نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۲، ص. ۹۷۲-۹۶۳

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No.5, Nov.-Dec. 2013, p. 963-972

تاثیر پارامترهای اولیه توپوگرافی و عامل پوشش/کاربری اراضی بر تراکم کربن آلی خاک در بخشی از اراضی شمال ایران

سامره فلاحتکار[۱]- سید محسن حسینی[۲*]- شمس اله ایوبی[۳]- عبدالرسول سلمان ماهینی[۴]

تاریخ دریافت:۱۳۹۱/۱۱/۲۴
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۸/۷

چکیده

تغییرات پوشش/ کاربری اراضی و تخریب جنگل و خاک به طور مؤثر بر انتشار گازهای گلخانه ای اثر می‌گذارد و منجر به گرمایش جهانی می‌گردد. این تحقیق با هدف بررسی روابط بین تراکم کربن آلی خاک (SOCD) و پارامترهای اولیه توپوگرافی در دو عمق ۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ سانتی متری در منطقه دیلمان استان گیلان انجام گرفت. از روش تصادفی-طبقه بندی شده به منظور مشخص کردن محل پلات های نمونه برداری در واحدهای همگن استفاده شد. روش والکلی- بلاک برای اندازه گیری میزان کربن آلی خاک استفاده گردید. در نهایت از روش آماری آنالیز واریانس و همبستگی برای بررسی روابط بین تراکم کربن آلی خاک و پارامترهای اولیه توپوگرافی استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در هریک از طبقات کاربری/پوشش اراضی نقش عوامل اولیه توپوگرافی بر تراکم SOC متفاوت می‌باشد. در اراضی جنگلی شیب دارای نقش مؤثری بر SOCD می‌باشد، درصورتی که در اراضی کشت شده و مراتع فاقد نقش مؤثر می‌باشد. ارتباط معنی داری بین جهت جغرافیایی با SOCD منطقه در هیچ یک از کاربری/پوشش ها در عمق ۲۰-۰ سانتی متری وجود ندارد. ارتفاع دارای نقش مؤثر بر تراکم SOC در اراضی کشت شده و مراتع می‌باشد درصورتی‌که فاقد هر گونه تاثیر معنی دار در اراضی جنگلی است. داشتن اطلاعات کافی از نقش عوامل اولیه توپوگرافی در افزایش فرآیند ترسیب کربن در کاربری‌های مختلف می‌تواند در مدیریت پایدار اراضی به ویژه مناطق شمالی کشور مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: ویژگی های اولیه توپوگرافی، تراکم کربن آلی خاک، پوشش/کاربری اراضی

مقدمه

انسان به واسطه استفاده از سوخت های فسیلی، تغییرات کاربری اراضی و جنگل‌زدایی به طور فزآینده موجبات افزایش CO_2 اتمسفری را فراهم می‌کند که نتیجه آن گرمایش جهانی، تغییر آب و هوا طی سال های اخیر است (۳۳). کربن خاک بزرگترین ذخیره کربن در اکوسیستم های خشکی است و تغییرات بسیار سریع و مستقیمی با اتمسفر از طریق فرآیند فتوسنتز و تجزیه مواد آلی نشان می‌دهد (۷، ۹ و ۱۹). امروزه به دلیل عدم وجود داده های کافی درباره ذخایر فعلی و گذشته کربن آلی خاک و همچنین عوامل کنترل کننده آن، توان بالقوه خاک ها برای ترسیب کربن به صورت موضوع بحث برانگیزی مسکوت مانده است (۲۵). تغییرات پوشش گیاهی، کاربری اراضی و تخریب جنگل و خاک به طور مؤثر بر انتشار گازهای گلخانه ای اثر می‌گذارد و منجر به گرمایش جهانی می‌گردد (۳۳). کربن آلی خاک نقش بسیار مهمی در افزایش تولید محصولات کشاورزی (۲۸ و ۳۵) و کاهش گازهای گلخانه ای بازی می‌کند. تشکیل خاک به پنج عامل محیط زیستی وابسته است که می‌توان به آب و هوا، پوشش گیاهی، توپوگرافی، سنگ مادر و زمان اشاره نمود (۱۲ و ۱۳). محتوای کربن آلی خاک در مناطق مختلف متفاوت است و در مقیاس های مکانی مختلف عوامل محیط زیستی متعددی در کنترل آن نقش دارد. عوامل توپوگرافی (۱۵ و ۲۰)، عوامل آب و هوایی (۴ و ۵)، نوع پوشش و کاربری اراضی (۲۹ و ۳۸)، بافت خاک (۸، ۱۰ و ۱۸) و مدیریت انسانی (۲۱) از جمله این عوامل محسوب می‌شوند. بنابراین، مشاهده می‌شود که تجمع و پویایی کربن آلی خاک فرآیند پیچیده ای است. در مقیاس مکانی کوچک پارامترهای توپوگرافی و کاربری اراضی جزو عوامل غالب مؤثر بر خصوصیات خاک می‌باشد. پارامترهای توپوگرافی

۱- دانشجوی دکتری محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس
۲- استاد گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس
(*- نویسنده مسئول: (Email: Hosseini@modares.ac.ir
۳- دانشیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۴- دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

منطقه قابل محاسبه از طریق مدل رقومی ارتفاع[1] است. مطالعات مشابهی در مناطق مختلف جهان انجام گرفته که به طور مختصر می‌توان به برخی از آنها اشاره نمود. تامپسون و کولکا (۳۲) رابطه میان کربن آلی خاک (SOC) و گروهی از متغیر های محاسبه شده از مدل رقومی ارتفاع (۳۰×۳۰ متر) را در یک حوضه آبخیز به مساحت ۱۵۰۰ هکتار در منطقه کنتاکی[2] بررسی نمودند. نتایج آنها نشان داد که بیش از ۷۱ درصد از تغییر پذیری ذخائر SOC، قابل توصیف از طریق پنج عامل درصد شیب، جهت شیب، شاخص رطوبت، نزدیکی به نزدیکترین جریان آبی و انحنای شیب می‌باشد. ژونگ و زو (۴۳) با بررسی ارتباط بین عامل های تراکم زهکشی و عوامل توپوگرافی (شیب و ارتفاع) با میزان تراکم کربن آلی خاک از طریق آنالیز رگرسیون و همبستگی نشان دادند که ارتباط نزدیکی بین عامل های مورد مطالعه و تراکم کربن آلی خاک برقرار است. لیو و همکاران (۱۵) به مطالعه رابطه کربن آلی خاک و پارامترهای توپوگرافی، کاربری اراضی و بافت خاک در منطقه شمال شرق چین پرداختند. آنها دریافتند که کمترین غلظت کربن آلی خاک در مناطق پرشیب منطقه وجود دارد و بخش غربی منطقه مورد مطالعه نسبت به بخش شرقی آن از کربن آلی بیشتری برخوردار است که این الگوی پراکنش با ساختار مکانی توپوگرافی و کاربری اراضی همخوانی دارد. از جمله مطالعات مشابه می‌توان به مطالعه وانگ و همکاران (۳۷)، لیو و همکاران (۱۶)، وانگ و همکاران (۴۰)، مختاری کرچگانی و همکاران (۲)، فانگ و همکاران (۶) و ایوبی و همکاران (۳) اشاره نمود. پارامترهای شیب، جهت، ارتفاع و کاربری اراضی در یک منطقه‌ای با مواد مادری مشابه و رژیم آب و هوایی یکسان می‌تواند از عوامل تاثیرگذار غالب بر کربن آلی خاک باشد (۲۰).

به علت کمبود اطلاعات در زمینه ی ارتباط بین عوامل توپوگرافی و کربن آلی خاک در کاربری/پوشش اراضی مختلف در استان گیلان و تغییرات کاربری شدیدی که در این استان به علت جاذبه های توریستی، افزایش جمعیت و گسترش اراضی کشاورزی در دهه های اخیر رخ داده ها است، ضرورت انجام تحقیق حاضر در منطقه دیلمان (دارای تنوع کاربری) احساس می‌شود. لذا اهداف تحقیق حاضر با طرح این سوال بیان می‌شوند که آیا الگوی ذخیره کربن آلی خاک به پارامترهای اولیه توپوگرافی در کاربری های اراضی مختلف وابسته است؟ برای پاسخ به این سوال اهداف تحقیق حاضر عبارتند از:

۱- تعیین تراکم کربن آلی خاک در پوشش و کاربری اراضی مختلف در دو عمق ۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ سانتی متری منطقه دیلمان واقع در استان گیلان، ۲- تعیین نقش عوامل اولیه توپوگرافی (شیب، جهت و ارتفاع) بر تراکم کربن آلی خاک، ۳- تعیین نقش عامل کاربری و پوشش اراضی بر تراکم و ذخیره کربن آلی خاک در منطقه مورد مطالعه.

مواد و روش ها

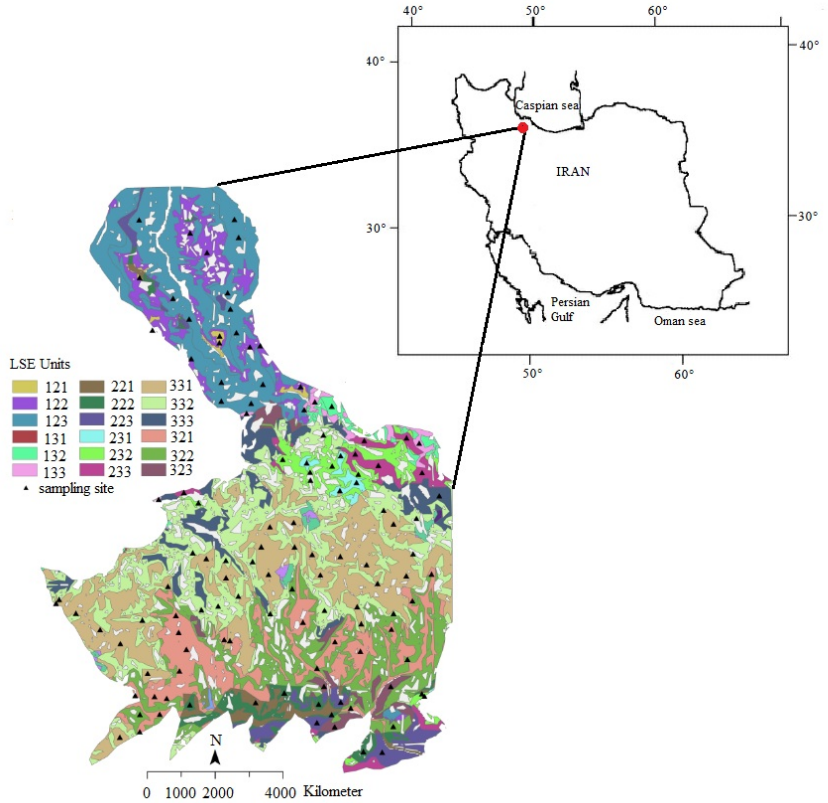
توصیف منطقه مورد مطالعه

منطقه دیلمان بخش کوچکی از حوضه آبخیز سفید رود است که بین طول جغرافیایی' ۴۹ °۴۹ و '۵۷ °۴۹ شرقی و عرض جغرافیایی '۳۷°۰۰ و '۵۰°۳۶ شمالی واقع شده است (شکل ۱). مساحت کل این منطقه بیش از ۱۰۰۰۰ هکتار است و دارای کاربری و پوشش های متنوعی مانند مناطق جنگلی، اراضی کشت شده، مراتع، مناطق مسکونی و صخره ای می‌باشد (شکل ۲). متوسط بارندگی در منطقه ۱۱۷۳ میلی متر است (۱). حداقل ارتفاع منطقه مورد مطالعه ۵۰۰ متر و حداکثر آن ۲۱۰۰ متر است و از ارتفاعات پائین به ارتفاعات بالاتر از پوشش جنگلی کاسته شده و بر مراتع و اراضی کشاورزی افزوده می‌گردد. سیمای کلی منطقه به صورت کوهستان و تپه ماهور است. از آنجایی که منطقه مورد مطالعه در جنگل های هیرکانی واقع شده و از جنبه طبیعت گردی و کشاورزی در استان گیلان دارای اهمیت است، لذا تحقیق حاضر با توجه به اهداف مطالعه و تنوع کاربری منطقه در این محدوده انجام پذیرفت.

روش نمونه برداری خاک و اندازه گیری کربن آلی خاک

روش تصادفی-طبقه بندی شده به منظور مشخص کردن محل پلات های نمونه برداری استفاده شد. برای تهیه نقشه ی واحدهای همگن کاربری اراضی، شیب و ارتفاع (LSE[3]) از روش روی هم گذاری در محیط GIS بهره گرفته شد. نقشه ی شیب از مدل رقومی ارتفاع تولید و سپس با توجه به هیستوگرام فراوانی شیب منطقه و در نظر گرفتن آستانه شیب برای کاربری های مختلف در مدل آمایش سرزمین ایران بهترین طبقه بندی برای شیب منطقه درنظر گرفته شد و در نهایت نقشه ی طبقات شیب در ۳ طبقه ۱۵-۰درصد، ۳۰-۱۵ درصد و بیشتر از ۳۰ درصد تهیه شد. نقشه پوشش و کاربری اراضی در شش طبقه ی عمده اراضی جنگلی، مراتع، اراضی کشت شده، مناطق مسکونی، مناطق صخره ای و جاده تهیه گردید. نقشه طبقات ارتفاعی با توجه به تغییرات پوشش گیاهی منطقه نسبت به ارتفاع در دو طبقه کمتر از ۱۵۰۰ متر و بیش از ۱۵۰۰ متر تهیه شد. نقشه طبقات جهت جغرافیایی در ۴ جهت اصلی شمالی، شرقی، جنوبی و غربی از روی نقشه رقومی ارتفاع تهیه شد، اما از آن در تهیه نقشه واحدهای LSE به علت زیاد شدن واحدهای همگن استفاده نگردید.

1 - Digital Elevation Model (DEM)
2 -Kentucky
3 - Land use, Slope, Elevation



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقشه مدل رقومی ارتفاع

در مجموع ۱۲۳ موقعیت نمونه برداری در واحدهای LSE مزبور به طور تصادفی با پراکنش نسبتاً یکنواخت انتخاب گردید. از شیب سنج و قطب نما به ترتیب برای قرائت شیب و تعیین جهت جغرافیایی ایستگاه نمونه برداری و از دستگاه GPS به منظور ثبت موقعیت پلات نمونه برداری و ارتفاع استفاده شد. در هر پلات ۴ نمونه خاک با شعاع ۳ متری با حفر نیم رخ از اعماق ۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ سانتیمتری برداشت شد (۹). جهت تقلیل تعداد نمونه‌ها برای اندازه گیری میزان درصد کربن آلی، نمونه‌های خاک هم افق در هر پلات با هم مخلوط شدند. پس از خشک شدن نمونه های خاک در دمای اتاق و انتقال به آزمایشگاه، اندازه کربن آلی خاک با استفاده از روش والکلی- بلاک تعیین شد (۳۶). روش کلوخه و هیدرومتری بایکاس به ترتیب برای تعیین وزن مخصوص ظاهری و بافت خاک استفاده شد (۲۳، ۲۴ و ۲۶).

محاسبه اندازه تراکم کربن آلی خاک از رابطه ۱ برای محاسبه تراکم کربن آلی خاک در هر طبقه از کاربری و پوشش اراضی استفاده شد (۶):

$$SOCD = \sum_{m}^{i} SOC_i . BD_i . D_i \qquad (۱)$$

SOC_i: محتوای SOC در لایه iام (g/kg)

BD_i: وزن مخصوص ظاهری در لایه iام (g/cm^3)

D_i: عمق لایه iام (m)

m: تعداد لایه خاک

$SOCD_i$: تراکم کربن آلی خاک (Kg/m^2)

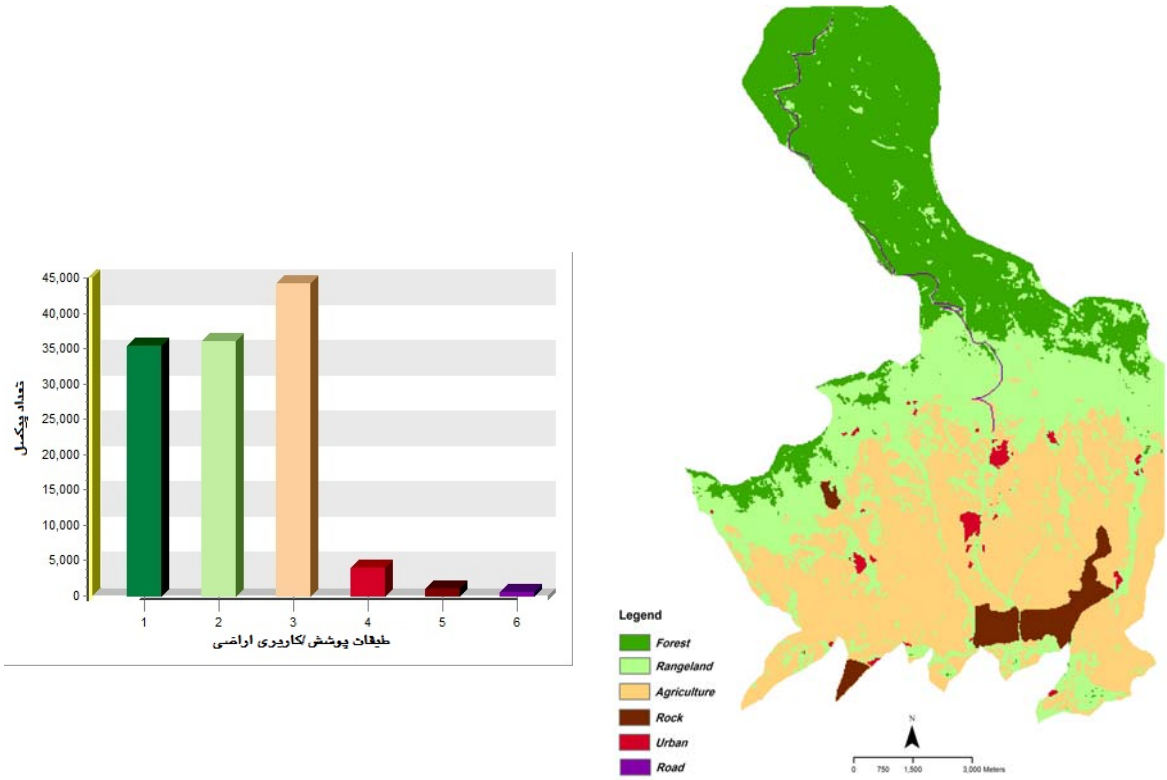
کل ذخیره کربن آلی خاک TSOC بر حسب (kg) از رابطه ۲ محاسبه شد:

$$TSOC = \sum_{m}^{j} ASOCD_j . S_j \qquad (۲)$$

$ASOC_j$: میانگین تراکم SOC در لایه j ام (kg/m^2)

S_j: مساحت طبقه jام (m^2)

m: تعداد کلاس های کاربری اراضی



شکل ۲- نقشه کاربری/پوشش اراضی منطقه مورد مطالعه و هیستوگرام آن

آنالیزهای آماری

آمار توصیفی شامل میانگین، کمینه، بیشینه، انحراف معیار (S.D)، ضریب تغییرات (CV) و چولگی برای داده ها محاسبه گردید. جهت بررسی نتایج، ابتدا نرمال بودن داده ها از طریق آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. سپس آزمون آنالیز واریانس[1] برای بررسی اثر عوامل شیب، جهت و کاربری/پوشش اراضی بر تراکم کربن آلی خاک انجام شد. در صورت معنی دار بودن نقشِ عوامل مورد بررسی بر میزان SOCD در سطح ۰/۰۵ درصد، آزمون مقایسه دانکن برای طبقه بندی میانگین هر عامل بر تراکم کربن آلی خاک استفاده شد. به منظور بررسی نقش عامل ارتفاع (که فقط شامل ۲ طبقه می‌باشد) در هر کاربری آزمون آماری T-test مورد استفاده قرار گرفت. آنالیز ضریب همبستگی خطی نیز برای تعیین رابطه بین SOCD و عوامل توپوگرافی انجام گرفت. تمامی آنالیز های آماری در نرم افزار SPSS نسخه ۱۷ انجام شد (۲۷).

نتایج و بحث

نتایج آمار توصیفی در جدول ۱ ارائه شده است. از مجموع ۱۲۳ پلات در کل منطقه ۶۱ نمونه خاک در اراضی کشاورزی، ۳۰ نمونه در مناطق جنگلی و ۳۲ نمونه نیز در مراتع برداشت گردید. نرمال بودن توزیع داده ها توسط آزمون کولموگروف اسمیرنوف مورد آزمون قرار گرفت. داده های مربوط به اراضی جنگلی از توزیع نرمال برخوردار بودند در حالی که داده های مربوط به اراضی کشت شده و مراتع پس از لگاریتم گیری دارای توزیع نرمال شدند.

ضریب تغییرات می‌تواند نشان دهنده تغییرپذیری پارامتر مورد مطالعه باشد. ضریب تغییرات کوچکتر از ۰/۱ نشان دهنده تغییر پذیری کم، ضریب تغییرات بین ۰/۹-۰/۱ نشان دهنده تغییرپذیری متوسط و ضریب تغییرات بزرگتر از ۰/۹ بیان کننده تغییرپذیری زیاد است (۶). ضریب تغییرات میزان تراکم کربن آلی خاک برای عمق ۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ سانتی متر در جدول ۱ بیان شده است که نشان دهنده تغییرپذیری متوسط این پارامتر در کاربری/پوشش اراضی مختلف در منطقه مورد مطالعه است. در هر سه کاربری/پوشش اراضی بالاترین میزان تراکم کربن آلی خاک در عمق ۲۰-۰ سانتی متری وجود دارد که بیشترین میزان آن در اراضی جنگلی با مقدار ۶/۷ کیلوگرم کربن بر متر مربع و سپس با میزان ۵/۱ و ۳/۲ کیلوگرم کربن بر متر مربع به ترتیب در مراتع و اراضی کشت شده دیده می‌شود (جدول ۱).

1 - ANOVA

جدول ۱- پارامترهای آمار توصیفی تراکم کربن آلی خاک در نقاط نمونه برداری

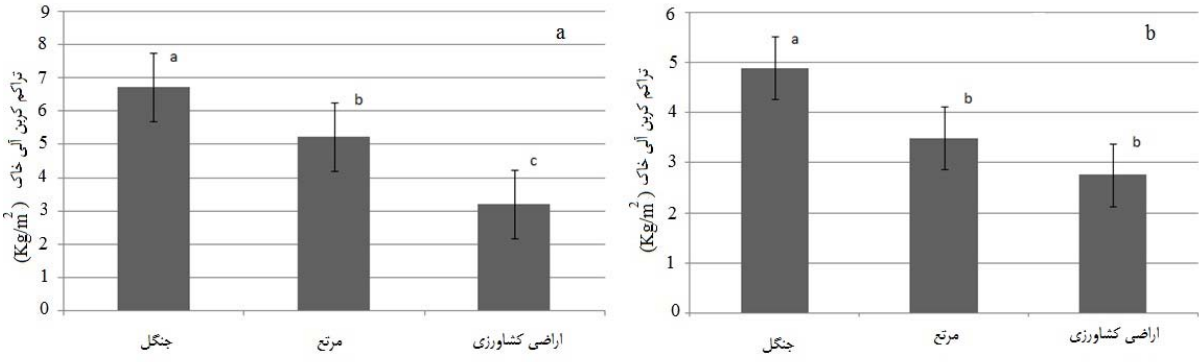
عمق (cm)	کاربری اراضی	تعداد	میانگین	بیشینه	کمینه	انحراف معیار	ضریب تغییرات	چولگی
۰-۲۰	جنگل	۳۰	۶/۷	۱۱/۷	۳/۴	۱/۸	۰/۲۶	۰/۵
	مرتع	۳۲	۵/۱	۱۲/۵	۰/۹	۳/۴	۰/۶۶	۰/۴
	اراضی کشت شده	۶۱	۳/۲	۱۰/۲	۱/۰۵	۱/۸	۰/۵۶	۱/۶
۲۰-۴۰	جنگل	۳۰	۴/۸	۹/۵	۱/۹	۱/۹	۰/۳۹	۰/۵
	مرتع	۳۲	۳/۱	۱۱/۲	۰/۹	۲	۰/۶۴	۲/۲
	اراضی کشت شده	۶۱	۲/۷	۹/۴	۰/۴	۱/۸	۰/۶۶	۱/۵

جدول ۲- میزان تراکم کربن آلی خاک و کل ذخیره کربن آلی خاک در ۲ عمق ۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ سانتیمتری

	تراکم کربن آلی خاک ($kg/C\ m^2$)		کل ذخیره کربن آلی خاک (Mg C)	
	۰-۲۰cm	۲۰-۴۰cm	۰-۲۰cm	۲۰-۴۰cm
اراضی جنگلی	۶/۷	۴/۸	۲۱۳/۲	۱۵۵/۳
مراتع	۵/۱	۳/۱	۱۵۸/۷	۱۰۵/۸
اراضی کشت شده	۳/۲	۲/۷	۱۳۳/۴	۱۱۴/۶

با توجه به مساحت هر کاربری میزان ذخیره کربن آلی خاک محاسبه شده است (جدول ۲). لیو و همکاران (۱۶) برخلاف بسیاری از مطالعات انجام شده میزان تراکم کربن آلی خاک را در اراضی کشاورزی بیشتر از کاربری جنگل و علفزار گزارش کردند و دلیل آن را قرار گرفتن زمین های کشاورزی در شرایط مساعد، فاقد شیب و اضافه شدن کودهای آلی و غیر آلی به اراضی کشاورزی توسط کشاورزان بیان کرده اند. وانگ و همکاران (۳۸)، ژونگ و زو (۴۳)، فانگ و همکاران (۶) در تحقیقات خود نشان دادند که میزان SOC در کاربری جنگل و مرتع بیشتر از اراضی کشاورزی است و علت آن را تبدیل پوشش طبیعی به اراضی کشاورزی و تاثیر شخم در نرخ تجزیه مواد آلی بیان نمودند. در ضمن نتایج نشان می‌دهد که در تمامی موقعیت های نمونه برداری با افزایش عمق، تراکم کربن آلی خاک کاهش می‌یابد که توسط سایر مطالعات مشابه تایید می‌گردد (۱۶، ۳۴، ۳۹ و ۴۲).

نتایج آماری نشان می‌دهد که در عمق ۲۰-۰ سانتی متری اختلاف معنی داری بین میزان کربن آلی خاک در هر ۳ طبقه کاربری/پوشش اراضی دیده می‌شود. این نتایج اختلاف معنی داری را بین میزان کربن آلی خاک در عمق ۲۰-۴۰ سانتی متری در اراضی کشت شده نشان نمی دهد ($p<0.05$). اما SOCD موجود در اراضی جنگلی در هر دو عمق تفاوت معنی داری را با مراتع و اراضی کشت شده ی منطقه نشان می‌دهد که خود گویای اهمیت مناطق جنگلی در فرآیند ترسیب کربن است (شکل۳).



شکل ۳-میانگین تراکم کربن آلی خاک در کاربری/پوشش اراضی مختلف (A : عمق ۲۰- ۰ سانتی متر ، B : ۴۰-۲۰ سانتی متری)

نقش عوامل شیب، جهت جغرافیایی و ارتفاع بر تراکم کربن آلی خاک

نتایج آزمون دانکن نشان می‌دهد که در اراضی جنگلی در طبقات مختلف شیب اختلاف معنی داری در سطح ۰/۰۵ در عمق ۲۰-۰ سانتی متری وجود دارد، به طوری که در هر دو عمق بیشترین میزان تراکم کربن آلی خاک در شیب زیر ۱۵ درصد به ترتیب با میزان متوسط ۹/۲ کیلوگرم کربن در متر مربع و ۵/۹ کیلوگرم کربن در متر مربع دیده می‌شود (جدول ۳). مطالعات مشابه نشان می‌دهد که با افزایش شیب، شرایط مساعد برای رشد گیاهان کاهش یافته، فرسایش افزایش می‌یابد و در نتیجه تجمع مواد آلی و به تبع آن تجمع کربن آلی خاک کاهش می‌یابد (۱۶). از طرف دیگر می‌توان به نقش شیب و ارتفاع بر میزان SOCD از طریق تاثیر بر رواناب، فرسایش، کنترل تعادل آب و خاک و نهشته های زمین شناسی اشاره نمود (۲۰). نتایج آزمون آنالیز واریانس نشان می‌دهد که عامل شیب نقش معنی داری بر میزان تراکم کربن آلی خاک در اراضی کشت شده و اراضی مرتعی در عمق های مطالعاتی ندارند (جداول ۳و ۴). لیو و همکاران (۱۶) نتایج مشابه ای را در این زمینه بیان کرده اند. در حالی که تان و همکاران (۳۱)، رضایی و گلیکس (۲۰) و لیو و همکاران (۱۵) اختلاف معنی داری را بین میزان کربن آلی خاک مناطق مورد مطالعه خود و طبقات شیب به دست آوردند. البته قابل ذکر است که هر یک از افراد مذکور در مقیاس متفاوتی به مطالعه این رابطه پرداختند. مختاری کرچگانی و همکاران (۲) در منطقه لردگان در استان چهارمحال بختیاری بیشترین مقدار کربن آلی و ازت کل را در بخشهای پایین شیب و کمترین مقادیر آن را در شیب های تند گزارش کردند. ایوبی و همکاران (۳) بالاترین مقدار کربن آلی خاک را در شیب کمترا ز ۱۰ درصد و کمترین میزان آن را در شیب بالای ۳۰ درصد در منطقه مورد مطالعه خود گزارش نمودند.

جدول ۳- اثر شیب بر تراکم کربن آلی خاک در کاربری/ پوشش اراضی مختلف در دو عمق مورد مطالعه

کاربری اراضی	۰-۲۰cm	۲۰-۴۰cm
جنگل	۱/۳۰^{b}±۰/۱۷	۱/۵۲^{a} ±۰/۱۸
مرتع	۱/۵۱^{a}±۰/۲۳	۱/۴۶^{a} ±۰/۲۵
اراضی کشاورزی	۱/۵۵^{a}±۰/۲۱	۱/۵۷^{a} ±۰/۲۵

نتایج آنالیز واریانس برای جهات جغرافیایی مختلف در اراضی جنگلی نشان می‌دهد که اختلاف معنی داری بین میانگین تراکم کربن آلی خاک در عمق ۲۰-۰ سانتی متری وجود ندارد، درصورتی که بین میانگین SOCD در جهت جنوبی با سایر جهات در عمق ۴۰-۲۰ سانتی متری اختلاف معنی داری وجود دارد. همان گونه که نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد بالاترین میانگین SOCD در عمق ۲۰-۰ سانتی متری به جهت غربی (۸/۰۵ کیلوگرم بر سانتی متر مربع) تعلق دارد که می‌توان به درجه حرارت پائین تر این جهت جغرافیایی نسبت به سایر جهات اشاره کرد که خود منجر به نرخ پائین تجزیه مواد آلی در آن می‌گردد. پایین تر بودن مقدار SOCD در هر دو عمق در جهت جنوبی نیز موید بالاتر بودن درجه حرارت به علت دریافت بیشتر تابش خورشیدی در این جهت است. جهت جغرافیایی به طور بالقوه عامل مهمی در ایجاد اختلاف در مشخصه های توپوگرافی است (۲۲ و ۳۰). به عنوان مثال، رژیم های آب شناختی و انرژی خورشید در مناطق کوهستانی مطابق با جهت جغرافیایی فرق می‌کنند و منجر به ترکیب و توزیع پوشش گیاهی، شکل گیری خاک و تجزیه مواد آلی (۱۱) می‌شوند. جهت جغرافیایی همچنین موجب تغییرات محلی در بارندگی و درجه حرارت می‌شود که این امر خود در تلفیق فرآیندهای شیمیایی و فیزیکی برای تنظیم نرخ های تجزیه مواد آلی خاک مؤثر می‌باشد (۱۴ و ۱۷). با این وجود در اراضی کشاورزی و مراتع نیز اختلاف معنی داری در میزان کربن آلی خاک در جهات مختلف در هر دو عمق مورد مطالعه مشاهده نگردید. وانگ و همکاران (۳۸) به تاثیر جهت جغرافیایی بر عوامل زنده و غیر زنده اکوسیستم ها اشاره می‌کند که می‌تواند بر تجمع کربن آلی خاک مؤثر باشد. یمیر (۴۱) در مطالعه خود به معنی دار بودن اثر جهت جغرافیایی بر میزان کربن آلی و سایر خصوصیات شیمیایی خاک اشاره می‌کند و بیان می‌دارد که پارامترهای توپوگرافی از طریق تاثیر مستقیم بر پوشش گیاهی می‌توانند تاثیر غیر مستقیم بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مانند کربن آلی داشته باشند.

جدول ٤ - اثر جهت شیب بر تراکم کربن آلی خاک در کاربری و پوشش اراضی مختلف در دو عمق مورد مطالعه

کاربری اراضی	طبقات شیب	SOCD (kg C m^2)	
		۰-۲۰cm	۲۰-٤۰cm
جنگل	S_1	۹/۲^{a}	۵/۹^{a}
	S_2	۵/۶^{b}	۴/۵^{a}
	S_3	۶/۶^{b}	۴/۸^{a}
مرتع	S_1	۰/۷۲^{a}	۰/۵۳^{a}
	S_2	۰/۵۷^{a}	۰/۴۲^{a}
	S_3	۰/۵۴^{a}	۰/۴۰^{a}
اراضی کشت شده	S_1	۰/۴۳^{a}	۰/۳۳^{a}
	S_2	۰/۴۸^{a}	۰/۴۱^{a}
	S_3	۰/۳۰^{a}	۰/۱۶^{a}

در این تحقیق، برای بررسی اثر طبقات ارتفاعی بر SOCD از آزمون t-test استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که در عمق ۲۰-۰ سانتی متری اختلاف معنی داری در میزان کربن آلی خاک برای طبقات کمتر از ۱۵۰۰ متر و بیشتر از ۱۵۰۰ متر در سطح ۰/۰۵ در

اراضی جنگلی وجود ندارد. درصورتی که در عمق ۴۰-۲۰ سانتی متری این اختلاف معنی داری است (جدول ۵). تان و همکاران (۳۱) نتایج مشابهی با نتایج فعلی ما بیان داشتند. نتایج مطالعاتی ما نشان می‌دهد که در اراضی کشت شده و همچنین اراضی مرتعی در هر دو عمق مورد مطالعه اختلاف معنی داری بین میزان SOCD در طبقات ارتفاعی مختلف وجود دارد. همان گونه که نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد در تمامی کاربری/ پوشش اراضی مقدار SOCD در ارتفاعات بالاتر از ۱۵۰۰ متر بیشتر از ارتفاعات پایین است. لیو و همکاران (۱۶) در نتایج خود بیان کردند که ارتفاع تاثیر معنی داری بر میزان کربن آلی خاک در منطقه مورد مطالعه آنها داشته است. آنها بیشترین میزان تراکم کربن آلی را در ارتفاعات بالا و کمترین آن را در ارتفاعات پائین گزارش کردند و دلیل آن را نرخ پائین تجزیه کربن آلی خاک تحت درجه حرارت پائین تر در ارتفاعات بالا تر بیان نمودند. در کل، بیشترین میزان تراکم کربن آلی خاک در کاربری جنگل با ارتفاع پائین (زیر ۱۵۰۰متر) دیده می‌شود (۴/۹ کیلوگرم کربن در متر مربع) و کمترین آن در اراضی کشاورزی با ارتفاع زیر ۱۵۰۰ متر دیده می‌شود (میانگین ۲/۶ کیلوگرم کربن در متر مربع).

جدول ۵- اثر ارتفاع بر تراکم کربن آلی خاک در کاربری و پوشش اراضی مختلف در دو عمق مورد مطالعه

کاربری اراضی	طبقات جهت	SOCD (kg C m^{-2}) ۰-۲۰cm	SOCD (kg C m^{-2}) ۲۰-۴۰cm
جنگل	A_1	۶/۴^{a}	۵/۳^{a}
	A_2	۵/۸^{a}	۴/۴^{ab}
	A_3	۵/۷^{a}	۲/۳^{b}
	A_4	۸/۰۵^{a}	۵/۲^{a}
مرتع	A_1	۰/۶۱^{a}	۰/۳۹^{a}
	A_2	۰/۵۶^{a}	۰/۵۲^{a}
	A_3	۰/۴۷^{a}	۰/۳۲^{a}
	A_4	۰/۷۹^{a}	۰/۵۲^{a}
اراضی کشت شده	A_1	۰/۴۰^{a}	۰/۳۰^{a}
	A_2	۰/۴۹^{a}	۰/۳۸^{a}
	A_3	۰/۴۳^{a}	۰/۳۵^{a}
	A_4	۰/۴۰^{a}	۰/۳۹^{a}

A_1: جهت شمالی، A_2: جهت شرقی، A_3: جهت جنوبی، A_4: جهت غربی

نتایج آزمون همبستگی

نتایج حاصل از همبستگی بین عوامل اولیه توپوگرافی و تراکم کربن آلی خاک در جدول ۶ آورده شده است. در تمامی طبقات کاربری/ پوشش اراضی ضریب همبستگی پیرسون رابطه منفی را بین SOCD و عامل شیب نشان می‌دهد که نشان دهنده میزان بالاتر کربن آلی در شیب های ملایم تر نسبت به شب های تندتر می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که در اراضی مرتعی همبستگی بالایی بین SOCD و عامل ارتفاع وجود دارد. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که بین تراکم کربن آلی خاک و عوامل اولیه توپوگرافی به جزء در موارد معدود همبستگی ضعیفی در منطقه مورد مطالعه برقرار است. تان و همکاران (۳۱) همبستگی پائینی را بین ارتفاع و کربن آلی خاک در اراضی کشاورزی و علفزارهای منطقه مورد مطالعه خود بیان کردند. آنها بالاترین همبستگی را بین کربن آلی و بافت خاک اشاره نمودند. فانگ و همکاران (۶) بیان کردند که کربن آلی خاک با فاکتورهای توپوگرافی همبستگی معنی داری را نشان نمی دهد و گزارش کردند که عوامل توپوگرافی در منطقه مورد مطالعه آنها فاکتور کنترل کننده مهمی برای کربن آلی خاک محسوب نمی شوند.

جدول ٦- ضرایب همبستگی پیرسون تراکم کربن آلی خاک در رابطه با پارامترهای کاربری/پوشش اراضی، شیب، جهت، ارتفاع

کاربری اراضی	طبقات ارتفاع	SOCD(kg C m^{-2}) ۰-۲۰cm	SOCD(kg C m^{-2}) ۲۰-۴۰cm
جنگل	E_1	۶/۵^{a}	۵/۳^{a}
	E_2	۷/۱^{a}	۳/۷^{b}
مرتع	E_1	۰/۲۴^{a}	۰/۲۰^{a}
	E_2	۰/۷۹^{b}	۰/۵۷^{b}
اراضی کشت شده	E_1	۰/۳۳^{a}	۰/۲۳^{a}
	E_2	۰/۴۹^{b}	۰/۴۱^{b}

E_1: ارتفاع کمتراز ۱۵۰۰ متر، E_2: ارتفاع بالاتر از ۱۵۰۰ متر

جدول ۷- ضرایب همبستگی پیرسون تراکم کربن آلی خاک در رابطه با پارامترهای کاربری اراضی، شیب، جهت، ارتفاع.

کاربری اراضی	عوامل توپوگرافی	ضریب همبستگی ۰-۲۰cm	ضریب همبستگی ۲۰-۴۰cm
جنگل	شیب	-۰/۲۳	-۰/۱۰
	جهت	۰/۳۲	۰/۱۵
	ارتفاع	۰/۰۰۱	-۰/۲۵
مرتع	شیب	-۰/۳۴	-۰/۳۴
	جهت	-۰/۰۰۲	-۰/۰۴
	ارتفاع	۰/۸۶**	۰/۷۵**
اراضی کشت شده	شیب	-۰/۲۷	-۰/۲۲
	جهت	-۰/۰۷	۰/۰۰۶
	ارتفاع	۰/۴۲**	۰/۴۲**

**- ضریب همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی دار است.

نتیجه گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که در مقیاس مورد مطالعه عامل شیب دارای تاثیر معنی داری بر میزان SOCD در اراضی جنگلی می‌باشد، در صورتی که تاثیر مهمی بر میزان SOCD در اراضی کشت شده و مراتع ندارد. با توجه با توانایی بالاتر فرآیند

ترسیب کربن در جنگل های واقع در شیب های کمتر از ۱۵ درصد و شرایط مساعد تر آنها برای تغییر کاربری توسط کشاورزان توصیه می‌گردد که اراضی جنگلی در شیب های ملایم تر توسط سازمان جنگل ها و مراتع با جدیت بیشتری مورد حفاظت قرار گیرد. نتایج همچنین نشان می‌دهد که در تمامی کاربری/پوشش اراضی مورد مطالعه عامل جهت فاقد تاثیر معنی دار بر تراکم SOC می‌باشد. عامل ارتفاع نیز با تاثیر بر میزان درجه حرارت نقش معنی داری بر میزان SOCD اراضی کشت شده و مراتع منطقه دیلمان ایفاء می‌کند در صورتی که در اراضی جنگلی نقش قابل توجه ای ندارد. بنابراین به روشنی قابل درک است که مراتع بالا دست از توان بالاتری برای ترسیب کربن برخوردارند، لذا نسبت به مراتع پائین دست در اولویت حفاظت قرار دارند. در مجموع بیشترین میزان تراکم SOC به ترتیب در اراضی جنگلی، مراتع و اراضی کشت شده قرار دارد که نشان دهنده نقش مؤثرتر عامل کاربری/پوشش اراضی در فرآیند ترسیب کربن می‌باشد، که به طور مستقیم به نوع پوشش گیاهی منطقه، مدیریت و دخالت انسانی آن بر می‌گردد.

منابع

۱- درگاهی دهدار م.، کرمی م. و خراسانی ن.الف. ۱۳۸۷. زون بندی منطقه شکار ممنوع دیلمان و درفک با استفاده از GIS. محیط شناسی. شماره ۵۱.

۲- مختاری کرچگانی پ.، ایوبی ش.، مصدقی م.ر. و ملکیان م. ۱۳۹۰. اثر شیب و تغییر کاربری اراضی بر ذخائر مواد آلی خاک در اجزاء اندازه ای ذرات و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در اراضی تپه مهوری لردگان. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار. شماره ۱.

3- Ayoubi S., 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 & Tillage Research, 121: 18–26.

4- Dai W., and Huang Y. 2006. Relation of soil organic matter concentration to climate and altitude in zonal soils of China. Catena, 65: 87–94.

5- Davidson E.A., and Janssens I.A. 2006. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. Nature, 440: 165–173.

6- Fang X., Xue Z., Li B., and An S. 2012. Soil organic carbon distribution in relation to land use and its storage in a small watershed of the Loess Plateau, China. Catena, 88: 6-13.

7- Ganuza A., and Almendro G. 2003. Organic carbon storage in soils of the Basque Country (Spain): the effect of climate, vegetation type and edaphic variables. Biology and Fertility of Soils, 37: 154–162.

8- Hassink J. 1996. Preservation of plant residues in soils differing in unsaturated protective capacity. Soil Science Society of America Journal, 60: 487–491.

9- Hernandez R., Koohafkan P., and Antoine J. 2004. Assessing Carbon Stocks and modeling winwin Scenarios of carbon sequestration through land-use change. Food and Agriculture Organization of the United nations, 1-166.

10- Heviaa G.G., Buschiazzoa, D.E., and Heppera E.N., 2003. Organic matter in size fractions of soils of the semiarid Argentina. Effects of climate, soil texture and management. Geoderma, 116: 265–277.

11- Hicks R.R., and Frank P.S. 1984. Relationship of aspect to soil nutrients, species importance and biomass in a forested watershed in West Virginia. Forest Ecology and Management, 8: 281-291.

12- Jenny H. 1941. Factors of soil formation. McGraw-Hill, New York.

13- Jenny H. 1961. EW Hillgard and the birth of modern soil science. Farallo Publ, Berkeley.

14- Liski J., and Westman C.J. 1997. Carbon storage in forest soils of Finland. II. Size and Regional patterns. Biogeochemistry, 36: 261-247.

15- Liu D.W., Wang Z.M., Zhang B., Song K.S., Li X.Y., Li J.P., Li F., and Duan HT. 2006. Spatial distribution of soil organic carbon and analysis of related factors in croplands of the black soil region, Northeast China. Agriculture Ecosystem and Environment, 113: 73–81.

16- Liu Z., Shao M., Wang Y. 2011. Effect of environmental factors on regional soil organic carbon stocks across the Loess Plateau region, China. Agriculture, Ecosystems and Environment, 142: 184-194.

17- Mendoza-Vega J. 2002. The Influence of Land Use/Land Cover and Soil Types on Amounts of Soil Organic Carbon and Soil Characteristics. Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences.

18- Percival H.J., Parfitt R.L., and Scott N.A. 2000. Factors controlling soil carbon levels in New Zealand grasslands: is clay content important? Soil Sciences Society of America Journal, 64: 1623–1630.

19- Phachomphon K., Dlamini P., and Chaplot V. 2010. Estimating carbon stocks at a regional level using soil information and easily accessible auxiliary variables. Geoderma, 155: 372-380.

20- Rezaei S.A., and Gilkes R.J. 2005. The effects of landscape attributes and plant community on soil chemical properties in rangelands. Geoderma, 125: 167–176.

21- Sainju U.M., Senwo Z.N., Nyakatawa E.Z., Tazisong I.A., and Reddy K.C. 2008. Soil carbon and nitrogen sequestration as affected by long-term tillage, cropping systems, and nitrogen fertilizer sources. Agriculture, Ecosystem and Environment, 127: 234–240.

22- Sardinero S. 2000. Classification and ordination of plant communities along an altitudinal gradient on the Presidential Range, New Hampshire, USA. Plant Ecology, 148: 81-103.
23- Sala O.E., Jackson R.B., Mooney H.A., and Howarth R.W. 2000. Methods in Ecosystem Science. Springer, New York.
24- Sheldrick B.H., Wang C. 1993. Particle size distribution. In: Carter, M.R. (Ed.) Soil Sampling and Methods of Analysis. Canadian Society of Soil Science. Lewis Publishers, Boca Raton.
25- Smith P. 2005. An overview of the permanence of soil organic carbon stocks: influence of direct human-induced, indirect and natural effects. European Journal of Soil Science, 56: 673‑680.
26- Soil Survey Staff. 1996. Soil survey laboratory methods manual. In: Soil Survey Investigations Report. USDA-NRCS. Lincoln, NE.
27- SPSS, WebAPP Framework. 2005. Available from: http:// www.spss.com/webapp/roi.htm.
28- Stevenson F.J., and Cole M.A. 1999. Cycles of Soil: Carbon, Nitrogen, Phosphorus, sulfure, micronutrient. Wiley, New York.
29- Su Z.Y., Xiong Y.M., Zhu J.Y., Ye Y.C., and Ye M. 2006. Soil organic carbon content and distribution in a small landscape of Dongguan, South China. Pedosphere, 16: 10–17.
30- Takyu M., Aiba S.I., and Kitayama K. 2002. Effects of topography on tropical lower montane forests under different geological conditions on Mount Kinabalu, Borneo. Plant Ecology, 159: 35-49.
31- Tan Z.X., Lal R., Smeck N.E., Calhoun F.G. 2004. Relationships between surface soil organic carbon pool and site variables. Geoderma, 121: 187–195.
32- Thompson J.A., and Kolka R.K. 2005. Soil carbon storage estimation in a forested watershed using quantitative soil-landscape modeling. Soil Science Society of America Journal, 69: 1086–1093.
33- Upadhyay T.P., Solberg B., and Sankhayan PL. 2006. Use of models to analyse land-use changes, forest/soil degradation and carbon sequestration with special reference to Himalayan region: A review and analysis. Forest Policy and Economics, 9: 349-371.
34- Versterdal L., Ritter E., and Gundensen P. 2002. Change in soil organic fallowing afforestation of former arable land. Forest Ecology and management, 169: 137-147.
35- Virgilio N.D., Monti A., and Venturi G. 2007. Spatial variability of switchgrass (Panicum virgatum L.) yield as related to soil parameters in a small field. Field crop research, 101: 232-239.
36- Walkley A., and Black I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. Soil Science, 63: 251-263.
37- Wang Z.M., Zhang B., Song K.S., Liu D.W., Li F., Guo Z.X., and Zhang S.M. 2008. Soil organic carbon under different landscape attributes in croplands of Northeast China. Plant Soil and Environment, 54: 420–427.
38- Wang Y.Q., Zhang X.C., Zhang J.L., and Li S.J. 2009. Spatial variability of soil organic carbon in a watershed on the Loess Plateau. Pedosphere, 19: 486–495.
39- Wang Y., Fu B., Lü Y., Song C., Luan Y. 2010. Local-scale spatial variability of soil organic carbon and its stock in the hilly area of the Loess Plateau, China. Quaternary Research, 73: 70–76.
40- Wang S., Wang X., and Ouyang Z. 2012. Effects of land use, climate, topography and soil properties on regional soil organic carbon and total nitrogen in the UpstreamWatershed of Miyun Reservoir, North China. Journal of Environmental Sciences, 24: 387–395.
41- Yimer F., Ledin S., Abdelkadir A. 2007. Changes in soil organic carbon and total nitrogen contents in three adjacent land use types in the Bale Mountains, south-eastern highlands of Ethiopia. Forest Ecology and Management, 242: 337–342.
42- Zhang X., Chen L., Fu B., Li Q., Qi X., and Ma Y. 2006. Soil organic carbon changes as influenced by agricultural land use and management: a case study in Yanhuai Basin, Beijing, China. Acta Ecologica Sinica, 26: 3198−3204.
43- Zhong B., and Xu Y.J. 2009. Topographic Effects on Soil Organic Carbon in Louisiana Watersheds. Environmental Management, 43: 664-672.

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No.5, Nov.-Dec. 2013, p. 963-972

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۲، ص. ۹۷۲-۹۶۳

The Impact of Primary Terrain Attributes and Land Cover/Use on Soil Organic Carbon Density in a Region of Northern Iran

S. Falahatkar[1]- S.M. Hosseini[2]*- Sh. Ayoubi[3]- A. Salman Mahiny[4]

Received: 12-02-2013
Accepted: 29-10-2013

Abstrac

Land cover/use changes and soil and forest degradation influence on emission of greenhouse gases effectively and lead to global warming. This research was done with objective of investigation of relationships between soil organic carbon density (SOCD) and primary terrain attribute in two depths 0-20 cm and 20-40 cm in Deylaman region, Giulan province. Stratified Random sampling method was used for determination of sampling plot location in uniform unit. A Walkely-Black method was used for content of soil organic carbon measurement. Finally, statistical and correlation analysis were used to understand the relationship between SOCD and primary terrain attributes. This research showed the primary terrain attributes had different roles on each land use/covers. Slope has significant impact on SOCD in forest land while has no significant role in cultivated land and rangeland. Aspect has not significant impact in different land covers/uses in 0-20 cm soil layer. Elevation has significant role on SOCD in cultivated land and rangeland while it has no significant impact in forest land. Exist of enough information about of impact of primary terrain attributes on increasing carbon sequestration process could be effective for land sustainable management in different land use especially in north of country.

Keywords: Primary terrain attributes, Land cover/use, Soil Organic Carbon Density

1 - Environmental PhD Student, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University
2 - Professor of Forest Science Department, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University
(*- Corresponding Author Email: Hosseini@modares.ac.ir)
3 - Associate Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology
4-Associate Professor of Environmental Science Department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources