نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و چهارم، شماره سوم، ۱۳۹۶
http://jwsc.gau.ac.ir

تأثیر مدیریت چرای مراتع بر اشکال مختلف کربن آلی در دشت پنتی ایذه در استان خوزستان

علیرضا اوجی[۱]، *احمد لندی[۲] و سعید حجتی[۳]

[۱]دانشجوی دکتری گروه خاکشناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، [۲]استاد گروه خاکشناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز،
[۳]دانشیار گروه خاکشناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۱۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۷/۲

چکیده

سابقه و هدف: خاک، یک منبع کلیدی و به‌عنوان کنترل‌کننده چرخه‌های ژئوشیمیایی، آب و موجودات زنده و بزرگترین و اصلی‌ترین مخزن ماده‌ی آلی محسوب می‌شود. اطلاعات کمی در ارتباط با تأثیر مدیریت قرق بر اشکال مختلف کربن در خاک‌های مراتع استان خوزستان وجود دارد؛ بنابراین این مطالعه با هدف بررسی تأثیر مدیریت قرق بر میزان و اشکال مختلف کربن خاک در برخی خاک‌های مراتع دشت پنتی در استان خوزستان انجام شد.

مواد و روش‌ها: بر این اساس، دو مرتع با مدیریت‌های مختلف (قرق‌شده و تحت چرا) در دشت پنتی ایذه انتخاب و سپس از ۱۵ نقطه به‌صورت تصادفی و از دو عمق سطحی (۰ تا ۲۰ سانتی‌متری) و زیر سطحی (۲۰ تا ٤٠ سانتی‌متری) نمونه‌برداری صورت گرفت. پس از هواخشک کردن نمونه‌های خاک و عبور آن‌ها از الک دو میلی‌متری، خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و اشکال مختلف کربن خاک شامل کربن آلی کل، کربن قابل اکسید شدن به‌وسیله پرمنگنات، کربن آلی ذره‌ای ریز و درشت، کربن محلول در آب و کربن زیتوده میکروبی خاک‌ها اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که مدیریت قرق درخاک‌های سطحی و زیرسطحی باعث افزایش میزان ماده آلی خاک شده است ولی در خاک‌های زیرسطحی علی‌رغم افزایش میزان مواد آلی، مقدار آن از لحاظ آماری معنی‌دار نبوده است. در لایه‌های سطحی مقدار آن معنی‌داری بوده است و باعث افزایش میزان کربن آلی کل (از ۸/۳۳ به ۹/۵۳ گرم بر کیلوگرم)، کربن آلی محلول (از ۹/٤٦ به ۱۰/۸٦ میلی‌گرم بر لیتر)، کربن زیتوده میکروبی (از ٤۱۸/۱ به ٤٥٦/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، کربن قابل اکسید شدن توسط پرمنگنات (از ۹۷٤/۲٥ به ۱۰۳٥/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، کربن آلی ذره‌ای ریز (از ٤۳۰/٦ به ٤٥۰/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کربن آلی ذره‌ای درشت (از ٦۸۰/۱۰ به ۷۰۱/٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم) شده است. به‌نظر می‌رسد برای این‌که اثر تغییرات مدیریت به قسمت‌های پایین‌تر خاک تأثیرگذار شود نیازمند مدیریت با مدت زمان بیش‌تری هست. مقایسه بیومس در داخل (٤۰٥ گرم بر مترمربع) و خارج قرق (۱۱۷ گرم بر مترمربع) بیانگر وضعیت خوب پوشش گیاهی در داخل قرق و مؤثر بودن قرق در احیا مراتع منطقه می‌باشد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که کربن زیتوده میکروبی، کربن محلول خاک و کربن قابل اکسید شدن توسط پرمنگنات حساسیت بیش‌تری به مدیریت قرق نسبت به اشکال دیگر کربن داشته و شاخص‌های مناسب‌تری برای بررسی تأثیر مدیریت قرق بر کیفیت کربن آلی اضافه شده به خاک می‌باشند. همچنین، بر اساس شاخص نسبت طبقه‌بندی کربن

* مسئول مکاتبه: landi@scu.ac.ir

نسبت به اشکال مختلف کربن آلی در این مطالعه، مدیریت قرق یکی از اقدامات مدیریتی مناسب و کارآمد بوده و باعث بهبود کیفیت خاک گردیده است؛ از این‌رو ضروری به‌نظر می‌رسد که تیمار قرق به‌عنوان یکی از برنامه‌های اصلی در طرح‌های منابع طبیعی تجدیدشونده مدنظر قرار گیرد. در کل نتایج این مطالعه بیانگر اثرات نامطلوب چرای مراتع بر کیفیت مواد آلی خاک است که می‌تواند در درازمدت پایداری تولید در اکوسیستم‌های مرتعی را به خطر بیندازد.

واژه‌های کلیدی: مرتع، مدیریت قرق، کربن خاک، کیفیت خاک

مقدمه

خاک، یک منبع کلیدی و به‌عنوان کنترل‌کننده چرخه‌های ژئوشیمیایی، آب و موجودات زنده (٦) و بزرگترین و اصلی‌ترین مخزن ماده آلی محسوب می‌شود (۱۵). ماده آلی خاک از مهم‌ترین عوامل ارزیابی کیفیت خاک است و ارتباط نزدیکی با ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارد (۲۵). هر چند تغییرات و روند مواد آلی براساس کربن آلی خاک سنجیده می‌شود، ولی مواد آلی کل خاک به تغییرات مدیریت خاک به کندی پاسخ می‌دهد (۳۵). به همین منظور شناسایی اجزاء حساس‌تر کربن آلی باعث تشخیص بهتر تغییرات ماده آلی خاک در مراحل ابتدایی تغییر مدیریت می‌شود (۵۷) ماده آلی خاک شامل دو بخش هوموسی و ترکیبات ناپایدار می‌باشد. ذخایر مواد آلی تعریف شده در بخش ناپایدار شامل: مواد آلی ذره‌ای، کربن زیتوده میکروبی، کربن محلول، کربن قابل عصاره‌گیری با عصاره‌گیرهای مختلف (مانند پرمنگنات پتاسیم) می‌باشند (۲٦). حال آن‌که، بخش غیرهوموسی ماده آلی در حاصلخیزی، پایداری خاکدانه‌ها، حساسیت خاک به فرسایش، چرخه مواد غذایی و نگهداری آب در خاک نیز نقش مهمی ایفا می‌نماید (۱٤) و حساس به تغییرات کوتاه‌مدت مدیریتی و شاخصی از کیفیت خاک است (۳۵). زیتوده میکروبی جزء زنده مواد آلی خاک (٤۰) و دربرگیرنده باکتری‌ها، اکتینومیست‌ها، قارچ‌ها، پروتوزوآ، جلبک‌ها و جانوران خاکزی می‌باشد و در نهایت حدود ۲ درصد کل کربن آلی خاک و ۵ درصد نیتروژن آلی خاک را شامل می‌شود (۳۰). معمولاً کربن زیتوده میکروبی را به‌عنوان برآوردی از فعالیت و حیات توده میکروبی خاک محسوب می‌کنند که نقش آن به‌عنوان منبع عناصر غذایی (٥٤) و تغییر و تبدیلات مواد آلی خاک بی‌بدیل است. مواد آلی ذره‌ای بخش دیگری از مواد آلی است که از نظر مقدار تجزیه حد واسط بقایای گیاهی تازه و هوموس می‌باشد و به‌عنوان مخزن موقتی مواد آلی شناخته می‌شود. هر چند که این بخش سهم ناچیزی از حجم خاک را در بر می‌گیرد، ولی به‌دلیل داشتن زمان بازگشت کوتاه و نیز غنی بودن از عناصر غذایی، یکی از شاخص‌های مهم کیفیت خاک به حساب می‌آید (۲٦). کربن محلول در آب از دیگر ذخایر لبایل کربن خاک می‌باشد که متشکل از محدوده گسترده‌ای از ترکیبات آلی آلیفاتیک، فنل‌ها، اسیدهای فنلی، اسیدهای آمینه آزاد، کربوهیدرات‌ها و مجموعه مولکولی اسیدهای هیومیک با وزن مولکولی متفاوت می‌باشد (٤۹). این جزء کربن بخشی از کربن ناپایدار خاک بوده و قسمت کوچکی از مواد آلی در خاک را شامل می‌شود و علاوه بر محلول بودن در خاک از منافذ با قطر کوچک‌تر از ۰/٤٥ میکرومتر نیز عبور می‌کنند. کربن قابل اکسید شدن با پرمنگنات پتاسیم به‌عنوان یک شاخص از کربن آلی لبایل قابل اکسیداسیون شیمیایی خاک است که به تغییرات محیطی و مدیریتی بسیار حساس بوده و سریعاً

می‌تواند تغییرات کربن لبایل را در خاک را نشان دهد (۱۳ و ۲۶). این جزء از کربن معمولاً منبع کربن بزرگ‌تری از کربن زیتوده میکروبی می‌باشد که اندازه‌گیری آن، تحرک این شکل از کربن در خاک را به ما نشان می‌دهد (۵).

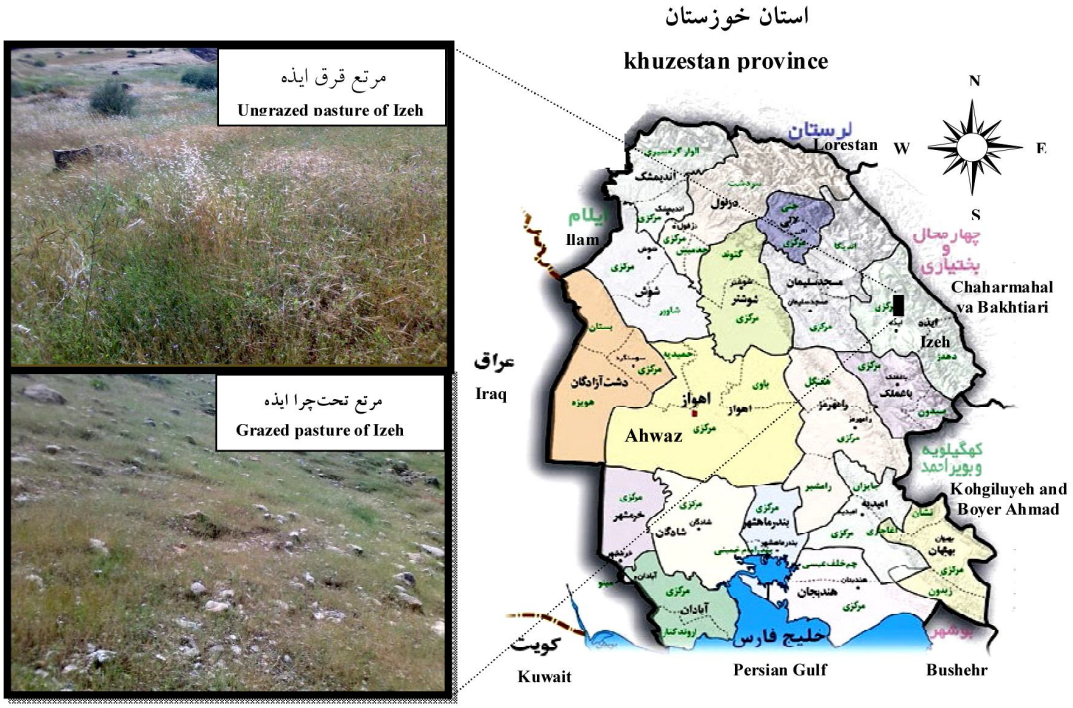
کولمن و همکاران (۲۰۱۲) با مطالعه ۱۳۷۹ نمونه خاک از مناطق جغرافیایی و اکوسیستم‌های مختلف کشور آمریکا رابطه مثبتی بین تغییرات کربن قابل اکسید شدن توسط پرمنگنات و کربن زیتوده میکروبی، مواد آلی ذره‌ای ریز و کربن آلی خاک مشاهده نمودند. ایشان همچنین گزارش نمودند که کربن قابل اکسید شدن توسط پرمنگنات در مقایسه با سایر شاخص‌های میکروبی مثل ماده آلی ذره‌ای و کربن زیتوده میکروبی به تغییرات مدیریتی (شامل مدیریت قرق) و محلی از حساسیت بیش‌تری برخوردار است و بنابراین می‌تواند به‌عنوان روشی سریع جهت ارزیابی بیولوژیکی کربن فعال خاک به‌کار برده شود (۱۳). لی و همکاران (۲۰۱۳) طی پژوهشی بیان داشتند که مدیریت قرق باعث افزایش کربن آلی خاک و نیز کربن زیتوده میکروبی (به‌واسطه افزایش تنفس میکروبی در اثر قرق) در مراتع مورد مطالعه آن‌ها در شمال چین شده است (۳۱). همچنین گس و همکاران (۲۰۱۱) روی و ژوکین (۲۰۱۶) نقش مدیریت قرق مراتع بر افزایش معنی‌دار کربن خاک نسبت به مراتع تحت چرا گزارش نمودند (۲۱ و ٤٤). این در حالی است که استیفن و همکاران (۲۰۰۹) و نیز کائو و همکاران (۲۰۱۳) تغییر محسوسی در کربن خاک در اثر مدیریت قرق کوتاه‌مدت ۱۱ و ۳ ساله مرتع مشاهده ننمودند (۸ و ٤۸).

مراتع کشور، با سطحی معادل ۸٦ میلیون هکتار، بیش از ۵۳ درصد از مساحت ایران را در بر می‌گیرد (۱٦). نقش زیربنایی مراتع در توسعه و پایداری تولید فراتر از تولید مستقیم علوفه و تأمین نیاز غذایی دام است. در این ارتباط چرای بی‌رویه و مفرط از جمله عواملی است که موجب تخریب این اراضی می‌گردد (۱۲ و ۵۰). سو (۲۰۰٤) نشان داد که چرای بیش از حد دام باعث کاهش مقدار کربن، نیتروژن و ماده آلی خاک می‌شود (٤۷). حفاظت و یا اصلاح کیفیت خاک، می‌تواند منافع اقتصادی و افزایش حاصلخیزی و باروری خاک را به‌دنبال داشته باشد. یکی از راه‌های تأمین امنیت این مناطق جلوگیری از ورود دام به داخل آن‌ها یا همان قرق می‌باشد که اثرات سودمندی در پوشش گیاهی و خاک در این مراتع تخریب شده دارد (۳٦). ازآن‌جایی‌که اطلاعات کمی در ارتباط با تأثیر مدیریت قرق بر اشکال مختلف کربن در خاک‌های مراتع استان خوزستان وجود دارد؛ بنابراین این پژوهش با هدف بررسی تأثیر مدیریت قرق بر میزان و اشکال مختلف کربن خاک شامل کربن آلی کل، کربن قابل اکسید شدن به‌وسیله پرمنگنات، کربن آلی ذره‌ای، کربن محلول در آب و کربن زیتوده میکروبی در برخی خاک‌های مرتعی در استان خوزستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مطالعاتی: مراتع منطقه مطالعاتی که به‌نام محلی پنتی معروف است، در فاصله ۲۷ کیلومتری غرب شهرستان ایذه و با مساحت ۱٦۲۲ هکتار می‌باشد و از سال ۱۳۷۹ توسط اداره کل منابع طبیعی استان خوزستان تحت قرق قرار گرفته است (۳۷). مراتع مذکور در محدوده عرض‌های جغرافیایی ″۸ ′۵۷ °۳۱ تا ″۲۰ ′۵۸ °۳۱ شمالی و طول‌های جغرافیایی ″۱۱ ′٤۱ °٤۹ تا ″۳۳ ′٤۲ °٤۹ شرقی قرار دارد. بر اساس گزارش ایستگاه‌های هواشناسی، منطقه به لحاظ اقلیمی، دارای میزان متوسط بارندگی سالانه ٦۲۳ میلی‌متر در سال است. حداکثر درجه حرارت مطلق در گرم‌ترین ماه سال، ٤۹ درجه سانتی‌گراد مربوط به شهریورماه و حداقل درجه حرارت مطلق در

سردترین ماه سال، ۹/۵- درجه سانتی‌گراد مربوط به بهمن‌ماه می‌باشد. همچنین متوسط درجه حرارت سالیانه منطقه ۱۹/۲ درجه سانتی‌گراد گزارش گردیده است (۲). با استفاده از نقشه رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک‌های ایران رژیم رطوبتی و حرارتی منطقه مشخص شد (۳)، رژیم رطوبتی منطقه Typic Xeric و رژیم حرارتی منطقه Thermic تعیین گردید. پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه از تنوع خاصی برخوردار است؛ ولی بر اثر چرای بیش از ظرفیت مجاز، گیاهان اکثراً رو به انقراض بوده و سطح مرتع اکثراً دارای پوششی از گیاهان یک‌ساله است. طی بررسی‌ها و عملیات صحرایی انجام گرفته، تیپ گیاهی مراتع دشت ایذه در هر دو کاربری مورد مطالعه یکسان (کاربری قرق و تحت چرای متوسط) و مجموعه‌ای از لگوم‌ها و گراس‌های یک‌ساله (Annual Forbs-Anuual grasses) می‌باشند، اما به‌دلیل چرای دام در بخش تحت‌چرا این گیاهان از تراکم کم‌تری برخوردار می‌باشند. جهت انجام پژوهش حاضر ابتدا بر اساس نقشه‌های توپوگرافی، خاکشناسی و عکس‌های هوایی استان، محل نقاط نمونه‌برداری تعیین گردید. سپس با حفر ۱۵ پروفیل به‌صورت تصادفی در فواصل به‌طور میانگین ۱۴۰ متر و شیب شمالی (حدود ۲۰ تا ۲۵ درصد) در هر کاربری از لایه‌های ۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ سانتی‌متری (با توجه به مرز تفکیک افق‌ها) نمونه‌برداری صورت گرفت. پس از هواخشک کردن نمونه‌های خاک و عبور آن‌ها از الک دو میلی‌متری، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها با استفاده از روش‌های مرسوم اندازه‌گیری شد (جدول ۱). لازم به ذکر است که نمونه‌های خاک در یک زمان و از مکان‌هایی با شیب، توپوگرافی و مواد مادری (آهکی) تقریباً یکسان از هر منطقه جمع‌آوری شدند.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی و کاربری‌های مورد مطالعه.

Figure 1. Location of sampling sites.

جدول ۱- روش‌های مورد استفاده جهت اندازه‌گیری شکل‌های مختلف کربن و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مورد مطالعه.

Table 1. Methods used to measure different forms of carbon and the physical and chemical characteristics.

ردیف (Row)	خصوصیت مورد مطالعه (characteristics)	روش مورد استفاده (Methods)
1	واکنش خاک (Soil pH)	گل اشباع (Saturated soil paste) (٤١)
2	ظرفیت تبادل کاتیونی (Cation exchange capacity)	استات سدیم یک نرمال در pH= ٨ (1N NaAc, pH=8) (٩)
3	بافت خاک (Soil texture)	هیدرومتر (Hydrometer) (٢٢)
4	هدایت الکتریکی (Electrical conductivity)	عصاره اشباع خاک (Saturated soil extract) (٥١)
5	کربن آلی خاک (Soil organic carbon)	اکسیداسیون تر (Wet oxidation) (٥٥)
6	کربن قابل اکسید شدن به‌وسیله پرمنگنات پتاسیم (کربن فعال خاک) (Permanganate-oxidizable carbon (Active soil carbon))	بلیر و همکاران (Blair et al.) (٤ و ٥)
7	کربن زیتوده میکروبی (Microbial biomass carbon)	ونس و همکاران (Vance et al.) (٥٣)
8	کربن محلول خاک (Dissolved organic carbon)	قانی و همکاران (Ghani et al.) (٢٣)
9	کربن آلی ذره‌ای (Particulate organic carbon)	نلسون و سومرز (Nelson and Sommers) (٣٩)

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و ترسیم نمودارها: داده‌های به‌دست آمده در نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۳ پردازش شد و تجزیه‌وتحلیل آن‌ها در محیط نرم‌افزاری SPSS ۱۹ انجام شد. برای مقایسه اشکال مختلف کربن در کاربری‌های مدیریت قرق مراتع و چرا و نیز عمق‌های مورد مطالعه از آزمون t جفت‌نشده (t-Test) و مقایسه میانگین به‌وسیله آزمون چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد. همچنین به‌منظور بررسی میزان حساسیت پارامترها نسبت به قرق مراتع از شاخص حساسیت استفاده شده است که از رابطه ۳ محاسبه گردید:

$$SI = \left[\frac{A-B}{A}\right] \times 100 \qquad (٣)$$

که در آن، A پارامتر اندازه‌گیری‌شده در کاربری مرجع (مرتع قرق) و B پارامتر اندازه‌گیری‌شده در مرتع تحت چرا می‌باشد.

از دیگر شاخص‌های مورد استفاده نسبت لایه‌بندی[1] بود که در واقع نسبت بین کربن آلی خاک در دو لایه مختلف خاک است که عمدتاً لایه‌های سطحی و زیرسطحی می‌باشند که کم‌تر متأثر از مدیریت است. این شاخص به‌منظور بررسی اثر مدیریت قرق بر کیفیت خاک استفاده گردید (رابطه ٤) (١٩).

(٤) (کربن آلی خاک در لایه مجاور (٢٠-٤٠ سانتی‌متر)/ کربن آلی خاک سطحی (٠-٢٠ سانتی‌متر)) = CSR

نتایج و بحث

جدول ۲ ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های موردمطالعه را نشان می‌دهد. بر این اساس، خاک هر دو مزرعه مورد مطالعه دارای بافت نسبتاً سنگین، غیرشور، آهکی و دارای واکنش قلیایی هستند. ولی میزان کربن آلی کل خاک در مرتع تحت چرا کم‌تر از مرتع قرق است. این تفاوت را می‌توان به کاهش در میزان بقایای تولیدشده در اثر چرای مرتع نسبت داد. آن و لی (۲۰۱۵) طی مطالعه‌ای بیان داشتند که در اثر چرا از یک‌سو رشد گیاهی کاهش یافته و از سوی دیگر بخش عمده‌ای از پوشش گیاهی تولیدشده توسط دام حذف می‌گردد (١). همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود مقدار بقایای تولیدی در هر مترمربع مرتع قرق (gm^{-2} ٤٠٥) در حدود سه برابر مرتع تحت چرا (gm^{-2} ١١٧) اندازه‌گیری شد.

1- Carbon Stratification Ratio (CSR)

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در مراتع تحت چرا و قرق.

Table 2. Physical and chemical characteristics of the soils in grazed and ungrazed pastures.

ویژگی Factor	کاربری Land use	عمق خاک (cm) Depth							
		0-20				20-40			
		میانگین (Mean)	انحراف معیار (SD)	ضریب تغییرات (٪) (CV)	خطا (SE)	میانگین (Mean)	انحراف معیار (SD)	ضریب تغییرات (٪) (CV)	خطا (SE)
رس (٪) Clay (%)	قرق (Ungrazed)	23.03	2.90	13.16	0.75	27.30	4.77	17.47	1.23
	تحت چرا (Grazed)	24.83	4.69	18.87	1.17	30.84	5.97	19.35	1.49
شن (٪) Sand (%)	قرق (Ungrazed)	29.35	4.68	15.93	1.20	26.10	6.85	26.25	1.76
	تحت چرا (Grazed)	27.25	9.63	35.34	2.40	20.36	6.87	33.71	1.71
سیلت (٪) Silt (%)	قرق (Ungrazed)	46.62	5.35	11.00	1.38	46.60	4.81	10.33	1.24
	تحت چرا (Grazed)	47.92	6.06	12.64	1.51	48.78	6.13	12.56	1.53
کربنات کلسیم معادل (٪) Calcium carbonate equivalent (%)	قرق (Ungrazed)	62.05	4.25	6.85	1.09	58.35	8.56	14.67	2.21
	تحت چرا (Grazed)	59.89	7.33	12.24	1.83	59.97	9.59	15.99	2.39
هدایت الکتریکی EC (dSm^{-1})	قرق (Ungrazed)	1.03	0.55	53.29	0.14	1.17	0.76	64.58	0.19
	تحت چرا (Grazed)	0.60	0.22	38.93	0.06	0.93	0.53	56.58	0.13
pH خاک Soil pH	قرق (Ungrazed)	7.56	0.10	1.56	0.03	7.59	0.14	2.02	0.04
	تحت چرا (Grazed)	7.54	0.10	1.11	0.02	7.47	0.17	2.16	0.04
ماده آلی خاک Soil organic carbon (gkg^{-1})	قرق (Ungrazed)	9.53	1.69	17.72	0.44	5.30	1.31	24.62	0.34
	تحت چرا (Grazed)	8.33	1.31	15.66	0.34	4.97	0.84	16.81	0.21
قابلیت تبادل کاتیونی CEC (cmol+kg-1)	قرق (Ungrazed)	38.23	0.78	2.04	0.45	36.95	0.17	0.44	0.09
	تحت چرا (Grazed)	38.11	0.51	1.34	0.29	36.63	0.89	2.44	0.51
مقدار بقایای آلی تولیدی Biomass (gm^{-2})	قرق (Ungrazed)	405	-	-	-	-	-	-	-
	تحت چرا (Grazed)	117	-	-	-	-	-	-	-

تغییرپذیری متغیرها را می‌توان از طریق بررسی ضریب تغییرپذیری آن‌ها بررسی نمود. وای و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که تغییرات کم‌تر از ۱۰ درصد دلالت بر تغییرپذیری پایین خصوصیت موردنظر و نیز تغییرات بالاتر از ۹۰ درصد، بیانگر تغییرپذیری بالای آن است (٥٦). با استناد به محدوده‌های ارایه‌شده توسط وای و همکاران (۲۰۰۸)، از میان خصوصیات خاک بررسی شده، واکنش خاک دارای کم‌ترین ضریب تغییرپذیری است (٥٦). شاید بتوان آهکی‌بودن خاک‌های منطقه و همچنین خاصیت بافری بالای خاک را دلیلی بر این موضوع عنوان کرد. نتایج مشابهی توسط شهریاری‌گرایی و همکاران (۲۰۱٦) گزارش شده است (٤٥). بنابراین به‌دلیل استفاده از تبدیلگر لگاریتمی، کم‌تر بودن ضریب تغییرپذیری این متغیر امری بدیهی به‌نظر می‌رسد. این در حالی است که به‌جز ظرفیت تبادل کاتیونی و کربنات‌کلسیم معادل در عمق سطحی منطقه قرق و واکنش خاک، سایر خصوصیت‌های مطالعاتی از ضریب تغییرپذیری متوسطی برخوردار می‌باشند. این نشان می‌دهد که سهم عوامل خاک و زیست‌محیطی برای توضیح تغییر در داده‌ها بالا نیست (۱۳).

جدول ۳ نتایج آزمون t جفت‌نشده عوامل آزمایشی شامل اثر چرای مرتع و عمق نمونه‌برداری را بر شکل‌های مختلف کربن خاک نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شد تأثیر چرای دام بر مقادیر کربن آلی کل، کربن زیتوده میکروبی، کربن محلول، کربن آلی ذره‌ای و کربن قابل عصاره‌گیری با پرمنگنات پتاسیم در عمق‌های سطحی معنی‌دار است. به‌عبارت دیگر به‌نظر می‌رسد که مقادیر مربوط به شکل‌های مختلف کربن خاک تحت اثر مدیریت چرا تغییر خواهد کرد. این در حالی است در عمق زیرسطحی با توجه به ثبات بیش‌تر و تأثیرپذیری کم‌تر از مدیریت، تحت اثر چرای دام نبوده است و تغییرات آن معنی‌دار نبوده است.

جدول ۳- نتایج آزمون t برای بررسی تأثیر کاربری اراضی بر اشکال مختلف کربن مورد مطالعه.

Table 3. Results of T test on different forms of carbon in the different land use.

منابع تغییر Sources of variations	عمق Depth	درجه آزادی Degree of freedom	آماره t T test	سطح معنی‌داری Significant level
کربن آلی خاک (Soil organic carbon)	سطحی (Surface)	28	2.17	0.039
	زیرسطحی (Subsurface)	28	0.84	0.406 ns
کربن زیتوده میکروبی (Microbial biomass carbon)	سطحی (Surface)	28	4.72	0.000
	زیرسطحی (Subsurface)	28	1.87	0.072 ns
کربن محلول خاک (Dissolved organic carbon)	سطحی (Surface)	28	2.20	0.036
	زیرسطحی (Subsurface)	28	1.22	0.233 ns
کربن فعال خاک (Active soil carbon)	سطحی (Surface)	28	9.91	0.001
	زیرسطحی (Subsurface)	28	1.62	0.116 ns
کربن آلی ذره‌ای درشت (Coarse particulate organic carbon)	سطحی (Surface)	28	2.08	0.047
	زیرسطحی (Subsurface)	28	0.96	0.348 ns
کربن آلی ذره‌ای ریز (Fine particulate organic carbon)	سطحی (Surface)	28	2.11	0.044
	زیرسطحی (Subsurface)	28	1.06	0.301 ns

جدول ٤- تغییرات شاخص لایه‌بندی کربن در اراضی مرتعی قرق‌شده و تحت چرا.

Table 4. CSR variations in grazed and ungrazed pastures.

منابع تغییر Sources of variations	کاربری Land use	مقدار شاخص Index value
کربن آلی خاک (Soil organic carbon)	مرتع قرق (Ungrazed)	1.80
	مرتع تحت چرا (Grazed)	1.68
کربن زیتوده میکروبی (Microbial biomass carbon)	مرتع قرق (Ungrazed)	1.90
	مرتع تحت چرا (Grazed)	1.81
کربن محلول خاک (Dissolved organic carbon)	مرتع قرق (Ungrazed)	1.62
	مرتع تحت چرا (Grazed)	1.57
کربن فعال خاک (Active soil carbon)	مرتع قرق (Ungrazed)	1.08
	مرتع تحت چرا (Grazed)	1.02
کربن آلی ذره‌ای درشت (Coarse particulate organic carbon)	مرتع قرق (Ungrazed)	1.73
	مرتع تحت چرا (Grazed)	1.70
کربن آلی ذره‌ای ریز (Fine particulate organic carbon)	مرتع قرق (Ungrazed)	1.62
	مرتع تحت چرا (Grazed)	1.60

شاخص نسبت لایه‌بندی کربن، شاخصی از کیفیت خاک هست که مقادیر بالاتر آن گویای اثر مناسب مدیریت و به موجب آن، بهبود کیفیت خاک می‌باشد (۱۸ و ۱۹). بر این اساس، نسبت لایه‌بندی کربن در مدیریت قرق نسبت به اراضی چراشده بیش‌تر بوده و بیانگر کیفیت خاک در این اراضی است (جدول ٤). سیلوا و همکاران (۲۰۱٤) نیز بهبود کیفیت خاک را از طریق افزایش کربن آلی خاک تحت اثر مدیریت قرق گزارش نمودند (٤٦). فرانزلوبرز (۲۰۱۳) نیز طی مطالعه‌ای بیان داشت که افزایش شاخص نسبت لایه‌بندی کربن موجب تحریک فعالیت بیولوژیک خاک و ارتقاء کیفیت خاک گریدیده است (۲۰).

کربن آلی کل خاک: مقایسه میانگین اثر چرای دام بر تغییرات کربن آلی خاک نشان داد که چرای دام باعث کاهش محتوای کربن آلی خاک در قسمت‌های سطحی خاک می‌شود. این در حالی است که در قسمت‌های زیرسطحی تغییرات معنی‌دار نبوده است (جدول ۳، شکل ۲). میزان بالاتر کربن آلی خاک در مراتع قرق نسبت به مراتع تحت چرای دام را می‌توان به حجم بیش‌تر بقایای گیاهی تولیدشده در مرتع قرق نسبت داد (جدول ۲). بر این اساس، بیش‌ترین محتوای کربن آلی خاک (۹/۵۳ گرم در کیلوگرم) مربوط به عمق سطحی مرتع قرق‌شده و کم‌ترین مقدار کربن آلی خاک نیز در عمق زیرسطحی مراتع تحت چرا مشاهده گردید (٤/۹۷ گرم در کیلوگرم)؛ اگرچه اختلاف آن با عمق دوم (۲۰-٤۰ سانتی‌متری) مرتع قرق‌شده معنی‌دار نمی‌باشد (شکل ۲). شهریاری و همکاران (۲۰۱٦) میزان کربن آلی بخشی از مراتع حوزه رکعت شهرستان دهدز استان خوزستان را ۱۳/۳

میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کردند (٤٥). از جمله دلایل این میزان بالاتر کربن آلی گزارش شده نسبت به دشت پنتی به‌واسطه دمای پایین‌تر و بارندگی بیش‌تر منطقه دهدز می‌تواند باشد. حیدریان آقاخانی و همکاران (١٣٨٩) طی مطالعه‌ای بیش‌ترین درصد کربن آلی را در قسمت قرق (١٠/١ میلی‌گرم در کیلوگرم) و کم‌ترین آن را در عمق دوم منطقه چرا (٦/٧ میلی‌گرم در کیلوگرم) در مراتع سیساب بجنورد گزارش نمودند (٢٨). دی و همکاران (٢٠١٤) نیز بیان داشتند که بیش‌ترین مقادیر و تغییرات کربن در عمق ٠ تا ٢٠ سانتی‌متری مراتع مورد مطالعه آن‌ها بوده که بیش‌ترین تأثیر از فعالیت انسانی (مدیریت قرق) را پذیرفته است (١٥). نتایج پژوهش حاضر بیانگر افزایش معنی‌دار ١/٢ گرم بر کیلوگرم کربن آلی در خاک سطحی (از ٨/٣٣ به ٩/٥٣ گرم بر کیلوگرم) یعنی در حدود ٣٢٠٠ کیلوگرم کربن آلی بر هکتار در اثر اعمال مدیریت قرق در مراتع دشت پنتی می‌باشد. رئیسی و ریاحی (٢٠١٤) طی مطالعه‌ای در بخشی از منطقه نیمه‌خشک سبزکوه شهرکرد بیان داشتند که مدیریت قرق باعث افزایش معنی‌دار ٢/٣ میلی‌گرم بر کیلوگرم کربن آلی بخش‌های سطحی (از ١٣/٢ به ١٥/٥ گرم بر کیلوگرم) گردیده است (٤٣). همچنین آن‌ها با مطالعه مشابه در منطقه خشک بروجن افزایش ٠/٣ میلی‌گرم بر کیلوگرم (از ٤/٧ به ٥/٠ گرم بر کیلوگرم) کربن آلی را گزارش نمودند که این میزان تغییرات کم کربن آلی تحت اثر مدیریت قرق نسبت به منطقه سبزکوه را میزان بارندگی کم‌تر منطقه بروجن و به موجب آن کاهش حجم تولیدی گیاه عنوان نمودند. همچنین روی و ژوکین (٢٠١٦) با مطالعه بخشی از مراتع چین، بیان داشتند که قرق باعث افزایش کربن آلی خاک سطحی شده است (٤٤). حیدریان آقاخانی و همکاران (١٣٨٩)، کائو و همکاران (٢٠٠٤) و تامپسون و همکاران (٢٠٠٦) نیز گزارش نمودند که در اثر کاهش ورود بقایای گیاهی تازه به خاک، افزایش دما در سطح خاک‌های چراشده و معدنی‌شدن بیش‌تر کربن، دارای مقادیر کم‌تری از کربن آلی خاک در مناطق چرا شده می‌باشد (٧، ٢٨ و ٥٢).

کربن زیتوده میکروبی: کربن زیتوده میکروبی یکی از اشکال لبایل کربن آلی است که تغییرات آن به‌عنوان یک شاخص مهم در اثر مدیریت‌های مختلف اعمال شده روی زمین پیشنهاد می‌شود (١٣). میزان بالای کربن زیتوده در عمق سطحی مراتع قرق (٤٥٦/٢ میلی‌گرم بر کیلوگرم) را می‌توان به حجم بالاتر گیاه موجود در این منطقه (جدول ٢) و نیز ورود بالاتر ماده آلی به این منطقه از طریق اضافه شدن بقایای گیاهی به خاک که موجب ایجاد ترکیبات ناپایدار (به‌عنوان منبع انرژی برای ارگانیسم‌های خاک) برای ترغیب رشد و فعالیت جوامع میکروبی و به موجب آن تجمع کربن زیتوده میکروبی می‌شود را نسبت داد (٢٩). کم‌ترین مقدار کربن زیتوده میکروبی خاک نیز در عمق زیرسطحی مرتع تحت چرا مشاهده گردید (٢٣١/٣ میلی‌گرم در کیلوگرم)؛ اگرچه اختلاف آن با عمق دوم مرتع قرق شده معنی‌دار نمی‌باشد (شکل ٢). به‌علاوه، از آن‌جا که چرای دام باعث کاهش رطوبت خاک، کاهش ذخیره کربن آلی و نیتروژن خاک، افزایش فشردگی خاک و کاهش دسترسی میکروب‌ها به کربن ناپایدار یا کربن آلی قابل تجزیه می‌گردد (١٠، ١٧ و ٢١)، از این‌رو می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً چرای سنگین می‌تواند از طریق هر گونه کاهش ورود بقایای گیاهی به سطح خاک یا نبود ریشه‌های زنده و ترشحات آن‌ها به‌عنوان عامل

تحریک فعالیت میکروبی، باعث کاهش فعالیت میکروبی شده باشد. چن و همکاران (۲۰۱٦) نیز بیان نمودند که چرای دام می‌تواند از طریق کاهش ورود بقایای گیاهی به سطح خاک و در نتیجه پایین بودن ورود سالانه کربن آلی قابل تجزیه و کاهش فعالیت میکروبی و کربن زیتوده میکروبی در خاک شود (۱۰). نتایج مطالعه رئیسی و اسدی (۲۰۰٦) در مراتع اردل شهرکرد با میزان بارندگی ۸٦۰ میلی‌متر گویای این بود که مدیریت قرق باعث افزایش معنی‌دار ۱۲۳/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم کربن زیتوده (از ۵۳۰/۳ به ٦۵٤/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) گردیده است (٤۲). لی و همکاران (۲۰۱۳) بیان داشتند که مدیریت قرق باعث افزایش معنی‌دار کربن زیتوده (از ۱۵۷/٤ به ۲۵٦/٤۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به واسطه افزایش تنفس میکروبی در اثر قرق در بخشی از مراتع کشور چین با میزان بارندگی ۳۸۲ میلی‌متر شده است (۳۱).

کربن قابل اکسید شدن با پرمنگنات: بیش‌ترین مقدار کربن قابل اکسید شدن با پرمنگنات پتاسیم که شامل تمام ترکیبات آلی قابل اکسیده شدن از جمله مواد هومیک و پلی‌ساکاریدها، که به‌طورکلی برای ۵ تا ۳۰ درصد از کربن آلی خاک را شامل می‌شود (گراهام و همکاران، ۲۰۰۲) (۲٤)؛ مربوط به عمق اول مراتع قرق‌شده (۱۰۳۵/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) بوده است (جدول ۳). مشابه با دیگر اشکال کربن به‌علت عدم تأثیرپذیری مستقیم از چرای دام در عمق زیرسطحی اختلاف معنی‌داری تحت اثر مدیریت در این جزء کربن مشاهده نمی‌گردد (شکل ۲). افزایش حدود ٦ درصدی میزان کربن قابل اکسید شدن با پرمنگنات در اثر مدیریت قرق گویای بهبود کیفیت خاک متأثر از مدیریت می‌باشد. سیلوا و همکاران (۲۰۱٤) نیز افزایش کربن قابل اکسید شدن با پرمنگنات را تحت اثر مدیریت قرق گزارش نمودند (٤٦).

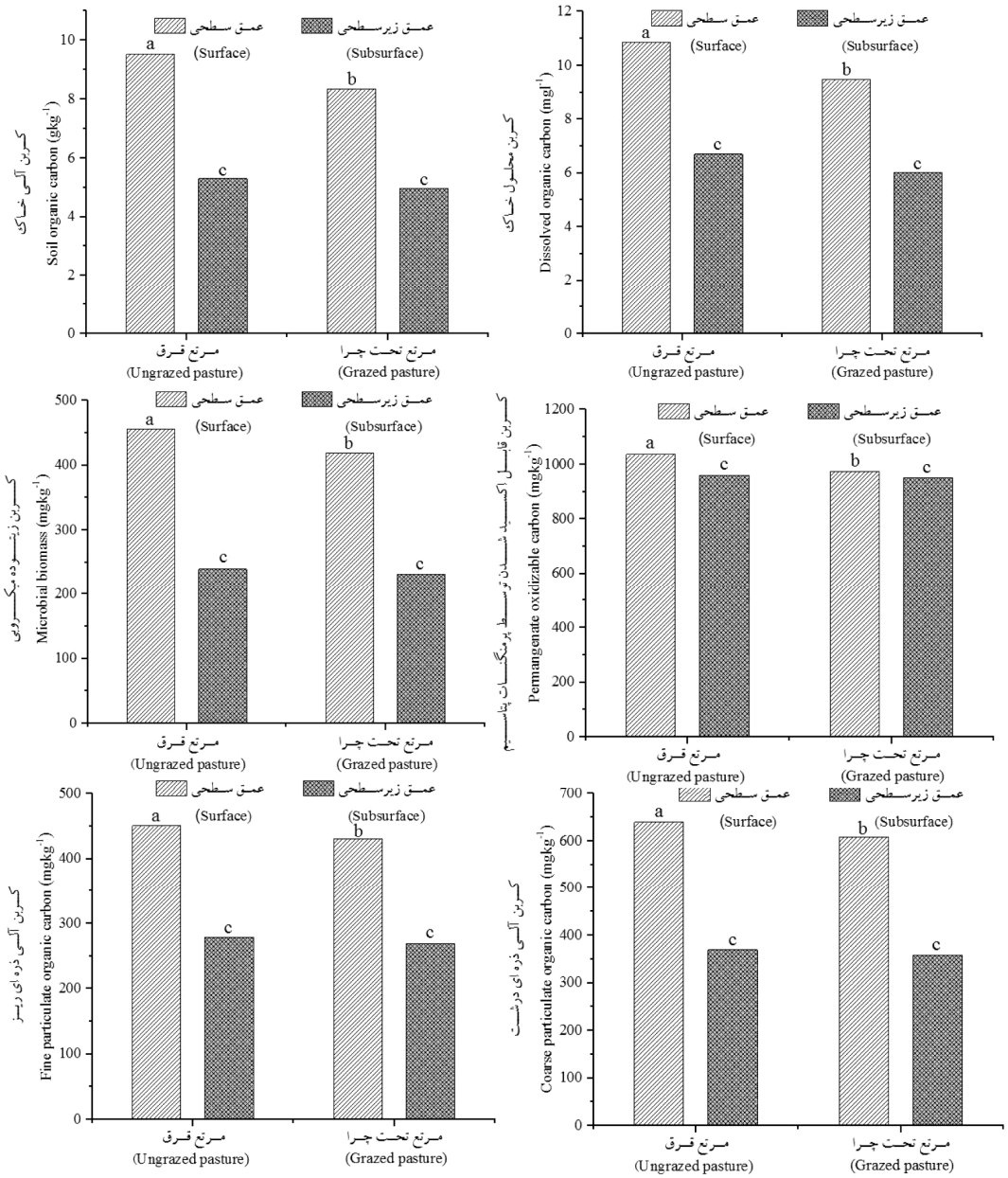
کربن محلول خاک: کربن محلول خاک قابل دسترس‌ترین قسمت کربن آلی خاک برای میکروارگانیسم‌های خاک می‌باشد زیرا همه مکانیسم‌های جذب نیاز به محیط آبی دارد، بنابراین فرم محلول کربن در فرآیند جذب و تجزیه کربن بسیار مهم است. به‌صورتی‌که در فرآیند تجزیه باقی‌مانده‌های گیاهی، اولین مرحله جذب و تجزیه روی کربن محلول خاک صورت می‌گیرد. بنابراین کربن محلول خاک می‌تواند نقش مهمی در پایداری یا ناپایداری کربن آلی خاک ایفا کند (۳۳). نتایج نشان داد که قرق باعث افزایش معنی‌دار و ۱۲/۸۹ درصدی کربن محلول نسبت به منطقه تحت چرا شود (جدول‌های ۳ و ۵). بر طبق یافته‌های این پژوهش بیش‌ترین محتوای کربن محلول (۱۰/۸٦ میلی‌گرم در لیتر) در عمق سطحی مرتع قرق‌شده مشاهده گردید. چرای دام همانند دیگر اشکال کربن بر عمق زیرسطحی تأثیر معنی‌داری نداشته است. از دلایل احتمالی تفاوت کربن محلول خاک در مراتع مطالعه شده می‌توان به متفاوت بودن میزان کربن ورودی به خاک اشاره نمود (٤). مکترنان و همکاران (۲۰۰۱) هم کاهش میزان کربن محلول خاک را در مراتع در اثر چرای دام (از ۲۸/۵ به ۱۰/۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) گزارش نمودند (۳٤).

جدول ۵- حساسیت اشکال مختلف کربن نسبت به مراتع (درصد).

Table 5. Sensitivity of different forms of carbon in the pastures (%).

(cm) 20-40	(cm) 0-20	منبع حساسیت (Source of Sensitivity)
0.89	5.90	کربن فعال خاک (Active soil carbon)
3.58	8.27	کربن زیتوده میکروبی (Microbial biomass carbon)
10.43	12.89	کربن محلول خاک (Dissolved organic carbon)
6.23	12.59	کربن آلی خاک (Soil organic carbon)
3.24	4.91	کربن آلی ذره‌ای درشت (Coarse particulate organic carbon)
3.48	4.43	کربن آلی ذره‌ای ریز (Fine particulate organic carbon)

کربن آلی ذره‌ای ریز و درشت: نتایج آزمون t (جدول ۳) و مقایسه میانگین (شکل ۲) نشان داد که مراتع مورد مطالعه از نظر مقدار کربن آلی ذره‌ای ریز و درشت در سطح ۰/۰۵ با یکدیگر دارای تفاوت معنی‌داری هستند. بیش‌ترین مقدار کربن آلی ذره‌ای ریز و درشت به‌ترتیب ٤٥٠/٧ و ٦٣٩/٣ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و مربوط به مراتع قرق‌شده می‌باشد. بر اساس شاخص حساسیت (جدول ۵)، به‌نظر می‌رسد که کربن زیتوده میکروبی، کربن محلول خاک و کربن قابل اکسید شدن توسط پرمنگنات پتاسیم حساسیت بیش‌تری به مدیریت قرق داشته و شاخص‌های مناسب‌تری جهت بررسی مدیریت بر کیفیت کربن آلی خاک می‌باشند. افزایش میزان کربن آلی ذره‌ای ریز و درشت در سطح خاک نسبت به سایر اعماق مورد مطالعه احتمالاً به‌دلیل فزونی میزان ورودی ماده آلی در سطح نسبت به اعماق خاک می‌باشد. از سوی دیگر، با توجه به این نکته که بخش درشت کربن آلی عمدتاً شامل بقایای تازه تجزیه‌شده گیاهی و ناپایدار است (۱۱)، چرای دام باعث تخریب ساختمات خاک و خاکدانه‌ها از طریق لگدکوبی سطح می‌گردد (۳۸) که سبب می‌شود تا این بخش بیش‌تر در معرض اکسیداسیون و فعالیت میکروبی خاک قرار گیرد. از دلایل احتمالی ایجاد مقادیر بالاتر کربن ذره‌ای ریز نسبت به کربن ذره‌ای درشت در این مطالعه در نظر گرفته شود. همچنین مقادیر بالاتر کربن در بخش ریز خاک نشان می‌دهد که ماده آلی این جزء خاک از درجه هوموسی بالاتری برخوردار است (۳۲). مطالعات بیانگر آن است مواد آلی موجود در جزء سیلت بیش‌تر شامل ترکیبات حلقوی (آروماتیک) بوده و کربن موجود در مواد آلی جزء رس بیش‌تر از ترکیبات از نوع آلکیل-C بوده و ترکیبات آروماتیک کم‌تری دارند و همچنین حاوی هیدرات‌های کربن میکروبی می‌باشد و نسبت به تجزیه میکروبی نسبتاً مقاوم هستند (۳۲). هی و همکاران (۲۰۰۹) نیز افزایش کربن آلی ذره‌ای در اثر مدیریت صحیح مراتع گزارش نمودند. مشابه با دیگر اشکال کربن، چرای مراتع در عمق دوم بر کربن آلی ذره‌ای اثر معنی‌داری نداشته است (۲۷).



شکل ۲- تغییرات اشکال مختلف کربن نسبت به عمق و مدیریت در مراتع مطالعاتی (در هر کدام از اشکال کربن، میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال ۰/۰۵ آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار با یکدیگر می‌باشند).

Figure 2. Variation of different forms of carbon in the pasture with respect to depth and management (Means with the same symbols are without significantly different at probability level of 0/05 Duncan test with in each form of carbon).

نتیجه‌گیری کلی

قسمت قابل‌ملاحظه‌ای از استان خوزستان را مراتع فراگرفته است و مقدار کربن خاک بر پایداری آن‌ها بسیار اثرگذار است. در نتیجه این ضررت ایجاب می‌کند تغییرات کربن خاک، تحت اثر مدیریت قرق مورد ارزیابی قرار گیرد تا نقش مدیریت در تغییرات احتمالی کربن خاک مراتع مشخص گردد. اگرچه قرق ۱۶ ساله مرتع دشت پنتی منجر به بازگشت مواد گیاهی تولیدشده به خاک و اثر معنی‌دار بر سرعت تجزیه بقایای گیاهی در سطح خاک می‌شود ولی این مدت برای ترمیم و بهبود شرایط خاک زیرسطحی کافی نبوده است و به‌مدت زمان طولانی‌تری نیاز است. بررسی تغییرپذیری متغیرها نشان داد که به‌جز ظرفیت تبادل کاتیونی و کربنات‌کلسیم معادل در عمق سطحی منطقه قرق و واکنش خاک (با تغییرپذیری کم)، سایر خصوصیت‌های مطالعاتی از ضریب تغییرپذیری متوسطی برخوردار می‌باشند که نشان‌دهنده این موضوع می‌باشد که سهم عوامل خاک و زیست محیطی برای توضیح تغییر در داده‌ها بالا نیست. به‌طورکلی نتایج این مطالعه نشان داد که ماده آلی خاک در قسمت سطحی قرق‌شده به‌طور معنی‌داری افزایش یافته و افزایش ۱/۲ گرم بر کیلوگرم که معادل ۳۲۰۰ کیلوگرم کربن بر هکتار است که در اثر اعمال مدیریت قرق در مراتع دشت پنتی می‌باشد. اگرچه در اثر چرای مراتع مقدار کربن آلی و اشکال مختلف کربن خاک کاهش یافته است، اما اشکال مختلف کربن نسبت به مدیریت اعمال‌شده حساسیت‌های گوناگونی داشته‌اند. بر این اساس، به‌نظر می‌رسد پاسخی که اجزای مختلف کربن آلی مانند کربن زیتوده میکروبی، کربن آلی محلول و کربن قابل عصاره‌گیری با پرمنگنات پتاسیم به مدیریت قرق نشان می‌دهند نسبت به کربن آلی ذره‌ای ریز و درشت شدیدتر بوده و این پارامترها حساسیت بیش‌تری نسبت به چرای دام از خود نشان می‌دهند برای اینکه اثر تغییرات مدیریت به قسمت‌های پایین‌تر خاک تأثیرگذار شود نیازمند مدیریت با مدت زمان بیش‌تری می‌باشد. در کل نتایج این مطالعه بیانگر اثرات نامطلوب چرای مراتع بر کیفیت مواد آلی خاک است که می‌تواند در درازمدت پایداری تولید در اکوسیستم‌های مرتعی را به خطر بیندازد. مقایسه بایومس (که تأثیر مستقیم بر اشکال مختلف کربن خاک دارد) در داخل و خارج قرق بیانگر وضعیت خوب پوشش گیاهی در داخل قرق و مؤثر بودن قرق در احیا مراتع منطقه می‌باشد. همچنین شاخص نسبت لایه‌بندی کربن در اراضی مورد مطالعه نشان داد که قرق یکی از اقدامات مدیریتی مناسب و کارآمد بوده و از این‌رو ضروری به‌نظر می‌رسد که تیمار قرق به‌عنوان یکی از برنامه‌های اصلی در طرح‌های منابع طبیعی تجدیدشونده مدنظر قرار گیرد.

منابع

1.An, H., and Li, G.Q. 2015. Effects of grazing on carbon and nitrogen in plants and soils in a semiarid desert grassland, China. J. Arid Land. 7: 3. 341-349.

2.Anonymous, 2015. Yearbook of meteorological status of Khuzestan province. Iranian Meteorological Organization, Research Division of Khuzestan Province.

3.Banaii, M.H. 1998. Soil Moisture and Temperature Regimes Map. Soil and Water Research Institute of Iran. Tehran. (In Persian)

4.Benbi, D.K., Brar, K., Toor, A.S., and Singh, P. 2015. Total and labile pools of soil organic carbon in cultivated and undisturbed soils in northern India. Geoderma. 237: 149-158.

5.Blair, G.J., Lefroy, R.D.B., and Lisle, L. 1995. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation and the development of a carbon management index for agricultural systems. Austr. J. Agric. Res. 46: 1459-1466.
6.Brevik, E.C., Cerda, A., Mataix-Solera, J., Pereg, L., Quinton, J.N., Six, J., and Van Oost, K. 2015. The interdisciplinary nature of soil. Soil J. 1: 117-129.
7.Cao, G.M., Tang, Y.H., Mo, W.H., Wang, Y.A., Li, Y.N., and Zhao, X.Q. 2004. Grazing intensity alters soil respiration in an alpine meadow on the Tibetan Plateau. Soil Biology and Biochemistry. 36: 237-243.
8.Cao, Y.Z., Wang, X.D., Lu, X.Y., Yan, Y., and Fan, J.H. 2013. Soil organic carbon and nutrients along an alpine grassland transect across Northern Tibet. J. Moun. Sci. 10: 564-573.
9.Chapman, H.D. 1965. Cation-exchange capacity. P 891-901, In: C.A. Black (Ed.), Methods of soil analysis - hemical and microbiological properties. Agronomy.
10.Chen, J., Zhou, X., Wang, J., Hruska, T., Shi, W., Cao, J., Zhang, B., Xu, G., Chen, Y., and Luo, Y. 2016. Grazing exclusion reduced soil respiration but increased its temperature sensitivity in a Meadow grassland on the Tibetan Plateau. Ecology and Evolution. 6: 3. 675-687.
11.Christensen, B.T. 1992. Physical fractionation of soil organic matter in primary particle size and density separates. Advances in Soil Science. 20: 1-90.
12.Costa, C., Papatheodorou, E.M., Monokrousos, N., and Stamou, G.P. 2015. Spatial variability of soil organic C, inorganic N and extractable P in a mediterranean grazed area. Land Degradation and Development. 26: 103-109.
13.Culman, S.W., Snapp, S.S., Freeman, M.A., Schipanski, M.E., Beniston, J., Lal, R., Drinkwater, L.E., Franzluebbers, A.J., Glover, J.D., Grandy, A.S., Lee, J., Six, J., Maul, J.E., Mirksy, S.B., Spargo, J.T., and Wander, M.M. 2012. Permanganate oxidizable carbon reflects a processed soil fraction that is sensitive to management. Soil Sci. Soc. Amer. J. 76: 494-504.
14.Dai, W., and Huang, Y. 2006. Relation of soil organic matter concentration to climate and altitude in zonal soils of Chin. Catena. 65: 87-94.
15.Dai, E.F., Zhai, R.X., Ge, Q.S., and Wu, X. 2014. Detecting the storage and change on topsoil organic carbon in grasslands of Inner Mongolia from 1980s to 2010s. Acta Geographica Sinica. 24: 6. 1035-1046.
16.Eskandari, N., Alizadeh, A., and Mahdavi, F. 2008. Policies of range management in Iran (Rangeland Technical Office). Pooneh Press.
17.Feng, W.T., Zou, X.M., and Schaefer, D.A. 2009. Above and belowground carbon inputs affect seasonal variations of soil microbial biomass in a subtropical monsoon forest of southwest China. Soil Biology and Biochemistry. 41: 978-983.
18.Ferreira, A.O., Amado, T.J.C., Nicoloso, R.S., Sa, J.C.M., Fiorin, J.E., Hansel, D.S.S., and Menefee, D. 2013. Soil carbon stratification affected by long-term tillage and cropping systems in southern Brazil. Soil and Tillage Research. 133: 65-74.
19.Franzluebbers, A.J. 2002. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. Soil and Tillage Research. 66: 95-106.
20.Franzluebbers, A.J. 2013. Pursuing robust agroecosystem functioning through effective soil organic carbon management. Carbon. Management. 4: 43-56.
21.Gass, T.M., and Binkley, D. 2011. Soil nutrient losses in an altered ecosystem are associated with native ungulate grazing. J. Appl. Ecol. 48: 952-960.
22.Gee, G.W., and Bauder, J.W. 1986. Particle size analysis. P 383-411, In: A. Klute (Ed.), Methods of soil analysis, Part 1. American Society of Agronomy. Inc. Madison, WI, USA.
23.Ghani, A., Dexter, M., and Perrott, K.W. 2003. Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilization, grazing and cultivation. Soil Biology and Biochemistry. 35: 1231-1243.
24.Graham, M.H., Haynes, R.J., and Meyer, J.H. 2002. Changes in soil chemistry and aggregate stability induced by fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa. Europ. J. Soil Sci. 53: 4. 589-598.

25.Gregorich, E.G., Beare, M.H., McKim, U.F., and Skjemstad, J.O. 2006. Chemical and biological characteristics of physically uncomplexed organic matter. Soil Sci. Soc. Amer. J. 70: 975-985.
26.Haynes, R.J. 2005. Labile organic matter fractions as central components of the quality of agricultural soils: An overview. Advances in Agronomy. 85: 221-268.
27.He, N., Wu, L., Wang, Y., and Han, X. 2009. Changes in carbon and nitrogen in soil particle-size fractions along a grassland restoration chrono sequence in northern China. Geoderma. 150: 302-308.
28.Heidarian Aghakhani, M., Naghipour Borj, A.A., and Nasri, M. 2010. The effect of grazing on vegetation and soil chemical properties Sisab rangelands, Bojnord, Iran. Quarterly Renewable Natural Resources Research. First year, Second Issue. Pp: 14-27. (In Persian)
29.Kalambukattu, J.G., Singh, R., Patra, A.K., and Arunkumar, K. 2013. Soil carbon pools and carbon management index under different land use systems in the central Himalayan region. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B, Soil and Plant Science. 63: 3. 200-205.
30.Landi, L., Renella, G., Moreno, J.L., Falchini, L., and Nannipieri, P. 2000. Influence of cadmium on the metabolic quotient, L:D-glutamic acid respiration ratio and enzyme activity: microbial biomass ratio under laboratory conditions. Biology and Fertility of Soils. 32: 1. 8-16.
31.Li, X., Zhang, C., Fu, Z., Guo, D., Song, X., Wan, C., and Ren, J. 2013. Grazing exclusion alters soil microbial respiration, root respiration and the soil carbon balance in grasslands of the Loess Plateau, northern China. Soil Science and Plant Nutrition. 59: 877-887.
32.Lorenz, K., Lal, R., and Shipitalo, M.J. 2008. Chemical stabilization of organic carbon pools in particle size fractions in no-till and meadow soils. Biology and Fertility of Soils. 44: 1043-1051.
33.Marschner, B., and Kalbitz, K. 2003. Controls on bioavailability and biodegradability of dissolved organic matter in soils. Geoderma. 113: 211-235.
34.Mctiernan, K.B., Jarvis, S.C., Scholefield, D., and Hayes, M.H.B. 2001. Dissolved organic carbon losses from grazed grasslands under different management regimes. Water Research. 35: 10. 2565-2569.
35.Mirsky, S.B., Lanyon, L.E., and Needelman, B.A. 2008. Evaluating soil management using particulate and chemically labile soil organic matter fractions. Soil Sci. Soc. Amer. J. 72: 1. 180-185.
36.Mofidi, M., Jafari, M., Tavili, A., Rashtbari, M., and Alijanpour, A. 2013. Grazing exclusion effect on soil and vegetation properties in Imam Kandi Rangelands, Iran. Arid Land Research and Management. 27: 32-40.
37.Mohammadi, H., and Tahmasebi, H. 2000. Range management plan in Penty area of Ize city. Department of Natural Resources Khuzestan Province. (In Persian)
38.Neff, J.C., Reynolds, R.L., Belnap, J., and Lamothe, P. 2005. Multi-decadal impacts of grazing on soil physical and biogeochemical properties in southeast Utah. Ecological Applications. 15: 87-95.
39.Nelson, D.W., and Sommers, L.E. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. P 539-579, In: A.L. Page (Ed.), Methods of Soil Analysis, SSSA, Madison, WI, USA.
40.Rasse, D.P., Rumpel, C., and Dignac, M.F. 2005. Is soil carbon mostly root carbon? Mechanisms for a specific stabilization. Plant and Soil. 269: 341-356.
41.Rhoades, J.D. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved soils. P 417-435, In: D.L. Sparks (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods, SSSA Book Series Number 5. Soil Science Society of America. Madison, WI.
42.Raiesi, F., and Asadi, E. 2006. Soil microbial activity and litter turnover in native grazed and ungrazed rangelands in a semiarid ecosystem. Biology and Fertility of Soils. 43: 76-82.
43.Raiesi, F., and Riahi, M. 2014. The influence of grazing exclosure on soil C stocks and dynamics and ecological indicators in upland arid and semi-arid rangelands. Ecological Indicators. 41: 145-154.

44.Rui, X., and Xiuqin, W. 2016. Effects of grazing intensity on soil organic carbon of rangelands in Xilin Gol League, Inner Mongolia, China. J. Geograph. Sci. 26: 11. 1550-1560.
45.Shahriari Geraei, D., Hojati, S., Landi, A., and Faz Cano, A. 2016. Total and labile forms of soil organic carbon as affected by land use change in southwestern Iran. Geoderma. Reg. 7: 29-37.
46.Silva, F.D., Carneiro Amado, T.J., Ferreira, A.O., Assmann, J.M., Anghinoni, I., and Faccio Carvalho, P.C. 2014. Soil carbon indices as affected by 10 years of integrated crop-livestock production with different pasture grazing intensities in Southern Brazil. Agriculture, Ecosystems and Environment. 190: 60-69.
47.Su, Y.Z., Zhao, H.L., Zhang, T.H., and Zhao, X.Y. 2004. Soil properties following cultivation and non-greazing of semi-arid sandy grassland in northern china. Soil and Tillage Research. 75: 27-36.
48.Steffens, M., Kolbl, A., and Knabner, I.K. 2009. Alteration of soil organic matter pools and aggregation in semi-arid steppe topsoils as driven by organic matter input. Europ. J. Soil Sci. 60: 198-212.
49.Stevenson, F.J. 1994. Humus Chemistry-Genesis, Composition, Reactions. 2nd ed., Wiley, New York.
50.Tarhouni, M., Ben Hmida, W., and Neffati, M. 2015. Long-term changes in plant life forms as a consequence of grazing exclusion under arid climatic conditions. Land Degradation and Development. 20: 214-216.
51.Thomas, G.W. 1996. Soil pH and soil acidity. P 475-490, In: D.L. Sparks (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods., SSSA Book Series Number 5, Soil Science Society of America. Madison, WI.
52.Thompson, T.L., Zaady, E., Huancheng, P., Wilson, T.B., and Martens, D.A. 2006. Soil C and N pools in patchy shrublands of the Negev and Chihuahuan Deserts. Soil Biology and Biochemistry. 38: 1943-1955.
53.Vance, E.D., Brookes, P.C., and Jenkinson, D.S. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. Soil Biology and Biochemistry. 19: 703-707.
54.Vig, K., Megharaj, M., Sthunathan, N., and Naidu, R. 2003. Bioavailability and toxicity of cadmium to microorganisms and their activities in soil: a review. Advances in Environmental Research. 8: 121-135.
55.Walkley, A., and Black, I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science. 63: 251-263.
56.Wei, J.B., Xiao, D.N., Zeng, H., and Fu, Y.K. 2008. Spatial variability of soil properties in relation to land use and topography in a typical small watershed of the black soil region, northeastern China. Environmental Geology. 53: 1663-1672.
57.Xu, M., Lou, Y., Sun, X., Wang, W., Baniyamuddin, M., and Zhao, K. 2011. Soil organic carbon active fractions as early indicators for total carbon change under straw incorporation. Biology and Fertility of Soils. 47: 745-752.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 24(3), 2017
http://jwsc.gau.ac.ir

Effects of grazing management on different forms of organic carbon in Peneti plain of Izeh area in Khuzestan province

A.R. Owji[1], *A. Landi[2] and S. Hojati[3]

[1]Ph.D. Student, Dept. of Soil Science, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran,
[2]Professor, Dept. of Soil Science, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran,
[3]Associate Prof., Dept. of Soil Science, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran
Received: 01/02/2017; Accepted: 09/24/2017

Abstract

Background and Objectives: Soil is a key resource that control the cycles of water, biota and geochemicals and the greatest organic matter reservoir. Little information is available about the effects of grazing on different forms of soil organic carbon in Khuzestan province pastures. Therefore, this study was conducted to evaluate the effects of grazing management on amount and forms of organic carbon in some pasture soils from Peneti plain of Izeh area in Khuzestan province.

Materials and Methods: Accordingly, two adjacent pastures with different management (grazing and grazing exclusion) around the Izeh city were selected and then, random soil samples were taken from the surface (0 to 20 cm) and subsurface (20 to 40 cm) in 15 points. After air drying the soil samples and passing them through a 2 mm sieve, physical, chemical properties and forms of organic carbon including total organic carbon (TOC), permanganate-oxidizable carbon (POXC), fine particulate organic carbon (FPOC) and coarse particulate organic carbon (CPOC), dissolved organic carbon (DOC) and microbial biomass carbon (MBC) of the soils were measured.

Results: The results showed that grazing management has increased soil organic matter of surface and subsurface soils the values were statistically significant in the surface layers and increased the amounts of TOC (from 8.33 to 9.53 g kg^{-1}), DOC (from 9.46 to 10.86 g L^{-1}), MBC (from 418.1 to 456.2 mg kg^{-1}), POXC (from 974.25 to 1035.3 mg kg^{-1}), FPOC (from 430.6 to 450.7 mg kg^{-1}) and CPOC (from 680.10 to 701.4 mg kg^{-1}), but despite the increase in organic matter contents of subsurface soils the difference was not statistically significant. The effect of management practices, in order to have a significant effect to lower parts of the soil, it requires a longer period management. Comparing the biomass upon non-grazing (405 gm^{-2}) and grazed (117 gm^{-2}) areas, indicates a good condition of vegetation in the non-grazing and the effectiveness of enclosure in rehabilitation of pastures in the study area.

Conclusion: The results showed that MBC, DOC and POXC are more sensitive than other forms of organic carbon to grazing management. They are more appropriate indicators for grazing management on organic carbon quality being added to the soil. Also, based on carbon stratification ratio index (CSRI), regarding different forms of organic carbon in the study area, non-grazing was one of the most proper and efficient management practices which improved soil quality. Accordingly, it seems that non-grazing practices should be considered as one of the major programs in renewable natural resources plans. On the other hand, the results indicate adverse effects of grazing on the quality of soil organic matter endangering the long-term sustainable production in pastures.

Keywords: Pasture, Grazing management, Soil carbon, Soil quality

* Corresponding Author; Email: landi@scu.ac.ir