

بررسی ادواری کربن آلی خاک در دشت خوزستان و آرایه راهکارهای ترویجی

کامران میرزاشاهی^۱

استادیار پژوهش مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد دزفول، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

Kamranmirzashahi@yahoo.com

دریافت: خرداد ۱۳۹۵ و تصویب: مرداد ۹۶

چکیده

بهبود کیفیت خاک برای توسعه پایدار کشاورزی و تامین امنیت غذایی جمعیت رو به رشد موضوعی انکار ناپذیر است. کربن آلی خاک عاملی تعیین کننده بر ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و زیستی خاک و نیز کمیت و کیفیت عملکرد است. بررسی داده‌ها نشان می‌دهد که کربن آلی خاک های شمال خوزستان به واسطه اعمال مدیریت‌های نامناسب سیر نزولی داشته، به طوری که مقدار کربن آلی خاک در اغلب اراضی کمتر از یک درصد می‌باشد. این در حالی است که حدود ۶۰ درصد خاک‌های کشور دارای کربن آلی زیر یک درصد هستند. آگاهی کشاورزان به نقش کربن آلی خاک در اراضی، آنها را قادر می‌سازد که بتوانند تصمیم‌های درستی برای پذیرش عملیات مدیریتی مناسب برای بالا بردن حاصلخیزی خاک، که مستلزم بکارگیری مدیریت خاک و محصول نظیر مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاهی در رویکردی جامع نگر و مداوم است، بگیرند. خاطر نشان می‌شود میزان کربن آلی را می‌توان با اعمال ضریبی (۱/۷۲۴) به تعداد ماده آلی خاک تبدیل نمود.

واژه های کلیدی: بقایای گیاهی، کربن آلی، کاربری اراضی، مدیریت خاک.

مقدمه

ماده آلی خاک شامل بقایای گیاهی و جانوری، جانداران خاکزی و مواد حاصل از ریشه و ریز جانداران خاک است. در بیش تر خاکها مقدار ماده آلی خاک بین ۰/۱ درصد (در صحراها) تا بیش از ۵۰ درصد وزنی در خاک های آلی (هیستوسولها) می باشد. ترکیب شیمیایی ماده آلی تقریباً ۵۰ درصد کربن، پنج درصد نیتروژن، ۰/۵ درصد فسفر، ۰/۵ درصد گوگرد، ۳۹ درصد اکسیژن و پنج درصد هیدروژن است، البته مقدار این عناصر از خاکی به خاک دیگر می تواند در نوسان باشد. مواد آلی از کربوهیدراتها، پروتئینها، سلولز، همی سلولز و لیگنین تشکیل شده اند. سه ترکیب اولی به سرعت تجزیه می شوند، از این رو در تامین غذای جانداران خاک و نیز دانه بندی خاک اهمیت بیش تری دارند. اما، دو ترکیب بعدی مقاوم تر هستند (باربر، ۱۹۸۴).

در کشاورزی پایدار تمرکز بر سیستمی است که در آن تولید پایدار و اقتصادی باشد. از این منظر خاک بایستی از قابلیت لازم برای بروز کارکردهای خوب خود برخوردار باشد. ماده آلی به این کارکردها کمک معنی داری می نماید. به عبارتی ماده آلی یکی از شاخص های مهم کیفیت خاک می باشد (استیونسون، ۱۹۹۴ و آنون، ۱۹۸۲).

از دهه ی ۱۹۲۰ میلادی تا تقریباً اوایل دهه ی ۹۰، مقوله کنترل فرسایش خاک در اولویت کاری برخی کشورها قرار داشت. هدف از این کار، کنترل سالیانه فرسایش خاک در حدی که باعث حفظ باروری بلند مدت خاک شود، بود. اما، از دهه ی ۹۰ به بعد، انجام تحقیقات جامع به این نتیجه رسید که حفظ خاک در مکان خود اولین قدم در حفاظت خاک است و خاک بایستی کارکردهای خوب دیگری نیز داشته باشد که ماده آلی به این کارکردها کمک می کند (وزارت کشاورزی آمریکا، ۲۰۰۳).

ماده آلی یک جزء ضروری خاک است، زیرا:

منبع تامین کربن و انرژی ریز جانداران خاک است. نگهدارنده و ثبات دهنده ذرات خاک به یکدیگر و از این

طریق کاهنده اثرات زیانبار فرسایش خاک می باشد. به رشد محصول به واسطه ی بهبود توانایی خاک در ذخیره و انتقال آب و هوا کمک می کند. ذخیره کننده و تامین کننده عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و جانداران خاک نظیر نیتروژن، فسفر و گوگرد است. همچنین، در نگهداری مواد غذایی خاک از طریق افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و آنیونی کمک می نماید. مانع از تراکم (فشرده گی) خاک است. کاهش دهنده چسبندگی خاک و سهولت کار روی آن می باشد. اثرات محیطی مخرب آفت کشها، فلزات سنگین و بسیاری از آلاینده های دیگر را کاهش می دهد. مقاومت گیاه را به بیماری های ریشه و اندام هوایی زیاد می کند. وجود ماده آلی در خاک منجر به افزایش تنوع زیستی و زیست توده میکروبی خاک می شود. این امر موجب کاهش عوامل بیماری زا، به ویژه عوامل بیماری زای خاک زاد می گردد. این رویداد از طریق رقابت بین ریزجانداران مفید خاک با عوامل بیماری زا صورت می گیرد. در نتیجه فعالیت ریزجانداران مفید خاک شرایط برای فعالیت میکروبهای بیماری زا نامساعد می شود. کاهش دهنده سله و روان آب و افزایش دهنده نفوذ پذیری خاک بوده و شرایط را برای نفوذ ریشه فراهم می نماید. سبب افزایش کارایی کودهای شیمیایی می گردد. باعث بهبود کیفیت خاک های شور و افزایش کارایی آبشویی در این خاکها می گردد. مقاومت گیاه را در برابر تنش های محیطی افزایش می دهد (وزارت کشاورزی آمریکا، ۱۹۹۶ و ۲۰۰۳؛ کوپر باند ۲۰۰۲ و دیویس و ویلسون، ۲۰۰۵).

مدیریت ماده آلی از دیدگاه حاصلخیزی خاک و توصیه-

های لازم

با توجه به نقش حاصلخیزی خاک و ماده آلی به عنوان اجزاء حیاتی سامانه های (سیستم های) تولید (بیدول، ۱۹۸۷) تاثیر ماده آلی بر حاصلخیزی خاک مورد اشاره قرار می گیرد.

خاک از طریق اعمال مدیریت‌های مبتنی بر روش‌های بی-خطر از نظر زیست محیطی خواهد بود (سینگ و همکاران، ۲۰۰۴).

بررسی ادواری کربن آلی خاک در دشت‌های شمالی خوزستان

به منظور بررسی بیشتر و جهت‌دار سیر تحول کربن آلی خاک با توجه به مجموع مطالعات صورت گرفته و منابع در دسترس، چهار دوره زمانی مد نظر قرار گرفت. در این ارتباط، روش تحقیق و نیز تحلیل مترتب بر آن به روش توصیفی-تحلیلی (محمدی، ۱۳۸۵) انجام شد، به این نحو که داده‌های مورد نظر جمع آوری، گروه‌بندی و سپس تغییر فراوانی نسبی از میزان یک درصد کربن آلی- به عنوان معیار- در هر چهار دوره زمانی و برای مقایسه بین آنها لحاظ گردید.

دوره زمانی اول (۱۳۳۸ خورشیدی): تهیه نمونه‌های مرکب خاک از عمق صفر تا ۲۵ سانتی متری از ۶۷۲ مزرعه تحت کشت گندم و جو انتخاب شد. توزیع جغرافیایی نمونه‌ها در دشت‌های شمالی استان شامل دزفول، اندیمشک، شوشتر، گتوند، شعیبیه، عقیلی و حسین‌آباد می‌باشد.

دوره زمانی دوم (۷۳-۱۳۷۱ خورشیدی): در این مقطع نتایج تجزیه حدود ۴۰۰۰ نمونه مرکب خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری که از اراضی مربوط به طرح محوری گندم شهرستان‌های دزفول، شوش، اندیمشک، گتوند و شوشتر بودند، تهیه گردید.

دوره زمانی سوم (۸۶-۱۳۸۵ خورشیدی): تعداد ۱۵۰۰ نمونه مرکب خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متر مزارع تحت کشت گندم بررسی گردید.

دوره زمانی چهارم (۹۱-۱۳۹۰ خورشیدی): نمونه‌های مرکب خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری مربوط به طرح پایش کیفیت خاک‌های کشور در پنج شهرستان شمالی (دزفول، شوش، اندیمشک، گتوند و شوشتر) مد نظر قرار گرفت.

وجود ماده آلی علاوه بر اینکه نشان دهنده سلامت و کیفیت خاک است، شاخص مناسبی برای باروری خاک به شمار می‌رود که حاصل برهمکنش فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک است. ماده آلی با بهبود شرایط خاکدانه سازی، وضعیت تخلخل و نفوذپذیری خاک را بهبود می‌بخشد. در حالتی که خاک فشرده و دارای نفوذپذیری کمی باشد، تجمع دی‌اکسید کربن پیرامون ریشه افزایش یافته و این امر علاوه بر اینکه سبب خفگی ریشه می‌شود، از جذب فعال عناصر غذایی ممانعت به عمل می‌آورد. هم چنین مواد آلی به علت داشتن گروه‌های عامل مختلف از جمله گروه‌های کربوکسیلی، فنلی و هیدروکسیلی ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را افزایش داده و سبب می‌گردد که عناصر غذایی در خاک بهتر نگه داشته شده و گیاه دسترسی بیشتری به آن‌ها داشته باشد. از طرف دیگر مواد آلی در اثر معدنی شدن مقدار قابل توجهی از عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف را در خاک آزاد نموده و به تغذیه متعادل گیاه کمک زیادی می‌نماید. در یک خاک حاصلخیز میلیون‌ها موجود زنده از جمله قارچ‌ها، باکتری‌ها و اکتینومیست‌ها و ... زندگی می‌کنند.

این موجودات نقش مهمی در تجزیه و تخریب مواد آلی خاک و معدنی شدن آن دارند. با ادامه فرآیند معدنی شدن ترکیبات پایدارتر مواد آلی در خاک تجمع می‌یابند. این مواد به نام عمومی هوموس شناخته می‌شوند. در یک خاک با مقدار کم ماده آلی جمعیت میکروبی به شدت کاهش یافته و جذب بسیاری از عناصر غذایی که قابلیت استفاده آن‌ها برای گیاه وابسته به اکسیداسیون زیستی در خاک می‌باشد، مختل می‌گردد. امروزه توجه ویژه‌ای به مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه معطوف شده است که در آن استفاده از منابع آلی و زیستی به همراه کاربرد بهینه کودهای شیمیایی مورد نظر است و منجر به حفظ و بهبود حاصلخیزی خاک می‌شود (سماوات و همکاران، ۱۳۸۶ و سینگ و همکاران، ۲۰۰۶). ثبات در تولید محصول به شدت وابسته به بهبود شرایط حاصلخیزی

روش اندازه‌گیری کربن آلی در هر چهار بازه زمانی به روش والکلی - بلاک (۱۳۸۲) بود. مقدار ماده آلی خاک به طور غیر مستقیم از حاصلضرب مقدار کربن آلی در ضریب تبدیلی ۱/۷۲۴ بر مبنای این که ماده آلی خاک دارای ۵۸ درصد کربن آلی می‌باشد، محاسبه گردید. اما، این ضریب در خاک‌های مختلف تغییر می‌کند، از این رو برای بررسی میزان کربن آلی خاک مد نظر قرار گرفت. خاک‌های شمال خوزستان در رده اینسپتی سول و انتی سول قرار دارند (طاهرزاده و همکاران، ۱۳۸۲). در مجموع بافت خاک متوسط تا سنگین می‌باشد. کربنات کلسیم معادل ۳۰ تا ۵۰ درصد، پ هاش قلبایی ۷/۲ تا ۸/۵ و از نظر زهکشی سطح الارض و تحت الارض بین متوسط تا کم متغیرند.

سال ۱۳۳۸

در این مقطع که هم‌زمان با تغییر فاز کشاورزی از سنتی به نوین در ایران و مصادف با برنامه ملی آزمایش اثر بخشی کودهای شیمیایی (۴۰-۱۳۳۶) در خوزستان می‌باشد، ۷۹/۴۸ درصد اراضی دارای کربن آلی کمتر از یک درصد، ۱۹/۷۸ درصد دارای کربن آلی بین یک تا دو درصد و کمتر از یک درصد اراضی کربن آلی خاک آنها بیش از دو درصد بوده است (جدول ۱). از سال ۱۳۴۰، پس از اخذ نتایج مثبت حاصل از آزمایش‌های چهار ساله کودهای شیمیایی به تدریج مصرف کودهای شیمیایی، که عمدتاً کودهای نیتروژن و فسفردار بودند، به موازات تغییر در ساختار تولید کشاورزی در منطقه رونق گرفت.

جدول ۱- میزان کربن آلی در خاک‌های زراعی شمال خوزستان (منبع: بی نام، ۱۳۴۱)

پراکنش گروه های آزمون خاک (درصد)	کربن آلی خاک (درصد)
۷/۷۴	۰-۰/۴
۳۱/۴۴	۰/۴-۰/۷
۴۰/۳۰	۰/۷-۱
۱۹/۷۸	۱-۲
۰/۷۴	>۲
جمع ۱۰۰ درصد	

دوره زمانی ۷۳-۱۳۷۱

خاک‌ها کربن آلی آنها کمتر از ۰/۸ درصد بوده است. به بیان دیگر کربن آلی سیر نزولی داشته و از درصد خاک‌هایی که دارای کربن آلی بالای یک درصد بودند، کاسته شده است (جدول ۲).

پس از طی ۳۳ سال، بررسی نتایج تجزیه شیمیایی حدود ۴۰۰۰ نمونه خاک نشان می‌دهد که به درصد خاک‌هایی که کربن آلی آنها کمتر از یک درصد بوده، اضافه شده است. به عبارت دیگر در ۶۸/۳ درصد از

جدول ۲- میزان کربن آلی در خاک‌های زراعی شمال خوزستان (منبع: میرزانشاهی، ۱۳۸۰)

پراکنش گروه های آزمون خاک (درصد)	کربن آلی خاک (درصد)
۱۴/۵۰	<۰/۵
۵۳/۸۰	۰/۵-۰/۸
۳۱/۷۰	> ۰/۸
جمع ۱۰۰ درصد	

دوره زمانی ۸۶-۱۳۸۵

همچنین، مقایسه جداول ۱ و ۳ نیز نشان می‌دهد کربن آلی ۱۹/۷۸ درصد خاک‌هایی که بین یک تا دو درصد بوده به

در مقطع زمانی ۸۶-۱۳۸۵ کربن آلی خاک در ۸۸ درصد اراضی به کمتر از یک درصد رسید (جدول ۳).

کمتر از دو درصد کاهش یافته و به خاک‌هایی که کربن آلی آنها کمتر از یک بوده، افزوده شده است.

جدول ۳ میزان کربن آلی در خاک های زراعی شمال خوزستان (منبع: آزمایشگاه خاک مرکز)

پراکنش گروه های آزمون خاک (درصد)	کربن آلی خاک (درصد)
۲۳	<۰/۵
۶۵	۰/۵-۱
۱۰	۱-۱/۵
۲	>۱/۵
جمع ۱۰۰ درصد	

دوره زمانی ۹۱-۱۳۹۰

در سال ۱۳۹۰ تقلیل یافته است. به دیگر سخن، میانگین کربن آلی خاک در طی این مدت از یک به ۰/۶۵ درصد رسیده است، مضافاً این که در مقایسه با میانگین کل کشور، که ۶۰/۶ درصد خاک‌ها دارای کربن آلی کمتر از یک هستند (سعادت و رضایی، ۱۳۹۳)، ۳۹/۴ درصد بیشتر می‌باشد.

در آخرین بررسی صورت گرفته نتایج نشان داد که ۱۰۰ درصد خاک‌ها کربن آلی کمتر از یک درصد دارند (جدول ۴). این امر بیانگر تداوم سیر نزولی کربن آلی خاک می‌باشد. به عبارت دیگر، چنانچه مرز کربن آلی در خاک‌های کشور را یک در نظر بگیریم، درصد اراضی کمتر از یک درصد، از ۷۹/۴۸ درصد در سال ۱۳۳۸ به ۱۰۰ درصد

جدول ۴- میزان کربن آلی در خاک های زراعی شمال خوزستان (منبع: طرح پایش کیفیت اراضی)

پراکنش گروه های آزمون خاک (درصد)	کربن آلی خاک (درصد)
۰	<۰/۵
۱۰۰	۰/۵-۰/۸
۰	۰/۸-۱
۰	>۱
جمع ۱۰۰ درصد	

مذکور صرف‌نظر از نوع خاک و شرایط اقلیمی به مثابه یک مرز هشدار دهنده یا احتیاط مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین، با عنایت به نتایج به دست آمده که دلالت بر کربن آلی خاک زیر یک درصد دارد می‌توان گفت که با مقدار حد آستانه ۱/۵ تا دو درصد فاصله زیادی وجود دارد و در چنین شرایطی دستیابی به پتانسیل عملکردهای محصول متصور نخواهد بود (کرول و همکاران، ۲۰۰۴). مضافاً اینکه روند فرسایش خاک که یکی دیگر از مظاهر عمده تخریب خاک به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد با شدت بیشتری ادامه خواهد یافت (راجان و همکاران، ۲۰۱۰).

ملاحظه می‌گردد که کربن آلی خاک به عنوان شاخص اصلی کیفیت و سلامتی خاک هر چند با ضرب آهنگی آهسته، روند نزولی داشته است. در این ارتباط خاطر نشان می‌شود کاهش- و نیز افزایش- این ویژگی پدیده‌ای است زمان بر که تابعی پیچیده از شرایط اقلیمی، خاکی و مدیریتی است (کمپبل و همکاران، ۲۰۰۷). از طرفی، بر پایه مطالعات میدانی صورت گرفته مشخص شده است که چنانچه کربن آلی خاکی کمتر از ۱/۵ تا دو درصد باشد کارکردهای خاک از نظر زراعی و زیست محیطی با خلل مواجه خواهد بود و کیفیت خاک به شدت افت خواهد نمود (لاولند و وب، ۲۰۰۳؛ اورزولک، ۲۰۰۹ و لعل و استیوارت، ۲۰۱۵). به عبارت دیگر حد آستانه

بحث

چنانچه اشاره گردید، مقدار کربن آلی در خاک- های شمال خوزستان بسیار کم بوده، به طوری که کربن آلی ۱۰۰ درصد اراضی کمتر از یک درصد می باشد. این امر در وهله اول معلول عوامل غیر قابل کنترل یعنی اقلیم، پوشش گیاهی، توپوگرافی، مواد مادری و زمان است (جنی، ۱۹۴۱). در خوزستان شرایط منبث از عوامل مذکور عبارتست از: بارندگی پایین، درجه حرارت بالا و پوشش گیاهی ضعیف؛ و در مرحله بعد متاثر از عواملی است که فقر خاک از جنبه کربن آلی را باعث شده است. در بازه مورد بررسی (۹۱-۱۳۳۶) با تغییر تدریجی نحوه عملیات در کشاورزی استان که ناشی از اجرای برنامه ملی آزمایش‌های کود شیمیایی در دشت‌های خوزستان" از شمال تا جنوب" و همچنین بخش‌هایی از اراضی مناطق کرمانشاه و لرستان بود، عملیات مترتب بر کشاورزی به سمت شخم فشرده، تک کشتی، استفاده از ارقام جدید و پر محصول، سوزاندن و یا برداشت بقایای محصول و در نتیجه برگشت ناچیز بقایا به خاک، مدیریت نامناسب آبیاری، کاربرد وسیع و نامتعادل کودهای شیمیایی به خصوص نیتروژن و استفاده محدود از کود های آلی و اتکای زیاد به کنترل شیمیایی آفات و بیماریها سوق یافت. مجموع عملیات مزبور منتج به این شده است که در طی زمان تعادل بین کربن خروجی (output) و کربن ورودی (input) به نفع کربن خروجی (هدر رفت کربن آلی) باشد. چرا که، توازن بین این دو عامل مشخص کننده کاهش، حفظ و یا افزایش تجمع کربن آلی در خاک است.

چنین سیستمی اگر چه در مقایسه با سیستم تولید پیشین متری تر و تولید بیشتری را به همراه داشت، اما تبعات منفی آن بر دو نهاد مهم تولید یعنی آب و خاک به مرور زمان آشکار گردید (وب و همکاران، ۲۰۰۱ و ریلی و بگگارد، ۲۰۰۶). کاهش کربن آلی خاک به کمتر از یک درصد از جمله نتایج بکارگیری کشاورزی رایجی است، که خود برآمده از "انقلاب سبز" در قرن بیستم

می باشد. به این اعتبار ابتدا به اقدامات جاری که زمینه کاهش کربن آلی را فراهم نموده اند (وقوع مشکل!)، اشاره می شود، آنگاه به مجموع عوامل مدیریتی که حفظ یا ارتقای کربن آلی خاک را سبب می شوند (رفع مشکل!)، مورد بحث قرار می گیرند.

عملیات مدیریتی کاهش دهنده کربن آلی خاک

عواملی که به آنها اشاره می شود از طریق کاهش تولید زیست توده گیاهی (ماده گیاهی) کاهش در تامین کربن آلی خاک و افزایش تجزیه کربن آلی نقش کاهندگی خود را ایفا می نمایند.

استفاده از ارقامی با شاخص برداشت بالا. یکی از نتایج انقلاب سبز استفاده از گیاهان با عملکرد بالا، به جای گیاهان بومی بود. این گیاهان اغلب عملکرد اقتصادی (دانه) بالا ولی کاه کمتری دارند. این امر هر چند از نظر تولید خوب تلقی می شود، اما از جنبه‌ی تولید زیست توده زیاد و برگشت آن به خاک مناسب نیست.

نبود سیستم‌های تناوبی صحیح و کاربرد نامتعادل کودهای شیمیایی. در سیستم‌های غیر تناوبی به ویژه در سیستم‌های تک کشتی تنوع زیستی کم می شود. در این گونه سیستم‌ها حتی اگر از گیاهان علوفه ای که ریشه‌ی آنها به خوبی در خاک نفوذ می کند، استفاده شود، با این وجود ترشحات ریشه‌ای آنها فقط تعداد کمی از گونه های میکروبی را به دور ریشه جمع می کند. در این شرایط تنوع صیادها کم می شود و فرصتی برای ازدیاد گونه‌های بیماری‌زا فراهم می شود که به گیاه آسیب می رساند. از طرفی قابلیت استفاده عناصر غذایی به طور کلی در این سیستم‌ها پایین است که این امر سبب رشد محدود گیاه و کاهش تولید می شود. برآورد شده است که در این سیستم‌ها حتی با کوددهی متعادل مقدار کربن ورودی در مقایسه با سیستم‌های تناوبی نصف می باشد (جاگاداما و همکاران، ۲۰۰۸ و سینگ و همکاران، ۲۰۰۷).

سوزاندن و برداشت بقایای گیاهی. بقایای محصول بزرگترین، سهل الوصولترین و ارزانترین منبع

عملیات افزایش دهنده کربن آلی خاک

آنچه به عنوان راهکارهای مدیریتی مورد بحث قرار می‌گیرند، شامل مجموعه‌ای از اقدامات است که اصطلاحاً بهترین عملیات مدیریتی یا عملیات مدیریتی توصیه‌شده "Best Practices Management Recommended Management Practices" نامیده می‌شوند، که می‌تواند بهبود شرایط عمومی خاک از جنبه‌های مختلف شیمیایی، فیزیکی و زیستی و نهایتاً ارتقا کربن آلی (ماده آلی) خاک را به دنبال داشته باشد. فعالیت‌ها ارتباط ارگانیک با یکدیگر داشته و حذف یک اقدام اثر مثبت سایر اقدامات را کاهش می‌دهد. به عنوان مثال، در بکارگیری سیستم کشاورزی حفاظتی که متشکل از چهار جز اساسی "حداقل بهم زدن خاک، تناوب، استفاده از گیاهان پوششی و مدیریت تلفیقی تغذیه گیاهی" می‌باشد، چنانچه به هر دلیل یکی از ستون‌های آن در عرصه عملیاتی نشود، اهداف مورد نظر محقق نخواهد شد (لعل، ۲۰۱۵).

افزایش تولید زیست توده گیاهی: از طریق مدیریت علمی آبیاری و کوددهی کافی و متعادل می‌توان زیست توده گیاهی را افزایش داد. مقدار آب قابل استفاده برای رشد گیاه اولین عامل کنترل کننده تولید ماده گیاهی است، ضمن اینکه تامین بهینه عناصر غذایی مورد نیاز گیاه باعث افزایش تولید زیست توده گیاهی می‌شود.

استفاده از تراکم مناسب گیاهی هنگام کشت. در این شرایط استفاده بهینه از آب، مواد غذایی و نور و مالاً افزایش زیست توده فراهم می‌گردد. در این زمینه می‌توان از معرفی گیاهانی که بیوماس بیش‌تری تولید می‌کنند نیز بهره جست.

استفاده از گیاهان پوششی

فوائد این اقدام عبارتست از: جلوگیری از فرسایش خاک با پوشش دادن سطح خاک، اضافه کردن مواد گیاهی با خاک، بعضی از آنها نظیر چاودار، از شستشوی عناصر غذایی از طریق پیوند زدن آنها به هم از

تامین کربن آلی خاک است. بنابراین، محروم نمودن خاک از این منبع به واسطه سوزاندن و یا استفاده در سایر امور باعث کاهش ورودی کربن آلی به خاک می‌گردد (استینر، ۲۰۰۲).

شخم فشرده: استفاده از خاک ورزی مرسوم یعنی بکارگیری گاواهن، دیسک‌های سنگین و سبک و دیگر ادوات مرتبط از دیرباز در منطقه مورد استفاده قرار می‌گیرد. عملیات خاک ورزی مرسوم یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش دهنده سطح کربن آلی خاک است. تجزیه ماده آلی و آزادسازی کربن فرآیندی هوازی می‌باشد. اکسیژن در این فرآیند باعث تشدید فعالیت میکروب‌ها و تغذیه از مواد آلی می‌شود. با هر بار خاک ورزی تماس بقایای گیاهی با میکروب‌ها زیاد شده و تهویه نیز افزایش می‌یابد (نسبت اکسیژن به دی اکسید کربن زیاد می‌شود). در این شرایط شدت تجزیه سریع‌تر شده که نتیجه‌اش تشکیل هوموس با پایداری کمتر و نیز آزاد سازی دی اکسید کربن به اتمسفر است. اما چنانچه بقایای گیاهی در سطح خاک باقی بمانند (با تغییر سیستم از خاک ورزی مرسوم به کم خاک ورزی و یا بی خاک ورزی)، تماس بقایا با میکروب‌ها کمتر، بنابراین تجزیه نیز کندتر صورت می‌گیرد (نسبت دی اکسید کربن به اکسیژن بیش‌تر است). بران و لوگو (۱۹۹۰) و بالسدنت و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که در نتیجه کشت و کار و شخم در خاک‌های بکر، بسته به نوع اقلیم و بافت خاک، ۱۰ تا ۵۵ درصد کربن آلی خاک از دست می‌رود.

مصرف بیش از نیاز نیتروژن: مصرف نیتروژن زیاد سبب تشدید فعالیت میکروب‌ها به خصوص وقتی که نسبت کربن به نیتروژن ماده آلی بالا است، شده و در نتیجه سرعت تجزیه ماده آلی افزایش می‌یابد. صرف‌نظر از شدت و ضعف فعالیت‌ها، آنچه مهم به نظر می‌رسد کاهش کربن آلی خاک منتج از برآیند مدیریت‌های ذکر شده می‌باشد که به کنترل و تغییر آنها موضوعیت می‌بخشد.

و گریگوریچ (۲۰۰۴) و باهوگل و همکاران (۲۰۰۶) و (۲۰۰۹)، افزایش خطی کربن آلی خاک را با مقدار کربن آلی کاربردی گزارش دادند. ضمن اینکه جانستون و همکاران (۱۹۸۹) و باهوگل و همکاران (۲۰۰۸) نتیجه گرفتند که تجمع کربن آلی در خاک بستگی به منبع کربن آلی کاربردی دارد. ایشان نتیجه گرفتند که میزان تجمع کربن آلی خاک با کاربرد کود دامی آهسته تر از لجن فاضلاب یا کمپوست سبزیجات بود.

کاهش عملیات خاک‌ورزی. برآوردهای صورت گرفته در زمینه افزایش کربن آلی خاک به دلیل تغییر عملیات خاک‌ورزی بسیار وسیع می‌باشد. کاهش شدت خاک‌ورزی می‌تواند سبب کند شدن و یا ممانعت از هدررفت کربن آلی خاک شود (کرن و جانسون، ۱۹۹۲). در سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی پیوسته، به دلیل استفاده از بقایای گیاهی، سطوح ماده آلی زیاد می‌شود (گیلیام و هویت، ۱۹۸۷). (اسپینوزا و همکاران ۱۹۹۸) نشان دادند که بعد از پنج سال، کشت ذرت بدون خاک‌ورزی کربن آلی خاک در عمق پنج سانتی متری ۱۵ درصد افزایش یافت. دیک و دورکالاسکی (۱۹۹۷) گزارش کرده‌اند که، بعد از ۳۴ سال کاهش خاک‌ورزی و رعایت تناوب محصول، کربن و نیتروژن خاک در عمق صفر تا ۶۰ سانتی متری تفاوت معنی‌دار با سامانه شخم متداول داشت.

کینگ و همکاران (۲۰۰۴) برآورد کردند که به ترتیب بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی ۱۴۵ تا ۲۳۵ کیلوگرم کربن در هکتار را افزایش داد، در حالی که اسمیت و همکاران (۲۰۰۵) این مقدار را ۴۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم کربن در هکتار و اورتز و همکاران (۲۰۰۷) و باهوگل و همکاران (۲۰۰۸) ۱۴۰ و ۳۱۰ کیلوگرم کربن در هکتار در سال را برای عملیات بدون خاک‌ورزی گزارش دادند.

به محض تغییر در عملیات مدیریتی، کربن آلی خاک بسته به شرایط اقلیمی، نوع خاک و کاربری اراضی به سمت یک تعادل جدید سوق داده می‌شود. در این

طریق ترشحات ریشه‌ای جلوگیری می‌کند، تعدادی از آنها مثل لگوم‌ها، منجر به تثبیت نیتروژن برای گیاه بعدی می‌شود، بیشتر آنها محلی برای تجمع حشرات و دیگر موجودات مفید هستند، تعدیل‌کننده درجه حرارت خاک است که از این طریق بر فعالیت ریز جانداران خاک اثر می‌گذارد. طیفی از گیاهان دانه‌ای، لگوم و محصولات روغنی می‌توانند به عنوان گیاه پوششی عمل کنند. در یک تناوب لازم است که شروع آن، یک گیاه پوششی باشد که سطح خاک را بپوشاند و بعد با اضافه شدن بقایای آن به خاک چون نسبت کربن به نیتروژن بالایی دارد، عمل تجزیه به آهستگی صورت می‌گیرد و هم به دلیل سیستم ریشه دهی مترامی که دارند، در بهبود سریع ساختمان خاک در تناوب موثرند (در این مرحله غلات مناسب هستند). در سال بعد، می‌توان لگوم را وارد تناوب نمود.

لگوم‌ها، نیتروژن را تثبیت و به دلیل پایین بودن نسبت کربن به نیتروژن، سریع تجزیه می‌شوند. بعد از ثبات در سیستم در این حال می‌توان از گیاهان پوششی که صرفه‌ی اقتصادی دارند، استفاده نمود. بلومبک و همکاران (۲۰۰۳) بر پایه شش سال مطالعه پیوسته کشت پوششی زمستانه، کربن آلی خاک را در مقایسه به عدم پوشش گیاهی دو درصد افزایش داد. تنوع در سیستم تناوبی (استفاده از سیستم تناوبی با زیست توده بالا).

محدودیت در چرای دام

استفاده از بقایای گیاهی. اسمیت و همکاران (a,b,c, ۲۰۰۰) و باهوگل و همکاران (۲۰۰۸) میانگین تجمع کربن آلی خاک در نتیجه مخلوط کردن کاه با خاک را به ترتیب ۷۰ و ۵۰ کیلوگرم کربن در سال و در هر تن کاه ذکر نمودند.

استفاده از منابع مختلف ماده آلی نظیر کود دامی و کمپوست. در مناطق خشک و نیمه خشک با ورودی کربن تحت کوددهی شیمیایی به مقدار کافی نیست که کربن آلی خاک را حفظ نماید؛ بنابراین مصرف کودهای آلی ضروری است. راسموسن و همکاران (۱۹۸۰)، دیک

برنامه‌های توسعه‌ای کشور تاکید می‌گردد. در غیر این صورت امکان بهره‌وری بالا از منابع آب و خاک در دسترس که از نظر کمیت و کیفیت نه تنها نقطه ثقل کشاورزی استان به حساب می‌آید، بلکه در مقایسه با بسیاری از نقاط کشور از مشکلات کمتری برخوردار است، وجود نخواهد داشت. البته چنین خواستی، مستلزم بکارگیری مدیریت خاک و محصول در رویکردی جامع نگر و مداوم است.

ارتباط آزمایش‌های بلند مدت در انگلستان که از سال ۱۸۴۳ آغاز شده است، مشخص می‌نماید که نیمی از تجمع کربن آلی خاک در دوره بلند مدت (۱۰۰ ساله)، در ۲۰ سال اول اتفاق می‌افتد و پس از آن میزان تغییر به طور آهسته ادامه خواهد داشت (کولمن و همکاران، ۱۹۹۷). بنابراین، روند تجمع کربن آلی در خاک بسیار آهسته صورت می‌گیرد و به این منظور عملیات مدیریتی نیازمند استمرار است. ضمن اینکه تغییر مدیریتی از شرایط بهینه باعث برگشت ماده آلی به وضعیت اولیه می‌شود.

رهیافت ترویجی

تعیین سهم هر کدام از عملیات مدیریتی بر میزان هدر رفت و نیز تجمع کربن آلی خاک در شرایط منطقه می‌تواند دست مایه پژوهش‌های میدانی باشد. چنین بررسی‌هایی این امکان را فراهم می‌کند که به طور دقیق‌تر و متناسب با امکانات موجود برنامه ریزی‌های معطوف به حفظ و ارتقا کربن آلی خاک را در عرصه پیاده نمود.

نتیجه گیری

نتایج نشان می‌دهد که کربن آلی در خاک‌های شمال خوزستان نه تنها در مقام مقایسه با حد آستانه ۱/۵ درصد بسیار پایین می‌باشد، بلکه در مقایسه با میانگین کشوری نیز از وضعیت نامناسب‌تری برخوردار است. لذا، با توجه به اینکه کربن آلی اساس باروری خاک محسوب می‌گردد، ضرورت افزایش آن به حداقل ۱٪ منطبق با

فهرست منابع

۱. بی‌نام. ۱۳۴۱. گزارش برنامه آزمایش کودهای شیمیایی در خوزستان. شرکت عمران و منابع نیویورک و موسسه عمران خوزستان.
۲. سعادت، س. و ح. رضایی. ۱۳۹۳. پایش کیفیت خاک‌های کشاورزی. گزارش سالیانه طرح. موسسه تحقیقات خاک و آب.
۳. سماوات، س. ۱۳۸۶. گزارش وضعیت ماده آلی خاک‌های کشور. موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
۴. طاهرزاده، م. ح.، ا. حسنی، ج. بنی‌نعمه، م. ح. بنایی، ر. ع. ابراهیم‌پور و و. ر. قاسمی. ۱۳۸۲. شناسایی و طبقه‌بندی خاک‌های خوزستان. هشتمین کنگره علوم خاک ایران. ۹-۱۲ شهریور، رشت.
۵. محمدی، ب. ۱۳۸۵. اصول روش تحقیق کیفی (نظریه مبنایی). پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، تهران.
۶. میرزاشاهی، ک. ۱۳۸۵. بررسی وضعیت عناصر غذایی اصلی در خاک‌های شمال خوزستان. فصلنامه آموزشی ترویجی کارون سبز، سال پنجم، شماره ۱۴. سازمان جهاد کشاورزی استان خوزستان.
7. Anon. 1982. Organic matter and soil productivity in the near east. FAO. Soil Bulletin, No. 45.
8. Balesdent, J., C. Chenued and M. Balabane. 2000. Relationships of soil organic matter dynamic to physical protection and tillage. Soil and Tillage Research.53: 215- 230.

9. Barber, S. A. 1984. Soil Nutrient Bioavailability. John Wiley and Sons Pub. New York.
10. Bhogal, A., F. A. Nicholson and B. J. Chambers. 2006. Manure organic carbon inputs and soil quality. In: Petersen, S. O. [ed.] Proceedings of the 12th International Conference of the FAO RAMIRAN: Technology for Recycling of Manure and Organic Residues in a Whole-Farm Perspective, DIAS report no. 122, Aarhus, Denmark, Danish Institute of Agricultural Sciences, pp. 33-35.
11. Bhogal, A., F. A. Nicholson and B. J. Chambers. 2009. Organic carbon additions – effects on soil bio-physical and physico-chemical properties. European Journal of Soil Science. 60: 276- 286.
12. Bhogal, A., T. Boucard, B. J. Chambers, F. A. Nicholson and R. Parkinson. 2008. Road Testing of ‘Trigger Values’ for Assessing Site Specific Soil Quality. Phase 2 – Other Soil Quality Indicators. Science Report – SC050054SR2. Environment Agency, Bristol, UK.
13. Bhogal, A., B. J. Chambers, A. P., Whitmore and D. S. Powlson. 2008. The effects of reduced tillage practices and other material additions on the carbon content of arable soils. Scientific Report for Defra, Project SP0561.
14. Bidwell, O. W. 1982. Soil fertility and organic matter as critical components of production systems. American Journal of Alternative Agriculture. 3: 91-92.
15. Blomback, K, H. Eckersten and E. Lewan .2003. Simulations of soil carbon and nitrogen dynamics during seven years in a catch crop experiment. Agricultural Systems. 76: 95-114
16. Brown, S. and A. Lugo. 1990. Effect of forest cleaning and succession of the carbon and nitrogen content of soils in Puerto rico and US Virgin Island. Plant and Soil. 124: 53- 64.
17. Campbell, C. A., A. J. Vanden Bygaart, B. Grant, R. P. Zentner, B. G. McConkey, R., Lemke, E. G. Gregorichl and M. R. Fernandez .2007. Quantifying carbon sequestration in a conventionally tilled crop rotation study in southwestern Saskatchewan, Canadian Journal of Soil Science. 87:23–38
18. Coleman, K.W., D. S. Jenkinson, J. G. Crocker, P. R. Grace, J. Klir, M. Korschens, P. R. Poulton and D. D. Richter. 1997. Simulting trends in soil organic carbon in long-term experiments using RothC-26.3. Geoderma. 81: 29-44.
19. Cooperband, L. 2002. Building soil organic matter with organic amendments. Center for Integrated Agriculture System. University of Wisconsin-Madison.
20. Davis, J. G. and C. R. Wilson. 2005. Choosing a soil amendment. Clorado State University Extension.
21. Dick, W.A. and E. G. Gregorich. 2004. Developing and maintaining soil organic matter levels. In: *Managing Soil Quality Challenges in Modern Agriculture*. (Eds. P. Schjonning, S. Elmholt & B.T. Christensen)., CABI Publishing, Wallingford, Oxen. pp.103-12.
22. Dick, W.A. and J.T. Durkalaski. 1997. No-tillage production agriculture and carbon sequestration in a typic fraguidalf soil of northeastern Ohio. p. 59-71. In R. Lal (eds) *Advances in Soil Sciences: Management of Carbon Sequestration in Soil*. Boca Raton, FL.
23. Gilliam, J.W. and G.D. Hoyt. 1987. Effect of conservation tillage on fate and transport of nitrogen. p. 217-240. In T.J. logan et al. 9eds) *Effects on conservation tillage on groundwater quality: Nitrates and pesticides*. Lewis Publ., Inc., Chelsea, MI.
24. Jagadamma, S., R. Lal, R. G. Hoefl, E. D. Naffiger and E. A. Ade. 2008. Nitrogen fertilization and cropping system impacts on soil properties and their

- relationship to crop yield in the central corn belt, USA, *Soil and Tillage Research*. 98: 120–129.
26. Jenny, H. 1941. *Factors of soil formation*. McGraw-Hill, New York, NY.
 27. Johnston, A.E., S. P. McGrath, P. R. Poulton and P. W. Lane. 1989. Accumulation and loss of nitrogen from manure, sludge and compost: long-term experiments at Rothamsted and Woburn. In: *Nitrogen in Organic Wastes Applied to Soils*. J.A.A. Hansen & K. Henriksen (Eds). Academic Press, London. pp. 126-139.
 28. Kern, J.S. and M.G. Johnson. 1993. Conservation tillage impact on national soil and atmospheric carbon levels. *Soil Science Society of American Journal*. 57:200-210.
 29. King, J.A., R. I. Bradley, R. Harrison, and A. D. Carter. 2004. Carbon sequestration and saving potential associated with changes to the management of agricultural soils in England. *Soil Use and Management*. 20: 394-402.
 30. Krul, E. S., J. O. Skjemsted and J. A. Baldock. 2004. Function of soil organic matter and the effect on soil properties. CSIRO.
 31. Lal, R. 2015. On Sequestering Carbon and Increasing Productivity by Conservation Agriculture. *Journal of Soil and Water Conservation*. in press.
 32. Lal, R. and B. A. Stewart (Ed). 2015. *Soil management of smallholder agriculture*. CRC Press. Taylor and Francis Group. Pp 420.
 33. Loveland, P and J. Webb .2003. Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a review. *Soil and Tillage Research*. 70: 1-18.
 34. Oorts, K., H. Bossuyt, J. Labreuche R. Merckx and B. Nicolardot. 2007. Carbon and nitrogen stocks in relation to organic matter fractions, aggregation and pore size distribution in no-tillage and conventional tillage in northern France. *European Journal of Soil Science* 58: 248-259.
 35. Orzolek, M. D. 2009. *Organic matter application- Can you apply too much?*. Virginia State University.
 36. Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney. 1982. *Methods of Soil Analysis, Part 2, chemical and Microbiological Properties*. American Society of agronomy, Inc. soil Science of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
 37. Rajan, K.; Natarajan, A.; Kumar, K.; Badrinath, M.; Gowda, R. 2010. Soil organic carbon—the most reliable indicator for monitoring land degradation by soil erosion. *Current Science*. 99:823–827.
 38. Rasmussen, P.E., R. R. Allmaras, C. R. Rohde and N. C. Jr Roager. 1980. Crop residue influences on soil carbon and nitrogen in a wheat-fallow system. *Soil Science Society of America Journal*. 44: 596-600.
 39. Singh, Y., B. Singh, J. K. Ladha, C. S. Khind, R. K. Gupta, O. P. Meelu and E. Pasuquin. 2004. Long-term effects of organic inputs on yield and soil fertility in the rice-wheat. *Soil Science Society of American Journal*. 68:84665-853.
 40. Singh, B. R., R. C. Dalal and R. Lal. 2006. *Integrated nutrient management*. Encyclopedia of Soil Science.
 41. Singh, K. P., A. Suman, P. N. Singh and M. Lal. 2007. Yield and soil nutrient balance of a sugarcane plant-ratoon system with conventional and organic nutrient management in sub-tropical India, *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 79: 209–219.
 42. Smith, P., K. W. T. Goulding, K. A. Smith, D. S. Powlson, J. U. Smith P. Falloon and K. Coleman. 2000a. Including trace gas fluxes in estimates of the carbon

- mitigation potential of UK agricultural land. *Soil Use and Management*. 16: 251-259.
43. Smith, P., D. S. Powlson, J. U. Smith, P. Falloon, K. Coleman. 2000b. Meeting the UK's climate change commitments: options for carbon mitigation on agricultural and. *Soil Use and Management*. 16: 1-11.
 44. Smith, P., R. Milne, D. S. Powlson, J. U. Smith, P. Falloon and K. Coleman. 2000c. Revised estimates of the carbon mitigation potential of UK agricultural land. *Soil Use and Management*. 16: 293-295.
 45. Smith, P., O. Andren, T. Karlsson, P. Perala, K. A. Regina, M. Rounsevell and B. Van Wesemael. 2005. Carbon sequestration potential in European croplands has been overestimated. *Global Change Biology*. 11, 2153-2163.
 46. Steiner, K. 2002. Crop residue management and cover crops. African Conservation Tillage Network. Information Series No.3.
 47. Stevenson, F.G. 1994. *Humus Chemistry*. John Wiley and Sons Pub. New York.
 48. USDA Natural Resources Conservation Services. 1996. Soil quality indicators: Organic matter. Soil Quality Information Sheet.
 49. USDA Natural Resources Conservation Services. 2003. Managing soil organic matter. Technical Note No.5. WWW.soils.usda.gov.