

## مطالعه تغییرات برخی شاخص‌های فیزیکی کیفیت خاک‌های لسی در امتداد یک ترانسکت اقلیمی استان گلستان

\*امیر جعفری‌هنر<sup>۱</sup>، فرشاد کیانی<sup>۲</sup> و فرهاد خرمالی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، استاد گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان  
تاریخ دریافت: ۹۲/۱۰/۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۴/۲

### چکیده

**سابقه و هدف:** لس‌ها یکی از مهم‌ترین واحدهای رسوبی کواترنر قلمداد می‌شوند، که به لحاظ ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی از رسوب‌زایی و فرسایش‌پذیری متغیری برخوردار هستند. آب و هوا، نوع و شدت هوازدگی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی از جمله عوامل تفاوت‌ها در خاک‌های لسی هستند که خود ارتباط تنگاتنگی با رسوب‌زایی و فرسایش‌پذیری آن‌ها دارد. با توجه به این‌که مفهوم فرسایش‌پذیری خاک پیچیده است، از شاخص‌هایی جهت ارزیابی آن استفاده می‌شود. اقلیم به‌عنوان یکی از عوامل خاکساز، تأثیر عمده‌ای بر این شاخص‌ها دارد. میزان فرسایش در استان گلستان به‌علت موقعیت جغرافیایی و اقلیمی و تخریب بالای منابع و نیز به‌علت این‌که سطح وسیعی از اراضی از رسوبات لس تشکیل شده است، نسبتاً زیاد می‌باشد با توجه به وجود تنوع اقلیمی در استان و اثر آن بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، این پژوهش به‌منظور، تعیین اثر اقلیم‌های گوناگون بر شاخص‌های فیزیکی کیفیت خاک‌های لسی در استان گلستان انجام گرفت.

**مواد و روش‌ها:** به‌منظور انجام این مطالعه یک برش از شمال‌شرقی به جنوب‌غربی در اراضی شیب‌دار لسی استان با کاربری مرتع اما با شرایط اقلیمی متفاوت انتخاب گردید. نمونه‌برداری‌ها از ۷ منطقه با ۳ تکرار و از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری در طول برش ذکر شده انجام شد. شاخص‌های آمزکتا، خمیرایی، سطح ویژه ذرات خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی و بافت خاک اندازه‌گیری شدند.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که تغییرات برخی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در امتداد برش مورد نظر از روند خاصی پیروی می‌کنند. تغییرات میانگین شاخص آمزکتا، در طول برش با افزایش بارندگی روند خاصی را نشان نمی‌دهد و از ۰/۰۵ تا ۰/۴۲ میلی‌متر متغیر بود. تغییرات سطح ویژه ذرات در طول برش از ۵۱/۹۵ تا ۱۴۵/۵۲ مترمربع بر گرم متغیر بود. تغییرات شاخص خمیرایی در طول برش از شمال‌شرق استان به طرف جنوب‌غرب روند افزایشی نشان می‌دهد که منطقه توشن با دارا بودن ۱۱/۱۵ بالاترین مقدار از شاخص خمیرایی را به خود اختصاص داده است. نتایج نشان داد ارتباط رگرسیونی مستقیمی بین شاخص خمیرایی و شاخص خشکی دومارتن با  $r^2=0/900$  وجود دارد. تغییرات شاخص‌های سطح ویژه ذرات و ظرفیت تبادل کاتیونی در طول برش با افزایش بارندگی روند افزایشی داشتند.

\* مسئول مکاتبه: [jfr\\_amir@yahoo.com](mailto:jfr_amir@yahoo.com)

**نتیجه‌گیری:** یافته‌های حاصل از این پژوهش نشان داد که بین مقدار بارش، دما و فرسایش‌پذیری خاک‌های لسی مناطق مورد مطالعه رابطه زیادی وجود دارد. براساس نتایج این پژوهش اثر ماده آلی به‌عنوان مهم‌ترین عامل در پایداری خاکدانه و کاهش فرسایش دارای اهمیت ویژه‌ای است به‌طوری‌که ماده آلی خاک می‌تواند بیش‌ترین اثر را در خاکدانه‌سازی یا تخریب خاکدانه‌ها داشته باشد. خاکدانه‌سازی و پایداری خاکدانه به همراه نسبت اندازه ذرات باعث تغییر شاخص‌های فرسایش‌پذیری خاک‌های لسی شده است.

**واژه‌های کلیدی:** شاخص‌های فرسایش‌پذیری، خاک‌های لسی، سطح ویژه ذرات، پایداری خاکدانه

### مقدمه

فرسایش‌پذیری متغیری برخوردار بوده و در مناطق مختلف استان در برابر فرسایش رفتارهای متفاوتی دارند اشکال فرسایش خندقی و آب‌کندی در لس‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک متراکم بوده ولی در لس‌های مناطق معتدل و نیمه‌مرطوب استان کم‌تر به چشم می‌خورند، به‌نظر می‌رسد ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی، عوامل توپوگرافی و آب و هوایی نقش تعیین‌کننده‌ای در شدت رسوب‌زایی و فرسایش‌پذیری این نهشته‌ها داشته باشند (۸). آب و هوا، نوع و شدت هوادیدگی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی از جمله عوامل تفاوت‌ها در خاک‌های لسی هستند که خود ارتباط تنگاتنگی با رسوب‌زایی و فرسایش‌پذیری آن‌ها دارد (۹).

با توجه به این‌که اندازه‌گیری مستقیم فرسایش سخت و هزینه‌بر است از شاخص‌های فرسایش‌پذیری استفاده می‌شود، پایداری خاکدانه‌ها به‌عنوان یک شاخص فرسایش‌پذیری مطرح است (۲۷). پایداری خاکدانه اثر مهمی در مقاومت خاک در برابر فرسایش دارد (۴). خاکدانه‌ها در اثر هم‌آوری ذرات اولیه رس، سیلت و شن به همراه مواد آلی و عوامل سیمانی و اتصال‌دهنده، تشکیل می‌شوند (۵). از آن‌جا که فرآیند خاکدانه‌سازی در مقیاس و اندازه‌های مختلفی از ذرات رخ داده و ذرات بزرگ‌تر از هم‌آوری ذرات کوچک‌تر تشکیل می‌شوند بنابراین، باعث تغییر اندازه

یکی از مهم‌ترین مشکلات کشاورزی در جهان، فرسایش خاک به‌وسیله آب است، ارزیابی مناسب عوامل مؤثر در فرسایش در ارائه راهکاری مناسب برای کاهش فرسایش ضروری است (۲۶). خاک با وجود آن که یک منبع طبیعی قابل تجدید است ولی سرعت تشکیل آن در بسیاری موارد کم‌تر از سرعت هدررفت آن است، این حقیقت به‌ویژه در نواحی خشک و نیمه‌خشک بسیار آشکار است، در این نواحی سرعت تشکیل خاک تقریباً ناچیز است (۶). با توجه به نقش خاک در تأمین غذای جمعیت رو به رشد جهان، شناخت همه ویژگی‌های کیفیت خاک از جمله ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، زیستی و کانی‌شناسی دارای اهمیت می‌باشد (۲۲).

براساس پژوهش‌های انجام شده، میزان متوسط فرسایش سالانه در کشور ۳۰ تن بر هکتار است و در اثر رسوب‌گذاری و کاهش حجم آب‌گیری سدهای کشور، سالانه حدود ۲۰ هزار هکتار از اراضی کشاورزی آبی که در پایین سدها قرار دارند با کمبود آب و کاهش محصول در واحد سطح مواجه می‌گردند (۸). لس‌ها یکی از مهم‌ترین واحدهای رسوبی کواترنر قلمداد می‌شوند، این رسوبات سطحی بالغ بر ۳۰۰۰ کیلومتر مربع از استان گلستان را پوشانده‌اند و به لحاظ ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی از رسوب‌زایی و

تبادل کاتیونی خاک است (۱۹). زراعت‌پیشه و همکاران (۲۰۱۱) عنوان داشته میزان ظرفیت تبادل کاتیونی رابطه تنگاتنگی با افزایش شاخص اقلیمی ( $P/ET^{\circ}$ ) دارد به طوری که با افزایش بارندگی از ۲۶۴ میلی‌متر به ۸۶۲ میلی‌متر میزان  $21/8$  واحد بر میزان میانگین ظرفیت تبادل کاتیونی برای خاک‌رخ افزوده می‌شود، دلیل این افزایش شدید تأثیر بارندگی بر میزان مواد آلی، افزایش میزان رس با بارندگی و تشکیل کانی‌های رسی با ظرفیت تبادل کاتیونی بالا در شرایط مرطوب می‌باشد (۲۹). پیشنهاد مطالعات انجام شده درباره عوامل مؤثر در فرسایش بیانگر این است که در تمامی مطالعات و پژوهش‌های انجام شده، در مورد مؤثر بودن عوامل فرسایش‌پذیری خاک شیب زمین و وضعیت پوشش گیاهی در رخداد فرسایش خاک اتفاق نظر وجود دارد اما زمان رخداد و مقدار فرسایش خاک و عوامل مؤثر بر آن‌ها دارای دامنه وسیعی بوده و از مکانی به مکان دیگر متفاوت می‌باشد پژوهش‌های گوناگون نشان می‌دهد که ماده آلی (۲۱) و آهک (۶، ۷) در کنار ذرات معدنی از جمله ویژگی‌هایی خاک هستند که فرسایش‌پذیری خاک (K) را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۱۶، ۲۳).

میزان فرسایش در استان گلستان به علت موقعیت جغرافیایی و اقلیمی و تخریب بالای منابع و نیز به علت این که سطح وسیعی از اراضی از رسوبات لس تشکیل شده است، نسبتاً زیاد می‌باشد (۸). با توجه به وجود تنوع اقلیمی در استان گلستان و اثر آن بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک این پژوهش شکل گرفت و هدف این پژوهش، بررسی اثر اقلیم‌های متفاوت بر تغییرات برخی شاخص‌های فیزیکی تأثیرگذار بر فرسایش‌پذیری خاک‌های لسی بود.

ذرات می‌شود (۲۵) که می‌تواند شاخص مناسبی برای تشخیص حساسیت خاک در برابر تشکیل سله، تولید رواناب و فرسایش آبی باشد (۴). انجرز (۱۹۹۸)؛ حاج‌عباسی و همکاران (۲۰۰۷) همبستگی معنی‌داری بین پایداری خاکدانه‌ها و ماده آلی به دست آوردند (۱ و ۱۰). فرسایش‌پذیری خاک همبستگی معنی‌داری با شن درشت، سیلت، ماده آلی و کربنات کلسیم دارد، کربنات کلسیم نیز مانند ماده آلی فرسایش‌پذیری خاک را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد (۲۷). پژوهش کلی و همکاران (۲۰۰۲) نشان داد که تغییرات نرخ فرسایش و رسوب‌زایی خاک‌های لسی بیش‌تر به تغییرات بافت خاک‌های لسی به‌ویژه تفاوت در مقدار سیلت و رس بستگی دارد (۱۳). در خاک‌های لسی گلستان نیز از شمال‌شرق استان به طرف جنوب‌غرب، با افزایش شاخص خشکی، شدت هوادیدگی نیز زیاد می‌شود که خود افزایش کانی‌های رسی ثانویه و افزایش مواد آلی را در خاک‌های سطحی به همراه دارد (۲۰). کرکبای و مورگان (۱۹۸۰) بیان نمودند که اثر ماده آلی در کاهش فرسایش‌پذیری خاک در بافت‌های شنی بیش‌تر از سیلتی و آن هم بیش‌تر از رسی است (۱۲). زانگ و همکاران (۱۹۹۱) اظهار داشتند در خاک‌های لسی با میزان ماده آلی پایین، اندازه ذرات، بیش‌ترین تأثیر را در فرسایش‌پذیری خاک دارند (۲۸). رس‌ها و ماده آلی خاک به علت دارا بودن سطح ویژه زیاد و باردار بودن نقش مهمی در ظرفیت تبادل کاتیونی دارند و با افزایش مقدار رس و ماده آلی خاک مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی آن افزایش می‌یابد (۱۷). نتایج مطالعات نوربخش و همکاران (۲۰۰۳) نشان داد که ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌ها با درصد شن همبستگی معکوس و با درصد مواد آلی، درصد رس و درصد سیلت همبستگی مستقیم دارد و بیان کردند ماده آلی مهم‌ترین عامل مؤثر بر ظرفیت

و شیب یکسان اما با شرایط اقلیمی متفاوت می باشد  
(شکل ۱).

### مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه: مناطق مورد مطالعه، اراضی  
شیب دار لسی استان گلستان با کاربری مرتع و جهت



شکل ۱- مناطق مورد مطالعه در یک برش شمال شرقی به جنوب غربی.

Figure 1. The studied area in a northeast to Southwest cutting.

ویژگی های مناطق مورد مطالعه در طول برش در  
جدول ۱ آمده است.

همان گونه که در شکل ۱ مشخص است یک برش  
شمال شرقی به جنوب غربی انتخاب گردید.

جدول ۱- ویژگی های جغرافیایی و اقلیمی مناطق مورد مطالعه.

Table 1. Geographic and climatic properties of the studied regions.

میانگین دمای سالانه (درجه سلسیوس) (Average annual temperature (°C))	میانگین بارش سالانه (میلی متر) (Average annual precipitation (°C))	ارتفاع (متر) (Height (m))	موقعیت جغرافیایی (Geographical Location)	مناطق (Regions)	برش (Cutting)
16.22	368.93	295.7	37° 54' to 56° 1'	مراوه تپه (Marave Tappe)	
17.17	257.38	182.28	37° 52' to 55° 30'	دماغ (Damagh)	
15.93	315.95	497.72	37° 43' to 55° 29'	آی تمر (Aytemer)	شمال شرقی (Northeast)
16.07	359.01	290.64	37° 38' to 55° 29'	آق چاتا (Aq-Chata)	جنوب غربی (Southwest)
16.58	421.32	199.64	37° 32' to 55° 28'	یلی بدرآغ (Yeli Badraq)	
18.16	694.9	132.89	37° 15' to 55° 22'	مینودشت (Minou-Dasht)	
13.17	825.72	681.68	37° 45' to 54° 25'	توشن (Toushan)	

سرعت ۳۰ نوسان در دقیقه و دور ۱/۳ سانتی متر و به شیوه مرطوب کردن آهسته استفاده شد و میانگین وزنی قطر خاکدانه (MWD)<sup>۲</sup> از رابطه ۱ محاسبه شد.

$$MWD = \sum_{i=1}^{n-1} xW_i \quad (1)$$

که در آن،  $\bar{x}$ : میانگین قطر خاکدانه‌های باقی مانده بر روی هر الک و  $W_i$ : نسبت وزن خاکدانه‌های باقی مانده بر روی هر الک به وزن کل نمونه و  $n$ : تعداد الک‌ها می‌باشد. حدود آتبرگ به روش آتبرگ انجام شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها در طرح فاکتوریل بر پایه کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار SAS 9.1، انجام شد.

### بحث و نتایج

نتایج مقایسه میانگین اجزا ذرات خاک نقاط مورد مطالعه در شکل ۲ آمده است. بافت نمونه خاک‌های مناطق آی‌تمر، آق‌چاتا، یلی‌بدراق و دماغ لوم و نمونه خاک‌های مناطق مینودشت و توشن لوم رسی و مراوه‌تپه لوم سیلتی می‌باشد. بررسی نتایج نشان داد که در طول برش بین مقدار رس و بارندگی براساس شاخص خشکی دومارتن ارتباط رگرسیونی مستقیمی با  $r^2=0/649$  وجود دارد (شکل ۳). نیکولز (۱۹۸۱) در پژوهشی به ارتباط مستقیم بین میزان رس خاک با میزان بارندگی سالیانه دست یافت (۱۸). بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که در طول برش فرسایش‌پذیری خاک متناسب با افزایش بارندگی و مقدار رس و کاهش ذرات سیلت کاهش می‌یابد. فراوانی کانی کوارتز در لس‌های گلستان از شمال شرقی تا جنوب غرب به‌طور محسوس کاهش می‌یابد. اندازه دانه‌ها در رسوبات لس گلستان در دامنه معینی تغییر

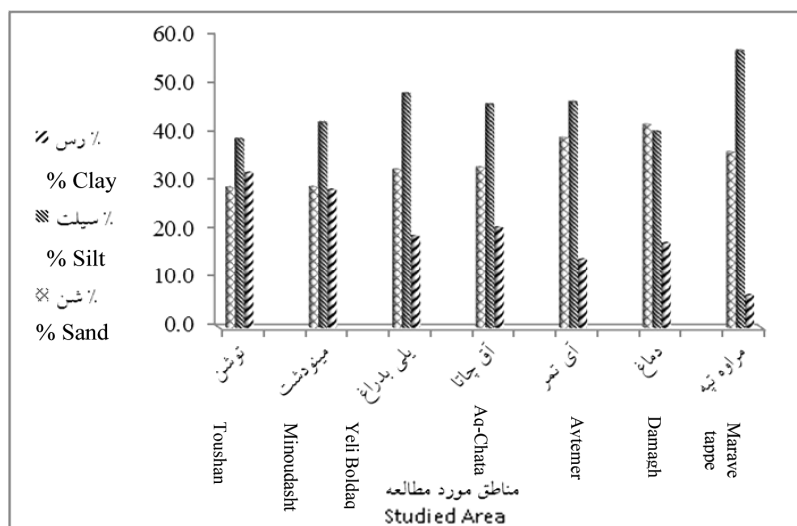
مطالعات صحرائی: با بررسی نقشه‌های خاک موجود و مطالعات قبلی (۱۴) و با در نظر گرفتن بهترین پراکنش نمونه‌برداری، یک برش به‌نحوی که شیب اقلیمی مورد نظر در این پژوهش را تأمین نماید انتخاب گردید. نقاط نمونه‌برداری مناطق مراوه‌تپه، دماغ، آی‌تمر، آق‌چاتا، یلی‌بدراق، مینودشت و توشن انتخاب شد.

براساس شاخص خشکی دومارتن ( $I=P/T+1$ ) و طبقه‌بندی اقلیمی آن، مناطق مراوه‌تپه و آق‌چاتا در طبقه اقلیمی مدیترانه‌ای، مناطق دماغ و آی‌تمر نیمه‌خشک، منطقه یلی‌بدراق نیمه‌مرطوب و مناطق مینودشت و توشن در طبقه اقلیمی بسیار مرطوب قرار گرفتند. به دلیل این‌که در بررسی نقش اقلیم باید دیگر عوامل خاکساز ثابت باشد، تلاش گردید نقاط نمونه‌برداری در کاربری مرتع با ۵۰ درصد پوشش مرتعی، شیب ۲۰ تا ۳۰ درصد، شیب رو به جنوب و جنوب‌غربی و در سازند لسی باشد. نمونه‌های خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری برداشت گردید. همه نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و هوا خشک شدند، مقداری از نمونه خاک‌ها قبل از کوبیده شدن جدا شده و از الک ۴/۶ میلی‌متری به‌منظور اندازه‌گیری پایداری خاکدانه عبور داده شد. و سپس همه نمونه‌ها پس از کوبیده شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند.

بافت خاک، به روش هیدرومتری اندازه‌گیری شد. ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)<sup>۱</sup>، از روش جانشین کردن یون سدیم به‌جای همه کاتیون‌های قابل تبادل با استفاده از محلول استات سدیم ( $pH=8/2$ ) و جدا نمودن یون‌های سدیم جانشین شده توسط محلول استات آمونیوم ( $pH=7$ ) و اندازه‌گیری میزان سدیم جمع‌آوری شده با دستگاه فلیم‌فتومتر تعیین گردید. شاخص آمزکتا براساس پایداری خاکدانه می‌باشد (۲). برای ارزیابی پایداری خاکدانه، از روش الکتتر با

۱۹۹۷) بر روی لس‌های منطقه گرگان و دشت  
همانگی دارد (۲۰).

می‌کند به طوری که انواع لس‌های ماسه‌ای تا رسی قابل  
تشخیص است (۱۱). ترکیب نسبی اجزا ذرات خاک  
در مناطق مورد مطالعه با نتایج پژوهش پاشایی

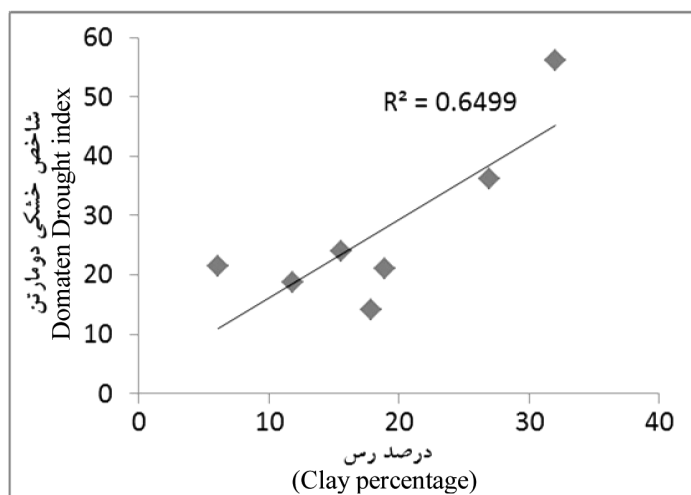


شکل ۲- مقایسه میانگین اجزا ذرات خاک نقاط مورد مطالعه (مقایسه میانگین به روش LSD انجام شد).

Figure 2. Comparison of the average soil particles in the studied regions (Average comparison was made on the basis of LSD method).

شمال شرق استان به طرف جنوب غرب، با افزایش  
شاخص خشکی، شدت هوازدهی نیز زیاد می‌شود که  
خود افزایش کانی‌های رسی ثانویه و افزایش مواد آلی  
را در خاک‌های سطحی به همراه دارد (۲۰).

پژوهش‌های کلی و همکاران (۲۰۰۲) نشان داده  
است که تغییرات نرخ فرسایش و رسوب‌زایی  
خاک‌های لسی بیش‌تر به تغییرات بافت خاک‌های  
لسی به‌ویژه تفاوت در مقدار سیلت و رس بستگی  
دارد (۱۳). در خاک‌های لسی گلستان نیز از



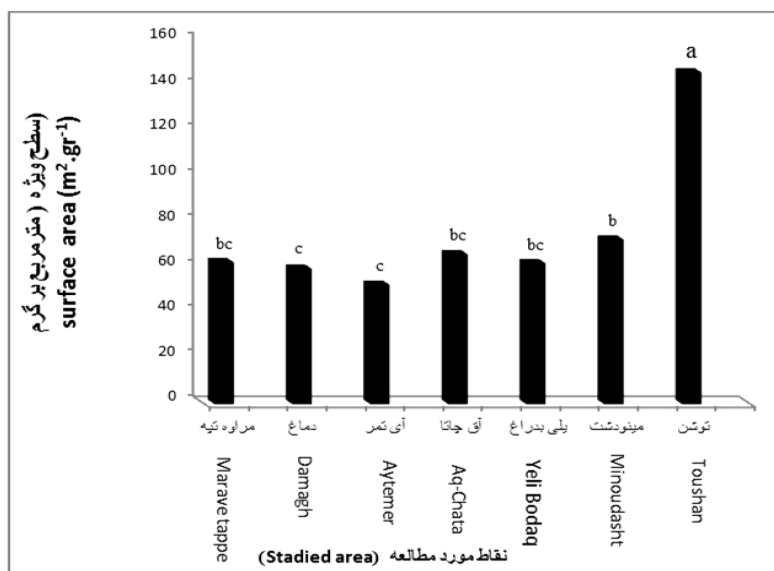
شکل ۳- ارتباط بین درصد رس مناطق مورد مطالعه با شاخص خشکی دومارتن.

Figure 3. Relationship between clay percentages of the studied regions with Domarten drought index.

بارندگی (۱۲۵۰-۲۵۰) میلی متر می باشد همبستگی معنی داری بین میانگین بارندگی سالانه و کربن آلی خاک وجود دارد (۶). همچنین نیکولز (۱۹۸۱) در پژوهشی به ارتباط مستقیم بین کربن آلی و میزان رس خاک با میزان بارندگی سالیانه دست یافت (۱۸).

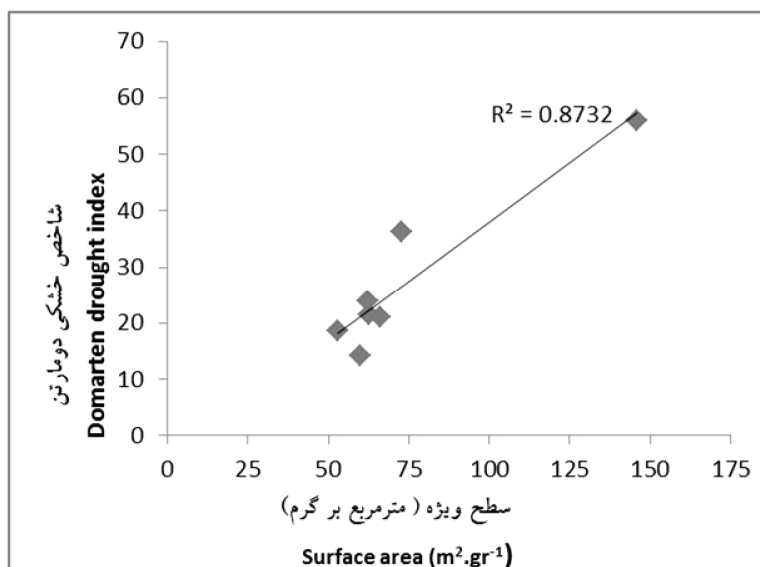
میانگین شاخص آزمون نمونه خاک های مناطق مورد مطالعه در شکل ۶ آمده است. همان گونه که از شکل مشخص است نمونه خاک های مناطق مینودشت و آق چاتا بیشترین مقدار را از لحاظ شاخص مورد نظر دارند. تغییرات میانگین شاخص آزمون، بنابر نتایج به دست آمده در طول برش مورد نظر از ۰/۴۳ تا ۰/۴۳ میلی متر متغیر می باشد. طبق نتایج، شاخص مورد نظر در طول برش، روند خاصی را نشان نمی دهد. این نتایج با نتایج بوراوکا و همکاران (۱۹۹۷) (۳)؛ لینچ و براگ (۱۹۸۵) (۱۵) و سوان (۱۹۹۰) (۲۴) مغایرت دارد.

میانگین شاخص سطح ویژه ذرات نمونه خاک های مناطق مورد مطالعه در شکل ۴ آمده است. همان گونه که از شکل مشخص است نمونه خاک های مناطق توشن و مینودشت بیشترین مقدار را از لحاظ شاخص مورد نظر دارند، تغییرات میانگین سطح ویژه ذرات خاک در طول برش از ۵۲/۷۴ تا ۱۴۵/۷۳ مترمربع بر گرم می باشد. بنابر نتایج به دست آمده تغییرات سطح ویژه خاک در طول برش با چشم پوشی از تفاوت های جزئی از شمال شرق استان به طرف جنوب غرب متناسب با افزایش رطوبت، روند افزایشی نشان داده است که می تواند به دلیل بارندگی و هوازگی فراوان مناطق و نهایتاً تشکیل مقدار رس بیشتر باشد (شکل ۵). میلر و گاردنر (۱۹۹۸) (۱۶)؛ کاهل و همکاران (۲۰۰۲) (۱۱) بیان کردند یک رابطه مثبتی بین سطح ویژه خاک و میزان کربن آلی وجود دارد؛ در خاک های تشکیل شده از لس، که در محدوده



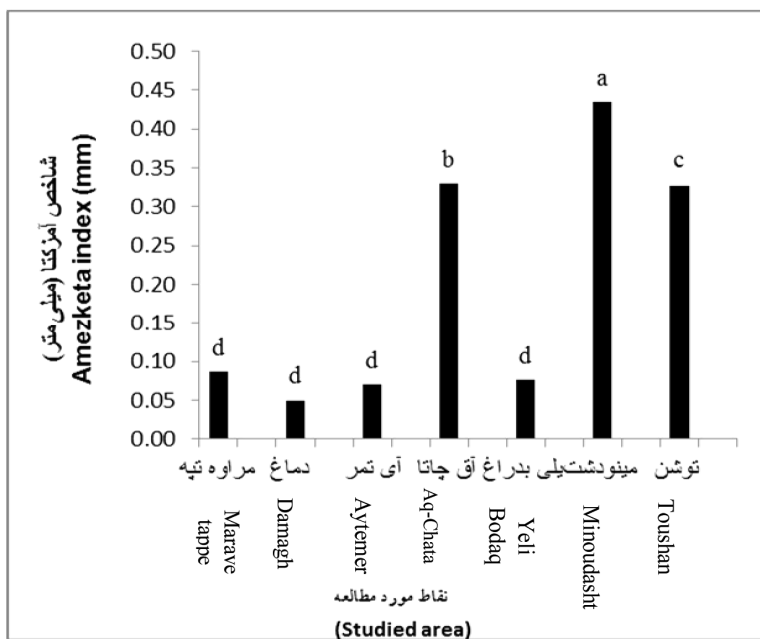
شکل ۴- میانگین سطح ویژه ذرات خاک در نقاط مورد مطالعه.

Figure 4. Average of surface area in the studied areas.



شکل ۵- ارتباط سطح ویژه با شاخص خشکی دومارتن.

Figure 5. Relation of surface area with Domarten drought index.



شکل ۶- میانگین شاخص آمزکتا در نقاط مورد مطالعه.

Figure 6. Average of Amezketa index in the studied area.

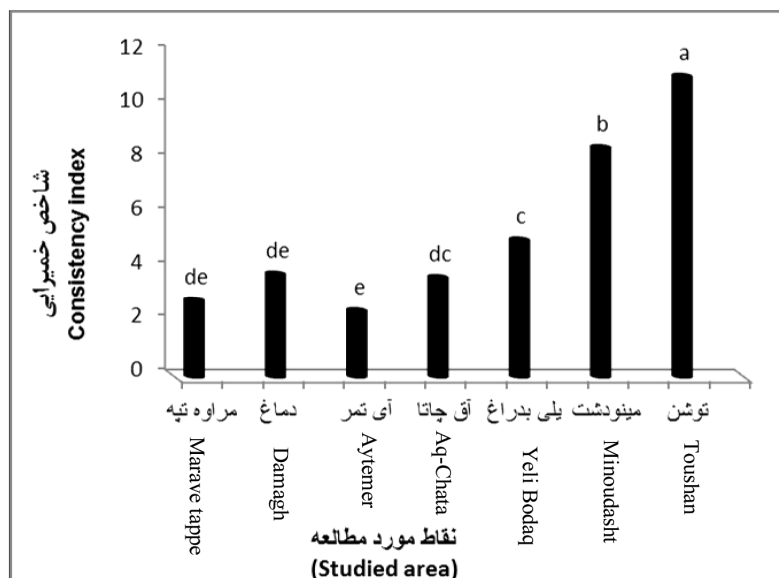
بستگی به نوع و مقدار رس، فراوانی نسبی شن و سیلت و مواد آلی دارد (۱۰). طبق نتایج شاخص مورد نظر در طول برش از شمال شرق استان به طرف جنوب غرب روند افزایشی نشان می‌دهد که منطقه توشن با دارا بودن ۱۱/۱۵ بالاترین مقدار از شاخص

میانگین شاخص خمیرایی در نقاط مورد مطالعه در شکل ۷ آمده است. شاخص خمیرایی توانایی خاک را برای تغییر شکل مداوم در مقابل نیروهای خارجی و حفظ شکل جدید پس از برکناری نیروها نشان می‌دهد، مقدار رس لازم برای بروز حالت خمیرایی



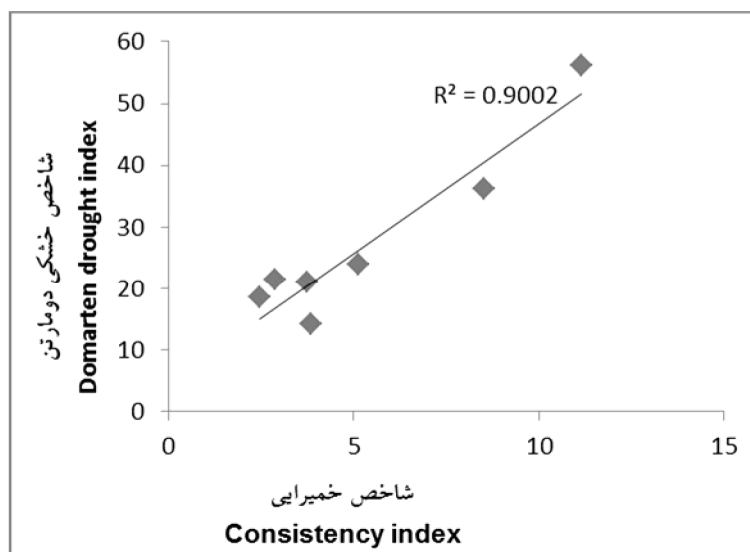
خمیری مقدار زیادی آب در خاک وجود داشته و در نتیجه با وجود مواد آلی و رس در خاک مقدار شاخص خمیرایی که از اختلاف این دو حد به دست می آید کوچک باشد (۱۰). اما در خاکی که مواد آلی کمتری دارد شاخص خمیرایی بزرگتر است مغایرت دارد.

خمیرایی را به خود اختصاص داده است. نتایج نشان داد ارتباط رگرسیونی مستقیمی بین شاخص خمیرایی و شاخص خشکی دومارتن با  $R^2=0/900$  وجود دارد (شکل ۸). این نتایج با نتایج حاج عباسی و همکاران (۲۰۰۷) که بیان داشتند حضور مواد آلی و رس در خاک باعث می شود که در حد سیلان و نیز در حد



شکل ۷- میانگین شاخص خمیرایی در نقاط مورد مطالعه.

Figure 7. Average of consistency index in the studied areas.

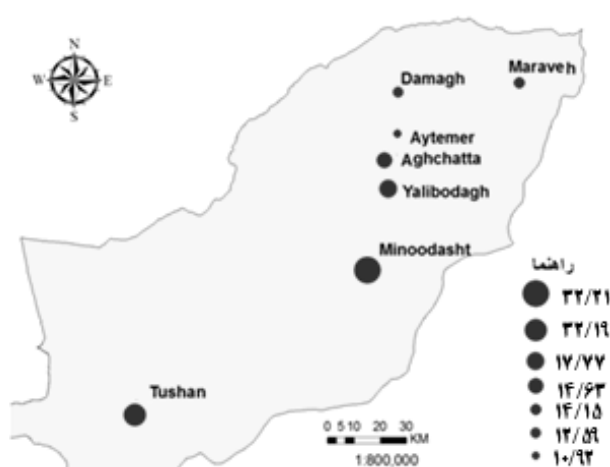


شکل ۸- ارتباط شاخص خمیرایی با شاخص خشکی دومارتن.

Figure 8. The relationship of consistency index with Momarten drought index.

عنوان کردند میزان ظرفیت تبادل کاتیونی رابطه تنگاتنگی با افزایش شاخص اقلیمی ( $P/ET^{\circ}$ ) دارد به طوری که با افزایش بارندگی از ۲۶۴ میلی متر به ۸۶۲ میلی متر میزان  $21/8$  واحد بر میزان میانگین ظرفیت تبادل کاتیونی برای خاک رخ افزوده می شود. دلیل این افزایش شدید تأثیر بارندگی بر میزان مواد آلی، افزایش میزان رس با بارندگی و تشکیل کانی های رسی با ظرفیت تبادل کاتیونی بالا در شرایط مرطوب می باشد (۲۹). خاک ها به طور عمده در مراحل ابتدایی تکامل بوده و افزایش بارندگی، موجب زیاد شدن تجزیه و تخریب، افزایش میزان رس های سیلیکاتی، ماده آلی و در نهایت افزایش در میزان ظرفیت تبادل کاتیونی می شود.

نتایج شکل ۹ نشان داد که تغییرات ظرفیت تبادل کاتیونی در طول برش از  $10/92$  تا  $32/21$  سانتی مول بر کیلوگرم متغیر می باشد که تغییرات شاخص مورد نظر در طول برش روند افزایشی نشان می دهد. رس ها و مواد آلی خاک به علت دارا بودن سطح ویژه زیاد و باردار بودن نقش مهمی در ظرفیت تبادل کاتیونی دارند و با افزایش مقدار رس و مواد آلی خاک مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی آن افزایش می یابد (۱۷). نتایج مطالعات نوربخش و همکاران (۲۰۰۳) نشان داد که ظرفیت تبادل کاتیونی خاک ها با درصد شن هم بستگی معکوس و با درصد مواد آلی، درصد رس و درصد سیلت هم بستگی مستقیم و بیان کردند ماده آلی مهم ترین عامل مؤثر بر ظرفیت تبادل کاتیونی خاک است (۱۹). زراعت پیشه و همکاران (۲۰۱۱)



شکل ۹- میانگین ظرفیت تبادل کاتیونی در مناطق مورد مطالعه.

Figure 9. Average of CEC in the studied areas.

مناطق دارند و منطقه توشن تفاوت معنی داری از نظر میانگین سطح ویژه ذرات با مناطق دیگر در سطح ۵ درصد نشان می دهد.

همان طور که جدول ۳ نشان می دهد نمونه خاک های مناطق مینودشت، توشن و آقچاتا تفاوت معنی داری از لحاظ میانگین شاخص آمزکتا با بقیه

جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین شاخص‌های آمزکتا، خمیرایی، سطح ویژه ذرات و ظرفیت تبادل کاتیونی در مناطق مورد مطالعه.

**Table 2. Results of the average comparisons of Amezqueta index, Consistency index, surface area and CEC in the studied area.**

شاخص خمیرایی Consistency index	ظرفیت تبادل کاتیونی Cation exchange capacity (cmol.kg <sup>-1</sup> )	سطح ویژه (m <sup>2</sup> /gr) Surface Area (m <sup>2</sup> .gr <sup>-1</sup> )	شاخص آمزکتا (mm) (mm) index Amezqueta	منطقه (Region)
4.0883 <sup>de</sup>	13.102 <sup>c</sup>	66.04 <sup>bc</sup>	0.09000 <sup>d</sup>	مراوه تپه (Marave Tappe)
4.3167 <sup>de</sup>	12.078 <sup>c</sup>	60.23 <sup>c</sup>	0.04833 <sup>d</sup>	دماغ (Damagh)
3.3633 <sup>c</sup>	10.878 <sup>c</sup>	51.95 <sup>c</sup>	0.06167 <sup>d</sup>	آی تمر (Aytemer)
4.9117 <sup>cd</sup>	17.052 <sup>b</sup>	67.62 <sup>bc</sup>	0.22667 <sup>c</sup>	آق چاتا (Aq-Chata)
5.5817 <sup>c</sup>	17.813 <sup>b</sup>	72.04 <sup>bc</sup>	0.07667 <sup>d</sup>	یللی بدراغ (Yeli Badraq)
9.6483 <sup>b</sup>	31.967 <sup>a</sup>	94.27 <sup>b</sup>	0.42000 <sup>a</sup>	مینودشت (Minou-Dasht)
12.0967 <sup>a</sup>	32.102 <sup>a</sup>	145.52 <sup>a</sup>	0.30000 <sup>b</sup>	توشن (Toushan)

وجود حروف متفاوت بر روی هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد می باشد.

There are different characters on each column represents a significant difference in the level of 5 percent.

همان‌طورکه از نتایج مشخص است تفاوت آماری  
آمزکتا، شاخص خمیرایی، سطح ویژه و ظرفیت تبادل  
کاتیونی در سطح ۵ درصد وجود دارد.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس میانگین، شاخص آمزکتا، شاخص خمیرایی، سطح ویژه و ظرفیت تبادل کاتیونی در نقاط مورد مطالعه.

**Table 3. Results of Analysis of variance of Amezqueta index, Consistency index, surface area and CEC in the studied area.**

مجموع مربعات (sum of squares)				درجه آزادی (Degrees of freedom)	منابع تغییرات (Sources of changes)
شاخص خمیرایی Consistency index	ظرفیت تبادل کاتیونی Cation exchange capacity	سطح ویژه ذرات خاک Surface area of soil particles	شاخص آمزکتا Amezqueta index		
386.3147143**	2958.521357**	36507.65228**	0.074461429**	6	A
37.1112000**	0.224402 <sup>ns</sup>	628.30245 <sup>ns</sup>	0.02194286 <sup>ns</sup>	1	B
2.6946000 <sup>ns</sup>	43.667414 <sup>ns</sup>	19165.91236 <sup>ns</sup>	0.04942381 <sup>ns</sup>	6	A*B
32.7211333	102.752067	21247.06206	0.07426667	28	خطای آزمایشی Trial error

\*\*, \* و <sup>ns</sup> به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵٪، ۱٪، غیر معنی دار.

A, B, A\*B به ترتیب نشان‌دهنده مناطق، عمق‌ها و تلفیقی از مناطق و عمق‌ها.

\*\* , \* are significance in %5 and %1 level (respectively) and <sup>ns</sup> means non-significant.

A, B, A\*B denote regions, depths and regions and depth respectively.

جدول ۴- نتایج همبستگی بین شاخص‌های اندازه‌گیری شده در مناطق مورد مطالعه.

Table 4. The results of the correlation between the measured parameters in the studied areas.

شن (sand)	سیلت (silt)	رس (clay)	شاخص خمیرایی (Consistency index)	ظرفیت تبادل کاتیونی (Cation exchange capacity)	سطح ویژه ذرات (Surface area)	شاخص آمرکتا (Amezketta index)
						1
					1	0.498
				1	0.740	0.787*
			1	0.962**	0.865*	0.696
		1	0.915**	0.854*	0.760*	0.766*
	1	-0.865*	-0.647	-0.542	-0.515	-0.497
1	0.190	-0.657	-0.818*	-0.857*	-0.713	-0.751

\* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

\*\* , \* are significance in %5 and %1 level.

کاهش فرسایش دارای اهمیت ویژه‌ای است. همچنین خاکدانه‌سازی و پایداری خاکدانه می‌تواند فرسایش خاک‌های لسی را کاهش دهد که این فرایند به‌طور مستقیم تحت‌تأثیر بارش و تولید ماده آلی در خاک می‌باشد. اثر ماده آلی به‌عنوان مهم‌ترین عامل در پایداری خاکدانه و کاهش فرسایش دارای اهمیت ویژه‌ای است به‌طوری‌که ماده آلی خاک می‌تواند بیش‌ترین اثر را در خاکدانه‌سازی یا تخریب خاکدانه‌ها داشته باشد. نتایج نشان داد که در طول برش مورد نظر از شمال‌شرق استان به طرف جنوب غرب، تغییرات برخی شاخص‌های مورد مطالعه از روند خاصی پیروی می‌کند به‌طوری‌که تغییرات شاخص خمیرایی، سطح ویژه ذرات و ظرفیت تبادل کاتیونی در طول برش با افزایش رطوبت روند افزایشی داشتند. با توجه به نتایج، تغییرات شاخص آمرکتا در طول برش مورد نظر از شمال‌شرق به

نتایج همبستگی جدول ۴ نشان می‌دهد که بالاترین همبستگی بین ظرفیت تبادل کاتیونی و درصد رس با شاخص خمیرایی وجود دارد که این نتایج نشان‌دهنده قابلیت و توانایی بالای میزان جذب و نگهداری آب توسط ذرات خاک و به‌ویژه ذرات رس است.

### نتیجه‌گیری

یافته‌های حاصل از این پژوهش نشان داد که بین مقدار بارش، دما و فرسایش‌پذیری خاک‌های لسی مناطق مورد مطالعه رابطه زیادی وجود دارد. آب و هوا، نوع و شدت هوازگی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی از جمله عوامل کنترل‌کننده این نوع خاک‌ها هستند که خود ارتباط تنگاتنگی با رسوب‌زایی و فرسایش‌پذیری آن‌ها دارد از طرف دیگر تأثیر بارندگی و رخداد هوازگی و تشکیل رس و نهایتاً

لسی استان گلستان به درصد ذرات خاک و تأثیر  
بارندگی روی خاکدانه‌سازی و کاهش فرسایش توجه  
ویژه‌ای گردد.

طرف جنوب‌غرب استان از روند خاصی پیروی  
نمی‌کند. بنابراین پیشنهاد می‌گردد در همه روش‌ها و  
مدل‌های اندازه‌گیری فرسایش خاک در خاک‌های

### منابع

1. Angers, A.D. 1998. Water stable aggregation of Quebec silty clay soils: some factors controlling its dynamics. *Soil Till. Res.* 47: 91-96.
2. Amezketa, E. 1999. Soil aggregate stability: A review. *J. Sustain. Agric.* 14: 83-151.
3. Boravka, L., Donatova, M., and Nemecek, H. 1997. Vulnerability of soil aggregates in relation to soil properties. *Czech University of Agriculture in Prague, Czech Republic.* 8: 329-334.
4. Barthes, B.G., Kouoa Kouoa, E., Larre-Larrouy, M.C., Razafimbelo, T.M., de Luca, E.F., Azontonde, A., Neves, C.S., de Freitas, P.L., and Feller, C.L. 2008. Texture and sesquioxide effects on water stable aggregates and organic matter in some tropical soils. *Geoderma.* 143: 14-25.
5. Bronick, C.J., and Lal, R. 2005. Manuring and rotation effects on soil organic carbon concentration for different aggregate size fractions on two soils in northeastern Ohio. USA, *Soil Till. Res.* 81: 239-252.
6. Charman, P.E.V., and Murphy, B.W. 2000. *Soils (their properties and management)*. Second edition, Land and Water Conservation, New South Wales, Oxford. Pp: 206-212.
7. Duiker, S.W., Flanagan, D.C., and Lal, R. 2001. Erodibility and infiltration characteristics of five major soils of southwest Spain. *Catena.* 45: 103-121.
8. Feiznia, S. 2008. Sediment erosion and sediment production with an emphasis on applied science. Mashhad University Press, 320p. (In Persian)
9. Jafari, H. 2007. Check loess soil erodibility in relation to physical, chemical and mineralogical in Golestan Province. M.Sc. Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 140p. (In Persian)
10. Haj abbasi, M.A., Besalat Pour, A., and Melali, A.R. 2007. Effect conversion of grasslands to agricultural lands on some soil physical and chemical properties of the South and Southwest of Esfahan. *JWSS*, 42: 11. 525-534. (In Persian)
11. Kahle, M., Kleber, M., and Jahn, R. 2002. Carbon storage in loess derived surface soils from central Germany: influence of mineral phase variables. *J. Plant Nutri. Soil Sci.* 165: 141-149.
12. Kirkby, M.J., and Morgan, R.P. 1980. *Soil erosion*. John Wiley & Sons, New York, Pp: 150-179.
13. Keli, Z., Shuangcai, L., and Wenying, P. 2002. Erodibility of Agricultural Soils in the Loess Plateau of China. 12<sup>th</sup> ISCO Conference Beijing. Pp: 1-10.
14. Khormali, F., and Kehl, M. 2011. Micromorphology and development of loess-derived surface and buried soils along a precipitation gradient in Northern Iran. *Quaternary International.* 234: 109-123.
15. Lynch, J.M., and Bragg, E. 1985. Microorganisms and soil aggregate stability. *Adv. Soil Sci.* 2: 133-171.
16. Miller, R.W., and Gardiner, D.T. 1998. *Soils in our environment*. 8<sup>th</sup> edition, Prentice-Hall Inc. United State of America. Pp: 75-81.
17. Mirkhani, R., Shabanpour, M., and Saadat, S. 2005. Using particle-size distribution and organic carbon percentage to predict the cation exchange capacity of soils of Lorestan province. Tehran, Iran. *J. Soil Water Sci.* 19: 2. 235-242. (In Persian)
18. Nichols, J.D. 1981. Relationship of soil organic to other soil properties and climate in southern Great Plain. In *Agron. Abst. ASA. Masion. WI.* 202p.

19. Nourbakhsh, F., Jalalian, A., and Shariatmadari, H. 2003. Estimation of cation exchange capacity from some soil physical and chemical properties. *Isfahan, J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour.* 7: 3. 107-118. (In Persian)
20. Pashaei, A. 1997. Physicochemical properties of loess deposits in Gorgan area. *Geo. Sci. J.* 24: 67-78.
21. Rodríguez, R.R., Arbelo, C.D., Guerra, J.A., Natario, M.J.S., and Armas, C.M. 2006. Organic carbon stocks and soil erodibility in Canary Islands Andosols. *Catena.* 66: 228-235.
22. Rafahi, H.G. 2004. Soil erosion by water and conservation. Tehran University Press, 510p. (In Persian)
23. Santos, F.L., Reis, J.L., Martins, O.C., Castanheria, N.L., and Serralherio, R.P. 2003. Comparative assessment of infiltration, runoff and erosion of sprinkler irrigation soils. *Biosystems Engineering.* 86: 3. 355-364.
24. Soane, B.D. 1990. The role of organic matter in soil compactibility: a review of some practical aspects. *Soil Till. Res.* 16: 179-201.
25. Skaggs, T.H., Arya, L.M., Shouse, P.J., and Mohanty, B.P. 2001. Estimating particle size distribution from limited soil texture data. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65: 1038-1044.
26. Vaezi, A., Bahrami, H., Sadeghi, H., and Mahdian, M. 2008. Check of factors affecting international relations based on soils erodibility on calcareous soil erosion. *J. Agric. Sci. Natur. Res.* 14: 5. 55-66. (In Persian)
27. Vaezi, A., Bahrami, H., Sadeghi, H., and Mahdian, M. 2009. USLE erodibility factor of the estimated error in calcareous soils of north-western Iran. *J. Soil Water (Sci, Agri Industries).* 22: 2. 93-100. (In Persian)
28. Zhang, K.S., Peng, P., and Yu, B. 1991. Erodibility of agricultural soils on the Loess Plateau of China, *Soil & Tillage Research.* 76: 157-165.
29. Zeraat Pishe, M., and Khormali, F. 2011. The investigation of soil formation and evolution of losses derived soils in a climosequence, case study: eastern of Golestan province. *J. Water Soil Cons.* 18: 2. 45-64. (In Persian)



---

## The study on the variation of some physical indices of the loess soils quality along climatic transect in Golestan Province

**\*A. Jafari Honar<sup>1</sup>, F. Kiani<sup>2</sup> and F. Khormali<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>2</sup>Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>3</sup>Professor, Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 12/30/2013; Accepted: 06/23/2015

---

### Abstract

**Background and Objectives:** According to the difficulty of the soil erodibility concept, some indicators have been used for its evaluation. Climate as one of the soil formation factors, has a major impact on the indicators. The present study was done in order to determine the effect of different climates on physical indicators of the quality of loess soils in Golestan province.

**Materials and Methods:** In order to the study, a climosequence of north-east to south-west in the sloping loess hills of the Province with pasture and in different climate conditions was chosen. Samples were taken from seven areas with six replications and from the depths of 0 to 30 and 30 to 60 cm along the climosequence. Amezketa, plasticity, soil specific surface, cation exchange capacity and soil texture indicators were measured.

**Results:** The results showed that the changes in some of the indicators in the climosequence follow a particular trend. The changes in the average of the Amezketa index, along the climosequence, was variable from 0.05 to 0.23 and do not follow a specific trend. The changes in the soil specific surface were variable from 51.95 to 145.52 m<sup>2</sup>/gr. The changes in the plasticity, soil specific surface and cation exchange capacity along both transect increased and Amezketa index, by increasing the rainfall, increased along climosequence.

**Conclusion:** According to the results, aggregate formation and aggregate stability with the soil particle size ratio, caused the changing of the erodibility indices of loess soils.

**Keywords:** Erodibility indices, Loess soils, Soil specific surface, Aggregate stability

---

\* Corresponding Authors; Email: jfr\_amir@yahoo.com

