

تأثیر خصوصیات شیمیایی و کانی شناسی مارن ها بر اشکال مختلف فرسایش در جنوب استان گیلان

• لیلا اسماعیل نژاد (نویسنده مسئول)
دانشجوی دکتری تخصصی علوم خاک دانشگاه تهران
• جواد سیدمحمدی
دانشجوی دکتری تخصصی علوم خاک دانشگاه تبریز
• محمود شعبانپور
استادیار گروه علوم خاک دانشگاه گیلان
تاریخ دریافت: آذر ماه ۱۳۸۸ تاریخ پذیرش: بهمن ماه ۱۳۹۰
تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۲۶۳۸۲۸۵۳۳۸
Email: leila.esmaeelnezhad@yahoo.com

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی اثر ویژگی های شیمیایی خاک و کانی های رس بر اشکال مختلف فرسایش از منجیل تا گیلوان در استان گیلان، روی تشکیلات مارنی صورت گرفت. بعد از بررسی نقشه های زمین شناسی و مطالعات صحرایی، از نقاط مورد نظر به صورت کاملاً تصادفی نمونه برداری شد. از اشکال مختلف فرسایش شامل صفحه ای، شیاری، آبکندی و هزاردره ای، در مجموع ۴۸ نمونه تهیه و مختصات محل نمونه برداری ها با سیستم موقعیت یاب جهانی تعیین شد. از مواد مادری منطقه نیز نمونه برداری به عمل آمد. سپس، متغیرهای شیمیایی اندازه گیری شدند. تعداد ۸ نمونه از خاک ها و ۲ نمونه از ماده مادری، جهت آزمایش های کانی شناسی، آماده سازی شد. به منظور مقایسه میانگین متغیرهای شیمیایی در اشکال مختلف فرسایش، از آزمون دانکن استفاده شد. نتایج آزمون آماری نشان داد که مقادیر هدایت الکتریکی و یون سدیم دارای تفاوت معنی دار بین همه اشکال فرسایش می باشند. در حالی که در مورد سایر متغیرها یا اختلاف معنی دار بین هیچ یک از اشکال فرسایشی مشاهده نشد یا فقط برخی از اشکال با هم اختلاف معنی داری داشت. به عبارتی این متغیرها تأثیر چندانی در شکل و نوع فرسایش ندارند. نتایج آزمایشات کانی شناسی هم، نشان دهنده حضور کانی های ۲:۱ اسمکتیتی در آبکندها و هزاردره هاست، در صورتی که در فرسایش های شیاری و صفحه ای، کانی های اسمکتیتی مشاهده نشد. با بررسی های آماری، مشخص شد که سدیم مهم ترین فاکتور شیمیایی است که تنوع و شدت فرسایش را کنترل کرده است.

کلمات کلیدی: تشکیلات مارنی، فرسایش خاک، خصوصیات شیمیایی خاک، کانی شناسی رس، گیلان.

Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi) No 98 pp:2-14

Effects of chemical and mineralogical properties of marls on different erosion types in the south of Guilan province

By: *L. Esmaeelnezhad, (Corresponding Author; Tel: +982632825338), PhD Student of Soil Science Tehran University, J. Seyedmohammadi, PhD Student of Soil Science, Tabriz University, Shabanpour M. Assistant Professor of Guilan University.*

Received: November 2009

Accepted: February 2012

Marls in arid climates, are high erodeable regions that produce sediments. Erosional processes in marls are too active, especially in marl hillslopes, because of low amount of permeability and lack of vegetation cover. However, different erosional forms, particularly, badland erosion is one of the distinctive properties in marly lands. This research was conducted to study chemical and mineralogical properties effect on soil erosion forms in southern Guilan province. After field surveying, Soil samples taken from different erosional forms including sheet, rill, gully, badland and their parent materials. 12 samples from surface layer of each erosional form (48 samples, totally) selected. Then, chemical parameters such as, Electrical Conductivity, exchangeable and soluble cations, organic carbon, calcium carbonate, gypsum, Cation Exchangeable Capacity, and anions, were determined. 8 samples from marly soils and 2 samples from parent material prepared for X-Ray tests, too. Means of chemical parameters in different erosional forms compared with Duncan test. Statistical analysis showed that amounts of Electrical Conductivity and sodium ions had significant difference between all forms of erosion. While, other parameters, have no significant difference between all erosional forms. On the other hand, these parameters haven't important role on erosion form and severness. Furthermore, XRD patterns of the clay fraction from surface layers showed smectitic presence in gullies and badlands. Whereas, there weren't any expansible minerals in rill and sheet erosion. With respect to statistical results and X-Ray tests, this fact concluded sodium ions and smectitic clay minerals are the most important factors that control severness and form of erosion.

Keywords: Marly Formation, Soil chemical properties, Soil erosion, Clay Mineralogy, Guilan.

مقدمه

شونده، سیمای غالب فرسایش است. بیشترین تراکم شیارها و آبکندها مربوط به مارن‌های با سدیم محلول و نسبت جذب سدیم زیاد است (Ghoddousi, ۲۰۰۳). توسعه فرسایش آبکندهی همبستگی زیادی با حضور کانی‌های متورم شونده اسمکتیتی دارد. سدیم زیاد همراه با کانی‌های ذکر شده باعث دیسپرسه شدن خاکدانه‌ها شده و نهایتاً وقوع فرسایش را تشدید می‌کند (Bork و Imeson, ۲۰۰۰؛ Bouma, ۲۰۰۴؛ Archibold و Levesque, ۲۰۰۳؛ Vacher و همکاران, ۲۰۰۴). اراضی دارای فرسایش هزاردره‌ای معمولاً غنی از سدیم و مواد به شدت پخش شونده هستند که مقدار، شدت و نوع فرسایش به میزان زیاد تحت تأثیر نوع کانی‌های رس می‌باشد کانی‌های اسمکتیتی غنی از سدیم باعث تشدید فرسایش و تغییر شکل اشکال فرسایش از حالت صفحه‌ای به آبکندهی و هزاردره‌ای می‌شود در حالی که تشکیلات فاقد کانی‌های اسمکتیتی نسبت به فرسایش پایدارتر هستند (Grubin و Bryan, ۲۰۱۱).

پدیده هزاردره‌ای شدن در صورت وجود سطوح بالای سدیم محلول، مقادیر نسبت جذب سدیم بالاتر از ۴۰ و میزان متوسط نمک امکان پذیر می‌باشد (Benito و همکاران, ۱۹۹۱). افزایش مقدار هدایت الکتریکی خاک نشانگر افزایش مواد قابل انحلال موجود در آن بوده که عامل اساسی در شکل‌گیری و ایجاد آبکندهای جبهه‌ای به حساب می‌آید

مارن‌ها در نواحی خشک به عنوان مواد مادری با حساسیت زیاد به فرسایش و منشأ تولید رسوبات به حساب می‌آیند. فرآیندهای فرسایش در تپه‌های مارنی به دلیل نفوذپذیری اندک و فقدان پوشش گیاهی بسیار فعال است. در هر حال اشکال مختلف فرسایش به ویژه فرسایش هزاردره‌ای یکی از خصوصیات بارز در عرصه‌های مارنی است (Rosswell, ۲۰۰۲). در شکل‌گیری اشکال فرسایش، خصوصیات شیمیایی نظیر سدیم تبادلی و قابلیت هدایت الکتریکی نقش اساسی دارند. ویژگی کانی‌های رس، به ویژه تورم، پراکندگی و فولکوله شدن در ایجاد فرسایش مؤثرند، به طوری که رس مونت موریلونایت در محیط غنی از سدیم، ظرفیت تورمی زیادی دارد و همین امر موجب تشدید فرسایش در تشکیلات مارنی می‌شود (Asadi و Peyrovan, ۲۰۰۵؛ Akihiro و همکاران, ۲۰۰۲). فرسایش صفحه‌ای در مارن‌های غیر پخش شونده و فرسایش آبکندهی و شیاری در انواع پخش شونده شایع است. سدیم زیاد، شوری، کلر، pH، منیزیم زیاد و مقادیر زیاد نسبت اسمکتیت به کائولینایت از مهم‌ترین علل فرسایش پذیر مارن‌ها می‌باشند (Ghadimi, ۱۹۹۸؛ Norton و Dontsova, ۲۰۰۱؛ Ouhadi و Yong, ۲۰۰۳؛ Yilmaz و همکاران, ۲۰۰۵).

فرسایش صفحه‌ای در اراضی مارنی با غلظت کم یون سدیم، مقدار متوسط املاح، نسبت جذب سدیم پایین و مواد غیر پخش

(Ezochi, 2000).

بافت و کانی های خاک تأثیر اساسی بر پایداری خاکدانه ها دارند و بنابراین بر مقدار نفوذپذیری و از دست رفتن خاک، تحت تأثیر بارندگی مؤثر هستند. خاک های کائولینایتی بالاترین پایداری خاکدانه ها، کمترین میزان دیسپرسه شدن، کمترین میزان رواناب و در نتیجه کمترین ظرفیت حمل رسوب را دارند. در حالی که پائین ترین پایداری خاکدانه و بیشترین میزان رواناب در خاک های مونتموریلونایتی مشاهده می شود (Wakindiki و Ben-Hur, 2002).

خاک های با مواد آلی بیشتر، خاکدانه های بزرگتری تشکیل داده که این مقدار ماده آلی از یک طرف باعث پایداری بیشتر ساختمان خاک و از طرفی باعث افزایش خلل و فرج درشت در خاک شده که در نهایت ضریب آبگذری را افزایش می دهند. نهایتاً فرسایش پذیری کاهش می یابد (Lado و همکاران 2004). کانی های خاک تأثیری عمده بر پایداری خاکدانه ها دارد. خاک های اسمکتایتی و کائولینایتی به ترتیب بیشترین و کمترین دیسپرسه شدن را دارا هستند (Bobrovistskaya, 2000). فراوانی کانی مونتموریلونایت در خاک اراضی مارنی منطقه قصر شیرین و سومار یکی از عوامل اصلی بی ثباتی خاکدانه ها و در نتیجه تشدید فرسایش خاک می باشد (Heshmati, 2000). مقادیر زیاد کانی های رسی مونتموریلونایت که عامل ذاتی و اساسی آماس پذیری و تضعیف خواص مکانیکی خاک می باشد در میان لایه های مارنی خاک های نرم استان چهارمحال و بختیاری، باعث زمین لغزش ها و گسیختگی های دامنه ای شده است (Emami و Ghazavi, 2001). گسترش قابل ملاحظه واحدهای مارنی در قلمرو حوزه های آبخیز استان گیلان از یک سو و استعداد وقوع انواع ناهنجاری های طبیعی از جمله فرسایش خاک، انواع رخساره های فرسایشی و رسوب زایی بالا از سوی دیگر، شناخت جامع مارن ها از دیدگاه کانی شناسی و شیمیایی که در نهایت ما را به شاخص های فرسایش پذیری مارن ها رهنمون می کند، امری لازم و ضروری نشان می دهد. مطالعات و تحقیقات آزمایشگاهی در زمینه تأثیر کانی های رس و فاکتورهای شیمیایی خاک بر فرسایش وجود دارد ولی اطلاعات در زمینه مارن ها اندک است. هدف از این پژوهش بررسی ویژگی های شیمیایی و کانی شناسی اراضی مارنی جنوب استان گیلان و رابطه این متغیرها با اشکال مختلف فرسایش می باشد که در نهایت مهمترین عامل یا عوامل ایجاد کننده ناپایداری در اراضی مارنی معرفی می گردد.

مواد و روش ها

محدوده مورد مطالعه در منطقه گیلوان بین عرض شمالی $36^{\circ}50'00''$ تا $36^{\circ}54'10''$ و در طول شرقی $49^{\circ}02'30''$ تا $49^{\circ}08'16''$ واقع گردیده است (شکل ۱). منطقه فوق بر اساس روش دومارتن دارای اقلیم خشک است (Alizadeh, 2001). رژیم رطوبتی این منطقه اریدیک و رژیم حرارتی آن ترمیک می باشد (Banaee, 1998). پوشش گیاهی غالب اراضی مارنی منطقه به دلیل شوری و قلیائیت بالا خیلی کم بوده و فقط گونه های خاصی نظیر *Ayuga chmeosituus*, *Stipa sp.*, *Gypsophylla viygata*, *Salsola sp.* ناپدید می باشند (Guilan Natural Resource Report, 1998).

در مناطق شیاری، شیاریهایی با عمق حدود ۱/۵ تا ۱۲ سانتی متر در سطح خاک به فواصل مختلف دیده می شود. در مناطق آبکندی، هم آبکندهای تثبیت شده وجود دارند که به شرایط پایداری رسیده اند و پوشش گیاهی خیلی تنک در کف آبراهه ها و شیب های جانبی مستقر است و هم آبکندهای دارای فعالیت فرسایشی که حدود ۳۰ درصد منطقه را پوشانده اند، وجود دارد.

مقطع آبکند ها عمدتاً U شکل می باشد و پلان سر آبکندها عمدتاً به صورت نوک دار و در مواردی مدور می باشد.

نیمرخ عمودی سر آبکندها اکثراً بصورت غارمانند و در بعضی مناطق حالت عمودی دارد. طول آبکندها بین ۱۵ تا ۱۶۰ متر متغیر است. عمق متوسط آبکندها بین ۲/۵ تا ۷۰ متر می باشد. در مناطق هزاردره، آبکندها گسترش بیشتری دارند. در این مناطق، دامنه هایی با تراکم شیار زیاد و آبراهه دیده می شود که خاک آن از بین رفته و پوشش گیاهی یا نادر است یا دامنه ها عاری از پوشش گیاهی می باشند. از نظر مورفولوژی، این مناطق شامل دره های V شکل یا گنبدی شکل، کوتاه، بریده بریده و با شیب های تند است که در پایین دست به اراضی مسطح و کم شیب منتهی می شوند.

جهت انجام این تحقیق ابتدا با استفاده از نقشه های توپوگرافی و زمین شناسی با مقیاس ۱/۱۰۰۰۰ و ۱/۲۵۰۰۰۰ و همچنین نقشه های آب و هوا و پوشش گیاهی منطقه، پهنه های مارنی مورد مطالعه قرار گرفت. سپس با انجام بازدیدهای صحرایی و کنترل و تطبیق اطلاعات جمع آوری شده، محدوده مورد مطالعه و محل های نمونه برداری از منجیل تا گیلوان با استفاده از موقعیت یاب جهانی تعیین شد. سپس در لندفرم های غالب مارنی با جهت، شیب و شکل یکسان از چهار نوع فرسایش شامل فرسایش های صفحه ای، شیاری، آبکندی و هزاردره از هر کدام ۱۲ نمونه سطحی و در مجموع ۴۸ نمونه تهیه شد.

نمونه های خاک جمع آوری شده در سایه خشک و پس از کوبیدن از الک ۲ میلی متری عبور داده شد و برای آزمایش های شیمیایی و کانی شناسی آماده گردید. ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات سدیم (Burt, 2004)، کاتیون های کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون و سدیم و پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر اندازه گیری شد (Burt, 2004). ماده آلی به روش والکلی و بلک (Page و همکاران ۱۹۸۲)، مقدار گچ به روش ترسیب با استون و آهک به روش تیتراسیون اندازه گیری شد (Burt, 2004).

آنیون بیکربنات با استفاده از تیتراسیون، کلر به روش موهر و سولفات به روش رسوب سولفات کلسیم تعیین شدند (Burt, 2004). از لایه های سطحی تعداد ۸ نمونه که در برگیرنده انواع مختلف فرسایش با درصد های مختلف آهک و گچ و رنگ های متفاوت در مارن ها بود و دو نمونه هم از مواد مادری به صورت پودری برای شناسایی کانی ها آماده گردیدند. آماده سازی نمونه ها برای مطالعات کانی شناسی و اندازه گیری رس و رس ریز بر اساس روش کیتریک و هوپ صورت گرفت (Kittrick و Hope, ۱۹۷۱). نمونه برداری از چهار شکل مختلف فرسایش در قالب طرح کاملاً تصادفی صورت گرفت. نهایتاً مقایسه میانگین ها توسط آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد با استفاده از نرم افزار SAS صورت گرفت.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه نسبت به ایران و استان گیلان

در سطح کلونید، باعث تورم خاک در اثر جذب آب می‌شوند. با افزایش تورم خاک نیروهای اسمزی و مکانیکی سبب می‌شوند که ذرات خاک از هم دور شده و پراکنده شوند (Bybord, ۲۰۰۰; Ezochi, ۲۰۰۰; Haeri, ۲۰۰۰).

نمونه خاک‌های اشکال مختلف فرسایش دارای pH بیشتر از ۷/۵ هستند. با توجه به جدول ۱ مقادیر میانگین pH از فرسایش صفحه ای تا هزاردره دارای روند افزایشی است. علاوه بر این با توجه به جدول ۲ بین تمامی اشکال فرسایش از نظر pH به غیر از فرسایش صفحه ای با شباری و آبکندی با هزاردره ای، اختلاف معنی دار وجود دارد. همچنین با توجه به روند افزایشی pH از فرسایش صفحه ای به فرسایش هزاردره ای، می‌توان دریافت که pH زیاد، بر افزایش شدت و نوع فرسایش مؤثر است (Asadi و Peyrovan, ۲۰۰۵). در این خاک‌ها چون غلظت الکترولیت زیاد است، pH معمولاً کمتر از ۸/۵ است و خاک حالت همآوری دارد. با این حال در صورتی که نمک‌های محلول شسته شوند، pH خاک به دلیل وجود یون سدیم به بیش از ۸/۵ افزایش یافته و خاک پراکنده می‌شود. انحلال یون‌ها و پایداری کانی‌ها به خصوص کانی‌های سیلیکاته، به pH وابسته است. در مارن‌ها که بستر تشکیل خاک‌های شور و قلیا هستند، pH در حدود ۸ تا ۸/۵ و بالاتر است. این مقدار pH باعث می‌شود عناصری مانند سیلیسیم، آلومینیوم و آهن موجود در ساختمان کانی‌ها، انحلال یابد و به دنبال آن ساختمان کانی‌ها متلاشی شود (Ouhadi و Yong, ۲۰۰۳).

میانگین آهک در مارن‌های منطقه بین ۶/۹ تا ۸ درصد است (جدول ۱) که بر اساس طبقه بندی فائو، جزء خاک‌های آهکی قرار می‌گیرند (FAO/Unesco, ۱۹۷۲) (Dent and Yong, ۱۹۸۰).

نتایج و بحث

جدول ۱ مقادیر حداکثر، حداقل و میانگین متغیرهای شیمیایی و جدول ۲ مقایسه میانگین متغیرهای شیمیایی را در اشکال مختلف فرسایش نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۱، کمترین مقدار هدایت الکتریکی مربوط به فرسایش صفحه ای و بیشترین آن مربوط به هزاردره‌ها می‌باشد. روند افزایشی هدایت الکتریکی از فرسایش صفحه ای به هزار دره ای مشاهده می‌گردد. علاوه بر این با توجه به جدول ۲، هدایت الکتریکی دارای اختلاف معنی دار بین تمامی اشکال فرسایشی می‌باشد. بنابراین می‌توان مقدار هدایت الکتریکی را به عنوان شاخصی برای فرسایش پذیری مارن‌ها و ایجاد اشکال مختلف فرسایش در نظر گرفت. زیرا افزایش میزان هدایت الکتریکی خاک نشانگر افزایش مواد قابل انحلال موجود در آن می‌باشد. مقادیر زیاد هدایت الکتریکی در محلول خاک که بیشتر یون‌های تشکیل دهنده آن سدیم باشد باعث انبساط شدید در خاک و دیسپرسه شدن آن می‌شود (Kamphorst و Bolt, ۱۹۸۲؛ Ghadimi, ۱۹۹۸؛ Yilmaz و همکاران ۲۰۰۵).

ویژگی بارز اراضی مارنی وجود مقادیر فراوان نمک در آن‌ها است. در خاک‌های مورد مطالعه شوری خاک زیاد می‌باشد که باعث ایجاد ساختمان دانه ای ریز در آن‌ها در حالت خشک می‌شود، ولی به محض رسیدن رطوبت به آن‌ها ساختمان خاک متلاشی می‌شود. زیرا زیاد شدن نمک در پروفیل خاک غیر از اثر بر غلظت محلول خاک ممکن است به تغییر ترکیب کمپلکس تبادل نیز بیانجامد. چنین تغییری به طور مشخص در جهت افزایش درصد یون سدیم قابل تبادل است، چون نمک‌های سدیمی انحلال پذیرترین نوع نمک‌های طبیعت هستند که انحلال آن‌ها و آزاد شدن سدیم و اشغال بخشی از مکان‌های تبدالی

جدول ۱- مقادیر حداقل، میانگین و حداکثر متغیرهای شیمیایی

متغیر*	فرسایش			صفحه ای			شیاری			آبکندی			هزاردره		
	حداقل	میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر
گچ	۱۱/۹	۱۹/۳	۲۸/۱	۱۰/۸	۱۹/۸	۲۸/۵	۱۰/۵	۱۷/۸	۲۱/۴	۱۴/۹	۱۸/۶	۲۱/۷			
آهک	۵/۳	۷/۴۳	۱۱/۵	۵/۵	۶/۹۷	۹/۵	۷/۰۸	۷/۰۸	۱۱	۴/۱	۸/۰۸	۱۲			
هدایت الکتریکی	۸/۱	۱۱/۷	۱۶/۲	۱۱/۳	۱۴/۶	۱۷/۸	۱۲/۳	۱۶/۷	۲۰/۲	۱۶/۴	۲۰/۲	۲۴/۹			
pH	۷/۵	۷/۶	۸/۲	۷/۶	۷/۸	۸/۳	۷/۶	۸/۰۴	۸/۳	۷/۵	۸/۱	۸/۷			
کلر	۱/۳	۳/۸	۷/۱	۳	۸/۶	۱۷/۶	۱/۵	۱۰/۱	۱۷/۲	۲	۱۲/۲	۱۹/۱			
سولفات	۱/۵	۴/۲	۹/۳	۱/۲	۵/۳	۱۱	۱/۵	۵/۱۵	۸/۵	۱/۵	۵/۰	۷/۵			
بیکربنات	۰/۸	۵/۶	۹/۷	۱/۷	۵/۸	۹/۳	۱/۷	۴/۵	۹/۲	۱/۵	۴/۵	۶/۷			
پتاسیم محلول	۰/۰۹	۰/۴۶	۱/۱۸	۰/۳۲	۰/۴۵	۰/۶۵	۰/۱۳	۰/۴۲	۰/۷	۰/۱۶	۰/۵۱	۱/۰			
سدیم محلول	۳۶/۱	۳۳/۱	۲۳/۹	۳۲/۶	۱۰/۱۱	۴۳۶/۳	۴۴/۳	۱۴۸/۲۶	۴۶۱/۹	۱۳۹	۲۹۹/۷	۵۳۰/۷			
کلسیم محلول	۴/۵	۷/۵	۹/۲	۶/۲	۷/۶	۹/۱	۴/۵	۷/۳	۹/۱	۵/۲	۷/۵	۹/۹			
منیزیم محلول	۱/۵	۳/۶	۵/۶۴	۶/۶	۴/۲	۲/۱۵	۲/۱	۴/۹	۸/۵	۳/۳۵	۵/۵	۹/۰			
پتاسیم تبادل	۰/۱	۱/۳	۲/۳	۰/۳۵	۱/۳	۱/۸۶	۰/۵۷	۱/۱	۱/۶	۰/۱	۱/۰	۲/۹۸			
سدیم تبادل	۷/۵	۱۵/۵	۱۹	۱۹/۷	۲۰/۹	۲۴/۶	۲۰/۱	۲۵/۱	۲۹/۳	۲۱/۶	۲۹/۰	۳۴/۳			
کلسیم تبادل	۴/۸	۹/۶	۱۵/۴	۴/۹	۷/۲	۹/۲	۹/۲	۶/۵	۴/۲	۴/۶	۷/۳	۱۶			
منیزیم تبادل	۴	۶/۷	۹/۳	۴	۶/۲	۹/۲	۲	۵/۰	۹	۳/۵	۵/۸	۱۰/۱			
ظرفیت تبادل کاتیونی	۲۶/۳	۳۳/۴	۳۵/۹	۲۷/۵	۳۵/۸	۳۷/۴	۲۹/۳	۳۷/۹	۳۹	۳۹/۳	۴۳/۴	۴۴/۷			
درصد کربن آلی	۰/۸۵	۱/۲۵	۱/۶	۰/۶۴	۱/۰۲	۱/۴	۰/۲۱	۰/۲۹	۰/۳۵	۰/۲۰	۰/۲۲	۰/۳۱			
درصد سدیم تبادل	۱۶	۲۵/۹	۳۰	۴۴	۴۹/۰۸	۵۹	۴۷	۵۷/۹	۶۶	۴۲	۶۳/۶	۷۵			
نسبت جذبی سدیم	۱۳/۵	۱۴/۱	۱۴/۹	۲۸/۱	۵۳/۶	۹۵/۹	۵۱/۷	۸۵/۳	۱۹۰/۹	۵۹/۹	۱۱۹/۱	۲۲۰/۹			

*آهک، گچ و کربن آلی بر حسب درصد، هدایت الکتریکی بر حسب دسی زمینس بر متر، آنیون ها و کاتیون های محلول بر حسب میلی اکی والان بر لیتر، کاتیون های تبادل و ظرفیت تبادل کاتیونی بر اساس میلی اکی والان بر ۱۰۰ گرم خاک، نسبت جذبی سدیم بر حسب میلی اکی والان بر لیتر به توان ۰/۵

جدول ۲- میانگین متغیرهای شیمیایی همراه با مقایسه آماری آن‌ها

متغیر ^o	فرسایش	صفحه ای	شیاری	آب‌کندی	هزاردره
گچ	(۴/۷۶)۱۹/۳ ^{a**}	(۵/۸۲)۱۹/۸ ^a	(۳/۱۹)۱۷/۸ ^a	(۲/۲۸)۱۸/۶ ^a	
آهک	(۱/۸۷)۷/۴۳ ^a	(۳/۰۲)۶/۹۷ ^a	(۱/۷۷)۷/۰۸ ^a	(۲/۶۶)۸/۰۸ ^a	
هدایت الکتریکی	(۲/۲۳)۱۱/۷ ^d	(۲/۳۳)۱۴/۶ ^c	(۲/۳۶)۱۶/۷ ^b	(۲/۶۷)۲۰/۲ ^a	
pH	(۰/۲۱)۷/۶ ^b	(۰/۲۳)۷/۸ ^b	(۰/۲۵)۸/۰۴ ^a	(۰/۳۸)۸/۱ ^a	
کلر	(۱/۸۲)۳/۸ ^b	(۴/۶۶)۸/۶ ^a	(۵/۱۳)۱۰/۱ ^a	(۵/۴۲)۱۲/۲ ^a	
سولفات	(۲/۲۹)۴/۲ ^a	(۲/۴۳)۵/۳ ^a	(۱/۷۷)۵/۱۵ ^a	(۱/۹۳)۵/۰ ^a	
بی‌کربنات	(۳/۳۲)۵/۶ ^a	(۲/۷۱)۵/۸ ^a	(۲/۵۸)۴/۵ ^a	(۱/۷۲)۴/۵ ^a	
پتاسیم محلول	(۰/۳۸)۰/۴۶ ^a	(۰/۰۹)۰/۴۵ ^a	(۰/۱۴)۰/۴۲ ^a	(۰/۲۴)۰/۵۱ ^a	
سدیم محلول	(۳/۷۲)۳۳/۱ ^d	(۱۴۰)۱۰/۱۱ ^c	(۱۲۴)۱۴۸/۲۶ ^b	(۱۳۸)۲۹۹/۷ ^a	
کلسیم محلول	(۱/۴۴)۷/۵ ^a	(۰/۹۴)۷/۶ ^a	(۱/۱۴)۷/۳ ^a	(۱/۲۸)۷/۵ ^a	
منیزیم محلول	(۱/۲۸)۳/۶ ^b	(۱/۵۱)۴/۲ ^{ab}	(۱/۸۴)۴/۹ ^{ab}	(۱/۵۵)۵/۸ ^a	
پتاسیم تبادل	(۰/۶۷)۱/۳ ^a	(۰/۴۸)۱/۳ ^a	(۰/۳۶)۱/۱ ^a	(۰/۹۲)۱/۰ ^a	
سدیم تبادل	(۲/۱۷)۱۵/۵ ^d	(۱/۶۵)۲۰/۹ ^c	(۲/۶۱)۲۵/۱ ^b	(۳/۶۱)۲۹/۰ ^a	
کلسیم تبادل	(۲/۶۷)۹/۶ ^a	(۱/۴۵)۷/۲ ^a	(۱/۵۳)۶/۵ ^a	(۳/۲۹)۷/۳ ^a	
منیزیم تبادل	(۱/۸۹)۶/۷ ^a	(۱/۷۴)۶/۲ ^a	(۱/۹۳)۵/۰ ^a	(۱/۹۱)۵/۸ ^a	
ظرفیت تبادل کاتیونی	(۵/۱۷)۳۳/۴ ^b	(۴/۸)۳۵/۸ ^{ab}	(۴/۸)۳۷/۹ ^a	(۲/۹)۴۳/۴ ^a	
درصد کربن آلی	(۰/۵۶)۱/۲۵ ^a	(۰/۴۵)۱/۰۲ ^a	(۰/۱۶)۰/۲۹ ^b	(۰/۳۴)۰/۲۲ ^b	
درصد سدیم تبادل	(۰/۵۲)۲۵/۹ ^a	(۰/۷۱)۴۹/۰۸ ^b	(۰/۹۳)۵۷/۹ ^c	(۱/۲)۶۳/۶ ^d	
نسبت جذبی سدیم	(۰/۱۱)۱۴/۱ ^a	(۰/۳)۵۳/۶ ^b	(۰/۷۲)۸۵/۳ ^c	(۱)۱۱۹/۱ ^d	

*مقادیر آهک، گچ، کربن آلی بر حسب درصد، هدایت الکتریکی اشباع بر حسب دسی‌زیمنس بر متر، آنیون‌ها و کاتیون‌های محلول بر اساس میلی‌اکی‌والانت بر لیتر، کاتیون‌های تبادل و ظرفیت تبادل کاتیونی بر حسب میلی‌اکی‌والانت بر ۱۰۰ گرم خاک، نسبت جذبی سدیم بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر به توان ۰/۵
 **حروف a, b, c و d مربوط به مقایسه میانگین به روش دانکن و سطح احتمال آماری ۰/۰۵ است. همچنین اعداد داخل پرانتز نشان دهنده انحراف معیار داده هاست.

خاک های ماری که بیشتر املاح تشکیل دهنده آن ها نمک است، شرایط برای رشد گیاه فراهم نیست، بنابراین دارای فقر ماده آلی می باشند، که به طبع آن خاکدانه سازی و ساختمان سازی کم و ذرات بدون ساختمان به وجود می آید که این گونه خاک ها مستعد هرگونه فرسایش می باشند (Ghadimi, ۱۹۹۸؛ Names و همکاران ۲۰۰۵).

حداکثر و حداقل مقدار کلسیم تبدالی مربوط به فرسایش هزاردره ای است (جدول ۱). نتایج آزمون آماری ارائه شده در جدول ۲ نشان می دهد که فرسایش صفحه ای با سایر اشکال دارای اختلاف معنی دار است، ولی سایر اشکال فرسایشی با یکدیگر از نظر کلسیم تبدالی اختلاف معنی داری ندارند. همچنین حداکثر و حداقل مقدار منیزیم تبدالی (جدول ۱) به ترتیب مربوط به فرسایش هزاردره ای و آبکندی است. اشکال مختلف فرسایش از نظر یون منیزیم تبدالی، اختلاف معنی داری ندارند (جدول ۲). یون های منیزیم تبدالی نیز نقشی مانند سدیم داشته و در خاک هایی که غلظت آن نسبت به کلسیم بالا باشد (یا از طریق هوازدگی کانی های خاک آزاد شده یا از طریق افزایش دولومیت)، حالتی مثل خاک های سدیک به آن ها خواهد داد. منیزیم در سایت های تبدالی، دیسپرسه شدن خاک را افزایش داده و در نتیجه منجر به ایجاد سله سطحی و کاهش رواناب می شود. علت این است که انرژی آبپوشی منیزیم به نسبت کلسیم کمتر بوده و در نتیجه ضخامت لایه آبپوشیده بیشتری دارد که باعث افزایش فاصله بین لایه های رس و کاهش نیروی الکترواستاتیکی بین ذرات رس شده و منجر به دیسپرسه شدن می شود (Dontsova و Norton, ۲۰۰۱). میانگین نسبت منیزیم به کلسیم، از فرسایش صفحه ای به هزار دره ای دارای روند صعودی است، ولی تفاوت معنی داری با هم ندارند. هرچه نسبت منیزیم به کلسیم در خاک ها افزایش یابد میانگین وزنی قطر خاکدانه ها کاهش، فرسایش و سله سطحی افزایش می یابد (Dontsova و Norton, ۲۰۰۱).

مقدار حداقل یون پتاسیم تبدالی به طور مشترک مربوط به فرسایش صفحه ای و هزاردره ای و مقدار حداکثر مربوط به هزاردره ای است (جدول ۱). هیچ اختلاف معنی داری بین اشکال مختلف فرسایش و یون پتاسیم وجود ندارد (جدول ۲). با توجه به جدول ۲، حداقل و حداکثر مقدار سدیم تبدالی به ترتیب مربوط به فرسایش صفحه ای و هزاردره ای است. سدیم تبدالی دارای یک روند افزایشی از فرسایش صفحه ای به هزاردره ای می باشد. همچنین بین تمام اشکال فرسایش از نظر سدیم تبدالی اختلاف معنی داری وجود دارد. بنابراین می توان سدیم تبدالی را به عنوان یک شاخص برای تفکیک اشکال مختلف فرسایش قلمداد کرد (Bouma و Imeson, ۲۰۰۰؛ Bork, ۲۰۰۴؛ Archibold و Levesque, ۲۰۰۳؛ Vacher و همکاران ۲۰۰۴).

مقدار میانگین نسبت جذبی سدیم و درصد سدیم تبدالی در خاک های مورد مطالعه دارای روند افزایشی از فرسایش صفحه ای به هزاردره ای است (جدول ۱). بین همه اشکال فرسایش، در این موارد اختلاف معنی دار وجود دارد (جدول ۲). بنابراین می توان مقدار نسبت جذبی سدیم و درصد سدیم تبدالی را به عنوان عوامل تعیین کننده شدت و نوع فرسایش در مارن ها قلمداد کرد. (Heed, ۱۹۷۱؛ Ghadimi, ۱۹۹۸؛ Bouma و Imeson, ۲۰۰۰). افزایش درصد سدیم تبدالی به بیش از ۱۵ درصد، باعث کاهش پایداری خاکدانه ها می شود و اگر درصد

مقادیر حداکثر و حداقل کربنات کلسیم اندازه گیری شده مربوط به فرسایش هزاردره ای می باشد. تحلیل آماری موجود در جدول ۲ نشان می دهد که آهک موجود در اراضی در اشکال مختلف فرسایش تفاوت معنی داری ندارد. بنابراین مقدار کربنات کلسیم را نمی توان به عنوان شاخصی برای تعیین اشکال فرسایشی در مارن های عرصه تحقیق در نظر گرفت. آهک ممکن است باعث کاهش یا افزایش همآوری رس ها گردد. تأثیر مثبت آهک در پایداری خاکدانه ها به این صورت است که به عنوان سیمان موجب افزایش پایداری در پهنه های ماری می شود، زیرا باعث ایجاد ساختمان در خاک و در نتیجه افزایش نفوذپذیری و کاهش رواناب می شود. نقش کربنات کلسیم در خاک در هر دو جنبه ساختمان و بافت حائز اهمیت است. بدین معنا که از یک سو با همآوری ذرات خاک و تشکیل ساختمان نقش خود را در سهولت آزادسازی رطوبت در مکش های کم اعمال می کند و از سوی دیگر با ایجاد محیط متخلخل ریز، رطوبت را حتی در مکش های بالا نیز توزیع می کند (Mermut و همکاران ۲۰۰۰). البته نتایج بعضی تحقیقات نشان می دهد در مناطقی که از آهک برای افزایش پایداری عرصه های ماری استفاده شده، ممکن است در ابتدا باعث بهبود ساختمان و افزایش پایداری آن ها شود، ولی بعد از گذشت مدت زمان معین به دلیل تشکیل کانی های رسی انبساط پذیر اترینگایت، تاماسایت و پالیگورسکایت موجب کاهش پایداری می شود، زیرا این کانی ها در حضور آهک در مارن ها بوجود می آیند (Mohamed, ۲۰۰۰؛ Yong و Ouhadi, ۲۰۰۳). همچنین آهک می تواند با افزایش pH، باعث زیاد شدن بار سطحی رس ها گشته و نیروی دفعی بین ذرات را افزایش دهد و از این طریق باعث کاهش پایداری رس ها گردد (Logan و Castro, ۲۰۰۰).

جدول ۱ نشان می دهد که مقادیر حداکثر و حداقل گچ به ترتیب مربوط به فرسایش های شیبی و آبکندی می باشند. آنالیز آماری ارائه شده در جدول ۲ نیز بیان کننده این موضوع است که هیچ تفاوت معنی داری بین اشکال مختلف فرسایش در مورد گچ وجود ندارد، بنابراین نمی توان گچ را به عنوان شاخصی برای تعیین اشکال مختلف فرسایش در نظر گرفت. همچنین میانگین مقدار گچ در منطقه بین ۱۷/۷۸ تا ۱۹/۷۸ درصد متغیر است که بر اساس طبقه بندی فائو جزء خاک های گچی قرار می گیرد (FAO, ۱۹۹۰). به نظر می رسد که منشأ گچ در خاک های منطقه منجیل بر اثر هوازدگی و تشکیل در جای گچ از مواد مادری به دلیل وجود شیل ها و مارن های گچی باشد. همچنین ممکن است در اثر وزش بادهای شدید در منطقه گچ بصورت گرد و غبار منتقل شده و در این خاک ها رسوب کرده باشد.

مقدار حداقل کربن آلی مربوط به هزاردره ای و مقدار حداکثر آن مربوط به فرسایش صفحه ای می باشد (جدول ۱). مقایسه میانگین کربن آلی در جدول ۲ در فرم های مختلف فرسایشی مشخص است که بین فرسایش آبکندی با هزاردره ای، و شیبی با صفحه ای اختلاف معنی داری از نظر کربن آلی وجود ندارد، در صورتی که این اختلاف بین اشکال صفحه ای با آبکندی، صفحه ای با هزاردره، شیبی با آبکندی و شیبی با هزاردره معنی دار شد. مواد آلی باعث پایداری ساختمان خاک می شود به طوری که با رس ها کمپلکس پایداری را تشکیل می دهند و در برابر سدیم و pH زیاد خاکدانه ها را محافظت می کنند. در

نمک یک اسید قوی است. بنابراین، حذف یا جذب کاتیون همراه آن می‌تواند باعث کاهش pH گردد. در حالی که برای بیکربنات چنین موردی دیده نمی‌شود (Rosswell, ۲۰۰۲؛ Yilmaz و همکاران ۲۰۰۵).

مقدار میانگین ظرفیت تبادل کاتیونی، دارای یک روند افزایشی از حالت صفحه‌ای به هزاردره است (جدول ۱). کمترین و بیشترین مقدار به ترتیب مربوط به فرسایش صفحه‌ای و هزاردره‌ای است. جدول ۲ نشان می‌دهد که فقط فرسایش‌های صفحه‌ای با هزاردره، صفحه‌ای با آبکندی و شیاری با هزاردره دارای اختلاف معنی‌دار هستند. با توجه به درصد زیاد رس در نمونه‌های آبکند و هزاردره و مقدار کم ماده آلی در آن‌ها، می‌توان گفت که ظرفیت تبادل کاتیونی بالا در این خاک‌ها بیشتر مربوط به جزء رس یعنی میزان و نوع رس می‌باشد. نتایج حاصل از آزمایشات کانی‌شناسی که در صفحات بعد مورد بررسی قرار خواهند گرفت نیز نشان‌دهنده وجود کانی‌های ۲:۱ انبساط‌پذیر اسمکتیتی در آبکندها و هزاردره‌ها می‌باشد (Ghadimi, ۱۹۹۸؛ Bobrovistskaya, ۲۰۰۰).

شکل ۲، دیفراکتوگرام یکی از نمونه‌های مربوط به مناطق دارای فرسایش صفحه‌ای، را نشان می‌دهد. کانی‌های غالب شامل کائولینیت، ورمی کولیت، ایلیت و کوارتز می‌باشد. کانی‌های غالب مناطق دارای فرسایش شیاری شامل میکا، کائولینیت، ورمیکولایت و کوارتز می‌باشد (شکل ۳). پیک اشباع با پتاسیم در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد مقداری ورمیکولایت بین لایه‌ای را نیز نشان می‌دهد.

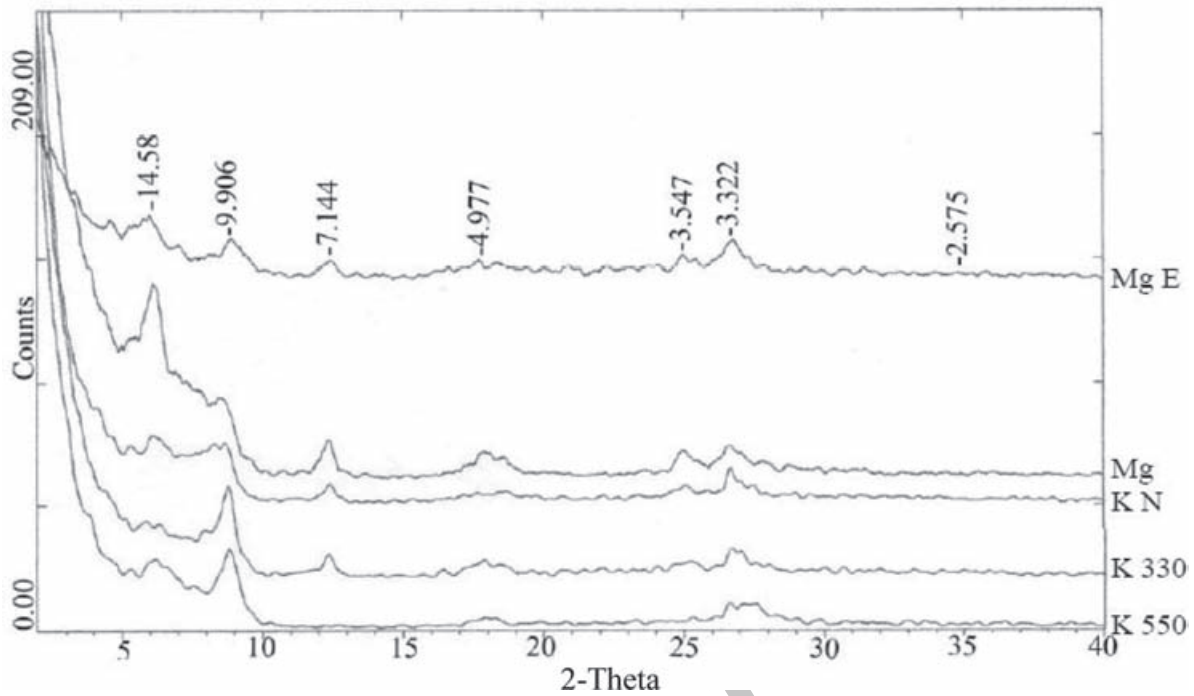
کانی‌های غالب مناطق مارنی تحت تأثیر فرسایش آبکندی شامل اسمکتیت و کائولینیت می‌باشد که مقدار اسمکتیت زیاد است (شکل ۴). شکل ۵ مربوط به دیفراکتوگرام خاک سطحی مناطق هزاردره می‌باشد. کانی‌های غالب شامل اسمکتیت، کائولینیت و ایلیت است. همان‌طور که در تفسیر دیفراکتوگرام‌ها بیان شد، نمونه خاک‌های مناطق دارای فرسایش آبکندی و هزاردره‌ای کانی‌رسی اسمکتیت داشتند، در حالی که در نمونه‌های مربوط به فرسایش صفحه‌ای و شیاری این کانی‌رسی موجود نیست. اسمکتیت‌ها ظرفیت آماس‌پذیری زیادی داشته و با جذب آب باعث تورم و واگرایی خاک‌ها شده و ناپایداری و فرسایش بیشتر را سبب می‌شوند. وجود اسمکتیت باعث تشدید فرسایش از حالت صفحه‌ای و شیاری به انواع پیشرفته آبکندی و هزاردره‌ای شده است (Bobrovistskaya, ۲۰۰۰؛ Bork, ۲۰۰۴؛ Grubin و Bryan, ۲۰۱۱).

شکل ۶، دیفراکتوگرام سنگ مادری مناطق دارای فرسایش صفحه‌ای را نشان می‌دهد که وجود گچ در مواد مادری کاملاً نمایان است. کانی‌های رسی، آهک، کوارتز و فلدسپارها نیز قابل تشخیص هستند. لازم به ذکر است که مقدار کلسیت و گچ این سنگ، در آزمایشگاه تعیین شد که به ترتیب ۸ و ۱۸ درصد بودند. شکل ۷، مربوط به سنگ مادری مناطق هزاردره است.

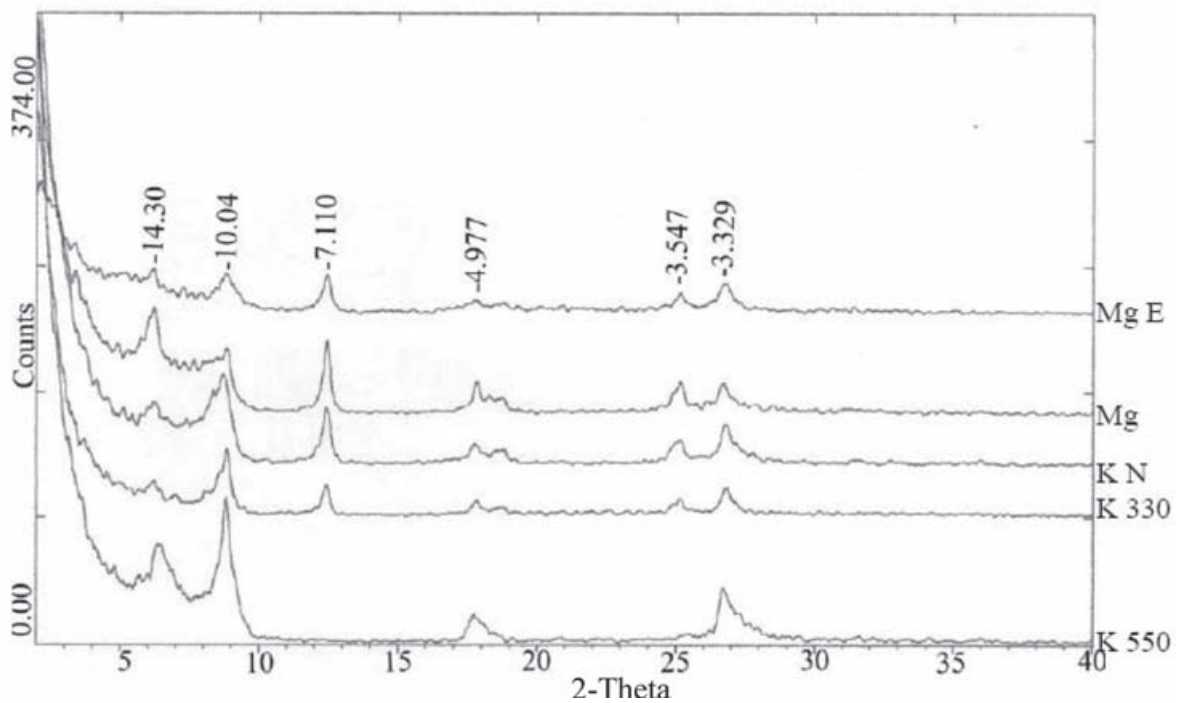
در این دیفراکتوگرام، کانی‌های رسی، میکا، کوارتز، کلسیت، فلدسپار و نمک کلرید سدیم قابل رؤیت است. بنابراین، می‌توان گفت نمک‌های موجود در خاک‌های مارنی مورد مطالعه تا حدی نیز منشأ توارثی دارد. مقدار گچ و آهک این سنگ در آزمایشگاه، به ترتیب ۱۵/۵ و ۷/۷ درصد محاسبه شد.

سدیم تبدالی به بیست درصد برسد پایداری خاکدانه‌ها به حداقل کاهش می‌یابد. زمانی که سدیم عمده کاتیون جذب شده باشد فاصله بین ذره‌ای به آرامی زیاد شده و با ادامه مرطوب شدن تا بالای ۷ نانومتر می‌رسد و ذرات رس به طور کل از یکدیگر جدا شده و در نتیجه رس‌ها دیسپرس می‌شوند با افزایش تورم خاک نیروهای اسمزی و مکانیکی سبب می‌شوند که ذرات خاک از هم دور شده و پراکنش حاصل نمایند. نتیجه آزمایش‌ها مبین این نکته است که افزایش درصد سدیم تبدالی و نسبت جذبی سدیم در خاک موجبات پراکنندگی ذرات را فراهم ساخته و باعث کاهش نفوذپذیری خاک می‌شود (Sameni, ۱۹۹۲؛ Rafahi, ۲۰۰۰). بالاترین مقدار سدیم، منیزیم و کلسیم محلول مربوط به مارن‌های با فرسایش هزاردره‌ای می‌باشد (جدول ۱). یک روند افزایشی در یون‌های سدیم محلول از فرسایش صفحه‌ای به هزاردره‌ای وجود دارد و تجزیه آماری جدول ۲ نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین اشکال مختلف فرسایش از لحاظ سدیم محلول می‌باشد. مقایسه میانگین منیزیم (جدول ۲)، نیز در فرسایش‌های مختلف نشان می‌دهد که فقط فرسایش‌های صفحه‌ای با هزاردره دارای اختلاف معنی‌دار هستند. در حالی که از نظر یون کلسیم هیچ تفاوت معنی‌داری در اشکال مختلف فرسایش دیده نمی‌شود. میزان پتاسیم محلول هم در اشکال مختلف فرسایشی هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد (جدول ۲). بنابراین منیزیم و به ویژه سدیم موجود در مارن‌ها مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده پایداری در مارن‌ها می‌باشند. زیرا درصد بالای سدیم در مارن‌ها از طرفی باعث افزایش درجه پخشیدگی ذرات خاک می‌شود و از سوی دیگر باعث ایجاد مسمومیت در گیاهان و مشکلات تغذیه معدنی نظیر کمبود کلسیم و کاهش تهویه را سبب شده که رشد پوشش گیاهی را محدود ساخته، که خود در تنوع اشکال فرسایش و شدت آن دخالت دارد. همچنین یون‌های منیزیم با ایجاد سمیت، محیط نامناسبی را برای رشد پوشش گیاهی فراهم می‌کنند و فرآیندهای فرسایشی فعال می‌شوند (Heed, ۱۹۷۱؛ Barthes و Roose, ۲۰۰۲). البته مشکلاتی که خشک بودن اقلیم و اثرات وجود سدیم در خاک بر خصوصیات فیزیکی خاک دارد بسیار بیشتر و جدی‌تر از مسمومیت در گیاه می‌باشد. در بسیاری از اراضی مارنی که بارندگی کافی دریافت می‌کنند، در شرایط طبیعی پوشش گیاهی مناسبی دیده می‌شود.

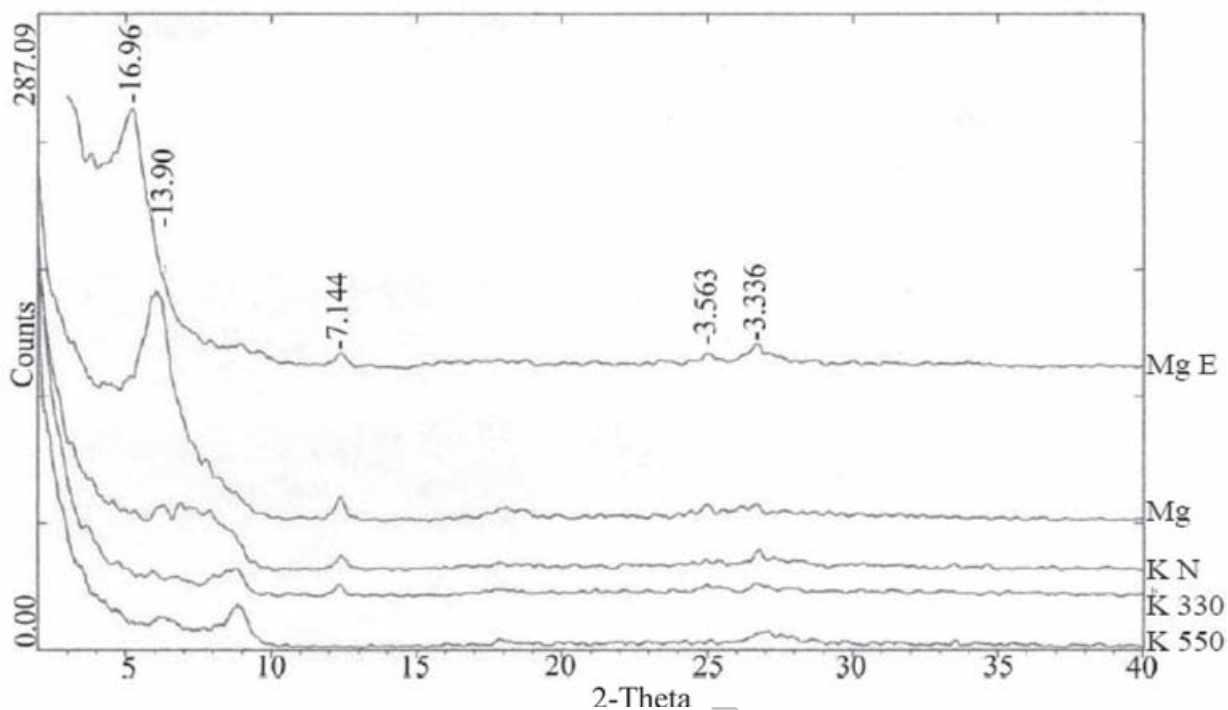
آنیون‌های سولفات، کلر و بیکربنات از مهم‌ترین آنیون‌های موجود در مارن‌های منطقه هستند که طیف وسیعی را در اشکال فرسایش نشان می‌دهند. با توجه به جدول ۱ بیشترین مقدار یون کلر مربوط به هزاردره‌ها و کمترین مقدار مربوط به صفحه‌ای است. یون کلر دارای روند افزایشی از حالت صفحه‌ای به هزاردره است. همچنین جدول ۲ نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار یون‌های کلر فقط بین صفحه‌ای و هزاردره است. ولی در مورد یون‌های سولفات و بیکربنات چنین اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. بیشترین و کمترین مقدار سولفات مربوط به فرسایش شیاری می‌باشد. در مورد یون بی‌کربنات، حداکثر و حداقل مقدار مربوط به هزاردره‌ها می‌باشد. به طور کلی افزایش یون کلر می‌تواند در ترکیبات به همراه سدیم و منیزیم شرکت کرده و به تشکیل ترکیبات کلرید سدیم، کلرید کلسیم و کلرید منیزیم منجر شوند که موجب ناپایداری و فرسایش‌پذیری بیشتر مارن‌ها شود. همچنین، کلر،



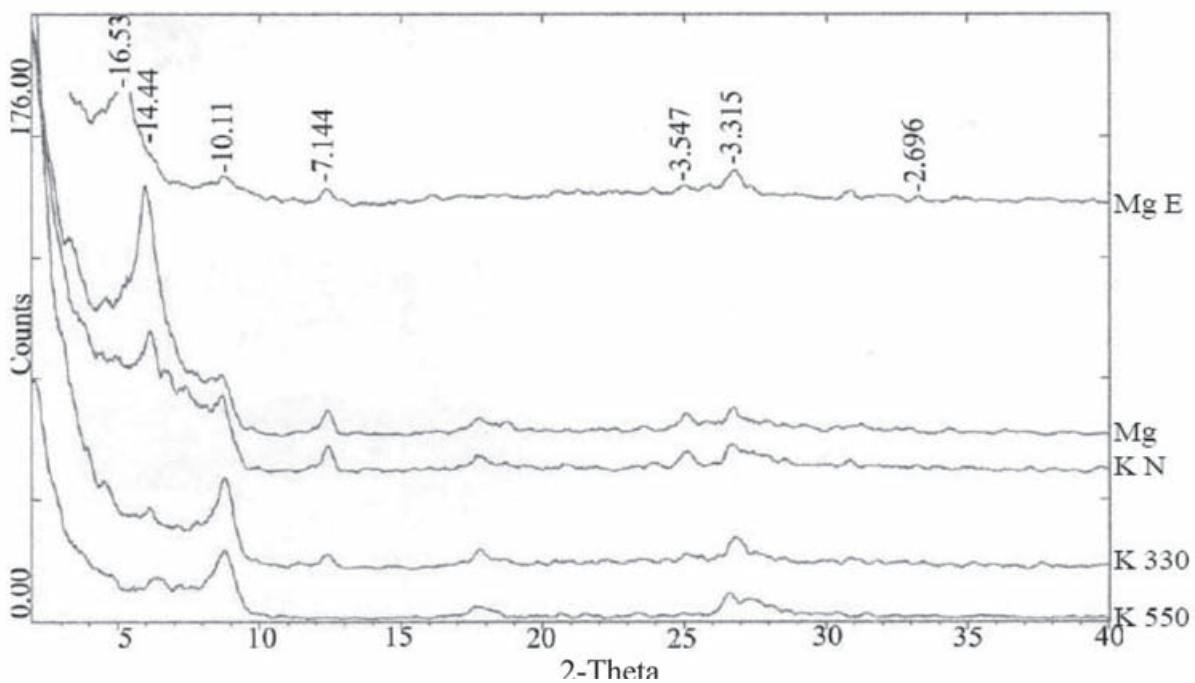
شکل ۲- دیفراکتوگرام مربوط به نمونه خاک فرسایش صفحه ای



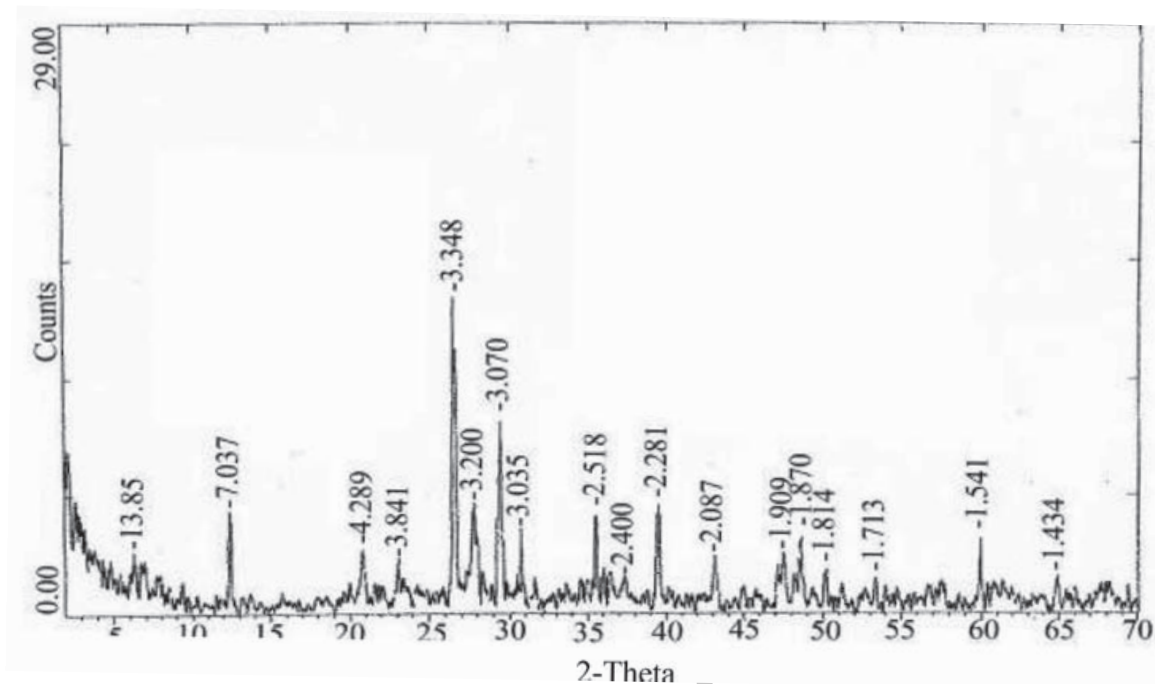
شکل ۳- دیفراکتوگرام مربوط به مناطق دارای فرسایش شیاری



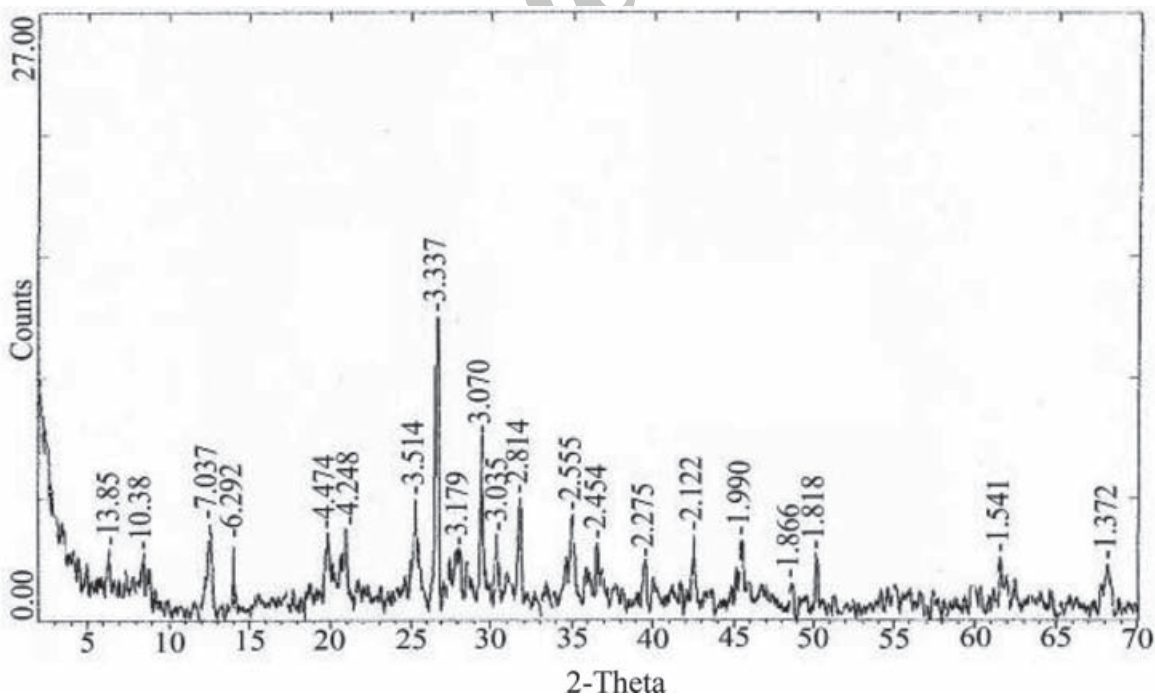
شکل ۴- دیفراکتوگرام مربوط به نمونه خاک فرسایش آبکندی



شکل ۵- دیفراکتوگرام مربوط به مناطق هزاردره



شکل ۶- دیفراکتوگرام مربوط به سنگ مادری مناطق دارای فرسایش صفحه ای



شکل ۷- دیفراکتوگرام مربوط به سنگ مادری مناطق هزاردره

tion Service, USA, 700p.

11- Bybord, M. (2000) *Soil Physics*. 6th ed. Tehran University Press. 671p. (In Persian).

12- Castro, C.F.O. and Logan, T.J. (2000) Liming effects on the stability and erodibility of some Brazilian Oxisols. *Soil Science Society of American Journal*, 55: 1407-1413.

13- Dent, D. and Yong, A. (1980) *Soil survey and land evaluation*. School of Environmental Sciences, university of East Anglia, Norwich.

14- Dontsova, K. and Norton, L.D. (2001) *Effects of exchangeable Ca:Mg ratio on soil clay flocculation, infiltration and erosion*. National Soil Erosion Research Laboratory. USDA-ARS.

15- Emami, N. and Ghazavi, M. (2001) *Landslide and slope failures due to saturated soft soil: A case study*. In: *Soft Soil Engineering*. Lee et al. (eds). Swets & Zeitinger, ISBN 90 265 1866 8, Google books. Pp: 103-109.

16- Ezochi, J.I. (2000) *The influence of runoff, lithology and water table on the dimensions and rate of gully processes in Eastern, Nigeria*. Elsevier, Catena verlage. Cremlingen.

17- FAO. (1990) *Management of gypsiferous soils*. FAO Soils, Bull. 62.

18- FAO/Unesco. (1971) *Irrigation, drainage and salinity*. 510p.

19- Ghadimi Arous Mahaleh, F. (1998) Investigation on relationship between different forms of erosion and physicochemical characteristics of marls. *Journal of Pajouhesh and Sazandegi*. No: 40-42, Pp: 95-99. (In Persian)

20- Ghoddousi, J. (2003) *Modelling of gully erosion in Zanjanrood watershed*. Ph.D thesis, Faculty of Natural Resources, Tehran University. 368p. (In Persian)

21- Grubin, M.K. and Bryan, R. (2011) Clay mineralogy as a crucial factor in badland hillslope processes. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 13, EGU2011-13966.

22- Guilan Natural Resource and Agricultural Research Center. (1998) *Report of place identification for research station establishment in Roodbar watershed*. (In Persian)

23- Haeri, M. (2000) *Physico-chemical erosion of natural and compacted earth embankments*. Proc. of the 5th international seminar on soil mechanics and foundation eng. of Iran. Vol, 9. Pp:221-222.

24- Heed, B.H. (1971) Characteristics and processes of soil piping in gullies. Dep. of Agric., *Forest serv*, paper, Rm. 68, 15.

25- Heshmati, M. (2000) *Study on Ghasreshirin and Sumar formations due to lithology and sedimentation*. 2nd erosion and sediment national conference. University of Lorestan, Khorram Abad. 5p. (In Persian)

26- Kamphorst, A. and Bolt, G.H. (1982) Influence of exchange-

نتیجه گیری

یون سدیم نسبت به سایر کاتیون های محلول نقش عمده ای در ایجاد فرسایش در مارن ها دارد. از طرفی با توجه به نتایج تجزیه واریانس، میزان یون سدیم و هدایت الکتریکی در اشکال مختلف فرسایش دارای تفاوت معنی دار بودند که در تنوع اشکال مختلف فرسایشی نقش مهمی دارند. همچنین عوامل دیگری نظیر نوع رس های خاک نیز در ایجاد فرم های مختلف فرسایشی مؤثرند. زیرا رس های انبساط پذیر در اثر جذب آب و تورم موجب کاهش نفوذپذیری آب به درون خاک می گردد. نتایج کانی شناسی نیز نشان دهنده وجود رس های انبساط پذیر اسمکتیتی در مناطق آبکندی و هزاردره می باشد. ظرفیت آماس پذیری زیاد اسمکتیت سبب ناپایداری خاکدانه ها شده که منجر به ایجاد اراضی هزار دره ای ناپایدار می شود. بر طبق نتایج بدست آمده خاک های منطقه جزء خاک های شور و قلیا قرار دارند. همچنین، بعلت فرسایش شدید، امکان تحول پروفیلی در طول زمان وجود نداشته، بنابراین اکثر کانی های ثانویه موجود در مارن ها منشأ توارثی دارد.

منابع مورد استفاده

- 1- Akihiro, I., Kazahito, M. and Seiichi, O. (2002) *Chemical properties and classification of Japanese brown forest soils derived from various parent materials*. Symposium, No. 40, paper No. 468.
- 2- Alizadeh, A. (2001) *Air and Climatology*. Ferdowsi University of Mashhad Press. 4th ed. 382p. (In Persian)
- 3- Archibold, O.W. and Levesque, L.M.J. (2003) Gully retreat in semi urban catchment in Saskatoon, Saskatchewan. *Journal of Applied Geography*. 23(4):261-279.
- 4- Banaee, M.H. (1998) *Moisture and temperature regimes map of Iran soils*. Iranian Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran. (In Persian)
- 5- Barthes, B. and Roose, E. (2002) Aggregate stability as an indicator of soil susceptibility to runoff and erosion: Validation at several levels. *Journal of Catena*, 77:133-149.
- 6- Benito, G., Gutierrez, M. and Sancho, C. (1991) *Erosion pattern in rill and interrill areas in badland zones of the middle Ebro Basin (NE-Spain)*. Soil erosion studies in Spain. Pp: 41-54.
- 7- Bobrovistskaya, N.N. (2000) *Hydrological, meteorological and morphological aspects of studying gully erosion in period of global change*. Elsevier, Catena Verlag. Cremlingen.
- 8- Bork, H.R. (2004) *Soil erosion during the 20th century*. Examples from South Africa, China and Europe. Technology Press, Chengdu, China, P: 3-10.
- 9- Bouma, N.A. and Imeson, A.C. (2000) Investigation of relationships between measured field indicators and erosion processes on badland surfaces at petrer, Spain. *Journal of Catena*, 40: 147-171.
- 10- Burt, R. (2004) *Soil Survey Laboratory Methods Manual*. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conserva-

- able cation composition on the size and shape of montmorillonite particles in dilute suspension. *Clays & Clay Minerals Journal*, 30: 40-48.
- 27- Kittrick, J.A. and Hope, E.W. (1971) A procedure for the particle-size separation on soils for X-ray diffraction analysis. *Soil Science Society American Journal*, Madison, Wiscon. USA. Pp: 383-409.
- 28- Lado, M., Paz, A. and Ben-Hur, M. (2004) Organic matter and aggregate size interactions in saturated hydraulic conductivity. *Soil Science Society American Journal*, 68: 234-242.
- 29- Mermut, A.R., Amundson, R. and Cerling, T.E. (2000) *The use of stable isotopes in studying carbonates dynamics in soils*. In: Global climate change and pedogenic carbonates, edited by Lal, R., John, M. Kimble, H. and Stewart, B.A. Pp: 231-239.
- 30- Mohamed, A.M.O. (2000) The role of clay mineral in marly soils on its stability. *Engineering Geology Journal*, 57: 193-203.
- 31- Names, A., Rawls, J. and Yakov, A. (2005) Influence of organic matter on the estimation of saturated hydraulic conductivity. *Soil Science Society American Journal*, 69: 1330-1337.
- 32- Ouhadi, V.R. and Yong, R. N. (2003) The role of clay fraction of marly soils on their post stabilization failure. *Engineering Geology Journal*.
- 33- Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D. R. (1982) Methods of Soil Analysis Part 2: Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed., American Society Agronomy, *Journal of Soil Science Society American*, Madison, Wisconsin, USA. 1159p.
- 34- Peyrovan, H.R. and Asadi.T. (2005) *Study of some physico-chemical characteristics of marly soils on different forms of erosion*. 9th Iranian soil congress. Soil and water conservation research centre, Tehran, Iran. 3p. (In Persian).
- 35- Rafahi, H.G.H. (2000) *Soil Erosion by Water and Conservation*. Tehran University Press. 3rd ed. 551p. (In Persian)
- 36- Roswell, C.J. (2002) *Potential sources of sediments and nutrients: Sheet and rill erosion and phosphorus sources, state of the environmental, technical paper series, Australia*.
- 37- Sameni, A. (1992) Effect of salinity and sodium on soil structure and hydraulic conductivity. *Journal of Science and Industry Researches*, No: 22, Pp: 70. (In Persian)
- 38- Vacher, C.A., Raine, S.R. and Loch, R.J. (2004) *Testing procedures to characterize tunneling risk on soil materials*. 13th International Soil Conservation Organization Conference- Brisbane. July 2004 (ISCO).
- 39- Valentin, C., Poesen, J. and Yong, L. (2005) Gully erosion: impacts, factors and control. *Journal of Catena*, 63: 132-153.
- 40- Wakindiki, I.I.C. and Ben-Hur, M. (2002) Soil mineralogy and texture effects on crust micromorphology, infiltration and erosion. *Journal of Soil Science Society American*, 66:597-905.
- 41- Yilmaz, K., Eluk, U., Kapur, S. and Ryan, J. (2005) Clay Minerals, Ca/Mg Ratio and Fe-Al-Oxides in Relation to Structural Stability, Hydraulic Conductivity and Soil Erosion in Southeastern Turkey. *Turk Journal Agric*, 29: 29-37.