مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸

ص ۱۹۳-۱۸۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۶/۰۴
تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۱۲/۰۱

تحلیل اثرات نوع کاربری اراضی بر ترسیب کربن خاک (مطالعهٔ موردی: حوزهٔ آبخیز واز شهرستان نور)

❖ **میثم علی زاده*؛** کارشناس ارشد باشگاه پژوهشگران و نخبگان جوان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نور.

❖ **بهروز ملک‌پور؛** استاد پژوهشی مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور.

❖ **حمید آریا؛** کارشناس ارشد باشگاه پژوهشگران و نخبگان جوان، دانشگاه آزاد اسلامیف واحد نور.

❖ **سمانه وردیان؛** دانشجوی کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

چکیده

در آینده تغییرات درجهٔ حرارت کره زمین، قابل ملاحظه خواهد بود. این پدیده ناشـــی از تمرکز گازهای گلخانه‌ای در جو کرهٔ زمین اســت. بنابراین جلوگیری از وقوع آن ضــروری به نظر می‌رســد. روش‌های بیولوژیک شــامل زیتودهٔ گیاهی و خاک تحت آن به عنوان بهترین و عملی‌ترین راهکار، پیشنهاد شده است. حوزه‌های آبخیز به عنوان بزرگترین واحدهای فیزیکی و ژئومرفولوژیکی در برگیرندهٔ دو عنصر مهم خاک و گیاه بوده به‌طوری که روند کنونی تغییرات آب‌وهوایی به عنوان یکی از چالش‌های مضاعف و تهدیدی در پایداری آبخیزها محسوب می‌شود. ترسیب کربن در خاک و پوشش گیاهی فرآیندی مقرون به صرفه و سازگار با محیط‌زیست است که می‌تواند از طریق شیوه‌های مدیریت اراضی با نوع صحیح استفاده از اراضی، فراهم گردد. باعنایت به این موضوع، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر نوع اراضی بر مقدار ترسیب کربن خاک و تعیین بهترین نوع کاربری در این‌خصوص در سطح حوزهٔ آبخیز واز در شهرستان نور انجام شده است. نمونه‌برداری در کابری‌های تعیین شده در دو عمق ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی‌متری انجام و کربن آلی خاک محاسبه گردید. نتایج نشان داد که جنگل‌ها دارای بیشترین مقادیر ذخیرهٔ کربن در هر دو عمق مورد مطالعه و پس از آن اراضی زراعی و باغات، مراتع و در نهایت مناطق روستایی دارای کمترین مقدار بوده است. در مجموع نیز مقدار ذخیرهٔ کربن تا عمق ۳۰ سانتیمتری خاک در حوزهٔ آبخیز واز، ۷۴۱۶۶۶ تن برآورد گردید.

کلید واژگان: ترسیب کربن خاک، حوزهٔ آبخیز واز، ذخیرهٔ کربن، کاربری اراضی، گازهای گلخانه‌ای.

* نویسنده مسئول: شماره تماس: ۰۰۹۸۹۱۱۹۱۸۶۹۱۲+

Email: alizadeh.frw@gmail.com

۱. مقدمه

در طی قرن گذشته رشد سریع و پیشرفت‌های تکنولوژی در جوامع صنعتی به طور معنی‌داری سهم مداخلات بشری را در تغییرات آب و هوایی افزایش داده است [۱۸]. در طول چند دهۀ اخیر، تغییرات اقلیمی ناشی از افزایش تراکم دی‌اکسیدکربن به عنوان یکی از مهم‌ترین مسائل زیست محیطی، اثرات عمیقی بر سیستم‌های بیولوژیکی و اجتماعی کرۀ زمین داشته است [۸]. استفاده از روش‌های بیولوژیک شامل زیتودۀ گیاهی و خاک تحت آن به عنوان بهترین و عملی‌ترین راهکار به منظور کاستن و ذخیرۀ طولانی مدت میزان دی‌اکسیدکربن، پیشنهاد شده است [۶]. به‌طوری که در مقیاس جهانی، خاک‌ها مخازن اصلی ذخیرۀ کربن محسوب می‌شوند و هر گونه ایجاد تغییر در آن ممکن است بر کاهش یا افزایش این ذخایر مؤثر باشد [۱]. میزان ذخیرۀ کربن خاک در اکوسیستم‌های گوناگون، متفاوت است. به‌طوری‌که اندوختۀ کربن آلی خاک نسبت به مدیریت و کاربری زمین فوق‌العاده حساس است [۲۴]. تفاوت در محتوای کربن موجود در اکوسیستم‌های مختلف، تا حدود زیادی وابسته به زیتودۀ اکوسیستم‌ها عوامل خاک و اقلیم است. به طوری که نوع کاربری اراضی و مدیریت آن‌ها مهم‌ترین عامل در توان ترسیب کربن خاک اکوسیستم به حساب می‌آید [۱۵]. درک پویایی کربن در خاک برای بررسی آسیب‌پذیری موادآلی خاک در مقابل تغییرکاربری اراضی ضروری است [۱۳]. کاربری اراضی در مقیاس جهانی به طور قابل‌توجهی در دهه‌های اخیر تغییر یافته است. به ویژه در کشورهای در حال توسعه، سرعت تولید محصولات کشاورزی همراه با رشد جمعیت و مراکز شهری بوده است. به‌طوری‌که توسعه منجر به تحول وحشتناک در زمینۀ استفاده از زمین و پوشش زمین شده است. تغییر کاربری اراضی اغلب باعث ایجاد آشفتگی در اکوسیستم‌ها می‌شود و بدین ترتیب ویژگی‌های خاک را تغییر می‌دهد. با این حال میزان و روند تغییرات ویژگی‌های خاک بستگی به شدت آشفتگی، نوع اکوسیستم، اقلیم، نوع پوشش‌گیاهی و خاک دارد [۱۰ و ۲۷]. این تغییرات شدید خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی اکوسیستم‌های خشکی را به طور قابل‌توجهی تغییر داده است. به طوری که [۲۰] با استفاده از مدل کربن- خاک تأثیر تغییرات اقلیمی را بر میزان کربن آلی خاک با در نظر گرفتن عوامل مختلف بررسی نموده و اعلام کردند مقدار مادۀ آلی خاک در ارتباط با تغییرات اقلیمی، در اراضی کشاورزی بیشترین کاهش را در سال‌های آتی خواهد داشت. از آنجایی که مواد آلی خاک کلیدی‌ترین عامل در باروری و کیفیت خاک، حفاظت محیط‌زیست، تصفیۀ آلاینده‌ها و نیز انتقال و ذخیرۀ آب و املاح، سیستم ایمنی خاک و مهم‌ترین نقطۀ امید برای اصلاح تغییرات اقلیمی و کاهش گازهای گلخانه‌ای در جو زمین است [۹]، لذا هرگونه تغییر کاربری اراضی سبب تغییر ذخیرۀ کربن خاک خواهد داشت. به‌طوری که تغییر کاربری اراضی و اعمال مدیریت‌های گوناگون بر خاک می‌تواند بر حاصلخیزی، قدرت بافری و هم چنین پتانسیل بازسازی شرایط ایده‌آل پایداری خاک تأثیر بگذارد .تبدیل اراضی طبیعی به زمین‌های کشاورزی مؤلفه‌های کیفیت خاک را تغییر می‌دهد و در جهت کاهش کیفیت آن و به تبع آن کاهش قدرت باروری خاک عمل می‌کند. برآورد شاخص‌های ذخیره و مدیریت کربن آلی خاک می‌تواند کاربر را در اعمال مدیریت صحیح بر زمین و هم چنین برآورد میزان تخلیه یا انباشت کربن آلی کمک نماید [۱۶]. نتایج مطالعات [۱۶] با عنوان اثر تغییر کاربری زمین بر اندوخته‌های کربن آلی خاک در اراضی حاشیۀ دریاچۀ زریبار مریوان نشان داد، تبدیل اراضی باتلاقی و بکر محدودۀ دریاچۀ زریبار به اراضی زراعی گندم و یونجه سبب هدر رفت کربن و کاهش ذخیرۀ آن در خاک گردید. به‌طوری که پیشنهاد گردید مدیریت درست در حفاظت باتلاق‌ها می‌تواند مانع از انتشار دی‌اکسیدکربن و تغییر اقلیم شود. در هر منطقه، حوزه‌های آبخیز به عنوان بزرگترین واحدهای فیزیکی و ژئومرفولوژیکی مطرح و در برگیرندۀ دو عنصر مهم خاک و گیاه، هستند. امروزه

حوزه‌های آبخیز با طیف گسترده‌ای از تنش‌ها و فشارهای خارجی مواجه بوده به‌طوری که این موضوع به عنوان تهدیدی در کاهش ارزش بیولوژیکی و توانایی در ارائهٔ خدمات اکوسیستم‌ها محسوب می‌گردد. در طول نیم قرن اخیر سیمای آبخیزهای کشور ما نیز همواره دستخوش تحولات وسیعی بوده و این دگرگونی‌ها به‌طور مستمر در تمامی ابعاد اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی صورت گرفته که تمامی این تحولات باعث افزایش تراکم جمعیت انسانی و دامی، شده است. از طرفی دیگر روند سریع تغییر کاربری اراضی و همچنین تغییرات آب و هوایی به عنوان چالش های مضاعف و تهدیدی در پایداری آبخیزها محسوب شده به طوری که این پدیده سبب آسیب پذیری غیرقابل بازگشت به منابع پایهٔ طبیعی موجود در آن می‌گردد. لذا ترسیب یا به دام انداختن کربن فرآیندی چند منظوره بوده که علاوه بر جلوگیری از وقوع این تغییرات اقلیمی، سبب افزایش زیتودهٔ گیاهی و تولید، بهبود حاصلخیزی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و جلوگیری از فرسایش آبی و بادی می‌گردد. ترسیب کربن فرآیندی مقرون به صرفه و سازگار با محیط زیست که می‌تواند از طریق شیوه‌های مدیریت اراضی با نوع صحیح استفاده از آن، فراهم گردد. از آنجایی‌که کاربری‌های متفاوت اراضی در میزان ذخیره و تصاعد کربن تأثیر زیادی دارند به همین سبب مدیریت صحیح اراضی و انتخاب کاربری متناسب با شرایط هر منطقه برای افزایش میزان ذخیرهٔ کربن و کاهش میزان تصاعد بسیار حائز اهمیت است. همچنین به علت کمبود اطلاعات در زمینهٔ ارتباط میان کاربری/پوشش اراضی مختلف با میزان ذخیرهٔ کربن در استان مازندران و تغییرات کاربری شدیدی که در این استان به علت جاذبه‌های توریستی، افزایش جمعیت و گسترش اراضی کشاورزی در دهه‌های اخیر رخ داده است، ضرورت انجام تحقیق حاضر در حوزهٔ آبخیز واز شهرستان نور که دارای تنوع کاربری است، احساس می‌شود. لذا با توجه به این موضوعات، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر نوع اراضی بر مقدار ترسیب کربن خاک و تعیین بهترین نوع کاربری در این‌خصوص در سطح حوزهٔ آبخیز واز در شهرستان نور، انجام شده است.

۲. روش شناسی

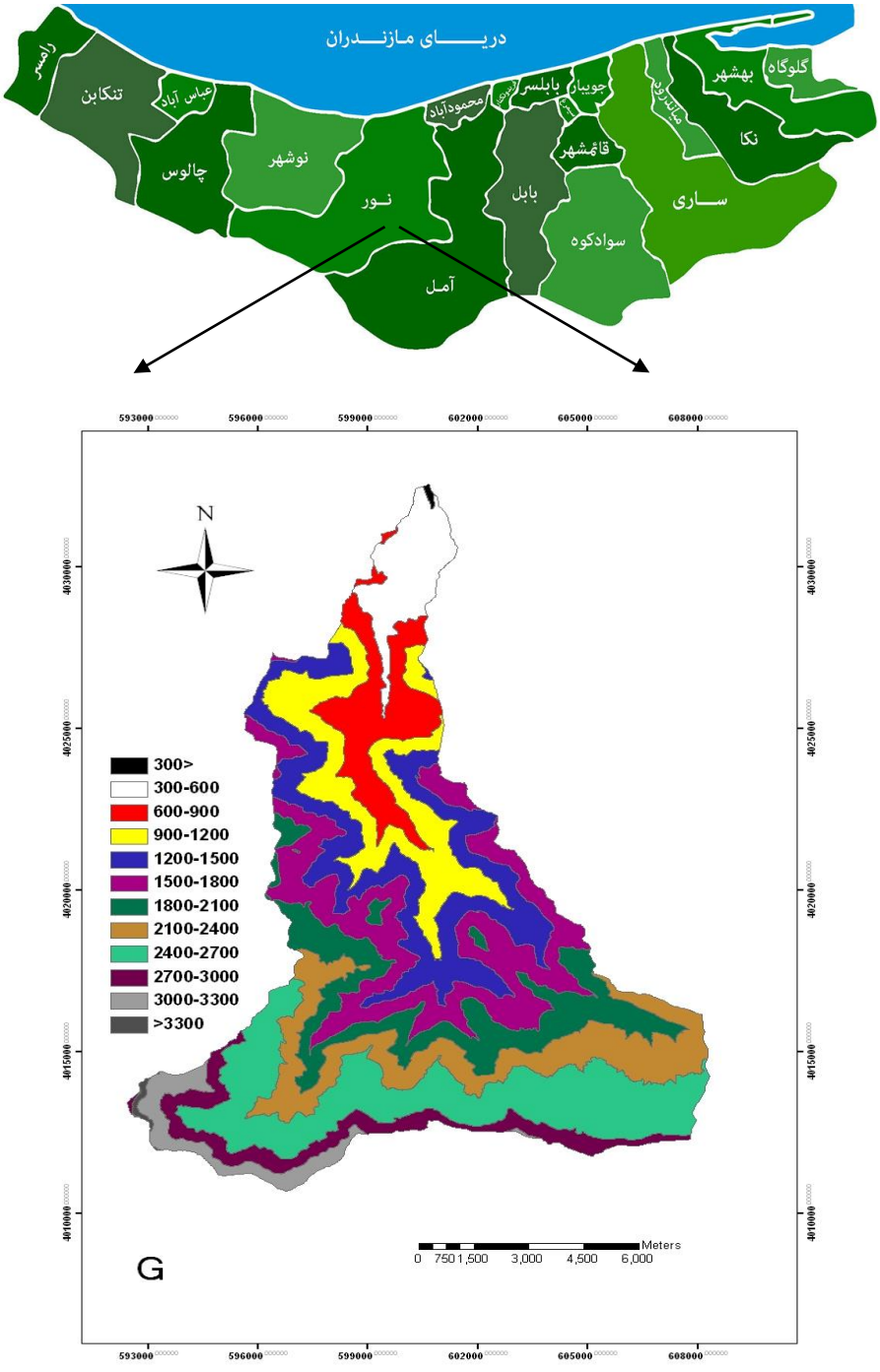
۱،۲. معرفی منطقهٔ مورد مطالعه

حوزهٔ آخیز واز به عنوان یکی از زیر حوزه‌های رودخانهٔ هراز، در بخش چمستان شهرستان نور در استان مازندران، انتخاب گردید. این حوزه در عرض شمالی ″۲۶ ′۱۴ °۳۶ تا ″٥٤ ′۲٥ °۳٦ درجه و طول شرقی ″٤٦ ′۰۱ °٥۲ تا ″۳۰ ′۱۲ °٥۲ درجه واقع و دارای مساحتی برابر با ۱۴۲ کیلومتر مربع است. حوزهٔ آبخیز مذکور در محدودهٔ ارتفاعی ۳۵۹۰ -۲۴۰ متر قرار داشته (شکل ۱) و براساس تقسیم بندی اقلیمی دومارتن، دارای شرایط آب و هوایی مرطوب می‌باشد. همچنین بخش اعظم منطقهٔ کوهستانی است به طوری‌که شیب عمومی بیشتر از ۴۰ درصد می‌باشد. گونه‌های گیاهی موجود در این حوزه شامل گونه‌های درختی، مرتعی و گونه‌های زراعی و باغی است. همچنین خاک‌های منطقه سطحی تا نیمه عمیق با بافت سنگین تا نیمه سبک است.

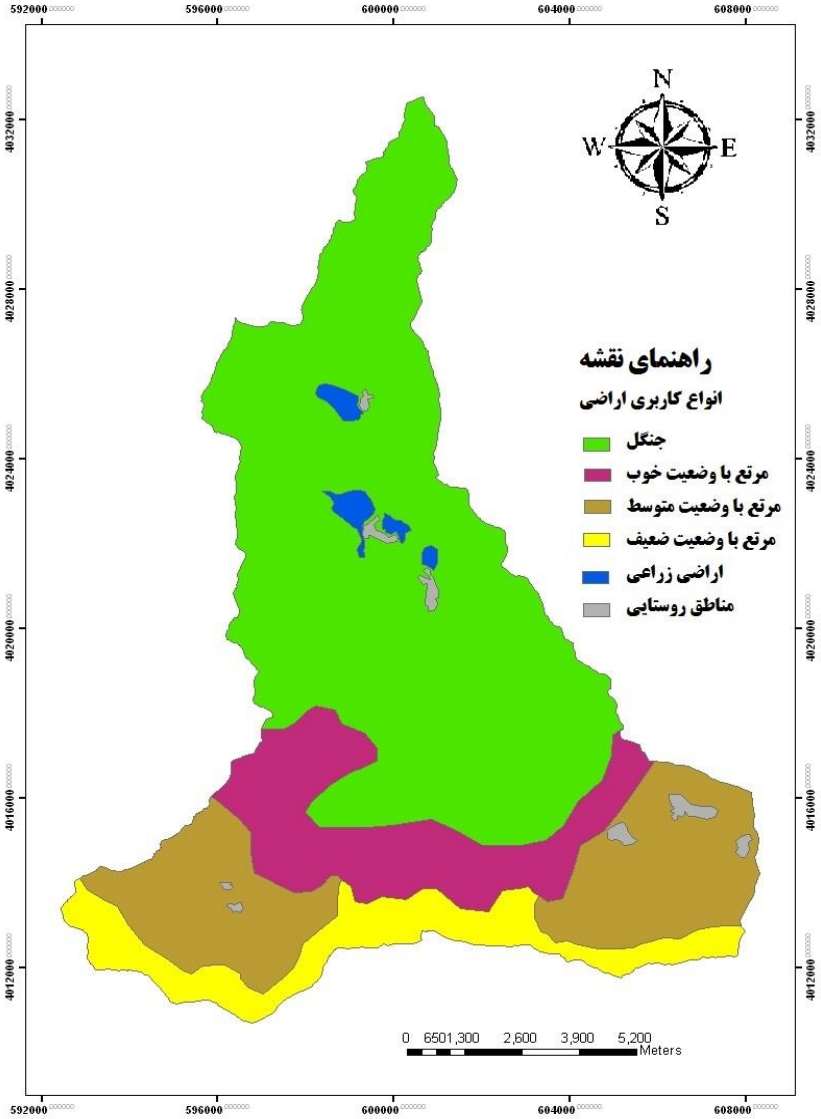
۲.۲. روش کار

در ابتدا با استفاده از نقشهٔ توپوگرافی، محدودهٔ حوزهٔ آبخیز مورد مطالعه مشخص و به منظور مطالعه و تعیین نوع کاربری اراضی، بازدید و پایش صحرایی منطقه، انجام شد. سپس در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) نقشه‌های موردنظر، استخراج و واحدهای کاری مشخص که با پیمایش عرصه‌ای در منطقه، ۴ نوع کاربری اراضی، تفکیک گردید. بخش اعظم این حوزه، شامل مناطق جنگلی و مرتعی و در بقیهٔ سطوح، سایر کاربری‌ها شامل باغات، مناطق مسکونی مشاهده گردید (شکل شماره ۲). با توجه به وضعیت پوشش گیاهی مراتع این حوزه، سه نوع مرتع شامل مراتع با وضعیت خوب، متوسط و فقیر

تفکیک شد. به منظور تعیین وضعیت مرتع از روش شش فاکتوره اســـتفاده [۱۷] که در مجموع، با توجه به تعیین ســه نوع مراتع مذکور، شــش منطقه برداشــت مشــخص گردید. در این مطالعه نمونه‌برداری به روش سیستماتیک- تصـــادفی انجام گرفت. به این صـــورت که نقشـــه به شبکه‌هایی با وسعت ۱ کیلومتر مربع تقسیم و در هر کدام از این شـــبکه‌ها به شـــیوهٔ تصـــادفی اقدام به نمونه‌برداری گردید.



شکل ۱. موقعیت حوزهٔ آبخیز واز در نقشهٔ سیاسی بخش چمستان شهرستان نور و طبقات ارتفاعی آن



شکل ۲. نقشهٔ کاربری اراضی حوزهٔ آبخیز واز

با توجه به مساحت هر کاربری و تعداد شبکه‌های فرضی موجود در هر کاربری (به تعداد ۲۰ نمونه خاک و کمتر) در دو عمق ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتیمتری، برداشت شد. اندازه‌گیری کربن آلی مربوط به نمونه‌های جمع‌آوری شده، به روش والکی- بلاک[1] صورت پذیرفت. به منظور تعیین میزان ترسیب کربن با مقیاس گرم در هر متر مربع از نمایه $Cc = 10000 \times C(\%) \times Bd \times e$ استفاده شد [۲۸]. در این فرمول Cc میزان وزن کربن ترسیب شده در سطح یک مترمربع، C درصد تراکم کربن در عمق مشخصی از خاک، Bd وزن مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب و e ضخامت عمق خاک بر حسب سانتی‌متر ا ست. داده‌ها در نرم افزار Excel۲۰۰۳ پردازش و تجز یه و تحل یل آن ها در محیط نرم افزاری SPSS ۱۲ انجام خواهند شد. به منظور مقای سهٔ میزان تر سیب کربن خاک در کاربری‌های گوناگون از آنالیز واریانس یک طرفه ANOVA و به منظور کلاسه‌بندی مقدار میانگین‌ها از

1. Walkley- Black

آزمون دانکن استفاده می‌شود.

۳. نتایج

۱،۳. تعیین انواع کاربری ارا ضی در حوزهٔ آبخیز مورد مطالعه

به طور کلی چهار نوع اراضی در حوزهٔ مورد مطالعه شناسایی گردید که شامل اراضی جنگلی، مراتع، اراضی زراعی و مناطق مسکونی بوده است. همچنین با تعیین وضعیت مراتع تحت بررسی، سه درجه وضعیت مرتع شامل مراتع با وضعیت خوب، متوسط و فقیر در محدودهٔ ارتفاعی مختلف تفکیک گردید (جدول ۱). انواع کاربری اراضی در حوزهٔ آبخیز واز در شکل ۲ آمده است.

جدول ۱. تعیین وضعیت مراتع در حوزهٔ آبخیز مورد مطالعه

فاکتورهای مورد بررسی	محدودهٔ ارتفاعی وقوع مراتع در حوزه (متر)		
	۲۰۰۰-۱۵۰۰	۳۰۰۰-۲۰۰۰	۳۰۰۰<
تاج پوشش	۱۴	۱۱	۹
ترکیب گیاهی	۱۳	۱۰	۷
حفاظت خاک	۱۹	۱۲	۹
تولید از کلیماکس	۱۱	۸	۷
تجدید حیات	۱۰	۷	۷
فراوانی خار و خاشاک	۹	۵	۴
مجموع	۷۶	۵۳	۴۳
وضعیت مرتع	خوب	متوسط	ضعیف

۲،۳. برآورد ترسیب کربن در واحد سطح هر کاربری در حوزهٔ آبخیز مورد مطالعه

نتایج حاصل از برآورد مقدار ترسیب کربن خاک در واحد سطح هر یک از کاربری‌های مورد مطالعه در حوزهٔ آبخیز واز در جدول ۲ آمده است. نتایج نشان داد اراضی جنگلی دارای بیشترین مقدار کربن در هر دو عمق مورد بررسی بوده است.

۳،۳. مقایسهٔ ترسیب کربن خاک کاربری‌های مختلف با یکدیگر

نتایج حاصل از مقایسهٔ ترسیب کربن در کاربری مختلف با استفاده از آنالیز تجزیه واریانس، در جدول ۳ آمده است. نتایج نشان داد اختلاف آماری معنی‌داری در مقدار کربن ترسیب شده در هریک از مناطق وجود دارد. به طوری‌که کلاسه‌بندی میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن نشان داد که جنگل‌ها، اراضی زراعی، باغات و مناطق روستایی هر کدام به طور جداگانه در یک گروه و کلیه مناطق مرتعی در یک گروه مشخص قرار گرفتند (جدول ۴).

۴،۳. برآورد و مقایسهٔ مقدار ترسیب کربن خاک کل در سطح حوزه

با توجه به مساحت هریک از کاربری‌های اراضی در حوزهٔ آبخیز واز، مقدار کل ترسیب کربن در جدول ۵ آمده است. مقایسهٔ مقدار ترسیب کربن کل در هر کاربری نیز نشان داد اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین

مناطق وجود دارد (شکل ۳).

جدول ۲. برآورد متوسط ترسیب کربن خاک در واحد سطح هر کاربری در حوزهٔ آبخیز مورد مطالعه

نوع کاربری	عمق خاک (سانتیمتر)	تراکم کربن (درصد)	وزن مخصوص ظاهری (گرم/ سانتیمتر مکعب)	ترسیب کربن (کیلوگرم/ مترمربع)	ترسیب کربن (تن/هکتار)
جنگل	۰-۱۵	۲/۰۳	۱/۴۹	۴/۵۳۷	۸۴/۴۹
	۱۵-۳۰	۱/۸۹	۱/۳۸	۳/۹۱۲	
مرتع با وضعیت خوب	۰-۱۵	۰/۵۱	۱/۵۴	۱/۱۷۸	۲۳/۲۵
	۱۵-۳۰	۰/۵۰	۱/۵۳	۱/۱۴۷	
مرتع با وضعیت متوسط	۰-۱۵	۰/۴۸	۱/۵۹	۱/۱۴۴	۲۲/۲۷
	۱۵-۳۰	۰/۴۶	۱/۵۷	۱/۰۸۳	
مرتع با وضعیت فقیر	۰-۱۵	۰/۴۴	۱/۶۲	۱/۰۶۹	۲۱/۰۷
	۱۵-۳۰	۰/۴۳	۱/۶۱	۱/۰۳۸	
اراضی زراعی و باغات	۰-۱۵	۰/۴۹	۱/۸۷	۱/۳۷۴	۲۶/۹۸
	۱۵-۳۰	۰/۴۸	۱/۸۴	۱/۳۲۴	
مناطق روستایی	۰-۱۵	۰/۱۵	۱/۷۸	۰/۴۰۰	۷/۴۵
	۱۵-۳۰	۰/۱۳	۱/۷۷	۰/۳۴۵	

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس مقدار ترسیب کربن خاک در هر کاربری در حوزهٔ آبخیز مورد مطالعه

منابع متغیر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی‌داری
واریانس‌های بین گروهی	۷۴۸۵/۱۴۵	۴	۱۸۷۱/۲۸۶		
واریانس‌های درون گروهی	۱۲۴۷/۸۴۵	۲۰	۶۹/۳۹۲	۲۴/۲۸۴	۰/۰۰۱ *
واریانس کل	۸۷۳۲/۹۹	۲۴			

* بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ می باشد.

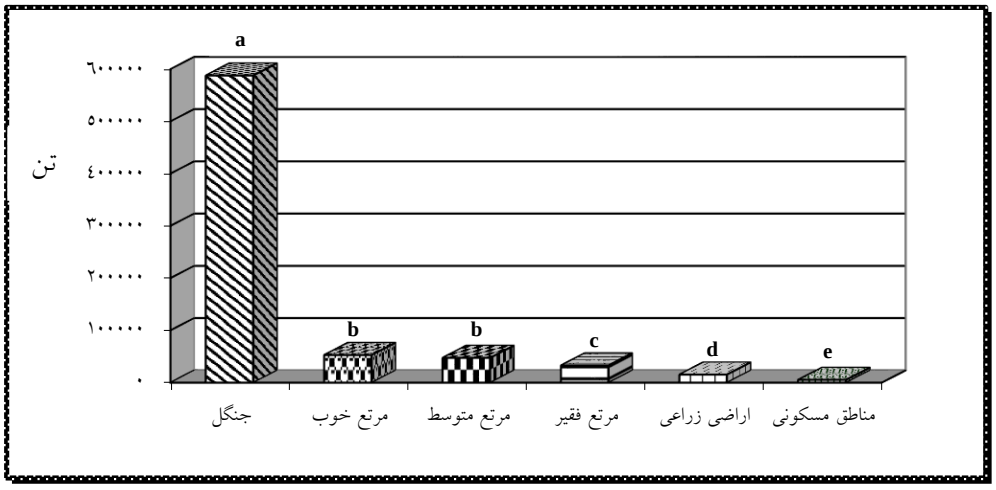
جدول ۴. مقایسهٔ مقدار ترسیب کربن خاک آزمون دانکن در هر کاربری در حوزهٔ آبخیز مورد مطالعه

نوع کاربری	معنی‌دار در سطح ۰/۱			
	گروه یک	گروه دو	گروه سه	گروه چهار
جنگل	۸۴/۴۹a			
مرتع با وضعیت خوب		۲۳/۲۵b		
مرتع با وضعیت متوسط		۲۲/۲۷b		
مرتع با وضعیت فقیر		۲۱/۰۷b		
اراضی زراعی و باغات			۲۶/۹۸c	
مناطق روستایی				۷/۴۵d

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف آماری در سطح ۱ درصد است.

جدول ۵. مقدار ترسیب کربن کل در سطح حوزهٔ آبخیز

نوع کاربری	مساحت (هکتار)	ترسیب کربن در هر هکتار (تن)	ترسیب کربن کل (تن)
جنگل	۶۹۵۸	۸۴/۴۹	۵۸۷۸۸۱/۴۲
مرتع با وضعیت خوب	۲۲۷۲	۲۳/۲۵	۵۲۸۲۴
مرتع با وضعیت متوسط	۲۱۳۰	۲۲/۲۷	۴۷۴۳۵/۱
مرتع با وضعیت فقیر	۱۵۶۲	۲۱/۰۷	۳۲۹۱۱/۳۴
اراضی زراعی و باغات	۵۶۸	۲۶/۹۸	۱۵۳۲۴/۶۴
مناطق روستایی	۷۱۰	۷/۴۵	۵۲۸۹/۵
مجموع ترسیب کربن در سطح حوزهٔ آبخیز	۱۴۲۰۰		۷۴۱۶۶۶



شکل ۱. مقدار ترسیب کربن کل در سطح حوزهٔ آبخیز واز

۴. بحث و نتیجه‌گیری

کاربری اراضی در طول چند دهه گذشته در مقیاس جهانی و محلی به طور قابل توجهی تغییر یافته است، به طوری که اهمیت اکوسیستم زمینی به عنوان مخزن کربن با تأکید بر اثر جهانی تغییر کاربری اراضی، برجسته شده است [۲۱]. تغییرات کاربری‌اراضی و مدیریت، باعث شده است که کربن‌آلی خاک به عنوان یک شاخص مناسب برای پایش تخریب اراضی در اثر تغییرات کاربری و مدیریت باشد. شناسایی تأثیر عوامل‌طبیعی مانند ویژگی‌های توپوگرافی و مدیریت‌های گوناگون در عرصه‌های کشاورزی و منابع‌طبیعی بر تغییرات کربن‌آلی خاک، به منظور مدیریت و حفظ کربن آلی خاک در محدوده‌ای قابل قبول و در نهایت جلوگیری از تخریب اراضی، لازمهٔ استفادهٔ پایدار از اراضی است. استفاده از اراضی باید به نحوی باشد که حداقل آسیب به اراضی وارد شود و با مدیریت مناسب، وضعیت اراضی در حد قابل قبولی نگه داشته شود [۷]. نتایج این تحقیق نیز نشان داد خاک‌ها منابع عظیم ذخایر کربن به شمار می‌روند، به‌طوری که حوزهٔ آبخیز واز محتوی ۷۴۱۶۶۶ تن کربن تا عمق ۳۰ سانتیمتری خاک است. با بررسی‌های میدانی، در مجموع چهار نوع کاربری در حوزهٔ آبخیز واز مشخص گردید. در این بررسی، روند بهره‌برداری و تغییر در نوع استفاده از اراضی و به طور چشمگیر تخریب منابع طبیعی (اعم از جنگل و مرتع) در ادوار گذشته با انگیزه‌های مختلف، کاملاً مشهود بوده است. برآوردها از میزان

ترسیب کربن خاک در اعماق مختلف تعیین شده در این مطالعه نیز گویای این واقعیت بوده است، زیرا تغییر در میزان کربن موجود در خاک بیانگر وقوع دخل و تصرف در این منابع می‌باشد. از آنجایی‌که ورودی زی‌تودهٔ گیاهی همانند لاشبرگ و ریشه‌ها در خاک متفاوت است، در کاربری‌های مختلف، نتیجهٔ مقدار تجمع و کاهش کربن آلی نیز به طور قابل‌توجهی متفاوت است [۱۴]. در اراضی جنگلی و مناطقی که به‌طور کامل بکر و دست‌نخورده بوده است، به دلیل عدم تغییر در ساختار خاک، میزان ذخیرهٔ کربن بسیار بیشتر از سایر کاربری‌ها بوده است. نتایج مطالعات [۲۶] نشان داد که اثر کاربری اراضی بر کربن آلی خاک در لایهٔ سطحی خاک معنی‌دار است، به طوری‌که در جنگل تکامل‌یافته مقدار کربن خاک به مقدار قابل‌توجهی بیشتر از جنگل نابالغ بوده‌است. همچنین نتایج مطالعات [۱۲] نیز نشان داد تخریب خاک، به کاهش حاصلخیزی، کاهش مقدار و کیفیت بیوماس برگشتی به خاک و در نتیجه کاهش ذخیرهٔ کربن آلی خاک انجامید. همچنین نتایج مطالعات دیگر نیز نشان داد تغییر کاربری اراضی با تخریب ساختمان خاک و افزایش دسترسی ریزجانداران به ترکیبات آلی می‌تواند منجر به تشدید سرعت تجزیهٔ بقایای آلی شود. با توجه به تفاوت ویژگی‌های گوناگون بخش‌های متفاوت کربن آلی و همچنین ناهمسان بودن دورهٔ بازگشت آن‌ها، انتظار می‌رود که تغییر کاربری زمین نتایج گوناگونی بر بخش‌های کربن آلی داشته باشد. از این میان می‌توان گفت که بخش‌های ناپایدار کربن آلی بیشتر دستخوش تغییرات ناشی از تبدیل اراضی می‌شود. [۲] بیان داشتند تغییرکاربری اراضی به منظور کشاورزی، مواد آلی پایدار اولیه در سطح خاک را ناپایدار می‌کند و شرایط را برای تخلیهٔ خاک از کربن آلی فراهم می‌کند. [۲۹] در تحقیقات خود نشان دادند که میزان کربن آلی خاک در کاربری جنگل و مرتع بیشتر از اراضی کشاورزی است و علت آن را تبدیل پوشش طبیعی به اراضی کشاورزی و تأثیر شخم در نرخ تجزیهٔ مواد آلی بیان نمودند. در تمامی کاربری‌های تحت بررسی، لایه‌های سطحی خاک دارای مقادیر بیشتری از کربن آلی بوده است. این نتیجه ناشی از وجود گونه‌های گیاهی و اندام‌های مردهٔ آن‌ها (لاشبرگ) در نزدیکی سطح زمین بوده به طوری‌که حتی در مناطق مسکونی با توجه به عدم حضور رستنی‌ها، این یافته بیانگر وجود پوشش گیاهی و فعال بودن این اکوسیستم در گذشته، در این منطقه بوده است. لیکن بررسی اثرات کاربری زمین و مدیریت بر کیفیت مواد آلی به علت سرشت ناهمگون آن‌ها، نیازمند رسیدگی همزمان کمی و کیفی مواد آلی در بخش‌های مختلف می‌باشد [۱۱]. در مراتع این حوزه، آنچنان‌که مشاهده گردید، پوشش علفی و بوته‌ای طی سالیان متمادی مورد تعلیف دام‌های بومی منطقه قرار گرفته و چرای دام یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر پوشش سطح و خاک لخت در این منطقه بوده است. نتایج حاصل از تعیین و ضعیت این مراتع نیز درجات متفاوتی از سلامت مراتع را نشان داد، به طوری‌که مقدار ترسیب کربن خاک در مراتع خوب بیشتر از مراتع با وضعیت متوسط و آن هم بیشتر از مراتع فقیر بوده است. این نتیجه نیز حاکی از تأثیر مستقیم مقدار پوشش سطح با ذخیرهٔ کربن خاک می‌باشد. این یافته با نتایج [۲۲ و ۲۳] تشابه دارد. در اراضی زراعی و باغات نیز به دلیل وجود پوشش گیاهی به نسبت بیشتر از سایر کاربری‌ها (به‌جز جنگل)، مقدار ترسیب کربن خاک قابل ملاحظه بوده است. البته ساختار خاک در این اراضی با توجه به عملیات خاکورزی، دستخوش تغییرات اساسی گردیده لیکن این عامل بر روی کاهش ذخیرهٔ کربن نسبت به اراضی جنگلی، مؤثر بوده است. نتایج مطالعات [۵] نیز نشان داد که تبدیل اراضی طبیعی به اراضی زراعی در مناطق کوهستانی مدیترانه، اثرات زیانبار جدی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک داشته است. همچنین نتایج مطالعات [۳ و ۲۵] نشان داد، خاک‌ورزی اراضی بکر می‌تواند با شکستن خاکدانه‌های درشت و تهویه مناسب‌تر شرایط را برای تجزیهٔ کربن آلی در اندازهٔ شن یا ذره‌ای فراهم نموده و باعث کاهش مقدار کربن آلی

در این بخش گردد در زمین‌های تغییر کاربری یافته، در اثر کشت و کار و شکستن خاکدانه‌ها، افزایش تهویه و کاهش رطوبت، شرایط مهاجرت کربن آلی به افق زیرین و هم چنین اکسیداسیون و معدنی‌شدن آن فراهم و به صورت دی اکسید کربن وارد اتمسفر خواهد شد. تغییر کاربری باعث کاهش توانایی ذخیرهٔ کربن و هم‌چنین افت شاخص کیفیت خاک به‌خصوص در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر می شود [۱۶]. به طور کلی تفاوت در اختلافات موجود در مقدار ترسیب کربن خاک ناشی از تفاوت در نوع اکوسیستم و به بیان دیگر اختلاف در عوامل خاک، گونه‌های گیاهی و اقلیم است [۴] زیرا توان ترسیب کربن برحسب نوع گونهٔ گیاهی، مکان و شیوهٔ مدیریت متفاوت است [۱۹]. لذا نتایج این تحقیق نشان داد تبدیل کاربری اراضی، تعادل شکنندهٔ موجود مابین انباشت و آزاد شدن کربن خاک را برهم زده و سبب تشدید تنفس خاک در قیاس با میزان تثبیت کربن شده و در نهایت به هدر رفت خالص کربن ذخیره شده در خاک منجر می‌شود. تغییر کاربری اراضی باعث تغییر پوشش گیاهی شده، برکمیت و کیفیت مادهٔ آلی خاک تأثیر مؤثر است. تنوع حداکثری گونه‌های گیاهی، ضامن خود پایداری چرخهٔ عناصر و آنتروپی پایین است. جایگزینی پوشش گیاهی جنگلی با پوشش‌های مرتعی و زراعی، این آنتروپی پایین را نابود می‌سازد. بنابراین در رویکرد نوین مدیریت آبخیزها، ترسیب کربن خاک به عنوان شاخص تولیدی عملکرد مثبت این مناطق محسوب شده به طوری که در مباحث کلان می‌تواند ضامن توسعهٔ پایدار این مناطق تلقی گردد.

References

[1] Aradottir, A., Ssavarsdottir, L., Kristian, H., Jonsson, P. and Gudbergson, G. (2000). Carbon accumulation in vegetation and soil by reclamation of degraded areas. Icelandic Agricultural Sciences, 13, 99-113.

[2] Basile-Doelsch, I., Brun, T., Borschneck, D., Masion, A., Marol, C., and Balesdent, J. (2007). Effect of landuse on organic matter stabilized in organomineral complexes: A study combining density fractionation, mineralogy and δ^{13} C. Geoderma, 151, 77–86.

[3] Beheshti, A., Raiesi, F., and Golchin, A. (2012). Soil properties, C fractions and their dynamics in land use conversion from native forests to croplands in northern Iran. Journal of Agriculture Ecosystem and Environment, 148,121-133.

[4] Burke, I. C., Yonker, C. M., Parton, W. J., Cole, C. V., Flach, K., and Schimel, D. S. (1989). Texture, climate, and cultivation effects on soil organic matter content in U.S. Grassland Soil. Journal of Soil Science Society, 53, 800-805.

[5] Celik. (2005). Land-use effects on organic matter and physical properties of soil in a southern Mediterranean highland of Turkey. Journal of Soil and Tillage Research, 83, 270–277.

[6] Congressional Budget Office (CBO). (2007). The potential for carbon sequestration in the United States. Congress of the U.S Washington DC, 1-22.

[7] Eskandari Shahraki, A., Kiani, B., and Iranmanesh, Y. (2016). Effects of different landuse types on soil organic carbon storage, Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 24 (3), 379-389.

[8] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). Climate change impacts, adaptation and vulnerability. Working Group II. Geneva, Switzerland.

[9] Izaurralde, R., Williams, C. J. R., Post, W. M., and Thomson, A. M., (2007). Long-term modeling of soil C erosion and sequestration at the small watershed scale. Climatic Change, 80(1-2), 73-90.

[10] Karimi, R., Salehi, M.H., and Mosleh, Z. (2015). Effect of land use change on some carbon componentsin bulk soil and aggregates in Safashahr area, Fars province, Iranian journal of Soil Management and SustainableProduction, 5(1), 145-157.

[11] Ladd, J. N., Foster, R. C., and Skjemstad, J. O. (1993). Soil structure: carbon and nitrogen metabolism. Geoderma, 56,401–434.

[12] Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. Geoderma, 123, 1-22.

[13] Lee, S. B., Lee, C. H., Jung, K. Y., Park, K. D., Lee, D., Carolina, P. K., Lisboa, R., Conant, T., Haddix, M. L., Eduardo, C., Cerri, P., and Cerri, C. C. (2009). Soil carbon turnover measurement by physical fractionation at a forest-to-pasture chronosequence in the Brazilian Amazon. *Ecosystems*, 12, 1212–1221.

[14] Liu, M.Y., Chang, Q.R., Qi, Y.B., Liu, J. and Chen, T. (2014). Aggregation and soil organic carbon fractions under different land uses on the tableland of the Loess Plateau of China. Catena, 115, 19-28.

[15] Mahmoudi Taleghani, E., Zahedi Amiri, Gh., Adeli, E. and Sagheb-Talebi, Kh. (2007). Assessment of carbon sequestration in soil layers of managed forest. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 15(3), 241-252.

[16] Mahmodzadeh, H., Sheklabadi, M., and Mahbobi, A.A. (2012). Effect of land use change on soil organic carbon storage in lake's border lands of Zaribar Marivan. Iranian Journal of science and technology of Agricultural and Natural resources (water and soil sciences), 68(18), 55- 67.

[17] Mesdaghi, M. (2005). Range management in Iran, Astan Ghods Razavi press. 333 P.

[18] Mosavi, M.H., and Hammami, M. (2014). Modeling the effect of carbon dioxide emissions on global warming, Iranian Journal of Environmental Science and Engineering, 1(2), 9-21.

[19] Mortenson, M.,and Shuman, G.E. (2002). Carbon sequestration in rangeland interseeded with yellow- flowering Alfalfa (Medicago sativa spp. Falcata). USDA symposium on natural resource management to offset greenhouse gas emission in University of Wyoming.

[20] Muñoz-Rojas, M., Doro, L., Ledda, L., and Francaviglia, A. (2015). Application of CarboSOIL model to predict the effects of climate change on soil organic carbon stocks in agro-silvo-pastoral Mediterranean management systems. Journal of Agriculture Ecosystems and Environment, 202, 8-16.

[21] Muñoz-Rojas, M., Jordán, A., Zavala, L.M., Rosa, D., Abd-Elmabod, S.K. and Anaya-Romero, M. (2012). Effect of land use and land cover changes on carbon sequestration in vegetation and soils between 1956 and 2007 (Southern Spain). Abstracts of EGU General Assembly, Austria, 22-27 Apr., 435 pp.

[22] Salardini, A. (1979). Soil and plant relationships. Tehran University Press, 262 P.

[23] Su, Z.Y., Ha, l.Z., and Tong, H.Z. (2003). Influences of grazing and exclosure on carbon sequestration in degraded sandy grassland, Inner Mongolia, North China, New Zealand. Journal of Agricultural Research, 46(4), 321-328.

[24] Tate, K.R., Ross, D.J., Saggar, S., Hedley, C.B., Dando, J., Singh, B.K. and Lambie, S.M. (2007). Methane uptake insoils from *Pinus radiate* plantations, a reverting shrubland and adjacent pastures: Effects of landuse change, and soil texture, water and mineral nitrogen. Soil Biology and Biochemistry, 39: 1437-1449.

[25] Vieira, F. C. B., Bayer, C., Zanatta, J. A., Dieckow, J., Mielniczuk, J., and He, Z. L. (2007). Carbon management index based on physical fractionation of soil organic matter in an Acrisol under long-term no-till cropping systems. Journal of Soil Tillage Resources, 96, 195–204.

[26] Wang, Y., Fu, B., Lü, Y., Song, C. and Luan, Y. (2010). Local-scale spatial variability of soil organic carbon and its stock in the hilly area of the Loess Plateau, China. Quaternary Research, 73, 70-76.

[27] Xiong, X., Grunwald, S., Brenton Meyres, D., Wade Ross, C., Harris, W. G., and Comerford, N. B. (2014). Interaction effects of climate and land use/land cover change on soil organic carbon sequestration. Journal of Science of the Total Environment, 493, 974-982.

[28] Zahedi, Gh. (2002). Spatial dependence between soil carbon and nitrogen storage in two forest types. Proceeding of the XII Word Forestry Congress in Canada, Quebec, 357-358.

[29] Zhong B., and Xu Y.J. (2009). Topographic effects on soil organic carbon in Louisiana watersheds. environmental management, 43, 664-672.