



## پایش زمانی کیفیت زهاب طی فرآیند اصلاح خاک شور و سدیمی با استفاده از ستون خاک

\*نجمه یزدان‌پناه<sup>۱</sup> و مجید محمودآبادی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرمان، آستادیار گروه خاکشناسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۱/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۷/۴

### چکیده

یکی از چالش‌های جدی در ارتباط با مدیریت پایدار و تولید محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، شور و سدیمی شدن خاک می‌باشد. این پژوهش به بررسی روش‌های مختلف اصلاح خاک آهکی شور و سدیمی با تأکید بر تغییرات زمانی کیفیت زهاب می‌پردازد. آزمایش‌ها به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار مواد اصلاحی معدنی و آلی شامل؛ شاهد، کود گاوی، تفاله پسته، گچ، ترکیب کود گاوی با گچ و ترکیب تفاله پسته با گچ، ۲ تیمار آب‌شویی (با و بدون اسید سولفوریک) و ۳ تکرار در شرایط آزمایشگاهی و با استفاده از ستون خاک اجرا گردید. ۴ مرحله آب‌شویی متناوب با فواصل زمانی یک ماه هر کدام به میزان یک حجم تخلخل انجام شد. نتایج نشان داد که در خاک آهکی، مصرف گچ نه تنها باعث افزایش تخلیه سدیم از طریق آب‌شویی نمی‌شود، بلکه حتی نسبت به تیمار شاهد باعث کاهش کارایی آب‌شویی سدیم بین ۳- تا ۳۵- درصد می‌گردد. در مقابل، با مصرف توأم اسید سولفوریک از طریق آب‌شویی، کاربرد گچ نسبت به شاهد در تخلیه سدیم بین ۳۴- تا ۱۰- درصد افزایش یافت. همچنین کود دامی به دلیل تجزیه پذیری بیشتر نسبت به تفاله پسته باعث تخلیه بیشتر سدیم گردید. از بین ۴ کاتیون محلول، پتاسیم کم‌ترین نوسانات زمانی درصد تغییر نسبت به شاهد (CP) را نشان داد. از این نظر، تفاله پسته نسبت به سایر تیمارها، پتاسیم بیش‌تری وارد فاز محلول نمود. همچنین با تکرار عملیات آب‌شویی، کارایی تیمارها در خارج نمودن کلسیم از خاک نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان داد. یکی از دلایل این یافته، کاهش سرعت تجزیه مواد آلی و میزان اسیدهای آلی تولید شده و در نتیجه افزایش تدریجی واکنش (pH) همراه با اجرای مراحل مختلف آب‌شویی بود.

\*مسئول مکاتبه: nyazdanpanah@gmail.com

تغییرات زمانی CP مربوط به منیزیم زهاب برای تیمارهای مورد مطالعه تا حد زیادی مشابه کلسیم بود. در بین تیمارهای مورد مطالعه و بدون مصرف اسید سولفوریک، بیشترین درصد تغییر EC و SAR مربوط به تیمارهای کود دامی + گچ و کود دامی بود به طوری که در مرحله چهارم آب شویی، درصد CP مربوط به این دو تیمار به ترتیب ۳۰۵ و ۱۶۲ درصد به دست آمد. یافته‌های این پژوهش نشان از ناکارایی مصرف گچ به تنهایی در اصلاح خاک‌های شور و سدیمی آهکی دارد.

**واژه‌های کلیدی:** زهاب، درصد تغییر، گچ، اسید سولفوریک، ماده آلی، آب شویی

## مقدمه

کرمان یکی از استان‌های واقع در منطقه خشک و نیمه‌خشک کشور با میزان ریزش‌های آسمانی اندک است به طوری که مقدار بارندگی سالانه آن حدود ۱۴۰ میلی‌متر می‌باشد، در حالی که متوسط تبخیر سالانه چندین برابر این مقدار است. پسته، از جمله محصولات استراتژیک ایران است که در سالیان متمادی به‌ویژه در این استان کشت می‌شده است. امروزه این محصول حدود ۳۹۰ هزار هکتار اراضی زیر کشت و ۱۵۰ هزار تن تولید سالانه در کشور را به خود اختصاص داده است (تولایی و همکاران، ۲۰۰۹). یکی از مشکلات جدی اراضی تحت کشت این محصول، شوری و سدیمی بودن خاک است که در نتیجه عواملی مانند برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی و روش‌های ناصحیح آبیاری، این خاک‌ها گسترش یافته‌اند (ویلا- کاستورنا و همکاران، ۲۰۰۳). بنابراین طی سال‌های اخیر، کیفیت نامطلوب آب آبیاری به همراه خاک شور و سدیمی باعث افت عملکرد این محصول مهم شده است.

شور و سدیمی شدن خاک یکی از جنبه‌های تخریب اراضی به‌ویژه در نواحی خشک و نیمه‌خشک محسوب شده و اصلاح این خاک‌ها از مباحث مهم در تولید محصولات زراعی و باغی است. خاک‌های شور و سدیمی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی نامطلوبی دارند که باعث کاهش عرضه عناصر غذایی و در نهایت کاهش رشد گیاه و عملکرد می‌گردد (کویرک، ۲۰۰۱؛ قدیر و اوستر، ۲۰۰۴). برای اصلاح خاک‌های شور و سدیمی، روش‌های متفاوتی توسط محققان مورد استفاده قرار گرفته است (قدیر و همکاران، ۲۰۰۱؛ والزانو و همکاران، ۲۰۰۱؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۹). یکی از این روش‌ها در خاک‌هایی که بدون منبع کلسیم باشند (نظیر خاک‌های غیرآهکی)، اضافه نمودن منبع دارای کلسیم به خاک است تا سدیم تبادلی توسط کلسیم جایگزین شده و در نتیجه آب شویی، سدیم از عمق توسعه ریشه گیاه خارج گردد (چرم و رنگاسامی، ۱۹۹۷). روش دوم که برای اصلاح

خاک‌های شور و سدیمی به‌خصوص آهکی استفاده می‌شود، استفاده از مواد اصلاح‌کننده‌ای است که با افزودن به خاک، کلسیم موجود در خاک را به شکل انحلال‌پذیرتری تبدیل می‌کنند (هریسون و همکاران، ۱۹۹۴). بنابراین دو روش در اصلاح چنین خاک‌هایی وجود دارد که شامل (۱) افزودن منبع دارای کلسیم در خاک‌های غیرآهکی و (۲) افزایش انحلال‌پذیری کلسیم موجود به‌ویژه در خاک‌های آهکی است (کویرک، ۲۰۰۱).

گچ یکی از مواد اصلاح‌کننده‌ای است که توسط باغ‌داران پسته در استان کرمان استفاده می‌شود. قیمت نه‌چندان زیاد و وجود معادن متعدد گچ در منطقه، باعث تمایل کشاورزان به استفاده از آن به‌عنوان یک ماده اصلاح‌کننده شده است. این ماده معدنی در مقایسه با بسیاری از نمک‌های دارای کلسیم مانند کلرید کلسیم که حلالیت بالا و در نتیجه سمیت زیادی دارند، انحلال‌پذیری به مراتب کم‌تری داشته و از نظر فیزیولوژیک برای گیاه بی‌ضرر می‌باشد. پس از مخلوط نمودن گچ با خاک، کلسیم موجود در آن به تدریج رها شده و می‌تواند باعث افزایش نفوذپذیری خاک و کاهش سدیم تبدلی گردد (آمزکتا و همکاران، ۲۰۰۵؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۹).

با توجه به این‌که بسیاری از خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک آهکی بوده و از آنجا که میزان حلالیت آهک بسیار کم است، می‌توان با افزودن ماده آلی، فشار گاز دی‌اکسیدکربن را در خاک افزایش داده و در نتیجه حلالیت آهک افزایش و از طرفی واکنش خاک کاهش می‌یابد (مالیک و حیدر، ۱۹۷۷؛ هانای و همکاران، ۲۰۰۴). از این‌رو از یک‌سو، میزان جایگزینی کلسیم محلول به‌جای سدیم تبدلی افزایش یافته و از سوی دیگر به‌دلیل بهبود شرایط ساختمان و افزایش نفوذپذیری خاک، تخلیه سدیم سریع‌تر رخ می‌دهد (وانس و همکاران، ۱۹۹۸؛ واکر و برنال، ۲۰۰۸). همچنین سایر عناصر غذایی مورد نیاز گیاه که قبلاً به شکل نامحلول بوده‌اند، وارد محلول خاک شده و بنابراین فراهمی آن‌ها برای گیاه زیاد می‌شود (وان لوتزو و همکاران، ۲۰۰۲). به‌دلیل کمبود مواد آلی در خاک‌های منطقه، کودهای حیوانی (جلالی و رنجیر، ۲۰۰۹) از جمله مواد اصلاح‌کننده‌ای است که می‌تواند برای بهبود خصوصیات خاک استفاده شود. همچنین هر ساله بعد از برداشت محصول پسته طی فرآیند فرآوری آن، مقادیر قابل ملاحظه‌ای تفاله و بقایای پسته تولید می‌شود که می‌تواند به‌عنوان منبع آلی برای اصلاح خاک‌های شور و سدیمی مورد استفاده قرار گیرد. این مواد به‌دلیل داشتن مقدار قابل توجهی کربن آلی، قادر به اصلاح خاک شور و سدیمی می‌باشند (لاکس و همکاران، ۱۹۹۴؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۹؛ لی و کرن، ۲۰۰۹). این در حالی است که اطلاعات اندکی در زمینه اثرات این مواد در اصلاح خاک‌های شور و سدیمی منطقه وجود دارد.

یکی دیگر از روش‌های افزایش انحلال‌پذیری منابع کلسیم‌دار خاک، استفاده از اسید سولفوریک است که معمولاً همراه آب آبیاری مصرف می‌شود. در چنین خاک‌هایی، اسید سولفوریک به دلیل واکنش با کلسیت، باعث تأمین منبع کلسیم محلول در خاک می‌گردد (صدیق و همکاران، ۲۰۰۳؛ اسمارت، ۲۰۰۳). به‌علت افزایش انحلال‌پذیری منابع کلسیم‌دار در حضور اسید سولفوریک می‌توان از این ماده به‌عنوان یک عامل تسریع‌کننده در اصلاح خاک‌های شور و سدیمی بهره‌برد (آمزکتا و همکاران، ۲۰۰۵؛ صدیق و همکاران، ۲۰۰۷). در بسیاری از پژوهش‌های گذشته، تنها تغییرات به‌دست آمده از مصرف اصلاح‌کننده‌ها بر خصوصیات خاک مورد توجه قرار گرفته (فراس و همکاران، ۲۰۰۶؛ کلارک و همکاران، ۲۰۰۷) در حالی که، کیفیت زهاب به‌دست آمده از آب‌شویی کم‌تر مطالعه شده است. این موضوع از نظر مسایل زیست‌محیطی دارای اهمیت است (وان‌درزی و همکاران، ۲۰۱۰)، زیرا خروج نمک‌های محلول از نیم‌رخ خاک حتی طی فرآیند اصلاح می‌تواند آلودگی آب‌های زیرزمینی را به‌دنبال داشته باشد (آناپالی و همکاران، ۲۰۰۱؛ هائو و چانگ، ۲۰۰۳). به‌علاوه، در زمینه تغییرات زمانی خصوصیات زهاب به‌دست آمده از فرآیند آب‌شویی بررسی کمی صورت گرفته است. با مطالعه تغییرات زمانی کیفیت زهاب خروجی می‌توان به وضعیت و سرعت اصلاح خاک در طول مدت آزمایش نیز پرداخت. از این‌رو، هدف این پژوهش بررسی روش‌های مختلف اصلاح خاک شور و سدیمی با تأکید بر تغییرات زمانی کیفیت زهاب می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

**خاک مورد مطالعه:** خاک مورد مطالعه در این پژوهش، خاک شور و سدیمی و همچنین آهکی بود که از ۳۰ سانتی‌متر سطحی با کاربری کشاورزی نمونه‌برداری گردید. پس از انتقال نمونه خاک به آزمایشگاه، در معرض هوا خشک، و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. سپس برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین گردید (جدول ۱). میزان واکنش (pH) و شوری (ECe) به‌ترتیب در گل و عصاره اشباع و کاتیون‌های محلول شامل کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون و سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم‌فوتومتر اندازه‌گیری شدند. کربن آلی به روش والکی-بلاک، بافت به روش هیدرومتری و میزان  $\text{CaCO}_3$  معادل از روش تیتراسیون تعیین شد (پانسو و گاتیرو، ۲۰۰۶).

## نجمه یزدان پناه و مجید محمودآبادی

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه.

مقدار	ویژگی (واحد)	مقدار	ویژگی (واحد)
۷/۸	pH	۲۶۴/۵	سدیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)
۲۰/۷۵	کربنات کلسیم معادل (درصد)	۴/۱۹	پتاسیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)
۰/۴۹	کربن آلی (درصد)	۳۷/۰	کلسیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)
۴۸	شن (درصد)	۹۸/۰	منیزیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)
۴۰	سیلت (درصد)	۱۹/۸۱	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)
۱۲	رس (درصد)	۳۲/۲	نسبت جذب سدیم ((میلی‌اکی‌والان بر لیتر) <sup>۰.۵</sup> )

شرح انجام آزمایش‌های اصلاح خاک: آزمایش‌ها به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار مواد اصلاحی معدنی و آلی، ۲ تیمار آب‌شویی با ۳ تکرار در شرایط آزمایشگاهی و با استفاده از ستون خاک اجرا شد. تیمارهای مواد اصلاح‌کننده عبارت بودند از: ۱) گچ برابر با نیاز گچی خاک مورد مطالعه به مقدار ۵/۲ گرم در کیلوگرم (G)، ۲) کود گاوی پوسیده به مقدار ۵۰ گرم در کیلوگرم (M)، ۳) تفاله پسته پوسیده به مقدار ۵۰ گرم در کیلوگرم (P)، ۴) گچ + کود گاوی (G+M)، ۵) گچ + تفاله پسته (G+P) و ۶) شاهد (C). همچنین دو تیمار آب‌شویی شامل آب معمولی (W) و آب دارای اسید سولفوریک معادل گچ (W+S) نیز مورد استفاده قرار گرفت. مواد آلی مورد استفاده به عنوان اصلاح‌کننده دارای خصوصیات شیمیایی متفاوتی بودند. میزان EC تفاله پسته (۱۰/۸۵ دسی‌زیمنس بر متر) بیش‌تر از کود گاوی (۸/۶۲ دسی‌زیمنس بر متر) بود. همچنین تفاله پسته pH بیش‌تری نسبت به کود گاوی داشت. در بین کاتیون‌های کل، میزان سدیم و منیزیم در کود گاوی نسبت به تفاله پسته، بیش‌تر و پتاسیم و کلسیم کم‌تر بود.

پس از ساخت ستون‌ها و نصب زه‌کش از جنس شن، تیمارهای مواد آلی و معدنی با خاک کاملاً مخلوط و به داخل ستون‌ها منتقل گردید. انتقال به صورت لایه به لایه (۲/۵ سانتی‌متر) و رساندن جرم مخصوص به شرایط مزرعه (۱/۵۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب) تا ایجاد عمق همگن ۳۰ سانتی‌متر در هر ستون انجام شد. سپس نمونه‌ها به مدت یک ماه در درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ظرفیت زراعی نگهداری شدند. پس از این مرحله، نمونه‌ها به مدت ۱۲۰ روز تحت آزمایش‌های آب‌شویی قرار گرفتند. آب مورد استفاده دارای ECw برابر با ۰/۵۳۶ دسی‌زیمنس بر متر، pH برابر با ۸/۰ و نسبت جذب سدیم (SAR) برابر با ۱/۳ بود. برای نزدیک شدن به شرایط طبیعی منطقه، آب‌شویی به روش متناوب با دور ۳۰ روز و به میزان یک حجم تخلخل صورت گرفت. در مجموع،

۴ آزمایش آبشویی در فواصل زمانی یک ماهه اعمال گردید. همچنین به منظور بررسی نقش اسید سولفوریک به عنوان اصلاح کننده، آبشویی ستون های خاک با دو نوع آب با کیفیت متفاوت (با و بدون اسید سولفوریک) انجام شد. در تیمار با اسید، میزان اسید مصرفی معادل گچ (۳/۱ گرم اسید سولفوریک در کیلوگرم خاک) در نظر گرفته شد که طی ۴ مرحله آبشویی مصرف گردید. به دلیل اهمیت کیفیت آب، برخی خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده در آزمایش های آبشویی اندازه گیری شد (جدول ۲).

جدول ۲- برخی ویژگی های شیمیایی آب مورد استفاده در آزمایش های آبشویی.

SAR	آنیون های محلول			کاتیون های محلول			ECw	pH	دسی زیمنس
(میلی اکی والان بر لیتر) <sup>۱/۵</sup>	کربنات	بی کربنات	کلر	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	سدیم		بر متر
۱/۳	۳	۵	ناچیز	۲/۰	۸/۰	۰/۰۲	۲/۹۷	۸/۰	۰/۵۳۶

بررسی کیفیت زهاب: طی هر مرحله آزمایش آبشویی با استفاده از ظروف درب دار، از زهاب خروجی از ستون های خاک تا تخلیه کامل نمونه برداری می شد. در هر مرحله، خصوصیات شیمیایی نمونه های زهاب خروجی شامل؛ کاتیون های محلول مانند سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم، واکنش (pH) و هدایت الکتریکی (EC) با روش های استاندارد اندازه گیری و سپس نسبت جذب سدیم (SAR) محاسبه شد (پانسو و گاتیرو، ۲۰۰۶). در این پژوهش تأثیر اصلاح کننده های مختلف در مقایسه با تیمار شاهد مورد ارزیابی قرار گرفته است. به این منظور از پارامتر "درصد تغییر نسبت به شاهد" استفاده شد. این پارامتر در هر مرحله از آبشویی برای هر یک از تیمارهای مورد مطالعه، از طریق رابطه زیر محاسبه گردید:

$$CP\% = \left[ \frac{x_{ti} - x_{ci}}{x_{ci}} \right] \times 100 \quad (1)$$

که در آن، CP: میزان تغییر متغیر مورد نظر نسبت به شاهد بر حسب درصد، x: متغیر مورد مطالعه (مانند غلظت کاتیون در زهاب)، t: تیمار (نوع ماده افزودنی به خاک)، c: تیمار شاهد و i: مرحله

آب‌شویی (بین ۴-۱) است. این پارامتر برای دو تیمار آب‌شویی، به‌طور جداگانه محاسبه و درصد تغییر هر متغیر در زهاب خروجی نسبت به تیمار شاهد به‌دست آمد. متغیرها شامل غلظت هر یک از کاتیون‌ها و نیز pH، EC و SAR در زهاب خروجی می‌باشد. براساس این رابطه، هرچه مقدار CP بیش‌تر باشد، نشان‌دهنده این است که تیمار اصلاح‌کننده نسبت به شاهد، مقدار بیش‌تری از متغیر موردنظر را در زهاب خروجی داشته است. درصد CP می‌تواند بیش‌تر، کم‌تر و یا برابر صفر باشد. مقادیر منفی و مثبت آن بیانگر مقادیر به‌ترتیب کم‌تر و بیش‌تر متغیر در زهاب خروجی ناشی از اعمال تیمار موردنظر نسبت به شاهد است.

### نتایج و بحث

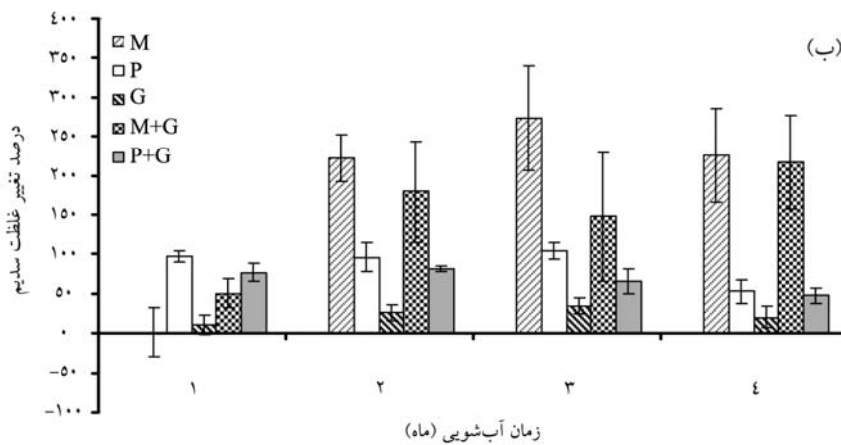
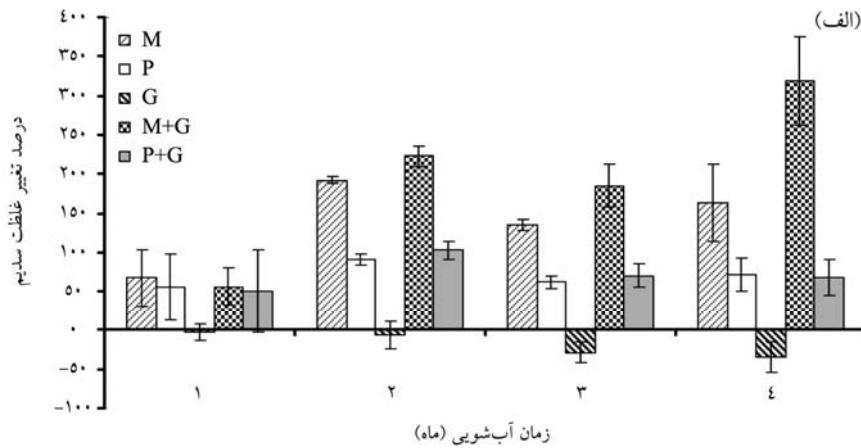
**سدیم محلول:** تغییرات زمانی کاتیون‌های محلول و همچنین EC و SAR در زهاب نشان داد که در اولین مرحله آب‌شویی، پارامترهای ذکرشده بیش‌ترین مقادیر را داشته و با تکرار آب‌شویی مقدار آن‌ها کاهش می‌یابد. شکل ۱ مقادیر CP مربوط به سدیم محلول را برای تیمارهای مورد مطالعه نشان می‌دهد. برای تیمار آب معمولی (شکل ۱- الف) همه تیمارها به‌جز تیمار گچ در اولین مرحله آب‌شویی، کم‌ترین مقادیر CP را داشته‌اند. زیرا در اولین مرحله آب‌شویی، مقدار قابل‌توجهی سدیم از خاک شاهد نیز شسته شده است. تحت آب‌شویی معمولی، تیمار گچ دارای CP منفی بوده و بنابراین کم‌ترین کارایی را در تخلیه سدیم محلول داشته است. سایر تیمارها یعنی مواد آلی به تنهایی و یا در ترکیب با گچ، توانسته‌اند نسبت به تیمار شاهد مقادیر بیش‌تری از سدیم محلول را خارج نمایند. در این بین کود دامی تأثیر بیش‌تری نسبت به تفاله پسته داشته است. افزودن ماده آلی به خاک‌های شور و سدیمی می‌تواند سرعت آب‌شویی یون سدیم را تسریع بخشد (واکر و برنال، ۲۰۰۸). در برخی از مطالعات قبلی نیز افزایش آب‌شویی یون سدیم در اثر کاربرد کود دامی گزارش شده است (جلالی و رنجبر، ۲۰۰۹). نتایج همچنین نشان می‌دهد که با ترکیب نمودن گچ و ماده آلی، کارایی هر یک از تیمارهای گچ و یا ماده آلی به تنهایی در تخلیه سدیم، افزایش یافته است. هر چند گچ، سدیمی به خاک اضافه نمی‌کند ولی شرایطی را مهیا نموده تا سدیم بیش‌تری از خاک خارج گردد. یکی از علل چنین موضوعی این است که گچ همراه با ماده آلی قادر است کلسیم را به خاک اضافه کرده که بخشی از این کلسیم به‌جای سدیم در مکان‌های تبادلی قرار می‌گیرد. در نتیجه، سدیم جایگزین شده وارد فاز

محلول شده و از طریق آب‌شویی از ستون خاک خارج می‌گردد. این در حالی است که با کاربرد گچ به‌تنهایی در خاک آهکی مورد مطالعه به‌دلیل اثر یون مشترک کلسیم موجود در گچ و آهک، کلسیم کم‌تری جایگزین سدیم بر روی مکان‌های تبادلی شده که نتیجه آن کاهش غلظت سدیم در زهاب نسبت به تیمار شاهد بوده است (آمزکتا و همکاران، ۲۰۰۵).

تجزیه مواد آلی از جنبه‌های مختلف بر رفتار خاک مؤثر است. در این پژوهش، بررسی سرعت تجزیه‌پذیری منابع آلی نشان داد که کود دامی سریع‌تر از تفاله پسته تجزیه می‌شود. تولید اسیدهای آلی باعث افزایش حلالیت منابع کلسیم‌دار خاک مانند آهک می‌گردد. همچنین تأثیر مواد آلی با دوام بوده و تا مدت‌ها این اثرات در خاک باقی می‌ماند در حالی که گچ در ابتدا بیش‌ترین انحلال‌پذیری را داشته و با گذشت زمان منبع آن رو به زوال می‌نهد. البته زمانی که گچ با مواد آلی ترکیب و به‌عنوان اصلاح‌کننده در خاک استفاده می‌شود، بهترین کارایی را پیدا می‌کند. زیرا مواد آلی از یک سو به‌عنوان عامل حل‌کننده و گچ از سوی دیگر به‌عنوان منبع انحلال‌پذیر باعث تولید مقادیر قابل‌توجهی کلسیم برای جایگزینی سدیم بر روی مکان‌های تبادلی می‌شوند. این یافته دللی بر اهمیت کاربرد مواد آلی در اصلاح خاک‌های شور و سدیمی می‌باشد (لاکس و همکاران، ۱۹۹۴؛ هانای و همکاران، ۲۰۰۴).

مطابق شکل ۱-ب، تمام تیمارها در حضور اسید سولفوریک دارای مقادیر CP مثبت می‌باشند، هر چند درصد تغییر غلظت سدیم نسبت به شاهد هم‌چنان افزایش نشان می‌دهد ولی بر خلاف شکل ۱-الف، ترکیب مواد آلی و گچ باعث کاهش CP نسبت به کاربرد مواد آلی به‌تنهایی شده است. به‌نظر می‌رسد دلیل این موضوع، اثر یون (آنیون) مشترک سولفات بین گچ و اسید سولفوریک از یک سو و یون کلسیم بین آهک و گچ از سوی دیگر باشد (آمزکتا و همکاران، ۲۰۰۵). در غیاب اسید سولفوریک در خاک آهکی، مصرف گچ نه تنها باعث افزایش تخلیه سدیم از طریق آب‌شویی نشده، بلکه حتی نسبت به تیمار شاهد باعث کاهش کارایی بین ۳- تا ۳۵- درصد گردیده است. در مقابل، با مصرف توأم اسید سولفوریک، کاربرد گچ نسبت به شاهد در تخلیه سدیم بین ۳۴- تا ۱۰- درصد افزایش یافت.





شکل ۱- مقدار CP مربوط به سدیم محلول برای تیمارهای مختلف پس از آبشویی با الف) آب معمولی و ب) آب تیمار شده با اسید سولفوریک (خطوط عمودی نشان‌دهنده میانگین سه تکرار  $\pm SE$  است).

پتاسیم محلول: در اولین مرحله آبشویی با تیمار W، تیمارهای تفاله پسته و گچ به ترتیب بیشترین و کمترین مقادیر CP را به خود اختصاص دادند (شکل ۲-الف). در آخرین مرحله آبشویی نیز برای دو تیمار یادشده مقادیر CP تغییر چندانی پیدا نکرده است. با توجه به مقادیر بیش‌تر پتاسیم در تفاله پسته نسبت به کود دامی، افزودن این ماده به خاک باعث ورود بیش‌تر پتاسیم به خاک شده که در اثر آبشویی، بخش بیش‌تری از آن از ستون خارج می‌گردد. همچنین بین تیمارهای شاهد و گچ تفاوت

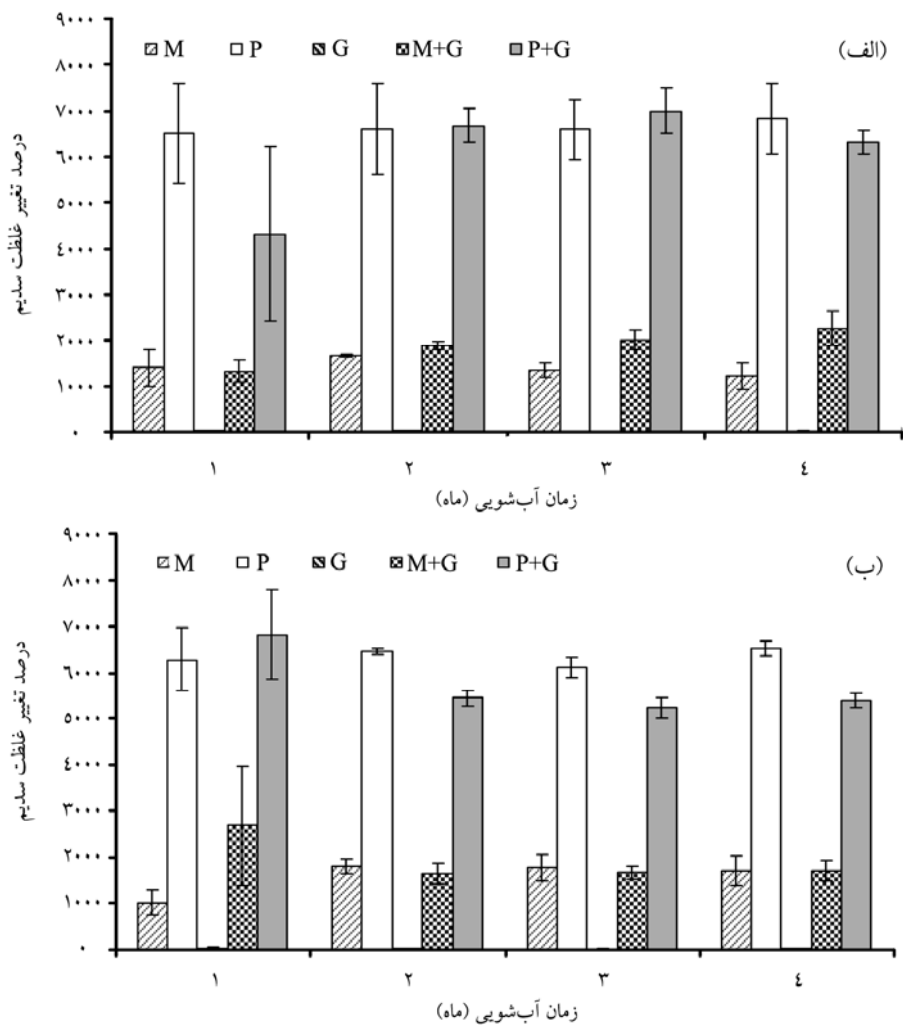
چندانی از نظر میزان CP وجود ندارد. شکل ۲-ب نشان می‌دهد که اسید سولفوریک بر میزان آب‌شویی پتاسیم از خاک تأثیر معنی‌داری نداشته است. یکی از پیامدهای مثبت مصرف مواد آلی نسبت به اسید سولفوریک، اثرات بلندمدت آن‌ها در ارتباط با خاک و گیاه است. بنابراین استفاده از دو منبع آلی یاد شده، علاوه بر افزایش فراهمی پتاسیم برای گیاه می‌تواند در بلندمدت این عنصر ضروری را در اختیار گیاه قرار دهد (وان لوتزو و همکاران، ۲۰۰۲).

**کلسیم محلول:** در شرایط آب‌شویی با آب معمولی (شکل ۳-الف)، دامنه مقادیر CP برای اولین مرحله آب‌شویی بین ۲۰۰-۴۵ درصد متغیر است در حالی‌که در آخرین مرحله آب‌شویی، این مقادیر به ۵۵- تا ۸۹ درصد کاهش یافت. به‌طور کلی روند تغییرات CP برای تیمارهای مورد مطالعه بعد از آب‌شویی دوم در مورد کلسیم کاهشی بوده است. به‌عبارتی، با تکرار آب‌شویی، کارایی تیمارها برای خارج نمودن کلسیم از خاک نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان می‌دهد. گچ با حلالیت بیش‌تر نسبت به آهک موجود در خاک شاهد، کلسیم بیش‌تری را وارد فاز محلول و تخلیه‌شده نموده است. در حالی‌که آهک به‌مدت زمان بیش‌تری برای حل شدن، نیاز دارد (والزنو و همکاران، ۲۰۰۱). تیمار کود دامی در ترکیب با گچ و یا به‌تنهایی، دارای بیش‌ترین کارایی در تخلیه کلسیم از خاک بود. علاوه بر در نظر گرفتن ترکیب شیمیایی مواد آلی، اثرات ناشی از تجزیه و رهاسازی ترکیبات آن‌ها بر خصوصیات خاک و زهاب خروجی نیز باید مورد توجه قرار گیرد. با کاربرد ماده آلی، pH خاک به‌دلیل فرآیند نیتریفیکاسیون (هریسون و همکاران، ۱۹۹۴) و یا در اثر افزایش فشار جزئی CO<sub>2</sub> ناشی از تجزیه ماده آلی (چرم و رنگاسامی، ۱۹۹۷) کاهش یافته و حلالیت آهک را افزایش می‌دهد. از این‌رو، مقدار بیش‌تری کلسیم وارد فاز محلول خاک می‌شود. بر همین اساس طبق شکل ۴-الف، مقادیر CP مربوط به pH تیمار کود دامی در ترکیب با گچ و یا به‌تنهایی در اغلب موارد منفی بوده بنابراین، نسبت به تیمار شاهد، pH کم‌تری داشته است. نکته جالب این‌که مقدار CP مربوط به pH زهاب در تیمار M+G در دومین مرحله آب‌شویی نسبت به سایر مراحل، کم‌تر شده که به‌طور دقیق در همین مرحله، مقدار CP مربوط به کلسیم زهاب در حداکثر مقدار خود قرار دارد (شکل ۳-الف). در مقابل، تفاله پسته دارای کم‌ترین مقادیر CP مربوط به کلسیم می‌باشد.

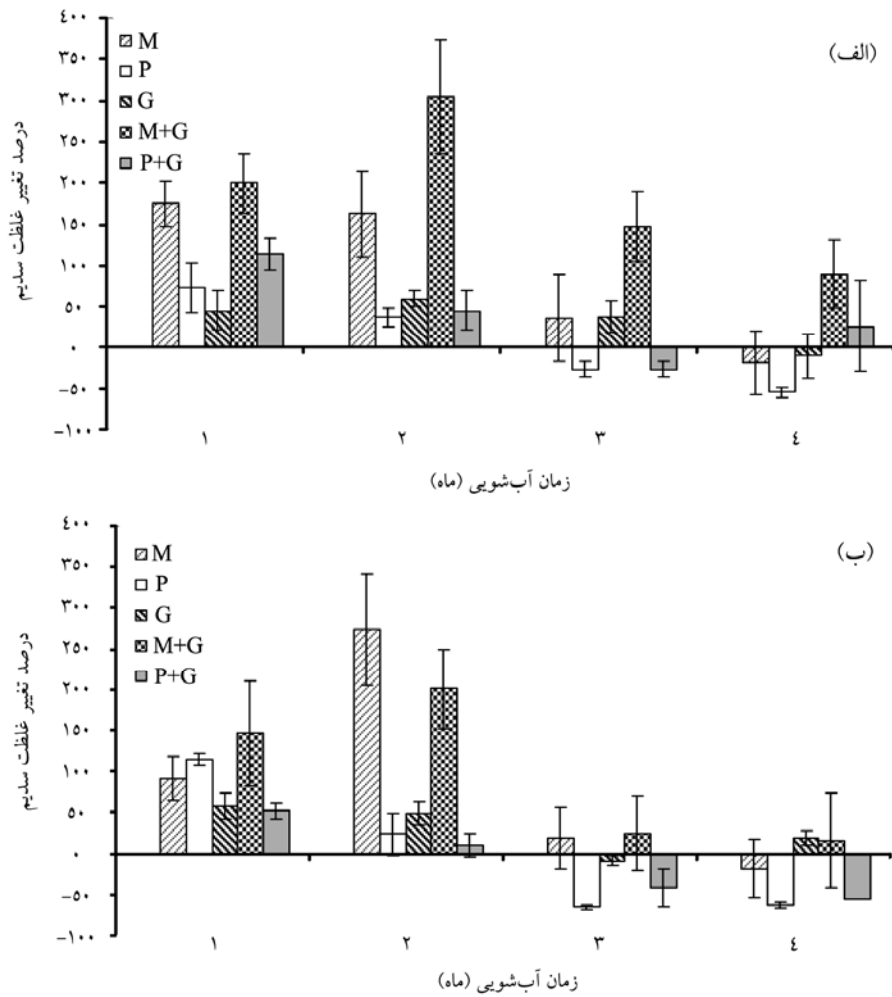
در حضور اسید سولفوریک، بیش‌ترین مقادیر CP مربوط به دو تیمار M و M+G در آب‌شویی دوم است (شکل ۳-ب). در این مرحله از آب‌شویی، pH زهاب به‌دست آمده از کاربرد تیمارهای یادشده حداقل است. با گذشت زمان در شرایط یادشده به‌جز در مورد آب‌شویی دوم، مقادیر CP مربوط به بیش‌تر تیمارها مشابه با تیمار W دارای روند کاهشی بوده که یکی از دلایل آن، کاهش

سرعت تجزیه مواد آلی و اسیدهای آلی تولید شده و در نتیجه افزایش pH همراه با اجرای مراحل مختلف آبشویی است. این کاهش تا حدی ادامه می‌یابد که حتی برای برخی تیمارها مقادیر مربوط به درصد CP منفی می‌شود. با توجه به این که تغییرات CP مربوط به منیزیم زهاب برای تیمارهای مورد مطالعه مشابه کلسیم بود، از ارایه شکل‌ها صرف‌نظر می‌شود.

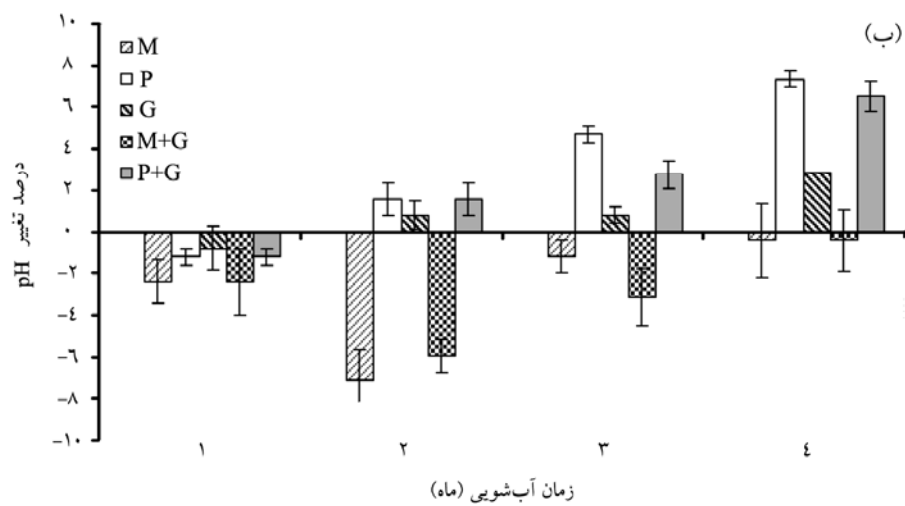
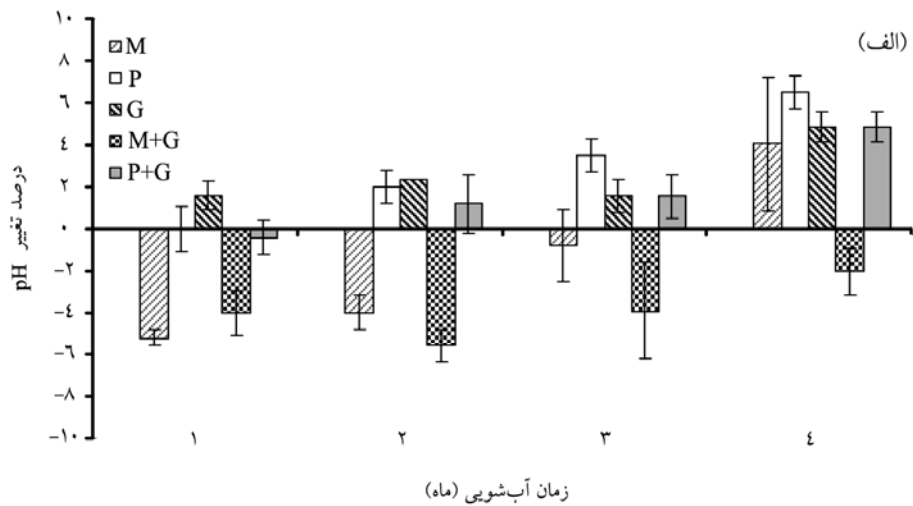
**واکنش (pH):** در تیمار آبشویی با آب معمولی، کود دامی در ترکیب با گچ و یا به‌تنهایی دارای کم‌ترین مقادیر CP مربوط به pH بود (شکل ۴- الف). چرم و رنگاسامی (۱۹۹۷) نیز کاهش بیش‌تر pH خاک سدیمی در اثر افزودن ترکیب گچ و ماده آلی در مقایسه با کاربرد هر یک به‌تنهایی را گزارش کردند. پس از آبشویی دوم، مقدار CP افزایش یافت به‌طوری‌که در مرحله چهارم، pH زهاب مربوط به تیمار کود دامی نسبت به تیمار شاهد فزونی می‌یابد. در مقابل، تیمار تفاله پسته به‌تنهایی و در ترکیب با گچ، در ۴ مرحله آبشویی دارای مقادیر CP مثبت بوده است. میزان pH زهاب خروجی و محلول خاک تابع عواملی مانند سرعت تجزیه مواد آلی می‌باشد که در پی تجزیه منابع آلی موجود در خاک، اسیدهای آلی تولید و منجر به کاهش pH خاک می‌گردد. علاوه بر این، معدنی‌شدن P، N و S موجود در ماده آلی نیز تولید پروتون کرده و در کاهش pH نقش مؤثری دارند (نلسون و اوآدز، ۱۹۹۸). مواد آلی با ترکیبات مختلف دارای سرعت تجزیه متفاوتی هستند. همچنین ترکیباتی که در نتیجه تجزیه مواد آلی آزاد می‌شود، متنوع می‌باشد. مالیک و حیدر (۱۹۷۷) دریافتند که pH و درصد سدیم تبادلی (ESP) با افزودن بقایای گیاهی به‌علت فرآیندهای تجزیه که منجر به تولید دی‌اکسیدکربن و تشکیل اسید هومیک می‌شود، کاهش یافته است. همچنین گچ باعث افزایش pH زهاب نسبت به تیمار شاهد شد در حالی که نتایج سینگ و باجوا (۱۹۹۱) نشان داد که مصرف گچ، میزان آن را کاهش می‌دهد. برای آب تیمار شده با اسید سولفوریک (شکل ۴- ب) نتایج CP مربوط به pH تقریباً مشابه با تیمار آب معمولی بود. البته در مرحله دوم آبشویی برای تیمارهای M و M+G، افت pH نسبت به شاهد چشم‌گیر بود. به‌نظر می‌رسد در حضور اسید سولفوریک در این مرحله از آبشویی، تجزیه کود دامی حداکثر بوده و بعد از آن سرعت تجزیه کاهش یافته است. از دلایل احتمالی این کاهش می‌توان به تخلیه بخش قابل‌توجهی از نمک‌های محلول در مرحله اول آبشویی اشاره کرد که باعث رفع محدودیت فعالیت میکروبی شده است. برخی محققان عنوان کرده‌اند که اسید سولفوریک از طریق واکنش با کربنات‌های محلول و جایگزینی کلسیم با سدیم تبادلی، سبب کاهش pH می‌شود (صدیق و همکاران، ۲۰۰۳؛ اسمارت، ۲۰۰۳).



شکل ۲- مقدار CP مربوط به پتاسیم محلول برای تیمارهای مختلف پس از آب‌شویی با الف) آب معمولی و ب) آب تیمار شده با اسید سولفوریک (خطوط عمودی نشان‌دهنده میانگین سه تکرار  $\pm$  SE است).



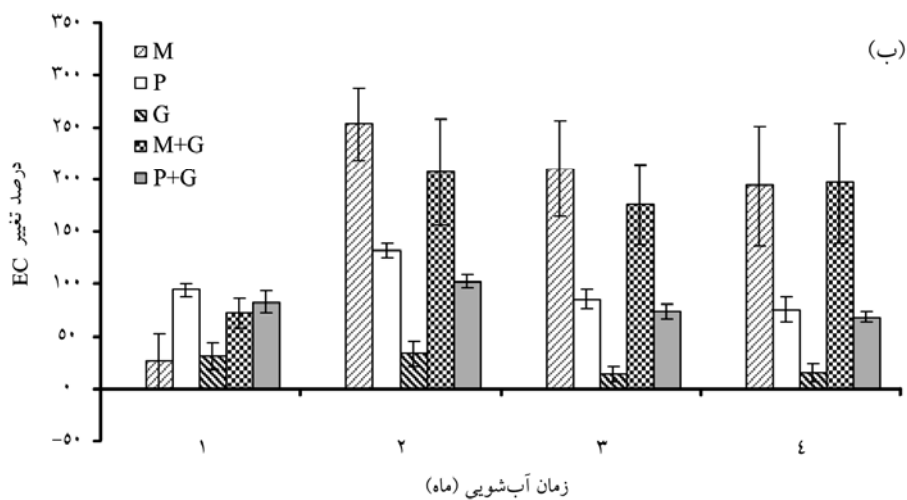
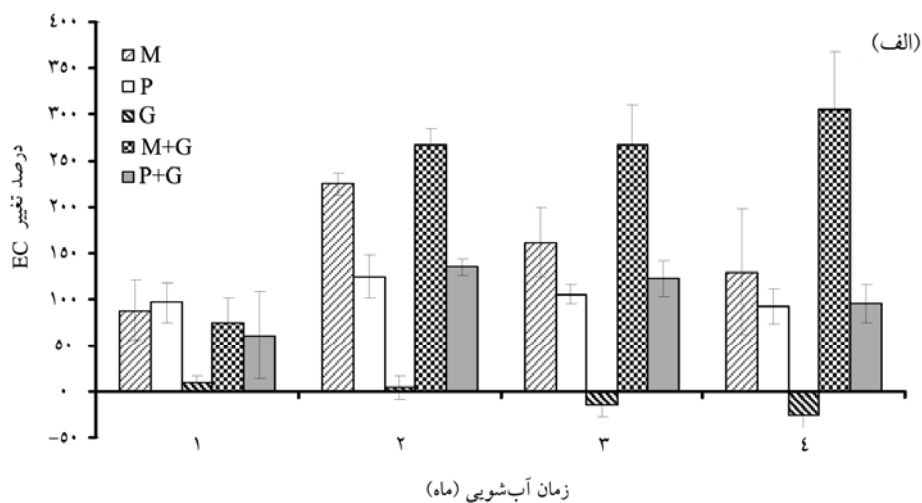
شکل ۳- مقدار CP مربوط به کلسیم محلول برای تیمارهای مختلف پس از آبشویی با الف) آب معمولی و ب) آب تیمار شده با اسید سولفوریک (خطوط عمودی نشان‌دهنده میانگین سه تکرار  $\pm$  SE است).



شکل ۴- مقدار CP مربوط به pH برای تیمارهای مختلف پس از آبشویی با الف) آب معمولی و ب) آب تیمار شده با اسید سولفوریک (خطوط عمودی نشان‌دهنده میانگین سه تکرار  $\pm$  SE است).

هدایت الکتریکی (EC): همان‌گونه که در شکل ۵-الف، مشاهده می‌شود در شرایط بدون حضور اسید سولفوریک، در بین تیمارهای مورد مطالعه، تیمار کود دامی در ترکیب با گچ دارای بیشترین مقادیر CP بوده به طوری که پس از آبشویی چهارم CP مربوط به این تیمار به ۳۰۵ درصد می‌رسد. هر چند EC کود دامی نسبت به تفاله پسته کم‌تر است، ولی نتایج تکمیلی نشان داد که سرعت تجزیه بیش‌تری داشته و در نتیجه نمک‌های موجود در ساختار آن سریع‌تر وارد فاز محلول می‌گردد که در نهایت EC بیش‌تری در زهاب خروجی را نسبت به تیمار شاهد سبب می‌شود. علاوه بر این، تیمار M+G نسبت به سایر تیمارها، دارای pH کم‌تری می‌باشد که همین موضوع باعث حلالیت بیش‌تر نمک‌ها از منابع موجود شده است. نتایج همچنین نشان داد که برای تیمارهای دارای ماده آلی، اولین مرحله آبشویی کم‌ترین مقادیر CP مربوط به EC را داشته و بعد از آن پس از یک افزایش قابل توجه در آبشویی دوم، افزایش معنی‌داری نداشته است. به نظر می‌رسد که پس از خروج مقدار زیادی نمک‌ها از نیم‌رخ خاک در اولین مرحله آبشویی، شرایط برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها فراهم شده که منجر به تجزیه مواد آلی می‌گردد. در مرحله دوم آبشویی، همچنان تیمار M+G با تغییرات برابر با ۲۶۸ درصد بیش‌ترین مقدار را نسبت به سایر تیمارها نشان می‌دهد. به طور مشابهی، وانس و همکاران (۱۹۹۸) نتیجه گرفتند که در مقایسه با کاربرد گچ به تنهایی، افزودن هم‌زمان ماده آلی و گچ به خاک باعث کاهش EC می‌شود.

در حضور اسید سولفوریک، مقادیر CP مربوط به گچ نسبت به شرایط بدون حضور اسید، بیش‌تر است (شکل ۵-ب). برعکس در تیمار ترکیب گچ با مواد آلی، مقادیر CP کم‌تر از کاربرد مواد آلی به تنهایی بود. این موضوع به اثر یون (آنیون) مشترک سولفات موجود در گچ و اسید سولفوریک ارتباط دارد که باعث ارتباط آنتاگونیسمی بین این دو و کاهش حلالیت گچ همراه با مصرف اسید سولفوریک می‌شود. در شرایطی که تنها از ماده آلی استفاده شده، اسید سولفوریک شرایط مطلوب‌تری برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها ایجاد نموده که نتیجه آن تجزیه سریع‌تر ماده آلی و افزایش بیش‌تر EC زهاب بوده است. با تکرار عملیات آبشویی برای تیمارهای مختلف، مقادیر CP مربوط به تیمارهای مواد آلی و ترکیب آن‌ها با گچ در مرحله چهارم آبشویی به سمت یکدیگر میل کرده که یکی از دلایل احتمالی، حلالیت تدریجی گچ و زوال منبع آن در خاک می‌باشد.

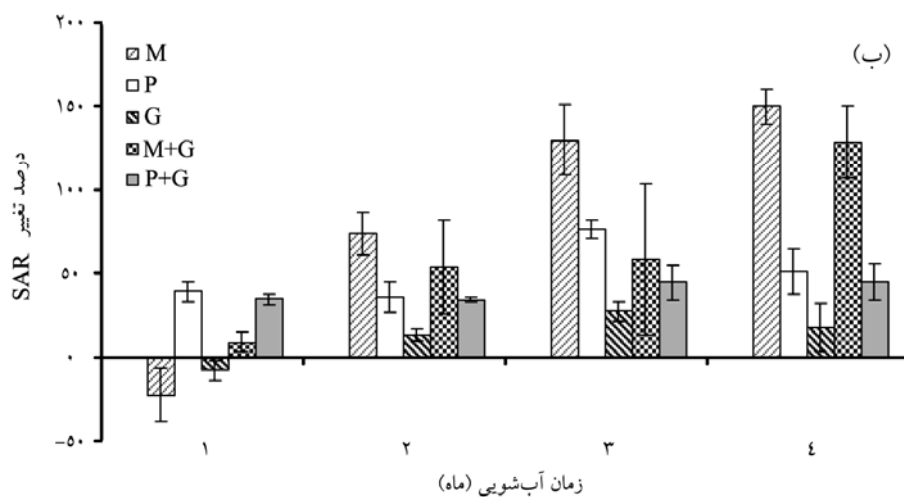
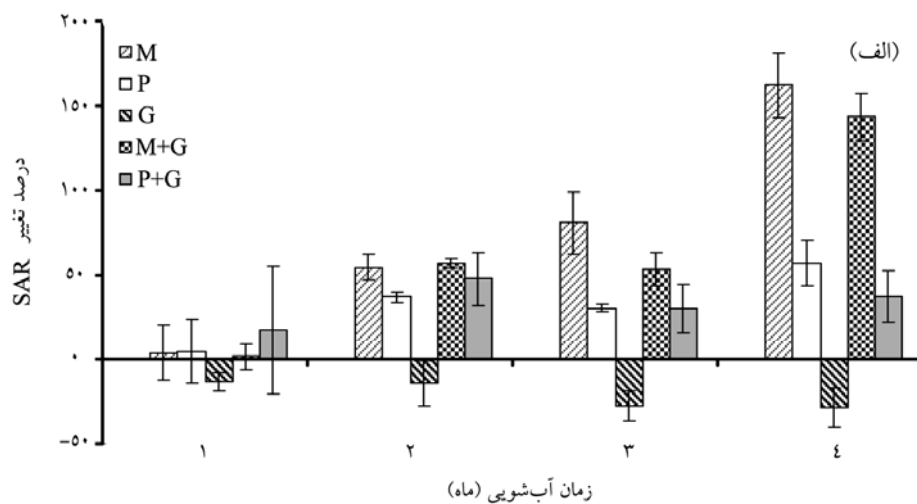


شکل ۵- مقدار CP مربوط به EC برای تیمارهای مختلف پس از آبشویی با الف) آب معمولی و ب) آب تیمار شده با اسید سولفوریک (خطوط عمودی نشان‌دهنده میانگین سه تکرار  $\pm SE$  است).



نسبت جذب سدیم (SAR): مطابق شکل ۶- الف، برای آب معمولی تغییرات CP برای نسبت جذب سدیم (SAR) نشان داد که در بین تیمارهای مورد مطالعه، گچ دارای مقادیر CP منفی است. مراجعه به شکل ۱- الف دلالت بر این دارد که زهاب خروجی تیمار گچ نسبت به سایر تیمارها، دارای کمترین مقدار سدیم بوده که همین موضوع سبب کاهش CP حتی کم‌تر از تیمار شاهد شده است. به نظر می‌رسد در خاک‌های آهکی، به دلیل اثرات آنتاگونیسمی بین گچ و آهک، کلسیم امکان جانشینی سدیم را بر روی مکان‌های تبادلی پیدا نکند. در مقابل، تیمارهای ماده آلی دارای مقادیر مثبت CP و یا دارای SAR بیش‌تری در زهاب نسبت به تیمار شاهد بوده‌اند. روند تغییرات CP برای تیمارهای مورد مطالعه، طی ۴ مرحله آب‌شویی اغلب افزایشی بوده به طوری که برای تیمار کود دامی مقدار CP در مرحله چهارم به حداکثر مقدار خود یعنی ۱۶۲ درصد رسیده است.

طبق شکل ۶- ب، مشاهده می‌شود که در حضور اسید سولفوریک به دلیل حلالیت بیش‌تر منابع کلسیم‌دار، کلسیم بیش‌تری جایگزین سدیم بر روی مکان‌های تبادلی شده باشد و از این‌رو، میزان CP مربوط به گچ در مقایسه با تیمار آب‌شویی با آب معمولی افزایش یافته است. این در حالی است که نتایج پژوهشی که توسط میاموتو و انریکوئز (۱۹۹۰) انجام شد، نشان داد که گچ و اسید سولفوریک در اصلاح خاک‌های آهکی سدیمی به یک میزان، مؤثرند. به طوری که، برای تیمارهای ماده آلی در اولین مرحله آب‌شویی مقادیر CP حداقل بوده و با ادامه آب‌شویی در مراحل بعدی، مقدار آن افزایش یافته است. افزایش مقدار CP در مورد تیمار کود دامی محسوس‌تر از بقیه تیمارها بوده به طوری که در مرحله چهارم، مقدار آن به ۱۵۰ درصد رسیده است. افزایش CP با ادامه آب‌شویی تا مرحله چهارم برای تیمارهای مواد آلی به کاهش CP مربوط به کلسیم و در نتیجه افزایش تدریجی SAR نسبت به تیمار شاهد ارتباط دارد.



شکل ۶- مقدار CP مربوط به SAR برای تیمارهای مختلف پس از آبشویی با الف) آب معمولی و ب) آب تیمار شده با اسید سولفوریک (خطوط عمودی نشان‌دهنده میانگین سه تکرار  $\pm SE$  است).

## نتیجه گیری

نتایج بررسی تغییرات زمانی ویژگی‌های زهاب طی فرآیند اصلاح خاک شور و سدیمی نشان داد که در خاک‌های آهکی و از طریق آب‌شویی معمولی، گچ نه تنها باعث افزایش آب‌شویی سدیم نمی‌شود، بلکه نسبت به تیمار شاهد کارایی کم‌تری دارد. در مقابل، با مصرف اسید سولفوریک، کاربرد گچ نسبت به شاهد در تخلیه سدیم افزایش می‌یابد. همچنین کود دامی نسبت به تفاله پسته باعث تخلیه مقدار بیش‌تر سدیم می‌شود. هر چند که میزان سدیمی بیش‌تری توسط این اصلاح‌کننده به خاک افزوده می‌شود. از بین چهار کاتیون محلول، پتاسیم کم‌ترین تغییرات زمانی CP را نشان داد. با این وجود تفاله پسته نسبت به سایر تیمارها، پتاسیم بیش‌تری وارد فاز محلول نمود. به‌طورکلی روند تغییرات CP در مورد کلسیم برای تیمارهای مورد مطالعه بعد از مرحله دوم آب‌شویی با و یا بدون اسید سولفوریک کاهش بود. به‌عبارتی با تکرار آب‌شویی، کارایی تیمارها برای خارج نمودن کلسیم از خاک نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان داد. یکی از دلایل این یافته، کاهش سرعت تجزیه مواد آلی و اسیدهای آلی تولید شده و در نتیجه افزایش pH همراه با اجرای مراحل مختلف آب‌شویی است. به‌دلیل تجزیه‌پذیری بیش‌تر کود دامی نسبت به تفاله پسته، مقادیر CP مربوط به pH آن منفی بود که نسبت به سایر تیمارها، pH کم‌تری به‌دنبال داشت. در مقابل، تفاله پسته دارای بیش‌ترین CP مربوط به pH و کم‌ترین مقادیر CP مربوط به کلسیم بود. تغییرات CP مربوط به منیزیم زهاب برای تیمارهای مورد مطالعه تا حد زیادی مشابه کلسیم بوده است. در بین تیمارهای مورد مطالعه و بدون مصرف اسید سولفوریک، تیمار کود دامی در ترکیب با گچ دارای بیش‌ترین مقادیر CP مربوط به EC بوده به‌طوری‌که پس از آب‌شویی چهارم CP مربوط به این تیمار به ۳۰۵ درصد رسید. برای تیمارهای دارای ماده آلی، پس از خروج مقدار زیادی نمک‌ها از نیم‌رخ خاک در اولین مرحله آب‌شویی، شرایط برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها فراهم شده که منجر به تجزیه مواد آلی می‌گردد. روند تغییرات CP مربوط به SAR برای تیمارهای مورد مطالعه با آب معمولی، طی ۴ مرحله آب‌شویی اغلب افزایشی بود به‌طوری‌که برای تیمار کود دامی مقدار CP در مرحله چهارم به حداکثر مقدار خود برابر با ۱۶۲ درصد رسید. در حضور اسید سولفوریک به‌دلیل حلالیت بیش‌تر منابع کلسیم‌دار، کلسیم بیش‌تری جایگزین سدیم بر روی مکان‌های تبادلی شده و از این‌رو، میزان CP مربوط به SAR گچ در مقایسه با تیمار آب‌شویی با آب معمولی افزایش یافت.

## منابع

1. Amezketa, E., Aragues, R., and Gazol, R. 2005. Efficiency of sulfuric acid, mined gypsum and two gypsum by-products in soil crusting prevention and sodic soil reclamation. *Agron. J.* 97: 983-989.
2. Anapali, O., Sahin, V., Oztas, T., and Hanay, A. 2001. Defining effective salt leaching regions between drains. *Turk. J. Agric.* 25: 51-56.
3. Chorom, M., and Rengasamy, P. 1997. Carbonate chemistry, pH and physical properties of an alkaline sodic soil as affected by various amendments. *Aust. J. Soil Res.* 35: 149-161.
4. Clark, G.J., Dodgshun, N., Sale, P.W.G., and Tang, C. 2007. Changes in chemical and biological properties of a sodic clay subsoil with addition of organic amendments. *Soil Biol. Biochem.* 39: 2806-2817.
5. Ferreras, L., Gomez, E., Toresani, S., Firpo, I., and Rotondo, R. 2006. Effect of organic amendments on some physical, chemical and biological properties in a horticultural soil. *Bioreso. Tech.* 97: 635-640.
6. Hanay, A., Buyuksanmz, F., Kiziloglu, F.M., and Canbolat, M.V. 2004. Reclamation of saline-sodic soils with gypsum and MSW compost. *Compost Sci. Util.* 12: 4. 175-179.
7. Hao, X., and Chang, C. 2003. Does long-term heavy cattle manure application increase salinity of a clay loam soil in semi-arid southern Alberta? *Agric. Eco. Environ.* 94: 89-103.
8. Harrison, R., Xue, D., Henry, C., and Cole, D.W. 1994. Long term effects of heavy applications of biosolids on organic matter and nutrient content of a coarse-textured forest soil. *Forest Ecol. Manag.* 66: 165-177.
9. Jalali, M., and Ranjbar, F. 2009. Effects of sodic water on soil sodicity and nutrient leaching in poultry and sheep manure amended soils. *Geoderma.* 153: 194-204.
10. Lax, A., Diaz, E., Castillo, V., and Albaladejo, J. 1994. Reclamation of physical and chemical properties of a salinized soil by organic amendment. *Arid Soil Res. Rehab.* 8: 9-17.
11. Li, F.H., and Keren, R. 2009. Calcareous sodic soil reclamation as affected by corn stalk application and incubation: A laboratory study. *Pedosphere.* 19: 4. 465-475.
12. Malik, K.A., and Haider, K. 1977. Decomposition of carbon 14 labelled plant material in saline-sodic soils. In: *Soil Organic Matter Studies*, P 215-225. In: *Proceeding Symp. IAEA, FAO and Agrochimica*. Vienna.
13. Miyamoto, S., and Enriquez, C. 1990. Comparative effects of chemical amendments on salt and Na leaching. *Irrig. Sci.* 11: 83-92.
14. Nelson, P.N., and Oades, J.M. 1998. Organic matter, sodicity and soil structure, P 51-75. In: *Sumner, M.E. and R. Naidu, (eds), Sodic Soils, Distribution, Properties, Management and Environmental Consequences*. Oxford University Press, New York.
15. Pansu, M., and Gautheyrou, J. 2006. *Handbook of Soil Analysis, Mineralogical, Organic and Inorganic Methods*. Springer, 993p.

16. Qadir, M., and Oster, J.D. 2004. Review, Crop and irrigation management strategies for saline-sodic soils and waters aimed at environmentally sustainable agriculture. *Sci. Total Environ.* 323: 1-19.
17. Qadir, M., Ghafoor, A., and Murtaza, G. 2001. Use of saline-sodic waters through phytoremediation of calcareous saline-sodic soils. *Agr. Water Manag.* 50: 197-210.
18. Quirk, J.P. 2001. The significance of the threshold and turbidity concentrations in relation to sodicity and microstructure. *Aust. J. Soil Res.* 39: 1185-1217.
19. Sadiq, M., Hassan, G., Chaudhry, G.A., Hussain, N., Mehdi, S.M., and Jamil, M. 2003. Appropriate land preparation methods and sulfuric acid use for amelioration of salt affected soils. *Pakistan J. Agron.* Pp: 138-145.
20. Sadiq, M., Hassan, G., Mehdi, S.M., Hussain, N., and Jamil, M. 2007. Amelioration of saline-sodic soils with tillage implements and sulfuric acid application. *Pedosphere*, 17: 2. 182-190.
21. Singh, H., and Bajwa, M.S. 1991. Effect of sodic irrigation and gypsum on the reclamation of sodic soil and growth of rice and wheat plants. *Agric. Water Manag.* 20: 2. 163-171.
22. Smart, M.K. 2003. Effect of long term irrigation with reclaimed water on soils of the northern Adelaide plains. *Aust. J. Soil Res.* Pp: 1-16.
23. Tavallali, V., Rahemi, M., and Kholdebarin, B. 2009. Ameliorative effects of Zinc on Pistachio (*Pistacia vera* L.) growth under salt-affected soil conditions. *Res. J. Environ. Sci.* 3: 6. 656-666.
24. Valzano, F.P., Greene, R.S.B., Murphy, B.W., Rengasamy, P., and Jarwal, S.D. 2001. Effects of gypsum and stubble retention on the chemical and physical properties of a sodic grey Vertosol in western Victoria. *Aust. J. Soil Res.* 39: 1333-1347.
25. Van der Zee, S.E.A.T.M., Shah, S.H.H., Van Uffelen, C.G.R., Raats, P.A.C., and Dal Ferro, N. 2010. Soil sodicity as a result of periodical drought. *Agric. Water Manag.* 97: 41-49.
26. Vance, W.H., Tisdell, J.M., and McKenzie, B.M. 1998. Residual effects of surface application of organic matter and calcium salts on the sub-soil of a red-brown earth. *Aust. J. Exp. Agric.* 38: 595-600.
27. Villa-Castorena, M., Ulery, A.L., Catalan-Valencia, E.A., and Remmenga, M.D. 2003. Salinity and nitrogen rate effects on the growth and yield of Chilli Pepper plants. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 37: 1781-1789.
28. Von Lutzow, M., Leifeld, J., Kainz, M., Kogel-Knabner, I., and Munch, J.C. 2002. Indications for soil organic matter quality in soils under different management. *Geoderma.* 105: 243-258.
29. Walker, D.J., and Bernal, M.P. 2008. The effects of olive mill waste compost and poultry manure on the availability and plant uptake of nutrients in a highly saline soil. *Biores. Technol.* 99: 396-403.
30. Wong, V.N.L., Dalal, R.C., and Greene, R.S.B. 2009. Carbon dynamics of sodic and saline soils following gypsum and organic material additions: A laboratory incubation. *Appl. Soil Ecol.* 41: 29-40.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 1(1), 2011*  
[www.gau.ac.ir/journals](http://www.gau.ac.ir/journals)

## **Time monitoring of leachate quality during reclamation process of saline-sodic soil using soil column**

**\*N. Yazdanpanah<sup>1</sup> and M. Mahmoodabadi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Islamic Azad University, Kerman Branch,

<sup>2</sup>Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Shahid Bahonar University of Kerman

Received: 2011/02/04; Accepted: 2011/09/26

### **Abstract**

Soil salinity and sodicity are serious challenges related to soil management and sustainable production in arid and semi-arid regions. This study investigates different methods of calcareous saline-sodic soil amelioration which emphasized on time variability of leachate quality. The experiment was factorial based on CRD using 6 soil treatments consist of control, cattle manure, pistachio residue, gypsum, and their combination; 2 leaching treatments (with and without sulfuric acid) and 3 replicates, which was conducted in laboratory conditions using soil column. Four intermittent leaching steps with one month interval and one pore volume were applied. The results showed that in the calcareous soil, application of gypsum led to -3 to -35 percent reductions in sodium leaching, while in presence of sulfuric acid, this gypsum efficiency raised to 10-34 percent. Because of higher decomposition rate of cattle manure than pistachio residue, more sodium removed out of soil column. Among four studied cations, potassium showed the lowest variations of change (CP) with time. In this regard, pistachio residue released higher potassium amounts into soil solution. Moreover, the efficiency of amendments in removing calcium out of soil profile was reduced for the subsequent leaching steps. This finding was attributed to some reduction in organic matter decomposition and resultant organic acids, which caused an increase of pH. Time variations of CP for potassium were similar to that of the calcium. Without application of sulfuric acid, the highest CP values of EC and SAR were observed for cattle manure+gypsum and cattle manure treatments with amounts of 305 and 163 percent, respectively. The findings of this research reveal that gypsum alone can not be applied for ameliorating calcareous saline-sodic soils.

**Keywords:** Leachate, Change percent, Gypsum, Sulfuric acid, Organic matter, Leaching

---

\* Corresponding Author; Email: [nyazdanpanah@gmail.com](mailto:nyazdanpanah@gmail.com)