مجله کشاورزی بوم‌شناختی ۷ (۲) (۱۳۹۶) ۱۱۹- ۱۰۷

ارزیابی بیلان کربن و انتشار دی‌اکسیدکربن از سطح خاک در نظام‌های زراعی بدون خاک‌ورزی

یاسر علی‌زاده[۱،*]، علیرضا کوچکی[۲] و مهدی نصیری محلاتی[۲]

[۱]گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

[۲]گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

*نویسنده مسئول: y.alizadeh@ilam.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۵/۲۳

علی‌زاده، ی.، ع. کوچکی و م. نصیری محلاتی. ۱۳۹۶. ارزیابی بیلان کربن و انتشار دی‌اکسیدکربن از سطح خاک در نظام‌های زراعی بدون خاک‌ورزی. مجله کشاورزی بوم شناختی. ۷ (۲): ۱۱۹- ۱۰۷.

سابقه و هدف: با توجه به حجم بالای ذخیره کربن خاک، کوچک‌ترین تغییرپذیری‌ها در میزان کربن آلی ذخیره شده در خاک، اثرهای بسیار بزرگی بر بیلان کربن در اتمسفر می‌گذارد. بنابراین بررسی اینکه خاک منبع یا مخزن کربن است، در بوم نظام‌های کشاورزی تحت تاثیر عامل‌های طبیعی و مدیریت زراعی، نقش مهمی را در راستای بررسی‌ها برای تعدیل و سازگاری به تغییرپذیری‌های اقلیمی ایفا می‌کند. بیلان کربن یکی از راه‌کارهای بنیادین برای درک این موضوع است که آیا یک بوم نظام زراعی در منطقه‌ای مشخص، منبع دی‌اکسید کربن یا مخزن آن می‌باشد. افزایش ذخیره کربن در خاک افزون بر بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک، باعث کاهش انتشار دی اکسیدکربن به اتمسفر شده و در نتیجه باعث کاهش پیامدهای گرمایش جهانی نیز می‌شود. هدف از این پژوهش، بررسی انتشار دی اکسیدکربن و بیلان کربن در خاک زراعی تحت تاثیر مدیریت پسماندهای آلی می‌باشد.

مواد و روش‌ها: آزمایش در دو سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با ۵ تیمار در سه تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل شخم صفر با ۰، ۲، ۴، ۸ و ۱۶ تن در هکتار کاه و کلش گندم بود. شایان یادآوری است که مزرعه در سه سال تحت کشت گندم تک کشتی بود. دی‌اکسیدکربن انتشار یافته از سطح خاک از روش محفظه بسته اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری انتشار دی اکسید کربن ۶ بار در طول فصل رشد گندم انجام شد و این اندازه‌گیری‌ها به منظور کم کردن اثر خطای تغییرپذیری‌های دمای روزانه بین ساعت ۹ صبح الی ۱۲ ظهر انجام شد.

نتایج و بحث: نتایج آزمایش نشان داد که دمای خاک در تیمارهای دارای پسماندهای گندم به طور معنی‌داری از خاک لخت (بدون پسماند) پایین‌تر بود و بزرگ‌ترین اختلاف دمای خاک در تیمار ۱۶ تن پسماند نسبت به خاک لخت در اردیبهشت سال ۹۲ مشاهده شد. سرعت انتشار روزانه دی‌اکسیدکربن در فصل‌های مختلف سال از ۰/۱ تا ۴/۴ گرم کربن در مترمربع در روز متفاوت بود و بالاترین سرعت انتشار با ۴/۳ و ۴/۴ گرم کربن در مترمربع در روز به ترتیب برای سال‌های ۹۱ و ۹۲ در ماه مرداد در تیمار ۱۶ تن پسماند ثبت شد. بالاترین انتشار سالانه کربن در تیمار ۱۶ تن پسماند در هکتار به ترتیب با ۳/۷ و ۳/۶ تن کربن در هکتار برای سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ به دست آمد و کمترین سرعت انتشار سالانه کربن با ۰/۷ و ۰/۹ تن کربن در هکتار به ترتیب در دو سال این بررسی در خاک لخت مشاهده شد. منفی‌ترین بیلان کربن (۰/۹-) در خاک لخت و مثبت‌ترین بیلان کربن (۳/۱۲) در تیمار ۱۶ تن پسماند در هکتار مشاهده شد. همچنین نتایج به دست آمده از این ارزیابی رابطه نمایی مثبت با همبستگی بیش از ۸۵ درصد را بین دمای خاک و انتشار دی‌اکسیدکربن از سطح خاک نشان داد.

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری: پسماندها به طور معنی‌داری دمای خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهد و بین دمای خاک و میزان انتشارکربن از سطح خاک همبستگی مثبتی وجود دارد. کمترین میزان انتشار کربن از خاک در تیمار خاک لخت مشاهده شد ولی این تیمار دارای بیلان منفی‌تر از نظر کربن نسبت به تیمارهای دارای پسماندها بود. استفاده از نظام زراعی بدون شخم (صفر) و نگهداری پسماندها در سطح خاک بیلان کربن خاک را رو به مثبت برده و خاک‌های بوم نظام‌های زراعی را تبدیل به مخزنی برای کربن می‌سازد که در راستای تعدیل تغییرپذیری اقلیم و گرمایش جهانی، این امر پیامدهای شایان توجهی بر کاهش انتشار کربن به اتمسفر و ترسیب آن در خاک دارد.

واژه‌های کلیدی: گازهای گلخانه‌ای، دمای خاک، روش محفظه بسته، مالچ، پویایی کربن.

مقدمه

یکی از دلایل اصلی تغییر اقلیم در جهان افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفر می‌باشد (IPCC, 2013). کشاورزی یک منبع مهم انتشار دی‌اکسیدکربن به اتمسفر بوده که سهم آن در ایجاد تغییر اقلیم حدود ۱۴٪ برآورد می‌شود (Vermeulen *et al*., 2012). با توجه به بالابودن ذخیره کربن خاک، کوچکترین تغییرپذیری‌ها در میزان کربن آلی ذخیره شده در خاک، پیامدهای بسیار بزرگی بر غلظت کربن موجود در اتمسفر می‌گذارد (Schlesinger and Andrews, 2000). بنابراین بررسی اینکه خاک منبع یا مخزن کربن است، در بوم نظام‌های کشاورزی تحت تاثیر عامل‌های طبیعی و روش‌های مدیریت، نقش مهمی را در راستای بررسی‌ها برای تعدیل[1] و سازگاری[2] به تغییرپذیری‌های اقلیمی ایفا می‌کند و تنها در صورت پیدا کردن بینش درستی از تبادل‌های گازهای گلخانه‌ای بین اتمسفر و بوم نظام زمینی می‌توان به استفاده پایدار از بوم نظام‌های کشاورزی امیدوار بود (Katrin Beziat *et al*., 2009, Soussana Prescher *et al*., 2010 *et al*., 2007). برآورد بیلان کربن یکی از راهکارهای اساسی برای درک این موضوع است که آیا یک بوم نظام-زراعی در منطقه‌ای مشخص، منبع دی‌اکسید کربن یا مخزن آن می‌باشد (Twine and Kucharik, 2009). از آنجایی که در نظام‌های زراعی، تنوع محصولات، نظام‌های زراعی متنوع و عملیات کشاورزی مختلف وجود دارد، بنابراین برآوردهای اختصاصی انتشار کربن برای هر منطقه مورد نیاز است (Lehuger *et al*., 2010). تحقیقات در زمینه پویایی ماده آلی در خاک‌های کشاورزی، داده‌های مهمی را به منظور افزایش ذخایر کربن و بهبود وضعیت ترسیب کربن در خاک‌های کشاورزی فراهم می‌آورد (Freixo *et al*., 2002). تغییرپذیری‌ها در عملیات زراعی در نظام‌های کشاورزی جهان می‌تواند ۲۰۰ میلیون تن ترسیب کربن سالانه را به همراه داشته باشد برای مثال برآورد شده است که تغییرپذیری‌های عملیات زراعی در کشور آمریکا می-تواند تا ۱۰٪ از کل انتشار کربن این کشور را جبران کند (FAO, 2001). نظام‌های کشاورزی دارای قابلیت (پتانسیل) بالایی برای تعدیل پیامدهای تغییرپذیری اقلیم می‌باشند به‌طوری که تنها استفاده از شخم‌های حفاظتی می‌تواند افزایش یک تن در هکتار در سال ذخیره کربن در خاک را به همراه داشته باشد (Uri, 2001). نتایج بررسی‌ها نشان داده است، استفاده از نظام‌های زراعی بدون خاک‌ورزی در نقاط مختلف جهان افزایش ذخیره کربن خاک را به همراه دارد (Smith *et al*., 2008, Leite *et al*., 2004). افزایش ذخیره کربن در خاک افزون بر بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک، باعث کاهش انتشار دی-اکسیدکربن به اتمسفر شده و در نتیجه باعث تعدیل گرمایش جهانی نیز می‌شود (Bayer *et al*., 2006). با اینحال در برخی موارد گزارش شده که نظام‌های بدون خاک‌ورزی در مقایسه با نظام‌های شخم رایج، افزایش ذخیره کربن خاک را در پی نداشته است (Roscoe and Buurman, 2003). زیرا عامل‌هایی چون بافت و ترکیب خاک، ترکیب پسماندهای آلی و میزان اضافه شده آن‌هابه خاک به طور سالانه در اندازه ذخیره کربن خاک بسیار موثر است (Duiker and Lal, 2000).

با توجه به اینکه استان خراسان رضوی، ۷/۹ درصد از سطح زیر کشت محصولات زراعی ایران (مقام سوم در بین دیگر استان‌های کشور) را دارد زمین‌های زراعی استان دارای قابلیت بالایی برای ذخیره کربن در خاک می‌باشند، البته در شرایطی که مدیریت شخم حداقل برای نظام‌های زراعی استان در نظر گرفته شود و برای در نظر گرفتن این مدیریت، بررسی‌های مختلف در زمینه مدیریت شخم و

[1]- mitigation
[2] - adaptation

Archive of SID

www.SID.ir

میزان انتشار دی‌اکسیدکربن از بوم نظام‌های زراعی در استان لازم می‌باشد. بنابر ین با توجه به مطالب بیان شده هدف از این بررسی، ارزیابی انتشار دی‌اکسیدکربن و بیلان کربن در خاک زراعی تحت تاثیر مدیریت پسماندهای آلی بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در دو سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا اجرا شد. میانگین بارندگی سالیانه ۲۸۶ میلی‌متر و بیشینه و کمینه دمای مطلق سالانه در این منطقه به ترتیب ۴۲ و ۲۷/۸- درجه سلسیوس می‌باشد. همه تیمارها شامل شخم صفر با ۰، ۲، ۴، ۸ و ۱۶ تن در هکتار پسماندهای گندم در سه تکرار بود که در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. شایان یادآوری است که مزرعه در سه سال تحت کشت گندم تک کشتی بود. کرت‌های آزمایشی با ابعاد ۲×۳ متر بود. میزان کربن موجود در پسماندهای گندم ۴۲ گرم در گرم ماده خشک بود (۴۳٪) در منابع مختلف نیز میزان کربن موجود در پسماندهای گندم از ۴۱ تا ۴۵ درصد بیان شد (Bolinder *et al*., 2007). پسماندها در اول اسفندماه ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در مزرعه پخش شد و از آنجایی که گیاهی کشت نشد، هیچگونه کودی به کار نرفته و علف‌های هرز در صورت نیاز با گلایفوسیت کنترل شد. محل مورد آزمایش در سال پیش از آغاز آزمایش تحت کشت گندم بوده است. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول۱ آورده شده است.

اندازه‌گیری جریان دی‌اکسیدکربن از خاک

دی‌اکسیدکربن انتشار یافته از سطح خاک از روش محفظه بسته[1] اندازه‌گیری شد (Toma and Hatano, 2007, Crill, 1991, Melling and Hatano, 2005). اندازه‌گیری انتشار دی اکسید کربن ۶ بار در طول فصل رشد گندم و زمان نبود گیاه گندم انجام گرفت به‌طوری‌که هدف بر پایه تک کشتی گندم در نظر گرفته شد. انجام شد و این اندازه‌گیری‌ها به منظور کم کردن تأثیر خطای تغییرپذیری‌های دمای روزانه بین ساعت ۹ صبح الی ۱۲ ظهر انجام شد (Shimizu *et al*., 2009). برای حذف اثرات رطوبتی، آبیاری هر ۱۰ روز یکبار در کل زمان آزمایش انجام گرفت. محفظه ها از جنس P.V.C بوده و طول و قطر محفظه‌ها به ترتیب ۵۰ و ۳۰ سانتی‌متر بودند که لبه‌های آن در زمان نمونه‌برداری سه سانتی‌متر در خاک فرو داده می‌شد به شکلی که هیچ توده زنده گیاه در آن قرار نگیرد و ابتدای قرار دادن محفظه ۲۵ میلی‌لیتر از گاز آن را با سرنگ‌های خلا[2] (با مارک Push که درون آنها خلاء بوده و با هدایت سرنگ، هوا خود بخود به درون آنها کشیده می‌شد) کشیده و پس از دو ساعت همین کار تکرار شد و سپس نمونه‌های گازی برداشت شده به منظور تجزیه به آزمایشگاه فرستاده شد و در پایان انتشار دی‌اکسیدکربن در واحد سطح بر پایه معادله (۱) محاسبه شد (Bingrui and Zhou, 2009).

$$s_r = \frac{(\Delta c/\Delta t).v}{A} \qquad (۱)$$

که در این معادله Sr، انتشار دی‌اکسیدکربن (میلی‌گرم کربن در ساعت بر مترمربع) بوده و cΔ افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن (میلی‌گرم در مترمکعب) در مدت Δt(ساعت) می‌باشد، V حجم هوای اتاقک بوده (بر حسب مترمکعب) و A سطحی از زمین (بر حسب مترمربع) که اتاقک آن را پوشش می‌دهد

دمای خاک نیز به طور مرتب در همه‌ی تیمارها تا عمق ۵ سانتی‌متری خاک با دماسنج (ترمومتر) ترمیستوری اندازه-گیری شد این اندازه‌گیری به صورت روزانه در ساعات ۱۱ صبح انجام می‌شد که با زمان نمونه‌برداری‌های انتشار گاز همزمان باشد. برای ارزیابی رابطه بین دمای خاک و انتشار دی اکسیدکربن از معادله (۲) استفاده شد (Shimizu *et al*., 2009).

$$F = a\exp(bT) \qquad (۲)$$

که در این معادله F انتشار دی‌اکسیدکربن، T دمای خاک و a,b ضریب‌های معادله می‌باشد. اندازه‌گیری دمای خاک، در زمان نمونه‌برداری انتشار گاز دی‌اکسیدکربن، به‌دقت در کنار اتاقک صورت می‌گرفت تا ضریب‌های به دست آمده با دقت بالایی محاسبه شود. برای محاسبه بیلان سالانه کربن نیز با توجه به نداشتن گیاه زنده در خاک از معادله‌های ۳ و ۴ استفاده شد.

$$CB = Ci - Rh \qquad (۳)$$

$$Ci = R \times 0.42 \qquad (۴)$$

[1]- closed- chamber method
[2] - Vacuum-blood collection vial

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش.

Table 1. Chemical and physical properties of soil in experimental site.

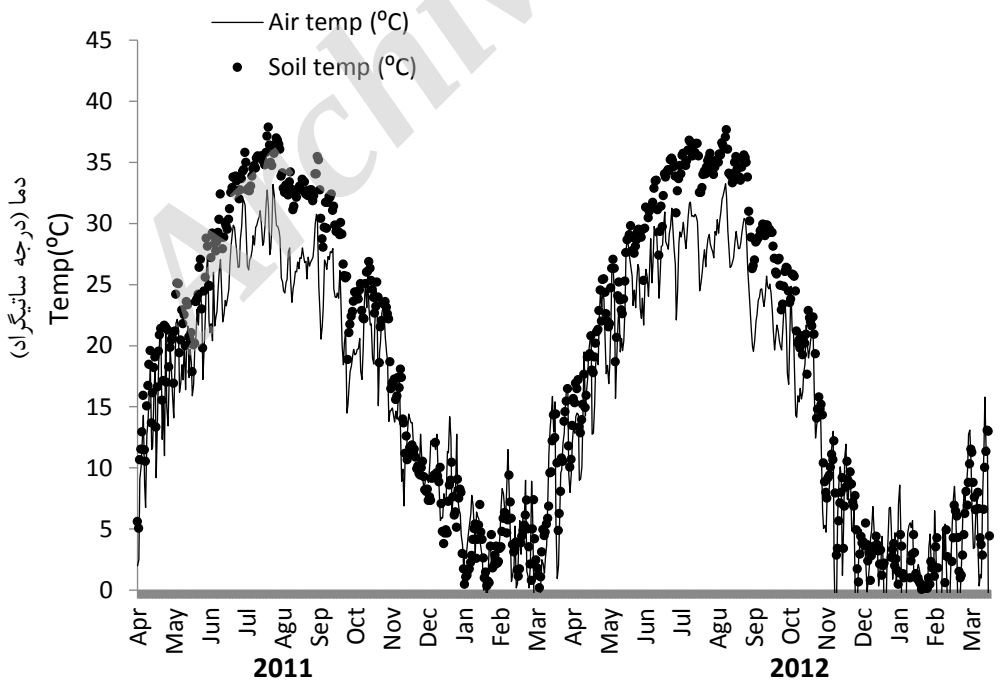
بافت Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	درصد مواد آلی خاک S.O.C (%)	نیتروژن N (%)	فسفر P (ppm)	پتاسیم K (ppm)
لومی-رسی Clay loam	7.6	3.36	0.48	0.016	13.8	122

که در این معادله‌ها CB، نشاندهنده بیلان کربن، Ci کل کربن ورودی در نتیجه کاربرد پسماند به خاک، Rh کربن سالانه انتشار یافته تحت تاثیر تنفس هتروتروفی (ناخودپروری) خاک و R پسماندهای اضافه شده به خاک می باشد. برای محاسبه کل کربن ورودی به خاک از ضریب تبدیل کربن(۰/۴۲) استفاده شد.

برای محاسبه انتشار سالانه دی‌اکسیدکربن با توجه به اندازه‌گیری دمای روزانه خاک برای کل سال انتشار دی‌اکسیدکربن از خاک با استفاده از معادله ۲ محاسبه شد (Shimizu *et al*., 2009) و از آنجایی که ۰/۲۷ دی اکسیدکربن، کربن می‌باشد برای محاسبه بیلان کربن کل دی اکسیدکربن انتشار یافته در این عدد ضرب شد (Ceschia *et al*, 2010). تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) و مقایسه میانگین‌ها بر پایه آزمون LSD و در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. برای محاسبه ضریب‌های معادله‌های رگرسیونی از نرم‌افزار Slide write استفاده شده و رسم نمودارها نیز در محیط Excel انجام شد.

نتایج و بحث

میانگین دمای هوا و خاک در دو سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ در شکل ۱ نشان داده شده است آمار دمای هوا از سازمان هوا و اقلیم‌شناسی مشهد دریافت شده و دمای خاک لخت در عمق ۵ سانتی‌متر خاک محل آزمایش اندازه‌گیری شده است همان طور که در شکل ۱ مشخص است دمای خاک لخت در اوایل بهار از دمای هوا پایین‌تر بوده ولی در اواخر بهار و فصل تابستان و تا اوایل پاییز دمای خاک لخت از دمای هوا بیشتر شده است.



شکل ۱- دمای هوا و خاک محل آزمایش برای دو سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱.

Fig. 1- Air and soil temperature in Mashhad in 2011-12.

Archive of SID

www.SID.ir

دمای خاک در تیمارهای مختلف دارای پسماند نیز مانند خاک لخت، در فصل بهار از دمای هوا پایین‌تر بود که این نتایج در هر دو سال آزمایش مشاهده شد (جدول ۲) دمای خاک در فصل بهار از میانگین دمای هوا پایین‌تر است ولی در فصل تابستان و پاییز دمای خاک از میانگین دمای هوا بالاتر بود. البته در شرایط خاک لخت دمای خاک تاحدودی برابر با میانگین دمای هوا بوده ولی در شرایط حضور پسماند کاهش دمای خاک نسبت به هوا معنی‌دار بود و البته با افزایش میزان پسماند این کاهش دمای خاک بیشتر شد. در هر دو سال آزمایش دمای خاک لخت از ماه اردیبهشت به بعد بالاتر از میانگین دمای هوا شد در حالی که خاک دارای پسماند در کل بهار دمایی پایین‌تر از دمای میانگین هوا داشت.

بیشترین میزان اختلاف دمای خاک در تیمارهای دارای پسماند نسبت به خاک لخت در سال ۱۳۹۰، در فروردین ماه ثبت شد به طوری که تیمار دارای ۲ تن در هکتار پسماندهای گندم ۸ درجه سردتر از خاک لخت بود و تیمار ۱۶ تن در هکتار پسماندهای گندم، نزدیک به ۱۲ درجه سلسیوس سردتر از خاک لخت بود. در سال ۱۳۹۱ نیز بیشترین اختلاف دما بین خاک لخت و تیمارهای دارای پسماند در اردیبهشت با کمترین اختلاف ۱۰ درجه سلسیوس (۲ تن در هکتار پسماند) و بیشترین اختلاف ۱۴ درجه سلسیوس (تیمار ۱۶ تن در هکتار پسماند) مشاهده شد. البته اختلاف دمای بین تیمارهای دارای پسماند و خاک لخت در تابستان و پاییز کمتر شده و در ماه شهریور و آبان اختلاف دمای معنی‌دار بین خاک دارای پسماند و خاک لخت مشاهده نشد. به طور کل تیمار با بالاترین سطح پسماند (۱۶ تن در هکتار) در همه‌ی اندازه‌گیری‌ها دارای پایین‌ترین دما بود اگرچه اختلاف دمای خاک بین تیمارهای دارای پسماند کم بود و در هیچ یک از اندازه‌گیری‌ها اختلاف بین تیمار پسماندهای ۱۶ و ۸ تن در هکتار معنی‌دار نبود. Schonbeck and Evanylo (1998) در آزمایشی که اثر پسماندهای گیاهی را بر ویژگی‌های دمایی و رطوبتی خاک بررسی کردند، نشان دادند، دمای خاک در فصل بهار در شرایط حفظ پسماند در سطح خاک تا ۱۴ درجه سلسیوس پایین‌تر از خاک لخت می‌باشد، همچنین بنابر گزارش این محققان دمای خاک در فصل بهار پایین‌تر از میانگین دمای هوا بوده و در فصل پاییز و تابستان بالاتر از میانگین دمای هوا گزارش شد. کاهش دمای خاک در شرایط استفاده از پسماند به دلیل پایین بودن هدایت گرمایی پسماند توسط بسیاری از محققان گزارش شده است (Mbagwu, 1991, Schonbeck and Evanylo, 1998). دلایل اصلی اختلاف دما بین هوا و خاک، جذب تشعشع خورشید توسط خاک، پایین بودن هدایت گرمایی پسماندهای سطح خاک و حفاظت سطح خاک از باد توسط پسماند می‌باشد.

جدول۲- تأثیر کاربرد پسماند بر دمای خاک در عمق ۵ سانتی‌متری در تیمارهای مختلف در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱.

Table 2. The effects of residues on the soil temperature at a depth of 5 cm in treatments in 2011-12.

ماه Month	سال Year	دمای هوا Air temperature: میانگین Mean	دمای هوا Air temperature: بیشینه Maximum	میزان بقایا (تن در هکتار) Residues rate (ton ha^{-1}): 0	2	4	8	16	LSD[a]
فروردین	1390-2011	12.8	18.5	11.8	8	7.5	7	6.5	2
April	1391-2012	21.6	26	18	10	8.5	8	7.5	2.3
اردیبهشت	1390-2011	19.6	24.6	23.8	13.5	12	10	9.5	2.1
May	1391-2012	20.6	29.4	19	15	13	11	11	2.5
خرداد	1390-2011	23.9	29.8	28	23	22	22	20.5	2.7
June	1391-2012	29.2	38	33	27	26	26	25	3
مرداد	1390-2011	26.5	34	38	34	33	33.5	33	3.2
August	1391-2012	27	35.5	38.8	35	33	33	32	3
شهریور	1390-2011	20.4	26	24	22	22.8	21.5	21.5	3
September	1391-2012	19.2	28.2	20	18	18	17.5	17	2.6
آبان ۲۰	1390-2011	8.8	16.6	10.2	10	9.5	9.5	10	2.9
November	1391-2012	13.7	22.7	15	17	17	16	16	2.3

a Least significant difference (p=0.05).

Archive of SID

www.SID.ir

میزان انتشار دی‌اکسید کربن

بالاترین میزان انتشار دی‌اکسیدکربن در تیمار ۱۶ تن در هکتار پسماند با ۴/۳ و ۴/۴ گرم کربن بر مترمربع در روز به ترتیب در سال اول و دوم آزمایش ثبت شد که بیش از ۶ برابر انتشار کربن از خاک لخت بود (جدول‌های ۳ و ۴) که مربوط به اندازه‌گیری تاریخ ۲۰ مرداد ماه بود. اختلاف بین تیمارهای دارای پسماند اغلب غیر معنی‌دار بود، ولی همه‌ی تیمارها نسبت به تیمار خاک لخت دارای انتشار روزانه کربن بالاتری بودند که این اختلاف معنی‌دار بود(جدول ۳ و ۴). انتشار دی‌اکسیدکربن در همه‌ی تیمارها همزمان با بالا رفتن دمای هوا و به همراه آن زیاد شدن دمای خاک، افزایش یافت. پایین‌ترین میزان انتشار دی‌اکسیدکربن مربوط به تیمار خاک بدون پسماند بود (۰/۳ گرم کربن روزانه). با توجه به اینکه خاک بدون پسماند دارای دمای بالاتری بود اما میزان انتشار کربن کمتری را نشان داد که دلیل آن ماده آلی پایین خاک در این شرایط بود. در ماه‌های فروردین و اردیبهشت، میزان انتشار کربن از تیمارهای دارای پسماند نیز پایین‌تر از ماه‌های خرداد و مرداد بود که دلیل اصلی این موضوع نیز سرد بودن خاک در شرایط حضور پسماند بود که یک عامل بازدارنده برای فعالیت ریزجانداران (میکروارگانیسم‌ها) بود. نتایج بررسی میزان انتشار دی‌اکسیدکربن در این آزمایش نشان داد، در شرایط حضور پسماند، افزایش دما از فروردین تا اردیبهشت افزایش میزان انتشار را در پی داشته و در تیمار خاک لخت افزایش

جدول۳- تأثیر کاربرد پسماند بر سرعت انتشار روزانه دی‌اکسیدکربن از خاک (گرم کربن بر مترمربع در روز) در سال ۱۳۹۰.

Table 3. The effects of residues on daily CO2 emissions rate from the soil (gr C m^{-2} day^{-1}) in 2011.

تاریخ Date	میزان پسماند (تن در هکتار) Residues rate (ton ha^{-1})					
	0	2	4	8	16	LSD[a]
فروردین ۲۵ 13 April	0.4	0.5	0.3	0.2	0.2	0.4
اردیبهشت ۲۰ 9 May	0.5	1.3	1.4	1.3	1.3	0.5
خرداد ۲۰ 9 June	0.5	2.5	3.2	3.8	3.7	1
مرداد ۲۰ 10 August	0.6	3.1	3.4	3.7	4.3	1.1
شهریور ۳۰ 20 September	0.4	2.1	2.9	3.1	3.5	1.8
آبان ۲۰ 10 November	0.5	1.6	2.5	2.7	3.1	0.6

a: Least significant difference (p=0.05).

جدول۴- تأثیر کاربرد پسماند بر سرعت انتشار دی‌اکسیدکربن از خاک (گرم کربن بر مترمربع در روز) در سال ۱۳۹۱.

Table 4. The effects of residues on daily CO2 emissions rate from the soil (gr C m^{-2} day^{-1}) in 2012.

تاریخ Date	میزان پسماند (تن در هکتار) Residues rate (ton ha^{-1})					
	0	2	4	8	16	LSD[a]
فروردین ۲۵ 14 April	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2
اردیبهشت ۲۰ 10 May	0.5	1	1.1	1.2	1.2	0.6
خرداد ۲۰ 10 June	0.3	2.3	3.3	3.6	3.5	0.9
مرداد ۲۰ 11 August	0.5	2.9	3.2	3.8	4.4	1.3
شهریور ۳۰ 21 September	0.4	2.1	2.9	3	3.3	1.1
آبان ۲۰ 11 November	0.2	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4

a Least significant difference (p=0.05).

Archive of SID

www.SID.ir

دما تاثیری چندانی در افزایش میزان انتشار دی‌اکسیدکربن نداشت. Alizadeh *et al*. (2013) در نتایج بررسی انتشار دی-اکسیدکربن در محصولات زراعی مختلف در استان خراسان رضوی بیان داشتند، میزان انتشار دی‌اکسیدکربن در همه‌ی محصولات مورد بررسی با افزایش دما، افزایش یافت و بیشترین میزان انتشار دی‌اکسیدکربن (۲/۷ گرم کربن بر مترمربع در روز) در گیاه گندم در ۲۰ اردیبهشت و در ذرت (۴/۳ گرم کربن بر مترمربع در روز) و چغندرقند(۵/۲ گرم کربن بر مترمربع در روز) در ۲۰ مرداد ثبت شد که این تاریخ-ها بالاترین دما را در بازه رویشی گیاه داشتند، همچنین ایشان بیان داشتند که بالاترین سرعت انتشار در همه‌ی محصولات مورد بررسی در شرایط بالاترین حضور پسماند مشاهده شد که با نتایج به دست آمده در این آزمایش همخوانی دارد. Duiker and Lal (2000) نیز با بررسی تأثیر شخم صفر و حفظ پسماند در خاک بر میزان انتشار دی‌اکسیدکربن بیان کردند در آغاز فصل بهار به دلیل دمای پایین، خاک‌های دارای پسماند انتشار دی‌اکسید کربن پایین‌تری داشته است و از سوی دیگر در آزمایش آنان پایین‌ترین میزان انتشار کربن از خاک بدون پسماند گزارش شد که دلیل آن را فقر ماده آلی خاک گزارش کردند. رابطه بین دمای خاک و انتشار دو ساله دی‌اکسیدکربن در این آزمایش، یک رابطه نمایی بود (شکل۲). در بررسی رابطه بین دما و انتشار دی اکسیدکربن مشخص شد، با افزایش دما میزان انتشار دی‌اکسیدکربن نیز افزایش یافت و این افزایش در تیمارهای دارای پسماند شایان توجه بود. بیشترین میزان انتشار دی‌اکسیدکربن در تیمارهای مختلف ۲۰۰، ۱۸۵، ۱۵۵، ۱۳۵ و ۴۵ میلی‌گرم‌کربن در ساعت به ترتیب در تیمارهای ۱۶، ۸، ۴، ۲ و ۰ تن پسماند در هکتار در سال مشاهده شد.

بررسی رابطه بین دمای خاک و انتشار دی‌اکسیدکربن در همه‌ی تیمارها همبستگی بالای ۸۵ درصد داشت که با نتیجه گزارش شده توسط Alvarez *et al*. (1995) همسان بود. بالاترین دما در شرایط تیمار خاک لخت تاثیر چندانی بر افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن در خاک نداشت در صورتی که در تیمارهای مختلف هرچه میزان پسماند بالاتر رفت تاثیر دما نیز بیشتر بود (شکل۲).

در نتایج برخی بررسی‌ها در شرایط حضور ماده آلی، بالاترین میزان انتشار دی‌اکسیدکربن را در فصل بهار گزارش کردند نه در بالاترین دما و دلیل آن نیز وجود رطوبت بالاتر در این فصل بیان شد که برای تجزیه ماده آلی اضافه شده و فعالیت ریزجانداران بسیار ضروری می‌باشد (Thelen *et al*., 2010, Duiker and Lal, 2000). حال آنکه در این بررسی و ارزیابی رطوبت با آبیاری تامین شده و هیچ‌گاه کمبود رطوبت بازدارنده فعالیت تجزیه نشده بود و در این صورت تنها عامل تاثیرگذار دمای هوا بوده و به این دلیل بالاترین میزان انتشار در بالاترین دما به دست آمد.(2006) Lascala *et al*. در نتایج بررسی انتشار دی‌اکسیدکربن از سطح خاک، بالاترین میزان انتشار دی‌اکسیدکربن را در فصل تابستان و در شرایط دمای بالا گزارش داده و عنوان کردند که در بین عامل‌های تاثیرگذار مختلف بر تنفس خاک بالاترین همبستگی بین انتشار دی‌اکسیدکربن و دما وجود دارد. Lioyd and Tylor (1994) نیز در نتایج بررسی دیگری، رابطه مثبت بین دما و افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن را گزارش کردند، همچنین این محققان گزارش کردند که در دمای پایین تنفس خاک بسیار پایین می‌باشد و دلیل آن را تنفس پایین ریشه گیاهان و کندی فعالیت ریزجانداران عنوان کردند. رابطه نمایی بین دمای خاک و تنفس خاک توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Brar *et al*., 2013, Chen *et al*., 2011, Shimizu *et al*., 2009). Duiker and Lal (2000) در نتایج بررسی‌های خود، میزان انتشار دی‌اکسیدکربن در پسماندهای گندم را بین ۴۰ تا ۲۵۰ میلی‌گرم کربن در ساعت بیان کردند که با مشاهده‌های این آزمایش سازگار و هماهنگ بود.

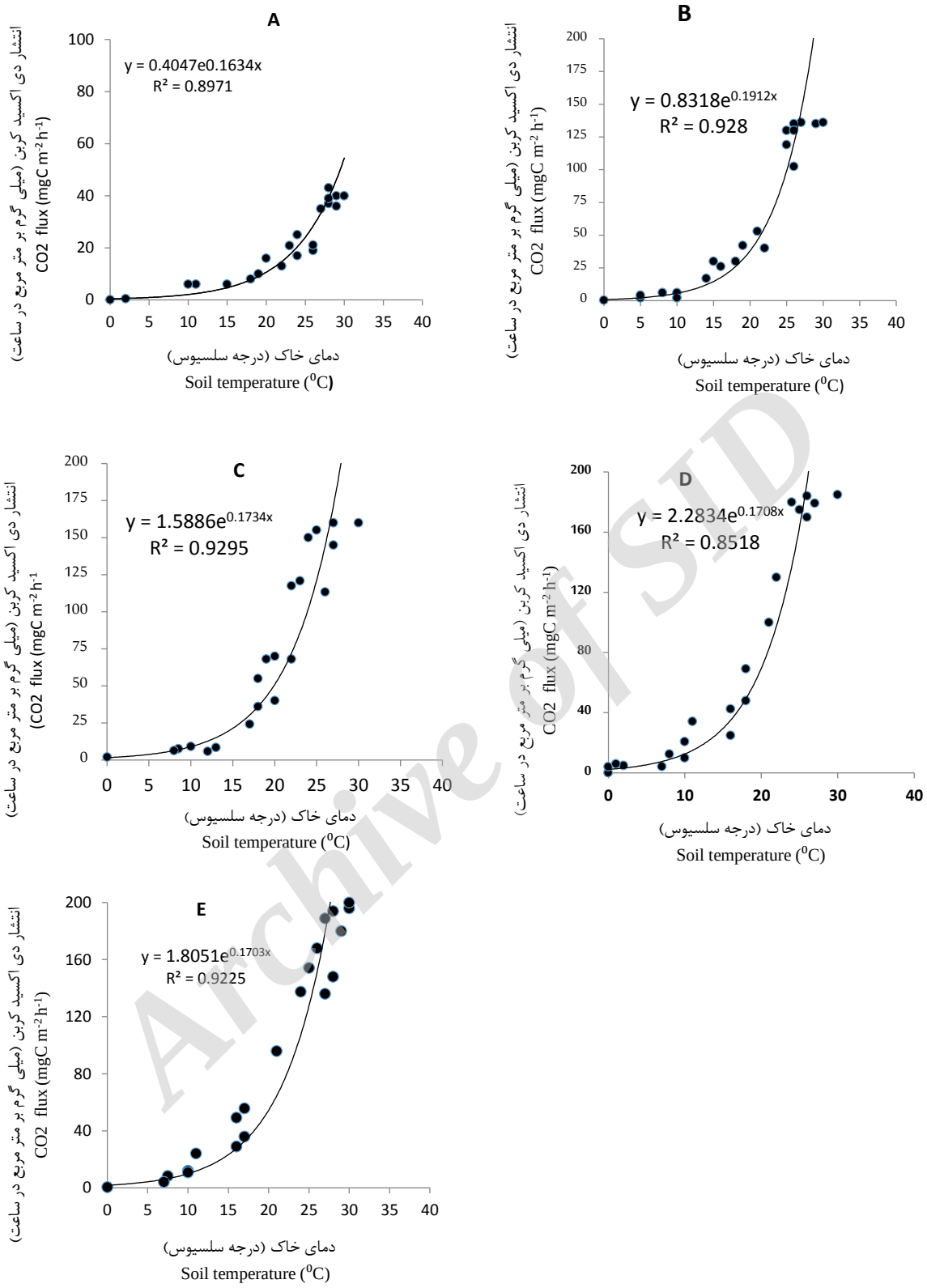
بیلان کربن خاک

بیشترین میزان کربن انتشار یافته در طول یک سال، در تیمار ۱۶ تن پسماند در هکتار به ترتیب با ۳/۷ و ۳/۶ تن کربن در سال در هکتار برای سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ به دست آمد (جدول ۵).

به طور کلی انتشار کربن با افزایش پسماند افزایش یافت و کمترین میزان انتشار از خاک لخت با ۰/۷ و ۰/۹ تن کربن در سال در هکتار به ترتیب برای سال اول و دوم آزمایش مشاهده شد. اما شرایط بیلان کربن خاک متفاوت بود به طوری که بالاترین کاهش کربن خاک با ۰/۷و ۰/۹ تن کربن در هکتار در دو سال آزمایش بود که در خاک لخت مشاهده شد اما با افزایش میزان پسماند به دلیل بالا رفتن میزان کربن ورودی به خاک بیلان کربن خاک مثبت‌تر شد به طوری که در تیمار ۴ تن پسماند بیلان کربن خاک نزدیک صفر شد و در تیمارهای ۸ و ۱۶ تن پسماند، بیلان کربن خاک بالاتر از صفر شد (جدول ۵). شرایط اقلیمی، دما، آب و نور نقش مستقیمی بر

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۲- رابطه بین انتشار دی‌اکسیدکربن و دمای خاک در تیمارهای مختلف. الف: تیمار بدون پسماند، ب: دو تن در هکتار پسماندهای گندم، س: چهارتن در هکتار پسماندهای گندم، د: هشت تن در هکتار پسماندهای گندم و ی: ۱۶ تن در هکتار پسماندهای گندم.

Fig. 2- Relationship between CO2 flux and soil temperature in treatments, including: 0 Mg.ha^{-1}.yr^{-1} mulch (a), 2 Mg.ha^{-1}.yr^{-1} mulch (b), 4 Mg.ha^{-1}.yr^{-1} mulch (c), 8 Mg.ha^{-1}.yr^{-1} mulch (d) and 16 Mg.ha^{-1}.yr^{-1} mulch (E).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۵- بیلان کربن خاک، کل کربن انتشار یافته از خاک و کل کربن اضافه شده به خاک (تن در هکتار در سال) در تیمارها مختلف پسماند در دو سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱.

Table 5. Soil carbon budget, total emissions carbon from the soil and the added carbon to soil (ton ha^{-1} per year) residues in different treatments in 2011- 12.

	2011					2012				
	میزان پسماند (تن درهکتار) Residues rate (ton ha^{-1})									
	0	2	4	8	16	0	2	4	8	16
کربن انتشار یافته از خاک Carbon emissions from soil	0.7	1.1	1.6	2.6	3.7	0.9	1.3	1.7	2.9	3.6
کربن اضافه شده به خاک Carbon added to soil	0	0.84	1.68	3.36	6.72	0	0.84	1.68	3.36	6.72
بیلان کربن سالانه خاک Soil annual carbon budget	-0.7	-0.26	0.08	0.76	3.02	-0.9	-0.46	-0.02	0.46	3.12

Alizadeh *et al*. (2013) بیلان کربن در بوم نظام‌ها می‌گذارد، به طورکلی هر عاملی که فتوسنتز (نورساخت) و تنفس را تحت تاثیر قرار دهد بر بیلان کربنی موثر است از سوی دیگر نیز مدیریت‌ها بر بیلان کربنی خاک موثرند یکی از این مدیریت‌های بسیار تاثیرگذار نظام خاک‌ورزی و نگهداری پسماند در سطح خاک می‌باشد. نتایج این آزمایش نشان داد، در شرایط اقلیمی مشهد افزایش پسماند، افزایش سالانه انتشار کربن از خاک را به دنبال دارد ولی این افزایش کمتر از میزان بازگشت کربن به خاک می‌باشد به طوری که نگهداری پسماند، بیلان کربن خاک را رو به مثبت بودن سوق می‌دهد و دست‌کم ۸ تن در هکتار پسماندی گندم نیاز است که بیلان کربن از حالت منفی خارج شود در نتایج بررسی بیلان کربن در بوم نظام‌های زراعی استان خراسان بیان داشتند، در هر محصول زراعی تنها هنگامی بیلان کربن خاک مثبت می‌شود که پسماندهای آلی در سطح خاک نگهداری شود. Ciais *et al*. (2000) در نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند، با افزایش میزان پسماند در خاک انتشار دی‌اکسیدکربن از خاک بالا رفته اما از سوی دیگر اگر افزایش پسماندها به طور سالانه در بوم نظام کشاورزی صورت گیرد این امر به مثبت شدن بیلان کربن خاک منجر شده و میزان ترسیب کربن در خاک را نیز افزایش می‌دهد. استفاده از نظام‌های کم‌خاک‌ورزی با کاهش کانی شدن کربن می‌تواند منجر به کاهش اثرگذاری‌های اقلیمی از راه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای شود (Chatestikh and olseon, 2007). همچنین Forte *et al*. (2017) در مقایسه شخم حداقل با شخم رایج در کشتزارهای ذرت گزارش داد، نظام‌های کم خاک‌ورزی به ویژه در بررسی‌های کوتاه مدت کاهش انتشار گازهای گلخانه ای را به همراه داشته و می‌تواند به عنوان یک راهکار برای کاهش اثرگذاری‌های اقلیمی در کشتزارهای ذرت در منطقه مدیترانه مورد توجه قرار گیرد. در گزارش دیگری محققان بیان داشتند که در یک آزمایش سه ساله میزان کربن آلی خاک در نظام‌های کم خاک‌وزی نسبت به نظام‌های شخم رایج افزایش یافت و این امر به دلیل مثبت شدن بیلان کربن خاک در نتیجه حفظ بیشتر پسماندها در سطح خاک بیان شد (Alluvione *et al*., 2013). نتایج این بررسی با گزارش‌های برخی دیگر از محققان نیز همخوانی دارد (Buyanovsky *et al*., 1986, Alvarez *et al*., 1995).

نتیجه‌گیری

پسماند به طور معنی‌داری دمای خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهد و حضور پسماندهای گندم در سطح گندمزار باعث دیرتر گرم شدن خاک در بهار و از سوی دیگر در پاییز باعث دیرتر سرد شدن خاک نیز می‌شود همچنین نتایج این آزمایش نشان دهنده یک همبستگی بسیار بالا (بیش از ۸۵ درصد) بین دمای خاک و میزان انتشارکربن از سطح خاک بود که این همبستگی به صورت نمایی و مثبت بود. اگرچه کمترین میزان انتشار کربن از خاک در تیمار خاک لخت مشاهده شد ولی این تیمار دارای بیلان منفی‌تر از نظر میزانکربن نسبت به تیمارهای دارای پسماند بود که این یک عامل منفی از نظر بوم‌شناختی (اکولوژیک) می‌باشد. استفاده از نظام شخم صفر و نگهداری پسماند در سطح خاک، بیلان کربن خاک را رو به مثبت برده و خاک‌های بوم نظام‌های زراعی را تبدیل به یک مخزن برای کربن می‌سازد که این امر پیامدهای شایان توجهی بر کاهش انتشار کربن به اتمسفر و ترسیب آن در خاک دارد.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

Alizadeh, Y., Kocheki, A. and Nasiri Mahallati, M., 2013. Assessment of greenhouse gases emission, carbon budgets, net primary production (NPP) and Net ecosystem production (NEP) in agroecosystems of Khorasan province. Ph.D. Thesis. University of Ferdowsi, Mashhad, Iran.

Alluvione, F., Fiorentino, N., Bertora, C., Zavattaro, L., Fagnano, M., Quaglietta Chiarandà, F. and Grignani, C., 2013. Short-term crop and soil response to C-friendly strategies in two contrasting environments. European Journal of Agronomy. 45, 114–123.

Alvarez, R., Santanatoglia, O.J. and Garcia, R., 1995. Soil respiration and carbon inputs from crops in a wheat-soybean rotation under different tillage systems. Soil Use Managment. 11, 45-50.

Bayer, C., Martin, L., Mielniczuk, J., Pavinato, A. and Dieckow, J., 2006. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. Soil and Tillage Research. 86, 237-245.

Beziat, P., Eschia, C. and Dedieu, E., 2009. Carbon balance of a three crop succession over two cropland sites in South West France. Agricultural and Forest Meteorology. 149, 1628–1645.

Bingrui, J. and Zhou, G., 2009. Integrated diurnal soil respiration model during growing season of a typical temperate steppe: Effects of temperature, soil water content and biomass production. Soil Biology and Biochemistry. 41, 681–686.

Bolinder, M.A., Janzen, H.H., Gregorich, E.G., Angers, D.A. and VandenBygaart, A.J., 2007. An approach for estimating net primary productivity and annual carbon inputs to soil for common agricultural crops in Canada. Agriculture, Ecosystems and Environment. 118, 29–42.

Brar, B.S.K., Singh, G.S. and Balwinder-Kumar, D., 2013. Carbon sequestration and soil carbon pools in a rice–wheat cropping system: Effect of long-term use of inorganic fertilizers and organic manure. Soil and Tillage Research. 128, 30–36.

Buyanovsky, G.A., Wagner, G.H. and Gantzer, C.J., 1986. Soil respiration in a winter wheat ecosystem. Soil Science Society of American Journal. 50, 338-344.

Chatskikh, D. and Olesen, J.E., 2007. Soil tillage enhanced CO2 and N2O emissions from loamy sand soil under spring barley. Soil and Tillage Research. 97, 5–18.

Ceschia, E., Béziat, P., Dejoux, J.F., Aubinet, M., Bernhoferc, Ch., Bodsond, B., Buchmanne, N., Carrara, A., Cellier, P., Tommasi, P., Elbersi, J.A., Eugster, W., Grünwald, T., Jacobsi, C.M.J., Jansi, W.W.P., Jonesj, M., Kutsch, W., Lanigan, G., Magliulo, E., Marloie, O., Moorsi, E.J., Moureaux, C., Olioso, A., Osborne, B., Sanz, M.J., Saunders, M., Smith, P., Soegaard, H. and Wattenbach, M., 2010. Management effects on net ecosystem carbon and GHG budgets at European crop sites. Agriculture, Ecosystems and Environment. 139, 363–383.

Chen, Sh., Zhenghua, H., Li, J., Yuhong, J. and Yang, Y., 2011. Effects of elevated UV-B radiation on ecosystem and soil respiration in a winter wheat farmland. European Journal of Soil Biology. 47, 16-23.

Ciais, P., Wattenbach, M., Vuichard, N., Smith, P., Piao, S.L., Don, A., Luyssaert, S., Janssens, I., Bondeau, A., Dechow, R., Leip, A., Smith, Pc., Beer, C., Vander Werf, G.R., Gervois, S., Van Oost, K., Tomelleri, E., Freibauer, A. and Schulze, E.D., 2010. The European greenhouse gas balance revisited. Part 2: Croplands. Global Change Biology. 16, 1409–1428.

Crill, P.M., 1991. Seasonal patterns of methane uptake and carbon dioxide release by a temperate woodland soil. Global Bigeochemical Cycles. 5, 319–334.

Duiker, S.W. and Lal, R., 2000. Carbon budget study using CO2 flux measurements from a no till system in central Ohio. Soil and Tillage Research. 54, 21-30.

IPCC., 2013. Intergovernmental panel on climate change. Available online at: http://www.ipcc-data.org.

FAO., 2001. FAOSTAT. Available online at: http://faostat.fao.org/site/567.

Forte, A., Fiorentino, N., Fagnano, M. and Fierro, A., 2017. Mitigation impact of minimum tillage on CO2 and N2O emissions from a Mediterranean maize cropped soil under low water input management. Soil and Tillage Research. 166, 167–178.

Franzluebbers, A.J., Hons, F.M. and Zuberer, D.A., 1995. Tillage and crop effects on seasonal dynamics of soil CO 2 evolution, water content, temperature and bulk density. Applied Soil Ecology. 2, 95-109.

Freixo, A.F., Machado, P.L.O.A., Santos, H.P., Silva, C.A. and Fadigas, F.S., 2002. Soil organic and fractions of Rhodic Ferralsol under the influence of tillage and crop rotation systems in southern Brazil. Soil and Tillage Research. 64, 221–230.

Katrin Prescher, A., Grunwald, T. and Bernhofer, C., 2010. Land use regulates carbon budgets in eastern Germany: From NEE to NBP. Agricultural and Forest Meteorology. 150, 1016–1025.

Lehuger, S., Gabrielle, B., Cellier, P., Loubet, B., Roche, R., Beziat, P., Ceschia, E. and Wattenbach, M., 2010. Predicting the net carbon exchanges of crop rotations in Europe with an agro-ecosystem model. Agriculture, Ecosystems and Environment. 139, 384-395.

La Scala, N.J., Bolonhezi, D. and Pereira, G.T., 2006. Short-term soil CO2 emission after conventional and reduced tillage of a no-till sugar cane area in southern Brazil. Soil and Tillage Research. 91, 244–248.

Leite, L.F.C., Mendonca, E.S., Machado, P.L.O.A., Fernandes- Filho, E.I. and Neves, J.C.L., 2004. Simulating trends in soil organic carbon of an Acrisol under no-till and disc-plow systems using the Century model. Geoderma. 120, 183–195.

Lloyd, J. and Taylor, J.A., 1994. On the temperature dependence of soil respiration. Functional Ecology. 8, 315–323.

Mbagwu, J.S.C., 1991. Influence of different mulch materials on soil temperature, soil water content and yield of three cassava cultivars. Journal of the Science of Food and Agriculture. 54, 569-577.

Melling, L., Hatano, R. and Goh. K.J., 2005. Soil CO2 flux from three ecosystems in tropical peatland of Sarawak, Malaysia. Tellus. 57, 1–11.

Archive of SID

www.SID.ir

Roscoe, R. and Buurman, P., 2003. Tillage effects on soil organic matter in density fractions of a Cerrado Oxisol. Soil and Tillage Research. 104, 185–202.

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

Schonbeck, M.W. and Evanylo, G.K., 1998. Effects of mulches on soil properties and tomato production. I. Soil temperature, soil moisture and marketable yield. Journal of Sustainable Agriculture.13, 55-81.

Shimizu, M., Marutani, S., Desyatkin, A.R., Hiroshi Hata, T.J. and Hatano. R., 2009. The effect of manure application on carbon dynamics and budgets in a managed grassland of Southern Hokkaido, Japan. Agriculture, Ecosystems and Environment. 130, 31–40.

Smith, P., Nabuurs, G.J., Janssens, I., Reis, S., Marland, G., Soussana, J.F., Christensen, T.R., Heath, L., Apps, M., Alexeyev, V., Fang, J.Y., Gattuso, J.P., Guerschman, J.P., Huang, Y., Jobbagy, E., Murdiyarso, D., Ni, J., Nobre, A., Peng, C.H., Walcroft, A., Wang, S.Q., Pan, Y. and Zhou, G.S., 2008. Sectoral approaches to improve regional carbon budgets. Climatic Change. 88, 209–249.

Soussana, J.F., Pilegaard, V., Ambus, K., Amman, P., Ceschia, C., Clifton-Brown, E., Czobel, J., Domingues, S., Flechard, R., Fuhrer, C., Hensen, J., Horvath, A., Jones, L., Kasper, M., Martin, G., Nagy, C., Neftel, Z., Raschi, A., Baronti, A., Rees, S., Skiba, R.M., Stefani, U., Manca, P., Sutton, G., Tuba, M. and Valentini, Z., 2007. Full accounting of the greenhouse gas (CO2, N2O, CH4) budget of nine European grassland sites. Agriculture, Ecosystems and Environment. 121, 121–134.

Thelen, K.D., Fronning, B.E., Kravchenko, A., Min, D.H. and Robertson, G.P., 2010. Integrating livestockmanure with a corn–soybean bioenergy cropping system improves short-term carbon sequestration rates and net global warming potential. Biomass Bioenerg. 34, 960–6.

Toma, Y. and Hatano, R., 2007. Effect of crop residue C:N rate on N2O emissions from Gray Lowland soil in Mikasa, Hokkaido, Japan. Soil Science Plant Nutrition. 53, 198–205.

Twine, T.E. and Kucharik, C.J., 2009. Climate impacts on net primary productivity trends in natural and managed ecosystems of the central and eastern United States. Agricultural and Forest Meteorology. 149, 2143–2161.

Uri, N.D., 2001. The potential impact of conservation practices in US agriculture on global climate change. Journal of Sustainable Agriculture. 18, 109–131.

Vermeulen, S.J., Campbell, B.M. and Ingram, J.S.I., 2012. Climate change and food systems. Annual Review of Environment and Resources. Resource. 37, 195–222.

Archive of SID

www.SID.ir

Study of carbon budget and CO_2 emissions rate from soil surface in no tillage systems

Yaser Alizadeh,[1,*] Alireza Koocheki[2] and Mahdi Nasiri Mahallati[2]
[1]Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Ilam, Iran.
[2]Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Ferdowsi, Mashhad, Iran.
* Corresponding author: y.alizadeh@ilam.ac.ir

Received: 2017.03.06
Accepted: : 2017.08.14
Alizadeh, Y., Koocheki A. and Nasiri Mahallati, M., 2017. Study of carbon budget and CO_2 emissions rate from soil surface in no tillage systems**.** Journal of Agroecology. 7 (2), ۱۰۷-118.

Introduction: Investigating whether agricultural ecosystems are performing as carbon source or sink due to either natural influences or management approaches plays a critical role in studies aimed at mitigating and adaptating to climatic variation. A sustained study of the application of agricultural ecosystems is the only achievable way to develop an accurate vision on gas exchange between the atmosphere and terrestrial ecosystems (Beziat *et al.*, 2009). Estimating carbon budget in agricultural ecosystems is an effective way to find out whether a given ecosystem is a source or a sink of carbon dioxide (Twine and Kucharik, 2009). The goal of this investigation was to study the effects of maintaining crop residues on CO_2 flux and carbon balance in an agricultural system.
Materials and methods: This study was conducted to investigate the effects of increased residue rate on the CO2 emission rate and determine the soil carbon budget in the presence or absence of residue in the soil surface. A randomized block design experiment including five treatments and three replications was carried out on a research farm of the University of Ferdowsi in 2011-12. Treatments include 0, 2, 4, 8 and 16 t ha^{-1} of wheat (*Triticum aestivum* L.) straw. The carbon budget was estimated in both years using a static closed chamber method according to analysis by gas chromatography (Shimizu *et al.*, 2009).
Results and discussion: Results showed that in spring and summer, soil temperature was higher than air temperature. In winter and autumn, air temperature was usually higher than bare soil temperature. In both the experimental years, the temperature of residue-containing soil was lower than that of the air in spring. The treatment with the highest residue rate (16 ton ha^{-1}) had the lowest temperature in all measurements, however, the difference between various residue treatments was slight and the difference between 8 and 16 tons ha^{-1} was not significant in any measurement. Duiker and Lal (2000) showed that soil temperature under application of residue was 14°c lower than bare soil. The daily CO2 emission rate ranged from 0.1 to 4.3 megagrams C $ha^{-1}year^{-1}$. The CO2 emission rate increased in line with increases in residue kept at the soil surface. The highest annual CO_2 flux rate was obtained for 16 ton ha^{-1} residue as 3.7 in 2011 and 3.6 in 2012 and the lowest annual CO_2 flux rate was gained in bare soil in the two experimental years as 0.7 and 0.9 tons ha^{-1}. Based on this equation, annual CO2 flux was calculated. An exponential relationship between soil temperature and respiration has been also reported by other authors (Brar *et al.*, 2013).
Conclusion: Residue application had a significant impact on soil temperature. The difference was large between unmulched and mulched treatments. Our results indicated a high correlation (> 85%) between soil temperature and CO2 flux which was positive and exponential. Although the total calculated CO2 flux from the bare soil treatment was lower than the other treatments, this treatment had a carbon budget more negative than the other treatments, which is an ecologically negative factor.

Keywords: Greenhouse gases, Soil temperature, Closed chamber method, Mulch, Carbon dynamic.

References:

Beziat, P., Eschia, C. and Dedieu, E., 2009. Carbon balance of a three crop succession over two cropland sites in South West France. Agricultural and Forest Meteorology. 149, 1628–1645.

Archive of SID

www.SID.ir

Brar, B.S.K., Singh, G.S. and Balwinder-Kumar, D., 2013. Carbon sequestration and soil carbon pools in a rice–wheat cropping system: Effect of long-term use of inorganic fertilizers and organic manure. Soil and Tillage Research. 128, 30–36.

Duiker, S.W. and Lal, R., 2000. Carbon budget study using CO2 flux measurements from a no till system in central Ohio. Soil and Tillage Research. 54, 21-30.

Shimizu, M., Marutani, S., Desyatkin, A.R., Hiroshi Hata, T.J. and Hatano. R., 2009. The effect of manure application on carbon dynamics and budgets in a managed grassland of Southern Hokkaido, Japan. Agriculture, Ecosystems and Environment. 130, 31–40.

Twine, T.E. and Kucharik, C.J., 2009. Climate impacts on net primary productivity trends in natural and managed ecosystems of the central and eastern United States. Agricultural and Forest Meteorology. 149, 2143–2161.

Archive of SID

www.SID.ir