فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۴۳، زمستان ۹۶

برآورد میزان کربن ترسیب‌شده توسط گونه آتریپلکس کانیسنس در واحد سطح و نیز بررسی ارتباط میزان ترسیب کربن با عوامل خاک و پوشش گیاهی در منطقه چشمه‌علی قزوین (*Atriplex canescens*)

ضیاءالدین باده‌یان [۱]

معصومه منصوری [۲*]

Mansouri.ma@fa.lu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۰۳ **تاریخ پذیرش:۱۳۹۵/۱۱/۲۷**

چکیده

اکوسیستم‌های مرتعی به دلیل دربرداشتن بخش قابل توجهی از اراضی جهان، پتانسیل بالایی در ترسیب‌کربن دارند. این تحقیق به‌بررسی پتانسیل ترسیب‌کربن گونه آتریپلکس‌کانیسنس (*Atriplex canescens*) که در منطقه چشمه‌علی در استان قزوین که در قالب بلوک‌های کاملاً تصادفی و در سه تکرار کاشته شده بود، می‌پردازد. نمونه‌برداری‌ها از تیمارهای اصلی فواصل کاشت بوته (تراکم) در دو سطح ۲×۲ متر و ۴×۴ متر که هر تیمار اصلی شامل تیمارهای فرعی ارتفاع هرس در چهار سطح تیمار نظیر بدون هرس یا شاهد، هرس کامل یا کف‌بر، هرس از ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر و هرس از ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر بودند صورت گرفت. مقادیر کربن در بیوماس هوایی، زیرزمینی و خاک به تفکیک تیمارهای اصلی و فرعی محاسبه گردید. نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین کربن زی‌توده هوایی و زیرزمینی درواحد سطح در تیمار اصلی تراکم ۲×۲ متر از تراکم ۴×۴ متر وجود دارد. همچنین تیمارهای بدون هرس (شاهد) و هرس از ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر با قرار گرفتن در یک سطح، نسبت به سایر تیمارهای ارتفاع هرس وضعیت بهتری داشتند. بین تیمارهای اصلی تراکم و همچنین تیمارهای فرعی ارتفاع هرس به‌لحاظ ترسیب‌کربن کل خاک اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. میانگین ترسیب‌کربن کل در تراکم ۲×۲ متر، ۵۹/۱۶ تن در هکتار و در تراکم ۴×۴ متر، ۵۹/۸۱ تن در هکتار بوده است. تجزیه همبستگی نشان داد که بین میزان کربن ترسیب‌شده کل و کربن‌آلی رابطه مثبت و معنی‌داری وجود دارد. بنابراین می‌توان بیان داشت که مدیریت مناسب اراضی مرتعی، تأثیر قابل توجهی در افزایش ذخیره‌کربن در گیاه و خاک خواهد داشت.

کلمات کلیدی: خاک، اراضی مرتعی، زی‌توده، ترسیب کربن.

۱- استادیار گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران.

۲- دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران. *(مسوول مکاتبات)

مقدمه

دی‌اکسیدکربن یکی از مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای است که درطول دهه‌های اخیر افزایش مقدار آن در اتمسفر سبب گرمشدن زمین شده است. گرم‌شدن زمین اثرات مخربی بر حیات موجودات داشته و سبب تخریب اکوسیستم‌های طبیعی، وقوع سیل و خشک‌سالی و برهم‌خوردن تعادل اقلیمی و اکولوژیکی می‌شود. ترسیب‌کربن فرآیندی است که طی آن دی‌اکسیدکربن اتمسفر جذب شده و در بافت‌های گیاهی و همچنین در خاک به صورت هیدارت‌های‌کربن تجمع و رسوب می‌کند (۱). مرکز توسعه‌پایدار در آمریکا ترسیب‌کربن را تبدیل دی‌اکسیدکربن اتمسفری به ترکیبات آلی کربن‌دار توسط گیاهان بیان می‌کند که طی عمل فتوسنتز صورت می‌گیرد (۲). در ترسیب‌کربن افزون بر سنتز ترکیبات کربن‌دار توسط گیاه، موضوع مهم دیگر بقاء و دوام کربن در اجزای گیاهی است. هر چه سرعت تجزیه ترکیبات کربن‌دار بافت‌های گیاهی کم‌تر باشد، ترسیب‌کربن در اکوسیستم بیش‌تر خواهد بود. به همین دلیل نواحی خشک (بدلیل کمبود رطوبت) و نواحی ماندابی و باتلاقی (به‌دلیل کمبود مفرط اکسیژن محیطی) دارای حداقل سرعت در فرآیند تجزیه بوده و از نظر ترسیب‌کربن مهم هستند (۳).

اکوسیستم‌های مرتعی پتاسیل بالایی در ترسیب‌کربن دارند، زیرا نیمی از خشکی‌های زمین را در برداشته و ذخیره‌کربن آن‌ها ۱۰ درصد کل ذخایرکربن زی‌توده اکوسیستم‌های خاکی و ۳۰ درصد کربن آلی خاک را تشکیل می‌دهند (۴). در مقیاس جهانی مراتع سالانه حدود ۵۰۰ میلیارد تن کربن ترسیب می‌کنند. از طرف دیگر اراضی خشک بیش از ۴۵ درصد از سطح زمین را در برگرفته و علی‌رغم محتوی کم کربن آلی در این خاک‌ها، این مناطق ۱۶ درصد از کل ذخیره‌کربن خاک‌های جهان را شامل می‌شوند (۵). هر چند ورودی کربن‌آلی به خاک‌های مناطق خشک کم است، اما این مناطق ممکن است دارای پتانسیل بالا در ترسیب و ذخیره‌کربن باشند به شرطی که کربن آلی ورودی به خاک با مدیریت صحیح افزایش و تجزیه و هدر رفت محتوی کربن خاک کاهش یابد (۶). مراتع ایران با ۹۰ میلیون هکتار وسعت ۵۴ درصد از عرصه حیاتی کشور را احاطه کرده‌اند و شامل ۱۴ میلیون هکتار علفزار، ۱۶ میلیون هکتار مراتع کویری و بیابانی و ۶۰ میلیون هکتار بوته‌زار است (۷). با توجه به گستردگی و سطح و جایگاه مراتع و نقش اساسی آن در توسعه‌پایدار، ضرورت مطالعه و شناخت آن‌ها از جنبه‌های مختلف محیط‌زیستیبه منظور برنامه‌ریزی و مدیریت بهینه این منابع اهمیت ویژه‌ای می‌یابد.

محققان زیادی بر اهمیت اکوسیستم‌های مرتعی از دیدگاه ترسیب‌کربن تأکید کرده‌اند. Ojima, (۲۰۰۰) ، تأثیر استفاده بی‌رویه از مراتع و تبدیل آن به کشتزار را بر ذخیره‌کربن اراضی بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که تغییر پوشش‌گیاهی ناشی از تغییر کاربری اراضی سبب کاهش توان ترسیب‌کربن خواهد شد (۸). Aradottir و همکاران (۲۰۰۰) ، مقدار ترسیب‌کربن در یک دوره ۳۲ ساله را برای یک مرتع چرا شده ۱۵۷ تن در هکتار برآورد نموده و بیان نمودند که قسمت اعظم ترسیب‌کربن در خاک صورت می‌گیرد (۶). Kilbride و همکاران (۱۹۹۹) ، گزارش کرد که تغییرات ذخایر کربن جنگل‌ها و مراتع، به طور مستقیم تحت تأثیر تغییر کاربری اراضی و مدیریت و به‌طور غیرمستقیم تحت تأثیر تغییرات آب‌وهوایی قرار دارد. همچنین به‌دلیل اهمیت زیاد گیاهان‌خشبی در ترسیب‌کربن، هرچه توانایی ما در اندازه‌گیری و تخمین ذخایر کربن و تغییرات آن در این گیاهان بیش‌تر باشد، به درک صحیح و مدیریت بهینه چرخه کربن در اکوسیستم کمک می‌کند. Batjes (۱۹۹۸) ، مطالعاتی در خصوص فاکتورهای تأثیرگذار بر روی تغییرات ترسیب‌کربن در خاک انجام داده و بیان کردند که شرایط اقلیمی، گونه‌های موجود گیاهی و قابلیت اراضی بر روی ترسیب‌کربن تأثیرگذارند (۱۰). همچنین این مطالعات نشان داد که کشت گونه‌های بوته‌ای در مراتع مشجر به جای گونه‌های درختی و درختچه‌ای منجر به کاهش ذخایر کربن خاک شده است. در ایران نیز در

ارتباط با بررسی توان ترسیب‌کربن در اراضی مرتعی مطالعات بسیاری صورت گرفته که می‌توان به مهمترین آن‌ها اشاره کرد. با بررسی نقش گون‌زارها در ترسیب‌کربن و عوامل مؤثر بر آن در سه منطقه مرتعی مختلف نتایج نشان داد که در تمامی این مناطق، حدود ۹۰ درصد از ترسیب‌کربن کل را کربن آلی تشکیل می‌دهد. همچنین نتایج این تحقیق مشخص کرد که ذخیره کربن در بیوماس اندام هوایی بیش از ریشه‌ها بود و ترسیب‌کربن با ارتفاع و حجم بوته‌های گون، بیوماس هوایی، بیوماس زیرزمینی، بیوماس کل، مقدار لاشبرگ و کربن آلی خاک رابطه مثبت و معنی‌داری دارد. در این مطالعه به توانایی بالای گون‌زارها در ترسیب‌کربن اشاره شده است (۱). دربررسی دیگری، در زمینه برآورد ظرفیت ترسیب‌کربن در منطقه مالمیر شهرستان شازند یافته‌ها نشان داد که گون‌زارها نقش‌مهمی در ذخیره‌کربن آلی در خاک دارند. جعفری‌حقیقی (۱۳۸۲) توان ترسیب‌کربن را در سه گونه گل آفتابی، سیاه‌گینه و درمنه‌دشتی در مراتع خشک ایران بررسی و مقایسه کردند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که گونه درمنه دشتی بیش‌تر ین توان ترسیب‌کربن در منطقه را داشته است (۱۱). در مورد اثر فاصله کشت بر میزان ترسیب‌کربن در گونه آتریپلکس مهدوی و همکاران (۱۳۸۴) نشان دادند که ذخیره‌کربن بین دو منطقه با تراکم بوته‌ای متفاوت، اختلاف معنی‌داری نداشته است (۱۲). در جدیدترین تحقیقات که به بررسی تأثیر انواع مختلف گونه‌های چوبی بر میزان ترسیب‌کربن اشاره داشته، دریافتند که میزان عناصری مانند نیتروژن بر ذخیره‌کربن خاک تأثیرگذار است (۱۳). اکوسیستم‌های مرتعی به دلیل در برداشتن نیمی از کل اراضی جهان، پتانسیل بالایی در ترسیب‌کربن دارند. و از آنجا که منطقه البرز مرکزی از اهمیت محیط‌زیستی جهانی برخوردار است و امروزه در معرض خطرهای متعددی نیز قرار گرفته است، مطالعه پوشش‌گیاهی این مناطق بدلیل توانایی بالای ترسیب‌کربن بسیار حایز اهمیت است. ازسوی‌دیگر به‌دلیل تأثیر عوامل انسانی از جمله چرای دام بر میزان ترسیب‌کربن، ضروری است میزان ترسیب‌کربن در مراتع مورد ارزیابی قرار گیرد. از بین گونه‌های مرتع‌کاری‌شده موجود در منطقه گیاهان خانواده چغندریان از جمله آتریپلکس که گیاهی علوفه‌ای و پایا است، می‌تواند سهم بالایی در ترسیب‌کربن در این گونه اراضی داشته باشد. در این تحقیق جهت بررسی پتانسیل گیاه آتریپلکس برای ترسیب‌کربن، گونه آتریپلکس‌کانیسنس (*Atriplex canescens*) که در منطقه چشمه‌علی قزوین کاشته شده بود، مورد بررسی قرار گرفت. هدف از انجام تحقیق حاضر برآورد میزان کربن ترسیب‌شده توسط گونه آتریپلکس‌کانیسنس در واحد سطح و نیز بررسی ارتباط میزان ترسیب‌کربن با عوامل خاک و پوشش‌گیاهی در منطقه چشمه‌علی قزوین می‌باشد. تا ضمن دست یافتن به برآوردی اولیه از میزان ذخایر کربن گونه آتریپلکس دراین منطقه در جهت مدیریت اصولی در راستای پیمان کیوتو، بتوان اثر عوامل انسانی در میزان کل کربن ترسیب‌شده دراین اکوسیستم‌ها را برای اتخاذ تصمیم درست و پایدار مدیریتی در مراتع کشور تعیین کرد. از طرف دیگر با توجه به این که ارزش جداسازی کربن در خاک مراتع، ۲۰۰ دلار برای هر تن در هکتار در نظر گرفته شده است (۱۴)، می‌توان با شناخت مسایل مجهول در رابطه با توانایی گونه‌های مختلف گیاهی در ترسیب‌کربن، حفاظت و بهره‌وری بهینه اراضی و همچنین عملیات اصلاح و احیای مناطق تخریب‌یافته، را مدنظر قرار داد.

روش بررسی

منطقه مورد مطالعه

منطقه چشمه‌علی در محدوده جغرافیایی ′۴۵ °۴۸ تا ′۵۱ °۵۰ طول شرقی و ′۲۴ °۳۵ تا ′۴۸ °۳۶ عرض شمالی در ۳۰ کیلومتری شهرستان آبگرم در استان قزوین با مساحت حدود ۱۰۲ هکتار قرار دارد. طبق اطلاعات ایستگاه هواشناسی شهرستان، این منطقه دارای اقلیم حیاتی نیمه‌خشک معتدل می‌باشد. ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۳۲۰ متر و متوسط بارندگی سالانه در حدود ۲۰۸ میلی‌متر است. کاربری اراضی منطقه به صورت مرتعی می‌باشد که مورد چرای شدید دام‌های روستاییان قرار دارد. منطقه مذکور یک منطقه معرف از

تیپ‌گیاهی آتریپلکس‌کانیسنس (*Atriplex canescens*) به مساحت حدود ۲ هکتار است.

روش انجام تحقیق

جهت انجام این مطالعه آتریپلکس‌هایی که در یک طرح آماری کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کاملاً تصادفی و در سه‌تکرار کاشته شده بودند، مورد بررسی قرار گرفتند. تیمارهای اصلی فواصل کاشت بوته (تراکم) در دو سطح ۲×۲ متر و ۴×۴ متر (به منظور بیان اثر تراکم پوشش) که هر تیمار اصلی شامل تیمارهای فرعی ارتفاع هرس(هرس به منظور بیان اثر شدت چرا بر میزان ترسیب‌کربن) در چهار سطح تیمار شامل؛ بدون هرس یا شاهد، هرس کامل یا کف‌بر، هرس از ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر و هرس از ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر در نمونه‌برداری‌ها اعمال شد. تیمار بدون هرس یا شاهد بیان‌گر منطقه بدون چرا، تیمار هرس کامل یا کف‌بر بیان‌گر چرای سنگین، هرس از ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر بیان‌گر چرای متوسط و هرس از ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر بیان‌گر چرای سبک پوشش‌گیاهی منطقه می‌باشد. با احتساب سطوح کرت‌های اصلی و فرعی، تعداد تیمارها در هر بلوک ۸ کرت و در مجموع ۲۴ کرت بودند. با توجه به سطوح کرت‌های اصلی و فرعی و تکرار از مجموع ۲۴ کرت موجود از هر کرت ۲ نمونه به صورت کاملاً تصادفی انتخاب و اندازه‌گیری شد که در مجموع ۴۸ نمونه مورد بررسی قرار گرفت. پس از اندازه‌گیری ارتفاع بوته و سطح تاج پوشش (اقطار بزرگ و کوچک) در هریک از کرت‌های تحت بررسی، به‌منظور تعیین وزن‌تر اندام هوایی و زیرزمینی آتریپلکس در تمامی نمونه‌ها، از روش قطع و توزین استفاده گردید. برای اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک، در تمامی ۲۴ کرت موجود نمونه‌گیری انجام شد، در هر کرت در دو لایه: ۱ لایه متأثر از ماده آلی (۳۰-۰ سانتیمتر) و ۲- لایه حداکثر گسترش ریشه‌دوانی، نمونه‌گیری در پای بوته‌ها صورت گرفت و به آزمایشگاه منتقل گردید.

درصد کربن آلی نمونه‌ها با استفاده از روش احتراق در کوره الکتریکی محاسبه گردید. تعیین بافت خاک به‌روش هیدرومتری و با استفاده از هیدرومتر بایکاس انجام شد. جهت تعیین وزن مخصوص ظاهری خاک از روش کلوخه استفاده شد. برای تعیین pH خاک، ابتدا گل اشباع تهیه شد و سپس اندازه‌گیری pH گل‌اشباع به روش پتانسیومتری با استفاده از دستگاه pH متر انجام شد. جهت تعیین مقدار EC خاک، ابتدا عصاره گل‌اشباع تهیه شد و سپس هدایت الکتریکی عصاره گل‌اشباع با استفاده از دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری درصد آهک خاک، از روش کلسی‌متری استفاده شد. مقدار پتاسیم خاک با روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم نرمال اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین درصد کربن آلی خاک، از روش واکلی و بلاک استفاده شد درصد رطوبت خاک نیز به روش خشک کردن مقدار معین خاک‌تر در اون یا خشک‌کن در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد [۲۶، ۲۵]. محاسبه ترسیب‌کربن بر حسب کیلوگرم برهکتار براساس رابطه زیر محاسبه گردید:

(۱)

$$Cs = 10000 \times OC\ (\%) \times Bd \times E$$

Cs: کربن آلی بر حسب کیلوگرم بر هکتار، Bd: وزن مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم برسانتیمتر مکعب، OC %: درصد کربن آلی و E: عمق نمونه‌برداری خاک برحسب سانتیمتر است (۱۵).

در ادامه با توجه به اهداف تحقیق جهت انجام تجزیه و تحلیل‌های آماری، ابتدا نرمال‌بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف -اسمیرنوف و همگنی آن‌ها با آزمون لون مورد بررسی قرار گرفت. به منظور بررسی کلی تفاوت یا عدم تفاوت مشخصه‌های مورد بررسی در ارتباط با تیمارها و عمق خاک از تجزیه و تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) استفاده شد. برای کلاسه‌بندی مقدار میانگین‌ها نیز با در نظر گرفتن قبولی فرض برابری واریانس‌ها از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد استفاده شد. در نهایت، همبستگی بین صفات مورد مطالعه پوشش‌گیاهی و عوامل خاک در تراکم ۲×۲ متر و ۴×۴ متر مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه برای تجزیه وتحلیل آماری اطلاعات از نرم‌افزارهای آماری SPSS و EXCEL استفاده گردید.

یافته‌ها

جدول ۱، مربوط به درصد کربن آلی خاک در لایه اول است، که نشان می‌دهد تفاوت معنی‌داری بین درصد کربن آلی خاک در تیمارهای تراکم، ارتفاع هرس و اثر متقابل آن‌ها وجود ندارد. همچنین مقایسه میانگین با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد، نشان داد که تیمارهای موجود از لحاظ درصد کربن آلی در یک‌سطح قرار می‌گیرند.

جدول ۱-نتایج تجزیه واریانس درصد کربن آلی خاک لایه (۱) در تیمارهای تراکم و ارتفاع هرس

منبع تغییرات	درجه‌آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آزمون F
تراکم	۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۳۰۵ns
ارتفاع هرس	۳	۰/۰۶۲	۰/۰۲۱	۰/۹۳۱ns
اثر متقابل تراکم و ارتفاع هرس	۳	۰/۰۳۸	۰/۰۱۲	۰/۶۳۲ns
خطا	۱۶	۰/۲۵۸	۰/۰۱۶	
کل	۲۳	۰/۳۵۹		

** : تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ در صد، ns تفاوت معنی‌دار نیست.

تجزیه واریانس جدول ۲ مربوط به درصد کربن آلی خاک در لایه دوم می‌باشد، که نشان می‌دهد تفاوت معنی‌داری بین درصد کربن آلی خاک در تیمارهای تراکم، ارتفاع هرس و اثرمتقابل آن‌ها وجود ندارد. همچنین مقایسه میانگین با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد، نشان داد که تیمارهای موجود از لحاظ درصد کربن آلی در یک سطح قرار می‌گیرند.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس درصد کربن آلی خاک لایه (۲) در تیمارهای تراکم و ارتفاع هرس

منبع تغییرات	درجه‌آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آزمون F
تراکم	۱	۰/۰۰۹	۰/۰۰۹	۳/۳۹۳ns
ارتفاع هرس	۳	/۰۱۱	۰/۰۰۴	۱/۳۷۴ns
اثر متقابل تراکم و ارتفاع هرس	۳	۰/۰۱۵	۰/۰۰۵	۰/۳۶۳ns
خطا	۱۶	۰/۰۴۳	۰/۰۰۳	
کل	۲۳	۰/۰۷۸		

** : تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ در صد، ns تفاوت معنی‌دار نیست.

نتایج تجزیه واریانس جدول ۳ مربوط به میانگین کربن بیوماس زیرزمینی می‌باشد، که نشان می‌دهد تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد بین میانگین کربن بیوماس زیرزمینی در تیمارهای تراکم وجود دارد و تراکم ۲×۲ متر با میانگین ۶۶۴ کیلوگرم بر هکتار در سطح بالاتری قرار دارد، اما در تیمارهای ارتفاع هرس و اثر متقابل تراکم و ارتفاع هرس تفاوت معنی‌دار نیست. ازطرف‌دیگر، مقایسه میانگین با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد، نشان داد که تیمارهای موجود از لحاظ میانگین کربن بیوماس زیرزمینی در یک سطح قرار می‌گیرند.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس میانگین کربن بیوماس زیرزمینی در تیمارهای تراکم و ارتفاع هرس

منبع تغییرات	درجه‌آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آزمون F
تراکم	۱	۹۱۶۷۶۱	۹۱۶۷۶۱	۱۴/۶۵۲**
ارتفاع هرس	۳	۴۰۸۱۹	۱۳۶۰۶	۰/۲۱۷ns
اثر متقابل تراکم و ارتفاع هرس	۳	۲۸۲۹۲۱	۹۴۳۰۷	۱/۵۰۷ns
خطا	۴۰	۲۵۰۲۷۷۶	۶۲۵۶۹	
کل	۴۷	۳۷۴۳۲۷۷		

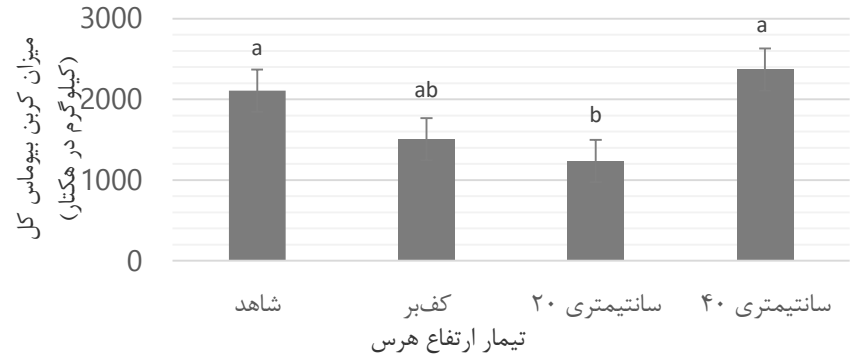
**: تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد، ns: تفاوت معنی‌دار نیست.

نتایج تجزیه واریانس جدول ۴ مربوط به میانگین کربن بیوماس کل پوشش‌گیاهی می‌باشد، که نشان می‌دهد که بین میانگین کربن بیوماس کل تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد در تیمارهای تراکم و در سطح ۵ درصد در تیمارهای ارتفاع هرس وجود دارد، اما در اثر متقابل تراکم و ارتفاع هرس تفاوت معنی‌دار نیست. تراکم ۲×۲ متر با میانگین ۲۳۷۱ کیلوگرم بر هکتار از لحاظ کربن بیوماس کل در سطح بالاتری قرار دارد، همچنین مقایسه میانگین با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد، در شکل ۱ نشان می‌دهد که بیش‌تر ین میانگین کربن بیوماس کل در تیمار ارتفاع هرس ۴۰ سانتی‌متر با میانگین ۲۱۰۹ کیلوگرم بر هکتار و کم‌تر ین در تیمار ارتفاع هرس۲۰ سانتی‌متر با میانگین ۱۳۳۸ کیلوگرم بر هکتار می‌باشد.

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس میانگین کربن بیوماس کل در تیمارهای تراکم و ارتفاع هرس

منبع تغییرات	درجه‌آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آزمون F
تراکم	۱	۱۸۳۹۸۱۷۸	۱۸۳۹۸۱۷۸	۳۵/۳۰۷**
ارتفاع هرس	۳	۵۳۶۶۷۳۸	۱۷۸۸۹۱۳	۳/۴۳۳*
اثر متقابل تراکم و ارتفاع هرس	۳	۳۲۵۶۳۲۱	۱۰۸۵۴۴۰	۲/۰۸۳ns
خطا	۴۰	۲۰۸۴۳۷۵۶	۵۲۱۰۹۴	
کل	۴۷	۴۷۸۶۴۹۹۳		

*،** تفاوت معنی‌دار به ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد، nsتفاوت معنی‌دار نیست.



شکل۱- مقایسه میانگین کربن بیوماس کل با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد

نتایج تجزیه واریانس موجود در جدول ۵ مربوط به میانگین ترسیب‌کربن کل می‌باشد، که نشان می‌دهد تفاوت معنی‌داری بین میانگین ترسیب‌کربن کل در تیمارهای تراکم، ارتفاع هرس و اثر متقابل آن‌ها وجود ندارد. همچنین مقایسه میانگین با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد، نشان داد که تیمارهای موجود از لحاظ میانگین ترسیب‌کربن کل در یک سطح قرار می‌گیرند.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس میانگین ترسیب‌کربن کل در تیمارهای تراکم و ارتفاع هرس

منبع تغییرات	درجه‌آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آزمون F
تراکم	۱	۲۵۷۲۴۳۴	۲۵۷۲۴۳۴	۰/۰۲۰ns
ارتفاع هرس	۳	۷۱۸۰۳۳۴۲	۲۳۹۳۴۴۴۷	۰/۱۸۵ns
اثر متقابل تراکم و ارتفاع هرس	۳	۴۹۸۱۰۶۸۹۳	۱۶۶۰۳۵۶۳۱	۱/۲۸۴ns
خطا	۱۶	۲۰۶۹۱۸۶۵۱۰	۱۲۹۳۲۴۱۵۷	
کل	۲۳	۲۶۴۱۶۶۹۱۷۹		

ns: تفاوت معنی‌دار نیست.

با توجه به این‌که شناخت رابطه بین صفات و عوامل خاک و پوشش‌گیاهی از اهداف مهم تحقیق حاضر بوده است. به همین منظور همبستگی بین این صفات در این مطالعه بررسی شده است.

بررسی همبستگی بین صفات مورد مطالعه پوشش‌گیاهی و عوامل خاک در تراکم ۲×۲ متر

نتایج تجزیه همبستگی نشان می دهند که در تراکم ۲×۲ متر، در بین فاکتورهای اندازه گیری شده در خاک، تنها کربن آلی خاک در عمق اول با درصد آهک در سطح ۵٪ رابطه منفی و معنی‌داری دارد، به عبارتی هر اندازه مقدار آهک موجود در خاک زیادتر باشد، از میزان کربن آلی خاک کاسته خواهد شد. نتایج نشان داد که کربن آلی خاک در عمق اول و دوم با هیچ کدام از صفات پوشش مورد بررسی همبستگی نداشت. ترسیب‌کربن کل با کربن آلی خاک عمق اول و دوم در سطح ۵٪ رابطه مثبت ومعنی‌داری را دارا بود. بین ترسیب‌کربن کل با سایر صفات اندازه گیری شده پوشش و خاک همبستگی وجود نداشت.

بررسی همبستگی بین صفات مورد مطالعه پوشش و عوامل خاک در تراکم ۴×۴ متر

با توجه به تجزیه همبستگی صفات مورد مطالعه در تراکم ۴×۴ متر، کربن آلی خاک در عمق اول و دوم با هیچ کدام از صفات مورد بررسی پوشش و خاک همبستگی نداشت. ترسیب‌کربن کل با کربن آلی خاک عمق اول و دوم در سطح ۱٪ رابطه مثبت و معنی‌داری را دارا بود. بین ترسیب‌کربن کل با سایر صفات اندازه گیری شده پوشش و خاک همبستگی وجود نداشت.

بحث و نتیجه‌گیری

فرایند ترسیب‌کربن توسط گیاهان ساده‌ترین و به لحاظ اقتصادی ارزان‌ترین روش برای کاهش کربن به شمار می‌رود که این نقش را گیاهان توسط عمل فتوسنتز و از طریق اندام‌های خود انجام می‌دهند و هر یک از اندام‌های آن‌ها دارای نقش متفاوتی در این فرایند می‌باشند (۱۱). میزان ترسیب‌کربن در واحد زمان به خصوصیات رشد گونه‌های گیاهی و شیوه‌های مدیریت، روش احیاء و شرایط محیطی به‌ویژه مقدار بارندگی، تغییر کاربری اراضی، شرایط فیزیکی و بیولوژیکی خاک و ذخیره قبلی کربن در خاک بستگی دارد (۱۷، ۱۶). رابطه مستقیمی بین کربن ترسیب‌شده با نوع گونه گیاهی وجود دارد، به طوری که برای گونه‌های مختلف، ضرایب متفاوتی برای ترسیب‌کربن ارایه‌شده است (۱۹، ۱۸، ۹). در این مطالعه با توجه به تجزیه واریانس درصد کربن آلی و مقدار کربن آلی خاک در لایه اول و دوم خاک، چنین استنباط می‌شود که این صفات متأثر از تیمارهای تراکم و ارتفاع هرس اعمال شده نبوده‌اند که این یافته در راستای نتایج مطالعه (۱۶) قرار دارد که نشان دادند میزان ذخیره کربن خاک تحت تأثیر دوره قطع یا فاصله کاشت بین درختان بید (*Salix spp.*) نیست.

میانگین ارتفاع و حجم بوته‌ها در تیمار اصلی تراکم ۴×۴ متر بیش از تراکم ۲×۲ متر بوده، که این امر نشان دهنده افزایش ارتفاع وحجم بوته‌ها با افزایش فاصله آن‌ها است. در بین تیمارهای ارتفاع هرس نیز تیمار شاهد از لحاظ میانگین ارتفاع و حجم بوته‌ها در وضعیت بهتری قرار داشت، که این موضوع نشان می‌دهد که انجام هرس باعث کاهش ارتفاع و حجم بوته‌ها می‌شود و در مناطق بدون هرس (مراتع قرق)، بوته‌ها از ارتفاع و حجم بیش‌تر ی برخوردارند. برای صفت بیوماس زیرزمینی اختلاف بین تیمارهای ارتفاع هرس معنی‌دار نبود و هر ۴ تیمار در یک سطح قرار داشتند. با توجه به این که مقدار وزنی کربن موجود در بیوماس، ضریبی از بیوماس است، نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های کربن بیوماس هوایی، کربن بیوماس زیرزمینی و کربن بیوماس کل مشابه نتایج بیوماس مربوطه آن‌ها ست. این نتایج مشابه نتایج تحقیقات (۲۰) می-باشد که بیان کردند با کاهش فاصله کاشت میزان بیوماس کل افزایش می‌یابد. از طرف دیگر نتایج این بررسی نشان داد که ذخیره‌کربن در بیوماس اندام هوایی، بیش از ریشه‌ها بود که با نتایج مطالعات (۲۱، ۲۰، ۱) مطابقت دارد. همان‌طورکه در بخش نتایج مطرح شد از نظر میزان ترسیب‌کربن کل و مقدار کربن آلی خاک، بین تیمارهای اصلی تراکم و همچنین تیمارهای فرعی ارتفاع هرس اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. درصورتی‌که نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که بین ترسیب‌کربن کل با مقدار کربن آلی خاک در دو تراکم (۲×۲ و ۴×۴ متر) رابطه مثبت و معنی‌داری (به‌ترتیب در سطح ۱٪ و۵٪) وجود دارد که این یافته در راستای نتایج تحقیقات (۱،۳،۶،۲۲،۲۳) قرار دارد. به‌این‌دلیل که قسمت اعظم کربن ترسیب‌شده در خاک قرار دارد، بنابراین می‌توان بیان داشت که در اکوسیستم‌های مرتعی، خاک مهم‌ترین مخزن کربن آلی است. نتایج این بررسی نشان داد که در تراکم ۲×۲ متر، مقدار بیوماس کل و کربن بیوماس کل به ترتیب با ۵۳۶۵ کیلوگرم بر هکتار و ۲۳۷۰ کیلوگرم بر هکتار در حدود دو برابر مقدار بیوماس کل و کربن بیوماس کل در تراکم ۴×۴ متر می‌باشد. ضمن این که در بین تیمارهای ارتفاع هرس، تیمار بدون هرس (شاهد) و هرس از ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر با میانگین بیوماس کل و کربن بیوماس کل بالاتر، بهترین تیمار ارتفاع هرس محسوب می‌شوند. با وجود تفاوت زیاد بین میزان بیوماس کل و کربن بیوماس کل در تراکم ۲×۲ متر و تراکم ۴×۴ متر، بین مقدار کربن آلی خاک و ترسیب کربن کل در بین این دو تراکم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، که این می‌تواند به دلیل تغییرات تدریجی کربن خاک و افزایش کربن آلی خاک در بلندمدت باشد. در این رابطه تحقیقات (۲۴)، نشان داد که تغییر کاربری اراضی در حالی که می‌تواند باعث افزایش سریع ذخایر کربن گیاهی شود، اما سبب افزایش تدریجی کربن خاک خواهد شد که توضیح مناسبی برای این نتیجه است. با توجه به این نکته که مقدار وزنی کربن موجود در بیوماس ضریبی از بیوماس است، نتایج تجزیه همبستگی کربن بیوماس هوایی، کربن بیوماس زیرزمینی و کربن بیوماس کل مشابه نتایج بیوماس مربوطه آن‌ها ست. به عبارت دیگر با افزایش ارتفاع و حجم بوته‌ها بر میزان بیوماس هوایی افزوده می‌شود، که این افزایش سبب افزایش بیوماس زیرزمینی و در نهایت بیوماس کل گیاه شده و در نتیجه باعث افزایش ذخیره کربن گیاه می‌شود. در این رابطه (۲۵) بیان کردند بیوماس و محتوای کربن گیاه بیش‌تر ین همبستگی را با هم دارند و کربن موجود در گیاه بخشی از بیوماس است. (۶)، در مطالعه خود گزارش کردند که افزایش پوشش‌گیاهی موجب افزایش تجمع کربن در بیوماس هوایی و زیرزمینی و خاک می‌گردد. بین کربن آلی خاک با بیوماس کل رابطه‌ای وجود نداشت، به عبارتی افزایش یا کاهش بیوماس بر کربن آلی خاک اثری ندارد. با توجه به نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر، که در قالب طرح آترپلکس‌کاری، بررسی فاصله کاشت و ارتفاع هرس انجام شده است، می‌توان اذعان نمود که مدیریت صحیح اراضی مرتعی، افزایش ذخیره‌کربن گیاه را در پی خواهد داشت و سبب افزایش ترسیب‌کربن می‌شود. توسعه پوشش‌گیاهی علاوه بر تأثیر مثبت بر روی ترسیب‌کربن، مزایایی چون کاهش رواناب و فرسایش، جلوگیری از فشردگی خاک‌ها و بهبود شرایط زیستی حیات‌وحش را به دنبال دارد. همان‌طورکه نتایج این تحقیق نیز

نشان داد قسمت اعظم کربن ترسیب‌شده در خاک قرار دارد، بنابراین هرگونه عملیات بیولوژیک که باعث افزایش کیفیت خاک شود و مانع سیر قهقرایی خاک گردد، به طور قطع افزایش توان بیولوژیکی منطقه را در پی خواهد داشت و گام‌مثبتی در جهت افزایش ترسیب‌کربن خواهد بود. بنابراین بهتر است اثر عملیات بیولوژیکی رایج در طرح‌های مرتع و بیابان از قبیل بذرکاری، کپه‌کاری، میان‌کاری، نهال‌کاری به‌ویژه طرح‌های آتریپلکس‌کاری و تاغ‌کاری، قرق و کودپاشی به‌لحاظ کربن ترسیب شده مورد مطالعه قرار گیرند. از طرف دیگر در مطالعات ترسیب‌کربن لازم است اثر شدت چرای دام و سیستم‌های مختلف چرایی بر ترسیب‌کربن بررسی شود تا با درنظرگرفتن این فرایند مهم محیط‌زیستی سیستم‌های چرایی را براساس آن طرح‌ریزی نمود. همچنین جهت پروژه‌های ترسیب‌کربن در خاک، بهتر است خاک‌هایی را انتخاب نمود که بیش‌ترین قابلیت و ظرفیت را برای افزایش سطح کربن داشته باشند، مانند خاک‌هایی که در گذشته به‌دلیل مدیریت ضعیف یا کشت محصولات زراعی یک‌ساله در آن‌ها ، تولید پایینی دارند. در نهایت با توجه به وسعت زیاد مراتع و هزینه بالای روش‌های اندازه‌گیری بیوماس، باید روش‌های اندازه‌گیری بیوماس به‌منظور برآورد مقدار ترسیب‌کربن در بیوماس مطالعه شده و کم هزینه‌ترین و سریع‌ترین روش‌ها ارایه شود.

منابع

۱- عبدی، ن، ۱۳۸۴، «برآورد ظرفیت ترسیب کربن توسط جنس گون در استان های مرکزی و اصفهان»، رساله دکتری، علوم مرتع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ۱۹۴ ص.

2- Adams, J., Fair, H., Rechard, L., McAlad, M. and Woodward, F.L. (1990). Increases in terrestrial carbon storage from the last glacial maximum to the present, *Nature*, 348: 711-714.

3- Gao, Y.H., Luo, P., Wu. N. Chen, H. and Wang, G.X. (2007). Grazing intensity impacts on carbon sequestration in an Alpine Meadow on the Eastern Tibetan plateau, *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 3(6): 642-647.

4- Derner, J.D. and Schuman, G.H. (2007). Carbon sequestration and rangelands: A Synthesis of land Management and precipitation effects, *Journal of Soil and Water Conservation*, 62 (2): 77-85.

5- Luciuk, G.M., Bonneau, M.A., M. Boyle, D. and Vibery, E. (2000). *Prairie Farm Rehabilitation. Administration Paper. Carbon Sequestration*-Additional Environmental Benefits of Forests in the PFRA.

6- Aradottir, A., Savarsdottir, L., Kristin, H., Jonsson, P. and Gudbergsson, G. (2000). Carbon accumulation in vegetation and solids by reclamation of degraded areas, *Icelandic Agricultural Sciences*, 13: 99-113.

۷- بردبار، ک و مرتضوی جهرمی، م، ۱۳۸۵، «بررسی پتانسیل ذخیره‌کربن در جنگل کاری‌های اکالیپتوس و آکاسیا در مناطق غربی استان فارس»، مجله پژوهش و سازندگی: ۱ (۳)، ص ۲۳-۱۳.

8- Ojima, D. (2000). Carbon storage in land under cropland and rangeland management. Advances in Terrestrial Ecosystem Carbon Inventory, *Measurments and Monitoring Conference in Raleigh North Carolina*, 73-80.

9- Kilbride, C.M., Byrne, K.A. and Gardiner, J.J. (1999). Carbon sequestration and Irish forests, Dublin Coford, 37 p.

10- Batjes, N.H. (1998). Mitigation of

atoms pheric cor concentration by increased carbon sequestion in the soil, *Biology and fertility of soils*, 7: 230-235.

۱۱- جعفری حقیقی، م، ۱۳۸۲. روش‌های تجزیه خاک نمونه‌برداری و تجزیه های مهم فیزیکی و شیمیایی، انتشارات ندای ضحی، 236 ص.

12- Mahdavi, M., Arzani, H., Farahpoor, M., Malekpoor, B., Joury, M.H. and Abedi, M. (2007). Efficiency investigation of Rangeland inventory with Rangeland health method, *Gorgan Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 14(1):158-173, special issue.

۱۳- نوبخت، ع، پورمجیدیان، م، حجتی، م و فلاح، ا، ۱۳۹۰، «مقایسه مقدار ترسیب‌کربن خاک در جنگلکاری‌های خالص سوزنی‌برگ و پهن‌برگ (مطالعه موردی: طرح جنگلداری دهمیان، مازندران)»، مجله جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران، ۳(۱): ۲ -۱۳.

۱۴- زرین کفش، ، ۱۳۷۲، «خاکشناسی کاربردی»، انتشارات دانشگاه تهران، ۲۴۷ ص.

۱۵- محمودی‌طالقانی، ع، زاهدی‌امیری، ق، عادلی، ا و ثاقب‌طالبی، خ، ۱۳۸۶، «برآورد ترسیب کربن خاک در جنگلهای تحت مدیریت (مطالعه موردی: جنگل گلبند در شمال کشور»، فصلنامه جنگل و صنوبر، ۲۴۱-۲۵۲.

16- Park، G.S. and Ohga, S. (2004). Effects of Cutting Cycle and Spacing on Carbon of Willow, *Journal Fac Agric Kyushu Univ*, 49: 13-24.

17- Post, W.M and Kwon, K.C. (2000). Soil carbon sequestration and land-use change, processes and potential, *Global Change Biology*, 6(3): 317-327.

18- Frank, A.B. and Karn, J.F. (2003). Vegetation indices, CO2 Flux, and biomass for Northern planis grassland, *Journal of Range Management*, 55: 16-22.

19- Singh, G.، Bala, N. Chaudhuri, K.K. and Meena, R.L. (2003). Carbon sequestration potential of common access resources in arid and semi-arid regions of northwestern India, *Indian Forester*, 129(7): 859-864.

20- Fang، S., Xue، J. and Tang, L. (2006). Biomass production and carbon sequestration potential in poplar plantations with different management patterns, *Journal of Environmental Management*, 85: 672-679

21- Laclau, P. (2003). Biomass and carbon sequestration of ponderosa pine plantations and native cypress forests in northwest Patagonia, *Forest Ecology and Management*, 180(1-3): 317-333.

۲۲- عبدی، ن، مداح عارفی، ح و زاهدی‌امیری، ق، ۱۳۸۷، «برآورد ظرفیت ترسیب‌کربن در گونزارهای استان مرکزی (مطالعه موردی: منطقه مالمیر شهرستان شازند)»، فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۵(۳): ص ۲۸۲-۲۶۹.

23- Snorrason, A., Sigurdsson, B.D., Gudbergsson, G., Svavarsdottir, K. and Jonsson, T.H.H. (2002). Carbon sequestration in forest plantations in Iceland, *Buvisindi*, 15: 81-93.

24- Turner, D.P. and Koerper, G.J. (1995). A carbon budjet for forests of the conterminous United States, *Ecological Applications*, 5 (2): 421-436.