

بررسی اثرات قرق بر برخی خصوصیات، فرسایش پذیری و ترسیب کربن خاک (مطالعه موردی: مراتع بزداغی - خراسان شمالی)

حمید نیک‌نهاد^{۱*}، عبدالباسط آق‌تابای^۲ و موسی اکبرلو^۳

۱- نویسنده مسئول، استادیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران، پست الکترونیک: hamidniknahad@yahoo.com

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مرتع‌داری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

۳- استادیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۵/۸

تاریخ پذیرش: ۹۵/۳/۲

چکیده

با توجه به گسترش کاربرد قرق به منظور اصلاح مراتع و ترسیب کربن، بررسی اثرات آن بر خصوصیات خاک و محاسبه ارزش اقتصادی کربن ترسیب‌یافته حائز اهمیت است. هدف از این مطالعه، بررسی تغییرات برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در نتیجه اعمال قرق در مقایسه با چرای آزاد و نیز بررسی اثرات قرق بر میزان ترسیب کربن خاک و محاسبه ارزش اقتصادی آن در منطقه بزداغی استان خراسان شمالی می‌باشد. به این منظور، ۱۵ نمونه خاک به صورت تصادفی - سیستماتیک، از عمق ۱۵-۰ سانتیمتری و در طول ۳ ترانسکت به طول ۵۰۰ متر و به فاصله ۲۰۰ متر از یکدیگر در هر منطقه (قرق و تحت چرا) برداشت شد. در آزمایشگاه، برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شامل بافت، جرم مخصوص ظاهری، درصد تخلخل، درصد رطوبت اشباع، اسیدیته، هدایت الکتریکی، درصد کربن آلی، ازت کل، میزان ظرفیت تبادل کاتیونی، سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم تبادل تعیین گردید و شاخص فرسایش‌پذیری خاک (با استفاده از رابطه نسبت رس اصلاح شده) محاسبه شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون تی مستقل و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد. نتایج بیانگر آن است که اعمال قرق در منطقه بزداغی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اثر مثبت معنی‌داری گذاشته و شاخص فرسایش‌پذیری خاک را نیز به طور معنی‌داری کاهش داده است ($P < 0.05$). میانگین کربن ترسیب شده در خاک منطقه قرق شده به طور معنی‌داری بیشتر از منطقه تحت‌چرا می‌باشد ($P < 0.05$) و ارزش اقتصادی آن، ۴۷۰۹۷۶۰ تومان برآورد گردید. با توجه به نتایج به دست آمده، به‌ویژه ارزش اقتصادی بالای کربن ترسیب‌یافته در خاک منطقه قرق شده، اعمال قرق در منطقه مورد مطالعه قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: قرق، خصوصیات فیزیکی - شیمیایی خاک، ترسیب کربن، بزداغی.

مقدمه

می‌آید تحت تأثیر قرار می‌دهد (Shariff et al., 1994). مطالعات متعددی نشانگر اثرات منفی چرای مفرط بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک مراتع می‌باشند. این اثرات در مراتع مناطق خشک و نیمه‌خشک به علت محدودیت منابع (کمبود لاشبرگ و آب در دسترس)

چرا، می‌تواند اثر مهمی بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک داشته باشد. کاهش ورود بقایای گیاهی به خاک، دینامیک ماده آلی خاک را که تنها منبع تأمین‌کننده ازت، فسفر و سایر عناصر غذایی در خاک مراتع طبیعی به‌شمار

منابع طبیعی استان خراسان شمالی به منظور حفاظت از اراضی در معرض تهدید شده است. باتوجه به لزوم تدوین کمی نتایج حاصل از قرق به منظور توجیه ادامه قرق و نیز انعکاس نتایج آن به مراجع تصمیم‌گیرنده، بررسی اثرات قرق بر خصوصیات خاک و پوشش گیاهی حائز اهمیت است. هدف اصلی این مقاله، ارزیابی تغییرات برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در نتیجه اعمال قرق در مقایسه با اراضی تحت چرای آزاد و بررسی اثرات قرق بر میزان ترسیب کربن خاک منطقه قرق شده و نیز محاسبه ارزش اقتصادی آن است. این موضوع که اعمال قرق در مراتع منطقه بزداغی بر خصوصیات فیزیکی - شیمیایی خاک، فرسایش‌پذیری و میزان ترسیب کربن آن تأثیر معنی‌داری گذشته است، فرضیه اصلی این تحقیق می‌باشد. در این ارتباط پژوهش‌های مختلفی انجام شده است که به منظور بررسی پیوند این پژوهش با پژوهش‌های قبلی به موارد ذیل اشاره می‌گردد: نتایج Asadi و Givi (۲۰۰۱) نشان داد که در نتیجه اعمال قرق ۱۵ ساله در منطقه چهارطاق سبزکوه، خاک سطحی منطقه قرق نسبت به منطقه تحت چرای دارای ماده آلی، CEC و آب قابل استفاده بیشتر، وزن مخصوص کمتر و ساختمان پایدارتری است. در مراتع استپی سمنان، میزان نیتروژن، مواد آلی، کربنات کلسیم معادل و فسفر قابل‌دسترس در منطقه قرق شده بیشتر از منطقه تحت چرای بوده اما میزان اسیدیته، پتاسیم قابل‌تبادل، قابلیت هدایت الکتریکی (EC) و وزن مخصوص ظاهری خاک در خارج از قرق بیشتر از داخل قرق است (Mousavi, 2001). بررسی مراتع قرق و تحت چرای ایستگاه تحقیقات سیسب در خراسان شمالی نشانگر آن است که چرای دام باعث کاهش ماده آلی خاک، کربن و نیتروژن شده است (Haidarian-aghakhani et al., 2009). نتایج مطالعه Mirzaali و همکاران (۲۰۰۶) در منطقه گمیشان استان گلستان نشانگر آن است که در نتیجه قرق، میانگین EC خاک سطحی مرتع به‌طور معنی‌داری کاهش و میانگین ازت خاک نیز به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. نتایج Bower و همکاران (۱۹۸۷) و Frank و همکاران (۱۹۹۵) نشانگر آن است که محتوای کربن آلی و نیتروژن کل در خاک مناطق قرق شده بیشتر از منطقه چرای شده است. مقایسه اثرات دو تیمار

مشهودتر می‌باشند (Raisi & Riahi, 2014). نتایج Jeddi و Chaieb (۲۰۱۰) نشانگر آن است که چرای مفرط از دلایل اصلی تخریب مراتع مناطق خشک و نیمه‌خشک است. قرق مراتع ابزار مدیریتی شناخته‌شده‌ای به منظور احیا اکوسیستم‌های مرتعی تخریب‌یافته است (Verdoodt et al., 2010) و به‌طور وسیعی در مناطق خشک استرالیا، ایالات متحده آمریکا و آفریقا استفاده شده است (Amghar et al., 2012). در سال‌های اخیر، ترسیب کربن در مراتع نیز به‌عنوان یکی از خدمات اقتصادی بالقوه مراتع مطرح شده است (Niknahad-gharmakher et al., 2015).

اثرات قرق موضوع بحث‌برانگیزی بوده است و با توجه به شرایط اقلیمی، نوع خاک و ساختار پوشش گیاهی، نتایج متضادی به‌دست آمده است (Schneider et al., 2008). برخی مطالعات نشانگر بهبود در پوشش گیاهی، خاک و نفوذپذیری آن در داخل محدوده قرق می‌باشند، درحالی‌که برخی مطالعات دیگر تنها به تفاوت‌هایی جزئی بین محدوده قرق و چرای آزاد اشاره کرده‌اند (Haftay et al., 2013). مرور ۳۴ مطالعه انجام شده در مورد اثرات قرق بر ذخیره کربن خاک در سرتاسر جهان نشانگر آن است که ۴۰ درصد این تحقیقات کاهش ذخیره کربن خاک و ۶۰ درصد نیز افزایش ذخیره کربن خاک را در اثر اعمال قرق در مراتع گزارش کرده‌اند (Milchunas & Lauenroth, 1993). Shariff و همکاران (۱۹۹۴)، ایجاد فرصت مناسب زادآوری و رشد رویشی و زایش گیاهان مرتع، ایجاد شرایط و فرصت برای بازسازی پوشش گیاهی و افزایش کمی و کیفی آن، ایجاد شرایط برای افزایش توان تولید مراتع و جلوگیری از فرسایش بیشتر خاک، افزایش گونه‌های خوش‌خوراک و تغییر ترکیب گیاهی، حفظ گونه‌های نادر و کمیاب و فرصت زادآوری آنها را از اهداف و فواید قرق ذکر نموده‌اند.

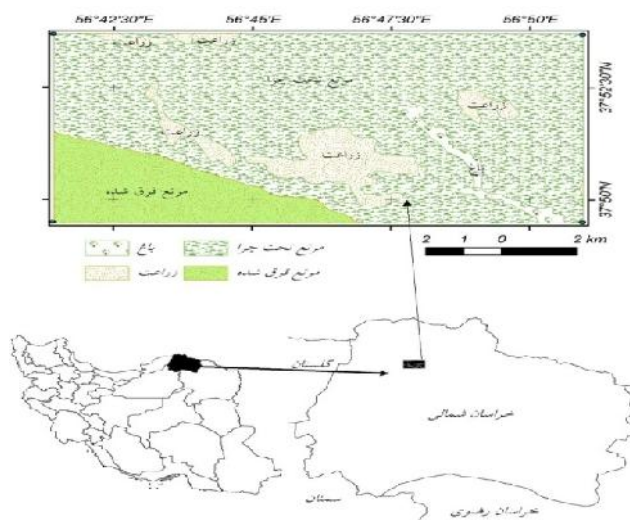
در مراتع منطقه بزداغی با مساحتی در حدود ۶۸۸۰ هکتار چرای مفرط، روشن نبودن وضعیت مالکیت اراضی، خشکسالی‌های مکرر و مشارکت و همکاری ضعیف بهره‌برداران با اداره منابع طبیعی از مشکلات مهم منطقه است. تخریب مراتع منجر به اعمال قرق از سال ۱۳۷۷، توسط اداره

نیترژن تحت تأثیر چرای دام ذکر نمودند.

مواد و روش‌ها

مراعات منطقه بздаغی در ۶۰ کیلومتری شمال‌غربی مرکز استان خراسان شمالی (بجنورد) واقع شده و از نظر موقعیت جغرافیایی بین $56^{\circ}41'24''$ تا $56^{\circ}50'57''$ طول شرقی و $37^{\circ}49'30''$ تا $37^{\circ}53'41''$ عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). ارتفاع متوسط آن از سطح دریا $833/2$ متر، میانگین بارندگی سالانه آن $262/8$ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت و رطوبت نسبی سالانه آن به ترتیب $16/2$ درجه سانتی‌گراد و 68 درصد است. اقلیم این منطقه براساس روش دومارتن، نیمه‌خشک است.

چرای تناوبی و قرق بر خصوصیات خاک و پوشش گیاهی در آلبرتای کانادا نشان داد که منطقه چرا شده نسبت به منطقه قرق، کربن و نیترژن کل کمتر ولی فسفر قابل دسترس بیشتری دارد (Dormaar et al., 1997). Berg و همکاران (۱۹۹۷) با مقایسه محتوای نیترژن کل و کربن آلی خاک در عمق ۵ سانتی‌متری دو منطقه تحت چرا و قرق شده (۵۰ سال) تفاوت معنی‌داری را گزارش نکرده‌اند. Frank و Groffman (۱۹۹۸) در پارک ملی Yellow stone بعد از ۳۳ سال قرق، تفاوت معنی‌داری را بین کربن و نیترژن کل منطقه قرق شده و منطقه تحت چرا مشاهده نکرده‌اند، اما میزان نیترژن قابل دسترس منطقه چرا شده را ۱۰۰ درصد بیشتر از منطقه قرق شده گزارش کردند و علت آن را افزایش سرعت معدنی شدن



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

GPS، مرزهای محدوده مورد مطالعه مشخص گردید. سپس، باتوجه به اهداف پژوهش و نیز معیارهای سرعت، دقت و هزینه، از روش تصادفی - سیستماتیک استفاده شد. به‌منظور جمع‌آوری داده‌های خام، از نمونه‌برداری صحرائی و مطالعات آزمایشگاهی استفاده گردید. به‌این منظور، ۱۵ نمونه خاک به‌صورت تصادفی - سیستماتیک، از عمق ۱۵-۰ سانتیمتری و در طول ۳ ترانسکت به طول ۵۰۰ متر و به‌فاصله ۲۰۰ متر از یکدیگر از هر منطقه (قرق و تحت چرا) برداشت شد و در مجموع ۳۰ نمونه خاک به آزمایشگاه منتقل گردید. در

رویشگاه منطقه به‌لحاظ نوع گیاهان مرتعی و شرایط اقلیمی، جزو فلور ایران و تورانی به‌شمار می‌آید و پوشش گیاهی منطقه به‌طور عمده از گونه‌های *Stipa* و *Artemisia sieberi* و *barbata* پوشیده شده است. میانگین درصد پوشش گیاهی در منطقه قرق شده، $36/76$ درصد و در منطقه تحت چرا، $14/24$ درصد است. منطقه قرق شده، از سال ۱۳۷۸ به‌منظور احیا پوشش گیاهی و توسط اداره منابع طبیعی استان خراسان شمالی تحت قرق می‌باشد. در این تحقیق، ابتدا از طریق تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث، پیمایش صحرائی و با استفاده از دستگاه

ظاهری (g/cm^3) و e = عمق خاک (متر) است (Lemma et al., 2006). با در نظر گرفتن این امر که کربن ۲۷ درصد از وزن دی‌اکسیدکربن اتمسفر را تشکیل می‌دهد (جرم اتمی کربن و اکسیژن به ترتیب ۱۲ و ۱۶ می‌باشد)، هر تن دی‌اکسیدکربن اتمسفر دارای ۲۷۰ کیلوگرم کربن است. در نتیجه هر تن کربن ترسیب یافته در خاک برابر ۳/۷ تن دی‌اکسیدکربن اتمسفر می‌باشد. میانگین ارزش اقتصادی هر تن دی‌اکسیدکربن ترسیب یافته، برابر ۲۰۰ دلار است (Varamesh, 2009).

در نهایت، نتایج آزمایشگاهی داده‌های خاک در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ تجزیه و تحلیل گردید. قبل از انجام تجزیه و تحلیل آماری، داده‌ها از نظر عدم وجود ناهنجاری‌هایی مانند مقادیر انتهایی و پرت کنترل شدند و نرمال بودن آنها توسط آزمون آندرسون دارلینگ در سطح احتمال پنج درصد مورد بررسی قرار گرفت. سپس، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون تی مستقل در سطح معنی‌داری یک درصد انجام شد.

نتایج

درصد اجزای تشکیل‌دهنده بافت خاک: نتایج (جدول ۱) نشانگر آن است که بافت هر دو منطقه مورد مطالعه، شنی لومی می‌باشد. در نتیجه اعمال قرق میانگین درصد رس بافت خاک منطقه قرق شده افزایش معنی‌داری یافته ($P < 0.05$) و از ۱۶ به ۱۹/۲ درصد رسیده است اما تفاوت معنی‌داری در میانگین درصد سیلت و شن بافت خاک مشاهده نمی‌شود ($P > 0.05$).

درصد رطوبت اشباع: نتایج (جدول ۱) بیانگر آن است که در نتیجه اعمال قرق، میانگین درصد رطوبت اشباع خاک از ۳۰/۸۰۷ به ۳۹/۶۵۷ درصد افزایش یافته و این افزایش از نظر آماری معنی‌دار می‌باشد ($P < 0.05$).

جرم مخصوص ظاهری و درصد تخلخل کل: نتایج (جدول ۱) نشانگر آن است که در نتیجه اعمال قرق، میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک از ۱/۳۱۹ به ۱/۱۱۱ کاهش یافته ($P < 0.05$) و درصد تخلخل کل نیز از ۵۰/۱۴۹ به

آزمایشگاه نمونه‌های خاک در معرض هوای آزاد خشک گردیدند. بخشی از نمونه‌ها برای اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری خاک از بقیه نمونه‌ها جدا گردید. سپس تمامی نمونه‌های خاک بعد از کوبیدن، توسط الک ۲ میلی‌متری الک شدند. بافت خاک از روش هیدرومتری (Bouyoucos, 1962)، درصد رطوبت اشباع خاک به صورت وزنی (Famiglietti et al., 1998) و جرم مخصوص ظاهری با استفاده از کلوخه و به روش پارافین (Black, 1986) اندازه‌گیری شد و تخلخل کل نمونه‌ها نیز با استفاده از جرم مخصوص ظاهری و حقیقی خاک محاسبه گردید. شاخص فرسایش‌پذیری خاک با استفاده از نسبت رس اصلاح شده و بوسیله رابطه ۱ محاسبه شد (Kumar et al., 1995).

$$\text{رابطه ۱} = \frac{\text{درصد سیلت} + \text{درصد ماسه}}{\text{درصد رس} + \text{درصد ماده آلی}} = \text{نسبت رس اصلاح شده}$$

اسیدیته خاک با استفاده از دستگاه pH متر (McLean, 1988) و میزان هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی در عصاره اشباع به دست آمد (Page et al., 1987). درصد کربن آلی خاک به روش والکلی- بلک (Nelson & Sommers, 1982)، ازت کل به روش کج‌لدال، مقدار سدیم و پتاسیم تبادلی با استفاده از فلیم‌فتمتر و مقادیر کلسیم و منیزیم تبادلی از طریق تیتراسیون به دست آمد (Page et al., 1992). ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) نیز به روش Bower و همکاران (۱۹۵۲) محاسبه گردید.

به منظور برآورد وزن کربن ذخیره شده در خاک، مقدار کربن در واحد وزن خاک (گرم کربن در کیلوگرم خاک) با استفاده از رابطه $\text{OC} (\text{g/kg soil}) = \% \text{OC} \times 10$ محاسبه گردید. مقدار کربن آلی خاک در واحد سطح (هکتار) و عمق برداشت نمونه‌ها (۱۵ سانتیمتر)، با استفاده از رابطه $\text{Sc} = e \times \text{Bd} \times 10$ (g/kg soil) محاسبه گردید که در آن، Sc = مقدار کربن (تن در هکتار) در عمق مورد مطالعه، Oc = وزن کربن در خاک (گرم کربن در کیلوگرم خاک)، Bd = وزن مخصوص

اسیدیته (pH): نتایج (جدول ۱) نشانگر آن است که اسیدیته خاک منطقه قرق شده به طور معنی داری کمتر از منطقه تحت چرا می باشد ($P < 0.05$) و از ۷/۷۵۳ به ۷/۶۲۶ کاهش یافته است.

۵۸/۱۲۶ درصد افزایش یافته است ($P < 0.05$). هدایت الکتریکی (EC): هدایت الکتریکی خاک منطقه قرق شده به طور معنی داری پایین تر از منطقه تحت چرا می باشد ($P < 0.05$) و از ۰/۳۵۷ به ۰/۳۳۳ دسی زیمنس بر متر کاهش یافته است (جدول ۱).

جدول ۱- مقایسه میانگین مقادیر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک بین منطقه قرق شده و منطقه تحت چرا

معنی داری	t	درجه آزادی	۱۵-۰ خارج	۱۵-۰ داخل	متغیر
۰/۰۰	۷/۴۸۹	۲۸	۱۶	۱۹/۲	رس (%)
۰/۱۵	۱/۴۸۹	۲۳/۷۶	۲۷	۲۵/۶	سیلت (%)
۰/۴۴	۲/۱۴۱	۲۱/۲۵۵	۵۷	۵۵/۲	شن (%)
۰/۰۰	۲۰/۹۶۶	۲۸	۳۰/۸۰۷	۳۹/۶۵۷	رطوبت اشباع (%)
۰/۰۰	۸/۰۱۱	۲۸	۱/۳۱۹	۱/۱۱۱	جرم مخصوص ظاهری (gcm-3)
۰/۰۰	۸/۴۶۴	۲۸	۵۰/۱۴۹	۵۸/۱۲۶	تخلخل (%)
۰/۰۰	۳/۱۳۲	۲۸	۰/۳۵۷	۰/۳۳۳	هدایت الکتریکی (dS/m)
۰/۰۰	۵/۶۲۰	۲۸	۷/۷۵۳	۷/۶۲۶	اسیدیته
۰/۰۰	۵/۱۴۴	۲۸	۰/۸۶۴	۱/۴۵۴	کربن آلی (%)
۰/۰۰	۵/۱۴۴	۲۸	۰/۱۰۴	۰/۱۷۴	ازت (%)
۰/۰۰	۷/۶۲۹	۲۸	۱۷/۷۱۴	۹/۵۹۱	پتاسیم تبدالی (ppm)
۰/۰۰	۷/۳۷	۲۸	۸/۰۰۶	۴/۰۴۶	سدیم تبدالی (ppm)
۰/۸۲۱	۰/۲۲۹	۲۸	۲۵/۱۰۶	۲۵/۵۶۶	کلسیم تبدالی (meqL ⁻¹)
۰/۱۸۴	۱/۳۶۲	۲۸	۱/۶۶۰	۱/۸۸۴	منیزیم تبدالی (meqL ⁻¹)
۰/۰۴۹	۲/۰۷۱	۲۲/۱۱۷	۵۵/۶۶۲	۶۳/۹۰۲	CEC (meq 100g ⁻¹)

سدیم و پتاسیم تبدالی: میزان سدیم و پتاسیم تبدالی خاک منطقه قرق شده به طور معنی داری کمتر از میزان سدیم و پتاسیم خاک منطقه تحت چرا است ($P < 0.05$) و از ۸/۰۰۶ و ۱۷/۷۱۴ به ۴/۰۴۶ و ۹/۵۹۱ پی بی ام کاهش یافته است (جدول ۱).

کلسیم و منیزیم تبدالی: نتایج (جدول ۱) نشانگر آن است که میزان کلسیم و منیزیم تبدالی خاک منطقه قرق شده تفاوت معنی داری با منطقه تحت چرا ندارد ($P < 0.05$).

کربن آلی: درصد کربن آلی خاک منطقه قرق شده در مقایسه با منطقه تحت چرا، به طور معنی داری بیشتر است ($P < 0.05$) و از ۰/۸۶۴ به ۱/۴۵۴ درصد افزایش یافته است (جدول ۱).

ازت کل: میزان ازت کل خاک در منطقه قرق شده در مقایسه با منطقه تحت چرا به طور معنی داری بیشتر است ($P < 0.05$) و مقدار آن از ۰/۱۰۴ به ۰/۱۷۴ درصد افزایش یافته است (جدول ۱).

نتایج (جدول ۳) نشانگر آن است که تفاوت میزان کربن ذخیره شده ۷/۱۳۶ تن کربن در هکتار می‌باشد و این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار می‌باشد ($P < 0/05$). با در نظر گرفتن ۲۰۰ دلار برای هر تن دی‌اکسیدکربن ترسیب یافته (Varamesh, 2009)، ارزش اقتصادی حاصل از ترسیب دی‌اکسیدکربن در منطقه قرق شده برابر با ۱۴۲۷/۲ دلار در هکتار می‌باشد.

ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC): ظرفیت تبادل کاتیونی خاک منطقه قرق شده به‌طور معنی‌داری بیشتر از منطقه تحت چرا است ($P < 0/05$) و از ۵۵/۶۶۲ به ۶۳/۹۰۲ افزایش یافته است (جدول ۱). شاخص فرسایش‌پذیری خاک: شاخص فرسایش‌پذیری خاک در منطقه قرق شده به‌طور معنی‌داری کمتر از منطقه تحت چرا می‌باشد ($P < 0/05$) و از ۴/۹۸۱ به ۳/۹۱۲ کاهش یافته است (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین شاخص فرسایش‌پذیری خاک بین منطقه قرق شده و منطقه تحت چرا

متغیر	۰-۱۵ داخل	۰-۱۵ خارج	درجه آزادی	t	معنی‌داری
شاخص فرسایش‌پذیری خاک	۳/۹۱۲	۴/۹۸۱	۲۸	۱۸/۵۹۹	۰/۰۰

جدول ۳- مقایسه ذخیره کربن خاک بین منطقه قرق شده و منطقه تحت چرا

منطقه	عمق خاک	کربن آلی خاک (%)	کربن آلی خاک (gr C/kg soil)	وزن مخصوص ظاهری (gr/cm ³)	کربن آلی خاک (sc)(ton C/ ha)
قرق	۰-۱۵	۱/۴۵۴	۱۴/۵۴	۱/۱۱۱	۲۴/۲۳۰
تحت چرا	۰-۱۵	۰/۸۶۴	۸/۶۴	۱/۳۱۹	۱۷/۰۹۴

بحث

فرسایش‌پذیری خاک در مقایسه با محدوده تحت چرا شده است (Larson و Stewart, ۱۹۹۲). نتایج Givi و Asadi (۲۰۰۱) نیز نشانگر پایداری بیشتر خاک در منطقه قرق شده می‌باشد. چرای دام به‌طور غیرمستقیم با از بین بردن شاخ و برگ گیاهان و به‌طور مستقیم با فشار سم، متراکم نمودن و بودر نمودن خاک سطحی موجبات افزایش فرسایش‌پذیری خاک سطحی را فراهم می‌کند (Green & Kauffman, 1995). کاهش معنی‌دار شوری خاک در نتیجه اعمال قرق با نتایج Mousavi (۲۰۰۱) و Mirzaali و همکاران (۲۰۰۶) همخوانی دارد. در منطقه قرق شده، بالاتر بودن میزان پوشش گیاهی و لاشیرگ حاصل از آن و کاهش تبخیر از خاک سبب افزایش رطوبت خاک شده، در نتیجه غلظت

افزایش معنی‌دار مقادیر ماده آلی و درصد رس در خاک منطقه قرق شده می‌تواند دلیل بیشتر بودن درصد رطوبت اشباع آن در مقایسه با منطقه تحت چرا باشد (Ajami, 2007). کاهش معنی‌دار جرم مخصوص ظاهری خاک در منطقه قرق شده با نتایج Givi و Asadi (۲۰۰۱) و Mousavi (۲۰۰۱) همخوانی دارد. Lemenih و همکاران (۲۰۰۵) کاهش میزان جرم مخصوص ظاهری و افزایش درصد تخلخل کل خاک را ناشی از افزایش ماده آلی خاک می‌دانند که نتایج حاصل از این تحقیق نیز مؤید این امر می‌باشد. احتمالاً "افزایش درصد رس و کربن آلی خاک در نتیجه اعمال قرق، سبب کاهش معنی‌دار شاخص

خاک در منطقه قرق شده با نتایج Mousavi (۲۰۰۱) و Haidarian-aghakhani و همکاران (۲۰۰۹)، Mirzaali و همکاران (۲۰۰۶)، Bower و همکاران (۱۹۸۷)، Frank و همکاران (۱۹۹۵) و Dormaar و همکاران (۱۹۹۷) همخوانی دارد اما با نتایج Berg و همکاران (۱۹۹۷) و Frank و Groffman (۱۹۹۸) همخوانی ندارد. کیفیت لاشبرگ پوشش گیاهی از عوامل اثرگذار بر میزان ازت کل خاک است. تفاوت‌های کیفی لاشبرگ شامل عناصر غذایی، کربن، لیگنین و عناصر فنلی است، به طوری که لاشبرگ‌هایی با نیتروژن بالا و نسبت C/N پایین تر با سرعت بیشتری تجزیه شده و بعکس وجود مواد رزینی و فنلی تأثیر منفی در تجزیه لاشبرگ‌ها دارند (Kaykha و Niknahad-gharmakher، ۲۰۱۵). نتایج مطالعه Niknahad-gharmakher و همکاران (۲۰۱۲) در مورد اثرات کیفیت لاشبرگ بر معدنی شدن و آلی شدن عناصر غذایی نشانگر آن است که کیفیت لاشبرگ اثر معنی داری بر شدت تجزیه لاشبرگ‌ها و رهاسازی عناصر غذایی از جمله ازت خاک دارد. احتمالاً لاشبرگ گیاهی در منطقه قرق شده در قیاس با لاشبرگ منطقه تحت چرا دارای کیفیت بالاتری است، در نتیجه فرایند تخریب زیستی منجر به افزایش ماده آلی و ازت کل خاک در منطقه قرق شده در مقایسه با منطقه تحت چرا شده است. در اثر افزایش درصد ماده آلی، دانه بندی خاک بهتر شده و با افزایش تخلخل و تهویه خاک، ظرفیت نفوذ آب بیشتر شده، در نتیجه سدیم و پتاسیم از خاک منطقه قرق شده مورد آبنشویی قرار گرفته و میانگین آن کاهش یافته است (Neff et al., 2005). از سوی دیگر، حضور دام‌ها سبب خرد و مدفون شدن بقایای گیاهی در منطقه تحت چرا شده و به فرایند تجزیه پذیری آنها سرعت می‌بخشد (Frank & Groffman, 1998). انباشتگی بیشتر مدفوع دام‌ها در منطقه تحت چرا در قیاس با منطقه قرق، به لحاظ اینکه فضولات دامی حاوی عناصر غذایی فراوانی می‌باشند، از دیگر علت‌های مؤثر در این مورد می‌تواند باشد (Rossignol et al., 2006). احتمالاً افزایش مقادیر یون‌های کلسیم و منیزیم در نتیجه افزایش درصد رس در

نمک کاهش یافته است، از این رو EC خاک آن در مقایسه با منطقه تحت چرا به طور معنی داری کاهش یافته است (Chaneton Lavado, 1996). کاهش معنی دار اسیدیته خاک در نتیجه اعمال قرق با نتایج Mousavi (۲۰۰۱) همخوانی دارد. تخلخل بیشتر خاک در منطقه قرق شده سبب نفوذ عمقی بیشتر آب به خاک در قیاس با منطقه تحت چرا می‌شود و در نتیجه آن، کربنات خاک سطحی به عمق پایین تری منتقل می‌شود که این امر باعث پایین آمدن اسیدیته خاک سطحی می‌شود (Khorrali & Shamsi, 2009). کیفیت لاشبرگ منتقل شده به خاک و در نتیجه تفاوت در میکروارگانیزم‌های خاک و اثرات ناشی از آن در تجزیه بقایای آلی نیز در طولانی مدت می‌تواند منجر به تغییرات معنی دار اسیدیته خاک گردد. افزایش معنی دار کربن آلی خاک در منطقه قرق شده با نتایج Asadi و Givi (۲۰۰۱)، Haidarian-aghakhani و همکاران (۲۰۰۹)، Bower و همکاران (۱۹۸۷)، Frank و همکاران (۱۹۹۵) و Dormaar و همکاران (۱۹۹۷) همخوانی دارد. پوشش گیاهی مترکم تر مناطق قرق شده مقادیر بیشتری از ریشه را به خاک برگشت داده و همچنین این مناطق مستعد تجمع بیشتری از لاشبرگ سطحی هستند. این دو فاکتور مهمترین منابع تأمین مواد آلی خاک در مراتع به شمار رفته و هرگونه محدودیت در آنها باعث کاهش مواد آلی خاک می‌گردد (Dermer et al., 1997). تغییر در میزان رطوبت و دمای خاک سطحی باعث تغییر در میزان فعالیت‌های میکروبی و حیاتی خاک می‌شود و این امر بنوبه خود باعث تغییر شدت تجزیه می‌شود (McGill et al., 1997). بهبود خصوصیات فیزیکی خاک در نتیجه اعمال قرق سبب بهبود خصوصیات پوشش گیاهی منطقه قرق شده در مقایسه با منطقه تحت چرا شده است و این امر باعث افزایش لاشبرگ ورودی، افزایش رطوبت خاک و کاهش دمای آن گردیده و موجب تغییر نسبت کربن ورودی (تولید خالص اولیه) به هدررفت کربن (تنفس میکروبی و تجزیه ماده آلی) شده است، در نتیجه کربن آلی خاک در منطقه قرق شده در مقایسه با منطقه تحت چرا افزایش معنی داری یافته است. افزایش معنی دار ازت کل

- Ajami, M., 2007. Soil quality attributes micropedology and clay mineralogy as affected by land use change and geomorphic position on some loess-derived soils in eastern Golestan Province, Agh-Su watershed. M.Sc. Thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 191p.
- Bauer, a., Cole, c. and Black, A., 1987. Soil property comparisons in virgin grass lands between grazed and nongrazed management systems. *Soil Science Society of America Journal*, 51:176-182.
- Berg, W. A., Bradford, J. A. and Sims, P. L., 1997. Long - term nitrogen and vegetation change on sandhill rangeland. *Journal of Range Management*, 50:482 - 486.
- Black, C. A., 1986. Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, 1188p.
- Bouyoucos, G. J., 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Journal of Agronomy*, 54 (5):464-465.
- Bower, C. A. R., Reitemeier, F. and Fireman, M., 1952. Exchangeable-cation analysis of saline and alkali soils. *Soil Science*, 73:4.251-262.
- Chaneton, E.J. and Lavado, R.S., 1996. Soil nutrients and salinity after long-term grazing exclusion in a flooding pampa grassland. *Journal of Rang Management*, 49:2.182-187.
- Derner, J. D., Briske, D. D. and Boutton, T. W., 1997. Does grazing mediate soil carbon and nitrogen accumulation beneath C4 perennial grasses along an environmental gradient?. *Plant and Soil*, 191: 147-1
- Dormaar, J. F., Adams, B. W. and willms, W. D., 1997. Impact of rotational grazing on mixed prairie soils and vegetation. *Journal of Range Management*, 50: 647-651.
- Famiglietti, J. S., Rudnicki, J. W. and Rodell, M., 1998. Variability in surface moisture content along a hillslope transect: Rattlesnake Hill, Texas. *Journal of Hydrology*, 210:1.259-281.
- Frank, A. B., Tanaka, D. L., Hofmann, L., Follett, R. F., 1995. Soil carbon and nitrogen of Northern Great plains grassland as influenced by long- term grazing. *Journal of Range Management*, 48: 470-477.
- Frank, D. A. and Groffman, P. M., 1998. Ungulate vs. landscape control of soil C and N processing in grassland of Yellow Stone National Park. *Ecology*, 79:2229-2241.
- Givi, J. and Asadi, A., 2001. The role of rangeland management in water, soil and vegetation conservation. Second National Conference of Rangeland and Rangeland Management, Iran, 5-7: February, 292-298.
- Green, D. M. and Kauffman, J. B., 1995. Succession
- بافت خاک و کربن آلی خاک به همراه کاهش شاخص فرسایش پذیری خاک در منطقه قرق شده توسط افزایش مقادیر یونهای کلسیم و منیزیم ناشی از فضولات و ادرار دامهای چراکننده در منطقه تحت چرا خنثی شده است. افزایش معنی دار ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در منطقه قرق شده با نتایج Asadi و Givi (۲۰۰۱) همخوانی دارد. ظرفیت تبادل کاتیونی خاک از طریق میزان رس، نوع رس و ماده آلی خاک تعیین می‌گردد. البته هرچه میزان رس و ماده آلی خاک بالاتر باشد، ظرفیت تبادل کاتیونی آن بیشتر است. (Niknahad - Gharmakher & Maramaei, 2011).
- احتمالاً "افزایش میزان رس و کربن آلی خاک در منطقه قرق شده منجر به افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در آن تیمار گردیده است. ارزش اقتصادی کربن ترسیب یافته در خاک پس از ۱۵ سال اعمال قرق از قرار هر دلار، ۳۳۰۰ تومان برابر با ۴۷۰۹۷۶۰ تومان در هکتار است. از این رو میانگین سالانه ارزش اقتصادی کربن ترسیب یافته در خاک برابر ۳۱۳۹۸۴ تومان در هکتار است. با توجه به قیمت یک کیلو علوفه در منطقه مورد مطالعه (هر کیلو، ۱۱۰۰ تومان)، میانگین سالانه ارزش اقتصادی کربن ترسیب یافته در خاک برابر ۲۸۵/۴۴ کیلوگرم علوفه خشک می‌باشد.
- اعمال قرق در منطقه مورد مطالعه، پس از ۱۵ سال بر خصوصیات فیزیکی - شیمیایی خاک، فرسایش پذیری و میزان ترسیب کربن آن تأثیر معنی داری گذاشته که نشانگر قابلیت بهبودپذیری آن منطقه است و با توجه به نتایج به دست آمده، به ویژه ارزش اقتصادی کربن ترسیب یافته در خاک منطقه قرق شده، اعمال قرق در منطقه مورد مطالعه قابل توصیه می‌باشد و مطالعه پیامدهای اقتصادی - اجتماعی حاصل از قرق در منطقه مورد مطالعه پیشنهاد می‌شود.

منابع مورد استفاده

- Amghar, F., Forey, E., Margerie, P., Langlois, E., Brouri, L. and Kadi-Hanifi, H., 2012. Grazing enclosure and plantation: a synchronic study of two restoration techniques improving plant community and soil properties in arid degraded steppes (Algeria). *Ecologie-La Terre Et La Vie*, 67:257-269.

- and microbiological properties. Agronomy Monograph, No. 9. American Society of Agronomy Inc., Madison.
- Niknahad – Gharmakher, H., Piutti, M., Machet, S., Benizri, J. M. and Recous, S., 2012. Mineralization-immobilization of sulphur in a soil during decomposition of plant residues of varied chemical composition and S content. *Plant and Soil*, 360 (2):391-404.
 - Niknahad – Gharmakher, H. and Maramaei, M., 2011. Effects of land use changes on soil properties (Case Study: the Kechik catchment). *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 1(2): 81-96.
 - Niknahad – Gharmakher, H., Jafari - Foutami, I. and, sharifi, A., 2015. Effects of grazing exclusion on plant productivity and carbon sequestration (Case study: Gomishan rangelands, Golestan province, Iran). *Journal of Rangeland Science*, 5 (2): 123-134.
 - Larson, W. E. and Stewart, B. A., 1992. Thresholds for soil removal for maintaining cropland productivity. *The Soil Quality Standards Symposium*, San Antonio, Texas, 6-14.
 - Lemenih, M., Karlton, E. and Olsson, M. 2005. Assessing soil chemical and physical property responses to deforestation and subsequent cultivation in smallholders farming system in Ethiopia. *Agriculture, Ecosystem & Environment*, 105:1.373-386.
 - Lemma, B., Kleja, D. B., Nilsson, I. and Olsson, M., 2006. Soil carbon sequestration under different exotic tree species in the southwestern highlands of Ethiopia. *Geoderma*, 136: 886-898.
 - Page, M. C., Sparks, D. L., Woll, M. R. and Hendricks, G. J., 1987. Kinetics and mechanisms of potassium release from sandy Middle Atlantic coastal plain soils. *Soil Science Society of America Journal*, 51(6):1460-1465.
 - Page, A. L., Miller, R. H. and Keeney, D. R., 1992. *Methods of soil analysis, Part 2, Chemical and microbiological properties*. Agronomy Monograph, No. 9, American Society of Agronomy Inc, Madison.
 - Raiesi, F. and Riahi, M., 2014. The influence of grazing enclosure on soil C stocks and dynamics, and ecological indicators in upland arid and semi-arid rangelands. *Ecological Indicators*, 41: 145-154.
 - Rossignol, N., Bonis, A. and Bouzille, J. B., 2006. Consequence of grazing pattern and vegetation structure on the spatial variations of net N mineralization in wet grassland. *Applied Soil Ecology*, 31: 62-70.
 - Schneider, K., Huisman, J. A., Breuer, L. and Frede, H. G., 2008. Ambiguous effects of grazing intensity on surface soil moisture: A geostatistical case study from a steppe environment in Inner Mongolia, PR and livestock grazing in a northeast Oregon riparian ecosystem. *Journal of Range Management*, 48:307-313.
 - Haidarian-aghakhani, M., Dyanati-tilaki, gh. and Naghipour-borj, A., 2009. Investigation on the effects of the livestock grazing on the change of soil organic matter and nitrogen in Sisab rangelands. 11th Iranian soil science congress, Gorgan, Iran, 12-14 June.
 - Kaykha, E. and Niknahad-gharmakher, H., 2015. Impact of an alternative system on some soil properties as compare with forest and cropland systems. *Journal of Water and Soil Conservation*, 22(2): 127-142.
 - Khormali, F. and Shamsi, S., 2009. Investigation of the quality and micromorphology of soil evolution in different landuses of a loess hillslope of Golestan province, a case study in Ghapan region. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 16(3):14-27.
 - Kumar, K., Tripathi, S. K. and Bhatia, K. S., 1995. Erodibility characteristics of Rendhar Watershed soils of Bundelkhand. *Indian Journal of Soil Conservation*, 23:1.200-204.
 - McLean, E.O., 1988. Soil pH and lime requirement. P 199-224, In: A.L. Page (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison*.
 - McGill, W. B., Dormaar, J. F. and Reind-Dwyer, E., 1988. New perspectives on soil organic matter quality, quantity and dynamics on the Canadian prairies. 34th Annual CSSS/AIC Meeting, Calgary, Italia, 21-24: August: 30-48.
 - Milchunas, D. G. and Lauenroth, W. K., 1993. A quantitative assessment of the effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. *Ecological Monographs*, 63: 327-366.
 - Mirzaali, M., Mesdaghi, M. and Erfanzadeh, R., 2006. The study of effects of enclosure on vegetation and soil surface in saline ranges of Gomishan, Golestan province. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 13(2):104-201. (In Persian).
 - Mousavi, S. M., 2001. The effect of enclosure on the trend of vegetation and soil changes in Semi-steppe rangelands of Rezaabad, Semnan. Second National Conference of Rangeland and Rangeland management, Iran, February, 252-263.
 - 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 (1): 87-95.
 - Nelson, D. W. and Sommers, L. E., 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter, P 539-577. In: Page, R. H., Miller, A. L., Keeney, D. R., (Eds.), *Methods of soil analysis, Part 2, Chemical*

- 105: 228–235.
- Jeddi, K. and Chaieb, M., 2010. Changes in soil properties and vegetation following livestock grazing exclusion in degraded arid environments of South Tunisia. *Flora*, 205: 184–189.
 - Varamesh, S. 2009. Effectuality of forestation on soil carbon sequestration and mitigate climate change. First International Conference of the World Soil Erosion and Conservation. Serbia, 27-30 May.
 - Verdoodt, A., Mureithi, S. M., Van – Ranst, E., 2010. Impacts of management and enclosure age on recovery of the herbaceous rangeland vegetation in semi-arid Kenya. *Journal of Arid Environments*, 74:1066-1073.
 - China. *Journal of Arid Environments*, 72: 1305-1319.
 - Shariff, A. R., Biondini, M. E. and Grtguel, C. E., 1994, Grazing intensity effects on litter decomposition and soil nitrogen mineralization. *Journal of Range. Management*, 47:444-449.
 - Haftay, H., Yayneshet, T., Animut, G., Treydte, A. C., 2013. Rangeland vegetation responses to traditional enclosure management in eastern Ethiopia. *The Rangeland Journal*, 35: 29–36.
 - Hoshino, A., Tamura, K., Fujimaki, H., Asano, M., Ose, K. and Higashi, T., 2009. Effects of crop abandonment and grazing exclusion on available soil water and other soil properties in a semi-arid Mongolian grassland. *Soil and Tillage Research*,

Effects of grazing exclusion on some soil properties, erodibility and carbon sequestration (Case study: Bozdaghin rangelands, North Khorasan, Iran)

H. Niknahad Gharemakher^{1*}, A. Aghtabye² and M. Akbarlou³

1*-Corresponding author, Assistant Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, Email: hamidniknahad@yahoo.com

2- M.Sc. Student in Range Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

3- Assistant Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

Received:8/30/2015

Accepted:5/22/2016

Abstract

In view of the increasing adoption of rangeland enclosure in order to rangeland improvement and carbon sequestration, investigation of its effects on the soil properties and calculation of the economic value of sequestered carbon is important. The aim of this study was to evaluate the changes in some soil physico-chemical properties, carbon sequestration rate and its economic value following grazing exclusion as compared with open grazing areas in Bozdaghi rangelands in North - Khorasan province, Iran. Therefore, in each area (enclosure and open grazing) three transects of 500 meter length and 200 meter intervals) were set up. Along each transect, five soil samples were taken at the depth of 0–15 cm in a random – systematic method (15 soil samples in each area) and transferred to the laboratory. In the laboratory, some soil physical and chemical properties such as soil texture, bulk density, porosity, saturation percentage, pH, EC, percentage of organic matter, total nitrogen, the amount of cation exchange capacity, exchangeable sodium, potassium, calcium, and magnesium were measured and erodibility index was calculated by using the modified clay ratio relation. Data analysis was performed by using independent t test in *SPSS v.16* software. The results demonstrated that establishment of enclosure in Bozdaghi rangelands had significant positive effects on soil physico-chemical properties, and reduced the soil erodability index significantly ($P < 0.05$). The mean value of sequestered carbon in the soil of enclosure area was significantly higher than that of open grazing area ($P < 0.05$) and its economic value was estimated to be 4709760 toman per hectare. According to the results, especially the high economic value of sequestered carbon in the soil of enclosure area, establishment of enclosure in the study area is recommended.

Keywords: Enclosure, soil physico-chemical properties, carbon sequestration, Bozdaghi.