

## آثاری از تغییر آب و هوای دیرینه کواترنر موجود در برخی پارینه‌خاک‌های دو منطقه اصفهان و امام‌قیس چهارمحال و بختیاری

شمس الله ایوبی، احمد جلالیان و مصطفی کریمیان اقبال<sup>۱</sup>

### چکیده

پژوهش در پارینه‌خاک‌ها کاربرد زیادی در بررسی وضعیت بوم‌شناسی و اقلیمی گذشته زمین دارد. از سوی دیگر، شناسایی پارینه‌خاک‌ها نقش مهمی در انجام بهتر بررسی‌های نقشه‌برداری خاک و تصمیم‌گیری‌های مدیریتی دارد، زیرا ویژگی‌های این خاک‌ها با خاک‌های جوان‌تر متفاوت است. پارینه‌خاک‌ها، شامل خاک‌هایی هستند که در شرایط متفاوت با شرایط محیطی کنونی تشکیل شده، یا زیر یک سری رسوبات جوان‌تر دفن شده‌اند، و یا روی یک سطح پایدار باقی مانده‌اند. این خاک‌ها در نواحی ایران مرکزی و زاگرس پراکنندگی چشم‌گیری دارند. در شناسایی پارینه‌خاک‌ها، ویژگی‌ها و عامل‌های مختلف مورفولوژیک، فیزیکی، شیمیایی، کانی‌شناسی و میکرومورفولوژیک مفیداند. در این پژوهش ویژگی‌های مورفولوژیک و برخی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی پارینه‌خاک‌های دو منطقه اصفهان و امام‌قیس چهارمحال و بختیاری، به منظور شناخت شرایط خاک‌سازی و محیطی گذشته بررسی شد. نیم‌رخ‌های مورد بررسی روی زمین‌ریخت‌های مختلف شامل مخروط افکنه آبرفتی، دشت قدیمی بریده شده و رسوبات آبگیر قدیمی قرار گرفته‌اند.

نتایج نشان داد که در منطقه سگزی اصفهان، رسوب بر جای مانده از یک محیط آبگیر قدیمی شامل لایه‌ای سیاه‌رنگ سرشار از ماکروفسیل است، که گویای شرایط پرآب (آب شیرین تا لب‌شور) دیرینه می‌باشد. لایه‌بندی مختلف با توزیع اندازه ذرات متفاوت نشانه تغییر در شرایط رسوب‌گذاری گذشته است. پوشش‌های رسی و آهکی قوی روی خاک‌دانه‌ها و ذرات اولیه نیم‌رخ سپاهان شهر اصفهان، با ۱۰۰ میلی‌متر بارندگی سالیانه، خبر از شرایط مرطوب‌تر گذشته منطقه می‌دهد. در نیم‌رخ امام‌قیس چهارمحال و بختیاری، پارینه‌خاک دفن شده غنی از پوسته‌های رسی و بدون آهک و درصد کاتیون‌های بازی خیلی کم دیده می‌شود. بر پایه روابط میان میزان بارندگی و نسبت کاتیون‌های مختلف، میزان بارندگی در گذشته منطقه تا دو برابر فعلی برآورد شده است. در مجموع، نیم‌رخ‌های مورد بررسی نشان می‌دهد که در اواخر پلیستوسن رطوبت مؤثر در مناطق ایران مرکزی و زاگرس به مراتب بیش از امروز بوده است.

واژه‌های کلیدی: پارینه‌خاک، ماکروفسیل، پلیستوسن، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی

۱. به ترتیب دانشجوی سابق دکتری، استاد و دانشیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

## مقدمه

خاک‌ها به وجود می‌آورند (۱۰).

بولتر (Bulter) در نیوزیلند و کوبایاشی (Kobayashi) در ژاپن، نخستین بار از رنگ خاک برای شناسایی پارینه‌خاک‌ها استفاده کردند. رایساد (Raeside) به رنگ خاک، در ترکیب با ویژگی‌های دیگر مانند ساختمان خاک و آثار ریشه و پوشش رسی، در تشخیص پارینه‌خاک‌ها توجه کرد (۱۰). کمپ (۱۲) در تشخیص افق‌های آرجیلیک قدیمی و جدید در خاک‌های انگلیس، دریافت که رنگ قرمز ناشی از فرایند خاک‌سازی قرمز شدن (Rubification) در درازمدت و تحت شرایط اقلیم گرم در دوره‌های بین یخچالی است.

از شواهد مورفولوژیک بارز دیگر در شناسایی پارینه‌خاک‌ها، انباشته شدن فرم‌های پیش‌رفته آهک، و ژرفای افق آهک انباشته شده است. کمپ (۱۳) گزارش کرد که وجود ذرات و گره‌های (Nodules) آهکی در حد شن نشان‌دهنده شرایط نیمه خشک در طول دوره‌های پایدار خاک‌سازی است. اندازه‌گیری مستقیم برخی ویژگی‌های فیزیکی مانند جرم مخصوص ظاهری، نفوذپذیری و تخلخل، کاربرد زیادی در شناسایی پارینه‌خاک‌ها ندارد، چون فرایندهای پس از دفن شدن همچون تراکم و سیمانی شدن، ویژگی‌های اولیه را تغییر می‌دهد (۲۰).

توزیع اندازه ذرات یکی از فاکتورهای مهم قابل اعتماد در تشخیص پارینه‌خاک‌هاست، به ویژه هنگامی که ذرات بر اساس بخش بدون رس گزارش شود، زیرا فرایندهای بعدی مانند شست‌شوی رس، شرایط آغازین را تغییر می‌دهد (۷). پژوهندگان مختلف (۷ و ۲۷) از توزیع اندازه ذرات به عنوان فاکتوری در تفسیر رویدادهای گذشته، حتی به عنوان معیاری برای برآورد سن مطلق استفاده کرده‌اند.

نسبت عناصر در اکسیدهای مختلف، برای تفسیر فرایندهای حاکم بر پارینه‌خاک‌ها، و نیز جدا سازی خاک‌های جدید و پارینه‌خاک‌ها، از ابزارهای مناسب است. نسبت اکسیدهای بازیک (CaO, MgO, K<sub>2</sub>O و Na<sub>2</sub>O) به اکسید آلومینیم (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)، نسبت SiO<sub>2</sub> به Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> و نسبت باریم به استرانسیم

اقلیم و شرایط اکولوژیک زمین در طول دوران‌های مختلف زمین‌شناسی دچار دگرگونی‌ها و نوسان‌های شدیدی شده است. دگرگونی‌های ایجاد شده در دوره چهارم زمین‌شناسی شایان توجه بوده و نظر پژوهندگان بسیاری را جلب کرده است. با توجه به دوره‌ای بودن تغییرات اقلیمی در کواترنری (Quaternary) و افزایش دما در سال‌های اخیر و خطر دگرگونی‌های بیشتر آن در آینده، شناخت چگونگی دگرگونی‌ها در گذشته، به منظور برنامه‌ریزی‌های کشاورزی و زیست‌محیطی آینده از اهمیت فراوانی برخوردار است. به علت نزدیکی این دوران به زمان حال و عدم تغییرات اساسی در ساختار زمین، شواهد تغییر اقلیم در این دوران به خوبی در بیشتر پارینه‌خاک‌ها (Paleosols) حفظ شده است.

پارینه‌خاک‌ها شامل خاک‌هایی هستند که در شرایط متفاوت با شرایط امروزی تشکیل شده، یا زیر یک سری رسوب جوان‌تر دفن شده‌اند، و یا در برابر دگرگونی‌های سطحی و شرایط خارجی ایستادگی کرده‌اند (۲۰). خاک‌های دفن شده، بر حسب این که چه مدت تحت تأثیر چه نوع بوم‌نظامی (Ecosystem) قرار گرفته‌اند، درجات تکامل متفاوتی دارند. استفاده از شواهد مورفولوژیک، فیزیکی، شیمیایی و کانی‌شناسی، به علاوه ویژگی‌های میکرومورفولوژیک، پارینه‌خاک‌ها را به بهترین وجه به عنوان ابزاری مفید در بازسازی شرایط گذشته یک منطقه معرفی می‌کند.

شناخت پارینه‌خاک‌ها و نحوه پیدایش آنها مبحثی از خاک‌شناسی به نام شناسایی پارینه‌خاک‌ها (Paleopedology) است، که کمتر در ایران به آن توجه شده است. نوعی پارینه‌خاک نمایان شده (Exhumed) در کنار خاک‌های جوان و جدید روی زمین‌نماهای (Landscapes) شیب‌دار باعث ایجاد مشکل در نقشه‌برداری خاک می‌شود. شناسایی پارینه‌خاک‌ها، جدا سازی واحدهای نقشه را در این شرایط آسان‌تر می‌کند (۱۰). از سوی دیگر، پارینه‌خاک‌های نمایان شده، به علت بافت ریزتر و ساختمان ضعیف‌تر، مشکلاتی را در زمینه مدیریت

چهارم‌محال و بختیاری روی زمین‌ریخت‌های (Landforms) مختلف صورت گرفته است. منطقه امام‌قیس چهارم‌محال و بختیاری دارای میانگین بارندگی سالانه ۵۷۶ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۰ درجه سانتی‌گراد، و منطقه اصفهان دارای میانگین بارندگی سالانه ۹۵ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۵ درجه سانتی‌گراد است.

در منطقه اصفهان دو ترانشه شاهد روی دو زمین‌ریخت متفاوت شامل رسوبات مخروط افکنه قدیمی (Old alluvial fan) در ناحیه سپاهان‌شهر و رسوبات آبرگیر قدیمی در ناحیه سگری، و در منطقه امام‌قیس چهارم‌محال و بختیاری یک ترانشه روی رسوبات بریده شده (Old dissected plain) انتخاب شد (شکل ۱). ترانشه سپاهان‌شهر در مخروط افکنه‌ای واقع در دامنه جنوبی رشته کوه صفا اصفهان، در طول جغرافیایی  $51^{\circ} 39' 40''$  شرقی و عرض جغرافیایی  $32^{\circ} 34' 5''$  شمالی، واقع شده و عمدتاً از سنگ آهک کرتاسه، ماسه سنگ قرمز و کنگلومرای کرتاسه و شیل ژوراسیک منشأ گرفته است. رسوبات آبرگیر قدیمی در منطقه سگری در کفه (Playa) سگری واقع در ۳۰ کیلومتری شمال شرق اصفهان، در عرض جغرافیایی  $32^{\circ} 32' 40''$  و طول جغرافیایی  $52^{\circ} 1' 12''$  قرار گرفته، و مواد مادری آن شامل رسوبات مطبقی است که از حوزه آبخیز رودخانه زاینده‌رود به آن جا منتقل شده، و اخیراً از رسوبات بادرفتی پوشیده شده است.

ترانشه امام‌قیس در رسوبات دشت قدیمی به شدت بریده شده روستای امام‌قیس، در طول جغرافیایی  $51^{\circ} 18' 23''$  و عرض جغرافیایی  $31^{\circ} 45' 10''$ ، در ۳۵ کیلومتری جنوب غربی شهرستان بروجن، استان چهارم‌محال و بختیاری قرار گرفته است. دور تا دور این دشت رسوبی بریده شده را سازندهای مدوک، سروک و بنگستان مربوط به کرتاسه فراگرفته است.

در بررسی صحرایی، ضمن شناسایی و حفر ترانشه‌های مورد نظر و تازه کردن مقطع بر اساس عوارض مورفولوژیک خاک، افق‌های مختلف خاک از هم جدا شد. سپس بر اساس راهنمای تشریح نیم‌رخ خاک (۴)، مقاطع مورد بررسی تشریح

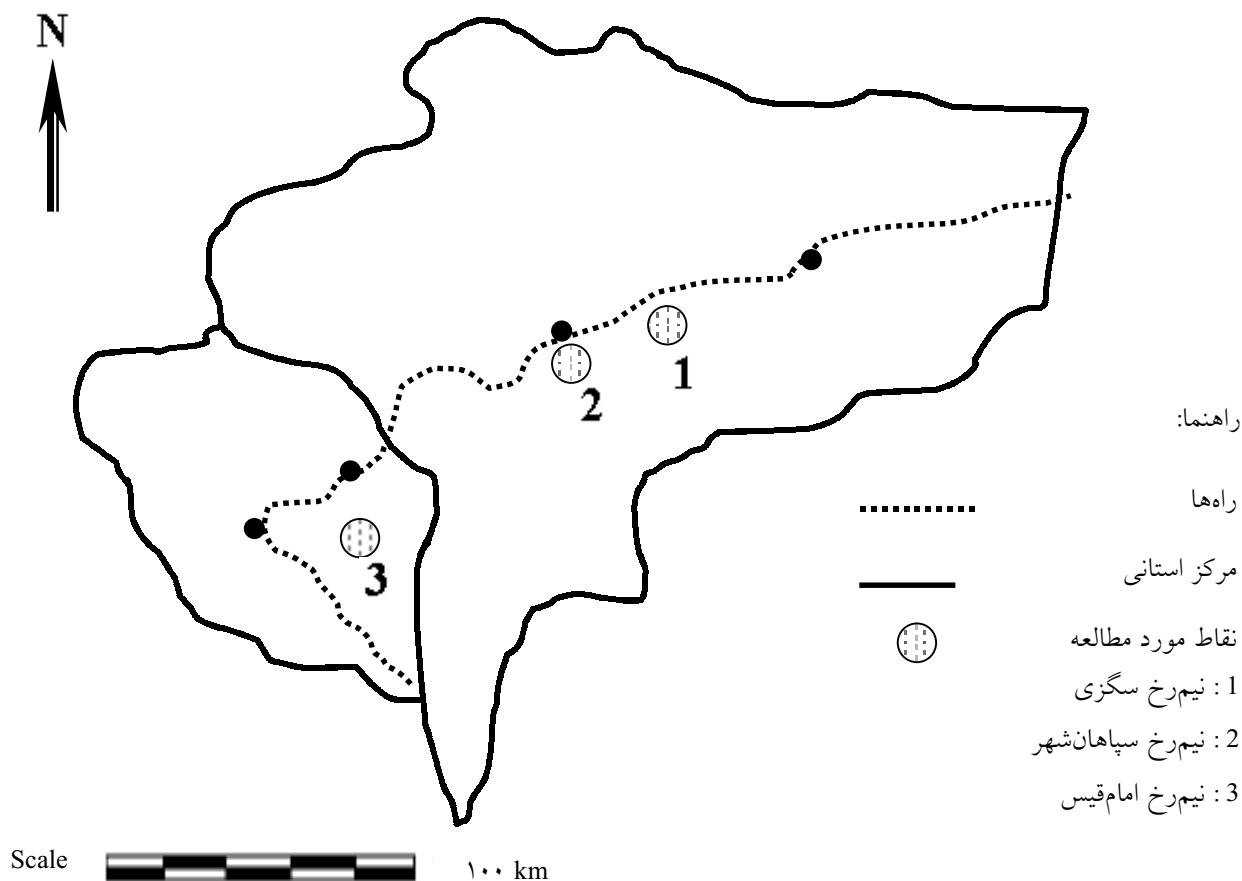
برای تعیین درجه هیدرولیز کانی‌ها قابل استفاده است (۲۰) و نسبت فرم‌های مختلف آهن به یکدیگر و نسبت آهن کل به آلومینیم کل برای انعکاس وضعیت اکسایش، و کاهش نسبت  $SiO_2$  به مجموع  $Al_2O_3$  و  $Fe_2O_3$  برای تبیین شرایط هیدراسیون گذشته سودمند است (۲۰ و ۲۱). نسبت  $Na_2O$  و  $K_2O$  به  $Al_2O_3$  برای تفسیر نمکی شدن خاک‌ها، و نسبت  $Al_2O_3$  به  $SiO_2$  برای شدت انباشتگی رس، نسبت‌هایی قابل اعتماد هستند (۲۰ و ۲۱). تامپسون (۲۶) بر پایه نسبت کاتیونی تیتانیم به زرکونیم توانست مرز بین پارینه‌خاک‌ها و خاک‌های جوان را مشخص کند. از فاکتورهای شیمیایی شایان توجه در بررسی و مقایسه سنی پارینه‌خاک‌ها، آهن عصاره‌گیری شده به روش‌های سترات بی‌کربنات دی‌تیونات و اگزالات آمونیوم است، که پژوهندگان مختلف به آن توجه کرده‌اند (۵، ۱۴، ۱۶ و ۲۴).

در بررسی رسوب دریاچه‌ای، شناسایی ماکروفسیل‌های (Macrofossils) به ارث رسیده می‌تواند به عنوان شاخصی از اقلیم و شرایط اکولوژیک گذشته به کار رود. فعالیت زیستی در دریاچه‌ها به اقلیم وابسته است. بنابراین، گونه‌های یافت شده در رسوب آن نشانه شرایط اقلیم گذشته است (۸). یکی از مهم‌ترین شاخص‌های مورد استفاده در این زمینه میزان سازش گونه‌های مختلف در برابر شوری آب است، که خود تابع حجم دریاچه و میزان دبی آب ورودی است (۸). به عنوان مثال، گونه‌های مختلف اوستراکود (Ostracoda) در آب‌های شور زیست می‌کنند. پس وجود این گونه در رسوب دریاچه‌ای نشان‌دهنده شرایط شوری و کم آبی در گذشته است (۸).

پژوهش حاضر به منظور بررسی ویژگی‌های مورفولوژیک و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی پارینه‌خاک‌ها و رسوب آبرگیر قدیمی در دو منطقه اصفهان و امام‌قیس چهارم‌محال و بختیاری، برای بررسی شرایط خاک‌سازی و محیطی گذشته انجام شده است.

## مواد و روش‌ها

این بررسی در دو منطقه اقلیمی متفاوت اصفهان و امام‌قیس



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی نقاط مورد بررسی

به دلیل حلالیت زیاد گچ و آزاد شدن یون کلسیم که باعث انعقاد کلویدها می‌شود، ممکن نشد. از این رو، برای برطرف کردن این مشکل از پیش تیمار هس (۱۱) استفاده گردید.

در آنالیزهای شیمیایی، pH خاک در نمونه‌های گل اشباع (۱۷)، EC، کاتیون‌ها و آنیون‌های محلول در عصاره اشباع اندازه‌گیری گردید. گنجایش تبادل کاتیونی به روش استات سدیم در  $pH = 7$  (۲۲)، آهن پدوژنیک به روش سیترا-بی‌کربنات-دی‌تیونات (۲۵)، و آهن آمورف به روش عصاره گیری با اگزالات آمونیوم و اسید اگزالیک (۶) تعیین شد. پس از عصاره گیری آهن، غلظت آن به وسیله دستگاه جذب اتمی اندازه گرفته شد. اندازه‌گیری میزان کلسیم و تفریق آن از کلسیم در آب مقطر، و اندازه‌گیری میزان کلسیم و تفریق آن از کلسیم عصاره اشباع خاک با استفاده از فرمول‌های مربوطه انجام شد

شده و داده‌های مربوط به ویژگی‌های مورفولوژیک شاخص در هر مقطع برداشت شد. سرانجام، نمونه‌های خاک مقاطع از افق‌های جدا شده برداشت، و برای انجام تجزیه‌های فیزیکی، شیمیایی و XRF (X-ray Fluorescence) به آزمایشگاه منتقل گردید.

به منظور بررسی نمونه‌های ماکروفسیل یافت شده در محل سگری، مقداری از نمونه خاک دست نخورده به ترتیب روی الک‌های ۴۰ و ۸۰ مش شست‌شو داده شد، و سپس نمونه‌های ماکروفسیل به وسیله میکروسکوپ بینوکولر مشاهده و عکس‌برداری گردید. مهم‌ترین شاخص فیزیکی مورد بررسی توزیع اندازه ذرات در هشت کلاس مختلف به روش پیست (۱۵) بود. چون برخی افق‌های خاک سگری و سپاهان‌شهر دارای مقادیر زیادی گچ بود، تعیین بافت آنها به روش معمول،

تا  $4 \times 10^4$  میلی‌متر وجود دارند. بر اساس منابع موجود (۱ و ۱۸)، این ماکروفسیل‌ها از رده شکم‌پایان (Gastropoda)، و زیر رده شش‌داران (Pulmonata) هستند. خلاصه‌ای از رده‌بندی آنها در جدول ۳ آمده است.

ماکروفسیل‌های دیده شده به دو گونه *Radix peregra* و *Gryaulus convexiusculus* تعلق دارند. گونه *Radix peregra* در آفریقای شمالی تا مصر و اروپا و آسیای باختری پراکنده است. این گونه معمولاً در آب‌های شیرین تالاب شور یافت می‌شود (۱). نمونه‌هایی از فسیل این گونه در شکل ۳ نمایش داده شده است. گستردگی گونه *Gryaulus convexiusculus* از باختر آسیا و بین‌النهرین تا فلات مرکزی ایران است. این گونه در گودال‌های آب فلات مرکزی ایران فراوان گزارش شده است (۱). نمونه‌هایی از فسیل این نرم‌تن در شکل ۴ دیده می‌شود. محیط زیست آنها در ایران در بستر گلی جویبارها، آبگیرها و دریاچه‌هایی با آب لب‌شور تا شیرین گزارش شده است (۱). این فسیل‌ها دارای پوسته آهکی بوده و مرگ و میر آنها ناشی از دگرگونی‌ها محیطی همچون تغییر شوری آب است (۱).

با توجه به شرایط یاد شده برای رشد و نمو این گونه نرم‌تن، می‌توان گفت که این نرم‌تنان در گذشته، زمانی که این خاک‌ها مرطوب بوده‌اند، در گودال‌های آب و حتی در خاک‌های خیس گسترش داشته‌اند. از درجه تحمل این گونه‌ها نسبت به آب‌های شیرین تالاب‌شور می‌توان دریافت که مقدار آب زیاد با درجه شوری کمتر نسبت به وضع محیطی فعلی منطقه، شرایط را برای رشد و نمو این گونه‌ها فراهم کرده است. در اعماق ۹۵-۱۰۵ و ۱۸۰-۳۱۵ سانتی‌متر، به علت نوسانات سفره آب زیرزمینی و وجود انقطاع سنگی، انباشت آهک به صورت پودری و سخت دانه دیده می‌شود. با افزایش عمق، تناوبی از لایه‌هایی با بافت ریز و درشت وجود دارد که به شدت تحت فرایند گلی شدن (Gleyzation) قرار گرفته‌اند. تغییرات نسبت ذرات شن خیلی ریز به شن ریز (شکل ۵-الف) نیز این تغییرات ذرات را تأیید می‌کند.

چنان که از جدول ۲ بر می‌آید، نسبت آهن آمورف

(۲). میزان درصد آهک به روش تیتراسیون برگشتی (۱۹) و درصد مواد آلی به روش سوزاندن تر با بی‌کرومات پتاسیم در مجاورت اسید سولفوریک غلیظ (۱۹) اندازه‌گیری گردید. تجزیه عنصری و تعیین درصد عناصر اصلی به وسیله دستگاه XRF مدل فیلیپس ۲۴۰۰ (Philips-2400) صورت پذیرفت. سن‌یابی با استفاده از کربن-۱۴ روی نمونه‌های مواد آلی فسیل شده، در دو عمق مختلف نیم‌رخ سگزی به روش اسپکترومتری تشدید کننده (Accelerator mass spectrometry) و به وسیله دستگاه نوع فیلیپس انجام گردید.

## نتایج و بحث

### نیم‌رخ سگزی

نتایج برخی ویژگی‌های مورفولوژیک، فیزیکی و شیمیایی پارینه‌خاک مورد بررسی در منطقه سگزی اصفهان در جداول ۱ و ۲ آورده شده است. در این مقطع افق 3Ab (۹۵-۶۰ cm) رنگی خیلی تیره (5Y3/1) دارد. در این افق، با این که مواد آلی اندازه‌گیری شده به روش سوزاندن تر به ۱/۲۳ درصد می‌رسد، ولی ظاهراً میزان مواد آلی در گذشته به مراتب بیش از این بوده، و به علت فسیل شدن این مواد، با روش مزبور قابل اندازه‌گیری نیست. شدت فسیل شدن به اندازه‌ای است که حتی تکه‌های بزرگ ساقه و ریشه گیاهان قدیمی به صورت زغال شده (شکل ۲) در بین ذرات خاک دیده می‌شود، و میزان آن در برخی نقاط بیش از ۳۰ درصد است. سن‌یابی انجام شده به روش کربن-۱۴ در دو عمق ۶۰ و ۱۲۵ سانتی‌متری نشان داد که این نمونه‌ها دارای سنی برابر ۱۰۲۰۰ و ۱۰۸۰۰ سال می‌باشند. تشکیل این لایه تیره رنگ در محدوده زمانی ۱۰-۱۱ هزار سال پیش اتفاق افتاده، که با دوره سرد و نیمه یخچالی درایس جوان (Younger Dryas) هم‌زمان است.

در این افق، افزون بر عوارض فوق، وجود مقادیر زیادی پوسته (Shell) ماکروفسیل‌هایی از شاخه نرم‌تنان دیده می‌شود. شمار آنها در نقاط مختلف افق از ۵۰ تا ۳۰۰ عدد در هر دسی‌متر مکعب خاک تغییر کرده، و در اندازه‌های مختلف  $1 \times 1$

جدول ۱. برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیکی بارنه‌خاک مورد بررسی در منطقه سگری

بافت خاک	رِس	سیلت	شِن	سنگریزه	سنگ‌رسی	پوسته رسی	وضعیت آهک	ساختمان خاک	رنگ (مروطوب)	عمق (cm)	اقل
L	۱۰/۱	۴۰/۷	۴۹/۲	-	-	-	بدون چوش	gr <sub>1</sub> f	10YR 6.5/4	۰-۲۵	A
SL	۱۰/۰	۲۸/۱	۶۱/۹	-	-	-	بدون چوش	sbk <sub>1</sub> f	10YR 5/4	۲۵-۴۵	Bzy
SiL	۱۴/۸	۵۴/۳	۳۰/۹	-	-	-	esd	sbk <sub>1</sub> m	10YR 5/6	۴۵-۶۰	2Bz
SiL	۱۲/۱	۶۲/۶	۲۵/۳	-	-	-	esd	gr <sub>3</sub> f	5Y 3/1	۶۰-۹۵	3Ab
SiL	۱۳/۴	۸۲/۱	۲/۵	-	-	-	m <sub>2</sub> rsm	abk <sub>2</sub> m	10YR 3/1	۹۵-۱۰۵	3Bkgb
SiCL	۱۷/۱	۵۶/۱	۲۶/۳	-	-	-	esd	abk <sub>1</sub> m	5Y 3/1	۱۰۵-۱۲۵	3Bwg <sub>1</sub> b
SiL	۲۹/۹	۵۳/۱	۱۷/۰	-	-	-	esd	abk <sub>1</sub> f	5Y 6/1	۱۲۵-۱۶۰	3Bwg <sub>2</sub> b
SiL	۲۲/۸	۶۰/۳	۱۶/۹	-	-	-	esd	abk <sub>1</sub> f	5Y 3/1	۱۶۰-۱۸۰	3Bwg <sub>3</sub> b
SiL	۱۰/۳	۷۳/۰	۱۶/۷	-	-	-	f <sub>1</sub> isc, m <sub>3</sub> rsm	abk <sub>1</sub> m	5G 5/1	۱۸۰-۲۲۵	4Bk <sub>1</sub> g <sub>1</sub> b
SiL	۱۰/۹	۵۵/۲	۳۳/۹	-	-	-	f <sub>1</sub> isc, m <sub>3</sub> rsm	abk <sub>1</sub> m	5G 5/1	۲۲۵-۲۷۰	4Bk <sub>2</sub> g <sub>2</sub> b
CL	۳۶/۰	۴۱/۳	۲۲/۷	-	-	-	f <sub>1</sub> isc, m <sub>3</sub> rsm	abk <sub>1</sub> m	5G 5/1	۲۷۰-۳۱۵	4Bk <sub>3</sub> g <sub>3</sub> b
SL	۱۷/۸	۱۴/۴	۶۷/۸	-	-	-	esd	بدون ساختمان	5GY 5/1	۳۱۵-۳۳۵	5Bwg <sub>1</sub> b
L	۱۸/۷	۴۲/۵	۲۸/۸	-	-	-	esd	بدون ساختمان	10GY 5/1	۳۳۵-۳۶۰	6Bwg <sub>2</sub> b
LS	۹/۶	۷/۳	۸۳/۱	-	-	-	esd	بدون ساختمان	5GY 1/3	۳۶۰-۳۸۰	7Bwg <sub>3</sub> b

۱. L: Loam, SL: Sandy Loam, SiL: Silty Loam, SiCL: Silty Clay Loam, CL: Clay Loam, LS: Loamy Sand

جدول ۲. برخی ویژگی‌های شیمیایی پارینه‌خاک مورد بررسی در منطقه سگری<sup>۱</sup>

Fe <sub>d</sub>	Fe <sub>o</sub>	SAR	ECe (dS/m)	pH	CEC (cmol(+)/kg)	مواد آلی			آیون‌های محلول			کاتیون‌های محلول			افق
						کج	آهک	gr/kg	gr/kg	gr/kg	gr/kg	gr/kg	gr/kg	gr/kg	
						Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	(meq/l)		
۰/۷۰	۰/۶۰	۳۱	۱۵/۹	۷/۹	۱۴/۸۸	۱۳۰	۸۷/۵	۰/۵	۲۸/۸	۳۳/۶	۱۷۳/۹	۱/۷	۱/۷	A	
۰/۵۴	۰/۳۵	۲۴	۱۹۲/۰	۷/۷	۱۳/۵۶	۷۵	۳۴۳/۷	۰/۵	۴۱/۶	۱۹۳/۶	۲۰۰۰	۹/۰	۹/۰	Bzy	
۰/۵۶	۰/۴۵	۵۱	۷۶/۹	۷/۶	۲۰/۰۰	۲۹۵	۸۱۵/۳	۲۱/۴	۵۲/۸	۱۸۸	۵۶۸	۸/۶	۸/۶	2Bz	
۶/۹۸	۱/۲۰	۵۱	۶۵/۲	۷/۴	۲۹/۱۳	۳۲۰	۶۵۲/۳	۶/۷	۳۳/۶	۱۴۰/۸	۴۷۸/۳	۷/۸	۷/۸	3Ab	
۴/۵۳	۱/۰۲	۵۱	۴۸/۵	۷/۵	۳۲/۶۱	۳۱۰	۴۸۵/۶	۴/۵	۳۲	۷۶/۸	۳۷۶/۶	۵/۲	۵/۲	3Bkgb	
۰/۶۰	۰/۵۰	۴۱	۳۷/۱	۷/۷	۱۹/۵۶	۵۸۰	۳۷۵	۶/۹	۲۸/۸	۶۶/۴	۲۸۷/۷	۴/۵	۴/۵	3Bwgb	
۱۵/۰	۰/۴۸	۴۶	۴۵/۲	۷/۷	۱۶/۹۵	۷	۴۶۵/۹	۰/۳	۹/۴	۱۰۴/۶	۳۴۷/۷	۴/۹	۴/۹	3Bwgsb	
۰/۴۰	۰/۳۲	۲۲	۲۹/۴	۷/۴	۱۳/۵۶	۶۰۵	۲۹۸/۴	۰/۸	۴۰/۸	۸۷/۶	۱۷۵/۶	۵/۶	۵/۶	3Bwgsb	
۰/۷۴	۰/۵۰	۵۰	۵۰/۷	۷/۷	۱۷/۵۶	۱۰	۵۰۱/۳	۲/۹	۴۶/۴	۷۰/۴	۳۸۲/۶	۶/۰	۶/۰	4Bkglb	
۰/۷۱	۰/۴۹	۴۰	۵۲/۴	۷/۴	۱۳/۹۱	۳۴۰	۵۱۴	۰/۲	۵۶	۱۰۰/۸	۳۶۰/۴	۶/۹	۶/۹	4Bkgsb	
۰/۷۲	۰/۵۲	۴۵	۶۳/۹	۷/۳	۱۶/۹۵	۱۰	۶۷۵	۰/۲	۶۷/۲	۱۴۰/۸	۴۶۵/۷	۸/۹	۸/۹	4Bkgsb	
۰/۵۵	۰/۳۲	۴۸	۶۷/۹	۷/۸	۱۰/۸۹	۱۲	۶۹۷	۰/۴	۴۶/۴	۱۵۶/۸	۴۸۶/۹	۷/۸	۷/۸	5Bwgsb	
۰/۵۲	۰/۳۱	۴۵	۶۴/۷	۷/۵	۱۳/۵۶	۴	۶۸۲	۰/۹	۴۸	۱۶۱/۶	۴۶۷/۴	۷/۴	۷/۴	6Bwgsb	
۰/۵۵	۰/۳۲	۴۵	۳۳/۶	۷/۸	۹/۱۳	۵	۲۹۱	۲۱۹/۶	۱۴/۴	۵۲/۸	۴۴۰/۳	۳/۴	۳/۴	7Bwgsb	

۱. علامت Fe<sub>d</sub>, SAR, CEC, نسبت جذب سدیم و آهن عصاره‌گیری شده به روش‌های اگزالات آمونیم و دی‌تیونیت است.

جدول ۳. طبقه‌بندی گونه‌های نرم‌تن یافت شده در پارینه‌خاک مورد بررسی سگزی

گونه	جنس	سرده	زیرتیره	تیره	بزرگ تیره	راسته	زیررده	رده
Radix peregra Gryaulus convexiusculus	Radix Gryaulus	Charychium Gryaulus	Carychiae Planorbinae	Ellobiidae Plainorbidae	Actophila Planorbidae	Basommatophora	Pulmonata Pumonata	Gastropoda Gastropoda



شکل ۲. نمونه‌هایی از مواد آلی فسیل شده (زغال شده) در لایه تیره رنگ پارینه‌خاک سگزی



شکل ۳. نمونه‌هایی از غلاف آهکی نرم‌تنان گونه *Radix peregra* در لایه تیره رنگ پارینه‌خاک سگزی

گزارش کرده‌اند.

از افق‌های پدوژنی موجود در این نیم‌رخ می‌توان به افق‌های جیسیک (Gypsic) و سالیک (Salic) در قسمت بالای نیم‌رخ اشاره کرد که تحت تأثیر سفره آب زیرزمینی و تبخیر و تعرق شدید در منطقه به وجود آمده‌اند.

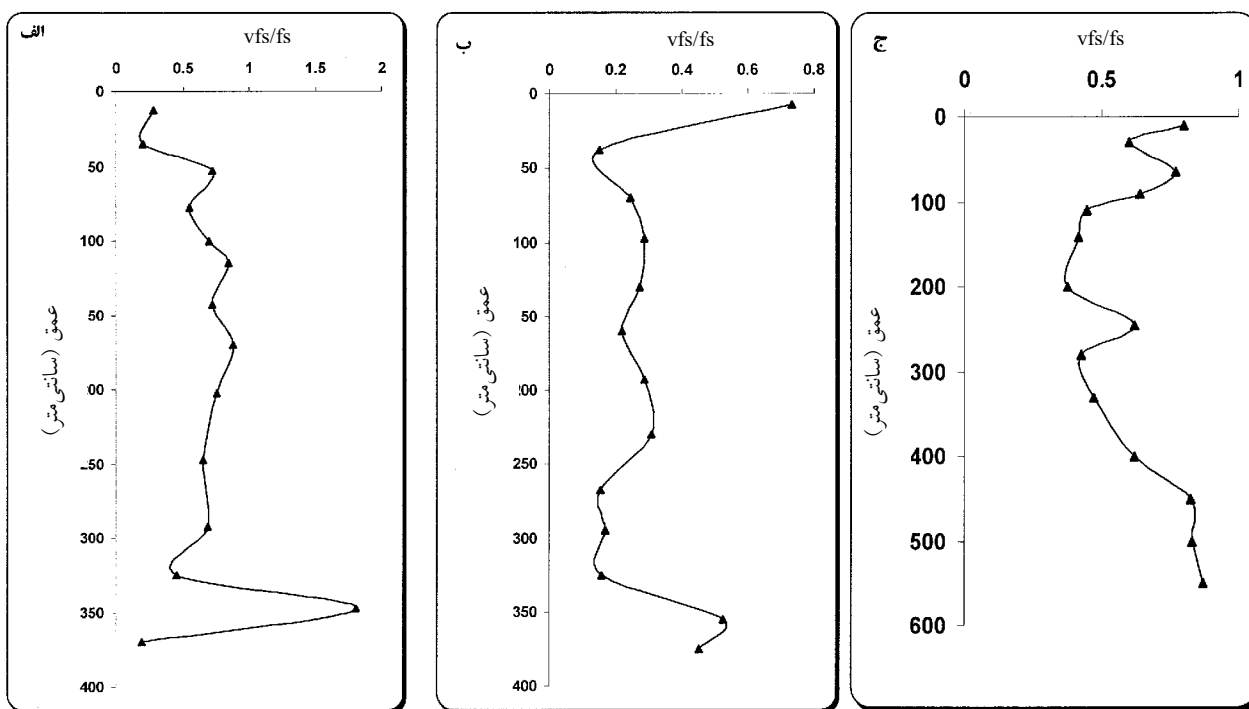
تغییرات شدید بعدی در مقطع مورد بررسی، به ویژه

(Fe<sub>o</sub>) به آهن دی‌تیونیتی (Fe<sub>d</sub>) چندان نظم و روال مشخصی ندارد، و کاهش این نسبت در افق تیره رنگ دال بر مقدار آهن کریستاله ناشی از فرایند بلوری شدن آهن به صورت درجا، در این افق است. در لایه‌های زیرین، به دلیل نوسانات سفره آب زیرزمینی، مقدار مطلق آهن دی‌تیونیتی به شدت کاهش می‌یابد (جدول ۲). پژوهندگان دیگر (۹، ۱۴ و ۲۴) نیز این پدیده را





شکل ۴. نمونه‌هایی از غلاف آهکی نرم‌تنان گونه *Gryaulus convexiusculus* در لایه تیره رنگ پارینه‌خاک سگری

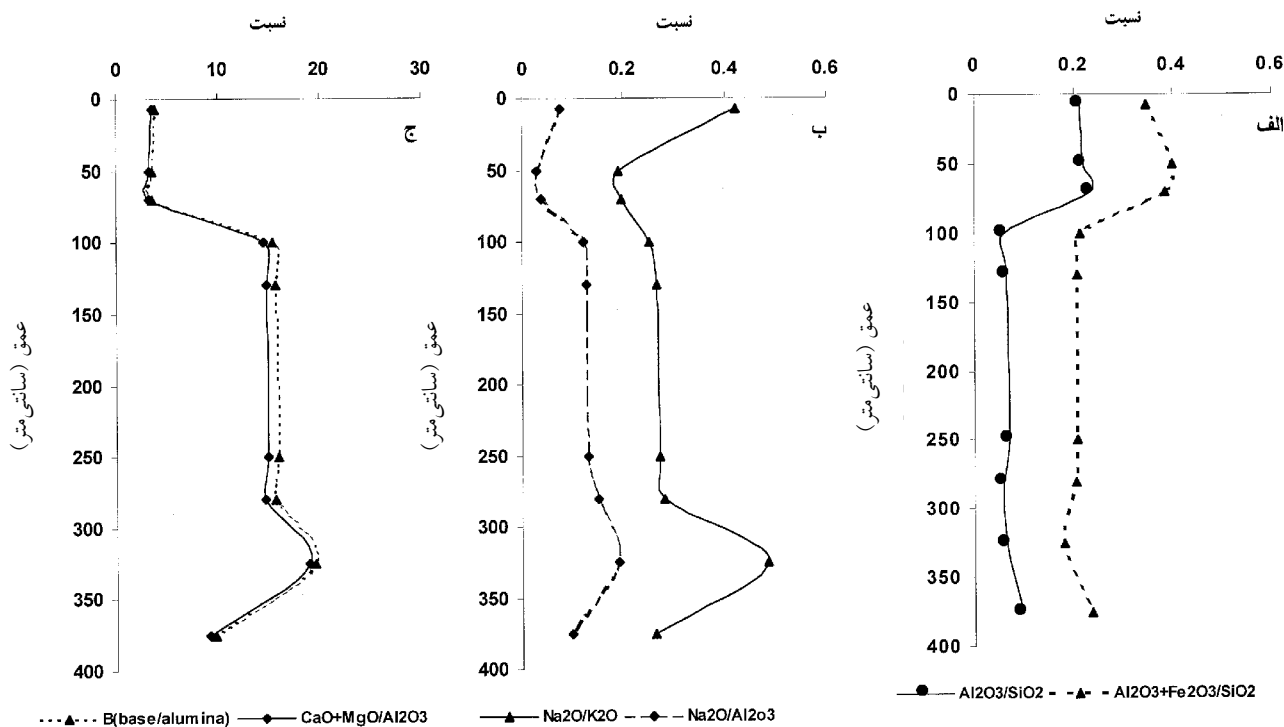


شکل ۵. توزیع عمقی نسبت شن خیلی ریز به شن ریز (vfs/fs) در نیم‌رخ‌های مورد بررسی [الف: سگری ب: سپاهان شهر ج: امام قیس]

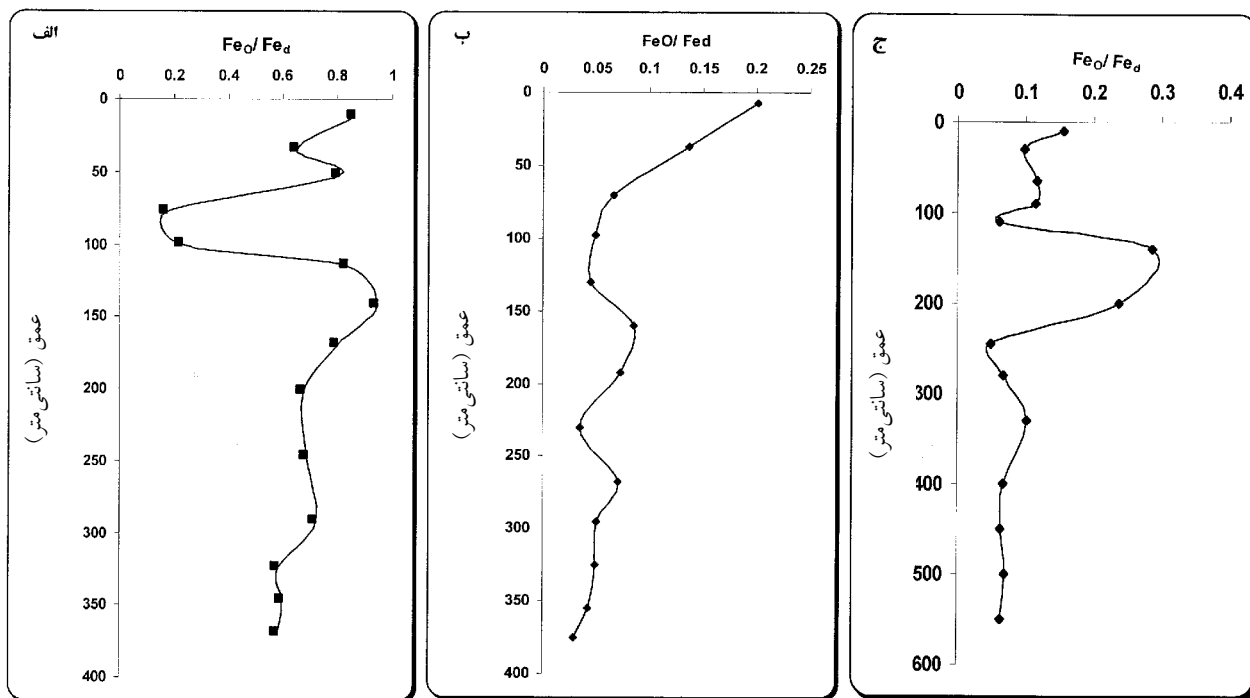
بندی مختلف گویای تغییر در شرایط رسوب‌گذاری گذشته می‌باشد، که خود ناشی از دگرگونی‌های اقلیمی و آب و هوای گذشته است. هم‌چنین، وجود لایه سیاه‌رنگ در بخش بالایی مقطع، وجود آبگیری در منطقه سگری در گذشته را تأیید می‌کند. ماکروفسیل‌های یافت شده، که با محیط آب شیرین سازگاری دارند، نشان دهنده حجم زیاد آب و شرایط پر آب‌تر

دگرگونی‌هایی که ناشی از سفره آب زیرزمینی است، بهره‌گیری از ویژگی‌های شیمیایی را در تفسیر فرایندها و شرایط محیطی گذشته دچار مشکل می‌سازد. بر پایه همین استدلال، آنالیزهای XRF روی نمونه‌های این مقطع، به دلیل پر هزینه بودن صورت نگرفته است.

مجموعه نشانه‌های فوق می‌رساند که رسوبات دیده شده با لایه

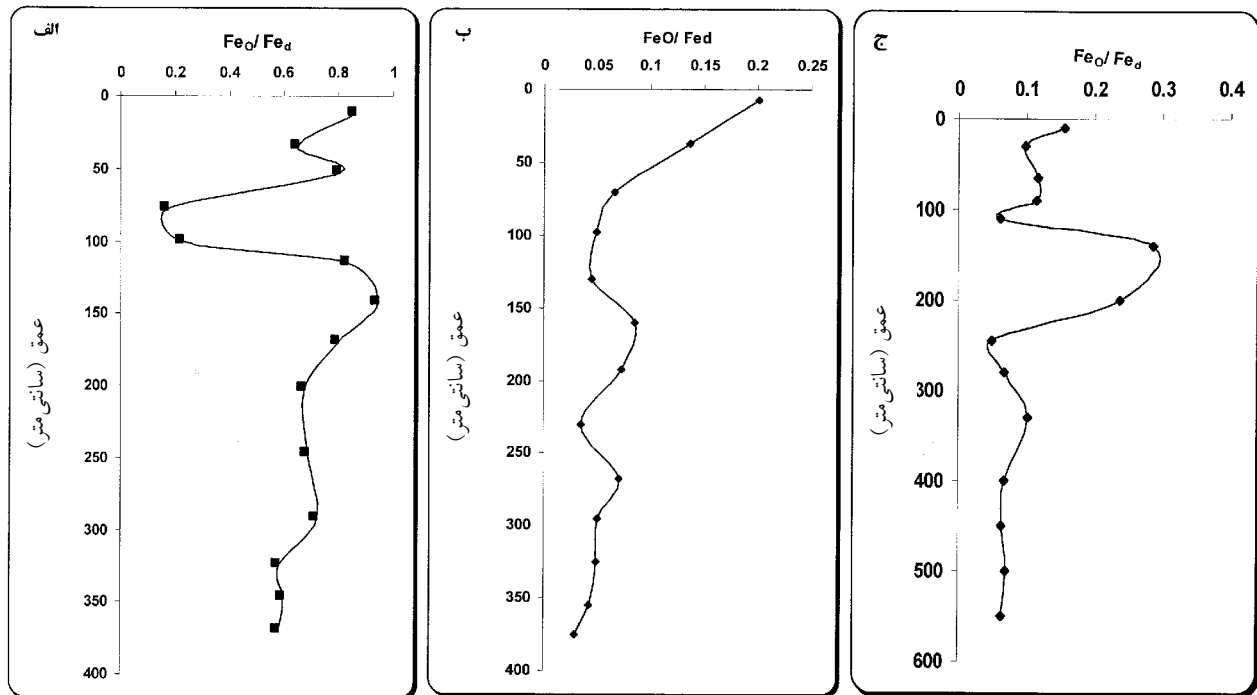


شکل ۶. توزیع عمقی نسبت اکسیدهای مختلف عناصر در نیمرخ سپاهان شهر



شکل ۷. توزیع عمقی نسبت آهن اگزالاتی (FeO) به آهن دی تیونیتی (Fe<sub>D</sub>) در نیمرخ های مورد بررسی [الف: سگزی ب: سپاهان شهر ج:

امام قیس]



شکل ۸. توزیع عمقی نسبت اکسیدهای مختلف عناصر در نیم‌رخ امام‌قیس چهارمحال و بختیاری

پوشش رسی نسبتاً قوی دیده می‌شود. این پوشش رسی مؤید شرایط آب و هوایی مرطوب‌تر یا سردتر، یا ترکیبی از این شرایط در گذشته بوده است، زیرا انتقال رس به این اندازه نمی‌تواند با شرایط گرم و خشک امروزی منطقه با بارندگی سالیانه ۱۰۰ میلی‌متر و تبخیر و تعرق ۲۰۰۰ میلی‌متر اتفاق افتاده باشد، که عمق شست‌شو از چند سانتی‌متر هم تجاوز نمی‌کند. به عقیده ریتالاک (۲۱) تغییر و تحولات پس از دفن شدن، تفسیر پارینه‌خاک‌ها را به منظور شرایط محیطی گذشته به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد.

در این نیم‌رخ نیز پس از تشکیل افق انباشت رس، فرایندهای بعدی همچون آهکی شدن (Calcification) و گچی شدن (Gypsification) خاک را به شدت متأثر کرده است. از نسبت  $CaO+MgO/Al_2O_3$  (شکل ۶) نیز چنین دریافت می‌شود. فرایند شور شدن، که از نسبت  $Na_2O/K_2O$ ،  $Na_2O/Al_2O_3$  و  $K_2O/Al_2O_3$  استخراج شده، در افق سطحی و عمق ۳۲۵ سانتی‌متری نسبت به نقاط دیگر نیم‌رخ تفاوتی را ایجاد کرده است.

گذشته است. با توجه به این که منطقه مورد بررسی در حال حاضر حدود ۱۰۰ کیلومتر با دریاچه فعلی گاوخونی فاصله دارد، بر اساس شواهد موجود به نظر می‌رسد که این منطقه در اواخر پلیستوسن (Pleistocene) و اوایل هولوسن (Holocene)، که مصادف با دوره سرد و نیمه یخچالی درایس جوان است، حالت آبگیر داشته و سطح قدیمی آن را آبدوست پوشانده بوده است. این نتیجه‌گیری با گزارش‌های پژوهندگان دیگر (۳) هم‌خوانی دارد.

### نیم‌رخ سپاهان‌شهر

برخی ویژگی‌های مورفولوژیک، فیزیکی و شیمیایی پارینه‌خاک سپاهان‌شهر در جداول ۴ و ۵ ارائه شده است. از ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیکی شاخص در این مقطع انقطاع سنگی میان برخی لایه‌هاست، که بارزترین آن در عمق ۱۵ سانتی‌متری اتفاق می‌افتد، و مقدار هیوی رنگ خاک از 10YR یک باره به 7.5YR تغییر می‌کند.

در طول نیم‌رخ، افق‌های مختلف تا عمق ۳۸۵ سانتی‌متری با

جدول ۱: برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیکی پارینه‌خاک مورد بررسی در منطقه سپاهان‌شهر

بافت خاک <sup>۱</sup>	رِس	سیلت	شن	سنگ‌ریزه	پوسته رسی	وضعیت آهک	ساختمان	رنگ (موتوب)	عمق (cm)	افق
SL	۱۱/۵	۲۸/۳	۶۰/۲	۲۸/۸۹	-	esd	gr <sub>1</sub> f	10YR 5/4	۰-۱۵	A
SCL	۳۲/۱	۱۵/۴	۵۲/۵	۲۷/۵۰	1npf	c <sub>2</sub> rsm-c	abk <sub>1</sub> f	7.5YR 4/4	۱۵-۶۰	2Btk <sub>1</sub>
C	۵۰/۶	۸/۵	۴۰/۹	۳۰/۰۰	1npf	m <sub>2</sub> rsm	abk <sub>1</sub> f	7.5YR 5/4	۶۰-۸۰	2Btk <sub>2</sub>
SC	۴۸/۲	۱/۴	۵۰/۴	۲۷/۰۰	2mkpf	m <sub>3</sub> rsm	abk <sub>2</sub> f	10YR 5/4	۸۰-۱۱۵	2Btky <sub>1</sub>
SC	۵۰/۲	۱/۵	۴۸/۳	۲۵/۰۰	2mkpf	m <sub>3</sub> rsm	abk <sub>2</sub> f	7.5YR 6/4	۱۱۵-۱۴۵	2Btky <sub>2</sub>
SC	۴۱/۳	۸/۵	۵۰/۲	۲۵/۳۸	2mkpf	m <sub>3</sub> rsm	abk <sub>2</sub> f	7.5YR 5/4	۱۴۵-۱۷۵	2Btky <sub>3</sub>
C	۵۰/۸	۵/۴	۴۳/۸	۲۷/۶۶	3mkpf	c <sub>2</sub> rsm	abk <sub>2</sub> f	7.5YR 4/4	۱۷۵-۲۱۰	2Btky <sub>4</sub>
C	۵۳/۸	۱۹/۷	۲۶/۵	۳۴/۲۹	3npf	c <sub>2</sub> rsm	abk <sub>3</sub> f	10YR 5/4	۲۱۰-۲۵۰	3Btky <sub>5</sub>
SCL	۲۶/۹	۷/۹	۶۵/۲	۲۷/۹۱	1npf	c <sub>2</sub> rsm	abk <sub>1</sub> f	10YR 4/6	۲۵۰-۲۸۵	3Btky <sub>6</sub>
SCL	۲۹	۸	۶۳	۴۵/۱۶	1npf	c <sub>2</sub> rsm	abk <sub>1</sub> f	10YR 5/4	۲۸۵-۳۰۵	3Btky <sub>7</sub>
SCL	۲۲	۷/۳	۷۰/۷	۳۷/۵۰	-	evd	abk <sub>1</sub> m	10YR 4/5	۳۰۵-۳۴۵	3By
SCL	۲۸	۱۷/۷	۵۴/۳	۵۱/۷۲	3mkpf	m <sub>3</sub> rsm	abk <sub>3</sub> f	7.5YR 3/4	۳۴۵-۳۶۵	4Btky
CL	۳۶	۳۰/۸	۳۳/۲	۲۲/۰۸	3mkpf	m <sub>3</sub> rsm	abk <sub>3</sub> m	7.5YR 3/4	۳۶۵-۳۸۵	4Btk

۱. SL: Sandy Loam, SCL: Sandy Clay Loam, C: Clay, SC: Sandy Clay, CL: Clay Loam

جدول ۵. برخی ویژگی‌های شیمیایی پارینه‌خاک مورد بررسی در منطقه سیاهان‌شهر<sup>۱</sup>

Fe <sub>d</sub>	Fe <sub>o</sub>	SAR	Ece (dS/m)	pH	CEC (cmol(+)/kg)	مواد آلی		آهک		کاتیون‌های محلول (meq/l)			افق			
						کج	گچ	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>		Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	
						gr/kg		gr/kg								
۰/۶۹	۰/۱۴	۶/۵	۶/۷	۷/۵	۱۰/۴	۹/۵	۱۰	۴۷۰	۴۰/۸	۴۲	۰/۴	۴۴/۸	۴/۸	۳۲/۶	۱۰/۱	A
۹/۸۶	۱/۳۵	۸/۴	۴/۹	۷/۸	۱۳/۹	۹	۸	۵۲۰	۲۰/۸	۴۵	۰/۵	۲۲/۴	۹/۶	۳۳/۹	۰/۴۵	2Btk <sub>1</sub>
۷/۲۵	۰/۴۸	۱۴/۰	۳/۴	۸/۳	۱۵/۰	۹	۳۳	۶۳۰	۸/۳	۳۲/۴	۰/۲	۳۰/۴	۶/۴	۲/۸	۰/۳۵	2Btk <sub>2</sub>
۸/۴۶	۰/۴۲	۹/۵	۳/۲	۷/۸	۱۵/۷	۸/۹	۲۲۰	۳۵۰	۴/۲	۴۱/۶	۰/۱	۲۷/۲	۱۴/۵	۴/۱	۰/۱۳	2Btky <sub>1</sub>
۹/۸۷	۰/۴۴	۱۲/۰	۳/۱	۸/۲	۱۸/۳	۴/۹	۱۶۰	۲۵۰	۴/۲	۴۵/۷	۰/۹	۳۰/۴	۱۴/۴	۵/۹	۰/۱	2Btky <sub>2</sub>
۵/۰۱	۰/۴۳	۱۴/۵	۴/۰	۸/۳	۱۵/۷	۴/۹	۲۷۰	۳۲۰	۱۶/۷	۴۲/۴	۰/۱	۲۵/۶	۱۹/۲	۱۵/۲	۰/۱۳	2Btky <sub>3</sub>
۴/۸۰	۰/۳۵	۱۱/۳	۳/۹	۸/۱	۱۷/۶	۴/۹	۶۲۰	۱۸۰	۴/۱	۴۹/۵	۰/۳	۳۲	۶/۴	۱۵/۲	۰/۳۲	2Btky <sub>4</sub>
۹/۸۸	۰/۳۸	۱۲/۱	۳/۷	۸/۲	۲۳/۷	۳/۹	۲۱۰	۲۲۰	۱۱/۶	۳۵/۵	۰/۲	۲۵/۶	۶/۴	۱۵/۲	۰/۱۳	3Btky <sub>5</sub>
۳/۸۳	۰/۲۸	۱۲/۹	۵/۲	۸/۱	۲۰/۰	۲/۷	۵۰۰	۱۵۰	۴/۲	۶۵/۲	۰/۶	۲۵/۶	۱۲/۸	۳۱/۳	۰/۱۸	3Btky <sub>6</sub>
۷/۸۰	۰/۳۹	۱۴/۲	۵/۲	۸/۱	۱۹/۰	۲/۷	۳۳۰	۲۱۰	۷/۵	۵۵/۷	۰/۷	۱۹/۲	۱۲/۸	۳۱/۷	۰/۱۸	3Btky <sub>7</sub>
۶/۸۰	۰/۳۸	۱۲/۱	۶/۶	۸/۱	۱۶/۵	۲/۴	۷۸۰	۱۶۰	۹/۲	۵۶/۸	۰/۱	۲۸	۸/۸	۲۹/۲	۰/۱۴	3By
۷/۳۰	۰/۳۱	۱۱/۸	۳/۵	۷/۸	۱۵/۶	۲/۳	۱۹۰	۳۴۰	۳/۴	۵۴/۲	۰/۷	۲۲/۴	۲۲/۴	۱۳/۱	۰/۴۱	4Btky
۹/۹۸	۰/۲۹	۱۰/۹	۳/۷	۸/۱	۱۳/۹	۲/۱	۱۳	۴۵۰	۵/۸	۵۱/۶	۰/۲	۱۹/۲	۱۹/۲	۱۸/۹	۰/۳	4Btk

۱. علایم Fe<sub>d</sub>, SAR, Fe<sub>o</sub> به ترتیب نشان دهنده گنجایش تبادل کاتیونی، نسبت جذب منبیم و آهن عصاره‌گیری شده به روش‌های اگزالات آمونیوم و دی‌تیونیت است.

ولی در عمق ۴۲۵ سانتی متری لایه‌هایی از خاک وجود دارد که هیچ اثری از آهک ثانویه در آن دیده نمی‌شود، و حتی با اسید از خود جوششی نشان نداده، و میزان آهک در این عمق از سه درصد تجاوز نمی‌کند (جدول ۷). وجود این مقدار کربنات، انباشتگی خیلی زیاد رس به صورت پوسته‌های رسی خیلی براق و ضخیم، رنگ قرمز (با هیوی 2.5YR) و همچنین نسبت‌های کم  $\text{CaO}+\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$  (شکل ۸) و مجموع اکسید کاتیون‌های بازی به اکسید آلومینیم ( $\text{Base}/\text{Al}_2\text{O}_3$ )، نشان دهنده این است که در زمان تشکیل این بخش از نیم‌رخ، شرایط اقلیمی به مراتب مرطوب‌تر یا سرد و مرطوب‌تر از حال حاضر بوده است.

بر اساس آنالیز XRF و روابط ایجاد شده، با استفاده از نسبت مجموع کاتیون‌های بازی به اکسید آلومینیم، می‌توان میزان بارندگی در گذشته را برآورد کرد. ریتالاک (۲۱) معادله گسترش یافته زیر را بدین منظور پیشنهاد کرده است.

$$P = -759B + 1300, \quad r = 0.7$$

در این معادله P میزان متوسط نزولات سالیانه، و B نسبت مجموع کاتیون‌های بازی به اکسید آلومینیم است. ریتالاک (۲۱) معتقد است این نوع معادلات در شرایط خشک و نیمه خشک، به شرطی که پارینه‌خاک متأثر از فرایندهای شیمیایی پس از دفن شدن نباشد، قابل استفاده است، و در شرایط مرطوب قابلیت اعتماد خود را از دست می‌دهد. با توجه به شرایط اقلیمی منطقه امام‌قیس، این معادله برای منطقه مزبور قابل اعتماد است (بر اساس گفتگو با ریتالاک از طریق پست الکترونیک).

با استفاده از معادله فوق، میزان بارندگی سالیانه در زمان تشکیل این بخش از نیم‌رخ ۹۸۶/۹ میلی‌متر در سال برآورد شد. این مقدار نزدیک به دو برابر مقدار فعلی نزولات منطقه است. این معادله برای نقاط دیگر نیم‌رخ، و نیز دیگر مقاطع مورد بررسی قابل استفاده نبوده و پاسخ‌های به دست آمده غیر منطقی است. علت اصلی آن توزیع دوباره کاتیون‌ها و ترکیباتی چون آهک و گچ در نیم‌رخ پس از دفن شدن است. نسبت  $\text{CaO}+\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$  نشان دهنده انباشتگی کربنات‌ها و آهک در بخش میانی نیم‌رخ است، و این فرایند نتوانسته اعماق زیرین را

تغییر آشکاری در توزیع گچ ثانویه قابل رؤیت، به ویژه از نوع پندانتی، به صورت کاملاً مشخص در این نیم‌رخ دیده می‌شود. به طوری که تا عمق ۸۰ سانتی متری اثری از گچ ثانویه وجود ندارد، ولی از عمق ۸۰ تا ۳۶۵ سانتی متری گچ ثانویه فراوان و عمدتاً از نوع پندانتی دیده می‌شود، و از این عمق به پایین گچ ثانویه از بین می‌رود. تغییرات گچ در این نیم‌رخ را احتمالاً می‌توان این گونه توجیه کرد که در گذشته با شست‌شوی کامل آهک و گچ در وضعیت مرطوب‌تر و سردتر، شرایط مناسبی برای انتقال رس وجود داشته است. تغییر شرایط محیطی و خشک‌تر شدن باعث کاهش رطوبت مؤثر شده، و گچ از افق‌های سطحی شسته، و در عمق مشخصی که تابع رطوبت مؤثر بوده، انباشته شده است.

نسبت آهن  $\text{FeO}$  به آهن فرم  $\text{Fe}_2$  (شکل ۷-ب) از سطح به عمق به تدریج کاهش یافته است. همان گونه که پژوهندگان دیگر (۱ و ۲۴) نیز تأکید کرده‌اند، در افق‌های جوان در شرایط اولیه هوازدگی، آهن بیشتر به صورت آمورف دیده می‌شود، و با افزایش و انجام فرایندهای خاک‌سازی و بلوری شدن آهن، فرم دی‌تیونیتی افزایش می‌یابد.

### نیم‌رخ امام‌قیس چهارمحال و بختیاری

برخی ویژگی‌های مورفولوژیک، فیزیکی و شیمیایی پارینه‌خاک مورد بررسی در منطقه امام‌قیس چهارمحال و بختیاری در جداول ۶ و ۷ آورده شده است. در این نیم‌رخ بر اساس شواهد مورفولوژیک موجود در صحرا و آنالیز توزیع اندازه ذرات و نسبت شن خیلی ریز به شن ریز (شکل ۵-ج)، چندین انقطاع و گسستگی دیده می‌شود. در قسمت بالایی نیم‌رخ مقطعی یافت می‌شود که با شرایط فعلی منطقه با ۵۷۶ میلی‌متر بارندگی سالیانه و رژیم رطوبتی زیریک (Xeric) هم‌خوانی دارد. انباشتگی رس به صورت پوسته رسی و آهک به صورت پودری، از ویژگی‌های این بخش از نیم‌رخ است.

هرچند بخشی از قسمت‌های عمقی نیم‌رخ با فرایندهای بعدی، و عمدتاً آهکی شدن نیم‌رخ (شکل ۸)، متأثر شده است،

آثاری از تغییر آب و هوای دیرینه کواترنر موجود در برخی پارینه‌خاک‌های دو منطقه ...

جدول ۱: برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیکی پارینه‌خاک مورد بررسی در منطقه امام‌قیس

بافت خاک <sup>۱</sup>	رِس	سیلت	شن	سنگ‌ریزه	پوسته رسی	وضعیت آهک	ساختمان خاک	رنگ (مرطوب)	عمق (cm)	اتق
SiL	۲۴/۴	۶۱/۳	۱۴/۳	-	-	esd	gr <sub>3</sub> m	10YR 4/2	۰-۱۵	A
L	۲۱/۱	۴۵/۳	۳۳/۶	-	1mkpf	e <sub>2</sub> ism,ss	abk <sub>1</sub> m	10YR 4/3	۱۵-۴۵	Btk <sub>1</sub>
SiC	۵۰	۴۵/۱	۴/۹	-	1mkpf	e <sub>2</sub> ism,ss	abk <sub>2</sub> c	10YR 4/3	۴۵-۸۵	Btk <sub>2</sub>
SiC	۴۹/۹	۴۴/۱	۶	-	1mkpf	e <sub>2</sub> ism,ss	abk <sub>2</sub> c	10YR 4/4	۸۵-۱۰۵	Btk <sub>3</sub>
SiC	۴۶	۴۳	۱۱	-	1mkpf	m <sub>2</sub> ism,ss	abk <sub>3</sub> f	10YR 6/3	۱۰۵-۱۲۵	Btk <sub>4</sub>
CL	۲۹/۲	۳۴/۵	۳۶/۳	۲۰	-	evd	abk <sub>1</sub> f	5Y 6/5	۱۲۵-۱۷۵	2C <sub>1</sub> b
L	۱۹/۹	۳۳/۸	۴۶/۳	۲۵	-	evd	abk <sub>1</sub> f	5Y 7/4	۱۷۵-۲۲۵	2C <sub>2</sub> b
L	۲۱/۹	۴۳/۶	۳۴/۵	۱۵	2mkpf, po	m <sub>2</sub> ism,ss	abk <sub>2</sub> m	10YR 7/4	۲۲۵-۲۶۵	3Btk <sub>1</sub> b
L	۲۶/۹	۳۵/۹	۳۷/۲	۲۰	2mkpf, po	m <sub>2</sub> ism,ss	abk <sub>2</sub> m	7.5 YR 4/4	۲۶۵-۳۰۵	3Btk <sub>2</sub> b
L	۲۶/۳	۴۶/۱	۲۷/۶	۲۰	2mkpf, po	m <sub>3</sub> rsm,ss	abk <sub>2</sub> m	7.5 YR 4/4	۳۰۵-۳۷۵	3Btk <sub>3</sub> b
SiC	۴۰/۵	۴۶/۲	۱۳/۳	۱۵	2mkpf, po	f <sub>2</sub> rsm	abk <sub>2</sub> m	7.5 YR 4/6	۳۷۵-۴۲۵	3Btk <sub>4</sub> b
C	۴۷	۳۳/۷	۱۹/۳	-	3mkpf	نمی‌جوشد	abk <sub>3</sub> m	2.5 YR 4/4	۴۲۵-۴۷۵	4Bt <sub>1</sub> b
C	۵۱/۱	۳۷/۳	۱۱/۶	-	3mkpf	نمی‌جوشد	abk <sub>3</sub> c	2.5 YR 4/4	۴۷۵-۵۲۵	4Bt <sub>2</sub> b
SiC	۴۷/۵	۴۴/۵	۸	-	3mkpf	نمی‌جوشد	abk <sub>3</sub> c	2.5 YR 6/4	۵۲۵-۵۸۵	4Bt <sub>3</sub> b

۱. SiL: Silty Loam, L: Loam, SiC: Silty Clay, CL: Clay Loam, C: Clay

جدول ۷. برخی ویژگی‌های شیمیایی پارتیکل خاک مورد بررسی در منطقه امام‌قیس<sup>۱</sup>

Fe <sub>d</sub>	Fe <sub>o</sub>	SAR	ECe (dS/m)	pH	CEC (cmol(+)/kg)	مواد آلی			آیون‌های محلول			کاتیون‌های محلول			انق
						گج	آهک	gr/kg	gr/kg	gr/kg	gr/kg	gr/kg	gr/kg	gr/kg	
						Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	(meq/l)	(meq/l)	
۵/۸۰	۰/۸۹	۰/۴۲	۰/۴	۷/۷	۴۵/۷	۲۷/۵	-	۰/۵	۲/۲	۰/۸	۰/۵۲	۰/۰۵	۰/۰۵	A	
۶/۵۷	۰/۶۴	۰/۳۹	۰/۴	۷/۶	۴۷/۴	۲۵/۶	-	۱/۳	۳	۰/۴	۰/۵۱	۰/۰۹	۰/۰۹	Btk <sub>1</sub>	
۶/۸۴	۰/۸۰	۰/۳۸	۰/۴	۷/۸	۴۷/۴	۱۷/۸	-	۰/۴	۲/۸	۰/۸	۰/۵۱	۰/۰۷	۰/۰۷	Btk <sub>2</sub>	
۶/۶۱	۰/۷۵	۰/۴۰	۰/۴	۷/۸	۳۹/۸	۱۷	-	۰/۵	۲/۸	۰/۶	۰/۵۲	۰/۰۵	۰/۰۵	Btk <sub>3</sub>	
۴/۳۱	۰/۳۷	۰/۳۹	۰/۵	۷/۸	۳۳/۵	۱۸	-	۰/۴	۲	۰/۸	۰/۵۴	۰/۰۴	۰/۰۴	Btk <sub>4</sub>	
۲/۷۷	۰/۶۹	۰/۴۶	۰/۴	۷/۸	۲۱/۸	۱۸	-	۱/۳	۲/۸	۰/۲	۰/۵۷	۰/۰۴	۰/۰۴	2C <sub>1</sub> b	
۱/۸۸	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۵	۷/۸	۲۸/۴	۱۰/۴	-	۲/۸	۳/۲	۰/۶	۰/۵۶	۰/۱۴	۰/۱۴	2C <sub>2</sub> b	
۳/۴۸	۰/۱۷	۰/۴۲	۰/۴	۷/۸	۲۴/۷	۹/۶	-	۱/۲	۳/۴	۰/۲	۰/۵۶	۰/۱	۰/۱	3Btk <sub>1</sub> b	
۲/۶۳	۰/۲۵	۰/۵۱	۰/۳	۷/۸	۳۰/۳	۹/۰/۸	-	۰/۱	۱/۸	۰/۲	۰/۵	۰/۱	۰/۱	3Btk <sub>2</sub> b	
۳/۵۷	۰/۳۶	۰/۴۶	۰/۴	۷/۸	۲۸/۴	۸/۵	-	۲/۵	۳/۲	۰/۸	۰/۵۱	۰/۰۹	۰/۰۹	3Btk <sub>3</sub> b	
۵/۳۲	۰/۳۵	۰/۴۵	۰/۴	۷/۸	۴۸/۸	۸/۵	-	۱/۱	۲/۴	۰/۶	۰/۵۵	۰/۰۵	۰/۰۵	3Btk <sub>4</sub> b	
۱۱/۲۴	۰/۷۰	۰/۵۳	۰/۳	۷/۷	۶۵/۲	۴/۹	-	۰/۶	۱/۸	۰/۲	۰/۵۳	۰/۰۴	۰/۰۴	4Bt <sub>1</sub> b	
۱۱/۳۶	۰/۷۸	۰/۴۲	۰/۳	۷/۶	۶۰/۴	۴/۵	-	۳/۴	۲/۲	۰/۸	۰/۵۲	۰/۰۵	۰/۰۵	4Bt <sub>2</sub> b	
۱۲/۱۲	۰/۳۶	۰/۴۰	۰/۳	۷/۴	۵۵/۷	۴/۵	-	۰/۳	۲/۲	۱	۰/۵	۰/۰۷	۰/۰۷	4Bt <sub>3</sub> b	

۱. علایم Fe<sub>d</sub> و Fe<sub>o</sub>، SAR، CEC، نسبت جذب سدیم و آهن عصاره‌گیری شده به روش‌های اگزالات آمونیوم و دی‌تیوتیت است.



ژنتیکی پیش‌رفته، دال بر این است که این نیم‌رخ واقع در یک مخروطه افکنه قدیمی، دوره‌های سرد و مرطوب‌تری را در دوره پلیستوسن سپری کرده، و سپس با خشک‌تر شدن اقلیم، توالی فرایندها تغییر کرده است.

شواهد موجود در نیم‌رخ امام‌قیس نیز دال بر شرایط مرطوب‌تر با رطوبت مؤثر بیشتر نسبت به امروز بوده است. جمع‌بندی یافته‌ها نشان می‌دهد که در اواخر پلیستوسن، هم‌زمان با دوره یخچالی در اروپا و عرض‌های جغرافیایی بالاتر، حرکت سیکلون‌های سرد و مرطوب به عرض‌های پایین‌تر مانند فلات ایران، باعث ایجاد دوره‌های مرطوب در ایران مرکزی و زاگرس شده است. شواهد موجود در پارینه‌خاک‌های مورد بررسی گویای شرایط سرد و مرطوب‌تر اقلیم گذشته با رطوبت مؤثر بیشتر از حال حاضر است.

### سپاسگزاری

بدین وسیله از جناب آقای دکتر حسین خادمی به خاطر راهنمایی‌ها و مشاورت‌های ارزنده‌شان، جناب آقای دکتر جعفریان عضو هیئت علمی گروه زمین‌شناسی دانشگاه اصفهان به خاطر همکاری در شناسایی نمونه‌های ماکروفسیل و هم‌چنین از جناب آقای دکتر داوودیان مسئول شرکت کیان طیف زاگرس به خاطر تجزیه‌های XRF و از آقای دکتر مارتین کهل از آلمان به واسطه سن‌یابی کربن-۱۴ نمونه‌های آلی کمال تشکر و امتنان را داریم.

تحت‌الشعاع قرار دهد (شکل ۸). توزیع نسبت‌های شاخص شوری نیز نشان دهنده تأثیر ناچیز فرایند شور شدن در این نیم‌رخ است. نسبت  $Al_2O_3/SiO_2$  نیز نشان می‌دهد که در افق‌های  $2C_1b$  و  $2C_2b$ ، به علت انباشتگی زیاد کربنات‌ها، درجه هوادیدگی ناچیز بوده و در افق  $4Bt_3b$  این نسبت افزایش چشم‌گیری نشان می‌دهد، که این فاکتور به عنوان ضریب رسی شدن (Clayness) شناخته می‌شود (شکل ۷).

توزیع عمقی نسبت آهن  $Fe_0$  به  $Fe_a$  در شکل ۸-ج نشان می‌دهد که در قسمت‌های بالایی نیم‌رخ با شرایط هوادیدگی کم و سن کم، این نسبت زیاد است (۵)، و با افزایش عمق کاهش می‌یابد؛ کمترین آن در افق  $4Bt_3b$  گزارش شده است. هرچند تغییر غیر عادی در افق  $2C_1b$  و  $2C_2b$  دیده می‌شود، که به دلیل تکامل نیافتن این بخش از نیم‌رخ و انباشت بیش از حد آهک‌های اولیه و ایجاد تأخیر در بلوری شدن آهن است. در افق  $4Bt_3b$  این نسبت به کمترین مقدار خود می‌رسد، که نشان می‌دهد انتقال آهن همراه با انتقال رس، و سپس بلوری شدن آن اتفاق افتاده است (۲۳).

### نتیجه‌گیری

شواهد مورفولوژیک بی‌شمار موجود در پارینه‌خاک سگزی تأیید‌کننده شرایط مرطوب‌تر در اواخر دوره پلیستوسن و اوایل هولوسن در منطقه اصفهان است. شواهد مورفولوژیک، فیزیکی و شیمیایی در پارینه‌خاک سپاهان‌شهر با افق‌های مشخصه

### منابع مورد استفاده

۱. تجلی پور، م. ۱۳۶۱. نرم تنان زمینی و رودخانه‌ای در ایران. بررسی کار نرم‌تن شناسان اتریشی در ایران، مؤسسه مطالعات و تحقیقات فرهنگی.
۲. زرین کفش، م. ۱۳۷۲. خاک‌شناسی کاربردی. انتشارات دانشگاه تهران.
۳. گیوی، ج. و ج. استویز. ۱۳۷۸. آثاری از تغییر آب و هوای دیرینه در خاک‌های ایران. دومین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، سازمان هواشناسی کشور، آبان ۱۳۷۸، تهران.
۴. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. ۱۳۶۷. راهنمای مطالعات شناسایی و تشریح نیم‌رخ خاک. سازمان تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، وزارت کشاورزی، نشریه شماره ۷۵۸.

5. Alexander, E. B. 1974. Extractable iron in relation to soil age on terraces along the Truckee river, Nevada. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 38: 121-123.
6. Blackmore, L. C., P. L. Searle and B. K. Daly. 1977. *Soil Bureau Laboratory Methods. Methods for Analysis of Soils.* New Zealand Soil Bureau Scientific Report 80.
7. Blecker, S. W., C. M. Yonker, C. G. Olson and E. F. Kelly. 1997. Paleopedologic and geomorphic evidence for Holocene climate variation, shortgrass steppe, Colorado, USA. *Geoderma* 76: 113-130.
8. Bradley, R. S. 1999. *Paleoclimatology: Reconstructing Climates of the Quaternary.* 2<sup>nd</sup> ed., International Geophysics Series, Vol. 64.
9. Fanning, D. S., R. L. Hall and J. E. Foss. 1973. Soil Morphology, Water Tables and Iron Relationships in Soils of the Sassafras Drainage Catena in Maryland. PP. 71-79. *In: E. Schlichting and U. Schwertman (Eds.), Pseudogley and Gley.* Verlag Chemie, Weinheim, Germany.
10. Gerrard, J. 1992. *Soil Geomorphology: An Integration of Pedology and Geomorphology.* Chapman & Hall, London.
11. Hesse, P. R. 1976. Particle size distribution in gypsic soils. *Plant and Soil* 44: 241-247.
12. Kemp, R. A. 1985. The cause of redness in some buried and non-buried soils in eastern England. *J. Soil Sci.* 36: 329-334.
13. Kemp, R. A. 1998. Role of micromorphology in paleopedological research. *Quaternary International* 51/52: 133-141.
14. Khan, F. A. and T. E. Fenton. 1996. Secondary iron and Mn distribution and aquic conditions in a mollisol catena of central Iowa. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60: 546-551.
15. Klute, A. 1986. *Methods of Soil Analysis. Part 1,* Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin.
16. McKeague, J. A. and J. H. Day. 1966. Dithionite and Oxalate-extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. *Can. J. Soil Sci.* 46: 13-22.
17. Mclean, E. D. 1982. Soil pH and lime requirement. PP. 199-254. *In: A. L. Page et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2,* Agron. Monogr. 9, ASA and SSSA, WI.
18. Moore, R. C. 1960. *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part I, Mollusca-Gastropoda.* Geological Society of America and the University of Kansas.
19. Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney. 1992. *Methods of Soil Analysis. Part 2, Chemical and Mineralogical Properties.* 2<sup>nd</sup> ed., SSSA Publ., Madison, WI.
20. Retallack, G. J. 1990. *Soils of the Past: An Introduction to Paleopedology.* Unwin Hyman, Boston.
21. Retallack, G. J. and A. M. Alonso-Zarza. 1998. Middle Triassic paleosols and paleoclimate of Antarctica. *J. Sed. Res.* 68(1): 169-184.
22. Rhoades, J. D. 1982. Cation exchange capacity. PP. 149-157. *In: A. L. Page et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2,* 2<sup>nd</sup> ed., Agron. Monogr. 9, ASA and SSSA, Madison, WI.
23. Richardson, J. L. and F. D. Hole. 1979. Mottling and iron distribution in a Glossoboralls-Haplaquoll hydrosequence on a glacial moraine in northwestern Wisconsin. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43: 552-558.
24. Shwertmann, U. and D. S. Fanning. 1976. Iron-manganese concretions in hydrosequences of soils in loess in Bararia. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40: 731-738.
25. *Soil Survey Laboratory Methods.* 1984. Procedures for collecting soil samples. U.S. Soil Survey Investigation Rep. No. 1.
26. Thompson, M. L. 1986. Morphology and mineralogy of a pre-Wisconsinan paleosol in Iowa. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 981-987.
27. Vandenberghe, J., A. Zhisheng, G. Nugteren, L. Huayu and K. V. Huissteden. 1997. New absolute time scale for the Quaternary climate in the Chinese loess region by grain size analysis. *Geology* 25: 35-38.