

رابطه‌ی ویژگی‌های خاک‌شناسی مارن‌ها با اشکال مختلف فرسایش

حوزه‌ی آبخیز تلخه‌رود

رامین سلماسی - استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی تبریز

عباس احمدی* - استادیار گروه علوم خاک، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه تبریز

پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۸/۱۵ تأیید نهایی: ۱۳۹۰/۱۱/۵

چکیده

بیشترین میزان فرسایش و تولید رسوب حوزه‌ی آبخیز تلخه‌رود مربوط به سازندهای مارنی آن است. در پژوهش پیش رو تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های مارن در پیدایش فرسایش شیاری، خندقی، توده‌ای و هزاردره‌ای مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور در واحدهای یکسان مارنی (از لحاظ ویژگی‌های درصد شیب، جهت شیب، ارتفاع و میزان پوشش گیاهی) از مارن‌های با اشکال مختلف فرسایش نمونه‌گیری شد و ویژگی‌های pH، هدایت الکتریکی، کربن آلی، سدیم، پتاسیم، کلر، کلسیم همراه با منیزیم، ظرفیت تبادل کاتیونی، نسبت سدیم قابل جذب (SAR)، گچ، آهک، درصد شن، سیلت و رس، نفوذپذیری و پایداری خاکدانه‌های آنها تعیین شد. سپس داده‌های به‌دست آمده مورد تجزیه و تحلیل واریانس و مقایسه‌ی میانگین‌ها قرار گرفتند. نتایج این مطالعه نشان داد که از بین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده، pH، درصد گچ و درصد شن نمونه‌ها، اختلاف معنادار در بین اشکال مختلف فرسایش داشتند. بیشترین میزان pH در فرسایش توده‌ای و برای درصد شن و گچ در فرسایش خندقی مشاهده شد. کمترین مقادیر این سه ویژگی نیز در فرسایش بدلند وجود داشته است.

کلیدواژه‌ها: حرکات توده‌ای، خندق، فرسایش‌های شیاری، فرسایش بدلند.

مقدمه

حوزه‌ی آبخیز تلخه‌رود، از جمله بزرگترین حوزه‌های آبخیز کشور است که در استان آذربایجان شرقی واقع شده است (شکل ۱). وسعت بالای سازندهای مارنی در حوزه‌ی آبخیز تلخه‌رود و فرسایش‌پذیری زیاد این سازندها، باعث شده است که روی آنها اشکال مختلف فرسایش، مانند هزاردره‌ای، آبراهه‌ای، خندقی و توده‌ای تشکیل شود و بروز مشکلات عدیده‌ای چون انباشتگی رسوب در سدهای مخزنی، پُرشدن شبکه‌های آبرسانی و بستر سیلابی رودخانه‌ها را سبب شود.

بر اساس گزارش‌های مهندسان مشاور جامع ایران (۱۳۷۳)، سازندهای مارنی، به دلیل داشتن ترکیبات خاص نسبت به فرسایش حساس هستند، به طوری که بیشترین میزان تولید رسوب حوزه‌های آبخیز را تولید می‌کنند. در حوزه‌ی آبخیز آجی چای میانگین رسوب تولیدی برابر ۹۴۶۲۰۴۷ متر مکعب در سال برآورد شده است که معادل ۸۱۲ متر مکعب در کیلومتر مربع در سال است. ملاحظه‌ی این ارقام نشان‌دهنده‌ی فرسایش بالای این حوزه است. علت اصلی بالا بودن رسوب در این حوزه، مربوط به تشکیلات مارنی است که مقاومت آن در برابر فرسایش کم و فاقد پوشش گیاهی است؛ چرا که پوشش گیاهی روی این تشکیلات مستقر نمی‌شود. برحسب ترکیبات کانی‌شناسی، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، شرایط اقلیمی و توپوگرافی اشکال گوناگون فرسایش روی مارن‌ها تشکیل می‌شود. از عمده‌ترین اشکال فرسایش این سازندها می‌توان به فرسایش‌های شیاری، خندقی، بدلند و توده‌ای اشاره کرد.

گوسین و همکاران^۱ (۱۹۷۸) برای اندازه‌گیری عوامل مؤثر برگسترش فرسایش در اراضی مارنی، آزمایش‌های توزیع اندازه‌ی ذرات، مواد آلی، کربنات کلسیم، pH، پایداری ساختمان خاک، نفوذپذیری و رطوبت معادل را در خاک‌های مارنی انجام دادند و مشاهده کردند که از بین ویژگی‌های یاد شده، توزیع ذرات، به‌ویژه ذرات شن، بیشترین همبستگی را با شدت گسترش فرسایش دارند.

نتایج پژوهش رینکز و همکاران^۲ (۲۰۰۰) نشان داد که فرسایش خندقی بیشتر در خاک‌هایی مشاهده می‌شود که درصد سدیم تبادلی (ESP) و نسبت جذب سدیم (SAR) بالایی دارند. در خندق‌ها، این دو عامل می‌توانند شاخص‌های مهمی در نشان دادن میزان پخشیدگی خاک باشند.

بوما و ایمسون^۳ (۲۰۰۰) عواملی چون هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، درصد کربنات کلسیم و نوع کانی رسی در نمونه‌های مارن سفید، قهوه‌ای و خاکستری منطقه‌ی پتر در اسپانیا را بررسی کرده و نتیجه گرفته‌اند که عواملی چون هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم، ارتباط زیادی با فرسایش‌پذیری بدلندها

1. Ghossain et al.

2. Rienks et al.

3. Bouma and Imeson

دارند. کربنات کلسیم در مارن‌های سفید سبب پایداری این نوع مارن‌ها در برابر شست‌وشوی سطحی و فرسایش نسبت به انواع خاکستری و قهوه‌ای شده است.

امامی و قضاوی (۱۳۸۰) وجود میان لایه‌های مارنی حاوی کانی‌های رسی، از جمله ایلیت و مونت‌موریونیت را عامل ذاتی و اساسی آماس‌پذیری و تضعیف خواص مکانیکی خاک‌های نرم استان چهارمحال و بختیاری دانسته‌اند.

قدیمی عروس محله و همکاران (۱۳۷۸ الف، ب و ج) نشان دادند که در سه نوع اشکال فرسایش ورقه‌ای، شیاری و هزاردره‌ای مارن‌های منطقه‌ی تفرش، متغیرهای مقادیر سدیم، منیزیم، pH، SAR و کربن آلی اختلاف معناداری با هم دارند. به بیان دیگر، از بین تمامی متغیرهای فیزیکی و شیمیایی، خصوصیت‌های یاد شده بر رفتارهای فیزیکی و شیمیایی خاک، شامل پخش شدگی یا پراکندگی ذرات^۱، پایداری خاکدانه‌ها و جریان رواناب در سطح تأثیر گذاشته و در نتیجه بر فرسایش‌پذیری و تولید رسوب در مارن‌ها مؤثر هستند. بنابراین با توجه به ویژگی‌های یاد شده، می‌توان اقدامات اصلاحی برای کاهش فرسایش مارن‌ها انجام گیرد. بنابراین با توجه به اینکه تا به حال در این منطقه مطالعه‌ای در این راستا انجام نگرفته است، پژوهش پیش رو برای تعیین ارتباط بین ویژگی‌های مارن‌ها و نوع فرسایش ایجاد شده در حوزه‌ی آبخیز تلخه‌رود صورت پذیرفت تا بدین وسیله بتوان برخی راهکارهای مهار فرسایش از این عرصه را با توجه به ویژگی‌های خاک مشخص و باعث کاهش خسارات اقتصادی شد.

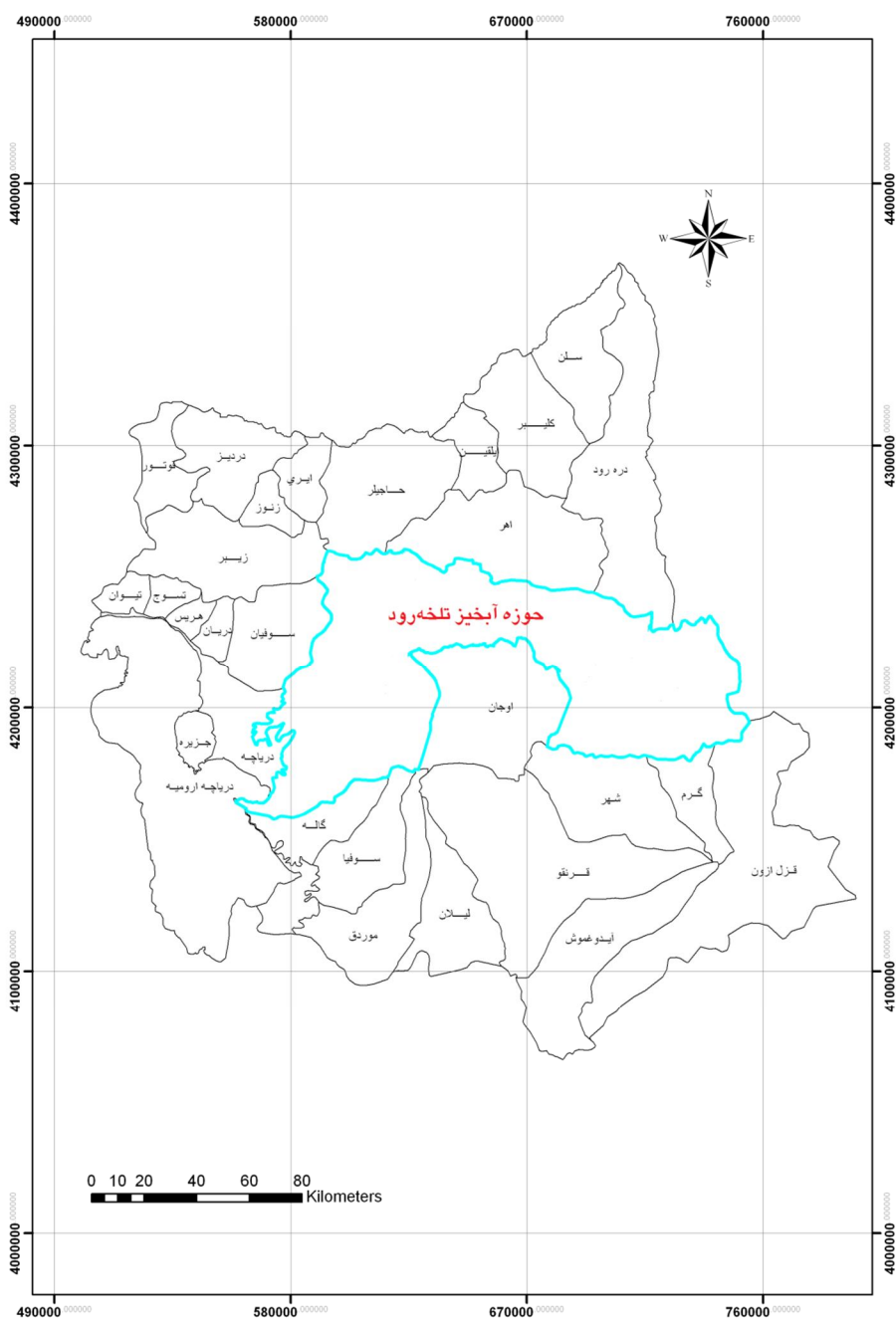
مواد و روش‌ها

ویژگی‌های منطقه‌ی مورد مطالعه

حوزه‌ی آبخیز تلخه‌رود با مساحت ۷۶۷۵۰۰ هکتار، در موقعیت جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. این حوزه از شمال و شرق به حوزه‌ی آبخیز دره‌ی رودچای، از جنوب به حوزه‌ی آبخیز سفیدرود و از غرب به حوزه‌ی آجی‌چای سفلی محدود می‌شود. رودخانه‌ی اصلی حوزه‌ی تلخه‌رود، به طول ۲۲۶ کیلومتر از ارتفاعات شمال شرقی حوزه سرچشمه گرفته و در خط‌القعر رودخانه به سمت غرب ادامه‌ی مسیر می‌دهد (بی‌نام، ۱۳۷۳).

سازندهای مارنی در قسمت‌های مختلف ایران، از جمله منطقه‌ی مورد مطالعه در این پژوهش، گسترش زیادی دارند. قسمت عمده‌ی مارن‌های این منطقه در اطراف شهرستان خواجه (قسمت‌های مرکزی حوزه) و اسپیران (قسمت‌های غرب حوزه) پراکنش دارند. با توجه به اینکه منطقه‌ی مطالعه‌ی در محاصره‌ی کوه‌های سه‌سهند، سبلان و رشته‌کوه بزقوش و در مسیر حرکت ابرهای باران‌زا قرار گرفته، بارش‌های نوع اروگرافیک

(کوهستانی) در منطقه اهمیت خاصی دارند. بخش عمده‌ی بارش‌های منطقه را بارش‌های کوهستانی تشکیل می‌دهند. میانگین بارندگی سالانه در ارتفاعات مختلف، در دوره‌ی پایه‌ی مشترک (۲۴ ساله) از ۲۵۵/۴ تا ۹۲۷/۵ میلی‌متر در سال متغیر است. بر اساس روش دومارتن گسترش یافته، اقلیم منطقه، نیمه‌خشک سرد تا نیمه‌خشک فراسرد است (بی‌نام، ۱۳۷۳). با توجه به وضعیت آب‌وهوایی حوزه، بهترین فصل برای نمونه‌برداری‌های خاک فصل تابستان معرفی شده است.



شکل ۱. نقشه‌ی موقعیت حوزه‌ی آبخیز تلخه‌رود نسبت به حوزه‌های دیگر استان آذربایجان شرقی

مطالعه‌های صحرائی و آزمایشگاهی

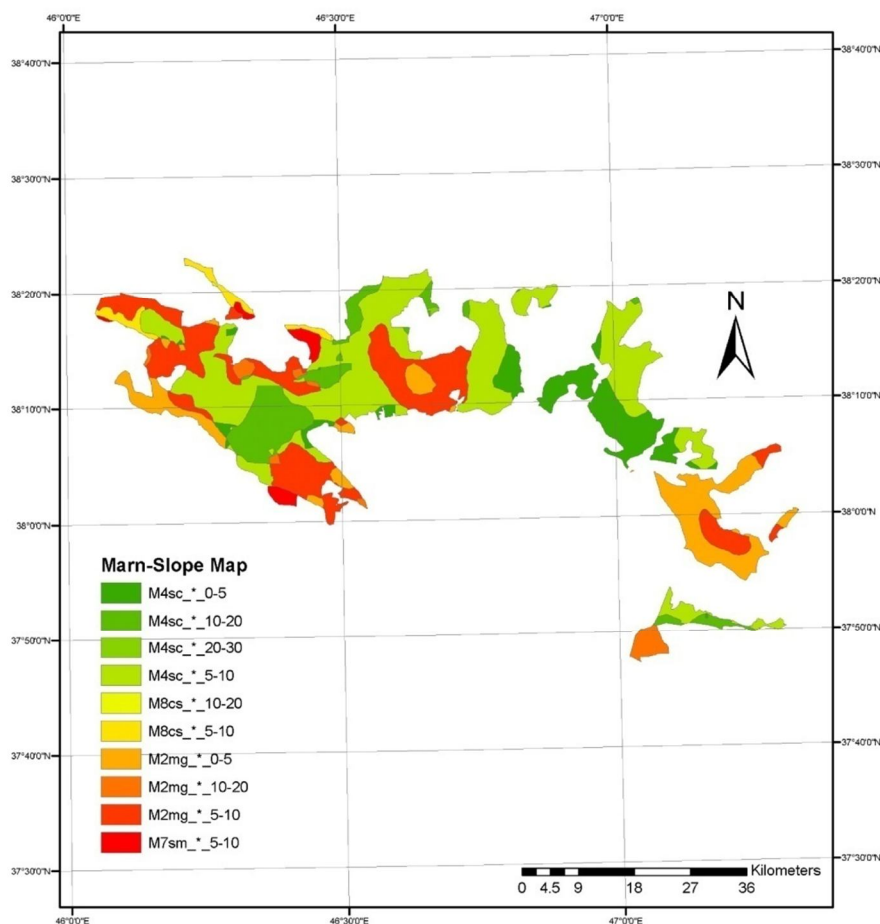
برای یکنواخت‌سازی ماده‌ی آزمایشی و حذف آثار عوامل مؤثر دیگر در فرسایش (به غیر از عوامل مرتبط با ویژگی‌های خاک)، مناطقی برای انجام پژوهش انتخاب شدند که از لحاظ وضعیت جهت شیب، ارتفاع از سطح دریا و میزان پوشش گیاهی در واحدهای مارنی، از یکنواختی زیادی برخوردار بودند. سپس سازندهای مارنی مختلف، گسترش آنها در حوزه، اشکال مختلف فرسایش و شدت و فراوانی آن روی این سازندها مشخص و از بین آنها، واحدهای حساس انتخاب شدند. با استناد به نقشه‌های زمین‌شناسی موجود و بررسی‌های میدانی، چهار واحد مارنی دوره‌ی میوسن مربوط به سازند قرمز بالایی (M_2^1 ، M_4^{SC} ، M_2^{mg} و M_7^{sm}) تشخیص داده شد که برخی از ویژگی‌های سنگ‌شناسی و اشکال مختلف فرسایشی موجود در آنها در جدول شماره‌ی ۱ آمده است.

جدول ۱. ویژگی‌های سنگ‌شناسی و اشکال مختلف فرسایش در واحدهای مارنی منطقه

واحد زمین‌شناسی	ویژگی‌های سنگ‌شناسی	اشکال مختلف فرسایش
M_4^{SC}	تناوبی از ماسه‌سنگ، کنگلومرا، توف و مارن با میان لایه‌های سنگ آهک.	روی این واحد نیز اشکال فرسایشی مشاهده نمی‌شود و تنها شیارهای کم‌عمق آن هم به‌صورت محدود در بعضی قسمت‌ها وجود دارد.
M_2^{mg}	تناوبی از مارن‌های ژیبس‌دار، آهک مارنی و ژیبس.	به‌دلیل خلوص بیشتر مارن‌ها در این واحد، حساسیت آنها به فرسایش بالاست و در نتیجه اشکال مختلف فرسایش، از جمله فرسایش شیاری، خندقی، توده‌ای و هزاردره‌ای در آنها دیده می‌شود. همچنین این سازند در حوزه گسترش وسیعی دارد.
M_7^{sm}	شامل تناوبی از ماسه‌سنگ، شیل و مارن است و در برخی موارد لایه‌های میکروکنگلومرای.	فرسایش شیاری روی این سازندها به مقدار زیادی به چشم می‌خورد.
M_2^1	تناوبی از مارن، ماسه‌سنگ و کنگلومرا به رنگ قرمز قرار دارند که لایه‌های کنگلومرا و ماسه‌سنگ متوسط تا ضخیم لایه هستند. در خاور و جنوب سراب، واحد مذکور کاملاً کنگلومرای است.	چون این واحد بیشتر از قطعات سخت سنگی تشکیل شده است، هیچکدام از فرسایش‌های مورد نظر این طرح در آن به چشم نمی‌خورد.

با توجه به تنوع لیتولوژیکی واحدهای مارنی (مارن‌های M_2^{mg} ، M_4^{sc} ، M_2^1 و M_7^{sm}) و تلفیق آن با کلاس درصد شیب (کلاس‌های ۰-۵، ۵-۱۰، ۱۰-۲۰، ۲۰-۳۰، ۳۰-۴۰، ۴۰-۵۰ و بیشتر از ۳۰ درصد)، نقشه‌ی واحدهای کاری (شکل ۲) تهیه شد. بازدیدهای تکمیلی از منطقه نشان داد که از میان واحدهای مختلف مارنی، واحد M_2^{mg} به‌طور

غالب واجد طبقات سست ریزدانه و حساس به فرسایش است (شکل ۳). در سایر واحدهای مارنی، بخش‌های ریزدانه، تحت حمایت برونزدهای سنگی از نوع ماسه‌سنگ و گنگلومرا، از فرسایش مصون مانده‌اند و حتی در برخی از واحدها تمام آنها سنگی هستند. با توجه به موارد بیان شده از یکسو و گسترش زیاد واحد M_2^{mg} از سوی دیگر، این واحد برای نمونه‌برداری انتخاب شد، بنابراین در شیب غالب و در اشکال مختلف فرسایش از واحد مارنی M_2^{mg} نمونه‌برداری شد. این سازند به صورت مارن‌های گچی - نمکی رنگارنگ در صحرا دیده می‌شود. بخش‌های قرمز رنگ آن، شامل مارن و ماسه سنگ‌های ظریف‌لایه به مقدار کم بوده، در حالی که بخش سبز رنگ آن گچ‌دار است. نمای یکی از واحدهای مارنی مقاوم به فرسایش در منطقه (واحد M_4^{sc}) در شکل ۴ نشان داده شده است. این واحد شامل تناوب مارن، ماسه سنگ و کنگلومرا است که بخش‌های مارنی تحت حمایت لایه‌های سخت واقع شده است.



شکل ۲. نقشه‌ی پراکندگی واحدهای مارنی و طبقه‌بندی واحدها بر اساس درصد شیب در حوزه‌ی آبخیز تلخه‌رود



شکل ۳. نمایی از واحد M_2^{mg} شامل مارن‌های گچی - نمکی به‌عنوان حساس‌ترین واحد مارنی منطقه



شکل ۴. نمایی از واحد مارنی مقاوم به فرسایش M_4^{SC} شامل تناوب مارن، ماسه‌سنگ و کنگلومرا

پس از تهیه‌ی نقشه‌ی مورد نظر، از اشکال مختلف فرسایش شامل شیاری، خندقی، هزاردره‌ای و توده‌ای سازند مارنی انتخاب شده (M_2^{mg}) نمونه گرفته شد. در مورد فرسایش‌های خندقی (در عمق ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متری از سطح زمین) و شیاری (در عمق ۵ تا ۱۵ سانتی‌متری از سطح زمین) از قسمت ابتدا، انتها و میانی آنها نمونه‌ای گرفته شد و یک نمونه‌ی مرکب از آن برای کاهش تعداد نمونه‌ها، تهیه شد. در مورد فرسایش‌های توده‌ای و هزاردره‌ای، سه نمونه از قسمت‌های مختلف سطح فرسایش یافته به‌صورت تصادفی تهیه و از آنها یک نمونه‌ی مخلوط‌شده همگن یا مرکب تهیه شد. از فرسایش‌های مختلف شیاری، خندقی، توده‌ای و

هزاردره‌ای به ترتیب، ۱۰، ۶، ۵، و ۳ نمونه برداشت شد. تعداد نمونه‌ها بر اساس درصد فراوانی وقوع شکل فرسایش و در دسترس بودن آن اشکال در صحرا است.

نمونه‌ها پس از اینکه در هوا خشک شدند، کوبیده شده و از غربال دو میلی‌متر گذارنده و در ظروف پلاستیکی برای انجام آزمایش نگهداری شدند. در آزمایشگاه از نمونه‌ها، گل اشباع تهیه شد و pH آنها به وسیله‌ی دستگاه pH متر اندازه‌گیری شد. سپس از نمونه‌های گل اشباع، عصاره تهیه شد و هدایت الکتریکی آنها توسط دستگاه EC سنج، تعیین شد. میزان کربنات کلسیم نمونه‌ها به روش خنثی کردن با اسید، گچ به روش استن، کربن آلی به روش وایکلی و بلک، ظرفیت تبادل کاتیونی با روش باور اندازه‌گیری شدند. برای سنجش میزان پتاسیم قابل جذب ابتدا از نمونه‌ها با استات آمونیوم عصاره‌گیری کرده و سپس میزان پتاسیم در نمونه‌های عصاره‌گیری شده، با دستگاه طیف سنج نوری خوانده و یادداشت شد. برای اندازه‌گیری میزان سدیم، ابتدا عصاره‌های گرفته شده رقیق شدند. سپس میزان سدیم آنها به وسیله‌ی دستگاه طیف سنج نوری اندازه‌گیری شد. نسبت جذب سدیم نیز محاسبه شد. بافت نمونه‌ها به روش هیدرومتر و نفوذپذیری به روش بار ثابت تعیین شدند (پیچ و همکاران^۱، ۱۹۸۶ و کلوت و همکاران^۲، ۱۹۸۶).

بحث و یافته‌ها

تجزیه و تحلیل آماری نتایج به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS و به روش تحلیل واریانس (ANOVA) در قالب طرح کاملاً تصادفی و مقایسه‌ی میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن، انجام گرفت. میانگین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های مارن در اشکال مختلف فرسایشی منطقه و نیز، مقایسه‌ی این میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن، در جدول ۲ نشان داده شده است. از بین داده‌های به دست آمده، چهار داده به دلیل داشتن اختلاف زیاد و پرت بودن (به روش مشاهداتی و مقایسه با سایر داده‌ها)، از جدول داده‌ها حذف شدند. لازم به ذکر است که ملاک انتخاب داده‌های پرت، نظر کارشناسی بوده است. به این صورت که برخی از داده‌ها به صورت ماهیتی یا از نظر آزمایشگاهی نمی‌توانند عدد به دست آمده باشند. برای مثال، چنانچه اسیدیت نمونه‌ها برابر ۲ یا ۱۳ به دست آمده باشد، این داده‌ها به عنوان داده پرت تلقی می‌شوند و از جدول داده‌ها حذف می‌شوند. در ضمن نمونه‌های مارن با اشکال فرسایش توده‌ای، به دلیل داشتن رس‌هایی با چسبندگی زیاد، پراکنش لازم را برای اندازه‌گیری ظرفیت تبادل کاتیونی نداشتند و اندازه‌گیری آنها مقدور نشد. گفتنی است که در این پژوهش اثر متقابل عوامل مختلف مد نظر نبوده و هر عامل به طور مستقل ارزیابی شده است، در نتیجه لزومی به یکنواختی حجم داده‌ها برای هر عامل نیست.

1. Page et al.

2. Klute

همان‌گونه که در جدول ۲ مشخص است، میانگین رس نمونه‌ها بین ۳۱ تا ۳۸/۶۷ درصد، میزان سیلت آنها بین ۳۴/۵ تا ۵۰/۳۳ درصد و درصد شن نیز بین ۱۱ تا ۳۲/۶ درصد متغیر است. بنابراین غالب ذرات تشکیل دهنده‌ی رسوب‌های مورد مطالعه، اندازه‌هایی در حد سیلت دارند. با توجه به اندازه‌ی دانه‌ها در نمونه‌ها، رسوب‌های مورد مطالعه در واحدهای مارنی، به‌طور عمده در گروه ریزدانه سیلتی قرار می‌گیرند. درصد مواد آهکی رسوب‌های برداشت شده بین ۱۸/۵۵ تا ۲۷/۲۵ درصد و میزان گچ نیز بین ۶/۳۳ تا ۱۰۶/۳۸ درصد در نمونه‌ها است. در این صورت رسوب‌های مارنی منطقه‌ی طرح در حد سیلت تا سیلت رسی شنی با میزان آهک کم و املاح گچی و نمکی فراوان است.

جدول ۲. میانگین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مارن‌ها در اشکال گوناگون فرسایش

نوع فرسایش				خصوصیت
شماره	خندقی	توده‌ای	هزاردره‌ای	
۱۷/۴۳	۱۲/۶۱	۱۴/۴۰	۱۵/۶۰	ظرفیت تبادل کاتیونی (میلی‌مول بار بر ۱۰۰ گرم)
۰/۲۷	۰/۲۴	۰/۴۶	۰/۳۸	کربن آلی (درصد)
۸/۵۵	۱۲/۲۴	۱۰/۰۱	۳/۹۴	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)
۷/۹۶	۸/۰۵	۸/۲۴	۷/۶۹	اسیدیته
۲۵/۵	۱۶/۵۵	۳۴/۵	۳۸/۰	کلسیم + منیزیم (میلی‌مول بار بر کیلوگرم)
۳۶/۱۸	۷۰/۷۱	۶۱/۳۸	۱۱/۰	کلر (میلی‌مول بار بر کیلوگرم)
۰/۸۰	۱/۹۰	۲/۲۵	۱/۰۳	پتاسیم (میلی‌مول بار بر کیلوگرم)
۴۶/۶۸	۷۷/۱۸	۷۹/۷۲	۳/۷۷	سدیم (میلی‌مول بار بر کیلوگرم)
۶۰/۰۷	۶۷/۶۰	۲۵/۶۰	۱۷/۶۲	پایداری خاک‌دانه‌ها (درصد)
۰/۲۵	۰/۷۲	۰/۴۲	۰/۱۳	نفوذپذیری (سانتی‌متر بر ساعت)
۱۴/۴۳	۳۲/۶	۱۸/۵	۱۱/۰۰	شن (درصد)
۴۳/۴۸	۳۶/۶۰	۳۴/۵	۵۰/۳۳	سیلت (درصد)
۵۷/۳۴	۳۱/۰۰	۳۹/۵	۳۸/۶۷	رس (درصد)
۱۵/۰۳	۳۸/۶۰	۲۲/۶۶	۲/۶۷	نسبت جذب سدیم
۲۳/۲۱	۱۸/۵۵	۲۷/۲۵	۲۳/۰۰	کربنات کلسیم معادل (درصد)
۳/۷۸	۱۸/۳	۷/۹۹	۱/۰۹	سولفات کلسیم (درصد)

همان‌گونه که در جدول نتایج آمار توصیفی داده‌های به‌دست آمده‌ی طرح (جدول ۳) مشخص است، پراکندگی داده‌ها، به‌ویژه در مورد سدیم اشکال مختلف فرسایشی زیاد است. بنابراین طبیعی است که در داخل تیمارهای یادشده انحراف معیار زیاد خواهد بود.

جدول ۳. نتایج آمار توصیفی داده‌های به دست آمده طرح

خطای استاندارد	کشیدگی	خطای استاندارد	چولگی	واریانس	انحراف استاندارد	خطای استاندارد	متوسط	مجموع	حداکثر	حداقل	دامنه	تعداد	عامل
۰/۹۱	۱۱/۳۵	۰/۴۷	۳/۱۲	۲۸۴۱۰/۱۴	۱۶۸/۵۵	۳۴/۴۰	۸۴/۷۳	۲۰۳۳/۶۸	۷۶۰/۰۰	۰/۶۴	۷۵۹/۳۶	۲۴	سدیم
۰/۹۲	۹/۶۳	۰/۴۷	۳/۴۶	۱۷۱۱/۳۸	۴۱/۳۷	۸/۴۴	۱۴/۱۵	۳۳۹/۷۱	۱۶۲/۰۰	۰/۲۵	۱۶۱/۷۵	۲۴	پتاسیم
۰/۹۲	۳/۶۳	۰/۴۷	۱/۸۹	۱۲۲۳/۱۰۱	۱۱۰/۵۹	۳۲/۵۷	۷۰/۲۴	۱۶۸۵/۵۹	۴۳۰/۰۰	۱/۰۰	۴۲۹/۰۰	۲۴	کلر
۰/۹۲	۱۰/۲۷	۰/۴۷	۲/۹۳	۲۵۴۵/۹۶	۵۰/۴۶	۱۰/۳۰	۴۷/۴۴	۱۱۳۸/۵۰	۲۴۴/۰۰	۳/۵۰	۲۴۰/۵۰	۲۴	کلسیم + منیزیم
۰/۹۲	-۰/۴۳	۰/۴۷	۰/۵۵	۰/۱۴	۰/۳۸	۷/۷۰	۸/۰۴	۱۹۲/۹۳	۸/۸۰	۷/۴۰	۱/۴۰	۲۴	اسیدیته
۰/۹۲	۶/۷۹	۰/۴۷	۲/۳۵	۲۸۴/۰۲	۱۶/۸۵	۳/۴۴	۱۲/۵۲	۳۰۰/۵۳	۷۳/۷۰	۰/۵۳	۷۳/۱۷	۲۴	هدایت الکتریکی
۰/۹۲	۱/۷۵	۰/۴۷	۱/۴۷	۳/۹۶	۰/۲۰	۴/۰۶	۰/۳۱	۷/۴۷	۰/۸۷	۰/۱۰	۰/۷۷	۲۴	کربن آلی
۱/۰۴	۰/۸۲	۰/۵۴	۱/۴۲	۲۳/۴۹	۴/۸۵	۱/۱۴	۱۵/۵۷	۲۸۰/۳۷	۲۶/۰۰	۱۰/۶۰	۱۵/۴۰	۱۸	ظرفیت تبادل کاتیونی
۰/۹۲	-۰/۳۴	۰/۴۷	۱/۰۲	۳۶۲۸/۶۱	۶۰/۳۴	۱۲/۲۹	۵۰/۰۹	۱۲۰/۲۳۰	۱۷۷/۳۰	۰/۰۰	۱۷۷/۳۰	۲۴	سولفات کلسیم
۰/۹۲	۴/۲۶	۰/۴۷	۸/۲۱	۷۷/۱۲	۸/۷۸	۱/۷۹	۲۰/۷۴	۴۹۷/۸۳	۴۸/۰۰	۷/۰۰	۴۱/۰۰	۲۴	کربنات کلسیم معادل
۰/۹۲	۷/۷۹	۰/۴۷	۲/۷۳	۱۹۹۵/۱۰	۴۴/۶۷	۹/۱۱	۲۴/۹۴	۵۹۸/۵۳	۱۸۶/۰۰	۰/۴۰	۱۸۵/۶۰	۲۴	نسبت جذب سدیم
۰/۹۳	-۰/۶۱	۰/۴۸	۰/۱۲	۷۹/۳۵	۸/۹۰	۱/۸۶	۳۵/۵۲	۸۱۷/۰۰	۵۳/۰۰	۱۸/۰۰	۳۵/۰۰	۲۳	رس
۰/۹۳	-۰/۷۶	۰/۴۸	-۰/۰۶	۶۲/۹۸	۹/۹۳	۲/۰۷	۴۲/۴۸	۹۷۷/۰۰	۵۰/۰۰	۲/۱۰۰	۳۹/۰۰	۲۳	سیلت
۰/۹۳	-۱/۱۷	۰/۴۸	۰/۰۶	۱۳۸/۰۶	۱۱/۷۵	۲/۴۵	۲۰/۸۳	۴۷۹/۰۰	۳۸/۰۰	۲/۰۰	۳۶/۰۰	۲۳	شن
۰/۹۲	-۰/۷۸	۰/۴۷	۱/۰۷	۰/۲۸	۰/۵۳	۰/۱۱	۰/۴۴	۱۰/۶۹	۱/۳۲	۰/۶۰	۱/۲۶	۲۴	نفوذ پذیری
۰/۹۲	-۱/۰۲	۰/۴۷	-۰/۲۸	۳/۸۹	۱/۹۷	۰/۴۰	۵۰/۵۴	۱۴۵۳/۰۰	۶۳/۵۰	۵۷/۰۰	۵/۵۰	۲۴	پایداری خاکدانه ها

مقایسه‌ی میانگین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مارن‌های مورد بررسی در اشکال گوناگون فرسایش توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن (جدول ۲) نشان داد که تفاوت معنادار pH در بین فرسایش بدلند با اشکال فرسایشی توده‌ای، خندقی و شیاری؛ درصد شن در بین فرسایش‌های توده‌ای و بدلند؛ و مقدار گچ در بین فرسایش توده‌ای با اشکال فرسایشی بدلند، خندقی و شیاری وجود دارد. نعمتی (۱۳۷۲) در بررسی فرسایش‌های خندقی در حوزه‌ی آبخیز گپ، نتیجه‌گیری کرد که با افزایش درصد گچ نمونه‌ها، شدت فرسایش خندقی افزایش یافته است که با یافته پژوهش حاضر همخوانی دارد. قدیمی عروس محله و همکاران (۱۳۷۸- الف) نیز نشان دادند که مقادیر سدیم، منیزیم، SAR، pH و کربن آلی در اشکال فرسایشی ورقه‌ای، شیاری و هزاردره‌ای دارای اختلاف معنادار هستند. اما نتیجه‌ی پژوهش امیری و همکاران (۱۳۸۶) بر روی مارن‌های استان همدان، نشان داد که تنها متغیر معنادار و مؤثر در شناسایی انواع مختلف فرسایش، اسیدیته بوده است. عدم اختلاف معنادار بین سایر عوامل در پژوهش آنها، می‌تواند به دلیل متعادل شدن ویژگی‌های خاک‌ها با همدیگر باشد که اثر همدیگر را خنثی کرده‌اند. گوسین و همکاران (۱۹۷۸) نیز گزارش کرده‌اند که در اشکال مختلف فرسایشی، میزان شن خاک تفاوت معناداری دارد. در پژوهش حاضر، بیشترین میزان pH در فرسایش توده‌ای و بیشترین مقدار شن و گچ در مناطقی با فرسایش خندقی و کمترین مقادیر این سه ویژگی نیز، در فرسایش بدلند مشاهده شد.

گرچه نتایج برخی پژوهشگران، مانند پژوهش اسماعیل نژاد (۱۳۸۵)، قدیمی عروس محله و همکاران (۱۳۷۹) و نفوتی و همکاران (۱۳۸۷) نشان داده است که نسبت جذب سدیم، به‌عنوان یکی از عوامل اصلی، در پیدایش و گسترش انواع مختلف فرسایش نقش دارد؛ ولی در این مطالعه اختلاف معناداری بین اشکال مختلف فرسایش از لحاظ SAR مشاهده نشد. این ناهمخوانی یافته‌های به‌دست آمده بین پژوهش حاضر و پژوهش‌های یاد شده، می‌تواند به این دلیل باشد که مقادیر سدیم و نسبت جذب سدیم در نمونه‌های به‌دست آمده‌ی این پژوهش پایین‌تر از سایرین بوده است. همان‌گونه که در جدول شماره ۲ دیده می‌شود، بالاترین میزان سدیم و نسبت جذب سدیم، به‌ترتیب برابر ۷۷ میلی‌اکی‌والان بر لیتر و ۳۸/۷ است. در حالی که مقادیر میزان سدیم و SAR برای پژوهش اسماعیل نژاد (۱۳۸۵)، به‌ترتیب ۳۰۰ میلی‌اکی‌والان بر لیتر و ۱۲۰، و در پژوهش قدیمی عروس محله و پورمتین ۹۳۰ و ۳۴۷، و برای پژوهش نفوتی و همکاران (۱۳۸۷) ۲۸۰۰ میلی‌اکی‌والان بر لیتر و ۳۰۵ بوده است.

بحث و نتیجه‌گیری

با افزایش pH خاک، شدت فرسایش خاک در اراضی مارنی افزایش می‌یابد. نتایج نشان می‌دهد که از ویژگی pH در پهنه‌بندی انواع مختلف فرسایش در اراضی مارنی می‌توان بهره گرفت. با توجه به این که نتایج پژوهش

حاضر نشانگر آن است که با کاهش pH خاک شدت فرسایش کاهش می‌یابد، بنابراین اصلاح pH خاک، می‌تواند یکی از راهکارهای مبارزه با فرسایش خاک باشد. به نظر می‌رسد ویژگی‌های میزان شن و گچ نیز در پهنه‌بندی اشکال مختلف فرسایش اراضی می‌تواند مفید باشد.

پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی با استفاده از روش تجزیه به عامل‌ها، خصوصیت‌هایی از خاک که می‌توانند در تفکیک اشکال مختلف فرسایشی کاربرد داشته باشند را شناسایی و معرفی کرد.

منابع

- اسماعیل نژاد، ل. (۱۳۸۵). بررسی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و مینرالوژیکی مارن‌ها و اثر آنها بر فرسایش خاک در جنوب استان گیلان. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات.
- امامی، ب. و قضاوی، ی. (۱۳۸۰). بررسی لغزش‌ها و گسیختگی‌های دامنه‌ای در خاک‌های نرم اشباع، دومین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، مهرماه ۱۳۸۰، دانشگاه تربیت مدرس تهران.
- امیری م.، پیروان، ح. ر.، علیرضایی، ح. نظری پویا، ه و مظاهری، ح. ا. (۱۳۸۶). ارتباط بین نوع فرسایش و ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی در خاک‌های مارنی همدان. چهارمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران مدیریت حوزه‌های آبخیز. اسفندماه ۱۳۸۶، کرج.
- بی‌نام. (۱۳۷۳). مطالعات توجیهی مدیریت منابع طبیعی تجدید شونده حوزه‌ی آبخیز آجی‌چای. مهندسان مشاور جامع ایران.
- قدیمی عروس محله، ف.، پورمتین، ا. و قدوسی، ج. (۱۳۷۸- الف). تأثیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مارن‌ها در ایجاد اشکال فرسایش. اولین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران. مهرماه ۱۳۷۸، دانشگاه تربیت معلم.
- قدیمی عروس محله، ف.، پورمتین، ا. و قدوسی، ج. (۱۳۷۸- ج). بررسی منشاء مارن‌های تفرش، مجله‌ی پژوهش و سازندگی، شماره ۴۴، صص. ۸-۱۱.
- قدیمی عروس محله، ف.، پورمتین، ا. و قدوسی، ج. (۱۳۷۹). بررسی عوامل مؤثر بر تشدید و گسترش فرسایش ورقه‌ای و شیاری در حوضه‌ی آبخیز قمرود. مجله‌ی پژوهش و سازندگی، شماره ۴۹، صص. ۳۸-۴۲.
- قدیمی عروس محله، ف.، پورمتین، ا. و قدوسی، ج. (۱۳۷۸- ب). بررسی امکان طبقه‌بندی مارن‌ها براساس خصوصیات فیزیکی و شیمیایی در منطقه‌ی تفرش. مجله‌ی پژوهش و سازندگی، شماره ۴۰، صص. ۳۴-۳۰.
- نعمتی، ج. (۱۳۷۲). بررسی فرسایش خندقی در حوزه آبخیز گپ. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی آبخیزداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی دانشگاه تهران.

نفوتی، م.ح؛ فیض نیا، س؛ احمدی، ح؛ پیروان، ح.ر. و غیومیان، ج. (۱۳۸۷). بررسی تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مارن‌ها بر میزان رسوبدهی با استفاده از مدل فیزیکی باران ساز. نشریه‌ی انجمن زمین‌شناسی مهندسی ایران، جلد اول، شماره ۱، صص. ۳۵ - ۴۸.

Bouma, N.A., Imeson, A.C., 2000, **Investigation of Relationships between Measured Field Indicators and Erosion Processes on Badland Surfaces at Petrer, Spain**, Catena, No. 40, PP. 147-171.

Ghossain, E.F. and Foster, M.J., 1978, **Erosion and Analytical Characteristics of Superficial Forms Exemplified by Alaska Vineyards**, Geographique, WP Pub, Strasbourg,

Klute, A.D., Nielson, R. and Jackson, R.D., 1986, **Methods of Soil Analysis, Part 2**, 2ed, Amer Society of Agronomy, USA.

Page, A.L., Miller, R.M. and Keeney, D.B., 1986, **Methods of Soil Analysis, Part 1**, SSSA, Madison Wisconsin.

Rienks, S.M., Botha, G.A., Hughes, J.C., 2000, **Some Physical and Chemical Properties of Sediments Exposed in a Gully (Donga) in Northern KwaZulu-Natal, South Africa and their Relationship to the Erodibility of the Colluvial Layers**. Catena, No. 39, 11-31.