

بررسی تاثیر مواد آلی و ترکیبات معدنی کلسیم دار بر توزیع اندازه ای خاکدانه ها و میزان رس قابل پراکنش در یک خاک سدیمی*

محمد جواد روستا، احمد گلچین و حمید سیادت**

چکیده:

در یک آزمایش مزرعه‌ای روی خاک سدیمی در استان قزوین، تاثیر انواع و مقادیر مختلف مواد اصلاح کننده خاک بر پایداری خاکدانه‌های با اندازه مختلف (از ۷۵ تا ۴۷۶۰ میکرون) و میزان رس قابل پراکنش در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار بررسی شد. تیمارهای آزمایشی شامل کاه و کلش خردشده گندم و کود دامی پوسیده در سه سطح ۱۰، ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار، گچ معدنی ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (به اندازه نیاز گچی) و سیمان (۵ تن در هکتار) به تنهایی و یا توأم با ۲۰ تن در هکتار کاه و کلش و کود دامی و همچنین اسیدسولفوریک صنعتی (معادل نیاز گچی) همراه با آب آبیاری بود.

نتایج اندازه گیریها نشان داد که یکماه پس از اعمال تیمارهای مختلف، تیمارهای ۴۰ تن در هکتار کاه و کلش، ۲۰ تن در هکتار کاه و کلش همراه با سیمان و ۲۰ تن در هکتار کاه و کلش همراه با گچ باعث افزایش معنی دار میانگین وزنی قطر خاکدانه ها (MWD) شدند، افزایش MWD در اثر کاربرد ۴۰ تن در هکتار کاه و کلش و ۲۰ تن در هکتار از این ماده همراه با سیمان بیشتر به دلیل افزایش درصد فراوانی خاکدانه های بزرگتر از $1000 \mu\text{m}$ و در تیمار ۲۰ تن در هکتار کاه و کلش همراه با گچ ناشی از افزایش درصد فراوانی خاکدانه های بزرگتر از $500 \mu\text{m}$ بود. مصرف کود دامی همراه با سیمان باعث کاهش درصد فراوانی خاکدانه های با اندازه مختلف و در نتیجه کاهش معنی دار MWD در مقایسه با شاهد گردید. همچنین کاربرد ۲۰ تن در هکتار کاه و کلش نیز MWD را تا حد معنی داری افزایش داد که این افزایش اشی از زیاد شدن درصد فراوانی خاکدانه های بزرگتر از $500 \mu\text{m}$ متناسب با کاهش مقدار خاکدانه های با قطر $250-500 \mu\text{m}$ بود.

تیمارهای گچ، اسید سولفوریک و کود دامی همراه با گچ نیز درصد فراوانی خاکدانه های کوچکتر از $250 \mu\text{m}$ را افزایش دادند که این افزایشها از نظر آماری معنی دار شد. چهارماه پس از کاربرد مواد اصلاحی، مقدار MWD در تیمارهای سطوح مختلف کود دامی، اسید سولفوریک، سیمان، گچ، کود دامی همراه با گچ و تیمار ۴۰ تن در هکتار کاه و کلش در مقایسه با شاهد افزایش معنی دار پیدا کرد که علت آن عمدتاً افزایش درصد فراوانی خاکدانه‌های بزرگتر از $1000 \mu\text{m}$ بود، در صورتیکه یکماه پس از کاربرد این مواد، تاثیر آنها چندان مشهود نبود. تاثیر تیمارهای مختلف بر پراکنش رسها متفاوت بود و در این میان تاثیر کاربرد گچ، کود دامی همراه با گچ و کاه و کلش همراه با گچ در کاهش درصد رس قابل پراکنش بسیار قابل ملاحظه بود به طوریکه پس از یک ماه میزان رس قابل پراکنش از $89/68$ درصد در تیمار شاهد به ترتیب به $4/46$ ، $6/81$ و $7/63$ درصد و پس از چهارماه از $83/78$ درصد در تیمار شاهد به ترتیب به $4/23$ ، $1/51$ و $4/32$ درصد کاهش یافت. درصد رس قابل پراکنش در اثر مصرف اسید سولفوریک همراه با آب آبیاری نیز پس از یکماه به $52/55$ درصد و چهارماه بعد به $19/35$ درصد کاهش یافت که از نظر آماری معنی دار بود. نتایج این آزمایش نشان دهنده نقش واهمیت افزودن مواد آلی همراه با گچ در تشکیل خاکدانه ها و افزایش پایداری آنها در خاکهای سدیمی از طریق هماور کردن رسها می‌باشد.

واژه های کلیدی : پایداری خاکدانه، مواد اصلاح کننده خاک، کاه و کلش گندم، گچ، اسید سولفوریک، کود دامی، سیمان، قزوین

* این مقاله از بخشی از نتایج رساله دکترای خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس استخراج شده است.

** به ترتیب دانشجوی دکترای خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس، عضو هیات علمی دانشگاه زنجان، استاد پژوهش موسسه تحقیقات

خاک و آب.

مقدمه:

از مطالعات انجام شده در این رابطه می توان چنین نتیجه گرفت که تاثیر ماده آلی بر پراکنش رسها بستگی به عواملی از جمله درجه سدیمی بودن (sodicity)، طبیعت ماده آلی، درجه تخریب مکانیکی و خصوصیات دیگر خاک از جمله مقدار و نوع رس دارد (برزگر و همکاران، ۱۹۹۷).

در حالی که همآوری و پراکنش رسها عمدتاً پدیده ای الکترواستاتیک به نظر می رسند، پایداری خاکدانه های بزرگتر مستلزم وجود عوامل پیوند دهنده ای است که این عوامل می توانند معدنی، آلی و یا هر دو باشند (تیسدال و ادس، ۱۹۸۲).

نقش اتصالات آلی-معدنی به عنوان عوامل پیوند دهنده در خاکدانه های کوچکتر از ۲۵۰ میکرون، مورد تاکید قرار گرفته است (ادواردز و برمنر، ۱۹۶۷؛ همبلین، ۱۹۷۷).

اضافه کردن مواد آلی مختلف مانند کود سبز، کود دامی، کمپوست و مواد زاید حاصل از صنایع غذایی تا ۵۰ تن در هکتار باعث بهبود ساختمان خاکهای سدیمی در مزرعه گردیده است. این مواد هم به تنهایی و هم با مواد کلسیم دار مانند گچ، ساختمان خاک را بهبود بخشیده اند (کانوار و همکاران، ۱۹۶۵؛ چاند و همکاران، ۱۹۷۷؛ روبینز، ۱۹۸۶؛ سینگ و سینگ، ۱۹۸۹؛ مور، ۱۹۹۴). کاربرد اسید سولفوریک در خاکهای سدیمی حاوی کربنات کلسیم می تواند از طریق واکنش با کربنات کلسیم و تامین منبع کلسیم محلول به صورت گچ، خاک را اصلاح نموده و همچنین با حل نمودن هیدروکسیدهای آلومینیوم و آهن باعث افزایش همآوری رسها و پایداری ساختمان خاک شود (پراتر و همکاران، ۱۹۷۹).

مشخص شده است که الکتروولیت تولید شده به وسیله گچ عامل مهمی در همآوری رسها بوده و علاوه بر ESP باید مورد توجه قرار گیرد (شانموگاناتان و ادس، ۱۹۸۳). برای همآوری رسها حد معینی از غلظت الکتروولیت لازم است که این حد بستگی به

در خاکهای سدیمی، پراکنش^(۱) (انتشار) رسها باعث فرو پاشی ساختمان خاک و سپس انسداد منافذ ریز و منافذ درشت شده و از این طریق حرکت هوا و آب را به درون خاک محدود کرده و همچنین پس از خشک شدن خاک و ایجاد سله، باعث سفتی زیاد خاک می گردد. مسائل و مشکلات مدیریتی مربوط به این ناپایداری ساختمانی عبارتند از: کاهش نفوذ پذیری خاک، ماندابی شدن زمین، رواناب سطحی، فرسایش خاک، مشکل بودن تهیه بستر بذر، ایجاد سله و سفتی خاک و در نتیجه استقرار ضعیف گیاه و رشد نامطلوب آن (رنگاسمی و اولسن، ۱۹۹۱)، بنابراین شرط اول تشکیل خاکدانه در خاکهای سدیمی، جابه جایی سدیم از مکانهای تبادل و جایگزینی آن با کاتیونهای چند ظرفیتی از جمله کلسیم است که از طریق کاهش ضخامت لایه دو گانه باعث همآوری^(۲) رسها می شود.

ادس (۱۹۸۴) پیشنهاد کرد که حضور مقادیر کافی کلسیم (Ca^{2+}) می تواند بین کلونیدهای آلی دارای بار منفی و رسها پیوند ایجاد کند که این امر برای جلوگیری از پراکنش رسها به وسیله آنیونهای آلی ضروری است. از طرف دیگر مواد آلی در جلوگیری از پراکنش رسها در حضور سدیم (Na^+) تاثیر دارند (امرسون، ۱۹۵۴؛ لولند و همکاران، ۱۹۸۷). این تاثیر مربوط به نقش ریشه های گیاه و هیفهای قارچی است که باعث تشکیل و پایداری خاکدانه های بزرگ شده و از این طریق مانع پراکنش رسها می شوند. وقتی این پیوندها در اثر به هم زدن مکانیکی شوند و خاکدانه های بزرگ تخریب گردند، اثرات پراکنده کنندگی ماده آلی غالب می شود (امرسون ۱۹۵۴؛ گلدبرگ و همکاران، ۱۹۹۰؛ نلسون و ادس، ۱۹۹۸).

- 1- Dispersion
- 2- Flocculation

متصل کرده و خاکدانه های کوچک و پایدار را به وجود آورند (گرینلند، ۱۹۶۵ a).

گرچه مهندسين با موفقیت توانسته‌اند ساختمان خاک را با افزودن سیمان تغییر دهند ولی استفاده از آن در کشاورزی هنوز مورد توجه قرار نگرفته است.

آهوچا و اسمارتزندروبر (۱۹۷۲) مشاهده کردند که استفاده از سیمان به میزان ۱ درصد وزنی در یک خاک سیلتی لوم، باعث افزایش ضریب آبگذری گردید و میزان خاکدانه های پایدار در آب را به سه برابر افزایش داد. شانموگاناتان و ادس (۱۹۸۳) مشاهده کردند که بسیاری از خواص فیزیکی خاک از جمله پایداری خاکدانه‌های بزرگ با افزودن ۰/۸ درصد وزنی سیمان بهبود یافت ولی وقتی گندم در آن کاشته شد، بدلیل افزایش pH، درصد جوانه زنی بذر، پنجه زنی، رشد ریشه و جذب فسفر کمتر از شاهد بود. آزمایشهای مختلف نشان می دهد که کاربرد ترکیبات کلسیم دار به علت تولید یون کلسیم (Ca^{2+}) در خاک و جابه جا کردن یون سدیم تبادلی، باعث همآوری رسها شده و به تشکیل خاکدانه های کوچک ($250-50 \mu m$) کمک می کند و از این طریق ضمن کاهش رس قابل پراکنش و کاهش سله بندی باعث بهبود خواص فیزیکی خاک می شود .

از طرف دیگر مواد آلی پوسیده با گروههای عاملی فراوان که قدرت کمپلکس کردن کاتیونهای چند ظرفیتی را دارند در تشکیل کمپلکس‌های آلی - معدنی و در نتیجه در پایداری خاکدانه های کوچک ($250 \mu m <$) نقش عمده ای را ایفا می کند (تیسدال و ادس، ۱۹۸۲). علاوه بر مواد آلی پوسیده، مواد آلی زود تجزیه شونده، پلی ساکاریدهای میکروبی که در اثر تجزیه ماده آلی تولید می‌شوند و موسیلاژهای سطح ریشه گیاه نیز در پایداری خاکدانه های کوچک نقش اساسی (تیسدال و ادس، ۱۹۸۰ a). هیفهای قارچی، شبکه ریشه ای گیاه و بقایای گیاهی تاره قادرند با اتصال خاکدانه های کوچک بهم باعث

میزان ESP دارد (کویرک، ۱۹۷۷). رنگاسمی (۱۹۸۲) نشان داد که رسهای اشباع شده از کلسیم در غیاب الکترولیت، در حالت مرطوب در اثر نیروی مکانیکی ضعیف پراکنش می‌یابند، این موضوع ممکن است در سطح خاک هم وقتی که بارندگی سنگینی انجام شود اتفاق بیفتد.

شانموگاناتان و ادس (۱۹۸۲b) هم نشان دادند که رسهای غیر سدیمی وقتی که غلظت الکترولیت کم باشد در اثر تکان دادن (shaking) پراکنش می یابند و رس پراکنده شده بر بسیاری از خصوصیات فیزیکی خاک اثر منفی می گذارد.

مهمترین ویژگیهای خاک که بر پراکنش رس موثر هستند عبارتند از: (۱) مقدار رس، (۲) اندازه رس، نوع رس و خصوصیات بار سطحی آن (۳) کاتیونهای تبادلی، غلظت الکترولیت و pH خاک، (۴) وجود عوامل پراکنده کننده مانند آنیونهای آلی و همچنین عوامل متصل کننده ذرات یا تشکیل دهنده خاکدانه مانند مواد آلی، کربناتهای Ca و Mg و اکسیدها و هیدروکسیدهای Si، Al و Fe، (۵) برهمکنش این عوامل (نلسون و ادس، ۱۹۹۸). مشخص شده که مواد آلی و سدیم تبادلی از عوامل مهم موثر بر پراکنش رسها هستند، سدیم تبادلی از طریق افزایش ضخامت لایه دو گانه پخشیده، مستقیماً بر پراکنش رسها موثر است (شینبرگ و لتی، ۱۹۸۴).

مواد آلی نیز ممکن است باعث افزایش پراکنش یا مانع پراکنش رسها شوند بدین صورت که آنیونهای آلی با افزایش بار منفی سطح ذرات رس و همچنین با کمپلکس کردن کاتیون کلسیم و دیگر کاتیونهای چند ظرفیتی مانند آلومینیوم و در نتیجه کاهش فعالیت^(۳) آنها در محلول خاک باعث افزایش پراکنش رسها می شوند (نلسون و همکاران، ۱۹۹۹). از طرف دیگر، پلی آنیونهای بزرگ می‌توانند با اتصال به محلهای دارای بار مثبت، ذرات رس را به یکدیگر

- تشکیل خاکدانه های بزرگ ($>250\mu m$) و پایدار گردند.
- ۳- کاه و کلش گندم به میزان ۲۰ تن در هکتار
(S₂)؛
- ۴- کاه و کلش گندم به میزان ۴۰ تن در هکتار
(S₃)؛
- ۵- کود دامی به میزان ۱۰ تن در هکتار (M₁)؛
- ۶- کود دامی به میزان ۲۰ تن در هکتار (M₂)؛
- ۷- کود دامی به میزان ۴۰ تن در هکتار (M₃)؛
- ۸- گچ به اندازه نیاز گچی (G)؛
- ۹- کاه و کلش گندم (۲۰ تن در هکتار)+گچ به اندازه نیاز گچی (S₂+G)؛
- ۱۰- کود دامی (۲۰ تن در هکتار)+گچ به اندازه نیاز گچی (M₂+G)؛
- ۱۱- سیمان به میزان ۵ تن در هکتار (Ce)؛
- ۱۲- کاه و کلش گندم (۲۰ تن در هکتار)+سیمان به میزان ۵ تن در هکتار (S₂+Ce)؛
- ۱۳- کود دامی (۲۰ تن در هکتار)+سیمان به میزان ۵ تن در هکتار (M₂+Ce)؛
- ۱۴- اسید سولفوریک صنعتی (۹۸ درصد) معادل نیاز گچی (Su).
- در این آزمایش بعد از آبیاری، شخم، دیسک و تسطیح جزئی زمین کاه و کلش خرد شده گندم، کود دامی پوسیده (کود گاوی)، گچ و سیمان با خاک سطحی (۲۰-۰ سانتی متر) مخلوط گردیدند و سپس کرتها آبیاری شدند و پس از دوبار آبیاری که هر دو هفته یکبار صورت گرفت به دلیل بارندگیهای مناسب کرتها آبیاری نشدند. در مورد تیمار اسید سولفوریک این ماده در دو نوبت و هر نوبت نیمی از مقدار محاسبه شده همراه با آب آبیاری به کرتهای مورد نظر داده شد ولی نمونه برداری از این کرتها همزمان با نمونه برداری از سایر کرتها صورت گرفت، بنابراین به جای یک و چهار ماه، تاثیر اسید سولفوریک پس از ۲۱ روز و سه ماه و ۲۱ روز نشان داده شده است. نیاز گچی از رابطه
- تشنه
- به منظور بررسی تاثیر مواد آلی از منابع کاه و کلش خرد شده گندم (به طول ۵ تا ۱۰ سانتی متر) و کود دامی پوسیده و همچنین ترکیبات معدنی کلسیم دار مانند گچ معدنی (CaSO₄. 2H₂O) و سیمان و همچنین اسید سولفوریک همراه با آب آبیاری بر پایداری خاکدانه ها و میزان رس قابل انتشار، در اواخر شهریور ماه ۱۳۷۸، یک آزمایش مزرعه ای در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با ۱۴ تیمار و ۳ تکرار در یک خاک سدیمی (ESP=۴۰/۷ و pH=۸/۳) در استان قزوین به اجرا در آمد. واحدهای آزمایشی شامل کرتهایی به ابعاد ۳ متر در ۵ متر با حد فاصل ۴۰ سانتی متر و تیمارها به شرح زیر بودند:
- ۱- شاهد (بدون اضافه کردن ماده اصلاحی)
(B1)؛
- ۲- کاه و کلش گندم به میزان ۱۰ تن در هکتار
(S₁)؛

اتمی، کربن آلی به روش والکلی-بلاک و ازت کل با دستگاه میکرو کج‌دلال اندازه‌گیری گردید و SAR از رابطه

$$SAR = \frac{Na^+}{\left(\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}\right)^{0.5}}$$

که در آن تمام

غلظتها بر حسب میلی اکی والان در لیتر هستند محاسبه گردید. مقدار یونهای کربنات و بی کربنات به وسیله تیتراسیون با اسید کلریدریک، کلر به وسیله تیتراسیون با نیترات نقره و مقدار بُر به روش رنگ سنجی توسط اسپکتروفوتومتر با استفاده از معرف کورکامین و مقدار یون سولفات از تفاضل کاتیونها و آنیونها محاسبه گردید. درصد اشباع با قرار دادن مقداری از گل اشباع در کوره الکتریکی به مدت ۲۴ ساعت در حرارت ۱۰۵ درجه سانتیگراد و سپس توزین نمونه خشک شده محاسبه گردید. جرم مخصوص ظاهری نمونه دست نخورده به کمک استوانه فلزی و بافت خاک با روش هیدرومتر اندازه‌گیری شد.

$$GR = \frac{ESP_i - ESP_f}{100} \times CEC$$

محاسبه گردید

که در آن GR نیاز گچی بر حسب میلی اکی والان گرم در صد گرم خاک ESP_f درصد سدیم تبدلی مورد نظر (در این آزمایش این مقدار برابر با ۱۰ در نظر گرفته شد)، ESP_i درصد سدیم تبدلی اولیه و CEC ظرفیت تبادل کاتیونی خاک بر حسب سانتی مول در کیلوگرم خاک می باشد. در جدول شماره ۱ برخی از خصوصیات خاک مورد آزمایش و در جدول شماره ۲ برخی از خصوصیات مواد مصرفی و در جدول شماره ۳ نتایج تجزیه شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده نشان داده شده است.

اندازه‌گیری pH با دستگاه pH متر، EC به وسیله دستگاه هدایت سنج الکتریکی، CEC به روش استات آمونیوم، کربنات کلسیم معادل به وسیله خنثی سازی با اسید کلریدریک و تیتراسیون با سود صورت گرفت. سدیم با دستگاه فلیم فتومتر، کلسیم و منیزیم با دستگاه جذب

جدول شماره ۱- برخی خصوصیات خاک مورد آزمایش (عمق ۲۰-۰ سانتی متر)

مقدار	خصوصیت خاک	مقدار	خصوصیت خاک	مقدار	خصوصیت خاک
۳۳/۵٪	درصد اشباع (SP)	۲۶/۷	SAR	۸/۳	PH گل اشباع
۱/۴۳Mg.m ⁻³	جرم مخصوص ظاهری	۱۰٪	کربنات کلسیم معادل	۹/۹	PH (۵ : ۱)
۵۳٪	شن	۰٪	گچ	۲/۵dS.m ⁻¹	ECe
۲۱٪	سیلت	۰/۱۲٪	0.C	۱۳Cmol.Kg ⁻¹	CEC
۲۶٪	رس			۴۰/۷	ESP
Sandy Clay Loam	بافت			۳۲me.L ⁻¹	سدیم محلول

جدول شماره ۲- برخی خصوصیات مواد مورد استفاده در آزمایش

نام ماده	خصوصیت		
کاه و کلش گندم	C:N=۲۰۹	%T.N=۰/۲۲	%O.C=۴۶
کود دامی	C:N=۱۵/۲۳	%T.N=۱/۶۸	%O.C=۲۵/۷
گچ معدنی	اندازه ذرات $< 500 \mu\text{m}$	درصد رطوبت = ۲۰/۵	درصد خلوص = ۸۴
اسید سولفوریک صنعتی			درصد خلوص = ۹۸
*سیمان	%CaO=۶۵ (معادل کربنات کلسیم)	pH=۱۲/۳	EC=۱۲/۵۴ dS.m ⁻¹
	اندازه ذرات $< 106 \mu\text{m}$		

EC* و pH در سوسپانسیون ۵ : ۱ اندازه گیری گردید.

جدول شماره ۳- تجزیه شیمیایی آب آبیاری

کلاس آب آبیاری	pH	me.L ⁻¹							
		dS.m ⁻¹ EC	mg.L ⁻¹ B	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Na ⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺
C ₂ -S ₁	۸/۳	۰/۷۰	۰/۱۴	۱/۳۵	۰/۶۵	۵/۶۵	۰/۵۰	۵/۷۰	۲/۶۵

مقدار رس کل فقط در نمونه‌های برداشت شده پس از یکماه از کاربرد مواد اصلاحی اندازه گیری شد. نمونه های ۵۰ گرمی از خاکدانه های با قطر ۲ تا ۴/۷۶ میلیمتر نیز برای اندازه گیری پایداری خاکدانه ها به روش الک کردن در آب^(۴) مورد استفاده قرار گرفت (کمپر و روزنیو، ۱۹۸۶). بدین صورت که پس از توزین ۵۰ گرم از خاکدانه های با قطر ۲ تا ۴/۷۶ میلی متری اشباع نمونه ها، آنها را بر روی سری الکهای ۲، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵، ۰/۱۰۶ و ۰/۰۷۵ میلی متری قرار داده و به مدت ۱۰ دقیقه با نوسان قائم ۲/۵ سانتی متر و سرعت ۳۵ دور در دقیقه در آب حرکت داده شدند. سپس مقدار خاکدانه های باقیمانده بر روی هر الک بعد از خشک نمودن در کوره الکتریکی (به مدت ۲۴ ساعت در حرارت ۱۰۵ درجه سانتی گراد) تعیین شد و بر اساس مقادیر به دست آمده، درصد فراوانی خاکدانه‌های با اندازه مختلف محاسبه گردید. در این اندازه گیری ها اصلاح شن صورت نگرفت.

همچنین برای افزایش سرعت تجزیه کاه و کلش گندم که دارای C:N برابر ۲۰۹ بود مقدار ازت لازم از منبع کود اوره برای کاهش این نسبت به حدود ۵۰ محاسبه گردید و همزمان با مخلوط کردن کاه و کلش با خاک سطحی به تیمارهای دارای کاه و کلش اضافه گردید. یک و چهار ماه پس از اعمال تیمارها، از دو نقطه هر کرت نمونه هایی به وزن حدود ۳ کیلوگرم از عمق ۲۰-۰ سانتی متری برداشت گردید و بعد از هوا خشک شدن و مخلوط کردن، از الک ۲ میلی متر عبور پداده شد و مقدار رس قابل پراکنش در آن به روش رنگاسمی و همکاران (۱۹۸۴) اندازه گیری گردید. بدین صورت که نمونه های ۲۰ گرمی (براساس وزن خشک شده در کوره) از هر تیمار را در ارلن مایر ۲۵۰ میلی لیتری ریخته و سپس ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر افزوده و پس از یک ساعت قرار دادن بر روی دستگاه تکان دهنده (شیکر) دورانی با سرعت ۱۴۶ دور در دقیقه، میزان رس پراکنده شده به روش پی پت اندازه گیری شد و میزان رس قابل پراکنش به صورت درصدی از کل رس موجود در نمونه بیان گردید.

1- Wet Sieving Diameter

2- Mean Weight

نتایج به دست آمده از اندازه گیری مقدار خاکدانه ها به صورت میانگین وزنی قطر^(۵) یا (MWD) هم بیان گردید. میانگین وزنی قطر از رابطه $MWD = \sum_{i=1}^n x_i W_i$ محاسبه شد (n، نشان دهنده تعداد الکهاست). میانگین وزنی قطر حاصلضرب دو عامل است:

۱- میانگین قطر خاکدانه هایی که بر روی هر

الک باقی می ماند (x_i);

۲- نسبت وزن خاکدانه های باقیمانده بر روی

هر الک به وزن کل نمونه (W_i).

نتایج حاصل از این اندازه گیری ها در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی و به کمک نرم افزار رایانه ای MSTATC مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین ها با آزمون چند دامنه ای دانکن و نمودارها با استفاده از نرم افزار رایانه ای Excel ترسیم گردیدند.

نتایج و بحث:

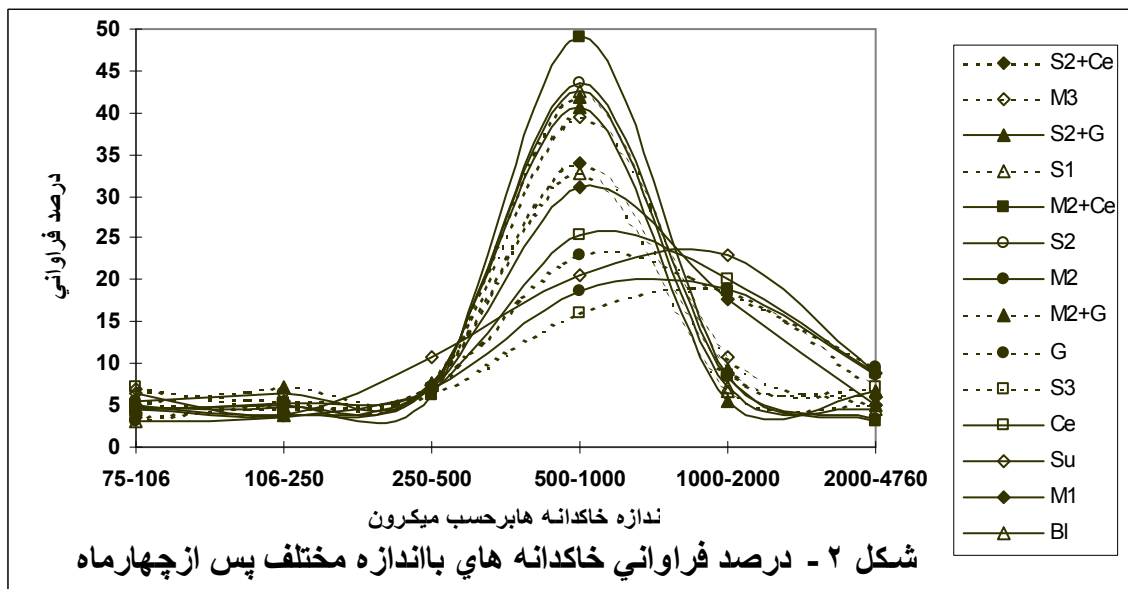
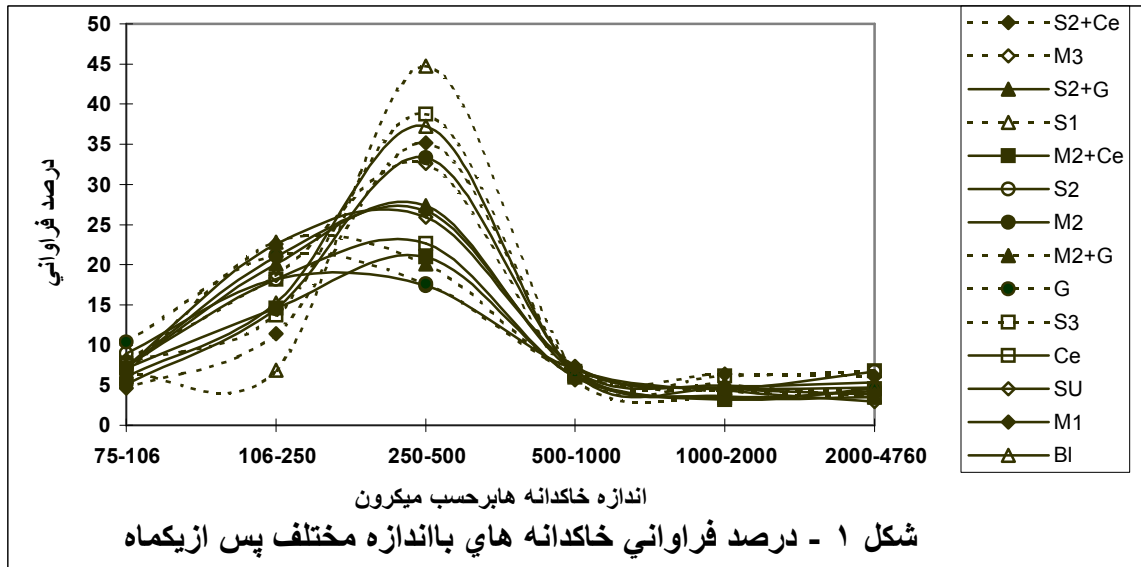
نتایج اندازه گیری پایداری خاکدانه های با اندازه مختلف به صورت درصد فراوانی این خاکدانه ها در تیمارهای مختلف در شکلهای ۱، ۲ و ۳ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۱ مشاهده می شود که یک ماه پس از کاربرد ۱۰ و ۴۰ تن در هکتار کاه و کلش، درصد فراوانی خاکدانه های با قطر ۲۵۰-۵۰۰ میکرون در مقایسه با شاهد افزایش یافت و این افزایشها از نظر آماری معنی دار گردید. با توجه به اینکه افزایش درصد فراوانی این خاکدانه ها متناسب با کاهش درصد فراوانی خاکدانه های با قطر ۱۰۶-۲۵۰ میکرون بود، می توان نتیجه گرفت که مواد حاصل از تجزیه میکروبی کاه و کلش و همچنین متابولیت های تولید شده توسط میکرو ارگانیسم های تجزیه کننده این مواد باعث اتصال خاکدانه های با قطر ۱۰۶-۲۵۰ میکرون

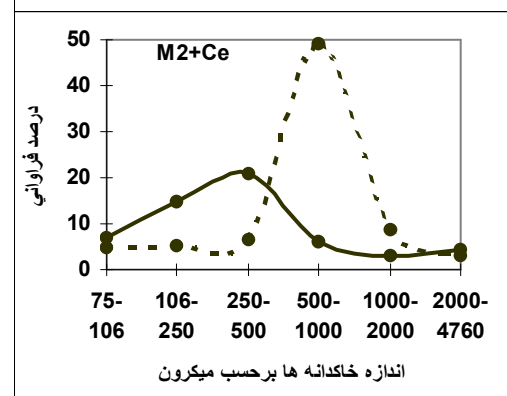
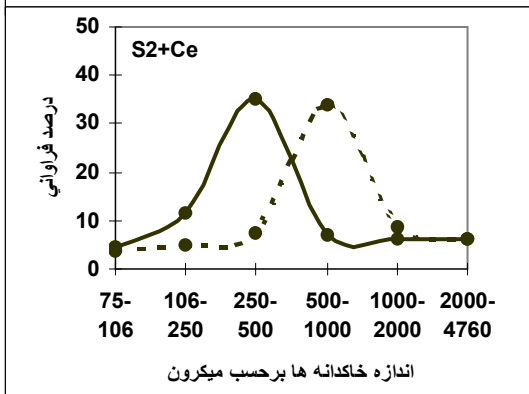
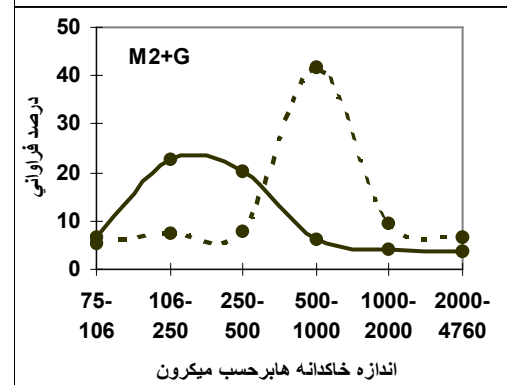
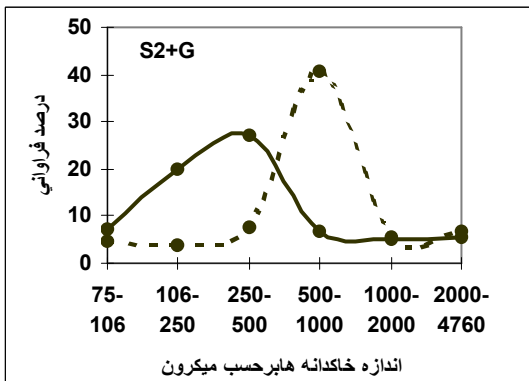
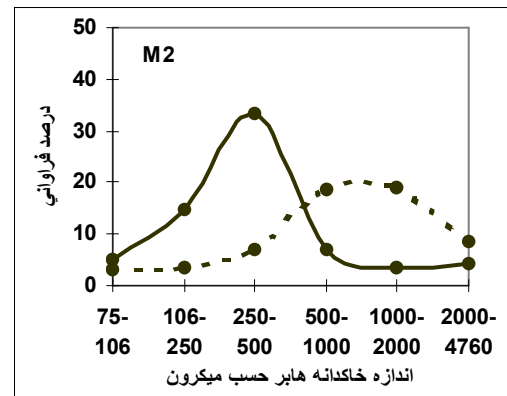
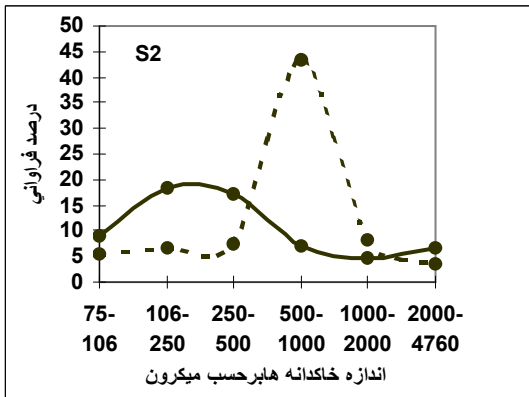
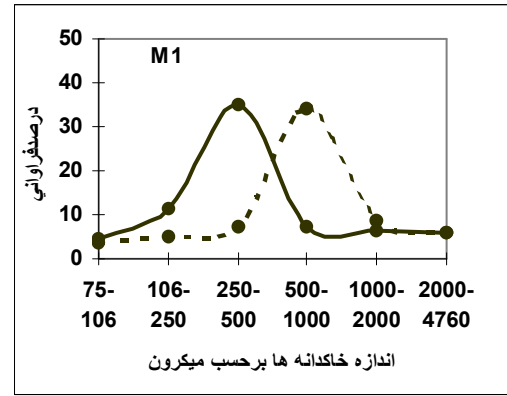
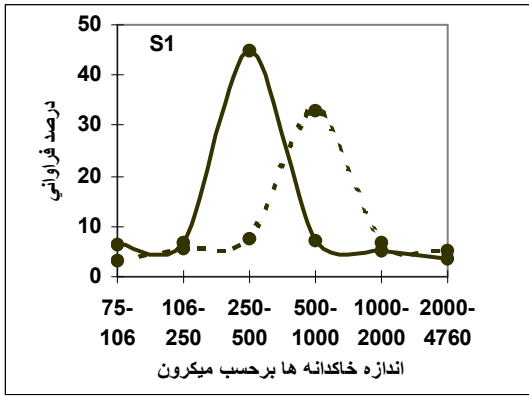
به یکدیگر شده و خاکدانه های بزرگتر (۲۵۰-۵۰۰ میکرون) را به وجود آورده اند.

یکماه پس از اعمال تیمارها، تأثیر کاربرد گچ، ۲۰ تن در هکتار کاه و کلش و ۴۰ تن در هکتار کود دامی در افزایش فراوانی خاکدانه های با قطر ۱۰۶-۲۵۰ میکرون بیشتر از سایر تیمارها بود. تیمارهای کود دامی همراه با گچ، اسید سولفوریک، گچ، ۱۰ تن در هکتار کود دامی، کاه و کلش همراه با گچ، ۴۰ تن در هکتار کود دامی، ۲۰ تن در هکتار کاه و کلش و تیمار سیمان به ترتیب باعث افزایش معنی دار فراوانی خاکدانه های با قطر ۱۰۶-۲۵۰ میکرون گردیدند.

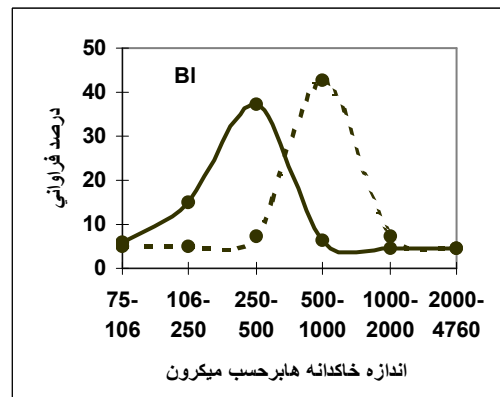
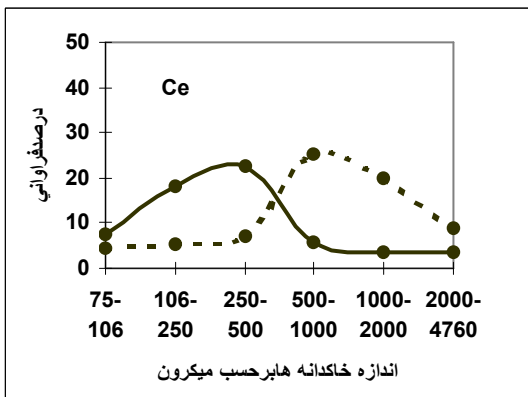
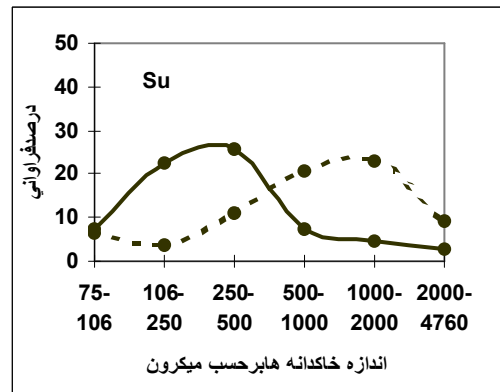
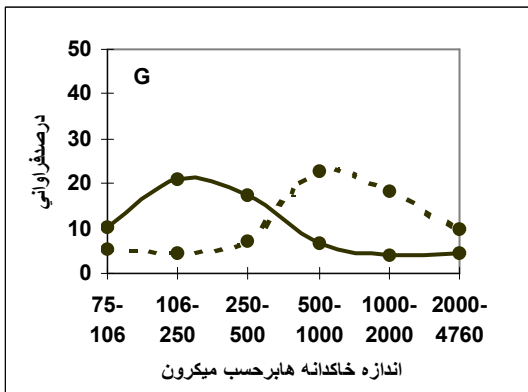
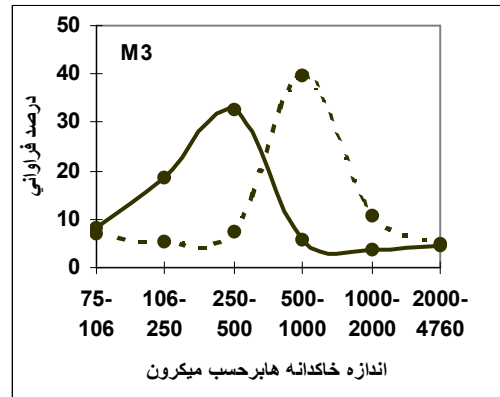
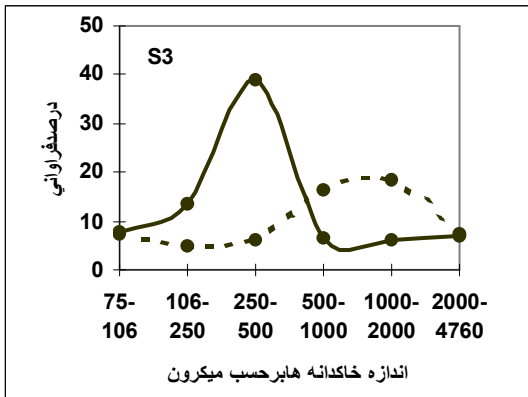
همچنین کاربرد توأم کود دامی و گچ در مقایسه با کاربرد جداگانه هر یک از این مواد تأثیر بیشتری در افزایش فراوانی خاکدانه های با قطر ۱۰۶-۲۵۰ میکرون داشت.

نتایج اندازه گیریها پس از یک ماه نشان داد که کاربرد توأم کاه و کلش و سیمان باعث افزایش معنی دار فراوانی خاکدانه های بزرگتر از ۵۰۰ میکرون شد و همین امر میانگین وزنی قطر (MWD) را از ۰/۴۱۵ در شاهد به ۰/۵۱۲ در این تیمار افزایش داد. همچنین کاربرد ۴۰ تن در هکتار کاه و کلش باعث افزایش معنی دار خاکدانه های بزرگتر از ۱۰۰۰ میکرون (۱ میلی متر) گردید و میانگین وزنی قطر را به ۰/۵۵ افزایش داد (شکل ۴).

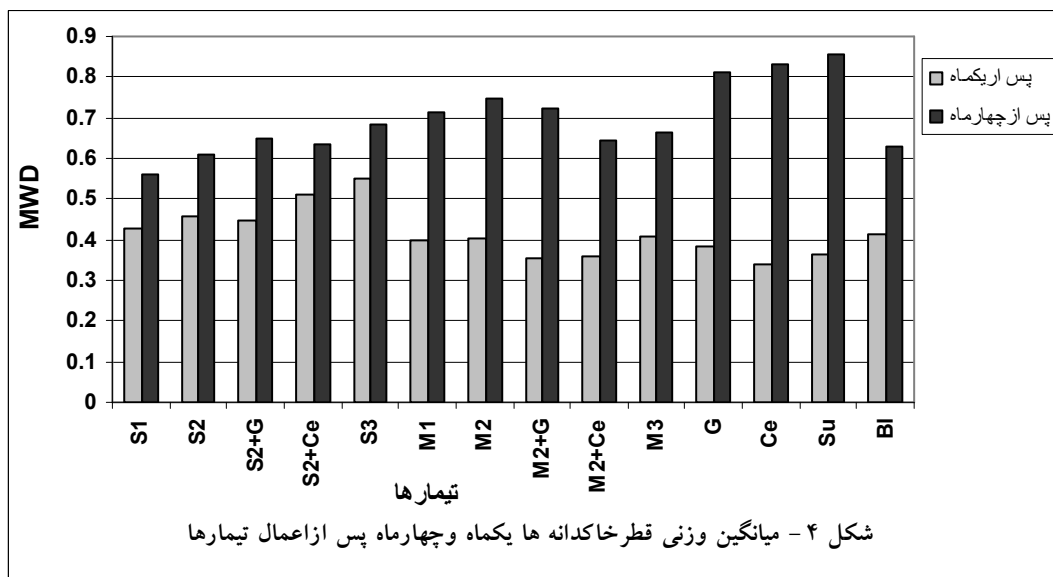




شکل ۳- درصد فراوانی خاکدانه های با اندازه مختلف در تیمارهای آزمایشی (خطوط پیوسته نشان دهنده درصد فراوانی یکماه پس از اعمال تیمارها و خطوط نقطه چین نشان دهنده درصد فراوانی چهارماه پس از اعمال تیمارها می باشد).



ادامه شکل ۳- درصد فراوانی خاکدانه های با اندازه مختلف در تیمارهای آزمایشی .



کاربرد ۲۰ تن در هکتار کاه و کلش و کاربرد توام کاه و کلش و گچ نیز باعث افزایش معنی دار فراوانی خاکدانه های بزرگتر از ۲۰۰۰ میکرون (۲ میلی متر) گردید و این تیمارها MWD را به ترتیب به ۰/۴۵۵ و ۰/۴۵۰ افزایش دادند که این افزایشها در مقایسه با شاهد معنی دار بود.

کاربرد توام کود دامی و سیمان باعث افزایش درصد فراوانی خاکدانه های با اندازه ۱۰۶-۷۵ میکرون گردید ولی درصد فراوانی خاکدانه های دیگر را کاهش داد، این امر ممکن است ناشی از شکسته شدن خاکدانه های بزرگتر و تبدیل آنها به خاکدانه های کوچکتر (۱۰۶-۷۵ میکرون) باشد.

چهار ماه پس از اعمال تیمارهای مختلف، درصد فراوانی خاکدانه های با قطر ۱۰۰۰-۵۰۰ میکرون در اثر کاربرد توأم کود دامی و سیمان و کاربرد ۲۰ تن در هکتار کاه و کلش در مقایسه با شاهد افزایش یافت ولی فقط افزایش ناشی از کاربرد توأم کود دامی و سیمان در مقایسه با شاهد معنی دار گردید (شکلهای ۲ و ۳).

تیمارهای اسیدسولفوریک، سیمان، ۲۰ تن در هکتار کود دامی، ۴۰ تن در هکتار کاه و کلش و تیمار گچ باعث افزایش درصد فراوانی خاکدانه های بزرگتر از ۱۰۰۰ میکرون در مقایسه با شاهد گردیدند و این افزایشها متناسب با کاهش درصد فراوانی خاکدانه های کوچکتر از ۱۰۰۰ میکرون بود (شکلهای ۲ و ۳). میانگین وزنی قطر خاکدانه ها در اثر کاربرد این مواد، از ۰/۶۳۰ در شاهد بترتیب به ۰/۸۵۷، ۰/۸۳۲، ۰/۷۴۹، ۰/۶۸۶ و ۰/۸۱۳ افزایش یافت و این افزایشها از نظر آماری معنی دار گردید (شکل ۴).

با توجه به شکل های ۱،۲ و ۳ مشخص می شود که یک ماه پس از کاربرد مواد مختلف اصلاحی، درصد فراوانی خاکدانه های با قطر ۲۵۰-۵۰۰ میکرون در کلیه تیمارها بیشتر از درصد فراوانی سایر خاکدانه ها بوده (احتمالاً بدلیل نقش کربنات کلسیم و اکسیدهای آهن و آلومینیم موجود در خاک به عنوان عامل اتصال دهنده ذرات) و پس از چهار ماه، درصد فراوانی خاکدانه های با قطر ۱۰۰۰-۵۰۰ میکرون نسبت به سایر خاکدانه ها افزایش یافته است، از آنجا که در تیمار بدون مواد اصلاحی (شاهد) نیز چنین افزایشی مشاهده می شود، علت افزایش درصد فراوانی این خاکدانه ها که متناسب با کاهش درصد فراوانی خاکدانه های با قطر ۲۵۰-۵۰۰ میکرون می باشد را می توان به عوامل محیطی موثر در خاکدانه سازی از جمله یخزدن و ذوب شدن خاک نسبت داد و به همین علت مقدار MWD در کلیه تیمارها پس از چهار ماه افزایش یافت (مرحله اول اندازه گیریها در آبان ماه و مرحله دوم در دیماه صورت گرفت).

تأثیر گچ در افزایش درصد فراوانی خاکدانه های کوچک ($250\mu\text{m}$) پس از یک ماه ناشی از کاهش SAR عصاره اشباع همراه با افزایش غلظت الکترولیت محلول خاک (ECe) می باشد

(SAR عصاره اشباع از ۱۷/۵۳ در تیمار شاهد، در اثر کاربرد گچ به ۹/۸۵ کاهش یافت و ECe از ۲/۴۸ در تیمار شاهد به ۵/۹۱ دسی زیمنس بر متر افزایش پیدا کرد). کاتیون کلسیم حاصل از حل شدن تدریجی گچ، جایگزینی سدیم تبادلی موجود در سطح ذرات رس شده و از طریق

کاهش ضخامت لایه دوگانه باعث هماوری این ذرات گردیده و خاکدانه‌های کوچک را بوجود آورده است. نتایج مشابهی نیز توسط شانموگاناتان و ادس (۱۹۸۳) و منیروادس (۱۹۸۹a و ۱۹۸۹ b) گزارش گردیده است.

درمقایسه با گچ، تاثیر سیمان در افزایش درصد فراوانی خاکدانه‌های کوچک کمتر بود، هر چند که تفاوت این دو تیمار از نظر آماری معنی دار شد ولی تاثیر سیمان در افزایش درصد فراوانی خاکدانه‌های کوچک در مقایسه با شاهد معنی دار بود (شکل‌های ۱ و ۳). با توجه به اینکه ECE و SAR عصاره اشباع در تیمار سیمان تفاوت چندانی با شاهد نداشت (به ترتیب ۲/۸۱ دسی زیمنس بر متر و ۱۸/۸۲ در مقایسه با ۲/۴۸ دسی زیمنس بر متر و ۱۷/۵۳ در شاهد) تاثیر سیمان در افزایش درصد فراوانی خاکدانه‌های کوچک را می‌توان ناشی از اتصال فیزیکی ذرات کوچکتر به وسیله سیلیکات کلسیم موجود در سیمان دانست. با گذشت زمان ژل سیلیکات به وجود آمده در اثر آبیگری سیمان باعث اتصال خاکدانه‌ها و ذرات کوچک به یکدیگر شده و خاکدانه‌های بزرگتر را به وجود آورده است، به طوریکه چهار ماه پس از کاربرد این ماده، درصد فراوانی خاکدانه‌های بزرگتر از ۱۰۰۰ میکرون در مقایسه با شاهد افزایش معنی‌داری پیدا کرد (شکل‌های ۲ و ۳). تحقیقات شانموگاناتان و ادس (۱۹۸۳) نیز نشان داد که کاربرد سیمان باعث افزایش درصد فراوانی خاکدانه‌های با قطر ۲۰۰۰-۲۵۰ میکرون گردید.

کاربرد توام مواد آلی (کاه و کلش و کود دامی) و گچ در مقایسه با کاربرد جداگانه مواد آلی باعث افزایش بیشتر درصد فراوانی خاکدانه‌های کوچکتر از ۲۵۰ میکرون گردید، علت این امر احتمالاً تشکیل کمپلکس‌های آلی با کاتیون

کلسیم (کمپلکس‌های آلی - معدنی) و نقش این کمپلکس‌ها به عنوان عاملی برای اتصال ذرات کلوییدی به یکدیگر و نهایتاً تشکیل و پایداری خاکدانه‌های کوچک^(۱) می‌باشد (گرینلند، ۱۹۶۵a؛ سادانا و باجوا، ۱۹۸۵). به عقیده رنگاسمی و اولسن (۱۹۹۱) مواد آلی تا حدودی بر ساختمان خاکهای سدیمی موثر هستند ولی تاثیر این مواد پس از جایگزین شدن کلسیم به جای سدیم تبدلی بسیار بیشتر می‌شود.

کاربرد سطوح مختلف کود دامی در مراحل اولیه، تاثیر معنی‌داری در افزایش MWD نداشت ولی با گذشت زمان این تاثیر بیشتر شد، به طوریکه چهار ماه پس از کاربرد این مواد مقدار MWD در مقایسه با شاهد افزایش معنی‌داری یافت (شکل ۴).

اضافه کردن ۴۰ تن در هکتار کاه و کلش پس از یک ماه و چهار ماه باعث افزایش معنی‌داری در درصد فراوانی خاکدانه‌های بزرگتر از ۱۰۰۰ میکرون گردید و مصرف ۲۰ تن در هکتار کاه و کلش نیز پس از یک ماه باعث افزایش درصد فراوانی خاکدانه‌های بزرگتر از ۲۰۰۰ میکرون و پس از چهار ماه باعث افزایش درصد فراوانی خاکدانه‌های با قطر بزرگتر از ۱۰۰۰ میکرون گردید که این نتایج با نتایج حاصل از تحقیقات منیروادس (۱۹۸۹b) هماهنگی دارد. کاه و کلش باعث افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها بخصوص قارچها شده و هیف قارچها خاکدانه‌های کوچک را به یکدیگر متصل نموده و خاکدانه‌های بزرگ را به وجود می‌آورند (هوکر و همکاران، ۱۹۸۲؛ لینخ الیوت ۱۹۸۳؛ تیسدال و همکاران، ۱۹۸۴). از طرف دیگر، باکتریهای زنده و میکروارگانیسم‌های دیگر با ترشح پلی‌ساکاریدهای مختلف ذرات خاک را به یکدیگر متصل می‌کنند. با توجه

به اینکه پلی ساکاریدها به راحتی مورد حمله میکروارگانیسمها قرار می گیرد، انتظار می رود تاثیر آنها در خاکدانه سازی کوتاه مدت باشد. این امر نشان می دهد که مواد آلی تازه و بقایای گیاهی یا حیوانی باید به طور متناوب به خاک اضافه شوند تا انرژی لازم برای ساخته شدن مجدد پلی ساکاریدها از طریق فعالیت میکروارگانیسمها تامین شود (استیونسون، ۱۹۹۴).

مکانیسمهایی که احتمالاً باعث پایداری خاکدانه ها می شوند عبارتند از:

- (۱) تاثیر زودگذر^(۷) پلی ساکاریدهای میکروبی؛
- (۲) اتصال موقت^(۲) ذرات خاک توسط هیف قارچها و ریشه گیاهان؛ (۳) اتصالات پایداتر^(۳) ناشی از برهمکنش^(۴) ماکرو ملکولهای پلی کربوکسیلی با اکسیدها، رسها و کاتیونهای فلزی چند ظرفیتی (تیسدال و ادس، ۱۹۸۲).

کاربرد اسید سولفوریک همراه با آب آبیاری نیز در مراحل اولیه باعث افزایش درصد فراوانی خاکدانه های 250 میکرون شد. با گذشت زمان، تاثیر مثبت این ماده در افزایش فراوانی خاکدانه های >math>1000</math> میکرون نمایان گردید. این تاثیر را می توان به افزایش غلظت الکترولیت خاک (ECe)، کاهش pH، جایگزینی کلسیم محلول ناشی از حل شدن کربنات کلسیم و اکسیدهای آهن و آلومینیوم موجود در خاک که منجر به همآوری رسها می گردد، نسبت داد. به تدریج با اتصال خاکدانه های کوچک به یکدیگر توسط اکسیدهای آهن و آلومینیوم، خاکدانه های بزرگتر تشکیل شده اند و به همین علت میانگین وزنی قطر خاکدانه ها به ۰/۸۵۷ افزایش یافته است.

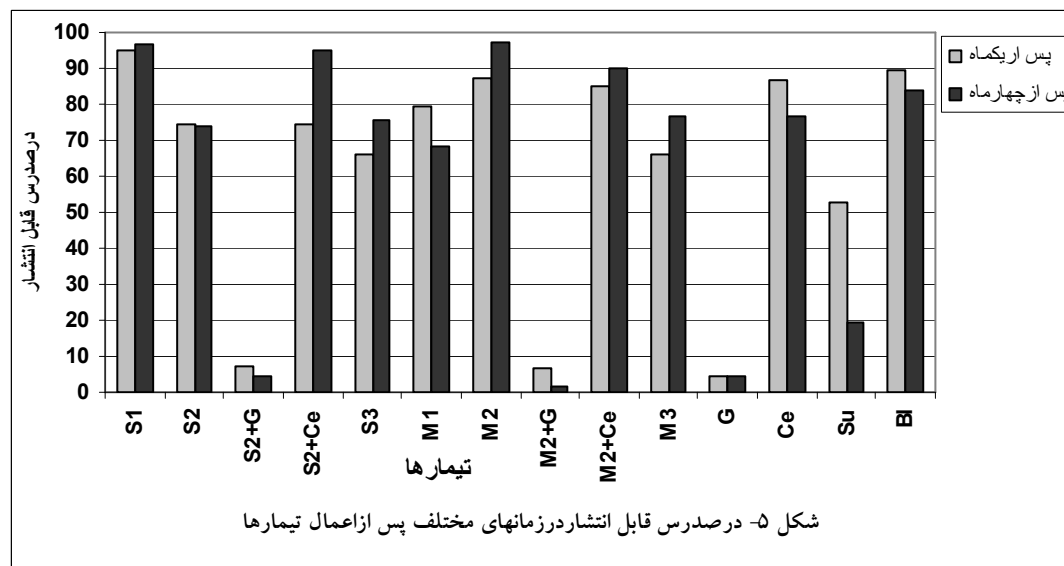
همانطور که در شکل شماره ۵ مشخص شده، تیمارهای مختلف، تاثیر متفاوتی بر میزان پراکنش رس داشته اند و در این میان تاثیر گچ، کود دامی همراه با گچ و کاه و کلش همراه با گچ در کاهش میزان رس قابل پراکنش بسیار قابل توجه می باشد. این تیمارها پس از یک ماه میزان رس قابل پراکنش را از ۸۹/۶۸ درصد در تیمار شاهد به ترتیب به ۴/۴۶، ۶/۸۱ و ۷/۳۶ درصد کاهش دادند و این مقادیر پس از چهارماه از ۸۳/۸۷ درصد در تیمار شاهد به ترتیب به ۴/۲۳، ۱/۵۱ و ۴/۳۲ درصد رسید. کاهش میزان رس قابل پراکنش متناسب با کاهش pH و افزایش ECE بود. کاربرد گچ و کود دامی همراه با گچ و کاه و کلش همراه با گچ پس از یک ماه و چهار ماه pH را از ۸/۳۷ در تیمار شاهد به ترتیب به ۷/۹۳، ۷/۹۷ و ۷/۹۳ و ۸/۰۷، ۷/۹۷ و ۷/۹۰ کاهش داد. مقدار ECE در اثر کاربرد این مواد پس از یک ماه و چهار ماه از ۲/۴۸ و ۲/۰۷ در تیمار شاهد به ترتیب به ۵/۹۱ و ۵/۳۳، ۷/۳۱ و ۶/۵۶، ۸/۳۰ و ۵/۷۵ دسی زیمنس برمتر افزایش یافت.

نقش گچ تنها یا همراه با مواد آلی علاوه بر رها سازی کاتیون کلسیم برای جانشینی با سدیم تبدلی و کاهش ضخامت لایه دو گانه، افزایش غلظت الکترولیت خاک هم می باشد که هر دو عامل باعث همآوری ذرات رس شده و مانع پراکنش آنها گردیده است.

کاربرد مقدار ۱۰ تن در هکتار کاه و کلش گندم در مقایسه با شاهد باعث افزایش پراکنش رس پس از یک و چهار ماه گردید، این یافته ها با نتایج تحقیقات بالدوک و همکاران (۱۹۹۴) مشابهت دارد. یک ماه پس از کاربرد ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار کاه و کلش و چهار ماه پس از کاربرد ۲۰ تن در هکتار از این ماده، مقدار رس پراکنش یافته نسبت به شاهد تا حد معنی داری کاهش یافت.

آماري معنی دار شد (شکل ۵)، نتایج مشابهی توسط منیرو ادس (۱۹۸۹a و ۱۹۸۹b) گزارش شده است.

افزودن توام مواد آلی و گچ به خاک در مقایسه با کاربرد مواد آلی باعث کاهش بسیار زیاد درصد رس پراکنش یافته گردید و تفاوت تیمارهای مواد آلی همراه با گچ و مواد آلی بدون گچ از نظر



سرعت تجزیه کاه و کلش و تاثیر آن در تعدیل pH تفسیر نمود، بدین صورت که در ابتدا به دلیل بالا بودن سرعت تجزیه کاه و کلش، مقدار اسیدهای آلی تولید شده و همچنین فشار جزیی گاز کربنیک هوای خاک در اثر فعالیت میکروبی افزایش یافته و علاوه بر اینکه مانع افزایش pH ناشی از کاربرد سیمان گردیده، pH خاک را تا حد زیادی نیز کاهش داده است (پس از یک ماه pH گل اشباع در تیمار سیمان ۸/۴۳ و در تیمار کاه و کلش همراه با سیمان ۸/۰۷ بود).

پس از چهار ماه با کاهش درجه حرارت محیط و احتمالاً مقاوم شدن ترکیبات در برابر تجزیه، سرعت تجزیه کاه و کلش کاهش یافته و در نتیجه تاثیر سیمان در افزایش pH غالب گردیده است به طوریکه، pH گل اشباع در تیمار کاه و کلش همراه با سیمان از ۸/۰۷ (پس از یک ماه) به ۸/۳۷ افزایش یافت و احتمالاً این افزایش باعث بیشتر شدن درصد رس قابل پراکنش در

بنابراین می توان نتیجه گرفت که کاربرد مواد آلی در خاکهای سدیمی به تنهایی نمی تواند تاثیر قابل توجهی بر کاهش میزان رس قابل پراکنش داشته باشد و ضروری است این ماده با ترکیبات کلسیم دار مناسب از جمله گچ مصرف شوند یا اینکه قبل از مصرف این مواد با کاربرد مواد حل کننده کربنات کلسیم موجود در خاک کلسیم به صورت محلول در آمده و مانع پراکنش رسها شده و علاوه بر این با تشکیل کمپلکس با مواد آلی باعث تشکیل خاکدانه‌های پایدار گردد. کاربرد سیمان همراه با کاه و کلش نیز در مراحل اول مقدار رس قابل پراکنش را در مقایسه با شاهد به مقدار قابل توجهی کاهش داد ولی با گذشت زمان این تاثیر کاهش یافت، به طوریکه پس از چهار ماه، درصد رس قابل پراکنش در این تیمار در مقایسه با شاهد و همچنین در مقایسه با تیمار کاه و کلش جداگانه، افزایش معنی داری نشان داد (شکل ۵). این موضوع را می توان در ارتباط با

مقایسه با مرحله اول (پس از یک ماه) گردیده است. علاوه بر این، کمپلکس شدن کاتیون های چند ظرفیتی موجود در محلول خاک و همچنین پوشیده شدن محل های مثبت موجود در سطح رسها توسط آنیون های حاصل از تجزیه ماده آلی نیز ممکن است در این افزایش نقش داشته باشند (منیرودس، ۱۹۸۹b؛ نلسون و همکاران، ۱۹۹۹). سوارز و همکاران (۱۹۸۴) نیز نشان دادند که در SAR و غلظت الکترولیت ثابت، میزان پراکنش رسها با افزایش pH افزایش یافت.

با توجه به اینکه کاربرد سیمان به طور جداگانه یا توام با کاه و کلش تاثیر چندانی در ECE خاک نداشت، تاثیر این ماده در افزایش یا کاهش درصد رس قابل پراکنش را نمی توان به کاهش یا افزایش ECE خاک نسبت داد (ECE تیمار شاهد، سیمان و تیمار کاه و کلش همراه با سیمان پس از یک ماه و چهار ماه به ترتیب ۲/۴۸ و ۲/۰۷، ۲/۸۱، ۲/۴۳، ۲/۲۷ و ۲/۰۴ دسی زیمنس بر متر بود).

افزودن مقادیر مختلف کود دامی به جز مقدار ۲۰ تن در هکتار، باعث کاهش درصد رس قابل پراکنش شد. کاربرد توام کود دامی و سیمان در مراحل اولیه در مقایسه با شاهد کاهش معنی داری در میزان رس قابل پراکنش ایجاد نکرد و در مراحل بعدی نیز درصد رس قابل پراکنش را تا حد معنی داری افزایش داد. بنابراین می توان گفت که کاربرد کود دامی یا کود دامی همراه با سیمان نمی تواند تاثیر زیادی در کاهش میزان رس قابل پراکنش داشته باشد، زیرا در صورت عدم جایگزینی سدیم تبادلی با کلسیم، سدیم موجود در خاک باعث افزایش حلالیت و تحرک مواد آلی می شود (سوکولوف، ۱۹۳۸) و از این طریق باعث افزایش سرعت تجزیه این مواد در

خاک می گردد. ولی زمانی که مواد آلی همراه با گچ مورد استفاده قرار گیرد، همان طوری که در مورد تیمارهای ۲۰ تن در هکتار کاه و کلش و کود دامی همراه با گچ مشاهده شد درصد رس قابل پراکنش به طور چشمگیری کاهش خواهد یافت زیرا کلسیم ناشی از حل شدن تدریجی گچ علاوه بر هموار کردن رسها با تشکیل کمپلکس های آلی - معدنی (Ca-Organic) و تشکیل خاکدانه های پایدار باعث تداوم بقای مواد آلی و ایفای نقش مثبت آنها در خاک می گردد.

کاربرد اسید سولفوریک همراه با آب آبیاری از طریق انحلال کربنات کلسیم موجود در خاک باعث جایگزینی کاتیون کلسیم به جای سدیم تبادلی شده و در نتیجه درصد رس قابل پراکنش را تا حد زیادی کاهش داد و این تاثیر با گذشت زمان نمود بیشتری پیدا کرد، به طوری که میزان رس قابل پراکنش یک ماه پس از کاربرد این ماده از ۸۹/۶۸ درصد در تیمار شاهد به ۵۲/۵۵ درصد و چهار ماه بعد، از ۸۳/۸۷ درصد به ۱۹/۳۵ درصد کاهش یافت (شکل ۵). علاوه بر انحلال کربنات کلسیم و اکسیدهای Fe و Al موجود در خاک و کاهش pH می توان به نقش اسید سولفوریک در افزایش غلظت الکترولیت و همچنین کاهش مقدار یون های کربنات و بی کربنات موجود در آب آبیاری و محلول خاک (و در نتیجه کاهش رسوب کلسیم محلول به صورت کربنات کلسیم) نیز اشاره کرد.

در مجموع می توان تیمارهای کاه و کلش و کود دامی همراه با گچ، گچ و اسید سولفوریک را به عنوان تیمارهای مناسب برای ایجاد خاکدانه (بخصوص خاکدانه های کوچک) و همچنین کاهش درصد رس قابل پراکنش معرفی نمود.

جدول شماره ۴ خلاصه تجزیه واریانس خصوصیات اندازه گیری شده را نشان می دهد.

همانطور که در جدول مشخص شده اثر اصلی تیمار (به جز در مورد خاکدانه های با قطر $500-1000 \mu m$ در مرحله اول که در سطح ۵ درصد معنی دار شد) در تمام موارد در سطح ۱ درصد معنی دار گردید.

جدول شماره ۴- خلاصه تجزیه واریانس متغیرهای اندازه گیری شده یک ماه و چهار ماه پس از اعمال تیمارها.

%CV	L. S. D در سطح ۵ درصد	اثر اصلی تیمار پس از چهار ماه	%CV	L. S. D در سطح ۵ درصد	اثر اصلی تیمار پس از یکماه	منبع تغییر
						خصوصیت
۲/۱۳	۰/۰۲۴۸۹	**	۲/۶۷	۰/۰۱۷۶	**	MWD
						درصد فراوانی خاکدانه های با قطر
۵/۴۵	۰/۵۸۱۴	**	۶/۲۹	۰/۵۰۶۴	**	$2000-4760 \mu m$
۳/۶۹	۰/۸۰۸۴	**	۶/۹۷	۰/۵۳۰۸	**	$1000-2000 \mu m$
۳/۰۱	۱/۶۵۴۶	**	۵/۵۷	۰/۶۱۹	*	$500-1000 \mu m$
۶/۶۳	۰/۸۲۹	**	۲/۹۹	۱/۴۳۶	**	$250-500 \mu m$
۹/۰۸	۰/۷۵۰۶	**	۳/۰۹	۰/۸۸۱۸	**	$106-250 \mu m$
۶/۴۷	۰/۵۴۱۲	**	۴/۵۹	۰/۵۵۱۶	**	$75-106 \mu m$
۲/۲۵	۲/۳۲۹	**	۴/۶۸	۴/۹۱۲	**	درصد رس قابل پراکنش

*معنی دار در سطح ۵ درصد ** معنی دار در سطح ۱ درصد

تشکر و قدردانی:

از شرکت کشاورزی ایران که امکانات مورد نیاز برای انجام آزمایش مزرعه ای را فراهم نموده نهایت تشکر و قدردانی به عمل می آید.

منابع:

- مهاجر میلانی، پرویز، ۱۳۷۹، مروری بر تحقیقات کاربرد گوگرد و مشتقات آن در موسسه تحقیقات خاک و آب، ماهنامه علمی، تخصصی کشاورزی زیتون، شماره ۱۴۲، ۲۸-۲۳.
- Ahuja, L. R. and Swartzendruber, D. 1972. Effect of portland cement on soil aggregation and hydraulic properties. Soil Sci. 114, 359-66.
- Baldock, J. A, Aoyama, M., Oades, J. M, Susanto and Grant, C. D. 1994. Structural amelioration of a Australian Red-brown Earth using calcium and Organic amendments. Aust. J. Soil Res. 32, 571-94.
- Barzegar, A. R., Nelson, P. N., Oades, J. M., and Rengasamy, P. 1997. Organic matter, sodicity, and clay type: Influence on soil aggregation. Soil Sci. Soc. Am. J. 61, 1131-7.
- Chand, M., Abrol, I. P., and Bhumbla, D. R. 1977. A comparison of the effect of eight amendments on soil properties and crop growth in highly sodic soil. Indian J. Agric. Sci. 47, 348-54.

- Edwards, A. P., and Bremner, J. M. 1967. Microaggregates in soils. *J. Soil Sci* 18, 64-73.
- Emerson, W. W. 1954. The determination of stability of soil crumbs. *J. Soil Sci* 5, 235-50.
- Goldberg, S., Kapoor, B. S., and Roads, J. D. 1990. Effect of aluminum and iron oxides and organic matter on flocculation and dispersion of arid zone soils. *Soil Sci.* 150, 588-93.
- Greenland, D. J. 1965a. Interaction between clays and organic compounds in soils. Part I. Mechanisms of interaction between clays and defined organic compounds. *Soils and Fertilizers*, 28, 415-25.
- Greenland, D. J. 1965b. Interaction between clays and organic compounds in soils. Part II. Adsorption of soil organic compounds and its effect on soil properties. *Soils and Fertilizers*, 28, 421-32.
- Hamblin, A. P. 1977. Structural features of aggregates in some East Anglian silt soils. *J. Soil Sci* 28, 23- 28.
- Hooker, M. L., Herron, G. M., and Penas, P. 1982. Effects of residue burning, removal and incorporation on irrigated cereal crop yields and soil chemical properties. *Soil Sci.Soc. Am J* . 46, 122-6.
- Kanwar, J. S. Bhumbla, D. R. and Singh, N. T. 1965. Studies on the reclamation of saline and sodic soils in the Punjab. *Indian J. Agric. Sci.* 35, 43-51.
- Kemper, W. D., and Rosenau, R. C. 1986. Aggregate stability and size distribution, In: *Methods of Soil Analysis*, 2nd. Ed. (Ed. Klute, A.) PP. 425-60. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Loveland, P. J., Hazelden, J., and Sturdy, R. G. 1987. Chemical properties of salt-affected soil in North Kent and their relationship to soil instability. *J. Agric. Sci. Cambridge*, 109, 1-6.
- Lynch, J. M., and Elliot, L. F. 1983. Aggregate stabilization of volcanic ash and soil during microbial degradation of straw. *Appl. Environ. Microbiol.* 45, 1398-401.
- More, S. D. 1994. Effect of farmwastes and organic manures on soil properties, nutrient availability and yield of rice-wheat grown on sodic Vertisol. *J. Indian, Soc. Soil Sci.* 42, 253-6.
- Muneer, M., and Oades, J. M. 1989a. The role of Ca-Organic interactions in soil aggregate stability. I. Laboratory studies with ¹⁴C-glucose, CaCO₃ and CaSO₄ .2H₂O. *Aust. J. Soil Res.* 27, 389-99.
- Muneer, M., and Oades, J. M. 1989b. The role of Ca-Organic interactions in soil aggregates stability. II. Field studies with ¹⁴C - labelled straw, CaCO₃ and CaSO₄ - .2H₂O. *Aust. J. Soil Res.* 27,401-9.
- Nelson, P. N., and Oades, J. M. 1998. Organic matter, sodicity and soil structure. In: *Sodic Soils, Distribution, Properties, Management, and Environmental Consequences.* (Eds. Summer, M. E., and Naidu, R.) PP. 51-57. Oxford Univ. Press, New York.
- Nelson, P. N., Baldock, J. A., Clarke, P., Oades, J. M. 1999. Dispersed clay and organic matter in soil: Their nature and associations. *Aust. J. Soil Res.*, 37, 289-315.
- Oades, J. M. 1984. Soil organic matter and structural stability: Mechanisms and implications for management. *Plant Soil*, 76 , 319-34.

- Prather, P. J., Goertzen, J. O., Rhoades, J. D., and Frenkel, H. 1978. Efficient amendment use in sodic soil reclamation. *Soil Sci Soc. Am J.* 42, 782-6.
- Quirk, J. P. 1977. Chemistry of saline soils and their physical properties. In: *Salinity and Water Use*, (Eds. Talsma, T., and Philip, J.R.) PP. 79-09. A National Symposium on Hydrology, The Australian Academy of Science, Canberra.
- Rengasamy, P., Greene, R.S.B., Ford, G.W., and Mehanni, A.H. 1984. Identification of dispersive behaviour and the management of red-brown earths. *Aust. J. Soil Res.* 22, 413-31.
- Rengasamy, P. 1982. Dispersion of calcium clay. *Aust. J. Soil Res.* 20, 153-7.
- Robbins, C. W., 1986. Sodic calcareous soil reclamation as affected by different amendments and crops. *Agron. J.* 78, 916-20.
- Sadana, U. S., and Bajwa, M. S. 1986. Manganese equilibrium in submerged sodic soils as influenced by application of gypsum and green manuring. *J. Agric. Sci. Cambridge* 104, 257-61.
- Shainberg, I., and Letey, J. 1984. Response of soils to sodic and saline conditions. *Hilgardia*, 52, 1-57.
- Shanmuganathan, R. T., Oades, J. M. 1982b. Effect of dispersible clay on the physical properties of the B horizon of a red-brown earth. *Aust. J. Soil Res.* 20, 315-24.
- Singh, M. V., and Singh, K. N., 1989. Reclamation techniques for improvement of sodic soils and crop yield. *Indian. J. Agric. Sci.* 59, 495-500.
- Sokoloff, V. P. 1938. Influence of soil mineral colloids on metabolic processes, growth, adhesion, and ecology of microbes and viruses. In: *Interactions of soil minerals with natural organic and microbes* (Eds. Huang, P. M., and Schnitzer, M.) PP. 305-428. SSSA Spec. Publ. 17. SSSA, Madison, WI.
- Stevenson, F. J. 1994. *Humus Chemistry, Genesis, Composition and Reactions*. PP. 446-7. John Wiley and Sons, New York.
- Suarez, D.L., Rhoades, J.D., Lavado, R., and soil dispersion. *Soil Soc. Am J.* 48, 50-55.
- Tisdall, J.M., and Oades, J.M., 1980a. The management of ryegrass to stabilize aggregates of a red-brown earth. *Aust. J. Soil Res.* 18, 415-22.
- Tisdall, J.M., and Oades, J.M., 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils, *J. Soil Sci.*, 33, 141-3.
- Tisdall, J.M., Olsson, K.A., and Willoughby, P. 1984. Soil structural management and production in a non-cultivated peach orchard. *Soil Till. Res.* 4, 165-74.

The Effect of Organic Matter and Mineral Calcium Compounds on Aggregate Size Distribution and Dispersible Clay in a Sodic Soil

M. J. Roustaa, A. Golchin, and H. Siadat⁸

Abstract:

In a field experiment on a sodic soil in Qazvine province, the effects of different types and amounts of soil amendments were studied using a RCB design with three replicates. The treatments included: chipped wheat straw and manure at rates of 10, 20 and 40 t/ha, gypsum (equivalent to gypsum requirement) cement (5 t/ha), 20 t/ha organic matter with gypsum or with cement (5t/ha), and sulfuric acid equivalent to gypsum requirement (applied through irrigation water). Aggregate stability (75-4760 μ m) and dispersible clay were measured one and four months after application of the amendments. One month after application of treatments, the results showed that application of 40 t/ha straw and 20 t/ha straw with cement or with gypsum increased the MWD significantly, due to increase in the abundance of > 1000 μ m and >500 μ m aggregates respectively.

Application of manure with cement decreased the stability of different size aggregates and MWD, significantly. Also, application of 20 t/ha straw increased MWD due to increase in the abundance of aggregates >500 μ m proportional to the decrease in <250 μ m aggregates. The abundance of < 250 μ m aggregates increased significantly upon the addition of gypsum, sulfuric acid, and manure with gypsum.

Four months after addition of the amendments, the MWD increased due to application of different rates of manure, sulfuric acid, cement, gypsum, manure with gypsum, and 40 t/ha straw, mostly due to the increase in the abundance of aggregates greater than 1000 μ m.

Application of gypsum, at first, increased the abundance of <250 μ m aggregates and, later, increased the abundance of >1000 μ m aggregates proportional to the decrease in dispersible clay. Although the effects of different amendments on dispersible clay varied, application of gypsum, manure, and straw with gypsum decreased the dispersible clay more significantly than the other treatments. After one month, the amount of dispersible clay decreased from 89.68% in control, to 4.46%, 6.81%, and 7.63%, and after four months from 83.87% in control, to 4.23%, 1.51%, and 4.32%, respectively.

Use of sulfuric acid with irrigation water decreased the amount of dispersible clay, one and four months after acid application to, respectively, 52.55% and 19.35%,. The overall results showed the importance of organic matter addition with gypsum for the aggregate formation and stability of a sodic soil due to flocculation of dispersed clay.

Keywords: Gypsum requirement, Wheat straw, Manure, Cement.

Respectively, Ph. D student, Tarbiat Modaress Univ., associate Prof., Zanjan Univ., and Prof., Soil and Water Research Ins., Iran.