



فصوصیات شیمی خاک، در ایجاد و پیشرفت فرسایش گالی در منطقه‌ی دشتیاری - چابهار

جعفر رهنما راد*، فریدون فسروی و شکوفه ریگی‌نژاد

گروه زمین‌شناسی، دانشکده‌ی علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان، Jrahnma@appliedgeology.ir

(* عهده‌دار مکاتبات)

تاریخ دریافت: ۸۸/۹/۹؛ تاریخ دریافت اصلاح شده: ۸۹/۳/۲؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۳/۶

مکیده

در این تحقیق روی ۱۴ نمونه‌ی برداشت شده از مناطق فرسایش یافته و فرسایش نیافته، و از مناطق با و بدون پوشش گیاهی، آزمایشات فیزیکی و شیمیایی از قبیل، ای‌سی (EC)، او ام (OM)، سار (SAR)، ای‌اس‌پی (ESP)، پ‌هاش (pH)، اس‌پی (SP) و تی‌ان‌وی (TNV) انجام شدند. براساس نتایج بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی، خاک اکثر نقاط منطقه‌ی مورد مطالعه، لوم سیلتی می‌باشد. روند تغییرات اس‌پی (SP) بین ۳۲/۲-۶۰/۳، پ‌هاش (pH) بین ۷/۲-۷/۹۲ و تی‌ان‌وی (TNV) بین ۱۴/۵-۱۱/۴ به‌دست آمد. نتایج آزمایشات مربوطه نشان داد، که ای‌سی (EC) خاک در مناطق زیاد فرسایش یافته، ۶۲/۵ و در مناطق کم فرسایش یافته ۰/۶۹ و مقدار سار (SAR) و مقدار ای‌اس‌پی (ESP) مشابه آزمایش ای‌سی (EC) می‌باشند. میزان کاتیون موجود در خاک جداره‌ی گالی ۱۱۹۶، نسبت به کف گالی و سطح زمین ۳۳۸، بیشتر است. متوسط میزان کاتیون در منطقه‌ی فرسایش نیافته با پوشش گیاهی ۲۳/۸، نسبت به منطقه‌ی فرسایش یافته و فرسایش نیافته بدون پوشش گیاهی ۲۱۵/۴، کمتر است. میزان او ام (OM) خاک بین ۰/۱۷-۰/۵۹ به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: فرسایش گالی، دشتیاری، لوم سیلتی، چابهار.

۱- مقدمه

زیاد نیز می‌شود (Wang et al. 2006). به‌عنوان مثال در بعضی از حوضه‌های آبریز برزیل، وسعت مناطق فرسایش یافته در حد بالایی است، به‌طوری‌که گالی‌هایی با بزرگی ۴۰۰ متر طول، ۱۵۰ متر عرض و ۵۰ متر عمق هم گزارش شده است (Cheng et al. 2006, Bacellar et al. 2005, Vrieling 2007). آرشیبلد و همکاران (Archibold et al. 2003) به مطالعه‌ی فرسایش گالی در استان ساسکاتون (Saskatoon)، در غرب کانادا پرداخته‌اند. علل اصلی ایجاد فرسایش در این استان، گسترش مناطق شهری روی شیب‌های دامنه‌های ناپایدار و کاهش پوشش گیاهی (قطع درختان) گزارش شده است. از راهکارهایی که برای جلوگیری از پیشرفت گالی‌ها پیشنهاد شده، استفاده از گیاهانی با ریشه‌های درهم و فرو رفته است. ریشه‌ی این نوع گیاهان، مقاومت چسبندگی خاک و پیوستگی خاک‌های سطحی را افزایش می‌دهد و تا حدودی ناپایداری شیب‌ها را کنترل می‌کند (Archibold et al. 2003, Bou Kheir et al. 2009).

مارتینز-کاساسنواس و همکاران فرسایش دیواره‌ی جانبی در گالی-هایی با اندازه‌ی بزرگ (عمق بیشتر از ۵ متر)، در اسپانیا را مورد مطالعه

منطقه‌ی دشتیاری، از توابع شهرستان چابهار، جزء مناطق بسیار مستعد به فرسایش در کشور به‌حساب می‌آید (مهندسین مشاور پارس کنسولت ۱۳۵۳). در این دشت سالانه حدود ۷۸۰ متر مکعب در کیلومتر مربع، خاک در اثر فرسایش تلف می‌شود. زمین‌های زراعی منطقه در اثر پیشرفت فرسایش با سرعت زیاد، در حال نابودی هستند و به گالی تبدیل می‌شوند، به‌طوری‌که روند پیشرفت طولی گالی‌ها در طی ۳۰ سال گذشته، ۲/۳ برابر شده است (تصویر ۱). پیامدهای فرسایش، شامل بر تلفات خاک، ایجاد رسوب در مخازن و از بین رفتن زمین‌های زراعی و پوشش گیاهی می‌باشند (Evans & Lindsay 2010). همه‌ی این موارد، اثرات جبران ناپذیری بر طبیعت می‌گذارند. معمولاً در تقسیم‌بندی پذیرفته شده برای فرسایش‌ها، فرسایش‌هایی با عرض و عمق بیشتر از ۳۰۰ میلی‌متر به عنوان گالی تعریف می‌شود (McDonald et al. 1984, Abdallah & Bou Kheir 2009).

فرسایش گالی از اشکال بسیار خطرناک فرسایش آبی محسوب می‌گردد و در بعضی موارد باعث ایجاد کانال‌هایی با طول، عرض و عمق

مختاری و همکاران ۱۳۸۲، گالی‌ها در استان اصفهان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد، که گالی‌ها در استان اصفهان در سه منطقه عمده، به صورت پیوسته، خطی و پنجه‌ای، با مقطع عرضی عموماً V شکل، عمدتاً در مناطق مارنی و نهشته‌های کواترن، به مساحت ۷۱۷۸ هکتار تکامل یافته‌اند.

صوفی و چرخابی ۱۳۸۳، علل مختلف ایجاد گالی و نرخ پیشروی طولی آن، در شهرستان لامرد استان فارس را بررسی نمودند. تحقیقات آن‌ها نشان داد، که تأثیر دو عامل سطح لخت (بدون پوشش گیاهی) و جاده‌ها تأثیر بسیار زیادی در گسترش گالی‌ها دارند، به طوری که ۷۸ درصد تغییرات موجود در مساحت گالی‌ها را می‌توان توسط دو عامل مذکور تفسیر نمود. در بررسی عوامل مؤثر در پیشروی گالی‌ها ثابت شده است، که پیشروی طولی گالی‌ها رابطه مستقیم با میزان بارندگی دارد.

ایرانمنش و همکاران ۱۳۸۳، رشد طولی و تغییرات مساحتی گالی‌ها در منطقه دشتیاری را، با استفاده از روش پردازش تصاویر ماهواره‌ای با حداکثر وضوح، بررسی نمودند، نتایج، نشان داد که اندازه‌ی طول ۲۵ گالی، از روی تصاویر ماهواره‌ای سال ۲۰۰۱، بسیار نزدیک به اندازه‌ی طول همان تعداد گالی در صحرا می‌باشد. همچنین مساحت گالی‌ها در منطقه‌ی مورد مطالعه از سال ۱۹۸۸ تا سال ۲۰۰۱، حدود ۳ برابر افزایش نشان می‌دهد. در این پژوهش، تأثیر خاک در ایجاد و توسعه‌ی

قرار داده‌اند. در این مطالعه با استفاده از مدل‌های ارتفاعی رقومی، تجزیه‌تحلیل و آنالیز رگرسیون، مطالعات زیادی در دو دوره‌ی زمانی (۱۹۹۵-۱۹۷۵) و (۲۰۰۲-۱۹۹۵) انجام شد، که نشان‌دهنده‌ی پیچیده بودن فرآیند فرسایش دیواره‌ی جانبی گالی‌ها است. علت بروز این عارضه به احتمال زیاد، بارش فراوان و به‌دنبال آن مرطوب ماندن طولانی مدت خاک بوده است (Martínez-Casasnovas et al. 2004).

لسچن و همکاران به شناسایی مناطق آسیب‌پذیر از فرسایش گالی، در زمین‌های استان مورسیا (Murcia) واقع در جنوب اسپانیا پرداخته‌اند. در این تحقیق، با استفاده از نرم‌افزار آرک‌ویو جی‌آی‌اس (Arc View GIS)، زمین‌های کشاورزی با زمین‌های متروک مقایسه شدند و سپس پی برده شد که در زمین‌های متروک به‌علت کاهش ذخیره و نفوذ آب، تمرکز جریان سطحی، بسیار سریع انجام می‌شود و زمین‌های متروک نسبت به زمین‌های کشاورزی در معرض خطر جدی فرسایش گالی هستند (Lesschen et al. 2007). زوکا و همکاران (Zucca et al. 2006) یکی از عوامل مهم بیابان‌زایی در شمال مدیترانه را، فرسایش خاک می‌دانند و اخیراً با مطالعات زیاد، نقش کانال‌های فرسایشی در ایجاد رسوب تأیید شده است. در این تحقیق به نقش کشاورزی فعال، به‌ویژه کشاورزی با ماشین‌آلات سنگین و چرای بیش از اندازه، از عوامل مهم در ایجاد فرسایش خاک اشاره شده است.



تصویر ۱- یکی از صدها گالی ایجاد شده در منطقه دشتیاری، جنوب استان سیستان و بلوچستان

(جدول ۱) و متوسط تا سنگین می‌باشد که باعث کاهش نفوذپذیری (m/s) $4/2 \times 10^{-6}$ - $2/52 \times 10^{-4}$ خاک می‌شود. باران‌های شدید این منطقه، روان‌آب‌های مخرب را ایجاد می‌نمایند سیلت از حساس‌ترین خاک‌ها در مقابل فرسایش است (Casagrande et al. 1986) (جدول ۱).

فرسایش، به‌عنوان عامل اصلی معرفی شده است. در این تحقیق، با انجام پیمایش‌های صحرائی و انجام آزمایشات مختلف در نمونه‌های برداشت شده، علت فرسایش خاک منطقه‌ی دشتیاری و تشکیل گالی‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی دشتیاری با مساحتی در حدود ۶۴۵/۳۱ کیلومتر مربع، با مختصات جغرافیایی $61^{\circ}45'$ - $60^{\circ}45'$ شرقی و $26^{\circ}10'$ - $25^{\circ}33'$ شمالی، در ضلع شمال شرقی چابهار واقع شده است (تصویر ۲). این دشت با توجه به دارا بودن خاک‌های بسیار مستعد برای کشاورزی، به‌عنوان حاصلخیزترین و وسیع‌ترین دشت منطقه‌ی چابهار، به‌دلیل فرسایش-پذیری خاک منطقه و ایجاد گالی‌های بسیار بزرگ و پیوسته و به‌علت عدم مدیریت صحیح بر منابع آب، با سرعت زیاد در حال نابودی می‌باشد. به‌طورکلی، ناحیه‌ی مورد مطالعه، که مناطق باهوکلات، پیرسهراب و پل‌گرگرو در آن واقع شده‌اند و حدود تقریبی آن در تصویر ۲ مشخص شده است، تحت تأثیر حوضه‌های کوهستانی و رودخانه‌های لند و زرن، در شمال و شرق دشت، قرار دارد. جهت شیب منطقه شمالی-جنوبی، درجه‌ی شیب آن بین $0/5$ - 0 ، ارتفاع آن از سطح دریا بین 64 - 0 متر و خاک منطقه سیلتی، از لحاظ پوشش گیاهی فقیر و با آبرفت‌های کوتاه‌تری و اقلیم بیابانی می‌باشد.

۳- مواد و روش‌ها

به منظور انجام آزمایشات مختلف فیزیکی و شیمیایی از جمله نفوذپذیری، هدایت الکتریکی ای‌سی (EC, Electrical Conductivity)، مواد آلی (او ام) (OM, Organic Material)، نسبت جذب سدیم (سار) (SAR, Sodium Adsorption Ratio)، درصد سدیم تبادلی (ای‌اس‌بی) (ESP, Exchangeable Sodium Percentage)، درصد اشباع خاک (اس‌بی) (SP, Saturation Percentage)، ارزش مواد خنثی شونده‌ی کل خاک (تی‌ان‌وی)، (TNV, Total Neutralizing Value)، پ‌هاش (pH)، حدود ۱۴ نمونه‌ی خاک از نقاط مختلف دشت، فرسایشی و غیرفرسایشی و با پوشش و بدون پوشش گیاهی انتخاب شدند. نمونه‌های خاک از اعماق حدوداً 70 - 20 سانتی متری سطح زمین، کف گالی و وسط دیواره‌ی گالی‌ها، برداشت شدند.

۳-۱- بافت خاک

نتایج حاصل از آزمایشات تعیین بافت خاک در نمونه‌های برداشت شده، حاکی از آن است که بافت اکثر نمونه‌های خاک لومی سیلتی

۳-۲- ماده‌ی آلی (OM, Organic Material)

مقدار ماده‌ی آلی (OM, Organic Material) در نمونه‌های برداشتی منطقه، تقریباً در حد کم و محدوده‌ی تغییرات آن هم ناچیز می‌باشد (جدول ۱). پایین بودن میزان ماده‌ی آلی در خاک به علت عدم انجام کشاورزی درازمدت در منطقه و از بین رفتن زمین‌های کشاورزی موجود در اثر فرسایش می‌باشد.

۳-۳- هدایت الکتریکی خاک (EC, Electrical Conductivity)

نتیجه‌ی مقایسه‌ی میزان هدایت الکتریکی در کف و جداره‌ی گالی‌ها بیانگر این مطلب است که این شاخص به علت آبسویی در کف گالی و سطح زمین نسبت به جداره‌ی گالی که خاک برداشت شده از آن در عمق قرار دارد، کمتر می‌باشد. مقایسه‌ی میزان ای‌سی در نقاط مختلف، نشان دهنده‌ی این نکته است که خاک مناطق پایین دست منطقه، شور است. اما هر چه به سمت بالا دست منطقه، جایی که هنوز تحت اشغال گالی‌ها قرار نگرفته پیش برویم، از میزان هدایت الکتریکی (EC) آن، یعنی شوری خاک منطقه کاسته می‌شود. حداقل هدایت الکتریکی در مناطقی که زمین تحت کشت قرار دارد و فاقد فرسایش گالی می‌باشد، برابر $0/69$ Ds/m (دسی زیمنس بر متر) و حداکثر مقدار هدایت الکتریکی هم مربوط به پایین دست منطقه، (کناره‌ی رودخانه گرگرو) جایی که فرسایش گالی پیشرفت زیادی داشته و باعث نابودی زمین‌های زراعی شده است، برابر $62/5$ Ds/m می‌باشد (جدول ۱).

۳-۴- نسبت جذب سدیم (SAR, Sodium Adsorption Ratio)

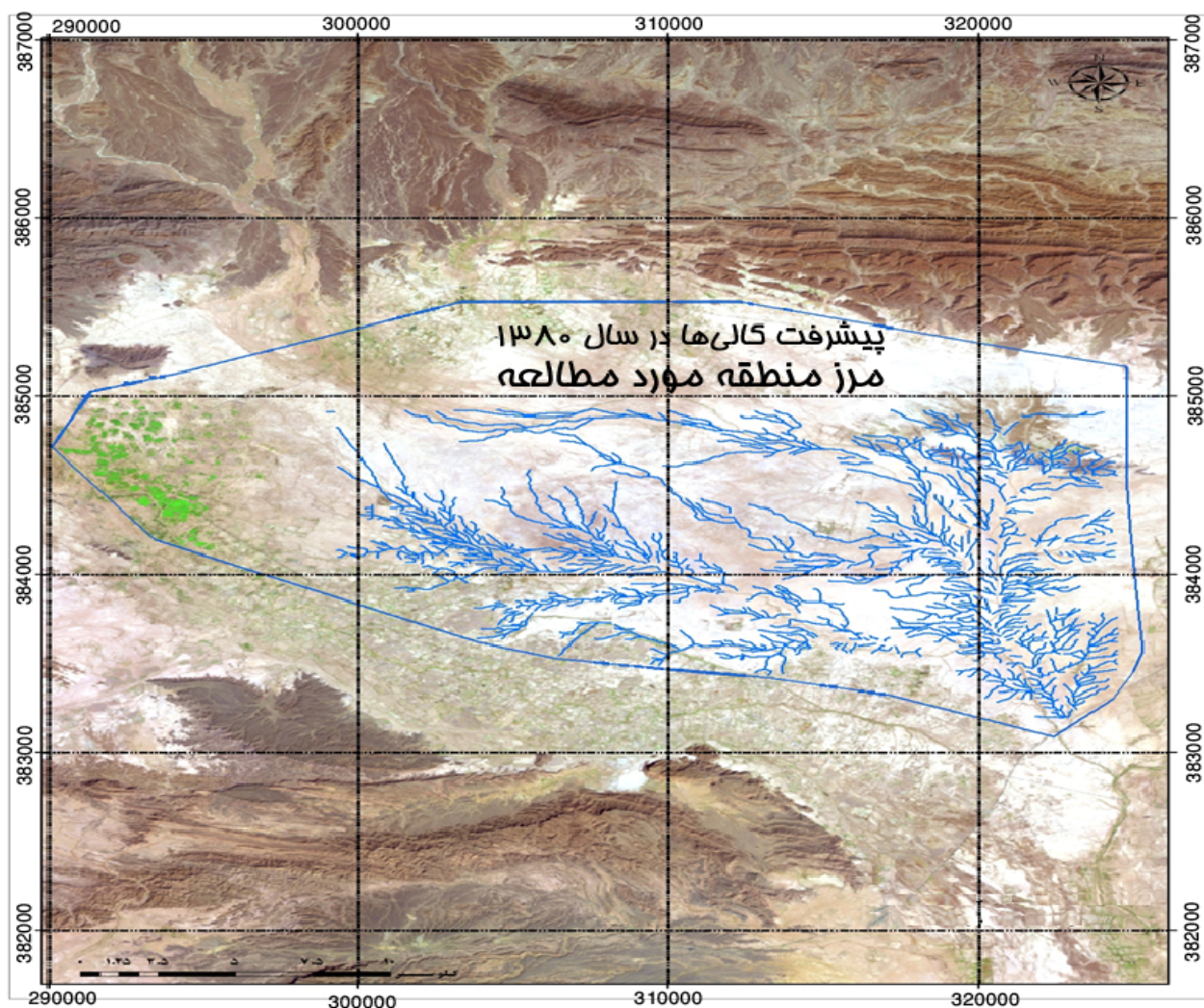
نسبت جذب سدیم (SAR, Sodium Adsorption Ratio) را می‌توان از رابطه‌ی ۱ به‌دست آورد.

$$SAR = \frac{NA}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} \quad (\text{رابطه ۱})$$

این نسبت، با افزایش سدیم در خاک افزایش می‌یابد. نتایج آزمایشات خاک بیانگر این مطلب است که میزان جذب سدیم در جداره‌ی گالی نسبت به سطح زمین و کف گالی بیشتر است. حداکثر میزان نسبت

جدول ۱- نتایج آزمایشات شیمی خاک، ج: جداری گالی، س: سطح زمین، ک: کف گالی.

شماره نمونه	سیلت (%)	ماسه (%)	رس (%)	بافت خاک	OM (%)	EC (Ds/m)	ESP (%)	SAR (%)	Na (meq/l)	Ca (meq/l)	Mg (meq/l)	Σ
۱-ج	۵۵	۳۴	۱۱	لوم سیلتی	۰/۲۴	۲/۲۹	۱۹/۴	۵/۵	۱۵/۵	۳	۱۳	۳۱/۵
۲-ج	۵۳	۳۶	۱۱	لوم سیلتی	۰/۱۷	۱/۰۹	۱۰/۷	۳/۳	۶/۶	۲	۶	۱۴/۶
۳-ج	۵۳	۲۸	۱۹	لوم سیلتی	۰/۴۶	۶۲/۵	۴۳۰/۱	۱۲۲/۹	۱۷۱	۳	۷۵	۲۴۹
۴-ج	۵۳	۳۶	۱۱	لوم سیلتی	۰/۲۹	۱۶/۴۸	۱۱۶/۱	۲۷/۴	۱۰۵۰	۴۹	۹۷	۱۱۹۶
۵-ج	۶۱	۲۸	۱۱	لوم سیلتی	۰/۳۳	۱۱/۹۷	۹۴/۶	۲۵/۱	۱۵۳	۲۴	۵۰	۲۲۷
۶-س	۳۷	۲۶	۳۷	لوم رسی	۰/۵۹	۲۲/۲	۱۲۱/۷	۲۷/۷	۲۱۶	۳	۱۱۹	۳۳۸
۷-س	۵۷	۲۰	۲۳	لوم سیلتی	۰/۳۸	۳/۰۴	۱۹/۵	۵/۲	۱۷/۴	۳	۱۹	۳۹/۴
۸-س	۵۵	۲۴	۲۱	لوم سیلتی	۰/۴۳	۱/۵۹	۹/۱۵	۴/۵	۱۱/۱	۳	۹	۲۳/۱
۹-س	۶۱	۲۰	۱۹	لوم سیلتی	۰/۳۸	۰/۶۹	۸	۲/۵	۳/۹	۲	۳	۸/۹
۱۰-ک	۶۱	۲۰	۱۹	لوم سیلتی	۰/۴۱	۹/۸۱	۱۷/۶	۱۵/۶	۷۵	۹	۳۷	۱۲۱
۱۱-ک	۶۱	۱۶	۲۳	لوم سیلتی	۰/۳۴	۹/۲۳	۲۳/۷	۲۲/۲	۹۳	۱۰	۲۵	۱۲۸
۱۲-ک	۵۹	۲۴	۱۷	لوم سیلتی	۰/۴۳	۱/۱۶	۷/۹	۲/۷	۵/۴	۱	۷	۱۳/۴
۱۳-ک	۴۹	۱۸	۳۳	لوم رسی سیلتی	۰/۴۳	۱/۲۳	۹/۹	۳/۱	۶/۹	۱	۹	۱۶/۹
۱۴-ک	۵۵	۳۲	۱۳	لوم سیلتی	۰/۲۴	۲/۵۳	۱۷/۲	۵/۴	۱۶/۲	۲	۱۶	۳۴/۲

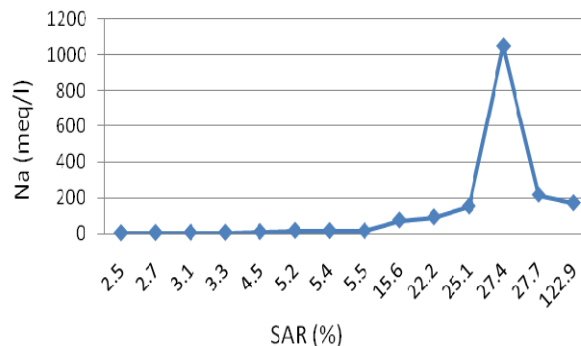


تصویر ۲- موقعیت جغرافیایی ناحیه‌ی مورد مطالعه، که بین مناطق باهوکلان، پیرسهراب و پل گرگرو واقع شده‌اند

۳-۶- کاتیون‌ها

نتایج آزمایشات نشان می‌دهد که نسبت سدیم به کلسیم و منیزیم در خاک به میزان بیشتری وجود دارد که یکی از عوامل فرسایش پذیری خاک است. مجموع کاتیون‌ها در جداره، بیشتر از کف گالی و سطح زمین است که تقریباً روند تغییرات مشابهی را با دیگر موارد بالا نشان می‌دهد، (جدول ۱).

جذب سدیم ۱۲۲/۹، مربوط به جداره‌ی گالی و حداقل آن برابر ۲/۵، مربوط به سطح زمین بدون فرسایش همراه با پوشش گیاهی می‌باشد. این مسئله بیانگر این است که پیشرفت بیشتر عرض‌گالی‌ها نسبت به عمق، مربوط به بیشتر بودن املاح در جداره‌ها نسبت به کف گالی‌ها می‌باشد. تصویر ۳، رابطه‌ی میزان سدیم با سار (SAR) را نشان می‌دهد (جدول ۱).



تصویر ۳- رابطه‌ی میزان سدیم (Na) به سار (SAR).

۳-۷- pH

پ‌هاش (pH) خاک عبارتست از لگاریتم منفی فعالیت یون هیدروژن در گل اشباع خاک: $pH = -\log(H)$ ، که در آن، H نماینده‌ی فعالیت یون هیدروژن بر حسب گرم بر لیتر در سوسپانسیون (گل اشباع) آب و خاک می‌باشد. پ‌هاش کمتر از ۴ نشانه وجود اسیدیته آزاد که معمولاً از اکسیداسیون سولفیدها و پ‌هاش کمتر از ۵/۵ احتمالاً آلومینیوم قابل تبادل و در پ‌هاش بین ۷/۸ تا ۸/۲ وجود کربنات کلسیم را نشان می‌دهد (جدول ۲). در پ‌هاش بالاتر از ۸/۳، کربنات سدیم در خاک دیده می‌شود که معمولاً درصد سدیم تبدلی نیز بیشتر از ۱۵ است (جعفری اردکانی و همکاران ۱۳۷۶).

۳-۵- درصد سدیم‌تبدلی (ESP, Exchangeable Sodium Percentage)

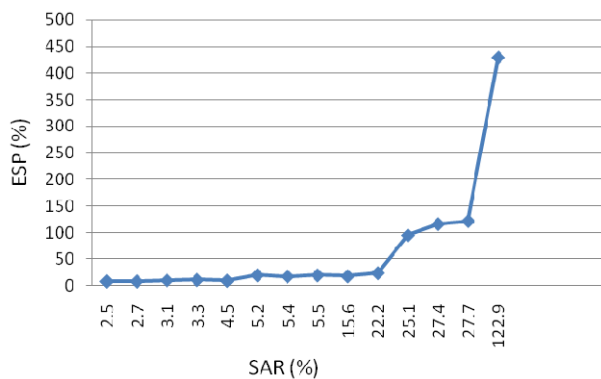
درصد سدیم تبدلی را می‌توان از رابطه‌ی ۲ به دست آورد.

$$ESP = \frac{100(-0.0126 + 0.01475 \times SAR)}{1 + (0.0126 + 0.01475 \times SAR)} \quad (\text{رابطه ۲})$$

بر اساس نتایج آزمایشات، درصد سدیم تبدلی (ESP) خاک‌های منطقه، بالا و برابر ۶۲/۵، و درصد سدیم تبدلی در جداره‌ی گالی نسبت به کف گالی و سطح زمین بیشتر می‌باشد. حداکثر میزان درصد سدیم تبدلی در پایین دست منطقه (کناره‌ی رودخانه‌ی گرگرو و جداره گالی)، ۴۳۰/۱، محلی که فرسایش زیاد است و حداقل آن در بالادست منطقه، منطقه‌ی غیر فرسایشی همراه با پوشش گیاهی، برابر ۸ می‌باشد (جدول ۱). در تصویر ۴، نسبت مستقیم سار (SAR) و درصد سدیم تبدلی (ESP) نشان داده شده است.

۳-۸- درصد اشباع خاک (SP, Saturation Percentage)

بعد از اندازه‌گیری پ‌هاش، گل اشباع قوطی فلزی را توزین و سپس با مقداری گل اشباع مجدداً توزین و بعد درون آن با حرارت ۱۰۰ تا ۱۰۵ درجه سانتیگراد برای مدت حداقل سه ساعت (بهرتر است به مدت یک شب در آن) قرار داده شد، بعد از سپری شدن مدت زمان لازم، قوطی را از آن در آورده و در دسیکاتور قرار داده، بعد از خنک شدن، مجدداً توزین و بر اساس روابط مربوطه، درصد اشباع خاک (SP) بر حسب خاک خشک محاسبه شد (جدول ۲، Ahmad Aali et al., 2009).



تصویر ۴- مقایسه‌ی نسبت ESP, SAR

۳-۹- ارزش مواد فنثی شونده‌ی کل خاک (TNV, Total Neutralizing Value)

مواد آهکی خاک‌های مختلف کشاورزی ارزش‌های گوناگون دارند. ارزش مواد آهکی کشاورزی بستگی به منشأ زمین‌شناسی مواد آهکی و این که چه میزان کربنات کلسیم و کربنات منیزیم در یک تن خاک آهکی وجود دارد و فرآیند تشکیل کربنات کلسیم چگونه است. مقدار این دو کربنات، ارزش خنثی شده‌ی کل (TNV) را تعریف می‌کند (Rayburn 1994). قسمت اعظم خاک‌های مناطق خشک ایران، از خاک‌های آهکی و آهکی شور یا شور قلیایی تشکیل یافته‌اند. بنابراین در تجزیه‌های شیمیایی این مناطق، تعیین کربنات کلسیم اهمیت زیادی

۲۳/۸، نسبت به منطقه‌ی فرسایش‌یافته و فرسایش‌نیافته ولی بدون پوشش گیاهی به مقدار ۲۱۵/۴، کمتر است، اما باز هم در حد بالایی قرار دارد و خطر فرسایش این مناطق در صورت از بین رفتن پوشش گیاهی، وجود دارد. مقدار اسی در مناطق فرسایشی زیاد است که این میزان یکی از عوامل مؤثر در فرسایش‌پذیری خاک است. همچنین میزان اسی در مناطق بدون پوشش گیاهی کم است که می‌توان به اثر پوشش گیاهی در میزان اسی پی برد و همچنین اثر پوشش گیاهی در جلوگیری از پیشرفت فرسایش، نام برد. مقدار متوسط سار هم نمایانگر میزان تمرکز سدیم است. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، میزان سار در مناطق با فرسایش، بیشتر از مناطقی که بدون فرسایش و بدون پوشش گیاهی است. اما باز هم در این مناطق میزان سار در حد بالایی قرار دارد. وجود سدیم در خاک باعث سست شدن و واپاشی خاک در مقابل عوامل فرسایشی از قبیل آب می‌شود. عدم پوشش گیاهی در این مناطق می‌تواند در فرسایش یافتن خاک به‌علت میزان بالای سار، نقش مؤثری داشته باشد. روند تغییر اسی پی هم مانند مقدار سار و هدایت الکتریکی می‌باشد. خاک‌های سدیمی با درصد بالای تبادل (ESP > 15) شناخته می‌شوند که این موضوع یکی از منابع مهم تولید رسوب و روان‌آب با کیفیت نامناسب به‌شمار می‌روند. وجود درصد بالایی از کاتیون‌های تبادل مثل سدیم در خاک باعث ایجاد ساختمان حساس به فرسایش در خاک می‌شود. به‌علت این‌که یون سدیم دارای شعاع یونی هیدراته‌ی بزرگی می‌باشد و قادر به جذب مولکول‌های آب به میزان زیاد است و بعد از جذب آب متورم شده، نفوذپذیری خاک را کاهش می‌دهد و در اثر بارش و روان‌آب‌های حاصله از آن باعث فرسایش و تلفات خاک به میزان زیاد می‌شود (Jha & Kapat 2009). برای از بین بردن اثر سدیم در خاک می‌توان از گچ به‌عنوان مکمل در خاک استفاده کرد، زیرا با افزودن پودر گچ به سطح این خاک‌ها دو عامل تخریب شیمیایی و فیزیکی از طریق افزایش مقاومت خاکدانه‌ها و عدم پخشیدگی، کاهش می‌یابد. به این ترتیب تشکیل سله در سطح خاک کاهش یافته و نفوذپذیری در حد قابل قبولی باقی می‌ماند. به‌علاوه با افزایش قدرت یونی در خاک‌های تحت تیمار گچ، هدایت هیدرولیکی خاک افزایش یافته و روان‌آب سطحی و

دارد. منابع آهک در طبیعت شامل، کربنات کلسیم و کربنات کلسیم- منیزیم می‌باشد (جعفری حقیقی ۱۳۸۲).

برای به دست آوردن این ارزش آزمایشی در آزمایشگاه آب و خاک دلتا (زاهدان)، بر اساس دستور العمل آزمایش شماره ۴ مؤسسه‌ی تحقیقات آب و خاک کشور (سازمان تحقیقات و آموزش ترویج کشاورزی ۱۳۷۲) به شکل زیر انجام گرفت: ۲ گرم خاک کوبیده شده و از الک دو میلیمتری رد شده را توزین و در ارلن مایر ۲۵۰ میلی-لیتری ریخته و سپس ۲۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک نرمال با پی‌پت یا بورت با دقت به آن اضافه شد. سپس ارلن مایر به آرامی تکان و تا شروع جوشش، حرارت داده شد. بعد از سرد شدن ظرف، حدود ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر روی آن ریخته شد. با افزایش ۵ قطره معرف فنل فتالین، نمونه با سود تیترو و در هنگام تیتراسیون نزدیک به ختم عمل وقتی که پ_هاش محیط از ۴ گذشت، هیدروکسیدهای آهن و آلومینیوم شروع به رسوب نمودند. در هنگام تیتراسیون، مواد معلق موجود در محیط را نیز با خود به ته ظرف برده، که در نتیجه محلول روئی آن صاف و تغییر رنگ آن به‌صورتی کاملاً مشهود نمایان شد. برای اطمینان از صحت انجام آزمایش، بعد از پایان تیتراسیون مدت ۲۰ ثانیه ارلن را تکان داده و با استفاده از رابطه‌ی ۳ مقدار کربنات کلسیم (CaCO₃) به‌دست آمد.

$$\text{CaCO}_3 = (a - b) \times M \times 5/S$$

(رابطه ۳)

که در آن،

a: مقدار سود مصرفی برای بلانک سود نرمال ، b: مقدار سود مصرفی برای نمونه خاک، M: نرمالیه سود مصرفی و S: وزن خاک توزین شده می‌باشند.

در نتایج حاصل از آزمایشات پ_هاش، اسی و تی ان وی، در کل منطقه، تغییرات جزئی دیده می‌شود (جدول ۲).

۴- بمت و نتایج

کاتیون موجود در خاک جداری گالی به میزان ۱۱۹۶ (میلی‌اکی‌والان بر لیتر) نسبت به کف گالی و سطح زمین به میزان ۳۳۸، بیشتر است. متوسط کاتیون در منطقه‌ی فرسایش‌نیافته با پوشش گیاهی به میزان

جدول ۲- نتایج آزمایشات SP و TNV و pH خاک

شماره نمونه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
SP (%)	۳۲/۲	۳۱/۴	۳۵/۵	۳۵/۸	۳۲/۲	۶۰/۳	۳۷/۷	۳۵/۵	۳۴/۶	۳۷/۸	۴۵/۸	۳۵/۶	۴۶/۲	۴۰/۷
TNV (%)	۱۴	۱۴/۲	۱۳/۸	۱۴	۱۱/۴	۱۲/۱	۱۴/۲	۱۳/۵	۱۱/۹	۱۳/۳	۱۳/۳	۱۲/۳	۱۲/۳	۱۴/۵
pH (%)	۷/۶۴	۷/۷۸	۷/۵۲	۷/۶۵	۷/۲۸	۷/۲	۷/۵۴	۷/۶۵	۷/۷۸	۷/۵۷	۷/۶۸	۷/۹۲	۷/۷۹	۷/۸۱

همراه با پوشش گیاهی، نشان‌دهنده‌ی مقداربالای این پارامترها در مناطق فرسایشی نسبت به مناطق غیرفرسایشی می‌باشد. نقش پوشش گیاهی در منطقه‌ی مورد مطالعه یکی از عوامل مؤثر در عدم پیشرفت فرسایش می‌باشد.

تقدیر و سپاس

نویسندگان این تحقیق از آقایان مهندس زورقی، مهندس گرگیچ، مهندس نارویی، مهندس تصرالله زاده، مهندس جوانی، مهندس شهرکی، مهندس تسلیح و مهندس سروری‌نژاد به دلیل همکاری در تهیه و جمع‌آوری اطلاعات، از آقایان مهندس پرورش و مهندس رندبلوچ (اداره‌ی منابع طبیعی شهرستان چابهار)، به‌علت همکاری در منطقه، از آقایان مهندس یارمحمدی (آزمایشگاه مکانیک خاک وزارت راه و ترابری) و مهندس توفیقی و مهندس هاشمی (آزمایشگاه دلتا-زاهدان) به دلیل همکاری در تهیه‌ی پارامترهای آزمایشگاهی قدردانی می‌نمایند.

مراجع

ایرانشن، ف.، چرخابی، ا. ح.، جلالی، ن. و غفاری، ع.، ۱۳۸۳، "بررسی تغییرات و روند رشد فرسایش خندقی با استفاده از روش‌های پردازش اطلاعات رقومی در منطقه‌ی دشتیاری چابهار"، گزارش‌نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده‌ی حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران.

جعفری اردکانی، ع.، پرتویی، ا.، پیروان، ح. و قدوسی، ج.، ۱۳۷۶، "تأثیر گچ در شیب‌های مختلف بر روی آبدوی و فرسایش خاک‌های ناپایدار"، پژوهشکده‌ی حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران.

جعفری حقیقی، م.، ۱۳۸۲، "روش‌های تجزیه خاک"، انتشارات ندای ضحی، ۲۳۱ ص.

صوفی، م. و چرخابی، ا.، ۱۳۸۳، "فرآیند ایجاد خندق و و نرخ آن در رشد آن در لامرد و علامرودشت"، پژوهشکده‌ی حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران.

مختاری، ا.، چرخابی، ا.، شیرانی، ک.، ۱۳۸۲، "بررسی ویژگی‌های مورفوکلیماتیک استان اصفهان"، پژوهشکده‌ی حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران.

مهندسین مشاور پارس کنسولت، ۱۳۵۳، "عملیات فوری و اضطراری دشتیاری و باهوکلالت در بلوچستان"، شرکت مشاور پارس کنسولت.

Abdallah, C., & Bou Kheir, R., 2009, "A quantitative model for predicting gully erosion risk in karstified Mediterranean environments: Lebanon case study", *Journal of Soil and Water Conservation*, Vol. 64 (2): 67A.

Ahmad Aali, Kh., Parsinejad, M. & Rahmani, B., 2009, "Estimation of Saturation Percentage of Soil Using Multiple Regression, ANN, and ANFIS Techniques", *Computer and Information Science*, Vol. 2 (3): 127-136.

فرسایش، کاهش می‌یابد (جعفری اردکانی و همکاران ۱۳۷۶). درصد مواد آلی خاک (OM)، بین ۰/۵۹ - ۰/۱۷، در حد تقریباً پایینی قرار دارد که می‌توان آن مقدار را از عوامل مؤثر بر ایجاد و پیشرفت فرسایش دانست. افزایش ماده‌ی آلی به خاک در کنار بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی بیولوژیکی و حاصل‌خیزی مؤثر است و در مهار فرسایش خاک نقش اساسی دارد. فرسایش‌پذیری خاک با مقدار ماده‌ی آلی، همبستگی معنی‌داری دارد (Leithold et al. 2006). در خاک‌های با بافت متوسط تا سنگین، فرسایش‌پذیری به‌دلیل تغییر ماده‌ی آلی کاهش می‌یابد. ساختمان خاک و نفوذپذیری، تحت تأثیر مقدار ماده‌ی آلی قرار دارد. در خاک‌های دارای ۱/۵ درصد ماده‌ی آلی، مقدار نفوذپذیری خاک و درجه پایداری خاکدانه‌ها، حداکثر است (صوفی و چرخابی ۱۳۸۳). بالا بودن درصد املاح در جداری گالی نسبت به کف گالی و سطح زمین را می‌توان به‌علت آبشویی خاک سطح زمین و کف گالی در اثر روان آب‌های ناشی از باران‌های فصلی دانست که باعث شسته‌شدن املاح از سطح می‌شود. بدین ترتیب درصد بالای املاح در خاک، فرسایش‌پذیری را در اثر روان آب‌های حاصله افزایش می‌دهد. در نهایت محدوده‌ی تغییرات نتایج آزمایشات فوق بر اساس طبقه‌بندی منطقه به مناطق فرسایشی و غیر فرسایشی (با پوشش گیاهی و بدون پوشش گیاهی) شکل می‌گیرد، (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه‌ی آزمایشات شیمی در محدوده‌های مختلف منطقه‌ی مورد مطالعه

نوع شاخص	فرسایش گالی	بدون فرسایش و بدون پوشش گیاهی	بدون فرسایش با پوشش گیاهی
EC [Ds/m]	۱/۰۹ - ۶۲/۵	۱/۵۹ - ۲۲/۲	۳/۰۴ - ۰/۶۹
SAR [%]	۲/۷ - ۱۲۲/۹	۴/۵ - ۲۷/۷	۲/۵ - ۵/۲
OM [%]	۰/۱ - ۰/۲۷	۰/۲۵ - ۰/۳۴	۰/۲۲ - ۰/۲۲
ESP [%]	۷/۹ - ۴۳۰/۱	۱۵/۹ - ۱۲۱/۷	۸ - ۱۹/۵

۵- نتیجه‌گیری

در نتایج حاصل از آزمایشات شیمی خاک، پارامترهای هدایت الکتریکی (EC) و نسبت جذب سدیم (SAR) و نسبت سدیم-تبدالی (ESP) مقدار نسبتاً بالایی را نشان می‌دهد. این پارامترها نمایانگر سدیم بالای خاک است و هنگامی که سدیم خاک در حد بالایی قرار داشته باشد، باعث ایجاد خاصیت پخشیدگی در خاک می‌شود و هنگامی که خاک تحت تأثیر سیلاب‌های فصلی قرار گیرد به راحتی از هم گسیخته و پیشرفت فرسایش منطقه را ایجاد می‌نماید. مقایسه‌ی پارامترهای به دست آمده از مناطقی فرسایشی با مناطقی غیر فرسایشی

- Wang, E., Xin, C., Williams, J. R. & Xu, C., 2006,** "Predicting Soil Erosion for Alternative Land Uses", *Journal of Environmental Quality*, Vol. 35:459-467.
- Zucca, C., Canu, A. & Della Peruta, R., 2006,** "Effects of land use and landscape on spatial distribution and morphological features of gullies in an agropastoral area in Sardinia (Italy)", in *Sardina. Italy, Catena*, Vol. 68 (2-3): 87-95.
- Archibold, O. W., Lévesque, L. M. J., de Boer, D. H., Aitken, A. E. & Delanoy, L., 2003,** "Gully retreat in a semi-urban catchment in Saskatoon, Saskatchewan", *Applied Geography*, Vol. 23(4): 261-279.
- Bacellar, L. de A. P., Coelho Netto, A. L. & Lacerda, W. A., 2005,** "Controlling factors of gully erosion in the Maracujá Catchment, southeastern Brazil," *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol. 30: 1369-1385.
- Bou Kheir, R., Greve, M. H., Bocher, P. K. & Greve, M. B., 2009,** "Use of Digital Terrain Analysis and Classification Trees for Predictive Mapping of Soil Organic Carbon in Southern Denmark", *Proceedings of Geomorphometry, Zurich, Switzerland, 31 August - 2 September, 2009*.
- Casagrande, D. R., Casagrande, L. & Castro, G., 1986,** "Improvement of sensitive silty clay by electroosmosis: Discussion", *Canadian. Geotech. Journal*. Vol. 23: 95-96.
- Cheng, H., Wu, Y., Zou, X., Si, H., Zhao, Y., Liu, D. & Yue, X., 2006,** "Study of ephemeral gully erosion in a small upland catchment on the Inner-Mongolian Plateau", *Soil and Tillage Research*, Vol. 90 (1-2): 184-193.
- Evans, M. & Lindsay, J., 2010,** "High resolution quantification of gully erosion in upland peatlands at the landscape scale", *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol. 35(8): 876-886.
- Jha, V. C. & Kapat, S., 2009,** "Rill and gully erosion risk of lateritic terrain in South-Western Birbhum District, West Bengal, India", *Sociedade & Natureza (Online)*, Vol. 21 (2), On-line version, ISSN 1982-4513.
- Leithold, E. L., Blair, N. E. & Perkey, D. W., 2006,** "Geomorphologic controls on the age of particulate organic carbon from small mountainous and upland rivers", *Global Biogeochemical Cycles*, Vol. 20, GB3022, 11 pp.,
- Lesschen, J. P., Kok, k., Verburg, P. H. & Cammeraat, L. H., 2007,** "Identification of vulnerable areas for gully erosion under different scenarios of land abandonment in Southeast Spain", *Catena*, Vol. 71(1): 110-121.
- Martínez-Casasnovas, J. A., Ramos, M. C. & Poesen, J., 2004,** "Assessment of sidewall erosion in large gullies using multi-temporal DEMs and logistic regression analysis", *Geomorphology*, Vol. 58(1-4): 305-321.
- McDonald, R. C., Isbell, R. F., Speight, J. G., Walker, J. & Hopkins, M. S., 1984,** "Australian Soil and Land Survey Field Handbook (Australian Soil & Land Survey Field Handbook)", *Inkata Press*, 172 pp.
- Rayburn, E. B. 1994,** "The value of agricultural limestone", *Forage Management, West Virginia University, Extension Service, December, 1994:* 3212-3214.
- Vrieling, A., Rodrigues, S. C., Bartholomeus, H. & Sterk, G., 2007,** "Automatic identification of erosion gullies with ASTER imagery in the Brazilian Cerrados", *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 28 (12): 2723-2738.