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[۱]

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 شرایطی 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 پراکندگی 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 اندازهٔ ذرات متفاوت نشانهٔ تغییر در شرایط رسوب‌گذاری گذشته است. پوشش‌های رسی و آهکی قوی روی خاک‌دانه‌ها و ذرات اولیه نیم‌رخ سپاهان‌شهر اصفهان، با ۱۰۰ میلی‌متر بارندگی سالیانه، خبر از شرایط مرطوب‌تر گذشته منطقه می‌دهد. در نیم‌رخ امام‌قیس چهارمحال و بختیاری، پارینه‌خاک دفن شدهٔ غنی از پوسته‌های رسی و بدون آهک و درصد کاتیون‌های بازی خیلی کم دیده می‌شود. بر پایهٔ 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 پلئیستوسن رطوبت مؤثر در مناطق ایران مرکزی و زاگرس به مراتب بیش از امروز بوده است.

واژه‌های کلیدی: *پارینه‌خاک، ماکروفسیل، پلئیستوسن، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی*

---

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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.3.5.8]

مقدمه

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 کواترنر (Quaternary) و افزایش دما در سال‌های اخیر و خطر دگرگونی‌های بیشتر آن در آینده، شناخت چگونگی دگرگونی‌ها در گذشته، به منظور برنامه ریزی‌های 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 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 (Rubbification) 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_2O و Na_2O) به اکسید آلومینیم (Al_2O_3)، نسبت SiO_2 به Al_2O_3 و نسبت باریم به استرانسیم

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.3.5.8]

برای تعیین درجه هیدرولیز کانی‌ها قابل استفاده است (۲۰ و ۲۱). 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 (۲٦) بر پایهٔ 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 سیترات بی‌کربنات دی‌تیونات و اگزالات آمونیوم است، که پژوهندگان مختلف به آن توجه کرده‌اند (۵، ۱٤، ۱٦ و ۲٤) .

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 نشانهٔ 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 آبگیر قدیمی در دو منطقه اصفهان و امام‌قیس چهارمحال 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 چهارمحال و بختیاری روی زمین‌ریخت‌های (Landforms) مختلف صورت گرفته است. منطقه امام‌قیس چهارمحال و بختیاری دارای میانگین بارندگی سالیانه ۵۷٦ میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه ۱۰ درجه سانتی‌گراد، و منطقه اصفهان دارای میانگین بارندگی سالیانه ۹۵ میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه ۱۵ درجه سانتی‌گراد است.

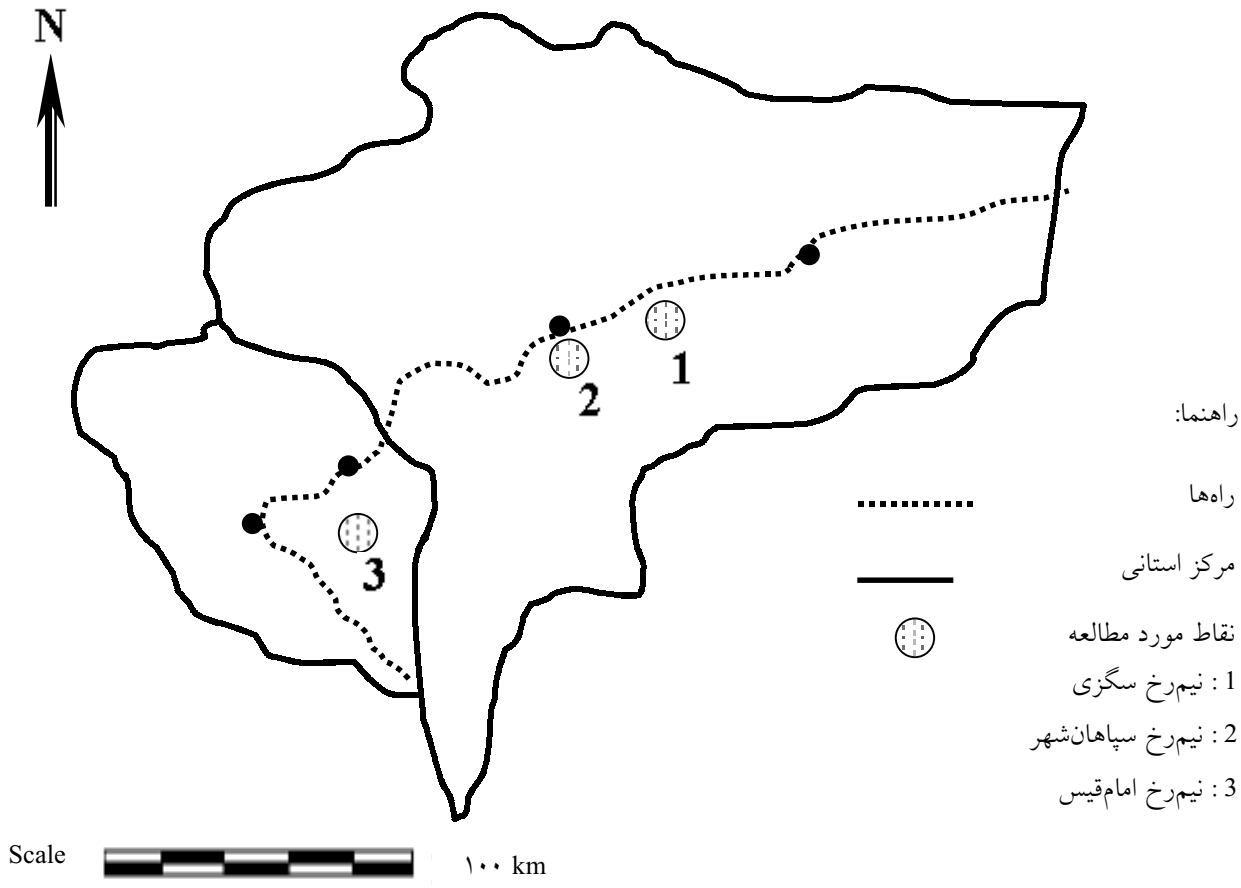
در منطقه اصفهان دو ترانشه شاهد روی دو زمین‌ریخت متفاوت شامل رسوبات مخروط افکنه قدیمی (Old alluvial fan) در ناحیه سپاهان‌شهر و رسوبات آبگیر قدیمی در ناحیه سگزی، و در منطقه امام‌قیس چهارمحال و بختیاری یک ترانشه روی رسوبات بریده شده (Old dissected plain) انتخاب شد (شکل ۱). ترانشه سپاهان‌شهر در مخروط افکنه‌ای واقع در دامنه جنوبی رشته کوه صفه اصفهان، در طول جغرافیایی ″٤۰ ′۳۹ °۵۱ شرقی و عرض جغرافیایی ″۵ ′۳٤ °۳۲ شمالی، واقع شده و عمدتاً از سنگ آهک کرتاسه، ماسه سنگ قرمز و کنگلومرای کرتاسه و شیل ژوراسیک منشأ گرفته است. رسوبات آبگیر قدیمی در منطقه سگ‌زی در کفه (Playa) سگزی واقع در ۳۰ کیلومتری شمال شرق اصفهان، در عرض جغرافیایی ″۳۲ ′٤۰ °۳۲ و طول جغرافیایی ″۱۲ ′۱ °۵۲ 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 ″۲۳ ′۱۸ °۵۱ و عرض جغرافیایی ″۱۰ ′٤۵ °۳۱، در ۳۵ کیلومتری جنوب غربی شهرستان بروجن، استان چهارمحال 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 (٤)، مقاطع مورد بررسی تشریح

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.3.5.8]



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی نقاط مورد بررسی

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 سگزی، مقداری از نمونه خاک دست نخورده به ترتیب روی الک‌های ٤٠ و ٨٠ مش شست‌شو داده شد، و سپس نمونه‌های ماکروفسیل به وسیلهٔ میکروسکوپ بینوکولر مشاهده و عکس‌برداری گردید. مهم‌ترین شاخص فیزیکی مورد بررسی توزیع اندازه ذرات در هشت کلاس مختلف به روش پیپت (۱۵) بود. چون برخی افق‌های خاک سگزی و سپاهان‌شهر دارای مقادیر زیادی گچ بود، تعیین بافت آنها به روش معمول، به دلیل حلالیت زیاد گچ و آزاد شدن یون کلسیم که باعث انعقاد کلوییدها می‌شود، ممکن نشد. از این رو، برای برطرف کردن این مشکل از پیش‌تیمار 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 = ۷ (۲۲)، آهن پدوژنیک به روش سیترات-بی‌کربنات-دی‌تیونات (۲۵)، و آهن آمورف به روش عصاره گیری با اگزالات آمونیوم و اسید اگزالیک (٦) تعیین شد. پس از عصاره گیری آهن، غلظت آن به وسیلهٔ دستگاه جذب اتمی اندازه گرفته شد. اندازه‌گیری گچ به روش حل کردن کامل گچ در آب مقطر، و اندازه‌گیری میزان کلسیم و تفریق آن از کلسیم عصاره اشباع خاک با استفاده از فرمول‌های مربوطه انجام شد

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.3.5.8]

(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 ۲٤۰۰ (Philips-2400) صورت پذیرفت. سن‌یابی با استفاده از کربن-۱٤ روی نمونه‌های مواد آلی فسیل شده، در دو عمق مختلف نیم‌رخ سگزی به روش اسپکترومتری تشدید کننده (Accelerator mass spectrometry) و به وسیلهٔ 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 (۹۵-٦۰ 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-۱٤ در دو عمق ٦۰ 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 ۱×۱ تا ۱۰×٤ 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 تا لب 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 ٤ 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 تا لب‌شور 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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.3.5.8]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.3.5.8] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

جدول ۱. برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیکی پارینه‌خاک مورد بررسی در منطقه سگزی

افق	عمق (cm)	رنگ (مرطوب)	ساختمان خاک	وضعیت آهک	پوسته رسی	سنگ‌ریزه	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	بافت خاک[1]
A	۰–۲۵	10YR 6.5/4	gr_1f	بدون جوشش	–	-	۴۹/۲	۴۰/۷	۱۰/۱	L
Bzy	۲۵–۴۵	10YR 5/4	sbk_1f	بدون جوشش	–	–	۶۱/۹	۲۸/۱	۱۰/۰	SL
2Bz	۴۵–۶۰	10YR 5/6	sbk_1m	esd	–	–	۳۰/۹	۵۴/۳	۱۴/۸	SiL
3Ab	۶۰–۹۵	5Y 3/1	gr_3f	esd	–	–	۲۵/۳	۶۲/۶	۱۲/۱	SiL
3Bkgb	۹۵–۱۰۵	10YR 3/1	abk_2m	m_2rsm	–	–	۳/۵	۸۳/۱	۱۳/۴	SiL
3Bwg$_1$b	۱۰۵–۱۲۵	5Y 3/1	abk_1m	esd	–	–	۲۶/۳	۵۶/۱	۱۷/۶	SiCL
3Bwg$_2$b	۱۲۵–۱۶۰	5Y 6/1	abk_1f	esd	–	–	۱۷/۰	۵۳/۱	۲۹/۹	SiL
3Bwg$_3$b	۱۶۰–۱۸۰	5Y 3/1	abk_1f	esd	–	–	۱۶/۹	۶۰/۳	۲۲/۸	SiL
4Bkg$_1$b	۱۸۰–۲۲۵	5G 5/1	abk_1m	f_1isc, m_3rsm	–	–	۱۶/۷	۷۳/۰	۱۰/۳	SiL
4Bkg$_2$b	۲۲۵–۲۷۰	5G 5/1	abk_1m	f_1isc, m_3rsm	–	–	۳۳/۹	۵۵/۲	۱۰/۹	SiL
4Bkg$_3$b	۲۷۰–۳۱۵	5G 5/1	abk_1m	f_1isc, m_3rsm	–	–	۲۲/۷	۴۱/۳	۳۶/۰	CL
5Bwg$_1$b	۳۱۵–۳۳۵	5GY 5/1	بدون ساختمان	esd	–	–	۶۷/۸	۱۴/۴	۱۷/۸	SL
6Bwg$_2$b	۳۳۵–۳۶۰	10GY 5/1	بدون ساختمان	esd	–	–	۳۸/۸	۴۲/۵	۱۸/۷	L
7Bwg$_3$b	۳۶۰–۳۸۰	5GY 1/3	بدون ساختمان	esd	-	–	۸۳/۱	۷/۳	۹/۶	LS

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

[DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.3.5.8] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

جدول ۲. برخی ویژگی‌های شیمیایی پارینه‌خاک مورد بررسی در منطقه سگزی[۱]

افق	کاتیون‌های محلول (meq/l)				آنیون‌های محلول (meq/l)			آ هک	گچ	مواد آلی	CEC	pH	ECe	SAR	Fe_O	Fe_d
	K^+	Na^+	Mg^{+2}	Ca^{+2}	HCO_3^-	SO_4^{-2}	Cl^-	gr/kg			(cmol(+)/kg)		(dS/m)		gr/kg	
A	۱/۷	۱۷۳/۹	۳۳/۶	۲۸/۸	۰/۵	۸۷/۵	۱۵۰	۱۳۰	۵۷۱	۲/۴	۱۴/۷۸	۷/۹	۱۵/۹	۳۱	۰/۶۰	۰/۷۰
Bzy	۹/۰	۲۰۰۰	۱۹۳/۶	۴۱/۶	۰/۵	۳۴۳/۷	۱۹۰۰	۷۵	۵۸۹	۴/۵	۱۳/۵۶	۷/۷	۱۹۲/۰	۲۴	۰/۳۵	۰/۵۴
2Bz	۸/۶	۵۶۸	۱۸۸	۵۲/۸	۰/۷	۲۱/۴	۸۱۵/۳	۲۹۵	۶۳	۴/۲	۲۰/۰۰	۷/۶	۷۲/۹	۵۱	۰/۴۵	۰/۵۶
3Ab	۷/۸	۴۷۸/۳	۱۴۰/۸	۳۳/۶	۱/۴	۶/۷	۶۵۲/۳	۳۲۰	۴	۱۲/۳	۲۹/۱۳	۷/۴	۶۵/۲	۵۱	۱/۲۰	۶/۹۸
3Bkgb	۵/۲	۳۷۶/۶	۷۶/۸	۳۲	۰/۵	۴/۵	۴۸۵/۶	۳۱۰	۵	۹/۲	۳۲/۶۱	۷/۵	۴۸/۵	۵۱	۱/۰۲	۴/۵۳
3Bwg$_1$b	۴/۵	۲۸۶/۷	۶۶/۴	۲۸/۸	۶/۹	۴/۵	۳۷۵	۵۸۰	۸	۸/۵	۱۹/۵۶	۷/۷	۳۷/۱	۴۱	۰/۵۰	۰/۶۰
3Bwg$_2$b	۴/۹	۳۴۷/۷	۱۰۴/۶	۹/۴	۰/۳	۰/۳	۴۶۵/۹	۵۴۵	۷	۷	۱۶/۹۵	۷/۷	۴۵/۲	۴۶	۰/۴۸	۰/۵۱
3Bwg$_3$b	۵/۶	۱۷۵/۶	۷۷/۶	۴۰/۸	۰/۵	۰/۸	۲۹۸/۴	۶۰۵	۷	۶/۵	۱۳/۵۶	۷/۴	۲۹/۴	۲۲	۰/۳۲	۰/۴۰
4Bkg$_1$b	۶/۰	۳۸۲/۶	۷۰/۴	۴۶/۴	۱/۳	۲/۹	۵۰۱/۳	۳۹۰	۱۰	۸/۲	۱۷/۵۶	۷/۷	۵۰/۷	۵۰	۰/۵۰	۰/۷۴
4Bkg$_2$b	۶/۹	۳۶۰/۴	۱۰۰/۸	۵۶	۰/۲	۹/۹	۵۱۴	۳۴۰	۱۳	۶/۵	۱۳/۹۱	۷/۴	۵۲/۴	۴۰	۰/۴۹	۰/۷۱
4Bkg$_3$b	۸/۹	۴۶۵/۷	۱۴۰/۸	۶۷/۲	۰/۲	۷/۵	۶۷۵	۳۴۵	۱۰	۷/۵	۱۶/۹۵	۷/۳	۶۳/۹	۴۵	۰/۵۲	۰/۷۲
5Bwg$_1$b	۷/۸	۴۸۶/۹	۱۵۶/۸	۴۶/۴	۰/۶	۰/۴	۶۹۷	۲۲۰	۱۲	۳/۹	۱۰/۸۹	۷/۸	۶۷/۹	۴۸	۰/۳۲	۰/۵۵
6Bwg$_2$b	۷/۴	۴۶۷/۴	۱۶۱/۶	۴۸	۰/۸	۰/۹	۶۸۲	۳۳۵	۹	۴	۱۳/۵۶	۷/۵	۶۴/۷	۴۵	۰/۳۱	۰/۵۲
7Bwg$_3$b	۳/۴	۴۴۰/۳	۵۲/۸	۱۴/۴	۰/۲	۲۱۹/۶	۲۹۱	۲۹۵	۵	۵/۲	۹/۱۳	۷/۸	۳۳/۶	۴۵	۰/۳۲	۰/۵۵

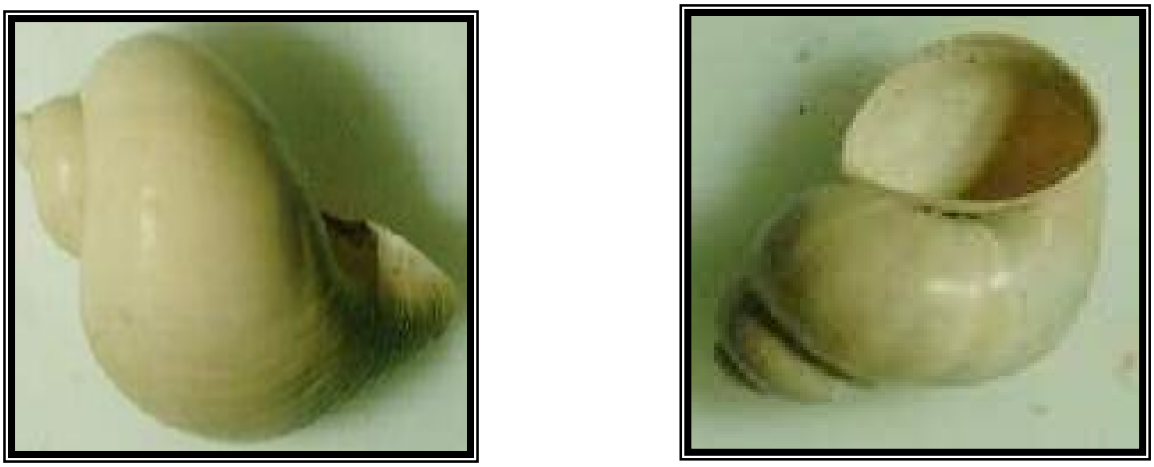
۱. علایم CEC، SAR، Fe_o و Fe_d به ترتیب نشان دهنده گنجایش تبادل کاتیونی، نسبت جذب سدیم و آهن عصاره‌گیری شده به روش‌های اگزالات آمونیوم و دی‌تیونیت است.

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

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



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

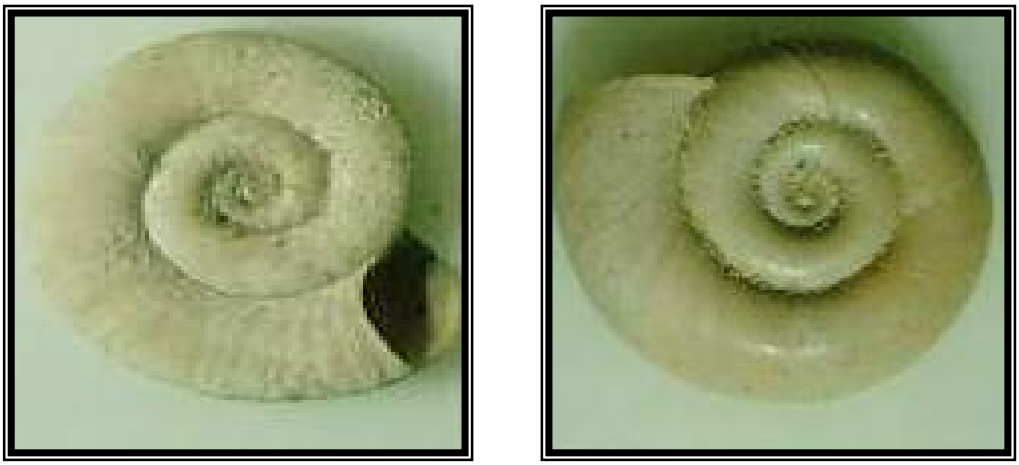
(Fe_O) به آهن دی‌تیونیتی (Fe_d) چندان نظم و روال مشخصی ندارد، و کاهش این نسبت در افق تیره رنگ دال بر مقدار آهن کریستاله ناشی از فرایند بلوری شدن آهن به صورت درجا، در این افق است. در لایه‌های زیرین، به دلیل نوسانات سفره آب زیرزمینی، مقدار مطلق آهن دی تیونیتی به شدت کاهش می‌یابد (جدول ۲). پژوهندگان دیگر (۹، ۱٤ و ۲٤) نیز این پدیده را گزارش کرده‌اند.

از افق‌های پدوژنی موجود در این نیم‌رخ می‌توان به افق‌های جیپسیک (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.

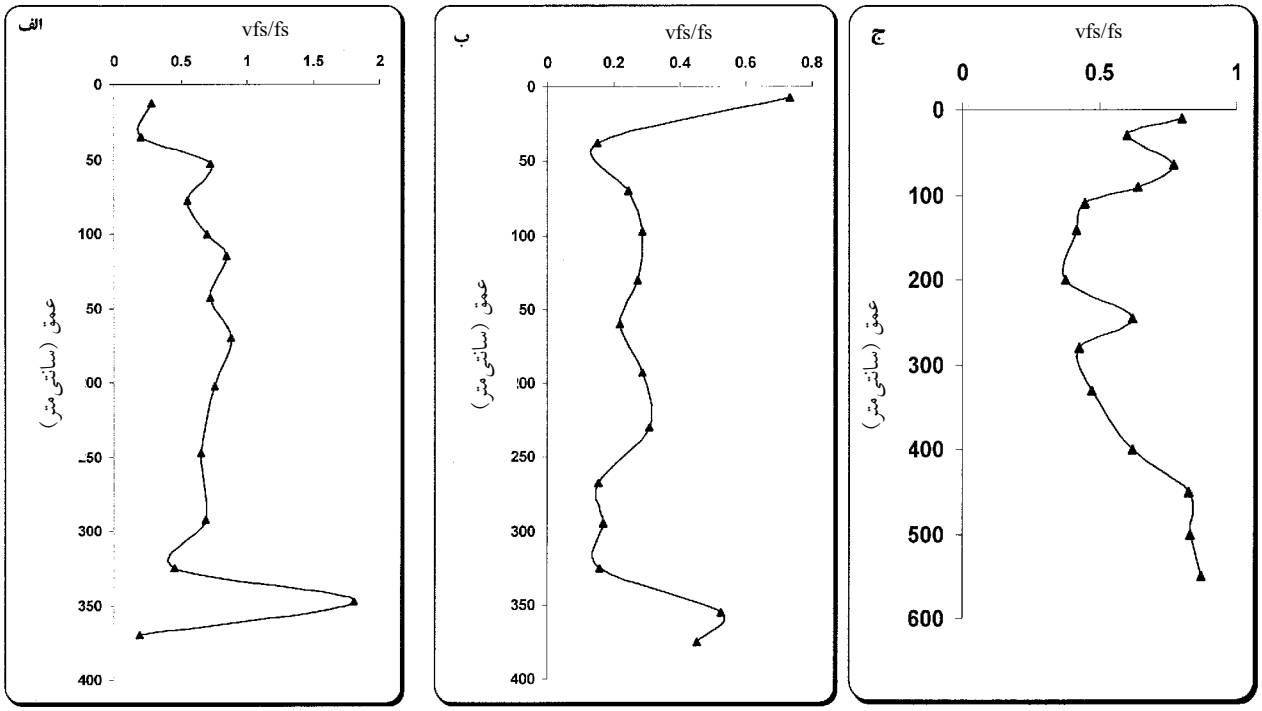
تغییرات شدید بعدی در مقطع مورد بررسی، به ویژه

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.3.5.8]



شکل ٤. نمونه‌هایی از غلاف آهکی نرم‌تنان گونه *Gryaulus convexiusculus* در لایه تیره رنگ پارینه‌خاک سگزی



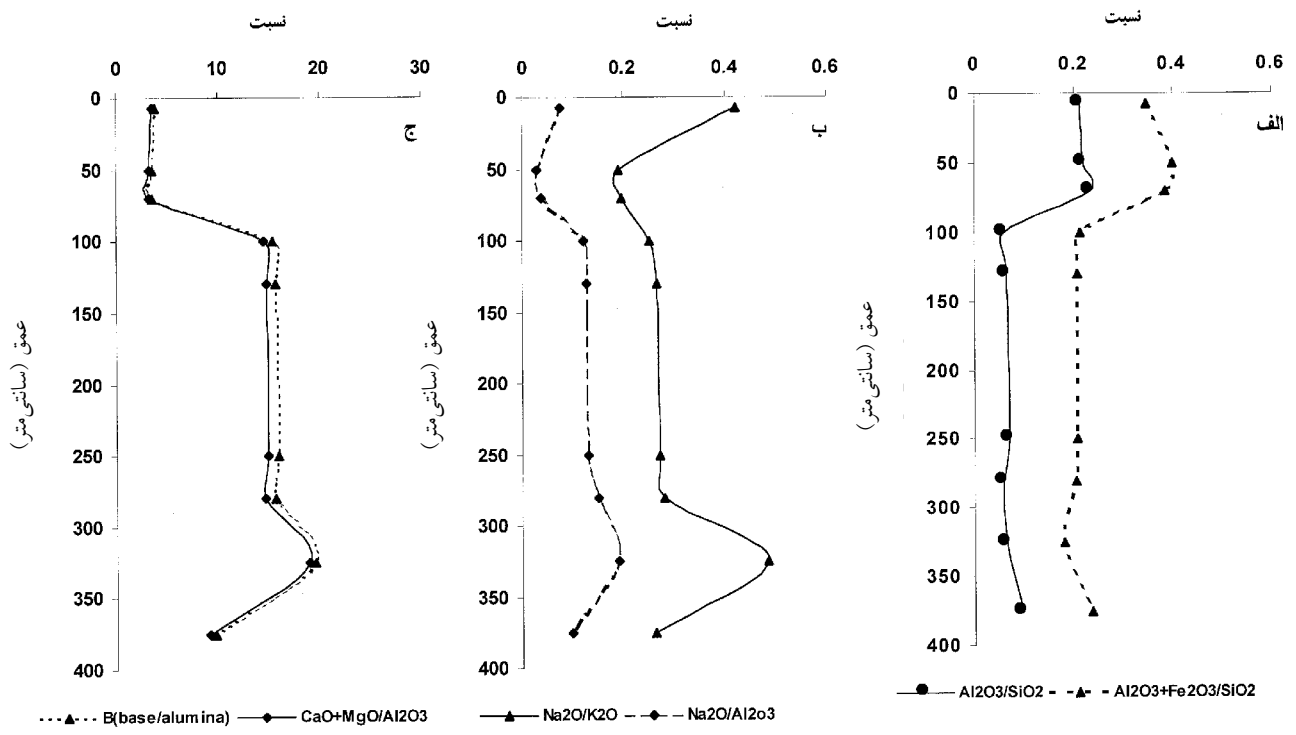
شکل ٥. توزیع عمقی نسبت شن خیلی ریز به شن ریز (vfs/fs) در نیم‌رخ‌های مورد بررسی [الف: سگزی ب: سپاهان‌شهر ج: امام قیس]

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

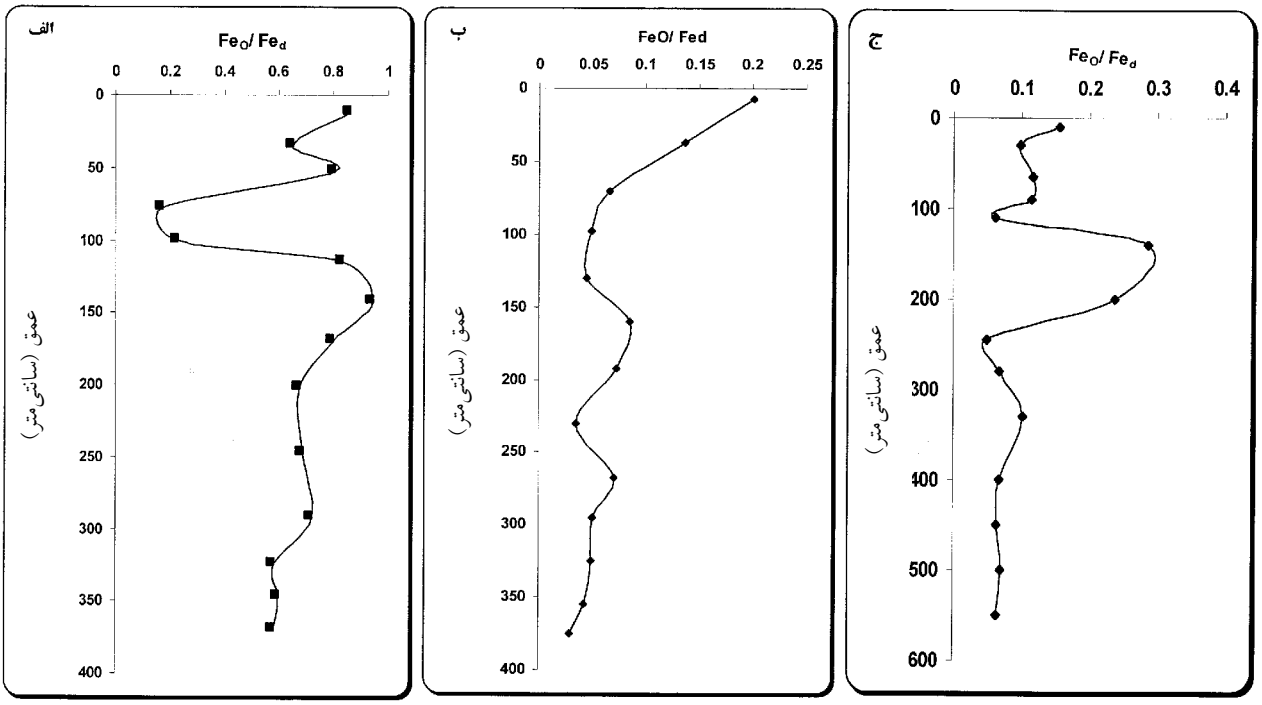
مجموعه نشانه‌های فوق می‌رساند که رسوبات دیده شده با لایه بندی مختلف گویای تغییر در شرایط رسوب‌گذاری گذشته می‌باشد، که خود ناشی از دگرگونی‌های اقلیمی و آب و هوای گذشته است. هم‌چنین، وجود لایه سیاه‌رنگ در بخش بالایی مقطع، وجود آبگیری در منطقه سگزی در گذشته را تأیید می‌کند. ماکروفسیل‌های یافت شده، که با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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.3.5.8]



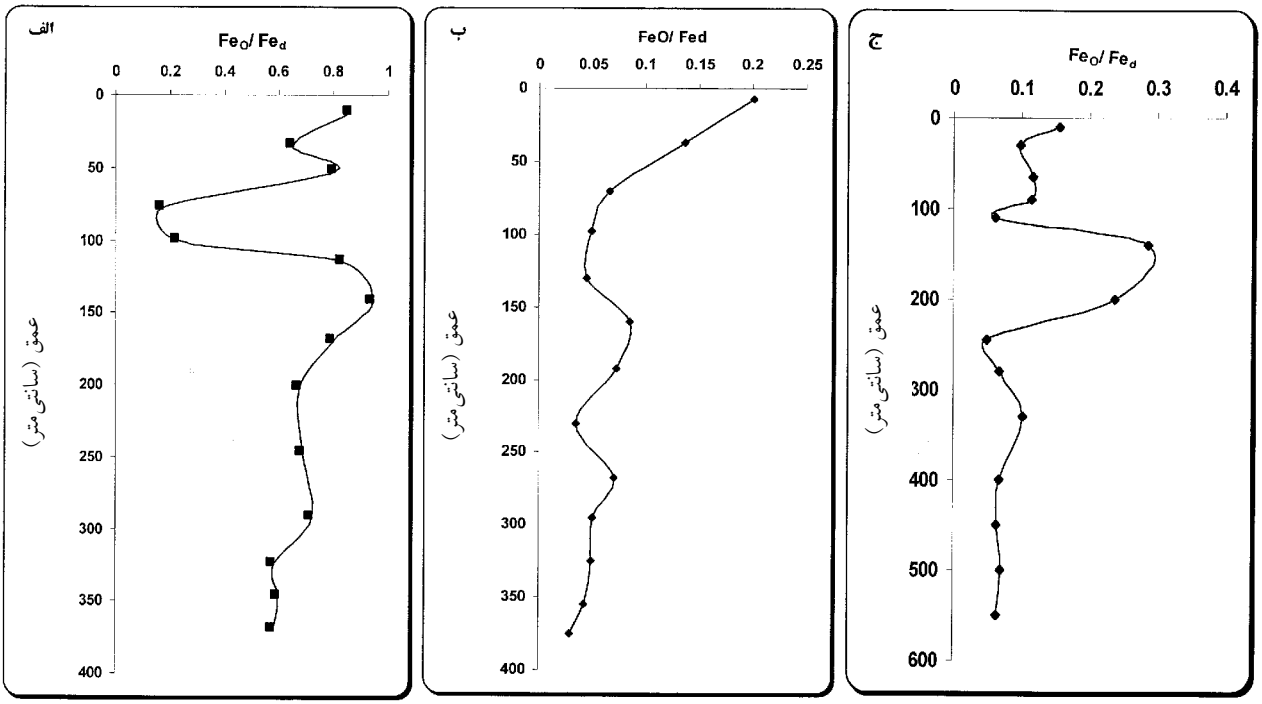
شکل ٦. توزیع عمقی نسبت اکسیدهای مختلف عناصر در نیم‌رخ سپاهان‌شهر



شکل ۷. توزیع عمقی نسبت آهن اگزالاتی (Fe_O) به آهن دی‌تیونیتی (Fe_d) در نیم‌رخ‌های مورد بررسی [الف: سگزی ب: سپاهان‌شهر ج: امام‌قیس]

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.3.5.8]



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

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 پلئیستوسن (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 ٤ و ٥ 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 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 ٦) نیز چنین دریافت می‌شود. فرایند شور شدن، که از نسبت Na_2O/Al_2O_3، Na_2O/K_2O 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.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.3.5.8]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.3.5.8] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

جدول ٤. برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیکی پارینه‌خاک مورد بررسی در منطقه سپاهان‌شهر

افق	عمق (cm)	رنگ (مرطوب)	ساختمان خاک	وضعیت آهک	پوسته رسی	سنگ‌ریزه	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	بافت خاک[1]
A	۰–۱۵	10YR 5/4	gr_1f	esd	–	۲۸/۸۹	٦۰/۲	۲۸/۳	۱۱/٥	SL
$2Btk_1$	۱٥–٦۰	7.5YR 4/4	abk_1f	$c_2rsm_{+}c$	1npf	۲۷/٥۰	٥۲/٥	۱٥/٤	۳۲/۱	SCL
$2Btk_2$	٦۰–۸۰	7.5YR 5/4	abk_1f	m_2rsm	1npf	۳۰/۰۰	٤۰/۹	۸/٥	٥۰/٦	C
2Btky1	۸۰–۱۱٥	10YR 5/4	abk_2f	m_3rsm	2mkpf	۲۷/۰۰	٥۰/٤	۱/٤	٤۸/۲	SC
$2Btky_2$	۱۱٥–۱٤٥	7.5YR 6/4	abk_2f	m_3rsm	2mkpf	۲٥/۰۰	٤۸/۳	۱/٥	٥۰/۲	SC
$2Btky_3$	۱٤٥–۱۷٥	7.5YR 5/4	abk_2f	m_3rsm	2mkpf	۲٥/۳۸	٥۰/۲	۸/٥	٤۱/۳	SC
$2Btky_4$	۱۷٥–۲۱۰	7.5YR 4/4	abk_2f	c_2rsm	3mkpf	۲۷/٦٦	٤۳/۸	٥/٤	٥۰/۸	C
$3Btky_5$	۲۱۰–۲٥۰	10YR 5/4	abk_3f	c_2rsm	3npf	۳٤/۲۹	۲٦/٥	۱۹/۷	٥۳/۸	C
$3Btky_6$	۲٥۰–۲۸٥	10YR 4/6	abk_1f	c_2rsm	1npf	۲۷/۹۱	٦٥/۲	۷/۹	۲٦/۹	SCL
$3Btky_7$	۲۸٥–۳۰٥	10YR 5/4	abk_1f	c_2rsm	1npf	٤٥/۱٦	٦۳	۸	۲۹	SCL
3By	۳۰٥–۳٤٥	10YR 4/5	abk_1m	evd	–	۳۷/٥۰	۷۰/۷	۷/۳	۲۲	SCL
4Btky	۳٤٥–۳٦٥	7.5YR 3/4	abk_3f	m_3rsm	3mkpf	٥۱/۷۲	٥٤/۳	۱۷/۷	۲۸	SCL
4Btk	۳٦٥–۳۸٥	7.5YR 3/4	abk_3m	m_3rsm	3mkpf	۲۳/۰۸	۳۳/۲	۳۰/۸	۳٦	CL

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

[DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.3.5.8] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

جدول ۵. برخی ویژگی‌های شیمیایی پارینه‌خاک مورد بررسی در منطقه سپاهان‌شهر[۱]

افق	کاتیون‌های محلول (meq/l)				آنیون‌های محلول (meq/l)			آهک	گچ	مواد آلی	CEC (cmol(+)/kg)	pH	ECe (dS/m)	SAR	Fe_O	Fe_d
	K^+	Na^+	Mg^{+2}	Ca^{+2}	HCO_3^-	SO_4^{-2}	Cl^-	gr/kg							gr/kg	
A	۱۰۱	۳۲/۶	۴/۸	۴۴/۸	۰/۴	۴۲	۴۰/۸	۴۷۰	۱۰	۹/۵	۱۰/۴	۷/۵	۶/۷	۶/۵	۰/۱۴	۰/۶۹
$2Btk_1$	۰/۴۵	۳۳/۹	۹/۶	۲۲/۴	۰/۵	۴۵	۲۰/۸	۵۲۰	۸	۹	۱۳/۹	۷/۸	۴/۹	۸/۴	۱/۳۵	۹/۸۶
$2Btk_2$	۰/۳۵	۳/۸	۶/۴	۳۰/۴	۰/۲	۳۲/۴	۸/۳	۶۳۰	۳۳	۹	۱۵/۰	۸/۳	۳/۴	۱۴/۰	۰/۴۸	۷/۲۵
$2Btky_1$	۰/۱۳	۴/۱	۱۴/۵	۲۷/۲	۰/۱	۴۱/۶	۴/۲	۳۵۰	۲۲۰	۸/۹	۱۵/۷	۷/۸	۳/۲	۹/۵	۰/۴۲	۸/۴۶
$2Btky_2$	۰/۱	۵/۹	۱۴/۴	۳۰/۴	۰/۹	۴۵/۷	۴/۲	۲۵۰	۱۶۰	۴/۹	۱۸/۳	۸/۲	۳/۱	۱۲/۰	۰/۴۴	۹/۸۷
$2Btky_3$	۰/۱۳	۱۵/۲	۱۹/۲	۲۵/۶	۰/۱	۴۳/۴	۱۶/۷	۳۲۰	۲۷۰	۴/۹	۱۵/۷	۸/۳	۴/۰	۱۴/۵	۰/۴۳	۵/۰۱
$2Btky_4$	۰/۳۲	۱۵/۲	۶/۴	۳۲	۰/۳	۴۹/۵	۴/۱	۱۸۰	۶۲۰	۴/۹	۱۷/۶	۸/۱	۳/۹	۱۱/۳	۰/۳۵	۴/۸۰
$3Btky_5$	۰/۱۳	۱۵/۲	۶/۴	۲۵/۶	۰/۲	۳۵/۵	۱۱/۶	۲۲۰	۲۱۰	۳/۹	۲۳/۷	۸/۲	۳/۷	۱۲/۱	۰/۳۸	۹/۷۸
$3Btky_6$	۰/۱۸	۳۱/۳	۱۲/۸	۲۵/۶	۰/۶	۶۵/۲	۴/۲	۱۵۰	۵۰۰	۲/۷	۲۰/۰	۸/۱	۵/۲	۱۲/۹	۰/۲۸	۳/۸۳
$3Btky_7$	۰/۱۸	۳۱/۷	۱۲/۸	۱۹/۲	۰/۷	۵۵/۷	۷/۵	۲۱۰	۳۳۰	۲/۷	۱۹/۰	۸/۱	۵/۲	۱۴/۲	۰/۳۹	۷/۸۰
3By	۰/۱۴	۲۹/۲	۸/۸	۲۸	۰/۱	۵۶/۸	۹/۲	۱۶۰	۷۸۰	۲/۴	۱۶/۵	۸/۱	۶/۶	۱۲/۱	۰/۳۸	۶/۸۰
4Btky	۰/۴۱	۱۳/۱	۲۲/۴	۲۲/۴	۰/۷	۵۴/۲	۳/۴	۳۴۰	۱۹۰	۲/۳	۱۵/۶	۷/۸	۳/۵	۱۱/۸	۰/۳۱	۷/۳۰
4Btk	۰/۳	۱۸/۹	۱۹/۲	۱۹/۲	۰/۲	۵۱/۶	۵/۸	۴۵۰	۱۳	۲/۱	۱۳/۹	۸/۱	۳/۷	۱۰/۹	۰/۲۹	۹/۹۸

۱. علایم CEC، SAR، Fe_o و Fe_d به ترتیب نشان دهنده گنجایش تبادل کاتیونی، نسبت جذب سدیم و آهن عصاره‌گیری شده به روش‌های اگزالات آمونیوم و دی‌تیونیت است.

تغییر آشکاری در توزیع گچ ثانویه قابل رؤیت، بـه ویـژه از نوع پندانتی، به صـورت کـاملاً مشـخص در ایـن نیـم‌رخ دیـده می‌شود. به طوری که تا عمق ۸۰ سانتی‌متری اثری از گچ ثانویـه وجود ندارد، ولـی از عمـق ۸۰ تـا ۳٦۵ سـانتی‌متری گچ ثانویـه فراوان و عمدتاً از نوع پندانتی دیده می‌شود، و از این عمـق بـه پایین گچ ثانویه از بین می‌رود. تغیـرات گچ در ایـن نیـم‌رخ را احتمـالاً می‌تـوان ایـن گونـه توجیـه کـرد کـه در گذشـته بـا شست‌شوی کامل آهک و گچ در وضعیت مرطوب‌تر و سـردتر، شرایط مناسبی برای انتقال رس وجود داشته است. تغییر شـرایط محیطی و خشک‌تر شدن باعث کاهش رطوبت مؤثر شده، و گچ از افق‌های سطحی شسته، و درعمق مشخصی که تـابع رطوبـت مؤثر بوده، انباشته شده است.

نسبت آهن Fe_O به آهن فرم Fe_d (شکل ۷- ب) از سطح بـه عمق به تدریج کاهش یافته است. همـان گونـه کـه پژوهنـدگان دیگر (۱ و ٢٤) نیز تأکید کرده‌اند، در افق‌های جـوان در شـرایط اولیه هوادیدگی، آهن بیشتر به صورت آمورف دیده می‌شـود، و با افزایش و انجام فرایندهای خاک‌سازی و بلـوری شـدن آهـن، فرم دی‌تیونیتی افزایش می‌یابد .

نیم‌رخ امام‌قیس چهارمحال و بختیاری

برخی ویژگی‌های مورفولوژیک، فیزیکی و شیمیایی پارینـه‌خاک مـورد بررسـی در منطقـه امـام‌قیس چـهارمحال و بختیـاری در جداول ٦ و ۷ آورده شده است. در این نیم‌رخ بر اساس شـواهد مورفولوژیک موجود در صحـرا و آنـالیز توزیـع انـدازه ذرات و نسبت شن خیلی ریز به شن ریز (شکل۵- ج)، چندین انقطاع و گسستگی دیده می‌شود. در قسمت بالایی نیم‌رخ مقطعـی یـافت می‌شود که با شـرایط فعلـی منطقـه بـا ۵۷٦ میلی‌مـتر بـارندگی سالیانه و رژیم رطوبتی زریک (Xeric) هم‌خوانی دارد. انباشتگی رس به صورت پوسـته رسـی و آهـک بـه صـورت پـودری، از ویژگی‌های این بخش از نیم‌رخ است.

هرچند بخشی از قسمت‌های عمقـی نیـم‌رخ بـا فرایندهـای بعدی، و عمدتاً آهکی شدن نیم‌رخ (شکل ۸)، متأثر شده اسـت، ولی در عمق ٤۲۵ سانتی‌متری لایه‌هایی از خاک وجود دارد کـه هیچ اثری از آهک ثانویه در آن دیده نمی‌شود، و حتی با اسید از خود جوششی نشان نداده، و میزان آهـک در ایـن عمـق از سـه درصد تجاوز نمی‌کند (جدول ۷). وجـود ایـن مقـدار کربنـات، انباشتگی خیلی زیاد رس بـه صـورت پوسـته‌های رسـی خیلـی براق و ضخیـم، رنـگ قرمـز (بـا هیـوی 2.5YR) و هـم‌چنیـن نسبت‌های کم $CaO+MgO/Al_2O_3$ (شکل ۸) و مجـموع اکسـید کاتیون‌های بازی به اکسید آلومینیم ($Base/Al_2O_3$)، نشان دهنـده این است که در زمـان تشـکیل ایـن بخـش از نیـم‌رخ، شـرایط اقلیمی به مراتب مرطوب‌تر یا سرد و مرطوب‌تر از حال حـاضر بوده است.

بر اساس آنالیز XRF و روابـط ایجـاد شـده، بـا اسـتفاده از نسبت مجموع کاتیون‌های بـازی بـه اکسـید آلومینیـم، می‌تـوان میزان بارندگی در گذشته را برآورد کـرد. ریتـالاک (۲۱) معادلـه گسترش یافته زیر را بدین منظور پیشنهاد کرده است.

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

در این معادله P میزان متوسط نزولات سـالیانه، و B نسـبت مجموع کاتیون‌های بازی به اکسید آلومینیم است. ریتـالاک (۲۱) معتقد است این نوع معادلات در شرایط خشک و نیمه خشـک، به شرطی که پارینه‌خاک متأثر از فرایندهای شیمیایی پس از دفن شدن نباشد، قابل استفاده اسـت، و در شـرایط مرطـوب قـابلیت اعتماد خود را از دست می‌دهد. با توجه به شرایط اقلیمی منطقه امام‌قیس، این معادله برای منطقه مزبور قـابل اعتمـاد اسـت (بـر اساس گفتگو با ریتالاک از طریق پست الکترونیک).

با استفاده از معادله فوق، میزان بارندگی سالیانه در زمان تشکیل این بخش از نیم‌رخ ۹۸٦/۹ میلی‌متر در سال برآورد شد. این مقدار نزدیک به دو برابر مقدار فعلی نزولات منطقـه اسـت. این معادله برای نقاط دیگر نیـم‌رخ، و نـیز دیـگر مقـاطع مـورد بررسی قابل استفاده نبوده و پاسخ‌های به دست آمده غیر منطقی است. علت اصلی آن توزیع دوبارهٔ کاتیون‌هـا و ترکیبـاتی چـون آهـک و گچ در نیـم‌رخ پـس از دفـن شـدن اسـت. نسـبت $CaO+MgO/Al_2O_3$ نشان دهنده انباشتگی کربنات‌ها و آهـک در بخش میانی نیم‌رخ است، و این فرایند نتوانسته اعماق زیرین را

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.3.5.8]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.3.5.8] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

جدول ٦. برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیکی پارینه‌خاک مورد بررسی در منطقه امام‌قیس

افق	عمق (cm)	رنگ (مرطوب)	ساختمان خاک	وضعیت آهک	پوسته رسی	سنگ‌ریزه	شن	سیلت	رس	بافت خاک[1]
						درصد				
A	٠–١٥	10YR 4/2	gr_3m	esd	–	–	١٤/٣	٦١/٣	٢٤/٤	SiL
Btk_1	١٥–٤٥	10YR 4/3	abk_1m	c_2ism,ss	1mkpf	–	٣٣/٦	٤٥/٣	٢١/١	L
Btk_2	٤٥–٨٥	10YR 4/3	abk_2c	c_2ism,ss	1mkpf	–	٤/٩	٤٥/١	٥٠	SiC
Btk_3	٨٥–١٠٥	10YR 4/4	abk_2c	c_2ism,ss	1mkpf	–	٦	٤٤/١	٤٩/٩	SiC
Btk_4	١٠٥–١٢٥	10YR 6/3	abk_3f	m_2ism,ss	1mkpf	–	١١	٤٣	٤٦	SiC
$2C_1b$	١٢٥–١٧٥	5Y 6/5	abk_1f	evd	–	٢٠	٣٦/٣	٣٤/٥	٢٩/٢	CL
$2C_2b$	١٧٥–٢٢٥	5Y 7/4	abk_1f	evd	–	٢٥	٤٦/٣	٣٣/٨	١٩/٩	L
$3Btk_1b$	٢٢٥–٢٦٥	10YR 7/4	abk_2m	m_2ism,ss	2mkpf, po	١٥	٣٤/٥	٤٣/٦	٢١/٩	L
$3Btk_2b$	٢٦٥–٣٠٥	7.5 YR 4/4	abk_2m	m_2ism,ss	2mkpf, po	٢٠	٣٧/٢	٣٥/٩	٢٦/٩	L
$3Btk_3b$	٣٠٥–٣٧٥	7.5 YR 4/4	abk_2m	m3rsm,ss	2mkpf, po	٢٠	٢٧/٦	٤٦/١	٢٦/٣	L
$3Btk_4b$	٣٧٥–٤٢٥	7.5 YR 4/6	abk_2m	f_2rsm	2mkpf, po	١٥	١٣/٣	٤٦/٢	٤٠/٥	SiC
$4Bt_1b$	٤٢٥–٤٧٥	2.5 YR 4/4	abk_3m	نمی‌جوشد	3mkpf	–	١٩/٣	٣٣/٧	٤٧	C
$4Bt_2b$	٤٧٥–٥٢٥	2.5 YR 4/4	abk_3c	نمی‌جوشد	3mkpf	–	١١/٦	٣٧/٣	٥١/١	C
$4Bt_3b$	٥٢٥–٥٨٥	2.5 YR 6/4	abk_3c	نمی‌جوشد	3mkpf	–	٨	٤٤/٥	٤٧/٥	SiC

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

[DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.3.5.8] [Downloaded from jcp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

جدول ۷. برخی ویژگی‌های شیمیایی پارینه‌خاک مورد بررسی در منطقه امام‌قیس[۱]

افق	کاتیون‌های محلول (meq/l)				آنیون‌های محلول (meq/l)			آهک	گچ	مواد آلی	CEC (cmol(+)/kg)	pH	ECe (dS/m)	SAR	Fe_O	Fe_d
								gr/kg							gr/kg	
	K^+	Na^+	Mg^{+2}	Ca^{+2}	HCO_3^-	SO_4^{-2}	Cl^-									
A	۰/۰۵	۰/۵۲	۰/۸	۲/۲	۰/۵	۰/۵	۲/۵	۲۵۰	–	۲۷/۵	۴۵/۷	۷/۷	۰/۴	۰/۴۲	۰/۸۹	۵/۸۰
Btk_1	۰/۰۹	۰/۵۱	۰/۴	۳	۱/۳	۰/۲	۲/۵	۲۷۵	–	۲۵/۶	۴۲/۴	۷/۶	۰/۴	۰/۳۹	۰/۶۴	۶/۵۷
Btk_2	۰/۰۷	۰/۵۱	۰/۸	۲/۸	۰/۴	۰/۴	۳/۴	۲۷۵	–	۱۷/۸	۴۷/۴	۷/۸	۰/۴	۰/۳۸	۰/۸۰	۶/۸۴
Btk_3	۰/۰۵	۰/۵۲	۰/۶	۲/۸	۰/۱	۰/۵	۳/۴	۷۷۰	–	۱۷	۳۹/۸	۷/۸	۰/۴	۰/۴۰	۰/۷۵	۶/۶۱
Btk_4	۰/۰۴	۰/۵۴	۰/۸	۳	۰/۶	۰/۴	۳/۴	۵۵۰	–	۱۸	۳۳/۵	۷/۸	۰/۵	۰/۳۹	۰/۲۷	۴/۳۱
$2C_1b$	۰/۰۴	۰/۵۷	۰/۲	۲/۸	۰/۶	۱/۳	۱/۷	۷۸۵	–	۱۸	۲۱/۸	۷/۷	۰/۴	۰/۴۶	۰/۷۹	۲/۷۷
$2C_2b$	۰/۱۴	۰/۵۶	۰/۶	۳/۲	۰/۶	۲/۸	۰/۸۴	۸۳۰	–	۱۰/۴	۲۸/۴	۷/۸	۰/۵	۰/۴۲	۰/۴۵	۱/۸۸
$3Btk_1b$	۰/۱	۰/۵۶	۰/۲	۳/۴	۰/۹	۱/۲	۲/۵	۷۷۰	–	۹/۱	۲۴/۷	۷/۸	۰/۴	۰/۴۲	۰/۱۷	۳/۴۸
$3Btk_2b$	۰/۱	۰/۵	۰/۲	۱/۸	۰/۶	۰/۰۱	۲/۲	۷۱۰	–	۹/۰۸	۳۰/۳	۷/۸	۰/۳	۰/۵۱	۰/۲۵	۳/۶۳
$3Btk_3b$	۰/۰۹	۰/۵۱	۰/۸	۳/۲	۰/۴	۲/۵	۱/۷	۶۶۰	–	۸/۵	۲۸/۴	۷/۸	۰/۴	۰/۳۶	۰/۳۶	۳/۵۷
$3Btk_4b$	۰/۰۵	۰/۵۵	۰/۶	۲/۴	۰/۵	۱/۱	۷/۵	۳۹۵	–	۸/۵	۴۸/۷	۷/۸	۰/۴	۰/۴۵	۰/۳۵	۵/۳۲
$4Bt_1b$	۰/۰۴	۰/۵۳	۰/۲	۱/۸	۰/۳	۰/۶	۱/۷	۳۰	–	۴/۹	۶۵/۲	۷/۷	۰/۳	۰/۵۳	۰/۷۰	۱۱/۲۴
$4Bt_2b$	۰/۰۵	۰/۵۲	۰/۸	۲/۲	۰/۵	۰/۲	۳/۴	۲۰	–	۴/۵	۶۰/۴	۷/۶	۰/۳	۰/۴۲	۰/۷۸	۱۱/۳۶
$4Bt_3b$	۰/۰۷	۰/۵	۱	۲/۲	۰/۵	۰/۳	۳/۴	۲۰	–	۴/۵	۵۵/۷	۷/۴	۰/۳	۰/۴۰	۰/۷۶	۱۲/۱۲

۱. علایم CEC، SAR، Fe_o و Fe_d به ترتیب نشان دهنده گنجایش تبادل کاتیونی، نسبت جذب سدیم و آهن عصاره‌گیری شده به روش‌های اگزالات آمونیوم و دی‌تیونیت است.

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_o به Fe_d 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 تأیید کننده شرایط مرطوب‌تر در اواخر دوره پلئیستوسن و اوایل هولوسن در منطقه اصفهان است. شواهد مورفولوژیک، فیزیکی و شیمیایی در پارینه‌خاک سپاهان‌شهر با افق‌های مشخصه ژنتیکی پیش‌رفته، دال بر این است که این نیم‌رخ واقع در یک مخروطه افکنه قدیمی، دوره‌های سرد و مرطوب‌تری را در دوره پلئیستوسن 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 پلئیستوسن، هم‌زمان با دوره یخچالی در اروپا و عرض‌های جعرافیایی 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 هئیت علمی گروه زمین‌شناسی دانشگاه اصفهان به خاطر همکاری در شناسایی نمونه‌های ماکروفسیل و هم‌چنین از جناب آقای دکتر داودیان مسئول شرکت کیان طیف زاگرس به خاطر تجزیه‌های XRF و از آقای دکتر مارتین کهل از آلمان به واسطه سن‌یابی کربن-۱٤ نمونه‌های آلی کمال تشکر و امتنان را داریم.

منابع مورد استفاده

۱. تجلی پور، م. ۱۳٦۱. 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. استوپز. ۱۳۷۸. آثاری از تغییر آب و هوای دیرینه در خاک‌های ایران. دومین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، سازمان هواشناسی کشور، آبان ۱۳۷۸، تهران.

٤. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. ۱۳٦۷. راهنمای مطا لعات شناسایی و تشریح نیم‌رخ خاک. سازمان تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، وزارت کشاورزی، نشریه شماره ۷۵۸.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.3.5.8]

5. Alexander, E. B. 1974. Extractable iron in relation to soil age on terraces along the Trukee 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. 2nd 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. Schlicting 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. Mongr. 9, ASA and SSSA, WI.
18. Moore, R. C. 1960. Treastise 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. 2nd 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, 2nd 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.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.3.5.8]