بررسی آزمایشگاهی تأثیر افزودن ترکیبات معدنی و مواد آلی بر میانگین وزن – قطر خاکدانه ها در یک خاک شور – سدیمی

محمد جواد روستا[1]*، کوکب عنایتی و آزاده وکیلی

عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس؛ **Rousta@farsagres.ir**

کارشناس ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس؛ **Enayatik@yahoo.com**

کارورز مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس؛ **Pejvak577@yahoo.com**

چکیده

با توجه به تأثیر ساختمان خاک و پایداری خاکدانه‌ها بر فرسایش پذیری خاک و لزوم افزایش پایداری و مقاومت خاکدانه‌ها در برابر عوامل فرساینده‌ای مانند باد و آب، این تحقیق به صورت آزمایشگاهی بر روی نمونه خاک سطحی (عمق ۲۰-۰ سانتی متر) جمع آوری شده از اراضی زراعی حساس به فرسایش آبی واقع در دشت چاهو (شهرستان مهر در جنوب استان فارس) انجام شد. آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی با ۱۰ تیمار در سه تکرار اجرا گردید تیمارها به شرح زیر بودند: شاهد (بدون افزودن ماده اصلاح‌کننده)، گچ خالص (به میزان یک درصد وزنی)، کاه و کلش خرد شده گندم (به میزان یک درصد وزنی)، کود دامی (به میزان یک درصد وزنی)، گچ همراه با کاه و کلش (هر کدام به میزان یک درصد وزنی)، گچ همراه با کود دامی (هر کدام به میزان یک درصد وزنی)، سیمان به میزان ۰/۳ درصد وزنی، سیمان به میزان ۰/۶ درصد وزنی، سیمان به میزان ۰/۹ درصد وزنی و گچ (به میزان یک درصد وزنی) همراه با سیمان (به میزان ۰/۹ درصد وزنی). رطوبت گلدان ها در طول مدت آزمایش در حد ۶۰ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه ای نگهداری شد. نسبت C:N کاه وکلش با استفاده از کود اوره در حد ۵۰ تنظیم گردید. یک، چهار، هفت و ده ماه پس از اعمال تیمارها، میزان خاکدانه‌های با اندازه ۵۳ تا ۴۰۰۰ میکرومتر به روش الک‌تر اندازه‌گیری شد و میانگین وزن- قطر (MWD) آنها محاسبه گردید. براساس میانگین چهار مرحله اندازه گیری، تیمارهای کاربرد کاه وکلش (به میزان ۱ درصد وزنی) و کاه وکلش همراه با گچ (هریک به میزان یک درصد وزنی) به ترتیب باعث افزایش ۲/۸ و ۲/۹ برابری میانگین وزن - قطر خاکدانه ها در مقایسه با شاهد (۰/۱۴۹ میلی متر) گردیدند. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، می‌توان کاربرد کاه و کلش تنها و کاه وکلش همراه با گچ را برای افزایش پایداری خاکدانه‌ها در شرایط مشابه با خاک مورد مطالعه پیشنهاد نمود.

واژه های کلیدی: پایداری خاکدانه‌ها، سیمان، فارس، کاه و کلش، کود دامی، گچ

مقدمه

فرسایش آبی و بادی از مشکلات جدی مناطق خشک و نیمه خشک به حساب می‌آیند. به گزارش سازمان بهره وری آسیایی (UNDP, ۱۹۹۹)، فرسایش خاک در ایران معادل ۲۰ تن در هکتار در سال می‌باشد و آمارها نشان می‌دهد که در ۱۰ سال پیش، فرسایش ۱۰ تن در هکتار در سال بوده و طی این مدت فرسایش خاک دو برابر شده است. جلالیان و همکاران (۱۳۷۳) نیز میزان فرسایش خاک برای حوضه‌های آبخیز ایران را ۲۵ تن در

۱- نویسنده مسئول، آدرس: یزد، انتهای بلوار آزادگان، خیابان نهالستان، مرکز ملی تحقیقات شوری، صندوق پستی، ۳۱۵-۸۹۱۹۵

* دریافت: آذر، ۱۳۸۹ و پذیرش: اسفند ۱۳۸۹

هکتار در سال گزارش کرده‌اند که بسیار تکان دهنده است. به طور کلی، خصوصیاتی از خاک که در فرسایش پذیری آن مؤثرند عبارتند از: سرعت و ظرفیت نفوذ آب در خاک، بافت و ساختمان خاک، درصد شن، درصد شن ریز + سیلت و پایداری خاکدانه‌ها که خود نیز تحت تأثیر نوع و میزان مواد آلی و ترکیبهای مختلف شیمیایی قرار می‌گیرند. از میان این خواص، پایداری خاکدانه و مقاومت فیزیکی یا مکانیکی خاک مؤثرترین عامل بر روی فرسایش و انتقال رسوب می‌باشد (روحی پور و همکاران، ۱۳۸۳). این محققان گزارش کردند که بین عامل فرسایش‌پذیری خاک (K) در معادله جهانی فرسایش و درصد خاکدانه‌های پایدار (بزرگتر از ۲۵۰ میکرومتر) همبستگی قوی و منفی معنی‌داری (r^2= ۰/۹۳۶۸) وجود دارد. همچنین، نتایج مطالعات واعظی و همکاران (۱۳۸۶) نشان داد که عامل فرسایش پذیری خاک (K)، همبستگی معنی‌داری با ماده آلی (P <۰/۰۱) و پایداری خاکدانه‌ها (P<۰/۰۵) دارد. معمول ترین مدل پذیرفته شده برای ارتباط بین ماده آلی و پایداری خاکدانه‌ها، مدل مفهومی تیسدال و ادس (۱۹۸۲b) است. در این مدل سه عامل تأثیر گذار بر پایداری خاکدانه‌ها به شرح زیر معرفی شده‌اند:

۱. عوامل گذرا[1]: شامل مواد میکروبی و پلی‌ساکاریدی که به طور سریع تجزیه می شوند
۲. عوامل موقت[2]: شامل ریشه‌ها و هیف قارچها مخصوصاً میکوریزا
۳. عوامل دائمی[3]: شامل مواد هیومیکی حلقوی همراه با ترکیبات بی‌شکل آهن و آلومینیوم و یا کاتیونهای فلزی چند ظرفیتی

عوامل پیوند دهنده گذرا و موقت در پایداری خاکدانه‌های بزرگ مؤثر هستند و عوامل دائمی سبب پایداری خاکدانه‌های کوچک می‌شوند (تیسدال و ادس، ۱۹۸۲b).

نقش بقایای گیاهی (کاه و کلش) از جهات مختلفی اعمال می‌شود. یکی از طریق جلوگیری از برخورد مستقیم قطرات باران به خاکدانه‌های خاک و مستهلک کردن انرژی قطرات باران و دیگری از طریق تجزیه تدریجی، که علاوه بر حل کردن کربنات کلسیم موجود در خاک و تأمین یون کلسیم برای جایگزینی با سدیم تبادلی، باعث هماوری ذرات رس شده و به تشکیل خاکدانه‌های پایدار در آب کمک می‌نماید. کود دامی به علت پوسیده بودن دارای گروهای عاملی فراوان بوده و دارای قدرت تشکیل پیوندهای آلی- معدنی (Ca-Organic) می‌باشد. این ترکیبات نقش عمده‌ای در پایداری خاکدانه‌ها ایفا می‌کنند. همچنین، گروههای عاملی موجود در مواد آلی در نتیجه ترکیب با کاتیون کلسیم در خاک رسوب کرده و با باقی ماندن در خاک باعث تداوم اثر مواد آلی بر پایداری خاکدانه‌ها می‌شوند. از طرف دیگر، کاربرد توأم ترکیبات کلسیم‌دار (مانند گچ یا آهک) و بقایای گیاهی باعث کاهش سرعت تجزیه این مواد می‌گردد. این موضوع از نظر کاربردی مهم بوده و می‌توان با کاربرد توأم این مواد در مزرعه میزان تجزیه مواد آلی را کاهش داده و باعث تداوم اثرات سودمند آنها در خاک شد، در نتیجه پایداری ساختمان خاک را می‌توان در حد مطلوبی حفظ نمود. گرچه مهندسین توانسته اند ساختمان خاک را با افزودن سیمان تغییر دهند ولی استفاده از آن در کشاورزی هنوز مورد توجه قرار نگرفته است. سیمان پس از تماس با آب تولید هیدروسیلیکات کلسیم می‌نماید و سپس حالت کلوئیدی پیدا کرده و ایجاد ژل نموده که سبب چسبیدن ذرات خاک به یکدیگر می‌شود (کرباسی راوی، ۱۳۸۰). آهوجا و اسمارتزندروبر (۱۹۷۲) مشاهده کردند که استفاده از سیمان به میزان یک درصد وزنی در یک خاک سیلت لوم، باعث افزایش ضریب آبگذری گردید و میزان خاکدانه های پایدار در آب را به سه برابر افزایش داد. در میان انواع مختلف فرسایش آبی، فرسایش آبکندی یکی از فرآیندهای تخریب اراضی و منبعی برای تولید رسوب در رودخانه‌ها می‌باشد. به طوری که فرسایش آبکندی می‌تواند تا بیش از ۹۰ درصد رسوب تولید شده در یک حوضه آبخیز را باعث شود (هوگس و پروسر، ۲۰۰۳). به طور کلی، در فرسایش آبی ابتدا ذرات خاک در اثر برخورد قطرات باران یا نیروی برشی رواناب از توده خاک جدا می‌شوند، سپس این ذرات به وسیله قطرات باران و یا رواناب منتقل می‌شوند. بنابراین، فرسایش پذیری خاک تابعی از قابلیت جدا شدن ذرات و قابلیت انتقال آنها می‌باشد. در نتیجه، هر خاصیتی از خاک که بتواند مانع جدا شدن ذرات خاک و انتقال آن شده یا آنها را مشکل سازد، فرسایش پذیری خاک را کاهش خواهد داد (رفاهی، ۱۳۷۸). از طرف دیگر، باید توجه داشت که در اصلاح خاکهای شور و سدیمی ممکن است در هنگام آبشویی به دلیل انبساط رسها و پراکنده شدن ذرات رس، نفوذپذیری کاهش یافته و ساختمان خاک تخریب می‌گردد. این عمل نه تنها باعث کاهش راندمان آبشویی و افزایش زمان کار و هزینه می‌گردد بلکه بعد از عملیات آبشویی نیز محیط مناسبی برای رشد ریشه گیاه فراهم نمی‌کند. مصرف مواد اصلاح کننده ی آلی و معدنی در اصلاح این خاکها به عنوان یک راه حل پیشنهاد شده است. بنابراین، با توجه به

1- Transient
2- Temporary
3- Persistent

نیاز روز افزون جامعه به تولیدات کشاورزی و اهمیت حفاظت خاک و آب به عنوان سرمایه های ملی، انجام تحقیقات همه جانبه به منظور اصلاح و بهره برداری مؤثر و همچنین جلوگیری از فرسایش خاک، امری ضروری به نظر می‌رسد. تحقیق حاضر بر روی خاکهای دشت چاهو که شور و سدیمی بوده و بسیار حساس به فرسایش آبکندی هستند، اجرا گردید. از آنجا که هزینه اقتصادی تهیه مواد اصلاح کننده و همچنین در دسترس بودن آنها را نیز باید همواره مد نظر قرار داد، در این تحقیق سعی شده است که علاوه بر مصرف مواد اصلاح کننده آلی و معدنی، این مواد ارزان قیمت و در دسترس باشند. منابع مواد آلی اصلاح کننده مصرف شده در این تحقیق کود دامی و کاه و کلش گندم، و منابع مواد اصلاح کننده معدنی مصرف شده نیز شامل گچ و سیمان می‌باشد که ارزان قیمت بوده و هم به راحتی قابل تهیه و در دسترس هستند.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه (دشت چاهو) واقع در شمال روستای چاهو در ۵ کیلو متری شهرستان مهر قرار دارد. این دشت دارای مساحت ۳۳۱۳ هکتار بوده و در محدوده جغرافیایی ۵۲ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی۲۷ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۲۷ درجه و ۳۷ دقیقه شمالی واقع شده است. آبکندهای این منطقه از نوع فعال بوده و دارای متوسط عمق ۲ متر و عرض متوسط ۱/۵ متر می‌باشند. یک مزرعه ۴ هکتاری از از اراضی بالادست آبکندهای موجود در منطقه انتخاب گردید. این مزرعه در گذشته زیر کشت گندم دیم بود و به طور سنتی در جهت شیب دیسک زده می‌شد و سپس در آن کشت صورت می‌گرفت، به طوری که با گذشت زمان تجمع روان آب در مسیر کانالهای شخم باعث ایجاد آبکندهای عمیق در پایین دست شده است. مزرعه به شکل مستطیل بود که از قطرهای آن به فاصله‌های حدوداً ۲۰ متری و از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر، خاک نمونه‌برداری گردید. بعد از آماده شدن خاک، در این مرحله اقدام به تهیه مواد اصلاح‌کننده آلی و معدنی برای اعمال تیمارها گردید. واحدهای آزمایشی که گلدانهای پلاستیکی سیاه رنگ، دارای زهکش و از لحاظ حجم و اندازه متناسب با ۳ کیلوگرم خاک بودند، تهیه شدند. این گلدانها دارای حجم ۲۶۷۰ سانتی متر مکعب و ارتفاع ۱۴/۵ سانتی‌متر و با قطر کوچک و قطر بزرگ به ترتیب ۱۳ و ۱۶/۴ سانتی‌متر بودند. تیمارهای آزمایشی در این تحقیق به شرح جدول یک بودند.

از هر تیمار سه تکرار در نظر گرفته شد و خاک گلدانهای هر تیمار با مواد اصلاح‌کننده مربوط به تیمار مورد نظر کاملاً مخلوط گردید و در گلدانها ریخته شد. کربن آلی و درصد ازت کاه و کلش گندم مورد استفاده در این آزمایش در آزمایشگاه با توجه به روشهای استاندارد موجود تعیین گردید. تا مقدار اوره مورد نیاز برای تنظیم نسبت C:N کاه وکلش در حد ۵۰ مشخص گردد. قبل از شروع آزمایش، ابتدا آزمایش تعیین رطوبت ظرفیت مزرعه ای (FC) انجام شد. در طول دوره آزمایش رطوبت وزنی گلدانها همواره در حد ۶۰ درصد FC نگهداری شد و نیازی به زهکشی از کف گلدان ها وجود نداشت. همچنین، برخی از خصوصیات مهم فیزیکی و شیمیایی خاک و آب آبیاری و مواد اصلاح‌کننده مصرف شده در این تحقیق تعیین گردید (جدول های۲ تا ۵).

بعد از گذشت یک، چهار، هفت و ده ماه بعد از اعمال تیمارها، برای اندازه‌گیری میزان خاکدانه‌ها از هر گلدان حدود ۳۰۰ گرم خاک برداشت شد، بعد از هوا خشک شدن نمونه‌ها، آنها را از الک ۶ میلی‌متری عبور داده، سپس ۵۰ گرم از خاکدانه‌های عبور کرده از الک ۶ میلی‌متری بر روی الک ۴ میلی‌متری (بالاترین الک) قرار داده شد. با استفاده از روش اصلاح شده کمپر و رزنیو (۱۹۸۶) و دستگاه الک‌تر وزن خاکدانه های ۵۳ تا ۴۰۰۰ میکرومتری توزین شد. نتایج حاصل از اندازه‌گیریها در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار رایانه‌ای MSTAT-C مورد تجزیه وتحلیل آماری قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد و شکلها با کمک نرم افزار رایانه‌ای EXCEL ترسیم گردیدند. علاوه بر این، میانگین MWD حاصل از چهار مرحله با استفاده از نرم افزار رایانه‌ای MSTAT-C تجزیه واریانس مرکب گردید. بدین صورت که میانگینMWD حاصل از هر مرحله به عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد و سپس میانگین های MWD حاصل از چهار مرحله اندازه گیری، با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد با یکدیگر مقایسه گردیدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف آزمایشی بر میانگین کل وزن - قطر خاکدانه‌ها (MWD) (میانگین چهار مرحله اندازه گیری) در جدول ۶ نشان داده شده است.

با توجه به این جدول، مشخص می شود که تأثیر تیمار بر میانگین کل وزن- قطر خاکدانه ها در سطح ۱ درصد معنی دار گردیده است. با توجه شکل ۱ مشخص می‌گردد که MWD تیمار شاهد در طول زمان روند افزایشی اندکی داشته است. دلیل این امر می‌تواند حل شدن تدریجی کربنات کلسیم خاک باشد (۰/۱۳۱ درصد). طی

گذشت زمان مقداری کلسیم محلول وارد خاک شده و با سدیم تبادلی جایگزین گردیده و از این طریق سبب هماوری ذرات خاک و تشکیل خاکدانه شده و در نتیجه MWD اندکی افزایش یافته است. تأثیر گچ (به میزان یک درصد وزنی) بر میزان MWD نیز روند افزایشی داشته ولی پس از هفت ماه ثابت مانده است. دلیل این امر نیزحل شدن تدریجی گچ (۰/۲۵ درصد) می باشد. استر و هالورسون (۱۹۷۸) گزارش کردند که حلالیت گچ در خاکهای سدیمی در مقایسه با خاکهای معمولی، ۱۰ برابر بیشتر است. با گذشت زمان، از مقدار گچ موجود کاسته شده و در نتیجه اثرات مفید آن نیز کاهش می یابد. اثرات تیمار کاه و کلش (به میزان یک درصد وزنی) بر میزان MWD پس از یک ماه و چهار ماه روند افزایشی و پس از آن روند کاهشی داشت. کاه و کلش به دلیل داشتن ترکیبات قابل تجزیه از همان ابتدا به وسیله میکروارگانیسم‌ها تجزیه شده و با گذشت زمان و کاهش مقدار ترکیبات قابل تجزیه و افزایش مقدار ترکیبات مقاوم به تجزیه تأثیرات سودمند آن نیز بر پایداری خاکدانه کمتر شده است. استیونسون (۱۹۸۶) گزارش کرد که تجزیه بقایای گیاهی در خاک چندین مرحله دارد که ابتدا ترکیبات زود تجزیه شونده مانند کربوهیدراتها و پلی ساکاریدها تجزیه می‌شوند و سپس با گذشت زمان ترکیبات مقاوم به تجزیه مانند سلولز و لیگنین تجزیه می‌گردند. به طوری که در پایان فصل رشد حدود ۳۳٪ از کربن آلی حاصل از بقایای گیاهی در خاک باقی‌می‌ماند. مقایسه میانگین‌های کل MWD در تیمارهای مختلف در شکل ۲ نشان داده شده است.

با توجه به شکل ۲ مشخص می‌گردد براساس میانگین چهار مرحله اندازه گیری، تیمارهای کاربرد کاه و کلش به میزان ۱ درصد وزنی و کاه وکلش همراه با گچ (هریک به میزان یک درصد وزنی) در مقایسه با شاهد و سایر تیمارها، میانگین وزن- قطر خاکدانه ها را به میزان بیشتری افزایش دادند و این افزایش ها از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی دار گردید. این تیمارها به ترتیب باعث افزایش ۲/۸ و ۲/۹ برابری میانگین وزن- قطر خاکدانه ها در مقایسه با شاهد گردیدند. کاربرد کود دامی همراه با گچ (هریک به میزان یک درصد وزنی) نیز باعث افزایش معنی دار میانگین وزن- قطر خاکدانه ها در مقایسه با شاهد گردید که این افزایش معادل ۱/۱ برابر بود. روستا و همکاران (۱۳۸۰) افزایش معنی دار میانگین وزن- قطر خاکدانه ها را در اثر مصرف ۲۰ تن در هکتار کاه و کلش گندم با و بدون کاربرد گچ را گزارش کردند. افزودن مقادیر مختلف سیمان، هر چند باعث افزایش اندک میانگین وزن- قطر خاکدانه ها در مقایسه با شاهد گردید ولی این افزایش ها از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی دار نشد. شانموگاناتان و ادس (۱۹۸۳) مشاهده کردند که بسیاری از خواص فیزیکی خاک از جمله پایداری خاکدانه ها با افزودن ۰/۸ درصد وزنی سیمان بهبود یافت. اثر سیمان بر پایداری خاکدانه‌ها به دو شکل فیزیکی و شیمیایی است. اثر فیزیکی سیمان به این دلیل است که یکی از عمده‌ترین ترکیبات سیمان سیلیکات کلسیم است، پس از تماس با آب تولید هیدروسیلیکات کلسیم می‌نماید و سپس حالت کلوئیدی پیدا کرده و ایجاد ژل سیلیکات کلسیم نموده که سبب اتصال فیزیکی ذرات سیلت و رس بدون در نظر گرفتن بار آنها به یکدیگر می‌شود و باعث ایجاد ذرات درشت‌تر می‌گردد. اثر شیمیایی سیمان نیز به این دلیل است که حدوداً ۱۵ درصد وزنی سیمان آهک فعال است که با انحلال آن، کلسیم محلول وارد خاک شده و با سدیم تبادلی جایگزین شده و در نتیجه باعث هماور شدن ذرات خاک و ایجاد خاکدانه می‌شود (شانموناگاناتان و ادس، ۱۹۸۳).

نتیجه گیری

کاربرد کود دامی و کاه و کلش به تنهایی یا به صورت ترکیبی با گچ متناسب با کاهش مقدار خاکدانه‌های با قطر کوچکتر از ۱۰۶ میکرومتر باعث افزایش خاکدانه‌های با قطر بزرگتر از ۱۰۶ میکرومتر (نتایج منتشر نشده ی این آزمایش) و در نتیجه افزایش میانگین وزن - قطر خاکدانه ها گردیدند، یعنی کاربرد مواد آلی به صورت جداگانه یا توأم با گچ از طریق اتصال خاکدانه‌های کوچکتر باعث تشکیل خاکدانه‌های بزرگتر گردیدند. بنابراین، مشخص‌می‌گردد که برای تشکیل خاکدانه‌های کوچک مواد اصلاحی کلسیم‌دار نقش دارند و برای ایجاد خاکدانه‌های بزرگ وجود مواد آلی ضروری است که این امر با کاربرد توأم مواد آلی و ترکیبات کلسیم دار امکان پذیر است. بر اساس نتایج این تحقیق، تأثیر تیمارهای گچ همراه با کاه و کلش، کاه و کلش تنها و کود دامی همراه با گچ در افزایش میزان MWD ناشی از افزایش بیشتر خاکدانه‌های با قطر بزرگتر از ۱۰۰۰ میکرومتر بوده است (نتایج منتشر نشده ی این آزمایش). بنابراین، می‌توان کاربرد کاه و کلش همراه با گچ، کاه و کلش تنها و کود دامی همراه با گچ را برای افزایش پایداری خاکدانه‌ها در شرایط مشابه با خاک مورد مطالعه پیشنهاد نمود. البته، قبل از اعمال این تیمارها، انجام یک تحقیق مزرعه ای با استفاده از باران ساز مصنوعی به منظور تعیین مناسب ترین تیمار از میان تیمارهای پیشنهادی توصیه می گردد.

جدول ۱- تیمارهای مورد بررسی در مطالعه آزمایشگاهی

شماره تیمار	شرح تیمار
۱	شاهد (بدون افزودن ماده اصلاح‌کننده)
۲	گچ خالص (به میزان یک درصد وزنی)
۳	کاه و کلش خرد شده گندم (به میزان یک درصد وزنی)
۴	کود دامی (به میزان یک درصد وزنی)
۵	گچ همراه با کاه و کلش (هر کدام به میزان یک درصد وزنی)
۶	گچ همراه با کود دامی (هر کدام به میزان یک درصد وزنی)
۷	سیمان به میزان ۰/۳ درصد وزنی
۸	سیمان به میزان ۰/۶ درصد وزنی
۹	سیمان به میزان ۰/۹ درصد وزنی
۱۰	گچ (به میزان یک درصد وزنی) همراه با سیمان (به میزان ۰/۹ درصد وزنی)

جدول ۲- برخی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک منطقه مورد مطالعه (دشت چاهو) در عمق ۲۰-۰ سانتی متر

ویژگی	مقدار	ویژگی	مقدار
EC_e	۱۸/۱۹ (dSm^{-1})	گچ	٪۰/۶۹
pH گل اشباع	۷/۴۸	کربنات کلسیم معادل	٪۵۳/۵
SAR	۱۸/۲۵	رس	٪۱۸
ESP	۲۲/۸۲	شن	٪۲۶
CEC	۷/۱۰(cm charge/g)	سیلت	٪۵۶
سدیم قابل تبادل	۸/۲(cm charge/g)	بافت	لومی سیلت
کربن آلی	٪۰/۶۱		

جدول ۳- برخی خصوصیات آب آبیاری مورد استفاده برای آبیاری گلدانها

ویژگی	مقدار	کاتیونها	مقدار (میلی‌اکی‌والان در لیتر)	آنیونها	مقدار (میلی‌اکی‌والان در لیتر)
EC	۱/۳۶ (dSm^{-1})	Ca^{+2}	۵/۶۰	CO_3^{-2}	۰/۰۰
pH	۷/۵۰	Mg^{+2}	۵/۶۰	HCO_3^-	۵/۸۰
کلاس آب آبیاری	C_3S_1	Na^+	۳/۲۴	Cl^-	۴/۲۰
				SO_4^{-2}	۴/۲

جدول ۴- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مواد اصلاح‌کننده آلی مورد استفاده

نوع ماده اصلاح‌کننده	فسفرقابل استفاده (درصد)	پتاسیم قابل استفاده (درصد)	کربن آلی (درصد)	ازت (درصد)	نسبت C:N
کاه و کلش گندم	۰/۰۹	۲/۱۳	۴۹/۹۰	۰/۶۷	۷۵/۰۰
کود دامی	۰/۴۷	۲/۳۰	۳۹/۴۰	۲/۰۵	۱۹/۳۰

جدول ۵- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی سیمان مورد استفاده

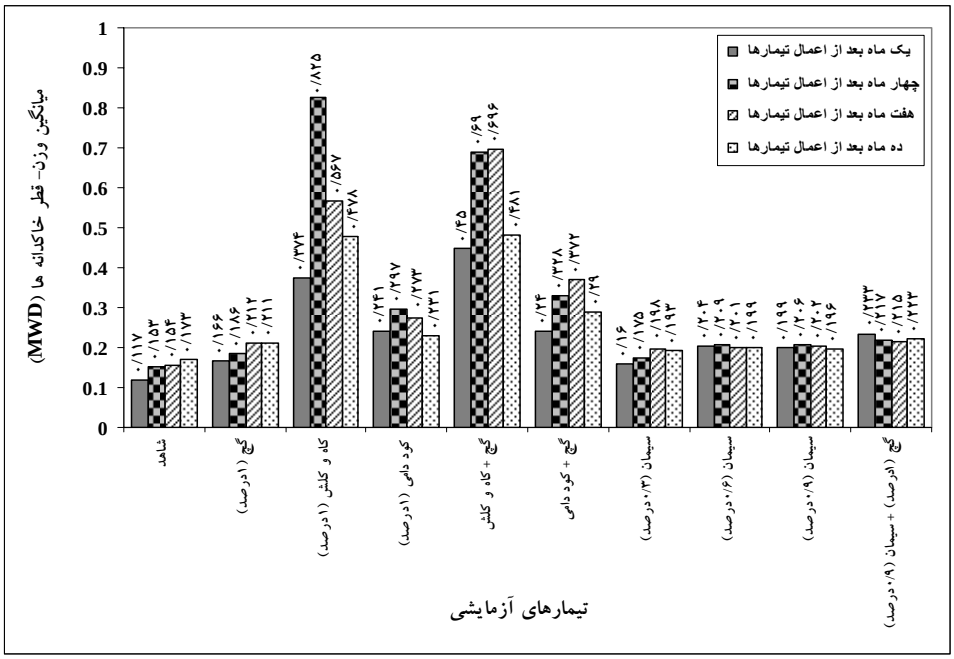
نوع ماده اصلاح‌کننده	*EC (dSm^{-1})	*pH	اکسید کلسیم (درصد) معادل با کربنات کلسیم	گچ (درصد)	اندازه ذرات (میکرومتر)
سیمان	۹/۸۰	۱۲/۳۰	۴۷/۳۲	۶/۸۸	<۱۰۶

* این خصوصیات در سوسپانسیون ۱:۵ اندازه گیری گردید

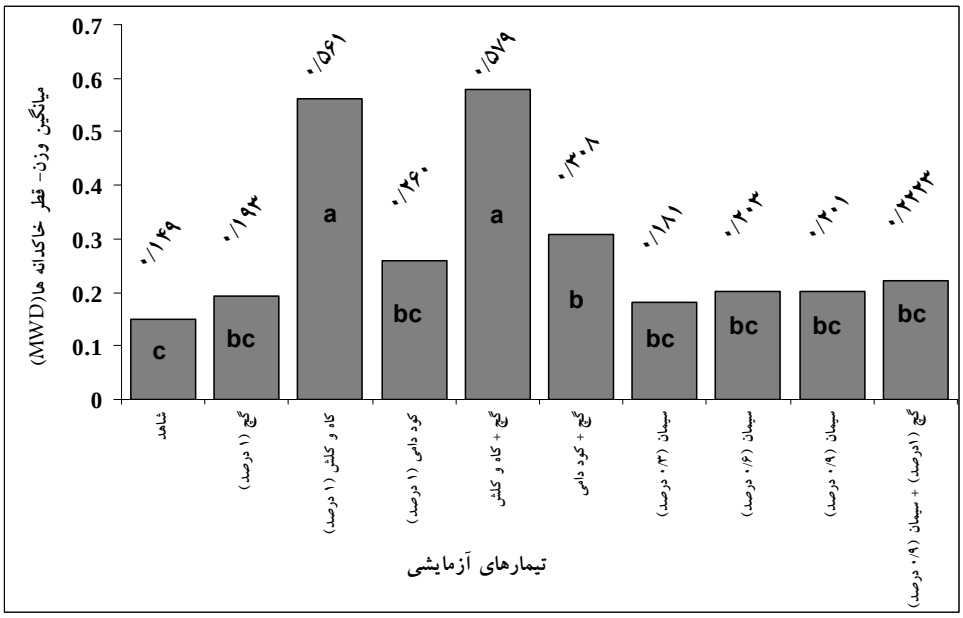
جدول ۶- تجزیه واریانس مرکب تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میانگین کل MWD (میانگین چهار مرحله)

منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مجموع مربعات	مقدار F	معنی داری
تیمار	۹	۰/۸۷۷	۰/۰۹۷	۱۶/۲۰۶	۰/۰۰۰**
خطا	۳۰	۰/۱۸۰	۰/۰۰۶		
کل	۲۹	۱/۰۵۷			

**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد %CV= ۲۷/۱۲



شکل ۱- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میانگین وزن - قطر خاکدانه‌ها (MWD) یک، چهار، هفت و ده ماه بعد از اعمال تیمارها



شکل ۲- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میانگین چهار مرحله MWD

فهرست منابع:

۱. جلالیان، ا.، محمدی، ق.، کریم‌زاده، ح. ۱۳۷۳، فرسایش و رسوب و علل آن در حوزه‌های آبخیز کشور ارائه شده موردی در بعضی از حوضه های آبخیز ایران. مجموعه مقالات چهارمین کنگره علوم خاک ایران. دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲. رفاهی، ح.ق. ۱۳۷۸، فرسایش آبی و کنترل آن، سری انتشارات دانشگاه تهران، ۵۵۱ ص.

۳. روحی‌پور، ح.، فرزانه، ه. و اسدی، ح. ۱۳۸۳، بررسی رابطه برخی از شاخصهای پایداری خاکدانه با عامل فرسایش پذیری خاک با استفاده از شبیه سازی باران، فصلنامه پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ص۲۵۴-۲۳۵ .

۴. روستا، م.ج.، گلچین، ا. و سیادت، ح. ۱۳۸۰، بررسی تأثیر مواد آلی و ترکیبات معدنی کلسیم دار بر توزیع اندازه ای خاکدانه ها و میزان رس قابل پراکنش در یک خاک سدیمی، مجله علوم خاک و آب، جلد ۱۵، شماره ۲، ص ۲۶۰-۲۴۲.

۵. واعظی، ع.، بهرامی، ح.ع.، صادقی، ح. و مهدیان، م.ح. ۱۳۸۶، تعیین عامل فرسایش پذیری معادله جهانی فرسایش خاک در خاکهای آهکی، مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، ص ۱۱۷۳-۱۱۷۲.

۶. کرباسی‌راوی، م.، ۱۳۸۰، بررسی روشهای تثبیت خاک با استفاده از آهک و سیمان، همایش ملی اراضی و فرسایش خاک و توسعه پایدار، اراک، ص ۴۷۰-۴۵۷.

7. Ahuja, L. R., D. Swartzendruber, 1972, Effects of Portland cement on soil aggregation and hydraulic properties, Soil Sci, Vol:114, No:5, 359-366.
8. Hughes, A. O., and I. P. Prosser, 2003, Gully and riverbank erosion mapping for the murray darling basin. CSIRO land and water Canberra technical report 3/03. Available in http: //www. clw. Csiro. Au/ publications/technical., 2003 (tr3-03.pdf).
9. Kemper, W. D., and R. C., Rosenau, 1986, Aggregate stability distribution in methods of soil analysis. Part I (A. Klate, ed.). 2nd edition, pp. 425-442. American Society of agronomy, Madison, WI.
10. Stevenson, F. J., 1986, The carbon cycle. In: Cycles of soil, John Wiley, New Yourk.
11. Tisdall. J. M., and J. M. Oades., 1982b, Organic matter and water-stable aggregation by the root system of ryegrass. Aust J. Soil Sci Res, 18: 423-434.
12. UNDP, 1999, Human development report of the Islamic Republic of Iran. Chapter 8, 109-122, available in http://www.undp.org.ir/reports/hdr/c-NHDR.pdf.