نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیستم، شماره چهارم، ۱۳۹۲
http://jwsc.gau.ac.ir

تأثیر مدیریت اراضی بر تغییرات کربن آلی خاک، توزیع اندازه ذرات و پایداری خاک‌دانه‌ها در طول چند توپوسکوئنس، در مناطق نیمه‌خشک خراسان شمالی

*صبا باقری‌فام[۱]، علیرضا کریمی[۲]، امیر لکزیان[۳] و اسماعیل ایزانلو[۴]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد، [۲]استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد، [۳]استاد گروه علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد، [۴]کارشناس‌ارشد پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان شمالی

تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۲۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۷/۱۱

چکیده

بخش عمده مساحت ایران دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک بوده و خاک به‌طور ذاتی مستعد فرسایش و تخریب‌پذیری است. شناخت تأثیر مدیریت اراضی و ویژگی‌های توپوگرافی بر شاخص‌های مهم کیفیت خاک، مانند مقدار کربن آلی خاک و پایداری خاک‌دانه‌ها، لازمه استفاده پایدار از این اراضی می‌باشد. در این راستا، از اراضی تپه‌ماهوری منطقه سیساب شهرستان بجنورد، ٤ ناحیه با مدیریت‌های مرتع قرق، مرتع چرای متوسط، مرتع چرای شدید و اراضی کشاورزی انتخاب و در هر منطقه، از جهت‌های شمالی و جنوبی شیب و در هر جهت از موقعیت‌های قله، شیب‌پشتی و پنجه‌شیب، از عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری خاک، نمونه‌برداری شد. به‌طورکلی میزان شن در شیب‌های جنوبی و میزان سیلت، کربن آلی خاک و میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها (MWD) در شیب‌های شمالی بیش‌تر بودند. بیش‌ترین مقدار کربن آلی و MWD در پنجه‌شیب‌های شمالی و کم‌ترین مقدار آن‌ها در شیب‌پشتی جنوبی بوده است. میزان شن در مرتع چرای شدید و متوسط نسبت به مرتع قرق، به‌ترتیب ٤١ و ٣٩ درصد افزایش و میزان رس حدود ٦ درصد کاهش یافته است. کاهش میزان کربن ورودی به اکوسیستم در نتیجه برداشت محصول و چرای دام، همچنین، به‌هم خوردن خاک و تسریع اکسیداسیون ماده آلی، موجب کاهش معنی‌دار مقدار کربن آلی خاک از ۹/٦ گرم بر کیلوگرم در مرتع قرق به ٦/٤، ۸/۲ و ۹/۱ گرم بر کیلوگرم به‌ترتیب در اراضی کشاورزی، مرتع چرای شدید و متوسط شده است. MWD نیز به‌میزان ۵۵ درصد در اراضی کشاورزی، ۳۵ درصد در مرتع چرای شدید و ۱۷ درصد در مرتع چرای متوسط نسبت به مرتع

* مسئول مکاتبه: bagherifam_s@yahoo.com

قرق به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است. بر خلاف وجود رابطه قوی میان کربن آلی خاک و MWD در همه مناطق مورد بررسی (R^2=۰/۸۱)، در شیب‌های شمالی پایداری خاک‌دانه‌ها بیش‌تر متأثر از کربن آلی و در شیب‌های جنوبی نقش کربنات کلسیم پررنگ‌تر است.

واژه‌های کلیدی: قرق، جهت شیب، موقعیت شیب، ماده آلی خاک، میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها

مقدمه

افزایش بی‌رویه غلظت CO_2 در جو و به‌دنبال آن گرمایش زیست‌کره و تغییر اقلیم، مهم‌ترین بحران زیست‌محیطی قرن جاری تلقی می‌شود. این افزایش به‌طور عمده ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی (۷۵ درصد) و تغییر کاربری اراضی (۲۵ درصد) می‌باشد (کارگروه بین‌المللی تغییر اقلیم[1]، ۲۰۰۷). پس از پیمان کیوتو (۱۹۹۷) توجه به قابلیت خاک در حفظ و ترسیب کربن، برای کمک به کاهش هدررفت آن، افزایش یافته است. چرا که پس از اقیانوس‌ها، خاک بزرگ‌ترین منبع ذخیره کربن است (کالبیتز، ۲۰۰۵). مقدار کربن موجود در عمق ۱ متری خاک بیش از ۱۵۰۰ پتا گرم (Pg) بوده و تا عمق ۲ متری به حدود ۲۵۰۰ پتا گرم می‌رسد؛ که این میزان تقریباً ۳ برابر مقدار کربن موجود در گیاهان (٦٥٠ Pg) و بیش از ۲ برابر مقدار آن در اتمسفر (۷۵۰ Pg) است (لمان و جوزف، ۲۰۰۹). اهمیت حفظ کربن در خاک، تنها جلوگیری از گرمایش زیست‌کره نمی‌باشد بلکه به واسطه نقش حیاتی کربن در کیفیت خاک و تأثیر چشم‌گیر آن بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، باید تدابیری برای کاهش هدررفت آن اندیشید. از این‌رو، شناخت عوامل تأثیرگذار بر کربن آلی خاک و درک چگونگی این فرایند ضروری به‌نظر می‌رسد.

اقلیم و توپوگرافی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر خصوصیات خاک به‌شمار می‌روند. ویژگی‌های توپوگرافی مانند طول، انحنا، جهت و موقعیت شیب، با ایجاد تغییراتی در الگوی بارش و دما، میکرواقلیم را به‌وجود آورده و بر بسیاری از ویژگی‌های خاک اثر می‌گذارند. در این بین، جهت شیب مشخص‌کننده مقدار انرژی خورشیدی دریافتی خاک بوده و به‌دنبال آن دما و مقدار آب قابل دسترس خاک را تعیین می‌کند (ساریلدیز، ۲۰۰۵). بررسی‌های اگلی و همکاران (۲۰۰۹) در ارتفاعات شمال ایتالیا نشان داد که در شیب‌های شمالی، خاک دمای پایین‌تر و رطوبت بیش‌تری داشته بنابراین، تولید ماده آلی، بیش‌تر و تجزیه آن کندتر از شیب‌های جنوبی صورت می‌گیرد؛ در نتیجه، مقدار ماده آلی در

1- (IPCC) Intergovernmental Panel on Climate Change

شیب‌های شمالی بیش‌تر می‌باشد. موقعیت شیب، دیگر ویژگی توپوگرافی است که با تأثیر بر تولید رواناب، زه‌کشی، دما و رطوبت خاک، تشکیل و تکامل پروفیلی خاک، میزان هوادیدگی و فرسایش، بسیاری از ویژگی‌های خاک مانند توزیع اندازه ذرات خاک و مقدار کربن آلی و معدنی خاک را کنترل می‌کند (خرمالی و همکاران، ۲۰۰۹؛ مکنب، ۱۹۹۳).

مدیریت اراضی به‌عنوان مهم‌ترین عامل انسانی مؤثر بر تغییرات کربن آلی خاک و پایداری خاک‌دانه‌ها شناخته می‌شود. پژوهش‌های مختلف نشان داده‌اند که در نتیجه کشت و کار و شخم در خاک‌های بکر، ۵۵–۱۰ درصد کربن آلی خاک از دست می‌رود (براون و لوگو، ۱۹۹۰). البته این میزان بسته به نوع اقلیم و بافت خاک متفاوت می‌باشد (بالزدنت و همکاران، ۲۰۰۰). پژوهشگران در خاک‌های مناطق نیمه‌خشک، هدررفت کربن پس از گذشت ۵–۳ سال را بین ٥٦–۳۵ درصد عنوان نموده‌اند (زچ و همکاران، ۲۰۰٦). کشت و کار گذشته از تأثیر منفی بر مقدار کربن آلی خاک، توزیع اندازه و پایداری خاک‌دانه‌ها را نیز کاهش می‌دهد (بالزدنت و همکاران، ۲۰۰۰). چلیک (۲۰۰۵) نشان داد که، کشت و کار موجب کاهش ٦٤ و ٦۲ درصدی میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها، به‌ترتیب در عمق ۱۰–۰ و ۲۰–۱۰ سانتی‌متری خاک‌های مرتعی ترکیه شده است. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که ماده آلی همبستگی مثبتی با ساختمان خاک دارد (تیسدل و ادز، ۱۹۸۲)؛ اگرچه که این رابطه دوطرفه می‌باشد، از یک‌سو با تشکیل ساختمان خاک، کربن آلی درون خاک‌دانه‌ها محبوس شده و به‌طور فیزیکی از دسترس ریزجانداران و اکسیژن هوا محافظت شده، در نتیجه تجزیه بیولوژیکی و اکسیداسیون کربن آلی کاهش می‌یابد (کندی و پاپندیکت، ۱۹۹۵) از سوی دیگر، به‌واسطه پیوستگی میان کربن آلی و ذرات خاک، پایداری خاک‌دانه‌ها افزایش می‌یابد (سیکس و همکاران، ۲۰۰٤).

اقلیم و نوع مدیریت اراضی از خارج از سیستم خاک و ویژگی‌های پویا و ذاتی خود خاک مانند نوع و میزان ماده آلی، درصد رس، شن، سیلت و مقدار کربنات کلسیم، هر یک به‌گونه‌ای در پایداری خاک‌دانه‌ها نقش دارند. پیچیدگی روابط متقابل و گاهی اثرات متناقض این عوامل بر پایداری خاک‌دانه‌ها، نتیجه‌گیری در مورد چگونگی برآیند آن‌ها را مشکل می‌سازد. تاجیک (۲۰۰٤) با بررسی پایداری خاک‌دانه‌ها، در برخی از مناطق مختلف ایران عنوان کرد که در مجموع مناطق، میزان مواد آلی عمده‌ترین تأثیر را بر پایداری خاک‌دانه‌ها داشته، در حالی‌که در منطقه گلستان میزان رس و در آذربایجان‌غربی میزان شن بیش‌ترین تأثیر را داشته‌اند. در میان اجزاء بافت خاک، بخش رس همبستگی قوی با میزان ماده آلی خاک دارد. مطالعات نشان داده بیش از ۹۰ درصد کل کربن آلی خاک‌ها

به‌صورت کمپلکس‌های مواد آلی و رس وجود داشته (کراو و همکاران، ۲۰۰۷) و جذب در سطح کانی‌های رسی، اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن و آلومینیوم مؤثرترین فرایند در حفظ مواد آلی از تجزیه میکروبی است (میکوتا و همکاران، ۲۰۰٦).

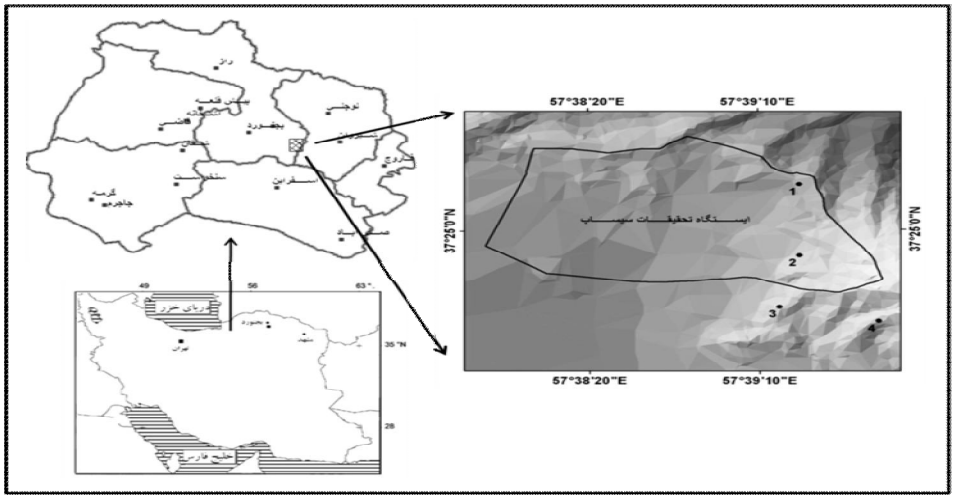
بیش‌تر مطالعات انجام شده درباره تغییرات کربن آلی خاک در مناطق مرطوب و نیمه‌مرطوب جهان بوده است (آراندا وآیونارت، ۲۰۰۵) و به‌طور قابل‌ملاحظه، اطلاعات کمی در رابطه با میزان و چگونگی ذخیره کربن در اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک وجود دارد (بونینو، ۲۰۰٦). اگرچه مناطق خشک به‌واسطه پوشش گیاهی ضعیف‌تر، میزان کربن آلی پایین‌تری نسبت به اکوسیستم‌های معتدل و مرطوب حاره دارند، اما بیش از ۳۰ درصد مساحت خشکی‌های جهان را شامل شده و برآوردها بیانگر آن است که بین ۲۰-۱۰ درصد کربن زیست کره (آلی و غیرآلی) در این مناطق ذخیره شده است (راسموسن و همکاران، ۲۰۰٦). بنابراین، بررسی مقدار کربن آلی خاک و عوامل مؤثر بر آن در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک، لازمه مدیریت مناسب کربن آلی خاک در مقیاس جهانی است. این موضوع در ایران اهمیت ویژه‌ای می‌یابد چرا که بیش از ۸۲ درصد مساحت کشور در زمره مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان طبقه‌بندی می‌شود (خوشبخت، ۲۰۱۱). نظر به سرعت گرفتن روند تخریبی مراتع مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور در چند دهه اخیر، شناخت عوامل ذاتی و مدیریتی مؤثر بر تخریب خاک و شدت اثرگذاری هر یک، ضروری به‌نظر می‌رسد. به همین منظور، بخشی از مراتع شهرستان بجنورد، واقع در شمال‌شرق ایران، به‌عنوان الگویی از مناطق نیمه‌خشک کشور انتخاب شده و با هدف بررسی تأثیر ویژگی‌های توپوگرافی و مدیریت اراضی بر تغییرات اجزای بافت خاک، کربن آلی خاک و توزیع اندازه خاک‌دانه‌ها و تعیین روابط متقابل بین پارامترهای ذکر شده مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه، شامل ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیساب و اراضی مجاورآن بوده، که در ۳۵ کیلومتری شرق شهرستان بجنورد در استان خراسان شمالی، به مرکزیت ۳۷ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و ۵۷ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی واقع شده است (شکل ۱). میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱٤۰۰ متر و و براساس اطلاعات ایستگاه کلیماتولوژی سیساب، میانگین بارندگی و دمای سالانه آن

به‌ترتیب ۲۵۰ میلی‌متر و ۱۲/۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و اقلیم منطقه براساس روش طبقه‌بندی دومارتن، نیمه‌خشک در مرز خشک تعیین شده است. ماده مادری اراضی محدوده مطالعاتی از نوع آهک اوربیتولین‌دار سازند سرچشمه، مربوط به دوره کرتاسه است (سازمان زمین‌شناسی کشور، ۲۰۰٤).

آبان‌ماه سال ۱۳۸۹، ٤ منطقه با مدیریت‌های ۱- کشت دیم، ۲- مرتع قرق، ۳- مرتع چرای متوسط و ٤- مرتع چرای شدید (شکل ۱) انتخاب و در هر منطقه، از شیب‌های شمالی و جنوبی و در هر جهت شیب از موقعیت‌های مختلف آن شامل قله، شیب پشتی و پنجه شیب نمونه‌برداری صورت گرفت. مناطق نمونه‌برداری به‌نحوی انتخاب شدند که از نظر عوامل ایجاد تغییر در خاک‌ها مانند مواد مادری و درجه شیب یکسان باشند و فقط از نظر جهت شیب و مدیریت متفاوت باشند. منطقه اول بخشی از زمین‌های زیر کشت گندم دیم ایستگاه تحقیقاتی سیساب می‌باشد. منطقه دوم، مرتع قرق شده این ایستگاه می‌باشد که از سال ۱۳٦۵ محصور شده است. منطقه سوم، مرتع واقع در کنار ایستگاه که به‌دلیل مجاورت با زمین‌های کشاورزی اطراف، تا حدودی از چرای دام مصون مانده و به‌عنوان مرتع چرای متوسط طبقه‌بندی می‌شود. منطقه چهارم، مرتع تحت چرای شدید از اراضی نزدیک ایستگاه می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی و مناطق نمونه‌برداری ۱- کشت دیم، ۲- مرتع قرق، ۳- مرتع چرای متوسط و ٤- مرتع چرای شدید.

نمونه‌برداری به‌صورت ترکیبی و از عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری خاک، در موقعیت‌های مختلف شیب و مدیریت‌های گفته شده، در ۳ تکرار انجام شد. نمونه‌های خاک پس از هوا خشک شدن، برای اندازه‌گیری بافت خاک از الک ۲ عبور داده شده و برای اندازه‌گیری کربنات کلسیم و کربن آلی خاک نمونه‌های آسیاب شده و عبوری از الک ۰/۵ میلی‌متر، مورد استفاده قرار گرفتند. بافت خاک به روش پیپت، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی و کربن آلی به روش اکسیداسیون تر اندازه‌گیری شدند (متخصصان وزارت کشاورزی ایالات متحده آمریکا، ۱۹۹٦).

برای تعیین میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها (MWD) از روش غربال کردن در آب[1] (یوکر و مک‌گوئینز، ۱۹۵۷) استفاده شد. ۳۰ گرم از خاک‌دانه‌های با قطر ۸-۵ میلی‌متر، از نمونه‌های خاک دست‌نخورده انتخاب و توزین شد. سپس برای خروج هوای محبوس درون خاک‌دانه‌ها و جلوگیری از متلاشی شدن آن‌ها به محض ورود در آب، نمونه‌ها اشباع شده و با استفاده از سری الک‌های ۰/۲۵، ۰/۵، ۱، ۲ و ٤/۷۵ میلی‌متری مورد آزمایش قرار گرفتند. مجموعه سری الک‌ها در نوسان عمودی ۲/۵ سانتی‌متری و با سرعت ۳۵ دور در دقیقه به‌مدت ۱ دقیقه در آب مقطر حرکت داده شدند. مقدار خاک‌دانه‌های باقی‌مانده بر روی هر الک بعد از خشک شدن در آون (با حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٢٤ ساعت) توزین گردید، سپس تصحیح شن انجام شد و در نهایت براساس مقادیر به‌دست آمده میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها از رابطه زیر محاسبه شد:

$$MWD = \sum_{i=1}^{n} X_i W_i$$

که در آن، X_i: میانگین قطر خاک‌دانه‌های باقی‌مانده بر روی هر الک و W_i: نسبت وزن این خاک‌دانه‌ها به وزن کل نمونه و n: بیانگر تعداد الک‌ها می‌باشند. محاسبه‌های آماری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با آرایش کرت‌های یک‌بار خرد شده (اسپلیت پلات) به اجرا درآمد. نتایج تجزیه واریانس و مقایسه‌های میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری GenStat12 محاسبه گردید و مقایسه‌های میانگین به کمک آزمون چنددامنه‌ای دانکن گروه‌بندی شدند.

1- Wet Sieving

نتایج و بحث

نتایج به‌دست آمده از مقایسه توزیع اندازه ذرات خاک در مدیریت‌های مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است. بافت خاک در همه موقعیت‌ها و جهت شیب‌های مورد مطالعه، لوم سیلتی بود. اگرچه این امر بدیهی است که بیان توزیع اندازه ذرات در غالب کلاس‌های بافتی خاک که گستره وسیعی از ترکیب‌های ممکن گروه‌های سه‌گانه ذرات (شن، سیلت و رس) را دربرمی‌گیرد، اطلاعات ناچیزی درباره چگونگی توزیع آن‌ها ارایه می‌دهد، بنابراین تغییرات اندازه هر جزء بافت جداگانه مورد بررسی قرار گرفتند. به‌طورکلی، سیلت جزء غالب بافت خاک‌های منطقه مورد مطالعه بوده است، ولی در مرتع قرق، بخش رس و در مراتع تحت چرا، بخش شن سهم بیش‌تری داشتند. میزان رس در مراتع تحت چرا نسبت به مرتع قرق حدود ٦ درصد کاهش داشته است. از سوی دیگر میزان شن در مراتع تحت چرای شدید و متوسط نسبت به مرتع قرق، به‌ترتیب ٤١ و ٣٩ درصد افزایش یافته است. حاج‌عباسی و همکاران (٢٠٠٢) نیز مشاهده کردند که میزان رس از ٤٤ درصد در مرتع دست‌نخورده به ٣٩ درصد در مرتع تخریب شده کاهش یافته است. پوشش گیاهی قوی‌تر در منطقه قرق موجب حفظ بیش‌تر ماده آلی و رطوبت، افزایش پایداری ساختمان و کاهش فرسایش خاک نسبت به مراتع مجاور شده است. در حالی‌که در مراتع تحت چرا، فعالیت دام موجب خرد شدن خاک‌دانه‌ها، تهویه بیش‌تر خاک و تسریع اکسیداسیون مواد آلی شده؛ در نتیجه، خاک در مقابل فرسایش آسیب‌پذیرتر شده است. در اراضی کشاورزی، اگرچه کشت و کار موجب کاهش کربن آلی خاک در کوتاه‌مدت گشته ولی برای تأثیر فرسایش و تغییر در توزیع اندازه ذرات، زمان بیش‌تری لازم است. همچنین، عملیات خاک‌ورزی موجب مخلوط شدن خاک سطحی با خاک زیرین (که معمولاً شن کم‌تری دارد) شده است. گیسن و همکاران (٢٠٠٩) نیز میزان رس کم‌تر و شن بیش‌تری را در مراتع دایمی نسبت به مناطق تحت کشت و کار فصلی گزارش کردند.

جدول ۱- مقایسه میانگین‌های مقادیر اجزای بافت در مدیریت‌های مختلف.

مدیریت اراضی	شن (گرم بر کیلوگرم)	سیلت (گرم بر کیلوگرم)	رس (گرم بر کیلوگرم)
مرتع قرق	٤٦/٥^{b}	٧٤٤/١^{b}	٢٠٩/٤^{a}
مرتع چرای متوسط	٧٧/٤^{a}	٧٢٨/١^{c}	١٩٤/٥^{d}
مرتع چرای شدید	٨٠/١^{a}	٧٢١/٨^{d}	١٩٨/١^{c}
کشت دیم	٩/٣^{c}	٧٨٤/١^{a}	٢٠٦/٦^{b}

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ٥ درصد می‌باشد.

نتایج مقایسه‌های میانگین مقادیر اجزاء بافت خاک و کربنات کلسیم در موقعیت‌ها و جهت‌های مختلف شیب در مجموع مناطق، در جدول ۲ آورده شده است. معمولاً در طول یک شیب (Hillslope)، ترکیب اجزای بافت وابستگی زیادی به موقعیت شیب دارد (مکنب، ۱۹۹۳). از میان اجزاء یک شیب موقعیت‌هایی با انحنای پروفیلی محدب، انرژی خورشیدی بیش‌تری دریافت کرده، رطوبت کم‌تری داشته و بیش‌تر در معرض فرسایش قرار می‌گیرند؛ در مقابل موقعیت‌هایی با انحنای پروفیلی مقعر رطوبت بیش‌تری داشته، محل تجمع مواد آلی بوده و فرسایش‌پذیری کم‌تری دارند. سایر نقاط ویژگی‌های حدواسط این دو نقطه را دارند (مکنب، ۱۹۹۳). به‌طورکلی جزء رس در پنجه شیب‌ها و قسمت هموار شیب (قله) بیش‌ترین و در شیب‌های پشتی کم‌ترین مقدار را داشت. بر خلاف جزء شن، که مقدار آن در شیب‌های پشتی و قله بیش از پنجه شیب‌ها بود. انتقال رس از موقعیت‌های بالاتر شیب به‌سمت پایین در نتیجه فرسایش و حمل ذرات ریزتر و به‌جا ماندن ذرات درشت در موقعیت‌های بالاتر شیب می‌تواند عامل اصلی این تفاوت باشد (رضایی و گیلکس، ۲۰۰۵). به همین ترتیب، فرسایش‌پذیرتر بودن شیب‌های پشتی نسبت به دیگر موقعیت‌های شیب، دلیل کم‌تر بودن میزان رس و افزایش میزان شن در این موقعیت است. ازتس و همکاران (۲۰۰۳) نیز نتایج مشابهی ارایه کردند.

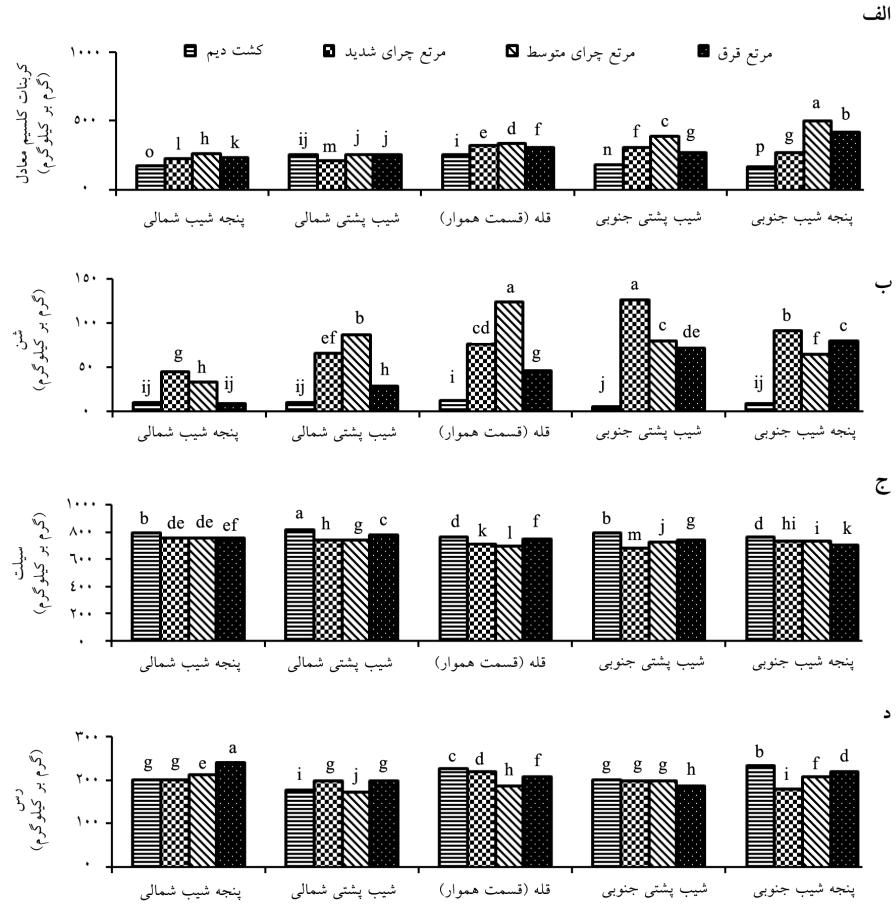
به‌واسطه نوع ماده مادری منطقه مورد مطالعه، کربنات کلسیم در این خاک‌ها میزان بالایی داشته و میانگین آن از ۳٤۹/٤ گرم بر کیلوگرم در مرتع چرای متوسط تا ۲۰۸/۱ گرم بر کیلوگرم در اراضی کشاورزی متغیر است. بررسی‌ها مشخص کرد که در همه مدیریت‌ها (به‌جز شیب پشتی جنوبی مرتع چرای متوسط) میزان کربنات کلسیم در شیب‌های پشتی کم‌تر از قله شیب است. به‌نظر می‌رسد در این موقعیت شیب، رواناب موجب انتقال کربنات کلسیم از خاک سطحی به‌سمت پایین‌دست شیب شده، ولی بارندگی اندک منطقه و رطوبت کم در پنجه شیب جنوبی و قله برای آب‌شویی آن به افق‌های پایین‌تر کافی نبوده، در نتیجه کربنات کلسیم معادل در خاک سطحی تجمع‌یافته است. در پنجه شیب شمالی، که از رطوبت بهتری نسبت به سایر نقاط برخوردار است، کربنات کلسیم معادل مقدار کم‌تری داشته است. ازتس و همکاران (۲۰۰۳)، نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. در مناطقی با رژیم رطوبتی اریدیک، کاهش بارندگی و کم بودن ماده آلی (که تامین‌کننده CO_2 برای انحلال کربنات کلسیم است)، می‌تواند عامل تجمع آن در افق سطحی باشد (زراعت‌پیشه و خرمالی، ۲۰۱۱).

در بخش قبلی تأثیر مدیریت و موقعیت شیب، بر توزیع اندازه ذرات خاک و کربنات کلسیم به‌صورت جداگانه بحث شد برای تحلیل دقیق‌تر، نتایج به‌دست آمده از مقایسه‌های میانگین مقدار کربنات کلسیم و مقادیر اجزای بافت در جهت‌ها و موقعیت‌های مختلف شیب در مدیریت‌های متفاوت در شکل ۲- الف تا ۲- د نشان داده شده است. به‌طورکلی، میانگین مقدار کربنات کلسیم معادل در شیب‌های جنوبی بیش‌تر است، به‌نظر می‌رسد وجود رطوبت بیش‌تر در شیب‌های شمالی سبب آب‌شویی کربنات کلسیم معادل از خاک سطحی به افق‌های زیرین شده است بنابراین میزان آن در خاک سطحی شیب شمالی نسبت به شیب جنوبی کاهش یافته است. بررسی مقادیر اجزای بافت نشان داد که میانگین مقدار شن در شیب‌های جنوبی و میانگین مقدار سیلت در شیب‌های شمالی بیش‌تر می‌باشد. با این وجود، میانگین مقدار رس در دو جهت شیب تفاوت معنی‌داری نداشته است. در شیب‌های شمالی، دریافت میزان کم‌تری از انرژی خورشیدی و تبخیر و تعرق کم‌تر، پوشش ضخیم‌تر و بلندمدت‌تر برف، رطوبت و پوشش گیاهی و میزان ماده آلی بیش‌تر و در نتیجه افزایش فعالیت ریزجانداران، موجب تشدید فرایندهای پدوژنیک در این جهت شیب در مقایسه با شیب‌های جنوبی می‌شود (اگلی و همکاران، ۲۰۰۶).

جدول ۲- میانگین مقادیر اجزای بافت و کربنات کلسیم معادل خاک در جهت و موقعیت‌های مختلف شیب در مجموع مناطق.

موقعیت شیب	شن (گرم بر کیلوگرم)	سیلت (گرم بر کیلوگرم)	رس (گرم بر کیلوگرم)	کربنات کلسیم معادل (گرم بر کیلوگرم)
پنجه شیب شمالی	۲۳/۹^{e}	۷٦٤/۰^{b}	۲۱۲/۱^{a}	۲۲٦/۵^{e}
شیب پشتی شمالی	٤۷/٤^{d}	۷٦۷/۲^{a}	۱۸۵/٤^{d}	۲۲٤/٤^{d}
قسمت هموار (قله)	٦٤/۱^{b}	۷۲٦/۷^{e}	۲۰۹/۲^{b}	۳۰٦/۱^{b}
شیب پشتی جنوبی	۷۰/۵^{a}	۷۳٤/۳^{c}	۱۹۵/۲^{c}	۲۸۸/۳^{c}
پنجه شیب جنوبی	٦۰/۲^{c}	۷۳۰/۸^{d}	۲۰۹/۰^{b}	۳۳۹/۲^{a}

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.



شکل ۲- میانگین مقدار الف) کربنات کلسیم معادل، ب) شن، ج) سیلت و د) رس در جهت‌ها و موقعیت‌های شیب مدیریت‌های متفاوت.
حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

تأثیر مدیریت اراضی بر مقدار کربن آلی خاک در شکل (۳- الف) نشان داده شده است. نتایج به‌دست آمده گویای کاهش مقدار کربن آلی خاک در مراتع تحت چرا و اراضی کشاورزی نسبت به مرتع قرق می‌باشد. به‌طورکلی، در یک اکوسیستم، میزان ترسیب کربن به‌دست آمده برایند موازنه میزان کربن ورودی و کربن خروجی است. میزان کربن ورودی و خروجی، از دو عامل مدیریت اراضی و چگونگی فرایند زیستی ریزجانداران در تولید ماده آلی و تجزیه آن در خاک، تأثیر می‌پذیرد. فرایند

زیستی نیز، خود به‌وسیله عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی هم‌چون اقلیم، جمعیت و تنوع میکروبی خاک، رطوبت خاک، فراهمی عناصر غذایی، پوشش گیاهی و فرسایش‌پذیری خاک کنترل می‌شود (اینگرام و همکاران، ۲۰۰۸). در بین مناطق مورد مطالعه، مرتع قرق به‌واسطه پوشش گیاهی مطلوب، توان حفظ رطوبت خاک و پویایی اکوسیستم، بیش‌ترین میزان کربن آلی ورودی به خاک را داشته است. از سوی دیگر، به‌دلیل وجود ساختمان مناسب خاک و مصون ماندن پوشش گیاهی از چرای دام، قابلیت فرسایش‌پذیری کم‌تری نسبت به سایر مناطق داشته و در نتیجه نسبت کربن ورودی به کربن خروجی افزایش یافته است، چنان‌چه میزان آن به ۹/٦ گرم بر کیلوگرم رسیده است. البته در اکوسیستم‌های مرتعی، بیش از ۹۰ درصد کربن موجود در سیستم، درون خاک ذخیره می‌شود (شوامن و همکاران، ۲۰۰۲). به‌طورکلی، میزان کربن آلی خاک در مراتع مختلف (حتی مناطق خشک) از کم‌تر از ۱۰ تا بیش از ۱۰۰ گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (جانزن، ۲۰۰۱). در این میان، اثر مدیریت قرق در مراتع، بر نحوه توزیع کربن ومیزان آن کاملاً شناخته شده نیست، اما مطالعات متعددی تجمع مواد آلی و افزایش کربن آلی خاک را در نواحی زیر قرق نشان داده‌اند. این تفاوت در میزان اثربخشی مدیریت قرق، به عواملی هم‌چون اقلیم، ویژگی‌های خاک و نوع پوشش گیاهی بستگی دارد (شوامن و همکاران، ۲۰۰۲). شکل‌آبادی و همکاران (۲۰۰۷) با انجام مطالعه‌ای در ناحیه زاگرس مرکزی، عنوان کردند که قرق در اقلیم‌های مساعد، تفاوت معنی‌داری را در میزان کربن آلی خاک ایجاد می‌کند، اما در اقلیم‌های نامناسب با تولید کم توده زنده گیاهی تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای مشاهده نکردند.

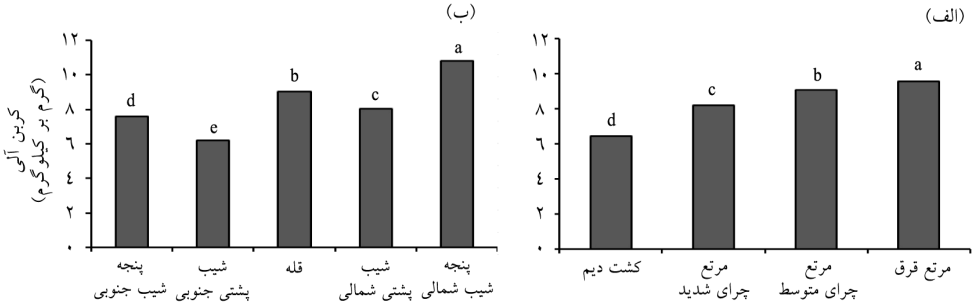
مقدار متوسط کربن آلی در اراضی کشاورزی منطقه مورد مطالعه ٦/٤ گرم بر کیلوگرم می‌باشد (شکل ۳- الف)، که بیانگر کاهش ۳۳ درصدی مقدار کربن آلی خاک نسبت به مرتع قرق می‌باشد. سو و همکاران (۲۰۰٤) نیز در بررسی تأثیر نوع مدیریت بر مراتع نیمه‌خشک شمال چین عنوان کردند که با تبدیل مراتع بکر به اراضی کشاورزی، میزان کربن آلی خاک ۳۸ درصد کاهش یافته است. در اراضی کشاورزی برداشت محصول موجب کاهش ورود بقایای گیاهی تازه به خاک و به‌دنبال آن کاهش ذخایر غذایی مورد استفاده ریزجانداران خاک شده، بنابراین در درازمدت فعالیت و جمعیت زی‌توده خاک کاهش یافته، پویایی اکوسیستم کم شده است. همچنین، عملیات شخم و خاک‌ورزی موجب تهویه بهتر خاک‌ها و شکسته شدن خاک‌دانه‌های بزرگ گشته و فرایند اکسیداسیون کربن آلی تسریع شده است. در نتیجه میزان کربن ورودی کم‌تر از میزان کربن خروجی بوده است. به همین ترتیب مقدار کربن آلی خاک اراضی کشاورزی در مقایسه با مرتع چرای متوسط و شدید نیز به‌ترتیب ۲۹ و

۲۱ درصد کاهش یافته است اگرچه به زیر کشت بردن مراتع فقیری از این دست همواره منجر به کاهش میزان کربن آلی خاک نمی‌گردد. چنان‌چه رئیسی (۲۰۰٦) با بررسی کیفیت خاک، تحت اثر تبدیل مراتع چرای شدید به باغ‌های بادام و سپس مزارع شبدر در اقلیم نیمه‌خشک سامان شهرکرد، نشان داد که با به زیر کشت بردن این مراتع ظرف چندین سال، مقدار کربن آلی خاک از ۷/۱ گرم بر کیلوگرم در مراتع دایمی به ۱۰/٤ گرم بر کیلوگرم در مزارع شبدر افزایش یافته است. بهبود کیفیت خاک، افزایش فعالیت میکروبی و نوع پوشش گیاهی عمده دلایل این مسأله عنوان شدند.

به‌دلیل برداشت بخش عمده پوشش گیاهی توسط دام در مرتع چرای متوسط و به‌دنبال آن کاهش بازگشت بقایای گیاهی به خاک، کربن ورودی به اکوسیستم، کم‌تر از کربن خروجی می‌شود. ضمن آن‌که ورود مکرر دام به منطقه، موجب فشردگی خاک در نتیجه فشار ناشی از وزن دام گشته و کیفیت فیزیکی خاک در درازمدت کاهش یافته و فرسایش‌پذیری آن افزایش می‌یابد. برآیند موارد گفته شده، کاهش کربن آلی خاک به‌میزان ۵ درصد نسبت به مرتع قرق را به‌دنبال داشته است. در مرتع چرای شدید نیز روند تغییرات به همین ترتیب می‌باشد. استفاده بی‌رویه از این مرتع سبب شده میزان کربن آلی خاک نسبت به مرتع قرق ١٤ درصد کاهش یابد. لی و همکاران (۲۰۰۷) نیز در شرایط اقلیمی مشابه، کاهش ۱۹ درصدی میزان کربن آلی خاک در مرتع چرای شدید، نسبت به مرتع قرق را گزارش کردند. در مناطق خشک و نیمه‌خشک این میزان کاهش کربن آلی خاک، پیامدهای چشم‌گیری بر ویژگی‌های خاک به‌دنبال دارد. نتایج مطالعات نولمایر و همکاران (۲۰۰۸)، سو وهمکاران (۲۰۰٤)، که در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک صورت گرفته، با این نتایج مشابهت دارد.

تأثیر موقعیت و جهت شیب در مجموع مناطق بر میزان کربن آلی خاک در شکل (۳- ب) نشان داده شده است. علت تفاوت آشکار میزان کربن آلی خاک در قسمت‌های مختلف شیب، به‌طور عمده به تفاوت در سرعت فرسایش و تجمع مواد و درجه تخریب متفاوت در بخش‌های مختلف لندفرم نسبت داده می‌شود. نتایج نشان داد بیش‌ترین مقدار کربن آلی خاک با ۱۰/۸ گرم بر کیلوگرم در پنجه شیب شمالی و پس از آن در قسمت قله شیب وجود داشته و کم‌ترین مقدار آن یعنی ٦/۲ گرم بر کیلوگرم در شیب پشتی جنوبی می‌باشد. به‌طورکلی، حرکت آب بر روی اجزای مختلف شیب و به‌دنبال آن فرسایش و انتقال خاک‌های سطحی غنی از مواد آلی از قسمت های بالایی شیب به‌سمت بخش‌های پایینی شیب و تجمع آن، به‌عنوان عامل اصلی در افزایش میزان ماده آلی در پایین شیب شناخته می‌شود. اگرچه عوامل دیگری نیز در این بین تأثیرگذارند. خادمی و خیر (۲۰۰٤) افزایش

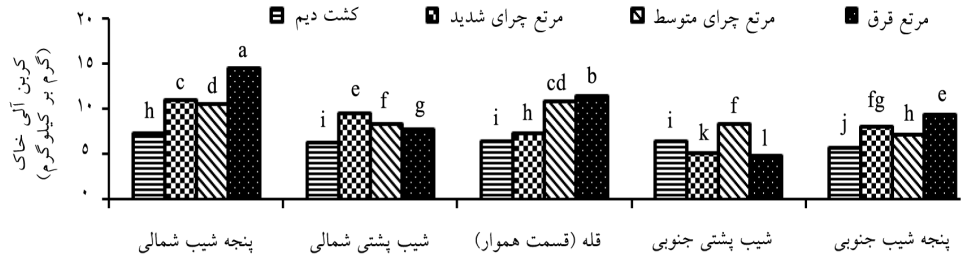
رطوبت در پایین شیب، ساریبلدیز و همکاران (۲۰۰۵) کاهش سرعت باد و فرسایش و پوشش گیاهی بهتر در پایین شیب را نیز به‌عنوان عواملی مؤثر در افزایش کربن آلی خاک در این موقعیت شیب برشمردند. اصولاً نقاط با درجه بالای فرسایش‌پذیری، میزان ماده آلی کم‌تری را دارا می‌باشند.



شکل ۳- میانگین مقدار کربن آلی خاک در الف) مدیریت‌های متفاوت و ب) جهت و موقعیت‌های مختلف شیب در مجموع مناطق.
حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

تأثیر متقابل موقعیت و جهت شیب بر کربن آلی خاک در مدیریت‌های متفاوت در شکل ٤ نشان داده شده است. به‌نظر می‌رسد در مرتع قرق که مصون از چرای دام و کشت و کار مانده، توپوگرافی بیش‌ترین نمود را در تغییرات میزان کربن آلی خاک داشته است، به‌طوری‌که میان تمامی موقعیت‌های شیب بررسی شده، تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. در صورتی‌که تغییرات در سایر مدیریت‌ها به این ترتیب نبود (شکل ٤). مقایسه بین قله شیب‌ها (که خاک به‌نسبت پایداری دارند) در مدیریت‌های مختلف نشان داد که میزان کربن آلی خاک در قله شیب منطقه کشت شده نسبت به قله مرتع قرق شده، ٤٤ درصد کاهش یافته است. خرمالی و همکاران (۲۰۰۹) با مطالعه اثر جنگل‌تراشی و تبدیل آن به اراضی کشاورزی در استان گلستان، در مقایسه‌ای مشابه، میزان کاهش کربن آلی خاک را ۷۰ درصد عنوان کردند. چنان‌چه پیش‌تر عنوان شد، تغییر مدیریت اراضی و تبدیل اکوسیستم‌های طبیعی به کشاورزی، معمولاً موجب کاهش میزان ماده آلی خاک می‌گردد که این امر به‌واسطه کم شدن میزان کربن آلی بازگشتی به خاک هم‌زمان با تجزیه سریع‌تر آن است. مقایسه میانگین‌های دو سمت شیب در

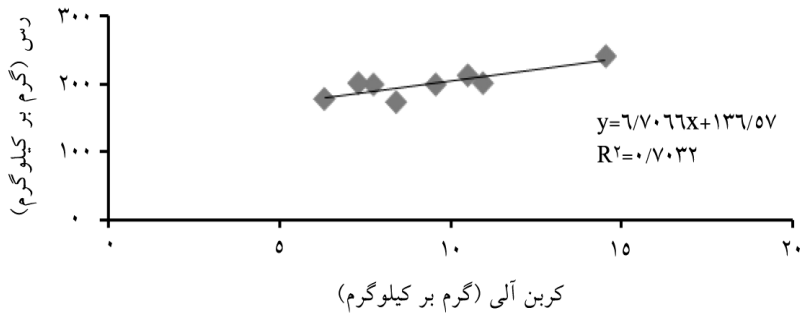
مجموع مدیریت‌ها، اختلاف معنی‌داری را بین مقدار کربن آلی در شیب‌های شمالی و جنوبی نشان داد. به‌طورکلی، مقدار کربن آلی در همه مناطق، در شیب‌های شمالی بیش‌تر از شیب‌های جنوبی بوده است. بیش‌ترین میانگین مقدار کربن آلی خاک، در شیب شمالی مرتع قرق شده با مقدار ۲۲/۳ گرم بر کیلوگرم و کم‌ترین مقدار آن یعنی ۱۲/۱ گرم بر کیلوگرم، در شیب جنوبی اراضی کشاورزی مشاهده شد. در شیب‌های شمالی، خاک پوشش گیاهی بهتر، دمای پایین‌تر و رطوبت بیش‌تری داشته، به‌دنبال آن تهویه کاهش یافته و فرایند اکسیداسیون مواد آلی به مراتب کندتر از شیب‌های جنوبی صورت می‌گیرد (اگلی و همکاران، ۲۰۰۹؛ رضایی و گیلکس، ۲۰۰۵). بیش‌تر بودن میزان سیلت و رس و اکسیدهای آهن و آلومینیوم در شیب‌های شمالی نیز می‌تواند از علل این مسأله باشد (اگلی و همکاران، ۲۰۰٦).



شکل ٤- مقایسه‌های میانگین مقادیر کربن آلی خاک در جهت‌ها و موقعیت‌های مختلف شیب، در مدیریت‌های متفاوت. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

به‌طورکلی، بین کربن آلی خاک و مقدار رس خاک‌های مناطق مورد مطالعه رابطه خطی وجود داشت که البته بیش‌ترین میزان این همبستگی (R^2=۰/۷۰۳) در شیب‌های شمالی مشاهده شد (شکل ۵). پژوهشگران بسیاری وجود همبستگی قوی بین میزان ماده آلی و بخش رس خاک‌ها را بیان داشته‌اند. چنان‌چه مشخص شده بیش از ۹۰ درصد کل کربن آلی موجود در خاک‌ها به‌صورت کمپلکس‌های مواد آلی و رس وجود دارند. این مسأله به‌طور مشخص به وجود جایگاه‌های اتصال ماده آلی در سطح کانی‌های رسی مربوط می‌شود (کراو و همکاران، ۲۰۰۷؛ کالبیتز و همکاران، ۲۰۰۵). از طرفی تجزیه مواد آلی به‌طور معمول در جریان تنفس میکروبی صورت گرفته و تنها بخش ناچیزی از مواد آلی به‌طور غیرزیستی تجزیه می‌شوند (ون‌لوتزو و همکاران، ۲۰۰٦). پژوهش‌ها نشان داده مؤثرترین فرایند در تثبیت

ماده آلی و جلوگیری از تجزیه زیستی و معدنی شدن بیولوژیک آن، جذب در سطح کانی‌های رسی و هیدروکسیدهای آهن و آلومینیوم می‌باشد (میکوتا و همکاران، ۲۰۰۶؛ کالبیتز و همکاران، ۲۰۰۵). با توجه به شرایط خاک و اقلیم منطقه مورد مطالعه، کانی‌های رسی نقش مهم‌تری دارند.

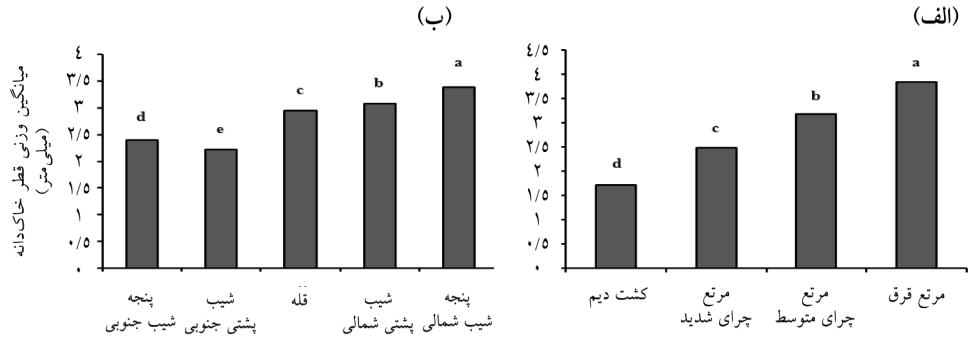


شکل ۵- رابطه خطی بین کربن آلی و بخش رس خاک در شیب‌های شمالی مجموع مناطق.

در شکل ٦- الف تأثیر مدیریت اراضی بر میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها نشان داده شده است. میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها (MWD)، به‌طور معنی‌داری در مرتع قرق بیش‌تر از مراتع تحت چرا و اراضی کشاورزی بوده است. کشت و کار، کاهش ۵۵ درصدی میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها در اراضی کشاورزی نسبت به قرق را در پی داشته است. دو عامل اساس تشکیل خاک‌دانه‌ها و پایداری آن‌ها می‌باشد؛ نخست وجود عناصر چسباننده ذرات به یکدیگر مانند مواد آلی و دیگری زمان کافی برای تأثیر این مواد و تشکیل خاک‌دانه‌ها است (حاج‌عباسی و همکاران، ۲۰۰۲). هم‌چنان که پیش‌تر عنوان شد، عملیات خاک‌ورزی و تردد ماشین‌آلات کشاورزی موجب شکسته و خرد شدن خاک‌دانه‌های بزرگ‌تر گشته و ماده آلی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل پیوندی درون آن‌ها در معرض تجزیه میکروبی و اکسیداسیون هوا قرار گرفته، از دست می‌رود. هم‌چنین، شخم مکرر و به‌هم خوردن خاک، فرصت کافی برای تأثیر عوامل خاک‌دانه‌ساز را در اختیار آنان قرار نمی‌دهد. بنابراین، خاک‌دانه‌های ضعیف‌تر و کوچک‌تری تشکیل می‌شوند که فرسایش‌پذیرترند. ایوبی و همکاران (۲۰۱۲)، خرمالی و همکاران (۲۰۰۹) و چلیک (۲۰۰۵) در نتایجی مشابه، کاهش ماده آلی و فعالیت میکروبی، از بین رفتن پوشش گیاهی دایمی منطقه و شبکه قوی ریشه‌ای آن‌ها، افزایش مقدار سیلت و

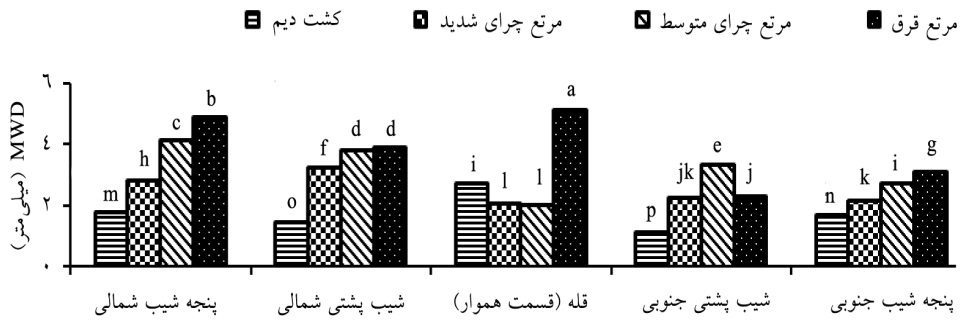
فرسایش‌پذیری بیش‌تر خاک را از دیگر دلایل کاهش مقدار میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها برشمردند. نتایج نشان داد که میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها در مرتع تحت چرای متوسط و شدید نیز به‌ترتیب ۱۷ و ۳۵ درصد، نسبت به مرتع قرق کاهش داشته است. در نتیجه چرای دام در مراتع مورد مطالعه، پوشش گیاهی کاهش یافته و ریشه‌های قوی گیاهان مرتعی که از مکان‌های تجمع و تشکیل خاک‌دانه‌های بزرگ‌تر محسوب می‌شوند، از بین می‌روند. از سوی دیگر، ورود دام به منطقه موجب فشردگی خاک و تخریب ساختمان خاک گشته، در نتیجه میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها کاهش می‌یابد. بررسی‌های لی و همکاران (۲۰۰٤) نیز با این نتایج مشابهت دارد.

نتایج به‌دست آمده از مقایسه‌های میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها در جهت و موقعیت‌های مختلف شیب در مجموع مدیریت‌ها در شکل ٦- ب نشان داده شده است. بیش‌ترین مقدار میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها در پنجه شیب شمالی و کم‌ترین مقدار آن در شیب پشتی جنوبی مشاهده شد. نتایج مالگوی و ابو (۲۰۱۱) نیز به همین ترتیب است. وجود مقدار بیش‌تر ماده آلی و رس در پنجه شیب‌ها و نقش شناخته‌شده آن‌ها (به‌عنوان عاملی سیمان‌کننده) در تشکیل و پایداری خاک‌دانه‌ها می‌تواند از دلایل این مسأله باشد. همچنین، بیش‌تر بودن میزان رطوبت خاک و درجه پایین فرسایش‌پذیری در این منطقه می‌تواند از دیگر موارد تأثیرگذار بر پایداری خاک‌دانه‌ها باشد.

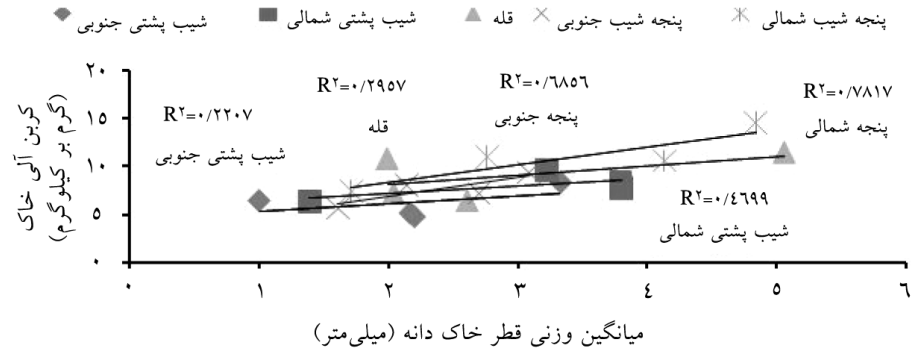


شکل ٦- میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها در الف) مدیریت‌های متفاوت و ب) موقعیت‌های مختلف شیب در مجموع مناطق. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

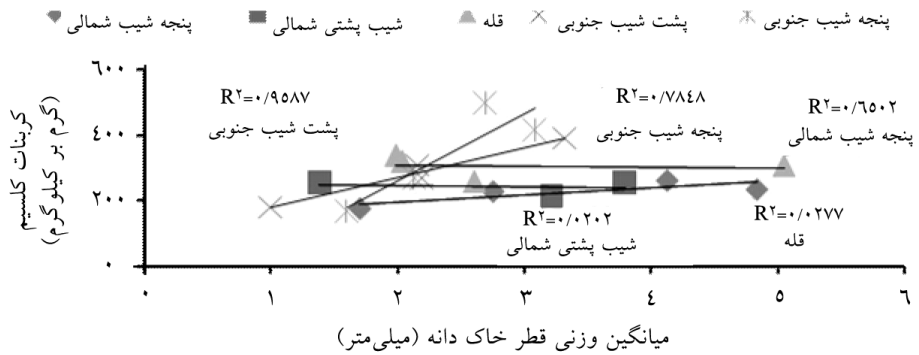
مقایسه میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها در جهت‌ها و موقعیت‌های مختلف شیب در مدیریت‌های مختلف در شکل ۷ نشان داده شده است. چنان‌چه ملاحظه می‌شود، بیش‌ترین مقدار آن با ۵/۱ میلی‌متر در قله مرتع قرق و کم‌ترین مقدار میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها یعنی ۱/۱ میلی‌متر در شیب پشتی جنوبی اراضی کشاورزی می‌باشد. نتایج بیانگر آن است که میانگین این پارامتر در شیب‌های شمالی بیش‌تر از شیب‌های جنوبی بوده است. شیب‌های شمالی، دارای پوشش گیاهی بهتر، رطوبت بیش‌تر و میزان ماده آلی بیش‌تری بوده (اگلی و همکاران، ۲۰۰۹؛ رضایی و گیلکس، ۲۰۰۵)، همچنین بیش‌تر بودن میزان سیلت و رس خاک در این جهت شیب (اگلی و همکاران، ۲۰۰۶)، می‌تواند دلیل افزایش پایداری خاک‌دانه‌ها در شیب‌های شمالی باشد. مطالعات متعددی وجود همبستگی مثبت میان مقدار ماده آلی خاک و پایداری خاک‌دانه‌ها را گزارش کرده‌اند (ایوبی و همکاران، ۲۰۱۲؛ مالگوی و همکاران، ۲۰۱۱). در منطقه مورد مطالعه نیز همبستگی قوی (R^2=۰/۸۱۲) بین مقدار کربن آلی خاک و میانگین وزنی خاک‌دانه‌ها مشاهده شد. اگرچه این رابطه در تمامی نقاط شیب به یک میزان برقرار نبوده است. با بررسی نتایج به‌دست آمده، به‌نظر می‌رسد وجود میزان بیش‌تر ماده آلی و رس در شیب‌های شمالی تأثیر عمده‌ای بر پایداری خاک‌دانه‌ها داشته است ولی در شیب‌های جنوبی، نقش کربنات کلسیم آشکارتر است (شکل‌های ۸ و ۹). کربنات کلسیم با ایجاد باندهای قوی بین ذرات خاک موجب افزایش پایداری خاک‌دانه‌ها می‌گردد. ضمن آن‌که با افزایش میزان آن در خاک‌ها، بر نقش ماده آلی در پایداری خاک‌دانه‌ها اثر گذاشته و آن را کم‌رنگ می‌کند. در این شرایط اثر متقابل ماده آلی، رس و کربنات کلسیم در پایداری خاک‌دانه‌ها ایفا نقش می‌کنند (بوجیلا و گالای، ۲۰۰۸).



شکل ۷- مقایسه‌های میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها در جهت‌ها و موقعیت‌های مختلف شیب، در مدیریت‌های متفاوت. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.



شکل ۸- همبستگی میان مقدار کربن آلی خاک و میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها در موقعیت‌های مختلف شیب.



شکل ۹- همبستگی میان مقدار کربنات کلسیم معادل خاک و میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها در موقعیت‌های مختلف شیب.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش بیانگر آن است که ویژگی‌های توپوگرافی و مدیریت اراضی حتی در مناطق نیمه‌خشک با میانگین بارندگی سالیانه حدود ۲۵۰ میلی‌متر، تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای بر ویژگی‌های خاک و به‌ویژه کربن آلی خاک و پایداری خاک‌دانه‌ها، به‌عنوان شاخص‌های مهم کیفیت خاک دارند. نتایج نشان داد که روند کلی تغییرات میزان کربن آلی خاک و پایداری خاک‌دانه‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک، مشابه مناطق مرطوب و نیمه‌مرطوب می‌باشد. اگرچه با مقایسه نتایج پژوهش‌های صورت گرفته در مناطق مختلف جهان، به‌نظر می‌رسد در مناطق خشک و نیمه‌خشک این تغییرات شدیدتر است. به همین ترتیب، در حالی‌که انتظار می‌رفت به‌دلیل میزان کم بارندگی در مناطق خشک و نیمه‌خشک،

توپوگرافی تأثیر قابل‌توجهی بر ویژگی‌های خاک نداشته باشد، ولی نتایج بیانگر تأثیر شدید و معنی‌دار آن بر تمامی موقعیت‌های شیب بود. درست برعکس، در اقلیم‌های مرطوب و نیمه‌مرطوب، به‌واسطه رطوبت بیش‌تر خاک و کیفیت بهتر آن، توپوگرافی در مقیاس‌های کوچک مانند آن‌چه در این پژوهش صورت گرفت، کم‌تر تأثیرگذار می‌باشد. به‌طورکلی، از میان عوامل مؤثر بر کیفیت خاک، تنها مدیریت اراضی است که به‌وسیله بشر قابل کنترل است. بنابراین شایسته است با داشتن درک صحیح از پتانسیل ذاتی خاک‌ها، از آن‌ها بهره‌گیری شود. این مسأله می‌تواند گامی مؤثر و اصولی در رسیدن به توسعه پایدار زیست‌محیطی باشد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از حوزه معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد و پرسنل محترم ایستگاه تحقیقاتی سیساب، برای همکاری صمیمانه سپاسگزاری می‌نمائیم.

منابع

1.Aranda, V., and Oyonarte, C. 2005. Effect of vegetation with different evolution degree on soil organic matter in a semi-arid environment. Arid Environments, 62: 631-647.
2.Ayoubi, Sh., Mokhtari Karchegani, P., Mosaddeghi, M.R., and Honarjoo, N. 2012. Soil aggregation and organic carbon as affected by topography and land use change in western Iran. Soil and Tillage, 121: 18-26.
3.Balesdent, J., Chenu, C., and Balabane, M. 2000. Relationships of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. Soil and Tillage, 53: 215-230.
4.Bonino, E.E. 2006. Change in carbon pools associated with a land use gradient in the dry Chaco, Argentina. Forest Ecology and Management, 223: 183-189.
5.Boujila, A., and Gallai, T. 2008. Soil organic carbon fraction and aggregate stability in carbonated and no carbonated soils in Tunisia. J. Agron. 7: 127-137.
6.Brown, S., and Lugo, A. 1990. Effect of forest clearing and succession of the carbon and nitrogen content of soils in Puerto Rico and US Virgin Islands. Plant and Soil, 124: 53-64.
7.Celik, I. 2005. Land use effects on organic matter and physical properties of soil in a southetrn Mediterranean highland of Turkey. Soil and Tillage, 83: 270-277.
8.Crow, S.E., Swantson, C., and Lajtha, K. 2007. Density fraction of forest soils: Methodological question and interpretation of incubation result and turnover time in an ecosystem context. Biogechemistry, 85: 69-90.

9.Egli, M., Mirabella, A., Satori, G., Zanelli, R., and Bischof, S. 2006. Effect of north and south exposure on weathering and clay mineral formation in Alpine soils. Catena, 67: 155-174.
10.Egli, M., Sartori, G., Mirabella, A., Favilli, F., Giaccai, D., and Delbos, E. 2009. Effect of north and south exposure on organic matter in high Alpine soils. Geoderma, 149: 124-136.
11.Geissen, V., Sanchez, R., and Kampichler, C. 2009. Effect of land-use change on some properties of tropical soils, an example from Southeast Mexico. Geoderma, 151: 87-97.
12.Hajabbasi, M., Jalalian, A., and Karimzadeh, H. 2002. Depasturation effect on physical characteristics, fertility, tilth index of soil case study Boroujen. Agricultural Sciences and Natural Resources, 6: 149-160. (In Persian)
13.Ingram, L.J., Stahl, P.D., and Schuman, G.E. 2008. Grazing impact on soil carbon and microbial communities in a mixed-grass ecosystem. Soil. Sci. Soc. Am. 72: 939-948.
14.IPCC. 2007. Climate Change: Synthesis Report. Contribution of Working Group I, to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland, 104p.
15.Janzen, H.H. 2001. Soil science on Canadian prairies IN: 2009. Soil carbon sequestration in U.S. rangelands, 57p.
16.Kalbitz, K., Schwesig, D., Rethemeyer, J., and Matzner, E. 2005. Stabilization of dissolved organic matter by sorption to the mineral soil. Soil Biology and Biochemistry, 37: 1319-1331.
17.Kennedy, A.C., and Papendick, R.I. 1995. Microbial characteristics of soil quality. Soil and Water Conservation, 50: 243-248.
18.Khademi, H., and Khayyer, H. 2004. Landscape-scale variability of selected surface soil quality attributes in a rangeland in Semirom area. Water and Soil Science, 8: 59-73. (In Persian)
19.Khormali, F., Ajami, M., Ayoubi, Sh., Srinivasarao, C., and Wani, S.P. 2009. Role of deforestation and hillslope position on soil quality attributes of loess derived soil in Golestan province, Iran. Agriculture, Ecosystems and Environment, 134: 178-189.
20.Khoshbakht, K. 2011. Country Report: Iran. Workshop on Climate Change and its Impact on Agriculture. Seoul, Korea. Available in http://www.adbi.org.
21.Lehmann, J., and Joseph, S. 2009. Biochar for environmental management. In: Lehmann, J., and Joseph, S. Biochare for environmental management: Science and Technology. Earthscan: London, UK, 416p.
22.Li, X., Wang, Z., Ma, Q., and Li, F. 2007. Crop cultivation and intensive grazing affect organic C pools and aggregate stability in arid grassland soil. Soil and Tillage, 95: 172-181.

23. Malgwi, W., and Abu, S. 2011. Variation in some physical properties of soils formed on hilly terrain under different land use type in Nigerian. Inter. J. Soil. Sci. 6: 150-163.
24. McNab, W.H. 1993. A topographic index to quantify the effect of mesoscale landform on site productivity. Can. J. For. Res. 23: 1100-1107.
25. Mikutta, R., Kleber, M., Torn, M.S., and Jhan, R. 2006. Stabilization of soil organic matter: association with minerals or chemical recalcitrance? Biogeochemistry, 77: 25-56.
26. Nadim, H., and Haftlang, R. 2004. Geology map of Shirvan, scale 1/25000. Geological Survey and Mineral Exploration of Iran.
27. Noellemeyer, E., Frank, F., and Alvarez, C. 2008. Carbon contents and aggregation related to soil physical properties under a land use sequence in the semiarid region of central Argentina. Soil and Tillage, 99: 179-190.
28. Oztas, T., Koc, A., and Comakli, B. 2003. Change in vegetation and soil properties along a slop on overgrazed and eroded rangelands. Arid Environments, 55: 93-100.
29. Raiesi, F. 2006. The conversion of overgrazed pastures to almond orchards and alfalfa cropping systems may favor microbial indicators of soil quality in Central Iran. Agriculture, Ecosystems and Environment, 121: 309-318.
30. Rasmussen, C., Southward, R., and Horwath, W. 2006. Mineral control of organic carbon mineralization in a range of temperate conifer forest soils. Global Change Biology, 12: 834-847.
31. Rezaei, S., and Gilkes, R. 2005. The effect of landscape attributes and plant community on soil physical properties in rangelands. Geoderma, 125: 167-176.
32. Sariyildiz, T., Anderson, J.M., and Kucuk, M. 2005. Effect of tree species and topography on soil chemistry, litter quality, and decomposition in Northeast Turkey. Soil Biology and Biochemistry, 37: 1695-1706.
33. Schuman, G.E., Janzen, H.H., and Herrick, J.E. 2002. Soil information and potential carbon sequestration by Rangelands, Environmental Pollution, 116: 391-396.
34. Sheklabadi, M., Khademi, H., Karimian Eghbal, M., and Nourbakhsh, F. 2007. Effect of climate and long term grazing exclusion on selected soil biological quality indicators in rangelandas of centeral Zagros. Agricultural Sciences and Natural Resources, 41: 103-115. (In Persian)
35. Six, J., Bossuyt, H., and Degryze, S. 2004. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. Soil and Tillage, 79: 7-31.
36. Soil Survey Staff. 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report, No. 42. Version 3.0, U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center.

37.Su, Y., Zhao, H., Zhang, T., and Zhao, X. 2004. Soil properties following cultivation and non-grazing of a semi arid sandy grassland in northern China. Soil and Tillage, 75: 27-36.
38.Tajik, F. 2004. Evaluation of aggregate stability in some regions of Iran. Agricultural Sciences and Natural Resources, 8: 107-122. (In Persian)
39.Tisdall, J., and Oades, M. 1982. Organic matter and water stable aggregates in soils. Soil Sci. 33: 141-161.
40.Von Lützow, M., Kögel, I., and Guggenberger, G. 2006. Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil condition- a review. Europ. J. Soil Sci. 57: 426-445.
41.Youker, R.E., and McGuiness, J.L. 1957. A short method of obtaining mean weight diameter values of aggregate analysis of soils. Soil Science Society, 83: 291-294.
42.Zech, A., Noellemeyer, E., and Tiesseen, H. 2006. Carbon turnover and ^{13}C natural abundance under land use change in semi arid La Pampa, Argentina. Soil Science Society, 70: 1541-1546.
43.Zeraat Pishe, M., and Khormali, F. 2011. The Investigation of soil formation and evolution of losses derived soil in a climosequence, case study: eastern of Golestan province. Water and Soil Conservation, 18: 45-64. (In Persian)

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 20(4), 2013
http://jwsc.gau.ac.ir

Effects of land use management on soil organic carbon, particle size distribution and aggregate stability along hillslope in semi-arid areas of northern Khorasan

***S. Bagherifam[1], A.R. Karimi[2], A. Lakzian[3] and E. Izanloo[4]**
[1]M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, Ferdowsi University of Mashhad,
[2]Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Ferdowsi University of Mashhad,
[3]Professor, Dept. of Soil Science, Ferdowsi University of Mashhad,
[4]Staff of Agricultural and Natural Resources Research Center, Northern Khorasan
Received: 06/12/2012; Accepted: 10/02/2012

Abstract

Large areas of Iran are located in arid and semi-arid climatic regions and their soils are naturally subjected to erosion and degradation. Be aware of how management practices and topographic features influence soil organic carbon and aggregate stability is a very important issue from the land management point of view. In this study, four different land use management sites (preserved pasture, grazing pasture, overgrazing pasture and rain fed lands) positioned in the hill slopes of Sisab experimental station (Bojnourd) were considered. In each site, soil samples from 0-15 cm of summit, backslope and toeslope in north and south-facing slopes were sampled. Soil samples were analyzed by using standard methods. The results showed that sand content in south-facing slopes was higher compare to north facing slopes, while silt content, soil organic carbon and mean weight diameter (MWD) were higher in north-facing slopes compared to south facing slopes. The maximum soil organic carbon and MWD were observed in the toeslope of north-facing slope while the minimum were monitored in backslope of south-facing slopes. The results also showed that sand content increased to 41 and 39% in overgrazing and grazing pastures respectively compared to preserved pasture and clay content decreased by 6%. Soil organic carbon decreased from 9.6 (g kg^{-1}) in preserved pasture to 6.4, 8.2 and 9.1 (g kg^{-1}) in cultivated land, overgrazing and grazing pastures, respectively. MWD decreased by 55, 35 and 17 percent in rain fed, overgrazing pasture and grazing pasture compared with preserved pasture, respectively. Despite the strong correlation between MWD and soil organic carbon (R^2=0.81) in all sites, the aggregate stability in north-facing slopes was mainly influenced by organic carbon while the role of calcium carbonate was notable in south-facing slopes.

Keywords: Preserved pasture, Slope aspect, Slope position, Soil organic matter, Mean weigh diameter

* Corresponding Author; Email: bagherifam_s@yahoo.com