تاثیر آبشویی با شرایط مختلف بر کیفیت زه‌آب خروجی از ستون‌های خاک شور و آهکی

محدثه حسینی‌نیا[۱]، فرزاد حسن‌پور[۲]، هرمزد نقوی[۳]، فریبرز عباسی[۴]، شهریار باستانی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۱/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۳/۱۲

چکیده

شوری خاک یکی از مهم‌ترین عواملی است که باعث کاهش چشم‌گیر بهره‌وری محصول در باغات پسته در استان کرمان شده است. در این پژوهش، با استفاده از ستون‌های خاک آزمایشگاهی، تاثیر استفاده از مواد اصلاح‌کننده مختلف بر احیای یک خاک شور آهکی بررسی شد. تیمارها شامل: الف) آب آبیاری، ب) آب آبیاری+ گچ مخلوط شده با خاک سطحی و ج) گچ محلول در آب و همچنین ج) اسید سولفوریک رقیق شده بود. آبشویی خاک بصورت متناوب و تا ۲ برابر حجم منفذی ستون خاک (PVs) انجام شد. بر اساس نتایج، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف در میزان کاتیون‌ها و EC زهاب خروجی از ستون‌های خاک مشاهده نشد. کاربرد ۱/۵ حجم منفذی از آب آبیاری منجر به آبشویی ۶۰ درصد سدیم، ۷۰ درصد منیزیم و ۷۰ درصد از کل نمک های محلول از ستون خاک گردید. میزان کلسیم خارج شده از خاک بسیار اندک بوده و تنها ۴ درصد از کل کلسیم تجمع یافته از خاک توسط ۲ حجم منفذی از آب آبیاری از ستون خاک خارج شد. در مقایسه با تیمار آب آبیاری، استفاده از مواد شیمیایی اصلاح کننده در بهبود سرعت نفوذ نیز موثر نبود. بنابراین، در کاربردهای عملی، با توجه به میزان آب مورد نیاز برای خروج املاح از ۱ تا ۱/۵ حجم منفذی، و با درنظر گرفتن کاهش موثر میزان سدیم، منیزیم، EC و هزینه‌های اصلاح و آبشویی، می‌توان کاربرد ۱ حجم منفذی از آب آبیاری را بعنوان استراتژی مناسب برای اصلاح خاک مورد مطالعه توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: آب آبیاری، اسیدسولفوریک، زه آب، گچ، گچ محلول.

[۱] دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران_ کرمان، خیابان میرزاآقاخان. ۰۹۱۳۱۹۵۹۹۴۳، m.hosseinynia@uoz.ac.ir (مسئول مکاتبه)
[۲] دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران، ۰۹۱۵۱۴۴۴۴۷۴، hassanpourir@uoz.ac.ir
[۳] استادیار پژوهشی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، کرمان، ایران، ۰۹۱۳۳۴۱۶۲۹۸، naghavii@yahoo.com
[۴] استاد پژوهشی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، ۰۹۱۲۵۶۰۳۴۳۸، fariborzabbasi@ymail.com
[۵] استادیار پژوهشی، موسسه پژوهشی آب و توسعه پایدار فلات، کرمان، ایران، ۰۹۱۳۴۴۱۵۵۳۴، bastani1958@gmail.com

مقدمه

شوری یکی از عوامل بسیار مخرب زیست محیطی است که بر میزان بهره‌وری محصولات کشاورزی اثر محدودکننده دارد. سالانه هزینه خسارات ناشی از شوری به بخش کشاورزی به‌طور محافظه‌کارانه حدود ۱۲ میلیارد دلار تخمین زده شده است (Ghassemi et al., 1995). در ایران نیز تقریباً نیمی از کل اراضی قابل کشت متأثر از درصدهای مختلف شوری بوده که تأثیر عمده‌ای بر میزان عملکرد در واحد سطح گذاشته است. این مسئله سالانه منجر به کاهش بیش از ۱ میلیارد دلار درآمد اقتصادی شده است (Qadir et al., 2008).

پسته یکی از مهم‌ترین محصولات باغی کشور است که مسائل مربوط به شوری آب و خاک شدیداً بر تولید این محصول اثر منفی داشته است. در مطالعه انجام شده توسط Ferguson et al. (2010) حد آستانه تحمل شوری برای درخت پسته ۴ دسی زیمنس بر متر گزارش شده است که به ازای هر یک واحد افزایش شوری خاک از حد آستانه، میزان عملکرد ۸/۴ درصد کاهش می‌یابد.

استان کرمان با در اختیار داشتن ۶۶ درصد سطح بارور پسته، مرکز اصلی تولید پسته در ایران می‌باشد. این در حالی است که در سال‌های اخیر، خشکسالی‌ها، مسائل مربوط به بحران آب همراه با برداشت بی‌رویه آب از سفره‌های ذخیره زیرزمینی منجر به کاهش کمی و کیفی منابع آب‌های کشاورزی و شور شدن خاک و متعاقبا کاهش عملکرد بسیاری از باغ‌های پسته در این استان شده است (Nooghi and Mozafari 2012; Mahmoodabadiet al., 2013).

این در حالی است که افزایش عملکرد محصول در خاک‌های شور با کاربرد روش‌های مناسب آبشویی و اصلاح خاک امکان‌پذیر می‌باشد (Prapagar et al., 2012). بر این اساس، در بسیاری از پژوهش‌ها (Reeve et al., 1957; Van der Molen 1956; Hoffman 1980; Abrol et al., 1988) به کاربرد اعماق متفاوت از آب جهت آبشویی املاح محلول از خاک اشاره شده است که این میزان آب متناسب با درجه شوری خاک، خصوصیات و عمقی از خاک که نیاز به اصلاح دارد، تعیین می‌گردد.

از سوی دیگر در برخی خاک‌ها آبشویی بدون کاربرد مواد اصلاح‌کننده منجر به سدیمی شدن خاک شده و متعاقباً ساختار خاک تخریب می‌گردد (Khosla et al., 1979). برای اصلاح این خاک‌ها باید همزمان املاح کلسیم جایگزین سدیم تبادلی شده و سدیم جایگزین شده با آبشویی از ناحیه ریشه و نیم‌رخ خاک خارج شود.

در اغلب نقاط جهان گچ و اسیدسولفوریک (Overstreet et al. 1951; Chand et al. 1977; Prather et al. 1978; Miyamoto and Stroehlein, 1986; Mace and Amrhein 2001; Amezketa et al., 2005; Mahmoodabadiet al., 2013) بعنوان دو ماده اصلاح کننده رایج برای اصلاح خاک می‌باشند. گچ دارای حلالیت متوسط بوده و به دلیل قیمت کم و قابل دسترس بودن، به‌طور گسترده استفاده می‌شود (Gharaibeh et al., 2009). در استان کرمان نیز گچ معمولاً به‌صورت پودری و از معادن متعدد در منطقه قابل تهیه می‌باشد. پس از کاربرد گچ، کلسیم موجود در آن به‌تدریج رها شده و به مجموع کاتیون‌های خاک اضافه می‌شود. استفاده از مواد اصلاح‌کننده اسیدی مانند اسیدسولفوریک نیز می‌تواند برای تسریع حلالیت آهک و اصلاح خاک‌های آهکی مؤثر باشد. در این خاک‌ها کربنات کلسیم به آرامی حل شده و کلسیم را برای فرایند اصلاح این خاک‌ها عرضه می‌کند (Oster et al., 1996).

بنابراین، از آنجاییکه بیشتر منابع آب در دسترس برای آبیاری، شور و دارای کیفیت نامناسب هستند، این احتمال وجود دارد که در آینده مشکلات شوری و سدیمی شدن باغات پسته کرمان افزایش یابد. این در حالی است که تاکنون مطالعات اندکی در خصوص نحوه اصلاح و آبشویی این خاک‌ها صورت گرفته است. ازاین‌رو، در این پژوهش با مطالعه کیفیت زهاب خروجی از ستون‌های خاک جمع آوری شده از یک باغ پسته در شهر کرمان، تأثیر اصلاح‌کننده‌های گچ پودری، گچ محلول در آب، اسیدسولفوریک رقیق شده

و آب آبیاری مزرعه بر اصلاح خاک شور و آهکی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

خاک مورد مطالعه

برای انجام آزمایش‌های آبشویی از خاک یک باغ پسته واقع در منطقه فتح‌آباد در حومه شهر کرمان نمونه‌برداری شد. پروفیل‌هایی به عمق ۱۲۰ سانتی‌متر حفر گردید و تا عمق ۱۰۰ سانتی‌متری به صورت لایه های ۰-۲۰، ۲۰-۴۰، ۴۰-۶۰، ۶۰-۸۰ و ۸۰-۱۰۰ سانتی‌متر، نمونه‌برداری شد. نمونه خاک مربوط به هر لایه به صورت مجزا به آزمایشگاه منتقل گردید و سپس در معرض هوا خشک و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ نشان داده شده است. بافت خاک به روش هیدرومتری، جرم مخصوص ظاهری به روش کلوخه و پارافین و رطوبت در تنش‌های ۰/۰۳۳ و ۱/۵ مگاپاسکال با استفاده از دستگاه صفحات فشاری تعیین شد. pH و EC خاک بترتیب در گل و عصاره اشباع، میزان کلیسم و منیزیم نیز با استفاده از روش تیتراسیون و سدیم با استفاده از دستگاه فلیم فوتومتر تعیین گردید.

جدول (۱): برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

خصوصیات خاک	واحد	مقدار
رس	%	۱۶/۴
سیلت	%	۳۲/۸
شن	%	۵۰/۸
چگالی ظاهری	$g\ cm^{-3}$	۱/۵۸
FC	%	۳۸
PWP	%	۴/۹
EC	$dS\ m^{-1}$	۱۰
pH	-	۷/۶۵
Na^{+}	$mg\ kg^{-1}$	۱۴۳۵
Ca^{+2}	$mg\ kg^{-1}$	۶۲۷۰
Mg^{+2}	$mg\ kg^{-1}$	۷۳۵
SAR	-	۲/۳
آهک	%	۲۰/۸۵
گچ	%	۲/۸۸

مطابق با اندازه‌گیری‌های انجام شده (جدول ۱) خاک مورد مطالعه در این تحقیق شنی لومی بوده که با توجه به مقدار درجه شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و مقدار ۲۰/۸۵ درصد آهک، شور و آهکی می‌باشد. از سوی دیگر با توجه به حد آستانه تحمل شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر برای درخت پسته، این میزان شوری بر کاهش عملکرد محصول نقش بسزایی داشته است.

تهیه ستون‌های آزمایشگاهی

در تهیه ستون‌های آزمایشگاهی، از استوانه‌های پلی‌اتیلن (PVC) با قطر ۱۶ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۳۰ سانتی‌متر استفاده شد. سلیندرها از بالا باز بوده و از پایین برای تسهیل در خروج زه‌آب و جلوگیری از عبور ذرات خاک، با صفحات سوراخدار پلی‌اتیلن و فیلتر بسته شدند. برای اندازه‌گیری سرعت نفوذ در بدنه خارجی سیلندرها و در ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متری از انتهای سلیندر پیزومتر نصب گردید، سپس سیلندرها تا عمق ۱۰۰ سانتی‌متری به فواصل لایه‌های ۲۰ سانتی‌متر متناسب با لایه‌های خاک در مزرعه پر شد. در هر لایه، خاک در مقادیر بسیار کم اضافه شد و سپس متناسب با چگالی ظاهری خاک مزرعه با ضربه های یکنواخت کوبیده شد. ستون‌های پر شده از خاک به صورت عمودی بر روی پایه ای فلزی قرار داده شدند و از سطل در زیر هر ستون برای جمع آوری زه‌آب استفاده شد. در فواصل زمانی بین مراحل آبشویی، برای جلوگیری از تبخیر آب از سطح خاک، دهانه ستون‌های خاک با نایلون پلاستیکی مسدود شد و از قیف برای کاهش تبخیر از دهانه سطل‌های جمع‌آوری زه‌آب استفاده شد.

آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی و در چهار تکرار انجام شد. تیمارها شامل:

۱- تیمار آب آبیاری (شاهد): آبشویی با استفاده از منبع آب موجود در مزرعه برای آبیاری و بدون کاربرد ماده اصلاح کننده؛

۲- تیمار گچ مخلوط با سطح خاک: گچ پودری (خلوص ۸۸/۳۸ درصد) به میزان ۲۹/۵۸ تن در هکتار که با ۱۰ سانتی‌متر خاک سطحی داخل سیلندرها کاملا مخلوط و سپس آبشویی با آب آبیاری مزرعه انجام شد؛

۳- تیمار گچ محلول در آب: همانند تیمار گچ پودری که قبل از کاربرد در آب آبیاری حل شده است؛

۴- تیمار اسیدسولفوریک رقیق شده: اسید سولفوریک با خلوص ۹۸ درصد به میزان ۱۷/۷۵ تن در هکتار که از ضرب میزان گچ در فاکتور ۰/۶ بدست آمد. این ضریب بیانگر مقدار اسیدسولفوریک معادل با ۱ تن گچ خالص است. قبل از انجام آبشویی اسیدسولفوریک با آب مخلوط شد و سپس برای آبشویی استفاده گردید.

انجام آزمایش‌های آبشویی

برای آبشویی ستون‌های خاک از آب آبیاری مزرعه استفاده شد زیرا این آب تنها منبع آب موجود برای انجام عملیات آبشویی بود. در جدول ۲ برخی ویژگی‌های شیمیایی آب مورد استفاده ذکر شده است. آبشویی خاک به صورت متناوب به میزان ۱۰۰ میلی‌متر در هر روز انجام شد؛ بگونه‌ای که در طول روز ۵ مرحله و در هر مرحله ۲۰ میلی‌متر آب یا محلول آب و گچ، و یا اسیدسولفوریک رقیق شده به ستون‌ها اضافه شد. بطور کلی مقدار ۱۲۵۰ میلی متر آب برای آبشویی ستون های خاک استفاده شد که با کسر ۳۸۰ میلی‌متر ارتفاع آب مورد نیاز برای رسیدن خاک به حالت ظرفیت مزرعه، معادل با ۲ حجم منفذی آب می‌باشد. این میزان آب بر مبنای نتایج بدست آمده از آزمایش‌های اولیه در قالب ستون‌های کوچک ۲۵ سانتی‌متری در شرایط آزمایشگاه تخمین زده شد.

جدول (۲): برخی خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده در آزمایش

خصوصیات آب	واحد	مقدار
EC	$dS\ m^{-1}$	۲/۵
pH	-	۷/۴۲
Na^{+}	$mg\ l^{-1}$	۳۱۷/۰۱
Ca^{+2}	$mg\ l^{-1}$	۱۱۱/۷
Mg^{+2}	$mg\ l^{-1}$	۸/۱
SAR	-	۷/۸
بیکربنات	$mg\ l^{-1}$	۳۴۹/۱۷
کربنات	$mg\ l^{-1}$	-

زهاب خروجی از ستون‌ها در چهار بازه زمانی مشخص در طول روز با استفاده از بطری‌های شیشه‌ای با درب پلاستیکی برای اندازه‌گیری EC، میزان کاتیون‌های کلسیم، منیزیم و سدیم جمع‌آوری شد. مقدار آب خارج شده از انتهای هر ستون نیز اندازه گیری و بر مبنای حجم آب محاسبه گردید.

تاثیر آبشویی بر میزان نفوذپذیری

بعد از اتمام آزمایش‌های اصلاح و آبشویی، تاثیر آبشویی و کاربرد مواد اصلاح کننده مختلف بر میزان نفوذپذیری خاک نیز مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به اینکه دوره آبیاری باغ هر ۴۰ روز یکبار می‌باشد. تست میزان نفوذپذیری خاک نیز بعد از ۴۰ روز از اتمام آزمایش‌های آبشویی انجام شد. بدین منظور مطابق با عمق آب کاربردی برای آبیاری باغ، ۲۰ سانتی‌متر آب بر سطح ستون‌های خاک ریخته شد و سطح آب در بازه‌های زمانی مشخص از طریق پیزومترهای متصل به دیواره سیلندرها قرائت گردید.

آنالیز داده‌ها

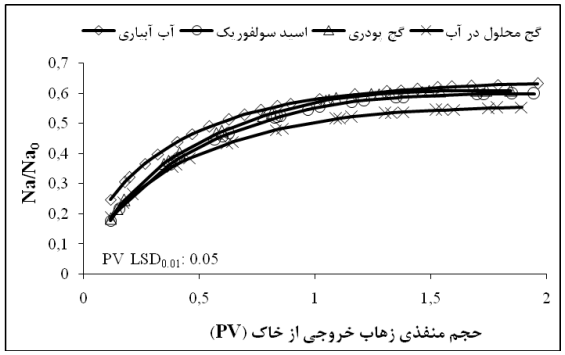
داده‌های بدست آمده در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SPSS20 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) بین تیمارها و پس از آن آزمون LSD برای مقایسه میانگین‌ها در سطح معنی‌داری یک درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تاثیر اصلاح کننده‌ها بر خروج سدیم

در شکل ۱ منحنی رخنه سدیم برای مواد اصلاح کننده مختلف و آب آبیاری به عنوان تیمار شاهد نشان داده شده است. برای هر چهار تیمار روند مشابهی در تغییرات نسبت سدیم خروجی (Na/Na_0) به حجم‌های منفذی متفاوت (PV) دیده شد. همچنین آنالیزهای آماری نشان داد که بین مواد اصلاح کننده مختلف و آب آبیاری در خروج نسبی سدیم از خاک تفاوت معنی‌داری وجود نداشت در حالیکه بین حجم‌های منفذی کمتر از ۱/۵ در تمام تیمارها تفاوت معنی‌دار بود. در تمام تیمارها، نسبت Na/Na_0 با افزایش حجم منفذی تدریجا افزایش یافته و به ازای حجم‌های منفذی بیشتر از ۱/۵، تغییرات تقریبا ثابت شده است. علیرغم خروج ۲ حجم منفذی آب آبشویی از ستون خاک، در تمام تیمارها حدود ۶۰ درصد سدیم اولیه در همان ابتدای آزمایش و به ازای حجم منفذی ۱ تا ۱/۵ از خاک خارج شده است (شکل ۱). Koo et al. (1990) بیان کردند که بیشترین میزان خروج سدیم از سه بافت خاک متفاوت لومی شنی، شنی لوم و سیلتی لوم بترتیب ۳۲، ۴۲ و ۶۳ درصد می‌باشد. لذا با توجه به بافت خاک منطقه مورد مطالعه، نتیجه بدست آمده از این تحقیق با نتایج بدست آمده توسط Koo et al. (1990) مطابقت دارد.

در مقایسه بین تیمارهای مختلف، بیشترین و کمترین میزان سدیم خروجی از خاک بترتیب به ازای تیمار آب آبیاری و گچ محلول در آب بدست آمد. بنابراین، استفاده از آب آبیاری بدون کاربرد مواد اصلاح کننده می‌تواند منجر به کاهش معنی‌دار سدیم خاک گردد. Mace and Amrhein (2001) و Mahmoodabadi et al. (2013) نیز نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند. در آزمایش آنها تاثیر مواداصلاح کننده مختلف چون اسیدسولفوریک، گچ، مواد آلی و آب بعنوان تیمار شاهد بر اصلاح یک خاک شور و آهکی مورد بررسی قرار گرفت.



شکل (۱) تاثیر اصلاح کننده‌های مختلف و حجم‌های متفاوت از آب آبشویی (PV) بر خروج نسبی سدیم از خاک (Na/Na_0).

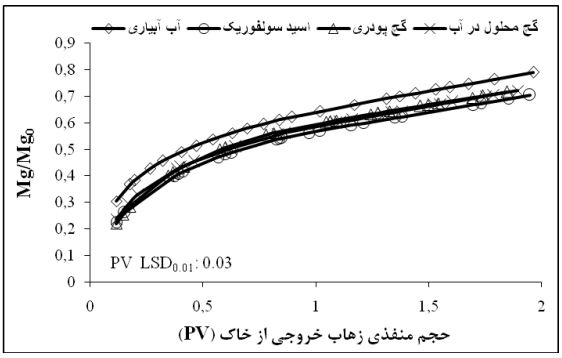
تاثیر اصلاح کننده‌ها بر خروج منیزیم و کلسیم

مشابه با نتایج بدست آمده از سدیم، مواد اصلاح کننده تاثیر معنی‌داری بر خروج کلسیم و منیزیم از خاک نداشتند. اما در مقایسه با میزان سدیم خروجی، با کاربرد حجم بیشتر آب مقدار کاتیون‌های دو ظرفیتی (Ca^{2+} و Mg^{2+}) بیشتری از خاک خارج شده و این تفاوت به ازای حجم‌های خروجی متفاوت همچنان معنی‌دار بود (شکل ۲ و ۳).

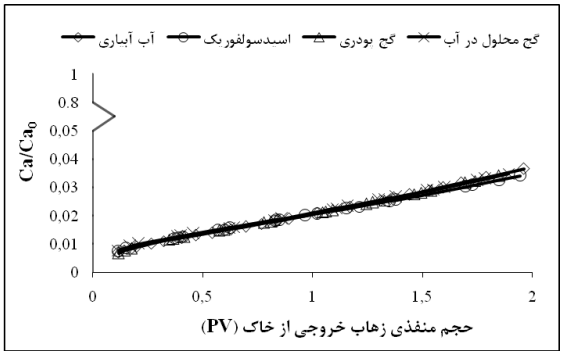
بر اساس داده‌های گزارش شده در شکل ۲، بیشترین میزان منیزیم به ازای تیمار آب آبیاری از خاک خارج شده است. با کاربرد ۱/۵ حجم منفذی آب آبشویی، حدود ۷۰ درصد از منیزیم موجود در خاک آبشویی شده که با ادامه روند آبشویی تا PV=۲ میزان منیزیم آبشویی شده ۱۰ درصد افزایش یافت. این نتایج با نتایج آزمایشگاهی ارایه شده توسط Mahmoodabadi et al. (2013) مطابقت داشت. وی عنوان کرد که در مقایسه بین تیمارهای گچ، اسیدسولفوریک و آب در آبشویی املاح محلول، کمترین میزان منیزیم مانده در خاک مربوط به تیمار آب بدون کاربرد مواد اصلاح کننده می‌باشد. منیزیم می‌تواند برای ثبات خاکدانه‌ها، سرعت نفوذپذیری (Keren, 1996) و برخی خصوصیات شیمیایی و بیولوژیک خاک مخرب باشد (Clark et al., 2007).

در مقایسه با میزان سدیم و منیزیم خروجی از خاک، میزان کلسیم تجمعی از خاک بسیار اندک بوده

و فقط ۴ درصد از کل کلسیم موجود در خاک تا حجم منفذی ۲ از خاک خارج شده است (شکل ۳). این مسئله ممکن است به دلیل جانشینی بیشتر کلسیم با سدیم تبادلی و آبشویی بیشتر سدیم از خاک در طی فرایند آبشویی باشد (شکل ۱). نتایج همچنین نشان داد که بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری در آبشویی کلسیم از خاک وجود ندارد و مواد اصلاح کننده تاثیری مشابه با آب آبیاری در خروج کلسیم از خاک داشته‌اند (شکل ۳). این نتیجه متفاوت از نتایج بدست آمده در اصلاح خاک‌های سدیمی آهکی می‌باشد. مطابق با نتایج تحقیقات انجام شده، در این خاک‌ها اسید سولفوریک بسیار موثرتر از گچ بوده است (Overstreet et al., 1951; Prather et al., 1978). این در حالی است که در مطالعات انجام شده توسط Chand et al. (1977) و Miyamoto and Stroehlein (1986) هیچ تفاوت معنی‌داری بین اسیدسولفوریک و گچ در آبشویی کلسیم از خاک گزارش نشده است.



شکل (۲): تاثیر اصلاح کننده‌های مختلف و حجم‌های متفاوت از آب آبشویی (PV) بر خروج نسبی منیزیم از خاک (Mg/Mg_0).



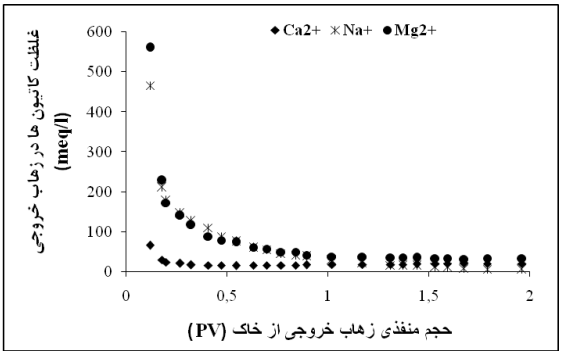
شکل (۳): تاثیر اصلاح‌کننده‌های مختلف و حجم‌های متفاوت از آب آبشویی (PV) بر خروج نسبی کلسیم از خاک (Ca/Ca_0).

خاک منطقه مورد مطالعه با ۲۰/۸۵ درصد آهک و مقادیر بالای کلسیم محلول (جدول ۱) حاوی مقدار زیاد کلسیم بوده که احتمالا به‌همراه آب آبیاری مورد استفاده قرار گرفته و با سدیم تبادلی جایگزین شده است. محققین بسیاری (Rhoades et al., 1968; Oster and Shainberg, 1979; Shainberg et al., 1982) دریافتند که خاک‌های آهکی پتانسیل بالایی در آزاد کردن مقادیر قابل ملاحظه‌ای کلسیم از کانی‌های اولیه و آهک موجود در خاک در حین فرایند آبشویی دارند تا با سدیم تبادلی جایگزین شود. در این حالت، آبشویی خاک بدون کاربرد مواد اصلاح‌کننده موثرترین روش خواهد بود. بر طبق مطالعات انجام شده توسط Amezketa et al. (2005) و Mahmoodabadi et al. (2013)، با اضافه کردن گچ و اسیدسولفوریک به خاک آهکی، تاثیر کاربرد مواد اصلاح کننده به دلیل اثر یون مشترک Ca^{2+} و غلظت بالای SO_4^{2-}، کاهش می‌یابد. لذا در این شرایط آبشویی بدون کاربرد مواد اصلاح کننده بدلیل سادگی و کم هزینه بودن توصیه می‌گردد.

تاثیر تیمارآب آبیاری بر آبشویی کاتیون‌ها

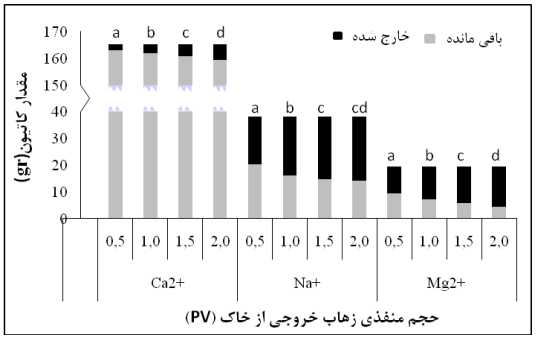
شکل ۴ غلظت کاتیون‌های موجود در زهاب خروجی را به ازای حجم‌های منفذی متفاوت از آب آبیاری نشان می‌دهد. مطابق با این شکل، بیشترین غلظت کاتیون خروجی مربوط به سدیم بوده بطوریکه بعد از کاربرد ۱/۵ حجم منفذی از آب آبیاری، غلظت

سدیم به ۱۱ میلی‌اکی‌والان در لیتر کاهش یافته است. در حالی‌که با کاربرد این حجم از آب، غلظت کاتیون‌های منیزیم و کلسیم بترتیب به ۳۲ و ۱۹ میلی‌اکی‌والان در لیتر رسیده و با ادامه فرایند آبشویی، مقدار خروج املاح از خاک بشدت کاهش یافت است.



شکل (۴): تاثیر کاربرد حجم‌های متفاوت آب آبشویی (PV) بر خروج کاتیون‌ها از خاک برای تیمار آب آبیاری

مقدار تجمعی کاتیون‌های خارج شده از انتهای ستون‌ها و باقی‌مانده در خاک (بر حسب گرم) بعد از کاربرد چهار حجم منفذی از آب آبشویی (۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲) در شکل ۵ نشان داده شده است. قبل و بعد از اجرای آبشویی کلسیم، کاتیون غالب در خاک بوده و با ادامه روند آبشویی مقدار خروج این کاتیون بسیار اندک و حدود ۴/۵ گرم بوده است. خروج کمتر کلسیم از خاک به ثبات و پایداری خاکدانه‌ها بعد از فرایند آبشویی کمک خواهد کرد. بعد از کلسیم، سدیم و سپس منیزیم کاتیون غالب در خاک بوده که فرایند آبشویی منجر به کاهش قابل ملاحظه‌ای در میزان خروج این کاتیون‌ها از خاک شده است. مقدار تجمعی سدیم آبشویی شده تا حجم منفذی یک، حدود ۲۲ گرم بوده که ادامه روند آبشویی بر میزان سدیم خروجی از خاک معنی‌داری نبود. این در حالی است که، تغییرات مقدار منیزیم خروجی از خاک در حجم‌های منفذی متفاوت همچنان معنی‌داری بوده و در حجم منفذی ۱، حدود ۱۳ گرم و برای حجم منفذی ۲، حدود ۱۵ گرم منیزیم از خاک خارج شده است. از سوی دیگر کاربرد بیشتر از یک حجم منفذی از آب آبشویی، با توجه به مسئله کمبود آب در منطقه و کارایی اندک در آبشویی املاح باقی‌مانده توصیه نمی‌گردد. زیرا افزایش میزان آب از ۱ به ۲ حجم منفذی، تنها ۱۵ درصد بر آبشویی منیزیم از خاک تاثیر گذاشته و بر آبشویی کلسیم و سدیم از خاک تاثیر اندکی داشته است. لذا بر طبق نتایج بدست آمده، خروج یک حجم منفذی از آب آبیاری می‌تواند برای کاهش کاتیون‌های مضر از خاک منطقه مورد مطالعه، موثر باشد.



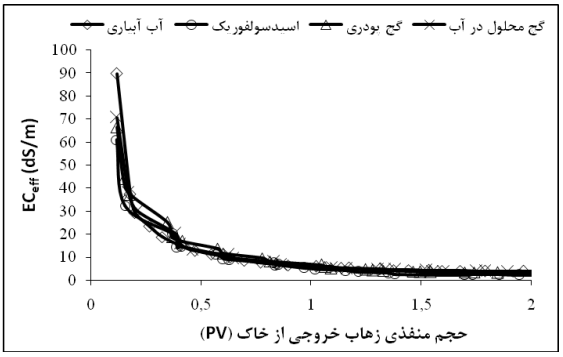
شکل (۵): مقدار تجمعی کاتیون‌های خارج شده از خاک و باقی مانده در خاک بعد از کاربرد چهار حجم منفذی از آب آبشویی.

تاثیر اصلاح‌کننده‌ها بر آبشویی نمک‌های محلول

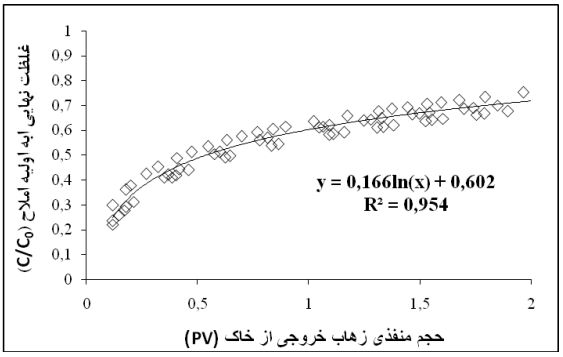
ارتباط بین هدایت الکتریکی زهاب خروجی از ستون‌های خاک (EC_{eff}) در حجم‌های منفذی متفاوت برای تیمارهای مختلف، در شکل ۶ نشان داده شده است. بیشترین میزان املاح در همان ابتدای آزمایش از خاک خارج شده و با ادامه روند آبشویی میزان خروج املاح تقریبا ثابت مانده است. این در حالی است که تیمارهای مختلف بر خروج املاح از خاک تاثیر معنی‌داری نداشته‌اند. با این وجود، تیمار آب آبیاری در مقایسه با تیمارهای گچ پودری، محلول در آب و اسیدسولفوریک رقیق شده، بیشترین میزان املاح محلول را از خاک خارج کرده است. بعد از کاربرد ۱/۵ حجم منفذی از آب آبشویی، میزان هدایت الکتریکی زهاب برای تیمار آب آبیاری از ۹۰ به ۴/۱ و برای سایر تیمارها از حدود ۷۰ به تقریبا ۳ دسی‌زیمنس بر متر، کاهش یافت. این مسئله ممکن است به دلیل خروج

بیشتر سدیم و منیزیم به ازای کاربرد تیمار آب آبیاری نسبت به سایر تیمارها باشد که به نوبه خود بر میزان هدایت الکتریکی زهاب نیز تاثیر گذاشته است.

برای تعیین میزان حجم آب موردنیاز برای آبشویی موثر املاح از خاک، نسبت غلظت نهایی املاح به غلظت اولیه املاح (C/C_0) بعنوان تابعی از حجم منفذی در شکل ۷ نشان داده شده است. تابع آبشویی خاک مورد مطالعه، تابع لگاریتمی با معادله [$C/C_0 = 0.66 \ln(PV) + 0.602$] بوده که با ضریب همبستگی بالای $R^2= 0.954$ بهترین برازش را با داده‌های بدست آمده داشت. بنابراین بر اساس شکل و یا معادله مستخرج، برای آبشویی ۶۵ درصد املاح از ۱۰۰ سانتی‌متر خاک به ۱ حجم منفذی آب نیاز می‌باشد و با ادامه روند آبشویی، درصد املاح خروجی از خاک بشدت کاهش می‌یابد. بنابراین، با توجه به مقدار آب موردنیاز برای آبشویی و مقدار باقی‌مانده املاح، ادامه روند آبشویی توصیه نمی‌گردد. Hendrikus Barnard et al. (2010) بیان کردند که در اهداف عملی با توجه به ماهیت پویای خاک، آبشویی ۱۰۰ درصد نمک‌های محلول از خاک ممکن نیست. این نتیجه با نتایج گزارش شده توسط بسیاری از محققین مشابه است. Hoffman (1980)، Reeve et al. (1957) و Abrol et al. (1988) عنوان کردند که برای حذف ۷۰-۸۰ درصد املاح از خاک، به عمق آبی معادل با عمق خاک نیاز می‌باشد. همچنین Van der Molen (1956) گزارش کرد که با کاربرد یک حجم منفذی آب آبشویی می‌توان ۵۰ درصد کلرید را از خاک خارج نمود.



شکل (۶): تاثیر تیمارهای مختلف بر هدایت الکتریکی زهاب خروجی از خاک (EC_{eff}) در حجم منفذی‌های متفاوت

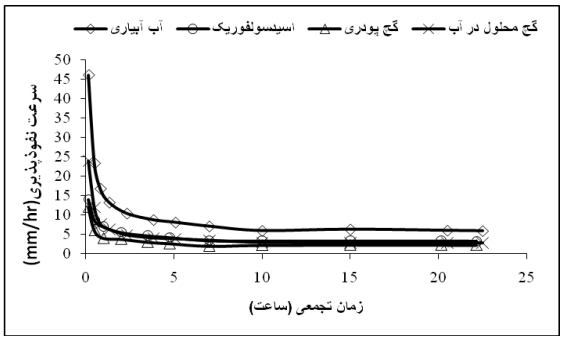


شکل (۷): تاثیر حجم‌های متفاوت از آب آبشویی (PV) بر حذف نمک‌های محلول از خاک (C/C_0)

تاثیر کاربرد اصلاح‌کننده‌ها بر سرعت نفوذپذیری خاک

شکل ۸ سرعت نفوذ ($mmhr^{-1}$) را بصورت تابعی از زمان تجمعی (hr) برای خاک تیمار شده با تیمارهای آب آبیاری، گچ پودری و محلول در آب و اسیدسولفوریک رقیق شده نشان می‌دهد. سرعت نفوذ پس از یک ساعت از شروع آزمایش، به شدت کاهش یافت و حدودا بعد از ۱۰ ساعت به مقدار نهایی ثابتی رسید. سرعت نفوذ خاک برای تیمار اسیدسولفوریک از ۱۴ به ۳/۳، برای تیمار گچ پودری و محلول در آب بترتیب از ۱۲ و ۲۴ به ۲/۹ و برای تیمار آب آبیاری از ۲۳/۳ به ۶ میلی‌متر در ساعت کاهش یافت. بنابراین، میانگین سرعت نفوذ برای خاک تیمار شده بصورت، آب آبیاری> گچ محلول در آب> اسیدسولفوریک رقیق شده> گچ پودری بود. کاربرد مواد اصلاح‌کننده اسیدسولفوریک، گچ پودری و محلول در آب در

مقایسه با آب آبیاری موجب کاهش نفوذپذیری خاک گردید. این مسئله شاید به دلیل اثرات کمتر تیمارهای آب آبیاری و گچ محلول در آب بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در مقایسه با تیمارهای گچ پودری و اسیدسولفوریک باشد. اسیدسولفوریک احتمالا موجب تخریب ساختار خاک شده و گچ پودری هم با مسدود کردن برخی از منافذ خاک موجب کاهش نفوذپذیری گردیده است که در این زمینه نتایج مشابهی نیز توسط Miyamoto and Stroehlein (1986) گزارش شده است.



شکل (۸): تاثیر آبشویی با آب و مواد اصلاح کننده بر سرعت نفوذ

بنابراین نرخ کاهش سرعت نفوذ آب در خاک تیمار شده با گچ پودری و اسیدسولفوریک کمتر از دو تیمار دیگر بود. احتمالا همین فرایند در طول زمان برای خاک تیمار شده با گچ محلول در آب رخ داده که منجر به کاهش نفوذپذیری آن نسبت به خاک تیمار شده با آب آبیاری بدون کاربرد مواد اصلاح‌کننده گردیده است.

نتیجه‌گیری

در این مقاله، تأثیر اصلاح‌کننده‌های گچ پودری، گچ محلول در آب، اسیدسولفوریک رقیق شده و آب آبیاری مزرعه بر اصلاح خاک شور و آهکی مورد ارزیابی قرار گرفت. تفاوت معنی‌داری بین مواد اصلاح‌کننده و تیمار آب آبیاری در خروج سدیم، کلسیم و منیزیم از ستون‌های خاک مشاهده نشد. در این حالت، آبشویی به تنهایی و بدون کاربرد مواد اصلاح‌کننده بعنوان موثرترین روش عنوان گردید. استفاده از حجم‌های مختلف آب، منجر به آبشویی مقادیر زیاد سدیم و منیزیم از خاک گردید. با کاربرد ۱/۵ حجم منفذی از آب آبیاری بترتیب حدود ۶۰ و ۷۰ درصد از سدیم و منیزیم محلول از ستون خاک خارج شد و با افزایش میزان آب تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای در خروج این کاتیون‌ها مشاهده نشد. این در حالی است که، با ادامه روند آبشویی، کلسیم همچنان کاتیون غالب در خاک بوده و لذا منجر به ثبات خاکدانه‌ها خواهد شد. معادله آبشویی خاک نیز بصورت تابع لگاریتمی $[C/C_0 = 0.66 \ln(PV) + 0.602]$ بوده که بر مبنای آن جهت آبشویی ۶۵ درصد از نمک‌های محلول از ۱۰۰ سانتی‌متری خاک به ۱ حجم منفذی آب نیاز می‌باشد. ادامه روند آبشویی با توجه به مقادیر آب موردنیاز برای شستشوی نمک‌های باقی‌مانده، توصیه نمی‌گردد. میانگین سرعت نفوذ برای خاک تیمار شده با آب آبیاری> گچ محلول در آب> اسیدسولفوریک رقیق شده> گچ پودری بود. استفاده از اسیدسولفوریک، گچ پودری و محلول در آب نسبت به تیمار آب آبیاری منجر به افزایش میزان نفوذپذیری نگردید. این نتایج می‌تواند به دلیلی اثر آنتاگونیستی بین کلسیت موجود در خاک و مواد اصلاح‌کننده باشد. از سوی دیگر، افزایش میزان آب از ۱ به ۱/۵ حجم منفذی تاثیر جزئی در خروج کاتیون‌های مضر سدیم و منیزیم داشته و تنها منجر به خروج ۶ و ۱۲ درصدی بیشتر این کاتیون‌ها از خاک گردید. لذا، با توجه به پتانسیل بالای آب آبیاری در کاهش میزان سدیم، منیزیم و کل نمک‌های محلول و همچنین با درنظر گرفتن مسائل اقتصادی و بحران آب موجود در منطقه، کاربرد ۱ حجم منفذی از آب آبیاری بدون استفاده از هر ماده اصلاح‌کننده‌ای، می‌تواند به عنوان یک روش اصلاح موثر برای این منطقه توصیه گردد. پژوهش‌های بیشتری نیز برای مقایسه نتایج به دست آمده تحت شرایط مزرعه مورد نیاز می‌باشد.

تقدیر و تشکر

این پژوهش با پشتیبانی و حمایت موسسه پژوهشی آب و توسعه پایدار فلات به انجام رسیده است که بدین‌وسیله تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

منابع

Abrol, I. P., J. S. P. Yadav, and F. I. Massoud. 1988. Salt-affected soils and their management. Soil resources management and conservation services FAO land and water development division. FAO Soils Bulletin 39.

Amezketa, E., R. Aragues and R. Gazol. 2005. Efficiency of sulfuric acid, mined gypsum and two gypsum by-products in soil crusting prevention and sodic soil reclamation. Agronomy Journal 97: 983–989.

Barnard, J. H., L. D. van Rensburg and A. T. P. Bennie. 2010. Leaching irrigated saline sandy to sandy loam apedal soils with water of a constant salinity. Irrigation Science 28: 191–201.

Chand, M., I. P. Abrol and D.R. Bhumbla. 1977. A comparison of the effect of eight amendments on soil properties and crop growth in a highly sodic soil. Indian Journal of Agricultural Science 47: 348-354.

Cheraghi, S. A. M. 2004. Institutional and scientific profiles of organizations working on saline agriculture in Iran. In prospects of saline agriculture in the Arabian Peninsula: Proceedings of the international seminar on prospects of saline agriculture in the GCC countries 18–20 March 2001, Dubai, United Arab Emirates. In: Taha, F.K, S. Ismail and A. Jaradat. (ed) Amherst Scientific Publishers. Amherst, MA, pp 399–412.

Clark, G. J., N. 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.

Ferguson, L., Sanden, B., and Grattan, G. 2010. Understanding the effects of salinity on pistachios. Annual statewide pistachio day presentation. Fruit & nut research and information center.

Gharaibeh, M. A., N. I. Eltaif and O. F. Shunnar. 2009. Leaching and reclamation of calcareous saline-sodic soil by moderately saline and moderate SAR water using gypsum and calcium chloride. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 172(5): 713-719.

Ghassemi, F., A. J. Jakeman and H. A. Nix. 1995. Salinisation of land and water resources: human causes, extent, management and case studies, 544 p. Australia: University of New South Wales Press, Ltd., Canberra, Australia, 544 p.

Hendrikus Barnard, J., L. D. van Rensburg and a. l. Peter Bennie. 2010. Leaching irrigated saline sandy to sandy loam apedal soils with water of a constant salinity. Irrig Science. 28: 191–201.

Hoffman, G. J. 1980. Irrigation management-salinity control. American Society Agricultural Engineering Proceeding 2nd Natl. Irrigation Symposium, Lincoln, Nebraska Center for Continuing Education, 166-174.

Keren, R. 1996. Reclamation of sodic-affected soils. In: Agassi M (ed) Soil erosion, conservation and rehabilitation. Marcel Dekker Inc, New York, pp 353–374.

Khosla, B. K., R. K. Gupta and I. P. Abrol. 1979. Salt leaching and the effect of gypsum application in a Saline-sodic soil. Agricultural Water Management 2: 193-202.

Koo, J. W., R. J. Edling and V. Taylor. 1990. A laboratory reclamation study for sodic soils used for rice production. Agricultural Water Management 18: 243-252.

Mace, J.E. and C. Amrhein. 2001. Leaching and reclamation of a soil irrigated with moderate SAR waters. Soil Science Society of America Journal 65: 199–204.

Mahmoodabadi, M., N. Yazdanpanah, R. L. Sinobasc, E. Pazirad and A. Neshat. 2013. Reclamation of calcareous saline sodic soil with different amendments (I): Redistribution of soluble cations within the soil profile. Agricultural Water Management 120: 30-38.

Miyamoto, S. and J. L. Stroehlein. 1986. Sulfuric acid effects on water in infiltration and chemical properties of alkaline soils and water. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 29:1288- 1296.

Nooghi, F. H. and V. Mozafari. 2012. Effects of calcium on eliminating the negative effects of salinity in pistachio (Pistacia vera L.) seedlings. Australian journal of crop science 6(4): 711-716.

Oster, J. D. and I. Shainberg. 1979. Exchangeable cation hydrolysis and soil weathering as affected by exchangeable sodium. Soil Science Society of America Journal 43: 70-75.

Oster, J. D., I. Shainberg and I. P. Abrol. 1996. Reclamation of salt-affected soil. In: Agassi, M. (ed), Soil erosion, Conservation and Rehabilitation. Marcel Dekker Inc, New York, pp 315-352.

Overstreet, R., J. C. Martin and H. M. King. 1951. Gypsum, sulfur and sulfuric acid for reclaiming an alkali soil of the Fresno series. Hilgardia 21: 113.

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

Prather, R. J., J. O. Goertzen, J. D. Rhoades and H. Frenkel. 1978. Efficient amendment use in sodic soil reclamation. Soil Science Society of America Journal 42: 782.

Qadir, M., A. S. Qureshi and S. A. M. Cheraghi. 2008. Extent and characterization of salt-affected soils in Iran and strategies for their amelioration and management. Land degradation development, 19: 214–227.

Reeve, R. C. 1957. The relation to salinity to irrigation and drainage requirements. In: 3rd Congress on irrigation and drainage 5: 175-187.

Rhoades, J. D., D. B. Krueger and M. J. Reed. 1968. The effect of soil-mineral weathering on the sodium hazard of irrigation waters. Soil Science Society of America Proceedings 32: 643-647.

Shainberg, I., R. Keren and H. Frenke. 1982. Response of sodic soils to gypsum and calcium chloride application. Soil Science Society of America Journal 46: 113-117.

Van der Molen, W. H. 1956. Desalinization of saline soils as a column process. Soil Science 81:19–27.

The effect of leaching with different condition on effluent quality removed from calcareous saline soil columns

Mohadeseh Hosseininia [1], Farzad Hassanpour[2], Hormazd Naghavi[3], Fariborz Abbasi[4], Shahryar Bastani[5]

Abstract

Soil salinity is one of the most important factor which causing a considerable decrease in crop productivity of pistachio orchards in Kerman. In this research, the effects of applying different amendments on reclamation of a saline calcareous soil was investigated by using experimental soil columns. Treatments included: a) irrigation water, b) irrigation water + gypsum mixed with soil surface, and c) dissolved gypsum as well as d) sulfuric acid application. Leaching was done intermittently and 2 pore volumes (PVs) were allowed to pass through the soil columns. Based on the results, no significant difference was observed in the concentration of cations as well as EC among different treatments. Application of 1.5 PVs of irrigation water, removed 60% of the total sodium, 70% of magnesium and 70% of soluble salts from the soil column. The cumulative leached Ca^{2+} caused by 2 PVs was very small, accounted for about 4 percentage of total content of Ca^{2+}. Application of chemical amendments was not significant on infiltration rate as compared to irrigation water. In terms of water requirement for salt removal from 1 to 1.5 pore volumes, it is recommended that 1 pore volume of irrigation water which efficiently reduced soil sodium and magnesium concentration, soil EC and costs, is the suitable strategy for practical reclamation of the studied soil.

Keywords: Dissolved gypsum, Effluent, Gypsum, Irrigation water, Sulfuric acid.

[1] PhD student, Department of Water Engineering, Faculty of water and soil, Zabol University, Zabol, Iran; Email: m.hosseinynia@uoz.ac.ir.
[2] Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of water and soil, Zabol University, Zabol, Iran; Email: hassanpourir@uoz.ac.ir
[3] Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Kerman, Iran
Email: naghavii@yahoo.com
[4] Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and extension Organization, Karaj, Iran; Email: fariborzabbasi@ymail.com
[5] Assistant Professor, Research Institute for Water and Sustainable Development of Plateau, Kerman, Iran; Email: bastani1958@gmail.com