دانشگاه گنبدکاووس
نشریه "حفاظت زیست‌بوم گیاهان"
دوره ششم، شماره سیزدهم
http://pec.gonbad.ac.ir

بررسی ذخیره کربن در مناطق اقلیمی مختلف و عوامل تأثیرگذار بر آن در استان کردستان

آیدین فرجی[1]، حامد جنیدی جعفری[2*]، رضا امیدی‌پور

[1] فارغ التحصل کارشناسی ارشد، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج

[2] استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه کردستان؛ سنندج

[3] دانشجوی دکترای رشته مرتع‌داری، عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دانشگاه آزاد شهرکرد، شهرکرد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۶/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۲۵

چکیده

در دهه‌های اخیر، تغییر اقلیم و افزایش دمای جهان (گرمایش جهانی) از مهم‌ترین چالش‌های جهانی است که توجه محققین را به خود جلب نموده است. اطلاع از اثرات تغییر اقلیم بر میزان کربن خاک می‌تواند به‌عنوان یکی از بهترین ابزارها برای درک بهتر چرخه کربن خاک مورداستفاده قرار گیرد. ازاین‌رو این مطالعه به‌منظور بررسی و مقایسه میزان ذخیره کربن در مناطق اقلیمی مختلف و همچنین تعیین مهم‌ترین عوامل محیطی (عوامل خاکی، بارش و ارتفاع) مؤثر بر میزان ذخیره کربن در هر سه منطقه دزلی (اقلیم مرطوب)، نران (اقلیم خشک) و گردنه‌مرواری‌د (اقل‌ی‌م نیمه‌خشک) در استان کردستان موردبررسی قرار گرفت. برای این منظور در منطقه دزلی ۶، نران ۳ و گردنه مروارید ۴ سایت انتخاب و در آن نمونه خاک ترکیبی از۳ نقطه برداشت شد. برای مطالعه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در هر رویشگاه اقدام به حفر سه پروفیل از عمق ۰-۵۰ سانتی‌متری خاک گردید (درمجموع ۳۹ نمونه خاک). آنالیز آماری با استفاده از تجزیه واریانس یک‌طرفه (one-way ANOVA) و آنالیز رگرسیون انجام گرفت. نتایج نشان داد که میزان ذخیره کربن در سه منطقه دارای تفاوت معنی‌داری هستند بطوریکه بیشترین و کمترین مقدار ذخیره کربن به ترتیب در منطقه دزلی (۱/۱۶ ± ۹/۵۶، تن در هکتار) و گردنه مروارید (۱/۰۸ ± ۵/۳۴، تن در هکتار) بوده است. بررسی‌ها نشان داد که رابطه خطی و مثبتی بین مقدار ذخیره کربن و مقدار فسفر خاک در تمامی مناطق وجود دارد. همچنین رابطه خطی و افزایشی بین مقدار ذخیره کربن و ارتفاع در مناطق موردمطالعه مشاهده گردید. نتایج رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد که در منطقه دزلی میزان آهک خاک (R = ۰.۵۲)، در منطقه نران نیتروژن خاک (R = ۰.۷۱) و در منطقه گردنه مروارید ارتفاع (R = ۰.۸۳) مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر میزان ذخیره کربن هستند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که تغییر اقلیم (خشک‌تر شدن اقلیم) منجر

*نویسنده مسئول: hjoniedi@ut.ac.ir

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-16]

به کاهش ذخیره کربن خاک خواهد شد. با توجه به متغیر بودن تأثیرگذاری عوامل محیطی در اقلیم‌های مختلف، پیشنهاد می‌گردد که برای مدیریت ذخیره کربن در هر اقلیم، روش‌های متفاوتی مورداستفاده قرار بگیرد.
واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، گرمایش جهانی، ذخیره کربن، خاک، کردستان

مقدمه

تغییر اقلیم و افزایش گرمای جهانی (گرمایش جهانی) از مهم‌ترین چالش‌های جهانی است که توجه محققین را به خود جلب نموده است. افزایش نگرانی‌ها در زمینه این دو عامل موجب شده است که به خاک و قابلیت آن در ترسیب پایدارکربن توجه ویژه‌ای گردد (Lai, ۲۰۰۱). با توجه به تأثیراتی که افزایش گرمای جهانی بر حیات در کره زمین خواهد گذاشت، محقیق همواره به دنبال روش‌های برای کاهش مقدار این عناصر تشدیدکننده آن بوده و هستند. ترسیب کربن فرآیندی است که طی آن دی‌اکسید کربن اتمسفر جذب‌شده و دریافت‌های گیاهی و سپس خاک به‌صورت هیدارت‌های کربن تجمع و رسوب می‌کند (Abdi et al., ۲۰۰۸). در دهه‌های اخیر افزایش ذخیره جهانی کربن زمینی از طریق ترسیب یا ذخیره کربن در خاک‌ها به‌عنوان یک روش مناسب برای کاهش CO_2 اتمسفر، بیان‌شده است (Izaurralde et al., ۲۰۰۶). مرکز توسعه پایدار در آمریکا ذخیره کربن را تبدیل دی‌اکسیدکربن اتمسفری به ترکیبات آلی کربن‌دار توسط گیاهان بیان می‌کند که طی عمل فتوسنتز صورت می‌گیرد (Allen-Dias, ۱۹۹۶). در ذخیره کربن، افزون بر سنتز ترکیبات کربن‌دار توسط گیاه، موضوع مهم دیگر بقا و دوام کربن در اجزای گیاهی است. افزایش ترسیب کربن معادل افزایش زیتوده گیاهی، افزایش تولید، بهبود حاصلخیزی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و جلوگیری از فرسایش آبی و بادی است. به همین سبب ترسیب کربن علاوه بر دارا بودن ارزش‌های حفاظتی و پایه-ای، به دلیل افزایش تولید زیتوده، ازنظر اقتصادی دارای ارزش است و می‌تواند به‌عنوان منفعت و سود اضافی حاصل از فعالیت‌ها و عملیات احیاء اراضی تخریب‌شده مطرح گردد (Abdi et al., ۲۰۰۸).

کشور ایران با داشتن ۸۶/۱ میلیون هکتار مرتع پتانسیل بالایی در ترسیب کربن دارد و با پذیرش معاهده بین‌المللی تغییر اقلیم سازمان ملل متحد، موظف است که اقدامات جدی مدیریتی در جهت افزایش ترسیب کربن خاک این عرصه‌ها انجام دهد (Jafari, ۲۰۰۵; Eskandari et al., ۲۰۰۷; Ma et al., ۲۰۱۲). مراتع ذخیرگاه کربن اتمسفر محسوب می‌شوند، ولی ظرفیت و اندازه این ذخیرگاه به نوع مرتع، اقلیم، خاک و مهم‌تر از همه به نوع مدیریت آن‌ها بستگی دارد (Cui et al., ۲۰۰۵). به‌طورکلی، عوامل مؤثر بر ترسیب کربن را می‌توان در دودسته عوامل محیطی و عوامل مدیریتی دسته-بندی کرد از مهم‌ترین عامل‌های محیطی مؤثر بر ذخیره کربن را می‌توان ویژگی‌های خاکی، پستی‌وبلندی و اقلیمی نام برد (پرویزی، ۱۳۸۹). پائول و پولگاس (Paul and Polgase, ۲۰۰۲)

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-16]

فاکتورهای تأثیرگذار بر روی تغییرات ذخیره کربن در خاک را شرایط اقلیمی، گونه‌های گیاهی موجود و قابلیت اراضی می‌دانند در ادامه این مطالعه مشخص گردید که نابودی گونه‌های درختی و درختچه‌ای در مراتع مشجر و جایگزینی گونه‌های بوته‌ای منجر به کاهش ذخایر کربن خاک شده است. مطالعات مختلف اثر اسیدیته، وزن مخصوص ظاهری خاک، هدایت الکتریکی، بافت خاک و دیگر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک را بر میزان ذخیره کربن خاک بررسی کرده‌اند (Skyllberg, ۱۹۹۱; Ogle, ۲۰۰۷; Sinoga-Ruiz et al., ۲۰۱۱). ذخیره کربن آلی خاک بستگی به عوامل گوناگون محیطی و مدیریتی خاک دارد. ذخیره کربن و افزایش مواد آلی خاک، اثرهای مثبت بر کیفیت و حاصلخیزی خاک، تخلخل، نفوذپذیری، ذخیره رطوبت و حفاظت در برابر فرسایش آبی و بادی دارد (ورامش و همکاران، ۱۳۹۰؛ Morgan et al., ۲۰۱۰). اقلیم، پستی‌وبلندی، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و نوع پوشش‌گیاهی از عوامل مهم تأثیرگذار بر ذخیره کربن می‌باشند (Tan et al., ۲۰۰۵; Hoyos and Comerford, ۲۰۰۵; Wang et al., ۲۰۰۸). خاک به‌عنوان یک منبع مهم در ذخیره کربن مطرح است و نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که ذخیره کربن در خاک بیش از سه برابر مقداری است که در اتمسفر و پوشش‌های گیاهی است (Schmidt et al., ۲۰۰۱). از طرفی دیگر، ذخیره شدن کربن (ترسیب کربن) در خاک یکی از فرآیندهای اصلی اکوسیستم‌هاست و نقش مهمی در فراهم کردن خدماتی از قبیل تنظیم اقلیم، حاصلخیزی خاک و همچنین تولید غذا برای انسان‌ها دارد (Tiessen et al., ۱۹۹۴; UNEP, ۲۰۱۲)؛ بنابراین توجه به عوامل تأثیرگذار بر میزان ذخیره کربن در خاک از الزامات اساسی در مدیریت پایدار کربن خاک خواهد بود.

از طرف دیگر، اقلیم یکی از عوامل اصلی در تفکیک و تغییر جوامع گیاهی و همچنین بسیاری از شرایط اکوسیستم‌های می‌باشد. تغییرات کوتاه‌مدت اقلیمی در بازه‌هایی زمانی یک روز تا یک دهه به‌عنوان عاملی مهم و تأثیرگذار در فرآیندهای مهم اکوسیستم‌ها از قبیل قابلیت تولید گیاهی و تجزیه لاشبرگ مطرح است (Ogle et al., ۲۰۱۵; Monger et al., ۲۰۱۵; Strickland et al., ۲۰۱۵) که این تغییرات درنهایت منجر به تغییر در میزان ذخیره کربن خاک خواهد شد. هرچند تأثیر این‌گونه تغییرات اقلیمی بر روی موادی از قبیل ترسیب کربن به‌خوبی بررسی نشده است. از طرفی دیگر، یکی از اطلاعات مهم و اساسی در پیش‌بینی آینده، داشتن اطلاعات در مورد متغیرهای مهم اکوسیستم و چرخه‌های زیست‌زمین‌شیمیایی (Biogeochemical) عناصری است (Delgado-Baquerizo et al., ۲۰۱۷). در این میان، کربن خاک به‌عنوان یک عامل مهم در آگاهی از تاریخچه و ویژگی‌های مناطق مختلف در مقیاس‌های زمانی (تا چندین میلیون سال) و مکانی (بین‌قاره‌ای) مطرح است (Schmid et al., ۲۰۰۱)؛ بنابراین، اطلاع از اثرات اقلیم‌های مختلف بر میزان کربن خاک می‌تواند به‌عنوان ابزاری مفید و کاربردی برای درک بهتر چرخه کربن خاک و اثرات تغییرات اقلیمی مورداستفاده قرار گیرد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-16]

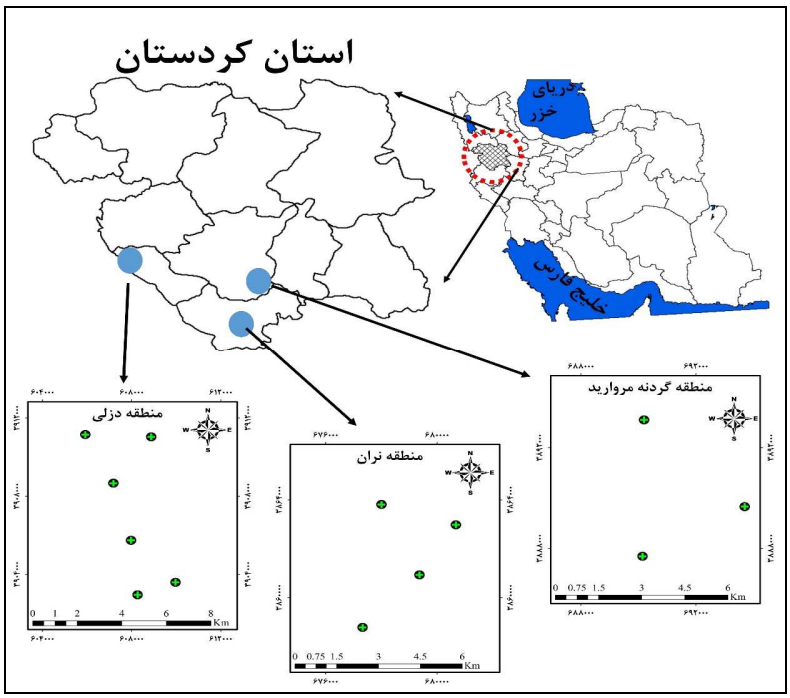
استان کردستان یکی از استان‌های غربی ایران بوده که در دل رشته‌کوه زاگرس قرارگرفته است. تاکنون تحقیقات زیادی در مورد ذخیره کربن خاک و تأثیر عوامل مختلف بر آن در این منطقه انجام‌شده است. برای مثال تأثیر تغییر کاربری ارضی (حیدری، ۱۳۹۶؛ Zandi et al., ۲۰۱۷) شدت چرا (جنیدی و همکاران، ۱۳۹۴) و همچنین تبدیل مرتع به دیمزار (جنیدی، ۱۳۹۳؛ شاهروخ، ۱۳۹۶) ازجمله تحقیقات انجام‌گرفته است. هرچند در زمینه تأثیر اقلیم و مقایسه ذخیره کربن خاک در مناطق اقلیمی مختلف تحقیقی در این منطقه و سایر مناطق کشور صورت نگرفته است. از طرفی نقش عوامل محیطی تأثیرگذار بر ترسیب کربن در کوه‌های زاگرس به‌خوبی آشکار نیست؛ بنابراین تحقیق حاضر باهدف بررسی و مقایسه میزان ترسیب کرین در مناطق اقلیمی مختلف و همچنین تعیین مهم‌ترین عوامل محیطی (عوامل خاکی، بارش و ارتفاع) مؤثر بر ذخیره کربن در هر منطقه انجام گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

مناطق موردمطالعه در این تحقیق در استان کردستان قرار داشته و به ترتیب عبارت‌اند از منطقه دزلی در طول جغرافیایی "۵۸ ′۰۹ °۴۶ تا "۱۵ ′۱۲ °۴۶ و عرض جغرافیایی "۵۰ ′۱۵ °۳۵ تا "۱۷ ′۲۰ °۳۵؛ منطقه نران در طول جغرافیایی "۲۰ ′۰۶ °۴۶ تا "۳۵ ′۱۰ °۴۶ و عرض جغرافیایی "۴۵ ′۰۷ °۳۵ تا "۲۸ ′۱۲ °۳۵ و منطقه گردنه مروارید در طول جغرافیایی "۴۰ ′۵۴ °۴۶ تا "۳۰ ′۵۸ °۴۶ و عرض جغرافیایی "۵۳ ′۵۲ °۳۵ تا "۵۰ ′۵۷ °۳۵ قراردارند. در این تحقیق اقلیم مناطق به روش دومارتن (Kessler and Landsberg, ۱۹۸۵) به ترتیب مرطوب (دزلی)، خشک (نران) و نیمه‌خشک (گردنه-مروارید) تعیین‌شده است. حداکثر و حداقل ارتفاع در دزلی ۲۲۵۰-۱۷۰۰، گردنه مروارید ۱۹۰۰-۱۸۵۰ و نران ۲۰۲۰-۱۹۰۰ متر از سطح دریا است. میانگین بارش و دمای سالیانه در منطقه دزلی ۸۰۴ میلی-متر و ۱۳/۴ درجه سانتی‌گراد، نران ۴۲۰ میلی‌متر و ۱۸/۴ درجه سانتی‌گراد و منطقه گردنه مروارید ۵۷۷ میلی‌متر و ۱۴/۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (شکل ۱).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-16]



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی مناطق موردمطالعه در استان کردستان و کشور ایران

نمونه‌برداری

نمونه‌برداری از خاک مناطق موردبررسی در قالب روش تصادفی- سیستماتیک انجام شد. بدین‌صورت که در منطقه دزلی ۶، نران ۳ و گردنه‌مروارید ۴ سایت انتخاب شد (درمجموع ۱۳ سایت). نمونه‌برداری از خاک در هر سایت از سه محل (در هر محل خاک ترکی‌بی از سه‌نقطه برداشت شد) انجام شد. برای مطالعه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در هر رویشگاه اقدام به حفر سه پروفیل گردید (درمجموع ۳۹ نمونه خاک). نمونه‌برداری از خاک در عمق ۵۰- ۰ سانتی‌متری (ترکیب عمق اول و دوم) انجام‌شده و نمونه‌های خاک به آزمایشگاه منتقل گردید. به‌منظور اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه‌های خاک پس از خشک‌شدن کامل در هوای آزاد، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند (جعفری‌حقیقی، ۱۳۸۲). جهت اندازه‌گیری کربن آلی خاک از روش والکی و بلک (Black and Walkley, ۱۹۳۴)، نیتروژن کل خاک به روش کجلدال (Page et al., ۱۹۸۲)، همچنین برای تعیین درصد ذرات رس، سیلت و شن (بافت خاک) از روش هیدرومتری بایکاس، پتاسیم و کلسیم و منیزیم به روش فلیم فتومتری، فسفر به روش کالریمتری، اسیدیته (pH) به روش پتانسیومتری و هدایت الکتریکی خاک (EC) با استفاده از هدایت سنج الکترونیکی، آهک خاک از روش تیتراسیون و گچ

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-16]

خاک از روش استون اندازه‌گیری شدند. میزان ذخیره کربن آلی خاک (SOC) با استفاده از معادله (۱)، برحسب تن در هکتار تعیین گردید (Zahedi, ۲۰۰۲).

$$SOC = \%OC * BD * e$$ رابطه ۱

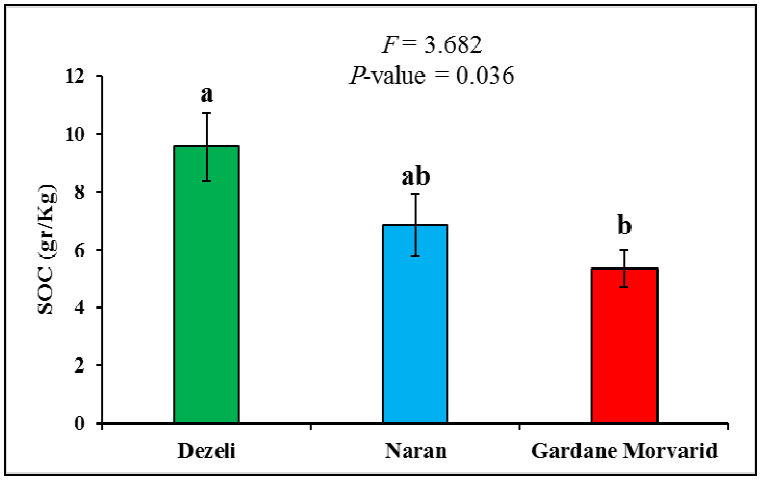
در معادله (۱)%OC (درصد کربن آلی)، BD: (وزن مخصوص ظاهری خاک (gr/cm^3)) و e: عمق نمونه‌برداری برحسب سانتی‌متر می‌باشد. جهت تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگراف- اسمیرنوف موردبررسی قرار گرفت. به‌منظور مقایسه آماری داده‌های برداشتی از مناطق مختلف، از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) استفاده شد و برای مقایسه چندگانه میانگین، از آزمون دانکن استفاده گردید. جهت بررسی ارتباط کلی عوامل محیطی و میزان ذخیره کربن از رگرسیون خطی وبرای تعیین مهم‌ترین عوامل محیطی تأثیرگذار در هر منطقه بر میزان ذخیره کربن خاک از رگرسیون گام‌به‌گام استفاده گردید. این آزمون‌ها در نرم‌افزار SPSS ver. ۱۹ انجام گردید.

نتایج

در منطقه دزلی تیپ غالب را دو گونه *Daphne mucronata* و *Astragalus gossypinus* و همچنین گونه‌های همراهی از قبیل *Festuca ovina*، *Bromus tomentelus*، *Allium satium* و *Prangus ferulacea* تشکیل داده‌اند. منطقه نران تیپ *Daphne mucronata*، *Bromus tomentelus* و دارای گونه‌های همراه *Hordeum bulbosum*، *Bromus danthonia*، *Asperula odorata* و *Romex acetosella* در منطقه گردنه مروارید تیپ *Daphne mucronata*-*Astragalus gossypinus* غالب است و گونه‌های همراه در منطقه *Sangoisorba minor*، *Verbascu mphoenices* و *Onosma echioides* می‌باشند.

مقایسه میزان ذخیره کربن در سه منطقه نشان داد که اختلاف معنی‌داری بی‌ن مقدار ذخیره کربن در سه منطقه وجود دارد (ANOVA: F = ۳.۶۸۲, P-value = ۰.۰۳). مقایسه میانگین براساس آزمون دانکن مشخص نمود که بیشترین و کمترین مقدار ذخیره کربن به ترتیب مربوط به منطقه دزلی (۱/۱۶ ± ۹/۵۶ تن در هکتار) و گردنه مروارید (۱/۰۸ ± ۵/۳۴ تن در هکتار) بوده است و بین این دو منطقه اختلاف معنی‌داری در میزان ذخیره کربن وجود داشت (P-value < ۰.۰۵). همچنین مقدار ذخیره کربن در منطقه نران (۰/۶۴ ± ۶/۸۶ تن در هکتار) با دو منطقه دزلی و گردنه‌مروارید اختلاف معنی‌داری (P-value > ۰.۰۵) نداشت (شکل۲).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-16]



شکل ۲- نتایج حاصل از مقایسه میانگین ذخیره کربن آلی خاک (SOC) تحت شرایط مختلف آب و هوایی

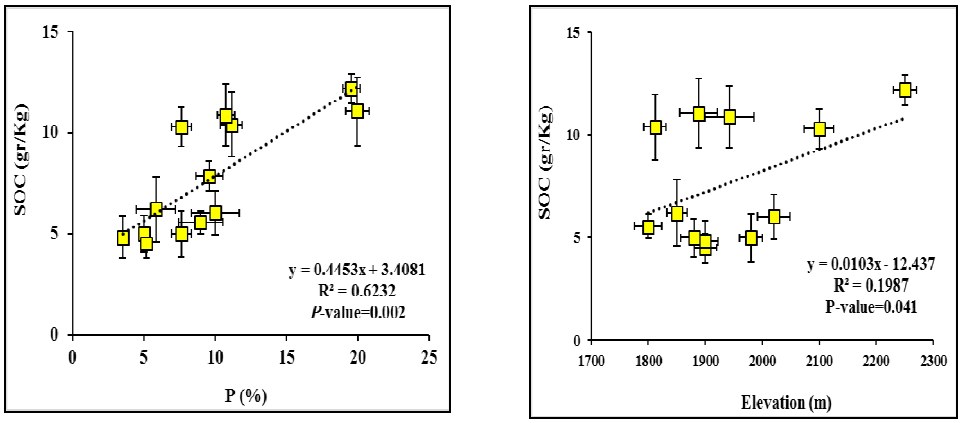
آنالیز واریانس ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در سه منطقه نشان داد که بین مقادیر کربن، اسیدیته، منیزیم، پتاسیم، فسفر، کلسیم، درصد رس و درصد شن در بین سه منطقه اختلاف معنی-داری وجود دارد (*P*-value < ۰.۰۵). درحالی‌که بین مقادیر شوری، گچ، درصد سیلت، آهک و نیتروژن اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (*P*-value < ۰.۰۵). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین مقدار عناصری از قبیل کربن، منیزیم، پتاسیم، فسفر، کلسیم، درصد رس و درصد شن مربوطه به منطقه دزلی بود. همچنین بیشترین مقدار اسیدیته خاک مربوط به منطقه نران (۷/۴) و کمترین مقدار آن نیز مربوط به مناطق دزلی (۷/۱) و گردنه مروارید (۷/۰۷) بود (جدول ۱).

بررسی ارتباط کلی میزان ذخیره کربن با عوامل محیطی و خاکی نشان داد که رابطه خطی و مثبتی بین مقدار ذخیره کربن و مقدار فسفر خاک در تمامی مناطق وجود دارد (Slope=۰.۰۴۴, R^2=۰.۶۲, *P*-value = ۰.۰۰۲). همچنین رابطه خطی و افزایشی بین مقدار ذخیره کربن و ارتفاع در مناطق موردمطالعه مشاهده گردید (Slope=۰.۰۱, R^2=۰.۲۰, *P*-value = ۰.۰۴). درحالی‌که بین سایر متغییرها محیطی (بارش) و خاکی ارتباط معنی‌داری با میزان ذخیره کربن ملاحظه نگردید.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-16]

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه برای عوامل خاکی درمناطق با شرایط اقلیمی متفاوت

فاکتور خاک	نران	گردنه مروارید	دزلی	F	*P*-value
کربن (درصد)	۰/۱۲±۰/۰۲b	۰/۰۷±۰/۰۰۹b	۰/۱۴± ۰/۰۱۸a	۲/۹	۰/۰۶
هدایت الکتریکی(ds/m)	۰/۱۸±۰/۰۶a	۰/۱۴±۰/۰۱a	۰/۲۱±۰/۰۲a	۱/۳۱	۰/۲۰
اسیدیته	۷/۴±۰/۰۴a	۷/۰۷±۰/۱۱b	۷/۱±۰/۰۷b	۶/۹	۰/۰۰
منیزیم (ppm)	۹۰/۸±۵/۴b	۱۱۶/۶±۹/۵a	۱۱۷±۱/۶۴a	۸/۲۸	۰/۰۰
پتاسیم (ppm)	۱۵۶±۴۴/۹b	۹۸/۵±۵/۴b	۵۹۲/۸±۹۹/۵a	۱۰/۱	۰/۰۰
فسفر (ppm)	۹/۱۶±۰/۶۹a	۴/۷±۰/۵۳b	۱۲/۰۷±۱/۵۱a	۶/۸	۰/۰۰
گچ (درصد)	۰/۲۷±۰/۰۱a	۰/۲۷±۲/۰۲a	۰/۲۶±۰/۰۲a	۰/۰۸	۰/۹۰
کلسیم (ppm)	۶۹/۲±۲/۲a	۳۸/۷±۴/۲b	۷۳/۳±۳/۸a	۱۳/۸	۰/۰۰
رس (درصد)	۲۴/۶±۲/۲ab	۱۶/۸±۱/۱b	۳۴/۸±۳/۷a	۷/۱۵	۰/۰۰
سیلت (درصد)	۱۶/۴±۳/۰۱a	۱۱/۳±۲/۸a	۱۶/۸±۲/۸a	۰/۸۷	۰/۴۰
شن (درصد)	۵۹/۷±۴/۶ab	۷۱/۷±۳/۵a	۵۰±۵/۴a	۴/۱۵	۰/۰۲
آهک (درصد)	۲۸/۵±۲/۷a	۲۱/۶±۰/۷a	۱۸/۱±۱/۸a	۰/۸۶	۰/۴۰
ازت (درصد)	۰/۱۶±۰/۰۱a	۰/۱۴±۰/۰۰۵a	۰/۱۵±۰/۰۰۳a	۰/۲	۰/۲۰



شکل ۳- رابطه بین کربن آلی خاک (SOC) با درصد فسفر (چپ) و ارتفاع (سمت راست). هرکدام از جعبه‌های زرد متوسط و SE سه تکرار برای هر سایت در سراسر منطقه است.

بررسی تأثیر عوامل محیطی و خاکی بر روی میزان ذخیره کربن در هر منطقه به‌صورت جدا با آزمون رگرسیون گام‌به‌گام صورت گرفت. نتایج نشان داد که در منطقه دزلی میزان آهک خاک (R = ۰.۵۲)، در منطقه نران میزان نیتروژن خاک (R =۰.۷۱) و در منطقه گردنه مروارید با ارتفاع (R = ۰.۸۳) مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر میزان ذخیره کربن هستند. همچنین در منطقه دزلی علاوه بر آهک،

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-16]

درصد سیلت نیز دومین عامل تأثیرگذار بر مقدار ذخیره کربن بود درحالی‌که در منطقه نران منیزیم دومین عامل مهم در میزان ذخیره کربن بود (جدول ۲).

جدول ۲- رگرسیون گام‌به‌گام بین کربن خاک (متغیر وابسته) و خواص فیزیکی و شیمیایی خاک

مناطق	روابط	R	R square	*P*-valu
دزلی	Y = ۵۰/۱(CaCO۳) – ۴/۴	۰/۵۲	۰/۲۷	۰/۰۲*
	Y = ۶۳/۶(CaCO۳) ۰/۲ (Silt) -۱۱/۶	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۰۰۸**
نران	Y = ۱۰۰/۵۹ (N) – ۸/۲۹	۰/۷۱	۰/۵۱	۰/۰۳*
	Y = ۱۲۳/۲ (N) + ۰/۲۳(Mg) – ۳۳/۳	۰/۲۳	۰/۳۸	۰/۰۰۴**
گردنه مروارید	Y = – ۰/۱ (Elevation) + ۲۰۳	۰/۸۳	۰/۶۹	**۰/۰۰۱***

* معنی‌داری در سطح ۰/۰۵؛ ** معنی‌داری در سطح ۰/۰۱؛ *** معنی‌داری در سطح ۰/۰۰۱.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین مقدار ذخیره کربن در سه منطقه موردمطالعه که دارای اقالیم مرطوب، خشک و نیمه‌خشک بودند وجود دارد. به‌عبارت‌دیگر، اقلیم اثر معنی‌داری بر میزان ذخیره کربن داشته است به صورتی که بیشترین مقدار آن در منطقه دزلی (اقلیم مرطوب) و کمترین مقدار آن در منطقه گردنه‌مروارید (نیمه‌خشک) وجود داشت. تحقیقات نشان داده است که میزان کربن خاک در اکوسیستم‌های مختلف وابسته به اقلیم است (کاشی‌زنوزی و همکاران، ۱۳۹۵). بارش و دما دو فاکتور اصلی اقلیمی هستند که بر میزان کربن خاک مؤثر هستند. تحقیقات نشان می‌دهد که کربن آلی خاک با افزایش مقدار بارندگی سالانه افزایش خواهد یافت (Xiong et al., ۲۰۱۴)؛ بنابراین دور از انتظار نیست که مقدار ذخیره کربن در مناطق با بارش بالاتر، بیشتر از مناطقی با اقلیم خشک‌تر باشد. هرچند کاشی‌زنوزی و همکاران (۱۳۹۵) ارتباط معنی‌دار بی‌ن بارش و کربن خاک گزاش نکردند، سی‌نگ و همکاران (Singh et al., ۲۰۱۱) براثر معنی‌دار بارش بر میزان کربن خاک تأکید کردند.

از طرفی دیگر علاوه بر بارش، دما نیز یکی از پارامترهای اقلیمی است که نقش مؤثری در میزان فرآیندهای شیمیایی، بیولوژیکی و فیزیکی خاک داشته و به‌صورت مستقیم بر میزان رشد گیاهان تأثیر دارد (کاشی‌زنوزی و همکاران، ۱۳۹۵). تحقیقات نشان می‌دهد که ارتباط معکوسی بین دمای هوا و میزان ذخیره کربن وجود دارد (Burke et al., ۱۹۸۹). تأثیر معنی‌دار دما و تبخیر و تعرق بر میزان کربن آلی خاک توسط کاشی‌زنوزی و همکاران (۱۳۹۵) مورد تأکید قرارگرفته است؛ بنابراین می‌توان نتی‌جه‌گی‌ری نمود با توجه روند روبه رشد تغیی‌رات اقلی‌می در دنی‌ا، همچنی‌ن اثرات آن بر

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-16]

کاهش بارش و افزایش دما در ایران می‌توان اظهار کرد که این تغییرات می‌تواند منجر به کاهش میزان ذخیره کربن در مناطق مختلف شود. در این راستا، منزروجاز (Munoz-Rojas et al., ۲۰۱۱) با استفاده از مدل‌سازی تأثیر تغییرات اقلیمی بر کربن خاک (بر اساس مدل Carbo-SOIL) بیان کردند که مقدار کربن آلی خاک در ارتباط با تغییرات اقلیمی بوده و بیشترین کاهش آن نیز متوجه اراضی کشاورزی خواهد بود؛ بنابراین اراضی کشاورزی نیازمند توجه ویژه‌ای هستند. دلیل ارتباط مستقیم و مثبت بین بارش و کربن خاک را می‌توان ناشی از تأثیر بارندگی برافزایش بقایای گیاهی دانست که به دلیل رشد و درنتیجه فتوسنتز بیشترگیاهان خواهند بود، درصورتی‌که با افزایش دما، سرعت تجزیه لاشبرگ افزایش می‌یابد (Burke et al., ۱۹۸۹). به‌عبارت‌دیگر، هرچه میانگین درجه حرارت سالانه بیشتر، سرعت تجزیه مواد آلی خاک بیشتر می‌شود، درنتیجه مقدار ذخیره کربن آلی در خاک کمتر خواهد بود. در صورتیکه با افزایش مقدار بارندگی سالانه، مقدار پوشش گیاهی بیشتر شده و درنهایت، مقدار کربن آلی خاک افزایش می‌یابد (Tan et al., ۲۰۱۴). وجود اختلاف معنی‌دار بین میزان ذخیره کربن در مناطق مرطوب و خشک در این تحقیق مؤید این مطلب است.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین مقدار عناصری از قبیل کربن، منیزیم، پتاسیم، فسفر، کلسیم و درصد رس مربوطه به منطقه دزلی (اقلیم مرطوب) بود. با توجه به رابطه مستقیم بارش و میزان کربن که در بالا اشاره گردید، بیشتر بودن مقدار کربن در منطقه دزلی کاملاً منطقی است. همچنین تحقیقات نشان داده است که بین مقدار کربن و ذرات رس خاک رابطه مستقیم و مثبتی وجود دارد (Oades, ۱۹۹۳; Neill et al., ۱۹۹۷). وجود رابطه خطی بین میزان کربن و درصد رس توسط باقری‌فام و همکاران (۱۳۹۲) مورد تأیید قرارگرفته است. ذرات رس خاک هم‌زمان به دو طریق بر کربن آلی خاک مؤثر هستند. از یک‌سو با افزایش مقدار رس، قدرت خاک در تأمین و نگهداشت عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) بیشتر می‌شود (کاش‌ی‌زنوزی و همکاران، ۱۳۹۵)، به‌عبارت‌ی مقدار حاصلخی‌زی خاک بی‌شتر می‌شود (Oades, ۱۹۹۳). از سویی دیگر، در زمان تشکیل خاکدانه، ذرات رس با مواد آلی ترکیب رس-هوموس تشکیل می‌دهند و مواد آلی را در برابر تجزیه شدن حفاظت می‌کنند (Burke et al., ۱۹۸۹; Buschiazzo et al., ۱۹۹۱). در تأیید این مطالب، تحقیقات نشان می‌دهد که بیش از ۹۰ درصد کل کربن خاک به‌صورت ترکیب مواد آلی و رس وجود دارد (Crow et al., ۲۰۰۷). همچنین خاک‌های با بافت ریز (رسی) به دلیل اثرگذاری بر تجمع و الگوی معدنی‌شدن، بر میزان ذخیره کربن خاک اثرگذارند و در خاک‌های غنی‌تر مکانسیم‌های فیزیکی و شیمیایی لازم برای حفاظت کربن خاک در برابر تجریه را فراهم می‌کنند (Pandey et al., ۲۰۱۰). این در حالی است که خاک‌های با بافت درشت‌تر، به دلیل درصد بالای معدنی‌شدن، مکان‌ی‌سم‌های ضعیف‌تری برای حفاظت از کربن دارند (Singh et al., ۲۰۱۱). همچنین بیشترین مقدار اسیدیته خاک مربوط به

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-16]

منطقه نران (اقلیم نیمه‌خشک) بوده که بیشتر از منطقه دزلی با اقلیم مرطوب بود. وجود رابطه منفی بین مقدار اسیدیته خاک و میزان کربن در تحقیقات زیادی مورد تأکید قرارگرفته است. در این راستا، زراعت‌پی‌شه و خرمالی (۱۳۹۰) و کاشی‌زنوزی و همکاران (۱۳۹۵) نیز نتایجی مشابه با تحقیق حاضر گزارش نمودند. تغییرات در میزان اسیدیته خاک موجب ایجاد تغییراتی در جذب نیتروژن و همچنین فعالیت میکروارگانیسم‌ها و جذب موادغذایی توسط اکوسیستم می‌شود و در مقدارکربن خاک تغییر ایجاد می‌کند (Augusto et al., ۲۰۰۲).

نتایج این تحقیق نشان داد که یک ارتباط رابطه خطی افزایشی و معنی‌دار بی‌ن مقدار کربن خاک و ارتفاع وجود دارد. ویژگی‌های توپوگرافی از قبیل ارتفاع از سطح دریا، با ایجاد تغییراتی در الگوی بارش و دما، میکرواقلیم را به‌وجود آورده و بر ویژگی‌های خاک تأثیر می‌گذارند (Sariyildiz et al., ۲۰۰۵)؛ بنابراین وجود ارتباط بین میزان ذخیره کربن خاک و ارتفاع از سطح دریا منطقی می‌باشد. از سویی دیگر، به‌طورمعمول با افزایش ارتفاع، دمای هوا کاسته و مقدار بارش نیز افزایش می‌یابد. در این راستا، محققین ارتباط مثبت ذخیره کربن با بارش و منفی را با دمای هوا را گزارش کردند (Singh et al., ۲۰۱۱; Xiong et al., ۲۰۱۴). کاوه و همکاران (۱۳۹۳) بر ارتباط معنی‌دار و مثبت بارش و ارتباط منفی و معنی‌دار دما با ذخیره کربن خاک در دیمزارهای استان کرمانشاه تأکید کردند.

بررسی تأثیر عوامل محیطی و خاکی بر روی میزان ذخیره کربن در هر منطقه به‌صورت جدا نشان داد که در منطقه نران نیتروژن و منیزیم مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر ذخیره کربن هستند و رابطه مستقیم با آن دارند. در این راستا نتایج بسیاری از پژوهش‌های انجام‌شده نشان دادند که نیتروژن یکی از مهم‌ترین عامل است که بر مقدار ذخیره کربن خاک تأثیرگذار است (Pussenin, ۲۰۰۲; Jinxum, ۲۰۰۵). پوشش گیاهی ازلحاظ تراکم و نوع و همچنین از طریق ریشه بر مقدار نیتروژن خاک مؤثر بوده و سبب افزایش ازت و مواد آلی می‌شود (Polglace et al., ۲۰۱۳). کلاهچی (۱۳۸۷)، به این نتیجه رسیدند که گونه *Astragalus gossypinus* در میان گیاهان موردمطالعه بیشترین میزان ذخیره کربن (۳۶۹ کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص داده بود. دلیل این امر را می‌تواند به دلیل قابلیت بالای گیاهان خانواده Fabaceae در تثبیت ازت و رابطه مستقیم ترسیب کربن و تثبیت ازت نسبت داد (علی‌عرب و همکاران، ۱۳۸۴). قریشی و همکاران (۱۳۹۲) نشان دادند که نیتروژن مهم‌ترین عامل در میزان ذخیره کربن می‌باشد که همراستا با نتایج تحقیق حاضر می‌باشد.

در منطقه دزلی آهک و سیلت عوامل تأثیرگذار بوده‌اند. در این راستا آذرنیوند و همکاران (۱۳۸۸) نشان داد که رابطه مثبت و معنی‌داری بین کربن ذخیره‌شده و میزان آهک وجود دارد که در تأیید نتیجه به‌دست‌آمده در تحقیق حاضر است. دلیل این ارتباط مثبت را می‌توان ناشی از نقش مثبت آهک در بهبود ساختمان خاک و پایداری خاکدانه‌ها و همچنین تأثیر مثبت آهک‌بر تغذیه گیاه به دلیل وجود

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-16]

ترکیبات کلسیم و منیزیم نسبت داد (جعفری‌حق‌ی‌ق‌ی، ۱۳۸۲). درنهایت در منطقه گردنه مروارید ارتفاع بیشترین تغییرات ذخیره کربن خاک را توجیه می‌کند. نتایج این پژوهش با نتایج (Liu et al., ۲۰۱۱) و (Tan, ۲۰۱۴) هم‌خوانی دارد. یوسفیان و همکاران (۱۳۹۳) نیز بر وجود رابطه بین ارتفاع و ذخیره کربن در خاک تأکید کردند. فلاحتکار و همکاران (۱۳۹۲) با بررسی تأثیر ارتفاع بـر تراکم کربن آلی خاک در بخشـی از اراضی شمال ایران بدین نتیجه دست یافتند که عامل ارتفاع دارای نقش مـؤثر بر تراکم کربن آلی خاک در اراضی مرتعی می‌باشد.

بررسی ذخیره کربن و عوامل تأثیرگذار بر آن می‌تواند مدیران را در انتخاب روش‌های مدی‌ری‌ت‌ی و اصلاح روش‌های موجود راهنمایی کند. همچن‌ی‌ن بررس‌ی و مقای‌سه ذخیره کربن در مناطق اقل‌ی‌م‌ی مختلف م‌ی‌تواند به‌عنوان ابزاری بالقوه برای پ‌ی‌ش‌ب‌ی‌ن‌ی اثرات تغییر اقلیم قلمداد شود و مدیران و تصمیم‌گیران را از تأثیرات تغییر اقلیم و افزایش گرمای جهانی آگاه سازد. نتایج این تحقیق آشکار نمود که با افزایش ارتفاع از سطح دریا میزان ذخیره کربن خاک بیشتر می‌گردد که می‌تواند به دلیل تأثیرات ویژگی‌های اقلیمی و همچنین عوامل محیطی و خاکی باشد. همچنین یک رابطه مثبت و افزایشی بین مقدار فسفر خاک و میزان ذخیره کربن در تمامی مناطق اقلیمی موردمطالعه برقرار بود که تأکیدی بر نقش عوامل حاصلخیزی در ذخیره کربن است. درنهایت نیتروژن، آهک و ارتفاع ازجمله مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر میزان ذخیره کربن در مناطق اقلیمی مختلف موردمطالعه در تحقیق حاضر بودند.

منابع

آذرنیوند، ح.، جنیدی‌جعفری، ح.، زارع‌چاهوک‌ی، م.ع.، جعفری، م.، نیکو، ش. ۱۳۸۸. بررسی اثر چرای دام بر ترسیب کربن و ذخیره ازت در مراتع با گونه درمنه دشتی (*Artemisia sieberi*) در استان سمنان. مرتع، ۳(۴): ۶۱۰-۵۹۰.

باقری‌فام، س.، کریمی.، ع. لکزیان ا. ،ایزانلو. ا. ۱۳۹۲. تأثیر مدیریت اراضی بر تغییرات کربن آلی خاک، توزیع اندازه ذرات و پایداری خاکدانه‌ها در طول چند توپوسکوئنس، در مناطق نیمه‌خشک خراسان شمالی. پژوهش‌های حفاظت خاک و آب، ۲۰(۴): ۵۱-۷۳.

پرویزی، ی. ۱۳۸۹. پهنه‌بندی تغییرپذیری مکانی کربن آلی خاک و بررسی تأثیر عوامل فیزیکی و مدیریتی بر آن با استفاده از تحلیل چند متغیره و شبکه‌های عصبی مصنوعی. رساله دکتری، رشته مهندسی علوم خاک، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، گروه مهندسی علوم خاک، دانشگاه تهران.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-16]

جعفری‌حقیقی، م. ۱۳۸۲. روش‌های تجزیه خاک، نمونه‌برداری و تجزیه‌های مهم فیزیکی و شیمیایی با تأکید بر احوال تئوری و کاربردی. انتشارات ندای ضحی. صفحه ۲۳۶.

جنیدی‌جعفری، ح. نظری، ز.، کرمی ،پ.، قلی‌نژاد، ب. ۱۳۹۳. تأثیر تبدیل مرتع به دیمزار بر هدر رفت کربن آلی و ازت خاک در مراتع حومه سنندج. پژوهش‌های فرسایش محیطی. ۳:۴(۱۵) ۱۹-۲۳.

جنیدی جعفری، ح.، امانی، س.، کرمی، پ. ۱۳۹۴. اثر شدت چرای دام بر ترسیب و ذخیره کربن در مراتع حفاظت‌شده بیجار. مرتع، ۱۰(۱):۵۳-۶۵.

حیدری، پ.، حجتی، س.، عنایتی‌ضمیر، ن .، رعیت‌پیشه، ا. ۱۳۹۶. تأثیر تغییر کاربری اراضی بر ذخیره کربن آلی و برخی ویژگی‌های بیولوژیکی خاک در بخشی ازحوزه آبخیز رکعت در استان خوزستان. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۴ (۱):۱۹۲-۱۸.

زراعت‌پیشه، م.، خرمالی، ف. ۱۳۹۰. بررسی پیدایش و روند تکاملی خاک‌های تشکیل‌شده از لس در یک گرادیان اقلیمی، مطالعـه مـوردی: شرق استان گلستان. پژوهش‌های حفاظت خاک و آب، ۱۸(۲): ۴۵-۶۴.

علی‌عرب، ع.، حسینی، س. م.، جلالی، س. غ. ۱۳۸۴. اثر گونه‌های افراپلت، آقاقیا، صنوبر آمریکایی و زربین بر برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک در جنگل‌کاری شرق هراز. علوم آب‌وخاک، ۱۹(۱): ۹۶-۱۰۶.

شاهروخ، س.، سوری، م.، معتمدی، ج.، افتخاری، ع. ۱۳۹۶. اثربخشی عملیات کنتور فارو بر ترسیب کربن خاک و بیوماس مراتع خلیفان مهاباد. مرتع و بیابان ایران، ۲۴(۱):۱۰۹-۸۹.

فلاحتکار، س.، حسینی، س. م.، ایوبی، ش. ا.، سلمان‌ماهینی، ع. ر. ۱۳۹۲. تأثیر پارامترهای اولیه توپوگرافی و عامل پوشش/کاربری اراضی بر تراکم کربن آلی خاک در بخشی از اراضی شمال ایران، آب‌وخاک، ۵: ۹۶۳-۹۷۲.

قریشی، ر.، گلی‌کلانپا، ا.، معتمدی، ج.، ک‌ی‌وان‌بهجو، ف. ۱۳۹۲. ظرفیت ترسیب کربن در اکوسیستم مرتع و ارتباط آن با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در مراتع خوی. تحقیقات کاربردی خاک، ۱(۲): ۴۴-۳۴.

کاشی‌زنوزی، ل.، بانج‌شفی‌ع‌ی، ش.، جعفری، ع.ا. ۱۳۹۵. بررسی برخی عوامل مؤثر برکربن آلی خاک درحوزه آبخیز زیلبرچای. علوم آب‌وخاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)،۲۰(۷۶): ۲۱۸-۲۰۷.

کاوه، ا.، مهدیان، م.م.، پرویزی، ی.، سکوتی‌اسکویی، ر.، مس‌ی‌ح‌آبادی، م.ح. ۱۳۹۳. نقش ویژگی‌های توپوگرافی، خاکی و اقلیمی بر ذخیره کربن آلی خاک دیمزارهای استان کرمانشاه. مدیریت بیابان، ۴: ۵۱-۶۵.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-16]

کلاهچی، ن.، زاهدی امیری، ق.، خراسانی، ن. ۱۳۸۷. بررسی ترسیب کربن در گیاهان بوته‌ای غالب، علفی چندساله و خاک در مراتع قرق شده حیدره پشت شهر (استان همدان). پژوهش و سازندگی در منابع‌طبیعی. ۸۰: ۱۸-۲۵.

ورامش، س.، حسینی، س. م.، عبدی، ن. ۱۳۹۰. تأثیر جنگل‌کاری با گونه‌های پهن‌برگ بر ترسیب کربن در خاک پارک چیتگر. پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، ۲۵(۳): ۱۹۶-۱۸۷.

یوسفیان، م.، تمرتاش، ر.، طاطیان، م. ر. ۱۳۹۳. بررسی اثر ارتفاع بر میزان ترسیب کرین گونه درمنه دشتی (*Atremisia sieberi* Besser) در مراتع کوهستانی کیاسر استان مازندران. علوم و مهندسی محیط زیست، ۱(۴): ۱۰-۱.

Abdi, N., Arefi, M., Zahedi-Amiri, G.H. ۲۰۰۸. Estimation of carbon sequestration in Astragalus rangelands of Markazi province (Case study: Malmir rangeland in Shazand region). researches on forest and rangelands, ۱۵: ۲۶۹-۲۸۲.

Allen-Dias, B. ۱۹۹۶. Rangelands in a changing climate: impacts, adaptations and mitigation. In: Watson, R.T., et al. (Eds.), Climate Change ۱۹۹۵. Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific- Technical Analyses. Cambridge University Press, Cambridge, Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change, pp. ۱۳۱–۱۵۸.

Augusto, L.R, Jacques, D., Roth, A. ۲۰۰۲. Impacts of several common tree species of European temperate forests on soil fertility, Annals of Forest Science, ۵۹: ۲۳۳-۲۵۳.

Burke, I.C., Yonker, C. M.,Parton, W. J., Cole, C.V., Flach, K., Schimel, D.S. ۱۹۸۹. Texture, climate, and cultivation effects on soil organic matter content in U.S. Grassland Soil. Soil Science Society Am. J. ۵۳:۸۰۰-۸۰۵.

Buschiazzo, D.E., Quiroga, A.R., Stahr, K. ۱۹۹۱. Patterns of organic matter accumulation in soil of the semi-arid Argentinean Pampas. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, ۱۵۴: ۴۳۷-۴۴۱.

Crow, S.E., Swantson, C., Lajtha, K. ۲۰۰۷. Density fraction of forest soils: methodological question and interpretation of incubation result and turnover time in an ecosystem context. Biogeochemistry ۸۵: ۶۹-۹۰.

Cui, X., Wang, Y., Niu, H., Wu J., Wang, S., Schnug, E., Rogasik, J., Fleckenstein J., Tang, Y. ۲۰۰۵. Effect of long-term grazing on soil organic carbon content in semi-arid steppes in inner Mongolia, Ecological Research, ۲۰: ۵۱۹-۵۲۷.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-16]

Delgado-Baquerizo, M., Eldridge, D.J., Maestre, F.T., Karunaratne, S.B., Trivedi P., Reich P.B., Singh B.K. ۲۰۱۷. Climate legacies drive global soil carbon stocks in terrestrial ecosystems. SCIENCE ADVANCES, ۳: e۱۶۰۲۰۰۸.

Eskandari, N., Alizadeh, A., Mahdavi, F. ۲۰۰۷. Iran range management policy. Forest and rangeland organization. ۱۹۰ p.

Hoyos, N., Comerford, N. B. ۲۰۰۵. Land use and landscape effects on aggregate stability and total carbon of Andi-sols from the Colombian Andes. Geoderma ۱۲۹: ۲۶۸-۲۷۸.

Izaurralde, R., Williams, J.R., McGill, W.B., Rosenberg, N.J., Jakas, M. ۲۰۰۶. Simulating soil C dynamics with EPIC: Model description and testing against long-term data. Ecological Modelling, ۱۹۲: ۳۶۲-۳۸۴.

Jafari, M. ۲۰۰۵. The effect of climate changes on forest ecosystems. Publications of Research Institute of Forest, Rangeland and Watershed Management. ۹۰ p.

Jinxum, L. ۲۰۰۵. Nitrogen controls on ecosystem carbon sequestration: a model implementation and application to Saskatchewan, Canada. Journal of Ecological modeling. ۱۸۶: ۱۷۸-۱۹۵.

Kessler, A., Landsberg, H.E. ۱۹۸۵. General climatology. Amsterdam: Elsevier Press. p. ۲۲۴.

Lal, R. ۲۰۰۱. The potential of soil carbon sequestration in forest ecosystems to mitigate the greenhouse effect. Soil Science Society of America, Madison, WI.

Liu, Z., Shao, M., Wang,Y. ۲۰۱۱. Effect of environmental factors on regional soil organic carbon stocks across the Loess Plateau region, China", Agriculture, Ecosystems and Environment, ۱۴۲:۱۸۴-۱۹۴.

Ma, Z., Coppock, D.L. ۲۰۱۲. Perceptions of Utah ranchers toward carbon sequestration: Policy implications for US rangelands. Journal of Environmental Management, ۱۱۱: ۷۸-۸۶.

Monger, C., Sala, O.E., Duniway, M.C., Goldfus,H., Meir I.A., Poch, R.M., Throop, H.L., Vivoni, E.R. ۲۰۱۵.Legacy effects in linked ecological-soil-geomorphic systems of drylands. Front. Ecol. Environ. ۱۳:۱۳–۱۹.

Morgan, J., Follet, R., Allen, L. ۲۰۱۰. Carbon sequestration in agricultural lands of the United States. Journal of Soil and Water Conservation, ۶۵: ۱-۱۷.

Munoz-Rojas, M., Doro, L., Ledda, L., Francaviglia, A. ۲۰۱۵. Application of Carbo-SOIL model to predict the effects of climate change on soil organic

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-16]

carbon stocks in agro-silvo-pastoral Mediterranean management systems. Agriculture, Ecosystems & Environment ۲۰۲:۸-۱۶.

Neill, C., Melillo, J. Steudler, P. A., Cerri, C.C., Moraes, J. F.L., Piccolo, M.C., Brito, M. ۱۹۹۷. Soil carbon and nitrogen stocks following forest clearing for pasture in the southwestern Brazilian Amazon. Ecological Application, ۷: ۱۲۱۶-۱۲۲۵.

Oades, J.M. ۱۹۹۳. The role of biology on the formation, stabilization and degradation of soil structure. Geoderma, ۵۹: ۳۷۷-۴۰۰.

Ogle, S.M., Breidt, F.J., Easter, M., Williams, S., Paustian, K. ۲۰۰۷. An empirically based approach for estimating uncertainty associated with modelling carbon sequestration in soils. Ecological Modelling ۲۰۵: ۴۵۳-۴۶۳.

Ogle, K., Barber, J.J., Barron-Gafford, G.A., Bentley, L.P., Young, J.M., Huxman, T.E., Loik, M.E., Tissue, D. T. ۲۰۱۵. Quantifying ecological memory in plant and ecosystem processes. Ecol. Lett. ۱۸:۲۲۱–۲۳۵.

Polglace, J., Almeida, A. ۲۰۱۳. Potential for forest carbon plantings to offset greenhouse emissions in Australia: economics and constraints to implementation. Climate Change ۱۲۱: ۱۶۱–۱۷۵.

Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. ۱۹۸۲. Methods of Soil Analysis. ۲th ed. Part ۲: Chemical and biological properties. Soil Science Society of America. Inc. publisher.

Pandey, C.B., Chaudhari, S.K. Dagar, J.C. Singh, G.B., Singh, R.K. ۲۰۱۰. Soil N mineralization and microbial biomass carbon affected by different tillage levels in a hot humid tropic. Soil and Tillage Res. ۱۱۰: ۳۳-۴۱.

Paul, K.I., Polglase, P.J. ۲۰۰۲. Changes in soil carbon following Afforestation. Forest Ecology and Management, ۱۶۸:۲۴۱-۲۵۷

Pussinen, A. ۲۰۰۲. Forest carbon sequestration and harvest, in scots pine stand under different climate and nitrogen deposition scenarios. Forest Ecology and management, ۱۵۸(۱-۳): ۱۰۳- ۱۱۵.

Ruiz-Sinoga, J. D., Pariente, S., Diaz, A.R., Martinez-Murillo, J.F. ۲۰۱۲. Variability of relationships between soil organic carbon and some soil properties in Mediterranean rangelands under different climatic conditions (South of Spain). Catena, ۹۴:۱۷-۲۵.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-16]

Sariyildiz, T., Anderson, J.M., Kucuk, M. ۲۰۰۵. Effect of tree species and topography on soil chemistry, litterquality, and decomposition in Northeast Turkey. Soil Biol. and Biochem, ۳۷: ۱۶۹۵-۱۷۰۶.

Schmidt, M.W.I., Torn, M.S., Abiven, S., Dittmar, T., Guggenberger, G., Janssens, I.A., Kleber, M., Kögel-Knabner, I., Lehmann, J., Manning, D.A.C., Nannipieri, P., Rasse, D.P., Weine, S., Trumbore,S. E. ۲۰۰۱. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. Nature, ۵: ۴۹–۵۶.

Singh, S. K., Pande, C. B.,Sidhu, G.S., Dipak-Sarkar, R. S. ۲۰۱۱. Concentration and stock of carbon in the soils affected by land uses and climates in the western Himalaya, India. Catena, ۸۷: ۷۸-۸۹.

Skyllberg, U. ۱۹۹۱. Seasonal variation of pH $H_۲O$ and pH $CaCl_۲$ in centimeter layers of more humus in a Picea abies (L.) Karst. stand. Scandinavian Journal of Forest Research, ۶: ۳-۱۸.

Strickland, M.S., Keiser, A.D., Bradford, M.A., ۲۰۱۵. Climate history shapes contemporary leaf litter decomposition. Biogeochemistry ۱۲۲, ۱۶۵–۱۷۴.

Tiessen, H., Cuevas, E., Chacon, P. ۱۹۹۴. The role of soil organic matter in sustaining soil fertility. Nature, ۳۷۱: ۷۸۳–۷۸۵.

Tan, Z., Lal, R. ۲۰۰۵. Carbon sequestration potential estimates with changes in land use and tillage practice in Ohio, USA. Agriculture, ecosystems & environment, ۱۱۱: ۱۴۰-۱۵۲.

Tan, B., Fan, J., He, Y., Luo, S., Peng, X. ۲۰۱۴. Possible effect of soil organic carbon on its own turnover: A negative feedback. Soil Biology and Biochemistry, ۶۹: ۳۱۳-۳۱۹.

United Nations Environment Program (UNEP). ۲۰۱۲. Year Book: Emerging Issues in our Global Environment (United Nations Environment Program.

Walkley, A., Black, I.A., ۱۹۳۴. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Journal of Soil Science, ۳۷: ۲۹–۳۸.

Wang, Z., Zhang, B., Song, K., Liu, D., Li, F., Guo, Z., Zhang, S. ۲۰۰۸. Soil organic carbon under different landscape attributes in croplands of Northeast China. Plant Soil Environ, ۵۴: ۴۲۰-۴۲۷

Xiong, X., Grunwald, S., Brenton Meyres, D., Wade Ross, C., Harris, W.G., Comerford, N. B., ۲۰۱۴. Interaction effects of climate and land use/land cover

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-16]

change on soil organic carbon sequestration. Science of the Total Environ, ۴۹۳: ۹۷۴-۹۸۲.

Zahedi, G.h., ۲۰۰۲. Spatial dependence between soil carbon and nitrogen storage in two forest types. Proceeding of the XII World Forestry Congress in Canada/Quebec: ۳۵۷-۳۵۸.

Zandi, L., Erfanzadeh, R., Joneidi-Jafari, H. ۲۰۱۷. Rangeland Use Change to agriculture has different effects on soil organic matter fractions depending on the type of cultivation. Land Degradation and Development, ۲۸: ۱۵۷-۱۸۰.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-16]