

اثر کاربرد کودهای آلی و سیستم‌های کشت بر عملکرد ترسیب کربن (مطالعه موردی دشت تبریز)

احمد بایوردی^۱، فرهاد مشیری^۲، علی کلانتری اسکویی^۳، ساغر چاخارلو^{۴*}

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۶/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱/۲۷)

چکیده

تغییر اقلیم کره زمین، ناشی از اثر گلخانه‌ای گازهای کربنی جو زمین بوده و مهم‌ترین تهدید توسعه پایدار و امنیت غذایی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان نظیر ایران است. یکی از راهکارهای مقابله با این مشکل، ترسیب کربن در خاک و در اکوسیستم‌های گیاهی است. مقدار کربن آلی در خاک سه برابر بیش از کربن در بافت تمام گیاهان و دو برابر بیش از کربن اتمسفر است. در این تحقیق تأثیر محصولات زراعی و افزودن کود دامی و کاه و کلش از طریق اندازه‌گیری برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، بر میزان کربن ترسیب شده در خاک مورد ارزیابی قرار گرفت. تعدادی نمونه خاک (در مجموع ۳۰۸ نمونه) از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر برداشت شد. ویژگی‌های خاک نظیر بافت خاک، پی اچ، هدایت الکتریکی، کربن آلی، جرم مخصوص ظاهری و کربن ترسیب شده برآورد شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS انجام گرفت. برای تعیین توزیع مشخصات نمونه‌ها از میانگین و انحراف استاندارد آمار توصیفی استفاده شد. برای ارائه مدل از روش رگرسیون گام به گام استفاده شد. تحلیل نتایج نشان داد که در بین ویژگی‌های بررسی شده خاک‌ها در طی سه سال متوالی، در اثر اضافه کردن کود دامی و کاه کلش باقی‌مانده از محصول قبلی به زمین‌های زراعی، رابطه ترسیب کربن خاک با تمامی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده به غیر از شن خاک معنی‌دار است. ترسیب کربن خاک در سال سوم زراعی (پیاز) از ۴/۸۴ به ۵/۶۸ کیلوگرم بر مترمربع افزایش یافت. در محصول پیاز که سال سوم و بعد از گندم کشت شده است وجود کاه و کلش حاصل از کود آلی در حدود ۳۰ درصد و کود دامی استفاده شده در حدود ۷۰ درصد باعث افزایش کربن آلی شده است. در نهایت ترسیب کربن به صورت نقشه برای هر دو محصول با کمک داده‌های مکان‌دار برداشت شده و نرم‌افزار Arc Map تهیه شد.

واژه‌های کلیدی: ترسیب کربن خاک، دشت تبریز، کود آلی، محصولات زراعی، Arc Map

بایوردی ا.، مشیری ف.، کلانتری اسکویی ع.، چاخارلو س. ۱۴۰۰. اثر کاربرد کودهای آلی و سیستم‌های کشت بر عملکرد ترسیب کربن (مطالعه موردی دشت تبریز). تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۹، شماره ۱. صفحه: ۱۳۰-۱۴۲.

۱-استادیار بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات و آموزش و ترویج کشاورزی، خسرشهر، ایران

۲-استادیار بخش تحقیقات تغذیه و حاصلخیزی خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۳-استادیار بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات و آموزش و ترویج کشاورزی، خسرشهر، ایران

۴-محقق مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات و آموزش و ترویج کشاورزی، خسرشهر، ایران

* پست الکترونیک: saghar.chakherloo@yahoo.com

مقدمه

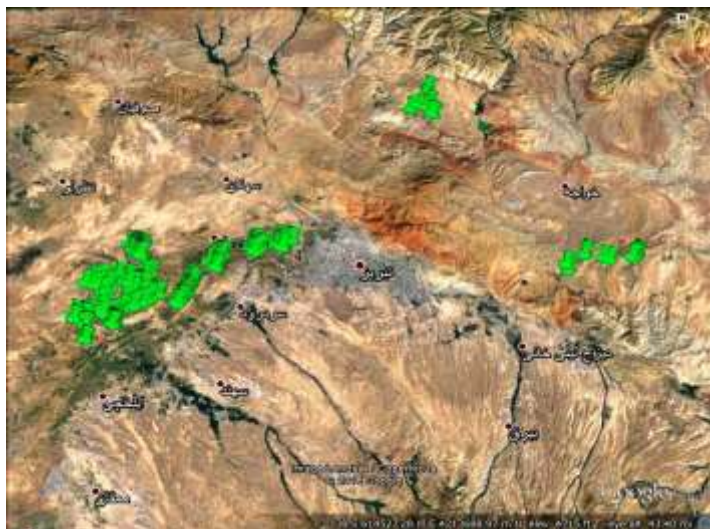
در تحقیقی باکر و همکاران (Baker *et al.*, 2007) نشان دادند که اعمال یک برنامه ۱۶ ساله مخلوط نمودن بقایای محصول در کشت برنج توانسته ۴۱ تا ۴۵ درصد ذخیره کربن آلی خاک افزایش دهد. ضمن آنکه بر کیفیت کربن آلی خاک نیز تأثیر گذاشته است. کیلبراید و همکاران (Kilbride *et al.*, 1999) از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۶ در یک سیستم خاک‌ورزی متشکل از گونه‌های گندم و صنوبر (*Podulus deltoids*) توان ترسیب کربن توسط صنوبر و تغییر در کربن آلی خاک را ارزیابی کردند. نتایج ایشان نشان داد که در کشت مختلط نسبت به کشت گندم خالص توان ترسیب کربن به مقدار زیادی افزایش یافته است. به گونه‌ای که میزان خالص ترسیب گندم در اختلاط گندم-صنوبر ۳۴/۶۱ تن در هکتار در مقایسه با ۱۸/۷۴ تن در هکتار گندم خالص بود. ماده آلی خاک منبع بالقوه و عظیمی از ذخایر کربن آلی را تشکیل می‌دهد. بطوریکه 95×10^{13} کیلوگرم کربن آلی با منشأ گیاهی جانوری و زیست‌توده میکروبی تنها در ضخامت یک متری از سطح خاک متمرکز است (Lal *et al.*, 2015). نگاه‌داری کاه و کلش در زمین و کاهش خاک‌ورزی خاک باعث افزایش سطح ماده آلی خاک، حفظ رطوبت، نگهداری توده میکروبی و در نتیجه بهبود باروری و کیفیت خاک می‌شود (Gangwar *et al.*, 2006; Abdalla *et al.*, 2014). انجام اقدامات مدیریتی برای ذخیره کربن، نه تنها تغییرات اساسی در مدیریت اراضی می‌طلبد، بلکه با افزایش ماده آلی، اثرات مستقیم و چشم‌گیری بر ویژگی‌های خاک کیفیت کشاورزی، محیط زیست و تنوع زیستی بر جای می‌گذارد که نتیجه آن افزایش حاصلخیزی و بهره‌وری مناسب اراضی برای ایجاد یک استراتژی مناسب در راستای برقراری امنیت غذایی و کاهش اثرات منفی گرمایش جهانی است. باتوجه به مطالب گفته شده و روشن شدن اهمیت و ضرورت موضوع، این تحقیق با هدف بررسی اثرات افزودن کود آلی (کود دامی + کاه و کلش) بر میزان ترسیب کربن در اراضی زراعی دشت تبریز انجام گرفته است.

داده‌های تغییرات آب و هوایی (IPCC) ارتباط جدی بین تغییرات آب و هوایی مشاهده شده و فعالیت‌های انسانی را نشان می‌دهد (Change, 2007). همراه با توسعه سریع صنعت، افزایش گازهای گلخانه‌ای، به‌ویژه دی‌اکسیدکربن (CO₂) باعث افزایش شدید دی‌اکسیدکربن اتمسفر تا ۲۰ برابر شده است و این باعث شده تا دمای سطح زمین تا دو درجه سلسیوس افزایش یابد (Simmon, 2010). یکی از راهکارهای مقابله با این مشکل، ترسیب کربن در خاک و اکوسیستم‌های گیاهی است. شیوه‌های مدیریت اراضی، شرایطی را برای تعدیل افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن فراهم می‌آورند که طی آن کربن اضافی از طریق ذخیره شدن در زیست‌توده گیاهی و مواد آلی خاک ترسیب می‌گردد، این فرآیند را اصطلاحاً ترسیب کربن خاکی^۲ گویند. در این راستا، کشاورزی حفاظتی راهکاری برای مدیریت محصول و ذخیره کربن بیوده که می‌تواند کربن آلی خاک را از طریق افزایش ورودی کربن از بهره‌وری زیست‌توده بالاتر و کاهش تلفات کربن (از طریق پوشش خاک و کاهش خاک‌ورزی خاک) افزایش دهند و منجر به انتقال خالص کربن از جو به خاک شده که منتج به به کاهش تغییرات آب و هوا می‌شود (Powlson *et al.*, 2011; Griscom *et al.*, 2012). خاک‌ها بزرگ‌ترین مخزن چرخه کربن در خشکی می‌باشند و مقدار کربن آلی در خاک، سه برابر بیش از کربن در بافت تمام گیاهان و دو برابر بیش از کربن اتمسفر است (Habtegebrail *et al.*, 2007). (Su, 2007) نشان داد که خاک‌ورزی حفاظتی و برگرداندن بقایا به خاک در یک دوره نه ساله قادر است کربن آلی خاک را از ۴۲ تا ۶۶ درصد افزایش دهد. نتایج مطالعات در هند نشان داد که کربن آلی خاک با پوشش گیاهی همبستگی مثبت داشت (Girard *et al.*, 2010). داده‌های کربن آلی خاک مربوط به سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۶ در اراضی تحت کشت در افق سطحی خاک نشان از افزایش ۱۰/۶۰ و ۱۹/۲۳ درصد به ترتیب در باغات انار و پسته و در ارتباط با زعفران و جو نیز ۳/۵ تا ۴ برابر افزایش نشان داده است (Feizi *et al.*, 2020).

مواد و روش ها

دشت تبریز، با مساحت سه هزار هکتاری در استان آذربایجان شرقی بزرگترین دشت موجود در این استان بعد از دشت‌های مرند و جلفا می‌باشد. این دشت از نظر موقعیت جغرافیایی بین ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۸

دقیقه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی واقع شده است. اقلیم منطقه براساس روش آمبرژه از نوع خشک سرد می‌باشد. در شکل ۱ نمای کلی منطقه و نقاط نمونه‌برداری شده نشان داده شده است (تصویر گرفته شده از Google Earth).



شکل ۱- دشت تبریز و مناطق نمونه‌برداری
Figure 1. Tabriz plain and sampling areas

دو محصول با کمک GPS و تعیین مختصات تمامی نقاط، به فاصله ۲×۲ کیلومتر، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری، نمونه‌ها جمع‌آوری شده و به آزمایشگاه منتقل شدند (بین نه تا ۸۵ نمونه). پس از طی مراحل خشک شدن، کوبیدن و الک شدن، برای انجام آزمایشات فیزیکی و شیمیایی آماده شدند. جرم مخصوص ظاهری خاک به روش استوانه، قابلیت هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه EC سنس، pH خاک به روش اسپارکس و بارتلز (Sparks & Bartels, 1996)، ازت کل خاک با استفاده از دستگاه کجلدال و درصد کربن آلی به روش والکلی و بلک (Page & Keeney, 1992) اندازه‌گیری شدند، هم‌چنین فسفر قابل جذب از روش اولسون (Moreno et al., 2007)، پتاسیم محلول با عصاره‌گیری با استات آمونیوم نرمال و قرائت با دستگاه فلیم فتومتر (Soil Survey Staff, 1984) و بافت خاک نیز به روش هیدرومتر و چهارزمانه (Gee & Or, 2002) تعیین شد. در پایان برای محاسبه میزان ترسیب کربن خاک بر حسب کیلوگرم در هر مترمربع از رابطه (۱) استفاده شد (Lemma et al., 2006).

$$E \times B \times C = 10000 \times CS \text{ (kg m}^{-2}\text{)} \quad \text{رابطه (۱)}$$

این تحقیق به مدت سه سال انجام گرفت. در سال اول زراعی، در هشت سری از مزارع دشت تبریز که در مجموع شامل ۲۰ تا ۳۰ مزرعه می‌باشد، گندم رقم پیشگام به صورت آبی کشت شد. بر اساس نتایج آزمون خاک و توصیه‌های کودی مربوطه، نیازی به مصرف کودهای فسفره و پتاسه نبود؛ اما برای تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه، مجموعاً به ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره نیاز بود که با در نظر گرفتن این موضوع که بافت خاک‌های مزارع ریز و سنگین (رسی و لومی رسی) و متوسط (لوم) هستند، یک سوم کود یعنی ۳۰ تا ۴۰ درصد آن در مرحله آب دوم (شروع پنجه‌زنی قبل از شروع سرمای زمستانی)، یک سوم در مرحله تکمیل پنجه‌زنی و پس از گذراندن سرمای زمستانی و یک سوم در مرحله ساقه‌دهی (ظهور اولین گره در ساقه) و یا تشکیل خوشه (متورم شدن ساقه و یا شکم خوش) به مصرف رسید. در سال دوم زمین‌های زراعی به حالت آیش رها شدند. در سال سوم زراعی، مزارع تحت شخم قرار داده شد و در زمین‌ها بذور پیاز قرمز رقم آذرشهر با قوه نامیه ۹۸ درصد کشت گردیده و آبیاری شدند. سپس در مزارع، کود آلی (کود دامی ۵۰ تن)+کاه کلش (پنج تن)) به مصرف رسید. در پایان فصل کشت هر

خاک و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی از رگرسیون گام به گام استفاده شد. در نهایت با انتقال مختصات طول و عرض جغرافیایی نقاط نمونه برداری شده به محیط نرم افزار ArcMap 10.5.3 نقشه‌های نهایی برای مزارع مربوطه در ارتباط با ترسیب کربن خاک تهیه شد.

نتایج و بحث

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

که در این رابطه CS میزان وزن کربن ترسیب شده بر حسب کیلوگرم در سطح یک مترمربع (kg m^{-2})، C درصد کربن اندازه گیری شده، Bd جرم مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی‌مترمکعب و E عمق نمونه برداری خاک بر حسب سانتی‌متر می‌باشد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵ استفاده شد. برای تعیین توزیع مشخصات نمونه از میانگین و انحراف استاندارد برای هر دو مجموعه داده از آمار توصیفی استفاده شد. برای مشخص کردن همبستگی بین ذخیره کربن آلی خاک با سایر ویژگی‌ها از همبستگی خطی پیرسون استفاده شد. برای ایجاد رابطه بین ترسیب کربن

جدول ۱- توصیف ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در سال اول زراعی

Table 1. Characterization of soil physical and chemical properties in the first crop year

	OC	Bd	N	P	K	EC	pH	Sand	Silt	Clay
	%	g cm^{-3}	mg kg^{-1}			dS m^{-1}	-	%		
Mean	1.03	1.60	0.10	24.14	510.51	7.24	7.56	33.22	39.90	31.64
St. Deviation	0.47	0.02	0.04	13.68	100.22	3.91	0.48	12.63	7.55	9.79
Variance	0.23	0.001	0.002	186.2	100.45	15.35	0.23	159.75	57.04	95.98
Minimum	0.31	1.48	0.03	3.50	440	1.28	0.63	10	12	6
Maximum	3.6	1.68	0.36	100	964	26.50	8.10	79	60	58

جدول ۲- توصیف ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در سال سوم زراعی

Table 2. Characterization of soil physical and chemical properties in Third crop year

	OC	Bd	N	P	K	EC	pH	Sand	Silt	Clay
	%	g cm^{-3}	mg kg^{-1}	dS m^{-1}			-	%		
Mean	1.22	1.60	0.12	25.40	514.76	7.28	7.41	33.22	39.90	31.64
St. Deviation	0.62	0.02	0.05	12.59	99.9	3.93	0.26	12.63	7.55	9.79
Variance	0.38	0.001	0.003	158.53	99.8	15.45	0.07	159.75	57.04	95.98
Minimum	0.42	1.48	0.04	5	444	1.33	4	10	12	6
Maximum	6.80	1.68	0.36	79.76	965	26.55	7.90	79	60	58

ارتباط خصوصیات محصولات مورد بررسی با

ترسیب کربن خاک

همبستگی ترسیب کربن با هر یک از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول‌های ۴ و ۵ ارائه شده است.

ترسیب کربن خاک

میانگین کربن ترسیب شده در عمق صفر تا ۳۰ سانتی-متری در محصول گندم و پیاز به ترتیب ۴/۸۴ و ۵/۶۸ کیلوگرم بر مترمربع برآورد گردیده است. (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین ترسیب کربن خاک سال اول و سوم زراعی

Table 3. Comparison of average soil content of first and third year of cultivation

CS (kgm^{-2})	Wheat	Onion
Mean	4.84	5.68
St. Deviation	2.08	2.38
Variance	4.34	5.67
Minimum	1.21	1.61
Maximum	12.12	14.26

جدول ۴- جدول همبستگی بین ویژگی‌های اندازه‌گیری شده خاک سال اول زراعی

Table 4. Correlation table between characteristics measured in the first crop year

	OC	Bd	N	P	K	EC	pH	Sand	Silt	Clay	CS
OC	1										
Bd	-0.037	1									
N	1**	-0.037	1								
P	0.36**	-0.17**	0.36**	1							
K	0.061	-0.17**	0.061	0.24**	1						
EC	0.13*	-0.001	0.13*	0.104	0.041	1					
PH	-0.11*	-0.003	-0.11*	-0.065	-0.006	0.012	1				
Sand	0.018	-0.044	0.018	-0.064	0.049	0.16**	-0.006	1			
Silt	0.19**	-0.008	0.19**	0.065	0.041	0.013	-0.105	0.013	1		
Clay	0.20**	0.065	0.20**	0.123*	-0.066	0.16**	-0.057	-0.053	-0.099	1	
CS	0.98**	0.006	0.98**	0.34**	0.095	0.13*	-0.113*	0.049	0.22**	0.26**	1

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed) * . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

جدول ۵- جدول همبستگی بین خصوصیات اندازه‌گیری شده در خاک سال سوم زراعی

Table 5. Correlation table between characteristics measured in Third crop year

	OC	Bd	N	P	K	EC	pH	Sand	Silt	Clay	CS
OC	1										
Bd	0.045	1									
N	0.92**	-0.016	1								
P	0.45**	-0.18**	0.48**	1							
K	0.091	-0.17**	0.063	0.21**	1						
EC	0.17**	-0.001	0.20**	0.11*	0.049	1					
PH	-0.18**	0.028	-0.22**	-0.10	0.20**	-0.063	1				
Sand	0.023	0.044	0.048	-0.06	0.103	0.16**	-0.017	1			
Silt	0.16**	-0.008	0.21**	0.08	-0.083	0.015	-0.055	0.106	1		
Clay	0.26**	0.066	0.30**	0.14*	-0.074	0.17**	-0.071	-0.053	-0.099	1	
CS	0.85**	0.002	0.97**	0.47**	-0.20**	0.19**	-0.21**	0.070	0.27**	0.28**	1

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed) * . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

نیز در مطالعات خود این مطلب را مورد تایید قرار داده‌اند (Kilbride *et al.*, 1999).

کربن آلی به طور معنی‌داری تحت تاثیر کوددهی (کود دامی) و کاه و کلش قرار گرفته است. زمانی که مواد آلی مانند کاه و کلش حاصل از بقایای گندم به خاک افزوده می‌شود، این مواد علاوه بر افزایش کربن آلی خاک، در شکل‌پذیری و پایداری خاکدانه‌ها نقش مهمی را ایفا می‌کنند. نتایج نشان می‌دهد بیش‌ترین رابطه معنی‌دار کربن با پارامتر ازت و در رتبه بعدی کربن آلی می‌باشد و کم‌ترین میزان همبستگی معنی‌دار بین کربن و پارامتر کلسیم و منیزم و پی اچ می‌باشد با وارد کردن تمام پارامترهای اولیه اندازه‌گیری شده به منظور تعیین مدلی برای تخمین کربن آلی خاک از آنالیز رگرسیون گام به گام استفاده شد (جدول‌های ۶ و ۷).

باتوجه به مطالب بالا در ارتباط با اینکه افزایش کربن آلی پدیده‌ای زمان‌بر است، در تحقیقی که ما انجام داده‌ایم در سال سوم زراعی (پیاز) کربن آلی افزایش یافته است. محصول سال اول گندم بوده که از خانواده گیاهان لگومینوز است که در ترسیب کربن خاک نقش بیش‌تری دارد (به دلیل دارا بودن ساقه و ریشه) ولی با وجود این امر در سال سوم ترسیب کربن زمین‌های ما افزایش را نشان داد. وارد نمودن گیاهانی که توان باروری خاک را ارتقاء می‌دهند، در نظام تناوب و کشت (نظیر گونه‌های یک و چندساله از تیره لگومینوز) می‌تواند به بهبود وضعیت کربن آلی خاک کمک مؤثری نماید. در توجیه این مطلب می‌توان به دو مورد اشاره کرد: اول اینکه کاشت گندم در زمین و پس از آن، کاشت یک محصول دیگر در همان زمین، ترسیب کربن را نسبت به حالتی که فقط محصول گندم داریم افزایش می‌دهد. کیلبراید و همکاران

جدول ۶- جدول رگرسیون گام به گام برای سال اول زراعی

Table 6. Stepwise regression table for the first crop year

Parameter	Coefficient (B)	Standardized Coefficient (B)	T-value	Sig.t
Bd	3.22	.043	2.259	.025
Silt	.017	.063	3.255	.001
Clay	.018	.085	4.365	.000
N	39.47	.908	46.126	.000
Constant	-6.182	-	-2.651	.008

R = .945, R² = .894, R²Adj = .892, SE = .6859, F Test = 5.105, Sig = .025

$$CS(kg\ m^{-2}) = -6.182 + 39.47 (N) + 0.18 (clay) +$$

$$0.17(silt) + 3.222 (Bd)$$

مدل نهایی رگرسیونی:

جدول ۷- جدول رگرسیون گام به گام برای سال سوم زراعی

Table 7. Stepwise regression table for Third crop year

parameter	Coefficient (B)	Standardized Coefficient (B)	T-value	Sig.t
Clay	.019	.080	2.581	.010
Silt	.029	.093	3.089	.002
P	.016	.092	2.865	.004
OC	2.960	.773	22.905	.000
Constant	-.160	-	-.341	.733

R = .858, R² = .736, R² Adj = .732, SE = 1.231, F Test = 6.662, Sig = .010

$$CS (kg\ m^{-2}) = -.160 + 2.960 (OC) + 0.016 (P) +$$

$$0.0296 (Silt) + 0.019 (Clay)$$

مدل نهایی رگرسیونی:

از کود آلی در حدود ۳۰ درصد و کود دامی استفاده شده در حدود ۷۰ درصد باعث افزایش کربن آلی شده است. نتیجه افزایش کربن آلی باعث بالا رفتن ترسیب کربن در خاک شده است (جدول ۳).

در این تحقیق برای کشت سال سوم، قبل از کشت تمامی مزارع شخم زده شد. شخم زدن زمین زراعی باعث فشردگی خاک شده و جرم مخصوص ظاهری افزایش شده که در نتیجه افزایش جرم مخصوص ظاهری امکان پذیر بود. از طرفی اضافه کردن کود آلی به زمین باعث افزایش تخلخل و کاهش جرم مخصوص ظاهری می‌شود. از این رو، انتظار می‌رود که جرم مخصوص ظاهری در سطح خاک ثابت بماند و تغییری نکند که داده‌های بدست آمده از اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری در آزمایشگاه این فرضیه را تأیید کرد (جدول‌های ۱ و ۲). در صورتی که عملیات کشت و کار غیرعلمی باشد علاوه بر کاهش مواد آلی، سبب افت ویژگی‌های زیستی، و در دراز مدت، کاهش کیفیت خاک خواهد شد (Bapiri et al., 2020).

محققان گزارش کردند که افزودن کود دامی به دلیل افزایش خلل و فرج خاک، باعث کاهش معنی‌دار جرم مخصوص ظاهری خاک می‌شود (Courtney & Mullen, 2008; Tejada & Gonzalez, 2008). افزایش کربن آلی خاک با افزودن کود باعث افزایش بهبود تخلخل، نفوذ و قابلیت نگهداری آب در خاک می‌شود (Liu et al., 2013). کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک در اثر مصرف کود دامی به دلیل اختلاط خاک با یک ماده آلی با چگالی کم‌تر قابل انتظار است. نتایج یک آزمایش نشان داد که استفاده از مقادیر بالای کود دامی و کمپوست در مقایسه با شاهد و تیمار کود شیمیایی باعث کاهش معنی‌دار جرم مخصوص ظاهری خاک شده و نشان داده شد که یک رابطه مستقیم بین کاهش جرم مخصوص ظاهری و افزایش کربن آلی خاک وجود دارد (Hengel et al., 2007). همچنین تجمع چگالی کربن آلی خاک را در زیر مزرعه یونجه در طول آزمایش گزارش دادند که عمدتاً به دلیل سرعت بالای تجزیه ریشه‌های ریز بوده است (Guan et al., 2016).

نتایج یک تحقیق دیگر نشان داد که مصرف کمپوست، کود دامی و مایکوریزا در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک به ترتیب ۱۲ تا ۱۹ درصد افزایش نسبت به تیمار

بیش‌تر بیش‌تر کم‌تر همان‌طور که از نتایج برمی‌آید، ضریب مثبت، پارامترهای ازت، جرم مخصوص ظاهری، کربن آلی، میزان رس، سیلت، فسفر، پتاسیم به ترتیب اهمیت و دارا بودن وارد مدل نهایی رگرسیونی شده‌اند که این پارامترها مهم‌ترین متغیر تبیین‌کننده میزان کربن آلی خاک در منطقه مورد مطالعه محسوب می‌شوند. براساس مدل‌های به دست آمده در کاربری‌های مختلف نیز مقدار ازت خاک، درصد کربن آلی و جرم مخصوص ظاهری بیش‌ترین تأثیر در مقدار ذخیره کربن را داشته‌اند. به نظر می‌رسد که این پارامترها در مدیریت مزارع بیش‌تر بایستی مورد توجه برنامه‌ریزان قرار گیرد و اقدامات مهم در راستای حفظ و افزایش این پارامتر صورت پذیرد.

نتایج تحقیق نشان داد که در محصول پیاز که سال سوم و بعد از گندم کشت شده است، وجود کاه و کلش حاصل

کربن آلی خاک افزایش می‌یابد. اختلاط پسماند نه تنها باعث افزایش ورودی کربن به خاک می‌شود، بلکه باعث افزایش تجمع خاک و پایداری کل می‌شود که از مواد آلی در برابر تجزیه محافظت می‌کند و باعث کاهش نابودی خاک می‌شود (Zhang *et al.*, 2014). این یافته‌ها، که با نتایج آزمایش‌های قبلی موافق است، نشان می‌دهد که ترکیب باقی مانده‌های طولانی مدت یک روش مؤثر برای افزایش کربن آلی خاک در مناطق خشک است (Feng *et al.*, 2011; Groenigen *et al.*, 2011). نتایج نشان داده است که مصرف کود دامی، کمپوست و تلفیق مایکوریزا میزان ماده آلی خاک را تا ۶۹ درصد افزایش می‌دهد (Campbell *et al.*, 2007). تعادل کربن خاک در اراضی زراعی عمدتاً به تعادل بین ورودی کربن و انتشار دی-اکسیدکربن خاک بستگی دارد. اختلاط پسماند و کاربرد کود باعث افزایش ورودی کربن و تجمع دی‌اکسیدکربن در خاک می‌شود (Kou *et al.*, 2015).

تیمارهای ماده آلی (NPK + OM) باعث افزایش ورودی کربن نسبت به انتشار دی‌اکسیدکربن در خاک تجمع یافته شدند. ژنگ و همکاران اظهار داشتند که ما تخمین زده‌ایم که یک روش کشاورزی معمول در سین کیانگ منجر به از دست دادن ۰٫۳۲ تن درهکتار در سال شد (Zheng *et al.*, 2015). این بدان معنی است که برای جبران تلفات کربن و حفظ کربن خاک باید تقریباً ۱٫۹ تن در هکتار کود (مرغ و طیور) به خاک اضافه شود. تجمع کربن آلی خاک در زمین‌های زراعی به تعادل بین ورودی‌ها (به عنوان مثال، اضافه کردن بقایای محصول و کود) و خروجی‌ها (یعنی آزاد شدن دی‌اکسیدکربن به دلیل تجزیه ماده آلی) بستگی دارد (Kou *et al.*, 2012; Lal, 2009). فعالیت‌های انسانی تا حد زیادی بر تجمع کربن آلی خاک در مزارع تأثیر می‌گذارد (Abdalla *et al.*, 2015; Zhang *et al.*, 2017). مطالعات قبلی نشان داده‌اند که عوامل محدود کننده اصلی افزایش کربن آلی خاک به خاک‌ورزی، شیوه‌های کوددهی و سیستم کشت مرتبط است (Mathieu *et al.*, 2015). به عبارت دیگر حد آستانه مذکور صرف نظر از نوع خاک و شرایط اقلیمی به مشابه یک مرز هشداردهنده یا احتیاط مورد استفاده قرار می‌گیرد. نتایج توسط لیانگ و همکاران (Liang *et al.*, 2011) نشان داد که از آنجا که ماده آلی از ذرات خاک سبک‌تر

شاهد شد (Courtney & Mullen 2008). در تحقیق حاضر با توجه به جدول‌های ۱ و ۲ در تمامی مکان‌های مورد بررسی، با افزایش میانگین وزن مخصوص ظاهری خاک، مقدار کربن آلی بیش‌تری ترسیب شده است. در توجیه این مسأله این‌گونه می‌توان اظهار داشت که ترسیب کربن ارتباط مستقیم و مثبتی با ماده آلی و چگالی خاک دارد. یعنی اگر این دو افزایش یابند ترسیب کربن نیز افزایش می‌یابد، ولی اگر این دو باهم افزایش نداشته باشند ماده آلی در اولویت است. در کشت سال سوم یعنی پیاز با وجود این‌که چگالی خاک را ثابت نگه داشته شد، ولی ترسیب کربن به علت استفاده از کود آلی افزایش را نشان داد. لذا ماده آلی اهمیت بیش‌تری نسبت به چگالی خاک دارد. در این راستا، پیرس و همکاران (Pearce *et al.*, 1983) مقدار ماده آلی را معمولی‌ترین شاخص تخمین کیفیت خاک می‌دانند، ضمن اینکه ماده آلی ۵۰ درصد وزن کربن را گزارش می‌کند. نتایج پژوهش حاضر نیز نشان داد که با افزایش ماده آلی، کربن بیش‌تری در خاک مکان‌های مورد بررسی ذخیره شده است.

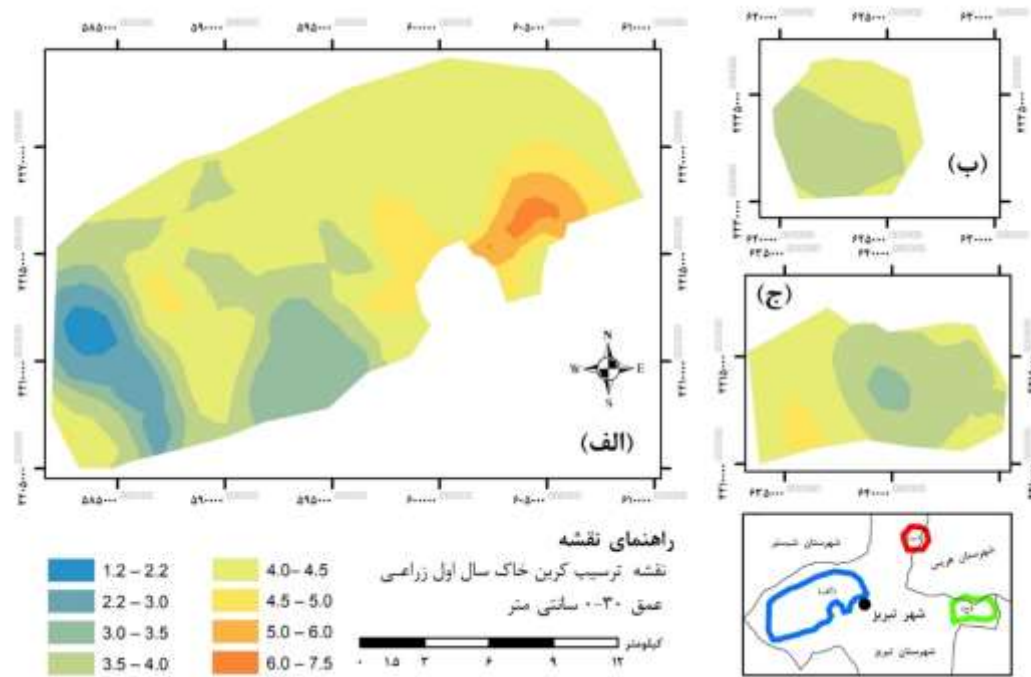
در توضیح مقایسه میانگین کربن آلی دو محصول (جدول‌های ۱ و ۲) باید به این مطلب اشاره کرد که در مطالعه حاضر ماده آلی خاک با افزایش ورودی کربن به خاک افزایش یافته است. این نشان داد که تغییرات در ماده آلی خاک ارتباط مستقیمی با میزان ورودی کربن از باقیمانده‌های محصول و کود آلی دارد. نتایج مشابهی در یک آزمایش میدانی ۲۰ ساله توسط کیوا و همکاران (Qiao *et al.*, 2015) و یک آزمایش میدانی ۵۰ ساله توسط لمکه و همکاران (Lemke *et al.*, 2010) گزارش شده است. در مناطق خشک و نیمه‌خشک میزان ماده آلی خاک‌ها پایین بوده و وجود آن برای پایداری تولید مهم است (Behera & Panda, 2009). ماده آلی خاک علاوه بر تأثیرگذاری بر ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و زیستی خاک، نقش اساسی در تأمین مواد مغذی و حفظ رطوبت خاک دارد (Cardoso *et al.*, 2015). کربن آلی خاک نقش مهمی در استخراج مواد مغذی خاک و در دسترس بودن آن‌ها دارد (Li *et al.*, 2017). در سال سوم مقدار زیادی ماده آلی نیز از طریق کود دامی به خاک اضافه شد. ورود مقدار زیاد کود دامی به خاک باعث ایجاد محیط مطلوب برای فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک شده که در اثر آن

شدن، علاوه بر عدم جذب نیتروژن از خاک، باعث از بین رفتن بذره‌های گیاهی موجود در کود و همچنین کاهش آلودگی و بوی نامطبوع آن می‌شود. کمپوست به علت دارا بودن هوموس فراوان باعث افزایش کربن آلی، بهبود حاصلخیزی و حفظ رطوبت خاک و افزایش رشد گیاه، بدون ایجاد عارضه جانبی، شده و خطر فرسایش و بیابان‌زایی را کاهش می‌دهد (Qian *et al.*, 2014). نتایج نشان داد که میزان اسیدیته با ذخیره کربن آلی خاک رابطه معکوس دارد. در این خصوص مطالعات مختلفی نشان می‌دهد اسیدیته خاک توسط عمل تنظیم فعالیت میکروبی خاک میزان کربن آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد و مقادیر بالای اسیدیته احتمالاً به دلیل تسریع شدن تجزیه کربن خاک یک اثر منفی بر میزان کربن خاک دارد (Motavalli *et al.*, 1995). ثابت شده است که اسیدیته و ماده آلی بالا در خاک‌ها شرایطی برای دینیتروژن‌کاسیون فراهم می‌نماید (Laverman *et al.*, 2001). بالابودن میزان ذرات ریز خاک نظیر رس و سیلت که در اکثر خاک‌های تکامل یافته اتفاق می‌افتد در حفظ و تثبیت کربن آلی نقش و اهمیت دارد (Muller & Hoper, 2004). خاک‌های با بافت ریز، نسبت به خاک‌های درشت‌دانه، پتانسیل بیش‌تری در ترسیب کربن و ذخیره آن به صورت بلند مدت دارند. نتایج بسیاری از پژوهش‌ها نیز تأییدکننده این مطلب می‌باشد (Henderson *et al.*, 2004; Joneidi *et al.*, 2013). عواملی دیگر نظیر تنفس بالا در خاک‌های شنی منجر به مقادیر کم کربن در مقایسه خاک‌های رسی دارای حداقل هدررفت تنفسی می‌شود (Schimel *et al.*, 1985). نهایت آن که در این مطالعه با در نظر گرفتن این موضوع که بافت خاک‌های مزارع، ریز و سنگین (رسی و لومی رسی) و متوسط (لوم) هستند، نتایج نشان داد که ذرات ریز رس و سیلت ضریب تأثیر مثبت و پتانسیل بالایی در ذخیره کربن دارند (جدول‌های ۴ و ۵).

در نهایت با کمک نرم‌افزار ArcMap و با کمک داده‌های زمینی مربوط به ترسیب کربن خاک نقشه تغییرات مکانی میزان ترسیب کربن برا هر دو محصول گندم و پیاز تهیه شد (شکل‌های ۲ و ۳).

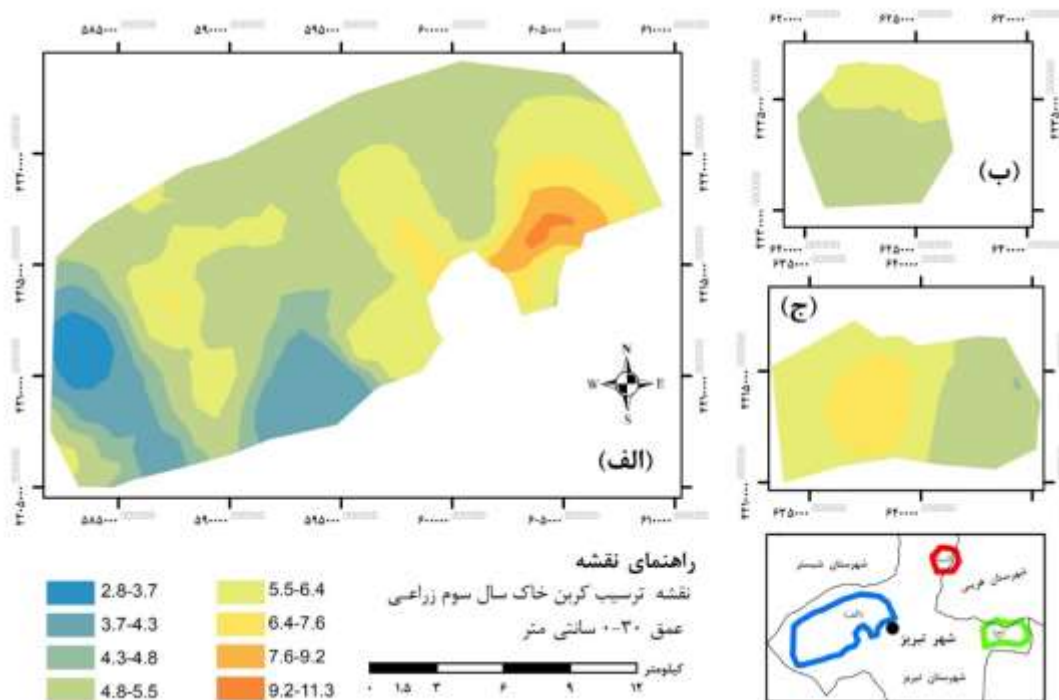
است، افزایش مقدار کربن آلی خاک به دلیل کشت محصولات زراعی به طور متناسب باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک، به ویژه در عمق خاک ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متری می‌شود. افزون بر این، کاهش در جرم مخصوص ظاهری نیز احتمالاً مربوط به بقایای حیوانات در سطح خاک بوده که می‌تواند منجر به افزایش ظرفیت هوادهی خاک و بهبود ساختار خاک شود (Thomazini *et al.*, 2015). سیستم‌های حفاظت طولانی مدت خاک با افزایش در ماده آلی خاک و محصولات زراعی ممکن است جرم مخصوص ظاهری خاک و ثبات خاکدانه را کاهش دهند (Higashi *et al.*, 2014).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اثر مصرف کود آلی (کود دامی + کاه و کلش) در سال سوم که در مزارع کشت پیاز استفاده شد، بر هدایت الکتریکی خاک معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها (جدول‌های ۱ و ۲) نشان داد که استفاده از کود دامی باعث افزایش هدایت الکتریکی خاک شد. در پایان سال سوم، میزان هدایت الکتریکی خاک ۰/۰۴ دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافت. نتایج اسیدیته و هدایت الکتریکی در کاربری‌های بررسی شده، اختلافات معنی‌دار کم‌تری را نسبت به هم نشان می‌دهند. با توجه به اینکه بخشی از تغییرات اسیدیته خاک به سنگ مادری و بخشی دیگر از آن همراه با هدایت الکتریکی به مقدار بارندگی بستگی دارد و با توجه به اینکه مناطق بررسی شده دارای مواد مادری یکسان‌اند و در منطقه آب و هوایی یکسان قرار دارند، میزان اسیدیته و هدایت الکتریکی آن‌ها کم‌تر تغییر یافته که با نتایج تحقیقی دیگر همسویی دارد (Dormaar *et al.*, 1997). استفاده از کود دامی باعث افزایش کربن آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، هدایت الکتریکی و کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک در پایان سه سال آزمایش شد. کود دامی همراه با سطوح بالاتر زئولیت، میزان کربن آلی خاک را بهبود بخشیده و گرم و خشک، از جمله ایران، میزان مواد آلی خاک اغلب بسیار پایین است، بنابراین محافظت و بهبود مواد آلی خاک برای حفظ سلامتی خاک و کشاورزی پایدار در این نواحی بسیار حائز اهمیت است (Keshavarz *et al.*, 2014). کود دامی از جمله مواد آلی است که تبدیل شدن آن به کمپوست، در اثر فرآیند پوسیده



شکل ۲- نقشه پهنه‌بندی ترسیب کربن خاک در سال اول زراعی

Figure 2. Soil carbon sequestration zoning map in first year crop



شکل ۳- نقشه پهنه‌بندی ترسیب کربن خاک در سال سوم زراعی

Figure 3. Soil carbon sequestration zoning map in third year crop

نقش غیرمستقیم انسان بر این ویژگی‌های از طریق تغییر در سایر مشخصه‌های قابل کنترل محیطی و همچنین جلوگیری از برخی پیامدهای سوء مدیریتی معطوف

نتیجه‌گیری کلی

اگرچه انسان به طور طبیعی و مستقیم قادر به تغییر برخی ویژگی‌های خاک مؤثر بر ذخیره کربن نیست، اما

منظور کردن متغیرهای محیطی زیاد در این نوع مطالعات صورت پذیرد تا زمینه ارزیابی دقیق اثرات تغییرات عمده در منطقه فراهم شود. به نظر می‌رسد که این پارامترها در مدیریت مزارع بیشتر بایستی مورد توجه برنامه‌ریزان قرار گیرد و اقدامات مهم در جهت حفظ و افزایش این پارامتر صورت پذیرد.

خواهد بود. به همین دلیل با توجه به نقش کاه و کلس محصول گندم، کود دامی، شخم زمین و رعایت تناوب زراعی به عنوان عوامل اصلی ورودی کربن به خاک و قابل مدیریت بودن آنها می‌توان با مدیریت اصولی و اقدامات جدی در جهت افزایش ذخیره کربن و حفظ بلند مدت آن قدم برداشت. پیشنهاد می‌گردد تحقیقات دیگری برای

References

- Abdalla K., Chivenge P., Ciais P., and Chaplot V. 2015. No-tillage lessens soil CO₂ emissions the most under arid and sandy soil conditions: Results from a meta-analysis. *Biogeosciences*, 12: 15495-15535.
- Abdalla M., Hastings A., Helmy M., Prescher A., Osborne B., Lanigan G., Forristal D., Killi D., Maratha P., Williams M., Rueangritsarakul K., Smith P., Nolan P., and Jones M.B. 2014. Assessing the combined use of reduced tillage and cover crops for mitigating greenhouse gas emissions from arable ecosystem. *Geoderma*, 223-225: 9-20.
- Baker J.M., Ochsner T.E., Venterea R.T., and Griffis T.J. 2007. Tillage and soil carbon sequestration what do we really know? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 118: 1-5.
- Bapiri D., Khodaverdilou H., Barin M., and Qusta Y. 2020. The effect of cultivation on some soil biocides: A case study in West Azerbaijan province, Iran. *Applied Soil Research*, 8 (3): 96-108.
- Behera S.K., and Panda R.K. 2009. Effect of fertilization and irrigation schedule on water and fertilizer solute transport for wheat crop in a sub-humid sub-tropical region. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 130: 141-155.
- Campbell C.A., Vandan A.J., Bygaard B., Grant R., Zenter P., McComkey B.G., Lemke R., Gregorichl, E.G., and Fernandez M.R. 2007. Quantifying carbon sequestration in a conventionally tilled crop rotation study in southwestern Saskatchewan. *Canadian Journal of Soil Science*, 87: 23-38.
- Cardoso J.A.F., Lima A.M.N., Cunha T.J.F., Rodrigues M.S., Hernani L.C., Amaral A.J.D., and Oliveira Neto M.B.D. 2015. Organic matter fractions in a quartzipsamment under cultivation of irrigated mango in the lower São Francisco Valley Region, Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39: 1068-1078.
- Courtney R.G., and Mullen G.J. 2008. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. *Bioresource Technology*, 99: 2913-2918.
- Dormaar J.F., Adams B.W., and Willms W.D. 1997. Impact of rotational grazing on mixed prairie soils and vegetation. *Journal of Range Management*, 50: 4.
- Feizi H., Maleki S., and Puzeshi R. 2020. Effect of Vegetation on Soil Organic Carbon Storage and Carbon Dioxide Stabilization in Long-Term Land Use, Bajestan Region. *Applied Soil Research*, 8 (4): 181-196.
- Feng S., Tan S., Zhang A., Zhang Q., Pan G., Qu F., Smith P., Li L., and Zhang X. 2011. Effect of household land management on cropland topsoil organic carbon storage at plot scale in a red earth soil area of South China. *The Journal of Agricultural Science*, 149, 557-566.
- Gangwar K.S., Singh K.K., Sharma S.K., Tomar O.K. 2006. Alternative tillage and crop residue management in wheat after rice in sandy loam soils of Indo- Gangetic plains. *Soil and Tillage Research*, 88: 242-252.
- Gee G.W., and or D. 2002. Particle size analysis. In: Dane J.H., G.C. Topp, Editors. *Methods of Soil Analysis. Part 4. Physical methods*. Soil Science Society of America, Madison (WI), 255-293.
- Girard M.C., Walter C., Remy J.C., Berthlin J., and Jean-louis morer. 2010. *Soil and Environment Book*, 2nd edition, Dunod Paris.
- Groenigen K.J.V., Hastings A., Forristal D., Roth B., Jones M., and Smith P. 2011. Soil C storage as affected by tillage and straw management: An assessment using field measurements and model predictions. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 140: 218-225.

- Guan X.K.K., Turner N.C., Song L., Gu Y. J.J., Wang T. C.C., and Li F. M.M. 2016. Soil carbon sequestration by three perennial legume pastures is greater in deeper soil layers than in the surface soil. *Biogeosciences*, 13: 527-534.
- Habtegebrail K., Singh B.R., and Haile M. 2007. Impact of tillage and nitrogen fertilization on yield, nitrogen use efficiency of tef (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter) and soil properties. *Soil and Tillage Research*, 94: 55-63.
- Henderson D.C., Ellert B.H., and Naeth M.A. 2004. Grazing and soil carbon along a gradient of Alberta rangelands. *Journal of Range Management*, 57: 402-410.
- Hengl T., Heuvelink, G.B.M. and Rossiter D.G. 2007. About Regression-Kriging: From equations to case studies. *Computers & Geosciences*, 33: 1301-1315.
- Higashi T., Yunghui M., Komatsuzaki M., Miura S., Hirata T., Araki H., Kaneko N., and Ohta H. 2014. Tillage and cover crop species affect soil organic carbon in Andosol, Kanto, Japan. *Soil and Tillage Research*, 138: 64-72.
- Joneidi H., Azarnivand H., Zare Chahooki M.A., Jafari M., and Nikoo S. 2013. Study of the effects of some ecological factors and management practices on carbon storage in *Artemisia sieberi* species in rangelands using PCA analyze. *Journal of Natural Environment*, 65(4): 451-464. (In Persian).
- Keshavarz Afshar R., Chaichi M.R., Assareh M.H., Hashemi M., and Liaghat A. 2014. Interactive effect of deficit irrigation and soil organic amendments on seed yield and flavonolignan production of milk thistle (*Silybum marianum* L. Gaertn.). *Industrial Crops and Products*, 58: 166-172.
- Kilbride C.M., Byrne K.A., and Gardiner J.J. 1999. Carbon sequestration and Irish Forests. Dublin: CoFord.
- Kou T.J., Zhu P., Huang S., Peng X.X., Song Z.W., Deng A.X., Gao H.J., Peng C., Zhang W.J. 2012. Effects of long-term cropping regimes on soil carbon sequestration and aggregate composition in rainfed farmland of Northeast China. *Soil and Tillage Research*, 118: 132-138.
- Lal R. 2009. Challenges and opportunities in soil organic matter research. *European Journal of Soil Science*, 60: 158-169.
- Lal R., Negassa W., and Lorenz K. 2015. Carbon sequestration in soil. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 15: 79-86.
- Laverman A.M., Zoomer H.R., and Verhoef H.A. 2001. The effect of oxygen, pH and organic carbon on soil-layer specific denitrifying capacity in acid coniferous forest. *Soil Biology Biochemistry*, 33(4-5): 683-687.
- Lemke R.L., Vandenbygaart A.J., Campbell C.A., Lafond G.P., and Grant B. 2010. Crop residue removal and fertilizer N: Effects on soil organic carbon in a long-term crop rotation experiment on an Udic Boroll. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 135: 42-51.
- Lemma B., Kleja D.B., Nilsson I., and Olsson M. 2006. Soil carbon sequestration under different exotic tree species in the southwestern highlands of Ethiopia. *Geoderma*, 136: 886-898.
- Li Z., Liu, C., Dong, Y., Chang, X., Nie, X., Liu, L., Xiao, H., Lu, Y., and Zeng, G. 2017. Response of soil organic carbon and nitrogen stocks to soil erosion and land use types in the loess hilly-gully region of China. *Soil and Tillage Research*, 166: 1-9.
- Liang Y., Han X., Song C., and Li H. 2011. Impacts of returning organic materials on soil labile organic carbon fractions redistribution of Mollisol in Northeast China. *Scientia Agricultura Sinica*, 44: 3565-3574.
- Liu C.A., Li F.R., Liu C.C., Zhang R.H., Zhou L.M., Jia Y., Gao W.J., Li J.T., Ma Q.F., Siddique, K.H.M., and Li F.M. 2013. Yield-increase effects via improving soil phosphorus availability by applying K₂SO₄ fertilizer in calcareous-alkaline soils in a semi-arid agroecosystem. *Field Crops Research*, 144: 69-76.
- Mathieu J.A., Hatté C., Balesdent J., and Parent E. 2015. Deep soil carbon dynamics are driven more by soil type than by climate: A worldwide meta-analysis of radiocarbon profiles. *Global Change Biology*, 21: 4278-4292.
- Moreno G., Obrador J.J., and Garcia A. 2007. Impact of evergreen oaks on soil fertility and crop production in intercropped dehesas. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 119: 270-280.

- Motavalli P.P., Palm C.A., Parton W.J., Elliott E.T and Frey S.D. 1995. Soil pH and organic C dynamics in tropical forest soils: evidence from laboratory and simulation studies. *Soil Biology and Biochemistry*, 27(12): 1589-1559.
- Muller T., and Hoper H. 2004. Soil organic matter turnover as a function of the soil clay content: consequences for model applications. *Soil Biology and Biochemistry*, 36: 877-888.
- Page ALV and Keeney MRH. 1992. Method of Soil Analysis. American Society of Agronomy, Madison WI. USA.
- Pearce D., Pearce C., and Palmer, C. 2002. Valuing the environment in developing countries: case studies (Vol. 1). Edward Elgar Publishing.
- Powlson D.S., Whitmore A.P., and Goulding K.W.T. 2011. Soil carbon sequestration to mitigate climate change: a critical re-examination to identify the true and the false. *European Journal of Soil Science*, 62: 42-55.
- Qian X., Shen G., Wang Z., Guo C., Liu Y., Lei Z., and Zhang Z. 2014. Co-composting of livestock manure with rice straw: characterization and establishment of maturity evaluation system. *Waste Management*, 34: 530-535.
- Qiao Y., Miao S., Li N., Xu Y., Han X., and Zhang B. 2015. Crop species affect soil organic carbon turnover in soil profile and among aggregate sizes in a Mollisol as estimated from natural ¹³C abundance. *Plant and Soil*, 392: 163-174.
- Schimel D., Stillwell M.A., and Woodmansee R.G. 1985. Biogeochemistry of C, N and P in a soil catena of short grass steppe. *Ecology*, 66: 276-282.
- Singh B.R., and Haile M. 2007. Impact of tillage and nitrogen fertilization on yield, nitrogen use efficiency of tef (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter) and soil properties. *Soil and Tillage Research*, 94: 55-63.
- Soil Survey Staff. 1984. Procedures for collecting soil samples and methods of analysis for soil survey. In *Soil Survey Investigations Rep. No. 1*. USDA-SCS Agricultural Handbook. 436 pp.
- Sparks D and Bartels J. 1996. Methods of soil analysis: Part3. Chemical methods. In *Soil Science Society of America Book Series*. Madison, Wisconsin. USA. Pp 1390.
- Su, Y.Z. 2007. Soil Carbon and nitrogen sequestration following the conversion of cropland to alfalfa land in northwest china. *Soil and Tillage Research*, 92: 181-189
- Tejada M., and Gonzalez J.L. 2008. Influence of two organic amendments on the soil physical properties. *Geoderma*, 145: 325-334.
- Thomazini A., Mendonca E.S., and Souza J.L. 2015. Impact of organic no-till vegetables systems on soil organic matter in the Atlantic Forest biome. *Scientia Horticulturae*, 182: 145-155.
- Zhang Q., Yang L., Xu Z., Zhang Y., Luo H., Wang J., and Zhang W. 2014. Effects of cotton field management practices on soil CO₂ emission and C balance in an arid region of Northwest China. *Journal of Arid Land*, 6: 468-477.
- Zheng L., Wu W., Wei Y., and Hu K. 2015. Effects of straw return and regional factors on spatio-temporal variability of soil organic matter in a high-yielding area of northern China. *Soil & Tillage Research*, 145, 78-86.

Effect of Organic Fertilizers and Cropping Systems on Carbon Sequestration Performance (Case study of Tabriz plain)

Ahmad Bybordi¹, Farhad Moshiri², Ali Kalantari Oskuyi³, Saghar Chakherlou^{4*}

(Received: September 2019 Accepted: April 2020)

Abstract

Climate change is a major threat to sustainable development and food security due to the impact of greenhouse gases of the Earth's atmosphere, especially in arid and semi-arid regions of the world such as Iran. Carbon sequestration in soils and plant ecosystems is one way to overcome this problem. Organic carbon content in soil is three times higher than carbon in all plant tissues and twice as high as atmospheric carbon. In this study, the effects of crop production and manure and straw application on carbon sequestration were evaluated, based on some soil physical and chemical properties. Soil samples (n = 308 in total) were collected from the surface depth (0-30 cm). Soil properties such as soil texture, pH, electrical conductivity, organic carbon, bulk density, carbon sequestration and etc. were estimated. Data were analyzed using SPSS software. Descriptive statistics, mean, standard deviation, etc. were used to determine the distribution of specimens. Stepwise regression was used to present the model. Analysis of the results showed the significant relationship between carbon sequestration and all soil properties, except sand. Soil carbon sequestration in the third crop year (onion) increased from 4.84 to 5.68 kgm⁻². In the onion crop grown in the third year after wheat, straw produced by organic fertilizer increased by 30% and organic fertilizer by 70%. Finally, carbon sequestration was mapped for both crops using locomotor data and Arc map software.

Keywords: Soil carbon sequestration, Tabriz plain, Crops, organic fertilizer, Arc map

Bybordi A., Moshiri F., Kalantari Oskuyi A., and Chakherlou S. 2021. Effect of organic fertilizers and cropping systems on carbon sequestration performance (case study of Tabriz plain). *Applied Soil Research*, 9(1): 130-142.

1. Assistant Professor, Department of Soil and Water Research, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Training Center, Agricultural Research and Training Organization, Khosrowshahr, Iran

2. Assistant Professor, Soil Nutrition and Fertility Research, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research and Promotion Organization, Karaj, Iran

3. Assistant Professor, Department of Soil and Water Research, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Training Center, Agricultural Research and Training Organization Khosrowshahr Iran

4. Researcher East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Training Center, Agricultural Research and Training Organization, Khosrowshahr, Iran

*Corresponding Author Email: saghar.chakherloo@yahoo.com