شاپا چاپی: ۷۴۸۰-۲۲۵۱
شاپا الکترونیکی: ۷۴۰۰-۲۲۵۰

نشریه حفاظت منابع آب و خاک

آدرس تارنما:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

پست الکترونیک:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

سال یازدهم
شماره دو
زمستان ۱۴۰۰

تاریخ دریافت:
۱۳۹۸/۱۰/۰۸

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۰/۰۶/۰۶

صفحات: ۱۳-۳۱

بررسی آزمایشگاهی تأثیر اصلاح‌گرهای آلی بر فرایند آبشویی خاک‌های شور و سدیمی

محمدرضا دلالیان[۱*]، فاطمه ذبیحی[۲] و سمیرا سربازرشید[۳]

۱)استادیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، تبریز، ایران.
۲) دانش‌آموخته دکتری، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران.
۳)دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، تبریز، ایران.
* ایمیل نویسنده مسئول: mdalalian@iaut.ac.ir

چکیده:

زمینه و هدف: شوری و سدیمی شدن خاک یکی از مهم‌ترین فرآیندهای مخرب خاک به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. خاک‌های سدیمی با تخریب ساختمان خاک، کاهش نفوذپذیری و سرعت حرکت آب در خاک، افزایش رواناب سطحی، پایین آمدن کاربری اراضی، کم‌شدن تهویه و در نهایت کاهش عملکرد محصولات زراعی مواجه می‌باشد. در زمینه اصلاح و بهسازی خاک‌های شور و سدیمی، تحقیقات زیادی مبتنی بر اعمال روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی صورت گرفته است که اعمال روش تلفیقی، مؤثرترین شیوه در اصلاح و بهسازی چنین خاک‌هاست. در این پژوهش تأثیر دو اصلاح‌گر آلی پرمرغ و هومات پتاسیم همراه با آبشویی در بهبود برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک‌های شور و سدیمی مورد بررسی قرار گرفته است.

روش پژوهش: به‌منظور انجام تحقیق، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۱۶ تیمار با ۳ تکرار انجام شد. فاکتور اول نوع ماده اصلاحی (پرمرغ و هومات پتاسیم)، فاکتور دوم مقدار ماده اصلاحی (۰/۷۵ و ۱/۵٪ وزنی) و فاکتور سوم سطوح آبشویی (بدون آبشویی، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ روز انکوباسیون) بود. بعد از نمونه‌برداری از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری و اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک‌ها، مواد اصلاح‌گر با خاک مخلوط و با رساندن رطوبت به حد ۰/۸-۰/۷ ظرفیت مزرعه‌ای (FC)، داخل ستون‌های خاک اضافه شد. نمونه‌ها با فواصل زمانی ۱/۵ ماه در سه نوبت به میزان یک حجم منفذی آبشویی شد. در هر مرحله آبشویی، ویژگی‌های اسیدیته خاک (pH)، قابلیت هدایت الکتریکی (EC) و نسبت جذب سدیم (SAR) در زه‌آب و ویژگی‌های pH، EC، SAR ، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)، درصد سدیم تبادلی (ESP)، پایداری خاکدانه‌های مرطوب (WAS)، کربن آلی (OC) و هدایت هیدرولیکی اشباع (Ks) در ستون-های خاک اندازه‌گیری شد. تجزیه‌های آماری و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD و از طریق به‌کارگیری نرم‌افزارSPSS17 و رسم نمودارها با نرم‌افزار EXCEL صورت گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که هومات پتاسیم، موجب کاهش pH خاک و افزایش pH زه‌آب شده است. با افزایش درصد وزنی اصلاح‌گر و دور آبشویی، این اثر بیشتر بود. همچنین هومات پتاسیم موجب کاهش ECe خاک شد و این تأثیر با افزایش دور آبشویی بیشتر بود. نتایج بیانگر آن بود که هر چه مقدار ماده اصلاح‌گر بیشتر باشد، میزان SAR زه‌آب بیشتر است. با افزایش دور آبشویی، میزان SAR خاک، در هر دو اصلاح‌گر هومات پتاسیم و پرمرغ کاهش یافت. سطح ۱/۵٪ مقدار ماده آلی تأثیر بیشتری بر کاهش SAR نسبت به سطح ۰/۷۵٪ در هر دو اصلاح‌گر داشت. با افزایش سطح آبشویی، CEC خاک کاهش یافت. پرمرغ ۱/۵٪ دارای بیشترین میزان CEC (۳۱/۲ cmolc.kg-1) بود. با افزایش مقدار اصلاح‌گر میزان CEC خاک افزایش یافت. همچنین با افزایش سطوح آبشویی و مقدار پرمرغ، مقدار ESP خاک کاهش یافت. با افزایش سطح آبشویی در اصلاح‌گر هومات پتاسیم، OC% خاک کاهش یافت. پایداری خاکدانه‌های مرطوب خاک با افزایش مقدار ماده اصلاح‌گر پرمرغ، افزایش یافت. در واقع بیشترین مقدار WAS در تیمار پرمرغ ۱/۵٪ (۱۰ درصد) بود. هومات پتاسیم در مقدار بیشتر (۱/۵ درصد وزنی) موجب کاهش Ks گردید. با افزایش سطوح آبشویی از دور دوم آبشویی به بعد، Ks کاهش یافت.

نتایج: به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که اضافه کردن اصلاح‌گرها، موجب افزایش pH و SAR در زه‌آب و کاهش pH (از ۸/۲۴ به ۷/۳۹)، EC (از ۱۷/۰۷ به ۰/۸ dS.m-1) و SAR (از ۱۹/۳۴ به ۱۱/۱ 0.5(cmolc.l-1)) در خاک گردید. آبشویی، موجب افزایش pH و EC در زه‌آب و کاهش CEC، ESP در خاک و کاهش KS با افزایش سطوح آبشویی از دور دوم آبشویی به بعد گردید. اصلاح‌گر هومات پتاسیم، موجب کاهش OC، Ks و پر مرغ موجب افزایش CEC و WAS و کاهش ESP خاک گردید. در کل اصلاح‌گر پرمرغ (با درصد وزنی ۰/۷۵) همراه با آبشویی برای اصلاح خاک‌های شور و سدیمی پیشنهاد می‌گردد.

کلمات کلیدی: پرمرغ، زه‌آب، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، هومات پتاسیم

10.30495/WSRCJ.2021.19210

مقدمه

شوری و سدیمی شدن خاک یکی از مهم‌ترین فرآیندهای مخرب خاک به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. در این مناطق تبخیر و تعرق بیش از مقدار بارندگی بوده، به همین دلیل نمک‌های محلول در خاک انباشته شده و باعث افزایش شوری و کاهش باروری خاک می‌گردد. همچنین وجود سدیم زیاد در خاک، موجب پراکنش ذرات و تخریب خاک شده و فرسایش را تشدید می‌کند (Tirandaz et al., 2019). سدیم تبادلی موجود در خاک‌های سدیمی، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی این خاک‌ها و نیز پتانسیل کشاورزی را کاهش می‌دهد. خاک‌های سدیمی با تخریب ساختمان خاک، کاهش نفوذپذیری و سرعت حرکت آب در خاک، افزایش رواناب سطحی، پایین آمدن کاربری اراضی، کم-شدن تهویه و در نهایت کاهش عملکرد محصولات زراعی مواجه هست (Gharaibeh et al., 2010). تحقیقات نشان داده است که با افزایش شوری خاک، جذب و انتقال بسیاری از عناصر از جمله عناصر کم‌مصرف در گیاه کاسته می‌شود (Frouhar, 1999).

در ایران خاک‌های شور و سدیمی، وسعتی حدود ۱۵ تا ۲۶ میلیون هکتار، به عبارتی ۱۰ تا ۱۵ درصد مساحت کشور را به خود اختصاص داده است (Mostafazadeh-Fard et al., 2007). در زمینه اصلاح و بهسازی خاک‌های شور و سدیمی تحقیقات و تجارب زیادی مبتنی بر اعمال روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی وجود دارد که اعمال روش تلفیقی، مؤثرترین شیوه در اصلاح و بهسازی چنین خاک‌هایی بوده است. در واقع هرگونه روشی که بتواند یون کلسیم محلول را برای جایگزینی با یون سدیم قابل تبادل در خاک فراهم آورد، یقیناً می‌تواند در اصلاح این نوع خاک‌ها مؤثر واقع شود (Akram et al., 2006; Prapagar et al., 2011). استفاده از آبشویی و منابع شیمیایی کلسیم‌دار، روش‌های قدیمی و رایج اصلاح خاک‌های شور و سدیمی است (Clark et al., 2007)؛ اما به‌علت هزینه بالای کودهای شیمیایی، همچنین جلوگیری از آلودگی زیست محیطی به‌ویژه آب‌های زیرزمینی، بهتر است از آهک بومی خاک استفاده گردد (Li and Keren, 2009)؛ اما از آنجائی که انحلال آهک بومی خاک کم است، با اضافه نمودن مواد آلی (Li and Keren, 2009) و ماده اسید زا مثل اسیدسولفوریک (Sadiq et al., 2007) به این خاک‌ها، می‌توان به فرایند آزادسازی کلسیم در این خاک‌ها کمک کرد. کربن دی‌اکسید آزاده شده از تجزیه مواد آلی، در خاک حل شده و تولید اسیدکربنیک کرده و اسید آزاد شده موجب انحلال آهک موجود در خاک شده، در نتیجه یون‌های کلسیم جایگزین یون‌های سدیم می-گردد (Amer and Hashem, 2018). در تحقیقی امامی و همکاران بهبود ظرفیت نگهداشت رطوبت خاک و کاهش تبخیر در اثر مصرف اصلاح‌گرها (کمپوست زباله شهری و سوپرجاذب) را گزارش نمودند (Emami et al., 2012). کاربرد گچ، اسید سولفوریک و گوگرد موجب کاهش نسبت جذب سدیم و هدایت الکتریکی در خاک‌های شور و سدیمی می‌گردد (Motlag et al., 2010). در مطالعه‌ای، نوری و همکاران از ترکیب اصلاح‌گرهای آلی و معدنی برای اصلاح خاک‌های شور و سدیمی استفاده نمودند و نتیجه گرفتند که اثرات این دو نوع اصلاح‌گر، تکمیل کننده یکدیگر بوده و کاربرد همزمان آنها نه تنها ویژگی‌های نامطلوب شیمیایی خاک‌های شور و سدیمی را بهبود می‌دهد، بلکه افزایش کیفیت حاصلخیزی این خاک‌ها را نیز رقم می‌زند. علاوه بر این، اصلاح خاک‌های شور و سدیمی از طریق آبشویی نیز توسط برخی محققین انجام شده است (Akhtar et al., 2003; Ammari et al., 2008). باید توجه داشت که در هنگام آبشویی به دلیل انبساط رس‌ها و پراکنده شدن ذرات رس، نفوذپذیری کاهش یافته و ساختمان خاک تخریب می‌شود. این عمل نه‌تنها باعث کاهش راندمان آبشویی و افزایش زمان کار و هزینه می‌گردد، بلکه بعد از آبشویی نیز محیط مناسبی برای رشد ریشه گیاه فراهم نمی‌کند. در روش آبشویی، به‌کارگیری همزمان آب مناسب برای آبشویی نمک‌ها، افزودن مواد اصلاح‌کننده دارای یون کلسیم (سولفات-

کلسیم یا کلریدکلسیم) برای جایگزینی با یون سدیم تبادلی نیز ضرورت دارد. استفاده از بهسازهای آلی و معدنی به‌عنوان راهکار اساسی برای تسریع آبشویی و اصلاح این خاک‌ها به شمار می‌رود (Tirandaz et al., 2019).

هومات پتاسیم نمکی پتاسیمی از اسید هیومیک است. اسید هیومیک از منابع مختلف مانند خاک، هوموس، پیت، لیگنیت و ذغال سنگ استخراج می‌شود (Sebahattin and Necdet, 2005). هومات پتاسیم شرایط مناسبی را برای فعالیت‌های بیولوژیکی، واکنش‌های شیمیایی و اصلاح فیزیکی خاک فراهم می‌نماید. هومات پتاسیم واکنش‌های شیمیایی برای کاتیون‌های تبادلی را تحریک می‌کند، ظرفیت بافری خاک را افزایش داده، عناصر سمی را از خاک می‌زداید و انتقال عناصر غذایی مفید به خاک را تسریع می‌کند (Shujrah et al., 2010). اضافه کردن مواد اصلاحی همچون هومات پتاسیم منجر به افزایش معنی‌دار در MWD و پایداری خاکدانه‌ها در خاک‌های اسیدی و قلیایی می‌شود (Imbufe et al., 2005) پرمرغ به‌آسانی از طریق مرغداری‌ها و کشتارگاه‌ها قابل دسترس و ماده‌ای بسیار ارزان می‌باشد. متأسفانه مقادیر قابل توجهی از این محصول با سوزاندن یا دفن کردن از بین می‌رود. پرمرغ حاوی بیشتر عناصر غذایی و کراتین می‌باشد که می‌تواند گزینه مناسبی برای اصلاح خاک هم از نظر شیمیایی و هم از نظر فیزیکی باشد (Sloan et al., 2003). مصرف پیوسته پرمرغ در دراز مدت نه تنها به طرق مختلف بر رشد و عملکرد گیاهان تأثیر مثبت دارد، بلکه باعث حفظ سطح ماده آلی خاک، تنوع زیستی و فعالیت میکروبی لازم برای ادامه چرخه عناصر غذایی در خاک می‌گردد و تخلخل خاک را به حد مطلوبی می‌رساند (Schoenau, 2006). در پژوهشی ایمان پرست و همکران نتیجه گرفتند که مصرف هومات پتاسیم و کراتین در خاک‌های شور و سدیمی، به‌علت تولید کربن دی‌اکسید در اثر تجزیه مواد آلی و تولید اسیدهای آلی در خاک، موجب کاهش pH خاک می‌گردد. (Imanparast et al., 2011) با توجه به این‌که برای اصلاح خاک‌های شور و سدیمی از انواع اصلاح‌گرها معمولاً به تنهایی و بدون آبشویی استفاده شده، در این پژوهش علاوه بر ارزیابی اثر دو نوع اصلاح-گر آلی، از آبشویی هم استفاده شده است. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر دو اصلاح‌گر آلی پرمرغ و هومات پتاسیم همراه با آبشویی در بهبود برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک‌های شور و سدیمی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور تهیه خاک مورد نیاز جهت اصلاح، از اراضی مرکز تحقیقات کشاورزی بیلوردی واقع در طول جغرافیایی E ′۳۵، °٤٦ تا E ′٤٠، °٤٦ و عرض N ′۰۸، °۳۵ تا N ′ ۱۲، °۳۵ و ارتفاع متوسط ۱۵۵۰ متر از سطح دریا، نمونه‌برداری گردید. خاک غالب این منطقه شور و سدیمی می‌باشد. نمونه‌برداری از عمق صفر تا ۳۰ سانتی-متری انجام شد. سپس نمونه‌ها جهت انجام آزمایشات فیزیکی و شیمیایی قبیل از اعمال تیمارها به آزمایشگاه منتقل شد. اسیدیته خاک (pH) (Richardes, 1954)، قابلیت هدایت الکتریکی (EC) (Richardes, 1954)، ماده آلی (OC) (Walkely and Black, 1934)، درصد سدیم تبادلی (ESP) (Richardes, 1954)، نسبت جذب سدیم (SAR)، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)، کربنات کلسیم معادل (CCE) به دلیل مشکلات ناشی از حضور کربنات-های کلسیم و منیزیم در خاک با یکی از روش‌های مخصوص خاک‌های آهکی (Polemio and Rhoades, 1977) و کلسیم و منیزیم تبادلی به دلیل حل شدن کربنات‌ها در استات آمونیوم از تفاضل CEC و سدیم و پتاسیم تبادلی به دست آمد (Dufey and Delvauy, 1989)، کلاس بافت خاک، وزن مخصوص ظاهری (ρ_b) و درصد رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌های خاک پس از هوا خشک شدن از الک شماره ۳ (با منافذی به قطر ۶/۳۵ میلی‌متر) عبور داده شد و در ستون‌های خاک به ترتیبی که در شکل ۱ توضیح داده شده است، آماده گردید و مواد اصلاح‌گر به ترتیبی که در طرح آزمایشی مشخص شده است، با خاک ستون‌ها مخلوط گردید.

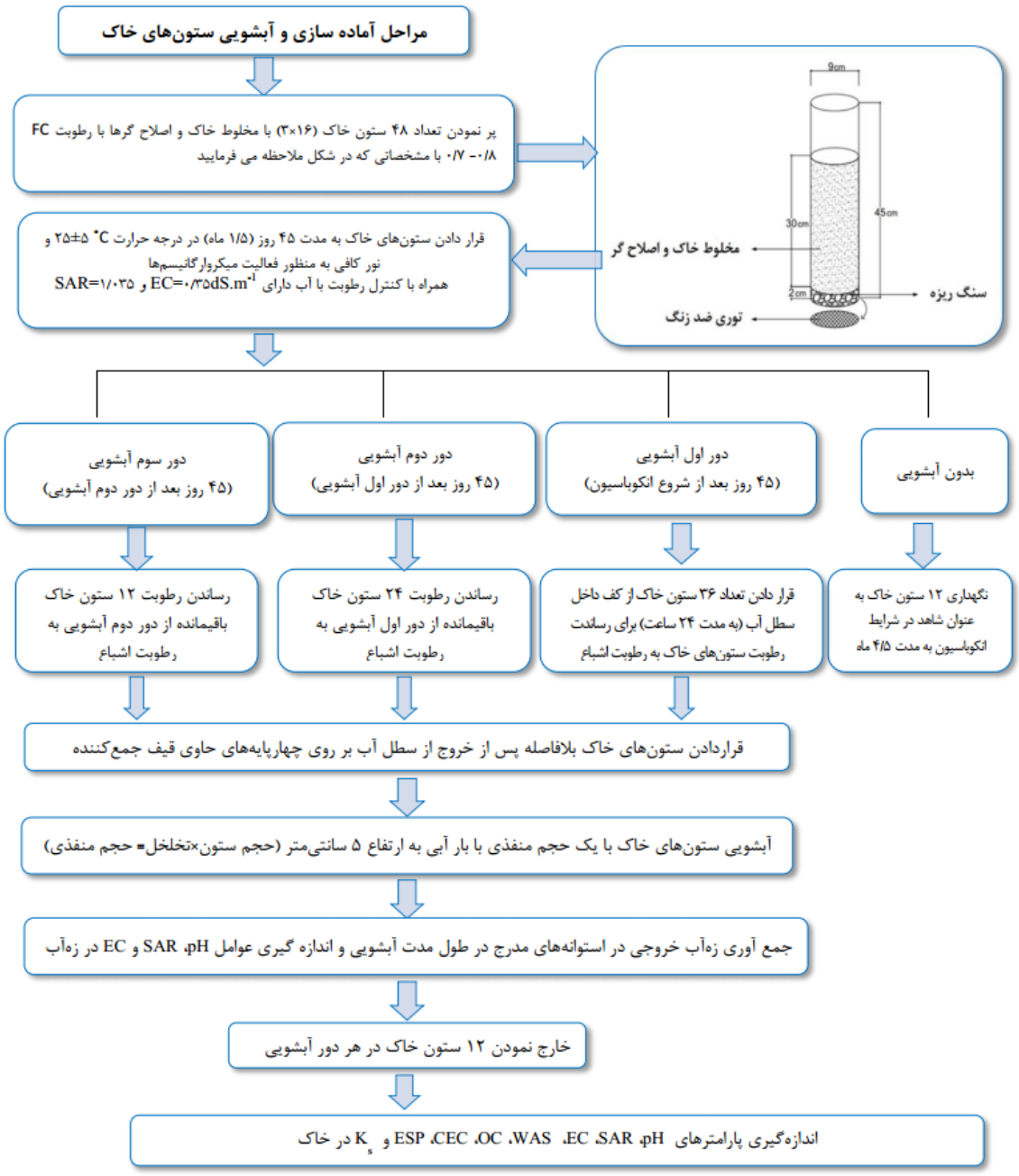
جهت آماده‌سازی ستون‌های خاک، از لوله‌های پولیکا به قطر ۹ سانتی‌متر و ارتفاع ٤٥ سانتی‌متر استفاده گردید. در انتهای ستون‌ها، توری‌های ضدزنگ جهت نگه‌داری خاک و در عین حال تسهیل خروج هوا و زهکشی تعبیه شد و یک لایه سنگریزه به ارتفاع ۲ سانتی‌متر (با قطر متوسط ۰/۵ سانتی‌متر) داخل ستون‌ها ریخته شد. مواد اصلاح‌کننده با مقادیر مورد نظر به‌طور کامل با خاک مخلوط شده و با افزودن آب به حد FC ۰/۸–۰/۷ رسانده شد. سپس در داخل ستون خاک به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر به‌طور یکنواخت ریخته شد. سپس ستون‌های خاک به مدت ۱/۵ ماه در درجه حرارت ۲۵±۵ °C، با نور کافی جهت فعالیت میکروارگانیسم‌ها قرار داده شد و رطوبت آنها با آبی که دارای EC=۰/۳۵ ds m-1 و SAR=۱/۰۳۵ بود به رطوبت حدود FC ۰/۸–۰/۷ رسانده شد. کنترل رطوبت ستون‌ها در طول آزمایش به روش وزنی صورت گرفت. پس از گذشت ٤٥ روز، برای نزدیک شدن به شرایط طبیعی، نمونه‌ها تحت آزمایش‌های آبشویی به روش متناوب با دور ۱/۵ ماه به میزان یک حجم منفذی قرار گرفت. قبل از شروع آبشویی، ستون‌های خاک از کف با قرار گرفتن درون سطل آب به مدت ٢٤ ساعت اشباع شده و بلافاصله پس از خروج از سطل بر روی قیف‌های جمع‌آوری زه‌آب روی چهارپایه قرار گرفت. برای جمع‌آوری زه‌آب خروجی از ستون‌ها، در پایین قیف‌ها استوانه مدرج قرار داده شد. حجم آب معادل هر پرولیوم خاک بر اساس رابطه‌ی (حجم ستون × تخلخل =P.V) به دست آمد. برای شروع آبشویی، بار آبی به ارتفاع ۵ سانتی‌متر (حدود ۳۲۰ سی‌سی) جهت اندازه-گیری هدایت هیدرولیکی به روش بار ثابت، در طول آزمایش روی استونه‌ها نگه داشته شد. پس از عبور محلول خاک از استوانه خاک حدود یک برابر حجم منافذ خاک (۱ P.V) آبشویی به اتمام رسید. زه‌آب خروجی از زیر ستون از لحظه شروع تا تخلیه کامل جهت اندازه‌گیری خواص شیمیایی pH، EC و SAR جمع‌آوری شد. پس از اتمام اولین نوبت آبشویی، ستون دوم (در سه تکرار) از دور آزمایش‌های آبشویی خارج شد (لازم به توضیح است ستون اول (در سه تکرار) بدون آبشویی بوده و به‌عنوان شاهد به مدت ٤/۵ ماه با رطوبت معادل FC ۰/۸–۰/۷ و درجه حرارت ۲۵±۵ °C نگه‌داری شد). بعد از گذشت ٤٥ روز از زمان آبشویی نوبت اول و ۹۰ روز از زمان انکوباسیون، آبشویی نوبت دوم باز هم به میزان یک حجم منفذی و طبق شرایط نوبت اول آبشویی، انجام شد. در این مرحله ستون سوم (در سه تکرار) یعنی ۱۲ ستون خاک از دور آزمایش‌های آبشویی خارج شد و ۱۲ ستون برای آبشویی نوبت سوم باقی ماند. بعد از گذشت ۹۰ روز از زمان آبشویی نوبت اول و ۱۳۵ روز از زمان انکوباسیون، آبشویی نوبت سوم نیز انجام گرفت. در مجموع سه نوبت آبشویی در فواصل زمانی ۱/۵ ماه اعمال گردید. همچنین در فواصل بین آبیاری (٤٥ روز) برای جلوگیری از تبخیر آب از سطح خاک، دهانه ستون‌های خاک با نایلون پوشانده شد. در پایان، خاک ستون‌ها بعد از رسیدن رطوبت خاک در حد FC به آرامی خارج شد.

جهت اندازه‌گیری پایداری خاکدانه‌های مرطوب، ابتدا نمونه از خاک نزدیک سطح لوله‌ها (عمق ۰ تا ۱۰ سانتی-متری) تهیه گردید و پایداری خاکدانه‌های مرطوب (WAS) به روش Kemper and Rosenau (1986) برای محاسبه هدایت هیدرولیکی اشباع (K_s) به روش بار ثابت (Darcy, 1856) ابتدا حجم زه‌آب خروجی از زیر ستون‌ها در مدت زمان معین در طول آزمایش اندازه‌گیری شد و دبی جریان از رسم نمودار تجمعی حجم زه‌آب خروجی در زمان‌های مختلف به دست آمد که شیب منحنی فوق برابر با دبی جریان بود. شدت جریان با استفاده از رابطه ۱ و هدایت هیدرولیکی اشباع با استفاده از رابطه ۲ محاسبه گردید.

$$q = \frac{Q}{A} \qquad (۱)$$

$$q_s = -K_s \frac{z+b}{z} \qquad (۲)$$

در این رابطه، K_s: هدایت هیدرولیکی اشباع بر حسب سانتی‌متر بر ثانیه، z: طول ستون خاک بر حسب سانتی‌متر و b ارتفاع ثابت آب بر حسب سانتی‌متر می‌باشد.



شکل ۱. عوامل pH، SAR و EC نیز در زه‌آب به روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل

در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۶ تیمار در سه تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل نوع ماده اصلاحی (هومات پتاسیم و پرمرغ) و فاکتور دوم شامل مقدار ماده اصلاحی (۰/۷۵ و ۱/۵ درصد وزنی) و فاکتور سوم شامل چهار سطح ستون آبشویی (بدون آبشویی، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ روز انکوباسیون) بود. تجزیه‌های آماری و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD و از طریق به‌کارگیری نرم‌افزارSPSS17 و رسم نمودارها با نرم‌افزار EXCEL صورت گرفت.

نتایج و بحث

برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه در جدول ۱ و برخی از ویژگی‌های پرمرغ و هومات پتاسیم در جداول ۲ و ۳ ارائه گردیده است. نتایج تجزیه واریانس اثرات اصلی و متقابل تیمارهای مختلف بر روی شاخص‌های اندازه‌گیری شده در خاک و زه‌آب بعد از اعمال سطوح مختلف آبشویی در جداول ٤ و ٥ ارائه شده است.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مورد آزمایش

عمق (cm)	درصد شن	درصد رس	درصد سیلت	کلاس بافتی	ρ_b (g cm^{-3})	تخلخل	θ_{FC} (%)	K_s (cm.hr^{-1})	WAS (%)	pH	CCE (%)	OC (%)	EC (dS m^{-1})
۳۰-۰	۲٤	۳٤	٤۲	لوم رسی	۱/۲۵	۰/٤۱	۱٦	۰/۳۱	۳/٦۷	۷/۷	۲۱/۸۸	۰/۸۷	۱٦/٤۷

ادامه جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مورد آزمایش

SAR (mmol$_c$.l^{-1})$^{0.5}$	ESP (%)	CEC cmol$_c$.kg^{-1}	Ex.Na$^+$ cmol$_c$.kg^{-1}	Na$^+$ mmol$_c$.lit^{-1}	Mg^{2+} mmol$_c$.lit^{-1}	Ca^{2+} mmol$_c$.lit^{-1}	Ex.K$^+$ cmol$_c$.kg^{-1}	K$^+$ mmol$_c$.lit^{-1}
۲۲/۲۲	۲٤/۹۳	۱۶/۴۷	۶/۲	۱۲۰/۳	۲۲/۸۷	۳۵/۷۳	۰/۸۳	۱/۰۷

جدول ۲. برخی ویژگی‌های شیمیایی اصلاح‌گر آلی پرمرغ

پروتئین (٪)	چربی (٪)	فیبر (٪)	کلسیم (٪)	فسفر (٪)	نمک (٪)	منیزیم (٪)	سولفور (٪)	پتاسیم (٪)	سدیم (٪)	کلرید (٪)	رطوبت (٪)
۸۰	٦/۵	۱/۵	۰/۳۵	۰/۲۵	۱	۰/۲	۱/٤	۰/۳	۰/٤	۰/٦	٦

جدول ۳. برخی ویژگی‌های شیمیایی اصلاح‌گر آلی هومات پتاسیم

هیومیک اسید (٪)	فولویک اسید (٪)	ازت (اوره)(٪)	پتاسیم (٪) K_2O
٦۰	۱۵	۱۰	۱۰

جدول ٤. تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر شاخص‌های اندازه‌گیری شده پس از مراحل مختلف آبشویی در خاک

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		pH	EC	CEC	ESP	SAR	OC	WAS	K_s
نوع ماده اصلاحی	۱	۲/۰۷۱**	۸۹/۰۸**	۲۱۵/۳۰۷**	۳/۴۲۹**	۱۱/۰۹۸**	۰/۷۱۳**	۹۵/۷۱۱**	۱۲۸۷/۲۵۵**
مقدار ماده اصلاحی	۱	۰/۰۰٦^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۱۱۰/۰۵**	۲/٦٤٦**	۹/۷۲۰**	۰/۰٤٤**	٤۲/٦۷٦**	٤٦/۳۰۸**
ستون آبشویی	۲	۰/۲۳۹**	۵۲۰/٤۳۷**	۵۸/٤۹۲**	۱۲۵/۷۰۹**	۱۲۷/۸۱۵**	۰/۰۳۵**	۱۱/۰۸۲۲**	۱۲/۹۱۹**
نوع ماده اصلاحی×مقدار ماده اصلاحی	۱	۰/۰٤٦**	۰/۱٤٦^{ns}	۳/٦۳۰^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۲/۷۸۵**	٦۵/۷٤۵*
نوع ماده اصلاحی×ستون آبشویی	۲	۰/۱۳**	۱۳/۵٤۱**	۰/۲۹^{ns}	٦/۸۰۷**	۲/۷۸۵**	۰/۰۰۱^{ns}	۲/۷۸۵**	۰/۰٦٦^{ns}
مقدار ماده اصلاحی×ستون آبشویی	۲	۰/۰۲۹**	۰/۰۹٤^{ns}	۱/۳٤۵^{ns}	۰/۷۲۳*	۱/۱٦۹**	۰/۰۰۳**	۰/۰۲۷^{ns}	۰/۲۷۹^{ns}
نوع ماده اصلاحی×مقدار ماده اصلاحی×ستون آبشویی	۳	۰/۰٦٤**	۱/٦٦۳^{ns}	۲/۹۲۱^{ns}	۰/۹۰۱**	۰/۰۰۸^{ns}	۰/۰۰۳**	۰/۰۵۱^{ns}	۰/۰۳٤^{ns}
اشتباه آزمایشی	۳۲	۰/۰۰۳	۰/٦۹۸	۲/۵۲٤	۰/۱٦	۰/۲۲۵	۰/۰۰۱	۰/۰٤٦	۱/۷۸۱
ضریب تغییرات (درصد)		۰/۷	۱٤/۱۰۷	۵/٤۵۷	۲/۵۹۸	۳/۰۳۲	۲/۸۲٦	۳/۱۳۹	۱٦/۰۵۸

^{ns}، *، ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول ۵. تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر شاخص‌های اندازه‌گیری شده پس از مراحل مختلف آبشویی در زه آب

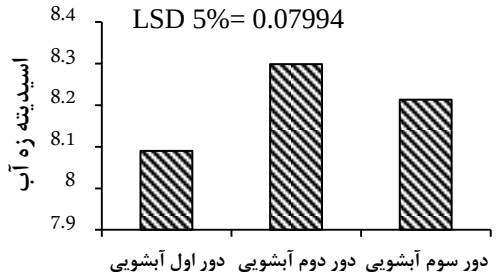
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		pH	EC	SAR
نوع ماده اصلاحی	۱	۰/۹۲۲^{xx}	۱/۳۸۵^{x}	۱/۸۱۸^{xx}
مقدار ماده اصلاحی	۱	۰/۲۲۱^{xx}	۰/۶۳۵^{ns}	۳/٦٥٤^{xx}
ستون آبشویی	۲	۰/۱۳۲^{xx}	۳۰۰/۹٤۱^{xx}	۱۹۰/۰۱٤^{xx}
نوع ماده اصلاحی×مقدار ماده اصلاحی	۱	۰/۰۳۲^{ns}	۳/٤۷۲^{xx}	۰/۱٥۹^{ns}
نوع ماده اصلاحی×ستون آبشویی	۲	۰/۰۱۸^{ns}	۹/۹٦^{xx}	۰/۹۰۸^{xx}
مقدار ماده اصلاحی×ستون آبشویی	۲	۰/۰۰٦^{ns}	۰/٤۷۱^{ns}	۰/۲۷۲^{ns}
نوع ماده اصلاحی×مقدار ماده اصلاحی×ستون آبشویی	۲	۰/۰۰٦^{ns}	۱/ ۷۳۲^{x*}	۰/۰٤۷^{ns}
اشتباه آزمایشی	۲٤	۰/۰۰۹	۰/۲٥٦	۰/۱٤۲
ضریب تغییرات (درصد)		۱/۱٥۷	۱۱/٤۳۹	۲/٤۱٦

^{ns}، ^{x}، ^{xx} به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

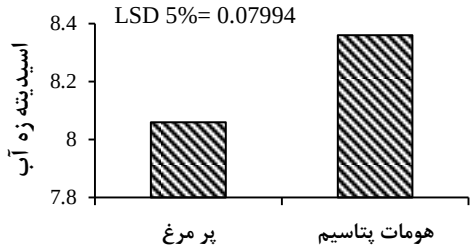
نتایج اسیدیته در زه‌آب و خاک

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۵)، اثر اصلی نوع ماده آلی، اثر اصلی مقدار ماده آلی، اثر اصلی ستون آبشویی بر روی اسیدیته (pH) زه‌آب در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین (شکل ۲) نشان داد که بیشترین pH زه‌آب در دور دوم آبشویی و کمترین مقدار آن در دور اول آبشویی بود که نشان دهنده تأثیر سطوح بالای آبشویی بر میزان بیش از یک حجم منفذی بر افزایش اسیدیته زه‌آب می‌باشد. شکل ۳ و ٤ نیز نشان داد تیمار پر مرغ ۱/۵٪ کمترین pH زه‌آب را دارا می‌باشد. به عبارتی با افزایش مقدار ماده آلی، pH زه‌آب کاهش یافته است.

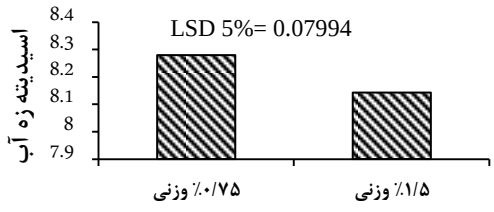
اما ماده اصلاحی هومات پتاسیم نسبت به پرمرغ تأثیر بیشتری بر روی افزایش pH زه‌آب داشته است. در واقع به‌مرور زمان و آبشویی، یون‌های پتاسیم موجود در ماده اصلاحی هومات پتاسیم، جایگزین یون‌های سدیم خاک می‌گردد، در نتیجه pH زه‌آب با افزایش دور آبشویی، از ۸/۰۹ به ۸/۳ افزایش یافته است. از بین دو ماده اصلاحی، تأثیر هومات پتاسیم به علت وجود یون‌های پتاسیم بر این مورد، بیشتر بوده است. با افزایش میزان مواد آلی، pH زه-آب از ۸/۲۹ به ۸/۱۵ کاهش یافته است، به عبارتی با افزایش درصد وزنی ماده آلی، به نظر می‌رسد زمان کافی برای تجزیه ماده آلی و اثر آن بر روی بهبود خاک و افزایش pH زه‌آب، کمتر بوده است.



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر اصلی ستون آبشویی بر pH زه آب



شکل ۳. اثر اصلی نوع ماده اصلاحی بر pH زه آب

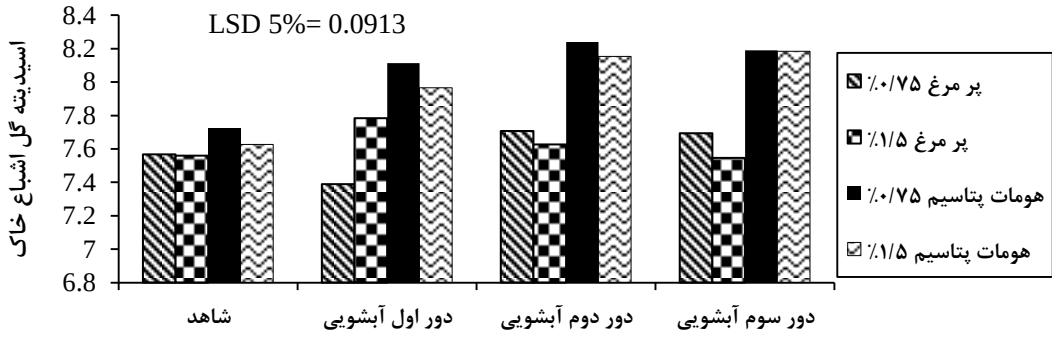


شکل ٤. اثر اصلی مقدار ماده اصلاحی بر pH زه‌آب

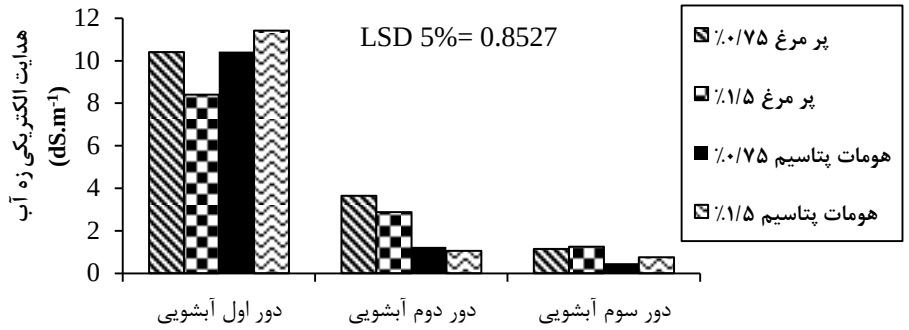
بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ٤)، اثر اصلی نوع ماده آلی، اثر اصلی ستون آبشویی، اثر متقابل نوع ماده آلی با مقدار ماده آلی، اثر متقابل نوع ماده آلی با ستون آبشویی، اثر متقابل مقدار ماده آلی با ستون آبشویی و اثر سه جانبه نوع ماده آلی، مقدار ماده آلی و ستون آبشویی بر روی اسیدیته گل اشباع (pH) خاک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه جانبه نوع ماده اصلاحی، مقدار ماده اصلاحی و ستون آبشویی بر روی pH خاک (شکل ۵) نشان داد که بیشترین مقدار pH خاک، در تیمار هومات پتاسیم ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد وزنی در دور دوم و سوم آبشویی (به ترتیب ۸/۲٤ و ۸/۱۹ در دور دوم آبشویی و ۸/۱۵ و ۸/۱۸ در دور سوم آبشویی) و کمترین مقدار آن در تیمار پرمرغ ۰/۷۵ درصد در دور اول آبشویی (pH= ۷/۳۹) بود که نشان دهنده تأثیر پرمرغ با درصد وزنی ۰/۷۵ بر کاهش pH خاک می‌باشد. در واقع با افزایش مقدار مواد آلی، کربن دی‌اکسید حاصل از تجزیه مواد آلی بیشتر شده، در نتیجه موجب آزادسازی یون‌های کلسیم خاک و جایگزینی آن با یون‌های سدیم شده و pH کاهش یافته است. نتایج نشان داد که با افزایش سطوح آبشویی، pH زه‌آب افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش مقدار ماده اصلاحی هومات پتاسیم، pH زه‌آب افزایش یافت. این امر ممکن است به دلیل شسته شدن هومات پتاسیم با افزایش سطوح آبشویی باشد. در نتیجه کمتر می‌تواند خاصیت اسیدی خود را در خاک اعمال کرده و اسیدیته خاک را کاهش دهد؛ اما ماده اصلاحی پرمرغ به دلیل خاصیت چسبندگی که دارد به ذرات خاک چسبیده و به‌آسانی شسته نمی‌شود. در پژوهشی Imanparast et al. (2011) نتیجه گرفتند که مصرف هومات پتاسیم و کراتین در خاک‌های شور و سدیمی موجب کاهش اسیدیته گل اشباع گردید و یکی از دلایل کاهش pH خاک، ممکن است به دلیل تولید کربن دی‌اکسید در اثر تجزیه مواد آلی در خاک باشد که منجر به تولید اسیدهای آلی در خاک شده و pH خاک را کاهش داده است. با توجه به این‌که کراتین از اجزای تشکیل دهنده‌ی پر مرغ می‌باشد با نتایج تحقیق حاضر در مورد تأثیر پرمرغ بر کاهش pH خاک مطابقت دارد. کاهش pH خاک با اضافه کردن پرمرغ و کراتین توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (Shirgir Moghaddam et al., 2013; Imbufe et al., 2004).

نتایج هدایت الکتریکی در زه‌آب و خاک

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۵)، اثر اصلی نوع ماده آلی در سطح احتمال ۵ درصد، اثر اصلی ستون آبشویی، اثر متقابل نوع ماده آلی با مقدار با ماده آلی، اثر متقابل نوع ماده آلی با ستون آبشویی و اثر سه جانبه نوع ماده آلی، مقدار ماده آلی و ستون آبشویی بر روی هدایت الکتریکی (EC_e) زه‌آب در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه جانبه نوع ماده اصلاحی، مقدار ماده اصلاحی و ستون آبشویی بر روی EC_e زه‌آب (شکل ٦) نشان داد که بیشترین مقدار EC_eزه‌آب، در تیمار هومات پتاسیم ۱/۵٪ در دور اول آبشویی (EC_e=۱۱/٤) و کمترین مقدار آن در تیمارهای



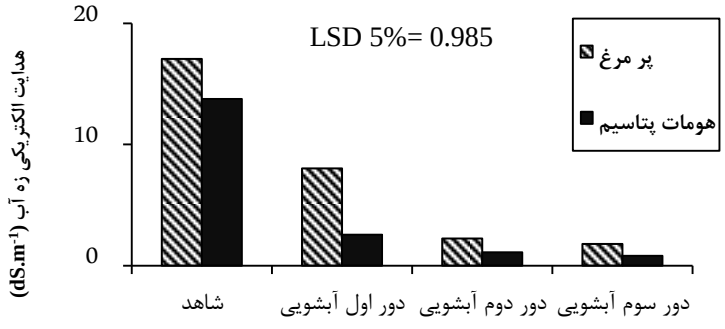
شکل ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل سه جانبه نوع ماده اصلاحی، مقدار ماده اصلاحی و ستون آبشویی بر pH خاک



شکل ٦. مقایسه میانگین اثر متقابل سه جانبه نوع ماده اصلاحی، مقدار ماده اصلاحی و ستون آبشویی بر EC_e زه آب

هومات پتاسیم و پر مرغ ۰/۷۵ و ۱/۵٪ در دور سوم آبشویی (به ترتیب ۰/٤۷و ۰/۷۵ برای هومات پتاسیم و ۱/۱۵ و ۱/۲۵ برای پرمرغ) بود. نتایج نشان دهنده آن بود که در همان دور اول آبشویی بسیاری از املاح خاک شسته شده و موجب افزایش مقدار EC_e زه‌آب شده است. نوع و مقدار ماده اصلاحی تأثیر زیادی بر روی کاهش EC_e نداشت.

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ٤)، اثر اصلی نوع ماده آلی، اثر اصلی ستون آبشویی و اثر متقابل نوع ماده آلی با ستون آبشویی بر روی هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (EC_e) در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین اثر دو جانبه نوع ماده اصلاحی و ستون آبشویی بر EC_e خاک (شکل ۷) نشان داد که بیشترین مقدار EC_e، در تیمار پرمرغ شاهد (بدون آبشویی) (EC_e=۱۷/۰۷dS.m^{-1}) و کمترین مقدار آن در تیمار هومات پتاسیم در دور دوم و سوم آبشویی (به ترتیب ۱/۱ و ۰/۸dS.m^{-1}) و تیمار پرمرغ در دور سوم آبشویی (EC_e=۱/۷۹dS.m^{-1}) دیده شد. نتایج نشانگر آن است که اصلاح‌گر هومات پتاسیم موجب کاهش EC_e خاک شده و این تأثیر با افزایش دور آبشویی بیشتر شده است. در تحقیقی حسن Hassan Tabarshobi et al. (2018) گزارش کردند که کربن آلی محلول (عصاره باگاس نیشکر، کود مرغی و کود گاوی) در مرحله انکوباسیون، موجب افزایش غلظت عناصر محلول، EC و کاهش pH خاک گردید، اما پس از آبشویی، EC و نسبت جذب سدیم خاک کاهش یافت. در مطالعه‌ای ایمان پرست و همکاران (۲۰۱۱) نیز نتیجه گرفتند که مصرف هومات پتاسیم و کراتین در خاک‌های شور و سدیمی باعث کاهش شوری می‌گردد؛ اما افزایش شوری خاک با مصرف لجن فاضلاب و پرمرغ توسط محققین گزارش شده است (Shirgir Moghaddam et al., 2013؛ Lakhdar et al., 2010). در تحقیقی Imbufe et al. (2004) نیز نتیجه گرفتند که استفاده از هومات پتاسیم موجب افزایش شوری خاک در قسمت‌های سطح الارضی و کاهش شوری خاک در قسمت‌های تحت‌الارضی می‌گردد.

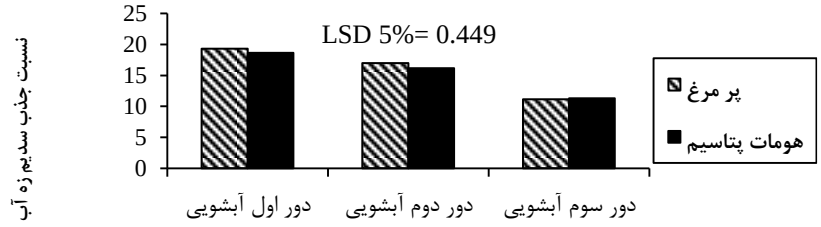


شکل ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل دوجانبه نوع ماده اصلاحی و ستون آبشویی بر EC_e خاک

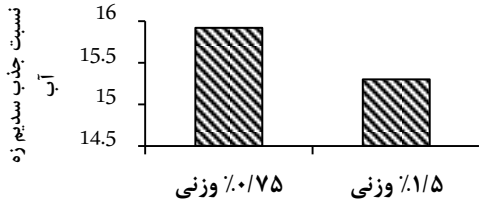
نتایج نسبت جذب سدیم در زه‌آب و خاک

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۵)، اثر اصلی نوع ماده آلی، اثر اصلی مقدار ماده آلی، اثر اصلی ستون آبشویی و اثر متقابل نوع ماده آلی با ستون آبشویی بر روی نسبت جذب سدیم (SAR) در زه‌آب در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نوع ماده اصلاحی و ستون آبشویی (شکل ۸) نشان داد که بیشترین مقدار SAR زه‌آب در تیمار پرمرغ در دور اول آبشویی (SAR=۱۹/۳۵) و کمترین مقدار آن در تیمارهای پرمرغ و هومات پتاسیم در دور سوم آبشویی (به ترتیب ۱۱/۱۳ و ۱۱/۳۱) بود. پرمرغ تأثیر بیشتری بر آبشویی املاح و جایگزین شدن یون‌های سدیم گذاشته در نتیجه میزان SAR زه‌آب را افزایش داده است. این تأثیر در دور اول آبشویی بیشتر از دورهای بعدی آبشویی بوده است. همان‌طور که شکل ۹ نشان می‌دهد سطح ۰/۷۵٪ مقدار ماده آلی تأثیر بیشتری بر افزایش SAR زه‌آب نسبت به سطح ۱/۵٪ داشت.

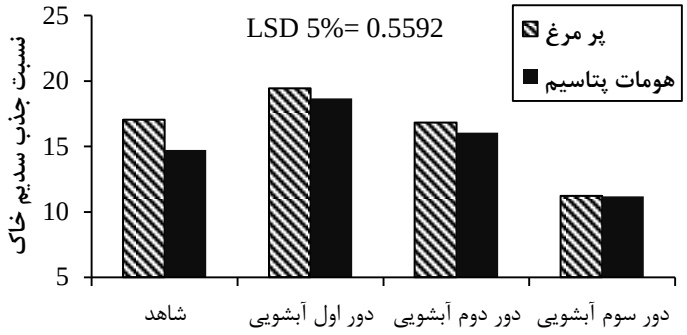
بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ٤)، اثر اصلی نوع ماده آلی، اثر اصلی مقدار ماده آلی، اثر اصلی ستون آبشویی، اثر متقابل نوع ماده آلی با ستون آبشویی و اثر متقابل مقدار ماده آلی با ستون آبشویی بر روی نسبت جذب سدیم (SAR) در خاک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر متقابل نوع ماده اصلاحی و ستون آبشویی (شکل ۱۰) و اثر متقابل مقدار ماده اصلاحی و ستون آبشویی (شکل ۱۱) نشان داد که بیشترین مقدار SAR در تیمار ۰/۷۵٪ ماده اصلاحی پرمرغ در دور اول آبشویی (SAR=۱۹/۳٤) و کمترین مقدار آن در تیمارهای ۰/۷۵ و ۱/۵٪ در دور سوم آبشویی (به ترتیب ۱۱/۳۱ و ۱۱/۱) بود. نتایج نشان دهنده تأثیر سطوح بالای آبشویی بر کاهش SAR خاک در هر دو اصلاح‌گر پرمرغ و هومات پتاسیم است. که به علت تأثیر این مواد بر افزایش کلسیم، منیزیم و پتاسیم و کاهش سدیم، در نتیجه کاهش SAR می‌باشد. کاهش SAR خاک با افزودن بقایای آلی، هومات پتاسیم و ورمی‌کمپوست توسط محققین گزارش شده است (Yan et al., 2001; Heydarzadeh et al., 2013). در مطالعه‌ای شیرگیر مقدم و همکاران (۱۳۹۲) نیز نشان دادند که در خاک سنگین بافت، تیمارهای کراتین و پرمرغ اثر کاهنده بر SAR داشت، اما در خاک سبک بافت، تأثیر معنی‌داری ایجاد نکرد. در مطالعه‌ای ایمان پرست و همکاران نیز نتیجه گرفتند که تأثیر هومات پتاسیم و کراتین در کاهش SAR چندان اختلافی با یکدیگر نداشته و بیشترین کاهش در اثر متقابل این دو تیمار مشاهده گردید. (Imanparast et al., 2011)



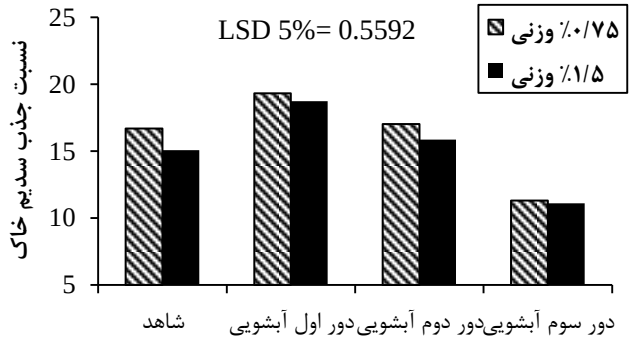
شکل ۸. مقایسه میانگین اثر متقابل دوجانبه نوع ماده اصلاحی همراه با ستون آبشویی بر SAR زه آب



شکل ۹. اثر اصلی مقدار ماده اصلاحی بر SAR زه آب



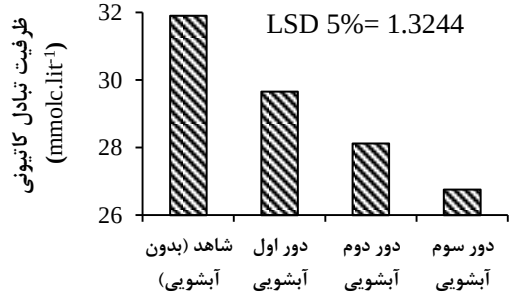
شکل ۱۰. مقایسه میانگین اثر متقابل نوع ماده اصلاحی و ستون آبشویی بر SAR خاک



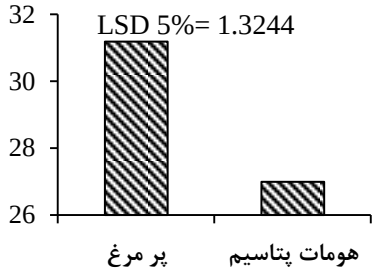
شکل ۱۱. مقایسه میانگین اثر متقابل مقدار ماده اصلاحی و ستون آبشویی بر SAR خاک

نتایج ظرفیت تبادل کاتیونی خاک

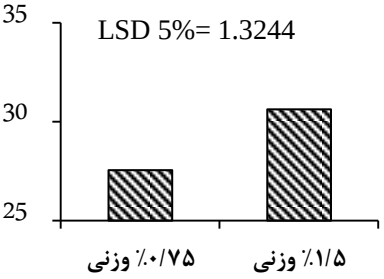
بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ٤)، اثر اصلی نوع ماده آلی، اثر اصلی مقدار ماده آلی، اثر اصلی ستون آبشویی بر روی ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) خاک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. نتایج جدول مقایسه میانگین اثر اصلی ستون آبشویی (شکل ۱۲) نشان داد که کمترین مقدار CEC در دور سوم آبشویی ($CEC=۲۶/۷۵\ cmol_c.kg^{-1}$) و بیشترین مقدار آن در ستون شاهد (بدون آبشویی) ($CEC=۳۱/۹\ cmol_c.kg^{-1}$) بود. به عبارتی با افزایش سطح آبشویی، CEC کاهش یافته است. یکی از دلایل تأثیر آبشویی بر کاهش CEC، به علت شسته شدن ذرات رس و مواد آلی طی فرآیند آبشویی است. همچنین مشاهده گردید که تیمار پرمرغ ۱/۵٪ دارای بیشترین میزان CEC ($CEC=۳۱/۲\ cmol_c.kg^{-1}$) می‌باشد. در مطالعه‌ای ایمان پرست و همکاران نتیجه گرفتند افزایش هومات پتاسیم به خاک باعث افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک می‌گردد. آنها همچنین نتیجه گرفتند که کراتین در اثر تجزیه شدن، کاتیون‌های آزاد تولید کرده و آنیون‌های خاک را به خود جذب می‌کند و ظرفیت تبادلی خاک را افزایش می‌دهد و با توجه به این‌که کراتین از اجزای تشکیل دهنده‌ی پرمرغ می‌باشد با نتایج این تحقیق که نشان دهنده بیشترین میزان CEC در تیمار پرمرغ می‌باشد هم‌خوانی دارد (Imanparast et al., 2011). در تحقیقی شوجراه و همکارن نیز نتیجه گرفتند که با افزودن هومات پتاسیم به خاک، مقدار CEC افزایش می‌یابد. (Shujrah et al., 2010)



شکل ۱۲. مقایسه میانگین اثر اصلی ستون آبشویی بر CEC خاک



شکل ۱۳. اثر اصلی نوع ماده اصلاحی بر CEC خاک



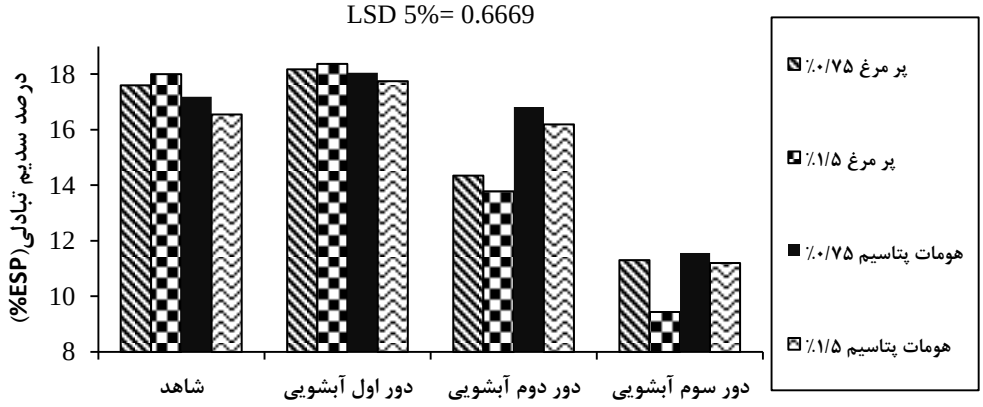
شکل ١٤. اثر اصلی مقدار ماده اصلاحی بر CEC خاک

نتایج درصد سدیم تبادلی خاک

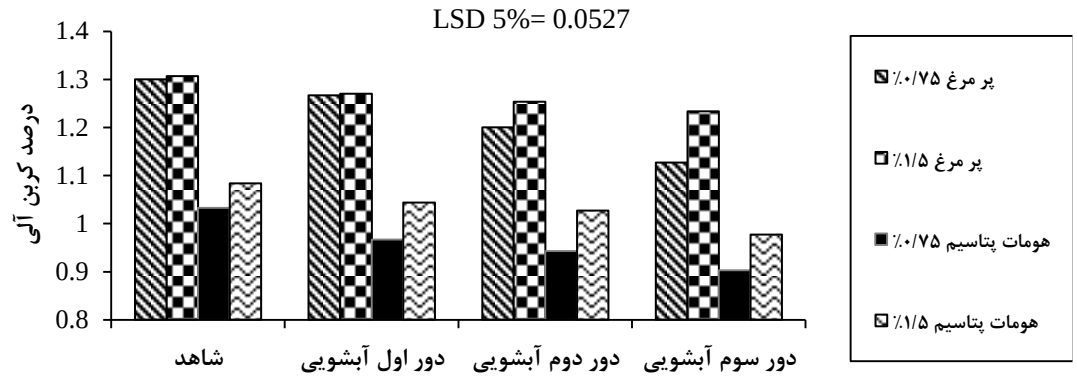
بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ٤)، اثر اصلی نوع ماده آلی، اثر اصلی مقدار ماده آلی، اثر اصلی ستون آبشویی، اثر متقابل نوع ماده آلی با ستون آبشویی و اثر سه جانبه نوع و مقدار ماده آلی و ستون آبشویی بر روی درصد سدیم تبادلی (ESP) خاک در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل مقدار ماده آلی با ستون آبشویی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه جانبه نوع ماده اصلاحی، مقدار ماده اصلاحی و ستون آبشویی (شکل ۱۵) نشان داد که بیشترین مقدار ESP در تیمار پرمرغ ۱/۵٪ در ستون شاهد (بدون آبشویی) (ESP=%۱۸) و تیمارهای پرمرغ و هومات پتاسیم ۰/۷۵ و ۱/۵٪ در دور اول آبشویی (به ترتیب ۱۸/۱۷% و ۱۸/۳۷% برای پرمرغ و ۱۸/۰۵٪ و ۱۷/۷٤% برای هومات پتاسیم) و کمترین مقدار آن در تیمار پر مرغ ۱/۵٪ در دور سوم آبشویی (ESP=%۱۳/۷۹) بود. نتایج نشان دهنده تأثیر سطوح بالای آبشویی بر روی کاهش مقدار ESP خاک در اصلاح‌گر پرمرغ می‌باشد. ایمان پرست و همکاران (۱۳۹۰) نیز کاهش ESP خاک را در اثر اضافه کردن هومات پتاسیم و کراتین گزارش نمودند. در مطالعه‌ای Mbah and Onweremadu (2009) نتیجه گرفتند که افزودن اصلاح‌گرهای آلی و غیر آلی به خاک، موجب بهبود خاک و کاهش درصد سدیم تبادلی می‌گردد.

نتایج میزان کربن آلی خاک

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ٤)، اثر اصلی نوع ماده آلی، اثر اصلی مقدار ماده آلی، اثر اصلی ستون آبشویی، اثر متقابل مقدار ماده آلی با ستون آبشویی و اثر سه جانبه بر روی درصد کربن آلی (OC) خاک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین اثر سه جانبه نوع ماده اصلاحی، مقدار ماده اصلاحی و



شکل ۱۵. اثر متقابل سه جانبه نوع ماده اصلاحی، مقدار ماده اصلاحی و ستون آبشویی بر درصد سدیم تبادلی

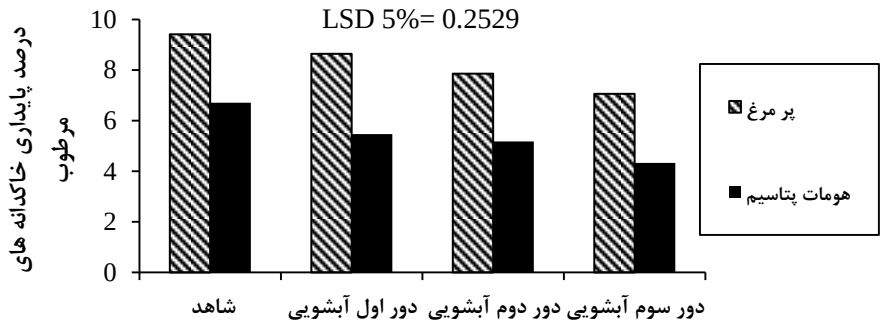


شکل ١٦. اثر متقابل سه جانبه نوع ماده اصلاحی، مقدار ماده اصلاحی و ستون آبشویی بر درصد کربن آلی

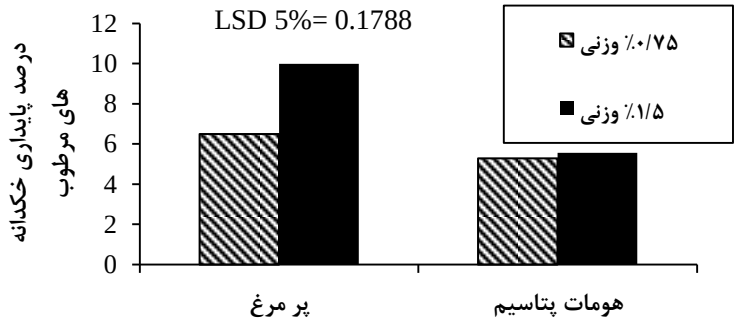
ستون آبشویی (شکل ١٦) نشان داد که کمترین مقدار OC٪) در تیمار هومات پتاسیم ۰/۷۵٪ در دور دوم و سوم آبشویی (به ترتیب ۰/۹٤ و ۰/۹ درصد) و بیشترین مقدار آن در تیمارهای پرمرغ ۰/۷۵ و ۱/۵٪ در ستون شاهد (بدون آبشویی) (۱/۳ درصد) و دور اول آبشویی (۱/۲۷ درصد) بود. در واقع افزایش سطح آبشویی در تیمارهای حاوی هومات پتاسیم باعث شسته شدن این اصلاح‌گر و کاهش درصد کربن آلی در خاک شده است، اما پرمرغ با خاصیت چسبندگی خود مقاوم در برابر آبشویی می‌باشد؛ اما با توجه به اینکه ایمان پرست و همکاران و همچنین حیدر زاده و همکارن در تحقیقات خود نتیجه گرفتند که افزایش هومات پتاسیم، موجب افزایش کربن آلی خاک می‌گردد، این نکته می‌تواند مؤید تأثیر آبشویی در تحقیق حاضر بر کاهش درصد کربن آلی در اصلاح‌گر هومات پتاسیم باشد که در صورت عدم آبشویی هومات پتاسیم نیز ممکن بود باعث افزایش کربن آلی خاک شود. (Heydarzadeh et al., 2013; Imanparast et al., 2011) همچنین ایمان پرست و همکاران نتیجه گرفتند کراتین (که یکی از مواد تشکیل دهنده پرمرغ می‌باشد) موجب افزایش کربن آلی خاک گردید که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. محققین دیگر افزایش کربن آلی خاک با افزودن اصلاح‌گرهای آلی، گزارش نموده‌اند (Melero et al., 2007; Shujra et al., 2010).

نتایج پایداری خاکدانه‌های مرطوب خاک

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول٤)، اثر اصلی نوع ماده آلی، اثر اصلی مقدار ماده آلی، اثر اصلی ستون آبشویی، اثر متقابل نوع ماده آلی با ستون آبشویی و اثر متقابل نوع ماده آلی با مقدار ماده آلی بر روی درصد پایداری خاکدانه‌های مرطوب (WAS) خاک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نوع ماده اصلاحی و ستون آبشویی بر روی WAS خاک (شکل ۱۷) نشان داد که کمترین مقدار WAS مربوط به تیمار هومات پتاسیم در دور سوم آبشویی (٤/۳۳ درصد) و بیشترین مقدار آن در تیمار پرمرغ شاهد (بدون آبشویی) (۹/٤۲ درصد) است. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نوع ماده اصلاحی و مقدار ماده اصلاحی بر روی WAS خاک (شکل ۱۸) نشان داد که کمترین مقدار WAS در تیمار هومات پتاسیم ۰/۷۵٪ (۵/۳ درصد) و بیشترین مقدار آن در تیمار پرمرغ ۱/۵٪ (۱۰ درصد) بود. پرمرغ در سطح بالاتر (۱/۵ درصد) تأثیر قابل توجهی بر افزایش پایداری خاکدانه‌های مرطوب داشت. افزودن مواد آلی باعث افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها و پایداری خاکدانه‌های مرطوب می‌گردد. افزایش پایداری خاکدانه-های مرطوب با افزودن مواد آلی، توسط دیگر محققین گزارش شده است (Barzegar et al., 2002; Akhtar et al., 2003; Imanparast et al. 2011).



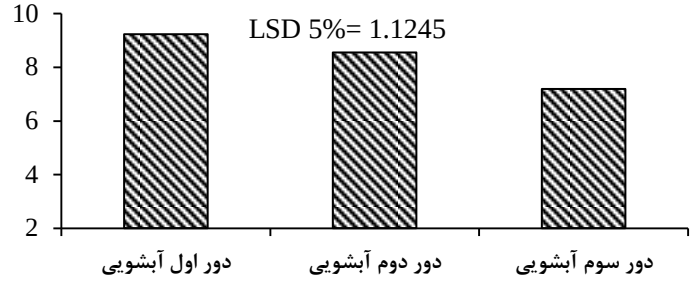
شکل ۱۷. مقایسه میانگین اثر متقابل نوع ماده اصلاحی و ستون آبشویی برWAS



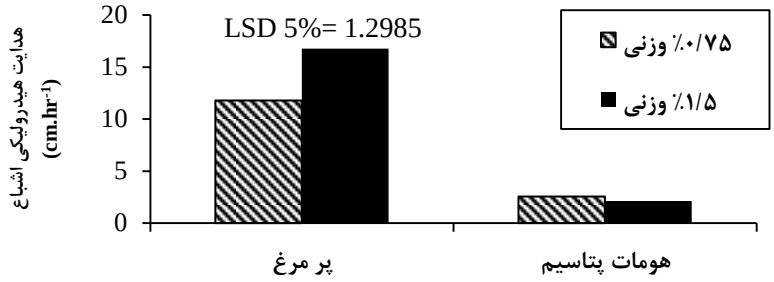
شکل ۱۸. مقایسه میانگین اثر متقابل نوع و مقدار ماده اصلاحی برWAS

نتایج هدایت هیدرولیکی اشباع خاک

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول۵)، اثر اصلی نوع ماده آلی، اثر اصلی مقدار ماده آلی، اثر اصلی ستون آبشویی، اثر متقابل نوع ماده آلی با مقدار ماده آلی بر روی هدایت هیدرولیکی اشباع (K_s) خاک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نوع ماده اصلاحی و مقدار ماده اصلاحی بر روی K_s خاک (شکل ۱۹) نشان داد که کمترین مقدار K_s در تیمارهای هومات‌پتاسیم ۰/۷۵ و ۱/۵٪ وزنی (به ترتب ۲/۵۵ و ۲/۱۱ سانتی‌متر بر ساعت) و بیشترین مقدار آن در تیمار پرمرغ ۱/۵٪ (۱۶/۷۸ سانتی‌متر بر ساعت) بود. نتایج نشان دهنده آن است که ماده اصلاحی هومات پتاسیم در مقدار بیشتر (۱/۵٪ وزنی) موجب کاهش K_s گردیده است. حیدر زاده و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیقی نشان دادند هومات پتاسیم به دلیل خاصیت چسبندگی که دارد با اتصال ذرات خاک و ایجاد منافذ ریز در خاک باعث کاهش هدایت هیدرولیکی و ورمی‌کمپوست به دلیل ایجاد منافذ درشت و کاهش تراکم خاک باعث افزایش هدایت هیدرولیکی می‌گردد. نتایج جدول مقایسه میانگین اثر اصلی ستون آبشویی بر روی K_s (شکل ۲۰) نشان داد که کمترین مقدار K_s در دور سوم آبشویی (۷/۲ سانتی‌متر بر ساعت) و بیشترین مقدار آن در دور اول آبشویی (۹/۲۲ سانتی‌متر بر ساعت) بود. به عبارت دیگر با افزایش سطوح آبشویی از دور دوم آبشویی به بعد (یا به عبارتی پس از آبشویی به میزان ۲ حجم منفذی) K_s کاهش یافت. این امر ممکن است به دلیل نشست خاک ستون‌ها و فشردگی و تخریب تدریجی ساختمان در اثر افزایش سطوح آبشویی در دور سوم آبشویی باشد. در پژوهشی، ذبیحی و همکاران افزایش K_s خاک را در اثر اضافه کردن ماده اصلاحی پلی‌آکریل آمید گزارش نمودند (Zabihi et al., 2013). افزایش K_s خاک در اثر آبیاری با پساب‌های حاصل از تصفیه فاضلاب‌های خانگی (Hassanoghli et al., 2005) و اضافه نمودن کود گاوی به خاک‌های لوم شنی (Safadoost et al., 2007) گزارش شده است.



شکل ۱۹. مقایسه میانگین اثر متقابل نوع ماده اصلاحی و مقدار ماده اصلاحی بر K_s خاک



شکل ۲۰. مقایسه میانگین اثر اصلی ستون آبشویی بر K_s خاک

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این تحقیق، تأثیر دو نوع ماده اصلاح‌گر هومات پتاسیم و پرمرغ در سطوح ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد وزنی همراه با آبشویی در بهبود برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های شور و سدیمی مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج اسیدیته، هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم در زه‌آب و خاک

نتایج نشان داد که با اضافه کردن ماده اصلاح‌گر هومات پتاسیم، به علت جایگزین شدن یون‌های سدیم خاک با یون‌های پتاسیم موجود در این ماده اصلاح‌گر، pH خاک کاهش و pH زه‌آب افزایش یافت. همچنین این اثر، با افزایش درصد وزنی ماده آلی و دور آبشویی، بیشتر بود. درخصوص تأثیر اصلاح‌گرها بر روی کاهش pH خاک، ماده اصلاحی هومات پتاسیم تأثیر کمتری نسبت به پرمرغ داشت. زیرا هومات پتاسیم با افزایش سطوح آبشویی شسته شده و در نتیجه کمتر می‌تواند خاصیت اسیدی خود را در خاک اعمال کرده و اسیدیته خاک را کاهش دهد؛ اما پرمرغ به دلیل دارا بودن کراتین خاصیت چسبندگی که دارد به ذرات خاک چسبیده و به‌آسانی شسته نمی‌شود. نتایج نشان دهنده آن بود که در همان دور اول آبشویی بسیاری از املاح خاک شسته شده و موجب افزایش مقدار EC_e زه‌آب شده است. نوع و مقدار ماده اصلاحی تأثیر زیادی بر روی کاهش EC_e زه‌آب نداشت. ماده اصلاح‌گر هومات پتاسیم موجب کاهش EC_e خاک شد و این تأثیر با افزایش دور آبشویی بیشتر بود.

همچنین نتایج حاکی از آن بود که هر چه مقدار ماده اصلاح‌گر بیشتر باشد، میزان SAR زه‌آب بیشتر است، زیرا با مصرف مواد اصلاح‌گر، میزان املاح موجود در خاک افزایش یافته که جایگزین سدیم شده و سدیم با آبشویی از خاک خارج گردیده و موجب افزایش SAR زه‌آب گردیده است. همچنین نتایج بیانگر آن بود که با افزایش دور آبشویی، میزان SAR خاک، در هر دو ماده اصلاح‌گر هومات پتاسیم و پرمرغ کاهش یافته است. سطح ۱/۵٪ مقدار ماده آلی تأثیر بیشتری بر کاهش SAR نسبت به سطح ۰/۷۵٪ در هر دو ماده اصلاح‌گر داشت. زیرا با افزایش مقدار ماده آلی، مقدار یون‌های کلسیم، منیزیم و پتاسیم افزایش و سدیم کاهش یافته، در نتیجه SAR کاهش یافت.

نتایج ظرفیت تبادل کاتیونی و درصد سدیم تبادلی خاک

نتایج نشان داد با افزایش سطح آبشویی، به علت شسته شدن ذرات رس و مواد آلی طی فرایند آبشویی، CEC خاک کاهش یافت. تیمار پرمرغ ۱/۵٪ دارای بیشترین میزان CEC (۳۱/۲ $cmol_c.kg^{-1}$) بود. کراتین موجود در پرمرغ در اثر تجزیه شدن، کاتیون‌های آزاد تولید کرده و آنیون‌های خاک را به خود جذب می‌کند و ظرفیت تبادلی خاک را افزایش می‌دهد. با افزایش مقدار ماده اصلاح‌گر نیز میزان CEC خاک افزایش یافت. نتایج حاکی از آن بود که با افزایش سطوح آبشویی و مقدار ماده اصلاح‌گر پرمرغ، مقدار ESP خاک کاهش یافت، به‌طوری‌که کمترین مقدار ESP خاک در تیمار پر مرغ ۱/۵٪ در دور سوم آبشویی (۱۳/۷۹٪) بود.

نتایج میزان کربن آلی خاک (OC٪)

در ماده اصلاح‌گر هومات پتاسیم، با افزایش سطح آبشویی با شسته شدن این اصلاح‌گر، درصد کربن آلی در خاک کاهش یافت؛ اما در ماده اصلاح‌گر پرمرغ، به علت دارا بودن کراتین و خاصیت چسبندگی، این ماده در برابر آبشویی مقاوم بوده، در نتیجه درصد کربن آلی خاک به‌طور معنی‌دار کاهش نیافت. افزایش کربن آلی خاک با افزودن پرمرغ نیز توسط محققین دیگر گزارش شده است.

نتایج پایداری خاکدانه‌های مرطوب خاک

پایداری خاکدانه‌های مرطوب خاک با افزایش مقدار ماده اصلاح‌گر پرمرغ، افزایش یافت. در واقع بیشترین مقدار WAS در تیمار پرمرغ ۱/۵٪ (۱۰ درصد) بود. پرمرغ، به علت دارا بودن کراتین و خاصیت چسبندگی، موجب به هم پیوستن ذرات خاک و تشکیل خاکدانه‌های پایدار در خاک می‌گردد.

نتایج هدایت هیدرولیکی اشباع خاک

نتایج نشان داد که هومات پتاسیم در مقدار بیشتر (۱/۵ درصد وزنی) موجب کاهش K_s گردیده است. با افزایش سطوح آبشویی از دور دوم آبشویی به بعد، K_s کاهش یافت. در واقع به دلیل نشست خاک ستون‌ها و فشردگی و تخریب تدریجی ساختمان در اثر افزایش سطوح آبشویی، K_s کاهش یافته است.

به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که اضافه کردن اصلاح‌گرها، موجب افزایش pH و SAR در زه‌آب و کاهش pH (از ۸/۲۴ به ۷/۳۹)، EC (از ۱۷/۰۷ به ۰/۸ $dS.m^{-1}$) و SAR (از ۱۹/۳۴ به ۱۱/۱ $((cmol_c.l^{-1})^{0.5}$) در خاک گردید. آبشویی، موجب افزایش pH و EC در زه‌آب و کاهش CEC، ESP در خاک و کاهش K_S با افزایش سطوح آبشویی از دور دوم آبشویی به بعد گردید. اصلاح-گر هومات پتاسیم، موجب کاهش OC، K_s و پر مرغ موجب افزایش CEC و WAS و کاهش ESP خاک گردید. در کل اصلاح‌گر پرمرغ (با درصد وزنی ۰/۷۵) همراه با آبشویی برای اصلاح خاک‌های شور و سدیمی پیشنهاد می‌گردد.

Reference:

Akhtar, J., Mahmood, K., Malik, K.A., Ahmed, S. and Murray, R. 2003. Ameli oration of a saline sodic soil through cultivation of a salt tolerant grass leptochloa fusca. Environ. Conserv., 30: 168-174.

Akram, M., Kazemzadeh, M., Waziri, ZH. and Homaee, M., 2006. Guide to the Application of Experimental and Theoretical Models of Salinity of Saline Soils. Scientific Journal of Iran Water Resources Management Organization. 1st Ed. No. 359. Pp:114. [In Persian]

Amer, M. M. and I. M. Hashem. 2018. Impact of some soil amendments on properties and productivity of salt affected soils at Kafr El-Sheikh Governorate. Egyptian Journal of Soil Science 58: 177–191.

Ammari, T.G., Tahboub, A.B., Saoub, H.M., Hattar, B.I. and Al-Zubi, Y.A. 2008. Salt removal efficiency as influenced byphyto-amelioration of salt-affected soils. J. Food Agri. Environ., 6: 456-460.

Barzegar, A.R., Yousefi, A. and Daryashenas, A. 2002. The effect of addition of different amounts and types of organic materials on soil physical properties and yield of wheat. Plant and Soil, 274: 295-301.

Bower, C.A.R., Reitemeier, F. and Fireman, M. 1952. Exchangeable-cation analysis of saline and alkali soils. Soil Sci., 73: 251-261.

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

Darcy, H. 1856. Les Fontaines Publiques de la Ville de Dijon [The Public Fountains of the City of Dijon]. Dalmont, Paris.

Dufey, J.E. and Delvauy, B. 1989. Modeling potassium-calcium exchange isotherms in soils. Soil Science society of American Journal. 53:1297-1299.

Emami, H., Astaraei, A.R., Mohajerpour, M., Farahbakhsh, A. 2012. The effect of modifiers on water retention at different suctions of a saline-sodium soil. Agricultural ecology, 4(2): 104-111. [In Persian]

Frouhar, M. 1999. Investigation of the Possibility of Using Iron Oxide Powder Wastes from Steel Scavenging Process as Iron Fertilizer. Master Thesis. Faculty of Agriculture. Isfahan University of Technology. [In Persian]

Ghanei Motlag, G.R., Pashaei Avval, A., Khormali F., Mosaedi A. 2010. Investigation of the Effect of Several Modifiers on the Chemical Properties of Aaline-Sodium Soil. Watershed Management Research (Research and Construction), 23(1): 24-31. [In Persian].

Gharaibeh, M.A., Eltaif, N.L. and Shra'ah, S.H. 2010. Reclamation of a calcareous saline-sodic soil using phosphoric acid and by product gypsum. Soil Use and Management, 26(2): 141-148.

Hassanoghli, A., Liaghat, A., Mirabzadeh, M. 2005. Investigation of Soil Saturated Hydraulic Conductivity Changes via Irrigation by Raw and Treated Domestic Wastewaters, Journal of Agricultural Sciences, 11(4): 99-108. [In Persian]

Hassan Tabarshobi, S., Sadeghzadeh, F., Bahmanyar, M.A., Jalili, B. 2018. Modification of Saline-Sodium Soil with Clay Texture by Dissolved Organic Carbon, Electronic Journal of Soil Management and Sustainable Production, 8(1): 159-174. [In Persian]

Heydarzadeh, F., Dalalian. M.R. Moghbeli, A.H. Sabbagh Taza, E. 2013. The Effect of Potassium Humate, Vermicompost and Freezing and Thawing processes on the Stability of Aggregates and some Soil Physical Characteristics. Master Thesis in Physics and Soil Conservation, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Tabriz Branch. Pp: 69. [In Persian].

Imanparast, L., Dalalain, M.R., Neyshabouri, M.R., Hasanpanah, D. 2011. The Effect of Potassium Humate and Creatine on the stability and modification of saline and sodic soils in the presence and absence of microorganisms, Master Thesis in Physics and Soil Conservation, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Tabriz Branch. Pp:73. [In Persian]

Imbufe, A.U., Patti, A.F., Burrow, D., Surapaneni, A., Jackson, W.R. and Milner, A.D. 2005. Effects of potassium humate on aggregate stability of two soils from Victoria, Australian. Geoderma, 125: 321-330.

Imbufe, A.U., Patti, A.F., Surapaneni, A. and Jackson, W.R. 2004. Effects of brown coal derived materials on pH and electrical conductivity of an acidic vineyard soil. http://www. Regional.org.au.

Kemper, W.D. and Rosenau, R.C. 1986. Size distribution of aggregates. In: Klute, A. (ed.). Method of soil Analysis. Part 1, 2nd (ed.). Agronomy Management. 9. ASA-SSSA, Madison. WI., Pp:985

Lakhdar A., Scelza, R., Scotti, R., Rao, M.A., Jedidi, N., Gianfreda, L. and Abdelly, C. 2010. The effect of compost and sewage sludge on Soil biologic activities in salt affected soil. R.C. Suelo. Nutr. Veg. 10(1): 40-47.

Li, H. and R. Keren. 2009. Calcareous sodic soil reclamation as affected by corn stalk application and incubation: A laboratory study. Pedosphere 19: 465-675.

Mbah, C.N. and Onweremadu, E.U. 2009. Effect of Organic and Mineral Fertilizer Inputs on Soil and Maize Grain Yield in an Acid Ultisol in Abakaliki-South Eastern Nigeria. America Eurasian J. Agron., 2(1): 7-12.

Melero, S., Madejon, E., Ruiz, J.C. and Herencia, J.F. 2007. Chemical and biochemical properties of clay soil under dry land agriculture system as affected by organic fertilization. Eur. J. Agron., 26: 327-334.

Miller, R.H. and Keeney, D.R. (Eds). 1986. Total carbone, organic carbone and organic metter. In:page A.L. et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemicaland and Microbiological Properties, No:9.ASA-SSSA, Madison. WI. Pp:1159.

Mostafazadeh-Fard, B., Heidarpour, M., Aghakhani, A., and Feizi, M. 2007. Effect of irrigation water salinlty and leaching on soil chemical properties in an arid region. Int. J. Agri. Biol., 9(3): 466-469.

Nouri, Z., Delavar, M.A., Safari, Y. 2021. Use of Biochar and Mineral Treatments to Modify the Chemical Properties of a Saline and Sodium Soil, Water and soil sciences (agricultural sciences and technologies and natural resources), 24(4): 21-36. [In Persian]

Polemio, M. and Rhoades, J.D. 1977. Determining cation exchange capacity: Anew procedure for Calcareous and Gypsiferous soils, Soil Science Society of American Journal 41:524-527.

Prapagar, K., Indraratne, S.P. and Premanandharajah, P. 2012. Effect of soil amendment on reclamation of saline-sodic soil. Tropical Agric. Res., 23(2): 168-176.

Richardes, L.A. (Editor). 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Agri Handbook. Do. 60.

Sadiq, M., G. Hassan, S. M. Mehdi, N. Hussain and M. Jamil. 2007. Amelioration of saline-sodic soils with tillage implements and sulfuric acid application. Pedosphere 17: 182-190.

Safadoost, A., Mosaddeghi, M.R., Mahboobi, A.A., Nouroozi, A. and Asadian, G. 2007. Effect of short-term tillage and manure on structural properties of soil. J. Sci. and Technol. Agric. and Natur. Resour., 41: 91-100.

Schoenau, J.J. 2006. Benefits of long-term application of manure. Advance in Pork Production, 17: 153-158.

Sebahattin, A. and Necdet, C. 2005. Effects of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield components of forage Turnip (Brassica rapa L.). Agronomy J., 4: 130-133.

Shirgir Moghaddam, B., Dalalian, M.R., Moghbeli, A.H., Zakeri. A. 2013 . The effect of Creatine and Chicken Feather on some Physical and Chemical Properties of Soil. Master Thesis in Physics and Soil Conservation, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Pp: 62. [In Persian]

Shujrah, A.A., Mohd, Kh.Y., Hussin, A., Othman, R. and Ahmed, O.H. 2010. Impact of potassium humate on selected chemical properties of an acidic soil. World Soil Science congress. 1-6 August. Australian, 9-12.

Sloan, D.R., Kidder, G. and Jacobs, R.D. 2003. Poultry manure as a fertilizer. University of Floria Journal. http://edis.ifas.ufl.edu

Tirandaz, S., Rezavardinejad, V., Asadzadeh F., Ahmadi H. 2019. Experimental study of modification of a saline-sodium soil using leaching columns. Soil Application Research, 6(4): 121-132. [In Persian]

Walkley, A. and Black, I. A. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci., 37: 29-37.

Yan, Yu., Yanju, C., Caihong, G., Jin, W. and Zhaohau, L. 2001. Effect of organic amendments on the salt-affected soil. (RSETE): International Conference. Torento, Canada. 24-26 June, 3132-3135.

Zabihi, F., Dalalian, M.R., Neyshabouri, M.R. 2013. Effect of Polyacrylamide, Pumice and Compost on some physical and chemical properties of a saline-sodium clay soil. Journal of Soil and Water Science. 23(3): 92-79. [In Persian]

Print ISSN: 2251-7480
Online ISSN: 2251-7400

Journal of
Water and Soil Resources Conservation (WSRCJ)

Website:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

Email:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

Vol. 11
No. 2
Winter 2022

Received:
2021-09-29

Accepted:
2021-12-18

Pages: 13-31

Laboratory Evaluation the Organic Amender's Effect on the Leaching Process of Saline- Sodic Soils

Mohammadreza Dalalian[1*], Fatemeh Zabihi[2] and Samira Sarbazrashid[3]

1) Assistance Professor, Department of Soil Sciences and Engineering, Agriculture and Natural Resources Faculty, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran
2) Ph.D Graduate, Department of Soil Sciences and Engineering, Agriculture and Natural Resources Faculty, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran
3) M.Sc. Graduate, Department of Soil Sciences and Engineering, Agriculture and Natural Resources Faculty, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran

*Corresponding author email: mdalalian@iaut.ac.ir

Abstract

Background and Aim: Soil salinity and alkalinity are one of the most important destructive soil processes, especially in arid and semi-arid regions. Sodium soils are faced with degradation of soil structure, reduction of permeability and speed of water movement in the soil, runoff increasing, decrease of land use, ventilation decreasing, and finally, decrease of crop yield. Many researches have been conducted based on physical, chemical, and biological methods to improve the saline and sodic soils, but the hybrid method is the most effective in the improvement of these soils. In this study, the effect of two organic amenders (Potassium Humate and Chicken Feather-CF) with leaching in improving some physical and chemical properties of saline and sodic soils has been investigated.

Method: In this research, a factorial experiment in a completely randomized design with 16 treatments and 3 replications was conducted. The first factor was the type of amender (Potassium Humate and Chicken Feather), the second factor was the amount of amender (0.75 and 1.5 Weight percentage) and the third factor was leaching levels (no leaching, 45, 90, and 135 days of incubation). After sampling from depth 0 to 30 cm and measuring some physical and chemical properties of the soil samples, the amenders are mixed with the soil and the soil moisture content was delivered to the field capacity (0.7-0.8 FC). Then the soil samples were poured into the columns. Soil columns were leached at three intervals of 1.5 months with the amount of one pore volume (P.V). At each leaching stage, the properties such as soil acidity (pH), electrical conductivity (EC_e) and sodium adsorption ratio (SAR) in drainage water (DW) and pH, EC, SAR, cation exchange capacity (CEC), exchangeable sodium percentage (ESP), wet aggregate stability (WAS), organic carbon (OC) and hydraulic saturation conductivity (K_s) were measured in soil columns. Statistical analyzes and the comparison of means were performed by LSD test and using SPSS17 software. The graphs were drawn with EXCEL software.

Results: The results showed that Potassium Humate reduced the pH of the soil and increased the pH of DW. This effect was more as the amender's weight and leaching increased. Also, Potassium Humate reduced the EC_e of soil and this effect was more as the leaching increased. The findings showed that the high amount of amenders led to the high SAR in DW. As the leaching stage increased, the SAR of soil decreased in both amenders. The 1.5% of amenders amount had more effect on the reduction of SAR than the level of 0.75% in both amenders. With increasing leaching, the CEC of soil decreased. The highest CEC (31.2 $cmolc.kg^{-1}$) was obtained in the CF with 1.5% of the amender's amount. When the number of amenders increased, the CEC of soil increased. Also, when the leaching and the amount of CF increased, the ESP of soil decreased.

The results showed that with increasing the leaching in Potassium Humate, the % OC of soil decreased. The WAS increased with increasing the amount of CF. The highest amount of WAS was in CF (1.5%). Potassium Humate in high amounts (1.5 %) reduced K_s. K_s decreased with increasing leaching from the second leaching stage onwards.

Conclusion: In general, it can be concluded that the addition of amenders increases the pH and SAR in the DW and decreases the pH (from 8.24 to 7.39), EC_e (from 17.07 to 0.8 $dS.m^{-1}$) and SAR (from 19.34 to 11.1 $(cmolc.l^{-1})^{0.5}$) in the soil. Leaching increased pH and EC_e in DW and decreased CEC, ESP in soil and decreased K_S by increasing leaching stages after the second leaching stage. Potassium Humate reduced OC%, K_S and Chicken Feather increased CEC and WAS and decreased ESP in soil. In general, Chicken Feather (with 0.75%) along with leaching is recommended to modify the saline and sodic soils.

Keywords: Chicken Feather, Drainage water, Potassium Humate, Soil physical and chemical properties

10.30495/WSRCJ.2021.19210