

نقش کاه و کلش برنج و زئولیت در بهسازی خاک‌های ترک‌دار شالیزاری

مریم علیزاده^{۱*} - فرهاد میرزایی^۲ - تیمور سهرابی^۳ - مسعود کاوسی^۴ - محمدرضا یزدانی^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۳/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۸

چکیده

مدیریت آب در خاک‌های ترک‌دار شالیزاری، یک مسئله مهم در کشت برنج است. به منظور بررسی اثر کاه و کلش برنج و زئولیت بر وضعیت فیزیکی خاک‌های ترک‌دار شالیزاری، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مؤسسه تحقیقات برنج کشور اجرا شد. در این مطالعه، فاکتور کاه و کلش 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 مورد بررسی قرار گرفت. فاصله گرفتن خاک از جدار ظرف، عرض ترک‌های ایجاد شده، روزهای رسیدن به ترک با عرض معین، جرم مخصوص ظاهری و سطح مقطع ترک‌ها اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که افزودن سطوح بالای بقایای گیاهی سبب به تأخیر انداختن بروز ترک با عرض معین می‌گردد، این در حالی است که افزودن زئولیت اثر چشمگیری در به خیر انداختن ترک نداشت. هم‌چنین جرم مخصوص ظاهری و سطح مقطع ترک دارای همبستگی بالایی (۰/۹۰۴ تا ۰/۹۶۶) بوده و با افزایش سطح مقطع ترک، جرم مخصوص ظاهری روند افزایشی داشت. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت افزودن بقایای گیاهی به خاک، سبب از بین رفتن ترک‌های موجود و بازگشت سریع‌تر خاک به حالت اولیه می‌گردد.

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

مقدمه

شالیزاری انجام می‌گیرد. در خاک شالیزاری رسی، جریان غرقابی موقتی با خشک شدن دوره‌ای خاک همراه است که موجب تشکیل ترک در خاک می‌شود. در نتیجه با شروع مجدد آبیاری، تلفات آب در اثر جریان ترجیحی افزایش می‌یابد (۲۳). گزارش‌های زیادی حاکی از این است که می‌توان با روش آبیاری تناوبی بدون کاهش عملکرد و یا با درصد قابل قبولی از آن، در مصرف آب صرفه‌جویی کرد (۴). مواد آلی به علت تأثیر سازنده‌ای که بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک دارند، به عنوان یکی از ارکان مهم باروری خاک شناخته شده‌اند (۵). ماده‌ی آلی می‌تواند به صورت کود حیوانی، کود سبز و یا بقایای گیاهان به‌جا مانده در مزرعه به خاک اضافه شود (۱۸).

کلینوپیتلولاویت با درصد زئولیتی بین ۷۱ تا ۹۵ درصد فراوان‌ترین نوع زئولیت طبیعی در ایران می‌باشد. جذب آب در هر واحد سلولی زئولیت نسبتاً زیاد است. البته میزان جذب آب بستگی به نوع زئولیت و هم‌چنین نوع کاتیون‌های موجود در آن دارد.

بتون و تورال (۱۰) در استرالیا اعلام داشتند که به طور میانگین ۷۰ درصد نفوذ آب در خاک‌های درز و شکافدار مربوط به ده دقیقه اول آبیاری می‌باشد. هم‌چنین تفاوت اساسی در حجم جریان ترجیحی

بزرگ‌ترین منبع تأمین آب آبیاری برای زراعت برنج در گیلان، سد سفیدرود می‌باشد که از طریق کنترل آب رودخانه‌های قزل‌اوزن و شاهرود امکان تأمین حدود ۲ میلیارد متر مکعب آب را برای مصرف شالیزاری گیلان فراهم می‌نماید (۲). سد سفیدرود به همراه پنج سد انحرافی و شبکه‌های آبیاری موجود، اراضی شالیزاری این منطقه را تحت پوشش دارد. میزان نیاز آب برای آبیاری اراضی شالیزاری تحت پوشش شبکه آبیاری سفیدرود، بیش از $10^9 \times 2/9$ متر مکعب است و بقیه از طریق منابع داخلی تأمین می‌شود. به علت وقوع خشک‌سالی - ها، به ویژه در سال ۱۳۸۷، میزان استحصال آب از سد به ۸۰۰ میلیون متر مکعب تقلیل یافت و ۳۵۰۰ هکتار از اراضی شالیزاری به میزان ۱۰۰ درصد و بقیه بین ۲۰ تا ۷۰ درصد دچار خشکی شدند (۱). آبیاری نوبتی به منظور افزایش راندمان مصرف آب در اراضی

۱، ۲، ۳ و ۵ - به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، استادیار، استاد و دانشجوی دکتری گروه مهندسی آبیاری، دانشکده کشاورزی کرج، دانشگاه تهران
(* نویسنده مسئول: Email: malizadeh87@gmail.com)

۴ - دانشیار مؤسسه تحقیقات برنج کشور

ماند. نتایج آنها نشان داد که تراکم حجمی و تراکم سطحی ترک‌ها به ترتیب ۳۶ تا ۷۶ درصد و ۱۹ تا ۳۷ درصد و جرم مخصوص ظاهری آن ۴ تا ۹ درصد کاهش یافتند. همچنین نتایج تحقیقات ذنی (۷) 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 گردید.

با توجه به مطالعات انجام گرفته، به نظر رسید که کاربرد ژئولیت و بقایای گیاهی (کاه و کلش برنج) بر خصوصیات خاک‌های ترک‌دار شالیزاری اثرات مثبتی دارد. هدف این تحقیق عبارت بودند از:

- ۱- بررسی اثرات متقابل به کارگیری ژئولیت و بقایای گیاهی در بافت خاک غالب شالیزاری استان گیلان بر خواص فیزیکی، کاهش سطح مقطع ترک و جلوگیری از بروز درز و ترک، ۲- کاهش پتانسیل انقباض خاک‌های ترک‌دار شالیزاری در اثر تیمارهای کاه و کلش و ژئولیت، ۳- ارتباط بین جرم مخصوص ظاهری و سطح مقطع ترک، ۴- بررسی امکان به کارگیری آبیاری تناوبی به جای آبیاری غرقابی دائم.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت آزمایش 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. تیمارها شامل کاه و کلش در ۴ سطح صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد و ژئولیت در چهار سطح صفر، ۸، ۱۶ و ۲۴ تن در هکتار و همچنین مراحل رطوبتی خاک (فاکتور ترک) در دو مرحله ی تر و خشک در ۵ سطح، که مرحله خشک شامل: مرحله ی اشباع (T1)، مرحله ی ترک موئین (T2) یعنی رسیدن سطح ترک به ۱۷-۱۳ سانتی‌متر مربع)، مرحله ی ترک نهایی (T3) یعنی زمانی که سطح ترک به ۵۹-۵۵ سانتی‌متر مربع می‌رسد) بود. منظور از ترک، فاصله گرفتن خاک از جدار ظرف است. در پایان مرحله ی خشک، ظروف باقی‌مانده از هر تیمار وارد مرحله تر شدند که در این مرحله ظروف تا جایی که سطح خاک با آب پوشیده شود، غرقاب شدند. مرحله تر نیز خود شامل دو زیرمرحله است که مرحله ی اول (W1) یعنی زمانی که ترک از حد نهایی به حد ترک موئین (T2) در مرحله خشک) برسد و مرحله ی 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 در جدول ۱ آمده است.

در ترک در مقایسه با حرکت موئینه‌ای را بیان داشتند. آب و مواد محلول به سرعت به وسیله ی جریان ترجیحی از میان ترک‌ها به عمق زیرین خاک جریان می‌یابند. بنابراین جریان ترجیحی می‌تواند ارتباط مستقیمی با خشکی منطقه ریشه داشته باشد. این فرایندها منجر به کمبود آب و مواد غذایی برای گیاهان و آلودگی آب‌های زیرزمینی و لایه‌های زیرین خاک می‌گردند. مهم‌ترین خصوصیت ترک خاک، حجم، سطح درونی و عمق درونی آن در خاک می‌باشد. از این رو مدیریت آبیاری خاک‌های ترک‌دار در مزارع برنج از اهمیت خاصی برخوردار است (۲۲).

نتایج تحقیقات مصطفی‌زاده و ملانو (۲۱) نشان داد 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. همچنین آنها رابطه ی بین مقدار رطوبت اولیه خاک، ذخیره اولیه آب خاک، حجم ترک و انقباض عمودی خاک را به دست آوردند. جعفری (۳) نشان داد که وقتی رطوبت خاک از حد ظرفیت زراعی کمتر شود، با تغییر کمی در میزان رطوبت وزنی خاک، پهنا و عمق ترک افزایش قابل ملاحظه‌ای می‌یابد.

چرتکو (۱۳) و چرتکو و راوینا (۱۴، ۱۵ و ۱۶) یک مدل فیزیکی برای هدایت هیدرولیکی خاک‌های منبسط‌شونده بر اساس خصوصیات هندسی شبکه ی ترک موئینه‌ای را با استفاده از قانون سه‌بعدی جریان آب در یک مکان ارائه داده‌اند. در این مدل خصوصیات فیزیکی انحنای شبکه ترک و طول مخصوص ترک‌ها در مقطع افقی بر اساس مقدار آب پروفیل خاک و نیز منحنی انقباض محاسبه می‌شود. مقادیر به دست آمده از این مدل با مقادیر اندازه‌گیری شده توسط یالن و کالمار (۲۴ و ۲۵) در پلات‌های مزرعه‌ای تطابق زیادی داشت.

باندیویدهایابی و همکاران (۹) به این نتیجه دست یافتند که همه ی پارامترهای ترک (پهنا، عمق، سطح و حجم) با مقدار آب در لایه صفر تا ۱۵ سانتی‌متری خاک دارای اثرات متقابل معنی‌داری می‌باشند. پهنا و عمق ترک ارتباط مستقیمی با جرم مخصوص ظاهری خاک دارد. کاربرد کود آلی، پهنا و عمق ترک را به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد، همچنین موجب کاهش در مساحت و حجم ترک می‌شود. بویوین و همکاران (۱۲) عامل انبساط خاک را ساختار رس بیان نموده‌اند، در حالی که انقباض حجمی خاک را تابعی از ساختمان خاک می‌دانند. به طوری که در یک ساختمان خاک محکم و انبساط‌ناپذیر، رس با بیشترین انبساط‌پذیری هم سبب انبساط خاک نخواهد شد.

نتایج تحقیقات بهاشان و شارما (۱۱) نشان داد که با افزودن بقایای گیاهی ترک‌های ۱۰ تا ۲۰ میلی‌متر به بالا کاهش و ترک‌های کمتر از ۵ میلی‌متری افزایش یافته است و ترک‌های ۵ تا ۱۰ میلی‌متر با اضافه کردن لاتنانا (بقایای گیاهی استفاده شده) بدون تغییر باقی

جدول ۱- مشخصات خاک مورد مطالعه

عمق نمونه برداری	بافت خاک	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	کربن آلی (%)	pH گل اشباع
۰-۳۰cm	رس سیلتی	۱۰	۴۴	۴۶	۱/۶۳	۶/۸۷

استفاده شد. در هر یک از مراحل خشک و تر شدن، پس از رسیدن هر یک از تیمارها به مرحله مورد نظر نمونه‌گیری از نمونه‌ها با سه تکرار جهت اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری خاک صورت گرفت. برای اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری خاک از سیلندرهای فلزی که وزن و حجم آن‌ها مشخص است استفاده شد. بدین ترتیب، پس از وزن نمودن، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و سپس وزن شدند. جرم مخصوص ظاهری خشک از رابطه زیر به دست آمد:

$$\rho_b = \frac{W_s}{V_t} \quad (1)$$

که در آن:

ρ_b = جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌مترمکعب)

W_s = وزن خاک خشک (گرم)

V_t = حجم کل نمونه خاک (سانتی‌مترمکعب)

همچنین فاصله گرفتن خاک از جدار ظرف، مساحت ترک و تعداد روزهای رسیدن به ترک با عرض معین در نمونه‌های مختلف اندازه‌گیری شدند. پس از اتمام مراحل آزمایش، تحلیل آماری داده‌های برداشت شده با استفاده از نرم افزار SAS.9.1 انجام شد.

نتایج و بحث

آگاهی از زمان بروز ترک و به تأخیر انداختن آن، فاکتور مهمی در برنامه‌ریزی آبیاری اراضی شالیزار در زمان خشک‌سالی و بروز بحران آب می‌باشد. تجزیه واریانس اثر کاه و کلش برنج و زئولیت و اثر متقابلشان بر تعداد روزهای رسیدن به ترک در مرحله خشک شدن و بر زمان لازم برای از بین رفتن ترک در مرحله تر شدن به ترتیب در جدول ۴ و ۵ آورده شده است.

حدود یک تن خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری تهیه گردید. بر روی خاک‌های منتقل شده از شالیزار به مؤسسه تحقیقات، عملیات گلخراپی به طور دستی انجام شد. ماده‌ی 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 جدول ۲ آورده شده است. محتویات خاک در سطوح بزرگ با سطوح مختلف بقایای گیاهی (صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد) مخلوط شدند تا مخلوط خاک، آب و کاه و کلش به صورت گل اشباع درآید. این بار هر یک از تیمارهای مورد نظر به یک سطح 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 سطوح مجدداً به حالت اشباع درآمد. سپس زئولیت با سطوح صفر، ۸، ۱۶ و ۲۴ تن در هکتار به مخلوط حاصل اضافه گردید و 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 کلینوپیتولولایت بود که تجزیه‌ی شیمیایی آن برحسب درصد در جدول ۳ 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 مرحله‌ی خشک، وضعیت خاک‌ها در تیمارهای مختلف بررسی شد و با مشاهده‌ی فاصله گرفتن خاک از جدار ظرف، فاصله از جدار با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری شد (۲۶).

هر جا ترک نیز مشاهده شد، عرض و طول ترک‌ها با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری شدند برای اندازه‌گیری عرض ترک سعی شد که بزرگ‌ترین مقادیر آنها در نظر گرفته شود، به طوری که در مورد عرض به طور چشمی بزرگ‌ترین عرضی که در طول ترک دیده می‌شد، انتخاب و اندازه‌گیری شد (۲۶).

در ضمن، برای اندازه‌گیری سطح مقطع ترک از نرم‌افزار اتوکد

جدول ۲- مشخصات نمونه کاه برنج

کربن آلی (%)	نیترژن (%)	فسفر (%)	پتاسیم (%)	C/N
۴۷/۱	۰/۹۵۵	۰/۱	۱/۴۴	۴۹

جدول ۳- تجزیه‌ی شیمیایی زئولیت استفاده شده در آزمایش

SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO	MnO	P ₂ O ₅	L.O.I
%۶۶/۵	%۱۱/۸	%۳/۱	%۲/۱	%۲	%۱/۳	%۰/۸	%۰/۳	%۰/۰۴	%۰/۰۱	%۱۲

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر کاه و کلش و زئولیت و فاکتور ترک و اثر متقابلشان بر تعداد روز رسیدن به ترک در مرحله خشک شدن

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F
تکرار	۲	۰/۱۴۱۲۸	۰/۰۷۰۶۴	۳۳/۷۰**
کاه و کلش	۳	۸۵۷/۴۳۹۶۴	۲۸۵/۸۱۳۲۱	۱۳۶۳۴۴**
زئولیت	۳	۸/۱۰۶۵۸	۲/۷۰۲۱۹	۱۲۸۹/۰۵**
ترک	۲	۱۷۵۹۵/۲۴۵۸۷	۸۷۹۷/۶۲۲۹۳	۴۱۹۶۸۱۵**
کاه و کلش × زئولیت	۹	۱۴/۱۴۴۷۴	۱/۵۷۱۶۴	۷۴۹/۷۳**
کاه و کلش × ترک	۶	۴۲۳/۹۵۴۲۷	۷۰/۶۵۹۰۵	۳۳۷۰۷/۲**
زئولیت × ترک	۶	۱۰/۲۸۸۱۶	۱/۷۱۴۶۹	۸۱۷/۹۸**
زئولیت × کاه و کلش × ترک	۱۸	۳۱/۲۱۴۴۸	۱/۷۳۴۱۴	۸۲۷/۲۵**
خطا	۹۴	۰/۱۹۷۰۵	۰/۰۰۲۱۰	
کل	۱۴۳	۱۸۹۴۰/۷۳۲۰۷		

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

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر کاه و کلش و زئولیت و فاکتور ترک و اثر متقابلشان بر زمان لازم برای از بین رفتن ترک در مرحله تر شدن

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F
تکرار	۲	۰/۵۲۵۲۱	۰/۲۶۲۶۰	۲۷/۶۸**
کاه و کلش	۳	۱۰۳۳۹/۱۲۲۸۱	۳۴۴۶/۳۷۴۲۷	۳۶۳۳۱۶**
زئولیت	۳	۷۲۹/۳۶۶۱۵	۲۴۳/۱۲۲۰۵	۲۵۶۲۹/۹**
ترک	۱	۶۰۰۹۴/۵۰۰۱۰	۶۰۰۹۴/۵۰۰۱۰	۶۴۲۴۸۱**
کاه و کلش × زئولیت	۹	۲۶۳۴/۰۷۵۱۰	۲۹۲/۶۷۵۰۱	۳۰۸۵۳/۷**
کاه و کلش × ترک	۳	۵۱۴/۶۲۶۹۸	۱۷۱/۵۴۲۳۳	۱۸۰۸۴/۰**
زئولیت × ترک	۳	۷/۱۲۵۳۱	۲/۳۷۵۱۰	۲۵۰/۳۸**
زئولیت × کاه و کلش × ترک	۹	۲۱/۲۵۲۶۰	۲/۳۶۱۴۰	۲۴۸/۹۴**
خطا	۶۲	۰/۵۸۸۱۳	۰/۰۰۹۴۹	
کل	۹۵	۲۰۳۴۱/۱۸۲۴۰		

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

هکتار زئولیت می‌باشد و کمترین زمان لازم برای از بین رفتن ترک (۳۸/۵۸ روز) مربوط به تیمار حاوی ۱/۵ درصد بقایای گیاهی و صفر تن در هکتار زئولیت بود، نتایج حاکی از این است که افزودن کاه و کلش باعث تسریع در از بین رفتن ترک گردید. بل و همکاران (۸) و مارتس و فرانکن برگر (۲۰) نشان دادند که افزودن بقایای گیاهی سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک گردیده، در نتیجه، بالا رفتن میزان رطوبت می‌تواند یکی از دلایل تسریع در از بین رفتن ترک باشد.

با توجه به جدول ۴ و ۵ درمی‌یابیم که اثر متقابل سطوح مختلف کاه و کلش و زئولیت بر تعداد روز رسیدن به ترک در مرحله خشک شدن و بر زمان لازم برای از بین رفتن ترک در مرحله تر شدن در سطح آماری ۱٪ معنی‌دار شد. نتایج جدول ۶ نشان داد که افزودن سطوح بالای کاه و کلش سبب به تأخیر انداختن بروز ترک در مرحله خشک شدن گردید، که نتایج حاصل با نتایج تحقیقات بهاشان و شارما (۱۱) باندیوپادهای و همکاران (۹) و مؤذنی (۷) همخوانی دارد. نتایج جدول ۷ نشان داد که بیشترین زمان لازم برای از بین رفتن ترک (۷۷/۰۶ روز) مربوط به ۰/۵ درصد بقایای گیاهی و صفر تن در

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل زئولیت و کاه و کلش بر تعداد روز رسیدن به ترک در مرحله خشک شدن

سطوح مختلف کاه و کلش				سطوح زئولیت (تن در هکتار)	
صفر (%)	۰/۵ (%)	۱ (%)	۱/۵ (%)		
۱۴/۱۵ ^f	۱۳/۸۱ ^g	۱۸/۸۱ ^b	۱۹/۱۵ ^a	صفر	۱۹/۱۵ ^a
۱۵/۱۵ ^c	۱۴/۴۸ ^c	۱۹/۱۵ ^a	۱۹/۱۳ ^a	۸	۱۹/۱۳ ^a
۱۴/۱۵ ^f	۱۴/۸۱ ^d	۱۹/۱۵ ^a	۱۹/۱۵ ^a	۱۶	۱۹/۱۵ ^a
۱۴/۱۵ ^f	۱۳/۱۵ ^h	۱۹/۱۵ ^a	۱۹/۱۵ ^a	۲۴	۱۹/۱۵ ^a

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

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل زئولیت و کاه و کلش بر زمان لازم برای از بین رفتن ترک در مرحله تر شدن

سطوح زئولیت (تن در هکتار)				سطوح مختلف کاه و کلش			
صفر (%)		+۰/۵ (%)		۱ (%)		۱/۵ (%)	
صفر	۷۶/۰۶ ^b	۷۷/۰۶ ^a	۵۹/۵۶ ^f	۲۸/۵۸ ^k	۵۰/۰۶ ⁱ	۵۹/۵۶ ^f	۵۰/۱۳ ⁱ
۸	۷۵/۰۶ ^c	۷۶/۰۶ ^b	۵۸/۵۶ ^e	۵۰/۰۶ ⁱ	۵۰/۰۹ ⁱ	۵۸/۵۶ ^e	۵۰/۰۹ ⁱ
۱۶	۶۸/۰۶ ^d	۵۷/۰۶ ^h	۴۶/۵۸ ^j	۵۰/۰۹ ⁱ			
۲۴	۷۶/۰۶ ^b	۶۲/۰۶ ^e					

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

یکی نیست و از دلایل آن می‌توان به بافت ریز خاک اشاره نمود، زیرا از خصوصیات بافت‌های ریز قابلیت انقباض پذیری بالا می‌باشد. اما انبساط در خاک‌های ریزبافت به مراتب دیرتر از خاک‌های درشت‌بافت اتفاق می‌افتد. چون در بافت‌های ریز ذرات خاک با نیروی زیادی به هم چسبیده‌اند و جدا شدن ذرات از یکدیگر به آسانی اتفاق نمی‌افتد، در حالی که این مسئله در خاک‌هایی با بافت درشت برعکس است، مؤذنی (۷) رفتار ۴ بافت مختلف خاک (لوم رسی، رس سیلتی، لوم و لوم شنی) را از نظر انقباض و انبساط مورد مطالعه قرار داد که نتایج تحقیقات ایشان با نتایج حاصل از این تحقیق همخوانی دارد.

نتایج جدول ۴ و ۵ نشان داد که اثر متقابل زئولیت و فاکتور ترک بر تعداد روز رسیدن به ترک در مرحله خشک و تر شدن در سطح آماری ۱٪ معنی‌دار شد. بیشترین روز رسیدن به ترک در روند خشک شدن (۳۱/۱۴ روز) مربوط به ۸ تن در هکتار زئولیت در مرحله T3 و کمترین تعداد روز رسیدن به ترک در روند خشک شدن (۳/۴ روز) مربوط به ۸ تن در هکتار زئولیت در مرحله T1 بود (جدول ۱۰). نتایج جدول ۱۱ نشان می‌دهد که زئولیت در مرحله تر شدن به دلیل جذب رطوبت باعث تسریع در از بین رفتن ترک می‌گردد.

نتایج جدول ۴ و ۵ نشان داد که اثر متقابل سطوح کاه و کلش و فاکتور ترک بر تعداد روز رسیدن به ترک در مرحله خشک شدن و بر زمان لازم برای از بین رفتن ترک در مرحله تر شدن در سطح آماری ۱٪ معنی‌دار شد. بیشترین و کمترین تعداد روز رسیدن به ترک در روند خشک به ترتیب مربوط به یک درصد بقایای گیاهی در مرحله T3 و تیمار شاهد در مرحله T1 بود (جدول ۸). اضافه کردن ۰/۵ درصد بقایای گیاهی روز رسیدن به ترک T2 را ۲ روز نسبت به شاهد جلو انداخته است، در حالی که اضافه کردن ۱ و ۱/۵ درصد بقایای گیاهی روز رسیدن به ترک T2 را به ترتیب ۸ و ۹ روز نسبت به تیمار شاهد به تأخیر انداخته است (جدول ۸).

نتایج جدول ۹ نشان داد که در مرحله تر شدن، رسیدن به ترک W1 و W2 در تیمارهای ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد بقایای گیاهی نسبت به تیمار شاهد زودتر اتفاق افتاد و به بیان ساده‌تر اضافه کردن بقایای گیاهی باعث تسریع در انقباض خاک در مرحله تر شدن گردید. همان‌گونه که در جدول ۸ دیده می‌شود، ترک نهایی (T3) بعد از ۳۰ روز اتفاق افتاده است، اما در مرحله‌ی تر برای بازگشت خاک به حالت اولیه (برای این که ترک کاملاً از بین برود) تقریباً به ۲ ماه و نیم وقت نیاز است (جدول ۹). به عبارتی سرعت انقباض و انبساط خاک با هم

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل کاه و کلش و فاکتور ترک بر تعداد روز رسیدن به ترک در مرحله خشک شدن

سطوح مختلف کاه و کلش				مراحل رطوبتی	
صفر (درصد)		+۰/۵ (درصد)		۱ (درصد)	
۲/۱۵ ^k	۳/۱۵ ^j	۳/۱۵ ^j	۵/۱۵ ⁱ	T1	
۱۲/۹۰ ^g	۱۰/۴۰ ^h	۲۱/۱۵ ^e	۲۰/۱۵ ^f	T2	
۲۸/۱۵ ^d	۲۸/۶۵ ^c	۳۲/۹۰ ^a	۳۲/۱۴ ^b	T3	

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

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر متقابل کاه و کلش و فاکتور ترک بر زمان لازم برای از بین رفتن ترک در مرحله تر شدن

سطوح مختلف کاه و کلش (تن در هکتار)				مراحل رطوبتی	
صفر (درصد)		+۰/۵ (درصد)		۱ (درصد)	
۶۳/۸۱ ^c	۵۸/۰۶ ^e	۴۸/۳۱ ^g	۴۲/۸۵ ^h	W1	
۸۳/۸۱ ^a	۷۸/۰۶ ^b	۶۳/۳۲ ^d	۵۱/۵۸ ^f	W2	

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

جدول ۱۰- مقایسه میانگین اثر متقابل زئولیت و فاکتور ترک بر تعداد روز رسیدن به ترک در مرحله خشک شدن

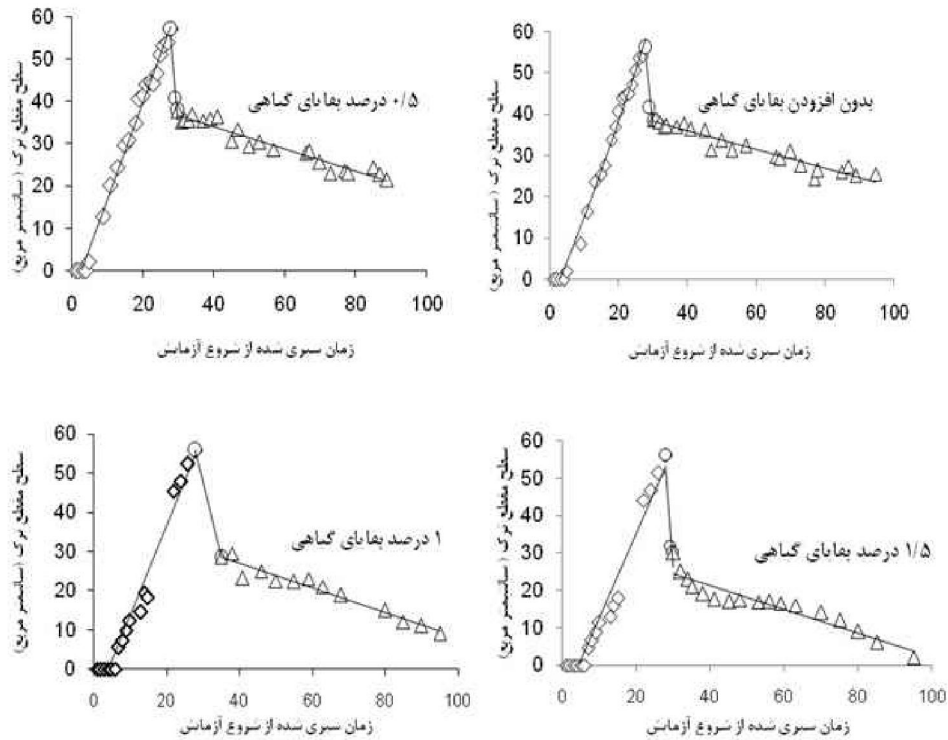
مراحل رطوبتی	سطوح مختلف زئولیت (تن در هکتار)			
	صفر	۸	۱۶	۲۴
T ₁	۳/۴ ^h	۳/۴ ^h	۳/۴ ^h	۳/۴ ^h
T ₂	۱۵/۹ ^g	۱۶/۴ ^e	۱۶/۱۵ ^f	۱۶/۱۵ ^f
T ₃	۳۰/۱۵ ^c	۳۱/۱۴ ^a	۳۰/۹ ^b	۲۹/۶۵ ^d

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

جدول ۱۱- مقایسه میانگین اثر متقابل زئولیت و فاکتور ترک بر زمان لازم برای از بین رفتن ترک در مرحله تر شدن

مراحل رطوبتی	سطوح مختلف زئولیت (تن در هکتار)			
	صفر	۸	۱۶	۲۴
W ₁	۵۵/۳۲ ^e	۵۶/۸۱ ^e	۵۰/۳۳ ^h	۵۰/۵۷ ^g
W ₂	۷۰/۳۱ ^b	۷۳/۰۶ ^a	۶۶/۵۸ ^d	۶۶/۸۲ ^c

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



شکل ۱- روند تغییرات سطح مقطع ترک در سبک خشک و تر شدن در سطوح مختلف بقایای گیاهی

۲- سپس با شروع مرحله تر شدن خاک، افت ناگهانی در سطح مقطع ترک به مدت ۲ روز دیده می شود (فاز دوم)، یا به عبارتی خاک ترک خورده به محض تر شدن دچار انبساط می گردد، ولی این انبساط در کوتاه مدت به مقداری نیست که ترک ها در سطح خاک از بین بروند.

۳- در نهایت فاز سوم عبارتست از یک روند کاهشی با شیب

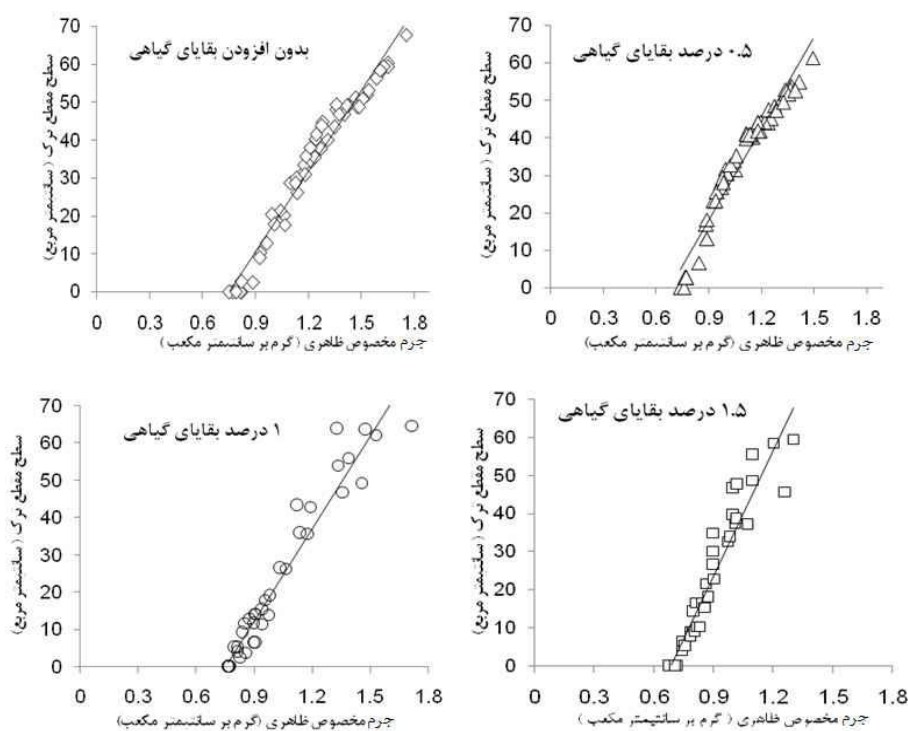
تغییرات مساحت ترک در طول انجام آزمایش بررسی شد، این تغییرات دارای سه فاز بود که عبارتند از:

۱- فاز اول یک روند افزایشی را در مرحله خشک شدن خاک نشان می دهد، به طوری که سطح مقطع ترک با شیب بسیار تندی در یک دوره ۳۰ روزه افزایش می یابد تا به ماکزیمم مقدار خود (۶۰ سانتی متر مربع) بعد از گذشت یک ماه می رسد.

ترک‌ها، بدون هیچ انبساط خاک، هدر می‌رود. معادلات حاکم در فاز اول، دوم و سوم بین سطح مقطع ترک و زمان از همبستگی بالایی برخوردار بودند (جدول ۱۲)، لازم به ذکر است که در معادلات ارائه شده در جدول ۱۲، A_S سطح مقطع ترک (سانتی‌متر مربع) و t زمان سپری شده از شروع آزمایش بر حسب روز می‌باشد. همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌گردد با افزایش سطح مقطع ترک، جرم مخصوص ظاهری به طور خطی افزایش می‌یابد، با توجه به جدول ۱۳ رابطه بین جرم مخصوص ظاهری و سطح مقطع ترک از همبستگی بالایی برخوردار است. که نتایج حاصل از این تحقیق نیز با نتایج تحقیقات مصدقی و همکاران (۶)، جعفری (۳) و مؤذنی (۷) هم‌خوانی دارد.

بسیار کم که در مرحله تر شدن اتفاق می‌افتد، که در حدود ۳ ماه به طول انجامید (شکل ۱).

با توجه به شکل ۱ افزودن بقایای گیاهی نه تنها موجب می‌گردد سطح مقطع ترک در فاز دوم دچار افت شدیدتری شود بلکه باعث می‌شود سطح مقطع ترک در فاز سوم با شیب بیشتری کاهش یابد و در نهایت در تیمار حاوی ۱/۵ درصد بقایای گیاهی بعد از گذشت ۳ ماه ترک کاملاً از بین برود، ولی در تیمار شاهد حتی بعد از گذشت چندین ماه ترک از بین نرفت. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت افزودن بقایای گیاهی به خاک موجب تسریع در بازگشت خاک به حالت اولیه شود. اسلام و همکاران (۱۹) نیز طی تحقیقات خود نشان دادند ترک‌های موجود در خاک‌های پادلینگ شده تقریباً در ۱۵ روز خشکی برگشت‌ناپذیر می‌شوند و نزدیک به تمامی حجم آب کاربردی از میان



شکل ۲- روابط بین جرم مخصوص ظاهری و سطح مقطع ترک در سطوح مختلف بقایای گیاهی

جدول ۱۲- روابط حاکم بین سطح مقطع ترک 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	
$A_S = 2.291t - 7.165$	$A_S = 2.27t - 5.799$	$A_S = 2.287t - 9.496$	$A_S = 2.255t - 9.872$	فاز اول
$R^2 = 0.989$	$R^2 = 0.991$	$R^2 = 0.965$	$R^2 = 0.957$	
$A_S = -8.78t + 300.1$	$A_S = -9.595t + 323.5$	$A_S = -3.89t + 164.7$	$A_S = -13.06t + 418.1$	فاز دوم
$R^2 = 0.88$	$R^2 = 0.865$	$R^2 = 1$	$R^2 = 0.807$	
$A_S = -0.223t + 44.92$	$A_S = -0.264t + 44.70$	$A_S = -0.312t + 39.44$	$A_S = -0.316t + 33.90$	فاز سوم
$R^2 = 0.923$	$R^2 = 0.935$	$R^2 = 0.95$	$R^2 = 0.885$	

جدول ۱۳ - معادلات حاکم بین مخصوص ظاهری و سطح مقطع ترک

بدون افزودن بقایای گیاهی	۵/۰ درصد بقایای گیاهی	۱ درصد بقایای گیاهی	۵/۰ درصد بقایای گیاهی	۱/۵ درصد بقایای گیاهی
$A_s = 71.09(\rho_b) - 53.33$	$A_s = 81.53(\rho_b) - 55.24$	$A_s = 82.40(\rho_b) - 61.71$	$A_s = 110.0(\rho_b) - 75.30$	
$R^2 = 0.966$	$R^2 = 0.949$	$R^2 = 0.936$	$R^2 = 0.904$	

نتیجه گیری

سیکل خشک و تر شدن به مقدار اولیه خود باز نگشته است. در نهایت می توان نتیجه گرفت افزودن بقایای گیاهی به خاک، سبب از بین رفتن ترک های موجود و بازگشت خاک به حالت اولیه می گردد.

سپاسگزاری

این پژوهش با همکاری صمیمانه مسئولان مؤسسه تحقیقات برنج کشور در شهر رشت انجام شده است که بدینوسیله از آنها تشکر و قدردانی به عمل می آید.

افزودن سطوح بالای بقایای گیاهی سبب به تأخیر انداختن بروز ترک با عرض معین در روند خشک می گردد، این در حالی است که افزودن زئولیت تأثیر چشمگیری در به تأخیر انداختن ترک در روند خشک نداشته است. نتایج نشان داد که روابط حاکم بین جرم مخصوص ظاهری و سطح مقطع ترک، از همبستگی بالایی برخوردار است و با افزایش سطح مقطع ترک، جرم مخصوص ظاهری روند افزایشی دارد. هم چنین سطح مقطع ترک در تیمار شاهد بعد از یک

منابع

- ۱- آزمسا س.ل. و رشتچی ل. ۱۳۸۴. مجموعه تجربیات شرکت بهره برداری از شبکه های آبیاری و زهکشی گیلان در مدیریت بحران. کارگاه آموزش مدیریت آب در شالیزار، مؤسسه تحقیقات برنج کشور.
- ۲- پذیرا ا. و سیادت ح. ۱۳۶۶. مدیریت آبیاری در شالیزارها. وزارت کشاورزی سازمان تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره ۵۲۴۵.
- ۳- جعفری ف. ۱۳۸۶. مدیریت آبیاری در خاک های ترک دار شالیزاری. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی اصفهان.
- ۴- رضایی م. و نحوی م. ۱۳۸۲. اثر دور آبیاری بر مقدار مصرف آب و عملکرد برنج در گیلان. یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران، ص ۲۳۳-۲۴۰.
- ۵- رفیع م.ج. ۱۳۷۰. فیزیک خاک. انتشارات دانشگاه تهران.
- ۶- مصدقی م.، همت ع. و حاج عباسی م. ۱۳۸۲. تغییرات برخی ویژگی های فیزیکی و مکانیکی خاک با ساختمان ناپایدار پس از آبیاری غرقابی. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۷(۱): ۹۱-۱۰۵.
- ۷- مؤذنی م. ۱۳۸۷. تأثیر مواد آلی بر خواص هیدرولیکی خاک های شالیزاری استان گیلان. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی. دانشگاه صنعتی اصفهان.
- 8- Bell M.G., Moody P.W., Connolly R.D., and Bridge B.J. 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- Bandyopadhyay K.K., Mohanty M., Painuli D.K., Misra A.K., Hati K.M., Mandal K.G., Ghosh P.K., Chaudhary R.S., and Acharya C.L. 2003. Influence of tillage and nutrient management on crack parameters in a vertisol of central India. *Soil Till. Res.* 71: 133-142.
- 10- Bethune M., and Turrall H. 2001. Modeling water movement in cracking soils: in: M. Bethune and M. Kirby (Eds.), Modeling water movement in cracking soils Workshop. A review. Proc., 16-17 May, Melbourne, Victoria, PP. 29-42.
- 11- Bhushan L., and Sharma P.K. 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.
- 12- Boivin P., Garnier P., and Tessier D. 2004. Relationship between clay content, clay type, and shrinkage properties of soil samples. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 1145-1153.
- 13- Chertkov V.Y. 2000. Using surface crack spacing to predict crack network geometry in swelling soils. *Soil Sci. Am. J.* 64:1918-1921.
- 14- Chertkov V.Y., and Ravina I. 1998. Modeling the crack network of swelling clay soils. *Soil Sci. Am. J.* 62:1162-1171.

- 15- Chertkov V.Y., and Ravina I. 1999. Modeling the hydraulic conductivity of soils with capacity shrinkage cracks. Fall meeting search results, *AGU*.
- 16- Chertkov V.Y., and Ravina I. 2000. Shrinkage-swelling phenomenon of clay soils attributed to capillary-crack network. *Theoretical Applied Fracture Mechanics* 34:61-71.
- 17- Ferguson G.A., and Pepper I.L. 1987. Ammonium retention in sand with clinoptilolite. *Soil Sci. Am. J.* 51: 231-234.
- 18- Islam M.J., Mowla G., Parul S.S., Alam M.Z., and Islam M.S. 2004. Management of cracking puddle soils and its impact on infiltration. *J. Biolig. Sci.* 4:21-26.
- 19- Islam M.J., Mowla G., Islam M.S., and Leeds-Harrison P.B. 2003. Model for efficient use of limited water for rice production. *Pakistan J. Biolog. Sci.* 6: 1600-1607.
- 20- Martens D.A., and Frankenberger J. 1992. Modification of infiltration rates in an organic-amended irrigated soil. *Agron. J.* 84:707-717.
- 21- Mostafazadeh B., and Malano H.M. 1996. Infiltration in cracking clay soils as affected by initial soil moisture content. *Iran Agri. Res.* 15: 133-154.
- 22- Novak V. 1999. Soil – crack characteristics-estimation methods applied to heavy soils in the Nopex area. *Agric Forest Meteorology* 98-99: 501-507.
- 23- Ou Z.Q., Jia L.Q., Jin H.Y., Kettrup A., and Sun T.H. 1999. Formation of soil macro pores and preferential migration of linear alkylbenzene sulfonate (LAS) in soils. *Chemosphere* 38: 1985-1996.
- 24- Yaalon D.H., and Kalmar D. 1972. Vertical movement in an undisturbed soil: Continues measurement of swelling and shrinkage with sensitive apparatus. *Geoderma* 8:231-240.
- 25- Yaalon D.H., and Kalmar D. 1984. Extend and dynamics of cracking in a heavy clay soil with xeric moisture regime. In: J. Bouma and P. A. C. Raats (Eds.), *Proceedings of the ISSS Symposium on Water and Solute Movement in Heavy clay Soils*, Wageningen, The Netherlands, August 27-31. 1984. ILRI, Wageningen, the Netherlands, PP. 45-48.
- 26- Zein el Abedine, A and G.H. Robinson. 1971. A study on cracking in some vertisols of the Sudan. *Geoderma* 5 (3): 229-241.



The Role of Rice Straw and Zeolite Cracked Paddy Soil Improvement

M. Alizadeh^{1*} - F. Mirzaei² - T. Sohrabi³ - M. Kavosi⁴ - M.R. Yazdani⁵

Received: 09-06-2012

Accepted: 27-01-2013

Abstract

Water management in cracked paddy soils is an important issue in rice cultivation. In order to investigate the effect of rice straw and zeolite and their interaction effect on the physical condition of soils of paddy fields and prevention of crack, rice straw factor at four levels (0, 0.5, 1 and 1.5 percent) zeolite factor at four levels (0, 8, 16 and 24 tons per hectare) and also moisture stages of soil which are wet and dry stages at 5 levels which have been studied in three replication as factorial based on the complete randomized block design in Rice Research Institute of Iran. Soil distance from the wall of the container, the width of cracks, a few days to reach the crack with a certain width, bulk density and surface cracks were measured. Results showed that adding high levels of residue to delay the occurrence of cracks. However, the addition of zeolite has no significant effect in delaying the cracks. The relationship between bulk density and surface cracks that follow the linear equation, With increasing cracks surface, bulk density is increased. Finally, Can be concluded that the addition of plant residues, causing disappearance of existing cracks and returned to the soil to be the initial state.

Keywords: Zeolite, Plant residues, Paddy Soil, Crack

1,2,3,5- Gratuated MSc Student, Assistant Professor, Professor and PhD Student, Department of Irrigation, Natural Resources and Agriculture College, University of Tehran (Karaj), Respectively
(* - Corresponding Author Email: malizadeh87@gmail.com)
4- Associate Professor in Rice Research Institute of Iran