شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: خاک و تغییر اقلیم

مدیریت بقایای گیاهی در کشت ذرت (*Zea mays* L.) به منظور کاهش انتشار گاز دی اکسید کربن (CO_2) از خاک

مراد میرزایی[۱*]، منوچهر گرجی[۲]، حسین اسدی[۳]، ابراهیم مقیسه[۴]، سید مرتضی ضمیر[۵]

[۱] دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران

[۲] استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی ، دانشگاه تهران

[۳] دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی ، دانشگاه تهران

[۴] استادیار پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

[۵] استادیار گروه بیوتکنولوژی، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

تغییر اقلیم به طور عمده به وسیله افزایش غلظت دی اکسید کربن در اتمسفر ایجاد می‌شود. تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر مقادیر مختلف بقایای گیاهی بر میزان انتشار گاز دی اکسید کربن (CO_2) از خاک در مزرعه آموزشی و پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج با کاربری زراعی اجرا گردید. آزمایش به صورت اسپلیت پلات در زمان بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای مورد آزمایش شامل نگهداری سه مقدار مختلف بقایای گیاهی گندم به ترتیب شامل ۱۰۰ درصد وزنی (۳/۵ تن در هکتار)، ۵۰ درصد وزنی (۱/۷۵ تن در هکتار) و بدون بقایا بود. نتایج نشان داد که اثر بقایا و زمان نمونه‌برداری گاز بر میزان انتشار گاز CO_2 در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. با افزایش میزان بقایا میزان انتشار CO_2 افزایش یافت و بیشترین میزان انتشار (۷۸/۳۲ کیلوگرم در هکتار در روز) از تیمار ۱۰۰ درصد وزنی بقایا حاصل شد. کمترین میزان انتشار گاز CO_2 نیز مربوط به تیمار بدون بقایا (۵۰ کیلوگرم در هکتار در روز) بود. میزان گاز دی اکسید کربن انتشار یافته در طی زمان نیز روند تقریباً نزولی را نشان داد. به طور کلی این پژوهش نشان می‌دهد که کاربرد تیمار ۵۰ درصد وزنی بقایا (۱/۷۵ تن در هکتار) روش مدیریتی بهینه برای جلوگیری از انتشار بیشتر گاز دی اکسید کربن و همین‌طور بهبود خصوصیات خاک می‌باشد.

کلمات کلیدی: ترسیب کربن، تغییر اقلیم، کشاورزی، ماده آلی خاک

مقدمه

تغییر اقلیم به طور عمده به وسیله افزایش غلظت دی اکسید کربن در اتمسفر ایجاد می‌شود (IPCC, 2013). بخش کشاورزی منبع مهم انتشار دی اکسید کربن می باشد و و سهم آن در پدیده تغییر اقلیم سالیانه ۱۴ درصد می‌باشد (Vermeulen و همکاران، ۲۰۱۲). تغییرات اندک در میزان انتشار دی اکسید کربن از خاک اثر قابل توجهی بر غلظت دی اکسید کربن در اتمسفر دارد (Schlesinger and Andrews, 2000). مقابله با تغییرات اقلیمی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای چالش مهمی است که مقابله با آن نیازمند یک اقدام مشترک جهانی است (Lal, 2004). چرخه کربن ارتباط تنگاتنگی با تغییر اقلیم داشته و افزایش غلظت دی اکسید کربن اتمسفری منجر به تشدید اثر تغییر اقلیم می‌گردد. سالیانه ۱۲۰-۷۵ پنتا گرم (Pg) کربن از خاک به اتمسفر وارد می‌گردد (Hibbard and Reichstrin, 2005) که این نشان دهنده اهمیت قابل ملاحظه اکوسیستم‌های خشکی بر چرخه کربن و انتشار دی اکسید کربن می‌باشد (Wang و همکاران، ۲۰۱۹). کاربرد بقایای گیاهی یک روش موثر برای ارتقا و پایداری میزان کربن آلی خاک و در نتیجه افزایش ذخیره کربن خاک، بهبود وضعیت تغذیه‌ای خاک و در نتیجه افزایش عملکرد محصول می‌باشد (Turmel و همکاران، ۲۰۱۵؛ Meng و همکاران، ۲۰۱۶). بنابراین استفاده منطقی از بقایای محصول پس از برداشت یکی از موضوعات خیلی مهم در کشاورزی می‌باشد. نتایج مختلفی در مورد ارتباط بین انتشار دی اکسید کربن از خاک و افزودن بقایای گیاهی وجود دارد. بعضی از مطالعات گزارش کرده‌اند که افزودن بقایای گیاهی منجر به افزایش انتشار دی اکسید کربن می‌شود (Bhattacharyya, و همکاران، ۲۰۱۲؛ Badía و همکاران، ۲۰۱۳)، زیرا بقایا با خاک ترکیب می‌شود و منجر به افزایش کربن آلی خاک (Zhao و همکاران، ۲۰۱۴)، و کربن زیست توده میکروبی (MBC)، و کربن آلی محلول (DOC) می‌شود (Yang, و همکاران، ۲۰۱۷) در حالی که مطالعات دیگر کاهش انتشار دی اکسید کربن خاک را در اثر افزودن بقایای گیاهی گزارش کرده‌اند (Dossouyovo, و همکاران، ۲۰۱۶؛ Bai و همکاران، ۲۰۱۷). مدیریت صحیح بقایای گیاهی و ارتباط آن با خاک‌ورزی از اهمیت خاصی در راستای حفظ کیفیت خاک، پایداری تولید محصول و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از جمله دی اکسید کربن برخوردار است (Bhattacharyya and

* ایمیل نویسنده مسئول: mirzaei.morad95@ut.ac.ir

(Barman, 2018) . با توجه به اهمیت مدیریت صحیح بقایای گیاهی بر پویایی کربن و نیتروژن و در نتیجه تغییر قابل توجه در انتشار گازهای گلخانه‌ای از جمله دی اکسید کربن از خاک، تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر نگهداری سطوح مختلف بقایای گیاهی در سامانه خاک‌ورزی مرسوم بر میزان انتشار گاز دی اکسید کربن تحت کاشت ذرت انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در تابستان سال زراعی ۹۷-۹۶ در مزرعه آموزشی و پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج با کاربری زراعی اجرا گردید. آزمایش به صورت اسپلیت پلات در زمان بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در یک قطعه زمین با ابعاد ۱۱×۱۶ متر تحت مدیریت خاک‌ورزی مرسوم انجام شد. تیمارهای مورد آزمایش شامل نگهداری ۳ مقدار مختلف بقایای گیاهی گندم به ترتیب شامل ۱۰۰ درصد وزنی (۳/۵ تن در هکتار)، ۵۰ درصد وزنی (۱/۷۵ تن در هکتار) و بدون بقایا بود. پس از برداشت محصول، بقایا به طور یکنواخت در سطح کرت جایگذاری شد و اقدام به شخم زمین با گاوآهن برگردان‌دار تا عمق ۳۵ سانتی‌متری گردید، سپس عملیات دیسک‌زنی نیز به منظور خرد نمودن کلوخه‌های بزرگتر و ماله جهت ایجاد یکنواختی زمین صورت گرفت در نهایت ذرت رقم سینگل گراس ۷۰۴ به میزان ۳۵ کیلوگرم در هکتار کشت گردید. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی نیز با فواصل منظم تا آخر فصل رشد انجام می‌شود. کوددهی و عملیاتی از قبیل وجین و تنک کردن نیز در طی دوره رشد محصول انجام شد. به منظور کاشت از دستگاه خطی کار استفاده گردید و فواصل بین ردیف‌های کاشت نیز ۷۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در هر نقطه کاشت یک بذر و فاصله هر نقطه کاشت با نقطه کاشت بعدی ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. اندازه‌گیری گاز با فواصل زمانی ۷ تا ۱۰ روز انجام خواهد گرفت. برای اندازه‌گیری میزان انتشار گاز از روش اتاقک بسته[1] استفاده گردید. اتاقک بسته به طور وسیعی در مطالعات انتشار دی اکسید کربن[2]، متان[3]، نیتروز اکساید[4] از خاک استفاده شده است (Oertel و همکاران، ۲۰۱۲). اتاقک مورد نظر یک لوله پلی‌وینیل کلراید[5] با قطر ۱۵ سانتی‌متر، ضخامت نیم سانتی‌متر و ارتفاع ۱۲/۵ سانتی‌متر بود. اتاقک مورد نظر تا عمق پنج سانتی‌متر در درون خاک قرار گرفت. نمونه‌های گاز از داخل منفذ تعبیه شده در بالای اتاقک برداشت شد. یک نمونه ۲۰ میلی‌لیتری از گاز با استفاده از سرنگ مخصوص برداشت و به درون شیشه‌های نمونه‌گیری ۱۲ میلی‌لیتری حاوی خلأ (با مارک Labco Exetainer) منتقل گردید. نمونه کاملاً بسته بندی شده و برای تجزیه به آزمایشگاه منتقل شده و با دستگاه کروماتوگراف گازی[6] مقدار گاز دی اکسید کربن اندازه‌گیری شد. این دستگاه مقدار گاز را بر براساس میلی بر لیتر گزارش کرد. سپس عدد قرائت شده با دخالت دمای اتاقک و با استفاده از قانون گازهای ایده‌آل تصحیح، و در نهایت مقدار گاز مورد نظر بر حسب جرم از واحد سطح در واحد زمان محاسبه گردید. همزمان با اندازه‌گیری انتشار گاز از خاک اندازه‌گیری‌های مربوط به دمای هوا و دما و رطوبت خاک نیز انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SAS ورژن ۹/۴ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن و در سطح احتمال یک درصد و رسم نمودار با استفاده از Excel انجام شد.

[1] Closed Chamber
[2] Carbon dioxide (CO_2)
[3] Methane (CH4)
[4] Nitrous oxide (N_2O)
[5] Polyvinyl Chloride (PVC)
[6] Gas Chromatography (GC)

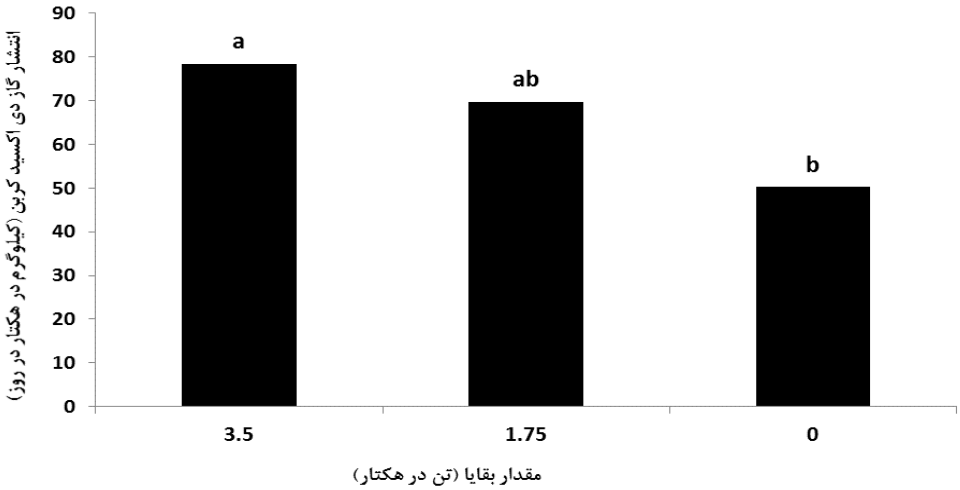
نتایج و بحث

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس میزان دی اکسید کربن انتشار یافته متأثر از تیمارهای مختلف بقایای گیاهی تحت کشت ذرت

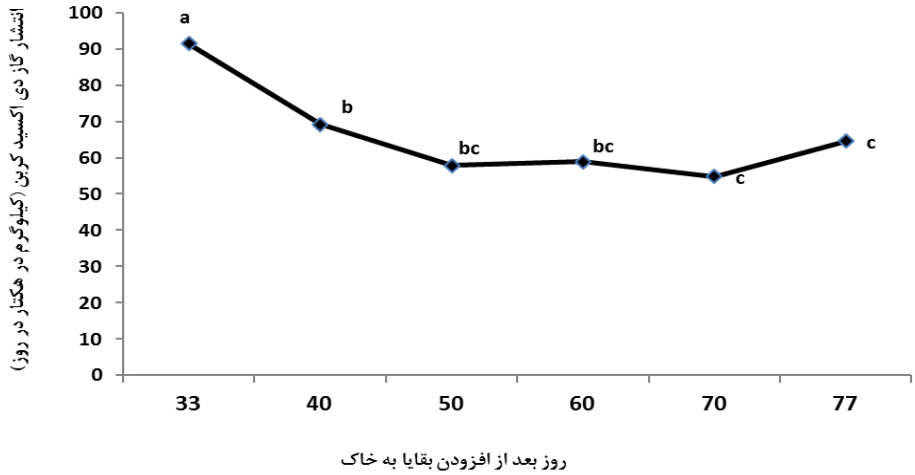
منبع تغییرات	درجه آزادی	دی اکسید کربن انتشار یافته
بلوک	۲	۱۲۶/۷۴ns
بقایا	۲	۳۷۵۳/۶۰**
خطای a	۴	۲۰۳/۰۷
زمان	۵	۱۶۲۶/۹۸**
بقایا×زمان	۱۰	۱۹۰/۸۴ns
خطای b	۱۰	۷۳/۴۷
ضریب تغییرات	-	۱۴/۰۵
کل	۳۳	۵۸۶/۴۰

ns و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

جدول ۱ نتایج تجزیه واریانش تیمارهای بقایای گیاهی بر میزان دی اکسید کربن انتشار یافته در طی دوره رشد ذرت را نشان می‌دهد. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد تیمار بقایا و همین‌طور اثر زمان بر میزان انتشار دی اکسید کربن از خاک تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد ($P<0.01$) داشته است. اثر بلوک و اثرات متقابل زمان در بقایا بر میزان دی اکسید کربن انتشار یافته معنی‌دار نبوده است. تیمار ۱۰۰ درصد وزنی بقایا (۳/۵ تن در هکتار) بیشترین میزان دی اکسید کربن انتشار یافته (۷۸/۳۲ کیلوگرم در هکتار در روز) را در مقایسه با تیمارهای ۵۰ درصد وزنی بقایا و همین طور تیمار بدون بقایا به دنبال داشته است هر چند که اختلاف تیمار مذکور با تیمار ۵۰ درصد وزنی معنی دار نبوده است ولی اختلاف آن با تیمار بدون بقایا اثر معنی‌داری را نشان داده است (شکل ۱). کمترین میزان انتشار نیز مربوط به تیمار بدون بقایا (۵۰ کیلوگرم در هکتار در روز) بود. دلیل افزایش میزان انتشار دی اکسید کربن در تیمارهای ۱۰۰ و ۵۰ درصد وزنی بقایا در مقایسه با تیمار بدون بقایا را می‌توان به این صورت بیان کرد که ترکیب کردن کاه و کلش محصول با خاک در اثر خاک‌ورزی می‌تواند منبعی از کربن و نیتروژن قابل دسترس را برای میکروارگانیسم‌ها فراهم کند و در نتیجه انتشار دی اکسید کربن از سطح خاک را افزایش دهد (Al-Kaisi and Yin, 2005؛ Li و همکاران، ۲۰۱۳). همچنین، در دسترس بودن سوبسترای بیشتر (کربن کل و کربن آلی محلول) در نتیجه افزودن بقایای گیاهی بیشتر علت افزایش انتشار بیشتر دی اکسید کربن در تیمار ۱۰۰ درصد وزنی بقایا در مقایسه با تیمار ۵۰ درصد وزنی بقایا می‌باشد (Zheng و همکاران، ۲۰۱۵). مطالعات دیگر نیز انتشار دی اکسید کربن در اثر افزودن کاه و کلش به خاک را گزارش کرده‌اند (بل و همکاران، ۲۰۰۳؛ Thangarajan و همکاران، ۲۰۱۳). میزان گاز دی اکسید کربن انتشار یافته در طی زمان روند تقریباً نزولی را نشان می‌دهد. در میان زمان‌های مختلف نمونه‌برداری نیز بیشترین میزان دی اکسید کربن انتشار یافته (۹۱/۲۵ کیلوگرم در هکتار در روز) مربوط به زمان اول نمونه‌برداری (۳۳ روز پس از افزودن بقایا به خاک) بوده و اثر آن نیز در مقایسه با سایر زمان‌های نمونه‌برداری معنی‌دار بوده است. کمترین میزان انتشار دی اکسید کربن مربوط به دوره پنجم نمونه‌برداری یعنی ۷۰ روز پس از افزودن بقایا می‌باشد هر چند که اختلاف معنی-داری با دوره‌های سوم (۵۰ روز پس از افزودن بقایا)، چهارم (۶۰ روز پس از افزودن بقایا) و ششم (۷۷ روز پس از افزودن بقایا) را نشان نمی‌دهد. تغییرات میزان دی اکسید انتشار یافته در دوره‌های مختلف زمانی را می‌توان به تغییرات دما و رطوبت خاک (نتایج گزارش نشده است) و همین‌طور میزان تجزیه بقایا در زمان‌های مختلف نسبت داد. علاوه بر این، تغییرات یکسری از خصوصیات بیولوژیک خاک از قبیل کربن زیست توده میکروبی و کربن آلی محلول و همین‌طور جمعیت میکروبی خاک نیز تأثیر مهمی بر میزان دی اکسید کربن انتشار یافته دارد (Oertel و همکاران، ۲۰۱۶).



شکل ۱- تأثیر نگهداری مقدار بقایای گیاهی بر انتشار گاز دی اکسید کربن



شکل ۲- انتشار دی اکسید کربن در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری گاز

نتیجه‌گیری

مدیریت مناسب بقایای گیاهی به عنوان نهاده درون مزرعه‌ای ارزشمند اهمیت قابل ملاحظه‌ای در بازیافت عناصر غذایی، افزایش حاصلخیزی خاک، بهبود ساختمان خاک، افزایش ترسیب کربن و جلوگیری از اثر گازهای گلخانه‌ای دارند. از این رو نگهداری سطح مناسبی از بقایا به منظور دستیابی به اهداف ذکر شده ضروری می‌باشد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که کاربرد تیمارهای ۱۰۰ درصد وزنی بقایا (۳/۵ تن در هکتار) و همین‌طور ۵۰ درصد وزنی بقایا (۱/۷۵) میزان انتشار دی اکسید کربن بیشتری را نسبت به تیمار بدون بقایا به دنبال داشت و بیشترین میزن انتشار از تیمار ۱۰۰ درصد وزنی بقایا حاصل شد. روند تغییرات میزان انتشار دی اکسید کربن با گذشت زمان تقریباً حالت نزولی داشت و بیشترین میزان انتشار مربوط به زمان اولیه نمونه‌برداری گاز بود. از آنجایی که در این تحقیق نگهداری ۱۰۰ درصد وزنی بقایا منجر به انتشار بیشتر دی اکسید کربن در مقایسه با نگهداری ۵۰ درصد وزنی و بدون بقایا شده است از این رو نگهداری ۵۰ درصد وزنی بقایا جهت جلوگیری از انتشار بیشتر دی اکسید کربن و همین‌طور دستیابی به اهداف ذکر شده پیشنهاد می‌گردد.

منابع

Al-Kaisi, M.M. and Yin, X.H. 2005. Tillage and crop residue effects on soil carbon and carbon dioxide emission in corn–soybean rotations. Journal of Environmental Quality, 34 (2), 437–445.

Badía, D.,Martí, C. and Aguirre, A.J. 2013. Straw management effects on CO2 efflux and C storage in different Mediterranean agricultural soils. Science of Total Environment, 465, 233–239.

Bai, Y., Hai, J., Gang, Y., Jing, H., Dong, F., Liu, M., Nie, X., Aamp, N. and University, F. 2017. Effect of the straw returning pattern on soil respiration and enzyme activities. Chines Journal of Applied Environmental Biology, 23, 28–32.

Bell, J.M., Smith, J.L., Bailey, V.L. and Bolton, H. 2003. Priming effect and C storage in semi-arid no-till spring crop rotations. Biology and Fertility of Soils, 37 (4), 237–244.

Bhattacharyya, P. and Barman, D. 2018. Crop Residue Management and Greenhouse Gases Emissions in Tropical Rice Lands. In Soil Management and Climate Change (pp. 323-335).

Bhattacharyya, P., Roy, K. and Neogi, S. 2012. Effects of rice straw and nitrogen fertilization on greenhouse gas emissions and carbon storage in tropical flooded soil planted with rice. Soil Tillage Research. 124, 119–130.

Dossou-Yovo, E. R., Brüggemann, N., Jesse, N., Huat, J., Ago, E. E. and Agbossou, E. K. 2016. Reducing soil CO2 emission and improving upland rice yield with no-tillage, straw mulch and nitrogen fertilization in northern Benin. Soil and Tillage Research, 156, 44-53.

Hibbard, K., Law, B. and Reichstein, M. 2005. An analysis of soil respiration across northern hemisphere temperate ecosystems. Biogeochemistry 73, 29–70.

IPCC, 2013. Summary for policymakers. In: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M. (eds.), Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 9–27.

Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. Science 304, 1623.

Li, L.J., You, M.Y., Shi, H.A., Ding, X.L., Qiao, Y.F. and Han, X.Z. 2013. Soil CO2 emissions from a cultivated Mollisol: effects of organic amendments, soil temperature, and moisture. European journal of soil biology, 55 (1), 83–90.

Meng, F., Dungait, J.A.J., Xu, X., Bol, R., Zhang, X. and Wu, W. 2016. Coupled incorporation of maize (*Zea mays* L.) straw with nitrogen fertilizer increased soil organic carbon in Fluvic Cambisol. Geoderma, 304, 19–27.

Oertel, C., Herklotz, K., Matschullat, J. and Zimmermann, F. 2012. Nitric oxide emissions from soils: a case study with temperate soils from Saxony, Germany. Environmental Earth Sciences, 66(8), pp.2343-2351.

Oertel, C., Matschullat, J., Zurba, K., Zimmermann, F. and Erasmi, S. 2016. Greenhouse gas emissions from soils—A review. Chemie der Erde-Geochemistry, 76(3), 327-352.

Schlesinger, W.H. and Andrews, J.A. 2000. Soil respiration and the global carbon cycle. Biogeochemistry 48, 7–20.

Thangarajan, R., Bolan, N.S., Tian, G.L., Naidu, R. and Kunhikrishnan, A. 2013. Role of organic amendment application on greenhouse gas emission from soil. Science of Total Environment, 465 (1), 72–96.

Turmel, M.S., Speratti, A., Baudron, F., Verhulst, N. and Govaerts, B. 2015. Crop residue management and soil health: a systems analysis. Agricultural Systems, 134, 6–16.

Vermeulen, S.J., Campbell, B.M. and Ingram, J.S.I., 2012. Climate change and food systems. Annual review of environment and resources 37, 195–222.

Yang, X., Meng, J., Lan, Y., Chen,W., Yang, T., Yuan, J., Liu, S. and Han, J. 2017. Effects of maize stover and its biochar on soil CO2 emissions and labile organic carbon fractions in northeast China. Agriculture, ecosystems & environment, 240, 24–31.

Zhao, Y., Xue, Z., Guo, H., Mu, X. and Li, C. 2014. Effects of tillage and crop residue management on soil respiration and its mechanism. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 30, 155–165.

Zheng, L., Wu, W., Wei, Y. and Hu, K. 2015. Effects of straw return and regional factors on spatio-temporal variability of soil organic matter in a high-yielding area of northern China. Soil and Tillage Research, 145, 78–86.

Topic for submission: Soil and Climate Change

Crop Residues Management in Maize (*Zea Mays* L.) Cultivation for Mitigating Carbon Dioxide (CO_2) Emission from Soil

Mirzaei*[7], M., Gorji[2], M., Asadi[3], H., Moghiseh[4], E., Zamir[5], S.M

[1]Ph.D Student, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, Tehran University, Tehran, Iran.

[2]Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, Tehran University, Tehran, Iran.

[3] Associate Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, Tehran University, Tehran, Iran.

[4]Assistant Professor in Soil Science, Nuclear Agriculture School, Nuclear Science and Technology Research Institute, Tehran, Iran

[5]Assistant professor in Bioprocess Engineering, Faculty of Chemical Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Abstract

Climate change is mainly caused by increasing the concentration of carbon dioxide in the atmosphere. This research was conducted in agricultural and research farm of Karaj Agricultural and Natural Resources Campus with agricultural use to examine how different rates of plant residues affect carbon dioxide (CO_2) emission from soils. The experiment was split plot in time based on randomized complete block design with 3 replications. The treatments consisted of retaining three different rates of wheat residues, including 100 % of plant residues (3.5 ton ha^{-1}) (R_1), 50% (1.75 ton ha^{-1}) (R_2) and control plot (without any residues) (R_0). The results showed that CO_2 emission was affected by residues and gas sampling time and these effects were significant at the level of 1%. As the amounts of residues increased, CO_2 emission increased in parallel and the highest value (78.32 kg ha^{-1} day^{-1}) obtained from R_1 treatment. The lowest value was also in R_0 treatment (50 kg ha^{-1} day^{-1}). The amount of carbon dioxide emissions showed a downward trend during gas sampling times. In general, this study showed that the application of R_2 treatment (1.75 ton / ha^{-1}) is an optimal management method to mitigate the emission of carbon dioxide and also improve soil properties.

Keywords: Agriculture, Carbon sequestration, Climate change, Soil organic matter

* Corresponding author, Email: mirzaei.morad95@ut.ac.ir.