مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷
ص ۷۱-۶۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۲۲
تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۰۱/۰۲

بررسی علل عدم قطعیت در روش‌های برآورد کربن آلی ذخیره‌ای خاک‌ها

❖ **عیسی جعفری فوتمی؛** دانشجوی دکتری علوم مرتع، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
❖ **اسماعیل شیدای کرکج*؛** استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی علل عدم قطعیت در روش‌های مختلف برآورد کربن خاک و همچنین ارزیابی روش محاسبه‌ای پیشنهادی است که تأثیر وزن مخصوص خاک را در محاسبهٔ کربن از بین برده و میزان واقعی کربن خاک را برای خاک‌هایی با وزن مخصوص ظاهری متفاوت بر حسب عمق معادل مشخص می‌کند. بنابراین به منظور آزمون صحت این روش پیشنهادی، میزان کربن در سه نوع شدت چرا در شوره‌زارهای استان گلستان (چرای سبک، چرای متوسط و چرای شدید)، محاسبه و روش‌های مختلف مورد آزمون آماری و بررسی قرار گرفتند. نتایج مقایسهٔ میانگین‌ها برای هر یک از پارامترهای مربوط به رویکردها نشان داد که بر اساس روش اول (پارامتر غلظت کربن) عمق اول مناطق شدت چرای سبک و شدت چرای متوسط و چرای شدید از لحاظ آماری دارای تفاوت معنی‌داری هستند و به ترتیب میزان غلظت کربن برابر با ۳۱/۳۹، ۲۳/۵۷ و ۱۱/۵ گرم کربن در کیلوگرم خاک می‌باشند حال آنکه برای عمق اول خاک در صورت ارائهٔ کربن توده‌ای در واحد سطح بر اساس عمق ثابت نتایج متناقضی به دست می‌آید. به طوری که عمق اول سایت شدت چرای سبک و متوسط به‌ترتیب با مقادیر ۸۹/۱۵ و ۷۴/۴۷ تن در هکتار در عمق ثابت دارای بیشترین مقدار کربن توده‌ای بوده و سایت شدت چرای سنگین با میزان ۴۲/۹۳ تن در هکتار در عمق ثابت دارای کمترین میزان است. مشابه این عدم قطعیت‌ها بین دو عمق مورد مطالعه نیز برای سایت‌های مختلف وجود دارد. برای رفع این تناقض رایج در مطالعات متعدد، پارامتر کربن توده‌ای بر اساس عمق معادل برای سایت‌های مورد مطالعه محاسبه گردید و نتایج آن نشان داد سایت چرای کم و چرای سنگین همچنان بیشترین و کمترین میزان کربن را دارند و در سایر موارد نیز تغییراتی ایجاد نشده در حالیکه میزان نسبی اختلافات بین سایت‌ها تغییر یافته است؛ و این در حالی می‌باشد که تأثیر فشردگی توده خاک بر محاسبهٔ کربن ترسیبی حذف شده است و به‌عنوان نتیجهٔ کلی؛ روش‌های مرسومی که برای محاسبهٔ ذخیرهٔ ماده آلی استفاده می‌شوند به دلیل توده‌های نابرابر خاک (فشردگی خاک و وزن مخصوص‌های متفاوت) به طور دقیق بیان‌کنندهٔ تفاوت‌های کربن ترسیبی در تودهٔ خاک نیستند و برای ارزیابی قابل اعتماد مدیریت ذخیرهٔ ماده آلی خاک و سایر عناصر غذایی خاک؛ باید توده‌های خاک مورد مقایسه، به صورت معادل مد نظر قرار گیرند.

کلید واژگان: ترسیب کربن خاک، کربن عمق معادل، شدت چرا، شوره‌زارهای استان گلستان.

* نویسنده مسئول: شماره تماس: ۰۰۹۸۹۱۴۴۰۱۶۸۲۳+
Email: e.sheidai@urmia.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

بهره‌برداری نادرست و بیش از حد مجاز، پتانسیل تولید و باردهی نباتات و بازدهی مراتع را کاهش داده و بالاخره موجب انهدام کامل آنها می‌گردد. خاک، قشر طبیعی و پویایی از سطح زمین است که به‌عنوان مهمترین مؤلفهٔ زیست بوم‌های مرتعی با تأمین نیازهای غذایی و حمایت مکانیکی گیاهان، زمینه را برای رشد آنها فراهم می‌سازد [۳]. چرای شدید دام در مراتع از اصلی‌ترین دلایل تخریب خاک و پوشش گیاهی در این زیست‌بوم‌ها ذکر شده است [۳۷]. تخریب خاک، کاهش تولید مرتع را در پی خواهد داشت، چرا که خاک، عامل اولیهٔ تعیین پتانسیل جهت تولید علوفه در هر منطقه با هر نوع آب و هوا است. بنابراین آگاهی از تغییر خصوصیات خاک ناشی از مدیریت نادرست و چرای شدید برای اتخاذ مدیریت صحیح مرتع ضروری است. با توجه به این نکته که خاک ثبات بیشتری از پوشش گیاهی داشته و معمولاً بعد از آن تحت تأثیر قرار می‌گیرد، می‌توان امید داشت در صورتی که در مراحل اولیهٔ تخریب جلوی این روند؛ گرفته شود، با سهولت بیشتری بتوان به احیاء پوشش گیاهی با صرف کمترین هزینه و زمان لازم اقدام نمود [۲۲].

طی تحقیقی در گراسلندهای شمال چین ضمن تأکید بر اهمیت کربن آلی در زیست‌بوم‌های مرتعی به بررسی تغییرات این فاکتور کیفی خاک در سه عمق ۰-۱۰، ۱۰-۲۰ و ۲۰-۴۰ سانتی‌متری در اثر چرای دام پرداخته شد و این نتیجه ارائه شد که گراسلند بدون چرای دام به طور معنی‌داری کربن خاک بیشتری را در عمق ۰-۱۰ سانتی‌متری نسبت به گراسلند چرا شده دارا است [۱۲].

در تحقیقی در مراتع هشتگرد تحت عنوان تأثیر شدت‌های گوناگون چرای دام بر مواد آلی، نیتروژن، پتاسیم و فسفر خاک در دو عمق ۰-۱۵ و ۱۵-۳۰ سانتی‌متری این نتیجه حاصل شد که چرای دام بر ویژگی‌های شیمیایی خاک در مناطق با شدت چرای مختلف، تأثیر معنی‌داری دارد و عمق خاک بر میزان مواد آلی، نیتروژن و فسفر خاک مؤثر بوده و این ویژگی‌ها بین دو عمق دارای اختلاف معنی‌داری است [۲۰].

در مطالعه‌ای دیگر رابطهٔ بین کربن آلی و نیتروژن کل ذخیره شده در عمق ۵۰ سانتیمتری خاک را با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک برای گراسلند برای ۲۴ سال مورد بررسی قرار داده شد و عنوان شد که میزان اسیدیته و شوری در خاک احیاشده کمتر از خاک منطقه مرجع می‌باشد [۶].

مطالعه‌ای در منطقه لار به منظور بررسی استقرار گیاهان شاخص مرتعی تحت شرایط متفاوت فشردگی خاک انجام شد و گزارش گردید میزان تخلخل و نفوذپذیری در منطقهٔ مرجع در مقایسه با منطقه کلید و بحرانی بیشترین مقدار را داشته و در منطقهٔ بحرانی کمترین مقدار را داشته است. همچنین جرم مخصوص ظاهری منطقهٔ مرجع کمترین و منطقهٔ بحرانی بیشترین بوده است [۴].در مطالعه‌ای دیگر اثر چرا را بر خصوصیات شیمیایی خاک در منطقه حوزه آبخیز سد لار مورد بررسی گرفت. بنا به نتایج، میزان مادهٔ آلی، کربن و نیتروژن خاک با افزایش شدت چرا کاهش پیدا کرده است. همچنین مقایسهٔ دو منطقهٔ کلیدی و مرجع نشان داد که با افزایش شدت چرا مقدار فسفر و پتاسیم خاک نیز کاهش پیدا کرد که دلیل بر کاهش حاصلخیزی می‌باشد [۱۶]. در منطقهٔ بحرانی به علت افزایش بیش از اندازهٔ فضولات حیوانی با افزایش فسفر و پتاسیم خاک مواجه گردید که دلیل بر حاصلخیزی خاک این منطقه نمی‌تواند باشد.

به عنوان ارزیابی کلی تحقیقات نشان می‌دهد؛ بهره‌برداری‌های مختلف و شدت چرایی که از قسمت‌های مختلف مرتع می‌تواند صورت بگیرد روی قابلیت ترسیب کربن و سایر ویژگی‌های خاکی در سایت‌های مختلف مرتعی تأثیر دارد. در ایران تشخیص تأثیر چرای دام بر ذخیرهٔ کربن خاک بسیار مهم است، زیرا تقریباً ۵۳ درصد سطح کشور را مراتع پوشانده (۸۶/۱ میلیون هکتار) و چرا در مراتع یکی از مهم‌ترین کاربری‌های اراضی طبیعی محسوب می‌شود [۱۰].

مرور مطالعات اخیر نشان می‌دهد که به طور کلی

Archive of SID

www.SID.ir

تأثیر روش‌های مدیریتی مرتع بر ماده‌آلی خاک به طور نسبتاً زیاد مستند شده است، اما نقش روش‌های موجود استفاده شده، در محاسبهٔ مقدار ذخیرهٔ مادهٔ آلی خاک به همان اندازه مهم هستند ولی به اندازه کافی بررسی نشده‌اند [۹]. روش‌های متعدد و متنوعی جهت محاسبهٔ ذخیرهٔ کربن آلی خاک استفاده می‌شوند و مشکلاتی جهت انتخاب روش مناسب محاسبهٔ کربن آلی خاک و نیز سایر عناصر موجود در خاک وجود دارد. بنابراین، برای جلوگیری از تناقض در ارائهٔ گزارش نیاز به اطلاعات بیشتری از روش‌های متداول تخمین کربن آلی خاک که در اراضی چرایی استفاده می‌شوند، وجود دارد. لذا در مقالهٔ حاضر کوشیده شده است در کنار مقایسهٔ تغییرات ترسیب کربن بر اثر مدیریت‌های مختلف مرتع با استفاده از داده‌های واقعی، به اهمیت دقت در انتخاب روش‌های مختلف یا واحدهای مختلف گزارش میزان کربن اشاره شود. ذکر این نکته ضروری است که؛ روش‌های متنوعی برای محاسبهٔ ماده آلی، کربن و نیتروژن و یا سایر عناصر خاک استفاده می‌شود. قبل از دهه ۱۹۷۰ در بیشتر مقالات مقدار مادهٔ آلی یا کربن به‌سادگی و فقط به‌عنوان غلظت کربن (گرم کربن در میلی‌گرم خاک) ذکر می‌شدند [۷ و ۲۵]. اگرچه ذخیره‌سازی مادهٔ آلی خاک، غلظت آن را نیز افزایش می‌دهد، در بیشتر مطالعاتی که امروزه انجام می‌شود، محاسبات بر اساس ذخیرهٔ ماده‌آلی و مواد غذایی خاک در واحد سطح، حجم، غلظت و همچنین وزن مخصوص ظاهری و ضخامت خاک می‌باشد. با توجه به وابستگی ذخیره‌سازی مواد آلی به ضخامت و چگالی ظاهری خاک، بیشتر محاسبات ذخیرهٔ ماده آلی و مواد غذایی خاک بر اساس غلظت، وزن مخصوص ظاهری خاک و ضخامت خاک است [۲۳]. این روش محاسبه، اگرچه به طور گسترده استفاده می‌شود، اما برای محاسبهٔ ذخیرهٔ ماده آلی خاک ناکافی است.

در یک جمع‌بندی کلی همانطور که اشاره شد؛ کربن آلی خاک از مهمترین عواملی است که نشان‌دهندهٔ تأثیر مدیریت در سایت‌های مختلف مرتعی و شدت‌های مختلف چرا می‌باشد به همین دلیل از این پارامتر خاک به طور گسترده در علوم مرتع استفاده می‌شود. هدف از این تحقیق استفاده از روش‌های گوناگون محاسبهٔ کربن‌آلی خاک، شناسایی شکاف بین روش‌های مختلف محاسبهٔ کربن آلی و ایجاد زمینه‌ای جهت اندازه‌گیری‌های آیندهٔ مادهٔ آلی خاک در اراضی است. به طوری که در تحقیق حاضر؛ این نکته که چگونه جرم مخصوص ظاهری خاک مورد بررسی، ممکن است؛ تفسیر داده‌های مقایسه شدهٔ آماری را تحت تأثیر قرار دهد؛ با ارائه نتایجی از شوره‌زارهای استان گلستان در سایت‌هایی با شدت‌های چرایی مختلف ارائه و بحث می‌شود.

۲. روش‌شناسی

۱،۲. منطقهٔ مورد مطالعه

پژوهش حاضر در مراتع قشلاقی شمال استان گلستان به‌عنوان مراتع معرف با خاک شور و قلیائیت زیاد انجام شد. منطقه دارای عرض شمالی ۳۷ درجه و ۷ دقیقه و طول شرقی ۵۴ درجه و ۲۹ دقیقه می‌باشد. نمونه‌برداری برای این تحقیق در سه منطقه داخل چرای سبک و شدت چرای متوسط و چرای سنگین منطقهٔ اینچه‌برون صورت پذیرفته است. با توجه به این که سه منطقهٔ مورد مطالعه در فاصله کمی نسبت به یکدیگر قرار گرفته‌اند، از لحاظ سایر خصوصیات مشابه هم می‌باشند. همچنین گونهٔ *Halocnemum strobilaceum* (باتلاقی شور) گونهٔ غالب گیاهی منطقه می‌باشد. از دیگر گونه‌های این منطقه می‌توان به *Halostachys caspica* (مارونگ، سنبله نمکی) *Artemisia sieberi* (درمنه دشتی) *Aeluropus lagopoides* (چمن شور پا گربه‌ای) و *Aeluropus littoralis* (چمن شور ساحلی) اشاره کرد.

۲،۲. نمونه‌برداری و روش‌های آزمایشگاهی بر اساس توجه به رویکردهای مختلف

نمونه‌های خاکی به‌منظور محاسبهٔ کربن با استفاده از

Archive of SID
www.SID.ir

رویکردهای متفاوت محاسبهٔ غلظت کربن و کربن توده‌ای در عمق ثابت و عمق معادل در هر سایت با استقرار ترانسکت‌های ۱۰۰ متری به روش تصادفی- سیستماتیک در اواخر فصل چرای منطقه (پاییز) و از دو عمق صفر تا بیست سانتی‌متر و بیست سانتی‌متر تا چهل سانتی‌متر برای محاسبهٔ کربن عمق ثابت با استفاده از رابطهٔ (۲) برداشت گردید. تعداد تکرار برای هر سایت پنج نمونهٔ مرکب خاک می‌باشد. نمونه‌برداری به‌منظور محاسبهٔ وزن مخصوص ظاهری خاک توسط سیلندرهای با حجم صورت گرفت [۱۵]. پس از اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری در آزمایشگاه، عمق‌های معادل بر اساس وزن مخصوص ظاهری و استفاده از رابطهٔ (۳) در سایت‌های مختلف محاسبه شد. با مراجعهٔ دوباره در حداقل زمان ممکن از همان نقاط دوباره نمونه‌گیری خاک برای محاسبهٔ کربن عمق معادل با استفاده از رابطهٔ (۴) صورت پذیرفت. نمونه‌های خاک پس از حمل به آزمایشگاه و خشک شدن کامل در هوای آزاد با الک نیم میلی‌متر الک شدند. سپس خاک الک‌شده جهت تعیین کربن آلی خاک به روش والکلی و بلاک بر پایهٔ اکسیداسیون تر توسط دی‌کرومات پتاسیم و تیتراسیون آن با سولفات آهن استفاده شد [۱۵ و ۲۳]. لازم به ذکر است نتایج حاصل از روش والکلی و بلاک مستقیماً با استفاده از رابطهٔ (۱) به منظور محاسبهٔ غلطت کربن آلی خاک مورد استفاده قرار گرفت که شرح روش‌ها در ادامه اشاره می‌شود.

۳،۲. روش‌های مختلف در ارائهٔ میزان کربن آلی خاک

در روش اکسیداسیون تر[1] میزان کربن آلی بر حسب درصد کربن آلی (OC٪) به دست می‌آید. برای برآورد میزان کربن بر اساس رویکرد غلظت کربن در خاک (گرم کربن در کیلوگرم خاک)، از رابطهٔ (۱) استفاده می‌شود [۲۱].

رابطهٔ (۱) $$OC_{(\mathrm{grC/Kg\ soil})} = \%OC * 10$$

که در آن $OC_{(\mathrm{gr\ C/Kg\ Soil})}$: میزان غلظت کربن آلی خاک برحسب گرم کربن در کیلوگرم خاک؛ OC%: کربن آلی خاک بر حسب درصد می‌باشد.

با به دست‌آوردن مقدار غلظت کربن (وزن کربن آلی در واحد وزن خاک) و وزن مخصوص ظاهری و عمق ثابت مربوطه، از طریق رابطهٔ (۲) مقدار کربن آلی توده‌ای در واحد سطح و عمق ثابت به دست می‌آید [۲۱].

رابطهٔ (۲)

$$Sc = d * BD * OC_{(gr\ c/kg\ soil)} * 10$$

که در آن Sc: مقدار کربن توده‌ای بر حسب تن در هکتار در عمق ثابت؛ $OC_{(\mathrm{gr\ C/Kg\ Soil})}$: میزان غلظت کربن آلی در خاک بر حسب گرم کربن در کیلوگرم خاک؛ BD: وزن مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب و d: عمق ثابت خاک بر حسب متر است.

برای برآورد کربن عمق معادل، ابتدا عمق معادل برای سایت‌هایی که دارای وزن مخصوص ظاهری بیشتری نسبت به نمونهٔ حداقل هستند بایستی از رابطهٔ (۳) محاسبه گردد. شایان ذکر است؛ رابطهٔ (۳) بر اساس فرمول منطقی تساوی وزن خاک در دو سایت در واحد سطح ولی عمق‌های نامساوی ساده‌سازی شده است.

رابطهٔ (۳) $$h_i = \frac{h\ BD_{min}}{BD_i}$$

h_i، عمق معادل محاسبه‌شده برای نمونهٔ i بر حسب متر، h، عدد ثابت است که وابسته به عمق در نمونه برداری اولیه است و همان ۰/۲متر در نظر گرفته می‌شود. BD_{min}، وزن مخصوص مربوط به کم‌چگال‌ترین خاک اندازه‌گیری شده در بین نمونه‌ها (حداقل وزن مخصوص ظاهری اندازه‌گیری شده) بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب است و BD_i، وزن مخصوص ظاهری اندازه‌گیری شدهٔ نمونهٔ i است.

در نهایت پس از محاسبهٔ عمق معادل برای هر یک

[1] Wet oxidation

Archive of SID
www.SID.ir

سایت‌های مختلف میزان کربن توده‌ای با داشتن مقدار وزن کربن آلی در واحد وزن خاک (gr C/Kg Soil) و وزن مخصوص ظاهری از طریق رابطهٔ (۴) محاسبه می‌شود [۸].

رابطهٔ (۴) $$SOC = \mathrm{h_i} * BD * OC_{(gr\,c/kg\,soil)} * 10$$

SOC، میزان کربن توده‌ای بر حسب تن در هکتار در عمق معادل، BD، وزن مخصوص ظاهری بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب، OC (gr C/Kg Soil): غلظت کربن آلی در خاک بر حسب گرم کربن در کیلوگرم خاک و H_i، عمق معادل محاسبه‌ای خاک بر حسب متر است.

۴،۲. تجزیه و تحلیل داده‌ها

قبل از انجام تجزیه و تحلیل، نرمال‌بودن داده‌ها، توسط آزمون آندرسون دارلینگ مورد بررسی قرار گرفت. برای مشخص شدن اثر شدت چرای مرتع بر میزان کربن در سایت‌های مورد مطالعه از آنالیز واریانس یک‌طرفه و برای مقایسهٔ میانگین پارامترها در سایت‌های پنج‌گانه از آزمون دانکن استفاده شد. تجزیه تحلیل‌های آماری توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ انجام شد.

۳. نتایج

بر اساس رویکردهای سه‌گانهٔ محاسبهٔ کربن آلی خاک و استفاده از روابط مربوطه، میزان کربن برای هر سایت محاسبه شد و مورد آزمون تجزیهٔ واریانس و آزمون دانکن قرار گرفت. همانطور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود در خصوص پارامترهای مختلف مورد بررسی بین تیمارهای مختلف شامل شدت چرای سبک، چرای متوسط و شدت چرای سنگین در منطقهٔ اینچه‌برون تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد. در خصوص پارامتر غلظت کربن عمق اول سایت چرای سبک دارای بیشترین میزان غلظت کربن و سایت چرای سنگین دارای کمترین میزان غلظت کربن می‌باشد و سایت چرای متوسط در حد بینابینی قرار دارد. برای عمق دوم نیز این روند بین سایت‌ها مشاهده می‌شود. در صورتیکه میزان کربن ذخیره‌ای در واحد سطح و عمق مشخص بیان شود نتایج نشان می‌دهد دو سایت چرای سبک و چرای متوسط از لحاظ پارامتر کربن توده‌ای بر اساس عمق ثابت برای عمق اول در یک گروه قرار گرفته و نسبت به سایت چرای سنگین دارای مقدار معنی‌دار بیشتری می‌باشند. با این حال در خصوص عمق دوم، روندی شبیه آن چه که در خصوص پارامتر غلظت کربن اتفاق افتاد مشاهده می‌شود. اما در خصوص پارامتر کربن توده‌ای برای عمق معادل مشاهده می‌شود هر دو عمق اول و دوم سایت چرای سبک دارای مقدار معنی‌دار بیشتری نسبت به دو سایت دیگر هستند و سایت چرای متوسط نیز دارای مقادیر بیشتر کربن توده ای بر حسب عمق معادل نسبت به سایت چرای سنگین می‌باشد. آنچه که به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی در خصوص ارزیابی نتایج حاصل از دو پارامتر کربن توده‌ای بر حسب عمق معادل با کربن توده‌ای بر حسب عمق ثابت بر می‌آید این نکته است که که اختلافات نسبی مقادیر در بین سایت‌ها برای هر دو پارامتر مشابه نیست. مقایسه وزن مخصوص ظاهری خاک‌ها نیز نشان می‌دهد سایت چرای سنگین از لحاظ آماری نسبت به دو سایت دیگر دارای مقدار بیشتری می‌باشد و سایت چرای سبک و متوسط هر دو با هم در یک گروه آماری قرار گرفته و دارای کمترین میزان وزن مخصوص ظاهری می باشد.

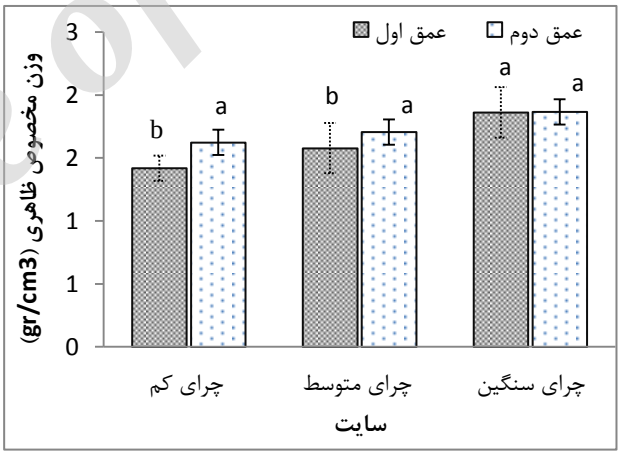
مقایسه آماری شاخص‌های مختلف بین دو عمق با استفاده از آزمون تی-تست در هر یک از سایت‌های چرای سبک، چرای متوسط و چرای سنگین در شکل‌های ۱-۴ ارائه شده است.

Archive of SID
www.SID.ir

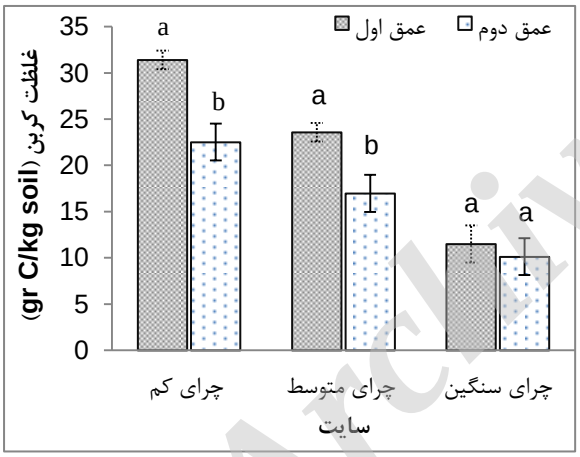
جدول ۱. نتایج آزمون تجزیهٔ واریانس یک‌طرفهٔ مقایسهٔ پارامترهای مورد مطالعهٔ کربن آلی خاک هر عمق در خاک سایت‌های مختلف

ویژگی‌های خاک		چرای سبک	چرای متوسط	چرای سنگین	F	Sig
غلظت کربن(oc) (gr C/kg soil)	عمق اول	۳۱/۳۹a	۲۳/۵۷b	۱۱/۵c	۳۴/۲۸۱**	۰/۰۰۱
	عمق دوم	۲۲/۵۱a	۱۶/۹۵b	۱۰/۱۲c	۲۳/۷۶۰**	۰/۰۰۱
کربن توده‌ای بر اساس عمق ثابت (ton C/ ha)	عمق اول	۸۹/۱۵a	۷۴/۴۷a	۴۲/۹۳b	۱۷/۳۶۵**	۰/۰۰۰
	عمق دوم	۷۳/۴۰a	۵۷/۹۲b	۳۷/۸۳c	۱۳/۲۷۷**	۰/۰۰۱
کربن توده‌ای بر اساس عمق معادل (ton C/ ha)	عمق اول	۸۹/۱۵a	۶۶/۹۷b	۳۲/۷۲c	۲۸/۷۲۵**	۰/۰۰۰
	عمق دوم	۶۴/۱۵a	۴۸/۱۸b	۳۲/۹۳c	۱۳/۷۶۲**	۰/۰۰۰
وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	عمق اول	۱/۴۱b	۱/۵۷۸b	۱/۸۶۲a	۵۹/۶۱**	۰/۰۰۰
	عمق دوم	۱/۶۲b	۱/۷۰۶b	۱/۸۶۶a	۱۷/۲۲**	۰/۰۰۰
میزان عمق معادل (cm)	عمق اول	۲۰	۱۷/۹۸	۱۵/۲۴	–	–
	عمق دوم	۱۷/۴۷	۱۶/۶۳	۱۵/۲۱	–	–

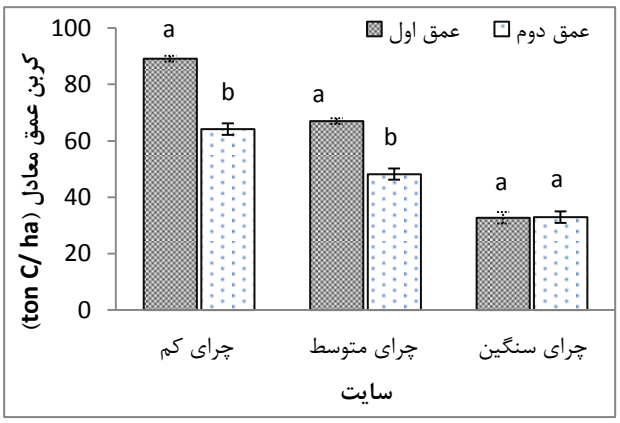
حروف مختلف نشان‌دهنده معنی‌دار بودن پارامتر در عمق مشخص در سایت‌ها می‌باشد ** بیانگر معنی‌داری آزمون معنی‌داری در سطح معنی‌داری ۹۹ درصد است.



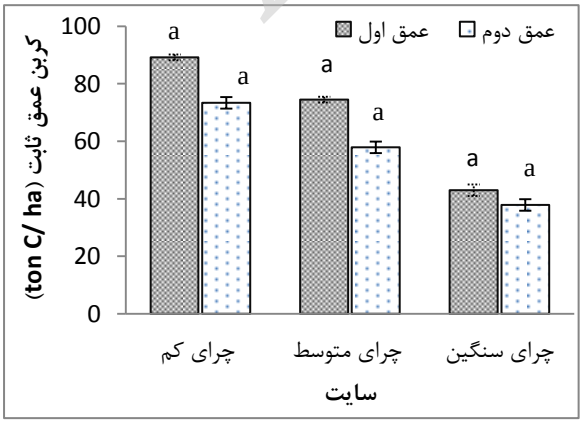
شکل ۱. میانگین وزن مخصوص ظاهری در عمق‌ها و سایت‌ها



شکل ۲. میانگین غلظت کربن در عمق‌ها و سایت‌ها



شکل ۳. میانگین کربن عمق معادل در عمق‌ها و سایت‌ها



شکل ۴. میانگین کربن عمق ثابت در عمق‌ها و سایت‌ها

Archive of SID
www.SID.ir

مقایسهٔ پارامتر غلظت کربن بین دو عمق در سایت‌های شدت چرای سبک و متوسط حاکی از بالا بودن غلظت کربن در عمق اول نسبت به عمق دوم است ولی دو عمق مورد مطالعه در سایت چرای سنگین دارای تفاوت آماری نیستند. در مقابل مقایسهٔ دو عمق در خصوص هر سه سایت برای پارامتر کربن توده‌ای در عمق ثابت حاکی از عدم تفاوت معنی‌دار می باشند. با این حال مقایسهٔ کربن توده‌ای بر اساس عمق معادل نشان می‌دهد در سایت‌های چرای سبک و متوسط میزان این پارامتر در عمق اول نسبت به عمق دوم بیشتر است ولی بین دو عمق در سایت چرای سنگین تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌شود.

۴. بحث و نتیجه گیری

به دلیل برآورد واقعی کربن توسط رویکرد استفاده از عمق معادل، از نتایج حاصل از محاسبهٔ کربن معادل جهت تفسیر تأثیر مدیریت‌های مختلف بر کربن آلی خاک استفاده شد. طبق این رویکرد به دلیل جلوگیری از اثرگذاری مقدار وزن مخصوص‌های متفاوت بر میزان ترسیب کربن محاسبه شده، نقش وزن مخصوص ظاهری خاک در نظر گرفته شد و ارتفاع معادل جهت محاسبهٔ کربن توده‌ای محاسبه شد، که این رویکرد براورد واقعی از میزان کربن را ارائه می‌دهد. [۹]. کمی‌کردن ذخیرهٔ کربن آلی خاک در عمق نمونه‌برداری ثابت نمی‌تواند برای توده‌های مختلف خاک کارایی داشته باشد و همچنین نمی‌تواند با دقت تغییرات کربن آلی خاک را ارزیابی و پایش کند [۹]. بنابراین با توجه به نتایج عمق اول سایت چرای سبک بیشترین و عمق اول و دوم سایت چرای سنگین کمترین کربن ذخیره شده را داشت. با توجه به مجموع مطالعاتی که در زمینهٔ اثرات چرا بر ترسیب کربن خاک انجام شده است، نظر هماهنگی در این مورد وجود نداشته و به دلیل گستردگی عوامل مؤثر بر این فرآیند در طبیعت، تحقیقات گوناگون، نتایج مختلفی ارائه نموده‌اند. در بسیاری از مطالعات اثر چرا را بر ترسیب کربن خاک منفی دانسته[۱۳ و ۳۳] و در مواردی دیگر چرا را عاملی مؤثر در افزایش میزان کربن خاک دانسته اند [۳۶].

در این خصوص منبع مهم مادهٔ آلی در خاک اجزای مختلف گیاهان می‌باشد که به‌تدریج به خاک منتقل و دستخوش تغییرات شیمیایی و بیولوژیکی می‌گردند. در مرتع با چرای کم که رویش گیاهان انبوه‌تر از مرتع با شدت چرای شدید می‌باشد، مقدار اعضای گیاهی منتقل شده به زمین بیشتر بوده و از این رو مادهٔ آلی آن هم بیشتر می‌باشد و در مرتع چرای سنگین به علت کاهش پوشش گیاهی و از بین رفتن لاشبرگ سطح زمین فرآیند تجزیه و کاهش مقدار مادهٔ آلی خاک رخ می‌دهد که این یافته با یافته‌های تحقیقات مختلف [۳۲ و ۲۶] مطابقت دارد. به نظر می‌رسد در مرتع چرای سبک، میزان تولید گیاهان بیشتر از تنفس میکروارگانیسم‌ها بوده به عبارتی مقدار ورودی بیشتر از خروجی است؛ که این امر باعث انباشته‌شدن کربن در خاک می‌شود. در اثر از بین رفتن پوشش گیاهی مرتع شدت چرای سنگین، نسبت تنفس به تولید افزایش یافته و ذخایر کربن خاک کاهش می‌یابد، نتایج تحقیقات متعدد این یافته را تأئید می‌کند.

نوع مدیریت مرتع منجر به توزیع متفاوت کربن در پروفیل خاک شده است. در منطقهٔ چرای سبک مقدار پوشش گیاهی و همچنین حجم زیاد ریشه در خاک سبب افزایش مادهٔ آلی در این سایت نسبت به دو سایت دیگر گردیده است. این موارد با نتایج [۸،۲،۱۷،۹ و ۳۵] مطابقت دارد. چرای سنگین به طور مستقیم و غیر مستقیم با کاهش بیش از اندازه پوشش گیاهی و فشردگی خاک باعث کاهش رشد گیاهی و ممانعت از ورود بقایای گیاهی به خاک می‌شود که این کاهش، دینامیک مادهٔ آلی خاک را که یکی از مهم‌ترین منابع تأمین‌کنندهٔ ازت، فسفر و گوگرد در خاک مراتع طبیعی به‌شمار می‌آید را تحت تأثیر قرار می‌دهد و هر گونه کاهش در ورود مواد آلی به خاک موجب اختلال در فعالیت میکروارگانسیم‌های تجزیه‌کننده و کاهش حاصلخیزی خاک مرتع می‌شود [۱۸ ،۱۶]. در نهایت

Archive of SID
www.SID.ir

این‌گونه می‌توان بیان کرد؛ مادهٔ آلی سبب دانه‌بندی خاک شده و با افزایش تخلخل و تهویه، ظرفیت نفوذ و فرونشست را زیاد می‌کند و علت افزایش مواد آلی در سایت قرق شده می‌تواند در نتیجهٔ توسعهٔ پوشش گیاهی در اثر نفوذ آب و تجمع لاشبرگ و بقایای پوشش گیاهی و تجزیه آن باشد. به طور کلی نتایج مطالعهٔ حاضر در راستای نتایج تحقیقات [۱۵ ،۲۸، ۲۹ و ۳۰] بیانگر رابطهٔ ترسیب کربن آلی خاک با درصد پوشش‌گیاهی، نوع گونه‌های گیاهی، مقدار لاشبرگ و بقایای گیاهی، نوع کاربری اراضی مکان و شیوه می‌باشد. با توجه به نتایج مطالعه می‌توان گفت که با افزایش شدت چرا، به دلیل برداشت پوشش گیاهی توسط دام، فشردگی خاک، افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک و کم شدن درصد پوشش و زیتودهٔ گیاهی و در نتیجه کاهش بازگشت مادهٔ آلی به خاک، میزان مادهٔ آلی و کربن آلی کاهش می‌یابد [۱۱، ۲۵ و ۱۶]. نتایج این مطالعه حاکی از آن است که وزن مخصوص ظاهری خاک در سایت چرا شده به علت چرای دام و لگدکوبی خاک نسبت به سایت چرای کم افزایش یافته است و تفاوت معنی‌داری در وزن مخصوص ظاهری خاک در هر دو عمق مشهود است. وجود دام در عرصه سبب فشردگی خاک عمق اول شده است و کاهش دام از عرصه (سایت چرای سبک) سبب کاهش وزن ظاهری خاک شده است که یافته‌های تحقیقات دیگر این مطلب را تأیید می‌کند [۳۲]. به علاوه در سایت قرق به علت انباشته‌شدن مواد آلی و تشکیل مواد ژلاتینی و ایجاد حالت ارتجاعی در خاک، وزن مخصوص ظاهری خاک نسبت به سایت چرا شده کاهش یافته است [۳۶].

با از بین رفتن مواد آلی، خاصیت ارتجاعی نیز از بین رفته و خرد شدن خاکدانه‌ها در اثر تردد دام و خاکدانه‌ها را به ذرات ریزتری تبدیل می‌کند و این ذرات در خلل و فرج خاک جای گرفته و وزن مخصوص ظاهری خاک را افزایش می‌دهند. افزایش نفوذ ریشه و فعالیت‌های بیولوژیکی در مرتع با فشار چرای کم باعث تسهیل هوادهی و نفوذ آب به داخل خاک می‌گردد و این امر سبب کاهش وزن مخصوص ظاهری در آنها می‌شود. تحقیقات مختلفی به این نتیجه رسیدند که فشرده‌شدن خاک توسط لگدکوبی سبب افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک شده است [۳۲،۳۳، ۵ و ۲۶].

از لحاظ وزن مخصوص ظاهری، لایهٔ اول سایت چرای سبک و متوسط نسبت به لایهٔ دوم از لحاظ آماری بیشتر است. این در حالی است که عمق اول و دوم در سایت چرای سنگین با یکدیگر تفاوت معنی‌داری با هم ندارند. این نکته بیانگر این است که اثر چرای شدید در سایت چرای سنگین به لایه عمقی نیز منتقل شده است. این نتایج با نتایج مطالعه‌ای که در مطالعهٔ مشابهی به این نتیجه دست یافتند که اثر چرای شدید را روی وزن مخصوص ظاهری عمق دوم بی‌تأثیر است، تناقض دارد [۱]. به نظر می‌رسد دلیل این تناقض ناشی از تفاوت نسبی بین شدت‌ها، میزان متفاوت انباشت کربن آلی و تفاوت نوع خاک باشد. به عبارتی جرم مخصوص ظاهری نشانه تراکم و تخلخل خاک بوده و با مواد آلی در ارتباط است یعنی در خاک‌هایی با مقدار ماده آلی کم میزان جرم مخصوص ظاهری زیاد است[۳۱]. همچنین در برخی مطالعات وزن مخصوص را به‌عنوان شاخصی در ارزیابی و پایش مراتع پیشنهاد کرده‌اند [۵].

همانطور که در ادامه بحث خواهد شد، روش‌های معمول که بدون توجه به بحث عمق معادل مورد استفاده قرار می‌گیرند، برای محاسبهٔ تأثیر واقعی جرم خاک بر تخمین مادهٔ آلی و ذخیرهٔ مواد غذایی خاک با خطا مواجه است. طبق نتایج به دست آمده برای محاسبهٔ کربن ذخیره‌ای در واحد سطح و عمق مشخص با اضافه شدن وزن مخصوص به فرمول محاسبهٔ کربن آلی تغییراتی در میزان کربن آلی خاک اتفاق افتاده است.

ارزیابی تغییرات ناشی از مدیریت در میزان کربن و دیگر عناصر ذخیره شده در خاک، تحت تأثیر روش‌های محاسباتی وضعیت عناصر در خاک، قرار می‌گیرند. به علت اینکه میزان اندازه‌گیری شده به طور صحیحی

Archive of SID

www.SID.ir

منعکس‌کنندهٔ تودهٔ عنصر در هر واحد سطح یا حجم نیست و مقایسهٔ میزان عناصر غیر واقعی خواهد بود. نتایج مرسوم از خصوصیات خاک در عمق نمونه‌برداری (محاسبهٔ وزن مخصوص ظاهری، ضخامت و کربن آلی) معمولاً از مقایسهٔ میان توده‌های نابرابر خاک ناشی می‌شوند. به دلیل آنکه نمونه‌برداری در عرصه، از توزیع غیر قابل اعتماد عناصر خاک است، این مقایسه‌ها معمولاً مورد قبول نیستند. مادهٔ آلی خاک ذخیره شده در هر واحد سطح یا حجم مشخص، به توده خاک وابسته هستند. جرم مخصوص ظاهری خاک در عمق نمونه‌برداری توسط تغییرات اتفاقی در ضخامت خاک و وزن مخصوص ظاهری تغییر می‌کند، در حالی که جرم معادل خاک برای اصلاح تفاوت‌های غیرقابل‌توجیه در تودهٔ خاک استفاده شده است. تأثیر مدیریت بر مادهٔ آلی و مواد غذایی خاک با حذف تفاوت‌های مربوط بین توده‌های نابرابر خاک مشخص می‌شوند. ایده‌ای که طبق آن باید توده‌های مواد غذایی در جرم خاک برای نشان‌دادن تفاوت‌ها نرمال شوند، ایدهٔ جدیدی نیست [۹] اما تحقیقات انجام شدهٔ اخیر در این خصوص گواهی است بر اینکه کمبود جدی عدم آگاهی از تأثیر تودهٔ خاک در برآورد ذخیرهٔ مواد غذایی خاک وجود دارد. تأثیر مدیریت بر ذخیرهٔ مادهٔ آلی در منطقه اینچه‌برون استان گلستان به دلیل تفاوت‌هایی که در وزن مخصوص ظاهری، ضخامت خاک و متعاقب آن تودهٔ خاک بود، مبهم است و تأثیر مدیریت با محاسبهٔ مادهٔ آلی ذخیره شده در جرم معادل خاک مشخص شد. برای مثال طبق محاسبات، کربن آلی خاک منطقهٔ چرایی یا شدت کم و شدت متوسط که بر اساس عمق ثابت محاسبه شد نسبت به کربن آلی محاسبه شده بر اساس عمق نمونه‌برداری معادل بیشتر بوده است که در نتیجه، تخمین ذخیرهٔ مادهٔ آلی در خاک شدت چرایی زیاد و متوسط پس از محاسبهٔ تودهٔ کربن بر اساس عمق معادل به دلیل اضافه نشدن عمق معادل، کمتر از سایر تیمارها شده است.

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی؛ در این مطالعه سه نوع رویکرد ارائهٔ ذخیرهٔ کربن بررسی شد که نتایج نشان‌دهندهٔ اهمیت عمق نمونه‌برداری و وزن مخصوص در محاسبهٔ مادهٔ آلی خاک می‌باشد. استفاده از رویکرد عمق معادل می‌تواند برای تعیین مجموع کربن آلی خاک به منظور برآوردی دقیق از کربن آلی جهت مقایسهٔ مدیریت‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرد.

References

[1] Agha Mohseni fashami, M., Zahedi, G., Farahpour, M. and Khorasani, N. (2008). Influence of enclosure and grazing on the soil organic carbon and soil bulk density (Case study in the central Alborz south slopes rangelands). Journal of Agricultural Sciences of Iran. 4(5), 375-381.

[2] Aghasi, M. J., Bahmanyar, M.A. and Akbarzadeh, M. (2006). Comparison of the effects grazing and water distribution on rangeland vegetation and soil parameters Kiasar Mazandaran province. Journal of Agriculture and Natural Resources, 13(4), 73-84.

[3] Alvarez, R.J., Carrascob, L., Marin, C.M. and Martinez, J.J. (2007). Soils of a dune coastal salt marsh system in relation to groundwater level, micro-topography and vegetation under a semi-arid Mediterranean climate in SE Spain, Catena, 69, 111- 121.

[4] Ataian, B. (2002). Establishment of range marker plants on different conditions of soil compaction. M.Sc thesis, Faculty of Natural Resources. University of Tehran.

[5] Bagheri, R., Mohseni Saravi, M. and Chaichi, M.R. (2013). The changes of bulk density, porosity percentage and soil seed banks in rangelands under different grazing intensities. Iranian Journal of Range and Desert Research, 20 (2); 417-432.

Archive of SID
www.SID.ir

[6] David, A. and Ussiri, N. 2006. Post-Reclamation Land use Effect on Properties and carbon Sequestration in mine soils of Southeastern Ohio. Soil Science, 171, 261-271.

[7] Davidson, J.M., Gray, F. and Pinson, D.L. (1967). Changes in organic matter and bulk density with depth fewer than two cropping systems. Agronomy Journal, 592, 375-378.

[8] Deng, L., Sweeney, S. and Shangguan, Z.P. (2013). Long-term effects of natural enclosure: carbon stocks, sequestration rates and potential for grassland ecosystems in the Loess Plateau. CleanSoil, Air, Water. 42(5), 617-625.

[9] Ellert, D.H. and Bettany, J.R. (1995). Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes, journal soil science, 5,150-162.

[10] Eskandari, N., A. Alizadeh and Mahdavi, F. (2007). Iran range management policy. Forest and rangeland organization. 190 p.

[11] Frank, A.B., Tanaka, D.L., Hofmann, L. and Follett, R.F. (1995). Soil carbon and nitrogen of Northern Great Plains grasslands as influenced by long-term grazing. Journal of Range Management, 48 (5), 470–474.

[12] He, N., Wu, L., Wang, Y. and Han, X. (2009). Changes in carbon and nitrogen in soil particle-size fractions along a grassland restoration Chrono sequence in northern China, Geoderma, 150, 302-308.

[13] He, N.P., Zhang, Y.H., Yu, Q., Chen, Q.S., Pan, Q.M., Zhang, G.M. and Han, X.G. (2011). Grazing intensity impacts soil carbon and nitrogen storage of continental steppe. Ecosphere, 2(1), 1-10.

[14] Jafari Haghighi, M. (2004). The methods of soil-sampling decomposition and the important of decomposition physical and chemical on Emphasizing the theory and practice. Nedai Zehi publication, 236 p.

[15] Jafari, M., Azarnivand, H., Sadeghi pour, A., Kamali, N.,Haydari, A. and Madah arefi, H. (2015). Effect of Different Grazing Intensities on Soil Carbon Sequestration and Nitrogen Stabilization (Case Study: Shahriar). Iranian Journal of Natural Resources. 69 (2); 427-436.

[16] Javadi, S.A., Jafari, M. Azarnivand, H. and Alavi, S.J. (2005). An investigation of grazing effect on organic matter and nitrogen in Lar rangeland. Natural resources journal, 1 (1), 53-66.

[17] Jeddi, K. and Chaieb, M. (2010). Changes in soil properties and vegetation following livestock grazing exclusion in degraded arid environments of South Tunisia. Flora, 205, 184–189.

[18] Joneidi, H., Amani, S. and Karami, P. (2016). Effects of grazing intensities on carbon sequestration and storage in the rangelands of Bijar protected area. Journal of rangeland, 1(10); 53-67.

[19] Kohandel, A., Arzani, H. and Tavasoli, M. (2009). Effect of grazing intensities on soil organic matter, nitrogen, phosphorus and potassium. Iranian Journal of sciences and watershed engineering, 3(6), 59-66.

[20] Lemma, B., Kleja, D.B., Nilsson, I. and Olsson, M. (2006). Soil carbon sequestration under different exotic tree species in the southwestern highlands of Ethiopia. Geoderma, 136, 886-898.

[21] Moghadam, M. (1998). Range and range management. Tehran University Press, 470p.

[22] Nelson, D.W. and Sommers, L.E. (1982). Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (Eds), Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbial Properties. 2nd ed., Agronmy, 9, 539-579.

[23] Newton, J.D., Wyatt, F.A. and Brown, A.L. (1945). Effects of cultivation and cropping on the chemical composition of some western Canada prairie province soils. Part II. Science Agriculture, 25, 718-737.

[24] Niknahad Gharmakher, H., Jafari Foutami, I. and Sharifi, A. (2016). Effects of Grazing Exclusion on Plant Productivity and Carbon Sequestration (Case Study: Gomishan Rangelands, Golestan Province, Iran). Journal of Rangeland Science. 5(2); 122-134.

[25] Pei, S.H., Fu, H. and Wan, C. (2008). Changes in soil properties and vegetation following enclosure and grazing in degraded Alxa desert steppe of Inner Mongolia, China, Agriculture, Ecosystems and Environment, 124, 33-39.

[26] Sheidai Karkaj, E. (2011). Assessment of carbon sequestration potential of the redox species Agropyron elongatum and Atriplex lentiformis (case study: Chapar ghoimeh Gonbad). MSc thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 86 p.

Archive of SID

www.SID.ir

[27] Sheidai Karkaj, E., Akbarlo, M. and Niknahad, H. (2013a). The effect of grazing management on soils properties amend in Chaharbagh rangeland Golestan province. Pajouhesh & Sazandegi. 99, 74-83.

[28] Singh, G., Bala, N., Chaudhuri, K.K. and Meena, R.L. (2003). Carbon sequestration potential of common access resources in arid and semi-arid regions of northwestern India. Indian Forester, 129(7), 859-864.

[29] Soussana, J.F, Loiseau, P., Vuichard, N., Ceschia, E., Balesdent, J., Chevallier, T. and Arrouays, D. (2004). Carbon cycling and sequestration opportunities in temperate grasslands. Soil Use Management, 20,219-230.

[30] Steffens, M., Kolbl, A. Totsche, K.U. and Kogel-Knabner, I. (2008). Grazing effects on soil chemical and physical properties in a semiarid steppe of InnerMongolia (P.R. China). Geoderma, 143, 63-72.

[31] Sun, D.S., Wesche, K., Chen, D.D., Zhang, S.H., Wu, G.L., Du, G.Z. and Comerford, N.B. (2011). Grazing depresses soil carbon storage through changing plant biomass and composition in a Tibetan alpine meadow. Plant soil environment, 57 (6), 271–278.

[32] Teaguea, W.R., Dowhowera, S.L., Bakera, S.A., Haileb, N., DeLaunea, P.B. and Conovera, D. M. (2011). Grazing management impacts on vegetation, soil biota and soil chemical, physical and hydrological properties in tall grass prairie. Agriculture, Ecosystems and Environment, 141, 310–322.

[33] Vaillant, G.C., Pierzynski, G.M., Ham, J.M. and De. Rouchey, J. (2009). Nutrient accumulation below cattle feedlot pens in Kansas, Journal of Environmental Quality, 38, 909-918.

[34] Van, G., du Toit, N., Snyman, H.A. and Malan, P.J. (2008). Physical impact of grazing by sheep in the Nama Karoo subshrub/grass rangeland of South Africa on litter and dung distribution. South African Journal of Animal Science, 38 (4), 326-330.

[35] Warren, A., Batterbury, S. and Osbahr, H. (2001). Soil erosion in the West African Sahel: A review and an application of a local political ecology approach in South West Niger, Glob. Environ

[36] Xie, Y. and Wittig, R. (2004). The impact of grazing intensity on soil characteristics of *Stipa grandis* and *Stipa bungeana* steppe in northern China (autonomous region of Ningxia). Acta Ocelot, 25, 197-204.

[37] Zhao, Y., Peth, S., Krummelbein, J., Horn, R., Wang, Z., Steffens, M., Hoffmann, C. and Peng, X. (2007). Spatial variability of soil properties affected by grazing intensity in Inner Mongolia grassland. Ecological Modeling, 205, 241-254.

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir