اندازه‌گیری برخی از ذخایر کربن آلی در دسترس به عنوان شاخص کیفیت خاک

معصومه یوسفی، حسین شریعتمداری* و محمد علی حاج عباسی[۱]

(تاریخ دریافت: ۸۵/۴/۲۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۵/۱۱/۲۴)

چکیده

مدیریت صحیح عملیات کشاورزی و حفظ مواد آلی خاک، از جمله عوامل مهم در کشاورزی پایدار می‌باشند. مقدار ماده آلی خاک یکی از شاخص‌های مهم کیفیت خاک محسوب می‌شود. ذخایر لبایل مواد آلی به عنوان شاخص خوبی از کیفیت خاک که بیشتر به تغییرات عملیات مدیریتی حساس می‌باشد، می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد. تحقیق حاضر با هدف بررسی برخی از ذخایر لبایل کربن آلی خاک به عنوان شاخص ارزیابی تأثیر مدیریت‌های متفاوت زراعی در دو خاک آهکی صورت گرفت. این مطالعه دردو محل ۱- کرت‌های تحت کوددهی با چهار سطح ۰،۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ مگاگرم کود گاوی در هکتار با تناوب زراعی ذرت- گندم (C1, C2, C3, C4) و در کرت‌های زیر سیستم‌های کاشت (C5, C6, C7) با سابقه تناوب مشخص در مزرعه تحقیقاتی لورک و۲- در سیستم‌های کاشت با تاریخچه کشت مشخص (C8, C9, C10) در مزرعه ایستگاه تحقیقاتی فزوه اجرا گردید. نمونه برداری خاک از دو عمق ۵- ۰ و ۱۵- ۵ سانتی‌متر از وسط کرت‌ها انجام شد. در نمونه‌های خاک مقادیر کربن آلی، کربوهیدرات قابل عصاره‌گیری با آب داغ، ذرات مواد آلی (POM)، کربن آلی و مقدار کربوهیدرات قابل عصاره‌گیری با آب داغ در بخش POM ومیانگین وزنی قطر خاکدانه‌های پایدار در آب اندازه‌گیری شد. اجزای اندازه‌گیری شده مواد آلی و پایداری خاکدانه‌ها، تحت تأثیر مدیریت‌های گوناگون، تفاوت معنی داری نشان دادند. بیشترین مقدار کربوهیدرات و پایداری خاکدانه در منطقه لورک در پلات‌های ۱۰۰ مگاگرم کود گاوی در هکتار و در منطقه فزوه درزمین زیر کشت یونجه به دست آمد. هم‌چنین نتایج نشان داد که میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های پایدار در آب هم‌بستگی بیشتری با مقدار کربوهیدرات‌های قابل عصاره‌گیری با آب داغ نسبت به سایر اجزای کربن آلی داشتند. بخش کربوهیدرات قابل عصاره‌گیری با آب داغ به تغییرات مدیریتی در کوتاه مدت حساسیت بیشتری نشان داده و به عنوان شاخص خوبی از کیفیت خاک به ویژه در ارتباط با تشکیل خاکدانه می‌تواند در ارزیابی کیفیت خاک مورد توجه باشد.

واژه‌های کلیدی: ذخایر کربن در دسترس، مواد آلی خاک، پایداری خاکدانه، مدیریت خاک، کیفیت خاک

مقدمه

مدیریت صحیح کشاورزی و حفظ مواد آلی خاک، از جمله عوامل مهم در کشاورزی پایدار می‌باشد. مقدار ماده آلی خاک به دلیل این که خصوصیات شیمیایی، فیزیکی، بیولوژیکی و فرایندهای خاک را شدیدا تحت تأثیر قرار می‌دهد یکی از شاخص‌های مهم کیفیت خاک محسوب می‌شود (۲۵). در واقع مواد آلی عاملی برای تداوم حاصلخیزی خاک، جلوگیری از فرسایش و پیش روی بیابان و فراهم کننده یک محیط مناسب برای فعالیت بیولوژیکی خاک می‌باشد (۲۵).

مادهٔ آلی خاک شامل دو بخش مواد هوموسی و ترکیبات

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیاران خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Shariat@cc.iut.ac.ir

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.36.0]

لبایل (Labile) می‌باشد. ذخایر مواد آلی تعریف شده در بخش لبایل عبارت‌اند از: ذرات مواد آلی (Particulate Organic Matter) (POM)، کربن زیست توده میکروبی، کربن محلول، کربن قابل معدنی شدن و کربن قابل عصاره‌گیری با عصاره‌گیرهای مختلف (۱۵). آزمایش‌های مزرعه‌ای نشان داده است که مدیریت موجب تغییر در وضعیت مواد آلی شده که این تغییر در ذخایر لبایل سریع‌تر از کربن آلی یا نیتروژن کل خود را نشان می‌دهد (۷) به همین دلیل ذخایر لبایل کربن خاک به عنوان شاخص‌های حساس، برای مشاهده روند تغییرات در مواد آلی خاک پیشنهاد شده‌اند (۲۷).

ذرات مواد آلی بخشی از مواد آلی است که از نظر مقدار تجزیه حدواسط بقایای گیاهی تازه و هوموس می‌باشد و به عنوان مخزن موقتی مواد آلی شناخته می‌شود. این بخش هرچند سهم ناچیزی از حجم خاک را به خود اختصاص می‌دهد ولی به دلیل داشتن زمان بازگشت کوتاه و نیز غنی بودن از عناصر غذایی و کربن یکی از شاخص‌های مهم کیفیت خاک به حساب می‌آید (۱۵). مطالعات نشان داده است که ارتباط این بخش از مواد آلی با اجزای معدنی ناچیز بوده و از این‌رو سریع‌تر از مواد آلی که با اجزای معدنی خاک در ارتباط هستند، تجزیه می‌شود (۱۳). بنابراین استفاده از این شاخص برای بررسی تأثیر تیمارها و تناوب‌های زراعی مختلف بر شاخص‌های کیفیت خاک مناسب‌تر و دقیق‌تر خواهد بود (۱۲). ذرات مواد آلی را می‌توان با روش‌های متفاوت در دو گروه از خاک جدا کرد: ۱- بخش سبک (Light Fraction) (LF) و ۲- بخش با اندازه شن (Sand Size Fraction) (SSF). در کل بخش با اندازه شن مواد آلی، ۴۵-۲۰ درصد از کل کربن آلی و ۴۰-۱۳ درصد از کل نیتروژن خاک را شامل می‌شود (۵).

یکی دیگر از ذخایر لبایل کربن خاک، مواد آلی محلول است که متشکل از محدوده گسترده‌ای از ترکیبات آلی آلیفاتیک، فنل‌ها، اسیدهای فنلی، اسیدهای آمینه آزاد، کربوهیدرات‌ها و مجموعه‌های مولکولی اسیدهای هیومیک با وزن مولکولی متفاوت می‌باشد (۲۹). در حدود ۲۵- ۵ درصد مواد آلی خاک را کربوهیدرات‌ها تشکیل می‌دهند که اغلب به فرم پلی ساکارید می‌باشند (۸). اطلاعات نسبتاً کمی درباره مقدار کربوهیدرات‌ها و ترکیب مونوساکارید خاکدانه‌ها موجود است. تا کنون این عقیده وجود داشته است که از جمله ترکیبات مواد آلی خاک، مونوساکاریدها هستند که در ایجاد پایداری خاکدانه‌ها اهمیت ویژه‌ای دارند (۱۰). صرف‌نظر از بخشی از قندهای آزاد که ممکن است توسط آب از خاک شسته شوند، اغلب کربوهیدرات‌ها به دلیل ارتباط نزدیک و پیوند شیمیایی با سایر مواد آلی غیر کربوهیدراته و با برخی از ذرات معدنی خاک، به راحتی از خاک جدا نمی‌شوند و به همین دلیل از لحاظ کشاورزی مهم‌ترین خصوصیت مرتبط با پلی‌ساکاریدهای خاک، پیوند دادن ذرات خاک و ایجاد خاکدانه‌های پایدار است (۸). برخی محققان گزارش کردند اندازه خاکدانه در حالت مرطوب با کاهش مقدار کربوهیدرات خاک، کاهش می‌یابد (۲۱). تعدادی از محققان نیز مشاهده کردند که بخش کربوهیدرات قابل عصاره‌گیری با آب داغ از کل کربوهیدرات‌ها یا کل کربن آلی خاک هم‌بستگی بیشتری با پایداری خاکدانه‌ها دارد (۱۶). هاینس و همکاران هم دریافتند کربوهیدرات‌های قابل عصاره‌گیری با آب داغ در پاسخ به تغییرات کوتاه مدت مدیریتی بسیار سریع‌تر از کربن آلی خاک تغییر می‌کند (۱۷). پژوهش حاضر با هدف بررسی امکان استفاده از برخی از مخازن کربن در دسترس به عنوان شاخص‌های حساس به مدیریت جهت ارزیابی تأثیر سیستم‌های مختلف کاشت بر خصوصیات کیفی خاک صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در قالب طرح فاکتوریل با بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، دو عمق خاک و در ده سیستم کاشت در دو منطقه انجام شد. یکی مزرعه تحقیقاتی لورک مربوط به دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع درجوزدان در حومه نجف آباد و دیگری در ایستگاه تحقیقاتی شهید فزوه مرکز تحقیقات منابع طبیعی و جهاد کشاورزی استان اصفهان که خاک این مناطق از سری خمینی شهر بوده و در رده اریدی

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.36.0]

جدول ۱. تاریخچه کشت مزارع و سیستم‌های کاشت مورد مطالعه

سیستم کاشت	۱۳۸۳[3]	۱۳۸۲	۱۳۸۱	۱۳۸۰	۱۳۷۹	تاریخچه / نوع کوددهی	محل نمونه برداری
C1	ذرت-گندم	ذرت-گندم	ذرت-گندم	ذرت-گندم	ذرت-گندم	بدون کوددهی[1]	لورک
C2	ذرت-گندم ۵(۲۵)	ذرت- گندم ۴(۲۵)	ذرت- گندم ۳(۲۵)	ذرت- گندم ۲(۲۵)	ذرت-گندم ۱(۲۵)	کود گاوی ۲۵ Mg/ha	لورک
C3	ذرت- گندم ۵(۵۰)	ذرت- گندم ۴(۵۰)	ذرت- گندم ۳(۵۰)	ذرت- گندم ۲(۵۰)	ذرت-گندم ۱(۵۰)	کود گاوی ۵۰ Mg/ha	لورک
C4	ذرت- گندم ۵(۱۰۰)	ذرت- گندم ۴(۱۰۰)	ذرت- گندم ۳(۱۰۰)	ذرت- گندم ۲(۱۰۰)	ذرت- گندم ۱(۱۰۰)	کود گاوی ۱۰۰ Mg/ha	لورک
C5	یونجه	یونجه	یونجه	گندم	ذرت	کوددهی معمول[2]	لورک
C6	ذرت	گندم	جو	ذرت	گندم	کوددهی معمول	لورک
C7	آیش	برنج	جو	برنج	جو	کوددهی معمول	لورک
C8	آیش	آیش	آیش	آیش	آیش	بدون کوددهی	فزوه
C9	یونجه	یونجه	یونجه	یونجه	یونجه	کوددهی معمول	فزوه
C10	گندم	برنج	یونجه	یونجه	یونجه	کوددهی معمول	فزوه

۱. در سیستم بدون کوددهی، در طی پنج سال تناوب ذرت و گندم هیچ‌گونه کود شیمیایی یا آلی به خاک اضافه نشده است.
۲. در سیستم کوددهی معمول، کودهای N، P و K مطابق توصیه آزمون خاک سالانه استفاده شده‌اند.
۳. نمونه برداری خاک در پایان فصل رشد سال ۱۳۸۳ انجام گرفته است.

سول‌ها (تیپیک هاپل آرجید، فاین، لومی، میکسد، ترمیک) قرار دارند. سیستم‌های کاشت C1، C2، C3 و C4 در منطقه لورک به ترتیب عبارت بودند از سطوح صفر، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ مگاگرم در هکتار کود گاوی که از سال ۱۳۷۸ شروع و هر ساله در کرت‌های آزمایشی اعمال شده است. کلیه سیستم‌های کاشت C1 تا C4 در نیمه اول هر سال تحت کشت گندم و در نیمه دوم سال تحت کشت ذرت بوده است. سایر سیستم‌های کاشت شامل C5، C6 و C7 در منطقه لورک و سیستم‌های کشت C8، C9 و C10 در منطقه فزوه انتخاب شدند که تاریخچه کاشت و تناوب زراعی آنها در چند سال گذشته در جدول ۱ نشان داده شده است. تمامی پلات‌های آزمایشی در دو مزرعه تحت روش آبیاری غرقابی قرار داشته‌اند.

نمونه‌های خاک از هر کدام از این سیستم‌های کاشت از دو عمق ۵- ۰ و ۱۵- ۵ سانتی‌متری به صورت نمونه مرکب برداشته شد. نمونه‌ها بعد از انتقال به آزمایشگاه و خشک شدن در هوا از الک‌های ۴ و ۲ میلی‌متری عبور داده شد. برخی از خصوصیات خاک مانند pH، ECe، بافت خاک، کربنات کلسیم معادل و کربن آلی (۱۸) به روش‌های معمول اندازه‌گیری شد (جدول ۲).

برای تعیین مقدار کربوهیدرات نمونه‌های خاک از الک ۴ میلی‌متری عبور داده شده و با استفاده از روش آب داغ (۸۵°C) عصاره‌گیری شدند (۱) و از محلول صاف رویی برای تعیین غلظت کربوهیدرات استفاده شد بدین ترتیب که ۲ میلی‌لیتر از عصاره را برداشته و به آن ۰/۰۶ میلی‌لیتر فنل ۸۰ درصد وزنی و ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ (خلوص ۹۸ درصد) جهت ایجاد رنگ زرد متمایل به نارنجی اضافه شد و مقدار جذب با استفاده از اسپکتروفوتومتر در طول موج ۴۹۰ نانومتر خوانده شد (۹). برای تهیه منحنی استاندارد محلول mg/L ۱۰۰۰ گلوکز تهیه شد و از آن محلول‌های mg/L ۱۱۰و ۱۰۰، ۹۰، ۸۰، ۷۰، ۶۰، ۵۰، ۴۰، ۳۰، ۲۰، ۱۰ ساخته شد.

برای جداسازی ذرات مواد آلی (POM) از روش گرگوریچ

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.36.0]

جدول ۲. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

منطقه	سیستم کاشت	بافت خاک	pH	EC (dS/m)	کربنات کلسیم (٪)
لورک	C1	لوم رسی سیلتی	۸/۳۰	۰/۵	۳۷/۳۳
لورک	C2	لوم رسی سیلتی	۷/۶۲	۰/۹۵	۳۵/۰۸
لورک	C3	لوم رسی سیلتی	۷/۶۰	۱/۲۰	۳۴/۷۵
لورک	C4	لوم رسی سیلتی	۷/۵۳	۱/۵۰	۳۳/۲۵
لورک	C5	لوم رسی سیلتی	۷/۸۰	۰/۴۶	۳۶/۲۵
لورک	C6	لوم رسی سیلتی	۷/۸۰	۰/۶۵	۳۶/۸۳
لورک	C7	لوم رسی سیلتی	۷/۳۸	۳/۰۰	۴۲/۵۸
فزوه	C8	لوم رسی	۷/۸۵	۰/۵۳	۳۷/۰۰
فزوه	C9	لوم رسی	۷/۶۶	۰/۵۶	۳۷/۱۰
فزوه	C10	لوم رسی	۷/۹۰	۰/۶۸	۳۷/۵۰

pH و EC در عصاره ۲/۵: ۱ خاک به آب اندازه‌گیری شدند.

و الرت (۱۱) استفاده شد که شامل جداسازی ذرات با اندازه شن مواد آلی است و سپس در این بخش نیز مقدار کربن آلی و کربوهیدرات قابل عصاره‌گیری با آب داغ اندازه‌گیری گردید. برای تعیین پایداری خاکدانه‌ها از روش کمپر و روزنا (۱۹) استفاده شد، بدین ترتیب که نمونه‌های هوا خشک از الک ۴ میلی‌متری عبور داده شد و به روش الک تر پایداری خاکدانه‌ها تعیین گردید. بدین ترتیب که هر نمونه خاک روی یک ردیف الک که اندازه قطر سوراخ‌های آنها به ترتیب از بالا به پایین ۲، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵ و ۰/۱ میلی‌متر بود، قرار گرفت و برای جلوگیری از تخریب خاکدانه‌ها تحت تأثیر محبوس شدن هوا، نمونه‌ها ابتدا با آب فشان مرطوب شدند. الک‌ها به مدت ۵ دقیقه توسط یک موتور در آب بالا و پایین رفته و سپس خاکدانه‌های باقی‌مانده روی هر سرند در آون و درجه حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. و پایداری خاکدانه‌ها با تعیین میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) ارزیابی گردید. سپس هم‌بستگی اجزای اندازه‌گیری شده کربن آلی خاک با پایداری خاکدانه‌ها در سیستم‌های مختلف کاشت با استفاده از نرم افزار SPSS مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل آماری شامل تجزیه واریانس و مقایسات میانگین با استفاده از نرم افزار SAS و رسم نمودارها با کمک نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

خصوصیات مورد اندازه‌گیری خاک تا حدود زیادی تحت تأثیر سیستم‌های کاشت متفاوت قرار داشتند. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول‌های ۳ و ۴) نشان می‌دهد که در همه صفات، اختلاف معنی‌داری بین سیستم‌های کاشت و هم‌چنین عمق‌های مورد مطالعه (جدول ۵) در سطح احتمال ۱ درصد وجود دارد.

کربن آلی

محدوده تغییرات کربن آلی در دو منطقه بین ۳/۸۵–۰/۸۵ درصد است (شکل ۱). درمنطقه لورک سیستم کاشت C4 مربوط به تیمار سالانه افزایش ۱۰۰ مگاگرم کود گاوی در هکتار بیشترین مقدار کربن آلی خاک را نشان داد و کمترین مقدار کربن آلی در این منطقه مربوط به سیستم کاشت C1 (تیمار صفر کود گاوی) می‌باشد. سیستم‌های کاشت C5، C6 و C7 از نظر مقدار کربن آلی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشته ولی در سطحی پایین‌تر از پلات‌هایی که با کود گاوی تیمار شده‌اند قرار داشتند. در تحقیقات مختلف از جمله میک و همکاران نیز نشان داده شده افزودن کود آلی به خاک باعث افزایش مقدار ماده آلی خاک می‌گردد (۲۲).

در منطقه فزوه، بیشترین مقدار کربن آلی مربوط به سیستم کاشت C9 (بیش از پنج سال یونجه متوالی) بود که شاید بتوان

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.36.0]

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس خصوصیات اندازه‌گیری شده خاک در منطقه لورک

منابع تغییر	df	میانگین مربعات				
		کربن آلی	کربوهیدرات	کربن آلی در بخش POM	کربوهیدرات در بخش POM	MWD
تیمار	۶	۵/۹۶***	۱۳۵۲۵۲/۹***	۱/۸۷***	۸۱۷/۴***	۰/۱۴۳***
عمق	۱	۰/۰۵۷***	۱۸۴۹۷/۰۸***	۰/۰۰۰۰۷	۲۱/۳۹***	۰/۰۰۷۷***
اثر متقابل تیمار × عمق	۶	۰/۰۰۹۱	۲۳۱۶/۲۶***	۰/۰۰۰۲۲	۱۱/۲۲***	۰/۰۰۱۲
تکرار× عمق	۴	۰/۰۰۱۷	۱۸۷/۷۳	۰/۰۰۰۱۴	۰/۰۱۶	۰/۰۰۰۵
خطا	۲۴	۰/۰۰۱۹	۲۱۲/۶۴	۰/۰۰۰۱۵	۰/۰۵۵	۰/۰۰۰۵۲

*** : نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۰۱ است.

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس خصوصیات اندازه‌گیری شده خاک در منطقه فزوه

منابع تغییر	df	میانگین مربعات				
		کربن آلی	کربوهیدرات	کربن آلی در بخش POM	کربوهیدرات در بخش POM	MWD
تیمار	۲	۲/۲۴***	۵۱۱۳۲/۷۳***	۰/۰۹۵***	۶۰/۹۴***	۰/۲۹۴***
عمق	۱	۰/۰۲۵***	۱۱۱۴/۲۱***	۰/۰۰۴۶**	۴۴/۹۵***	۰/۰۱۷***
اثر متقابل تیمار × عمق	۲	۰/۰۰۶۴	۱۴۷۴/۳۹***	۰/۰۰۲۷**	۷/۷۷***	۰/۰۱
تکرار× عمق	۴	۰/۰۰۰۴	۸/۷۹	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۴۳	۰/۰۰۰۱
خطا	۸	۰/۰۰۲۱	۱۱/۰۶	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۴۳	۰/۰۰۰۷

*** : نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۰۱ است.

** : نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ است.

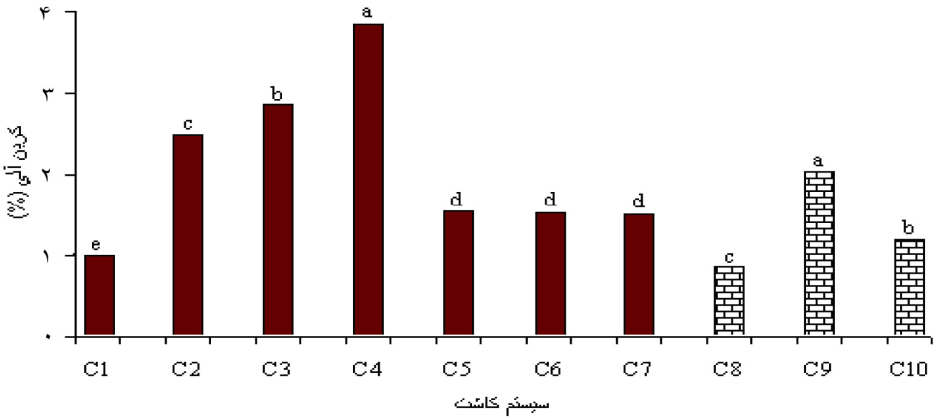
جدول ۵ . مقایسه میانگین خصوصیات اندازه‌گیری شده در دو عمق متفاوت در دو منطقه لورک و فزوه

پارامتر اندازه‌گیری شده	واحد	لورک (۵-۰)	لورک (۱۵-۵)	فزوه (۵-۰)	فزوه (۱۵-۵)
کربن آلی	٪	۲/۱۴ A*	۲/۰۷ B	۱/۳۹ A	۱/۳۲ B
کربن آلی در بخش POM	٪	۰/۷۶A	۰/۷۶ A	۰/۳۴ A	۰/۳۱ B
کربوهیدرات	mg/kg	۴۴۹/۱۷ A	۴۰۷/۲ B	۳۵۰/۰۴ A	۳۳۴/۳۱ B
کربوهیدرات در بخش POM	mg/kg	۲۴/۸۵ A	۲۳/۴۲ B	۱۶/۴۵ A	۱۳/۲۹ B
MWD	mm	۰/۵۴ B	۰/۵۶ A	۰/۵۴ B	۰/۵۹ A

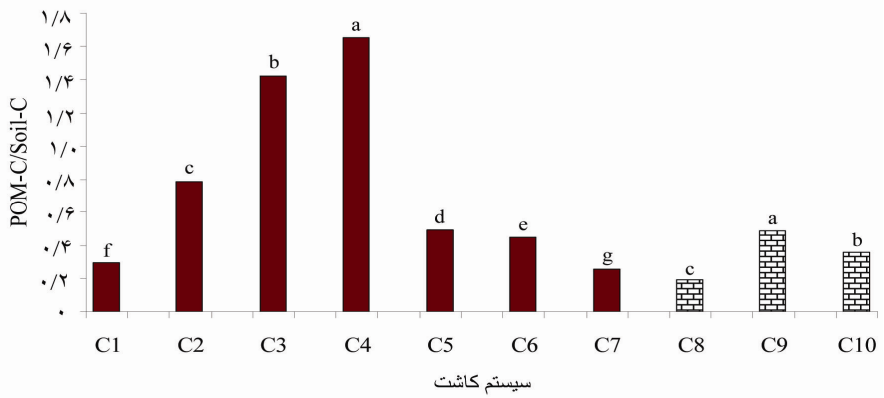
* : در هر ردیف، میانگین‌های مربوط به هر منطقه که با حروف متفاوت مشخص شده‌اند در سطح ۰/۰۰۱ دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.36.0]



شکل ۱. کربن آلی خاک سطحی در سیستم‌های کاشت متفاوت حروف متفاوت در هر منطقه نشان دهنده اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها در سطح ۰/۰۰۱ می‌باشد.



شکل ۲. نسبت کربن آلی بخش POM به کل کربن آلی خاک در سیستم‌های کاشت متفاوت حروف متفاوت در هر منطقه نشان دهنده اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها در سطح ۰/۰۰۱ می‌باشد.

بخشی از این افزایش را مرتبط با بازگشت بخشی از بقایای گیاهی به خاک دانست و کمترین مقدار مربوط به سیستم کاشت C8 (آیش متوالی) بود. کمتر بودن کربن آلی در تیمار آیش را می‌توان به دلیل تجزیه ماده آلی دانست که مقادیری از کربن آلی طی مراحل تجزیه به صورت CO_2 از خاک خارج می‌شود. شواهدی مانند افزایش اتلاف مواد آلی، کاهش کیفیت مواد آلی، کاهش فعالیت میکروبی و افزایش حساسیت به فرسایش به عنوان آثار تخریبی آیش بر کیفیت خاک گزارش شده‌اند (۶).

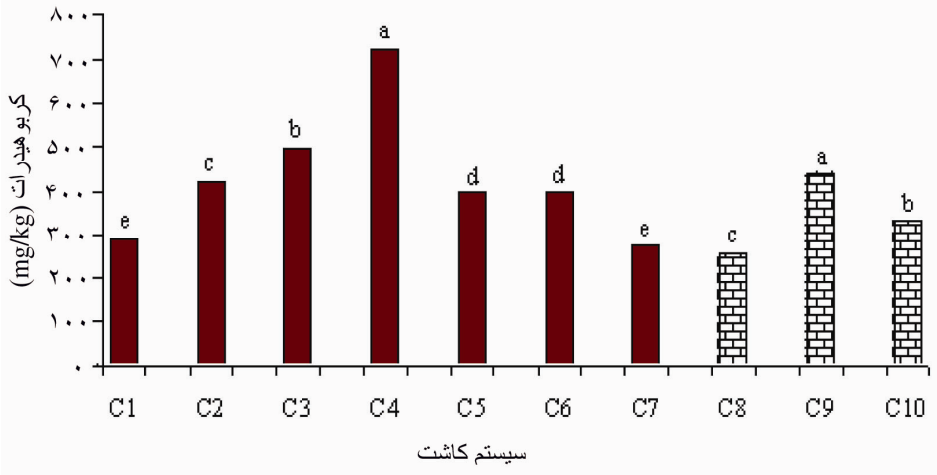
کربن آلی در بخش POM

در منطقه لورک کاربرد ۱۰۰ مگاگرم کود گاوی در هکتار (سیستم کاشت C4) همراه با بیشترین مقدار کربن آلی در بخش POM بود (شکل ۲). علت این امر را می‌توان ورود مقدار زیاد کود گاوی و همچنین بقایای گیاهی به خاک دانست. با توجه به این که هر ساله مقدار ۱۰۰ مگاگرم در هکتار کود گاوی و مقدار زیادی بقایای گیاهی به این خاک اضافه شده است، فرصت کافی برای تجزیه مواد آلی پیش نیامده، این مواد از نظر مواد قابل تجزیه به عنوان حدواسط بقایای گیاهی تازه و هوموس بوده و مخزن موقتی مواد آلی در خاک به شمار می‌رود.

در سیستم کاشت C7 به دلیل آیش ماندن زمین بعد از کشت برنج، احتمالا بقایای گیاهی ورودی و همچنین کودهای اضافه شده به زمین فرصت تجزیه پیدا کرده و مقدار زیادی از کربن آلی این بخش طی تجزیه به صورت CO_2 از زمین خارج شده است. نتایج تحقیقات اسپیچر و همکاران نیز نشان

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.36.0]



شکل ۳. مقدار کربوهیدرات قابل عصاره‌گیری با آب داغ از خاک در سیستم‌های کاشت متفاوت حروف متفاوت در هر منطقه نشان دهنده اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها در سطح ۰/۰۰۱ می‌باشد.

داد که کربن و نیتروژن در بخش سبک مواد آلی سریع‌تر از بخش سنگین معدنی می‌شوند (۲۸). در منطقه دوم هم، کمترین مقدار کربن آلی در این بخش مربوط به تیمار آیش (C8) است که هیچ گونه بقایای گیاهی یا کودی را دریافت نکرده است. بیشترین مقدار هم در سیستم کاشت یونجه(C9) مشاهده شد.

کربوهیدرات محلول در آب داغ

محدوده تغییرات کربوهیدرات قابل عصاره‌گیری با این روش در دو منطقه بین mg/kg ۷۲۳-۲۵۶ است (شکل ۳). در مزرعه لورک کاربرد کود گاوی تیمار ۱۰۰ مگاگرم در هکتار بیشترین مقدار کربوهیدارت و سیستم‌های کاشت C1 و C7 کمترین مقدار را داشتند. بیشتر بودن کربوهیدرات در تیمارهای ۱۰۰و ۵۰ مگاگرم کود گاوی در هکتار (سیستم کاشت C3 و C4) را می‌توان به دلیل افزایش بیشتر کود گاوی نسبت به سیستم‌های کاشت C2 و C1 و هم‌چنین افزایش عملکرد ناشی از افزایش کود گاوی نسبت داد که در نتیجه برگشت بیشتر بقایای گیاهی به خاک را موجب می‌شود. تحقیقات نشان داده است که با افزایش کود گاوی به خاک رشد و عملکرد محصول افزایش می‌یابد، علت آن ذخیره نیتروژن، گوگرد و فسفر در کود گاوی می‌باشد که بسته به کیفیت کود مورد استفاده می‌تواند متفاوت باشد (۲۳). در این رابطه محققان نشان داده‌اند برخی کودها مانند کود حیوانی اگر چه حاوی کربوهیدرات می‌باشند ولی از آنجایی که مقدار آن در مقایسه با افزایش کربوهیدرات از طریق محصول ناچیز است، تأثیر چندانی در افزایش کربوهیدرات خاک نخواهند گذاشت (۸).

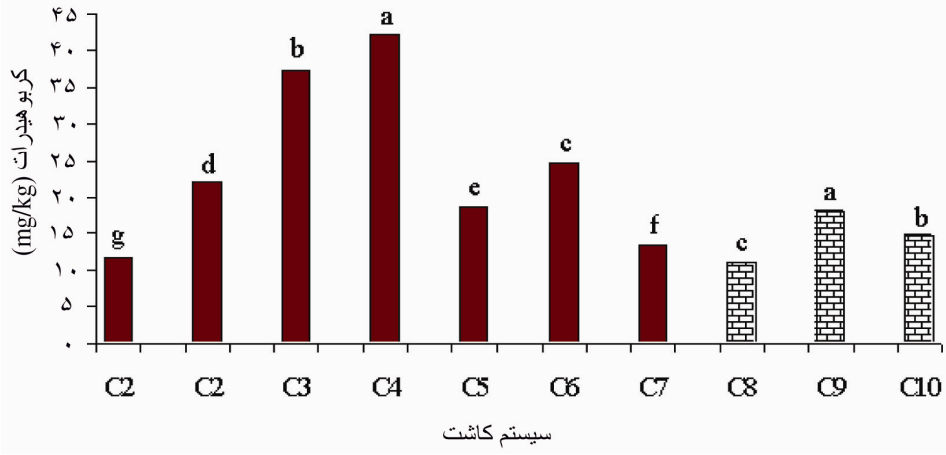
در منطقه دوم بیشترین مقدار کربوهیدرات در تیمار یونجه (سیستم کاشت C9) به دست آمد. بیشتر بودن مقدار کربوهیدرات در سیستم کاشت یونجه متوالی را می‌توان به ترشحات ریشه‌ای و پلی ساکاریدهای تولید شده توسط ریز جانداران خاک نسبت داد. کربوهیدرات‌ها معمولا در ریزوسفر فراوانی بیشتری از کل توده خاک دارند (۲۶). در منطقه فزوه کمترین مقدار کربوهیدارت قابل عصاره گیری با آب داغ در تیمار آیش (سیستم کاشت C8) به دست آمد. دوره آیش در واقع زمانی را برای تجزیه مواد آلی بدون ورود بقایای گیاهی فراهم می‌کند (۱۴).

کربوهیدارت در بخش POM

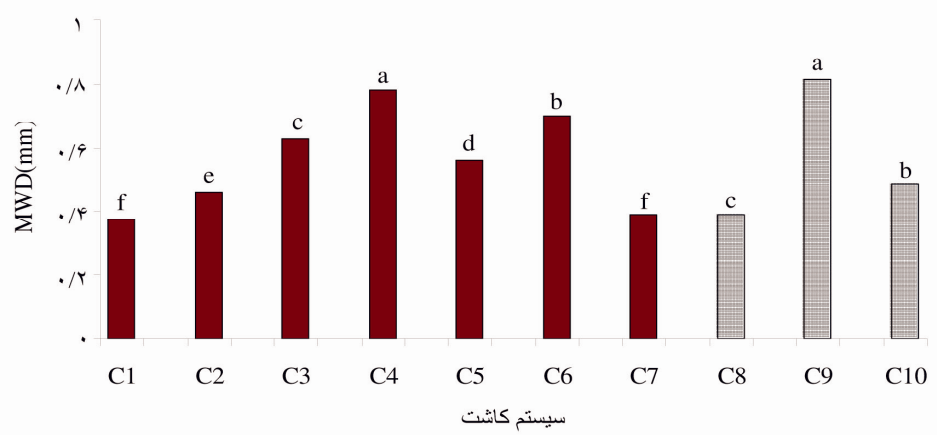
محدوده تغییرات مقدار کربوهیدرات محلول در آب داغ مربوط به بخش POM در بین سیستم‌های کاشت مورد مطالعه بین mg/kg ۴۳-۱۱ است (شکل ۴). روند تغییرات مقدار کربوهیدرات در این بخش تقریباً با روند تغییرات مقدار کربوهیدرات در کل نمونه خاک مشابه است.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.36.0]



شکل ۴. مقدار کربوهیدرات قابل عصاره‌گیری با آب داغ در بخش POM خاک در سیستم‌های کاشت متفاوت حروف متفاوت در هر منطقه نشان دهنده تفاوت معنی‌دار میانگین ها در سطح ۰/۰۰۱ می‌باشد.



شکل ۵ . میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های پایدار در آب (MWD) در سیستم‌های کشت متفاوت حروف متفاوت در هر منطقه نشان دهنده اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها در سطح ۰/۰۰۱ می‌باشد.

پایداری خاکدانه

محدوده تغییر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های پایدار در آب بین ۰/۸۲ – ۰/۳۸ میلی‌متر است (شکل ۵). در منطقه لورک بیشترین مقادیر MWD در سیستم‌های کاشت C4 و C6 به دست آمد، در حالی که کمترین مقدار در سیستم‌های کاشت C1 و C7 حاصل شد که شاید بتوان یکی از دلایل پایین بودن MWD در C7 نسبت به سیستم‌های کاشت C5 و C6 را تخریب ساختمان خاک در عملیات خاک ورزی تهیه شالیزار و تجزیه بخشی از اجزای کربن لبایل خاک عنوان کرد. بیشتر بودن میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های پایدار در آب در سیستم‌های کاشت C5 و C6 نسبت به سیستم کاشت C2 (تیمار ۲۵ مگاگرم در هکتار کود گاوی) را نیز می‌توان به دلیل بقایای گیاهی افزوده شده به خاک و نیز ترکیب شیمیایی بقایا دانست. چنانچه مطالعات انجام شده تحت شرایط گلخانه ای نشان داد که پایداری خاکدانه‌ها می‌تواند بعد از چند ماه از رشد گیاهان تغییر یابد (۲). در این رابطه آنگر و میوز در یک آزمایش مزرعه‌ای مشاهده کردند که بعد از دو فصل رشد، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های پایدار در آب یک خاک رسی تحت کشت جو و یونجه در مقایسه با آیش بیش از ۵۰ درصد افزایش یافت (۳).

در منطقه دوم بیشترین مقدار پایداری خاکدانه در سیستم کاشت C9 و کمترین مقدار آن در سیستم کاشت C8 به دست آمد. نتایج تحقیقات رید و گوس نشان داد که افزایش پایداری

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.36.0]

جدول ۶. رابطه بین ذخایر کربن آلی و پایداری خاکدانه

ضرایب هم‌بستگی	معادلات هم‌بستگی
۰/۶۲**	MWD = ۰/۱۱۰۹ OC$ +۰/۳۴
۰/۷۴**	MWD = ۰/۰۰۰۹ Cb.HW +۰/۲
۰/۵۳**	MWD = ۰/۱۸۲۸ POMC +۰/۴۴
۰/۶۶**	MWD = ۰/۰۱۰۱ POM (Cb.HW) +۰/۳۴

** : نشان دهنده معنی‌دار شدن در سطح ۰/۰۱ می‌باشد.

$ OC= کربن آلی، Cb.HW = کربوهیدرات قابل عصاره‌گیری با آب داغ، POMC= کربن آلی در بخش ذرات مواد آلی، POM(Cb.HW)= کربوهیدرات قابل عصاره‌گیری با آب داغ در اندازه شن مواد آلی است.

خاکدانه خاک‌های لومی انگلیس مرتبط با رشد گراس و یونجه به دلیل پلی ساکاریدهای تولید شده در ریزوسفر بوده است (۲۴).

هم‌بستگی خصوصیات

بررسی روابط ساده خطی نشان داد که هم‌بستگی قوی و معنی‌داری بین میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های پایدار در آب و کربن آلی (r =۰/۶۲**)، کربوهیدرات قابل عصاره گیری با آب داغ (r = ۰/۷۴**)، هم‌چنین کربن آلی در بخش POM (r = /۵۳**) و کربوهیدرات قابل عصاره گیری با آب داغ در این بخش (r = ۰/۶۶**) وجود دارد (جدول ۶).

وجود هم‌بستگی قوی و معنی دار بین میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های پایدار در آب و کربوهیدرات (r = ۰/۷*) پیش از این نیز گزارش شده است (۲۰). آنگر و میوز نیز هم‌بستگی قوی و معنی‌داری (p =۰/۰۰۱ و r = ۰/۶۳) را بین میانگین وزنی قطر خاکدانه و مقدار کربوهیدرات به دست آوردند (۲). اندازه و پایداری خاکدانه‌ها می‌تواند به عنوان شاخصی از تغییرات کیفیت خاک ناشی از مدیریت‌های متفاوت در شرایط مشخص محسوب گردد (۴). از طرف دیگر مواد آلی خاک، بخصوص کربوهیدرات‌ها به عنوان عوامل اصلی اتصال ذرات خاک و تشکیل خاکدانه‌ها به حساب می‌آیند (۱۰). در این رابطه یک نظریه بر این امر دلالت دارد که پلی ساکاریدهای خاک حاصل از منابع گیاهی و میکروبی یک نقش کلیدی در پایداری خاکدانه‌های کوچک ایفا می‌کنند. در این نظریه نقش پیوند دهنده وابسته به طول و ساختار پلی ساکاریدها می‌باشد که به آنها اجازه می‌دهد به عنوان یک پل در فضای بین ذرات خاک عمل کنند (۸). از اینرو اجزاء کربن آلی خاک مخصوصا کربوهیدرات‌ها می‌توانند به عنوان شاخص‌های کارآمدی در ارزیابی کیفیت خاک و هم‌چنین تأثیر مدیریت‌های متفاوت بر آن مورد استفاده قرار گیرند. در خاک‌های مورد مطالعه تحت مدیریت‌های کشت متفاوت، کربوهیدرات قابل عصاره گیری با آب داغ از خاک بیشترین هم‌بستگی را با شاخص پایداری خاک (MWD) نشان داد. از اینرو به نظر می‌رسد این بخش کربن آلی خاک می‌تواند به عنوان شاخصی مناسب جهت ارزیابی پایداری خاکدانه یا کیفیت خاک تحت تأثیر مدیریت‌های زراعی متفاوت مورد استفاده قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

مقادیر کربن آلی، کربوهیدرات‌های خاک و POM تحت تأثیر سیستم‌های متفاوت کاشت تفاوت معنی‌دار نشان دادند. در این رابطه سیستم‌های کاشت کود دامی و تناوب یونجه باعث افزایش این پارامترها شد و سیستم کاشت آیش در مقایسه با سایر سیستم‌های کاشت مقادیر این پارامترها را کاهش داده است. پایداری خاکدانه‌ها نیز در مدیریت‌های متفاوت کاشت اختلاف معنی‌دار نشان داد. در این رابطه تناوب یونجه منجر به

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.36.0]

افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های پایدار در آب شد. ولی در سیستم‌های کاشت C7 و C8 در مقایسه با سایر سیستم‌های کاشت پایداری خاکدانه‌ها کاهش یافت. هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری بین پایداری خاکدانه و اجزاء مختلف کربن آلی خاک از جمله کربن آلی کل، کربوهیدرات‌های قابل عصاره گیری با آب داغ و هم‌چنین اجزای کربن ذرات مواد آلی (POM) به دست آمد. در بین اجزای کربن مورد مطالعه، کربوهیدرات‌های قابل عصاره‌گیری با آب داغ بیشترین هم‌بستگی را با پایداری خاکدانه نشان داد. از این‌رو این جزء کربن آلی خاک می‌تواند به عنوان شاخص ارزیابی تأثیر مدیریت‌های متفاوت بر کیفیت خاک مورد استفاده قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

1. Adesodun, J. K., J. S. C. Mbagwu and N. Oti. 2001. Structural stability and carbohydrate contents of an Ultisol under different management systems. Soil and Till. Res. 60:135-142.
2. Angers, D. A. and G. R. Mehuys. 1989. Effects of cropping on carbohydrate content and water- stable aggregation of a clay soil. Can. J. Soil Sci. 69: 373- 380.
3. Angers, D. A. and G. R. Mehuys. 1988. Effects of cropping on macroaggregation of a marine clay soil. Can. J. Soil Sci. 68: 723-732.
4. Arshad, M. A. and G. M. Coen. 1992. Characterization of soil quality: physical and chemical criteria. Amer. J. Altern. Agric. 7:25-31.
5. Bowman, R. A., M. F. Vigil, D. C. Nielsen and R. L. Anderson. 1999. Soil organic matter changes in intensively cropped dryland systems. Soil Sci. Soc. Amer. J. 63: 186-191.
6. Campbell, C. A., V. O. Biederbeck, R. P. Zentner and G. P. Lafond. 1991. Effect of crop rotations and cultural practices on soil organic matter, microbial biomass and respiration in a thin black chernozem. Can J. Soil Sci. 71: 363-376.
7. Campbell, C. A., G. P. Lalond, O. Biederbeck, G. Wen, J. Schoenau and D. Hahn. 1999. Seasonal trends in soil biochemical attributes: Effects of crop management on a Blak Chernozem. Can. J. Soil Sci. 79:85-97.
8. Cheshire, M. V. 1979. Nature and Origin of Carbohydrates in Soils. Academic Press., London.
9. Dubois, M., K.A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers and F. Smith. 1956. Colorimetric method of determination of sugars and related substances. Analyt. Chem. 28: 350-356.
10. Feller, C., M. H. Beare. 1997. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. Geoderma 79:69-160.
11. Gregorich, E. G. and B. H. Ellert. 1993. Light fraction and macroorganic matter in mineral soils. *In*: M. R. Carter, (Ed.), Soil Sampling and Methods of Analysis. Canadian Society of Soil Science.
12. Gregorich, E. G., M. R. Carter, D. A. Angers, C. M. Moneral B. H Ellert. 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. Can. J. Soil Sci. 74:367-385.
13. Gregorich, E. G., M. R. Carter, J. W. Doran, C. E. Pankhurst and L. M. Dwyer. 1997. Bioligical attributes of soil quality. PP. 81-114. *In*: Gregorich, E. G. and M. R. Carter (Eds.), Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health. Elsevier Science, Amesterdam, The Netherlands.
14. Halvorson, A. D., B. J. Wienhold and A. L. Black. 2002. Tillage, nitrogen and cropping system effects on soil carbon sequestration. Soil Sci. Soc. Amer. J. 66: 906-912.
15. Haynes, R. J. 2005. Labile organic matter fractions as central components of the quality of agricultural soils: An overview. Adv. in Agron. 85 : 221-268.
16. Haynes, R. J. and M. H. Beare.1997. Influence of six crop species on aggregate stability and some labile organic matter fractions. Soil Biochem. 29: 1647-1653.
17. Haynes, R. J., R. S. Swift and R. C. Stephen. 1991. Influence of mixed cropping rotation (pasture-arable) on organic matter content, stable aggregation and clod porosity in a group of soils. Soil and Till Res. 19: 77-87.
18. Hesse, P. R. 1971. A text book of soil chemical analysis, John Murray, London.
19. Kamper, D. W. and R. C. Rosenau. 1986. Aggregate stability and aggregate size distribution. PP: 425-442. *In*: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Parti, ASA-SSSA, Madison, WI.
20. Martens, D. A. 2000. Plant residue biochemistry regulates soil carbon cycling and carbon sequestration. Soil Biol. Biochem. 32: 361-369.
21. Mbagwu, J. S. C. and A. Piccolo. 1998. Water-dispersible clay in aggregates of forest and cultivated soils in southern Nigeria in relation to organic matter constituents. PP. 71-83. *In*: Bergstrom, L. and L. Kirchman, (Eds.), Carbon and Nutrient Dynamic in Tropical Agricultural Ecosystems, CAB International, Wallingford, UK.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.36.0]

22. Meek, B., L. Graham and T. Onovan. 1982. Long- term effects of manure on soil nitrogen, phosphorus, potassium, sodium, organic matter and water infiltration rate. Soil Sci. Soc. Amer. J. 46: 1014-1019.
23. Mugwira, L. M., J. Nyamangara and D. Hikwa. 2002. Effects of manure and fertilizer on maize at a research station and in a smallholder (peasant) area of Zimbabwe. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 33: 379-402.
24. Reid, J. B. and M. J. Goss 1981. Effect of living roots of different plant species on the aggregate stability of two arable soil. J. Soil Sci. 32: 521-541.
25. Spaccini, R., J. S. C. Mbagwu, C. A. Igwe, P. Conte and A. Piccolo. 2004.Carbohydrate and aggregation in lowland soils of Nigeria as influenced by organic input. Soil Till Res. 75 : 161-172.
26. Sparling, G. P. and M. V. Cheshire. 1985. Effect of periodate oxidation on the polysaccharide content and microaggregate stability of rhizosphere and non- rhizosphere soils. Plant Soil 88: 113-122.
27. Sparling, G., M. Vojvodic-Vukovic and L. A. Schipper. 1998. Hot- water- soluble C as a simple measure of labile soil organic matter: the relationship with microbial biomass C. Soil Biol, Biochem. 30(10-11):1469-1472.
28. Spychter, G., P. Sollins and S. Rose 1983. Carbon and nitrogen in the light fraction of a forest soil vertical distribution and seasonal patterns. Soil Sci. 135:79-87.
29. Stevenson, F. J. 1994. Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions. John Wiley Pub., New York.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-24]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.36.0]