مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸
ص ۴۰۸-۳۹۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۰۸
تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۰۴/۱۳

اثر تبدیل مرتع به جنگل‌کاری بر تغییرات تصاعد کربن آلی خاک (مطالعهٔ موردی: بخشی از مراتع شهرستان سنندج)

❖ **فرنوش زارعی؛** دانشجوی کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

❖ **حامد جنیدی جعفری*؛** استادیار دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

❖ **پرویز کرمی؛** استادیار دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

چکیده

در این مطالعه اثر تبدیل مرتع به جنگل‌کاری بر میزان تصاعد کربن آلی خاک در دو تودهٔ جنگل‌کاری سرو نقره‌ای و داغداغان و مرتع مجاور در محدودهٔ شهر سنندج بررسی شد. برای بررسی میزان تصاعد کربن‌دی‌اکسید به روش تله قلیایی با اتاقک بستهٔ ساکن به صورت ماهیانه با ۵ تکرار در هر تیمار و به مدت یک سال انجام گرفت. آنالیز تصاعد کربن‌دی‌اکسید با تجزیه واریانس یک طرفه و برای مقایسهٔ میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. نتایج نشان داد میزان تصاعد کربن در تیمار مرتع، سرونقره‌ای و داغداغان به ترتیب ۱۱۰/۹۴، ۱۰۴/۹۲ و ۹۱/۲۲ کیلوگرم در هکتار در ماه و میزان تصاعد کربن‌دی‌اکسید ۴۰۶/۷۸، ۳۸۴/۷۱ و ۳۳۴/۴۸ کیلوگرم در هکتار در ماه است. میزان تصاعد کربن و کربن دی‌اکسید در مدت ۱۲ ماه در منطقهٔ مورد نظر در سطح خطای ۵ درصد نیز معنی‌دار شد، که بیش‌ترین میزان تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید در مهر ماه و کم‌ترین میزان در مرداد بوده است. از نظر توزیع فصلی، میزان تصاعد کربن در تیمار مرتع و سرونقره‌ای معنی‌دار نشد، اما در تیمار داغداغان در سطح خطای ۵ درصد معنی‌دار شد، که بیش‌ترین میزان تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید به ترتیب در پاییز، بهار، زمستان و تابستان بوده است. در مجموع جنگل‌کاری با گونه‌های داغداغان و سرو نقره‌ای منجر به کاهش میزان تصاعد کربن خاک به ترتیب به میزان ۵/۵ و ۱۸ درصد نسبت به مرتع مجاور شد. بنابراین با برنامه‌های مدیریتی مناسب از قبیل تغییر کاربری اراضی می‌توان نرخ تصاعد کربن خاک را کاهش داد.

کلید واژگان: تصاعدکربن، کربن‌دی‌اکسید، تغییرکاربری اراضی، تله قلیایی، جنگل‌کاری.

* نویسنده مسئول: شماره تماس: ۰۰۹۸۹۱۲۵۹۹۵۲۹۷+
Email: h.joneidi@uok.ac.ir

۱. مقدمه

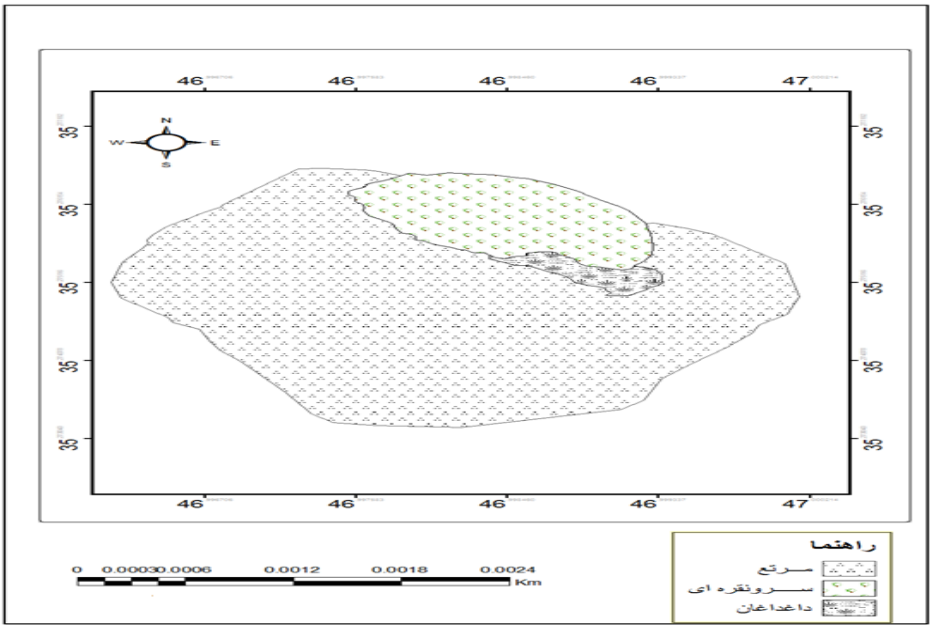
غلظت گازهای گلخانه‌ای باعث ایجاد اثر گلخانه‌ای و گرم‌تر شدن هوای کرهٔ زمین شده است، مهم‌ترین این گازها Co می باشد [۲۵]. چرخهٔ کربن و نیتروژن در اکوسیستم‌های خاکی از دهه‌های گذشته مورد توجه بیش‌تری قرار گرفته است، زیرا اکسید شدن آن‌ها در تشدید گرمایش جهانی، آلودگی هوا، اتروفیکاسیون، کاهش تنوع و کاهش کیفیت آب سهیم است، با این حال توجه به راه‌کارهای کاهش میزان این گاز رو به افزایش است [۶]. فعالیت‌های انسانی می‌تواند از طریق تغییرات الگوی کاربری اراضی بر تصاعد کربن منطقه‌ای اثر بگذارد که به نوبهٔ خود الگوی مصرف انرژی را تغییر می‌دهد و بر مقدار و نرخ تصاعد کربن تأثیر می‌گذارد [۲۴]. تصاعد کربن ناشی از تغییر کاربری اراضی در سال ۲۰۰۹ درسطح جهان حدود ۶-۱۷ درصد برآورد شده است [۳۵]. به طور کلی حدود ۳۴ درصد از کل کربن سالیانهٔ منتشر شده در جو ناشی از تغییر کاربری اراضی و ۶۶ درصد آن از طریق احتراق سوخت‌های فسیلی وارد هوا می‌شود، سیاست‌گزاران محیط‌زیست جهان دربارهٔ تغییرات تنفس خاک نگران هستند و افزایش فعالیت‌های تنفسی در خاک را سبب افزایش تصاعد کربن می‌دانند [۳۱]. نگرانی‌های اخیر در مورد افزایش سطح کربن‌دی‌اکسید در جو و گرم شدن یک بارهٔ کرهٔ زمین سبب شده که بر روی مادهٔ آلی خاک و ترسیب کربن تمرکز شود [۲۲ و ۲۹]. خاک مخزن بزرگی برای ذخیرهٔ کربن‌دی‌اکسید به شمار می‌رود، جریان کربن‌دی‌اکسید خاک یا تنفس خاک یکی از مهم‌ترین فرآیندها در چرخهٔ کربن اکوسیستم‌ها ست، که این فرآیند شامل تجزیهٔ مواد آلی و معدنی شدن آن، تنفس ریشه و ریزوسفر یا تنفس میکروبی می‌باشد [۴]. امروزه مشخص شده است که تغییر کاربری اراضی به طور قابل توجهی بر ذخایر کربن اثر می‌گذارد، چرا که ظرفیت‌های مختلف انواع کاربری اراضی برای تجمع کربن متنوع است [۲ و ۱۸]. مقدار کل کربن بین کاربری‌های مختلف تا بیش از ۱۵برابر متفاوت است [۳۲]. به طوری که کربن کل خاک در خاک‌های جنگلی دو برابر اراضی زراعی برآورد شده است [۲۶ و ۳۰]. با توجه به فهرست گازهای گلخانه‌ای کمیتهٔ بین‌المللی تغییرات آب و هوایی (IPCC)، به طور معمول منبع کل تصاعد کربن برای ۴ بخش ۱) مصرف انرژی ۲) فرآیندهای صنعتی ۳) جنگل‌داری، کشاورزی، کاربری اراضی، تغییر کاربری اراضی یا تغییر پوشش (LUCC)[1] ۴) زباله تقسیم شده است. روش IPCC[2] ضرایب تصاعد کربن را به طور دقیق مشخص و مقدار تصاعد کربن را با توجه به مصرف و انواع انرژی، زباله و تولیدات صنعتی محاسبه می‌کند. این برنامه یک روش ساده و عملی برای محاسبهٔ تصاعد کربن در مقیاس بزرگ فراهم کرده و به طور گسترده در سراسر جهان استفاده شده است [۷]. با توجه به تأثیر چشمگیر تغییر کاربری اراضی بر میزان تصاعد کربن خاک و همچنین به دلیل احتمال تأثیر مثبت عملیات بیولوژیک نظیر جنگل‌کاری بر کاهش میزان تصاعد کربن خاک، بررسی تأثیر احتمالی تبدیل مرتع به جنگل کاری به‌خصوص در حاشیهٔ شهرها و مراکز صنعتی و مسکونی امری ضروری و لازم است. به همین دلیل این تحقیق به منظور بررسی تأثیر احتمالی جنگل کاری بر تغییرات میزان تصاعد کربن ماهیانه و فصلی از خاک انجام گرفت. یافته‌های این تحقیق یکی از نیازهای اساسی مدیران در زمینهٔ شناخت پتانسیل‌های عرصه‌های طبیعی کشور در زمینهٔ مهار تولید گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های انسانی می‌باشد. در این راستا هدف این پژوهش تعیین اثر احتمالی تبدیل مراتع به جنگل‌کاری بر میزان تصاعد ماهیانه و فصلی کربن آلی سطح خاک در مرتع و توده‌های جنگل‌کاری شده است.

1- Land use/ Cover Change
2- Intergovernmental Panel on Climate Change

۲. روش‌شناسی

۱،۲. معرفی منطقهٔ مورد مطالعه

مناطق جنگل‌کاری شـــده و مرتع مجاور آن به عنوان منطقهٔ شـــاهد بین طول جغرافیایی '۵۸ °۴۶ تا '۵۵ °۴۶ طول شرقی و '۱۵ °۳۵ تا '۱۹ °۳۵ عرض شمالی واقع شده ا ست. این منطقه با م ساحت ۲ هکتار در دامنهٔ شرقی کوه آبیدر ســـنندج قرار گرفته اســـت. متوســـط شـــیب منطقهٔ جنگل‌کاری شده ۴۰ در صد و ارتفاع از سطح دریا ۱۵۵۰ متر می‌باشـــد. متوســـط حداقل دمای مطلق هوا ۵- درجهٔ ســـانتی‌گراد مربوط به ماه بهمن و متوســـط حداکثر دمای مطلق هوا ۳۷+ درجهٔ ســـانتی‌گراد در ماه مرداد می‌باشـــد. متو سط بارش سالیانه ۴۸۴ میلی‌متر بوده که توزیع فصلی آن ۲۵ درصد در بهار، ۱ درصد در فصل تابستان، ۲۹ درصد در پاییز و ۴۵ درصد در زمستان است. منطقهٔ مورد مطالعه از نظر تقســـیم‌بندی آب و هوایی جزء مناطق نیمه‌اســـتیپی کشـــور طبقه‌بندی می‌شـــود [۱۴]. تیپ‌های خالص درختی موجود در منطقهٔ مورد مطالعه شـــامل ســـرو نقره‌ای و داغداغان اســـت. تیپ‌ها به فاصـــله کمی از هم و با همگونی فیزیوگرافی قرار گرفته‌اند. تراکم توده های ســـرونقره‌ای و داغداغان به ترتیب ۶۰۰ و ۵۰۰ پایه در هکتار می‌باشـــد. ســـن تودهٔ ســـرونقره‌ای ۱۲ ســـال و تودهٔ داغداغان ۲ ســـال ا ست. موقعیت توده‌های جنگل‌کاری شده نسبت به شاهد (مرتع) در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱. موقعیت توده‌های جنگل‌کاری شده نسبت به شاهد (مرتع)

۲.۲. معرفی گونه‌های مورد مطالعه

ســـرونقره‌ای با نام علمی *Cupressus arizonica* از خانوادهٔ Cupressaceae می‌با شد. اولین بار در سال ۱۳۳۴ به ایران وارد شده و در حال حاضر تقریباً در سراسر کشور به صـورت دسـت کاشـت و دیم کاشـته می‌شـود. درخت سوزنی برگ با ر شد سریع، اندازهٔ متوسط، همیشه سبز به ارتفاع ۲۰ متر با تاج مخروطی می‌با شد. این درخت به طور طبیعی در اقلیم خشک و نیمه‌خشک با بارندگی ۵۰۰-۲۵۰ میلی‌متر یافت می‌شـــود و نســـبت به خشـــکی و یخبندان مقاوم ا ست [۱۴]. داغداغان از نظر تاک سونومی دارای ۱۰۰ گونه بوده و متعلق به خانوادهٔ Ulmaceae می‌باشـد. مطالعهٔ حاضر بر روی داغداغان با نام علمی *Celtis caucasica*، نام

انگلیسی Caucasian Nettle Tree و نام فارسی تادار یا درخت تا که در سال ۱۸۰۶ توسط Carl Ludwig von Willdeno شرح داده شده، انجام شد. ارتفاع درخت حداکثر تا ۱۵ متر، پوست تنه خاکستری همراه با لکه‌های سفید، شاخه‌های جوان دارای کرک‌های اندک و یا تقریباً بدون کرک است. این گیاه متعلق به بخش کوهستانی منطقهٔ ایران - تورانی و منطقهٔ زاگرسی می‌باشد [۹].

۳،۲. روش نمونه‌برداری

۱،۳،۲. نمونه‌برداری پوشش گیاهی

نمونه‌برداری از پوشش‌گیاهی مرتع به روش تصادفی سیستماتیک انجام شد. برای این منظور با توجه به وسعت منطقه و یکنواختی عوامل محیطی یک ترانسکت ۱۰۰ متری، عمود بر جهت شیب مستقر گردید و در طول ترانسکت از ۱۰ پلات ۱×۱ متر مربعی و در مجموع ۱۰ پلات برای نمو نه‌برداری استفاده شد. ابعاد پلات نمونه‌برداری با استفاده از روش حداقل سطح و تعداد پلات با روش آماری تعیین شد. در داخل هر پلات لیست گونه‌های موجود، درصد پوشش تاجی گونه‌های گیاهی، درصد لاشبرگ، درصد خاک لخت و درصد سنگ و سنگریزه اندازه‌گیری شد.

۲.۳.۲. نمونه‌برداری ماهانه برای مطالعهٔ تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید

بلوک‌های کشت شده با گونه‌های مختلف درختی (۲ گونهٔ خالص) به عنوان تیمارهای مطالعاتی و مرتع مجاور به عنوان تیمار شاهد انتخاب شد. در هر کدام از تیمارهای جنگل کاری شده و مرتع (شاهد)، منطقهٔ معرف برای نمونه‌برداری تعیین شد. در هر تیمار اقدام به استقرار ۵ تله قلیایی (در هر تیمار با ۵ تکرار) جهت اندازه‌گیری مقادیر تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید (روش تله قلیایی با اتاقک بستهٔ ساکن) در منطقه به صورت ماهانه و در مدت ۱۲ ماه انجام گرفت. به این ترتیب در هر تیمار مجموعاً ۶۰ تله در طول یک سال مستقر گردید. زمان استقرار تله‌ها در هر تیمار در نیمهٔ هر ماه بود. شیوهٔ کار به این صورت بود که در هر تیمار ۱۰ میلی‌لیتر NaoH ۰/۱ نرمال را از ۹ صبح روز قبل تا ساعت ۹ صبح روز بعد (به مدت ۲۴ ساعت) داخل بشری ریخته و با تله قلیایی روی بشر حاوی NaoH در زمان مذکور پوشانده و در صحرا قرار داده شد و پس از انتقال به آزمایشگاه با HCL ۰/۵ نرمال تیتر شدند. مساحت تلهٔ قلیایی با شعاع ۱۵ سانتی‌متر، ۰/۰۷ متر مربع بود. تله‌ها در مرتع، توده‌های جنگلی سرونقره‌ای و داغداغان به ترتیب با فاصلهٔ ۵، ۶ و ۴ متر از هم استقرار داشتند.

مقدار کربن و کربن‌دی‌اکسید که در طول خاک به وسیلهٔ تلهٔ قلیایی به دام افتاده بود، به وسیلهٔ رابطهٔ (۱) استوزکی به دست آمد [۱].

$$C\ or = (B-V)\times N\times E \qquad \text{رابطهٔ (۱)}$$

مقدار تصاعد کربن و کربن دی اکسید (mg)، B: حجم اسید استفاده شده برای سود کنترلی، V: حجم اسید استفاده شده برای قطعهٔ تیمار تله قلیایی شده، N: عاملی است که برای نرمال بودن اسید استفاده می‌شود و E: معادل وزن که برای محاسبهٔ کربن با مقدار ۶ و کربن‌دی‌اکسید با مقدار ۲۲ می‌باشد.

پس از پایان نمونه‌برداری در هر ماه مقادیر به‌دست آمده با عمل تیتراسیون به مقدار عددی تبدیل شده و این مقدار عددی در فرمول استوزکی قرار داده شد (ضرایب استاندارد) و به این ترتیب، مقادیر تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید در هر تیمار به دست آمد.

پس از به د ست آوردن داده‌های خام مربوط به فاکتور پوشش‌گیاهی، نرمال بودن توزیع داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. فرض نرمال بودن داده ها با آزمون کولموگرف - اسمیرنوف در سطح ۱ درصد و همگنی واریانس داده‌ها براساس آزمون لیون انجام گردید. برای تعیین وضعیت مرتع از روش ۴ فاکتوره استفاده شد. برای مقایسهٔ اثر جنگل‌کاری بر تصاعد کربن با مرتع شاهد از آزمون تجزیهٔ واریانس یک طرفه و جهت مقایسهٔ میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. میزان تصاعد کربن و

کربن‌دی‌اکسید با دمای روزانه و ماهانه، بارش و رطوبت نسبی مقایسه گردید، به این منظور میانگین ۳ روزهٔ دما، بارش و رطوبت نسبی در قبل از روز استقرار تله‌ها محاسبه و ملاک کار قرار گرفت (جدول۱). کلیهٔ آنالیزهای آماری در محیط نرم افزار Spss16 صورت گرفت و برای رسم نمودارهای مربوطه از برنامهٔ Excel استفاده گردید.

۳. نتایج

۱،۳. اندازه‌گیری پوشش‌گیاهی در مرتع

با اندازه‌گیری پوشش گیاهی مرتع در ۱۰ پلات نوع گونه‌های گیاهی مشخص شد. بیش‌ترین نوع گونهٔ گیاهی مربوط به *Aeigilops sp.* و *Halusteume sp.* بود که به عنوان گونهٔ غالب در منطقه شناسایی شدند. این گونه‌ها جزء گیاهان کم‌ارزش (کلاس۳) اجتماعات گیاهی است و در مراتعی که برای مدت طولانی مورد استفادهٔ بی‌رویه قرار گرفته باشد، تکثیر یافته و قسمت اعظم پوشش‌گیاهی را تشکیل می‌دهند [۲۷]، بنابراین مرتع در وضعیت خیلی فقیر قرار دارد (جدول۲). جدول ۳ نشان دهندهٔ ترکیب گونه‌های گیاهی است.

۲،۳. تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید

بررسی روند تغییرات تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید در هر ماه در طول یک سال در سه کاربری اراضی در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد.

بیش‌ترین تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید مربوط به تیمار مرتع و سپس سرونقره‌ای و داغداغان است. میانگین یک سالهٔ تصاعد کربن به ترتیب ۱۱۰/۹۴، ۱۰۴/۹۲ و ۹۱/۲۲ کیلوگرم درهکتار در ماه و میانگین یک سالهٔ تصاعد کربن‌دی‌اکسید به ترتیب ۴۰۶/۷۹، ۳۸۴/۷۲ و ۳۳۴/۴۹ کیلوگرم در هکتار در ماه بوده است (جدول۴).

جدول ۱. میانگین ۳ روزهٔ دما، بارش و رطوبت نسبی

روز و ماه	حداقل دما	حداکثر دما	میانگین دما	حداقل رطوبت نسبی	حداکثر رطوب نسبی	میانگین رطوبت نسبی	بارندگی
۹۵/۳/ ۳	۷/۶۷	۲۳/۹۳	۱۸/۸۰	۱۲/۶۷	۷۳/۳۳	۳۶/۶۷	۰/۰۰
۹۵/۴/۱۳	۱۶/۲۰	۳۸/۸۷	۲۷/۵۳	۸/۰۰	۴۱/۳۳	۲۱/۶۷	۰/۰۰
۹۵/۵/۱۹	۱۶/۹۰	۴۰/۱۳	۲۸/۵۳	۷/۰۰	۳۹/۰۰	۱۸/۰۰	۰/۰۰
۹۵/۶/۱۵	۱۲/۷۰	۳۶/۱۷	۲۴/۴۳	۸/۰۰	۴۷/۶۷	۲۳/۶۷	۰/۰۰
۹۵/۷/۱۳	۸/۸۰	۲۶/۲۷	۱۷/۵۳	۱۴/۳۳	۴۹/۰۰	۲۹/۶۷	۰/۰۰
۹۵/۸/۱۵	۰/۸۳	۲۰/۳۳	۱۰/۶۰	۲۰/۰۰	۷۳/۰۰	۴۸/۶۷	۰/۰۰
۹۵/۹/۱۵	۱/۲۳	۱۴/۴۷	۷/۸۷	۳۲/۰۰	۸۸/۶۷	۶۲/۶۷	۰/۰۰۳
۹۵/۱۰/۱۲	۰/۹۰	۱۵/۰۰	۷/۹۳	۳۷/۳۳	۸۹/۶۷	۶۶/۰۰	۰/۰۰
۹۵/۱۱/۱۹	-۷/۱۰	۸/۶۳	۰/۷۷	۳۴/۰۰	۸۸/۰۰	۶۵/۶۷	۰ /۰۰
۹۵/۱۲/۱۶	۱/۳۳	۱۱/۴۷	۶/۴۰	۵۰/۳۳	۸۳/۳۳	۶۹/۶۷	۲/۶۰
۹۶/۱/۱۹	۶/۳۳	۲۱/۰۰	۱۳/۶۷	۱۸/۳۳	۶۳/۰۰	۳۸/۰۰	۰/۷۴
۹۶/۲/۱۶	۸/۰۷	۲۲/۴۷	۱۵/۲۷	۳۰/۳۳	۸۹/۳۳	۶۲/۶۷	۰/۴۸

جدول ۲. تعیین وضعیت مرتع با توجه به درصد ترکیب گیاهان مرحلهٔ کلیماکس

درجات وضعیت مرتع	عالی	خوب	متوسط	فقیر	خیلی فقیر
درصد ترکیب گیاهی مرحلهٔ کلیماکس موجود در مرتع در حال حاضر	۱۰۰-۸۱	۸۰-۶۱	۶۰-۴۱	۴۰-۲۱	۲۰ >

جدول ۳. میانگین درصد گونه‌های گیاهی موجود در مرتع

گونه‌های گیاهی	میانگین
Noa mocronata	۰/۶
Bromus tecturum	۰/۹
Cardina xeranthemoides	۱/۳
Pholomis olivieri	۱/۵
Bromus dahntunia	۲/۴
Erynjium sp.	۲/۸
Dacus carota.	۵/۸
Scabios palaestina	۵/۸
Taeniatherium crinitum	۷/۴
Anthemis brachystephana	۸/۷
Clematis sp.	۱۰/۹
Halusteum sp.	۱۷/۶
Aeigilops crinitum	۲۰

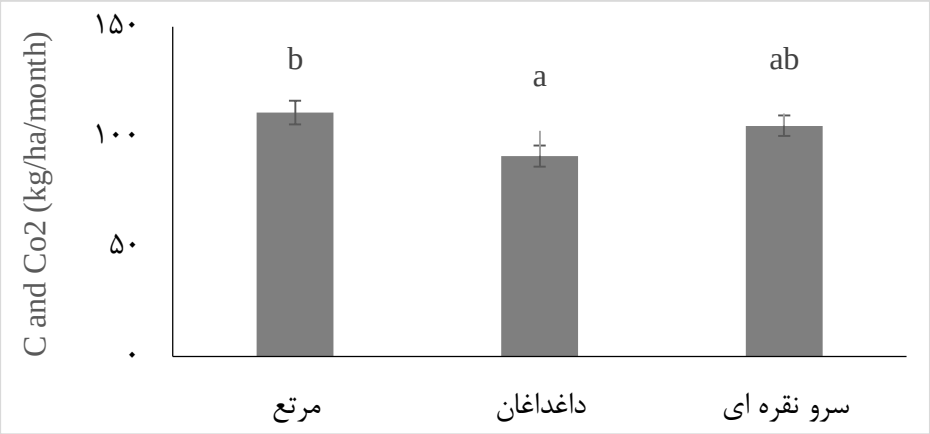
جدول ۴. نتایج مقایسهٔ تصاعد کربن در مدت یک سال در تیمارهای مرتع و جنگل‌کاری

تیمار	انحراف معیار ±میانگین	درجه آزادی	مجموع مربعات	سطح معنی‌داری
(تصاعد کربن)				
مرتع	۱۱۰/۹۴± ۴۱/۴۳	۲	درون گروه‌ها ۲۶۸۳۳۱/۰۴	۰/۰۱۹*
سرونقره‌ای	۱۰۴/۹۲± ۳۶/۴۰		بین گروه‌ها ۱۲۲۵۵/۱۵	
داغداغان	۹۱/۲۲± ۳۷/۸۳			
(تصاعد کربن‌دی‌اکسید)				
مرتع	۴۰۶/۷۹± ۱۵۱/۹۱		درون گروه‌ها	۰/۰۱۹*
سرونقره‌ای	۳۸۴/۷۲± ۱۳۳/۴۶		۳۶۰۷۵۳۳/۸۶	
داغداغان	۳۳۴/۴۹± ۱۳۸/۷۰		بین گروه‌ها ۱۶۴۷۵۱/۷۰	

* تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد

اختلاف در سطح ۵ درصد بین تیمار مرتع و تودهٔ جنگل‌کاری داغداغان مشاهده شد (شکل ۲). نتایج بررسی تغییرات فصلی تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید در هر کدام از تیمارهای مرتع، سرونقره‌ای و داغداغان نشان داد که میزان تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید فقط در تودهٔ جنگل‌کاری داغداغان در سطح ۵ درصد معنی‌دار است (جدول های ۵ و ۶). بیش‌ترین میزان تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید به ترتیب ۱۱۱/۳۴ و ۴۰۸/۲۶ کیلوگرم در هکتار در ماه در فصل پاییز و کم‌ترین میزان تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید به ترتیب ۵۶/۷۸ و ۲۰۸/۱۸ کیلوگرم در هکتار در ماه در فصل تابستان اتفاق افتاده است. در تودهٔ جنگل‌کاری داغداغان اختلاف در سطح ۵ درصد بین فصل تابستان با فصل‌های پاییز، زمستان و بهار مشاهده شد (شکل ۳) هم‌چنین تغییرات فصلی تصاعد کربن بدون در نظر گرفتن تغییر کاربری منطقه بررسی شد و میزان تصاعد کربن در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. تصاعد کربن و کربن دی‌اکسید با مقدار ۸۴/۱۵ و ۳۰۸/۵۳ کیلوگرم در هکتار در ماه در فصل تابستان مشاهده شد.

اختلاف در سطح ۵ درصد بین فصل تابستان با فصل‌های پاییز، زمستان و بهار مشاهده شده است (جدول‌های ۵، ۶ و شکل ۴).



شکل ۲. مقایسهٔ میانگین تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید در مدت یک سال در تیمارهای مرتع و جنگل‌کاری

جدول۵. نتایج مقایسهٔ تصاعد کربن در ۴ فصل سال در تیمارهای مرتع، جنگل‌کاری و بدون در نظر گرفتن تغییر کاربری اراضی

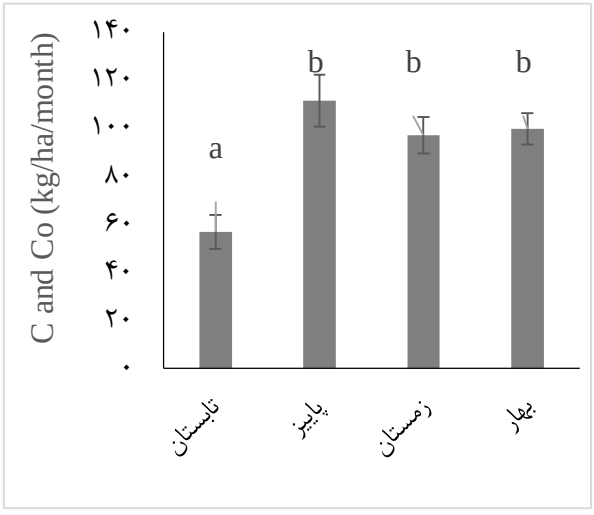
فصل‌های سال	انحراف معیار ±میانگین	درجه آزادی	مجموع مربعات	سطح معنی‌داری
(مرتع)			درون گروه‌ها ۹۴۲۶۳/۶۶ بین گروه‌ها ۸۷۱۸/۷۰۴	۰/۱۷^{ns}
تابستان	۹۶/۱۱± ۶۵/۵۹	۳		
پاییز	۱۲۹/۷۰± ۳۱/۴۴			
زمستان	۱۰۹/۸۶± ۱۹/۲۶			
بهار	۱۰۸/۰۹± ۲۴/۹۳			
(سرونقره‌ای)			درون گروه‌ها ۷۶۶۵۷/۶۴ بین گروه‌ها ۲۸۳۵/۵۳	۰/۵۶^{ns}
تابستان	۹۹/۵۵± ۶۲/۷۹	۳		
پاییز	۱۰۷/۹۸± ۱۹/۲۷			
زمستان	۹۷/۴۷± ۱۴/۳۴			
بهار	۱۱۴/۶۹± ۲۴/۲۹			
(داغداغان)			درون گروه‌ها ۶۰۳۹۵/۲۸ بین گروه‌ها ۲۵۴۶۰/۲۱	۰/۰۰*
تابستان	۵۶/۷۸± ۲۷/۵۳	۳		
پاییز	۱۱۱/۳۴± ۴۱/۹۳			
زمستان	۹۷/۱۰± ۲۹/۳۳			
بهار	۹۹/۶۸± ۲۵/۴۷			
(تصاعد کربن بدون در نظر گرفتن تغییر کاربری اراضی)			درون گروه‌ها ۲۵۵۶۴۱/۴۸ بین گروه‌ها ۲۴۹۴۴/۹۳	۰/۰۰۱*
تابستان	۸۴/۱۵± ۵۸/۱۱	۳		
پاییز	۱۱۶/۳۴± ۳۳/۶۲			
زمستان	۱۰۱/۴۸± ۲۲/۶۸			
بهار	۱۰۷/۴۹± ۲۵/۶۵			

* تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد ns عدم تفاوت معنی‌داری

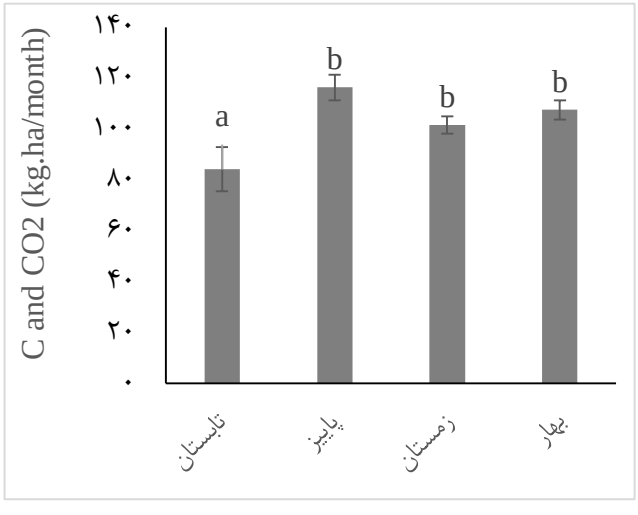
جدول۶. نتایج مقایسهٔ تصاعد کربن‌دی‌اکسید در ۴ فصل سال در تیمارهای مرتع، جنگل‌کاری و بدون در نظر گرفتن تغییر کاربری اراضی

فصل‌های سال	انحراف معیار ±میانگین	درجه آزادی	مجموع مربعات	سطح معنی‌داری
(مرتع)				
تابستان	۳۵۲/۴۱± ۲۴۰/۵۰	۳	درون گروه‌ها ۱۲۶۷۳۳۶/۶۶ بین گروه‌ها ۱۱۷۲۰۵/۰۱	$۰/۱۷^{ns}$
پاییز	۴۷۵ /۵۸ ± ۱۱۵/۳۰			
زمستان	۴۰۲/۸۲ ± ۷۰/۶۴			
بهار	۳۹۶/۳۵± ۹۱/۴۳			
(سرونقره‌ای)				
تابستان	۳۶۵/۰۱± ۲۳۰/۲۵	۳	درون گروه‌ها ۱۰۳۰۶۳۴/۲۹ بین گروه‌ها ۳۸۱۲۳/۶۱	$۰/۵۶^{ns}$
پاییز	۳۹۵/۹۴± ۷۰/۶۷			
زمستان	۳۵۷/۴۱± ۵۲/۵۸			
بهار	۴۲۰/۵۱± ۸۹/۰۷			
(داغداغان)				
تابستان	۲۰۸/۱۸± ۱۰۰/۹۶	۳	درون گروه‌ها ۸۱۱۹۴۶/۷۹ بین گروه‌ها ۳۴۲۲۸۷/۴۸	۰/۰۰*
پاییز	۴۰۸/۲۶± ۱۵۳/۷۴			
زمستان	۳۵۶/۰۲± ۱۰۷/۵۷			
بهار	۳۶۵/۴۸± ۹۳/۴۱			
(تصاعد کربن‌دی‌اکسید بدون در نظر گرفتن تغییر کاربری اراضی)				
تابستان	۳۰۸/۵۳± ۲۱۳/۱۰	۳	درون گروه‌ها ۳۴۳۵۹۱۴/۰۳ بین گروه‌ها ۳۳۵۳۷۱/۵۲	۰/۰۰۱*
پاییز	۴۲۶/۵۹± ۱۲۳/۲۹			
زمستان	۳۷۲/۰۸± ۸۳/۱۶			
بهار	۳۹۴/۱۱± ۹۴/۰۵			

* تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد ns عدم تفاوت معنی‌داری



شکل ۳. مقایسهٔ میانگین فصلی تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید در تودهٔ جنگل‌کاری داغداغان



شکل۴. مقایسهٔ میانگین۴ فصل تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید در منطقه بدون در نظر گرفتن تغییر کاربری اراضی

میزان تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید در ۱۲ ماه سال در تیمارهای مرتع، سرونقره‌ای و داغداغان در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. بیش‌ترین تصاعد کربن وکربن‌دی‌اکسید در تیمار مرتع و سرونقره‌ای در ماه تیر و کم‌ترین آن در ماه مرداد است، اما در تیمار داغداغان بیش‌ترین تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید در ماه مهر با مقدار ۱۳۳/۸۲ و ۴۹۰/۶۶ کیلوگرم در هکتار در ماه و کم‌ترین آن در ماه تیر با مقدار ۳۳/۵۶ و ۱۲۳/۰۴ کیلوگرم در هکتار در ماه بوده است (جدول‌های ۷، ۸ و ۹).

جدول ۷. نتایج مقایسهٔ تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید در ۱۲ ماه در تیمار مرتع

ماه‌های سال	انحراف معیار ±میانگین	درجه آزادی	مجموع مربعات	سطح معنی‌داری
(تصاعد کربن)				
تیر	۱۶۳/۶۷± ۷۶/۸۵			
مرداد	۳۷/۵۲± ۳/۹۲			
شهریور	۸۷/۱۵± ۱۰/۷۳			
مهر	۱۴۰/۳۵± ۱۹/۱۱			
آبان	۹۷/۲۸± ۱۰/۰۶		درون گروه‌ها	
آذر	۱۵۱/۴۸± ۳۴/۵۴	۱۱	۴۴۳۷۷/۵۵	۰/۰۰*
دی	۱۰۳/۵۰± ۵/۴۵		بین گروه‌ها ۵۸۶۰۴/۸۱	
بهمن	۱۱۶/۰۲± ۲۰/۴۸			
اسفند	۱۱۰/۰۶± ۲۹/۰۷			
فروردین	۱۰۴/۶۱± ۱۵/۹۸			
اردیبهشت	۱۱۸ /۸۸± ۲۴ /۸۹			
خرداد	۱۰۰ /۸۰± ۳۵ /۰۸			
(تصاعد کربن‌دی‌اکسید)				
تیر	۶۰۰/۱۳± ۲۸۱/۷۸			
مرداد	۱۳۷/۵۶± ۱۴/۳۸			
شهریور	۳۱۹/۵۳± ۳۹/۳۴			
مهر	۵۱۴/۶۱± ۷۰/۰۵		درون گروه‌ها	
آبان	۳۵۶/۶۸± ۳۶/۸۹		۶۲۸۳۴۵/۴۴	
آذر	۵۵۵/۴۴± ۱۲۶/۶۵	۱۱	بین گروه‌ها	۰/۰۰*
دی	۳۷۹/۵۰± ۲۰/۰۰		۷۸۷۰۸۵/۸۳	
بهمن	۴۲۵/۴۲± ۷۵/۰۸			
اسفند	۴۰۳/۵۴± ۱۰۶/۵۹			
فروردین	۳۸۳/۵۵± ۵۸/۵۸			
اردیبهشت	۴۳۵/۸۸± ۹۱/۲۵			
خرداد	۳۶۹/۶۰± ۱۲۸/۶۱			

* تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد

جدول ۸. نتایج مقایسهٔ تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید در ۱۲ ماه در تیمار سرونقره‌ای

ماه‌های سال	انحراف معیار ±میانگین	درجه آزادی	مجموع مربعات	سطح معنی‌داری
(تصاعد کربن)				
تیر	۱۴۴/۹۳± ۹۱/۴۰			
مرداد	۵۰/۵۸± ۱۳/۵۲			
شهریور	۱۰۳/۱۴± ۲۵/۷۵			
مهر	۱۲۸/۵۲± ۵/۳۵			
آبان	۹۴/۶۰± ۲۰/۳۸		درون گروه‌ها ۴۹۳۴۸/۸۶	
آذر	۱۰۰/۸۳± ۱۱/۵۷	۱۱	بین گروه‌ها ۳۰۱۴۴/۳۰	۰/۰۰۹*
دی	۹۸/۸۲± ۱۳/۴۷			
بهمن	۸۶/۴۸± ۶/۲۴			
اسفند	۱۰۷/۱۳± ۱۶/۷۶			
فروردین	۱۲۳/۰۹± ۳۸/۲۹			
اردیبهشت	۱۱۳/۴۸± ۶/۷۶			
خرداد	۱۰۷/۴۹± ۲۳/۴۶			
(تصاعد کربن‌دی‌اکسید)				
تیر	۵۳۱/۳۱± ۳۳۵/۱۳			
مرداد	۱۸۵/۴۶± ۴۹/۵۸			
شهریور	۳۷۸/۱۸± ۹۴/۴۳			
مهر	۴۷۱/۲۴± ۱۹/۶۱			
آبان	۳۴۶/۸۸± ۷۴/۷۴		درون گروه‌ها ۶۶۳۴۷۶/۵۱	
آذر	۳۶۹/۶۹± ۴۲/۴۴	۱۱	بین گروه‌ها ۴۰۵۲۸۱/۳۹	۰/۰۰۹*
دی	۳۶۲/۳۴± ۴۹/۳۹			
بهمن	۳۱۷/۰۸± ۲۲/۸۷			
اسفند	۳۹۲/۷۹± ۶۱/۴۶			
فروردین	۴۵۱/۳۵± ۱۴۰/۴۱			
اردیبهشت	۴۱۶/۰۸± ۲۴/۷۹			
خرداد	۳۹۴/۱۱± ۸۵/۶۷			

* تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد

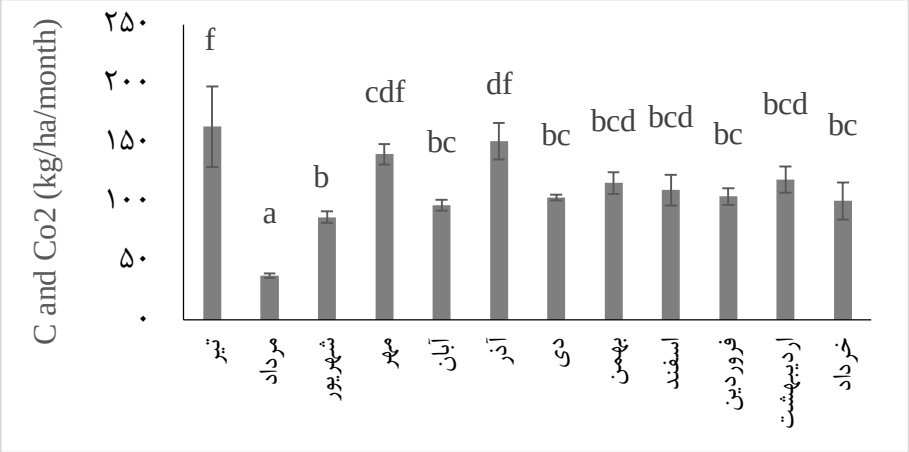
جدول۹. نتایج مقایسه تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید در ۱۲ ماه در تیمارداغداغان

ماه‌های سال	انحراف معیار ±میانگین	درجه آزادی	مجموع مربعات	سطح معنی‌داری
(تصاعد کربن)				
تیر	۳۳/۵۶± ۱۹/۵			
مرداد	۴۹/۳۲± ۱۳/۷			
شهریور	۸۷/۴۵± ۱۹/۵۴			
مهر	۱۳۳/۸۲± ۴۹/۲۳			
آبان	۷۹/۰۲± ۳۳/۶۵		درون گروه‌ها ۴۰۳۵۱/۱۲۷	
آذر	۱۲۱/۱۹± ۳۱/۲۸	۱۱	بین گروه‌ها ۴۵۵۰۴/۳۷	۰/۰۰*
دی	۸۰/۱۵± ۲۰/۱۹			
بهمن	۱۰۷/۲۳± ۳۴/۵۷			
اسفند	۱۰۳/۹۱± ۳۲/۸۶			
فروردین	۱۰۰ /۶۲± ۷/۸			
اردیبهشت	۸۵/۲۷± ۲۳/۰۷			
خرداد	۱۱۳/۱۴± ۳۶/۹۳			
(تصاعد کربن‌دی‌اکسید)				
تیر	۱۲۳/۰۴± ۶۹/۸۳			
مرداد	۱۸۰/۸۴± ۴۹/۰۲			
شهریور	۳۲۰/۶۷± ۷۱/۶۶			
مهر	۴۹۰/۶۶± ۱۸۰/۵۱			
آبان	۲۸۹/۷۴± ۱۲۳/۴۰		درون گروه‌ها ۵۴۲۴۶۹/۶۵	
آذر	۴۴۴/۳۷± ۱۱۴/۷۰	۱۱	بین گروه‌ها ۶۱۱۷۶۴/۶۲	۰/۰۰*
دی	۲۹۳/۸۹± ۷۴/۰۴			
بهمن	۳۹۳/۱۷± ۱۲۶/۷۵			
اسفند	۳۸۱/۰۱± ۱۲۰/۵۰			
فروردین	۳۶۸/۹۴± ۲۵/۹۴			
اردیبهشت	۳۱۲ /۶۵± ۸۴/۶۰			
خرداد	۴۱۴/۸۶± ۱۳۵/۴۲			

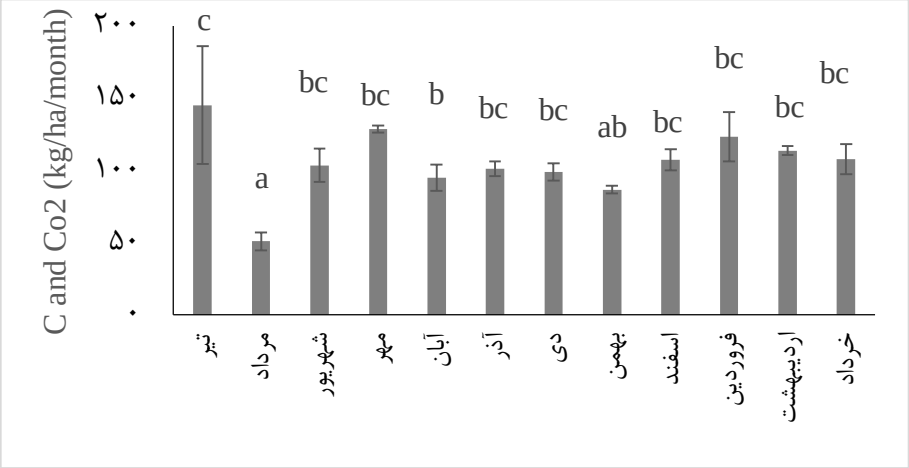
* تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد

اختلاف در سطح ۵ درصد در بین ۱۲ ماه سال در تیمار مرتع، سرو نقره‌ای و داغداغان مشاهده شده است (شکل‌های ۵، ۶ و ۷).

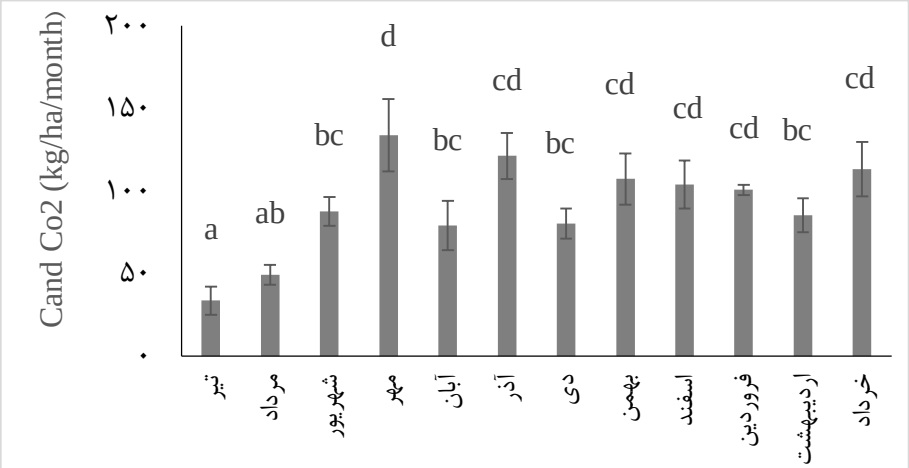
مقایسهٔ میزان تصاعد کربن آلی خاک و کربن‌دی‌اکسید در طول ۱۲ ماه سال بدون در نظر گرفتن تغییر کاربری اراضی در منطقهٔ مورد نظر نشان داد که اثر ماه‌های مختلف سال بر میزان تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید در سطح ۵ در صد معنی‌دار است. نتایج آزمون دانکن نشان داد که بیش‌ترین میزان تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید در مهر ماه به ترتیب ۱۳۴/۲۳ و ۴۹۲/۱۷ کیلوگرم در هکتار در ماه و کم‌ترین تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید به ترتیب در مرداد ماه با مقدار ۴۵/۸۱ و ۱۶۷/۹۵ کیلوگرم در هکتار در ماه اتفاق افتاده است. اختلاف در سطح ۵ در صد بین ماه های مختلف سال مشاهده شده است (جدول۱۰ و شکل ۸).



شکل ۵. مقایسهٔ میانگین ماهانه تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید در تیمار مرتع



شکل۶. مقایسهٔ میانگین ماهانه تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید در تودهٔ جنگلی سرونقره‌ای

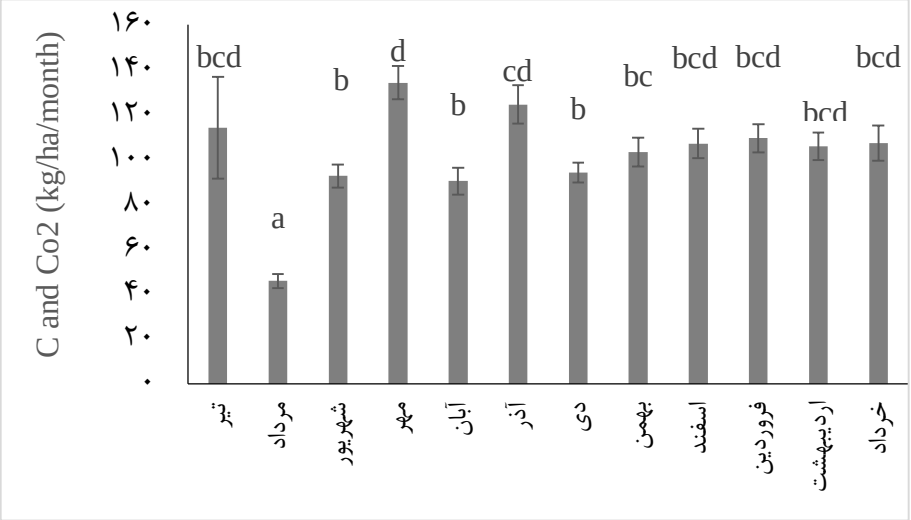


شکل ۷. مقایسهٔ میانگین ماهانهٔ تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید در تودهٔ جنگلی داغداغان

جدول ۱۰. نتایج مقایسهٔ میزان تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید منطقه در ۱۲ ماه بدون در نظر گرفتن تغییر کاربری اراضی

ماه‌های سال	انحراف معیار± میانگین	درجه آزادی	مجموع مربعات	سطح معنی‌داری
(تصاعد کربن در هر ماه بدون در نظر گرفتن تغییر کاربری)				
تیر	۸۷/۸۲ ±۱۱۴/۰۵			
مرداد	۱۲/۰۳ ±۴۵/۸۱			
شهریور	۱۹/۷۸ ±۹۲/۵۸			
مهر	۲۸/۸۱ ±۱۳۴/۲۳		درون گروه‌ها	
آبان	۲۳/۲۵ ±۹۰/۳۰		۲۰۱۷۲۸/۷۷	
آذر	۳۳/۵۱ ±۱۲۴/۵۰	۱۱	بین گروه‌ها	۰/۰۰*
دی	۱۶/۹۱ ±۹۴/۱۶		۷۸۸۵۷/۴۲	
بهمن	۲۵/۲۳ ±۱۰۳/۲۴			
اسفند	۲۴/۲۴ ±۱۰۷/۰۳			
فروردین	۲۴/۶۸ ±۱۰۹/۴۴			
اردیبهشت	۲۳/۹۷ ±۱۰۵/۸۷			
خرداد	۳۰/۴۱ ±۱۰۷/۱۴			
(تصاعد کربن‌دی‌اکسید در هر ماه بدون در نظر گرفتن تغییر کاربری)				
تیر	۳۲۱/۹۹ ±۴۱۸/۱۹			
مرداد	۴۴/۱۲ ±۱۶۷/۹۵			
شهریور	۷۲/۵۳ ±۳۳۹/۴۶			
مهر	۱۰۵/۶۴ ±۴۹۲/۱۷		درون گروه‌ها	
آبان	۸۵/۲۶ ±۳۳۱/۱۰		۲۷۱۲۰۸۳/۱۹	
آذر	۱۲۲/۸۶ ±۴۵۶/۵۰	۱۱	بین گروه‌ها	۰/۰۰*
دی	۶۱/۹۹ ±۳۴۵/۲۴		۱۰۶۰۲۰۲/۳۷	
بهمن	۹۲/۵۲ ±۳۷۸/۵۶			
اسفند	۹۲/۵۵ ±۳۹۲/۴۵			
فروردین	۹۰/۴۸ ±۴۰۱/۲۸			
اردیبهشت	۸۷/۹۱ ±۳۸۸/۲۱			
خرداد	۱۱۱/۴۹ ±۳۹۲/۸۶			

* تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد



شکل ۸. مقایسهٔ میانگین ۱۲ماه تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید در منطقه بدون در نظر گرفتن تغییر کاربری اراضی

۴. بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج سالیانهٔ به‌دست آمده در هر ۳ تیمار، میزان تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید تفاوت معنی‌داری را نشان داد. در تیمار مرتع بیش‌ترین نرخ تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید و در تیمار کشت داغداغان کم‌ترین میزان تصاعد کربن آلی مشاهده شد. میزان کاهش تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید در تیمار سرو نقره‌ای نسبت به شاهد ۵/۵ درصد و در تیمار داغداغان نسبت به شاهد ۱۸ درصد بوده است. میزان تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید در تیمار شاهد (مرتع) بیش‌تر از مناطق جنگل‌کاری بوده است. علت این امر به دلیل وجود گونه‌های گیاهی کلاس سه در منطقه بوده و قرار گرفتن وضعیت مرتع در حالت خیلی ضعیف می‌باشد. با تبدیل اراضی مرتعی به جنگل‌کاری با توجه به نوع گونهٔ گیاهی میزان مادهٔ آلی خاک افزایش می‌یابد. تبدیل مراتع به جنگل‌کاری سبب افزایش مقدار مادهٔ آلی خاک می‌شود، هم‌چنین تبدیل مرتع به اراضی کشاورزی کاهش چشم‌گیری را در مادهٔ آلی خاک ایجاد می‌کند [۵]. محققان بیان کردند که در کاربری زراعی به دلیل کاهش مواد آلی نسبت به کاربری مرتع میزان تصاعد کربن افزایش یافته است [۲۸]. هم‌چنین جنگل‌کاری سبب افزایش سایه‌اندازی در خاک، جلوگیری از تابش مستقیم و کاهش دمای سطح خاک می‌شود. گونهٔ داغداغان گونه‌ای برگریز است که سبب افزایش سطح لاشبرگ خاک می شود، با افزایش لاشبرگ در سطح خاک میزان مواد آلی خاک نیز افزایش می یابد. محققین معتقدند تصاعد کم‌تر کربن به مقدار هوموس، سطح تاج پوشش و نوع گونه‌های گیاهی بستگی دارد [۳]. با افزایش سایه اندازی، افزایش لاشبرگ و مواد آلی خاک در گونه‌های مختلف میزان تصاعد کربن خاک کاهش می‌یابد [۳۵]. نتایج مطالعهٔ تصاعد گازهای گلخانه‌ای در مزارع برنج منطقهٔ شاوور خوزستان نشان داد که با افزودن کاه و کلش در مزارع برنج میزان هدر رفت کربن آلی خاک کاهش می‌یابد [۱۲].

مقایسهٔ هر کدام از تیمارهای مرتع و جنگل‌کاری در مدت ۴ فصل سال نشان داد که در تیمار مرتع و تودهٔ جنگلی سرونقره‌ای تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید در طول ۴ فصل معنی‌دار نشد، تنها در تودهٔ جنگلی داغداغان تصاعد کربن در طول ۴ فصل معنی‌دار شده است. هم‌چنین تصاعد کربن بدون در نظر گرفتن تغییر کاربری اراضی معنی‌دار

شد. بیش‌ترین تصاعد فصلی کربن و کربن‌دی‌اکسید در داغداغان و بدون در نظر گرفتن تغییر کاربری منطقه در فصل پاییز و کم‌ترین آن در فصل تابستان بوده است چرا که در فصل پاییز دما نسبتاً معتدل بوده و میزان رطوبت نسبی بیشتر شده ولی در تابستان میزان رطوبت نسبی کم‌تر است. دما و رطوبت نسبی اثر مهمی بر آزاد سازی کربن از خاک را دارند [۱۷ و ۲۳]. تغییرات فصلی به دلیل تغییرات رطوبتی و دمایی در میزان تبادلات کربن بین خاک و اتمسفر مؤثر است. محققان اعلام کردند تغییرات فصلی به دلیل تغییرات رطوبتی و دمایی در میزان تبادلات کربن بین خاک و اتمسفر مؤثر است و می‌توان آن را به دلیل تأثیر اشعهٔ خورشید در تجزیهٔ لاشبرگ سطحی و فعالیت های موجودات زنده دانست [۳۶]. در بررسی اکوسیستم‌های گیاهی در منطقهٔ اتاوای کانادا، رابطهٔ مستقیمی را بین تصاعد کربن‌دی‌اکسید با دمای رطوبت نسبی محیط یافته و این موضوع را مربوط به تأثیر دما و رطوبت بر تنفس اکوسیستم دانسته است [۱۹]. رابطهٔ مستقیم و نمایی بین دما و رطوبت خاک و تصاعد کربن‌دی‌اکسید وجود دارد [۸، ۱۱و۲۰]. تصاعد کربن‌دی‌اکسید از خاک در درجهٔ اول به استقرار گیاه و پوشش گیاهی در سطح خاک، عملیات شخم و کشت و کار وابسته است و در درجهٔ بعدی بیشترین همبستگی را با دما و رطوبت نسبی دارد [۳۷، ۲۰].

تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید در۱۲ ماه در هر تیمار به طور جداگانه معنی‌دار شد. در تیمار مرتع و سرونقره‌ای بیش‌ترین تصاعد کربن در ماه تیر و کم‌ترین در ماه مرداد بوده است. در داغداغان بیش‌ترین تصاعد در مهر و کم‌ترین در تیر ماه بوده است. با مطالعهٔ اثر تغییر کاربری اراضی بر تصاعد کربن در مراتع خشک ایوانکی استان سمنان در ۴ تیمار (درمنه‌زار تبدل شده به تاغزار، درمنه‌زار تبدیل شده به زیتون‌کاری، درمنه‌زار تبدیل شده به مناطق مسکونی و درمنه‌زار)، کم‌ترین تصاعد کربن در تاغزار در ماه بهمن گزارش شد [۱۹]. نتایج مشابه مطالعات در نانجینگ به دست آمده که نشان می‌دهد تغییرات کاربری اراضی به طور واضح بر تصاعد کربن تأثیر می‌گذارد [۳۸]. تأثیر شرایط اقلیمی برتصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید در تیمارهای مرتع و جنگل کاری نیز مشهود است، به ویژه دما و رطوبت خاک با تصاعد کربن در هر کدام از تیمارها همبستگی مثبتی را نشان دادند؛ به ویژه در فصل پاییز به دلیل تغییر دما و رطوبت نسبی نسبت به سایر فصل‌ها سبب افزایش تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید شد. در تابستان دما بالاست ولی رطوبت نسبی کم‌تر است، در زمستان رطوبت نسبی بالاست ولی دما کم‌تر است. بنابراین در فصل پاییز شرایط دما و رطوبت نسبی برای تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید مستعد بوده است. در زمستان به دلیل تغییر شرایط دما و رطوبت و تأثیر آن بر فعالیت موجودات خاک‌زی و تنفس خاک تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید کم‌تر است [۱۲ و ۱۵]. با مطالعهٔ تصاعد کربن در خاک‌های زیر کشت برنج و گندم در منطقهٔ آب تیمور جنوب اهواز اعلام کردند تصاعد کربن‌دی‌اکسید در نیمهٔ دوم سال افزایش یافته است، این افزایش به دلیل ارتباط مستقیم حضور گیاه و تجزیهٔ بقایای آلی در منطقه بوده است. هم‌چنین بیان کردند که افزایش رطوبت نسبی و دما سبب افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها شده در نتیجه افزایش تصاعد کربن از خاک را در پی داشته است [۳۷].

تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید در مدت ۱۲ ماه اندازه‌گیری بدون در نظر گرفتن تغییر کاربری اراضی در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. بیش‌ترین تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید در مهر ماه و کم‌ترین آن در مرداد ماه اتفاق افتاده است. در مهر ماه دما نسبتاً معتدل بوده و میزان رطوبت نسبی افزایش پیدا کرده است و این افزایش تأثیر مستقیم بر تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید داشته است. مطالعهٔ اثر تغییر کاربری اراضی بر گازهای گلخانه‌ای در نیوزلند نشان داد که با کاهش رطوبت میزان آزادسازی کربن‌دی‌اکسید کاهش می یابد [۳۴]. با تبدیل مراتع تخریب شده به جنگل کاری در تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید تغییرات چشم‌گیری مشاهده شد. با

جنگل‌کاری میزان هدر رفت کربن به حداقل رسیده است. در این مطالعه چون فاصلهٔ تیپ‌ها از هم کم بوده عواملی چون توپوگرافی تفاوتی با یکدیگر ندارند و اختلاف در تصاعد کربن به نوع پوشش‌گیاهی، تغییرات دمایی و رطوبت نسبی بستگی داشت، به طوری‌که حدود ۶۰ درصد از تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید در فصل پاییز و ۸۵ درصد تصاعد کربن و کربن‌دی‌اکسید در ماه مهر اتفاق افتاده است. بنابراین به دلیل تغییرات سالیانهٔ پارامترهای اقلیمی (دما و رطوبت نسبی) در طول چند سال متوالی میزان تصاعد کربن مطالعه شود، تا به اطلاعات واقعی‌تر دست یابیم. هم‌چنین توده‌های جنگلی با سن‌های متفاوت یا در بین گونه‌ها از توده‌های هم سن برای ارزیابی روند تصاعد کربن در طول زمان مورد مطالعه قرار گیرد. چون که با شناخت گونه‌هایی با قابلیت بیش‌تر جهت جلوگیری از هدر رفت کربن آلی خاک می‌توان با اعمال مدیریت اکولوژیک به جنگل‌کاری از منظر تصاعد کربن آلی خاک اقدام نمود و با نگرش سیستمی به احیاء و اصلاح اکوسیستم و حفظ شرایط خاک مبادرت ورزید. احیای بیولوژیک نقش مهمی را در راستای توسعهٔ پایدار و سلامت اکوسیستم می‌تواند ایفا کند.

References

[1] Anderson, J. (1982). Soil respiration. "pp" 831-846. In: Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R. (Eds.). *Methods of Soil Analysis*. American Society of Agronomy-Soil Science Society of America, 1008 P.

[2] Bailis, R., McCarthy, H. (2011). Carbon impacts of direct land use change in semiarid woodlands converted to biofuel plantations in India and Brazil Glob. Change Biologycal Bioenergy, 3, 449-460.

[3] Baldock, J. and Oades, B. (1992). Aspects of the chemical structure of soil organic. material as revealed by solidstate. Soil Biological and Biochemistry. 16, 1-42.

[4] Ball, B., Scott, A. and Parker, J. (1990). Field N2O, CO2 and CH4 fluxes in relation to tillage, compaction and soil quality in Scotland. Soil and Tillage Research Editorial Board. 53, 29-39.

[5] Bouwman, A.F. (1990). Soil and The Greenhouse Effect: Proceeding of International Conference on Soil and the Greenhouse Effect. Wily Wilteshire, UK, "p" 420.

[6] Chen, M., Zeng, G., Zhang, J., Xu, P., Chen, A. and Lu, L. (2015). Global landscape of total organic carbon, nitrogen and phosphorus in lake water. Scientific Reports. 5, 15043.

[7] Chuai, X. Huang, X. Wang, W. Zhao, R. Zhang, M. and Wu, C. (2015). Land use, total carbon emissions change and low carbon land management in Coastal Jiangsu, China. Journal of Cleaner Production, 103. 77-78.

[8] Davidson, E.A., Belk, R.D. and Boone, C. (1998). Soil water content and temperature as independent or confounded factors controlling soil respiration in a temperate mixed hardwood forest. Global Change Biological. 4, 217-227.

[9] Dehnavi, S. Matinkhah, H and Noorbakhsh, F. (2014). Study of the role of Haddanan as nitrogen fixation on the characteristics of sub-meadow soil in the Ortega dehagan forest reserve of Isfahan, Journal of Research in Forest and Poplar Iran. 21 (4), 643-653.

[10] Dinakaran, J. and Krishnayya, N. (2008). Variation in type of vegetal cover and hetero gensity of soil organic carbon in affecting sink capacity of tropical soils. Current science. 94, 1144-1150.

[11] Dilekogla, M.F., Sakin.E. (2017). Effect of temperature and humidity in soil carbon dioxide emission.Journal of animal and plant sciences. 27(5), 1596-1603.

[12] Eamus, D., Hutley, L. and Ogrady, P. (2001). Daily and seasonal patterns of carbon and water fluxes above a north Australian savanna. Tree Physiology. 21, 977-988

[13] Esmizade, S. and Landi, A. (2011). Study of carbon dioxide and carbon monoxide emissions in rice fields in Shawar region, Khuzestan. Master's thesis of soil science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, "P" 125.

[14] Ghanbari, N. (2015). Study of the change of pasture to forestry on the amount of carbon sequestration. Master's Degree in Commodity Management, Campus Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, "P" 120.

[15] Gupta, R.D., Sanjay, A. and Sumberia, N.M. (2010). Soil physical variability in relation to soil erodibility under different land uses in foothills of Siwaliks in National Waterways India. Tropical Ecology. 51 (2),183-197.

[16] Hill, M., Braaten, R. and Mckeon, G. (2003). A scenario calculator for effect of grazing land management on carbon stocks in Australian rangelands. Environmental Modeling and Software. 18 (7), 627-644.

[17] Jabro, J., Sainju, U., Stevens, W. and Evans, R. (2008). Carbon dioxide flux as affected by tillage and irrigation in soil converted from perennial forages to annual crops. Journal of Environmental Management. 88, 1478-1484.

[18] Jaiarree, S., Chidthaisong, A., Tangtham, N., Polprasert, C., Sarobol, E. and Tyler, S.C. (2011). Soil organic carbon loss and turnover resulting from forest conversion to Maize fields in Eastern Thailand. Pedosphere. 21 (5), 581-590.

[19] joneidi Jafari, H., Sadeghipour, A., Kamali, N. and Nikoo, Sh. (2015). Effect of land use change on soil carbon sequestration and emissions (case study: aride rangelands of Eivanakei, Semnan province). Journal of Environmental Studies. 68 (2), 191-200.

[20] Kim., D.G., Vergas.R., Lemberty.B.,Turetsky.M.R. (2012). Effect of soil rewetting and thawing on soil gaz fluxes: review of current literature and suggestion for future research.Biogeosciences.9,2559-2483.

[21] Lafleur, P.M. (2005). Ecosystem Respiration in a Cool Temperate Bog Depends on Peat Temperature but not Water Table, Ecosystems. 8, 619-629.

[22] Lal, R. (1997). Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO2 enrichment. Soil and Tillage Research. 43, 81-107.

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

[24] Lan, J.C., Fu, W.L., Yuan. B. Zhang. T. and Peng, J.T. (2012). Analysis of land use patterns on carbon emission and carbon footprint in Chongqing city. journal of Sience Soil. and Water Conservation. 26, 46-155.

[25] Mehdipoor, L. and Landi, A. (2011). The effect of different land uses on greenhouse gas emissions. Journal of Agricultural Science and Technology. 14 (52), 139-147.

[26] Merino, A. (2004). Responses of soil organic matter and greenhouse gas fluxes to soil management and land use change in a humid temperate region of Southern Europe. Soil Biology and Biochemistry. 36, 917-925.

[27] Moghadam, M. R. (2011). Range and Range management. University of Tehran press.

[28] Parsamanesh, N. Zarinkafsh, M. Shahoei, S. and Veisani, V. (2015). Study of the Effects of Land Use Change on Organic Carbon and Other Properties of Vertiosol Soils in Plain Billeur Plain of Kermanshah Province. ournal of Agricultural Science and Technology, Water and Soil Science. 18 (69), 25-33.

[29] Paustian, K., Six, J., Elliott, E.T., Hunt, H.W. (2000). Management options for reducing CO2 emissions from agricultural soils. Biogeochemistry. 48, 147–163.

[30] Pulleman, M., Bouma, E. A., Van Essen, E. and Meiyles, W. (2000). Soil organic matter content as a function of different land use history. Jornal of Soil Scienc American. 64, 689-693.

[31] Sainju, U.M., Jalal D.J. and Stevens, W.B. (2008). Soil Carbon Dioxide Emission and Carbon Content as Affected by Irrigation, Tillage Cropping System. and Nitrogen Fertilizationl. Plant and environment intraction. 7, 3765–3814.

[32] Sharma, P. and. Ray, S. (2007). Carbon sequestration with land-use cover change in a Himalayan Watershed. Geoderma. 139, 371-378.

[33] Tamartash, R. Tatiyan, M. and yousefian, M. (2013). Effect of different vegetative species on carbon sequestration in Miankaleh plain ranges. Journal of Environmental Studies. 38 (62), 45-54.

[34] Tate, K.R., Ross, S. Saggar, C., Hedley, J., Dando, B., Singh, K. and Lambie, S. (2007). Methane uptake in soils from Pinus radiata plantations, a reverting shrubland and adjacent pastures: Effects of land-use change, and soil texture, water and mineral nitrogen. Soil Biologycal and Biochemical. 39:, 1437–1449.

[35] Van der Werf, G., Morton, D., DeFries, R., Olivier, J., Kasibhatla, P. and Jackson, R. (2009). CO2 emissions from forest loss. Nation article Geo-Scienc. 2, 8-737.

[36] Vickers, D., Thomas, C., Pettijohn, C., Martin, J. and Law, B. (2011). Five years of carbon fluxes and inherent water-use efficiency at two semi-arid pine forests with different disturbance histories. International Meteorological Institute in Stonkholm. 64 (1), 17159.

[37] Zalghi, R. Amerikhah, h. and Landi, A. (2008). Study of the rate of emission from rice and wheat cultivation in the water zone of Timur. Journal of Environmental Studies. 35 (49), 9-16.

[38] Zhao, R., X. Huang, Y., Liu, M. and Chuai, X. (2015). Carbon emission of regional land use and its decomposition analysis: Case study of Nanjing City. Chinese Geographical Science. 25 (2), 198-212.