مقاله کامل علمی- پژوهشی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و هشتم، شماره دوم، ۱٤۰۰
۸۳-۱۰۱
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2021.18729.3424

تأثیر ورمی‌کولیت، بنتونیت و زئولیت بر میزان تبخیر و منحنی رطوبتی خاک

الهام امانی دشتکی[۱]، احمدرضا قاسمی*[۲]، محمدرضا نوری[۲] و حمیدرضا متقیان[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهرکرد،
[۲]دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد،
[۳]دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه شهرکرد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۰۳/۱٤

چکیده

سابقه و هدف: کمبود آب به‌ویژه در مناطق خشک مهم‌ترین مشکل توسعه کشاورزی است. بنابراین بررسی راهکارهای افزایش بهره‌وری آب باید موردتوجه قرار گیرد. ارائه راه‌هایی برای کنترل و کاهش تبخیر از خاک می‌تواند راهکاری مناسب برای افزایش کارایی مصرف آب باشد. تبخیر از سطح خاک را می‌توان عمده‌ترین بخش از اجزای بیلان آب در مناطق خشک دانست که باعث هدررفت آب می‌شود، یکی از راه‌های کنترل و کاهش تبخیر از خاک، استفاده از مواد اصلاح‌کننده طبیعی خاک است. ازاین‌رو این پژوهش با هدف بررسی تأثیر سه اصلاح‌کننده بنتونیت، ورمی‌کولیت و زئولیت بر میزان و شدت تبخیر از سطح خاک در یک دوره ٤ ماهه از تیر تا مهر انجام شد.

مواد و روش‌ها: این پژوهش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با ۱۰ تیمار و در سه تکرار در دانشگاه شهرکرد انجام گرفت. تیمارهای موردبررسی در این پژوهش، شامل ۳ نوع اصلاح‌کننده طبیعی خاک (بنتونیت، ورمی‌کولیت و زئولیت) و هرکدام در سه نسبت وزنی ۰/۵، ۱ و ۲ درصد به همراه یک تیمار شاهد (خاک بدون ماده اصلاح‌کننده با بافت لوم) می‌باشند. انتخاب این درصدها بر این مبنا بود که نتایج به دلایل اقتصادی و عملی بودن اجرا، قابل توصیه برای سطوح و اراضی وسیع کشاورزی نیز باشند. در مرحله بعد با اندازه‌گیری مقدار آب ورودی و مقدار زه‌آب خروجی هر گلدان و با استفاده از رابطه بیلان آب مقدار تبخیر اندازه‌گیری شد. میزان رطوبت نیز با دستگاه رطوبت‌سنج و در دو عمق ۵ و ۱۵ سانتی‌متری اندازه‌گیری شد. درنهایت منحنی رطوبتی خاک برای هر تیمار و با استفاده از دستگاه صفحات فشاری، ترسیم و مورد مقایسه قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد در بین سه ماده موردبررسی بیش‌ترین میزان کاهش در تبخیر از خاک مربوط به بنتونیت است. دو اصلاح‌کننده ورمی‌کولیت و زئولیت نیز تبخیر را به‌صورت معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد کاهش دادند ولی نسبت به هم تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. در بین تیمارهای موردبررسی نیز بیش‌ترین تأثیر کاهشی بر مقدار تبخیر در تیمار

* مسئول مکاتبه: ghasemiar@yahoo.com

۲ درصد بنتونیت مخلوط با خاک و کم‌ترین میزان تأثیر نیز در تیمار زئولیت ۰/۵ درصد مشاهده شد این تیمار تفاوت معنی‌داری با شاهد نشان نداد ولی تیمار ۲ درصد بنتونیت، ٦/٤ درصد میزان تبخیر را نسبت به شاهد کاهش داد. نتایج میزان رطوبت خاک در تیمارها برعکس نتایج تبخیر بود، در تیمارهایی که میزان تبخیر کم‌تر می‌باشد، میزان رطوبت خاک افزایش یافته است. با توجه به تأثیر معنی‌دار سه اصلاح‌کننده موردبررسی بر میزان رطوبت خاک، منحنی رطوبتی خاک نیز در تیمارهای موردبررسی نسبت به شاهد دچار تغییر شده است. بیش‌ترین مقدار افزایش رطوبت در مکش معادل FC، در تیمار ۲ درصد بنتونیت و معادل ٤/٨ درصد بیش‌تر از مقدار رطوبت تیمار شاهد به دست آمد.

نتیجه‌گیری: استفاده از مواد اصلاحی طبیعی خاک ضمن جلوگیری از آلوده شدن خاک، به اصلاح ساختمان خاک در جهت کاهش تبخیر نیز کمک می‌کند. با توجه به این‌که از بین سه ماده اصلاحی مورداستفاده در این پژوهش، بیش‌ترین مقدار تأثیر بر کاهش تبخیر و افزایش رطوبت خاک، مربوط به بنتونیت ۲ درصد بود، بنابراین می‌توان این ماده را برای کاهش تبخیر از خاک با بافت لوم توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: بنتونیت، تبخیر، زئولیت، منحنی رطوبتی، ورمی‌کولیت

مقدمه

در حال حاضر بحران آب و کمبود منابع آبی یک مشکل جهانی است. کمبود منابع آب یکی از مهم‌ترین مشکلات تولید گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان از جمله ایران محسوب می‌شود (۳۰). بنابراین، همگرایی همه عملیات کشاورزی باید در جهت استفاده مطلوب از آب و به حداکثر رساندن عملکرد به ازای هر واحد آب مصرفی باشد (۱۷). دسترسی ناکافی به آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک، افزایش کارایی مصرف آب را به‌عنوان یکی از محورهای اصلی کشاورزی پایدار در این مناطق ضروری ساخته است. به دلیل بالا بودن قیمت آب، خرید آب نیز برای کشاورزان به یک معضل بزرگ تبدیل شده است (۲۷). اعمال مدیریت صحیح و به‌کارگیری فنون پیشرفته به‌منظور حفظ و ذخیره رطوبت خاک، افزایش گنجایش نگهداشت آب و جلوگیری از تبخیر از سطح خاک از راه‌کارهای مؤثر برای افزایش کارایی مصرف آب و بهبود بهره‌برداری از منابع آب است (۱۳). علی‌رغم این‌که بیش از ۹۰ درصد آب مصرفی کشور در بخش کشاورزی مصرف می‌شود، آب مهم‌ترین عامل محدودکننده توسعه کشاورزی در ایران است (۲۸). تبخیر یکی از مؤلفه‌های اصلی بیلان آب و یکی از عوامل اصلی برای برنامه‌ریزی درست و مناسب آبیاری برای بهبود راندمان مصرفی در منطقه است. به‌طور متوسط ۷۰ درصد بارانی که به سطح زمین می‌رسد مجدداً توسط فرآیند تبخیر- تعرق به اتمسفر بازمی‌گردد (۲٤). که این میزان در مناطق خشک که اکثر مناطق کشورمان را تشکیل می‌دهد به ۹۰ درصد هم می‌رسد (۱۰).

با توجه به این‌که تبخیر باعث از دست رفتن قسمتی از آب قابل‌دسترس گیاه می‌شود، با شناخت عوامل مؤثر در آن می‌توان از هدر رفتن آب تا حدودی جلوگیری کرد. بیش‌ترین کنترلی که می‌توان روی تبخیر انجام داد، جلوگیری از تبخیر از سطح خاک است (۲٦). با افزایش الگوهای تغییر آب‌وهوا، منابع آب برای کشاورزی ممکن است غیرقابل‌پیش‌بینی شوند. احتمال کاهش بارش و افزایش رقابت برای منابع آب به‌ویژه برای کشاورزانی

که به کشاورزی دیم وابسته هستند، مهم خواهد بود (۱۹). بنابراین روش‌های کاهش تبخیر آب خاک از اهمیت ویژه‌ای در جهت حفظ رطوبت خاک در لایه بالایی برخوردار است تا فرصت بیش‌تری برای استفاده از راندمان آب برای گیاهان فراهم شود (۸). یکی از روش‌های جدید در علم آب‌وخاک استفاده از مواد سوپرجاذب رطوبت جهت جلوگیری از اتلاف و افزایش راندمان آبیاری است (۳ و ۷). پلیمرهای سوپرجاذب، ژل‌های آب‌دوست یا هیدروژل‌هایی هستند که می‌توانند مقادیر زیادی آب را جذب کنند و به‌این‌ترتیب، بستر کاشت به مدت طولانی و بدون نیاز به آبیاری مجدد مرطوب می‌ماند (۲).

پژوهش‌های متعددی در ارتباط با روش‌های کاهش تبخیر از سطح خاک در دنیا انجام شده است که در ادامه به برخی از این مطالعات اشاره می‌شود. مشکات و همکاران (۲۰۰۰) در پژوهشی با عنوان پتانسیل کاهش تبخیر در خاک آسیب‌ناپذیر و آبیاری قطره‌ای و تیپ از بنتونیت خشک برای پر کردن شکاف‌ها و کاهش تبخیر استفاده کرده است (۲۰). ژیوبین و ژانبین (۲۰۰۱) در پژوهشی تأثیر زئولیت بر نفوذ آب و میزان نگهداشت آب در خاک را مورد بررسی قرار دادند، نتایج آن‌ها نشان داد خاک ترکیب‌شده با زئولیت میزان نفوذ را ۳۰ تا ۵۰ درصد افزایش داده است و رطوبت خاک را در شرایط خشک‌سالی ۱/۸-۰/٤ و در شرایط طبیعی ۱۵-۵ درصد افزایش داده است (۳٤). یوآن و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که استفاده از خاکپوش سنگریزه، مقدار تبخیر را در مقایسه با زمین بدون خاک‌پوش ۸۳/٦-٤۹/۱ درصد کاهش می‌دهد. مقدار رطوبت خاک با افزایش ضخامت خاک‌پوش، افزایش یافت (۳٦). رامش و ردی (۲۰۱۱) در پژوهشی بیان کردند کشاورزان ژاپن از زئولیت برای کنترل رطوبت استفاده می‌کردند (۲۵). مونیکا و همکاران (۲۰۱٤) در پژوهشی نشان دادند که بنتونیت قدرت جذب سطحی بالایی دارد (۲۱). زرمنت و همکاران (۲۰۱٤) در پژوهشی بیان کردند ساختار متخلخل زئولیت امکان نفوذ انتخابی ذرات با اندازه معین را می‌دهد و کاهش و افزایش آب موجود در زئولیت، تبادل آب و یون‌ها با سایر مولکول‌ها را فراهم می‌آورد (۳۲). فو و همکاران (۲۰۱٦) یک نانوکامپوزیت سوپرجاذب از بنتونیت اصلاح‌شده با متیل آکریلیک اسید/ سدیم پلی‌اکریلات تهیه کردند که در آن از بنتونیت اصلاح‌شده به‌عنوان تقویت‌کننده استفاده شد. این ماده یک سوپرجاذب با جذب آب بسیار بالای است (۱۱). لی و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی بیان کردند وقتی‌که دوز ورمی‌کولیت ۵ درصد وزنی باشد، ظرفیت جذب آب از ۹/٤ درصد وزنی به ۱٦/۸ درصد وزنی افزایش می‌یابد. با افزایش دوز ورمی‌کولیت، ظرفیت جذب آب افزایش می‌یابد آن‌ها ثابت کردند که دلیل افزایش میزان جذب آب، با افزایش ورمی‌کولیت، نه‌تنها ناشی از افزایش حجم روزنه‌ها، بلکه ورمی‌کولیت نیز دارای خاصیت جذب آب بسیار خوبی است (۱۸). پارادلو و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی با عنوان ظرفیت نگهداری آب و رشد گیاه در بسترهای کمپوست اصلاح‌شده با پلی‌آکریل‌آمید و بنتونیت نشان دادند بنتونیت باعث افزایش میزان آب در بسترها می‌شود (۲۲).

در ایران نیز پژوهش‌هایی با هدف کاهش تبخیر از خاک انجام شده که در زیر به برخی از موارد اشاره می‌گردد. جودی و موحدی (۲۰۰۷) در مقاله‌ای تأثیر اصلاح‌کننده‌های زئولیت، لیکا و کمپوست را بر تبخیر بررسی کردند، لیکا و کمپوست به‌صورت سطحی و مخلوط با خاک و زئولیت به‌صورت مخلوط با خاک استفاده گردید. کاربرد لیکا و کمپوست به‌صورت سطحی از کاربرد آن به‌صورت مخلوط بر کنترل تبخیر مؤثرتر بود و به ترتیب لیکا، کمپوست و سپس

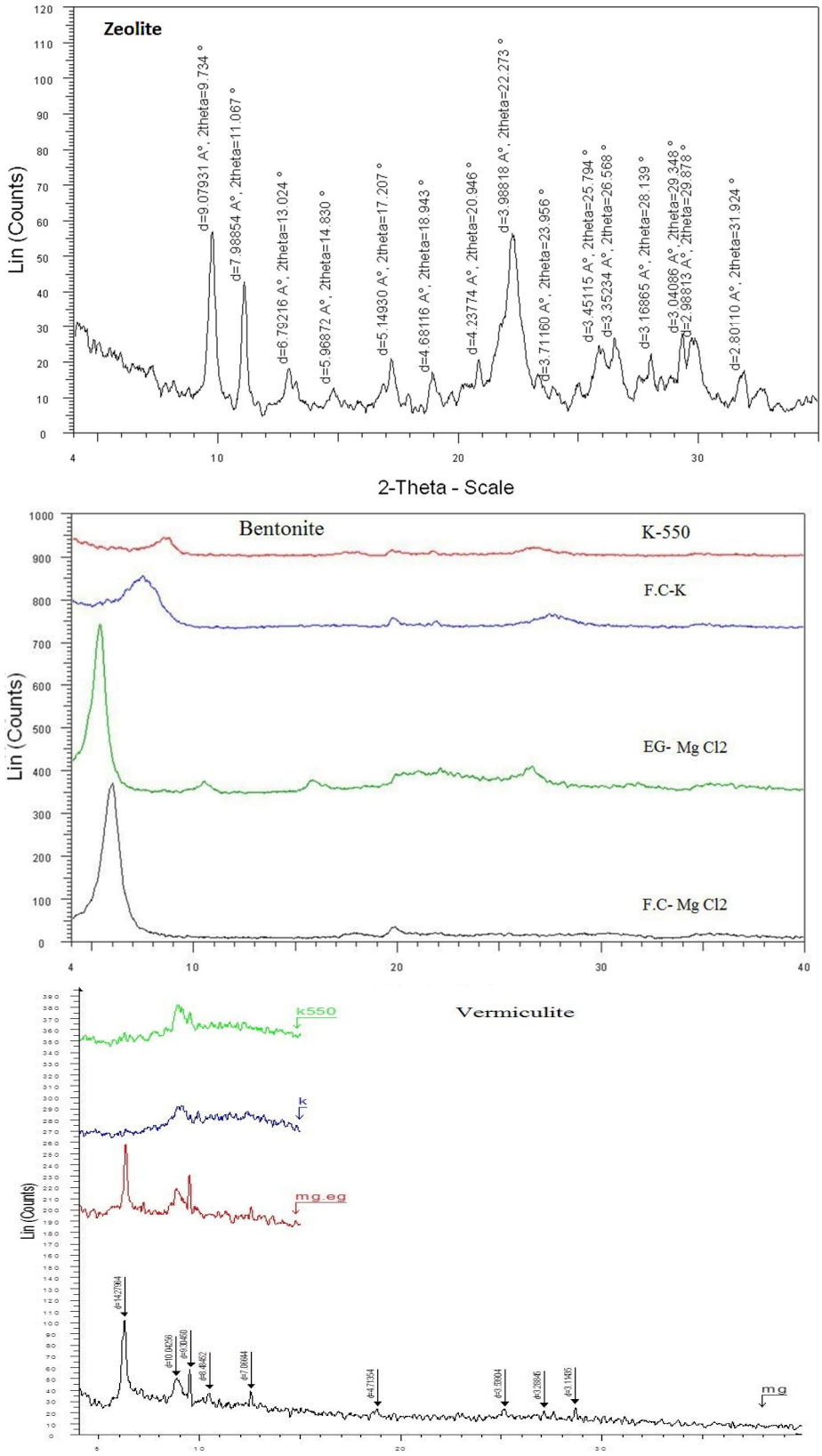
زئولیت تأثیر بیش‌تری در کاهش تبخیر از سطح خاک داشته‌اند (۱۵). ولی‌زاده و همکاران (۲۰۱۵) در مقاله‌ای تأثیر سوپرجاذب a200 و بنتونیت را بر صفات فیزیولوژیک و ویتامین ث کاهو در شرایط کشت گلخانه‌ای بررسی کردند. نتایج نشان داد که کاربرد ۰/۳ درصد وزنی بنتونیت باعث افزایش ۳، ۲، ۲۲ و ۸ درصدی محتوای نسبی آب، شاخص کلروفیل، هدایت روزنه‌ای و کلروفیل کل نسبت به تیمار شاهد شد (۳۳). شهرکی و همکاران (۲۰۱۶) تأثیر مواد اصلاح‌کننده شامل سوپرجاذب بلور آب، ورمی‌کمپوست و بقایای جو را بر میزان تبخیر و رطوبت خاک بررسی نمودند و نتیجه گرفتند اختلاف معنی‌داری بین سه مواد اصلاح‌کننده در میزان تبخیر وجود ندارد (۲۹). جاذبی و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی تحت عنوان ساخت و بررسی نانوکامپوزیت سوپرجاذب اکریل آمید، اکریلیک اسید و بنتونیت برای خاک‌های کشاورزی با شوری مختلف، تأثیر پارامترهای سنتزی شامل مونومرهای اکریل‌آمید، اکریلیک‌اسید و بنتونیت را بر رفتار انبساطی و میزان نگهداشت آب بررسی و میزان جذب و واجذب آب را اندازه‌گیری نمودند (۱۴). قضاوی و همکاران (۲۰۱۹) نتایج نشان داد که اضافه کردن سوپرجاذب زئولیت، در سطح‌های مختلف به خاک‌های لومی و شنی باعث افزایش رطوبت وزنی و نگهداشت رطوبت در خاک‌ها می‌شود و هرچه سطح مصرف سوپرجاذب‌ها افزایش می‌یابد، رطوبت وزنی و نگهداشت رطوبت در خاک‌ها نیز افزایش می‌یابد (۱۲).

مسأله مهم در استفاده از موارد اصلاحی در خاک با هدف کاهش تبخیر این است که استفاده از درصدهای وزنی بالا ممکن است ضمن آسیب رساندن به ساختمان خاک به‌دلیل هزینه‌های بالا قابلیت اجرا در سطوح وسیع کشاورزی را هم نداشته باشد. بنابراین در این پژوهش تأثیر سه اصلاح‌کننده بنتونیت، ورمی‌کولیت و زئولیت با درصدهای وزنی کم شامل ۰/۵، ۱ و ۲ درصد بر میزان و شدت تبخیر از سطح خاک و هم‌چنین رطوبت خاک در یک دوره ٤ ماهه مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

با هدف بررسی اثر سه اصلاح‌کننده بنتونیت، ورمی‌کولیت و زئولیت بر مقدار و شدت تبخیر از سطح خاک و هم‌چنین رطوبت خاک، آزمایشی به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با ۱۰ تیمار و در سه تکرار در دانشگاه شهرکرد واقع در استان چهارمحال و بختیاری به طول و عرض جغرافیایی به ترتیب ۵۰°۵۱′E و ۳۲°۲۰′N و ارتفاع ۲۰۶۱ متر از سطح دریا انجام گرفت. آزمایش در فضای باز و در کنار مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد انجام گردید و در طول آزمایش تنها یک بارندگی ۳ میلی‌متری اتفاق افتاد که در محاسبات لحاظ گردید.

زئولیت یک کانی طبیعی است که به‌طور فزاینده‌ای در مناطق مختلف در کشاورزی و هم‌چنین حفاظت از محیط‌زیست مورداستفاده قرار می‌گیرد (۲۳). ورمی‌کولیت نیز یک کانی رسی ۲:۱ است که کاربردهای زیادی به‌عنوان حامل کود و جاذب رطوبت دارد (٤). بنتونیت نیز یک ترکیب زمین‌شناختی است که کانی اصلی آن مونت موریلونیت است و قدرت جذب و نگهدار آب را دارد. تیمارهای موردبررسی در این پژوهش، شامل ۳ اصلاح‌کننده خاک (بنتونیت، ورمی‌کولیت و زئولیت) و هرکدام در سه نسبت وزنی ۰/۵، ۱ و ۲ درصد به همراه یک تیمار شاهد (خاک بدون ماده افزودنی) می‌باشند. شکل ۱ نتایج XRD برای سه اصلاح‌کننده موردبررسی را نشان می‌دهد.



شکل ۱- نتایج XRD برای سه اصلاح‌کننده موردبررسی.

Figure 1. The results of XRD for the three used amendments.

در پراش‌نگاشت اشعه ایکس زئولیت با خلوص بالا درصد پیک‌های غالب زئولیت c-spacing، ۹/۰۷، ۷/۹۸ و ۳/۹۸ نشان داده شده است. مقادیر کمی کوارتز و فلدسپار در نمونه زئولیت وجود دارد. در پراش‌نگاشت بنتونیت پیک ۱٤ در تیمار منیزیم به‌وضوح دیده می‌شود که این پیک در تیمار با اتیلن گلیکول به حدود ۱۷ افزایش‌یافته است این افزایش و هم‌چنین شارپ بودن پیک نشان‌دهنده خلوص بالا و کریستالیتی خوب بنتونیت است. در تیمار پتاسیم نیز پیک ۱۲ پس از اعمال حرارت به ۱۰ کاهش پیداکرده است. درمجموع نتایج اعمال تیمارها نشان‌دهنده خلوص بالای بنتونیت است. پراش‌نگاشت اشعه ایکس ورمیکولیت نیز نشان می‌دهد مقدار کمی میکا در نمونه وجود دارد ولی پیک ۱٤ در تیمار منیزیم و بدون تغییر در تیمار منیزیم- گلیکول نشان‌دهنده ورمی‌کولیت است. در پتاسیم بدون حرارت پیک ۱٤ حذف‌شده که نشان دیگری از ورمی‌کولیت است.

جهت انجام آزمایش گلدان‌هایی با ارتفاع و دهانه ۳۰ سانتی‌متر تهیه و با ایجاد سوراخ در کف گلدان‌ها عملاً ساختاری شبیه لایسی‌متر ایجاد شد. سپس گلدان‌ها که دارای حجم یکسان می‌باشند با خاکی با بافت لوم (جدول ۱) که از الک ۵ میلی‌متر عبور داده شد با درصدهای مختلف بنتونیت، ورمی‌کولیت و زئولیت مخلوط شد. سپس با قرار دادن یک ظرف در زیر گلدان‌ها و با استفاده از ظرف مدرج مقدار آب خروجی بعد از هر آبیاری اندازه‌گیری شد. شکل ۲ نمایی از تیمارهای آزمایشی را نشان می‌دهد. در این پژوهش نیز از خاک مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد که بافت لوم دارد استفاده شد.

شکل ۲- نمایی از تیمارهای آزمایشی.

Figure 2. View of experimental treatments.

جدول ۱- برخی پارامترهای خاک موردمطالعه.

Table 1. Some parameters of the studied soil.

بافت خاک Soil texture	شن (٪) Sand (%)	سیلت (٪) Silt (%)	رس (٪) Clay (%)	pH	شوری خاک EC ($dS.m^{-1}$)	ظرفیت زراعی (درصد وزنی) FC(%)	نقطه پژمردگی (درصد وزنی) PWP(%)
لوم Lom	50	30	20	7.83	0.891	20.7	12

درنهایت با در اختیار داشتن مقدار آب ورودی و به دست آوردن مقدار آب خروجی هر گلدان و با استفاده از رابطه بیلان آبی مقدار تبخیر اندازه‌گیری شد. در این آزمایش رطوبت خاک در تیمارها نیز به‌وسیله دستگاه رطوبت‌سنج SM150T به‌صورت روزانه در دو عمق ۵ و ۱۵ سانتی‌متری اندازه‌گیری شد. این دستگاه شامل دو میله حسگر است که برای گرفتن قرائت، به‌صورت مستقیم وارد خاک می‌شوند. میزان ولتاژ عبور یافته از بین این دو میله توسط یک داده سنج به رطوبت خاک تبدیل می‌شود (۹). زمان و مقدار آبیاری نیز براساس رطوبت خاک در گلدان شاهد و با استفاده از روابط ۱ و ۲ تعیین شد.

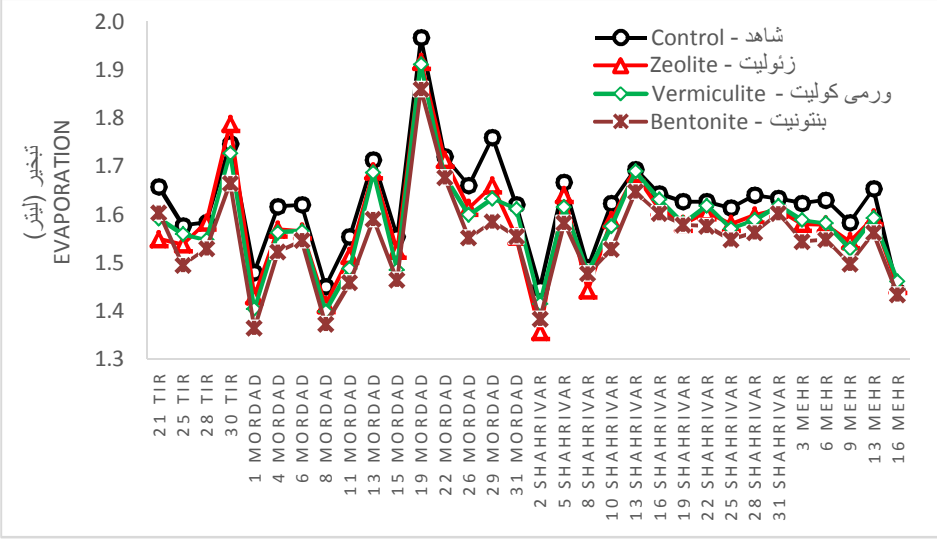
$$\theta_c = \theta_{fc} - 0.5(\theta_{fc} - \theta_{pwp}) \quad (1)$$

$$D = \frac{\theta_{fc} - \theta_c}{100} * D_{rz} \quad (2)$$

که در آن‌ها، θ_{fc} رطوبت ظرفیت زراعی، θ_{pwp} رطوبت در نقطه پژمردگی، D عمق آب موردنیاز برای هر گلدان، D_{rz} عمق گلدان و θ_c مقدار رطوبت موجود در گلدان شاهد است (٦). این پژوهش در بازه زمانی ۲۰ تیرماه تا ١٦ مهرماه سال ۱۳۹۸ به مدت ۹۰ روز انجام گردید. در بخش آخر این پژوهش منحنی رطوبتی برای تیمارهای مختلف با استفاده از دستگاه صفحات فشاری به‌دست آمد و مورد تحلیل قرار گرفت. تجزیه واریانس داده‌ها نیز با استفاده از نرم‌افزار STATISTICA و مقایسه میانگین‌ها با روش LSD انجام شد.

نتایج و بحث

شکل ۳ تغییرات مقدار متوسط تبخیر را در طول دوره ٤ ماهه موردمطالعه برای چهار ماده اصلاح‌کننده موردبررسی نشان می‌دهد. شکل ۳ نشان می‌دهد، تیمار بنتونیت کم‌ترین تبخیر را نسبت به تیمار شاهد در تمام طول دوره زمانی موردمطالعه داشته است. کم‌ترین میزان تبخیر در این تیمار مربوط به دوره ۳۰ تیر تا ۱ مرداد و به میزان ١/٤ لیتر و بیش‌ترین میزان مربوط به دوره ۱۵ تا ۱۹ مرداد و به میزان ۱/۹ لیتر به‌دست آمد. بیش‌ترین میزان کاهش ثبت‌شده در تبخیر در این تیمار نسبت به تیمار شاهد نیز در روز ۲۹ مرداد و به میزان ١٧٦ میلی‌لیتر بود. کم‌ترین میزان تفاوت میزان تبخیر نسبت به شاهد مربوط به تیمار زئولیت به دست آمد، میزان کاهش تبخیر در این تیمار نسبت به شاهد در طول دوره آزمایش بین صفر تا ۱۰۰ میلی‌لیتر متغیر بود.



شکل ۳- تغییرات مقدار میانگین تبخیر در طول دوره آزمایش.

Figure 3. The mean changes of soil evaporation during the experiment.

جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تبخیر کل (مجموع تبخیر در کل بازه زمانی ۹۰ روزه موردبررسی) را نشان می‌دهد. نتایج تجزیه واریانس تیمارها (جدول ۲) نشان می‌دهد که تغییرات مقدار تبخیر در ماه مرداد در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ و در ماه‌های شهریور و مهر و هم‌چنین برای مجموع کل تبخیر ٤ ماهه، در سطح معنی‌داری ۰/۰۱ معنی‌دار است ولی برای تیرماه غیرمعنی‌دار است. در این ماه تنها چهار نوبت آبیاری انجام شد که بیش‌تر جنبه آماده‌سازی آزمایش را داشته است. مقدار ضریب تغییرات نیز برای تمام ماه‌ها پایین و مطلوب است.

جدول ۲- تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تبخیر تحت تیمارهای مختلف.

Table 2. Analysis of variance of evaporation in different treatments.

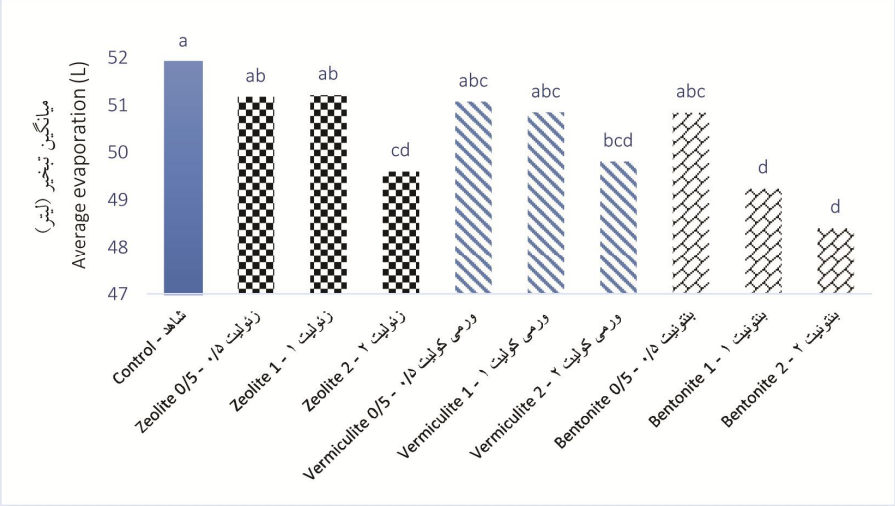
تبخیر کل Total evaporation	مهر Mehr	شهریور Shahrivar	مرداد Mordad	تیر Tir	درجه آزادی Degrees of freedom	منبع تغییرات Source of changes
0.003 **	0.001 **	0.001 **	0.190*	0.222^{ns}	9	تیمار Treatment
0.840	0.001	0.001	0.002	0.002	20	خطا Error
2.4	2.3	2.3	3.3	1.8		ضریب تغییرات CV

*، ** و ^{ns} به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰/۰۵، ۰/۰۱ و غیرمعنی‌دار

*, **, ^{ns} Significant at the level of 0.05, 0.01 and non-significant, respectively

مقایسه میانگین‌ها برای مقدار تبخیر کل در تیمارهای مختلف (شکل ٤) نشان داد که کم‌ترین میزان تبخیر مربوط به خاک مخلوط با ۲ درصد بنتونیت و به مقدار ٤٨/٤ لیتر است، بیش‌ترین تبخیر از سطح خاک نیز مربوط به تیمار شاهد و ۵۱/۹ لیتر می‌باشد. در هر سه ماده اصلاحی با افزایش درصد وزنی ماده مخلوط با خاک، مقدار تبخیر کاهش یافته است که این کاهش نسبت به تیمار شاهد در تیمارهای خاک مخلوط با زئولیت ۲ درصد، خاک مخلوط با ورمی‌کولیت ۲ درصد و خاک مخلوط با بنتونیت ۱ و ۲ درصد معنی‌دار است.

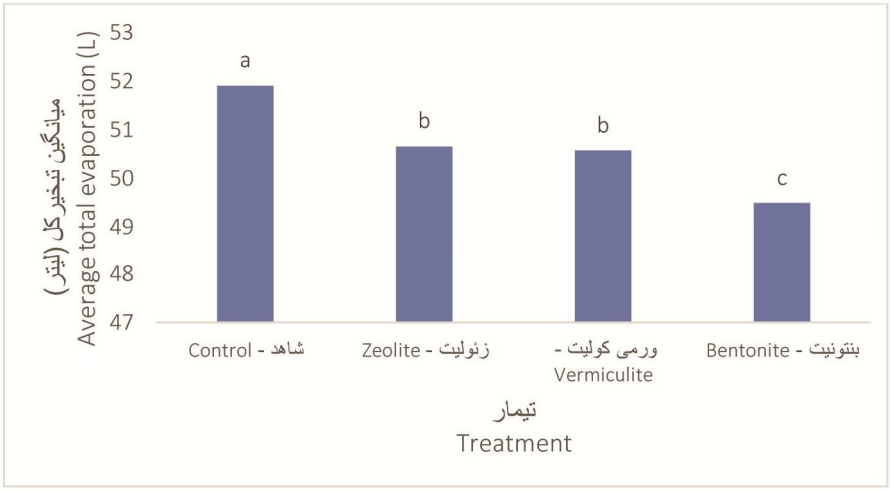
کاهش تبخیر با افزایش میزان زئولیت با توجه به پژوهش کوچاکوشاک (۲۰۰۱) به دلیل تخلخل بالای ساختار کریستالی این ماده است، زئولیت‌ها می‌توانند تا ٦٠٪ وزن خود آب را حفظ کنند (١٦). لی و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی جذب آب توسط ماده معدنی ورمی‌کولیت پرداختند و نشان دادند که حجم منافذ خاک با افزایش ورمی‌کولیت افزایش می‌یابد. حجم منافذ کل، وقتی ۲۰ درصد وزنی ورمی‌کولیت به خاک اضافه شود، ٦ درصد افزایش می‌یابد. افزایش حجم منافذ عمدتاً به خاطر سوراخ‌های ورمی‌کولیت با قطر بین ۰/٤ و ۱ میکرومتر است (۱۸). جاذبی و همکاران (۲۰۱۷) نیز نشان دادند با افزایش مقدار بنتونیت به‌علت افزایش سطح ویژه سوپرجاذب، جذب آب افزایش می‌یابد. آن‌ها هم‌چنین نشان دادند که افزایش بیش‌تر میزان بنتونیت به علت افزایش تراکم زنجیره‌هایی که دو بخش از شبکه پلیمر را به یکدیگر متصل می‌کند، موجب کاهش میزان جذب آب می‌گردد (١٤). در پژوهش حاضر نیز با افزایش میزان بنتونیت از یک‌به‌دو درصد میزان تبخیر اندکی کاهش یافت (کم‌تر از ۲ درصد) اما این کاهش معنی‌دار نیست (شکل ٤).



شکل ٤- مقایسه میانگین تبخیر از خاک در تیمارهای مختلف.

Figure 4. Comparison of mean in different treatments for soil evaporation.

با توجه به شکل ٤ می‌توان نتیجه گرفت به ترتیب بنتونیت ۲ درصد، بنتونیت ۱ درصد، زئولیت ۲ درصد و ورمی‌کولیت ۲ درصد تأثیر بیش‌تری در کاهش تبخیر داشتند. تیمارهای فوق به ترتیب ٦/٤، ٤/٩، ٤/٢ و ۳/۸ درصد مقدار تبخیر را در مقایسه با تیمار شاهد کاهش داده‌اند. در بین تیمارهای ۲ درصد ماده اصلاحی، بیش‌ترین تأثیر کاهشی بر تبخیر مربوط به بنتونیت است. این ماده، به‌دلیل ساختارش، قابلیت جذب آب و مواد معدنی را داشته است (۳۱). بنتونیت، ازجمله سوپرجاذب‌های طبیعی است که دارای مقدار زیادی مونت موریلونیت می‌باشد و چسبندگی زیادی دارد (۱). تخلیه آب از خاک به دلیل نیروی چسبندگی بیش‌تر بین منافذ ریز و آب خاک، دشوار است (۵). میزان میانگین تبخیر در سه تیمار مختلف بدون در نظر گرفتن سطح تیمار (میانگین سه تکرار در هر تیمار) نسبت به تیمار شاهد دچار کاهش شده است، هرچند این کاهش در سطح اطمینان ۹۰ درصد معنی‌دار شده است. تأثیر بیش‌تر بنتونیت بر کاهش تبخیر خاک در این شکل نیز مشاهده می‌شود.



شکل ٥- مقایسه میانگین تبخیر از خاک در سه ماده اصلاحی مورداستفاده.

Figure 5. Comparison of mean soil evaporation in three used amendments.

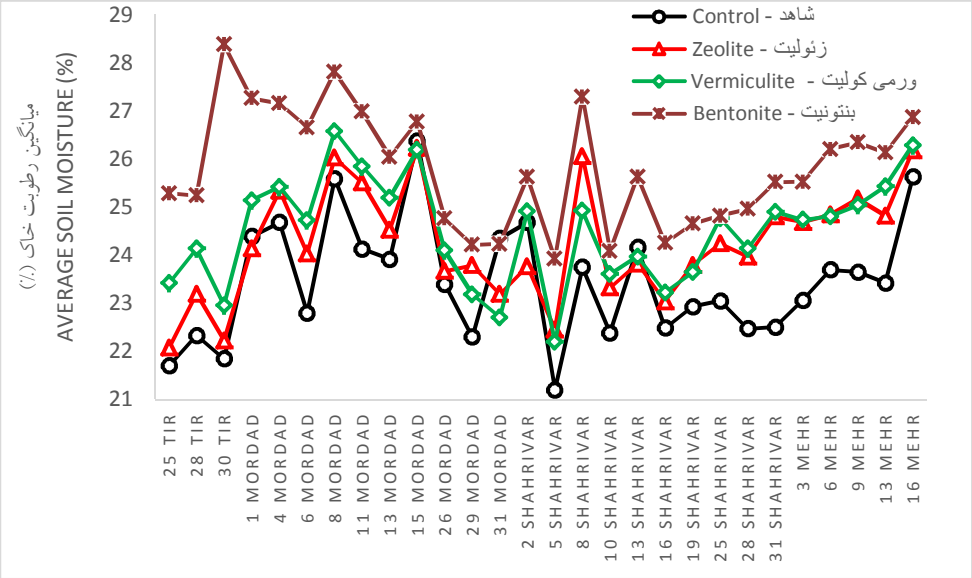
تغییرات رطوبت خاک در تیمارهای موردبررسی: شکل ٦ تغییرات متوسط رطوبت در عمق ۵ سانتی و ۱۵ سانتی‌متری از سطح خاک را نشان می‌دهد. بنتونیت بیش‌ترین و تیمار شاهد کم‌ترین مقدار رطوبت را در طول آزمایش به خود اختصاص داده‌اند. این نتایج با تغییرات تبخیر از سطح خاک (شکل ۳) همخوانی دارد. تیمار شاهد بیش‌ترین مقدار تبخیر و بنتونیت کم‌ترین مقدار را نشان داد درنتیجه مقدار رطوبت باقی‌مانده در خاک در تیمار شاهد کم‌ترین مقدار و مقدار باقی‌مانده رطوبت در تیمار بنتونیت بیش‌ترین مقدار خواهد شد. بیش‌ترین میزان رطوبت ثبت‌شده در طول آزمایش مربوط به تیمار بنتونیت و در روز ۳۰ تیر به میزان ۲۸/۵ درصد و کم‌ترین میزان رطوبت در تیمار شاهد به میزان ۲۱ درصد و در ۳۱ شهریور به دست آمد. بیش‌ترین تفاوت رطوبت خاک بین تیمارهای همره با ماده اصلاحی و تیمار شاهد نیز مربوط به تیمار بنتونیت و در روز ۳۰ تیر مشاهده شد، به‌نحوی‌که رطوبت در تیمار بنتونیت به میزان ٦/۸ درصد بیش‌تر از شاهد به دست آمد.

جدول تجزیه واریانس مقدار رطوبت نشان می‌دهد تغییرات رطوبت در تیمارهای مختلف در ٤ ماه موردمطالعه و همچنین میانگین رطوبت در کل دوره آزمایش در سطح معنی‌داری ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین رطوبت تیمارها نشان داد که به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین میانگین رطوبت به میزان ۲۳/۹ و ۲۱/۸ درصد مربوط به تیمارهای بنتونیت ۲ درصد و شاهد است. به‌جز تیمار زئولیت ۰/۵ و ۱ درصد و بنتونیت ۰/۵ درصد تفاوت رطوبت بقیه تیمارها با تیمار شاهد معنی‌دار می‌باشد. (شکل ۷). با توجه به بررسی انجام‌شده نتایج حاصل از تغییرات رطوبت خاک با میزان تبخیر از سطح خاک همخوانی دارد. در بین تیمارهای موردبررسی بیش‌ترین مقدار تبخیر در تیمار شاهد و کم‌ترین مقدار در تیمار بنتونیت ۲ درصد مشاهده شد (شکل ٤) که همان‌طور در شکل ۷ مشاهده شد این دو تیمار به ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار رطوبت خاک را دارند.

پژوهش قبلی نیز بر قابلیت نگهداری رطوبت در خاک به‌وسیله برخی مواد اصلاحی را نشان داده‌اند. پلات (۲۰۰٤) نشان داد زئولیت‌ها با جذب آب، رطوبت طولانی‌مدت را در دوره‌های خشک ایجاد می‌کنند. آن‌ها هم‌چنین خیس خوردگی مجدد را بهبود بخشیده و باعث گسترش جذب آب در منطقه ریشه در هنگام آبیاری می‌شوند (۲۳). مونیکا و همکاران (۲۰۱٤) نیز در پژوهشی نشان دادند که بنتونیت قدرت جذب سطحی بالایی دارد (۲۱). لی و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی بیان کردند ظرفیت جذب آب مواد با افزایش مقدار ورمی‌کولیت افزایش می‌یابد. ظرفیت جذب آب با استفاده از ۲۰ درصد وزنی ورمی‌کولیت ۸۱/۸ درصد بهبود یافت. آن‌ها ثابت کردند که دلیل افزایش میزان جذب آب، با افزایش ورمی‌کولیت، ناشی از افزایش حجم روزنه‌ها می‌باشد (۱۸). بنابراین ورمی‌کولیت نیز دارای خاصیت جذب آب بسیار خوبی است.

شکل ۸ مقایسه میانگین بین سه ماده افزودنی موردمطالعه را بدون در نظر گرفتن سطح ماده افزودنی نشان می‌دهد. شرایط رطوبت در حالات مختلف به‌خوبی با تغییرات تبخیر ارائه شده در شکل ۵ مطابقت دارد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، بنتونیت بیش‌ترین تأثیر را در بهبود شرایط خاک برای افزایش نگهداشت رطوبت داشته است و درنتیجه مقدار تبخیر در آن کم‌تر از بقیه مواد افزودنی (شکل ۵) شده است. بنتونیت ازجمله سوپرجاذب طبیعی است که از گروه کانی‌های ۲:۱ بوده و دارای مقدار زیادی مونت موریلونیت می‌باشد و چسبندگی زیادی دارد (۱) که این خصوصیات قدرت نگهداشت آب آن‌ها افزایش

می‌دهد. پارادلو و همکاران (۲۰۱۹) نیز در پژوهشی با عنوان ظرفیت نگهداری آب و رشد گیاه در بسترهای مبتنی بر کمپوست اصلاح‌شده با پلی‌آکریل آمید و بنتونیت نشان دادند بنتونیت باعث افزایش میزان آب در بسترها می‌شود (۲۲). بنتونیت به دلیل ساختارش، قابلیت جذب آب و مواد معدنی را داشته، هم‌چنین از شسته شدن مواد معدنی موجود در خاک نیز جلوگیری نموده و باعث حاصلخیزی خاک می‌شود (۳۱).



شکل ٦- تغییرات مقدار میانگین رطوبت در طول دوره آزمایش.

Figure 6. The mean changes of soil moisture during the experiment.

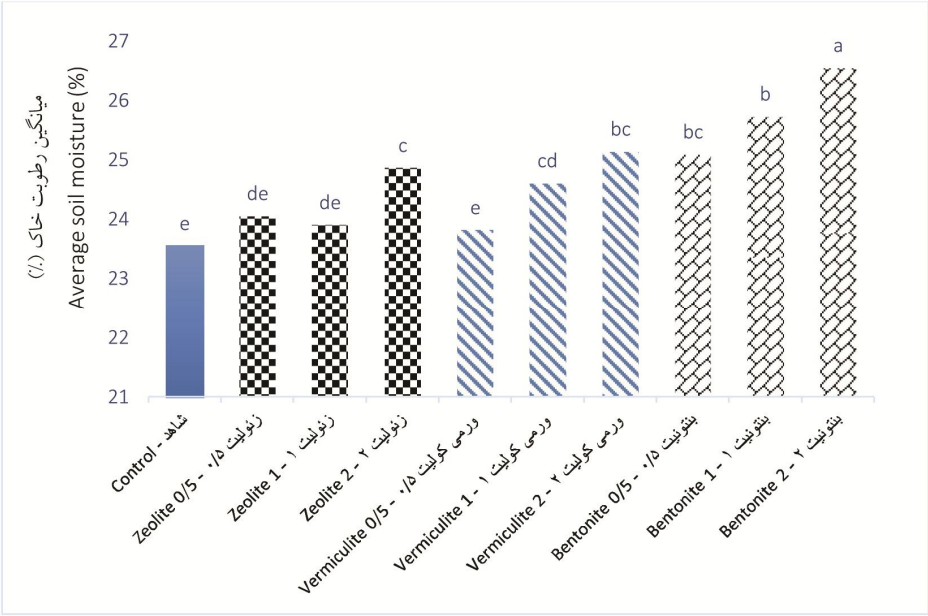
جدول ۳- تجزیه واریانس داده‌های مربوط به متوسط رطوبت خاک در تیمارهای مختلف.

Table 3. Analysis of variance of average soil moisture in different treatments.

منبع تغییرات Source of changes	درجه آزادی Degrees of freedom	تیر Tir	مرداد Mordad	شهریور Shahrivar	مهر Mehr	رطوبت کل Total moisture
تیمار Treatment	9	0.0002**	0.0001**	0.000**	0.000**	0.000**
خطا Error	10	1.95	0.34	0.15	0.16	0.18
ضریب تغییرات CV		9.7	4.2	3.5	3.2	3.9

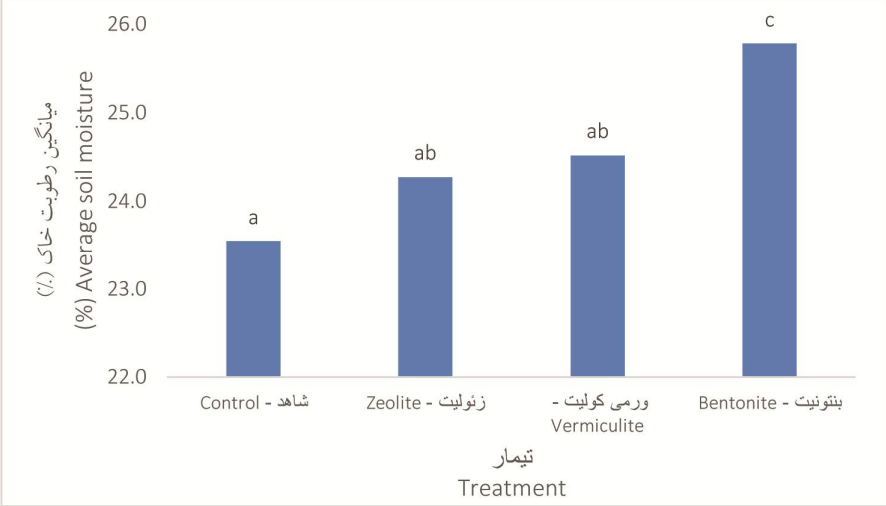
*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰/۰۵، ۰/۰۱ و غیرمعنی‌دار

*, **, ns Significant at the level of 0.05, 0.01 and non-significant, respectively



شکل ۷- مقایسه میانگین متوسط رطوبت خاک در تیمارهای مختلف.

Figure 7. Comparison of mean in different treatments for mean soil moisture.



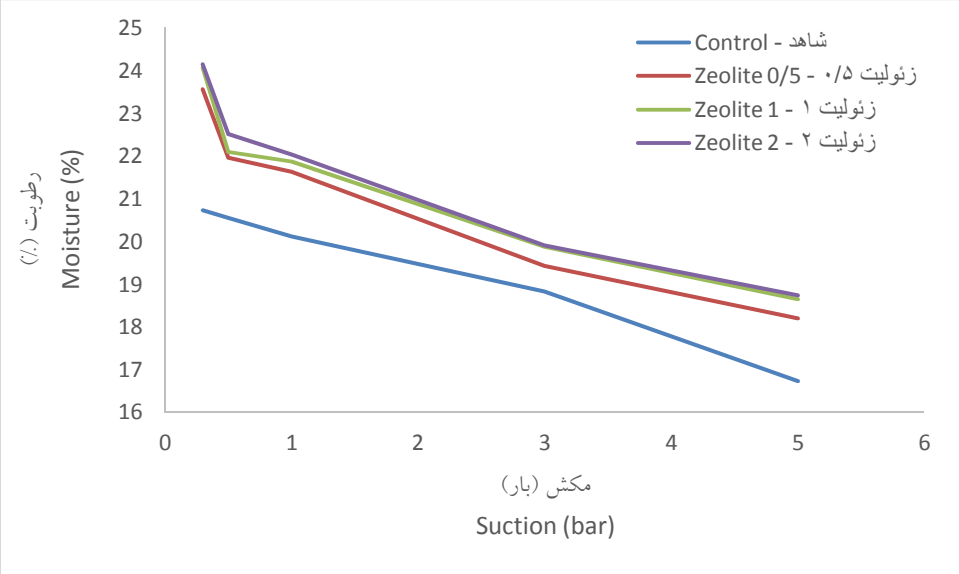
شکل ۸- مقایسه میانگین متوسط رطوبت خاک در سه ماده اصلاحی مورداستفاده.

Figure 8. Comparison of mean average soil moisture in three used amendments.

تأثیر زئولیت، بنتونیت و ورمی‌کولیت بر منحنی رطوبتی خاک: در این بخش تأثیر مواد اصلاحی اضافه‌شده به خاک بر تغییرات منحنی رطوبتی خاک موردبررسی قرار گرفت. همان‌گونه که در شکل ۹ مشاهده می‌شود افزودن زئولیت به خاک باعث افزایش رطوبت در تمام مکش‌ها شده است هرچند شکل منحنی تغییر زیادی نسبت به تیمار شاهد نشان نمی‌دهد. تفاوت این افزایش در مکش ۳ میلی‌بار (نقطه رطوبتی ظرفیت زراعی، FC) برای سه سطح زئولیت ۰/۵، ۱ و ۲ درصد، تقریباً برابر و معادل ۳/۲

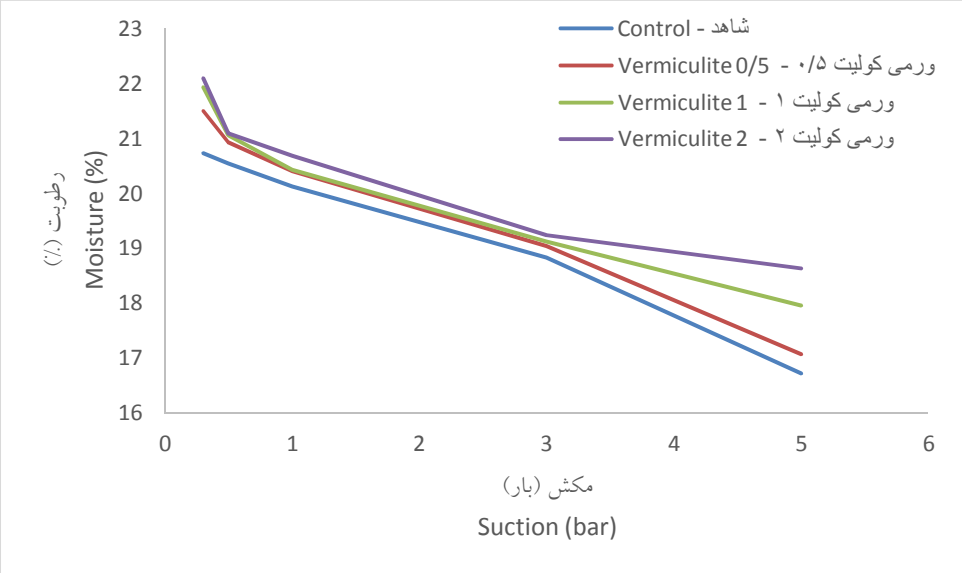
درصد می‌باشد. عدم وجود تفاوت در مکش‌های مختلف برای هر سه سطح زئولیت مورداستفاده نشان می‌دهد در بین سه سطح مورد آزمایش، افزودن ۰/۵ درصد زئولیت به خاک برای بهبود شرایط رطوبتی خاک کفایت می‌کند. یاسودا و همکاران (۱۹۹۵) نیز در پژوهشی بیان کردند استفاده از زئولیت می‌تواند منحنی رطوبتی خاک را تغییر داده و سبب افزایش نگهداری رطوبت خاک شود (۳۵). شرایط منحنی رطوبتی خاک برای ماده اصلاحی ورمی‌کولیت نیز تا حد زیادی شبیه به زئولیت می‌باشد (شکل ۱۰). مقدار رطوبت در مکش FC برای سه سطح تیمار ورمی‌کولیت شبیه به هم و حدود ۱ درصد نسبت به تیمار شاهد بیش‌تر می‌باشد.

در مورد بنتونیت همان‌گونه که در شکل ۱۱ مشاهده می‌شود، سطح ۰/۵ این ماده تأثیری بر منحنی رطوبتی خاک نداشته است. دو سطح دیگر بنتونیت (۱ و ۲ درصد) به‌خوبی باعث تغییر در مقدار رطوبت در مکش‌های مختلف شده و منحنی رطوبتی را افزایش داده‌اند. مقدار این افزایش درمکش FC معادل ٤/٨ درصد نسبت به تیمار شاهد است. براساس این نتایج افزودن ۰/۵ درصد بنتونیت نمی‌تواند باعث بهبود نگهداشت رطوبت در خاک شود. هم‌چنین افزایش ۲ درصد بنتونیت نتوانسته منحنی رطوبتی را نسبت به افزودن ۱ درصد از این ماده افزایش دهد. چنین حالتی برای هر سه سطح مختلف زئولیت نیز مشاهده شد.



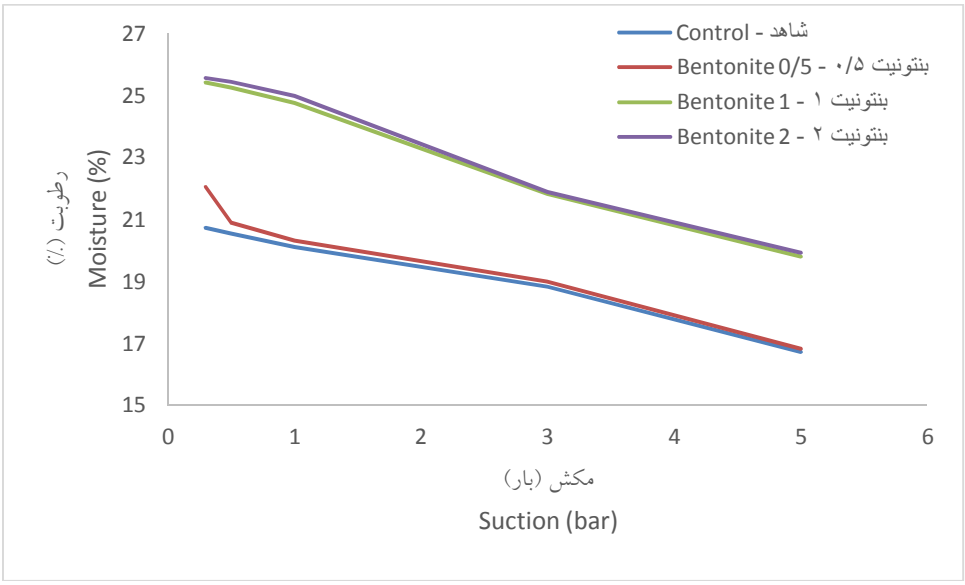
شکل ۹- منحنی رطوبتی خاک برای تیمارهای زئولیت و شاهد.

Figure 9. Soil moisture characteristics curve for zeolite and control treatments.



شکل ۱۰- منحنی رطوبتی خاک برای تیمارهای ورمی‌کولیت و شاهد.

Figure 10. Soil moisture characteristics curve for vermiculite and control treatments.



شکل ۱۱- منحنی رطوبتی خاک برای تیمارهای بنتونیت و شاهد.

Figure 11. Soil moisture characteristics curve for bentonite and control treatments.

نتیجه‌گیری کلی

کنترل و کاهش تلفات آب آبیاری در مزارع مؤثرترین راه برای افزایش بهره‌وری آب و حفظ منابع آب شیرین است. تبخیر از خاک باعث هدررفت حجم بسیار بالایی از آب آبیاری در مزارع به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌شود. یافتن راهکارهای کم‌هزینه و دائمی برای کنترل و کاهش تبخیر از خاک که باعث ایجاد آلودی در خاک نیز نشوند، کمک شایانی به بخش کشاورزی در این مناطق خواهد کرد. استفاده از کانی‌های طبیعی می‌تواند یک راهکار مناسب باشد. برخی از این کانی‌ها ضمن در دسترس بودن درصورتی‌که در حجم مناسب استفاده شوند، با

اصلاح ساختمان خاک و کمک به حفظ مواد غذایی در خاک، می‌توانند تبخیر از خاک را نیز کاهش می‌دهند. در این پژوهش از سه اصلاح‌کننده طبیعی بنتونیت، ورمی‌کولیت و زئولیت به‌عنوان اصلاح‌کننده‌های طبیعی خاک با هدف مطالعه تأثیر آن‌ها بر میزان تبخیر از خاک استفاده شد. یافته‌های این پژوهش نشان داد که هر سه ماده اصلاحی مورداستفاده مقدار تبخیر را به‌صورت معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد کاهش داده‌اند. بیش‌ترین مقدار کاهش تبخیر مربوط به بنتونیت بود. بین دو اصلاح‌کننده ورمی‌کولیت و زئولیت نیز ازنظر کاهش مقدار تبخیر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در بین تیمارهای بنتونیت بیش‌ترین تأثیر در تیمار ۲ درصد بنتونیت مشاهده شد، این تیمار مقدار تبخیر را نسبت به تیمار شاهد ٦/٤ درصد کاهش داد. میزان رطوبت خاک در این تیمار، در مکش معادل FC معادل ٤/٨ درصد بیش‌تر از مقدار رطوبت تیمار شاهد بود. با توجه به این‌که استفاده از مقادیر بالای مواد اصلاحی در خاک علاوه بر افزایش هزینه‌ها و سخت بودن اجرا، ممکن است ساختمان خاک را نیز به‌صورت نامطلوبی تغییر دهد، استفاده از ۲ درصد بنتونیت و مخلوط با خاک سطحی (عمق ۳۰ سانتی‌متر) جهت کنترل و کاهش تبخیر از خاک در منطقه مورد مطالعه (خاک لوم) توصیه می‌شود.

تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله از دانشگاه شهرکرد که امکانات لازم برای انجام پژوهش را فراهم کرد، تشکر و قدردانی می‌گردد.

داده‌ها و اطلاعات

داده‌ها و اطلاعات استفاده شده در این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد می‌باشد در دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد در سال ۱۳۹۸ انجام شده است.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافعی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

مشارکت نویسندگان

خانم الهام امانی، دانشجوی کارشناسی‌ارشد و اجرا کننده این پژوهش می‌باشند، دکتر احمد رضا قاسمی، به‌عنوان استاد راهنمای پایان‌نامه تعریف موضوع و نظارت بر اجرا، تحلیل داده‌ها و نگارش را انجام داده‌اند. دکتر محمدرضا نوری، استاد مشاور این پایان‌نامه بوده‌اند. دکتر حمیدرضا متقیان، به‌عنوان استاد مشاور این پایان‌نامه در بخش‌های خاکشناسی این پایان‌نامه کمک‌های شایانی انجام داده‌اند.

اصول اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر عملی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آن‌ها می‌باشد.

حمایت مالی

این پژوهش با امکانات دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد و گرنت استاد راهنما (دکتر احمد رضا قاسمی) به شماره 97GRN31M1605 اجرا شده است.

منابع

1. Abedi Kupai, J., and Sohrab, F. 2004. Effect of zeolite and bentonite minerals on soil hydraulic properties. Researches. Twelfth Iranian Conference on Crystallography and Mineralogy, Shahid Chamran University, Ahvaz. pp. 562-567. (In Persian)
2. Abedi Kupai, J., and Sohrab, F. 2004. Evaluation of the effect of application of superabsorbent polymers on storage capacity and water potential on three types of soil texture. Journal of Polymer Science and Technology. 17: 3. 163-173.
3. Abedi Kupai, J., and Mesfroush, M. 2007. Evaluation of the application of superabsorbent polymer on the performance and storage of nutrients in *greenhouse cucumber*. Proceedings of the first technical workshop on improving water use efficiency by cultivating greenhouse crops, October 21, Tehran. (In Persian)
4. Abollino, O., Giacomino, A., Malandrino, M., and Mentasti, E. 2007. The efficiency of vermiculite as natural sorbent for heavy metals. Application to a contaminated soil. Water, Air, and Soil Pollution, 181: 1-4. 149-160.
5. Abu-Hamdeh, N.H. 2004. The effect of tillage treatments on soil water holding capacity and on soil physical properties. In Conserving soil and water for society: sharing solutions. ISCO 13th international soil conservation organization conference, Brisbane Australia. 669: 1-6.
6. Alizadeh, A. 1995. Principles of design of irrigation systems. Astan Quds Razavi Publications, 520p. (In Persian)
7. Allah Dadi, A., Moazen Ghamsari, B., Akbari, G.H., and Zohoorian Mehr, M. 2005. Investigation of the effect of different amount of water super absorbent polymer 200-A and irrigation levels on growth and yield of *forage corn*. In Proceedings of 3rd specific symposium on application of super absorbent polymer hydro gels in agriculture. Petrochemistry and Polymer Research Center Iran. (In Persian)
8. Choudhary, M.I., Shalaby, A.A., and Al-Omran, A.M. 1995. Water holding capacity and evaporation of calcareous soils as affected by four synthetic polymers. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 26: 13-14. 2205-2215.
9. Delta-T Devices. 2016. User Manual for the SM150T, Soil Moisture Sensor. Cambridge, UK.
10. Din Pajooh, Y., and Jahanbakhsh, S. 2008. Evapotranspiration of reference plant in Iran using Hargreaves method. Proceedings of the Third Iranian Water Resources Management Conference, October 14-16, Tabriz, Iran. (In Persian)
11. Fu, L.H., Cao, T.H., Lei, Z.W., Chen, H., Shi, Y.G., and Xu, C. 2016. Superabsorbent nanocomposite based on methyl acrylic acid-modified bentonite and sodium polyacrylate: Fabrication, structure and water uptake. Materials & Design. 94: 322-329.
12. Ghazavi, R., Omidvar, A., and Jeyhouni Naini, H. 2019. Investigation of the effect of zeolite on the coefficients of soil moisture curve models in sandy and loamy textures, Journal of Soil and Water Sciences. 23: 3. (In Persian)
13. Hussam, M., and Chloe, M. 2014. Maintenance of soil moisture by superabsorbent and its effect on yield and consumption of *tomato* juice. Journal of Soil and Water Conservation Research. 21: 2. (In Persian)
14. Jazbi, Z., Hojjati, M., and Kasraian, A. 2017. Fabrication and study of acrylamide / acrylic acid / bentonite superabsorbent nanocomposites for agricultural soils with different salinity. Oil Research. 98p. (In Persian)
15. Judy, Z., and Movahedi Naeini, A. 2007. Effect of Zeolite, Leica and Compost Modifiers on Soil Moisture Storage and Evaporation. Journal of Agricultural Science and Natural Resources. 14: 2. (In Persian)
16. Kocakuşak, S., Savaşcı, Ö., T ve Ayok, T. 2001. Doğal Zeolitler ve Uygulama Alanları. TÜBİTAK MAM, Malzeme ve Kimya Tek. Arş. Enst., KM 362.
17. Kouchaki, A., and Alizadeh, A. 1986. Principles of agriculture in arid areas. Astan Quds Razavi Publications, 270p. (In Persian)

18.Li, L., Zhou, X., Li, Y., Gong, C., Lu, L., Fu, X., and Tao, W. 2017. Water absorption and water/fertilizer retention performance of vermiculite modified sulphoaluminate cementitious materials. Construction and Building Materials. 137: 224-233.
19.Lin, B.B. 2010. The role of agroforestry in reducing water loss through soil evaporation and crop transpiration in *coffee* agroecosystems. Agricultural and Forest Meteorology, 150: 4. 510-518.
20.Meshkat, M., Warner, R.C., and Workman, S.R. 2000. Evaporation reduction potential in an undisturbed soil irrigated with surface drip and sand tube irrigation. Transactions of the ASAE. 43: 1. 79-86.
21.Monica, N., Frans, W.B., and Fosso-Kankeu, E. 2014. Adsorption potential of bentonite and attapulgite clays applied for the desalination of sea water. 6th Int'l Conf. on Green Technology, Renewable Energy & Environmental Engg. 27-28 Nov. Cape Town (SA).
22.Paradelo, R., Basanta, R., and Barral, M.T. 2019. Water-holding capacity and plant growth in compost-based substrates modified with polyacrylamide, guar gum or bentonite. Scientia horticulturae. 243: 344-349.
23.Polat, E., Karaca, M., Demir, H., and Onus, A.N. 2004. Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. Journal of fruit and ornamental plant research, 12: 1. 183-189.
24.Rahimpour, A., Besharat, S., and Rezaei, H. 2008. Use of GIS in estimating evapotranspiration by Presley-Taylor method in Nazlochai basin. Proceedings of the Third Iranian Water Resources Management Conference, October 23-25, Tabriz, Iran. (In Persian)
25.Ramesh, K., and Reddy, D.D. 2011. Zeolites and their potential uses in agriculture. Advances in agronomy. 113: 219-241.
26.Rashed Mohasel, M.H., and Kouchaki, A. 1997. Principles and operations of demining. University Jihad Publications Mashhad University, 200p. (In Persian)
27.Rosales, M.A., Ocampo, E., Rodríguez-Valentín, R., Olvera-Carrillo, Y., Acosta-Gallegos, J., and Covarrubias, A.A. 2012. Physiological analysis of common *bean* (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars uncovers characteristics related to terminal drought resistance. Plant physiology and biochemistry. 56: 24-34.
28.Saremi, M., Farhadi, B., Maleki, A., and Farasati, M. 2015. Effects of deficit irrigation on yield, yield components and water use efficiency of lentil in Khorramabad. Journal of Plant Production Research. 22: 3. 337-342. (In Persian)
29.Shahraki, F., Emami, H., Fotovat, A., and Astaraei, A. 2016. The effect of modifiers on soil evaporation and soil moisture in greenhouse conditions. Iranian Journal of Irrigation and Drainage. 2: 252-261. (In Persian)
30.Shirzad Adeh, H., Pasha, M., and Tajbakhsh, M. 2018. The effect of perlite, vermicompost and aquazorb on reducing the effect of drought stress on dual-purpose *maize* 678, Journal of Crop Ecology. 14: 1. 21-31. (In Persian)
31.Stejskal, M. 1996. Mining and Treatment of Silicate. (In Czech). Silikatavy Svaz, Praha, 443p.
32.Szerement, J., Ambrożewicz-Nita, A., Kędziora, K., and Piasek, J. 2014. Use of zeolite in agriculture and environmental protection. A short review. Bulletin of the National Polytechnic University of Lviv. 781: 172-177.
33.Valizadeh Ghaleh Beyg, A., Nemati, H., Tehraniifar, A., and Emami, H. 2015. The effect of 200-A superabsorbent and bentonite and drought stress on physiological traits and vitamin C of *lettuce* in greenhouse cultivation conditions. Science and Technology of Greenhouse Cultivation. (In Persian)
34.Xiubin, H., and Zhanbin, H. 2001. Zeolite application for enhancing water infiltration and retention in loess soil. Res Conservation and Recycling. 34: 45-52.
35.Yasuda, H., Takuma, K., Mizuta, N., and Nishide, H. 1995. Water retention variety of dune sand due to zeolite addition. Bulletin of the Faculty of Agriculture. Tottori University. 48: 27-34.
36.Yuan, C., Lei, T., Mao, L., Liu, H., and Wu, Y. 2009. Soil surface evaporation processes under mulches of different sized gravel. Catena. 78: 2. 117-121.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Research Full Paper

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 28(2), 2021
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2021.18729.3424

Effect of Vermiculite, Bentonite and Zeolite on Evaporation and Soil Characteristic Moisture Curve

E. Amani Dashtaki[1], A.R. Ghasemi[*2], M.R. Nouri[2] and H.R. Motaghian[3]
[1]M.Sc. Student, Dept. of Irrigation and Drainage, University of Shahrekord,
[2]Associate Prof., Dept. of Water Engineering, University of Shahrekord,
[3]Associate Prof., Dept. of Soil Science and Engineering, University of Shahrekord
Received: 01.04.2021; Accepted: 06.04.2021

Abstract

Background and Objectives: Water scarcity is the most important problem in agricultural development, especially in arid areas. Therefore, the study of strategies to increase water use efficiency must be considered. Providing methods to control and reduce soil evaporation can be a suitable way to increase water use efficiency. Soil surface Evaporation can be considered as the main part of water balance components in arid areas that cause water wastage. One of the ways to control and reduce evaporation from the soil is to use natural amendments. Therefore, this study was conducted to investigate the effect of three minerals including bentonite, vermiculite and zeolite on the amount and intensity of evaporation from the soil surface in a period of 4 months from Tir (July) to Mehr (October).

Materials and Methods: This study was conducted as a completely randomized design (CRD) with 10 treatments and three replications at Shahrekord University. The studied treatments in this research include 3 types of natural amendments (bentonite, vermiculite and zeolite) at three levels of 0.5, 1 and 2% with a control treatment (soil without any amendment). These natural minerals were mixed in soil of whole pots. The amount of evaporation was measured by measuring the amount of irrigation water of each pot and outlet water of them and based on the water balance equation. Moisture content was measured with a hygrometer at two depths of 5 and 15 cm. Finally, the soil moisture characteristic curve for each treatment by using of pressure plate was obtained and compared.

Results: The results showed that among the three studied minerals, the highest reduction in soil evaporation was related to bentonite. The two minerals vermiculite and zeolite also significantly reduced evaporation compared to the control treatment, but the difference between them was not significant. Among the studied treatments, the highest reduction effect on evaporation was observed in 2% bentonite mixed with soil and the lowest effect was observed in 0.5% zeolite treatment. This treatment did not show a significant difference with the control, but 2% bentonite treatment significantly reduced the rate of evaporation compared to the control by 6.4%. The results the soil moisture in the treatments was the opposite of the evaporation results. In the treatments where the evaporation rate was lower, the moisture content increased. Due to the significant effect of the three minerals on the soil moisture, the soil moisture curve in the studied treatments has also changed compared to the control.

* Corresponding Author; Email: ghasemiar@yahoo.com

Conclusion: The use of natural soil amendment in addition to preventing soil contamination, helps to improve soil structure to reduce evaporation. Overall, due to the highest effect of using 2% bentonite on significant decreasing of soil evaporation therefore, this soil amendment can be recommended to control of evaporation from soil.

Keywords: Bentonite, Evaporation, Soil Characteristic Moisture Curve, Vermiculite, Zeolite