



مجله علمی پژوهشی آب و خاک

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک  
جلد بیست و دوم، شماره اول، ۱۳۹۴  
<http://jwsc.gau.ac.ir>

## تأثیر تفاوت بارش بر تغییر شاخص‌های فرسایش‌پذیری خاک‌های لسی در استان گلستان

\*امیر جعفری هنر<sup>۱</sup>، فرشاد کیانی<sup>۲</sup> و فرهاد خرماالی<sup>۳</sup>

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان  
تاریخ دریافت: ۹۲/۳/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۱۷

### چکیده

با توجه به این‌که مفهوم فرسایش‌پذیری پیچیده است از شاخص‌هایی جهت ارزیابی آن استفاده می‌شود. اقلیم به‌عنوان یکی از عوامل خاکساز، تأثیر عمده‌ای بر این شاخص‌ها دارد. این مطالعه به‌منظور تعیین اثر اقلیم‌های متفاوت بر تغییر شاخص‌های فرسایش‌پذیری خاک‌های لسی در استان گلستان انجام گرفت. به‌منظور انجام این مطالعه دو ترانسکت در اراضی شیب‌دار لسی استان اما با شرایط اقلیمی متفاوت انتخاب گردید. نمونه‌برداری‌ها از ۷ منطقه با ۶ تکرار و از عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری در طول دو ترانسکت انجام شد. شاخص‌های ویشمایر و اسمیت، چن و بایکاس اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که تغییرات خصوصیات اندازه‌گیری شده در ترانسکت اول یعنی از شمال به طرف جنوب و (ترانسکت دوم) از شرق به غرب استان از روند خاصی پیروی می‌کنند به‌طوری‌که مقدار ماده آلی و درصد رطوبت اشباع با افزایش بارندگی و کاهش دما افزایش یافت. تغییرات میانگین ماده آلی در طول دو ترانسکت از ۰/۴-۳/۵ درصد متغیر بود. در این مسیر مقدار آهک، واکنش و هدایت الکتریکی با افزایش بارندگی کاهش می‌یابد. تغییرات شاخص بایکاس از ۲/۰۹-۱۴/۲ و شاخص چن ۵۹/۰۵-۴۴۷/۶۱ سانتی‌مول بر لیتر بود و هر دو شاخص در طول هر دو ترانسکت روند کاهشی داشتند. تغییرات شاخص فرسایش‌پذیری خاک (K) از ۰/۰۸۳-۰/۰۴۰ مگاگرم ساعت بر مگاژول میلی‌متر بود و در طول هر دو ترانسکت روند کاهشی داشت. نتایج نشان داد تغییر اندازه ذرات به‌دلیل افزایش هوازدگی در فرسایش‌پذیری خاک‌های لسی تأثیر به‌سزایی دارد.

واژه‌های کلیدی: شاخص‌های فرسایش‌پذیری، ردیف اقلیمی، خاک‌های لسی، استان گلستان

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

## مقدمه

انسان برای ادامه حیات خود به مواد غذایی نیاز دارد که در اثر وجود آب و خاک به دست می‌آید. با توجه به نقش خاک در تأمین غذای جمعیت رو به رشد جهان، شناخت همه خصوصیات کیفیت خاک اعم از فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و کانی‌شناسی دارای اهمیت می‌باشد. تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک تابع عوامل محیطی مانند اقلیم، زمان، پستی و بلندی، درجه شیب، ارتفاع، مواد مادری و پوشش گیاهی می‌باشد. از عواملی که میزان بهره‌برداری از آب و خاک را به خطر می‌اندازد، پدیده فرسایش است (رفاهی، ۲۰۰۴). فرسایش باعث کاهش حاصلخیزی خاک، نقصان آب‌های زیرزمینی، پر شدن سریع مخازن سدها، ایجاد سیلاب‌های خطرناک و از همه مهم‌تر اثرات نامطلوب اقتصادی و اجتماعی می‌گردد (کردوانی، ۱۹۹۸). براساس مطالعات انجام گرفته، میزان متوسط فرسایش سالانه در کشور ۳۰ تن در هکتار بوده و در اثر رسوب‌گذاری و کاهش حجم آبگیری سدهای کشور، سالانه حدود ۲۰ هزار هکتار از اراضی کشاورزی آبی که در پایین سدها واقع‌اند با کمبود آب و کاهش محصول در واحد سطح مواجه می‌گردند (دولتخواهی، ۲۰۰۴). 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، دارای میزان بالایی می‌باشد (دولتخواهی، ۲۰۰۴). لس‌ها یکی از مهم‌ترین واحدهای رسوبی کوآترنر قلمداد می‌شوند. این رسوبات سطحی بالغ بر ۳۰۰۰ کیلومترمربع از استان گلستان را پوشانده است. لس‌ها از نظر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی از رسوب‌زایی و فرسایش‌پذیری متغیری برخوردار هستند. رسوبات لس در مناطق مختلف استان در برابر فرسایش رفتارهای متفاوتی دارند. به طوری که اشکال فرسایش خندقی و تونلی در لس‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک تراکم زیادی داشته ولی در لس‌های مناطق معتدل و نیمه‌مرطوب استان کم‌تر به چشم می‌خورند. به نظر می‌رسد خصوصیات شیمیایی، فیزیکی، عوامل توپوگرافی و آب و هوایی نقش تعیین‌کننده‌ای در شدت رسوب‌زایی و فرسایش‌پذیری این نهشته‌ها داشته باشند (فیض‌نیا و همکاران، ۲۰۰۳). فرسایش‌پذیری خاک یکی از عوامل شش‌گانه مؤثر در فرسایش آبی در رابطه جهانی فرسایش خاک است. این عامل نشان‌دهنده سهولت جدا شدن ذرات خاک در اثر ضربه قطرات باران و نیروی رواناب است (ویه، ۲۰۰۲) و به‌عنوان یک خصوصیت ذاتی خاک به‌شمار می‌رود (لی و همکاران، ۲۰۰۸). با توجه به این که اندازه‌گیری مستقیم فرسایش سخت و هزینه‌بر است از شاخص‌های فرسایش‌پذیری استفاده می‌شود. نمودار ویشمایر و اسمیت (۱۹۷۸) به‌عنوان روشی رایج برای تعیین فرسایش‌پذیری استفاده می‌گردد. ویشمایر و همکاران (۱۹۷۸) همبستگی خوبی را بین عامل فرسایش‌پذیری خاک (K) و پنج

عامل فیزیکی خاک یعنی درصد سیلت + شن خیلی ریز، درصد شن، مقدار مواد آلی، ساختمان خاک و نفوذپذیری خاک به دست آوردند و آن را به صورت نمودار فرسایش پذیری خاک ارایه دادند. رابطه رگرسیونی این نمودار در سیستم بین المللی به صورت رابطه ۱ است.

$$K = 2/1 M^{1/4} \times 10^{-4} \times (12 - \%OM) + 3/25 (S - 2) + 2/5 (P - 3) / 100 \quad (1)$$

که در آن، K: عامل فرسایش پذیری خاک بر حسب (مگاگرم ساعت بر مگاژول میلی متر)، M: حاصل ضرب (درصد رس - ۱۰۰) در (درصد سیلت + درصد شن ریز)، OM: درصد ماده آلی، S: کلاس ساختمان خاکدانه ها و P: کلاس نفوذپذیری پروفیل می باشد (رفاهی، ۲۰۰۴). گرچه نمودار ذکر شده در خاک های غیر آهکی مناطق نیمه مرطوب آمریکا ارایه شده است و بنابراین به کارگیری آن در خاک های مناطق نیمه خشک از جمله ایران، ممکن است مقدار فرسایش پذیری را بیش تر از مقدار واقعی بر آورد کند (واعظی، ۲۰۰۶). رفاهی (۲۰۰۴) بیان نمود که نمودار فرسایش پذیری در خاک های تقریباً غیر آهکی ارایه گردیده است در حالی که در خاک های مناطق نیمه خشک از جمله بیش تر نقاط ایران، آهک نقشی اساسی در پایداری خاکدانه ها دارد. افزایش پایداری خاکدانه ها می تواند فرسایش پذیری را کاهش دهد. فرسایش پذیری خاک همبستگی معنی داری با شن درشت، سیلت، ماده آلی و آهک دارد. آهک نیز مانند ماده آلی فرسایش پذیری خاک را به طور قابل ملاحظه ای کاهش می دهد (واعظی و همکاران، ۲۰۰۹). ژانگ و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند که بین مقدار رس و عامل فرسایش پذیری خاک در USLE همبستگی معنی دار منفی وجود دارد. نرخ عامل فرسایش پذیری خاک در خاک های لسی با کاهش مقدار رس افزایش می یابد. نتایج مطالعات واعظی و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد که در خاک های آهکی مورد بررسی، آهک به عنوان یکی از ویژگی های مهم خاک، در افزایش پایداری خاکدانه و نفوذپذیری و در نتیجه کاهش فرسایش پذیری تأثیر قابل توجهی دارد. بوجیلا و گالایی (۲۰۰۸) نشان دادند که حضور کربنات کلسیم در خاک بر میزان فعالیت مواد آلی در جهت تغییرات پایداری خاکدانه مؤثر است، با افزایش درصد کربنات کلسیم خاک اثر مواد آلی در پایداری کم رنگ می شود. به عقیده ولد (۱۹۸۸) آب و هوا، نوع و شدت هوازدهی و ویژگی های فیزیکی و شیمیایی از جمله عوامل کنترل کننده خاک های لسی هستند که خود ارتباط تنگاتنگی با رسوب زایی و فرسایش پذیری آن ها دارد از طرف دیگر خواجه و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند توزیع اندازه دانه ها در لس های اولیه در مناطق مختلف استان گلستان همگن و یکنواخت نیست، به طوری که اندازه دانه ها در لس های اولیه از شمال شرق به طرف جنوب غرب کاهش می یابد. پژوهش های کلی و همکاران (۲۰۰۲) نشان داده است

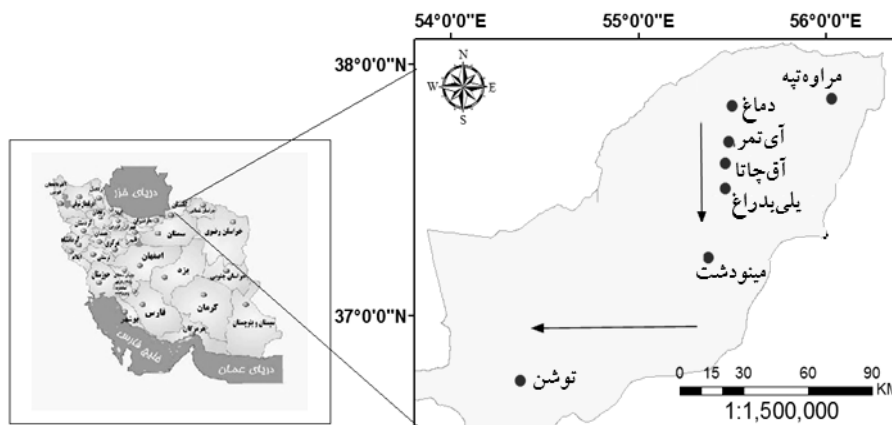
که تغییرات نرخ فرسایش و رسوب‌زایی خاک‌های لسی بیش‌تر به تغییرات بافت خاک‌های لسی به‌ویژه تفاوت در مقدار سیلت و رس بستگی دارد. در خاک‌های لسی گلستان نیز از شمال‌شرق استان به طرف جنوب‌غرب، با کاهش شاخص خشکی، شدت هوازدگی نیز زیاد می‌شود که خود افزایش کانی‌های رسی ثانویه و افزایش مواد آلی را در خاک‌های سطحی به همراه دارد. زانگ و همکاران (۱۹۹۱) بیان می‌کنند در خاک‌های لسی با میزان مواد آلی پایین، اندازه ذرات، بیش‌ترین تأثیر را در فرسایش‌پذیری خاک داشته که در این میان، ذرات سیلت و رس تأثیر بیش‌تری دارند. پایداری خاکدانه به‌عنوان یک شاخص فرسایش‌پذیری مطرح است. پژوهش‌های زیادی در سراسر جهان تأثیر عوامل مختلف را بر فرسایش‌پذیری نشان می‌دهند. کرکبای و مورگان (۱۹۸۰) بیان نمودند که اثر ماده آلی در کاهش فرسایش‌پذیری خاک در بافت‌های شنی بیش‌تر از سیلتي و آن هم بیش‌تر از رسی است. پیشینه 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 مختلف نشان می‌دهد که ماده آلی (رودریگز و همکاران، ۲۰۰۶) و آهک (چارمن و مورفی، ۲۰۰۰؛ دایکر و همکاران، ۲۰۰۱) در کنار ذرات معدنی (میلر و گاردینر، ۱۹۹۸؛ سانتوس و همکاران، ۲۰۰۳) از جمله ویژگی‌هایی خاک هستند که فرسایش‌پذیری خاک (K) را تحت تأثیر قرار می‌دهند. بررسی‌ها نشان داده است که هرچه مقدار سیلت خاک بیش‌تر باشد فرسایش‌پذیری خاک افزایش می‌یابد. نتایج مطالعات ویشمایر و مانرینگ (۱۹۶۵) نشان می‌دهد که تغییر جزئی در درصد سیلت غالباً با تغییر قابل‌توجهی در مقدار عامل فرسایش‌پذیری خاک (K) همراه است. با توجه به تفاوت مقدار ماده آلی و آهک در خاک‌های نواحی نیمه‌خشک در مقایسه با خاک‌های نواحی نیمه‌مرطوب می‌توان انتظار داشت که پایداری خاکدانه و نفوذپذیری خاک و در نتیجه فرسایش‌پذیری در خاک‌های این دو ناحیه متفاوت از یکدیگر باشند. از این‌رو استفاده از مدل RUSLE برای برآورد K در خاک‌های نواحی نیمه‌خشک که دارای ویژگی‌های خاک و باران متفاوتی می‌باشند، ممکن است دارای خطا باشد (رفاهی، ۲۰۰۳).

مطالعات گسترده‌ای در مورد ارزیابی نمودار ویشمایر و تعیین عوامل مؤثر بر فرسایش‌پذیری انجام گرفت. مطالعات رجمن و همکاران (۲۰۰۷) در لهستان، ژانگ و همکاران (۲۰۰۴) در چین، حسین و همکاران (۲۰۰۷) در عراق، واعظی و همکاران (۲۰۰۸) در ایران نشان دادند که نمودار ویشمایر مقدار فرسایش‌پذیری را به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از مقدار اندازه‌گیری شده برآورد می‌کند. براساس

مطالعات ژانگ و همکاران (۲۰۰۸) تخمین مقادیر K با استفاده از روش نمودار ۰/۶ تا ۳۰ بار بزرگتر از مقادیر اندازه‌گیری شده است. میستر و همکاران (۱۹۷۸) بیان کردند همبستگی معنی‌داری بین شاخص K به دست آمده از نمودار ویشمایر و درصد ذرات کوچکتر از ۱۰۰ میکرون وجود دارد و در خاک‌هایی با خاکدانه‌های تکامل‌یافته، فرسایش‌پذیری خاک با درصد پایداری خاکدانه‌ها همبستگی معنی‌داری نشان می‌دهد. واعظی و همکاران (۲۰۰۸) توانایی عامل K ویشمایر را برای ارزیابی فرسایش‌پذیری خاک‌های آهکی شمال‌غربی ایران مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که عامل K به همان اندازه که همبستگی قابل‌توجهی با مقادیر نفوذپذیری، درصد شن، سیلت، سیلت و شن خیلی‌ریز و مواد آلی دارد، ارتباط زیادی به مقدار آهک و اندازه پایداری خاکدانه نشان می‌دهد. همچنین بیان داشتند به علت عدم بررسی مقادیر رس و آهک طی مطالعات شاخص‌های مرتبط در مدل USLE کاهش عمده‌ای در مقدار این شاخص برآورد می‌شود. واور و همکاران (۲۰۰۵) فاکتور فرسایش‌پذیری (K) محاسبه شده توسط نمودار و مقدار واقعی را جهت خاک‌های لهستان بررسی نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که به دلیل مقادیر سیلت بالا در خاک‌های لسی کاربرد فرمول ویشمایر و اسمیت (۱۹۸۷) برای محاسبه K در این خاک‌ها توصیه نمی‌شود. ژانگ و همکاران (۲۰۰۴) بیان نمودند فاکتور K اندازه‌گیری شده توسط نمودار همبستگی قابل‌توجه منفی با مقادیر رس خاک‌های لسی دارد. پژوهش‌های مختلف نشان‌دهنده تأثیر ویژگی‌های مختلف خاک بر فرسایش‌پذیری (K) هستند. پایداری خاکدانه و نفوذپذیری خاک از ویژگی‌های مهم مؤثر بر فرسایش‌پذیری خاک می‌باشند که تحت تأثیر ماده آلی و آهک و نیز بافت خاک قرار می‌گیرند (هویوس، ۲۰۰۵). با توجه به تفاوت مقدار ماده آلی و آهک در خاک‌های نواحی نیمه‌خشک در مقایسه با خاک‌های نواحی نیمه‌مرطوب می‌توان انتظار داشت که پایداری خاکدانه و نفوذپذیری خاک و در نتیجه فرسایش‌پذیری در خاک‌های با اقلیم مختلف متفاوت از یکدیگر باشند. با توجه به وجود تنوع اقلیمی در استان گلستان و تحت تأثیر قرار گرفتن خاک‌های تشکیل شده بر روی مواد مادری لسی، بررسی خصوصیات مختلف این خاک‌ها با نگرش علمی، کاملاً ضروری به نظر می‌رسد. از این‌رو هدف از این پژوهش، تعیین نقش عامل‌های اقلیمی (بارش و دما) بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و تغییر شاخص‌های فرسایش‌پذیری خاک‌های لسی می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

**معرفی منطقه مورد مطالعه:** مناطق مورد مطالعه، اراضی شیب‌دار لسی استان گلستان با کاربری مرتع و شیب یکسان اما با شرایط اقلیمی متفاوت می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱- مناطق مورد مطالعه در دو ترانسکت شمالی جنوبی و شرقی غربی.

همان‌گونه که در شکل ۱ مشخص است دو ترانسکت شمالی جنوبی و شرقی غربی انتخاب گردید.

ویژگی‌های مناطق مورد مطالعه در طول دو ترانسکت در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- ویژگی‌های جغرافیایی و اقلیمی مناطق مورد مطالعه.

ترانسکت	مناطق نمونه‌برداری	موقعیت جغرافیایی	ارتفاع (متر)	میانگین بارش سالیانه (میلی‌متر)	میانگین دمای سالیانه (درجه سانتی‌گراد)
شمالی جنوبی	مراوه‌تپه	۳۷ درجه و ۵۴ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۱ دقیقه	۲۹۵/۷	۳۶۸/۹۳	۱۶/۲۲
	دماغ	۳۷ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۰ دقیقه	۱۸۲/۲۸	۲۵۷/۳۸	۱۷/۱۷
	آی‌تمر	۳۷ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۲۹ دقیقه	۴۹۷/۷۲	۳۱۵/۹۵	۱۵/۹۳
	آق‌چاتا	۳۷ درجه و ۳۸ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۲۹ دقیقه	۲۹۰/۶۴	۳۵۹/۰۱	۱۶/۰۷
	یلی‌بدرآغ	۳۷ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۲۸ دقیقه	۱۹۹/۶۴	۴۲۱/۳۲	۱۶/۵۸
شرقی غربی	مینودشت	۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۲۲ دقیقه	۱۳۲/۸۹	۶۹۴/۹	۱۸/۱۶
	توشن	۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۲۵ دقیقه	۶۸۱/۶۸	۸۲۵/۷۲	۱۳/۷۳

مطالعات عرصه‌ای: با بررسی نقشه‌های خاک موجود و مطالعات قبلی (خرمالی و همکاران، ۲۰۱۱) و با در نظر گرفتن بهترین پراکنش نمونه‌برداری، دو ترانسکت به نحوی که شیب اقلیمی مورد نظر در این پژوهش را تأمین نماید انتخاب گردید. نقاط نمونه‌برداری مناطق مراوه‌تپه، دماغ، آی‌تمر، آق‌چاتا، یلی‌بدراغ و در ترانسکت اول و مناطق مینودشت و توشن در ترانسکت دوم انتخاب شد. به دلیل این که در بررسی نقش اقلیم باید دیگر عوامل خاکساز ثابت باشد، تلاش گردید نقاط نمونه‌برداری در کاربری مرتع، شیب ۲۰-۳۰ درصد، شیب رو به جنوب و جنوب‌غربی و در سازند لسی باشد. نمونه‌های خاک b از عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری برداشت شد. همه نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل، هواخشک و پس از کوبیده شدن از الک ۲ میلی‌متری شماره ۱۰ عبور داده شدند.

درصد رطوبت اشباع نمونه‌ها، به روش خشک نمودن در آون، اسیدیته خاک، در حالت گل اشباع و با استفاده از دستگاه pH متر دارای الکتروود شیشه‌ای (پیچ و همکاران، ۱۹۸۷)، هدایت الکتریکی، با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی، در عصاره اشباع (پیچ و همکاران، ۱۹۸۷)، کربن آلی، به روش والکی-بلاک (۱۹۳۴)، بافت خاک، به روش هیدرومتری (بویوکوس، ۱۹۶۲) و آهک، به روش خنثی کردن مواد خنثی‌شونده با اسید کلریدریک و تیتراسیون اسید اضافی با سود صورت پذیرفت (پیچ و همکاران، ۱۹۸۲).

در بین شاخص‌های فرسایش‌پذیری، شاخص ویشمایر و اسمیت (۱۹۸۶)، چن و بایکاس (۱۹۶۲) بررسی شدند.

شاخص چن، براساس اندازه‌گیری میزان نسبت جذب سدیم (SAR) است (رابطه ۲).

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{Ca + Mg} / 2} \quad (2)$$

که در آن، مقادیر کلسیم، منیزیم و سدیم به روش فلیم‌فتمتری اندازه‌گیری گردید (جکسون، ۱۹۷۳).

شاخص بایکاس، براساس اندازه ذرات بوده و از رابطه ۳ قابل محاسبه می‌باشد.

$$BI = \frac{Silt\% + Sand\%}{Clay\%} \quad (۳)$$

که در آن، مقادیر سیلت، شن و رس به روش هیدرومتری (بویوکوس، ۱۹۶۲) اندازه‌گیری شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها در طرح فاکتوریل بر پایه کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و ارایه نتایج با استفاده از Excel 2007 انجام گردید.

### بحث و نتایج

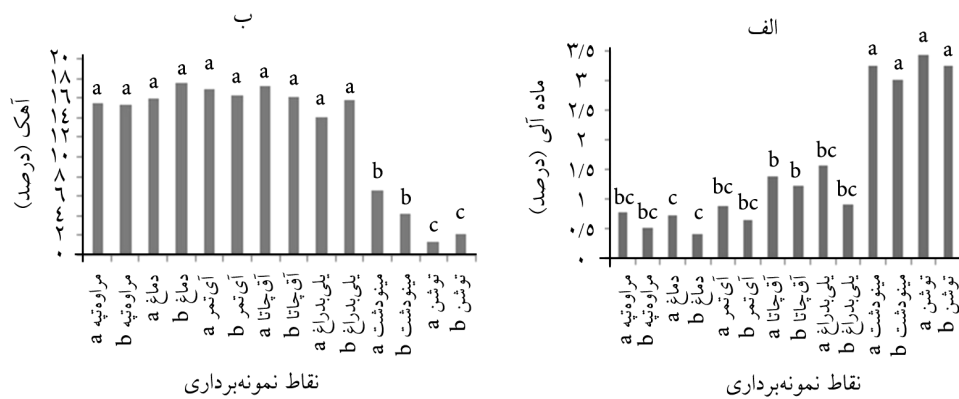
شاخص فرسایش‌پذیری خاک مناطق مورد مطالعه با استفاده از نمودار ویشمایر از ۰/۰۴۰-۰/۰۸۳ مگاگرم ساعت بر مگاژول میلی‌متر در تغییر بود. نتایج نشان داد که شاخص فرسایش‌پذیری خاک در طول هر دو ترانسکت روند کاهشی دارد دلیل این امر تغییر اقلیم و اثر بارش متفاوت بر خصوصیات خاک است. بارش با تأثیر بر میزان مواد آلی و توزیع اندازه ذرات بر فرسایش‌پذیری تأثیر دارد. مطالعات کل و همکاران (۲۰۰۲) اثر میزان مواد آلی، توزیع اندازه ذرات، نفوذپذیری و ساختمان خاکدانه‌ها را در میزان عامل فرسایش‌پذیری نشان داده است. مقدار عامل فرسایش‌پذیری در خاک‌های لسی چین از ۰/۳۲-۰/۶۲ تغییر داشته است. نتایج مطالعات واعظی و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی عوامل مؤثر بر فرسایش‌پذیری براساس رابطه جهانی فرسایش خاک در خاک‌های آهکی نشان داد که مقدار عامل فرسایش‌پذیری اندازه‌گیری شده ۱۰/۹۸-۸/۷۷ برابر، کم‌تر از مقدار برآوردی با نمودار ویشمایر است. نتایج نشان داد که شن درشت، رس، ماده آلی، آهک، پایداری خاکدانه و نفوذپذیری خاک، همبستگی منفی معنی‌دار و شن بسیار ریز و سیلت، همبستگی مثبت معنی‌دار با عامل فرسایش‌پذیری خاک دارند. فرسایش‌پذیری خاک به‌دست آمده براساس آزمایش‌های رجمن و همکاران (۱۹۹۸) در خاک‌های لهستان ۶ تا ۱۰ برابر کوچک‌تر از مقدار تخمین شده از نمودار ویشمایر است. این دانشمندان عقیده داشتند که تفاوت، می‌تواند نتیجه تغییر در بخش اندازه ذرات و عامل فرسایش‌دهندگی کوچک‌تر باران در لهستان باشد. تغییرات مقدار شاخص فرسایش‌پذیری خاک (K) بر حسب (مگاگرم ساعت بر مگاژول میلی‌متر)، در مناطق مورد مطالعه در طول دو ترانسکت در شکل ۲ آمده است.





شکل ۲- مقدار شاخص فرسایش پذیری خاک (K) در مناطق مورد مطالعه.

پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد که ماده آلی (رودریگز و همکاران، ۲۰۰۶) و آهک (چارمن و مورفی، ۲۰۰۰؛ دایکر و همکاران، ۲۰۰۱) در کنار ذرات معدنی (میلر و گاردینر، ۱۹۹۸؛ سانتوس و همکاران، ۲۰۰۳) از جمله ویژگی‌های خاک هستند که فرسایش پذیری خاک (K) را تحت تأثیر قرار می‌دهند. نمودار ۱، مقایسه میانگین درصد مواد آلی و نمودار ۲، مقایسه میانگین درصد آهک در نقاط مورد مطالعه (a، عمق ۰-۳۰ و b، عمق ۳۰-۶۰) را نشان می‌دهد. به‌طور کلی با افزایش دما، کاهش بارندگی و درشت‌تر شدن بافت خاک میزان ماده آلی کاهش می‌یابد. نیکولز (۱۹۸۱) در پژوهشی به ارتباط مستقیمی بین کربن آلی و میزان رس خاک با میزان بارندگی سالیانه دست یافت. نتایج فرانز لوبرز (۲۰۰۲) نشان داد که کربن آلی خاک تحت اقلیم مرطوب و سرد نسبت به اقلیم خشک در یک توالی اقلیمی تجمع بیشتری دارد. در این رابطه آوارز و لاوادو (۱۹۹۸) نشان دادند که در خاک‌های تشکیل شده از لس، که در محدوده بارندگی (۱۲۵۰-۲۵۰) میلی‌متر می‌باشد همبستگی معنی‌داری بین میانگین بارندگی سالانه و کربن آلی خاک وجود دارد.



شکل ۳- میانگین درصد مواد آلی (الف) و شکل ۴- میانگین درصد آهک (ب) در نقاط نمونه برداری (مقایسه میانگین به روش LSD انجام شد).

نتایج پژوهش‌های خصوصیات میانگین ماده آلی و آهک در شکل‌های ۳ و ۴ آمده است. همان‌گونه که از نتایج مشخص است تغییرات میانگین ماده آلی و آهک در ترانسکت اول به ترتیب بین ۰/۴-۱/۶ و ۱۴-۱۷/۵ درصد می‌باشد و در ترانسکت دوم از ۲-۳/۵ و ۱/۳-۶/۵ درصد متغیر می‌باشد. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهند در طول هر دو ترانسکت تغییرات ماده آلی و آهک روند خاصی را نشان داده به طوری که با افزایش رطوبت و کاهش دما مقدار ماده آلی افزایش یافته است. زراعت پیشه و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند، میزان تجمع ماده آلی با میانگین بارندگی و دمای سالانه رابطه مستقیمی دارد به طوری که با افزایش بارندگی و کاهش دما، ماده آلی در افق‌های سطحی افزایش می‌یابد. همچنین افزایش بارندگی و افزایش ماده آلی، باعث شستشو و کاهش آهک از افق‌های سطحی می‌شود. تغییرات و درصد میانگین ماده آلی مناطق مورد مطالعه در طول دو ترانسکت در شکل ۵ آمده است.

نتایج تجزیه واریانس خصوصیات اندازه‌گیری شده در جدول ۲ آمده است. همان‌طور که از نتایج مشخص است تفاوت آماری بین مناطق مورد مطالعه از نظر ماده آلی، شوری و آهک در سطح ۵ درصد وجود دارد. همچنین بین عمق‌های مختلف از نظر شوری تفاوت معنی‌دار وجود دارد.



شکل ۵- درصد میانگین ماده آلی مناطق مورد مطالعه.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس، واکنش، شوری، مواد آلی، رطوبت اشباع و آهک در نقاط مورد مطالعه.

مجموع مربعات						منابع تغییرات
رطوبت اشباع	آهک	واکنش	شوری	ماده آلی	درجه آزادی	
۵۲/۶۶۲۸ <sup>NS</sup>	۱۳۹۰/۲۰۲۳ <sup>**</sup>	۱/۵۲۳۴ <sup>NS</sup>	۲۱۲/۹۲۲۲ <sup>**</sup>	۴۸/۹۳۳۹ <sup>**</sup>	۶	A
۱۱/۳۱۵۲ <sup>NS</sup>	۰/۰۲۳۸ <sup>NS</sup>	۰/۰۲۶۷ <sup>NS</sup>	۱۲۰/۵۴۸۴ <sup>**</sup>	۰/۷۲۸۳ <sup>NS</sup>	۱	B
۳۰/۵۴۴۷ <sup>NS</sup>	۱۹/۸۹۲۸ <sup>NS</sup>	۰/۰۵۷۴ <sup>NS</sup>	۱۰۳/۴۳۳۶ <sup>NS</sup>	۰/۱۰۹۹ <sup>NS</sup>	۶	A*B
۱۵۵/۸۷۳۳	۹۵/۵۰۰۰	۱/۶۲۷۷	۱۳۵/۳۴۳۸	۹/۷۷۱۹	۲۸	خطای آزمایشی

\* معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد، \*\* معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد و <sup>NS</sup> غیر معنی دار.

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

نتایج تفاوت میانگین مقادیر خصوصیات اندازه گیری شده در جدول ۳ آمده است. نتایج نشان می دهد که تغییرات خصوصیات اندازه گیری شده در طول هر دو ترانسکت از روند خاصی پیروی می کنند به طوری که در ترانسکت اول از شمال به جنوب و در ترانسکت دوم از شرق به غرب استان درصد رطوبت اشباع و ماده آلی روند افزایشی دارند که به دلیل افزایش بارندگی می باشد. بقیه خصوصیات روند کاهشی از خود نشان می دهند. نتایج مطالعه زراعت پیشه و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که میزان هدایت الکتریکی خاک با افزایش بارندگی و کاهش دما به دلیل آبشویی املاح از سطح خاک کاسته می شود و تغییرات واکنش نیز همانند هدایت الکتریکی می باشد.

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک جلد (۲۲)، شماره (۱) ۱۳۹۴

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین شاخص‌های واکنش، شوری، ماده آلی، رطوبت اشباع و آهک در نقاط مورد مطالعه.

منطقه	واکنش	شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	ماده آلی (درصد)	رطوبت اشباع (درصد)	آهک (درصد)
مراوه‌تپه	۷/۳۸۶ <sup>c</sup>	۶۰۶۵ <sup>ab</sup>	۰/۶۴۹ <sup>bc</sup>	۱۰/۴۱۷ <sup>ab</sup>	۱۵/۲۵۰ <sup>a</sup>
دماغ	۷/۹۵۶ <sup>a</sup>	۶۱۸۳ <sup>ab</sup>	۰/۵۶۰ <sup>c</sup>	۹/۱۶۷ <sup>ab</sup>	۱۶/۶۶۷ <sup>a</sup>
آی‌تمر	۷/۷۴۶ <sup>ab</sup>	۸۰۲۳ <sup>a</sup>	۰/۷۶۲ <sup>bc</sup>	۸/۶۰۰ <sup>b</sup>	۱۶/۵۰۰ <sup>a</sup>
آق‌چاتا	۷/۵۱۶ <sup>bc</sup>	۲/۱۰۸ <sup>c</sup>	۱/۲۸۸ <sup>b</sup>	۱۰/۸۶۷ <sup>ab</sup>	۱۶/۵۸۳ <sup>a</sup>
یلی‌بدراغ	۷/۵۱۰ <sup>bc</sup>	۲/۱۰۸ <sup>cb</sup>	۱/۱۳۹ <sup>bc</sup>	۱۱/۵۵۰ <sup>a</sup>	۱۶/۵۸۳ <sup>a</sup>
مینودشت	۷/۴۵۱ <sup>c</sup>	۱/۹۰۵ <sup>c</sup>	۳/۰۶۹ <sup>a</sup>	۱۱/۴۵۰ <sup>a</sup>	۵/۳۳۳ <sup>b</sup>
توشن	۷/۴۳۱ <sup>c</sup>	۲/۱۸۶ <sup>c</sup>	۳/۳۳۹ <sup>a</sup>	۱۱/۶۱۷ <sup>a</sup>	۱/۶۶۷ <sup>c</sup>

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

نتایج تجزیه واریانس جدول ۴ نشان می‌دهد که بین مناطق مورد مطالعه از نظر شاخص بایکاس و چن تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد.

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس شاخص بایکاس و چن در نقاط مورد مطالعه.

منابع تغییرات	مجموع مربعات	
	شاخص بایکاس	شاخص چن
A	۶۳۳/۸۴۷۲۸۹۷ <sup>**</sup>	۹۰۲۸۰۰/۵۱۶۲ <sup>**</sup>
B	۲۷/۱۵۹۲۰۵۵	۱۹۱۳۵۸/۵۴۳۶
A*B	۲۹/۹۲۰۹۲۴۶	۳۰۰۳۸۴/۳۱۹۷
خطای آزمایشی	۱۴۴/۷۲۸۳۹۴۴	۵۵۵۷۳۱/۳۵۰

\* معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، \*\* معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و <sup>ns</sup> غیرمعنی‌دار.

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

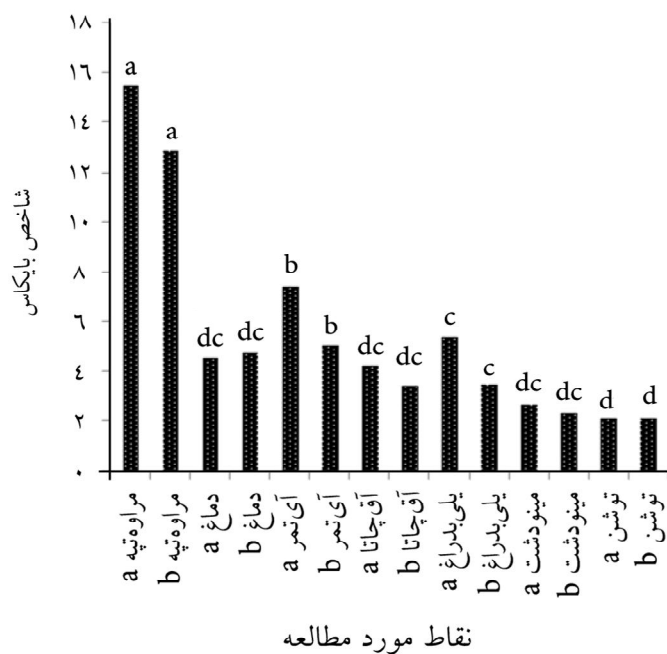
نتایج تفاوت میانگین شاخص بایکاس و چن نقاط مورد مطالعه در جدول ۵ آورده شده است. همان‌طور که نمودار نشان می‌دهد نمونه خاک‌های منطقه مراوه‌تپه تفاوت معنی‌داری از نظر تفاوت شاخص بایکاس با بقیه مناطق دارد و میانگین شاخص چن نمونه خاک‌های منطقه دماغ و آی‌تمر تفاوت معنی‌داری با مناطق دیگر در سطح ۵ درصد نشان می‌دهد.

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین شاخص بایکاس و چن در نقاط مورد مطالعه.

منطقه	میانگین شاخص بایکاس	میانگین شاخص چن
مراوه تپه	۱۴/۲۸۸ <sup>a</sup>	۱۹۳/۷۴ <sup>bc</sup>
دماغ	۴/۷۳۷ <sup>dc</sup>	۴۴۷/۶۱ <sup>a</sup>
آی تمر	۷/۶۷۶ <sup>b</sup>	۳۵۳/۰۱ <sup>ab</sup>
آق چاتا	۳/۸۷۲ <sup>dc</sup>	۸۲/۷۱ <sup>c</sup>
یلی بدراغ	۴/۸۴۷ <sup>c</sup>	۷۶/۵۳ <sup>c</sup>
مینودشت	۲/۵۳۹ <sup>dc</sup>	۶۱/۸۶ <sup>c</sup>
توشن	۲/۰۹۵ <sup>d</sup>	۵۹/۰۵ <sup>c</sup>

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

شکل ۶ میانگین شاخص بایکاس نمونه خاک های مناطق مورد مطالعه را نشان می دهد که منطقه مراوه تپه دارای بیشترین مقدار از این نظر بود که بیانگر وجود کمترین مقدار رس و بیشترین مقدار سیلت می باشد می توان دلیل این امر را به بارندگی کم این منطقه و در نتیجه رخداد هوازدگی کم تر و در نهایت تشکیل مقدار رس کم تر نسبت داد و منطقه توشن کمترین مقدار را دارد که بیانگر وجود بیشترین مقدار رس به علت بارندگی بیش تر و کمترین مقدار سیلت می باشد. بر این اساس هر دو ترانسکت روند کاهشی از نظر مقدار میانگین شاخص بایکاس نشان می دهند. خواجه و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند توزیع اندازه دانه ها در لس های اولیه در مناطق مختلف استان گلستان همگن و یکنواخت نیست، به طوری که اندازه دانه ها در لس های اولیه از شمال شرق به طرف جنوب غرب کاهش می یابد.



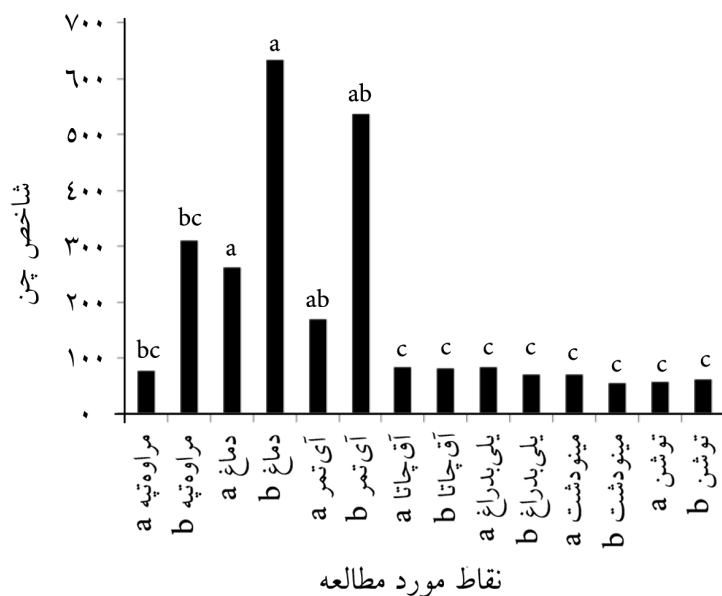
شکل ۶- میانگین شاخص بایکاس در نقاط مورد مطالعه.

تغییرات شاخص بایکاس مناطق مورد مطالعه در طول دو ترانسکت در شکل ۷ آمده است.



شکل ۷- شاخص بایکاس مناطق مورد مطالعه.

میانگین شاخص چن نمونه خاک‌های مناطق مورد مطالعه در شکل ۸ آمده است. همان‌گونه که از نمودار مشخص است نمونه خاک‌های مناطق دماغ و آی‌تمر بیش‌ترین مقدار را از نظر شاخص موردنظر دارند. به‌طورکلی شاخص مورد نظر با چشم‌پوشی از تفاوت‌های جزئی در طول هر دو ترانسکت روند کاهشی از خود نشان می‌دهد. مطالعات کریمی و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد افزایش درصد ماده آلی، باعث کاهش نسبت جذب سدیم می‌شود. همچنین زراعت پیشه و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند با افزایش بارندگی و کاهش دما، ماده آلی در افق‌های سطحی افزایش می‌یابد.



شکل ۸- میانگین شاخص چن در نقاط مورد مطالعه.

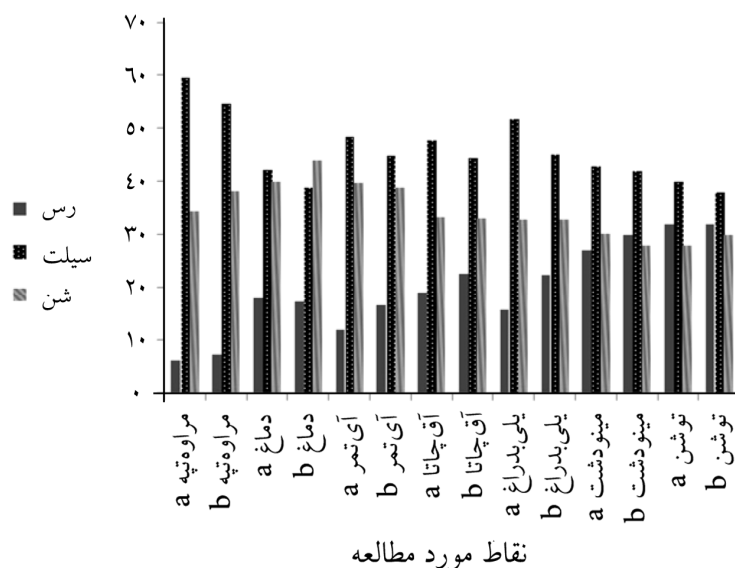
تغییرات شاخص چن مناطق مورد مطالعه در طول دو ترانسکت در شکل ۹ آمده است.



شکل ۹- شاخص چن مناطق مورد مطالعه.

نتایج مقایسه میانگین اجزا ذرات خاک نقاط مورد مطالعه در شکل ۱۰ آمده است. (a، عمق ۰-۳۰ و b، عمق ۶۰-۳۰). نمودار نشان می‌دهد که بافت نمونه خاک‌های مناطق آی‌تمر، آق‌چاتا، یلی‌بداغ و دماغ لوم و نمونه خاک‌های مناطق مینودشت و توشن لوم رسی و مراوه‌تپه لوم سیلتی می‌باشد. بررسی نتایج نشان داد که در هر دو ترانسکت بین مقدار رس و بارندگی ارتباط مستقیمی وجود دارد. نیکولز (۱۹۸۱) در پژوهشی به ارتباط مستقیم بین کربن آلی و میزان رس خاک با میزان بارندگی سالیانه دست یافت. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که در هر دو ترانسکت فرسایش‌پذیری خاک متناسب با افزایش بارندگی و مقدار رس، 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 می‌کند به‌طوری‌که انواع لس‌های ماسه‌ای تا رسی قابل تشخیص است (خواجه و همکاران، ۲۰۰۴).





شکل ۱۰- مقایسه میانگین اجزا ذرات خاک نقاط مورد مطالعه.

مقایسه درصد شن، سیلت و رس نقاط مورد مطالعه در جدول ۶ آمده است. بافت خاک، فراوانی نسبی ذرات شن، رس و سیلت را در نمونه خاک نشان می‌دهد. بافت خاک‌های مناطق مورد مطالعه به‌طور عمده لوم می‌باشد که ذرات سیلت دارای بیش‌ترین مقدار در نمونه خاک‌ها است. به‌طور کلی با کاهش بارندگی و افزایش دما به دلیل نامناسب شدن شرایط هوادیدگی بر میزان سیلت افزوده شده است. 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. در خاک‌های لسی گلستان نیز از شمال‌شرق استان به طرف جنوب‌غرب، با کاهش شاخص خشکی، شدت هوازدهی نیز زیاد می‌شود که خود افزایش کانی‌های رسی ثانویه و افزایش مواد آلی را در خاک‌های سطحی به همراه دارد. ترکیب نسبی اجزا ذرات خاک در مناطق مورد مطالعه با نتایج پژوهش پاشایی (۱۹۹۷) بر روی لس‌های منطقه گرگان و دشت هماهنگی دارد.

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک جلد (۲۲)، شماره (۱) ۱۳۹۴

جدول ۶- مقایسه درصد شن، سیلت و رس نقاط مورد مطالعه.

ترانسکت	مناطق	عمق (سانتی‌متر)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)
مراوه تپه		۰-۳۰	۳۴/۳۳	۵۹/۶	۶/۰۶
		۳۰-۶۰	۳۸/۱۳	۵۴/۶۶	۷/۲
		۰-۳۰	۴۰	۴۲/۱۳	۱۷/۸۶
شمالی جنوبی	دماغ	۰-۳۰	۴۳/۸۶	۳۸/۸۶	۱۷/۲۶
		۳۰-۶۰	۳۹/۶۶	۴۸/۴۶	۱۱/۸۶
		۰-۳۰	۳۸/۸	۴۴/۷۳	۱۶/۴۶
آی‌تمر	آق‌چاتا	۰-۳۰	۳۳/۲۶	۴۷/۸	۱۸/۹۳
		۳۰-۶۰	۳۳	۴۴/۴۶	۲۲/۵۳
		۰-۳۰	۳۲/۷	۵۱/۷	۱۵/۶
مینودشت	یلی بدراغ	۰-۳۰	۳۲/۷	۴۵	۲۲/۳
		۳۰-۶۰	۳۰/۲	۴۲/۸	۲۷
		۰-۳۰	۲۸	۴۲	۳۰
شرقی غربی	توشن	۰-۳۰	۲۸	۴۰	۳۲
		۳۰-۶۰	۳۰	۳۸	۳۲

جدول ۷- نتایج همبستگی بین شاخص‌های اندازه‌گیری شده در مناطق مورد مطالعه.

شوری	pH	رطوبت اشباع	ماده آلی	کربنات کلسیم	شاخص چن	بایکاس	
-۰/۲۲۲	-۰/۱۷۲	-۰/۲۹۰	-۰/۵۶۸*	۰/۴۶۱	۰/۱۴۶	۱	شاخص بایکاس
۰/۶۷۶**	۰/۷۱۳**	-۰/۳۵۶	-۰/۵۸۶*	۰/۴۶۷	۱	۰/۱۴۶	شاخص چن
۰/۰۶۹	۰/۴۶۹	-۰/۴۶۱	-۰/۹۵۲**	۱	۰/۴۶۷	۰/۴۶۲	کربنات کلسیم
-۰/۱۹۲	-۰/۵۱۷	۰/۴۵۸	۱	-۰/۹۵۲**	-۰/۵۸۶*	-۰/۵۶۸*	ماده آلی
-۰/۱۷۷	-۰/۴۷۸	۱	۰/۴۵۸	-۰/۴۶۱	-۰/۳۵۶	-۰/۲۹۰	رطوبت اشباع
۰/۴۶۵	۱	-۰/۴۷۸	-۰/۵۱۷	۰/۴۶۹	۰/۷۱۳**	-۰/۱۷۲	pH
۱	۰/۴۶۵	-۰/۱۷۷	-۰/۱۹۲	۰/۰۶۹	۰/۶۷۶**	-۰/۲۲۲	شوری

\* معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و \*\* معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد.

نتایج جدول ۷ نشان داد که بین شاخص چن و شوری و pH همبستگی مثبت معنی‌دار و بین کربنات کلسیم معادل و ماده آلی همبستگی منفی معنی‌دار در سطح ۱ درصد وجود دارد. همچنین بین شاخص بایکاس و چن با درصد ماده آلی همبستگی منفی معنی‌دار در سطح ۵ درصد وجود داشت.

### نتیجه‌گیری

با توجه به یافته‌های به‌دست آمده از این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که فرسایش‌پذیری خاک‌های لسی مناطق مورد مطالعه رابطه تنگاتنگی با بارش و دمای مناطق 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 توزیع اندازه دانه‌ها در لس‌های اولیه در مناطق مختلف استان گلستان همگن و یکنواخت نیست، به طوری که اندازه دانه‌ها در لس‌های اولیه از شمال شرق به طرف جنوب غرب کاهش می‌یابد. نتایج نشان داد که در ترانسکت اول از شمال به جنوب و در ترانسکت دوم از شرق به غرب استان، مقدار میانگین شاخص بایکاس روند کاهشی نشان می‌دهد. با توجه به نتایج، تغییرات شاخص چن در طول هر دو ترانسکت با چشم‌پوشی از تفاوت‌های جزئی روند کاهشی از خود نشان می‌دهند. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهند در طول هر دو ترانسکت تغییرات ماده آلی و آهک از روند خاصی پیروی می‌کنند به طوری که با افزایش رطوبت و کاهش دما مقدار ماده آلی افزایش یافته است. همچنین افزایش بارندگی و افزایش ماده آلی، باعث شستشو و کاهش آهک از افق‌های سطحی می‌شود. به‌طور کلی با افزایش بارندگی و کاهش دما، رخداد هوازگی افزایش یافته و مقدار رس بیش‌تری تشکیل می‌شود که در نهایت باعث کاهش فرسایش‌پذیری خاک‌های لسی می‌شود. بنابراین پیشنهاد می‌گردد در همه روش‌ها و مدل‌های اندازه‌گیری فرسایش خاک در خاک‌های لسی استان گلستان به شاخص اندازه ذرات خاک توجه ویژه‌ای گردد.

### منابع

1. Alvarez, R., and Lavado, R.S. 1998. Climate, organic matter and clay content relationships in the Pampa and Chaco soils, Argentina. *Geoderma*. 83: 127-141.
2. Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agro*. 54: 464-465.
3. 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.

4. 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.
5. Franzluebbers, A.J. 2002. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. *Soil and Tillage Research*. 66: 95-106.
6. Feiznia, S. 2008. Sediment erosion and sediment production with an emphasis on applied science. Press, Mashhad University of Ferdowsi. 320p. (In Persian)
7. Hoyos, N. 2005. Spatial modeling of soil erosion potential in a tropical watershed of the Colombian Andes. *Catena*. 63: 85-108.
8. Kirkby, M.J., and Morgan, R.P. 1980. Soil erosion. John Wiley & Sons, New York. Pp: 150-179.
9. 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.
10. 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.
11. Khajeh, M., Ghauomian, J., and Feiznia, S. 2004. The study of lateral variation of grain size and mineralogy in order to determine prevailing winds direction in the formation of loess sediments of Golestan province. *Desert*. 9: 2. 294-306. (In Persian)
12. Miller, R.W., and Gardiner, D.T. 1998. Soils in our environment. 8th edition, Prentice-Hall Inc. United State of America, Pp: 75-81.
13. Nichols, J.D. 1981. Relationship of soil organic to other soil properties and climate in southern Great Plain. *Agron. Abst. ASA. Masion. WI*. 202p.
14. 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. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51: 1460-1465.
15. Pashaei, A. 1997. Physicochemical properties of loess deposits in Gorgan area. *Geo. Sci. J.* 23-24: 67-78.
16. Rafahi, H.G. 2004. Soil erosion by water and conservation. Tehran University Press, 510p. (In Persian)
17. 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.
18. 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.
19. Vaezi, A. 2006. Check of factors affecting soils erodibility calcareous. Congress of Soil Science. Tehran, Congress Abstracts, 34p. (In Persian)
20. 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. Resour.* 14: 5. 55-66. (In Persian)

21. 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 (Science, Agricultural Industries)*. 22: 2. 93-100. (In Persian)
22. Yang, S., Lianyou, L., and Ping, Y. 2005. A review of soil erodibility in water and wind erosion research. *J. Geograph. Sci.* 15: 167-176.
23. Zhang, K.S., Peng, P., and Yu, B. 1991. Erodibility of agricultural soils on the Loess Plateau of China. *Soil and Tillage Research*. 76: 157-165.
24. Zhang, K.L., Shu, S.H., and Yu, X.B. 2007. Soil erodibility and its estimation for agricultural soils in China. *J. Arid Environ.* 72: 1002-1011.
25. 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)



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 22(1), 2015*  
<http://jwsc.gau.ac.ir>

## **Effect of climate difference on variation of loess soil erodibility indices 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>Associate Prof., Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 06/01/2013; Accepted: 03/08/2015

### **Abstract**

Knowledge of soil erodibility and its evaluation is a useful indicators to assess soil erosion. Climate is one of the soil forming factors which has a major impact on this index. The present study was designed to determine the effects of different climates on the erodibility indices change of loess derived soils in Golestan Province. Two transects in the loess hillslope with different climatic conditions were chosen. Samples were taken from seven areas with six replicates and the depths of 0 t-30 and 30-60 cm along two transects. Wischmeier and Smith, Chen and Bouyoucos indices were measured. The results showed that characteristics measured in the first transect from north to south as well as second transect (East to West) Province follow the specific trend, so that, organic matter content and saturation percentage of moisture rose with increased rainfall and reduction temperature. Organic carbon average changes in both transect from 0.4 to 3.5 percentage was variable. Lime content and electrical conductivity decreased with increase in rainfall. Bouyoucos' index changed from 2.09 to 14.2 and Chen's index was from 59.05 to 447.61 cmol/lit and both indexes in both transect were decreased. Soil erodibility indices (K) have been changed from 0.040 to 0.083 Mgr.h/Mj.mm and in both transect were demonstrated a decreasing trend. Results showed that the particle size increased due to increase in weathering of loess derived soils.

**Keywords:** Erodibility indices, Climosequence, Loess soils, Golestan province

---

\* Corresponding Author; Email: [jfr\\_amir@yahoo.com](mailto:jfr_amir@yahoo.com)