Archive of SID

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۶، بهمن – اسفند ۱۳۹۴، ص. ۱۷۱۰-۱۶۹۹

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 6, Jan.-Feb. 2016, p. 1699-1710

رابطه بین توپوگرافی و برخی ویژگی‌های خاک

محمدجواد پژند[۱]- حجت امامی[۲*]- علیرضا آستارایی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۲۵

چکیده

توپوگرافی یکی از ویژگی‌های مهم و تأثیرگذار بر کیفیت خاک در هر منطقه است. در این پژوهش رابطه درجه و جهت شیب با برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مانند بعد فرکتال ذرات، درصد شن، رس و سیلت، درصد کربنات‌کلسیم معادل، درصد کربن آلی، میانگین وزنی قطر خاکدانه و شاخص پایداری ساختمان خاکبررسی شد. برای انجام تجزیه‌های آزمایشگاهی یک ردیف پستی و بلندی[۴] با طول شیب، مواد مادری یکسان انتخاب و ۳۰ نمونه از خاک در شیب‌های کمتر از ۵، ۱۵-۵، ۳۰-۱۵، ۵۰-۳۰ و بیشتر از ۵۰ درصد، با سه تکرار و در دو جهت شمالی و جنوبی در قالب طرح آشیانه ای نمونه‌برداری شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، مقادیر کربنات‌کلسیم و کربن آلی در شیب‌های مختلف دارای اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد بود. مقدار کمینه کربنات‌کلسیم در شیب کمتر از ۵ درصد جنوبی و مقدار بیشینه آن در شیب بیشتر از ۵۰ درصد جنوبی مشاهده شد، درحالی که مقدار کمینه کربن آلی در شیب بیشتر از ۵۰ درصد جنوبی و بیشینه آن در شیب کمتر از ۵ درصد جنوبی وجود داشت. بین میانگین درصد کربنات کلسیم و کربن آلی در دو جهت شیب اختلاف معنی‌داری وجود داشت. همچنین مقدار شاخص پایداری ساختمان خاک و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در جهت شمالی به طور معنی‌داری بیشتر از جنوبی بود. با وجود اینکه کلاس بافت خاک تقریبا در همه درجه‌های شیب یکسان بود، درصد شن، رس و سیلت در طول شیب تغییرات زیادی داشت. به طوری که با افزایش شیب درصد ذرات درشت‌تر افزایش و درصد ذرات ریزتر کاهش یافت. بعد فرکتال ذرات نیز با کاهش درصد شیب، افزایش یافت. با توجه به این که در هنگام گزارش کلاس بافتی خاک درصد شن، رس و سیلت آن بیان نمی‌شود، می‌توان گفت که بعد فرکتال ذرات نسبت به بافت خاک، تعریف بهتر و روشن‌تری از چگونگی توزیع اندازه ذرات خاک ارایه می‌دهد.

واژه های کلیدی : بعد فرکتال ذرات، توپوگرافی، توزیع اندازه ذرات

مقدمه

توپوگرافی هر منطقه یکی از ویژگی‌های مهم و تأثیرگذار بر کیفیت خاک آن منطقه می‌باشد. توپوگرافی موجب تغییر الگوی بارش و دمای سالانه شده و از این راه بر اقلیم‌های کوچک[۵] محلی اثر می‌گذارد (۳۲). اقلیم کوچک محلی به شکل چشمگیری بر میزان هوادیدگی خاک و در نتیجه ویژگی‌های مختلف آن، مانند مقدار رس و نوع کانی‌های رسی خاک تأثیرگذار می‌باشد (۷). نتایج پژوهش‌های زیادی بیانگر اثر جهت و درجه شیب بر اجزای بافت خاک و درصد سنگریزه خاک بوده است، این اثر می‌تواند موجب تغییر در منحنی دانه‌بندی خاک‌ها شود (۳۶، ۶، ۲۵ و ۱۳). رضایی و گیلکس (۲۵) نشان دادند که بسیاری از ویژگی‌های خاک مانند ضخامت موثر خاکرخ خاک، ظرفیت نگهداری آب و درصد سنگریزه درشت خاک به طور معنی‌داری به شیب وابسته است. علاوه بر جهت شیب، درجه شیب نیز بر ویژگی‌های خاک مانند درصد رس، شن، کربن آلی و نیتروژن تأثیرگذار می‌باشد. همچنین درجه شیب با تأثیر بر میزان رواناب تولیدی، زهکشی، درجه حرارت خاک و میزان فرسایش آن، در فرآیند تشکیل خاک مؤثر است (۱۴).

توزیع اندازه ذرات (بافت) خاک به شکل مستقیم یا غیر مستقیم تعیین کننده‌ی بسیاری از ویژگی‌های خاک مانند ویژگی‌های منحنی رطوبتی خاک و هدایت هیدرولیکی می‌باشد. از این رو در بیشتر پژوهش‌های خاک‌شناسی، نحوه‌ی توزیع اندازه ذرات آن تعیین می‌گردد. استفاده از هندسه فرکتال[۶] یکی از روش‌های توصیف توزیع اندازه ذرات خاک به شمار می‌رود. بیان فرکتالی توزیع اندازه ذرات خاک بر اساس وجود یک رابطه توانی بین تعداد و قطر ذرات خاک

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیاران گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: hemami@um.ac.ir)

4- Topo Sequence
5- Microclimates
6- Fractal Geometry

www.SID.ir

Archive of SID

است که به صورت تعداد ذرات بزرگ‌تر از یک اندازه‌ی معین (به صورت تجمعی) در مقابل قطر ذرات نشان داده می‌شود (۳۲ و ۳۳). شکل دیگری از بیان توزیع فرکتالی اندازه ذرات خاک نیز به صورت جرم ذرات کوچک‌تر از یک اندازه معین (به صورت تجمعی) در مقابل قطر ذرات بیان می‌گردد. پژوهش‌های زیادی در زمینه کمی‌کردن توزیع اندازه‌ذرات خاک با استفاده از هندسه فرکتال صورت گرفته است که بیشتر آنها در زمینه مدل‌سازی و برآورد پایداری خاکدانه‌ها (۲۳ و ۱۲)،ویژگی‌های هیدرولیکی خاک (۱ و ۲۷)، منحنی رطوبتی (۱۹) و فرسایش پذیری خاک (۱۸) می‌باشد.

تغییرات میزان کربن آلی خاک به عوامل بسیاری از جمله توپوگرافی، پوشش‌گیاهی، نوع و کیفیت خاک و مدیریت و کاربری اراضی مرتبط می‌باشد. نتایج پژوهش‌های انجام شده به منظور بررسی ذخایر کربن آلی نشان می‌دهد که در مقیاس جهانی، توپوگرافی منطقه پس از تنوع اقلیم دومین عامل کنترل کننده میزان کربن آلی خاک، می‌باشد (۳۴). توپوگرافی عاملی است که می‌تواند در فواصل کوتاه با ایجاد تغییر در میزان انرژی دریافتی و توزیع آب، نقش مهمی در تغییرپذیری ویژگی‌های خاک از جمله کربن آلی داشته باشد. درصد، جهت و انحنای شیب از جمله ویژگی‌های مهم توپوگرافی هستند و به دلیل وجود ارتباط نزدیک بین این ویژگی‌ها، برای بررسی میزان کربن آلی در شرایط مختلف، مورد استفاده قرار می‌گیرند.براساس پژوهش‌های هانا و همکاران (۱۰) در نیم‌کره شمالی، در شیب‌های رو به شمال آب قابل استفاده خاک، ۲۰ درصد بیشتر از شیب‌های رو به جنوب است، در نتیجه مقدار ماده آلی نیز در شیب‌های شمالی نسبت به شیب‌های جنوبی بیشتر است. تامسون و کولا (۳۱) بیان کردند که کم بودن میانگین دمای سالانه و بیشتر بودن رطوبت قابل استفاده خاک در شیب‌های شمالی در حوزه آب‌خیز کلمنسونفورک آمریکا در نیم‌کره شمالی موجب افزایش ماده آلی نسبت به شیب‌های جنوبی می‌شود. آنها همچنین نشان دادند که با کاهش درجه شیب مقدار کربن آلی افزایش می‌یابد.

ساختمان خاک یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های خاک است که پدیده‌های زیادی از جمله توانایی نگهداری آب و ایجاد زیستگاه برای موجودات خاکزی، به آن وابسته است. کوهلر و همکاران (۱۶) نیز اظهار داشتند که پایداری خاکدانه‌های خاک، یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های کنترل‌کننده رشد گیاه در مناطق نیمه خشک، محسوب می‌گردد. موقعیت شیب با تأثیر بر میزان فرسایش خاک پایداری خاکدانه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بر اساس پژوهش‌های هویوس و کامرفرد (۱۱) پایداری خاکدانه‌ها در موقعیت شانه شیب نسبت به بالا و پای شیب کمتر بود. علاوه بر توپوگرافی، مقدار ماده آلی، کربنات کلسیم، درصد رس و نوع کانی‌های رسی نیز از عوامل موثر بر پایداری خاکدانه‌ها هستند. در این راستا کاراواکا و همکاران (۵) نشان دادند که مواد آلی می‌توانند پایداری خاکدانه‌ها را افزایش دهند.

بنا به آنچه گفته شد، بررسی اثر توپوگرافی بر تغییرات ویژگی‌های خاک،می‌تواند ما را در طراحی و اجرای بهینه برنامه‌های مدیریت خاک یاری دهد. از این رو پژوهش حاضر با هدف درک چگونگی تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک در درجات مختلف شیب در دو جهت شمالی و جنوبی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در پایگاه پژوهشی حفاظت خاک سنگانه در ۱۲۰ کیلومتری شمال شرقی مشهد و در همسایگی روستای سنگانه انجام شد. از نظر موقعیت جغرافیایی این منطقه بین طول "۵۰ و ´۱۳ و °۶۰ تا "۵۲ و ´۱۳ و °۶۰ شرقی و"۰۹و´۴۱ و °۳۶ تا "۲۹ و´۴۱ و °۳۶ عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱).

شکل ۱- منطقه مورد مطالعه در استان خراسان رضوی
Figure 1- Studied area in khorasanRazaviprovinve

www.SID.ir

Archive of SID

متوسط بارندگی در این منطقه ۲۵۷ میلی‌متر در سال بوده و میانگین دمای سالانه آن ۱۵ درجه سانتی‌گراد است. ارتفاع این منطقه از سطح دریا نیز ۷۰۰ متر می‌باشد. این منطقه دارای اقلیم نیمه‌خشک بوده و پوشش گیاهی غالب در آن «درمنه»[1] است. از نظر سازند زمین‌شناسی دارای سازندهای سرچشمه و سنگانه بوده که شامل شیل‌های یکنواخت، با لایه‌های نازک سیلت‌استون[2] است. خاک پایگاه پژوهشی حفاظت خاک سنگانه، در دو رده انتی‌سول و اریدی‌سول قرار دارد (۲۸). همچنین واحد فیزیوگرافی منطقه به صورت تپه بود. برای انجام نمونه‌برداری یک ردیف پستی و بلندی با طول شیب، مواد مادری و پوشش گیاهی (گونه گیاهی) یکسان انتخاب گردید. سپس از خاک در شیب‌های کمتر از ۵،۱۵–۵، ۳۰–۱۵، ۵۰–۳۰ و بیشتر از ۵۰ درصد در دو جهت شمالی و جنوبی نمونه برداری شد. از هر شیب سه نمونه از عمق ۰ تا۳۰ سانتی‌متر و در مجموع ۳۰ نمونه تهیه و جهت انجام آزمایشات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه منتقل گردید. در آزمایشگاه پس از هوا خشک شدن و عبور از الک دومیلی‌متری، بافت خاک به روش هیدومتری[3] (۴)، درصد کربن آلی با روش هضم تر[4] (۳۳)، کربنات کلسیم معادل نیز به روش خنثی سازی با اسید (۲۰) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها از روش کمپر و روسنا (۱۵) استفاده شد. در این روش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD)[5] با استفاده از خاکدانه‌های بزرگتر از چهار میلی‌متر و سری الک ۰/۲، ۰/۶، یک، دو و چهار میلی‌متری و با استفاده از معادله (۱) محاسبه می‌گردد.

$$MWD=\sum_{i=1}^{n} \bar{x}w_i \quad (۱)$$

که در آن MWD: میانگین وزنی قطر خاکدانه (بر حسب میلی‌متر)، $\bar{x}$ میانگین قطر خاکدانه‌های باقی مانده روی دو الک متوالی (بر حسب میلی‌متر)، w_i نسبت وزن خاکدانه‌های باقی مانده بروی هر الک به وزن کل نمونه‌ها (پس از تصحیح درصد شن) و n تعداد الک‌ها می‌باشد.

درصد شاخص پایداری ساختمان خاک (SI)[6] بر اساس رابطه زیر محاسبه شد (۲۲):

$$\frac{1.724OC\%}{\%clay+\%silt} \times 100;\ 0 \le SI < \infty \quad (۲)$$

در معادله بالا OC درصد کربن آلی، clay درصد رس و Silt درصد سیلت می‌باشد.

بعد فرکتال ذرات خاک (D) بر اساس مدل بیرد و همکاران (۲) تعیین شد:

$$M_s(d \le d_i) = cd_i^{3-D} \quad (۳)$$

در این رابطه $M_s(d \le d_i)$ مجموع جرم ذرات کوچک‌تر از قطر مشخص (بر حسب گرم)، d_i و c ثابت معادله است که توسط پریر و همکاران (۲۱) و بیرد و همکاران (۲) تعریف شده است. شیب خط حاصل از رسم نمودار $\log M_s(d \le d_i)$ در مقابل $\log d_i$ معادل $(3-D)$ خواهد بود، که با استفاده از آن می‌توان مقدار D را به‌دست آورد. به این منظور از برازش ۱۰ نقطه در محدوده اندازه ۱/۶۸ تا کوچکتر از ۰/۰۰۰۲ میلی‌متر به کمک هیدرومتر در زمان‌های مختلف استفاده شد. مقایسات آماری ویژگی‌های اندازه‌گیری شده با استفاده از نرم‌افزار آماری JMP8 در قالب طرح آشیانه‌ای[7] که تیمارهای آن شامل دو جهت شمالی و جنوبی و هر کدام در پنج کلاس شیب در سه تکرار انجام شد.

نتایج و بحث

مقادیر میانگین، ضریب تغییرات و سطح معنی‌داری هریک از ویژگی‌های خاک در دو جهت شیب شمالی و جنوبی در جدول ۱ ارایه شده است، که در ادامه بررسی خواهد شد.

اثر درجه و جهت شیب بر توزیع اندازه ذرات

بافت خاک در تمام موقعیت‌های شیب و در دو جهت شمالی و جنوبی یکسان (لوم سیلتی) بودو تنها درشیب بیشتر از ۵۰ درصد جنوبی، بافت خاک به کلاس لوم تغییر کرده بود. علت این امر را می‌توان به فرسایش و رواناب بیشتر در این موقعیت نسبت داد، که در گذر زمان موجب انتقال سیلت از این ناحیه و تغییر بافت خاک شده است.البته بررسی دقیق‌تر اجزای بافت یعنی درصد شن، رس و سیلت نشان‌دهنده وجود تغییراتی در موقعیت‌های مختلف شیب در دو جهت شمالی و جنوبی بود (شکل‌های ۲ تا ۴). بر اساس سیستم طبقه‌بندی وزارت کشاورزی آمریکا[8] ذرات شن، سیلت و رس به‌ترتیب دارای اندازه دو تا ۰/۰۵، ۰/۰۵ تا ۰/۰۰۰۲ و کوچکتر از ۰/۰۰۰۲ میلی‌متر می‌باشند.

مقایسه مقادیر رس در دو جهت شمالی و جنوبی شیب نشان داد که میانگین درصد رس در جهت شمالی به طور معنی‌داری بیشتر از جهت جنوبی بود ($P<0.0001$). در حالی که میانگین درصد شن در جهت جنوبی به طور معنی‌داری بیشتر از جهت شمالی بود ($P<0.005$)، همچنین میانگین درصد سیلت در جهت جنوبی بیشتر از جهت شمالی بود ولی اختلاف بین دو جهت معنی‌دار نبود (جدول۱).

1- *Artemisia sieberi*
2- Siltstone
3- Hydrometer
4-Wet Digestion
5- Mean Weight Diameter
6- Structural Stability Index
7- Nested
8USDA

www.SID.ir

Archive of SID

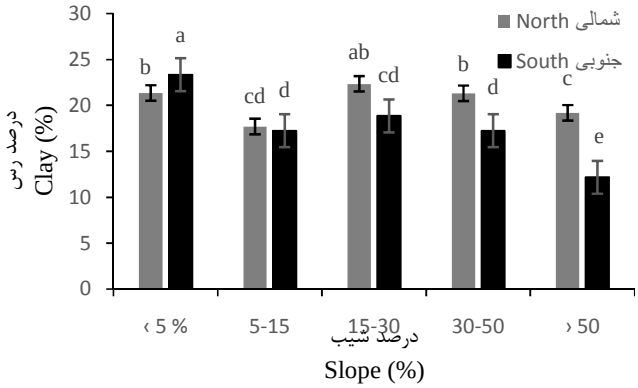
درصد رس، در شیب کمتر از ۵ درصد جنوبی، بیشینه بود. در مقابل کمینه‌ی درصد رس در شیب بیشتر از ۵۰ درصد جنوبی مشاهده شد (شکل ۲). به جز شیب ۱۵-۵ درصد در سایر شیب‌ها بین دو جهت شمالی و جنوبی تفاوت معنی‌داری در مقدار رس وجود داشت و از شیب ۱۵ درصد به بعد مقدار رس در جهت شمالی به طور معنی‌داری بیشتر از جهت جنوبی بود ($P<0.05$).

از نظر میزان سیلت، قسمت‌های پایین شیب (کمتر از ۵ درصد) دارای بیشترین مقدار بودند، که نشان‌دهنده انتقال آن بر اثر فرسایش از شیب‌های بیشتر به قسمت‌های پایین شیب است، زیرا ذرات سیلت حساس‌ترین ذرات در مقابل فرسایش هستند (شکل۳).

جدول ۱- مقادیر کمینه، بیشینه و میانگین ویژگی‌های اندازه گیری شده خاک در دو جهت شیب شمالی و جنوبی

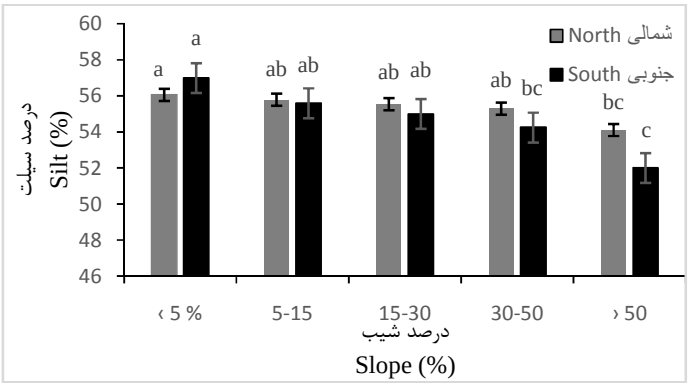
Table 1- Minimum, maximum and mean values of measured soil properties on north and south slopes

ویژگی Properties	کمینه Minimum	بیشینه Maximum	میانگین جهت شمالی Mean in north aspect	میانگین جهت جنوبی Mean in south aspect	ضریب تغییرات C.V.	سطح معنی‌داری P Value
D (-)	2.52	2.78	2.68	2.63	2.65	0.0001
MWD (mm)	1.54	2.75	2.03	1.96	18.65	0.001
OC (%)	0.10	1.56	0.68	0.64	69.78	0.003
$CaCO_3$ (%)	2.97	21.64	7.87	10.15	53.94	0.0001
Clay (%)	10.19	23.36	20.38	17.77	16.98	0.0001
Sand (%)	18.18	35.44	25.50	27.59	14.88	0.005
Silt (%)	50.39	58.48	54.14	54.80	3.71	0.245
SI (%)	0.31	2.93	1.58	1.48	68.90	0.003



شکل ۲- تغییرات درصد رس در درجه‌های مختلف شیب شمالی و جنوبی

Figure 2- Variation of clay percentin different degrees of northern and southern slopes (same letters was not significant at P < 0.05)



شکل ۳- تغییرات درصد سیلت در درجه‌های مختلف شیب شمالی و جنوبی

Figure 3- Variation of silt percentin different degrees of northern and southern slopes (same letters was not significant at P < 0.05)

www.SID.ir

Archive of SID

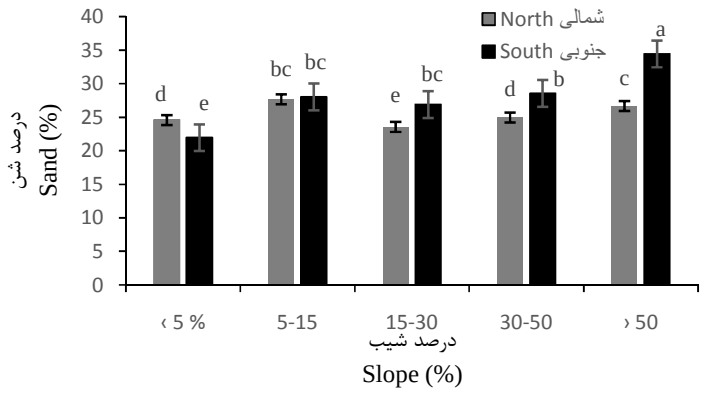
در شیب‌های متناظر شمالی و جنوبی مقدار سیلت فاقد تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد بود، ولی به طور کلی در شیب‌های کمتر از ۱۵ درصد مقدار سیلت در جهت جنوبی بیشتر از جهت شمالی بود و در شیب‌های بیشتر روند متفاوتی در دو جهت شیب دیده شد. حضور مقدار بیشتر رس و سیلت در قسمت‌های پایین و مقادیر کمتر آن در قسمت‌های بالایی شیب ممکن است به دلیل انتقال آن‌ها به وسیله رواناب باشد. زیرا به دلیل ضعیف بودن پوشش گیاهی در شیب جنوبی، این ذرات از قسمت‌های بالاتر به این ناحیه منتقل شده‌اند. رضایی و گیلکس (۲۵) و ییمر و همکاران (۳۵) گزارش دادند که زیاد بودن مقدار رس در پایین شیب و بالا بودن درصد شن در بالای شیب به دلیل انتقال رس از قسمت‌های بالایی به سمت پایین شیب و باقی ماندن ذرات درشت‌تر در بالای شیب است. در پژوهش حاضر نیزقسمت‌های بالایی شیبه ویژه در جهت جنوبی دارای بیشترین مقدار شن و کمترین مقدار آن نیز مربوط به قسمت‌های پایین شیب بود، به طوری که در شیب‌های بیش از ۱۵ درصد مقدار آن در جهت جنوبی نسبت به جهت شمالی افزایش معنی‌داری داشته است ($P<0.05$)، در حالی‌که در شیب کمتر از پنج درصد روند متفاوتی دیده می‌شود (شکل۴). نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش‌های هانا و همکاران (۱۰) همخوانی دارد.

اثر درجه و جهت شیب بر تغییرات بعد فرکتالی ذرات

بیشترین مقدار بعد فرکتال ذرات، مربوط به شیب کمتر از ۵ درصد جنوبی و کمترین مقدار آن مربوط به شیب بیشتر از ۵۰ درصد جنوبی بود (شکل ۴). بررسی‌های فیلگوئرا و همکاران (۹) نشان داد که بین ذرات رس و بعد فرکتال رابطه خطی و مثبت وجود دارد. همچنین ارساهین و همکاران (۸)، سو و همکاران (۲۹) و وانگ و ژانگ (۳۴) نیز دریافتند که با افزایش مقدار رس، بعد فرکتالی ذرات افزایش و با افزایش مقدار شن، کاهش می‌یابد.

میانگین بعد فرکتال ذرات در شیب شمالیبه طور معنی‌داری بیشتر از میانگین شیب جنوبی بود (جدول ۱). شیب رو به جنوب به دلیل دریافت انرژی خورشیدی بیشتر، رطوبت کمتری نسبت به شیب رو به شمال دارد. این پدیده موجب می‌شود پوشش گیاهی شیب جنوبی ضعیف‌تر از شیب شمالی باشد. در نتیجه به هنگام بارندگی رواناب بیشتری در شیب جنوبی ایجاد می‌شود و کلیه آثار فرسایشی در شیب جنوبی با شدت بیشتری نسبت به شیب شمالی رخ می‌دهد. بر اساس نتایج این پژوهش مقداربعد فرکتال ذرات در شیب‌های ۵ درصد، در شیب جنوبی به طور معنی‌داری بیشتر از شیب شمالی بود. در شیب ۱۵–۵ درصد تفاوت معنی‌داری در دو جهت شیب مشاهده نشد، ولی در شیب‌های بیشتر از ۱۵ درصد مقدار این شاخص، در شیب شمالی به طور معنی‌داری بیشتر از شیب جنوبی بود (شکل ۵).

بر اساس آنچه گفته شد، تجمع ذرات ریزتر در قسمت‌های پایین شیب جنوبی به دلیل رواناب بیشتر نسبت به شیب شمالی، بیشتر است. بنابراین مقدار رس و سیلت در این ناحیه بیشتر بوده و در نهایت منجر به افزایش بعد فرکتال ذرات شده است. در مقابل چون در قسمت‌های بالای شیب در جهت شمالی، به دلیل وجود پوشش مناسب‌تر و رواناب کمتر، ذرات رس به میزان کمتری به قسمت پایین شیب منتقل شده‌اند، بنابراین بعد فرکتال در این قسمت‌ها، بیشتر از شیب جنوبی بود. با توجه به مقادیر بعد فرکتال می‌توان گفت که این ویژگی توزیع اندازه ذرات خاک را در درجات مختلف دو جهت شیب در مقایسه با بافت خاک بهتر توصیف می‌کند.

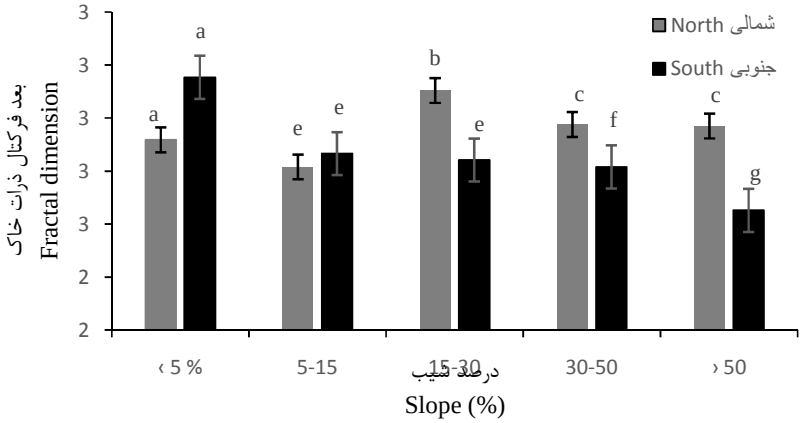


شکل ٤- تغییرات درصد شن در درجه‌های مختلف شیب شمالی و جنوبی

Figure 4- Variation of sand percentin different degrees of northern and southern slopes (same letters was not significant at P < 0.05)

www.SID.ir

Archive of SID

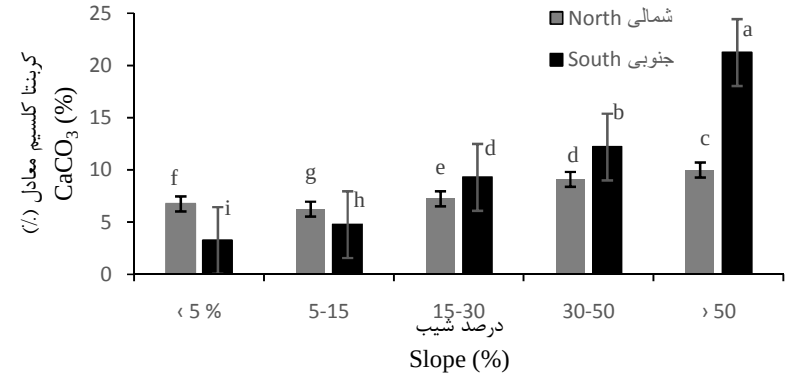


شکل ۵- تغییرات بعد فرکتال ذرات خاک در درجه‌های مختلف شیب شمالی و جنوبی

Figure 5- Variation ofsoil particles fractal dimension in different degrees of northern and southern slopes (same letters was not significant at P < 0.05)

اثر درجه و جهت شیب بر میزان کربنات‌کلسیم معادل

بررسی مقدار کربنات‌کلسیم معادل در دو جهت شیب نشان داد که بیشترین مقدار آن متعلق به شیب‌های بالای ۵۰ درصد جنوبی بود. همچنین کمترین مقدار کربنات‌کلسیم نیز در شیب کمتر از ۵ درصد جنوبی مشاهده شد (شکل ۶). بررسی میانگین مقادیر کربنات‌کلسیم معادل در دو جهت شمالی و جنوبی شیب، نشان داد که میانگین مقدار کربنات‌کلسیم در جهت جنوبی بیشتر از جهت شمالی بود و این اختلاف معنی‌دار می‌باشد (جدول ۱). مقایسه آماری تاثیر درجه شیب در دو جهت شمالی و جنوبی مشخص نمود که در شیب‌های کمتر از ۱۵ درصد، مقدار کربنات کلسیم معادل در جهت شمالی به طور معنی‌داری بیشتر از جهت جنوبی بود. این در حالی است که در شیب‌های بیشتر از ۱۵ درصد روند متفاوتی به دست آمد (شکل ۶). در قسمت‌های بالایی شیب، در جهت جنوبی به دلیل وجود پوشش گیاهی ضعیف، شیب زیاد، رواناب و فرسایش بیشتر خاک زیرین در سطح ظاهر شده و به دلیل مقدار کربنات‌کلسیم بیشتر در لایه‌های زیرین، مقدار آن در شیب جنوبی نسبت به شیب شمالی بیشتر شده است. به نظر می‌رسد به دلیل دریافت رواناب بیشتر از قسمت‌های بالایی که منجر به تجمع آب و شستشوی عمقی آهک در شیب‌های کمتر از ۱۵ درصد جنوبی می‌شود، مقدار کربنات کلسیم معادل در لایه‌های سطحی شیب جنوبی در مقایسه با جهت شمالی کاهش یافته است.



شکل ٦- تغییرات درصد کربنات‌کلسیم در درجه‌های مختلف شیب شمالی و جنوبی

Figure 6- Variation ofcalcium carbonate percentagein different degrees of northern and southern slopes (same letters was not significant at P < 0.05)

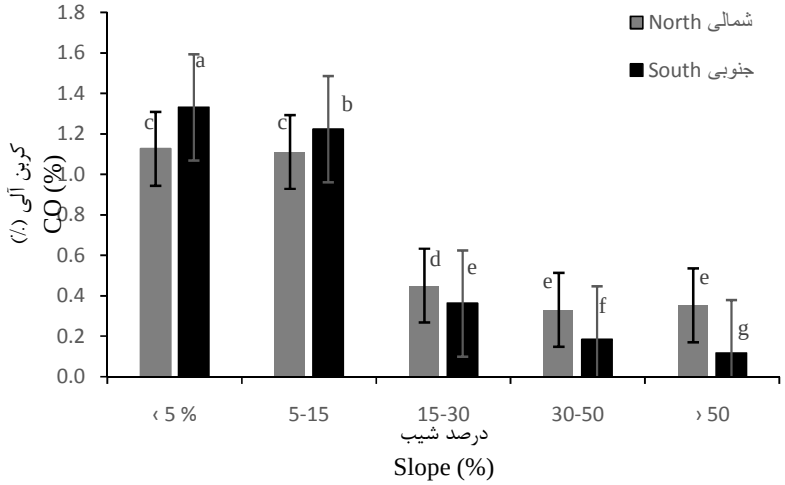
اثر شیب بر میزان کربن آلی

میزان کربن آلی در شیب‌های مختلف و همچنین در دو جهت شمالی و جنوبی تغییرات بسیاری داشت، به طوری که بیشترین و کمترین مقدار کربن آلی به ترتیب مربوط به شیب کمتر از ۵ درصد جنوبی و شیب بیشتر از ۵۰ درصد جنوبی بود (شکل۷). مقایسه میانگین کربن آلی در درجه‌های مختلف شیب نشان داد، که در هر دو

www.SID.ir

Archive of SID

جهت شمالی و جنوبی با افزایش شیب، میزان کربن آلی کاهش یافته است و این کاهش در تمام درجات شیب در جهت جنوب معنی‌دار بوده ولی اختلاف مقدار کربن آلی در جهت شمال بین سه دسته شیب کمتر از ۱۵ درصد، ۳۰-۱۵ درصد و بیشتر از ۳۰ درصد معنی‌دار می‌باشد. همچنین میانگین مقدار کربن آلی در شیب رو به شمال بیشتر از شیب رو به جنوب و اختلاف آن‌ها نیز معنی‌دار بود (جدول ۱). بر اساس نتایج این پژوهش در شیب‌های کمتر از ۱۵ درصد، جهت جنوبی نسبت به جهت شمالی دارای کربن آلی بیشتری بود ولی در شیب‌های بیشتر از ۱۵ درصد مقدار کربن آلی، در شیب شمالی بیشتر از شیب جنوبی بود (شکل ۷). با توجه به یکسان بودن بافت خاک در هر دو جهت شیب به نظرمی‌رسد در شیب شمالی به دلیل دریافت کمتر انرژی خورشید، مقدار رطوبت بیشتر بوده و پوشش گیاهی بهتری نسبت به شیب جنوبی داشته است، در نتیجه مقدار ماده آلی در جهت شمالی به دلیل تولید زیست توده گیاهی بیشتر، افزایش یافته است.



شکل ۷- تغییرات کربن آلیدر درجه‌های مختلف شیب شمالی و جنوبی

Figure 7- Variation of organic carbonin different degrees of northern and southern slopes (same letters was not significant at P < 0.05)

نتایج پژوهش‌های تامسون و کولا (۳۱) نشان داد که با افزایش درجه شیب، مقدار کربن آلی خاک کاهش می‌یابد. این در حالی است که سو و همکاران (۲۹) بر اساس پژوهشی که در جنوب تایوان انجام دادند، بیشترین مقدار کربن آلی را در موقعیت قله شیب و پس از آن در موقعیت پای شیب گزارش کردند. بنا به آنچه گفته شد، می‌توان نتیجه گرفت که در قسمت‌های بالای شیب به دلیل فرسایش زیاد و شرایط ناپایدار، مقدار کربن آلی نسبت به سایر موقعیت‌های پایین شیب، کمتر است. در حالی که در قسمت‌های پایین شیب به دلیل پایدارتر بودن شرایط و همچنین دریافت مواد فرسایش یافته از قسمت‌های بالاتر، کربن آلی بیشتری وجود دارد. به علاوه در قسمت‌های مسطح شیب با توجه به بهبود شرایط رشد، مقدار ریشه و بقایای گیاهی نیز افزایش یافته و بر غنی‌تر شدن خاک از نظر کربن آلی کمک می‌کند.

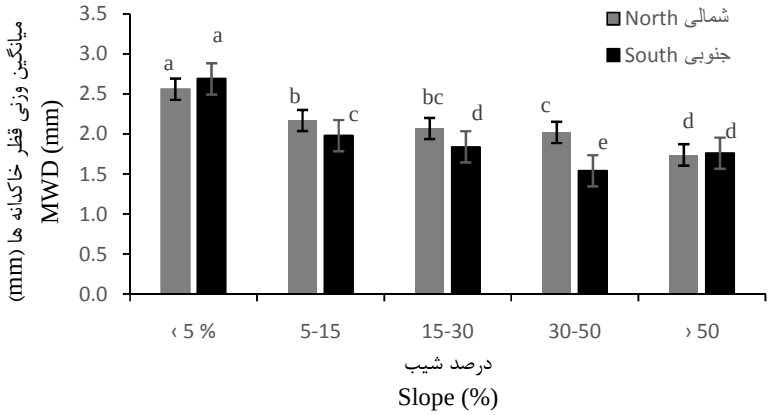
اثر شیب بر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها

بیشترین مقدار میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در قسمت پای شیب یعنی در شیب کمتر از ۵ درصد جنوبی و کمترین مقدار آن مربوط به شیب ۵۰-۳۰ درصد جنوبی مشاهده شد. در هر دو جهت شمالی و جنوبی با افزایش شیب تا ۵۰ درصد میانگین مقدار MWD روند کاهشی نشان داد و میزان کاهش در جهت جنوبی معنی‌دار بود،در حالی که روند کاهش MWD در جهت شمالی فقط تا شیب ۱۵ درصد معنی‌دار بود. همچنین در هر دو جهت شیب در شیب‌های بیش از ۵۰ درصد مقدار MWD دوباره افزایش نشان داد و اختلاف آن در این شیب در دو جهت شمالی و جنوبی معنی‌دار نبود (شکل ۸)، که دلیل این پدیده می‌تواند حجم کم رواناب در قسمت‌های بالای شیب و تاثیر ناچیز آن بر فروپاشی خاکدانه‌ها باشد. میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در شیب شمالی بیشتر از شیب جنوبی بود و اختلاف بین دو جهت شیب معنی‌دار بود (جدول ۱). همچنین تا شیب ۵۰ درصد، به جز شیب کمتر از پنج درصد، در سایر درجات شیب، مقدار میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در جهت شمالی به طور معنی‌داری بیشتر از جهت جنوبی بود و در شیب‌های کمتر از ۳۰ درصد اختلاف دو جهت شیب از نظر مقدار میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها معنی‌دار بود (شکل

www.SID.ir

Archive of SID

.(۸



شکل ۸- تغییرات میانگین وزنی قطر خاکدانه در درجه‌های مختلف شیب شمالی و جنوبی

Figure 8- Variation ofmean weight diameterin different degrees of northern and southern slopes (same letters was not significant at P < 0.05)

لینچ و براگ (۱۷) گزارش کردند که در تشکیل و پایداری خاکدانه‌ها، مواد آلی خاک نقش مهم و مثبتی دارند. به شکلی که با افزایش ماده آلی خاک پایداری خاکدانه‌ها در حالت مرطوب بیشتر می‌شود. همچنین ترنان و همکاران (۳۰) رس را به عنوان ماده سیمانی معرفی کردند که موجب پیوند ذرات خاک می‌شود و بیان کردند که با افزایش مقدار رس، پایداری ساختمان خاک نیز بیشتر می‌شود. رازیا و کی (۲۴) نیز در بررسی پایداری خاکدانه‌ها به روش الک تر، دریافتند که پایداری خاکدانه‌ها با افزایش مقدار رس افزایش می‌یابد. بر اساس گفته‌های بالا می‌توان نتیجه گرفت که بالا بودن میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در قسمت‌های پایین شیب می‌تواند به دلیل مقدار رس و ماده آلی بیشتر در این قسمت‌ها باشد (شکل‌های ۲ و ۵).

اثر درجه و جهت شیب بر شاخص پایداری ساختمان خاک

در این پژوهش شاخص پایداری ساختمان خاک با افزایش شیب کاهش یافت، به طوری که مقدار بیشینه آن در شیب ۱۵-۵ درصد جنوبی و مقدار کمینه آن در شیب بیشتر از ۵۰ درصد جنوبی مشاهده شد (شکل ۸). همچنین مقایسه میانگین شاخص پایداری ساختمان خاک در دو جهت جنوبی و شمالی شیب نشان داد که میانگین شیب شمالی به طور معنی‌داری از شیب جنوبی بیشتر بود (جدول ۱). بررسی تغییرات شاخص پایداری ساختمان خاک در درجه‌های مختلف شیب نشان داد که در شیب‌های کمتر از ۱۵ درصد، شاخص پایداری ساختمان خاک در شیب شمالی به طور معنی‌داری کمتر از شیب جنوبی بود. برعکس در شیب‌های بیشتر از ۱۵ درصد، مقدار شاخص پایداری ساختمان خاک در شیب شمالی به طور معنی‌داری بیشتر از جهت جنوبی بود. همچنین در هر دو جهت شیب بین درجه‌های بیشتر از ۳۰ درصد و کمتر از ۱۵ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (شکل ۹). این نتایج با نتایج پژوهش رضایی و همکاران (۲۵) هم-خوانی داشت. شاخص پایداری ساختمان خاک نشان دهنده حساسیت ساختمان خاک به تخریب بر اثر خاک‌ورزی می‌باشد. این شاخص با مقدار ماده آلی دارای رابطه‌ی مستقیم و با درصد رس و سیلت رابطه-ی عکس دارد. با افزایش مقدار این شاخص خطر تخریب ساختمان خاک کاهش می‌یابد (۲۲).

بررسی‌ها نشان داد که در هر دو جهت شیب بین مقادیر شاخص پایداری ساختمان خاک در شیب کمتر از ۵ درصد و شیب ۱۵-۵ درصد و در شیب شمالی بین شیب ۵۰-۳۰ درصد و بیشتر از ۵۰ درصد اختلاف معنی‌دار وجود ندارد ولی اختلاف بین مقدار این شاخص در شیب‌های کمتر از ۱۵ درصد با دیگر شیب‌ها در هر دو جهت معنی‌دار می‌باشد. در شیب‌های کمتر از ۱۵ درصد، شاخص پایداری ساختمان خاک در شیب جنوبی به طور معنی‌داری بیشتر از شیب شمالی بود، ولی در شیب‌های بیشتر از ۱۵ درصد، مقدار شاخص پایداری ساختمان خاک در شیب شمالی به طور معنی‌داری بیشتر از شیب جنوبی بود (شکل ۹). این نتایج با نتایج پژوهش رضایی و همکاران (۲۵) هم‌خوانی داشت.

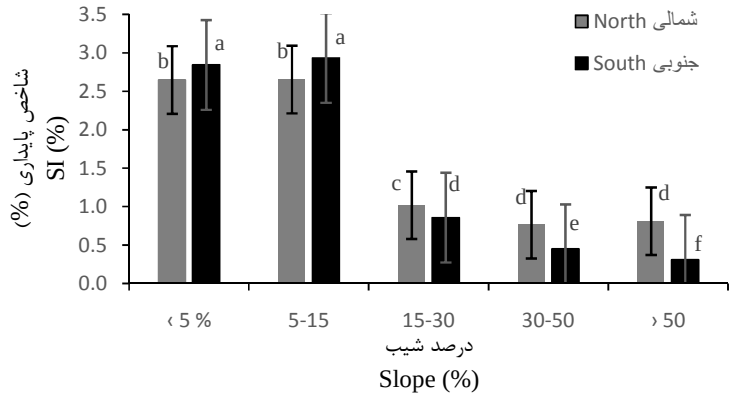
نتیجه‌گیری

هدف از انجام این پژوهش بررسی چگونگی تغییرات برخی ویژگی‌های خاک در شیب‌های مختلف در دو جهت شمالی و جنوبی بود. نتایج نشان داد که درجه شیب می‌تواند بر این ویژگی‌ها اثر قابل

www.SID.ir

Archive of SID

توجهی داشته باشد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، بعد فرکتال ذرات در طول شیب دارای تغییرات زیادی بود، که این موضوع نشان‌دهنده اثر شیب بر توزیع اندازه ذرات خاک است، به گونه‌ای که با کاهش درصد شیب، بعد فرکتال ذرات و درصد ذرات ریزتر، افزایش یافت.



شکل ۹- تغییرات شاخص پایداری ساختمان خاک در درجه‌های مختلف شیب شمالی و جنوبی

Figure 9- Variation of structuralstabilityindexin different degrees of northern and southern slopes (same letters was not significant at P < 0.05)

این در حالی است که کلاس بافت خاک در شیب‌های مختلف در هر دو جهت شیب یکسان بود و نشان‌دهنده عدم توانایی بافت خاک در انعکاس تغییرات در توزیع اندازه ذرات می‌باشد. با توجه به گسترش استفاده از بعد فرکتال در پژوهش‌های خاک‌شناسی، پیشنهاد می‌شود این شاخص برای بیان و شناسایی چگونگی توزیع اندازه ذرات خاک، به شکل گسترده‌تری مورد استفاده قرار گیرد.

تغییرات ماده آلی در طول شیب، حساسیت این ویژگی مهم خاک به توپوگرافی را نشان داد. از آنجایی که مقدار ماده آلی در قسمت‌های پایین شیب به دلیل پایدار بودن شرایط بیشتر بود، پیشنهاد می‌شود در خاک‌های مناطق خشک که از نظر ماده آلی فقیر هستند، با حفظ و بهره‌برداری مناسب از پوشش گیاهی مناطق شیب‌دار به‌ویژه قسمت‌های پایین شیب، گامی مهم در جهت حفظ منابع کربن آلی خاک برداشته شود. یافته‌های این پژوهش همچنین نشان داد که خاک قسمت‌های پایین شیب نسبت به قسمت‌های میانی و بالایی شیب از کیفیت بهتری برخوردار بودند. به همین ترتیب خاک شیب‌های شمالی نسبت به شیب‌های جنوبی دارای کیفیت بهتری بودند. بررسی نتایج شاخص پایداریساختمان خاک نیز بیان‌گر برتری کیفیت خاک در شیب‌های کمتر از ۱۵ درصد بود، همچنین این شاخص در شیب شمالی نسبت به شیب جنوبی بیشتر بود که نشان دهنده وضعیت بهتر خاک در جهت شمالی شیب می‌باشد. از این رو در طراحی و اجرای برنامه‌های مدیریتی در مناطق شیب‌دار، توجه به چگونگی اثر توپوگرافی بر کیفیت خاک، می‌تواند در میزان کارآمد بودن این برنامه‌ها اثری مفید داشته باشد.

با توجه به اینکه با تغییر شیب بسیاری از ویژگی‌های خاک در نتیجه ناپایداری و فرسایش خاک تغییر می‌کنند و بررسی همه پارامترها مشکل است و حتی ممکن است تمام ویژگی‌ها منجر به نتیجه یکسانی نشوند، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌هایی که توزیع اندازه ذرات و ساختمان خاک اهمیت دارند به جای توزیع اندازه ذرات از بعد فرکتال ذرات و از شاخص پایداری ساختمان خاک نیز به جای ویژگی‌های ساختمانی، استفاده شود.

منابع

1- Arya L., and Paris J. 1981. A physico-empirical model to predict soil moisture characteristic from particle-size distribution and bulk density data. Soil Science Society of America Journal,45:1023-1030.

2- Bird N.R.A., Perrier E., and Rieu M. 2000. The water retention function for a model of soil structure with pore and solid fractal distributions. European Journal of Soil Science, 51: 55-63.

3- Bittelli M., Campbell G.S., and Flury M. 1999. Characterization of particlesizedistribution in soil with a fragmentation model. Soil Science Society ofAmerica Journal, 63:782-788.

4- Bouyoucos G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. Agronomy Journal, 54:464-465.

5- Caravaca F., Masciandaro G., and Ceccanti B. 2002. Land use in relation to soil chemical and biochemical

www.SID.ir

Archive of SID

properties in a semiarid Mediterranean environment. Soil and Tillage Research, 68:23-30.
6- Ceddia M.B., Vieira S.R., Villela L.O., Mota L.S., Anjos H.C., and Carvalho F.D. 2009. Topography and spatial variability of soil physicalproperties. Scientia Agricola, 66:338-352.
7- Dahlgren A.R., Bottinger L.T., Huntington L.G., and Amundson A.R. 1997.Soil development along an elevation transect in the western Sierra Nevada,California. Geoderma, 78:207–236.
8- Ersahin S., Gunal H., Kutlu T., Yetgin B., and Coban S. 2006. Estimating specific surface area and cation exchange capacity in soils using fractal dimension of particlesize distribution. Geoderma, 136:588-597.
9- Filgueira R.R., Fournier L.L., Cerisola C.I., Gelati P., and Garcia M.G. 2006. Particle-size distribution in soils: A critical study of the fractal model validation. Geoderma 134:327-334.
10- Hanna A.Y., Harlan P.W., and Lewis D.T. 1982. Soil available water asinfluenced by landscape position and aspect. Agronomy Journal, 74:999-1004.
11- Hoyos N. and Comerford N.B. 2005. Land use and landscape effects on aggregate stability and total carbon of andisols from the Colombian Andes. Geoderma, 129:268-278.
12- Huang G., and Zhang R. 2005. Evaluation of soil water retention curve with the pore-solid fractal model. Geoderma, 127:52-61.
13- Jazini F. 2007. The role of topography on soil almond vegetative, quantitativeand qualitative Characteristics in Saman region, Shahrekord. MSc thesis,Shahrekord University, Iran.(in Persian with English abstract).
14- Jiang P., and Thelen K.D. 2004. Effect of soil and topographic properties oncrop yield in a north-central corn-soybean cropping system. Agronomy Journal, 96:252-258.
15- Kemper W.D. and Rosenau R.C. 1986. Aggregate stability and size distribution. In: Klute, A. (ed) Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Agronomy Monograph No. 9. 2nd Edition. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI. 5:425–442.
16- Kohler J., Caravaca F., and Rolan A. 2010. An AM fungus and a PGPRintensify the adverse effects of salinity on the stability of rhizospheresoilaggregates of Lactuca sativa. Soil Biology and Biochemistry, 42:429-434.
17- Lynch J.M., and Bragg E. 1985. Microorganisms and soil aggregate stability. Advance Soil Science, 2: 133-171.
18- Mena M., Deeks L.K., and Williams A.G. 1999. An evaluation of a fragmentation dimension technique to determine soil erodobility. Geoderma, 90:87-98.
19- Millán H., Gonzáles-Posada M., Aguliar M., Domínguez J., and Céspedes L. 2003. On the fractal scaling of soil data, particle-size distributions. Geoderma, 117:117-128.
20- Page, A.L., Miller R.H., and Keeney D.R. 1982. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI. pp: 643-698.
21- Perrier E., Bird N., and Rieu M. 1999. Generalizing the fractal model of soil structure: The pore–solid fractal approach. Geoderma, 88:137-164.
22- Pieri C.J.M.G. 1992. Fertility of Soils: A Future for Farming in theWest African Savannah. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
23- Pirmoradian N., Sepaskhah A.R., and Hajabbasi M.A. 2005. Application of fractal theory to quantify soil aggregate stability as influenced by tillage treatments. Biosystems Engineering. 90:227-234.
24- Rasiah V., and Kay B.D. 1994. Characterizing changes in aggregate stability subsequent to introduction of forages. Soil Science Society of America Journal.58: 935-942.
25- Rezaei S., and Gilkes R. 2005. The effects of landscape attributes and plantcommunity on soil physical properties in rangelands. Geoderma, 125:167-176.
26- Rezaei S.A., Arzani H. and Tongway D.J. 2006. Assessing rangeland capability in Iran using landscape function indices based on soil surface attributes. Journal of Arid Environments, 65:460-473.
27- Rieu M., and Sposito G. 1991. Fractal fragmentation, soil porosity, and soil water properties: II.Applications. Soil Science Society of America Journal, 55:1239-1244.
28- Sadeghi H.R., Bashari-Seghaleh M., and Rangavar A. S. 2010. Comparing the sediment variation with hillside direction and plot length in storm wise soil erosion. Journal of Water and Soil, 22(2):230-239.(in Persian with English abstract)
29- Su Y.Z., Zhao H.L., Zhao W.Z., and Zhang T.H. 2004. Fractal features of soil particle size distribution and the implication for indicating desertification. Geoderma, 122:43–49.
30- 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.
31- Thompson J.A., and Kolka R.K. 2005. Soil Carbon storage estimation in aforested watershed using quantitative soil- landscape modeling, Soil Sci. Soc.Am. J. 69: 1086-1093.
32- Tyler S.W., and Wheatcraft S.W. 1992. Fractal scaling of soil particle-size distributions: analysis and limitations. Soil Sci. Soc. Am. J. 56:362–369.
33- Walkley A., and Black I.A. 1934. An examination method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science, 37:29–38.
34- Wang Y., Zhang X.C., Zhang J.L., and Li S.J. 2009. Spatial variability of soil organic carbon in a watershed on the

www.SID.ir

Archive of SID

loess plateau. Pedosphere. 19: 486-495.
35- Yimer F., Ledin S., and Abdelkadir A. 2006. Soil property variations in relation to topographic aspect and vegetation community in the south-eastern highlands of Ethiopia. Forest Ecology and Management, 232:90-99.
36- YuanJun Z., and Mingan S. 2008. Spatial distribution of surface rock fragmenton hill slopes in a small catchment in wind-water erosion crisscross region ofthe loess Plateau. Science in China Series D: Earth Sciences, 51: 862-870.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 6, Jan.-Feb. 2016, p. 1699-1710

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۶، بهمن –اسفند ۱۳۹۴، ص. ۱۷۱۰-۱۶۹۹

Relationship between Topography and Some Soil Properties

M. J. Pajand[1]- H. Emami[2*]- A. Astaraee[3]

Received: 12-04-2015
Accepted: 16-09-2015

Introduction: Topography is an important and effective property affecting the soil quality. Some researchers demonstrated that degree and aspect of land slope may influence the particle size distribution and gravel. Slope degree affects the surface and subsurface run-off, drainage, soil temperature, stability of soil aggregates and soil erosion. This research was carried out to determine the spatial variation of soil properties in different slope degrees of northern and southern slopes in Khorasan Razavei province, Iran.

Material and Methods: This study was performed in Sanganeh research station (longitude 60^{o} 15′60″ and latitude 36^{o} 41′ 36″), of north-eastern, Khorasan Razavi province of Iran. In order to study the effects of topography on some soil physical and chemical properties, a topo-sequence with the same slope length, parent materials and cover crops was selected. 30 soil samples (0-30 cm depth) were collected from different slopes of less than 5, 5-15, 15-30, 30-50 and more than 50 percent of both southern and northern aspects. In this study, the soil particle size distribution (texture) was measured by hydrometer method, organic carbon and calcium carbonate were determined by wet oxidation and titration with HCl 6 M, respectively and soil structural stability index, aggregates mean weight diameter and particles fractal dimension were calculated by related equations. Finally, the studied soil properties of 5 slopes (less than 5, 5-15, 15-30, 30-50, and more than 50%) and 2 aspects (north and south) with 3 replicates were compared by nested experimental design and Tuky test in JMP statistical software.

Results and Discussion: The maximum and minimum clay contents as well as fractal dimension and organic carbon contents were found in less than 5% and more than 50% of south slopes, respectively. Clay content and fractal dimension in north aspect were also significantly ($P < 0.001$) more than south one. In reverse, the sand content in south aspect was significantly ($P < 0.05$) more than north one. There was no significant difference between silt content in north and south aspects, but the silt content was maximum value in toe slope, which reflects the transportation of silt due to soil erosion from steeper parts of slope to toe slope. The differences of calcium carbonate and organic matter contents in different slope degrees were significant ($P < 0.05$). The minimum and maximum calcium carbonate contents were noted in less than 5% and more than 50% of south slopes, respectively and the average of calcium carbonate in south aspect was significantly ($P < 0.001$) more than the north one, while the organic carbon contents in north aspect was significantly ($P < 0.001$) more than the south one. In both southern and northern slopes, the OC as a result of high radiation and less soil moisture content and then poor crop cover has been decreased by increasing the slope degree. The highest and least values of MWD in studied area were found in less than 5% and 30-50% degree of south slope, respectively and the average of MWD in north aspect was significantly ($P < 0.01$) more than south slope, too. The value of structural stability index in north aspect also was more than the south one and it was decreased by increasing the slope degree.

Conclusion: The results showed that, in spite of the same soil texture class in different slope degrees of both north and south aspects, particle size distribution in different parts of slope was varied. By decreasing the degree of slope, the fractal dimension of solid particles increased and vice versa. It seems that the fractal dimension of solid particles and structural stability index of soil can be replaced by soil texture and MWD, respectively, because they can represent the best and explicit description of particle size distribution and the effect of soil forming process in sloped regions, and soil structure.

Keywords: Fractal Dimension of Solid Particles, Particle Size Distribution, Slope

1, 2 and 3- M.Sc. Student and Associate Professors of Soil Science Department, Faculty of Agriculure, Ferdowsi university of Mashhad, Mashhad , Iran, Respectively
(*Corresponding Athour Email: hemami@um.ac.ir)

www.SID.ir