



دانشگاه گوارش و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

جلد بیست و هشتم، شماره سوم، ۱۴۰۰

۱۶۳-۱۴۷

<http://jopp.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/JOPP.2021.18557.2736

مقاله کامل علمی-پژوهشی

ارزیابی پتانسیل ترسیب کربن مزارع جو در خاک‌های شور (مطالعه موردی: شهرستان کمیشان، استان گلستان)

نورمحمد مکرری کر^۱، حسین کاظمی^{۲*}، بهنام کامکار^۳ و سمانه بخشنده لاریمی^۴

^۱دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد آگرواکولوژی، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

^۲دانشیار گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

^۳استاد گروه آگروتکنولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد،

^۴دانش‌آموخته دکتری زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۲۴

چکیده

سابقه و هدف: بر اساس گزارش‌های موجود، بیش‌ترین علت گرم شدن کره زمین و تغییرات اقلیمی ناشی از آن تحت‌تأثیر گازهای گلخانه‌ای به‌خصوص دی‌اکسیدکربن می‌باشد. ترسیب کربن در خاک و زیست‌توده گیاهی به عنوان ساده‌ترین گزینه و از نظر اقتصادی عملی‌ترین راه‌کار ممکن برای کاهش غلظت دی‌اکسیدکربن در جو است. با توجه به اثرات متقابلی که بین میزان ترسیب کربن با مدیریت زراعی و ویژگی‌های خاک از جمله میزان شوری وجود دارد، بررسی گزینه‌های مدیریتی مختلف می‌تواند نقش مؤثری در افزایش ترسیب کربن در اراضی دارای محدودیت داشته باشد. هدف از انجام این آزمایش ارزیابی میزان ترسیب کربن گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.) در اراضی شهرستان کمیشان در دو بخش اراضی با هدایت الکتریکی زیاد (بیش‌تر از ۱۲ dS/m) و اراضی با هدایت الکتریکی کم (کم‌تر از ۱۲ dS/m) و مقایسه آن‌ها بود.

مواد و روش‌ها: برای انجام این مطالعه ابتدا بازدیدهای میدانی جهت مشخص نمودن دو منطقه مورد اشاره در پاییز ۱۳۹۷ انجام شد. سپس ۵۰ مزرعه به عنوان محل نمونه‌برداری‌ها تعیین شد. در مجموع تعداد ۲۵ نمونه از مزارع جو واقع در منطقه با هدایت الکتریکی زیاد و ۲۵ مزرعه واقع در منطقه با هدایت الکتریکی کم انتخاب شد. نمونه‌برداری از خاک قبل از کاشت و در انتهای فصل بعد از برداشت محصول انجام شد. میزان تجمع کربن آلی در خاک حاصل از تفاضل این دو مرحله به عنوان ترسیب کربن در نظر گرفته شد. برای تعیین میزان کربن آلی در اندام‌های گیاهی از روش احتراق استفاده شد. داده‌های میزان ترسیب کربن خاک و گیاه به نرم‌افزار GIS وارد شد و سپس با توجه روش‌های مختلف زمین‌آماری و درون‌یابی، این داده‌ها به سطح تعمیم و به‌صورت نقشه‌های موضوعی ارائه گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که قسمت‌های جنوبی شهرستان دارای بیش‌ترین میزان پتانسیل ترسیب کربن برابر با ۲۳۶۹ کیلوگرم در هکتار را دارا می‌باشد. طبق نتایج، میزان کربن آلی در زیست‌توده هوایی به‌علت وزن خشک بیش‌تر، بیش از زیست‌توده زیرزمینی گیاه جو برآورد شد. بررسی ترسیب کربن خاک در مزارع با میزان هدایت الکتریکی بالاتر از ۱۲ دسی‌زیمنس بر

* مسئول مکاتبه: hkazemi@gau.ac.ir

متر نشان داد که کاشت گیاه جو نقش مؤثری در تعدیل روند کاهشی ترسیب کربن در خاک‌های شور داشته است که این امر نشان‌دهنده اهمیت کاشت گیاه جو در کاهش هدایت الکتریکی خاک و به تبع آن تغییر روند ترسیب کربن خاک می‌باشد.

نتیجه‌گیری: در این مطالعه مشاهده شد که در برخی از مزارع، میزان ترسیب کربن منفی است. این نتیجه نشان می‌دهد که آزادسازی کربن بیش‌تر از ذخیره آن در خاک در طی فصل رشد گیاه جو رخ داده است. بنابراین مدیریت مناسب مزارع می‌تواند نقش مؤثری در جهت بهبود کیفیت اراضی، کاهش شوری و افزایش ترسیب کربن داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: ترسیب کربن، جو، شوری خاک، شهرستان گمیشان

مقدمه

دی‌اکسید کربن به‌عنوان یک عامل مهم و مؤثر در گرمایش جهانی، مسئول ۶۱ درصد گرم شدن کره زمین و اثر گلخانه‌ای شناخته شده است (۲۳، ۳۷). بوم‌نظام‌های کشاورزی نیز یک منبع مهم انتشار دی‌اکسید کربن به جو از طریق فعالیت‌هایی مانند سوزاندن بقایای گیاهان زراعی، استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژن، شخم فشرده و غیره محسوب می‌شوند (۳۰). سهم آن‌ها در ایجاد تغییر اقلیم حدود ۱۴ درصد برآورد می‌شود (۳۳). بنابراین در این راستا رهیافت ترسیب کربن یکی از اصول مدیریتی درست در راستای کاهش مخاطرات زیستی محیطی انتشار گازهای گلخانه‌ای است (۱۳، ۱۶).

ترسیب یا نهشت کربن به هر نوع فعالیتی گفته می‌شود که به افزایش ذخایر کربن و انتقال آن از جو به درون زیست‌توده و خاک منجر شود (۳۲). مقدار کربن ترسیب شده در خاک تحت تأثیر تغییرات آب و هوا، نوع خاک (مشخصات خاک) و پوشش گیاهی است. طی یک مطالعه هفت‌ساله، کومار و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که حفظ پسماندها و بقایای گیاهی در زمین و تقویت زمین با گیاه ماش، باعث افزایش تجمع کربن در خاک می‌گردد (۱۵). نتایج پژوهش‌های جیانگ و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد

ارزش خدمات مزارع برنج در رابطه با ترسیب کربن، با افزایش مقدار کود نیتروژن از مثبت به منفی کاهش یافته است. ارزیابی هم‌زمان ردپای کربن و خدمات بوم‌نظام برای ترسیب کربن در تولید محصولات زراعی می‌تواند عملکرد منابع و مخازن کربن و ترسیب را در بوم‌نظام‌های کشاورزی نشان دهد و راهکارهای مؤثری برای کاهش تغییرات آب و هوا ارائه دهد (۱۲). در همین راستا، ژو و همکاران (۲۰۱۴) میزان انتشار و ترسیب کربن را با استفاده از ردپای کربن و خدمات بوم‌نظام در ترسیب کربن ارزیابی کرده‌اند. نتایج نشان داد که با تولید برنج، ذرت (*Zea mays* L.) و گندم (*Triticum aestivum* L.) عملاً یک مخزن (بقایای گیاهی) نگه‌دارنده کربن خالص ایجاد می‌گردد (۳۸).

ترسیب کربن در زیست‌توده گیاهی و خاک‌هایی که تحت این زیست‌توده هستند، ساده‌ترین و به لحاظ اقتصادی عملی‌ترین راهکار ممکن جهت کاهش دی‌اکسید کربن جو می‌باشد (۱۳). گونه‌های گیاهی و اندام‌های مختلف گیاهی، نقش اصلی را در ترسیب کربن ایفاء می‌کنند (۱۰). پتانسیل ترسیب کربن در گونه‌های مختلف، اندام‌های مختلف و از نظر مکانی نیز متفاوت است (۵، ۲۴، ۲۶). نتایج پژوهش قنبریان و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که از نظر پتانسیل

پتانسیل ترسیب کربن مزارع جو تحت عامل هدایت الکتریکی به منظور بررسی تأثیرگذاری این شاخص از عامل شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها

محل اجرای آزمایش: این مطالعه در مزارع جو شهرستان گمیشان واقع در شمال غربی استان گلستان در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ انجام شد. شهرستان گمیشان بین ۵۳ درجه و ۵۴ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۲ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۴۹ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۲۱ دقیقه عرض شمالی استان در ارتفاع کم‌تر از ۱۰۰ متر از سطح دریا واقع شده است (شکل ۱). میانگین سالانه دما ۱۷/۶ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش سالانه بلندمدت به ۳۸۱ میلی‌متر می‌رسد.

روش نمونه‌برداری: نمونه‌برداری در دو مرحله قبل از کشت محصول و پس از برداشت محصول انجام شد. مختصات جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری توسط جی پی اس^۱ مدل گارمین لمسی ثبت گردید. سپس ۵۰ مزرعه، که تعداد ۲۵ نمونه از مزارع جو واقع در منطقه با هدایت الکتریکی بالا و ۲۵ مزرعه واقع در منطقه با هدایت الکتریکی پایین، به‌عنوان محل نمونه‌برداری‌ها انتخاب شد. برای نمونه‌برداری از خاک توسط اوگر و بیلچه از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک و برای برداشت عملکرد دانه و زیست‌توده گیاهی از کوادرات ۱×۱ مترمربع استفاده گردید. نمونه‌گیری به‌صورت تصادفی از دو منطقه با EC خاک متفاوت (مزارع بخش مرکزی گمیشان و سیمین‌شهر) انجام شد (شکل ۱ ب). جهت مقایسه نمونه‌های خاک تعداد ۲۵ نمونه از مزارع جو واقع در منطقه با هدایت الکتریکی بالاتر از ۱۲ دسی‌زیمنس

ترسیب کربن در بین اندام‌های پنج‌گانه گندم (برگ، ساقه، دانه، ریشه و لاشبرگ) در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری وجود دارد و ساقه بیش‌ترین و برگ کم‌ترین میزان ترسیب کربن را داشتند (۷). خرم‌دل و همکاران (۲۰۱۶) در برآورد ترسیب کربن در اندام‌های مختلف کلزا (*Brassica napus L.*) گزارش نمودند که پتانسیل ترسیب کربن اندام‌های هوایی و زیرزمینی کلزا به‌طور معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد اختلاف داشته و سنبله‌ها بیش‌ترین و ریشه‌ها کم‌ترین توان ترسیب کربن را داشتند (۱۳). لی و همکاران (۲۰۱۶) میزان ترسیب کربن در مجموع اندام‌های ذرت برای شرایط حذف بقایا، ۱۱/۵۳ تن و در شرایط حفظ بقایا ۱۴/۳۳ تن در هکتار برآورد شد (۱۹).

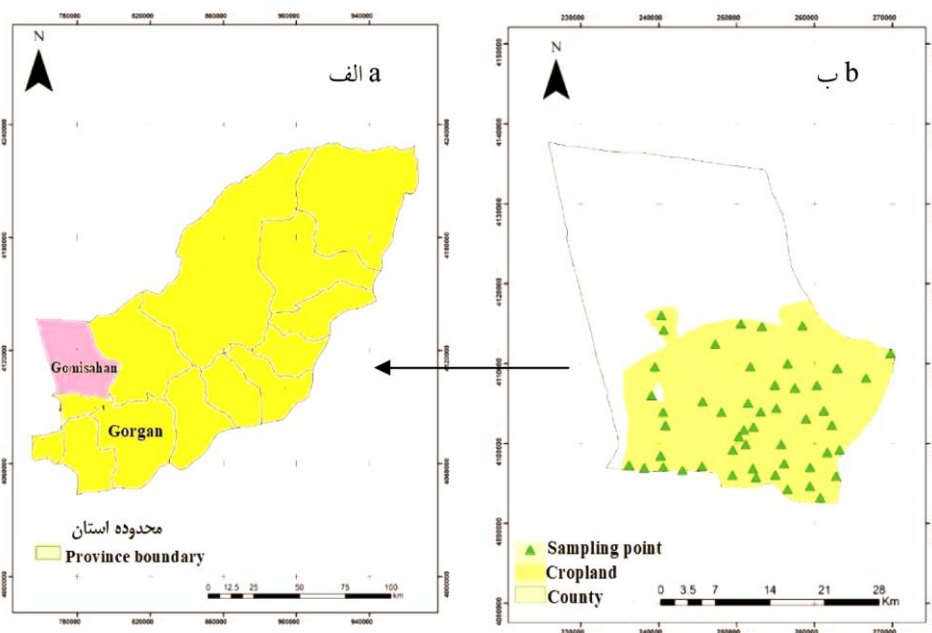
جو زراعی گیاهی است یک‌ساله با نام علمی (*Hordeum vulgare L.*) که یکی از مهم‌ترین غلات در سطح جهان به‌شمار می‌رود (۳). تعداد زیادی از کشاورزان به‌منظور تسهیل کشت و سرعت بخشیدن به چند کشتی مرسوم منطقه، بقایای محصول قبل را بعد از برداشت با آتش زدن از بین می‌برند و از طرفی با خاکورزی‌های سنگین سعی می‌کنند با آماده‌سازی فوری زمین‌های زراعی خود، برای کشت محصول بعدی آماده شوند. بر این مبنا رویکردهای کشاورزی استان گلستان به سمتی است که با کاهش ذخیره کربن خاک و افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای همراه است. بنابراین شناخت گونه‌های بومی و سازگار هر منطقه، با قابلیت بالاتر برای ذخیره و نگهداشت کربن می‌تواند موجب توسعه خدمات بوم‌سازگان و پایداری در کشاورزی شود. با توجه به وجود محدودیت شوری خاک در اراضی شهرستان گمیشان و کشت گیاه جو تقریباً در همه مناطق آن به‌عنوان کشت غالب، این مطالعه با هدف ارزیابی

1- GPS

برداشت شدند و سپس به آزمایشگاه تحقیقات زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل شدند. ابتدا دانه‌ها جدا و بقیه نمونه‌ها در آن در دمای ۷۵ درجه به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد. اندام‌های گیاه جو شامل ریشه، برگ، ساقه، سنبله و دانه نمونه‌ها از هم جدا و توزین شد تا مقدار ماده خشک هر قسمت محاسبه گردد. تمام نمونه‌ها به صورت جدا از هم آسیاب و کاملاً پودر شدند. سپس مقدار ۲ گرم از هر نمونه برداشت و در کوره احتراق الکتریکی به مدت ۳ ساعت در دمای ۵۰۰ درجه گذاشته شد تا مواد آلی آن کاملاً بسوزد (۱۳). سرانجام با استفاده از رابطه ۱ مقدار کربن موجود در اندام مورد نظر محاسبه گردید (۱۳).

بر متر و ۲۵ مزرعه واقع با هدایت الکتریکی پایین‌تر از ۱۲ دسی‌زیمنس بر در سال ۱۳۹۷-۹۸ انتخاب شدند. میزان شوری خاک قبل کاشت در اراضی شهرستان گمیشان بین ۶/۴۰ تا ۲۰/۲۷ دسی‌زیمنس بر متر برآورد شد. میانگین آن در محدوده زراعی شهرستان گمیشان معادل ۱۵/۵۷ دسی‌زیمنس بر متر بود. هم‌چنین میزان pH خاک قبل از کاشت در سطح شهرستان گمیشان بین ۷/۶۰ تا ۷/۸۷ و میانگین آن در محدوده زراعی شهرستان گمیشان معادل ۷/۷۱ برآورد شد. میزان کربن آلی خاک قبل از کاشت بین ۱۶۹۱ تا ۴۸۹۷ کیلوگرم در هکتار برآورد شد.

برآورد پتانسیل انباشت کربن در اندام‌های گیاهی: نمونه‌های گیاهی در زمان رسیدگی کامل گیاه جو



شکل ۱- موقعیت شهرستان گمیشان در استان گلستان (الف) و زمین‌های زراعی مورد مطالعه در شهرستان گمیشان (ب).
Fig. 1. Location of Gomishan County in Golestan province (a) and studied croplands in county (b).

تحلیل مکانی: پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها با استفاده از ابزارهای موجود در محیط جی‌آی‌اس^۱ با استفاده از روش‌های مختلف درون‌یابی از جمله کریجینگ معمولی و وزندهی معکوس، روش چندجمله‌ای موضعی میزان پتانسیل انباشت کربن در اندام‌های مختلف گیاهی و در خاک تخمین زده شد. ارزیابی روش‌های مختلف درون‌یابی نیز با استفاده از روش اعتبارسنجی جک‌نایف انجام شد (۹). در نهایت با توجه به مقادیر مشاهده شده و برآورد شده دقت هر روش با توجه به معیار آماری ریشه میانگین مربعات خطا محاسبه گردید (۳۵). پس از تعیین بهترین روش درون‌یابی، نقشه آن متغیر تهیه و داده‌های برآورد شده به کل سطح تعمیم داده شد. نقشه‌های ترسیب کربن خاک و مقدار انباشت کربن در کل اندام‌های گیاهی با استفاده نرم‌افزار جی‌آی‌اس و با یکی از روش‌های درون‌یابی که دارای کم‌ترین میزان خطای برآورد بود، تهیه شدند.

نتایج و بحث

وضعیت هدایت الکتریکی خاک در مزارع: طبق نتایج جدول ۱، از روش درون‌یابی چندجمله‌ای موضعی با تابع نمایی جهت بررسی میزان هدایت الکتریکی خاک قبل از کاشت مزارع استفاده شد (شکل ۱). هم‌چنین نامناسب‌ترین مدل درون‌یابی در محدوده مورد مطالعه روش چندضلعی موضعی با تابع ثابت بود. میزان هدایت الکتریکی خاک قبل کاشت در اراضی شهرستان گمیشان بین ۶/۴۰ تا ۲۰/۲۷ دسی‌زیمنس بر متر (شکل ۲ الف) و در زمان پس از برداشت بین ۳/۷۵ تا ۱۷/۸۳ دسی‌زیمنس بر متر (شکل ۲ ب) برآورد شد. هم‌چنین میانگین آن در قبل

$$\%OC = 0.54 \times OM\% \quad (1)$$

که در آن، OC و OM به ترتیب مقدار کربن آلی (درصد) و مقدار ماده آلی (درصد) می‌باشد. برآورد ترسیب کربن در خاک: بعد از نمونه‌برداری از خاک، نمونه‌ها به آزمایشگاه تحقیقات زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل و میزان هدایت الکتریکی و pH بعد از عصاره‌گیری در پمپ خلاء به ترتیب با استفاده از EC متر و pH متر اندازه‌گیری شد. وزن مخصوص ظاهری خاک با استفاده از روش سیلندر (۸) و محتوی کربن آن نیز با روش والکی بلک (۱۹۳۴) به دست آمد (۳۴). ذخایر آلی کربن خاک برای هر لایه طبق رابطه‌های زیر محاسبه شد (۱۹).

$$SOC = OC \times Sd \times Bd \times 10^4 \times 10 \quad (2)$$

که در آن، SOC ذخیره کربن آلی خاک (مگاگرم/مترمربع)، Sd عمق خاک (متر)، Bd وزن مخصوص ظاهری (گرم/سانتی‌مترمکعب)، OC غلظت کربن آلی خاک (گرم/کیلوگرم)، 10^4 مترمربع در هکتار و ۱۰ برای یکسان‌سازی واحدها استفاده می‌شود. در ادامه مقدار ترسیب کربن آلی خاک از رابطه ۳ محاسبه می‌شود.

$$CS = OC_a - OC_b \quad (3)$$

که در آن، CS ترسیب کربن آلی خاک (مگاگرم بر هکتار)، OC_a ذخیره کربن آلی خاک در پایان آزمایش و OC_b ذخیره کربن آلی خاک در شروع آزمایش می‌باشد.

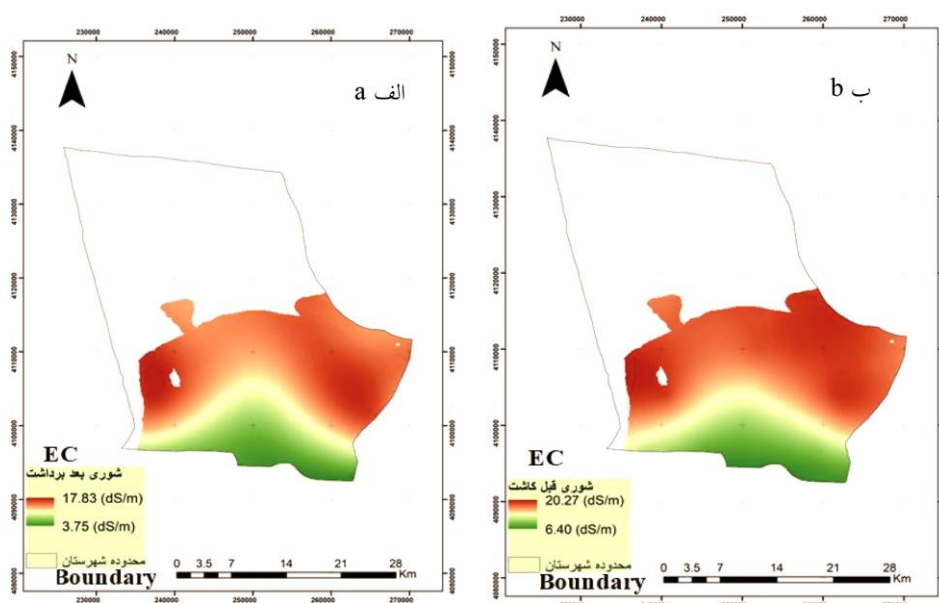
زمین‌های زراعی گمیشان به چشم می‌خورد، افزایش سطح مناطقی با شوری کم در شرایط بعد از برداشت جو می‌باشد که این امر می‌تواند بیان‌گر تأثیر مثبت کشت گیاه زراعی جو در مناطق شور و نیز تأثیرگذاری میزان بارش در طی فصل رشد می‌باشد. اصولاً انتخاب گیاه مناسب جهت کشت در خاک‌های سدیمی اهمیت فراوانی دارد و جهت اصلاح خاک‌های سدیمی ضروری است که گیاهان مقاوم به درصد سدیم تبادلی زیاد انتخاب گردند. کشت محصولاتی که کاهش عملکرد کم‌تری در خاک‌های شور دارند به‌نحوی می‌توانند سبب احیای تولید محصول در این خاک‌ها شوند (۱۸). هم‌چنین مطالعات نشان می‌دهد که از گیاه جو می‌توان برای بهبود زهکشی آب زیرلایه‌های تازه رسوب یافته خاک، کاهش فرسایش خاک و تسهیل شستشوی یون‌ها با نفوذ ریشه به بستر خاک استفاده کرد (۴، ۲۸). در شهرستان گمیشان میانگین بارندگی ده ساله و پنج ساله در بخش سیمین‌شهر به ترتیب ۴۴۲/۳۶ و ۴۷۰/۳۲ میلی‌متر و میانگین بارندگی ده ساله و پنج ساله در بخش گمیش‌تپه به ترتیب ۴۷۶/۸۵ و ۴۹۵/۲۴ میلی‌متر ثبت شده است. در این شهرستان بارندگی در سال ۹۷ رشد چشم‌گیری داشته است، به‌طوری‌که برای منطقه سیمین‌شهر ۷۲۵/۳ میلی‌متر و در منطقه گمیش‌تپه به میزان ۶۱۱/۳ میلی‌متر ثبت گردید. با توجه به افزایش قابل‌توجه بارندگی در سال زراعی مورد مطالعه، می‌توان سهم کاهش شوری در آخر فصل را تا حدودی به این عامل نسبت داد.

از کاشت و پس از برداشت در محدوده زراعی شهرستان گمیشان به ترتیب معادل ۱۵/۵۷ دسی‌زیمنس بر متر و ۱۲/۷۶ دسی‌زیمنس بر متر بود. بیش‌ترین میزان هدایت الکتریکی خاک قبل کاشت برابر با ۲۰/۲۷ دسی‌زیمنس بر متر و پس از برداشت برابر با ۱۷/۸۳ دسی‌زیمنس بر متر در بخش شمالی و کم‌ترین میزان در قبل از کاشت و پس از برداشت در بخش جنوبی شهرستان به ترتیب برابر با ۶/۴۰ دسی‌زیمنس بر متر و ۳/۷۵ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. به نظر می‌رسد در بخش شمالی شهرستان میزان تبخیر و تعرق از خاک زیاد بوده و میزان شوری و تجمع املاح در لایه فوقانی خاک بیش‌تر از مناطق جنوبی می‌باشد که میزان تبخیر و تعرق کم‌تری دارند. می‌توان علت کاهش شوری در زمان پس از برداشت را به توانایی ذاتی گیاه جو در کاهش شوری خاک و وجود پوشش گیاهی جو در سطح مزارع نسبت داد که منجر به عدم تبخیر بیش‌تر رطوبت از سطح خاک شده که در نتیجه مانع از تجمع املاح در سطح خاک می‌گردد. به‌طور کلی بسیاری از ویژگی‌های خاک مانند بافت خاک، ماده آلی، عمق خاک، شیب زمین، شوری و اسیدیته خاک مکان‌مند بوده و با تغییرات مکان تغییر می‌کنند (۲۲)، بنابراین این‌گونه تغییرات مکانی ممکن است موجب تغییراتی در استفاده از نهاده‌های زراعی، ساختار خاک و در نهایت عملکرد و ترسیب کربن در گیاه و خاک می‌گردد. مقایسه شکل‌های (۳ الف) و (۳ ب) نشان داد که در محدوده زراعی شهرستان گمیشان، کاهش شوری خاک پس از برداشت محصول نسبت به ابتدای فصل مشاهده می‌شود. نتایج قابل‌توجهی که از این دو حالت از لحاظ شوری در

جدول ۱- روش‌های درون‌یابی مورد استفاده برای تهیه نقشه شوری، کربن آلی و ترسیب کربن خاک مزارع شهرستان گمیشان قبل از کاشت و پس از برداشت جو.

Table 1. Methods used to prepare salinity, organic carbon and soil carbon sequestration of Gomishan farms before planting and after harvesting barley.

ترسیب کربن خاک Carbon sequestration	پس از برداشت After harvest		قبل از کاشت Before planting		مدل Model	روش Method
	کربن آلی خاک Organic Carbon	هدایت الکتريکی خاک EC	کربن آلی خاک Organic Carbon	هدایت الکتريکی خاک EC		
ریشه میانگین مربعات خطا RMSE (kg/ha)	ریشه میانگین مربعات خطا RMSE(kg/ha)	ریشه میانگین مربعات خطا RMSE	ریشه میانگین مربعات خطا RMSE (kg/ha)	ریشه میانگین مربعات خطا RMSE		
1545.11	1748.74	-	1197.35	4.95	توان ۱ 1 st Power	وزن‌دهی
1559.23	1771.67	4.07	1200.87	-	توان ۲ 2 nd Power	معکوس فاصله Invers distance
1614.13	1809.35	3.64	1242.99	4.71	توان ۳ 3 rd Power	weighting
1506.06	1753.11	3.64	1230.23	4.86	نمایی Exponential	
1513.07	1763.32	3.64	1244.96	4.97	چند جمله‌ای Polynomial5	
1506.48	1753.01	3.70	1237.7	4.87	گوسی Gaussian	میان‌یابی چند جمله‌ای محلی
1497.84	1736.56	3.66	1230.04	5.07	Epanechnikov	Local polynomial interpolation
1507.14	1753.60	3.99	1237.8	4.99	ربعی Quartic	
1488.04	1708.38	3.79	1220.88	5.50	ثابت Constant	
1521.91	1718.33	-	1220.88	-	چرخشی Circular	
1514.48	1734.26	-	1173.06	-	کروی Spherical	
1512.92	1739.75	-	1170.93	-	تترا کروی Tetra spherical	
1505.48	1736.01	-	1168.54	-	پنتا کروی Penta spherical	
1506.43	1728.31	-	1163.21	-	نمایی Exponential	
1506.43	1713.03	-	1178.25	-	گوسین Gaussian	کریجینگ Kriging
1498.53	1717.60	-	1159.19	-	درجه دوم منطقی Rotional quadric	
1489.56	1708.89	-	1155.3	-	اثر هول Hole effect	
1506.41	1748.74	-	1172.49	-	کی - بیس K-bessel	
1491.39	1771.67	-	1156.96	-	جی - بیس J-bessel	
1545.11	1809.35	-	1173.45	-	ثابت Stable	



شکل ۲- پهنه‌بندی هدایت الکتریکی خاک قبل از کاشت (الف) و پس از برداشت (ب) مزارع جو در محدوده شهرستان گمیشان با روش درونیابی چندجمله‌ای موضعی با تابع نمایی.

Fig. 2. Zoning of soil EC before planting (a) and after harvest (b) of barley fields in Gomishan county by local polynomial interpolation method with exponential function.

محدوده زراعی شهرستان گمیشان برآورد شد. بیش‌ترین میزان کربن آلی خاک قبل از کاشت برابر با ۴۸۹۷ کیلوگرم در هکتار در بخش‌های شرقی و جنوبی و در زمان پس از برداشت محصول برابر با ۴۵۰۸ کیلوگرم در هکتار در بخش‌های شرقی و شمال شرقی محدوده زراعی شهرستان و کم‌ترین میزان در بخش‌های مرکزی شهرستان برابر با ۱۶۹۱ کیلوگرم بر هکتار و در بخش‌های غربی و جنوبی شهرستان برابر با ۱۸۲۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب در زمان قبل از کاشت و پس از برداشت مشاهده شد. در این مطالعه پس از بررسی میزان کربن آلی خاک و زیست‌توده گیاهی، مشاهده شد که میزان کربن در خاک بیش‌تر متأثر از زیست‌توده گیاهی است که این یافته با نتایج حاصل از مطالعه آرادوتیر و همکاران (۲۰۰۰) و باتجس (۱۹۹۶) مطابقت داشت (۲، ۱). محمدی و همکاران (۲۰۱۷) مقادیر کربن موجود در خاک را در زمین‌های زراعی به اجرای اقدامات کوددهی و تغذیه

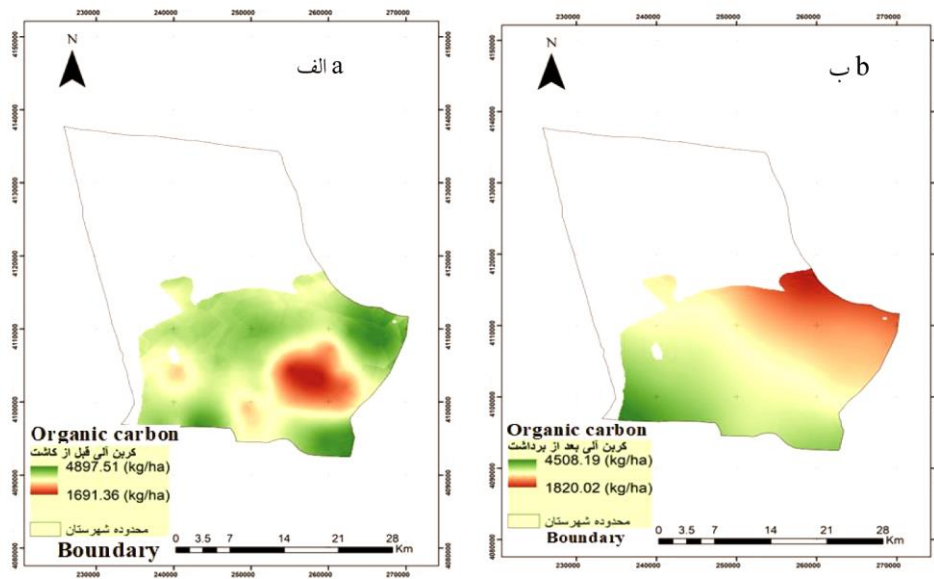
میزان کربن آلی خاک: طبق نتایج جدول ۱، مدل Hole effect از روش کریجینگ معمولی، کم‌ترین خطا در برآورد میزان کربن آلی خاک قبل از کاشت و روش درونیابی چند جمله‌ای موضعی با تابع ثابت، کم‌ترین خطای برآورد میزان کربن آلی خاک پس از برداشت محصول مزارع جو در محدوده شهرستان گمیشان داشت. هم‌چنین نامناسب‌ترین مدل در درونیابی میزان کربن آلی خاک قبل از کاشت در محدوده مورد مطالعه، روش چندضلعی موضعی با تابع نقطه‌ای ۵ و پس از برداشت روش معکوس فاصله وزنی با توان ۳ بود. میزان کربن آلی خاک قبل از کاشت و پس از برداشت در سطح شهرستان گمیشان به ترتیب بین ۱۶۹۱ تا ۴۸۹۷ کیلوگرم در هکتار (شکل ۳ الف) و ۱۸۲۰ تا ۴۵۰۸ کیلوگرم در هکتار (شکل ۳ ب) برآورد شد. هم‌چنین میانگین کربن آلی قبل از کاشت معادل ۳۵۷۹ کیلوگرم در هکتار و پس از برداشت معادل ۳۱۳۴ کیلوگرم در هکتار در

زیست توده گیاه زراعی ۱/۸۸۴ تن در هکتار و در خاک ۱۶/۳۳۲ تن در هکتار می باشد (۱۱). هم چنین لو و همکاران (۲۰۱۱) گزارش دادند که ترسیب کربن در خاک های سطحی بیش تر تحت تأثیر برگشت مجدد بقایای کاه می باشد، از این رو مقدار برگشت کاه گیاه زراعی یکی از عوامل مهمی است که منجر به تغییر کربن آلی خاک می شود (۲۰).

پتانسیل انباشت کربن در زیست توده گیاهی: با توجه وجود مشاهده روند مطلوب در درون یابی و خطای برآورد پایین، از روش درون یابی چندجمله ای موضعی با تابع نمایی جهت بررسی میزان پتانسیل ترسیب کربن گیاه استفاده شد (جدول ۲). در این آزمایش میزان پتانسیل ترسیب کربن در زیست توده گیاه جو بین ۹۹۳ تا ۲۳۶۹ کیلوگرم در هکتار برآورد شد (شکل ۵). هم چنین میانگین آن ۱۴۵۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. بیش ترین میزان پتانسیل ترسیب در بخش گیاهی برابر ۲۳۶۹ کیلوگرم در هکتار در مزارع واقع در بخش های جنوبی و کم ترین میزان در بخش های شمالی شهرستان برابر ۹۹۳ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. به نظر می رسد با توجه به افزایش سطح شوری در مناطق شمالی، در این مناطق از میزان زیست توده گیاهی کاسته شده و به دنبال آن میزان کم تری کربن در گیاه انباشت می شود. اصولاً فرایند ترسیب کربن توسط گیاهان ساده ترین و ارزان ترین روش برای کاهش کربن به شمار می رود که این نقش گیاهان توسط عمل فتوسنتز انجام شده و کربن جو به دام انداخته می شود. البته هر یک از اندام های گیاهی نقش متفاوتی در این فرایند دارند (۵). گزارش شده رابطه مستقیمی بین کربن ترسیب شده با نوع گونه گیاهی وجود دارد، به طوری که برای گونه های مختلف، ضرایب متفاوتی برای ترسیب کربن ارائه شده است (۳۱، ۶).

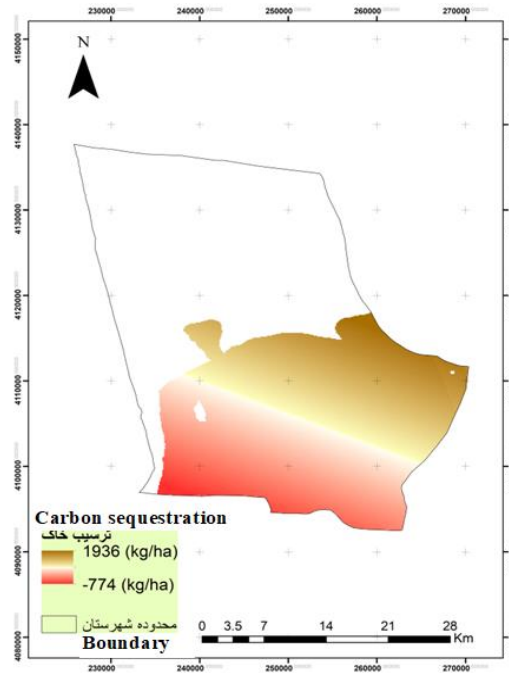
گیاهی در آن مرتبط دانستند، زیرا این اقدامات در زمین های زراعی روی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک تأثیر معنی داری می گذارد (۲۱).

میزان ترسیب کربن آلی در خاک: با توجه به روند مطلوب در درون یابی (جدول ۱)، از روش درون یابی چندجمله ای موضعی با تابع ثابت جهت بررسی میزان ترسیب کربن خاک استفاده شد (شکل ۴). هم چنین ضعیف ترین مدل در درون یابی میزان ترسیب خاک در محدوده مورد مطالعه، روش معکوس فاصله وزنی با توان ۳ بود. میزان ترسیب کربن آلی خاک در اراضی زراعی مورد مطالعه در دامنه ای بین ۷۷۴- تا ۱۹۳۶ کیلوگرم در هکتار برآورد شد (شکل ۵). هم چنین میانگین آن معادل ۵۶۴ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. بیش ترین میزان ترسیب خاک برابر با ۱۹۳۶ کیلوگرم در هکتار در بخش شرقی و شمال شرقی و کم ترین میزان در بخش های جنوبی و غربی شهرستان برابر با ۷۷۴- کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. در برخی از مناطق میزان ترسیب کربن منفی برآورد شد. این نتیجه نشان می دهد که آزادسازی کربن بیش تر از ذخیره آن در خاک در طی فصل رشد گیاه جو رخ داده است. این موضوع می تواند به دلیل فعالیت زیستی ریز موجودات خاک و عملیات زراعی صورت گرفته باشد. در مطالعه موشانی و همکاران (۱۳۹۷) نیز میزان ترسیب کربن در مزارع سویای واقع در بخش های شمالی شهرستان گرگان منفی گزارش شد. مطالعات مختلف نشان می دهد که رابطه مستقیمی بین کربن ترسیب شده با نوع گونه گیاهی و اندام های گیاهی وجود دارد (۳۱، ۶). در همین راستا جعفریان و طائفه سیدعلیخوانی (۲۰۱۳) گزارش دادند که پتانسیل ترسیب کربن در اندام های مختلف گیاه زراعی گندم تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد داشته و سنبله ها بیش ترین و ریشه ها کم ترین توان ترسیب کربن را داشتند و میزان پتانسیل ترسیب کربن در



شکل ۳- پهنه‌بندی میزان کربن آلی قبل از کاشت (شکل الف) و پس از برداشت (شکل ب) در مزارع جو شهرستان گمیشان با روش درون‌یابی کریجینگ با مدل Hole Effect.

Fig. 3. Zoning of organic carbon before planting (a) and after harvest (b) in barley farms of Gomishan County by kriging interpolation method with Hole Effect model.



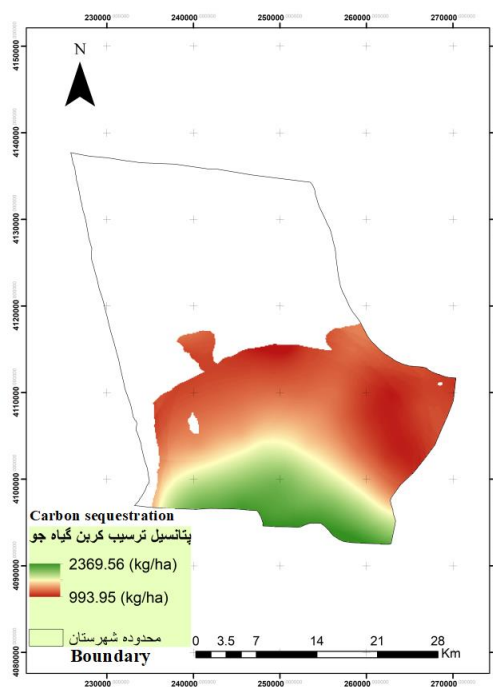
شکل ۴- پهنه‌بندی ترسیب کربن خاک در محدوده شهرستان گمیشان با روش درون‌یابی چندجمله‌ای موضعی با تابع ثابت.

Fig. 4. Zoning of soil carbon sequestration in Gomishan County with local polynomial interpolation method with fixed function.

جدول ۲- روش‌های مورد استفاده برای تهیه نقشه پتانسیل انباشت کربن در کل اندام‌های گیاهی جو در شهرستان گمیشان.

Table 2. Methods used to prepare the carbon sequestration potential map of barley biomass in Gomishan County.

ریشه میانگین مربعات خطا RMSE	مدل Model	روش Method
455.55	توان ۳ 3 rd Power	وزن‌دهی معکوس فاصله Invers distance weighting
433.95	Exponential	
445.43	Polynomial5	
439.94	Gaussian	میان‌یابی چندجمله‌ای محلی
443.25	Epanechnikov	Local polynomial interpolation
444.50	Quartic	
446.18	Constant	

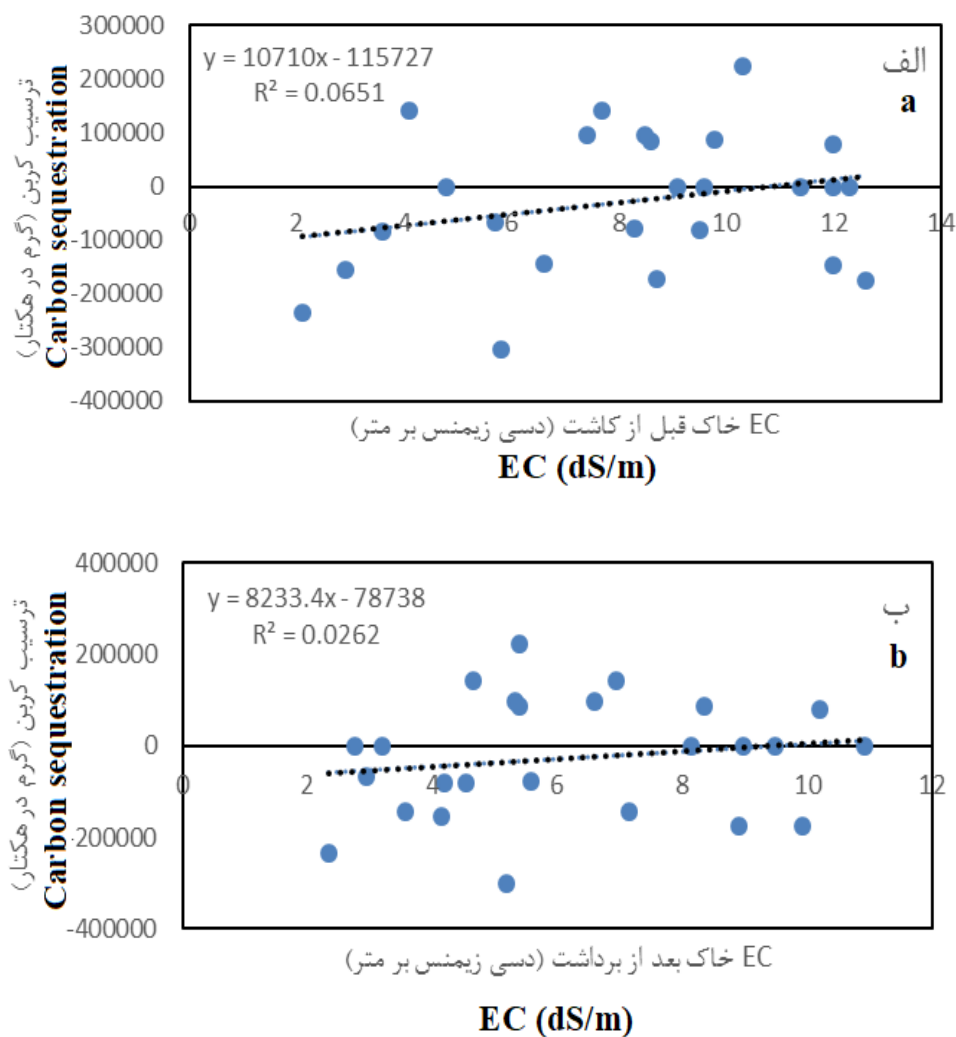


شکل ۵- پهنه‌بندی پتانسیل انباشت کربن زیست توده گیاهی جو در محدوده شهرستان گمیشان با روش درون‌یابی چند جمله‌ای موضعی با تابع نمایی.

Fig. 5. Zoning of carbon sequestration potential of barley biomass in Gomishan County by local polynomial interpolation method with exponential function.

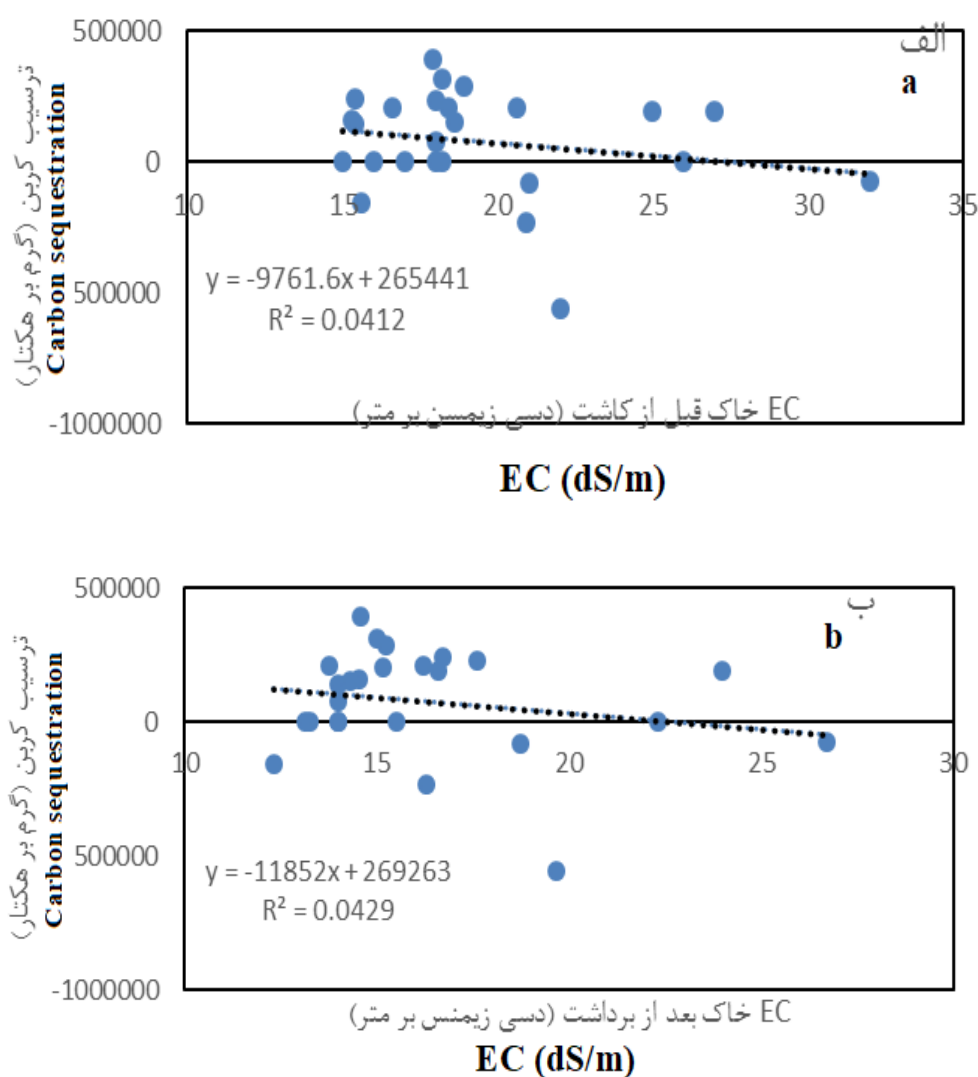
رگرسیونی برابر با ۹۷۶۱- گرم بر هکتار از روند کاهشی برخوردار بود (شکل ۷ الف) هم‌چنین در وضعیت شوری پس از برداشت جو، مقدار ترسیب کربن با شیب بیش‌تری کاهش یافت و این مقدار برابر با ۱۱۸۵۲- گرم مشاهده شد (شکل ۷ ب). این امر بیانگر اختلاف ۲۰۹۱ گرم در هکتار بود که اهمیت کاشت گیاه جو در کاهش شوری خاک و ترسیب کربن را نشان می‌دهد. مطالعات نشان داد که اثرات متقابلی بین میزان شوری خاک، میزان ترسیب کربن و نوع مدیریت زراعی وجود دارد. شور شدن خاک یک تهدید جدی برای محیط زیست کشاورزی و میزان تولید است (۱۷). هر چند کاهش ۱۰ درصد عملکرد محصولات زراعی تحت تأثیر مستقیم شوری گزارش شده است (۲۹)؛ اما شوری اثر منفی روی ذخیره ماده آلی خاک نیز دارد که در مطالعه وانگ و همکاران، (۲۰۰۸) و پنیمان و همکاران (۲۰۰۵) کاهش ذخیره ماده آلی خاک تحت تأثیر شوری گزارش شده است (۲۷، ۳۶). کاهش ذخیره ماده آلی خاک می‌تواند با اتخاذ مدیریت زراعی مطلوب بهبود یابد، بنابراین ترمیم ذخیره ماده آلی خاک در خاک‌های شور می‌تواند نقش مؤثری در افزایش پتانسیل ترسیب کربن داشته باشد (۱۷).

رابطه بین میزان هدایت الکتریکی خاک و ترسیب کربن: در مناطق با هدایت الکتریکی کم‌تر از ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، رابطه تغییرات ترسیب کربن خاک در وضعیت شوری قبل از کاشت محصول جو و بعد از برداشت این محصول مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در وضعیت شوری قبل از کاشت محصول، شیب خط رگرسیونی برابر با ۱۰۷۱۰ گرم در هکتار به‌دست آمد (شکل ۶ الف) ولی در وضعیت شوری پس از برداشت جو، مقدار ترسیب کربن با شیب کم‌تری افزایش یافت و این مقدار برابر با ۸۲۳۳ گرم در هکتار مشاهده شد (شکل ۶ ب). در هر دو شکل روند افزایش حتی در صورت افزایش هدایت الکتریکی مشاهده شد. هر چند رابطه قوی بین متغیرهای مورد بررسی پیدا نشد. به نظر می‌رسد زمانی که شوری خاک در مزارع جو گمیشان کم‌تر از ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر باشد، این میزان شوری اثر چندانی بر میزان ترسیب کربن در خاک ندارد. شکل ۷ در مزارع با هدایت الکتریکی بیش‌تر از ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، روند تغییرات مقدار ترسیب کربن خاک در وضعیت شوری قبل از کاشت محصول جو و بعد از برداشت این محصول نشان می‌دهد. نتایج بیانگر آن است که در وضعیت شوری قبل از کاشت، شیب خط



شکل ۶- رابطه رگرسیونی ترسیب کربن در خاک با وضعیت شوری قبل از کاشت محصول جو (الف) و بعد از برداشت محصول جو (ب) در مزارع با کم تر از ۱۲ دسی زیمنس بر متر در شهرستان گمیشان.

Fig. 6. Regression relationship of soil carbon sequestration with salinity status before planting barley (a) and after harvesting barley (b) in fields with <12 dS/m in Gomishan county.



شکل ۷- رابطه رگرسیونی تربیب کربن در خاک با وضعیت شوری خاک قبل از کاشت محصول جو (الف) و بعد از برداشت محصول جو (ب) در مزارع با شوری بیش از ۱۲ دسی زمینس در متر در شهرستان گمیشان.

Fig. 7. Regression relationship of carbon sequestration in soil with soil salinity before planting barley (a) and after harvesting barley (b) in farms with salinity >12 dS/m in Gomishan county.

جو و بعد از پایان فصل رشد جو برآورد شد. بررسی ترسیب کربن خاک در مزارع با میزان هدایت الکتریکی بالاتر از ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر نشان داد که کاشت گیاه جو نقش مؤثری در تعدیل روند کاهشی ترسیب کربن در خاک‌های شور دارد. این امر نشان‌دهنده اهمیت کاشت گیاه جو در کاهش شوری خاک و به تبع آن تغییر روند ترسیب کربن خاک می‌باشد. به‌طور کلی مدیریت زراعی مطلوب از جمله انتخاب مطلوب گیاه زراعی می‌تواند نقش مؤثری در جهت بهبود کیفیت اراضی، کاهش شوری و افزایش ترسیب کربن در راستای اهداف کشاورزی پایدار داشته باشد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان گمیشان بابت حمایت و کمک به اجرای این طرح قدردانی به عمل می‌آید.

نتیجه‌گیری کلی

بخش‌های جنوبی شهرستان گمیشان دارای بیش‌ترین پتانسیل کربن توسط گیاه جو برابر با ۲۳۶۹ کیلوگرم در هکتار بود. در برخی از مزارع میزان ترسیب کربن منفی برآورد شد. این نتیجه نشان می‌دهد که آزادسازی کربن بیش‌تر از ذخیره آن در خاک در طی فصل رشد گیاه جو رخ داده است. هم‌چنین نتایج نشان داد که قسمت‌های شمالی و شرقی محدوده زراعی شهرستان گمیشان دارای بالاترین میزان ترسیب کربن خاک با مقدار ۱۹۳۶ کیلوگرم در هکتار می‌باشند. اصولاً عوامل مختلفی می‌تواند روی میزان ترسیب کربن خاک در منطقه مؤثر باشد که در این مطالعه اثر شوری خاک روی میزان ترسیب کربن مورد بررسی قرار گرفت. بررسی تغییرات هدایت الکتریکی خاک در محدوده زراعی شهرستان گمیشان نشان داد که قسمت‌های شمالی محدوده مذکور دارای بالاترین مقداری شوری خاک بوده و در این محدوده مقدار شوری ۲۰/۲۷ و ۱۷/۸۳ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب قبل از کاشت محصول

منابع

1. Aradottir, A., Savarsottri, L., Kristin, H., Jonsson, P. and Gudbergsson, G. 2000. Carbon accumulation in vegetation and soils by reclamation of degraded areas. *Icel. Agric. Sci.* 13: 99-113.
2. Batjes, NH. 1996. Total C and N in soils of the world. *Eur. J. Soil Sci.* 47: 151-163.
3. Behnia, M.R. 1373. Cold season cereals wheat, barley, oat, rye. University of Tehran Press, 644p. (In Persian)
4. Fatma, M. 2002. Role of natural vegetation in improving salt affected soil in northern Egypt. *Soil Tillage Res.* 64: 173-178.
5. Forouzeh, M.R., Heshmati, GH., Ghanbarian, Gh. and Mebah, H. 2008. Comparison of carbon sequestration capacity of three species of sunflower, black guinea and artichoke plants in arid rangelands of Iran (Case study: Gorbayegan Fasa plain). *Environ. Sci.* 34: 46. 65-72. (In Persian)
6. Frank, A.B. and Karn, J.F. 2003. Vegetation indices, CO₂ Flux, and biomass for Northern plains grassland. *Rangel. Ecol. Manage.* 55: 16-22.
7. Ghanbarian, G., Hassanali, A.M. and Rajabi Noghab, V. 2015. Comparison of potential carbon separation of different parts of almond and grape plants and soil in Fars. *J. Nat. Environ.* 68: 2. 257-265. (In Persian)
8. Ghazanshahi, J. 1997. Soil and Plant Analysis (Translation). Tehran: Ayizh Publications. 272p.
9. Hasanipak, A. 1998. Geostatistics. Tehran University Press, 314p. (In Persian)

10. Hill, M.J., Braaten, R. and McKeon, G.M. 2003. A scenario calculator for effects of grazing land management on carbon stocks in Australian rangelands. *Environ. Model Softw.* 18: 7. 627-644.
11. Jafarian, Z. and Tayefeh Seyyed Alikhani, L. 2012. Carbon sequestration potential in dry farmed wheat in Kiasar Region. *J. Agric. Knowled. Sust. Prod.* 23: 1. 31-41. (In Persian)
12. Jiang, Zh., Zhong, Y., Yang, J., Wu, Y., Li, H. and Zheng, L. 2019. Effect of nitrogen fertilizer rates on carbon footprint and ecosystem service of carbon sequestration in rice production. *Sci. Total. Environ.* 670: 210-217.
13. Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Khorasani, R. and Ghorbani, R. 2013. Evaluation of carbon sequestration potential in corn fields with different management systems. *Soil Tillage Res.* 133: 25-31. (In Persian)
14. Khorramdel, S., Nasiri Mahallati, M. and Khorasani, R. 2016. The effect of crop systems management on primary net production and relative carbon sharing coefficients in maize (*Zea mays* L.). *J. Agroecol.* 2: 4. 667-680. (In Persian)
15. Kumar, N., Nath, C.P., Hazra, K.K., Das, K., Vencatesh, M.S. and Singh, S.S. 2019. Impact of zero-till residue management and crop diversification with legumes on soil aggregation and carbon sequestration. *Soil Tillage Res.* 189: 159-167.
16. Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma.* 123: 1-22.
17. Lal, R. 2009. Carbon sequestration in saline soils. *J. Soil Salinity Water Quality.* 1: 2. 30-40.
18. Lacolla, G. and Cucci, G. 2008. Reclamation of sodic-saline soils. barley crop response. *Ital. J. Agron.* pp. 279-286.
19. Li, P., Han, X., Zong, Y., Li, H., Lin, E., Han, Y. and Hao, X. 2016. Effects of free-air CO₂ enrichment (FACE) on the uptake and utilization of N, P and K in *Vigna radiata*. *Agric. Ecosys. Environ.* 202: 120-125.
20. Lou, Y., Xu, M., Wang, W., Sun, X. and Zhao, K. 2011. Return rate of straw residue affects soil organic C sequestration by chemical fertilization. *Soil Tillage Res.* 113: 70-73.
21. Mohammadi, Kh., Nabiollahi, K., Aghakhani, M. and Khormali, F. 2009. Investigation of different tillage methods on physical properties of soil and yield and yield components of dryland wheat. *J. Plant Prod. Res.* 16: 4. 1-16. (In Persian)
22. Mahmoudi, M.A., Mirzaei, M. and Pirbaouqar, M. 2017. Assessment of soil organic matter status using kriging regression technique and Landsat satellite images. *Iranian. J. Soil Water Res.* 49: 5. 1105-1117. (In Persian)
23. Mehdipour, L. and Landi, A. 2010. Effects of different land uses on greenhouse gas emissions, science and technology of agriculture and natural resources. *Soil Water Sci.* 14: 52. 139-147. (In Persian)
24. Mortenson, M. and Schuman, G.E. 2002. Carbon sequestration in rangeland interseeded with yellow flowering Alfalfa (*Medicago sativa*, *Facata* spp), USDA symposium on natural resource management to offset greenhouse gas emission in Uni. Wyoming, 14p.
25. Moushani, S., Kazemi, H., Soltani, A. and Asadi, M.A. 2019. Comparison of carbon sequestration potential of soybean plant organs in conventional and conservation cultivation systems (Case study: Gorgan county). *J. Plant Prod. Res.* 26: 3. 235-253. (In Persian)
26. Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Mansoori, H. and Moradi, R. 2015. Study of long term cycle of carbon and its sequestration in Iran's agricultural system: I- Primary net production and annual carbon input for various crops. *J. Agroecol.* 6: 4. 741-752. (In Persian)
27. Peinemann, N., Guggenberger, G. and Zech, W. 2005. Soil organic matter and its lignin component in surface horizons of salt-affected soils of the Argentina Pampa. *Catena.* 60: 113-128.

28. Renault, S., MacKinnon, M. and Qualizza, C. 2003. Barley, a potential species for initial reclamation of saline composite tailings of oil sands. *J. Environ. Qual.* 32: 6. 2245-2253.
29. Rozema, J. and Flowers, T.J. 2008. Crops for a salinized world. *Sci.* 322: 1478-1480.
30. Schillinger, W.F., Young, D.L., Kenndy, A.C. and Paulitz, T.C. 2010. Diverse no-till irrigated crop rotations instead of burning and plowing continuous wheat. *Field Crops Res.* 115: 1. 39-49.
31. Singh, H.P., Batish, D.R. and Kohli, R.K. 2003. Allelopathic interactions and allelochemicals: new possibilities or sustainable weed management. *Crit. Rev. Plant Sci.* 22: 239-311.
32. Sommer, R. and Bossio, D. 2014. Dynamics and climate change mitigation potential of soil organic carbon sequestration. *J. Environ. Manage.* 144: 83-87.
33. Vermeulen, S.J., Campbell, B.M. and Ingram, J.S.I. 2012. Climate change and food systems. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 37: 195-222.
34. Walkley, A. and Black, I.A. 1934. Na examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil. Sci.* 37: 29-38.
35. Webster, R. and Oliver., M.A. 2000. *Geostatistics for environmental scientists.* Wiley Press, 271p.
36. Wong, V.N.L., Murphy, B.W., Koen, T.B., Greene, R.S.B. and Dalal, R.C. 2008. Soil organic carbon stocks in saline and sodic landscapes. *Aust. J. Soil Res.* 46: 378-389.
37. Yousefi, M., Mahdavi Damghani, A. and Khoramivafa, M. 2016. Comparison greenhouse gas (GHG) emissions and global warming potential (GWP) effect of energy use in different wheat agroecosystems in Iran. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 23: 7390-7397.
38. Zhou, X., Wan, S. and Luo, Y. 2014. Source components and interannual variability of soil CO₂ efflux under experimental warming and clipping in a grassland ecosystem. *Glob. Change Biol.* 13: 761-775.

