



بررسی کانی‌شناسی نهشته‌های لسی کواترنری در استان گلستان، ایران

مصطفی رقیمی*، عزیز رحیمی

گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان، گرگان

(دریافت مقاله: ۹۴/۵/۱۴، نسخه نهایی: ۹۴/۹/۱۷)

چکیده: نهشته‌های لسی و شبه لسی کواترنری در استان گلستان بیش از ۳۲۰۰ کیلومتر مربع وسعت دارد. کانی‌شناسی نهشته‌های لسی به روش تصادفی در روند شرقی- غربی استان گلستان با استفاده از پراش سنج‌های پرتو ایکس، میکروسکوپ الکترونی روبشی و پراکندگی انرژی پرتو ایکس بررسی شد. نتایج بدست آمده عبارتند از کانی‌های کوارتز، کلسیت و کانی‌های رسی نظیر ایلیت و کلریت در نهشته‌های لسی. براساس شواهد کانی‌شناسی یاد شده می‌توان غالب بودن شرایط آب و هوای سرد و خشک را در زمان نهشته‌شدن رسوب‌های لسی پیشنهاد کرد.

واژه‌های کلیدی: نهشته‌های لسی و شبه لسی؛ کانی‌های رسی؛ استان گلستان.

مقدمه

ارائه شد، نهشته‌های لسی استان گلستان از چنین تعریفی مستثنی نیستند: «همگن، متخلخل با دیاژنز جزئی، زرد کمرنگ، با موادی از سیلت درشت، با جورشدگی خوب، بدون لایه‌بندی، درصد رس و ماسه (در حدود ۵ تا ۲۵ درصد)، دارای کانی‌های ایلیت یا مونتموریلونیت، ۴۵ تا ۵۵ درصد حفره، نسبت به آب نفوذپذیر و حساس به فرسایش آبی سطحی و آبهای زیرسطحی با تشکیل حفره». لس از نظر کانی‌شناسی بین ۵۰ تا ۷۰ درصد سیلیکات، بین صفر تا ۳۰ درصد کربنات و بین ۱۰ تا ۱۵ درصد کانی‌رسی دارد [۶].

عندلیبی [۷] منشأ لس‌های خزر را به‌دلیل وجود کوارتز، کلسیت، فلدسپات، دولومیت، میکا و رس و نبود کانی‌های سنگین رسوبی احتمالاً ماسه سنگ‌های گری‌واکی یا دولومیت‌های ناخالص می‌داند. درحالی‌که برای لس‌های غرب خزر به دلیل مشاهده‌ی برخی از کانی‌ها مانند هورنبلند بازالتی، خاکسترهای آتشفشانی با خاستگاه اولیه آذرین و در مواردی گرانیت را به این نهشته‌ها نسبت می‌دهد.

نهشته‌های لسی و شبه لسی در حدود ۱۰ درصد از سطح خشکی کره‌ی زمین را در بر می‌گیرند [۱]. مناطق گسترده‌ای از شمال شرق، شرق مرکزی، شمال و بخش مرکزی ایران پوشیده از نهشته‌های لسی هستند که بخشی از کمربند لس‌های خاورمیانه با روندی به سمت شمال تا ترکمنستان، ازبکستان و تاجیکستان را در بر می‌گیرد [۲].

لس‌های ایران اولین بار به وسیله تیتز [۳] تشخیص داده شده است. این لس‌ها، رسوب‌های ریز دانه (سیلتی) پودری و فاقد لایه‌بندی بوده که تحت تأثیر بارندگی (با فرسایش کم) متراکم شده‌اند. لس‌های ایران براساس رده‌بندی کلی روزیسکی، جزء لس‌های مناطق گرم قرار می‌گیرند [۴]. لس‌ها در این رده‌بندی براساس پراکندگی جغرافیایی و اهمیت آنها به دو گروه لس‌های مناطق گرم مانند لس‌های هند، پاکستان، ایران، عراق و شمال آفریقا و لس‌ها کلاسیک مانند لس‌های چین، آسیای میانه و بخش‌های از اروپا قرار می‌گیرند.

با توجه به تعریفی که از نهشته‌های لسی توسط پسی [۵]

می‌شود نهشته‌های لسی در استان گلستان بیش از ۳۲۰۰ کیلومترمربع وسعت دارند (شکل ۱) [۸].

آب و هوای استان گلستان دارای شرایط متنوع معتدل مدیترانه‌ای، معتدل کوهستانی و سرد کوهستانی، خشک و نیمه خشک، مرطوب و نیمه‌مرطوب است. به طور کلی روند بارش از شرق به غرب و از شمال به جنوب افزایش می‌یابد. میانگین بارش سالیانه در بخش شرقی ۱۵۰ میلی‌متر و در بخش غربی ۸۰۰ میلی‌متر در استان گزارش شده است [۹].

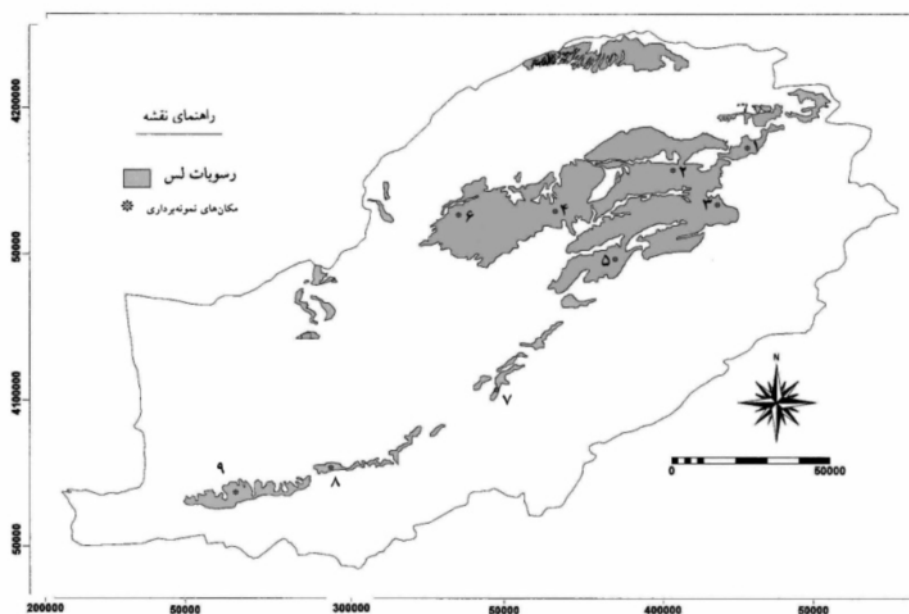
مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از شرق به غرب به دلیل وجود لس‌های شاخص، با حفر ترانشه، چگونگی توپوگرافی متنوع و نیز پراکنش مناسب انتخاب شد. مکان‌های نمونه برداری در شکل (۱) نشان داده شده است. برای شناسایی کانی‌های موجود در نهشته‌های لسی پس از آماده‌سازی بدون تیمارهای لازم از دستگاه‌های پراش پرتوایکس (XRD) از نوع (X-Pert) و با لامپ مسی با جریان ۴۰ میلی‌آمپر و ولتاژ ۴۰ کیلوولت، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و انرژی پراکندگی تجزیه پرتوایکس (EDXA) پس از آماده‌سازی با قرار دادن روی پایه آلومینیومی در پوششی از طلا در دانشگاه فنی کرین استرالیا مورد استفاده قرار گرفت.

با توجه به گستردگی نهشته‌های لسی و شبه لسی که بیش از ۳۲۰۰ کیلومتر مربع از استان گلستان را پوشانده است. به همین منظور در این پژوهش بررسی سرشتی‌های نهشته‌های فوق در روند شرقی-غربی، با تأکید بر شناسایی کانی‌های رسی است که در تفسیر شرایط آب و هوایی دیرینه حائز اهمیت هستند، انجام گرفت.

موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد بررسی

استان گلستان با وسعتی حدود ۲۲۰۳۳ کیلومتر مربع بین عرض جغرافیایی ۲۵' ۳۶" تا ۰۸' ۳۸" عرض شمالی و طول جغرافیایی ۵۰' ۵۳" تا ۱۱' ۵۶" شرقی در شمال ایران قرار دارد. این استان بین رشته کوه‌های البرز، دشت‌های جنوبی کشور ترکمنستان، کوه‌های استان خراسان و دریای خزر واقع شده است که از نظر ناھمواری به سه ناحیه، کوهستانی، کوهپایه‌ای و جلگه‌ای و اراضی پست تقسیم می‌شود. ناحیه‌ی کوهستانی با وسعتی در حدود ۳۹۷۰/۴ کیلومترمربع از سازندهای پرکامبرین تا سنوزوئیک تشکیل شده است که ناحیه‌ی کوهپایه‌ای از ارتفاع ۱۰۰ تا ۵۰۰ متری را در بر گرفته است. کوهپایه‌ها و تپه‌های منفرد نیز با پوشش وسیعی از لس با ضخامت قابل توجه سرتاسر استان را با عرض میانگین ۸ کیلومتر در بر گرفته است. در ناحیه‌ی جلگه‌ای و اراضی پست در اثر عقب‌نشینی دریای خزر، فرسایش شدید آبی و تراکم آبرفت‌ها مشاهده



شکل ۱ نقشه پهنه‌های لسی در استان گلستان (با تغییرات از خواجه و همکاران، ۱۳۸۳) به همراه مکان‌های نمونه برداری.

بررسی

براساس نتایج پراش پرتوایکس (XRD) لس‌های استان گلستان حاکی از وجود کانی‌های رسی (کلریت و ایلیت) و غیر رسی (کلسیت و کوارتز) است (شکل‌های ۲-الف و ۳-الف). در بررسی‌های میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) هم وجود دانه‌های کوارتز و در مجاورت آن کانی رسی ایلیت و کلسیت کاملاً مشهود است که ذرات کوارتز با گوشه‌های زاویه‌دار و کانی کلسیت به صورت مدور بوده و کانی ایلیت نیز به صورت توده‌های صفحه‌ای دیده می‌شود (شکل‌های ۲-ب و ۳-ب). در بررسی‌های انرژی پراکندگی، تجزیه پرتو ایکس (EDXA) وجود کانی‌های یاد شده را به صورت عنصری مورد تایید قرار گرفت (شکل‌های ۲-ج و ۳-ج). در ادامه نخست به معرفی کانی‌های حاصل از نتایج پراش پرتو ایکس و انرژی پراکندگی پرتو ایکس سپس به بحث پرداخته می‌شود.

کانی کوارتز

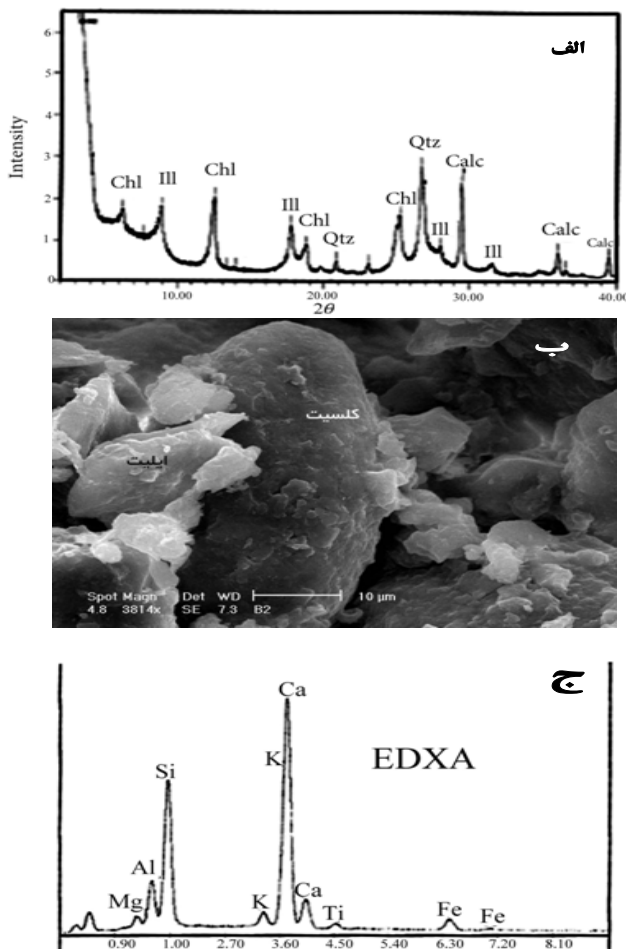
ترکیبات کانی شناسی لس‌های جهان در دامنه‌ی نسبتاً گسترده‌ای تغییر می‌کنند. کانی‌های غالب در نهشته‌های لسی به طور معمول شامل کوارتز (۵۰٪-۷۰٪)، فلدسپات (۳۰٪-۵٪)، میکاها (۵٪-۱۰٪)، کانی‌های کربناتی (۳۰٪-۰)، کانی‌های رسی (۱۵٪-۱۰٪) و کانی‌های سنگین (کمتر از ۲٪) است [۱۰].

فراوانی کانی کوارتز به چگونگی بافتی رسوب‌های لسی و جهت وزش بادهای غالب بستگی دارد [۴]. در لس‌های اولیه که دستخوش تغییرات ثانوی نشده‌اند فراوانی کوارتز با افزایش میانگین اندازه‌ی دانه‌ها فزونی می‌یابد. با بررسی رسوب‌شناسی و کانی‌شناسی نهشته‌های لسی می‌توان به جهت بادهای غالب پی برد. زیرا میانگین اندازه‌ی دانه‌ها و فراوانی کوارتز همواره در جهت وزش باد کاهش می‌یابد [۱۱]. براساس بررسی‌های انجام شده جهت اصلی حرکت توده‌های هوای قطبی و بادهای محلی، جهت شمال شرق به طرف جنوب غرب را به عنوان روند بادهای غالب در تشکیل لس‌های شمال ایران در نظر می‌گیرند [۴]. مادامی که با بررسی‌های صورت گرفته روی تغییرات جانبی، اندازه‌ی ذرات و کانی‌شناسی کوارتز به منظور تعیین

جهت بادهای غالب در تشکیل رسوب‌های لسی در استان گلستان همخوانی دارد [۴، ۸].

کانی کوارتز تقریباً در تمام نهشته‌های لسی جهان، فراوان‌ترین کانی تشکیل دهنده‌ی است [۱۰]. فراوانی این کانی به همراه دیگر کانی‌های تشکیل دهنده‌ی نهشته‌های لسی است. مقدار کانی کوارتز در لس‌های گلستان از شمال شرقی تا جنوب غربی از ۵۶٫۲ درصد تا ۴۵٫۴ درصد براساس نتایج پراش پرتوایکس متغیر است [۸].

با توجه به از بین رفتن برخی از کانی‌ها مانند فلدسپار که در اثر هوازدگی شیمیایی به کانی‌های رسی تبدیل می‌شود و به ویژه انحلال کانی‌های کربناتی فراوانی نسبی کوارتز نیز افزایش می‌یابد.



شکل ۲ نمونه‌ای از نهشته لسی دربخش شرقی استان، الف- نمودار پراش پرتو ایکس کانی‌های کلریت (Chl)، ایلیت (Ill)، کلسیت (Calc) و کوارتز (Qtz) را نشان می‌دهد، ب- تصویر میکروسکوپ

بستگی دارد. معمولاً مقدار این کانی در افق‌های سطحی مناطق خشک بیشتر و در لس‌های نواحی مرطوب کمتر است. به عبارت دیگر تغییرات این کانی بیشتر به فرآیندهای ثانوی بستگی داشته و تغییرات فراوانی آن نمی‌تواند اطلاعات مناسبی از شرایط تشکیل این نهشته‌ها ارائه دهد. لس‌های غربی استان گلستان نسبت به شرق و شمال شرق دارای کلسیت کمتری و فاقد دولومیت هستند [۱۲].

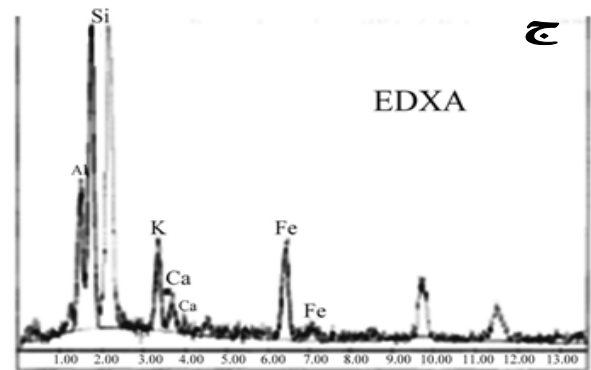
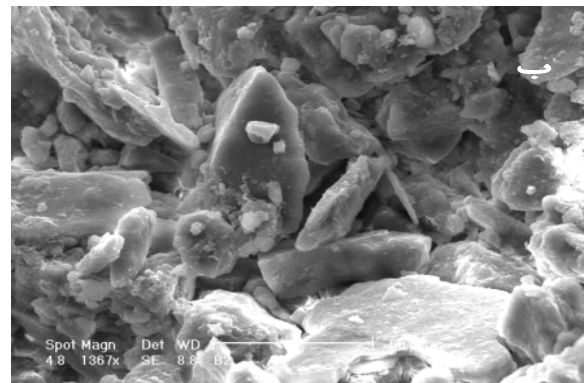
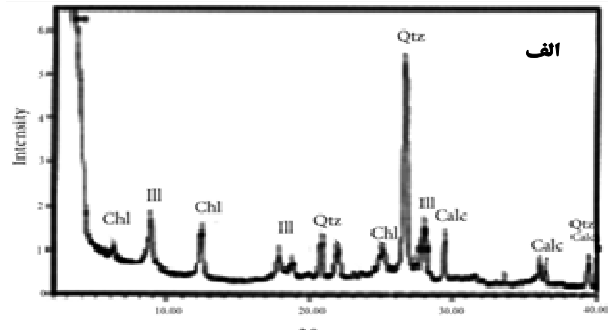
کانی‌های رسی

کانی‌های موجود در لس‌ها در راستاهای افقی و عمودی متفاوت‌اند. بنابر جدول ۱، میانگین کانی‌های رسی لس‌های مناطق مختلف جهان در حدود ۱۰/۴ درصد است. در حالی که میانگین کانی‌های رسی در استان گلستان ۹/۲ درصد را نشان می‌دهد. از این نظر با کانی‌های رسی لس‌های جهان قابل مقایسه است. بسیاری از کمیت‌های لس‌های جهان در دامنه‌ی نسبتاً گسترده‌ای تغییر می‌کنند. کانی‌شناسی رسوب‌های لسی به زمین‌شناسی خاستگاه و تا حدودی فرایندهای ثانوی وابسته است بویژه نوع کانی رسی به وسیله‌ی خاستگاه و شرایط هوازدهی و محیط رسوب گذاری کنترل می‌شود [۱۳].

کانی‌های رسی در شرایط خاص آب و هوایی، مراحل مختلف تشکیل، حمل و نقل، رسوبگذاری، سنگ شدگی نهشته‌های لسی، و شرایط دیگر فیزیکی، شیمیایی، زیستی، خاکزایی و ترکیبات شیمیایی تغییر می‌کند [۱]. ترکیب کانی‌شناسی لس‌های استان گلستان در نقاط مختلف با یکدیگر، با توجه به جدول (۲) یکسان نیست. بخشی از تفاوت‌های مشاهده شده در مقدار کانی فلدسپار، به دلیل اختلاف نرخ هوازدهی شیمیایی، در این نهشته‌هاست. به طوری که این تفاوت در رسوب‌های سطحی از شدت بیشتری برخوردار است. کانی‌های نامقاوم مانند فلدسپار در اثر فرآیند هوازدهی به کانی‌های رسی تبدیل می‌شوند [۱۲].

بر اساس داده‌های پراش پرتو ایکس کانی غالب رسی در استان گلستان ایلیت و کلریت است (شکل‌های ۲-الف و ۳-الف). از دیدگاه خاک‌شناسی کانی‌های رسی موجود در نهشته‌های لسی منطقه‌ی شرق استان گلستان کانی‌های رسی مانند ایلیت، کائولینیت، کلریت و کوارتز گزارش شده است [۱۴]. در این نمونه‌ها به عدم وجود کانی رسی اسمکتیت اشاره شد، بنابراین می‌توان گفت که نمونه‌های نهشته‌ی لسی بعنوان سنگ مادر حاوی کانی ایلیت و کلریت هستند که بعداً

الکترونی روبشی از نمونه‌ی نهشته لسی که کانی ایلیت در آن دیده می‌شوند. ج- نمودار انرژی پراکندگی تجزیه پرتو ایکس حاکی از وجود کانی ایلیت است.



شکل ۳ نمونه‌ای از نهشته لسی در بخش شمالی استان. الف- نمودار پراش پرتو ایکس، کانی‌های کلریت (Chl)، ایلیت (Ill)، کلسیت (Calc) و کوارتز (Qtz) را نشان می‌دهد. ب- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از نمونه‌ی نهشته لسی که کانی کوارتز و کلریت در آن دیده می‌شود. ج- نمودار انرژی پراکندگی تجزیه پرتو ایکس حاکی از وجود کانی کوارتز و کلریت است.

کانی کلسیت

کانی کلسیت یکی از کانی‌های شناخته شده با فراوانی ۲۴/۳ درصد در لس‌های گلستان است [۸]. فراوانی کلسیت در رسوب‌های لس بیشتر به عوامل آب و هوا و فرایندهای انحلال

مثال، نهشته‌های لسی در محیط‌های بیابانی آسیای مرکزی و چین با کانی رسی غالب ایلیت تشکیل شده است. مادامی‌که لس‌های صحرای شمال آفریقا و فلسطین اشغالی و تونس با کانی غالب اسمکتیت و کائولینیت تشکیل شده است. این شواهد بیانگر واقعیتی است که بخش‌های آفریقای شمالی دارای شرایط آب و هوای مرطوب در اوایل سنوزوئیک بوده‌است [۱].

در خاک‌های لسی دره‌ی کشمیر پاکستان و جلگه‌های لسی چین، گرچه ایلیت در اثر روند خاکزایی تشکیل شده است اما در مناطق خاک‌های هزار دره‌ی پاکستان نیز مقدار کمی کائولینیت خاکزا وجود دارد [۱۶]. بررسی‌های صورت گرفته روی لس‌های حوزه‌ی قره‌تیکان (استان خراسان) حاکی از آن است که کانی‌های رسی غالب در نهشته‌ها ایلیت و کلریت است که تشدید کننده آب و هوای سرد و خشک در زمان تشکیل لس‌هاست [۱۷]. نظر به اینکه کانی‌های ایلیت و کلریت به صورت اولیه در لس‌های گلستان شناسایی شده‌اند (شکل‌های ۲-الف و ۳-الف) می‌توان شرایط تشکیل آنها را به یک آب و هوای سرد و خشک نسبت داد که با بررسی‌های اخیر [۱۸] در منطقه همخوانی دارد.

در اثر عملکرد خاکزایی کانی اسمکتیت به دلیل کاهش کانی کلریت تشکیل شده است. سایر کانی‌های رسی مانند پالی-گورسکیت در نهشته‌های لسی وجود ندارد مگر در اثر خاکزایی تشکیل شود. گاهی در فرآیند خاکزایی ممکن است اسمکتیتی شدن در اثر هوازدگی و خروج کاتیون پتاسیم از ساختار بین لایه‌ای کانی ایلیت در نهشته‌های لسی حاصل شده باشد.

تشکیل کانی‌های رسی در نهشته‌های لسی تا حدودی به نوع آب و هوا و شدت فرآیندهای هوازدگی شیمیایی بستگی دارد. به طوری که کانی‌های رسی را می‌توان بعنوان پارامتر تعیین کننده‌ای در محیط‌های آب و هوای دیرینه دانست. همخوانی بین آب و هوا و کانی‌های رسی فرآورده‌های هوازده در مقیاس جهانی مشهود است [۱]. به این دلیل که تشکیل لس طی دوره‌های یخچالی پلیستوسن در بسیاری از مناطق جغرافیایی صورت پذیرفته است [۵]. در اوایل کواترنری، تغییرات در آب و هوا از هوای گرم به سرد و بر عکس در یک مدت کوتاه، باعث تشکیل لس شده است [۱۵]. تغییرات در شاخص تغییرات آب و هوای دیرینه در طول زمان، به عنوان پارامتر کنترل کننده برای ایجاد لس است [۱۵]. به عنوان

جدول ۱ میانگین ترکیب کانی شناسی لس‌های مختلف جهان و استان گلستان [۸،۱۰].

| نام کشور | نام کانی | کوارتز | فلدسپار | کلسیت | دولومیت | کانیهای رسی |
|----------------|----------|--------|---------|-------|---------|-------------|
| ازبکستان | ۴۳ | ۲۱ | ۲۰ | ۵ | ۱۱ | |
| ایران (گلستان) | ۵۱ | ۱۱ | ۲۴٫۸ | ۰ | ۹٫۲ | |
| تاجیکستان | ۶۱ | ۱۶ | ۱۴ | ۰ | ۸ | |
| تونس | ۶۴ | ۸ | ۱۴ | ۱ | ۱۳ | |
| چین | ۵۱ | ۲۱ | ۱۲ | ۷ | ۹ | |
| آمریکا | ۶۱ | ۳۸ | ۰ | ۰ | ۱۱ | |

جدول ۲ میانگین ترکیب کانی شناسی لس‌های مناطق مختلف در استان گلستان [۸].

| مناطق | نام کانی | کوارتز | فلدسپار | کلسیت | کانیهای رسی | سایر کانیها |
|----------|----------|--------|---------|-------|-------------|-------------|
| آق بند | ۵۶٫۲۵ | ۱۰٫۲ | ۲۱٫۲ | ۶٫۴ | ۶٫۹۵ | |
| قرناوه | ۵۱٫۸۸ | ۹٫۷ | ۲۴٫۷ | ۸٫۸ | ۶٫۹۲ | |
| یل چشمه | ۵۱٫۷ | ۱۱٫۲ | ۲۷٫۶ | ۷٫۳ | ۴٫۲ | |
| قوری چای | ۴۶ | ۹٫۳ | ۳۰٫۱ | ۱۲٫۲ | ۲٫۴ | |
| هزار پیچ | ۴۵٫۴۶ | ۸٫۱ | ۲۲٫۷ | ۱۴٫۱ | ۹٫۶۴ | |
| آجی سو | ۵۶٫۹۱ | ۱۲٫۲ | ۱۹٫۷ | ۶٫۵ | ۶٫۶۹ | |
| میانگین | ۵۱٫۳۶ | ۱۰٫۱ | ۲۴٫۳ | ۹٫۲ | ۴٫۴ | |

برداشت

با توجه به بررسی‌های کانی‌شناسی نهشته‌های لسی استان گلستان براساس داده‌های پراش پرتو ایکس و میکروسکوپ الکترونی پویشی، حاکی از حمل مواد در اثر باد با ذرات مدور کلسیت و ذرات زاویه‌دار غالب کانی کوارتز که در شرایط آب و هوایی و فرآیند شستشو قرار گرفته و نیز نوع کانی‌های رسی غالب که ایلیت و کلریت هستند، می‌توان شرایط آب و هوای سرد و خشک را برای خاستگاه این نهشته‌ها در نظر گرفت.

قدردانی

نویسندگان از دکتر مهروز اسپندیار عضو هیات علمی گروه زمین‌شناسی کاربردی، دانشگاه فنی کر تین بپاس راهنمایی - های ارزشمند و فراهم کردن امکانات آزمایشگاهی در مرکز CSIRO استرالیای غربی کمال تشکر و امتنان را دارند.

مراجع

- [1] Liu Tungsheng, "Loess in china", 2ndes. Springer-verlag. N. Y. (1988) PP 224
- [2] Okhravi R., Amini, A., "Characteristic and provenace of the loess deposit of the Gharatikan watershed in northeast Iran", Global and planetary change 28, (1999) 11-22
- [۳] درویش زاده ع., "زمین شناسی ایران", انتشارات امیرکبیر, (۱۳۷۰) صفحه ۲۴۹-۲۴۳
- [4] Rozoycki S. Z., "Loess and loess-like deposits.", The Publishing House of the Polish Academy of Sciences Wroclaw, (1991) 76-107
- [5] Bariss N., "Loess in form". Geog.Res. Inst. Hungarian Acad. of Sci. (1993) 82pp
- [۶] شفیقی س., مدنی ح., "زمین‌شناسی عمومی". انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (۱۳۷۴) ۴۸۲ صفحه.
- [۷] عندلیبی م.ج., "مشخصات منشاء و طبقه‌بندی لس‌های کواترنر پسین در حوضه خزر ایران", رساله کارشناسی ارشد زمین شناسی (۱۳۷۱), دانشگاه آزاد اسلامی, واحد تهران شمال.
- [۸] خواجه م., "بررسی رسوب شناسی, محیط رسوبی و رسوب زایی نهشته های کواترنر حوضه گرگانرود (بیل چشمه و قوری چای)". رساله دکتری زمین شناسی (۱۳۸۱). دانشگاه آزاد اسلامی, واحد علوم و تحقیقات.

[۹] رقیمی م., رضانی م. م., "سرطان مری از دیدگاه زمین

شناسی پزشکی" ۸: ۴ (۱۳۸۵) ۵۰-۵۷

[10] Pye K., Sherwin D., "Loess, in: Aeolian Environments and Landforms", Edited by A.S. Goudie, I. Livingstone and Srokes. John Wiely & Sons Ltd, (1999) p 213-239.

[11] Winspear N.R., Pye K., "Textural geochemical and mineralogical evidence for the sources of Aeolian sand in central and southwestern Nebraska", USA. Sedimentary Geology, 101, (1996) p 85-95.

[۱۲] خواجه م., "بررسی تغییرات جانبی اندازه ذرات و کانی

شناسی به منظور تأیید جهت بادهای غالب در تشکیل رسوبات لس استان گلستان", مجله بیابان, ۹: ۲ (۱۳۸۳) ۲۹۳-۳۰۵.

[13] Chamly H., "Clay sedimentology", Springer-Verlag, (1989) p 3-72.

[۱۴] الماسی ع., پاشایی ع., جلالیان الف., ایوبی الف., "بررسی

ترکیب کانی‌های رسی و تحول آنها در رسوبات لسی و پارینه خاک‌های منطقه قیابان استان گلستان". مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی جلد ۱۳ شماره ۳ (۱۳۸۵) ص ۲۰-۱۰.

[15] Zoughu Z., Zhiyi Z., Yunsheng W., "Basic geologic problems of loess in China". Acta. Geol. Sin. 1: (1988) 207-221.

[16] Pye K., Johnson R., "Stratigraphy, geochemlstry and thermoluminescence ages of lower Mississlpl valley loess". Earth sur face Processes and landforms 13 (1988) 103-124.

[۱۷] امینی آ., "مطالعه برخاستگاه و مکانیزم رسوب‌زایی لس‌ها در حوضه آبخیز قره تیکان", رساله کارشناسی ارشد زمین شناسی دانشگاه تهران, (۱۳۷۴) ۱۷۵ صفحه.

[18] Khormali F., Kehl M., "Micromorphology and development of loess-derived surface and buried soils along a precipitation gradient in Northern Iran". Quaternary International, 234 (2011) 109-123.