نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب) / الف / جلد 30 / شماره 3 / 1395
DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijsr.2016.107360

ارزیابی تأثیر بلند مدت روش‌های مختلف مدیریت خاک‌ورزی و تناوب زراعی بر ذخایر کربن آلی خاک

فردین حامدی و یحیی پرویزی[1]

مربی پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران؛ **fardin_hamedi@yahoo.com**

استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران؛ **yparvizi1360@gmail.com**

دریافت: **94/11/5** و پذیرش: **95/6/8**

چکیده

عملیات خاک‌ورزی مناسب و رعایت تناوب صحیح زراعی دو عامل مهم مدیریتی‌اند که می توانند ذخایر کربن آلی خاک‌ها را تحت تأثیر قرار دهند. تحقیق حاضر به منظور بررسی اثرات بلند مدت روش‌های مختلف خاک‌ورزی و تناوب زراعی بر میزان ذخیره کربن آلی خاک در ایستگاه تحقیقاتی ماهیدشت انجام شد. این آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور که شامل فاکتور خاک‌ورزی با سه روش(بی‌خاک‌ورزی، چیزل و گاوآهن برگردان دار) و فاکتور تناوب زراعی در سه سطح(گندم-ذرت، گندم-کلزا و گندم-گلرنگ)، با سه تکرار به مدت 5 سال اجرا گردید. هر ساله در پایان فصل رشد نمونه‌برداری از خاک از اعماق 15-0 و30-15 سانتی‌متری انجام شد که در آنها جرم مخصوص ظاهری و کربن آلی خاک اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که در سال‌های اول اجرای آزمایش اثر فاکتور خاک‌ورزی از نظر آماری معنی‌دار نگردید اما در سال‌های پایانی و نیز در مجموع پنج سال فاکتور خاک‌ورزی از نظر آماری معنی‌دار شد بطوری‌که استفاده از روش بی‌خاک‌ورزی در اولویت قرار گرفت. همچنین نتایج نشان داد بیشترین ارتقاء ذخیره کربن آلی خاک در پایان پنج سال آزمایش از کاربرد بی‌خاک‌ورزی با تناوب گندم-گلرنگ به میزان 5/1 تن در هکتار به دست آمد. ضمن آنکه کاربرد چیزل در نظام خاک‌ورزی در بیشتر موارد منجر به تقلیل ذخیره کربنی خاک به میزان حدود 1/5 تن در هکتار شده بود. بنابراین استفاده از بی‌خاک‌ورزی با تناوب گندم-گلرنگ و حتی با تناوب گندم-کلزا در طولانی مدت بر روش-های دیگر برتری دارد و قابل توصیه برای منطقه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بی‌خاک‌ورزی،چیزل، گاوآهن برگردان‌دار، تناوب زراعی و وزن مخصوص ظاهری خاک

---

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: کرمانشاه، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری

مقدمه

حدود 350 میلیون هکتار از اراضی جهان در اثر اجرای عملیات خاک‌ورزی شدید و نامناسب دچار فرسایش و تخریب گردیده است (صیادیان و بهشتی آل آقا، 1384). به موازات مسئله فرسایش، کاهش ذخایر کربن آلی خاک که در اثر عوامل مختلفی رخ می‌دهد به چالشی دیگر برای کشاورزی تبدیل شده است. توصیف پتانسیل و چالش‌های ذخیره کربن در خاک‌های اکوسیستم‌های کشاورزی یک موضوع جهانی محسوب می‌شود (لال،2011). در بررسی مورگان و همکاران (2010) در امریکا، نقش پتانسیل مدیریت زراعی بصورت سامانه‌های خاک‌ورزین و تناوب زراعی در اراضی کشاورزی برای کاهش تغییرات آب و هوایی از طریق ذخیره کربن بحث شده است. یکی از مهمترین سازوکارها برای کنترل فرسایش و افزایش ماده آلی خاک استفاده از تناوب صحیح زراعی و شخم‌های حفاظتی و از جمله بی-خاک‌ورزی است. بهبود کربن آلی خاک علاوه بر آن‌که باعث کاهش گاز کربنیک اتمسفری و ترسیب آن و در نتیجه اصلاح گرمایش زمین می‌شود، باعث ارتقاء کیفیت و کمیت آب در حوضه، بهبود کیفیت هوا، افزایش کمیت و کیفیت محصول، امنیت غذائی، حفاظت خاک و اصلاح اراضی تخریب یافته، تصفیه آلاینده‌ها، تسهیل انتقال و ذخیره آب و املاح، و احیاء خاک‌ها و اکوسیستم‌ها خواهد شد (وانگ و همکاران، 2009).

از مهمترین عملیات مدیریتی تعیین کننده در تغییرپذیری کربن آلی خاک می‌توان به شدت خاک‌ورزی، آیش و تناوب زراعی، مدیریت بقایای گیاهی و کاربرد کودهای سبز و دامی اشاره نمود (بوکوت و همکاران 1997 و مایا و همکاران 2010). طبق تعریف مرکز اطلاعات شخم حفاظتی در امریکا، بی‌خاکورزی سامانه ای است که در آن زمین جز در زمان مصرف کود از کاشت تا برداشت دست نخورده باقی می‌ماند (مورل، 2004). واتس و همکاران (2010) گزارش دادند که بیشترین تجمع کربن در شرایط بدون خاک‌ورزی و همراه با استفاده از کود دامی است. لوپز و همکاران (2011) نتیجه گرفتند که کشاورزی بدون شخم در مناطق تولید غلات دیم در اسپانیا به‌طور متوسط، 20 درصد ذخیره کربن آلی خاک را نسبت به شخم متداول افزایش دهد. پویریر و همکاران (2010)، اثرات عملیات مختلف خاک‌ورزی بر ذخیره کربن آلی خاک در خاکی با بافت رس لومی بررسی شد. نتایج نشان داد، با عملیات بی‌خاک‌ورزی مقدار کربن آلی خاک در لایه سطحی خاک (صفر تا 20 سانتی‌متری) افزایش داشته، در صورتی‌که در خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار مقدار کربن آلی در پایین لایه شخم(20 تا 30 سانتی‌متری) بیشتر بوده است. طبق پژوهش‌های انجام شده، ساینجو و همکاران (2009) گزارش دادند که خاک‌ورزی روی ذخیره‌سازی کربن در دیم‌زارها مؤثر بوده به‌طوری‌که کاهش عملیات خاک‌ورزی باعث افزایش ذخیره کربن شده است.

علاوه بر انجام عملیات خاک‌ورزی مناسب، رعایت تناوب صحیح نیز یکی دیگر از عوامل مهم مدیریتی است که می‌توانند بر روی خصوصیات فیزیکی و شیمایی خاک‌ها و میزان مواد آلی آنها مؤثر باشند (موسوی و همکاران، 1384). در مطالعه‌ای در آمریکا، فولت (2001) نشان داد می‌توان در عرصه‌های زراعی با اعمال خاک‌ورزی حفاظتی، بین30 تا 105 میلیون‌تن کربن به ذخیره کربن اراضی افزود. ضمن آن‌که اعمال سیستم تناوبی کشاورزی حفاظتی بین 14 تا 29 میلون‌تن کربن آلی به ذخیره این خاک‌ها اضافه می‌کند. چیونج و همکاران (2007) نشان دادند که اعمال کشاورزی حفاظتی با استفاده از دو تکنیک خاک‌ورزی حفاظتی و برگرداندن بقایا به خاک در میان مدت (یک دوره نه ساله) قادر است کربن آلی خاک را از 42 تا 66 درصد افزایش دهد.

در استان کرمانشاه تهیه زمین عمدتاً با استفاده از گاو آهن برگردان‌دار و دیسک بشقابی صورت می‌گیرد و بعضاً عملیات آماده‌سازی زمین در رطوبت‌های نامناسب انجام گیرد. از طرفی در اغلب زمین‌های آبی تناوب صحیحی صورت نمی‌پذیرد بطوری‌که تناوب رایج در منطقه گندم-ذرت می‌باشد. لذا می توان گفت که خاک-های این استان به دلیل سنگینی بافت، کمبود مواد آلی و عدم رعایت خاک‌ورزی مناسب و تناوب صحیح، فاقد شرایط فیزیکی مناسبی در لایه‌های سطحی هستند. خاک-ها از نظر ماده آلی نیز فقیر محسوب می‌گردند. همچنین سله سطحی که در اثر تخریب خاکدانه‌ها در سطح خاک ایجاد می‌شود موجبات فرسایش خاک را فراهم می‌آورد، از طرف دیگر مصرف بیش از اندازه کودهای شیمیایی به ویژه کودهای ازته بتدریج خاک را با کمبود مواد آلی مواجه ساخته و به تبع آن سایر خواص فیزیکی خاک نامطلوب می‌گردد. به عنوان مثال جرم مخصوص ظاهری افزایش خواهد یافت. بطور کلی هدف از اجرای این آزمایش بررسی تأثیراتی است که روش‌های مختلف خاک‌ورزی و تناوب زراعی در شرایط آب و هوائی استان کرمانشاه بر ذخایر کربن آلی خاک بر جای می‌گذارد تا بدین وسیله بتوان به بهترین روش آماده سازی زمین و مناسب‌ترین تناوب در منطقه دست یافت.

مواد و روش‌ها

آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور که شامل سامانه خاک‌ورزی با سه روش (بی‌خاک‌ورزی[1]، شخم با چیزل تا عمق 25 سانتی‌متری و شخم با گاوآهن برگردان دارتا عمق 25 سانتی‌متری) و تناوب زراعی در سه سطح (گندم آبی-ذرت دانه‌ای، گندم آبی-کلزا آبی، گندم آبی-گلرنگ آبی)، با سه تکرار و در ایستگاه تحقیقاتی ماهیدشت کرمانشاه، به مدت 5 سال اجراء شد. خاک محل اجرای طرح جزء تحت گروه Calcixerepts و دارای بافت سطحی Silty clay loam می‌باشند.

ابعاد کرتهای آزمایشی 10×20 متر مربع و فاصله بین کرت‌ها و تکرارها به ترتیب 3 و 4 متر بود. جهت اعمال تیمار کم خاک‌ورزی از گاو آهن چیزل با عمق شخم 25 سانتی‌متری استفاده گردید و سپس یک مرتبه دیسک زده شد. برای اعمال خاک‌ورزی متداول از گاو آهن برگردان‌دار با وزن 350 کیلوگرم با عمق شخم 25 سانتی‌متر استفاده گردید که پس از شخم نیز دو بار دیسک زده شد. بذر کارهای مورد استفاده نیز عبارتند از الف- ردیفکار ذرت، ب- بذر کار گندم و گلرنگ ج- بذر کار کلزا. برای اعمال تناوب در سال اول، سوم و پنجم اجرای آزمایش در تمامی تیمارها گندم کشت گردید و در سال‌های دوم و چهارم از ذرت دانه ای، کلزا آبی و گلرنگ آبی بر اساس غالب طرح استفاده گردید. قبل از کشت نیز یک نمونه خاک مرکب تهیه و برای تعین میزان کودهای شیمیایی مورد نیاز به آزمایشگاه ارسال گردید.

پس از اعمال تیمارها و انجام عملیات شخم با ادوات فوق اقدام به کشت بذرها گردید. رقم های بذرگندم آبی، ذرت دانه‌ای، کلزا آبی و گلرنگ آبی مورد استفاده بترتیب مرودشت، سینگل کراس 704، طلایه وLRV ورامین بود. نمونه‌برداری از خاک در هرسال پس از برداشت محصول به دو صورت دست خورده جهت تعیین درصد کربن آلی و دست نخورده بمنظور تعیین جرم مخصوص ظاهری در اعماق 0-15 و 15-30 سانتی‌متری انجام گرفت. با داشتن مقدار کربن آلی خاک عمق (d) و وزن مخصوص ظاهری ، ذخیره کربنی (Cs) هر لایه و در هکتار با فرمول زیر محاسبه شد.

$$Cs = 10000 \times \%SOC \times Bd \times d$$

سپس با میانگین‌گیری وزنی، ذخیره کربن خاک در کل پروفیل و در واحد سطح محاسبه شد و در نهایت برای کل عرصه هر سایت، میزان ذخیره کربن خاک در خاک محاسبه گردید. در نهایت با استفاده از نرم افزارهای آماری MSTATC نتایج آنالیزهای مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

نتایج

برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول 1 آورده شده است. مطابق این جدول خاک محل اجرای آزمایش فاقد محدودیت شوری، بافت خاک سنگین، مقدار مواد آلی و ازت کل خاک در حد کم ولی فسفر و پتاسیم بالاتر از حد بحرانی بودند. همچنین میزان عناصر غذایی ریز مغذی به جز بر و روی بر اساس حد بحرانی توصیه کودی ارائه شده توسط موسسه تحقیقات خاک و آب (ملکوتی و غیبی، 1376) همگی در حد مطلوبی قرار داشتند.

بطور کلی نتایج تجزیه و تحلیل نهایی تأثیر تیمارها بر روی فاکتور کربن آلی خاک و در نتیجه ذخایر کربنی آن به شرح زیر است.

مقایسه نتایج سال اول و پنجم

نتایج نشان داد که در سال اول اجرای آزمایش اثرات اصلی و متقابل فاکتورهای تناوب زراعی و خاک‌ورزی بر کربن آلی در هر دو عمق 0-15 و 15-30 سانتی‌متری خاک از نظر آماری معنی‌دار نگردید (جدول 2 و 3). اما در سال پنجم اثرات فاکتور خاک‌ورزی زراعی در سطح یک درصد بر کربن آلی خاک عمق 0-15 سانتی متری از نظر آماری معنی‌دار شد. بطوری‌که بیشترین کربن آلی خاک به میزان 1/32 درصد مربوط به کاربرد بی‌خاک‌ورزی و کمترین آن مربوط به کاربرد گاوآهن و چیزل به میزان 1/27 درصد بود (جدول 4). همچنین در همین سال اثرات فاکتور تناوب زراعی و خاک‌ورزی در سطح یک درصد بر کربن آلی خاک در عمق 15-30سانتی متری از نظر آماری معنی‌دار شد (جدول 2). بطوری‌که بیشترین کربن آلی خاک به میزان 1/31 درصد مربوط به کاربرد بی‌خاک‌ورزی و کمترین آن مربوط به کاربرد چیزل به میزان 1/26 درصد بود. همچنین اثرات متقابل فاکتور خاک‌ورزی و تناوب زراعی نیز در سطح پنج درصد در سال پنجم معنی‌دار شد. بطوری‌که بیشترین کربن آلی خاک به میزان 1/33 درصد مربوط به کاربرد بی-خاک‌ورزی در تناوب گندم- کلزا و کمترین آن مربوط به کاربرد چیزل در تناوب گندم-ذرت و گاوآهن برگردان‌دار در تناوب گندم-گلرنگ به میزان 1/27 درصد بود (جدول 4).

[1] No-tillage

جدول 1- نتایج تجزیه خاک ایستگاه ماهیدشت قبل از شروع آزمایش

عمق (سانتی متر)	واکنش خاک	شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	آهک	شن	سیلت	رس	فسفر	پتاسیم	منیزیم	آهن	منگنز	روی	مس	بر
			(درصد)				(میلی‌گرم بر کیلوگرم)							
0-15	7/85	1/02	35/2	4	42	54	14/8	390	937/5	6	6/5	0/85	1/6	0/85
15-30	7/88	0/98	36/2	3	43	54	12/5	370	940	7/1	5/5	0/82	1/6	0/85

جدول 2- مقادیر میانگین مربعات تجزیه واریانس مقادیر درصد کربن آلی خاک در دو عمق 0-15 و 15-30 سانتی‌متری برای سال اول و پنجم

منابع تغییر	درجه آزادی	سال اول		سال پنجم	
		0-15	15-30	0-15	15-30
تکرار	2	0/00 ns	0/004 ns	/001 ns	/001 ns
A©	2	0/009 ns	0/017 ns	/001 ns	/002**
B	2	0/018 ns	0/013 ns	/008**	/007**
AB	4	0/030 ns	0/032 ns	/0001**	/001**
خطا	16	0/026	0/028	/001	/0001
C.V٪		13/3	1/77	1/36	7/22

** رابطه معنی‌دار در سطح 0/01

ns در سطح 0/05 رابطه معنی‌دار نیست

© : A تناوب، B: خاک‌ورزی

جدول 3- نتایج تجزیه آماری اثرات تیمار بر درصد کربن آلی و ذخیره کربنی خاک در دو عمق 0-15 و 15-30 سانتی‌متری (سال اول)

تیمار	فاکتور	0-15cm		15-30cm	
		کربن آلی(%)	ذخیره کربن تن در هکتار	کربن آلی(%)	ذخیره کربن تن در هکتار
	(A1)	1/24a	23/37a	1/31a	24/5a
اثر اصلی تناوب	(A2)	1/20a	22/5a	1/23a	23/1a
	(A3)	1/18a	22/2a	1/23a	23/1a
نتیجه آزمون	(F)	n.s		n.s	
	(B1)	1/28a	25/34a	1/22a	22/9a
اثر اصلی خاک‌ورزی	(B2)	1/32a	26/34a	1/3a	24/3a
	(B3)	1/35a	22/36a	1/25a	23/5a
نتیجه آزمون	(F)	n.s		n.s	
	A1B1	1/20a	22/5a	1/25a	23/4a
	A1B2	1/19a	22/3a	1/24a	23/25a
	A1B3	1/35a	25/3a	1/43a	26/8a
	A2B1	1/19a	22/3a	1/22a	22/9a
اثرات متقابل تناوب و خاکورزی	A2B2	1/29a	24/2a	1/31a	24/6a
	A2B3	1/12a	21a	1/17a	21/9a
	A3B1	1/14a	21/4a	1/19a	22/3a
	A3B2	1/30a	24/4a	1/34a	25/1a
	A3B3	1/11a	20/8a	1/16a	21/8a
نتیجه آزمون	(F)	n.s		n.s	
ضریب تغییرات	(C.V)	13/26		13/32	

n.s - عدم وجود اختلاف معنی‌دار

- * ، ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 و یک درصد

نتایج ارزیابی ذخایر کربنی خاک موجود پس از اجرای آزمایش به مدت پنج سال نشان داد که اثرات اصلی و متقابل فاکتور خاک‌ورزی و تناوب زراعی به ترتیب در سطح یک و پنج درصد بر ذخیره کربن آلی خاک در مجموع دو عمق 15- 0 و 30 -15 سانتی‌متری از نظر آماری معنی‌دار شد. بطوری‌که بیشترین ذخیره کربنی آلی خاک به میزان 49/9 تن در هکتار مربوط به کاربرد بی‌خاک‌ورزی و در تناوب گندم-کلزا و کمترین آن به میزان 46/8 تن در هکتار مربوط به کاربرد گاوآهن برگردان‌دار با تناوب گندم-کلزا بود (جدول 4).

جدول 4- نتایج تجزیه میانگین تیماری بر درصد کربن آلی و ذخیره کربن کل خاک در دو عمق 15-0 و 30-15 سانتی‌متری در سال پنجم

تیمار	عمق	15-0 سانتی‌متری	30-15 سانتی‌متری	ذخیره کربن آلی خاک (تن در هکتار)
اثر اصلی تناوب	(A1)	1/29a	1/30a	48/7a
	(A2)	1/29a	1/28b	48/1a
	(A3)	1/27a	1/27c	47/7b
نتیجه آزمون	(F)	n.s	**	*
اثر اصلی خاک‌ورزی	(B1)	1/32a	1/31a	49/4a
	(B2)	1/27b	1/26c	47/4c
	(B3)	1/27b	1/27b	47/5b
نتیجه آزمون	(F)	**	**	**
اثرات متقابل تناوب و خاکورزی	A1B1	1/32a	1/32b	49/5b
	A1B2	1/27a	1/27e	47/6e
	A1B3	1/29a	1/30c	48/6c
	A2B1	1/33a	1/33a	49/9a
	A2B2	1/28a	1/26d	47/6d
	A2B3	1/26a	1/24e	46/9e
	A3B1	1/31a	1/29c	48/7c
	A3B2	1/25a	1/25e	46/8e
	A3B3	1/26a	1/27d	47/4d
نتیجه آزمون	(F)	n.s	*	*
ضریب تغییرات	(C.V)	1/77	1/36	

n.s - عدم وجود اختلاف معنی‌داری

- * ، ** به ترتیب اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال 5 و یک درصد

ادغام نتایج پنج ساله

بررسی نتایج متوسط ارقام کربن آلی خاک در پنج سال اجرای آزمایش نشان داد که اثر سال نیز در سطح یک درصد بر درصد کربن آلی و در نتیجه ذخیره کربن خاک در لایه شخم معنی‌دار است (جدول 5). بطوری‌که بیشترین ذخیره کربن آلی خاک به میزان 24/8 تن در هکتار مربوط به سال پنجم اجرای آزمایش و کمترین آن به میزان 22/42 تن در هکتار مربوط به سال دوم آزمایش بود (جدول 6). بررسی نتایج اجرای آزمایش طی سنوات اجرا نشان داد که اثر برهمکنش دو تیمار خاک‌ورزی و تناوب زراعی بر درصد کربن آلی در هر دو لایه خاک معنی‌دار شد (جدول 5). بطوری که بیشترین ذخیره کربن آلی خاک به میزان 24/38 تن در هکتار مربوط به کاربرد بی‌خاک‌ورزی در تناوب گندم-کلزا و کمترین آن به میزان 22/63 تن در هکتار مربوط به کاربرد گاوآهن برگردان‌دار با تناوب گندم-کلزا بود (جدول 6).

پایش تغییرات ذخایر کربنی خاک

بررسی و پایش روند تغییرات شاخص‌های اندازه‌گیری شده طی پنج سال آزمایش مبین روند صعودی معنی‌دار کمیت کربن آلی در اثر اعمال تیمار بی‌خاک‌ورزی در هر دو عمق خاک است. به گونه‌ای که در پایان پنج سال آزمایش کمیت این شاخص از 1/18 به 1/32 در عمق 15-0 سانتی‌متری خاک ارتقاء یافته (جدول 7). همین روند افزایش کربن آلی در لایه 30-15 سانتی‌متری یعنی 30- 15 سانتی‌متری با شدت کمتری وجود داشته و تغییرات آن طی سنوات اجرای طرح معنی-دار بوده است (جدول 7). این روند افزایشی منجربه ارتقاء حدود 4/8 تن به ذخیره کربنی آلی خاک در طی سنوات اعمال عملیات بی‌خاکورزی را گردیده است (شکل 1). نکته شایان توجه آن است که تیمار بی‌خاک‌ورزی تأثیر ملموس خود را در ذخایر کربنی خاک از سال سوم به بعد نمایان نمود (جدول 7).

جدول 5- میانگین مربعات تجزیه واریانس مقادیر درصد کربن آلی خاک در دو عمق 15-0 و 30-15 سانتی‌متری

منابع تغییر	درجه آزادی	15-0	30-15
تکرار	2	0/006^{ns}	0/008^{ns}
A©	2	0/0001 ^{ns}	0/001 ^{ns}
B	2	0/016 ^{ns}	0/011 ^{ns}
AB	4	0/026*	0/029*
C	4	0/080**	0/089**
AC	8	0/010 ^{ns}	0/012 ^{ns}
BC	8	0/007 ^{ns}	0/006 ^{ns}
ABC	16	0/005 ^{ns}	0/005 ^{ns}
خطا	88	0/008	0/011
C.V٪		7/22	8/68

**: رابطه معنی‌دار در سطح 0/01

ns: در سطح 0/05 رابطه معنی‌دار نیست

© A تناوب، B: خاک‌ورزی و C: سال

جدول 6- نتایج تجزیه میانگین تیماری بر متوسط ذخیره کربن آلی خاک در عمق 15-0 سانتی‌متری

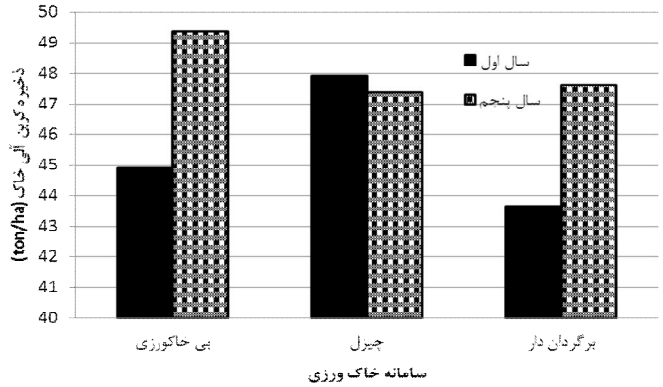
تیمار		خاک‌ورزی			
		بی‌خاک‌ورزی	چیزل	گاوآهن	میانگین
تناوب	(A1)	23.43ab	23.22ab	24.18a	23.61b
	(A2)	24.38a	24.00a	22.62b	23.66b
	(A3)	24.18a	24.37a	23.95ab	24.16a
میانگین		23.99 a	23.86a	23.58a	--
نتیجه آزمون	(F)		*		
Y سال	اول		23.59bc		
	دوم		22.42©		
	سوم		23.99ab		
	چهارم		24.57ab		
	پنجم		24.76a		

جدول 7- مقایسه میانگین درصد کربن آلی در طول پنج سال اجرای آزمایش در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی

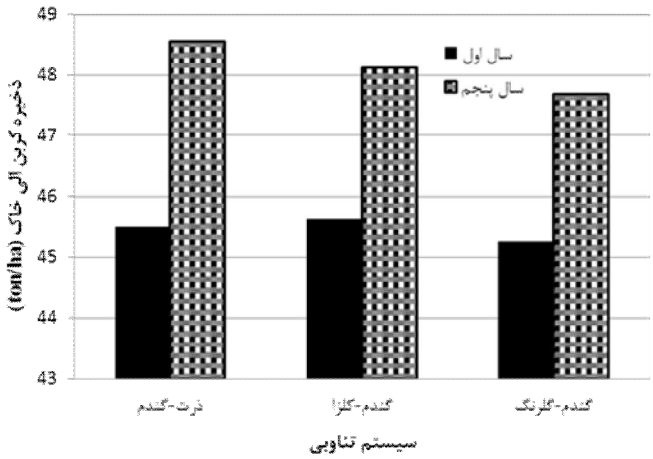
سال	لایه 15-0 سانتی‌متری		
	بی‌خاک‌ورزی	برگردان‌دار	چیزل
1	1/18bcd	1/19bcd	1/26ab
2	1/17bcd	1/12d	1/15cd
3	1/25ab	1/23abc	1/23abc
4	1/30a	1/23abc	1/27ab
5	1/32a	1/27ab	1/27ab
	لایه 30-15 سانتی‌متری		
1	1/22abcd	1/25abc	1/30ab
2	1/16cde	1/10e	1/13de
3	1/22abcd	1/20abcde	1/20 abcde
4	1/25abc	1/19bcde	1/23abcd
5	1/31a	1/27abc	1/26abc

مقایسه تغییرات کربن آلی خاک در تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم یعنی استفاده از تیمار چیزل روند افزایشی یا کاهشی معنی‌داری را نشان نداد (شکل 1). دلیل این امر آن می‌تواند باشد که استفاده از سامانه شخم با چیزل منجر به رها ماندن بقایای محصول در سطح زمین و عدم اختلاط انها با خاک شده که در پائیز در اثر وزش باد در شرایط اقلیمی منطقه از منطقه خارج می‌شوند. این موضوع باعث تجزیه تدریجی مواد آلی بومی خاک، بویژه جزء ذره‌ای و به آسانی قابل تجزیه آن در خاک، شده و در نتیجه به مرور ذخیره کربنی خاک طی سنوات اجرای آزمایش تقلیل یافته است. در تیمار خاک‌ورزی با گاو آهن برگردان‌دار ارتقاء معنی‌داری در درصد کربن آلی خاک سطحی ایجاد نمود (جدول 7). اما در خاک 30-15 تغییر ملموسی مشاهده نگردید. این افزایش درصد کربن آلی خاک 15-0منجربه افزایش حدود 3/7 تنی ذخیره کربنی خاک در تیمار مذکور گردید (شکل 1). دلیل این امر اثر گاوآهن برگردان دار در برگردان تقریباً کل بقایای گیاهی و کاه و کلش به زیر خاک در قیاس با سامانه شخم با چیزل می‌تواند باشد.

روند افزایشی ملموسی در ذخایر کربنی کل خاک در هر سه تیمار تناوب زراعی مشاهده گردید. این افزایش در هر سه تیمار و بویژه در تیمار تناوب ذرت با گندم مشاهده شد. اعمال این تیمارها افزایشی معادل 3/1، 2/6 و 2/5 تن در هکتار به ذخیره کربنی خاک به ترتیب در تیمارهای گندم-ذرت، گندم- کلزا و گندم-گلرنگ را موجب شده بود (شکل 2). این افزایش‌ها هر کدام به دلیلی اتفاق افتاده است. در تیمار تناوب ذرت با گندم این افزایش به ارتقاء میزان بقایای تولیدی توسط ذرت و برگردان آنها به ذخیره کربنی خاک می‌تواند باشد.

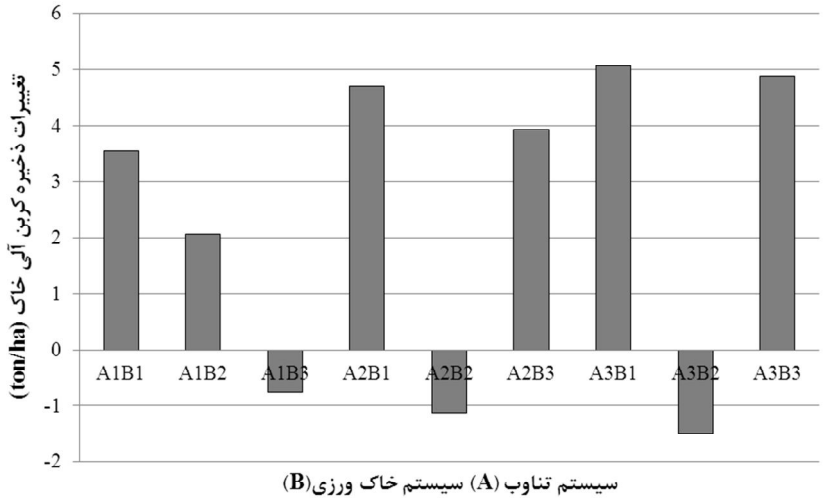


شکل 1- روند تغییرات ذخایر کربنی خاک در اثر اعمال تیمارهای خاک‌ورزی



شکل 2- روند تغییرات ذخایر کربنی خاک در اثر اعمال تیمارهای تناوب زراعی

بررسی روند تغییرات ذخایر کربنی در اثر برهمکنش دو تیمار طی سنوات اجرای آزمایش نشانگر روند پیچیده ناشی از برهمکنش بین تیمارها در افزایش یا کاهش ذخایر کربنی خاک بود. قدر مسلم تیمار بی‌خاکورزی در کلیه سطوح و تیمارهای تناوب زراعی موجب افزایش ذخایر کربنی خاک شده بود (شکل 3). این روند افزایشی در اثر تیمار بی‌خاکورزی، در تیمار همزمان تناوب گندم-گلرنگ حداکثر و منجر به ارتقاء حدود 5/1 تنی ذخیره کربن در هکتار گردیده بود که تفاوت آن نسبت به تیمار بی‌خاک‌ورزی توأم با تناوب گندم-ذرت حدود 1/6 تن در هکتار بود. نکته دیگر اثر منفی کاربرد توأم خاک‌ورزی با چیزل با تناوب گندم-کلزا و تناوب گندم-گلرنگ در ذخیره کربنی خاک بود. به نحوی که اعمال توامان این تیمارها منجربه تخریب و کاهش 1/2 تا 1/5 تنی ذخیره کربنی خاک در هر هکتار شده بود (شکل 3)



شکل 3- اثر برهمکنش تیمار خاک‌ورزی و تناوب زراعی بر تغییرات ذخیره کربنی خاک

بحث و نتیجه‌گیری

بطور کلی می‌توان گفت در آزمایشاتی که در آنها اثرات فاکتورهای اعمال شده با گذشت زمان و در دراز مدت اثر واقعی خود را بر خصوصیات خاک و گیاه جای می‌گذارد، بهتر است برای بررسی روند تغییرات ایجاد شده، نتایج هریک از سالهای اجرای پروژه به تنهایی و با یکدیگر مقایسه گردد تا اثرات و تغییرات ایجاد شده، نمود بیشتری پیدا نماید در غیر این صورت تغییرات بسیار اندک نتایج در سال‌های ابتدایی اجرای آزمایش بر ادغام نتایج چند ساله تأثیر منفی خواهد گذاشت و تغییراتی که در سال‌های آخر ایجاد می‌گردد را تعدیل خواهد نمود.

روند تغییرات ذخایر کربن آلی خاک به گونه‌ای بود که در سال‌های اول اجرای آزمایش در هر دو عمق 15-0 و 30-15 سانتی‌متری خاک، اثر هیچ یک از فاکتورها از نظر آماری معنی‌دار نگردید. اما مقدار کربن آلی خاک در تیمارهای بی‌خاک‌ورزی نسبت به چیزل و گاوآهن در سال‌های سوم به بعد روند افزایشی نشان داد. این روند برای سال پنجم نیز ادامه داشت با این تفاوت که در این دو سال در هر دو عمق اثر فاکتورها از نظر آماری معنی‌دار گردید. بطوریکه بیشترین کربن آلی در این سال از کاربرد بی‌خاک‌ورزی با تناوب گندم-کلزا و کمترین آن از کاربرد گاوآهن با تناوب گندم-کلزا بدست آمد. تحقیقات بوناری و همکاران (1995)، کاسل و همکاران (1995) و هانت و همکاران (1996) نیز نشان داد که در بین روش‌های مختلف تهیه زمین معمولاً روش بی-خاک‌ورزی بیشتر از سایر روش‌ها باعث افزایش کربن آلی خاک در 5 سانتی متری سطحی خاک‌ها می‌گردد. واتس و همکاران (2010) نیز گزارش دادند که بیشترین تجمع کربن در شرایط بدون خاک‌ورزی است. همچنین لوپز و همکاران (2011) نتیجه گرفتند که کشاورزی بدون شخم در کشت غلات به‌طور متوسط، 20 درصد ذخیره کربن آلی خاک را نسبت به شخم متداول افزایش می‌دهد.

در مجموع می‌توان اینگونه استنتاج نمود که اعمال تیمار بهینه خاک‌ورزی با سوق دادن سامانه خاک‌ورزی به سمت سامانه‌های بی‌خاک‌ورزی و کاهش توالی و شدت خاک‌ورزی، باعث بهبود ذخایر کربنی خاک و در نتیجه ارتقاء باروری و ویژگیهای فیزیکی و

شیمیائی خاک خواهد شد. این تغییر در اثر اعمال تناوب زراعی روند متفاوتی را طی خواهد نمود به نحوی که اعمال سیستم‌های تناوبی با تنوع گونه‌ای و بویژه وارد نمودن گیاهانی از خانواده غیر از غلات نظیر دانه‌های روغنی گلرنگ و کلزا این روند افزایشی ناشی از تقلیل شدت خاک‌ورزی را در ذخیره کربنی خاک تشدید خواهد نمود. در این آزمایش استفاده از چیزل چندان تأثیری در بهبود ذخایر کربنی نداشت و در مواردی باعث تنزل ذخیره کربنی خاک نیز می‌شد. دلیل این امر می‌تواند مخلوط ننمودن بقایای گیاهی به نسبت مناسب با شرایط اقلیمی استان کرمانشاه با خاک باشد. بدیهی است این نتیجه در قالب یک پژوهش جامع‌تر جهت بررسی اثر قطعی گاوآهن چیزل بر ذخیره کربن آلی خاک باید مورد بررسی و تحقیق قرار گیرد. عباسی و همکارن (1392) نشان دادند که اعمال خاک‌ورزی با چیزل در قیاس با بی‌خاک‌ورزی طی دو سال حدود 5.5 درصد کربن آلی خاک را در ارومیه تنزل داده بود. ولی آنها نیز تفاوت معنی‌داری بین تیمار چیزل و تیمار گاوآهن برگردان‌دار مشاهده ننمودند.

نکته دیگر که در این زمینه بیان آن حائز اهمیت است ایجاد ارزش افزوده ناشی از ارتقاء ذخایر کربنی خاک است. لال (2008) ارزش مستقیم و غیر مستقیم هر تن افزایش در ذخیره کربنی خاک را بدون احتساب خدمات زیست‌محیطی آن معادل 200 دلار در سال برآورد نموده است. با این ترتیب اعمال فنون خاک‌ورزی و تناوب زراعی چه به صورت مجزا و چه توامان می تواند ارزش افزوده قابل ملاحظه‌ای ایجاد نماید. با این ترتیب اعمال تیمار بی‌خاکورزی در آزمایش حاضر منجر به سودی معادل 960 دلار در هکتار در طول پنج سال اجرای آزمایش شده است که در اعمال این تیمار در تناوب گندم- گلرنگ این ارزش افزوده به 1020 دلار در هکتار خواهد رسید که سود سالانه‌ای معادل 205 دلار در هکتار برای آن قابل محاسبه است.. باید به این مهم ارزش زیست محیطی و خدمات زیست محیطی ناشی از ترسیب کربن اتمسفری و اصلاح روند گرمایش جهانی نیز اضافه و محاسبه نمود.

فهرست منابع:

1. رفاهی، ح. 1375. فرسایش آبی و کنترل آن. انتشارات دانشگاه تهران. شماره 2298.
2. صیادیان، ک. و ع، بهشتی آل آقا. 1384. بی‌خاک‌ورزی و چالش‌های پیش رو. انتشارات دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. 146 ص.
3. عباسی، ه. خداوردیلو، ح.، قربانی دشتکی، ش. و احمدی مقدم پ.. 1392. تاثیر برخی روش‌های خاک‌ورزی بر شاخص‌های کیفیت فیزیکی خاک در یک منطقه خشک و نیمه خشک. نشریه مکانیزاسیون کشاورزی، 1(2): 37-45.
4. ملکوتی، محمد جعفر و محمد نبی غیبی.1376. تعیین حد بحرانی عناصر غذایی محصولات استراتپیک و توصیه صحیح کودی در کشور. نشر آموزش کشاورزی، معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
5. موسوی فضل، س.م.ه، ع، برزگر و م.ا، رستگار. 1384. تأثیر خاک‌ورزی بر پراکنش عناصر غذایی خصوصیات شیمیایی خاک در کشت گندم. نهمین کنگره علوم خاک، 9-6 شهریور 1384، تهران. ایران. ص 322.
6. Boquet, D.J., R.L Hutchinson, W.J. Thomas, and A. Brown. 1997. Tillage and cover crop effects on cotton growth, yield, and soil organic matter. p. 639–641. *In* Proc.
7. Bonari, E., M. Mazzonicini and A. Peruzzi. 1995.” Effects of conventional and minimum tillage on winter oilseed rape”. Soil and Tillage Research. 33: 2, 91-108.
8. Cassel, D.K., C.W. Raczkowski, and H.P. Denton. 1995. Tillage effects on corn production and soil physical properties. Soil Sci. Soc. Am. J. 59:1436–1443
9. Chivenge, P.P., H.K. Murwira., K.E. Giller, P. Mapfumo and J. Six. 2007. Long-term impact of reduced tillage and residue management on soil carbon stabilization: Implications for conservation agriculture on contrasting soils. Soil and Tillage Research, 94:328-337.

10. Follet, R.F. 2001. Soil management concepts and carbon sequestration in cropland. Soil and Tillage Research, 61:77-92.
11. Hajabasi, M.A. and A. Hemmat. 2000. Tillage impacts on aggregate stability and crop productivity in a clay-loam soil in central Iran. Soil Till. Res. 56: 205-212.
12. Khan, F.U.H., Tahir, A.R. and Yule, I.J., 2001. Intrinsic implication of different tillage practices on soil penetration resistance and crop growth. Intl. J. Agric. Biol. 3 (1): 23-26.
13. Lal, R., 2008. The Role of Soil Organic Matter in the Global Carbon Cycle. Soil and Environ. Pollut. 116, 353–362.
14. Lal, R. 2011. Sequestering carbon in soils of agro-ecosystems. Food Policy, 36:33-39.
15. Lopez, V., N. Blonco-moure, A. Limon and R. Gracia. 2011. Notillage in rainfed aragon (NESpain): effect on organic carbon in the soil surface horizon. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).
16. Maia, S.M.F., S.M. Ogle, C.C. Cerri and C.E.P. Cerri. 2010. Changes in soil organic carbon storage under different agricultural management systems in the Southwest Amazon Region of Brazil. Soil and Tillage Research, 106:177-184.
17. Morgan, J., R. Follet and L. Allen. 2010. Carbon sequestration in agricultural lands of the United States. Journal of Soil and Water Conservation, 65:1-17.
18. Murrell ,S. 2004 . Efficient fertilizer use (section tillage and fertilizer intraction)
19. Poirier, V., D.A. Angers, P.H. Rochette, M.H. Chantigny and N. Ziadi. 2009. Interactive effects of tillage and mineral fertilization on soil carbon profiles. Soil Science Society of America Journal,73:255-261.
20. Raper, R.l., D. Wayne Reeves, Eric B. Schwab, and Charles H. Burmester. 2000. Reducting Soil Compaction of Tennessee Valley Soils in Conservition Tillage Systems the Jurnal of Cotton Science. 4:84-90.
21. Sainju U.M., T. Caesar, T. TonThat and J.D. Jabro. 2009. Carbon and nitrogen fractions in dryland soil aggregates affected by long-term tillage and cropping sequence. Soil Science Society of America Journal, 73:1488-1495.
22. Shirani, H., M.A. Hajabbasi, M. Afyuni and A.Hemmat. 2002. Effect of farmyard manure and tillage systems on soil physical properties and corn yield in centeral Iran. Soil till. Res. 68:101-108.
23. Wang, L., G.S. Okin, K.K. Caylor and S.A. Macko. 2009. Spatial heterogeneity and sources of soil carbon in southern African savannas. Geoderma,149: 402-408.
24. Watts, D.B., H.A. Torbert and S.A. Prior. 2010. Long-term tillage and poultry litter impacts soil carbon and nitrogen mineralization and fertility. Soil Science Society of America Journal,74:1239–1247.