تاثیر نوع محصول (گندم و پسته) و خصوصیات خاک (عمق، بافت و محتوای نیتروژن) بر مقدار ترسیب کربن

نسرین صداقتی[۱]، مجتبی حسن‌زاده[۲] و احد مدنی (نویسنده مسئول)[۳*]

۱- کارشناس‌ارشد، گروه زراعت، واحد گناباد، دانشگاه آزاد اسلامی، گناباد، ایران، n.sedaghi56@yahoo.com

۲- استادیار، گروه زراعت، واحد گناباد، دانشگاه آزاد اسلامی، گناباد، ایران، m.hasanzade@yahoo.com

۳*- استادیار، گروه زراعت، واحد گناباد، دانشگاه آزاد اسلامی، گناباد، ایران، madani_ahad@yahoo.com

تاریخ دریافت: بهمن ۱۴۰۰ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۴۰۱

Impact of crop type (Wheat and Pistachio) and soil properties (Depth, texture and nitrogen content) on the amount of carbon sequestration

Nasrin Sedaghati[1], Mojtaba Hasanzadeh[2] and Ahad Madani (Corresponding author)[3*]

1- M.Sc Student, Department of Agronomi, Gonabad Branch, Islamic Azad University, Gonabad, Iran, n.sedaghi56@yahoo.com

2- Assistant Professor, Department of Agronomi, Gonabad Branch, Islamic Azad University, Gonabad, Iran, m.hasanzade@yahoo.com

3*- Assistant Professor, Department of Agronomi, Gonabad Branch, Islamic Azad University, Gonabad, Iran, madani_ahad@yahoo.com

Received: January 2022 Accepted: June 2022

چکیده

نوع کاربری اراضی، میزان پوشش گیاهی و مدیریت آنها، نقش مهمی در توان ترسیب کربن اکوسیستم دارد. لذا به منظور برآورد ترسیب کربن خاک در طول زمان متاثر از نوع پوشش گیاهی، در شهرستان گناباد ابتدا با استفاده از داده‌های سنجش از دور تصاویر ماهواره‌ای ETM و TM نقشه کاربری اراضی شهرستان برای سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۹۷ بر اساس روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال شباهت تهیه گردید. شاخص پوشش گیاهی نیز برای تصاویر محاسبه شد. به منظور برآورد میزان ترسیب کربن خاک در دو سال مورد مطالعه و بررسی ارتباط بین عمق، بافت و درصد نیتروژن خاک با میزان ترسیب کربن در دو محصول پسته و گندم، نتایج آزمون خاک و نقاط GPS این کاربری‌ها تهیه و با استفاده از آزمون t مستقل و روابط رگرسیون تجزیه و تحلیل داده‌ها انجام شد. نتایج نشان داد که کاربری‌های مختلف با سطح پوشش گیاهی متفاوت اثرات متفاوتی بر ترسیب کربن خاک دارند. به طوری که مقدار کل ترسیب کربن خاک در باغات پسته سال ۱۳۹۷، بالاترین میزان ترسیب کربن در هکتار را داشته است. بررسی ارتباط بین عمق، بافت و درصد نیتروژن خاک با میزان ترسیب کربن نشان داد ارتباط مثبتی بین درصد نیتروژن، سیلت و رس خاک و همبستگی منفی بین شن و ترسیب کربن وجود دارد و با افزایش عمق در باغات پسته میزان ترسیب کربن افزایش یافته است.

کلمات کلیدی: ترسیب کربن، پدیده گلخانه‌ای، پوشش گیاهی، خصوصیات خاک، کاربری اراضی

Abstract

The type of land use, the amount of vegetation and their management, play an important role in the carbon sequestration capacity of the ecosystem. Therefore, in order to estimate soil carbon sequestration over time affected by vegetation type, in Gonabad city, first using remote sensing data of ETM and TM satellite images, land use map of the city for the years 1387 and 1397 based on the maximum probability classification method. Similarity was provided. Vegetation index was also calculated for the images. In order to estimate the amount of soil carbon sequestration in the two years studied and to investigate the relationship between depth, texture and percentage of soil nitrogen with the amount of carbon sequestration in pistachio and wheat, soil test results and GPS points of these uses were prepared using independent t-test And regression relations data analysis was performed. The results showed that different land uses with different vegetation levels have different effects on soil carbon sequestration. So that the total amount of soil carbon sequestration in pistachio orchards in 1397; It had the highest rate of carbon sequestration per hectare. The study of the relationship between depth, texture and percentage of soil nitrogen with carbon sequestration showed that there is a positive relationship between the percentage of nitrogen, silt and soil clay and a negative correlation between sand and carbon sequestration.

Keywords: Carbon sequestration, Greenhouse phenomenon, Land use, Vegetation, Soil properties

مقدمه و کلیات

امروزه تصاویر سنجش از دور به عنوان جدیدترین اطلاعات در جهت مطالعه پوشش زمین و کاربری اراضی کشاورزی شناخته شده است (Al-Ismaili *et al.*, 2021). تغییر اقلیم به عنوان چالش مهم برای زیست کره محسوب و برای بقاء بشر تهدیدی جدی به شمار می رود (Ortiz *et al.*, 2021). اصلی ترین اثر پدیده تغییر اقلیم، افزایش دمای سطح کره زمین به دلیل افزایش میزان گازهای گلخانه ای می باشد که ناشی از نیاز بشر به انرژی و مصرف سوخت های فسیلی می باشد (Holmberg *et al.*, 2021). در این میان CO_2 اتمسفری با بالاترین میزان (۷۰٪) بیشترین سهم را در بروز اثرات گلخانه ای دارا می باشد. از سویی تخریب جنگل ها و مراتع، افزایش فعالیت های کشاورزی و دامداری تبعات مختلفی به همراه داشته است (Li *et al.*, 2021). ترسیب کربن در زیت توده گیاهی و خاک هایی که تحت این زیست توده هستند، ساده ترین و به لحاظ اقتصادی عملی ترین راهکار ممکن جهت کاهش دی اکسید کربن می باشد (Singh *et al.*, 2021). میزان ترسیب کربن در واحد زمان به عوامل زنده و غیرزنده مانند اقلیم، پوشش گیاهی، مدیریت اکوسیستم ها زراعی، جنگلی و مرتعی و مهم تر از آن ویژگیهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک بستگی دارد (Arunrat *et al.*, 2020). بازگرداندن نسبت های بیشتری از پس مانده محصولات زراعی به زمین، خاکورزی حفاظتی از قبیل کاهش شدت شخم و عدم شخم، افزایش دوره های آیش و تناوب زراعی و همچنین استفاده از محصولات زراعی زمستانه می تواند ترسیب کربن در اکوسیستم زراعی را بهبود ببخشد (Chahal and Singh, 2021). مدیریت بهتر کوددهی از طریق انجام آزمایشات خاک، کشاورزی دقیق و به کارگیری مواد مغذی مناسب به کاهش انتشار گازهای گلخانه ای منجر می شوند (Wang *et al.*, 2021). تمام عملیات های زراعی ذکر شده موثر در ترسیب کربن بستگی به نوع محصول و شرایط اقلیمی–خاکی منطقه دارد، از این جهت بررسی ترسیب کربن در زراعت های مختلف و مناطق مختلف کشور می تواند مفید باشد. در این تحقیق چنین فرض شده است که نوع محصول (پسته و گندم) و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکی که در آن کشت شده اند در میزان ترسیب کربن موثرند. این مطالعه با هدف میزان تاثیر و نوع محصول (پسته و گندم) و خصوصیات خاک بر ترسیب کربن در شهرستان گناباد صورت گرفت.

فرآیندپژوهش

به منظور برآورد ترسیب کربن خاک در طول زمان متأثر از کشت گندم و پسته در شهرستان گناباد ابتدا نقشه های کاربری اراضی و پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه از تصاویر سنجنده لندست TM مربوط به ۱۵ May سال ۲۰۰۹ و ۱۵ May سال ۲۰۱۹ میلادی استفاده شد، شرح کامل نحوه اجرای فرایند مذکور شامل پروسه ها و کاربرد نرم افزار ها توسط نگارنده در سامانه اشتراک گذاری اطلاعات علمی Zenodo بارگذاری شده است، که از طریق لینک ارایه شده در رفرنس ها قابل دسترسی می باشد (Madani *et al.*, 2021). نقاط GPS مناطق پسته کاری و گندم کاری شهرستان در سالهای ۱۳۸۷

و۱۳۹۷ و نتایج آزمون خاک (در عمق ۳۰ سانتیمتری برای غلات و دو عمق۵۰-۰ و ۱۰۰- ۵۰ برای پسته) از مدیریت جهاد کشاورزی و آزمایشگاه آب و خاک شهرستان تهیه گردید. مقادیر مختلف NDVI که نمایان گر پوشش های گیاهی مختلف می باشند از رابطه محاسبه شد.

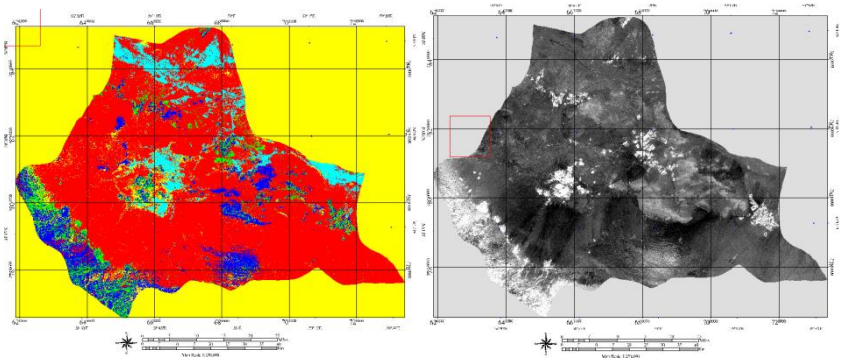
$$NDVI= (P_{NIR}-P_{RED})/(P_{NIR}+P_{RED})$$

که در آن P_{NIR}: بازتاب فرو سرخ نزدیک و P_{RED} بازتاب قرمز می باشد.

دامنه شاخص NDVI بین ۱- تا ۱+ می باشد. مقادیر NDVI بین ۰/۰۵ تا ۰/۱ برای مناطق گیاهی تنک، مقادیر بین ۰/۱ تا ۰/۵ برای مناطق گیاهی معمولی و از ۰/۵ به بالا برای مناطق بسیار متراکم و غنی می باشد .اندازه گیری کربن آلی خاک به روش ذیل صورت گرفت:

$$Cs= 100 \times OC\ (\%) \times BD \times E$$

که در این رابطه Cs میزان وزن کربن ترسیب شده در سطح یک هکتار، OC : درصد کربن اندازه گیری شده، BD: وزن مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب و E: عمق نمونه برداری خاک بر حسب سانتیمتر می باشد. نقشه نوع و پراکندگی پوشش گیاهی بر اساس شاخص NDVI در سالهای ۱۳۸۷ و ۱۳۹۷ در نمودار ۱ نشان داده شده است.



نمودار ۱- نقشه نوع و پراکندگی پوشش گیاهی بر اساس شاخص NDVI در سالهای ۱۳۸۷ (چپ) و ۱۳۹۷ (راست)

Fig 1- Map of vegetation type and distribution based on NDVI index in 2008 and 2018

به منظور برآورد میزان ترسیب کربن خاک در دو سال مورد مطالعه و بررسی ارتباط بین عمق، بافت و درصد نیتروژن خاک با میزان ترسیب کربن در شهرستان در محصولات پسته و گندم، نتایج آزمون خاک و نقاط GPS این کاربری ها تهیه و در محیط نرم افزاری SPSS با استفاده از آزمون t مستقل و روابط رگرسیون خطی و تحلیل رگرسیون خطی چند متغیره گام به گام تجزیه و تحلیل داده ها انجام شد. مقایسه کاربری اراضی در جدول ۱ نشان داده شده است.

نتایج و بحث

میانگین مقدار ترسیب کربن برای گندم در سال های ۱۳۸۷ و ۱۳۹۷ به ترتیب ۹/۸٤ و ۸/۸۵ تن در هکتار بود که اختلافی معنی داری بین دو سال مشاهده نشد

(جدول ۲). میانگین مقدار ترسیب کربن برای پسته در سال های ۱۳۸۷ و ۱۳۹۷ به ترتیب ۱۰/٦ و ۱۲/۰۳ تن در هک تار بود که اختلاف دو سال معنی دار بود (جدول ۲).

جدول ۱- مقایسه کابری اراضی در سال های ۱۳۸۷ و ۱۳۹۷

Table 1- Comparison of land use in 2008 and 2018

کاربری	وضع موجود سال ۱۳۸۷		وضع موجود سال ۱۳۹۷		تغییرات	
	مساحت (هکتار)	درصد از کل منطقه	مساحت (هکتار)	درصد از کل منطقه	مساحت (هکتار)	درصد
زراعت	٥٠٣٧٢	٩/٣١	٥٧٨٦٤	١٠/٧	٧٤٩٢	١٤/٩
باغ	٤٥٧٣٩	٨/٤٦	٢٨٠١١	٥/١٨	-١٧٧٢٨	-٣٨/٧٥
مرتع	٣٧٢٢٠٣	٧٦,٦٣	٤١٤٤٣٠	٧٧/٤٧	٤٢٢٢٧	١١/٣
مسکونی	٣٦٦٠	٠/٦٨	٤٨٤٧	٠/٩	١١٨٧	٣٢/٤
بدون پوشش	٢٦٦٠٠	٤/٩٢	٣١٠٧٤	٥/٧٥	٤٤٧٤	١٦/٨

آزمون t نمونه های مستقل برای مقایسه ترسیب کربن بین گندم و پسته نشان داد که این دو محصول در سال ۱۳۸۷ از نظر مقدار ترسیب کربن تفاوتی نشان ندادند (جدول ۳). نتیجه متفاوتی در سال ۱۳۹۷ به دست آمد، به نحوی که در این سال پسته با مقدار ترسیب کربن ۱۲/۰۳ تن در هکتار نسبت به گندم ۳٦٪ برتری نشان داد (جدول ۳). در این بازه زمانی ده ساله سطح زیر کشت گندم و پسته به ترتیب ۱۱/۸ و ۱/۵۰ افزایش نشان داشته است (جدول ٤)، علاوه بر این چنانچه ذکر شد مقدار ترسیب کربن در گندم در این دوره ده ساله تغییری نداشته در حالی که مقدار ترسیب کربن در پسته ۱۳/۳ درصد افزایش معنی دار داشته است (جدول ۲). نتایج برآورد میزان کل ترسیب کربن خاک در اراضی گندم کاری و پسته کاری حاصل از اعمال ضرب مقدار ترسیب کربن در هر هکتار اراضی تحت مطالعه در مساحت های آن می دهد که مقدار کل ترسیب کربن حاصل از مزارع پسته و گندم در سال ۱۳۹۷ نسبت به سال ۱۳۸۸ حدود ۱/۵ برابر بیشتر بود (جدول ٤)، و این افزایش ناشی از افزایش سطح زیر کشت پسته و مقدار تسریب کربن در هر هکتار پسته می باشد (جدول ۳ و ٤). با توجه به این که در گندم عمده توسعه ریشه گندم تا عمق ۵۰ سانتی کمتری خاک می باشد، آزمون t مستقل برای مقایسه ترسیب کربن فقط برای باغات پسته سال ۱۳۹۷ در دو عمق ۵۰- ۰ و ۱۰۰-۵۰ سانتیمتری خاک انجام شد (جدول ۵). بر اساس نتایج مشاهده می شود که میانگین مقدار ترسیب کربن در هر هکتار در باغات پسته در سال ۱۳۹۷ در عمق ۵۰- ۰ سانتیمتر ی خاک ۵/۸ تن در هکتار و در عمق ۱۰۰- ۵۰ سانتیمتر خاک ۱۵/۷ تن در هکتار بدست آمد که میانگین مقدار ترسیب کربن در عمق ۱۰۰- ۵۰

سانتیمتر خاک به طور معنی داری بیشتر بوده است.(جدول ۵)

جدول ۲- مقایسه بین سالهای ۱۳۸۷ و ۱۳۹۷ از لحاظ میانگین مقدار ترسیب کربن درگندم و پسته

Table 2 - Comparison between 1387 and 1397 in terms of average carbon sequestration in wheat and pistachios

سال زراعی	تعداد نمونه	عمق خاک cm	تراکم کربن %	وزن مخصوص ظاهری خاک g cm^{-2}	مقدار ترسیب کربن t ha^{-1}	میانگین	انحراف معیار
میانگین مقدار ترسیب کربن در مزارع گندم آبی سال ۸۷ و ۹۷							
۱۳۸۷	۱۰۰	۳۰	۲/۲۳	۱/٤۱	۹۸٤/٤	۹/۸٤٤	۸/۹۹۰
۱۳۹۷	۱۰۰	۳۰	۲۰/٦۷	۱/٤۳	۸۸۵/۵	۸/۸۵٤	۳/۷۱
		آزمون لون		t آزمون			
		F	Sig.	t	df	Sig.	
همبستگی واریانس ها		۲۰/٤۲۰	۰/۰۰۰	۱/۰۱۸	۱۹۸	۰/۳۱۰	**
عدم همبستگی واریانس ها		–	–	۱/۰۱۸	۱۳۲	۱۰/۳۱۱	
میانگین مقدار ترسیب کربن درباغات پسته سال ۸۷ و ۹۷							
۱۳۸۷	۵۰	۵۰	۷/۵۰	۱/٤۲	۵۳۱/۲	۱۰/٦۲۵	۸/۹۹٤
۱۳۹۷	۵۰	۵۰	۸/۳۱	۱/٤۵	٦۰۱/۸	۱۲/۰۳٦	۱۰/۰۵۵
		آزمون لون		t آزمون			
		F	Sig.	t	df	Sig.	
همبستگی واریانس ها		۰/۰۳۸	۰/۸٤۵	– ۰/۷٤۰	۹۸	۰/٤٦۱	NS
عدم همبستگی واریانس ها		–	–	–۰/۷٤۰	۹۷	۰/.٤٦۱	

جدول ۳- مقایسه بین مزارع گندم و باغات پسته از لحاظ میانگین مقدار ترسیب کربن در سال ۱۳۸۷ و ۱۳۹۷

Table 3 - Comparison between wheat fields and pistachio orchards in terms of average carbon sequestration in 2008 and 2016

– مقایسه بین مزارع گندم و باغات پسته از لحاظ میانگین مقدار ترسیب کربن در سال ۱۳۸۷									
محصول	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار		آزمون لون		آزمون t		
					F	Sig	t	F	Sig
گندم	۱۰۰	۹/۸٤٤	۸/۹۸۹	همگنی واریانس‌ها	۱/۵۰۵	۰/۲۲۲	–۰/۵۰۱	۱٤۸	۰/٦۱۷
پسته	۵۰	۱۰/٦۲۵	۸/۹۹٤	عدم همگنی واریانس‌ها			–۰/۰۵۰۱	۹۸	۰/٦۱۷
– مقایسه بین مزارع گندم و باغات پسته از لحاظ میانگین مقدار ترسیب کربن در سال ۱۳۹۷									
محصول	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار		آزمون لون		آزمون t		
					F	sig	t	F	sig
گندم	۱۰۰	۸/۸۵٤	۳/۷۱٤	همگنی واریانس‌ها	۳۰/۰٤۳	۰/۰۰۰	–۲/۸۱۱	۱٤۸	۰/۰۰٦
پسته	۵۰	۱۲/۰۳٦	۱۰/۰۵۵	عدم همگنی واریانس‌ها			–۲/۱٦۵	۵٦	۰/۰۳۵

NS **

جدول ٤- سطح زیر کشت، مقدار ترسیب کربن و مقدار ترسیب کربن کل برای گندم و پسته در سال های ۱۳۸۷ و ۱۳۹۷

Table 4- Area under cultivation, amount of carbon sequestration and amount of total carbon sequestration for wheat and pistachios in 2008 and 2016

محل نمونه برداری	مساحت (هکتار)	ترسیب کربن در هر هکتار (تن)	ترسیب کربن کل (تن)
	۱۳۸۷		
کاربری زراعی (گندم آبی)	۲٤٦۰	۹/۸٤	۲٤۲۰٦٤
کاربری باغی (پسته)	۱۹۱۱	۸/۸۵	۱٦۹۱۲/۳۵
جمع			٤۱۱۱۸/۷۵
	۱۳۹۷		
کاربری زراعی (گندم آبی)	۲۷۵۰	۱۰/٦۲	۲۹۱۵۰
کاربری باغی (پسته)	۲۸۷۰	۱۲/۰۳	۳٤۷۲۷
جمع			٦۳۸۷۷

جدول ۵- مقایسه مقدار ترسیب کربن در خاک تحت کشت پسته در عمقهای مختلف

Table 5 - Comparison of carbon sequestration in soil under pistachio cultivation at different depths

تعداد نمونه	عمق خاک (E) Cm	تراکم کربن (OC %)	وزن مخصوص ظاهری(Bd) gr/cm3	ترسیب کربن(Cs) Ton/ha	میانگین	انحراف استاندارد
۲۳	۰ -۵۰	۱/۸۷	۲۳/۱۸	۱۳٤/۹۵	۵/۸٦۷	٤/۹۳٦
۲۳	۵۰ -۱۰۰	۲/٤۲	۲۳/۸۹	۳٦۱/۵۸	۱۵/۷۲۱	۱۷/۵٦۷

درصد نیتروژن خاک با میزان ترسیب کربن فقظ در گندم به روش همبستگی پیرسون بررسی شد، زیرا تغییرات خصوصیات فیزیکی خاک و محتوای نیتروژن حاصل از عملیات زراعی عمدتا در لایه ۰ تا ۵۰ (عمق توسعه ریشه گندم) خاک دیده می شود. ابتدا رابطه بین ترسیب کربن در گندم با شن، رس، سیلت و نیتروژن با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون بررسی شدند. تحلیل های مقدماتی انجام شد تا از عدم تخطی از مفروضه های بهنجاری، خطی بودن و همگنی پراکنش، اطمینان حاصل شود. بر اساس آنچه در جدول ٦ نمایش داده شده است، نتایج حاصل از ضریب همبستگی پیرسون نشان داد که همبستگی بین نیتروژن و ترسیب کربن از لحاظ آماری معنادار است (P: ۰/۰۰۰۵ ، r =۰/۹٦). رابطه ی بین این دو متغیر بیانگر ارتباط مثبت بین درصد نیتروژن با میزان ترسیب کربن می باشد به طوری که افزایش درصد ازت منجر به افزایش میزان ترسیب کربن می گردد. همچنین همبستگی مثبت بین سیلت و ترسیب کربن (P = ۰/۰۰۱ ، r =/۰۳۲)؛ همبستگی مثبت بین رس و ترسیب کربن (P ۰/۰٤٤: ، r =۰/۲۰ =) و همبستگی منفی بین شن و ترسیب کربن (P =۰/۰۰۵ ، r =-۰/٤۱) وجود دارد که نشان می دهد درصد بالای سیلت و رس در افزایش ترسیب کربن دخالت دارد و درصد بالای شن منجر به کاهش میزان ترسیب کربن می گردد.

جدول ٦- نتایج ضریب همبستگی پیرسون مربوط به گندم ۱۳۹۷

Table 6. Results for Pearson coeficect correlation for wheat in 2017

	ترسیب کربن	نیتروژن	سیلت	رس	شن
ترسیب کربن	۱				
نیتروژن	۰/۹٦۲**	۱			
سیلت	۰/۳۲٤ **	۰/۳٤۸**	۱		
رس	۰/۲۰۲*	۰/۲۷۰**	-۰/۱۵۷	۱	
شن	-۰/٤۱٦**	۰/٤۸۱**	-۰/۷۵۹**	-۰/۵۲۲**	۱

نتایج تحلیل رگرسیون خطی نشان داد که از بین شن، رس، سیلت و نیتروژن ، در گام اول، نیتروژن وارد مدل شد(جدول ۷) و به اندازه R=۰/۹٦ از ترسیب کربن را پیش بینی می کند یعنی ۹۲/٦٪ واریانس ترسیب کربن گندم توسط نیتروژن تبیین می گردد (جدول ۷). در گام دوم، نیتروژن و رس در مجموع ۹۳٪ واریانس ترسیب کربن گندم را تبیین کردند، F = ٦٤۰,۹۸۹ ،p <.۰ در مدل نهایی نیتروژن و رس به لحاظ آماری معنادار بودند و نیتروژن مقدار بتا (Beta= ۰/۹۷۹ ،p <۰/۰۱) بزرگتر از رس (-۰/۰٦۲ Beta = ،p <۰/۰۵) داشت (جدول ۷)

بر اساس نتایج مقدار ترسیب کربن خاک پسته با پوشش متوسط درختی بیشتر از کاربری زراعی گندم آبی بوده است (جدول ۳). اختلاف موجود ناشی از تفاوت در نوع اکوسیستم و به بیان دیگر اختلاف در نوع گونه گیاهی، شیوه مدیریت بهتر باغات پسته و فرسایش بیشتر در زمین های زیر کشت گندم می باشد. که این موضوع با مقایسه نتایج تحقیقات جداگانه Singh *et al.*, (2021) بر ترسیب کربن در خاک تحت کشت گندم و Bagheri *et al.*, (2020) بر ترسیب کربن در خاک تحت کشت پسته حاکی ۷٤٪ از مقدار بالاتر ترسیب کربن در واحد سطح برای پسته نسبت به گندم می باشد.

جدول۷- نتایج تحلیل رگرسیون خطی مربوط به گندم ۱۳۹۸

Table7- Results of linear regression analysis related to wheat 1398

مدل	R	ضریب تعیین R^2	ضریب تعیین تعدیل شده	Beta	t	F	سطح معناداری Sig
۱ نیتروژن	۰/۹٦۲ [a]	۰/۹۲٦	۰/۹۲۵	۰/۹٦۲	۳۵/۰٤۳	۱۲۲۷/۹۹۸	۰/۰۰۰۵
۲ نیتروژن	۰/۹٦٤[b]	۰/۹۳۰	۰/۹۲۸	۰/۹۷۹	۳۵/۰۱۱	٦٤۰/۹۸۹	۰/۰۰۰۵
رس				-۰/۰٦۲	-۲/۲۱۷		۰/۰۲۹

مدل ۱: نیتروژن مدل ۲: نیتروژن و رس

عدم معنی دار بودن تفاوت گندم و پسته از نظر ترسیب کربن در سال ۱۳۸۷ می تواند ناشی از تغییر کاربری اراضی به باغی باشد، چنانچه پوشش گیاهی کم در سالهای اولیه احداث باغات پسته سبب کاهش ماده آلی خاک و در نتیجه کاهش میزان ترسیب کربن می گردد. میانگین ترسیب کربن در باغات پسته در سال ۱۳۹۷ بیشتر از گندم بوده است (جدول ۳) که

علت آن می تواند افزایش بیوماس و پوشش گیاهی همچنین مدیریت بهتر باغات بدلیل ارزش اقتصادی محصول آن باشد. مقدار کل ترسیب کربن خاک در باغات پسته سال ۱۳۹۷؛ بالاترین میزان ترسیب کربن در هکتار را داشته است که از دلایل آن افزایش سطح زیرکشت و مدیریت بهتر منابع می باشد. میانگین مقدار ترسیب کربن در مزارع گندم در سال ۱۳۸۷ بیشتر از سال ۱۳۹۷ بوده است که بیانگر شرایط اقلیمی مناسب تر در این سال و شخم بیشتر اراضی در طی این دوره بوده است. اما در مجموع از لحاظ آماری تفاوت معنی داری وجود نداشت. نتایج برآورد میزان ترسیب کربن در باغات پسته سال ۱۳۹۷ در دو عمق ۵۰-۰ و ۱۰۰-۵۰ سانتیمتری خاک نشان داد که میزان ترسیب کربن در عمق ۱۰۰-۵۰ بیش از ۵۰-۰ سانتیمتری خاک بوده است؛ این موضوع می تواند به دلیل شخم و دستخوردگی عمق اول خاک بر اثر کشت و کار و در نتیجه کاهش مواد آلی خاک در این بخش و افزایش کود های آلی در زمان احداث باغات پسته به دلیل برگردان خاک تا عمق ۲ متری باشد. شخم باعث به هم خوردن خاکدانه های خاک و مواد آلی، تسریع تجزیه، افزایش فعالیت های میکروبی و در نهایت افزایش انتشار دی اکسید کربن از خاک ها می گردد (Wulanningtyas *et al*., 2021). عامل دیگری که برای کاهش کربن آلی خاک می توان ذکر نمود، تشدید فرسایش در زمین های زراعی است.، با افزایش فرسایش خاک در اثر تغییر کاربری اراضی، ماده آلی همراه با خاک سطحی که درصد بالایی از کربن دارد منتقل می شود (La-Manna *et al*., 2021). علاوه بر این، عملیات خاک ورزی سبب مخلوط شدن لایه های پایین خاک با درصد کربن آلی کمتر با خاک رویی حاوی کربن آلی، می گردد و در نتیجه کربن آلی خاک سطحی نسبت به حالت اولیه کاهش خواهد یافت. (Wulanningtyas *et al* 2021) در تحقیق خود بیان می دارد که پسته کاری منجر به کاهش کربن ترسیب شده به مقدار ۱۶٪ گردیده که این کاهش در کربن ترسیب شده تنها در عمق سطحی خاک دیده شد و در سایر عمق ها تفاوتی از این نظر مشاهده نمی شود Celik *et al.,* (2017). علاوه بر این Singh *et al.,* (2021) نیز کاهش مواد آلی در اثر کشت و متداول گندم را به دو دلیل به هم خوردن خاک سطحی و در نتیجه، تسریع تجزیه بیولوژیک مواد آلی، تشدید فرسایش خاک و به دنبال آن هدر رفت مواد آلی همراه با رواناب گزارش نمودند. نتایج حاصل از ضریب همبستگی پیرسون نشان داد که همبستگی بین نیتروژن و ترسیب کربن از لحاظ آماری معنی دار و رابطه ی بین این دو متغییر بیانگر ارتباط مثبت و قوی است. همچنین همبستگی مثبت کمی بین رس و ترسیب کربن و همبستگی منفی متوسطی بین شن و ترسیب کربن وجود دارد. اسیدیته، درصد شن و نیتروژن به ترتیب مهم ترین شاخص های موثر بر کربن آلی خاک هستند که در این رابطه بین کربن و نیتروژن (Chen *et al*., 2021) و کربن و اسیدیته *et al*., (Zhang 20201) و کربن و بافت خاک Arunrat *et al*., (2021) اشاره کرده اند. برای افزایش کربن در خاک، باید فعالیت های مدیریتی مانند افزایش میزان کربن وارد شده به خاک مثل لاشبرگ و بقایای

گیاهی و کاهش مقدار تجزیه کربن خاک اعمال کشت حفاظتی و کوددهی را می توان به عنوان روش های موثر در ترسیب کربن اتمسفر در کوتاه مدت و دراز مدت دانست که باعث افزایش میزان ترسیب کربن در زیر زمین می شود، اعمال شوند.

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی می توان چنین نتیجه گیری کرد که شخم مراتع و تولید محصولات زراعی یک ساله مانند گندم در آن، کربن آلی خاک را به میزان قابل توجهی کاهش می دهد. استقرار گونه های چند ساله مناسب مانند پسته روی زمین هایی که در گذشته روی آنها زراعت شده است، می تواند روند کاهش ذخایر کربن خاک را کاهش و یا حتی برعکس نماید.

منابع

1) Al-Ismaili, A. M. 2021. GIS and remote sensing techniques in Controlled Environment Agriculture: A review. Journal of Agricultural and Marine Sciences [JAMS], 26(2): 10-23.
2) Arunrat, N., Pumijumnong, N., Sereenonchai, S. and U, Chareonwong. 2020. Factors controlling soil organic carbon sequestration of highland agricultural areas in the mae chaem basin, northern Thailand. Agronomy, 10(2): 305.
3) Bagheri, R., Shataee, S. and S. Y, Erfanifard. 2021. Canopy Based Aboveground Biomass and Carbon Stock Estimation of Wild Pistachio Trees in Arid Woodlands Using GeoEye-1 Images. Journal of Agricultural Science and Technology, 23(1), 107-123.
4) Celik, A., Sakin, E. D., Sakin, E. and A, Seyrek. 2017. Surface carbon stocks of soil under pistachio cover on southeastern Turkey. Applied Ecology and Environmental Research, 15(3), 747-758.
5) Chahal, H. S. and A, Singh. 2021. Impact of Agricultural Practices and their Management Techniques on Soil Carbon Sequestration: A Review. Agricultural Reviews, 42(1).
6) Chen, Q., Hu, Y., Hu, A., Niu, B., Yang, X., Jiao, H. and G, Zhang. 2021. Shifts in the dynamic mechanisms of soil organic matter transformation with nitrogen addition: From a soil carbon/nitrogen-driven mechanism to a microbe-driven mechanism. Soil Biology and Biochemistry, 160, 108355.
7) Holmberg, M., Akujärvi, A., Anttila, S., Autio, I., Haakana, M., Junttila, V. and M. Forsius 2021. Sources and sinks of greenhouse gases in the landscape: Approach for spatially explicit estimates. Science of the Total Environment, 781, 146668.
8) Kumar, V., Singh, A.,and R. I, Navsare. 2021. Potential carbon sequestration methods of agriculture: A review. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 10(2), 562-565.
9) Li, Z., Chen, C., Nevins, A., Pirtle, T. and S, Cui. 2021. Assessing and Modeling Ecosystem Carbon Exchange and Water Vapor Flux of a Pasture Ecosystem in the Temperate Climate-Transition Zone. Agronomy, 11(10),
10) Singh, A., Dhyani, B. P., Guo, Y., Chen, M., Pan, J., Shang, Y., Wu, X. and Z, Cui. 2021. Increasing soil organic carbon sequestration while closing the yield gap in Chinese wheat production. Land Degradation & Development, 32(3), 1274-1286.
11) La Manna, L., Tarabini, M., Gomez, F. and C. M., ostagno. 2021. Changes in soil organic matter associated with afforestation affect erosion processes: The case of erodible volcanic soils from Patagonia. Geoderma, *403*, 115265.
12) Ortiz, A. M. D., Outhwaite, C. L., Dalin, C. and T. Newbold. 2021. A review of the interactions between biodiversity, agriculture, climate change, and international trade: Research and policy priorities. One Earth, 4(1), 88-101.
13) Wulanningtyas, H. S., Gong, Y., Li, P., Sakagami, N., Nishiwaki, J. and M,

Komatsuzaki. 2021. A cover crop and no-tillage system for enhancing soil health by increasing soil organic matter in soybean cultivation. Soil and Tillage Research, 205, 104749.

14) Wang, R., Zhou, J., Xie, J., Khan, A., Yang, X., Sun, B. and S, Zhang.2020. Carbon sequestration in irrigated and rain-fed cropping systems under long-term fertilization regimes. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 20(3), 941-952.
15) Zhang, J., Wu, X., Shi, Y., Jin, C., Yang, Y., Wei, X. and J, Wang. 2021. A slight increase in soil pH benefits soil organic carbon and nitrogen storage in a semi-arid grassland. Ecological Indicators, 130, 108037.
16) Zhou, W., Han, G., Liu, M., Zeng, J., Liang, B., Liu, J. and R, Qu. 2020. Determining the Distribution and Interaction of Soil Organic Carbon, Nitrogen, pH and Texture in Soil Profiles: A Case Study in the Lancangjiang River Basin, Southwest China. Forests, 11(5), 532.