



دانشگاه گنبد کاووس

نشریه "حفاظت زیست بوم گیاهان"

دوره پنجم، شماره دهم، بهار و تابستان ۹۶

<http://pec.gonbad.ac.ir>

اثر آتش‌سوزی بر ترسیب کربن خاک و زیتوده گیاهی در مراتع نیمه‌استپی زاگرس مرکزی

علی اصغر نقی‌پور برج^{۱*}، سحر فرخ‌نیا^۲

^۱استادیار گروه مرتع و آب‌خیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد
^۲دانشجوی کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۲/۲۴

چکیده

اکوسیستم‌های مرتعی حدود نیمی از خشکی‌های زمین را شامل شده و حاوی بیش از یک سوم ذخایر کربن موجود در خشکی‌های جهان می‌باشند. بنابراین، مراتع نقش مهم و پتانسیل بالایی جهت ترسیب کربن دارا می‌باشند. یکی از آشفته‌گی‌های مهم در مراتع، آتش‌سوزی است. که می‌تواند نقش مهمی در چرخه کربن جهانی داشته باشد. در این مطالعه اثر آتش‌سوزی بر میزان ترسیب کربن خاک و زیتوده گیاهی و همچنین سهم هر بخش از ترسیب کربن کل در مراتع زاگرس مرکزی ارزیابی شد. بدین منظور در شهرستان بوبین و میانداشت استان اصفهان، سه سایت مرتعی (به عنوان تکرار) با آتش‌سوزی یکساله انتخاب شد و با منطقه مجاور آن مقایسه گردید. مقادیر کربن در زیتوده هوایی، زیرزمینی، لاشبرگ و خاک (عمق ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی‌متری) این دو منطقه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که میانگین کل ترسیب کربن در منطقه شاهد ۳۹/۴ تن در هکتار و در منطقه آتش‌سوزی ۳۰/۹ تن در هکتار بود. نتایج مربوط به سهم هر بخش از کل کربن ترسیب‌شده نیز نشان داد که بیش از ۹۰ درصد از کل ترسیب کربن را کربن آلی خاک تشکیل می‌دهد. به‌طور کلی می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که آتش‌سوزی در این مراتع باعث هدررفت کربن ترسیب‌شده در حدود ۸/۵ تن در هکتار شده که سهم خاک از این کاهش، ۵/۱ تن در هکتار و مجموع زیتوده گیاهی ۳/۴ تن در هکتار است. بنابراین، با مدیریت آتش‌سوزی در این مناطق، می‌توان نقش مهمی در حفظ کربن ترسیب‌شده در زیتوده گیاهی و خاک ایفا نمود.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، بوبین و میانداشت، لاشبرگ، کربن آلی خاک

*نویسنده مسئول: aa_naghypour@yahoo.com

مقدمه

یکی از مسائل مهم عصر حاضر که جامعه انسانی با آن مواجه می‌باشد، افزایش گرمای جهانی و پدیده تغییر اقلیم است. تغییر اقلیم و افزایش گرمای جهانی، در اثر افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر بوده و دی‌اکسیدکربن (CO_2) یکی از مهم‌ترین این گازها محسوب می‌گردد. غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفری از ۲۸۰ ppm قبل از انقلاب صنعتی به ۳۹۴ ppm در حال حاضر افزایش یافته است (Hui et al., 2017). عامل اصلی افزایش دی‌اکسیدکربن در اتمسفر، احتراق سوخت‌های فسیلی و تغییر کاربری اراضی شامل فعالیت‌های کشاورزی، جنگل‌زدایی، سوزاندن پوشش گیاهی و شخم اراضی می‌باشد (Lal, 2004).

روش‌های مصنوعی پالایش کربن مانند فیلتر کردن، هزینه‌های سنگینی در بر دارد. بنابراین برای کاهش دی‌اکسیدکربن اتمسفری و همچنین ایجاد تعادل در میزان گازهای گلخانه‌ای، کربن اتمسفر باید جذب و در شکل‌های مختلف ترسیب گردد (Cannell, 2003). زیست‌کره خاکی حاوی حدود ۱۵۰۰ میلیارد تن کربن در عمق یک متری خاک‌ها و حدود ۶۰۰ میلیارد تن کربن در پوشش گیاهی می‌باشد، که این دو در مجموع، سه برابر مقدار کربن موجود در اتمسفر را دارا هستند (Lal, 2004). بنابراین، هر گونه تغییر در ذخیره کربن گیاهان و یا خاک‌ها به میزان قابل توجهی بر دی‌اکسیدکربن اتمسفر تأثیرگذار خواهد بود. ترسیب کربن در زیتوده گیاهی و خاک‌هایی که تحت این زیتوده هستند، ساده‌ترین و از نظر اقتصادی عملی‌ترین راهکار ممکن جهت کاهش دی‌اکسید کربن اتمسفری است (Schuman et al., 2002; Lal, 2004).

یکی از اکوسیستم‌های مهم در جهان، مراتع می‌باشند که شامل حدود نیمی از خشکی‌های زمین بوده و حاوی بیش از یک سوم از ذخایر کربن موجود در خشکی‌های جهان می‌باشند. بنابراین، مراتع نقشی مهم و پتانسیلی بالا جهت ترسیب کربن دارا می‌باشند (Schuman et al., 2002). یکی از آشفته‌گی‌های مهم و تأثیرگذار در اکوسیستم‌های طبیعی و به خصوص مراتع، آتش‌سوزی می‌باشد، که به دو شکل کنترل نشده و کنترل شده (تجویز شده) ایجاد می‌گردد (Bowman et al., 2009). این پدیده باعث تغییر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبیولوژیکی خاک و همچنین ساختار و ترکیب پوشش گیاهی می‌شود (Debano, 2000). اثر آتش بر اکوسیستم بسته به فصل، تکرار، نوع و شدت آتش‌سوزی متفاوت است (Zedler, 2007)، بنابراین نتایج متفاوتی از تأثیر آتش‌سوزی در مناطق مختلف جهان گزارش شده است (شکری و همکاران، ۱۳۸۱؛ Brockway et al., 2002).

یکی از اثرات زیست محیطی مهم آتش‌سوزی در مراتع، سوختن ماده آلی خاک و پوشش گیاهی می‌باشد، که این موضوع باعث افزایش ورود دی‌اکسید کربن به اتمسفر می‌گردد (Kuhlbusch, 1998). آتش‌سوزی‌های کنترل نشده موجب صدمه زیاد به خاک مرتع می‌شود. از جمله آثار آتش‌سوزی بر

خاک، کاهش یا از بین بردن مالچ گیاهی و هوموس خاک سطحی می‌باشد که در نتیجه آن، مقدار قابل توجهی CO₂ در این مناطق آزاد و وارد اتمسفر می‌شود (جنگجو، ۱۳۸۸). بنابراین هنگامی که از تعادل کربن در مقیاس جهانی بحث می‌شود، این مناطق به رسیدگی و توجه بیشتری نیاز دارند.

اکثر مطالعاتی که اثر آتش‌سوزی بر ماده آلی خاک را مورد بررسی قرار داده‌اند، کاهش میزان آن را در خاک پس از آتش‌سوزی گزارش نموده‌اند (Lal, 2004; Abril et al., 2005; Neff et al., 2005). علت این موضوع، سوخته شدن زیتوده گیاهی و ماده آلی موجود در خاک سطحی و همچنین کاهش کربن ورودی به خاک در مناطق آتش‌سوزی شده، عنوان شده است (Lal, 2004). مطالعات صورت گرفته بوسیله سرتینی (Certini, 2005) و ورما و جاکومار (Verma and Jaykumar, 2012) در مورد اثر آتش‌سوزی بر ویژگی‌های خاک حاکی از آن بود که آتش‌سوزی باعث کاهش میزان ماده آلی خاک شده و تخریب ساختمان خاک را به دنبال دارد. همچنین در پژوهشی دیگر، فرناندز و همکاران (Fernández et al., 1999) اثر آتش‌سوزی شدید بر کربن آلی خاک را مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که اگر دمای آتش‌سوزی بین ۲۲۰-۳۵۰ درجه سانتی‌گراد باشد، بیش از ۵۰ درصد ماده آلی خاک از بین خواهد رفت. همچنین در این مطالعه، دمای بیش از ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد سبب هدر رفت ۱۰۰ درصدی کربن آلی خاک گردید.

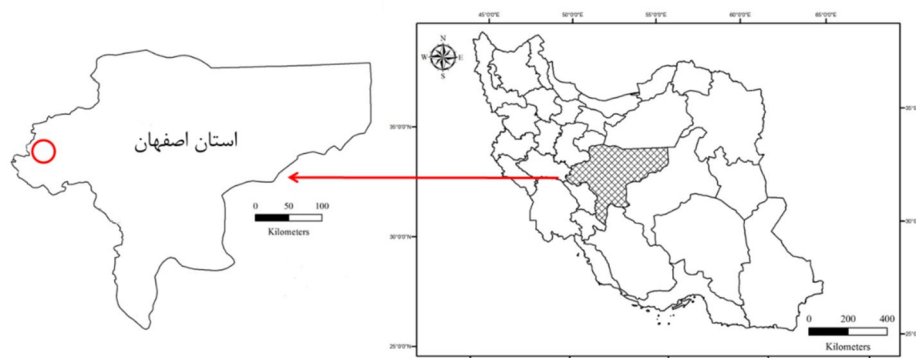
در ناحیه زاگرس مرکزی وقوع پدیده آتش‌سوزی، صدمات بسیاری به محیط زیست و پوشش گیاهی اکوسیستم‌های طبیعی وارد نموده است (Naghipour et al., 2016). یکی از استان‌های کشور که در این ناحیه قرار گرفته و در معرض تهدید قرار دارد استان اصفهان است. به طوری که طبق آمار موجود، طی یک دوره‌ی زمانی هفت ساله (۱۳۹۴-۱۳۸۸)، ۵۹۹ فقره آتش‌سوزی در مساحتی حدود ۳۲۳۰ هکتار رخ داده است (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۴-۱۳۸۸). از جمله پژوهش‌های انجام شده در خصوص اثر آتش‌سوزی بر درصد کربن آلی خاک در ناحیه زاگرس می‌توان به مطالعات نظری و همکاران (۱۳۹۱) و حیدری و همکاران (۱۳۹۲) اشاره نمود. این مطالعات کاهش درصد کربن آلی در عمق سطحی خاک را در اثر آتش‌سوزی گزارش نمودند.

در کشور ما علی‌رغم اینکه هر ساله هزاران هکتار از مراتع کشور طعمه حریق می‌گردد، در این رابطه تحقیقات بسیار کمی انجام گرفته و تأثیر آتش‌سوزی بر ترسیب کربن مراتع ایران، کاملاً شناخته شده نیست. بنابراین، هدف از این تحقیق ارزیابی اثرات آتش‌سوزی بر مقدار و سهم ترسیب کربن خاک و زیتوده گیاهی در مراتع نیمه‌استپی استان اصفهان است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

مطالعه حاضر در مراتع نیمه‌استپی زاگرس مرکزی و در غرب استان اصفهان انجام شد (شکل ۱). آتش‌سوزی به تکرار طی سال‌های گذشته در قسمت‌های مختلف این مراتع اتفاق افتاده است و از این رو می‌توان اثر آتش‌سوزی را مورد بررسی قرار داد. به همین منظور، سه سایت شامل قلعه‌خواجه، مقندر و ماهورستان در شهرستان بویین و میاندشت با آتش‌سوزی یک‌ساله انتخاب گردیدند. در انتخاب سایت‌ها دقت شد که این مناطق در تمام خصوصیات مثل توپوگرافی (شیب، جهت و ارتفاع)، نوع خاک و مقدار بارندگی شبیه هم باشند. تیپ گیاهی این مناطق، بوته‌زار با غالبیت گون (*Astragalus sp.*) بود. برای هر یک از مناطق تعیین شده که آتش‌سوزی در آن رخ داده، در مجاورت آن یک منطقه شاهد که در آن آتش‌سوزی اتفاق نیفتاده، مشخص گردید (شکل ۲). تعیین مناطق مورد مطالعه، با استفاده از اطلاعات و آمار بخش حفاظت اداره کل منابع طبیعی استان اصفهان، افراد محلی و بهره‌برداران انجام شد.

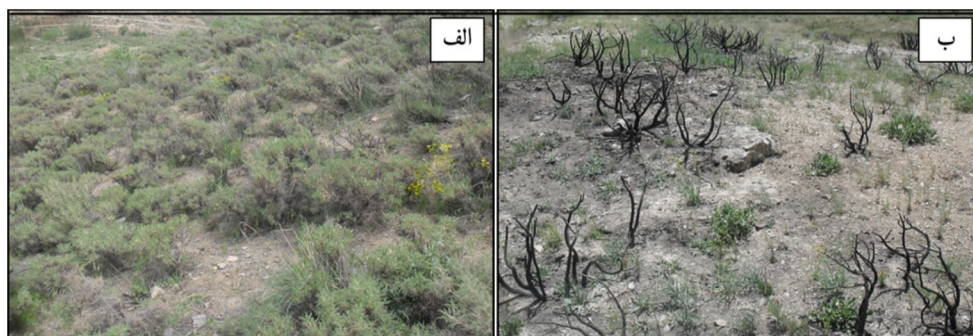


شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان اصفهان

روش کار

پس از شناسایی مقدماتی و تعیین حدود سایت‌های مرتعی مورد بررسی، به منظور مطالعه پارامترهای زیتوده گیاهی (زیتوده هوایی، زیتوده زیرزمینی و لاشبرگ) و خاک، از روش نمونه‌برداری تصادفی طبقه‌بندی شده (Stratified Random Sampling) استفاده گردید. در هر مکان مرتعی، تعداد ۲۰ پلات ۴ متر مربعی مستقر شد که ۱۰ پلات در منطقه حریق و ۱۰ پلات در منطقه شاهد اجرا شد (مجموعاً ۶۰ پلات در دو منطقه شاهد و آتش‌سوزی). اندازه‌گیری درصد پوشش گیاهی و نمونه‌برداری خاک در داخل پلات‌های ۴ متری انجام شد و نمونه‌برداری از زیتوده گیاهی و لاشبرگ نیز در پلات‌های

یک متر مربعی انجام گرفت. جهت برآورد زیتوده بالای سطح زمین شامل اندام هوایی گیاهان و لاشبرگ از روش اندازه‌گیری مستقیم استفاده شد. به این ترتیب که در داخل هر پلات اقدام به کف‌بردن گونه‌های گیاهی و جمع‌آوری لاشبرگ از سطح خاک گردید. نمونه‌های جمع‌آوری شده به آزمایشگاه انتقال داده شد و پس از تعیین وزن، برای محاسبه ضریب خشکی، تعدادی از نمونه‌ها در هوای آزاد خشک شده و قبل از انجام آزمایشات مربوطه، به مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند (نقی پور برج و همکاران، ۱۳۸۸). سپس نمونه‌ها وزن شده و درصد ماده خشک زیتوده هوایی و همچنین لاشبرگ اندازه‌گیری شد. درصد کربن آلی نمونه‌های زیتوده و لاشبرگ از روش احتراق در کوره الکتریکی تعیین شد. برای محاسبه زیتوده زیرزمینی گونه‌ها نیز از نسبت وزنی بین ریشه و ساقه استفاده گردید (نقی پور برج، ۱۳۸۷).



شکل ۲- نمایی از منطقه مورد مطالعه در شهرستان بوبین و میان‌دشت الف) نسوخته (شاهد) ب) سوخته شده

نمونه‌های خاک از دو عمق ۰-۱۵ و ۱۵-۳۰ سانتی‌متری (با توجه به مرز تفکیک افق‌ها) و به تعداد پنج نمونه از هر منطقه (مجموعاً ۳۰ نمونه) جمع‌آوری گردید. سپس در آزمایشگاه ابتدا وزن مخصوص ظاهری نمونه‌های خاک با روش کلوخه و برحسب گرم بر سانتی‌متر مکعب (زرین‌کفش، ۱۳۷۲) و سپس درصد کربن آلی نمونه‌های خاک به روش والکی‌بلک (زرین‌کفش، ۱۳۷۲) به‌دست آمد. نهایتاً با استفاده از رابطه ۱، مقدار کربن آلی خاک بر حسب کیلوگرم بر هکتار برآورد شد (نقی پور برج و همکاران، ۱۳۹۳).

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

رابطه ۱

Cs = کربن آلی توده‌ای (kg/ha)

$\%OC$ = درصد کربن آلی

Bd = وزن مخصوص ظاهری خاک (gr/cm^3)

E = عمق نمونه برداری (cm)

تجزیه و تحلیل داده‌ها

جهت تجزیه و تحلیل آماری، ابتدا نرمال بودن داده‌ها به وسیله آزمون کولموگروف اسمیرنوف و همگن بودن واریانس‌ها از طریق آزمون لون بررسی گردید. سپس به منظور بررسی و مقایسه زیتوده گیاهی و میزان ترسیب کربن زیتوده گیاهی و خاک در دو منطقه شاهد و آتش‌سوزی از آزمون t مستقل استفاده شد. آماده سازی داده‌ها، رسم نمودارها و تجزیه و تحلیل‌های آماری به ترتیب به کمک نرم‌افزارهای Excel 2010 و SPSS 23 انجام گردید.

نتایج

اندازه‌گیری درصد پوشش گیاهی مناطق مورد مطالعه نشان داد که منطقه شاهد دارای میانگین پوشش گیاهی ۴۳/۳ درصد و منطقه آتش‌سوزی دارای ۹/۳ درصد پوشش گیاهی بوده است. بنابراین درصد تاج پوشش گیاهی منطقه پس از آتش‌سوزی به طور چشم‌گیری کاهش یافته است. نتایج حاصل از مقایسه میزان زیتوده گیاهی بین دو منطقه شاهد و آتش‌سوزی شده نیز نشان داد که از نظر میزان زیتوده هوایی، زیرزمینی و لاشبرگ در این دو منطقه تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($P < 0/01$). آتش‌سوزی باعث کاهش معنی‌دار زیتوده هوایی، زیرزمینی و لاشبرگ گردید. در مجموع، زیتوده گیاهی از ۸۲۳/۹ گرم بر متر مربع در منطقه شاهد به ۷۰/۸ گرم بر متر مربع در منطقه آتش‌سوزی کاهش یافت (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج مقایسه میانگین میزان زیتوده گیاهی (گرم بر مترمربع) به تفکیک و درصد سهم هر یک در دو منطقه شاهد و آتش‌سوزی

متغیر	منطقه شاهد		منطقه آتش‌سوزی		مقدار t
	اشتباه معیار ± میانگین	درصد	اشتباه معیار ± میانگین	درصد	
زیتوده هوایی	۴۴۴/۵ ± ۴۶/۶	۵۳/۹	۳۶/۸ ± ۱/۸	۵۲/۱	۸/۷۴ **
زیتوده زیرزمینی	۳۱۱/۲ ± ۳۲/۶	۳۷/۸	۲۵/۷ ± ۱/۲	۳۶/۳	۸/۷۴ **
لاشبرگ	۶۸/۲ ± ۴/۹	۸/۳	۸/۲ ± ۰/۶۶	۱۱/۶	۱۲/۰۴ **
مجموع زیتوده گیاهی	۸۲۳/۹ ± ۷۹/۵	۱۰۰	۷۰/۸ ± ۳/۲۳	۱۰۰	۹/۴۶ **

** اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۱، * اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵، ^{ns} عدم اختلاف معنی‌دار

نتایج مربوط به مقایسه ترسیب کربن زیتوده گیاهی و خاک در دو منطقه آتش‌سوزی و شاهد در جدول ۲ آورده شده است. نتایج نشان داد که آتش‌سوزی باعث کاهش معنی‌دار کربن ترسیب‌شده در زیتوده هوایی، زیتوده زیرزمینی و لاشبرگ می‌گردد. همچنین نتایج حاصل از آزمون t برای کربن

ترسیب شده در عمق اول خاک (۱۵-۰ سانتی‌متری) نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین دو منطقه آتش‌سوزی و شاهد است. میزان کربن ترسیب‌شده از ۲۰۹۱ گرم بر متر مربع در منطقه شاهد به ۱۵۹۰ گرم بر متر مربع در منطقه آتش‌سوزی کاهش یافته است. اما نتایج حاصل از مقایسه کربن ترسیب شده در عمق دوم خاک (۳۰-۱۵ سانتی‌متری) دو منطقه شاهد و آتش‌سوزی بیانگر عدم تأثیر معنی‌دار آتش‌سوزی بر میزان ترسیب کربن در عمق دوم خاک می‌باشد ($P > 0.05$).

کل کربن ترسیب شده در واحد سطح منطقه شاهد ۳۹۳۶/۳ گرم بر متر مربع (۳۹/۴ تن در هکتار) و در منطقه آتش‌سوزی شده ۳۰۹۸/۳ گرم بر متر مربع (۳۰/۹ تن در هکتار) بود. بنابراین بین دو منطقه از نظر مقدار کربن ترسیب‌شده تفاوت معنی‌داری ($P < 0.01$) مشاهده شد (جدول ۲). در نتیجه آتش‌سوزی در این منطقه سبب کاهش ترسیب کربن به مقدار ۸/۵ تن در هکتار شده است.

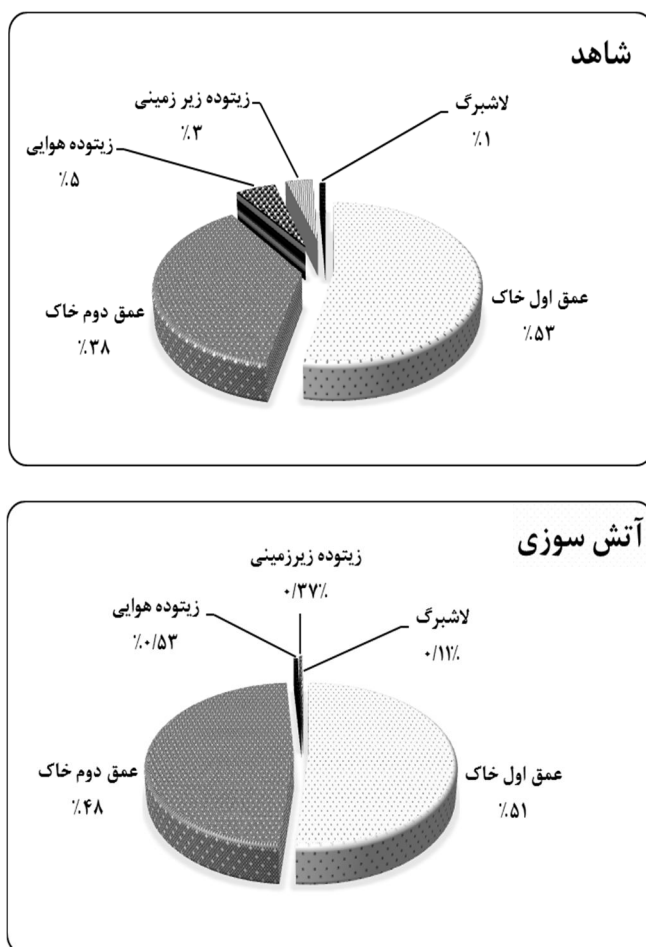
جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین میزان کربن خاک و زیتوده گیاهی (گرم بر متر مربع) در دو منطقه شاهد و آتش‌سوزی

متغیر	منطقه شاهد	منطقه آتش‌سوزی	مقدار t
زیتوده هوایی	۲۰۰/۰۲ ± ۲۰/۹	۱۶/۵ ± ۰/۸۲	۸/۷**
لاشبرگ	۳۰/۷ ± ۲/۲	۳/۷ ± ۰/۲۹	۱۲/۰۴**
مجموع کربن بالای سطح خاک (زیتوده هوایی + لاشبرگ)	۲۳۰/۷ ± ۲۱/۱	۲۰/۸ ± ۰/۹	۹/۹**
زیتوده زیرزمینی	۱۴۰/۰۴ ± ۱۴/۶	۱۱/۵ ± ۰/۵۷	۸/۷**
مجموع کربن گیاهی	۳۹۹/۴ ± ۳۱/۶	۳۹/۸ ± ۲/۹	۱۱/۳**
عمق ۰-۱۵ cm	۲۰۹۰/۷ ± ۳۹/۸	۱۵۹۰ ± ۳۲/۷	۹/۷**
عمق ۱۵-۳۰ cm	۱۴۸۲/۹ ± ۳۸/۳	۱۴۸۶/۵ ± ۳۳/۵	۰/۲۸۲ ^{ns}
مجموع کربن خاک (۰-۳۰ cm)	۳۵۷۳/۶ ± ۶۰/۸	۳۰۵۸/۵ ± ۵۰/۶	۶/۵**
ترسیب کربن کل	۳۹۳۶/۳ ± ۷۸/۲	۳۰۹۸/۳ ± ۴۹/۰۹	۹/۰۷**

** اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۱، * اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵، ^{ns} عدم اختلاف معنی‌دار

از کل کربن ترسیب‌شده در هر هکتار از منطقه شاهد، ۳۵/۷۳ تن (۹۱ درصد) سهم کربن آلی خاک، ۲ تن (۵ درصد) سهم کربن زیتوده هوایی، ۱/۴ تن (۳ درصد) سهم زیتوده زیرزمینی و ۰/۳ تن (حدود ۱ درصد) سهم لاشبرگ بود (شکل ۳). همچنین از کل کربن ترسیب شده در هر هکتار از منطقه آتش‌سوزی، ۳۰/۵۸ تن (۹۸/۹ درصد) سهم کربن آلی خاک، ۰/۱۷ تن (۰/۵۳ درصد) سهم کربن زیتوده هوایی، ۰/۱۱ تن (۰/۳۷ درصد) سهم زیتوده زیرزمینی و ۰/۰۴ تن (حدود ۰/۱۱ درصد)

سهم لاشبرگ بود. بنابراین خاک بیشترین سهم و لاشبرگ کمترین سهم از کربن ترسیب شده را دارا بودند (شکل ۳).



شکل ۳- نمودار توزیع کربن در زیتوده گیاهی بالا و زیرزمین و خاک (عمق ۳۰-۰ سانتی متری) در منطقه آتش‌سوزی و شاهد

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از این مطالعه بررسی اثرات آتش‌سوزی بر میزان کربن ترسیب شده در خاک و زیتوده گیاهی در مناطق نیمه‌استپی زاگرس مرکزی می‌باشد. نتایج حاصل از مقایسه پوشش گیاهی و زیتوده گیاهی در دو منطقه شاهد و آتش‌سوزی بیانگر آن است که آتش‌سوزی سبب کاهش چشمگیر زیتوده گیاهی و

همچنین پوشش گیاهی در این مناطق شده است. مطالعات بسیاری کاهش پوشش و زیتوده گیاهی را در سال‌های نخست پس از آتش‌سوزی گزارش نموده‌اند (Bond & Keely, 2005; فتاحی و طهماسبی، ۱۳۸۹؛ نقی پور برج، ۱۳۹۴).

نتایج نشان داد که کربن ترسیب‌شده توسط زیتوده گیاهی منطقه شاهد به مراتب از منطقه آتش‌سوزی شده بیشتر است که علت آن سوخته شدن زیتوده گیاهی و لاشبرگ در منطقه آتش‌سوزی شده می‌باشد، که باعث کاهش میزان ذخیره کربن آلی پوشش گیاهی شده است. آتش باعث حذف گیاهان شده و در نتیجه موجب افزایش خاک لخت در فصل رویش بعدی می‌شود (Carilla et al., 2011). همچنین آتش به روش‌های مختلف باعث کاهش تراکم بذر زنده سطح یا نزدیک سطح خاک و همچنین جوانه‌های رویشی در گیاهان چندساله می‌شود (نقی پور برج، ۱۳۹۴).

همچنین نتایج بیانگر کاهش زیتوده لاشبرگ منطقه آتش‌سوزی در مقایسه با منطقه شاهد است. کاهش لاشبرگ باعث تغییر در خرد اقلیم شده و بنابراین در میزان تولیدکنندگی در مراتع مؤثر است (Pylypec & Romo, 2003). لاشبرگ می‌تواند به‌وسیله کاهش تبخیر از سطح خاک و افزایش رطوبت در دسترس برای رشد گیاهان، اثر مثبتی بر افزایش پوشش گیاهی و تولید زیتوده گیاهی به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک داشته باشد (Willms et al., 1993).

آتش‌سوزی در مراتع نیمه‌استپی کشور غالباً در فصل تابستان و توسط انسان رخ می‌دهند (Naghypour et al., 2016). آتش‌سوزی‌های فصل تابستان، حرارت بسیار بالایی را تولید نموده که موجب خسارات بسیار شدیدی به گیاهان و بانک بذر خاک می‌شود. دمای بالای خاک همراه با پایین بودن رطوبت نسبی هوا و آتش‌پذیر بودن گیاهان در تابستان موجب می‌شود که شدت آتش‌سوزی‌های اتفاق افتاده در این فصل بسیار زیاد باشد. همچنین اگر در زمان آتش‌سوزی رطوبت خاک بالا نباشد، حالتی که معمولاً در آتش‌سوزی‌های کنترل‌نشده کشور اتفاق می‌افتد، آتش‌سوزی سبب افزایش استرس‌های خشکی بر گیاهان شده و تولید علوفه مرتع کاهش می‌یابد. علاوه بر این، سطح خاک برای مدت طولانی لخت و بدون محافظ مانده و در معرض فرسایش بادی و آبی قرار می‌گیرد (جنگجو، ۱۳۸۸).

همچنین نتایج نشان می‌دهد که تأثیر آتش در کاهش کربن ترسیب‌شده در عمق سطحی خاک (۱۵-۰ سانتی‌متری) معنی دار است. نتایج بیرد و همکاران (Bird et al., 1999)، آبریل و همکاران (Abril et al., 2005)، نف و همکاران (Neff et al., 2005) نیز بیانگر این موضوع می‌باشد. ولی در عمق زیرین خاک (۳۰-۱۵ سانتی‌متری)، آتش‌سوزی هیچ گونه اثر معنی‌داری بر ترسیب کربن نداشت. این نتایج بیانگر نقش عمق خاک در کاهش تأثیر آتش است. اسپوزیتو و همکاران (Esposito et al., 2006)

و نقی‌پور و همکاران (Naghipour et al., 2015) با بررسی رابطه آتش‌سوزی و عمق خاک به نتایج مشابهی دست یافتند.

مطالعه حاضر نشان داد که میزان ترسیب کربن کل در دو منطقه شاهد و آتش‌سوزی به ترتیب برابر با ۳۹/۳ و ۳۰/۹ تن در هکتار است؛ که حاکی از اثر منفی آتش‌سوزی بر ترسیب کربن کل بوده است. آتش‌سوزی باعث کاهش میزان ترسیب کربن در منطقه سوخته شده می‌شود و علت آن می‌تواند سوختن کامل ماده آلی و تبدیل آن به خاکستر باشد. نتایج تحقیق سرتینی (Certini, 2005)، ورما و همکاران (Verma et al., 2012) و حیدری و همکاران (۱۳۹۲) نیز بر این موضوع تأکید دارد.

با توجه به این که سهم خاک در ترسیب کربن کل بیش از ۹۰ درصد بود، بنابراین می‌توان با اطمینان بیان داشت که در این اکوسیستم‌ها، خاک مهمترین مخزن کربن آلی به شمار می‌آید. نتایج تحقیقات آرادوتیر و همکاران (Aradottir et al., 2000) و نقی‌پور برج و همکاران (۱۳۸۸) نیز مؤید این نتیجه است. مرادی‌شاهقریه و طهماسبی (۱۳۹۴) نیز با بررسی میزان ترسیب کربن در مراتع نیمه‌استپی استان چهارمحال و بختیاری که تقریباً دارای شرایط اقلیمی یکسانی با منطقه مورد مطالعه در تحقیق حاضر می‌باشد، به این نتیجه دست یافتند که کل کربن ترسیب‌شده در زیتوده هوایی و خاک منطقه، ۲۵/۵۳ تن بر هکتار می‌باشد. همچنین خاک در این مراتع، دارای بیشترین سهم از ترسیب کربن کل (حدود ۹۴ درصد) بود.

آتش‌سوزی به عنوان یک عامل اصلاحی مرتع در اکثر نقاط جهان متداول و معمول می‌باشد، اما آتش‌سوزی کنترل‌نشده در مناطق خشک و نیمه‌خشک به علت نبود رطوبت کافی برای رویش مجدد پوشش گیاهی زیان‌های جبران‌ناپذیری را به همراه دارد که علاوه بر از بین بردن پوشش گیاهی و تنوع زیستی اکوسیستم‌های مرتعی، باعث کاهش ترسیب کربن در این مناطق می‌شود. براساس نتایج حاصل از این مطالعه میزان هدر رفت کربن آلی خاک و زیتوده‌گیاهی بر اثر آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه ۸/۵ تن در هکتار می‌باشد. چنانچه در این تحقیق ارزش هر تن کربن ترسیب شده، حداقل ۲۰۰ دلار در نظر گرفته شود (Cannell, 2003)، در این صورت ارزش اقتصادی حاصل از کاهش ترسیب کربن توسط آتش‌سوزی، در حدود ۱۷۰۰ دلار برای هکتار می‌باشد؛ که اگر این عدد در مساحت مراتعی که هر ساله در آن حریق اتفاق می‌افتد، ضرب گردد، عدد قابل توجهی خواهد بود. می‌توان نتیجه‌گیری نمود که آتش‌سوزی‌های کنترل‌نشده فعلی در مناطق نیمه‌استپی کشور منجر به کاهش قابل توجه کربن ترسیب‌شده در خاک و زیتوده‌گیاهی خواهد شد. بنابراین باید قبل از هر کاری در این مناطق اقدام به افزایش آگاهی مردم نمود تا از وقوع اینگونه آتش‌سوزی‌ها که در بدترین زمان ممکن و با حداکثر شدت رخ می‌دهند، جلوگیری نمود.

منابع

- آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۴-۱۳۸۸. مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی.
- جنگجو، م. ۱۳۸۸. اصلاح و توسعه مرتع، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۲۳۹ صفحه.
- حیدری، ج.، قربانی‌دشتکی، ش.، رئیسی، ف.، طهماسبی، پ. ۱۳۹۲. اندوخته و پویایی کربن خاک پس از آتش‌سوزی در مراتع نیمه‌استپی چهارمحال و بختیاری، دانش آب و خاک، ۲۳(۴): ۲۶۴-۲۴۹.
- زرین‌کفش، م. ۱۳۷۲. خاکشناسی کاربردی ارزیابی و مورفولوژی و تجزیه کمی خاک-آب-گیاه، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۴۲ صفحه.
- شکری، م.، صفائیان ن.ا.، اترک‌چالی، ع.ن. ۱۳۸۱. بررسی پیامد آتش بر پوشش گیاهی تخته ییلاق پارک ملی گلستان، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۵(۲): ۲۸۲-۲۷۳.
- مرادی‌شاهقزی، م.، طهماسبی، پ. ۱۳۹۴. بررسی تأثیر قرق بر می‌زان ترسیب کربن و صفات فیزیکی و شیمیایی خاک در مراتع نیمه‌استپ استان چهارمحال و بختیاری، فصلنامه اکوسیستم‌های طبیعی ایران، ۶(۴): ۹۷-۱۰۹.
- فتاحی، ب.، طهماسبی، ا. ۱۳۸۹. تأثیر آتش‌سوزی بر تغییرات پوشش گیاهی در مراتع کوهستانی زاگرس مرکزی (مطالعه موردی: مراتع گردنه اسداباد استان همدان)، مرتع، ۴(۲): ۲۲۸-۲۳۹.
- نقی پور برج، ع.ا. ۱۳۸۷. مقایسه ترسیب کربن در خاک و زیتوده گونه‌های گیاهی مراتع تحت چرای دام و قرق شده در منطقه سیسب بجنورد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی مرتعداری، دانشگاه تربیت مدرس، ۷۳ صفحه.
- نقی پور برج، ع.ا. ۱۳۹۴. نقش آتش‌سوزی و چرا بر پویایی پوشش گیاهی و بانک بذر خاک در مراتع نیمه‌استپی منطقه زاگرس مرکزی، رساله دکتری علوم مرتع، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۵۰ صفحه.
- نقی پور برج، ع.ا.، دیانتی‌تیلکی، ق.ع.، توکلی، ح.، حیدریان آقاخانی، م. ۱۳۸۸. تأثیر شدت چرا بر میزان ترسیب کربن خاک و زیتوده گیاهی مراتع نیمه‌خشک (مطالعه موردی: مراتع سیسب بجنورد)، تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۶(۳): ۳۷۵-۳۸۵.
- نقی پور برج، ع.ا.، رادنژاد، ه.، متین‌خواه، س.ح. ۱۳۹۳. تأثیر جنگل‌کاری بر می‌زان ترسیب کربن خاک و زیتوده گیاهی در مناطق خشک (مطالعه موردی: پارک جنگلی بختی‌اردشت اصفهان)، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۲(۱): ۱۰۸-۹۹.
- نظری، ف.، حسینی، و.، شعبانی‌ان، و. ۱۳۹۱. تأثیر آتش‌سوزی بر کربن، نی‌تروژن کل و فسفر قابل جذب در خاکهای جنگلی (مطالعه موردی: جنگل‌های مریوان)، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۰(۱): ۳۷-۲۵.

- Aradottir, A., Savarsdottir, L., Kristian, H., Jonsson, P., Gudbergson, G. 2000. Carbon accumulation in vegetation and solids by reclamation of degraded areas. *Icelandic Agricultural Sciences*, 13: 99-113.
- Abril, A., Barttfeld, P., Bucher, E.H. 2005. The effect of fire and overgrazing disturbers on soil carbon balance in the Dry Chaco forest. *Forest Ecology and Management*, 206: 399-405.
- Bird, M.I., Veenendaal, E.M., Moyo, C., Lloyd, J., Frost, P. 1999. Effect of fire and soil texture on soil carbon in a sub-humid savanna (Matopos, Zimbabwe). *Geoderma*, 94: 71-90.
- Bond, W.J., Keeley, J.E. 2005. Fire as a global 'herbivore': the ecology and evolution of flammable ecosystems. *Trends in ecology & evolution*, 20(7): 387-394.
- Bowman, D.M.J.S., Balch, J.K., Artaxo, P., Bond, W.J., Carlson, J.M., Cochrane, M.A., Antonio, C.M., DeFries, R.S., Doyle, J.C., Harrison, S.P., Johnston, F.H., Keeley, J.E., Krawchuk, M.A., Kull, C.A., Marston, J.B., Moritz, M.A., Prentice, I.C., Roos, C.I., Scott, A.C., Swetnam, T.W., Werf, G.R., Pyne, S.J. 2009. Fire in the earth system. *Science*, 324: 481-484.
- Brockway, D. G. Gatewood, R. G. Paris, R. B. 2002. Restoring fire as an ecological process in shortgrass prairie ecosystems: initial effects of prescribed burning during the dormant and growing seasons. *Journal of Environmental Management*, 65(2): 135-152.
- Cannell, M.G.R. 2003. Carbon sequestration and biomass energy offset theoretical, potential and achievable capacities globally in Europe and UK. *Biomass and Bioenergy*, 24(2): 97-116.
- Carilla, J., Aragón, R., Gurvich, D.E. 2011. Fire and grazing differentially affect aerial biomass and species composition in Andean grasslands. *Acta Oecology*, 37(4): 337-345.
- Certini, G. 2005. Effects of fire on properties of forest soils. *Oecologia*, 143: 1-10.
- DeBano, L.F. 2000. The role of fire and soil heating on water repellency in wildland environments. *Journal of Hydrology*, 232: 195-206.
- Esposito, A., Strumia, S., Caporaso, S., Mazzoleni, S. 2006. The effect of fire intensity on soil seed bank in Mediterranean macchia. *Forest Ecology & Management*. 234, Supplement: S207.
- Fernández, I., Cabaneiro, A., Carballas, T. 1999. Carbon mineralization dynamics in soils after wildfires in two Galician forests. *Soil Biology and Biochemistry*, 31: 1853-1865.
- Hui, D., Deng, Q., Tian, H., Luo, Y. 2017. Climate change and carbon sequestration in forest ecosystems. *Handbook of climate change mitigation and adaptation*, 555-594.
- Kuhlbusch, T.A.J. 1998. Black carbon and the carbon cycle. *Science*, 280: 1903-1914.

- Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, 123: 1-22.
- Naghipour, A.A., Khajeddin, S.J., Bashari, H., Iravani, M., Tahmasebi, P. 2015. The effects of fire on density, diversity and richness of soil seed bank in semi-arid rangelands of central Zagros region, Iran. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 6(5), 311-318.
- Naghipour, A.A., Bashari, H., Khajeddin, S. J., Tahmasebi, P., Iravani, M. 2016. Effects of smoke, ash and heat shock on seed germination of seven species from Central Zagros rangelands in the semi-arid region of Iran. *African Journal of Range & Forage Science*, 33(1), 67-71.
- Neff, J.C., Harden, J.W., Gleixner, G. 2005. Fire effects on soil organic matter content, composition, and nutrients in boreal interior Alaska. *Canadian Journal of Forest Research*, 35: 2178-2187.
- Pylypec, B., Romo, J. 2003. Long-term effects of burning *Festuca* and *Stipa-Agropyron* grasslands. *Journal of Range Management*, 56: 640-645.
- Schuman, G.E., Janzen, H., Herrick, J.E. 2002. Soil carbon information and potential carbon sequestration by rangelands. *Environmental Pollution*, 116: 391-396.
- Verma, S., Jaykumar, S. 2012. Impact of forest on physical. Chemical and biological properties of soil. *IAEES*, 2: 168-176.
- Willms, W.D., McGinn, S.M., Dormaar, J. F. 1993. Influence of litter on herbage production in the mixed prairie. *Journal of Range Management*, 46(4): 320-324.
- Zedler, P.H. 2007. Fire effects on grasslands, *Plant Disturbance Ecology: the Process and the Response*, 397-439.

