

Investigating the Effect of Three Amendment Materials on Total Soil Organic Carbon Potential and Other Soil Characteristics and Wheat Different Organ

M. Zeinvand¹, A.AlinejadianBidabadi^{2*}, M.Feizian³ and O.Akbarpour⁴

1. Ph.D. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture and Natural resources, Lorestan University, Iran.
2. Assistant Professor Faculty of Agriculture and Natural resources, Soil Science Department, Lorestan University, Khoramabad, Iran.
3. Associate Professor Faculty of Agriculture and Natural resources, Soil Science Department, Lorestan University, Khoramabad, Iran.
4. Assistant Prof., Agronomy and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture and Natural resources, Lorestan University, Iran.

Received: 16 January 2020

Accepted: 1 July 2020

Abstract

Introduction: Due to the use of fossil fuels, land use changes, and deforestation, the atmospheric carbon dioxide increases, which affects greenhouse gas emissions and results in global warming effectively. Since crop production directly depends on the climate, agriculture is one of the first sectors affected by the climate change. Increasing greenhouse gas emissions leads to rising the temperature which has devastating effects on organisms' life, harms natural ecosystems, causes floods, droughts, and disrupts the climate and ecological balance. Total carbon sequestration of soil is the ability of trees and other plants to absorb carbon dioxide from the atmosphere and store it as carbon in wood, roots, leaves, and soil. Total carbon sequestration of plant biomass and total carbon sequestration under this biomass are the simplest and most economically feasible solutions to reduce atmospheric CO₂. In this regard, an experiment was carried out to investigate the effect of three amendment materials (alfalfa residues, wheat straw, and poultry manure) on some soil characteristics and total soil organic carbon potential of wheat organs.

Materials and Methods: To investigate the possibility of improving soil carbon sequestration, carbon content of plant and soil as well as some soil characteristics, an experiment was designed in a randomized complete block design (RCBD) during the crop year 2018-2019, on a farm in Dasht-e Aramou, Dare Shahr-Illam province, in three replications on the wheat plant. Trial factors include the type and amount of amendment materials (alfalfa residues at 5, 10, and 15 t/ha, wheat straw at 5, 10, and 15 t/ha, poultry manure at three levels of 2, 4, and 6 t/ha and chemical fertilizer is 100 percent the fertilizer requirement). The studied traits included root carbon, shoot carbon, root total carbon sequestration, and shoot total carbon sequestration, total carbon sequestration, soil carbon sequestration percentage, total soil carbon sequestration, soil nitrogen, soil phosphorus, soil potassium, soil pH, and soil Electrical Conductivity (EC).

Results and Discussion: The use of amendment materials had a positive effect on most of the studied traits compared to the lack of application of amendment materials. The results showed that the amount of total soil carbon sequestration and the percentage of carbon in shoots were higher than roots. The highest amount of total carbon sequestration, percentage of carbon in plant and soil phosphorus were observed in 6 t/ha poultry manure (M₆) while the highest total soil



carbon sequestration and soil carbon content were obtained in 15 t/ha straw and wheat straw (G₁₅). Also, the highest amount of soil nitrogen and potassium was obtained in 15 t/ha (Y₁₅) alfalfa residues and the lowest amount was found in control treatment which were 47 and 64 percent higher than the control sample, respectively. Contrary to all measured traits, pH and EC values were decreased by increasing soil amendment materials. The highest amount of pH and EC values was obtained in control treatment and lowest amount was observed in 15 t/ha (G₁₅) wheat straw which was 4.4 percent and 50.8 percent lower than the control sample, respectively.

Conclusion: Gradual degradation of organic material increases the efficiency of nutrients, the effect of these compounds on the plant's productions and soil properties for several years. Using high quality plant residues, if combined with optimized management, will have a good result, especially if the timing of the release of nutrients from decomposing plant debris coincides with the need for the crop. Under such circumstances, the time interval between the release of elements from plant residues and absorption of elements by the plant will be reduced and by reducing nutrition elements, it will increase absorption efficiency. In general, the effect of fertilizer type and plant residue on the amount of carbon of the plant and soil as well as the amount of nutrients in the soil is significant at 1% level. Among the different treatments in this study, 6 ton/ha of poultry manure had the most effect on total soil organic carbon and carbon storage in plant organs, and treatment of 15 ton/ha wheat straw had the most effect on total soil carbon sequestration and carbon storage in soil. Alfalfa residues treatment had the most effect on soil phosphorus and potassium content and poultry manure had the most effect on soil nitrogen. Regarding the lower price of plant residues, it is more appropriate than poultry. Due to availability of poultry manure residues in the most parts of the country, it is more recommended to be used compared to other fertilizers.

Key words: *Carbon Sequestration, wheat, amendment materials, soil nitrogen, electrical conductivity*

ارزیابی تاثیر سه مادهی بهساز بر قابلیت کربن اندوزی و دیگر ویژگی های خاک و اندام های مختلف گندم

محمد زینوند^۱، افسانه عالی نژادیان بیدآبادی^{۲*}، محمد فیضیان^۳ و امیدعلی اکبرپور^۴

- ۱- دانشجوی دکتری پیدایش، رده بندی و ارزیابی خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.
 ۲- افسانه عالی نژادیان بیدآبادی، استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.
 ۳- محمد فیضیان، دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.
 ۴- امیدعلی اکبرپور، استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.

تاریخچه مقاله

چکیده

این تحقیق به منظور ارزیابی تاثیر سه ماده بهساز بقایای یونجه، کاه و کلش گندم و کود مرغی بر مقدار کربن اندوزی و مقدار کربن اندام گیاهی و خاک و برخی ویژگی های خاک در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۱۱ تیمار (۲، ۴ و ۶ تن در هکتار کود مرغی، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار بقایای یونجه، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار کاه و کلش گندم، ۱۰۰ درصد نیاز کودی و شاهد) و سه تکرار و در مجموع ۳۳ نمونه، در مزرعه ای واقع در دشت ارمو، شهرستان دره شهر در استان ایلام اجرا شد. نتایج نشان داد مقدار کربن-اندوزی و مقدار کربن در اندام هوایی گیاه نسبت به ریشه بیشتر بود. بیشترین مقدار کربن اندوزی و مقدار کربن در گیاه و بیشترین مقدار فسفر خاک در تیمار ۶ تن در هکتار کود مرغی و بیشترین مقدار کربن اندوزی و مقدار کربن خاک در تیمار ۱۵ تن در هکتار کاه و کلش گندم مشاهده شد. مقدار نیتروژن و پتاسیم در خاک به ترتیب ۴۷ و ۶۴ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. با افزودن مواد بهساز به خاک، مقادیر pH و EC کاهش یافت و بیشترین مقدار در تیمار شاهد و کمترین در تیمار ۱۵ تن در هکتار کاه و کلش گندم مشاهده شد که به ترتیب ۴/۴ و ۸/۵۰ درصد نسبت به شاهد کاهش داشتند. نتایج پژوهش حاضر بیانگر این است که مقدار کربن اندوزی در خاک نسبت به گیاه بیشتر بوده و خاک مهمترین مخزن کربن محسوب می شود.

دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۲۶
 پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۴/۱۱

کلمات کلیدی:
کربن اندوزی،
گندم،
مواد بهساز،
نیتروژن خاک،
هدایت الکتریکی،

* عهده دار مکاتبات

Email:
 alinezhadian.a@lu.ac.ir

مقدمه

انسان به دلیل استفاده از سوخت‌های فسیلی، تغییرات کاربری اراضی و جنگل‌زدایی، به‌طور فزاینده‌ای باعث افزایش دی‌اکسید کربن اتمسفر می‌شود که این تغییرات به‌طور موثر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای اثر می‌گذارد و منجر به گرمایش جهانی می‌شود (۲۱). از آنجا که تولید محصولات زراعی مستقیماً به شرایط اقلیمی وابسته است، کشاورزی یکی از اولین بخش‌هایی است که تحت تاثیر تغییرات اقلیمی قرار می‌گیرد (۴۵). با افزایش گازهای گلخانه‌ای زمین در حال گرم‌تر شدن است و گرم شدن هوا اثرات مخربی بر زندگی موجودات داشته و سبب تخریب اکوسیستم‌های طبیعی، وقوع سیل، خشک‌سالی و برهم خوردن تعادل اقلیمی و اکولوژیکی می‌شود (۱).

کربن‌اندوزی در زیست توده گیاهی و خاک‌هایی که تحت این زیست توده هستند ساده‌ترین و به لحاظ اقتصادی عملی‌ترین راهکار ممکن جهت کاهش CO₂ اتمسفری می‌باشد (۲۳). کربن‌اندوزی فرآیندی است که طی آن دی‌اکسید کربن اتمسفر جذب شده و در بافت‌های گیاهی به صورت هیدرات‌های کربن تجمع و رسوب می‌کند و به عبارت دیگر توانایی درختان و سایر گیاهان برای جذب دی‌اکسید کربن از اتمسفر و ذخیره آن به صورت کربن در چوب، ریشه، برگ و خاک است (۴۱). کربن‌اندوزی به‌عنوان بخشی از چرخه‌ی کربن، واژه‌ای است که برای تشریح تبادل کربن (به اشکال گوناگون مانند دی‌اکسید کربن) میان جو، اقیانوس، زیست‌کره‌ی خشکی و رسوبات زمین‌شناسی به کار رفته و به صورت تبادل اندک بین منابع اتفاق می‌افتد (۳۴).

کربن‌اندوزی در زمین‌های کشاورزی یک گزینه کوتاه مدت است که غلظت دی‌اکسید کربن اتمسفری را کاهش می‌دهد. برخی از روش‌های مدیریتی برای کاهش هدر رفت کربن عبارت است از کاهش شدت شخم، افزایش دوره‌های آیش و تناوب زراعی و همچنین استفاده از محصولات زراعی زمستانه (۴۱).

در کربن‌اندوزی ریزجانداران دی‌اکسید کربن را در ساختار کربنات‌های کلسیم و منیزیم به کار می‌برند و در گیاهان نیز از راه فتوسنتز و تبدیل دی‌اکسید کربن در زیست توده گیاهی، این پدیده رخ می‌دهد (۸). نتایج بررسی‌ها نشان داده که غلظت دی‌اکسید کربن در سال ۱۷۵۰ میلادی حدود ۰/۰۲۷ درصد بوده و در سال ۲۰۱۷ میلادی به ۰/۰۴۰۷ درصد افزایش یافته که منجر به افزایش دمای کره‌ی زمین شده است (۲۹).

محققان (۴۸) در پژوهشی به بررسی مقدار کربن ترسیب شده حاصل از بقایای گیاهی در بوم‌نظام‌های زراعی اروپا پرداختند. نتایج آنها نشان داد که مقدار کربن ترسیب شده برای مناطق مختلف بین ۴۷۰ تا ۳۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. همچنین آنها بیان کردند که تغییر در مقدار اولیه‌ی کربن خاک و نسبت بقایای برگشتی به خاک از مهم‌ترین عوامل موثر در تعیین مقدار کربن‌اندوزی خاک بود (۴۸). پژوهش‌گران (۱۰) در تحقیقی به بررسی میانگین ورودی کربن برای گیاهان زراعی رایج در کشور کانادا پرداختند. یافته‌های آنها نشان داد که مقدار ورودی کربن برای گیاه گندم برابر با ۱۳۷ و برای گیاه یونجه حدود ۲۰۰ گرم کربن در متر مربع در سال بود (۱۰). نتایج مطالعه‌ای (۲۶) که به بررسی مقدار توانایی کربن‌اندوزی پوشش درختی و خاک حاشیه بزرگراه در زیست‌بوم جنگلی زاگرس پرداخت، نشان داد که بیشترین کربن‌اندوزی در حاشیه‌ی بزرگراه مربوط به درختان بود. همچنین در این پژوهش مشخص شد که کربن آلی خاک با نیتروژن و درصد شن رابطه مثبت معنی‌دار و با pH، درصد سیلت و رس خاک رابطه‌ی منفی معنی‌داری داشت (۲۶).

مدیریت بقایای گیاهی به صورت مستقیم و غیرمستقیم بر کیفیت خاک اثر می‌گذارد (۳۰). رولدان و همکاران^۱ (۴۳) نشان دادند که استفاده از سیستم کشاورزی بدون خاک‌ورزی همراه با مقادیر متوسط بقایای گیاهی (۳۳ درصد) و کاشت گونه‌های بقولات به سرعت ویژگی‌های

ترکیب‌های آلی می‌توانند مقداری از پتاسیم از دست رفته خاک را جبران کنند. با توجه به این که پتاسیم در ترکیب‌های آلی به شکل معدنی وجود دارد، افزودن این ترکیب‌ها به خاک سبب رهاسازی مقدار زیادی پتاسیم به محلول خاک می‌شود (۲۷). لی و همکاران (۳۱) گزارش کردند که کاربرد بقایای گیاهی مختلف به تعدادی از خاک‌های آهکی سبب افزایش آزادسازی پتاسیم خاک تا ۷۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم شد.

با توجه به اهمیت افزودن بقایای گیاهی به خاک، این پژوهش با هدف مقایسه‌ی مواد بهساز آلی (کود مرغی، بقایای یونجه و کاه و کلش گندم) بر مقدار کربن‌اندوزی خاک و اندام گیاه گندم، درصد کربن خاک و بررسی تأثیر آن بر ویژگی‌ها و برخی عناصر موجود در خاک، اجرا شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به منظور بررسی تغییرات مقدار کربن آلی خاک و اندام گیاه گندم تحت تاثیر تیمارهای مواد بهساز در فصل پاییز سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه‌ای واقع در منطقه دشت ارمو، شهرستان دره‌شهر - استان ایلام با مختصات جغرافیایی بین طول‌های ۴۷ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی و عرض‌های ۳۳ درجه و ۵ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۱۰ دقیقه شمالی و با متوسط ۶۶۰ متر ارتفاع از سطح دریا اجرا شد. بافت خاک مزرعه (با ۲۱ درصد شن، ۴۴ درصد سیلت و ۳۵ درصد رس)، لوم رسی گزارش شد. میانگین دمای روزانه هوا بر حسب درجه سلسیوس ۲۱/۳، متوسط دمای حداقل ۱۳/۵ و متوسط دمای حداکثر ۲۹/۲ سلسیوس، تبخیر سالیانه حدود ۲۶۵۵ میلی‌متر و میانگین مجموع بارندگی ۴۱۷/۱ میلی‌متر می‌باشد. منطقه مورد مطالعه از نظر حرارتی و رطوبتی به ترتیب دارای رژیم حرارتی ترمیک (Thermic) و رژیم رطوبتی زیریک (Xeric) است و رده بندی خاک مورد مطالعه Fine Loamy Carbonatic Mesic Vertic Calcixerollic می‌باشد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، با ۱۱ تیمار (کود مرغی به مقدار دو تن در هکتار (BM2)،

کیفی خاک را بهبود می‌بخشد. نتایج بررسی‌های لی و همکاران^۱ (۳۱) نشان داد که لایه‌ی کاه دفن شده سبب افزایش شستن نمک شده و تجمع نمک را در محدوده ریشه کنترل کرد. در پژوهشی (۲۲) نیز مزایای دیگری برای دفن لایه کاه از جمله کاهش pH خاک، کاهش چگالی ذرات و بهبود ظهور سریع تر گیاهچه در عمق خاک را بیان نمودند (۲۲).

برای افزایش مقدار مواد غذایی در دسترس گیاهان معمولاً از کود استفاده می‌شود. استفاده زیاد از کودهای غیر آلی علاوه بر کاهش کیفیت خاک، افزایش هزینه‌های تولید محصول و اثرات سوء زیست محیطی را به دنبال خواهد داشت (۲۰). مخلوط شدن بقایای گیاهی با خاک سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، حفظ حاصلخیزی (البته نه در دراز مدت) و رطوبت خاک، کاهش فرسایش و تبخیر بیش از اندازه می‌شود (۶).

موهر و همکاران^۲ (۳۶) بیان کردند که مخلوط کردن بقایای گیاهی با خاک در مقایسه با برجای گذاشتن بقایای گیاهی مقدار مواد آلی را افزایش می‌دهد. نتایج پژوهش سینگ و دویدی^۳ (۴۷) که به بررسی اثرات مدیریت نیتروژن و نگهداری بقایای برنج بر کشت مستقیم گندم پرداختند، نشان داد که مقدار نیتروژن مورد نیاز به همراه حفظ بقایا در این نوع کشت ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. بررسی تاثیر گیاهان شبدر قرمز، یونجه معمولی، ماشک و یولاف بر مقدار نیتروژن قابل جذب از نظر بیولوژیکی نشان داده است که استفاده از یونجه به عنوان کود سبز، مقدار نیتروژن خاک را به‌طور چشمگیری افزایش داده و باعث افزایش مقدار پروتئین بذر گندم در کشت بعدی شده است (۳۷).

کاربرد بقایای گیاهی در خاک یک روش مناسب برای نگهداری ماده آلی خاک، بهسازی خاک‌های فرسوده و تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان است (۱۱).

- 1- Li *et al.*
- 2- Mohr *et al.*
- 3- Singh and Diwivedi

کود اوره (هر کرت به مساحت ۴ متر مربع ۱۰۰ گرم اوره) استفاده شد. ۵۰ گرم این کود زمان کاشت به صورت دست‌پاش و یکنواخت و ۵۰ گرم دو ماه پس از کاشت به صورت سرک به کار رفت. برای عنصر فسفر ۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل (هر کرت به مساحت ۴ متر مربع ۲۰ گرم سوپرفسفات تریپل) به طور یک جا قبل از کاشت استفاده شد. برای عنصر پتاسیم نیز ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (هر کرت به مساحت ۴ متر مربع ۴۰ گرم سولفات پتاسیم) به طور یک جا استفاده شد.

پس از کاربرد کود در مزرعه در تاریخ ۳ آبان ماه ۱۳۹۷، گندم رقم سیروان کشت و در تاریخ ۲۳ اردیبهشت ماه ۱۳۹۷ با دوره رشد ۲۰۰ روزه برداشت صورت گرفت.

به منظور تعیین چگالی، نمونه‌های خاک به صورت دست‌نخورده با استفاده از استوانه‌های فلزی با قطر ۵/۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۴/۵ سانتی‌متر از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک تهیه شد. خاک درون استوانه به مدت ۲۴ ساعت در دمای 105°C گرمخانه قرار داده شد و پس از خشک شدن نمونه‌ها وزن آن اندازه‌گیری و با استفاده از فرمول (۱) چگالی محاسبه شد (علیزاده، ۱۳۸۸).

$$\rho b = \frac{M_s}{V_t} \quad \text{فرمول ۱}$$

که M_s جرم خاک خشک بر حسب گرم، V_t حجم کل نمونه خاک (cm^3) و ρb چگالی بر حسب g/cm^3 می‌باشد.

برای تعیین مقدار کربن آلی خاک از روش والکلی-بلاک استفاده شد (۴). اندازه کربن‌اندوزی بر حسب گرم در هر مترمربع از فرمول (۲) برآورد شد (۲۹).

$$\text{CC} = 1000 \times \text{OC} (\%) \times \rho b \times e \quad \text{فرمول ۲}$$

که در رابطه ذکر شده CC مقدار کربن‌اندوزی (g/m^2)، OC درصد کربن آلی، ρb = چگالی ظاهری (g/cm^3) و e = عمق نمونه برداری (cm) می‌باشد.

چهار تن در هکتار (BM4)، شش تن در هکتار (BM6)، کاه و کلش گندم به مقدار پنج تن در هکتار (BG5)، ۱۰ تن در هکتار (BG10)، ۱۵ تن در هکتار (BG15)، بقایای یونجه به مقدار پنج تن در هکتار (BY5)، ۱۰ تن در هکتار (BY10)، ۱۵ تن در هکتار (BY15)، کود شیمیایی به مقدار ۱۰۰ درصد نیاز کودی (BCh3) و شاهد (BS) و در سه تکرار و در مجموع در ۳۳ کرت به ابعاد ۲×۲ متر و فاصله بین کرت‌ها از جهت طولی و عرضی یک متر و فاصله بلوک‌ها ۲ متر اجرا شد.

خاک مورد آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری مزرعه تهیه و سپس در معرض هوا خشک شد. برخی ویژگی‌های خاک مانند pH گل اشباع، هدایت الکتریکی خاک در عصاره گل اشباع به ترتیب با pH متر دیجیتال مدل ۷۴۴ (Metrohm) و هدایت‌سنج دیجیتال 7 Sension (HACH)، مواد آلی خاک به روش اکسیداسیون تر، نیتروژن کل خاک با دستگاه کج‌لدال (Behr labor-Technik)، فسفر قابل جذب به روش اولسن و با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل UV7500 (Techcomp)، پتاسیم قابل جذب با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر مدل ۴۱۰ (Corning)، غلظت قابل جذب عناصر کم مصرف خاک پس از عصاره‌گیری نمونه‌ها با DTPA با دستگاه جذب اتمی (GBC 932 Plus Atomic Absorption Spectrometer)، و بافت خاک به روش هیدرومتر اندازه‌گیری شدند (جدول ۱). کاه و کلش گندم و بقایای یونجه و کود مرغی از مزارع شهرستان دره شهر تهیه و آنالیز شد (جدول ۲).

پس از شخم نسبتاً عمیق مزرعه آزمایشی، در کرت‌های مورد نظر مطابق با نقشه آزمایش مواد بهساز به مقدار مشخص به کار برده شد و به صورت یکنواخت و دقیق در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط شد. باتوجه به تجزیه‌ی خاک و برآورد نیاز کودی مزرعه قبل از کشت در کرت‌هایی که کود شیمیایی دریافت می‌کردند (۱۰۰ درصد نیاز کامل)، برای عنصر نیتروژن ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار

جدول (۱) برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک
Table (1) Some physical and chemical characteristics of soil

مشخصات خاک Soil profile	هدایت الکتریکی EC	اسیدیته pH	کربن آلی OC	نیتروژن N	پتاسیم K	فسفر P	روی Zn	منگنز Mn	آهن Fe	مس Cu	چگالی ρ_b	شن Sand	رس Clay	لوم loam	بافت خاک Soil texture
واحد unit	(dS/m)	-	%	mg.kg ⁻¹					g/cm ³	%		-			
مقدار amount	1.92	7.65	1.52	0.147	163	13.8	0.87	9.74	6.25	1.23	1.26	21	35	44	Clay Loam

جدول (۲) نتایج تجزیه مواد بهساز
Table (2) Some properties of decomposition of materials

مشخصات profile	هدایت الکتریکی EC	اسیدیته pH	کربن آلی OC	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	روی Zn	منگنز Mn	آهن Fe
واحد unit	(dS/m)	-	%			ppm			
کاه و کلش گندم Wheat straw	0.91	7.32	22.99	0.96	0.25	1.02	19.66	57.81	66.21
بقایای یونجه Alfalfa residue	1.03	7.81	24.44	1.24	0.32	1.44	41.06	102.69	124.27
کود مرغی Poultry manure	8.27	7.76	38.59	2.06	0.75	2.37	102.58	711.43	351.189

کربن اندوزی بر حسب کیلوگرم بر هکتار بدست آمد (آذرینوند و همکاران، ۱۳۸۸).

فرمول ۴ $OC=0.5 OM$

که در آن OC کربن آلی، OM ماده آلی

فرمول ۵ $RC=OC/Wp$

که در آن RC ضریب تبدیل اندام گیاهی به کربن آلی،

Wp وزن نمونه (گرم)

فرمول ۶ $CS= RC \times Wp$

که در آن CS مقدار کربن اندوزی می‌باشد.

در پایان آزمایش، تأثیر استفاده از مواد بهساز بر صفات مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار SAS(9.2) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و جهت مقایسه‌ی میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین مقدار کربن-اندوزی در اندام‌های گیاهی و خاک در جداول ۳ و ۴ نشان داده شده است.

اثر مواد بهساز بر کربن اندوزی گیاه گندم

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مقدار کربن اندوزی نسبت به تیمار شاهد روند افزایشی داشت که متناسب با افزایش در مقادیر کاربرد مواد بهساز بود (جدول ۳ و ۴). کاربرد مواد بهساز (بقایای یونجه، کاه و کلش گندم، کود مرغی و کود شیمیایی) در همه‌ی تیمارها بر مقدار کربن-اندوزی ریشه و اندام هوایی و کل گیاه در سطح یک درصد اثر معنی‌داری داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین مقدار کربن اندوزی ریشه در تیمار ۶ تن در هکتار کود مرغی (M_6) (۱۶۵/۳۵ کیلوگرم در هکتار) و کمترین در تیمار شاهد (۱۲۱/۱۶ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. بیشترین مقدار کربن اندوزی اندام هوایی در تیمار ۱۰ تن در هکتار کاه و کلش گندم (G_{10}) به مقدار (۲۵۱۱/۰۳ کیلوگرم در هکتار) و کمترین در تیمار شاهد (۱۸۹۶/۱۳ کیلوگرم در هکتار) و بیشترین مقدار کربن-

برای اندازه‌گیری مقدار کربن گیاه، اقدام به برداشت نمونه‌هایی از اندام‌های هوایی و زیرزمینی تا عمق نفوذ ریشه خواهد شد. نمونه‌های گیاهی به آزمایشگاه منتقل می‌گردد و میزان کربن اندوزی در آنها مشخص خواهد شد (محمودی طالقانی و همکاران، ۱۳۸۶). به منظور تعیین ضریب تبدیل میزان ترسیب کربن اندام‌های هوایی و ریشه به کربن آلی، از روش احتراق (۱) استفاده خواهد شد. بدین صورت که اندام‌های هوایی و ریشه بعد از خشکاندن در دستگاه اتو در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت، به مدت سه ساعت در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد داخل کوره احتراق قرار خواهد گرفت. نمونه‌ها پس از خنک شدن در دستگاه دسیکاتور توزین می‌گردد. با تعیین وزن خاکستر و با دست داشتن وزن اولیه، میزان ماده آلی نمونه‌ها محاسبه و با استفاده از فرمول (۳) میزان کربن آلی ریشه و اندام هوایی محاسبه خواهد شد.

فرمول ۳ $OM=1.724 OC$

که در آن OC: درصد کربن آلی و OM درصد مواد آلی می‌باشد.

به منظور تعیین ضریب تبدیل کربن اندام هوایی و زیر زمینی به کربن آلی، از روش احتراق استفاده شد (۲۳؛۱). به همین منظور نمونه‌های گیاهی که در آون خشک شده بودند آسیاب شدند و از هرگونه ۳ نمونه ۵ گرمی تهیه شد. سپس، این نمونه‌ها توزین شدند و در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت قرار گرفتند. نمونه‌ها (مواد آلی یا خاکستر) بعد از خروج از کوره الکتریکی و خنک شدن، از طریق دسیکاتور وزن شدند. سپس بر اساس فرمول (۴) میزان کربن آلی (گرم) در هر کدام از اندام‌های گیاه به صورت جداگانه محاسبه شد. در نهایت با در دست داشتن وزن اولیه (۵ گرم) و میزان کربن آلی، بر اساس فرمول ۵، ضریب تبدیل کربن آلی بر اندام هوایی و زیر زمینی محاسبه شد (۱). با ضرب ضریب تبدیل کربن آلی در وزن تر اندام هوایی و زیرزمینی هرگونه با توجه به فرمول ۶ وزن کل کربن اندوزی بدست آمد (گرم بر متر مربع) و با ضرب عدد بدست آمده در ۱۰، میزان

احتمالاً وجود بافت خشبی تر ساقه و همچنین عملکرد بالاتر آن در مقایسه با سایر اندام‌های گیاهی موجب افزایش پتانسیل کربن‌اندوزی آن شده است. بدین ترتیب به نظر می‌رسد که اندام‌های با بافت چوبی‌تر از توان بیشتری در کربن‌اندوزی برخوردار بوده و افزایش کربن‌اندوزی نسبت به اندام هوایی چوبی، ارتقاء توان کربن‌اندوزی را به دنبال دارد (۲۱).

اندوزی کل گیاه در تیمار M₆ (۲۷۰۶/۵ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار در تیمار شاهد (۲۰۱۷/۹ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (جدول ۴). اگرچه بافت ریشه به ظاهر خشبی‌تر از ساقه و اندام هوایی است، ولی به نظر می‌رسد که وجود ترشحات ریشه‌ای (۱۴) و همچنین نسبت کمتر کربن به نیتروژن (۴۴) ریشه موجب کاهش کربن‌اندوزی این بافت در مقایسه با ساقه شده است. از طرف دیگر

جدول (۳) تجزیه واریانس (کمیت F) اثر مواد بهساز بر کربن‌اندوزی اندام گندم و خاک

Table (3) Analysis of variance (F value) of effect of amendment materials on total soil and wheat organs carbon sequestration

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	F				
		کربن‌اندوزی اندام هوائی shoot total carbon sequestration	کربن‌اندوزی ریشه Root total carbon sequestration	کربن‌اندوزی کل گیاه total carbon sequestration	کربن‌اندوزی خاک Soil total carbon sequestration	عملکرد دانه گندم (تن در هکتار) Wheat grain yield(t.ha ⁻¹)
تکرار Replication	2	15.37**	22.89**	22.41**	9347.51***	2212**
تیمار Treatment	10	0.61**	1.06**	1.06**	13.63**	119246**
ضرب تغییرات C.V.	-	4.15	3.31	3.35	0.91	

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد

جدول (۴) مقایسه میانگین مقدار کربن‌اندوزی اندام گندم و خاک در تیمارهای مختلف

Table (4) Comparison of average total soil and wheat organs carbon sequestration in different treatments

تیمار Treatment	کربن‌اندوزی ریشه (کیلوگرم در هکتار) Root total carbon sequestration (kg.ha ⁻¹)	کربن‌اندوزی اندام هوایی (کیلوگرم در هکتار) Shoot total carbon sequestration (kg.ha ⁻¹)	کربن‌اندوزی کل گیاه (کیلوگرم در هکتار) Total carbon sequestration (kg.ha ⁻¹)	کربن‌اندوزی خاک (تن در هکتار) Total soil carbon sequestration (t.ha ⁻¹)	عملکرد دانه گندم (تن در هکتار) Wheat grain yield(t.ha ⁻¹)
M2	149.95 ^{bc}	2279.1 ^{cd}	2429 ^{cd}	13.49 ^g	4.82 ^g
M4	158.08 ^b	2435.43 ^{ab}	2594.1 ^{ab}	19.91 ^d	7.52 ^c
M6	165.35 ^a	2540.53 ^a	2706.5 ^a	23.32 ^b	8.52 ^b
G5	146.39 ^c	2321.43 ^{bc}	2468.5 ^d	10.63 ^h	4.50 ^h
G10	163.31 ^a	2511.03 ^a	2674.23 ^b	17.62 ^e	5.22 ^e
G15	160.42 ^a	2523.5 ^a	2684.53 ^a	26.16 ^a	4.32 ⁱ
Y5	139.52 ^{cd}	2214.97 ^{cd}	2355.13 ^{cd}	9.35 ⁱ	5.02 ^f
Y10	143.71 ^c	2183.07 ^d	2327.43 ^d	16.08 ^f	6.52 ^d
Y15	144.92 ^c	2224.33 ^{cd}	2369.9 ^{cd}	20.35 ^c	9.02 ^a
Ch	130.49 ^d	2022.33 ^e	2152.83 ^e	6.85 ^j	4.82 ^g
S	121.16 ^e	1896.13 ^e	2017.9 ^e	0.76 ^k	4.32 ⁱ

در هر ستون، میانگین‌هایی دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال یک درصد با آزمون دانکن! تفاوت معنی‌داری ندارند.

M₂: دو تن در هکتار، M₄: چهار تن در هکتار، M₆: شش تن در هکتار کود مرغی؛ G₅: پنج تن در هکتار، G₁₀: ۱۰ تن در هکتار، G₁₅: ۱۵ تن در هکتار کاه و کلش گندم؛ Y₅: پنج تن در هکتار، Y₁₀: ۱۰ تن در هکتار، Y₁₅: ۱۵ تن در هکتار بقایای یونجه؛ Ch₃: ۱۰۰ درصد نیاز کودی شیمیایی، S: شاهد

مواد بهساز (بقایای یونجه، کاه و کلش گندم، کود مرغی و کود شیمیایی) در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر مواد بهساز بر مقدار کربن خاک در جدول (۷) نشان داده شده است.

بیشترین و کمترین مقدار کربن خاک به مقدار ۱/۰۳ و ۰/۳۱ تن در هکتار به ترتیب در تیمار ۱۵ تن در هکتار کاه و کلش گندم (G15) و تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۷).

با توجه به این که در اکثر مناطق کشور بعد از برداشت محصول، بقایای گیاهی که بیشتر شامل کاه و کلش باقی مانده از گیاهان می‌باشد، به صورت علفه مورد چرا قرار داده شده و یا سوزانده می‌شوند، بنابراین مقدار ورودی واقعی کربن به خاک کاهش می‌یابد. مقدار کربن خاک، حاصل برهمکنش نوع بقایای گیاهی و ستاده‌های تجزیه میکروبی و آشبویی است که به نوبه خود با گذشت زمان، در اثر اقلیم، رژیم‌های خاکی، ترکیب گیاه و ریزجانداران تغییر می‌یابد (۵۰).

اثر مواد بهساز بر چگالی خاک

نتایج مقایسه میانگین اثر مواد بهساز بر چگالی در جدول (۷) نشان داده شده است. مقدار چگالی خاک در اثر کاربرد مواد بهساز (بقایای یونجه، کاه و کلش گندم، کود مرغی و کود شیمیایی) در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۳). بیشترین و کمترین مقدار چگالی خاک به مقدار ۱/۲۶ و ۱/۱۳ تن در هکتار به ترتیب در تیمار کود شیمیایی و ۱۵ تن در هکتار بقایای یونجه (Y15) مشاهده شد (جدول ۷).

مصرف کود مرغی و بقایای یونجه باعث افزایش تخلخل کل شده و در نتیجه چگالی خاک در اثر کاربرد منابع آلی کاهش پیدا می‌کند. درحقیقت به کارگیری کودهای آلی در خاک، با افزایش درصد منافذ خاک، باعث کاهش چگالی خاک می‌شود (۳). کاهش چگالی و در نتیجه افزایش خلل و فرج و بهبود خاصیت نگهداری آب در خاک و سایر خواص فیزیکی خاک، از مزایای مصرف کودهای آلی است. در پژوهشی (۲۵) کود گاوی و کمپوست، چگالی را نسبت به دو منبع دیگر (کود مرغی و گوسفندی) به طور معنی داری کاهش دادند (۲۵).

نتایج مطالعات جعفریان و طایفه سید علیخانی^۱ (۲۸) نشان داد که اندام‌های مختلف گندم از نظر کربن اندوزی با هم اختلاف معنی داری دارند و سنبله بیشترین و ریشه کمترین مقدار کربن اندوزی را انجام می‌دهند. نتایج مطالعات جاثو و همکاران^۲ (۲۴) و یانگ ژاو^۳ (۵۴) نشان داد مقدار کربن اندوزی در بیوماس هوایی بیشتر از بیوماس زیرزمینی یونجه بود. فروزه و همکاران (۲۳) پتانسیل کربن اندوزی اندام‌های سه گونه گل آفتابی، سیاه کینه و درمنه دشتی را از نظر آماری متفاوت گزارش نمودند که در مقایسه با اندام‌های مختلف هوایی و زیر زمینی، ساقه‌ها بالاترین توان و برگ‌ها کمترین توانمندی را در کربن اندوزی به خود اختصاص داده بودند. طبق نتایج بدست آمده مقدار ذخیره کربن در اندام هوایی نسبت به ریشه بیشتر بود که این نتایج با یافته‌های مطالعه (۲۴) مطابقت نشان داد.

اثر مواد بهساز بر مقدار کربن و ضریب تبدیل گیاه

کاربرد مواد بهساز در همه‌ی تیمارها بر مقدار کربن و ضریب تبدیل ریشه و اندام هوایی گندم در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۵). مواد بهساز باعث افزایش مقدار کربن و ضریب تبدیل ریشه و اندام هوایی گندم نسبت به شاهد شد (جدول ۵ و ۶). نتایج ضریب تبدیل نشان داد که اندام هوایی نسبت به ریشه ضریب تبدیل بیشتری (۲۳ درصد) دارند. بیشترین مقدار کربن و ضریب تبدیل ریشه و اندام هوایی گندم در ابتدا و انتهای دوره رشد در تیمار ۱۵ تن در هکتار کاه و کلش گندم و کمترین مقدار در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۶).

توزیع کربن بیوماس کل نشان داد که مقدار کربن در بیوماس‌های هوایی بیش از ریشه‌ها بود که این یافته با نتایج مطالعات جاثو و همکاران (۲۴) و یانگ ژانگ (۵۴) که نشان دادند مقدار کربن اندوزی در بیوماس هوایی بیشتر از بیوماس زیرزمینی است مطابقت دارد. نتایج مطالعه جعفریان و طایفه سید علیخانی (۲۸) نیز نمایانگر بالاتر بودن ضرایب تبدیل اندام‌های هوایی در مقایسه با ریشه گندم بود.

اثر مواد بهساز بر مقدار کربن خاک

نتایج مقایسه میانگین اثر مواد بهساز بر مقدار کربن خاک در جدول (۷) نشان داده شده است. مقدار کربن خاک در اثر کاربرد

1- Jafarian and Tayefeh Seyyed Alikhani

2- Gao *et al.*

3- Yong Zhong

جدول (۵) تجزیه واریانس (کمیت F) مقدار کربن و ضریب تبدیل ریشه و اندام هوایی گندم

Table (5) Analysis of variance (F value) of carbon content, conversion coefficient of root and shoot of wheat

تیمار	ابتدای دوره رشد				انتهای دوره رشد			
	Beginning of growth period		End of growth period		Beginning of growth period		End of growth period	
	ریشه Root	اندام هوایی Shoot	ریشه Root	اندام هوایی Shoot	ریشه Root	اندام هوایی Shoot	ریشه Root	اندام هوایی Shoot
ضریب تبدیل Conversion coefficient	مقدار کربن Carbon content	ضریب تبدیل Conversion coefficient	مقدار کربن Carbon content	ضریب تبدیل Conversion coefficient	مقدار کربن Carbon content	ضریب تبدیل Conversion coefficient	مقدار کربن Carbon content	
M2	0.0830 ^e	41.52 ^e	0.1029 ^f	51.47 ^f	0.0906 ^e	45.32 ^e	0.1114 ^f	55.72 ^f
M4	0.0847 ^d	42.35 ^d	0.1039 ^d	51.96 ^d	0.0923 ^d	46.14 ^d	0.1126 ^d	56.3 ^d
M6	0.0862 ^c	43.08 ^c	0.1054 ^b	52.68 ^b	0.0939 ^b	46.96 ^b	0.1140 ^b	56.99 ^b
G5	0.0827 ^f	41.36 ^f	0.1030 ^e	51.51 ^e	0.0901 ^f	45.05 ^f	0.1116 ^e	55.79 ^e
G10	0.0862 ^b	43.1 ^b	0.1053 ^c	52.63 ^c	0.0939 ^c	46.94 ^c	0.1139 ^c	56.94 ^c
G15	0.0900 ^a	44.99 ^a	0.1100 ^a	54.99 ^a	0.0978 ^a	48.9 ^a	0.1190 ^a	59.51 ^a
Y5	0.0827 ^g	41.35 ^g	0.1029 ^f	51.44 ^g	0.0901 ^g	45.03 ^g	0.1114 ^g	55.69 ^g
Y10	0.0823 ⁱ	41.14 ⁱ	0.1025 ^h	51.27 ⁱ	0.0898 ⁱ	44.9 ⁱ	0.1111 ⁱ	55.55 ⁱ
Y15	0.0823 ^h	41.16 ^h	0.1027 ^g	51.35 ^h	0.0899 ^h	44.93 ^h	0.1113 ^h	55.65 ^h
Ch	0.0804 ^j	40.19 ^j	0.0998 ⁱ	49.88 ^j	0.0874 ^j	43.68 ^j	0.1083 ^j	54.14 ^j
S	0.0762 ^k	38.11 ^k	0.0940 ^j	47.01 ^k	0.0802 ^k	40.1 ^k	0.0983 ^k	49.15 ^k

ns و * به ترتیب غیر معنی داری، معنی داری در سطح احتمال پنج درصد و معنی داری در سطح احتمال یک درصد

و نگهداری کلش گندم در سطح خاک باعث افزایش فعالیت کربن خاک شد که به دنبال آن کاهش چگالی خاک رخ داد. یافته‌های میرزایی و همکاران^۲ (۳۵) نیز تاثیر معنی دار کود مرغی بر کاهش چگالی خاک را نشان داد. آن‌ها بیان نمودند که چگالی خاک با مصرف کودهای آلی به دلیل کربن آلی بالاتر و افزایش زیتوده ریشه که تهویه بهتر خاک و بهبود ساختمان خاک را در پی داشت، کاهش یافت.

2- Mirzaei et al.

نتایج مطالعه‌ای که به بررسی اثرات بقایای گیاهی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک انجام گرفت، نشان داد که چگالی خاک در نتیجه افزایش توأم تخلخل و پایداری ساختمان خاک، کاهش می‌یابد (۱۸). عقیلی و همکاران (۱۳۹۰) نشان دادند که بیشترین چگالی خاک مربوط به تیمار کود شیمیایی بوده و وجود مواد آلی در خاک، چگالی را به دلیل فرآیندهای متفاوت از قبیل رقیق سازی، خاکدانه سازی و الاستیسیته کاهش می‌دهد. همچنین ژانگ و همکاران^۱ (۵۵) گزارش کردند که افزودن بقایای گیاهی

1- Zhang et al.

جدول (۶) مقایسه میانگین مقدار کربن و ضریب تبدیل ریشه و اندام هوایی گندم
 Table (6) Comparison of average carbon content, conversion coefficient of root and shoot of wheat

تیمار	ابتدای دوره رشد				انتهای دوره رشد			
	Beginning of growth period				End of growth period			
	ریشه		اندام هوایی		ریشه		اندام هوایی	
Root	Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	
ضریب تبدیل	مقدار	ضریب تبدیل	مقدار	ضریب تبدیل	مقدار	ضریب تبدیل	مقدار	
Conversion coefficient	کربن	Conversion coefficient	کربن	Conversion coefficient	کربن	Conversion coefficient	کربن	
	Carbon content		Carbon content		Carbon content		Carbon content	
M2	0.0830 ^e	41.52 ^e	0.1029 ^f	51.47 ^f	0.0906 ^e	45.32 ^e	0.1114 ^f	55.72 ^f
M4	0.0847 ^d	42.35 ^d	0.1039 ^d	51.96 ^d	0.0923 ^d	46.14 ^d	0.1126 ^d	56.3 ^d
M6	0.0862 ^c	43.08 ^c	0.1054 ^b	52.68 ^b	0.0939 ^b	46.96 ^b	0.1140 ^b	56.99 ^b
G5	0.0827 ^f	41.36 ^f	0.1030 ^e	51.51 ^e	0.0901 ^f	45.05 ^f	0.1116 ^e	55.79 ^e
G10	0.0862 ^b	43.1 ^b	0.1053 ^c	52.63 ^c	0.0939 ^c	46.94 ^c	0.1139 ^c	56.94 ^c
G15	0.0900 ^a	44.99 ^a	0.1100 ^a	54.99 ^a	0.0978 ^a	48.9 ^a	0.1190 ^a	59.51 ^a
Y5	0.0827 ^g	41.35 ^g	0.1029 ^f	51.44 ^g	0.0901 ^g	45.03 ^g	0.1114 ^g	55.69 ^g
Y10	0.0823 ⁱ	41.14 ⁱ	0.1025 ^h	51.27 ⁱ	0.0898 ⁱ	44.9 ⁱ	0.1111 ⁱ	55.55 ⁱ
Y15	0.0823 ^h	41.16 ^h	0.1027 ^g	51.35 ^h	0.0899 ^h	44.93 ^h	0.1113 ^h	55.65 ^h
Ch	0.0804 ^j	40.19 ^j	0.0998 ⁱ	49.88 ^j	0.0874 ^j	43.68 ^j	0.1083 ^j	54.14 ^j
S	0.0762 ^k	38.11 ^k	0.0940 ^j	47.01 ^k	0.0802 ^k	40.1 ^k	0.0983 ^k	49.15 ^k

در هر ستون، میانگین‌هایی دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال یک درصد با آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

M2: دو تن در هکتار، M4: چهار تن در هکتار، M6: شش تن در هکتار کود مرغی؛ G5: پنج تن در هکتار، G10: ۱۰ تن در هکتار، G15: ۱۵ تن در هکتار کاه و کلش گندم؛ Y5: پنج تن در هکتار، Y10: ۱۰ تن در هکتار، Y15: ۱۵ تن در هکتار بقایای یونجه؛ Ch3: ۱۰۰ درصد نیاز کودی شیمیایی، S: شاهد

اثر مواد بهساز بر مقدار کربن اندوزی خاک

نتایج مقایسه میانگین اثر مواد بهساز بر مقدار کربن -

اندوزی خاک در جدول (۷) نشان داده شده است.

مقدار مقدار کربن اندوزی خاک در اثر کاربرد مواد بهساز (بقایای یونجه، کاه و کلش گندم، کود مرغی و کود شیمیایی) در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین و کمترین مقدار مقدار کربن اندوزی خاک به مقدار ۲۶/۱۶ و ۰/۷۶ تن در هکتار به ترتیب در تیمار ۱۵ تن در هکتار کاه و کلش گندم (G15) و تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۷).

دیناکارم و کریشنایا^۱ (۱۷) معتقدند که نوع پوشش تاثیر

معنی‌داری بر کربن اندوزی خاک می‌گذارد، به طوری که تغییر در مقدار کربن اندوزی خاک، به مقدار ورودی کربن به خاک از راه بقایای گیاهی و هدر رفت کربن از راه تجزیه بستگی دارد. بنابراین در چنین شرایطی، برگشت بقایا به خاک منجر به ورود کربن بیشتری به خاک شد و به دنبال آن، کربن اندوزی در سطوح بالای مصرف کود افزایش یافت. با توجه به اینکه تقریباً ۴۵ درصد بقایای گیاهی شامل کربن می‌باشد، حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک سبب افزایش مقدار کربن اندوزی در خاک نسبت به شرایط عدم حفظ بقایا شد (۱۰).

جدول (۷) مقایسه میانگین مقدار کربن، چگالی و کربن اندوزی خاک تحت تاثیر مواد بهساز

Table (7) Comparison of average carbon content, density and total soil carbon sequestration under the effect of amendment materials

تیمار Treatment	عمق خاک (سانتی متر) Depth of soil (cm)	چگالی (گرم بر سانتی متر مکعب) (Bulk density g/cm ³)	مقدار کربن (%) (%) Carbon content	کربن اندوزی خاک (تن در هکتار) Total soil organic carbon
M2	30	1.19 ^c	0.47 ^e	13.49 ^e
M4	30	1.17 ^e	0.68 ^d	19.91 ^d
M6	30	1.15 ^f	0.82 ^b	23.32 ^b
G5	30	1.18 ^d	0.4 ^h	10.63 ^h
G10	30	1.14 ^e	0.67 ^e	17.62 ^e
G15	30	1.09 ^g	1.03 ^a	26.16 ^a
Y5	30	1.18 ^d	0.37 ⁱ	9.35 ⁱ
Y10	30	1.17 ^e	0.57 ^f	16.08 ^f
Y15	30	1.13 ^h	0.77 ^c	20.35 ^c
Ch	30	1.26 ^a	0.18 ^j	6.85 ^j
S	30	1.25 ^b	0.31 ^k	0.76 ^k

در هر ستون، میانگین‌هایی دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال یک درصد با آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.
M₂: دو تن در هکتار، M₄: چهار تن در هکتار، M₆: شش تن در هکتار کود مرغی؛ G₅: پنج تن در هکتار، G₁₀: ۱۰ تن در هکتار، G₁₅: ۱۵ تن در هکتار کاه و کلش گندم؛ Y₅: پنج تن در هکتار، Y₁₀: ۱۰ تن در هکتار، Y₁₅: ۱۵ تن در هکتار بقایای یونجه؛ Ch₃: ۱۰۰ درصد نیاز کودی شیمیایی، S: شاهد

جدول (۸) تجزیه واریانس (کمیت F) اثر مواد بهساز بر برخی ویژگی‌های شیمیایی و غلظت عناصر پر مصرف موجود در خاک زیر کشت گندم

Table (8) Analysis of variance (Quantity F) of effect of amendment material on some of chemical properties and concentration of macroelements in soil under wheat cultivation

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	F				
		فسفر P(mg/kg)	پتاسیم K(mg/kg)	نیتروژن N (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS/m)
تکرار Replication	2	4357**	2388**	234.972**	7228**	39613.9**
تیمار Treatment	10	70517.2**	117040**	158.654**	9911.8**	1141161**
ضریب تغییرات C.V.	-	0.092	0.077	0.03	0.023	0.035

ns و * به ترتیب غیر معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد

زینوند و همکاران: ارزیابی تاثیر سه ماده‌ی بهساز بر قابلیت...

جدول (۹) مقایسه میانگین‌های ویژگی‌ها و غلظت عناصر موجود در خاک تحت تاثیر تیمارهای مختلف مواد بهساز
Table (9) Comparison of mean values of properties and Concentration of elements in soil under different treatments of amendment materials

تیمار Treatment	فسفر P(mg/kg)	پتاسیم K(mg/kg)	نیتروژن N (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS/m)
M2	18.22 ^g	209.33 ^h	0.18 ^f	7.5 ^e	1.1 ^e
M4	21.13 ^c	246.33 ^d	0.20 ^d	7.53 ^d	1.19 ^d
M6	22.83 ^a	261.33 ^b	0.21 ^c	7.55 ^c	1.28 ^c
G5	17.13 ⁱ	191.33 ⁱ	0.16 ^h	7.47 ^g	0.99 ^g
G10	19.33 ^f	232.67 ^f	0.16 ⁱ	7.36 ^j	0.83 ^j
G15	20.63 ^d	243.33 ^e	0.1517 ^j	7.31 ^k	0.70 ^k
Y5	17.93 ^h	213.33 ^g	0.19 ^e	7.48 ^f	1.04 ^f
Y10	19.93 ^e	249.33 ^c	0.21 ^b	7.42 ^h	0.91 ^h
Y15	22.03 ^b	270.33 ^a	0.22 ^a	7.38 ⁱ	0.86 ⁱ
Ch	15.8 ^j	182.23 ^j	0.17 ^g	7.59 ^b	1.35 ^b
S	14.13 ^k	164.33 ^k	0.15 ^k	7.63 ^a	1.43 ^a

در هر ستون، میانگین‌هایی دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال یک درصد با آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

M₂: دو تن در هکتار، M₄: چهار تن در هکتار، M₆: شش تن در هکتار کود مرغی؛ G₅: پنج تن در هکتار، G₁₀: ۱۰ تن در هکتار، G₁₅: ۱۵ تن در هکتار کاه و کلش گندم؛ Y₅: پنج تن در هکتار، Y₁₀: ۱۰ تن در هکتار، Y₁₅: ۱۵ تن در هکتار بقایای یونجه؛ Ch₃: ۱۰۰ درصد نیاز کودی شیمیایی، S: شاهد.

pH خاک

با توجه به جدول ۸ مشخص شد که اثر مواد بهساز بر pH خاک در سطح یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که با افزودن مواد بهساز، pH خاک به صورت جزئی کاهش یافت و بیشترین و کمترین مقدار pH خاک به ترتیب در تیمار شاهد (۷/۶۳) و G₁₅ (۷/۳۱) مشاهده شد (جدول ۹). تیمارهای آزمایش از راه‌های مختلف pH خاک را تغییر داده و دسترسی برخی عناصر که مقدار جذب آن‌ها بستگی زیادی به pH خاک دارد را بیشتر کرد.

برگرداندن بقایای گیاهی به زمین می‌تواند سبب حفظ تعادل pH خاک شود و از نوسانات و تغییرات pH جلوگیری نماید. دلیل اصلی این پدیده خاصیت بافری خاک است. محمودآبادی و همکاران (۳۲) طی مطالعه‌ی خود گزارش کردند که افزودن بقایای یونجه و کود مرغی

باعث کاهش pH خاک نسبت به شاهد شد. تغییر هرچند اندک مقدار pH خاک، اثرات ژرفی بر سایر ویژگی‌های خاک از جمله فراهمی عناصر غذایی دارد. کاهش pH اثر افزایش فشار گاز دی‌اکسید کربن و یا تشکیل اسیدهای آلی در پی مصرف مواد بهساز رخ می‌دهد. افزودن بقایای آلی از طرفی سبب آزادسازی ترکیبات قلیایی شده و از طرفی تولید دی‌اکسید کربن حاصل از تجزیه ترکیبات سبب کاهش pH خاک می‌شود (۵۱).

هدایت الکتریکی (EC)

نتایج نشان داد که هدایت الکتریکی (EC) تحت تاثیر مواد بهساز (بقایای یونجه، کاه و کلش گندم، کود مرغی و کود شیمیایی) قرار گرفته و اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد بین تیمارها مشاهده شد (جدول ۸). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نیز بیانگر این است که با افزودن مواد بهساز، شوری خاک کاهش یافته و بیشترین مقدار هدایت

سرعت تر انجام شده و عناصر غذایی در زمان کوتاه‌تری به خاک افزوده شدند. در تحقیق رضوی نسب و همکاران^۴ (۴۰) نیز تاثیر مواد بهساز بر مقدار فسفر خاک معنی‌دار شد و بیشترین مقدار مربوط به تیمار کود گاوی بود. ونگ و همکاران^۵ (۵۲) طی مطالعه‌ای بیان داشتند که بقایای گیاهی باعث افزایش مقدار فسفر در خاک شد.

پتاسیم خاک

طبق یافته‌ها، مقدار پتاسیم خاک تحت تاثیر مواد بهساز (بقایای یونجه، کاه و کلش گندم، کود مرغی و کود شیمیایی) قرار گرفت و اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد بین تیمارها ملاحظه شد (جدول ۸). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که با اعمال تیمارهای مواد بهساز مقدار پتاسیم خاک افزایش یافته و بیشترین مقدار پتاسیم خاک در تیمار $Y_{15}(270/33)$ و کمترین مقدار در تیمار شاهد (۱۶۴/۳۳) مشاهده شد (جدول ۹). تیمارهای آزمایش منجر به افزایش مقدار مواد آلی خاک شده که این مواد در حین تجزیه مواد غذایی ضروری را در محیط خاک رها کرده و در اختیار گیاه قرار می‌دهند.

تایوو و همکاران^۶ (۴۹) گزارش دادند که توانایی تثبیت پتاسیم با افزایش درصد کودهای آلی کاهش یافت. همچنین آنها بیان کردند که کودهای مرغی دارای اثرات بیشتری روی قدرت آزادسازی پتاسیم داشتند. مقدار پتاسیم بقولات در مقایسه با غلات بیشتر است، به نظر می‌رسد که برگرداندن بقایای یونجه و آزاد شدن تدریجی عناصر باعث افزایش مقدار آن عناصر در خاک شده است (۵۲).

ونگ و همکاران (۴۹) طی تحقیقی بیان داشتند که بقایای گیاهی باعث افزایش مقدار پتاسیم در خاک شد. افزایش مقدار پتاسیم محلول خاک با کاربرد بقایای گیاهی در نتیجه مقادیر زیاد پتاسیم موجود در آنها می‌باشد. پتاسیم از جمله عناصری است که در ساختمان ترکیبات آلی وارد نشده و به شکل K^+ در ترکیبات آلی وجود دارد و بنابراین

الکتریکی در تیمار شاهد (۱/۴۲۵) و کمترین مقدار در تیمار $G_{15}(0/70)$ به دست آمد (جدول ۹).

مانوخلی و همکاران^۱ (۳۷) گزارش دادند که افزودن کاه و کلش باعث کاهش تدریجی شوری خاک شده است. کاهش شوری خاک با افزایش همزمان قدرت و همچنین مقدار مواد معدنی محلول مرتبط است، از این رو احتمال توسعه ارتباط بین توانایی و شوری خاک وجود دارد. از طرفی کلارک و همکاران^۲ (۱۲) عنوان کردند که تغییر کاربری اراضی و اعمال مدیریت کشت و کار و همچنین کوددهی آلی سبب افزایش مقدار هدایت الکتریکی خاک می‌گردد.

فسفر خاک

کاربرد مواد بهساز (بقایای یونجه، کاه و کلش گندم، کود مرغی و کود شیمیایی) در همه‌ی تیمارها بر مقدار فسفر خاک در سطح یک درصد اثر معنی‌داری داشت (جدول ۸). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با اعمال مواد بهساز مقدار فسفر خاک افزایش معنی‌داری داشت و بیشترین مقدار فسفر خاک در تیمار $M_6(22/83)$ درصد و کمترین در تیمار شاهد (۱۴/۱۳) درصد به دست آمد (جدول ۹).

با توجه به اینکه کود مرغی بیشترین مقدار فسفر را در بین تیمارهای اعمال شده داشت، بیشترین اثر را بر غلظت فسفر خاک داشته است. بقایای گیاهی می‌تواند جذب سطحی فسفر را کاهش و در نتیجه دسترسی گیاه را به فسفر افزایش دهد (۱۵). محققین گزارش دادند که در اثر معدنی شدن مواد آلی در خاک، مقداری فسفر قابل جذب به خاک عرضه می‌شود (۴۰). فابریزی و همکاران^۳ (۱۷) بیان داشتند که بیشترین مقدار فسفر خاک در تیمار کود سبز مخلوط (ماش و جو) مشاهده شد. وی این افزایش در مقدار فسفر خاک این تیمار را کارآیی ریزجانداران خاک در تجزیه به سبب دسترسی بیشتر به نیتروژن و کربوهیدرات حاصل از تجزیه بقایای جو دانستند که در نتیجه آن تجزیه

4- Razavi Nasab *et al.*

5- Wang *et al.*

6- Taiwo *et al.*

1- Mandokhail *et al.*

2- Clark *et al.*

3- Forozeh *et al.*

بیشترین مقدار نیتروژن خاک تحت تاثیر برگرداندن بقایای گیاهی بقولات مانند یونجه است، زیرا بقایای گندم دیرتر تجزیه می‌شوند و به اندازه بقایای گیاهی بقولات که زودتر تجزیه می‌شوند غنی از نیتروژن نیستند (۴۶).

نتیجه‌گیری

فرایند کربن‌اندوزی توسط گیاهان ساده‌ترین و به لحاظ اقتصادی ارزان‌ترین روش برای کاهش کربن به شمار می‌رود که این نقش را گیاهان با عمل فتوسنتز از طریق اندام‌های خود انجام می‌دهند و هر یک از اندام‌های آن دارای نقش متفاوتی در این فرایند هستند (۲۳). مقدار کربن‌اندوزی در واحد زمان به ویژگی‌های رشد گونه‌های گیاهی و شیوه‌های مدیریت، روش احیاء و شرایط محیطی به‌ویژه مقدار بارندگی، تغییر کاربری اراضی، شرایط فیزیکی و بیولوژیکی خاک و ذخیره قبلی کربن در خاک بستگی دارد (۱۶).

به طور کلی تاثیر نوع کود و بقایای گیاهی بر مقدار کربن ذخیره شده توسط گیاه و خاک و همچنین مقدار عناصر غذایی موجود در خاک در سطح یک درصد معنی‌دار شد و در بین تیمارهای مختلف تیمار M_6 بیشترین تاثیر را بر کربن‌اندوزی ریشه (۱۶۵/۳۵)، کربن‌اندوزی اندام هوایی (۲۵۴۰/۵۳) و کربن‌اندوزی کل گیاه (۲۷۰۶/۵) و همچنین غلظت فسفر موجود در خاک (۲۲/۸۳) داشت. تیمار G_{15} بیشترین اثر را نسبت به تیمار شاهد بر ویژگی‌های کربن‌اندوزی خاک (۲۶/۱۶)، ضریب تبدیل ریشه (۰/۰۹۷۸)، مقدار کربن ریشه (۴۸/۹)، ضریب تبدیل اندام هوایی (۰/۱۱۹)، مقدار کربن اندام هوایی (۵۹/۵)، مقدار کربن خاک (۱/۰۳) و مقدار کربن‌اندوزی خاک (۲۶/۱۶) نشان داد و تیمار Y_{15} نسبت به شاهد بیشترین اثر را بر غلظت پتاسیم (۲۷۰/۳۳) و غلظت نیتروژن خاک (۰/۲۲) داشت.

می‌تواند به راحتی در خاک آزاد شده و بر مقدار پتاسیم خاک تاثیر بگذارد (۳۰). آگینیم-بواتنگ و همکاران^۱ (۲) گزارش دادند که فعالیت بیولوژیکی باعث آزاد شدن پتاسیم در خاک می‌شود. چنین فعالیت‌های بیولوژیکی می‌تواند با افزودن کودهای آلی تقویت شود. همچنین در تحقیقی توسط واکر و برنال^۲ (۵۱) کود مرغی افزوده شده به خاک موجب افزایش وزن خشک بخش هوایی و غلظت سدیم، کلسیم و نیز پتاسیم قابل جذب خاک می‌شود.

نیتروژن خاک

با توجه به جدول ۸ مشخص شد که اثر مواد بهساز بر مقدار نیتروژن خاک در سطح یک درصد معنی‌دار شده و مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که بیشترین مقدار نیتروژن خاک در تیمار Y_{15} (۰/۲۱۸۷) و کمترین مقدار در تیمار شاهد (۰/۱۴۸۷) به دست آمد (جدول ۹). مصرف کودهای آلی علاوه بر افزایش مواد آلی، منجر به افزایش محتوی عناصر غذایی خاک به ویژه نیتروژن می‌شوند.

علیجانی و همکاران (۴) با بررسی تاثیر نگهداری بقایای ذرت پس از دو سال و کود اوره بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و همچنین مقدار نیتروژن و عملکرد گندم، گزارش نمودند که با افزایش حجم بقایای دو ساله ذرت، مقدار نیتروژن خاک افزایش معنی‌داری نشان داد. ریچارد و همکاران^۳ (۴۲) نیتروژن را مهمترین عامل خاکی مؤثر بر ذخیره‌ی کربن آلی خاک دانسته‌اند. افزایش مقدار کربن آلی و نیتروژن خاک بیانگر افزایش ورود کربن است، با این وجود کاربری اراضی متفاوت با پوشش گیاهی مختلف، پتانسیل متفاوتی در افزایش کربن آلی خاک دارد (۳۹). علاوه بر این، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک می‌تواند بر مقدار کربن ذخیره شده در خاک اثر بگذارد (۳۸). نتایج برخی تحقیقات نشان داد که افزودن بقایای گیاهی گندم به خاک هرچند سبب افزایش مقدار نیتروژن خام می‌شود، اما

1- Agyenim-Boateng *et al.*

2- Walker and Bernal

3- Richard *et al.*

References

1. Abdi, N., Maadah Arefi, H., and Zahedi Amiri, G.H. 2008. Estimation of Carbon Sequestration in Astragalus Rangelands of Markazi Province (Case Study: Malmir Rangeland in Shazand Region). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 15(2): 269-282. (In Persian).
2. Agyenim-Boateng, S., Zickerman, J., and Kornahrens, M. 2006. Poultry manure effect on growth and yield of Maize. *West African Journal of Applied Ecology*, 9:61-70.
3. Ahmad Abadi, Z. and Ghajar Sepanlou, M. 2012. Effect of organic matter application on some of the soil physical properties. *Journal of Water and Soil Conservation*, 19(2): 99-116.
4. Alijani, Kh., Bahrani, M.J., and Kazemeini, S.A. 2011. Effects of Tillage Methods and Rates of Corn Residues on Wheat Growth, Yield and Yield Components. *Iranian Journal of Agricultural Research*, 9(3): 486-493. (In Persian).
5. Allison, L.E., 1975. Organic carbon. In: Black, C.A., Evans, D.D., White, J.L., Ensminger, L.E., Clark, F.E. (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties*. American Society of Agronomy, Madison, p. 1367.
6. All-Issa, T.A. and Samarah, N.H. 2007. The effect of tillage practices on barley production under rainfed conditions in Jordan. *Am- Eurasian. Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 2(1): 75-79.
7. Aradottir, A., Savarsottri, L., Kristin, H., Jonsson, P., and Gudbergsson, G. 2000. Carbon accumulation in vegetation and soils by reclamation of degraded areas. *Icelandic Agricultural Sciences*, 13: 99-113.
8. Batjes, N.H. 1998. Mitigation of atmospheric CO₂ concentrations by increased carbon sequestration in the soil. *Biology and Fertility of Soils*, 27: 230-235.
9. Blanco-Canqui, H. and Lal, R. 2009. Crop residue removal impacts on soil productivity and environmental quality. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 28: 139-163.
10. 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(4):29-42.
11. Celik, I., Ortas, I., and Kilic, S. 2004. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. *Soil and Tillage Research*, 78: 59-67.
12. Clark, G.J., Dodgshun, N., Saleh, P.W.G., and Tang, C. 2007. Changes in chemical and biological properties of a soil clay subsoil with addition of organic amendments. *Soil Biology and Biochemistry*, 39: 2806-2817.
13. Conen, F. and Smith, K.A. 1998. A re-examination of closed flux chamber methods for the measurement of trace gas emission from soils to the atmosphere. *European Journal of Soil Science*, 49:701-707.
14. Daudu, C.K., Muchaonyerwa, P., and Mnkeni, P.N.S. 2009. Litterbag decomposition of genetically modified maize residues and their constituent *Bacillus thuringiensis* protein (Cry1Ab) under field conditions in the central region of the Eastern Cape, *South Africa*. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 134:153- 158.
15. Dayegamiye, A.N. and Tran, T.S. 2001. Effects of green manures on soil organic matter and wheat yields and N nutrition. *Canadian Journal of Soil Science*, 81: 371-382.
16. Derner, J.D. and Schuman, G.E. 2007. Carbon sequestration and rangelands: A synthesis of land management and precipitation effects. *Journal of Soil and Water Conservation*, 6(2): 77-85.

17. Dinakarm, J. and Krishnayya, N.S.R. 2008. Variation in type of vegetal cover and heterogeneity of soil organic carbon in affecting sink capacity of tropical soils. *Current Science*, 94 (9): 1144-1150.
18. Essien O.E. 2011. Effect of varying rates of organic amendments on porosity and infiltration rate of sandy loam soil. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 12: 51- 58.
19. Fabrizzi, K.P., Rice, C.W., Schlegel, A., Peterson, D., Sweeney, D.W., and Thompson, C. 2007. Soil carbon sequestration in kansas: long-term effect of tillage, n fertilization, and crop Rotation. *Kansas State University*, 1-44.
20. Fageria, N.K. and Baligar, V.C. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Advance in Agronomy*, 88: 97- 185.
21. Falahatkar, S., Hosseini, S.M., Ayoubi, Sh., and Salman Mahiny, A. 2013. The impact of primary terrain attributes and land cover/use on soil organic carbon density in a region of Northern Iran. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 27(5): 963-972 (In Persian).
22. Fan, Z., Chai, Q., Huang, G., Yu, A., Huang, P., Yang, C., Tao, Z., and Liu, H. 2013. Yield underwater consumption characteristics of wheat/maize intercropping whit reduced tillage in an oasis region. *European Journal of Agronomy*, 45:52-58.
23. Forozeh, M., Heshmati, Gh., Ghadirian, Gh. and Mesbah, S.H. 2008. Comparing Carbon Sequestration Potential of Three Shrub Species *Heliantemum lippii*, *Dendrostellera lessertii* and *Artemisia sieberi* (Case study: Gareh Bygone, Fasa). *Journal of Environmental Studies*, 34(46): 65-72.
24. Gao, Y.H., Luo, P., Wu, N., Chen, H. and Wang, G.X. 2007. Grazing intensity impacts on carbon sequestration in an alpine meadow on the Eastern Tibetan Plateau. *Research Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 6: 642-647.
25. Ghaffari Nejad, S.A. 2017. Response of greenhouse cucumber to different levels and sources of organic manures and their effects on some soil properties. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture Soilless Culture Research Center*, 8 (2) :67-80
26. Ghasemi aghbash, F., heydarian, Sh., and Solgi, I. 2018. The amount of carbon sequestration capability of tree cover and roadside soil (Case study: Khorramabad-Andimeshk Highway). *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 5(11): 115-129. (In Persian).
27. Haefele, S.M., Konboon, Y., Wongboon, W., Amarante, S., Maarifat, A.A., Pfeiffer, E.M. and Knoblauch, C. 2011. Effects and fate of biochar from rice residues in rice-based systems. *Field Crops Research*, 121 (3): 430-440.
28. Jafarian, Z. and Tayefeh Seyyed Alikhani, L. 2016. Carbon Sequestration Potential in Dry Farmed wheat in Kiasar Region. *Agricultural science and sustainable production*, 23 (1): 31-41. (In Persian).
29. Körner, C. 2003. Ecological impacts of atmospheric CO₂ enrichment on terrestrial ecosystems. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 361: 2023–2041.
30. Kumar, K. and Goh, K.M. 2000. Crop residues and management practices: effects on soil quality, soil nitrogen dynamics. Crop yield, and nitrogen recovery. *Advances of Agronomy*, 68: 197-319.
31. Li, H., Wang, S., Guo, M., Gao, H., Pang, H., and Li, Y. 2012. Effect of different straw layer on soil water-salt movement and maize yield in Hetao Irrigation District in Inner Mongolia. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 31: 91-94.(in Chinese).

32. Mahmoodabadi, M., Rashidi, O.L., and Fekri, M. 2013. Application of Alfalfa Residue, Poultry Manure and Potassium Fertilizer on some Soil Properties and Onion Yield. *Journal of Water and Soil*, 27(2): 452-461. (In Persian).
33. Mahmoudi Taleghani, E., Zahedi Amiri, G., Adeli, E., and Sagheb-Talebi, Kh. 2007. Assessment of carbon sequestration in soil layers of managed forest. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 15(3): 241-252. (In Persian).
34. Maiksteniene, S. and Arlauskiene A. 2004. Effect of preceding crops and green manure on the fertility of clay loam soil. *Agronomy Research*, 2(1): 87-97.
35. Mirzaei, R., Kambozia, J., Sabahi, H., and Mahdavi, A. 2009 properties, production and biomass yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Iranian Journal of Accounting, Auditing and Finance*, 15(1): 257-268.
36. Mohr, R., Entz, M., and Bulilied, W. 1999. Plant available nitrogen supply as affected by method and timing of alfalfa termination. *Agronomy Journal*, 91:622- 30.
37. Mandokhail, G. M., marri, A., and Sami, A. 2018. Chemical Analysis of Reinforced Stabilized Soil. *Indian Journal of Science and Technology*, 11(32): 1-8.
38. Nobakht, A., Pourmajidian, M.R., Hojjati, S.M., and Fallah, A. 2011. A comparison of soil carbon sequestration in hardwood and softwood monocultures (Case study: Dehmian forest management plan, Mazindaran). *Iranian Journal of Forest*, 13(1): 13-23. (In Persian).
39. Nosrati, K. 2011. The effect of land use and soil erosion on soil organic carbon and nitrogen stock. *Research on environmental erosions*, 3: 128-140. (In Persian)
40. Razavi Nasab, A. Fotovat, A., Astarai; A.R and Tajabadipour, A. 2019. Effect of organic and chemical amendments on some nutrients concentration of soil and pistachio leaf at field condition. *Journal of Crop Engineering*, 42(1): 47-59. (In Persian).
41. Rice, C.W., Fabrizzi, K. and White, P. 2007. Benefits of soil organic carbon to physical, chemical and biological properties of soil. In: Kimble, J.M., Rice, C.W., Reed, D. Mooney, S., Follett, R.F. and Lal, R. (eds). *Soil carbon management, economic, environmental and societal benefits*". CRC Press, USA, 155-162.
42. Richard, A.E., Dalal, R.C. and Schmidt, S. 2007. Soil carbon turnover and sequestration in native subtropical tree plantations. *Soil Biology and Biochemistry*, 39: 2078–2090.
43. Roldan, A., Caravaca, F., Hernandez, M. T., Garcia, C., Sanchez-Brito, C., Velasquez, M. and Tiscareno, M. 2003. No-tillage, crop residue additions, and legume cover cropping effects on soil quality characteristics under maize in Patzcuaro watershed (Mexico). *Soil and Tillage Research*, 72: 65–73.
44. Russell, A.E., Laird, D.A., Parkin, T.B. and Mallarino, A.P. 2005. Impact of Nitrogen Fertilization and Cropping System on Carbon Sequestration in Midwestern Mollisols. *Soil Science Society of America Journal*, 69(2): 413-422.
45. Salinger, M.J. 2005. Climate variability and change: past, present and future-an overview. *Climate Change*, 70: 9-29.
46. Sheikh Hosseini, A. and Nurbkhsh, F. 2007. The Effect of soil and plant residues on net nitrogen mineralization. *Pajouhesh and Sazandegi*, 75: 127-133. (In Persian).
47. Singh, H.P. and Diwivedi, V.K. 2003. Character association and path analysis in wheat (*Triticumaestivum* L.). *Agricultural Science Digestive*, 22: 225- 547.

48. Smith, P., Smith, J.U., Andren, O., Karlsson, T., Perala, P., Regina, K., Rounsevell, M., and Wesemael, B. 2005. Carbon sequestration potential in European croplands has been overestimated. *Global Change Biology*, 11: 2153-2163.
49. Taiwo, A.A., Adetunji, M.T., Azeez, J.O., and Elemo, K.O. 2006. Kinetics of potassium release and fixation in some soils of Ogun State, Southwestern, Nigeria as influenced by organic manure. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 7:251-259.
50. Varamesh, S., Hosseini, S. M, Abdi, N., and Akbarinia, M. 2009. Effect of afforestation to increase carbon sequestration and improving soil characteristics. *Journal of the forest*, 35: 1-25.
51. Walker, D.J. and Bernal, M.P. 2008. The Effects of olive mill waste compost and poultry manure on the availability and plant uptake of nutrients in a highly saline soil. *Bioresource Technology*, 99: 396-403
52. Wang, K.L.H., Wang, K.R.J., and Buresh, R.J. 2007. Residue management for improving soil fertility and sustainable crop productivity in China. *Proceeding International Rice Conference*. New Delhi, India. Pp: 689- 697.
53. Withers, P.J.A. and Bailey, G.A. 2003. Sediment and phosphorus transfer in overland flow from a maize field receiving manure. *Soil use and management*, 19(1): 28-35.
54. Yong Zhong, S. 2007. Soil Carbon and nitrogen sequestration following the conversion of cropland to alfalfa land in northwest china. *Journal of soil and Tillage Research*, 92: 181-189.
55. Zhang, G.S., Chan, K.Y., Oates, A., Heenan, D.P., and Huang, G.B. 2007. Relationship between soil structure and runoff/soil loss after 24 years of conservation tillage. *Soil and Tillage Research*, 92: 122-128.