

اثرات تغییر تناوب های زراعی گندم- آیش و گندم - نخود به کشت ممتد گندم بر

خصوصیات فیزیکی مرتبط با فاکتور فرسایش پذیری خاک

مهدی رحمتی^{۱*}، محمدرضا نیشابوری، شاهین اوستان و ولی فیضی اصل

دانشجوی دکتری فیزیک و حفاظت خاک، دانشگاه تبریز؛ mehdirmti@gmail.com

عضو هیأت علمی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز؛ neyshmr@hotmail.com

عضو هیأت علمی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز؛ oustan@hotmail.com

عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه؛ v_feiziasl@yahoo.com

چکیده

برای مطالعه اثرات تغییر تناوب های زراعی متداول به کشت ممتد گندم بر فاکتور فرسایش پذیری خاک (K) در اراضی دیم کشاورزی، سه سری خاک سهند (فلوتتیک هاپلوزریتس)، رگل آباد (تیپیک کلسیزریتس) و داراب (کلسیک هاپلوزریتس) در دیمزارهای منطقه مراغه- هشتروند انتخاب گردید. سه تیمار تناوب زراعی شامل: کشت ممتد گندم (T1) - نخود (T2) و گندم- آیش (T3) به مدت پنج سال زراعی از پاییز سال ۱۳۸۲ تا تابستان ۱۳۸۷ در مکان های مورد نظر اعمال شدند. خرداد سال ۱۳۸۷ نمونه های دست خورده و دست نخورده از مزارع تهیه شد. در نمونه های تهیه شده، یکسری از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مانند کربن آلی (OC)، آهک (CCE)، جرم مخصوص ظاهری (D_b)، پایداری خاکدانه ها (WAS)، سرعت نفوذپذیری (IR) و بافت اندازه گیری شد. فاکتور فرسایش پذیری خاک با استفاده از رابطه رگرسیونی ارائه شده و پارامترهای اندازه گیری شده، برآورد گردید. شاخص WAS در T3 (۷۱/۵۴٪) به طور معنی داری ($P < 0.05$) بیشتر از T1 (۵۸/۸۹٪) و T2 (۵۹/۲۴٪) و مقدار IR در T1 ($2/0.1 \text{ cm hr}^{-1}$) به طور معنی داری ($P < 0.05$) کمتر از T2 ($4/89 \text{ cm hr}^{-1}$) و T3 ($5/27 \text{ cm hr}^{-1}$) بود. فاکتور فرسایش پذیری خاک به صورت معنی داری ($P < 0.05$) در T1 ($0/0.0681 \text{ t h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) نسبت به T2 ($0/0.0299 \text{ t h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) و T3 ($0/0.0223 \text{ t h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) افزایش یافت. تیمارهای تناوب زراعی تأثیر معنی داری بر مقادیر OC، CCE و D_b نداشتند. بر اساس نتایج بدست آمده، تغییر تناوب های زراعی گندم- آیش و گندم- نخود به کشت ممتد گندم در مزارع مورد مطالعه، سرانجام به افزایش رواناب و فرسایش خاک منجر شده و بنابراین اقدام درستی به نظر نمی رسد.

واژه های کلیدی: پایداری خاکدانه ها، تناوب زراعی، فرسایش پذیری خاک، سرعت نفوذپذیری خاک و USLE

مقدمه

در برآورد اقتصادی حفاظت خاک در کنیا به این نتیجه رسیدند که کنترل فرسایش خاک تحت شرایط طبیعی برای رسیدن به سطوح تولیدات رایج کشاورزی نقش کلیدی دارد (پاجیولا، ۱۹۹۰). فرسایش در آمریکا با

فرسایش خاک یکی از مهمترین مشکلات محیطی اراضی کشاورزی و منابع طبیعی در جهان می باشد که هم یک سری مشکلات اقتصادی را در پی دارد و هم توسعه توسعه پایدار را با مشکل روبرو می سازد (جیانپینگ، ۱۹۹۹).

۱- نویسنده مسئول، آدرس: آذربایجان شرقی، تبریز، خیابان ۲۹ بهمن، میدان دانشگاه، دانشگاه تبریز، دانشکده کشاورزی، گروه

خاکشناسی، کد پستی ۵۱۶۶۶-۱۶۴۷۱

* دریافت: ۸۷/۱۱/۹ و پذیرش: ۸۹/۳/۱۷

کشت ممتد یک محصول مانند گندم و جو اغلب موجب کاهش کربن آلی و نفوذپذیری خاک نسبت به آب و هوا می‌گردد (کمپر، ۱۹۹۳). این امر ممکن است به خاطر کاهش پایداری خاکدانه‌ها، پراکنده شدن ذرات و یا انسداد سطحی^۳ باشد. کاربری اراضی به عنوان یک فاکتور مهم و مسئول برای توضیح تغییرات ضریب آبگذری غیر اشباع خاک می‌باشد (شوارتز و همکاران، ۲۰۰۰). لال و همکاران (۱۹۹۴) در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که تناوب زراعی اثرات معنی داری بر D_b ، WAS و OC دارد. امروزه اکثر کشاورزان بخصوص کشاورزان منطقه مراغه- هشتروند بنا به دلایل اقتصادی و راحتی کشت و کار بجای اعمال تناوب های زراعی مناسب و متداول، هر ساله مزارع خود را زیر کشت گندم می‌برند. از آنجائی که این کار می‌تواند منشا یکسری تغییرات در خصوصیات فیزیکی و بخصوص فرسایش خاک باشد، لذا در تحقیق حاضر به بررسی اثرات آن بر یکسری از خصوصیات فیزیکی خاک که در فرسایش پذیری خاک نقش اساسی دارند، پرداخته شده است.

مواد و روش ها

مشخصات سه مکان انجام آزمایش

محل اجرای طرح (منطقه مراغه- هشتروند) در ارتفاعات کوه سهند، در استان آذربایجان شرقی، شمال غرب ایران، بین 37° تا 30° 37° عرض شمالی و بین 45° تا 30° 46° طول شرقی قرار دارد (شکل ۱). بر اساس آمار بلند مدت هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه، گرمترین ماه سال (مرداد) دارای میانگین حداکثر دمای $28/4$ درجه سانتی‌گراد و سردترین آن (دی) دارای میانگین حداقل دمای $8/1$ - درجه سانتی‌گراد می‌باشد. رژیم حرارتی و رطوبتی منطقه به ترتیب مزیک و زیریک است (بنائی، ۱۳۷۷). مکان‌های انتخاب شده (بلوک شماره ۱، ۲ و ۳) به ترتیب دارای سری‌های خاک سهند (فلونتیک هاپلوزرپت^۴)، رچل آباد (تیپیک کلسیزرپت^۵) و داراب (کلسیک هاپلوزرپت^۶) با متوسط شیب ۸-، ۵-، ۸-، ۵- و ۲- درصد (سید قیاسی، ۱۳۷۰ و حکیمی، ۱۳۶۸) بوده و متوسط بارندگی سال زراعی به ترتیب ۳۵۳، ۳۵۳ و ۳۲۲ میلی‌متر است. مکان‌ها به ترتیب در ۱۵، ۲۵ و ۵۰ کیلو متری شمال شرقی شهرستان مراغه و در مسیر جاده مراغه- هشتروند قرار دارند (شکل ۱).

استفاده از معادله جهانی فرسایش خاک^۱ (USLE) برآورد می‌شود (ویشمایر و اسمیت، ۱۹۷۸). مدل USLE فاکتورهای: فرسایش دهندگی باران (R)، فرسایش پذیری خاک^۲ (K)، طول شیب (L)، تندی شیب (S)، مدیریت زراعی (C) و مدیریت حفاظت خاک (P) را در بر می‌گیرد. مقدار K در مدل USLE با استفاده از بافت، ماده آلی، ساختمان و نفوذپذیری خاک برآورد می‌گردد (ویشمایر و اسمیت، ۱۹۷۸). علاوه بر این روش شیوه‌های مختلفی توسط محققین دیگر جهت برآورد فاکتور فرسایش پذیری ارائه شده است (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۴ و آنجیما و همکاران، ۲۰۰۳). اخیراً واعظی و همکاران (۲۰۰۸) نیز دو رابطه رگرسیونی جهت برآورد فاکتور فرسایش پذیری خاک در خاک‌های آهکی شمالغرب ایران ارائه کردند.

مدیریت زراعی و اراضی از مهمترین فاکتورهای کنترل کننده فرسایش خاک در مزارع کشت ردیفی می‌باشد. مدیریت های منتهی به تجمع ماده آلی، خصوصیات سطحی خاک مانند پایداری خاکدانه‌ها، میزان جدایش ذرات در اثر پاشمان و مقاومت خاک در مقابل قدرت برندگی باران را بهبود می‌دهند (کلمنت و ویلیامز، ۱۹۵۸، مکرای و مهیوس، ۱۹۸۵ و گانتزر و همکاران، ۱۹۸۷). خصوصیات خاک اثرگذار در K در مدل RUSLE (مدل اصلاح یافته USLE) در دو دسته گروه‌بندی می‌شوند: خصوصیات که بر سرعت نفوذپذیری و ظرفیت نگهداری آب خاک تأثیر می‌گذارند و خصوصیات که پراکندگی و قابلیت جدا شدن، ساییش و حرکت ذرات خاک به وسیله باران و رواناب را کنترل می‌نمایند (ویشمایر و مانرینگ، ۱۹۶۹؛ سرویس حفاظت خاک، ۱۹۹۵؛ رنارد و همکاران، ۱۹۹۷ و هیات مطالعه خاک، ۲۰۰۶). بافت، ماده آلی، اندازه و پایداری ساختمان خاکدانه‌ها در لایه‌های بدون پوشش، نفوذپذیری خاک سطحی و عمق لایه غیر قابل نفوذ از مهمترین خصوصیات خاک می‌باشند. ذرات شن ریز و سیلت به جدا شدن و انتقال خیلی حساس هستند (ویشمایر و مانرینگ، ۱۹۶۹). ماده آلی خاک خاکدانه‌سازی و توزیع اندازه ذرات آنها و نفوذپذیری خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد (استیونسون، ۱۹۸۵). تغییر در پیوستگی، اندازه و وسعت خلل و فرج خاک، هرچند که ممکن است اثر پایداری نداشته باشد، ولی خصوصیات هیدرولیکی سطحی خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد (آنکنی و همکاران، ۱۹۹۰؛ داو، ۱۹۹۳ و جونز و همکاران، ۱۹۹۴).

3- Surface Sealing
4- Fluventic Haploxerepts
5- Typic Calcixerepts
6- Calcic Haploxerepts

1- Universal soil loss equation (USLE)
2- Soil Erodibility Factor

$$K = 0.0123 - 5/7 \times 10^{-5} CC - 5/2 \times 10^{-5} CCE - 0.00129 IR \quad (R^2=0.84)$$

K فاکتور فرسایش پذیری خاک ($t h MJ^{-1} mm^{-1}$)، CC درصد رس خاک، CCE درصد کربنات کلسیم معادل و IR سرعت نفوذپذیری خاک ($cm h^{-1}$) می‌باشد. در برآورد فاکتور K، درصد رس و آهک خاک که در سه عمق جداگانه اندازه گیری شده بودند با استفاده از معدل گیری وزنی به کل ۳۰ سانتیمتر خاک تعمیم داده شد.

نتایج و بحث

بافت و خصوصیات عمومی خاک

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک سه بلوک در جدول ۱ گزارش شده است. کلاس بافت خاک بلوک‌ها (۱، ۲ و ۳) به ترتیب لومرسی با میانگین درصد رس و سیلت ۳۴/۹۴ و ۳۵/۴۱، رسی با میانگین درصد رس و سیلت ۴۹/۲۸ و ۲۱/۵۱ و رسی با میانگین درصد رس و سیلت ۴۳/۳۰ و ۳۶/۶۷ بود. تجزیه آماری درصد آهک خاک (CCE) عدم وجود اختلاف معنی‌دار در بین مزارع (تیمارها) موجود در یک بلوک را نشان می‌دهد (جدول ۳). عدم وجود اختلاف معنی‌دار در مقادیر آهک خاک در بین تیمارهای داخل هر بلوک، یکسان بودن کلاس بافت خاک آنها و همچنین مشابه بودن اقلیم آب و هوایی در هر مکان، به عنوان یک نقطه قوت است به این معنا که هر تغییر احتمالی در پارامترهای اندازه‌گیری شده که متعاقباً بحث خواهد شد، صرفاً در اثر اعمال تیمارها بوده است.

ماده آلی خاک

مکان‌های مورد مطالعه از لحاظ ماده آلی در حد متوسطی قرار داشتند. نتایج نشانگر عدم وجود اختلاف معنی‌داری در بین تیمارها و وجود اختلاف معنی‌دار ($p < 0.05$) در بین بلوک‌ها از نظر کربن آلی خاک بود (جدول ۳ و ۴). این یافته‌ها مغایر با نتایج گزارش شده توسط لال و همکاران (۱۹۹۴) است که نشان داده‌اند که کشت ممتد ذرت سبب افزایش کربن آلی خاک در مقایسه با تناوب های ذرت- سویا و ذرت- یولاف- انواع چمن در طول مدت ۲۸ سال شد. در پژوهش دیگر نیز که به مدت ۷ سال و با ۹ تناوب مختلف از پنبه، سورگوم و سویا به اجرا درآمد، نشان داده شد که اعمال تناوب‌های زراعی مختلف منجر به افزایش کربن آلی خاک می‌شود (آزودو و همکاران، ۱۹۹۹). انتظار می‌رفت که در تحقیق حاضر نیز مقدار کربن آلی خاک در تیمارهای گندم- آیش و گندم- نخود افزایش نشان دهد. از دلایل احتمالی مغایرت یافته‌ها می‌تواند کوتاه بودن مدت زمان اعمال تیمارها (۵ سال) و همچنین کم بودن مقدار بقایای گیاهی به صورت طبیعی در شرایط دیم اشاره کرد. به نظر می‌رسد که مقدار ماده آلی

تیمارها و قالب آماری طرح

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و به صورت چند مشاهده‌ای با ۳ تیمار تناوب زراعی، شامل: کشت ممتد گندم (T1)، گندم- نخود (T2) و گندم- آیش (T3) به مدت پنج سال زراعی (۸۷-۱۳۸۲) و در هر سه مکان انتخاب شده به اجرا در آمد. در هر مزرعه اقدام به تهیه سه نمونه گردید. در آخرین سال زراعی پژوهش (۸۷-۸۶)، تیمارهای آزمایشی در تمامی مکان‌ها به صورت یکنواخت و با مدیریت‌های مشابه زیر کشت گندم دیم رفت. برای انجام تجزیه‌های آماری از نرم‌افزار SPSS 13، جهت تشخیص نرمال بودن داده‌ها از تست کولماگرو- اسمیرنوف و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد.

اندازه‌گیری خصوصیات خاک

نمونه‌های خاک به صورت تصادفی از اعماق ۰-۱۰، ۱۰-۲۰ و ۲۰-۳۰ سانتیمتری تهیه شد. نمونه‌ها پس از هوا خشک شدن، با غربال دو میلیمتری الک شده و جهت اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مورد نظر به آزمایشگاه خاک منتقل شدند. نمونه‌های دست نخورده نیز از همان اعماق با استفاده از استوانه‌های نمونه برداری (قطر ۵/۶ و ارتفاع ۴ سانتیمتر) و حفره پروفیل تهیه شد. توزیع اندازه ذرات خاک شامل بخش شن ($mm < 0.05$)، سیلت ($0.05 - 0.075$ mm) و رس ($mm < 0.002$) به روش هیدرومتر (گی، ۲۰۰۲)، مقدار کربن آلی خاک به روش والکل و بلک (نلسون و سامر، ۱۹۸۲) و کربنات کلسیم معادل به روش خشی سازی با اسید (جکسون، ۱۹۵۸) اندازه‌گیری شد. ضریب آبگذری اشباع خاک (K_s) به روش بار افتان (کلوت و دیرکسون، ۱۹۸۶) در نمونه‌های دست نخورده تعیین و به وسیله میانگین وزنی به کل ۳۰ سانتیمتر (معادل سرعت نفوذپذیری خاک) تعمیم داده شد. پایداری خاکدانه‌ها به روش الک تر (کمپر و چپیل، ۱۹۶۵) در بین خاکدانه‌های ۱-۲ میلی متری خاک تعیین گردید.

برآورد فاکتور فرسایش پذیری خاک

فاکتور فرسایش پذیری خاک (K) با استفاده از معادله زیر، ارائه شده توسط واعظی و همکاران (۲۰۰۷) محاسبه گردید. رابطه زیر در دیمزارهای هشتترو در شرایط مشابه با مکان‌های انتخاب شده در تحقیق حاضر به دست آمده است که از اعتبار کافی برخوردار می‌باشد.

نفوذپذیری خاک

تجزیه آماری مقادیر سرعت نفوذپذیری خاک (IR) وجود اختلاف معنی دار بین تیمار T1 با تیمارهای T2 و T3 را نشان داد (جدول ۳). کمترین مقدار IR در تیمار T1 ثبت شد که به طور معنی داری ($p < 0.05$) با دو تیمار دیگر اختلاف داشت (جدول ۴). این نتیجه با نتایج کاستاویرو و همکاران (۲۰۰۲) مشابه می باشد. علت کاهش IR در T1 نسبت به T2 و T3 می تواند به خاطر پسرفت ساختمان خاک و فشرده شدن خاک در اثر کشت ممتد گندم باشد. کاهش شاخص WAS و افزایش D_b (جدول ۴) نیز نشانگر تضعیف ساختمان خاک و فشرده گی آن در مزارع تحت کشت تیمارهای گندم ممتد می باشد. در بین بلوک ها اختلاف معنی داری از لحاظ IR وجود نداشت که این امر با توجه به اینکه D_b و WAS، به عنوان مهمترین پارامترهای تأثیرگذار در IR، تفاوت معنی داری در بین بلوک ها نداشتند و همچنین مشابهت بافت خاک بلوک ها قابل تفسیر می باشد.

فاکتور فرسایش پذیری خاک

داده های حاصل از برآورد فاکتور فرسایش پذیری خاک (K) در جدول ۲ آورده شده است. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین تیمارها وجود اختلاف معنی دار بین تیمار T1 با تیمارهای T2 و T3 را نشان داد (جدول ۳). بیشترین مقدار K در تیمار T1 ثبت شد که به طور معنی داری با دو تیمار دیگر متفاوت بود (شکل ۲). این یافته ها با نتایج گزارش شده توسط راجمن و همکاران (۲۰۰۳) مطابقت دارد. علت افزایش حساسیت خاک به فرسایش پذیری در تیمار کشت ممتد گندم را می توان ناشی از پسرفت ساختمان خاک و متراکم شدن آن در اثر کشت ممتد گندم دانست. نتایج بدست آمده برای D_b ، WAS و IR (جدول ۴) دلیلی بر این ادعا می باشد. واعظی و همکاران (۲۰۰۷) و کمپر و همکاران (۱۹۹۳) نیز گزارش کرده اند که فرسایش پذیری خاک در اثر افزایش WAS و IR کاهش میابد. همچنین چارمن و مورفی (۲۰۰۰) نیز نشان دادند که خاکدانه های سطحی می تواند فرسایش پذیری را کاهش دهد.

نتیجه گیری

تغییر سیستم های تناوب زراعی رایج (گندم- نخود و گندم- آیش) به کشت ممتد گندم در کوتاه مدت (۵ سال) WAS، IR و تبع آنها K را به طور معنی داری ($p < 0.05$) تحت تأثیر قرار داد به طوری که بیشترین مقدار فرسایش پذیری خاک در تیمار کشت ممتد گندم ثبت شد. بنابراین کشت ممتد یک محصول در طولانی حتی اگر از

در تناوب زراعی با مقدار بقایای محصول برگردانده شده در ارتباط باشد. هر چه مقدار بقایای برگردانده شده بیشتر، مقدار ماده آلی بیشتر خواهد بود (دیک و همکاران، ۱۹۸۶).

جرم مخصوص ظاهری خاک

نتایج نشان می دهد که اختلاف معنی داری از نظر D_b در بین تیمارها و بلوک ها وجود ندارد (جدول ۳ و ۴). این نتیجه با نتایج بدست آمده توسط لال و همکاران (۱۹۹۴) که نشان دادند تناوب زراعی بر D_b تأثیر می گذارد، مغایر بوده ولی با نتایج راجمن و همکاران (۲۰۰۳) که نشان دادند تناوب زراعی اثری بر D_b ندارد، مشابه است. یکی از علل احتمالی این نتیجه، می تواند کوتاهی زمان اعمال تیمارها (۵ سال) باشد. البته شایان ذکر است که اگر چه اختلاف معنی داری از نظر D_b در بین تیمارها مشاهده نشد ولی افزایش D_b در T1 ($1/29 \text{ g cm}^{-3}$) نسبت به T2 ($1/16 \text{ g cm}^{-3}$) و T3 ($1/15 \text{ g cm}^{-3}$) قابل ملاحظه می باشد.

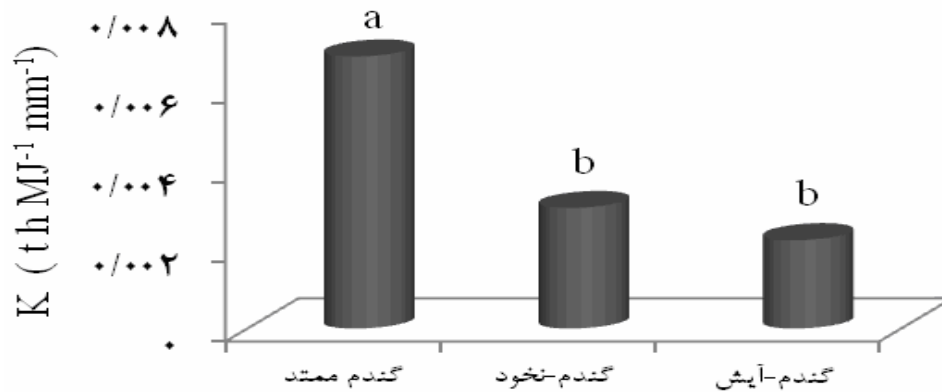
پایداری خاکدانه ها

از نظر پایداری خاکدانه ها (WAS) اختلاف معنی داری ($p < 0.05$) بین تیمار T3 با تیمارهای T1 و T2 وجود داشت. بیشترین مقدار WAS (خاکدانه های بزرگتر از 0.25 میلی متر) در تیمار T3 ثبت شد که به طور معنی داری با دو تیمار دیگر متفاوت بود (جدول ۳ و ۴). این یافته با نتایج به دست آمده توسط راجمن و همکاران (۲۰۰۳) مطابقت دارد. علت افزایش WAS در تیمار گندم- آیش می تواند بالا رفتن جزء هوموسی ماده آلی خاک باشد، هر چند که مقدار ماده آلی کل اندازه گیری شده اختلاف معنی داری را در بین تیمارها نشان نداد. عدم وجود اختلاف معنی دار در مقدار ماده آلی کل در بین تیمارها، لزوماً به معنای یکسان بودن بخش های مختلف ماده آلی نمی باشد (برمر و همکاران، ۲۰۰۸). در تناوب های گندم- آیش و گندم- نخود، مقدار ماده آلی هوموسی شده که بیشترین تأثیر را در خصوصیات ساختمانی خاک دارد، می تواند بیشتر از تناوب کشت ممتد گندم باشد. در تناوب گندم- آیش وجود زمان کافی در فصل آیش و در تناوب گندم- نخود فعالیت بیشتر میکروارگانیسم ها می تواند سبب افزایش هوموسی شدن ماده آلی در خاک شود. البته با این استدلال انتظار می رفت که این افزایش در پایداری خاکدانه ها در تیمار گندم- نخود نیز دیده شود که این چنین نشد (جدول ۴) و دلیل آن روشن نیست که احتمالاً به دلیل رشیه کن کردن نخود باعث تخریب ساختمان خاک می شود.

نظر اقتصادی نیز توجیه داشته باشد، در دراز مدت به تخریب خاک و اراضی دیمزارها منجر خواهد شد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی مکان ها و تیمارها



شکل ۲- مقایسه میانگین تیمارها برای فاکتور فرسایش پذیری خاک با آزمون دانکن ($p < 0.05$)

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک سه مکان آزمایش

متغیر	σ_g	d_g (mm)	SOM (%)	CCE (%)	T1			T2			T3		
					IR (cm hr ⁻¹)	WAS (%)	D_b (g cm ⁻⁶)	IR (cm hr ⁻¹)	WAS (%)	D_b (g cm ⁻³)	IR (cm hr ⁻¹)	WAS (%)	D_b (g cm ⁻³)
بلوک ۱	۱۵/۷۸	-/۰۲۶	-/۸۱	۸/۸۱	۵۴/۸	۱/۳۰	۱/۹۹	۵۲/۱	۵/۱۳	۱/۰۵	۷۳/۴۱	۷/۲۲	۱/۰۳
بلوک ۲	۱۹/۷۱	-/۰۱۵	-/۶۹	۹/۰۰	۵۷/۶۴	۱/۲۳	۲/۵۷	۵۹/۱۳	۴/۶۱	۱/۱۶	۶۵/۴۷	۴/۵۷	۱/۱۸
بلوک ۳	۱۳/۵۷	-/۰۱۴	-/۸۵	۱۸/۹۳	۶۴/۲۵	۱/۳۴	۱/۴۸	۶۶/۶۳	۴/۹۲	۱/۲۵	۷۵/۷۲	۴/۰۳	۱/۲۵
بلوک ۱	۱۶/۸۷	-/۰۴۴	۱/۲۲	۱۱/۲۵	۶۵/۲۶	۱/۳۲	۲/۴۲	۶۴/۰۴	۶/۶۴	۱/۲۱	۸۳/۲۹	۹/۲۱	۱/۰۷
بلوک ۲	۲۱/۰۵	-/۰۱۷	۱/۵۱	۱۹/۲۵	۷۶/۰۱	۱/۲۴	۳/۱۹	۷۳/۵۰	۵/۳۵	۱/۲۴	۷۶/۵۵	۶/۷۲	۱/۲۳
بلوک ۳	۱۵/۸۵	-/۰۱۹	۲/۰۵	۳۰/۲۵	۷۶/۱۲	۱/۴۱	۱/۹۶	۵/۸۹	۵/۸۹	۱/۳۰	۷۹/۳۹	۵/۲۵	۱/۳۲
بلوک ۱	۱۴/۲۲	-/۰۱۶	-/۲۴	۶/۲۵	۳۸/۴۲	۱/۲۵	۱/۳۱	۴۵/۹۰	۳/۱۳	-/۹۷	۵۱/۳۷	۵/۷۶	-/۹۹
بلوک ۲	۱۸/۴۹	-/۰۱۴	-/۲۰	۶/۵۰	۲۶/۷۵	۱/۲۱	۲/۲۱	۴۸/۷۳	۳/۵۹	۱/۱۰	۵۱/۶۰	۲/۷۱	۱/۰۹
بلوک ۳	۱۰/۶۷	-/۰۰۸	-/۵۴	۷/۰۰	۴۹/۱۲	۱/۳۰	-/۸۷	۵۱/۳۷	۴/۳۷	۱/۱۷	۷۲/۱۸	۲/۸۶	۱/۲۰
بلوک ۱	-/۷۶	-/۰۱	-/۲۳	۱/۲۷	۷/۴۷	-/۰۴	-/۶۰	۶/۷۴	۱/۸۰	-/۱۴	۹/۷۰	۱/۷۸	-/۰۴
بلوک ۲	-/۸۲	-/۰۰۱	-/۳۲	۲/۶۷	۱۴/۵۲	-/۰۲	-/۵۴	۸/۷۵	-/۹۱	-/۰۷	۸/۶۳	۲/۰۲	-/۰۸
بلوک ۳	۱/۷۷	-/۰۰۴	-/۳۱	۵/۱۱	۸/۴۰	-/۰۶	-/۵۶	۸/۴۲	-/۸۴	-/۰۷	۳/۲۷	۱/۱۹	-/۰۶

σ_g : Geometric Standard Deviation; d_g : Geometric Mean Diameter; SOM: Soil Organic Matter; CCE: Calcium Carbonate Equivalent; WAS: Wet- Aggregate stability; IR: Infiltration rate; Sd : Standard deviation

جدول ۲- مقادیر K محاسبه شده ($\times 10^{-3}$) (t h MJ⁻¹ mm⁻¹)

K	IR	WAS	D _b	CCE	OC	df	منبع تغییر
۱/۰۵ × ۱۰ ^{-۶ns}	۳/۹۶ ^{ns}	۲۱۳/۰۳ ^{ns}	۰/۰۵۳ ^{ns}	۳۰/۱۸ ^{**}	٪۶۶	۲	بلوک
۵/۴۳ × ۱۰ ^{-۵*}	۲۸/۵۲*	۴۶۶/۷۸*	۰/۰۵۳ ^{ns}	۸/۸۴ ^{ns}	۰/۰۵۰ ^{ns}	۲	تیمار
۵/۶۳ × ۱۰ ^{-۶ns}	۲/۹۵ ^{ns}	۵۰/۴۷ ^{ns}	۰/۰۱۲ ^{ns}	۱۶/۱۶*	۰/۰۰۹ ^{ns}	۴	اشتباه آزمایش
۲/۶۵ × ۱۰ ^{-۶}	۱/۶۱	۳۹/۵۴۶	۰/۰۰۵	۴/۲۱	۰/۰۴۰	۱۸	اشتباه نمونه برداری
۴۰/۶۲	۳۱/۲۳	۸/۶۰	۵/۹۷	۱۶/۷۵	۲۵/۷۰		ضریب تغییرات %

جدول ۳- میانگین مربعات برای خصوصیات اندازه گیری شده

متغیر	بلوک ۱			بلوک ۲			بلوک ۳		
	T3	T2	T1	T3	T2	T1	T3	T2	T1
میانگین	۰/۲۹	۳/۰۹	۷/۶۷	۳/۲۰	۵/۵۸	۲/۲۶	۲/۲۹	۳/۰۹	۷/۶۷
حداکثر	۲/۲۲	۵/۵۷	۸/۶۸	۴/۶۵	۶/۰۱	۴/۶۱	۲/۲۲	۵/۵۷	۸/۶۸
حداقل	-۲/۳۲	۱/۱۷	۶/۹۸	۲/۲۷	۴/۸۹	۱/۷۶	-۲/۳۲	۱/۱۷	۶/۹۸
انحراف استاندارد	۲/۳۴	۲/۲۵	۰/۸۹	۱/۲۷	۰/۶۱	۱/۴۳	۲/۳۴	۲/۲۵	۰/۸۹

ns، غیر معنی دار، * و ** به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۰/۰۱ و ۰/۰۵ (n=۲۷)

جدول ۴- مقایسه میانگین تیمارها برای IR و WAS، CCE، D_b، OC با آزمون دانکن (p<۰/۰۵)

K (t h MJ ⁻¹ mm)	IR (cm hr ⁻¹)	WAS>0.25 (%)	CCE (%)	D _b (g cm ⁻³)	OC (%)	تیمار
۰/۰۰۶۸۱	۲/۰۱	۵۸/۸۹	۱۱/۶۷	۱/۲۹	۰/۸۷	گندم ممتد
۰/۰۰۳۰	۴/۸۹	۵۹/۲۴	۱۱/۶۸	۱/۱۶	۰/۷۲	گندم- نخود
۰/۰۰۲۲۳	۵/۲۷	۷۱/۵۴	۱۳/۳۹	۱/۱۵	۰/۷۶	گندم- آیش
۰/۰۰۳۲۱	۲/۲۵	۹/۳۰	۵/۲۶	۰/۱۴	۰/۱۲	LSD5%

فهرست منابع:

۱. بنائی، م.ح. ۱۳۷۷. نقشه رژیم های رطوبتی و حرارتی خاک های ایران. انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب. تهران. ایران.
۲. حکیمی، م. ۱۳۶۸. مطالعات خاکشناسی اجمالی منطقه هشتگرد - استان آذربایجان شرقی. انتشارات مؤسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی شماره ۷۶۷.
۳. سیدقیاسی، م.ف. ۱۳۷۰. مطالعه خاکشناسی تفصیلی اراضی ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه. مرکز تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان شرقی.
4. Azevedo, D.M.P., J. Landivar, R.M. Viera, and D. Moseley. 1999. The effect of cover crop and crop rotation on soil water storage and on sorghum yield. *Pesq. agropec. bars.*, Brasilia. 34: 391-398.
5. Angima, S.D., D.E. Stott, M.K. O'Neill, C.K. Ong, and G.A. Weesies. 2003. Soil erosion prediction using RUSLE for central Kenyan highland conditions. *Ecosystems and Environment*. 97: 295-308.
6. Ankeny, M. D., T. C. Kaspar, and R. Horton. 1990. Characterization of tillage and traffic effects on unconfined infiltration measurement. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 837-840.

7. Bremer, E., Janzen, H.H., Ellert, B.H., and McKenzie, R.H., 2008. Soil organic carbon after twelve years of various crop rotation in an aridic boroll. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 72: 970-974.
8. Charman, P.E.V., and B.W. Murphy. 2000. *Soils (their properties and management)*, 2nd ed. Land and Water Conservation. New South Wales, Oxford.
9. Clement, C.R., and T.E. Williams. 1958. An examination of the method of aggregate analysis by wet sieving in relation to the influences of diverse leys on arable soils. *J. Soil Sci.* 9:252-266.
10. Dao, T. H. 1993. Tillage and winter wheat residue management effects on water infiltration and storage. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57: 1586-1595.
11. Dick, W.A., D.M. Van Doren, Jr., G.B. Triplett, Jr., and J.E. Henry. 1986. Influence of long-term tillage and rotation combinations on crop yield and selected soil parameters. II. Results obtained for a Typic Fragiudalf soil. *Res. Bull.* 1181. Ohio Agric. Res. Dev. Cent., Wooster, OH.
12. Gantzer, C.J., and G.R. Blake. 1978. Physical characteristics of Le Sueur clay loam soil following no-till and conventional tillage. *Agron. J.* 70:853-857.
13. Gee G.W., 2002. Particle size analysis. In: H.D. Jacob and G. Clarke Topp, Co-editor (ed.). pp. 201-414. *Methods of Soil Analysis. Part 4. Physical Methods.* Soil Sci. Soc. A., Madison, WI., USA.
14. Jaskson M.L., 1958. *Soil Chemical Analysis.* Printice- Hall.
15. Jianping, Z., 1999. Soil erosion in Guizhou Province of China: a case study in Bijie Prefecture. *Soil Use Manage.* 15: 68-70.
16. Jones, O.R., V.L. Hauser, and T.W. Popham. 1994. No-tillage effects on infiltration, runoff, and water conservation on dryland. *Trans. ASAE* 37: 473-479.
17. Katsvairo, T., W.J., Cox, and V.E., Harold. 2002. Tillage and rotation effects on soil physical characteristics. *Agron J.*, 94: 299-304.
18. Kemper, W.D. 1993. Effects of soil properties on precipitation use efficiency. *Irrig. Sci.* 14: 65-73.
19. Kemper, W.D., and W.S. Chepil. 1965. Size distribution of aggregates. P. 499-510. In C.A. Black (ed.). *Methods of soil analyses. Part 1.* Agron. Monogr. 9. ASA, Madison, WI.
20. Klute, A., and C. Dirksen. 1986. Hydraulic conductivity and diffusivity: Laboratory methods. pp: 687-734. In: A. Klute (ed.), *Method of Soil Analysis. Part 1*, 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
21. Lal, R., A.A. Mahboubi, and N. R Fausey. 1994. Long-Term Tillage and Rotation Effects on properties of Central Ohio soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 517-523.
22. MacRay, R.J., and G.R. Mehuys. 1985. The effect of green manuring on the physical properties of temperate-area soils. *Adv. Soil Sci.* 3:71-94.
23. Nelson, D. W., L. E. Sommer. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Page, A. L. (Ed.) *Method of soil analyses: Chemical and Microbiological Properties*, ASA Monograph, 9(2). Amer. Soc. Agron., Madison.
24. Pagiola, S., 1990. Preliminary estimates on the economics of soil conservation in Kenya. Policy analyses for rural development. Ministry of Agriculture, Report No. 1. Nairobi. Kenya.
25. Rachman, A., S.H. Anderson, C.J. Ganter, and A.L. Thompson. 2003. Influence of long-term cropping systems on soil physical properties related to soil erodibility. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67:637-644.
26. Renard, K.G., G.R. Foster, G.A. Weesies, D.K. McCool, and D.C. Yoder. 1997. *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE).* U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook, 703, Government Printing Office, SSOP, Washington, DC.

27. Schwartz R.C., Unger, P.W., Evett, and S.R., 2000. Land use effects on soil hydraulic properties. Pp. 1-10. In Proceedings of the ISTRO-2000 Conference, 15th Conference of the International Soil Tillage Research Organization, July 2-7, 2000, Ft. Worth, Texas.
28. Soil Survey Staff. 2006. Keys to Soil Taxonomy. United States Department of Agriculture. Tenth Edition. Natural Resources Conservation Service.
29. Stevenson F.J., 1985. Cycles of Soil. In: Geochemistry of soil humic substances Humic Substances in Soil, Sediment, and Water (EDs G.R. Aiken, D.M. McKnight, R.L. Wershaw and P. MacCarthy, Editors,). SWCS. 1995. User Guide: Revised Universal Soil Loss Equation. Version 1.04. Soil and Water conservation Society. Wiley, New York.
30. Vaezi, A.R., S.H.R. Sadeghi, H.A. Bahrami, and M.H. Mahdian. 2008. Modeling the USLE K-factor for calcareous soils in northwestern Iran. *Geomorphology*, 97: 414-423.
31. Wischmeier, W.H., and J.R. Mannering. 1969. Relation of soil properties to its erodibility. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 33: 131-137.
32. Wischmeier, W.H., and D.D. Smith, 1978. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. *Agriculture Handbook*, vol. 537. US Department of Agriculture, Washington DC.
33. Zhang, K., S. Li, W. Peng, and B. Yu, 2004. Erodibility of agricultural soils on the Loess Plateau of China. *Soil and Tillage Research*. 76: 157-165.