بررسی شواهد میکرومرفولوژیکی تغییر اقلیم کواترنر در خاک‌های قدیمی منطقه اصفهان

شمس‌الله ایوبی[۱]، مصطفی کریمیان اقبال[۲] و احمد جلالیان[۲]

چکیده

خاک‌های قدیمی خاک‌هایی هستند که تحت شرایط اقلیمی و اکولوژیکی متفاوت از حال حاضر تشکیل شده‌اند. علی رغم این که این خاک‌ها در ناحیه ایران مرکزی گسترش قابل توجهی دارند، پژوهش‌های کافی روی آنها صورت نگرفته است. یکی از تکنیک‌های مهم برای شناسایی و تفسیر این خاک‌ها در راستای مطالعات اقلیم شناسی گذشته، بررسی میکرومرفولوژیکی خاک می‌باشد. در این تحقیق شواهد میکرومرفولوژی دو خاک قدیمی در منطقه اصفهان به منظور تفسیر شرایط اکولوژیکی و اقلیمی گذشته مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که در خاک قدیمی سپاهان شهر پوسته‌های رسی قوی وجود دارد که نشان دهنده شرایط مرطوب‌تر گذشته منطقه است. انتقال گچ و آهک ثانویه روی پوسته‌های رسی نشان دهنده خشک‌تر شدن اقلیم در مراحل بعدی بوده و منجر به تشکیل یک خاک پلی پدوژنیک شده است. مشاهدات میکروسکوپی خاک منطقه سگزی نشان از فعالیت‌های بیولوژیکی شدید در افق تیره مدفون شده‌ای دارد که در دوره سرد و نیمه یخچالی درایس جوان توسعه یافته و شرایط مردابی را ایجاد کرده است. در مجموع نتایج این پژوهش مؤید این است که در طول دوره کواترنر هم‌زمان با دوره‌های یخچالی در عرض‌های جغرافیایی بالاتر فلات ایران رطوبت مؤثر بیشتری دریافت کرده و در دوره‌های بین یخچالی شرایط خشک‌تری حاکم بوده است. نوسانات اقلیمی مزبور آثار خود را به صورت شواهد پدوژنیک در خاک‌های منطقه اصفهان به ارث گذارده است.

واژه‌های کلیدی: خاک‌های قدیمی، میکرومرفولوژی، تغییر اقلیم، کواترنر

مقدمه

خاک‌های قدیمی (Paleosols)، خاک‌هایی هستند که در شرایط متفاوت از شرایط فعلی روی زمین نمای (Landscape) قدیمی تشکیل شده‌اند (۲۴ و ۲۷). استفاده از خاک‌های قدیمی به عنوان شاخصی مهم جهت برآورد شرایط اقلیمی گذشته و فرایندهای هوادیدگی در طی دوران گذشته زمین، توسط محققین زیادی تأیید شده است (۲۳). بر اساس شواهد موجود در خاک قدیمی می‌توان فرایندهای خاک‌سازی گذشته و به تبع آن شرایط محیطی زمان تشکیل را بازسازی کرد. یکی از تکنیک‌های معتبر در راستای شناسایی و تفسیر خاک‌های قدیمی، مطالعات میکروسکوپی و میکرومرفولوژیکی آنها است (۱۶، ۱۷ و ۱۸).

۱. استادیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲. به ترتیب دانشیار و استاد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.10.0]

خاک‌های قدیمی اغلب دارای پدیده‌های میکرومرفولوژیک هستند که به نظر می‌رسد منشأ پدوژنیکی داشته باشند. از مهم‌ترین آنها می‌توان به ذرات در جای هوا دیده، کانال‌های ناشی از گیاهان یا جانوران، بقایای جانوری و ریشه‌ها، ریشه‌های آهکی شده و فابریک از نوع پلاسمیک (Plasmic) و پوشش‌های رسی اشاره کرد (۱۶). با توجه به این که اکثر خاک‌های قدیمی بعد از تشکیل دچار تغییر و تحول شده و عمده خصوصیات مرفولوژیکی و فیزیکوشیمیایی آنها تحت‌الشعاع فرایندهای شستشو، تراکم و شرایط زه‌کشی قرار می‌گیرد، شناسایی این پدیده‌های میکروسکوپی نقش مهمی در شناسایی و هم‌چنین طبقه بندی خاک‌های قدیمی ایفا می‌کند (۱۶ و ۲۶).

یکی از شواهد میکرومرفولوژی موجود در خاک‌های قدیمی مناطق خشک و نیمه خشک، پوشش‌های رسی روی خاکدانه‌ها و بعضاً روی ذرات شن و ذرات اولیه می‌باشد که به عنوان ابزاری مهم جهت تفسیر شرایط اکولوژیکی گذشته قابل استفاده است (۱۸ و ۲۶). گایل و گروسمن معتقدند که وجود افق‌های آرجیلیک پیشرفته در خاک‌های مناطق خشک با پوسته‌های رسی قوی وجود دوره مرطوب‌تری را در گذشته تداعی می‌کند (۱۵).

آثاری از پوشش‌های گیاهی و جانوری درمقاطع نازک به خوبی نشان دهندهٔ شرایط محیطی گذشته خاک می‌باشد (۱۸). هر چند به طور معمول در مناطق خشک و نیمه خشک این آثار حفظ نمی‌شوند ولی بعضاً به علت دفن شدن سریع و قرار گرفتن در شرایط احیا و ایزوله از تجزیه میکروبی، برخی از این آثار به صورت زغال‌های چوب، سلول‌های گیاهی و فضولات جانوری در داخل خلل و فرج دیده می‌شود (۱۸). در اغلب خاک‌های قدیمی که این آثار مورد تخریب قرار می‌گیرند، شکل و توزیع خلل و فرج می‌تواند نشانگر نوع و فراوانی موجودات زنده خاک در گذشته باشد (۷). گیوی و استوپز در مطالعات میکرومرفولوژی خاک دفن شده زیرین اراضی پست اصفهان مقادیر قابل ملاحظه‌ای قطعات زغال، صدف و آثاری از فعالیت موجودات زنده مانند فضله‌های کروی شکل، دالان‌های محل عبور جانوران و ساختمان کانالی را گزارش کردند که آنها را به شرایط مرطوب گذشته این منطقه مرتبط دانسته‌اند (۴).

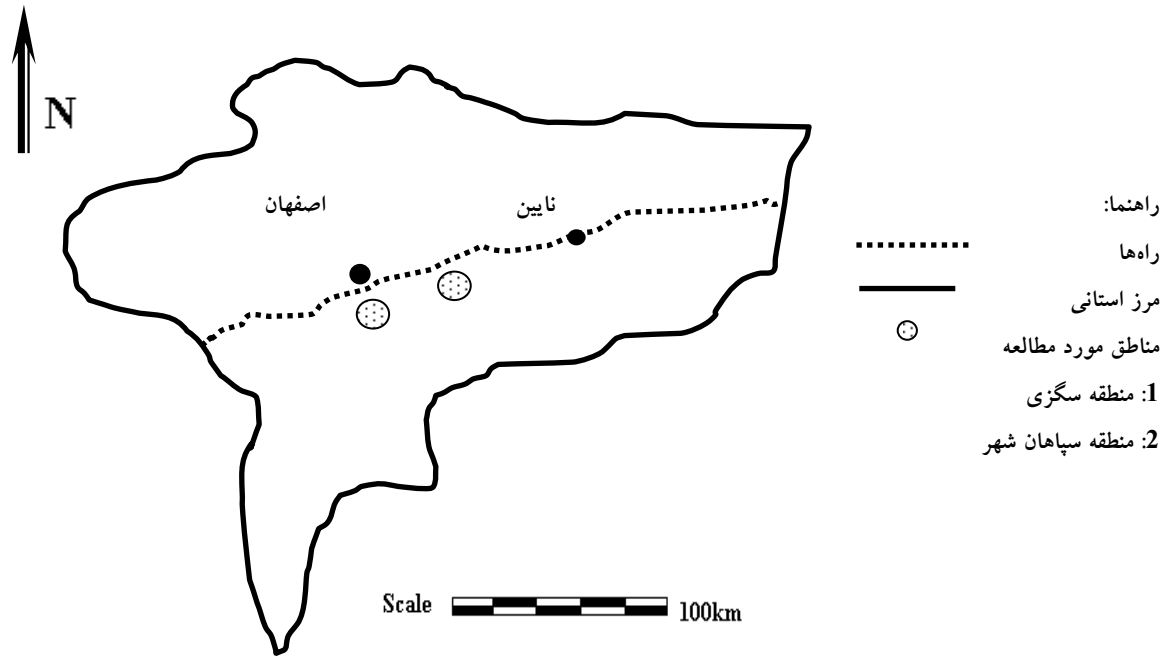
یکی از مهم‌ترین پدیده‌های میکرومرفولوژیک در خاک‌های قدیمی مناطق خشک و نیمه خشک وجود فرم‌های مختلف آهک می‌باشد (۱۸). چندین فاکتور تعیین کننده شامل اقلیم، آب‌های زیر زمینی و مواد مادری، تشکیل، رسوب و حل شدن مجدد آهک را کنترل می‌کنند. با این وجود این پدیده باز هم نقش مهمی در برآورد شرایط محیطی گذشته ایفا می‌کند (۱۸و ۲۶). پدیده‌های (Features) مختلف آهک شامل کوتینگ (Coating)، هیپوکوتینگ (Hypocoating)، پرشدگی و ندول که توسط کورتی و فدروف تقسیم بندی شده‌اند، هر کدام بازگو کننده شرایط خاصی از تشکیل خاک می‌باشند. پر شدگی‌های محل بقایای ریشه‌ها در مقاطع نازک توسط آهک تحت عنوان «آهک‌هایی با شکل کاذب ریشه »یکی از پدیده‌های رایج در خاک‌های قدیمی مناطق خشک و نیمه خشک است (۱۰). علی‌رغم گسترش قابل توجه خاک‌های قدیمی در ناحیه ایران مرکزی، مطالعات اندکی روی این خاک‌ها مخصوصاً در زمینه میکرومرفولوژی صورت گرفته است. این مطالعه به منظور بررسی خصوصیات و ویژگی‌های میکروسکوپی خاک‌های قدیمی دو زمین ریخت مختلف در منطقه اصفهان در راستای تفسیر فرایندهای خاک‌سازی، اکولوژیکی و اقلیمی صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

در منطقه سپاهان شهر اصفهان سه نیم‌رخ و در منطقه سگزی چهار نیم‌رخ مورد مطالعه قرار گرفتند که از هر منطقه یک نیم‌رخ به عنوان شاهد مورد بررسی قرار می‌گیرد. خاک‌های قدیمی مورد مطالعه در منطقه سپاهان شهر اصفهان واقع در دامنه جنوبی رشته کوه صفه اصفهان روی رسوبات مخروط افکنه قدیمی واقع شده‌اند و خاک‌های قدیمی منطقه سگزی واقع در ۳۰ کیلومتری شرق شهرستان اصفهان روی اراضی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.10.0]



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی خاک‌های مورد بررسی

۱۱۰ پست قرار دارند (شکل ۱).منطقه اصفهان دارای دمای متوسط سالانه ۱۶ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالانه معادل میلی‌متر می‌باشد. توزیع بارندگی در منطقه به نحوی است که ۹ تا ۱۰ ماه از سال جزء ماه‌های خشک محسوب می‌شوند. خاک قدیمی منطقه سپاهان شهر که روی رسوبات مخروطه افکنه قدیمی واقع شده‌اند، دارای شیب عمومی ۸-۵ درصد بوده و عمدتاً از سنگ‌های آهکی اوربیتولین دار کرتاسه، کنگلومرا و ماسه سنگ کرتاسه و شیل‌های ژوراسیک منشأ گرفته است. رسوبات اراضی پست سگزی بخشی از رسوبات رودخانه‌ای است که از زیر حوزه مرغاب از زیرحوزه‌های حوزه آبخیز زاینده رود منشأ گرفته است و متأثر از نهشته‌های متنوع رسوبی، آذرین و دگرگونی با طیف وسیعی از دوران‌های مختلف زمین شناسی می‌باشد.

در مطالعات صحرایی بعد از تشریح نیم‌رخ‌ها، نمونه‌های دست نخورده به صورت کلوخه از افق‌های مختلف برداشت و به آزمایشگاه منتقل گردید. برای تهیه مقاطع نازک از کلوخه‌های برداشت شده نمونه‌ها در مرحله اول به وسیله رزین سه جزئی و تحت خلاء، تلقیح و در شرایط هوای آزاد سخت و خشک شدند. این رزین مرکب از جزء رزین [۱۰۰ گرم]، جزء اسیداستایریک (عامل انعقاد) [۴ قطره]، جزء کبالت (کاتالیزور) [۳ قطره]، استن (عامل رقت) [۳۰-۲۵ میلی‌لیتر برای بافت‌های سنگین] می‌باشد. نسبت‌های فوق با چندین بار آزمون وخطا روی نمونه‌های خاک و با حصول اشباع کامل و زمان مناسب برای خشک شدن به دست آمد. سخت شدن نمونه‌ها با نسبت‌های فوق ۳-۲ هفته طول کشید. بعد از برش نمونه‌ها و صیقل دادن آنها با پودرهای کراندوم در درجات مختلف، به وسیله چسب کانادا بالزام جامد روی لام چسبانده شدند. در نمونه‌های حاوی گچ برای پرهیز از تغییر ماهیت گچ نمی‌توان از چسب کانادا بالزام جامد استفاده کرد. بنابراین رزین سه جزئی با نسبت بیشتر اسید (۱۲ قطره) استفاده شد. نمونه‌ها سپس تا رسیدن به ضخامت ۳۰ میکرون بر روی پودر کراندوم از درشت تا ریز سائیده شدند. بعد از پوشش دادن نمونه‌ها به وسیله کانادا بالزام مایع و لامل‌های مخصوص، مشاهده آنها توسط میکروسکوپ پلاریزان مدل لایتز (Leitz (Ortholux II pol-Bk)) و عکس‌برداری از مقاطع نازک به وسیله دوربین اتوماتیک مدل لایتز (Leitz (Orhomat E))

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.10.0]

انجام گرفت. در نهایت توصیف مقاطع نازک و پدیده‌های موجود در آن توسط راهنمای بولاک و همکاران (۹) صورت پذیرفت. خاکدانه تعدادی از نمونه‌های خاک پس از چسبانیدن روی پایه‌های آلومینیومی در شرایط ۱۰ پاسکال خلاء و ۱۸ میلی آمپر جریان به مدت ۷۰ ثانیه توسط دستگاه اتوماتیک پوشش دهنده با لایه‌ای از طلا پوشش داده شد. نمونه‌های تهیه شده توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی نوع فیلیپس مدل XL30ESEM تحت آنالیز کیفی قرار گرفته و نقاطی از نمونه‌های مورد مطالعه عکس‌برداری گردید.

نتایج و بحث

خاک قدیمی منطقه سپاهان شهر

در جدول ۱ برخی خصوصیات مرفولوژیکی و فیزیکوشیمیایی خاک قدیمی مورد مطالعه در منطقه سپاهان شهر ارائه شده است. همان طور که اطلاعات جدول مزبور نشان می‌دهد. خاک‌های قدیمی این منطقه در عمق غنی از رس، آهک و گچ ثانویه بوده و توسط لایه‌ای از رسوبات جوان‌تر مدفون شده است و در دوره زمانی پلئیستوسن (Pleistocene) تشکیل و تکامل یافته‌اند. خلاصه تشریح میکرومرفولوژی مقاطع نازک مورد مطالعه در برخی افق‌های انتخاب شده این نیمرخ شاهد این منطقه در جدول ۲ ارائه شده است. از مهم‌ترین پدیده‌های خاک‌سازی در افق‌های متکامل وجود پوسته‌های رسی نسبتاً خالص با بیرفرنژانس واضح عمدتاً در اطراف ذرات اولیه و اجزای مرکب و خاکدانه‌ها و بعضاً به صورت پلی بین ذرات در افق‌های Btk و Btky مختلف می‌باشد. نمونه‌ای از این پوشش‌ها در اطراف ذرات اولیه و مرکب در شکل (۲ الف) ارائه شده است. این پوشش‌های رسی توسط مشاهدات میکروسکوپ الکترونی روبشی نیز تأیید شده است (شکل ۲ ب). در افق‌های مزبور مرفولوژی پوشش رسی مؤید این است که پوسته رسی در اطراف ذرات منشا تجمع (ایلوویال) (Illuvial) را نشان می‌دهد. همان طور که منابع مختلف تأکید کرده‌اند عامل مهم در انتقال رس حذف و انتقال مواد فلکوله کننده می‌باشد (۲۵).

بنابراین به نظر می‌رسد قبل از انتقال رس در این خاک به علت افزایش بارندگی و آبشویی، کاتیون‌های بازی، آهک و گچ را شسته و در نهایت بعد از دیسپرس شدن به صورت سوسپانسیون به پایین نیمرخ حرکت کرده و سپس در آنجا روی ذرات اولیه و خاکدانه‌ها رسوب کرده است. منطقی‌ترین توضیح برای رسوب ذرات رس در این خاک تا هر عمقی علاوه بر لخته شدن ذرات رس توسط ذرات آهک، مربوط به متوسط نفوذ جبهه رطوبتی در این خاک‌ها می‌باشد. هر جا که جبهه رطوبتی متوقف شود، ذرات رس معلق در آن به دور ذرات رسوب می‌کند (۸).

همان طور که محققین مختلف عنوان کرده‌اند در نواحی خشک و نیمه خشک وجود افق‌های آرجیلیک و پوشش‌های رسی قابل تشخیص در مقاطع نازک به عنوان شاخصی از شرایط مرطوب‌تر در گذشته دلالت می‌کند (۱۱، ۱۳ و ۱۵). نتلتون و همکاران نیز نتیجه گرفته‌اند که شرایط اقلیمی در جنوب غربی ایالت متحده برای تشکیل تحت راسته آرجیدز (Argids) متناسب نیست و تشکیل آنها را به شرایط مرطوب‌تر پلئیستوسن نسبت دادند (۲۲). خادمی نیز طی بررسی‌های میکرومرفولوژی، تشکیل پوسته‌های رسی در خاک‌های اریدی سول منطقه اصفهان را به شرایط مرطوب دوره پلئیستوسن نسبت داده است (۱۹).

در مشاهدات میکروسکوپی از مقاطع نازک خاک مورد مطالعه پوسته‌های رسی تخریب شده توسط کریستالیزاسیون گچ و آهک مشاهده گردید (شکل ۲ ج و د). فیتزپاتریک حضور پوسته‌های رسی تکه تکه شده با بیرفرنژانس ضعیف در داخل زمینه خاک را شاخصی از سن زیاد پوسته‌های رسی می‌داند که بعداً توسط فرایندهای متنوع کریستالیزاسیون یا به هم خوردگی‌های فیزیکی و بیولوژیکی تخریب شده‌اند (۱۴). در نیمرخ مورد مطالعه حضور پوسته‌های رسی تخریب شده که بعضاً توسط پوسته‌های آهکی پوشش داده شده‌اند، نشان می‌دهد که این پوشش‌های رسی دارای سن زیادی بوده و در شرایط به مراتب مرطوب‌تری از حال حاضر در دوره پلئیستوسن و در

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.10.0]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.10.0] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

جدول ۱. برخی خصوصیات مرفولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی خاک قدیمی مورد مطالعه در منطقه سپاهان شهر

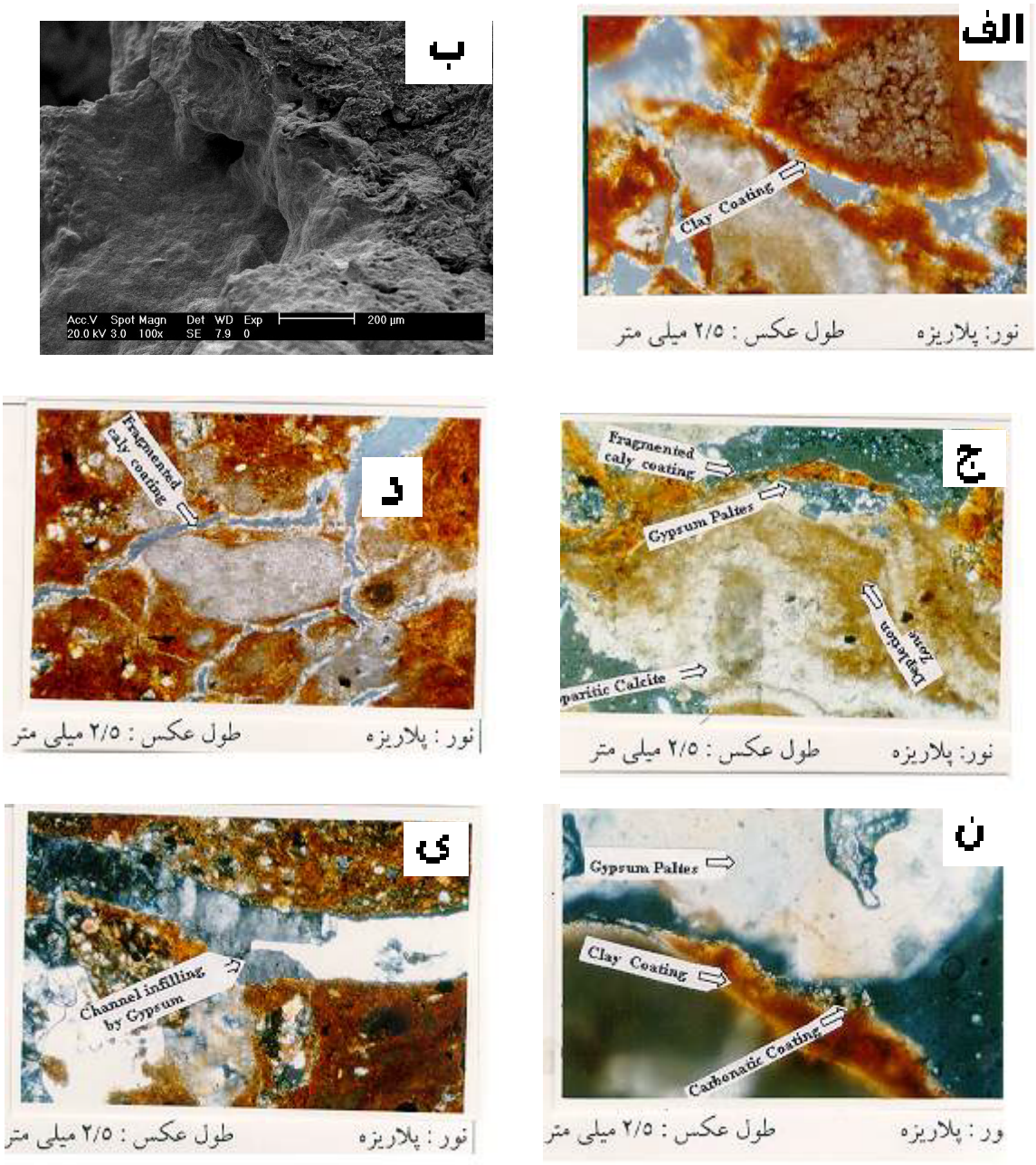
افق	عمق (cm)	رنگ (مرطوب)	ساختمان خاک	وضعیت آهک	پوسته رسی	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	آهک	گچ	موادآلی	CEC (Cmol(+)/kg)	pH	ECe dS/m	SAR
									gr/kg						
A	۰–۱۵	10YR 5/4	gr_1f	esd	–	۲۸/۹	۲۸/۳	۱۱/۵	۴۷۰	۱۰	۹/۵	۱۰/۴	۷/۵	۶/۷	۶/۵
$2Btk_1$	۱۵–۶۰	7.5YR 4/4	abk_1f	c_2rsm_2c	1npf	۲۷/۵	۱۵/۴	۳۲/۱	۵۲۰	۸	۹	۱۳/۹	۷/۸	۴/۹	۸/۴
$2Btk_2$	۶۰–۸۰	7.5YR 5/4	abk_1f	m_2rsm	1npf	۳۰	۸/۵	۵۰/۶	۶۳۰	۳۳	۹	۱۵/۰	۸/۳	۳/۴	۱۴/۰
$2Btky_1$	۸۰–۱۱۵	10YR 5/4	abk_2f	m_3rsm	2mkpf	۲۷	۱/۴	۴۸/۲	۳۵۰	۲۲۰	۸/۹	۱۵/۷	۷/۸	۳/۲	۹/۵
$2Btky_2$	۱۱۵–۱۴۵	7.5YR 6/4	abk_2f	m_3rsm	2mkpf	۲۵	۱/۵	۵۰/۲	۲۵۰	۱۶۰	۴/۹	۱۸/۳	۸/۲	۳/۱	۱۲/۰
$2Btky_3$	۱۴۵–۱۷۵	7.5YR 5/4	abk_2f	m_3rsm	2mkpf	۲۵/۴	۸/۵	۴۱/۳	۳۲۰	۲۷۰	۴/۹	۱۵/۷	۸/۳	۴/۰	۱۴/۵
$2Btky_4$	۱۷۵–۲۱۰	7.5YR 4/4	abk_2f	c_2rsm	3mkpf	۲۷/۶	۵/۴	۵۰/۸	۱۸۰	۶۲۰	۴/۹	۱۷/۶	۸/۱	۳/۹	۱۱/۳
$3Btky_5$	۲۱۰–۲۵۰	10YR 5/4	abk_3f	c_2rsm	3npf	۳۴/۳	۱۹/۷	۵۳/۸	۲۲۰	۲۱۰	۳/۹	۲۳/۷	۸/۲	۳/۷	۱۲/۱
$3Btky_6$	۲۵۰–۲۸۵	10YR 4/6	abk_1f	c_2rsm	1npf	۳۷/۹	۷/۹	۲۶/۹	۱۵۰	۵۰۰	۲/۷	۲۰/۰	۸/۱	۵/۲	۱۲/۹
$3Btky_7$	۲۸۵–۳۰۵	10YR 5/4	abk_1f	c_2rsm	1npf	۴۵/۲	۸	۲۹	۲۱۰	۳۳۰	۲/۷	۱۹/۰	۸/۱	۵/۲	۱۴/۲
3By	۳۰۵–۳۴۵	10YR 4/5	abk_1m	evd	–	۳۷/۵	۷/۳	۲۲	۱۶۰	۷۸۰	۲/۴	۱۶/۵	۸/۱	۶/۶	۱۲/۱
4Btky	۳۴۵–۳۶۵	7.5YR 3/4	abk_3f	m_3rsm	3mkpf	۵۱/۷	۱۷/۷	۲۸	۳۴۰	۱۹۰	۲/۳	۱۵/۶	۷/۸	۳/۵	۱۱/۸
4Btk	۳۶۵–۳۸۵	7.5YR 3/4	abk_3m	m_3rsm	3mkpf	۲۳/۱	۳۰/۸	۳۶	۴۵۰	۱۳	۲/۱	۱۳/۹	۸/۱	۳/۷	۱۰/۹

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.10.0] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

جدول ۲. تشریح میکرومرفولوژی برخی افق‌های منتخب نیم‌رخ سپاهان شهر بر اساس راهنمای توصیف بولاک و همکاران (۹)

معیار افق	ریز ساختمان[1]	تخلخل[2]	بی- فابریک[3]	الگوی توزیع نسبی[4]	ویژگی‌های پدولوژیکی[5]
A (0-15 cm)	دانه‌ای پوشیده[6]	تصادفی مرکب[7] و حفرات نامتقارن[8]	فابریک لکه‌ای[9]	کیتونیک[10]	نواحی تخلیه شده از آهک (پدوفیچر تخلیه شده)
2Btk1 (15-60 cm)	۸۰ درصد ساختمان بلوکی و ۲۰ درصد ساختمان بلوکی بدون زاویه	عمدتاً خلل و فرج نامتقارن	فابریک لکه‌ای توسعه یافته و کریستالیتیک[11]	۶۰درصد جفوریک[12] و ٤٠ درصد پورفیریک باز[13]	پوشش رسی با فراوانی ۱۰ درصد و ضخامت ۳۰ – ۷۰ میکرون و پدوفیچر کریستالین شامل ذرات میکریتیک[14] آهک به صورت پوشش روی ذرات و پخشیده در متن
2Btky3 (145-175 cm)	عمدتاً از نوع بلوکی زاویه دار و بدون زاویه	خلل و فرج صفحه‌ای[15] و نامتقارن	فابریک لکه‌ای توسعه یافته و کریستالیتیک	پورفیریک باز	پوشش رسی با فراوانی ۱۲ درصد و ضخامت ۳۰- ٤٠ میکرون ، پدوفیچر کریستالین شامل بلورهای صفحه ای بزرگ گچ به صورت پرشدگی[16] در حفرات، بلورهای آهکی پخشیده در متن و پوشش روی ذرات اولیه و خاکدانه
3By (305-345 cm)	عمدتاً از نوع بلوکی زاویه دار و بدون زاویه	خلل و فرج نامتقارن	عمدتاً فابریک کریستالیتیک	پورفیریک باز	کمتر از ۱ درصد پوشش رسی تخریب یافته، بلورهای صفحه‌ای بزرگ گچ به صورت پرشدگی در حفرات، پوشش‌های آهکی میکریتیک روی ذرات اولیه و خاکدانه‌ها
4Btky (345-365 cm)	عمدتاً از نوع بلوکی بدون زاویه و گاهاً زاویه‌دار	خلل وفرج نامتقارن و کانالی حفره دار[17]	فابریک لکه‌ای موزائیکی[18] و کریستالیتیک	پورفیریک باز و مقداری جفوریک	پوشش رسی با فراوانی ۱۰ درصد و ضخامت ۳۰- ٦٠ میکرون، بلورهای صفحه‌ای بزرگ گچ به صورت پرشدگی در حفرات، آهک پخشیده در متن و پوشش روی ذرات اولیه و خاکدانه‌ها

1. Microstructure
2. Porosity
3. B-fabric
4. Related distribution pattern
5. Pedofeatures
6. Pellicular grain structure
7. Compound packink voids
8. Vughs
9. Speckled
10. Chitonic
11. Crystallitic
12. Gefuric
13. Open porphyric
14. Micritic
15. Planar
16. Infilling
17. Chamber
18. Mosaic Speckled



شکل ۲. (الف) پوسته های رسی در اطراف ذرات اولیه، مرکب و خاکدانه ها در افق 2Btk2، (ب) میکروگراف میکروسکوپ الکترونی روبشی از سطح خاکدانه‌ها و پوسته‌های رسی روی آنها در افق 4Btk (ج و د) نمونه‌هایی از تخریب پوسته رسی اطراف ذرات بر اثر رشد بلورهای گچ و آهک در افق2Btky1(ن) هم‌زمانی پوشش آهکی و رسی در کنار بلورهای گچ در افق 3By (ی) پرشدگی حفرات کانالی توسط بلورهای صفحه‌ای گچ در افق 3By نیم‌رخ سپاهان شهر

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.10.0]

طی چندین مرحله رسوب‌گذاری و شستشو و آبشویی تشکیل شده‌اند و سپس فرایندهای آهکی شدن و گچی شدن آنها را تحت تأثیر قرار داده است.

از نکات جالب توجه در مطالعات مقاطع میکرومرفولوژی این خاک وجود لایه‌بندی‌های مختلف پدیده‌های خاک‌سازی متفاوت روی همدیگر می‌باشد، که ما را در شناخت روند تکاملی و بروز پدیده‌های پدوژنیکی یاری می‌نماید. به عنوان نمونه در افق‌های Btky عمدتاً وجود لایه‌ای رسی جهت‌دار بین دو لایه آهک پدوژنیک که بعداً فضای بالای آن توسط گچ پر شده است می‌تواند دال بر این روند باشد (شکل ۲ن). این روند می‌تواند نشان دهنده این مطلب باشد که فرایند انتقال فیزیکی رس (Lessivage) بعد از انتقال آهک رخ داده و سپس فرایند آهکی شدن (Calcification) مجدد و در نهایت فرایند گچی شدن (Gypsification) خاک را متأثر کرده و آن را به صورت پلی‌ژنتیک در آورده است. نمونه‌ای از پرشدگی حفرات کانالی در افق 3By توسط بلورهای نسبتاً بزرگ صفحه‌ای گچ در شکل ۲-ی نمایش داده شده است. بسزدک و همکاران حضور پوشش‌های رسی - آهکی روی پوشش‌های رسی را ناشی از تغییر اقلیم از وضعیت مرطوب‌تر به خشک‌تر دانسته‌اند (۶).

خاک قدیمی منطقه سگزی

برخی خصوصیات مرفولوژیکی و فیزیکوشیمیایی خاک قدیمی منطقه سگزی در جدول ۳ خلاصه شده است. این خاک قدیمی شامل رسوبات مطبق با دانه بندی‌های مختلف در عمق بوده و در عمق ۹۵-۶۰ سانتی متری دارای لایه‌ای تیره رنگ (5Y 3/1) و غنی از مواد آلی فسیل شده می‌باشد. سن یابی مواد آلی این افق به روش کربن-۱۴ نشان داد که این لایه در محدوده زمانی ۱۱-۱۰ هزار سال پیش توسعه یافته است (۱و ۵). این محدوده زمانی با دوره سرد و نیمه یخچالی درایس جوان هم‌خوانی دارد. این لایه تیره رنگ توسط رسوبات آبرفتی و متعاقباً توسط نهشته‌های بادرفتی پوشیده شده است (۵).

خلاصه تشریح میکرومرفولوژی مقاطع نازک مورد بررسی در برخی افق‌های انتخاب شده نیم‌رخ شاهد این منطقه در جدول ۴ ارائه شده است. در افق سطحی (A) مقادیر فراوان کانی‌های گچ عدسی شکل و ذرات کوارتز زاویه‌دار دیده می‌شود. مقداری از گچ‌های مشاهده شده از رسوبات بادرفتی منطقه و بخشی از آن احتمالاً از صعود کاپیلاری آب زیرزمینی منشأ گرفته است (۳). وضعیت دانه‌بندی و بافت سبک در این افق‌ها، امکان تشکیل بلورهای عدسی شکل را در این افق‌ها فراهم کرده است. تصویری از بلورهای عدسی شکل مشاهده شده در این افق در شکل ۳ الف ارائه شده است.

افق 3Ab مدفون شده، تنوعی شگرف از پدیده‌های میکرومرفولوژیک را از خود نشان می‌دهد که عمده آنها متأثر از فعالیت‌های بیولوژیکی گیاهان در گذشته می‌باشد. در این افق مقادیر قابل توجهی از مواد آلی فسیل شده به صورت ارگان باقی مانده در داخل متن خاک عمدتاً در داخل خلل و فرج مشاهده می‌شود. بخش قابل ملاحظه‌ای از خلل و فرج کانالی به صورت نا پیوسته و سست از مواد آلی پر شده‌اند (شکل۳ ب). آثار ریشه‌ای به صورت پر شدگی‌های محل ریشه‌ها توسط مواد آلی اکسید و بعضاً پوشش مواد آلی اکسید شده روی دیوار خلل و فرج یکی از مهم‌ترین نشانه‌های پوشش گیاهی خیلی متراکم با زه‌کشی ضعیف می‌باشد. چنین نتیجه‌گیری با مطالعات مک‌کارتی و همکاران (۲۰) روی خاک‌های قدیمی منطقه آلبرتای کانادا کاملاً هم‌خوانی دارد.

از پدیده‌های مهم دیگر در این افق وجود غلاف‌های آهکی شده با منشا جانوری است که عمدتاً به فسیل نرم تنان از تیره گاستروپودها تعلق دارد. نمونه‌ای از غلاف‌های آهکی شده این نرم‌تنان در شکل ۴ ج نمایش داده شده است. همان طور که در مطالعات مالاکولوژی انجام شده در منطقه نیز نشان داده شده، در گذشته به علت فراهمی زیاد آب در منطقه امکان رشد و فعالیت جانوران آبدوست مزبور وجود داشته است (۵) که این جانوران به تدریج در طول عمر خود با جذب آهک، غشای خارجی خود را کاملاً سخت می‌کنند که بعد از مرگ و تخریب احشای داخلی، دیواره آهکی آنها باقی می‌ماند (۱).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.10.0]

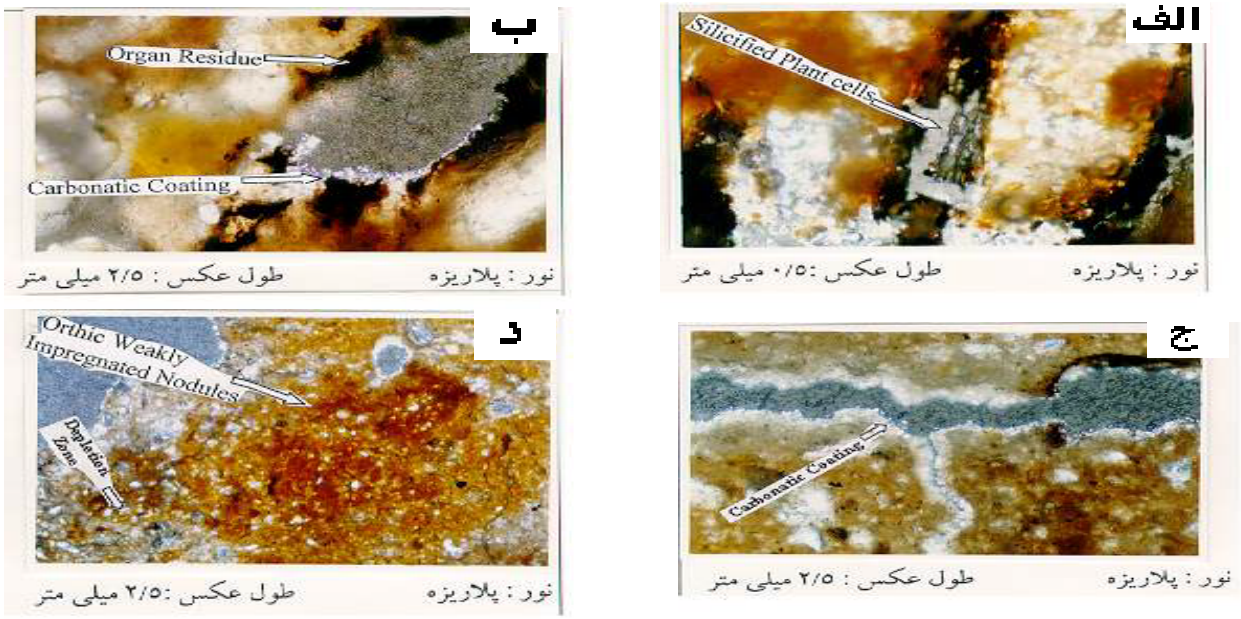
[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.10.0] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

جدول ۳. برخی خصوصیات مرفولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی خاک قدیمی مورد مطالعه در منطقه سگزی

افق	عمق (cm)	رنگ (مرطوب)	ساختمان خاک	وضعیت آهک	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	آهک	گچ	موادآلی	CEC (Cmol(+)/kg)	pH	ECe dS/m	SAR
								gr /kg						
A	۰–۲۵	10YR 6.5/4	gr_1f	بدون جوشش	۴۹/۲	۴۰/۷	۱۰/۱	۱۳۰	۵۷۱	۲/۴	۱۴/۷۸	۷/۹	۱۵/۹	۳۱
Bzy	۲۵–۴۵	10YR 5/4	sbk_1f	بدون جوشش	۶۱/۹	۲۲/۱	۱۰/۰	۷۵	۵۸۹	۴/۵	۱۳/۵۶	۷/۷	۱۹۲/۰	۲۴
2Bz	۴۵–۶۰	10YR 5/6	sbk_1m	esd	۳۰/۹	۵۴/۳	۱۴/۸	۲۹۵	۶۳	۴/۲	۲۰/۰۰	۷/۶	۷۲/۹	۵۱
3Ab	۶۰–۹۵	5Y 3/1	gr_3f	esd	۲۵/۳	۶۲/۶	۱۲/۱	۳۲۰	۴	۱۲/۳	۲۹/۱۳	۷/۴	۶۵/۲	۵۱
3Bkgb	۹۵–۱۰۵	10YR 3/1	abk_2m	m_2rsm	۳/۵	۸۳/۱	۱۳/۴	۳۱۰	۵	۹/۲	۳۲/۶۱	۷/۵	۴۸/۵	۵۱
$3Bwg_1b$	۱۰۵–۱۲۵	5Y 3/1	abk_1m	esd	۲۶/۳	۵۶/۱	۱۷/۶	۵۸۰	۸	۸/۵	۱۹/۵۶	۷/۷	۳۷/۱	۴۱
$3Bwg_2b$	۱۲۵–۱۶۰	5Y 6/1	abk_1f	esd	۱۷/۰	۵۳/۱	۲۹/۹	۵۴۵	۷	۷	۱۶/۹۵	۷/۷	۴۵/۲	۴۶
$3Bwg_3b$	۱۶۰–۱۸۰	5Y 3/1	abk_1f	esd	۱۶/۹	۶۰/۳	۲۲/۸	۶۰۵	۷	۶/۵	۱۳/۵۶	۷/۴	۲۹/۴	۲۲
$4Bkg_1b$	۱۸۰–۲۲۵	5G 5/1	abk_1m	f_1isc, m_3rsm	۱۶/۷	۷۳/۰	۱۰/۳	۳۹۰	۱۰	۸/۲	۱۷/۵۶	۷/۷	۵۰/۷	۵۰
$4Bkg_2b$	۲۲۵–۲۷۰	5G 5/1	abk_1m	f_1isc, m_3rsm	۳۳/۹	۵۵/۲	۱۰/۹	۳۴۰	۱۳	۶/۵	۱۳/۹۱	۷/۴	۵۲/۴	۴۰
$4Bkg_3b$	۲۷۰–۳۱۵	5G 5/1	abk_1m	f_1isc, m_3rsm	۲۲/۷	۴۱/۳	۳۶/۰	۳۴۵	۱۰	۷/۵	۱۶/۹۵	۷/۳	۶۳/۹	۴۵
$5Bwg_1b$	۳۱۵–۳۳۵	5GY 5/1	بدون ساختمان	esd	۶۷/۸	۱۴/۴	۱۷/۸	۲۲۰	۱۲	۳/۹	۱۰/۸۹	۷/۸	۶۷/۹	۴۸
$6Bwg_2b$	۳۳۵–۳۶۰	10GY 5/1	بدون ساختمان	esd	۳۸/۸	۴۲/۵	۱۸/۷	۳۳۵	۹	۴	۱۳/۵۶	۷/۵	۶۴/۷	۴۵
$7Bwg_3b$	۳۶۰–۳۸۰	5GY 1/3	بدون ساختمان	esd	۸۳/۱	۷/۳	۹/۶	۲۹۵	۵	۵/۲	۹/۱۳	۷/۸	۳۳/۶	۴۵



شکل ۳. (الف) توزیعی از بلورهای عدسی شکل گچ در افق سطحی A (ب) پرشدگی سست و غیر پیوسته از مواد آلی در حفرات کانالی افق 3Ab (ج) غلافی از گاستروپود که توسط آهک اشباع شده است در افق 3Ab (د) سلول‌های ریشه ای آهکی شده (زدومرف) در حفرات کانالی افق 3Ab نیم‌رخ سگزی



شکل۴. (الف) سلول‌های گیاهی که به طور نسبی فیتولیتی شده‌اند در افق 3Ab (ب) پوشش کریستال‌های اسپارتیک آهک روی بقایای آلی در حفرات افق 3Ab (ج) پوشش آهکی در داخل خلل و فرج صفحه‌ای در افق 3Bkg2b (د) پدیده تخلیه و تجمع اکسیدهای آهن و منگنز به صورت ندول در افق 3Bkg2b نیم‌رخ سگزی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.10.0]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.10.0] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

جدول ٤. تشریح میکرومرفولوژی برخی افق‌های منتخب نیم‌رخ سگزی بر اساس راهنمای توصیف بولاک و همکاران (۹)

معیار افق	ریز ساختمان	تخلخل	بی- فابریک	الگوی پراکندگی وابسته	پدیده‌های خاکسازی
A (0-25 cm)	دانه‌ای منفرد[1]	عمدتاً از نوع متقارن	کریستالیتیک	پورفیریک خیلی باز	بلورهای عدسی[2] شکل گچ پخشیده در متن
Bzy (25-45 cm)	دانه‌ای فشرده[3]، دانه‌ای	نامتقارن و گاهاً ورقه‌ای[4]	کریستالیتیک	اناولیک[5]	پدوفیچر کریستالین شامل بلورهای صفحه‌ای بزرگ گچ به صورت پرشدگی در حفرات
3Ab (60-95 cm)	بلوکی زاویه‌دار و بدون زاویه	خلل و فرج کانالی[6]، نامتقارن و کانالی حفره‌دار	فابریک لکه‌ای و گاهاً غیر قابل تفکیک[7]	پورفیریک باز	پدوفیچر کریستالین شامل بلورهای میکریتیک آهک به صورت پوشش روی خاکدانه‌ها و حفرات و پخشیده در متن، پدوفیچر آمورف[8] شامل اکسیدهای منگنز و آهن با هوموس
4Bkg2b (225-270 cm)	بلوکی زاویه‌دار و بلوکی بدون زاویه	صفحه‌ای، نامتقارن و کانالی حفره دار	فابریک لکه‌ای موزائیکی و کریستالیتیک	پورفیریک باز	پدوفیچر کریستالین شامل بلورهای میکریتیک آهک به صورت پوشش روی خاکدانه‌ها و حفرات و پخشیده در متن، پدوفیچر آمورف از جنس اکسید آهن و منگنز به شکل ندول[9]، پدوفیچر تخلیه به صورت مناطق تخلیه شده از اکسیدهای آهن و منگنز
6Bwg2b (335-360 cm)	بلوکی زاویه‌دار و بلوکی بدون زاویه	صفحه‌ای، نامتقارن	فابریک لکه‌ای موزائیکی	پورفیریک باز	پدوفیچر آمورف از جنس اکسید آهن و منگنز به شکل ندول، پدوفیچر تخلیه به صورت مناطق تخلیه شده از اکسیدهای آهن و منگنز

1. Single grains
2. Lenticular
3. Contact grain structure
4. Platy
5. Enaulic
6. Channel
7. Undifferentiated b-fabric
8. Amorphous
9. Nodules

از دیگر فرایندهای مهم که در این افق دیده می‌شود فرایند آهکی شدن سلول‌های گیاهی باقی مانده در خاک است. طی این فرایند سلول‌های گیاهی آهکی شده و فضاهای سلولی را پر کرده است. هر چند بخشی از این فرایند را می‌توان به زمان زنده بودن گیاه نیز مرتبط دانست چرا که در برخی نقاط چارچوب سلولی کاملاً حفظ شده است. نمونه‌ای از سلول‌های آهکی شده در این افق در شکل ۳ د نمایش داده شده است که تحت عنوان ریشه‌های زدومرف آهکی شده (Calcite root psuodomorphs) شناخته می‌شوند.

در افق 3Ab علاوه بر سلول‌های آهکی شده، سلول‌های گیاهی دیده می‌شوند که به طور نسبی سیلیسی شده‌اند (شکل ۴ الف). هر چند پدیده سیلیسی شدن (Silicification) سلول‌های گیاهی و تشکیل فیتولیت در خاک‌های مختلف بویژه در خاک‌های غنی از سیلیس با منشا آتشفشانی بسیار گزارش شده است (۱۸)، ولی در این خاک به نظر می‌رسد پدیده سیلیسی شدن در زمان حیات گیاه اتفاق افتاده باشد.

توجه به این که افق مورد مطالعه بعد از تشکیل دچار تحول شگرفی نشده و منطقه از رسوبات آتشفشانی نیز تغذیه نمی‌شود فرضیه فوق را تقویت می‌کند. در طی پروسه سیلیسی شدن در گیاه، غشای اسکلتیک به مواد معدنی مانند سیلیس آغشته می‌شود. غشای پکتوسلولزی در سلول‌های اپیدرمی برگ و ساقه بیشتر گیاهان تک لپه‌ای مانند تیره گندم، نی و جگن آغشته به ذرات سیلیس می‌شود. تیزی و برندگی برگ در گیاهان تیره غلات به علت تراکم ذرات سیلیس در لبه برگ است (۲ و ۲۱).

یکی از پدیده‌های جالب توجه در این افق پوشش ذرات آهکی اسپارتیک روی پوشش مواد آلی در دیواره خلل و فرج می‌باشد. (شکل ۴ ب). این تناوب لایه‌گذاری نشان می‌دهد که فرایند آهکی شدن این خاک‌ها بعد از تجمع مواد آلی در این خاک‌ها و اکسیداسیون مواد آلی رخ داده است. مواد آلی در این افق به صورت در جای، دیواره‌های خلل و فرج را پوشش داده است و فرایند آهکی شدن که عمدتاً متأثر از نوسانات سفره آب زیرزمینی است، آهک پدوژنیک را روی آنها بر جای گذاشته است.

در افق‌های مدفون شده Bkgb وجود پوشش‌های آهکی روی دیواره‌های خلل و فرج و عمدتاً از نوع کانالی و صفحه‌ای (شکل ۴ ج) نشان دهنده منشأ پدوژنیک این آهک‌ها می‌باشد. به نظر می‌رسد تشکیل این آهک پدوژنیک به واسطه تأثیر سفره آب زیر زمینی و هم‌چنین شستشو از بالا هنگامی که نیم‌رخ تحت تأثیر آب بیشتری قرار داشته صورت گرفته است. یکی دیگر از پدیده‌های خاک‌سازی مهم در این افق‌های Bkg_b پدیده تخلیه (Depletion) می‌باشد. شکل ۴ د پدیده تخلیه (مناطق روشن‌تر) را به همراه پدیده تجمع (نقاط متمایل به رنگ قرمز) را نشان می‌دهد. در نقاط تخلیه اکسیدهای آهن و بعضاً منگنز به علت شرایط احیایی تر در خلل و فرج به سمت نقاط اکسیده‌تر در مرکز خاکدانه‌ها منتقل شده و در آنجا متمرکز شده است و ندول‌هایی با درجه اشباع شدگی کم را ایجاد کرده است که به علت مشابهت زمینه ندول با زمینه مجاور اصطلاح اورتیک به آن اضافه می‌شود. پدیده تخلیه در این افق به صورت هیپوکوتینگ نسبت به دیواره حفرات، و ندول‌ها به صورت کواسی‌کوتینگ نسبت به دیواره حفرات در داخل متن خاک آرایش یافته‌اند، این آرایش نشان دهنده این است که اشباع آب بیشتر در خلل و فرج اتفاق افتاده و باعث انتقال مواد اکسیدی به داخل خاکدانه‌ها شده است (۱۲).

در افق‌های Bwg_b مدفون شده اثری از تکامل پروفیلی در آنها دیده نمی‌شود و عمدتاً شامل رسوبات آوارای درشت دانه‌ای است که که فقط پدیده اکسید و احیا در آنها رخ داده است و باعث تشکیل نواحی تخلیه شده اکسیدهای آهن و منگنز و نواحی تجمع آنها به صورت ندول شده است.

نتیجه‌گیری

نتایج بررسی‌های میکرومرفولوژی مؤید این مطلب است که خاک قدیمی منطقه سپاهان شهر یک خاک قدیمی بر جای مانده و پلی ژنتیک بوده که این خصیصه باعث ایجاد پیچیدگی در تفسیر شرایط اکولوژیکی گذشته می‌نماید. هر چند در ارتباط با

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.10.0]

این خاک‌ها مشکلاتی وجود دارد، ولی در مناطق خشک و نیمه خشک این خاک‌ها می‌توانند اطلاعات مفیدی را در اختیار ما قرار دهند. در خاک سپاهان شهر به نظر می‌رسد قدیمی‌ترین فرایند خاک‌سازی تشکیل افق آرجیلیک و پوشش‌های رسی باشد که تا اعماق نیم‌رخ نیز ادامه دارد. بنابراین با توجه به شرایط لازم برای تشکیل این افق نتیجه می‌شود شرایط اقلیمی در گذشته به مراتب مرطوب‌تر از حال حاضر بوده است. مطالعات ایزوتوپ‌های پایدار کربن روی نمونه‌های آهک این خاک نیز، این نتیجه‌گیری را تأیید می‌نماید (ایوبی، ۱۳۸۱). خاک قدیمی سگزی که در منطقه گود افتاده‌ای قرار دارد، هم‌زمان با دوره سرد و نیمه یخچالی درایس جوان تشکیل شده است. مشاهدات میکرومرفولوژی در لایه تیره رنگ این خاک، فعالیت‌های بیولوژیکی شدیدی را در گذشته تداعی می‌کند که این شرایط نشان از این دارد که در دوره زمانی مذکور این منطقه آب بیشتری را دریافت کرده و تحت شرایط مردابی قرار داشته است. این نتیجه‌گیری توسط تحقیقات پالینولوژی در همین خاک (ایوبی و همکارن، ۲۰۰۱) تأیید شده است. مجموع شواهد موجود در خاک‌های مورد مطالعه تأیید می‌کند که در گذشته هم‌زمان با دوره‌های سرد و یخچالی در عرض‌های جغرافیایی بالاتر، فلات ایران تحت تأثیر دوره‌های مرطوب‌تر قرار داشته و در دوره‌های بین یخچالی شرایط گرم و خشک‌تری بر ایران حاکم بوده است. این نوسانات اقلیمی آثار خود را به صورت شواهد پدوژنیکی در خاک‌های مورد مطالعه به ارث گذاشته است.

منابع مورد استفاده

۱. ایوبی، ش. ۱۳۸۱. مطالعه شواهد پدوژنیکی تغییر اقلیم کواترنر در خاک‌های قدیمی دو منطقه اصفهان و امام قیس چهار محال و بختیاری. پایان نامه دکتری خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲. قهرمان، ا. ۱۳۵۳. *تشریح گیاهان آوندی، ۱- بافت‌های گیاهی*. انتشارات دانشگاه تهران.

۳. کریم زاده، ح. ۱۳۸۱. چگونگی تکوین و تکامل خاک‌ها در لندفرم‌های مختلف و منشأیابی رسوبات فرسایش یافته بادی در منطقه شرق اصفهان. پایان نامه دوره دکتری خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۴. گیوی، ج. و ج. استوپز. ۱۳۷۸. آثاری از تغییر آب و هوای دیرینه در خاک‌های ایران، دومین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم. آبان ۱۳۷۸. سازمان هواشناسی کشور، تهران، صفحات۴۲ تا ۵۱.

5. Ayoubi, S., M. Tabaei, A. Jalalian and M. K. Eghbal. 2001. Palynological investigations on recent sediments fron east of Isfahan(central Iran). 6th Euoropean Palynology and Paleontology Conference., Athene, Greece.
6. Becze-Deak, J., R. Langhor and E. P. Verrechia. 1997. Small scale secondary CaCO3 accumulations in selected sections of the European loess belt. Morphological forms and potential for paleoenvironmental reconstruction. Geoderma 76: 221-252.
7. Brewer, R. 1972. The basis of interpretation of soil micromorphological data. Geoderma 8: 81-94.
8. Bullock, K. P. and L. Thompson. 1985. Micromorphology of Alfisols. PP. 17-47. *In*: L.A. Douglas et al (Eds.), Soil Micromorphology and Soil Classification. SSSA Special Pub., Madison, WI.
9. Bullock, P., N. Fedoroff, A. Jangerious, G. Stoops and T. Tursina. 1985. Handbook for Thin Section Description. Waine Research Pub., Wolverhampton, The Netherland.
10. Courty, M. A. and N. Fedoroff. 1985. Micromorphology of recent and buried soils in a semi-arid region of northwestern India. Geoderma 35: 287-332.
11. Eghbal, M. K. and R. J. Southard. 1993. Micromorphological evidence of polygenesis of three Aridisols, western Mojave desert, California. Soil Sci. Soc. Am. J. 57: 1041-1050.
12. Fanning, D.S. and M. C. B. Fanning. 1989. Soil Morphology, Genesis and Classification. Wiley pub., New York.
13. Fedoroff, N. and M. A. Courty. 1987. Morphology and distribuion of textural features in arid and semi-arid regions. pp: 213-219. *In*: N. Fedoroff, L. M. Bresson and M. A. Courty(Eds.), Soil Micromorphology. Proceeding of the 7th Inter. working meeting on soil micromorphology.
14. Fitzpatrick, E. A. 1993. Soil Microscopy and Micromorphology. Wiley pub., Newyork.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.10.0]

15. Gile, L. H. and R. B. Grossman. 1968. Morphology of the argillic horizon in desert soils of southern New Mexico. Soil Sci. 106: 6-15.
16. Kemp, R. A. 1998. Role of micromorphology in paleoecological research. Quaternary Inter. 51/52: 133-141.
17. Kemp, R. A. 1986. Pre-flandrian Quaternary soils and pedogenic processes on Britain. pp: 242-257. *In*: V. P Wright (Ed.), Paleosols. Bulkema Pub., The Netherland.
18. Kemp, R. A. 1999. Soil micromorphology as a technique for reconstructing paleoenvironmental change. pp: 41-71. *In*: A. S. Singh Vi and E. Derbyshire (Eds.), Paleoenvironmental Reconstruction in Arid Lands. Balkema Pub., Netherlands.
19. Khademi, H. 1997. Stable isotope geochemistry, mineralogy and microscopy of gypsiferous soils from central Iran.Thesis for the degree of Ph.D., University of Saskatchewan, Canada.181p.
20. Mc Carthy, P. J., I. P. Martini and D. A. Leckie. 1998. Use of micromorphology for paleoenvironmental interpretation of complex alluvial paleosols: an example from the Mill Creek formation (Albina), southwestern Albetra. Paleogeo. Paleoclim, M. Paleoeco. 143: 87-110**.**
21. Mc Carthy, P. J. and A. Guyplint. 1999. Floodplain paleosols of the ceonomanian Dunvegan formation, Alberta and British Columbia, Canada. Micromorphology, Pedogenic processes and paleoenvironmental implication. Geological Society, London, Special Pub. 163: 289-310.
22. Nettleton , W. D., J. E. Witty, R. E. Nelson and J. W. Hawley. 1975. Genesis of argillic horizons in soils of desert areas of the southwestern United State. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 30: 919-926.
23. Retallack, G. J. 1990. Soils of the past. An Introduction to Paleopedology. Unwin Hyman Pub., Boston.
24. Ruhe, R. V. 1965. Quaternary and pleopedology. PP. 755-764. *In*: H. E. Wright and D.G. Frey (Eds.), The Quaternary of the United States. Princeton University Press., Princeton, NJ.
25. Scolt, M. H. and M. C. Rabehorst. 1991. Micromorphology of argillic horizon in a upland tidelmarsh catena. Soil Sci. Soc. Am. J. 55: 443-450.
26. Thompson, M. L. 1986. Morphology and mineralogy of pre-Wisconsinan paleosol in Iowa. Soil Sci. Soc. Am. J. 50: 981-987.
27. Yaalon, D. H. 1971. Soil forming processes in time and space. PP. 29-39. *In*: Yaalon, D.H (Ed.), Paleopedology-Jerusalem. Israel University Press, Israel.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.10.0]