نشریه دانش آب و خاک / جلد23 شماره1 صفحه‌های209 تا 222/ سال 1392

اثر چرای دام بر توزیع کربن آلی، نیتروژن کل و معدنی شدن کربن در اجزای مختلف ذرات اولیه خاک در مراتع شیدا با سابقه کشت

نجمه قربانی قهفرخی[*1]، فایز رئیسی[2]، شجاع قربانی[3]

تاریخ دریافت: 90/06/30 تاریخ پذیرش: 91/07/18

[1-] دانشجوی سابق کارشناسی ارشد رشته خاک شناسی دانشگاه شهرکرد

[2-] استاد گروه خاک شناسی دانشگاه شهرکرد

[3-] استادیار گروه خاک شناسی دانشگاه شهرکرد

[*]مسئول مکاتبه: najme.ghorbani@yahoo.com :Email

چکیده

چرای بی‌رویه مراتع توسط دام ویژگی‌های خاک و عملکرد اکوسیستم را از طریق کاهش کیفیت و حاصل‌خیزی خاک تغییر می‌دهد. این مطالعه به منظور بررسی اثر مدیریت مرتع (چرای آزاد، کنترل شده و قرق کوتاه مدت 8 ساله) بر توزیع کربن آلی، نیتروژن کل و معدنی شدن کربن در اجزای مختلف ذرات اولیه خاک مراتع طبیعی منطقه شیدا در استان چهارمحال و بختیاری انجام شد. نتایج نشان داد غلظت کربن و نیتروژن کل خاک در مراتع تحت چرا بیشتر از مراتع تحت قرق است ولی نسبت C/N تغییری نشان نداد. مدیریت چرای کنترل شده بیشترین مقدار ماده آلی ذره‌ای و مدیریت قرق بیشترین مقدار کربوهیدرات‌های محلول در آب داغ را به خود اختصاص دادند. در هر سه مدیریت مرتع با کاهش اندازه ذرات از شن به رس، مقدار کربن و نیتروژن ذرات افزایش یافت. نوع مدیریت مرتع منجر به توزیع متفاوت کربن و نیتروژن در انواع ذرات خاک گردید. چرای آزاد کربن جزء سیلت را افزایش داد ولی تأثیری بر کربن دو جزء دیگر نداشت. همچنین چرای دام تأثیری بر نیتروژن جزء شن نداشت ولی نیتروژن اجزای سیلت و رس را افزایش داد. کربن معدنی شده کل خاک در مدیریت چرا بیشتر از مدیریت قرق بود که به دلیل بیشتر بودن میزان کربن آلی و ماده آلی ذرّه‌ای در این نوع مدیریت می‌باشد. طبق نتایج حاصله معدنی شدن کربن در هر سه مدیریت مرتع در اجزای شن و سیلت که بیشترین سهم از خاک کل را به خود اختصاص داده‌اند و از درجه هوموسی پایینی برخوردار هستند، بیشترین مقدار بود.

واژه های کلیدی: چرای مرتع، ذرات اولیه خاک، قرق، کربن و نیتروژن، مدیریت مرتع.

Influence of Livestock Grazing on the Distribution of Organic Carbon, Total Nitrogen and Carbon Mineralization within Primary Particle-Size Fractions in Shayda Rangelands with Cropping History

N Ghorbani Ghahfarokhi [1*], F Raiesi [2], Sh Ghorbani [3]

Received:21 September 2011 Accepted: 9 October 2012
[1-]former MSc. student of Soil Sci., Shahrekord Univ., Iran.
[2-] Prof. of Soil Sci., Shahrekord Univ., Iran.
[3-] Assist. Professor of Soil Sci., Shahrekord Univ., Iran.
[*]Coressponding Author Email: najme.ghorbani@yahoo.com

Abstract

Intensive livestock grazing may change soil properties and ecosystem functioning through reductions in soil quality and fertility. The objective of the current study was to establish the influence of three different rangeland grazing regimes (i.e., free grazing, controlled grazing and short-term ungrazing regimes for 8 years) on carbon (C), nitrogen (N) and C mineralization associated with different primary particle-size fractions in Shayda natural rangelands with cropping history in Chaharmahal VA Bakhtiari province. Results indicated that organic C and total N concentrations were higher in grazed than ungrazed rangelands, but the C/N ratio did not show any difference between grazing regimes. Controlled grazing regime had a higher amount of particulate organic matter (POM) while ungrazed regime had a higher amount of hot-water extractable carbohydrate (HWC). The amount of C and N increased with decreasing particle size from sand to clay fractions in all grazing regimes. Rangeland grazing regimes altered organic C and total N associated with primary particle-size fractions. Free grazing regime increased C contents in the silt-size fraction but had no influence on C contents in the other fractions. Additionally, although grazing regime had no influence on the sand-size fraction N, free grazing increased the amount of N in the silt and clay-size fractions. Bulk soil C mineralization was higher in the grazed regime compared to the ungrazed regime most likely because of higher organic C and POM under these conditions. Results revealed that C mineralization was higher in the sand and silt fractions with higher weight proportion in the bulk soil and a low degree of humification in all grazing regimes.

Keywords: Carbon and nitrogen, Grazing rangelands, Particle size fractions, Rangeland management, Ungrazing regimes.

مقدمه

بررسی اثرات مدیریت‌های مختلف اراضی بر تغییرات ماده آلی و مخازن کربن آلی خاک در مراتع نواحی خشک و نیمه‌خشک به منظور برقراری شرایط پایدار در اکوسیستم ضروری است. مدیریت خاک بازگشت و پویایی ماده آلی خاک را از طریق تغییر

کمیت و کیفیت بقایای گیاهی که وارد خاک می‌شوند، توزیع فصلی و مکانی آنها، نسبت بین ورودی‌های رو زمینی و زیرزمینی و از طریق تغییر ورودی‌های عناصر غذایی تحت تأثیر قرار می‌دهد (کندلر و همکاران 1999). مخزن کربن آلی خاک شدیداً تحت تأثیر تغییر کاربری و مدیریت اراضی (مانند چرای دام، نوع عملیات کشاورزی) قرار می‌گیرد (لورنز و همکاران 2008). از جمله پیامدهای چرای دام ممکن است افزایش میزان کربن خاک و ترسیب آن[1] (ریدر و شومان 2002)، یا کاهش کربن و متعاقباً تشدید پدیده گلخانه‌ای باشد (اسنیمان و پریز 2005) و یا گاهی چرا تأثیر قابل توجهی بر میزان کربن خاک ندارد (هان و همکاران 2008). اختلاف‌ها و تناقض‌های گزارش شده درباره اثر چرا بر مقدار و یا ذخیره عناصر غذایی خاک به ویژه کربن و نیتروژن به دلیل تفاوت در اقلیم، ویژگی‌های ذاتی خاک، توپوگرافی زمین، ترکیب جوامع گیاهی و اعمال مدیریت‌های مختلف چرا با شدت و مدت‌های متفاوت و نوع دام چرا کننده می‌باشد (ریدر و شومان 2002، اسنیمان و پریز 2005، هان و همکاران 2008). نتایج اغلب بررسی‌ها حاکی است که مراتع جهان به‌طور فعال در حال ذخیره کردن کربن، و تعدیل و کاهش غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفر هستند و اندازه آن در آینده ممکن است به‌طور فزاینده‌ای افزایش یابد (کوی و همکاران 2005). به عبارت دیگر، مراتع مقصد کربن[2] اتمسفر محسوب می‌شوند، ولی ظرفیت و اندازه[3] این مقصد به نوع مرتع، اقلیم، خاک و مهمتر از همه به مدیریت مرتع بستگی دارد (کوی و همکاران 2005).

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که ذخایر و اجزای مختلف کربن آلی[4] خاک خیلی سریع‌تر از کربن کل به تغییرات کاربری اراضی عکس‌العمل نشان می‌دهند، از این رو اجزای مختلف کربن آلی خاک می‌توانند به عنوان شاخص‌های اولیه و حساس تغییر ذخایر کربن خاک به کار روند (کریستنسن 1992، استمر و همکاران 1998، کریستنسن 2001، آشاگری و همکاران 2005، لوتزو و همکاران 2007، لورنز و همکاران 2008، جاگاداما و لل 2010).

روش‌های جداسازی مواد آلی خاک را می‌توان در دو گروه کلّی یعنی روش‌های فیزیکی و شیمیایی تقسیم‌بندی کرد. روش‌های تفکیک فیزیکی که طی دو دهه گذشته در مطالعات ماده آلی کاربرد گسترده‌ای یافته است (کریستنسن 2001) بر اساس اندازه‌ی ذرات معدنی، خاکدانه‌ها، وزن مخصوص، حساسیت مغناطیسی و یا ترکیبی از آنها استوار می‌باشند (لوتزو و همکاران 2007، هی و همکاران 2009).

از آنجا که پیش‌نیاز تجزیه ماده آلی دسترسی بیولوژیکی یا زیست فراهمی[5] آن است، تئوری تفکیک فیزیکی مواد آلی خاک بر این اصل استوار است که اجتماع و چیدمان فضایی ذرات معدنی خاک در پایداری، زمان بازگشت، پویایی و سرعت تجزیه ماده آلی خاک نقش مهمی دارند (کریستنسن 1992، کندلر و همکاران 1999، کریستنسن 2001، لوتزو و همکاران 2007). در واقع اساس و تئوری روش جزء به جزء کردن فیزیکی مواد آلی بر اساس اندازه ذرات اولیه[6] این‌گونه است که در خاک ذرات اولیه یعنی شن، سیلت و رس از کانی‌های متفاوت با مینرالوژی مختلف تشکیل شده‌اند (کریستنسن 1992 و 2001). از این رو، مواد آلی که با این ذرات عجین شده‌اند نیز به لحاظ "ترکیب شیمیایی"[7] و از لحاظ "پویایی[8]" رفتار متفاوتی خواهند داشت (کریستنسن 2001، لورنز و همکاران 2008، جاگاداما و لل 2010). بر همین اساس، ماده آلی را طبق اندازه ذرات به سه جزء هم‌اندازه شن، هم‌اندازه سیلت و هم‌اندازه رس جدا می‌کنند.

[1] Carbon sequestration
[2] C sink
[3] Strength
[4] C pools / fractions
[5] Bioavailability
[6] Primary particle size
[7] Chemical composition
[8] Dynamics

مواد آلی موجود در جزء (بخش یا فرکشن) شن را اغلب مواد آلی درشت تشکیل می‌دهند که به صورت تازه یا نیمه‌تجزیه شده می‌باشند. مواد آلی موجود در جزء سیلت بیشتر شامل ترکیبات حلقوی (آروماتیک) بوده و نسبت به تجزیه میکروبی نسبتاً مقاوم هستند. کربن موجود در مواد آلی جزء رس بیشتر از نوع آلکیل-C بوده و ترکیبات آروماتیک کمتری دارند و همچنین حاوی هیدرات‌های کربن میکروبی می‌باشد (کریستنسن 2001 ، لورنز و همکاران 2008). اغلب مواد آلی مرتبط با اجزای سیلت و رس به تغییرات مدیریتی خاک دیرتر واکنش نشان می‌دهند (کریستنسن 2001، لورنز و همکاران 2008). نتایج اغلب بررسی‌ها نشان می‌دهد که قسمت اعظم کربن خاک در جزء رس ذخیره می‌شود (استمر و همکاران 1998، کندلر و همکاران 1999، کونانت و همکاران 2003، جاگاداما و لل 2010). نسبت C/N این سه جزء نیز متفاوت است و عموماً با کاهش اندازه ذرات، نسبت C/N کاهش می‌یابد (کریستنسن 1996، استمر و همکاران 1998).

با وجود مطالعه اثر تغییر کاربری اراضی و عملیات کشاورزی بر توزیع ماده آلی خاک در انواع اکوسیستم‌ها، ولی اثر چرای دام بر ذخیره کربن اجزای مختلف کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در مطالعه کونانت و همکاران (2003) روی تأثیر مدیریت چرا بر کل مخزن کربن و نیتروژن آلی خاک و اجزای کربن خاک 4 مرتع در ویرجینیای آمریکای جنوب‌شرقی مشاهده شد که کربن عجین شده با سیلت و رس تحت مدیریت چرای شدید بیشتر بود. هی و همکاران (2009) نیز در بررسی تغییرات کربن و نیتروژن در اجزای ذرات اولیه خاک در سه عمق 10-0، 20-10 و 40-20 سانتی‌متر به منظور تعیین اهمیت قرق بر پویایی کربن و نیتروژن کل در اجزای خاک در شمال چین دریافتند که قرق طولانی مدت اثر شدیدی بر اجزای خاک و غلظت‌های کربن و نیتروژن کل آنها داشت. نتایج آنها نشان داد جزء رس بیشترین مقدار کربن را در هر سه عمق مورد بررسی ذخیره کرده است. این در حالی است که استیفن و همکاران (2011) طی یک مطالعه در استپ نیمه‌خشک مجاور مرتع اینرمونگولیای چین پس از بررسی اثر چرا بر توزیع کربن در اجزای مختلف ذرات اولیه خاک گزارش نمودند که چرا موجب تغییر ماده آلی خاک در اجزای ذرات اولیه خاک نشد.

تاکنون اجزای مختلف کربن آلی نه تنها در ایران بلکه در سایر کشورها نیز به ندرت مورد مطالعه قرار گرفته است، به نظر می‌رسد اندازه‌گیری اجزای مختلف ماده آلی و توزیع آنها در مقایسه با کربن کل خاک اثر چرا و قرق را آشکارتر سازد. از این رو، این مطالعه با هدف بررسی و مقایسه میزان و توزیع اجزای کربن و نیتروژن به کمک تفکیک فیزیکی خاک بر اساس اندازه ذرات اولیه خاک، توزیع معدنی شدن اجزاء مختلف کربن در ذرات اولیه خاک اکوسیستم مرتعی حفاظت شده منطقه شیدا واقع در زاگرس مرکزی تحت مدیریت‌های چرا و قرق انجام گردید.

مواد و روش‌ها

مراتع نیمه‌خشک منطقه شیدا در استان چهارمحال و بختیاری تحت قرق 8 ساله و مناطق تحت چرای کنترل شده و آزاد مجاور آن مورد مطالعه قرار گرفت. پوشش گیاهی غالب در منطقه شیدا بوته‌ای و علفی شامل گون (*Astragalus maassoumii*)، شکرتیغال (*Echinops ritrodes*)، علف‌پشمکی (*Bromus tectorum*)، جو وحشی (*Hordeum bulbosum*)، کاسنی (*Cichorium intybus*) و آویشن (*Thymus serpyllum*) بود. مرتع تحت چرای آزاد تا سال 1386 تحت مدیریت کشت گندم به صورت دیم و چرا بوده است اما از سال 1387 عملیات کشت و کار متوقف و فقط تحت چرای فصلی دام قرار گرفته است. نوع دام چراکننده غالب در این منطقه گوسفند می‌باشد. نمونه‌برداری در تابستان 1387 (اواسط فصل چرا) از عمق صفر تا 15 سانتی‌متری خاک انجام گردید، به این

صورت که در منطقه یاد شده، سه مدیریت متفاوت چرا شامل مراتع با چرای مفرط، چرای کنترل شده و قرق هر کدام در چهار تکرار (جمعاً 12 نمونه مرکب خاک) به گونه‌ای که اثر دیگر عوامل مؤثر بر تشکیل خاک و ماده آلی در منطقه مطالعاتی یکسان باشد، انتخاب گردید. نمونه‌های خاک از مناطق مجاور یکدیگر با اقلیم، توپوگرافی، ارتفاع، جهت و درجه شیب یکسان تهیه شدند به طوری که عوامل خاکسازی برای هر سه مدیریت انتخاب شده چرا مشابه بودند.

پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، هوا خشک کردن و عبور از الک 2 میلی‌متری، ابتدا بافت به روش هیدرومتر (گی و بادر 1986)، نیتروژن کل به روش کجلدال (برمنر و مولوانی 1982)، درصد کربن آلی به روش اکسایش تر با اسیدسولفوریک و تیتراسیون برگشتی با سولفات فرو آمونیاکی (نلسون و سامرز 1982)، معدنی شدن کربن (تنفس میکروبی) به مدت یک ماه و به فواصل زمانی هر 10 روز یکبار به روش آندرسون (آندرسون 1982)، ماده آلی ذره‌ای هم اندازه شن[1] به روش شناورسازی (گرگوریچ و بیر 2008) و کربوهیدرات‌های قابل عصاره‌گیری با آب داغ[2] (سفریک و سانتروکووا 1992) اندازه‌گیری شدند. در مرحله دوم نمونه‌های خاک بر اساس اندازه ذرات اولیه خاک با استفاده از دستگاه اولتراسونیک لوله‌ای[3] (برونیک و لل 2005، هی و همکاران 2009) جداسازی شدند. پس از تفکیک فیزیکی خاک بر اساس اندازه ذرات، مقادیر کربن آلی به روش واکلی-بلک، نیتروژن کل به روش کجلدال و معدنی شدن کربن به روش آندرسون روی نمونه‌های تفکیک شده بر اساس اندازه ذرات جمعاً 36 (12 نمونه × 3 اندازه ذره) جزء اندازه‌گیری شدند.

کربن و نیتروژن اندازه‌گیری شده در هر فرکشن از ذرات بر حسب واحدهای گرم بر کیلوگرم فرکشن و گرم بر کیلوگرم کل خاک (حاصل‌ضرب غلظت کربن بر حسب گرم بر کیلوگرم فرکشن در وزن فرکشن) بیان گردید. در ادامه به دلیل اهمیت و اثر بارز وزن خاک هر فرکشن از ذرات خاک (درصد وزنی) و این که هر فرکشن چند درصد از وزن خاک را به خود اختصاص می‌دهد، تنها به بررسی اثر مدیریت مرتع بر توزیع کربن و نیتروژن در اجزای مختلف ذرات بر حسب گرم بر کیلوگرم کل خاک پرداخته می‌شود. ضریب غنای کربن و نیتروژن نیز از نسبت گرم کربن و نیتروژن در کیلوگرم فرکشن به گرم کربن و نیتروژن در کیلوگرم کل خاک محاسبه گردید (کریستنسن 2001).

داده‌های به دست آمده در قالب طرح کاملاً تصادفی با در نظر گرفتن سه مدیریت مرتع به عنوان تیمارها مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. تجزیه واریانس منابع تغییر و مقایسه میانگین‌ها در سطح 0/05 با آزمون دانکن و به کمک نرم افزار آماری *SAS* انجام شد.

نتایج و بحث

اثر مدیریت مرتع بر ویژگی‌های کل خاک

بافت خاک (شن، سیلت و رس) به روش هیدرومتر بین سه مدیریت مرتع در منطقه مطالعاتی اختلاف معنی‌دار ندارد (جدول 1 و $P>0/05$). از این رو، به دلیل نزدیک بودن نقاط نمونه‌برداری و یکسان بودن سایر عوامل خاکسازی (اقلیم، زمان، توپوگرافی) چنین استنباط می‌شود که مواد مادری مدیریت‌های مختلف چرا نیز یکسان است (قربانی و همکاران 2012) و هر گونه اختلاف در خصوصیات خاک می تواند ناشی از روش مدیریت مرتع و تغییر پوشش گیاهی باشد. در هر سه مدیریت مرتع متوسط مقدار شن، سیلت و رس به ترتیب 35، 45 و 20 درصد بود (جدول 1). میزان کربن در مدیریت چرای آزاد 42 درصد بیشتر از دو مدیریت قرق و چرای کنترل شده بود (جدول 1، $P<0/001$). نتایج مطالعات هان و همکاران (2008) درباره اثر چرا بر سطوح کربن آلی کل خاک نیز حاکی از آن بود که مقدار کربن در مراتع تحت

[1] POM
[2] HWC
[3] (Hielscher Ultrasonics GmbH, 2006) (UP200H)

چرا در مقایسه با مراتع قرق شده به طور معنی‌دار بیشتر است. در پژوهش آنها مقدار کمتر کربن در زمین‌های قرق شده به توقف زیاد کربن در بقایای گیاهی سطح زمین و افزایش علف‌های یکساله و فاقد سیستم ریشه‌ای فیبری متراکم که موجب تشکیل و تجمع ماده آلی در خاک می-گردند، نسبت داده شد. به نظر می‌رسد، مدت کوتاه قرق در منطقه مورد مطالعه برای افزایش و تجمع کربن خاک سطحی کافی نبوده است.

بیشترین میزان نیتروژن در منطقه تحت چرای آزاد و کمترین آن در منطقه قرق وجود داشت (جدول 1) به طوری که خاک تحت مدیریت چرای آزاد 30 درصد نیتروژن بیشتری در مقایسه با خاک تحت مدیریت قرق داشت. با این حال، نیتروژن خاک در مراتع تحت چرای کنترل شده با دو مدیریت دیگر تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول 1 و $P>0/05$). افزایش نیتروژن کل در مرتع تحت چرای مفرط نسبت به مرتع تحت قرق و کنترل ورود دام را می‌توان به مصرف طولانی مدت کودهای نیتروژنه در سال‌های گذشته که به علّت کشت گندم دیم در این مرتع مرسوم بوده، ورود فضولات دامی جامد و مایع غنی از اوره، افزایش کربن در مدیریت چرای آزاد و نیز کوتاه بودن مدت قرق نسبت داد. بر اساس نتایج شومان و همکاران (1999) چرا می-تواند مسیر بازچرخ کربن و نیتروژن از ترکیبات گیاهی سطح زمین به خاک را سرعت بخشد. آنها خاطر نشان کردند تردد دام در فصل چرا ممکن است تخریب فیزیکی ماده آلی و الحاق ماده آلی به خاک و سرعت تجزیه لاشبرگ را افزایش دهد و در مناطقی که بیش از 40 سال قرق بودند مقدار کربن و نیتروژن کل کمتر از مناطقی بود که 12 سال چرا شده بودند. نتایج نشان داد که علی‌رغم افزایش متفاوت کربن (42%) و نیتروژن (30%) بر اثر چرا و کشت و کار، نسبت C/N در مدیریت‌های قرق و چرای آزاد یکسان و بیشترین مقدار (متوسط 14) بود و 29 درصد بیشتر از C/N خاک در مدیریت چرای کنترل شده (11) بود (جدول 1، $P<0/05$).

بیشترین میزان ماده آلی ذرّه‌ای در مدیریت چرا و کمترین آن در مدیریت قرق دیده شد که 77 درصد با یکدیگر اختلاف داشتند (جدول1 و $P<0/001$). معدنی شدن کربن خاک طی 30 روز انکوباسیون، در مدیریت چرای آزاد در مقایسه با مدیریت قرق 8 درصد بیشتر بود. از جمله دلایل افزایش معدنی شدن کربن خاک در مدیریت چرای آزاد نسبت به مدیریت قرق بیشتر بودن کربن آلی و ماده آلی ذرّه‌ای در مدیریت چرای آزاد در مقایسه با مدیریت قرق است.

اثر مدیریت مرتع بر درصد توزیع اجزای مختلف ذرات اولیه خاک

نتایج حاکی است که درصد بازیافت اجزای مختلف ذرات اولیه خاک به روش اولتراسونیک بین 96 تا 99 درصد بود و توزیع نسبی اندازه ذرات خاک برای هر دو روش هیدرومتر و اولتراسونیک مشابه است که نشان می‌دهد روش هیدرومتر برای ارزیابی توزیع نسبی اندازه ذرات در این خاک‌ها روش کاملاً مطمئن و قابل اعتماد می‌باشد. مانند روش هیدرومتر، به طور کلّی اثر مدیریت مرتع بر درصد توزیع وزنی ذرات اولیه خاک به روش اولتراسونیک نیز معنی‌دار نبود (جدول 2 و $P>0/05$). مقایسه بین انواع مدیریت‌های مرتع حاکی از آن بود که مقدار اجزای مختلف ذرات اولیه خاک بین سه مدیریت مرتع تقریباً یکسان بود (جدول 3).

جدول1- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) و مقایسه میانگین‌های (*n*=4) خصوصیات اولیه خاک تحت سه مدیریت مرتع. اعداد داخل پرانتز نشان دهنده مقادیر *SD* می باشد.

مدیریت مرتع	*sand*	*silt*	*clay*	*OC*	*TN*	*C/N*	*POM*	*HWC*	*Cmin*
	(mg kg^{-1} soil)						(mg kg^{-1} soil)		(mgkg^{-1}
قرق	343(16/4) A	446(39/8)	209(46/1) A	6/11 (0/54) B	0/445(0/09) B	13/9(1/85) A	0/300 (0/036) B	0/145 (0/010)	464(17/9) B
چرای کنترل	349(21/0) A	448(18/6)	201(25/5) A	5/68 (0/30) B	0/517(0/05)	11/0(1/27) B	0/530 (0/045)A	0/122 (0/002)	474(13/6) AB
چرای آزاد	348(20/5) A	451(40/2)	200(39/8) A	8/35 (0/36) A	0/577(0/04) A	14/4(0/97) A	0/533 (0/072) A	0/152 (0/019)	502 (23/0) A
MS (df = 2)	39/2 ^{ns}	19/7 ^{ns}	96/8 ^{ns}	8/24 ***	0/017 *	13/5 *	0/071***	0/001*	1550 *
MSe (df = 9)	378	1185	1456	0/169	0/003	2/01	0/003	0/0002	345

***: *P<0/001* ؛ *: *P<0/05* ؛ *ns*: غیرمعنی‌دار. OC :Organic Carbon ، TN :Total Nitrogen ، POM :Particulate Organic Matter ، HWC :Hot Water-soluble Carbohydrate، Cmin :Carbon Mineralization. میانگین‌ها با حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 0/05 بر اساس آزمون دانکن بین مدیریت‌های مختلف مرتع

جدول 2- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر مدیریت مرتع بر درصد توزیع ذرات اولیه خاک به روش اولتراسونیک، غلظت کربن و نیتروژن (بر حسب گرم بر کیلوگرم کل خاک)، نسبت کربن به نیتروژن، فاکتور غنای کربن (E_C) و نیتروژن (E_N) و میزان معدنی شدن کربن در اجزای مختلف ذرات اولیه

منبع تغییر	درجه آزادی	درصد توزیع ذرات اولیه	کربن	نیتروژن	*C/N*	فاکتور غنای	فاکتور غنای نیتروژن	معدنی شدن کربن ذرات
مدیریت مرتع	2	0/975^{ns}	1/00***	0/161***	45/8***	0/206**	0/020^{ns}	1210**
جزء	2	1839***	21/3***	10/3***	174	13/0***	17/5***	25123
مدیریت	4	2/29^{ns}	0/747**	0/077*	4/62**	0/281***	0/083**	1116**
خطا	27	1/26	0/027	0/005	0/943	0/034	0/010	191

***: *P*<0/001 ؛ **: *P*<0/01 ؛ *: *P*<0/05 ؛ *ns*: غیرمعنی‌دار. فاکتور غنای کربن (E_C) (گرم کربن در کیلوگرم جزء/ گرم کربن در کیلوگرم کل خاک)؛ فاکتور غنای نیتروژن (E_N) (گرم نیتروژن در کیلوگرم جزء/ گرم نیتروژن در کیلوگرم کل خاک).

جدول 3- نتایج مقایسه میانگین‌های (n=4) درصد توزیع ذرات اولیه خاک به روش اولتراسونیک، غلظت کربن و نیتروژن (بر حسب گرم بر کیلوگرم کل خاک)، نسبت کربن به نیتروژن، فاکتور غنای کربن و نیتروژن و میزان معدنی شدن کربن طی 30 روز انکوباسیون در اجزای مختلف ذرات اولیه تحت سه مدیریت مرتع. اعداد داخل پرانتز مقادیر SD را نشان می‌دهند.

مدیریت مرتع	شن (53-2000 میکرومتر)	سیلت (2-53 میکرومتر)	رس (2> میکرومتر)
		توزیع ذرات اولیه خاک (%)	
قرق	34/8 (0/709) A	44/3 (1/30) A	19/3 (0/964) A
چرای کنترل شده	35/0 (1/14) A	43/6 (0/086) A	18/2 (1/54) A
چرای آزاد	34/4 (1/20) A	42/7 (1/17) A	19/8 (1/01) A
		غلظت کربن $(gC\ kg^{-1}\ soil)$	
قرق	0/897 (0/118) Ac	2/07 (0/068) Bb	3/19 (0/146) Aa
چرای کنترل شده	0/820 (0/043) Ac	2/09 (0/043) Bb	2/53 (0/085) Ba
چرای آزاد	0/774 (0/058) Ac	3/50 (0/351) Aa	3/12 (0/366) Ab
		غلظت نیتروژن $(gN\ kg^{-1}\ soil)$	
قرق	0/043 (0/004) Bc	0/131 (0/008) Cb	0/245 (0/024) Ba
چرای کنترل شده	0/052 (0/002) Ac	0/158 (0/009) Bb	0/286 (0/025) Aa
چرای آزاد	0/042 (0/003) Bc	0/207 (0/008) Ab	0/307 (0/019) Aa
		نسبت C/N	
قرق	20/6 (0/961) Aa	15/9 (0/793) Ab	13/1 (0/855) Ac
چرای کنترل شده	15/9 (0/258) Ca	13/2 (0/715) Bb	8/91 (0/703) Bc
چرای آزاد	18/4 (1/26) Ba	16/9 (1/49) Ab	10/2 (1/16) Bc
		ضریب غنای کربن (E_C)	
قرق	0/422 (0/042) Ac	0/770 (0/061) Bb	2/72 (0/233) Aa
چرای کنترل شده	0/414 (0/044) Ac	0/844 (0/041) Bb	2/48 (0/295) Aa
چرای آزاد	0/269 (0/020) Bc	0/982 (0/101) Ab	1/91 (0/379) Ba
		ضریب غنای نیتروژن (E_N)	
قرق	0/286 (0/039) Ac	0/680 (0/115) Bb	2/92 (0/437) ABa
چرای کنترل شده	0/286 (0/027) Ac	0/704 (0/016) Bb	3/05 (0/205) Aa
چرای آزاد	0/213 (0/015) Bc	0/842 (0/068) Ab	2/69 (0/091) Ba
		معدنی شدن کربن ذرات خاک $(mg\ CO_2\text{-}C\ kg^{-1}\ soil)$	
قرق	176 (7/87) Aa	169 (8/46) Aa	81/2 (6/77) Bb
چرای کنترل شده	168 (17/9) Aa	142 (7/04) Bb	76/9 (13/3) Bc
چرای آزاد	155 (9/99) Ab	188 (25/3) Aa	103 (16/0) Ac

میانگین‌ها با حروف متفاوت بزرگ در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 0/05 بر اساس آزمون دانکن بین مدیریت‌های مختلف مرتع می‌باشد و میانگین‌ها با حروف متفاوت کوچک در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 0/05 بر اساس آزمون دانکن بین اجزای مختلف خاک می‌باشد.(میکرومتر : 10^{-6} m).

اثر مدیریت مرتع بر توزیع کربن در اجزای مختلف ذرات اولیه خاک

نوع مدیریت مرتع منجر به توزیع متفاوت کربن در انواع ذرات خاک شده است. در جزء شن بین سه مدیریت مرتع از لحاظ مقدار کربن تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. مدیریت چرای آزاد در جزء سیلت بیشترین مقدار کربن را داشت که 68 درصد بیشتر از دو مدیریت چرای کنترل شده و قرق بود. بین مقدار

کربن جزء رس مدیریت‌های قرق و چرای آزاد نیز تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد و 25 درصد بیشتر از مقدار کربن جزء رس مدیریت چرای کنترل شده بود (جدول 3).

پس از مقایسه بین ذرات خاک در مدیریت‌های مختلف مشاهده شد که در مدیریت‌های قرق و چرای کنترل شده به ترتیب میزان کربن اجزای رس، سیلت و شن بیشترین مقدار بود در حالی که در مدیریت چرای آزاد به ترتیب اجزای سیلت، رس و شن بیشترین مقادیر کربن را داشتند. نتایج نشان داد جزء رس حاوی بیشترین مقدار کربن است که در مدیریت قرق به ترتیب 1/5 و 3/6 برابر و در مدیریت چرای کنترل شده به ترتیب 1/2 و 3/1 برابر کربن اجزای سیلت و شن بود. در مدیریت چرای آزاد جزء سیلت حاوی بیشترین مقدار کربن می‌باشد که به ترتیب 1/1 و 4/5 برابر مقدار کربن اجزای رس و شن بود.

به طور کلّی نتایج نشان داد میزان کربن جزء رس بیشترین مقدار و کربن جزء شن کمترین مقدار می‌باشد. کربن جزء سیلت حدواسط قرار دارد و به طور کلی به ترتیب از اجزای درشت به ریز میزان کربن افزایش یافت (جدول 3). افزایش مقدار کربن در اجزای ریز خاک نشان می‌دهد که ماده آلی این جزء خاک از درجه هوموسی بالاتری برخوردار است. درصد بازیافت کربن آلی حدود 92 تا 102 درصد بود.

فاکتور غنای کربن اجزای شن و رس در مدیریت‌های قرق و چرای کنترل شده به ترتیب 55 و 36 درصد بیشتر از مدیریت چرای آزاد بود (جدول 3). این در حالی بود که غنای کربن جزء سیلت در مدیریت چرای آزاد 22 درصد بیشتر از مدیریت‌های قرق و چرای کنترل شده بود. مقایسه بین اجزا نشان داد که در هر سه مدیریت مرتع، غنای کربن جزء رس به طور معنی‌دار بیشتر از اجزای سیلت و شن بود (جدول 3). چرا سبب کاهش غنای کربن اجزای شن و رس و افزایش غنای کربن جزء سیلت گردید. یعنی چرا نه تنها سبب کاهش کربن جزء شن بلکه در جزء رس نیز می‌شود. به عبارت دیگر، تأثیر چرا آنقدر زیاد است که کربن فرکشن رس را هم تحت تأثیر قرار می‌دهد و آن را از جزء رس خارج می‌کند. نتایج حاکی است در جزء رس در هر سه مدیریت مرتع، فاکتور غنی شدن کربن بیشتر از 1 بود که نشان دهنده غنی شدن کربن این جزء می‌باشد. در مطالعه لورنز و همکاران (2008) روی اجزای ذرات شن ریز و درشت، سیلت و رس تحت سه مدیریت متفاوت شامل مرتع، بی‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی به همراه استفاده از کود آلی نیز مشاهده شد که شن درشت و رس بالاترین غنای کربن را در مقایسه با کل خاک دارا بودند.

کونانت و همکاران (2003) در مطالعه تأثیر مدیریت چرا بر کل مخزن کربن و نیتروژن آلی خاک و اجزای کربن خاک 4 مرتع در ویرجینیای آمریکا به این نتیجه رسیدند که کربن عجین شده با سیلت و رس تحت مدیریت چرای شدید بیشتر شد. لورنز و همکاران (2008) مقادیر کربن اجزای ذرات شن ریز و درشت، سیلت و رس را تحت سه مدیریت متفاوت شامل مرتع، بی‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی به همراه استفاده از کود آلی مقایسه کردند. از آنجا که مقدار سیلت در خاک بیشتر از سایر اجزا بود، علی‌رغم فاکتور غنی‌شدن کمتر از یک (تهی شدن)، این فرکشن عمده‌ترین ذخیره کربن خاک را تشکیل داد.

کندلر و همکاران (1999) نیز در بررسی مدیریت طولانی مدت کربن آلی در خاک تحت تیمارهای *NPK*، کود اصطبلی *FYM* و ترکیب کودها *(NPK+FYM)* بر کل خاک و بر اجزای اندازه ذرات دریافتند که مقادیر کربن و نیتروژن فرکشن با کاهش اندازه ذرات افزایش یافت. نتایج مطالعه استمر و همکاران (1998) نشان داد که به طور کلّی بیشترین مقادیر کربن در اجزای با اندازه رس دیده شد. در حالی که فرکشن با اندازه سیلت بیشترین مقادیر مطلق (حدود 56 درصد از کل کربن) را به خود اختصاص داد. جیمز و همکاران (2008) در 4

جنگل ثانویه شمال‌شرقی کاستاریکا، غلظت و مخزن کربن آلی خاک را در اجزای ذرات خاک تا عمق 50 سانتی‌متر از سطح زمین بررسی کردند. جزء سیلت ریز و رس بیشترین مقدار کربن آلی خاک را در همه جنگل-ها دارا بود. جاگاداما و لل (2010) در بررسی توزیع کربن آلی بین اجزای خاک تحت مدیریت کشاورزی طولانی مدت (شخم طولانی مدت و تناوب کشت) به این نتیجه دست یافتند که هر چند مقدار سیلت در خاک بیشتر بود اما مخزن کربن آلی خاک به جای عجین شدن با این فرکشن، با فرکشن رس بیشتر عجین شده بود.

مقایسه بین مدیریت‌ها حاکی است مدیریت مرتع تنها کربن جزء سیلت را تغییر داد، به طوری که چرا کربن جزء سیلت را افزایش ولی تأثیری بر کربن دو جزء دیگر نداشت. وجود بیشترین مقدار کربن در جزء سیلت بر اثر چرای آزاد مؤید این است که پاکوبی دام بر تراکم خاک، از بین رفتن خاکدانه‌ها و تخریب ساختمان خاک مؤثر بوده است و نهایتاً با تخریب این خاکدانه‌ها، ذرات اولیه خاک و مواد آلی پیوند دهنده خاکدانه‌ها و ذرات خاک آزاد شده‌اند و در نتیجه کربن بیشتری به این جزء ریز خاک انتقال یافته است.

نتایج هی و همکاران (2009) نیز در بررسی تغییرات کربن و نیتروژن در اجزای ذرات اولیه خاک در سه عمق 10-0، 20-10 و 40-20 سانتی‌متر در خاک-های قرق شده در شمال چین نشان داد که قرق طولانی مدت اثر شدیدی بر اجزای خاک و غلظت‌های کربن و نیتروژن کل آنها داشت. جزء رس بیشترین مقدار کربن را در هر سه عمق مورد بررسی دارا بود. به طور کلّی در ذرات سیلت و رس در هر سه عمق مورد مطالعه، مدیریت چرای آزاد کمترین و مدیریت قرق بیشترین مقدار کربن را داشت. روند مشاهده شده برای جزء شن متفاوت بود به طوری که در اعماق 20-10 و 40-20 سانتی‌متر بین میزان کربن این جزء خاک در مدیریت-های مختلف مرتع تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. در حالی که در عمق 10-0 سانتی‌متر مشاهده شد که مدیریت چرای آزاد کمترین و مدیریت قرق بیشترین مقدار کربن را داشت. در حالی که استیفن و همکاران (2011) در پژوهشی در مجاور مرتع اینرمونگولیای چین پس از بررسی اثر چرا بر توزیع کربن در اجزای مختلف ذرات اولیه خاک گزارش نمودند که چرای دام منجر به تغییر ماده آلی خاک در اجزای ذرات اولیه خاک نشد.

اثر مدیریت مرتع بر توزیع نیتروژن در اجزای مختلف ذرات اولیه خاک

مقایسه میانگین‌های میزان نیتروژن در جزء شن نشان داد مدیریت چرای کنترل شده بیشترین مقدار نیتروژن را داشت که 22 درصد بیشتر از دیگر مدیریت-ها بود (جدول 3). در جزء سیلت به ترتیب در مدیریت-های چرای آزاد، کنترل شده و قرق بیشترین مقادیر نیتروژن وجود داشت. نیتروژن جزء سیلت مدیریت چرای آزاد به ترتیب 31 و 58 درصد بیشتر از نیتروژن جزء سیلت در مدیریت‌های چرای کنترل شده و قرق بود. همچنین در جزء سیلت مدیریت چرای کنترل شده 21 درصد نیتروژن بیشتری در مقایسه با مدیریت قرق دارا بود. نیتروژن جزء رس مدیریت‌های چرای کنترل شده و آزاد 21 درصد بیشتر از نیتروژن جزء رس مدیریت قرق بود.

پس از مقایسه میانگین‌های غنای نیتروژن بین مدیریت‌های مختلف در جزء شن مشاهده شد که در مدیریت‌های قرق و چرای کنترل شده با 34 درصد اختلاف در مقایسه با مدیریت چرای آزاد بیشترین غنای نیتروژن وجود دارد. مدیریت چرای آزاد در جزء سیلت با 22 درصد اختلاف نسبت به دیگر مدیریت‌ها بیشترین فاکتور غنی شدن نیتروژن را داشت. این در حالی بود که در جزء رس، غنای نیتروژن مدیریت چرای کنترل شده 13 درصد بیشتر از مدیریت چرای آزاد بود.

همچنین بین مدیریت قرق با دو مدیریت دیگر مرتع در جزء رس تفاوت آماری معنی‌دار مشاهده نشد.

مقایسه میانگین اجزا در هر سه مدیریت مرتع حاکی است بیشترین میزان نیتروژن به ترتیب در اجزای رس، سیلت و شن وجود داشت. مقدار نیتروژن جزء رس در مدیریت قرق به ترتیب 1/9 و 5/7 برابر، در مدیریت چرای کنترل شده به ترتیب 1/8 و 5/5 برابر و در مدیریت چرای آزاد به ترتیب 1/5 و 7/3 برابر اجزای سیلت و شن بود. به طور کلی روند مشاهده شده برای مقدار نیتروژن اجزای مختلف ذرات اولیه خاک مشابه روند مقدار کربن بود. به طوری که بیشترین میزان نیتروژن نیز به ترتیب در اجزای رس، سیلت و شن وجود داشت (جدول 3). درصد بازیافت نیتروژن کل در هر سه مدیریت مرتع حدود 96 درصد بود.

نتایج بررسی صورت گرفته روی اجزای مختلف هر مدیریت مرتع نشان داد که در هر سه مدیریت مرتع بیشترین غنای نیتروژن در جزء رس و کمترین آن در جزء شن وجود داشت و جزء سیلت حدواسط این دو قرار داشت. در هر دو مدیریت قرق و چرای کنترل شده، غنای نیتروژن جزء رس به ترتیب 4 و 10 برابر غنای نیتروژن اجزای سیلت و شن بود. در مدیریت چرای آزاد غنای نیتروژن جزء رس به ترتیب 3 و 13 برابر غنای نیتروژن اجزای سیلت و شن بود (جدول 3). به طور کلّی روند موجود در فاکتور غنای نیتروژن بین اجزای مختلف ذرات اولیه خاک، مشابه روند فاکتور غنای کربن می‌باشد. به طوری که این فاکتور در جزء رس بیشتر از 1 است و نشان دهنده غنی شدن این جزء خاک از نیتروژن می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که در اجزای شن و سیلت سه مدیریت مرتع تهی شدن نیتروژن رخ داده است.

کندلر و همکاران (1999) نیز در بررسی مدیریت طولانی مدت نیتروژن کل در خاک بر اجزای اندازه ذرات دریافتند که مقادیر نیتروژن فرکشن با کاهش اندازه ذرات افزایش یافت. نتایج مطالعه استمر و همکاران (1998) نشان داد که به طور کلّی بیشترین مقادیر نیتروژن در اجزای با اندازه رس دیده شد. در حالی که فرکشن با اندازه سیلت بیشترین مقادیر مطلق (54 درصد از کل نیتروژن) را به خود اختصاص داد. هی و همکاران (2009) نیز در بررسی تغییرات کربن و نیتروژن در اجزای ذرات اولیه خاک در سه عمق 10-0، 20-10 و 40-20 سانتی‌متر دریافتند که اجزای رس و سیلت بیشترین مقدار نیتروژن را در هر سه عمق مورد بررسی دارند. به طور کلّی در ذرات سیلت و رس در هر سه عمق مورد مطالعه، مدیریت قرق بیشترین و مدیریت چرای آزاد کمترین مقدار نیتروژن را داشت. در حالی که در هر سه عمق مطالعاتی بین میزان نیتروژن جزء شن در مدیریت‌های مختلف مرتع تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد.

مقایسه بین مدیریت‌ها حاکی است چرای دام تأثیری بر نیتروژن جزء شن نداشت ولی نیتروژن اجزای سیلت و رس را افزایش داد.

اثر مدیریت مرتع بر نسبت *C/N* اجزای مختلف ذرات اولیه خاک

مقایسه بین مدیریت‌های مرتع در این منطقه حاکی است که *C/N* جزء شن مدیریت قرق به ترتیب 12 و 30 درصد بزرگ‌تر از *C/N* جزء شن مدیریت‌های چرای آزاد و کنترل شده بود (جدول 3). نسبت *C/N* جزء سیلت مدیریت‌های قرق و چرای آزاد 24 درصد بزرگ‌تر از *C/N* جزء سیلت مدیریت چرای کنترل شده بود. روند مشاهده شده در *C/N* جزء رس این‌گونه بود که این نسبت در جزء رس مدیریت قرق 37 درصد بزرگ‌تر از جزء رس مدیریت‌های چرای کنترل شده و آزاد بود.

مقایسه *C/N* اجزای این منطقه در هر سه مدیریت مرتع روند مشابه نشان داد. در مدیریت قرق جزء شن به ترتیب 30 و 57 درصد، در مدیریت چرای کنترل شده به ترتیب 20 و 78 درصد و در مدیریت

چرای آزاد به ترتیب 9 و 80 درصد *C/N* بزرگ‌تری نسبت به اجزای سیلت و رس داشت (جدول 3).

به طور کلّی نتایج حاکی است بالاترین نسبت*C/N* در جزء شن و پایین‌ترین آن در جزء رس وجود داشت. با توجه به اینکه نیتروژن جزء رس نسبت به سایر اجزا بیشتر بوده است، این نتیجه دور از انتظار نیست. مقایسه بین مدیریت‌ها نشان داد مدیریت قرق بالاترین نسبت *C/N* را داشتند. هی و همکاران (2009) در بررسی پویایی کربن و نیتروژن در اجزای ذرات اولیه خاک دریافتند که نسبت‌های *C/N* کل خاک و شن و سیلت به طور معنی‌دار با افزایش دوره قرق و ترمیم مرتع چرا شده افزایش یافت. در پژوهش استمر و همکاران (1998) به منظور اعمال روشی برای جداسازی اجزای با اندازه متفاوت در ذرات خاک مشاهده شد که نسبت *C/N* اجزا از اندازه‌های درشت‌تر به ریزتر کاهش یافت که انعکاس دهنده حالت‌های معدنی شدن و درجه هوموسی شدن ماده آلی خاک می‌باشد. این محققان گزارش نمودند که نسبت *C/N* بزرگ‌تر در اجزای درشت‌تر نتیجه حضور ماده آلی ذرّه‌ای و بقایای گیاهی اولیه است. عموماً با کاهش اندازه ذرات خاک، نسبت *C/N* کاهش می‌یابد (کریستنسن 1996، استمر و همکاران 1998).

اثر مدیریت مرتع بر میزان معدنی شدن کربن کل خاک و اجزای مختلف ذرات اولیه خاک

معدنی شدن کربن کل خاک در مدیریت چرا بیشتر از مدیریت قرق بود که به دلیل بیشتر بودن میزان کربن آلی و ماده آلی ذرّه‌ای در این مدیریت می‌باشد (جدول 1).

معدنی شدن کربن جزء شن بین سه مدیریت مرتع تفاوت آماری معنی‌دار نداشت (جدول 3). مدیریت‌های قرق و چرای آزاد در جزء سیلت بیشترین معدنی شدن کربن را داشتند که 26 درصد بیشتر از مدیریت چرای کنترل شده بود. مقدار معدنی شدن کربن جزء رس در مدیریت‌های قرق و چرای کنترل شده 30 درصد کمتر از مقدار کربن معدنی شده جزء رس در مدیریت چرای آزاد بود (جدول 3).

مقایسه بین اجزای ذرات اولیه حاکی است که در مدیریت قرق اجزای شن و سیلت بیشترین میزان معدنی شدن کربن را داشتند که 112 درصد بیشتر از جزء رس بود (جدول 3). در مدیریت چرای کنترل شده به ترتیب اجزای شن، سیلت و رس بیشترین مقادیر کربن معدنی شده را دارا بودند. جزء شن در مدیریت چرای کنترل شده به ترتیب 18 و 118 درصد کربن معدنی شده بیشتری نسبت به اجزای سیلت و رس داشت. در مدیریت چرای آزاد به ترتیب اجزای سیلت، شن و رس بیشترین مقادیر معدنی شدن کربن را به خود اختصاص دادند. جزء سیلت به ترتیب 21 و 83 درصد کربن معدنی شده بیشتری نسبت به اجزای شن و رس نشان داد.

به طور کلّی در هر سه مدیریت مرتع، معدنی شدن کربن در اجزای شن و سیلت بیشترین مقدار بود (جدول 3). از عوامل افزایش معدنی شدن کربن ذرات شن و سیلت می‌توان به سهل‌الوصول بودن منبع کربن آلی موجود در ذرات شن و سیلت برای میکروب‌ها و در نتیجه فعالیت بیشتر آنها در این ذرات اشاره کرد. در مدیریت چرای آزاد به دلیل مصرف پوشش گیاهی توسط دام و کاهش ماده آلی خاک در ذرات درشت، کربن معدنی شده کمتری در جزء شن وجود داشت و معدنی شدن کربن جزء سیلت بیشتر بود. بنابراین، تأثیر چرای دام بر کیفیت ماده آلی خاک بیش از کمّیت ماده آلی خاک بوده است به طوری که چرای آزاد موجب کاهش کیفیت ماده آلی خاک شده است. نتایج مطالعه کریستنسن (1987) نیز نشان داد که معدنی شدن کربن جزء شن بیشتر از سایر اجزا می‌باشد. ماده آلی در فرکشن شن جزو مخزن فعال (لبایل) محسوب می‌شود در حالی که ماده آلی در اجزای سیلت و رس جزو مخزن حدواسط و غیرفعال محسوب می‌گردد (لوتزو و

همکاران 2007). در کربن آلی عجین شده با ذرات رس معمولاً تولیدات میکروبی (سنتز میکروبی) غالب هستند (کریستنسن 2001، لوتزو و همکاران 2007، لورنز و همکاران 2008). بنابراین، کربن موجود در جزء رس از درجه هوموسی بالایی برخوردار است و لذا سرعت تجزیه (بازگشت) آن کمتر از سرعت تجزیه جزء شن می‌باشد.

با این حال، در زمینه بررسی اثر مدیریت مرتع بر معدنی شدن کربن در اجزای مختلف ذرات اولیه خاک اطلاعات بسیار محدود وجود دارد، در صورتی که در زمینه اثر مدیریت مرتع بر معدنی شدن کربن کل خاک و نیز بررسی سایر کاربری‌های اراضی اطلاعات بیشتری در دسترس می‌باشد. بنابراین، این پژوهش جزء اولین مطالعاتی است که اثر قرق و چرا را بر روند توزیع کربن آلی، نیتروژن کل و معدنی شدن کربن در اجزای مختلف ذرات اولیه خاک در ایران بررسی کرده است و تداوم تحقیق پیرامون این موضوع پیشنهاد می‌گردد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه شهرکرد که اعتبار مالی لازم برای انجام این تحقیق را فراهم نمود قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

Anderson JPE, 1982. Soil respiration. Pp. 831-871. In: Page AL and Miller RH (eds). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. ASA and SSSA, Madison, WI.

Ashagrie Y, Zech W and Guggenberger G, 2005. Transformation of a *Podocarpus falcatus* dominated natural forest into a monoculture *Eucalyptus globulus* plantation at Munesa, Ethiopia: soil organic C, N and S dynamics in primary particle and aggregate-size fractions. Agriculture, Ecosystems and Environment 106: 89-98.

Bremner JM and Mulvaney CS, 1982. Nitrogen total. Pp: 595-624. In: Page AL. (ed.) Methods of Soil Analysis. Part 2, Chemical Analysis. ASA and SSSA., Madison,WI.

Bronick CJ, and Lal R, 2005. Manuring and rotation effects on soil organic carbon concentration for different aggregate size fractions on two soils in northeastern Ohio, USA. Soil and Tillage Research 81: 239-252.

Christensen BT, 1987. Decomposability of organic matter in particle size fractions from field soils with straw incorporation. Soil Biology and Biochemistry 19: 429-435.

Christensen BT, 1992.Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. Pp: 1-76. In: Stewart BA (ed.). Advances in Soil Science. Vol: 20. Springer-Verlag Inc. New York.

Christensen BT, 1996. Carbon in primary and secondary organomineral complexes. Pp: 97-165. In: Carter MR and Stewart BA (eds). Structure and Organic Matter Storage in Agricultural Soils. CRC Press Inc., Boca Raton, FL.

Christensen BT, 2001. Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. European Journal of Soil Science 52: 345-353.

Conant RT, Six J and Paustian K, 2003. Land use effects on soil carbon fractions in the southeastern United States. I. Management-intensive versus extensive grazing. Biology and Fertility of Soils 38: 386-392.

Cui X, Wang Y, Niu H, Wu J, Wang S, Schnug E, Rogasik J, Fleckenstein J and Tang Y, 2005. Effect of long-term grazing on soil organic carbon content in semiarid steppes in Inner Mongolia. Ecological Research 20: 519-527.

Gee GW and Bauder JW, 1986. Particle-size analysis. Pp: 383-411. In: Klute A (ed.). Methods of Soil Analysis. Physical and Mineralogical Methods. Part 1(2nd ed), ASA and SSSA, Madison, WI.

Ghorbani N, Raiesi F and Ghorbani Sh, 2012. Bulk soil and particle size-associated C and N under grazed and ungrazed regimes in Mountainous arid and semiarid rangelands. Nutrient Cycling in Agroecosystems 93: 15–34.

Gregorich EG, and Beare MH, 2008. Physically uncomplexed organic matter. Pp: 607-609. In: Carter MR and Gregorich EG (eds). Soil Sampling and Methods of Analysis. 2nd ed. Canadian Society of Soil Science.

Han G, Hao X, Zhao M, Wang M, Ellert BH, Willms W and Wang M, 2008. Effect of grazing intensity on carbon and nitrogen in soil and vegetation in a meadow steppe in Inner Mongolia. Agriculture, Ecosystems and Environment 125: 21-32.

He N, Wu L, Wang Y and Han X, 2009. Changes in carbon and nitrogen in soil particle-size fractions along a grassland restoration chronosequence in northern China. Geoderma 150: 302-308.

Jagadamma S and Lal R, 2010. Distribution of organic carbon in physical fractions of soils as affected by agricultural management. Biology and Fertility of Soils 46: 543-554.

Jimenez JJ, Lal R, Russo RO and Leblanc HA, 2008. The soil organic carbon in particle-size separates under different regrowth forest stands of north eastern Costa Rica. Ecological Engineering 34: 300-310.

Kandeler E, Stemmer M and Klimanek E-M, 1999. Response of soil microbial biomass, urease and xylanase within particle size fractions to long-term soil management. Soil Biology and Biochemistry 31: 261-273.

Lorenz K, Lal R and Shipitalo MJ, 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.

Lutzow MV, Kogel-Knabner I, Ekschmitt K, Flessa H, Guggenberger G, Matzner E and Marschner B, 2007. SOM fractionation methods: Relevance to functional pools and to stabilization mechanisms. Soil Biology and Biochemistry 39: 2183-2207.

Nelson DW and Somners LE, 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. Pp: 539-579. In: Page AL (ed). Methods of Soil Analysis. Part 2, Chemical and Microbiological properties. 2nd ed. ASA and SSSA., Madison,WI.

Reeder JD and Schuman GE, 2002. Influence of livestock grazing on C sequestration in semi-arid mixed-grass and short-grass rangelands. Environmental Pollution 116: 457-463.

Safaric I and Santruckova H, 1992. Direct determination of total soil carbohydrate content. Plant and Soil 143:109-114.

Schuman GE, Reeder JD, Manley JT, Hart RH and Manley WA, 1999. Impact of grazing management on the carbon and nitrogen balance of a mixed-grass rangeland. Ecological Applications 9: 65-71.

Snyman HA and Preez CC, 2005. Rangeland degradation in a semi-arid South Africa-II: influence on soil quality. Journal of Arid Environments 60: 483-507.

Steffens M, Kolbl A, Schork E, Gschrey B and Kogel-Knabner I, 2011. Distribution of soil organic matter between fractions and aggregate size classes in grazed semiarid steppe soil profiles. Plant and Soil 338: 63-81.

Stemmer M, Gerzabeki MH and Kandeler E, 1998. Organic matter and enzyme activity in particle-size fractions of soils obtained after low-energy sonication. Soil Biology and Biochemistry 30: 9-17.