

## تأثیر اصلاح کننده‌های زئولیت، لیکا و کمپوست بر ذخیره رطوبت خاک و تبخیر

\*زکيه جودی<sup>۱</sup> و سيدعليرضا موحدی نائینی<sup>۲</sup>

به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۴/۲/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۲/۸

### چکیده

در این تحقیق تأثیر زئولیت سمنان (کلینوپتی لولیت)، لیکا (رس سبک منبسط شده) و کمپوست پوست درخت اضافه شده به خاک لوم رسی سیلتی در گلدان بر خصوصیات فیزیکی خاک شامل تبخیر، حرارت، ذخیره رطوبت و مقاومت مکانیکی خاک در پتانسیل تبخیر آزمایشگاه ارزیابی شد. لیکا و کمپوست به صورت سطحی و مخلوط با خاک و زئولیت به صورت مخلوط با خاک استفاده گردید. مالچ لیکا و کمپوست نوسانات حرارتی و مقاومت مکانیکی خاک را کاهش دادند. کاربرد لیکا و کمپوست به صورت سطحی از کاربرد آن به صورت مخلوط بر کنترل تبخیر مؤثرتر بود. کمپوست به صورت مخلوط با خاک با کاهش وزن مخصوص ظاهری سبب افزایش آب قابل دسترس گیاه گردید در حالیکه زئولیت و لیکای مخلوط با خاک تأثیری بر خصوصیات فیزیکی خاک نداشتند.

واژه‌های کلیدی: زئولیت، لیکا، کمپوست، تبخیر و مقاومت مکانیکی

### مقدمه

کانی زئولیت در طبیعت ممکن است دارای منشأ ماگمایی به همراه سنگ‌های آذرین بوده و یا به صورت کانی ثانوی در اثر فرآیند دگرسانی تشکیل گردد (بارر، ۱۹۷۸). ظرفیت تبادل کاتیونی آنها از ۱۰۰ تا ۳۰۰ سانتی مول در کیلوگرم خاک گزارش شده است (گریم، ۱۹۶۸). یکی از علل استفاده از زئولیت در تولیدات کشاورزی و بهره‌وری خاک، خاصیت جذب رطوبت و نگهداری آن برای مدت طولانی و صرفه‌جویی در مصرف کود شیمیایی و جلوگیری از آلودگی‌های زیست محیطی می‌باشد. زئولیت با دانه‌بندی مطلوب موجب بهبود خواص هیدروفیزیکی خاک می‌گردد. زئولیت مورد استفاده در این

تحقیق از نوع کلینوپتی لولیت (بارر، ۱۹۷۸) از معدن شمال سمنان به صورت سنگ تهیه و در آزمایشگاه آسیاب گردید. بهترین پاسخ به نفوذپذیری آب و قابلیت دسترسی آب و هوا با استفاده از زئولیت کلینوپتی لولیت با اندازه دانه‌بندی ۱/ تا ۱ میلی‌متر به مقدار ۵ تا ۱۰ درصد وزنی به دست می‌آید (پتروویک، ۱۹۹۰). آب قابل دسترس گیاه زمانی که ذرات کلینوپتی لولیت با قطر کمتر از یک میلی‌متر به عنوان اصلاح کننده در شن بکار رود، افزایش می‌یابد. روی هم رفته نسبت ۱۰ درصد وزنی کلینوپتی لولیت بر مقادیر کمتر ارجحیت دارد. این نسبت کاربردی ماکزیمم اصلاح خصوصیات فیزیکی را در خاک ایجاد می‌کند (هانگ و پتروویک، ۱۹۹۵).

واژه لیکا از عبارت *(LECA) Light Expanded Clay Aggregate* به معنی توده رس منبسط سبک شده گرفته شده است. این توده‌ها از انبساط خاک رس مونت موریلونیت در کوره‌های گردان با حرارتی حدود ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به دست می‌آیند. این عمل موجب می‌شود که رس همانند پاپ کورن از درون منبسط شده و خلل و فرج دار گردند. دانه‌های حاصل دارای شکل تقریباً گرد و سطح زبر و ناهموارند. قشر میکروسکپی خارجی آنها دارای خلل و فرج ریز است. داخل دانه‌ها دارای بافت اسفنجی و سیاه رنگ است. رنگ پوشش خارجی بستگی زیادی به ماده معدنی و روش و کیفیت فرآوری دارد و اغلب نزدیک به رنگ قهوه‌ای است. ضخامت این پوشش ۵۰ تا ۱۰۰ میکرون است و جذب آب کمتری نسبت به بافت درون دانه دارد. وجود تخلخل و فضای خالی بین دانه‌ها سبب ایجاد فضای خالی برابر با ۷۳ تا ۸۸ درصد فضای کل می‌گردد. pH این دانه‌ها حدود ۷/۲ است و از نظر شیمیایی خنثی هستند و دارای دانه‌بندی نسبتاً گسترده‌ای بین اندازه‌های صفر تا ۲۵ میلی‌متری می‌باشند (محمدی تهرانی، ۱۳۷۷). با لایه یک یا دو اینچی از لیکا در سطح گلدان تبخیر کاهش می‌یابد که به طور مؤثری آب را حفظ می‌کند و دور بین آبیاری‌ها را افزایش می‌دهد (فوجرگاردن، ۲۰۰۳). هدایت اشباع آب خاک نیز با افزایش لیکا افزایش می‌یابد (براون و فلوکیگر، ۱۹۸۷). در خاک‌های رسی بهترین نسبت بین حجم هوا و آب با ۱۰ درصد لیکا حاصل می‌شود. با این روش می‌توان زمین‌هایی را که به علت فشردگی خاک و عدم تهویه قابل کشت نیستند، به زیر کشت برد. به علت شکل نامنظم، اکثر گرانول‌ها و دانه‌بندی‌ها با گذشت زمان و فشار به داخل یک لایه متراکم می‌گردند، اما شکل گرد لیکا تناسب فضای لازم برای زهکشی کافی و هوا دیدگی مناسب تحت یک دوره طولانی را ماکزیمم می‌کند (محمدی تهرانی، ۱۳۷۷). لیکای مورد نیاز در این آزمایش از کارخانه لیکا در کیلومتر ۱۰۵ جاده تهران - ساوه تهیه گردید.

کمپوست با داشتن ماده آلی فراوان، محل بسیار مناسبی برای رشد و نمو میکروارگانیسم‌های خاک است. این میکروارگانیسم‌ها در بهبود ساختمان و تعدیل بافت خاک نقش عمده‌ای بازی می‌کنند (بهره‌مند و افیونی، ۱۳۷۸). کمپوست به صورت مخلوط با خاک ممکن است تبخیر را کاهش دهد و سبب افزایش ذخیره آب گردد (اپرا - نادى و لال، ۱۹۸۷). کمپوست سطحی نیز تبخیر را کاهش و ذخیره آب را افزایش می‌دهد (یونگر و همکاران، ۱۹۷۶؛ شکور و همکاران، ۱۹۸۷؛ تد و همکاران، ۱۹۹۱؛ بسیر و سلیر، ۱۹۹۴؛ موحدی نائینی و کوک، ۲۰۰۰). مواد آلی به صورت مخلوط با خاک در برخی موارد باعث کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک می‌شود (میتجر، ۱۹۸۶).

مطالعات اصلاح کننده‌های خاک مفهوم مراحل تبخیر خاک را از شکل توصیفی به فرم کمی آن توسعه داد. سه مرحله اصلی تبخیر معمولاً زمانیکه خاک مرطوبی خشک می‌شود، مورد توجه است (هیلل، ۱۹۸۰). مرحله اول را صرفاً میزان انرژی دریافتی کنترل می‌کند و تا زمانی ادامه دارد که میزان آب در سطح خاک محدود نباشد. با هوا خشک شدن قسمت سطحی خاک مرحله دوم تبخیر آغاز می‌شود. در این مرحله سرعت تبخیر بتدریج کاهش می‌یابد و توسط پروفیل خاک کنترل می‌گردد. در مرحله سوم سرعت تبخیر بسیار کم شده و ثابت می‌گردد. در طول مرحله سوم حرکت آب در خاک بیشتر به صورت بخار می‌باشد و ممکن است ماه‌ها به طول انجامد. مرحله اول زمانی به پایان می‌رسد که منحنی تبخیر تجمعی (CE)<sup>۱</sup> خاک از آب آزاد جدا شود. در گلدان یک مرحله طولانی بینابینی مشاهده می‌شود زیرا انرژی از سطوح و جوانب گلدان تأمین شود (موحدی نائینی و کوک، ۲۰۰۰). در مزرعه در نتیجه تغییرات روزانه در تقاضای اتمسفر برای تبخیر و نیز انتقال بخار در شب به سطح خاک و تقطیر آن، تبدیل مراحل تبخیر از مرحله اول به مرحله دوم و عکس آن ممکن است اتفاق افتد. این مرحله

کمپوست (معادل ۵۰ تن در هکتار) به دو صورت سطحی و مخلوط با خاک با سه تکرار و در قالب طرح کامل تصادفی می‌باشند. خاک موارد استفاده در این آزمایش از خاک سطحی مزرعه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی (اینسپتی سول) با بافت لومی رسی سیلتی (۳۵ درصد رس، ۵۲ درصد لای و ۱۳ درصد ماسه) تهیه گردید. خاک‌های هوا خشک شده از الک ۲ میلی‌متری عبور و پس از اعمال تیمارها در داخل گلدان‌های آزمایشی قرار داده شدند. وزن مخصوص ظاهری و حقیقی لیکا به ترتیب ۰/۴۱ و ۲/۱۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود. وزن مخصوص ظاهری و حقیقی و خصوصیات شیمیایی (احیایی، ۱۳۷۶) و ظرفیت تبادل کاتیونی (پیچ و همکاران، ۱۹۸۶) خاک و ژئولیت در جدول ۱ و توزیع اندازه ذرات آنها (کلوت، ۱۹۸۶) و دانه‌های لیکا در آزمایشگاه اندازه‌گیری و در جدول ۲ آورده شده است.

نیز مرحله بینابینی نامیده می‌شود و در مقایسه با گلدان خیلی کوتاه است. روش توأم اندازه‌گیری مدت و میزان اثر اصلاح کننده‌ها بر کنترل تبخیر خاک در گلدان استفاده از منحنی‌های کاهش تبخیر تجمعی (CER)<sup>۱</sup> می‌باشد. CER اختلاف بین کاهش آب تجمعی از خاک شاهد و تیمار مورد نظر است. ماکزیمم کاهش تبخیر (MER)<sup>۲</sup> در بالاترین نقطه منحنی CER واقع است.

هدف از انجام این تحقیق بررسی و مقایسه میزان تبخیر، دمای خاک، ظرفیت نگهداری آب و مقاومت مکانیکی خاک در تیمارهای شاهد، ژئولیت، لیکا و کمپوست به صورت سطحی و مخلوط با خاک می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

در این تحقیق تیمارها شامل آب، خاک شاهد، ژئولیت مخلوط با خاک (معادل ۱۵ تن در هکتار)، لیکا (معادل ۷۵ تن در هکتار) به دو صورت سطحی و مخلوط با خاک و

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی خاک لومی رسی سیلتی و ژئولیت سمنان.

وزن مخصوص حقیقی gr/cm <sup>3</sup>	وزن مخصوص ظاهری gr/cm <sup>3</sup>	ظرفیت تبادل کاتیونی Meq/100gr	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup> meq/lit	K <sub>adsorb</sub> ppm	O.C%	SP%	EC (ds/m)	pH	نوع ماده
۲/۶۲	۱/۶۷	۲۲/۱	۸/۲	۳۴۵	۱/۳۹	۵۰	۰/۵۱	۷/۸	خاک
۲/۲۹	۱/۱۰	۹۸	۲۸/۵	۱۸۰۰	۰/۱۷	۴۸	۲/۷	۸/۱	ژئولیت

جدول ۲- توزیع اندازه ذرات خاک لومی رسی سیلتی، ژئولیت سمنان و دانه‌های لیکا.

قطر دانه های لیکا (mm)	قطر ذرات ژئولیت (mm)	قطر ذرات خاک (mm)	درصد تجمعی
۲/۵۰ - ۴/۲۲	< ۰/۰۲۸	< ۰/۰۰۱۳	۰-۱۰
۴/۲۲ - ۴/۹۰	۰/۰۲۸ - ۰/۱۲۶	< ۰/۰۰۱۳	۱۰-۲۰
۴/۹۰ - ۵/۵۰	۰/۱۲۶ - ۰/۲۴	< ۰/۰۰۱۳	۲۰-۳۰
۵/۵۰ - ۶/۰۲	۰/۲۴ - ۰/۳۵	۰/۰۰۱۳ - ۰/۰۰۲۸	۳۰-۴۰
۶/۰۲ - ۶/۶۱	۰/۳۵ - ۰/۴۸	۰/۰۰۲۸ - ۰/۰۰۵	۴۰-۵۰
۶/۶۱ - ۷/۰۸	۰/۴۸ - ۰/۶۷	۰/۰۰۵ - ۰/۰۰۷۸	۵۰-۶۰
۷/۰۸ - ۷/۵۹	۰/۶۷ - ۰/۸۷	۰/۰۰۷۸ - ۰/۰۱۲	۶۰-۷۰
۷/۵۹ - ۸/۷۱	۰/۸۷ - ۱/۱۵	۰/۰۱۲ - ۰/۰۱۷	۷۰-۸۰
۸/۷۱ - ۱۰/۴۷	۱/۱۵ - ۱/۵۱	۰/۰۱۷ - ۰/۰۲۹	۸۰-۹۰
۱۰/۴۷ - ۱۲/۶۰	۱/۵۱ - ۲/۰۰	۰/۰۲۹ - ۲/۰۰	۹۰-۱۰۰

قطر گلدان‌ها ۲۰/۵ و ارتفاع آنها ۱۸ سانتی‌متر بود. به منظور کاهش ورود انرژی از اطراف گلدان و جمع‌آوری آب‌های زهکشی شده در ابتدای آزمایش، سطح آنها با رنگ سفید رنگ‌آمیزی گردید و هر گلدان در داخل گلدان مشابهی بر روی سطح اتکاء کوچکی قرار داده شد. پس از آماده‌سازی هر کدام از تیمارها با سه تکرار، خاک‌ها اشباع و سپس سطح آنها با ورقه آلومینیومی پوشیده شد. زمانی که آب زهکش به حداقل رسید پوشش سطحی آنها برداشته و جهت تعیین تبخیر بطور مستمر توزین شدند.

موارد قابل بررسی در این تحقیق شامل الف- تعیین سرعت تبخیر که از توزین گلدان‌ها در ۸ صبح و ۴ عصر در طول مدت ۱۷۹۷ ساعت به دست آمد. در ۲ روز اول هر دو ساعت یکبار گلدان‌ها توزین شدند. ب- اندازه‌گیری دمای ماکزیمم و مینیمم هوای آزمایشگاه و دمای خاک در عمق‌های ۲ و ۱۰ سانتی‌متری توسط ترمومتر دیجیتالی هر صبح و عصر. در این تحقیق میانگین دمای هوای آزمایشگاه ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود. ج- اندازه‌گیری مقاومت مکانیکی خاک با پنترومتر مخروطی. این آزمایش پس از اتمام توزین گلدان‌ها و اشباع مجدد آنها در ۴ مرحله به فاصله ۱۵ روز از یکدیگر انجام شد. د- تعیین درصد رطوبت حجمی خاک در مکش‌های مختلف. پس از اتمام مرحله سوم آزمایش، از تمام گلدان‌ها نمونه خاک تهیه و مقدار آب خاک در مکش‌های صفر، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۳، ۱ بار با استفاده از تمپی سل<sup>۱</sup>

(سلول فشار) و ۵ و ۱۵ بار توسط پرشرپلیت<sup>۲</sup> (صفحه فشار) اندازه‌گیری شد. همچنین با استفاده از نمونه خاک‌های موجود در تمپی سل وزن مخصوص ظاهری تیمارها محاسبه گردید. مقدار آب خاک در مکش‌های فوق و وزن مخصوص ظاهری ژئولیت و لیکا به تنهایی، بدون اختلاط با خاک نیز با همین روش اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (سلطانی، ۱۳۸۰) و روش آماری *Anova* تجزیه گردید.

### نتایج

دمای آزمایشگاه برای کل مدت آزمایش از ۲۳ تا ۲۷ با میانگین ۲۵ درجه سانتی‌گراد تغییر می‌کرد. میانگین دمای روزانه و شبانه تیمارها در عمق‌های ۲ و ۱۰ سانتی‌متری در جدول ۳ آورده شده است. بمنظور خلاصه‌سازی، از آوردن نتایج تجزیه واریانس مربوط به این جدول و سایر جدول‌های موجود در این متن اجتناب شده است. نتایج نشان می‌دهد که خارج از محاسبات آماری تیمار شاهد (باستثنای آب) در هر دو عمق ۲ و ۱۰ سانتی‌متری دارای کمترین میانگین دمای شبانه می‌باشد. میانگین دمای شبانه در تیمارهای لیکای سطحی و کمپوست سطحی در عمق ۱۰ سانتی‌متری تقریباً مشابه و بیشتر از سایر تیمارها می‌باشند اما در عمق ۲ سانتی‌متری دمای تیمار لیکای سطحی به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارهاست.

جدول ۳- دمای خاک تیمارها و آب (درجه سانتی‌گراد).

دمای خاک در ۴ عصر (طول روز)		دمای خاک در ۸ صبح (طول شب)		منابع تغییر
عمق ۱۰ سانتی‌متری	عمق ۲ سانتی‌متری	عمق ۱۰ سانتی‌متری	عمق ۲ سانتی‌متری	
۲۵/۰۸ <sup>ab</sup>	۲۴/۹۳ <sup>a</sup>	۲۳/۲۹ <sup>c</sup>	۲۲/۷۸ <sup>de</sup>	شاهد
۲۴/۸۹ <sup>bc</sup>	۲۴/۸۹ <sup>a</sup>	۲۳/۴۱ <sup>bc</sup>	۲۲/۸۶ <sup>cd</sup>	ژئولیت
۲۴/۷۰ <sup>c</sup>	۲۴/۵۰ <sup>b</sup>	۲۳/۶۲ <sup>a</sup>	۲۳/۱۶ <sup>b</sup>	کمپوست سطحی
۲۵/۰۱ <sup>ab</sup>	۲۴/۸۷ <sup>a</sup>	۲۳/۵۶ <sup>ab</sup>	۲۲/۸۳ <sup>cde</sup>	کمپوست مخلوط با خاک
۲۵/۲۴ <sup>a</sup>	۲۵/۰۹ <sup>a</sup>	۲۳/۶۸ <sup>a</sup>	۲۳/۳۰ <sup>a</sup>	لیکای سطحی
۲۵/۱۴ <sup>ab</sup>	۲۴/۹۶ <sup>a</sup>	۲۳/۵۶ <sup>ab</sup>	۲۲/۸۹ <sup>c</sup>	لیکای مخلوط با خاک
۲۴/۰۶ <sup>d</sup>	۲۴/۲۸ <sup>c</sup>	۲۲/۶۷ <sup>d</sup>	۲۲/۷۲ <sup>e</sup>	آب

حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد برای میانگین‌های موجود در هر ستون با آزمون دانکن است.

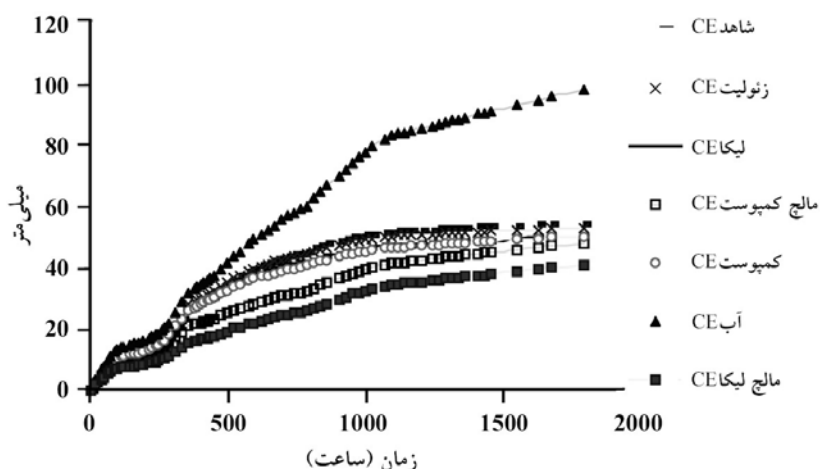
جدول ۳ نشان می‌دهد که میانگین دمای روزانه در هر دو عمق در تیمار کمپوست سطحی کمترین مقدار (باستثنای آب) و در تیمار لیکای سطحی بیشترین مقدار است. تیمار کمپوست سطحی دارای میانگین دمای روزانه کمتری از تیمار شاهد در هر دو عمق می‌باشد و از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با آن دارد. میانگین دمای خاک تیمارها در عمق ۱۰ سانتی‌متری از عمق ۲ سانتی‌متری بیشتر بود. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین دمای خاک و سرعت تبخیر در تمام تیمارها در هر دو عمق در طول شبانه روز وجود داشت.

مدت زمان مرحله اول تبخیر تا قبل از زمانی است که منحنی تبخیر تجمعی تیمار و آب آزاد از یکدیگر جدا شوند. در این تحقیق تیمارهای زئولیت، لیکای سطحی و مخلوط و کمپوست سطحی هم زمان با شاهد (۱۹ ساعت پس از شروع آزمایش) وارد مرحله دوم تبخیر شدند ولی تیمار کمپوست مخلوط در مرحله اول با کاهش سرعت تبخیر، مدت زمان مرحله اول خشک شدن را افزایش داد (۶۲ ساعت پس از شروع آزمایش).

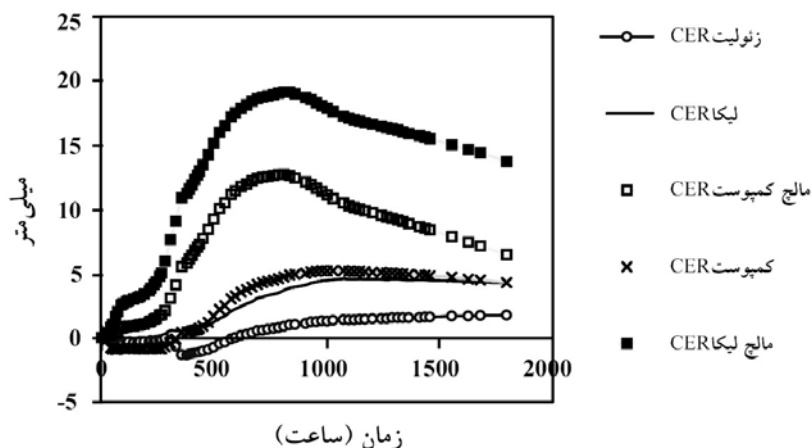
به مجموع مقادیر آب تبخیر شده از سطح خاک تا هر زمان معین تبخیر تجمعی گفته می‌شود. نمودار مربوط به تبخیر تجمعی میانگین تکرارهای تیمارهای آزمایش در دمای آزمایشگاه در شکل ۱ مشاهده می‌شود. بین تیمار زئولیت با تیمار شاهد در هیچ زمانی در میزان تبخیر

تجمعی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ( $P > 0.05$ ). تیمار کمپوست مخلوط ۵۴۷ ساعت، تیمار کمپوست سطحی ۲۸۱ ساعت، تیمار لیکای مخلوط ۶۶۷ ساعت و تیمار لیکای سطحی ۶۲ ساعت پس از شروع تا پایان آزمایش (۱۷۹۷ ساعت) با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان دادند.

تفاوت بین میزان تبخیر تجمعی در تیمارهای مختلف نسبت به تیمار شاهد (خاک به تنهایی) در هر زمان مورد نظر را کاهش تبخیر تجمعی گویند. نمودار مربوط به کاهش تبخیر تجمعی تیمارهای مورد آزمایش در شکل ۲ آورده شده است. تا قبل از ساعت ۶۲، از نظر مقدار کاهش تبخیر تجمعی اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت و از این به بعد تفاوت‌های آماری مشاهده شد. تیمار زئولیت ۷۱ ساعت، تیمار کمپوست مخلوط ۶۲ ساعت، تیمار کمپوست سطحی ۲۶۶ ساعت و تیمار لیکای مخلوط ۸۶ ساعت پس از شروع آزمایش از نظر آماری اختلاف معنی‌دار نشان دادند. در همه زمان‌ها بیشترین میزان کاهش تبخیر تجمعی به تیمار لیکای سطحی و سپس به تیمار کمپوست سطحی مربوط می‌شود.



شکل ۱- نمودار تبخیر تجمعی میانگین تکرارهای تیمارهای آزمایش.



شکل ۲- نمودار کاهش تبخیر تجمعی تیمارهای مورد آزمایش.

مقدار آنها بسیار کم است مانند تیمار زئولیت (۱/۷۳ میلی‌متر) تأثیر چندانی بر افزایش ذخیره رطوبت خاک نمی‌گذارند ولی تیمارهایی که هر دو مورد یعنی هم مدت و هم مقدار MER را افزایش می‌دهند مانند تیمار لیکای سطحی (۱۹/۱۲ میلی‌متر) و کمپوست سطحی (۱۲/۷۱ میلی‌متر) تأثیر آنها بر افزایش رطوبت خاک و کاهش مقاومت مکانیکی سه مرحله آخر در جدول ۵ قابل توجه است.

اعداد جدول ۴ نشان می‌دهد که در مکش‌های صفر، ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۳ بیشترین درصد رطوبت حجمی را تیمار کمپوست مخلوط با خاک به خود اختصاص داده است که این اختلاف با شاهد در مکش‌های ۰/۰۵ و ۰/۱ بار معنی‌دار است در حالیکه همین تیمار در مکش‌های ۵ و ۱۵ بار کمترین درصد رطوبت حجمی را دارد و این اختلاف با شاهد در مکش ۱۵ بار معنی‌دار می‌باشد. در مکش‌های ۵ و ۱۵ بار بیشترین درصد رطوبت حجمی را تیمار لیکای مخلوط با خاک به خود اختصاص داده است که این اختلاف در مکش ۱۵ بار نسبت به شاهد معنی‌دار می‌باشد.

ماکزیم مقدار کاهش تبخیر تجمعی بر رأس منحنی کاهش تبخیر تجمعی در مقابل زمان واقع شده است (موحدی نائینی و کوک، ۲۰۰۰). مقدار MER برای تیمارهای زئولیت، کمپوست مخلوط، کمپوست سطحی، لیکای مخلوط و لیکای سطحی به ترتیب برابر با ۱/۷۳، ۵/۲۰، ۱۲/۷۱، ۴/۵۷ و ۱۹/۱۲ میلی‌متر بود که به ترتیب پس از بیش از ۱۷۹۷ ساعت، ۹۷۷، ۸۰۹، ۱۰۷۳ و ۸۰۹ ساعت بعد از شروع آزمایش حادث گردید.

نتایج نشان‌دهنده این است که مقدار MER تیمار زئولیت ناچیز می‌باشد. مدت زمان و مقدار MER تیمار کمپوست مخلوط و تیمار لیکای مخلوط بسیار نزدیک می‌باشند. مقدار MER تیمار کمپوست سطحی ۱۲/۷۱ میلی‌متر و تیمار لیکای سطحی ۱۹/۱۲ میلی‌متر است و هم زمان بوقوع پیوسته‌اند. قابل ذکر است که تمام تیمارها به جز تیمار زئولیت از نظر مقدار تبخیر تجمعی تفاوت معنی‌داری را با تیمار شاهد نشان دادند. بطورکلی هر چه مقدار MER بیشتر و در زمان طولانی‌تری حادث گردد تأثیر مفیدتری بر کاهش تبخیر و حفظ رطوبت برای تأمین آب مورد نیاز گیاه و کاهش مقاومت مکانیکی خاک دارد. تیمارهایی که مدت زمان MER آنها طولانی اما

جدول ۴- درصد رطوبت حجمی خاک در مکش‌های مختلف (بار) و مقدار آب قابل دسترس و وزن مخصوص ظاهری خاک تیمارها.

وزن مخصوص ظاهری (gr/cm <sup>3</sup> )	آب قابل دسترس	S <sub>15</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>0.3</sub>	S <sub>0.1</sub>	S <sub>0.05</sub>	S <sub>0</sub>	منابع تغییر
۱/۱۶ <sup>a</sup>	۶/۴۸ <sup>b</sup>	۲۲/۶۹ <sup>b</sup>	۲۳/۰۴ <sup>ab</sup>	۲۶/۲۲ <sup>a</sup>	۲۹/۱۸ <sup>a</sup>	۳۳/۶۹ <sup>b</sup>	۳۲/۵۳ <sup>b</sup>	۴۸/۳۷ <sup>ab</sup>	شاهد (خاک به تنهایی)
۱/۱۴ <sup>a</sup>	۷/۵۱ <sup>b</sup>	۲۳/۱۷ <sup>b</sup>	۲۴/۸۶ <sup>a</sup>	۲۷/۵۶ <sup>a</sup>	۳۰/۶۹ <sup>a</sup>	۳۳/۸۳ <sup>b</sup>	۳۶/۴۷ <sup>ab</sup>	۵۱/۱۱ <sup>ab</sup>	ژئولیت مخلوط با خاک
۱/۰۵ <sup>b</sup>	۱۲/۶۵ <sup>a</sup>	۱۸/۴۳ <sup>c</sup>	۲۱/۳۳ <sup>b</sup>	۲۶/۳۷ <sup>a</sup>	۳۱/۰۸ <sup>a</sup>	۳۷/۸۸ <sup>a</sup>	۳۹/۳۶ <sup>a</sup>	۵۲/۶۲ <sup>a</sup>	کمپوست مخلوط با خاک
۱/۱۳ <sup>ab</sup>	۵/۱۱ <sup>b</sup>	۲۵/۵۴ <sup>a</sup>	۲۵/۸۷ <sup>a</sup>	۲۶/۰۴ <sup>a</sup>	۳۰/۶۵ <sup>a</sup>	۳۵/۷۲ <sup>ab</sup>	۳۶/۹۸ <sup>ab</sup>	۴۷/۰۱ <sup>b</sup>	لیکای مخلوط با خاک
۱/۱۰	۶/۵۵	۱۸/۰۰	۱۸/۰۰	۱۸/۰۲	۲۴/۵۵	۲۹/۸۶	۳۳/۰۲	۴۲/۸۲	ژئولیت به تنهایی
۰/۴۱	۳/۸۴	۹/۷۱	۱۱/۸۷	۱۳/۲۱	۱۳/۵۵	۱۳/۸۳	۱۳/۷۳	۵۲/۷۸	لیکا به تنهایی

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد برای میانگین‌های موجود در هر ستون با آزمون دانکن است.

بر اساس جدول ۴ ژئولیت سمنان در مکش‌های بیش از ۱ بار آب را در خلل و فرج بسیار ریز نگهداری می‌کرد بطوری که بین مکش‌های ۱ و ۱۵ بار هیچ آبی آزاد نکرد و آب جذب شده در داخل خلل و فرج ریز آن با حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد آون خارج شد. بنابراین ۱۸ درصد از آب نگهداری شده در داخل خلل و فرج ژئولیت کلینویتی لولیت سمنان در مکش‌هایی نگهداری می‌شود که قابل استفاده گیاه نیست و بر خلاف ژئولیت مورد استفاده هانگ و پتروویک (۱۹۹۵) فاقد ظرفیت جذب بالا برای ملکول‌های آب می‌باشد. لیکا فقط از طریق تغییر توزیع اندازه‌های خلل و فرج خاک می‌تواند بر جذب و رها سازی آب مؤثر باشد زیرا دارای ظرفیت نگهداری بسیار کمی برای آب قابل استفاده خاک (۳/۸۴ درصد) می‌باشد که نسبت به خاک شاهد (۶/۴۸ درصد) رقم بسیار کوچکی است.

جدول ۵- مقاومت مکانیکی خاک تیمارها (کیلو پاسگال).

تعداد روزها پس از خروج آب زهکش خاک اشباع				منابع تغییر
۶۳	۴۵	۳۳	۱۵	
۳/۱۱ <sup>a</sup>	۳/۰۵ <sup>a</sup>	۲/۹۵ <sup>ab</sup>	۲/۲۰ <sup>b</sup>	شاهد
۳/۰۵ <sup>a</sup>	۳/۰۰ <sup>a</sup>	۳/۱۱ <sup>a</sup>	۲/۵۷ <sup>a</sup>	ژئولیت
۲/۷۳ <sup>b</sup>	۲/۶۲ <sup>b</sup>	۲/۵۲ <sup>c</sup>	۱/۰۷ <sup>d</sup>	کمپوست سطحی
۲/۷۳ <sup>b</sup>	۲/۷۳ <sup>b</sup>	۲/۵۷ <sup>c</sup>	۱/۶۱ <sup>c</sup>	کمپوست مخلوط
۲/۶۸ <sup>b</sup>	۲/۳۶ <sup>c</sup>	۲/۳۰ <sup>c</sup>	۲/۱۴ <sup>b</sup>	لیکا سطحی
۳/۰۵ <sup>a</sup>	۳/۱۱ <sup>a</sup>	۲/۶۲ <sup>bc</sup>	۲/۱۴ <sup>b</sup>	لیکا مخلوط

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد برای میانگین‌های موجود در هر ستون با آزمون دانکن است.

مقاومت مکانیکی با تیمارهای کمپوست مخلوط و سطحی در تمام قرائت‌ها و لیکای سطحی در سه قرائت آخر کمتر از شاهد و اختلاف معنی‌داری را با آن نشان می‌دهند. در اولین قرائت، تیمار کمپوست سطحی و در سایر قرائت‌ها تیمار لیکای سطحی کمترین مقادیر مقاومت مکانیکی خاک را دارا می‌باشند.

## بحث

بیشتر بودن دمای خاک در عمق ۱۰ سانتی‌متری نسبت به سطح خاک (عمق ۲ سانتی‌متری) نشان می‌دهد که بر خلاف شرایط مزرعه، پخشیدگی حرارت از طریق سطح خاک تنها منبع انرژی برای تبخیر نیست بلکه پخشیدگی حرارت از جوانب خاک گلدان نیز صورت می‌گیرد. در حالیکه در مزارع دمای روزانه سطح خاک بیشتر از عمق است. تحت تأثیر خشک‌تر بودن و کم بودن خلل و فرج پر از آب امکان پخشیدگی بخار و انتقال گرمای نهان از لایه‌های بالاتر خاک نسبت به اعماق بیشتر است. انتقال گرمای نهان بیشتری در یا نزدیک به سطح خاک سبب سردتر شدن نسبت به اعماق می‌گردد. اعمال رنگ سفید روی سطح گلدان (افزایش آلبدو) جذب گرما را در جوانب آن کاهش می‌دهد. این عامل نسبت جذب انرژی را در سطح خاک برای انتقال گرمای نهان افزایش می‌دهد و بنابراین همبستگی بیشتری را بین سرعت تبخیر و دمای خاک سبب می‌گردد. همبستگی بالای دما و تبخیر دلالت بر بیشتر بودن جذب انرژی برای تبخیر از سطح گلدان نسبت به جوانب آن دارد. در اراضی که مبادله انرژی و بخار آب هر دو فقط از سطح خاک صورت می‌گیرد، حرارت خاک بیشتر تحت تأثیر هدایت و پخشیدگی حرارتی خاک می‌باشد که خود متأثر از رطوبت خاک است و میزان تأثیر انتقال حرارت نهان در مقابل اثرات هدایت و پخشیدگی حرارتی خاک، بر دمای خاک ناچیز می‌باشد. بنابراین، بالا بودن همبستگی بین دما و تبخیر در شب و روز در گلدان‌ها دال بر انتقال بخش قابل ملاحظه‌ای از انرژی از طریق سطح گلدان و در نتیجه

نزدیک بودن شرایط تبخیر در گلدان‌ها به شرایط اراضی از نظر مبادلات انرژی می‌باشد. نتایج تابان (۱۳۸۲) در شرایط پایین پتانسیل تبخیر اتمسفر نیز، دال بر نزدیک‌تر بودن شرایط گلدان‌های او به شرایط اراضی بود.

در این تحقیق مالچ کمپوست و لیکا با کاهش سرعت تبخیر موجب کاهش تلفات حرارت نهان و افزایش حرارت شبانه خاک در اعماق ۲ و ۱۰ سانتی‌متری خاک نسبت به شاهد گردیدند. حرارت روزانه خاک با تیمار لیکای سطحی نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت ولی با کمپوست سطحی حرارت روزانه نسبت به شاهد به میزان معنی‌داری کاهش یافت. در طول روز با افزایش تقاضای اتمسفر برای تبخیر (باز بودن درب آزمایشگاه و جریان هوای بیشتر) چون قسمت قابل توجهی از انرژی از سطح خاک گلدان‌ها وارد می‌شد، مالچ با کاهش ورود انرژی به داخل گلدان موجب کاهش حرارت خاک گردید. به عبارت دیگر، در طول روز حرارت خاک بیشتر از طریق پخشیدگی حرارت از سطح آن کنترل می‌شد و تأثیر اثر متقابل مالچ بر تلفات حرارت نهان کمتر بوده است. علت بالاتر بودن تقاضای اتمسفر در روز برای تبخیر، بیشتر بودن دمای آزمایشگاه در روز نسبت به شب است. دمای آب در عمق‌های ۲ و ۱۰ سانتی‌متری در شب به ترتیب ۲۲/۷۲ و ۲۲/۶۷ و در روز ۲۴/۲۸ و ۲۴/۰۶ بود. کمپوست سطحی در شرایط مزرعه درجه حرارت ماکزیمم را کاهش و درجه حرارت مینیمم آن را افزایش داده و باعث کاهش نوسانات حرارتی می‌گردد (بسیر و سلیر، ۱۹۹۴). در این آزمایش نیز نتایج تیمار کمپوست سطحی در روز مشابه شرایط مزرعه مشاهده شد که علت آن مؤثر بودن رنگ سفید جداره گلدان‌ها برای کاهش جذب انرژی از دیواره آنها می‌باشد. از آنجا که لیکای سطحی موجب کاهش بیشتر شدت تبخیر نسبت به تیمار کمپوست سطحی می‌گردد بنابراین باعث کاهش شدید تلفات حرارت نهان تبخیر و افزایش حرارت خاک نسبت به تیمار شاهد شده است.



مقدار تبخیر تجمعی در تیمار لیکای سطحی در تمام زمان‌ها کمترین میزان است. نتایج نشان‌دهنده این مطلب است که لیکا و کمپوست به صورت سطحی و مخلوط تأثیر مثبتی بر کاهش تبخیر تجمعی دارند اما به صورت سطحی تأثیر بهتری نشان می‌دهند. مالچ، مرحله اول تبخیر و همچنین مرحله بینابینی<sup>۱</sup> را کنترل می‌کند (هیلل، ۱۹۸۰). این مواد به صورت یک لایه در سطح خاک گلدان سبب کاهش سرعت جریان تلاطمی هوا در مجاورت سطح خاک می‌گردند و تبخیر کم می‌شود. مالچ قطر لایه ساکن هوا در سطح خاک را افزایش می‌دهد بنابراین لایه متلاطم هوا در فاصله بیشتری نسبت به محل تبخیر (سطح خاک) قرار می‌گیرد. همچنین مالچ با کاهش ورود انرژی تابشی به سطح خاک انرژی حرارتی کمتری را نسبت به تیمار بدون پوشش به خاک زیرین منتقل می‌کند (کیگر، ۱۹۶۵). کمپوست و لیکا مالچ‌هایی هستند که هدایت حرارتی آنها نسبت به خاک کمتر است و با کاهش انتقال حرارت به سطح خاک موجب کاهش انتقال حرارت به خاک زیرین شده و سبب کاهش تبخیر می‌گردند. لیکا با وزن مخصوص ظاهری کم حاوی مقدار زیادی هواست که منجر به کم شدن هدایت حرارتی آن نسبت به رس خالص (ماده اولیه لیکا) می‌گردد. هدایت حرارتی مواد آلی (کمپوست سطحی) نسبت به مواد معدنی کمتر است. علاوه بر آن مقدار زیادی هوا در داخل حجم کمپوست مواد آلی وجود دارد.

لیکای سطحی در تمام زمان‌ها دارای بیشترین کاهش تبخیر تجمعی و بزرگ‌ترین مقدار MER است. بعد از لیکای سطحی، کمپوست سطحی دارای کاهش تبخیر تجمعی بیشتری در تمام زمان‌ها و MER بزرگتری است. این دو تیمار در زمان مشابهی (۸۰۹ ساعت پس از شروع آزمایش) به ماکزیمم کاهش تبخیر تجمعی رسیدند اما مقدار MER در تیمار لیکای سطحی ۱/۵ برابر MER در تیمار کمپوست سطحی بود. مقدار MER در تیمارهای لیکای مخلوط و کمپوست مخلوط (به ترتیب

۴/۵۷ و ۵/۲ میلی‌متر) مشابه هم می‌باشد ولی زمان رسیدن به MER، در تیمار لیکای مخلوط (۱۰۷۳ ساعت) بیشتر از تیمار کمپوست مخلوط (۹۷۷ ساعت) است. این دو تیمار تأثیر تقریباً مشابهی بر CE، CER و MER نشان دادند. مقدار MER در تیمار ژئولیت کمترین مقدار (۱/۷۳ میلی‌متر) و زمان رسیدن به آن بیشترین (بیشتر از ۱۷۹۷ ساعت) است که این نشان‌دهنده تأثیر ضعیف ژئولیت سمنان در نگهداشت رطوبت در خاک گلدان در شرایط آزمایشگاه می‌باشد. احتمالاً دلیل کم بودن تأثیر ژئولیت بر نگهداشت رطوبت و کاهش تبخیر، توزیع نامناسب اندازه ذرات و کم بودن درصد استفاده از آن (۰/۳۶ درصد وزنی) در این آزمایش می‌باشد. علت اثر بیشتر لیکای سطحی نسبت به کمپوست سطحی در این آزمایش ممکن است تا حدودی مربوط به کاربرد بیشتر لیکا (۷۵ تن در هکتار) نسبت به کمپوست (۵۰ تن در هکتار) بوده باشد.

کاهش تبخیر از سطح کمپوست سطحی بوسیله یونگر و همکاران (۱۹۷۶)، شکور و همکاران (۱۹۸۷)، تد و همکاران (۱۹۹۱)، بسیر و سلیر (۱۹۹۴) و موحدی نائینی و کوک (۲۰۰۰) گزارش شده است. موحدی و کوک (۲۰۰۰) برتری کمپوست سطحی را نسبت به مخلوط در کاهش تبخیر تأیید می‌نمایند.

کمپوست با قرار گرفتن در فاصله بین ذرات خاک و ایجاد فاصله بین آنها موجب افزایش حجم کل خلل و فرج خاک و در نتیجه کاهش وزن مخصوص ظاهری گردیده است (جدول ۴). این نتیجه موافق تحقیقات میتجر (۱۹۸۶) در کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک در اثر مخلوط کردن کمپوست با خاک است. کمپوست مخلوط باعث افزایش خلل و فرج درشت‌تر خاک (خلل و فرجی که آب را در مکش‌های کم تر از ۱ بار نگهداری می‌کنند) به هزینه کاهش خلل و فرج ریز (خلل و فرجی که آب را در مکش‌های بیش از ۱ بار نگهداری می‌کنند) شده است. موحدی و کوک (۲۰۰۰) گزارش دادند که استفاده از کمپوست زباله شهری ظرفیت نگهداری آب خاک مورد

آزمایش آنها را در مکش‌های بالای ۰/۰۵ بار کاهش و در مکش‌های پائین‌تر از ۰/۰۵ بار افزایش داد. اختلاط کمپوست با خاک موجب افزایش کل خلل و فرج خاک و کاهش وزن مخصوص ظاهری گردیده است.

تیمار کمپوست مخلوط با خاک آب قابل دسترس بیشتری (دو برابر) نسبت به تیمار شاهد برای گیاه فراهم نمود که علت آن افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک در مکش‌های کمتر از ۰/۳ بار بوده است. در این آزمایش لیکای مخلوط تأثیری بر رطوبت قابل استفاده خاک نداشت. در حالی که براون و فلوکیگر (۱۹۸۷) به این نتیجه رسیدند که ظرفیت نگهداری آب قابل دسترس گیاه با اختلاط ۵۰ درصد حجمی لیکا به یک خاک رسی (۲۵ درصد حجمی) بیشتر از خاک شاهد (۱۸/۳ تا ۲۱ درصد حجمی) بود. بی‌تأثیر بودن لیکا بر آب قابل دسترس در این آزمایش بدلیل نوع بافت خاک (لوم رسی سیلتی) است. در این خاک لیکا بیشتر سبب افزایش خلل و فرج درشت خاک گردید (یعنی خلل و فرجی که آب را در مکش‌های کمتر از ۰/۳ بار نگهداری می‌کنند) در صورتی که آب قابل دسترس گیاه در خلل و فرج متوسط خاک (خلل و فرجی که آب را بین مکش‌های ۰/۳ و ۱۵ بار نگهداری می‌کنند) ذخیره می‌گردد. براون و فلوکیگر (۱۹۸۷) با اضافه کردن لیکا به خاک رسی موجب افزایش آب قابل دسترس آن شدند. استفاده از لیکا به صورت مخلوط در خاک سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب

خاک در مکش‌های ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۳، ۵ و ۱۵ بار گردید که فقط در مکش ۱۵ بار معنی‌دار بود. اثر ناچیز این تیمار بر نگهداری آب خاک احتمالاً توزیع نامناسب اندازه ذرات آن بوده و استفاده از لیکا با توزیع اندازه ذرات متفاوت ممکن است بر نگهداری آب و افزایش آب قابل دسترس خاک مورد آزمایش مؤثر باشد.

کمتر بودن مقاومت مکانیکی خاک در تیمارهای کمپوست سطحی و لیکای سطحی نسبت به شاهد به علت کم بودن تبخیر در این تیمارها و بنابراین بیشتر بودن درصد رطوبت خاک نسبت به تیمار شاهد در زمان‌های متفاوت می‌باشد. تیمار کمپوست مخلوط نیز به علت کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک نسبت به تیمار شاهد و افزایش حجم کل خلل و فرج خاک مقادیر مقاومت مکانیکی خاک کمتری را نسبت به شاهد نشان می‌دهد (راسل، ۱۹۷۳). صدیقی و حاج عباسی (۱۳۷۸) نیز با اضافه کردن کود دامی، کاهش معنی‌دار وزن مخصوص ظاهری خاک و شاخص مخروطی (تراکم‌پذیری خاک) را مشاهده نمودند. واسع مصلی و همکاران (۱۳۸۷) با بررسی تأثیر ضایعات خام و پوسیده چای به این نتیجه رسیدند که این ضایعات بر وزن مخصوص ظاهری و شاخص مخروطی در سطح یک درصد معنی‌دار بوده است. لیکای مخلوط تغییری در مقاومت مکانیکی خاک ایجاد نکرد.

## منابع

۱. بهره‌مند، م.ر.، و افیونی، م.، ۱۳۷۸. اثر لجن فاضلاب، کمپوست، کود گاوی بر خواص فیزیکی خاک. چکیده مقالات ششمین کنگره علوم خاک ایران. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. صفحه: ۲۸۸-۲۹۸.
۲. تابان، م.، ۱۳۸۲. تأثیر پلیمر جاذب رطوبت اکواسورب و مواد آلی در شرایط آزمایشگاهی بر نگهداری و تبخیر آب خاک در مقادیر مختلف پتانسیل تبخیر اتمسفر، پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۲۵ص.
۳. سلطانی، ا.، ۱۳۸۰. کاربرد نرم افزار SAS در تجزیه‌های آماری. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۱۶۶ص.
۴. علی‌احیایی، م.، ۱۳۷۶. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک. نشریه فنی شماره ۱۰۲۴ سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی. ۱۰۵ص.
۵. محمدی‌تهرانی، ف.، ۱۳۷۷. راهنمای جامع لیکا، زیر نظر دفتر فنی شرکت لیکا. ۳۶۸ص.

۶. مصدقی، م.ر. و حاج عباسی، م.ع.، ۱۳۷۸. تأثیر رطوبت خاک و کود دامی بر تراکم پذیری خاک. چکیده مقالات ششمین کنگره علوم خاک ایران. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. صفحه: ۲۷۹-۲۸۱.
۷. واسع مصلی، ص.، شیرین فکر، ا.، و گلشائیان، ط.، ۱۳۸۲. تعیین اثر ضایعات چای بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک. چکیده مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران. انتشارات دانشگاه گیلان. صفحه: ۶۷۵-۶۷۷.
8. Barrer, R.M., 1978. Zeolite and clay minerals as sorbents and molecular sieves, Academic Press, London. 77: 1-18.
9. Braun, S., and Fluckiger, W. 1987. Soil amendments for plantings of urban trees. Soil and Tillage Research. 49: 201-209.
10. Bussier, F., and Cellier, P., 1994. Modification of the soil temperature and water content regimes by a crop residue mulch. Experiment and Modelling Agriculture and Forest Meteorology. 68: 1-28.
11. Future garden., 2003. The Power of Nature. www.futuregarden.com.
12. Geiger, R., 1965. The climate near the ground. Harvard University Press, U.S.A. 611: 17-27.
13. Grim, R.E., 1968. Clay mineralogy. 2nd ed. Mc Graw- Hill Book Co., New York. 201: 32-40.
14. Hillel, D., 1980. Applications of soil Physics. Academic press, New York. 109: 55-60.
15. Huang, Z.T., and Petrovic, A.M., 1995. Physical properties of sand as affected by clinoptilolite zeolite particle size and quantity. J. Turfgrass Management. 1(1): 1-15.
16. Klute, A., 1986. Method of soil analysis (part 1) physical and mineralogical methods. 509: 103-181.
17. Metzger, L., 1986. Effect of the organic components of sewage sludge on soil physical properties. Ph. D. Thesis, The Hebrew University of Jerusalem, Israel. 47: 1-19.
18. Movahedi Naeini, S.A.R., and Cook, H.F., 2000. Influence of municipal waste compost amendment on soil water and evaporation. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 31 : 3147-3161.
19. Nus, J.L., and Brauen, S.E., 1991. Clinoptilolite zeolite as an amendment for establishment of creeping bentgrass on sandy media. Hortscience. 26(2):117-119.
20. Opara- Nadi, O.A., and Lal, R., 1987. Influence of method of mulch application on growth and yield of tropical root crops in south-eastern Nigeria. Soil and Tillage Research. 9: 217- 230.
21. Page, A.I., Miller, R.H., and Keeney, D.R., 1986. Methods of soil analysis (part2) Chemical and microbiological properties. 419: 15-70.
22. Petrovic, A.M., 1990. The potential natural zeolite as a soil amendment. Golf Course Management. 58(11): 92- 94.
23. Russell, E.W., 1973. Soil Conditions and plant growth. Williams Clowes & Sons limited. London, Beccles and Colchester. 203: 70-89.
24. Shekour, G.M., Brathwate, R.A.I., and McDavid, C.R., 1987. Dry season sweet corn response to mulching and anti- transpirations. Agron. J. 79: 629- 631.
25. Todd, R.W., Klocke, N.L., Herger, G.W., and Parkhurst, A.M., 1991. Evaporation from soil influenced by crop shading, crop residue and wetting regime. Transactions of the ASAE. 34: 461-466.
26. Unger, P.W., Parker, and Jessie, J., 1976. Evaporation reduction from soil with sorghum and cotton residues. Soil Sci. Soc. Am. J. 40: 938-942.

## **Effects of leca, zeolite and compost on soil moisture and evaporation**

**Z. Judy<sup>1</sup> and S.A.R. Movahedi Naeini<sup>2</sup>**

M.Sc. Student and Assistant prof. of Dept. of Soil Science Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Respectively

---

---

### **Abstract**

The application effects of organic residues, LECA (light expanded clay aggregates) and zeolite all as incorporation and mulch (except for zeolite which was only incorporated) were investigated on the bare soil evaporation, soil temperature and mechanical resistance in a pot experiment. It was concluded that compost and LECA both as a mulch effectively conserved soil moisture and reduced evaporation. The surface application of LECA and compost were more effective on evaporation control relative to their incorporation. Surface application of LECA and compost reduced temperature fluctuation and mechanical resistance. Compost incorporation reduced dry bulk density and increased available soil water content, but LECA and zeolite incorporated to soil did not affect soil physical characteristics.

**Keywords:** Compost; Zeolite; LECA; evaporation and mechanical resistance