مدیریت کربن آلی خاک در اراضی کشاورزی ایران چالشها و راهکارها

فرهاد مشیری[۱]، سعید سماوات[۲]
۱ و ۲- به ترتیب استادیار و دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

چکیده

در این مقاله تصویری از وضعیت کربن آلی خاک به عنوان عامل کلیدی پایداری حاصلخیزی خاک اشاره شده است. بر این اساس میزان کربن آلی در ۶۱/۶ درصد از خاکهای ایران کمتر از یک درصد می باشد. روند کاهشی مقدار کربن آلی خاک در دو منطقه با شرایط اقلیمی متفاوت نشان داده شد. به عوامل موثر در کمبود کربن آلی خاکها اشاره گردیده است. با مرور تحقیقات گذشته نشان داده شد که مدیریت هایی که منجر به افزایش جزء پایدار کربن آلی خاک گردد می تواند در افزایش سریع ذخیره کربن در پروفیل خاک در طولانی مدت موثر باشند. در نهایت چنین نتیجه گیری شد که در یک مدیریت بهینه با هدف حفظ و افزایش کربن آلی خاک نخست می بایست عوامل کاهنده کربن آلی خاک شناسایی و کنترل شده و سپس با مصرف نهاده های آلی و رعایت عملیات صحیح کشاورزی کربن آلی خاک را افزایش داد.

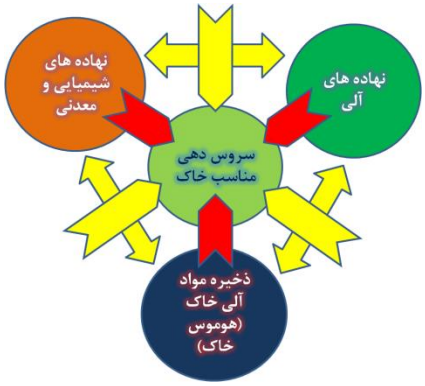
کلمات کلیدی: کربن آلی خاک، پایداری، کود آلی، کشاورزی حفاظتی

مقدمه:

کربن آلی خاک به عنوان عامل کلیدی در پایداری حاصلخیزی و باروری خاک و خدمات رسانی زیست بوم خاک[۱] محسوب می شود (Lal و همکاران، ۲۰۱۳). کربن آلی خاک، به عنوان یکی از موضوعات و چالشهای مهم محیط زیستی در مقیاس جهانی در برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد نیز گنجانده شده است (Victoria و همکاران، ۲۰۱۲). ماده آلی خاک بر تولید غذا، چرخه عناصر غذائی، ذخیره آب در خاک، بهبود شرایط فیزیکی و کنترل فرسایش خاک، حفاظت و تنظیم اقلیم، چرخه انرژی، حفظ تنوع زیستی، تغییر، تحول و پویایی خاک و خدمات فرهنگی که به عنوان «خدمات زیست بوم» خاک شناخته می شوند تأثیرگذار است (Banwart و همکاران، ۲۰۱۵). هر گونه تغییر در کمیت و یا کیفیت مواد آلی خاک ظرفیت خاک را برای خدمات رسانی تحت تاثیر قرار می دهد از این رو نیازمند مدیریت دقیق است. عملیات کشاورزی بر سطوح کربن آلی خاک تاثیر می‌گذارند. عملیات شخم، تناوب زراعی و نیز کودپاشی همگی می‌توانند اثرات عمیقی بر مقدار ماده آلی خاک داشته باشند. با انطباق استراتژی های مدیریت خاک بر مبنای چرخه طبیعی کربن آلی خاک می توان بیلان کربن آلی را به سمت تجمع آن در خاک سوق داد. برای اینکه خاک بتواند به طور مداوم کالا و خدمات خود را عرضه نماید بایستی تولید بیوماس در حدی باشد که به افزایش مواد الی در خاک منجر شود لذا بایستی به سه مولفه میزان مواد معدنی و میزان کودهای آلی مصرفی و میزان مواد آلی خاک توجه نمائیم (شکل ۱).

کشور ایران با قرار گرفتن در منطقه خشک و نیمه خشک جهان دچار کمبود کربن آلی در خاک های کشاورزی است. به علاوه، ویژگی های خاکی و مدیریت نامناسب خاک و کشاورزی موجب تشدید این مساله گردیده است. در این مقاله ضمن ارائه تصویری از وضعیت کربن آلی خاکهای تحت کشت ایران و روند تغییرات آن، به کارهای انجام شده برای مدیریت کربن آلی خاکها اشاره شده و مهمترین اولویتهای کاری در خصوص حفظ و ارتقای کربن آلی خاکهای ایران ذکر شده است.

[1]Soil ecological services



شکل ۱- خدمات رسانی خاک منتج از مدیریت توأمان منابع آلی، نهاده‌های معدنی و ذخیره ماده آلی خاک (سماوات، ۱۳۹۴)

در مطالعه ای دیگر به منظور پایش کیفیت خاکهای کشاورزی و در بیش از ۳۰۰۰ پایگاه مطالعاتی نشان داده شد که ۶۸/۷ درصد اراضی دارای کربن آلی کمتر از یک درصد می‌باشند (سعادت و رضایی، ۱۳۹۶). بررسی تغییرات کربن آلی خاکها در سری های زمانی مختلف در منطقه دزفول در جنوب ایران بیانگر روند کاهشی مقدار کربن آلی خاکها می باشد به گونه ای که در دهه ۴۰، کربن آلی در ۷۹/۵ درصد از نمونه های خاک کمتر از یک درصد بوده است در حالی که این میزان در دهه ۹۰ به ۱۰۰ درصد نمونه ها گسترش یافته است (مصاحبه با کامران میرزاشاهی، ۱۳۹۵). در شمال ایران در ناحیه خزری، مقدار متوسط کربن آلی خاکها برابر با ۳/۲ درصد گزارش گردیده (Dewan و Famouri، ۱۹۶۴) که این میزان در حال حاضر به ۱/۷ درصد کاهش یافته است (بلالی و همکاران، ۱۳۹۳).

عوامل مختلفی در کمبود مواد آلی خاکهای ایران تاثیر گذار می باشد.۱- اقلیم خشک و نیمه خشک. توزیع کربن آلی در مناطق مختلف زراعی-زیستگاهی[۲] ایران و انطباق آن با توزیع بارش در این مناطق به خوبی تاثیر شرایط اقلیمی را بر میزان کربن آلی خاکها نشان می دهد (شکل۲). عوامل اقلیمی سبب شده است که بجز شمال و برخی مناطق غربی کشور استعداد کافی برای انباشت ماده آلی وجود نداشته باشد. مضافا اینکه تغییر اقلیمی که در حال وقوع است بر این ظرفیت تاثیرگذار است.

شکل۲- توزیع کربن آلی خاک در مناطق زراعی-زیستگاهی ایران و ارتباط آن با میزان نزولات جوی (مشیری و همکاران، ۲۰۱۷)

[2] Agroecological zones

۲-جوان بودن (عدم تکامل پروفیلی و عمق کم) و کیفیت نامناسب خاک از جمله شوری و قلیائیت بالا و کمبود بنیه غذایی و حاصلخیزی خاکها بر رشد و نمو گیاهان تاثیرگذاشته و مقدار ذخیره کربن آلی خاکها را کاهش داده است، ۳- تغییر کاربری اراضی. تغییر کاربری اراضی از مرتع و جنگل به زراعت سبب کاهش ذخیره کربن آلی خاک ها گردیده است. کاهش ۲۳ تا ۵۸ درصدی ذخیره کربن آلی خاک در اثر تبدیل اراضی مرتعی به دیم زار در مناطق غربی ایران گزارش شده است (جنیدی و همکاران، ۱۳۹۳) و ۴- مدیریت نامناسب خاک، بقایای گیاهی و عملیات کشاورزی (سماوات، ۱۳۹۴). مجموع عوامل فوق سبب شده است که پتانسیل تولید در اراضی کشاورزی کاهش یابد. نشان داد شده است که به ازای افزایش هر گرم کربن آلی در کیلوگرم خاک عملکرد دانه گندم به طور میانگین ۲۸۶ کیلوگرم در هکتار (بین ۱۲۱ تا ۳۰۵ کیلوگرم در هکتار) افزایش می‌یابد (کشاورز و همکاران، ۱۳۹۲).

مدیریت کربن آلی خاک های کشاورزی

اعمال مدیریت هایی چون کشت ارقام پرمحصول، کاهش به هم خوردگی خاک، افزایش پوشش سبز بر روی خاک، مدیریت بهینه آبیاری، مدیریت تلفیقی کوددهی و رعایت تناوب و تراکم مناسب کشت سبب افزایش تجمع کربن آلی در خاک خواهند شد (Raphael و همکاران، ۲۰۱۶). مخزن کربن آلی خاک بر اساس پایداری بیوشیمیایی (شکل به سهولت قابل تجزیه و ناپایدار، شکل مقاوم در مقابل تجزیه و پایدار، شکل خنثی و بی اثر)، سرعت تجزیه (شکل فعال و به سرعت قابل تجزیه، با سرعت تجزیه کم و با سرعت تجزیه خیلی کم و غیر فعال) و زمان بازگشت (کوتاه، طولانی و خیلی طولانی) متفاوت می باشند (Stockmann و همکاران، ۲۰۱۳). برای بررسی اثرات مدیریت اراضی و مدیریت زراعی بر میزان کربن آلی خاک توجه به سازوکارهای پایدار کننده و ناپایدار کننده کربن آلی خاک ضروری است (Trumbore و Czimczik ، ۲۰۰۸).

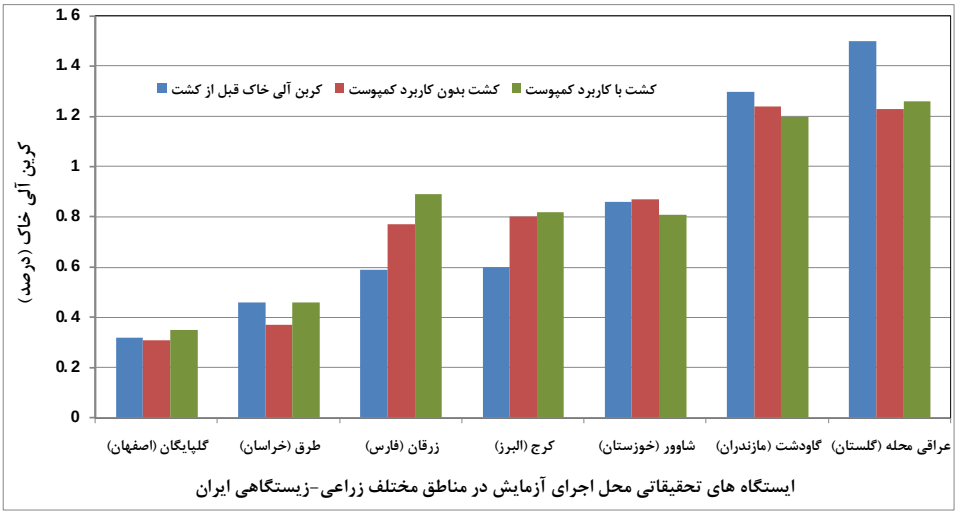
نتایج تحقیقات نشان داده است که کاربرد کودهای آلی می تواند به افزایش کربن آلی خاک ها منجر شود. تداوم در مصرف کودهای آلی به نتایج بهتری می انجامد به گونه ای که مصرف هر ساله آنها (با در نظر گرفتن مسائل اقتصادی و زیست محیطی) سبب افزایش دو برابری کربن آلی خاکها گردیده است (جدول ۱).

جدول ۱- اثر مصرف کود های آلی بر میزان کربن آلی خاک در لایه سطحی

	محل اجرا	منبع کودی	مقدار مصرف (تن در هکتار)	سیستم زراعی	کربن آلی اولیه خاک (درصد)	کربن آلی خاک در کرت تیمار شده (درصد)	میزان افزایش (درصد)
گلچین (۱۳۷۸)	زنجان	کود حیوانی	۴۰	گندم (تک کشت)	۰/۵۶	۰/۵۹	۵/۰
زلفی باوریانی (۱۳۸۵)	بوشهر	کود گوسفندی	۳۰*	تناوب پیاز-کلزا-باقلا-اسفناج	۰/۳۵	۰/۷۲	۱۰۵/۷
میرزاشاهی (۱۳۸۶)	دزفول	کود حیوانی	۲۰	ذرت	۰/۷۳	۰/۷۶	۴/۱
سعادت (۱۳۸۴)	کهکیلویه	کود گاوی	۱۰	گندم (تک کشت)	۰/۶۴	۰/۸۲	۲۸/۵
	سمنان	کود مرغی	۱۰*	گندم-سیب زمینی (۴ سال)	۰/۲	۴/۱	۱۰۵/۰
	خوزستان	باگاس نیشکر	۱۵*	تناوب گندم-سیب زمینی-گندم-کلزا-ذرت	۰/۴۶	۰/۹۳	۱۰۲/۱
خوگر و همکاران (۱۳۸۹)	فارس	کود سبز	-	گندم	۰/۷۱	۰/۹۹	۳۹/۴
فیض اله زاده اردبیلی و همکاران (۱۳۸۹)	خراسان	کود گاوی	۶۰	گندم	۰/۳۱	۰/۶	۹۳/۵

* کاربرد هر ساله کود آلی

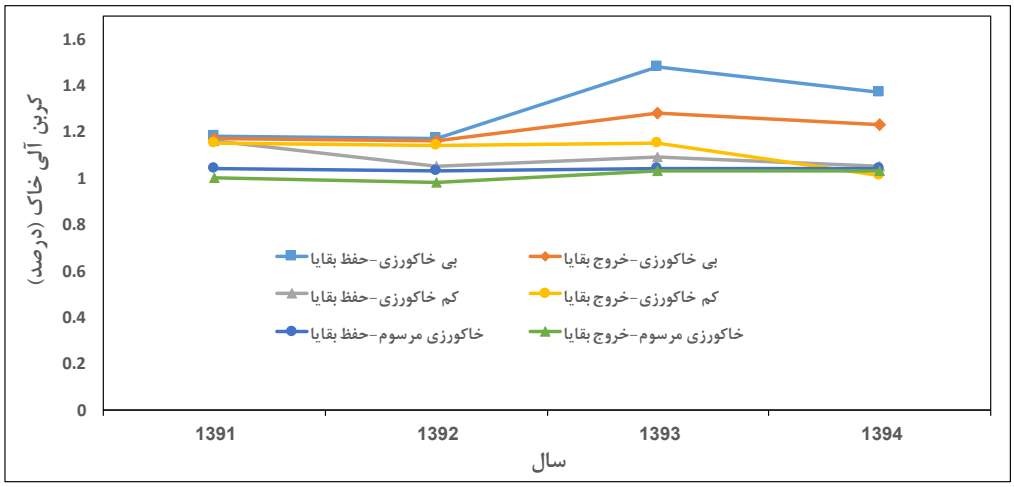
مشیری (۱۳۹۶) نشان داد که کاربرد توام انواع مختلف کمپوست و کودهای شیمیایی علاوه بر افزایش تولید محصول در تناوب گندم-ذرت (داده ها نشان داده نشده است) می تواند به افزایش مقدار کربن آلی خاک بیانجامد (شکل ۳). این اثر تا ۲ سال پس از کاربرد کمپوست قابل مشاهده بود. در دو ایستگاه تحقیقاتی عراقی محله و گاودشت در منطقه شمالی ایران با مقدار کربن آلی خاک بیش از یک درصد، عملیات کشت سبب کاهش کربن آلی خاک گردید. در حالی که در کرج و زرقان دچار کمبود ماده آلی در خاک، عملیات کشت با افزایش کربن آلی خاک همراه بود.



شکل ۳- تاثیر کاربرد توام ۲۰ تن کمپوست در هکتار به همراه کودهای شیمیایی بر مقدار کربن آلی در لایه سطحی خاک (۲۰-۰ سانتی متر) پس از دو سال استقرار تناوب گندم-ذرت. در گاودشت، کمپوست چوب و کاغذ، در شاوور، کمپوست باگاس نیشکر و در دیگر مکانها، کمپوست پسماند شهری استفاده شد.

کاربرد کودهای آلی در سالهای اولیه مصرف ممکن است تاثیر قابل ملاحظه ای بر مقدار ذخیره کربن آلی خاک ها نداشته باشد با این حال می تواند به بهبود کیفیت خاک از طریق افزایش میزان آب قابل استفاده خاک، پایداری خاکدانه ها و افزایش قطر آنها، افزایش راندمان جذب عناصر غذایی و افزایش فسفر و پتاسیم قابل استفاده خاک، افزایش فعالیت آنزیم های اوره آز و فسفاتاز، افزایش جمعیت باکتری های حل کننده فسفات و تنفس میکروبی منجر شود (سماوت، ۱۳۹۶). جزء فعال و ناپایدار کربن آلی در خاک را می توان در اثربخشی کوتاه مدت کاربرد کودهای آلی بر کیفیت خاکها موثر دانست (Stockmann و همکاران، ۲۰۱۳). علاوه بر کودهای آلی، کاربرد سایر مواد آلی بهساز خاک از جمله ترکیبات هیومیکی و بیوچارها به منظور افزایش کربن آلی و حاصلخیزی خاک رو به گسترش می باشد. بیوچار حاصل از ترکیبات آلی می توانند به افزایش جزء پایدار کربن آلی در خاک منجر شوند (Zolfi-Bavariani و همکاران، ۲۰۱۶). با توجه به محدودیت منابع کودهای آلی در ایران (مقدار ۹ میلیون تن کودهای آلی کمپوست شده گزارش شده توسط غیبی و همکاران، ۱۳۹۳) و وسعت اراضی تحت کشت (۱۶ میلیون هکتار) امکان افزایش کربن آلی خاکها تنها با مصرف کودهای آلی و در مقیاس وسیع وجود ندارد. بنابراین با به کارگیری روش های مدیریت زراعی از جمله رعایت تناوب زراعی صحیح، حفظ بقایای گیاهی در خاک به جای سوزاندن آنها و توسعه کشاورزی و خاکورزی حفاظتی می توان به حفظ و افزایش کربن آلی خاک های ایران و پایداری تولیدات کشاورزی در ایران امیدوار بود. نشان داده شده است که رعایت سه اصل کشاورزی حفاظتی که همانا کاهش عملیات خاکورزی تا حد بی خاکورزی، نگهداشت بقایای گیاهی در سطح خاک و رعایت تناوب زراعی است می تواند اثر مثبت و پایداری بر میزان کربن آلی خاکها داشته باشد (شکل ۴). در کل با توجه به نتایج تحقیقات انجام شده در زمینه مدیریت کربن آلی خاک پیشنهاد می گردد به منظور حفظ و یا افزایش کربن آلی خاک ها ضمن توجه به پتانسیل اقلیمی و خاکی هر منطقه در نگهداشت کربن آلی در خاک، نخست می بایست عوامل کاهنده کربن خاکها را کنترل کرده (خاکورزی شدید) و سپس با

مصرف کودهای آلی، اعمال مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و رعایت الگو و عملیات صحیح کشت (کشاورزی حفاظتی) سعی در افزایش کربن آلی خاک ها نمود.



شکل ۴- تغییرات کربن آلی خاک پس از چهار سال اجرای تناوب گندم-ذرت در سیستم کشاورزی حفاظتی (میرزاوند، ۱۳۹۴)

منابع:

بلالی، م.ر.، رضایی، ح. و مشیری، ف. ۱۳۹۳. وضعیت حاصلخیزی خاکهای کشور و ضرورت ارتقای توان آن برای خدمات رسانی به تولیدات کشاورزی. صفحه های ۴۸-۱۷. در کتاب: خاوازی، ک. و همکاران (نویسندگان). برنامه جامع حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه ۱۴۰۴-۱۳۹۳. موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.

جنیدی جعفری، ح.، نظری، ز.، کرمی، پ. و قلی نژاد، ب. ۱۳۹۳. تاثیر تبدیل مرتع به دیمزار بر هدر رفت کربن آلی و ازت خاک در مراتع حومه سنندج. پژوهش های فرسایش محیطی، جلد ۱۵، صفحه ۳۲-۱۹.

خوگر، ز.، محمد زاده، ا.، جواهری، ا. و سماوات، س. ۱۳۸۹. بررسی افزایش ماده آلی خاک (از طریق کود سبز) در کاهش مصرف کود نیتروژنه در تناوب گندم-چغندرقند در پلات ثابت. نشریه شماره ۱۵۴۵. موسسه تحقیقات خاک و آب

زلفی باوریانی، م. ۱۳۸۵. بررسی اثر کود حیوانی بر قابلیت استفاده و بازیابی فسفر باقیمانده. نشریه شماره ۱۲۹۱. موسسه تحقیقات خاک و آب

سعادت، س. ۱۳۸۴. بررسی تاثیر مواد آلی از منابع مختلف بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و عملکرد محصول. موسسه تحقیقات خاک و آب

سعادت، س. و رضایی، ح. ۱۳۹۶. پایش کیفیت خاکهای کشاورزی. موسسه تحقیقات خاک و آب (در حال انتشار)

سماوات. س. ۱۳۹۶. بررسی اثر کاربرد کودهای آلی مختلف بر خواص شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک تحت کشت تناوب گندم-ذرت. موسسه تحقیقات خاک و آب. (در دست انتشار)

سماوات، س. ۱۳۹۴. گزارش نهایی پروژه "برنامه پژوهشی ارتقای و بهبود مواد آلی خاکهای کشور". نشریه شماره ۱۹۹۳. موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

غیبی، م.ن.، مشیری، ف.، بلالی، م.ر.، طهرانی، م.م.، سماوات، س.، اسدی رحمانی، ه. و رضایی، ح. ۱۳۹۳. نظام برآورد، تولید، تامین، توزیع و مصرف کود. صفحه های ۱۰۶-۷۱. در کتاب: خاوازی، ک. و همکاران (نویسندگان). برنامه جامع حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه ۱۴۰۴-۱۳۹۳. موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.

فیض اله زاده اردبیلی، م.، پاسبان، م.، موسوی فضل، م.ه.، بای بوردی، ا. و سماوات، س. ۱۳۸۹. تاثیر مصرف شکل های مختلف گوگرد همراه با مواد آلی، تلقیح شده با تیوباسیلوس در اصلاح و بهسازی اراضی زیر کشت گندم. نشریه شماره ۱۵۴۴. موسسه تحقیقات خاک و آب

کشاورز، پ.، زنگ آبادی، م. و عباس زاده، م. ۱۳۹۲. تاثیر میزان رس و شوری خاک بر رابطه کربن آلی خاک با عملکرد گندم. مجله پژوهش های خاک، جلد ۲۷، شماره ۳، صفحه ۲۷۱-۲۵۹.

گلچین، ا، اسماعیلی، م. و ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۸. تاثیر مواد آلی، منگنز و مس و عملکرد و کیفیت گندم آبی در استانهای سردسیر. نشریه شماره ۱۰۷۴. موسسه تحقیقات خاک و آب

مشیری، ف. ۱۳۹۶. بررسی تاثیر مقادیر و منابع مختلف کودهای آلی در تامین فسفر مورد نیاز در تناوب گندم-ذرت. نشریه شماره ۲۰۷۲. موسسه تحقیقات خاک و آب

میرزاشاهی، ک. ۱۳۸۶. تاثیراستفاده توام مواد آلی (کودحیوانی) و کودهای شیمایی بر عملکرد ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴و مواد آلی خاک. نشریه شماره ۱۵۴۰. موسسه تحقیقات خاک و آب.

میرزاوند، ج. ۱۳۹۴. ارزیابی برخی ویژگیهای فیزیکی، شیمیایی، هیدرولیکی و ضرایب معادلات نفوذ آب به خاک تحت تاثیر روش های شخم، مدیریت بقایا و نوع کشت. رساله دکتری، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

Banwart, S.A., Black, H., Cai, Z., Gicheru, P.T., Joosten, H., Victoria, R.L., Milne, E., Noellemeyer, E. and Pascual, U. 2015. The global challenge for soil carbon. In: Banwart, S.A. and Noellemeyer, E. (eds.). Soil carbon: science, management and policy for multiple benefits. CABI Int.

Dewan, M.L. and Famouri, J. 1964. The Soils of Iran. FAO, Rome, Italy.

Lal, R., Lorenz, K., Huttl, K., Schneider, R.F. and von Braun, B.U. 2013. Ecosystem services and carbon sequestration in the biosphere. Springer, the Netherland.

Moshiri, F., Samavat, S. and Balali, M.R. 2017. Soil Organic Carbon: A Key Factor of Sustainable Agriculture in Iran. Global symposium on soil organic carbon. 21-23 March 2017, FAO, Rome, Italy.

Raphael, J.P.A., Calonego, J.C., Milori, D.M.B.P. and Rosolem, C.A. 2016. Soil organic matter in crop rotations under no-till. Soil and Tillage Research, 155: 45-53.

Stockmann, U., Adams, M.A., Crawford, J.W., Field, D.J., Henakaarchchi, N., Jenkins, M., Minasny, B., McBratney, A.B., de Courcelles, V.R., Singh, K., Wheeler, I., Abbott, L., Angers, D.A., Baldock, J., Bird, M., Brookes, P.C., Chenu, C., Jastrow, J.D., Lal, R., Lehmann, J., O'Donnell, A.G., Parton, W.J., Whitehead, D. and Zimmermann, M. 2013. The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon. Agriculture, Ecosystems and Environment, 164: 80– 99.

Trumbore, S.E. and Czimczik, C.I. 2008. An Uncertain Future for Soil Carbon. Science, 10: 1126.

Victoria, R., Banwart, S.A., Black, H., Ingram, J., Joosten, H., Milne, E., and Noellemeyer, E. 2012. The benefit of soil carbon. UNEP Year Book, United Nations Environmental programme. http://www.earthprint.com

Zolfi-Bavariani, M., Ronaghi, A.M., Ghasemi-Fasaei, R. and Yasrebi J. 2016. Influence of poultry manure–derived biochars on nutrients bioavailability and chemical properties of a calcareous soil. Archives of Agronomy and Soil Science, 62: 1578-1591.

Management of organic carbon in agricultural soils of Iran Challenges and Solutions

F. Moshiri[1], S. Samavat[2]

[1]Assiatant Prof. Soil and Water Research Institute, AREEO, Karaj, Iran

[2] Associate Prof. Soil and Water Research Institute, AREEO, Karaj, Iran

Abstract

This paper outlines general pictures of soil organic carbon (SOC) in Iran as a heart of sustainable soil fertility. Regarding this, SOC content in 61.6 percent of the agricultural soils of Iran are less than one percent. Declining trend of SOC has been shown in two regions with different climate. Causes which influence reducing SOC in Iran have been mentioned. Recent studies have shown that management that leads to an increase in the sustainable carbon content of soil organic matter can be effective in prolonging the rapid increase in carbon storage in soil profiles. Finally, it was concluded that in an optimal management with the aim of preserving and increasing SOC, at first, soil organic carbon reducing agents should be identified and controlled, and then, using organic inputs, and choosing proper agricultural practices, SOC would be increased.

Key words: SOC, Sustainability, Organic fertilizer, Conservation agriculture