تأثیر روشهای مختلف خاکورزی بر میزان ماده آلی و پایداری خاکدانه ها

محمد جواد روستا[۱]*

استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس؛ **Rousta@farsagres.ir**

چکیده

از آنجا که خاکورزی سنتی(مرسوم) باعث شکسته شدن خاکدانه ها به ویژه در خاکهای لومی و لومی شنی گردیده و حساسیت خاک را در برابر فرسایش آبی و بادی افزایش می دهد، استفاده از سایر روشهای خاکورزی در اراضی کشاورزی بخصوص در دیمزارها امری ضروری است. در این طرح تحقیقاتی، تأثیر سه نوع عملیات خاکورزی شامل خاکورزی مرسوم (تهیه بستر بذر با گاوآهن بشقابی)، خاکورزی حفاظتی (کاشت بذر با کمبیناتور بدون هیچگونه عملیات خاکورزی دیگر و نگهداری تمام بقایا بر روی سطح خاک پس از عملیات برداشت) و حداقل خاکورزی (کاشت بذر با کمبیناتور بدون هیچگونه عملیات خاکورزی دیگر و نگهداری ۳۰ درصد بقایا پس از عملیات برداشت) همراه با تیمار شاهد (بدون کشت و کار) در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار بر میزان ماده آلی، پایداری خاکدانه ها و میزان پیشروی طولی آبکندها در اراضی گندم دیم حساس به فرسایش آبکندی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصله نشان داد که تیمارهای خاکورزی حداقل و حفاظتی در مقایسه با تیمار خاکورزی مرسوم، باعث افزایش معنی دار مقدار ماده آلی خاک و پایداری خاکدانه ها (به صورت شاخص MWD) و کلیه تیمارها در مقایسه با تیمار شاهد باعث کاهش معنی دار میزان پیشروی طولی آبکندهای پایین دست گردید. بنابراین، برای افزایش مواد آلی و پایداری خاکدانه ها و در نتیجه جلوگیری از گسترش انواع فرسایش آبی بویژه فرسایش آبکندی در شرایط مشابه، اعمال روشهای خاکورزی حفاظتی یا حداقل پیشنهاد می گردد.

واژه‌های کلیدی: خاکورزی حفاظتی، خاکورزی حداقل، ماده آلی، پایداری خاکدانه ها، گسترش طولی آبکندها

مقدمه

برای جلوگیری از فرسایش آبی لازم است که با انتخاب روشی مناسب، سرعت نفوذ آب به خاک را افزایش داده تا رواناب سطحی کمتری ایجاد شود. بدین منظور باید از تخریب عوامل ساختمانی خاک سطحی جلوگیری شود. در آزمایشی نشان داده شده است که اگر سطح خاک با توری فلزی پوشیده شود، رواناب سطحی از ۴۱ درصد به یک درصد و فرسایش آبی از ۱۵۰ تن در هکتار به ۵ تن در هکتار کاهش می یابد. کاه و کلش و اندام هوایی گیاهان نیز تأثیر مشابهی داشته و انرژی قطرات باران را مستهلک می کند. پوشش سطح خاک، انرژی قطرات باران را گرفته و مانع برخورد مستقیم این قطرات به ذرات خاک و در نتیجه مانع فروپاشی آنها می شود. علاوه براین، پوششی که با سطح خاک تماس دارد سرعت رواناب سطحی را کاهش داده و قدرت جداسازی و جابجایی ذرات را کم می کند (بای بوردی، ۱۳۶۶). Slowinska (۱۹۹۴) تأثیر خاکورزی های مختلف را بر خصوصیات فیزیکی خاک مورد بررسی قرار داد و نتیجه گرفت که استفاده از وسایل خاکورزی باعث تغییر در ساختمان خاک از طریق خرد کردن خاکدانه ها، تغییر در ساختار و یا اندازه خلل و فرج و نظم و ترتیب

۱- نویسنده مسئول، آدرس: شیراز، بلوار مدرس، خیابان جانبازان، مجتمع آموزشی- تحقیقاتی بعثت، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس.

* دریافت: ۸۵/۱۱/۱۴ و پذیرش: ۸۷/۱۰/۴

ذرات خاک شده و همه این تغییرات باعث تغییر در سایر خصوصیات فیزیکی خاک می گردد. اداره کشاورزی آمریکا در سال ۱۹۸۰ خاکورزی حفاظتی را به عنوان اقتصادی ترین و مؤثرترین وسیله مهار فرسایش معرفی نمود (حق نیا و کوچکی، ۱۳۷۵). Edward Faulkner که یکی از اولین طرفداران محدود کردن استفاده از گاوآهن برگردان دار (تیغه پهن) بود (این ابزار پراستفاده ترین ابزار خاکورزی تا پایان قرن بیستم بود)، در کتابی که در سال ۱۹۴۳ به نام بی خردی مردان شخم[1] منتشر کرد، شخم را به عنوان یک ابزار شرارت در نمایشنامه کشاورزی جهان نامید (Faulkner، ۱۹۴۳). او نتیجه گرفت که شخم زدن باعث مدفون شدن بقایا در عمق خاک می شود و سطح خاک به صورت برهنه رها می شود و حاصلخیزی خاک در بلند مدت کاهش می یابد. Faulkner نوشت: " اگر ما، از ابتدا با شخم زدن زمین در جهت مخالف با قوانین طبیعت حرکت نکرده بودیم، مشکلاتی مانند فرسایش خاک، خاکهای اسیدی، سیلابهای کوهستانی، پایین رفتن سفره آب زیرزمینی، انقراض نسل حیوانات وحشی، فشردگی و غیر قابل نفوذ شدن سطح خاکها را نداشتیم."

ساختمان خاک بدلیل تأثیر آن بر تهویه، نفوذ پذیری، فرسایش و بستر مناسب برای جوانه زدن بذر یکی از خصوصیات مهم خاک بوده و بر عکس بافت خاک که یکی از ویژگیهای ثابت خاک است به شدت متأثر از مدیریت کشت و کار می باشد. به هم نخوردن ساختمان خاک در روش بدون خاکورزی، باعث حفظ بیشتر خصوصیات مهم خاک از جمله خاکدانه ای ماندن و همچنین نفوذ بیشتر آب به خاک شده و در نتیجه باعث جلوگیری از فرسایش خاک و نهایتاً حفاظت خاک می گردد (Malhi و O'Solivan، ۱۹۹۰). Ismail و همکاران (۱۹۹۴)، اجرای روش بدون خاکورزی را عامل تأثیرات مفیدی بر خصوصیات خاک مانند بهبود ساختمان و افزایش مواد آلی و افزایش محصول گزارش کرده اند. افزایش ظرفیت نگهداری حجمی رطوبت خاک در روش بدون خاک ورزی توسط Cox و همکاران (۱۹۹۰) گزارش شده است. تحقیقات Allison (۱۹۷۳) نشان داد که بر اثر کشت و کار در یک زمین بکر بتدریج پایداری نسبی خاکدانه ها کاهش می یابد. مقدار مواد آلی خاکهای بکر به دلیل برگشت بقایای گیاهی، بیشتر است به همین علت فرسایش خاک ناچیز بوده و تجزیه مواد آلی هم اندک می باشد، زیرا عملیات خاکورزی باعث شکسته شدن خاکدانه ها و تجزیه مواد آلی محبوس در آنها می گردد. Lal و همکاران (۱۹۹۴) کاربرد طولانی مدت روش خاکورزی حفاظتی را عامل افزایش تخلخل درشت و پیوستگی خلل و فرج خاک به علت تشکیل خاکدانه های پایدار ذکر کرده اند.Campbell و Souster (۱۹۸۲) و Bear و همکاران (۱۹۹۴) گزارش کردند که مقدار مواد آلی موجود در خاک شدیداً تحت تأثیر شیوه خاکورزی بوده و روشهای بدون خاکورزی یا خاکورزی حفاظتی باعث افزایش میزان مواد آلی خاک می گردند. در روش خاکورزی مرسوم، به هم خوردن خاک باعث تجزیه بیشتر و سریعتر بقایای گیاهی شده و کربن و ازت موجود در مواد آلی زودتر معدنی شده و در نتیجه مواد آلی سریعتر از دست می رود (Dick، ۱۹۸۳ و Bear و همکاران، ۱۹۹۴). از بین رفتن مواد آلی خاک شاید عمده ترین عاملی است که منجر به تخریب خاک می شود. بنابراین، یکی از عوامل فقیر شدن خاکها و بروز پدیده بیابان زایی مربوط به تلفات مواد آلی خاک خصوصاً در نواحی نیمه خشک است. مواد آلی خاک به دلیل تأثیر مثبت بر نگهداری آب، ساختمان خاک، فعالیت بیولوژیکی و ظرفیت تبادل کاتیونی اهمیت زیادی در خاک دارد. Tisdall و Oades (۱۹۸۲) عوامل متصل کننده ذرات که در مراحل مختلف خاکدانه سازی عامل ایجاد پایداری هستند را به سه گروه زیر تقسیم کرده اند:

۱- عوامل زودگذر[2]، شامل پلی ساکاریدهای میکروبی و گیاهی که به سرعت تجزیه می شوند؛

۲- عوامل موقتی[3]، شامل ریشه گیاهان، هیف (ریسه) قارچها بویژه قارچهای میکوریزی؛

۳- عوامل دائمی[4]، شامل ترکیبات حلقوی هوموسی که به ترکیبات بی شکل آهن و آلومینیوم و کاتیونهای فلزی چند ظرفیتی متصل هستند.

عوامل زودگذر و موقتی در پایداری خاکدانه های بزرگ نقش دارند. عوامل متصل کننده زودگذر مانند پلی ساکاریدها به سرعت تولید شده و در آغاز زمان افزوده شدن مواد آلی به خاک باعث افزایش پایداری خاکدانه های بزرگ می شوند ولی این ترکیبات به سرعت توسط میکروارگانیسم ها تجزیه می شوند. عوامل متصل کننده موقتی می توانند باعث پایداری خاکدانه های بزرگ شوند، زیرا طول ریشه های گیاهان و هیف قارچها زیاد بوده و علاوه براین می توانند در خلل و فرج بزرگ خاک هم

1- Plowman's Folly

2- Transient

3- Temporary

3- Persistent

رشد کنند. عوامل متصل کننده دائمی مسئول پایداری خاکدانه های کوچک هستند. این عوامل نسبتاً با دوام بوده و تحت تأثیر تغییر در مقدار ماده آلی یا عملیات مدیریتی قرار نمی گیرند. براساس تحقیقات انجام شده، سهم تولید رسوب به وسیله فرسایش آبکندی (خندقی) چند صد برابر فرسایش پاشمانی و سطحی می باشد. صوفی (۱۳۸۲) اظهار نمود که تخریب لایه سطحی خاک بوسیله خاکورزی مرسوم سبب کاهش مقاومت خاک در برابر فرسایش آبکندی می گردد. با توجه به ضرورت حفاظت از منابع با ارزش خاک و آب و اینکه تاکنون میزان تأثیر روشهای مختلف خاکورزی در اراضی بالادست برگسترش آبکندها بررسی نگردیده است، در این مطالعه تأثیر سه نوع خاکورزی مرسوم، حفاظتی و حداقل بر میزان پیشروی طولی آبکندها در شهرستان مُهر واقع در جنوب استان فارس مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روشها

با توجه به نقش مهم عملیات خاکورزی در جلوگیری از فرسایش خاک یا افزایش آن، در این طرح تأثیر سه نوع عملیات خاکورزی شامل خاکورزی مرسوم (سنتی)، حداقل و حفاظتی، بر مقدار ماده آلی، میزان پایداری خاکدانه ها و میزان پیشروی طولی آبکندها در یکی از دیمزارهای شهرستان مهر، در منطقه ای که گسترش آبکندها زیاد است مورد بررسی قرار گرفت. محل اجرای تیمارها، در بالادست آبکندها و تیمارهای آزمایشی عبارتند بودند از:

۱- خاکورزی مرسوم، که در آن بستر بذر به وسیله دیسک زدن تمام سطح خاک بوسیله گاوآهن بشقابی (disc) تهیه گردید و پس از بذر پاشی بصورت دستپاش، سطح خاک یکبار دیگر دیسک زده شد؛

۲- حداقل خاکورزی، که در آن پس از بارندگی و رسیدن رطوبت خاک به حد مناسب، بذر با دستگاه کمبیناتور آمازون آلمانی مدل AD – P303 و بدون انجام شخم در جهت عمود بر شیب عمومی زمین کشت گردید و پس از برداشت محصول حدود ۳۰ درصد بقایای گیاهی بر روی سطح خاک نگه داشته شد؛

۳- خاکورزی حفاظتی، در این تیمار پس از بارندگی و رسیدن رطوبت خاک به حد مناسب، بذر با دستگاه کمبیناتور آمازون آلمانی مدل AD – P303 و بدون انجام شخم در جهت عمود بر شیب عمومی زمین کشت گردید و پس از برداشت محصول تمام بقایای گیاهی بر روی سطح خاک نگه داشته شد؛

۴- تیمار شاهد، بدون کشت و کار.

قبل از اعمال تیمارهای خاکورزی، مزرعه مورد مطالعه هر ساله با روش خاکورزی مرسوم کشت و کار می شده است. تیمار شاهد نیز از زمین مجاور که به صورت مرتع بدون پوشش گیاهی و رها شده بود و قبلا کشت و کاری در آن صورت نگرفته بود، انتخاب گردید. این چهار تیمار در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا در آمد. در فصل پاییز سال بعد، میزان ماده آلی به روش والکلی بلک و پایداری خاکدانه ها به روش الک تر اندازه گیری شد و به صورت شاخص میانگین وزن- قطر (MWD) بیان گردید. همچنین، میزان پیشروی طولی آبکندها در بهار سال بعد با استفاده از بلوکهای سیمانی نصب شده در آبکندها و خارج از آبکندها اندازه گیری گردید. در نهایت، نتایج حاصله در قالب طرح آماری مربوطه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین ها با آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند. برخی ویژگیهای خاک محل مورد بررسی در جدول ۱ آورده شده است.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مقدار ماده آلی، پایداری خاکدانه ها و میزان پیشروی طولی آبکندها به ترتیب در جدول های ۲، ۳ و ۴ نشان داده شده است. این نتایج نشان می دهد که تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میزان ماده آلی در سطح ۵ درصد و تأثیر آنها بر پایداری خاکدانه ها و میزان پیشروی طولی آبکندها در سطح ۱ درصد معنی دار گردیده است.

مقایسه میانگین مقدار ماده آلی، پایداری خاکدانه ها و میزان پیشروی طولی آبکندها در تیمارهای مختلف به ترتیب در شکل های ۱، ۲ و ۳ نشان داده شده است. مقایسه میانگین ماده آلی و پایداری خاکدانه ها در تیمارهای مختلف، نشان داد که خاکورزی مرسوم در مقایسه با روشهای خاکورزی حداقل و خاکورزی حفاظتی باعث کاهش معنی دار میزان ماده آلی خاک شده است. Campbell و Souster (۱۹۸۲) و Bear و همکاران (۱۹۹۴) نیز به این نتیجه رسیدند که مقدار مواد آلی موجود در خاک، شدیداً تحت تأثیر شیوه خاکورزی بوده و روشهای بدون خاکورزی یا خاکورزی حفاظتی باعث افزایش میزان مواد آلی خاک می گردند. همچنین، نتایج نشان داد که اعمال روشهای خاکورزی حداقل و حفاظتی، میزان پایداری خاکدانه ها را به طور معنی داری افزایش داده است (شکل های ۱ و ۲).

اعمال روشهای خاکورزی حداقل و حفاظتی، میانگین مواد آلی خاک را از ۰/۷۲ درصد در تیمار خاکورزی مرسوم به ترتیب به ۱/۳۶ و ۱/۱۴ درصد افزایش داد. از دیدگاه زیست محیطی نیز افزایش میزان مواد آلی

خاک در اثر اعمال روشهای خاکورزی حداقل و حفاظتی قابل تأمل است، زیرا با اعمال این روشها در سطح وسیع، می توان بخشی از کرین موجود در اتمسفر که به صورت گاز کربنیک (CO_2) وجود دارد را به صورت ماده آلی در خاکها نگهداری نمود، موضوعی که از آن به عنوان ترسیب کربن[1] یاد می شود. افزایش گاز کربنیک موجود در هوا در سال های اخیر باعث بروز مشکلاتی از جمله گرم شدن زمین شده است. Kern و Johnson (۱۹۹۳) و Lal و Kimble (۱۹۹۷) نیز خاکورزی کاهش یافته را به عنوان یکی از موثرترین راهکارهای کشاورزی برای ترسیب کربن اعلام نمودند.

همچنین، روشهای خاکورزی حداقل و حفاظتی، میانگین وزنی- قطر خاکدانه ها (MWD) را از ۰/۵۷۷ میلی متردر تیمار خاکورزی مرسوم به ترتیب به ۱/۳۵۰ و ۱/۵۹۲ میلی متر افزایش دادند و این افزایش ها در مقایسه با تیمار خاکورزی مرسوم معنی دار گردید. با مقایسه میانگین ماده آلی و پایداری خاکدانه ها در تیمار شاهد (نکاشت) و تیمارهای خاکورزی حداقل و حفاظتی، می توان به این نکته رسید که هرچند مقدار ماده آلی موجود در خاک تیمار شاهد (نکاشت) تفاوت معنی داری با مقدار مواد آلی موجود در خاک تیمارهای خاکورزی حداقل و حفاظتی ندارد ولی نوع مواد آلی این تیمارها با یکدیگر متفاوت است. زیرا، با توجه به بکر بودن زمین مربوط به تیمار شاهد (نکاشت)، مواد آلی آن بیشتر از نوع هوموس است ولی مواد آلی تیمارهای حداقل و حفاظتی از نوع مواد آلی تازه می باشد. به همین دلیل، پایداری خاکدانه ها در این تیمارها متفاوت است. مواد آلی ناشی ار بقایای گیاهی تازه در مقایسه با مواد آلی هوموسی موجود در خاک نقش تعیین کننده ای در تشکیل و پایداری خاکدانه ها دارند. علت افزایش مواد آلی در روشهای خاکورزی حداقل و حفاظتی را می توان به هم نخوردن خاک، عدم سوراندن و همچنین نگهداری بقایای گیاهی در سطح خاک دانست. Wright و Hons (۲۰۰۵) نیز گزارش کردند که کاربرد روش بدون خاکورزی، باعث افزایش معنی دار میزان خاکدانه ها، مقدار کربن آلی و نیتروژن آلی خاک سطحی شد. براساس تحقیقات Dick (۱۹۸۳) و Bear و همکاران (۱۹۹۴) در روش خاکورزی مرسوم، به هم خوردن خاک باعث تجزیه بیشتر و سریعتر بقایای گیاهی شده و کربن و ازت موجود در مواد آلی زودتر معدنی شده و در نتیجه مواد آلی سریعتر از دست می رود. در همه تئوریهای ارائه شده در مورد نحوه تشکیل خاکدانه ها، مواد آلی نقش اصلی را در تشکیل و پایداری خاکدانه ها ایفا می کنند و به دلیل پویایی (دینامیک بودن) ماده آلی در خاک، تشکیل و پایداری خاکدانه ها نیز پویا بوده، به طوری که با ورود ماده آلی به خاک میزان تشکیل و پایداری خاکدانه ها افزایش می یابد و با کاهش مقدار ماده آلی میزان تشکیل و پایداری خاکدانه ها کاهش می یابد (روستا و گلچین، ۱۳۸۴). با توجه به نقش مهم بقایای گیاهی از جمله کاه و کلش و همچنین ریشه ها در تشکیل و پایداری خاکدانه های کوچک و بزرگ (گلچین و همکاران، ۱۹۹۸)، می توان با مدیریت صحیح از جمله، اعمال روشهای خاکورزی حفاظتی و حداقل، برگرداندن بقایای گیاهی به طور مداوم و همچنین تناوب زراعی صحیح به افزایش ماده آلی خاک و در نتیجه تشکیل و حفظ پایداری خاکدانه ها کمک نمود و مقاومت خاک را در برابر فرسایش آبی و بادی افزایش داد. مقایسه میانگین پیشروی طولی آبکندها در اثر اعمال تیمارهای مختلف خاکورزی در اراضی بالا دست آنها در شکل ۳ نشان داده شده است.

با توجه به این شکل مشخص می شود رها کردن زمین بدون هر گونه پوشش گیاهی یا بقایای گیاهی بر روی آن (تیمار نکاشت) و شور و قلیا بودن خاک که باعث کاهش نفوذپذیری خاک در اثر تخریب خاکدانه های سطحی و در نتیجه تمرکز جریان رواناب، می گردد از عوامل عمده پیشروی طولی آبکندها می باشد. در تیمار خاکورزی حداقل، هر چند در مقایسه با تیمار نکاشت، میزان پیشروی طولی آبکندها به طور معنی داری کاهش نشان داد ولی تأثیر تیمار خاکورزی حفاظتی در کاهش میزان پیشروی طولی آبکندها بیشتر بود. میزان کاهش پیشروی طولی آبکندها در تیمار خاکورزی حفاظتی متناسب با افزایش میزان پایداری خاکدانه ها می باشد (شکل های ۲ و ۳). در تیمار خاکورزی مرسوم نیز به دلیل دیسک زدن در جهت شیب زمین، تمرکز جریان سطحی باعث ایجاد کانال های فرسایشی شده که در انتهای زمین به آبکندها ختم می شود. بنابراین، هر چند آشکار شدن نتایج عملیات خاکورزی حداقل و حفاظتی نیاز به گذشت زمان دارد ولی به طور کلی می توان نتیجه گرفت که هر نوع عملیاتی که باعث افزایش نفوذ آب به داخل خاک گردد (کلیه تیمارهای خاکورزی بجز تیمار نکاشت) از جمله عملیات خاکورزی عمود بر جهت شیب عمومی زمین و همچنین، افزایش ماده آلی خاک، ایجاد پوشش گیاهی متناسب با شرایط خاک و حتی مالچ حفاظتی (زنده یا غیر زنده) می تواند میزان پیشروی آبکندها را کاهش دهد.

1- Carbon sequesteration

نتیجه گیری

با توجه به نتایج این تحقیق، برای افزایش میزان مواد آلی خاک، افزایش پایداری خاکدانه ها در برابر فرسایش آبی و در نتیجه کاهش میزان پیشروی آبکندها که یکی از انواع مهم فرسایش آبی در مناطق جنوبی ایران به ویژه استان فارس می باشد، کاربرد روشهای خاکورزی حفاظتی و حداقل در شرایط مشابه پیشنهاد می گردد.

تقدیر و تشکر

از آقایان دکتر مجید صوفی، دکتر علی اکبر ذاکری و آقایان مهندس عبدالعلی ولی و موسی دهقانی و آقای محمد رحیم شادکام که در مراحل مختلف اجرای طرح همکاری نمودند قدردانی می گردد.

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اعمال تیمارها

عمق (Cm)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	بافت	SP (%)	EC (dS/m)	pH_s	O.M (%)	$CaCO_3$ (%)	Na^+ محلول (me/l)	SAR
۰-۲۰	۵۲/۸۴	۴۰/۰۰	۷/۱۶	Sandy loam	۴۱/۶۲	۱۷/۴۶	۷/۳۷	۰/۶۲	۶۴/۷۵	۱۱۳	۱۴/۰۲

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مقدار ماده آلی

منبع تغییر / ویژگی	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F
تکرار	۲	۰/۱۳	۰/۰۶۵	۱/۸۱۶۸ ns
تیمار	۳	۰/۶۷۹	۰/۲۲۶	۶/۳۳۲۶*
خطا	۶	۰/۲۱۴	۰/۰۳۶	
کل	۱۱	۱/۰۲۳	% CV= ۱۷/۰۳	

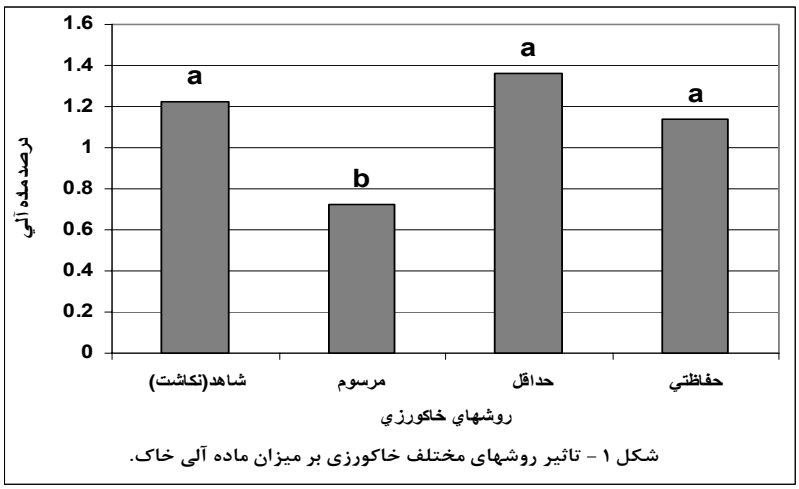
** معنی دار در سطح ۱ درصد * معنی دار در سطح ۵ درصد ns معنی دار نیست

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس پایداری خاکدانه ها (MWD)

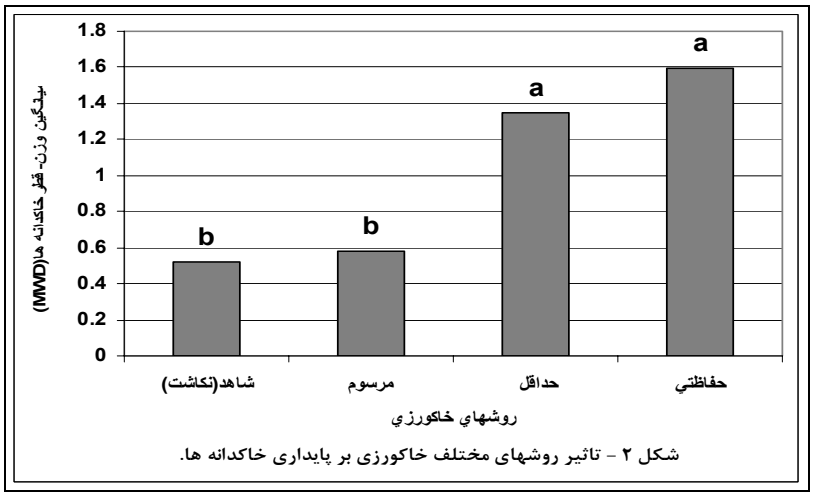
منبع تغییر / ویژگی	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F
تکرار	۲	۰/۰۲	۰/۰۱۰	۰/۱۳۵۹ ns
تیمار	۳	۲/۶۵۱	۰/۸۸۴	۱۲/۰۰۸۳ **
خطا	۶	۰/۴۴۱	۰/۰۷۴	
کل	۱۱	۳/۱۱۲	% CV= ۲۶/۸۸	

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس میزان پیشروی طولی آبکندها

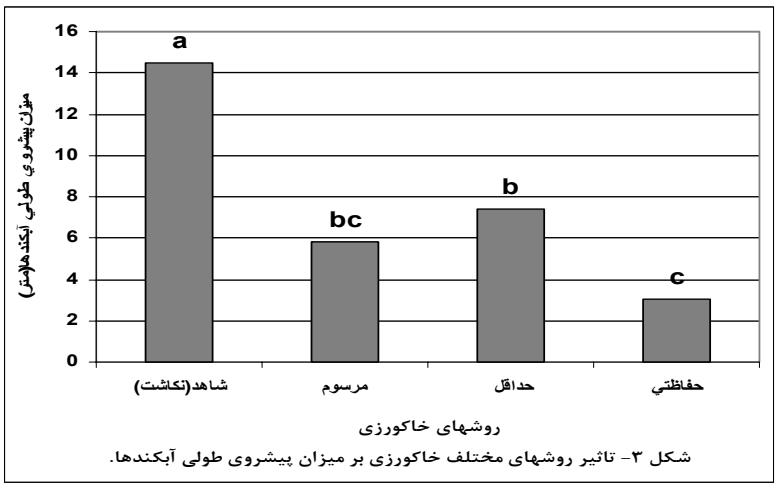
منبع تغییر / ویژگی	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F
تکرار	۲	۸/۰۲	۴/۰۱	۱/۴۲۱۴ ns
تیمار	۳	۲۱۳/۶۹۸	۷۱/۲۳۳	۲۵/۲۴۸۶ **
خطا	۶	۱۶/۹۲۷	۲/۸۲۱	
کل	۱۱	۲۳۸/۶۴۵	% CV= ۲۱/۰۸	



شکل ۱ - تاثیر روشهای مختلف خاکورزی بر میزان ماده آلی خاک.



شکل ۲ - تاثیر روشهای مختلف خاکورزی بر پایداری خاکدانه ها.



شکل ۳- تاثیر روشهای مختلف خاکورزی بر میزان پیشروی طولی آبکندها.

فهرست منابع:

۱. بای بوردی، م. ۱۳۶۶. فیزیک خاک، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۲۴ صفحه، تهران، ایران.

۲. حق نیا، غ. وکوچکی، ع. ۱۳۷۵. مدیریت پایدار خاک (ترجمه)، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۲۰۴ صفحه، مشهد، ایران.

۳. روستا، م. ج. و گلچین، ا. ۱۳۸۴. نظریه های تشکیل خاکدانه، مجله علمی- ترویجی حفاظت آب و خاک، جلد ۱، شماره ۳، صفحات ۹۲-۸۷.

۴. صوفی، م.۱۳۸۲. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی بررسی ویژگیهای مورفوکلیماتیک آبکندهای استان فارس، مرکز ملی تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری،۱۳۰صفحه، تهران، ایران.

5. Allison, F. E. 1973. Soil organic matter and its role in crop production. Development in soil science 3, Elsevier Science Publishing Co. New York.
6. Bear, M.H., P. F. Hendrix and, D.C. Coleman. 1994. Water stable aggregates and organic matter fraction in conventional and no-tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J*. 58: 777-786.
7. Campbell, C.A. and, W. Souster. 1982. Loss of organic matter and potentially mineralizable nitrogen from Saskachewan soils due to cropping. *Can. J. Soil Sci*. 62: 651-656.
8. Cox, W.J., R.W. Zable, H.M. Vanes and, D. J. Otis. 1990. Tillage effects on some soil physical and corn physiological characteristics. *Agron. J.* 82: 806-812.
9. Dick, W.A. 1983.Organic carbon N, P concentration and pH in soil profiles as affected by tillage intensity. *Soil Sci. Soc Am.J.* 47 : 102-107.
10. 10-Faulkner, E.H. 1943. Plowman's Folly. University of Oklahoma Press, Norman, OK. 161 pp.
11. Golchin, A., J.A. Baldock, and, J.M. Oades. 1998. A model linking organic matter decomposition, chemistry, and aggregate dynamics, *In*: *Soil Processes and the Carbon Cycle*, Eds. Lal, R., Kimble, J. M., Follett, R. F. and, Stewart, B.A., CRC Press.
12. Ismail, I., R.L.Blevins and, W.W. Trye. 1994. Long-term no tillage effects on soil properties and continuous corn yields. *Soil Sci. Soc. Am. J*. 58: 193-198.
13. Kern J.S., and M.G. Johnson. 1993. Conservation tillage impacts on national soil and atmospheric carbon levels. Soil Sci. Soc. Am. J.57:200-210.
14. Lal R., Kimble J.M. 1997. Conservation tillage for carbon sequestration. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 49: 243-253.
15. Lal, R., A. Mahboubi and N.R. Fausey. 1994. Long-term tillage and rotation effects on properties of a Central Ohio soil. *Soil Sci. Soc. Am. J*. 58: 517-522.
16. Malhi, S.S., and M.A. O'Solivan. 1990. Soil temperature, moisture and compaction under zero and conventional tillage in Central Alberta. *Soil and Tillage Res*. 17: 173-179.
17. Slowinska-Jurkiewicz, A. 1994. Changes in structure and physical properties of soil during spring tillage operations. *Soil and Tillage Res.* 29: 397-407.
18. Tisdall, J.M., and J.M. Oades. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.* 33: 141-163.
19. Wright, A.L. and, F.M. Hons. 2005. Tillage impacts on soil aggregation and carbon and nitrogen sequestration under wheat cropping sequences. *Soil and Tillage Res.* 84: 67-75.