



دانشگاه گوارز و منابع آب و خاک

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و یکم، شماره دوم، ۱۳۹۳
<http://jwsc.gau.ac.ir>

مطالعه اثر رژیم رطوبتی خاک بر میکرومورفولوژی پدیده‌های گچی در خاک‌های استان فارس

*سهیلا سادات هاشمی^۱، مجید باقرنژاد^۲، حمیدرضا اولیائی^۳ و مهدی نجفی‌قیری^۴

^۱استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه ملایر، ^۲دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه شیراز،

^۳دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه یاسوج، ^۴استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه شیراز

تاریخ دریافت: ۹۱/۷/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۲/۱۶

چکیده

گچ یک کانی شایع مشاهده شده در خاک‌های نواحی خشک و نیمه‌خشک با بارش کم و مواد مادری گچی می‌باشد. اگرچه گچ در دامنه وسیعی از رژیم‌های حرارتی یافت می‌شود، اما فقط تحت رژیم‌های رطوبتی اریدیک، یوستیک و زیریک مشاهده شده است. این مطالعه به منظور بررسی اثر رژیم رطوبتی خاک بر میکرومورفولوژی گچ در افق‌های جیسیک و پتروجیسیک خاک‌های گچی استان فارس صورت گرفت. پدیده‌های میکرومورفولوژی مشاهده شده شامل کوتینگ، هایپوکوتینگ، پرشدگی حفرات و دیواره کانال‌ها به صورت متراکم و نیمه‌متراکم بوده است. بلورهای گچ به شکل‌های عدسی، منشوری، صفحات درهم قفل شده، شبه‌شش‌ضلعی و ریزبلورین در مقطع نازک مشاهده شدند. بین شکل‌های مورفولوژیک گچ و رژیم‌های رطوبتی و عمق خاک روابط مشخصی مشاهده گردید. تنوع مورفولوژیک بیشتر از بلورهای گچی در افق‌های زیرسطحی در مقایسه با افق‌های سطحی مشاهده گردید. همچنین بلورهای طول‌تری از گچ در افق‌های زیرسطحی مشاهده شد. فراوانی بیشتر از بلورهای عدسی شکل در خاک‌های با تکامل بیشتر وجود دارد. بلورهای سوزنی، منشوری، ستونی و تیغه‌ای در مناطقی با بارندگی کم‌تر و با رژیم رطوبتی اریدیک مشاهده شدند. مورفولوژی‌های متنوع‌تری از بلورهای گچ در خاک‌های با بافت سبک‌تر مشاهده شد. نتایج نشان داد که با افزایش رطوبت خاک اندازه بلورهای عدسی بزرگ‌تر و فراوانی آنها کم‌تر می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بلورهای عدسی، خاک گچی، رژیم رطوبتی خاک، مقطع نازک

* مسئول مکاتبه: hashemy558@yahoo.com

مقدمه

در مورد گسترش اراضی گچی در جهان و نیز در ایران آمار متفاوتی وجود دارد. وسعت جهانی خاک‌های گچی در حدود ۱۸۶ میلیون هکتار یعنی حدود ۱/۵ درصد از خاک‌های جهان تخمین زده شده است (فائو، ۱۹۹۳). در ایران این خاک‌ها حدود ۲۸ میلیون هکتار گزارش شده که کاملاً غیرحاصل‌خیز هستند (محمودی، ۲۰۰۰). اسواران و زی‌تانگ (۱۹۹۱) وسعت این خاک‌ها را در جهان ۲۰۷ میلیون هکتار گزارش کرده‌اند. وجود کانی گچ ارتباطی با رژیم حرارتی نداشته و در خاک‌های مناطق خیلی گرم تا خیلی سرد (واتسون، ۱۹۸۳) با رژیم‌های رطوبتی زیریک، یوستیک و اریدیک (فائو، ۱۹۹۰) دیده می‌شود. استفاده از میکرومورفولوژی مقاطع نازک روشی شناخته شده برای تشریح ساختار خاک می‌باشد. محمودی (۲۰۰۰) با استفاده از روش میکرومورفولوژی اراضی اشتهارد کرج، توانست بلورهای گچ پدوژنیک را از ژئوژنیک شناسایی کند.

نظرات متفاوتی در مورد شرایط تشکیل هر یک از شکل‌های میکروسکوپی گچ وجود دارد. یکی از پارامترهای مؤثر بر تجمع گچ در افق‌ها شرایط آب و هوایی است. اثر عامل عمق نیز بر روی محتوی گچ در خاک‌ها بسته به شرایط اقلیمی رایج در منطقه است (استوپس و ایلاوی، ۱۹۸۱). در اقلیم‌های خشک که فرایند رو به بالای آب به دلیل تبخیر بالا بیش‌تر است، تجمع گچ به‌طور عمده در افق‌های سطحی صورت می‌گیرد، در حالی که تحت شرایط نیمه‌خشک و مرطوب که حرکت آب رو به پایین است، تجمعات گچ در افق‌های زیرسطحی بیش‌تر اتفاق می‌افتد (دولتز و کوهن، ۲۰۰۵). بلورهای گچ با سیستم تبلور مونوکلینیک که اندازه و شکل آن‌ها متغیر است، بسته به شرایط ویژه در خاک همانند بافت خاک (تومانیان و همکاران، ۲۰۰۱)، حرکت رو به بالا یا پایین آب (جعفرزاده و بورنهام، ۱۹۹۲)، مواد آلی و میکروارگانیزم‌ها (باک و وان‌هوسن، ۲۰۰۲) دارای ویژگی‌های مورفولوژی متفاوت می‌باشند.

شکل‌های عدسی^۱، شبه‌شش‌ضلعی^۲، ریزبلورین^۳، ستونی^۴ و فیبری^۵ گچ گزارش شده است. این‌گونه شکل‌های متنوع گچ، تغییر در شرایط محیطی خاک با گذشت زمان را نشان می‌دهد (امیت و یالون، ۱۹۹۶).

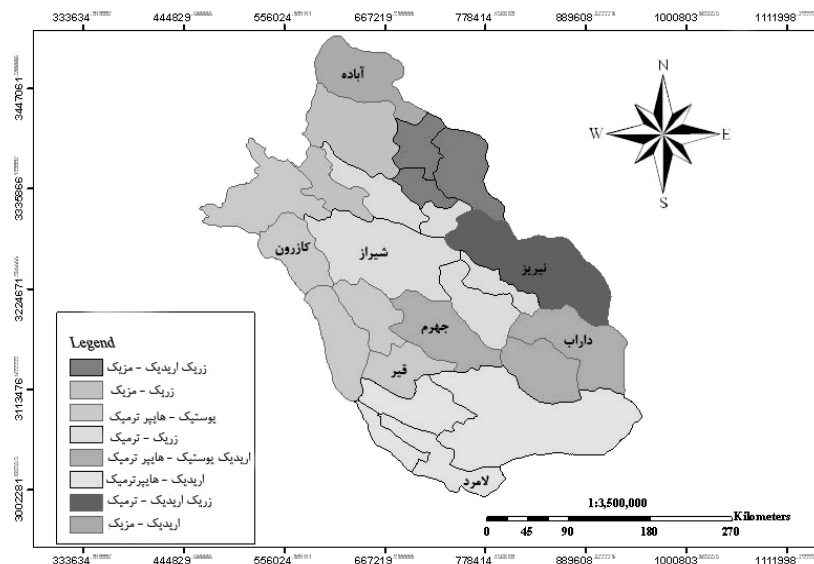
- 1- Lenticular
- 2- Pseudo Hexagonal
- 3- Allabastrine
- 4- Columnar
- 5- Fibrous

خادمی و مرموت (۲۰۰۳) طی مطالعه خاک‌های گچی در خاک‌های اریدی سول در مرکز ایران نشان دادند که ویژگی‌های میکرومورفولوژی و شیمیایی در یک توالی از تجمعات گچ دارای شکل‌های متفاوتی است. در این مطالعه بلورهای دانه‌ای و عدسی گچ در طول کانال‌ها و حفرات دیده شده است. اولیائی و همکاران (۲۰۰۶) در مطالعات خود شکل‌های لوله‌ای، شبه‌شش‌ضلعی، شش‌ضلعی، عدسی، ستونی را نشان دادند و براساس نتایج بیان شده در این پژوهش منشأ بلورهای گچی، پدوژنیک معرفی شده است. خرمالی و همکاران (۲۰۰۶) نیز در نواحی با رژیم رطوبتی یوستیک مشاهده کردند که گچ به شکل بلورهای عدسی بوده و با افزایش عمق بر میزان فراوانی آن‌ها افزوده می‌شود.

نوع بلورهای گچ، میزان و درجه تبلور آن‌ها و همچنین عمق لایه‌های گچی می‌تواند بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک به‌عنوان محیطی برای رشد گیاه اثرگذار باشد. با افزایش گچ و در نتیجه رشد بلورها در خلل و فرج، حجم تخلخل مورد نیاز برای رشد ریشه کاهش می‌یابد و مقاومت به نفوذ در این خاک‌ها افزایش می‌یابد (پک و ورپلانک، ۱۹۹۷). بنابراین با توجه به اهمیت این خاک‌ها به‌عنوان بستری برای کشاورزی و تلاش برای بهبود آن‌ها، هدف از این پژوهش بررسی میکرومورفولوژی بلورهای گچ با کمک مقاطع نازک این خاک‌ها تحت تأثیر رژیم‌های رطوبتی متفاوت است.

مواد و روش‌ها

استان فارس با وسعت ۱۳/۲ میلیون هکتار در بخش جنوبی ایران در محدوده جغرافیایی ۵۵ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۸ دقیقه طول شرقی و ۲۷ درجه و ۳ دقیقه تا ۴۲ درجه و ۳۱ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). ارتفاع این استان از کم‌تر از ۵۰۰ متر از سطح دریا در قسمت‌های جنوبی تا ۳۹۰۰ متر از سطح دریا در شمال متغیر بوده و نوع رسوبات زمین‌شناسی آن مربوط به دوره تریاس تا پلیستوسن می‌باشد. این استان بخشی از نواحی کوه‌زایی زاگرس بوده و محل رسوب‌گذاری کم و بیش پیوسته دوره‌های تریاس تا پلیستوسن می‌باشد (جیمز و وایند، ۱۹۶۵). استان فارس بخشی از محیط تبخیری پس از دریای تیس می‌باشد که از نظر نمک‌های تبخیری (گچ و املاح محلول‌تر از آن) در بیش‌تر بخش‌های جنوبی و جنوب‌شرقی غنی است (زاهدی، ۱۹۷۶).



شکل ۱- رژیم‌های رطوبتی و حرارتی منطقه مورد مطالعه (مؤسسه خاک و آب استان فارس، ۲۰۱۰).

استان فارس، طبق نقشه‌های رژیم رطوبتی و حرارتی خاک ایران (بنائی، ۱۹۹۸)، دارای رژیم‌های رطوبتی زیریک، یوستیک و اریدیک و رژیم‌های حرارتی مزیک، ترمیک و هایپرترمیک می‌باشد. البته براساس مطالعات اخیر موسسه خاک و آب استان، نقشه رژیم رطوبتی و حرارتی برای استان به دست آمده، که در این نقشه رژیم‌های حدواسط یا مرزی نیز مشخص شده است. در نواحی کوهستانی شمال غرب رژیم رطوبتی زیریک و رژیم حرارتی از مزیک در ارتفاعات تا ترمیک در مرکز استان تغییر می‌کند. در قسمت‌های جنوب و شمال شرق به‌طور عمده رژیم رطوبتی اریدیک و رژیم حرارتی از مزیک در شمال و شمال شرق تا هایپرترمیک در جنوب تغییر می‌کند. رژیم رطوبتی یوستیک نیز با رژیم حرارتی هایپرترمیک در قسمت‌های غرب و جنوب-مرکز گسترش دارد (شکل ۱).

دامنه بارش از ۲۰۰ میلی‌متر در نواحی خشک شمالی، جنوب و جنوب شرقی تا ۸۰۰ میلی‌متر در دامنه کوه‌ها در نواحی شمال غربی تغییر می‌کند. میزان تبخیر نیز از ۱۱۰۰ میلی‌متر در شرق استان با رژیم حرارتی مزیک تا ۱۹۰۰ میلی‌متر در نواحی خشک با رژیم حرارتی هایپرترمیک متغیر است. بیشتر خاک‌های غنی از گچ استان، در دشت‌های رسوبی، دامنه‌ای و سیلابی و به‌ندرت در اراضی پست جوان مشاهده می‌شوند.

مطالعات صحرائی: برای انجام پژوهش براساس نقشه‌های خاک، گزارش‌های خاکشناسی مؤسسه تحقیقات آب و خاک و تصاویر ماهواره‌ای استان، ۱۰ دشت به خاطر دارا بودن سازندها و خاک‌های گچی برای نمونه‌برداری در نظر گرفته شدند. به دلیل آن‌که هدف مطالعه بیشتر بررسی خاک‌های گچی در رژیم‌های رطوبتی متفاوت بود، بنابراین سعی شد در تمامی رژیم‌های موجود در استان که شامل خاک گچی هستند نمونه‌برداری صورت گیرد.

۳۵ خاکرخ در ابتدا مطالعه و سپس از بین آن‌ها ۱۴ خاکرخ برای مطالعات میکرومورفولوژی انتخاب شدند. پس از حفر خاکرخ‌ها از افق‌های مشخصه در آن‌ها، نمونه خاک جمع‌آوری شد و به آزمایشگاه منتقل شد. پس از خشک نمودن، نمونه‌ها از الک ۲ میلی‌متری عبور داده و سپس برای انجام آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی آماده شدند. خاک‌ها پس از انجام آزمایش‌های نام‌برده براساس طبقه‌بندی خاک آمریکایی (۱۹۹۹) و کلید تاکسونومی^۱ (۲۰۱۰) تا سطح فامیلی طبقه‌بندی شدند. موقعیت هر کدام از خاکرخ‌ها در شکل ۲ نشان داده شده است. مشخصات کلی خاکرخ‌ها در جدول ۱ بیان شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های کلی خاکرخ‌های مورد مطالعه.

شماره خاکرخ	رژیم حرارتی	رژیم رطوبتی	تیپ اراضی	موقعیت	مواد مادری
۳	ترمیک	زریک	دشت سیلابی	قره‌باغ	رسوبات آهکی و گچی
۶	ترمیک	زریک	دشت دامنه‌ای	سروستان	رسوبات آهکی و گچی
۷	ترمیک	زریک	دشت سیلابی	سروستان	رسوبات آهکی و گچی
۹	ترمیک	زریک	دشت سیلابی	مرودشت	رسوبات آهکی و گچی
۱۱	هایپرترمیک	اریدیک مرز یوستیک	دشت سیلابی	چهرم	رسوبات آهکی و گچی
۱۳	هایپرترمیک	اریدیک مرز یوستیک	فلات	قیر	رسوبات آهکی و گچی
۱۶	هایپرترمیک	اریدیک مرز زریک	دشت دامنه‌ای	داراب	رسوبات آهکی و گچی
۱۸	ترمیک	اریدیک مرز زریک	دشت سیلابی	نیریز	رسوبات گچی درشت
۱۹	ترمیک	اریدیک مرز زریک	دشت سیلابی	نیریز	رسوبات گچی
۲۰	ترمیک	اریدیک مرز زریک	ارضی پست	نیریز	رسوبات گچی درشت
۲۱	هایپرترمیک	یوستیک	ارضی پست	کازرون	رسوبات آهکی و گچی
۲۲	مزیک	اریدیک	دشت دامنه‌ای	آباده	رسوبات سنگ‌ریزه‌ای
۲۵	هایپرترمیک	اریدیک مرز یوستیک	دشت دامنه‌ای	قیر	رسوبات آهکی و گچی
۲۶	ترمیک	زریک	فلات	سروستان	رسوبات آهکی و گچی

1- Soil Taxonomy

تجزیه‌های آزمایشگاهی

تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی: به دلیل این که تمامی نمونه‌ها شامل گچ بود بنابراین نمی‌توان از روش پی‌پت برای تعیین بافت استفاده کرد، حذف گچ در روش پی‌پت موجب تغییر بافت خاک نسبت به آنچه در صحرا مشاهده شده است، می‌گردد. به همین دلیل روش هیدرومتر مناسب‌تر شناخته شد (جی و بودر، ۱۹۸۶). pH گل اشباع توسط دستگاه pH متر اندازه‌گیری شد (توماس، ۱۹۹۶). کربن آلی از طریق اکسایش با اسید کرومیک و تیتراسیون با سولفات آهن آمونیومی اندازه‌گیری شد (نلسون و سومنر، ۱۹۹۶) و تعیین کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی با اسید کلریدریک بر روی عصاره اشباع جمع‌آوری شده انجام یافت (لوپرت و سوارز، ۱۹۹۶).



شکل ۲- موقعیت خاک‌رخ‌های مورد مطالعه در استان فارس.

اندازه‌گیری قابلیت هدایت الکتریکی بر روی عصاره گل اشباع توسط دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی صورت گرفت (رودز، ۱۹۹۶). ظرفیت تبادل کاتیونی ذرات خاک با استات سدیم یک نرمال در pH ۸/۲ به روش سومنر و میلر (۱۹۹۶) اندازه‌گیری گردید. اندازه‌گیری گچ با کمک روش استون

(ریچاردز، ۱۹۵۴) صورت گرفت. به دلیل زیاد بودن محتوی گچ در بیش تر نمونه های خاک از روش ترسیب با استون اصلاح شده (تومانیان و همکاران، ۲۰۰۱) استفاده شد، به این صورت که میزان رقت از ۱:۵ به ۱:۵۰۰ و زمان تعادل دادن از ۲ ساعت به ۲۴ ساعت و گاهی ۴۸ ساعت تغییر یافت، سعی شد قبل از اندازه گیری نمونه خاک تا حد ممکن پودر و نرم شود تا میزان انحلال را افزایش دهد. **آزمایش های میکرومورفولوژیکی:** برای انجام آزمایش های میکرومورفولوژی از نمونه های دست نخورده مربوط به افق های مختلف به خصوص ژیبسیک و پتروژیپسیک که در هنگام نمونه برداری جمع آوری شده بودند، استفاده شد.

مقاطع نازک با ابعاد $3 \times 70 \times 70$ میلی متر آماده شده و به وسیله دستگاه برش آن را تا ۱ میلی متر بریده، نمونه ها توسط دستگاه سایش به ضخامت ۱۰۰ میکرومتر رسیده و با پودرهای کاربراندوم به ضخامت حدود ۳۰ میکرومتر رسانده شدند. این ضخامت را می توان با کمک میکروسکوپ پلاریزان و مشاهده برخی کانی ها از جمله کوارتز کنترل کرد (مورفی، ۱۹۸۶). در انتها با کمک میکروسکوپ پلاریزان مدل Zeiss در دو حالت نور پلاریزه صفحه ای (PPL)^۱ و متقاطع (XPL)^۲ مورد مطالعه قرار گرفتند.

تشریح و تفسیر مقاطع نازک براساس تعاریف و واژه های بالاک و همکاران (۱۹۸۵) و استوپس (۲۰۰۳) انجام گرفت. در جهت اندازه گیری طول بلورهای عدسی شکل گچ از یک طول مبنا (مانند خط کش) در زیر میکروسکوپ پلاریزان استفاده شد. تمامی بلورهای مشاهده شد در مقاطع با این مقیاس سنجیده و اندازه آنها برآورد گردید.

نتایج و بحث

ویژگی های عمومی، مورفولوژیکی و فیزیکی - شیمیایی خاکها: خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیکی - شیمیایی خاکهای حفر شده در جدول ۲ نشان داده شده است. بر طبق کلید طبقه بندی خاک (۲۰۱۰) در تمامی خاکها افق ژیبسیک مشاهده شد. خاکها در ۴ راسته انتی سولز، اینسپتی سولز، اریدی سولز و ورتی سولز قرار می گیرند. حدود ۹۵ درصد خاکهای مورد مطالعه شامل خاکهای با تکامل ضعیف (انتی سولها)، خاکهای با تکامل متوسط با افقهای ژیبسیک و کمبیک (اینسپتی سولها) و ژیبسیک و سالیک (اریدی سولها) بودند.

1- Plain Polarized Light

2- Cross Polarized Light

بافت خاک‌ها بیش‌تر شامل سیلت لومی، لوم شنی و لوم می‌باشند. توزیع اندازه ذرات در بین ۱۴ خاک‌رخ نشان داده که کلاس بافت خاک سیلت لوم عمده‌ترین کلاس بافتی است. تمامی خاک‌رخ‌ها شامل گچ، به‌طور میانگین بیش از ۳۵ درصد هستند (حداقل ۰/۲ درصد در افق Ap، خاک رخ ۲۴ و حداکثر ۹۰/۷ درصد در افق Bym، خاک‌رخ ۲۶)، که با افزایش عمق، افزایش می‌یابند. گچ ثانویه در خاک‌ها به شکل‌های رشته‌ای (میسیلیوم)، بسته‌های پودری، بلوری و پندانت (افق پتروژیسیک خاک‌رخ ۲۴) حضور دارد. ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌ها که بسته به نوع و مقدار رس و مقدار ماده آلی است، در خاک‌های گچی بسیار پایین بوده و در دامنه از ۲۲/۶-۲/۱ سانتی‌مول بار در کیلوگرم متغیر می‌باشد. به‌جز دو خاک‌رخ ۲۰ و ۲۱، تمامی خاک‌رخ‌ها غیرشور بودند ($EC < 4$ دسی‌زیمنس بر متر).

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مطالعه شده.

افق‌ها و ضخامت (سانتی‌متر)	درصد توزیع ذرات			شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	ظرفیت تبادل کاتیونی (Cmol kg^{-1})	CCE*	Gypsum درصد	OM**	
	رس	سیلت	شن						
۳. Aquic Haploxerets (Gharehbagh)									
A (۰-۱۵)	۵۱/۵	۴۳/۵	۵/۵	۷/۷	۱/۱	۱۷/۴	۱۹	۰/۳	۰/۴
Byss1 (۱۵-۳۵)	۶۳/۳	۳۱/۴	۵/۳	۸/۲	۲/۷	۱۴/۶	۲۵	۱۳/۴	۰/۴
Byss2 (۳۵-۸۵)	۶۴	۳۰/۷	۵/۳	۸/۲	۰/۸	۱۶/۷	۳۷	۹/۴	۰/۵
Byg1 (۸۵-۱۰۳)	۶۷/۳	۱۹/۴	۱۳/۳	۸/۱	۵/۲	۱۸/۸	۳۹	۶/۴	۰/۶
Cg > ۱۰۳	۷۳/۳	۱۵/۴	۱۱/۳	۷/۹	۰/۵	۲۰/۳	۳۹	۰/۳	۰/۷
۶. Typic Calcixerets (Sarvestan)									
A (۰-۱۸)	۱۱/۸	۳۶/۷	۵۱/۵	۷/۹	۰/۱	۸/۳	۴۷	۰/۴	۰/۵۳
Byk (۱۸-۴۳)	۲۱/۸	۳۸	۴۰/۲	۷/۸	۰/۲	۷/۳	۴۹	۱/۳	۰/۳
By (۴۳-۸۳)	۱/۸	۴۲	۵۶/۲	۷/۸	۰/۳	۸/۳	۳۶	۲۸/۲	۰/۳
C > ۸۳	۵/۸	۳۴	۶۰/۲	۷/۹	۰/۳۷	۸/۳	۳۷	۳۱	۰/۲۳
۷. Gypsic Haploxerepts (Sarvestan)									
Ay (۰-۱۶)	۳/۸	۳۸	۵۸/۲	۷/۷	۰/۲	۷/۳	۹	۸۰	۱
By1 (۱۶-۳۴)	۱/۸	۳۸	۶۰/۲	۸/۱	۰/۳۸	۷/۳	۱۲	۸۰	۰/۲
By2 (۳۴-۷۷)	۱/۸	۴۸	۵۰/۲	۸/۲	۰/۳۷	۸/۳	۱۰	۸۱	۰/۶
By3 (۷۷-۱۰۵)	۸	۴۸	۵۰/۲	۸	۰/۴۶	۹/۴	۱۵	۷۹	۰/۱
C > ۱۰۵	۷/۹	۵۱/۳	۴۸/۱	۷/۹	۰/۴۴	۱۳/۲	۱۴	۷۲	۰/۳

سهیلا سادات هاشمی و همکاران

ادامه جدول ۲-

افق‌ها و ضخامت (سانتی‌متر)	درصد توزیع ذرات			شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	ظرفیت تبادل کاتیونی (Cmol kg ⁻¹)	CCE*	Gypsum درصد	OM**	
	رس	سیلت	شن						
Typic Calcixerepts (marvdasht).۹									
Ap(۰-۲۶)	۸۷	۴۰	۵۱/۳	۷/۸	۰/۰۵	۲۲/۶	۳۳	۴/۵	۰/۸
Bw(۲۶-۵۱)	۴/۷	۵۸	۳۷/۳	۷/۸	۰/۰۶	۲۲/۲	۳۸	۴/۴	۱
By(۵۱-۸۶)	۰/۸	۴۸	۵۱/۲	۷/۵	۰/۰۵	۱۸/۵	۴۶	۶/۹	۰/۸
Bk>۸۶	۸۷	۳۴	۵۷/۳	۷/۷	۰/۰۷	۱۷/۴	۴۸	۴/۹	۰/۳۳
Gypsic Haplustepts (Jahrom).۱۱									
Ay(۰-۲۰)	۵۴/۱	۳۵/۳	۱۰/۶	۷/۳	۰/۱۵	۱۲/۵	۴۸	۵/۸	۰/۵
By1(۲۰-۴۷)	۸۸/۱	۱/۳	۱۰/۶	۷/۷	۰/۱۶	۴	۲۹	۵۳/۶	۰/۲
By2(۴۷-۸۵)	۸۵/۴	۱۴	۰/۶	۷/۶	۰/۲۲	۶/۴	۳۹	۳۷/۵	۰/۲
C>۸۵	۱۳/۴	۶۴	۲۲/۶	۷/۷	۰/۳۸	۱۲	۴۵	۲/۳	۰/۲
Gypsic Calcixerepts (Ghyr).۱۳									
Ay(۰-۱۱)	۵۴/۷	۳۲/۷	۱۲/۶	۷/۹	۰/۴۶	۱۳/۲	۵۱	۱۴/۷	۰/۴۳
Byk1(۱۱-۴۴)	۴۴/۹	۴۲/۷	۱۲/۴	۷/۹	۰/۲۶	۹/۴	۴۹	۳۱	۰/۵۳
Byk2(۴۴-۶۰)	۳۲/۷	۵۰/۷	۱۶/۶	۸/۷	۱/۷	۱۱/۵	۴۸	۴۰/۳	۰/۲
C(۶۰-۱۰۶)	۱۷/۱	۴۴/۲	۳۸/۷	۷/۹	۰/۳۲	۱۲/۵	۲۷	۶۴	۰/۳۳
Gypsic Calcixerepts (Darab).۱۶									
A(۰-۱۸)	۴۳/۴	۵۵/۳	۱/۳	۸/۱	۲/۹	۱۳/۲	۳۴	۳/۵	۰/۵۸
Bw(۱۸-۵۱)	۲۷/۴	۷۱/۳	۱/۳	۸/۴	۱/۴	۷/۲	۳۴	۳/۶	۰/۱۲
Byk(۵۱-۸۶)	۳۹/۴	۵۹/۳	۱/۳	۸/۴	۰/۶	۶/۵	۳۸	۱۵/۶	۰/۲۲
C>۸۶	۹/۴	۸۹/۳	۱/۳	۸/۲	۰/۶	۴/۵	۴۵	۳/۶	۰/۰۵
Chromic Gypsitepts (Nyriz).۱۸									
Ap(۰-۲۰)	۸۷	۶۰	۳۱/۳	۷/۶	۰/۵۵	۱۷/۴	۳۶	۰/۹	۱/۸۴
Bss(۲۰-۸۵)	۷/۵	۴۲	۵۰/۵	۷/۷	۱/۵	۱۸/۸	۴۱	۱/۴	۱/۲۸
Byss>۸۵	۰/۸	۴۳/۲	۵/۶	۷/۴	۱/۵	۱۸/۱	۳۵	۱۹/۷	۰/۴۵
Sodic Haplogypsitepts (Nyriz).۱۹									
Ay(۰-۲۰)	۶۴	۳۵/۳	۰/۷	۷/۷	۰/۸	۱۲/۵	۳۷	۳۱	۱
By(۲۰-۸۰)	۴۸	۵۱/۳	۰/۷	۷/۶	۳/۳	۱۲/۵	۲۵	۶/۷	۰/۸
C>۸۰	۳۶	۶۳/۳	۰/۷	۷/۷	۳/۴	۱۳/۲	۳۷	۴/۲	۰/۷

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک جلد (۲۱)، شماره (۲) ۱۳۹۳

ادامه جدول ۲-

افق‌ها و ضخامت (سانتی‌متر)	درصد توزیع ذرات			شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	ظرفیت تبادل کاتیونی (Cmol kg ⁻¹)	CCE*	Gypsum درصد	OM**	
	شن	سیلت	رس						
Gypsic Aquisalids (Nyriz). ۲۰									
Azg(۰-۱۵)	۵۲	۳۷/۲	۱۰/۸	۷/۹	۳۷/۸	۱۴/۶	۳۵	۲/۳	۰/۳۵
Byzg1(۱۵-۵۵)	۲۰	۷۳/۲	۶/۸	۸/۱	۳۸	۱۴/۶	۲۴	۲۱/۴	۰/۴۵
Byzg2(۵۵-۸۰)	۳۶	۵۹/۲	۴/۸	۷/۹	۳۸	۱۵/۳	۲۵	۹/۷	۰/۲۸
Bg>۸۰	۳۹	۵۸/۲	۲/۸	۸/۰۳	۸	۱۳/۲	۳۱	۳/۷	۰/۲۱
Gypsic Haploustepts (Kazeron). ۲۲									
Ayz(۰-۲۰)	۴۶/۷	۳۲/۷	۲۰/۶	۸/۹	۵۱/۳	۱۴/۶	۱۹	۵/۶	۲/۵
Bw(۲۰-۴۵)	۲۸/۷	۲۸/۷	۴۲/۶	۸/۶	۱۴	۱۲/۵	۳۵	۱/۵	۰/۶۵
By>۴۵	۱۱/۳	۶۶/۷	۲۲	۸/۶	۱۷/۶	۹/۴	۴۰	۱۶/۴	۰/۴۲
Calcic petrogypsid (Abadeh). ۲۴									
AP(۰-۱۹)	۳۹	۴۶	۱۵	۷/۴	۱/۸	۱۱	۴۹	۰/۲	۰/۹۶
Bk1(۱۹-۳۶)	۳۷	۴۸	۱۵	۷/۶	۰/۷	۷	۵۶	۰/۳	۰/۶۴
Bk2(۳۶-۵۲)	۳۴	۴۳	۲۳	۷/۵	۱/۸	۸	۵۴	۹/۱	۰/۴۱
Bym1(۵۲-۹۵)	۵۳	۳۰	۱۷	۷/۶	۱/۴	۱۲	۴۳	۱۸/۷	۰/۳۵
Bym2>۹۵	۷۱	۲۳	۶	۷/۴	۱/۹	۷	۴۸	۲۰/۸	۰/۵۴
Gypsic Calcustepts (Ghyr). ۲۵									
Ay(۰-۱۵)	۱۹	۷۲	۹	۷/۸	۱/۸۷	۱۴	۴۳	۴/۶	۱/۷
Byk(۱۵-۶۰)	۲۹	۵۸	۱۳	۷/۷	۲/۲۴	۱۲	۴۴	۱۵/۵	۰/۷
Bykm(۶۰-۱۱۰)	۲۵	۵۴	۲۱	۷/۵	۲/۲۴	۱۵	۳۳	۳۳/۵	۰/۵۱
Calcic Haploxerepts (Sarvestan). ۲۶									
Ap(۰-۲۷)	۵۳	۴۰	۷	۷/۲	۲/۲	۹	۳۳	۲	۱/۵۷
By(۲۷-۸۷)	۷۹	۱۸	۳	۷/۴	۲/۰۸	۵	۱۰	۷۲/۴	۳/۰
Bym(۸۷-۱۱۰)	۷۵	۲۲	۳	۷/۴	۲/۲	۳	۱	۹۰/۷	۲/۰

*CCE = کربنات کلسیم معادل (درصد)

**OM = ماده آلی (درصد)

مشاهدات میکرومورفولوژی: براساس مطالعات میکروسکوپ نوری در مقاطع نازک تهیه شده، ریزساختمان‌ها، الگوی تخلخل، درصد تخلخل، توزیع نسبی تخلخل، نوع بی‌رفرنژانس فابریک (b-Fabric) و رنگ خاک مشخص شدند (جدول ۳).

پدوفیچرهای گچ عمده‌ترین نوع پدوفیچرهای موجود و به شکل‌های کوتینگ، هیپوکوتینگ، پرشدگی حفرات (Dense و Loose)، بلورهای عدسی شکل، صفحات درهم قفل شده و ریزبلورین در زمینه خاک، پندانت‌های گچ زیر سنگ‌ریزه‌ها و بلورهای دانه‌ای با اندازه بسیار متفاوت دیده شدند. از فراوان‌ترین این شکل‌ها بلورهای عدسی شکل هستند که از اندازه بسیار کوچک ۲۰ میکرومتر تا ۲۰۰۰ میکرومتر دیده شدند. نتایج نشان می‌دهد که طول این بلورها با افزایش رطوبت بیش‌تر می‌گردد، هر چند فراوانی آن‌ها کم‌تر می‌گردد (جدول ۴).

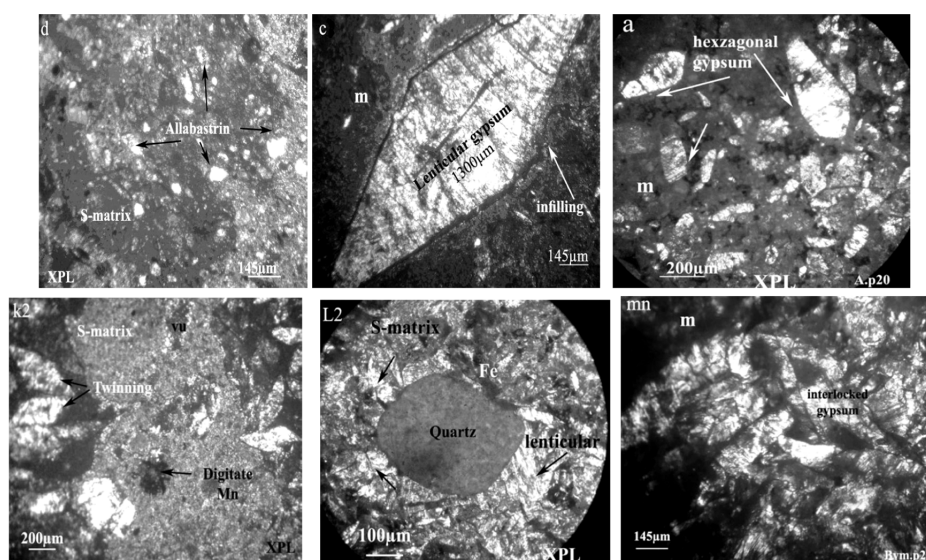
بررسی پدوفیچرهای گچ موجود در مقاطع خاک‌های گچی: بیش‌ترین پدوفیچر مشاهده شده در مقاطع نازک خاک‌های گچی، حضور بلورهای گچ است. تفاوت شکل‌های بلوری گچ در خاکرخ‌ها و در بین افق‌های متوالی در یک خاکرخ می‌تواند تکامل این خاک‌ها را روشن سازد. با مطالعات صورت گرفته روشن شد که تشکیل افق جیپسیک تحت شرایط آب و هوایی متفاوت دارای شکل‌ها و اندازه متفاوتی از بلورهای گچ است. گچ در مقاطع به‌صورت بلورهای عدسی (افق Byzg1، خاکرخ ۲۰)، ریزبلورین (افق Byss1، خاکرخ ۳)، دانه‌ای (افق By1، خاکرخ ۲۱)، شبه‌شش‌ضلعی (افق Azg، خاکرخ ۲۰) و صفحات درهم قفل شده (افق Bym، خاکرخ ۲۶ و افق By2، خاکرخ ۱۱) مشاهده شد. در کنار نوع شرایط آب و هوایی عوامل دیگر نیز مانند سطح سفره آب زیرزمینی، بافت، حضور نمک، آهک، موقعیت توپوگرافی و حتی عمق نیز در ایجاد بلورها و به‌خصوص اندازه آن‌ها بسیار مؤثر است که در زیر به بحث در مورد هر کدام از این پارامترها می‌پردازیم. شاید بتوان گفت حضور نمک در برخی خاکرخ‌ها منجر به جذب رطوبت شده، و رشد سریع بلورها را موجب شده است. در خاکرخ ۱۷ و ۲۰ با وجود نمک زیاد ما تبلور خوبی از بلورهای گچ را مشاهده نمودیم (شکل ۳). در خاکرخ ۲۰ با رژیم رطوبتی زیریک- اریدیک، علاوه‌بر حضور نمک، تبخیر زیاد نیز منجر به رشد منظمی از بلورهای گچ (۱۳۰۰ میکرومتر) شده است (شکل ۳، c و a). مقادیر بالای نمک نقش مهمی را در ایجاد لبه‌های انحنادار بلورهای گچ دارد (جعفرزاده و بورنهام، ۱۹۹۲).

جدول ۳- تشریح مقاطع نازک خاک‌های مطالعه شده.	نسبت از/ میکرومتر	رنگ میکروسکوپ	پارامیترها	عشق اقیانای مورد مطالعه (سانتی‌متر) و شماره خاک‌ها
	۱۰ میکرومتر	رنگ میکروسکوپ	پارامیترها	Aquie Haploversets.۳
	۴/۶	Crystallitic, Yellowish brown	پلره‌های گچ مدور و نامنظم به‌صورت میکرواسپار (کوچک‌تر از ۵ میکرومتر) پوشش اکسید آهن در دیواره حفرات و کانال‌ها در	Byss1, ۱۵-۳۵
	۵۰-۱۵۰	Crystallitic, Yellowish brown	حفره‌ها و ریزه‌ها به رنگ قهوه‌ای و قهوه‌ای تیره درون ماتریکس خاک	
	۲/۸	Crystallitic, Reddish brown	پلره‌های گچ ثانویه در شکل عدسی در اندازه ۳۰-۵۰ میکرومتر و به‌نسبت نامنظم با ماتریکس نودول‌های کریستک	Byss2, ۳۵-۸۵
			Type آهن و منگنز در مقادیر اندک حفره‌ها در رنگ سیاه‌نقره و قهوه‌ای	
			Type Calcicerepts.۶	
	۷/۳	Crystallitic, (70%) and speckled (30%) Yellowish brown	پلره‌های گچ ثانویه در شکل‌های عدسی و به‌نسبت مدور با فایبریک hypodiotropic و xenotropic در ماتریکس در حفره ۵۰ درصد به‌صورت loose incomplete infilling, coating, contour	Byk1, ۴۳-۷۳
			Gypsic Haploversets.۷	
	۶/۴	Crystallitic, Yellowish brown	پلره‌های گچ به شکل عدسی به مقدار بسیار فراوان، کانال‌ها ماتریکس را در بر گرفته؛ اندازه حفره ۱۰۰ میکرومتر یا فایبریک xenotropic حفره ۹۰ درصد	By2, ۳۴-۷۷
			Type Calcicerepts.۹	
	۳/۷	Crystallitic, Yellowish brown	پلره‌های گچ ثانویه به شکل دانه‌ای و عدسی در ماتریکس خاک با فایبریک hypodiotropic و به شکل loose incomplete infilling و coating آهن به شکل dense incomplete infilling و زنگ سیاه تا قهوه‌ای	By, ۵۵-۸۲
			Gypsic Haploversets.۱۱	
	۸/۲	Crystallitic, (80%) and speckled (20%)	پلره‌های عدسی گچ به شکل عدسی بسیار کم و اندازه ۱۰۰ میکرومتر، پلره‌های allabastrin به شکل پرشدگی حفرات شامل dense complete & dense incomplete hypodiotropic فایبریک hypodiotropic	By2, ۲۰-۴۷
	۲/۸	Crystallitic, Yellowish brown	پلره‌های گچ ثانویه به شکل allabastrin با فایبریک hypodiotropic درون ماتریکس خاک و به شکل coating در اطراف دیواره حفرات در حفره ۴۰-۵۰ درصد	C>۷۵

ادامه جدول ۳-

عقل افق‌های مورد مطالعه (سانتریتر) و شماره خاک‌ها	بادونچرها	میکروس، رنگ	نسبت آهن ۱۰ میکرومتر	زیواساختارها	
Gypsic Calcitepists. ۱۳					
۴۱-۶۰		Crystallite, and speckled, Yellowish brown	۴/۶	مکمی نیمه‌زایردار و بدون زایره متوسط با وضوح متوسط. تخلخل vughs, vesicle, interpedal channels. و شامل: channels, veshle, chamber	۵۰ درصد
Gypsic Calcitepists. ۱۶					
By>۸۱		speckled, Yellowish brown	۶/۴	مکمی زایردار، متوسط با وضوح متوسط. تخلخل حدود ۵۰ درصد و شامل: channels, vesicle, chamber	
Chromic Gypsicpists. ۱۸					
Ap, ۱-۲۰		Crystallite, Yellowish brown	۲/۸	مکمی نیم زایردار با وضوح اندک، تخلخل ۲۰ درصد و از نوع: channels, vesicles	
Byss, ۲۱-۷۵		Crystallite, and speckled Yellowish brown	۳/۷	مکمی نیم زایردار با وضوح اندک، تخلخل ۴۰ درصد از نوع: channels, vughs, chamber	
Sodic Haploypists. ۱۹					
AY, ۱-۲۰		Crystallite, Reddish brown	۶/۴	مکمی نیمه‌زایردار متوسط تا بزرگ، وضوح متوسط، تخلخل حدود ۲۰ درصد. حرارت شامل: Interpedal channels, vesicles and vughs	
By, ۲۱-۸۰		Crystallite, Yellowish brown	۴/۶	مکمی نیمه‌زایردار، اندازه متوسط، وضوح اندک، تخلخل حدود ۲۵ درصد. حرارت شامل: channels and vesicles	

ادامه جدول ۳-	
عنوان آبرهای مورد مطالعه (ساختی-ساز) و شماره خارج	پدلیچروما
نیت/۱۰ میکرومتر	رنگ میکروس، رنگ
زیواساختارها	
Gypsic Aquisalids, ۲۰	
۱۵-۰۱-۰۱۰ AZg,	بلورهای گچ ثانویه در اندازه ۱۰۰۰-۱۰ میکرومتر و به نسبت ملدور و نامنظم در ماتریکس خاک و به صورت loose incomplete infilling درون حفرات و کانال‌ها حدود ۴۰ درصد. نودول‌های Typic اکسید آهن با مقدار متوسط حدود ۱ درصد و مگنیز به مقدار کم به رنگ‌های قرمز قهوه‌ای تا سیاه
۵۵-۱۵-۰۵ Byzgi,	بلورهای گچ ثانویه به شکل عدسی در اندازه ۲۰۰۰ میکرومتر و به نسبت ملدور و نامنظم در ماتریکس خاک با فابریک hypidiotopic و xenotopic و به صورت dense complete & incomplete infilling درون حفرات و کانال‌ها. نودول‌های Typic اکسید آهن با مقدار متوسط و مگنیز به مقدار کم با رنگ بالا
Gypsic Haplostepts, ۲۲	
۵۰-۲۰-۰۰ Byl,	بلورهای ثانویه گچ به صورت idiotopic و به طور عمده دانای در درون ماتریکس خاک حدود ۱۵ درصد و به صورت dense complete & incomplete infilling نودول اکسید آهن و مگنیز به رنگ قرمز نارنجی قهوه‌ای تا سیاه حدود ۲ درصد
۸۰-۰۰ >	بلورهای ثانویه گچ به صورت ملدور و نامنظم (hypidiotopic, idiotopic) به شکل loose incomplete infilling در درون حفرات، به صورت ذرات پراکنده درون ماتریکس، نودول‌های آهنک به شکل اورتیک با فابریک Typic و Geric (تلفیح شده توسط اکسید آهن). نودول‌های Typic اکسید آهن و مگنیز به مقدار متوسط به رنگ بالا
Calcic petrogypsis, ۲۴	
۵۵-۵۱-۰۵ Byml,	بلورهای ثانویه گچ به صورت ملدور و نامنظم به شکل loose incomplete infilling در درون حفرات، به صورت دانای شکل پراکنده درون ماتریکس خاک با فابریک hypidiotopic. بلورهای سونی گچ در داخل حفرات، پندانت گچ بر روی سنگریزه‌ها، نودول‌های Typic اکسید آهن و مگنیز به مقدار متوسط، به رنگ قرمز تا قهوه‌ای



شکل ۳- (a) بلورهای شبه‌شش‌ضلعی افق Azg، خاکرخ ۲۰ با نمک بالا (نور پلاریزه متقاطع). (c) طول بلورهای عدسی در حفره‌های افق Byzg1، خاکرخ ۲۰ (نور پلاریزه متقاطع). (d) بلورهای ریز گچ در ماتریکس خاک در افق Byzk، خاکرخ ۲۵ (نور پلاریزه متقاطع). (L2) بلورهای عدسی گچ در افق Byz، خاکرخ ۲۵ در ماتریکس خاک (نور پلاریزه متقاطع) (mn) صفحات درهم قفل شده از بلورهای گچ در افق Bym، خاکرخ ۲۶ (نور پلاریزه متقاطع).

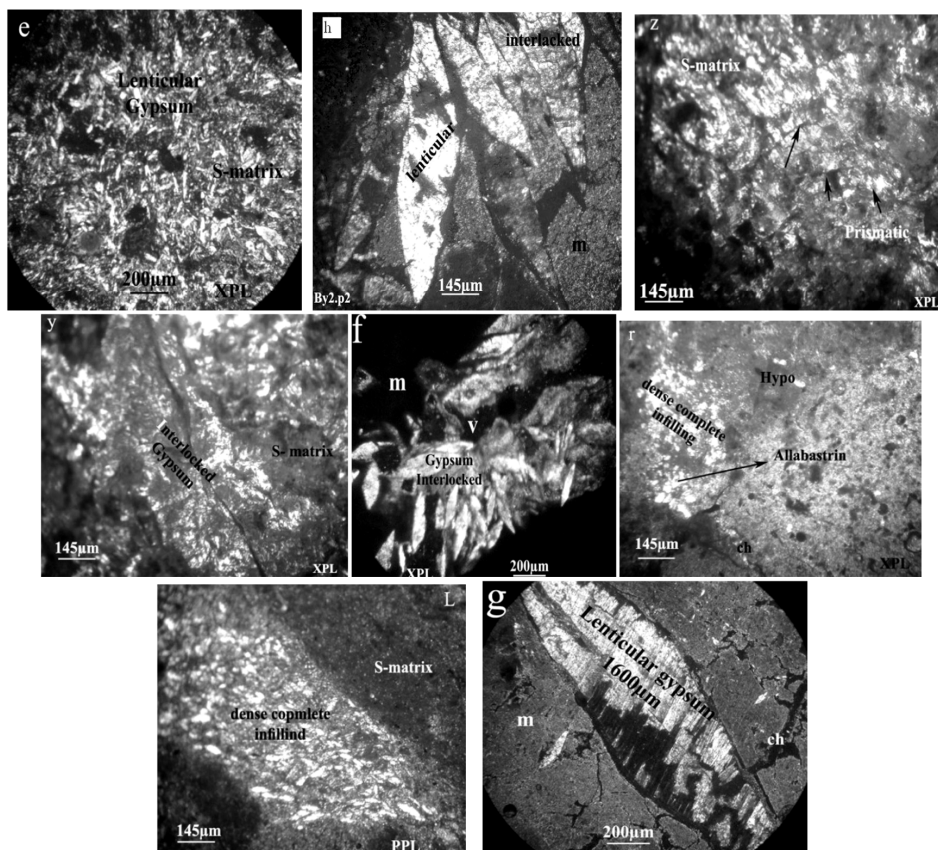
شاید بتوان گفت که حضور کلرید سدیم منجر به دهیدراته شدن و جذب رطوبت از محیط اطراف شده و بنابراین به رشد بلورهای گچ کمک می‌کند. البته برای اثبات این نظریه نیاز به مطالعات پیش‌تری است.

حضور آهک در کنار گچ (افق Byzk، خاکرخ ۲۵) باعث کاهش تبلور گچ شده و بیش‌تر شکل بلورها، ریزبلورین و عدسی بسیار ریز مشاهده شد (شکل ۳، d). در صورتی‌که در همین خاکرخ در افق Byz، رشد منظمی از شکل‌های عدسی گچ در مقاطع نازک مشاهده شده است (شکل ۳، k2 و L2). این نتایج در بین سایر افق‌های Byz و Byk در دیگر خاکرخ‌ها نیز مشاهده گردید. در واقع می‌توان گفت که افزایش گچ به خاک منجر به تشکیل بلورهای دانه‌ای و عدسی گچ به موازات سطح خاک می‌گردد، در حالی‌که افزایش آهک با کاهش تبلور گچ به شکل‌های عدسی شده و ریزبلورین را با آرایش تصادفی به وجود می‌آورد (جعفرزاده، ۲۰۰۲).

عامل دیگر اثرگذار در شکل‌های متنوع بلورها نقش بافت خاک است. در مناطقی که شامل رسوبات بافت ریز هستند (خاکرخ ۷)، به‌طور عمده گچ در مقاطع به شکل ریزبلورین مشاهده شد. حضور گچ در این قسمت گویای آن است که گچ از سطوح بالا شسته شده و به ناحیه پست انتقال یافته است، به‌دلیل بافت ریز و خلل و فرج ریز بلورهای عدسی به‌خوبی تشکیل نشده و به‌صورت ریزبلورین تبلور یافته است (شکل ۴، e). با افزایش عمق میزان بلورهای عدسی شکل، بیش‌تر شده و حتی به‌صورت صفحات درهم قفل شده دیده شدند (جعفرزاده، ۲۰۰۲؛ خادمی و مرموت، ۱۹۹۹). در مناطقی که سنگ‌ریزه کم‌تر بوده، اما بافت سبک است (خاکرخ ۲) بر اثر خلل و فرج درشت آب راحت حرکت نموده و در اعماق بلورهای درشت عدسی را ایجاد کرده است (شکل ۴، h). در مناطقی با سنگ‌ریزه زیاد و بافت درشت است (خاکرخ ۲۴) به‌طور عمده گچ درشت و ماکروسکوپی مانند صفحات درهم قفل شده یا ستونی مشاهده شد (شکل ۴، Z و Y) (آلن، ۱۹۸۵).

جعفرزاده و بورنهام (۱۹۹۲) نیز به اثر بافت خاک در الگو و توزیع گچ اشاره نموده‌اند. طبقه‌بندی ایشان براساس اندازه شامل اسپار Spar (بزرگ‌تر از ۲۰ میکرومتر)، میکرواسپار (۲۰-۵ میکرومتر) و میکریت (کوچک‌تر از ۵ میکرومتر) می‌باشد.

به‌طور کل مشاهده شد که در واحد فیزیوگرافی دشت دامنه‌ای (خاکرخ ۲۴ و ۲۶)، به‌طور عمده گچ به شکل صفحات درهم قفل شده مشاهده می‌شود (شکل ۳، mn و شکل ۴، y). در حالی که در واحدهای فیزیوگرافی دشت سیلابی (خاکرخ ۲ و ۳) و اراضی پست (خاکرخ ۲۰ و ۲۲) از میزان این شکل‌ها کاسته و به‌طور عمده شکل‌های عدسی و ریزبلورین مشاهده می‌شود، که دلیل آن را می‌توان تغییر بافت خاک در اراضی با شیب تند نسبت به اراضی مناطق پست دانست. فرپور و همکاران (۲۰۰۴) نیز در مطالعات خود بیان کردند که با حرکت از پدیمنت‌های سنگی به طرف پدیمنت‌های پوشیده در سطوح حد واسط از میزان صفحات درهم قفل شده گچی کاسته و بر میزان شکل عدسی و کرمی شکل افزوده می‌شود. همچنین آن‌ها بیان کردند که به‌دلیل بافت ریز در پلایا فقط شکل ریزبلورین در آن‌جا مشاهده شده است.



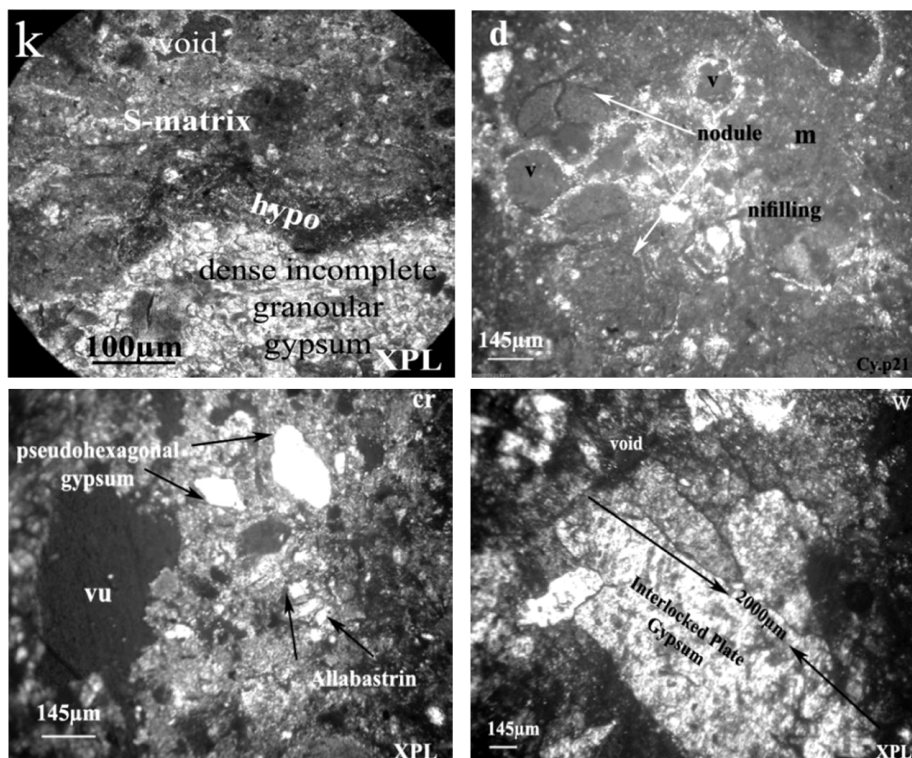
شکل ۴- (e) بلورهای عدسی گچ در افق By2، خاکرخ ۷ با بافت ریز در رژیم رطوبتی زیریک (نور پلاریزه متقاطع)، (h) بلورهای عدسی گچ در افق By2، خاکرخ ۲ با بافت سبک در رژیم رطوبتی زیریک (نور پلاریزه متقاطع)، (z) بلورهای منشوری و (y) صفحات درهم قفل شده گچ در افق By2، خاکرخ ۲۴ با رژیم رطوبتی اریدیک (نور پلاریزه متقاطع)، (r) بلورهای ریز گچ در حفره افق Byss1، خاکرخ ۳، (نور پلاریزه متقاطع) (f) بلورهای عدسی و صفحات درهم قفل شده گچ در افق Byss2، خاکرخ ۳ با رژیم رطوبتی زیریک. (L و g) پرشدگی متراکم بلورهای گچ در افق By2 خاکرخ ۷ با رژیم رطوبتی زیریک (نور پلاریزه صفحه‌ای).

با افزایش عمق در تمامی خاکرخ‌ها مشاهده شد که رشد بلورها در هر شکلی بیش‌تر است. هرچه عمق افزایش می‌یابد به دلیل افزایش محتوی گچ و به همراه آن افزایش اندازه خلل و فرج و همچنین محدود نبودن فضا به دلیل درشت‌تر شدن بافت خاک، بلورهای گچ تمامی حفرات را اشغال می‌نمایند،

به طوری که عمده حفرات در عمق‌های پایین بیش‌تر به صورت Dense Complete مشاهده شدند (شکل ۴، g و l). اما در خلل و فرج ریز به شکل Coating و حتی خالی مشاهده گردیدند. این شرایط در خاکرخ شماره ۳، در مقایسه بین دو افق Byss1 و Byss2 (شکل ۴، r و f) به خوبی مشاهده شد. نتایج نشان داده است که بلورهای عدسی گچ در افق‌های زیر سطحی فراوانی بیش‌تری نسبت به افق‌های سطحی دارد.

تفاوت رطوبت در هنگام تشکیل افق نیز می‌تواند در تغییر شکل بلورهای گچ مؤثر باشد. در خاکرخ ۲۶ بین دو افق متوالی آن (By و Bym) مشاهده شد که در افق پتروژئیسپیک به طور عمده گچ به شکل صفحات درهم قفل شده است، این حالت می‌تواند گویای رطوبت بیش‌تر در زمان تشکیل این افق باشد (رطوبت بالای دوران پلیستوسن). در حالی که در زمان تشکیل افق ژئیسپیک که شامل بلورهای عدسی شکل است، میزان رطوبت کاهش یافته است (رطوبت پایین دوران هولوسن) (شکل ۳ k2 و Mn). در برخی از خاکرخ‌های دیگر این شرایط دیده شده است.

نقش رژیم رطوبتی بر شکل بلورها به خصوص بلورهای عدسی نیز دارای اهمیت است (هاشمی و همکاران، ۲۰۱۱). مطالعات میکروسکوپ الکترونی نشان داده که عمده بلورهای عدسی در رژیم رطوبتی زیریک و در افق‌های سطحی رژیم رطوبتی زیریک مرز اریدیک به چشم می‌خورند. در حالی که در رژیم رطوبتی یوستیک این بلورها به مقدار بسیار اندک و ریزتر مشاهده شدند. در رژیم رطوبتی اریدیک شکل منشوری و صفحات درهم قفل شده دیده شدند، هر چند که شکل‌های سوزنی و فیبری را نیز در برخی از نمونه‌های میکروسکوپ الکترونی مشاهده کردیم. در خاکرخ ۲۱ با رژیم رطوبتی یوستیک عمده بلورهای گچی دانه‌ای (شکل ۵، k) و ائوهدرال (شکل ۵، d) بوده، در صورتی که در خاکرخ ۱۱ با رژیم رطوبتی اریدیک مرز یوستیک بلورهای شبه‌شش‌ضلعی (شکل ۵، ct) و صفحات درهم قفل شده (شکل ۵، w) مشاهده شدند. طول بلورهای عدسی شکل گچ در رژیم رطوبتی متفاوت تغییر کرده است. تمامی مقاطع نازک مورد مطالعه و مشاهدات میکروسکوپ الکترونی نیز گویای این مطلب است که طول بلور عدسی با تغییر رطوبت تغییر می‌کند.



شکل ۵- (k) بلورهای دانه‌ای گچ در طول حفرات، افق By1، خاکرخ (نور پلاریزه صفحه‌ای) ۲۱، (d) بلورهای ائوهدرال بسیار کم و نودول‌های اورتیک کلسیت در ماتریکس افق C، خاکرخ ۲۱ با رژیم رطوبتی یوستیک (نور پلاریزه متقاطع)، (cr) بلورهای شبه‌شش‌ضلعی در افق Ay، خاکرخ (نور پلاریزه متقاطع) ۱۱، (w) صفحات در هم قفل شده بلورهای گچ در افق By2، خاکرخ ۱۱ با رژیم رطوبتی اریدیک مرز یوستیک (نور پلاریزه صفحه‌ای).

در رژیم رطوبتی زیریک بیش‌ترین طول بلورها و با کاهش رطوبت این طول، کاهش می‌یابد. به‌طوری‌که در رژیم رطوبتی اریدیک بلورهای عدسی ریزتر، اما با فراوانی بسیار بیش‌تر مشاهده شد. این نتایج در مطالعات میکروسکوپ الکترونی (هاشمی و همکاران، ۲۰۱۱) به‌خوبی مشهود بوده است.

باک و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که تجمعات گچ در خاک با گذر زمان دارای رفتاری مشابه کربنات کلسیم است با این تفاوت که گچ با شکل‌های متنوعی تحت شرایط محیطی متفاوت تشکیل

می‌گردد. بلورهای پیچیده‌ای از گچ خاکساز در رژیم‌های رطوبتی مشاهده شده، که نشانگر آن است که آن‌ها ممکن است تحت شرایط محیطی متفاوت و جزئی تشکیل شده باشند، همانند نتایج مشاهده شده در مطالعاتی که به‌وسیله وان هویسن (۲۰۰۰) صورت گرفته است.

در پوسته‌های طبیعی، گچ به شکل دانه‌ای، شکاف‌های بین پوسته‌ها را پر می‌کند (شکل ۵، k) و می‌توان تصور کرد که بلورهای گچ در شرایط خشک و نیمه‌خشک تشکیل شده و شکل آن‌ها به تغییرات رطوبتی مربوط می‌شود.

با افزایش رطوبت و کاهش تبخیر رشد این بلورها کند می‌شود و بنابراین طول بلورها بیش‌تر و ضخامت آن‌ها افزایش می‌یابد (شکل ۳، c1 و شکل ۴، g). در واقع زمان لازم برای رشد بلورها بیش‌تر شده و منجر به افزایش طول آن‌ها می‌گردد. در صورتی‌که با کاهش بارندگی همانند رژیم رطوبتی اریدیک، بلافاصله بلور رشد خود را انجام می‌دهد و بنابراین اندازه آن‌ها کوچک‌تر می‌گردد. هر چند که فراوانی آن‌ها بالاتر است (شکل ۴، y و z) (جدول ۴).

جدول ۴- طول بلورهای عدسی در رژیم‌های رطوبتی متفاوت.

شماره خاکرخ	طول کریستال‌های عدسی (میکرومتر)	رژیم رطوبتی خاک	فراوانی
۳ و ۷	۱۶۰۰	زریک	کم
۲۰	۱۳۰۰	زریک مرز اریدیک	کم تا متوسط
۱۱ و ۱۳	۴۰۰	اریدیک مرز یوستیک	زیاد
۲۴	۱۰	اریدیک	خیلی زیاد

در مقاطع نازک افق‌های ژیبسیک و پتروجیبسیک پدوفیچرهای از کربنات کلسیم منتها با فراوانی بسیار کم نیز مشاهده شده که به‌طور عمده به‌صورت نودول‌های ژئودیک و تیپیک و در برخی موارد اورتیک هستند. برخی مواقع نیز این پدوفیچرها به‌وسیله اکسیدهای آهن و منگنز تلقیح شده‌اند. همچنین پدوفیچرهای آهن و منگنز در دو خاکرخ ۳ و ۹ به‌دلیل شرایط بی‌هوایی مشاهده شدند.

نتیجه‌گیری کلی

مشاهدات صحرائی و مطالعات میکرومورفولوژی نشان داده است که:

۱- بلورهای گچ در بین خاک‌های متکامل و نابالغ متفاوت است. عبور از شکل ریزبلورین تا شکل عدسی می‌تواند نشانگر یک توالی از تکامل خاک باشد. تشکیل بلورهای منشوری، ستونی و تیغه‌ای در خاک‌های با بارش کم‌تر و زمان طولانی‌تر همانند رژیم اریدیک صورت می‌گیرد. نتایج نشان می‌دهد که بلورهای عدسی در غیاب ماده آلی تشکیل می‌شوند و لبه‌های انحنادار آن‌ها در حضور کلرید سدیم ایجاد می‌گردد.

۲- طول بلورهای عدسی گچ که شایع‌ترین شکل بلورها در بین تمامی اشکال است بسیار تحت تأثیر رطوبت خاک است. با آن‌که فراوانی این بلورها در رژیم رطوبتی اریدیک و سپس یوستیک بیش‌ترین را به خود اختصاص می‌دهد اما باید بیان نمود که طول این بلورها در رژیم رطوبتی زیریک بیش‌ترین مقدار و فراوانی کم‌تر را دارد. هر چند برای بیان این نتیجه بهتر است مطالعات گسترده‌تر و در مناطق دیگری نیز صورت بگیرد، زیرا نوع مواد مادری در کنار اقلیم خود فاکتور با اهمیتی است.

۳- متنوع بودن شکل بلورهای گچ را نمی‌توان تنها تحت تأثیر اقلیم دانست. هر چند این عامل از پارامترهای مهم است منتها عوامل فیزیکی و شیمیایی همانند عمق خاک، میزان آهک و نمک موجود تأثیر به‌سزایی دارد. برای بررسی هر کدام از این پارامترها بهتر است تمامی فاکتورهای دیگر در مکان‌های نمونه‌برداری تا حد امکان ثابت باشند تا بهتر بتوان رابطه نسبی بین شکل بلور گچ و آن عوامل را در رژیم‌های رطوبتی متفاوت بیان کرد.

منابع

1. Amit, R., and Yaalon, A.D. 1996. The micromorphology of gypsum and halite in Regsoils: the Negev desert, Israel. *Earth Surface Processes and Landforms*, 21: 1127-1143.
2. Banaei, M.H. 1998. Soil Moisture and Temperature Regime Map of Iran. Soil and Water Research Institute, Ministry of Agriculture, Iran.
3. Buck, B.J., and Van Hoesen, J.G. 2002. Snowball morphology and SEM analysis of pedogenic gypsum, southern New Mexico, U.S.A. *J. Arid Environ.* 51: 469-487.
4. Bullock, P., Federoff, N., Jongerius, A., Stoops, G., Tursina, T., and Babel, U. 1985. Handbook for Soil Thin Section Description. Wain research Publication, Wolverhampton, UK.

5. Dultz, S., and Kühn, P. 2005. Occurrence, formation and micromorphology of gypsum in soils from the central German Chernozem region. *Geoderma*. 129: 230-250.
6. Farpoor, M.H., Khademi Eghbal, H.M.K., and Krouse, H.R. 2004. Mode of gypsum deposition in southeastern Iranian soils as revealed by isotopic composition of crystallization water. *Geoderma*. 121: 233-242.
7. Gee, G.W., and Bauder, J.W. 1986. Particle size analysis, In *Methods of Soil Analysis: part 1-Physical and Mineralogical Methods*. Soil Science Society of America Book Series, 5, American Society of Agronomy, Inc, Madison, Wisconsin, U.S.A. Pp: 383-411.
8. Hashemi, S.S., Baghernejad, M., and Khademi, H. 2011. Micromorphology of gypsum crystals in Southern Iranian soils under different moisture regimes. *J. Agr. Sci. Tech*. 13: 273-288.
9. Jafarzadeh, A.A. 2002. Different factors impact on gypsum crust crystallization pattern and rate under experimental condition. *Proc. 17th Int. Con. Soil Sci. Thailand*.
10. Jafarzadeh, A.A., and Burnham, C.P. 1992. Gypsum crystallization in soils. *Soil Science*. 43: 409-421.
11. James, G.A., and Wynd, J.G. 1965. Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area. *Bull. American Association Petrology Geology*, 12: 2182-2245.
12. Khademi, H., and Mermut, A.R. 1999. Submicroscopy and stable isotope geochemistry of carbonates and associated palygorskite in Iranian Aridisols. *Europ. J. Soil Sci*. 50: 207-216.
13. Khademi, H., and Mermut, A.R. 2003. Micromorphology and classification of Argids and associated gypsiferous Aridisols from central Iran. *Catena*. 54: 439-455.
14. Khormali, F., Abtahi, A., and Stoops, G. 2006. Micromorphology of calcitic features in highly calcareous soils of Fars Province, Southern Iran. *Geoderma*. 132: 31-46.
15. Loppert, R.H., and Suarez, D.L. 1996. Carbonate and gypsum. In D. L. Sparks et al. (ed.) *Method of soil analysis. Part III*. 3rd Ed. American Society Agronomy, Madison, WI. Pp: 437-474.
16. Mahmoodi, Sh. 2000. Characteristics and management of gypsiferous soils. *Soil and Water Institute Bulletin*. 13: 2. (In Persian)
17. Murphy, C.P. 1986. Thin section preparation of soils and sediments. A B Academic Publ. Berkhamsted.
18. Nelson, D.W., and Sommers, L.E. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: D.L. Sparks et al. (ed.) *Methods of Soil Analysis, Part III*, 3rd Ed. American Society Agronomy, Madison, WI. Pp: 961-1010.

19. Eswaran, H., and Zi-Tong, G. 1991. Properties, genesis, classification and distribution of soil with gypsum. In: Nettleton, W.D. (Ed), Occurrence, Characteristic, and Genesis of Carbonate, Gypsum and Silica Accumulation in soils, Soil Science Society America. Special publication. 26: 89-119.
20. FAO. 1993. Agriculture. Toward 2010. Rome. Italy.
21. FAO. 1990. Management of gypsiferous soils. FAO Soils Bulletin 62. 81p.
22. Owliaie, H.R., Abtahi, A., and Heck, R.J. 2006. Pedogenesis and caly mineralogical investigation of soils formed on gypsiferous and calcareous materials, on transect, southwestern Iran. *Geoderma*. 134: 62-81.
23. Poch, R.M., and Verplancke, H. 1997. Penetration resistance of gypsiferous horizons. *Europ. J. Soil Sci.* 48: 535-543.
24. Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. U. S. Salinity Laboratory Staff. USDA. Hand book No. 60. Washington, DC, USA. 160p.
25. Rhoades, J.D. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. In: D.L. Sparks et al. (ed.) *Methods of Soil Analysis, Part III, 3rd Ed.*, American Society Agronomy, Madison, WI. Pp: 417-436.
26. Soil Survey Staff. 1999. Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil survey. USDA. Handbook No. 436. U.S. Government Printing Office, Washington, DC, 754p.
27. Soil Survey Staff. 2010. Keys to soil taxonomy. USDA. NRCS. 326p.
28. Stoops, G. 2003. Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections. Soil Science Society America, Madison, WI.
29. Stoops, G., and Illaiwi, M. 1981. Gypsum in arid soils, morphology and genesis. P 175-185. In: Proc. of 3rd Int. Soil Classification Workshop, Damascus.
30. Sumner, M.E., and Miller, W.P. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients. In: D.L. Sparks et al. (ed.) *Methods of Soil Analysis, Part III, 3rd Ed.*, American Society Agronomy, Madison, WI. Pp: 1201-1229.
31. Thomas, G.W. 1996. Soil pH and soil acidity. In: D.L. Sparks et al. (ed.) *Methods of Soil Analysis, Part III, 3rd Ed.* Am. Soc. Agron. Madison, WI. Pp: 475-490.
32. Toomanian, N., Jalalian, A., and Eghbal, M.K. 2001. Genesis of gypsum enriched soils in north-west Isfahan, Iran. *Geoderma*. 99: 199-224.
33. Van Hoesen, J.G. 2000. Pedogenic Gypsum in Southern New Mexico: Genesis, Morphology and Stable Isotopic signature, M.Sc. Thesis, Las Vegas, University, Nevada, Las Vegas, U.K. 182p.
34. Watson, A. 1983. Desert gypsum crust as pale environmental indicators: A micropetrographic study of crusts from southern Tunisia and the central Namibia Desert. *J. Arid Environ.* 15: 19-42.
35. Zahedi, M. 1976. Explanatory text of the Esfahan quadrangle map 1:250000. Geological Survey of Iran.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 21(2), 2014
<http://jwsc.gau.ac.ir>

Effect of soil moisture regime on micromorphoogy of gypsum pedofeatures in soils of Fars province

***S.S. Hashemi¹, M. Baghernejad², H.R. Owliaie³ and M. Najafi-Ghiri⁴**

¹Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Malayer University, ²Associate Prof., Dept. of Soil Science, Shiraz University, ³Associate Prof., Dept. of Soil Science, Yasuj University,

⁴Assistant Prof., Dept. of Rangeland and Watershed Management, Shiraz University

Received: 10/08/2012; Accepted: 03/06/2013

Abstract

Gypsum is an abundant soil mineral in arid and semiarid climates with low rainfall and gypsiferous parent material. Although gypsum is found over a wide range of temperatures, most gypsiferous soils are formed under xeric, ustic and aridic moisture regimes. This study was conducted in order to investigate the effect of soil moisture regimes on micromorphology of gypsum in gypsic and petrogypsic horizons of soils of Fars province. Micromorphological pedofeatures, including hypocoating, coating, loose continuous, dense complete and dense incomplete infilling of gypsum in voids and channels walls. Lenticular, prismatic, interlocked plates, pseudo-hexagonal and allabastin of gypsum crystals observed in thin sections. A clear relationship was noticed between gypsum morphology and soil moisture regime as well as soil depth. More diversity of gypsum crystals was found in subsurface horizons than surface horizons. Longer size of gypsum crystals were observed in subsurface horizons. Higher abundance of lenticular gypsum crystals were found in more developed soils. Higher quantity of prismatic, acicular, columnar and blade-like crystals was occurred in soils with lower rainfall and aridic moisture regime. Soils with lighter texture exhibited more diversity of gypsum crystals morphology. In addition, larger sizes of lenticular gypsum crystals with lower abundance were observed in more humid soils.

Keywords: Lenticular crystal, Gypsiferous soil, Soil moisture regime, Thin section

* Corresponding Author; Email: hashemy558@yahoo.com

