

بررسی آزمایشگاهی تاثیر استفاده از آب مغناطیسی روی میزان املاح خاک در فرایند آبشویی

الهام زنگنه یوسف آبادی^{۱*}، مجید بهزاد^۲ و سعید برومند نسب^۳

۱- نویسنده مسؤول: دانشجوی سابق کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشکده علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز (ez1357h@yahoo.com)

۲ و ۳- استادان گروه آبیاری زهکشی دانشکده علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت: ۸۹/۹/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۰/۸/۷

چکیده

عبور آب از یک میدان مغناطیسی با تاثیر بر روی رفتار کلی مولکول های آب، منجر به تغییراتی در خصوصیات آب (از جمله کاهش کشش سطحی و افزایش قابلیت حل برخی ترکیبات) می شود. این پژوهش با هدف بررسی تاثیر آبشویی با آب مغناطیسی روی میزان کاتیون ها و آنیون های باقی مانده در خاک شور، در شرایط آزمایشگاهی و در قالب طرح کاملا تصادفی صورت گرفت. خاک با بافت سیلت لوم درون ستون هایی به ارتفاع ۵۰ سانتی متر و قطر ۱۰ سانتی متر ریخته شد و در انتهای ستون ها کاغذ صافی و توری پلاستیکی تعبیه گردید. پس از عبور آب از میدان مغناطیسی با شدت های متفاوت (۶۵۰۰ گوس در تیمار اول مغناطیسی و ۸۰۰۰ گوس در تیمار دوم مغناطیسی)، آبشویی به روش متناوب صورت گرفت. پس از اتمام آبشویی خاک مورد آزمایش به سه عمق مساوی تقسیم شد و میزان کاتیون ها و آنیون های خاک اندازه گیری گردید. نتایج تجزیه شیمیایی نشان داد که میانگین سدیم باقی مانده در خاک، در تیمار اول مغناطیسی ۱۱/۷ درصد و در تیمار دوم مغناطیسی ۲۲/۸ درصد کمتر از تیمار شاهد و میانگین پتاسیم باقی مانده در خاک در تیمار اول مغناطیسی ۲/۸ درصد و در تیمار دوم مغناطیسی ۸/۵ درصد کمتر از تیمار شاهد بود. همچنین میانگین کلسیم موجود در خاک، در تیمار اول مغناطیسی ۲ درصد و در تیمار دوم مغناطیسی ۱۶ درصد بیشتر از تیمار شاهد و میانگین منیزیم موجود در خاک، در تیمار اول مغناطیسی ۶ درصد و در تیمار دوم مغناطیسی ۱۳ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود. میانگین کلر باقی مانده در خاک در تیمار اول مغناطیسی ۱۴ درصد و در تیمار دوم مغناطیسی ۱۴/۷ درصد کمتر از تیمار شاهد و میانگین سولفات باقی مانده در خاک در تیمار اول مغناطیسی ۲ درصد و در تیمار دوم مغناطیسی ۵/۸ درصد کمتر از تیمار شاهد بود.

کلید واژه ها: آب مغناطیسی، آبشویی، خاک شور

مقدمه

استفاده از آب مغناطیسی در برطرف کردن برخی از مشکلاتی که صنعت همواره با آن روبرو بوده است نقش مهمی ایفا کرده است. تحقیقات صورت گرفته در خصوص کاربرد آب مغناطیسی در کشاورزی نشان داده است که استفاده از آب مغناطیسی موجب افزایش درصد و سرعت جوانه زنی، افزایش درصد سبز شدن و کاهش مصرف بذر می گردد. همچنین به دلیل از بین بردن رسوبات و کاهش رشد خزه و جلبک مانع گرفتگی نازل

یکی از مهم ترین مشکلات کشاورزی در ایران، شوری اراضی است. وسعت اراضی شور و سدیمی در ایران بین ۱۸ تا ۲۴ میلیون هکتار گزارش شده است. در استان خوزستان، به دلیل بالا بودن سفره آب زیرزمینی با شوری بیش از ۵۰ دسی زیمنس بر متر و بالا بودن میزان تبخیر نسبت به نزولات جوی، وسعت زیادی از اراضی دارای مشکلات شوری می باشد (۵،۳).

خصوصیات فیزیکی آب را به اثبات رساندند (۶،۹،۱۲،۱۵،۱۷،۱۸).

چچل و آنکوا^۱ (۱۰) دریافتند که پالایش مغناطیسی ساختار رسوبات سخت را تحت تاثیر قرار می دهد.

کوی و استفان^۲ با استفاده از یک میدان مغناطیسی با شدت ۰/۱ تسلا^۳ (۱۱) آزمایش هایی را بر روی آب مغناطیسی انجام دادند و شاهد افزایش نسبت آراگونیت به کلسیت بودند. گهر و همکاران^۴ (۱۴) نیز با استفاده از یک میدان بسیار قوی ۴/۷۵ تسلا مشاهده کردند که غلظت کلسیم محلول ۱۰ درصد کاهش یافت. کربونل و همکاران^۵ (۸) با مغناطیسی کردن سه تیمار آب مقطر، آب شیرین و محلول NaCl نشان دادند که میزان تبخیر در هر سه تیمار به اندازه ۳ تا ۵ درصد کمتر از تیمارهای غیرمغناطیسی است و آن را قابل توصیه جهت استفاده در کشاورزی دانستند. طبق مطالعات بیلو و همکاران^۶ (۶) آب مغناطیسی بسیار آسان تر از آب معمولی توسط غشای بذر جذب می شود و به قسمت های درونی بذر راه پیدا می کند و علاوه بر جذب بهتر، فرایندهای متابولیکی که منجر به جوانه زنی می شوند، زودتر شروع می گردد.

کاسترو و همکاران^۷ (۹) این پدیده را به افزایش قابلیت حل نمک و کاهش کشش سطحی در آب مغناطیسی نسبت می دهند. به عقیده دسوزا و همکاران^۸ (۱۲) این خصوصیات سبب افزایش درصد جوانه زنی بذور و رشد جوانه ها می شود.

گیلاخمدو و همکاران^۹ (۱۶) در مزارع با خاک نسبتاً شور در منطقه بیلورانس در آذربایجان آزمایش هایی را انجام دادند. وزن خشک گیاه پنبه در مرحله

ها و قطره چکان ها می شود (۴). آبیاری با آب مغناطیسی سبب افزایش نفوذپذیری خاک و افزایش آبشویی خاک می گردد (۷، ۱۹).

پالایش مغناطیسی آب دارای تاریخچه طولانی مربوط به سال ۱۹۳۰ بویژه در کشور روسیه می باشد، اما اولین کاربرد عملی آب مغناطیسی در سال ۱۹۴۵ بود؛ زمانی که مهندس بلژیکی به نام تئو ورمین، دستگاه تصفیه مغناطیسی آب را اختراع کرد. مطالعات نشان می دهد وقتی آب در معرض میدان مغناطیسی قرار می گیرد، برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آن مانند کشش سطحی، پتانسیل الکتریکی (قابلیت انتقال)، قابلیت حل نمک ها، ضریب شکست نور و pH تغییر می کند. محققان بسیاری از اثرات میدان مغناطیسی را روی آب مطالعه نموده اند ولی نتایج مشابهی در رابطه با نحوه تاثیر میدان مغناطیسی بر آب گزارش نشده است. این ناشی از پیچیدگی ساختمان آب و قواعد فنی سخت در مشاهدات ساختمان آب است. بر اساس یک نظریه تکنولوژی مغناطیسی بر مبنای برهم کنش میدان مغناطیسی و بار الکتریکی متحرک (در اینجا یون های آب) توجیه می شود؛ به این ترتیب که وقتی آب از میدان مغناطیسی عبور داده می شود، در سطح یون های مثبت و منفی بار الکتریکی القاء می شود و در نتیجه به جای این که یون های با بار مخالف یکدیگر را جذب کنند، همدیگر را دفع می کنند که موجب کاهش تعداد مولکول ها در حلقه های مولکولی آب شده و این امر منجر به کاهش کشش سطحی و افزایش حلالیت آب مغناطیسی می شود. در حقیقت مغناطیسی کردن آب یک تغییر فیزیکی است که در آن ساختار مولکول های آب تغییر نمی کند، بلکه اثر مغناطیس روی آب یک اثر بر روی رفتار کلی مولکول های آب است که منجر به تغییرات اپتیکی، الکتریکی، مکانیکی و ترمودینامیکی آن می شود، برای مثال ثابت دی الکتریک، هدایت مغناطیسی، اسیدیته و ضریب شکست نور افزایش می یابد. بسیاری از دانشمندان در آزمایش های خود تغییرات

1- Chechel & Annenkova

2- Coey & Stephen

۳- تسلا واحد میدان مغناطیسی است و ۱ تسلا برابر ۱۰۰۰۰ گوس است.

4- Geher *et al.*

5- Carbonell *et al.*

6- Belov *et al.*

7- Castro *et al.*

8- Desouza *et al.*

9- Gyulakhmedov *et al.*

خاک را بهبود می‌بخشد (۱۹). این تحقیق با هدف بررسی تاثیر آبشویی با آب مغناطیسی با کاربرد میدان مغناطیسی با شدت های متفاوت، بر روی میزان املاح خاک با بافت سیلت لوم در شرایط آزمایشگاهی صورت گرفت.

مواد و روش ها

این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تیمار و ۳ تکرار مجموعاً در ۹ ستون خاک، در آزمایشگاه دانشکده علوم آب دانشگاه شهید چمران انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری داده ها به کمک نرم افزار ۱۶ SPSS انجام گرفت و سپس از آزمون LSD جهت مقایسه میانگین ها استفاده شد. نمودار ها به کمک نرم افزار اکسل ترسیم گردید. آب کاربردی در این تحقیق از آب شهری تامین گردید. برخی خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده در جدول ۱ ارائه شده است. در این طرح، جهت انجام آزمایش های آبشویی از خاک اراضی آبشویی نشده کشت و صنعت دعبل خزاعی واقع در جنوب استان خوزستان استفاده گردید. نمونه برداری از خاک به صورت دستی از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متر صورت گرفت. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی این خاک در جدول ۲ ارائه شده است. بافت خاک به روش هیدرو متری، و چگالی ظاهری به کمک استوانه نمونه برداری تعیین شد. برای بررسی تاثیر کاربرد آب مغناطیسی بر روی میزان آبشویی خاک شور، از دو دستگاه مغناطیسی استفاده گردید. تیمارهای آزمایشی به صورت تیمار شاهد (T1): آب شهری بدون عبور از میدان مغناطیسی، تیمار اول مغناطیسی (T2): آب شهری با عبور از میدان مغناطیسی دستگاه مغناطیسی Aqua Correct با شدت حدود ۶۵۰۰ گوس (شکل ۱)، تیمار دوم مغناطیسی (T3): آب شهری با عبور از میدان مغناطیسی دستگاه رسوب زدای مغناطیسی با شدت حدود ۸۰۰۰ گوس (شکل ۲) انتخاب شدند.

رسیدگی از ۱۵۱/۲ گرم در تیمار غیر مغناطیسی به ۱۶۲/۶ گرم در تیمار مغناطیسی افزایش یافت. به عقیده آنها این افزایش بازده محصول به دلیل زدودن یون های سمی خاک توسط آب مغناطیسی، صورت گرفت. دهقانی و همکاران (۱) با انجام آزمایش های مزرعه ای در مرکز تحقیقات کشاورزی یزد اعلام کردند که آبیاری با آب مغناطیسی بر روی عملکرد گیاه گندم و همچنین بر روی راندمان مصرف آب تاثیر معنی داری نداشته است. سرواستاوا و همکاران^۱ (۱۹) قابلیت حل نمک های NaCl و Na₂CO₃ در آب مغناطیسی را بررسی کردند و پیشنهاد کردند که از آب مغناطیسی برای آبشویی خاک های شور یا سدیمی استفاده شود. بوگاتین^۲ (۷) با افزودن نمک های مختلف به خاک آزمایش های آبشویی را بر روی ستون های دستخوردده چند نوع خاک شور انجام داد. وی بیشترین اثر آبشویی با آب مغناطیسی را به ترتیب بر روی نمونه های خاک با شوری سدیم، کلر و سولفات مشاهده کرد. به گفته وی حرکت یون کلر نسبت به نمونه های شاهد ۳۰ تا ۴۰ درصد بیشتر بود. سلیها^۳ (۱۹) با استفاده از آب مغناطیسی آزمایش هایی را بر روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک انجام داد و با مشاهده کاهش معنی دار EC و pH و میزان CaCO₃ محلول خاک، اثر کاربرد آب مغناطیسی در حل کردن و آبشویی نمک ها و میزان انحلال CaCO₃ را تایید کرد. نتایج آزمایش های آنها نشان داد که مقادیر سدیم، پتاسیم، کلر و سولفات در پلات های آبیاری شده توسط آب مغناطیسی نسبت به پلات های کنترل کاهش داشت. آنها پتانسیل بالاتر آب مغناطیسی در شستشوی نمک های خاک را در افزایش نفوذپذیری خاک موثر دانستند.

نتایج تحقیقات صورت گرفته نشان داد که استفاده از آب مغناطیسی برای اهداف کشاورزی، خصوصیات

1- Serivastava *et al.*

2- Bogatin

3- Saliha

زنگنه یوسف آبادی و همکاران: بررسی آزمایشگاهی تاثیر استفاده از آب...

برای ساختن ستون های خاک از لوله های پلی اتیلن با قطر داخلی ۱۰/۱۵ سانتی متر و طول ۵۰ سانتی متر استفاده شد. جهت ایجاد فیلتراسیون مناسب برای زه آب خروجی، در انتهای ستون ها کاغذ صافی و توری پلاستیکی تعبیه گردید. برای جلوگیری از ایجاد جریان های ترجیحی و ایجاد یکنواختی حرکت آب دیواره ستون توسط گریس چرب شد (۲). نمونه خاک پس از خشک شدن در هوای آزاد از الک ۲ میلی متر عبور داده شد. چگالی ظاهری خاک مزرعه اندازه گیری گردید و خاک به گونه ای درون ستون ها ریخته شد که به چگالی

جدول ۱ - خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده

EC (دسی)	HCO_3^- (میلی)	SO_4^{2-} (میلی)	Cl^- (میلی)	K^+ (میلی)	Mg^{2+} (میلی)	Ca^{2+} (میلی)	Na^+ (میلی)	pH
۲/۸۶	۳/۹	۸/۳	۱۷/۲۵	۰/۰۸	۴/۲	۷/۶۵	۱۸/۱	۷/۷

جدول ۲ - خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک مورد مطالعه

خصوصیات شیمیایی خاک	
Na^+ (میلی اکی والان بر لیتر)	۸۲۶
Ca^{2+} (میلی اکی والان بر لیتر)	۴۰۵
Mg^{2+} (میلی اکی والان بر لیتر)	۱۷۱
K^+ (میلی اکی والان بر لیتر)	۰/۹۴
Cl^- (میلی اکی والان بر لیتر)	۱۲۱۷/۵
SO_4^{2-} (میلی اکی والان بر لیتر)	۱۷۸
HCO_3^- (میلی اکی والان بر لیتر)	۳/۴
EC (دسی زیمنس بر متر)	۹۶/۴
PH	۷/۶۳
SAR	۴۸/۶
ESP	۵۸/۹
خصوصیات فیزیکی خاک	
چگالی ظاهری	۱/۵ (گرم بر سانتی متر مکعب)
بافت	سیلتی لوم
شن %	۱۲/۴
سیلت %	۷۲/۷
رس %	۱۴/۹

سديم در عمق اول تیمارهای مغناطیسی، اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشتند و کمترین مقدار سديم مشاهده شده در عمق اول خاک مربوط به تیمار دوم مغناطیسی بود. بالاتر بودن سديم در عمق اول تیمار شاهد را می توان به دلیل کمتر بودن میزان آبهویی سديم دانست به گونه ای که میزان سديم بیشتری در خاک باقی مانده است. در عمق ۲۰-۱۰ سانتی متری نیز غلظت سديم در خاک در تیمار شاهد بیشتر از سایر تیمارها بود و از لحاظ آماری با تیمار اول و دوم مغناطیسی دارای اختلاف معنی دار می باشد. همچنین به طور مشابه در عمق ۳۰-۲۰ سانتی متری نیز غلظت سديم در خاک در تیمار شاهد بالاتر و برابر ۳۹/۷ میلی اکی والان در لیتر بود و با میزان سديم موجود در خاک در تیمارهای دیگر اختلاف معنی دار مشاهده گردید. مشابه عمق های قبلی در تیمار دوم مغناطیسی به دلیل بیشتر بودن میزان آبهویی سديم مقدار سديم کمتری در خاک مشاهده شد. روند تغییرات سديم موجود در خاک در عمق ۳۰-۲۰ سانتی متری شبیه عمق ۲۰-۱۰ سانتی متری است و بین تیمار دوم مغناطیسی و تیمار اول مغناطیسی نیز در سطح ۵ درصد اختلاف معنی دار وجود داشت. به طور کلی میانگین سديم باقی مانده در خاک، در تیمار اول مغناطیسی ۱۱/۷ درصد و در تیمار دوم مغناطیسی ۲۲/۸ درصد کمتر از تیمار شاهد بود. وقتی آب از میدان مغناطیسی عبور داده می شود، در سطح یون های مثبت و منفی بار الکتریکی القاء می شود و در نتیجه به جای این که یون های با بار مخالف یکدیگر را جذب کنند، همدیگر را دفع می کنند که این امر موجب افزایش تعداد حلقه های مولکولی آب



شکل ۲- دستگاه رسوبزادی مغناطیسی

مزرعه نزدیک باشد. برای جلوگیری از لایه بندی و فشردگی ستون های خاک، خاک توسط یک قیف و لوله پلاستیکی متصل به آن، درون لوله ها ریخته و مرتباً به وسیله یک کوبه فلزی به بدنه لوله ضربه زده شد تا خاک به طور یک نواخت در ستون قرار گیرد (۱۳). آبهویی به روش متناوب انجام شد و ۴۰ سانتی متر آب در طی ۸ نوبت، هر بار ۵ سانتی متر، به ستون های خاک اضافه گردید. دوره تناوب آبهویی ۳ روز در نظر گرفته شد، به طوری که در شروع آبهویی مرحله بعد رطوبت خاک تقریباً به حد ظرفیت زراعی نزدیک بود (۲). جهت جلوگیری از تبخیر از سطح خاک، ستون ها توسط پلاستیک پوشانده شدند (شکل ۳). پس از اتمام آب شویی، ستون خاک به سه عمق ۱۰-۰، ۲۰-۱۰ و ۳۰-۲۰ سانتی متری تقسیم گردید. نمونه ها در هوای آزاد خشک شدند و سپس کوبیده و از الک ۲ میلی متری عبور داده شدند و برای تهیه عصاره گل اشباع و انجام آزمایش های شیمیایی خاک به آزمایشگاه منتقل شدند (شکل ۴). اندازه گیری کاتیون ها در نمونه های عصاره گل اشباع، در آزمایشگاه موسسه تحقیقات نیشکر صورت گرفت. در هر نمونه میزان Ca^{+2} ، K^{+} ، Na^{+} ، CO_3^{-2} ، HCO_3^{-} ، SO_4^{-2} ، Cl^{-} ، Mg^{+2} اندازه گیری شد.

نتایج و بحث

اثر متقابل تیمار و عمق بر میزان سديم خاک

همان طور که در شکل ۵ مشاهده می شود در عمق اول، بالاترین میزان سديم خاک ۳۴/۵۳ میلی اکی والان در لیتر و مربوط به تیمار شاهد بود، با توجه به نتایج آزمون LSD (جدول ۳) در سطح ۵ درصد دارای اختلاف معنی دار با دیگر تیمارها در این عمق بود. میزان



شکل ۱- دستگاه Aqua correct

زنگنه یوسف آبادی و همکاران: بررسی آزمایشگاهی تاثیر استفاده از آب...



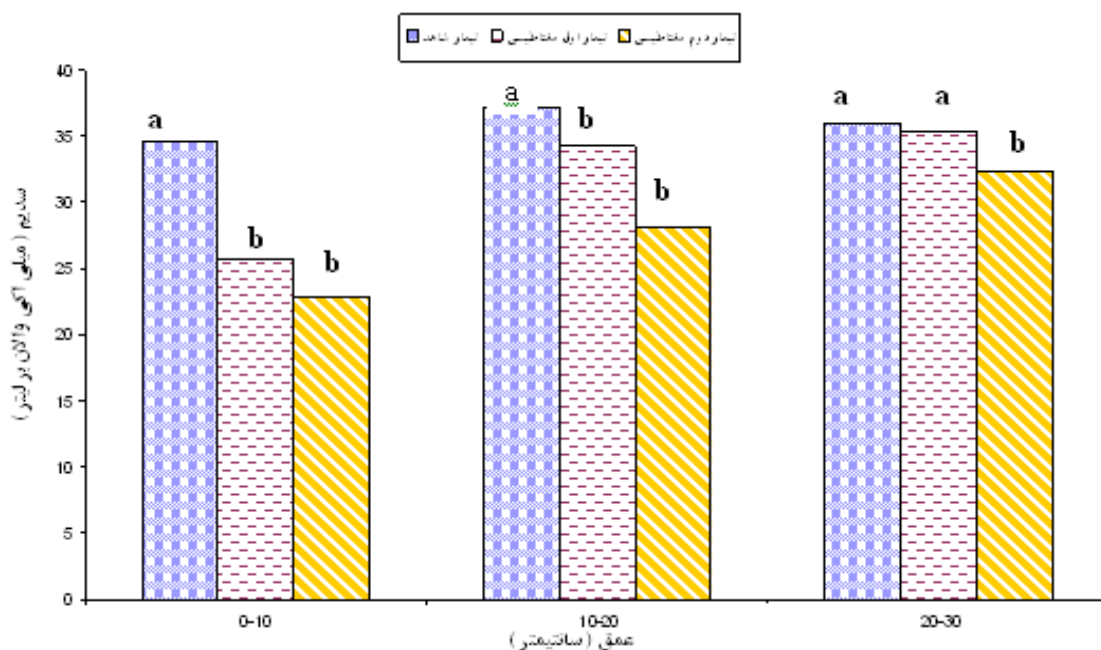
شکل ۴ - هوا خشک شدن نمونه های خاک



شکل ۳ - پوشاندن ستون ها توسط پلاستیک

جدول ۳ - نتایج آزمون LSD برای مقایسه دو به دو سدیم خاک پس از آبیاری

عمق (سانتی متر)	مقایسه تیمارها	اختلاف میانگین	خطای انحراف استاندارد	سطح معنی داری
۰-۱۰	T2 - T1	۱۱/۷۳	۲/۸۷۷	۰/۰۰۴
	T3 - T1	۱۴/۸۳	۲/۸۷۷	۰/۰۰۱
	T3 - T2	۳/۱	۲/۸۷۷	۰/۳۱۳
۱۰-۲۰	T2 - T1	۹/۱	۲/۲۶۲	۰/۰۰۴
	T3 - T1	۱۰	۲/۲۶۲	۰/۰۰۲
	T3 - T2	۰/۹	۲/۲۶۲	۰/۷۰۱
۲۰-۳۰	T2 - T1	۳/۰۳	۱/۷۷۹	۰/۱۲۷
	T3 - T1	۴/۳۷	۱/۷۷۹	۰/۰۴
	T3 - T2	۷/۴	۱/۷۷۹	۰/۰۰۳



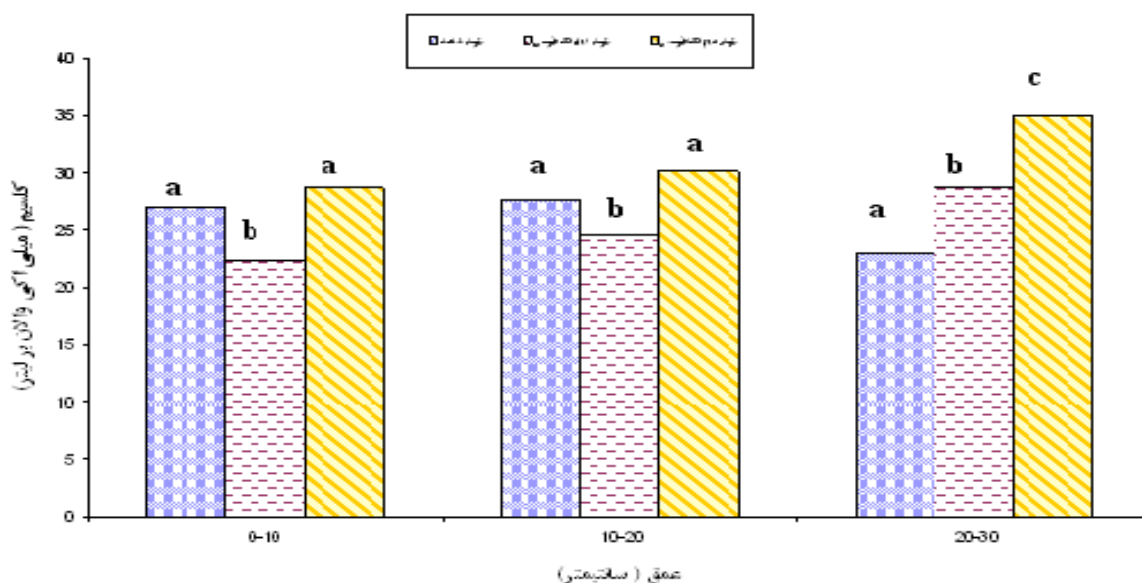
شکل ۵ - نمودار میانگین تاثیر کاربرد تیمارها بر میزان سدیم موجود در عمق های مختلف خاک

تیمارهای اول و دوم مغناطیسی با تیمار شاهد دارای اختلاف معنی دار بودند. همچنین بین تیمار دوم مغناطیسی با تیمار اول مغناطیسی اختلاف آماری معنی داری در سطح ۵ درصد مشاهده گردید. کاهش میزان آبتیوی کلسیم در این طرح، ممکن است به دلیل کاهش حلالیت یون کلسیم در آب مغناطیسی باشد که در گزارش های گهر و همکاران (۱۴) نیز چنین نتایجی مشاهده می شود. سلیها در آزمایش های خود با مشاهده کاهش میزان $CaCO_3$ خاک، افزایش میزان انحلال کربنات کلسیم در آب مغناطیسی را گزارش نمود (۱۹)، در حالی که بر اساس گزارش های کوی و استفان (۱۱) نسبت آراگونیت به کلسیت در آب مغناطیسی افزایش می یابد، رسوب آراگونیت نوعی از رسوب کربنات کلسیم است که در آب قابل حمل تر است و سبب خروج بیشتر کربنات کلسیم از خاک می شود؛ در حالی که میزان حلالیت آن را افزایش نمی دهد. در تحقیق حاضر این امر تحقق نیافت که علت آن را می توان به عدم وجود کربنات کلسیم در خاک مورد مطالعه نسبت داد.

و افزایش حلالیت آب مغناطیسی می شود. افزایش میزان آبتیوی سدیم توسط آب مغناطیسی در این طرح ممکن است به دلیل افزایش قابلیت حل برخی نمک های سدیم در آب مغناطیسی باشد که توسط سرواستاوا و همکاران نیز گزارش شده بود (۲۰). نتایج مشابهی نیز توسط بوگاتین و سلیها ارائه گردیده است، آنها نیز افزایش آبتیوی سدیم را به کاهش کشش سطحی آب و افزایش پتانسیل آب مغناطیسی در حلالیت برخی ترکیبات دانستند (۷، ۱۹).

اثر متقابل تیمار و عمق بر میزان کلسیم خاک

با توجه به شکل ۶ بیشترین مقدار کلسیم موجود در خاک در عمق ۰-۱۰ سانتی متری خاک ۲۸/۶۶ میلی اکی والان در لیتر مربوط به تیمار دوم مغناطیسی و کمترین مقدار کلسیم موجود در خاک مربوط به تیمار اول مغناطیسی بود، که با تیمار شاهد تفاوت معنی داری را نشان داد. این روند در عمق ۱۰-۲۰ سانتی متری مشاهده گردید. در عمق ۲۰-۳۰ سانتی متری بیشترین و کمترین میزان کلسیم موجود در خاک ۳۰/۱۶ میلی اکی والان بر لیتر و ۲۴/۶۶ میلی اکی والان بر لیتر و به ترتیب مربوط به تیمار دوم مغناطیسی و تیمار شاهد بود. با توجه به آزمون LSD و مقایسه دو به دو تیمارها (جدول ۴)،



شکل ۶- نمودار میانگین تاثیر کاربرد تیمارها بر میزان کلسیم موجود در عمق های مختلف خاک

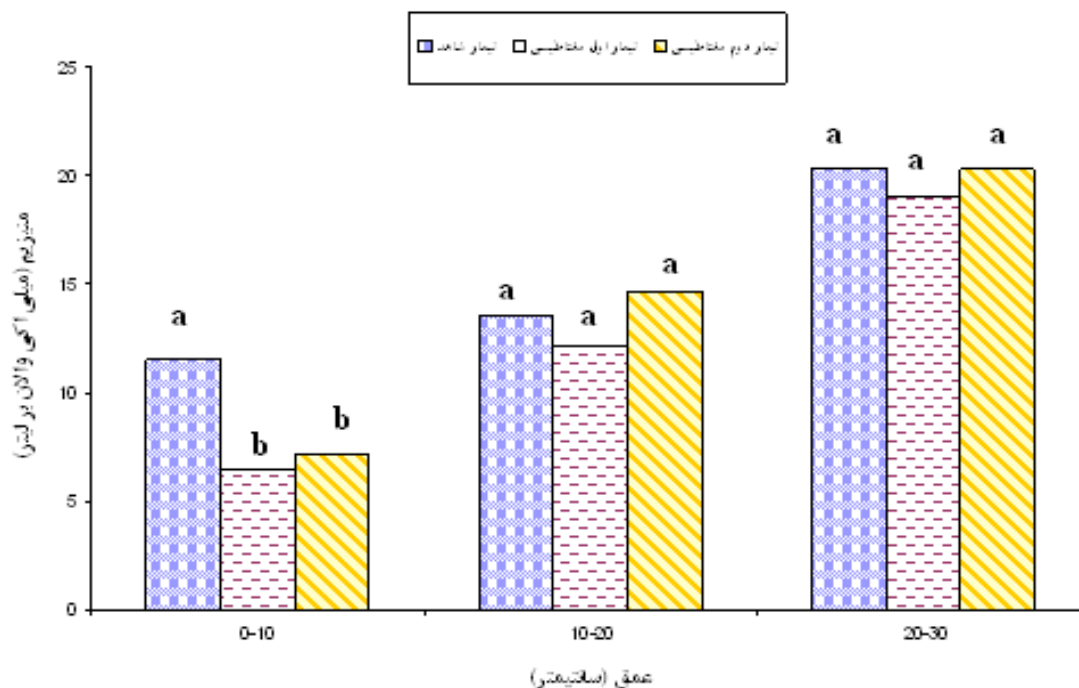
جدول ۴ - نتایج آزمون LSD برای مقایسه دو به دو کلسیم خاک پس از آبخوبی

عمق (سانتی متر)	مقایسه تیمارها	اختلاف میانگین	خطای انحراف استاندارد	سطح معنی داری
	T2	۴/۶۷	۱/۴۵۳	۰/۰۱۲
۰-۱۰	T3	۱/۶۷	۱/۴۵۳	۰/۲۸۴
	T3	۲/۳	۱/۴۵۳	۰/۰۲
	T2	۲/۵	۰/۹۳۵	۰/۰۲۸
۱۰-۲۰	T3	۰/۶۷	۰/۹۳۵	۰/۴۹۶
	T3	۲/۱	۰/۹۳۵	۰/۰۳۱
	T2	۵/۱۷	۱/۴۳۹	۰/۰۰۷
۲۰-۳۰	T3	۳	۱/۴۳۹	۰/۰۴۱
	T3	۶/۳۳	۱/۴۳۹	۰/۰۰۲

نتایج تجزیه واریانس و نتایج آزمون LSD (جدول ۵) اثرات متقابل تیمار و عمق در عمق ۰-۱۰ سانتی متری در سطح ۵ درصد معنی دار بود اما در عمق های ۱۰-۲۰ و ۲۰-۳۰ سانتی متری تفاوت معنی داری مشاهده نگردید.

اثر متقابل تیمار و عمق بر میزان منیزیم خاک

با توجه به شکل ۷ میزان منیزیم در عمق ۰-۱۰ سانتی متری از ۶/۵ میلی اکی والان در لیتر در تیمار اول مغناطیسی تا ۱۱/۵ میلی اکی والان در لیتر در تیمار شاهد تغییر می کند. مقدار منیزیم موجود در این عمق در تیمارهای مغناطیسی کمتر از تیمار شاهد بود و بر اساس



شکل ۷ - نمودار میانگین تاثیر کاربرد تیمارها بر میزان منیزیم موجود در عمق های مختلف خاک

جدول ۵ - نتایج آزمون LSD برای مقایسه دو به دو منیزیم خاک پس از آبخوبی

عمق (سانتی متر)	مقایسه تیمارها	اختلاف میانگین	خطای انحراف استاندارد	سطح معنی داری
	T2	۴/۱۶۷	۱/۲۸۶	۰/۰۱۲
۰-۱۰	T3	۴/۸۳	۱/۲۸۶	۰/۰۰۶
	T3	۰/۶۷	۱/۲۸۶	۰/۶۱۸
	T2	۱/۱۷	۳/۱۲۷	۰/۷۱۹
۱۰-۲۰	T3	۱/۳۳	۳/۱۲۷	۰/۶۸۱
	T3	۲/۵	۳/۱۲۷	۰/۴۴۷
	T2	۰	۳/۱۰۹	۱
۲۰-۳۰	T3	۴	۳/۱۰۹	۰/۲۳۴
	T3	۴	۳/۱۰۹	۰/۲۳۴

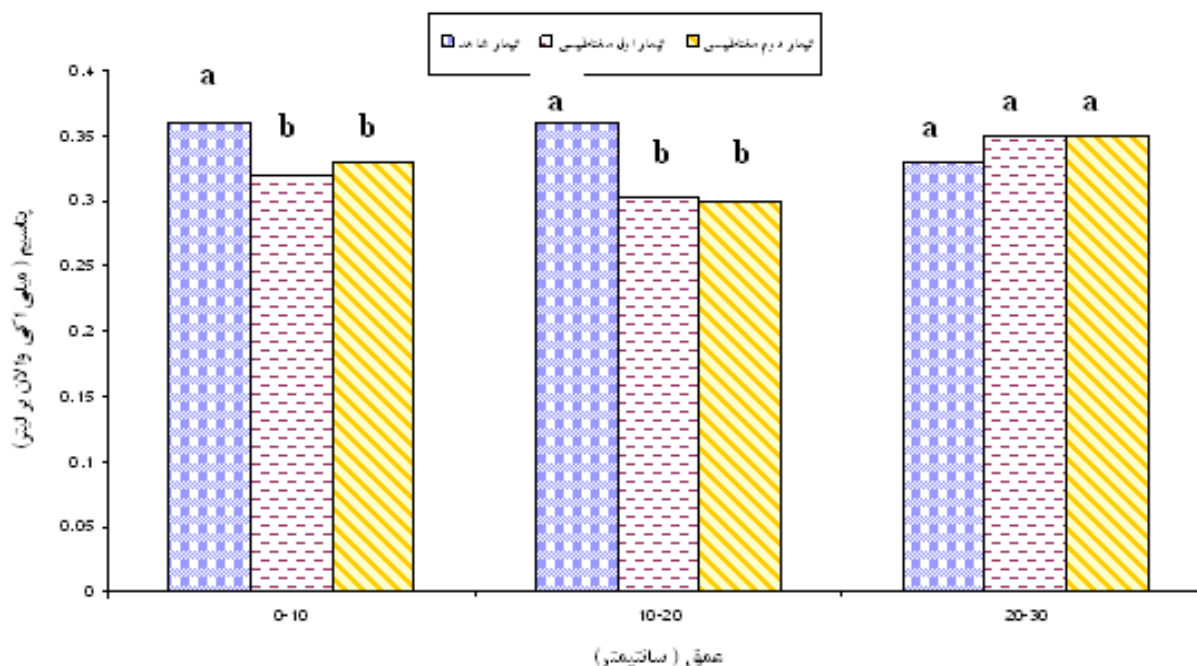
های سطحی رخ نداده است. علت این امر را می توان به افزایش قابلیت حل یون پتاسیم در آب مغناطیسی دانست. میانگین پتاسیم موجود در خاک در تیمار اول مغناطیسی ۲/۸ درصد و در تیمار دوم مغناطیسی ۸/۵ درصد کمتر از تیمار شاهد بود. این نتایج کاهش میزان پتاسیم در خاک به وسیله آب مغناطیسی توسط آب مغناطیسی را نشان می دهد که با نتایج تحقیقات سلیها مطابقت نشان می دهد (۱۹).

اثر متقابل تیمار و عمق بر میزان پتاسیم خاک

میزان پتاسیم موجود در عمق های ۰-۱۰ و ۲۰-۳۰ سانتی متری خاک در تیمار شاهد ۰/۳۶ میلی اکی والان بر لیتر و بیشتر از تیمار های اول و دوم مغناطیسی بود و با توجه به آزمون LSD و مقایسه دو به دو تیمارها (جدول ۶) تفاوت ها از نظر آماری در سطح ۵٪ معنی دار بود. یون پتاسیم در خاک بسیار کم تحرک است، اما همانطور که در شکل ۸ مشاهده می شود بر خلاف تیمار شاهد در تیمارهای مغناطیسی تجمع یون پتاسیم در عمق

جدول ۶ - نتایج آزمون LSD برای مقایسه دو به دو پتاسیم خاک پس از آبخوبی

عمق (سانتی متر)	مقایسه تیمارها	اختلاف میانگین	خطای انحراف استاندارد	سطح معنی داری
	T2	۰/۰۹۵	۰/۰۳۳	۰/۰۱۹
۰-۱۰	T3	۰/۰۹	۰/۰۳۳	۰/۰۲۸
	T3	۰/۰۶۳	۰/۰۳۳	۰/۰۹۵
	T2	۰/۰۶۷	۰/۰۲۳	۰/۰۲۳
۱۰-۲۰	T3	۰/۰۶۳	۰/۰۲۳	۰/۰۲۸
	T3	۰/۰۰۳	۰/۰۲۳	۰/۸۹۲
	T2	۰/۱۶۳	۰/۰۸۳	۰/۰۸۶
۲۰-۳۰	T3	۰/۰۱۷	۰/۰۸۳	۰/۸۴۶
	T3	۰/۱۴۷	۰/۰۸۳	۰/۱۱۶



شکل ۸ - نمودار میانگین تاثیر کاربرد تیمارها بر میزان پتاسیم موجود در عمق های مختلف خاک

سانتی متری هیچ گونه تفاوت معنی داری بین تیمارها مشاهده نشد. نتایج مشابهی در مورد افزایش آب شویی کلر با استفاده از آب مغناطیسی توسط بوگاتین حاصل شده بود که طبق نتایج وی حرکت یون کلر در خاک ۳۰ تا ۴۰ درصد افزایش داشت (۷). سلیها نیز به چنین نتایجی دست یافته و آن را حاکی از پتانسیل بالای آب مغناطیسی شده در قابلیت حل برخی ترکیبات ذکر کرد (۱۹).

اثر متقابل تیمار و عمق بر میزان سولفات خاک

با توجه به شکل ۱۰ در عمق ۱۰-۰ سانتی متری کمترین مقدار سولفات خاک مربوط به تیمار دوم مغناطیسی و بیشترین مقدار آن مربوط به تیمار شاهد بود و برعکس در عمق ۲۰-۱۰ سانتی متری بیشترین مقدار سولفات موجود در خاک برابر ۵/۱ میلی اکسی والان در لیتر مربوط به تیمار دوم مغناطیسی بود و کمترین مقدار آن ۴۹/۹ میلی اکسی والان بر لیتر در تیمار شاهد مشاهده گردید. با توجه به نتایج آزمون LSD (جدول ۸) میزان

اثر متقابل تیمار و عمق بر میزان کلر خاک

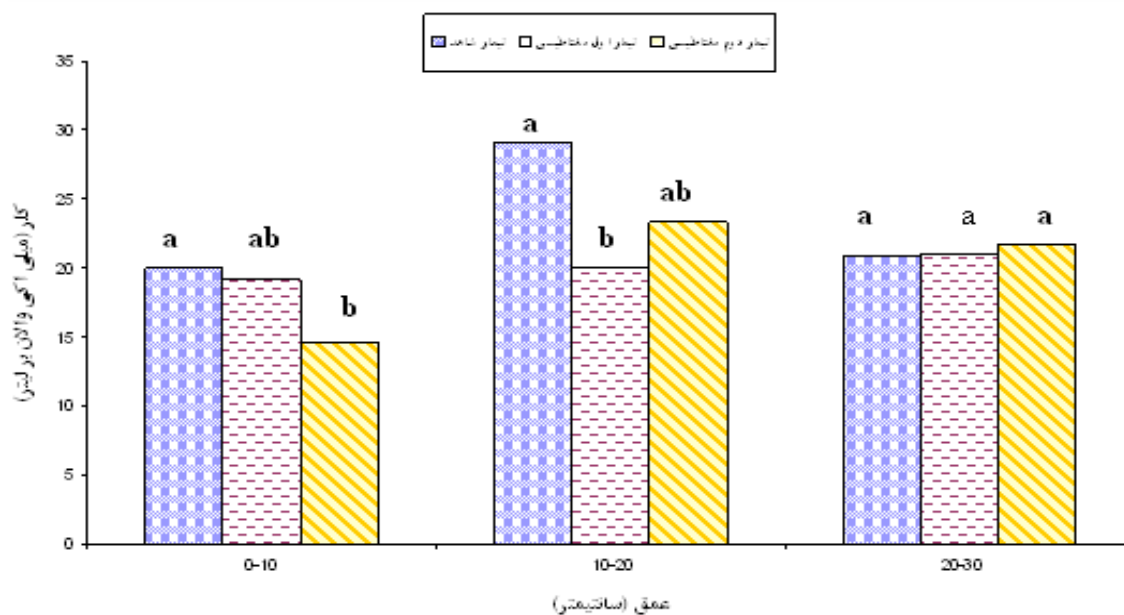
با توجه به نتایج آزمون LSD (جدول ۷) اثر متقابل تیمار و عمق در عمق های اول و دوم از نظر آماری معنی دار بوده است؛ ولی در عمق سوم از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی دار نمی باشد. همان طور که در شکل ۹ مشاهده می شود، در عمق ۱۰-۰ سانتی متر بیشترین میزان کلر موجود در خاک ۲۰ میلی اکسی والان بر لیتر و مربوط به تیمار شاهد بود و کمترین مقدار کلر موجود در خاک ۱۴/۶۶ میلی اکسی والان بر لیتر مربوط به تیمار دوم مغناطیسی و اختلاف این دو تیمار از نظر آماری معنی دار بود. در عمق ۲۰-۱۰ سانتی متری تیمار شاهد با ۲۹/۱۶ میلی اکسی والان در لیتر بیشترین میزان کلر را دارا بود و تیمار اول مغناطیسی با ۲۰ میلی اکسی والان در لیتر دارای کمترین میزان کلر بود و با تیمار شاهد اختلاف معنی داری را نشان داد. بیشترین میزان آبشویی کلر در تیمارهای اول و دوم مغناطیسی صورت گرفت که نتیجه آن کاهش غلظت آن در خاک بود. در عمق ۳۰-۲۰

مشاهده نشد. بوگاتین پس از انجام آزمایش های بر روی خاک با شوری سولفات، به افزایش آبشویی یون سولفات با آب مغناطیسی پی برده بود(۷). سلیها نیز افزایش قابلیت حل شدن یون سولفات را تایید کرد(۱۹). گهر و همکاران نیز دریافتند که پالایش مغناطیسی بر روی میزان سولفات کلسیم معلق و محلول موثر است (۱۴).

سولفات موجود در عمق های ۰-۱۰ و ۱۰-۲۰ سانتی متر در سطح ۵ درصد معنی دار نبود. در عمق ۲۰-۳۰ سانتی متری بیشترین مقدار سولفات باقی مانده در خاک، در تیمار شاهد و کمترین مقدار آن در تیمار دوم مغناطیسی مشاهده شد. با توجه به جدول ۳ تیمار دوم مغناطیسی با تیمار شاهد دارای اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد بود و بین تیمارهای دیگر هیچ گونه اختلاف معنی داری

جدول ۷- نتایج آزمون LSD برای مقایسه دو به دو کلر خاک پس از آبشویی

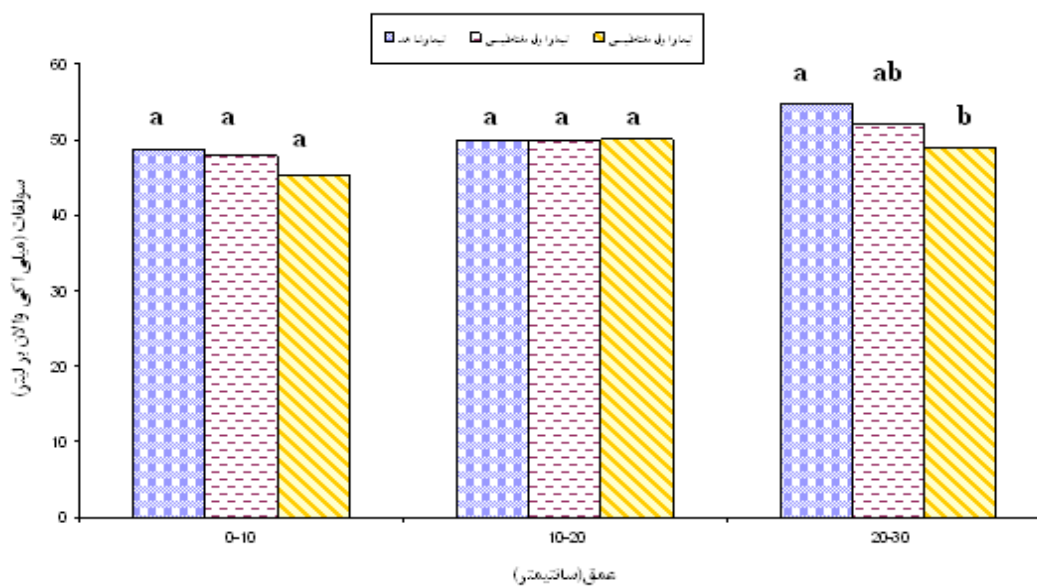
عمق (سانتی متر)	مقایسه تیمارها	اختلاف میانگین	خطای انحراف استاندارد	سطح معنی داری
۰-۱۰	T2 T1	۵/۳۳	۲/۲۲۴	۰/۷۱۸
	T3 T1	۰/۸۳	۲/۲۲۴	۰/۰۴۳
	T3 T2	۴/۵	۲/۲۲۴	۰/۰۷۸
۱۰-۲۰	T2 T1	۵/۸۳	۳/۱۷۳	۰/۰۲
	T3 T1	۹/۱۷	۳/۱۷۳	۰/۱۰۳
	T3 T2	۳/۳۳	۳/۱۷۳	۰/۳۲۴
۲۰-۳۰	T2 T1	۵/۴	۳/۰۱۴	۰/۱۲
	T3 T1	۳/۳	۳/۰۱۴	۰/۳۵
	T3 T2	۶/۵	۳/۰۱۴	۰/۶۳



شکل ۹ - میانگین تاثیر کاربرد تیمارها بر میزان کلر موجود در عمق های مختلف خاک

جدول ۸ - نتایج آزمون LSD برای مقایسه دو به دو سولفات خاک پس از آشویی

عمق (سانتی متر)	مقایسه تیمارها	اختلاف میانگین	خطای انحراف استاندارد	سطح معنی داری
	T2 - T1	۴/۶	۲/۵۵۸	۰/۱۱
۰-۱۰	T3 - T1	۲/۷	۲/۵۵۸	۰/۳۲۳
	T3 - T2	۰/۹۰۳	۲/۵۵۸	۰/۴۷۸
	T2 - T1	۱/۳۷	۱/۴۴	۰/۳۷
۱۰-۲۰	T3 - T1	۱/۳	۱/۴۴	۰/۳۹۳
	T3 - T2	۰/۰۶۷	۱/۴۴	۰/۹۶۴
	T2 - T1	۵/۷۶۷	۲/۰۵۳	۰/۰۲۳
۲۰-۳۰	T3 - T1	۲/۶	۲/۰۵۳	۰/۲۴۱
	T3 - T2	۳/۱۷	۲/۰۵۳	۰/۱۶۲



شکل ۱۰ - میانگین تاثیر کاربرد تیمارها بر میزان سولفات موجود در عمق‌های مختلف خاک

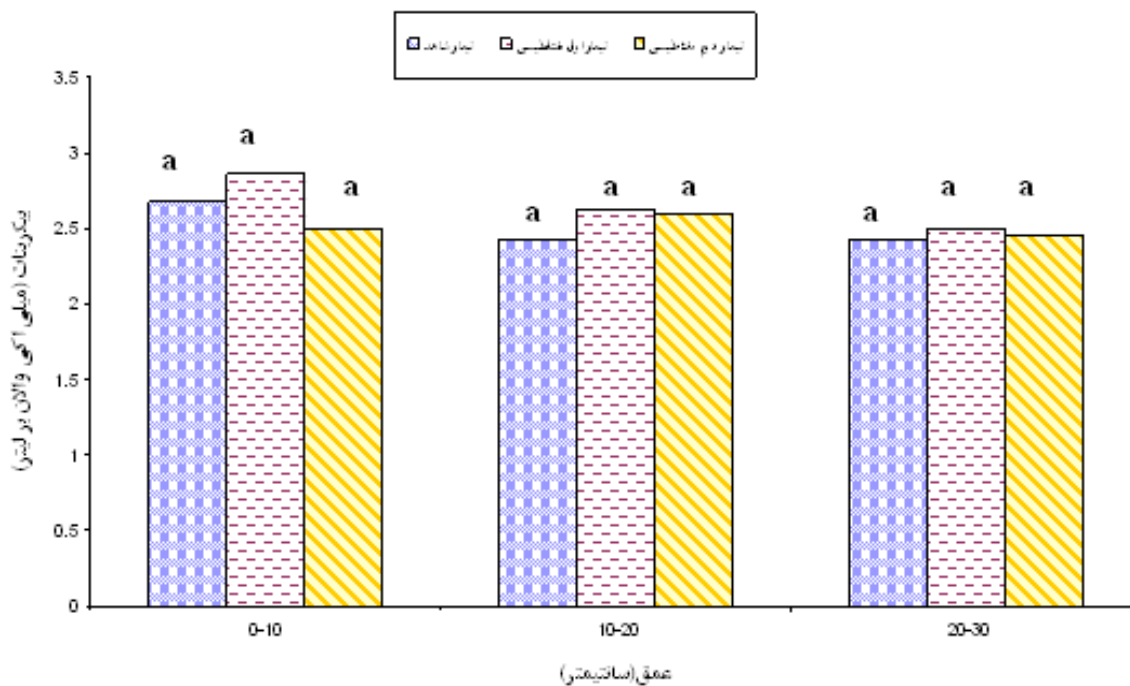
اکی والان بر لیتر و مربوط به تیمار دوم مغناطیسی بود. در عمق‌های ۱۰-۲۰ و ۲۰-۳۰ سانتی متری نیز بیشترین مقدار بی کربنات مربوط به تیمار اول مغناطیسی بود و با توجه به نتایج آزمون LSD (جدول ۹)، اثر متقابل تیمار و عمق بر میزان بی کربنات خاک در سطح ۵ درصد معنی دار نبود.

اثر متقابل تیمار و عمق بر میزان بی کربنات خاک

در شکل ۱۱ مشاهده می‌شود که دامنه تغییرات یون بی کربنات در تیمارهای مختلف بسیار اندک بود، به طوری که در عمق ۰-۱۰ سانتی متری بیشترین مقدار بی کربنات، ۲/۸۶ میلی اکی والان بر لیتر و مربوط به تیمار اول مغناطیسی و کمترین مقدار بی کربنات، ۲/۲ میلی

جدول ۹- نتایج آزمون LSD برای مقایسه دو به دو بی کربنات خاک پس از آبیاری

عمق (سانتی متر)	مقایسه تیمارها	اختلاف میانگین	خطای انحراف استاندارد	سطح معنی داری
۰-۱۰	T2	۰/۴۸۳	۰/۲۸۷	۰/۱۳۱
	T3	۰/۱۸۳	۰/۲۸۷	۰/۵۴۱
	T2	۰/۶۷	۰/۲۸۷	۰/۰۵۱
۱۰-۲۰	T2	۰/۲	۰/۳۴۲	۰/۵۷۴
	T3	۰/۲	۰/۳۴۲	۰/۵۷۴
	T2	۰	۰/۳۴۲	۱
۲۰-۳۰	T2	۰	۰/۰۹۷	۱
	T3	۰/۰۶۷	۰/۰۹۷	۰/۵۱۲
	T3	۰/۰۶۷	۰/۰۹۷	۰/۵۱۲



شکل ۱۱ - میانگین تاثیر کاربرد تیمارها بر میزان بی کربنات موجود در عمق های مختلف خاک

نتیجه گیری

افزایش آبشویی کلر غلظت کلر باقی مانده در خاک نسبت به تیمار شاهد به طور معنی داری در سطح ۵ کمتر بود.

- در عمق ۳۰-۲۰ سانتی متری خاک، میزان سولفات باقی مانده در تیمار دوم مغناطیسی به طور معنی داری در سطح ۵ درصد کمتر از تیمار شاهد بود.
- اثر متقابل تیمار و عمق بر میزان بی کربنات خاک در سطح ۵ درصد معنی دار نبود.

ارزیابی نتایج حاصله نشان می دهد که با افزایش شدت میدان مغناطیسی و یا به عبارتی با افزایش درجه مغناطیسی شدن آب، میزان شستشوی املاح سدیم، پتاسیم، کلر و سولفات افزایش یافت و غلظت این املاح در خاک کاهش یافت.

سپاس‌گزاری

از مدیریت محترم شرکت رسوب پاد البرز، جناب آقای مهندس مرادی، بسیار سپاس‌گزاریم. از همکاری معاونت محترم شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی، جناب آقای مهندس حسین آمیلی و همکاران ایشان در کشت و صنعت دعبل خزاعی قدردانی مینمائیم.

نتایج به دست آمده از مجموع مطالعات صورت گرفته در این طرح بر روی فاکتورهای مورد آزمایش را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

- با توجه به افزایش قابلیت حل نمک‌های سدیم در آب مغناطیسی، آب شویی به وسیله آب مغناطیسی باعث افزایش شستشوی سدیم گردید. به گونه ای که در هر سه عمق مورد تجزیه میزان سدیم باقی مانده در خاک در تیمارهای مغناطیسی کمتر از تیمار شاهد بود.
- کاربرد تیمارهای مختلف مغناطیسی سبب کاهش معنی دار میزان آبشویی کلسیم گردید، به گونه ای که آب شویی کلسیم در تیمار شاهد بیش از تیمارهای مغناطیسی بود و به این ترتیب در عمق‌های اول و دوم خاک، میزان کلسیم باقی مانده در خاک در تیمارهای مغناطیسی بیشتر از تیمار شاهد بود.

• در هر سه عمق مورد تجزیه میزان منیزیم باقی مانده در خاک در تیمارهای مغناطیسی بیشتر از تیمار شاهد بود هر چند این نتایج در عمق‌های دوم و سوم در سطح ۵ درصد معنی دار نبود.

- در عمق‌های اول و دوم میزان پتاسیم موجود در خاک در تیمار شاهد بیشتر از تیمارهای مغناطیسی بود.
- در عمق‌های ۱۰-۰ سانتی متری و ۲۰-۱۰ سانتی متری خاک در تیمارهای اول و دوم مغناطیسی به دلیل

منابع

۱. دهقانی، ف.، طباطبائی، ع.، و صدرا ابرقویی. ن. ۱۳۸۶. بررسی استفاده از آب (یزد) مغناطیسی در افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب گندم در یزد. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، ۴ تا ۶ شهریور، صص ۱۰۹۱-۱۰۹۲.
۲. صادقی لاری، ع. و معاضده. ۱۳۸۷. اثر ژئولیت سدیمی بر نگهداشت نیترات و آمونیوم در خاک جهت جلوگیری از آلودگی آبهای زیرزمینی. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۱۵ ص.
۳. طاهرزاده، م. ح. ۱۳۸۰. مشخصات و طبقه بندی خاک‌های شور و سدیمی استان خوزستان پس از آبشویی. مجله علوم آب و خاک، ویژه نامه خاک شناسی و ارزیابی اراضی، صص ۱۳۹-۱۴۹.

۴. عبدالصالحی، ا. و بان نژاد، ح. ۱۳۸۷. استفاده از میدان مغناطیسی با هدف جلوگیری از گرفتگی قطره چکان ها در سیستم آبیاری تحت فشار به منظور ارتقاء بهره وری و مدیریت تخصیص بهینه آب. دومین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی، ۸ الی ۱۰ بهمن، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۵. غلام پور، ح. و محمودیان شوشتری، م. ۱۳۷۰. آبتشویی و اصلاح اراضی جنوب اهواز. پایان نامه کارشناسی ارشد تاسیسات آبیاری، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۱۴ ص.

6. Belov, G.D., Sidorevish, N.G., and Golovarev, V.T. 1988. Irrigation of farm crops with water treated with magnetic field. *soviet Agricultural Science*, 3:14-17.
7. Bogatin. J. 1999. Magnetic treatment of irrigation water: Experimental Results and Application conditions. *Environmental science Technology*, 33: 1280-1285.
- 8- Carbonell, M.V., Martinez, E., and Diaz, J.E. 2002. Evaporation of a magnetically treated water and NaCl solutions, 16(3): 171-175.
9. Castro Palacio, J.C., Morejon, L.P., Velazquez Abud, L., and Govea, A.P. 2007. Stimulation of pinus tropicalis M. Seeds by magnetically treated water. *International Agrophysics*, 21:173-177.
10. Chechel, P.S., and Annenkova, G.V. 1972. Influence of magnetic treatment on solubility of calcium sulphate. *coke chem. USSR*.8: 60-61.
11. Coey, J.M.D, and Stephen. G. 2000. Magnetic water treatment. Physics Department. Trinity college. Dublin 2. Ireland.
12. De Souza, A., Gani, p., Sueiro, l., Gilart, F., porras, E., and Licea, L., 2006. Pre-Sowing magnetic treatments of tomato seeds increase the growth and yield of plants. *Bioelectromagnetics*, 27(4): 247-257.
13. Diamantis, V. I., and Voudrias, E. A. 2008. Laboratory and pilot studies on reclamation of a salt- affected alluvial soil. *Environ Geol*, 54: 643-651.
14. Gehr, R., Zhai, Z.A., Finch, J.A., and Rao, S.R. 1995. Reduction of soluble mineral concentrations in CaSO₄ saturated water using a magnetic field. *Water Research*, 29 (3): 933-940.
15. Ghauri, S.A., and M.S. Ansari. 2006. Increase of water viscosity under the influence of magnetic field. *Journal Of Applied Physics* 100(6).
16. Gyulakhmedov, kh., and seiidaliev, N. 1991. Irrigation with magnetically treated water. *CAB Abstracts Khlopok*, 5:57-58.
17. Ocepek, D. 1973. The effect of magnetic field on water. *Ljubljana*. 1-2: 83-93.
18. Pang, X.F., and Deng, B. 2008. The changes of macroscopic features and microscopic. *Physica B: Condensed Matter*, 403: 3571-3577.

19. Saliha, B.B. 2005. Bioefficacy testing of GMX online magnetic water conditioner in grapes var.muscat. Tamil Nadu agricultural university. Project Completion Project.
20. 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. Proceedings, pp: 248-250.