

## ارزیابی شاخص مدیریت کربن خاک و تولید خالص اولیه اندام‌های زیرزمینی ذرت تحت تأثیر سیستم‌های مختلف خاکورزی و مدیریت تغذیه‌ای

عصمت محمدی<sup>۱</sup>، حمیدرضا اصغری<sup>۲</sup>، احمد غلامی<sup>۳</sup>، سرور خرم دل<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی دانشگاه صنعتی شاهرود، ۲- دانشیار دانشگاه صنعتی شاهرود، ۳- استادیار دانشگاه فردوسی مشهد

### چکیده

به منظور بررسی اثر سیستم‌های مختلف خاکورزی و مدیریت تغذیه‌ای بر شاخص مدیریت کربن خاک و تولید خالص اولیه اندام‌های زیرزمینی ذرت، آزمایشی با دو سطح خاکورزی (مرسوم و کم‌خاکورزی) و هفت سطح تغذیه‌ای (شاهد، کود شیمیایی، کود دامی، بیوپچار، کود شیمیایی+دامی، کود شیمیایی+بیوپچار و کود دامی+بیوپچار) انجام شد. نتایج نشان داد که کاربرد کود دامی و بیوپچار موجب بهبود کربن آلی و شاخص مدیریت کربن خاک گردید. کود دامی و بیوپچار شاخص مدیریت کربن را به ترتیب ۶۱/۴ و ۴۹/۳۸ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند و تولید خالص اولیه اندام‌های زیرزمینی نیز در تیمارهای کود دامی و بیوپچار به ترتیب ۵۴/۹۱ و ۵۳/۲۱ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. همچنین نتایج بیانگر تفاوت غیرمعنی‌دار بین سیستم‌های خاکورزی بود. بنابراین با توجه به نتایج حاصله، استفاده از کم‌خاکورزی و کود دامی و بیوپچار برای بهبود شاخص مدیریت کربن و تولید خالص اولیه اندام‌های زیرزمینی ذرت توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بیوپچار، شاخص ذخیره کربن، شاخص ناپایداری کربن، کم‌خاکورزی، کود دامی

### مقدمه

به دلیل اهمیت مسأله کیفیت خاک و پایداری تولید در اکوسیستم‌های کشاورزی حفظ سطحی رضایت‌بخش از کربن آلی خاک یکی از اجزای مهم مدیریت خاک می‌باشد (Su et al., 2006). به علاوه به طور گسترده‌ای ذخیره کربن آلی خاک و ترسیب کربن به عنوان وسیله‌ای برای کاهش تغییرات اقلیمی در نظر گرفته می‌شود (Huang et al., 2010). در کشاورزی پایدار یکی از روش‌های کاربردی، استفاده از سیستم‌های خاکورزی حفاظتی می‌باشد که می‌تواند باعث کاهش در روند تخریب و افزایش پایداری اراضی کشاورزی شود. در مقایسه با سیستم‌های خاکورزی حفاظتی، سیستم‌های خاکورزی مرسوم باعث افزایش تخریب ساختمان خاک، فرسایش، فشردگی و کاهش ماده آلی خاک می‌شوند (Triplet and Dick, 2008). همچنین افزایش کربن آلی خاک در کم‌خاکورزی نسبت به سیستم خاکورزی مرسوم گزارش شده است (Kahlon et al., 2013).

امروزه از شاخص مدیریت کربن به عنوان شاخصی از تغییرات میزان کربن آلی خاک در پاسخ به تغییر مدیریت خاک استفاده می‌شود (Yang et al., 2012) و نسبت به اندازه‌گیری کربن آلی خاک، محاسبه شاخص مدیریت کربن ابزاری مفید برای توصیف حاصلخیزی خاک می‌باشد (Whitbread et al., 1998). شاخص مدیریت کربن از حاصلضرب شاخص ذخیره کربن و شاخص ناپایداری کربن محاسبه می‌شود که توسط Blair et al. (1995) ارائه شده است.

استفاده از کودهای آلی و شیمیایی از مهمترین عملیات به کار برده شده در کشاورزی برای بهبود کیفیت خاک و تولید محصول می‌باشند. مواد آلی از طریق ذخیره کربن و نگهداری عناصر غذایی، حفظ رطوبت خاک و افزایش باروری خاک در اصلاح اکوسیستم‌های خاکی نقش مهمی را ایفا می‌کنند. ذخیره کربن آلی خاک به میزان ورود و خروج کربن از خاک بستگی دارد. کودهای آلی و شیمیایی از طریق تأثیر بر روی رشد گیاه، میزان بقایای برگردانده شده به خاک و رایزوسفر بر میزان ورود کربن به خاک تأثیرگذار می‌باشند. Blair et al. (2006) گزارش کردند که در طولانی‌مدت استفاده از کود دامی و کود دامی به

همراه کود شیمیایی شاخص مدیریت کربن را به طور معنی داری نسبت به دیگر تیمارهای کود شیمیایی افزایش دادند. بیوچار که از سوختن ناقص مواد آلی بدست می آید یک مکمل مناسب برای افزایش کیفیت خاک و ترسیب کربن می باشد. در این راستا Agegnehu et al. (2015) گزارش کردند که کربن آلی خاک از ۰/۹۳ درصد در تیمار کود شیمیایی به ۱/۲۵ درصد در تیمار بیوچار افزایش یافت. همچنین Rogovska et al. (2014) گزارش کردند که استفاده از بیوچار باعث افزایش pH، محتوی آب قابل دسترس و کربن آلی خاک گردید.

با توجه به کاهش محتوی کربن آلی خاک در اراضی کشاورزی، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر سیستم‌های مختلف خاکورزی و مدیریت تغذیه‌ای بر شاخص مدیریت کربن خاک و تولید خالص اولیه اندام‌های زیرزمینی انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۹۵-۱۳۹۴ در دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایشی شامل خاکورزی در دو سطح، خاکورزی مرسوم (گاواهن برگرداندار و یکبار دیسک) و کم خاکورزی (چیزل) در کرت‌های اصلی و مدیریت تغذیه‌ای در هفت سطح شامل شاهد (بدون مصرف کود)، کود شیمیایی (۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل)، کود دامی (۲۰ تن در هکتار)، بیوچار (۲۰ تن در هکتار)، کود شیمیایی+دامی (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل و ۱۰ تن در هکتار کود دامی)، کود شیمیایی+بیوچار (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل و ۲۰ تن در هکتار بیوچار) و کود دامی+بیوچار (۱۰ تن در هکتار کود دامی و ۲۰ تن در هکتار بیوچار) در کرت‌های فرعی در نظر گرفته شد. بعد از اعمال سیستم‌های خاکورزی، کود دامی، بیوچار و کود سوپرفسفات تریپل به خاک اضافه شدند. ابعاد کرت‌ها ۳/۵×۶ متر بود. در خردادماه ۱۳۹۴ بذور ذرت سینگل کراس ۷۰۴ با فواصل ردیف ۷۰×۲۰ سانتی‌متر کاشته شدند. پس از رسیدگی کامل ذرت در هر کرت تعداد ۵ بوته به طور تصادفی انتخاب و نمونه‌برداری شده و در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. همچنین از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک هم نمونه‌برداری شد. در آزمایشگاه کربن آلی خاک به روش والکی و بلک (اکسیداسیون با دی‌کرومات پتاسیم) و برای اندازه‌گیری اجزای کربن آلی خاک، بخش ناپایدار (CL) و پایدار (C<sub>NL</sub>) از روش Tirol-Padre and Ladha (2004) که در حقیقت روش توسعه یافته Blair et al. (1995) می‌باشد استفاده شد. در این روش کربن قابل اکسید با پرمنگنات پتاسیم به عنوان شاخصی از کربن آلی ناپایدار و بخشی از کربن آلی که با پرمنگنات پتاسیم اکسید نشده است به عنوان کربن آلی پایدار در نظر گرفته شد. برای محاسبه شاخص مدیریت کربن از روش Blair et al. (1995) استفاده شد.

شاخص مدیریت کربن (CMI<sup>۱</sup>)، شاخص ذخیره کربن (CPI<sup>۲</sup>) و شاخص ناپایداری کربن (LI<sup>۳</sup>) از طریق روابط ۱، ۲ و ۳ محاسبه شدند.

$$CMI = CPI \times LI \times 100 \quad (1)$$

$$CPI = \text{کربن آلی مرجع} / \text{کربن آلی تیمار} \quad (2)$$

$$LI = L / \text{مرجع} \quad (3)$$

$$L = \text{کربن پایدار} / \text{کربن ناپایدار}$$

در این آزمایش میزان کربن آلی خاک قبل از شروع آزمایش به عنوان کربن آلی مرجع در نظر گرفته شد.

1- Carbon Management Index  
2- Carbon Pool Index  
3- Lability Index

کربن تسهیم یافته به ریشه، ترشحات ریشه و تولید خالص اولیه اندام‌های زیرزمینی نیز براساس معادلات ۴، ۵ و ۶ محاسبه شدند (Bolinder et al., 2007).

$$C_R = 0.45 \times \text{عملکرد ریشه} = (\text{کربن تسهیم یافته به ریشه}) \quad (۴)$$

$$C_E = 0.65 \times C_R = (\text{کربن تسهیم یافته به ترشحات ریشه}) \quad (۵)$$

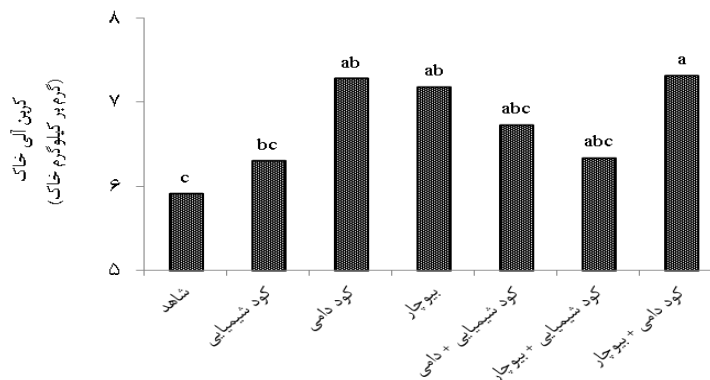
$$BNPP = C_R + C_E = (\text{تولید خالص اولیه اندام‌های زیرزمینی}) \quad (۶)$$

تجزیه آماری صفات و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد در نرم افزار SAS انجام شد.

## نتایج و بحث

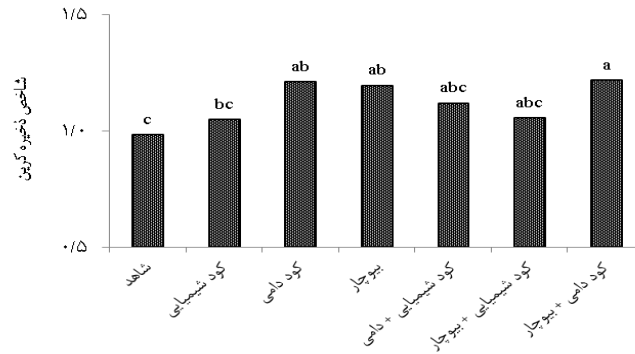
براساس نتایج بدست آمده اثر سیستم‌های خاک‌ورزی بر کربن آلی، شاخص ذخیره کربن، شاخص ناپایداری کربن و شاخص مدیریت کربن معنی‌دار نبود.

همانگونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود اثر مدیریت تغذیه‌ای بر کربن آلی خاک معنی‌دار بوده و بیشترین مقدار کربن آلی خاک به میزان ۷/۳۱ گرم بر کیلوگرم خاک مربوط به کود دامی + بیوجار می‌باشد که ۲۳/۶۹ درصد بیشتر از شاهد بود. کود دامی و بیوجار نیز باعث افزایش ۲۳/۱۸ و ۲۱/۴۹ درصدی کربن آلی خاک نسبت به شاهد شدند که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با کود دامی + بیوجار نداشتند. بنابر اظهارات Rogovska et al. (2014) کاربرد بیوجار به طور معنی‌داری کربن آلی خاک را افزایش داد. همچنین Su et al. (2006) در ارزیابی اثر طولانی‌مدت کودهای شیمیایی و کود دامی بر ترسیب کربن گزارش نمودند که کاربرد کود دامی به تنهایی یا در ترکیب با کود شیمیایی باعث بهبود کربن آلی خاک از ۱۲/۱ گرم بر کیلوگرم خاک به ۱۵/۴۶ گرم بر کیلوگرم خاک شد.



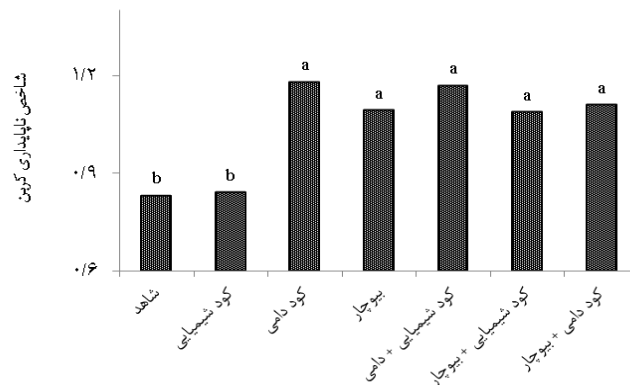
شکل ۱- اثر مدیریت تغذیه‌ای بر کربن آلی خاک

نتایج مقایسه میانگین اثر مدیریت تغذیه‌ای (شکل ۲) نشان داد که بیشترین و کمترین شاخص ذخیره کربن به ترتیب به استفاده از کود دامی + بیوجار و شاهد تعلق داشت. کود دامی + بیوجار شاخص ذخیره کربن را ۲۳/۶۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. همچنین کود دامی و بیوجار نیز باعث افزایش ۲۳/۰۲ و ۲۱/۴۰ درصدی شاخص ذخیره کربن نسبت به شاهد شدند که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با کود دامی + بیوجار نداشتند.



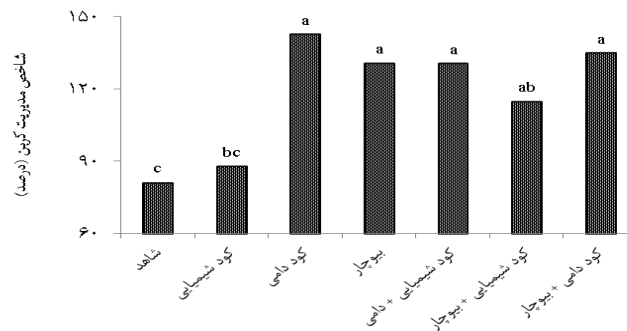
شکل ۲- اثر مدیریت تغذیه‌ای بر شاخص ذخیره کربن

همچنین در سطوح مختلف مدیریت تغذیه‌ای، مقدار شاخص ناپایداری کربن در کود دامی بالاتر بود که نسبت به شاهد ۴۲ درصد بیشتر بوده و با بقیه تیمارها به جز کود شیمیایی و شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۳). در این راستا Yang et al. (2012) اظهار داشتند در خاک‌هایی که مواد آلی (بقیای ذرت، گندم و کود دامی) به آن‌ها اضافه شده بود به طور قابل توجهی کربن ناپایدار بیشتری نسبت به کودهای شیمیایی و شاهد داشتند، احتمالاً به دلیل اینکه کربن ناپایدار در بقیای گیاهی و کود دامی بالاتر می‌باشد. همچنین Lou et al. (2011) گزارش کردند که در تیمارهای کود دامی و کود دامی + NPK کربن ناپایدار به طور معنی‌داری نسبت به کود شیمیایی بالاتر بود. بنابراین کود دامی سهم قابل توجهی از بخش ناپایدار کربن در خاک را شامل می‌شود. کربن ناپایدار خاک از آمینواسیدها، کربوهیدرات‌های ساده، بیوماس میکروبی و دیگر ترکیبات آلی ساده تشکیل شده است (Zou et al., 2005).



شکل ۳- اثر مدیریت تغذیه‌ای بر شاخص ناپایداری کربن

با توجه به شکل ۴ بیشترین شاخص مدیریت کربن مربوط به کود دامی با ۱۴۲/۷۶ درصد می‌باشد که نسبت به شاهد و کود شیمیایی به ترتیب ۶۱/۴ و ۵۴/۷۶ درصد بیشتر بود. همچنین کود دامی + بیوجار و بیوجار به ترتیب باعث افزایش ۵۳/۶۲ و ۴۹/۳۸ درصدی شاخص مدیریت کربن نسبت به شاهد شدند که از لحاظ آماری با کود دامی اختلاف معنی‌داری نداشتند. در این زمینه Lou et al. (2011) گزارش کردند که تیمارهای کود دامی و کود دامی + NPK به طور معنی‌داری محتوی کربن کل، ذخیره کربن و ترسیب کربن را افزایش دادند و در این تیمارها غلظت کربن ناپایدار و شاخص مدیریت کربن نسبت به سایر تیمارها بالاتر بود.



شکل ۴- اثر مدیریت تغذیه‌ای بر شاخص مدیریت کربن

نتایج مقایسه میانگین اثرات سیستم‌های خاکورزی (جدول ۱) نشان داد که اثر سیستم‌های خاکورزی بر کربن تسهیم یافته به ریشه، ترشحات ریشه و تولید خالص اولیه اندام‌های معنی‌دار نبود. در حالی که اثر مدیریت تغذیه‌ای بر کربن تسهیم یافته به ریشه، ترشحات ریشه و تولید خالص اولیه اندام‌های زیرزمینی معنی‌دار بوده و بیشترین مقدار این صفات به کود شیمیایی + دامی تعلق داشت. تیمارهای کود دامی و بیوجار به ترتیب باعث افزایش ۵۴/۹۱ و ۵۳/۲۱ درصدی تولید خالص اولیه اندام‌های زیرزمینی نسبت به شاهد شدند که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با کود شیمیایی نداشتند. در مطالعات قبلی بهبود رشد ریشه در اثر استفاده از کود دامی (Mosaddeghi et al. 2009) و بیوجار (Zheng et al., 2013) گزارش شده است.

جدول ۱- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف مدیریت تغذیه‌ای بر کربن تسهیم یافته به ریشه، ترشحات ریشه و تولید خالص اولیه اندام‌های زیرزمینی

تیمارها	کربن تسهیم یافته به ریشه (Cr) (گرم کربن بر مترمربع در فصل زراعی)	کربن تسهیم یافته به ترشحات ریشه (CE) (گرم کربن بر مترمربع در فصل زراعی)	تولید خالص اولیه اندام‌های زیرزمینی (BNPP) (گرم کربن در مترمربع در فصل زراعی)
<b>خاکورزی</b>			
مرسوم	۷۷/۵۵ a	۵۰/۴۰ a	۱۲۷/۹۵ a
کم‌خاکورزی	۶۸/۸۴ a	۴۴/۷۵ a	۱۱۳/۵۹ a
<b>مدیریت تغذیه‌ای</b>			
شاهد	۵۲/۴۹ d	۳۴/۱۲d	۸۶/۶۱ d
کود شیمیایی	۸۵/۰۰ a	۵۵/۲۵ a	۱۴۰/۲۵ a
کود دامی	۸۱/۳۲ ab	۵۲/۸۶ ab	۱۳۴/۱۷ ab
بیوجار	۸۰/۴۳ ab	۵۲/۲۷ ab	۱۳۲/۷۰ ab
کود شیمیایی + دامی	۸۸/۴۷ a	۵۷/۵۱ a	۱۴۵/۹۸ a
کود شیمیایی + بیوجار	۶۸/۵۴ bc	۴۴/۵۵ bc	۱۱۳/۰۹ bc
کود دامی + بیوجار	۵۶/۱۱ cd	۳۶/۴۷ cd	۹۲/۵۷ cd

میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

در صفات مورد بررسی بین سیستم‌های خاکورزی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. همچنین نتایج حاصل از تحقیق نشان‌دهنده این است که کود دامی و بیوجار باعث افزایش شاخص مدیریت کربن و تولید خالص اولیه اندام‌های زیرزمینی ذرت گردید. بنابراین استفاده از کم‌خاکورزی با توجه مزیت‌های آن (کاهش میزان مصرف انرژی، بهبود ماده آلی و حفظ و نگهداری



رطوبت خاک) و کود دامی و بیوجار برای بهبود شاخص مدیریت کربن و تولید خالص اولیه اندام‌های زیرزمینی ذرت توصیه شده که باعث کاهش مصرف کود شیمیایی و افزایش کربن موجود در اندام‌های زیرزمینی و خاک می‌گردد.

#### منابع

- Agegehu G., Bass A.M., Nelson P.N., Muirhead B., Wright G. and Bird M.I. 2015. Biochar and biochar-compost as soil amendments: effects on peanut yield, soil properties and greenhouse gas emissions in tropical North Queensland, Australia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 213: 72-85.
- Blair G.J., Lefroy R.D.B and Lisle L. 1995. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. *Australian journal of agricultural research*, 46: 1459-1466.
- Blair N., Faulkner R.D., Till A.R. and Poulton P.R. 2006. Long-term management impacts on soil C, N and physical fertility: Part I: Broadbalk experiment. *Soil and Tillage Research*, 91: 30-38.
- 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.
- Huang S., Peng X., Huang Q. and Zhang W. 2010. Soil aggregation and organic carbon fractions affected by long-term fertilization in a red soil of subtropical China. *Geoderma*, 154: 364-369.
- Kahlon M.S., Lal R. and Ann-Varughese M. 2013. Twenty two years of tillage and mulching impacts on soil physical characteristics and carbon sequestration in Central Ohio. *Soil and Tillage Research*, 126: 151-158.
- Lou Y., Xu M., Wang W., Sun X. and Liang C. 2011. Soil organic carbon fractions and management index after 20 yr of manure and fertilizer application for greenhouse vegetables. *Soil Use and Management*, 27: 163-169.
- Mosaddeghi M.R., Mahboubi A.A. and Safadoust A. 2009. Short-term effects of tillage and manure on some soil physical properties and maize root growth in a sandy loam soil in western Iran. *Soil and Tillage Research*, 104: 173-179.
- Rogovska N., Laird D.A., Rathke S.J. and Karlen D.L. 2014. Biochar impact on Midwestern Mollisols and maize nutrient availability. *Geoderma*, 230: 340-347.
- Su Y.-Z., Wang F., Suo D.-R., Zhang Z.-H. and Du M.-W. 2006. Long-term effect of fertilizer and manure application on soil-carbon sequestration and soil fertility under the wheat-wheat-maize cropping system in northwest China. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 75: 285-295.
- Tirol-Padre A. and Ladha J. 2004. Assessing the reliability of permanganate-oxidizable carbon as an index of soil labile carbon. *Soil Science Society of America Journal*, 68: 969-978.
- Triplett G. and Dick W.A. 2008. No-tillage crop production: a revolution in agriculture. *Agronomy journal*, 100: 153-165.
- Whitbread A.M., Lefroy R.D.B. and Blair G.J. 1998. A survey of the impact of cropping on soil physical and chemical properties in north-western New South Wales. *Australian journal of Soil Research*, 36: 669-681.
- Yang X., Ren W., Sun B. and Zhang S. 2012. Effects of contrasting soil management regimes on total and labile soil organic carbon fractions in a loess soil in China. *Geoderma*, 177: 49-56.
- Zheng H., Wang Z., Deng X., Herbert S. and Xing B. 2013. Impacts of adding biochar on nitrogen retention and bioavailability in agricultural soil. *Geoderma*, 206: 32-39.
- Zou X.M., Ruan H.H., Fu Y., Yang X.D. and Sha L.Q. 2005. Estimating soil labile organic carbon and potential turnover rates using a sequential fumigation-incubation procedure. *Soil Biology and Biochemistry*, 37: 1923-1928.

#### Evaluation of soil carbon management index and belowground net primary productivity of maize in different tillage and nutrient management systems

E. Mohammadi<sup>1</sup>, H. Asghari<sup>2</sup>, A. Gholami<sup>2</sup>, S. Khorramdel<sup>3</sup>

- 1- PhD student of crop ecology, Shahrood University of Technology (esmat.mohammadi63@gmail.com)
- 2- Associate Professor of Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology
- 3- Assistant Professor of Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad



### Abstracts

In order to evaluate the effect of different tillage and nutrient management systems on carbon management index and belowground net primary productivity, an experiment was conducted as split plot based on randomized complete design. Treatments were tillage systems consisted of (conventional and reduced tillage) and nutrient management consisted of (control, chemical fertilizer, manure, biochar, chemical fertilizer + manure, chemical fertilizer + biochar, manure + biochar). The results showed that manure and biochar improved soil organic carbon and carbon management index. Manure and biochar increased carbon management index 61.4 and 49.38 % compared to control respectively. Belowground net primary productivity was increased in manure and biochar 54.91 and 53.21% compared to control respectively. There was no significant difference between tillage systems. Therefor based on the obtained results, reduced tillage and manure and biochar are recommended for improving of carbon management index and belowground net primary productivity of maize.

**Keywords:** Biochar, Carbon pool index, Lability index, Manure, Reduced tillage