۸۳). امروزه روش‌های نوینی برای بهبود کارایی آبشویی ارائه شده است که می-توان به عبور دادن آب آبشویی از میدان مغناطیسی یا رینگ مروس اشاره کرد.

آب مغناطیسی

اولین کاربرد عملی آب مغناطیسی در سال ۱۹۴۵ بود. مهندسی بلژیکی به نام تئو ورمین، دستگاه تصفیه مغناطیسی آب را اختراع کرد. به‌طور گسترده اثر میدان مغناطیسی روی مواد بیولوژیکی، گیاهان و آب توسط محققان بی‌شماری موردبررسی قرار گرفت. نتایج تحقیقات نشان داد زمانی که آب تحت تأثیر میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد، بعضی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مثل کشش سطحی، قابلیت انتقال (پتانسیل الکتریکی)، قابلیت انحلال نمک، ضریب شکست نور و pH تغییر می‌کند. 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 (خوش‌روش، ۱۳۸۸). تعیین سختی آب، آزمایشی مفید برای تخمین کیفیت آبی است که در منازل و صنعت استفاده می‌شود. در صنعت انجام این آزمایش به دلیل آن‌که آب سخت بر اثر گرم شدن، کربنات کلسیم را رسوب می‌دهد و در نتیجه سبب مسدود شدن لوله‌ها می‌شود اهمیت فراوان دارد (خوش‌روش، ۱۳۸۸؛ توسلی و همکاران، ۱۳۸۳). خوش‌روش (۱۳۸۸) در پژوهشی اثر آب مغناطیسی بر توزیع رطوبت و تجمع املاح در خاک در آبیاری قطره‌ای را موردبررسی قرار داد. نتایج نشان داد که آبیاری با آب مغناطیسی باعث کاهش میزان هدایت الکتریکی خاک به میزان ۲۱ تا ۳۶ درصد نسبت به آبیاری معمولی شده است. بر اساس نتایج، آبیاری با آب مغناطیسی با صرفه‌جویی در آب مصرفی و کاهش شوری خاک‌ها قابل توصیه برای استفاده در بخش کشاورزی می‌باشد. رسوب‌زدایی، یک امر رایج در صنعت می باشد که با استناد بر تحقیقات صورت گرفته در خصوص کاربرد آب مغناطیسی در کشاورزی حاکی از آن است که استفاده از آب مغناطیسی موجب افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی، افزایش درصد سبز شدن و کاهش مصرف بذر می‌شود (عبدالصالحی و بانژاد، ۱۳۸۷). آبیاری با آب مغناطیسی موجب افزایش نفوذپذیری خاک و آبشویی خاک می‌شود (Bogatin, 1999; Serivastava et al., 1976).

سریواستاوا و همکاران قابلیت حل نمک‌های سدیم کلرید و سدیم کربنات را در آب مغناطیسی بررسی کردند و پیشنهاد کردند که از آب مغناطیسی می‌توان برای آبشویی خاک‌های شور یا قلیایی استفاده شود (Serivastava et al., 1976). بوگاتین دو مؤلفه مهم به‌منظور مغناطیسی کردن مؤثر آب را اسیدیته بالاتر از ۷/۲ و سختی کربنات بیش از ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر برشمرد (Bogatin, 1999). با چنین آبی، می‌توان آزمایشات آبشویی را روی ستون‌های دست‌خورده خاک انواع خاک‌های شور انجام داد. در این تحقیق بیشترین اثر آبشویی با آب مغناطیسی به ترتیب روی نمونه‌های خاک با شوری سدیم، کلر و سولفات مشاهده شد. حرکت یون کلر نسبت به نمونه‌های شاهد ۳۰ تا ۴۰ درصد بیشتر بوده و همچنین سرعت نفوذ آب در خاک ۱/۵ برابر بوده است. کم شدن گازهای آزاد موجود در آب به هنگام مغناطیسی شدن آب، سرعت نفوذ آن در خاک را افزایش می‌دهد. آبیاری با آب مغناطیسی موجب شده است که مقدار سدیم و کلسیم و در نتیجه ESP در عمق‌های مختلف کاهش یابد. نفوذپذیری آب در خاک به‌شدت افزوده شده و میزان تبخیر (تلفات آب) خصوصاً در خاک‌های شور و نیز سمیت یون‌های خاص در نتیجه تغلیظ آب، کاسته می‌شود. اصلاح آب آبیاری به روش فیزیکی و بدون اضافه کردن مواد شیمیایی و سمی موجب کاهش نیاز آبی، کودی و سم شده و خاک نیز به‌مرور اصلاح خواهد شد (خوش‌روش، ۱۳۸۸).

برای استفاده از مزایای مناسب مگنت‌ها در کشاورزی باید بتوان خاصیت مغناطیسی را در حجم بالایی در آب آبیاری برای مدت طولانی‌تری ایجاد کرد. مگنت‌های بزرگ‌تر برای کاربرد در مزرعه توسط شرکت‌های تجاری ساخته شده است که می‌توان برای مثال روی لوله اصلی در آبیاری قطره‌ای (Mostafazadeh-Fard et al., 2012) استفاده کرد.

رینگ مروس

یکی از جدیدترین راهکارهای مبارزه با خوردگی، زنگ‌زدگی، رسوبات و مشکلات میکروبیولوژیکی، استفاده از رینگ‌های مروس است که عملکرد آن‌ها بر اساس اثرگذاری بر نوسانات مولکولی املاح موجود در آب می‌باشد. هر عنصر و ماده‌ای دارای نوسان مولکولی مخصوص به خود است که نوسان بنیادی مولکولی و یا حرکت

کلوئیدی مولکولی براونی[1] نامیده می‌شود. رینگ‌های مروس، بر اساس تغییر خواص فیزیکی مواد موجود در آب که پدیده‌ای نوین است، عمل می‌کنند. تاکنون در ایران محققانی بودند که در مطالعات خود از این تکنولوژی استفاده کردند و نتایج قابل‌توجهی گرفتند (براتی، ۱۳۹۳). رسوبات آهکی و سایر نمک‌ها به‌صورت محلول، تقریباً در هر آبی یافت می‌شوند. این رسوبات منجر به مسدود شدن لوله‌ها، دریچه‌ها و سایر اجزای سیستم می‌شوند. نوساناتی که توسط این رینگ‌ها در آب پخش می‌شود ساختار رسوبات آهکی را به‌صورت تأثیرگذار و پایداری تغییر می‌دهد. این بدان معناست که رسوبات در پیوند بهتری با آب خواهند بود و بنابراین تنها در دماهای بسیار بالا و یا غلظت‌های بسیار زیاد ته‌نشین شده و تولید رسوب می‌کنند (شرکت مروس، ۱۳۹۳).

از خصوصیات بارز مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، بالا بودن نسبت تبخیر- تعرق به بارش است. تکامل خاک‌ها در این مناطق، منتهی به شوری و سدیمی شدن می‌شود و با افزایش میزان شوری پتانسیل سطح خاک به‌عنوان محل رشد و نمو گیاه کم یا به‌طورکلی مختل شده است. در بسیاری از تحقیقات گذشته، تنها اثر مصرف اصلاح‌کننده‌ها بر خصوصیات خاک موردتوجه قرار گرفته (Clark et al., 2007)، و کیفیت زهاب به‌دست‌آمده از آبشویی کمتر مطالعه شده است، درحالی‌که این موضوع از نظر مسائل زیست‌محیطی دارای اهمیت است.

در مطالعات گذشته، آبشویی خاک‌های شور و سدیمی به دو روش غرقاب دائم و متناوب موردبررسی قرار گرفته است. امّا آزمایش‌های انجام‌گرفته بر اساس خصوصیات منطقه مورد آزمون می‌باشد، به همین دلیل نتایج به‌دست‌آمده از آن‌ها به‌طور مستقیم قابل‌استفاده برای مکان‌های دیگر نیست و قبل از استفاده باید با آزمون‌های مزرعه‌ای صحت کارکرد را موردبررسی قرار داد. خاک منطقه موردمطالعه در منطقه‌ای خشک و نیمه‌خشک واقع بوده و مشکل شور و سدیک بودن را دارد. در این پژوهش با استفاده از دو فناوری نوین (میدان مغناطیسی و رینگ مروس) اقدام به آبشویی خاک به روش متناوب و پیوسته پرداخته شده است.

مواد و روش

محدوده موردمطالعه در استان گیلان، شهرستان رودبار، روستای علی‌آباد، باغ مادری زیتون با طول جغرافیایی (درجه شرقی) ۴۹ درجه و ۲۴ ثانیه و عرض جغرافیایی (درجه شمالی) ۳۶ درجه و ۴۸ ثانیه واقع شده است. شهرستان رودبار با وسعت ۲۵۷۴ کیلومترمربع دومین شهرستان استان گیلان به لحاظ وسعت است که از شمال به رشت، از جنوب به استان قزوین و از غرب به فومن و استان زنجان محدود می‌شود. شهرستان رودبار در کرانه سفیدرود و در منطقه‌ای کوهستانی قرار گرفته است و آب و هوای آن تحت تأثیر هوای خشک و نیمه-خشک ناحیه مرکزی قرار دارد. از نظر آب و هوایی این منطقه به-ویژه شهر رودبار دارای آب و هوای مدیترانه‌ای می‌باشند و رویش درختان زیتون در این منطقه گواه موضوع است. این منطقه در مسیر بادهای دائمی دره سفیدرود قرار گرفته که بادهای منجیل آن معروف است. در این منطقه میانگین دمای سالانه ۱۸ درجه سلسیوس، میانگین حداکثر و حداقل دما به ترتیب ۲۵/۴ و ۱۲/۵ درجه سلسیوس و میانگین بارندگی سالانه ۲۲۶/۸ میلی‌متر می‌باشد.

در این پژوهش، برای شناسایی شورترین قسمت منطقه، از نتایج آزمایشات کارشناسان منطقه و نقشه‌های موجود استفاده شد. درنهایت ضلع غربی منطقه به‌عنوان شورترین قسمت باغ زیتون انتخاب شد و نمونه‌برداری خاک انجام شد. حجمی از خاک به ابعاد ۱/۵×۱/۵ متر و به عمق ۰/۳ متر، در محدوده توسعه ریشه درخت زیتون خاک‌برداری شد. جدول (۱) برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه موردمطالعه را نشان می‌دهد.

برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمون از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری صورت گرفت و نمونه خاک-هایی دست‌خورده به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تهیه شد. اندازه‌گیری عناصر نمونه خاک در عصاره اشباع خاک انجام شد و هدایت الکتریکی با دستگاه هدایت سنج، اسیدیته به کمک دستگاه pH متر، کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون، بافت خاک به روش هیدرومتری، وزن مخصوص ظاهری به روش سیلندر، وزن مخصوص حقیقی به روش پیکنومتر و رطوبت در ظرفیت زراعی (FC) با دستگاه پرشر پلیت در آزمایشگاه تعیین شدند. جدول (۲) برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نمونه‌برداری شده را نشان می‌دهد.

در این پژوهش، آزمایش آبشویی برای اصلاح خاک‌های شور در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، به‌صورت فاکتوریل با سه عامل و ۳ تکرار، در مجموع روی ۵۴ ستون خاک انجام شد. چینش تیمارها به‌صورتی بود که عامل اصلی شامل نوع آب (آب مغناطیسی، آب عبوری از رینگ مروس و آب معمولی یا غیر مغناطیسی و بدون کاربرد رینگ مروس) می‌باشد. عامل دیگر که فرعی می‌باشد، میزان شوری آب است که شامل (آب شور با EC=۲/۵ دسی زیمنس بر متر، آب شیرین با EC=۱ دسی زیمنس بر متر و آب شور- شیرین) بود. عامل سوم روش آبشویی بود که شامل متناوب و پیوسته بود.

1- Brownian Colloidal Movement

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک باغ مادری زیتون علی‌آباد

لایه خاک (cm)	بافت خاک	هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک dS/m	pH	درصد کربن آلی	حجمی اشباع خاک درصد
۰-۳۰	شنی‌لومی	۶/۴	۷/۶۱	۴۷	۲۵
۳۰-۶۰	شنی‌لومی	۵/۱۳	۷/۸۹	۶۲	۲۶

جدول .Error! No text of specified style in document- **برخی خصوصیات خاک منطقه باغ مادری زیتون**

عمق	سیلت	رس	شن	بافت	وزن مخصوص ظاهری	وزن مخصوص حقیقی	هدایت الکتریکی	تخلخل	pH
cm	%	%	%		gr/cm^3	gr/cm^3	dS/m	%	
۰-۳۰	۳۰	۲۵	۴۵	لومی	۱/۳	۲/۶۱	۴/۸۰	۵۱	۷/۴۹

نحوه آماده‌سازی ستون‌های خاک برای آزمایش آبشویی

لوله‌هایی از جنس پی‌وی‌سی با قطر ۱۰/۵ سانتی‌متر با ارتفاع ۳۳ سانتی‌متر تهیه شد، به این صورت که سه سانتی‌متر از کف لوله شامل شن درشت و ماسه بود و ۳۰ سانتی‌متر هم با خاک مورد آزمایش پر شد. انتهای لوله برای جلوگیری از عبور ذرات ریز خاک و ایجاد فیلترینگ مناسب، با پارچه حریر و توری فلزی پوشیده شد و به‌منظور جلوگیری از جریان ترجیحی داخل لوله، دیواره داخلی لوله با استفاده از چسب، شن اندود شد. برای هدایت زهاب‌ها و جمع‌آوری زهاب‌ها و جایگاه ستون‌های خاک، دستگاه و ظروفی طراحی و نصب شد (شکل ۱). خاک درون این لوله‌ها به‌گونه‌ای پر شد که وزن مخصوص ظاهری خاک درون لوله‌ها به وزن مخصوص ظاهری خاک باغ (مزرعه) برسد. هنگام پر کردن ستون‌ها به‌طور متوالی ضرباتی به سطح خاک وارد می‌شد. از حاصل‌ضرب حجم خاک داخل ستون‌ها در وزن مخصوص ظاهری، وزن خاک داخل هر ستون به دست آمد. وزن خاک‌ها برای ایجاد شرایط مساوی مقایسه در همه ستون‌های آزمایش یکسان بود.

برای این پژوهش می‌بایستی سه نوع آب شامل: آب عبوری از میدان مغناطیسی، آب عبوری از رینگ مروس و آب معمولی (بدون عبور از رینگ مروس و میدان مغناطیسی) تهیه می‌شد. برای تهیه آب مغناطیسی دستگاهی تهیه شد که شامل مخزن، پمپ و لوله پلی‌اتیلن بود که از ویژگی‌های این وسیله ایجاد یک مدار برای گردش آب در مدت‌زمان معلوم است که بتوان ابزار مغناطیس یا رینگ مروس را روی لوله آن وصل کرد و به‌این‌ترتیب آب را مغناطیسی یا نوسانی کرد که تصویر مغناطیس و مروس تعبیه‌شده در شکل ۲ قابل‌مشاهده است.

شکل ۱- ستون‌های خاک در حال آبشویی، ظروف بالای ستون محل آب ورودی و ظروف پایین دستگاه، برای جمع‌آوری زهاب حاصل از آبشویی می‌باشد.

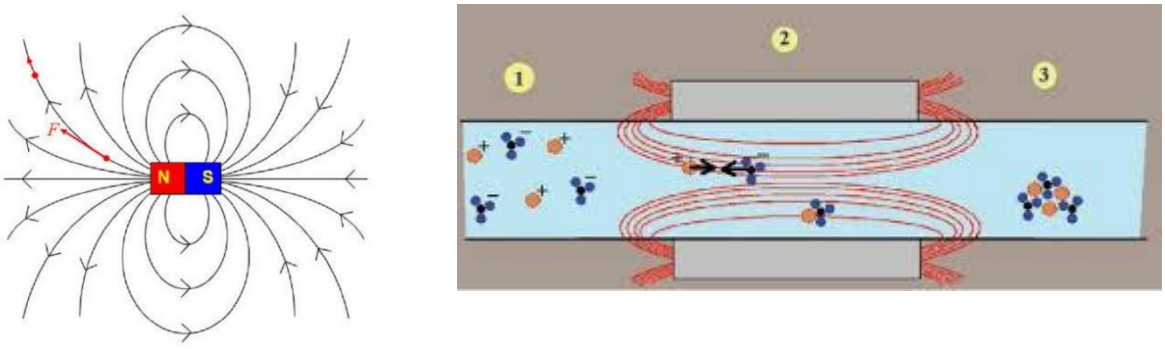
شکل ۲- نحوه قرارگیری رینگ مروس (سمت راست) و مگنت‌ها (سمت چپ) در دستگاه چرخش آب

روند آبشویی

در آبشویی به روش متناوب، در کل برای هر تیمار، پنج برابر حجم آب منفذی به ترتیب طی پنج مرحله اعمال شد. پنج برابر آب منفذی در پژوهش‌های پیشین نیز استفاده شده است (دلبری و همکاران، ۱۳۹۱). البته برخی مقدار بالاتری را آزمایش کرده‌اند (تا بیست برابر آب منفذی توسط تیرانداز و همکاران، ۱۳۹۷) و برخی مقدار کمتری را آزمایش کرده‌اند (تا دو برابر آب منفذی توسط حسینی نیا و همکاران، ۱۳۹۵). فاصله بین اعمال هر حجم آب منفذی برابر با ظرفیت زراعی خاک موردنظر می‌باشد. البته برای تیمار آب شور - شیرین، ۲/۵ برابر حجم آب منفذی آب شور و سپس ۲/۵ برابر حجم آب منفذی آب شیرین اعمال شد، به ترتیبی که ابتدا آب شور و سپس آب شیرین اعمال شد. زهاب حاصله بعد از خروج از ستون‌های خاک (محلول خاک)، توسط ظرف‌های تعبیه‌شده، جمع‌آوری شد و از نظر EC و میزان عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم با روش‌های استاندارد مورد تجزیه قرار گرفتند، سپس نمودار هر یک، در نرم‌افزار اکسل رسم شد.

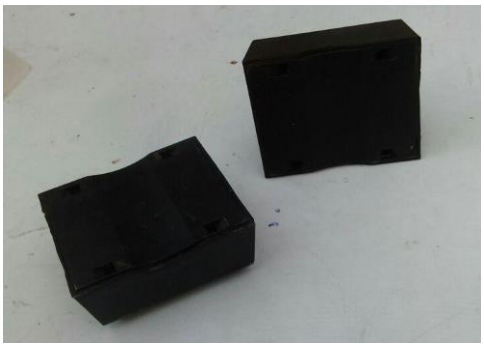
توضیحات آب مغناطیسی و مروسی

تاکنون انواع متنوعی از تصفیه‌کننده‌های مغناطیسی توسط شرکت‌های مختلف ساخته و عرضه شده است. با وجود تنوع شکل و ساختار، مکانیسم عملکرد این دستگاه‌ها تقریباً یکسان است. به این صورت که میدان مغناطیسی ایجادشده در دستگاه هنگام عبور سیال از آن، روی سیال اعمال می‌شود (شکل ۳).



شکل .Error! No text of specified style in document- **آرایش الکترون‌ها در میدان مغناطیسی**

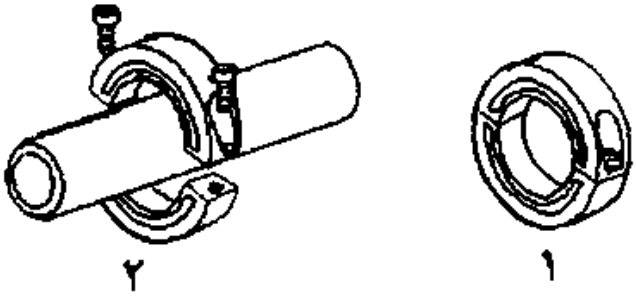
در این پژوهش، برای مغناطیسی کردن مولکول‌های آب از دو عدد بلوک مغناطیسی که شدت میدان آن‌ها در حالتی که با فاصله مشخصی کنار هم قرار دارند حدود ۶۰ میلی تسلا می‌باشد، استفاده شد. شکل (۴) تصویر دستگاه شدت سنج میدان و مگنت‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ٤- سمت راست(دستگاه میدان سنج، سمت چپ) مگنت‌های استفاده‌شده

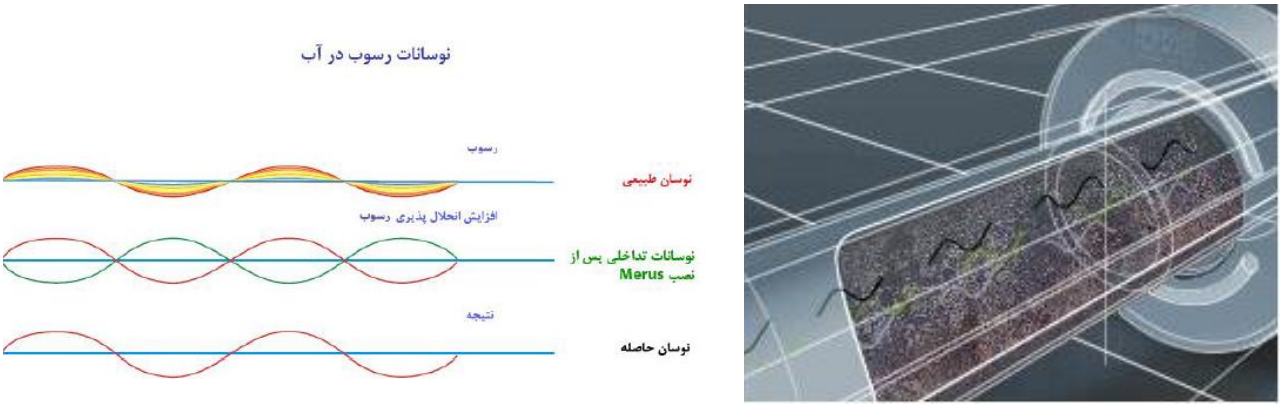
رینگ مروس

اساس کار رینگ مروس، یعنی تغییر خواص فیزیکی مواد موجود در آب، روشی نوین است. دانشمندان هنوز درباره اصول این روش مشغول پژوهش هستند. ازاین‌رو می‌توان گفت سال‌هاست که پیشینه نظری این روش بر پایه تحقیقات تجربی، فرضیات و استنتاج منطقی استوار است. با ذکر این حقیقت که این فن‌آوری بر اساس مشاهدات تجربی گسترش پیدا کرده، اما هنوز توصیف علمی دقیقی از آن وجود ندارد (شرکت مروس، ۱۳۹۳). در این مطالعه، برای نوسانی کردن مولکول‌های آب با هدف تغییر در کیفیت آب، یک عدد رینگ مروس با سایز یک‌دوم اینچ (تولید شرکت مروس آلمان) استفاده شد. شکل ۵ رینگ مروس مورداستفاده و نحوه نصب آن روی لوله را نشان می‌دهد.



شکل ۵- رینگ به‌کاررفته در پژوهش حاضر و نحوه نصب رینگ مروس روی لوله

شرکت تولیدکننده این رینگ قادر است برای هر ماده مجزا نوسان فعال جدید و منحصربه‌فردی تولید کند که هرکدام وظیفه ویژه‌ای دارند. این نوسانات فعال روی دستگاه حامل نوسانات، درست مانند ثبت داده‌ها روی CD یا DVD می‌باشد. غالباً از نوعی آلیاژ آلومینیم به‌عنوان جنس دستگاه حامل نوسانات استفاده می‌شود. این نوع آلیاژ قادر است تعداد زیادی از نوسانات فعال را در خود ذخیره کرده و آن‌ها را تا حد زیادی مستقل از دمای اطراف به‌صورت ثابت و پایدار در آب انتشار دهد. نوسانات فعال از طریق نوسان شبکه‌ای آلومینیم عمل می‌کند. تحت چنین شرایطی، شبکه مولکولی آلومینیم دچار نوسان شده و به همین ترتیب نوسانات فعال موجود در رینگ نیز دچار نوسان می‌شوند. این نوسانات در ساختار شبکه قرار گرفته و به همین شکل به‌طور متناوب تولید می‌شوند (شکل ۶). نوسانات مولکولی خاص به نحوی در آب نفوذ می‌کنند که منجر به افزایش قابلیت انحلال رسوبات در آب می‌شوند و رسوبات حل‌شده، با جریان آب به بیرون شستشو داده می‌شوند (شرکت مروس، ۱۳۹۳).



شکل ٦- نحوه ایجاد نوسانات رینگ مروس در آب

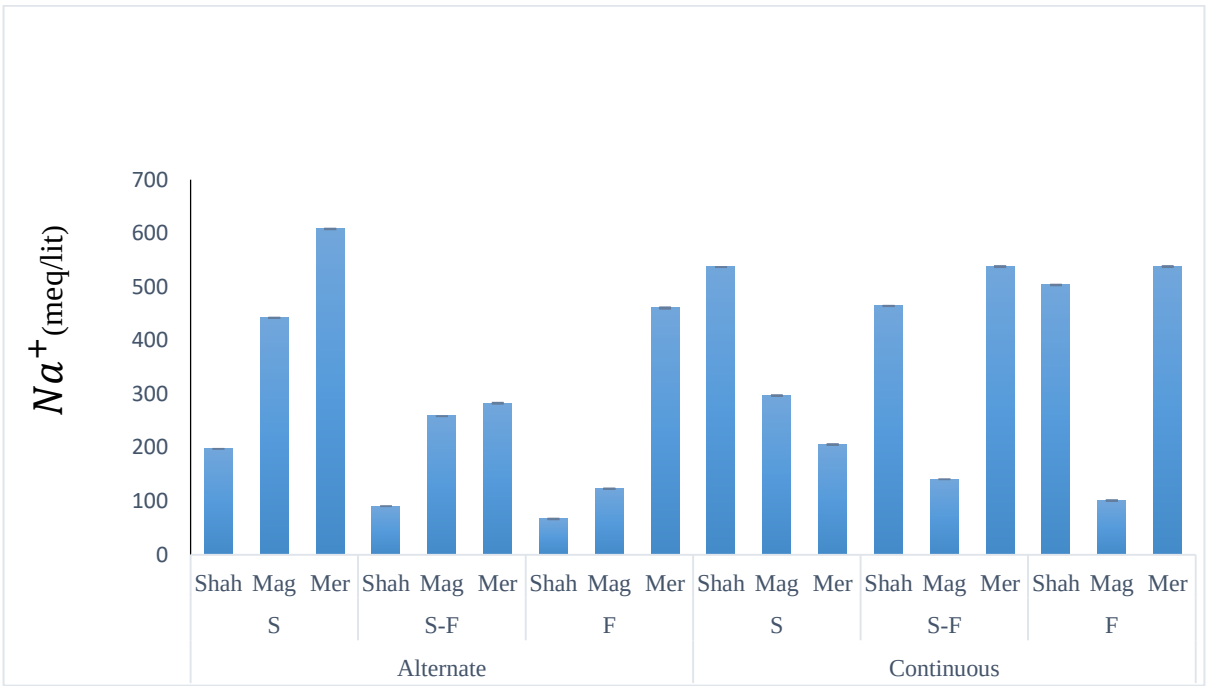
هر یک از این رینگ‌ها قادرند حجم معینی از آب را تحت تأثیر قرار دهند. انواع رینگ‌ها بسته به سایز لوله و حجم آب عبوری از آن وجود دارد. برای انتخاب رینگ مناسب، نکاتی از قبیل حجم آب در گردش، طول کل سیستم، وضعیت میدان‌های الکتریکی، باز یا بسته بودن سیستم گردشی آب و قطر لوله می‌بایستی در نظر گرفته شود.

نتایج و بحث

پس از تهیه عصاره اشباع خاک نمونه‌گیری شده،pH و EC خاک به ترتیب برابر ۷/۴۹ و ۹/۴۲ شد. سایر نتایج آبشویی به‌صورت هیستوگرام بیان شده‌اند.

آبشویی سدیم

همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود، در روش متناوب در هرکدام از تیمارهای آب شور، آب شیرین، آب شور- شیرین، بیشترین میزان سدیم خروجی به ترتیب در تیمارهای رینگ مروس، آب مغناطیسی و شاهد بود. در آبشویی با آب شور در هریک از تیمارهای شاهد، مگنت و مروس سدیم بیشتری نسبت به آب شور- شیرین و شیرین خارج شده است. درواقع می‌توان دریافت که در طی روند آبشویی غلظت سدیم خاک به‌تدریج روند کاهشی داشته است.



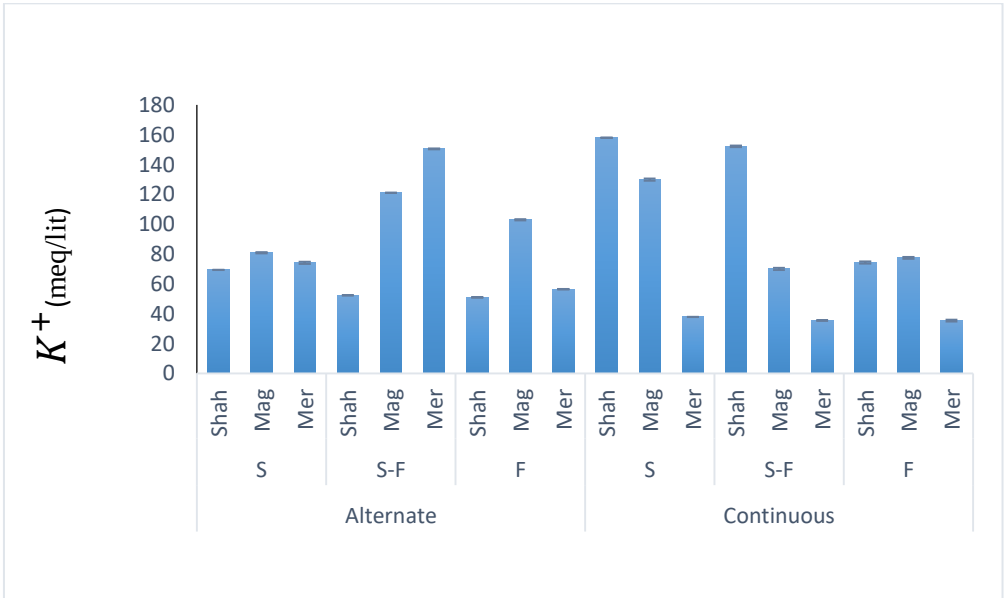
شکل ۷- تغییرات غلظت سدیم (+Na) خروجی از زهاب حاصل از آبشویی خاک، در شکل بالا S نماد تیمار آب شور، F نماد تیمار آب شیرین و S-F نماد تیمار آب شور-شیرین می‌باشد. نماد Shah نماد تیمار شاهد، Mag نماد تیمار مگنت و Mer نماد تیمار رینگ مروس است و Alternate (روش متناوب) و Continuous (روش پیوسته) می‌باشد.

در پژوهشی که دلبری و همکاران (۱۳۹۱) در عزیزآباد بم روی آبشویی چند نوع خاک شور با بافت‌های لوم‌رسی، لومی، لومی‌رسی-شنی، لومی‌شنی و شنی لومی انجام دادند با اعمال آب با ۵ برابر حجم آب منفذی در چندین مرحله، در زهاب حاصل میزان کاتیون سدیم، در آبشویی‌های اول بیشترین مقدار را داشت و به‌تدریج غلظت سدیم در همه خاک‌ها کاهش یافت و در آخر به مقدار ثابت رسید. این نتایج با نتایج حاصل از تحقیق جلالی و همکاران هم‌راستاست (Jalali et al., 2008). با توجه به آزمون معنی‌داری با روش LSD در آبشویی متناوب، در بین تیمارها فقط تیمار مروس با اختلاف معنی‌داری نسبت به مگنت و شاهد روی میزان سدیم خروجی تأثیر بیشتری داشته است. درحالی‌که تیمار مگنت و هم‌چنین تیمارهای آب، روی سدیم خروجی اثر معنی‌داری نداشته‌اند.

در کل با توجه به شکل ۷، می‌توان دریافت که چون آب عبوری از میدان مغناطیسی، در سطح یون‌های مثبت و منفی بار الکتریکی القاء می‌کند و درنتیجه به‌جای این‌که یون‌های بار مخالف یکدیگر را جذب کنند، همدیگر را دفع کرده و موجب افزایش تعداد حلقه‌های مولکولی آب و افزایش حلالیت آب مغناطیسی می‌شوند. افزایش میزان آبشویی سدیم توسط آب مغناطیسی در این مطالعه ممکن است به دلیل افزایش قابلیت حل برخی از نمک‌های سدیم در آب مغناطیسی باشد که توسط سریواستاوا و همکاران و بوگاتین نیز گزارش شده است (Bogatin, 1999; Serivastava et al., 1976). زنگنه یوسف‌آبادی (۱۳۸۸) در پژوهشی تأثیر آب مغناطیسی را روی میزان آبشویی کاتیون‌ها و آنیون‌های خاک شور در قالب طرح کامل تصادفی با سه تیمار و سه تکرار، تیمار اول شاهد، تیمار دوم آب شهری با عبور از میدان مغناطیسی با شدت ۶۵۰۰ گوس و تیمار سوم آب شهری با عبور از میدان مغناطیسی با شدت ۸۰۰۰ گوس مطالعه کردند. نتایج نشان داد که بیشترین میزان سدیم خروجی مربوط به تیمار دوم و سپس تیمار اول بود.

آبشویی پتاسیم

در روش متناوب در تیمار آب شور، به ترتیب، مگنت، مروس و شاهد بیشترین میزان خروج کاتیون پتاسیم را در زهاب خروجی دارا بودند. در آب شور–شیرین، تیمار مروس، مگنت و شاهد به ترتیب بیشترین پتاسیم را خارج کردند و سپس در آب شیرین، بیشترین میزان سدیم خروجی به ترتیب در تیمارهای مگنت، رینگ مروس و شاهد بوده است. در روش آبشویی پیوسته در هر یک از تیمارهای مربوط به کیفیت آب و ابزارهای به‌کاررفته در میزان پتاسیم خروجی با توجه به شکل ۸ به این صورت شرح داده می‌شود که در آب شور، بیشترین مقدار پتاسیم خروجی به ترتیب در شاهد، مگنت و رینگ مروس می‌باشد، همچنین در آب شور–شیرین، شاهد، مگنت و رینگ مروس به ترتیب بیشترین میزان پتاسیم خروجی را داشتند. در آب شیرین هم با کمی تغییر نسبت به آن دو، به ترتیب مگنت، شاهد و مروس باعث خروج میزان بیشتری از کاتیون پتاسیم در زهاب حاصل از آبشویی خاک شده‌اند.

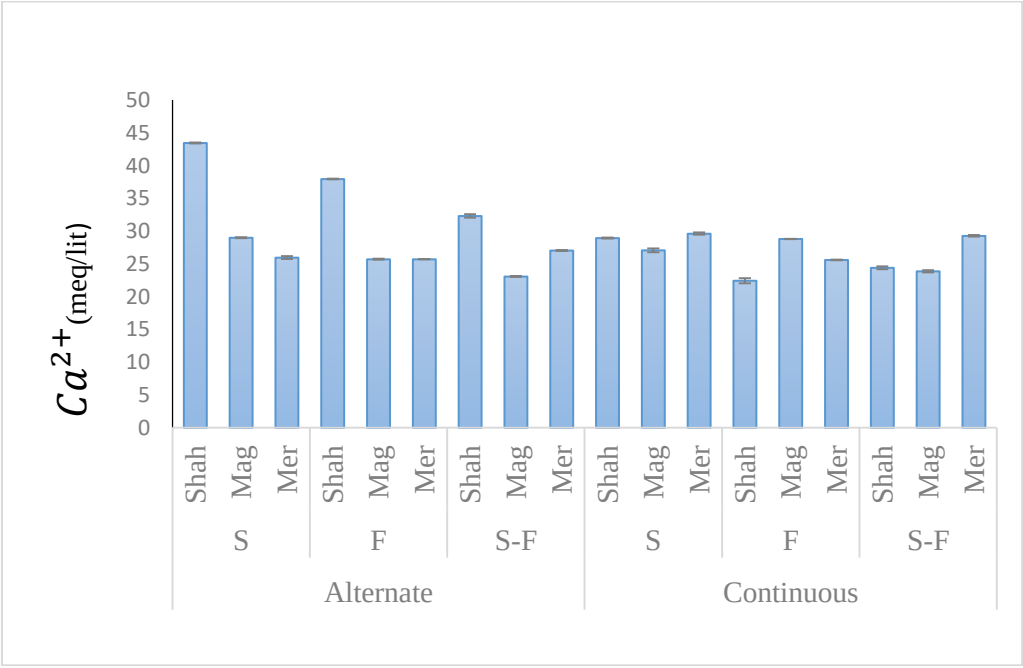


شکل ۸- تغییرات غلظت پتاسیم (K^+) خروجی از زهاب حاصل از آبشویی خاک، در شکل بالا S نماد تیمار آب شور، F نماد تیمار آب شیرین، S-F نماد تیمار آب شور-شیرین می‌باشد و Shah نماد تیمار شاهد، Mag نماد تیمار مگنت، Mer نماد تیمار رینگ مروس است و Alternate (روش متناوب) و Continuous (روش دائم) می‌باشد.

با توجه به نتایج آزمون LSD، در روش متناوب، کاربرد تیمارهای مختلف آب و ابزار اثر معنی‌داری بر میزان پتاسیم خروجی داشته‌اند که با نتایج پژوهش دلبری و همکاران (۱۳۹۱) همخوانی دارد. امّا ابزارهای مروس و مگنت، نسبت به شاهد نتیجه بهتری در خروج پتاسیم نشان دادند. نتایج پژوهش حاضر با نتایج زنگنه یوسف‌آبادی (۱۳۸۸) هم‌راستاست. آن‌ها در پژوهشی اثر آب مغناطیسی را روی میزان آبشویی کاتیون‌ها و آنیون‌های خاک شور در قالب طرح کامل تصادفی با سه تیمار و سه تکرار، تیمار اول شاهد، تیمار دوم آب شهری با عبور میدان مغناطیسی ۶۵۰۰ گوس و تیمار سوم آب شهری با عبور میدان مغناطیسی ۸۰۰۰ گوس بررسی کردند. نتایج نشان داد که بیشترین میزان آبشویی پتاسیم با مقدار ۲/۵ میلی‌اکی‌والان بر لیتر مربوط به تیمار دوم مغناطیسی بود و کمترین میزان خروج پتاسیم مربوط به تیمار شاهد به مقدار ۱/۸۶ بود. بیشتر بودن میزان آبشویی پتاسیم ممکن است به دلیل یون‌های محلول در آب مغناطیسی شده باشد، چرا که حرکت پتاسیم به اعماق خاک تحت شرایط خاص از جمله حضور یون‌های محلول محقق می‌شود. نتایج حاصله با تحقیقات سالیها هم‌راستا بود (Saliha, 2005). در تحقیقی تأثیر کیفیت آب بر آبشویی پتاسیم در خاک‌های شنی بررسی شد، نتایج نشان داد حضور کاتیون کلسیم در آب آبیاری و مواد معدنی خاک، باعث آبشویی مقدار زیادی پتاسیم از خاک می‌شود (Kolahchi and Jalali, 2007).

آبشویی کلسیم

شکل ۹ میزان آبشویی کلسیم در تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد. در آبشویی متناوب، میانگین کلسیم خروجی در همه تیمارها بالاست. امّا با توجه به آزمون LSD، تیمارهای آب بر خروج کلسیم از خاک اثر معنی‌داری نداشته امّا تیمار شاهد در خروج میزان کلسیم اختلاف معنی‌داری نسبت به دو تیمار مگنت و مروس داشت. درحالی‌که اختلاف خروج کلسیم در تیمار مروس و مگنت معنی‌دار نبوده است. نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش زنگنه یوسف‌آبادی (۱۳۸۸) هم‌راستاست.

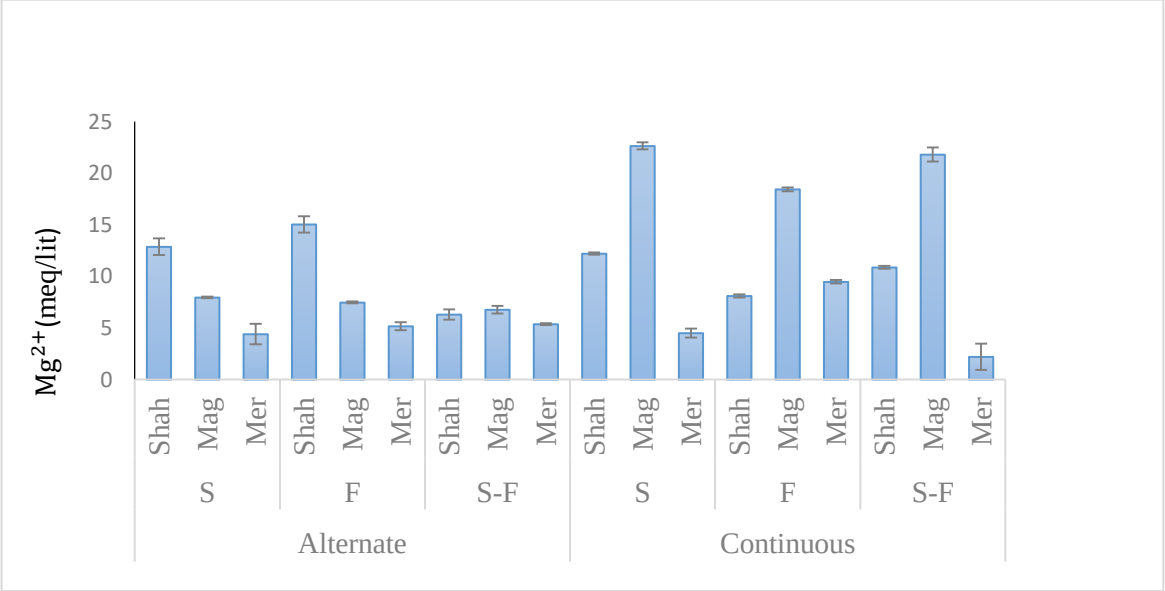


شکل ۹- غلظت کلسیم (Ca^{2+}) در زهاب حاصل از آبشویی خاک در تیمارهای مختلف، در شکل بالا S نماد تیمار آب شور، F نماد تیمار آب شیرین، S-F نماد تیمار آب شور-شیرین می‌باشد و Shah نماد تیمار شاهد، Mag نماد تیمار مگنت، Mer نماد تیمار رینگ مروس است و Alternate (روش متناوب) و Continuous (روش دائم) می‌باشد.

آبشویی منیزیم

برای بررسی بیشتر اثر تیمارهای مختلف ابزار و کیفیت آب در دو حالت آبشویی پیوسته و متناوب بر آبشویی منیزیم شکل ۱۰ تهیه شد. در روش آبشویی متناوب، در هر سه تیمار نوع آب، به ترتیب میانگین منیزیم خروجی از خاک در تیمارهای شاهد، آب مغناطیسی و مروس بیشتر بود. با توجه به آزمون LSD تیمارهای نوع آب در خروج منیزیم

تفاوت معنی‌داری نداشته‌اند، درحالی‌که تیمار شاهد با اختلاف معنی‌داری نسبت به مگنت و مروس توانسته است مقدار منیزیم بیشتری از خاک خارج کند.



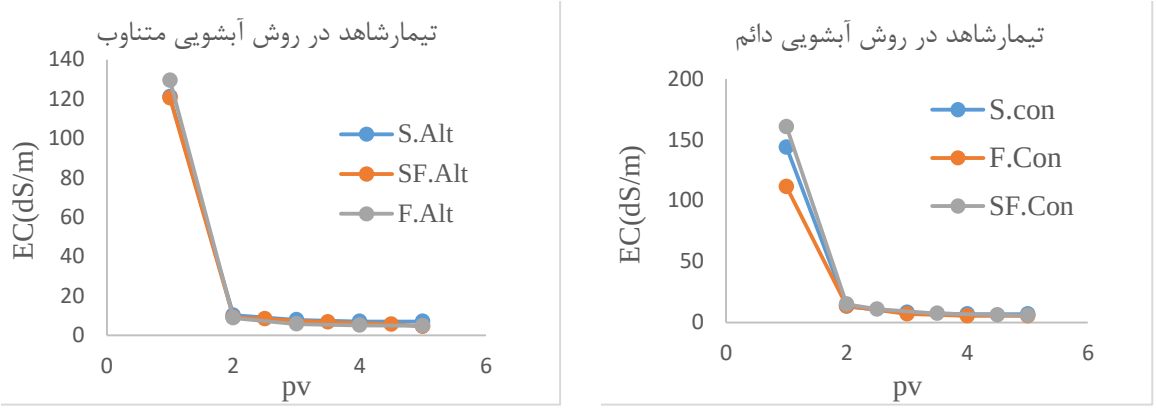
شکل ۱۰- تغییرات غلظت منیزیم خروجی در زهاب حاصل از آبشویی خاک، در شکل بالا S نماد تیمار آب شور، F نماد تیمار آب شیرین، S-F نماد تیمار آب شور-شیرین می‌باشد و Shah نماد تیمار شاهد، Mag نماد تیمار مگنت، Mer نماد تیمار رینگ مروس است و Alternate (روش متناوب) و Continuous (روش دائم) می‌باشد.

با توجه به نتایج آبشویی منیزیم، میانگین غلظت منیزیم خروجی از ستون خاک در تیمار شاهد نسبت به تیمار مروس بالاتر و با تیمار مگنت اختلاف معنی‌داری نداشت. این نتایج با نتایج پژوهش زنگنه یوسف‌آبادی (۱۳۸۸) هم‌راستاست، چرا که تأثیر مگنت بر آبشویی منیزیم را تأیید می‌کند. در خصوص کلسیم و منیزیم باید دقت کرد که آبشویی آن‌ها از خاک امر مطلوبی نیست و تیمار برتر، تیماری است که خروج کلسیم و منیزیم کمتری داشته باشد.

تغییرات هدایت الکتریکی زهاب حاصل از آبشویی

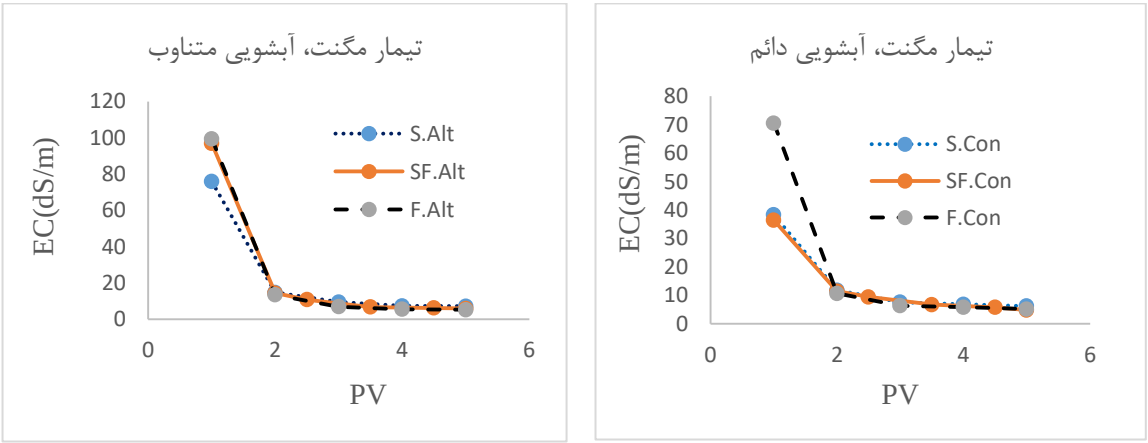
به‌طورکلی می‌توان نتایج حاصل از آبشویی را با نمودارهایی مثل منحنی‌های رخنه نشان داد (شکل ۱۱). این منحنی‌ها ارتباط بین میزان هدایت الکتریکی (شوری) خارج‌شده از ستون خاک و آب تجمعی خارج‌شده را نشان می‌دهد (طالب‌زاده،۱۳۹۱). برای به‌دست‌آمده آوردن یک حجم آب منفذی، مقدار تخلخل با استفاده از داده‌های جرم مخصوص ظاهری و حقیقی، محاسبه شد و در حجم خاک داخل ستون‌ها ضرب شد. در این منحنی‌ها روند تغییرات کاهشی می‌باشد، به این معنی که در انتهای آبشویی (زهاب خروجی) شوری به حداقل رسیده و آبشویی خاک شور موفقیت‌آمیز بوده است. بیشترین EC در مرحله اول از خاک خارج‌شده و در ادامه آبشویی EC زهاب با روندی غیرخطی ولی با میزان تقریباً ثابتی کاهش پیدا کرده است. بیش از ۸۵ درصد کل املاح محلول، طی PV ۲-۱ اول و حدود ۱۰ درصد طی PV ۳-۲ و باقی در PVهای بعدی از خاک خارج شده است.

در شکل ۱۱ که مربوط به تیمار شاهد (بدون اعمال میدان مغناطیسی و نوسان مروس) در دو روش آبشویی دائم و متناوب می‌باشد، بیشترین EC در مرحله اول از خاک خارج‌شده و در ادامه آبشویی EC زهاب با روندی غیرخطی ولی با میزان تقریباً ثابتی کاهش پیدا کرده است. بیش از ۸۵ درصد کل املاح محلول، طی PV ۲-۱ اول و حدود ۱۰ درصد طی PV ۳-۲ و ده درصد باقی در PV-های بعدی از خاک خارج شده است. در نمودار تیمار شاهد روش آبشویی دائم، به ترتیب آب شور- شیرین، شور و شیرین توانسته‌اند در مراحل اول آبشویی EC بیشتری خارج کنند. در نمودار تیمار شاهد با آبشویی متناوب به ترتیب، آب شیرین، شور و شور- شیرین باعث خروج بیشتر املاح در مراحل ابتدایی آبشویی شده است. با توجه به این شکل درمی‌یابیم که در نمودار مربوط به روش متناوب میزان اختلاف EC آب شور بسیار نزدیک به آب شیرین و شور- شیرین می‌باشد، این یک مزیت برای روش متناوب به حساب می‌آید که توانسته تقریباً همانند آب شیرین و شور- شیرین عمل نماید. با توجه به اینکه خود آب منطقه شوری دارد، پس اعمال این روش، می‌تواند کارایی مناسبی در خروج املاح موجود در خاک داشته باشد.



شکل ۱۱- منحنی رخنه مربوط به تیمار شاهد در هر یک از روش‌های آبشویی دائم (شکل سمت راست) و متناوب (شکل سمت چپ)، در این شکل‌ها نماد S نماد تیمار آب شور، F نماد تیمار آب شیرین، S-F نماد تیمار آب شور-شیرین می‌باشد و CON نماد روش آبشویی دائم، Alt نماد روش آبشویی متناوب می‌باشد.

شکل ۱۲ روند تغییرات EC زهاب خروجی ناشی از آبشویی در تیمار آب مغناطیسی با دو روش آبشویی متناوب و دائم را نشان می‌دهد. در تیمار آب مغناطیسی با روش دائم به ترتیب، تیمار شیرین، شور و شور- شیرین توانسته‌اند املاح محلول بیشتری را در حجم‌های آبشویی نخست شستشو دهند. در همین شکل، در تیمار آب مغناطیسی با روش آبشویی دائم به ترتیب تیمار شیرین، شور و شور- شیرین درصد بالایی از املاح را در حجم ابتدای آبشویی خارج کردند. با توجه به اینکه در روش متناوب اختلاف EC آب شور با آب شیرین و شور- شیرین کمتر می‌باشد، می‌توان استنباط کرد که عملکرد تیمار آب مغناطیسی در آبشویی متناوب مناسب‌تر است.



شکل ۱۲- منحنی رخنه مربوط به تیمار شاهد در هر یک از روش‌های آبشویی دائم (شکل سمت راست) و متناوب (شکل سمت چپ)، در نمودار بالا S نماد تیمار آب شور، F نماد تیمار آب شیرین، SF نماد تیمار آب شور، شیرین می‌باشد و Con نماد روش آبشویی دائم، Alt نماد روش آبشویی متناوب می‌باشد.

شکل ۱۳ روند تغییرات EC تیمار مروس با دو روش آبشویی متناوب و دائم بر حسب حجم آب آبشویی شده از خلل و فرج را نشان می‌دهد. در نمودار روش آبشویی دائم، آب شیرین، شور-شیرین و شور به ترتیب EC بیشتری را در حجم‌های اولیه آبشویی، از خاک خارج کردند. در نمودار آبشویی متناوب هم به ترتیب آب شیرین، شور- شیرین و شور توانسته‌اند املاح محلول بیشتری در حجم‌های نخست آبشویی خارج کنند، با این تفاوت که اختلاف EC خارج‌شده آب شور روش متناوب، نسبت به آب شیرین و شور- شیرین روش دائم کمتر می‌باشد. می‌توان استنباط کرد که هر دو روش خیلی خوب عمل کرده‌اند ولی روش متناوب از این جهت که عملکرد آبشویی با آب شور را نزدیک به شور- شیرین نشان می‌دهد، مناسب‌تر می‌باشد. نوسانات فعال موجود در رینگ مروس در آب نفوذ کرده و منجر به

افزایش قابلیت انحلال نمک‌های خاک می‌شود (شرکت مروس، ۱۳۹۷). در نتیجه نمک‌های حل‌شده با سهولت بیشتر به همراه زهاب از خاک خارج می‌شوند. از طرف دیگر در روش متناوب، فاصله بین اعمال آبشویی‌ها این فرصت را ایجاد می‌کند که آب واردشده در خلل و فرج ریز، نمک‌ها را به حالت محلول در آورد و در فاصله بین آبشویی‌ها در اثر باز توزیع رطوبت این نمک‌ها به خلل و فرج درشت هم وارد شوند و با اعمال آبشویی بعدی نمک‌ها از خلل و فرج درشت به‌سرعت خارج می‌شوند. درواقع آبشویی متناوب زمان بیشتری برای پخشیدگی نمک‌ها از خلل و فرج ریز به خلل و فرج درشت خاک را فراهم می‌کند (Cote et al., 2000).

شکل ۱۳- منحنی رخنه مربوط به تیمار شاهد در هر یک از روش‌های آبشویی در نمودار بالا S نماد تیمار آب شور، F نماد تیمار آب شیرین، SF نماد تیمار آب شور، شیرین می‌باشد و Con نماد روش آبشویی دائم، Alt نماد روش آبشویی متناوب می‌باشد.

در تحقیقی که دلبری و همکاران (۱۳۹۱) در بم روی آبشویی چند نوع خاک شور با بافت‌های لوم‌رسی، لومی، لومی‌رسی شنی، لومی‌شنی وشنی لومی انجام دادند با اعمال آب با ۵ برابر حجم آب منفذی در چندین مرحله، در زهاب حاصل میزان خروج نمک‌های محلول و هدایت الکتریکی بررسی شد. در مراحل ابتدایی آبشویی بافت شنی‌لومی و لومی‌رسی، نسبت به سایر بافت‌ها بیشترین خروج املاح را در زهاب خروجی داشته است، آن‌گاه پس از چهار آبشویی اول تقریباً همه بافت‌ها روند مشابهی را در خروج املاح داشتند.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، آبشویی یک خاک شور و سدیمی به دو روش غرقاب دائم و متناوب موردبررسی قرار گرفت. خاک موردمطالعه از یک منطقه خشک و نیمه‌خشک برداشت شده است. در مطالعه حاضر از دو فناوری نوین میدان مغناطیسی و رینگ مروس برای بهبود خصوصیات آب مورداستفاده در آبشویی خاک استفاده شده است. نتایج نشان داد که تیمار مگنت نسبت به شاهد، توانسته است در روش متناوب عملکرد آب شور را در حد آبشویی با آب شور-شیرین برساند که نشان‌دهنده تأثیر مثبت میدان مغناطیسی بر کارایی آبشویی است. آب مغناطیسی توانایی بیشتری برای ورود به خلل و فرج ریز که محل تجمع نمک‌هاست دارد (Otsuka and Ozeki, 2006)؛ بنابراین نسبت به آب معمولی مقدار بیشتری از نمک‌ها را در خود حل کرده و باعث آبشویی بیشتر آن‌ها می‌شود (Zlotopolski, 2017). تیمار رینگ مروس بهتر عمل کرد، به‌طوری‌که توانسته است در روش متناوب، عملکرد آب شور در آبشویی را به حد عملکرد آب شیرین، با خروج نمک بیشتر نسبت به مگنت برساند. کاربرد رینگ مروس در مقایسه با مگنت و شاهد توانسته میزان نمک بالایی را با مصرف آب کمتر از خاک خارج کند. دلیل این امر، اثر رینگ مروس بر نوسانات مولکولی است که موجب می‌شود املاح پیوند بهتری با آب برقرار کنند و خروج آن‌ها از خاک به همراه زهاب تسهیل شود.

منابع

براتی، خ.، مصطفی‌زاده فرد، ب. و شیخ بهایی، ع.ا. ۱۳۹۳. رینگ مروس راهکاری جدید برای کاهش رسوب در سیستم آبیاری قطره‌ای. نشریه آب و خاک. ۲۸(۴): ۷۲۸-۷۱۷.

پذیرا.، ا. ۱۳۹۱. حفاظت از منابع فیزیکی تولید در کشاورزی، خاک و آب. کمیته ملی آبیاری و زهکشی. تهران.

توسلی، و.، خلیلی، ه. و معصومی، ع. ۱۳۸۳. مبانی شیمی تجزیه. جلد اول، مرکز نشر دانشگاهی. تهران.

تیرانداز، س.، رضاوردی‌نژاد، و.، اسد زاده، ف. و احمدی، ح. ۱۳۹۷. بررسی آزمایشگاهی اصلاح یک خاک شور-سدیمی با استفاده از ستون‌های آبشویی. تحقیقات کاربردی خاک. ۶(۴): ۱۳۲-۱۲۱.

دلبری، م.، طالب‌زاده، م.، نقوی، ه. و غلامعلی زاده آهنگر، ا. ۱۳۹۱. فرآیند آبشویی نمک‌ها در خاک‌های شور در طول ستون‌های دست‌خورده خاک. مهندسی آبیاری و آب. ۲(۸): ۶۵-۵۴.

حسینی نیا، م.، حسن‌پور، ف.، نقوی، ه.، عباسی، ف. و باستانی، ش. ۱۳۹۵. تأثیر آبشویی با شرایط مختلف بر کیفیت زهاب خروجی از ستون‌های خاک شور و آهکی. مهندسی آبیاری و آب. ۶(۲۴): ۸۹-۷۸.

خوش‌روش.، م. ۱۳۸۸. تأثیر آب مغناطیسی بر توزیع رطوبت و تجمع املاح در خاک در آبیاری قطره‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی. دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

زنگنه یوسف‌آبادی، ا. ۱۳۸۸. بررسی آزمایشگاهی تأثیر استفاده از آب مغناطیسی روی آبشویی خاک‌های شور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران.

شرکت مروس. ۱۳۹۷. سایت رسمی شرکت مروس. www.merusiran.com

گودرزی، م. و دقیق، ی. ۱۳۸۳. رسوب‌شناسی و زمین‌شناسی. پایگاه ملی داده‌های علوم زمین. www.ngdir.ir/symposium

عبدالصالحی، س. ا. و بانژاد، ح.۱۳۸۷. ایجاد میدان مغناطیسی به‌منظور جلوگیری از گرفتگی سیستم‌های تحت‌فشار در هنگام استفاده از آب‌های غیرمتعارف، اولین کنفرانس بین‌المللی بحران آب، زابل.

Bogatin, J. 1999. Magnetic treatment of irrigation water: experimental results and application condition. Environmental Science Technology. 33: 1280-1285.

Clark, G.J., Dodgshun, N., Sale, P.W.G. and Tang, C. 2007. Changes in chemical and biological properties of a sodic clay subsoil with addition of organic amendments. Soil Biol. Biochem. 39: 2806-2817.

Cote, C.M., Bristow, K.L. and P. J. Ross. 2000. Increasing the efficiency of solute leaching: Impacts of flow interruption with drainage. Agricultural Water Management. 46:55-71.

Hanson, B., Grattan, S.R. and Fulton, A. 2006. Agricultural salinity and drainage. University of California. Davis, USA.

Jalali, M., Merikhpour, H., Kaledhonkar, M.J. and Van Der Zee, M. 2008. Effects of wastewater irrigation on soil sodicity and nutrient leaching in calcareous soils. Agricultural Water Management. 95(2): 143-153.

Kolahchi, Z. and Jalali, M. 2007. Effect of water quality on the leaching of potassium from sandy soil. Journal of Arid Environments. 68: 624-639.

Mostafazadeh-Fard, B., Khoshravesh, M., Mousavi, S.F. and Kiani, R. 2012. Effects of magnetized water on soil chemical components underneath trickle irrigation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 138(12): 1075-1081.

Otsuka, L. and Ozeki, S. 2006. Does magnetic treatment of water change its properties? The Journal Physical Chemistry B Letters. 110: 1509-1512.

Serivastava, 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.

Saliha, B.B. 2005. Bioefficacy testing of GMX online magnetic water conditioner in grapes var. muscat. Tamil Nadu Agricultural University.

Zlotopolski, V. 2017. The impact of magnetic water treatment on salt distribution in a large unsaturated soil column. International Soil and Water Conservation Research. 5(4): 253-257.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 5, Vol. 15, Dec.-Jan. 2021, p. 1104-1117

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۵، جلد ۱۵، آذر - دی ۱۴۰۰، ص. ۱۱۱۷-۱۱۰۴

Application of Merus Ring and Magnet with Intermittent and Continuous Leaching of Cations from Saline Soil Using Water from Different Sources

A. Ghanbari[1], M. Khaledian[2,*], A. Ashrafzadeh[3], M. Navabian [4]
Recived: Apr. 21, 2021 Accepted: Jul. 19, 2021

Abstract

In many parts of the world today, water and soil resources are threatened with salinization. Extensive research has been done to desalinate water and soil resources. One of the solutions is soil leaching. To assess different methods of saline soil leaching, an experiment was performed in a randomized complete block design with three factors and three replications. Water type treatments include: magnetic water, water passing through merus ring and ordinary water as the main factor and two sub-treatments which are the salinity of water including saline water with electrical conductivity of 2.5 dS/m, fresh water with electrical conductivity of 1 dS/m, and saline-fresh water, in fact, the combination of saline and fresh water and leaching method (permanent and intermittent flooding) were in a total of 54 soil columns gathered from an olive orchard in Roudbar city. The results showed that the magnet treatment compared to the control was able to increase the yield of saline water to the level of leaching with saline-fresh water in the alternating method. The merus ring treatment performed better, as it was able to increase the yield of saline water in the leachate to the level of fresh water in the alternating method, by releasing more salt than the magnet.

Keywords: Permanent flooding, Roudbar, Saline water

1- MSc. Student, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Guilan, Rasht, Iran
2-Associate Professor, Department of Water Engineering., Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan and Department of Water Engineering and Environment, Caspian Sea Basin Research Center, Rasht, Iran
3- Associate Professor, Department of Water Engineering., Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
4- Associate Professor, Department of Water Engineering., Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan and Department of Water Engineering and Environment, Caspian Sea Basin Research Center, Rasht, Iran
(*- Corresponding Author Emal: khaledian@guilan.ac.ir)