نحوهٔ تشکیل و میکرومورفولوژی اریدی‌سول‌های گچی و نمکی منطقهٔ نوق رفسنجان در ارتباط با سطوح ژئومورفولوژی

محمدهادی فرپور، مصطفی کریمیان اقبال و حسین خادمی[۱]

چکیده

اریدی‌سول‌های گچی از اهمیت و گسترش فراوانی در محیط‌های خشک و نیمه خشک برخوردارند. هم‌چنین، ارتباط نزدیکی بین موقعیت ژئومورفولوژی و نحوهٔ تشکیل و تکامل خاک وجود دارد. مهم‌ترین اهداف این پژوهش، بررسی نحوهٔ تشکیل و طبقه‌بندی خاک‌های گچی و نیز تعیین ارتباط بین فرم بلوری میکروسکوپی و ماکروسکوپی گچ و موقعیت ژئومورفولوژی در منطقهٔ رفسنجان است. منطقهٔ مورد بررسی با بارندگی حدود ۶۰ میلی‌متر در منطقهٔ نوق و در ۳۰ کیلومتری شمال رفسنجان قرار دارد. از میان پروفیل‌های بررسی شده، هفت پروفیل به عنوان شاهد انتخاب شد. نمونه‌های خاک تحت آزمایش‌های پراش پرتو ایکس، میکرومورفولوژی، فیزیکی و شیمیایی و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) قرار گرفتند.

سطوح ژئومورفولوژی پدیمنت سنگی کنونی، که در حقیقت، سواحل دریاچه‌های بستهٔ قدیمی ایران مرکزی هستند، محل تجمع گچ بوده، به عنوان منشأ گچ در منطقه به حساب می‌آیند. آویزه‌های بزرگ گچی و نیز اشکال میکروسکوپی صفحه‌ای، عدسی، کرمی شکل و صفحات در هم قفل شده گچی در پدیمنت سنگی دیده می‌شود. به طرف پایین شیب (پدیمنت پوشیده) از میزان گچ و اندازهٔ آویزه‌ها کاسته می‌شود. خاک واقع بر سطح حد واسط پدیمنت و پلایا دارای بلورهای عدسی و صفحات در هم قفل شدهٔ گچی می‌باشد. روی خاک شور موقعیت پلایا در مرکز دشت، سطوح پف کردهٔ رسی دیده می‌شود. اشکال عدسی و کرمی شکل در جهت شیب افزایش یافته است، و در پلایا گچ به صورت ریزبلورین است. در سطح خاک پدیمنت سنگی واقع در غرب منطقه، مقادیر زیادی گره‌های نرم گچی مشاهده می‌شود. به علاوه، شکل دوکی گچ و نیز بلورهای پالیگورسکیت در این موقعیت دیده می‌شود. باد نقش مهمی در تشکیل و تکامل پروفیل واقع بر پدیمنت سنگی ایفا کرده است. ارتباط نزدیکی بین مورفولوژی گچ و موقعیت ژئومورفولوژی در منطقه یافت شد.

واژه‌های کلیدی: *خاک‌های گچی، اریدی‌سول‌ها، میکرومورفولوژی، ژئومورفولوژی، ایران مرکزی، رفسنجان*

---

۱. به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیاران خاک‌شناسی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.3.6.4]

مقدمه

خاک‌های گچی از خاک‌های معمول در مناطق خشک و نیمه خشک هستند (۱۲ و ۱۳). در مورد مساحت کل این دسته از خاک‌ها آمار دقیقی وجود ندارد. در حالی که سازمان خواربار جهانی (۱۳) ۸۵ میلیون هکتار را برای زمین‌های گچی گزارش می‌کند، نتلتون (۳۰) مساحت ۲۰۰ میلیون هکتار را به این زمین‌ها اختصاص می‌دهد. در مورد گسترش زمین‌های گچی در ایران نیز آمار متفاوتی وجود دارد. بدین معنی که سازمان خواربار جهانی (۱۳) سطح زمین‌های گچی ایران را ٤۲۰ هکتار، و محمودی (٤) ۲۸ میلیون هکتار گزارش می‌کند.

منابع مختلفی برای وجود گچ در خاک ارائه گردیده است. محیط‌های دریایی با مقادیر زیاد سولفات در شرایط احیایی، مناطق مساعدی برای تشکیل پیریت هستند. تحت شرایط اکسیدی، پیریت به جاروسیت تبدیل می‌گردد (۱۱). در طی فرایندهای اکسیداسیون و هوادیدگی، کانی‌های فوق به اسید سولفوریک تبدیل شده (۲۹)، و در خاک‌های آهکی با کلسیت یا دولومیت فراوان، اسید سولفوریک به گچ تبدیل می‌شود. از سوی دیگر، فرایند تبخیر به عنوان معمول‌ترین سازوکار ترسیب و تبلور گچ ذکر گردیده است (۸). آکپوکوج (٦) منابع زیر را به عنوان منشأ گچ در خاک‌ها ذکر کرده است:

۱. بارندگی، که نمک‌های دریا را به خاک اضافه می‌کند.
۲. حرکت رو به بالای آب زیر زمینی از سطح سفره‌های آب کم عمق.
۳. هوادیدگی شیمیایی سنگ مادر، بدین معنی که اکسیداسیون پیریت منجر به حل شدن آهک و تشکیل گچ و کربنات می‌شود.
٤. رسوب مواد مادری بادرفت حاوی گچ روی سنگ مادر.

وی، نقش دو عامل اخیر را در تجمع گچ خاک‌های مورد بررسی در استرالیا مهم‌تر می‌داند.

بررسی‌های چندی در مورد نحوهٔ تشکیل زمین‌های گچی در ایران صورت گرفته است. جعفر زاده و بورنهام (۲۲) با بررسی چندین پروفیل از ایران و بحرین و نیز ستون‌هایی از خاک با سطوح مختلف آب زیرزمینی در آزمایشگاه، تشکیل و طبقه‌بندی برخی از زمین‌های گچی را بررسی کرده‌اند. آنها به تجمع گچ ناشی از مواد مادری، باد و یا آب، و نیز حرکات رو به بالا (Perascendum) و رو به پایین (Perdescendum) آب، که منجر به تجمع گچ می‌شود، اشاره کرده‌اند. محمودی (۳) نحوهٔ تشکیل زمین‌های گچی منطقهٔ اشتهارد کرج را با استفاده از روش میکرومورفولوژی بررسی و فرم‌های اولیه و ثانویه گچ را از هم جدا کرده است. وی منشأ فرم‌های جیپسن (Gypsan) و کریستالاریا (Crystallaria) را بدون شک خاک‌ساز می‌داند. فرم اینترکالاری (Intercalary) احتمالاً خاک‌ساز، و دانه‌های انهدرال (Anhedral grains) گچ احتمالاً به ارث رسیده از مواد مادری است. تومانیان و همکاران (۱) رها شدن گچ از آهک‌های کرتاسه و اکسیداسیون پیریت موجود در شیل‌های ژوراسیک را به عنوان منابع اصلی گچ در منطقهٔ اصفهان گزارش کرده‌اند. در مقابل، خادمی و همکاران (۲۵) با استفاده از روش ایزوتوپ‌های پایدار گوگرد و اکسیژن، رسوب تبخیری میوسن را به عنوان منبع گچ در ایران مرکزی ذکر کرده‌اند.

خاک و ژئومورفولوژی بسیار وابسته بوده و اگر در بررسی‌های تشکیل و طبقه‌بندی زمین‌ها مفاهیم ژئومورفولوژی لحاظ شود، فرایندهای تشکیل خاک بهتر درک می‌شود (۱۸). اصولاً خاک و ژئومورفولوژی اثر متقابل دارند. بدین معنی که نه تنها ژئومورفولوژی به درک فرایندهای خاک‌سازی کمک می‌کند، بلکه خاک‌شناسی نیز در بررسی فرایندهای تکامل در اشکال زمین مهم است (۱٦).

گایل و همکاران (۱۷)، ماشتی (۲۷)، مک فادن و تینسلی (۲۸)، فرپور (۲) و دیگران بررسی‌های زیادی در مورد رابطهٔ خاک و ژئومورفولوژی در خاک‌های آهکی انجام داده‌اند. همهٔ پژوهندگان فوق رابطهٔ نزدیکی را بین ویژگی‌های خاک و سطوح ژئومورفولوژی گزارش کرده‌اند. در مقابل، اطلاعات در مورد رابطهٔ خاک- ژئومورفولوژی در زمین‌های گچی بسیار محدود است. هررو و همکاران (۱۹) تشکیل خاک‌های گچی اسپانیا را از نظر موقعیت ژئومورفولوژی بررسی کرده و اشکال

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.3.6.4]

مختلف میکروسکوپی بلورهای گچ را در قسمت‌های مختلف شیب شناسایی و تفسیر کرده‌اند. نتایج پژوهش گویای آن است که در اثر انحلال و رسوب‌گذاری مجدد گچ در حضور سنگ گچ، فرم ریزبلورین در مناطق مرتفع تپه‌ای دیده می‌شود. سپس فرم ریزبلورین همراه با جریانات سطحی به طرف انتهای شیب حرکت کرده و به صورت گچ عدسی تبلور یافته است. تومانیان و همکاران (۳۷) در منطقهٔ اصفهان نحوهٔ تشکیل خاک در واحدهای فیزیوگرافی را بررسی کردند. نتایج نشان می‌دهد که افق‌های گچی در ارتباط با سطوح ژئومورفولوژی از توالی تکاملی متفاوتی به لحاظ میکرومورفولوژی برخوردارند. بدین معنی که در مراحل اولیهٔ تکامل (بخش‌های بالایی مخروط افکنه)، بلورهای گچی به صورت مجزا و یا به صورت خوشه‌ای در داخل خلل و فرج دیده می‌شوند. در بخش‌های وسط و پایین مخروط افکنه، گچ به صورت پوشش‌های داخلی و یا پرشدگی مشاهده می‌شود. در افق‌های متکامل‌تر (دشت‌های سیلابی فرسایش یافته یا فلات‌ها) بلورهای فیبری گچ به هم متصل شده و به طور عمودی نسبت به سنگ‌ریزه‌ها و سطح خاک قرار می‌گیرند. در پژوهشی دیگر، خادمی و مرموت (۲٤) ذرات گچ فیبری و شعاعی منفرد، بلورهای دانه‌ای و عدسی و صفحات در هم قفل شدهٔ گچی را در استان اصفهان گزارش کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که گچ در خاک‌های واریزه‌ای عمیق با حرکت رو به پایین آب تجمع یافته، درحالی که تجمع گچ در افق‌های جیپسیک و سالیک در دشت آبرفتی، حاصل حرکت رو به بالای آب شور می‌باشد. تجمع مقادیر زیاد گچ در فلات‌ها حاصل شرایط حوضچه‌ای در زمان تشکیل این واحدهای فیزیوگرافی است. در کل، ویژگی‌های فیزیکی و میکرومورفولوژیک افق‌ها نشان داده که تجمع گچ در موقعیت‌های مختلف فیزیوگرافی متفاوت بوده است.

بررسی‌های متفاوتی در میکرومورفولوژی بلورهای گچ و شرایط تشکیل هر شکل بلوری صورت پذیرفته است. استوپس و ایلاوی (۳٦) شکل‌های مختلف تجمع گچ را در صحرا و مقاطع نازک شناسایی، و بین شکل تجمع گچ با نحوهٔ تشکیل و رفتار آن رابطه ایجاد کردند. این پژوهندگان مادهٔ مادری، موقعیت ژئومورفولوژیک، اقلیم و اثر سطح آب زیرزمینی را از میان عوامل خاک‌ساز و محیطی مؤثر در ایجاد یک شکل تجمع گچی خاص بیان کرده‌اند. فرم‌های گچ شناسایی شده در این پژوهش شامل شبه میسلیوم، گچ پودری فشرده شده، سلهٔ گچی سیمانی شده، سلهٔ گچی چند ضلعی و شن‌های با گچ غیر متراکم (Loose gypsum sand) هستند. فرم شبه میسلیوم در خاک‌های با کمتر از ۲۰ درصد گچ و عمدتاً در شرایط خشک تشکیل می‌شود. گچ پودری فشرده شده در خاک‌های با مقادیر زیاد گچ تحت تأثیر سنگ گچ اولیه در پادگانه‌های رودخانه‌ای به وجود می‌آید. سلهٔ گچی سیمانی شده در نزدیکی و یا عمق پروفیل به صورت افق پتروجیپسیک مشاهده می‌شود. شرایط تشکیل سلهٔ گچی چند ضلعی حد واسطی از شرایط تشکیل فرم‌های پودری فشرده شده و سلهٔ گچی سیمانی شده است. شن‌های با گچ غیر متراکم در بستر رودخانه‌های موقت که دانه‌های ساختمانی در نتیجهٔ دانه‌بندی مکانیکی حاصل از حرکت آب تجمع می‌یابند، دیده می‌شود. پورتا (۳۲) با مروری بر منابع موجود در بارهٔ گچ و زمین‌های گچی، فرایندهای خاک‌سازی دخیل در تجمع گچ، و نیز شرایط تشکیل شکل‌های مختلف میکروسکوپی گچ در خاک را ارائه کرده است. بررسی کودی و کودی (۱۰) بیانگر آن است که در اثر حضور و آزادسازی کلسیم از مواد مادری آهکی و یا انحلال گچ، نسبت کلسیم به سولفات افزایش می‌یابد. این امر می‌تواند دلیل ایجاد بلورهای عدسی گچ باشد. میکرومورفولوژی گچ در خاک‌های ریگی صحرای نقب اسرائیل بررسی شد (۷). بلورهای عدسی گچ در تمام پروفیل‌های مورد بررسی دیده شده، و در تمام بخش‌های پروفیل نیز وجود داشته است. ناخالصی یونی، و نیز محدود نبودن فضای خلل و فرج، از شرایط لازم برای تبلور بلورهای عدسی شکل بیان شده است. فرم ریزبلورین گچ، تنها در خاک‌های ریگی بالغ مشاهده شده و در پروفیل‌هایی که مقادیر زیادی مواد ریزبافت داشته و یک سنگ‌فرش بیابانی متکامل در سطح دارند، این فرم گچ غالب است. زیرا در یک

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.3.6.4]

خاک ریگی متکامل، شاخص‌های پروفیلی مانند سنگ‌فرش بیابانی متکامل و مقدار زیادی مواد ریزبافت، عمق شست‌شو را محدود کرده و منجر به رسوب گچ از محلول خاک فوق اشباع از گچ تحت شرایط تبخیر زیاد در نزدیکی سطح می‌شوند (۷).

تشکیلات زمین‌شناسی منطقهٔ رفسنجان با اصفهان متفاوت بوده و وجود سازندهای آذرین و دگرگونی در منطقه، پیچیدگی خاصی به زمین‌شناسی این بخش از ایران مرکزی داده است. بنابراین، پژوهش حاضر برای دست‌یابی به اهداف زیر صورت پذیرفت:

۱. بررسی نحوهٔ تشکیل و طبقه‌بندی خاک‌های گچی در منطقهٔ رفسنجان.
۲. بررسی رابطهٔ بین خاک و ژئومورفولوژی در منطقه.
۳. بررسی اشکال مختلف میکروسکوپی و ماکروسکوپی بلورهای گچ در موقعیت‌های مختلف ژئومورفولوژیک.

مواد و روش‌ها

مطالعات صحرایی

منطقهٔ مورد بررسی از دشت رفسنجان تا ۳۰ کیلومتری شمال این شهر، یعنی منطقهٔ نوق امتداد دارد (شکل ۱). برای بررسی تغییرات خاک‌ها، کانی‌های رسی و میکرومورفولوژی خاک در رابطه با سطوح ژئومورفولوژی یک برش عرضی (Transect) شرقی- غربی بررسی شد (شکل ۲). منطقهٔ مورد بررسی محصور شده است بین کوه‌های داوران در شرق که دشت نوق را از دشت زرند جدا می‌کنند، و کوه‌های بدبخت‌کوه در غرب که دشت نوق را از دشت کشکوییه جدا می‌کنند. سطوح مختلف ژئومورفولوژی، شامل پدیمنت سنگی، پدیمنت پوشیده، حد واسط پدیمنت و پلایا، سطح پلایا و به طرف غرب، حاشیهٔ پلایا (Playa margin)، و بالاخره پدیمنت با رخنمون سنگی است. در هر یک از سطوح ژئومورفولوژی فوق دست کم یک پروفیل شاهد (جمعاً هفت پروفیل شاهد) حفر شده، و با استفاده از راهنمای سرویس حفاظت منابع طبیعی آمریکا (۳٤) تفسیر و نمونه‌برداری شد. جدول ۱ نتایج بررسی‌های صحرایی را نشان می‌دهد. اقلیم منطقه خشک، و میانگین بارندگی سالیانه حدود ٦۰ میلی‌متر است.

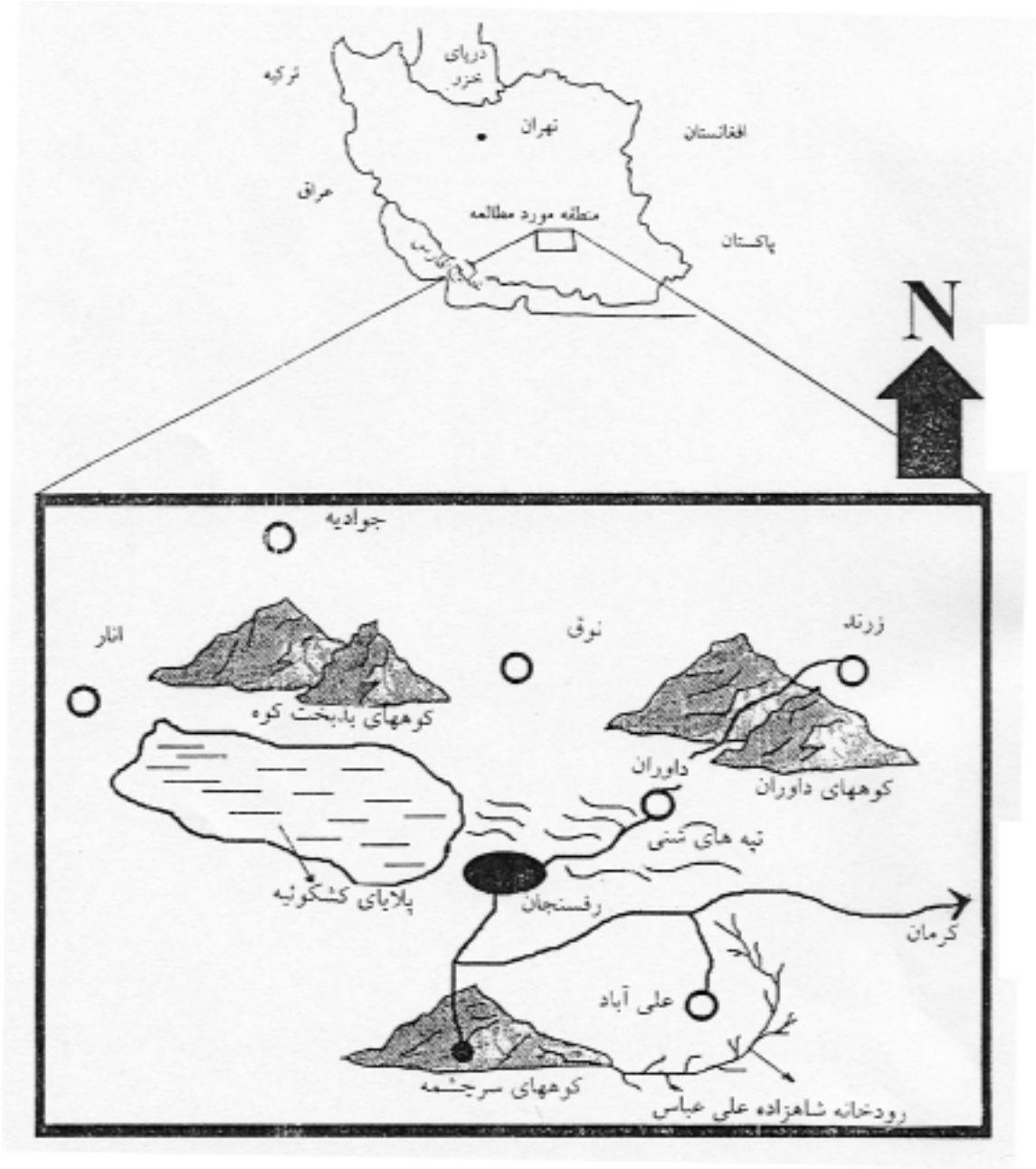
منطقه نوق به صورت یک حوضچهٔ شمال غربی- جنوب شرقی، قسمتی از واحد زمین‌شناختی ایران مرکزی است. بدبخت‌کوه شامل فلیش‌های انتهای کرتاسه و توده‌های نفوذی آذرین ائوسن است. در مقابل، کوه‌های داوران شامل دولومیت، ماسه سنگ، سیلت استون و شیل‌های آهکی مربوط به اواسط کامبرین تا ژوراسیک و کنگلومرای اوایل کرتاسه است (۵). سازندهای نئوژن گچی- آهکی در جنوب و شمال شرقی رفسنجان یافت می‌شوند.

بررسی‌های آزمایشگاهی

نمونه‌های هواخشک خاک پس از کوبیدن از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. توزیع اندازه‌ای ذرات با روش پیپت، کربنات کلسیم معادل با روش تیتراسیون برگشتی، و اندازه‌گیری نیمهٔ کمی گچ به روش خشک کردن آب گچ با آون صورت گرفت (۳۱). هدایت الکتریکی در عصارهٔ اشباع با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج جن وی ٤۰۱۰ اندازه‌گیری شد. واکنش خاک در خمیر اشباع به وسیلهٔ دستگاه پ-هاش متر مدل ٦۲۰ متراهم تخمین زده شد. نمونه‌های انتخاب شده برای بررسی‌های کانی‌شناسی رسی، پس از آماده‌سازی به روش جکسون (۲۰)، به وسیلهٔ دستگاه پراش پرتو ایکس مدل شیمادزو در ولتاژ ٤۰ کیلو ولت و آمپراژ ٤۰ میلی‌آمپر بررسی گردید. کلوخه‌های دست نخوردهٔ خاک با مخلوطی از ۱۰۰ میلی‌لیتر رزین وستاپول (ایزوفتالیک)، سه قطره کبالت و ۲۰ قطره اسید استاریک اشباع شده، پس از سخت شدن، به صورت مقاطع با ضخامت یک سانتی‌متر برش خورده و صیقلی شدند. سپس مقاطع صیقل شده با رزین روی اسلایدهای شیشه‌ای چسبانده شده، مجدداً با پودرهای کروندوم تا ضخامت ۳۰ میکرومتر نازک شدند. مقاطع نازک تهیه شده به روش فوق با میکروسکوپ سنگ‌شناسی مدل الیمپوس تفسیر و عکس‌برداری گردیدند. شماری از بلورهای گچ و خاک‌دانه‌ها پس ازچسباندن روی

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.3.6.4]



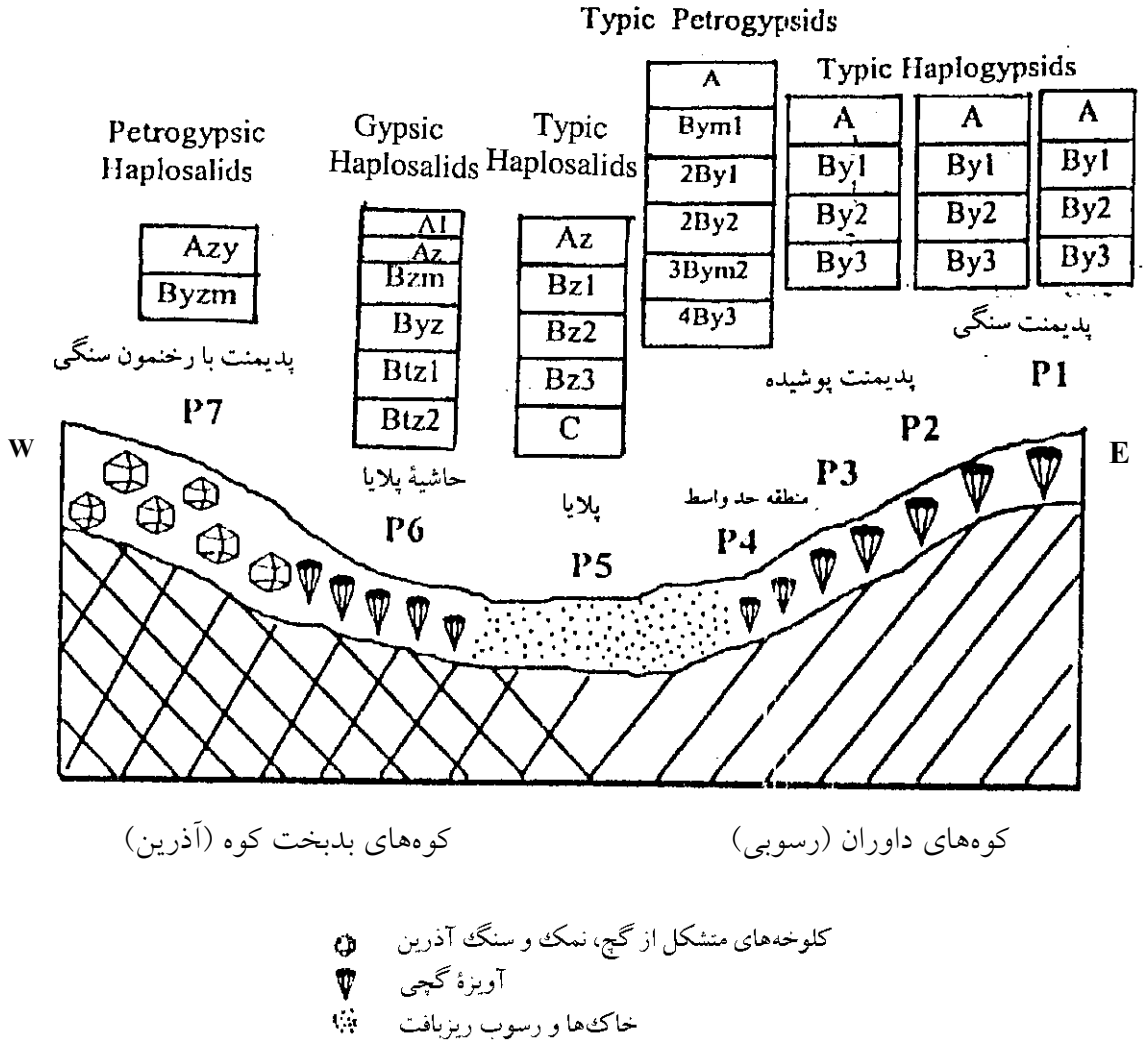
شکل ۱. موقعیت منطقهٔ مورد بررسی در ایران مرکزی

پایه‌های آلومینیمی، با طلا پوشش داده شده، سپس توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) بررسی شدند.

نتایج و بحث

شکل‌های ۱ و ۲ موقعیت منطقهٔ مورد بررسی را نشان می‌دهند. همان طور که در شکل ۲ دیده می‌شود، اشکال مختلف زمین (Different landforms) در این برش عرضی بررسی شد. پدیمنت سنگی در شرق برش عرضی در مجاورت کوه‌های داوران واقع شده و به لحاظ زمین‌شناسی شامل سازندهای نئوژن گچی- آهکی است. در نتیجهٔ بالاروی و چین خوردگی مربوط به فعالیت‌های کوه‌زایی اواخر کرتاسه تا میوسن در ایران مرکزی، دریای تتیس که همهٔ ایران را پوشانده بود به چندین

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.3.6.4]



شکل ۲. برش عرضی منطقهٔ نوق به همراه مقطع پروفیل‌های شاهد و طبقه‌بندی آنها

دریاچهٔ جداگانه تقسیم شد. در اثر ادامهٔ بالاروی‌ها، دریاچه‌های فوق دوباره به دریاچه‌های بستهٔ کوچک‌تر تقسیم شدند (۲۶). پلایای نوق، مثالی از همین دریاچه‌های قدیمی است. در اثر آب و هوای گرم و خشک ترشیاری، تبلور کانی‌های تبخیری، و مخصوصاً گچ، در اثر تبخیر آب سواحل این دریاچه‌ها صورت پذیرفت. این سواحل دریاچه‌های قدیمی، که محل تجمع گچ بودند، سطوح ژئومورفولوژی پدیمنت سنگی زمان حال را تشکیل می‌دهند، که گاهی تا حدود ۸۰٪ گچ دارند (جدول ۲). به نظر می‌رسد این سطوح (پدیمنت سنگی) به عنوان منبع گچ برای سایر موقعیت‌های ژئومورفیک (پروفیل‌های ۲ تا ۷) عمل کرده و تغذیه کنندهٔ گچ در سیستم حوضچه‌ای نوق باشند. لازم به یادآوری است که هیچ گزارشی مبنی بر وجود مواد مادری غنی از پیریت در منطقه موجود نبوده و در بررسی‌های صحرایی نیز یافت نشده است. بنا به دلایل فوق، به نظر می‌رسد که سازند های قدیمی نئوژن تنها منشأ ممکن برای گچ در خاک‌های منطقهٔ نوق باشند.

پروفیل ۱ به لحاظ مورفولوژیک دارای کلوخه‌ها و توده‌های خالص گچی در نزدیکی سطح (افق By1) و آویزه‌های بزرگ گچی در زیر (افق‌های By2 و By3) است (جدول ۳). در مورد نحوهٔ تشکیل کلوخه‌ها و توده‌های خالص

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.3.6.4]

جدول ۱. برخی ویژگی‌های مورفولوژی و طبقه‌بندی شماری از پروفیل‌های شاهد

افق	عمق (cm)	رنگ (مرطوب)	ساختمان	پایایی (مرطوب)	مرز افق‌ها	ملاحظات
پروفیل ۱، پدیمنت سنگی (Typic Haplogypsids)						
A	۰–۱۵	۷/۵ YR ٤/٤	m2gr	lo	as	
By1	۱۵–٤۵	۱۰ YR ٦/۳	m2sbk	fr	ds	
By2	٤۵–۸۰	۷/۵ YR ٤/٤	m2sbk	fr	ds	تودهٔ خالص گچ
By3	۸۰–۱۰۵	۷/۵ YR ۵/٤	m2sbk	efi	as	
C	>۱۰۵	۵ YR ۵/٤	m	lo	-	
پروفیل ٤، حد واسط پدیمنت و پلایا در سمت غرب (Typic Petrogypsids)						
A	۰–۱۵	۵ YR ٤/۳	sg	lo	as	
Bym1	۱۵–۳۵	۵ YR ٤/٦	m	fi	as	
2By1	۳۵–٦۰	۷/۵ YR ٤/٤	m1abk	fr	gs	
2By2	٦۰–۷۵	۷/۵ YR ۵/٤	m1abk	fr	as	
3Bym2	۷۵–۹۰	۷/۵ YR ٤/٤	m	efi	as	
4By3	۹۰–۱۵۰	۲/۵ YR ٤/٤	m1abk	fr	-	
پروفیل ۵، پلایا (Gypsic Haplosalids)						
A	۰–۲۰	۷/۵ YR ٦/۳	m1abk	fi	as	
Bz1	۲۰–۵۰	۷/۵ YR ٦/۳	m	efi	ds	
Bz2	۵۰–۷۰	۷/۵ YR ۵/٤	m	fi	ds	سطوح پف کردهٔ رسی
Bz3	۷۰–۱۰۰	۱۰ YR ۵/٤	m	efi	as	
C	>۱۰۰	۲/۵ YR ۸/۲	m	efi	-	
پروفیل ٦، حاشیه پلایا در سمت شرق (Gypsic Haplosalids)						
A1	۰–۵	۷/۵ YR ٤/٤	m2p1	fr	as	
Az	۵–۱۵	۷/۵ YR ٤/٦	m1abk	fr	as	
Bzm	۱۵–۳۰	۷/۵ YR ۳/۳	m	fr	as	رسوب به وسیلهٔ باد
Byz	۳۰–۵۰	۷/۵ YR ٤/٤	m1sbk	fr	as	
Btz1	۵۰–۹۵	۵ YR ٤/۵/٤	m1abk	fi	as	
Btz2	۹۵–۱۳۵	۷/۵ YR ۵/٤	m1abk	fr	-	
پروفیل ۷، پدیمنت سنگی واقع بر توده نفوذی ائوسن (Petrogypsic Haplosalids)						
Az	۰–۵	۵ YR ٤/۳	sg	lo	ci	
Byzm	۵–۲۵	۷/۵ YR ۵/۱	m	fi	ci	
R	>۲۵					

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.3.6.4]

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی برخی پروفیل‌های شاهد

افق	عمق (cm)	pH	EC (dS/m)	C.C.E (٪)	گچ (٪)	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	سنگ‌ریزه (٪)
پروفیل ۱، پدیمنت سنگی (Typic Haplogypsids)									
A	۰–۱۵	۷/۱	۲/٤	٤۷	۷/۹	۵۷	۲۰	۲۳	٦۵
By1	۱۵–٤۵	۷/۳	۲/٤	۹/۵	۷۸/٦	٦۰	۲۰	۲۰	۵
By2	٤۵–۸۰	۷/۵	۲/٦	۳۰/۸	٤۳/۸	٦۱	۱٦	۲۳	۲۵
By3	۸۰–۱۰۵	۷/۵	٦/۵	۳۵/۲	۲۸/٦	٦۵	۱۹	۱٦	٦۰
C	>۱۰۵	۷/۵	۹/۲	۵٤	۱۱/٦	٦۸	۱٤	۱۸	۷۵
پروفیل ٤، حد واسط پدیمنت و پلایا (Typic Petrogypsids)									
A	۰–۱۵	۷/۷	۲/۷	۱۹	۱۳/۹	٤۳	۲۵	۳۲	–
Bym1	۱۵–۳۵	۷/۸	۳/۳	۹	۷٤/۲	٤۵	۲٤	۳۱	–
2By1	۳۵–٦۰	۷/۸	۳/۵	۲۱/۵	۳٦/۱	٤٤	۲٦	۳۰	۳
2By2	٦۰–۷۵	۷/۹	۳/۸	۱۷/۲	۵۲/۷	۵۰	۲٤	۲٦	۷/۵
3Bym2	۷۵–۹۰	۷/۹	۳/۹	۲٤/۵	۳۲/۱	٤۵	۳۰	۲۵	۳
4By3	۹۰–۱۵۰	۷/۹	٤/٤	۲۸/۸	۷/٦	۳۸	۳٤	۲۸	۵
پروفیل ۵، پلایا (Gypsic Haplosalids)									
A	۰–۲۰	۷/۱	۳۰٦/۲	۵۱	۱۱/۳	۱۷	۳۸	٤۵	–
Bz1	۲۰–۵۰	۷/٦	۱۲٦/۱	٤۹/۵	۱۲/٦	۱۷	۳۷	٤٦	–
Bz2	۵۰–۷۰	۷/۸	۵۲/۵	٤۳/۵	۱۳/۲	۱۵	٤۰	٤۵	–
Bz3	۷۰–۱۰۰	۸/۱	۱٤/۳	۵۱/۵	۱۰/۳	۱۵	٤۱	٤٤	–
C	>۱۰۰	۸/۳	۸/۸	۷۲	۷/۱	٤۰	۳۳	۲۷	–
پروفیل ٦، حاشیه پلایا (Gypsic Haplosalids)									
A1	۰–۵	۷/٦	۱٦۲/۱	٤۰/۵	٤/۲	۲٦	۳۵	۳۹	۱
Az	۵–۱۵	۷/۸	۱۷۰/۳	۳۸	۷/۲	۲۹	۳۷	۳٤	۲۵
Bzm	۱۵–۳۰	۷/۲	٤۸٦/۲	٤۲	۹/٤	۳۰	۳۰	٤۰	۳۰
Byz	۳۰–۵۰	۸/۰	۹۹/۷	۳۱/۵	۳۱/۸	۲۲	٤۰	۳۸	۱۳
Btz1	۵۰–۹۵	۸/۱	۹۳/۳	۳۰	۱۳/۵	۱۹	۳۳	٤۸	–
Btz2	۹۵–۱۳۵	۸/۲	۷۸/۲	۲۵	۸/۸	۲۱	۳۰	٤۹	–
پروفیل ۷، پدیمنت سنگی (Petrogypsic Haplosalids)									
Az	۰–۵	۷/٤	٤۸/۸	۲۳/۵	۱۷/٤	۳۰	٤۰	۳۰	۱۰
Byzm	۵–۲۵	۷/۰	۱۸۲/۱	۱۵	٤۱/۱	٤۰	۳۵	۲۵	۱۰

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.3.6.4]

گچی در افق By1 پروفیل واقع بر پدیمنت سنگی باید گفته شود که پس از تبخیر آب از دریاچهٔ بسته قدیمی نوق، گچ به صورت یک‌نواخت در کلیهٔ لایه‌های این موقعیت شیب تجمع یافته است، ولی با گذشت زمان، شست‌شوی عمقی گچ، پیشرفت فرسایش و از دست رفتن لایه‌های فوقانی، گچ به صورت یک لایهٔ ۳۰ سانتی‌متری خالص در افقی که امروزه در نزدیکی سطح واقع شده (By1)، در این موقعیت شیب تجمع یافته است.

بررسی‌های میکرومورفولوژیک این خاک نشان داد که بلورهای صفحه‌ای گچ (تصویر ۱) در افق By1 و صفحات در هم قفل شدهٔ گچی، و نیز کمی اشکال عدسی و کرمی گچ در افق‌های By2 و By3 یافت می‌شود (تصاویر ۲ و ۳). در مورد شکل کرمی گچ باید گفته شود که اساساً استفاده از این واژه برای بیان تجمع گچ در صحرا (ماکرومورفولوژی) به کار رفته، که در مقطع نازک به صورت پرشدگی‌های (Infillings) گچی دیده می‌شود (۱۹ و ۳۲)، ولی از آن جا که در بیان میکرومورفولوژیک بلورهای گچ واژهٔ مناسبی برای توصیف این شکل از بلورها (تصویر ۳) یافت نشد، به دلیل شباهت بلورها به کرم، از واژهٔ کرمی شکل استفاده شد. با توجه به حلالیت نسبتاً زیاد گچ (۲/۵٤ گرم در لیتر)، حتی رطوبت اندک منطقهٔ نوق نیز برای حل شدن و رسوب دوبارهٔ گچ کافی است. نظر به این که تجمع گچ در منطقه همواره با یک فرایند خاک‌سازی همراه است، بنابراین، به نظر می‌رسد که به خصوص بلورهای عدسی، کرمی، و صفحات در هم قفل شدهٔ گچی در این موقعیت شیب از نوع خاک‌ساز بوده و شکل صفحه‌ای نیز احتمالاً خاک‌ساز می‌باشد.

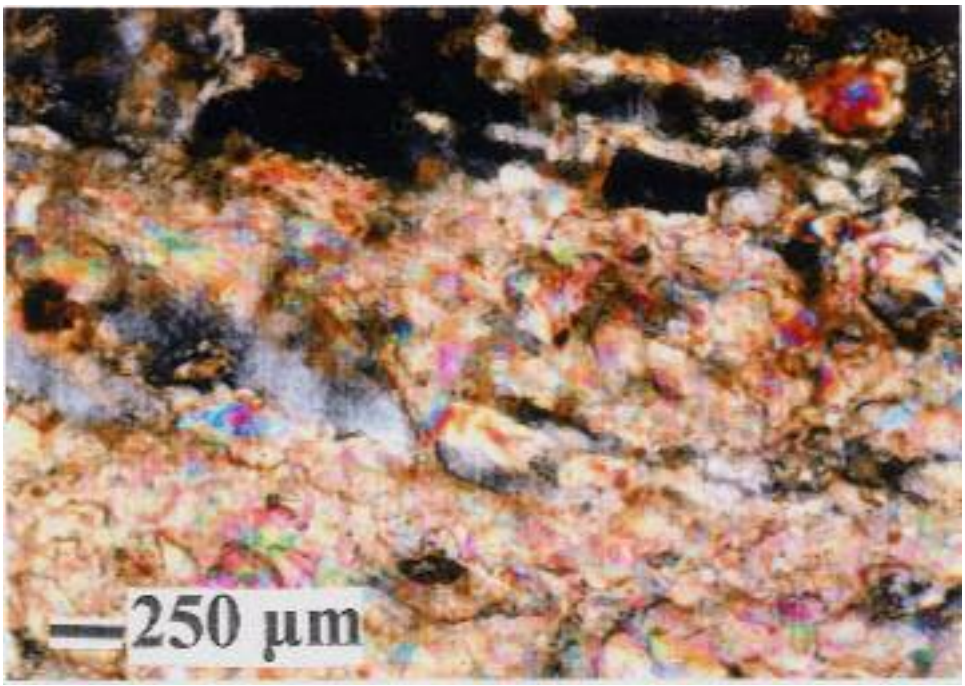
در مورد شرایط تشکیل هر یک از اشکال میکروسکوپی کانی گچ نظریات متفاوتی وجود دارد. وجود ناخالصی‌هایی نظیر مقادیر زیاد کلرور سدیم، به عنوان یکی از شروط لازم برای تشکیل گچ عدسی شکل ذکر شده است (۷). کودی (۹) تشکیل این فرم از بلور گچ را به محیط‌های غنی از مواد آلی اختصاص داده و معتقد است که دما، شوری یا طبیعت ماتریس (Matrix) خاک در تشکیل بلورهای عدسی شکل نقشی نداشته، ولی سرعت آهستهٔ تبلور در شرایط قلیائی در این امر حائز اهمیت است. در مقابل، جعفر زاده و بورن‌هام (۲۲) شروط فوق را رد کرده و معتقدند اصولاً در کلیهٔ شرایط، امکان تشکیل بلورهای عدسی شکل گچ وجود دارد. بدین مفهوم که صرف نظر از بود یا نبود کلرور سدیم و یا مادهٔ آلی، گچ عدسی شکل در دامنهٔ وسیعی از شرایط طبیعی و یا مصنوعی (در آزمایشگاه) تشکیل شده و معمول‌ترین فرم گچ در خاک است. در پژوهش حاضر در جهت شیب بر میزان فراوانی بلورهای عدسی و کرمی شکل گچ افزوده می‌شود. به نظر نویسندگان، کم شدن سنگ‌ریزه، ریزتر شدن خلل و فرج، و ریزتر شدن بافت به طرف پایین شیب، می‌تواند در تشکیل گچ عدسی شکل مؤثر باشد. وجود فرم آویزه‌ای گچ (فرم ماکروسکوپی) و نیز صفحات در هم قفل شدهٔ گچ (شکل میکروسکوپی) در موقعیت پدیمنت نیز می‌تواند به بافت درشت و نیز فراوانی سنگ‌ریزه در این موقعیت شیب در مقایسه با سایر سطوح پایین شیب نسبت داده شود (جداول ۲ و ۳). همان طور که در جدول ۲ دیده می‌شود، میزان گچ پروفیل ۱ بسیار زیاد و هدایت الکتریکی آن بسیار اندک است. بدیهی است که به طرف پایین شیب، روند فوق برعکس می‌شود. نخست ممکن است تصور شود که شکل بلور گچ تابعی از میزان املاح است، ولی همان طور که جدول ۲ نشان می‌دهد، در موقعیت پلایا میزان گچ بسیار اندک و شوری بسیار زیاد است. ولی در این موقعیت، شیب به دلیل ریزی بافت و ساختمان توده‌ای، تنها شکل ریزبلورین گچ وجود دارد و اثری از اشکال عدسی نیست. بنابراین شاید بتوان گفت که بافت و میزان و اندازهٔ خلل و فرج، و نیز میزان سنگ‌ریزه نقشی مهم‌تر از میزان شوری در کنترل شکل بلور گچ در منطقه داشته است. زیرا در پروفیل ٤ که همانند پروفیل ۱ میزان شوری کم بوده ولی میزان سنگ‌ریزهٔ کمتری دارد، مقادیر بیشتری از گچ عدسی شکل نسبت به پروفیل ۱ وجود داشته، پس احتمالاً نقش شوری در این مورد منتفی است. جعفر زاده (۲۱) و آمیت و یالون (۷) نیز به اهمیت نقش بافت و اندازهٔ خلل و فرج در

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.3.6.4]

جدول ۳. مقایسهٔ اشکال میکروسکوپی و ماکروسکوپی بلورهای گچ در سطوح مختلف ژئومورفولوژی

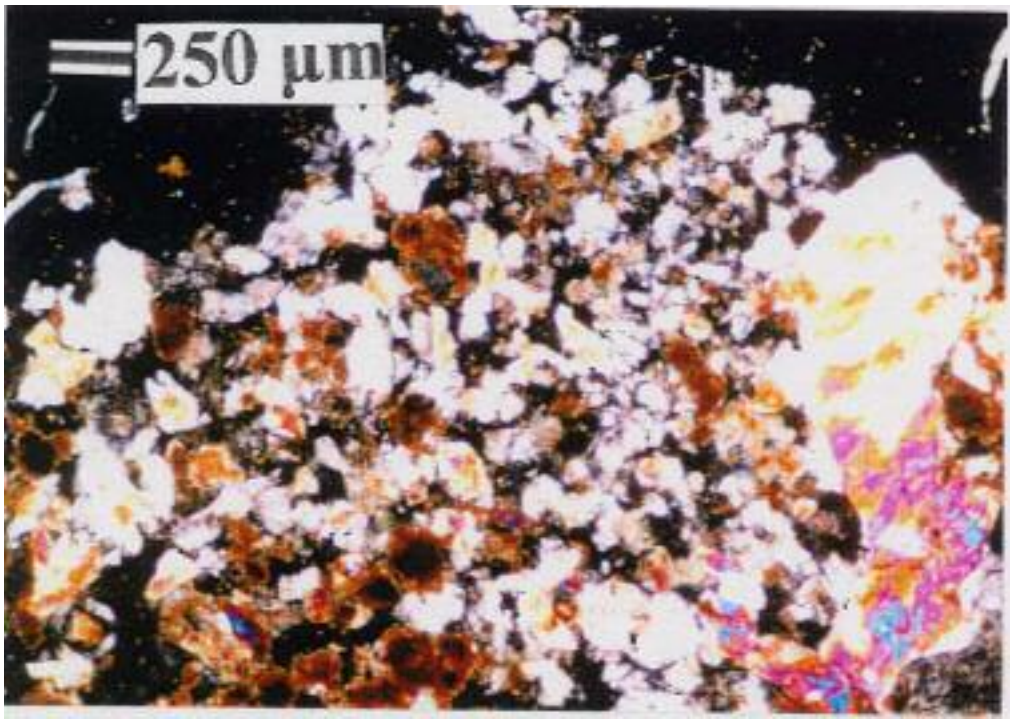
میکرومورفولوژی	ماکرومورفولوژی	افق
	پدیمنت سنگی (پروفیل ۱)	
گچ کرمی، عدسی و صفحه‌ای	کلوخه‌های خالص گچی	By1
گچ کرمی، عدسی و صفحه‌ای	آویزه‌های بزرگ گچی	By2, By3
	پدیمنت پوشیده (پروفیل‌های ۲ و ۳)	
گچ کرمی، عدسی و صفحه‌ای	آویزه‌های کوچک گچی	By1, By2, By3
	حد واسط پدیمنت و پلایا (پروفیل ٤)	
گچ عدسی و کرمی شکل	قطعات سیمانی شده با گچ	Bym1
پلی‌گون‌های گچ	آویزه‌های گچی خیلی ریز	2By1
صفحات در هم قفل شدهٔ گچی	قطعات سیمانی شده به وسیلهٔ گچ	3Bym2
	پلایا (پروفیل ۵)	
ریزبلورین	نامشهود	Az, Bz1, Bz2, Bz3
	حاشیهٔ پلایا (پروفیل ٦)	
گچ صفحه‌ای	آویزه‌های کوچک	Byz
	پدیمنت با رخ‌نمون سنگی (پروفیل ۷)	
گچ دوکی	گره‌های گچی	Azy
صفحات در هم قفل شدهٔ گچی	کلوخه‌های سخت گچ، نمک، سنگ آذرین	Byzm



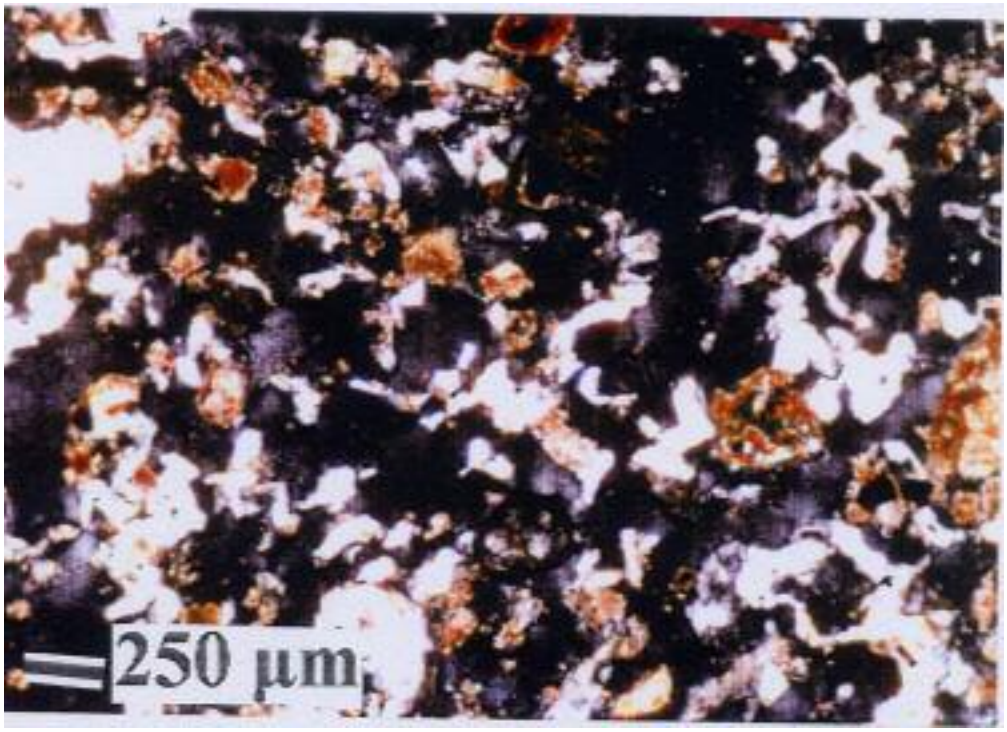
تصویر ۱. بلورهای صفحه‌ای گچ در افق By1 پروفیل ۱ (پدیمنت سنگی)، تصویر در حالت XPL

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.3.6.4]



تصویر ۲. بلورهای عدسی شکل گچ در افق By2 پروفیل ۱ (پدیمنت سنگی)، تصویر در حالت XPL



تصویر ۳. اشکال کرمی گچ در افق By2 پروفیل ۱ (پدیمنت سنگی)، تصویر در حالت XPL

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.3.6.4]

تشکیل یک فرم گچی خاص اشاره کرده‌اند. تصویر ٤ بلورهای ستونی گچ در آویزه‌ها را که با میکروسکوپ الکترونی روبشی تهیه شده، نشان می‌دهد.

کانی‌های رسی اسمکتیت، پالیگورسکیت، ایلیت و کلریت در کلیهٔ خاک‌های بررسی شده وجود دارد. شکل ۳ نمودارهای پراش اشعهٔ ایکس مربوط به افق By2 پروفیل ۲ را نشان می‌دهد. از آن جا که نتایج کانی‌شناسی رسی مربوط به منطقهٔ بررسی شده در مقاله‌ای جداگانه بررسی شده است (۱۵)، بنابراین از توضیح مربوط به کانی‌شناسی رسی و ارتباط نوع و فرم کانی‌ها با سطوح مختلف ژئومورفولوژی در این مقاله خودداری شده است. تنها به بیان این مطلب اکتفا می‌شود که پس از تبلور گچ در محیط‌های دریاچه‌ای قدیمی، نسبت Mg/Ca در آب افزایش یافته و شرایط برای تشکیل پالیگورسکیت به صورت نئوژن در سواحل قدیمی (پدیمنت سنگی) مهیا گردیده است (۲۳). ولی در اثر ادامهٔ تبخیر و تبلور گچ و تشکیل پالیگورسکیت از یک سو و پایین افتادن سطح آب دریاچه از سوی دیگر، پس از مدتی نسبت Mg/Ca کاهش یافته و بنابراین شرایط برای تشکیل خاک‌ساز اسمکتیت در سطوح ژئومورفولوژی پایین‌تر فراهم شده است. خاک پروفیل ۱ با توجه به طبقه‌بندی خاک (۳۵) به صورت تیپیک هاپلوجیپسیدز، و با استفاده از طبقه‌بندی جهانی (١٤) به صورت هایپر جیپسیک جیپسی‌سولز طبقه‌بندی می‌شود (جدول ٤).

پدیمنت پوشیده به عنوان دومین سطح ژئومورفولوژیک، شامل پروفیل‌های ۲ و ۳ است. اندازهٔ آویزه‌های گچی در این موقعیت شیب کوچک‌تر از پدیمنت سنگی است. با دور شدن از سازندهای نئوژن که به عنوان منشأ گچ در منطقه به حساب می‌آیند (حرکت از پدیمنت سنگی به طرف پدیمنت پوشیده)، میزان گچ کاهش یافته و این امر به کاهش اندازهٔ آویزه‌ها در پدیمنت پوشیده منجر می‌شود. به علاوه، به طرف پایین شیب بافت خاک ریزتر شده و از میزان و اندازه سنگ‌ریزه، که شرط لازم برای تشکیل آویزه‌های گچی است، کاسته می‌شود. لازم به ذکر است که توده‌های خالص گچی، که در پدیمنت سنگی به صورت لایه‌ای با ضخامت ۳۰ سانتی‌متر در زیر افق سطحی دیده می‌شوند، در این موقعیت شیب وجود ندارند، زیرا عمده گچ در سطح ژئومورفولوژی بالایی (پدیمنت سنگی) انباشته شده است. از آن جا که ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و طبقه‌بندی خاک‌های پدیمنت پوشیده (پروفیل‌های ۲ و ۳) بسیار مشابه با پدیمنت سنگی (پروفیل ۱) است، بنابراین از ذکر جزییات خودداری شده است.

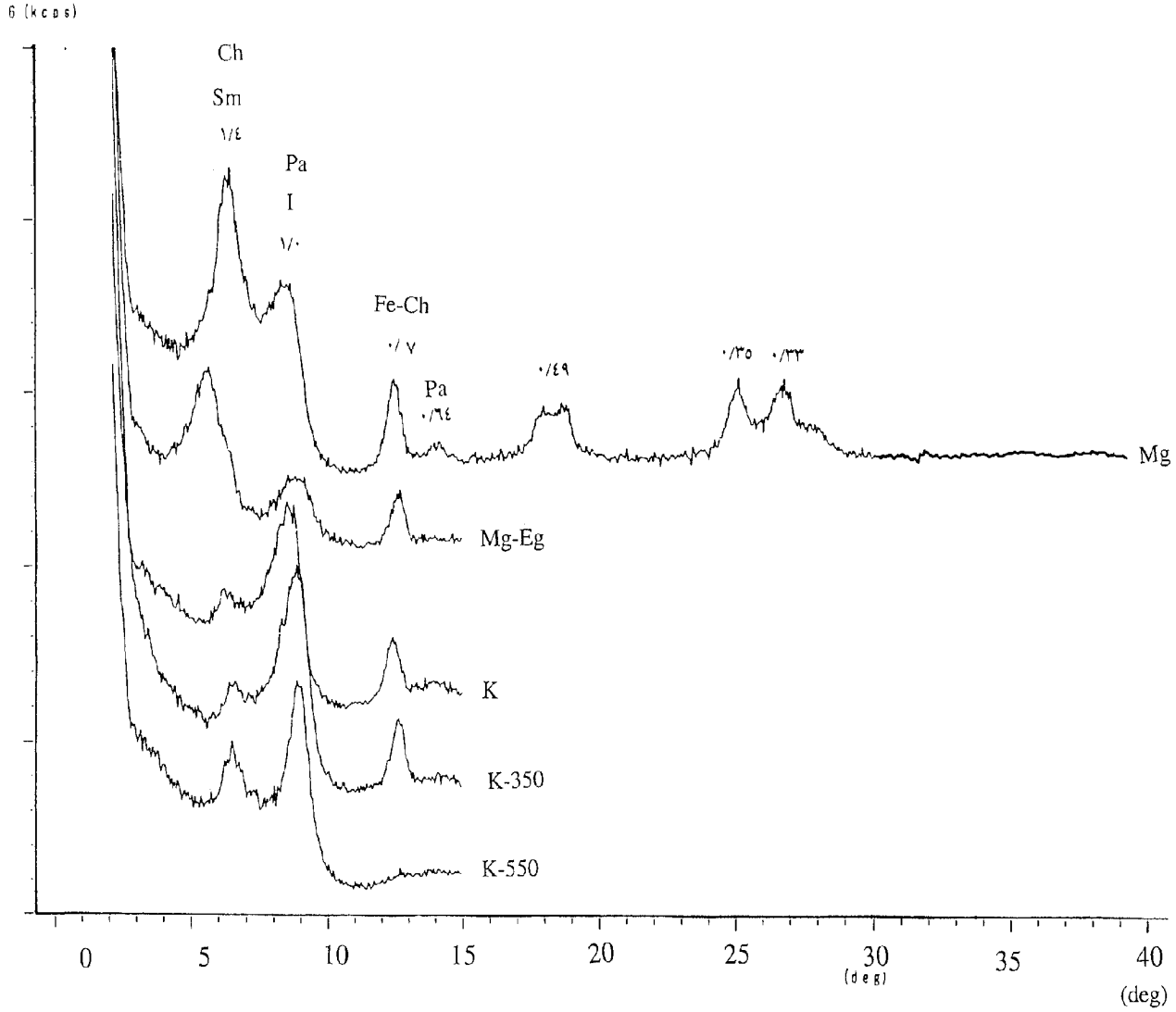
پروفیل ٤ که به صورت پتریک جیپسی‌سولز طبقه‌بندی شده (جدول ٤)، با ذرات شنی بادرفت پوشیده شده و به لحاظ ژئومورفولوژیک، حد واسطی از پدیمنت و پلایا است. به دلیل شیب اندک و نیز پوشش ذرات شنی بادرفت در سطح این خاک، و از سوی دیگر رواناب و جریان‌های کانالیزه (خندقی شدن، حرکت‌های توده‌ای و آبراهه‌ای) و غیر کانالیزه (جریان سطحی، سیلاب سطحی، فرسایش شیاری و کانال‌های کم عمق)، امکان افزایش و سپس شست‌شوی عمقی گچ در این موقعیت شیب فراهم و افق Bym تشکیل شده است. مقایسهٔ مقاطع نازک افق‌های Bym1 و 3Bym2 گویای آن است که افق 3Bym2 احتمالاً در زمان پلیستوسن تشکیل شده، و رطوبت فراوان‌تر این دوره باعث انحلال بلورهای عدسی گچ و تشکیل صفحات در هم قفل شدهٔ گچی در این افق گردیده، در حالی که چنین رطوبتی در زمان هولوسن، یعنی زمان احتمالی تشکیل افق Bym1 موجود نبوده است (تصاویر ۵ و ٦). تشکیل صفحات در هم قفل شدهٔ گچی و نقش سیمانی کنندهٔ آنها در افق 3Bym2 باعث شده که به لحاظ مورفولوژی، افق 3Bym2 توده‌ای‌تر و متراکم‌تر از افق Bym1 باشد (مقایسهٔ تصاویر ۵ و ٦). بررسی نتایج مربوط به ایزوتوپ‌های پایدار اکسیژن و دوتریوم در آب هیدراتهٔ گچ نیز تفاوت اقلیمی فوق را تأیید کرد، که مورد بحث در این مقاله نبوده و به تفصیل در مقالهٔ دیگری تشریح خواهند شد. به رغم تفاوت زمانی موجود در تشکیل افق‌های Bym1 و 3Bym2، از آن جا که خاک رویی نسبتاً متکامل است، و شرط لازم برای مواد جدید رویی را نداشته، و از سوی دیگر شواهد دفن شدگی نیز در صحرا

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.3.6.4]

جدول ٤. مقایسهٔ طبقه‌بندی خاک‌های بررسی شده در سیستم‌های تاکسونومی خاک و WRB

زیر واحد ها بر اساس WRB (۱۹۹۸)	زیر گروه‌ها بر اساس تاکسونومی خاک (۱۹۹۹)	شمارهٔ پروفیل
Hypergypsic Gypsisols	Typic Haplogypsids	۱
Petric Gypsisols	Typic Petrogypsids	٤
Hypersalic Solonchaks	Typic Haplosalids	٥
Gypsic Solonchaks	Gypsic Haplosalids	٦
Gypsic Solonchaks	Petrogypsic Haplosalids	۷

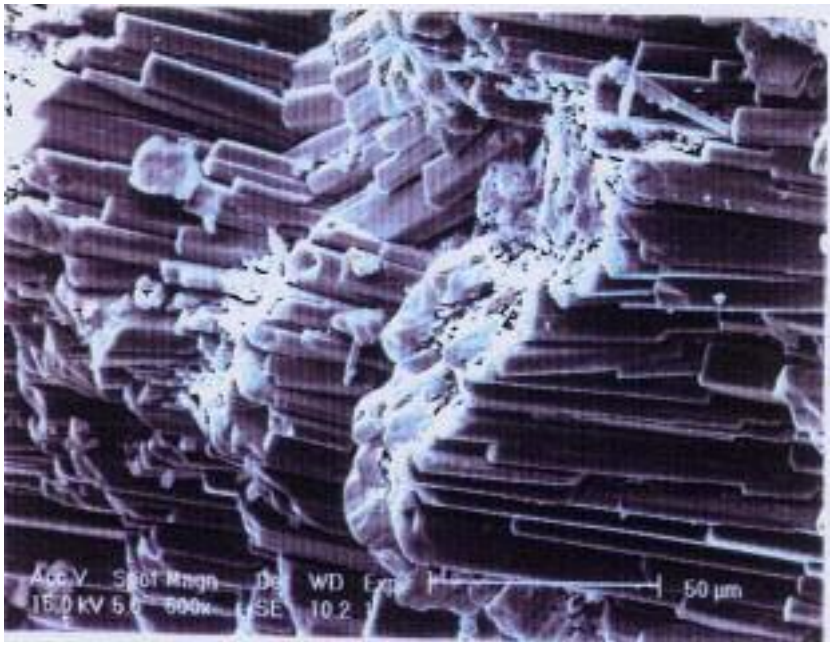


شکل ۳. نمودارهای پراش پرتو ایکس بخش رس مربوط به افق By2 پروفیل ۲ (پدیمنت پوشیده)

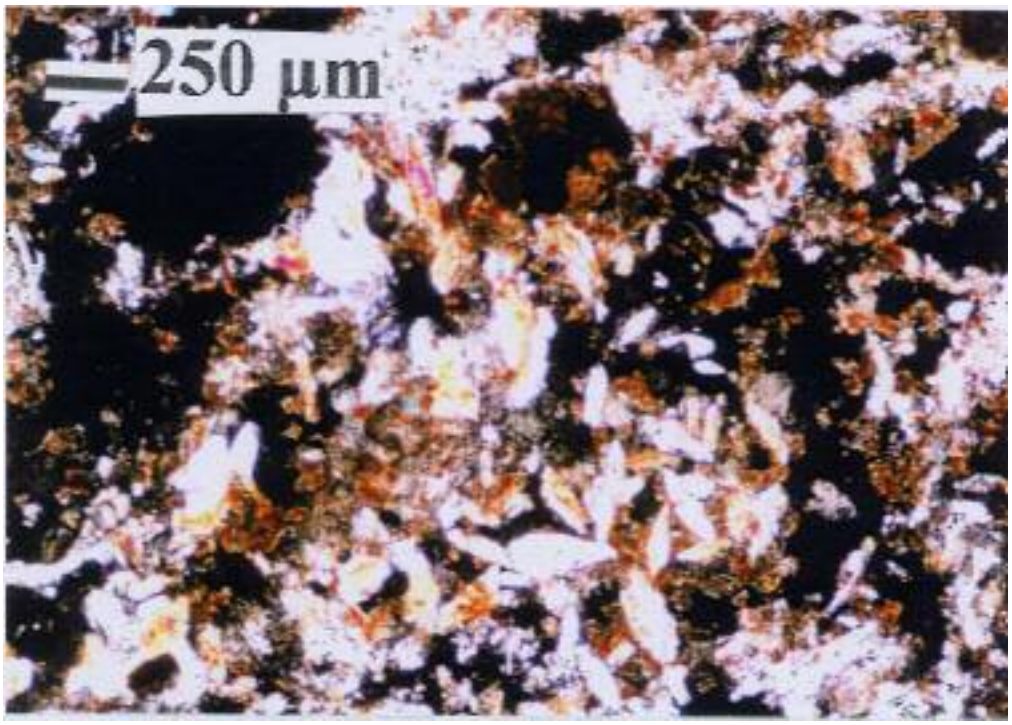
Mg: اشباع از منیزیم، **Mg-Eg**: اشباع از منیزیم به اضافهٔ تیمار اتیلن گلیکول، **K**: اشباع از پتاسیم، **K-350**: اشباع از پتاسیم به اضافهٔ تیمار حرارتی ۳۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد، **D-550**: اشباع از پتاسیم به اضافهٔ تیمار حرارتی ۵۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.3.6.4]



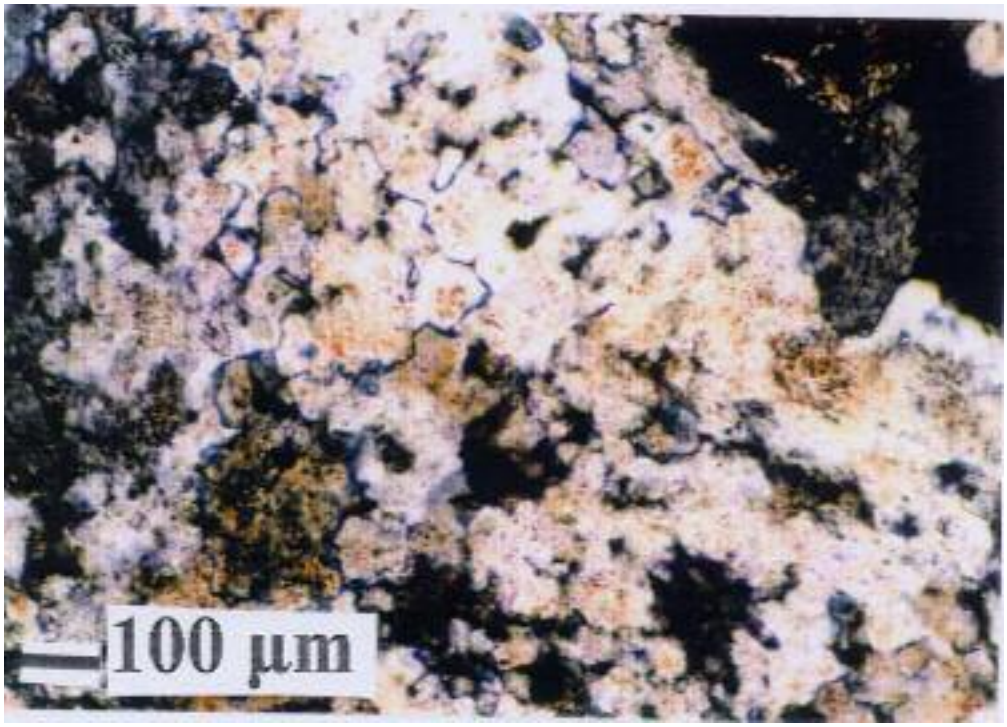
تصویر ٤. میکروگراف میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان دهندهٔ بلورهای ستونی گچ در افق **By1** پروفیل ۱ (پدیمنت سنگی)



تصویر ٥. بلورهای عدسی شکل گچ در افق **bym1** پروفیل ٤ (حد واسط پدیمنت و پلایا) تصویر در حالت **XPL**

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.3.6.4]



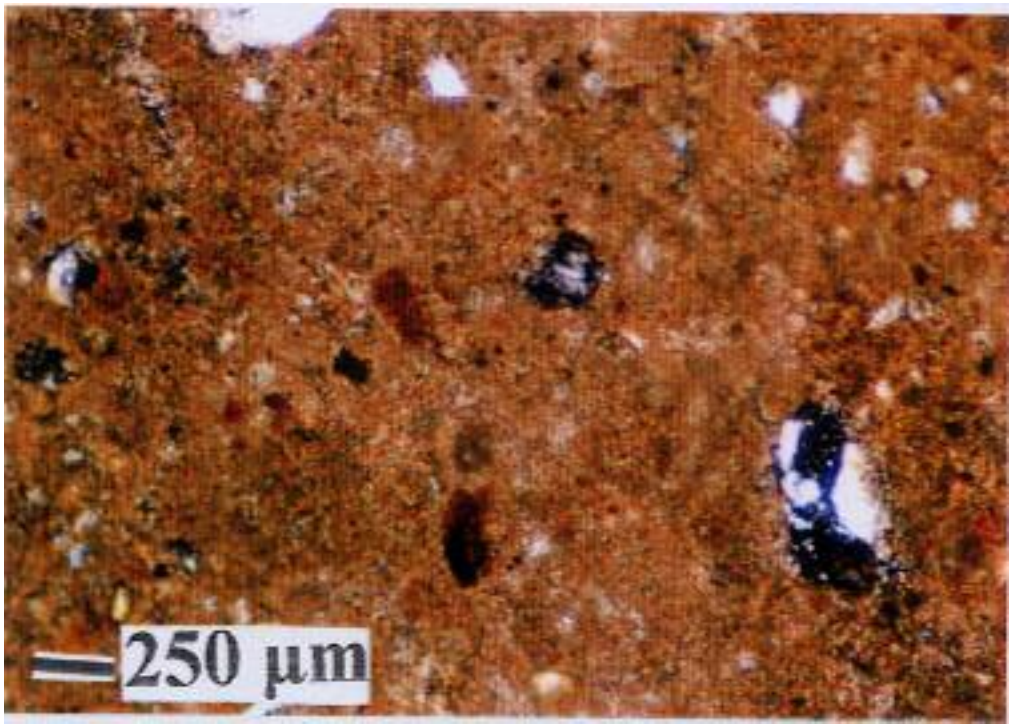
تصویر ٦. صفحات در هم قفل شدهٔ گچی در افق 3Bym2 پروفیل ٤ (حد واسط پدیمنت و پلایا)، تصویر در حالت XPL

مشاهده نشد، بنابراین، خاک زیرین مدفون در نظر گرفته نشد. اگرچه ممکن است بخشی از بلورهای عدسی و کرمی از موقعیت‌های بالای شیب به این خاک افزوده شده باشند، ولی در نظر گرفتن منشأ به ارث رسیده برای آنها، به خصوص در افق 3Bym2 ناممکن است، زیرا بلورهای عدسی و سایر اشکال گچ در این افق دوباره حل شده و به صورت صفحات در هم قفل شدهٔ گچی متبلور شده‌اند. با توجه به کم بودن میزان بلورهای عدسی و کرمی در پدیمنت سنگی، که به عنوان منبع گچ برای زمین‌های پایین شیب به حساب می‌آید، بلورهای عدسی در افق Bym1 نیز احتمالاً از نوع خاک‌ساز هستند.

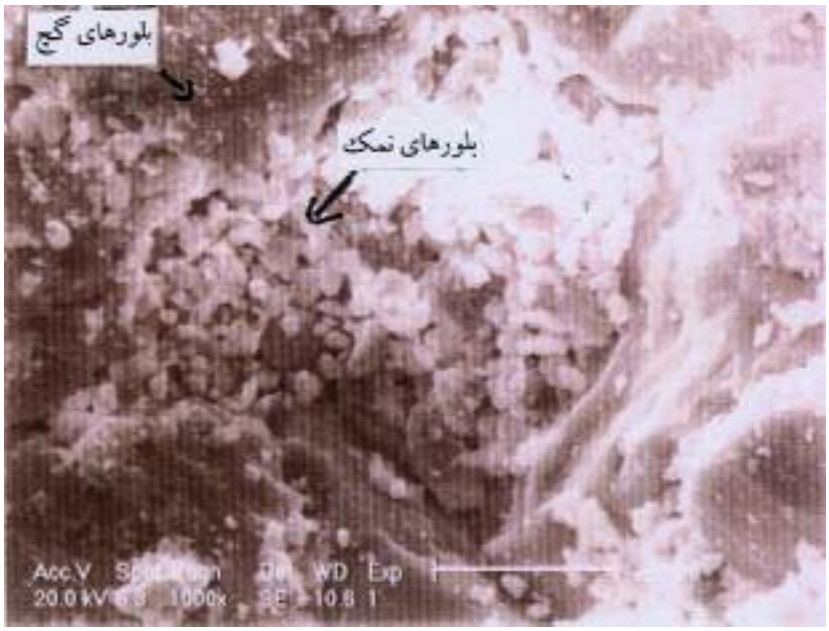
پست‌ترین بخش منطقهٔ مورد بررسی (سطح ژئومورفولوژیک پلایا) محل تجمع رسوب ریزبافت و شور دریاچه‌ای است (پروفیل ٥). در اثر رشد بلورهای نمک، سطوح پف کردهٔ اسفنجی در سطح خاک این موقعیت شیب دیده شد. شوری در این خاک بسیار زیاد بوده (حدود ٣٠٦ dS/m)، به طوری که شرایط لازم برای طبقه‌بندی خاک را به صورت تیپیک هاپلوسالیدز فراهم آورده است (جداول ٢ و ٤). بافت این خاک نسبت به سطوح ژئومورفولوژی بالایی سنگین‌تر بود، که مؤید سطح پلایاست. مقادیر هدایت الکتریکی به طرف پایین شیب، روند افزایشی نشان می‌دهد. از سوی دیگر، مقادیر هدایت الکتریکی با افزایش عمق در موقعیت پلایا کاهش یافته، که می‌تواند به علت حرکت رو به بالا و تبخیر آب شور از سطح خاک باشد. به دلیل تجمع رسوب پلایایی، ریزساختمان توده‌ای در مقاطع نازک دیده شد (تصویر ٧). تصویر ٨ بلورهای نمک را در کنار بلورهای گچ نشان می‌دهد. در بررسی‌های هرروو همکاران (١٩) نشان داده شد که میزان گچ ریزبلورین از قسمت‌های مرتفع به طرف مناطق پست کاهش و در مقابل گچ عدسی شکل افزایش یافته است. آنها نفوذپذیری زیاد خاک در قسمت‌های پست منطقه بررسی شدهٔ خود را که در نتیجهٔ نوع مواد مادری ایجاد شده، دلیل تبدیل شکل ریزبلورین گچ به فرم عدسی می‌دانند (١٩). در پژوهش حاضر عکس مورد فوق دیده شد. بدین معنی که میزان گچ در پلایا بسیار کم (جدول ٢) و آن

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.3.6.4]



تصویر ۷. ریزساختمان توده‌ای در افق Bz1 پروفیل ۵ (پلایا)، تصویر در حالت PPL



تصویر ۸. میکروگراف میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان دهندهٔ بلورهای درشت گچ که کریستال‌های کوچک‌تر نمک را در افق Bz1 پروفیل ۵ (پلایا) احاطه کرده‌اند.

هم به صورت نامشهود است. مقاطع نازک نیز گچ را به صورت ریزبلورین نشان می‌دهند (جدول ۳). سنگین بودن خاک و کمی نفوذپذیری در این موقعیت شیب، و نیز دوری از منبع گچ می‌تواند از جمله دلایل توجیه کنندهٔ نتیجهٔ فوق باشد. زیرا تغییر

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.3.6.4]

بافتی که عمده‌ترین عامل کنترل کنندهٔ شکل گچ در منطقهٔ مورد بررسی است، درست عکس تغییر بافت در رابطه با سطوح ژئومورفولوژی در پژوهش هررو و همکاران (۱۹) بوده و این دو نتیجهٔ به ظاهر متفاوت یکدیگر را تقویت می‌کنند. زیرا در هر دو مورد کمی نفوذپذیری با شکل ریزبلورین گچ در ارتباط است. بدین معنی که وقتی خاک ریزبافت بوده و نفوذپذیری اندکی دارد، امکان شست‌شو و رشد بلورهای گچ برای ایجاد بلورهای درشت محدود می‌شود. با توجه به توضیحات فوق، گچ ریزبلورین در پلایا به صورت خاک‌ساز تشکیل شده است.

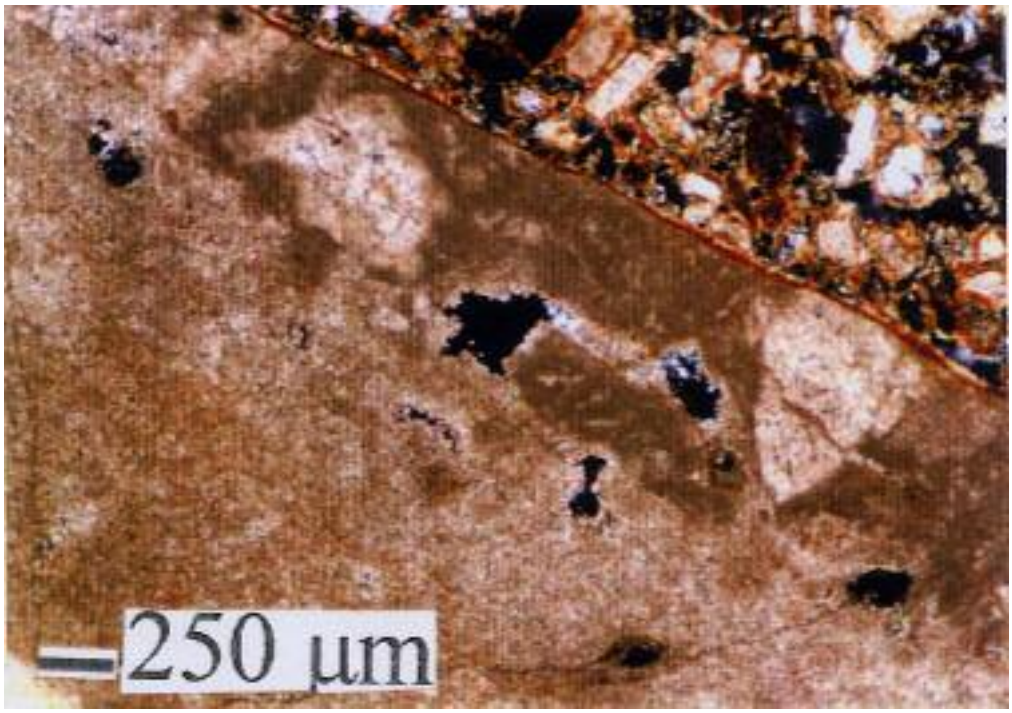
در بررسی‌های میکرومورفولوژیک و میکروسکوپ الکترونی روبشی، بلورهای آهک و گچ در مجاورت هم یافت نشدند. اطلاعات گزارش نشده مرموت (از طریق ارتباط حضوری) گویای آن است که اگر غلظت سولفات در محیط به ۰/۰۱ مولار برسد، آهک به لحاظ ترمودینامیکی حل می‌شود. با توجه به این که غلظت سولفات در کلیهٔ نمونه‌های خاک بیش از ۰/۰۱ مولار است، بنابراین احتمالاً بلورهای آهک حل شده و کلسیم آن به صورت گچ متبلور شده است. به همین دلیل بلورهای آهک در بررسی‌های میکروسکوپی دیده نمی‌شوند.

پروفیل ٦ در موقعیت حاشیهٔ پلایا در سمت شرق واقع شده است. افق‌های Btz، Byz و Bzm در این پروفیل دیده می‌شوند (شکل ۲). در مورد نحوهٔ تشکیل افق Btz باید گفت که شواهد تغییرات اقلیمی در منطقه، با بررسی ایزوتوپ‌های پایدار اکسیژن و دوتریوم در آب هیدراتهٔ گچ به اثبات رسیده است (اطلاعات منتشر نشده نویسندگان). از سوی دیگر، خادمی و همکاران (۲۵) نیز افق‌های تجمع شست‌شو یافتهٔ رس را در منطقهٔ اصفهان، که اقلیمی مشابه با منطقهٔ مورد بررسی در این پژوهش دارد، گزارش کرده و تشکیل این افق‌ها را به اقلیم مرطوب‌تر گذشته (احتمالا پلیستوسن) ربط داده‌اند. به نظر می‌رسد که افق Bt در منطقهٔ نوق در اثر اقلیم مرطوب‌تر گذشته تشکیل شده و با افزایش نمک از سطوح اطراف به این پروفیل و سپس شست‌شوی عمقی آن، این افق به صورت Btz درآمده است. به دلیل بالا بودن میزان رس و نیز شوری در این افق، نفوذ عمقی آب کاهش یافته و در نتیجه گچ و نمک به صورت افق Byz در بالای Btz تجمع یافته‌اند. ادامهٔ شست‌شوی نمک و نفوذ ناپذیری خاک زیرین، به سیمانی شدن و تشکیل افق Bzm منجر شده است. تصویر ۹ پوشش رسی را در اطراف دانه‌های ساختمانی در افق Btz پروفیل ٦ نشان می‌دهد. همان طور که ملاحظه می‌شود، ماتریس قرمز رنگ این افق با رنگ سفید و فابریک کریستالی گچی سایر خاک‌های بررسی شده (تصاویر قبلی) و نیز افق‌های بالایی پروفیل ٦ متفاوت است.

پروفیل ۷ واقع بر پدیمنت سنگی روی توده‌های آذرین نفوذی ائوسن قرار دارد. این خاک بسیار کم عمق بوده (۲۵ سانتی‌متر) و گره‌های نرم و سفید رنگ گچ در افق سطحی این خاک دیده می‌شود (جدول ۳). کلوخه‌های متشکل از گچ، نمک و قطعات سنگ‌های آذرین در عمق ۳۰ سانتی‌متری این خاک وجود دارند. تجمع نمک در این خاک حاصل هوادیدگی سنگ‌های آذرین نبوده است. به علاوه، چون سطح آب زیرزمینی در این موقعیت مرتفع بسیار پایین است، بنابراین تجمع نمک از سطح سفرهٔ آب امکان پذیر نیست. از سوی دیگر، چون هیچ شواهدی از وجود پیریت در نمونه سنگ‌ها یافت نشده و در نقشه‌های زمین‌شناسی نیز اثری از وجود شیل‌های حاوی پیریت دیده نمی‌شود، بنابراین فرض تشکیل گچ در این موقعیت از شیل‌های پیریت‌دار ژوراسیک نیز منتفی می‌گردد. در مورد نحوهٔ تشکیل این خاک می‌توان به نقش باد در منطقه اشاره کرد. بدین معنی که گچ و نمک به وسیلهٔ باد به سطح این موقعیت شیب اضافه و سپس شست‌شو شده و کلوخه‌های سخت گچی- نمکی- آذرین را در عمق ایجاد کرده‌اند. دسته‌های کانی پالیگورسکیت در اکثر نمونه‌ها با مطالعات میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) دیده شد، ولی تنها در افق Byzm این پروفیل، دوک‌های فشردهٔ پالیگورسکیت، به وسیلهٔ میکروسکوپ الکترونی روبشی شناسایی شد (تصویر ۱۰). به رغم این که کانی پالیگورسکیت در بیشتر سطوح ژئومورفولوژی منطقه به صورت خاک‌ساز (Pedogenic) تشکیل شده، ولی با توجه به بحث فوق باید منشأ آواری را برای این

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.3.6.4]



تصویر ۹. پوشش رسی در اطراف دانه‌های ساختمانی در افق Btz1 پروفیل ٦ (حاشیه پلایا)، تصویر در حالت PPL

کانی در پروفیل ۷ لحاظ کرد. بدین معنی که پالیگورسکیت نیز همراه گچ از دیگر سطوح ژئومورفولوژیک، به خصوص پدیمنت سنگی واقع بر سازند نئوژن به کمک باد به این موقعیت ژئومورفولوژیک آورده شده است. در مورد نمک نیز سازوکار مشابهی وجود دارد، با این تفاوت که نمک از سطح پلایا آورده شده است. شاید وجود گچ و نمک و یا عناصر حاصل از هوادیدگی سنگ‌های آذرین موجب فشردگی بلورهای پالیگورسکیت و ایجاد شکل دوکی در آن شده باشد، ولی دلیل اصلی آن مشخص نیست.

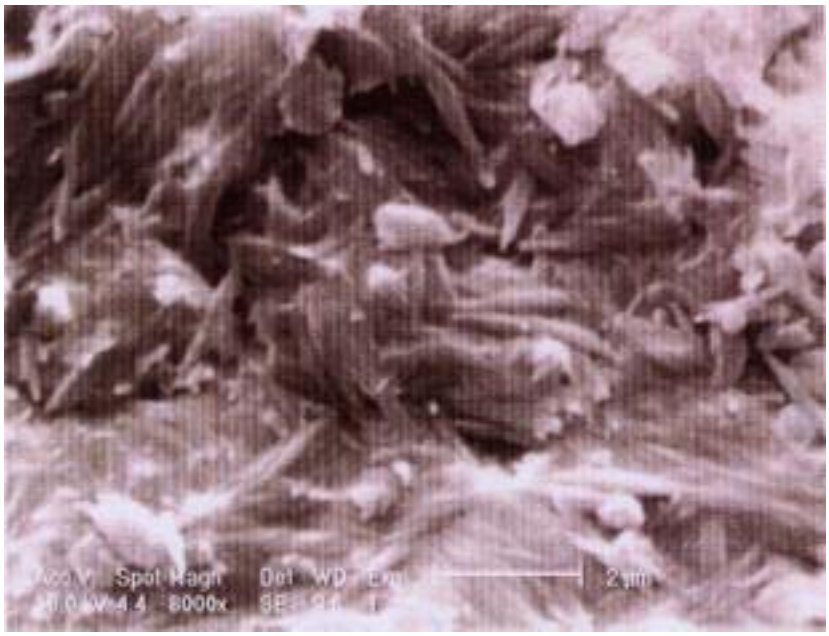
فرم دوکی بلورهای گچ نیز تنها در افق Azy این موقعیت شیب مشاهده شد (تصویر ۱۱). از آن جا که فرم دوکی یکی از اشکال خاک‌ساز گچ است، بنابراین، احتمالاً بخش کمی از گره‌های گچی موجود در سطح، حل شده و به صورت شکل دوکی رسوب کرده است. شاید نقش کنترل کنندهٔ هم‌زمان بافت و نمک را بتوان در ایجاد این شکل خاص گچ دخیل دانست، زیرا این پروفیل تنها خاک درشت بافتی را دارد که شور نیز هست. بدین معنی که مثلاً در پروفیل ۵ که خاک شور است، بافت ریز بوده و شکل ریزبلورین گچ تبلور یافته است، و در سایر پروفیل‌ها که بافت نسبتاً درشت بوده میزان شوری بسیار اندک است. بنابراین اشکال عدسی، کرمی و یا صفحات در هم قفل شدهٔ گچی ایجاد شده که غالبیت هر کدام نیز به بافت خاک و اندازهٔ خلل و فرج ارتباط دارد. خاک پروفیل ۷ نسبتاً درشت بافت و نیز شور است. بنابراین، کنترل هم‌زمان بافت و شوری می‌توانسته در ایجاد فرم دوکی گچ دخیل باشد. پیچیدگی‌های حاصله در نتایج فوق همگی به نقش متغیر و غیر قابل پیش‌بینی باد در منطقه نسبت داده می‌شود.

خلاصه و نتیجه‌گیری

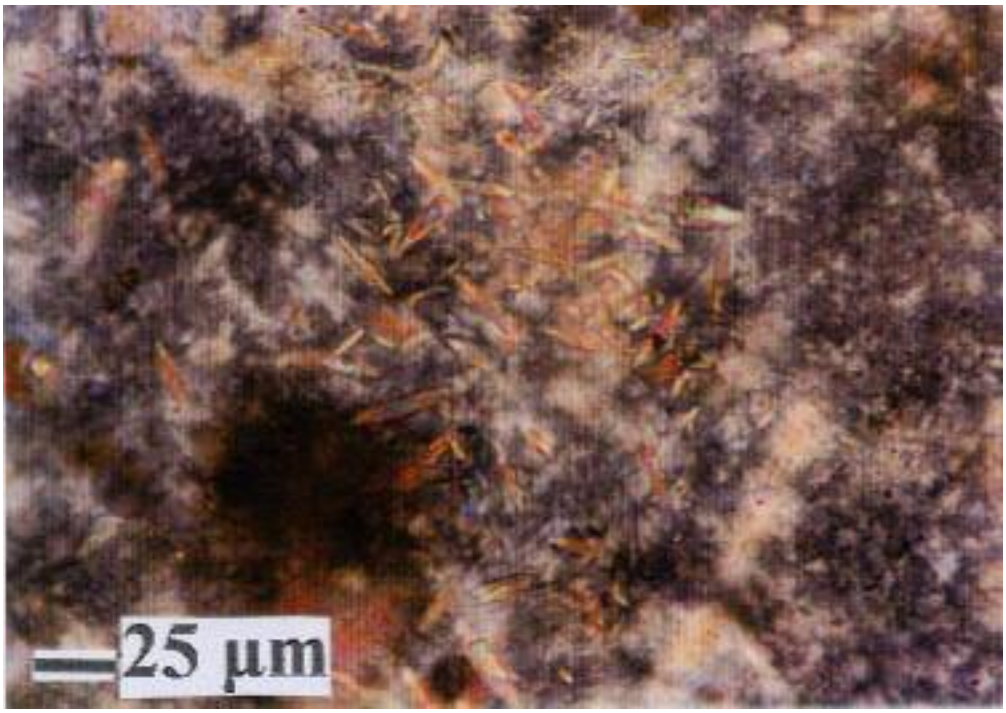
خاک‌هایی با خصوصیات و طبقه‌بندی متفاوت در موقعیت‌های مختلف شیب تشکیل شده‌اند که این امر مؤید رابطه نزدیک خاک و ژئومورفولوژی است. به دلیل فعالیت‌های کوه‌زایی اواخر کرتاسه تا میوسن در ایران مرکزی، دریای عمیق تتیس به چندین دریاچهٔ کم عمق بستهٔ مجزا تقسیم شده است. تبخیر آب این دریاچه‌ها در اثر آب و هوای گرم و خشک ترشیاری باعث

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.3.6.4]



تصویر ۱۰. میکروگراف میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان دهندهٔ بلورهای فشرده دوکی شکل پالیگورسکیت (پالیکریتس) در افق Byzm پروفیل ۷



تصویر ۱۱. بلورهای دوکی شکل گچ در افق Azy پروفیل ۷، تصویر در حالت XPL

تبلور کانی گچ در سواحل این دریاچه‌ها (پدیمنت‌های زمان کنونی) شده است. این پدیمنت‌های با رخ‌نمون سنگی به عنوان منبع گچ در سطوح ژئومورفولوژی پایین دست نقش داشته‌اند. اشکال ماکروسکوپی گچ در موقعیت‌های مختلف شیب به طور

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.3.6.4]

متفاوتی ظاهر شده‌اند. بدین صورت که آویزه‌های بزرگ گچ در پدیمنت سنگی، آویزه‌های کوچک‌تر در پدیمنت‌های پوشیده، و گچ به صورت نامشهود در موقعیت پلایا وجود دارد. بـه لحـاظ میکرومورفولوژی نیز اشکال صفحه‌ای، عدسی، کرمی، پلـی‌گون و صفحات در هم قفل شدهٔ گچ در نمونـه‌ها دیـده شـد. شـکل ستونی نیز در بررسی‌های میکروسـکوپ الکـترونی روبشـی در آویزه‌های گچی شناسایی شد. باد، نقش مهمی در افزایش گچ و نمک‌های پلایـا بـه سـطح خـاک پروفیـل ۷ ایفـا کـرده اسـت. کانی‌های رسی اسمکتیت، ایلیـت، کلریـت و پالیگورسـکیت بـا استفاده از دستگاه پراش پرتو ایکس، و در مورد پالیگورسـکیت به طور خـاص بـه وسـیلهٔ میکروسـکوپ الکـترونی روبشـی و عبوری در کل نمونه‌ها دیده شد.

با دور شدن از پدیمنت سنگی، که به عنوان منشأ گچ بـرای زمین‌های پایین دست به حسـاب می‌آیـد، از مـیزان گچ کاسـته شده است. به طرف پایین شیب بـر مـیزان بلورهـای عدسـی و کرمی شکل گچ افزوده شده است، در حالی که شکل صفحه‌ای، شکل غالب میکروسکوپی گچ در آویزه‌هاست.

کلیـه اشـکال دیـده شـدهٔ گچ در سـطوح مختلـف ژئومورفولوژی از نوع خاک‌ساز هستند. شکل صفحـه‌ای گچ در افق By1 پدیمنت سنگی احتمالاً خاک‌ساز است.

سپاسگزاری

بدین وسـیله از گروه خاک‌شناسـی و نـیز دانشـکدهٔ کشـاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، به دلیل حمایت‌های مالی و نیز فراهـم سازی امکان استفاده از تجهیزات سـایر دانشـکده‌ها و ارگان‌هـا قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. تومانیان، ن.، ا. جلالیان و ع. ذوالانوار. ۱۳۷۸. بررسی منشأ گچ در اراضی شمال غربی اصفهان. علوم و فنـون کشـاورزی و منـابع طبیعی ۳(۳): ۲۵-۳۹.

۲. فرپور، م. ه. ۱۳۷٤. رابطهٔ خاک و ژئومورفولوژی در منطقـهٔ گدار کبـک چـهار محـال و بختیـاری. پایان‌نامـهٔ کارشناسـی ارشـد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳. محمودی، ش. ۱۳٦٤. مورفولوژی و نحوهٔ تشکیل گچ در تعدادی از اریدی‌سول‌های منطقهٔ اشتهارد کرج. علـوم کشـاورزی ایـران ۱۷(۱ و ۲): ۱۳-۲۸.

٤. محمودی، ش. ۱۳۷۳. خصوصیات و مدیریت اراضی گچی. چهارمین کنگرهٔ علوم خاک ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۵. ناظم زاده شجاعی، م. ۱۳٦۷. گزارش مقدماتی زمین‌شناسی رسوبات کواترنـر در حوضـهٔ انـار- رفسـنجان. سـازمان زمین‌شناسـی جنوب خاوری، کرمان.

6. Akpokodje, E. G. 1984. The influence of rock weathering on the genesis of gypsum and carbonate in some Australian arid zone soils. Austral. J. Soil Res. 22: 243-251.
7. Amit, R. and D. H. Yaalon. 1996. The micromorphology of gypsum and halite in Reg soils-The Negev desert, Israel. Earth Surface Processes and Landforms 21: 1127-1143.
8. Bain, R. J. 1990. Diagenetic, non-evaporative origin for gypsum. Geol. 18: 447-450.
9. Cody, R. D. 1979. Lenticular gypsum: occurrences in nature and experimental determinations of effects of soluble green plant material on its formation. J. Sediment. Petrol. 49: 1015-1028.
10. Cody, R. D. and A. M. Cody. 1988. Gypsum nucleation and crystal morphology in analog saline terrestrial environments. J. Sediment. Petrol. 58: 247-255.
11. Doner, H. E., and C. L. Warren. 1989. Carbonate, halide, sulfate, and sulfide minerals. PP. 279-330. *In*: J. B. Dixon and S. B. Weeds (Eds.), Minerals in Soil Environments. SSSA Book Ser. 1, Madison, Wisconsin.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.3.6.4]

12. Eswaran, H. and G. Zi-Tong. 1981. Properties, genesis, classification, and distribution of soils with gypsum. PP. 89-119. *In:* W. D. Nettleton (Ed.), Occurrence, Characteristics, and Genesis of Carbonate, Gypsum, and Silica in Soils. SSSA Spec. Publ. 26. SSSA, Madison, WI.
13. FAO. 1990. Management of Gypsiferous Soils. FAO Soils Bulletin 62.
14. FAO, ISSS, ISRIC. 1998. World Reference Base for Soil Resources. World Soil Reference Report No. 84, Rome.
15. Farpoor, M. H., H. Khademi and M. K. Eghbal. 2002. Genesis and distribution of palygorskite and associated clay minerals in Rafsanjan soils on different geomorphic surfaces. Iran. Agric. Res. 21(1): 39-60.
16. Gerrerd, J. 1992. Soil Geomorphology. Chapman and Hall Pub. Company, London.
17. Gile, L. H., F. F. Peterson and R. B. Grossman. 1965. Morphological and genetic sequences of carbonate accumulation in desert soils. Soil Sci. 101(5): 347-360.
18. Graham, R. C. and S. W. Buol. 1990. Soil-geomorphic relations on the Blue Ridge front. II. Soil characteristics and pedogenesis. Soil Sci. Soc. Am. J. 54: 1367-1377.
19. Herrero, J., J. Porta and N. Fedoroff. 1992. Hypergypsic soil micromorphology and landscape relationships in northeastern Spain. Soil Sci. Soc. Am. J. 56: 1188-1194.
20. Jackson, M. L. 1979. Soil Chemical Analysis-Advanced Course. 2nd ed., 11th printing, Published by the author, Madison, WI.
21. Jafarzadeh, A. A. 2002. Different factors impact on gypsum crust crystallization pattern and rate under experimental condition. Proc. of 17th Intr. Conf. of Soil Sci., Thailand.
22. Jafarzadeh, A. A. and C. P. Burnham. 992. Gypsum crystals in soils. J. Soil Sci. 43(3): 409-420.
23. Khademi, H. and A. R. Mermut. 1999. Submicroscopy and stable isotope geochemistry of pedogenic carbonates and associated palygorskite in Iranian Aridisols. Europ. J. Soil Sci. 50: 207-216.
24. Khademi, H. and A. R. Mermut. 2001. Micromorphology and classification of gypsiferous and associated Aridisols from central Iran. Proc. of Intr. Working Meeting on Micropedology, Ghent, Belgium.
25. Khademi, H., A. R. Mermut and H. R. Krouse. 1997. Isotopic composition of gypsum hydration water in selected landforms from central Iran. Chem. Geol. 138: 245-255.
26. Krinsley, D. B. 1970. A geomorphological and paleoclimatological study of the playas of Iran. Geological Survey, U. S. Dept. of Interior, Washington D.C.
27. Machette, M. N. 1985. Calcic soils of the southwestern United States. PP. 1-22. *In:* D. L. Weide (Ed.), Soils and Quaternary Geology of the Southwestern United States. Geological Society of America, Boulder, Co.
28. McFadden, L. D. and J. C. Tinsley. 1985. Rate and depth of pedogenic-carbonate accumulation in soils: formulation and testing of a compartment model. PP. 23-41. *In:* D. L. Weide (Ed.), Soils and Quaternary Geology of the Southwestern United States. Geological Society of America, Boulder, Co.
29. Mermut, A. R. and M. A. Arshad. 1987. Significance of sulfide oxidation in soil salinization in southeastern Saskatchewan, Canada. Soil Sci. Soc. Am. J. 51: 247-251.
30. Nettleton, W. D. (Ed.). 1991. Occurrence, Characteristics, and Genesis of Carbonate, Gypsum, and Silica Accumulations in Soils. SSSA Spec. Pub. 26.
31. Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney. 1992. Methods of Soil Analysis. Part II. Chemical and Mineralogical Properties. Second ed., SSSA Pub., Madison, WI.
32. Porta, J. 1998. Methodologies for the analysis and characterization of gypsum in soils: a review. Geoderma 87: 31-46.
33. Sayegh, A. H., N. A. Khan, P. Khan and J. Ryan. 1978. Factors affecting gypsum and cation exchange capacity determinations in gypsiferous soils. Soil Sci. 125: 294-300.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.3.6.4]

34. Schoeneberger, P. J., D. A. Wysocki, E. C. Benham and W. D. Broderson. 1998. Field Book for Describing and Sampling Soils. National Soil Survey Center, Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture, Lincoln, Nebraska.
35. Soil Survey Staff. 1999. Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. Second ed., Agriculture Handbook Number 436, U.S. Government Printing Office, Washington D.C.
36. Stoops, G. and M. Ilaiwi. 1981. Gypsum in arid soils: morphology and genesis. PP. 175-185. *In:* Proc. of 3d Intr. Soil Classification Workshop, Damascus.
37. Toomanian, N., A. Jalalian and M. K. Eghbal. 2001. Genesis of gypsum enriched soils in north-west Isfahan, Iran. Geoderma 99: 199-224.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1382.7.3.6.4]