بررسی تغییرات کوتاه مدت ویژگی‌های فیزیکی و هیدرولیکی خاک‌های ترک‌دار شالیزاری با افزودن کاه و کلش برنج و زئولیت

مریم علیزاده[1*]، فرهاد میرزایی[1]، تیمور سهرابی[1]، مسعود کاووسی[2] و محمدرضا یزدانی[1]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۱۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۳/۲۳)

چکیده

مدیریت آب در خاک‌های ترک‌دار شالیزاری، یک مسئله مهم در کشت برنج است. به منظور بررسی اثر مواد آلی و زئولیت و اثر متقابلشان بر وضعیت فیزیکی و رطوبتی خاک‌های شالیزاری، فاکتور ماده آلی (کاه و کلش برنج) در چهار سطح (صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد)، فاکتور زئولیت در چهار سطح (صفر،۸، ۱۶ و ۲۴ تن در هکتار)، هم‌چنین مراحل رطوبتی خاک در ۵ سطح در سه تکرار به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در موسسه تحقیقات برنج کشور مورد بررسی قرار گرفت. میزان رطوبت، وزن مخصوص ظاهری، فاصله گرفتن خاک از جدار ظرف در یک دوره ۴ ماهه اندازه‌گیری شدند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که اثر متقابل مواد آلی و زئولیت بر درصد رطوبت وزنی در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد. افزودن بقایای گیاهی سبب کاهش وزن مخصوص ظاهری نسبت به تیمار شاهد شد. هم‌چنین روابط حاکم بین درصد رطوبت وزنی و وزن مخصوص ظاهری از هم‌بستگی بالایی برخوردار است. وزن مخصوص ظاهری در تیمار شاهد و ۱/۵٪ بقایای گیاهی به ترتیب در محدوده ((۱/۷–۰/۷۵) و(۱/۳–۰/۷)گرم بر سانتی‌متر مکعب) تغییر کرد. نتایج نشان می‌دهد زئولیت نمی‌تواند مانند بقایای گیاهی در کاهش پارامترهای ترک خاک مؤثر باشد، هر چند سبب حفظ بیشتر رطوبت خاک شد.

واژه‌های کلیدی: زئولیت، بقایای گیاهی، ترک، خاک شالیزاری

۱. گروه مهندسی آبیاری و زه‌کشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج
۲. دانشیار موسسه تحقیقات برنج کشور
* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: malizadeh87@gmail.com

مقدمه

بروز کم‌آبی و رقابت بر سر آب، لزوم بازنگری در مدیریت آن را نشان می‌دهد. اراضی شالیزاری از جمله اراضی مهم آبی در کشور هستند که در شرایط کم‌آبی دچار مشکلات شدید از نظر تأمین آب می‌شوند. یافته‌های مختلف تحقیقاتی و مدیریتی در زمینه مدیریت آب در اراضی شالیزاری منجر به ارائه روش آبیاری غرقابی متناوب در مقابل آبیاری غرقابی دائم گردیده است. گزارش‌ها حاکی از این است که با این روش می‌توان حتی تا ۳۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی نمود. بسیاری از محققین بهترین زمان شروع آبیاری مجدد را بروز ترک‌های موئین بیان نموده‌اند. بنابر تحقیقات اسلام و همکاران (۱۳) مدیریت آب در خاک‌های ترک‌دار بزرگ‌ترین مشکل برای مصرف آب در این‌گونه خاک‌هاست. ترک‌های خاک روی رشد گیاه و مراحل کشت آن اثر می‌گذارد. انقباض درونی یک ترک، گسترش ریشه را در درون خاک محدود می‌کند. ترک‌ها می‌توانند باعث پاره شدن ریشه گیاه شده و هم‌چنین سبب خشکی خیلی زیاد خاک تا عمق قابل توجهی شوند. با توجه به عرض ترک‌ها، هوا وارد آنها شده و بخار آب از عمق پروفیل خاک خارج می‌شود. به‌طوری‌که تبخیر سطحی سه تا چهار برابر بیشتر از سطح خاک بدون ترک است. از همه مهم‌تر، بخش عمده‌ای از آب آبیاری در میان این ترک‌ها تلف می‌شود، به‌طوری که ترک‌هایی که در سطح مزارع برنج در بین فواصل آبیاری متناوب تشکیل می‌شوند و با سطح خاک در ارتباط هستند، باعث زه‌کشی آب خواهند شد، بنابراین مدیریت آب در خاک‌های ترک‌دار شالیزاری، یک مسئله مهم در کشت برنج است.

آتش زدن کاه و کلش باعث اتلاف کامل نیتروژن، اتلاف فسفر حدود ۲۵٪ ، اتلاف پتاسیم حدود ۲۰٪ و اتلاف گوگرد حدود ۶۰-۵۰٪ می‌شود. آتش زدن کاه و کلش یک روش مؤثر در انهدام کاه است و هم‌چنین به کاهش آلودگی‌های آفات و بیماری‌ها که ممکن است دوباره به علت فساد ناشی از تلقیح باکتری در بیوماس کاه ایجاد شود، کمک می‌کند، ولی این امر باعث آلودگی هوا می‌شود و اتلاف مواد غذایی را نتیجه می‌دهد(۱۳). در حالی‌که اختلاط بقایای گیاهی (کاه و کلش) در خاک، بسیاری از مواد غذایی را باز می‌گرداند و به حفظ ذخائر غذایی خاک در درازمدت کمک می‌کند.

زئولیت در واقع بلورهای آلومینوسیلیکات هیدراته به همراه برخی کاتیون‌های قلیایی و قلیایی خاکی می‌باشد. ساختمان این مواد چهار وجهی‌های سه‌بعدی سیلیکات می‌باشد. زئولیت دارای ساختمان هندسی متخلخل و اسفنج مانند می‌باشد که مانند غربال عمل کرده و به دلیل داشتن کانال‌های باز در شبکه خود، اجازه عبور بعضی از یون‌ها را داده و مسیر عبور بعضی از یون‌های دیگر را مسدود می‌کنند. اسکلت باز زئولیت‌ها دارای کانال‌ها و حفرات حاوی کاتیون‌ها و مولکول‌های آب است(۳).

پیرلا و همکاران (۱۷) در تحقیقی در وایومینگ آمریکا، تأثیر کاربرد زئولیت طبیعی (کلینوپتیلولایت) به عنوان ماده‌ای که می‌تواند قابلیت دسترسی ازت را افزایش دهد روی گیاهان مختلف مورد بررسی قرار دادند. بل(۹) مقدار بهینه اضافه کردن آهک به خاک‌های رسی را ۱ تا ۳ درصد وزن خاک دانسته است. این در حالی است که به عقیده محققان دیگر، مقدار مناسب وزن آهک اضافه شده به خاک ۲ تا ۹ درصد می‌باشد. از دیگر ترکیبات شیمیایی جهت پایداری خاک‌های آماس یافته، سیمانی متشکل از اکسید کلسیم، اکسید آلومینیوم و آهن می‌باشد.

تحقیقات انجام یافته توسط تیزدل و نلسون (۱۸) نشان داد که با افزایش ماده آلی میزان رطوبت در نقاط FC و PWP افزایش می‌یابد. آنها علت افزایش FC و PWP را افزایش میزان ماده آلی و افزایش CEC خاک می‌دانند. با افزایش CEC و بار منفی توان جذب و نگهداری آب بالا می‌رود. آنها اظهار داشتند که مواد آلی در مقایسه با رس‌ها CEC بالاتری دارند و در نتیجه ظرفیت نگهداری آب را افزایش داده و آب جذب شده را راحت‌تر از رس‌ها در اختیار گیاه قرار می‌دهند. فیچ و همکاران (۱۱) وضع ساختمانی یک خاک لوم رسی را بررسی کرده

و سرعت نفوذ آن را همراه با پارامترهای دیگر، از جمله مواد آلی و تخلخل، اندازه‌گیری کردند. آنها دریافتند که خاکی که مواد آلی بیشتری دارد سرعت نفوذ در آن بیشتر است. بررسی‌های تستر (۱۹) نشان داده که افزودن لجن فاضلاب و کود حیوانی به میزان قابل توجهی بر نفوذ آب در خاک لوم شنی تأثیر می‌گذارد. ماده آلی، نفوذپذیری خاک‌هایی که مشکل دارند را بهبود می‌بخشند.

مارتنس و فرانکن برگر (۱۵) روی اکثر خاک‌های کالیفرنیا مطالعه‌ای انجام دادند. آنها تأثیر مواد آلی را بر نفوذپذیری و سایر خصوصیات فیزیکی خاک بررسی کردند. آنها به مدت دو سال تأثیر کود مرغی و لجن فاضلاب را روی خاکی که محصولات ذرت و جو در آن کشت شده بود مطالعه کردند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد که رطوبت خاک (۳ تا ۲۵درصد) افزایش و جرم مخصوص ظاهری خاک (۱ تا ۱۱ درصد) کاهش نشان می‌دهد. با تغییر این خصوصیات فیزیکی، سرعت نفوذ آب به خاک (۱۸ تا ۲۵ درصد) زیاد شد. نتایج تحقیقات رائولز (۲۰) بیانگر هم‌بستگی منفی بین مقدار ماده آلی و چگالی ظاهری است پس بین مقدار ماده آلی و تخلخل خاک نیز هم‌بستگی وجود دارد و هر چه تخلخل خاک بیشتر باشد هدایت هیدرولیکی نیز بیشتر می‌شود.

مصطفی‌زاده و ملانو (۱۶) نشان دادند که اثر مقدار رطوبت اولیه خاک روی نفوذ و پر کردن درز و شکاف‌های اولیه خاک معنی‌دار است و با تغییر مقدار رطوبت اولیه خاک، شکل منحنی‌های نفوذ و پارامترهای معادله نفوذ تغییر می‌کند. آنها هم‌چنین رابطه بین مقدار رطوبت اولیه خاک، ذخیره اولیه خاک، حجم ترک و انقباض عمودی خاک را به‌دست آوردند.

قنبری (۴) اثر سطوح مختلف زئولیت را بر روی برخی خصوصیات فیزیکی و وضعیت رطوبتی سه بافت خاک شالیزاری استان اصفهان بررسی نمود. نتایج تحقیقات ایشان نشان داد که با افزودن زئولیت به خاک تفاوت معنی‌داری بین مقادیر عرض ترک، فاصله خاک از جدار ظرف و نشست خاک در تیمارهای زئولیت و تیمار شاهد دیده نشد. افزودن زئولیت دانه درشت در سطح ۷/۵ گرم در کیلوگرم خاک سبب کاهش معنی‌داری در عمق ترک خاک شد. افزودن هر دو اندازه مختلف زئولیت به خاک سبب نگهداشت بیشتر رطوبت در خاک شد.

سودایی مشایی(۲) نشان داد که مصرف مواد زائد آلی مانند کود دامی، لجن فاضلاب، زباله‌های شهری و غیره به خاک یک شیوه متداول در کشاورزی برای حفظ مواد آلی خاک، احیا و بازیابی خاک‌های تنزل یافته و فراهم کردن عناصر غذایی برای گیاه می‌باشد. موذنی(۶) در تحقیقات خود، اثر بقایای گیاهی برنج (کاه و کلش) را در ۷ سطح (۰ ،۲ ،۳ ،۴ ،۵ ،۶ ،۷ درصد وزنی) بر خواص هیدرولیکی و وضعیت رطوبتی اراضی شالیزاری استان گیلان بررسی کرد. نتایج او نشان داد که در بافت رس سیلتی اضافه کردن ۲ و ۳ درصد بقایای گیاهی موجب تسریع در ظهور ترک و اضافه کردن ۴ تا ۷ درصد بقایای گیاهی موجب تأخیر در ظهور ترک نسبت به شاهد شده است.

هم‌چنین اسلام و همکاران (۱۴) ماکزیمم نسبت عمق به پهنای ترک را ۱۰:۱ برای خاک‌های تحت مطالعه ثبت کرده‌اند. ترک‌های موجود در خاک‌های پادلینگ شده تقریباً در ۱۵ روز خشکی برگشت‌ناپذیر می‌شوند و نزدیک به تمامی حجم آب کاربردی از میان ترک‌ها، بدون هیچ انبساط خاک، هدر می‌رود. یوسف زاده (۷) نشان داد که افزودن آهک، علاوه بر اصلاح واگرایی، دامنه خمیری خاک را کاهش و حد انقباض آن را افزایش می‌دهد.

با توجه به مطالعات انجام گرفته به نظر می‌رسد که کاربرد زئولیت و بقایای گیاهی (کاه و کلش برنج) بر خصوصیات خاک‌های ترک‌دار شالیزاری اثرات مثبتی دارد. هدف از این تحقیق بررسی آثار متقابل به‌کارگیری زئولیت و بقایای گیاهی در بافت خاک غالب شالیزاری استان گیلان بر خواص هیدرولیکی، رطوبت قابل نگهداری خاک جهت افزایش راندمان کاربرد آب، وزن مخصوص ظاهری و جلوگیری از بروز درز و ترک است. در این تحقیق تغییرات وزن مخصوص

ظاهری و درصد رطوبت وزنی بعد از سیکل خشک و تر شدن مورد بررسی قرار می‌گیرد. هم‌چنین روابط حاکم بین وزن مخصوص ظاهری و درصد رطوبت وزنی در سطوح مختلف بقایای گیاهی بررسی می‌شود. در نهایت هدف از این تحقیق امکان‌سنجی به‌کارگیری آبیاری تناوبی به جای آبیاری غرقابی دائم می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در بافت غالب استان گیلان (رس سیلتی) و در شرایط آزمایشگاهی در مؤسسه تحقیقات برنج کشور به اجرا درآمد. سطوح فاکتور ماده آلی عبارت اند از: صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد و سطوح فاکتور زئولیت عبارت اند از: صفر، ۸، ۱۶ و ۲۴ تن در هکتار و هم‌چنین مراحل رطوبتی خاک (فاکتور ترک) در دو مرحله تر و خشک در ۵ سطح می‌باشد که مرحله خشک شامل: مرحله اشباع (T1)، مرحله ترک موئین (T2 یعنی رسیدن سطح ترک به ۱۷-۱۳ سانتی‌متر مربع)، مرحله ترک نهایی (T3 یعنی زمانی که سطح ترک به ۵۹-۵۵ سانتی‌متر مربع می‌رسد) منظور از ترک، فاصله گرفتن خاک از جدار ظرف می‌باشد، در پایان مرحله خشک، ظروف باقیمانده از هر تیمار وارد مرحله تر شدند که در این مرحله ظروف تا جائی‌که سطح خاک با آب پوشیده شود، غرقاب شدند. مرحله تر نیز خود شامل دو زیرمرحله است که مرحله اول (W1) یعنی زمانی‌که ترک از حد نهایی به حد ترک موئین (T2 در مرحله خشک) برسد و مرحله دوم (W2) یعنی زمانی¬که ترک از بین برود. با توجه به اهداف مورد نظر در تحقیق، سعی گردید بافت غالب در شالیزارهای استان گیلان انتخاب گردد. مشخصات بافت و کربن آلی و اسیدیته گل اشباع و هدایت الکتریکی خاک در جدول۱ آمده است.

از مزرعه شالیزاری مورد نظر حدود یک تن خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری تهیه گردید. روی خاک‌های منتقل شده از شالیزار انتخابی به مؤسسه تحقیقات عملیات پادلینگ به طور دستی انجام شد، ماده آلی مورد نظر از بقایای گیاهی برنج در مزرعه تهیه شد و در معرض هوا خشک گردید. بقایای گیاهی به قطعات کوچک با طول تقریبی دو سانتی‌متر خرد شدند مشخصات نمونه بقایای گیاهی در جدول۲ آورده شده است. محتویات خاک هر سطل بزرگ با سطوح مختلف بقایای گیاهی (صفر، ۰/۵، ۱و ۱/۵ درصد) مخلوط شدند تا مخلوط خاک، آب و ماده آلی به صورت گل اشباع درآید. این‌بار هر یک از تیمارهای مورد نظر به یک سطل بزرگ پلاستیکی که در کف دارای تعدادی سوراخ به عنوان زهکش بودند، منتقل شدند. تیمارها به مدت شش ماه در معرض هوای آزاد قرار گرفتند. پس از پایان شش ماه محتویات هر یک از سطل¬ها به یک ظرف بزرگ منتقل و با آب مخلوط شد و با انجام عملیات پادلینگ به حد گل اشباع درآمد. سپس زئولیت با سطوح مختلف به مخلوط حاصل اضافه گردید مخلوط حاصل به ظروفی با قطر متوسط ۱۶ و ارتفاع ۱۰/۵ سانتی‌متر با وزن مساوی منتقل شدند. زئولیت استفاده شده برای این آزمایش از نوع کلینوپیتلولایت است که تجزیه شیمیایی آن برحسب درصد در جدول۳ نشان داده شده است.

۲۴۰ نمونه (۸۰ نمونه در ۳ تکرار) به طور تصادفی در محل آزمایشگاه قرار داده شدند. از زمان گذاشتن نمونه‌ها در آزمایشگاه و شروع مرحله خشک، وضعیت خاک‌ها در تیمارهای مختلف بررسی شد و با مشاهده فاصله گرفتن خاک از جداره ظرف، فاصله از جدار با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است برای تعیین فاصله از جدار از چهار نقطه که به صورت قطری انتخاب و در ظروف علامت‌گذاری شده بود، اندازه‌گیری به‌عمل آمد و در نهایت از میانگین آنها به عنوان فاصله از جدار استفاده شد. هر جا ترک نیز مشاهده شد، عرض و طول ترک‌ها با استفاده از خط کش اندازه‌گیری شد برای اندازه‌گیری عرض ترک سعی شد که بزرگ‌ترین مقادیر آنها در نظر گرفته شود، به طوری‌که در مورد

جدول ۱. مشخصات خاک مورد مطالعه

عمق نمونه‌برداری	اسیدیته گل اشباع	کربن آلی (٪)	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	بافت خاک
۰ -۳۰cm	۶/۸۷	۱/۶۳	۱۰	۴۴	۴۶	رس سیلتی

جدول۲. مشخصات نمونه کاه برنج

کربن آلی(٪)	نیتروژن(٪)	فسفر(٪)	پتاس(٪)	C/N
۴۷/۱	۰/۹۵۵	۰/۱	۱/۴۴	۴۹

جدول۳. تجزیه شیمیایی زئولیت استفاده شده در آزمایش

SiO_2	Al_2O_3	CaO	K_2O	Na_2O	Fe_2O_3	MgO	TiO	MnO	P_2O_5	L.O.L
٪۶۶/۵	٪۱۱/۸	٪۳/۱	٪۲/۱	٪۲	٪۱/۳	٪۰/۸	٪۰/۳	٪۰/۰۴	٪۰/۰۱	٪۱۲

عرض به‌طور چشمی بزرگ‌ترین عرضی که در طول ترک دیده می‌شد انتخاب و اندازه‌گیری شد. نمایی از ترک‌های موئین و ترک‌های نهایی در شکل۱ دیده می‌شود که روزانه ترک‌ها مانیتور می‌گردید و توسط نرم افزار اتوکد، سطح مقطع ترک اندازه‌گیری می‌شد.

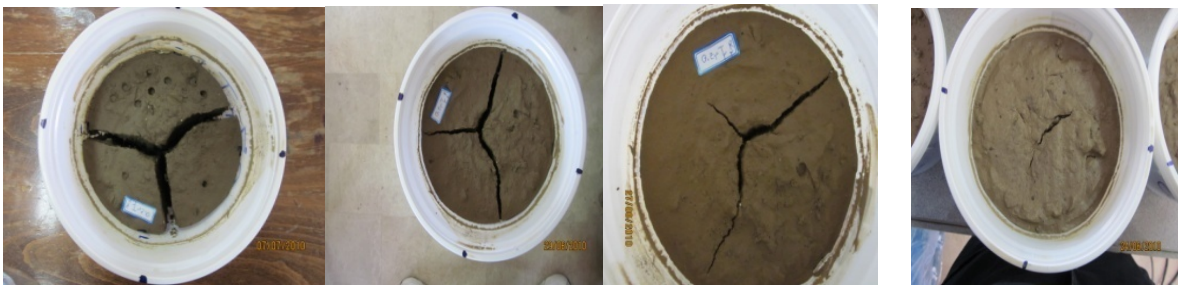
هم‌چنین تمام نمونه‌ها روزانه با ترازوی دیجیتال وزن می‌گردید و از این طریق رطوبت نمونه‌ها به صورت روزانه محاسبه گردید. با توجه به سطح مقطع ترک، پس از رسیدن هر یک از تیمارها به مرحله مورد نظر، نمونه‌گیری از نمونه‌ها با سه تکرار جهت اندازه‌گیری رطوبت خاک به روش وزنی و اندازه‌گیری وزن مخصوص ظاهری صورت گرفت. پس از اتمام مراحل آزمایش، تحلیل آماری داده‌های برداشت شده با استفاده از نرم افزارSAS.9.1 انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر بقایای گیاهی بر درصد رطوبت وزنی و وزن مخصوص ظاهری در سطح آماری ۱٪ معنی‌دار است. هم‌چنین اثر زئولیت بر درصد رطوبت وزنی و وزن مخصوص ظاهری به ترتیب در سطح آماری ۵٪ و ۱٪ معنی‌دار گردیده است(جدول۴). به‌طور کلی افزودن بقایای گیاهی به دلیل جذب زیاد آب سبب افزایش درصد رطوبت وزنی می‌گردد، نتایج بسیاری از محققین موید این مطلب است. بل و همکاران(۸) به این نتیجه رسیدند که افزودن بقایای گیاهی سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک می‌شود. هم‌چنین مارتنس و فرانکن برگر (۱۵) گزارش کردند که با افزودن مواد آلی رطوبت خاک (۳ تا ۲۵ درصد) افزایش پیدا کرده است.

هم‌چنین نتایج جدول۴ نشان می‌دهد که در مراحل مختلف تشکیل ترک (۵ مرحله رطوبتی)، در سطوح مختلف زئولیت، بین مقادیر درصد رطوبت وزنی اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. با توجه به نتایج جدول۴ ملاحظه می شود که اثر متقابل زئولیت و مواد آلی بر درصد رطوبت وزنی در سطح آماری ۱٪ معنی‌دار بوده است. بیشترین درصد رطوبت وزنی (۶۹/۴۸ درصد) متعلق به تیمار حاوی ۱/۵ درصد مواد آلی و ۱۶ تن در هکتار زئولیت است و کمترین درصد رطوبت وزنی (۵۷/۸۰ درصد) متعلق به تیمار شاهد می‌باشد (جدول۵).

همانطور که در شکل۲ نشان داده شده است در مراحلی که خاک در معرض خشک شدن است درصد رطوبت وزنی سیر



شکل ۱. روند تغییرات ترک در نمونه ها در روند خشک در آزمایش

جدول۴. تجزیه واریانس اثر ماده آلی و زئولیت و فاکتور ترک و اثر متقابلشان بر میانگین رطوبت وزنی و وزن مخصوص

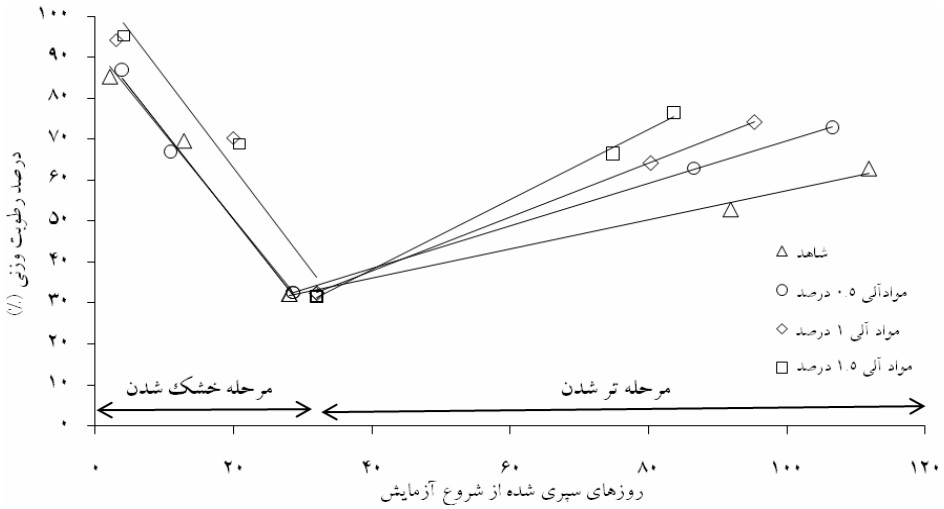
منبع تغییرات		میانگین مربعات	
	درجه آزادی	درصد رطوبت وزنی	وزن مخصوص ظاهری
تکرار	۲	۳۶۱/۱۱**	۰/۰۳۵**
ماده آلی	۳	۶۴۹/۵۳**	۰/۱۹۴*
زئولیت	۳	۴۲/۶۹*	۰/۰۱۲**
ترک	۴	۲۱۵۶۰/۹۳**	۱/۵۷۴**
اثر متقابل مواد آلی و زئولیت	۹	۴۱/۱۷**	۰/۰۰۵*
اثر متقابل مواد آلی و ترک	۱۲	۱۴۲/۶۸**	۰/۰۱۶**
اثر متقابل زئولیت و ترک	۱۲	۱۳/۰۲^{ns}	۰/۰۰۵**
اثر متقابل زئولیت و ماده آلی و ترک	۳۶	۱۵/۶۳^{ns}	۰/۰۰۴**
خطا	۱۵۸	۱۴/۱۸	۰/۰۰۲**

**، *، ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و غیرمعنی‌دار

جدول۵. مقایسه میانگین اثر متقابل زئولیت و مواد آلی بر درصد رطوبت وزنی

سطوح زئولیت	سطوح مختلف موادآلی			
	ماده آلی صفر درصد	ماده آلی ۰/۵ درصد	ماده آلی ۱ درصد	ماده آلی ۱/۵ درصد
زئولیت صفر تن در هکتار	۵۷/۸ ^{d}	۶۶/۰۶ ^{b}	۶۵/۹۱ ^{b}	۶۶/۸۲ ^{ab}
زئولیت ۸ تن در هکتار	۶۰/۸۶ ^{c}	۶۶/۷ ^{b}	۶۷/۸۴ ^{ab}	۶۸/۳۰ ^{ab}
زئولیت ۱۶ تن در هکتار	۶۱/۸۴ ^{c}	۶۲/۷۱ ^{c}	۶۷/۷۶ ^{ab}	۶۹/۴۸ ^{a}
زئولیت ۲۴ تن در هکتار	۶۱/۶۴ ^{c}	۶۲/۴۵ ^{c}	۶۷/۰۰ ^{ab}	۶۶/۵۵ ^{b}

تفاوت اعدادی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیست.



شکل۲. روند تغییرات درصد رطوبت وزنی در سطوح مختلف مواد آلی در طول زمان آزمایش

نزولی دارد و در مراحل تر شدن خاک، درصد رطوبت وزنی سیر صعودی دارد. نکته حائز اهمیت این است که درصد رطوبت خاک‌های شالیزاری با شیب نسبتا زیادی در مرحله خشک شدن خاک کاهش می‌یابند، ولی در مرحله تر شدن درصد رطوبت وزنی با شیب خیلی کمی افزایش می‌یابد. با توجه به شکل ملاحظه می‌شود که اضافه کردن ماده آلی باعث می‌شود که درصد رطوبت وزنی در مراحل تر با شیب بیشتری نسبت به شاهد افزایش یابد.

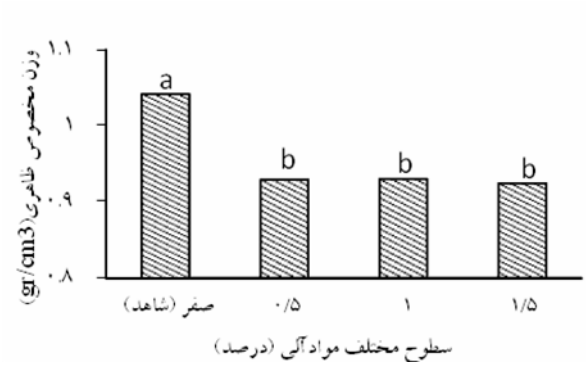
روابط به‌دست آمده بین زمان و درصد رطوبت وزنی در روند خشک و تر برای سطوح مختلف بقایای گیاهی در جدول۶ آورده شده است، که y درصد رطوبت وزنی (٪) و x زمان سپری شده از شروع آزمایش (روز) می باشد.

اثر ماده آلی و زئولیت بر وزن مخصوص ظاهری در سطح آماری ۱٪ معنی‌دار گردیده است (جدول۴). با توجه به شکل۳ بیشترین وزن مخصوص ظاهری (۱/۰۴ گرم بر سانتی-متر مکعب) مربوط به تیمار شاهد و کمترین میزان وزن مخصوص (۰/۹۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب) متعلق به ۱/۵ درصد بقایای گیاهی می‌باشد و یا به‌عبارتی افزودن بقایای گیاهی به خاک باعث کاهش در میزان وزن مخصوص ظاهری می‌شود. گوپتا و همکاران (۱۲) نشان دادند که با افزایش ماده آلی، مقدار وزن مخصوص ظاهری به دلیل افزایش خلل و فرج و توزیع اندازه خلل و فرج، کاهش می‌یابد. نتایج آزمایشات بهاشان و شارما (۱۰) نشان داد که وزن مخصوص ظاهری در خاک‌های حاوی بقایای گیاهی لانتانا ۹-۴ درصد در مقایسه با شاهد کاهش یافت. نتایج به‌دست آمده از این تحقیق که با نتایج گوپتا (۱۲) و بهاشان و شارما (۱۰) مطابقت دارد، نشان داد افزودن بقایای گیاهی به خاک باعث کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک می‌شود.

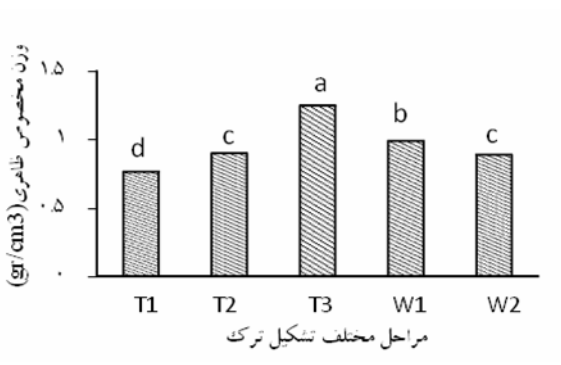
به‌طوری‌که در جدول۴ نشان داده می‌شود اثر فاکتور ترک روی وزن مخصوص ظاهری خاک در سطح آماری ۱٪ معنی‌دار شده است. به‌طور معمول با خشک شدن خاک وزن در واحد حجم افزایش می‌یابد و مقدار چگالی ظاهری نیز زیاد می‌شود. نتایج تحقیقات بسیاری از محققین نیز موید این مطلب است. طبق نتایج مصدقی و همکاران(۵)، جعفری (۱) و موذنی (۶)، وزن مخصوص ظاهری در طول خشک شدن خاک افزایش می‌یابد، که نتایج حاصل از این تحقیق نیز با نتایج تحقیقات قبلی همخوانی دارد. با توجه به شکل۴ بیشترین وزن مخصوص ظاهری (۱/۲۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب) مربوط به مرحله سوم (ایجاد ترک نهایی) و کمترین وزن مخصوص ظاهری (۰/۷۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب) مربوط

جدول۶. روابط حاکم بین درصد رطوبت وزنی و زمان سپری شده از شروع آزمایش در سطوح مختلف بقایای گیاهی

	بدون افزودن بقایای گیاهی	۰,۵ درصد بقایای گیاهی	۱ درصد بقایای گیاهی	۱/۵ درصد بقایای گیاهی
مرحله خشک شدن	y= -۲/۰۷۲x +۹۲/۰۰ ۰/۹۸۲= ۲R	y= -۲/۱۴۹x+۹۳/۱۳ ۰/۹۹۱= ۲R	y= -۲/۰۸۶x+۱۰۴ ۰/۹۴۸=۲R	y= -۲/۲۲۴x+۱۰۷/۴ ۰/۹۵۵=۲R
مرحله تر شدن	y= ۰/۳۵۵x +۲۱/۷۶ ۰/۹۹۱= ۲R	y= ۰/۵۱۹x +۱۷/۷۳ ۰/۹۹۹= ۲R	y= ۰/۶۵۹x +۱۱/۳۶ ۱= ۲R	y= ۰/۸۵۱x +۴/۱۵۲ ۰/۹۹۷= ۲R



شکل۳. اثر سطوح مختلف ماده آلی بر وزن مخصوص ظاهری



شکل۴. اثر ترک با عرض معین بر وزن مخصوص ظاهری

به مرحله اول می باشد.

همانطور که در شکل۴ دیده می‌شود در روند خشک وزن مخصوص ظاهری از مرحله T1 تا T3 افزایش یافته و در روند تر (از مرحله W1 تا W2) مقدار این صفت کاهش یافته است. در نهایت همانطور که در شکل۴ دیده می‌شود بعد از یک سیکل خشک و تر مقدار وزن مخصوص ظاهری به مقدار اولیه خود بازنگشته است که یکی از دلایل آن می‌تواند به خاطر فشردگی بیش از حد خاک و تغییر شکل و اندازه خلل و فرج و تغییر ساختمان آن باشد و هم‌چنین عدم بازگشت خاک به حجم اولیه خود باشد.

مطابق آنچه در جدول۴ آمده است اثر متقابل زئولیت و ماده آلی بر وزن مخصوص ظاهری در سطح آماری ۵٪ معنی‌دار شد. بیشترین وزن مخصوص (۱/۰۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب) مربوط به تیمار حاوی مواد آلی صفر درصد و زئولیت ۸ تن در هکتار و کمترین وزن مخصوص ظاهری (۰/۸۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب) مربوط به تیمار حاوی ۱/۵ ٪ ماده آلی و زئولیت به مقدار ۱۶ تن در هکتار می‌باشد (جدول۷).

نتایج جدول۴ نشان داد که اثر متقابل ماده آلی و فاکتور ترک در سطح آماری ۱٪ معنی‌دار شد. بیشترین مقدار وزن مخصوص ظاهری (۱/۳۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب) مربوط به تیمار شاهد در مرحله T3 است و کمترین مقدار وزن مخصوص ظاهری (۰/۷۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب) مربوط به تیمار حاوی ۱/۵ درصد بقایای گیاهی در مرحله T1 (اشباع) می‌باشد (جدول۸).

براساس اطلاعات جدول۸ مقدار تفاوت در وزن مخصوص ظاهری بین خشک و تر شدن در تیمار ۱/۵ درصد ماده آلی تقریبا نصف تیمار شاهد است و این یافته مهمی است که بایستی مورد توجه قرار گیرد. به‌طور کلی جدول ۸ نشان می‌دهد که در روند خشک شدن وزن مخصوص ظاهری افزایش یافته و در روند تر وزن مخصوص ظاهری کاهش

جدول۷. مقایسه میانگین اثر متقابل زئولیت و مواد آلی روی وزن مخصوص ظاهری

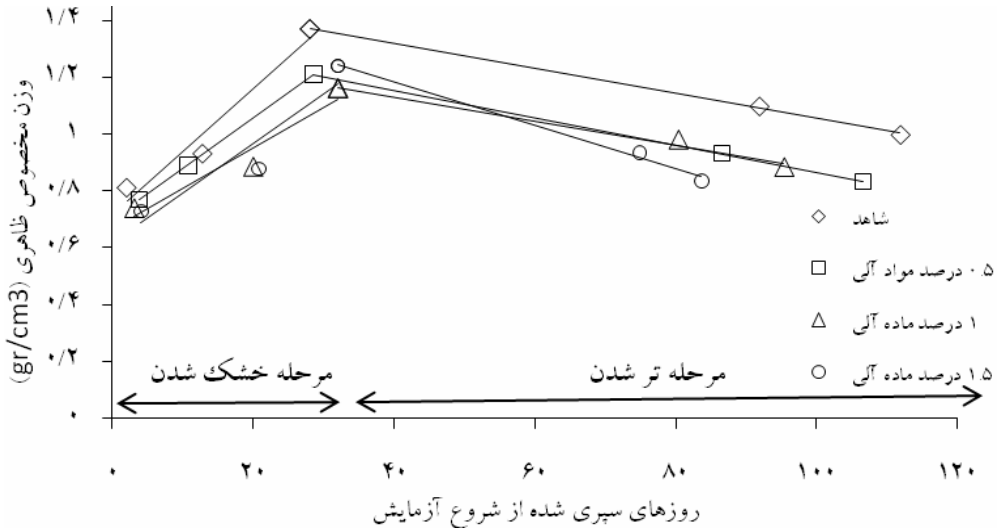
سطوح زئولیت	سطوح مختلف مواد آلی			
	ماده آلی صفر درصد	ماده آلی ۰/۵ درصد	ماده آلی ۱ درصد	ماده آلی ۱/۵ درصد
زئولیت ۰ تن در هکتار	۱/۰۳ ab	۰/۹۲ cd	۰/۹۳cd	۰/۹۴ c
زئولیت ۸ تن در هکتار	۱/۰۶ a	۰/۹۲ cd	۰/۹۳ cd	۰/۹۲ cd
زئولیت ۱۶ تن در هکتار	۱/۰۲ b	۰/۹۳ cd	۰/۹۰ de	۰/۸۷ e
زئولیت ۲۴ تن در هکتار	۱/۰۴ ab	۰/۹۲ cd	۰/۹۴ c	۰/۹۴ c

تفاوت اعدادی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیست.

جدول۸. مقایسه میانگین اثر متقابل ماده آلی و فاکتور ترک بر روی وزن مخصوص ظاهری

مراحل رطوبتی	سطوح مختلف ماده آلی			
	ماده آلی صفر درصد	ماده آلی ۰/۵ درصد	ماده آلی ۱ درصد	ماده آلی ۱/۵ درصد
T_1	۰/۸۱ h	۰/۷۷ i	۰/۷۴ j	۰/۷۲ j
T_2	۰/۹۳ f	۰/۸۹ g	۰/۸۸ g	۰/۸۷ g
T_3	۱/۳۶ a	۱/۲۱ b	۱/۱۶ c	۱/۲۴ b
W_1	۱/۰۹ d	۰/۹۳ f	۰/۹۸ e	۰/۹۳ f
W_2	۰/۹۹ e	۰/۸۳ h	۰/۸۸ g	۰/۸۳ h

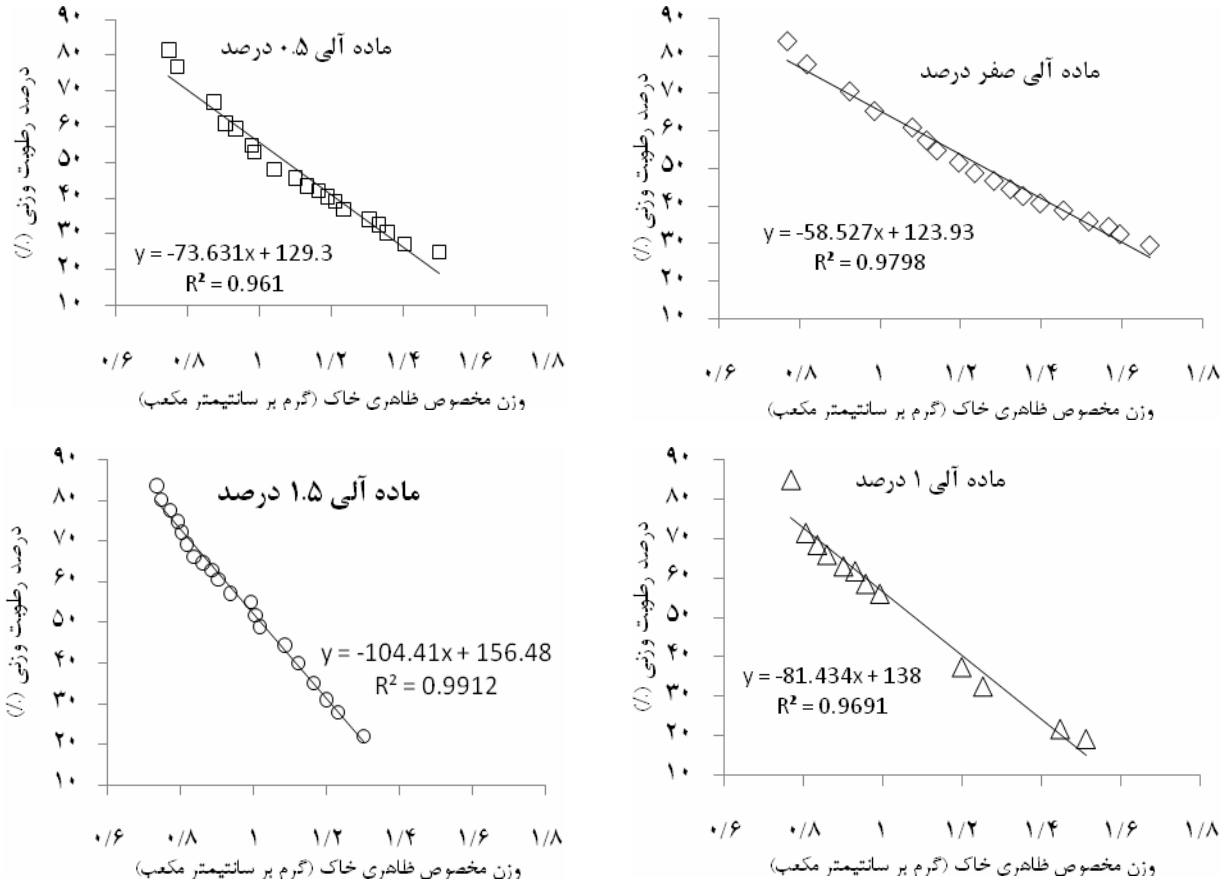
تفاوت اعدادی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیست.



شکل۵. روند تغییرات وزن مخصوص ظاهری در طول انجام آزمایش

جدول۹. روابط حاکم بین وزن مخصوص ظاهری و زمان سپری شده از شروع آزمایش در سطوح مختلف بقایای گیاهی

	بدون افزودن بقایای گیاهی	۰٫۵ درصد بقایای گیاهی	۱ درصد بقایای گیاهی	۱/۵ درصد بقایای گیاهی
مرحله خشک شدن	y= ۰/۰۲۲x +۰/۷۲۱ ۰/۹۵۲= ۲R	y= ۰/۰۱۷x +۰/۶۹۹ ۰/۹۹۹= ۲R	y= ۰/۰۱۴x +۰/۶۶۹ ۰/۹۲۶= ۲R	y= ۰/۰۱۷x +۰/۶۱۵ ۰/۸۸۱= ۲R
مرحله تر شدن	y= - ۰/۰۰۴x +۱/۴۹۴ ۰/۹۹۹= ۲R	y= - ۰/۰۰۴x +۱/۳۴۸ ۰/۹۹۹= ۲R	y= - ۰/۰۰۴x +۱/۲۹۹ ۰/۹۸۵= ۲R	y= - ۰/۰۰۷x +۱/۴۸۶ ۰/۹۹۳= ۲R

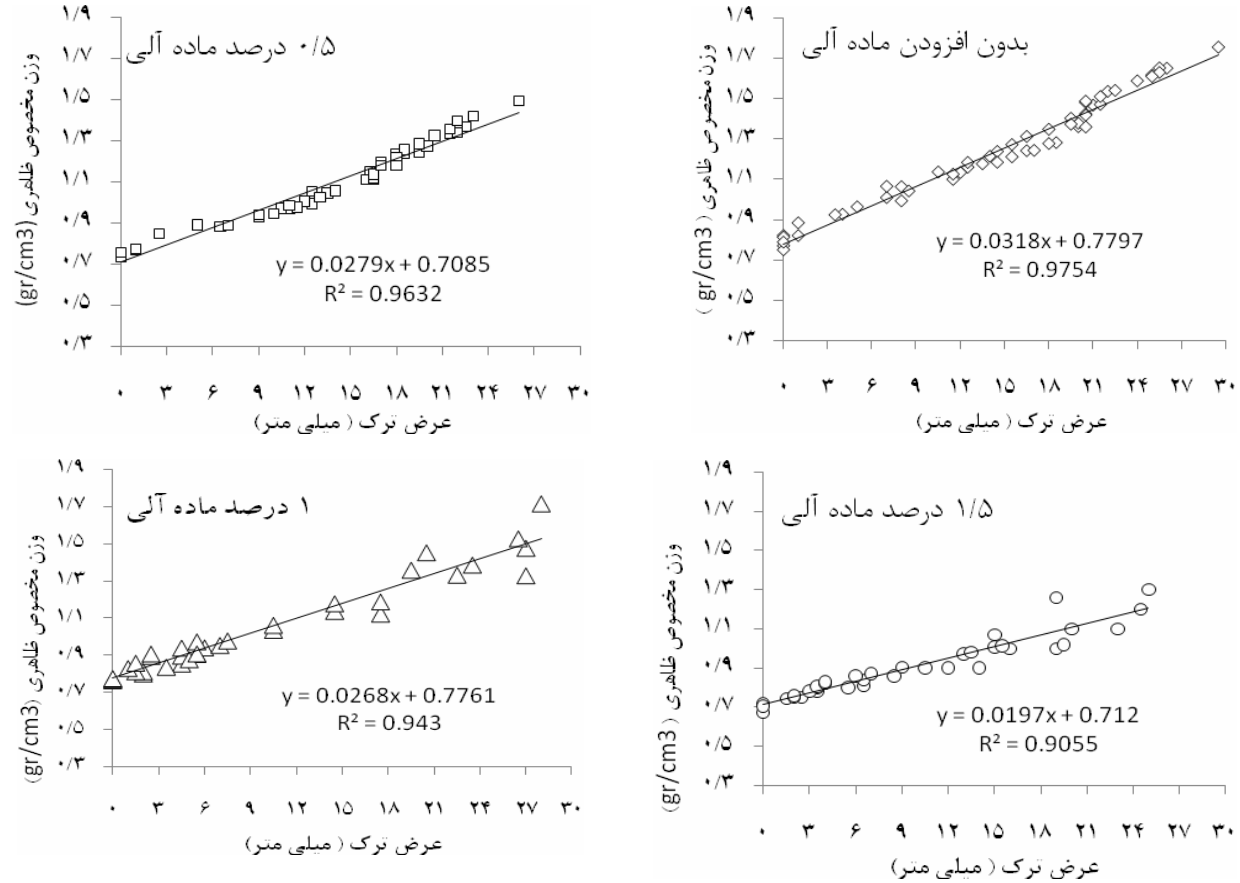


شکل۶. رابطه بین وزن مخصوص ظاهری و درصد رطوبت وزنی در سطوح مختلف بقایای گیاهی

می‌یابد ولی به مقدار اولیه باز نمی‌گردد.

با توجه به شکل۵ ملاحظه می شود که در مرحله خشک شدن خاک، وزن مخصوص ظاهری سیر صعودی داشته و در روند ترشدن، سیر نزولی دارد و کاهش وزن مخصوص ظاهری با شیب خیلی کمی اتفاق می‌افتد. هم‌چنین با افزودن بقایای گیاهی، وزن مخصوص ظاهری در روند تر، با سرعت بیشتری کاهش می‌یابد. روابط بدست آمده بین زمان سپری شده از شروع آزمایش و وزن مخصوص ظاهری در روند خشک و تر در جدول۹ آورده شده است.

شکل ۶ روابط بین وزن مخصوص ظاهری و درصد رطوبت وزنی را در سطوح مختلف بقایای گیاهی و هم‌چنین در تیمار شاهد نشان می‌دهد. با توجه به شکل۶ با کاهش



شکل۷. روابط بین عرض ترک و وزن مخصوص ظاهری خاک در سطوح مختلف بقایای گیاهی

درصد رطوبت وزنی، وزن مخصوص ظاهری به صورت خطی افزایش می‌یابد. در تیمار شاهد وزن مخصوص ظاهری در محدوده ۱/۷-۰/۷۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب تغییر می‌کند در حالی‌که با افزودن بقایای گیاهی این بازه به ۱/۳-۰/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب تغییر می نماید. هم‌چنین با توجه به شکل۶ روابط حاکم بین وزن مخصوص ظاهری و درصد رطوبت وزنی از هم‌بستگی بالایی برخوردار است.

شکل۷ رابطه بین عرض ترک و وزن مخصوص ظاهری خاک را در سطوح مختلف افزودن بقایای گیاهی نشان می‌دهد. با توجه به شکل افزودن بقایای گیاهی به خاک، وزن مخصوص ظاهری را در زمانی‌که درز و ترکی در خاک مشاهده نشده است به مقدار ناچیزی کاهش می‌دهد، اما با پیدایش و گسترش ترک‌ها در سطح خاک تأثیر بقایای گیاهی در کاهش وزن مخصوص و افزایش خلل و فرج خاک چشمگیر خواهد شد به طوری‌که زمانی‌که در سطح خاک ترکی به عرض ۲۵ میلی‌متر ایجاد شود در تیمار شاهد، وزن مخصوص ظاهری ۱/۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب و با افزودن ۱/۵ درصد بقایای گیاهی این مقدار به ۱/۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب خواهد رسید. هم‌چنین از شکل۷ می توان نتیجه گرفت که روابط حاکم بین عرض ترک و وزن مخصوص ظاهری از هم‌بستگی بالایی برخوردار است.

نتیجه‌گیری

اثر متقابل زئولیت و مواد آلی بر درصد رطوبت وزنی در سطح آماری ۱٪ معنی‌دار بوده است. بیشترین درصد رطوبت وزنی متعلق به تیمار حاوی ۱/۵ درصد مواد آلی و ۱۶ تن در هکتار زئولیت است و کمترین درصد رطوبت وزنی متعلق به تیمار

شاهد می‌باشد. نکته حائز اهمیت این است که وزن مخصوص ظاهری خاک‌های شالیزاری با شیب نسبتا زیادی در مرحله خشک شدن خاک افزایش می‌یابند، ولی در مرحله تر شدن وزن مخصوص ظاهری با شیب خیلی کمی کاهش می‌یابد. هم‌چنین اضافه کردن ماده آلی باعث می‌شود که درصد رطوبت وزنی در مراحل تر با شیب بیشتری نسبت به شاهد افزایش یابد. اثر متقابل زئولیت و ماده آلی بر وزن مخصوص ظاهری در سطح آماری ۵٪ معنی‌دار شد. نتایج نشان داد که روابط حاکم بین وزن مخصوص ظاهری و درصد رطوبت وزنی از هم‌بستگی بالایی برخوردار است. هم‌چنین در تیمار شاهد وزن مخصوص ظاهری در محدوده ۱/۷-۰/۷۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب تغییر می‌کند در حالیکه با افزودن بقایای گیاهی این بازه به ۱/۳-۰/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب تغییر می‌نماید. بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده، جهت بالا بردن درصد رطوبت وزنی و کاهش وزن مخصوص ظاهری افزودن بقایای گیاهی به خاک توصیه می‌شود. افزودن بقایای گیاهی توانسته به کاهش عرض ترک کمک کند ولی اضافه کردن زئولیت با توجه به این‌که باعث افزایش رطوبت گردیده ولی در کاهش پارامترهای ترک مفید واقع نشده است.

سپاسگزاری

این پژوهش با همکاری صمیمانه مسئولان موسسه تحقیقات برنج کشور در شهر رشت انجام شده است که بدین‌وسیله از آنها تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

منابع مورد استفاده

۱. جعفری، ف .۱۳۸۶. مدیریت آبیاری در خاک‌های ترک‌دار شالیزاری. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد آبیاری و زه‌کشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲. سودایی مشاعی، ص.، ن. ع. اصغرزاده. و ش. اوستان. ۱۳۸۶. تنفس میکروبی (آزاد شدن CO2) خاک تیمار شده با کودهای آلی تحت شرایط دمایی و رطوبتی کنترل شده. مجموعه خلاصه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج، صفحات ۱۱۷-۱۱۹.

۳. عابدی کوپایی، ج. و ف. سهراب، ۱۳۸۳. تأثیر کانی‌های زئولیت و بنتونیت بر خصوصیات هیدرولیکی خاک‌ها. دوازدهمین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه شهید چمران اهواز، صفحات ۵۶۲-۵۶۷.

۴. قنبری، ز. ۱۳۸۸. اثر سطوح مختلف زئولیت بر برخی خصوصیات فیزیکی و وضعیت رطوبتی سه بافت غالب شالیزاری. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد آبیاری و زه‌کشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۵. مصدقی، م .، ع. همت و م. حاج عباسی. ۱۳۸۲. تغییرات برخی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاک با ساختمان ناپایدار پس از آبیاری غرقابی. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی۷ (۱): ۹۱-۱۰۵.

۶. موذنی، م.۱۳۸۷. تأثیر موادآلی بر خواص هیدرولیکی خاک‌های شالیزاری استان گیلان. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد آبیاری و زه‌کشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۷. یوسف زاده، ر. ۱۳۸۴. اصلاح خاک‌های واگرا با افزودنی‌های مختلف و مقایسه آنها. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد خاک و پی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان.

8. Bell, M., G., P. W. Moody, R. D. Connolly and B. J. Bridge.1998. The role of active fractions of soil organic matter in physical and chemical fertility of Ferrosols. Aust. J. Soil Res. 36: 809-819.
9. Bell, F. G. 1996. Lime stabilization of clay minerals and soils. Eng. Geol. 42: 223-237.
10. Bhushan, L. and P. K. Sharma. 2002. Long- term effects of lantana (Lantana Spp. L.) residues additions on soil physical properties under rice- wheat cropping. I. Soil consistency, surface cracking and clod formation. Soil Till. Res. 65: 157-167.

11. Fitch, B. C., S. K. Chong, J. Arosemena and G. W. Theseira. 1989. Effects of a conditioner on soil physical properties. Soil Sci. Soc. Amer. J. 53: 1536-1539.
12. Gupta, S. C., R. H. Dowdy and W. E. Larson. 1997. Hydraulic and thermal properties of a sandy soil as influenced by incorporation of sewage sludge. Soil Sci. Soc. Amer. J. 41: 601-605.
13. Islam, M. J., S. S. Parul, A. B. M. B. U. Pathan, M. A. Quasem and M. S. Islam. 2004. Influence of cracking on rice seasons and irrigation in Bangladesh. J. Biolo. Sci. 4: 11-14.
14. Islam, M. J., G. Mowla, M. S. Islam and P. B. Leeds-Harrison. 2003. Model for efficient use of limited water for rice production. Pakistan J. Biolog. Sci. 6: 1600-1607.
15. Martens, D. A. and J. Frankenberger. 1992. Modification of infiltration rates in an organic-amended irrigated soil. Agron. J. 84:707-717.
16. Mostafazadeh, B. and H. M. Malano. 1996. Infiltration in cracking clay soils as affected by initial soil moisture content. Iran Agri. Res. 15: 133-154.
17. Pirela, J. J., D. G. Westfall and K. A. Barbarick. 1992. Use of clinoptilolite in combination with nitrogen fertilization to increase plant growth. Zeo Agriculture. Science paper No. 2768: 115-124.
18. Tisdale, S. L. and W. L. Nelson. 1975. Soil Fertility and Fertilizers. 3rd ed., Macmillan, New York.
19. Tester, C. F. 1990. Organic amendment effects on physical and xhemical properties of a sandy soil. Soil Sci. Soc. Amer. J. 54: 827-831.
20. Rawls, W.J., D. Giménez and R. Grossman. 1998. Use of soil texture, bulk density and the slope of the water retention curve to predict saturated hydraulic conductivity. Trans. ASAE 4: 983–988.

Variation Analysis in Short-Term Physical and Hydraulic Properties of Cracked Paddy Soils by Adding Straw Rice and Zeolite

M. Alizadeh[1], F. Mirzaii[1], T. Sohrabi[1], M. Kavosi[2] and M.R. Yazdani[1]*

(Received : March. 1-2012 ; Accepted : June 127-2012)

Abstract

Water management in cracked paddy soils is an important issue in rice cultivation. In order to study organic matter and zeolite effect and their interaction on moisture conditions and hydraulic and physical properties of paddy soils, the organic matter (rice straw) at four levels (0, 8, 16 and 24 tons per hectare), zeolite at four levels (0, 0.5, 1 and 1.5 percent), and also moisture stages of soil at 5 levels were selected. This experiment was conducted in Rice Research Institute of Iran. Randomized Complete Block Design (RCBD) was used to study the effect of treatments on different subjects. The amount of moisture, bulk density and the distance of soil from the wall of container were measured in a 4-month period. The obtained results showed that the interaction effects of organic matter and zeolite on soil moisture content were statistically significant at one percentage level. Addition of plant residues caused an increase in soil moisture weight and reduction in bulk density compared to the control treatment. It was also found that soil moisture content and bulk density were highly correlated. Bulk density of control treatment ranged from 0.75 to1.7 gr/cm^3, while with addition of 1.5 % crop residue the bulk density ranged from 0.7 to 1.3gr/cm^3. Overall results show that crop residues are effective in reduction of crack parameters of soil , but zeolite cannot be effective although it causes more maintenance of soil moisture.

Keywords: Zeolite, Plant residues, Crack, Paddy soil.

1. Dept. of Irrig. and Drain., College of Agric., Univ. of Tehran, Tehran, Iran.
2. Rice Res. Instit., Rasht, Iran.
*: Corresponding Author, Email: malizadeh87@gmail.com