اثر میان‌مدت مدیریت‌های مختلف خاک‌ورزی و گیاه پوششی خلر بر برخی شناسه‌های زیستی کیفیت خاک در زراعت لوبیا

اسماعیل اسفندیاری اخلاص[۱]، محسن نائل[۱*]، جواد حمزه‌ئی[۲]، علی اکبر صفری سنجانی[۱] و محسن شکل آبادی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۹/۱۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۴/۲۶)

چکیده

ارزیابی و مقایسه پایداری اکولوژیک سیستم‌های مختلف کشت، یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر برای رسیدن به کشاورزی پایدار است. این ارزیابی از طریق مطالعه کیفیت خاک میسر است. از این‌رو، به‌منظور بررسی اثرات میان‌مدت نظام‌های مختلف خاک‌ورزی حفاظتی (بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کمینه) و گیاه پوششی بر شناسه‌های زیستی کیفیت خاک، آزمایشی فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در منطقه دستجرد (همدان) اجرا شد. خاک‌ورزی در سه سطح (NT: بدون خاک‌ورزی، MT: خاک‌ورزی کمینه و CT: خاک‌ورزی مرسوم) و گیاه پوششی در دو سطح (C1: خلر و C2: بدون گیاه پوششی) در چهار سال زراعی به‌صورت پی‌درپی، اعمال شد. نمونه‌برداری خاک در چهارمین سال زراعی (۹۳-۱۳۹۲) و در دو گام (۱- قبل از کشت گیاه پوششی و ۲- پس از برداشت گیاه اصلی) و با سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد بیشتر شناسه‌های بررسی شده در این مطالعه (کربن آلی کل، کربن فعال، تنفس پایه و فعالیت آنزیم فسفاتاز)، به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر گیاه پوششی، خاک‌ورزی و زمان نمونه‌برداری قرار گرفتند. بیشترین مقدار این ویژگی‌ها در تیمار NT-C1، در زمان دوم نمونه‌برداری و کمترین مقدار در تیمار CT-C2، در زمان اول نمونه‌برداری مشاهده شد. برای مثال، پس از گذشت چهار سال از کاربرد تیمارها، میانگین اندازه کربن فعال خاک از ۹۲۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم در تیمار خاک‌ورزی مرسوم + بدون گیاه پوششی به ۱۳۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک‌ورزی حفاظتی + گیاه پوششی خلر رسیده است. از این رو، بهترین مدیریت جهت حفظ و بهبود کیفیت خاک، خاک‌ورزی‌های حفاظتی همراه با گیاه پوششی خلر شناسایی شد.

واژه‌های کلیدی: کربن آلی، تنفس خاک، آنزیم فسفاتاز قلیایی، خلر، لوبیا سبز

۱. گروه خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان
۲. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: moh_nael@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

ارتباط تنگاتنگی میان کشاورزی پایدار و کیفیت خاک وجود دارد، به‌طوری‌که بخشی از ناپایداری سیستم کشاورزی به‌دلیل کاهش کیفیت خاک در طول زمان است، بنابراین حفظ و بهبود کیفیت خاک، استراتژی مهمی برای پیشرفت اقتصادی و بهبود وضعیت کیفیت محیط زیست است. کیفیت خاک توانایی دائم خاک در انجام وظایف خود به‌عنوان یک سیستم حیاتی زنده در داخل اکوسیستم و تحت بهره‌برداری‌های متفاوت است به‌ترتیبی که علاوه بر حفظ تولید بیولوژیک بتواند کیفیت آب‌وهوا را بهبود بخشد و همچنین تأمین کننده سلامت انسان، گیاه و حیوان باشد (۱۴). بر همین اساس، انتخاب نوع عملیات مدیریتی و بهره‌برداری از زمین‌ها بایستی با در نظر گرفتن حفظ کیفیت خاک انجام گیرد (۲۴). برخی ویژگی‌های شیمیایی و میکروبی خاک به‌عنوان شناسه‌های بیوشیمیایی و زیستی کیفیت خاک معرفی شده‌اند. در مورد شناسه‌های زیستی می‌توان این چنین گفت که جامعه میکروبی خاک همانند حیاتی‌ترین عضو اکوسیستم، می‌تواند هر گونه تغییر در عملکرد اکولوژیکی خاک را منعکس و پاسخ قطعی به تغییرات مدیریت زمین‌ها در کوتاه‌مدت ارائه دهد(۲۲ و ۲۸). از جمله شناسه‌های بیولوژیکی کیفیت خاک که مورد ارزیابی قرار می‌گیرند می‌توان به کربن آلی، تنفس خاک، میزان کربن و نیتروژن توده زنده میکروبی، قابلیت معدنی شدن کربن و نیتروژن، فعالیت آنزیم‌های خاک و شمار کرم‌های خاکی اشاره کرد (۶، ۱۴ و۲۲).

از راهبردهای اساسی در راستای بهبود حاصلخیزی و کیفیت خاک و کاهش کاربرد کودهای شیمیایی، بهره‌گیری از کودهای آلی، گیاهان پوششی و یا کود سبز است (۱۵)، همچنین عملیات خاک‌ورزی نیز در ارتباط مستقیم با حفظ کیفیت خاک، نگهداری مواد آلی خاک و کیفیت آن است (۲۵). بنابراین نوع خاک‌ورزی و تعیین اندازه مانده‌های سطح خاک از مهم‌ترین عوامل موفقیت در کشاورزی به‌شمار می‌آید که هر دو این عوامل بر کمیّت و کیفیت عملکرد گیاهان زراعی و خاک تأثیر به‌سزایی دارند (۲۷). خاک‌ورزی شدید در نظام‌های زراعی برای نیل به بیشترین عملکرد، منجر به کاهش چشمگیر در کیفیت خاک می‌شوند (۲۷). خاک‌ورزی حفاظتی یک اصطلاح علمی است که در نتیجه اجرای آن، همه یا حداقل ۳۰ درصد از سطح خاک توسط مانده‌های گیاهی و پس از اتمام کشت گیاه بعدی در سطح خاک باقی می‌ماند (۱۹). اجرای کشاورزی حفاظتی در تمام زیست‌بوم‌های زراعی قابل کاربرد است (۱۳). مخلوط شدن مانده‌ها با خاک در نظام‌های خاک‌ورزی کمینه و بدون خاک‌ورزی، سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، حفظ حاصلخیزی و رطوبت خاک، کاهش فرسایش و تبخیر بیش از اندازه آب می‌شود (۸). همچنین مانده‌های گیاهان پوششی سبب افزایش ماده آلی و محتوای نیتروژن خاک می‌شوند (۲۹) که می‌تواند موجب افزایش فعالیت آنزیمی و زیستی در خاک و به تبع آن، افزایش حاصلخیزی خاک شود (۲۳). پژوهشگران نشان داده‌اند که با کاربرد کودهای آلی، میزان مواد آلی خاک افزایش یافته و فعالیت میکروبی و آنزیمی خاک بهبود می‌یابد و به این ترتیب تلفات عناصر غذایی از خاک کاهش می‌یابد؛ به‌علاوه با این مدیریت، ضمن دست‌یابی به عملکرد مطلوب، تداوم آن در طی زمان حفظ می‌شود (۳۵).

یکی از اهداف اصلی در مدیریت پایدار زمین‌ها، شناسایی مدیریت‌هایی است که از یک طرف باعث ارتقاء کمّی و کیفی تولید در طولانی‌مدت شود و از سوی دیگر، باعث حفظ و بهبود کیفیت خاک شود. از دو دهه گذشته در راستای مدیریت پایدار زمین‌ها، بررسی کیفیت خاک برای شناسایی و ارزیابی عملکردهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در اکوسیستم‌های گوناگون کشاورزی، مرتعی و جنگلی مطرح شده است. تاکنون تحقیقات فراوانی پیرامون شناسه‌های ارزیابی و تأثیر مدیریت‌های گوناگون بر کیفیت خاک ها صورت گرفته است. که از آن جمله می‌توان به مطالعه تخریب اراضی به‌کمک شاخص‌های کیفیت خاک و تغییرات مکانی آنها در اکوسیستم‌های مرتعی و جنگلی ایران مرکزی (۶) و اثر بقایای گیاهان پوششی بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و سرعت سبز شدن

www.SID.ir

Archive of SID

سیب‌زمینی (۵) اشاره کرد، همچنین حسینی‌پور و همکاران (۱) به بررسی تأثیر خاک‌ورزی بر ویژگی‌های خاک پرداخته‌اند، اما در زمینه تأثیر مدیریت‌های تلفیقی خاک‌ورزی و گیاه پوششی بر شناسه‌های زیستی کیفیت خاک و همچنین تغییرات زمانی این شناسه‌ها، به‌خصوص در خاک‌های همدان تحقیقی صورت نگرفته است، از این‌رو این تحقیق با هدف اثر مدیریت‌های مختلف خاک‌ورزی و گیاه پوششی بر شناسه‌های حساس زیستی و همچنین نحوه تغییرات زمانی این شناسه‌ها جهت انتخاب بهترین مدیریت در راستای حفظ و بهبود کیفیت خاک، در منطقه دستجرد همدان انجام شد.

مواد و روش‌ها

محل انجام آزمایش

آزمایش در دو گام مزرعه‌ای و آزمایشگاهی انجام گرفت. شروع مدیریت‌های مختلف (انواع خاک‌ورزی و کاشت گیاه پوششی) از سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ تا سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ (برای چهار سال متوالی) در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا واقع در روستای دستجرد در فاصله ۳۷ کیلومتری از شهر همدان انجام گرفت. جایگاه انجام آزمایش در ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه طول شرقی، و ۳۵ درجه و ۱ دقیقه عرض شمالی، با بلندی ۱۶۹۰ متر از سطح دریا قرار دارد. برخی از ویژگی‌های خاک محل اجرای آزمایش در جدول (۱) آمده است. میزان کل بارندگی در طول فصل زراعی۹۳-۱۳۹۲ حدود ۳۳۰ میلی‌متر بود (۲۰).

طرح آزمایشی

آزمایش به گونه فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد که شامل ترکیب فاکتوریل سه سطح مدیریت خاک‌ورزی شامل بدون خاک‌ورزی (NT)، خاک‌ورزی کمینه (MT) و خاک‌ورزی مرسوم (CT) به‌همراه دو سطح گیاه پوششی خلر (C1) و بدون گیاه پوششی (C2) بود که برای چهار سال متوالی تکرار شد.

آماده‌سازی زمین و کشت گیاه

زمین مورد مطالعه به‌مدت چهار سال متوالی تحت نظام‌های مختلف خاک‌ورزی شامل خاک‌ورزی مرسوم، خاک‌ورزی کمینه و بدون خاک‌ورزی و وجود و غیاب گیاه پوششی خلر مدیریت شده است. در سه سال زراعی اول (۹۲-۱۳۸۹)، ذرت و در سال زراعی چهارم (۹۳-۱۳۹۲) لوبیا سبز به‌عنوان گیاه اصلی کشت شد. بذر خلر به‌عنوان گیاه پوششی، در اسفندماه هر سال زراعی و به‌میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کشت شد و در اواخر اردیبهشت همان سال و دو هفته قبل از کاشت گیاهان اصلی (ذرت برای سه سال اول و لوبیا برای سال چهارم) زمانی که حدوداً ۳۰ درصد خلر به گل رفته بود، به‌صورت کف‌بر شده با یک دیسک سطحی در سطح کرت‌ها رها شد و در کرت‌هایی که بدون گیاه پوششی بودند نیز علف‌های هرزی که رشد کرده بودند، از سطح خاک گردآوری و بیرون برده شدند. بعد از گذشت یک هفته از زمان قطع گیاه پوششی خلر، زمین با ادوات مخصوص برای هر نوع از نظام خاک‌ورزی به شرحی که در ادامه خواهد آمد، تیمار شد. اندازه زی‌توده برگردانده شده به خاک در تیمارهای دارای گیاه پوششی حدود ۳۰۰ گرم بر مترمربع بود. قابل ذکر است روش مدیریتی مرسوم منطقه برای کشت‌وکار به‌گونه خاک‌ورزی مرسوم و بدون کاشت گیاه پوششی است، بنابراین تیمارهای شامل این مدیریت‌ها نماینده شیوه مدیریتی منطقه نسبت به خاک‌ورزی‌های حفاظتی و کاشت گیاه پوششی خلر در نظر گرفته شد تا کاربرد روش‌های مختلف مدیریتی در این مطالعه بعد از چهار سال قابل بررسی باشد.

برای اجرای خاک‌ورزی مرسوم از گاوآهن برگردان + دیسک بهره‌گیری شد. این نوع گاوآهن‌ها ۹۰ تا ۹۵ درصد مانده‌های گیاهی را در هر سری عملیات دفن کرده و تنها ۵ تا ۱۰ درصد از مانده‌ها و خاک سطحی زیرورو نمی‌شود. برای انجام خاک‌ورزی کمینه از گاوآهن چیزل که شمع‌کوب نیز به آن وصل بود، بهره‌گیری شد. این گاوآهن برخلاف گاوآهن برگردان‌دار خاک را برنمی‌گرداند، بلکه همانند یک ابزار برنده در خاک نفوذ کرده و فقط آن را شکاف می‌دهد. سطح خاک شخم‌خورده با گاوآهن چیزل به‌گونه‌ای است که در جذب آب مفید است و چون مانده‌های گیاهی در رویه خاک باقی می‌ماند،

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. برخی از ویژگی‌های ذاتی خاک محل اجرای آزمایش

pH	CEC	EC	پتاسیم	فسفر	ازت	رس	سیلت	شن	بافت خاک
	(Cmolc/kg)	(dS/m)	(mg/kg)		(%)				
۷/۴۵	۱۷-۱۴	۰/۴۰۹	۳۵۰	۱۵	۰/۳۰	۲۷	۳۰	۴۳	لوم رسی

تبخیر رطوبت را نیز کاهش می‌دهد. در کرت‌های بدون خاک‌ورزی هیچ‌گونه عملیاتی انجام نشد و کلیه مانده‌ها در سطح خاک به‌صورت پوشش باقی ماندند.

درنهایت در اواسط خرداد هر سال زراعی گیاهان اصلی (ذرت یا لوبیا) کشت شدند. کاشت لوبیا سبز در سال چهارم زراعی با تراکم ۱۸ بوته در مترمربع با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر انجام و در هر کرت هشت ردیف کشت شد. آبیاری نیز به فاصله هر شش روز یک‌بار انجام گرفت.

نمونه‌برداری از خاک

نمونه‌برداری از خاک در دو گام انجام گرفت. ۱- گام نخست (نماینده تغییرات ناشی از سه سال اول اعمال مدیریت‌ها) : نمونه‌برداری در اسفند ۱۳۹۲ و قبل از کشت گیاه پوششی؛ ۲- گام دوم (نماینده تغییرات ناشی از چهار سال اعمال مدیریت‌ها): نمونه‌برداری در اوایل مهرماه ۱۳۹۳ و پس از برداشت لوبیا سبز انجام گرفت. در هر دو گام، نمونه‌برداری از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری و به دو شکل دست‌نخورده (با سیلندرهای ۵/۳ × ۱۰ سانتی‌متری) و دست‌خورده انجام شد. در گام دوم سعی شد نمونه‌های هر تکرار از ترکیب نمونه کنار بوته و میان ردیف‌ها انجام گیرد. نمونه‌ها بعد از هر گام بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و در سایه، هوا خشک شدند. نمونه خاک‌ها پس از کوبیده شدن و با توجه به آزمایش‌های مورد نظر از الک ۲ و ۰/۵ میلی‌متر عبور داده شدند. سپس برخی از شناسه‌های زیستی خاک شامل: کربن آلی به روش اکسایش تر (۳۳)، کربن فعال با محلول ۰/۰۲ مولار پرمنگنات پتاسیم (۳۴)، تنفس پایه به روش آیزرمایر (۲)، تنفس برانگیخته با افزودن گلوکز، دی‌فسفات پتاسیم و آمونیوم (۲) و فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی به روش طباطبایی و برمنر (۳۲) اندازه‌گیری شد.

برای بررسی اثر زمان نمونه‌برداری بر دگرگونی ویژگی‌های بررسی شده، داده‌های مربوط به دو گام نمونه‌برداری برای هر شناسه باهم آزمون شدند. چون زمان همانند یک فاکتور فرعی وارد می‌شود، تجزیه واریانس آن بر پایه آزمایش‌های فاکتوریل اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. لازم به ذکر است به‌دلیل محدودیت در تعداد صفحات متن، از آوردن جداول نتایج تجزیه واریانس گام‌های اول و دوم خودداری شد و تنها جدول تجزیه واریانس مربوط به تیمارها و زمان آورده شده است. برای آزمون میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

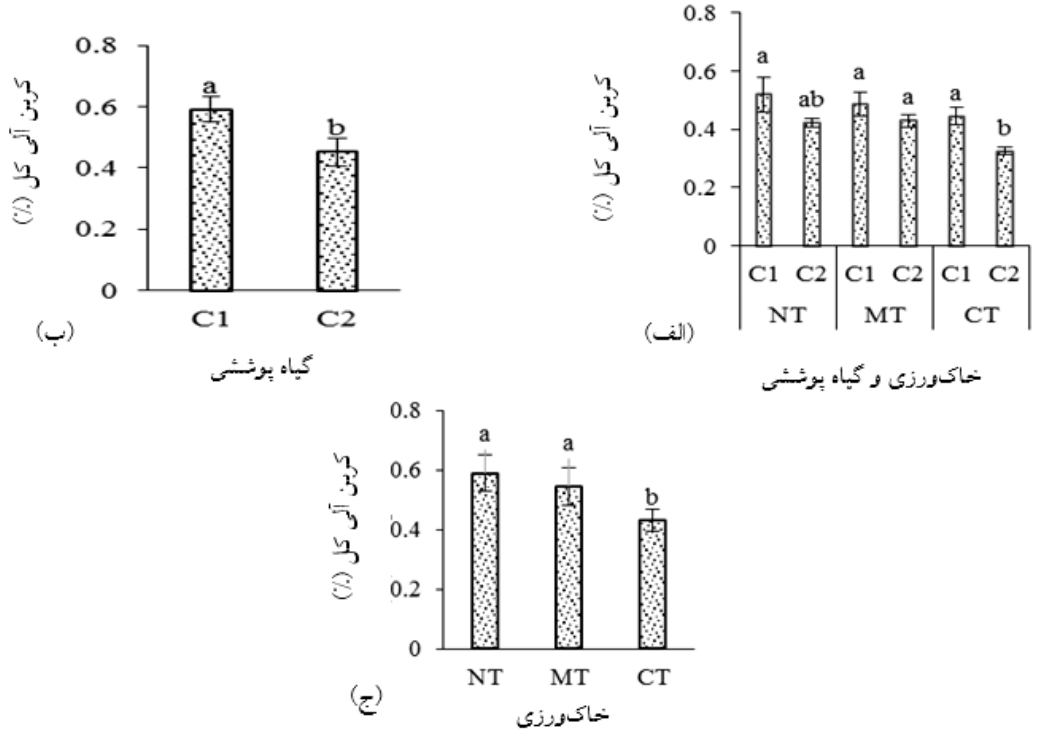
نتایج و بحث

کربن آلی

مواد آلی خاک یک آمیخته پیچیده ناهمگون از مواد، شامل مانده‌های گیاهی تازه، مانده‌های میکروبی و ترکیبات هومیکی با زمان بازچرخش هزار ساله است (۹). با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها در گام نخست نمونه‌برداری، کربن آلی خاک با خاک‌ورزی، گیاه پوششی و برهمکنش آنها رابطه معنی‌داری نشان داد. این رابطه به این گونه است که در تیمار بدون خاک‌ورزی با گیاه پوششی خلر، اندازه کربن آلی (با میانگین ۰/۵۱ درصد) بیشترین بود اما تنها با تیمار خاک‌ورزی مرسوم و بدون گیاه پوششی (با میانگین ۰/۳۲ درصد) تفاوت معنی‌داری داشت و با تیمارهای دیگر در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۱- الف)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. آزمون میانگین کربن آلی خاک در تیمارهای گوناگون آزمایشی در الف) گام نخست، ب) اثر گیاه پوششی در گام دوم و ج) اثر خاک‌ورزی در گام دوم نمونه‌برداری. NT: بدون خاک‌ورزی، MT: خاک‌ورزی کمینه، CT: خاک‌ورزی مرسوم، C1: گیاه پوششی خلر و C2: بدون گیاه پوششی، میانگین‌هایی که حداقل در یک حروف مشترک هستند، بر پایه آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند. علامت I روی هرستون نشان دهنده خطای استاندارد برای هر تیمار است.

در گام دوم نمونه‌برداری این شاخص تنها تحت تأثیر خاک‌ورزی و گیاه پوششی قرار گرفت و با اثر دوگانه خاک‌ورزی در گیاه پوششی رابطه معنی‌داری نشان نداد.

در بررسی اثر زمان که تمامی نمونه‌های دو گام با هم تحلیل شد، دیده شد که کربن آلی با گذشت زمان نیز تغییرات معنی‌داری نشان می‌دهد. اندازه کربن آلی خاک در تمامی کرت‌ها در گام دوم نمونه‌برداری نسبت به گام نخست افزایش پیدا کرده است (جدول ۲). این افزایش در کرت‌هایی که دارای گیاه پوششی و خاک‌ورزی حفاظتی بوده‌اند نسبت به تیمارهای دیگر چشمگیرتر بوده است. در کل می‌توان این‌گونه بیان داشت که پس از چهار سال اعمال مدیریت‌های مختلف، اندازه کربن آلی خاک از ۰/۳ درصد در کرتی که به گونه مرسوم خاک‌ورزی شده و بدون گیاه پوششی است (زراعت مرسوم منطقه) به ۰/۵۷ درصد در کرت‌هایی که با گیاه پوششی خلر + خاک‌ورزی حفاظتی تیمار شده‌اند، افزایش یافته است (شکل ۱)

افزایش کربن آلی در تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی همراه با گیاه پوششی را می‌توان به برگرداندن گیاه پوششی و مانده‌های محصول به سطح خاک و همچنین خاک‌ورزی حفاظتی که باعث تداوم حضور مواد آلی و عدم دسترسی سریع آنها برای تجزیه‌کننده‌ها می‌شود، نسبت داد. در تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم و بدون گیاه پوششی، افزایش کربن آلی در گام دوم نمونه‌برداری نسبت به گام نخست را می‌توان به حضور مانده ریشه‌های محصول و علف‌های هرز در خاک نسبت داد. پایین بودن کربن آلی در تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم را می‌توان به در دسترس قرارگرفتن مواد آلی تازه برای جانداران تجزیه کننده، خرد شدن خاکدانه‌ها در اثر شخم و درنتیجه تهویه بیشتر

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. آزمون میانگین شناسه‌های مختلف کیفیت خاک در زمان

	کربن آلی (%)	کربن فعال (mg/kg soil)	تنفس پایه (mg CO_2/g soil*day)	تنفس برانگیخته (mg CO_2/g soil*day)	فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی (μg ρNP g^{-1} h^{-1})
گام نخست	۰/۴۳۸[b]	۱۰۹۲[b]	۰/۰۶۳[b]	۳/۴۲[b]	۲۰۹۱[b]
گام دوم	۰/۵۲۱[a]	۱۲۶۱[a]	۰/۱۶۳[a]	۴/۱۲[a]	۲۵۰۴[a]

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل در یک حروف مشترک هستند، بر پایه آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

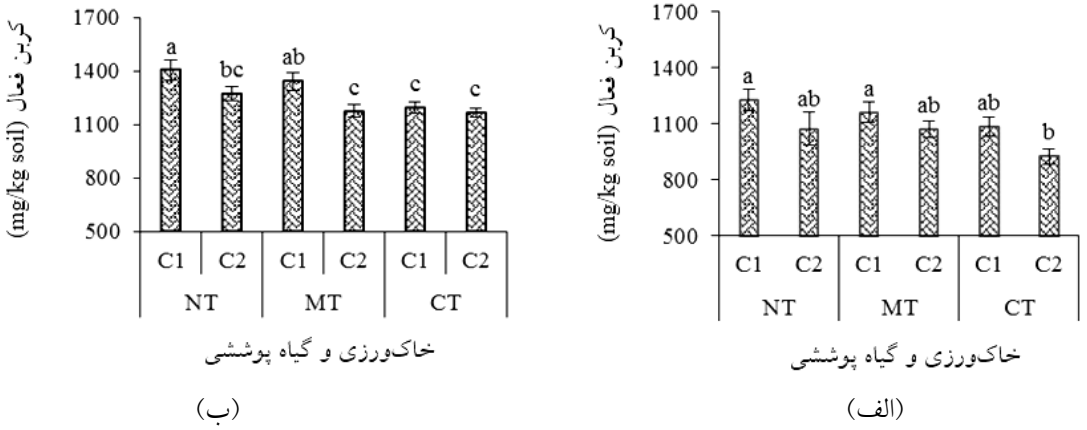
و تسریع اکسیداسیون مواد آلی نیز دانست (۳). عدم تفاوت معنی‌دار میان خاک‌ورزی کمینه و بی‌خاک‌ورزی بیانگر این واقعیت است که زمان بیشتری لازم است تا بتوان از میان این دو نوع مدیریت، بهترین را جهت بهبود اندازه کربن آلی خاک تعیین کرد. دامودار ردی و همکاران (۱۲) در بررسی اثر استفاده مداوم از کودهای دامی بر مواد آلی و خصوصیات خاک‌های ورتی‌سول و کانچی‌کریمز و سینگ (۲۱)، در بررسی بلندمدت مواد آلی و خصوصیات بیولوژیک خاک تحت کشت مخلوط ذرت و لوبیا در خاک‌های کمبی‌سول هند، افزایش درصد کربن آلی خاک را در اثر کاربرد کودهای آلی نسبت به تیمار شیمیایی گزارش کردند. همچنین در مطالعه اثر نظام‌های شخم و مدیریت مانده‌های گیاهی گندم بر ویژگی‌های یک خاک اولتی‌سول مشاهده شد تفاوت معنی‌داری در میزان کربن آلی کل خاک ایجاد می‌شود که بیشترین اندازه کربن در نظام بدون شخم و پس از آن در نظام حداقل خاک‌ورزی اندازه‌گیری شد، درحالی‌که خاک‌ورزی متداول کمترین اندازه کربن را نشان داد (۱۰).

کربن فعال

نشان دادن تغییر در اندازه کربن آلی کل تحت عملیات مدیریتی به‌علت اندازه زمینه بالا و طبیعت متغیر خاک مشکل است (۱۷). در برابر آن، بخش پویای کربن آلی می‌تواند تغییرات زودهنگام در مواد آلی خاک را بهتر نشان دهد (۱۶). افزون بر آن، این بخش اثر بزرگی بر فراهمی عناصر غذایی و پایداری ساختمان خاک دارد. کربن فعال در گام‌های نخست و دوم نمونه‌برداری تحت تأثیر خاک‌ورزی، گیاه پوششی و برهمکنش میان آنها قرار گرفت و ارتباط معنی‌داری را نشان داد. بیشترین اندازه کربن فعال در گام نخست نمونه‌برداری در تیمار بی خاک‌ورزی با گیاه پوششی (با میانگین ۱۲۳۰ mg/kg)، جایی که کربن آلی کل بیشتری نیز داشت و کمترین اندازه آن در تیمار خاک‌ورزی مرسوم بدون گیاه پوششی (با میانگین ۹۲۷ mg/kg)، جایی که اندازه کربن آلی کل نیز کمترین اندازه بود، دیده شد اما تنها تفاوت معنی‌دار میان تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی + گیاه پوششی خلر، با خاک‌ورزی مرسوم بدون گیاه پوششی دیده شد (شکل ۲- الف). در گام دوم، خاک‌ورزی‌های حفاظتی با گیاه پوششی با میانگین ۱۳۷۰ mg/kg، بیشترین مقدار این شناسه را نشان دادند و تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم با و بدون گیاه پوششی خلر و همچنین خاک‌ورزی حفاظتی بدون گیاه پوششی در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۲- ب)، با این تفاوت که اندازه کربن فعال در گام دوم نسبت به گام نخست نمونه‌برداری افزایش یافته که احتمالاً به‌دلیل گرم‌تر شدن هوا و کشت گیاه پوششی خلر و لوبیا سبز و تأثیر این دو عامل بر جامعه میکروبی خاک است که کربن فعال را تحت تأثیر قرار داده است. سنجانی و افضل‌پور (۳) با بررسی پیامد کاربرد کودهای آلی گیاهی بر بخش‌های شیمیایی و زیستی کربن آلی خاک گزارش کردند که همبستگی میان بخش‌های محلول و زیستی کربن آلی خاک بسیار بالا است و روند دگرگونی آنها با زمان همانند هم است. همچنین کربن آلی ساخته و رها شده ریزجانداران، هم‌زمانی ویژه‌ای با کربن آلی بخش محلول در آب سرد و گرم داشت که با گذشت زمان تا ۲۰ روز از زمان افزودن مانده‌های گیاهی آنها افزایش و سپس کاهش داشتند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲. آزمون میانگین کربن فعال در تیمارهای گوناگون آزمایشی در الف) گام نخست و ب) گام دوم نمونه‌برداری.
NT: بدون خاک‌ورزی، MT: خاک‌ورزی کمینه، CT: خاک‌ورزی مرسوم، C1: گیاه پوششی خلر، C2: بدون گیاه پوششی.
میانگین‌هایی که حداقل در یک حروف مشترک هستند، بر پایه آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.
علامت I روی هرستون نشان دهنده خطای استاندارد برای هر تیمار است

در بررسی اثر زمان بر کربن فعال دیده شد که گذشت زمان رابطه معنی‌داری با کربن فعال نشان داده است. اندازه این ویژگی از کیفیت خاک همانند کربن آلی کل در همه تیمارها در گام دوم نمونه‌برداری به گونه معنی‌داری از گام اول بیشتر شده است (جدول ۲). این‌گونه نیز می‌توان بیان داشت که پس از چهار سال کاربرد تیمارهای گوناگون، اندازه کربن فعال خاک از ۹۲۷ mg/kg در تیمار خاک‌ورزی مرسوم بدون گیاه پوششی، به‌عنوان نماینده شیوه مدیریتی منطقه، به ۱۳۵۰ mg/kg در خاک‌ورزی حفاظتی + گیاه پوششی خلر رسیده است (شکل ۲).

افزایش کربن فعال در تیمارهای یاد شده، به‌علت وجود مانده‌های گیاه پوششی خلر و لوبیا سبز و همچنین تجزیه کمتر آنها در اثر آمیخته نشدن مانده‌ها توسط عدم خاک‌ورزی (۳۰) و انتشار CO_2 کمتر به اتمسفر است (۷)، همچنین لوپزگاریدو و همکاران (۲۶) در مطالعه اثر شخم روی ویژگی‌های بیوفیزیکی خاک در اقلیم باران‌خیز مدیترانه‌ای در جنوب اسپانیا دیدند که کربن کل، کربن فعال، کربن فعال اصلاح شده با کربن کل و کربن خاکدانه‌ای در عمق ۵-۰ سانتی‌متری تفاوت آماری معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ دارند؛ این مقادیر در شخم حفاظتی بیشتر از شخم مرسوم بود.

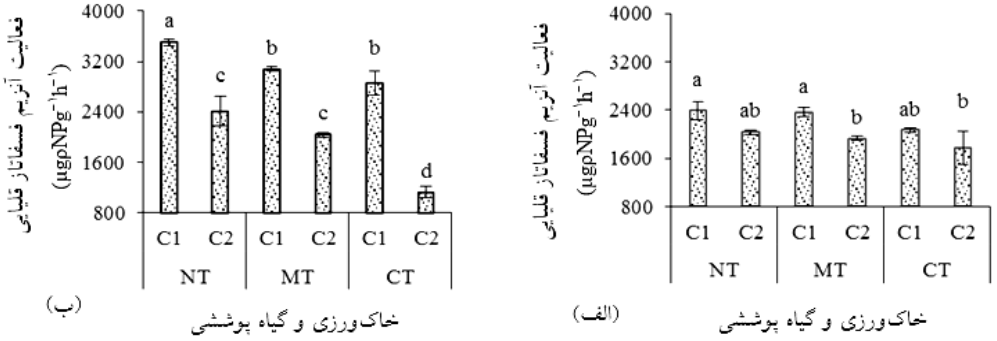
فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی

شناسه فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی در گام نخست و دوم نمونه‌برداری با اثر تیمارهای خاک‌ورزی، گیاه پوششی و برهمکنش این دو رابطه بسیار معنی‌داری نشان داد، به این‌گونه که در گام نخست نمونه‌برداری، در خاک ورزی‌های حفاظتی با گیاه پوششی بیشترین فعالیت آنزیم فسفاتاز (با میانگین $\mu g\ \rho NP\ g^{-1}\ h^{-1}$ ۲۳۸۰) و کمترین اندازه آن در خاک‌ورزی مرسوم بدون گیاه پوششی (با میانگین $\mu g\ \rho NP\ g^{-1}\ h^{-1}$ ۱۷۷۷) دیده شد (شکل ۳-الف). به‌نظر می‌رسد در این گام از نمونه‌برداری این شناسه بیشتر تحت تاثیر گیاه پوششی قرار گرفته است، اما در گام دوم نمونه‌برداری این شناسه به‌طور معنی‌داری در تیمار بدون خاک‌ورزی با گیاه پوششی خلر ($\mu g\ \rho NP\ g^{-1}\ h^{-1}$ ۳۵۰۰) بیشترین مقدار را نشان داد و کمترین مقدار آن به صوردت معنی‌داری در تیمار خاک‌ورزی مرسوم بدون گیاه پوششی ($\mu g\ \rho NP\ g^{-1}\ h^{-1}$ ۱۱۲۵) مشاهده شد (شکل۳-ب). سایر روابط آماری بین تیمارها در این گام از نمونه‌برداری برای شناسه فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی در شکل ۳-ب آمده است.

در بررسی اثر زمان بر این شناسه دیده شد که میان گام‌های

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳. آزمون میانگین فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی در تیمارهای آزمایشی در الف) گام نخست و ب) گام دوم نمونه‌برداری.
NT: بدون خاک‌ورزی، MT: خاک‌ورزی کمینه، CT: خاک‌ورزی مرسوم، C1: گیاه پوششی خلر، C2: بدون گیاه پوششی.
میانگین‌هایی که حداقل در یک حروف مشترک هستند، بر پایه آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.
علامت I روی هرستون نشان دهنده خطای استاندارد برای هر تیمار است

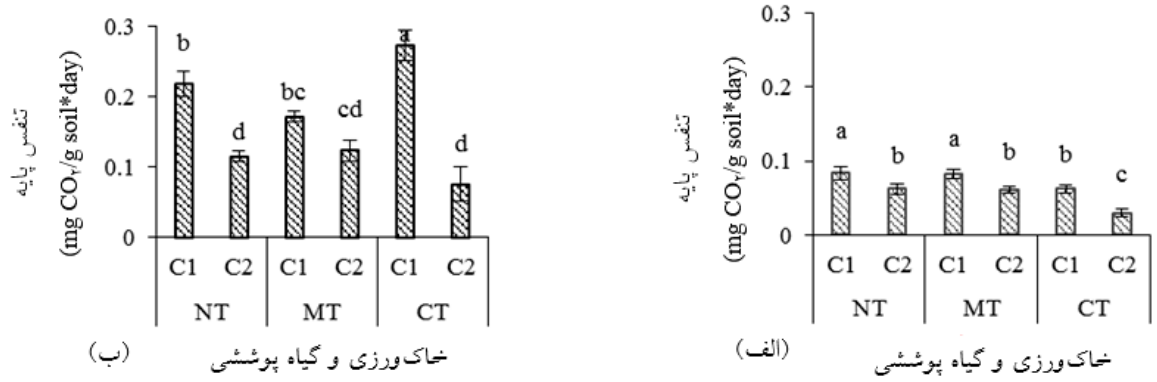
نمونه‌برداری از نظر فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی تغییرات معنی‌داری وجود دارد. همان گونه که در شکل (۳) مشاهده می‌شود این شناسه در تمامی تیمارهای آزمایشی در گام دوم نمونه‌برداری نسبت به گام اول افزایش یافته، به‌جز تیمار خاک‌ورزی مرسوم بدون گیاه پوششی که فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی کاهش داشته است. در کل فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی از $\mu g\ \rho NP\ g^{-1}\ h^{-1}$ ۲۰۹۱ در گام نخست به $\mu g\ \rho NP\ g^{-1}\ h^{-1}$ ۲۵۰۴ در گام دوم نمونه‌برداری به صورت معنی‌داری افزایش یافته است (جدول ۲). افزایش این شناسه در تیمارهای ذکر شده به‌دلیل وجود گیاهان پوششی است که باعث افزایش مواد آلی خاک و در پی آن افزایش عناصر غذایی قابل دسترس، افزایش جمعیت و فعالیت زی‌توده میکروبی و تعدیل دمایی خاک شده است؛ همچنین خاک‌ورزی‌های حفاظتی که مانع تجزیه سریع مواد آلی می‌شوند این اثرات را تسریع می‌کنند. طباطبایی (۳۱) بیان کرد، بودن ترکیب های آلی بیشتر در خاک منجر به افزایش اندازه ترکیبات استری‌فسفات و درنتیجه، باعث القای تولید آنزیم فسفاتاز قلیایی در خاک می‌شود، همچنین در یک بررسی طولانی‌مدت مزرعه‌ای روی اندازه و فعالیت ریزجاندارن و آنزیم‌های خاک مشاهده شد، افزودن مواد آلی به خاک باعث فراهم کردن کربن و درنتیجه افزایش فعالیت آنزیم‌ها می‌شود، همچنین مواد آلی نقش مهمی در حفاظت آنزیم‌ها نسبت به غیر فعال شدن توسط کانی‌های رسی یا ترکیبات هوموسی ایفا می‌کنند (۱۸).

تنفس پایه

تنفس پایه نشانی از کیفیت ماده آلی و میزان فعالیت میکروبی است. این شناسه در گام نخست نمونه‌برداری تحت تاثیر تیمارهای خاک‌ورزی، گیاه پوششی و برهمکنش میان آنها قرار گرفت و رابطه بسیار معنی‌داری نشان داد. در گام نخست نمونه‌برداری، تیمار خاک‌ورزی مرسوم بدون گیاه پوششی به‌گونه معنی‌داری کمترین اندازه تنفس پایه (۰/۰۳ mg CO_2/g soil*day)، که کمترین میزان کربن آلی کل را نیز داشت و تیمار خاک‌ورزی حفاظتی با گیاه پوششی خلر بیشترین اندازه (۰/۰۸ mg CO_2/g soil*day)، که کربن آلی کل بیشتری را نیز داشت، نشان داد (شکل ۴- الف). در تمامی خاک‌ورزی‌ها، کرت‌هایی که گیاه پوششی داشتند نسبت به کرت‌های بدون گیاه پوششی به‌گونه معنی‌داری تنفس بیشتری را داشتند، اما در تیمارهای دارای گیاه پوششی، کرت‌های خاک‌ورزی کمینه با بدون خاک‌ورزی تفاوت آماری معنی‌داری از دیدگاه میزان تنفس پایه با هم نداشتند و همین روند برای تیمار بدون گیاه پوششی نیز دیده شد (شکل ۴-الف)؛ در گام دوم

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴. آزمون میانگین تنفس پایه خاک در تیمارهای آزمایشی در: الف) گام نخست و ب) گام دوم نمونه‌برداری.

NT: بدون خاک‌ورزی، MT: خاک‌ورزی کمینه، CT: خاک‌ورزی مرسوم، C1: گیاه پوششی خلر، C2: بدون گیاه پوششی.

میانگین‌هایی که حداقل در یک حروف مشترک هستند، بر پایه آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

علامت I روی هرستون نشان دهنده خطای استاندارد برای هر تیمار است.

نمونه‌برداری نیز این شناسه تحت تاثیر مدیریت‌های مختلف قرار گرفت و تنها با گیاه پوششی و اثرات دوگانه خاک‌ورزی در گیاه پوششی رابطه معنی‌داری را نشان داد. این رابطه به این گونه بود که تیمار خاک‌ورزی مرسوم با گیاه پوششی خلر با اندازه ۰/۲۷ mg CO_2/g soil*day به‌طور معنی‌داری بیشتر از دیگر تیمارها تنفس پایه داشته است (شکل ۴- ب). صرف‌نظر از این تیمار، بیشترین اندازه تنفس پایه (۰/۲۱ mg CO_2/g soil*day) در بدون خاک‌ورزی با گیاه پوششی خلر و کمترین اندازه آن (۰/۰۸ mg CO_2/g soil*day) در تیمار خاک‌ورزی مرسوم بدون گیاه پوششی به‌دست آمد. در تیمارهای دارای گیاه پوششی، کرت‌های خاک‌ورزی کمینه با بدون خاک‌ورزی تفاوت آماری معنی‌داری از دیدگاه میزان تنفس پایه باهم نداشتند و همین روند در تیمار بدون گیاه پوششی نیز برای همین خاک‌ورزی‌ها دیده شد (شکل ۴- ب). افزایش تنفس در تیمار خاک‌ورزی مرسوم با گیاه پوششی احتمالاً به این دلیل بوده که در روش خاک‌ورزی مرسوم، به‌هم خوردن خاک باعث می‌شود مواد آلی تازه در اختیار جمعیت میکروبی قرار گرفته و در نتیجه باعث تجزیه بیشتر و سریع‌تر مانده‌های گیاهی شده و کربن و ازت مواد آلی زودتر معدنی می‌شود که متعاقباً مواد آلی سریع‌تر از دست می‌رود و باعث افزایش انتشار CO_2 وابسته به تنفس میکروبی در این تیمار شده است. یانمورا و همکاران (۳۷) در بررسی غلظت و انتشار CO_2 خاک تحت خاک‌ورزی‌های مختلف در یک عرصه زراعی با خاک اندی‌سول بیان کردند، از ۱۳ می ۲۰۰۲ تا ۱۳ می ۲۰۰۳ ، متوسط تنفس سالانه خاک ۲۳ درصد تحت تیمار بدون خاک‌ورزی در برابر شرایط خاک ورزی مرسوم، کاهش یافته است. همچنین در یک پژوهش چهار ساله بر بررسی خاک‌ورزی‌های گوناگون بر اندازه انتشار دی‌اکسید نیتروژن، متان و تنفس خاک در خاک‌های اندی‌سول با میانگین بارندگی ۱۲۰۰ میلی‌متر مشاهده شد، هنگامی که مانده‌های محصولات با شخم پس از برداشت در طرح خاک‌ورزی مرسوم به خاک وارد می‌شود، مواد آلی، تنفس خاک و اندازه انتشار N_2O به تندی افزایش می یابد (۳۶).

در بررسی اثر زمان بر تنفس پایه خاک دیده شد که این شناسه با گام‌های نمونه‌برداری رابطه بسیار معنی‌داری نشان داده و تحت تأثیر زمان قرار گرفته است. برهمکنش خاک‌ورزی در گیاه پوششی در زمان نیز برای تنفس پایه خاک معنی‌دار شد. در تمامی تیمارها، میزان تنفس پایه برای گام دوم به‌گونه معنی‌داری بیشتر از گام نخست نمونه‌برداری بود (جدول ۲). با توجه به نتایج درصد کربن آلی و تنفس میکروبی خاک در این دو گام ، و با توجه به اینکه بیشترین

www.SID.ir

Archive of SID

اندازه تنفس در گام دوم، در تیمار خاک‌ورزی مرسوم همراه با گیاه پوششی مشاهده شد، با گذشت زمان و تجزیه مواد آلی به‌آسانی تجزیه شونده، هم‌اندازه مواد آلی خاک و هم‌اندازه تنفس در این تیمار دوباره کاهش می یابد. بنابراین صرف‌نظر از این تیمار، می‌توان بیان کرد که پس از چهار سال کاربرد مدیریت‌های گوناگون، تنفس پایه در خاک از ۰/۰۳ mg CO_2/g soil*day در تیمار خاک‌ورزی مرسوم بدون گیاه پوششی به نزدیک ۰/۱۹ mg CO_2/g soil*day در تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی با گیاه پوششی رسیده است که نشان از افزایش ماده آلی و کیفیت خاک در این تیمارها است (شکل ۴). افزایش تنفس پایه در گام دوم نمونه‌برداری نسبت به گام اول ممکن است به این علت باشد که در این گام، تمامی تیمارها دارای گیاه بوده‌اند و ترشحات ریشه گیاهان، فعالیت و جمعیت ریزجانداران خاک را افزایش می‌دهد؛ همچنین بالا بودن دما و رطوبت وابسته به آبیاری در این گام نسبت به گام‌های قبل باعث افزایش فعالیت میکروبی شده است. افزایش تنفس پایه در تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی با گیاه پوششی نسبت به تیمارهای دیگر ممکن است به این دلیل نیز باشد که تنفس خاک به‌وسیله کربن آلی خاک، به‌عنوان منبع غذا و انرژی کنترل می‌شود. مواد آلی می‌توانند به‌عنوان منبع کربن و انرژی، مورد استفاده جمعیت میکروب‌های هتروتروف خاک قرار گرفته و در نتیجه تنفس میکروبی خاک را به‌عنوان شناسه فعالیت میکروبی افزایش دهند که در این تیمارها بیشترین درصد کربن آلی را نیز داشتیم و کم بودن تنفس در تیمار خاک‌ورزی مرسوم بدون گیاه پوششی نیز ممکن است به‌دلیل کم بودن کربن آلی در این تیمار باشد. غفاری و همکاران (۵) اظهار داشتند محیط خاک، مهم‌ترین عامل محدود کننده فعالیت میکروبی و قابلیت دسترسی به سوبسترای کربن‌دار قابل استفاده است که با ورود سوبسترای کربن‌دار مانند مانده‌های گیاهی به خاک، جمعیت میکروبی به‌خصوص در پیرامون سوبسترا افزایش می‌یابد.

تنفس برانگیخته

شناسه تنفس برانگیخته خاک تحت تأثیر هیچ کدام از تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. با این حال، این شناسه رابطه معنی‌داری را با زمان نمونه‌برداری نشان داد. تنفس برانگیخته در گام دوم نمونه‌برداری (با میانگین ۴/۱۲ mg CO_2/g soil*day) بیشتر از گام نخست (۳/۴ mg CO_2/g soil*day) بود (جدول ۲). عدم تفاوت تنفس برانگیخته در تیمارهای گوناگون آزمایشی حاکی از آن است که جمعیت میکروبی برای تجزیه گلوکز در این خاک‌ها، عامل محدود کننده نبوده و با افزودن سوبسترا به خاک، جمعیت ریزجانداران کوپیوتروف در خاک، صرف‌نظر از نوع تیمارها افزایش یافته و فعالیت یکسانی دارند. کوپیوتروف‌ها ریزجاندارانی هستند که به محیط‌های غنی از مواد به‌آسانی تجزیه شونده به‌سرعت واکنش داده، رشد و تکثیر یافته و در غیاب این مواد به‌سرعت از بین می‌روند (۱۱). تنفس برانگیخته شده با سوبسترا، نشان‌دهنده فراوانی ریزجانداران و زی‌توده آنها در خاک است. تنفس برانگیخته یکی از ویژگی‌های پاسخ دهنده به تیمارهای خاک است. هر گونه دگرگونی در کاربری زمین یا شیوه بهره‌برداری از خاک می‌تواند آن را به‌طور چشمگیری دگرگون سازد (۴). نتایج این پژوهش، این ویژگی ناهمانندی پیامد تیمارها به آن گونه که در پژوهش‌های دیگر دیده می‌شود را نشان نداد.

نتیجه‌گیری

اعمال چهار سال تیمارهای آزمایشی گوناگون نشان داد که مدیریت تلفیقی گیاه پوششی خلر + خاک‌ورزی‌های حفاظتی، بهترین مدیریت در جهت بهبود و افزایش کیفیت خاک در این منطقه است. ورود مانده‌های گیاهی از طریق گیاه پوششی خلر و گیاه اصلی در خاک، توانست ماده آلی خاک را افزایش دهد، به‌علاوه انجام خاک‌ورزی‌های حفاظتی باعث نگهداری و ترسیب کربن آلی شده که خود افزایش فعالیت میکروبی و آنزیمی خاک را در پی داشت، اما هنگامی‌که از خاک‌ورزی مرسوم بهره‌گیری شد، این مانده‌ها در دسترس ریزجانداران

www.SID.ir

Archive of SID

تجزیه کننده قرار گرفت و با افزایش اکسیداسیون مواد آلی و انتشار دی‌اکسید کربن به اتمسفر، کربن آلی خاک کاهش یافت، بنابراین در صورت عدم بهره‌گیری از گیاهان پوششی یا کودهای آلی و برنگرداندن مانده‌ها به خاک، به‌مرور زمان خاک از مواد آلی تهی شده و به‌تدریج کیفیت آن کاهش می‌یابد، بنابراین نیاز است که سالانه از روش‌های گوناگون کاهش درصد کربن آلی کل جبران شود، همچنین با توجه به نتایج به‌دست آمده از تنفس پایه و تنفس ناشی از سوبسترا، زمین مورد آزمایش هنوز وارد گام تخریب شدید نشده است و با افزایش سوبسترای (مواد آلی) مورد نیاز ریز جانداران به خاک این زمین، می‌توان فعالیت زیستی خاک را افزایش داد که به‌تبع آن، چرخه عناصر و سایر ویژگی‌های آن بهبود یافته و کیفیت خاک نیز افزایش می‌یابد.

منابع مورد استفاده

۱. حسینی‌پور، ر.، م. ر. جهانسوز، س. م. ب. حسینی، ا. ا. موسوی بوگر، م. صادقی شعاع و م. باقری ده‌آبادی. ۱۳۹۲. بررسی اثر سه نوع خاک‌ورزی بر روی خصوصیات فیزیکی خاک و عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم سویا. *مجله زراعت و اصلاح نباتات* ۹(۴): ۸-۱.

۲. صفری سنجانی، ع. ا.، ز. شریفی و م. صفری سنجانی. ۱۳۸۹. *روش‌های آزمایشگاهی در میکروبیولوژی*. انتشارات دانشگاه بوعلی سینا. همدان.

۳. صفری سنجانی، ع. ا. و م. افضل‌پور. ۱۳۹۳. پیامد کاربرد کودهای آلی گیاهی بر بخش‌های شیمیایی و زیستی کربن آلی خاک. *مجله علوم خاک گرگان* ۴(۳): ۶۰-۳۳.

۴. صفری سنجانی، ع. ا. ۱۳۹۴. *مواد آلی خاک*. چاپ نخست. انتشارات دانشگاه بوعلی سینا. همدان.

۵. غفاری، م.، گ. احمدوند، م. ر. اردکانی، م. ر. مصدقی، ف. یگانه‌پور و م. میرآخوندی. ۱۳۹۱. اثر بقایای گیاهان پوششی بر برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک و سرعت سبز شدن سیب زمینی. *مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی* ۲۱: ۹۰-۷۹.

۶. نائل، م. ۱۳۸۰. مطالعه تخریب اراضی به کمک شاخص‌های کیفیت خاک و تغییرات مکانی آنها در اکوسیستم‌های مرتعی و جنگلی ایران مرکزی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. اصفهان.

7. A´lvaro-Fuentes, J., M. V. Lo´ pez, J. L. Arru´e and C. Cantero-Martı´nez. 2008. Management effects on soil carbon dioxide fluxes under semiarid Mediterranean conditions. *Soil Science Society of America Journal* 72(1): 194–200.
8. All-Issa, T. A. and N. H. Samarah. 2007. The effect of tillage practices on barley production under rainfed conditions in Jordan. *American- Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 2(1): 75-79.
9. Baldock, J. A. and P. N. Nelson. 2000. Soil organic matter. PP. 25–84. *In:* M. E. Sumner (Ed.), Handbook of Soil Science. Soil and Water Chemistry: An Integrative Approach. CRC Press, Boca Raton, FL.
10. Borie, F., R. Rubio, J. L. Rouanet, A. Morales, G. Borie and C. Rojas. 2006. Effects of tillage systems on soil characteristics, glomalin and mycorrhizal propagules in a Chilean Ultisol. *Soil and Tillage Research* 88: 253-261.
11. Button, D. K. 1991. Biochemical basis for whole-cell uptake kinetics - specific affinity, oligotrophic capacity, and the meaning of the Michaelis constant. *Applied and Environmental Microbiology* 57: 2033-2038.
12. Damodar Reddy, D., A. Subba and T. R. Rupa. 2000. Effects of continuous use of cattle manure and fertilizer phosphorus on crop yield and soil organic phosphorus in a vertical. *Bioresource Technology* 75: 113-118.
13. Derpsch, R. and T. Friedrich. 2009. Global overview of conservation agriculture adoption. *In:* Lead Papers 4th World Congress on Conservation Agriculture. World Congress on Conservation Agriculture, New Delhi.
14. Doran, J. W. and T. B. Parkin. 1994. Defining and assessing soil quality. PP: 3-21. *In:* J. W.Doran, D. C. Coleman, D. F. Bezdicek and B. A. Stewart (Eds.), Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Soil Science Society of America, Special Publication.
15. Fallah, S., A. Ghalavand and F. Raiesi. 2013. Soil chemical properties and growth and nutrient uptake of maize grown with different combination of broiler litter and chemical fertilizer in a calcareous soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis Journal* 44: 3120-3136.

www.SID.ir

16. Gregorich, E. G., C. F. Drury, B. H. Ellert and B. C. Liang. 1997. Fertilization effects on physically protected light fraction organic matter. *Soil Science Society of America Journal* 61: 482–484.
17. Haynes, R. J. and M. H. Beare. 1996. Aggregation and organic matter storage in mesothermal, humid Soils. PP. 213–262. *In:* M. R. Carter and B. A. Stewart (Eds.), Structure and Organic Matter Storage in Agricultural Soils. CRC Press, Boca Raton, FL.
18. Hu, C. and Z. Cao. 2007. Size and activity of the soil microbial biomass and soil enzyme activity in long-term field experiments. *World Journal of Agricultural Sciences* 1: 63-70.
19. Jarecki, M. K. and R. Lal. 2003. Crop management for soil carbon sequestration. *Critical Reviews in Plant Sciences* 22: 471- 502.
20. Iran Weather. 2014. Retrieved august 20, 2016, from http://www.accuweather.com/en/ir/iran-weather.
21. Kanchikerimath, M. and D. Singh. 2001. Soil organic matter and biological properties after 26 years of maizewheat-cowpea cropping as affected by manure and fertilization in a Caombisol India. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 86: 155-162.
22. Khormali, F. and S. Shamsi. 2009. Micromorphology and quality attributes of the loess derived soils affected by land use change: a case study in Ghapan watershed, northern Iran. *Journal of Mountain Science* 6: 197–204.
23. Kourtev, P. S., J. G. Ehrenfeld and W. Z. Huang. 2002. Enzyme activities during litter decomposition of two exotic and two native plant species in hardwood forests of New Jersey. *Journal of Soil Biology and Biochemistry* 34: 1207-1218.
24. Lal, R., D. Mokma and B. Lowery. 1999. Relation between soil quality and erosion. PP. 39-56. *In:* R. Lal, (Eds.). Soil Quality and Soil Erosion, Soil and Water Conservation Society and CRC Press, Boca Raton.
25. Lopez, M. V., J. L. Arre, J. A. Fuentes and M. Moret. 1997. Dynamics of surface barley residues during fallow as affected by tillage and decomposition in semiarid Aragon (NE Spain). *European Journal of Agronomy* 23: 26-36.
26. Lopez-Garrido, R., M. Deurer, E. Madejo´n, J. M. Murillo and F. Moreno 2012. Tillage influence on biophysical soil properties: The example of a long-term tillage experiment under Mediterranean rainfed conditions in South Spain. *Soil and Tillage Research* 118: 52–60.
27. Mrabet, R. 2002. Stratification of soil aggregation and organic matter under conservation tillage systems in Africa. *Journal of Soil and Tillage Research* 66: 119-128.
28. Raiesi, F. 2007. The conversion of overgrazed pastures to almond orchards and alfalfa cropping systems may favor microbial indicators of soil quality in Central Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 121: 309–318.
29. Sainju, U. M., B. P. Singh and W. F. Whitehead. 2002. Long-term effects of tillage, cover crops, and nitrogen fertilization on organic carbon and nitrogen concentrations in sandy loam soils in Georgia, USA. *Journal of Soil and Tillage Research* 63: 167-179.
30. Salinas-Garcıa, J. R., J. D. J. Velazquez-Garcıa, M. Gallardo-Valdez, P. Dıaz-Mederos, F. Caballero-Hernandez, L. M. Tapia-Vargas and E. Rosales-Robles. 2002. Tillage effects on microbial biomass and nutrient distribution in soils under rain-fed corn production in central-Western Mexico. *Journal of Soil and Tillage Research* 66(2): 143–152.
31. Tabatabai, M. A. 2003. Enzymes: past, present and future. In: Proceeding of the 2nd International Conference on Enzyme in the Environment: Activity, Ecology and Application, Prague, Czech Republic.
32. Tabatabai, M. A. and J. M. Bremner. 1969. Use of p-nitrophenylphosphate for assay of soil phosphatase activity. *Journal of Soil Biology and Biochemistry* 1: 301-307.
33. Walkley, A. and I. A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid in soil analysis. *Journal of Experimental Soil Science* 79: 459-465.
34. Weil, R. R., K. R. Islam, M. A. Stine, J. B. Gruver and S. E. Samson-Liebig. 2003. Estimating active carbon for soil quality assessment: a simplified method for laboratory and field use. *American Journal of Alternative Agriculture* 18: 3–17.
35. Yadav, R. L., B. S. Dwivedi and P. S. Pandey. 2000. Rice–wheat cropping system: assessment of sustainability under green manuring and chemical fertilizer inputs. *Journal of Field Crops Research* 65: 15–30.
36. Yonemura, S., I. Nouchi, S. Nishimura, G. Sakurai, K. Togami and K. Yagi. 2014. Soil respiration, N_2O and CH_4 emissions from an Andisol under conventional-tillage and no-tillage cultivation for 4 years. *Biology and Fertility of Soils* 50: 63–74.
37. Yonemura, S., M. Yokozawa, Y. Shirato, S. Nishimura and I. Nouchi. 2009. Soil CO_2 concentrations and their implications in conventional and no-tillage agricultural fields. *Journal of Agricultural Meteorology* 65: 141–149.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)
Vol. 22, No. 2, Summer 2018, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Medium-term Effects of Different Tillage Practices and *Lathyrus sativus* Cover Cropping on Selected Biological Soil Quality Indices in Green Bean Cultivation

E. Esfandiary Ekhlas[1], M. Nael[1*], J. Hamzei[2], A. A. Safari Sinegani[1] and M. Sheklabadi[1]

(Received: February 18-2017; Accepted: April 18-2017)

Abstract

Evaluation of the ecological sustainability of different cropping systems is crucial to achieve sustainable agriculture. This evaluation is accessible via soil quality assessment. Therefore, to study the mid-term effects of different conservation tillage systems (no tillage and minimum tillage) and cover cropping on the biological indicators of soil quality, a factorial experiment in a completely randomized block design was conducted in Dastjerd region (Hamedan). Three levels of tillage (NT: no tillage, MT: minimum tillage and CT: conventional tillage) and two levels of cover cropping (C1: *Lathyrus sativus* and C2: no cover crop) were applied for four consecutive years. Soil sampling was performed in the fourth year of experiment in two steps (1- before cover crop plantation, and 2- after harvesting main crop) with three replications. Most indices (total organic carbon, active carbon, basal respiration, phosphatase activity) were significantly affected by cover crop, tillage systems and sampling time, as the highest values were obtained in NT-C1 in time 2 and the lowest ones in CT-C2 in time 1. For instance, after four years application of treatments, the mean active carbon content was increased from 927 mg/kg in the conventional tillage + no cover crop to 1350 mg/kg in the conservation tillage systems + cover crop. Therefore, conservation tillage practices combined with *Lathyrus sativus* cover crop were shown to be the most appropriate management for soil quality maintenance and improvement.

Keywords: Total organic carbon, Active carbon, Soil respiration, Phosphatase activity

1. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
2. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
*: Corresponding Author, Email: moh_nael@yahoo.com

www.SID.ir