



دانشگاه گوارزی و منابع طبیعی گرگان

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

## اثر جهت و موقعیت شیب بر روی برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در اراضی لسی شیب‌دار، منطقه توشن استان گلستان

صدیقه ملکی<sup>۱</sup>، \*فرهاد خرمالی<sup>۲</sup>، فرشاد کیانی<sup>۳</sup> و علیرضا کریمی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آدانشیار گروه علوم خاک،  
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آستادیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،  
<sup>۲</sup>استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد  
تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۸/۲۹

### چکیده

با توجه به نقش خاک در تأمین غذای جمعیت رو به رشد جهان، شناخت همه خصوصیات کیفیت خاک مانند فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و کانی‌شناسی دارای اهمیت می‌باشد. تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک تابع عوامل محیطی مانند اقلیم، خصوصیات زمین‌نما شامل موقعیت زمین‌نما، توپوگرافی، درجه شیب، ارتفاع، مواد مادری و پوشش گیاهی می‌باشد. تغییرات توپوگرافی و به‌دنبال آن فرآیندهای خاک‌سازی در امتداد اراضی شیب‌دار، باعث تفاوت معنی‌داری در ویژگی‌های خاک می‌شود. این پژوهش به منظور ارزیابی برخی شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی کیفیت خاک در اراضی شیب‌دار لسی توشن واقع در استان گلستان انجام گرفت. به منظور انجام این مطالعه ۱۳۵ نمونه به روش سیستماتیک تصادفی از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری در ۴ موقعیت شانه شیب، شیب پستی، پای شیب و پنجه شیب و سه جهت شرقی، شمال‌شرقی و جنوب‌شرقی برداشت شد. بافت، وزن مخصوص ظاهری، کربن آلی، اسیدیته، قابلیت هدایت الکتریکی، تنفس میکروبی، کربنات کلسیم معادل و پایداری خاک‌دانه به منظور مطالعه کیفیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که قسمت‌های پایین شیب دارای بیش‌ترین مقدار رس، کربن آلی، پایداری خاک‌دانه و کم‌ترین مقدار کربنات کلسیم معادل می‌باشند و جهت شمال‌شرقی خاک‌های با کیفیت

\* مسئول مکاتبه: [khormali@yahoo.com](mailto:khormali@yahoo.com)

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک جلد (۲۰)، شماره (۳) ۱۳۹۲

بالتری از نظر میزان کربن آلی دارند. بنابراین، خصوصیات خاک وابسته به موقعیت زمین‌نما است و این موقعیت‌ها ویژگی‌های خاک و تکامل تدریجی آن را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند. نتایج این پژوهش نشان داد که در بین شاخص‌های مورد بررسی، کربن آلی به‌عنوان شاخصی مناسب برای ارزیابی اثر موقعیت زمین‌نما بر کیفیت خاک مورد استفاده قرار گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** جهت شیب، شاخص‌های کیفیت خاک، کربن آلی، موقعیت زمین‌نما

### مقدمه

با توجه به نقش خاک در تأمین غذای جمعیت رو به رشد جهان، در سال‌های گذشته شناخت جنبه‌های گوناگون کیفیت خاک مانند فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و کانی‌شناسی مورد توجه پژوهش‌گران قرار گرفته است (لال و همکاران، ۱۹۹۹؛ بلیر و همکاران، ۱۹۹۵). خاک به‌عنوان جزئی از طبیعت، هم دارای تغییرپذیری ذاتی است که در نتیجه برهم‌کنش عوامل تشکیل‌دهنده آن است و هم دارای تغییرپذیری غیرذاتی می‌باشد که حاصل مدیریت کشت و کار، استفاده از اراضی و فرسایش است (ویرا و پازگنزالز، ۲۰۰۳).

بین کشاورزی پایدار و کیفیت خاک ارتباطی قوی وجود دارد. تغییرپذیری ویژگی‌های خاک، یکی از مهم‌ترین دلایل تغییرپذیری عملکرد محصول به‌شمار می‌رود (جانسون و همکاران، ۲۰۰۲). یکی از اهداف اصلی در مدیریت پایدار اراضی، شناسایی مدیریت‌هایی است که از یک سو سبب ارتقا کمی و کیفی تولید در طولانی‌مدت شد و از سوی دیگر، سبب حفظ کیفیت خاک گردیده و منجر به تخریب اراضی نشوند (تروئه و همکاران، ۱۹۸۰). بنابراین، آگاهی از نحوه تغییرپذیری ویژگی‌های خاک و عملکرد در مزارع برای دستیابی به تولید بیشتر، مدیریت بهتر و پایدار، ضروری به‌نظر می‌رسد.

مدیریت صحیح عملیات کشاورزی و حفظ کربن آلی خاک، از جمله عوامل مهم در کشاورزی پایدار می‌باشند. کربن آلی خاک، نقش کلیدی در تعیین رفتار فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک‌ها دارد و آگاهی از وضعیت و توزیع آن برای استفاده بهینه و پایدار از خاک ضروری است (ولایوتام و همکاران، ۲۰۰۰). ذخایر ماده آلی و کربن خاک، شاخص مناسبی از کیفیت خاک است که به تغییرات عملیات مدیریتی حساس می‌باشد و توسط پژوهش‌گران به‌عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی کیفیت خاک معرفی شده است (گرگوریچ و همکاران، ۱۹۹۴؛ لال، ۲۰۰۴). برای تولید

## صدیقه ملکی و همکاران

محصولات کشاورزی در سطحی قابل قبول، افزایش میزان ماده آلی خاکها مورد توجه قرار گرفته است (ملکوتی و گلچین، ۲۰۰۳؛ چن و همکاران، ۲۰۰۸). بنابراین برآورد مکانی تغییرات کربن آلی در اکوسیستم‌های مختلف دارای اهمیت می‌باشد.

تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک از جمله کربن آلی خاک تحت تأثیر عوامل گوناگونی از جمله اقلیم، رطوبت، بافت خاک، نوع خاک، توپوگرافی و عملیات کشاورزی قرار می‌گیرد (تان و همکاران، ۲۰۰۴؛ اردلان و ثوابی فیروزآبادی، ۲۰۰۲؛ سیداری و همکاران، ۲۰۰۸). توپوگرافی به‌عنوان یکی از عوامل تشکیل خاک، اثر قابل ملاحظه‌ای بر توزیع مکانی رطوبت، دما و به‌دنبال آن، ماده آلی خاک دارد (فلوریسنکی و همکاران، ۲۰۰۴؛ مورمان و همکاران، ۲۰۰۴؛ یو و همکاران، ۲۰۰۶). ویژگی‌های توپوگرافی مانند طول، جهت، انحنای زاویه شیب، مقدار رواناب، زه‌کشی، دمای خاک و فرسایش خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهند و در نتیجه تغییرات کربن آلی و تخریب خصوصیات فیزیکی خاک را به همراه دارد (بارتون و همکاران، ۱۹۹۹). شیب و موقعیت‌های گوناگون در امتداد یک دامنه می‌تواند حرکت آب و مواد را در خاک کنترل نموده و در موقعیت‌های مکانی مختلف، ویژگی‌های متفاوتی را در خاک ایجاد نماید (تسو و همکاران، ۲۰۰۴).

تحدب و تقعر شیب با کنترل حرکت آب و رواناب و تأثیر بر زه‌کشی و نگهداری آب در خاک تأثیر زیادی بر تغییرپذیری ویژگی‌های خاک در اراضی شیب‌دار دارند. پژوهش‌های زیادی نشان داده است که عمق خاک، مقدار رس و واکنش خاک از بخش‌های محدب شیب (شانه شیب) به طرف بخش‌های با شیب صاف (پشته شیب) و سپس موقعیت‌های مقعر شیب (پا و پنجه شیب) افزایش یافته است (والی و همکاران، ۱۹۹۶؛ سبیرت و همکاران، ۲۰۰۷).

شیب و جهت شیب دو متغیر مهم دیگر توپوگرافی هستند که حرکت آب و مواد را در خاک کنترل می‌کنند. شیب با تأثیر بر فرسایش و جهت شیب بر توزیع اقلیم خرد در زمین‌ها منجر به تفاوت در ویژگی‌های خاک‌ها می‌شوند (هانا و همکاران، ۱۹۸۲؛ ویلسون و گالانت، ۲۰۰۰).

زارعیان (۲۰۰۳) توپوگرافی را مهم‌ترین عامل تشکیل خاک در دشت دارنگون استان فارس بیان کرد و نشان داد که با کاهش شیب، عمق سولوم، توزیع آهک ثانویه، میزان رس و به‌طورکلی تکامل خاک افزایش یافته است. همچنین با کاهش شیب میزان فرسایش خاک و رواناب سطحی کاهش می‌یابد و شرایط را برای شسته شدن آهک از خاک‌رخ و به‌دنبال آن، شستشوی رس، فراهم می‌نماید. هانا و همکاران (۱۹۸۲) دریافتند که مقدار آب در دسترس خاک در شیب‌های رو به شمال ۲۰ درصد

بیش‌تر از شیب‌های رو به جنوب است. شیب‌های شمالی به دلیل دمای کم‌تر و قابلیت حفظ رطوبت، ماده آلی بیش‌تری نسبت به شیب‌های جنوبی دارند.

تامسون و کولا (۲۰۰۵) نشان دادند که بیش‌ترین مقدار کربن آلی خاک در حوضه آب‌خیز کلمسون فورک در جنوب‌شرقی کنتاکی مربوط به شیب‌های شمال‌شرقی و جنوب‌شرقی است که به دلیل میانگین دمای سالانه کم خاک و رطوبت قابل دسترس بیش‌تر خاک در این مناطق نسبت دادند. همچنین در این منطقه در تمام موارد در اراضی با پستی و بلندی کم، خاک‌ها در موقعیت‌های مقعر، مقدار کربن آلی خاک بیش‌تری نسبت به موقعیت‌های محدب نشان دادند و همچنین در تمام موارد با افزایش درجه شیب مقدار کربن آلی خاک کاهش نشان داد. این مسأله احتمالاً به دلیل خروج سریع‌تر آب از این خاک‌ها نسبت داده می‌شود. سو و همکاران (۲۰۰۴) رابطه بین ویژگی‌های خاک (کربن آلی) و موقعیت شیب را در جنوب تاپوان بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که با افزایش ارتفاع، مقدار کربن آلی افزایش می‌یابد. همچنین نشان دادند که مقدار کربن آلی در موقعیت قله شیب بیش‌تر و بعد از آن در پا و پشت شیب بیش‌تر می‌باشد. با توجه به موارد گفته شده، اگر مدیریت خاک براساس موقعیت زمین‌نما صورت گیرد می‌تواند سبب کشاورزی پایدار و حفظ محیط زیست گردد (دوران و زیس، ۲۰۰۰).

علاوه بر ویژگی‌های توپوگرافی، کاربری اراضی نیز بر تغییرات ویژگی‌های خاک مؤثر است. ادھیکاری و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی ویژگی‌های توپوگرافی و کربن آلی به این نتیجه رسیدند که بیش‌ترین مقدار کربن مربوط به اراضی مسطح و پست می‌باشد و کاربری اراضی نیز یک عامل مهم می‌باشد. ایوبی و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که بین کاربری‌ها و شیب‌های مختلف، تفاوت معنی‌داری در میزان ذخیره کل کربن آلی خاک وجود دارد، به طوری که بیش‌ترین کربن آلی در موقعیت اراضی پست کاربری جنگل و کم‌ترین مقدار مربوط به اراضی کشت دیم با شیب ۳۰-۱۰ درصد است. از آنجایی که شاخص‌های بیولوژیکی بسیار پویا می‌باشند، کمیت و کیفیت تغییرات آن‌ها نیز نسبت به کاربری اراضی در خاک‌های مختلف متفاوت خواهد بود. از سوی دیگر این شاخص‌ها بسیار حساس هستند که پاسخ قطعی به تغییرات مدیریت اراضی در کوتاه‌مدت ارائه می‌دهند (خرمالی و شمسی، ۲۰۰۹؛ ریسی، ۲۰۰۷).

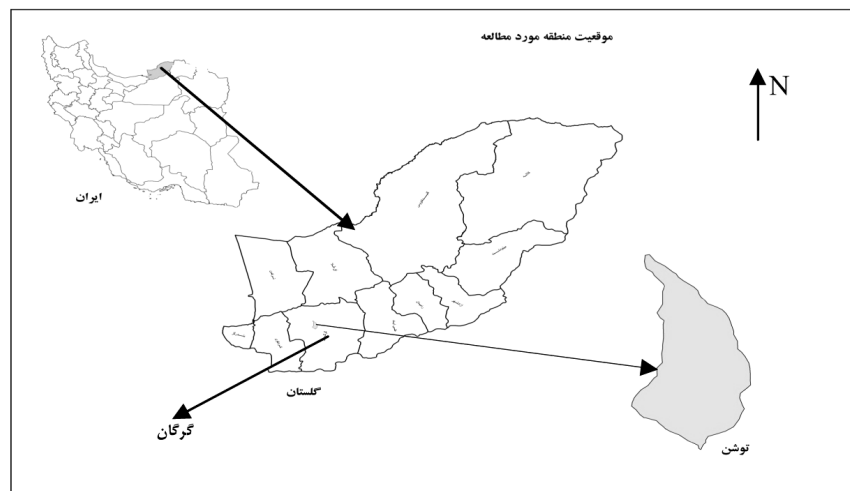
کیفیت خاک یکی از مهم‌ترین عوامل مورد بررسی در ارزیابی مدیریت خاک و پایداری قلمرو زیستی به حساب می‌آید (دوران و پارکین، ۱۹۹۴). از جمله شاخص‌های بیولوژیکی کیفیت خاک که مورد ارزیابی قرار می‌گیرند می‌توان به تنفس خاک، معدنی شدن کربن، میزان کربن و نیتروژن توده

زنده میکروبی، قابلیت معدنی شدن کربن و نیتروژن، فعالیت آنزیم‌های خاک و تعداد کرم‌های خاکی اشاره نمود (دوران و پارکین، ۱۹۹۴؛ خرمالی و شمسی، ۲۰۰۹).

منطقه توشن در شهرستان گرگان استان گلستان از نظر توپوگرافی متنوع بوده و دارای کاربری‌های متفاوت مانند، جنگل، اراضی زراعی (آبی و دیم) و باغ‌ها می‌باشد که به‌طور عمده در اراضی پوشیده از رسوبات لس قرار دارند. شخم در جهت شیب، نداشتن پوشش گیاهی مناسب و تبدیل اراضی جنگلی به کشاورزی می‌تواند به تخریب اراضی و کاهش کیفیت خاک منجر شوند که در بازدهی‌های صحرائی تخریب اراضی به دلیل تغییرات کاربری اراضی مشهود است. از سوی دیگر، به دلیل تنوع ویژگی‌های توپوگرافی و جهت‌های مختلف شیب منطقه برای بررسی تأثیر ویژگی‌های توپوگرافی و جهت‌های شیب بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بسیار مناسب است. از این رو، مطالعه‌ای به منظور ارزیابی برخی شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی کیفیت خاک در اراضی شیب‌دار لسی توشن واقع در استان گلستان با اهداف ۱- تأثیر جهت‌ها و موقعیت‌های مختلف شیب بر شاخص مقدار کربن آلی خاک، بافت خاک، وزن مخصوص ظاهری، اسیدیته، قابلیت هدایت الکتریکی، کربنات کلسیم معادل و پایداری خاک‌دانه و ۲- ارزیابی اثر جهت شیب و کاربری اراضی بر تنفس میکروبی انجام گرفت.

### مواد و روش‌ها

حوضه توشن یکی از زیرحوضه‌های بزرگ قره‌سو در استان گلستان بوده که در طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۱۶ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۲۶ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۱ دقیقه و در حدواسط حوضه زیارت و حوضه آب‌خیز انجیرآب واقع شده است این حوضه از نظر جغرافیایی در محدوده البرز مرکزی و در زون گرگان- رشت واقع شده است. منطقه در غرب شهرستان گرگان واقع بوده است (شکل ۱). میانگین دمای سالانه ۱۶ درجه سانتی‌گراد و میانگین دمای حداقل و حداکثر سالانه به ترتیب ۸ و ۲۳/۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. میانگین بارندگی سالانه کل حوضه برابر با ۶۵۲ میلی‌متر و ارتفاع متوسط حوضه ۳۹۷ متر می‌باشد. بیش‌ترین ارتفاع ۱۵۰۰ متر و کم‌ترین آن ۴۰ متر می‌باشد. از نظر زمین‌شناسی، حدود ۵۴/۱ درصد حوضه از رسوبات بادرفتی لسی، ۳۲/۸ درصد از سنگ‌های شیست، ۶/۸ درصد از ماسه سنگ و ۶/۳ درصد از رسوبات آبرفتی تشکیل شده است. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک‌های مطالعه شده در منطقه توشن به ترتیب زریک (Xeric) و ترمیک (Thermic) می‌باشد.

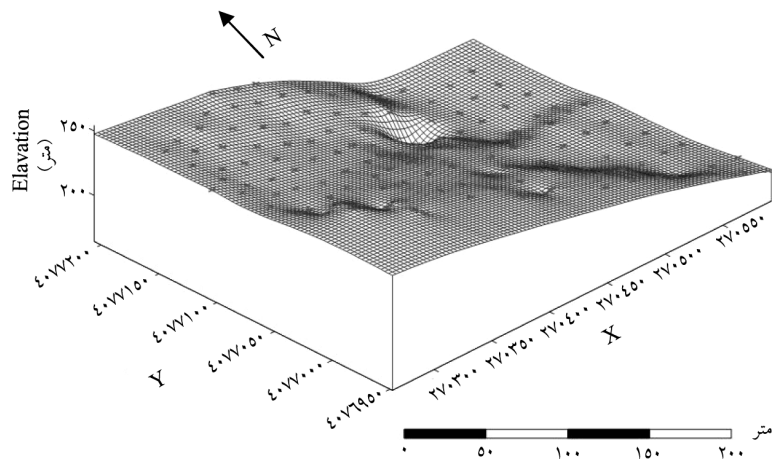


شکل ۱- موقعیت حوضه توشن در ایران و استان گلستان.

به منظور بررسی اثر موقعیت‌های مختلف شیب بر روی تغییرات مکانی کربن آلی خاک، در امتداد یک زمین‌نما، ۴ موقعیت شانه شیب<sup>۱</sup>، پشته شیب<sup>۲</sup>، پای شیب<sup>۳</sup> و پنجه شیب<sup>۴</sup> و ۳ جهت شیب (شمال شرقی، شرق، جنوب شرقی) با کاربری زراعی در این منطقه انتخاب شد. لازم به ذکر است که منطقه نمونه برداری به دلیل نداشتن شرایط توپوگرافی مناسب برای تعریف قله شیب، بدون این موقعیت می‌باشد. همچنین، هدف اصلی از این پژوهش بررسی تغییرات خاک در طول اراضی شیب‌دار بود، شیب‌های دیگر مانند غربی و جنوبی، در امتداد این زمین‌نما وجود نداشت. شیب کلی واحد به سمت شرق است ولی به دلیل وجود جهت‌های فرعی شمال شرقی و جنوب شرقی، این جهت‌ها نیز به عنوان عوامل مؤثر در تغییرپذیری ویژگی‌های خاک در نظر گرفته شدند. به عبارتی با توجه به این که شیب حالت کمپلس داشت، برای نتیجه‌گیری واقعی‌تر، باید از شیب‌های فرعی شمال شرقی و جنوب شرقی هم نمونه برداری می‌شد. نتایج پژوهش نیز بیانگر تأثیر این جهت‌ها بودند.

۱۳۵ نمونه به روش سیستماتیک تصادفی از عمق ۲۰-۳۰ سانتی‌متری برداشت شد. شکل ۲ وضعیت توپوگرافی منطقه مطالعاتی و نقاط نمونه برداری را نشان می‌دهد.

- 1- Shoulder
- 2- Backslope
- 3- Footslope
- 4- Toeslope



شکل ۲- وضعیت سه بعدی توپوگرافی و پراکنش نقاط در منطقه مطالعاتی (واحدهای X و Y براساس شبکه بندی UTM است).

آزمایش های فیزیکوشیمیایی: همه نمونه ها برای آزمایش های فیزیکی و شیمیایی هوا خشک گردیده و پس از کوبیده شدن از الک ۲ میلی متر (مش ۱۰) عبور داده شدند. بافت خاک پس از اکسیداسیون مواد آلی، با روش هیدرومتری (بویوکوس، ۱۹۶۲)، اسیدیته خاک در حالت گل اشباع با استفاده از دستگاه pH متر دارای الکتروود شیشه ای، هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه هدایت سنج الکتریکی در عصاره اشباع (پیچ و همکاران، ۱۹۸۷)، کربن آلی با اکسیداسیون توسط دی کرومات پتاسیم (والکلی و بلاک، ۱۹۳۴)، آهک به روش خنثی کردن مواد خنثی شونده با اسید کلریدریک و تیتراسیون اسید اضافی با سود صورت پذیرفت (پیچ و همکاران، ۱۹۸۷)، پایداری خاک دانه ها به روش الک مرطوب (کمپر و روسنا، ۱۹۸۶)، وزن مخصوص ظاهری به روش کلوخه و تنفس میکروبی به روش تصاعد دی اکسید کربن اندازه گیری گردید (استوتزکی، ۱۹۶۵). تعداد ۲۴ نمونه به صورت کاملاً تصادفی در ۳ جهت شیب و ۳ حالت زمین کشت شده، شخم خورده، رها شده (آیش) برای اندازه گیری تنفس میکروبی از منطقه برداشت گردید و نمونه ها به آزمایشگاه منتقل شدند.

تجزیه و تحلیل داده ها در طرح کاملاً تصادفی نامتعادل و با نرم افزار SPSS انجام گردید. برای مقایسه میانگین، ابتدا تجزیه واریانس انجام شد و سپس به روش آزمون LSD اثر موقعیت و جهت مختلف شیب روی تغییرپذیری شاخص های کیفیت خاک بررسی گردید و نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel ترسیم گردیدند.

## نتایج

اثر موقعیت شیب بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک: میانگین ویژگی‌های فیزیکی خاک شامل درصد شن، سیلت، رس، کربن آلی، کربنات کلسیم معادل، پایداری خاک‌دانه و وزن مخصوص ظاهری در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های اندازه‌گیری شده خاک در موقعیت‌های گوناگون شیب در منطقه مورد مطالعه.

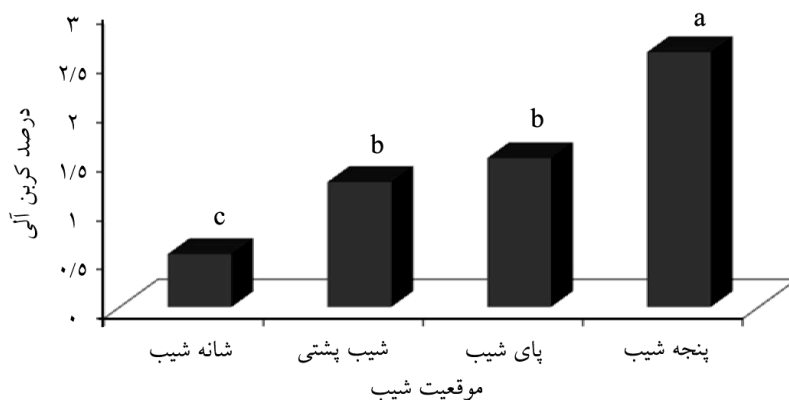
موقعیت شیب	بافت خاک	سیلت	شن	رس	کربن آلی	کربنات کلسیم معادل	تخلخل	پایداری خاک‌دانه (میلی‌متر)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)
شانه شیب	لوم رسی سیلتی	۴۵/۹ <sup>abc</sup>	۱۵ <sup>a</sup>	۳۸/۹ <sup>ab</sup>	۰/۵ <sup>a*</sup>	۱۷/۳۳ <sup>a</sup>	۴۰ <sup>a</sup>	۰/۲۵ <sup>a</sup>	۱/۵۹ <sup>a</sup>
پشته شیب	لوم رسی سیلتی	۴۷/۸ <sup>a</sup>	۱۳/۸ <sup>a</sup>	۳۸/۴ <sup>b</sup>	۱/۲۷ <sup>b*</sup>	۱۳/۸۴ <sup>a</sup>	۴۱/۳۱ <sup>a</sup>	۰/۱۹ <sup>a</sup>	۱/۵۵ <sup>a</sup>
پای شیب	لوم رسی سیلتی	۴۶/۷ <sup>ab</sup>	۱۴ <sup>a</sup>	۳۹/۲ <sup>ab</sup>	۱/۵۱ <sup>b*</sup>	۱۶/۷ <sup>a</sup>	۴۰/۲۷ <sup>a</sup>	۰/۳ <sup>b</sup>	۱/۵۴ <sup>a</sup>
پنجه شیب	رسی سیلتی	۴۱/۹ <sup>c</sup>	۱۷ <sup>a</sup>	۴۱ <sup>a</sup>	۲/۵۹ <sup>c*</sup>	۸/۱۴ <sup>b</sup>	۴۱ <sup>a</sup>	۰/۳۶ <sup>b</sup>	۱/۵۸ <sup>a</sup>

وجود حروف متفاوت بر روی هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار و \* اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد را نشان می‌دهند.

نتایج نشان داد که موقعیت پنجه شیب و شانه شیب به ترتیب با مقدار ۲/۵۹ و ۰/۵ درصد دارای بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار کربن آلی خاک بودند و اختلاف معنی‌داری بین پنجه شیب و ۴ موقعیت دیگر در سطح ۱ درصد مشاهده شد (شکل ۳). با توجه به روند تغییرات کربن آلی در بخش‌های گوناگون شیب، یکی از دلایل این تغییرپذیری، تأثیر زیاد پستی و بلندی بر جابه‌جایی و انتقال آب در موقعیت‌های مختلف زمین‌نما است که به دنبال این فرآیند، ویژگی‌های خاک و حساسیت آن به فرسایش در موقعیت‌های مختلف زمین‌نما متفاوت می‌شود. هتر و همکاران (۲۰۱۰) بیان می‌کنند شانه شیب با درجه شیب زیاد باعث فرسایش و انتقال ماده آلی و کربنات‌ها می‌شود.



بالاتر بودن کربن آلی خاک در موقعیت پنجه شیب به دلیل دریافت مواد سطحی فرسایش یافته سطوح بالا و موقعیت پایدارش می‌باشد. بسیاری از مطالعاتی که برای بررسی همبستگی کربن آلی خاک و موقعیت‌های توپوگرافی انجام شده، عموماً میزان بالای کربن آلی را در موقعیت‌های پا و پنجه شیب گزارش کرده‌اند (برگ‌استروم و همکاران، ۲۰۰۱؛ پلی‌کوویچ و لال، ۲۰۰۴). بالا بودن مقدار مواد آلی و محصول‌دهی در بخش‌های مسطح شیب باعث افزایش حجم ریشه و بقایای گیاهی در این موقعیت نیز می‌شود (جونز و همکاران، ۱۹۸۹؛ پیناک و همکاران، ۱۹۹۹).



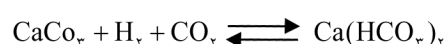
شکل ۳- مقدار کربن آلی خاک در موقعیت‌های مختلف شیب.

(وجود حروف متفاوت بر روی هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد می‌باشد)

بررسی جز به جز ذرات تشکیل‌دهنده بافت خاک بیانگر آن است که مقدار رس در موقعیت پنجه شیب نسبت به سایر موقعیت‌ها مقدار بیش‌تری دارد ( $P \leq 0.05$ ). این امر نشان‌دهنده انتقال انتخابی ذرات ریزتر خاک در اثر فرسایش آبی از منطقه بالادست و تجمع آن در این ناحیه می‌باشد. کم‌ترین مقدار رس در شانه و پشته شیب مشاهده شد، بالا بودن درصد شیب در این موقعیت‌ها و فرسایش دلیل این تغییر می‌باشد (خرمالی و همکاران، ۲۰۰۹).

مطالعه خاک در موقعیت‌های مختلف شیب نشان می‌دهد که مقدار کربنات‌ها در موقعیت پنجه شیب با اختلاف معنی‌داری کم‌تر از سایر موقعیت‌ها می‌باشد و بیش‌ترین مقدار آن در موقعیت شانه شیب دیده شد. هتر و همکاران (۲۰۱۰) اعلام می‌دارند میزان کربنات‌های افقی‌های سطحی، با کاهش

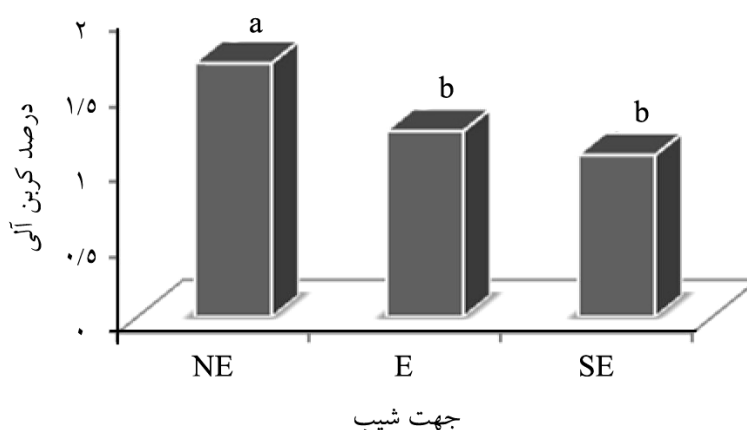
میزان شیب کاسته می‌شود که در واقع نشان‌دهنده فرسایش کم‌تر، دریافت رطوبت بیش‌تر و افزایش شستشوی کربنات‌ها به عمق می‌باشد. به عبارت دیگر می‌توان گفت که مقدار کم کربنات‌ها در پنجه شیب ناشی از دریافت آب از اراضی بالادست و آب‌شویی بیش‌تر می‌باشد. همچنین حضور بیش‌تر ماده آلی شرایط را برای تولید بیش‌تر  $\text{CO}_2$  فراهم می‌کند تا طبق فرآیند زیر آهک شسته شده و از افق سطحی تخلیه گردد (مختاری کرچگانی و همکاران، ۲۰۱۱).



فرسایش سطحی و رخنمون شدن خاک زیرین که کربنات بیش‌تری دارد دلیل دیگری برای زیاد بودن کربنات‌ها در موقعیت شانه شیب است. این نتیجه‌گیری با نتایج مطالعه خرمالی و همکاران (۲۰۰۹) در اراضی تپه‌ماهوری لسی شمال کشور هم‌خوانی دارد.

وزن مخصوص ظاهری و هدایت الکتریکی بدون تفاوت آماری بین موقعیت‌های مختلف شیب بودند. بارندگی زیاد منطقه و زه‌کشی مناسب خاک‌ها، باعث کم بودن هدایت الکتریکی (حداکثر ۳/۴۷ دسی‌زیمنس بر متر) شده است. بررسی نتایج پایداری خاک‌دانه بین ۴ موقعیت شیب اختلاف معنی‌داری بین موقعیت‌های مختلف در سطح ۵ درصد نشان داد که موقعیت پنجه شیب و پشته شیب به ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار پایداری خاک‌دانه‌ها بودند. کربن آلی بیش‌تر در پنجه شیب عامل اصلی پایداری خاک‌دانه‌ها است. در شانه شیب با وجود شیب زیاد و فرسایش بیش‌تر، پایداری خاک‌دانه‌ها از شیب پستی بیش‌تر است که احتمالاً به دلیل وجود مقدار بیش‌تر کربنات‌هاست. با توجه به این‌که بیش‌ترین میزان پایداری خاک‌دانه، کربن آلی و درصد رس مربوط به پنجه شیب می‌باشد و از طرفی میزان ماده آلی و درصد رس از عوامل ذاتی تأثیرگذار بر پایداری خاک‌دانه‌ها می‌باشند؛ می‌توان نتیجه گرفت افزودن ماده آلی و بقایای گیاهی تازه به خاک باعث چسبیدن ذرات به همدیگر شده و به پایداری خاک‌دانه‌ها کمک کند. لینچ و براگ (۱۹۸۵) نشان دادند که مواد آلی خاک هم در تشکیل و هم در پایداری خاک‌دانه‌ها تأثیر مثبت دارند، به طوری‌که با افزایش ماده آلی خاک، پایداری خاک‌دانه‌ها در حالت مرطوب افزایش می‌یابد. ترنان و همکاران (۱۹۹۶) از رس به‌عنوان یک ملات بین ذرات خاک نام برده و دریافتند که با افزایش مقدار رس، پایداری ساختمان خاک افزایش می‌یابد. رازیا و کی (۱۹۹۴) دریافتند که پایداری خاک‌دانه‌ها به روش الک تر، با افزایش مقدار رس خاک افزایش می‌یابد. آن‌ها گزارش کردند که رس به‌عنوان عامل مهمی در پیوند دادن ذرات اولیه خاک به همدیگر و تشکیل خاک‌دانه‌ها عمل می‌کند.

اثر جهت شیب بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک: بررسی نتایج آماری (جدول ۲) نشان داد که میانگین و بیشترین مقدار کربن آلی خاک در جهت شمال‌شرقی بیش‌تر از سایر جهت‌ها می‌باشد و اختلاف مقدار کربن آلی بین جهت شمال‌شرقی با دو جهت دیگر در سطح ۵ درصد معنی‌دار است (شکل ۴)، که این با نتایج شارما و همکاران (۲۰۱۱)، اسپوانگارت و جارمر (۲۰۱۱) و توکلی و همکاران (۲۰۰۸) که معتقدند شیب‌های شمالی‌تر خاک‌های با کیفیت بالاتری دارند، هم‌خوانی دارد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به جهت‌های مختلف شیب باید مدیریت مناسب در مورد کربن آلی صورت گیرد. به‌عبارتی با توجه به اثر جهت شیب روی پارامترهای کیفیت خاک، به‌خصوص کربن آلی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای کیفیت، باید در هنگام کاشت گیاه در مناطق شیب‌دار با توجه به جهت شیب نسبت به مصرف کود، نوع کاشت براساس نیاز غذایی و میزان رطوبت ذخیره شده در خاک اقدام به برنامه‌ریزی مناسب نمود.



شکل ۴- اثر جهت شیب بر درصد کربن آلی خاک.

(وجود حروف متفاوت بر روی هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد)

وزن مخصوص ظاهری، پایداری خاک‌دانه و هدایت الکتریکی بدون تفاوت آماری بین جهت‌های مختلف شیب بود. وزن مخصوص ظاهری خاک‌های رسی کم‌تر از خاک‌های شنی است اگر چه مقدار وزن مخصوص ظاهری در موقعیت شانه شیب و جهت شرقی به‌دلیل داشتن شن بیش‌تر و رس کم‌تر نسبت به سایر موقعیت‌ها مقدار بیش‌تری است، ولی در اینجا تفاوت بین موقعیت‌ها و جهت‌ها از نظر

مقدار رس و شن آن‌قدر زیاد نیست که وزن مخصوص ظاهری را تغییر فاحشی دهد و بتواند از نظر آماری تفاوت معنی‌داری ایجاد کند. که این با نتایج توکلی و همکاران (۲۰۰۸) نیز هم‌خوانی دارد. وانگ و همکاران (۲۰۱۰) بیان می‌کنند که بافت خاک با تأثیر بر پوشش گیاهی، رطوبت قابل استفاده و حاصل‌خیزی خاک تأثیر مستقیم بر میزان کربن آلی خاک دارد و همچنین میزان رس می‌تواند کربن آلی خاک را در برابر تجزیه محافظت کند. اما کلاس بافت خاک در هر ۳ جهت شیب تقریباً یکسان است و تأثیر چشم‌گیری در تفاوت میزان مواد آلی یا سایر شاخص‌های کیفیت خاک در منطقه ندارد. از این‌رو تفاوت شاخص‌های کیفیت خاک بین ۳ جهت شیب را نمی‌توان به بافت خاک نسبت داد. از طرف دیگر برخلاف تفاوت جزئی درصد اجزای شن، سیلت و رس در موقعیت‌ها و جهت‌های متفاوت زمین‌نما، یکسان بودن کلاس بافت نشان‌دهنده تشابه کامل مواد مادری و مجاورت ۳ جهت شیب می‌باشد. از این‌رو می‌توان گفت جهت شیب دلیل عمده مؤثر در تغییرپذیری کربن آلی یا سایر شاخص‌های کیفیت خاک بوده است.

مقدار کربنات کلسیم معادل در جهت شمال‌شرقی کم‌تر از دو جهت دیگر می‌باشد. این نتایج بیانگر میزان شستشوی بیش‌تر آهک در جهت‌های شمالی‌تر به قسمت‌های عمقی‌تر خاک به دلیل دریافت کم‌تر انرژی تابشی و رطوبت بیش‌تر خاک می‌باشد. که این با نتایج (هانان و همکاران، ۱۹۸۲؛ زارعیان، ۲۰۰۳؛ رضایی و ارزانی، ۲۰۰۷؛ گنگ و همکاران، ۲۰۰۸) که معتقدند شیب‌های شمالی میزان رطوبت بیش‌تر از شیب‌های رو به جنوب به دلیل دریافت کم‌تر انرژی تابشی دارند هم‌خوانی دارد.

جدول ۲- اثر جهت شیب بر برخی شاخص‌های خاک در منطقه مورد مطالعه.

جهت شیب	بافت خاک	سیلت	شن	رس	کربن آلی	آهک	رطوبت اشباع	تخلخل	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)
شمال‌شرقی	لوم رسی سیلتی	۴۶/۶ <sup>a</sup>	۱۳/۶ <sup>a</sup>	۳۹/۸ <sup>a</sup>	۱/۶۸ <sup>a</sup>	۱۱/۹۷ <sup>a</sup>	۰/۴۸ <sup>a</sup>	۴۱/۶۰ <sup>a</sup>	۱/۵۶ <sup>a</sup>
شرق	لوم رسی سیلتی	۴۴/۶ <sup>a</sup>	۱۶/۸ <sup>b</sup>	۳۸/۸ <sup>a</sup>	۱/۲۳ <sup>b</sup>	۱۷/۶۳ <sup>b</sup>	۰/۴۵ <sup>b</sup>	۴۰/۴۳ <sup>a</sup>	۱/۵۸ <sup>a</sup>
جنوب‌شرقی	لوم رسی سیلتی	۴۸/۸ <sup>a</sup>	۱۳/۱ <sup>a</sup>	۳۸ <sup>a</sup>	۱/۰۷ <sup>b</sup>	۱۹/۴۷ <sup>b</sup>	۰/۴۴ <sup>b</sup>	۴۱/۰۸ <sup>a</sup>	۱/۵۶ <sup>a</sup>

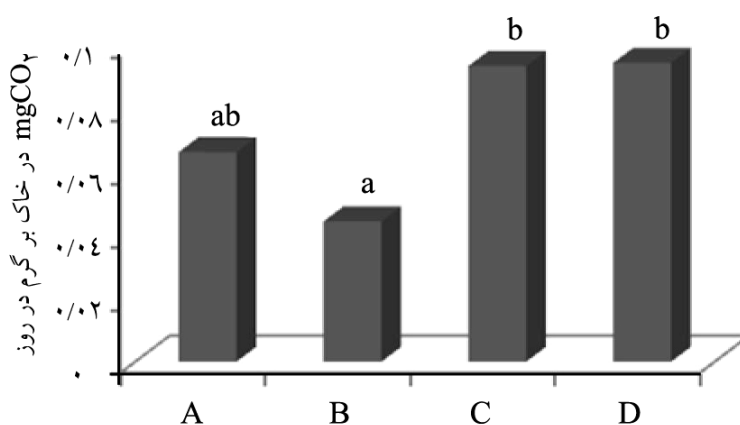
وجود حروف متفاوت بر روی هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد.

تأثیر جهت شیب و کاربری اراضی بر تنفس میکروبی خاک: جدول ۳ و شکل ۵ بیانگر اثر جهت شیب و کاربری اراضی بر تنفس میکروبی خاک می‌باشند.

جدول ۳- تأثیر جهت شیب و کاربری اراضی بر تنفس میکروبی در منطقه توشن.

میانگین	بیش‌ترین مقدار	کم‌ترین مقدار (mgCO <sub>2</sub> در خاک بر گرم در روز)	تعداد نمونه	
۰/۰۶۶ <sup>ab</sup>	۰/۰۸	۰/۰۵	۶	A جهت شمال‌شرقی / زمین شخم‌خورده
۰/۰۴۴ <sup>a</sup>	۰/۰۷	۰/۰۳	۶	B جهت شرقی / جنوب‌شرقی و زمین شخم‌خورده
۰/۰۹۳ <sup>b</sup>	۰/۱۲	۰/۰۶	۶	C جهت شمال‌شرقی و زمین آیش
۰/۰۹۴ <sup>b</sup>	۰/۱۸	۰/۰۴	۶	D جهت شرقی و زمین تحت کشت پنبه
			۲۴	کل

وجود حروف متفاوت بر روی هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد.



شکل ۵- اثر جهت شیب و نوع کشت بر تنفس میکروبی در منطقه توشن. (وجود حروف متفاوت بر روی هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد)

نتایج نشان می‌دهد در منطقه علاوه بر جهت شیب، نوع کشت و شخم در اراضی زراعی به‌عنوان عاملی مؤثر بر تنفس میکروبی در منطقه نقش به‌سزایی ایفا می‌کند. همان‌طوری‌که نتایج نشان می‌دهد خاک‌های بکر که حالت آیش داشتند نسبت به زوج شخم‌خورده خود دارای تنفس میکروبی بیشتری بودند. زیرا در اراضی زراعی، خاک مکرراً با شخم زیر و رو می‌شود و این امر به شکستگی خاک‌دانه‌ها کمک نموده و مواد آلی محبوس شده در آن‌ها را در معرض حمله میکروبی قرار می‌دهد. تهویه بهتر خاک‌های زراعی در اثر شخم نیز فرآیند اکسیداسیون کربن آلی را تسریع نموده و میزان کربن خروجی از خاک به‌صورت دی‌اکسیدکربن را افزایش می‌دهد و در نتیجه جمعیت میکروبی را به‌صورت ناگهانی کاهش می‌دهد (بهشتی‌آل‌آقا و همکاران، ۲۰۱۱).

علاوه بر این، در این مدیریت‌ها بخش مهمی از ماده خشک گیاهی به‌صورت محصول برداشت شده از زمین خارج می‌گردد که باعث کاهش کیفیت خاک می‌شود (راسموسن و همکاران، ۱۹۸۰)؛ اما استفاده از روش‌های نوین بی‌خاک‌ورزی یا کم‌خاک‌ورزی و همچنین رعایت اصول کشاورزی پایدار از جمله برگرداندن بقایای گیاهی به خاک، مصرف متعادل کودهای شیمیایی، استفاده از کودهای زیستی همانند کود سبز و کود دامی، به‌کارگیری روش‌های کنترل بیولوژیک آفات موجب می‌شود تا روند تخریبی شاخص‌های بیولوژیکی کیفیت خاک تعدیل و در مدت زمان کوتاه‌تری با محیط به تعادل برسند و این مهم ما را در رسیدن به کشاورزی پایدار یاری خواهد نمود.

### نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش بیانگر تأثیر قابل‌توجه موقعیت شیب و جهت شیب بر ویژگی‌های خاک است. در موقعیت پنجه شیب میزان کربن آلی خاک و مقدار رس بیش‌تر از سایر موقعیت‌ها و مقدار آهک در این موقعیت کم‌تر از سایر موقعیت‌ها بود. که اگر میزان رس را در موقعیت‌های شیب پستی و انتهای شیب (پا و پنجه شیب) بررسی کنیم دیده می‌شود که در پشته شیب رس اجازه نفوذ پیدا نکرده و علت حداقل بودن رس در این موقعیت فرسایش خاک است ولی در پای شیب شستشوی کم‌تری وجود داشته و رس‌ها فرصت برای نفوذ در خاک را داشته‌اند و رس خاک افزایش یافته است و در مجموع در مناطقی که گود هستند تجمع مواد بیش‌تر صورت می‌گیرد و با گذشت زمان این تجمع افزایش می‌یابد (فنینگ و فنینگ، ۱۹۸۹). از طرفی با توجه به تفاوت کربن آلی خاک در ۳ جهت شیب می‌توان گفت جهت شیب بر توزیع اقلیم‌های میکرو در زمین‌نما اثر می‌گذارد و منجر به تفاوت در پوشش

گیاهی و در نتیجه تفاوت در خاک‌ها می‌شود بنابراین با توجه به میزان کربن آلی در هر یک از موقعیت‌ها و بین ۳ جهت شیب می‌توان گفت کیفیت خاک در هر یک از موقعیت‌های شیب شمالی نسبت به موقعیت‌های مشابه در شیب جنوبی بهتر است.

در حقیقت تأثیر موقعیت‌های زمین‌نما بر ویژگی‌های مورد اشاره در نتیجه تأثیری است که موقعیت‌های زمین‌نما بر پراکندگی مکانی مواد آلی، رطوبت و احتمالاً کربن بیومس دارد (توکلی و همکاران، ۲۰۰۸). بنابراین فرآیندهای تجمع آب و رواناب به‌طور عمده به‌وسیله شکل و موقعیت زمین تعیین می‌گردند با توجه به شیب منطقه مورد مطالعه انحناى سطح زمین، شاخص رطوبتی و در نتیجه مقدار کربن آلی قابل تغییر است.

نتایج این پژوهش گویای وجود تفاوت معنی‌دار از نظر آماری در مقادیر ویژگی‌های گوناگون خاک تحت تأثیر عوامل طبیعی موقعیت‌ها و جهت‌های گوناگون شیب بود. تفاوت ویژگی‌های خاک به‌ویژه کربن آلی خاک در موقعیت‌های مشابه از نظر موقعیت و جهت شیب، نشان‌دهنده تأثیر قابل توجه تغییر کاربری اراضی بر این ویژگی‌ها است. بنابراین، به مدیریت‌های متفاوت در اجزای شکل زمین نیاز است و تجزیه و تحلیل زمین‌نما باید در فرآیندهای بررسی هدررفت مواد آلی و عناصر غذایی مورد توجه قرار گیرد، چگونگی بهبود میزان کربن آلی یک نیاز لازم برای افزایش حاصل‌خیزی خاک در آینده می‌باشد که استفاده و تولید نقشه ناهمگنی‌های کربن آلی می‌تواند یک روش مؤثر برای بهبود سطح کربن آلی و حاصل‌خیزی خاک به‌عنوان یکی از پارامترهای مهم در توسعه پایدار کشاورزی باشد.

## منابع

1. Adhikari, K., Toth, G., Guadagnini, A., and Mako, A. 2009. Influence of topography and land use type on the soil organic carbon dynamics in Zala county, Hungary. *Geophysical Research Abstracts*, 11: 1-2.
2. Ardalan, M., and Savaghebi Phirozabadi, Gh. 2002. Soil fertility management for sustainable agriculture. Tehran University Press, 387p.
3. 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 Research*, 121: 18-26.
4. Beheshti Aleagha, A., Raiesi, F., and Golchin, A. 2011. The Effects of Land Use Conversion from Pasturelands to Croplands on Soil Microbiological and Biochemical Indicators. *J. Water and Soil*. 25: 3. 548-562.

5. Bergstrom, D.W., Monreal, C.M., and St Jacques, E. 2001. Spatial dependence of soil organic carbon mass and its relationship to soil series and topography. *Can. J. Soil Sci.* 81: 1. 53-62.
6. Blair, G.J., Lefroy, R.D.B., and Lise, L. 1995. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. *Australian J. Agric. Res.* 46: 1459-1466.
7. Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agron. J.* 54: 464-465.
8. Burton, D.L., Depose, S., and Banerjee, M.R. 1999. The functional diversity of soil microbial communities in selected Manitoba soils. *Soil Biol. Biochem.* 31: 1390-1396.
9. Chen, F., West, L.T., Kissel, D.E., Clark, R., and Adkins, W. 2008. Field-scale mapping of soil organic carbon with soil-landscape modeling. P 294-301, Proceedings of the 8<sup>th</sup> international symposium on spatial accuracy assessment in natural resources and environmental sciences, Shanghai, P. R. China.
10. Doran, J.W., and Parkin, T.B. 1994. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F., and Stewart, B.A. (Eds.), *Defining soil quality for a sustainable environment*, SSSA Special Publication. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 35: 3-21.
11. Doran, J.W., and Zeiss, M.R. 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Appl. Soil Ecol.* 15: 3-11.
12. Fanning, D.S., and Fanning, C.B. 1989. *Soil Morphology Genesis and Classification*, Pp: 360-368.
13. Florinsky, I.V., McMahon, S., and Burton, D.L. 2004. Topographic control of microbial activity: a case study of denitrifiers. *Geoderma.* 119: 33-55.
14. Gregorich, E.G., Carter, M.R., Angers, D.A., Monreal, C.M., and Ellert, B.H. 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Can. J. Soil Sci.* 75: 367-385.
15. Gong, X., Brueck, H., Giese, K.M., Zhanga, L., Sattelmachery, B., and Lina, S. 2008. Slope aspect has effects on productivity and species composition of hilly grassland in the Xilin River Basin, Inner Mongolia, China. *J. Arid. Environ.* 72: 483-493.
16. Hanna, A.Y., Harlan, P.W., and Lewis, D.T. 1982. Soil available water as influenced by landscape position and aspect. *Agron J.* 74: 999-1004.
17. Hattar, B., Taimah, A., and Ziadat, F. 2010. Variation in soil chemical properties along toposequences in an arid region of the Levant. *Catena.* 83: 34-45.
18. Johnson, R.M., Downer, R.G., Bradow, J.M., Bauer, P.J., and Sadler, E.J. 2002. Variability in Cotton Fiber Yield, Fiber Quality, and Soil Properties in a Southeastern Coastal Plain. *Agron J.* 94: 1305-1316.
19. Jones, A.J., Mielke, L.N., Bartles, C.A., and Miller, C.A. 1989. Relationships of landscape position and properties to crop production. *Soil Water Cons. J.* 44: 328-332.



20. Kemper, W.D., and Rosenau, R.C. 1986. Aggregate stability and size distribution. P 425-442, In: Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part I: Physical Analysis*. SSSA. Madison, WI.
21. Khormali, F., and Shamsi, S. 2009. Micromorphology and quality attributes of the loess derived soils affected by land use change: a case study in Ghapan watershed, northern Iran. *J. Mountain Sci.* 6: 197-204.
22. Khormali, F., Ajami, M., Ayoubi, S., Srinivasarao, Ch., and Wani, S.P. 2009. Role of deforestation and hillslope position on soil quality attributes of loess-derived soils in Golestan province, Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 134: 178-189.
23. Lal, R., Mokma, D., and Lowery, B. 1999. Relation between soil quality and erosion, P 39-56, In: Lal, R., (eds.). *Soil Quality and Soil Erosion*. Soil and Water Conservation Society and CRC Press, Boca Raton.
24. Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Sci.* 304: 1623-1627.
25. Lynch, J.M., and Bragg, E. 1985. Microorganisms and soil aggregate stability. *Adv Soil Sci.* 2: 133-171.
26. Malakouti, M., and Golchin, A. 2003. Retention and mobility of organic carbon in soil. *J. Soil Sci. Water.* 1: 40-52.
27. Mokhtari Karchegani, P., Ayoubi, Sh., Mosaddeghi, M.R., and Malekian, M. 2011. Effects of land use and slope gradient on soil organic carbon pools in particle-size fractions and some soil physico-chemical properties in hilly regions, western Iran. *J. Soil Manage. Sust. Prod.* 1: 1.
28. Moorman, T.B., Cambardella, C.A., James, D.E., Karlen, D.L., and Kramer, L.A. 2004. Quantification of tillage and landscape effects on soil carbon in small Iowa watersheds. *Soil and Tillage Research*, 78: 225-236.
29. Page, M.C., Sparks, D.L., Noll, M.R., and Hendricks, G.J. 1987. Kinetics and mechanisms of potassium release from sandy Middle Atlantic Coastal Plain soils. *J. Soil Sci. Soc. Am.* 51: 1460-1465.
30. Pennock, D.J., Mc Cann, B.L., De Jong, E., and Lemmen, D.S. 1999. Effect of soil redistribution on soil properties in a cultivated Solonchic-Chernozem Landscape of southwestern Saskatchewan. *Can. J. Soil Sci.* 79: 593-601.
31. Polyakov, V., and Lal, R. 2004. Modelling soil organic matter dynamics as affected by soil water erosion. *Environ. Inter. J.* 30: 547-556.
32. Raiesi, F. 2007. The conversion of overgrazed pastures to almond orchards and alfalfa cropping systems may favor microbial indicators of soil quality in Central Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 121: 309-318.
33. Rasmussen, P.E., Allmaras, R.R., Rohde, C.R., and Roager, Jr. N.C. 1980. Crop residue influence on soil carbon and nitrogen in a wheat fallow system. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 44: 596-600.

34. Rasiah, V., and Kay, B.D. 1994. Characterizing changes in aggregate stability subsequent to introduction of forages. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 935-942.
35. Rezaei, S.A., and Arzani, H. 2007. The use of soil surface attributes in rangelands capability assessment. *Iran. J. Range Desert Res.* 14: 2. 232-248.
36. Schwanghart, W., and Jarmer, T. 2011. Linking spatial patterns of soil organic carbon to topography-A case study from south-eastern Spain. *Geomorphology*. 126: 252-263.
37. Seibert, J., Stendahl, J., and Sorensen, R. 2007. Topographical influences on soil properties in boreal forests. *Geoderma*. 141: 139-148.
38. Sharma, C., Gairola, S., Baduni, N., Ghildiyal, S., and Suyal, S. 2011. Variation in carbon stocks on different slope aspects in seven major forest types of temperate region of Garhwal Himalaya, India. *J. Biosci.* 36p.
39. Sidari, M., Ronzello, G., Vecchio, G., and Muscolo, A. 2008. Influence of slope aspects on soil chemical and biochemical properties in a *Pinus laricio* forest ecosystem of Aspromonte (Southern Italy). *Euro. J. Soil Biol.* 44: 364-372.
40. Stotzky, G. 1965. Microbial respiration. P 1550-1572, In: Black, C.A. (Ed.). *Methods of soil analysis, part 2*. Am. Soc. of Agron: Inc, Madison, Wis.
41. Su, W., YiMin, N., XiaoJie, H., and Xicagang, Z. 2004. Study on spatial variability of soil nutrients in Beima town of Shandong Province by using kriging method. *J. Anhui-Agric. Univ.* 31: 1. 76-81.
42. Tan, Z.X., Lal, R., Smeck, N.E., and Calhoun, F.G. 2004. Relationships between surface soil organic carbon pool and site variables. *Geoderma*. 121: 187-195.
43. Tavakoli1, M., Raiesi, F., and Salehi, M.H. 2008. Evaluation of selected soil quality indicators in almond orchard located on north and south-facing slopes in Saman region, Shahrekord. *J. Agric. Sci. Natur. Resour.* 15: 1.
44. Ternan, J.L., Williams, A.G., Elmes, A., and Hartley, R. 1996. Aggregate stability of soils in central Spain and the role of land management. *Earth Surface Processes and Landforms*. 21: 181-193.
45. Thompson, J.A., and Kolka, R.K. 2005. Soil Carbon storage estimation in a forested watershed using quantitative soil- landscape modeling, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 69: 1086-1093.
46. Troeh, F.R., Hobbs, J.A., and Donahue, R.L. 1980. *Soil and Water Conservation for Productivity and Environmental Protection*. 2<sup>nd</sup> ed, Prentice-Hall, Inc. New Jersey.
47. Tsui, C., Chen, Z., and Hsieh, C. 2004. Relationships between soil properties and slope position in a lowland rain forest of southern Taiwan. *Geoderma*. 123: 131-142.
48. Velayutham, M. 2000. Organic carbon stock in soil of India. *Global Climate Change and Tropical. Ecosystem. J.* 28: 71-95.

49. Vieira, S.R., and Paz Gonzalez, A. 2003. Analysis of the spatial variability of crop yield and soil properties in small agricultural plots. *Bragantia*, Campinas. 62: 127-138.
50. Walkley, A., and Black, I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-38.
51. Walley, F.L., Van Kessel, C., and Pennock, D.J. 1996. Landscape-scale variability of N mineralization in forest soils. *Soil Biol. Biochem. J.* 28: 383-391.
52. Wang, Y., Fu, B., Lu, Y., Song, Ch., and 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.
53. Wilson, J.P; and Gallant, J.C. 2000. *Terrain analysis*, Wiley & Sons, New York.
54. Yoo, K., Amundson, R., Heimsath, A.M., and Dietrich, W.E. 2006. Spatial patterns of soil organic carbon on hillslopes: integrating geomorphic processes and the biological C cycle. *Geoderma*. 130: 47-65.
55. Zareian, Gh. 2003. Soil genesis, classification and Land suitability evaluation in darnegon, Shiraz province. 8<sup>th</sup> soil science congress, Iran, Pp: 200-201.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 20(3), 2013*  
<http://jwsc.gau.ac.ir>

## **Effect of slope position and aspect on some physical and chemical soil characteristics in a loess hillslope of Toshan area, Golestan Province, Iran**

**S. Maleki<sup>1</sup>, \*F. Khormali<sup>2</sup>, F. Kiani<sup>3</sup> and A.R. Karimi<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>M.Sc. Student, Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>2</sup>Associate Prof., Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>3</sup>Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>4</sup>Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Ferdowsi University of Mashhad

Received: 05/21/2012; Accepted: 11/19/2012

### **Abstract**

Considering the importance of soil in supplying food for the increasing human population, knowledge of soil quality, including physical, chemical, biological and mineralogical properties are important. Spatial variability of soil properties is related to environmental factors such as climate, slope position, topography, slope gradient, elevation, parent material and vegetation. Topography variability and soil formation cause the significant differences in soil characteristics in a hillslope. The main objective of the present study was to assess some physical, chemical and biological indicators of soil quality in a loess hillslope of Toshan area in Golestan Province, Northern Iran. Therefore 135 samples were collected at random systematic method (0-20 cm depth) at three aspects and four slope positions. Soil texture, bulk density, organic carbon (OC), electrical conductivity, pH, microbial respiration rate, calcium carbonate equivalent (CCE) and mean weight diameter (MWD) of aggregates were measured for studying soil quality, including physical, chemical and biological. The results indicated that the lower slope positions had the highest amounts of clay, OC, MWD and the lowest CCE and soils in north-east aspect had higher OC compared to other aspects. Therefore, it is concluded that most soil properties are dependant largely on slope position and aspect that could have a long-term influence on soil development and evolution. Among the soil properties, OC is a suitable indicator for assessing the effects of slope position and aspect on soil quality in the studied area.

**Keywords:** Slope position, Slope aspect, Soil organic carbon, Soil quality indicators

---

\* Corresponding Author; Email: khormali@yahoo.com