

اثر متقابل رهاسازی اراضی و شرایط اقلیمی بر ذخایر ماده آلی در ذرات اولیه خاک در مراتع مناطق استپی

سمیرا سالاری^۱ - مهدی پژوهش^{۲*} - پژمان طهماسبی^۳ - فرزانه نیکوخواه^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۲۰

چکیده

اگرچه مطالعات زیادی در خصوص اثر رهاسازی اراضی کشاورزی انجام گرفته است ولی اطلاعات بسیار کمی در خصوص تأثیر شرایط آب و هوایی بر احیاء زمین‌های کشاورزی بعد از رهاسازی آن‌ها وجود دارد. به همین منظور در این مطالعه اثر متقابل رهاسازی اراضی کشاورزی و شرایط اقلیمی بر ذخایر ماده آلی ذرات اولیه خاک مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌های مرکب خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری در سه تکرار از دو منطقه با شرایط بارندگی متفاوت شامل مناطق حفاظت‌شده شیدا و خرگوش در استان چهارمحال و بختیاری از چهار کاربری مرتع، اراضی کشاورزی و اراضی رها شده زراعی در توالی زمانی ۱۵-۱۰ و ۴۰-۱۵ سال، تهیه و میزان توزیع کربن و نیتروژن در اجزای مختلف ذرات اولیه خاک تعیین گردید. نتایج نشان داد که کشت و کار در اراضی بکر بسته به موقعیت اقلیمی می‌تواند اثرات مثبت و منفی بر اکوسیستم‌های طبیعی داشته باشد. به تبع در منطقه شیدا با وجود میزان بارندگی و وضعیت خوب پوشش طبیعی مراتع کشت و کار در اراضی بکر اثرات منفی در جهت کاهش ماده آلی داشته است. در حالی که در منطقه خرگوش با وجود میزان بارندگی اندک و کیفیت پایین مراتع، کشت و کار اثرات سوء ای نداشته است. در کلیه کاربری‌های مدیریتی مقدار کربن و نیتروژن به ترتیب در ذرات رس، سیلت و شن بیشتر بود. رهاسازی اراضی کشاورزی و مراتع در منطقه خرگوش تأثیری بر غلظت کربن و نیتروژن سه جزء شن، سیلت و رس نداشت اما در منطقه شیدا افزایش زمان رهاسازی کربن اجزای شن و سیلت را افزایش داد ولی تأثیری بر کربن جزء رس نداشت. نتایج نشان داد رهاسازی اراضی کشاورزی بسته به شرایط آب‌وهوایی هر منطقه جهت استقرار مجدد پوشش گیاهی و افزایش ترسیب کربن خاک می‌تواند اثرات متفاوت و بالقوه‌ای بر احیای کربن مراتع داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: ذرات اولیه خاک، رهاسازی اراضی کشاورزی، کربن آلی و نیتروژن کل، مراتع بدون کشت و کار

مقدمه

مدیریت اراضی و عملیات خاک‌ورزی باعث کاهش ذخیره کربن خاک شده است. رها کردن اراضی کشاورزی و توقف عملیات خاک‌ورزی احتمال دارد راهکاری مناسب برای برگرداندن و احیای پوشش گیاهی طبیعی و در نتیجه افزایش ذخیره کربن آلی خاک و کاهش غلظت CO₂ اتمسفری باشد (۲۸). انجام فعالیت‌های کشاورزی و در نتیجه رهاسازی این اراضی در توالی زمانی مختلف می‌تواند پیامدهای زیادی بر عملکرد اکوسیستم داشته باشد (۲۳). در واقع می‌توان گفت اکوسیستم‌های زراعی نیز نقش قابل‌توجهی در تعادل گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه دی‌اکسید کربن دارند که بیش‌تر آن به اقدامات مدیریتی برمی‌گردد (۱). با به‌کارگیری این اقدامات مدیریتی زراعی با حداقل خاک‌ورزی و یا رهاسازی اراضی کشاورزی هدر رفت کربن کاهش یافته و با تقویت ترسیب کربن و کاهش انتشار دی‌اکسید کربن، بیلان آن مثبت می‌شود (۳۱ و ۲۳)، یا بر افزایش ذخایر کربن آلی اثرگذار نبوده و تأثیر کشت و کار سابق بر مراتع برای بیش از یک قرن همچنان ادامه دارد (۳۵) و یا بسته به وضعیت مرتع تأثیر منفی

اراضی مرتعی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های خشکی جهت ترسیب کربن به شمار می‌روند و مدیریت این اراضی از مهم‌ترین عوامل انسانی مؤثر بر تغییرات کربن آلی خاک شناخته شده است (۳۲). در سال‌های متمادی بسیاری از اراضی مرتعی تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی به اراضی کشاورزی تغییر کاربری یافته‌اند که بسته به نوع

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد

۲ و ۳- استادیار و دانشیار گروه مرتع و آبخیز، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد

*- نویسنده مسئول: (Email: drpajooesh@gmail.com)

۴- استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد

بر محیط و مسائل اقتصادی و اجتماعی می‌گذارد (۳۰).

بررسی وضعیت کربن آلی خاک به ویژه در اجزای مختلف خاک که خیلی سریع‌تر از کربن کل به تغییر کاربری اراضی عکس‌العمل نشان می‌دهد امری ضروری است. روش‌های مختلفی جهت جزء بندی مواد آلی خاک وجود دارد از جمله این روش‌ها، روش‌های فیزیکی (بر اساس چگالی یا اندازه ذرات تشکیل دهنده خاک) و روش‌های شیمیایی (بر اساس میزان انحلال در آب، اسید و باز، حلال‌ها و محلول‌های نمکی) می‌باشد (۳۳). تفکیک فیزیکی ماده آلی از روش‌های ویژه و منحصر بفردی است که جهت مقایسه و مطالعه ساختار و عملکرد اجزای تشکیل دهنده ماده آلی خاک (ذرات درشت بقایای آلی گیاهی تا مواد معدنی و هوموسی شده) بسیار مؤثر و کاربردی است (۳۷). در این راستا، به دلیل نادیده گرفتن نقش مواد معدنی در پویایی مواد آلی و مشخص نبودن وظایف اجزاء، روش‌های شیمیایی کمتر مورد استفاده قرار گرفته و روش‌های تفکیک فیزیکی به‌طور روز افزونی مورد استقبال قرار گرفته‌اند (۲۴). بر این اساس جداسازی فیزیکی مواد آلی بر اساس ذرات اولیه خاک (شامل شن، سیلت و رس) می‌تواند ابزار مفیدی برای برآورد پویایی و خصوصیات ساختاری ماده آلی خاک‌های مختلف باشد که از کانی‌های مختلف و متفاوتی ساخته شده‌اند (۲۰ و ۱۴). طبق تحقیقات کریستنسن (۱۰) و لورنز و همکاران (۱۹) کربن موجود در مواد آلی جزء سیلت و رس به ترتیب شامل ترکیبات حلقوی و C-آلکیل بیشتری بوده و نسبت به تجزیه میکروبی و تغییرات مدیریتی خاک و تغییر کاربری اراضی نسبتاً مقاوم بوده و دیرتر واکنش نشان می‌دهند؛ اما مواد آلی موجود در بخش شن اغلب درشت بوده که به صورت تازه و نیمه تجزیه شده است. نتایج تحقیقات بسیاری نشان می‌دهد که توزیع کربن خاک با تغییر اندازه ذرات تغییر می‌کند (۳۴ و ۱۳) و خاک‌های با میزان رس بیشتر پتانسیل کربن آلی بیشتری نسبت به خاک‌های با میزان رس کمتر دارند و قسمت بیشتر کربن خاک در بخش رس ذخیره شده است (۷ و ۱۷) و غنی شدن کربن خاک در ذرات با اندازه رس رخ می‌دهد (۲۵). همچنین با افزایش اندازه ذرات، نسبت C/N افزایش یافته و مواد آلی در جزء شن و سیلت دارای C/N بالاتر و کربن آلی در جزء رس از C/N کمتری نسبت به کل خاک برخوردار می‌باشند (۱۲، ۳۶ و ۹)؛ و جزء سبک ماده آلی (جزء شن) به تغییر مدیریت کشاورزی بسیار حساس‌تر است (۱۶).

با وجود تحقیقات بسیار در مورد اثر تغییر کاربری اراضی و عملیات کشاورزی بر توزیع ماده آلی خاک در انواع اکوسیستم‌ها، اثر متقابل رهاسازی اراضی و شرایط اقلیمی به عنوان یک عامل مدیریتی کارآمد جهت ترمیم اراضی کشاورزی تخریب شده بر ذخیره کربن اجزای مختلف کمتر مورد توجه و بحث قرار گرفته است. در مطالعه ژانگ و همکاران (۳۹) روی تأثیر اراضی تحت کشت طولانی مدت با شخم و بدون شخم، کشت کوتاه مدت بدون شخم بر محتوای کل

مخزن کربن و نیتروژن آلی خاک و اجزای کربن خاک مشاهده نمودند که افزایش محتوای کربن آلی خاک از ذرات رس به سمت ذرات درشت در هر سه کشت تبعیت می‌کند و محتوای کربن خاک در بخش رس (۵۵/۸ درصد) و در بخش سیلت (۳۷/۲ درصد) و در بخش شن (۷ درصد) از محتوای کل کربن خاک بود. با توجه به نقش مراتع در میزان ذخیره سازی و ترسیب کربن، رهاسازی اراضی تحت کشت در این مراتع، می‌تواند راهکار مناسبی برای ترمیم خاک این مراتع در ایران باشد. به‌هرحال، علاوه بر اطلاعات خیلی ناچیزی در مورد تغییرات کربن آلی و نیتروژن کل پس از رهاسازی اراضی تحت کشت در مراتع خشک و نیمه‌خشک ایران وجود دارد. به نظر می‌رسد بررسی توزیع کربن در اجزای مختلف ذرات اولیه خاک در مقایسه با کربن کل خاک اثر کشت و کار طولانی مدت و رهاسازی اراضی کشاورزی در توالی زمانی را آشکارتر سازد. چنین اطلاعاتی ممکن است جهت ارزیابی انعطاف‌پذیری خاک برای ترمیم و تعیین زمان مناسب برای بهبود قابل توجه خاک، مفید واقع شود؛ بنابراین، 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، پس از رهاسازی اراضی کشاورزی و مقایسه آن با ذرات خاک اراضی تحت کشت و بدون کشت دو منطقه حفاظت‌شده با شرایط اقلیمی متفاوت در استان چهارمحال و بختیاری انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

به‌منظور بررسی اثرات مدیریت مختلف اکوسیستم‌های مرتعی بر اجزای فیزیکی ماده آلی خاک، سه کاربری شامل (۱) اراضی تحت کشت و کار به‌طور دائم (کشت گندم)، (۲) اراضی رهاسازی (اراضی کشاورزی که در توالی زمانی ۱۵-۱۰ و ۱۵-۴۰ سال رها شده‌اند)، (۳) مراتع دائمی بدون کشت به عنوان مینا در مجاور آن‌ها در دو منطقه از استان چهارمحال و بختیاری (منطقه شیدا و منطقه ایستگاه مرتعداری سد زاینده‌رود (به نام خرگوش) انتخاب و نمونه‌برداری گردید. این مناطق دارای اقلیم متفاوتی بوده به‌طوری‌که منطقه خرگوش (۴۱°۵۰' طول جغرافیایی و ۳۳°۴۳' عرض جغرافیایی) با متوسط بارندگی سالانه (۳۳۰ میلی‌متر) و متوسط دمای سالانه (۱۰/۹۵ °C) نسبت به منطقه شیدا (۵۰°۴۵' طول جغرافیایی و ۳۲°۴۱' عرض جغرافیایی) با متوسط بارندگی سالانه (۴۶۲ میلی‌متر) و متوسط دمای سالانه (۹/۲ °C) از میزان بارندگی کمتر و دمای بیشتری برخوردار است. پوشش طبیعی در اراضی بکر مرتعی در منطقه خرگوش از بوته، گراس، شبه گراس و فورب می‌باشد. اراضی زراعی از تغییر کاربری همین اراضی مرتعی به وجود آمده و کشت و کار محصولاتی نظیر گندم بیش از پنجاه سال در این اراضی قدمت دارد که بخش‌های از

دستگاه اولتراسونیک به ۳ ذره اصلی تفکیک شد. پس از جداسازی ابتدا مواد آلی شناور و درشت از سطح خاک جمع‌آوری و سپس جز شن با عبور از الک ۰/۰۵۳ میلی‌متری از سایر اجزا جدا و در دمای ۵۰ درجه سلسیوس به مدت دو روز آن خشک و سپس توزین گردید. سپس مابقی محتویات را درون سیلندر ۱ لیتری ریخته و به وسیله هیدرومتر و بدون استفاده از کالگون درصد سیلت و رس خاک محاسبه شد. در مرحله سوم مقدار رس حاصل از مراحل ۱ و ۲ مقایسه شد. در صورت مساوی نبودن مقدار رس بدست آمده از این دو روش، مدت زمان فراصوت برای آن خاک تغییر یافت (در صورتی که مقدار رس مرحله اول بیشتر از مرحله دوم بود. زمان اولتراسونیک افزایش یافت و برعکس) تا مرحله‌ای که مقدار رس حاصل از دو مرحله تقریباً برابر باشد؛ که در این مرحله زمان مناسب فراصوت مورد نظر مشخص شد. در مرحله چهارم پس از یافتن زمان مناسب برای تمامی نمونه‌ها اولتراسونیک را انجام داده و مواد آلی شناور و جزء شن توسط الک جدا شدند، مابقی محتویات درون یک سیلندر ۱ لیتری ریخته و با آب مقطر به حجم رسانده و با استفاده از قانون استوکس و به روش رسوبگذاری پس از گذشت ۸ ساعت، ۸ سانتی‌متر روی سیلندر که حاوی ذرات رس است سیفون شدند و رس حاصله از هر نمونه درون ظروف پلاستیکی ریخته شد. سیلندر مجدداً به حجم رسانده شد و این عمل تا شفاف شدن محلول درون سیلندر که به منزله جداسازی رس است تکرار شد. ذرات باقیمانده در سیلندر ذرات سیلت هستند که به ظرفی جداگانه منتقل شدند. اجزای حاصل از خاک شامل مواد آلی درشت بزرگ‌تر از ۵۳ میکرومتر و شن (ذرات با اندازه ۵۳-۲۰۰۰ میکرومتر) و سیلت (ذرات با اندازه ۲-۵۳ میکرومتر) در آن ۵۵ درجه سلسیوس خشک شدند؛ و ذرات رس (با اندازه کمتر از ۲ میکرومتر) نیز با منجمد کردن خشک گردیدند (۶). در آخر پس از خشک شدن کامل ذرات، مقدار کربن آلی و نیتروژن کل در هر جزء از ذرات برحسب واحد گرم بر کیلوگرم فرکشن (جزء) بیان گردید؛ و سرانجام نسبت کربن به نیتروژن و ضریب غنای کربن و نیتروژن نیز از نسبت گرم کربن و نیتروژن در کیلوگرم فرکشن (جزء) به گرم کربن و نیتروژن در کیلوگرم کل خاک روی نمونه‌های تفکیک شده بر اساس اندازه ذرات (۷۲ جزء) محاسبه شد (۱۰).

تجزیه و تحلیل آماری روی داده‌های جمع‌آوری شده به صورت طرح کاملاً تصادفی با در نظر گرفتن چهار نوع کاربری و دو منطقه متفاوت با استفاده از تجزیه واریانس دوطرفه انجام گردید. تجزیه واریانس منابع مستقل و مقایسه میانگین‌ها اثرات اصلی و متقابل تیمارها در سطح ۰/۰۵ یا آزمون دانکن و با استفاده نرم‌افزار SPSS.۲۰ و همچنین رسم نمودارها با کمک نرم‌افزار Excel انجام پذیرفت.

این اراضی تخریب‌شده در حدود ۴۰ سال تحت قرق کامل از هرگونه چرای دام و کشت و کار بوده است. اراضی بکر مرتعی در منطقه شیدا چندین سال جهت حفظ گونه‌های گیاهی و جانوری آن، تحت قرق دام و به منطقه حفاظت‌شده تبدیل شده است بنابراین از پتانسیل خوبی در تولید گیاهان علوفه‌ای برخوردار است. پوشش طبیعی در منطقه شیدا بوته‌ای و علفی شامل گون^۱، شکر تیغال^۲، علف پشمکی^۳، جو وحشی^۴، کاسنی^۵ و آویشن^۶ می‌باشد. اراضی زراعی حداقل به مدت ۳۰ سال تحت کشت گندم به‌صورت دیم قرار داشته است.

روش انجام کار

نمونه برداری در هر کدام از مناطق مورد بررسی، چهار نوع مدیریت شامل ۱- اراضی مرتعی دست‌نخورده و بکر و بدون سابقه کشت و کاری و عملیات خاک‌ورزی، ۲- اراضی رها شده ۱۵-۱۰ ساله کشاورزی و حفاظت‌شده، ۳- اراضی رها شده ۴۰-۱۵ ساله کشاورزی و حفاظت‌شده و ۴- اراضی زراعی و شخم‌خورده مورد مطالعه قرار گرفت. نحوه انتخاب مکان نمونه‌برداری در هر کدام از مناطق طوری انتخاب شد که مناطق از لحاظ ویژگی‌های ظاهری خاک، پستی‌وبلندی (توپوگرافی)، مواد مادری و شیب یکسان باشند. نمونه‌های مورد بررسی در طول ترانسکت (۳ ترانسکت در هر مدیریت) و با استقرار پلات های (۳ پلات در طول هر ترانسکت) نمونه‌برداری انجام گرفت. مکان پلات‌ها به نحوی انتخاب گردید که کلیه شرایط موجود یکسان باشد. پس از استقرار پلات‌ها اقدام به نمونه برداری از خاک از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری گردید؛ و در نهایت خاک هر ۳ پلات موجود با یکدیگر ترکیب و جمعاً ۲۴ نمونه مرکب به آزمایشگاه منتقل گردید. نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. بافت خاک به روش هیدرومتر (۱۱)، نیتروژن کل به روش کجلدال (۳)، درصد کربن آلی به روش والکی-بلاک اکسایش تر با اسیدسولفوریک و تیتراسیون برگشتی با سولفات فرو آمونیاکی (۲۲) اندازه‌گیری شدند. نمونه‌های خاک بر اساس اندازه ذرات اولیه خاک با استفاده از دستگاه اولتراسونیک (۴ و ۱۵) جداسازی گردید. در مرحله اول درصد فراوانی اجزای سازنده خاک به روش هیدرومتر و با استفاده از هگزا متا فسفات سدیم ۵ درصد تعیین گردید. در مرحله دوم از همان خاک مرحله اول بدون اضافه کردن مواد شیمیایی و ۱۶ ساعت شیک شدن با طول ۵۰ حرکت چرخشی توسط

- 1- *Astragalus maassoumii*
- 2- *Echinops ritrodes*
- 3- *Bromus tectorum*
- 4- *Hordeum bulbosum*
- 5- *Cichorium intybus*
- 6- *Thymus serpyllum*

نتایج و بحث

تحلیل آماری مشخص نمود که انجام فعالیت‌های زراعی در اراضی بکر، بسته به وضعیت مراتع در منطقه خرگوش سبب افزایش اندک مقدار کربن آلی (۶/۷۸ میلی‌گرم بر گرم خاک)، نیتروژن کل (۰/۵۸ میلی‌گرم بر گرم خاک) و نسبت کربن به نیتروژن (۱۱/۵۹ میلی‌گرم بر گرم خاک) کل خاک گردیده است اما میزان افزایش هر کدام از شاخص‌های مذکور (کربن آلی، نیتروژن کل و نسبت کربن به نیتروژن) با میزان آن‌ها در اراضی بکر اختلاف قابل توجهی نداشتند، درحالی‌که در منطقه شیدا اراضی مرتعی از بیشترین میزان کربن آلی برخوردار بودند و میزان این شاخص‌ها (کربن آلی، نیتروژن کل و نسبت کربن به نیتروژن) به ترتیب ۳/۴، ۲/۵ و ۱/۳ برابر در نتیجه انجام فعالیت‌های زراعی در اراضی بکر کاهش یافته است.

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر منطقه بر شاخص‌های کربن آلی و نسبت کربن به نیتروژن معنی‌دار (۰/۰۰۱ < P) است. به طوری‌که متوسط مقدار کربن و نسبت کربن به نیتروژن به ترتیب در منطقه خرگوش (۴/۸۸ و ۹/۹۸ گرم بر کیلوگرم) کمتر از میزان آن در منطقه شیدا (۱۳/۵ و ۲۶/۰۶ گرم بر کیلوگرم) می‌باشد (جدول ۱). درحالی‌که میزان نیتروژن کل خاک در دو منطقه مطالعاتی تفاوت معنی‌دار نداشت (۰/۰۵ > P، جدول ۱). بسته به موقعیت اقلیمی منطقه شیدا به دلیل میزان بارش بیشتر نسبت به منطقه خرگوش و پوشش گیاهی مناسب‌تر و با تراکم بهتر، از میزان کربن آلی و نسبت C/N بیشتری برخوردار است.

جدول ۱- تجزیه واریانس (آماره F) و مقایسه میانگین (n=۳) برخی خصوصیات اولیه خاک در انواع کاربری‌ها در دو منطقه خرگوش و شیدا

اعداد داخل پرانتز مقادیر SE را نشان می‌دهند.

Table 1- Analysis of variance (F statistical) and comparison of mean (n = 3) some of soil characteristics in different types of land uses in two regions of khargosh and sheida

The numbers in brackets represent the values of Std.Error (SE).

نوع کاربری	بافت خاک	کربن آلی	نیتروژن کل	نسبت کربن به نیتروژن
Land use	Soil texture	Organic carbon	Total nitrogen	C/N
(mg/g soil)				
خرگوش				
CR0	رسی Clay	6.78 (1.16) ^a	0.58 (0.04) ^a	11.59 (0.83) ^a
AR15	لوم رسی شنی Sandy clay loam	2.44(0.41) ^b	0.31(0.01) ^b	7.8(0.7) ^b
AR40	لوم رسی شنی Sandy clay loam	5.56(0.95) ^a	0.55(0.05) ^a	10.03(0.48) ^a
UR	لوم رسی شنی Sandy clay loam	4.57(0.82) ^{ab}	0.45(0.06) ^{ab}	10.49(0.71) ^a
شیدا				
CR0	لومی رسی Clay loam	7.32(0.87) ^c	0.31 (0.01) ^c	23.54(1.57) ^b
AR15	لومی رسی Clay loam	9.85(0.13) ^{bc}	0.41 (0.02) ^{bc}	24.03(0.24) ^b
AR40	لومی رسی Clay loam	11.97 (0.92) ^b	0.47 (0.02) ^b	25.22 (0.65) ^b
UR	لومی رسی Clay loam	24.86(1.71) ^a	0.8(0.09) ^a	31.45(1.05) ^a
نتایج تجزیه واریانس (آماره F) (F statistical)				
منطقه		155.4 ^{***}	0.73 ^{ns}	277.25 ^{***}
Area				
کاربری اراضی		31.8 ^{***}	12.1 ^{***}	4.82 [*]
Land use				
منطقه × کاربری		35.57 ^{***}	16.57 ^{***}	3.7 [*]
Land use × area				

*** p < 0.001, ** p < 0.01, * p < 0.05 and ns Non-significant. The effect of cultivated land (CR0), the release of agricultural land in 15-10 years (AR15) and 15-40 years (AR40) and unchanged lands (UR). For each area, averages with different letters in each column indicate a significant difference at a probability level of 0.05 based on the Duncan test between different plowing management.

میکروبی و همچنین افزایش میزان بقایای گیاهی به خاک در نتیجه استقرار مجدد گونه‌های بومی منطقه بوده که به‌طور سالیانه به خاک اضافه می‌شود. با این حال ۴۰ و ۱۵ سال رهاسازی، برای رسیدن و هم‌معنی شدن مقادیر کربن آلی و نیتروژن کل خاک به سطح مراتع دائمی، زمان کافی نبوده و میزان کربن آلی و نیتروژن کل در مراتع دائم این منطقه که از نظر پوشش گیاهی از تراکم قوی برخوردار بوده است حدود ۲ برابر اراضی ۴۰ سال رهاسازی می‌باشد. شواهد و مطالعات زیادی وجود دارد که نشان می‌دهد رهاسازی اراضی کشاورزی و به دنبال آن استقرار مجدد پوشش طبیعی، بسته به وضعیت مراتع هر منطقه، ممکن است ذخیره کربن و نیتروژن را به سطوح قبل از کشاورزی بازگرداند؛ که این نتایج با نتایج تحقیقات (۳۸ و ۲۱) همخوانی دارد.

در منطقه خرگوش نسبت C/N بین سه کاربری اراضی تحت کشت، اراضی ۴۰ سال رهاسازی و مرتع اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. این در حالی بود در منطقه شیدا این شاخص در کاربری مرتع بیشترین مقدار و ۳۰ درصد از نسبت C/N بیشتری در مقایسه با اراضی تحت کشت و اراضی رها شده برخوردار بود. می‌توان اشاره کرد این امر ناشی از اضافه کردن کودهای شیمیایی نیتروژنه در گذشته و حال به اراضی رهاسازی کشاورزی و اراضی زراعی و یا کیفیت متفاوت پوشش گیاهی باشد. به‌طوری‌که در اثر عملیات زراعی فرایند اکسیداسیون کربن آلی سرعت یافته و باعث هدر رفت بیشتر کربن نسبت به نیتروژن در خاک‌های مراتع تحت کشت و شدت ترسیب بیشتر کربن نسبت به نیتروژن در خاک‌های مراتع رهاسازی دانست که کاهش نسبت C/N را به همراه داشته؛ بنابراین رهاسازی کشاورزی اثر معنی‌دار بر افزایش نسبت C/N خاک نداشته است؛ که با نتایج کاراواکا و همکاران [۵] که کاهش نسبت C/N در خاک‌های کشت‌شده نسبت به اراضی کشت نشده و بکر (۳۱/۴ درصد) گزارش کردند هماهنگی دارد. سالک گیلانی و همکاران [۲۹] در بررسی تغییرات ماده آلی در مراتع ترمیم‌شده پس از توقف عملیات کشت و کار و رهاسازی اراضی در توالی زمانی ۱۲، ۴ و ۴۵ سال گزارش نمودند که ذخایر کربن آلی، نیتروژن کل خاک و نسبت کربن به نیتروژن در طی توالی زمانی مختلف رهاسازی به‌صورت لگاریتمی افزایش یافته است. علت آن را نتیجه حضور گونه‌های گیاهی چوبی چندساله (همچون بوته‌ها و درختچه‌ها) که پوشش گیاهی غالب مراتع رهاسازی به‌خصوص مراتع با زمان رهاسازی بالا (۴۵ سال) را تشکیل می‌دهند، دانستند. به‌طوری‌که ۴۵-۴ سال رهاسازی اراضی کشاورزی، ذخایر کربن آلی و نیتروژن کل خاک را به ترتیب ۳۲-۲/۸ و ۳۳-۳/۸ درصد افزایش داد؛ اما مراتع ۴۵ سال رهاسازی حاوی مقادیر کمتری از کربن آلی و نیتروژن کل نسبت به مراتع دائم بودند که نشان‌دهنده ناکافی بودن زمان ۴۵ سال رهاسازی برای رسیدن به مقادیر موجود

کیو و همکاران (۲۶) کاهش میزان ماده آلی خاک در اثر عملیات کشت و شخم در اراضی بکر گزارش دادند. این محققین دلایل کاهش ذخایر کربن آلی در اثر عملیات کشت و کار را به کاهش مقدار کربن ورودی به خاک زراعی بیان کردند، زیرا بخش عمده‌ی ماده آلی تولید شده به صورت محصول برداشت شده از زمین زراعی خارج می‌گردد. علاوه بر این خاک اراضی زراعی مکرراً شخم‌خورده و زیرو رو می‌شود و این امر باعث تهویه بهتر خاک و شکستگی خاکدانه‌ها شده و در نتیجه با افزایش سرعت فرایند اکسیداسیون کربن آلی، ماده آلی محبوس شده در خاکدانه‌ها در معرض حمله میکروبی قرار گرفته و میزان کربن خروجی از خاک به‌صورت دی‌اکسید کربن افزایش می‌یابد؛ بنابراین یکی از دلایل عمده کاهش کربن و نیتروژن آلی در اراضی زراعی کاهش کربن ورودی و افزایش کربن خروجی می‌باشد که با نتایج حاصل از این تحقیق در منطقه شیدا که مراتع آن از شرایط اقلیمی و پوششی بهتری برخوردارند هماهنگ است.

این پژوهش نیز نشان داد که در مناطق نیمه‌خشک منطقه خرگوش به دلیل میزان بارش کمتر و تراکم کم تا متوسط پوشش گیاهی و فقر ماده آلی در خاک‌های مرتع بکر، کشت و کار (بسته به نوع محصول کشت‌شده و کود دهی و تناوب عملیات خاک‌ورزی و ...) می‌تواند باعث افزایش ذخایر کربن آلی و نیتروژن کل خاک گردد. جعفری و همکاران (۱۶) و رئیس (۲۷) نیز به ترتیب افزایش مقادیر کربن آلی و نیتروژن کل خاک را در اثر تغییر کاربری مرتع به زراعی در استان چهارمحال و بختیاری و اراضی استان خوزستان را گزارش نموده‌اند.

رهاسازی اراضی زراعی به مدت ۴۰-۱۵ سال نیز در منطقه خرگوش اثر معنی‌داری بر میزان شاخص‌های مذکور نداشت و از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با اراضی تحت کشت و کار نشان نداد. درحالی‌که در منطقه شیدا رهاسازی کشاورزی در توالی زمانی مختلف باعث بهبود اندک غلظت کربن آلی و نیتروژن کل مراتع گردید و هر چه مدت‌زمان رهاسازی افزایش یافته است کربن آلی و نیتروژن کل بیشتر شده است، ۴۰ سال رهاسازی اراضی زراعی باعث افزایش میزان کربن آلی (۱۱/۹۷ میلی‌گرم بر گرم خاک) و نیتروژن کل خاک (۰/۴۷ میلی‌گرم بر گرم خاک) گردیده است. همچنین میزان کربن آلی و نیتروژن کل خاک در اراضی رهاسازی به مدت ۱۵ سال در منطقه شیدا فاقد تفاوت آماری با دو مدیریت اراضی زراعی و اراضی ۴۰ سال رها شده بود. درحالی‌که در منطقه خرگوش مقدار کربن آلی (۲/۸ برابر)، نیتروژن کل (۱/۹ برابر) و نسبت کربن به نیتروژن (۱/۵ برابر) در اراضی ۱۵ سال رهاسازی زراعی کمتر از اراضی تحت کشت و کار بود. از جمله دلایل افزایش این عناصر در خاک پس از رهاسازی اراضی، توقف عملیات خاک‌ورزی و بهبود ساختمان خاک و پایداری خاکدانه‌ها و حفاظت فیزیکی ماده آلی خاک در برابر تجزیه‌ی

در مراتع دائمی است.

نیترژن کل ذرات اولیه خاک نشان نداد فقط میزان کربن دو جزء شن و سیلت منطقه شیدا در نتیجه ۴۰ سال رهاسازی اراضی زراعی به ترتیب حدود ۲/۳ و ۱/۳ برابر افزایش یافته است.

پس از مقایسه بین ذرات خاک در بین کاربری‌های مختلف مشاهده شد که در کلیه کاربری‌های هر دو منطقه مطالعاتی به ترتیب بخش‌های رس، سیلت و شن بیشترین میزان کربن آلی و نیترژن کل را به خود اختصاص داده‌اند. طبق نتایج، جزء رس حاوی بیشترین مقدار کربن است که در اراضی تحت کشت، در منطقه خرگوش به ترتیب ۱/۳۹ و ۲/۵۶ برابر و در منطقه شیدا ۱/۲۶ و ۲/۹۹ برابر و در اراضی رهاسده به مدت ۱۵ سال، در منطقه خرگوش ۲/۱۲ و ۱۰/۷۷ برابر و در منطقه شیدا ۱/۱۱ و ۲/۱۱ برابر؛ در اراضی رهاسده به مدت ۴۰ سال، در منطقه خرگوش ۱/۴۷ و ۳/۹۹ برابر و در منطقه شیدا ۱/۲۳ و ۱/۶۵، در مراتع دائم منطقه خرگوش ۱/۷۷ و ۱۴/۸۲ و در مراتع دائم منطقه شیدا ۱/۲۸ و ۱/۸۱ برابر کربن اجزاء سیلت و شن بود. به‌طور کلی طبق نتایج این تحقیق در هر دو منطقه مورد مطالعه بیشترین غلظت کربن و نیترژن در فرکشن رس و کمترین غلظت کربن و نیترژن در جزء شن تجمع داشته است. کربن جزء سیلت تقریباً در حد واسط می‌باشد؛ و با کاهش اندازه ذرات میزان کربن افزایش یافته است (جدول ۳)؛ که این نشان دهنده وجود درجه هوموسی بالاتر ماده آلی اجزای ریزتر خاک نسبت به اجزای درشت‌تر است.

اثر رهاسازی اراضی کشاورزی بر میزان کربن آلی و نیترژن کل در اجزای فیزیکی ذرات اولیه خاک

نتایج تجزیه واریانس اثر نوع کاربری و شرایط اقلیمی مختلف بر برخی خصوصیات شیمیایی ذرات اولیه خاک در جدول ۲ و نتایج مقایسه میانگین این خصوصیات در جدول ۳ و شکل ۱ نشان داده شده است.

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر متقابل منطقه و فرکشن‌های تفکیک شده بر مقدار کربن آلی ذرات اولیه خاک اثر معنی‌داری ندارد. نتایج مقایسه میانگین جدول ۳ نیز نشان داد که کشت و کار در اراضی بکر منطقه خرگوش، مقادیر کربن آلی دو جزء شن (۵ برابر) و سیلت (۱ برابر) و نیترژن سه جزء شن (۱ برابر) و سیلت (۱/۲ برابر) و رس (۱/۳ برابر) را افزایش داد. درحالی‌که در منطقه شیدا عکس منطقه خرگوش بیشترین میزان کربن آلی و نیترژن کل در سه جزء شن، سیلت و رس در کاربری مرتع مشاهده گردید. کشت و کار در اراضی بکر میزان کربن آلی سه جزء شن (۳/۶ برابر)، سیلت (۲ برابر) و رس (۲) و نیترژن سه جزء شن، سیلت و رس (۱/۳ برابر) را کاهش داد اما میزان نیترژن این سه جزء با میزان نیترژن موجود در سه جزء اراضی بکر اختلاف قابل‌توجهی نداشت. همچنین رهاسازی اراضی زراعی در توالی زمانی ۱۵ و ۴۰ سال از لحاظ آماری اثر معنی‌داری بر بهبود و افزایش میزان کربن آلی و

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تغییر کاربری اراضی بر درصد توزیع وزنی ذرات اولیه خاک، مقدار کربن و نیترژن، فاکتور غنی شدن کربن (Ec) و نیترژن (En) و نسبت C/N ذرات اولیه خاک در دو منطقه خرگوش و شیدا

Table 2- Analysis of variance of the effect of land use change on weight distribution of soil particle size, carbon and nitrogen content, carbon enrichment factor (Ec) and nitrogen (En) and C / N ratio of soil particle in two khargosh and sheida regions

منابع تغییر	درجه آزادی df	درصد توزیع وزنی ذرات-Particle size distribution(%)	آماره F				
			کربن آلی Organic carbon	نیترژن کل Total nitrogen	نسبت کربن به نیترژن C/N	غنای کربن Ec	غنای نیترژن En
Area (A) منطقه	۱	0.57 ^{ns}	330.93 ^{***}	15.44 ^{***}	72.28 ^{***}	6.5 [*]	15.11 ^{***}
Land use (L) کاربری	۳	1.14 ^{ns}	47.05 ^{***}	7.85 ^{**}	7.84 ^{**}	2.75 ^{ns}	8.66 ^{***}
Fraction (F) فرکشن	۳	1.49 ^{ns}	116.84 ^{***}	93.31 ^{***}	4.49 [*]	55.56 ^{***}	54.7 ^{***}
L×A	۳	0.19 ^{ns}	52.1 ^{***}	8.51 ^{***}	9.87 ^{***}	3.82 [*]	10.26 ^{***}
F×A	۳	24.8 ^{***}	0.79 ^{ns}	3.57 [*]	26.35 ^{***}	13.92 ^{***}	2.06 ^{ns}
L×F	۳	2.26 ^{ns}	2.53 [*]	2.86 [*]	3.82 ^{**}	2.49 [*]	2.11 ^{ns}
F×L×A	۳	4.9 ^{***}	1.67 ^{ns}	1.28	7.35 ^{***}	3.9 ^{**}	1.47 ^{ns}

*** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$ and ns Non-significant. Ec: carbon enrichment factor (grams of carbon per gram of carbon per kg of total soil); En: nitrogen enrichment factor (grams of nitrogen per kg of fraction / gram of nitrogen per kilogram of total soil).

نیترژن (گرم نیترژن در کیلوگرم فرکشن / گرم نیترژن در کیلوگرم کل خاک).

*** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$ and ns Non-significant. Ec: carbon enrichment factor (grams of carbon per gram of carbon per kg of total soil); En: nitrogen enrichment factor (grams of nitrogen per kg of fraction / gram of nitrogen per kilogram of total soil).

کاربری‌های ذکر شده نداشت. این در حالی بود که ضریب غنای نیتروژن جزء سیلت به ترتیب در اراضی تحت کشت و اراضی رهاسده کشاورزی و اراضی مرتعی بیشتر بود و در جزء شن بین کاربری‌های مختلف تفاوت معنی‌داری از لحاظ غنای کربن مشاهده نشد (شکل ۱). در حالی که در منطقه شیدا، غنای نیتروژن ذرات اولیه خاک (رس، سیلت و شن) با افزایش زمان رهاسازی و بی خاک‌ورزی بودن اراضی به‌طور معنی‌دار نسبت به اراضی کشاورزی کاهش یافت. مقایسه بین اجزاء نشان داد که در سه مدیریت اراضی تحت کشت، اراضی رهاسده کشاورزی و اراضی مرتعی هر دو منطقه مطالعاتی، بیشترین غنای کربن و نیتروژن به ترتیب در اجزاء رس، سیلت و شن است (شکل ۱). به‌طور کلی روند تغییر ضریب غنای نیتروژن و کربن بین اجزای مختلف ذرات اولیه خاک تقریباً مشابه بود. به‌طوری که این ضریب در اجزاء رس و سیلت بیشتر از ۱ بود و نشان‌دهنده غنی شدن این اجزاء خاک از نیتروژن است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که در جزء شن همه کاربری‌های مطالعاتی دو منطقه به‌استثنای جزء شن اراضی تحت کشت و رهاسازی ۱۵ ساله کشاورزی منطقه شیدا تهی شدن نیتروژن رخ داده است.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کاربری اراضی بر مقدار ضریب غنی شدن کربن (EC) ذرات اولیه خاک و اثرات متقابل منطقه در اجزای ذرات اولیه خاک و اثر متقابل کاربری در اجزای ذرات اولیه خاک بر ضریب غنای نیتروژن غیر معنی‌دار است (جدول ۲). ضریب غنی شدن کربن (EC) اجزاء رس و سیلت در مدیریت اراضی رهاسده به مدت ۱۵ سال منطقه خرگوش به ترتیب ۱۹۵/۵ و ۷۹/۳ درصد بیشتر از اراضی تحت کشت و کار بود. این در حالی بود که میزان غنای کربن این اجزاء در دو کاربری اراضی رهاسده به مدت ۴۰ سال اراضی مرتعی با کاربری‌های ذکر شده تفاوت معنی‌دار نداشتند. ضریب غنای کربن جزء شن در منطقه خرگوش در مدیریت اراضی تحت کشت و اراضی رهاسده کشاورزی به ترتیب حدود ۳۱۴ و ۲۱۸ درصد بیشتر از مرتع دائم منطقه بود (شکل ۱). در حالی که بین کاربری‌های اراضی تحت کشت، رهاسازی شده و مرتع این منطقه، ضریب غنی شدن نیتروژن (En) ذرات اولیه خاک (رس و سیلت و شن) تفاوت معنی‌داری نداشت. در منطقه شیدا ضریب غنای نیتروژن جزء رس در اراضی تحت کشت به طور متوسط ۴۷ درصد بیشتر از رهاسازی ۱۵ ساله اراضی کشاورزی و اراضی مرتعی بود و ضریب غنای نیتروژن اراضی ۴۰ سال رهاسده کشاورزی تفاوت آماری با

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های (n=۴) مقدار کربن آلی، نیتروژن و نسبت C/N ذرات اولیه خاک در دو منطقه خرگوش و شیدا

اعداد داخل پرانتز مقادیر SE را نشان می‌دهند.

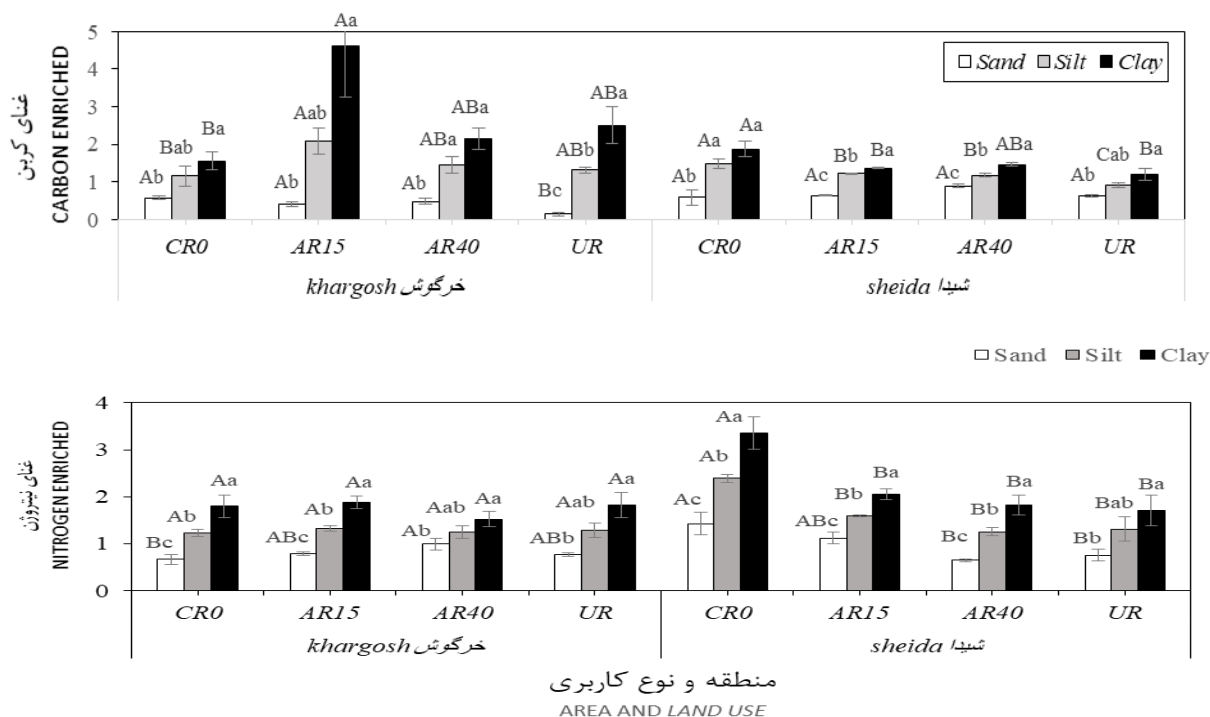
Table 3- Comparison of mean (n = 4) of organic carbon, nitrogen and C / N ratio of soil particle in two khargosh and sheida regions

The numbers in brackets represent the values of Std.Error (SE).

نوع کاربری Land use	خرگوش Khargosh			شیدا Sheida		
	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay
کربن آلی (Cg/kg fraction)						
CR0	3.94(0.76) ^{Ac}	7.26(0.38) ^{Ab}	10.10(0.9) ^{Aa}	4.48(1.93) ^{Cb}	10.65(0.54) ^{Ca}	13.43(0.81) ^{Ba}
AR15	0.95(0.14) ^{Bc}	4.82(0.24) ^{Bb}	10.24(1.67) ^{Aa}	6.38(0.30) ^{BCc}	12.07(0.18) ^{Cb}	13.5(0.3) ^{Ba}
AR40	2.85(0.96) ^{ABc}	7.73(0.47) ^{Ab}	11.39(0.43) ^{Aa}	10.5(0.35) ^{Bc}	14.05(0.73) ^{Bb}	17.39(0.91) ^{Ba}
UR	0.75(0.34) ^{Bc}	6.29(1.09) ^{ABb}	11.12(0.78) ^{Aa}	16.04(1.64) ^{Ac}	22.63(0.39) ^{Ab}	29.12(2.16) ^{Aa}
نیتروژن کل (Ng/kg fraction)						
CR0	0.39(0.08) ^{ABc}	0.71(0.03) ^{Ab}	1.02(0.06) ^{Aa}	0.45(0.09) ^{ABc}	0.74(0.03) ^{ABb}	1.04(0.08) ^{ABa}
AR15	0.24(0.01) ^{Bc}	0.42(0.03) ^{Cb}	0.59(0.06) ^{Ca}	0.46(0.04) ^{ABc}	0.65(0.02) ^{Bb}	0.84(0.07) ^{Ba}
AR40	0.54(0.05) ^{Ac}	0.67(0.03) ^{Ab}	0.82(0.01) ^{Ba}	0.31(0.03) ^{Bc}	0.59(0.02) ^{Bb}	0.85(0.07) ^{Ba}
UR	0.34(0.02) ^{Bc}	0.57(0.00) ^{Bb}	0.79(0.03) ^{Ba}	0.59(0.07) ^{Ab}	1.02(0.18) ^{Aab}	1.32(0.16) ^{Aa}
نسبت کربن به نیتروژن (C/N)						
CR0	10.19(0.37) ^{Aa}	10.31(0.34) ^{Aa}	10.01(1.11) ^{Ba}	9.22(2.09) ^{Ba}	14.37(0.29) ^{Ba}	13.29(1.89) ^{Ca}
AR15	3.95(0.7) ^{Bb}	11.68(0.47) ^{Aab}	18.07(3.93) ^{Aa}	14.09(0.93) ^{Bb}	18.53(0.30) ^{ABa}	16.17(0.9) ^{BCab}
AR40	5.49(2.1) ^{Bb}	11.62(1.19) ^{Aa}	14.02(0.78) ^{Aba}	34.21(1.79) ^{Aa}	23.9(1.67) ^{Ab}	20.75(2.28) ^{ABb}
UR	2.08(0.81) ^{Bb}	11.04(1.98) ^{Aa}	14.09(0.88) ^{ABa}	28.44(6.09) ^{Aa}	23.55(4.11) ^{Aa}	22.33(1.47) ^{Aa}

اثر اراضی تحت کشت و کار (CR0)، رهاسازی اراضی کشاورزی در ۱۵-۱۰ سال (AR15) و ۴۰-۱۵ سال (AR40) و اراضی مرتع (UR). برای هر منطقه میانگین‌ها با حروف متفاوت بزرگ در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ بر اساس آزمون دانکن بین مدیریت‌های رهاسازی اراضی کشاورزی می‌باشد.

The effect of cultivated land (CR0), the release of agricultural land in 15-10 years (AR15) and 15-40 years (AR40) and unchanged lands (UR). For each region, averages with large different letters in each column indicate a significant difference at a probability level of 0.05 based on the Duncan test between agricultural land management departments.



شکل ۱- اثر اراضی تحت کشت و کار (CR0)، رهاسازی اراضی کشاورزی در ۱۰-۱۵ سال (AR15) و ۱۵-۴۰ سال (AR40) و اراضی مرتع (UR) بر ضریب غنی‌شدن کربن و نیتروژن در فرکشن‌های مختلف ذرات اولیه خاک (شن، سیلت و رس) در مناطق خرگوش و شیدا. اعداد میانگین‌ها به همراه SE می‌باشد. میانگین‌ها با حروف متفاوت بزرگ نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ بر اساس آزمون دانکن بین انواع کاربری می‌باشد و میانگین‌ها با حروف متفاوت کوچک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ بر اساس آزمون دانکن بین فرکشن‌های مختلف خاکدانه‌ای می‌باشد.

Figure 1- The effect of cultivated land (CR0), agricultural release in 10-15 years (AR15) and 15-40 years (AR40) and Uncultivated lands (reference) (UR) on the coefficient of carbon and nitrogen enrichment in different fractions of soil particle (sand), Silt and clay) in rabbit and rice fields

The numbers are averages with SE. The meanings with large letters indicate a significant difference at a probability level of 0.05 on the basis of Duncan's test between the types of user, and the averages with small small letters indicate a significant difference at the probability level of 0.05 based on the Duncan test between the various subsurface factors.

در جزء رس بیشتر از سیلت نیز بوده است و تهی‌شدن کربن در کاربری‌های مطالعاتی هر دو منطقه بیشتر در جزء شن نمایان شده است.

ژانگ و همکاران (۳۹) در بررسی توزیع کربن آلی خاک روی اجزای شن، سیلت و رس تحت سه کشت طولانی‌مدت با خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی و کشت کوتاه‌مدت بدون خاک‌ورزی گزارش نمودند که محتوای کربن آلی خاک در هر سه کشت با کاهش اندازه ذرات از شن به رس به ترتیب افزایش یافته است؛ و جزء رس از کربن بیشتری برخوردار بود. درحالی‌که در بررسی کربن اجزای شن ریز و درشت، سیلت و رس در سه مدیریت متفاوت شامل اراضی مرتعی، اراضی بدون خاک‌ورزی و اراضی بدون خاک‌ورزی ولی به همراه استفاده از کود آلی توسط لورنز و همکاران (۱۹) مشاهده شد که رس و شن درشت بیشترین غنی‌شدن کربن را در مقایسه با کل خاک

به طور کلی، در منطقه خرگوش رهاسازی اراضی زراعی باعث افزایش ضریب غنی‌شدن کربن در دو جزء سیلت و رس با اختلاف اندک شده؛ و تأثیر کشت و کار آنقدر زیاد نیست که کربن ذرات ریز را تحت تأثیر قرار دهد و آن را از این بخش‌ها خارج کند. در منطقه شیدا برعکس منطقه خرگوش رهاسازی اراضی کشاورزی سبب کاهش کربن اجزای سیلت و رس شده به طوری که انجام عملیات کشت و کار نه تنها کربن اجزای تفکیک شده را کاهش نداده بلکه میزان غنی‌شدن کربن هر سه جزء در این اراضی بیشتر از کاربری‌های حفاظت‌شده است. نتایج بیان‌کننده این است که در جزء رس هر دو منطقه و هر چهار کاربری اعمال شده و همچنین جزء سیلت هر دو منطقه و هر چهار کاربری بجز مرتع منطقه شیدا، ضریب غنی‌سازی کربن بیشتر از یک بوده که حاکی از غنی‌شدن کربن این اجزاء می‌باشد. به طوری که در بعضی جاها این غنی‌سازی با حداقل اختلاف

داشتند؛ و جزء سیلت برخلاف تهی بودن از لحاظ ضریب غنای کربن، چون مقدار آن در خاک بیشتر از سایر اجزاء بود این جزء بالاترین ذخیره کربن را شامل شده بود. طبق اظهارات کریستنسن و سورنسن (۷) و استمر و همکاران (۳۶) به طور کلی بیشترین مقادیر غلظت کربن در اجزاء ریز در اندازه رس مشاهده می شود. کریستنسن (۸) گزارش نمود که پایداری ماده آلی خاک در اجزای مختلف ذرات به ترتیب در ذرات شن، رس و سیلت کاهش یافت. نتایج مطالعه جاگاداما و لال (۱۷) در مقایسه توزیع کربن آلی بین اجزای مختلف خاک اراضی کشاورزی طولانی مدت در دو بخش خاک ورزی طولانی مدت و تناوب کشت بیان نمودند با اینکه مقدار سیلت در خاک بیشتر است، اما مخزن تجمع کربن آلی در جزء رس بیشتر از جزء سیلت می باشد.

آندرسون و پائول (۲) طی تحقیقی دریافتند که کربن آلی عجین شده در اجزای سیلت و رس درشت به طور قابل ملاحظه ای بیشتر از کربن عجین شده در جزء رس ریز دانه داشت.

همچنین نتایج کندلر و همکاران (۱۸) و استمر و همکاران (۳۶) در بررسی توزیع میزان نیتروژن در اجزای ذرات اولیه این بود که مقدار نیتروژن اجزای ذرات اولیه خاک با کاهش اندازه ذرات افزایش می یابد؛ و بیشترین غلظت نیتروژن در اجزاء هم اندازه رس مشاهده شده است.

اثر رهاسازی اراضی کشاورزی بر نسبت کربن به نیتروژن در اجزای فیزیکی ذرات اولیه خاک

مقایسه بین کاربری ها حاکی است که در منطقه خرگوش با افزایش زمان رهاسازی اراضی کشاورزی و توقف فعالیت های کشاورزی نسبت C/N جزء شن به طور معنی دار نسبت به اراضی کشاورزی کاهش یافت در حالی که در منطقه شیدا عکس منطقه خرگوش با افزایش زمان رهاسازی به مدت ۴۰ سال و بی خاک ورزی بودن مرتع این نسبت در جزء شن افزایش یافت (جدول ۴). نسبت C/N جزء سیلت در حالی که بین کاربری های مطالعاتی منطقه خرگوش تفاوت معنی داری نشان نداد در منطقه شیدا با افزایش زمان رهاسازی این نسب در جزء سیلت افزایش یافت. به طوری که نسبت C/N اراضی با زمان رهاسازی ۴۰ سال و مرتع ۶۵ درصد بیشتر از اراضی تحت کشت بود. همچنین نسبت C/N اراضی با زمان رهاسازی ۱۵ سال تفاوت آماری با دیگر کاربری ها نداشت. نسبت C/N جزء رس در هر دو منطقه مطالعاتی در اراضی تحت کشت و کار کمترین مقدار بود. به طوری که در منطقه خرگوش این نسبت در اراضی رهاسازی به مدت ۱۵ سال ۸۰/۵ درصد بیشتر از اراضی تحت کشت بود و اراضی رهاسازی به مدت ۴۰ سال و مرتع این منطقه تفاوت معنی دار با کاربری های دیگر نداشتند. در منطقه شیدا نیز این نسبت با افزایش زمان رهاسازی اراضی کشاورزی با اختلاف اندک

نسبت به هم افزایش یافت.

مقایسه نسبت C/N ذرات اولیه خاک در منطقه خرگوش، در اراضی تحت کشت تفاوت معنی داری نداشت. نسبت C/N اجزای رس و سیلت به ترتیب ۱۵۵ و ۱۱۲ درصد در رهاسازی ۴۰ سال و ۵۷۷ و ۴۳۱ درصد در مرتع (بدون تفاوت معنی دار) بیشتر از جزء شن بودند؛ و در رهاسازی ۱۵ سال کشاورزی بیشترین میزان نسبت C/N در جزء رس و کمترین آن در جزء شن بود در حالی که این نسبت در جزء سیلت تفاوت معنی داری با دو جزء دیگر نداشت. در منطقه شیدا، نسبت C/N بین اجزای ذرات اولیه خاک در اراضی تحت کشت و مرتعی تفاوت معنی دار نداشت. نسبت C/N اراضی رهاسازی ۱۵ سال در جزء سیلت ۳۱/۵ درصد بیشتر از جزء شن بود در حالی که نسبت C/N جزء رس تفاوت معنی داری با دو جزء دیگر نداشت. در رهاسازی ۴۰ سال نیز این نسبت در دو جزء سیلت و رس هم معنی و به ترتیب حدود ۴۳ و ۶۵ درصد کمتر از جزء شن بودند (جدول ۴).

به طور کلی نتایج حاکی از این است که در اراضی رهاسازی شده مرتعی منطقه خرگوش بالاترین نسبت C/N در اجزاء رس و سیلت بود و پایین ترین آن در جزء شن بود در حالی که در منطقه شیدا در اراضی رهاسازی به مدت ۱۵ سال این نسبت در جزء سیلت و در رهاسازی ۴۰ سال در جزء شن بیشترین مقدار بود. ژانگ و همکاران (۳۹) در بررسی توزیع کربن آلی خاک روی اجزای شن، سیلت و رس تحت سه کشت طولانی مدت با خاک ورزی و بدون خاک ورزی و کشت کوتاه مدت بدون خاک ورزی گزارش نمودند که نسبت کربن به نیتروژن خاک در هر سه کشت با هم تفاوت معنی دار نداشت و با افزایش اندازه ذرات نسبت کربن به نیتروژن نیز افزایش یافت. به طوری که این نسبت در دو جزء شن و سیلت هم معنی و بیشتر از جزء رس بود و این نشان دهنده حالت های معدنی شدن و درجه هوموسی شدن ماده آلی خاک می باشد که با نتایج حاصل از این تحقیق در برخی از کاربری ها هم خوانی ندارد.

نتیجه گیری

کشت و کار در اراضی بکر بسته به موقعیت اقلیمی و کیفیت خاک مرتع می تواند اثرات مثبت و منفی بر اکوسیستم های طبیعی داشته باشد. به تبع در منطقه شیدا با وجود میزان بارندگی و وضعیت خوب پوشش طبیعی مراتع این منطقه کشت و کار در اراضی بکر اثرات منفی در جهت کاهش کیفیت خاک و ماده آلی آن داشته است. در حالی که در منطقه خرگوش که از میزان بارندگی اندک و کیفیت پایین مراتع آن، کشت و کار اثرات سوء ای بر آن نداشته است.

همچنین نتایج نشان داد که زیر کشت بردن اراضی، نیز بسته به شرایط اقلیمی و مدیریتی هر منطقه نیز سبب افزایش یا کاهش قابل توجهی در میزان کربن آلی اجزای شن و سیلت و رس شد. میزان

کمترین مقدار آن در اراضی ۱۵ سال رهاشده و در بخش شن مشاهده شد. در حالی که در منطقه شیدا بیشترین میزان نیتروژن هر سه جزء شن، سیلت و رس در اراضی بکر و کمترین آن در اراضی رهاشده مشاهده گردید. همچنین زیر کشت بردن اراضی بکر در منطقه خرگوش سبب افزایش میزان C/N جزء شن گردید. در حالی که در منطقه شیدا میزان C/N ماده آلی هر سه جزء ذرات اولیه خاک کاهش یافت.

کربن آلی در هر سه جزء نسبت به کل کربن آلی خاک در اثر کشت و کار در منطقه خرگوش تغییرات چندانی نشان نداد. در حالی که کشت و کار در منطقه شیدا سبب کاهش میزان کربن آلی اجزای مختلف ذرات اولیه خاک گردید.

تغییر کاربری اراضی مرتعی به زراعی اثر چندانی بر میزان نیتروژن خاک نداشت. بیشترین میزان نیتروژن در منطقه خرگوش در اراضی کشت شده و اراضی ۴۰ سال رهاشده و در بخش رس و

منابع

- Ahmadi H., Heshmati G.H., Psrkly M., and Nasser H.R. 2009. Comparison of carbon sequestration in desert and meadow forests to manage sandy land in south of salt lake. Thesis of the Ministry of Science and Research and Technology, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan University, p. 75. (In Persian with English abstract)
- Anderson D.W., and Paul E.A. 1984. Organo-mineral complexes and their study by radiocarbon dating. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48: 298-301.
- Bremner J.M., and Mulvaney C.S. 1982. Nitrogen total. Pp: 595-624. In: Page AL. (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part 2, Chemical Analysis.* ASA and SSSA. Madison, WI.
- Bronick C.J., 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.
- Caravaca F., and Roldan A. 2003. Effect of *Eisenia foetida* earthworms on mineralization kinetics, microbial biomass, enzyme activities, respiration and labile C fractions of three soils treated with a composted organic residue. *Biology and Fertility of Soils* 38: 45-51.
- Caravaca F., Masciandro G., and Ceccanti B. 2002. Land use in relation to soil chemical and biochemical properties in a semi-arid Mediterranean environment. *Soil and Tillage Research* 68: 23-30.
- Christensen B.T., and Sørensen L.H. 1985. The distribution of native and labelled carbon between soil particle size fractions isolated from long-term incubation experiments. *Eur. J. Soil Sci.* 36: 219-229.
- Christensen B.T. 1987. Decomposability of organic matter in particle size fractions from field soils with straw incorporation. *Soil Biology and Biochemistry* 19: 429-435.
- Christensen B.T. 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 B.T. 2001. Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. *European Journal of Soil Science* 52: 345-353.
- Gee G.W., and Bauder J.W. 1986. Particle-size analysis. Pp: 383-411. In: Klute A (ed). *Methods of Soil Analysis. Physical and Mineralogical Methods. Part 1*(2nd ed),
- Golchin A., and Malakouti M.J. 1999. Maintenance and mobility of soil organic matter. *Iranian Journal Soil and Water Science* 13(1): 40-53. (In Farsi)
- Gregorich E.G., Kachanoski R.G., and Voroney R.P. 1989. Carbon mineralization in soil size fractions after various amounts of aggregate disruption. *Eur. J. Soil Sci.* 40: 649-659.
- Haile-Mariam S., Collins H.P., Wright S., and Paul E.A. 2008. Fractionation and long-term laboratory incubation to measure soil organic matter dynamics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 72: 370-378.
- 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.
- Jafari S., Golchin A., and Tollabi fard A. 2016. The Effect of Land Use Change on the Properties of Physical Components of Organic Matter, Pressure Clay and Aggregate Stability in Some Lands of Khuzestan Province. *Iran Water and Soil Research, Period* 47, No 3, pp 603-593. (In Persian with English abstract)
- 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.
- 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 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.
- Murage E.W., Voroney P.R., Kay B.D., Deen B., and Beyaert R.P. 2007. Dynamics and turnover of soil organic matter as affected by tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 71: 1363_1370.

- 21- Nadal-Romero E., Cammeraat E., Pérez-Cardiel E., and Lasanta T. 2016. Effects of secondary succession and afforestation practices on soil properties after cropland abandonment in humid Mediterranean mountain areas. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 228: 91-100.
- 22- Nelson D.W., and Sommers L.E. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. Pp: 539-579.
- 23- Novara A., Gristina L., Sala G., Galati A., Crescimanno M., Cerdà A., and LaMantia T. 2017. Agricultural land abandonment in Mediterranean environment provides ecosystem services via soil carbon sequestration. *Science of the Total Environment* 576: 420-429
- 24- Olk D.C., and Gregorich E.G. 2006. Overview of the symposium proceedings, meaningful pools in determining soil carbon. *Soil Science Society of America Journal* 70: 967-974.
- 25- Preston C.N., Newman R.H., and Rother P. 1994. Using ¹³C CPMAS NMR to assess effects of cultivation on the organic matter of particle size fractions in a grassland soil. *Soil Sci.* 157: 26-35.
- 26- Qiu L., Wei X., Zhang X., Cheng J., Gale W., Guo C., and Long T. 2012. Soil organic carbon losses due to land use change in a semiarid grassland. *Plant and Soil* 355(1-2): 299-309.
- 27- Raiesi F. 2007. The conversion of overgrazed pastures to almond orchards and alfalfa cropping systems may favor microbial indicators of soil quality in Central Iran. *Agric Ecosyst Environ* 121: 309–318.
- 28- Raiesi F. 2012. Soil properties and C dynamics in abandoned and cultivated farmlands in a semi-arid ecosystem. *Plant Soil* 351: 161–175
- 29- Salek-Gilani S., Raiesi F., Tahmasebi P., and Ghorbani N. 2013. Soil organic matter in restored rangelands following cessation of rainfed cropping in a mountainous semi-arid landscape. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 96(2-3): 215-232.
- 30- San Román Sanz A., Fernández C., Mouillot F., Ferrat I., Istria D., and Pasqualini V. 2013. Long-term forest dynamics and land use abandonment in the Mediterranean mountains, Coesica France. *Ecol. Soc.* 18(2): 38.
- 31- Schahczenski J., and Hill H. 2009. *Agriculture, Climate Change and Carbon Sequestration*, ATTRA Publications, 16 pp.
- 32- Schuman G.E., Janzen H., and Herrick J.E. 2002. Soil carbon information and potential carbon sequestration by rangelands, *Environmental Pollution*, Vol 116. Pp: 391-396.
- 33- Six J., Guggenberger G., Paustian K., Haumaier L., Elliott E.T., and Zech W. 2001. Sources and composition of soil organic matter fractions between and within soil aggregate. *European Journal of Soil Science* 52(4): 607-618.
- 34- Six J., Paustian K., Elliott E.T., and Combrink C. 2000. Soil structure and organic matter: I. distribution of aggregate-size classes and aggregate-associated carbon. *Soil Science Society of America Journal* 64: 681–689. *Soil Use and Management* 21: 38–52.
- 35- Spohn M., Novák T.J., Incze J., and Giani L. 2016. Dynamics of soil carbon, nitrogen, and phosphorus in calcareous soils after land-use abandonment—A chronosequence study. *Plant and Soil* 401(1-2): 185-196.
- 36- Stemmer M., Gerzabeki M.H., and Kandeler E. 1998. Organic matter and enzyme activity in particlesize fractions of soils obtained after low-energy sonication. *Soil Biology and Biochemistry* 30: 9-17.
- 37- Wagai R., Mayer L.M., and Kitayama K. 2009. Nature of the occluded low density fraction in soil organic matter studies: A critical review. *Soil Science and Plant Nutrition* 55: 13-25.
- 38- Wertebach T.M., Hölzel N., Kämpf I., Yurtaev A., Tupitsin S., Kiehl K., and Kleinebecker T. 2017. Soil carbon sequestration due to post-Soviet cropland abandonment: estimates from a large-scale soil organic carbon field inventory. *Global Change Biology*.
- 39- Zhang Z.D., Yang X.M., Drury C.F., Reynolds W.D., and Zhao L.P. 2010. Mineralization of active soil organic carbon in particle size fractions of a Brookston clay soil under no-tillage and mouldboard plough tillage. *Canadian Journal of Soil Science* 90(4): 551-557.

The Effect of Interaction of Land Abandonment and Climate Conditions on Restoration of Organic Matter in Primary Soil Particles in the Rangeland of Steppe Regions

S. Salari¹- M. Pajouhesh^{2*} - P. Tahmasebi³- F. Nikookhah⁴

Received: 09-09-2018

Accepted: 10-06-2019

Introduction: Although many studies have been done on the effects of agricultural land abandonment, there is very little information about the impact of climate conditions on the restoration of abandoned agricultural lands. Human has changed most of rangelands to agricultural lands causing a decrease in carbon sequestration, depending on land management and tillage operations. One of the methods for rebuilding the land cover is the land abandonment, which results in enhanced organic carbon and decreased CO₂ emission. Understanding the storage and dynamics of soil organic matter, especially in relation to changing land use, is fundamental to evaluate the role of soil as a carbon source or sink. After land use change from rangeland to cropland, agricultural practices decrease the C stored in soils and cause a net release of C into the atmosphere, which has strongly influenced the atmospheric CO₂ levels and global C balance over the last centuries. For this purpose, this study aimed to assess the effect of interaction between agricultural land abandonment and climatic conditions on organic material reserves of primary soil particles.

Materials and Methods: The study area was located in semi-steppe rangelands of Sheida and Khargosh in about 60 km northwest of Shahrekord city, Chaharmahal-va-Bakhtiari province, central Iran. In this study, four treatments including rangeland, agricultural and cultivated land abandoned in the time series of 10-15 and 15-40 Year were selected. The sample plots were placed in the distance of transects, and the soil samples were collected from 0-30 cm depths with different rainfall conditions from two above-mentioned regions in three replications. For each region, the soil samples were transferred to the laboratory and then analyzed. The selected locations had same soil shape, topography, parent material, and slope. The soil samples of three plots were then combined and 24 samples were prepared. The distribution of carbon and nitrogen concentrations was determined at different soil particle components.

Results and Discussion: The results showed that the rangeland change to cultivated land did not have a significant effect on the amount of organic carbon, total nitrogen, and total carbon to total nitrogen ratio. However, the values of these indicators decreased significantly in the Sheida region. Under all land management, the amount of carbon and nitrogen of soil particles increased with decreasing the particle size from sand to clay. Hence, the abandoned agricultural land and rangelands did not significantly affect the amount of carbon and nitrogen concentration in sand, silt and clay particles. The amount of carbon, however, increased with the abandonment time and non-agronomic activity of carbon in sand and silt particles, although the carbon content of clay particle was not influenced. Agricultural practices may negatively or positively impact natural ecosystem depending on climatic condition and soil quality in unchanged lands. However, despite suitable climatic conditions (in terms of precipitation) and land cover in the rangelands over Sheida, the cultivation adversely influenced the soil quality and organic matter of the unchanged land. Although, the precipitation and soil quality were relatively lower in Khargosh region, the agricultural activities seem not to negatively affect the land quality. Moreover, rangelands change to cultivated lands did not have a significant effect on the amount of soil nitrogen in this region. The greatest nitrogen amount was measured in clay fractions of cultivated and abandoned

1- Former M.Sc. Student, Department of Desert Management, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University

2 and 3- Assistant Professor and Associate Professor of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University

(*- Corresponding Author Email: drpajooohesh@gmail.com)

4- Assistant Professor of Fisheries, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University

lands for 40 years, and the minimum nitrogen content was detected in sand particles of lands abandoned for 15 years. The highest and lowest amount of nitrogen over all three fractions was, respectively, found for unchanged and abandoned lands in Sheida region. Therefore, the cultivated land depending on climate condition and management may considerably increase or decrease the organic carbon content in sand, silt and clay particles.

Conclusion: The results indicated that the agricultural land abandonment may differently affect the rangelands restoration measures such as the vegetation reclamation and soil carbon sequestration depending on climatic condition.

Keywords: Agriculture land abandonment, Organic carbon and total nitrogen, Soil particle